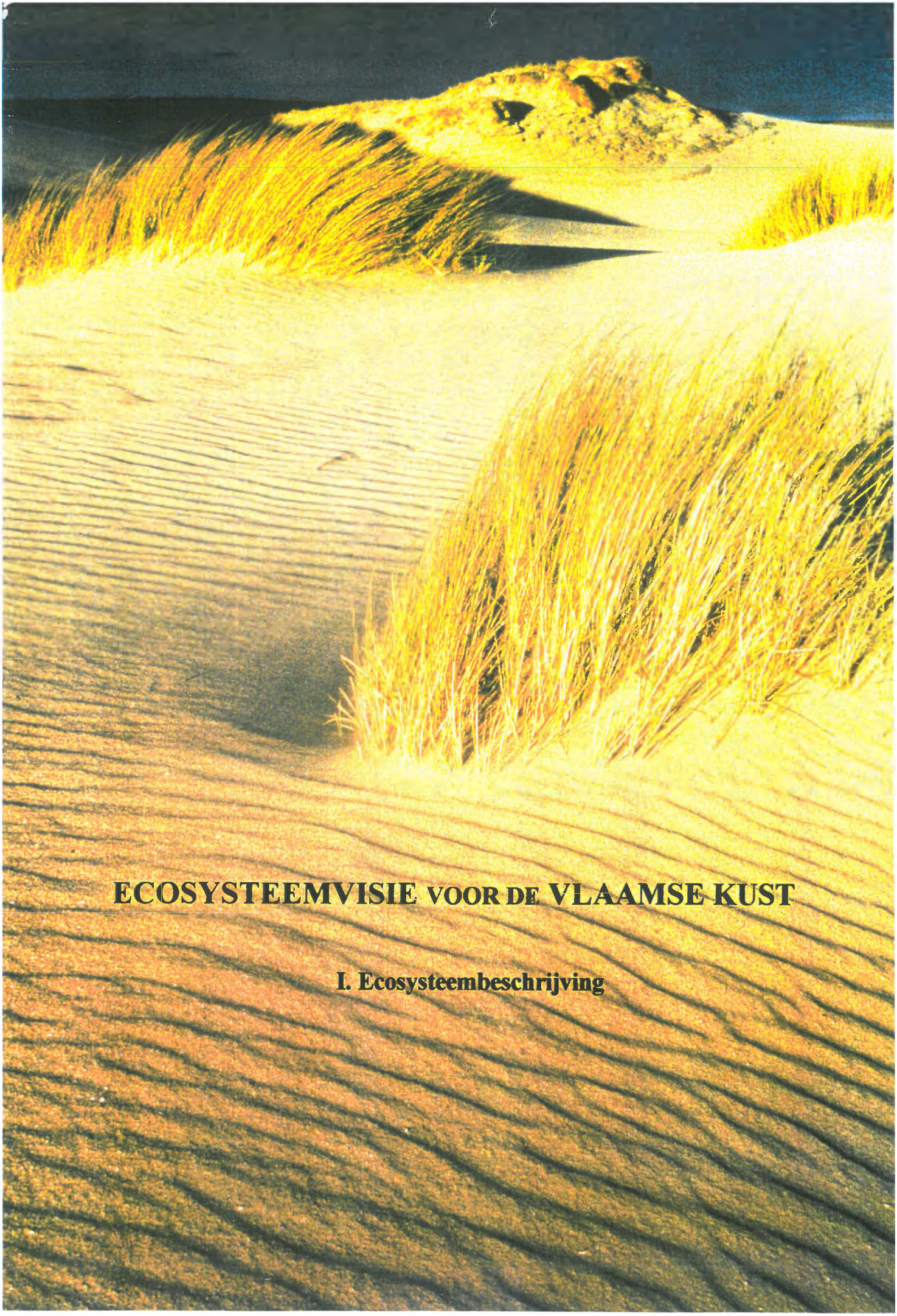


ECOSYSTEEMVISIE VOOR DE VLAAMSE KUST

I. Ecosysteembeschrijving

4588

ECOSYSTEEMVISIE

VOOR DE

VLAAMSE KUST

I. Ecosysteembeschrijving

AMINAL
Afdeling Natuur

UNIVERSITEIT GENT

Instituut voor Natuurbehoud

Colofon

Redactie

Sam Provoost & Maurice Hoffmann

Auteurs

Klimaat : Carole Ampe[1], onder leiding van Roger Langohr[1]

Geomorfologie : Erwin Declercq[2] & Guy De Moor[2]

Hydrologie : Kristine Martens[3] & Kristine Walraevens[3], onder leiding van William De Breuck[3]

Pedologie : Carole Ampe, onder leiding van Roger Langohr

Bewonings- en landschapsgeschiedenis : Sam Provoost[4]

Biologie : Guido Rappé[5], Marc Leten[4], Sam Provoost, Matthias Hoys[5] & Maurice Hoffmann[4,5]

1 Universiteit Gent, Vakgroep Geologie en Bodemkunde, Eenheid Bodemkunde
2 Universiteit Gent, Vakgroep Geografie, Fysische Geografie
3 Universiteit Gent, Vakgroep Geologie en Bodemkunde, Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie
4 Instituut voor Natuurbehoud
5 Universiteit Gent, Vakgroep Morfologie, Systematiek en Ecologie, Laboratorium Plantkunde

Wetenschappelijke begeleidingscommissie

W. De Breuck, K. Decleer, R. De Ceunynck, G. Demoor, F. Depuydt, K. Devos, , M. Hermy, M. Hoffmann, E. Kuijken, J. Lanckneus, R. Langohr, L. Lebbe, J.-P. Maelfait, P. Meire, W. Roggeman, L. Vanhecke, M. Vincx en A. Zwaenepoel

Studie uitgevoerd in opdracht van :

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer
Afdeling Natuur

Leidende ambtenaar : J-L. Herrier

Coördinator : Sam Provoost

1996

Inhoud

Dankwoord

Voorwoord

1.Inleiding

2.Klimaat

2.1. Waarnemingsnetwerk 2
2.2. Algemene karakteristieken van het klimaat 3
2.2.1. Algemeen 3
2.2.2. Overzicht van de gebruikte gegevens 3
2.2.3. Klimaattypes 4
2.2.4. Temperatuur 4
2.2.5. Vorst 9
2.2.6. Neerslag 11
2.2.7. Luchtvochtigheid 14
2.2.8. Wind 17
2.2.9. Zonneschijnsduur 18
2.2.10. Mist 22
2.2.11. Stormvloedfrekwenties 23
2.2.12. Evapotranspiratie en waterbalans 25
2.2.12.1. Potentiële evapotranspiratie 25
2.2.12.2. Actuele evapotranspiratie 26
2.2.12.3. Werkelijk deficiet volgens de waterbalans 27
2.2.12.4. Surplus 27
2.3. Klimatologische parameters voor Koksijde tussen 1985 en 1995 28
2.3.1. Minimum temperatuur 28
2.3.2. Maximum temperatuur 28
2.3.3. Neerslag 29
2.3.4. Waterbalans 29
2.3.5. Relatieve vochtigheid (RH) 31
2.3.6. Zonneschijnsduur 31
2.3.7. Windsnelheid 31
2.4. Microklimatologie 32
2.4.1. De totale energiebalans van het bodemoppervlak 32
2.4.2. Warmtehuishouding van het bodemoppervlak 33
2.4.3. Warmtehuishouding van de bodem 34
2.4.4. Vochtigheid 38
2.4.5. Wind 39
2.4.6. Expositie en inclinatie 40
2.5. De invloed van de vegetatie op het microklimaat 42
2.5.1. Energiebalans van het bodemoppervlak 42
2.5.2. Het microklimaat 43
2.5.2.1. Het actieve oppervlak 43
2.5.2.2. Temperatuur 44
2.5.2.3. Neerslag 45
2.5.2.4. Luchtvochtigheid 45
2.5.2.5. Windsnelheid 46
2.6. Variabiliteit van het klimaat 47

3. Geomorfologie

3.1. Inleiding 48
3.2. Morfologische en morfodynamische processen 49
3.2.1. Eolisch en marien sedimenttransport 49
3.2.1.1. Marien zandtransport 49
3.2.1.2. Eolisch zandtransport 52
3.2.1.3. Residueel zandtransport langs de Vlaamse kust 53
3.2.2. Verstuivingen en overstuivingen 54
3.2.3. Erosieve hellingsprocessen 55
3.2.3.1. Afspoeling 55
3.2.3.2. Afschuiving 55
3.2.4. Betreding 55
3.2.5. Kusterosie en kustaanwas 55
3.2.5.1. Residueel stranddynamisme 55
3.2.5.2. Erosieve megaprotuberans 56
3.2.5.3. Accumulatieve megaprotuberans 57
3.2.5.4. Cycliciteit 57
3.2.5.5. Kustverdediging 58
3.3. Duinvorming 60
3.3.1. Sedimentaanvoer 60
3.3.2. Duinvorming onder invloed van vegetatie 61
3.3.3. Duinvorming zonder vegetatie 62
3.3.4. Duinvorming aan estuaria 63
3.3.5. Primaire versus secundaire duinvorming 64
3.4. Morfogenese van de Vlaamse kustduinen 65
3.4.1. De Vlaamse Kustvlakte 65
3.4.2. Mariene overstromingsfasen 65
3.4.3. Jonge Duinvorming 67
3.5. Geomorfologische kartering 69
3.5.1. Methode 69
3.5.2. Vlakvormige karteereenheden 70
3.5.2.1. Strand 70
3.5.2.2. Duinen 71
3.5.2.2.1. Morfochronologie 71
3.5.2.2.2. Morfografie 72
3.5.2.3. Wadvormen (3) 74
3.5.3. Overige karteereenheden 75
3.6. Toelichting bij de geomorfologische kaart 77
3.6.1. Frans-Belgische grens tot de Nieuwpoortse havengeul 77
3.6.2. Nieuwpoortse tot de Oostendse havengeul 80
3.6.3. Oostendse havengeul tot Blankenberge 82
3.6.4. Blankenberge tot Zwinmonding 84
3.7. Geoconservatie 86

4. Hydrologie

4.1.Inleiding 87
4.2. Lithologische bouw van het kwartair reservoir 88
4.3. Grondwater in de kwartaire watervoerende laag 92
4.3.1. Stijghoogte en stromingspatroon 92
4.3.2. Grondwaterkwaliteit 97
4.3.3. Grondwaterkwetsbaarheid 99
4.3.4. Evapotranspiratie en infiltratie 103
4.4. Menselijke ingrepen in de grondwaterhuishouding 105
4.4.1. Drainering polders 105
4.4.2. Verharding oppervlakken en afvoer via riolering 105
4.4.3. Drinkwaterwinning 107
4.4.3.1. Algemeen 107
4.4.3.2. Alternatieven 108
4.4.4. Verzilting 110
4.5. Duin-polderovergang als kwelzone 111

5. Pedologie

5.1. Het duingebied 113
5.1.1. Bestaande bodemkundige gegevens 113
5.1.2. Kenmerken van duinbodems 114
5.1.2.1. Fysische bodemkenmerken 114
5.1.2.2. Chemische bodemkenmerken 117
5.1.2.3. Besluit 121
5.1.3. Bodemprocessen en -evolutie 122
5.1.3.1. Bodemvormende processen 122
5.1.3.2. Invloed van het bodemgebruik op de bodemontwikkeling 125
5.1.3.3. Atmosferische depositie 127
5.1.3.4. Begraven bodems 127
5.1.3.5. Verstuivingen 128
5.1.3.6. Bodemevolutie onder invloed van de mens 129
5.1.3.7. Bodemevolutie onder invloed van de vegetatie 129
5.1.3.8. Bodemevolutie onder invloed van fauna 129
5.1.3.9. Besluit 130
5.1.4. Bodemtypologie 130
5.1.4.1. Literatuur 130
5.1.4.2. Terreinwerk binnen het project 132
5.1.4.3. Variabiliteit van een aantal bodemparameters 132
5.1.5.4. Richtlijnen in verband met kartering 135
5.1.5.5. Waardeschaal 135
5.1.5.6. Verband tussen bodem en andere ecosysteemparameters 136
5.2. Slikken, schorren en polders 137
5.2.1. Slikken en schorren 137
5.2.2. Polders 138

6. Bewonings- en landschapsgeschiedenis

6.1. Inleiding 140
6.2. Bewoning op de "oude" duinen 141
6.2.1. De eerste bewoners 141
6.2.2. IJzertijd (700-50 v.o.t.) 142
6.2.3. Romeinse tijd (50 v.o.t. - 476) 142
6.2.4. Vroege Middeleeuwen 144
6.3. De duinen van het Graafschap Vlaanderen 145
6.3.1. Ontstaan van de kustplaatsen 145
6.3.2. Het Wildernisregaal 151
6.3.3. Bewoning en landschap 151
6.3.4. De kaart van Ferraris 156
6.3.5. De sociëteit van de Kerckepanne 157
6.4. Bewoningsevolutie na de Franse Revolutie 158
6.4.1. De privatisering van het duingebied 158
6.4.2. Het "Massart-landschap" 158
6.4.3. Ontstaan en ontwikkeling van de badplaatsen 163
6.5. Een nieuw kustlandschap 165

7. Biologie

7.1. Inleiding 167
7.2. Fauna en flora 168
7.2.1. Vaatplanten 168
7.2.1.1. Samenstelling van de soortenlijst 168
7.2.1.2. Soortenrijkdom 169
7.2.1.3. Specificiteit 170
7.2.1.4. Auto-ecologische kenmerken 172
7.2.1.5. Zeldzaamheid en bedreiging 177
7.2.1.6. Trends en waardering 178
7.2.1.7. Besluit 181
7.2.2. Blad-, lever- en korstmossen 181
7.2.2.1. Herkomst van de gegevens 181
7.2.2.2. Betekenis van het kustgebied 182
7.2.2.3. Bespreking van de belangrijkste soorten 182
7.2.2.4. Zeldzaamheid en bedreiging 187
7.2.3. Kranswieren 187
7.2.3.1.Betekenis van het kustgebied 187
7.2.3.2. Fysische en chemische standplaatsfactoren 188
7.2.4. Zwammen 189
7.2.4.1. Herkomst van de gegevens 189
7.2.4.2. Betekenis van het kustgebied 189
7.2.4.3. Zeldzaamheid en bedreiging 190
7.2.4.4. Microfungi en slijmzwammen 191
7.2.5. Zoogdieren 191
7.2.5.1. Algemeen 191
7.2.5.2. Betekenis van het kustgebied 191
7.2.5.2.1. Insecteneters 191
7.2.5.2.2. Vleermuizen 192
7.2.5.2.3. Haasachtigen 192
7.2.5.2.4. Knaagdieren 193
7.2.5.2.5. Roofdieren 195
7.2.5.2.6. Evenhoevigen 196

7.2.5.2.7. Zeezoogdieren (walvissen en vinpotigen) 197
7.2.5.3. Zeldzaamheid en bedreiging 197
7.2.5.4. Besluit 198
7.2.6. Vogels 198
7.2.6.1. Herkomst van de gegevens 198
7.2.6.2. Broedvogels 199
7.2.6.2.1. Bespreking van de belangrijkste soorten 199
7.2.6.2.2. Betekenis van de belangrijkste deelgebieden 211
7.2.6.2.3. Geïntroduceerde soorten 212
7.2.6.2.4. Zeldzaamheid en bedreiging 213
7.2.6.3. Betekenis van de kust als doortrek- en overwinteringsgebied 214
7.2.6.4. Slaapplaatsen aan de kust van elders foeragerende soorten 217
7.2.6.5. Besluit 217
7.2.7. Amfibieën en reptielen 218
7.2.7.1. Herkomst van de gegevens 218
7.2.7.2. Soortsbespreking 219
7.2.7.3. Betekenis van het kustgebied 223
7.2.7.4. Zeldzaamheid en bedreiging 226
7.2.8. Ongewervelden 226
7.2.8.1. Algemeen 226
7.2.8.2. Dagvlinders 227
7.2.8.2.1. Herkomst en verwerking van de gegevens 227
7.2.8.2.2. Betekenis van het kustgebied 228
7.2.8.2.3. Zeldzaamheid en bedreiging 229
7.2.8.3. Libellen 230
7.2.8.4. Loopkevers 231
7.2.8.5. Sprinkhanen 232
7.2.8.6. Landslakken 234
7.2.8.7. Conclusie 234
7.2.9. Soortendiversiteit aan de Vlaamse kust 235
7.3. Levensgemeenschappen 238
7.3.1. Enkele ecologische mechanismen 238
7.3.1.1. Verbreiding 238
7.3.1.2. Diasporenbank en andere overbruggingsmechanismen 243
7.3.1.3. Kiemings- en overlevingsecologie van planten 245
7.3.1.4. Populatiegrootte 248
7.3.1.5. Vegetatieprocessen 249
7.3.1.6. Zoögene interacties 251
7.3.2. Planten- en vegetatiestrategieën 253
7.3.3. Vegetatiestudies aan de Vlaamse kust 255
7.3.4. Overzicht van de "klassieke" successiereeksen 257
7.3.5. Recente inzichten in vegetatie-ontwikkelingen 261
7.4.Overzicht van de vegetatie- en habitattypes 263
7.4.1.Inleiding 263
7.4.2. Het mariene milieu : de getijzone 267
7.4.2.1. Het natte strand 267
7.4.2.2. Harde substraten in de getijzone 268
7.4.2.3. Slikken en schorren 271
7.4.2.3.1. Slikken 272
7.4.2.3.2. Schorren 273
7.4.3. Contactzone tussen het mariene milieu en de duinen 275
7.4.3.1. Contactzones schorre-duin 275
7.4.3.2. Hoogstrand 276
7.4.4. Duinen 279
7.4.4.1. Stuifduinen 279
7.4.4.2. Vochtige tot natte, kruidachtige duinhabitats 283
7.4.4.2.1. Jonge vochtige tot natte, oligotrofe pannen 284
7.4.4.2.2. (Oude) natte/vochtige, oligo- tot mesotrofe graslanden 288

7.4.4.2.3. Meso- tot eutrofe riet-, moeras- en natte ruigtevegetaties 291
7.4.4.2.4. Zoet, open water en periodiek droogvallende bodem 292
7.4.4.3. (Matig) droge mosrijke of kruidachtige duinhabitats 295
7.4.4.3.1. Kalkrijke mosduinen en pionierduingraslanden 295
7.4.4.3.2. Droog tot mesofiel, kalkrijk duingrasland 299
7.4.4.3.3. Ontkalkt mosduin en zuur duingrasland 305
7.4.4.3.4. (Matig) droge ruigten en duinrietsteppen 307
7.4.4.4. Dwergstruwelen 309
7.4.4.4.1. Mesofiel tot droog Kruipwilg-dwergstruweel 310
7.4.4.4.2. Duinroos-dwergstruweel ("duinrooshellingen") 312
7.4.4.4.3. Duinheide 314
7.4.4.5. Opgaande struwelen 316
7.4.4.5.1. Vochtig/nat pionierstruweel met dominantie van Duindoorn 319
7.4.4.5.2. (Matig) droog pionierstruweel met dominantie van Duindoorn 321
7.4.4.5.3. Pionierstruwelen met Wilde liguster of Sleedoorn 322
7.4.4.5.4. Opgaand nitrofiel struweel met Duindoorn en/of Gewone vlier 324
7.4.4.5.5. Gemengd kalkminnend duinstruweel 326
7.4.4.5.6. Vochtig tot natte wilgenstruwelen 328
7.4.4.5.7. Droge zuurminnende struwelen 329
7.4.4.6. Duinbossen 330
7.4.4.6.1. Spontaan gevormde bossen 332
7.4.4.6.2. Spontaan verjongende bosaanplanten 335
7.4.5. De polder 339
7.4.5.1. Brakwatermilieu 339
7.4.5.2. Zoetwatermilieu's en droogvallende oevers 340
7.4.5.3. Rietlanden en moerasvegetaties 342
7.4.5.4. Zilt grasland 343
7.4.5.5. Mesotroof grasland 343
7.4.5.6. Polderbos 344
7.4.6. Sterk antropogeen bepaalde habitats 346
7.4.6.1 Opgespoten en af- of vergraven terreinen 346
7.4.6.2. (Zeer) voedselrijk cultuurweiland 347
7.4.6.3. Akkers 347
7.4.6.4. Artificiële bosaanplant 349
7.4.6.5. Houtkanten, heggen en bomenrijen 349
7.4.6.6. Wegen en bermen 350
7.4.6.7. Tuinen & parken 351
7.4.6.8. Bunkers & gebouwen 351
7.4.7. Kartering 352
7.5. Evaluatie van de kusthabitats 355
7.5.1. Hogere planten 355
7.5.2. Blad-, lever- en korstmossen 361
7.5.3. Fungi 362
7.5.4. Zoogdieren 363
7.5.5. Vogels 364
7.5.6. Amfibieën en reptielen 367
7.5.7. Dagvlinders 368
7.5.8. (Zand)loopkevers 369
7.5.9. Sprinkhanen 370
7.5.10. Besluit 371

8. Kennislacunes

Literatuur

Verklarende woordenlijst

Dankwoord

Dit rapport kwam tot stand dankzij de medewerking van diverse personen en instellingen. In de eerste plaats wensen wij de Universiteit Gent en het Instituut voor Natuurbehoud te danken voor de verleende documentatie- en werkfaciliteiten.

Verder zijn wij dank verschuldigd aan A. Anselin (Instituut voor Natuurbehoud), A. Bodeux (KMI, Ukkel), D. Bonte (Oostduinkerke), R. Bosmans (AMINAL, Buitendienst Antwerpen), D. Bauwens (Instituut voor Natuurbehoud), J. Broidioi (Leffinge), P. Bruers (Meteo-Wing, Koksijde), O. De Clerck (Universiteit Gent, Laboratorium Plantkunde), M. Constandt (Middelkerke), R. De Ceunynck, E. Cosyns (WITAB), K. Decleer (Instituut voor Natuurbehoud), G. De Knijf (Instituut voor Natuurbehoud), L. De Loose (Universiteit Gent, Laboratorium Plantkunde), G. Demarée (KMI, Ukkel), D. Denil (Meteo-Wing, Koksijde), F. De Puydt (Universiteit Gent), G. Dumon (Afdeling Waterwegen Kust, Oostende), F. De Scheemaeker (Noordwestvlaamse Vogelwerkgroep, Dudzele), K. Desender (K.B.I.N., Brussel), K. Devos (Instituut voor Natuurbehoud), M. Drees (EUCC, Leiden), M. Hermy (Katholieke Universiteit Leuven, Inst. Land- en Waterbeheer), E. Kuijken (Instituut voor Natuurbehoud), J. Lanckneus (Universiteit Gent), L. Lebbe (Universiteit Gent), J.-P. Maelfait (Instituut voor Natuurbehoud), L. Maertens, D. Maes, P. Meire (Instituut voor Natuurbehoud), K. Peeters (Vlaamse Vlinderwerkgroep vzw), B. Provoost (Afdeling Waterwegen Kust, Oostende), W. Roggeman (K.B.I.N., Brussel), dhr. Rutot (Conservator Duinenabdij), J. Termote (Monumenten & Landschappen, Brugge), B. Vandepitte, E. Vandeven (verantwoordelijke mycologie-inventarisatie Vlaanderen), J. Van Gompel (Blankenberge), L. Vanhecke (Nationale Plantentuin van België), R. Vantorre (Heist), C. Velter (Oostende), B. Vercoutere (Bertem), M. Verbeken (Universiteit Gent, Laboratorium Plantkunde), C. Vernemmen (Universiteit Gent, Vakgroep Geografie), M. Vincx (Universiteit Gent, Instituut voor Dierkunde), R. Walleyn (Nationale Plantentuin, Meise), V. Westhoff (Groesbeek, Nederland), A. Zwaenepoel (Universiteit Gent, Laboratorium Plantkunde) en de hier nog niet vermelde leden van de wetenschappelijke begeleidingscommissie en aan J.-L. Herrier (AMINAL, Afdeling Natuur), leidende ambtenaar van dit project.

16 december 1996.
Sam Provoost en Maurice Hoffmann,
redacteurs,
mede namens de auteurs en promotors van de deelprojecten.

Voorwoord

"Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust" is een beleidsoriënterend wetenschappelijk referentiewerk dat vertrekt vanuit een ecologisch-geografische grondslag.

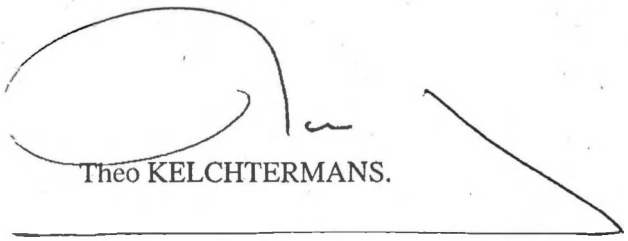
Die grondslag houdt de afbakening in van een ecologisch functioneel samenhangend projectgebied, bestaande in het huidig geval uit het strand, het slik, het schor, het duin en de voor natuurherstel- en ontwikkeling in duin en schor belangrijke aangrenzende poldergebieden. Totnogtoe was het natuurbehoud vooral gericht op de bescherming van soorten en de bescherming en de instandhouding van vegetatiepatronen. "Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust" daarentegen legt de klemtoon op processen en ecologische relaties tussen het abiotisch en het biotisch milieu evenals tussen de verschillende componenten van het kustecosysteem, zoals tussen strand en duin en tussen duin en polder. De voor het kustecosysteem meest kenmerkende processen zijn de dynamiek van strand en duin, met de vorming van strandduintjes bij kustaanwas of van slufters bij kusterosie, de zandverstuivingen met de vorming van nieuwe duinvalleien, de fluctuaties van het grondwaterpeil van de duinen, de ontkalking tengevolge van uitloging enz..

"Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust" is een wetenschappelijk referentiewerk. Het eerste boekdeel van dit werk, namelijk de "ecosysteembeschrijving", bestaat uit een zeer volledige en degelijke compilatie van de op heden voorhanden zijnde wetenschappelijke kennis over onze kustzone, gaande van de geomorfologie, de bodemkunde, de hydrologie, de klimatologie over de flora, de fauna en de vegetatie tot de bewoningsgeschiedenis. Dit boekdeel is op zich reeds een zeer handig naslagwerk voor zowel navorsers als natuurbeheerders en andere belangstellenden. Voorts geeft de in dit document opgenomen inventaris van de leemten in de kennis oriëntaties voor het toekomstig wetenschappelijk onderzoek naar het functioneren van het kustecosysteem.

Het tweede boekdeel, namelijk "natuurontwikkeling", geeft op een overzichtelijke manier de mogelijkheden aan die nog resten om aan onze kust de bovenvermelde typische ecologische processen in stand te houden, te optimaliseren of te herstellen. Voorts biedt het een samenhangend systeem van landschaps- en habitatdoeltypen, voor zowel de particuliere natuurbehoudsorganisaties als de bevoegde overheidsdiensten.

"Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust" geeft, uit het perspectief van het natuurbehoud, een duidelijk optimaal streefbeeld voor onze kustzone weer. Zonder een bindend beleidsdocument te zijn, is dit wetenschappelijk werk wel een goede vertrekbasis voor discussie en overleg tussen enerzijds het facet natuurbehoud en anderzijds de overige actoren in de Vlaamse kustzone, zoals kustverdediging, toerisme en recreatie, watervoorziening, landbouw, bosbouw, wegenbouw, havenontwikkeling, landsverdediging ... Dit overleg zal, in een streven naar duurzame ontwikkeling, op termijn leiden tot de integratie van het facet natuurbehoud in de planning en de activiteiten van de economische en utilitaire sectoren langs de kust, tot een geïntegreerd kustzonebeheer, zoals dat voorgestaan wordt door de Europese Unie.

De Vlaamse minister van Leefmilieu en Tewerkstelling,



Theo KELCHTERMANS.

Voorwoord

Reeds bij het begin van deze eeuw werd gepleit voor het behoud van de natuurwaarden die toen aan de Vlaamse kust een manifest deel van het landschap uitmaakten. Door de gestage, onhoudbare ontwikkeling van bewoning en kusttoerisme gingen zowel het traditionele en kleinschalige landbouwgebruik als het (half-)natuurlijke milieu steeds sneller achteruit. Een ongebreidelde en chaotische verstedelijking van de eertijds typische badplaatsen leidde tot een banaal (sub-)urbaan complex. Het dichtslibben van de schaarse open ruimten is vooral doorheen de laatste decennia het grootste knelpunt gebleken. Wat van natuur overbleef was - op enkele grotere complexen na - een versnipperd lappendeken met stukjes stuifduin, struweel, hooiland en voormalige akkertjes. De landschapsecologische samenhang en de dragende functie van natuur en landschap werden door dit alles irreversibel aangetast. Als gevolg van intensieve grondwaterwinning verloren de nog resterende duinpannen bovendien veel van hun vroegere botanische rijkdom.

Dat de geschetste ontwikkelingen nefast zijn geweest voor het ecosysteem als geheel zal ondertussen voor velen duidelijk zijn. Dat hierdoor tevens de plaats van het duinlandschap als wezenlijke component van het productie-apparaat van onder meer het kusttoerisme zeer werd en wordt geschaad is helaas nog niet overal in het beleid doorgedrongen.

Er is evenwel een groeiend aantal positieve signalen, zoals de oprichting van gewestelijke en particuliere reservaten, het toekomstig Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen, de contestatie van de grondwaterwinningen, het duinendecreet en projecten van natuurherstel, tot en met afbraak van planologisch en/of ecologisch onverenigbare constructies. Toch blijven deze inspanningen nog te zeer beperkt tot eerder symptomatische maatregelen, die door gebrek aan samenhang en synergie vaak de nodige slagkracht missen.

Voorliggende ecosysteemvisie wil vanuit een historische, fysisch-geografische en vooral landschapsecologische achtergrond een holistische benadering brengen. Hiermee moeten de betrokken overheidsinstanties diverse ontwikkelingsmodellen of beheerskeuzen kunnen onderbouwen en in de praktijk laten uitwerken tot een coherent natuur- en milieubeleid.

Het is onze overtuiging dat dit op lange termijn een onmiskenbare steun zal betekenen, ook voor het economische beleid en het welzijn van allen die met de nog steeds boeiende veelzijdigheid van het kustgebeuren betrokken zijn.

Prof. Dr. Eckhart Kuijken,
directeur Instituut voor Natuurbehoud.

1. Inleiding

Voorliggend rapport vormt het beschrijvend luik van de "Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust". Deze onderzoeksopdracht werd door de Afdeling Natuur van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (AMINAL) uitbesteed aan verschillende onderzoeksafdelingen van de Universiteit Gent.
De coördinatie van de verschillende deelopdrachten klimatologie, geomorfologie, hydrologie, pedologie en ecologie verliep vanuit het Instituut voor Natuurbehoud. Voor de begeleiding van het project werd verder een wetenschappelijke commissie in het leven geroepen die de geleverde teksten geregeld kon beoordelen en waar nodig inhoudelijk bijsturen.

Het eerste luik "ecosysteembeschrijving" heeft als doel de bestaande informatie omtrent de biotische en abiotische aspecten van het kustecosysteem bijeen te brengen. De opbouw van het rapport wordt opgevat als een "top down" analyse van het globale ecosysteem, gaande van atmosfeer (klimaat) over lithosfeer, hydrosfeer, ... tot biosfeer. Daarnaast worden ook de historische aspecten van het de invloed van de mens op het duinlandschap in een afzonderlijk hoofdstuk behandeld.

De beschrijving van het ecosysteem staat weliswaar in functie van de bescherming ervan. Het luik "natuurontwikkeling" van deze studie omvat de eigenlijke beleidsvisie inzake natuurbehoud aan de kust. Uit de elementen, aangereikt in het beschrijvend gedeelte, worden knelpunten en potenties gedestilleerd die op hun beurt een basis vormen voor het streefbeeld voor natuurbehoud en -ontwikkeling.

2. Klimaat

2.1. Waarnemingsnetwerk

Klimatologische waarnemingen worden in België hoofdzakelijk uitgevoerd door drie verschillende diensten :
Koninklijk Meteorologisch Instituut (K.M.I.)
Meteorologische Dienst - Regie der Luchtwegen (Meteo-RLW)
Meteorologische Wing van de Belgische Luchtmacht (Meteo-Wing).

De hieronder voorgestelde overzichtskaarten van neerslag en temperatuur maakten gebruik van de normaalwaarden berekend voor 360 neerslagstations (Dupriez et al. 1978) en voor 142 temperatuurstations (Sneyers et al. 1981). Rekening houdend met de ruimtelijke variabiliteit van het gemeten element en de gewenste precisie (Sneyers 1973), bereikt de dichtheid van het waarnemingsnet niet de optimale situatie. Een correcte ruimtelijke spreiding van de stations zou betekenen dat de gemiddelde afstand tussen de stations in de winter 4 km moet zijn voor de neerslag, 2.45 km voor de dagelijkse maximale temperatuur en 22 km voor de pieksnelheden van de wind. In realiteit bedragen deze afstanden respectievelijk 10, 16.4 en 57 km (Alexandre et al. 1992).

In Bijlage 2.1. wordt een overzicht gegeven van de bestaande klimatologische stations in het Vlaams kustgebied. Deze is echter vermoedelijk voor aanvullingen vatbaar
De exacte lokalisatie van deze waarnemingsstations in het kustgebied, met name de afstand tot de zee, de positionering t.o.v. de duingordel, vergt meer onderzoek. Ook werden een aantal stations gedurende de waarnemingsperiode verplaatst. Dit werd tot nu toe niet verder onderzocht.

Door de Afdeling Hydrometeorologie van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust worden windmetingen, luchtdruk, temperaturen, neerslag, naast golf- en getijmetingen uitgevoerd voor een aantal stations. Het station met het grootst aantal opgemeten parameters (wind, luchtdruk, neerslag, luchttemperatuur, grondtemperatuur, natte bol temperatuur, relatieve vochtigheid) is Meteopark Zeebrugge. Dit station is gesitueerd nabij het zeesluisstation P. Vandamme, gelegen tussen de nieuwe Voor- en Achterhaven van Zeebrugge. De andere stations, waarvoor minder parameters worden opgemeten, zijn in zee gelegen.
Daarnaast worden ook meteorologische waarnemingen uitgevoerd door enkele weeramateurs. Relevante gegevens konden echter niet bekomen worden.

2.2. Algemene karakteristieken van het klimaat

2.2.1. Algemeen

Het Vlaamse kustgebied kent een gematigd klimaat. Het is een oceanisch klimaat met zachte temperaturen en een totale hoeveelheid neerslag aan de lage kant (Alexandre et al. 1992). In grote trekken verschilt het kustklimaat met het binnenlandse klimaat op de volgende punten:

De gemiddelde luchttemperatuur in de winter is er hoger, in de zomer is ze lager dan in het binnenland. De dagelijkse en maandelijkse temperatuurschommelingen zijn geringer. Het kustgebied lijkt iets minder neerslag te ontvangen dan het binnenland; mist zou zelden voorkomen aan de kust in de zomer. Zowel gemiddelde windsnelheid, gemiddelde relatieve vochtigheid en aantal uren zonneschijn zouden iets hoger zijn in het kustgebied dan in het binnenland (Poncelet 1951).

2.2.2. Overzicht van de gebruikte gegevens

Onderstaande tabel geeft een overzicht van enkele publicaties (zie literatuurlijst) die als gegevensbron geraadpleegd werden. Een vergelijking van het bronnenmateriaal is noodzakelijk om tot een juiste interpretatie van de gegevens te komen.

- Temperatuur :

Poncelet et al. 1947	periode 1901-1930 39 stations	Oostende
Dingens et al. 1964	periode 1901-1930 42 stations aangevuld met 6 stations voor een latere periode (na 1940) + gegevens afgeleid uit maandkaarten voor 34 stations	Oostende Koksijde Klemskerke-De Haan
Sneyers et al. 1985	periode afhankelijk van het station en berekend met behulp van de normale afwijking van Ukkel, uitgaande van de normalen van Ukkel voor de periode 1901-1979. 142 stations	Oostende Knokke-Zwin Koksijde Middelkerke Klemskerke

- Neerslag :

Poncelet et al. 1947	periode 1901-1930 97 stations	Oostende Klemskerke-De Haan Heist

Dingens et al. 1964	periode 1901-1930 42 stations aangevuld met : 6 stations voor een latere periode (na 1940) + gegevens afgeleid uit maandkaarten voor 34 stations	Oostende Koksijde Klemskerke-De Haan
Dupriez et al. 1982	periode afhankelijk van het station en berekend met behulp van de normale afwijking van Ukkel, uitgaande van de normalen van Ukkel voor de periode 1833-1975 360 stations	Koksijde Nieuwpoort Middelkerke-Raversijde Klemskerke-De Haan Blankenberge Heist

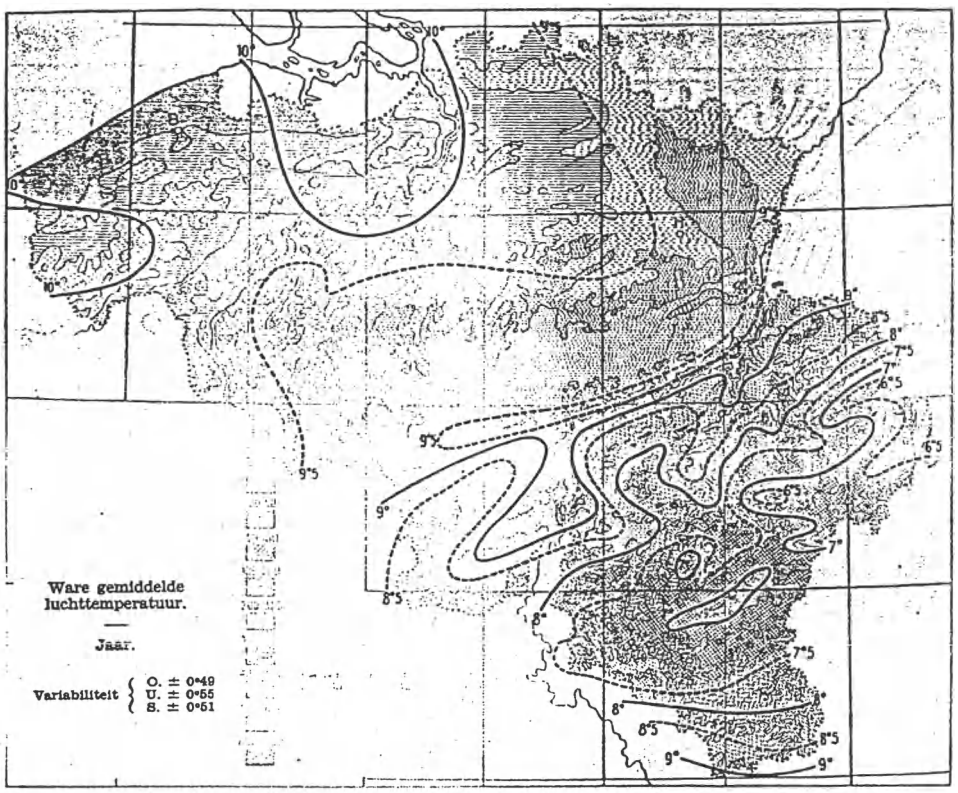
2.2.3. Klimaattypes

Het klimaat van België behoort tot het type Cfb in de classificatie van Köppen (Dingens et al. 1964), dit wil zeggen een klimaat gekenmerkt door een gemiddelde temperatuur van de warmste maand groter dan 10°C en van de koudste maand tussen de -3 en 18°C (symbool C) met een relatief evenredige spreiding van de neerslag over het gehele jaar (symbool f) en met een gemiddelde temperatuur van de 4 warmste maanden boven de 10°C; de temperatuur van de warmste maand ligt onder de 22°C. Belgische klimaatsvariaties veroorzaakt door geografische verschillen komen niet tot uiting in deze klimaatsclassificatie.

Dingens et al. (1964) berekenden op basis van de gemiddelde maandelijkse temperatuur en neerslag voor de periode 1901-1930 de potentiële evapotranspiratie (PET). Vergelijking van de verkregen PET-waarden met de neerslagwaarden laten toe een waterbalans op te stellen. Hierop gesteund werkte Thornthwaite een klimaatsclassificatie uit.
Voor geheel België worden zo'n 20 klimaatstypes onderscheiden. Aan de kust vindt men 3 types terug : de West- en Oostkust behoren tot het vochtige subhumide type (Koksijde C2rB'1a' (=vochtig subhumied klimaat (C2) van het quasi permanent vochtige type (r), mesothermaal 1 wat betreft de globale efficiëntie van de temperatuur (B'1) en megathermaal wat betreft de seizoenale efficiëntie van de temperatuur (a')) en Klemskerke-De Haan C2rB'1b'4 (idem als voor Koksijde, enkel de seizoenale temperatuursefficiëntie verschilt : mesothermaal 4)) en de Middenkust tot het humide type (Oostende B1rB'1b'4 (humied, type 1 (B1), quasi permanent vochtig (r), mesothermaal 1 voor de globale efficiëntie van de temperatuur (B'1) en mesothermaal 4 voor wat betreft de seizoenale efficiëntie van de temperatuur (b'4)).

2.2.4. Temperatuur

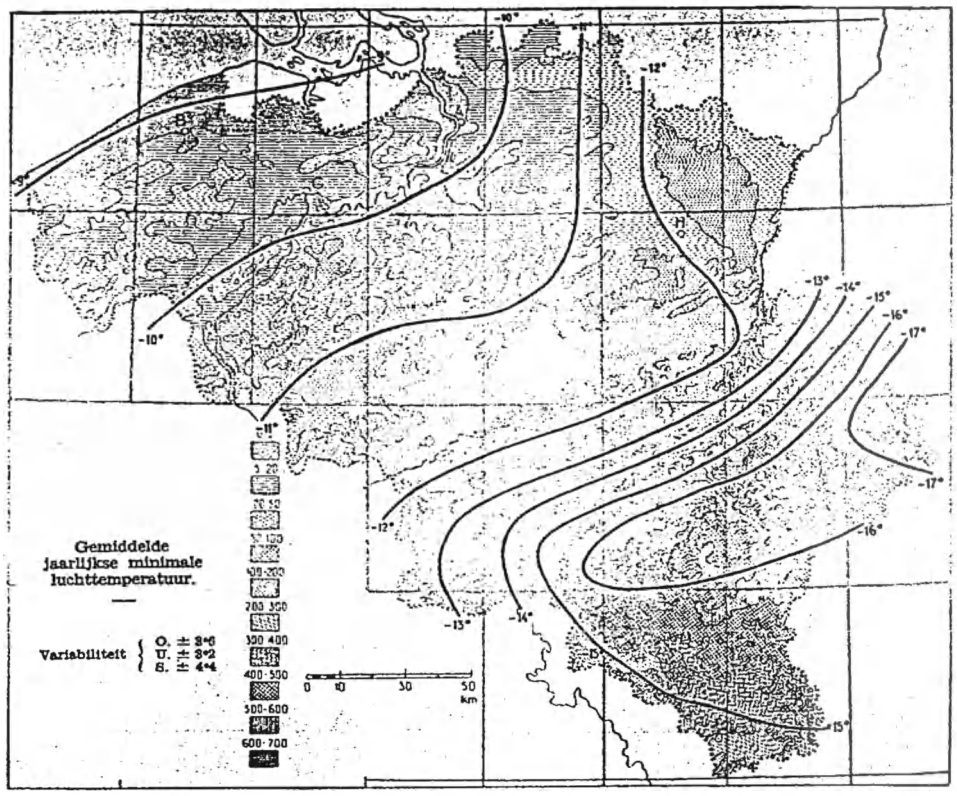
De temperatuur wordt beïnvloed door de hoogteligging en de nabijheid van de zee.
De hoogteligging beïnvloedt de ruimtelijke verdeling van de gemiddelde temperaturen en de gemiddelde extreme maandelijkse temperaturen. De gemiddelde afkoelingsgraad varieert echter van maand tot maand en is veel hoger in de winter dan in de zomer.



Figuur 2.1. Gemiddelde jaarlijkse luchttemperatuur (Poncelet & Martin 1947).

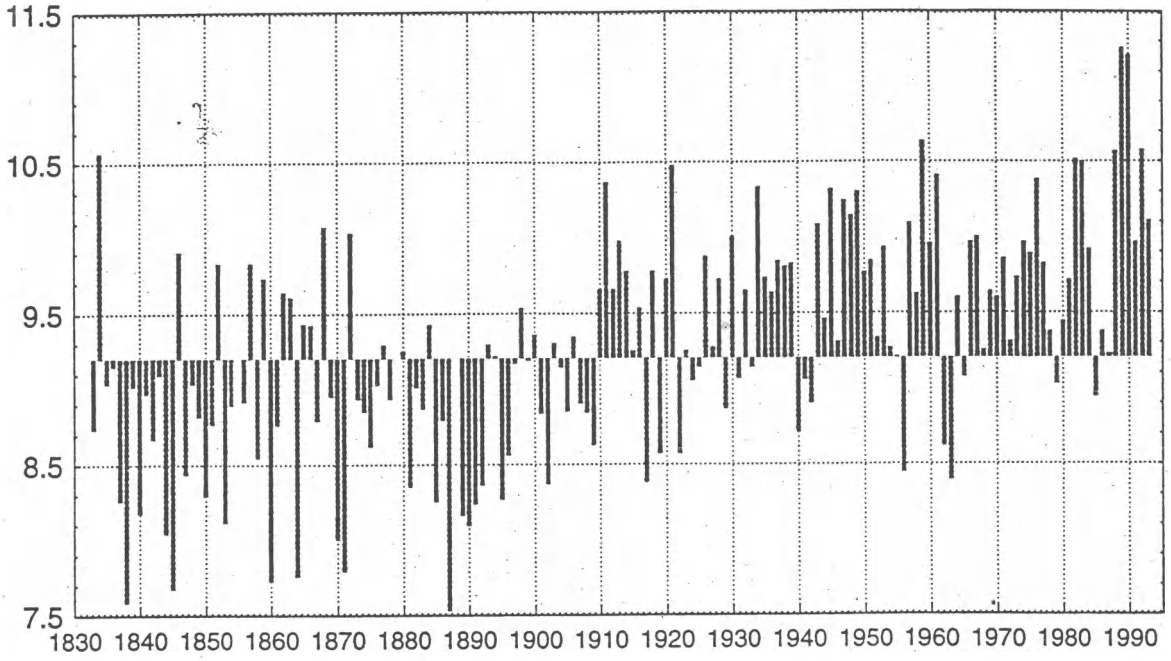
De invloed van de Noordzee en van Zeeland laat zich vooral op de maximumtemperaturen gelden, tot zo'n 30 à 40 km landinwaarts en dit van april tot augustus. Dit effect verzwakt de amplitude van het dagelijkse en het seizoenale verloop (Alexandre et al. 1992).

De gemiddelde luchttemperatuur voor de kuststreek schommelt tussen 9.5 en 10°C. De hoogste jaarlijkse gemiddelde luchttemperaturen (10-10.5°C) komen voor in de Beneden-Schelde-vallei en het ZW deel van West-Vlaanderen (Figuur 2.1.). De gemiddelde luchttemperatuur toont de hoogste waarden voor de West- en Middenkuststreek voor de maanden januari, februari, maart en voor de gehele kuststreek voor de maanden oktober, november en december. De gemiddelde maximum temperatuur is het hoogst langsheen de Westkust voor de maanden januari en februari, november en december. De gemiddelde minimum temperatuur is het hoogst langsheen de kust gedurende het gehele jaar (Figuur 2.2.) (Poncelet et al. 1947). Een iets meer gedetailleerd beeld, maar in grote trekken overeenstemmend met Poncelet et al. (1947) wordt voorgesteld in de publicatie van Dingens et al. (1964). De gemiddelde jaarlijkse temperatuur ligt voor de kust tussen de 9.5 en 10°C. De hoogste waarden worden bereikt in een strook die zich uitstrekt van de Beneden-Schelde tot Brussel met een gemiddelde jaarlijkse temperatuur van 10.8°C. Deze zone ligt iets meer naar het oosten vergeleken met Poncelet et al. (1947). Wat het seizoenaal verloop van de temperatuur betreft worden de hoogste gemiddelde luchttemperatuurwaarden teruggevonden in Midden-België; enkel in de herfst (september tot november) is de gemiddelde luchttemperatuur van de kust even hoog als in Midden-België.



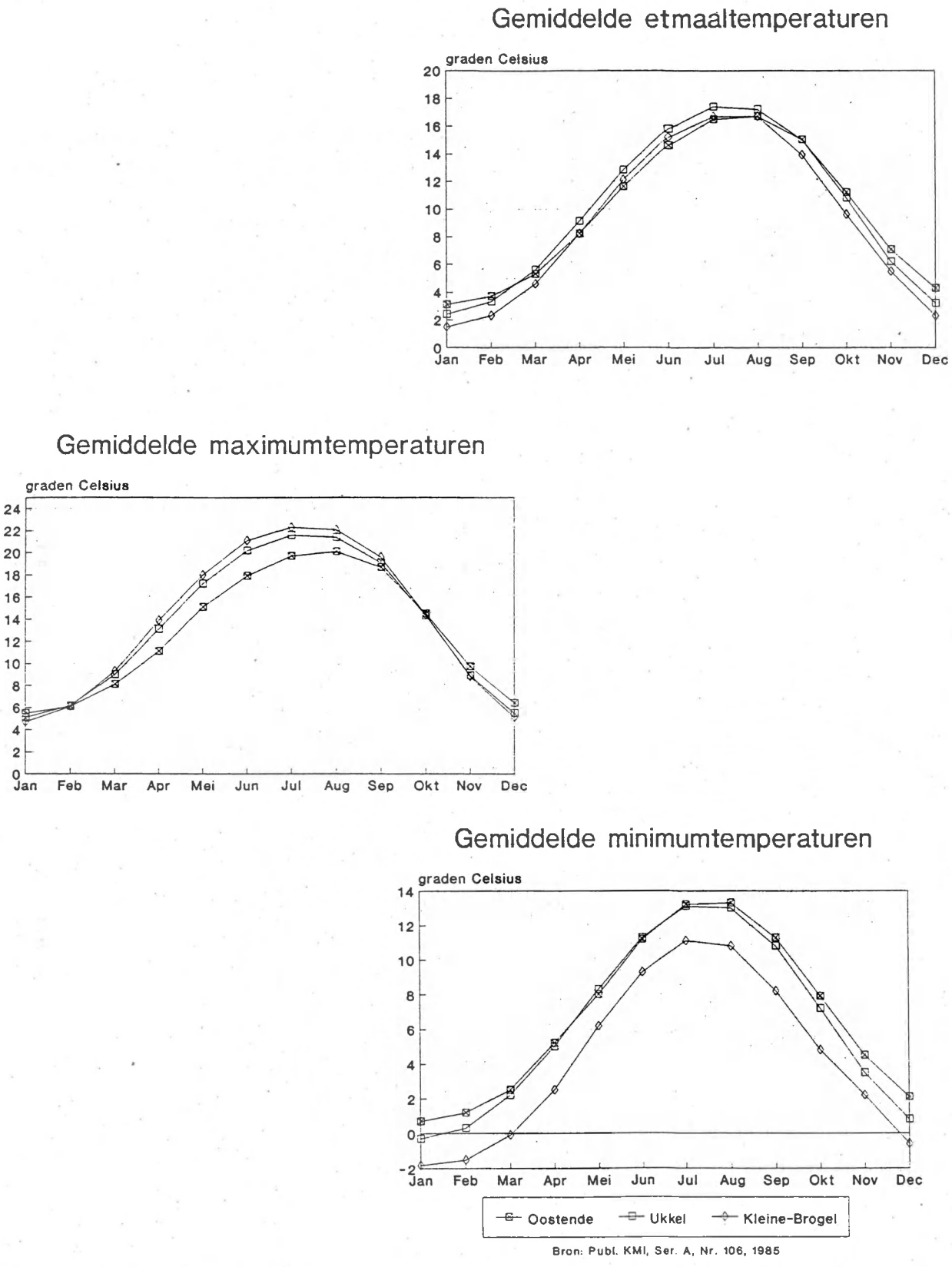
Figuur *2.2. Gemiddelde jaarlijkse minimum luchttemperatuur (naar Poncelet & Martin 1947).*

Het verloop van de temperatuur vertoont een variabiliteit van jaar tot jaar zodat de periode waarover de gemiddelden berekend worden het resultaat beïnvloeden. Zo is voor Ukkel de gemiddelde jaarlijkse temperatuur berekend over de periode 1887-1946 (60 jaar), 9,38°C ± 0.047C°, voor de periode 1901-1930 (30 jaar) is de gemiddelde temperatuur 9.41°C ± 0.065C° (Poncelet et al. 1947). Alexandre et al. (1992) vinden een gemiddelde temperatuur voor de periode 1901 tot 1992 van 9.8°C met een standaardafwijking van 0.8°C. Deze auteurs stellen een opwarming vast tussen 1890 en 1960, maar er komt geen uitzonderlijk jaar voor met een afwijking van meer dan 2 keer de standaardafwijking wat betreft de temperatuur. Uitzondering hierop vormt 1989, dat het warmste jaar is sedert het begin van de waarnemingen (waarnemingsperiode loopt tot 1990). De abnormale jaren worden gekenmerkt door de strengheid of de zachtheid van de wintermaanden. Sneyers et al. (1990) pasten een trend-test toe op de maandelijkse en jaarlijkse luchttemperatuur-gegevens van 1833 tot 1988 voor Ukkel (Figuur 2.3.). De serie blijft stabiel tussen 1833 en 1909 en vanaf 1934 tot 1988. Tussen 1910 en 1933 heeft een progressieve toename van de luchttemperatuur met ongeveer 1°C plaatsgegrepen. Deze temperatuursverhoging voor de winter en herfstmaanden is opgetreden rond 1910, voor de zomer en lentemaanden was dit rond 1930 (Sneyers et al. 1995). Volgens Sneyers et al. (1990) gebeurde deze toename op abrupte wijze. De toename in de jaarlijkse gemiddelde luchttemperatuur ging gepaard met een significante afname van de variabiliteit.



Figuur 2.3. Gemiddelde jaarlijkse temperaturen, Ukkel 1833 - 1993 (Sneyers & Vandiepenbeeck 1995).

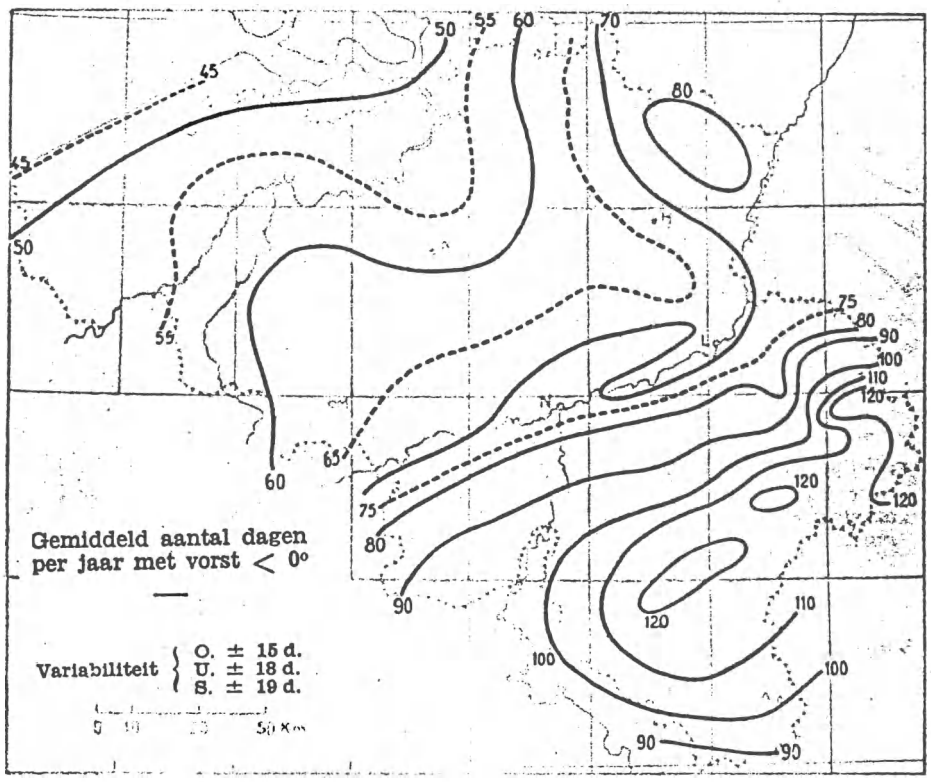
Een vergelijking van de waarnemingsstations Oostende, Ukkel en Kleine-Brogel (Landuyt et al. 1992) toont aan dat de ware gemiddelde temperatuur (= gemiddelde berekend op de 2-uurlijkse temperatuurwaarnemingen) voor Oostende hoger is van oktober tot februari dan voor de twee binnenlandse stations; van mei tot juli is de omgekeerde situatie waar (Figuur 2.4.). De invloed van de zee laat zich gelden : de luchttemperatuur te Oostende is sterk door de zeewater-temperaturen beïnvloed. De watermassa dichtbij warmt traag op in de lente- en zomermaanden (verschil in warmtecapaciteit tussen land en zee). Van oktober tot februari is het omgekeerd : het zeewater koelt traag af en het land verliest snel de opgedane warmte.
Wat betreft de gemiddelde maximumtemperaturen : Kleine-Brogel heeft de hoogste gemiddelde maximumtemperaturen, Oostende de laagste, Ukkel ligt daar tussenin. Zowel in februari als in oktober zijn de gemiddelden van de 3 waarnemingsposten nagenoeg dezelfde. Van november tot januari heeft Oostende de hoogste gemiddelden en Kleine-Brogel de laagste. De gemiddelde minimumtemperatuur is in Kleine-Brogel beduidend lager dan deze van Oostende en Ukkel. De gemiddelde minimumtemperatuur is het resultaat van de nachtelijke afkoeling van het landoppervlak. Te Oostende speelt deze afkoeling het minst, omdat het zeewateroppervlak zeer traag in temperatuur daalt, de watertemperatuur verschilt weinig tussen nacht en dag. De afkoeling van de lucht wordt in Oostende (te land) gecompenseerd door de warmteoverdracht van het water naar de onderste luchtlagen. Enkel in mei en juni is het gemiddelde minimum te Oostende een paar tienden lager dan in Ukkel.



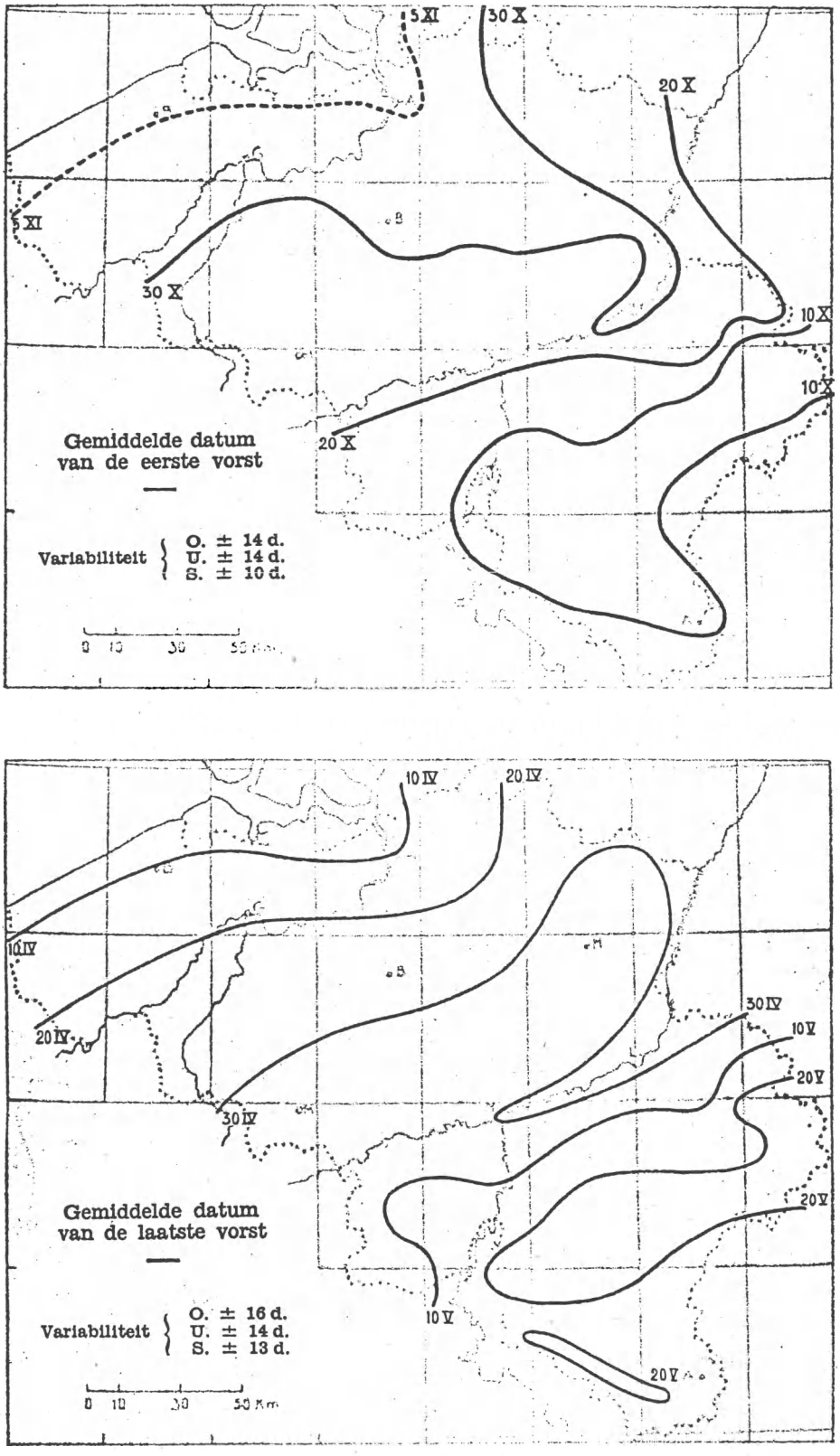
Figuur 2.4. Gemiddelde etmaal-, maximum- en minimumtemperaturen voor Oostende, Ukkel en Kleine-Brogel (Sneyers & Vandiepenbeeck 1985 cit. in Landuyt et al. 1992).

2.2.5. Vorst

Het gemiddeld aantal vorstdagen per jaar bedraagt voor de kuststreek 45 dagen; naar het binnenland toe neemt het aantal vorstdagen toe tot meer dan 120 dagen voor de Ardense hoogten (Figuur 2.5.).
De gemiddelde aanvangstdatum voor de vorstperiode is iets na 5 november voor de kuststreek; voor de Ardense hoogten is dit reeds rond 10 oktober (Figuur 2.6.).
De gemiddelde einddatum voor vorst ligt voor de kust rond 10 april, voor de Ardense hoogten is dit ca. 20 mei.
De gemiddelde duur van een aaneensluitende periode zonder vorst is aan de kust 220 dagen, op de Ardense hoogten is dit slechts 140 dagen (Poncelet et al. 1947).



Figuur 2.5. Gemiddeld aantal vorstdagen per jaar (Poncelet & Martin 1947).

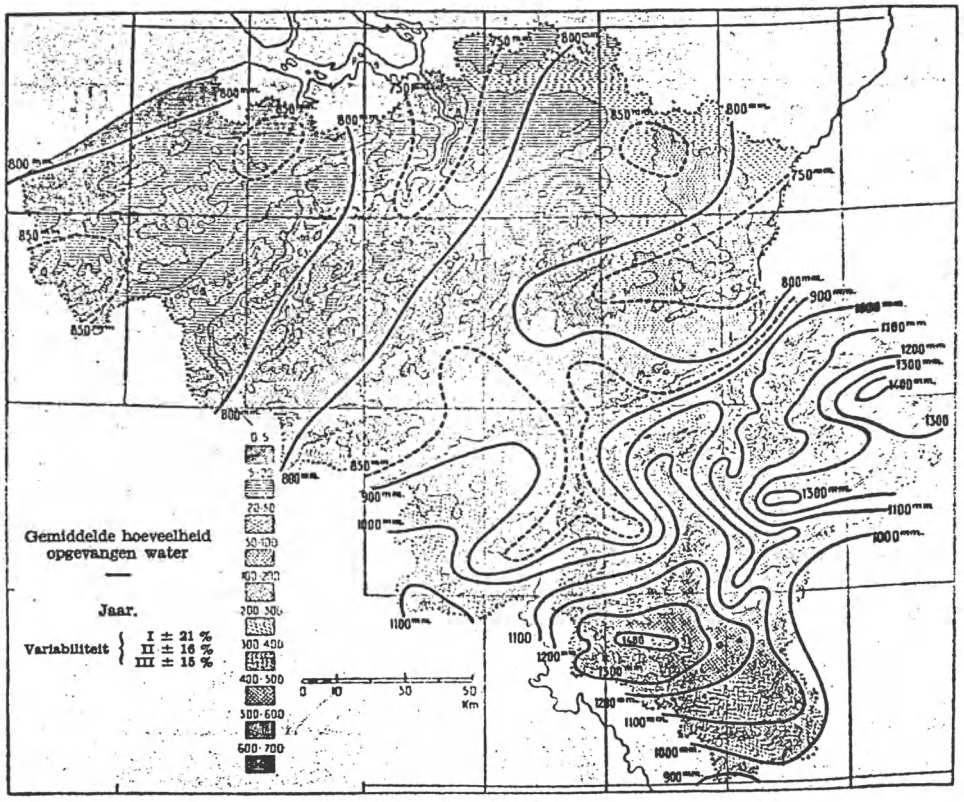


Figuur 2.6. Gemiddelde datum van eerste en laatste vorstdag (Poncelet & Martin 1947).

2.2.6. Neerslag

De jaarlijkse normaalwaarden voor de neerslag wijzen op een dominerende invloed van de hoogteligging; andere factoren die de neerslaghoeveelheid beïnvloeden zijn de algemene oriëntatie van de helling t.o.v. de richting van de gevolgde storingen (regenschaduwgebieden) en neerslagbuien afkomstig van onstabiele wolkenformaties (onweders).

De kust ontvangt jaarlijks tussen de 750 en 800 mm neerslag; meer naar het binnenland toe bedraagt dit ca. 800 mm (Figuur 2.7.). De streek Kanegem-Zomergem en de streek rond Ieper krijgen meer dan 850 mm neerslag. De zone vanaf Ath tot de Noorderkempen ontvangen tussen de 750 en 800 mm, de Scheldevallei vanaf Dendermonde tot aan de Nederlandse grens is iets droger en ontvangt tussen de 700 en 750 mm neerslag.
De hoeveelheid maandelijkse neerslag langsheen de kust varieert tussen ongeveer 35 en 90 mm. Februari is de droogste maand; oktober veruit de natste. De kuststreek krijgt het minste neerslag gedurende de maanden februari tot augustus. Neerslagverdeling gedurende het groeiseizoen, maanden mei-juni-juli : Westkust ontvangt tussen de 170 en 180 mm, de Oostkust tussen de 180 en 190 mm; dit zijn laagste waarden voor België (Poncelet et al. 1947) (Figuur 2.8.).



Figuur 2.7. Gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid neerslag (Poncelet & Martin 1947).

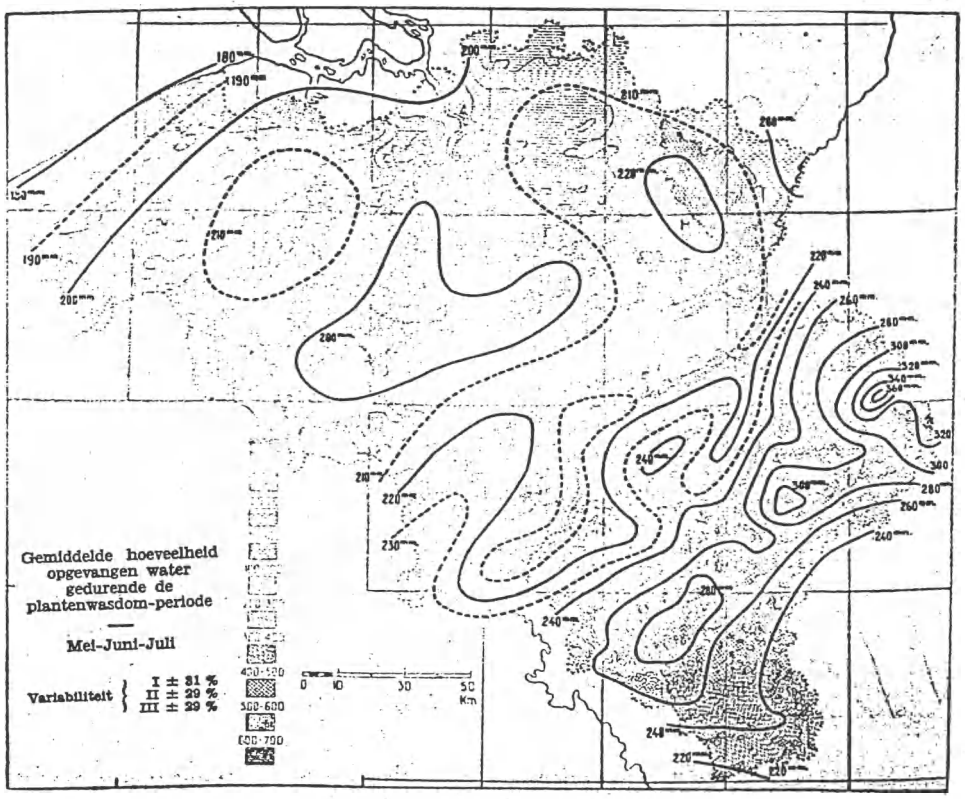
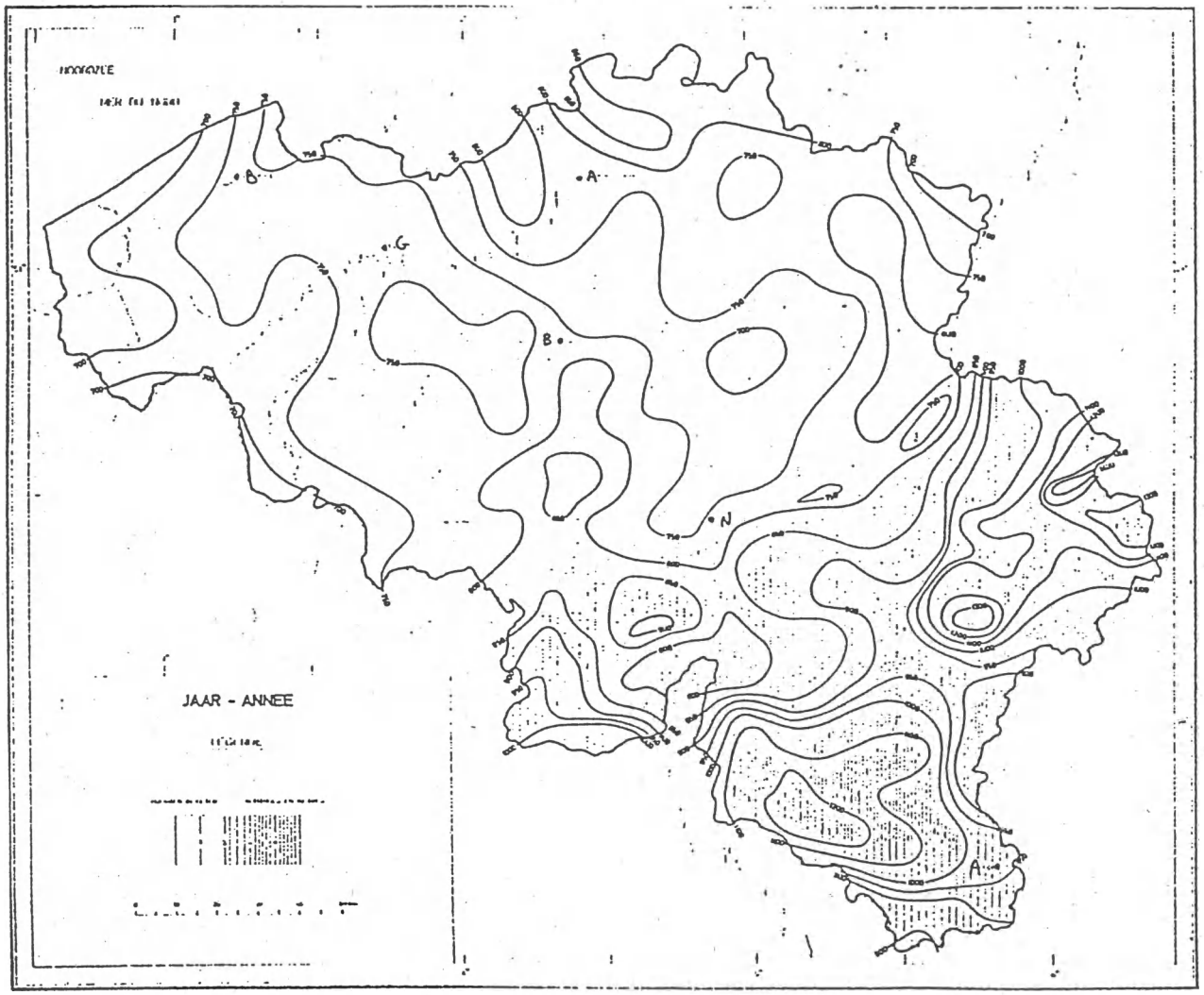


Fig. 2.8: Gemiddelde hoeveelheid neerslag gedurende de groeiperiode (mei-juli) (Poncelet & Martin 1947).

De gegevens voorgesteld in Dingens et al. (1964) komen in grote trekken overeen met het kaartje van Poncelet. In Laag- en Midden België neemt de neerslag toe vanaf ongeveer een 30-tal km afstand van de kust (Ieper 875 mm, Zomergem 855 mm) met een relatief minimum nabij Gent, en een toenemend gemiddelde naar het zuiden toe. De N-Z lopende strook van Wuustwezel, Sint-Niklaas naar Ath heeft een lagere neerslag (Antwerpen 713 en Ath 758 mm). Zuid- en oostwaarts neemt de neerslag toe. In Hoog-België worden hoge hoeveelheden neerslag ontvangen op het Ardens plateau (hoogte > 600m) en in het zuidwesten van de Ardennen. De seizoenale gegevens tonen een minimum in de lente en zomer aan de Westkust met 124 en 180 mm respectievelijk. De kuststreek kent een eenvoudig neerslagregime met een neerslagmaximum in de herfst; de kleinste hoeveelheid neerslag valt in het algemeen op het einde van de winter en het begin van de lente.

Een duidelijk verschil tussen de kaartjes van Dingens et al. (1964) en Poncelet (1947) is dat de Westkust in de eerstgenoemde publicatie aangetoond wordt als zijnde veel droger met 664 mm (Koksijde), de laagste jaarlijkse neerslagwaarde van het land. In de studie van Dingens et al. (1964) werd het station Koksijde opgenomen voor een periode van een 10-tal jaar. Dit station werd slechts in gebruik genomen vanaf 1951. Het is niet duidelijk of Koksijde een droger klimaat heeft, of dat het verschil in lengte en tijdstip van de waarnemingen aan de basis ligt van dit (schijnbaar) drogere klimaat. Poncelet (1951) spreekt dan juist van een tegenovergestelde neerslaggradiënt met minder neerslag in het NO en meer in het ZW van het kustgebied. Dit zou veroorzaakt zijn door meer frekwente kleine buien en motregen in de zone De Panne - Nieuwpoort.



Figuur 2.9. Jaarlijkse hoeveelheid neerslag (Dupriez & Sneyers 1979).

De meest recente gegevens van Dupriez et al. (1979) tonen voor de stations Koksijde, Middelkerke, Oostende en De Haan minder dan 700 mm jaarlijkse neerslag. Blankenberge heeft een waarde van 701 tot 750, Heist een waarde tussen de 751 en 800 mm neerslag. Hier is de toenemende neerslag van ZW naar NO zeer uitgesproken (Figuur 2.9.). Deze cijfers geven lagere neerslagcijfers voor geheel België vergeleken met de gegevens van Poncelet et al. (1947) en Dingens (1964). Dit zou erop wijzen dat de periode 1901 tot 1930 relatief natter was dan de normalen van het pluviometrische net die herleid zijn tot de periode 1833-1975.

Bij een vergelijking van 5 neerslagstations (Koksijde, Melsbroek, Leopoldsburg, St.-Hubert en Botrange) bereikt Koksijde de kleinste maandtotalen behalve voor de maanden september tot oktober. Aan de zee is de neerslagduur korter en zijn er vlugger opklaringen. September-oktober is de periode van herfststoringen die overal voor veel neerslag kunnen zorgen. In deze maanden is

de zeewatertemperatuur nog relatief hoog, zodat over de zee en aan de kust gemakkelijker buien tot ontwikkeling komen dan in het binnenland (Landuyt et al. 1992).

Naargelang het type neerslag kan een onderscheid gemaakt worden tussen de stations Koksijde en Melsbroek enerzijds en St.-Hubert anderzijds. Het station St.-Hubert toont een groter aandeel van sneeuw en sneeuwbuien ten koste van regen. De Ardennen vertonen eveneens een hoger aandeel van motregen (Landuyt et al. 1992 uit KMI, Misc B, 29, 1984) (Figuur 2.10.).

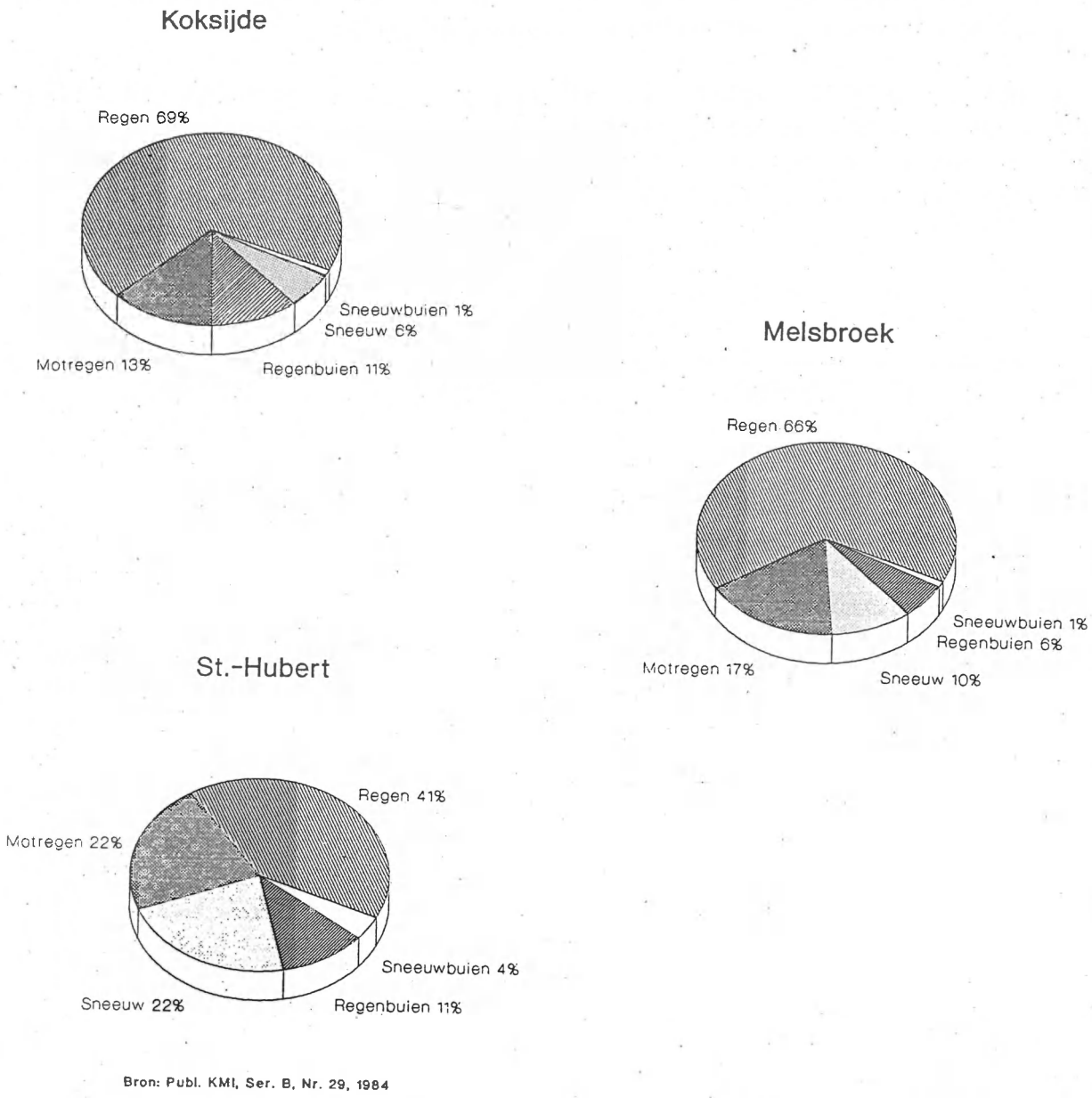
Tabel 2.1. Gemiddelde duur neerslagtypes voor Koksijde, Melsbroek en St.-Hubert (Landuyt et al. 1992 uit KMI, Misc B, 29, 1984).

Neerslagtype	Koksijde	Melsbroek	St.-Hubert
regen	69	66	41
motregen	13	17	22
regenbuien	11	6	11
sneeuw	6	10	22
sneeuwbuien	1	1	4

De jaarlijkse neerslaghoeveelheid vertoont eveneens een variabiliteit. De periode waarover de gemiddelde jaarlijkse neerslag berekend wordt, beïnvloedt het resultaat. Zo is voor Ukkel de gemiddelde jaarlijkse neerslag 803 mm ± 10.5 voor de periode 1887-1946 (60 jaar) en 835 mm ± 16.9 voor de periode 1901-1930 (30 jaar). Voor Ukkel bedraagt de variabiliteitsindex 0.15. Jaarlijkse waarden variëren tussen 406 mm (1921) en 1074 mm (1965) met een gemiddelde waarde van 782 mm en een standaardafwijking van 119 mm. Zeer neerslagrijke of neerslagarme jaren worden gekenmerkt door het karakter van de zomer of de herfst (Alexandre et al. 1992). Sneyers et al. (1990) vonden een positieve significante toename in jaarlijkse neerslaghoeveelheden vanaf 1987. Deze toename is voornamelijk te wijten aan hoge neerslagwaarden voor december, januari en maart. De toename in de jaarlijkse hoeveelheid neerslag gaat eveneens gepaard met een significante toename in de variabiliteit van de neerslag.

2.2.7. Luchtvochtigheid

De vochtigheid van de lucht beïnvloedt de verdamping. Niet alleen wordt de verdampingssnelheid bepaald maar ook het uiteindelijke watergehalte van organismen, indien deze hun watervoorraad niet door drinken of via wortelopname op peil kunnen houden (Barkman & Stoutjesdijk 1987).



Figuur 2.10. Gemiddelde duur neerslagtypes voor Koksijde, Melsbroek en St.-Hubert (Bodeux 1984 cit. in Landuyt et al. 1992).

Hieronder zullen twee parameters die de vochtigheid in de lucht beschrijven, nl. de relatieve vochtigheid (RH) en het verzadigingsdeficiet (SD), behandeld worden.

De relatieve vochtigheid is de verhouding uitgedrukt in % tussen hetgeen de lucht bevat en kan bevatten aan waterdamp. Het verzadigingsdeficiet is het verschil tussen de grootst mogelijke druk van waterdamp bij de temperatuur van het ogenblik en de huidige dampdruk uitgedrukt in millibar (Bodeux 1975).

Een algemene vaststelling relevant in het kader van deze studie is dat de RH afneemt met toenemende afstand van de zee en dat een grotere seizoenale variatie naar het binnenland toe optreedt (Tabel 2.2. en Figuur 2.11.). Minima van RH voor de meeste stations treden op in de maanden april en mei, dus vóór de hoogste temperaturen bereikt worden. Dit kan verklaard worden door de vertraging die de opwarming van het zeewater oploopt vergeleken met de opwarming van het land, wat resulteert in een geringere verdamping boven de zee en een geringere hoeveelheid vochtigheid die aangebracht wordt door de maritieme luchtstromen (Sneyers & Vandiepenbeeck 1995).

Het verloop van de RH gedurende de dag wordt bepaald door de luchttemperatuur. Gemiddeld worden de hoogste waarden bereikt rond 14u en de laagste rond 4u voor Ukkel (Sneyers & Vandiepenbeeck 1995). Voor Middelkerke, gesteund op de 3-uurlijkse waarnemingen (Bodeux 1975), worden de hoogste waarden bereikt om 12 uur voor elke maand, de laagste tussen 0 en 3 uur. Voor Koksijde zijn de laagste waarden meestal tussen 3 en 6 uur, de hoogste rond 15 uur.

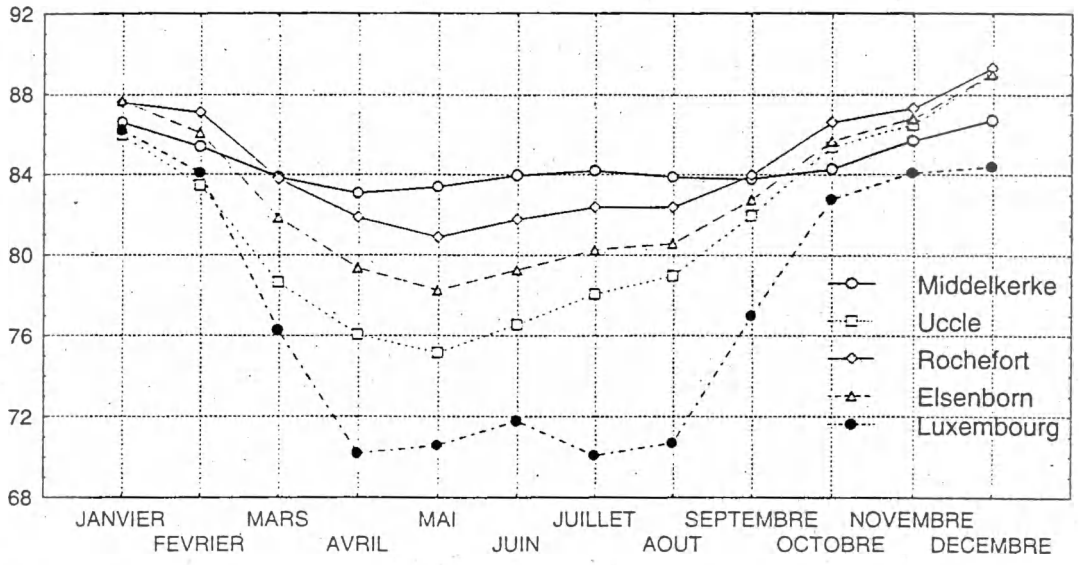
Tabel 2.2. Maandelijkse normalen van relatieve vochtigheid voor Middelkerke. Verschil van de normalen van relatieve vochtigheid van enkele binnenlandse stations vergeleken met Middelkerke (0,1%).

Maand	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Middelkerke	866	854	839	831	834	840	842	839	838	843	857	867
Kleine-Brogel	2	-15	-34	-49	-57	-56	-45	-28	-9	6	14	12
Zaventem	-9	-21	-36	-52	-63	-67	-55	-51	-36	-20	-9	-5
Ukkel	-2	-24	-49	-69	-80	-78	-64	-41	-17	4	14	12
Rochefort	18	18	11	-5	-20	-24	-12	8	24	28	23	18
St.-Hubert	27	13	-7	-28	-43	-49	-44	-29	-9	11	26	32
Elsenborn	20	11	-14	-42	-56	-51	-33	-15	-5	-2	4	14
Luxembourg	-4	-13	-76	-129	-128	-122	-141	-132	-68	-15	-16	-23

Hoffman (1992) toont voor juli 1989, een relatief droge maand (51.8 mm versus de normale waarde van 60 mm), de dagelijkse minimumwaarde voor de RH voor verschillende stations. De kuststations vertonen minder extreem lage minimumwaarden dan de binnenlandse stations.

De grootste verzadigingsdeficieten komen voor in de maanden juni, juli en augustus. Koksijde en Middelkerke vertonen geringere SD's dan Ukkel voor de maanden februari tot september, dit wil zeggen dat er meer vochtigheid in de lucht is in de kustgebieden voor deze maanden (Bodeux 1975).

Gedurende een etmaal treden de grootste deficieten op rond 15 uur en 12 uur (afgeleid uit de 3-uurlijkse waarnemingen, Bodeux 1975) en de kleinste deficieten rond 3 tot 6 uur en 3 uur voor Koksijde en Middelkerke respectievelijk.



Figuur 2.11. Maandelijkse normalen van relatieve vochtigheid voor Middelkerke, Ukkel, Rochefort, Elsenborn en Luxemburg.

2.2.8. Wind

Bodeux (1976) vergeleek de waarnemingsstations van de luchthavens met elkaar omdat deze het meeste uniform zijn wat betreft de opstelling van de anemometers en de meetperiode (referentieperiode 1963-1972).

De hoogste gemiddelde windsnelheden worden bereikt nabij zee. Middelkerke heeft elke maand het hoogste gemiddelde: het station is het dichtst bij de zee gelegen en de wind wordt er het minst afgeremd door het terrein. Koksijde heeft een reeds heel wat lager gemiddelde omdat het achter een vrij brede en hoge duingordel ligt. Hoe verder in het binnenland, hoe meer bebouwing en beplanting, hoe ruwer het terrein wat resulteert in lagere gemiddelde snelheden (Landuyt et al. 1992) (Figuur 2.12.). Over een afstand van 40 km vanaf de kust naar het binnenland toe zijn de indsnelheden iets minder. Over Midden-België waait de wind minder sterk; naar het zuiden toe, over de Ardense plateaus wordt een nieuw maximum wat betreft windsnelheid bereikt (Alexandre et al. 1992).

Twee maxima worden gedurende het jaar onderscheiden: in maart en in november; in juli is de wind gemiddeld het zwakst (Landuyt et al. 1992).

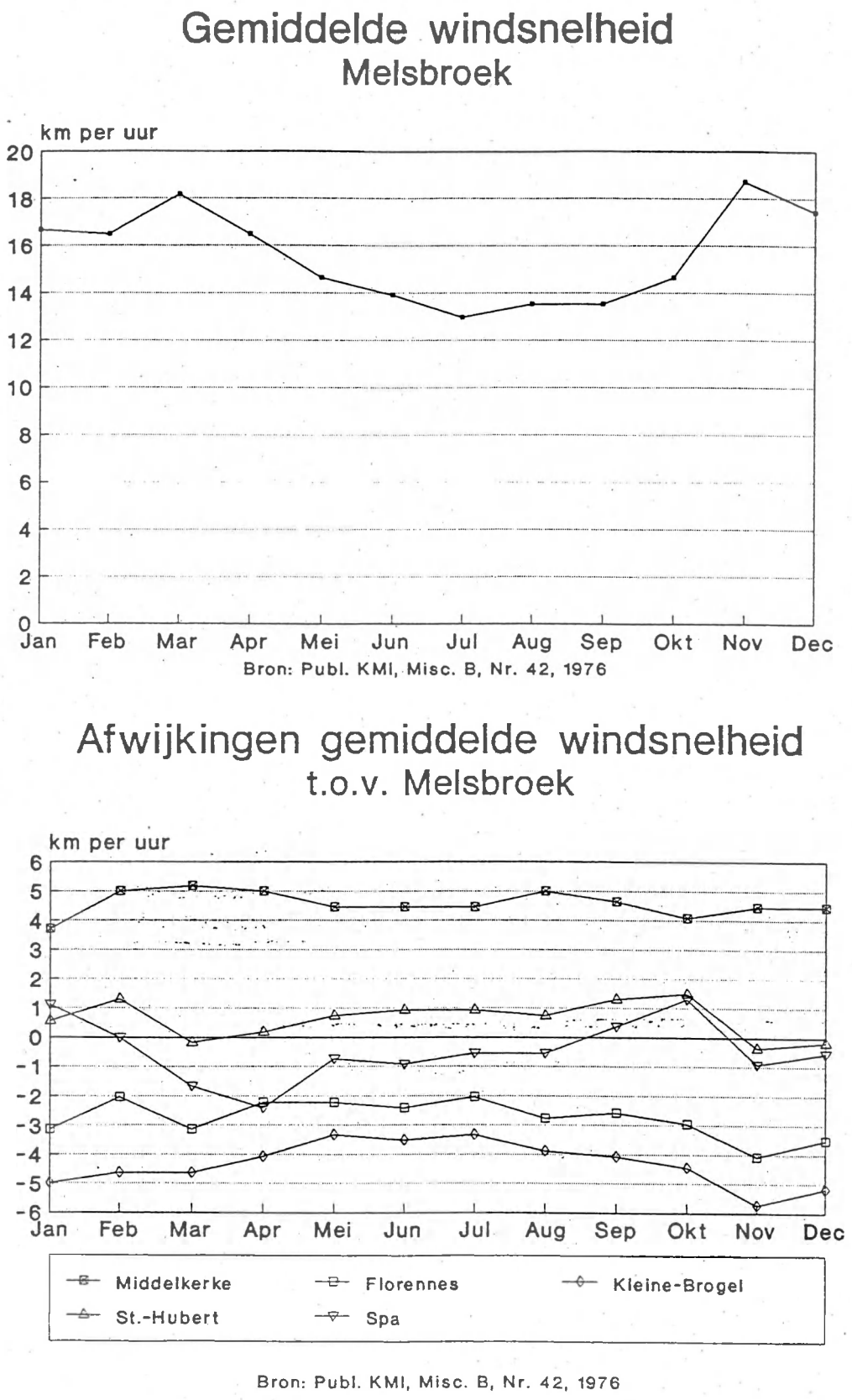
Wat betreft de windrichting zijn zuidwesten- en noordoostenwinden de meest voorkomende. Tevens is er het effect van de land- en zeebries (landbries van land naar zee 's nachts; zeebries van zee naar land overdag). Dit zijn meestal zuidelijke en noordelijke winden. De grootste frekwentie van de krachtigste winden komt uit de west-zuidwest hoek (Figuur 2.13.).

Depuydt (1967) onderzocht de windrichtings- en windintensiteitsgegevens voor een periode van 6 jaar (1958-1963) (12 metingen per dag, 26.293 metingen over 6 jaar). Frekwentieel komen de winden voor 37.2% uit het zuidwest kwadrant (N. 214°). Indien men naast de richtingsfrekwenties ook rekening houdt met de snelheid van de wind aan de hand van de formule van Landsberg (1956), dan zijn de belangrijkste winden deze uit WZW (N. 255°). Depuydt merkte op dat het grootste zandtransport niet noodzakelijk gepaard gaat met de hevigste zeestormen aan onze kust en omgekeerd. Zeestormwinden komen vooral voor uit WNW tot NW hoek. Bagnold (1954) stelde experimenteel vast dat zandbeweging pas mogelijk is bij een windsnelheid groter dan 4 m/sec en dat dit transport evenredig is met de snelheid tot de derde macht verheven. Over de voorgenoemde periode van 6 jaar heeft Depuydt telkens de sterkste dagelijkse wind geselecteerd en deze gegevens in een windroos samengevat. De harde winden komen uit het WZW en W voor 27% van het totaal. Winden komende uit het NO vormen een tweede maximum wat betreft de frekwentie van de dagelijks sterkste winden.

2.2.9. Zonneschijnduur

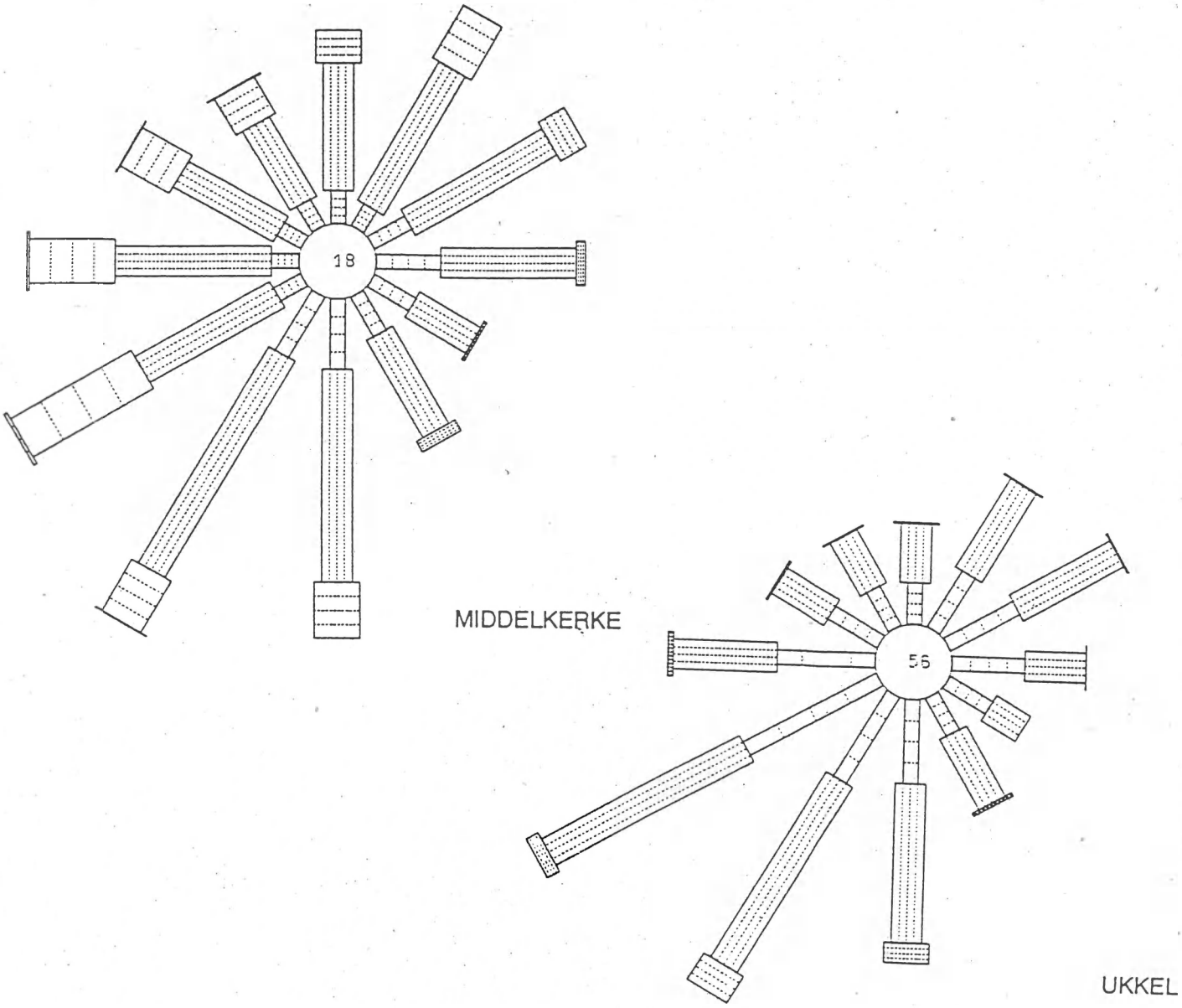
Het net van de heliografen bestaat nog niet zo heel lang (sinds 1960); tevens zijn de waarnemingen in sommige stations niet zo homogeen. Zonneschijnduurgegevens zijn beschikbaar voor 32 stations waarvan sommigen nu niet meer in gebruik zijn of anderen slechts vrij recent opgestart werden. Voor de kuststreek bestaan nu waarnemingen voor Oostende en Koksijde (KMI 1993).
Door de breedteligging bedraagt de maximale zonneschijnduur 8 (winter) tot 16 (zomer) uren. Het aantal zonne-uren en hoeveelheid stralingsenergie wordt bepaald door de stand van de zon ten opzichte van de aarde, die met haar omwentelingsas schuin staat op het baanvlak rond de zon. Juni zou normaal gezien de grootste hoeveelheid energie moeten krijgen, gezien de zon het hoogst aan de hemel staat en de dagen het langst zijn. Het actuele aantal zonne-uren wordt echter beïnvloed door de zeer veranderlijke weersfactor (Landuyt et al. 1992). In de winter bedraagt het werkelijk aantal zonne-uren slechts een vierde van het potentieel, terwijl dit op het einde van de lente en in de zomer de helft is (Alexandre et al. 1992).

De jaarlijkse totale duur van de zonneschijn is het hoogst aan de kust en in Lotharingen met meer dan 1700 uren/jaar (Dogniaux 1971) (Figuur 2.14.). De kust heeft zijn hoge zonneschijnduur te danken aan de zomerperiode (Alexandre et al. 1992). Kortere zonneschijnduur - tussen de 1500 en 1550 uren/jaar - worden genoteerd op de plateaus aan weerszijden van de Samber-Maasvallei. De kust telt maandelijks het hoogste aantal zonne-uren uitgezonderd in de maand november waar Midden-België het hoogste aantal uren heeft (Dogniaux 1971) De kaarten van Dogniaux (1971) steunen op metingen van 24 stations (Luxemburg inbegrepen) over een periode van wisselende lengte tussen 1951 en 1969. Voor de kuststreek werden metingen uitgevoerd te Oostende en te De Haan.

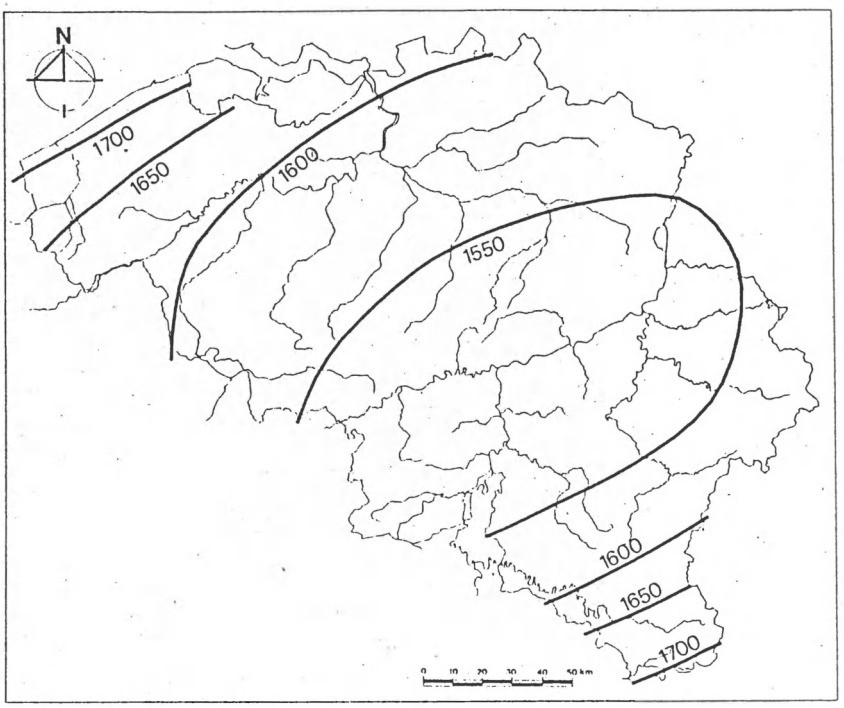


Figuur 2.12. Gemiddelde windsnelheid Melsbroek en afwijkingen gemiddelde windsnelheid t.o.v. Melsbroek (Bodeux 1976 cit. in Landuyt et al. 1992).

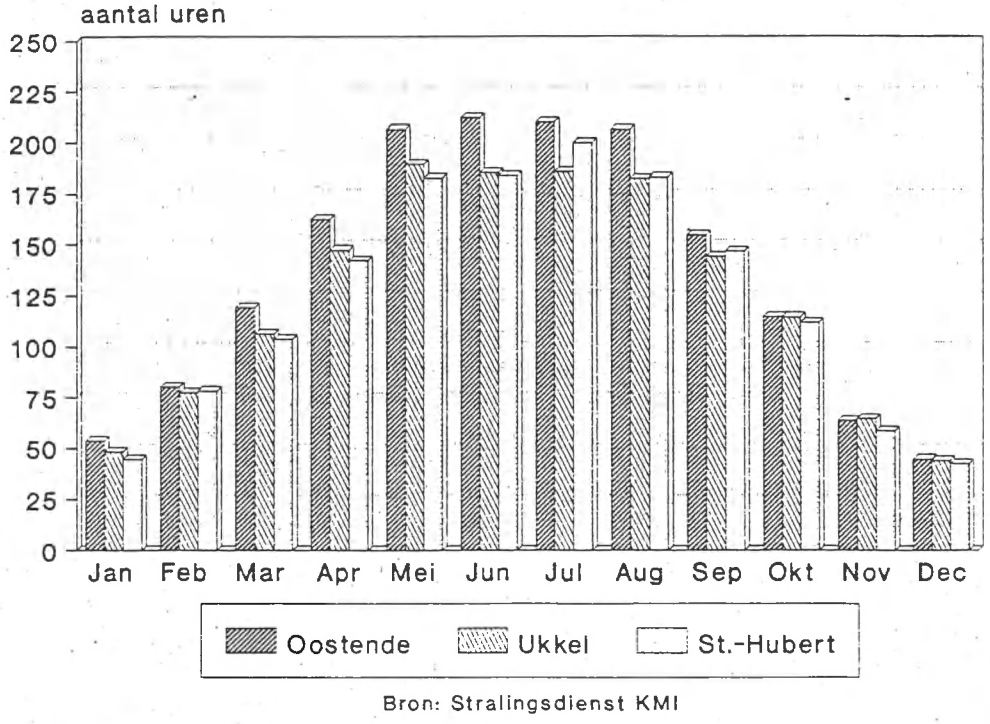
Uit een vergelijking van het aantal zonneschijnuren voor Oostende, Ukkel en St.-Hubert (Landuyt et al. 1992; waarnemingsperiode 1961-1990) is het duidelijk dat Oostende maandelijks het hoogste aantal zonne-uren telt, enkel in oktober en november heeft Ukkel enkele uren meer zonneschijn (Figuur 2.15.). De kust is bevoordeeld door vluggere opklaringen na doortocht van storingsgebieden die landinwaarts afgeremd worden en/of breder worden en zo de hemel langer bewolkt houden. Dit komt vooral tot uiting van maart tot augustus-september.
Het verschil tussen het hoogste aantal en het laagste aantal uren is het grootst tijdens het zomerhalfjaar, en neemt sterk af naar de wintermaanden toe; wat logisch is gezien de kortere duur van de dagen in de wintermaanden. De grootste marge komt voor in de maand mei.



Figuur 2.13. Windroos voor Middelkerke en Ukkel (Landuyt & Schietecat 1992). De windrichtingen zijn in 12 sectoren van elk 30° verdeeld. De windsnelheid is onderverdeeld in 4 klassen. De waarde in het centrum is gelijk aan 10 keer het percentage van de zwakke winden. Gearceerd, vanaf het midden naar het uiteinde van de staaf, worden de matige, krachtige en stormwinden getoond.



Figuur 2.14. Jaarlijkse zonneschijnduur (Dogniaux 1971 cit. in Alexandre et al. 1992).



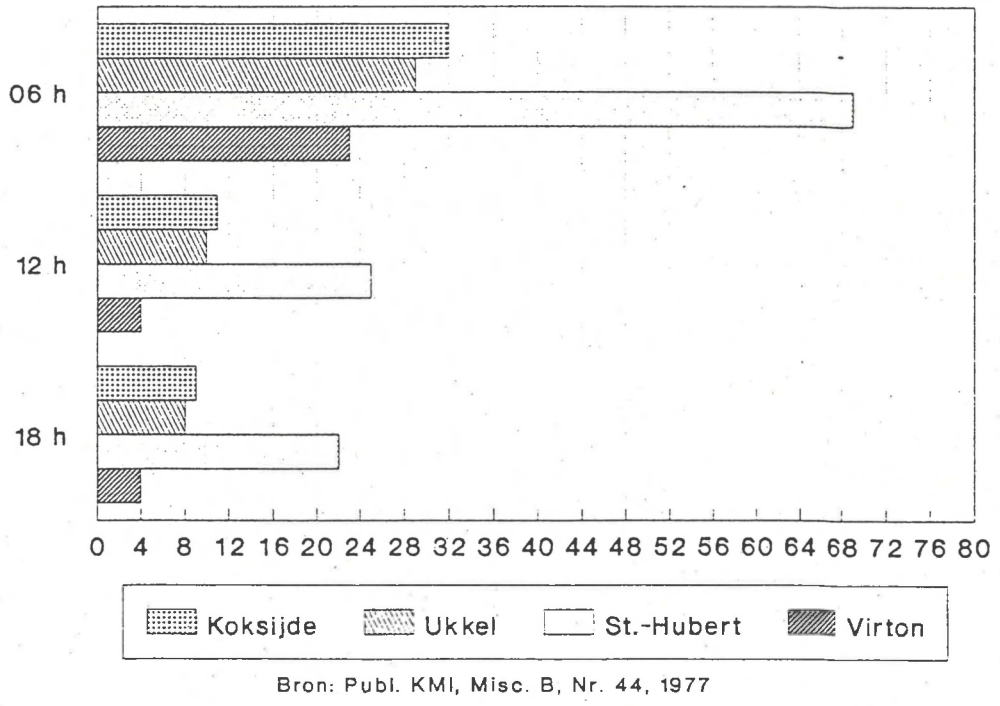
Figuur 2.15. Normale zonneschijnduur voor Oostende, Ukkel en St.-Hubert (Landuyt & Schietecat 1992).

2.2.10. Mist

Mist: zichtbaarheid is minder dan 1000 m.
Nevel: zichtbaarheid ligt tussen de 1000 en 2000 m.

Mist is bijna altijd gebonden aan een "oceanische" anticycloon die vochtigheid, een stralingsweertype en weinig wind met zich meebrengt. Lokale factoren zoals de nabijheid van de zee, de graad van verstedelijking, de topografie, de aanwezigheid van verdampende oppervlakken beïnvloeden sterk het al dan niet voorkomen van mist (Alexandre et al. 1992). Zo kan mist eveneens bevorderd worden door de aanwezigheid van veel vochtige weiden en moerassige gebieden (Landuyt et al. 1992). In valleien kan verdampend water uit de warme rivieren condenseren ten gevolge van contact met katabatische winden (koude lucht glijdt af van hogere hoogten naar de vallei), of direct door een advectie (horizontaal transport) indien de vallei voldoende breed is (Alexandre et al. 1992).

In zeer algemene termen kan men stellen dat er ongeveer 30 dagen per jaar met mist voorkomen in Laag-België, 40 in Midden-België en 50 tot meer dan 70 in Hoog-België. Het minst aantal dagen mist wordt gevonden in Virton, het hoogste aantal in St.-Hubert. Koksijde en Ukkel verschillen niet zo veel van elkaar waarbij Koksijde een iets hogere frekwentie heeft. In Ukkel is het vooral stralingsmist (mist gevormd in ter plaatse nachtelijk afgekoelde lucht, door uitstraling), te Koksijde heeft men meer advectiemist (zeemist die horizontaal aangevoerd wordt) (Landuyt et al. 1992).



Figuur 2.16. Gemiddeld jaarlijks aantal mistdagen (Bodeux 1977 cit. in Landuyt et al. 1992).

Maximale intensiteit van mist treedt op bij de minimumtemperaturen en lossen vervolgens op door convectie (Alexandre et al. 1992). Het aantal mistdagen is het grootst gemeten rond 6 uur en het kleinst om 18 uur (Landuyt et al. 1992) (Figuur 2.16.). De temperatuur is dan het laagst, zodat het verzadigingspunt van de aanwezige lucht het meest kan worden overschreden. Naar de middag toe vermindert de mist door de stijging van de temperatuur. De maximumtemperatuur wordt normaal gezien bereikt rond 14-15 uur. Rond die tijd mogen we dan ook de laagste mistfrekwentie verwachten. Onderstaande tabel (Tabel 2.3.) illustreert eveneens het verloop van het aantal mistdagen gedurende de dag. Opvallend is dat Middelkerke veel lagere waarden heeft dan Koksijde. De verklaring hiervoor is dat Koksijde stralingsmist én advectiemist kent; Middelkerke enkel advectiemist.

Tabel 2.3: Mediaan van het aantal dagen van de lichte, matige of dichte mist (Bodeux 1977).

	Koksijde 1952-1975	Middelkerke 1955-1971
6 uur	32	19
12 uur	11	7
18 uur	9	7

2.2.11. Stormvloedfrekwenties

Deze paragraaf steunt op gegevens uit HAECON (1989 en 1995). Binnen het kader van deze studie was het niet mogelijk de bibliotheek van de Administratie Waterwegen en Kust te Oostende grondig te raadplegen.

De studies van HAECON geven een overzicht van alle opgemeten hoge waterstanden sinds 1925 te Nieuwpoort, Oostende en Zeebrugge. Hierbij zijn geen gegevens vermeld in verband met windsnelheid en windrichting.
In Tabel 2.4. wordt een hoogwaterpeil vermeld wanneeer volgende grenzen zijn bereikt of overschreden :
Nieuwpoort: TAW +5.70m
Oostende: TAW +5.55m
Zeebrugge: TAW +5.45m
Het kritieke hoogwaterpeil neemt dus af van west naar oost.

Tabel 2.4. Overzicht van hoge waterstanden sinds 1925 (HAECON 1989 & 1995).

Datum	Nieuwpoort T.A.W.(m)	HN(m)	Oostende T.A.W. (m)	HO(m)	Zeebrugge T.A.W. (m)	HZ(m)
26-11-28	-	-	5.83	6.22	-	-
23-11-30	-	-	6.19	6.58	-	-
28-11-32	5.77	6.28	5.69	6.08	5.70	5.89
1-12-36	5.68	6.19	5.47	5.86	5.48	5.67
1-12-36	5.80	6.31	5.71	6.10	5.67	5.86
3-4-38	5.51	6.02	5.44	5.83	5.56	5.75
3-11-40	5.51	6.02	5.41	5.80	5.51	5.70
26-6-44	5.86	6.37	6.01	6.40	5.63	5.82
1-3-49	-	-	6.04	6.43	-	-
26-10-49	5.69	6.20	5.43	5.82	-	-
1-2-53	6.73	7.24	6.66	7.05	6.69	6.88
1-2-53	5.89	6.40	5.80	6.19	5.69	5.88
23-12-54	5.54	6.05	5.54	5.93	-	-
16-10-58	5.69	6.20	5.54	5.93	-	-
12-1-59	-	-	5.54	5.93	-	-
21-3-61	6.10	6.61	5.88	6.27	5.86	6.05
15-11-62	5.47	5.98	5.53	5.92	5.51	5.70
24-10-64	5.57	6.08	5.43	5.82	5.44	5.63
10-12-65	5.88	6.39	5.87	6.26	5.67	5.86
16-11-66	5.84	6.35	5.70	6.09	5.56	5.75
2 8-2-67	5.69	6.20	5.61	6.00	5.51	5.70
5-10-67	5.81	6.32	5.65	6.04	5.52	5.71
22-11-71	5.77	6.28	5.62	6.01	5.48	5.67
3-4-73	5.63	6.14	5.58	5.97	5.44	5.63
13-11-73	5.67	6.18	5.58	5.97	5.56	5.75
14-12-73	5.93	6.44	5.78	6.17	5.64	5.83
14-12-73	5.62	6.13	5.56	5.95	5.56	5.75
28-11-74	5.62	6.13	5.58	5.97	5.48	5.65
20-11-75	5.55	6.06	5.47	5.86	5.44	5.63
3-1-76	5.95	6.46	5.90	6.29	5.86	6.05
4-1-76	5.62	6.13	5.55	5.94	5.41	5.50
21-1-76	5.61	6.12	5.57	5.96	5.49	5.68
15-11-77	5.79	6.30	5.75	6.14	5.63	5.82
12-1-78	6.07	6.51	5.83	6.22	5.59	5.78
2-1-79	5.65	6.16	5.55	5.94	5.53	5.72
6-11-79	5.63	6.14	5.55	5.94	5.51	5.70
20-4-80	5.62	6.13	5.53	5.92	5.54	5.73
25-10-80	5.63	6.14	5.53	5.92	5.45	5.64
14-11-81	5.66	6.17	5.49	5.88	5.55	5.74
2-2-83	5.96	6.47	5.68	6.07	5.71	5.90
24-11-84	5.85	6.36	5.36	6.02	5.41	5.60
22-1-88	5.70	6.21	5.51	5.90	5.46	5.65
27-2-90°	5.89	6.40	5.76	6.15	5.64	5.83
27-2-90°	5.88	6.39	*	*	*	*
28-2-90°	5.89	6.40				
1-3-90°	5.78	6.29				
20-9-90	5.58	6.09				
7-10-90	5.73	6.24				
25-1-93	5.60	6.11				

21-2-93°	5.70	6.21
14-11-93	5.75	6.26
15-11-93	5.95	6.46
28-1-94°	5.87	6.38
2-1-95°	5.85	6.36
2-1-95°	5.72	6.23

H = GLLWS = Gemiddeld Laag Laag Water Spring is het hydrografisch reductievlak voor België en Nederland; HN is het H referentievlak te Nieuwpoort en ligt 0.508 m onder TAW; HO is het H referentievlak voor Oostende en ligt 0.388 m onder TAW; HZ is het H referentievlak te Zeebrugge en ligt 0.188 m onder TAW. - : geen waarneming; * gegevens ontbreken.

Voor een aantal relatief recente stormen (in Tabel 2.4. aangeduid met °) zijn gedetailleerde stormverslagen opgesteld waarin de hydro-meteorologische omstandigheden van de storm uitgelegd zijn.

De hydrometeorologische dienst van de Diensten van de Vlaamse executieve , Openbare Werken en Verkeer, Bestuur der Waterwegen en van het Zeewezen, Dienst der Kust voert golf-, wind- en getijwaarnemingen uit. De publicatie "Hydro-meteo waarnemingen voor de Vlaamse kust. Atlas" (HAECON 1989) geeft in rapportvorm een overzicht van de beschikbare statistische informatie tot en met 1986. Hierin worden golf- en windgegevens en statistiek, golf- en windstatistiek per maand-, jaar- en meerjarig overzicht, bepaling van een gemiddeld golfspectrum voor de omgeving van Zeebrugge en stroomgegevens vermeld. Verder onderzoek is nodig om de bruikbaarheid van deze gegevens in het kader van deze ecosysteemvisie te evalueren.

De slufter ("La Brêche") ten oosten van Bray-Dunes zou gevormd zijn tijdens de storm van 1-2-53. De storm van 1 en 2-1-76 veroorzaakte een duindoorbraak ten westen van De Panne zodat op 4 plaatsen waterindringing in het staatsnatuurreservaat De Westhoek plaatsgreep.

2.2.12. Evapotranspiratie en waterbalans

2.2.12.1. Potentiële evapotranspiratie

Vermits de berekeningswijze van de potentiële evapotranspiratie (PET) volgens Thornthwaite grotendeels gesteund is op de temperatuur, is de verdeling van de jaarlijkse PET over België sterk gelijklopend aan deze van de gemiddelde jaarlijkse temperatuur. De PET bereikt haar hoogste waarde in het gebied van Brussel (672 mm) en haar laagste waarde in het oosten bij Saint-Hubert (559 mm) en in het zuid-oosten van Stavelot. In Laag- en Midden-België varieert de PET tussen 672 en 633 mm. Langs de westelijke kust komen waarden beneden de 640 mm voor (Dingens et al. 1964).

Wat het seizoenale verloop betreft worden maximale PET-waarden opgetekend in de winter voor de kuststreek rond Oostende (39 mm), en in de herfst voor de kuststrook rond Koksijde (149 mm). Voor Laag-België valt bijna 50% van de jaarwaarde van de PET in de zomer.

Meer betrouwbare cijfers voor PET worden verkregen door gebruik te maken van de Penman methode. Deze methode is gesteund op veel meer parameters dan de Thornthwaite methode. Zo worden de windsnelheid, het verzadigingsdeficiet en de relatieve vochtigheid, het effectieve aantal uren zonneschijn naast de temperatuur in rekening gebracht. Een variante van de Penman methode, de Penman - Schofield methode, werd gebruikt door Lebbe (1978) en Mahauden & Lebbe (1980) voor de gegevens van Koksijde over de periode 1957-1976 en 1960-1980 respectievelijk. De gemiddelde jaarlijkse waarde van PET voor de periode 1957-1976 (Lebbe 1978) bedraagt 484.3 mm, voor de periode 1960-1980 (Mahauden & Lebbe 1982) is deze waarde 498.6 mm. Indien dezelfde periode, d.w.z. 1960-1976, met elkaar vergeleken wordt dan zijn de jaarlijkse PET waarden volgens Mahauden & Lebbe (1982) gemiddeld 22.4 mm hoger dan deze van Lebbe (1978). Deze verschillen zijn te wijten aan het gebruik van verschillende empirische coëfficiënten in de berekeningswijze van de PET.

Het K.M.I. heeft de PET berekend volgens een gemodifieerde Penman - Monteith methode voor een referentiegewas (hier wordt "gras" aangenomen). Een gemiddelde jaarlijkse waarde van de PET, berekend over de periode 1967-1986, bedraagt voor Koksijde 612.4 mm (Gellens-Meulenberghs & Gellens 1992). Alhoewel de periode waarover de berekeningen lopen niet dezelfde is als deze van Lebbe (1978) en Mahauden & Lebbe (1982) ligt de waarde bekomen door het K.M.I. merkelijk hoger dan deze van de Penman - Schofield methode.
In beide laatstgenoemde methodes is de berekeningswijze gesteund op de energiebalans en het evaporatievermogen van de lucht. De hoogste waarden voor PET worden dan ook genoteerd voor de kuststreek wat dus in het geheel niet overeenkomt met de resultaten gevonden via de Thornthwaite methode (Dingens & Vernemmen 1964). Alle gemiddelde maandelijkse waarden van PET, uitgezonderd juli, augustus en oktober, zijn het hoogst voor Koksijde vergeleken met de binnenlandse stations.

2.3.12.2. Actuele evapotranspiratie

De actuele evapotranspiratie (AET) kan berekend worden door gebruik te maken van een waterbalans. Het water voor de AET is afkomstig van de luchtneerslag en wordt al dan niet aangevuld met water uit de bodemreserve. Indien deze bodemreserve niet voldoet, is de AET kleiner dan de PET en zal er een deficiet optreden (PET-AET). In de berekeningen van Dingens et al. (1964) werd vertrokken van een bodemreserve van 300 mm wat voor zandige bodems veel te hoog ligt. Indien een meer realistische bodemreserve van 100 mm in rekening gebracht wordt dan bekomt men lagere cijfers voor AET omdat de bodemreserve in dit laatste geval sneller uitgeput raakt. In het geval dat de PET kleiner is dan de neerslag en de bodemreserve is op maximum capaciteit, treedt een surplus op (R-PET).

De AET bereikt terug een maximum rond Brussel (664 mm) en een minimum in het noorden van het G.H. Luxemburg (552 mm). Aan de Westkust bedraagt de jaarlijkse AET 585 mm. Voor Klemskerke werd een AET van 612 mm gevonden.

De seizoenale waarden zijn het hoogst aan de West- en Middenkust in de herfst en winter vermits daar de hoogste temperaturen en voldoende neerslag aanwezig zijn. Aan de kust worden matige waarden bereikt in de lente en de laagste waarden in de zomer (lagere temperaturen en lagere neerslag); er is dus een meer evenredige spreiding van de AET over het jaar aan de kust dan voor het binnenland (Dingens et al. 1964).

De gemiddelde jaarlijkse waarde voor AET bekomen door Lebbe (1978) voor de periode 1957-1976 en Mahauden & Lebbe (1982) voor de periode 1960-1980 bedraagt respectievelijk 407 en 429 mm. Vermits de PET-waarden lager zijn volgens de Penman - Schofield-methode is het logisch dat de waarden voor AET een stuk lager liggen vergeleken met de waarden bekomen door Dingens & Vernemmen (1964).

2.2.12.3. Werkelijk deficiet volgens de waterbalans

Het hoogste deficiet volgens de waterbalans wordt gevonden aan de Westkust (meer dan 40 mm). In de berekeningen van Dingens et al. (1964) werd eenzelfde storagecapaciteit van 300 mm aangenomen voor het gehele land. Deze storagecapaciteit is afhankelijk van de textuur en structuur van de bodem; voor zandige bodems is een storagecapaciteit van 100 mm meer aannemelijk. De voorgestelde deficietwaarden voor de kust zijn dus in feite te laag.
De seizoenale waarden tonen voor de kust geen deficiet in de winter, een zeer klein deficiet in de lente en de herfst, en een groot deficiet in de zomer. De periode van het deficiet begint in mei of juni en eindigt in augustus of september en duurt dus ca. 4 tot 5 maanden (Dingens et al. 1964).
Rekening houdend met een bodemreserve van 100 mm vonden Lebbe (1978) en Mahauden & Lebbe (1982) gemiddelde jaarlijkse deficieten van respectievelijk 77 en 70 mm.

2.2.12.4. Surplus

De laagste jaarlijkse surpluswaarden worden teruggevonden aan de Westkust (69 mm/jaar - station Koksijde : dit lage cijfer lijkt zeer onwaarschijnlijk; of de kortere waarnemingsperiode hiervoor verantwoordelijk is of dat het station effectief veel droger geworden is blijft vooralsnog onbekend). Oostende toont reeds een veel hoger surplus van 169 mm/jaar. Ook hier zal de hoeveeldheid surplus afhangen van de bodemreserve. Bij een grotere bodemreserve zal een kleiner surplus optreden omdat een groter deel van de neerslag gebruikt wordt voor het aanvullen van de bodemreserve.

Seizoenale waarden vertonen voor Laag- en Midden-België een surplus in de winter en de lente; in de zomer en herfst komt er zowat geen surplus voor (Dingens et al. 1964).

De gemiddelde jaarlijkse surpluswaarden, berekend volgens de methodes van Lebbe (1978) en Mahauden & Lebbe (1982), bereiken waarden van respectievelijk 272 en 248 mm.

2.3. Klimatologische parameters voor Koksijde tussen 1985 en 1995

Klimatologische gegevens voor Koksijde werden verzameld uit het Maandbericht, deel 2 (Malcorps 1985-1995).

Normaalgegevens voor Koksijde werden bekomen van het K.M.I.. De normaalgegevens werden als volgt berekend. Voor neerslag en temperatuur werd een statistische vergelijking uitgevoerd met de lange waarnemingsreeks van Ukkel. De normale waarden voor zonneschijnduur zijn gesteund op het werk van Dogniaux (1979). De normalen voor de relatieve vochtigheid zijn de mediaanwaarden voor de periode 1985 tot 1991.

De tabellen met de maandelijkse gegevens en de grafieken voor de periode 1985-1995 en de normalen voor Koksijde worden voorgesteld in bijlage 2.2. Voor de volledigheid werden de gegevens van Lebbe (1978) en Mahauden & Lebbe (1982) toegevoegd aan de tabellen. Voor de periode 1981 tot 1984 werden de temperatuurgegevens verkregen van het K.M.I., voor de zonneschijnduur, windsnelheid en relatieve vochtigheid werden de waarnemingsboekjes geconsulteerd op de Meteo-Wing te Koksijde, neerslaggegevens werden ter beschikking gesteld door M. Leten.
De bespreking die hieronder volgt beperkt zich tot de periode 1985-1995, alhoewel er meer gegegevens voorgesteld worden in bijlage 2.2.

2.3.1. Minimum temperatuur

Vriestemperaturen werden genoteerd in 1985, 1986, 1987, 1991 en 1992 in 1 of meerdere maanden van januari tot maart. Januari 1985 en 1987, februari 1985 en 1986 waren vrij koude maanden. De gemiddelde maandelijkse minimum temperaturen liggen het gehele jaar hoger dan de normale waarde uitgezonderd voor de maand februari.

2.3.2. Maximum temperatuur

Hoge maximum temperaturen komen voor in juli en augustus; in het oog springend zijn augustus 1990 en juli 1994. De gemiddelde maandelijkse maximum temperaturen liggen het gehele jaar hoger dan de normale waarde uitgezonderd voor de maanden juni en september.

2.3.3. Neerslag

Wat betreft neerslagcijfers zijn 1988, 1993 en 1994 vrij natte jaren; 1989 en 1990 zijn vrij droog. De periode 1985 tot juni 1995 is natter dan de normaal periode uitgezonderd voor de maand mei en augustus. Uit de tabel kunnen een aantal vrij droge en natte jaren geïdentificeerd worden.
Als criterium werd hier de helft of het dubbel van de normale neerslag gehanteerd. Vrij droog zijn feb 85, sept en okt 85, feb 86, jun 88, mei 89, aug 89, nov 89, mrt 90, mei 90, jul en aug 90, aug 91, jan 92, mrt 93, aug 93, nov 94. Natte maanden zijn jan tot mrt 88, feb 90, nov 91, sept en dec 93 en jan en feb 95.

2.3.4. Waterbalans

Een beter beeld wat betreft het al dan niet droog zijn van een jaar wordt gegeven door de waterbalans waarbij rekening gehouden wordt met de potentiële en actuele evapotranspiratie. De potentiële evapotranspiratie werd berekend volgens de gemodifieerde Penman-Monteith methode voor een referentiegewas. Als referentiegewas wordt een grasmat aangenomen met een hoogte van 12 cm, een kruinweerstand van 69 en een albedo van 23%. Deze methode geeft zeer goede resultaten onder verschillende klimatologische omstandigheden en wordt aanbevolen door de FAO (Smith 1991). Het bekomen resultaat voor de PET is opnieuw hoger (zie 2.3.12.1) dan de waarden berekend volgens de Penman-Schofield methode gebruikt door Lebbe (1978) en Mahauden & Lebbe (1982). In samenwerking met Prof. C. Vernemmen werden de berekeningswijzen geanalyseerd. Hieruit blijkt dat vooral in de wintermaanden relatief veel hogere PET-waarden worden bereikt met de Penman-Monteith methode, wat gevolgen heeft op de verdere berekeningen van AET, deficiet en surplus. De berekeningsmethoden gesteund op de Penman formule maken gebruik van stralingstermen. Deze bevatten empirische constanten die van auteur tot auteur verschillen en die de waarden van Rns (netto inkomende kortgolvige straling) en Rb (netto uitgaande langgolvige straling) beïnvloeden. Verder wordt de term evaporatievermogen van de lucht, op een verschillende manier berekend in de twee methodes. Een derde belangrijk verschil is dat in de Penman-Schofield methode gebruik gemaakt wordt van een stomatale factor en de daglengtefactor. De Penman-Monteith methode heeft de gemodifieerde psychrometrische constante geïntroduceerd in de berekeningswijze van PET. Voor de bodemreserve werd 100 mm aangenomen wat voor de zandige duinbodems nog steeds een zeer hoge waarde is. De berekeningen zijn voorgesteld in bijlage 2.3.

Tabel 2.5. geeft een overzicht van een aantal parameters van de waterbalans voor Koksijde voor de periode 1985-1995.

Surplus wordt gegenereerd mogelijks vanaf september en loopt door tot de maand mei in uitzonderlijke jaren. Deze gegevens werden dan ook berekend tussen juli van het eerste jaar tot juni van het daaropvolgende jaar. Deficieten treden op in de zomermaanden zodat voor deze gegevens de kalenderjaren behouden werden.

Tabel 2.5. Parameters van de waterbalans voor Koksijde (1985-1995).

Jaar	PET	AET	DEF	R	SUR
1985	577.6	560.2	17.4	754.8	
1985-86				693.1	216.4
1986	622.4	510.9	111.5	782.2	
1986-87				774.2	200.8
1987	568.0	551.8	16.2	789.0	
1987-88				939.6	442.1
1988	588.0	534.7	53.3	893.4	
1988-89				726.6	169.0
1989	651.6	489.0	162.6	611.3	
1989-90				622.3	155.1
1990	682.8	452.8	230.0	648.2	
1990-1991				653.3	132.6
1991	579.7	542.6	37.1	706.2	
1991-92				724.2	177.5
1992	599.5	580.3	19.2	752.7	
1992-93				668.7	193.2
1993	620.7	472.3	148.4	896.9	
1993-94				1027.2	436.7
1994	647.4	585.4	62.0	815.3	
1994-95				843.4	310.9
1995	671.7	519.1	152.6	767.8	

PET : potentiële evapotranspiratie; AET : actuele evapotranspiratie; DEF : deficiet; R : neerslag; SUR : surplus.

Hoge waarden voor potentiële evapotranspiratie worden gedurende de zomermaanden aangetroffen. Hierbij zijn juni 86 en 94, juli 93 en 94 en augustus 90 maanden met hoge waarden. Voor de actuele evapotranspiratie worden de hoogste waarden aangetroffen in de maand juli.
Jaren met een groot deficiet zijn 1989, 1990 en 1993 en in mindere mate 1986. Deficieten treden reeds regelmatig op vanaf de maand april, in uitzonderlijke jaren reeds in maart of zelfs februari. De deficietperiode strekt zich uit tot en met september. Vanaf oktober, soms vanaf september, is er heropvullling van de bodemreserve. Eens de bodemreserve weer vol is (hier werd 100 mm aangenomen) kunnen surplussen resulteren.
Grote surplussen kwamen voor in de winter 1987-88 en 1993-94 en in mindere mate in de winter van 1994-95. Het is dan ook in deze laatste twee winterseizoenen dat de grotere duinvalleien in het studiegebied onder water stonden. Surplussen treden vooral op in de maanden november tot maart, in mindere mate in de maanden oktober en april. In andere maanden zijn ze eerder uitzonderlijk.

2.3.5. Relatieve vochtigheid (RH)

De laagste waarden voor RH worden genoteerd in de maanden april, mei en augustus. De grootste spreiding van de RH-waarden komen voor in februari, juni en september, telkens veroorzaakt door een lage RH-waarde. Feb 86, jun94 en sept 90 zijn deze uitschieters.
De vergelijking met de normaalwaarden vertoont geen duidelijke trend.

2.3.6. Zonneschijnduur

Ondanks de warme zomers van de laatste jaren lijkt de gemiddelde maandelijkse zonneschijnduur onder de normaalwaarde te liggen. Het is niet duidelijk of dat te wijten is aan de berekeningswijze van de normaalwaarden of dat de periode 1985-juni 1995 effectief minder zon heeft gezien. Een betere interpretatie van de zonneschijnduur is mogelijk indien men rekening houdt met de mogelijke zonneschijnduur (zie bijlage 2.3, Tabel 1, N). De meest opvallende uitschieters worden in de zomer genoteerd : mei 89 en 90 waren bijzonder mooi. Andere zonnige maanden zijn : jul 85, jun en jul 89, apr, jul en aug 90, aug 91, mei 92, jul 94 en mei 95.

2.3.7. Windsnelheid

De maanden met de hoogste gemiddelde windsnelheid in de periode 1985 - juni 1995, zijn de maanden december, januari en maart en in mindere mate februari en april. Het zijn vooral de maanden jan en dec 86, feb 90, dec 93, mrt 94 en jan 95 die hoge windsnelheden vertonen.
De vergelijking met de normaalwaarden toont aan dat alle maanden gedurende de geobserveerde periode een hogere gemiddelde windsnelheden vertonen.

2.4. Microklimatologie

Wat klimaat betreft worden vaak weinig ecologisch direct relevante criteria gebruikt, bijvoorbeeld de gemiddelde winter- en zomertemperatuur of de gemiddelde relatieve vochtigheid in plaats van meer relevante factoren zoals het aantal ijsdagen, vorstdagen en tropische dagen, gemiddelde maximumtemperatuur van de warmste maand, neerslag/verdampingsbalans, frekwenties van extreme verzadingingsdeficieten, mistfrekwentie en tijdstip waarop mist optreedt (dag-nacht) (Barkman et al. 1987).

2.4.1. De totale energiebalans van het bodemoppervlak

Voor planten en dieren is het microklimaat vaak veel belangrijker dan het macroklimaat.
Vlakbij de grond treden enorme gradiënten op; niet alleen wat betreft de temperatuur maar ook bijvoorbeeld voor het verloop van de windsnelheid en het vochtgehalte in de lucht vlak boven een nat oppervlak.
In de microklimatologie gaat het niet om gemiddelden, maar om extremen en om meer directe biologisch belangrijke factoren als neerslag/evaporatiebalans, luchtvochtigheid en een combinatie van factoren. Bij deze extremen gaat het niet alleen om absolute waarden, maar ook en vooral om frekwenties en duur (Barkman et al. 1987).
De **netto straling** (Rnet) ontvangen door het bodemoppervlak is het resultaat van zonnestraling (input - kortgolvig) (Rz), gereflecteerde zonnestraling (output - kortgolvig) (Rr), atmosferische warmtestraling (input - langgolvig) (Ratm) en geëmiteerde warmtestraling (output - langgolvig) (Rem), waarbij

Rnet = Rz - Rr + Ratm - Rem.

De netto-straling is de hoeveelheid energie die beschikbaar is voor de verwarming van de bodem en de lucht en voor de verdamping. Rnet kan lokaal sterk verschillen, evenals de effecten ervan op de klimatologische parameters. Zo kan een oppervlak dat een geringe nettostraling ontvangt sterk opwarmen, terwijl een oppervlak met een sterk verdampend gewas en eenzelfde albedo weinig opwarmt ondanks de hoge nettostraling.

Tabel 2.6 : albedo (%) van verschillende oppervlakten en vegetaties (Barkman et al. 1987).

oppervlak	albedo (%)
droog grasland	20.4-21.0
schraal nat grasland	17.9
humeus duinzand	14-18.5
gelig zand	24.2
wit zand, zandverstuiving	29-36
naaldbos	9-13
eikenbos	16

Ook de **gereflecteerde zonnestraling** is van belang voor het microklimaat. Deze wordt uitgedrukt door de term **albedo** (= % van de totaal ontvangen kortgolvige zonnestraling die gereflecteerd wordt) (Barkman et al. 1987).

Weelderig productiegrasland en lage landbouwgewassen met een homogene gesloten structuur en gelijkmatige hoogte hebben een vrij hoge albedo van omstreeks 25%. Meer natuurlijk grasland heeft door openingen en hoogteverschillen in de vegetatie een lager reflecterend vermogen.

De netto stralingsenergie (zowel korte als lange golfstraling) ontvangen door het aardoppervlak wordt terug uitgestraald naar de atmosfeer onder de vorm van latente en voelbare warmte. De energiebalans wordt dus als volgt voorgesteld :

Rnet = H + LE + B

H : door **convectie** aan de lucht afgegeven warmte (voelbare warmte). De hoeveelheid warmte die een verhit bodemoppervlak aan de lucht afgeeft is afhankelijk van het temperatuursverschil oppervlakte-lucht en van de windsnelheid. De sterkte van dit proces wordt gekarakteriseerd door de **warmteoverdracht-coëfficiënt**. Deze is voor zand hoger dan voor humus.
LE : **verdampingswarmte** (latente energie).
B : warmtestroom in de bodem (voelbare warmte). De warmtestroom in de bodem wordt mede bepaald door het **warmtegeleidingsvermogen** van de bodem. Op voldoende lange termijn is deze term gelijk aan nul te stellen.

Deze componenten bepalen het verloop van de microklimatologische parameters.

2.4.2. Warmtehuishouding van het bodemoppervlak

De energiebalans maakt duidelijk waar en wanneer de hoogste temperaturen verwacht kunnen worden. Hieronder een voorbeeld ter illustratie (uit Barkman et al. 1987).

Tabel 2.7. Energiebalans ($W.m^{-2}$) van een zandoppervlak en een oppervlak van kale heidehumus. Luchttemperatuur 29.4°C.

	Input zand	humus		Output zand	humus
Opp. T (°C)	51.6	77.0			
helling	vlak	Z-helling			
Rz	832	909	Rr	154	91
Ratm	252	252	Rem	629	853
Ro	119	119	B	252	112
			H,LE	168	224
			warmte-overdracht coëff.	7.6	4.7
Totaal	1203	1280	Totaal	1203	1280

De input van energie op het vlakke zandoppervlak is minder dan voor het oppervlak van kale heidehumus gelegen op een Z-helling. Het verschil wordt veroorzaakt door de rechtstreekse inkomende zonnestraling (Rz), de termen, straling uit de atmosfeer (Ratm) en uit de omgeving (Ro), zijn voor beide gelijk. Aan de output zijde wordt meer energie gereflecteerd door het zandoppervlak (Rr) en gaat een grotere warmtestroom in de bodem (B). Het oppervlak van de kale heidehumus geeft door middel van latente en voelbare warmte meer energie af aan de lucht dan het zandoppervlak (LE en H). Hoge oppervlaktetemperaturen zijn dus te verwachten bij sterke instraling (Rz), bij windstilte (kleinere H), en op een slecht geleidend donker substraat (kleinere B).

Uit de energiebalans valt af te leiden dat naarmate de warmtestroom dieper in de bodem groter is, het effect van de wind op de oppervlaktetemperaturen geringer is. Bij goed geleidend materiaal heeft het warmtereservoir in het materiaal een bufferende invloed zodat bij afkoeling er een warmtestroom kan optreden van dieper in de bodem naar het oppervlak toe wat leidt tot een vermindering van de temperatuursfluctuatie aan de oppervlakte. Barkman et al. (1987) stellen een temperatuursverschil tussen het oppervlak en de lucht voor tot 50°C voor donker organisch materiaal op gunstige hellingen; voor grijzig en licht gekleurd stuifzand gelden maximale waarden van respectievelijk 35 en 30°C op hellingen; op vlak terrein liggen de waarden 5 tot 10°C lager. Op te merken valt dat bij lagere luchttemperaturen, hogere waarden van het temperatuursverschil tussen lucht en het oppervlakte kunnen optreden dan bij hogere luchttemperaturen. Ook is de structuur van het bodemoppervlak van belang: wanneer het oppervlak losser van structuur is, wordt de absorptie van de zonnestraling over een laag van een zekere dikte gespreid en is de warmteoverdracht aan de lucht groter, waardoor minder hoge temperaturen optreden.

2.4.3. Warmtehuishouding van de bodem

Opwarming en afkoeling van de bodem wordt bepaald door een aantal **macrofactoren: breedtegraad, zeehoogte, seizoen, tijd van de dag, weertoestand, expositie** en **beschaduwing door vegetatie**. Verder spelen een aantal eigenschappen van de bodem een rol: **albedo, warmtecapaciteit, warmtegeleidingsvermogen**. Hoe kleiner deze drie factoren zijn hoe meer de temperatuur aan het oppervlak kan stijgen; hetzelfde geldt voor de afkoeling. Het vochtgehalte speelt in de warmtehuishouding van de bodem een zeer belangrijke rol door zijn invloed op het albedo, de warmtecapaciteit en het warmtegeleidingsvermogen. Nat zand heeft een kleiner albedo dan droog zand en absorbeert dus meer zonneënergie. Nat zand verdampt meer water dan droog zand. Het verdampingseffect is veel groter dan het effect van reflectie zodat natte bodems minder snel opwarmen in de zon; immers de warmtecapaciteit van water is zeer hoog en heeft dus een dempend effect op het opwarmings- en afkoelingsproces. De warmtegeleiding van een oorspronkelijk droge bodem neemt toe naarmate de bodem vochtiger wordt, doordat de bodemdeeltjes omgeven worden door een waterfilm wat het thermische contact tussen de bodemdeeltjes verhoogd. Een tweede reden is dat door toename van het watergehalte in de bodem, de bodem minder lucht zal bevatten. Het warmtegeleidingsvermogen van lucht is een factor 20 kleiner dan van water waardoor bij toenemend watergehalte de temperatuur minder zal toenemen. De opwarming van een vochtig oppervlak overdag en de afkoeling 's nachts zal dus veel geringer zijn dan op droog zand. Toenemend watergehalte is echter niet blijvend gunstig voor

opwarming van de ondergrond zodat zeer droge als zeer natte bodems op zekere diepte minder snel zullen opwarmen in de zomer (overdag) en afkoelen in de winter ('s nachts), de eerste vanwege de zeer geringe warmtegeleiding, de tweede vanwege de grote warmtecapaciteit..

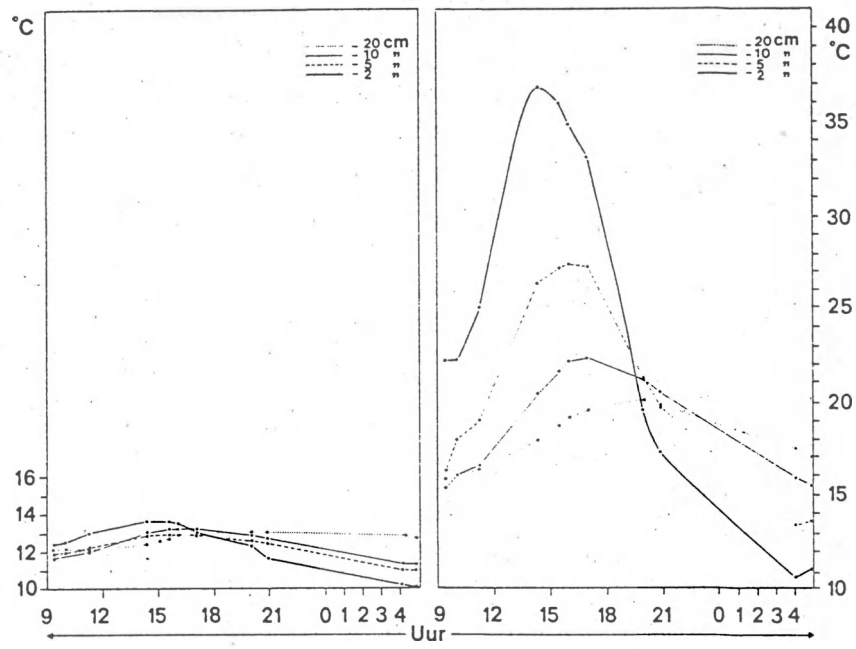
Tabel 2.8. Thermische eigenschappen van een aantal materialen (Oke 1987).

Materiaal	vochtigheids-toestand	warmtecapaciteit $J\ m^{-3}K^{-1} \times 10^{6}$	warmtegeleidings-mogen $Wm^{-1}\ K^{-1}$	diffussiecoëfficiënt $m^2s^{-1}\ 10^{-6}$
zandige bodem (40% poriën)	droog	1.28	0.30	0.24
	verzadigd	2.96	2.20	0.74
kleiige bodem (40% poriën)	droog	1.42	0.25	0.18
	verzadigd	3.1	1.58	0.51
venige bodem (80% poriën)	droog	0.58	0.06	0.10
	verzadigd	4.02	0.50	0.12
water (stilstaand, 4°C)		4.18	0.57	0.14
lucht (stilstaand, 10°C)		0.0012	0.025	20.50

De temperatuur die de bodem op een zekere diepte kan bereiken en het tijdstip waarop, wordt beïnvloed door de **warmtediffusiecoëfficiënt**, ook wel de temperatuurgeleiding genoemd, en de dempingsdiepte. De warmtediffusiecoëfficiënt geeft de tijd aan die nodig is om temperatuursveranderingen in de bodem door te zetten. Bodems met een hoge warmtediffusie worden gekenmerkt door een snelle penetratie van de oppervlakkige temperatuursveranderingen, zodat de effecten van die temperatuursveranderingen over een grotere bodemdikte uitgespreid worden. Voor eenzelfde input van energie zullen deze bodems minder extreme temperatuurregimes vertonen. De **dempingsdiepte** is de diepte in de bodem waarbij de amplitude van de temperatuurschommelingen is afgenomen tot 0 (Oke 1987).

Figuur 2.17. illustreert het verloop van de temperatuurschommelingen aan het oppervlak en in de bodem voor kaal duinzand en voor duinzand onder Duindoornstruweel. Voor beide situaties geldt dat de temperatuurschommelingen het hoogst zijn aan het oppervlak; de grootte van de schommelingen nemen af met de diepte totdat op een bepaalde diepte een constante temperatuur bereikt wordt. De diepte tot waar schommelingen optreden is afhankelijk van de warmtegeleidingscoëfficiënt. De figuur toont ook de sterke invloed van de vegetatie. In het tweede geval is de bodem bedekt met een losse 5 cm dikke laag grasresten van Duinriet; de temperatuuramplituden zijn hier dan ook veel geringer en de gemiddelde temperatuur ligt op alle diepten veel lager. De structuur van de oppervlakkige laag speelt een rol. Een vochtige zandbodem bedekt met een laag droog strooisel of mos van enige cm dikte fungeert als een sterk isolerende laag (geringe geleidbaarheid) en zal geringere temperatuurschommelingen vertonen dan een kale zandbodem (zie boven).

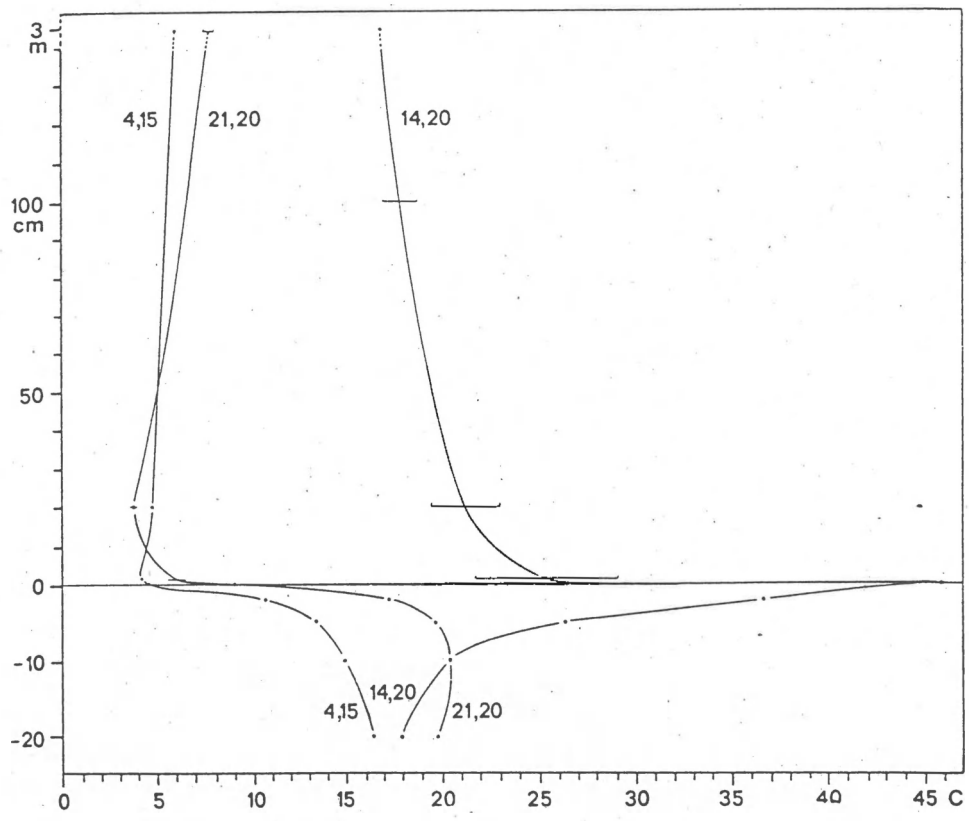
Het tijdstip waarop de maximum temperatuur bereikt wordt is afhankelijk van de bodemdiepte. Aan het oppervlak wordt de maximumtemperatuur op de middag bereikt, met toenemende diepte treedt er een vertraging op ten opzichte van het oppervlak (warmtetransport in de bodem). Zo kan men spreken van een dagelijkse en een seizoenale vertraging. Er zijn dus diepten (enige dm) waarop de dagelijkse temperatuurmaxima om middernacht en diepten (5-10 m) waarop de jaarlijkse maxima midden in de winter bereikt worden.



Fiuur. 2.17. Bodemtemperaturen tussen 13 juni 1958, 9.00h en 14 juni, 5.00h in duinzand onder Duindoornstruweel (links) en in kaal duinzand (rechts) (Stoutjesdijk 1961).

De Backer (1963) voerde een kleine microklimatologische studie uit in het duingebied ten oosten van de Leopold II-laan te Oostduinkerke. Op verschillende sites gekenmerkt door een bepaalde plantengroei werden temperatuurmetingen uitgevoerd op 1, 5 en 10 cm diepte, tussen 7 en 8.30 uur 's morgens, in de periode 6 tot 17 augustus 1951. Deze gegevens zijn niet voldoende om het temperatuursverloop gedurende de volledige dag te karakteriseren. Wat betreft de maximum temperatuur op 1 cm diepte worden de hoogste waarden meestal gevonden in een schaars begroeide panne op een helling van 13° naar het ZO gericht ; de laagste temperaturen, gemeten op 0.5 cm, werden gevonden in een panne begroeid met Kruipwilg (*Salix repens*); tusseninliggende waarden werden gevonden in een panne begroeid met een kruidachtige vegetatie (verschil in temperaturen tussen 2.0 en 8.3°C). De bereikte maximum temperatuur tussen 7 en 8.30 uur 's morgens bedroeg 35.0 °C op het schaars begroeide duin; op de andere 2 sites waren de temperaturen lager. De minimum temperaturen op 1 of 0.5 cm diepte voor deze 3 sites liggen zeer dicht op elkaar (verschil tussen 0.1 en 1.4°C).

Wat betreft het temperatuursverloop van de luchtlagen tot ongeveer 3 m boven het bodemoppervlak kan men het volgende besluiten (Figuur 2.18.). De hoogste temperaturen worden bereikt in de onderste luchtlagen in contact met het bodemoppervlak. De maximumtemperaturen treden op met enige vertraging tegenover de input van energie (Rz). In bovenstaand voorbeeld wordt de maximumtemperatuur bereikt om 14h20. De miminumtemperaturen worden bereikt rond zonsopgang omdat op dat ogenblik de cumulatieve energie-output de hoogste waarden bereikt. Op dit moment vertoont de curve van het temperatuursverloop een inversie, waarbij de laagste temperatuur gemeten wordt aan het bodemoppervlak en waarbij met toenemende hoogte de temperatuur toeneemt. De temperatuurschommelingen van de onderste luchtlagen zijn minder sterk dan deze die optreden vlakbij het bodemoppervlak. Met toenemende hoogte nemen de temperatuursschommelingen af.
Het bodemoppervlak en de luchtlagen in contact of nabij het bodemoppervlak vertonen dus extreem thermische omstandigheden voor planten en dieren.



Figuur 2.18. Temperaturen in en boven duinzand 13/14 juni, 14.20h, 21.20 h. en 4.15 h. (Stoutjesdijk 1961)

Het warmtegeleidend vermogen speelt ook een belangrijke rol bij het binnendringen van de vorst in de bodem. Vooral in korte vorstperioden kan een bodem bedekt door een laag organisch materiaal met laag geleidingsvermogen het verschil betekenen tussen bevriezen en niet bevriezen van de bodem. Tabel 2.9. toont bodemtemperaturen in vrijwel kaal duinzand en in zand met een

dichte moslaag (Barkman et al. 1987) (17-1-1957, 13.00h, luchttemperatuur 0.8°C). Bodemfauna kunnen bij vorst nog actief zijn in een bodem bedekt met een ruige vegetatie met mos, terwijl dit in kort grasland of ijl begroeid duinzand niet meer mogelijk is.

Tabel 2.9. Temperaturen in kaal duinzand en in zand bedekt door een dichte moslaag.

Diepte (cm)	temperatuur (°C)	
	duinzand	mos
0-2.5	0.4	1.9
5	-0.2	4.1
10	-0.2	4.6

Het watergehalte speelt bij het bevriezen van de bodem opnieuw een belangrijke rol. Niet alleen de warmtecapaciteit en het geleidingsvermogen van water beïnvloeden het bevriezingsproces, ook komt er bij dit proces warmte vrij zodat de vorst slechts langzaam dieper in de bodem dringt; het proces van ontdooien gaat eveneens zeer langzaam.

2.4.4. Vochtigheid

Water speelt een zeer belangrijke regulerende rol in het microklimaat. Water beïnvloedt het albedo, de warmtecapaciteit en het warmtegeleidingsvermogen van de bodem en dus de warmtehuishouding ervan. Uitwisseling van energie door middel van water is mogelijk via de latente warmte. Deze term omvat zowel het verdampings- en condensatieproces. Beide hebben een invloed op de temperatuur gezien de hoge verdampingswarmte van water. De verdamping zelf hangt ook af van de temperatuur en verder van de luchtvochtigheid.

Mist is van belang als bron van watertoevoer voor organismen die geen water uit hun substraat kunnen opnemen, zoals korstmossen (lichenen). Het tijdstip waarop mist voorkomt is van belang vermits deze organismen overdag fotosynthetiseren . Dit kunnen zij immers alleen in vochtige (en niet te natte) omstandigheden en bij voldoende licht. Heerst de mist enkel 's nachts dan gaat de respiratie wel onverminderd door, terwijl de fotosynthese overdag door uitdroging stilvalt (Barkman et al. 1987).

Dauwvorming is een condensatieproces dat optreedt wanneer de temperatuur van het oppervlak van de bodem of de vegetatie daalt onder het dauwpunt van de omringende lucht. Bij dit proces komt energie vrij. De nachtelijke uitstraling wordt dus gedeeltelijk gecompenseerd door de warmtestroom uit de bodem, gedeeltelijk door de voelbare warmte die aan de lucht wordt onttrokken, gedeeltelijk door condensatie van waterdamp die eveneens aan de lucht wordt onttrokken. Waar de warmtestroom uit de bodem groot is, zal de energiebalans van het oppervlak weinig ruimte laten voor dauwvorming. Zo kan bij een onbegroeide goed geleidende bodem de dauwvorming geheel afwezig zijn. Dit is het geval voor oppervlakken van stuifzanden met verspreide mossen en lichenen, terwijl de omliggende vegetatie nat is van de dauw. Een deel van de gevormde dauw kan echter ook afkomstig zijn vanuit de bodem; door destillatie vanuit de bodem wordt nl. vocht op de planten afgezet.

Bij hogere luchtvochtigheid treedt ook in de lucht condensatie op en wordt nevel gevormd. De nevel verzamelt zich in laagten. Boven het relatief warme water van sloten en rivieren blijft verdamping doorgaan; de gevormde waterdamp condenseert in de koude lucht boven het wateroppervlak.
Net zoals mist kan ook dauw voor het overleven mossen en lichenen essentieel zijn.

2.4.5. Wind

Wind is voor planten en dieren een ongunstige factor door de mechanische beschadiging (al of niet in combinatie met zout, zand of ijskristallen), door de verhoging van de transpiratie, door de vermindering van de dauw, door de aanvoer van luchtverontreiniging, ...; alles uiteraard boven een bepaalde drempelwaarde, die per genoemd proces en per plante- en diersoort kan verschillen.
Positieve effecten van de wind zijn de verspreiding van pollen, sporen, zaden, cysten en kleine dieren. Verder is de wind soms een gunstige factor voor vliegende vogels, voor de vermindering van de kans op nachtvorst (aanvoer voelbare warmte). Windeffecten kunnen ongunstig zijn voor het ene, gunstig voor het andere organisme zoals de aanvoer van stof, zand, kalk, kunstmest, wegblazen en elders ophopen van strooisel, van sneeuw, verhinderen van een sterke opwarming van bodem en vegetatie door de zon, ...

Als algemeen principe boven vlak terrein geldt daling van de windsnelheid met afnemende hoogte. De afname van de windsnelheid vlakbij de grond is zeer sterk; in de hogere niveaus is de afname betrekkelijk gering. In de zone vlak boven de grond zijn de gradiënten het sterkst. In de vegetatie zelf ondergaat de windsnelheid een afname. Deze kan geleidelijk verlopen in meer open vegetaties; waar een dicht kroondak aanwezig is zal de sterkte van de luchtbeweging abrupt afnemen. Heggen, houtwallen en andere windschermen leiden tot een reductie van de windsterkte. Beschutting tegen wind beïnvloedt de warmte- en stofoverdracht en zo de oppervlaktetemperatuur, luchttemperatuur, verdamping, dauwval en nachtvorst.

De belangrijkste windwerking is uitdroging. In de duinen vinden wij planten zoals Fijne kervel (*Anthriscus caucalis*) en Mannetjesvaren (*Dryopteris filix-mas*) alleen in de beschutting (meestal aan de oostzijde) van struwelen. Bomen blootgesteld aan de wind dragen heel andere epifyten dan beschutte bomen (Barkman 1958). De aanvoer van zeezout veroorzaakt ook het verdrogen en plasmolyseren van jonge knoppen van de vegetatie. De hoeveelheid aangevoerd zeezout hangt af van de afstand tot de zee. De helft tot driekwart van het aangevoerde zeezout in de lucht zou binnen een afstand van enige honderden meters van de kust worden neergeslagen (Vulto et al. 1983).

De mechanische werking van met zand beladen wind veroorzaakt een beschadiging van de bladeren. Verder kan de structuur van de vegetatie beïnvloed worden, waarbij struwelen en bomen aan de lijzijde iets hoger kunnen groeien.
Met zand beladen zeewind, die over de duintoppen scheert, wordt in de struwelen en duinbossen zeer sterk geremd en laat zijn zand vallen, onder andere op de diep gegroefde schors van Gewone vlier (*Sambucus nigra*). Na een storm kan men door schudden aan deze vlieren een hele

zandregen veroorzaken. Dit heeft een grote invloed op de mosbegroeiing op deze vlieren (zie o.a. Van Landuyt 1991).

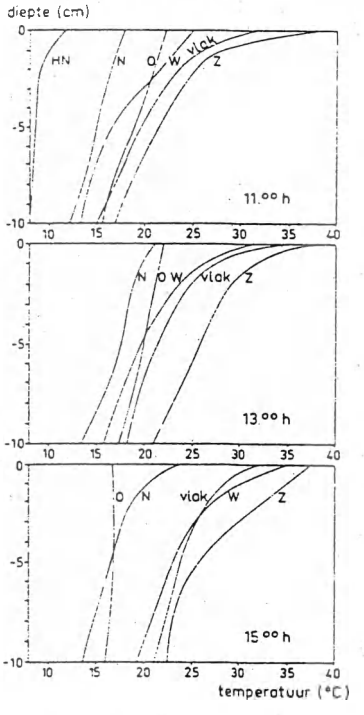
Niet alleen wordt materiaal aangevoerd door de wind, er wordt ook materiaal afgevoerd. Bladstrooisel wordt steeds weggeblazen van de zijde blootgesteld aan de wind. Hierdoor worden de voedingsstoffen die door de vegetatie aan de grond worden onttrokken, steeds uit het ecosysteem verwijderd : een vorm van natuurlijke verschraling. De bodem verarmt en verzuurt. Het wegblazen van bladeren in bossen kan dan weer gunstig zijn voor terrestrische mossen.

2.4.6. Expositie en inclinatie

Met expositie wordt de kompasrichting, met inclinatie de steilheid van de helling bedoeld.

Afhankelijk van de hoogte van de zon, de expositie en de inclinatie worden verschillende hoeveelheden zonnestraling per oppervlakte-eenheid ontvangen. Naarmate de atmosfeer minder helder is, zijn de verschillen kleiner, omdat de directe zonnestraling afneemt en de indirecte toeneemt. Als er bewolking is, worden de verschillen tussen de exposities gering.

In het duingebied komen natuurlijke steile hellingen van enige omvang voor. Figuur 2.19. illustreert het temperatuursverloop van de bodem op onbegroeide hellingen met stuifzand met verschillende expositie op 25 mei 1955, op verschillende tijdstippen. De westhelling is in de bovenste lagen al vóór het middaguur warmer dan de steile oosthelling.



Figuur 2.19. Verloop van de bodemtemperatuur met toenemende diepte op hellingen en vlak terrein in stuifduinen op drie verschillende tijdstippen op 25 mei 1955. Luchttemperatuur op 2 m hoogte om 11.00h: 15 °C, om 15.00h: 18°C. N = noordhelling 30°, O = oosthelling 33°, Z = zuidhelling 25°, W = westhelling 15°. HN = noordhelling met Struikheide (uit Stoutjesdijk 1959).

De metingen weergegeven in Tabel 2.10. laten zien dat de temperatuurverschillen tussen noord- en zuidhelling nog iets groter zijn, maar vooral dat de noordhelling uitgesproken koud is vergeleken met de luchttemperatuur.

Tabel 2.10. Temperaturen op een noord- en zuidhelling in stuifzand (Stoutjesdijk 1959).

Diepte (cm)	Temperatuur (°C)		
	noord (28°)	zuid (28°)	vlak
0	4.4	25.0	13.5
-2	4.2	18.0	10.8
-5	4.2	15.3	9.4
-10	4.2	11.0	7.7

Bij lage zonnestand wordt de maximale stralingsintensiteit ontvangen op zeer steile hellingen, zodat in de winter verticale vlakken dichtbij de maximale expositie komen.

De invloed van de expositie op de vegetatieontwikkeling is algemeen bekend. Zuidhellingen zijn de meest geschikte habitat voor warmteminnende organismen, noordhellingen voor eerder koudminnende fauna- of flora-elementen. Verschillen tussen de noord- en zuidhellingen weerspiegelen zich ook in de bodemvorming.

De oriëntatie van de hellingen tegenover de richting van de invallende neerslag bepaalt hoeveel neerslag elke helling zal ontvangen.

De vegetatie kan microklimaatverschillen zowel accentueren als nivelleren. Bij de begroeiing op stuifduinen onderzocht in Nederland is het verschil tussen noord- en zuidhelling aanvankelijk een zichzelf versterkend proces. De noordhelling raakt al spoedig begroeid met dwergstruwelen (in het betreffende onderzoek Struikhei (*Calluna vulgaris*) en Kraaihei (*Empetrum nigrum*)) met een dikke mos- en ruwe humuslaag, terwijl een zuidhelling met een open buntgrasgezelschap met dunne moslaag en weinig of geen humus begroeid raakt. Hierdoor worden de verschillen tussen de noord- en zuidhelling aanzienlijk versterkt. De ontwikkeling van bos op alle exposities doet microklimaatverschillen aan het maaiveld sterk afnemen. Alle verschillen tussen noord en zuid zijn dus onder bos geringer.

De inclinatie van de helling zal het effect van de expositierichting moduleren: het verschil tussen steile noord- en zuidhellingen is groter dan tussen flauw hellende noord- en zuidhellingen. Bij zeer steile hellingen gaat ook de invloed van de neerslag een rol spelen: er valt minder regen op het substraat.

2.5. De invloed van de vegetatie op het microklimaat

De literatuur hieromtrent werd voornamelijk ontleend aan Barkman & Stoutjesdijk (1987).

2.5.1. Energiebalans van het bodemoppervlak

Voor een algemene beschrijving van de stralings- en totale energiebalans wordt verwezen naar 2.4.1.
Voor een bodem met vegetatie verlopen de energieomzettingen niet meer in een scherp gedefinieerd oppervlak maar in een min of meer dikke laag. Deze energieomzettingen bepalen de temperatuur en vochtigheid op verschillende niveaus in de vegetatie.
De zonnestraling wordt onder vegetatie over een grotere afstand geabsorbeerd, vooral bij een losse oneffen vegetatie, hierdoor zullen de temperaturen minder snel stijgen dan op kale grond.
Een gedeelte van de inkomende korte-golfstraling wordt in verschillende mate, afhankelijk van de vegetatie, gereflecteerd. Wei- en hooilanden reflecteren ongeveer evenveel (12-30%) als een zandbodem; bossen reflecteren minder (5-20%) en komen meer overeen met humusrijke aarde en donkere akkergrond. Stuifzanden met grijze lichenenbegroeiing of met donkergroene haarmosvelden hebben een kleiner albedo dan kaal zand (zie Tabel 2.6.).

Tabel 2.11. illustreert de warmtehuishouding onder 4 verschillende vormen van bodembedekking: dode hei, grasland, zand en humus. De netto ontvangen straling Rnet is veel hoger voor het gras (505.5) dan voor de ruwe humus (336) en het zand (420), ondanks de lagere totaal ontvangen straling (Rz+Ratm = 1126.5) en de hogere reflectie (Rr=421). Dit is te wijten aan de lagere temperaturen van het gras en daardoor de geringere uitstraling (Rem). Ook de dode hei heeft een lage uitstraling (Rem) door de laag bereikte temperaturen en een laag albedo wat resulteert in een hoge netto straling. Humus heeft niet alleen een gering albedo, maar ook een geringe warmtecapaciteit en een gering geleidingsvermogen. Dit leidt tot zeer hoge temperaturen overdag en zeer lage 's nachts aan het bodemoppervlak. De uitstraling (Rem) bereikt in zo'n geval dan ook hoge waarden (Rem = 853).

Onder vegetatie wordt een groot deel van de beschikbare energie (Rnet) besteed aan verdamping. De transpiratie door planten veroorzaakt een geringere opwarming, dus lagere temperaturen onder vegetatie dan op kale grond. De vegetatie voert water uit de diepere lagen van de bodem aan en kan zo nog meer afkoelend werken. In bossen kan er zelfs 's nachts nog lichte verdamping zijn. Een dorre vegetatie of extreem gesteld een kaal zandoppervlak, verdampt zeer weinig of niets, vergeleken met een groene vegetatie; in zo'n geval wordt dan het grootste deel van de Rnet als voelbare warmte (H) aan de lucht overgedragen. In onderstaand voorbeeld is de verdamping van het zandoppervlak en de droge humus nihil, het hoogst is ze onder grasland. Uitwisseling van energie van het oppervlak met de lucht is voor het grasland klein en wordt het hoogst onder de dode hei. De hoeveelheid warmte die een verhit bodemoppervlak aan de lucht afgeeft is afhankelijk van het temperatuursverschil oppervlakte-lucht en van de windsnelheid. Fijne takjes en blaadjes hebben een hoog warmteoverdrachtgetal. De lossere structuur van de vegetatie doet dus

de warmtehuishouding van het aardoppervlak sterk veranderen. Warmteoverdracht van het oppervlak (B) naar de diepere bodemlagen is het belangrijkst voor kaal zand en het kleinst onder grasland.

Tabel 2.11. Warmtehuishouding van dode hei, grasland, zandoppervlak en kaal heidehumus (in $W.m^{-2}$) (Barkman & Stoutjesdijk 1987).

	dode hei	grasland	zand	humus
oppervlakteT (°C)	24.4 op 40 cm	18.9 op 45 cm	51.6	77.0
input				
Rz	762	839	832	909
Ratm	316	287.5	371	371
totaal	1078	1126.5	1203	1280
output				
Rr	48	200	154	91
Rem	460	421	629	853
B	20	12.5	252	112
H+LE	550	492.5	168	224
totaal	1078	1126.5	1203	1280
Rnet	570	505.5	420	336

2.5.2. Het microklimaat

Het microklimaat wordt beïnvloed door de vegetatie. Vegetatie geeft schaduw, verandert de lichtkwaliteit en -intensiteit, remt de wind, maakt de lucht door verdamping vochtiger en tempert temperatuurschommelingen.

2.5.2.1. Het actieve oppervlak

Het actieve oppervlak is het niveau waar de meeste absorptie, reflectie en uitstraling plaatsvindt, neerslag wordt er in de eerste plaats geïntercepteerd en de grootste windremming treedt er op. Op dit oppervlak grijpt de grootste omzetting van energie en massa plaats. Voor een kaal oppervlak is het actieve oppervlak de bodem. In bossen en struwelen wordt dit actieve oppervlak verschoven van de bodem naar een hoger niveau. Een dicht bos heeft een actief oppervlak in het kronendak, ijle bossen hebben een tweede actieve oppervlak op de grond, soms nog een derde op de boomstammen. Indien het bos nog een struiklaag bevat kan ook daar een actief oppervlak voorkomen.

2.5.2.2. De temperatuur

Een onbegroeide duinzandbodem vertoont maximumtemperaturen aan het bodemoppervlak en de dagelijkse temperatuurschommelingen zijn daar het grootst vermits het actieve oppervlak het bodemoppervlak zelf is.
In het geval van een lage open vegetatie, bijvoorbeeld verspreide pollen van Duinriet met een maximale hoogte van 40 cm, wordt het actieve oppervlak verschoven naar de top van de strooisellaag. De strooisellaag bedroeg 4 cm, en op veel plaatsen bereikte de zonnestraling deze laag. De temperatuur was hier gemiddeld 22°C hoger dan op 1.5m.
Onder struweel - Figuur 2.17. illustreert de temperatuurkrommen voor een vegetatie onder Duindoornstruweel waarvan het bodemoppervlak bedekt is met de resten van Duinriet - worden de temperatuurschommelingen van het bodemoppervlak in grote mate gedempt. Eveneens liggen de gemiddelde temperaturen op alle diepten in de bodem veel lager. Wilde liguster (*Ligustrum vulgare*) is een voorbeeld van een soort waarvan de begroeiing een zeer dicht kronendak vormt, terwijl de ruimte daaronder zeer open is. De maximumtemperatuur werd bereikt aan de top van de vegetatie, ruim 5°C boven de luchttemperatuur. De bodemtemperatuur onder ligusterstruweel veranderde weinig in de loop van de dag, in tegenstelling tot die van nabijgelegen open zand.
Bossen zijn koeler dan het open veld gedurende het gehele jaar. Dit komt omdat het actieve oppervlak in een bos, waar maximumtemperaturen optreden, zich bevindt in de kroon. In ijle bossen treden overdag twee temperatuurmaxima op, in het kronendak en op de grond, in een dicht bos slechts één in het kronendak. In het onbebladerde bos is het bodemoppervlak vaak een duidelijke warmtebron in vergelijking met de lucht erboven, in het dicht bebladerde bos blijft de bodem vaak koeler dan de lucht erboven.
's Nachts is de temperatuur op de bodem niet veel hoger of zelfs lager dan in het kronendak. Dit komt omdat in vrijwel alle bossen de koude lucht naar de bodem zakt.
Een onbegroeide bodem speelt een belangrijke rol in het warmte-uitwisselingsproces. In een bos draagt de bodem weinig bij tot het nachtelijke energiebudget: de bodem koelt niet beneden de luchttemperatuur af vermits de bodem ongeveer dezelfde temperatuur als het kronendak heeft. Dauwvorming treedt hier dan ook niet op, wel op de kronen.
Minimumtemperaturen worden genoteerd in de kruinen van de bomen, naar beneden toe neemt de temperatuur verder af, de temperatuursamplituden zijn gering.
Overdag zakt de verwarmde lucht van het kronendak niet naar beneden, de afgekoelde lucht 's nachts wel: het effect is dat de gemiddelde temperatuur in een schaduwrijk bos 's zomers ongeveer 4°C lager is dan buiten het bos. Bij loofverliezende bossen wordt de zonnestraling tegengehouden als deze het sterkst is ('s zomers); de nachtelijke uitstraling wordt juist het minst tegenhouden als deze het sterkst is ('s winters). Loofbossen zijn dus over het gehele jaar genomen waarschijnlijk nog koeler dan de altijdgroene bossen.

In het voorjaar kan het in een loofbos veel warmer worden dan in het open veld: opwarming aan de oppervlakte zal veel groter zijn, doordat humus een kleinere volumewarmte en een kleiner warmtegeleidingsvermogen heeft dan minerale grond. De opgewarmde grond zal minder afkoelen door convectie, omdat er minder wind is dan in het open veld. Deze extra warmte is van belang voor de vroege ontwikkeling van veel voorjaarsplanten. Voor het microklimaat en voor de ondergroei is het van groot belang op welk tijdstip de bomen in blad komen. Het humustype en het onderliggende bodemtype spelen verder ook een rol.

Verticale verschillen van temperatuur en vochtigheid zijn veel groter in een struweel dan in een bos, ondanks het feit dat de intensiteit van de zonnestraling vrij laag is. Dit kan verklaard worden door de wind die in het struweel veel zwakker is nl. ongeveer 5% van deze boven de vegetatie tegenover 20% voor een bos.

2.5.2.3. Neerslag

Bomen kunnen zeer veel neerslag in de kroon vasthouden en deze via stammen, takken en gaten in de kroon zeer ongelijk over de bodem verdelen. De hoeveelheid neerslag die wordt vastgehouden en verdampt vanaf het bladoppervlak - de interceptie - is afhankelijk van de toestand van de boom, de dichtheid van de kronen en het aantal bladeren. Naaldbomen houden meer regen vast dan breedbladige loofbomen.
Ook de hoeveelheid neerslag per regenbui beïnvloedt de interceptie: bij een kleine bui blijft alle neerslag in de kruin hangen en verdampt weer. De neerslag die niet door de kronen vastgehouden wordt, valt gedeeltelijk door de kroon naar beneden (*throughfall*), of vloeit langs de twijgen en takken naar beneden (*stemflow*). Open plekken in het bos en soortsverschillen leiden tot ongelijke verdeling van de neerslag en bepaalde vegetatiepatronen in de ondergroei.
In bossen treedt vrijwel geen dauwvorming op, wel op de kronen. In bos kan er zelfs nog een geringe verdamping optreden, terwijl buiten het bos sterke dauwval optreedt. In heldere nachten is de evaporatie in het bos aanzienlijk hoger dan daarbuiten.

2.5.2.4. Luchtvochtigheid

Door de gemiddeld lagere temperatuur en de hogere absolute vochtigheid (transpiratie van kruiden, struiken en bomen) is de relatieve vochtigheid in een bos hoger en het verzadigingsdeficiet lager dan in het open veld. De luchtvochtigheid in bossen zal groter zijn naarmate de bodem vochtiger is, het bos groter en dichter is en de diverse vegetatielagen beter ontwikkeld zijn.
De dampspanning kan in bossen 2 maxima vertonen: een maximum in de kronen en één dichtbij de grond, dat zelfs hoger kan zijn dan in de kronen dankzij de verdamping van de kruiden en de bodem.
Voor een ligusterstruweel is de dampspanning in het bladerdak weinig hoger dan boven de vegetatie en blijft de dampspanning vrij constant tot aan de bodem, een indicatie dat de bodem geen bron van vochtigheid is. Het verzadigingsdeficiet tussen de vegetatietoppen is hoger dan daarboven, omdat door de verhoogde temperatuur e_{max} sterker toeneemt dan de dampspanning.
In een Duinrietvegetatie is de dampspanning op 10 cm hoogte boven het bodemoppervlak weinig hoger dan op 1.5m; op 5 cm hoogte neemt de dampspanning dan sterk toe en bereikt daar de hoogste waarden. Het verzadigingsdeficiet varieert sterk naargelang de verschillende graslandtypes: bij hoog dicht grasland is het verzadigingsdeficiet sterk verlaagd (hoge RH), bij droog grasland juist sterk verhoogd (lage RH) omdat door de hoge temperatuur de maximale dampspanning veel sterker toeneemt dan de werkelijke dampspanning.

2.5.2.5. Windsnelheid

In de vegetatie ondergaat de windsnelheid een aanzienlijke reductie. Deze kan geleidelijk verlopen in meer open vegetaties, of meer abrupt waar een dicht kronendak aanwezig is. Indien de vegetatie daaronder meer open is kan de windsnelheid weer toenemen, dichter bij de grond neemt de windsnelheid dan weer af.
Relatief gezien worden in open bos hogere windsnelheden (voor eikenbos 20% van deze boven de toppen) genoteerd dan in lagere vegetaties omdat de open ruimten tussen de stammen veel minder weerstand bieden tegen luchtbeweging dan de dichtbijeenstaande dunne stengels van een lagere vegetatie. Ook is er een grotere grilligheid van de luchtbeweging in een soortgelijk bos.
Een 15 m hoog eikenbos vertoont geringe verschillen in temperatuur en dampspanning in verticale zin door de vrij sterke luchtbeweging in het bos.
In een ligusterstruweel worden de laagste windsnelheden gemeten in het kronendak, al is de windsnelheid daaronder nauwelijks hoger. De wind in een wilgenstruweel, 5 m hoog, is zeer zwak (amper 5% van deze boven de vegetatie).
Hogere holle struwelen laten een toenemende invloed zien van de wind onder het kronendak.
Een ijle vegetatiebegroeiing van Duinriet remt de luchtbeweging al sterk af. De temperatuur op 5 en 10 cm hoogte is veel hoger dan boven een warm zandoppervlak bij vergelijkbare omstandigheden. Er zal dus weinig uitwisseling van energie optreden tussen de opeenvolgende luchtlagen.

2.6. Variabiliteit van het klimaat

Klimaatsveranderingen, ook van slechts korte duur, kunnen de overlevingskansen van diverse biota ingrijpend beïnvloeden. Ze leiden tot voortdurende sterfte van populaties, degeneratie van levensgemeenschappen en lokaal verdwijnen van ecologische niches (De Raeve 1991).

Gegevens betreffende klimaatsveranderingen zijn zowel in wetenschappelijke als in vulgariserende literatuur overvloedig te vinden. In het kader van deze studie was het echter onmogelijk dit item verder uit te diepen. Deze paragraaf steunt voornamelijk op de publicatie van Schietecat (1990).

De klimatologische waarnemingsreeksen tonen aan dat het klimaat fluctueert in de loop der jaren. De luchttemperatuur te Ukkel steeg, naargelang het seizoen, tussen 1910 en 1930 (zie 2.3.4.), terwijl de neerslag in 1910 een plotse stijging ten opzichte van zijn gemiddelde waarde kende (zie 2.3.6.) (Sneyers et al. 1990)

Over gans Europa begon de stijgingstendens in de luchttemperatuur tussen 1920 en 1930. Voor de volledige noordelijke hemisfeer werd een opwarming van ongeveer 0.5 °C waargenomen tussen 1900 en 1940. Daarna nam de gemiddelde temperatuur met ongeveer 0.3 °C af tussen 1941 en 1979 om vanaf 1980 opnieuw een stijgende tendens te vertonen (Schietecat 1990).

Een belangrijk aspect van de klimaatsverandering is de wijziging in zowel de gemiddelde toestand als in zijn spreiding. Hierdoor zou de frekwentie kunnen veranderen van bijvoorbeeld intensieve neerslag, hoge windsnelheden en tijdsduur van droogteperiodes.

Klimaatsmodellen, gesteund op de onderstelling dat het CO_2-gehalte tegen 2065 toeneemt tot 600 ppm, tonen een wereldwijde gemiddelde temperatuursstijging van 1.5 tot 4.5 °C. De regionale verdeling van deze temperatuursvariaties zal nochtans niet uniform zijn. Zo verwacht men in de tropen kleinere temperatuursvariaties dan in de gematigde en hoger gelegen streken. Een gemiddelde toename van de wereldtemperatuur zal waarschijnlijk een stijging van het zeeniveau veroorzaken door thermische expansie van het zeewater en door het smelten van gletsjers en poolijs op het land. Het is moeilijk de stijging van het zeeniveau te schatten omdat we niet zeker zijn van de voorspelde temperatuursstijging en van de veranderingen in het patroon van de sneeuwval vooral over Antarctica. Het globale zeepeil steeg deze eeuw al met 10 tot 15 cm. Door verdere opwarming verwacht men een verdere rijzing van 20 cm tegen het jaar 2030 en met 65 cm tegen 2100 (WMO, nr. 741, 1990). Dit zal enkele belangrijke gevolgen hebben voor het kustecosysteem. Stijgende zeespiegels veroorzaken een verhoogde kusterosie. Het grondwater in kustgebieden zal tevens onderhevig zijn aan een hogere kans op verzilting (IUCC 1993).

3. Geomorfologie

3.1. Inleiding

Geomorfologische processen liggen niet alleen aan de basis van het gehele kustecosysteem maar hebben ook maatschappelijke en economische repercussies voor het gehele Vlaamse gewest. Zo kan stranderosie de toeristische mogelijkheden van een badplaats beperken en leiden tot zeer dure standverdedigingswerken. Deze laatste kunnen dan de bewegingsvrijheid van het in wezen zeer dynamisch gebied beperken, wat vervolgens zijn weerslag kan hebben op onder meer de natuurlijkheid van het systeem of waardoor het aanvankelijk probleem gewoon verplaatst wordt. Ook kan bijvoorbeeld overbetreding leiden tot verstuiven van lokaal ecologisch waardevolle duinterreinen.

Een beter begrip van het verloop en de gevolgen van de actuele mofogenetische processen en van hun residuele effecten kan leiden tot een beter beheer van het gehele kustgebied.

Bij de kartering is vooral aandacht besteed aan de morfografische aspecten. Binnen de afgebakende eenheden worden de belangrijkste reliëfskenmerken door middel van symbolen weergegeven. Verder worden de geomorfologische processen die in het gebied actief zijn opgesomd en summier omschreven. De morfogenese van het Vlaamse kustgebied wordt globaal geschetst en enkele opvattingen omtrent duinvorming worden kort toegelicht.

De geleverde kartering dient echter verfijnd en aangepast te worden aan de hand van uitgebreid terreinwerk, vergelijkende studies van kartografisch materiaal en een diepgaande literatuurstudie. Naast een geomorfologische veldkartering zou een volledige studie van de geomorfologische gesteldheid ook sedimentstudies moeten omvatten, uitgevoerd aan de hand van handboringen en profielanalysen. Hiervoor waren binnen dit project geen mogelijkheden voorzien. In verband met de actuele evolutie van de reliëfsvormen zouden ook sequentiële morfometrische opnamen dienen uitgevoerd te worden daar hiermee de residuele morfodynamiek van de verschillende reliëfsvormen en de daarbij betrokken sedimentuitwisseling kwantitatief kan opgevolgd worden. Pas hierna kan een beter inzicht verkregen worden in de geomorfologie, de morfogenese en de morfodynamiek van het Vlaamse kustgebied.

3.2. Morfologische en morfodynamische processen

In dit hoofdstuk is het de bedoeling een opsomming en een summiere beschrijving te geven van de belangrijkste actuele geomorfologische processen die betrekking hebben tot het Vlaamse kustgebied. Voor meer diepgaande studies verwijzen we onder meer naar Carter (1988), Carter et al. (1990), Klijn (1981), Reineck & Singh (1980), Davis (1985), De Graaf (1977), Paskoff (1985, 1991) en De Moor (1979, 1993).

3.2.1. Eolisch en marien sedimenttransport

3.2.1.1. Marien zandtransport

Golfwerking

Golven ontstaan als gevolg van de wrijvingskracht die de wind uitoefent op het water. In de litorale zone kunnen ze gezien worden als een belangrijk mechanisme voor het losmaken van sediment ("stirring mechanism") en ze kunnen eventueel ook een sedimenttransport in de hand werken. De afmetingen en energie die een golf verkrijgt, hangt onder meer af van de windkracht, de *"fetch"* of strijklengte, de tijdsduur waarover de wind uit eenzelfde richting blaast en de waterdiepte ter plaatse (De Graaf 1977).

De uitwerking van golven op een strand is afhankelijk van hun energie, van de richting of invalshoek en van de golfhoogte-golflengte verhouding ("golfsteilte"). Boven een kritische golfsteilte werkt de golf destructief in op het strand, beneden die waarde is zijn werking constructief. Dit valt respectievelijk samen met een transversaal zeewaarts en een transversaal landwaarts gericht sedimenttransport op het strand (De Graaf 1977).

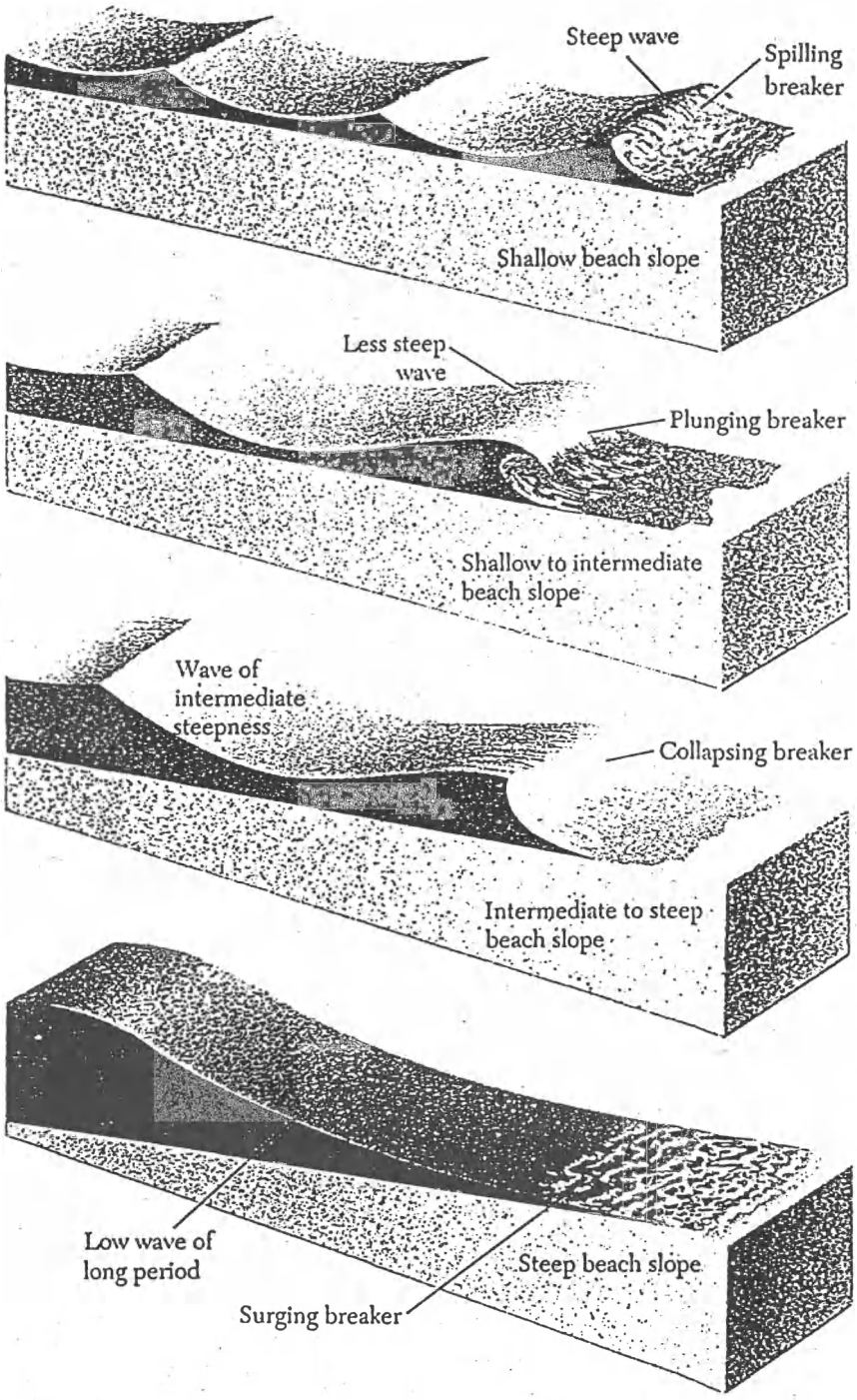
De zone waar de golven breken wordt de **brandingzone** genoemd. Naargelang waterdiepte (en strandhelling) kunnen golven er op verschillende manieren breken. Er worden verschillende brekertypes onderscheiden (nl. *spilling, plunging, collapsing en surging breakers)*. In Figuur 3.1. worden deze types grafisch voorgesteld.

Naast directe golfwerking kunnen langs het strand ook stromingen optreden die door golfwerking of getijdewerking veroorzaakt worden (Figuur 3.2.). Hiertoe behoren scheurstromen, brandingsdrift en stranddrift (De Graaf 1977), alsook zwinstroming en muistroming (De Moor 1980, zie verder). Voor de terminologie met betrekking tot strandmorfologie verwijzen we naar de verklarende woordenlijst.

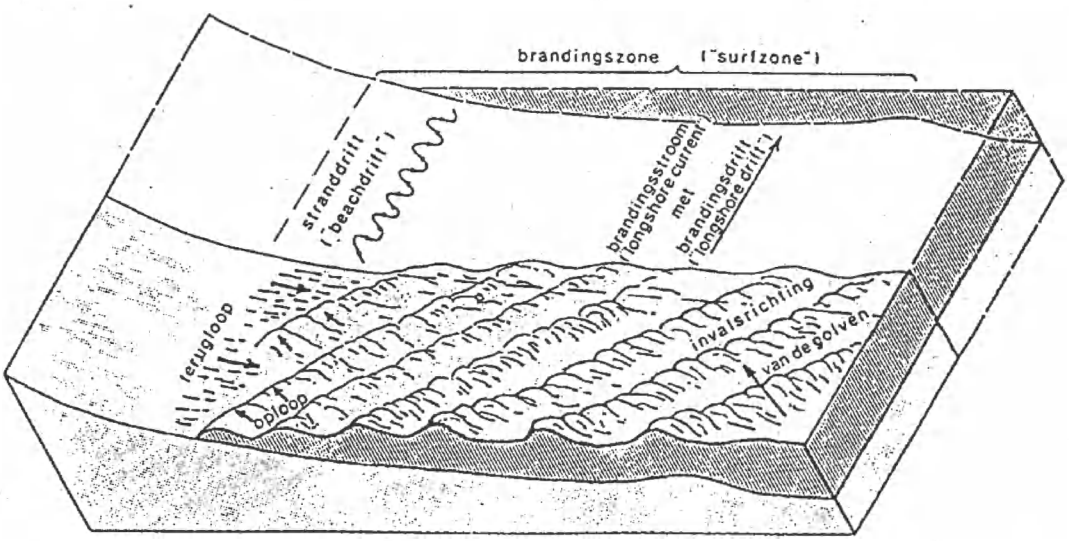
- **Scheurstromen** zijn zeewaarts gerichte kompensatiestromen die op zekere regelmatige afstand voorkomen. Ze kunnen bij stormcondities verantwoordelijk zijn voor een lokaal niet onbelangrijk deficit in het strandbudget.
- Wanneer golven het strand onder een scheve hoek bereiken ontstaat er in de brandingszone een longitudinale kompensatiestroming, nl. de kuststroom. Die kan eventuele longitudinale getijdestroming tijdelijk versterken. Wanneer deze voldoende sterk is en materiaal transporteert wordt van **brandingsdrift** gesproken.

- **Stranddrift** is de netto longitudinale sedimentverplaatsing die plaatsvindt onder invloed van de oploop en de terugloop van golven op het strand.

Het transporterend vermogen wordt bepaald door de stroomsnelheid, de turbulentie en de totale lading van de stroming, door de granulometrie van het sediment en door de energie, de hoogte, de steilte, het patroon, het type en de invalshoek van de golven.



Figuur 3.1. Wijzen waarop golven kunnen breken, afhankelijk van golftype en strandhelling (Davis 1994).



Figuur 3.2. Longitudinaal sedimenttransport onder invloed van golfwerking (De Graaf 1977).

Zee- en getijdestroming

Zeestromen zijn vooral van betekenis in dieper water en worden veroorzaakt door windvelden, druk-, densiteits-, temperatuurs- en saliniteitsverschillen.

Getijstromingen worden veroorzaakt door de verplaatsing van de getijdegolf. Hierdoor heeft het getij een bepaalde hoogte (tij-amplitude). In de Noordzee hangt deze op elke plaats af van de afstand tot het amfidroom punt. De getijdestromingen zijn roterende stromingen. Langs de kust verkrijgen die een overwegend bidirectioneel karakter door het toenemende overwicht van de longshore component van de vloed- en ebpiek. Getijstromen zijn belangrijk voor de aan- en afvoer van sedimenten naar de kust. Voor de strandmorfologie is het semi-diurnaal getij, nl. de hoogtij-laagtijcyclus, van groot belang waar zij voor een belangrijk zwin- en muitransport zorgt en de verschillende stranddelen over ongelijke duur aan golven en stromingen blootstelt. Voor uitgebreide literatuur omtrent getijden en getijdestromingen langs de Vlaamse kust verwijzen we onder andere naar Codde & De Keyser (1967).

3.2.1.2. Eolisch zandtransport

Transportmechanismen

Verplaatsing van korrelig materiaal op de bodem omvat drie fasen: het losmaken uit het korrelverband, de opname in het transportmilieu en de eigenlijke verplaatsing met de bewegende agens. Eolische processen kunnen waargenomen worden wanneer de kracht die de wind uitoefent op het zandoppervlak (*"shear stress"*) de kritische schuifspanning (*"shear stress threshold"*) overstijgt. Die drempelwaarde is onder andere afhankelijk van de korrelgrootte en de dichtheid en cohesie van het bodemmateriaal (Sherman & Hotta 1990). Cohesie is één van de belangrijkste factoren die de samenhang van partikels bepaalt, maar in zandig materiaal is cohesie relatief gering. Wat betreft de verplaatsing zelf kunnen drie transportmechanismen onderscheiden worden, nl. reptatie, saltatie en suspensie (Bagnold 1941).

- **Reptatie** is de transportwijze waarbij de korrels zich rollend of stootsgewijze verschuivend over het oppervlak voortbewegen, voortgestuwd door de wind of door impulsoverdracht van andere salterende of repterende korrels.
- Bij **saltatie** worden de korrels opgeworpen, door de wind voortgestuwd om vervolgens door de werking van de zwaartekracht terug op het oppervlak terecht te komen. Hierbij volgen ze een parabolische baan (Bagnold 1941). Door impact geven de zandkorrels hun energie over aan andere korrels die in rust verkeren en die dan opgeworpen worden. Door windstuwing kan de energie intussen toenemen, zodat die korrels dan hoger springen en nog meer energie verwerven.
- **Suspensie** wordt bij zeer fijne korrelgrootten waargenomen waarbij die dynamisch zwevend over grote afstanden verplaatst worden. De opname gebeurt samen met salterende korrels.

Voor eolisch saltatietransport van zand ligt de kritische snelheid rond 4.5 $m.s^{-1}$ (Bagnold 1941). Voor reptatie en suspensie zijn de kritische snelheden geringer. Klijn (1981) acht saltatie het belangrijkste eolisch transportmechanisme. Volgens De Moor (mond. med.) mag het belang van het reptatietransport niet onderschat worden daar dit zich reeds bij geringe snelheden voordoet.

Sedimenttransport

Van belang bij het uiteindelijke sedimentatietransport zijn sedimentologische, geomorfologische, atmosferische, lithologische, hydrologische, biologische parameters en de sedimentbeschikbaarheid.

- Onder **lithologische parameters** verstaan we de granulometrische eigenschappen van het sediment. Naast korrelgrootte blijkt ook korrelvorm belangrijk te zijn. Ook de aanwezigheid van zouten die de cohesiekracht tussen de sedimenten beïnvloedt, speelt een belangrijke rol in het sedimenttransport (Sherman & Hotta 1990).
- **Sedimentologische of hydrodynamische** parameters karakteriseren de eigenschappen van het bewegend en sedimentverplaatsend milieu.
- In het sedimenttransport hebben **geomorfologische parameters** betrekking op de lokale helling, rugositeit en strandmorfologie daar deze het lokale stromingveld in sterke mate beïnvloeden (Sherman & Hotta 1990).

- Het zandtransport wordt in sterke mate beïnvloed door de longitudinale en transversale **beschikbaarheid van zand**. Deze laatste hangt zelf af van de kenmerken van het getij (Nordström & Jackson 1992) en van de meteorologische omstandigheden.
- Verder kan wateruitsijpeling aan de duinvoet als **hydrologische factor** het eolisch transport sterk belemmeren. Dit kan resulteren in het uitblijven van een natuurlijk herstel van de duinvoet na opgelopen stormschade wat kan resulteren in sterke residuele erosie. Ook de mate en snelheid van uitdrogen zijn uitermate belangrijk. Dit wordt beïnvloed door windsnelheid, luchtdruk, saltspray, beekstroming, diepte van de grondwatertafel, snelheid van infiltratie, ...
- Van primordiaal belang in het eolisch sedimenttransport zijn de **atmosferische factoren**. Deze omvatten luchtdichtheid, windsnelheid, windrichting, temperatuur, bodemvochtigheid, neerslag, relatieve vochtigheid en *"solar radiation"* (Sherman & Hotta 1990). De luchtdichtheid is van belang aangezien de *"shear stress"* een functie is van luchtdichtheid en het kwadraat van de windsnelheid nabij het oppervlak. Windsnelheid en windrichting bepalen vanzelfsprekend de sedimenthoeveelheid en de richting van de sedimentverplaatsing. Belangrijk omtrent de intensiteit en richting van het eolisch proces en de hiermee gepaard gaande morfodynamiek is de kustexpositie. Dit is de hoek tussen de kust en de richting van de resulterende windkracht (Depuydt 1967, 1972). Hierbij dient een onderscheid gemaakt te worden tussen de resultante van alle winden en de resultante van de winden met snelheden die 4 m/s overstijgen daar slechts deze laatste van betekenis zijn voor het eolisch transport. Het belang van de temperatuur ligt in het feit dat deze de luchtdichtheid mee bepaalt. Neerslag en bodemvochtigheid bepalen de vochtigheid van het sediment waardoor de *"shear stress threshold"* beïnvloed wordt. Verder veroorzaakt neerslag *(splash)* wat enerzijds sediment verplaatst en anderzijds de rugositeit van het oppervlak verhoogt. Tenslotte beïnvloeden ook relatieve vochtigheid en *"solar radiation"* de vochtigheid van het sediment.

Ook de **biologische factoren** spelen een belangrijke rol in het eolisch sedimenttransport. Vegetatie en bodemfauna kunnen de rugositeit van de bodem sterk beïnvloeden. Het voorkomen van vegetatie doet de lokale *shear stress* verminderen door demping van de *"shear velocity"* waardoor het transportmechanisme stilvalt of sterk vermindert

3.2.1.3. Residueel zandtransport langs de Vlaamse kust

De dominante windrichting langs de Vlaamse kust is zuidwest (Depuydt 1967) waardoor ook het residueel eolisch zandtransport kustlongidudinaal noordoost gericht is. Tijdelijk kunnen andere windrichtingen evenwel meer effectief zijn. Dit is vooral het geval met de noordoostenwinden (Snacken 1956). Daar de windrichting ook de invalshoek van de golven bepaalt, volgt hieruit dat stranddrift en brandingsdrift residueel ook noordoostelijk gericht zijn.

Behalve aan eolische- en golfwerking is het strand dus ook onderhevig aan een longitudinaal sedimenttransport door getijdestromen. Daar de noordoostelijk gerichte vloedstroom een hogere pieksnelheid bereikt dan de zuidwestelijk gerichte ebstroom, ontstaat er een residueel zandtransport van grovere sedimenten naar het noordoosten en van fijnere sedimenten naar het zuidwesten (De Moor 1992).

Dit residueel eolisch en subaquatisch sedimenttransport resulteert in een litorale drift langs de Vlaamse kust die residueel oostelijk gericht is.

Transversaal op de kustlijn georiënteerde structuren vormen een barrière voor zowel de eolische als de subaquatische zanddrift. Dit kan ontstaan geven aan submariene haakwallen aan pieren, accumulatie van eolische sedimenten aan golfbrekers en aanzandingen in vaargeulen (De Moor & Konings 1988). Hierdoor ontwikkelt er zich bijvoorbeeld aan de westelijke havendam te Zeebrugge een breed strand met embryonale duinvorming op het hoogstrand terwijl er aan de oostelijke dam onder invloed van de ebstroom en door ombuigende armen van de vloedstroom een meer slibbig strand voorkomt waar eveneens embryonale duintjes tot ontwikkeling komen. Ook de haakwal die momenteel de Zwinmonding naar het oosten duwt, wordt gevoed door grovere sedimenten van het Knokse strand die door de oostwaartse kustdrift verplaatst worden (De Moor 1992).

3.2.2. Verstuivingen en overstuivingen

Verstuivingen zijn erosieve processen waarbij zand door windwerking weggeblazen wordt. Ze geven onder andere onstaan aan "blow outs" (pannen), windkerven, deflatieputten en -geulen rond obstakels en aan de voet van duinhellingen. Het weggeblazen zand kan aanleiding geven tot overstuivingen. In een begroeid duinterrein ontstaan verstuivingen wanneer het plantendek wordt beschadigd of op een natuurlijke wijze degradeert.en de lokale windsnelheid voldoende groot is voor de opname en transport van zand (Klijn 1981). Factoren die bij dit erosieproces een rol spelen zijn micro- en macroklimatologische omstandigheden, de expositie t.o.v. zon en wind, de grondwaterstand, het substraat, de vegetatie (bv. aanwezigheid van Helm) en de aanwezigheid van invloeden als betreding, begrazing, afgraving of obstructies (bv. bunkers). Wanneer de vegetatie van de zeereep bij sterke aanlandige wind ondermijnd wordt, vormen zich windkerven (windgeulen). De wind begint nu op die plaats sterkere turbulenties te vertonen waardoor deze deflatiegeul zich verder uitdiept. Wanneer het niveau van de uitblazingsvallei (blow out) dermate laag is dat bij stormvloed inundatie van een achterliggend gebied mogelijk wordt spreken we van een **slufter**. Verder kan het verstuivingsproces vorm geven aan uiteenlopende secundaire duinvormen zoals ketelduinen, secundaire paraboolduintjes,... Verlaging van de grondwaterstand kan eveneens een belangrijke rol spelen in het ontstaan van verstuivingen. Die verlaging kan veroorzaakt worden door klimatologische omstandigheden, door menselijke grondwaterverlaging maar ook door kustafslag op de duinreep. In dit laatste geval gaat de mariene kustereosie de eolische erosie stimuleren.

Overstuiving is een accumulatief proces waardoor jongere bewegende sedimentaire structuren zich boven oudere komen vestigen. Klijn (1981) gebruikt deze term ook om de zandafzetting aan te duiden die zich voordoet aan de lijzijde van een duin ingevolge de aanwezige windschaduw (de zogenaamde stort- of progradatiehelling). Op sommige plaatsen kan begroeiing het effect vergezellen. Die storthelling is rechtlijnig en heeft voor middelmatig zand bijna altijd een hoekwaarde van ongeveer 30°. Aan de lijzijde van obstakels kan ook sedimentatie optreden onder de vorm van min of meer langgerekte slierten (windschaduwvormen). Bij storthellingen en windschaduwvormen accumuleert in de ommiddellijke lijzijde vooral repterend en salterend zand terwijl suspensiemateriaal zich in een meer uitgestrekte strooizone afzet. De transportafstand is dus afhankelijk van de manier waarop het sediment zich verplaatst.

3.2.3. Erosieve hellingsprocessen

3.2.3.1. Afspoeling

Afspoeling van materiaal langs duinhellingen treedt op bij buien enerzijds door *"splash erosion"* en anderzijds door afspoelend regenwater. Bij splash wordt zand weggeduwd door de invallende regendruppels die er als het ware een inslagkrater nalaten. Afspoeling wordt bevorderd doordat het zand, vooral bij aanwezigheid van humus, tijdens buien dichtslaat en zo de infiltratiecapaciteit beperkt (Klijn 1981). Bij bevochtiging van de bovenste laag wordt lucht ingesloten waardoor verdere infiltratie verminderd wordt. Belangrijke factoren bij afspoeling zijn de begroeiing en de hellingsgraad van de duinoppervlakken.

3.2.3.2. Afschuiving

Wanneer de hellingsgraad van een kaal duinoppervlak te groot wordt zodat de statische evenwichtshelling van de duinsedimenten overschreden wordt, kan afschuiving van zandpakketten waargenomen worden totdat de dynamische evenwichtshelling hersteld is (De Moor 1981). Dit gebeurt veelal onder de vorm van grote zandtongen die zich geleidelijk hellingafwaarts verplaatsen. Dergelijke geomorfologische processen kunnen aan de lijzijde van actieve paraboolkernen of transversale loopduincomplexen veelvuldig waargenomen worden.

3.2.4. Betreding

Bij betreding kan zand over korte afstand worden verplaatst. Belangrijk is evenwel dat ook de vegetatie hierbij beschadigd wordt zodat windwerking voor belangrijke erosie kan zorgen. De uiteindelijk schade die door betreding aangebracht wordt, is onder meer afhankelijk van de mate van betreding, de vegetatie zelf en de hellingsgraad.

3.2.5. Kusterosie en kustaanwas

3.2.5.1. Residueel stranddynamisme

Langs de Vlaamse kust kan men verschillende sectoren waarnemen die gekenmerkt worden door een min of meer intense **residuele erosie** of **residuele aanwas** (De Moor 1979, 1988, 1991) (Figuur 3.3.). Residuele erosie of aanwas is de dynamiek die zich over een langere periode ontwikkelt als resultante van talrijke opeenvolgende fasen van erosie of afzetting waarbij uiteindelijk de ene fase de andere domineert. De oorzaak ervan kan voor sommige zones in verband gebracht worden met het daar aanwezige kustbeheer. Zo kan de aanwas te Zeebrugge en de erosie te Knokke en ten oosten van Nieuwpoort in verband gebracht worden met de aanwezigheid en de uitbouw van de pieren en havendammen. Deze transversaal op de kust georiënteerde verdedigingsstructuren onderbreken de oostwaarts gerichte residuele zanddrift.

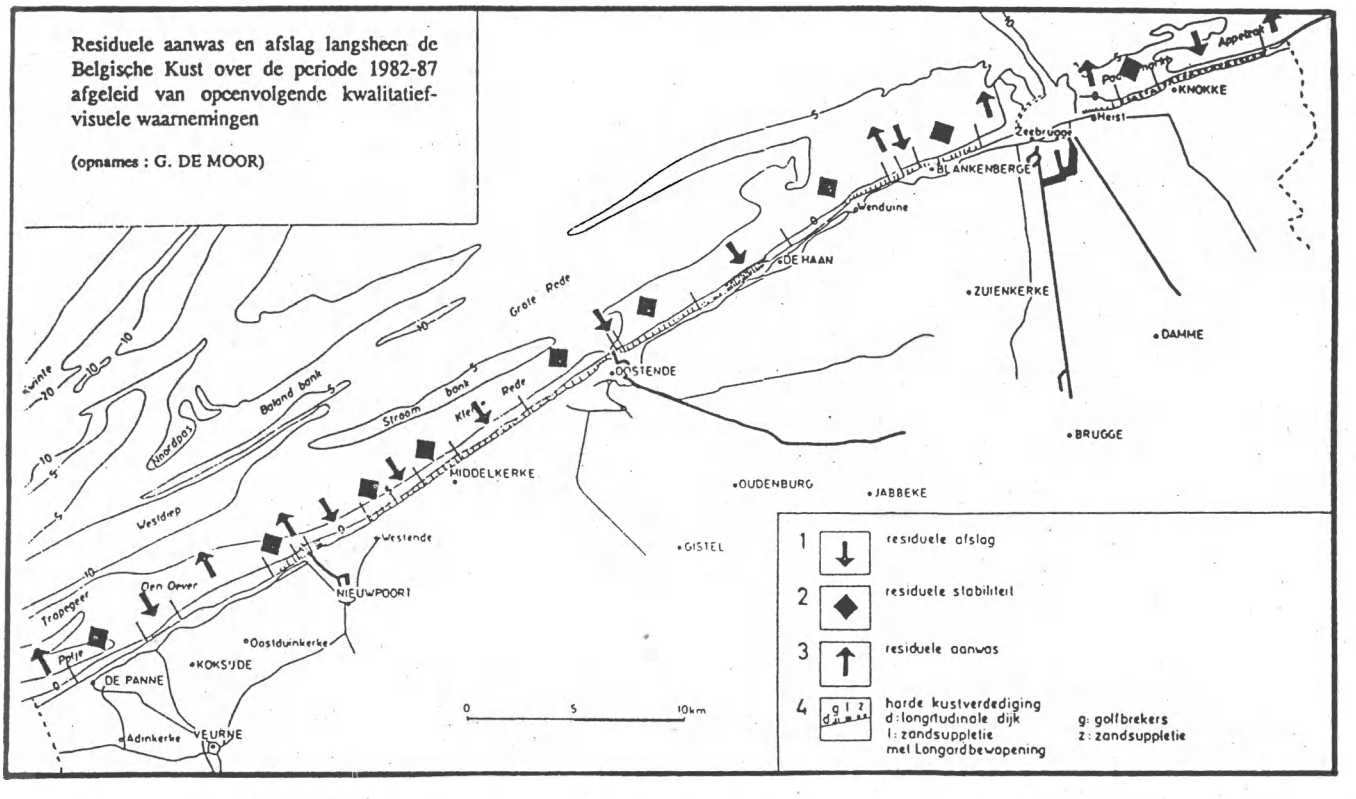


Fig. 3.3. Residuele aanwas en afslag langsheen de Vlaamse kust over de periode 1982-1987 (De Moor 1991).

3.2.5.2. Erosieve megaprotuberans

In andere zones kan de strandevolutie gezien worden als een natuurlijk verschijnsel. Sommige erosieve zones worden door De Moor (1979, 1981, 1992) verklaard als erosieve fasen die voorkomen gedurende een agressieve fase van een natuurlijk cyclisch verschijnsel. Hierbij worden zandige kustsectoren eerst afgeslagen en later terug hersteld. Dergelijke **erosieve megaprotuberansen** (De Moor, 1979, 1981, 1992) zijn momenteel werkzaam ten westen van De Panne, vóór Koksijde, vóór Lombardsijde en tussen Bredene en De Haan. Tussen deze sectoren met kustafslag liggen er andere waar stabiliteit en zelfs aangroei waargenomen kan worden zoals te De Panne en Oostduinkerke.

Het verschijnsel van erosieve megaprotuberansen omvat strandverlaging, terugwijken van de duinvoet en afbraak van de zeereep waardoor grote zandpaketten vanuit de duinen op het hoogstrand terechtkomen die het deficiet lokaal tijdelijk kunnen compenseren. Ook binnen een erosieve megaprotuberans hebben stormen een grotere weerslag. Hierbij kan verdere afslag leiden tot doorbraken in de zeereep waardoor strandverdedigingswerken noodzakelijk worden teneinde inundatie van het lager gelegen hinterland te voorkomen.

3.2.5.3. Accumulatieve megaprotuberans

De residuele aanwas te Oostduinkerke wordt door De Moor (1991) verklaard als gevolg van het passeren van een accumulatieve megaprotuberans die zich longitudinaal in de natte-strand zone verplaatst in de richting van de residuele tijstroom. Het bestreken gebied is veel groter dan dat van een strandgolf, de verschijningsduur veel langer en de verplaatsing gebeurt zeer langzaam. Rug- en zwinwerking vormen een complex onderdeel van dit mechanisme, dat echter grotendeels gebonden is aan een discontinue aanvoer van zandmassa's (De Moor 1991). Het verschijnsel kan gezien worden als de tegenhanger van een erosieve megaprotuberans. Op het strand tussen Oostduinkerke-Bad en Groenendijk-Bad wordt het positief strandbudget geïllustreerd door de vorming van embryonale duintjes op het hoogstrand. Residuele aanwas neemt niet weg dat er 's winters afslag optreedt.

3.2.5.4. Cycliciteit

Het natuurlijk cyclisch karakter van de megaprotuberansen wordt door De Moor (1979, 1981) geïllustreerd met historische gegevens omtrent het in 1976 opnieuw zichtbaar worden van strandverdedigingsstructuren door terugwijken van de zeereep in Klemskerke-Vosseslag. Deze structuren werden rond 1910 gebouwd teneinde het achterliggend lager gelegen gebied te beschermen in een periode van verhoogde erosie. Vanaf 1930 werden deze structuren opnieuw door de zeereep overstoven wat erop wijst dat er zich een ommekeer in het stranddynamisme had voorgedaan. Vanaf 1960-1970 heeft een nieuwe erosiefase deze zone terug getroffen, wat leidde tot het terugslaan van de zeereep waardoor de dijk in 1976 van onder de zeereep verscheen. Spijts de strandverhogingen van 1978 en 1980 in deze zone rond Vosseslag is deze oude dijk in 1994 gedeeltelijk terug blootgelegd.

Herhaaldelijk worden ook seizoenale veranderingen waargenomen. Bij stormen kan de duinvoet aangetast worden wat leidt tot de vorming van een afslagklif aan de zeewaartse zijde van de zeereep. Klifvorming vindt vooral plaats tijdens de maanden met een hoge stormvloedfrequentie. Tijdens de zomermaanden, met een minimale stormvloedfrequentie, kan de duinvoet deels of volledig ingevolge eolische aanvoer terug hersteld worden. Hieruit wordt vaak afgeleid dat het stranddynamisme een seizoenaal karakter heeft. Er dient te worden opgemerkt dat er zich ook buiten stormperioden en tijdens de zomermaanden sterke verliezen op het strand kunnen voordoen tengevolge van zwinwerking (erosie door zwinstroming vooral wanneer de wind lange tijd met de stroomrichting van het zwin samenvalt). Daar die erosie niet op het hoogstrand plaatsvindt en alleen bij laagwater zichbaar is, wordt ze dikwijls minder gemakkelijk opgemerkt. Een verlaging van 20 cm op het middenstrand is nauwelijks met het blote oog waar te nemen maar het deficiet in het strandbudget kan groter zijn dan bij sterke klifvorming tijdens stormvloed. Slechts met sequentiële topografische opnames over korte en lange termijn kan een duidelijk inzicht gekregen worden in de lokale stranddynamiek. Bij stormafslag wordt het geërodeerde zand dikwijls in de zwinnen opgeslagen waardoor het gehele natte strand tijdelijk een meer afgevlakt karakter verkrijgt.

Cycliciteit in de stranddynamiek is ook zichtbaar in het passeren van strandgolven en strandvensters (De Moor 1981). Strandgolven en strandvensters zijn respectievelijk longitudinaal verschuivende lage zandbulten (of langgerekte zandgolven) en verlagingen op strandruggen. De lengte varieert van een 100-tal tot een 1000-tal meter. Soms kan ook een transversale

verschuiving van strandruggen waargenomen worden. De Moor (mond. meded.) is van oordeel dat het hier eerder om oscillaties gaat, gebonden aan het zwinmechanisme en aan zandaanvoer, dan om continue landwaartse verschuivingen.

De Moor (1991) wijst erop dat de eolische stranddrift (het netto sedimenttransport ingevolge eolische processen) een belangrijke rol speelt bij de stabilisatie van de duinvoet omdat die 's zomers een buffer tegen de winterse verliezen opbouwt. Hij meent ook dat onoordeelkundig aanbrengen van strandschermen aan de lijzijde van de beplante zone tot verminderde eolische aanvoer kan leiden en daardoor tot residuele erosie aan de duinvoet kan aanzetten. Hij meent ook dat uitvloei van duinwater enerzijds en het voorkomen van strandvensters, dit zijn lage zadels in opeenvolgende strandruggen, een rol kunnen spelen bij lokale residuele erosie.

3.2.5.5. Kustverdediging

Erosie kan leiden tot noodzakelijke strandverdedigingsstructuren om inundatie van hinterland te voorkomen. Hier kan een onderscheid gemaakt worden tussen harde en zachte strandverdedigingsmiddelen. Deze hebben tot doel de stranderosie te stoppen of de toegankelijkheid van havens te verbeteren maar kunnen echter ook een negatief effect hebben op geomorfologische of morfodynamische processen. Voor een inventarisatie van recente strandverdedigingsstructuren (tot 1988) langs de Vlaamse kust verwijzen we naar De Moor & Blomme (1988).

Harde kustverdedigingsstructuren

Zeeweringen zijn kustlongitudinale sterk hellende muren of dijken die tegen de duinvoet gevestigd zijn. Deze voorkomen terugslag van de zeereep waardoor echter het natuurlijk mechanisme van een terugschrijdende kustgordel belet wordt. Hierdoor kan de energieconcentratie op een smalle gefixeerde strandzone sterk toenemen. Wegens het ondoordringbare materiaal waaruit vele zeeweringen gemaakt zijn, wordt infiltratie van de oplopende golven voorkomen waardoor het backwash-volume sterk toeneemt. Dit alles kan leiden tot een afname van de strandbreedte, een verlaging van het strandniveau en verdwijning van het droog strand (Viles & Spencer 1995).

Strandhoofden, havendammen en pieren zijn transversaal op de kust georiënteerde structuren. Deze structuren onderbreken het kustlongitudinaal zandtransport waardoor lokaal ("*updrift*") aanwas en ("*downdrift*") erosie waargenomen kan worden. Door de aanwezigheid van deze harde kustverdedigingsstructuren hebben sommige strandsectoren langs de Vlaamse kust (bv. tussen Middelkerke en Mariakerke) hun typische zwin-rugmorfologie verloren en verkrijgen ze een geuniformiseerd (rechtlijnig en aangepast aan de voet van de zeewering) karakter.

Evenals strandhoofden hebben stuifschermen en rijshouthagen tot doel zand te vangen. Op andere plaatsen waar ze niet voorkomen kan dit echter leiden tot een deficiet in het zandbudget waardoor opgelopen stormschade niet hersteld wordt en tot residuele erosie leidt.

Zachte kustverdedigingsstructuren

Als alternatief voor harde strandverdedigingsstructuren wordt alsmaar meer gekozen voor zachte middelen. Langs de Vlaamse kust wordt strandophoging, zandsuppletie, zandsuppletie met interne buisbewapening volgens het Deense Longardsysteem of zandsuppletie gepaard met aanleg van een vooroeverberm toegepast.

Deze alternatieve methoden hebben als voordeel dat ze het natuurlijk zandtransport niet of veel minder belemmeren dan de harde structuren, landschappelijk verantwoord zijn en toeristische uitbating niet beperken. Wel zijn dit slechts tijdelijke en daardoor zeer kostelijke oplossingen.

Er dient te worden opgemerkt dat waar langs de Vlaamse kust zandsuppletie volgens het Deense Longardsysteem toegepast werd, de interne buisbewapening na zekere tijd bloot op het strand kwam te liggen. Dit kan uiteraard niet meer als een zachte strandverdedigingsstructuur gezien worden.

3.3. Duinvorming

3.3.1. Sedimentaanvoer

Het ontstaan van kustduinen wordt in hoofdzaak bepaald door vier factoren, nl. zand, wind, zee en vegetatie. De mariene en eolische processen kunnen zowel accumulatief als erosief zijn. De zandige sedimenten vormen de bouwmaterialen. Bepaalde vegetaties kunnen het aangevoerd zand vangen en al dan niet blijvend fixeren. De bestaansduur van duinen hangt dikwijls af van de aanvoer van vers kalkrijk zand omdat dit de ontwikkeling van de vegetatie beïnvloedt. Hierbij kan ook zoutspray evenals de aanvoer van vlottend materiaal (algenresten, wieren, wrakhout,...) op de hoogwaterlijn een rol spelen .
Vers kalkrijk zand kan ook landinwaarts in de duinen geleverd worden ingevolge herwerking van oudere sedimenten door deflatie.

De verplaatsing van rollend en salterend zand door wind of stromingen gebeurt niet uniform maar onder de vorm van verschuivende sedimentaire oppervlaktevormen **(bedforms)** die met de wind of stroomrichting meebewegen en hetzij parallel (longitudinaal) met de windrichting verlopen (slierten) hetzij transversaal (ribbels, megaribbels) op de windrichting staan. Bij transversale verplaatsing is er meestal een asymmetrisch steile lijzijde. Hetzelfde gebeurt met de getijdestroomeffecten in zwinnen en op ruggen. Golven veroorzaken vooral het opwerpen van zand dat zo ter beschikking komt van stromingen. Die kunnen eventueel door de golven zelf tot leven geroepen worden (zoals stranddrift bij schuin invallende golven). Golven op zichzelf veroorzaken alleen een opwerpeffect en in ondiep water een heen en weer verplaatsing van dit zand. Dit uit zich in het ontstaan van symmetrische golfribbels. Het is de verplaatsing van de **bewegende sedimentaire oppervlaktestructuren** door het water of de wind die voor de eerste zandaanvoer kan zorgen.

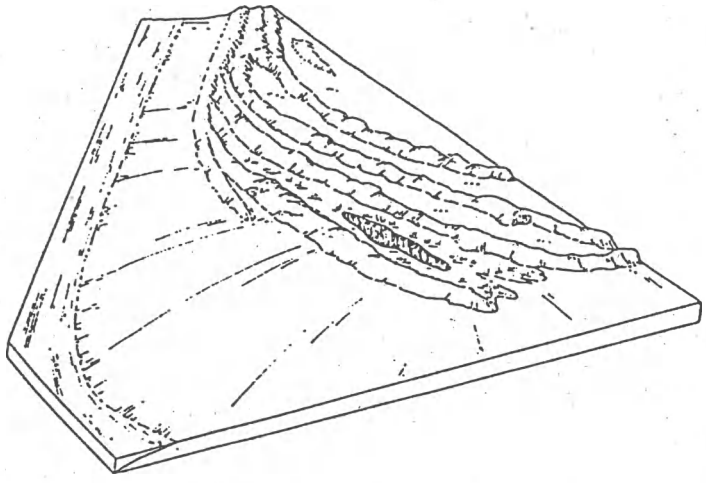
Om door eolische werking vanaf het strand een effectieve aanwas op hoogstrand en duinreep te krijgen, moet het bovenste zandlaagje voortdurend gedroogd worden ofwel moet de windsnelheid dermate zijn dat nat zand getransporteerd kan worden. Langs de Vlaamse kust kan zand transversaal vanaf het strand aangevoerd worden bij aanlandige wind. Meestal gebeurt de aanvoer longitudinaal (longshore of schuin) door de dominante wind- en stroomrichting. Voor effectieve zandwinst in de zone van het droog strand en de duinvoet is het van groot belang dat de windtransversale "bedforms" ingevolge wrijving in de hellende strandzone een landwaartse rotatie ondergaan. Een analoog proces conditioneert de zandbanken voor de kust (o.a. De Moor 1983 & 1985).

Aanvoer van zand is op zichzelf niet voldoende. Er moet ook accumulatie optreden en dit kan gebeuren ingevolge fixatie door vegetatie ofwel ingevolge overstuiving (meestal) van bestaande sedimentaire structuren door andere.

3.3.2. Duinvorming onder invloed van vegetatie

Zeer dikwijls ontstaat duinvorming doordat de vegetatie fungeert als **zandvang** voor het salterend of repterend zand waardoor kleine strandduintjes op het hoogstrand kunnen uitgroeien tot embryonale duintjes ("**Parallelle organogene duinvorming**", De Ceunynck 1992) (Figuur 3.5.). Deze kunnen verder uitgroeien tot een aaneengesloten longitudinale rug afhankelijk van de windrichting en -sterkte, het zandbudget, de mariene erosie (stormvloedhoogte en frequentie), het vochtgehalte, de rijkdom aan voedingstoffen in de bodem en ook de eigenschappen van de vegetatie (Klijn 1981). Op die manier kan zich een **lage windreep** of een **beginnende zeereep** vormen.

Bij voldoende zandaanvoer kan zich voor deze zeereep een nieuwe rij embryonale duinen ontwikkelen die tot een nieuwe windreep en later eventueel een zeereep kunnen uitgroeien. Deze is meer zeewaarts gelegen en betekent dus een progradatie van het hoogstrand. Op die manier kan ook een deel van het hoogstrand of van een strandvlakte van zee afgesloten worden. Dergelijke wind- en zeerepen noemt Klijn (1981) **primaire duinruggen** met tussenin **primaire duinvalleien** of (on)volledig afgesnoerde strandvlakten (Figuur 3.4.).



Figuur 3.4. Afgesnoerde strandvlakten (Klijn 1981).

Voor de ontwikkeling van duinvormen is **fixatie van zand door vegetatie,** die zich op de zandaccumulatie ontwikkelt, eveneens van groot belang.

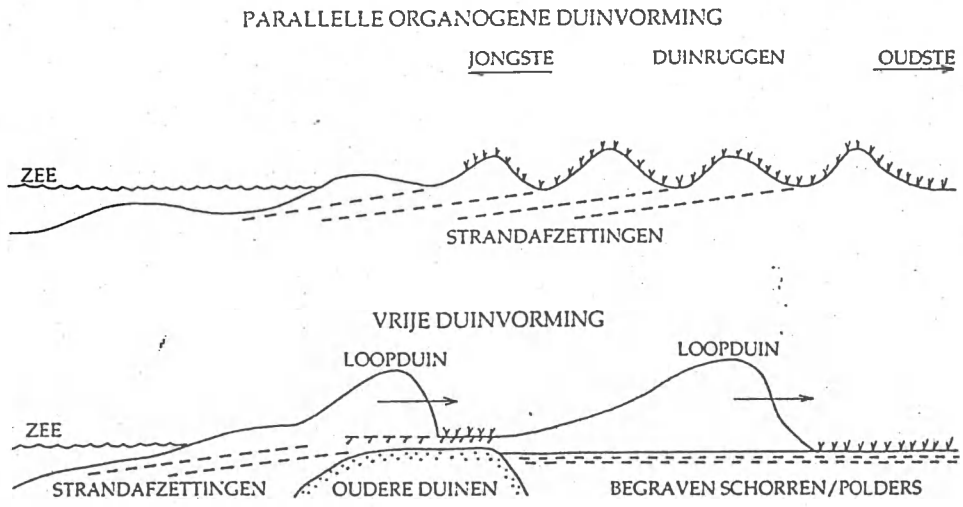
Eén van de belangrijkste voorbeelden waar fixatie door vegetatie of door grondwater optreedt, is bij de ontwikkeling van paraboolduinen.
Paraboolduinen zijn duinvormen die een paraboolachtige planvorm hebben met loefwaarts verlagende armen en een hogere kern. De armen zijn naar de dominerende windrichting toe gericht in tegenstelling tot barchanen. De armen ontstaan doordat de uiteinden van de kern door vegetatie vastgehouden worden terwijl het zand uit de tussenliggende depressie naar de kern toe verplaatst wordt. Hierdoor blijft de hogere asymmetrische kern groeien en sneller bewegen voor zover de vegetatie dit nog toelaat.
Er dient te worden opgemerkt dat paraboolduinen (evenals andere actieve duinlichamen) zich niet met een constante snelheid maar microcatastrofaal voortbewegen. Volgens De Moor (mond. med.) is microcatastrofaal hier te beschouwen als discontinu, plots en niet te voorzien maar zonder dat de effecten van de afzonderlijke fasen grote afmetingen aannemen. Dagenlang kan aan de lijzijde van een paraboolduin geen beweging waargenomen worden waarna plots onder bepaalde meteorologische condities het geheel zich in enkele uren meters kan verplaatsen. Dit karakter kenmerkt ook andere kustprocessen zoals stormafslag. De vraag naar de dynamiek van paraboolduinen zou enkel beantwoord kunnen worden door middel van sequentiële topografische

opnames over een langere periode. Vergelijkende kaartanalyses laten hier geen wetenschappelijk antwoord toe wegens een te onnauwkeurige kartering.

Aan de Vlaamse kust domineren paraboolduinen op vele plaatsen het duingebied achter de zeereep. Volgens Depuydt (1972) ontwikkelden ze zich door verdere aangroei vanuit diep uitgeschuurde zeereepgeulen die schuin ten opzichte van de zeereep staan en zich landinwaarts uitbreiden. Deze hypothese, die door geen sedimentologische gegevens gestaafd wordt, veronderstelt dan dat in het Westhoekreservaat, waar drie gordels parallelle paraboolduinen voorkomen, ook verschillende parallelle zeerepen zouden ontstaan zijn. De Ceunynck (1992) maakt voor de Vlaamse Westkust een onderscheid tussen de grote paraboolduinen in het landwaartse deel van de duingordel en de kleinere paraboolduinen elders. Hij stelt dat de grote paraboolduinen van de Vlaamse Westkust zich uit vegetatieloze loopduinen ontwikkelden onder invloed van de grondwatertafel en vegetatie die in het jonge duinlichaam tot stand kwam. De kleinere paraboolduinvormen zijn door latere verstuivingen ontstaan in een al min of meer gefixeerd landschap (De Ceunynck, mond. med.).

3.3.3. Duinvorming zonder vegetatie

Wanneer de vegetatie geen vat heeft op de verstuivingen op het strand en in de duingordel kunnen plaatselijk opeenvolgende megaribbels boven op elkaar afgezet worden zodat het duin in hoogte en afmeting groeit. De Ceunynck (1992) noemt duinvorming zonder tussenkomst van vegetatie **vrije duinvorming** (Figuur 3.5.). Hierbij kunnen vrije onbegroeide duinen zoals loopduinen ook landinwaarts of longshore in de duingordel bewegen. Klijn (1981) gebruikt de naam **loopduinen** voor onbegroeide transversale golfvormige duinlichamen met een zwakhellende loefzijde waar deflatie optreedt en een steile lijzijde waar afzetting domineert. De lengteas van een loopduin staat loodrecht op de verplaatsingsrichting. Van grotere omvang dan loopduinen is een **loopduinreeks**. Deze duidt op een massaal en relatief snel zandtransport (Klijn 1981) zoals in de eerste fasen van de jonge duinvorming (zie verder). Deze auteurs nemen ook aan dat de vorming van dergelijke zandmassa's gepaard gaat met eolische landinwaartse verplaatsing van zand vanaf het strand. Bij

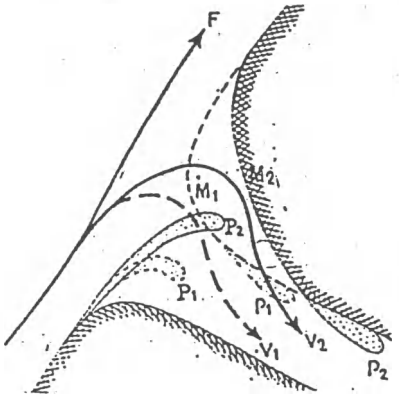


Figuur 3.5. Parallelle organogene duinvorming en vrije duinvorming (uit De Ceunynck 1992).

deze genese zouden grote loopduinen landinwaarts over oude duinen heen het achterliggend al dan niet ingepolderde schorregebied intrekken of zelfs oudere substraten begraven (Figuur 3.5.). Of daarbij de positie van de kustlijn veranderde is onduidelijk.

3.3.4. Duinvorming aan estuaria

In **estuaria** (trechtervormige riviermondingen) en **geulmondingen** wordt de waterhuishouding behalve door afstromend rivierwater in sterke mate door de getijden beïnvloed. Bij sterke afname van het aandeel uitstromend water door veranderingen in het rivierregime of door vermindering van de bergingscapaciteit van het achterliggend gebied, bij migratie van de rivier of getijdegeul of door snelle zandaanvoer van de kust waardoor schoorwallen ontstaan, kan een estuarium verzanden waardoor duinvorming op drooggevallen delen mogelijk wordt. Schoorwallen of haakwallen kunnen een deel van het estuarium afsluiten waardoor de achterliggende "strandvlakte" droogvalt of deels naar een wad evolueert.
Interessant zijn de door Briquet (1930) naar voor gebrachte termen "*poulier*" en "*musoir*" met betrekking tot estuaria en geulmondingen (Figuur 3.6). Een poulier is een haakwal van relatief grover materiaal die zich in de richting van de dominante stranddrift ontwikkelt. Hij heeft de vorm van een langwerpige zandtong waarop duinvorming mogelijk wordt. Langs de andere zijde (lijzijde ten opzichte van de dominerende stranddrift) van geul- of riviermondingen bevindt zich de musoir. De uitstromende rivier of geul kan de longitudinale kustdrift onderbreken of sterk beïnvloeden wat een verschil in zandaanvoer tussen poulier en musoir kan veroorzaken. Dit en het verschil in sedimentatiemilieu tussen een poulier en een musoir zou het morfologisch verschil ertussen kunnen verklaren. Volgens Briquet (1930) is een poulier een accumulatielichaam terwijl een musoir aan erosie onderhevig is. Bij migratie van de rivier of geul (meestal in de richting van de kustdrift) kunnen zich verschillende pouliers achtereenvolgens vormen terwijl de musoir achteruit schrijdt (Figuur 3.6.). Bijkomend onderzoek zou aangewezen zijn om na te gaan of deze terminologie van toepassing is op het voormalige IJzerestuarium, het Zwinestuarium of andere "tidal inlets" die langs onze kust bestaan hebben (bv. te Bredene).



Figuur 3.6. Evolutie van een estuarium waarbij F de kustdrift, V de successieve binnendringende vloedstromen, M de positie van de musoir en P de positie van de interne en externe pouliers zijn (Briquet 1930).

3.3.5. Primaire versus secundaire duinvorming

Eens een duinlandschap gefixeerd is kunnen nieuwe secundaire verstuivingen zich voordoen. **Secundaire processen** zijn alle eolische processen die vervorming en verplaatsing van reeds bestaande duinen tot gevolg hebben (Klijn 1981). Oorzaken hiervoor kunnen klimatologisch (droogte), meteorologisch (stormvloeden), antropogeen (houtsprokkel) of zoögeen (overbegrazing) zijn. Deze secundaire processen geven ontstaan aan verschillende geomorfologische duinentiteiten, bv. ketelduinen, slufters, windgeulen, uitblazingskommen, enz.. Volgens Klijn (1981) hebben loopduinen een secundaire oorsprong en ontstaan ze door sterke degradatie of vernietiging van de vegetatie. Ook paraboolduinen ontwikkelen zich volgens Depuydt (1972) en Klijn (1981) uit diep uitgeschuurde zeereepgeulen en hebben daarmee een secundaire oorsprong. De Ceunynck (1992) stelt dat de grote paraboolduinen van de Vlaamse Westkust een primaire oorsprong hebben. Loopduinen ontwikkelden zich daar volgens hem door grote verstuivingen vanop het strand. De grote paraboolduinen ontwikkelen zich vervolgens landinwaarts uit deze loopduinen onder invloed van de in het jonge duinlichaam tot stand gekomen grondwatertafel en vegetatie. De Ceunynck (mond. med.) stelt echter wel dat niet alle loopduinen en paraboolduinvormen een primaire oorsprong hebben. De loopduinen in de Westhoek en Ter Yde en de kleinere paraboolduinen van onder meer de Schipgatduinen evenals de kleinere paraboolduinen gesuperponeerd op de grote paraboolduinen in het zuiden van de Westhoek hebben volgens hem een secundaire oorsprong.
De praktijk leert echter dat het niet altijd mogelijk is uit te maken of een bepaalde duinvorm een primaire dan wel een secundaire oorsprong heeft. Vele duinentiteiten hebben deels een primaire, deels een secundaire oorsprong.

3.4. Morfogenese van de Vlaamse kustduinen

Het ligt buiten de doelstelling van deze studie om een gedetailleerde paleogeografische evolutie van de Vlaamse Kustvlakte tijdens het Holoceen te geven. Hierna volgt een algemene schets met aanduiding van de belangrijke duinvormingsfasen. Voor meer diepgaande geologisch geïnspireerde visies verwijzen we onder meer naar Briquet (1930), Tavernier (1947), Guilcher (1954, 1965), Ameryckx (1961), Tavernier & Ameryckx (1970), Baeteman (1985, 1978), Mostaert (1985), De Ceunynck (1986, 1987, 1992), Köhn (1989) en Houthuys, De Moor en Sommé (1993).

3.4.1. De Vlaamse Kustvlakte

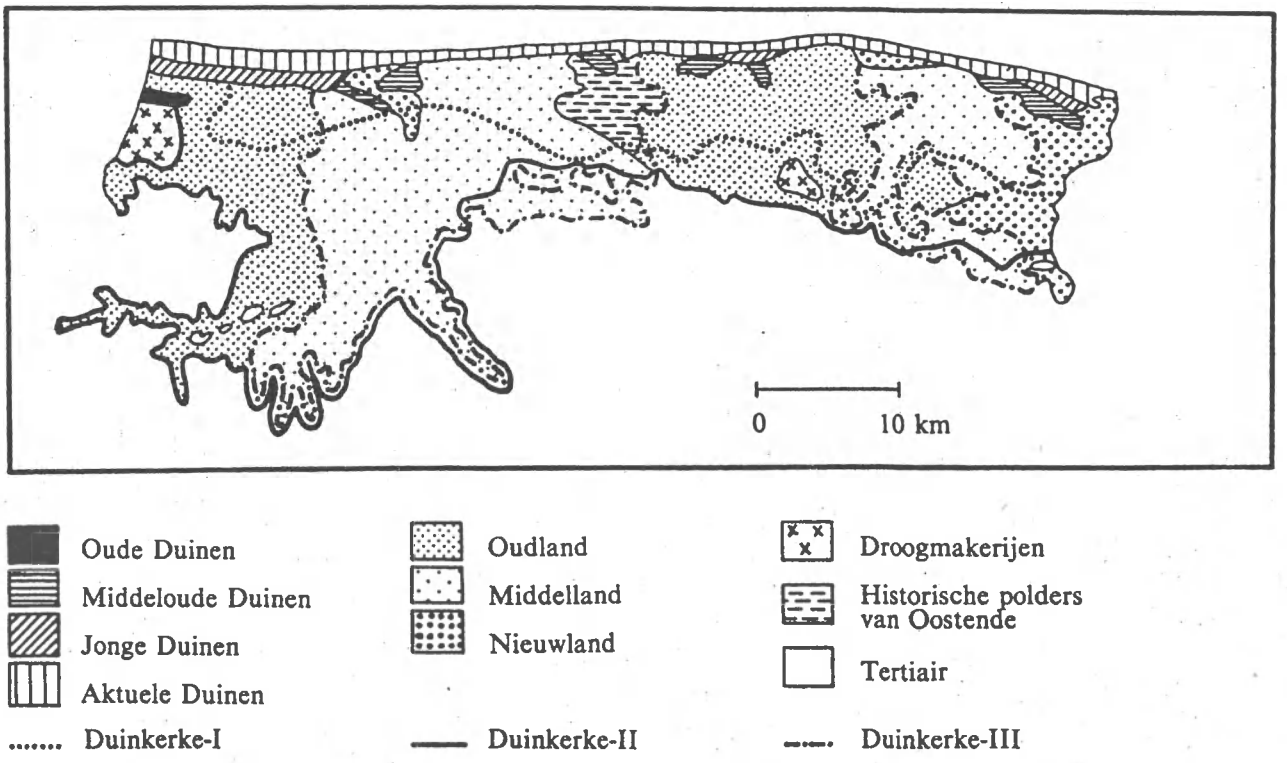
De 65 km lange Vlaamse kust verloopt min of meer rechtlijnig van WSW naar ENE. De actuele kust is een open macro- tot mesotidale strandkust, gekenmerkt door een natuurlijke zwin-rugmorfologie en aanleunend tegen een continue duinengordel (De Moor 1978). Slechts in de IJzermonding en ter hoogte van de Zwingeul komen nog actieve wadgebieden voor. De Vlaamse kustlijn maakt deel uit van een afgedichte schoorwal (island barrier) die zich uitstrekt van het Noordfranse Cap Blanc Nez tot Esbjerg in Denemarken en waarvan de Nederlandse Waddeneilanden nog een resterend voorbeeld zijn. Bij ons is het voormalige wad dat zich achter de duinengordel bevond door inpolderingen en dichten van tijgaten (tidal inlets) herschapen in de polders. Deze liggen nog steeds laag genoeg om tijdens hoogtij onder te lopen indien er geen natuurlijke (zeereep) en artificiële (sluizen en zeeweringen) kustbescherming aanwezig was (De Moor & Pissart 1993).

3.4.2. Mariene overstromingsfasen

De opbouw van de Vlaamse kustvlakte is genetisch verbonden met de Flandriaanse (Holocene) zeespiegelstijging die optrad na het Weichseliaan, de laatste ijstijd die ca. 10.000 BP eindigde. Die genese bestaat in feite uit een normale wadontwikkeling door sedimentatie onder de rijzende zeespiegel. Die stijgende zeespiegel leidde ook tot een verhoging van de grondwatertafel welke aanleiding gaf tot veenvorming (**basisveen**) op het pleistoceen substraat. Ingevolge de verdere stijging van de zeespiegel werd dit veengebied overstroomd en omgevormd tot een actief wadlandschap bestaande uit geulen, slikken en schorren. De hierbij afgezette sedimenten worden tot de **Calais-afzettingen** gerekend. Dit wadgebied bleef tot ca. 3300 BC het dominante landschap langs de Vlaamse kust, op enkele korte perioden van kustveenvorming na. Naderhand was de opslibbing dermate hoog dat er zich op vele plaatsen landinwaarts een moeras kon vormen (De Ceunynck 1992). Op het einde van het Atlanticum vormde zich een beschermende **kustbarrière** waarvan de **Oude Duinen** van Adinkerke-Ghyvelde een vermoedelijk restant zijn. Omstreeks 2300 BC was de kustvlakte dermate geëvolueerd dat een nieuwe veenvorming mogelijk werd (**oppervlakteveen**). Rond 4200 BP was de gehele kustvlakte terug ingenomen door een groot kustmoeras, slechts op enkele plaatsen vond nog mariene sedimentatie plaats (o.a. in de Frans-Belgische Moeren).
Het einde van deze veengroei situeert zich tussen 1300 BC en 0. Hierop volgde een nieuwe mariene overstromingsfase waarbij delen van de zeewerende duingordel weggeslagen werden en

land actief door de zee overspoeld werd. In de westelijke Kustvlakte werd de oude duingordel doorbroken en werden de zeewaartse delen van omgevormd van veen- tot wadgebied. Deze overstromingsfasen staan bekend als de **Duinkerke 0 en I overstromingsfasen**. Ter hoogte van de Franse grens (en mogelijks elders) ontwikkelde zich een nieuwe duingordel meer zeewaarts van de oude duingordel (De Ceunynck 1992). Restanten hiervan bevinden zich onder de Jonge Duinen ten westen van De Panne. De leeftijd van deze duinresten wordt minstens op 800 BC geschat (De Ceunynck 1992). De op de D0 en DI volgende regressie liet volgens Thoen (1978) bewoning toe in de kustvlakte vanaf ongeveer 70 AD. Recentere gegevens wijzen echter ook op IJzertijd aanwezigheid nabij Veurne (De Ceunynck & Termote 1987). Uit dezelfde periode stammen volgens Ameryckx (1961) de **Middeloude Duinen** van Bredene, Klemskerke en Vlissegem en van Middelkerke-Lombardsijde. Recentere studies suggereren evenwel een jongere genese (Mostaert 1985, De Ceunynck 1987).

Op het einde van de Romeinse tijd nam de mariene invloed weer toe. Bij deze **Duinkerke II overstromingsfase** (200-800 AD), waarbij verondersteld wordt dat een verhoogde stormfrequentie mee aan de basis lag, werd een groot gedeelte van de oudere duinengordel weggeslagen. Ingevolge deze nieuwe overstromingen ontstond een nieuw wadgebied dat overeenkomt met de maximale uitbreiding van de Kustvlakte. Vanaf de 7de tot 8ste eeuw evolueerde het wadlandschap naar een rijp schorregebied met min of meer dichtgeslibte geulen (**Oudlandschorrevlakte**). In deze periode vormde zich een nieuwe beschermende zeereep. Dit wordt gezien als de start van de **Jonge Duinvorming**. Deze ontwikkelden zich op de subatlantische schoorwal en ook op de bijkomende haakwallen die zich aan de monding van getijdegeulen ontwikkelden zoals aan de monding van de IJzer en het Zwin (De Moor & Pissart 1992). De duintongen die zich ontwikkelden aan de estuaria van de IJzer worden verder tot de **subrecente binnenduinen** gerekend daar ze tot de oudere delen van de Jonge Duinen behoren.



Figuur 3.7. Schematische voorstelling van de opbouw van de Vlaamse Kustvlakte volgens Amerycks (1961).

Tijdens de tweede helft van de 11de eeuw vond de zogenaamde **Duinkerke IIIA** overstromingsfase plaats. Volgens Ameryckx (1961) situeerde er zich een groot inbraakgebied ter hoogte van Nieuwpoort en een ander ten oosten van Blankenberge. Van daaruit ontwikkelde zich een getijdekrekenstelsel. Hiertegen werd de "Oude Zeedijk" te Oostduinkerke en de "Dijk van de Watering van Blankenberge" opgeworpen. Ze vormen de grens tussen de Oudlandschorrevlakten en de nieuw gevormde **Middellandschorrevlakten**. De **Nieuwlandschorrevlakte** vormde zich op de sedimenten van de **Duinkerke IIIB** overstromingen die zich vanaf de 12de eeuw in de Zwinstreek en in de zich uitbreidende Honte-Zeeschelde voordeed. De latere 17de eeuwse strategische overstromingen van Oostende gaven het ontstaan aan de "**Historische Polders van Oostende**" (Ameryckx 1949, Figuur 3.7.).

3.4.3. Jonge Duinvorming

In de Nederlandse literatuur wordt de **Jonge Duinvorming** in drie fasen onderverdeeld (Jelgersma et al. 1970, Van der Valk et al. 1991). Bij dit model geldend voor de Nederlandse duinvorming, waar de kustoriëntatie anders is bij ons, wordt aangenomen dat massale duinvorming gedurende de eerste subfase van de eerste fase van de jonge duinvorming **(jd Ia)** plaats vond in de 11de en 12de eeuw. Hierbij werd het oudere duinreliëf afgevlakt en overstoven door een loopduinreeks die landwaartsgerichte horizontale zandpakketten afzette. Ook gedurende de tweede subfase van de eerste fase van de jonge duinvorming **(jd Ib)** tijdens de 12de en de 13de eeuw werden horizontale lagen afgezet door landinwaartsbewegende loopduinreeksen. Tijdens de tweede fase **(jd II)** ontstonden paraboolduinen in en op de in vorige fasen afgezette sedimenten. Die paraboolduinvorming wordt er gesitueerd van 1350 tot 1600. Na deze paraboolduinfase werd nog een derde, zij het minder ingrijpende fase, beschreven. Deze laatste verstuivingsfase vond vooral plaats in de 18de eeuw en deed zich lokaal voor ingevolge degradatie en vernietiging van de duinvegetatie.

Tabel 3.1. Indeling van het Holoceen, mariene overstromingsfasen en Jonge Duinvormingsfasen (naar Zagwijn 1975, Jelgersma et al. 1970 en De Ceunynck 1992).

Geologische tijd	Mariene overstromingsfasen	Jonge Duinvormingsfasen	
		Nederland	Westhoek
Subatlanticum	Duinkerke III	Jonge Duinen III	
(van -900 BC)	(na 1050 AD)	(18de eeuw AD)	
Subboreaal	Duinkerke II	Jonge Duinen II	Jonge Duinen II
(-3000 tot -900 BC)	(200-800 AD)	(14-16de eeuw AD)	(14-16de eeuw AD)
Atlanticum	Duinkerke I	Jonge Duinen Ib	Jonge Duinen Ib
(-6000 tot -3000 BC)	(500-200 AD)	(12-13de eeuw AD)	(13de eeuw AD)
Boreaal	Duinkerkue 0	Jonge Duinen Ia	Jonge Duinen Ia
(-7000 tot -6000 BC)	(1500-1000 BC)	(11-12de eeuw AD)	(9-10de eeuw AD)
Preboreaal	Calais IV		
(-8000 tot 7000 BC)	(2700-1800 BC)		
	Calais III		
	(3300-2700 BC)		
	Calais II		
	(4300-3300 BC)		
	Calais I		
	(6000-4300 BC)		

Steunend op geologische en archeologische argumenten onderscheidt De Ceunynck (1992) twee fasen in de ontwikkeling van de Jonge Duinen aan de Vlaamse Westkust. De eerste fase (jd I) wordt gekenmerkt door een landwaartse verplaatsing van grote zandmassa's onder de vorm van bewegende loopduinreeksen. Deze loopduinen bedekten langs de Westkust een zone van 1500 tot 2000 meter breed met enkele meters zand. Hierdoor ontstond een lichtgolvend vlak gebied, gestabiliseerd door plantengroei. In de Doornpanne te Koksijde komen twee oude bodemhorizonten voor. Beide bodems lopen door onder de paraboolduinen van de tweede fase in de Jonge Duinvorming. Hieruit leidt De Ceunynck twee subfasen af, een eerste loopduinfase (jd Ia) vermoedelijk vanaf de 9de/10de eeuw tot einde 11de eeuw, en een tweede loopduinfase (jd Ib) in de 13de eeuw. De tweede fase (jd II) van de Jonge Duinvorming in de westelijke Kustvlakte is volgens De Ceunynck (1992) de paraboolduinfase die onstaat uit de vrije duinen in het zog van het loopduinfront onder toenemende invloed van de fixerende vegetatie. Deze paraboolduinen verplaatsen zich voornamelijk in de 14de tot de 16de eeuw over het in de vorige fase tot stand gekomen oppervlak. Na de paraboolduinfase zijn er ten westen van De Panne nog verschillende grote verstuivingen. Zand dat via bressen in de zeereep samenkomt met gereactiveerde paraboolduinen kunnen grote bewegende duinen laten ontstaan. Op deze wijze verklaart De Ceunynck het ontstaan van "wandelduinen", die momenteel in het Westhoekreservaat en in het domein Ter Yde voorkomen.
Aan de basis van deze duinvormingsfasen ligt volgens de verschillende aangehaalde auteurs een periode van verhoogde stormfrequentie. De hiermee gepaard gaande kusterosie zou resulteren in een grotere zandaanvoer via het strand naar de duinen waardoor nieuwe duinvorming mogelijk werd.

3.5. Geomorfologische kartering

3.5.1. Methode

Volgens De Moor (1981) hebben geomorfologische kaarten een veelvoudig doel:
1. De **morfografie,** dit is de voorstelling van de beschrijvende kenmerken van de reliëfsvormen. Die reliëfsvormen komen op verschillende grootteschalen voor. Ze kunnen in verschillende types geklasseerd worden naar hun vormkenmerken en zijn dan min of meer gegroepeerd in al dan niet typische verspreidingspatronen. In de morfografische kartering wordt enerzijds gebruik gemaakt van analytische voorstellingswijzen waarbij vooral hellingsveranderingslijnen aangewend worden en anderzijds van synthetische voorstellingswijzen waarbij meestal globaliserende symbolen gebruikt worden. Afhankelijk van de schaal van de kaart en van de grootte van de reliëfsvormen kunnen deze slechts tot op een bepaald niveau afzonderlijk voorgesteld worden. Zeer dikwijls beschouwt men homogene gebieden waarbinnen slechts één bepaalde reliëfsvorm of één welbepaalde combinatie van reliëfsvormen aangetroffen wordt.
De kaart die hier voorgesteld wordt is in eerste instantie een morfografische kaart waarbij een synthetische symboliek gebruikt wordt en homogene reliëfszones gekarteerd zijn waarbinnen alleen zeer opvallende afzonderlijke reliëfselementen aangeduid worden, zoals grotere paraboolduinen.
2. De **morfometrie**, dit zijn kwantitatieve aanduidingen over de afmetingen en andere geometrische kenmerken (zoals hellingssterkte en hellingsvorm) van de voorgestelde reliëfsvormen. De **hypsografische kaart** geeft door hoogtelijnen de hoogte weer. Die is wel een basis voor de reliëfsanalyse maar hoogtelijnen begrenzen niet noodzakelijk reliëfsvormen.
3. De **morfogenese**, dit is de vermoedelijke verklaring van de ontstaanswijze van de reliëfsvormen. De genetische interpretatie van accumulatieve reliëfsvormen vereist de analyse van de sedimenten van waaruit ze opgebouwd zijn.
4. De **morfochronologie**, dit is de bepaling van de vermoedelijke leeftijd van de reliëfsvormen. Leeftijdsbepaling van accumulatieve reliëfsvormen berust grotendeels op datering van de opbouwende sedimenten.

De **morfodynamiek** bestudeert de actuele ontwikkeling van reliëfsvormen door afzetting en erosie. Ze gebruikt daarbij dikwijls de vorm- en grootteverandering van de reliëfsvormen als argument. Deze laatsten worden door chronosequentiële morfometrische opnamen opgevolgd. Zowel in de morfodynamiek als in de geomorfologische kartering kunnen directe terreinwaarnemingen als waarnemingen op terreinvoorstellingen zoals topografische kaarten en luchtfoto's op schalen aangepast aan de grootte van de waar te nemen reliëfsvormen gebruikt worden.

De kaart die hier opgemaakt is, kunnen we als essentieel morfografisch beschouwen. Voor de kaartlegende, meer bepaald voor de gekarteerde reliëfstypes werd in hoofdzaak beroep gedaan op De Ceunynck (1992, niet gepubliceerde gegevens) en op de geomorfologische kaart van België, kaartblad Oostende (De Moor & Mostaert 1993). De ruimtelijke afbakening van de eenheden voor de Vlaamse kust gebeurde vooral aan de hand van de hierboven vermelde documenten, luchtfoto-interpretatie en een weinig terreinwerk. Wanneer andere bronnen aangesproken werden, wordt dit expliciet in de begeleidende tekst vermeld.

De belangrijkste zichtbare reliëfskenmerken worden waargenomen op basis van luchtfoto's (Eurosense, vluchtdatum 04/07/89, 1/5000) en door middel van morfografische tekens benaderend aangegeven. Het is niet mogelijk om de topografie van sterk begroeide terreinen van luchtfoto's af te leiden (bv. het Calmeynbos te De Panne, de Zandpanne te De Haan en het Blinkaartbos te Knokke). Hier dringt zich de noodzaak aan bijkomend veldwerk op.

De strandverdedigingsstructuren, embryonale duintjes en kliffen werden op het strand in de loop van april 1995 opgenomen en door middel van symbolen en morfografische tekens aangeduid.

3.5.2. Vlakvormige karteereenheden

De weerhouden karteringseenheden hebben een grotere areale uitbreiding en worden voorgesteld door kaartvlakken.

3.5.2.1. Strand

Het **strand** (kaartsymbool 1) is het vlakke gebied tussen de duinvoet en de laagwaterlijn dat zich longitudinaal langs de kustlijn uitstrekt. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen het **droge** (**1.1**.) en het **natte** (**1.2**.) **strand**. Het natte strand is het gebied dat bij de dagelijkse hoogtij-laagtij cyclus of binnen de veertiendaagse doodtij-springtijcyclus overstroomt. Het droge strand overstroomt slechts bij extreme hoge springtijwaterstanden of stormvloeden (De Graaf 1977).

Depuydt (1972) ziet een correlatie tussen de hoogte van de zeereep en de strandhelling en strandbreedte. Dit verband blijk ons inziens niet zo eenvoudig. Er bestaat immers geen direct causaal verband tussen de actuele zeereep (en duinengordel) en het huidige aanpalende strand. Uit Tabel 3.2 en Tabel 3.3 (De Moor 1985) kan onder meer afgeleid worden dat in september 1978, dit is vóór enige zandsuppletie aan onze kust uitgevoerd werd (behalve te Knokke) (Charlier & Auzel 1961), de strandhelling en het percentage grof materiaal toenamen van west naar oost en dat het hoogstrand meer fijner materiaal bevat dan het laagstrand.

De hoog- en laagwaterlijn die het droge en natte strand begrenzen veranderen in feite voortdurend ingevolge de tijcyclus en de meteo-mariene condities. De breedte van het droog strand wordt bij het karteren bepaald door luchtfoto-interpretatie en geeft de toestand van 4 juli 1989 weer. Omdat eenduidige bepaling van de laagwaterlijn heel wat terreinwerk vereist, wordt het natte strand zeewaarts door de 0 m TAW hoogtelijn begrensd die van de topografische kaarten afgeleid wordt.

Een **strandvlakte** onderscheidt zich van een strand door zijn grotere breedte, gering reliëf en kleine helling. Dergelijke zwakhellende stranden komen langs de Vlaamse kust niet voor. Van een "fossiele strandvlakte" wordt wel gesproken met betrekking tot estuariene terreinen. Deze laatste worden echter als reliëfsarm duinterreinen of overgangszone (2.IV.4) beschouwd daar ze meestal deels door recentere duinzanden overstoven zijn.

Gezien de schaal van de kaart was het niet mogelijk de kleinere morfografische strandelementen zoals **strandruggen, zwinnen, muien** en andere afzonderlijk te karteren.

Tabel 3.2. Strandmorfometrie, september 1978 (De Moor 1985).

Afstand tot de Franse grens (km)		Gemiddelde strandhelling (%)	Standbreedte (m)
De Panne	3	1.3	510
Oostduinkerke	12	1.5	480
Klemskerke	38	2.0	340
Wenduine	42	2.1	310
Knokke (Zwin)	65	2.4	200

Tabel 3.3. Korrelgrootte van oppervlakkige sedimenten (percentages zijn telkens bepaald op een 10-tal stalen en dateren van vóór de zandsuppleties m.u.v. de zone van Knokke) (De Moor 1985).

Strandsectie	Korrelgrootte (µm)	De Panne	Klemskerke	Knokke (Zwin)
Hoogstrand	125-180	30-40	10-20	5-10
	180-250	35-45	50-60	30-35
	250-300	5-30	15-25	30-50
Laagstrand	125-180	60-65	15-30	15-30
	180-250	20-30	50-55	30-60
	250-300	0-10	10-20	5-65

3.5.2.2. Duinen

De hoofdindeling van de duinterreinen gebeurt naar **leeftijd** waarna een onderscheid gemaakt wordt naar verschillende subtypes op basis van de **morfologie**.

3.5.2.2.1. Morfochronologie

Oude Duinen (I)

De Oude Duinen zijn duinlichamen die zich ontwikkelden vóór de Duinkerke-overstromingsfasen.

Middeloude Duinen (II)

Volgens Ameryckx (1961) hebben zich tussen de D 1 en de D 2 overstromingsfase eveneens duinen ontwikkeld. Restanten van die duinen noemt hij Middeloude Duinen.

Subrecente binnenduinen (III)

Subrecente binnenduinen (De Moor & Mostaert 1993) zijn vermoedelijk ontstaan aansluitend bij de D 2 overstromingsfase. Vele van deze duingebieden worden ouder geacht dan de aanpalende Jonge Duinen waardoor ze als subrecent beschouwd worden. Bijkomend onderzoek in deze terreinen is noodzakelijk om een beter inzicht te krijgen in de genese en de ontstaansperioden ervan (bv. nabij de IJzermonding).

Jonge Duinen (IV)

De Jonge Duinen ontwikkelden zich na de D 2 overstromingsfasen. Hierin komt ook de grootste morfologische diversiteit voor.

3.5.2.2.2. Morfografie

Zeereep (1)

De zeereep is de langgerekte waterkerende duinenreeks langsheen het strand. De vorming en ontwikkeling van een zeereep worden sterk beïnvloed door wind- en golfwerking. Stormvloeden kunnen aanzienlijke zandvolumes van de zeereep afslaan waardoor een steile duinklif ontstaat. Tijdens meteorologisch kalmere perioden kunnen daarentegen grote hoeveelheden eolisch aangevoerd zand tegenaan de zeereep accumuleren. Dit kan de eventueel opgelopen stormschade beperken, herstellen of ruimschoots compenseren waardoor nieuwe embryonale strandduintjes zich tegen de zeereep kunnen ontwikkelen. Bij een positief residueel strandbudget kan hieruit een nieuwe zeereep groeien. Zand kan ook over de zeereep heen verplaatst worden. Op vele plaatsen is dit regelmatig te merken na west- tot noordweststormen zoals bijvoorbeeld te Nieuwmuntser, te Raversijde, te Zeebrugge en te Oostduinkerke. Op die manier kan een **rollende zeereep** (Klijn 1981) ontstaan.

In de zeereep kunnen zich diepe **windgeulen** of **-kerven** en windkuilen ontwikkelen. Als deze windgeulen diep genoeg zijn om mariene overstroming van een achterliggend vlak gebied te veroorzaken kan van een **slufter** gesproken worden. Een zeereep kan dermate aangetast zijn dat er slechts enkele erosierestjes van overblijven, nl. **strandpollen**. Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen een **gesloten zeereep (1.1.)** en een **gekerfde zeereep (1.2.)** naargelang er al dan niet windkerven in voorkomen. Op de kaart worden belangrijke windgeulen, embryonale duinen, kliffen en strandpollen door middel van morfografische tekens aangeduid.

Paraboolduingordel (2)

Een **paraboolduin** is een U-planvormig duin met twee, naar de dominante windrichting gerichte armen die verbonden zijn door een boogvormige duinwal. Het dwarsprofiel van een paraboolduin is op elke plaats asymmetrisch en er is een duidelijke progradatiezijde die met de lijzijde t.o.v. de resulterende windvector overeen komt, nl. tussen N.72° en N.75° (Depuydt 1967) voor de Westkust. Een paraboolduin is genetisch gebonden aan een **uitblazingsvallei** (panne) die loefwaarts open is. De uitdieping in een uitblazingsvallei wordt beperkt door de grondwatertafel.

In het kustgebied komen samengestelde paraboolduinen voor waarbij de kernen een min of meer kamvormige wal vertonen en de uitblazingsvlakten samen één grote panne vormen. Dergelijke paraboolcomplexen omvatten soms ook enorme zandmassieven waardoor grote vegetatieloze zandvlakten, "wandelduinen" of **loopduincomplexen** (Leten 1992) ontstaan. Een **loopduincomplex** wordt gezien als een grote zandmassa die zich landinwaarts verplaatst met een zwakhellende loefzijde en een steile lijzijde.

De **paraboolduingordel** is het terrein waar de enkelvoudige en samengestelde paraboolduinen en loopduincomplexen met de eraan verbonden uitblazingsvalleien domineren.

Er dient te worden opgemerkt dat De Ceunynck (1992) een onderscheid maakt tussen het **paraboolduinlandschap** en het "**chaotisch duinlandschap**". Het chaotisch duinlandschap ziet hij als een geheel van windgeulen en -kuilen, duinruggen, uitblazingsvalleien en ketelduintjes. De totale oppervlakte van duinruggen ten opzichte van valleien is in verhouding groter dan bij het paraboolduinlandschap. Zo werd het duingebied Ter Yde, de Karthuizerduinen en het hierop aansluitende duinterrein ten westen van de Kinderlaan te Nieuwpoort-Bad door deze auteur als chaotisch duinlandschap gekarteerd. Deze terreinen hebben inderdaad een meer chaotische en een meer bewogen morfologie dan de duinen van het Westhoekreservaat, de Doornpanne en van de Oosthoekduinen. Toch kunnen ook hier kleinere paraboolvormen en duinpannen waargenomen worden.
Daar het chaotisch duinlandschap morfografisch niet zo duidelijk te onderscheiden is van de belendende paraboolduingordel, worden de door De Ceunynck (1992) beschouwde chaotische duinlandschappen in deze kartering tot de paraboolduingordel gerekend. Een gedetailleerde geomorfologische kartering zou hierin meer duidelijkheid brengen.

In de paraboolduingordel komen ook **ketelduinen** voor. Dit zijn ronde depressies omgeven door een relatief hoge duinwal met uitgesproken steile binnenhelling. Meestal zijn ze geopend naar de dominante windrichting toe. Op de kaart kunnen de belangrijkste individuele paraboolduinen, uitblazingsvalleien en de loopduincomplexen aan de hand van morfografische tekens herkend worden.

Kopjesduin (3)

De term "kopjesduin" (Klijn 1981) wordt gebruikt om een golvend, lager gelegen en veelal in gebruik genomen duinlandschap aan te duiden waarin een complex van talrijke kleine afgeronde toppen met zachte hellingen domineert. Het is praktisch volledig door vegetatie gefixeerd en de hoogteverschillen zijn hier meestal niet meer dan 5m. Indien afzonderlijke kopjesduinen binnen andere eenheden (bv. in de paraboolduingordel) voorkomen, worden die tot de andere eenheid gerekend. Bij een kartering op fijnere schaal zou hier echter wel een onderscheid moeten gemaakt worden.

Reliëfsarm zandig terrein of overgangszone (4)

Deze gebieden zijn vlak en veelal volledig in gebruik genomen terreinen. Onder deze eenheid vallen voormalige strand- of schorrevlakten, vage grenzen en overgangsgebieden tussen polder en duin of tussen verschillende duineenheden onderling en sterk antropogeen beïnvloede (ploegen, afgraven,...) terreinen die hun reliëf hierdoor verloren hebben.

Duinterrein met complexe of onduidelijke genese (5)

Deze klasse omvat duinterreinen waarvan de genese nog niet duidelijk is of duingebieden waarvan, ingevolge antropogene invloed, het oorspronkelijke karakter niet meer te achterhalen is. Deze terreinen zouden aan een grondig en multidisciplinair terreinwerk onderworpen moeten worden (geomorfologische veldkartering, ondiepe handboringen, granulometrische analyses op de sedimenten, leeftijdsbepalingen van venige intercalaties, enz.).

Volgende combinaties komen in het beschouwde gebied voor:

	Oud duin I	Middeloud duin II	Subrecent duin III	Jong duin IV
1. Zeereep				2.IV.1.
2. Paraboolduingordel				2.IV.2.
3. Kopjesduin	2.I.3.		2.III.3.	2.IV.3.
4. Reliëfsarm zandig terrein of overgangszone	2.I.4.		2.III.4.	2.IV.4.
5. Duin met complexe of onbekende genese				2.IV.5.

3.5.2.3. Wadvormen (3)

Oudland schorrevlakte (3.1.)

De Oudland schorrevlakte is het rijp schorregebied dat zich gedurende de DII overstromingsfase ontwikkelde en dat nog vóór de DIII ingepolderd werd.

Middelland schorrevlakte (3.2.)

De Middelland schorrevlakte ontwikkelde zich bij de DIIIa overstromingsfase en werd dan ingepolderd.

Nieuwland schorrevlakte (3.3.)

De Nieuwland schorrelvlakte is ontstaan gedurende de DIIIb en werd dan geleidelijk ingepolderd.

Dichtgeslibte getijdegeul (3.4.)

Actief wad (3.5)

- Slikke **(3.5.1)**

Een slikke is essentieel een kleiig wadgedeelte dat bij hoogtij overstroomt. Hieruit volgt dat het niveau van een slikke lager ligt dan het gemiddelde hoogwaterpeil.

- Schorre **(3.5.2)**

Een schorre is een met halofiele vegetatie begroeid wadgedeelte dat slechts bij springtij of stormvloed overstroomd wordt. De hypsometrische ligging van de schorren benadert het springhoogwaterniveau.

- Tijgeul **(3.5.3)**

Een geul en bijbehorende kreken staat bijna permanent onder water en zorgt voor de watertoevoer in het schorregebied.

De Frans-Belgische Moeren (3.6.)

De Frans-Belgische Moeren zijn een lager gelegen depressie die door bemaling droog gehouden wordt. Volgens Moorman (1951) is de depressie ontstaan door middeleeuwse uitgraving van oppervlakteveen dat zo hoog opgegroeid was dat het niet door de DII sedimenten bedekt werd. Baeteman & Verbruggen (1979) hebben deze ontveningstheorie aangevochten. Volgens De Ceunynck (1986) vormen zij een voormalig wadgebied dat circa 7000 jaar geleden ontstond. Het gebied zou lange tijd een mariene invloed via een nabij Duinkerke uitmondende getijdegeul gekend hebben. Wanneer het ingevolge duinvorming van zee afgesloten werd, vormde er zich een groot zoetwatermeer tot het uiteindelijk drooggelegd en ingepolderd werd.

Open water (3.7.)

Dit omvat een plas of gegraven meertje in het beschouwde gebied.

3.5.3. Overige karteereenheden

De volgende structuren, entiteiten en reliëfskenmerken worden door middel van morfografische tekens en symbolen aangeduid op de kaart :


Embryonale duinvorming


Afslagklif


Verstedelijkt of sterk antropogeen verstoord terrein

Strandverdedigingsstructuren

Inpolderingsdijken

Zeeweringen


Golfbrekers en strandhoofden


Longardbuizen


Zandsuppleties en strandophogingen


Pieren en havendammen

Uitgesproken reliëfskenmerken


convexiteit


concaviteit


talud


zwakke convex-concave helling


rug

De aanduiding van voormalige duinakkertjes vereist een grondige studie van historisch kaartenmateriaal en bijkomende terreinopnames, wat binnen het gegeven tijdsbestek niet haalbaar was.

3.6. Toelichting bij de geomorfologische kaart

3.6.1. Frans-Belgische grens tot Nieuwpoortse havengeul

Voor een gedetailleerde geomorfologische kaart van het Westhoekreservaat verwijzen we naar Depuydt (1967), Christiaens (1976) en De Ceunynck (1992).

Strand

Langs de Westkust komen de breedste natuurlijke stranden van de Vlaamse kust voor (zie Tabel 3.2). Te De Panne en Oostduinkerke is door De Moor (1991) over de periode 1982-1987 een natuurlijk residuele aanwas aangetoond. Ook ten westen van de Nieuwpoortse havengeul kan aangroei waargenomen worden. Deze laatste kan echter geassocieerd worden met de aanwezigheid van de Nieuwpoortse pier die de litorale drift belemmert.

Natuurlijke residuele erosie werd in de periode 1982-1987 waargenomen op het westelijk deel van het strand van Koksijde (De Moor 1991). Ook het strand vóór het Westhoekreservaat te De Panne is bij de zware winterstormen van 1976-1977 aan sterke erosie onderhevig geweest. Door aanleg van een betonnen duinvoetversterking wordt verdere terugschrijding van de zeereep verhinderd. Vervolgens heeft er zich wel nog een hoogstrandverlaging voorgedaan. Het is echter moeilijk uit te maken of dit een natuurlijk erosieproces is, ofwel door de dijk veroorzaakt wordt, ofwel aan de uitbouw van de haven van Duinkerke toe te schrijven is.

Zeereep

Ingevolge de hierboven vermelde kusterosie te De Panne was de zeereep vóór het Westhoekreservaat sterk aangetast. Diepe windgeulen ontwikkelden zich in de lokaal sterk aangetaste en teruggeslagen zeereep. Met de aanleg van een zeewering en rijshoutaanplanting is men nu de zeereep aan het herstellen. Restanten van de vroegere sterk geërodeerde rollende zeereep (cf. Klijn 1981) bevinden zich momenteel achter de zich onder antropogene invloed opnieuw ontwikkelende zeereep.

Verder treft men langs de Westkust, voor zover deze nog niet te sterk door bebouwing en infrastructuur is aangetast, een hoog ontwikkelde **gesloten zeereep** aan met uitzondering van het gebied tussen Oostduinkerke-Bad en Groenendijk-Bad. Hier vertoont de zeereep een **gekerfd** karakter. Het hier voorkomen van diepe windgeulen wijst echter niet op kusterosie daar sequentiële topografische opnames in het gebied een residuele aanwas aanwijzen (De Moor 1991, Declercq 1993). Ook de aanwezigheid van embryonale duinen aan de duinvoet wijst hier op een positief strandbudget.

Slechts voor de Schipgatduinen komen relatief hoog ontwikkelde **duinkliffen** voor.
Overgens wordt de opgelopen stormschade langs de Westkust meestal gecompenseerd door eolische aanwas tijdens kalmere perioden. Hieruit kan afgeleid worden dat de Westkust, met

uitzondering van de erosieve zone nabij Koksijde en de lokale erosie ten westen van De Panne, een zekere stabiliteit vertoont en lokaal zelf aanwast.

Paraboolduingordel

Een groot gedeelte van het duingebied langs de Westkust wordt ingenomen door de paraboolduingordel. In deze brede zone komen grote, veelal samengestelde paraboolduinen met bijhorende deflatiedepressies voor die elkaar met een zekere cadans blijken op te volgen. De assen van de paraboolduinen wijzen praktisch in dezelfde richting. Sommige paraboolkernen zijn nog actief (zoals nabij de Witte Burg, in de Karthuizerduinen, in het Westhoekreservaat). Volgens De Ceunynck (1992) zouden sommige paraboolkernen zich verplaatsen met een snelheid van 5 meter per jaar.

De Ceunynck (1992) stelt dat er zich langs de Westkust een "**chaotisch duinlandschap**" uitstrekt tussen de zeereep en het paraboolduinlandschap. Daartoe rekent hij gedeelten van Ter Yde, de Karthuizerduinen, en het hierop aansluitende duinterrein ten westen van de Kinderlaan te Nieuwpoort-Bad. Niettegenstaande deze terreinen wel degelijk een meer bewogen uitzicht hebben en minder uitgesproken paraboolstructuren en deflatiedepressies vertonen worden ze hier toch tot de paraboolduingordel gerekend. Het reliëfrijker karakter ervan en de meer zeewaartse ligging zou er mogelijks op kunnen wijzen dat deze terreinen jonger zijn dan de andere tot de paraboolduingordel beschouwde terreinen. Mogelijks ziet men hier de vorming van grotere paraboolduinen en pannes. Een gedetailleerde geomorfologische studie (sedimentstudies aan de hand van boringen en profielanalysen, terreinopnames, luchtfotointerpretatie, vergelijkende kaartstudie) zou hierover uitsluitsel kunnen brengen.

In het Westhoekreservaat omvat de paraboolduingordel een groot "**centraal wandelduin**" dat met zijn zwakhellende loefzijde en zijn steile lijzijde als een loopduincomplex (Leten 1992) kan gezien worden. Dat dit zandlichaam zich actief landinwaarts verplaatst kan duidelijk waargenomen worden wanneer de voorhanden zijnde luchtfoto's (Eurosense, 04/07/89, 1/5000) vergeleken worden met de geomorfologische kartering uitgevoerd door Depuydt (1967). Dit centraal wandelduin werd eerder door Depuydt (1967, 1972) gedeeltelijk als fossiele zeereep geïnterpreteerd. Deze stelling wordt echter op basis van archeologische argumenten tegengesproken door De Ceunynck (1992). Hij ziet het ontstaan van het centraal wandelduin veeleer als gevolg van een samensmelting van vers aangevoerd strandzand met gereactiveerde paraboolduinen.

Ook in de Karthuizerduinen tussen Nieuwpoort en Oostduinkerke komt een analoog zandmassief voor. Landwaarts wordt het begrensd door een steile lijzijde waar actieve progradatie plaatsvindt. Ook dit zandlichaam zou als een loopduincomplex beschouwd kunnen worden (De Ceunynck 1992).

Daar waar de paraboolduingordel de binnenduinrand vormt (zoals ten westen van Koksijde), zorgen vergroeide zuidelijke paraboolduinarmen op sommige plaatsen voor steile duinhellingen die de duin-polderovergang accentueren. Hier doet zich echter geen actieve progradatie meer voor. Op de meeste plaatsen getuigt de dichte begroeiing van deze steile binnenduinrand de pogingen om die te fixeren door beplanting.
Onder droge omstandigheden kunnen op het loopduincomplex in het Westhoekreservaat barchanen ontwikkelen. Dit zijn kleine naakte zandlichamen met een zwakhellende loefzijde en

een steile lijzijde. Het grondvlak is sikkelvormig met de armen, in tegenstelling tot paraboolduinen, tegen de wind in gekeerd en niet door vegetatie gefixeerd.

De Oude Duingordel Adinkerke-Ghyvelde

De Oude Duingordel Adinkerke-Ghyvelde is van de Jonge Duinen gescheiden door een Oudlandschorrevlakte, ontstaan gedurende de D II overstromingsfase. Deze duingordel vormt de noordelijke grens van de Frans-Belgische Moeren.

In de omgeving van Adinkerke zijn deze duinen afgevlakt en lager, mogelijks tengevolge van erosie, afgraving en landbouw. Daar is van het oorspronkelijk reliëf van de duingordel weinig overgebleven. Momenteel is het een lichtgolvend gebied dat via een brede overgangszone naar de Oudlandpolder of de Moeren overgaat. Langs de zeezijde is de voet van deze duingordel bedekt door fossiele strandafzettingen die wijzen op zijn vroegere zeewerende functie (De Ceunynck 1992).

Overgangszones en oudere duinlandschappen

Ten oosten van Koksijde en zuidwaarts van de paraboolduingordel komt een lager gelegen duingebied voor dat als reliëfsarme overgangszone (2.IV.4) en als kopjesduin (2.IV.3) gekarteerd werd. De grens tussen deze zone en de paraboolduingordel is abrupt. Deze duinzone is op sommige plaatsen sterk afgevlakt ingevolge ingebruikname en wordt hier als reliëfsarm bestempeld. Volgens De Ceunynck (1992) is deze lagere zone een restoppervlak van een vroege loopduinfase in de Jonge Duinvorming en heeft de paraboolduingordel zich later deels op dit restoppervlak gesuperponeerd .

Alhoewel het duingebied van de Oostvoorduinen-Monoblok dat oostwaarts bij het hierboven besproken kopjesduin aansluit, er zich morfografisch niet van onderscheidt, wordt het toch als een andere eenheid beschouwd op genetische basis (De Moor & Mostaert 1993, De Ceunynck 1992). Dit subrecent binnenduin (2.III.3) sluit aan bij de duintong naar Nieuwpoort. Langs de westkant van dit terrein komen in de ondergrond de sedimenten van de Avekapellegeul voor (De Ceunynck 1992). Het in de vorige alinea besproken jonge kopjesduin (2.IV.3) zou zich pas na het afdichten van deze geul gevormd hebben waardoor het jonger is. Hierbij zou mogelijks ook een deel van dit subrecent binnenduingebied overstoven zijn waardoor een morfologisch zichtbare grens tussen beide terreinen ontbreekt.

Landwaarts gaan deze duinterreinen geleidelijk over in aanvankelijk een Oudlandschorrevlakte, en vanaf de Oude Zeedijk nabij Hof Ter Hille in Oostduinkerke in een Middellandschorrevlakte. Deze binnenduinrand is er veel minder abrupt dan de duin-polder-overgang tussen de paraboolduingordel en het Oudland langs de westelijke Westkust.

De Moor & Mostaert (1993) aanvaarden dat dit subrecente binnenduin tussen Oostvoorduinen-Monoblok en Nieuwpoort ontstaan is op een haakwal (spit) aan een geulmonding. Dit estuarium is door oostelijke migratie van de getijdegeul door een noordelijke haakwal afgesloten waarop jongere duinen zich ontwikkeld hebben. In deze min of meer afgesloten "strandvlakte" ontwikkelde er zich een beperkt wadgebiedje dat de **Nieuwlandschorrevlakte van de**

Lenspolder vormde. Ten noorden van deze Nieuwlandpolder komt een reliëfsarme overgangszone voor die waarschijnlijk ontstaan is door overstuiving van een fossiele estuariene strandvlakte vanuit de op de noordelijke haakwal ontwikkelde jonge duinen. Om meer duidelijkheid en zekerheid te brengen in de morfogenese van dit gebied (subrecente binnenduin, kopjesduin, Nieuwlandpolder en de reliëfsarme overgangszones en paraboolduingordel) is heel wat geïntegreerd terreinwerk wenselijk.

3.6.2. Nieuwpoortse tot Oostendse havengeul

Strand

Tussen Nieuwpoort en Oostende is het strand smaller dan aan de Westkust en de strandbreedte neemt af in oostelijke richting. De zwin-rugmorfologie is weinig uitgesproken wat veroorzaakt wordt door de grote strandhoofden die elkaar op regelmatige afstanden opvolgen en tegen een doorlopende zeewering aanleunen. Opvallend is hier dat de diepe geul van de Kleine Rede op korte afstand van het eigenlijke strand loopt.

In deze zone werd door De Moor (1991) over de periode 1982-1987 nergens residuele aanwas waargenomen. Erosie alternerend met stabiliteit karakteriseert dit gebied. De belangrijkste erosieve zone bevindt zich tussen Nieuwpoort en Westende, vóór Middelkerke-Lombardsijde (De Moor 1991).

De negatieve dynamiek verklaart de over de gehele zone voorkomende strandverdedigingsstructuren, nl. Longardbuizen met zandsuppletie, stuifschermen, strandhoofden, ... Op vele plaatsen blijkt een natuurlijk droogstrand dan ook te ontbreken. Tussen Middelkerke en Raversijde heeft het aanbrengen van strandhoofden rond 1980 de winterse afslag afgezwakt zodanig dat nu het veen dat daar voordien regelmatig ontsloten lag niet meer zichtbaar wordt.

Zeereep

Alleen tussen de Nieuwpoortse havengeul en Westende-Bad komt een ongewijzigde zeereep voor. Vóór het militair domein ten westen van Middelkerke is de zeereep **gesloten** en zeewaarts begrensd door een hoge klif. Momenteel wordt hier een zeewering aangelegd om verdere afslag van de zeereep en inundatie van het achterliggende gebied te voorkomen. De **gekerfde zeereep** die oostwaarts hierop aansluit wordt grotendeels ingenomen door camping "Cristal Palace" .

Vanaf Westende-Bad tot Middelkerke is de zeereep volledig bebouwd. Ten oosten van Middelkerke is de zeereep zeewaarts volledig bedijkt en door de Koninklijk Baan ingenomen. Landwaarts van deze baan komt hier nog een smalle rest van de zeereep voor. Normale duindynamiek is er moeilijk. Toch kan hier bij stormen heel wat zand landwaarts geblazen worden vanaf het strand. Herhaaldelijk wordt het verkeer op de Koninklijke Baan onderbroken door zandophopingen. Hier werd ook zandaanvoer naar de polder toe vastgesteld.

Overgangszones en oudere duinlandschappen

Het duingebied achter de zeereep ten oosten van de Nieuwpoortse havengeul wordt als **complex** of **met onduidelijke genese** bestempeld gezien dit gebied gedeeltelijk ontoegankelijk en sterk verstoord is door de militaire aanwezigheid (gebouwen, oefenterreinen). De duingebieden die ten oosten van het militaire domein van Lombardsijde achter de zeereep liggen werden eveneens als complex of met onduidelijke genese beschouwd. De omvang van deze resterende terreinen is te klein en de reliëfskenmerken zijn te weinig uitgesproken om hierover uitsluitsel brengen.

Ten oosten van dit gebied komt een ouder duinterrein voor waarop Lombardsijde ten dele gevestigd is (Schuddebeurze). Dit **subrecent binnenduin** (2.III.4) (De Moor & Mostaert 1993) is volledig door woningbouw en landbouw ingenomen zodat er van het oorspronkelijk reliëf weinig overblijft en het als reliëfarm zandig terrein beschouwd wordt.

Er bestaat een grote gelijkenis tussen deze terreinen aan de oostkant van de Nieuwpoortse havengeul en deze die westwaarts aan deze havengeul grenzen (zoals de subrecente duintong, de Lenspolder, enz). Langs beide zijden wordt de aanwezigheid van een fossiele strandvlakte vermoed en komen Nieuwland schorreafzettingen voor tussen een subrecent en een Jong duinterrein. Beide subrecente duinen ten oosten en ten westen van Nieuwpoort staan vermoedelijk genetisch in verband met het IJzerestuarium. Hier zouden de Picardische termen "poulier" en "musoir" (Briquet 1930) naar voren gebracht kunnen worden. De westelijke duintong naar Nieuwpoort en het oostelijk duinlichaam waarop Lombardsijde gevestigd is (**Schuddebeurze**) zouden respectievelijk als poulier en musoir gezien kunnen worden. De richting van de litorale drift zou dan ook deels het morfografische verschil tussen beide kunnen verklaren. Het volledige voormalige IJzerestuarium zou aan een grondig geïntegreerd terreinwerk moeten worden onderworpen. Hierdoor kan een duidelijker inzicht verkregen worden in de genese van dit gebied wat ook kan leiden tot beter begrip in de morfogenese van het gehele Vlaamse duingebied.

Waar de zeereep de binnenduinrand vormt, is de duinpolderovergang abrupt, een steile zuidwaartse lijzijde van de zeereep gaat over in een vlak polderlandschap. Waar het complex of onduidelijk duinterrein en vooral het subrecent binnenduin de binnenduinrand vormen is de duinpolderovergang veel minder opvallend of zelfs nauwelijks zichtbaar.

Wadvormen

Een klein **actief wad** bevindt zich in het natuurreservaat de IJzermonding aan de oostelijke zijde van de Nieuwpoortse havengeul. Ingevolge indijking is de oppervlakte ervan sterk teruggelopen.

Achter deze inpolderingsdijken komt een **Nieuwlandschorrevlakte** voor die ook het zuidwestelijke deel van het subrecente binnenduin van Lombardsijde begrenst. Hierin volgt een beek het oude kreekpatroon. Tussen de Grote Bamburghoeve en de Kleine Bamburghoeve bevindt zich de grens tussen de Nieuwlandpolder en de **Middellandschorrevlakte** die vervolgens tot Oostende de duinen landwaarts begrenst.

3.6.3. Oostendse havengeul tot Blankenberge

Strand

Ten oosten van Oostende worden de natuurlijke stranden smaller (zie Tabel 3.2) en vertonen een duidelijke zwin-rugmorfologie. Waar golfbrekers of zandsuppleties voorkomen is die verstoord of onderbroken.

Waarnemingen op het strand tussen Oostende en Blankenberge over de periode 1955-1990 (De Moor 1992) wijzen uit dat een natuurlijke erosieve zone zich geleidelijk oostwaarts verplaatst. Nabij Bredene trad reeds sterke erosie op rond 1960. Nu kan een zekere stabilisatie tot periodieke aanwas waargenomen worden. Het strand ten oosten van Bredene is vooral sinds 1976 aangetast. Oostwaarts van De Haan treedt sinds 1990 residuele erosie op.

Om het achterliggende polderland te beschermen en om de toeristische belangen te behartigen werden in 1978 en 1980 tussen Bredene en De Haan massaal strandverdedigingswerken uitgevoerd. Dit omvatte o.a. massale rijshoutaanplanting, plaatsing van stuifschermen, zandsuppletie volgens het Deense Longardsysteem met inwendige buisbewapening, zandsuppletie tout court of zandsuppletie gepaard gaande met de aanleg van een voedingsberm die als "golfbreker" fungeert en ook het transversaal zeewaarts gericht zandtransport vanaf het opgehoogde strand moet beletten. Het succes van deze strandverdedigingsstructuren is echter slechts tijdelijk (Declercq 1993). De ontblote Longardbuizen op het strand van Bredene illustreren dit. In 1994 werd er een vooroeverberm gelegd en rond de Vosseslag een kleine zandsuppletie uitgevoerd. In 1995 was er een algemene belangrijke strandverhoging nodig oostwaarts vanaf KP36.

Zeereep

De zeereep tussen Oostende en Blankenberge vertoont een gesloten karakter en is lokaal vrij hoog opgebouwd (o.a. ten westen van Wenduine, aan de golf te Bredene en nabij "de droge opgang"). Zeewaarts wordt deze zeereep bijna overal begrensd door een uitgesproken duinklif (vooral tussen De Haan en Wenduine).

Niettegenstaande de lokaal sterke erosie vertoont de zeereep hier een gesloten karakter. Hierdoor wordt de opvatting dat sterke kusterosie gepaard gaat met de vorming van een gekerfde zeereep, waar langs windgeulen grote zandhoeveelheden eolisch landinwaarts verplaatst worden, in vraag gesteld. Wel dient opgemerkt te worden dat aan de landzijde van de zeereep soms actieve hellingsprocessen waargenomen kunnen worden waardoor de zeereep zich landinwaarts blijkt te verplaatsen. Op verschillende plaatsen (o.a. tussen Wenduine en De Haan) waar de zeereep landwaarts door de Koninklijke Baan begrensd wordt, dient dan ook regelmatig zand weggevoerd te worden.

Tussen Wenduine en Blankenberge bestaat de zeewering uitsluitend uit een relatief smalle zeereep die direct het poldergebied beheerst.

Paraboolduingordel

Het duingebied dat zich tussen Oostende en Blankenberge achter de zeereep uitstrekt, en waarvan de breedte plaatselijk 1 km kan bereiken, wordt overheerst door paraboolduinen of restanten ervan. Een deel van deze paraboolduingordel is door vroegere kustafslag en de hiermee gepaard gaande terugwijkende zeereep in zee verdwenen (Depuydt 1972). De duinmassieven die plaatselijk op de zeereep aansluiten zoals hierboven vermeld, kunnen beschouwd worden als resten van fossiele zuidelijke paraboolarmen. Van het oorspronkelijk karakter van de resterende paraboolduinen is weinig overgebleven daar grote delen ervan door bebouwing of infrastructuur, ingenomen zijn of bebost zijn. De reliëfrijke terreinen van het Kijkuitreservaat en het terrein nabij het recreatiecentrum De Branding ten westen van Wenduine zijn volgens De Ceunynck (niet gepubliceerd) ontstaan ingevolge secundaire verstuiving vanuit grote paraboolduinkernen.

Overige duinterreinen

Ten oosten van de dorpskern van Bredene in het gebied rond "de drogen opgang" komt achter de zeereep een parallelle duinrug voor gescheiden door een vallei waarin relicten van een vroegere weg en tramspoor voorkomen. Het is onduidelijk of deze rug ontstaan is door primaire duinvorming, of het een paraboolduinrestant is of als de oorsprong volledig antropogeen is. Bijkomend terreinwerk en een studie van historische bronnen met betrekking tot dit gebied is noodzakelijk om de oorsprong van dit als onbekend of complex beschouwde duingebied te achterhalen.

Tussen Bredene, Klemskerke en De Haan strekt zich landinwaarts van de paraboolduingordel een afgevlakt zandgebied uit dat duidelijk boven de poldersedimenten uitrijst. Ameryckx (1961) zag dit zandig gebied als een Middeloud duin. Mostaert (1985) beschouwt het als een complex van twee aan elkaar verbonden haakwallen waarvan de genese geassocieerd wordt met de monding van een getijdegeul en waarop zich windrepen en lage kopjes ontwikkeld hadden. Uit boringen en ontsluitingen is het voorkomen van grove en dikke geulafzettingen onder de kleiige poldersedimenten gekend (De Moor, mond. med., Vanzielegem 1980). Uit recent geologisch onderzoek blijkt dat dit duinterrein zich tijdens of op het einde van de DII overstromingsfase zou ontwikkeld hebben (Mostaert 1985). Dit zou erop wijzen dat het hier niet om een Middeloud maar een subrecent duinterrein zou gaan. Van het oorspronkelijke reliëf van dit terrein blijft ingevolge agrarisch grondgebruik nog weinig over waardoor de duin-polderovergang plaatselijk nauwelijks zichtbaar is

Van de resterende natuurlijke duin-polderovergang is eveneens weinig bewaard gebleven. De binnenduinrand is grotendeels verstoord door wegeninfrastructuur en urbanisatie of recreatieve woningsbouw.

3.6.4. Blankenberge tot Zwinmonding

Strand

De breedte van het strand tussen Blankenberge en de Zwinmonding wordt sinds 1980 in sterke mate geconditioneerd door de uitbouw van de Zeebrugse haven. Ten westen van de Zeebrugse haven ontwikkelt er zich ingevolge de afbuigende vloedstroom een breed strand met embryonale duinvorming op het hoogstrand. Ten oosten van deze havendammen is het strand veel slibrijker maar progradeert er eveneens zeewaarts (mede onder invloed van opspuitingen). Hier blijkt dat er zich in het gebied beschermd vóór de oostelijk gerichte vloedstroom een kleine schoorwal ontwikkeld heeft, mede onder invloed van de westwaarts gerichte ebstroom. Deze sluit een deel van het natte strand af waardoor er zich schorrevegetatie kan ontwikkelen.

Verder oostwaarts is het strand onderhevig aan intense erosie die grotendeels gebonden is aan het feit dat door de uitbouw van de Zeebrugse haven de vloedstroom het strand onder een grotere hoek aansnijdt. Op verschillende plaatsen kunnen hier spijts herhaaldelijke en zeer belangrijke zandsuppleties (1960, 1980, ...) goed ontwikkelde duinkliffen waargenomen worden. Teneinde tegemoet te komen aan deze intense erosie werd het strand over grote afstanden kunstmatig opgehoogd.

Zeereep

Tussen Blankenberge en Heist, tussen Heist en Duinbergen en ten oosten van de "Swimming Pool" te Knokke komt nog een natuurlijke gesloten zeereep voor. Elders is deze verdwenen onder bebouwing of infrastructuur. Vanaf Heist tot aan het eigenlijke Zwinreservaat wordt de resterende zeereep door een zeewering begrensd waardoor nog weinig natuurlijke sedimentuitwisseling optreedt. Ten Oosten van KP64 is er nog een weinig of niet beschermde zeereep die sinds 1982 wel sterk veranderd is ingevolge eolische en mariene zandaanvoer vanaf de meer westwaarts gelegen zandsuppleties.

Tussen Blankenberge en de Zeebrugse haven sluit de zeereep landwaarts aan op "de Fonteintjes". Deze plasjes zijn antropogeen van oorsprong en dienen gezien te worden als depressies bij de vorming van inlagen (Vanhecke & Charlier 1981).

Overige duinterreinen

De genese van het volledige gebied ten oosten van Heist is geassocieerd met de monding van de Zwingeul. Bij de oostelijke migratie van deze geul hebben zich achtereenvolgens verschillende haakwallen (pouliers) gevormd (Mosteart 1985) waarbij telkens een deel van de geulmonding bijna afgesloten werd (cf. primaire duinvallei of afgesnoerde strandvlakte, Klijn 1981). Op deze haakwallen was duinvorming mogelijk of werden ten minste windrepen gevormd die tot zeerepen konden uitgroeien en vooral naar het westen toe een grotere hoogte bereiken.

In het beschouwde gebied komen dus opeenvolgende duintongen voor die op haakwallen tot ontwikkeling kwamen, gescheiden door een lager gelegen "afgesnoerde strandvlakte" en waarop

zich duingordels konden vormen. Claeys et al. (1981) menen 3 of 4 duingordels te kunnen onderscheiden waarvan de meest landwaartse samenvalt met de Kalfsduinen, de middenste met de Blinkaartduinen terwijl de Zwinbosjes op het meer zeewaartse gedeelde van deze complexe strandvlakte (Plasschaert 1955) gelegen zijn. Tussen deze windrepen komen vlakke reliëfsarme zandige terreinen voor die mogelijks bij recentere duinvorming deels overstoven zijn. Deze structuur staat duidelijk weergegeven op de eerste topografische kaart (kaartblad 5/6, 1847).

Om deze duinterreinen in hun morfografische context te karteren en hun morfogenese te belichten is heel wat uitgebreid terreinwerk nodig daar vele terreinen sterk gemodifieerd zijn (golfterreinen, bebouwing en infrastructuur) of het reliëf niet te achterhalen is door middel van luchtfoto-interpretatie (bebossing). Aangezien dit in ons tijdsbestek niet kon gebeuren, werden de verschillende duingordels die door Coornaert et al. (1981) ten zuidoosten van Heist beschouwd werden, als complex met nog onbekende genese bestempeld. De noodzaak aan een geomorfologische detailinventarisatie dringt zich op.

Wadvormen

Een actief wad bevindt zich aan achter de zeereep in het natuurreservaat Het Zwin. Ingevolge indijking is de oppervlakte ervan sterk teruggelopen (zie Coornaert et al. 1981).
Achter deze inpolderingsdijken kunnen in de **Nieuwlandschorrevlakte** nog duidelijke opgevulde kreek- en geulpatronen herkend worden.

3.7. Geoconservatie

De term **"geoconservatie"** omvat het behoud van landschapsvormen, van natuurlijke en kunstmatige ontsluitingen van gesteenten en van plaatsen waar actieve geologische processen kunnen bestudeerd worden (Jacobs 1995). Vanuit geomorfologisch oogpunt zouden in het Vlaamse kustduingebied eveneens een aantal sites omwille van hun specificiteit bescherming moeten genieten. Sommige geomorfologische verschijnselen (entiteiten of processen) zijn dermate van wetenschappelijk belang of hebben een dergelijke pedagogische of toeristische betekenis dat ze als geopatrimonium dienen beschouwd worden.

Voornamelijk volgende geomorfologische verschijnselen hebben een grote wetenschappelijke waarde:

- Het gehele Westhoekreservaat en meer in bijzonder het centraal wandelduin
- De binnenduinrand ter hoogte van de Oosthoekduinen en de "Belvédère" te De Panne-Koksijde
- De abrupte overgang tussen de paraboolduingordel en het reliëfsarm duinterrein of kopjesduin ten westen van de Zeelaan te Oostduinkerke
- Het kopjesduinlandschap van de Oostvoorduinen
- De resterende geomorfologische sequentie langs het voormalige IJzerestuarium
- Het gebied van de Schuddebeurze en van de vroegere IJzerloop ten oosten van de huidige IJzermonding
- De Oude Duinen van Adinkerke-Ghyvelde
- De "Middeloude" duinen van Bredene
- De duingordels nabij het Zwin en de Zwinmonding zelf

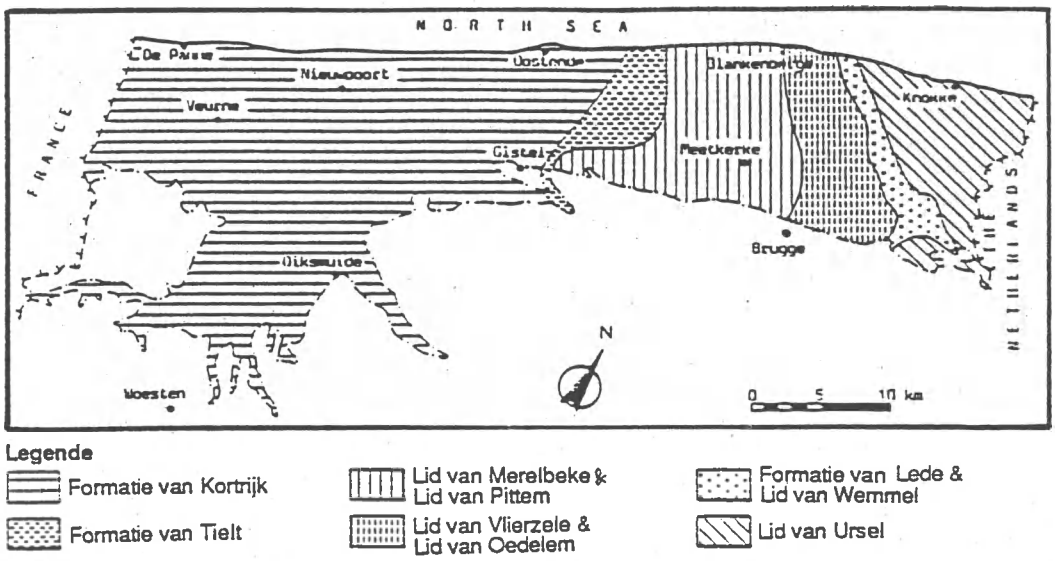
4. Hydrologie

4.1. Inleiding

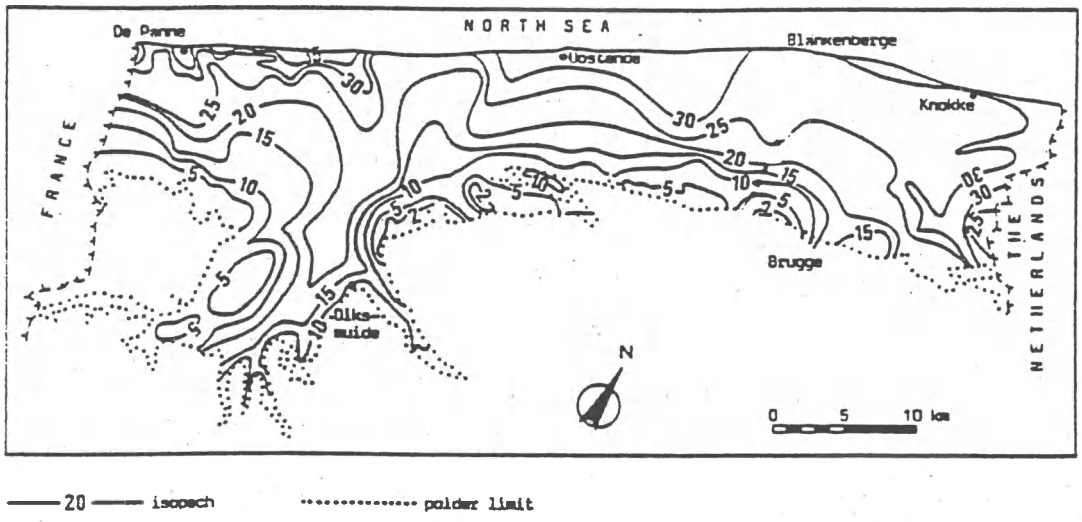
In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de bestaande kennis omtrent de hydrogeologie van het Vlaams duingebied en aangrenzende poldergebieden. Vooreerst wordt de lithologische bouw van het kustgebied geschetst, waarna kwalitatieve en kwantitatieve aspecten van de grondwatervoorraad aan bod komen. Ten slotte worden ook een aantal menselijke ingrepen in de grondwaterhuishouding behandeld.
De beschikbare gegevens zijn in hoofdzaak te vinden in het archief van de Belgische Geologische Dienst, het archief van het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie, het archief van de V.M.W., de databank voor grondwaterwinningen van AMINAL, licentiaatsverhandelingen en doctoraatsthesissen van de Universiteit Gent.

4.2. Lithologische bouw van het kwartair reservoir

Het kwartair grondwaterreservoir aan de Vlaamse kust wordt onderaan begrensd door tertiaire afzettingen. De klei van het Ieperiaan (Formatie van Kortijk) vormt het tertiair substraat aan de Westkust. In de oostelijke kustvlakte komen van west naar oost achtereenvolgens jongere tertiaire lagen voor (Figuren 4.1. en 4.3).



Figuur 4.1. Het tertiair substraat in het kustgebied (naar De Moor & De Breuck 1969).



Figuur 4.2. Dikte van het kwartair in het kustgebied (naar De Moor & De Breuck 1969).

Waar een zandig substraat voorkomt aan de top van het tertiair omvat het freatisch reservoir naast het kwartair, ook tertiaire zandige lagen. Deze worden van west naar oost gevormd door de Formatie van Tielt, het Lid van Vlierzele, het Lid van Oedelem, de Formatie van Lede en het Lid van Wemmel. De dikte van het kwartair in het kustgebied wordt in Figuur 4.2. weergegeven.

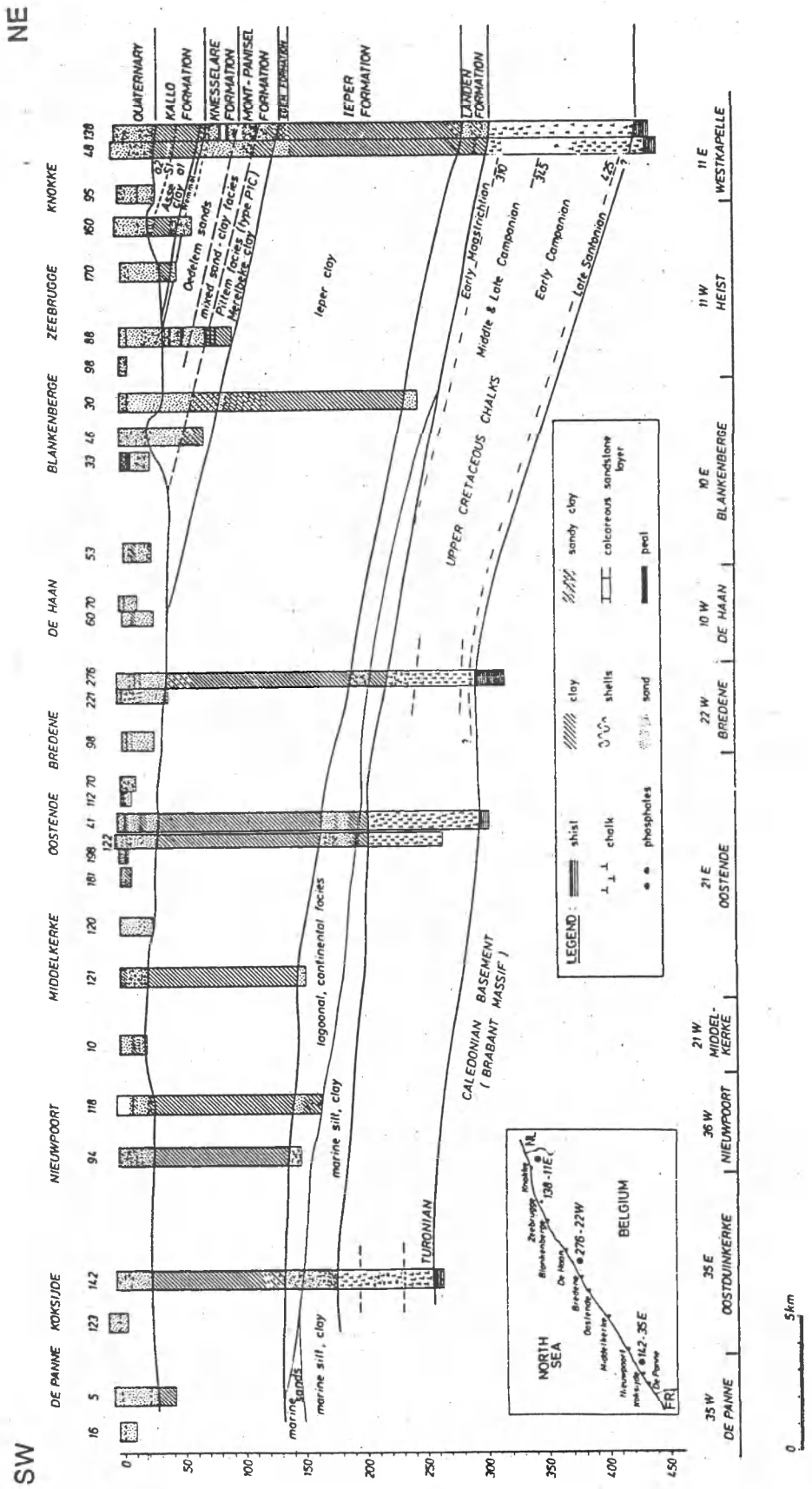
De opbouw van het ondiep grondwaterreservoir is plaatsafhankelijk. In hetgeen volgt wordt de toestand, voor zover bekend, van west naar oost in het kort besproken.

Het ondiep grondwaterreservoir bestaat uit een opeenvolging van doorlatende en slecht-doorlatende lagen. De onderste doorlatende laag, rustend op het tertiair substraat, bestaat voornamelijk uit middelmatig tot grof zand met grint en schelpfragmenten. Deze lithologische beschrijving is voor het hele kustgebied van toepassing. Voor de bovenliggende lagen kan het kustgebied in verschillende zones opgesplitst worden naargelang van de opeenvolging van de slecht-doorlatende en de doorlatende lagen.

In het gebied van De Panne tot Oostduinkerke bestaat het kwartair grondwaterreservoir uit vijf lagen: drie doorlatende lagen gescheiden door twee slecht-doorlatende lagen. De onderste doorlatende laag bestaat uit middelmatig tot grof middelmatig zand met een veranderlijke hoeveelheid schelpen en schelpgruis. Daarop rust een eerste slecht-doorlatende laag. Ze wordt gekenmerkt door een wisselend faciës. Ter hoogte van De Panne bestaat ze afwisselend uit lemig zand, zandige leem en zandige klei; ze gaat over naar leemhoudend fijn zand in het duingebied tussen Koksijde en Oostduinkerke. Plaatselijk kan deze laag afwezig zijn. Vervolgens komt een tweede doorlatende laag voor. Deze laag bestaat uit fijn tot middelmatig zand waarin men schelpen kan aantreffen. Onder de zeereep en het hoge strand bestaat het bovenste deel van de doorlatende laag uit schelpen, die meer landwaarts overgaan in middelmatig tot fijn zand. De korrelgrootte neemt verder af met de afstand tot het strand waardoor de laag geleidelijk overgaat in een leemhoudend zand met dunne klei-leemlagen en veen. Deze vormt een slecht-doorlatende laag. Verder landinwaarts bestaat deze slecht-doorlatende laag uit klei (De Panne). De slecht-doorlatende laag ligt in de polders aan het oppervlak. In de duinen vormt die laag de basis van de derde doorlatende laag. Ter hoogte van het droge strand en de zeereep ontbreekt de slecht-doorlatende laag waardoor beide doorlatende lagen rechtstreeks in contact staan. De top van het kwartair grondwaterreservoir is opgebouwd uit strand- en duinzand.

In het gebied tussen Oostduinkerke en De Haan rust een slecht-doorlatende laag op de onderste doorlatende laag bestaande uit middelmatig zand. De slecht-doorlatende laag komt overeen met deze van het eerder besproken gebied. Ter hoogte van Nieuwpoort bestaat ze uit leem, die overgaat naar klei (met veen) van Middelkerke tot Bredene. Een tweede doorlatende laag vormt de top van het kwartair grondwaterreservoir. Ze is opgebouwd uit middelmatig tot fijn zand met bovenaan strand- en duinzand. Ter hoogte van de Lenspolder (Nieuwpoort) ontbreekt het strand- en duinzand: er komt een tweede slecht-doorlatende kleilaag nabij het oppervlak voor.

Voor een gedetailleerde beschrijving van de lithologische en hydrogeologische bouw van het kustgebied verwijzen we naar bijlage 4.1 en 4.2.



Figuur 4.3. Lithologisch profiel langsheen de Vlaamse kust (uit Laga & Vandenberghe 1990).

In het duingebied tussen De Haan en Wenduine bestaat het kwartair grondwaterreservoir uit vijf lagen, waarvan drie doorlatende en twee slecht-doorlatende. Ten oosten van het duingebied, onder de zeereep, komen de twee slecht-doorlatende lagen als één pakket voor, omdat de middelste doorlatende laag daar afwezig is. Op de tweede slecht-doorlatende laag komen in de duinen en op het strand duin- en strandafzettingen voor. Deze laatste vormen een doorlatende laag. In de polders ligt de tweede slecht-doorlatende laag aan de top van het kwartair grondwaterreservoir.

Ten oosten van Blankenberge tot in Zeebrugge is het kwartair grondwaterreservoir opgebouwd uit drie lagen. De twee doorlatende lagen worden gescheiden door de slecht-doorlatende laag. De onderste doorlatende laag bestaat uit grof zand met schelpfragmenten en grint dat naar boven toe overgaat naar fijn tot zeer fijn zand. In Zeebrugge bestaat de basis hoofdzakelijk uit grofkorrelig zand dat bovenaan een afwisseling is van middelmatig tot fijn en grof zand. Hierop rust een slecht-doorlatende laag. In Blankenberge neemt de dikte van deze laag toe met de afstand tot het strand. Het is een veen-leem-zandcomplex. Onder het strand is ze opgebouwd uit een afwisseling van dunne veen-, leem- en zandlaagjes met bovenaan een veenlaag. Meer landinwaarts bestaat ze uit zware klei en leem waarop een veenlaag en tenslotte een kleilaag rust. In Zeebrugge bestaat het veen-leem-zandcomplex uit dikke lagen zeer fijn zand die van elkaar gescheiden worden door veenlagen. Het bovenste deel is een veenlaag. In de polders volgt hierop een klei- of een zandafzetting. Deze zandafzettingen zijn kreekopvullingen, die doorlatend zijn. In Blankenberge vormt de polderklei de top van het grondwaterreservoir. In de duinen en op het strand komt nog een derde doorlatende laag voor. Ze bestaat uit duin- en strandzanden.

Verder naar het oosten toe zijn geen gegevens bekend.

4.3. Grondwater in de kwartaire watervoerende laag

4.3.1. Stijghoogte en stromingspatroon

De zoetwatervoorraad in de duinen wordt in stand gehouden door het jaarlijkse neerslagoverschot. Door de hoge ligging t.o.v. nabijgelegen polders en door het ontbreken van drainerende waterlopen, kan de grondwatertafel er zich verheffen tot boven het zeeniveau. Het geïnfiltreerde regenwater oefent een bijkomende hydrostatische druk uit op het onderliggende zoute water. Vermits deze beide waters zich moeilijk met elkaar mengen, grijpt afstroming van zoet water naar de zee en naar de polders plaats.

In de breedste duingebieden reikt het zoetwaterlichaam tot de Ieperiaanklei. In deze gevallen kan men de stijghoogte in een eerste benadering uitdrukken in functie van de afstand tot hoogwaterlijn (Van Der Veken et al. 1984) :

$$h_x = -\frac{N}{kD} \cdot x^2 + \left(\frac{(h_2-h_1)}{B} + \frac{NB}{kD}\right) \cdot x + h_1$$

N : infiltratie van regenwater door onverzadigde zone naar grondwatertafel
kD : transmissiviteit van het duingebied
B : breedte van het duingebied
h1 : vaste stijghoogte onder hoogwaterlijn
h2 : vaste stijghoogte onder polders
x : afstand tot hoogwaterlijn
hx : stijghoogte van het freatisch reservoir

Bakker (1981) noteerde als natuurlijke situatie in duinvalleien in Nederland seizoenfluctuatietrajecten (verschil tussen de hoogste en de laagste gemiddelde maandstand over een periode van 10 jaar) van 0,4 tot 0,7 m, met de laagste waterstanden in september-oktober, en de hoogste in februari-maart. Lebbe & De Breuck (1980) komen voor de Westkust tot analoge waarden. De gemiddelde jaarstand blijkt onder invloed van natte en droge jaren 0,6 tot 0,9 m te kunnen variëren.

Devos (1984) vermeldt enkele belangrijke verschijnselen die de stijghoogte doen fluctueren. Door de getijdewerking in het meest zeewaartse gedeelte van de duinen kan de grondwaterstand onregelmatigheden vertonen.

Gedurende de winter komt het grootste gedeelte van de neerslag de grondwatervoorraad ten goede. De stijghoogten nemen toe en streven naar een evenwicht met de voeding door het neerslagwater. De verhoogde evapotranspiratie zorgt ervoor dat tijdens de zomer de neerslag grotendeels terugkeert naar de atmosfeer, eventueel na een kort verblijf in de bovenste bodemlaag. Het grondwaterreservoir blijft zodoende verstoken van verdere aanvulling. Grondwater vloeit af naar gebieden met lagere

stijghoogte. Er is een tekort op de grondwaterbalans van het reservoir, wat zich uit in een stijghoogteverlies. Wanneer de evapotranspiratie gedurende de zomer groter wordt dan de neerslag ontstaat een tekort op de bodemwaterbalans in de onverzadigde zone. De vegetatie zal in de eerste plaats de waterreserves in deze onverzadigde zone aanspreken. Ligt de grondwatertafel echter ondiep, dan grijpt tevens nalevering van grondwater naar de atmosfeer plaats. Dit veroorzaakt een daling van de grondwatertafel. In hoge duingebieden daarentegen ligt de grondwatertafel dieper en grijpt veel minder evapotranspiratie plaats.

Infiltrerend neerslagwater bereikt sneller de watertafel in laaggelegen gebieden dan in de hoge duinen. In hooggelegen duingebieden treedt het tijdstip van hoogste grondwaterstand dan ook met één of twee maanden vertraging op t.o.v. laag gelegen duingebieden. De vertraging van de minima is minder systematisch.

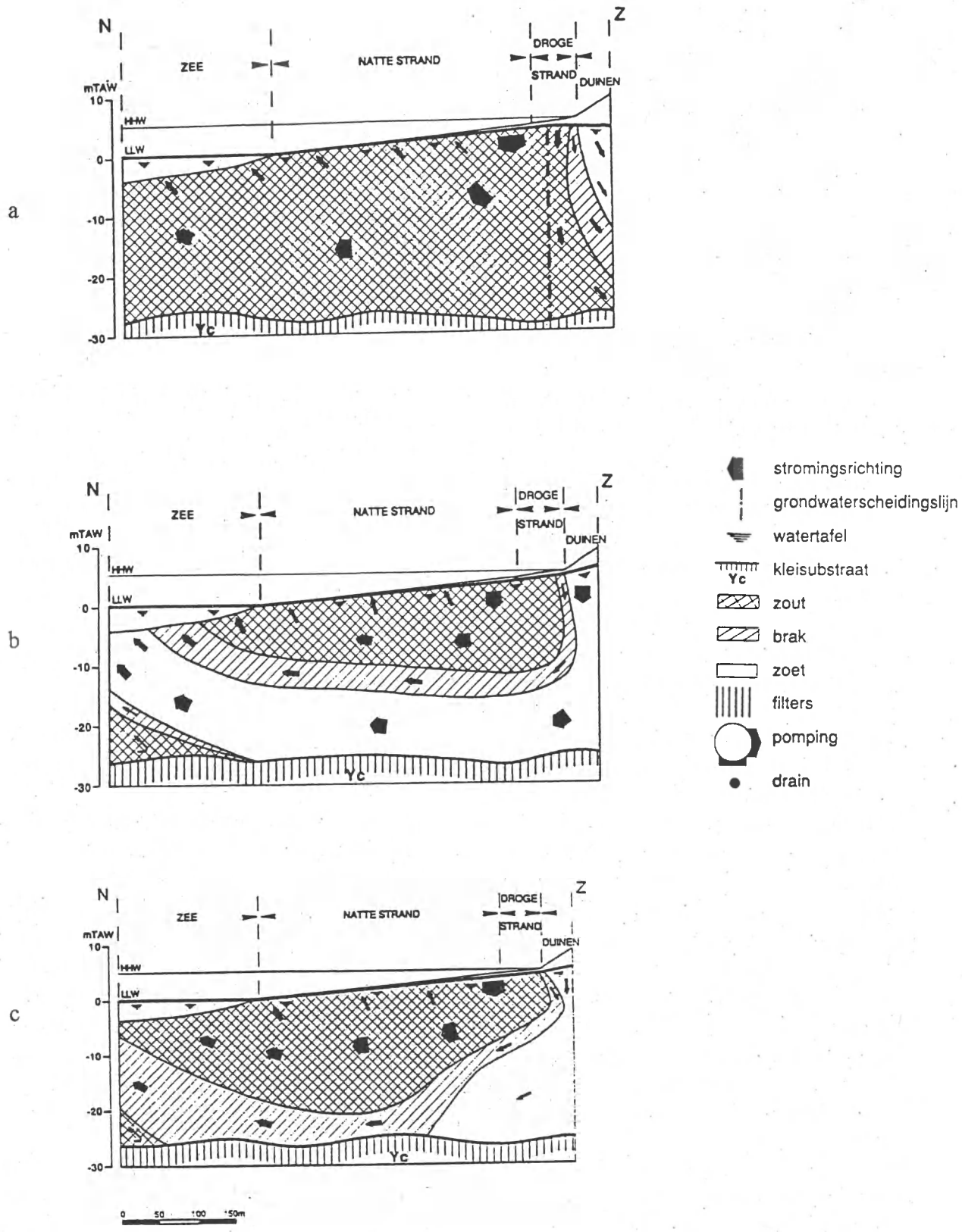
De seizoenfluctuaties van de grondwatertafel worden beperkt door de nabijheid van de zee. Onder de hoogwaterlijn zijn de seizoenfluctuaties immers haast onbestaande. Nabij de polders daarentegen worden de seizoenfluctuaties nauwelijks gedempt. De polders vertonen immers zelf een afwisseling van hoge (winter-) grondwaterstand en lage (zomer) grondwaterstand.

De grootste seizoenfluctuaties treft men dan ook aan in de duinpannen op een afstand van de hoogwaterlijn van ongeveer tweederde van de breedte van het duinmassief.

Een sterke drainage beperkt de seizoenfluctuaties en wist ook grotendeels de schommelingen van korte duur uit.

In de polders, waar de watertafel zeer ondiep ligt, reageert de stijghoogte onmiddellijk en zeer duidelijk op plotse meteorologische veranderingen zoals een hevige regenval.

In Lebbe et al. (1993) werd gebruik gemaakt van vroegere studies (Lebbe 1981, 1983) om de verspreiding en de stroming van zoet en zout water op het strand aan de Westkust weer te geven. De volgende drie figuren zijn hiervan het resultaat.
De eerste doorsnede op Figuur 4.4. (a) beschouwt de toestand onder volkomen natuurlijke omstandigheden, d.w.z. zonder enige vorm van antropogene beïnvloeding van het grondwaterreservoir. In de duinen infiltreert zoet water, dat ondergronds gedeeltelijk afstroomt in de richting van de zee. Op het droge strand en op het hoogste gedeelte van het natte strand infiltreert zout water tijdens de vloed. Dit geïnfiltreerde zout water zowel als het onderliggende zoete duinwater stromen in de richting van de zee. Op het grootste gedeelte van het natte strand is er uitsijpeling van zout water tijdens eb. Ter hoogte van de scheiding tussen zoet en zout water ontstaat door menging van zoet en zout water een brakke overgangszone. Aangezien deze brakke overgangszone bijna uitsluitend het gevolg is van laterale hydrodynamische dispersie is de dikte er vrij beperkt. Het zoet duinwater wordt langzaam brakker in zeewaartse richting. Onder de laagwaterlijn sijpelt het zoet water opwaarts uit de bodem in de zee. Onder de zee komt onder het uitsijpelend zoet water een zoutwatervoet voor met tussen beide waters een brakke overgangszone.
De tweede doorsnede (Figuur 4.4.b) beschouwt de stroming en de verspreiding bij een verminderde zoetwaterstroming vanuit de duinen in zeewaartse richting. Deze vermindering kan het gevolg zijn van waterwinning in het duingebied en/of de inkrimping van het infiltratieareaal van zoet neerslagwater, door o.m. de uitbreiding van bebouwing. Op het droge en hoogste gedeelte van het strand (+ 4,5) infiltreert, in vergelijking met de vorige situatie, meer zout water tijdens de vloed. Hierdoor vergroot de zoutwaterlens onder het strand. De overgangszone tussen zoet en zout water komt dieper te liggen.



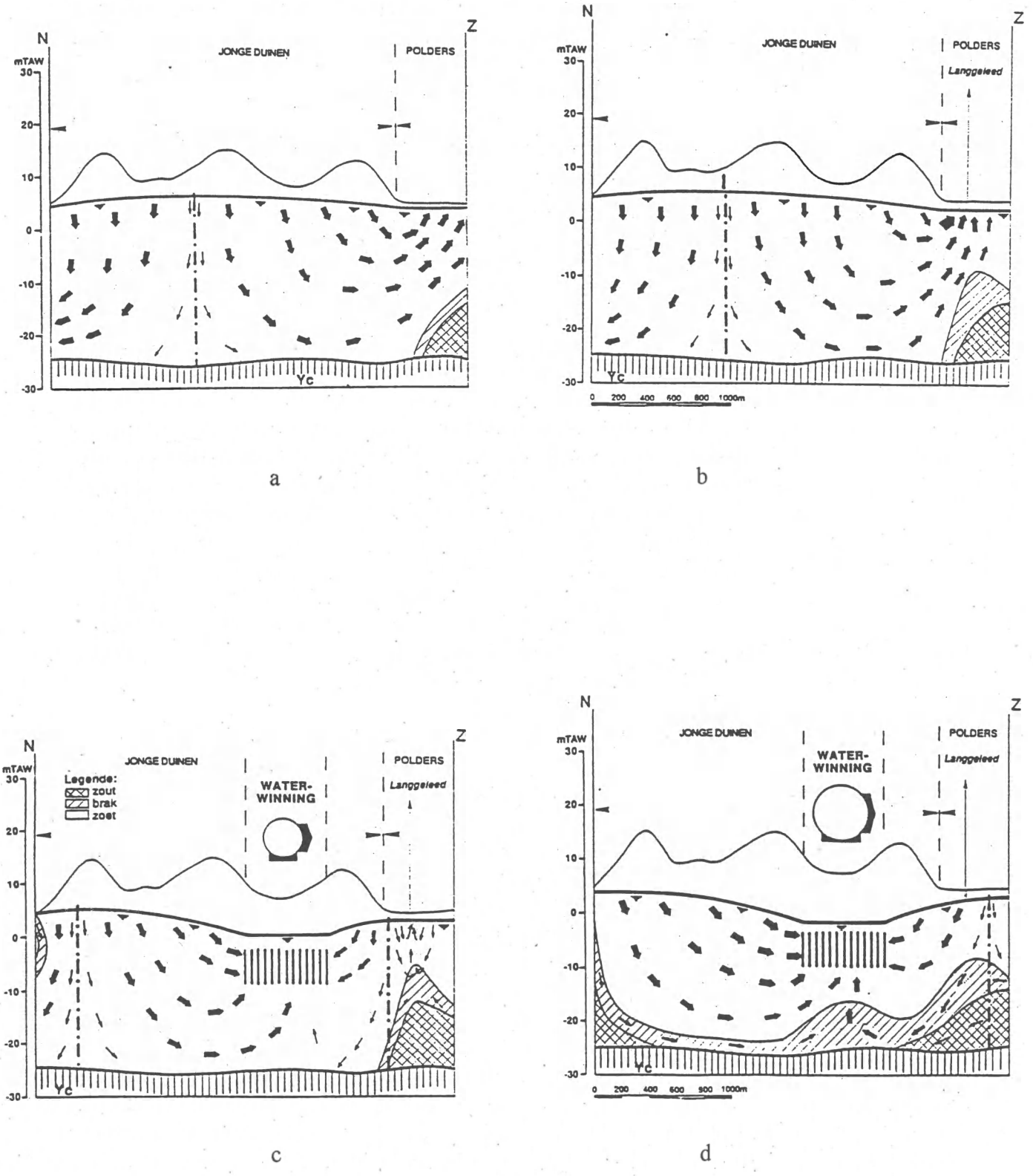
Figuur 4.4. a. Natuurlijke grondwaterstroming op het strand, b. verminderde grondwaterstroming van de duinen naar de zee en c. invloed van overmatige waterwinning op de grondwaterstroming op het strand (Lebbe et al. 1993).

Het onderliggende zoetwater wordt nu vlugger brak naar de zee toe. Alleen brak water sijpelt verder zeewaarts uit. De zoutwatervoet onder deze brakke lens verplaatst zich in zeewaartse richting. De verdeling van zoet en brak water, zoals hier beschreven, kan zich ook voordoen als een overgangstoestand, met name als de zoetwaterstroming in de richting van de zee plots wegvalt of omkeert tengevolge van overdreven wateronttrekkingen in de duinen.
De derde doorsnede (Figuur 4.4.c) geeft de stroming en de verspreiding van zoet en zout water onder het strand weer als er gedurende een geruime tijd zeer grote hoeveelheden aan de zoetwatervoorraad worden onttrokken. Daardoor stroomt het grondwater van onder het strand in de richting van de duinen. Hierbij zal een gedeelte van het zout water dat op het droge strand infiltreert, in de richting van de duinen stromen. Tussen het zoet duinwater en het zout water bestaat een brakke overgangszone die hoofdzakelijk door transversale hydrodynamische dispersie bepaald wordt. Het grootste gedeelte van het zoute water dat op het hoogste gedeelte van het natte strand infiltreert zal in de richting van de zee stromen, waar het dan op het lage gedeelte van het natte strand en onder de zee uitsijpelt.

In Figuur 4.5.a worden de grondwaterstroming en -verdeling in de Jonge Duinen weergegeven zoals deze bestonden voordat de aangrenzende polders intensief gedraineerd werden. Door de getijdewerking van de zee is de gemiddelde waterstand onder de hoogwaterlijn relatief hoog, namelijk ca. + 4,3. Ter hoogte van de poldergrens ligt de gemiddelde waterstand op ca. + 2,8. Daar de gemiddelde stijghoogte op de hoogwaterlijn hoger is dan aan de poldergrens stroomt het grondwater onder het grootste gedeelte van de duinen in de richting van de polders en in het kleinste gedeelte van de duinen in de richting van de zee. Door de aanleg van het Langgeleed in de 18de eeuw werden de polders grenzend aan de duinen beter gedraineerd. Door de daling van de gemiddelde waterstand in de polders daalt eveneens de waterstand in de duinen en verplaatst de grondwaterscheidingskam zich in de richting van de zee (Figuur 4.5.b). De daling van de watertafel in de duinen, tengevolge van een waterstandsdaling in de polders, hangt af van de afstand tot de hoogwaterlijn. Tegen de poldergrens aan benadert de watertafel deze van de polders. In het midden van de duinen is de watertafeldaling gelijk aan de helft van deze in de polders.

In Figuur 4.5.c is de situatie geschetst in het duingebied en de aangrenzende polders waarbij water in de duinen wordt onttrokken. Bij deze situatie vloeit een klein gedeelte van het water dat infiltreert in de duinen, in de richting van de zee. Het grootste gedeelte van het infiltrerende water stroomt in de richting van de waterwinning. De invloed van de waterwinning reikt tot aan de poldergrens. In dat geval bereikt men de grens van exploitatiemogelijkheid van de zoetwatervoorraad van het duingebied. Er is geen gevaar voor verzilting van de winning. Door de winning van zoet water in de duinen ontstaat echter een daling van de watertafel. Deze is het grootst in de omgeving van de winning en neemt geleidelijk af met de afstand tot de waterwinning.

In Figuur 4.5.d wordt een grondwaterstroming in een duingebied geschetst waarbij vanuit wintechnisch oogpunt overexploitatie plaatsvindt. In dit geval strekt de invloed van de waterwinning zich uit tot onder het strand en tot ver in de polders. Er ontstaat een stroming van zout water van zowel onder het strand als onder de polders naar de duinen toe. Een dergelijke winning heeft slechts een beperkte duur. Na een bepaalde periode zal zout water in de waterwinningsputten terechtkomen. Hierdoor zal het zoutgehalte van het opgepompte water voortdurend stijgen tot boven de normen voor drinkwater. Vanaf dat ogenblik zal men genoodzaakt zijn de waterwinning te stoppen voor een zeer lange periode (ca. 250 jaar) met name totdat de verzilting teruggedrongen is door het natuurlijk infiltrerende duinwater.



Figuur 4.5. Hydrologie van de jonge duinen; a. in natuurlijke omstandigheden, b. met drainage in de polders, c. met een waterwinning, d. met een overgeëxploiteerde waterwinning (Lebbe et al. 1993), legende cfr. Figuur 4.4.

Figuur 4.5.d is een weergave van een stroming in een doorsnede loodrecht op de as van de duinen die loopt doorheen het zwaartepunt van de waterwinning in het Calmeynbos te De Panne. In parallelle doorsneden gaat deze situatie, naarmate men zich verwijdert van het zwaartepunt van de waterwinning, geleidelijk over in de vorige situatie (Figuur 4.5.c). Figuur 4.5.b doet zich voor in doorsneden die buiten de invloed van de waterwinning gelegen zijn (Lebbe 1993).

Voor De Panne, Adinkerke, Oostduinkerke, Nieuwpoort en De Haan is de gedetailleerde bespreking van de grondwaterstroming met stijghoogtekaarten terug te vinden in bijlage 4.3.

Zeer plaatselijk vindt men soms een zeer hoge grondwatertafel. Deze wordt veroorzaakt door een ondiepe slecht-doorlatende laag. Deze kan uit leem-, klei- en veenhoudende sedimenten bestaan. Het stijghoogteverschil tussen de basis en de top van deze slecht-doorlatende laag is groot. Alleen door gedetailleerde hydrogeologische studies kan men dergelijke stuwwatertafels lokaliseren.

In De Panne is er een stuwwatertafel waargenomen ten noorden van de huidige grondwaterwinning (Lebbe 1978). De invloed van de waterwinning op deze stuwwatertafel is beperkt. De stuwwatertafel reageert veel later op de waterwinning.

In De Haan is er eveneens een stuwwatertafel vastgesteld. Dit werd afgeleid uit een gedetailleerde hydrogeologische studie door Devos (1984).

4.3.2. Grondwaterkwaliteit

De kwaliteit, en meer in het bijzonder het zoutgehalte van het grondwater in de Kustvlakte, is zowel lateraal als verticaal volgens een uiterst grillig patroon verdeeld.

Volgens Devos (1984) is de scheikundige samenstelling van het grondwater dat op een bepaalde plaats wordt aangetroffen het resultaat van een vaak complexe wisselwerking tussen vele factoren:
- holocene mariene transgressies;
- de samenstelling van het regenwater in de zone waar de grondwatervoorraad wordt aangevuld;
- een reeks processen die optreden tijdens de infiltratie van het neerslagwater doorheen de onverzadigde zone naar de grondwatertafel;
- het contact van het grondwater met de formatie en een reeks langzame scheikundige processen tijdens het verblijf in de watervoerende laag;
- wisselwerking van het recent aangevulde grondwater met het oorspronkelijk in de formatie aanwezige grondwater;
- de verstoring van de samenstelling van het grondwater door menselijke activiteit.

In de duinen bestaat een duidelijk verband tussen de grondwaterkwaliteit en de geologische bouw van het reservoir.

Duinen

Door de geringe menging van zoet regenwater en zout grondwater blijven beide waterlichamen vrij goed gescheiden. De verdringing van zout door zoet water blijft doorgaan tot een evenwicht is bereikt. Dit dynamisch evenwicht wordt gehandhaafd door het neerslagoverschot, dat naar de grondwatertafel infiltreert en ondergronds wegstroomt.

In de praktijk treft men vrijwel nooit een scherp grensvlak aan. Door hydrodynamische dispersie ontstaat een overgangszone van brak water, waarin de concentratie aan opgeloste stoffen geleidelijk afneemt van deze van zeewater naar deze van infiltrerend neerslagwater.

Onder duinmassieven komen dikwijls slecht-doorlatende lagen voor. Ze worden gevormd door jonge (holocene) wadafzettingen. Door hun fijnkorrelige textuur, waarbij de fijnste deeltjes de poriën tussen de grovere deeltjes vaak geheel of gedeeltelijk opvullen, blijft fossiel zeewater gevangen in talrijke microscopisch kleine gedeelten van de formatie. Doorheen de grotere poriën, die een zekere waterbeweging toelaten, sijpelt het recent aangevulde zoetwater. Door moleculaire diffusie neemt het ionen op uit het in de holten opgesloten zeewater. Dergelijke slecht-doorlatende lagen kunnen een niet te onderschatten bron van opgeloste stoffen vormen. Het duurt immers zeer lang alvorens het (verdunde) zoutwater volkomen is uitgewassen uit de formatie.

Polders

In de laaggelegen polders, met hun dicht netwerk van drainerende waterlopen, ligt op de meeste plaatsen de watertafel nauwelijks boven de gemiddelde zeespiegel. Het neerslagwater kan onvoldoende hydrostatische druk uitoefenen op het zout water, om het tot op grote diepte te verdringen. In de laagstgelegen gebieden komt zout of brak water voor tot aan of nabij het oppervlak.

De zoetwatervoorraad in de ondergrond van de polders wordt geleverd enerzijds door infiltrerend neerslagwater, anderzijds door ondergrondse afstroming vanuit plaatsen waar het zoet water zich onder een hoger grondwaterpeil bevindt. Dit laatste is vooral belangrijk in de randzone van de polders nabij de duinen. Infiltratie daarentegen komt bijna uitsluitend voor op de hogergelegen kreekruggen, waar het drainagestelsel minder dicht is en waar bovendien de hoofdzakelijk zandige opbouw van het reservoir de insijpeling van zoet water bevordert. De intensieve ontwatering van de klei-op-veen-gebieden en de oppervlakkige halfdoorlatende laag belemmeren bijna volledig het doordringen van het zoet water naar de ondergrond.

De leeftijd van het grondwater neemt toe met de diepte. De leeftijdsverdeling kan zeer complex zijn door de laterale variaties in hydraulische weerstand van de halfdoorlatende lagen. Halfdoorlatende en goed doorlatende lagen kunnen veel in zoutgehalte verschillen.

Voor een overzicht van lokale studies betreffende de grondwaterkwaliteit verwijzen we naar bijlage 4.4.

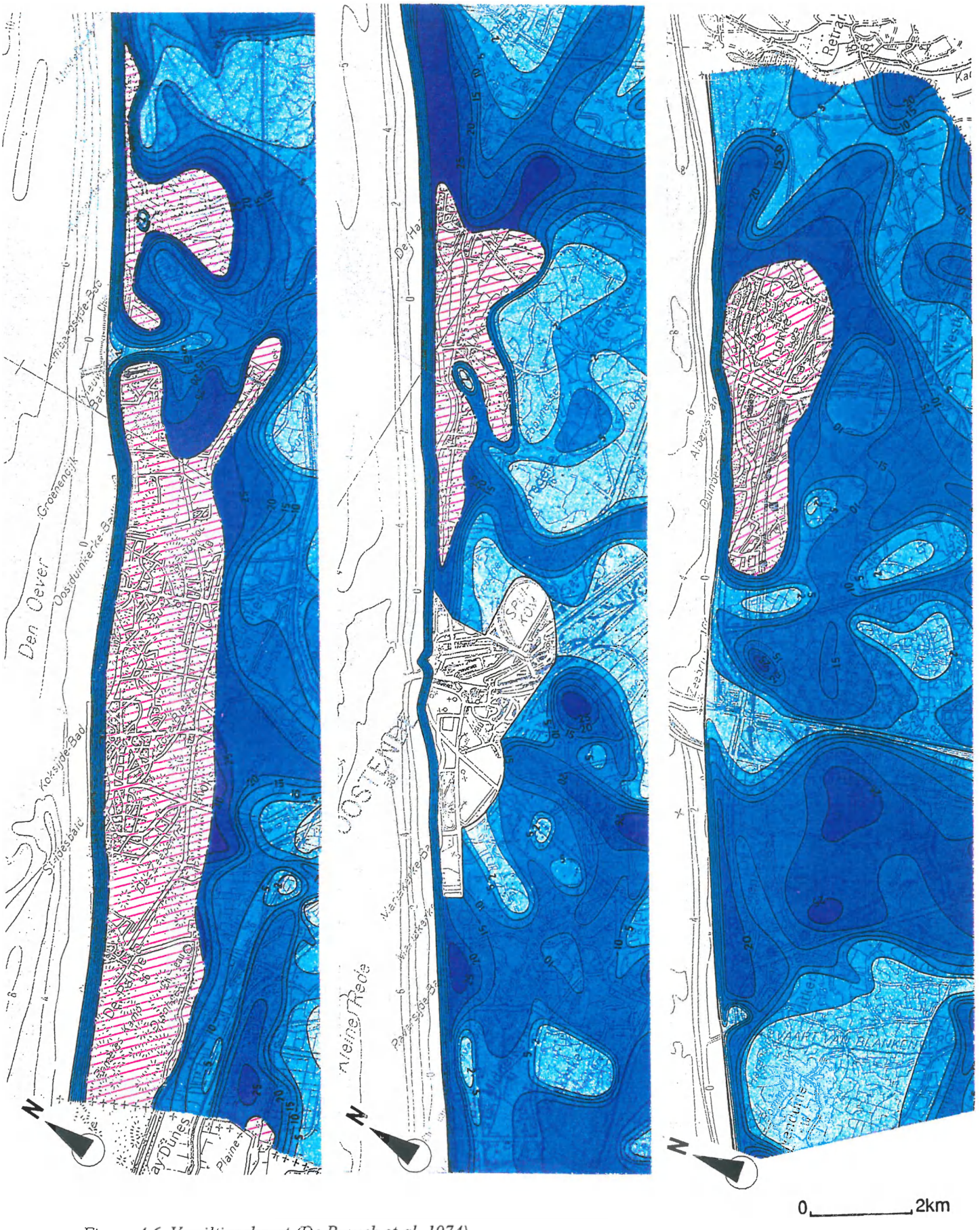
Verziltingskaart

Het kwartair grondwaterreservoir wordt onderaan vrij ondiep begrensd door een dikke kleilaag die als een ondoorlatend substraat beschouwd kan worden. Deze omstandigheid, aangevuld met de relatief geringe breedte van het duingebied in België, laat ondermeer ook zijn invloed gelden op de ondergrondse verspreiding van zoet en zout water. Onder de bredere duinstroken (de Westkust, de Haan-Klemskerke en Knokke-Heist) is het zoutwater volledig uit de watervoerende laag verdwenen (De Breuck et al. 1974). Alleen onder de overige smallere stroken komt onder de zoetwaterlens zout water voor (Van der Veken et al. 1984).

In de periode 1963-1973 werd door het Geologisch Instituut van de Universiteit Gent een systematische hydrogeologische en hydrochemische studie uitgevoerd in de Kustvlakte. Aan de hand van ruim 1700 resistiviteitssonderingen werden de isopachen van de zoetwatervoorraad in het kwartaire reservoir gekarteerd (Figuur 4.6.). Een grondwater wordt als zout omschreven wanneer het zoutgehalte ervan hoger is dan 1500 mg/l (De Breuck et al. 1974).
Voor een overzicht van de graad van verzilting per duingebied verwijzen we naar bijlage 4.5.

4.3.3. Grondwaterkwetsbaarheid

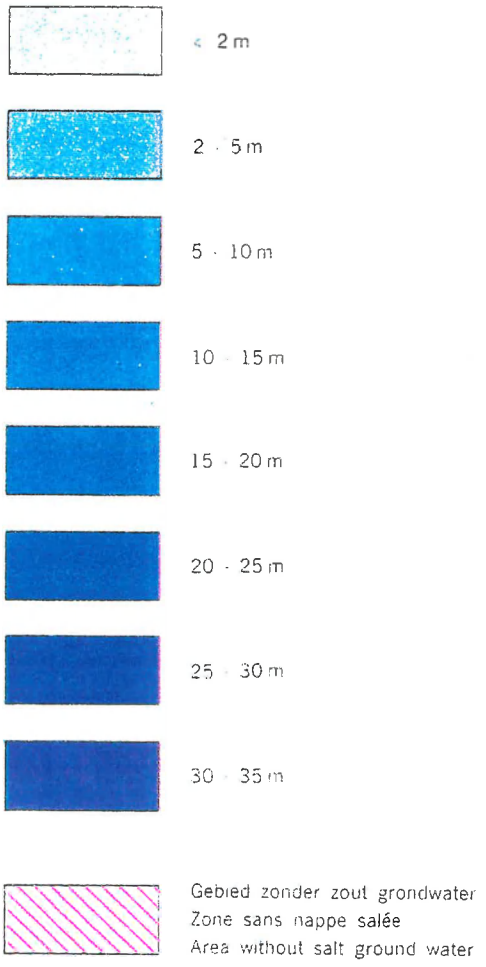
Om de grondwaterkwetsbaarheidskaart op te stellen werden verschillende factoren in rekening gebracht: de lithologie van de doorlatende laag, de lithologie en de dikte van de bedekkende laag, de dikte van de onverzadigde zone. De kwestbaarheidskaart van het grondwater in West-Vlaanderen geeft de freatisch watervoerende laag als zeer kwetsbaar aan (Figuur 4.7.). De reden hiervoor is het ontbreken van een slechtdoorlatende deklaag (duinen, strand en kreekruggen) of de geringe dikte van de deklaag (poldergronden). Hierdoor kan elke verontreiniging aan het maaiveld ongehinderd in het grondwaterreservoir terechtkomen. Op de kwetsbaarheidskaart is in de duinen de kwetsbaarheidsindex Ca1 weergegeven. Dit duidt op een watervoerende laag bestaande uit zand waarbij de deklaag dunner is dan 5 m en/of zandig, en de dikte van de onverzadigde zone dunner of gelijk aan 10 m.



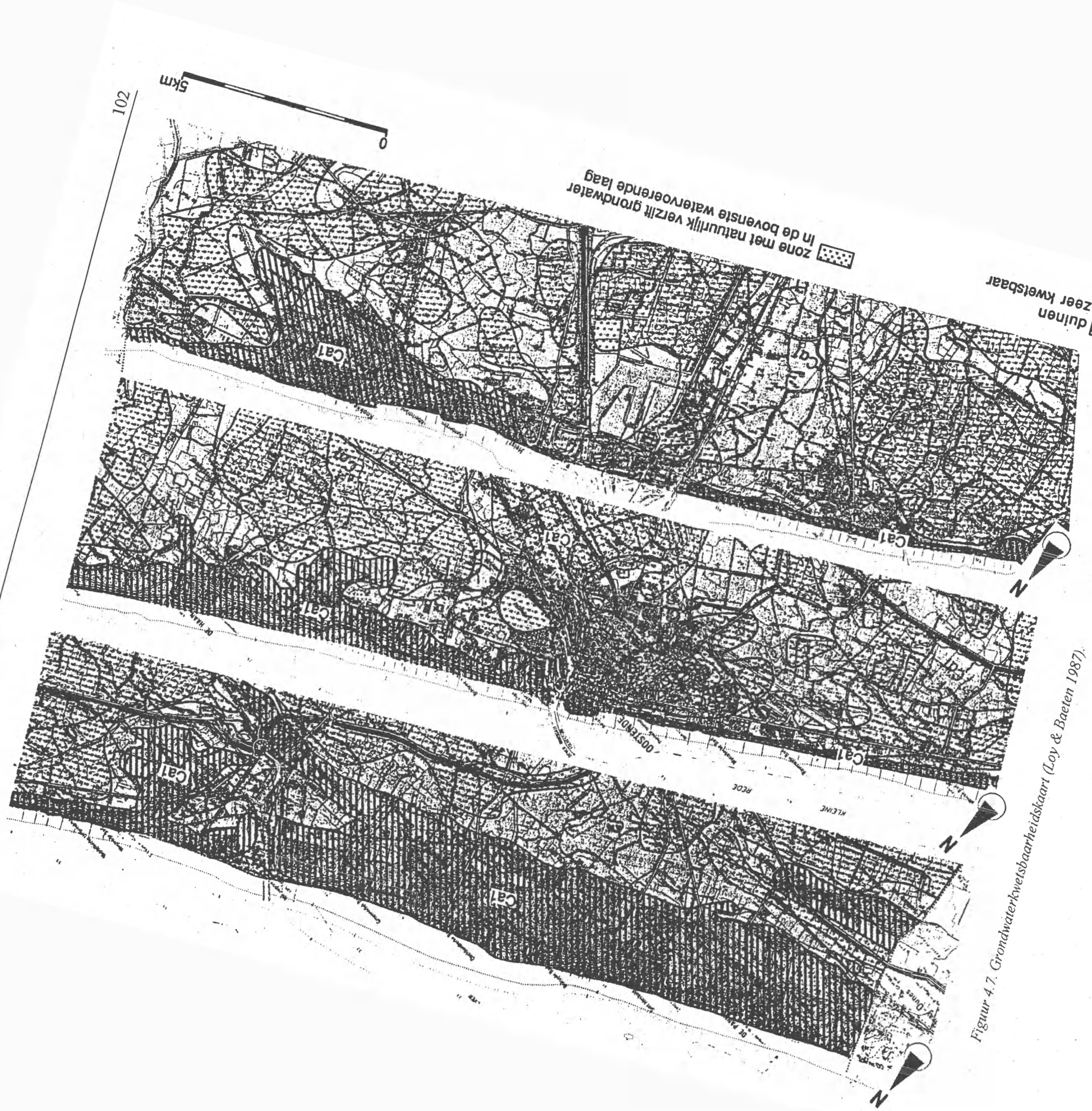
Figuur 4.6. Verziltingskaart (De Breuck et al. 1974).

Legende bij de verziltingskaart (Figuur 4.6.) :

Zout water (> 1500 ppm) op een diepte van :
Eau salée (> 1500 ppm) à une profondeur de
Salt water (> 1500 ppm) at a depth of :



Gebied zonder zout grondwater
Zone sans nappe salée
Area without salt ground water



Figuur 4.7. Grondwaterkwetsbaarheidskaart (Loy & Baeten 1987).

4.3.4. Evapotranspiratie en infiltratie

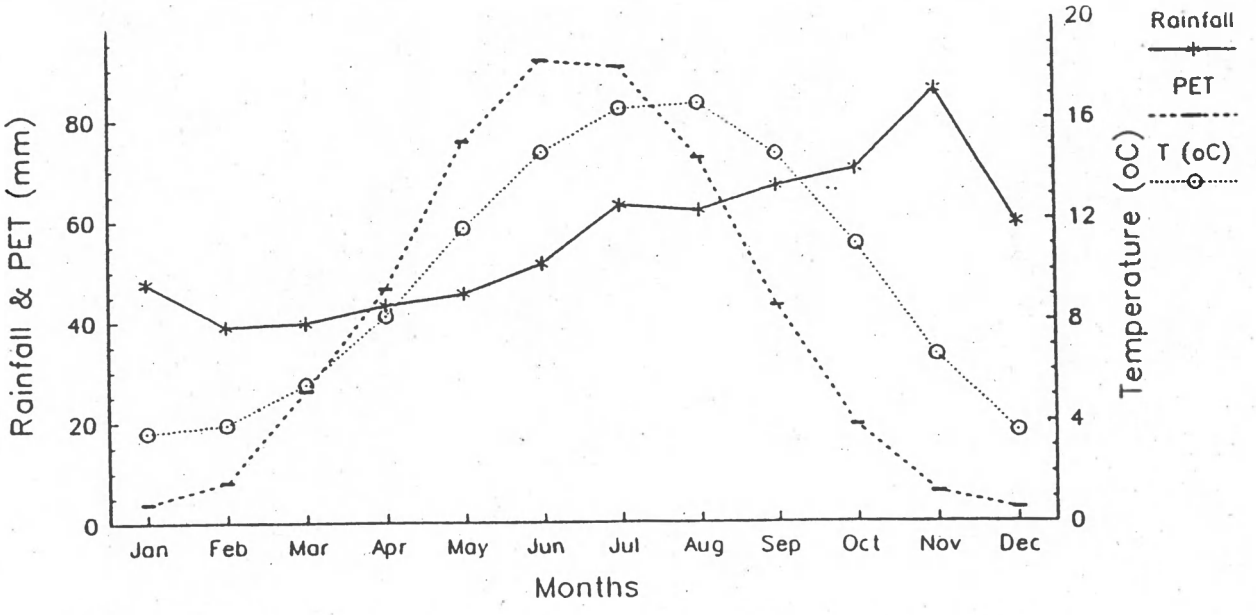
Van de totale hoeveelheid neerslag is er een gedeelte dat verdampt, een gedeelte dat oppervlakkig afvloeit en een gedeelte dat in de grond dringt. Dit is functie van de toestand van het oppervlak, de geologische gesteldheid, het klimaat, de topografie, enz.

Formule van de grondwaterbalans:

invoer	=	uitvoer
R	=	ET + berging + oppervlakte afvloei

R = hoeveelheid neerslag
ET = evapotranspiratie
berging = aanvulling van het grondwaterreservoir

De evapotranspiratie kan berekend worden aan de hand van de methode van Penman en is afhankelijk van klimatologische factoren (zie Figuur 4.8.). De oppervlakkige afvloei in de duinen waarbij water aar de rivieren of beken wordt afgevoerd, is meestal beperkt. Voor de hydrogeologie is de aanvulling van het grondwaterreservoir van belang.



Fiuur. 4.13. Neerslag, temperatuur en het PET-patroon voor de periode 1957-1976 voor Koksijde. PET werd berekend aan de hand van de Penman methode (Khedr 1993 aan de hand van gegevens van Lebbe 1978).

Er zijn weinig gegevens voor het studiegebied bekend. In het duingebied van De Panne werd in het kader van een hydrogeologisch onderzoek door Lebbe (1978), de grondwaterbalans berekend voor de periode 1957-1976 door middel van de methode van Penman. Dit werd bevestigd door de vergelijking van het gemiddelde Cl^--gehalte van het neerslagwater en het gemiddelde Cl^--gehalte in het zoete grondwater van de duinen. Hieruit werd afgeleid dat het jaarlijks gemiddelde neerslagoverschot voor het duingebied van de Panne voor de betrokken periode gelijk is aan 280 mm.

Voor een meer gedetailleerde behandeling van de evapotranspiratie wordt verwezen naar de hoofdstukken klimaat en pedologie.

4.4. Menselijke ingrepen in de grondwaterhuishouding

4.4.1. Drainering polders

Het polderpeil nabij het duingebied is bepalend voor de grondwaterstroming uit de duinen. Voor het studiegebied zijn er oppervlaktewaterpeilen noch debieten gekend.

In Vlaanderen en België zijn peilbesluiten onbestaande (Walraevens et al. 1992). In tegenstelling tot de toestand in Nederland, hoeven er geen streefpeilen ingediend te worden bij de voogdijoverheid. De polderbesturen hebben volledige autonomie betreffende het kwantiteitsbeleid (waterpeil).

In perioden van relatieve droogte infiltreert er geen neerslagwater in de drainagebuizen; een gedeelte van het water in de drainagebuis zal deze zelfs verlaten door capillaire opstijging.

Een drainagesysteem in gebieden met zoute kwel verwijdert slechts een gering gedeelte van het zoute water en belet bovendien dat (zoet) neerslagwater voldoende infiltreert, daar het relatief snel afgevoerd wordt.

4.4.2. Verharding oppervlakken en afvoer via riolering

Door de bebouwing van het duingebied neemt de infiltratie af. Een gedeelte van het regenwater wordt rechtstreeks opgevangen. Het regenwater wordt ofwel opgeslagen in regenputten ofwel uit het gebied weggevoerd door de riolering. Ook deze riolering heeft een invloed op de waterhuishouding. Door afvoer uit het gebied kan de grondwaterkwaliteit van het gebied zich niet wijzigen (Van der Veken et al. 1984).

Verharde oppervlakken

Er kan gesteld worden dat de infiltratiesnelheid van een wegdek met betonklinkers, dallen of kasseien, toeneemt met het oppervlakte-aandeel van de voegen in het wegdek. De infiltratiesnelheid via de voegen is dezelfde als deze in een gelijkaardige grondsoort. De voegen op het hoogste punt van het wegprofiel zijn het minst vervuild.
Kasseien worden in de Vlaamse steden veel gebruikt. Aan de kust zijn de meeste wegen echter geasfalteerd. Metingen verricht in verschillende straten met kasseien geven een gemiddelde voegoppervlakte van 18,3% van de totale oppervlakte. Aangenomen dat voor kasseien de infiltratie nul is, dan wordt de infiltratiesnelheid van het wegdek bepaald door de infiltratie van de voegen (Vyncke et al. 1984).
Er bestaan berekende infiltratiesnelheden doorheen verschillende wegdekken (zie Tabel 4.1.). Daarbij werd de infiltratiesnelheid gelijk gesteld aan de infiltratiesnelheid van de grond in de voeg, vermenigvuldigd met het aandeel aan voegoppervlakte.

Daar waar het wegdek bestaat uit een gesloten asfalt is de infiltratiesnelheid uiteraard onbestaande.

Tabel 4.1.Infiltratiesnelheden doorheen verschillende wegdekken (Vyncke et al. 1984).

Wegdek	Infiltratiesnelheid (mm/h)
Tegels	> 1
Klinkers	> 6
Kasseien	> 9
Grasbetondallen	> 20
Asfalt	0

Afvoer via riolering

Indien de riolen onder de grondwaterspiegel liggen, bestaat de mogelijkheid dat grondwater door lekke buisverbindingen of breuken in de riool dringt. Dit is zeker het geval wanneer de verbindingen tengevolge van verzakking van de riolen open staan. Dit lekwater verhoogt de hoeveelheid door het riool af te voeren water en zand. Lekke riolen leveren door hun drainerende werking gevaar op voor de funderingen; ze kunnen ook wegen doen verzakken.
Rioleringen die boven de grondwaterspiegel liggen, moeten waterdicht zijn om vervuiling van het grondwater te vermijden. Inzonderheid in waterwingebieden worden strenge eisen gesteld.
Aangezien een goed riool waterdicht is, zijn er geen standaardcijfers te geven voor de te verwachten hoeveelheden lekwater. Soms wordt echter wel gerekend met een waarde van 0,5 l/s.km rioolleiding (Van den Bossche 1994).
Om de hoeveelheid regen die in de riolering terechtkomt te berekenen, wordt het begrip afvloeiingscoëfficiënt ingevoerd. Er werden waarden berekend voor de afvloeiingscoëfficiënt in functie van de bebouwingsdichtheid (zie Tabellen 4.1. en 4.2.).

Tabel 4.2. Afvloeiingscoëfficiënt in functie van het oppervlak (Van den Bossche 1994).

Aard van het oppervlak	Helling	Afstromingscoëfficiënt
Grasperken :		
Zanderige bodem	2 %	0,05 - 0,10
	2 - 7 %	0,10 - 0,15
	7 %	0,15 - 0,20
Zware bodem	2 %	0,13 - 0,17
	2 - 7 %	0,18 - 0,22
	7 %	0,25 - 0,35
Straten :		
Asfalt		0,70 - 0,95
Beton		0,80 - 0,95
Stenen		0,70 - 0,85
Daken		0,75 - 0,95

In de praktijk wordt aan alle verharde oppervlakten een coëfficiënt 1 toegekend en aan alle andere oppervlakten een coëfficiënt 0.
Uiteindelijk worden afvoercoëfficiënten bekomen in functie van de bebouwingsdichtheid zoals voorgesteld in Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Neerslag afvloeiingscoëfficiënt in functie van bebouwing (Van den Bossche 1994).

Bebouwingsdichtheid	Afvloeiingscoëfficiënt
Oude stads- en dorpskernen	0,7 - 0,9
Nieuwe stadsdelen (gesloten bebouwing)	0,5 - 0,7
Nieuwe stadsdelen (half-open bebouwing)	0,3 - 0,5
Lintbebouwing (open)	0,2 - 0,3
Parking en sportpleinen	0,1 - 0,2
	0 - 0,1

In de steden wordt de regenneerslag zo vlug mogelijk afgevoerd langs riolen. Gemiddeld 60% van de neerslag, tot zelfs 85% in het stadscentrum, wordt op deze wijze aan de bodem onttrokken (Meyer 1978 cit. in Vyncke et al. 1984). Omdat in de stad zo weinig water effectief in de bodem kan dringen en omdat dit gedeelte overeenkomt met neerslaghoeveelheden onder de 200 mm - de neerslaggrens voor woestijngebieden - wordt de stad al eens vergeleken met een steenwoestijn (Vyncke et al. 1984).

Tenslotte kunnen grote hoeveelheden grondwater verwijderd worden tijdens de aanleg van de riolen (Van der Veken et al. 1984).

4.4.3. Drinkwaterwinning

4.4.3.1. Algemeen

In een aantal duingebieden (Cabour, Calmeynbos, Doornpanne, Blutsyde en golfterrein van Knokke-Heist) wordt drinkwater gewonnen uit de kwartaire watervoerende lagen. Dit gebeurt ten behoeve van het sterk ontwikkelde kusttoerisme en voor de landbouwbedrijven, het huishoudelijk gebruik en een weinig industrieel gebruik in het zoetwaterarme poldergebied (Van der Veken et al. 1984).

Wanneer er water onttrokken wordt uit de ondergrondse formaties, dan zal er zich een nieuw evenwicht instellen in de grondwaterbalans. Het oppompen van grondwater gaat gepaard met een lokale verlaging van de grondwatertafel, wat resulteert in een vermindering van de grondwaterkwel of de grondwateraanvulling, en in mindere mate van de evapotranspiratie. Wanneer men teveel grondwater onttrekt wordt het evenwicht verbroken en wordt het grondwaterreservoir uitgeput. De grootst mogelijke onttrekking is functie van de netto-neerslag. Men neemt aan dat gemiddeld één kwart van de netto-neerslag kan ontgonnen worden (De Smedt et al. 1984).

De mate en de uitgestrektheid van de grondwaterstandsdaling is afhankelijk van de gewonnen hoeveelheid en van de bouw van de ondergrond. Naarmate men meer water onttrekt, neemt de

omvang van de daling toe. Ook de wijze van winning heeft een invloed op de daling van de watertafel. Bij winning boven een halfdoorlatende laag in het freatisch reservoir wordt de watertafel rechtstreeks beïnvloed. In de omgeving van de winning daalt het grondwater het meest. Wanneer de winning onder een halfdoorlatende laag plaatsvindt, zijn de dalingen van de watertafel, onder overigens gelijke omstandigheden, in de directe omgeving van de winning kleiner. Naarmate de verticale waterbeweging kleiner is, daalt de watertafel minder en is het gebied, waarin de dalingen zich voordoen, groter (Bakker 1981).

Pompingen of injecties in het midden van het duingebied veroorzaken de grootste watertafelstandsveranderingen. Pompingen dicht bij de vaste waterstanden doen belangrijke stromingen ontstaan aan deze grenzen. Aangezien, zowel onder de hoogwaterlijn als onder de duin-poldergrens, zout water aanwezig is, houdt dit mee de kans op verzilting in (Van der Veken et al. 1984).

In bijlage 4.6 wordt een overzicht gegeven van de waterwinningen in het Vlaamse kustgebied.

4.5.3.2. Alternatieven

De ecologische gevolgen van de waterwinningen worden beschreven in het hoofdstuk biologie. Een alternatief voor het pompen van grondwater is de infiltratie van gebiedsvreemd water. Men kan een onderscheid maken tussen oppervlakkige infiltratie en diepte-infiltratie of injectie.

Bij oppervlakkige infiltratie worden aan het oppervlak bekkens aangelegd van waaruit het water in de grond sijpelt. Bij diepte-infiltratie wordt het water door middel van infiltratiekanalen of injectieputten op de gewenste diepte gebracht.

Voor het waterwinningsgebied de Doornpanne werden recent een aantal studies gemaakt in verband met kunstmatige infiltratie (Van Houtte et al. 1992, Kuijken et al. 1993 en Provoost et al. 1993).

De omvangrijke onverzadigde zone, die door een winning ontstaat, kan dienen als ondergronds reservoir voor het opslaan van het tijdens de winter beschikbare water. Hierdoor kan een ondergrondse reserve zoet water aangelegd worden, wat de constructie van spaarbekkens overbodig zou maken. Door kunstmatige voeding zal de watertafel niet alleen stijgen in de waterwinningszone, maar ook in de omliggende gebieden. Deze stijging betekent echter niet dat het geïnfiltreerde water daar ook te-rechtkomt.

Hoge eisen dienen aan de kwaliteit van het geïnjecteerde water gesteld te worden. Door de injectie en infiltratie ontstaat er ondergronds een lens van water waarvan de kwaliteit verschilt van die van het natuurlijke duinwater. De volumetrische uitbreiding van de lens gebeurt traag, in tegenstelling tot de voortplanting van de druktoename. Door de druktoename in het grondwaterreservoir stijgt de watertafel. Tijdens en op het einde van de winter kunnen pannen in de omliggende gebieden opnieuw onder water komen te staan met natuurlijk duinwater. De watertafelschommelingen in de gebieden nabij het infiltratie- en waterwinningsgebied zullen een meer natuurlijk verloop hebben dan wanneer men alleen grondwater zou winnen. De ruimtelijke uitbreiding van de het in kwaliteit verschillend infiltratiewater kan door een gepaste opstelling van winnings- en infiltratieputten binnen het waterwin-gebied gehouden worden (Lebbe et al. 1993).

Bij de doorstroming van de freatisch watervoerende laag in het waterwingebied zullen aanvankelijk talrijke chemische reacties plaatshebben tussen het geïnfiltreerde water en het reservoirgesteente, o.m. een reductie van de nitraten. Naarmate de infiltratie voortduurt, zal er zich tussen het grondwaterreservoir en het geïnfiltreerde water een evenwicht instellen en de chemische reactiviteit zal verminderen. Doordat de winningsputten water oppompen, dat op verschillende tijdstippen infiltreert, is er een menging van water waardoor de kwaliteits- en de temperatuurschommelingen afgevlakt worden. Hierdoor wordt de behandeling van het geïnfiltreerde water goedkoper dan dat van water opgeslagen in een spaarbekken. Door de kunstmatige voeding doet zich tijdelijk een sterke grondwaterstroming voor, zowel naar de zee als naar de polders toe. Ondergrondse opslag maakt water beschikbaar in perioden met een grote vraag naar drinkwater (de zomervakantie). De gebieden die thans voor waterwinning voorzien zijn, zouden aldus optimaal benut worden en het dreigende verziltingsgevaar zou worden gekeerd. Ondergronds opgeslagen water is beter beschermd tegen een mogelijke luchtverontreiniging. Bij een calamiteit kan de winning van oppervlaktewater onmiddellijk stopgezet worden en kan een beroep gedaan worden op de ondergronds opgeslagen voorraden (Lebbe et al. 1993). Dit is schijnbaar in tegenstrijd met de grondwaterkwetsbaarheidskaart die de freatische watervoerende laag in de duinen aangeeft als zeer kwetsbaar. De informatie op die kaart heeft echter betrekking op lange termijnen. Daartegenover is de invloed van calamiteiten meestal korststondig. De vervangende watervoorraad wordt gedurende korte termijn aangesproken. In dit opzicht is de ondergrondse grondwatervoorraad minder kwetsbaar dan het oppervlaktewater.

Volgens Bakker (1981) kan men een onderscheid maken tussen twee vormen van diepte-infiltratie. In het ene geval is de infiltratie-put nauw omsloten door een ring van putten die freatisch water winnen. Het geïnfiltreerde water wordt nagenoeg volledig en onmiddellijk teruggewonnen, samen met een kleine hoeveelheid duinwater. Op deze manier ontsnapt er geen infiltratiewater naar het aangrenzend freatisch reservoir. In het eigenlijke infiltratiegebied treedt een verstoring op van de bodem- en grondwaterkwaliteit. Daarbuiten behouden bodem en grondwater hun natuurlijke kwaliteit.

In het andere geval kan het infiltratiewater betrekkelijk ongestoord afstromen in het bovenste watervoerend pakket. De winningsinstallatie bevindt zich op aanzienlijke afstand van de infiltratiekanalen of betrekt het water van onder een slecht-doorlatende laag. Dit heeft tot gevolg dat in een wijde omgeving van het infiltratiegebied menging van duinwater met infiltratiewater plaatsvindt, waardoor bodem en grondwater een onnatuurlijke kwaliteit krijgen.

Men kan ook grintlichamen onder hoge duingebieden aanbrengen. Deze grintlichamen bevinden zich boven de oorspronkelijke grondwatertafel en worden gevoed door voorbehandeld oppervlaktewater. Het is duidelijk dat men hier hoge eisen moet stellen aan de kwaliteit van het te infiltreren water. Alhoewel deze methode wellicht beter in het duinmilieu geïntegreerd kan worden, bestaat geen ervaring hiermee (Van der Veken et al. 1984).

Het water gewonnen uit de kwartaire afzettingen kan gemengd worden met water afkomstig van diepere lagen, zoals het Landeniaan. Het is onmogelijk om enkel water afkomstig uit het Landeniaan te gebruiken als leidingswater, omdat de kwaliteit niet voldoet aan de drinkwaternormen (F^- boven 1,50 mg/l). Door het gebruik van grondwater van het Landeniaan kan men de winning van natuurlijk duinwater verminderen. Hierdoor zal de grondwatertafel minder sterk fluctueren (Lebbe, mond. med.).

Bij het stopzetten van de grondwaterwinning in de duinen zal de grondwatertafel geleidelijk stijgen. De zoetwaterlens onder de duinen zal toenemen. Het brakke en/of zoute grondwater zal verdrongen

worden in de richting van de zee en de polders. De oorspronkelijke grondwaterstroming zal zich geleidelijk herstellen.
Voor een duingebied met een breedte van 2 km berekende Bakker (1984) dat het instellen van een hydrologisch evenwicht ongeveer 250 jaar duurt. Herstel van vochtige duinmilieus is dus in ieder geval een lange termijn-aangelegenheid.
De ecologische aspecten van waterwinning in de duinen worden meer uitgebreid belicht in het luik "Natuurontwikkeling" van deze studie.

4.4.4. Verzilting

Het is duidelijk dat omwille van het zilt karakter het grondwater in de kustvlakte, slechts in beperkte mate grondwater kan worden gewonnen (Loy & Baeten 1987).

Verzilting, d.w.z. toename van het zoutgehalte in het water, wordt zowel door natuurlijke als door menselijke invloed veroorzaakt. Het zoute grondwater is nooit helemaal uit de freatisch watervoerende laag verdrongen. De ontwikkeling van de zoetwaterlens in de duinen heeft op sommige plaatsen een zeewaartse terugdringing van het zoute grondwater belemmerd. De aanleg van belangrijke zeekanalen, zoals het Boudewijnkanaal, heeft plaatselijk het grondwaterreservoir verzilt. De ontwatering van de polders draagt eveneens bij tot het behoud van het zoute grondwater. Door de intensieve drainage is de ontwikkeling van de bovenliggende zoete grondwaterlaag beperkt gebleven. Daardoor beweegt ook het zoute en brakke grondwater opwaarts wat aanleiding geeft tot zoute kwel en verzilting van de teeltlagen (De Breuck et al. 1984).

Als de gewonnen hoeveelheid grondwater groter is dan het neerslagoverschot, zal de waterstand sterk dalen en zal verzilting van de zoetwaterlens optreden.

4.5. Duin-polderovergang als kwelzone

Huidige toestand

Van de neerslag die in de grond sijpelt beweegt zich in principe ongeveer de helft in de richting van de zee, de andere helft naar het achterliggende polderland. Dit laatste gedeelte kan daar als zoet kwelwater te voorschijn komen (Bakker 1981). Bepalende factoren bij de verdeling van de afstroming over beide richtingen, zijn de stijghoogten aan beide zijden van het duingebied en de bouw van het grondwaterreservoir.

De grondwatertoestand, zowel wat de stroming als de kwaliteit betreft, is in het kustgebied overal door de mens beïnvloed. De waterbeheersing van de polders, een door de mens geschapen landschap, heeft ook zijn weerslag op het grondwater in de duinen. Door zijn lage ligging t.o.v. de gemiddelde zeespiegel zou het poldergebied zonder menselijke tussenkomst regelmatig door de zee worden overstroomd, waardoor zich een brak moerasgebied zou vormen.

De poelen die in de polders voorkomen kunnen zoet water bevatten. Het neerslagwater sijpelt niet of slechts langzaam in de grond omdat de bovenlaag uit polderklei bestaat. Tijdens droge zomers kunnen deze poelen droog staan, of kan er door kwel zout water in voorkomen. De kreken die in de polders voorkomen, kunnen tijdens droge zomers een zoutere waterkwaliteit hebben dan in de winter, door het optreden van zoute kwel.

De aanleg van moerassen door verlaging van het maaiveld door uitgraving in de duin-polderovergangszone, kan leiden tot een kleine daling van de grondwatertafel, omdat er meer water beschikbaar is voor verdamping. De grondwaterscheidingskam verplaatst zich dan verder van de polders. Voor een evolutie van een dergelijke ingreep op de grondwatertoestand moet een gebiedsgerichte hydrogeologische studie worden uitgevoerd.

Herstelmogelijkheden

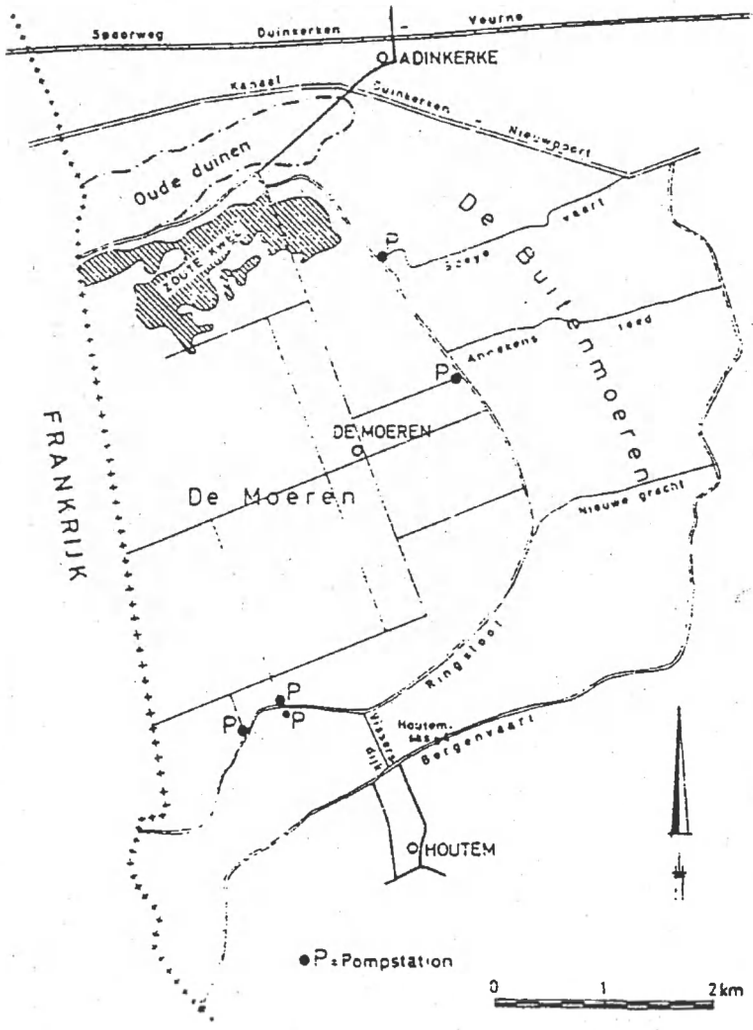
Om een vernatting van de binnenduinrand te bekomen, kan men de afvloei naar de polders verminderen. Hierdoor zal de grondwaterkwaliteit zich wijzigen. De weerslag op de polders en de laaggelegen gebieden in de duinen dienen vooraf grondig bestudeerd te worden.

Het is theoretisch mogelijk om het waterpeil van beken en kanalen te verhogen. Hierdoor zal de grondwatertafel hoger komen te liggen. Hoe verder men zich van de beek of het kanaal verwijdert, hoe kleiner de invloed zal zijn. De invloed op de polders en laaggelegen gebieden dient eveneens vooraf grondig onderzocht te worden.

De Moeren

Figuur 4.9. geeft de plaats aan waar in 1957 zoute kwel optrad in het noorden van De Moeren (De Vos 1985). De uitbreiding van de zoute kwel hangt nauw samen met de waterwinning in de Oude Duinen en de manier van draineren in de polders.

Door de stopzetting van de grondwaterwinning in Cabour bestaat de kans dat de natuurlijke omstandigheden zich geleidelijk herstellen door toename van de zoute kwel.



Figuur 4.9. De zoute kwel in het noorden van De Moeren, voor 1957 (Ameryckx & T'Jonck 1957 cit. in De Vos 1985).

5. Pedologie

5.1. Het duingebied

5.1.1. Bestaande bodemkundige gegevens

Literatuur over Vlaamse duinbodems is zeer schaars.

De duinbodems werden op 11 bladen van de **Bodemkaart van België** (schaal 1 : 20 000) in kaart gebracht. De kartering greep plaats vanaf 1947 tot en met 1963. De Duinstreek werd voornamelijk gekarteerd aan de hand van oppervlaktewaarnemingen (reliëf en vegetatie) en luchtfotointerpretatie; er werd 1 boring per 5 ha uitgevoerd (voor het poldergebied tot 3 boringen per ha).

De gebruikte legende onderscheidt 4 klassen : serie A : "hoge duinen", serie B : "duingronden", serie C: "geëgaliseerde gronden" en serie D : "overgangsgronden". Series A, B en C worden verder onderverdeeld naargelang de vochtigheidstoestand van de bodem, serie D wordt onderverdeeld naargelang de textuur van de bovengrond. De bodemkaart duidt dus enkel de verspreiding aan van zandige bodems (voor series A, B en C) (of meer precieze informatie van de textuur voor de bovengrond voor serie D), die afhankelijk van de landschapspositie al dan niet onder de invloed van de grondwatertafel staan.

Bij deze bodemkaarten behoren de "Verklarende teksten van de bodemkaart" en het "Systematisch profielonderzoek van de bodemtypen". Hierbij werden voor de ganse Duinstreek 19 profielen van de overgangsgronden, 8 van de geëgaliseerde gronden en 2 van de duingronden geanalyseerd en beschreven.

De bodemkaart geeft geen enkele informatie omtrent kenmerken en processen aanwezig in dit gebied die relevant zijn voor de ecosysteemdynamiek zoals o.a. de graad van ontkalking, humusaccumulatie, beginnende podzolisatie, beginnende verbruining & bodemverdichting.

Vanaf 1988 werd voor de eerste maal bodemkundig onderzoek in de Duinstreek uitgevoerd door de eenheid Bodemkunde van de Universiteit Gent, voornamelijk in het staatsnatuurreservaat De Westhoek te De Panne en in het Hannecartbos te Koksijde. De aanpak van dit onderzoek legt de nadruk op het belang van de edafische factor in de ecosysteemdynamiek.

In Nederland werd reeds veel meer bodemkundig onderzoek verricht door diverse instanties zoals het Fysisch Geografisch en Bodemkundig Laboratorium van de Universiteit Amsterdam, PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland, NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland, Gemeentewaterleidingen Amsterdam, Laboratorium voor Plantenecologie van de Universiteit Groningen. Deze instanties werden aangeschreven en de ter beschikking gestelde rapporten zijn in onderstaand literatuuroverzicht verwerkt.

Het is evident dat in het kader van een ecosysteemvisie de bodemkarakterisatie zo volledig mogelijk moet zijn. De bodemgegevens dienen verder aangevuld te worden met klimatologische, historische, geomorfologische, hydrologische en biotische gegevens.

5.1.2. Kenmerken van duinbodems

5.1.2.1. Fysische bodemkenmerken

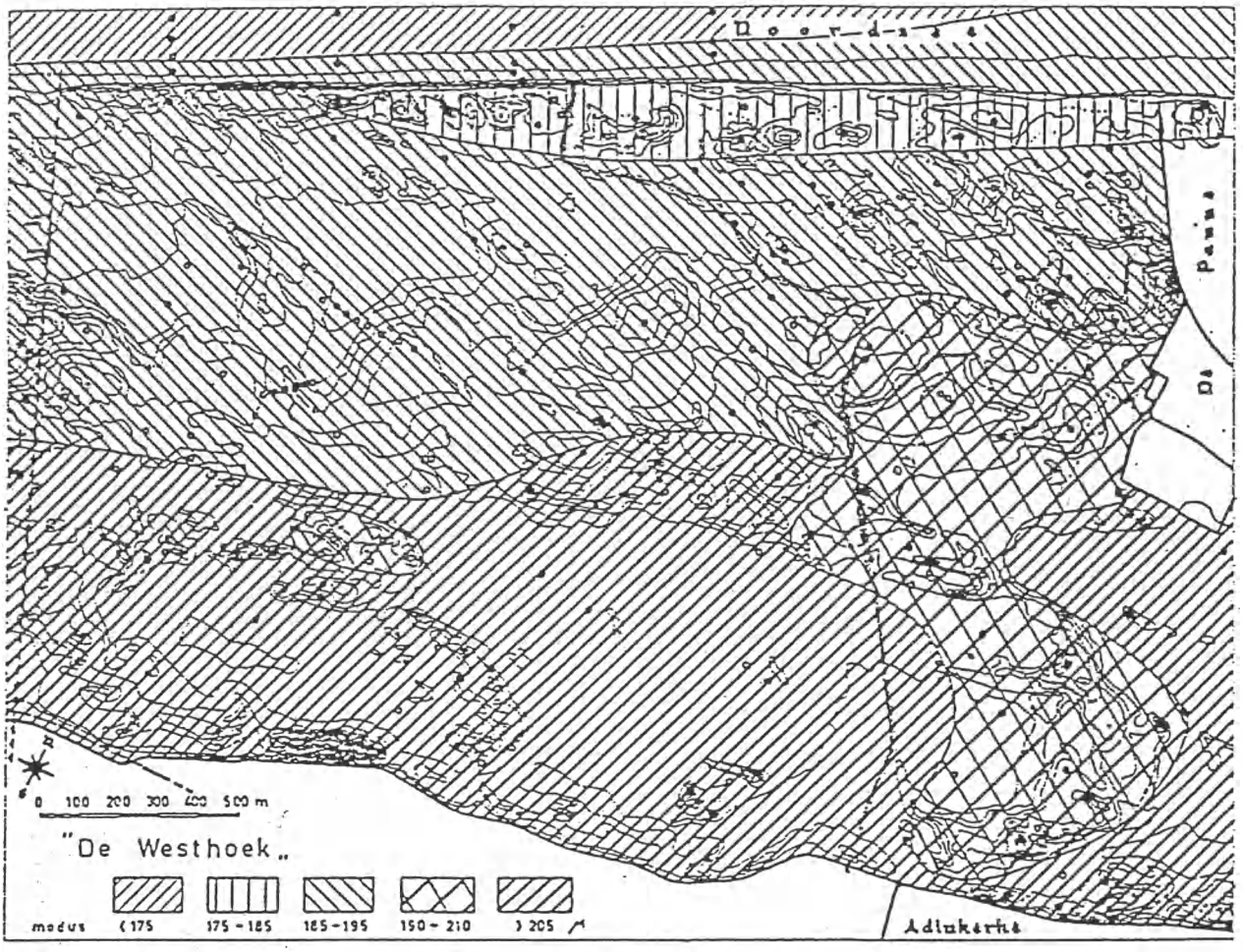
De studie van Depuydt (1972) geeft een goed overzicht van de **korrelgrootte** van het strand- en duinsediment langsheen de Vlaamse kust. De granulometrische analyse gebeurde echter op ontkalkte oppervlaktemonsters wat een artefact creëert ter hoogte van de cijfergegevens. Voor het strandzand ligt de gemiddelde korrelgrootte tussen 175 en 305µ, het is goed gesorteerd. De Westkust heeft gemiddelde korrelgroottes kleiner dan 208µ, terwijl vanaf Oostende tot aan de Belgisch-Nederlandse grens de gemiddelde korrelgrootte langzaam oploopt tot meer dan 295µ.

De gemiddelde korrelgrootte van het duinzand is iets lager dan voor het strandzand. Ook het duinzand is goed gesorteerd. De grofste duinsedimenten worden teruggevonden vanaf Knokke tot aan de Belgisch-Nederlandse grens (> 295µ).
Voor het Westhoekreservaat bestaat een detailstudie (Depuydt 1966 & 1967) (zie Figuur 5.1.). 291 monsters werden genomen aan het oppervlak en in oudere bedolven humeuze horizonten en onderworpen aan een granulometrische analyse. De duinengordel ten noorden van het Centraal Wandelduin heeft een moduswaarde die schommelt tussen 175 en 195µ (gemiddeld 188µ); in de zuidelijke duinengordel schommelt de moduswaarde tussen 205 en 215µ (gemiddeld 210µ). Een gedeelte van de zeereep, waar ook de hoogste duintoppen zich bevinden, bevat iets fijner materiaal. De duinengordel van Ghyvelde-Adinkerke heeft iets fijner zand met een gemiddelde moduswaarde van 180µ.

In de studies uitgevoerd door de eenheid Bodemkunde van de Universiteit Gent (Baes 1989, Vermoortel 1990, Ampe 1991, Van Haesebroeck 1994 en dit project) werd systematisch de dikte van de **biologisch actieve laag** bepaald. Met de biologisch actieve laag wordt bedoeld: een horizont van variërende dikte, met los gestapelde zanden, meestal structuurloos, met wisselend humus-gehalte en goed doorworteld. Hoe dikker deze biologisch actieve laag, hoe groter het beschikbare bodemvolume voor vocht- en nutriëntenvoorziening.

Bovenvernoemde studies werden in detail uitgevoerd in de jongere pannesystemen van het Westhoekreservaat en in het Hannecartbos. In dit project werden deze gegevens aangevuld door observaties in alle bezochte sites.

De dikte van de biologisch actieve laag werd bepaald door middel van:
1) penetrograaf : meten van de penetratieweerstand;
2) visteerijzer (penetration rod - een relatieve bepaling van de penetratieweerstand);
3) worteldiepte op een verticale wand.



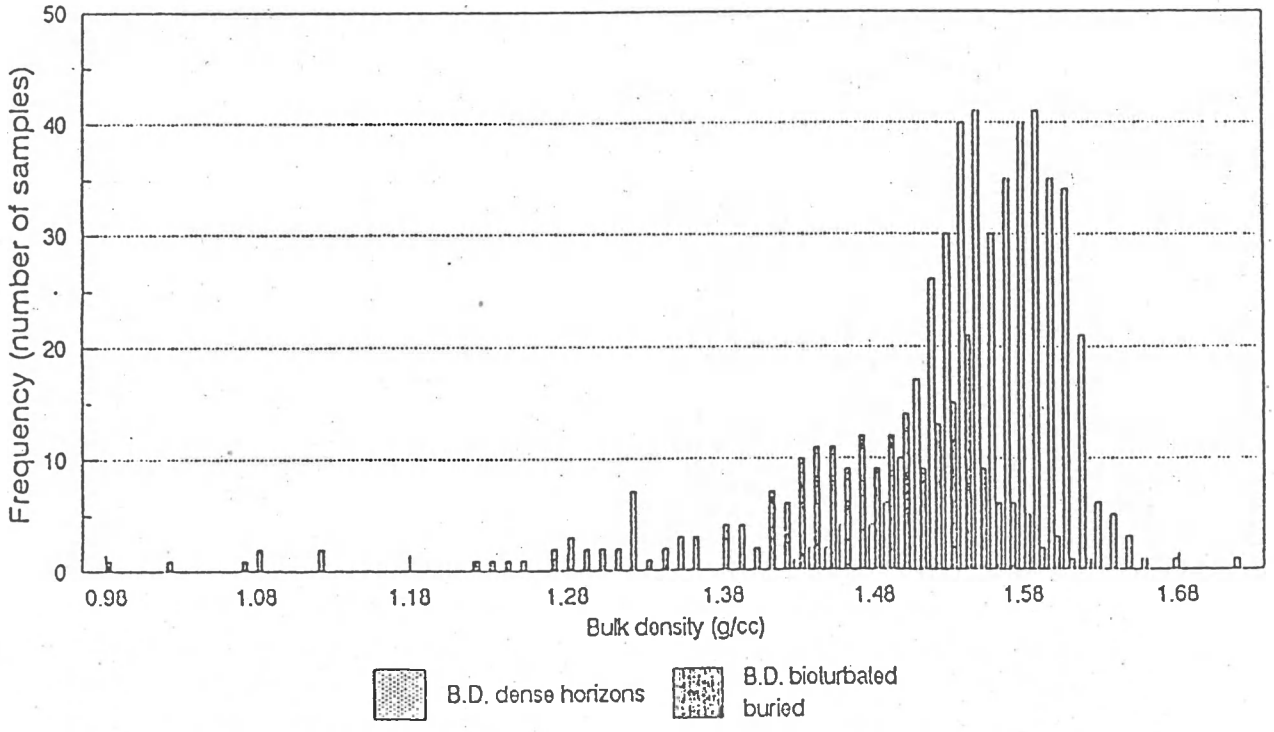
Figuur 5.1. Moduswaarden van de oppervlakte-zanden in het duingebied ten westen van De Panne (Depuydt 1966).

Het gebruik van penetrograaf en visiteerijzer vereist een bodem op veldcapaciteit omdat de penetratieweerstand beïnvloed wordt door de vochtigheidstoestand van de bodem.

In de jonge systemen van de Westhoek worden **penetratieweerstanden** van meer dan 500 N/cm^2 gemeten vanaf een diepte van 20 - 30 cm (Baes 1989, Vermoortel 1990). Microruggetjes aan de rand van de pannevloer, waar Kruipwilg en Helm meegroeien met het duin vertonen een lage penetratieweerstand. Humeuze lagen veroorzaken een afname in de penetratieweerstand, terwijl een venige laag een grotere penetratieweerstand vertoont maar niet belemmerend is voor wortelpenetratie. In een iets langer gestabiliseerd systeem onder opgaand struweel varieert de dikte van de biologisch actieve laag tussen 16 en 56 cm. Op de ruggen is de biologisch actieve laag iets dikker (41-56 cm) dan in de depressies (16-35 cm). De opbouwgeschiedenis van het duin (meegroeien van de vegetatie) of de grotere biologische activiteit van de konijnen kunnen een verklaring zijn voor de diepere biologisch actieve laag op de duinruggen. In de onderliggende verdichte C-horizont vindt men meestal de wortels terug in een dode wortelgalerij. In de Westhoek werd een chronosequentie van 60 jaar onderzocht. Naarmate het systeem ouder wordt, blijft de biologisch actieve laag even dik, zolang men rekening houdt met dezelfde landschapspositie.

In het Hannecartbos is voor de profielen gesitueerd in het venige gedeelte van het bos, de beworteling beperkt tot het venige deel van het profiel (Van Haesebroeck 1994). Voor de andere profielen van het bos is de biologisch actieve laag beperkt tot 30 à 48 cm diepte. Deze biologisch actieve laag komt overeen met de bodem die vroeger omgespit is geweest.
Op slechts één site, namelijk op een kleine duinrug, is er iets diepere beworteling: ook hier zal de opbouwgeschiedenis, met name het meegroeien van de vegetatie met de accumulatie van het zand, een rol gespeeld hebben.

Een maat voor de verdichting van de bodem wordt gegeven door het **schijnbaar soortelijk gewicht** (SSG). De beschikbare cijfergegevens (Baes 1989, Vermoortel 1990, Ampe 1991 & Maseki 1991) voor de biologisch actieve en niet actieve laag zijn sterk gelijklopend in het Westhoekreservaat en het niet venige gedeelte van het Hannecartbos. Voor de Westhoek was het gemiddeld SSG voor 121 monsters van de biologisch actieve laag 1.50 g/cm^3, voor de geconsolideerde C-horizont was het gemiddelde SSG (436 monsters) 1.56 g/cm^3 (Ampe & Langohr, 1993) (Figuur 5.2). De venige horizonten in het Hannecartbos hebben een zeer lage SSG met waarden tussen de 0.38 en 0.72 g/cm^3. De onderliggende zandige C-horizonten hebben een SSG tussen de 1.41 en 1.56 g/cm^3 (Van Haesebroeck, 1994). Gedurende het project werden meer gegevens verzameld voor Cabour en Blutsijde.



Figuur 5.2. Histogram die de verdeling van het schijnbaar soortelijk gewicht (in g/cm^3) toont voor de biologisch actieve laag (bioturbated buried) en de geconsolideerde C-horizont (dense horizons) (Ampe 1991).

Duinbodems hebben door hun zandige textuur een zeer gering **vochthoudend vermogen**. Door toename van het humusgehalte verbetert de vochtvoorziening in deze bodems (Klijn 1981). Precieze cijfergegevens over de hoeveelheid beschikbaar water in zandige bodems in verband met het humusgehalte werden tot nu toe niet teruggevonden in de literatuur.

Het watergehalte in de zandige duinbodems van de Westhoek en het Hannecartbos kan zeer uiteenlopende waarden bereiken: van 0 volume% (volledig droog) tot 54 volume% (volledig verzadigd) (Baes 1989, Ampe 1991). Een aantal metingen uitgevoerd in het kader van dit project tonen een watergehalte in volume% tussen 6 en 18% voor Blutsijde en tussen 5 en 35% voor Cabour. De hoeveelheid water in de duinbodems is afhankelijk van de porositeit, het al dan niet in contact staan met de grondwatertafel, klimatologische omstandigheden, hydrofobie, humusgehalte, enz..

De **capillaire stijgingshoogte** bereikt in de duinzanden ongeveer 40 cm (Michiels et al. 1988, Ampe 1991, Maseki 1991 & Van Soesbergen et al. 1993).

In het venige gebied in het Hannecartbos bereikt het watergehalte waarden tot 80 volume%, gezien de hoge porositeit van de bodem en de nabijheid van de grondwatertafel (Van Haesebroeck 1994).

Het beschrijven van **humusprofielen** werd tot nu toe nog niet uitgevoerd op duinbodems van de Vlaamse kust. Twee systemen worden voorgesteld voor het beschrijven van humusprofielen: het systeem van Klinka et al. (1981) en het systeem van Delecour (1980). Eerstgenoemde wordt regelmatig vermeld in de Nederlandse literatuur. Beide systemen hebben een hiërarchische structuur.

Het systeem van Klinka et al. (1981) onderscheidt de niveaus orde, groep en subgroep. Op het hoogste niveau, de orden, worden de internationaal gebruikte termen mull, moder en mor gebruikt. Deze 3 orden worden onderverdeeld, naargelang het voorkomen van de diagnostische organische en minerale horizonten. Het criterium zoals de vochtigheidstoestand van het profiel komt slechts op het tweede niveau aan bod.

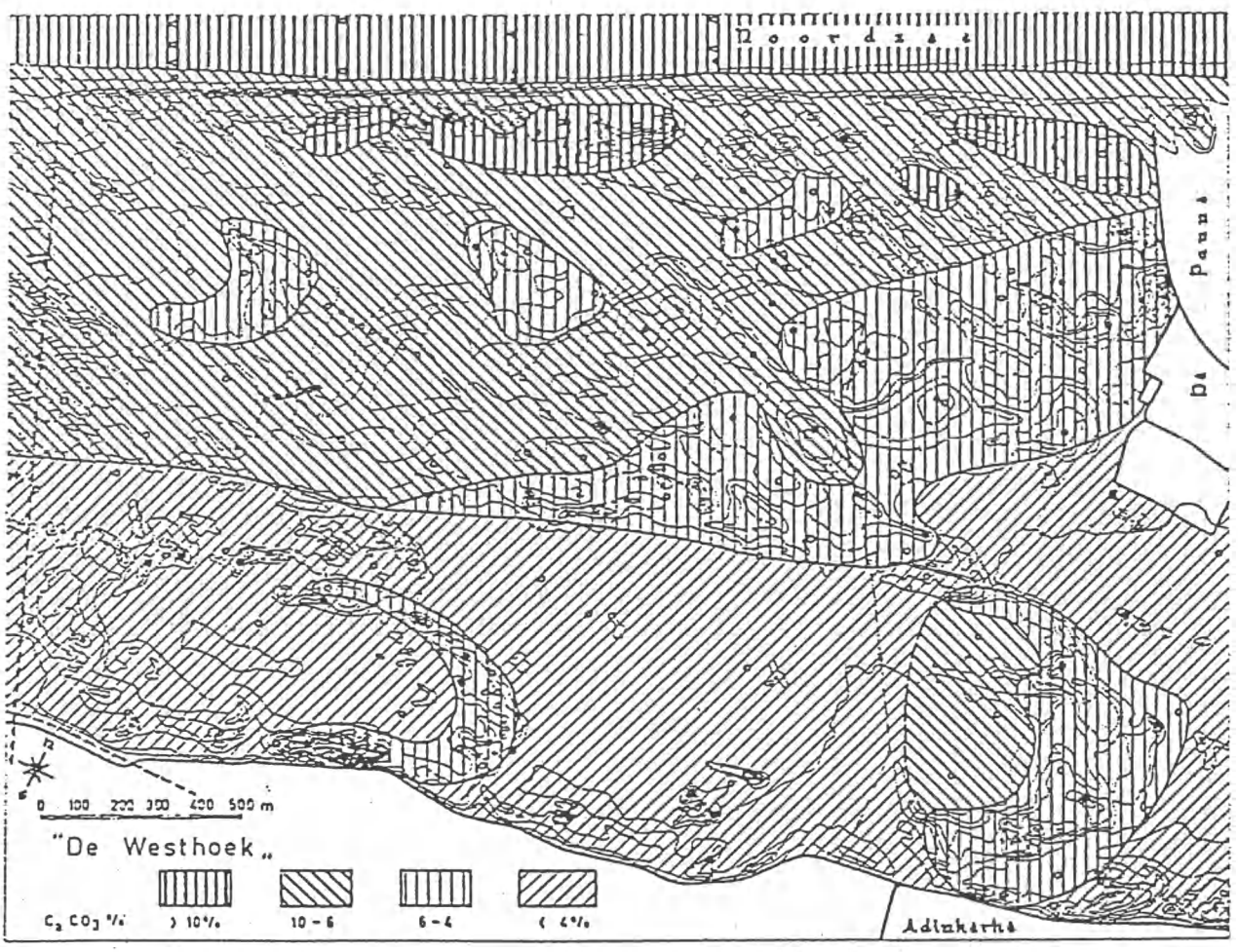
Het systeem van Delecour (1980) onderscheidt de volgende niveaus: klassen, orden, suborden, familie, vorm, fase en variante. De hoogste niveaus, klassen en orden, worden onderverdeeld op basis van de vochtigheidstoestand van het profiel. Slechts op lagere niveaus worden de diagnostische horizonten gebruikt. De termen mull, mor en moder komen op het familie-niveau voor. Verder onderzoek moet uitwijzen welke van de twee systemen het best bruikbaar is voor het Vlaamse duingebied.

5.1.2.2. Chemische bodemkenmerken

Een groot aantal **kalkgehaltebepalingen** (1100 oppervlaktemonsters langsheen 964 km Europese kust) werden uitgevoerd door Depuydt (1966, 1972). Alhoewel Depuydt vermeldt dat het om oppervlaktemonsters gaat, is het niet duidelijk tot op welke diepte de bemonstering gebeurde en welke soort profielen bemonsterd werden. Dit is uitermate belangrijk want bodems ontkalkt tot slechts enkele centimeters diepte komen veelvuldig voor.

In grove trekken neemt het kalkgehalte langsheen de kust af van W naar O. Kalkgehaltes van meer dan 8% worden gemeten tegenaan de Franse grens in het Westhoekreservaat, en tussen Koksijde en Nieuwpoort. Relatief lage waarden (minder dan 4%) worden gevonden ter hoogte van De Haan en vanaf Duinbergen tot aan de Nederlandse grens.

Een detailstudie voor de Westhoek (Depuydt 1966) (291 monsters) toont aan dat het kalkgehalte van het strandzand hoger is dan voor het duinzand (Figuur 5.3.). In de duinengordel zelf is het kalkgehalte het hoogst in de duinengordel ten noorden van het Centraal Wandelduin met waarden van 6 tot 8%, op enkele paraboolkernen na waar het kalkgehalte 4 tot 6% is. Tegenaan de zeereep vindt men in enkele zones een kalkgehalte van meer dan 10% terug. Het oostergedeelte van het Centraal Wandelduin heeft een kalkgehalte van 4 tot 6%. In de zuidelijke duinengordel ligt het kalkgehalte veelal beneden de 4%, met uitzondering van de centrale duinrug waar het kalkgehalte 4 tot 6% bedraagt. In de duinengordel van Ghyvelde-Adinkerke ligt het kalkgehalte beneden de 2%. Volgens Moormann & T'Jonck (1960) zijn deze duinen volledig ontkalkt tot op 2 tot 3 m diepte. Niettegenstaande deze literatuurgegevens werden door ons in Cabour een aantal profielen teruggevonden die kalkrijk zijn vanaf of op zeer geringe diepte vanaf het oppervlak.



Figuur 5.3. Kalkgehaltebepaling van de Westhoeksedimenten, die zich voordoen aan het huidig evoluerend oppervlak (Depuydt 1966).

Wat betreft de oorsprong van de kalk en de hogere kalkgehalten voor de Westkust, haalt Depuydt (1972) 3 redenen aan:
- de afbraak van de krijtkliffen ten westen van Calais;
- het kalkrijke milieu van het Noordfranse zeewater bevordert het schelpdierenleven;
- meer schelpen worden tot gruis geslagen in het uiterste westen wat het kalkgehalte in het sediment bevordert.

Ph-gegevens zijn voor de Vlaamse kust schaars. Slechts enkele metingen werden uitgevoerd in het Westhoekreservaat en in het venige gedeelte van het Hannecartbos. In een iets langer gestabiliseerd systeem in de Westhoek, onder opgaand struweel, bedraagt de pH in één profiel nabij het oppervlak 6.85, met de diepte nam hij toe tot 8.2. In een ander nabijgelegen profiel bedroeg de pH vanaf het oppervlak meer dan 8.0 (Maseki 1991). In het venige gedeelte van het Hannecartbos (Van Haesebroeck 1994) werden pH-waarden van rond de 5.5 gemeten nabij het oppervlak. Met de diepte nam de pH toe, en onder de venige horizonten ligt de kalkrijke zandige C-horizont met pH-waarden tussen 8.3 en 8.7.

Een aantal processen kunnen de pH doen dalen of toenemen (Lammerts et al. 1992). Processen die de pH doen stijgen: het vrijkomen van kationen uit het grondwater die opgenomen worden door het uitwisselingscomplex van de bodem, het oplossen van mineralen bv. $CaCO_3$, anionenadsorptie bv. sulfaten door de organische fractie van de bodem, reductieprocessen bv. reductie van sulfaten tot sulfiden, ... Processen die een pH-daling veroorzaken worden onderverdeeld in externe en interne processen. Een extern proces is de aanvoer van zuren (S- en N-oxiden) door atmosferische depositie. Interne processen zijn: de productie en het oplossen van CO_2 door respiratie van de bodemfauna en de wortels, overmatige opname van kationen vergeleken met de anionopname door wortels en organisch materiaal en oxidatieprocessen zoals nitrificatie en oxidatie van sulfide.

De bodem bevat echter een aantal buffers, dit zijn chemische bestanddelen die de pH min of meer constant houden wanneer kleine hoeveelheden zuur of base aan de bodem toegevoegd worden. De belangrijkste buffers voor het duingebied zijn $CaCO_3$, chloride zouten en organisch materiaal. Indien de pH tot 4 zou dalen dan treden Al- en Fe-hydroxiden als buffer op. Silicaten spelen slechts een geringe rol als buffer door hun zeer laag oplossingsvermogen.

Het cijfermateriaal voor **organische koolstof** (OC) voor het studiegebied is schaars. Een aantal analysen werden uitgevoerd in de Westhoek en in het Hannecartbos. De geanalyseerde profielen in de Westhoek vertonen een zeer laag gehalte (0.3% en minder) aan organische koolstof (Maseki 1991). Het venige gedeelte in het Hannecartbos vertoont een zeer hoog gehalte aan OC, tussen de 6.8 en 20.1%. De onderliggende zandige C-horizont heeft terug zeer lage waarden (Van Haesebroeck 1994). In de andere onderzochte profielen van het Hannecartbos is het gehalte aan organisch materiaal (OM) matig hoog: tussen 3.7 en 24.5% (=2.1 en 14.2% OC) (OM = 1.724 x OC) (Ampe, niet gepubliceerde gegevens). Boerboom (1963) vond in de Wassenaarse duinen (Nederland) zeer lage hoeveelheden organisch materiaal (OM) voor de eerste duinrug begroeid met Biestarwegras en Helm, de tweede duinrug begroeid met Duindoorn en vegetatietypen met mos- en korstmosbegroeiingen (0.4 tot 0.8%); onder Duindoornstruweel bedraagt het OM-gehalte 1.5%, voor duingraslanden, Kruipwilgstruweel en droog en nat Berkenbos bedraagt het OM-gehalte respectievelijk 3.3, 4.0, 4.9 en 5.6%. Ball & Williams (1974) vinden in een studie, uitgevoerd in Holkham, Engeland, een gemiddelde jaarlijkse toename van het OM-gehalte van 0.15% onder aangeplante dennen (*Pinus* spp.).

Een zeer beperkt aantal analysen van kalkgehalte (5 monsters), uitwisselbaar calcium (18 monsters - gezien de vermoedelijke aanwezigheid van vrij $CaCO_3$ is deze analyse zinloos), pH (15-tal monsters) en OC (23 bepalingen) staan vermeld in Anteunis (1956). Er zijn echter geen gegevens vermeld omtrent de exacte lokalisatie, methode van bemonstering en de gebruikte analysemethoden zodat deze cijfers niet bruikbaar zijn.

Stuivend of recent afgezet zand bevat vrij weinig **stikstof** (N). Gedurende het bodemvormingsproces neemt het N-gehalte vrijwel lineair toe met het koolstofgehalte: in organische of humeuze lagen kan een aanzienlijke hoeveelheid stikstof opgeslagen liggen (Klijn 1981).

Er komen hoofdzakelijk 3 bronnen van N voor in de bestudeerde duingebieden:
1. Mineralisatie van organisch materiaal: N opgeslagen in de organische fractie komt weer vrij na afbraak door micro-organismen.
2. Stikstofbinding uit de lucht door plantesoorten die in de wortels een symbiose hebben met stikstofbindende bacteriën. In het droge duin is Duindoorn de belangrijkste stikstofbinder, nitraat komt pas voor andere planten beschikbaar via mineralisatie (Vertegaal et al. 1991).
3. Verrijking van N door atmosferische depositie.

Verlies van N gebeurt door N-opname door de plant, denitrificatie en uitspoeling.

Voor de Vlaamse kust werden slechts enkele N-analysen uitgevoerd. In het Westhoekreservaat waren de gevonden N-gehalten zeer laag (Maseki 1991). In het venige gedeelte van het Hannecartbos zijn de gevonden waarden zeer hoog (Van Haesebroeck 1994). Pollutie door de nabije "Beek zonder naam", die momenteel fungeert als open riool, is hier echter niet helemaal uit te sluiten.

Koolstof/stikstof-verhoudingen (C/N) geven een indicatie voor het type organisch materiaal en de graad van humificatie (Landon 1991). Voor de Vlaamse kust zijn slechts een zeer gering aantal analysen uitgevoerd zodat verdere bespreking van literatuurgegevens voor het ogenblik nutteloos is. De eerste cijfers bekomen op testsites van dit project wijzen op een zeer grote spreiding van de cijfers, van minder dan 10 tot meer dan 20. Dit wijst op de mogelijkheid dat de C/N-verhouding een belangrijk gegeven zan zijn in het verder uitwerken van de typologie van de kustduinbodems en in het bijzonder van de terrestrische humustypes.

Volgens Klijn (1981) is het **fosfor (P)-gehalte** in duinzand nabij het strand relatief hoog. Het grootste deel ligt vast in slecht verweerbare anorganische verbindingen, zodat het percentage min of meer "vrij" voor de planten opneembaar fosfaat laag is.
In een duingebied te Ross, Northumberland, was het gehalte aan anorganische P in de bodem zeer laag. Weefseltesten van vers bladmateriaal toonden aan dat de meeste plantesoorten een P-tekort hebben. Toevoeging van fosfaatmeststoffen veroorzaakte een kleine toename in de bodem van de totale anorganische P en leidde tot een hoger gehalte in het blad alhoewel het resultaat plantesoort-afhankelijk is (Atkinson 1973).

Sommige auteurs stellen een toename van fosforgehalte vast met toename van de organische stof. Boerboom (1963) vond echter een afname: in jonge systemen, d.w.z. de eerste duinruggen vertrekkend vanaf het strand, kan de P groter zijn dan in oudere systemen. Ca-fosfaat is opgeslagen in schelpen, verder zijn fosfaten gebonden aan Fe en Al (amorf). De aanvoer vanuit de atmosfeer zou relatief klein zijn (Klijn 1981).

Beschikbaarheid van "vrij" fosfaat is tevens afhankelijk van de pH. Bij hogere pH's (>6.5) is de oplosbaarheid van verschillende calciumfosfaten gering, bij lagere pH's (<4.5) is de oplosbaarheid van ijzerfosfaten gering (Vertegaal et al. 1991).

Kalium (K) zou in duinmilieus niet limiterend zijn (Willis 1963, Willis & Yemm 1961). Aanvoer van kalium gebeurt via neerslag, sea-spray, verwering van kali-veldspaten. Uitspoeling treedt op in diepere lagen, waar K niet aan humus gebonden is (Klijn 1981).

Voor P en K werden tot zover bekend geen enkele meting uitgevoerd in het studiegebied.

In normale omstandigheden is, wat het bodemchemische aspect betreft, N in de droge duinen de belangrijkste beperkende factor voor plantengroei. Bemestingsproeven werden tot zover bekend nog niet uitgevoerd op duinbodems van de Vlaamse kust. Willis & Yemm (1961) en Willis (1963) voerden experimenten uit in Noord-Devon, Engeland en kwamen tot de conclusie dat vooral N en P limiterende factoren zijn in duinecosystemen, K is van veel minder belang. De verschillende sporenelementen zijn niet limiterend.

Eutrofiëring kan veroorzaakt worden door:
1) artificiële hervulling van het grondwaterreservoir door geëutrofieerd water (wordt nog niet toegepast in het studiegebied);
2) verlaging van de grondwatertafel wat resulteert in een versnelde mineralisatie;
3) atmosferische N depositie (Koerselman 1992);
4) agrarische bemesting;
5) faecaliën en organisch afval (o.a. tuinafval).

Verzuring wordt veroorzaakt door de atmosferische depositie van verzurende stoffen en de "inwendige" verzuring van de bodem door dissociatie van CO_2, vorming van organische zuren en kationenopname door de vegetatie.
In droge duinbodems met enig kalk is de carbonaatverwering de belangrijkste buffer. In kalkloze duinbodems is de kationenomwisseling het belangrijkste buffermechanisme. De kalkloze duinbodems zijn vanwege de lage buffercapaciteit van de kationenomwisseling zeer kwetsbaar voor verzuring (Vertegaal et al. 1991).

5.1.2.3. Besluit

Bovenstaand overzicht heeft duidelijk aangetoond dat zeer weinig gegevens betreffende bodemkenmerken voor de Vlaamse kust beschikbaar zijn. De studies van Depuydt (1966, 1972) geven enkel een overzicht voor de gemiddelde korrelgrootte en het $CaCO_3$-gehalte langsheen de Vlaamse kust. Het bodemkundig onderzoek, uitgevoerd door de eenheid Bodemkunde van de Universiteit Gent, had zich tot nu toe beperkt tot de jongere systemen in het Westhoekreservaat en in het Hannecartbos. Hierbij zijn een aantal profielen vrij gedetailleerd onderzocht (25) en geanalyseerd (5). De aandacht van het onderzoek ging in de eerste plaats meer naar de fysische bodemkenmerken, slechts op de tweede plaats kwamen chemische kenmerken aan bod. Een reeks testsites worden heden aan een meer chemisch onderzoek onderworpen.

5.1.3. Bodemprocessen en -evolutie

Twee belangrijke groepen bodemvormende processen worden onderscheiden door Jungerius (1990), met name de geomorfologische en de biologische, waarbij de nadruk ligt op de vegetatieontwikkeling. De **geomorfologische processen** vormen het onstabiele element in de landschapsontwikkeling en veroorzaken een verjonging van het bodemprofiel door erosie of accumulatie (overstuiven, colluviatie) (Brand et al. 1989). De **biologische processen** (vegetatieontwikkeling) brengen stabilisatie met zich mee en de ontwikkeling van bodemprofielen. Naargelang het overwicht van de eerst- of laatstgenoemde zullen verschillende bodemtypes resulteren. Als belangrijkste bodemvormende factoren vernoemt Jungerius (1990) het reliëf en de vegetatie.

De **duintopografie** beïnvloedt op veel manieren de bodemvorming (Jungerius 1990):
- duinvormen controleren de windregimes en hierbij erosie en sedimentatie;
- watererosie is afhankelijk van expositie en helling;
- microklimaat (N versus Z helling);
- vegetatie en fauna (N versus Z helling);
- grondwaterniveau.

De topografie beïnvloedt de geomorfologische dynamiek zodat de bodemprofielen beter ontwikkeld zijn op landschapsposities met afnemende hellingshoek en met afnemende hoogte.

De vegetatie levert organisch materiaal (OM) aan de bodem, maar de actuele hoeveelheid is afhankelijk van de balans tussen de hoeveelheid geproduceerde biomassa en de afbraaksnelheid van het OM.

5.1.3.1. Bodemvormende processen

Bodemvorming in duinbodems gaat gepaard met de **productie en alteratie van organisch materiaal**. De belangrijkste optredende processen zijn (Klijn 1981) aanvoer van de organische stof en omzet ervan door humificatie en mineralisatie.

Een eerste morfologische karakterisatie van de organische horizonten van een aantal representatieve sites in het Westhoekreservaat in een systeem onder struweel, gestabiliseerd gedurende 20 tot 60 jaar, werd beschreven door Ampe (1991) en Ampe & Langohr (1993). In de organische horizonten werd de strooisel-, humus- en wortelfractie onderscheiden. De variatie in strooisel- en humusgehalte is belangrijker langsheen de topo-hydrosequentie dan langsheen de chronosequentie, dit wil zeggen dat op de secundaire duinruggen de laagste waarden gevonden worden voor het strooisel- en humusgehalte, in de depressies de hoogste.

Enig onderzoek naar de productie, omzetting en accumulatie van organische stof werd nog niet uitgevoerd in het studiegebied. Ook voor Nederland werden geen cijfergegevens teruggevonden over de biomassa, de jaarlijkse productie van organische stof of de jaarlijkse omzetting van organische stof voor de verschillende vegetatietypes in duingebieden.

Uitloging omvat het uitspoelen van zout, $CaCO_3$, humus, Fe- en Mn-ionen.

Een belangrijk pedologisch proces in het Vlaamse duingebied is de **ontkalking**. Depuydt (1972) heeft langsheen de Vlaamse kust een 600-tal monsters geanalyseerd voor kalkgehalte, voor het Westhoekreservaat werd in een detailstudie (Depuydt 1966) voor 291 stalen het kalkgehalte bepaald. Deze gegevens geven een eerste idee omtrent het kalkgehalte aan het toenmalige oppervlak. Een studie over de ontkalkingsdiepte en de ontkalkingssnelheid ontbreekt en hierbij kunnen de gegevens van Depuydt moeilijk als referentiebasis gebruikt worden, vermits het gegevens zijn van oppervlaktemonsters en niet van het moedermateriaal (C-horizont).

Bij het berekenen van de ontkalkingssnelheid rijzen een aantal problemen doordat geen gegevens voorhanden zijn over het initiële kalkgehalte noch over de ouderdom van de bodem, of doordat analysegegevens van de kalk niet op het ganse profiel betrekking hebben. Klijn (1981) stelt aan de hand van berekeningen dat een bodem met een oorspronkelijk kalkgehalte van 1% (gewichtspercent), een schijnbaar soortelijk gewicht van 1.34 g/cm^3, een gemiddeld neerslagoverschot van 350 mm/jaar, 5 % organisch materiaal, een C/N verhouding van 15 en een N/S verhouding van 10, een CO_2-spanning van 5.10^{-3} atm en een resulterende HCO_3^-concentratie in het bodemvocht (bij pH = 6.7) van 5.10^{-4} mol/l, de ontkalkingssnelheid 3.5 dm/eeuw bedraagt. Vertegaal et al. (1991) stellen dat uitgaande van 5% $CaCO_3$, en een inwendige verzuring (door dissociatie van CO_2 en vorming van organische zuren) van 12 kmol/ha jaar, de uitspoeling van de kalk uit de bovenste 10 cm van de bodem meer dan 100 jaar duurt. Bij een extra aanvoer van verzurende stoffen via atmosferische depositie van 5 kmol/ha jaar (schatting voor Nederland) wordt dit 75 jaar. Een meetexperiment te Meijendel (Nederland) waarbij ionenconcentraties van regenwater, oppervlakkig afvloeiwater en bodemwater met elkaar vergeleken worden, vond de hoogste concentraties van Ca en Mg in het bodemwater, wat wijst op een netto export uit de bodem van deze kationen (Ten Harkel 1992).

De vorming van **podzolbodems** werd waargenomen in de Oude Duin- en strandafzettingen in Nederland (Klijn 1981). Micropodzolvorming werd geobserveerd onder Grove den (*Pinus sylvestris*) in Meijendel, Nederland (Wardenaar & Sevink 1992), terwijl onder Populieren (*Populus* spp.) van dezelfde leeftijd, de micropodzol afwezig was. Depuydt (1967) vermeldt het voorkomen van "podzolachtige" bodems in de Westhoek. Wel is het niet duidelijk of het om een echte podzolizatie gaat of het een begraven A1-horizont is. Gedurende de terreinwaarnemingen, uitgevoerd in het kader van dit project (Ampe & Langohr, niet gepubliceerde gegevens), werden op diverse plaatsen langsheen de Vlaamse kust vormen van podzolisatie teruggevonden. De befaamde diep ontkalkte bodems van Cabour daarentegen vertoonden geen podzolprofiel. Ook een groot deel van de bodems van Blutsijde vertonen geen podzolprofiel. Dit toont de complexiteit aan van de evolutie van het bodemsysteem en van de noodzaak van meer uitgebreide en gedetailleerde terreinverkenningen.

Natte en vochtige duinvalleien staan onder invloed van de grondwatertafel. **Oxido-reductieverschijnselen** ("roestvlekken") komen voor in de zone van de fluctuerende watertafel, de permanent verzadigde bodem is er gereduceerd en licht- tot donkergrijs van kleur. Vermoortel (1990) onderscheidt 3 types van actieve roestvlekken: 1) wortelroest, dat vooral geassocieerd is met de verticale wortels van Zegge-soorten (*Carex* spp.); 2) U-type roestvlekken, die oorspronkelijk concentrische roestvlekken waren rond een levende wortel, maar die na het afsterven van de wortel een uitgerokken U-vormig uitzicht krijgen door laterale grondwaterstromingen en 3) roestkleurige bodemmatrix.

Fossiele roestvlekken werden geobserveerd en geven een indicatie van vroegere hoge grondwaterstanden alhoewel het niet altijd gemakkelijk is de fossiele van de actieve roestvlekken te onderscheiden.

Hydrofobie van bodems in het algemeen, en meer specifiek van duinbodems, wordt dikwijls over het hoofd gezien. Het hydrofobieverschijnsel is goed bestudeerd in de Nederlandse duingebieden. De oorzaak van hydrofobie wordt in de buitenlandse literatuur verklaard door onder meer de aanwezigheid van hydrofobe organische substanties, hyfen van Fungi, humuszuren, ontbindend organisch materiaal en strooisel.

Hydrofobie heeft verstrekkende gevolgen voor het bevochtigingspatroon en het vochtophoudingsvermogen van de bodem. Water en opgeloste stoffen bewegen sneller doorheen de bodem langsheen preferente banen en bereiken het grondwater sneller, wat een toenemend risico van grondwaterbesmetting met zich meebrengt (Dekker & Ritsema 1994a). Rutin (1983) verklaart de aanwezigheid van run-off en de vorming van kleine mud-flows aan het oppervlak door de aanwezigheid van hydrofobie.

Het onderzoek in Nederland is onder meer toegespitst op volgende aspecten:

- De ruimtelijke variabiliteit van de hydrofobieverschijnselen (Dekker & Jungerius 1990, Dekker & Ritsema 1994a). De intensiteit van de hydrofobie kan, onder eenzelfde vegetatietype, over een afstand van slechts enkele meters variëren van niet hydrofoob tot zeer sterk hydrofoob.
- Het verband met het watergehalte in de bodem. Het watergehalte in een bodem onderhevig aan waterafstoting, vertoont een zeer hoge variabiliteit: in de preferente waterbanen is de bodem nat, de tusseninliggende bodem is droog (Dekker & Ritsema 1994a).
- Het verband met het organisch materiaal. Van Wallenburg & Vos (1989) stellen dat zodra het organische-stofgehalte hoger wordt dan 0.8%, de bovengrond waterafstotend wordt. De totale hoeveelheid humus blijkt geen al te grote rol te spelen bij de hydrofobie. De WDPT (Water Drop Penetration Time) wordt niet hoger bij een hogere organische stofgehalte van het profiel, maar de leeftijd van het organisch materiaal is belangrijk (Brand et al. 1989). Bisdom et al. (1993) kwamen tot de bevinding dat vers en gedeeltelijk afgebroken OM een hogere hydrofobie vertoont dan volledig gehumificeerde fragmenten. Dekker & Ritsema (1994a) vonden geen significant verband tussen het gehalte aan OM en de WDPT, wel was het duidelijk dat een afname in de WPDT veroorzaakt werd door een afname in het OM-gehalte.
- Het verband met het $CaCO_3$-gehalte (Dekker & Jungerius 1990). Er is geen significant verband tussen de zuurtegraad van de bodem en de hydrofobie. Zowel zure als kalkrijke zanden vertonen hydrofobie.
- Het verband met de vegetatie. De bovenste 20 cm van een bodem onder Buntgras, Struikhei en Duindoorn zijn sterk tot zeer sterk waterafstotend. Onder Helm is meer dan 50% van de bovenste horizonten niet waterafstotend (Dekker & Jungerius 1990). Mosvegetatie vertoont al zeer ondiep geen waterafstoting meer, dwergstruweel vertoont een opvallende hogere hydrofobie dan de andere vegetatietypes (Brand et al. 1989).

Voor de Vlaamse kust bestaat er één studie uitgevoerd in het Westhoekreservaat (Khedr 1993). Er werd een verband gevonden tussen de contacthoek (tussen het boloppervlak van de druppel en het bodemoppervlak , = maat voor waterafstoting) en de stabilisatieouderdom van de bodem in zeer jonge systemen (gestabiliseerd sinds begin jaren '80). Voor langer gestabiliseerde profielen lijkt de contacthoek constant te blijven. Ook het verband tussen hydrofobie en het gehalte aan organisch materiaal is laag. Ook hier zou de graad van de decompositie van het organisch materiaal een rol spelen.

Talrijke veld- en laboratoriumtesten (doch geen systematische studie) uitgevoerd door ons in het kader van dit project tonen aan dat hydrofobie ook in de Vlaamse duinbodems een zeer veel voorkomende bodemkarakteristiek is. Dit wil echter niet zeggen dat men klakkeloos de Nederlandse onderzoeksresultaten kan extrapoleren.

5.1.3.2. Invloed van het bodemgebruik op de bodemontwikkeling

Een aantal **bemestingsproeven** in duingebieden in Engeland (Willis & Yemm 1961, Willis 1963) toonden aan dat de hoogte en het versgewicht van planten toeneemt na toevoegen van N en P. Sommige planten, zoals Zeegroene zegge (*Carex flacca*), beginnen te domineren na het toevoegen van enkel N, en lijken dus minder behoefte te hebben aan P. De groei van de planten wordt veel minder beïnvloed door het toevoegen van K, en verandert niet na het toevoegen van de sporenelementen.
Heil et al. (1990) vonden dat na 1 jaar proefneming, de bemesting (14 tot 25 kg N/ha atmosferische input en 50 kg N/ha bemesting) geen significant effect had op de toename van grassen.
Voor het studiegebied zijn geen bemestingsproeven bekend.

Het beïnvloeden van de **grondwatertafelstand** brengt een aantal veranderingen in de bodem teweeg. Het verlagen van de grondwaterstand leidt tot een verminderde vochtvoorziening voor de plant, een versnelde omzetting van de organische stof en een versnelde ontkalking (Klijn 1981). Onderzoek naar de gevolgen van het verhogen van het grondwaterpeil komt in Nederland onder belangstelling te staan omdat gepoogd wordt, met steun van de overheid, de grondwateronttrekkingen af te bouwen in duingebieden (Veer 1991). Veer (1991) heeft een theoretisch model opgesteld waarbij de effecten van vernatting op de bodem nagegaan worden op de grootte van de strooiselinput, de mineralisatie en de C/N verhouding, de totale hoeveelheid organische stof, en de verhouding ectorganisch/ endorganisch als maat voor de opbouw van het profiel. Het model gaat uit van verschillende vochttoestanden (droog en vochtig) en van een kalkgehalte dat bepalend is voor een algemeen niveau van trofie (arm en rijk). Volgende veranderingen worden voorgesteld:

- Een droge en arme uitgangssituatie kan na grondwaterstandsverhoging leiden tot een vochtige rijke of vochtige arme situatie.
- Een droge en rijke uitgangssituatie kan na grondwaterstandsverhoging resulteren in een vochtige rijke of vochtige arme situatie.
- Een vochtige arme uitgangssituatie resulteert na grondwaterstandsverhoging in een nat rijk systeem.
- Een vochtige rijke uitgangssituatie resulteert na grondwaterstandsverhoging in een nat rijk systeem.

In dit schema wordt geen rekening gehouden met het effect van de vegetatie op de humusprofielontwikkeling en de daarmee samenhangende trofie.

Gelijkaardig onderzoek werd tot zover bekend nog niet uitgevoerd aan de Vlaamse kust.

Een beheersmaatregel die dikwijls toegepast wordt om voedselrijke systemen te verarmen is **afplaggen en uitgraven**. Afplaggen veroorzaakt een verschraling op bodemkundig gebied, omdat de opgeslagen voedingsstoffen in de levende biomassa en in het dode organische bodemmateriaal aan de lokale kringloop van de voedingsstoffen wordt onttrokken (Klijn 1981).

Wanneer de kalkgrens samenvalt met de onderzijde van de organisch verrijkte lagen is plaggen tevens een effectgerichte maatregel tegen verzuring. Onderzoek op Terschelling (Kapteyn 1988) (kalkarm) wijst uit dat het gewenste effect daar slechts relatief korte tijd (10-20 jaar) aanhoudt. De waardevolle pioniersoorten zijn dan weer verdrongen door de soorten van latere successiestadia.
In veel natte duinvalleien werd in Nederland geplagd, onder andere op Terschelling en in de Middelduinen op Goeree. Plaggen van droge duinen is nog weinig toegepast. Er zijn geen resultaten van praktijkproeven bekend (Vertegaal et al. 1991). Bovenvermelde experimenten zijn enkel toegespitst op het vegetatieonderzoek. Bodemonderzoek naar de gevolgen van afplaggen en uitgraven zijn niet bekend, evenals de verdere bodemevolutie na het afplaggen of afgraven.
Uitgraven betekent in de meeste gevallen het volledig verwijderen van voordien gevormde bodems en aldus een nieuwe start van bodemontwikkeling. Door de verlaging van het bodemoppervlak kan de vochtigheidstoestand wel veranderen.

Ook **begrazen** is een veel voorgestelde beheersmaatregel voor duingebieden. Tot nu toe werden geen studies teruggevonden die de gevolgen van begrazing op de bodem onderzoeken. De uitspraken over de effecten van begrazing op de abiotische factoren hebben dan ook slechts een globaal karakter.
Een direct effect is de omzetting van plantenmateriaal in urine en mest wat tot een verschraling van de bodem leidt indien de afvoer uit het gebied plaatsvindt.
Begrazing kan plaatselijk resulteren in verrijking van de bodem en mogelijk tot een verhoging van de pH (Bokdam 1989). Opentrappen van de bodem veroorzaakt kleinschalige verstuivingen met te verwachten positieve effecten van verstuiving zoals het tegengaan van verzuring en eutrofiëring (Vertegaal et al. 1991).
In de duinen speelt verder de begrazing door konijnen een belangrijke rol: 60 konijnen eten op jaarbasis evenveel als één pink (= éénjarig kalf) (Bokdam 1987).
Eigen observaties hebben aangetoond dat duidelijke bodemverdichting kan optreden en dat deze lang na het stopzetten van de begrazing standhoudt. Geen gegevens werden hieromtrent in de literatuur teruggevonden.

Spitten en ploegen brengen een homogenisatie van de humeuze bovenlaag en de minerale ondergrond met zich mee. Deze menging van grond heeft vrijwel steeds een sterke mineralisatie tot resultaat, omdat de humeuze bovengrond met kalkrijk materiaal wordt gemengd en de afbraak van de organische stof onder de nieuwe pH-condities en sterke verluchting sneller verloopt. Een tijdelijk verhoogd voedingsstoffenaanbod en een versnelde ontkalking zijn hiervan het gevolg (Boerboom 1963, Bakker et al. 1979).
Sporen van spitten en ploegen werden teruggevonden in het niet venige gedeelte van het Hannecartbos tussen een diepte van 35 en 48 cm. Beworteling is er geconcentreerd in de laag die vroeger bewerkt is geweest. In het Westhoekreservaat werden op 80 cm diepte in een panne duidelijke ploegsporen geobserveerd (Baes 1989). Andere sites, die vroeger bewerkt werden, zijn nog niet onderzocht.

Maaien en afvoeren heeft effecten op de bodem doordat nutriënten met het maaisel worden afgevoerd. De afgevoerde nutriënten zijn afhankelijk van de productiviteit van de vegetatie (Vertegaal et al. 1991).

Door **branden** wordt in vergraste vegetaties de bovengrondse biomassa en eventueel een deel van de strooisel- en humuslaag verbrand. Het effect op de bodem is dat door branden in één keer veel nutriënten vrijkomen. Een deel van de nutriënten vervliegt, met name de

stikstofverbindingen. De overige voedingsstoffen spoelen deels uit en komen voor de planten beschikbaar, wat verruiging kan veroorzaken. In zandige bodems zal echter een belangrijk deel van de vrijgekomen nutriënten gewoon uitlogen naar de watertafel, wat de verruiging sterk zal doen toenemen.

Bodemkundige gegevens omtrent de invloed van het bodemgebruik, zoals beweiden, begrazen, spitten en ploegen, maaien en afvoeren, branden, op de bodemontwikkeling in duinecosystemen is uitermate beperkt. Voor de Vlaamse kust ontbreken ze volledig, voor Nederland zijn ze zeer beperkt. Bij de monitoring van uitgevoerde beheersmaatregelen wordt voornamelijk het vegetatieve aspect gevolgd, de bodemfactor wordt dijkwijls verwaarloosd. Bovenstaande vaststellingen zijn dus slechts globaal en moeten met de nodige omzichtigheid gehanteerd worden.

5.1.3.3. Atmosferische depositie

Natuurlijke aanvoer van ionen zoals Na, Mg en Cl door sea-spray werden in Nederland opgemeten. In de Noordhollandse kustgebieden bedraagt de aanvoer van chloriden zo'n 241 kg/ha/jaar (Vermeulen 1977). De sea-spray ionen hebben een depositie die 3 à 4 keer hoger is dan het landelijke gemiddelde (Nederland) (Ten Harkel 1992) en vertonen een sterk seizoenaal patroon.

Een groot meetexperiment in Meijendel (Ten Harkel 1992) onderzoekt de toevoer van een aantal anorganische macro- en microparameters, organische microparameters en bestrijdingsmiddelen. De depositie van ammonium en nitraat was slechts 25% van het landelijk gemiddelde. De concentraties van deze ionen waren bij landwind bijna twee keer hoger dan bij zeewind. Zware metalen, aluminium en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) vertoonden een verhoogde (2 tot 4 maal) concentratie in de maanden februari tot mei. Verhoogde concentraties van chemische bestanddelen van insecticiden werden gevonden in het voorjaar en in het begin van de zomer.

De studie van Dopheide & Verstraten (1994) wijst erop dat aanzienlijke deposities van totaal stikstof en potentieel zuur optreden. In niet kalkrijke duinen is de buffercapaciteit van het systeem sterk beperkt en worden pH-waarden van het bodemwater van 3,3 tot 4,5 gemeten zodat Al mobiel kan worden. Een simulatiemodel werd opgesteld door De Vries et al. (1994), waarbij de verzuring van een kalkrijke en een niet kalkrijke duinbodem wordt nagegaan. In het kalkrijke systeem trad na 100 jaar een volledige ontkalking op van de A1 horizont, met afname van Ca en HCO_3^-, afname van de pH en baseverzadiging. In de niet kalkrijke bodem trad een uitputting van de Al-hydroxiden op, geassocieerd met een sterke pH-daling. In alle horizonten werd na een periode van 100 jaar een pH van rond de 3 gevonden.

5.1.3.4. Begraven bodems

Onderzoek naar begraven bodems blijkt vrij beperkt te zijn. Een aantal onderzoekers gebruiken micromorfologie bij de studie van de paleobodems, maar de resultaten zijn niet vrij duidelijk (Mucher 1990, Assendorp & Mucher 1990).

In een aantal duinbodems van de jonge systemen van het Westhoekreservaat werden fijne groenachtige bandjes (enkele mm dik) geobserveerd. Waarschijnlijk zijn dit slibachtige afzettingen van een panne die onder water heeft gestaan. Dit verschijnsel kon in de natte winters van 1993 en 1994 opgemerkt worden; het blijkt hier om algen- en/of kalkafzettingen te gaan.

5.1.3.5. Verstuivingen

Stuivende duinen spelen een belangrijke rol bij de regeneratie van het duinmilieu. De effecten van verzuring en vermesting door atmosferische depositie kunnen door verstuiving tegengegaan worden.

Verstuiving heeft de volgende effecten: verjonging van het landschap, met verhoging van de diversiteit, afname van het aantal humeuze en voedselrijke bodems, herbeginnen van de vegetatiesuccessie, ontwikkeling van open pioniervegetaties en jonge duingraslanden.

De effecten op de bodem zijn: toename oppervlakte jonge minerale, kalkrijke bodems, wanneer de verzuurde bodems overdekt worden met kalkrijker zand; toename oppervlakte minerale, voedselarme bodems. Verder hangt het effect van de verstuivingen op de bodem en de vegetatie af van de mate (hoeveelheid) van overstuiving (Vertegaal et al. 1991). Een meetexperiment in Meijendel (Nederland) nabij een groot oppervlak met kaal zand toonde een verhoging van de depositie van calcium en kalium met factor 5 ten opzichte van het landelijk gemiddelde aan (Ten Harkel 1992).

Geomorfologische studies (in Nederland) van stuifkuilen (o.m. door middel van luchtfotoanalyse) hebben aangetoond dat stabilisatie van stuifkuilen op natuurlijke wijze gebeurt door kolonisatie met algen. Het zijn vooral de kleinere stuifkuilen die door snelle kolonisatie verdwijnen (Jungerius et al. 1992). Door het vormen van een algenkorst wordt de bodem minder gevoelig voor erosie, zodat uitbreiding van de stuifkuil verhinderd wordt (Pluis & De Winder 1989). De stevigheid van de korsten wordt verkregen doordat de zandkorrels samengehouden worden door het slijm rond de algen of doordat de korrels door algenfilamenten vervlochten worden (Pluis & Lamers 1990). In het ZW deel van de stuifkuil hadden de algen een hoger weerstandsvermogen dan in de rest van de stuifkuil. Dit werd verklaard door de lagere windsnelheden in het ZW deel (Pluis & Van Boxel 1993). Het verdwijnen van de algenmat werd verklaard door abrasie door salterende zandkorrels meegevoerd met een hogere windsnelheid.

In de meeste studies waarbij stabilisatie van de stuifkuilen opgevolgd werd, worden geen grondwaterstanden opgegeven. Uit de context kan wel opgemaakt worden dat de stabilisatie door algen mogelijk is wanneer de bodem van de stuifkuil de capillaire zone van het grondwater nog niet heeft bereikt. Vochtige klimatologische omstandigheden zijn dan wel noodzakelijk voor het ontwikkelen van een algenmat. Indien het stuiven tot aan het grondwater reikt kan er zich verder een pioniersvegetatie ontwikkelen. Wel is het zo dat voor stuifkuilen beïnvloed door de grondwatertafel de gemiddelde biomassa ongeveer vier keer groter is dan voor stuifkuilen die niet beïnvloed worden door de grondwatertafel (Pluis & Lamers 1990).

5.1.3.6. Bodemevolutie onder invloed van de mens

De publicatie van Slings (1994) verklaart het bestaan en het in stand houden van het zogenaamde "zeedorpenlandschap" met bijzondere vegetaties (associatie van Wondklaver en Nachtsilene, Kraailook-associatie, associatie van Kegelsilene en Groot duinsterretje) door intensieve menselijke beïnvloeding van de bodem en het daarop groeiende plantendek. Door vertrapping door vee en mens worden de grove schelpfragmenten verkleind en voortdurend vermengd met de humeuze A-horizont zodat de beschikbaarheid van kalk voor de vegetatie toeneemt. Dit resulteert in een mull-moder humusprofiel (zie Tabel 5.1.). Niet erg duidelijk is echter wat de rol van N en P is in dit systeem.

Tabel 5.1. Enkele relevante bodemkenmerken van twee soorten duingrasland, gebaseerd op gedetailleerde beschrijvingen van 16 bodemprofielen van elk graslandtype (Bij 't Vuur 1993 cit. in Slings 1994).

Bodemkenmerk	Zeedorpenlandschap (mullmoder)	Duinpaardebloemgrasland (moder)
dikte A-horizont	6,4 ± 3,0 cm	8,0 ± 4,3 cm
kleur A-horizont	lichter/bruiner	donkerder/grijzer
kalkgehalte A-horizont	hoger	lager
structuur A-horizont	sterker geaggregeerd	zwakker
zuurgraad A-horizont	basisch-neutraal	neutraal-zuur
uitspoelingshorizont	0 %	31 %
begraven horizonten	69 %	19 %
hoeveelheid wortels	meer	minder

5.1.3.7. Bodemevolutie onder invloed van de vegetatie

In het buitenland werden tamelijk veel studies uitgevoerd, waarbij de bodem gekarakteriseerd werd onder verschillende vegetatietypes. Zo is er de studie van Boerboom (1963) die het verband onderzocht tussen bodem en vegetatie in de Wassenaarse duinen (Nederland), Smits (1989) te Meijendel (Nederland) en Wardenaar & Sevink (1993), eveneens in de Wassenaarse duinen (Nederland). De publicatie van Van der Putten et al. (1993) toonde aan dat de degeneratie van Helm en Duindoorn veroorzaakt werd door bodemgerelateerde ziekten zoals Nematoden en Fungi. Voor het Vlaamse kustgebied werden een aantal bodemprofielen onderzocht in de jonge systemen onder struweel in het Westhoekreservaat en in het venige en niet venige gedeelte van het Hannecartbos, waarbij in de eerste plaats de nadruk gelegd werd op morfologische en fysische bodemkenmerken.

5.1.3.8. Bodemevolutie onder invloed van fauna

Het Konijn vormt actueel waarschijnlijk de belangrijkste zoögene factor in het duinecosysteem. Rutin (1983) (Noordwijkerhout, Nederland) beschreef 4 types van konijnenactiviteit die het

erosieproces in de duinen beïnvloeden: het lopen langs paden, het begrazen van vegetatie, het graven van kleine holletjes voor voedsel en het graven van holen en pijpen. De erodibiliteit van de bodem verhoogt door het bedekken van de bodem met los zand, door het losmaken van de bodem, door het invallen van een konijnehol, door een verhoging van de permeabiliteit van de bodem of door het doorbreken van waterafstotende lagen.
Ampe & Langohr (1993) toonden aan dat op secundaire duinruggen zakachtige uitstulpingen van los materiaal voorkomen. Deze worden veroorzaakt door de opvulling van oude galerijen. Ook wortels maken gebruik van deze galerijen zodat op de duinruggen de biologisch actieve laag dieper reikt dan in de duinvalleien. Konijnen kunnen dus in zekere zin een positieve impact hebben op de beworteling en zo op de plantenontwikkeling.

Gegevens omtrent de invloed van vee, vogels en insecten zijn uitermate beperkt.

5.1.3.9. Besluit

Onderzoek naar bodemprocessen en -evolutie in het duingebied langsheen de Vlaamse kust is uitermate beperkt. De meeste gegevens die in dit hoofdstuk vermeld worden handelen over onderzoek uitgevoerd in Nederland.

In Nederland zijn een aantal onderwerpen relatief goed onderzocht zoals de kolonisatie door algen in stuifkuilen, de hydrofobie in duingronden, monitoring en modelling van atmosferische depositie op en eutrofiëring van duingebieden. Voor andere processen zoals begrazing, beweiding, maaien, afplaggen, enz. werd de invloed op de vegetatie nagegaan. De bodemfactor werd meestal niet of zeer beknopt onderzocht. Om de invloed van een aantal beheersmaatregelen op de bodem te kunnen volgen, is het noodzakelijk dat bodemkundig onderzoek de ingreep voorafgaat.

Een aantal projecten (in Nederland) zijn veelbelovend maar de rapporten hiervan zijn nog niet gepubliceerd.

5.1.4. Bodemtypologie

5.1.4.1. Literatuur

In de Nederlandse literatuur werd geen echt bruikbare typologie voor duinbodems teruggevonden. In de meeste studies die bodemgegevens bevatten, wordt er geprobeerd een verband te vinden tussen de bodemparameters en de vegetatiekundige gegevens, tussen de fysiografische ligging en de bodemparameters en tussen de vegetatiekundige gegevens en de fysiografische ligging (Pruijt 1984, Duijn 1987, Van der Zijp 1988, Smits et al. 1989 en Veer et al. 1991).

Jungerius & Van der Meulen (1988) stelden een beperkte typologie op in functie van de dynamiek. Hierbij werden de twee uitersten gedefinieerd:
1) een toestand van grote geomorfologische en kleine pedogene dynamiek;
2) een toestand van kleine geomorfologische en grote pedogene dynamiek.

De eerste toestand uit zich onder andere in een ondiep bodemprofiel, dunne A1, slechte profielontwikkeling, hoge pH-waarde van de A1, lage humuspercentages, klein percentage bedekking door de vegetatie, klein wortelgetal, AC-horizont onstaan door overstuiving.
De tweede toestand uit zich in goede profielontwikkeling, dikke A1-horizont, lage pH-waarde van de A1, hoog humuspercentage, hoog percentage bedekking door de vegetatie, groot wortelgetal, dikke AC-horizont niet ontstaan door continue overstuiving.
Tussen deze twee uiterste vormen bestaan allerlei overgangsvormen (Brand et al. 1989).

Brand et al. (1989) wilden een bodemlegende opstellen gesteund op de factoren pH en humusgehalte. De kartering gesteund op pH en humusgehalte bleek niet haalbaar, omdat de pH-metingen op het terrein nogal omslachtig uitvallen en omdat het humusgetal (som van (humus% per horizont x dikte van de horizont)) een zeer grillig ruimtelijk patroon vertoont. Er werd toen beslist de dynamiek (pedogene en geomorfologische) te gebruiken als basis voor een bodemkartering. De legendeziet er als volgt uit :

Stabiele terreindelen:
- jong gestabiliseerde terreindelen
- oude profielen in droge valleien
- oude profielen in natte valleien

Terreindelen waar materiaal verdwijnt:
- enige bodemvorming is nog mogelijk
- snellere erosie
- terreindelen net onder de top van een steile helling

Terreindelen waar materiaal accumuleert:
- accumulatie door wind; overstuiving is geleidelijk
- accumulatie door wind: is sneller of sprongsgewijs: begraven profielen
- accumulatie door colluviatie: traag: ontwikkeling van een dikke A-horizont met hoog OM gehalte
- accumulatie door colluviatie: snel: slecht ontwikkelde A-horizont met laag OM gehalte
- accumulatie door colluviatie: sprongsgewijs: begraven profiel

Bodem- en geomorfologische kaarten : 1 : 1 000

Verder werd gepoogd een verband te vinden tussen de geomorfologische en vegetatiekundige kartering.

Veer (1991) voerde een bodemkartering uit in 4 duinvalleien in het zuidelijke deel van de Amsterdamse Waterleidingduinen met de nadruk op parameters die door de hydrologische toestand beïnvloed worden. Geselecteerde variabelen (hoeveelheid ectorganische stof, totale hoeveelheid organische stof, dikte van de organische horizonten, ontkalkingsdiepte, pH op 75 cm diepte en EC op 50 cm diepte) werden onderzocht op hun karteerbaarheid. De uiteindelijke legende is enkel gesteund op de grondwaterstand en de ontkalkingsdiepte en onderscheidt 5 klassen:

1. grondwater niet aangeboord, kalkloos
2. grondwater niet aangeboord, ontkalkingsdiepte tussen 60-120 cm
3. grondwater niet aangeboord, ontkalkingsdiepte tussen 0-60 cm
4. grondwater aangeboord, kalkloos
5. grondwater aangeboord, variabele ontkalkingsdiepte.

Twee suffices worden hieraan toegevoegd:
A : oude bouwgrond
B : voorkomen van een kalkhoudende laag in de bovengrond.

5.1.4.2. Terreinwerk binnen het project

In het kader van de ecosysteemvisie werden vanaf februari 1995, ter voorbereiding van het opstellen van een bodemtypologie voor het Vlaamse duingebied, talrijke boringen en kleine profielputjes onderzocht op het terrein. Voor een aantal van deze sites werd eveneens preliminair laboratoriumonderzoek uitgevoerd (aangeduid met *). De belangrijke onderwerpen waren hier: hydrofobie, kleurmeting met chromameter, schijnbaar soortelijk gewicht, $CaCO_3$-gehalte, koolstofgehalte, textuur, mesoscopisch onderzoek en bodemmicromorfologische kenmerken.
De bezochte gebieden zijn :

Westhoek*	IJzermonding (militaire basis)	Park 58
Cabour*	Schuddebeurze	Groenpleinduinen
Kerkepanne	St.-Laureins	Zwinbosjes*
Houtsaegerduinen	Warandeduinen	Korte Duinen*
Ter Yde	Bredene Golf	Blinckaertbos*
Hannecart*	Blutsijde*	Kalfduinen*
Oostvoorduinen	Fontijntjes	

Dit terreinwerk, de reeds in vorige jaren opgedane kennis in het Westhoekreservaat en het Hannecartbos, en het preliminair laboratoriumonderzoek hier uitgevoerd, heeft geleid tot:

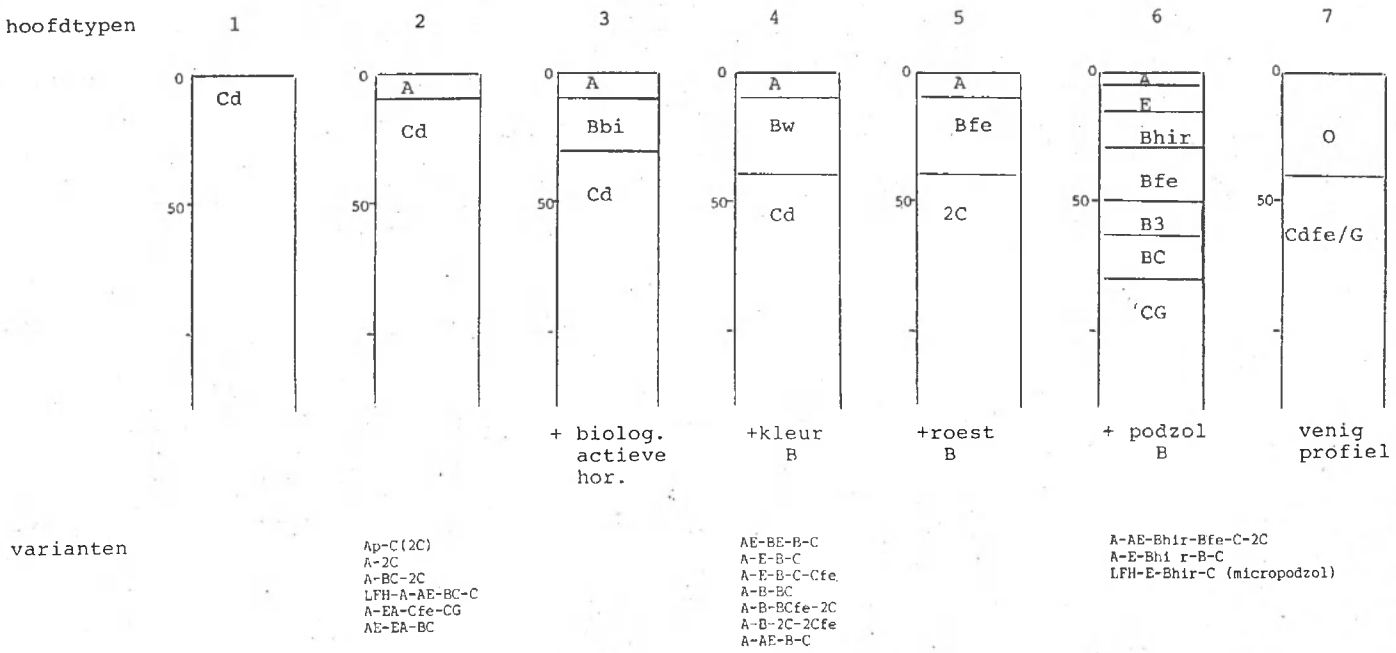
- het samenstellen van een lijst van relevante bodemkenmerken die bij terreinwerk dienen beschreven te worden;
- het samenstellen van een lijst van relevante bodemkenmerken te bepalen in het laboratorium voor het opstellen van een bodemtypologie;
- een eerste inschatting van de variabiliteit van deze kenmerken.

In bijlage 5.4. wordt een gedetailleerde beschrijving weergegeven van de bodemkenmerken te beschrijven op het terrein en de te bepalen bodemkenmerken in het laboratorium. De variabiliteit van een aantal bodemkenmerken wordt hieronder behandeld.

5.1.4.3. Variabiliteit van een aantal bodemparameters

Horizonatie

Figuur 5.4. geeft een overzicht van de belangrijkste onderscheiden types.
- diktes van de horizonten variëren;



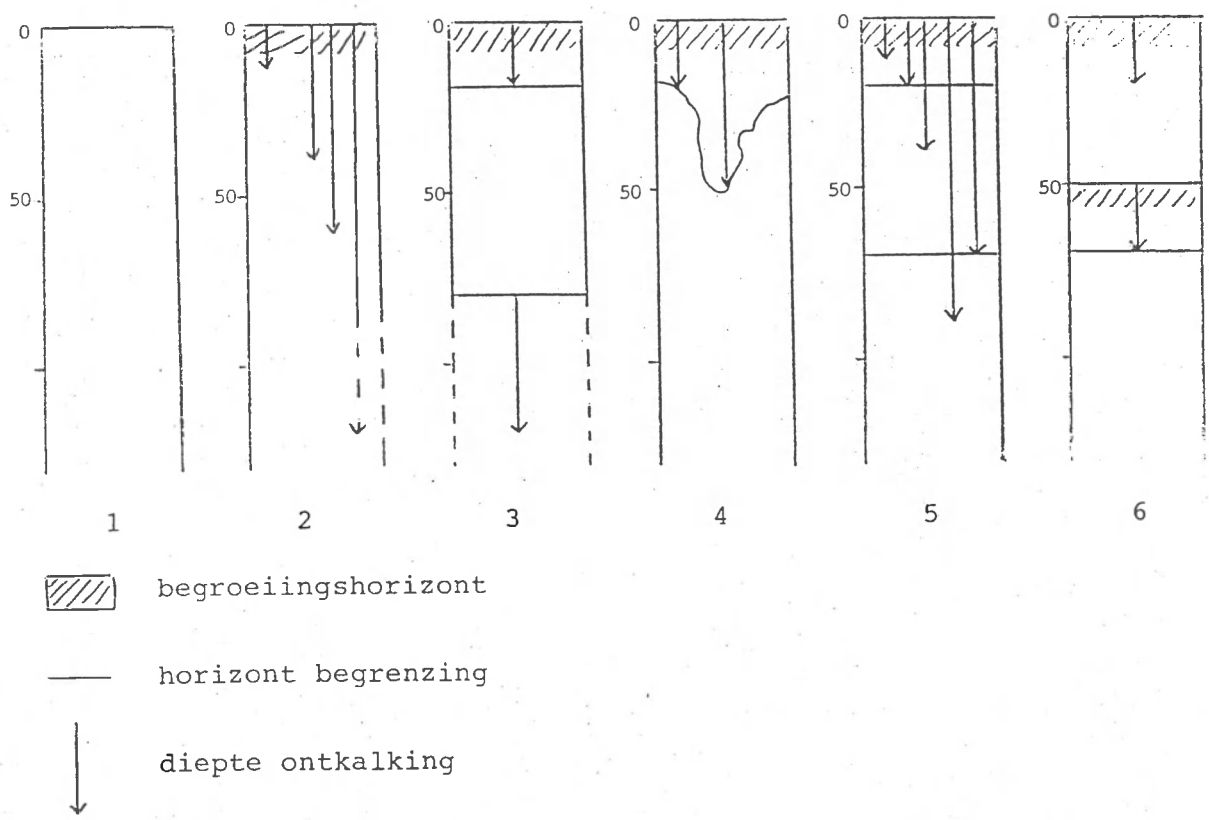
Figuur 5.4. Belangrijkste bodemtypes in de duinen onderscheiden op basis van horizonatie.

- zowat overal kunnen begraven humeuze (A1) horizonten voorkomen (o.a. Westhoek, Fonteintjes);
- soms kunnen venige horizonten - al dan niet begraven - voorkomen (Hannecart, Cabour, Blutsijde, Fonteintjes);
- soms kunnen storende lagen voorkomen (klei, grint …) (Zwinbosjes, Fonteintjes);
- afhankelijk van de diepte van de grondwatertafel kan men een "G"- ("r")- horizont of een "fe"-horizont onderscheiden (Hannecart, Blutsijde);
- soms kan een lithologische discontinuïteit voorkomen binnen boorbereik (1.25 m) (bv. strandsedimenten onder eolische sedimenten: Hannecartbos, Blutsijde, Kalfduinen; poldersedimenten onder eolische sedimenten: Fonteintjes);
- op een aantal profielen werden nieuwe sedimenten afgezet (overstuiven, bedolven door antropogene activiteit); een aantal profielen werden geërodeerd (uitstuiving, afgegraven).

Ontkalking

- De diepte van ontkalking is zeer variabel, gaande van:
- kalkrijk vanaf het oppervlak: het moedermateriaal of de C-horizont is aan het oppervlak, bv. bij een stuivend duin (1);
- zeer diepe ontkalking (2 tot 3 m) in de Oude Duinen van Cabour (2).
- De ontkalkingsgrens is niet altijd scherp begrensd, bijvoorbeeld door bioturbatie (4).

- Ontkalking in het profiel is niet homogeen door afzetting van kalkrijk op ontkalkt materiaal; (3) en (6).
- Er lijkt geen duidelijk verband te zijn tussen de graad van ontkalking en de kleur van het materiaal. Ook valt de ontkalkingsgrens niet noodzakelijk samen met de begrenzing van de horizonten (5).
- De ruimtelijke variabiliteit van de ontkalkingsgraad kan op korte afstand zeer groot zijn door lokale verstoringen (overstuiven, verstuiven, bioturbatie, colluviatie, hydrofobie, enz.)



Figuur 5.5. Ontkalking van duinbodems

Kleur

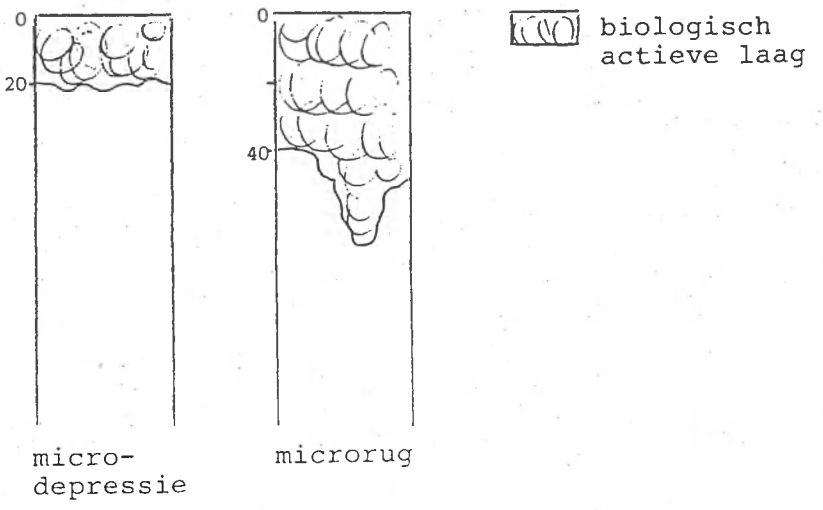
De kleuren liggen vooral tussen 7.5YR en 2.5Y; de kleur van de roestvlekken ligt tussen 5YR en 7.5YR.

Hydrofobie

Voorlopig werden de profielen onderzocht waarvan elke 5 cm of waarvan de representatieve horizonten bemonsterd werden.

De WDPT (Water Drop Penetration Time) varieert van 0 tot meer dan 3600 sec.
De alcoholtest toont afstoting aan bij concentraties van 0% alcohol (zeer weinig hydrofoob) tot 40% alcohol (zeer sterk hydrofoob).

Voorkomen van biologische aktiviteit



Figuur 5.6. Biologisch actieve laag.

5.1.4.4. Richtlijnen in verband kartering

- fase 1: verzamelen van terreingegevens
-
- fase 2: opstellen van een morfologische bodemtypologie en karteringslegende rekening houdend met:
  - het schaalprobleem
  - ruimtelijke variabiliteit
  - temporele variabiliteit
  - de vraag naar beheersrelevante informatie.

- fase 3: verzamelen van laboratoriumgegevens

- fase 4: kartering s.s.: onderzoek naar het verspreidingspatroon van de bodemkenmerken (fase 1) en de onderscheiden eenheden (fase 2).

5.1.4.5. Waardeschaal

Gezien de zeer beperkte huidige kennis van de bodemtypen en hun verspreiding is het onmogelijk om nu reeds een waardeschaal in enig detail te bespreken. Bepaalde bodems, die tijdens de preliminaire prospecties uitgevoerd in dit project werden beschreven en bemonsterd, zoals diep ontkalkte bodems en bodems met sporen van podzolisatie, zijn waarschijnlijk vrij waardevol maar de kennis over de verspreiding en de variabiliteit van de bodem is veruit onvoldoende om deze waardeschaal precies te bespreken.

Pas na een volledige verkenning van de duinbodems van de gehele Vlaamse kust, zal het wel mogelijk zijn een eerste relatieve waardeschaal op te stellen. Wat betreft terreingegegevens zullen hiervoor zeker een 30-tal extra prospectiedagen nodig zijn. Daarbij moeten dan nog aanvullende laboratoriumgegevens verzameld worden voor een degelijke ondersteuning van de waardeschaal.

5.1.4.6. Verband tussen bodem en andere ecosysteemparameters

Dit project heeft niet toegelaten om de relaties tussen de bodemparameters en de andere biotische en abiotische parameters verder te omschrijven. De huidige kennislacunes zijn te groot en de beschikbare tijd en personeel veel te beperkt.

Wat betreft klimaat zouden langsheen de kust een aantal gradiënten optreden van oost naar west en van het strand naar de binnenduinrand toe (zie klimatologisch luik). Op deze schaal is er waarschijnlijk geen verband tussen het klimaat en de bodemevolutie. Wel zal het microklimaat (expositie) een invloed hebben op de bodemontwikkeling.

Het verband tussen de geomorfologie en de bodem is wel duidelijk. Het effect van geomorfologische processen met hun enorme variabiliteit zowel in tijd en ruimte beïnvloeden de bodemontwikkeling (zie bodemtypologie).
De vegetatie en de fauna spelen een belangrijke rol ter hoogte van de stabiliteit van de bodem. De vegetatie zal de bodem vastleggen, de fauna veroorzaakt een belangrijke turbatie wat in sommige gevallen verreikende gevolgen heeft (bijvoorbeeld afbraak van tamelijk zeldzame podzolbodems) (zie bodemtypologie).

De hydrogeologie speelt een belangrijke rol op de bodemevolutie bijvoorbeeld door de grondwaterstand (hoog/laag, al dan niet antropogeen beïnvloed). Omgekeerd zal de bodemevolutie nog niet voldoende gevorderd zijn om een directe invloed te hebben op de hydrogeologische voorwaarden.

In dit stadium is het onmogelijk om specifieke verbanden tussen deze parameters aan te dragen voor de Vlaamse kust.

5.2. Slikken, schorren en polders

5.2.1. Slikken en Schorren

Bodemkundige kennis over slikken en schorren in België is uitermate beperkt. De interessante studies van Van Haesebroeck (1994) en Van den Balck (1994) uitgevoerd in Het Zwin, zijn een eerste aanzet.

Een zeer belangrijke bodemvormende factor in slikken en schorren is de **overstromingsfrequentie**.

De bodems van het Zwin zijn gekarakteriseerd door een geringe **penetratieweerstand**, geringe rijping, hoge saliniteit en een hoog percentage van de sedimenten met een korrelgrootte kleiner dan 50µ. De penetratieweerstand en dus bodemsterkte is sterk verbonden met de relatieve hoogte en de overstromingsfrequentie. Bodemsterkte neemt toe met het toenemend schijnbaar soortelijk gewicht en neemt af met het toenemend watergehalte.
Op sommige plaatsen komt een compacte horizont voor op variërende diepte. Volgens Van Haesebroeck (1994) is deze verdichting veroorzaakt door betreding of doordat de site in het verleden in mindere mate overstroomd is geweest zodat het rijpingsproces verder gevorderd is en hierdoor de bodem meer geconsolideerd is. Een lagere overstromingsfrequentie beïnvloedt dan ook de rijpingstoestand van de bodem.

Textuur speelt een heel belangrijke rol in het rijpingsproces en beïnvloedt de penetratieweerstand. De bodems in de nabijheid van het duin zijn zeer zandig. Met dalende hoogte wordt de bovenste horizont meer kleiig en in de lage schorre is de bovenste horizont volledig kleiig met in het profiel soms op grotere diepte een meer zandige horizont.

Twee andere belangrijke bodemkenmerken, beïnvloed door textuur, overstromingsfrequentie en rijping zijn het **schijnbaar soortelijk gewicht** (SSG) en het **watergehalte**. De lage schorren vertonen een kleiner SSG en een hoger watergehalte, terwijl voor de hoge schorren het omgekeerde geldt.

Alle bodems van Het Zwin zijn licht tot matig alkalisch en de **pH** vertoont weinig variatie. De **electrische conductiviteit** daarentegen vertoont een duidelijker patroon waarbij een hogere saliniteit gemeten wordt in de profielen met een hogere overstromingsfrequentie. Ook wordt een hogere saliniteit genoteerd in de sedimenten met een hoger kleigehalte.

Wat betreft **organische koolstof** (OC) werd op hoger gelegen sites een lager gehalte OC gevonden. Sterk gerelateerd met het OC-gehalte is het **N-gehalte**.

Van Haesebroeck (1994) onderscheidt 7 **vegetatietypes**. Hun verspreiding blijkt sterk verbonden te zijn met de relatieve hoogte (d.w.z. de overstromingsfrequentie). Andere parameters die een rol spelen zijn:
- rijpingstoestand - planten zoals Zeekraal groeien vooral op ongerijpte bodems, terwijl Strandkweek vooral op gerijpte bodem voorkomt;
- penetratieweerstand - Strandkweek groeit op bodems met geringe penetrabiliteit, Zeekraal op bodems met geringe penetratieweerstand;

- bodemsaliniteit - Zeekraal en Schorrekruid groeien beter in omstandigheden met een hogere saliniteit, Strandkweek is op bodems met lagere saliniteit aanwezig.

Wat betreft OC lijkt er geen duidelijk patroon voor te komen tussen vegetatietype en OC-gehalte.

Het onderzoek van Van den Balck (1994) wees uit dat de hoogteligging en het zoutgehalte de grootste correlatie vertonen met de verspreiding van de soorten en stemt overeen met de conclusies van Van Haesebroeck (1994). In mindere mate zou de textuur de verspreiding van de soorten bepalen.

5.2.2. Polders

In het studiegebied van de ecosysteemvisie zijn een aantal aansluitende poldergebieden opgenomen. Bodemkundige gegevens omtrent deze gebieden worden in hoofdzaak ontleend aan de verklarende teksten van de Bodemkaart van belgië (cfr. bijlage 5.5.). Voor enkele relevante profielen verwijzen we eveneens naar deze bijlage.

Hieronder volgt een korte beschrijving van de poldergronden voorkomend in het studiegebied. Het bronmateriaal voor deze beschrijving is de Bodemkaart van België (bladen 50W, 50E, 35W, 35E, 36W, 21W, 21E, 22W, 10W, 10E, 11W, het Zwin) en de bijhorende verklarende teksten. De symbolen van de bodemkaart worden uitgelegd in bijlage 5.5.

De polders gelegen ten zuiden van het Westhoekreservaat en ten noorden van het Cabour-domein behoren tot de polders van het Oudland. Ten noorden van de baan Adinkerke-Duinkerke komen vooral kreekruggronden (A1z, A2, A4, A5) en overdekte waddengronden (W1) voor, ten zuiden van de baan Adinkerke-Duinkerke vooral overdekte waddengronden (W1, W2z en W2k).
Langsheen de zuidelijke rand van het Cabour-domein komen poelgronden (B4) en bodems behorend tot het landschap van de Moeren (uSl en Sl) voor.

Ten zuiden van het Garzebekeveld liggen overdekte waddengronden (W1, W2z) van het Oudland.

De poldergronden ten zuiden van de Oosthoekduinen behoren tot de kreekruggronden (A4 en A5) en de overdekte waddengronden (W1) van het Oudland.

Ten zuiden van het Kerkepannebos komen kreekruggronden (A4, A5 en A6) van het Oudland voor.

De Lenspolder te Nieuwpoort - in de verklarende teksten van de bodemkaart aangeduid als de Groenendijkpolder - heeft bodems behorend tot strandruggronden (A1, A2z, A2k) en schorgronden (B1, B2, B3) van het Nieuwland.

Ten zuiden van Littobos komen uitgebrikte gronden (OG1, OG2) en overdekte kreekruggronden (D4) van het Middelland voor.

Het gebied tussen de baan Nieuwpoort -Westende en de IJzermonding heeft strandruggronden (A1, A2) en schorgronden (B1, B2, B3) van het Nieuwland.

Ten zuiden van de Schuddebeurze liggen schorgronden (B1, B2, B3) van het Nieuwland en overdekte kreekruggronden (D3, D5) van het Middelland.

De polders ter hoogte van Walraversijde zijn overdekte kreekruggronden (D5), dekkleigronden (E1) van het Middelland en vergraven gronden (OT).

De polderbodems gelegen ten zuiden van de Vosseslag zijn kreekruggronden (A2, A5) en oude kleiplaatgronden (C1) van het Oudland, met enkele kleine arealen van uitgezande (OZ) en afgegraven (OA) gronden.

De polders gelegen ten oosten en ten zuidoosten van De Haan zijn kreekruggronden (A4, A5) en oude kleiplaatgronden (C1, C2) van het Oudland.

De strook gelegen ten zuiden van de Oude Hazegraspolder en ten noorden van de Graaf Jansdijk, de Nieuwe Hazegraspolder en de Willem-Leopoldpolder hebben bodems behorend tot het Nieuwland van het Zwin. Het zijn zeer zware schorgronden (Bco, Bc1, Bc2, Bc3), zware schorgronden (Bb1k, Bb1, Bb2 en Bb3), geulgronden (G1z, G2, G3) en kreekwalgronden (H1).

6. Bewonings- en landschapsgeschiedenis

6.1. Inleiding

De mens heeft een onmiskenbare stempel gedrukt op de ontwikkeling van het duinlandschap. Reeds in het Neolithicum moeten jacht, veeteelt en akkerbouw het toenmalige kustecosysteem hebben beïnvloed. Vanaf de late Middeleeuwen wordt de impact groter. Voortaan bepaalt de mens door bedijking, duinfixatie en landbouwaktiviteiten in grote mate zelf hoe het kustlandschap er gaat uitzien.

Aan de hand van oude geschriften en kaartmateriaal hebben historici de recente evoluties grotendeels kunnen reconstrueren. Voor de vroegere periodes zijn we aangewezen op archaeologisch, geologisch en paleo-ecologisch onderzoek. De studie van de complexe holocene landschapsontwikkeling in de kustvlakte maakt dan ook dankbaar gebruik van de synergie tussen deze disciplines. Veel archaeologische resten zijn echter door metersdikke mariene of eolische sedimenten bedekt waardoor er relatief weinig vondsten bekend zijn.

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste periodes in de bewoningsgeschiedenis van de maritieme duinstreek geschetst. Voor zover mogelijk staat de menselijke invloed op het landschap daarbij centraal. De historische achtergronden brengen de kennis van het huidige ecosysteem in een breder perspectief en kunnen ons helpen bij het opstellen van een streefbeeld voor het natuurbeleid.

Literatuur omtrent de historiek van de kust is er in overvloed. Zeldzamer zijn de auteurs die basis-opzoekingswerk verrichtten. Ook in het kader van deze studie werd enkel gebruik gemaakt van reeds gepubliceerde gegevens.

6.2. Bewoning op de "oude" duinen

Het huidige duinlandschap bestaat voor het grootste gedeelte uit zogenaamde "jonge duinen", een term waarmee geomorfologen duinen aanduiden die ongeveer vanaf de 11de eeuw werden gevormd (cfr. hoofdstuk 3). Van de oudere duingebieden zijn nog slechts relicten bewaard. Het merendeel verdween in zee of werd door jongere sedimenten bedekt.
Vermits geschreven bronnen vrijwel ontbreken, zijn we voor de reconstructie van het toenmalige landschap aangewezen op palaeo-ecologisch onderzoek.

Tabel 6.1. Chronologie (naar De Ceunynck et al. 1987).

Tijdschaal	Tijd	"Transgressie"-fase	Archaeologische periode	
- 2000			Nieuwste tijden	
		Duinkerke IIIb	Nieuwe tijden	
- 1000	Subatlanticum	Duinkerke IIIa	Middeleeuwen	Late (13de-15de E) Volle (10de-12de E) Vroege (6de-10de E)
		Duinkerke II	Romeinse periode	
- 0			IJzertijd	
		Duinkerke Ib		
- -1000		Duinkerke Ia	Bronstijd	
	Subboreaal	Duinkerke 0		
- -2000		Calais I-IV (verschillende fasen)		
			Steentijd	
- -3000				
	Atlanticum			

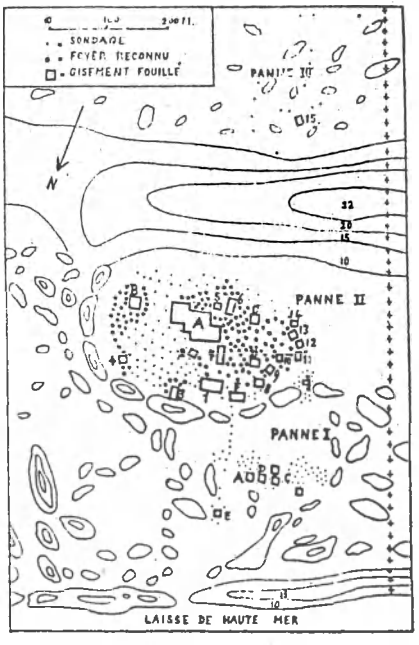
6.2.1. De eerste bewoners

De oudste sporen van menselijke occupatie aan de Westkust gaan terug tot het Midden-Neolithicum (3500 - 2500 v. Chr.). De toenmalige nederzettingen situeren zich in de oude duinen en op de overgang tussen het zand(leem)gebied en de kustvlakte, die in deze periode voornamelijk uit uitgestrekte veenmoerassen bestaat. Onder meer in Lampernisse en Nieuwpoort

werden gepolijste bijlen gevonden die uit deze periode dateren. Zij wijzen op een bosrijk milieu. Door de verhoogde mariene aktiviteit in het Laat-Neolithicum en de Bronstijd (Duinkerke 0-overstromingsfase) worden de veengebieden plaatselijk overspoeld. Uit deze periode geen vondsten bekend omdat het milieu waarschijnlijk een tijdlang mens-onvriendelijk is (Termote 1992, Baeteman et al. 1984, Van Sielegem 1985, Anoniem 1984).

6.2.2. IJzertijd (700-50 v.o.t.)

Een nieuwe, meer zeewaarts gelegen zeereep stabiliseert zich in de IJzertijd, omstreeks 700-500 v.o.t. Een geheel van (semi)permanente nederzettingen in het duingebied tussen De Panne en Bray-Dunes, vormt de meest interessante site uit deze periode. Het "Romeins kamp" werd in de periode 1927-1929 opgegraven onder leiding van archaeoloog E. Rahir. Zoals de naam van de site reeds laat vermoeden, werden op dezelfde plaats ook Romeinse resten ontdekt (Rahir 1932, Figuur 6.1.). Naast een aantal losse vondsten uit Zeebrugge vormt het materiaal uit de Westhoek, althans voor wat de huidige duinstreek betreft, de enige met zekerheid gedateerde artefacten uit de IJzertijd. Het opgegraven materiaal leert ons dat de bevolking leefde van visvangst, veeteelt en zoutwinning. Op de site werd heel wat keramiek aangetroffen dat bij de winning van zout wordt gebruikt ("briquetage"). Gautier (1990) vond in Bray-Dunes beenderresten van verschillende gedomesticeerde dieren (konijn[1], kip, paard, varken, schaap en geit). De meerderheid van het beendermateriaal is afkomstig van schapen en geiten wat wijst op een intensieve schapenteelt (Thoen 1978, Baeteman et al. 1984, Termote 1992, De Ceunynck & Thoen 1981).

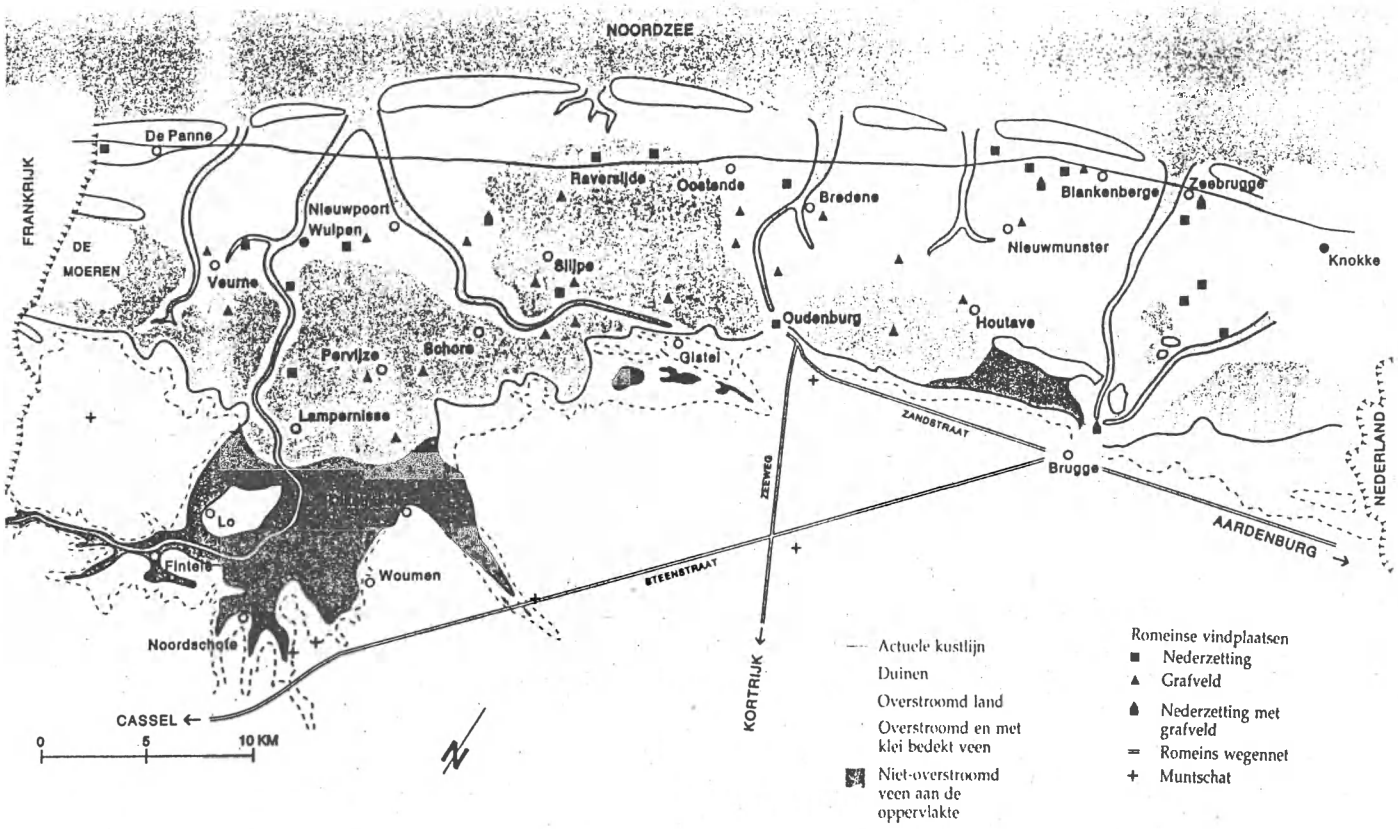


Figuur 6.1. Situering van de IJzertijd-sites in De Westhoek (De Ceunynck & Thoen 1981).

6.2.3. Romeinse tijd (50 v.o.t. - 476)

De zeedoorbraken van ca. 500 tot 100 v.o.t. (Duinkerke I-overstromingsfase) overspoelen opnieuw gedeelten van het veengebied. Achter de zeewerende duinen (oude en middeloude duinen) ontstaat een waddenlandschap met uitgestrekte zandplaten, slikken en schorren. Over het exacte verloop van de duingordel tijdens de Romeinse regressiefase is echter nog zeer weinig bekend (De Ceunynck et al. 1987, De Ceunynck 1992).
De moerassige kuststreek, tussen Schelde en Aa, wordt tussen 57 en 51 v.o.t. veroverd door de Romeinse veldheer Gaius Julius Caesar. In zijn oorlogsverslag "De Bello Gallico" vermeldt hij dat het gebied bewoond wordt door de volksstam "Menapii". Om rechtstreekse confrontaties met de Romeinse legers uit de weg te gaan, trekken zij zich in de bossen en moerassen terug, van

[1] Resten van Konijn blijken echter jonger, geremanieerd materiaal (mond. med. G. Tack)



Figuur 6.2. Reconstructie van landschap en bewoning in de Vlaamse kustvlakte in de Romeinse tijd (in Verhulst 1995, naar Hugo Thoen).

waaruit zij een soort guerilla-oorlog voeren. De acculturatie van de veroverde stammen verloopt vrij traag en neemt ongeveer een eeuw in beslag (Van Gansbeke 1964, Termote 1992).

Palynologisch onderzoek in oude duinafzettingen van De Panne geeft ons een beeld van de toenmalige flora. Het soortenspectrum wijst op een gediversifieerd landschap met zowel bos (o.a. Quercus, Betula, Alnus, Fraxinus, Corylus & Fagus), struweel (o.a. Juniperus & Hippophae) als door kruiden gedomineerde begroeiingen. Calluna en Myrica wijzen op (partieel) ontkalkte omstandigheden. Aan de binnenduinrand heeft zich een brak tot zoet moerasgebied ontwikkeld. Zagwijn (1971) komt tot gelijkaardige pollenspectra voor duinen van vergelijkbare leeftijd in Noord- en Zuid-Holland.
De relatieve pollenhoeveelheid vertoont een grote variatie. Hieruit valt voor de oude duinen ter hoogte van De Westhoek een duidelijke bosuitbreiding af te leiden gedurende de laatste eeuwen v.o.t. (De Ceunynck & Thoen 1981, De Ceunynck 1987). Ook in de duinen bij Den Haag (Nederland) ontwikkelt zich rond de eerste eeuw v.o.t. een duinbos waarin talrijke boomsoorten voorkomen. Boerboom & Zagwijn (1966) vermelden Ulmus, Fraxinus, Tilia, Carpinus, Betula, Pinus, Alnus en Fagus.
Sporen van menselijke invloed op het landschap worden afgeleid uit een opvallend hoog aandeel van pollen van Cerealia (akkerbouw) of Smalle weegbree (veeteelt). Voor de oude duinen van De Panne valt daaromtrent uit de pollenspectra weinig af te leiden. De archaeologische vondsten brengen meer klaarheid.

De Gallo-Romeinse site van de Westhoek is de enige bekende die zich in de toenmalige duinen situeert (Figuur 6.1.). De nederzettingen van Raversijde, Wenduine en Zeebrugge bevinden zich

achter de duingordel. Het hoogtepunt van de Romeinse bewoning situeert zich tussen het einde van de 2de en het midden van de 3de eeuw. Aan de Westkust is vooral het wadgebied tussen Veurne en Wulpen dicht bewoond. Aan de bovenkant van de Duinkerke I-afzettingen wordt vaak een begroeiingshorizont van schorren aangeboord met veel beenderresten van schapen. Ook de vondsten van De Panne wijzen er op dat de bevolking voor een groot deel uit veetelers bestond. In Raversijde en Zeebrugge werden sporen van zoutwinning gevonden. Wenduine is in de Romeinse periode een vrij belangrijke handels- en vissershaven. Verder worden talloze losse vondsten vermeld in Nieuwpoort, Westende, Bredene, Heist en Knokke; meestal verspoeld materiaal dat op het strand wordt aangetroffen. De talrijke vondsten, verspreid over het kustgebied wijzen op een vrij dense bewoning (Trips 1968, Thoen 1978, Anoniem 1984, Termote 1992).

Op het einde van de 3de eeuw slaan de zeedoorbraken van de Duinkerke II-transgressie het grootste gedeelte van de oude duinen weg. Dit betekent - samen met invallen van Germaanse stammen - veelal het einde van de toenmalige nederzettingen. Hoewel er over de kustbewoning tijdens Duinkerke II nog grote onduidelijkheid bestaat, worden een aantal plaatsen vrij abrupt verlaten. Bij de Romeinse nederzetting op een kreekrug te Bredene bijvoorbeeld gebeurt dit tussen 267 en 269 (Clybouw 1989). De Romeinen worden rond het begin van de 5de eeuw definitief uit onze streken verdreven (Van Gansbeke 1964, Verhulst 1995).

6.2.4. Vroege Middeleeuwen

Vanaf het einde van de 5de eeuw daalt de mariene invloed. De hoogst opgeslibde schorren ("marisci") bieden goede mogelijkheden voor schapenteelt en in de duinen vindt men veilige nederzettingsplaatsen. Vondsten uit deze periode zijn onder meer bekend van De Panne, Nieuwpoort, Lombardsijde en De Haan/Vlissegem. Onze kust wordt door verschillende volkeren bezocht, niet altijd met even vreedzame bedoelingen. Van het midden van de 5de tot het begin van de 6de eeuw dringen zeevarende Saksen via de kust (IJzer) en de Schelde onze gewesten binnen (Termote 1992, Clybouw 1989).

Vanaf de 6de eeuw brengen de Franken een nieuwe politieke stabiliteit waardoor handel en nijverheid weer kansen krijgen. Op de oude duinsokkel van de Westhoek te De Panne komt vanaf de 7de eeuw een handelsnederzetting tot bloei waarvan de resten de eerste sporen vormen van Middeleeuwse bewoning in de duinen van de Westkust. In de Cabourduinen (Adinkerke) vond Termote (1985) een mantelspeld daterend uit de 8ste -9de eeuw. Tijdens de Karolingische periode (9de-10de eeuw) worden de schorren systematisch ingenomen, vooral vanuit de duinen en het zand(leem)gebied (Termote 1992, Baeteman et al. 1984).

Vooral in de tweede helft van de 9de eeuw heeft de kustbevolking te lijden onder invallen van de Noormannen. Het strategisch belang van de kustzone neemt daarmee sterk toe. Reeds rond 800 laat Karel de Grote wachtposten oprichten ter hoogte van de havens en rivier- of kreekmondingen (Termote 1992, Verhulst 1995).

6.3. De duinen van het Graafschap Vlaanderen

6.3.1. Ontstaan van de kustplaatsen

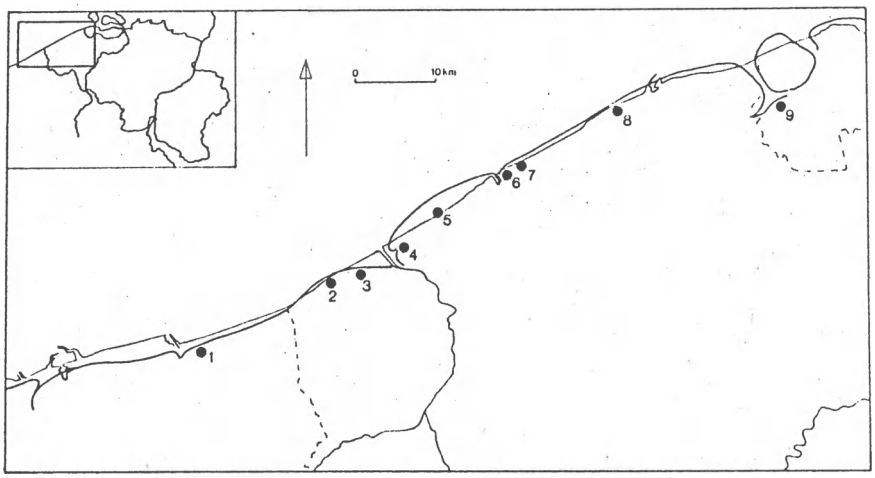
De meeste kustdorpen ontstaan tussen eind 11de en eind 13de eeuw (Ampe 1982, Tabel 6.2.). De ontwikkeling ervan wordt beïnvloed door verschillende factoren. Vanaf de 10de eeuw begint men met de aanleg van grote dijken, ongeveer loodrecht op de kust, waarmee de belangrijkste geulen worden afgedamd. Voorbeelden zijn de "Oude Zeedijk" tussen Oostduinkerke en Knocke aan de IJzer en de "Blankenbergse dijk" tussen Brugge en Blankenberge. Daarbij verdwijnen grote schorregebieden uit de invloed van de zee waarna ze, aanvankelijk als zilte weiden, in cultuur worden gebracht. De grote abdijen (Oudenburg, Ter Duinen, St. Winnoksbergen,...) nemen het belangrijkste deel van de inpolderingswerken voor hun rekening. Het zijn dan ook vooral nederzettingen van veehouders die op het einde van de 11de en het begin van de 12de eeuw de aanzet vormen tot de bestaande bewoningskernen. De duinen vormen daarbij een veilige (hoger gelegen) vestigingsplaats waar steeds voldoende zoet water te vinden is.

Tabel 6.2. Eerste vermelding van de Middeleeuwse kustnederzettingen (Ampe 1982).

Nederzetting	Eerste vermelding
Mariakerke-ter-Streep	1071
Bredene	1087
Oostende	±1115
Adinkerke	1123
Oostduinkerke	1149
Wenduine	1160
Nieuwpoort	1163
Westende	1173
Scarphout	1199
Middelkerke	1218
Koudekercke	1221
Knokke	1227
Nieuwe Yde	±1240
St. Catharina-ter-Streep	1265
Koksijde	1270
Blankenberge	±1275
Tarrendijke	1277
Walraversyde	1290
Blutsyde	1461

Ook de vorming van de jonge duinen, vermoedelijk reeds vanaf de 9de of 10de eeuw, heeft in belangrijke mate het nederzettingspatroon mee bepaald. Aan de Westkust worden de meeste restanten van de oude duinen en gedeelten van de schorren tijdens twee loopduinfasen overstoven, waardoor een relatief vlak landschap ontstaat met een hoogte van 6 à 7 m T.A.W. (cfr. geomorfologie). De gronden zijn geschikt als weide of hooiland; in mindere mate wordt rogge geteelt (De Ceunynck 1987, Termote 1992, Baeteman et al. 1984).

De eerste helft van de 13de eeuw wordt gekenmerkt door een opvallende bevolkingstoename. De stijgende vraag naar voedsel zet de kustbewoners er toe aan meer gebieden in te polderen en de visserijactiviteiten uit te breiden. In die periode worden ook een aantal nieuwe vissersnederzettingen opgericht. Het zijn de "Yden van de Vlaamse kust" waaraan Karel Loppens in 1938 een interessant artikel wijdde en waarover Vlietinck (1939) het boekje "De Yden van Vlaanderen" schreef. Het woord "yde" zou slaan op een vlak strand of verzande kreekmonding die als schuilhaven kan dienst doen (Figuur 6.3.).
Het grootste deel van die dorpjes wordt tegen het einde van de 13de eeuw door de graaf geregulariseerd. Het verdwijnen van een aantal van die nederzettingen heeft te maken met economische factoren (daling van voedselvraag), vistechnische aspecten (betere bewaringstechnieken : dus grotere boten : dus betere havens) en het dichtslibben van de kreken, onder meer door de aanleg van dijken die de spuiwerking verhinderen.



Figuur 6.3. Vissersnederzettingen aan "yden" eind 13de , begin 14de eeuw. 1. Yde bij Duinkerke, 2. Koksijde, 3. Nieuwe Yde, 4. Lombardsijde, 5. Walraversijde, 6. Blutsyde (?), 7. Yde bij Wenduine, 8. Scarphout, 9. Koksijde bij Sluis (Verhulst 1995).

De Westkust

Over het ontstaan van Adinkerke is weinig met zekerheid geweten. Het dorp "Adenkercka" wordt het eerst vermeldt in 1123 maar vermoedelijk dateert de nederzetting reeds van de 10de eeuw (Desiere 1993). Een nederzetting in het duingebied ten westen van De Panne met bewoning van de 10de tot eerste helft van de 13de eeuw verdween onder het tweede loopduin. Restanten van het bewoningsoppervlak stuiven nu weer bloot in de "Zwarte Panne" van De Westhoek. De volgende bewoningsfase in De Panne komt er pas op het eind van de 18de eeuw.

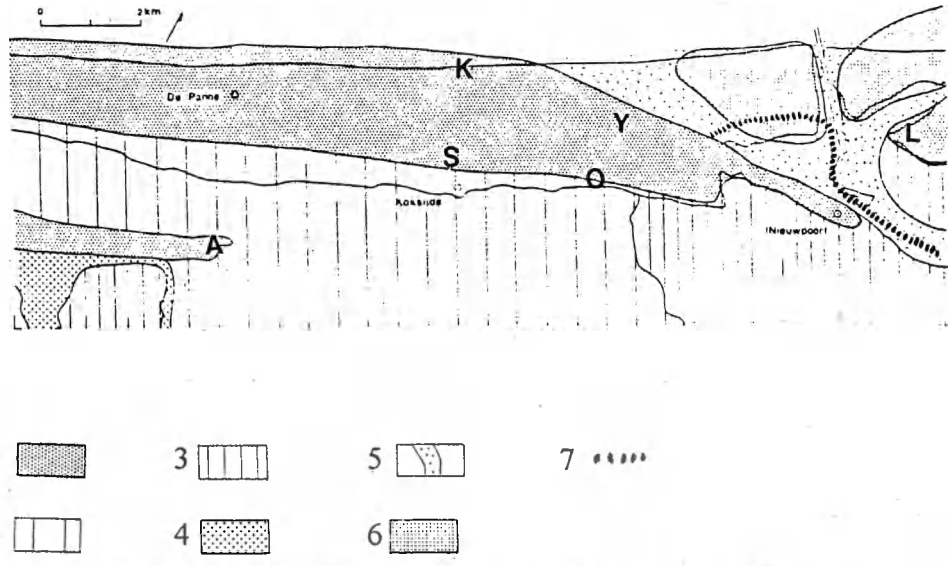
De eerste vermelding van Koksijde loopt terug tot 1150. Waarschijnlijk is het in die periode een vissersnederzetting afhankelijk van de abdij Ter Duinen, gelegen aan de (verzande) monding van de Schipgatkreek. In 1216 wordt de Simoenskapel gebouwd in een gehucht aan de binnenduinrand (het huidige Koksijde dorp). Later neemt dit dorp de naam Koksijde over (Geerebaert 1960).

De nederzetting "Nieuwe Yde" aan de monding van het vloedgat wordt in 1246 gesticht door Margaretha van Constantinopel. Het dorp kent een bloeitijd op het einde van de 13de en in de 14de eeuw. In 1314 wonen er ongeveer 500 personen (134 gezinnen). Het Vloedgat wordt omstreeks 1280 afgedicht door de dijk van Jan van Belle, de latere Groenendijk (Figuur 6.4.). De geul slibt geleidelijk dicht waardoor het gebruik van de yde als haven steeds moeilijker wordt. Mede door de concurrentie van het dichtbijgelegen Nieuwpoort en de plunderingen tijdens de godsdiensttroebelen wordt de nederzetting op het einde van de 16de eeuw verlaten. De resten verdwijnen grotendeels onder de oprukkende paraboolduinen maar sporen ervan blijven tot op het einde van de 17 de eeuw zichtbaar (Viaene 1961, Termote 1992, Loppens 1936a). De plaats waar het dorp ooit gelegen heeft wordt nu "Spelleplekke" genoemd naar de talloze spelden die er gevonden werden. Ook ten oosten van Duinkerke, waar het vissersdorp "La Hyte" gelegen was heeft men dergelijke spelden gevonden (Raepaert 1924).

Het dorp Oostduinkerke ontstaat in de 11de eeuw aan het uiteinde van de oude zeedijk. Reeds voor 1135 wordt het als zelfstandige parochie van Wulpen afgesplitst. De eerste vermelding van de naam "Ostdunckerka" dateert van 1246.
Van een nederzetting nabij de watertoren aan de Groenendijk werden sporen gevonden die wijzen op bewoning in de 12de en de eerste helft van de 13de eeuw (Termote 1992).

De IJzermonding

Tijdens de zogenaamde Duinkerke III-overstromingen (eerste helft 11de eeuw) vormt de IJzermonding een belangrijk inbraakgebied. Vermoedelijk spelen vooral de stormvloeden van 1014 en 1042 die daarbij een belangrijke rol (Verhulst 1995). Vanaf het midden van de 11de eeuw daalt de mariene aktiviteit waarbij het estuarium grotendeels verzandt. Aan de linkeroever ontstaat waarschijnlijk reeds in de 8ste of 9de eeuw een langwerpige, oost-west georiënteerde



Figuur 6.4. Reconstructie van het landschap aan de Westkust in de 13de eeuw; A. Adinkerke, K. Koksijde, S. Simonskapelle, O. Oostduinkerke, Y. Nieuwe Yde, N. Nieuwpoort, L. Lombardsijde, 1. duin, 2. polder, 3.slikke en schorre, 4. voormalig veengebied, 5. geul, 6. zandplaat, 7. dijk (Naar Termote 1992).

zandrug ("Sandeshoved"). In 1163 sticht Filips van den Elzas, gestimuleerd door de economische bloei in die periode, op deze duintong de nieuwe havenstad Nieuwpoort. 150 jaar later telt de stad reeds 5000 inwoners (Termote 1992, De Vent 1991).

De Hemmepolder wordt reeds vanaf de eertse helft van de 11de eeuw ingedijkt (in 1226 definitief ingepolderd). Rond 1300 is ook de huidige Lenspolder volledig bedijkt waardoor de IJzermonding gereduceerd wordt tot één geul met aan weerszijden een smalle strook slikken en schorren.
Het vissersdorp Lombardsijde wordt in 1249 door gravin Margaretha van Constantinopel geregulariseerd. De gronden, gelegen aan de noordelijke arm van IJzer, worden voor een groot deel onteigend van de abdij van Oudenburg en herverkaveld door de hoogbaljuw van Veurne vooraleer hij ze aan de kandidaat-bewoners toewijst. Het vissersdorp groeit verder uit en krijgt net als Oostende en Blankenberge stedelijke privileges. Door de verzanding van de Lombardsijdekreek raakt de haven echter in onbruik. In 1413 verkoopt graaf Jan Zonder Vrees het dorp aan Nieuwpoort (Termote 1992, De Vent 1991, Loppens 1938, Loppens 1939, Verhulst 1995).

Het eiland Testerep

Tijdens de vroege Middeleeuwen (7de-8ste eeuw) ontstaat een soort waddeneiland genaamd Testerep (later Ter streep). Het strekt zich uit tussen Oostende en Nieuwpoort over een lengte van ongeveer 14 km en het heeft een breedte van gemiddeld 2 km. Aan de zeezijde ontwikkelt zich een zeereep, de landzijde bestaat uit schorren en slikken. Waarschijnlijk is de duinvorming vergelijkbaar met die in het gebied tussen Blankenberge en Heist. Op de geschilderde kaart van Pieter Pourbus, gemaakt tussen 1562 en 1571, is een gelijkaardige dijkstructuur (met inlagen) zichtbaar in die twee zones. De Schapeweide te Middelkerke is het laatste duidelijke restant van deze inlagen op Testerep..

Het "eiland" Testerep duikt reeds in 992 in teksten op in zake de verhuring van de schorren voor het weiden van schapen. Vooral de abdijen van Oudenburg en St.-Winoksbergen speelden daarbij een belangrijke rol. Loppens (1932) vergelijkt het toenmalige landschap met de huidige prés salés ten westen van Duinkerke.
De oudste vermelding van de parochie O.L.V. ter streep dateert van 1115. Op het einde van de 13de eeuw is het dorp bekend als St. Marienkerke Testrep, het latere Mariakerke. Het dorp lag aan een kreekmonding ten Oosten van het 17de eeuwse fort Albertus.
Westende, zoals de naam laat vermoeden aan de westelijke zijde van de landstrook gelegen, wordt voor het eerst vernoemd in 1173.
De kreek achter Testerep gelegen wordt in 1167 afgedamd.
Het vissersdorp Oostende is vermoedelijk te plaatsen in de context van de ydes, midden 12de eeuw (Termote mond. med.). In 1267 splitst het zich af van de parochie O.L.V. ter streep. De naam Middelkercka duikt voor het eerst op in 1218. Andere bewoningskernen op de landstrook zijn St. Catherinepolder en Walraversijde. De archaeologische vondsten van deze laatste vissersnederzetting dateren hoofdzakelijk uit de 14de en 15de eeuw (Vanneste 1959, Borremans 1963, Loppens 1932 en 1938, De Vent 1991, Verhulst 1995).

De duingordel van Bredene tot Wenduine

In geschriften uit de 13de eeuw wordt het gehucht "Blutsy" (Blutsyde of ook ook Ter Cuere) vermeld, gelegen aan een kreekmonding ter hoogte van het huidige Bredene. De nederzetting is voor een deel op schorren en voor het ander deel in de duinen gelegen (net zoals de nederzetting te Raversijde). Tijdens de stormen van 1477-'78 wordt de woonkern door de zee bedreigd. De naam wordt nog vermeld in 1556 waarna het dorp geleidelijk in de golven verdwijnt (Clybouw 1989, Loppens 1936b) .

Bredene ontstaat in de 10de eeuw rond een priorij (voor het eerst vermeld in 1087) die zich met het ontginnen van de schorren ten noorden van Oudenburg bezig houdt. Het gebied wordt omstreeks het jaar 1000 nog overstroomd via de kreek gelegen tussen Oostende en Bredene. De kustplaats ontwikkelt zich pas enkele eeuwen later (De vent 1991, Clybouw 1989).

Althans gedeeltelijk op de "middeloude" duinen ontstaan de dorpjes Klemskerke (in 1003 voor het eerst vermeld) en Vlissegem. Dit laatste dorp wordt reeds in geschriften van 988 onder de Frankische naam "Flenkenhem" vernoemd. De kustplaats De Haan ontwikkelt zich pas in de loop van de 19de eeuw.

Wenduine maakt zich als parochie in 1185 los van Uitkerke en evolueert tot een bloeiend vissersdorp. In 1378 worden in het dorp 42 vissersboten geteld.
Nabij Wenduine wordt aan een kreekmonding een vissersnederzetting opgericht die tot de 16de eeuw blijft bestaan(Loppens 1938). Op kaarten uit de 17de eeuw (onder meer die van Jacob Colom) worden restanten van deze kreek nog afgebeeld.

De kuststrook tussen Blankenberge en Heist

Dit gebied wordt aanvankelijk niet door zeewerende duinen beschermd. Begin 12de eeuw worden de schorren ongeveer straalsgewijs vanuit het toen buitendijks gelegen Scarphout (ter hoogte van Blankenberge) en Heist ingepolderd. De eerste volledige zeewerende dijk tussen de twee dorpen komt er op het eind van die eeuw (de zogenaamde 2de Evendijk). Doordat de prille zeewering reeds in de daaropvolgende decennia afbrokkelt, worden tussen 1395 en 1402 inlagepoldertjes aangelegd (Vanhecke 1993). Claeys et al. (1981) vermelden de aanleg van een inlage ter hoogte van Heist, reeds in 1302.
Blankenberge wordt afgescheiden van de heerlijkheid Uitkerke en krijgt tussen 1265 en 1270 stedelijke voorrechten van gravin Margaretha van Constantinopel.
Heist groeit uit twee woonkernen van de parochie Lissewege, die hun ontstaan kenden rond terpen. Het eerste, Heis wordt voor het eerst vermeld in 1175, de tweede kern Koudekercke in 1221. Het zijn vissernederzettingen, gelegen aan de rand van de op het eind van de 12de eeuw gewonnen Oudemaarspolder. Pas in het begin van de 16de eeuw slaat de naam Heyst op het gehele woongebied. Het wordt een belangrijk visserdorp dat in 1525 ongeveer 400 inwoners telt (De Vent 1991, Verhulst 1995).

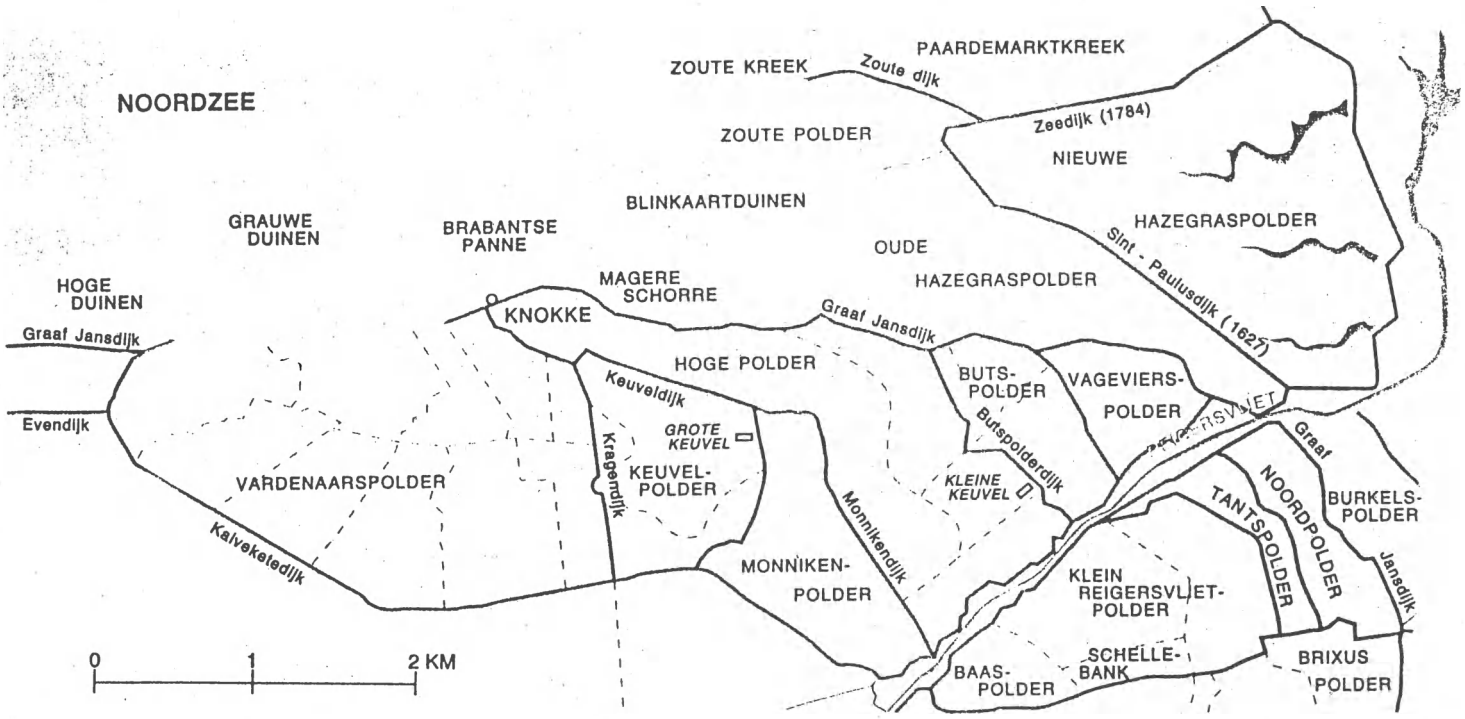
Het zwingebied

De "Sincfal" vormt in de 8e eeuw de zuidgrens van het land van de Friezen en heeft daardoor een belangrijke politiek-geografische betekenis. Pas in de loop van de 13de eeuw gebruikt men de

naam "Zwin". De bewoningsgeschiedenis van het gebied hangt nauw samen met de geomorfologische ontwikkelingen; inpoldering, verzanding en primaire duinvorming (De Vent 1991).

In tegenstelling tot wat in het verleden vrij algemeen werd aanvaard, vermoedt Verhulst (1995) dat het gebied tussen Blankenberge, Knokke, Brugge en Damme grotendeels niet door de zogenaamde Duinkerke III-overstromingen werd geteisterd. De eerste grote dijken, aangelegd loodrecht op de kustlijn tegen het einde van de 10de eeuw (zoals de Blankenbergse dijk), hadden dan ook amper nog een zeewerende functie. Wel zouden de stormvloeden van 1134 de zwingeul aanzienlijk hebben uitgediept waarmee ook de overstroming van de omringende gebieden gepaard ging. Rond 1170 wordt de tweede Evendijk aangelegd vanaf Heist in zuidoostelijke richting. Tot de 15de eeuw poldert men de schorren ten westen ervan systematisch in, vaak door de aanleg van boogvormige dijken (Claeys et al. 1981).

Het eiland Wulpen situeerde zich voor de huidige kustlijn, tussen Knokke en Cadzand. Reeds in het begin van de 12de eeuw wordt het eiland bewoond. Er zijn 4 dorpskernen bekend; Oostende, Westende, Remboudsdorp en Avenkerke. De naam Knokke wordt voor het eerst in 1227 vermeld. Het dorp was gelegen op de gelijknamige landtong. In 1253 is er sprake van de parochie St.-Katherine -ten Cnocke. De nederzettingen Schaarte en Vijfhoek, respectievelijk ten westen en ten oosten van Knokke gelegen, worden op het einde van de 14de eeuw onder stuifzand bedolven (De Vent 1991, Coornaert 1974, Claeys et al. 1981, Verhulst 1995).



Figuur 6.5. Voornaamste toponiemen van Middeleeuwse polders, dijken en duinen op de linkeroever van het Zwin (Verhulst 1995).

De eerste duinvorming grijpt plaats op het einde van de 14de eeuw door het opstuiven van zand tegen de Gravejansdijk (aangelegd in 1405). De zandgordel breidt zich waaiervormig uit en bereikt omstreeks 1425 de Papenpolder. Op het einde van de 16de eeuw ontstaan de Kalfduinen ter hoogte van "het Kalf".
Een tweede duinenrij vormt de Blinkaertduinen en bereikt omstreeks 1600 de huidige omvang. De langgerekte primaire duinvallei ten zuiden ervan noemt men de Grote Panne te Heist en de Brabantse Panne (later Lispanne) te Knokke. Het noordelijk deel van het huidige golfterrein wordt de Blinkaertpanne genoemd (Figuur 6.5.).
Op een zandplaat ter hoogte van het huidige Albertstrand vormt zich in de 17de eeuw een nieuwe zeereep. In 1641 heeft deze derde duingordel zich tot ongeveer 1 km ten oosten van de kerk van Knokke uitgebreid. De vallei achter deze duingordel blijft in verbinding met de zee en krijgt daarom de naam Het Zoute. Omstreeks 1700 voegt een vierde duinenrij zich tegen de derde en vormt zo de Kleine Vlakte (ter hoogte van de Paardemarktkreek).

De Paulusdijk en Paulusvaart, aangelegd in 1627, maken deel uit van de verdedigingsgordel die tijdens de tachtigjarige oorlog door de Spanjaarden werd opgeworpen. Ook de forten langsheen de Zwingeul (onder meer St.-Paulus en Isabella) dateren uit die periode. De dijk onttrekt meteen de Oude Hazegraspolder aan de invloed van de zee en stimuleert de vorming van de Korteduinen (in het verlengde van de Blinkaertduinen). De Nieuwe Hazegraspolder wordt ingedijkt in 1784. De Zoutepolder ontstaat in 1787, na de aanleg van de Zoutedijk tussen de Blinkaertduinen en de toenmalige zeereep (Claeys et al. 1981, Verhulst 1995).

6.3.2. Het Wildernisregaal

In 846 schenkt Karel de Kale de Vlaandergouw aan zijn schoonzoon Boudewijn met de IJzeren Arm. Hij wordt de eerste graaf van Vlaanderen. In uitvoering van het "Wildernisregaal", dat de graven van de Karolingische koningen overnemen, behoren de "woeste gronden" tot het grafelijk domein. Tot die "wastines" wordt ook het gehele duingebied gerekend. De duinen worden opgesplitst in de "Oostduinen", behorende tot het Brugse Vrije, en de "Westduinen", afhankelijk van Veurnambacht. De IJzermonding vormt de grens (Termote 1992).
De duinen hebben een belangrijke economische waarde als jachtgebied en, vooral in de Volle en Late Middeleeuwen, ook als (rund)veeweide. De graven beheren echter niet het volledige duingebied. Grote gebieden worden geschonken aan abdijen of verpacht (Ampe 1982). In 1462 wordt het gehele duingebied daartoe afgepaald (Coornaert 1974).
Het beheer van de duinterreinen wordt door een reeks verordeningen gereglementeerd. Deze worden echter, vooral in periodes van oorlog, vaak door pachters en lokale bevolking aan de laars gelapt (zie o.m. Baelde 1988).

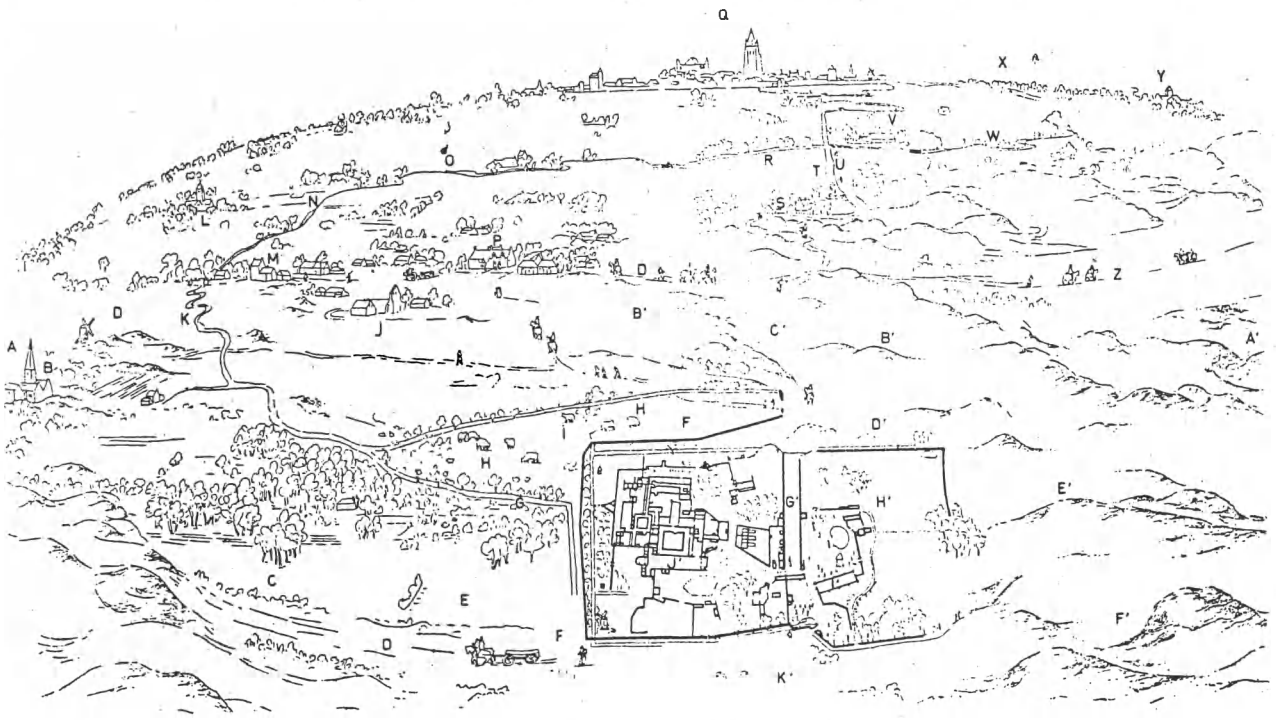
6.3.3. Bewoning en landschap

De abdijen

De abdijen speelden een belangrijke rol bij de inpolderingen aan onze kust. Vanaf de 11de eeuw zijn de schorren voor een groot deel op natuurlijke manier verland en tijdens de 11de en 12de eeuw, periode van de grote Middeleeuwse ontginningen, worden zij bijna integraal in cultuur gebracht. De Westhoek groeit uit tot één van de rijkere gebieden van West-Europa, wat in zekere

mate ook te danken is aan de abdij Ter Duinen. Andere belangrijke abdijen in of voor de kuststreek zijn de Augustijnerabdij St. Pieter van Oudenburg, de Benediktinessenabdij O.L.V. van Winnoksbergen en de Benediktijnerabdij St.-Baafs van Gent.

De "Duinenabdij" is de enige abdij die in het duingebied gelegen is. In 1107 vestigt de Franse benedictijn Ligerius zich aan de rand van het loopduin in Koksijde. De kleine gemeenschap groeit spoedig aan en in 1128 besluit abt Fulco tot de bouw van een eerste abdij. Reeds in de volgende eeuw worden nieuwe gebouwen opgetrokken. Dit leidt tot één van de grootste bouwondernemingen van 13de eeuw in toenmalig Vlaanderen. Daarbij krijgt de abdij van Diederik van den Elzas ongeveer 20 ha duin; de gronden die toen bewoond en bewerkt werden.



Figuur 6.6. Het landschap in de omgeving van de Duinenabdij, geschematiseerd naar de duinenkaart van Pieter Pourbus van 1563 (Devliegher 1960). Legende :

A. oost
B. Duunkercke
C. cloosterbusch
D. wech naar Nieuwpoort,
E. clooster zaeylant
F. anderen vuutwech
G. waterloop naar den langheles
H. osseparck
I. nieuwen vuutwech
J. kercke van Coxyde
K. den zelven waterloop
L. Wulpen
M. cleenschaeck nu tpeerdeken
N. watre vanden zelven waterloop
O. twater vanden langheles
P. grootschaeck
Q. Veurne
R. langheles
S. turfhuis
T. water vanden turfhuuse naer vuerne
U. wech naer vuerne
V. boghaerde
W. tlangheles naer Dunkercke
X. tzuudgasthuus
Y. adinkercke
Z. wech naer Dunkercke
A'. west
B'. streke vanden zande
C'. wech naer vuerne
F'. duunen
D'. partien ende neeringhe ghevallen tusschen den dunen ende de verwayde partie
E'. verwayde duunen
G'. inganck vanden clooster
H'. nederhof
I'. de schuere
J'. clooster ten duunen
K'. poorte naer de zee

De uitbreiding van het gebied van de abdij verloopt in twee fasen tussen 1219 en 1273. Het "kerndomein" rond de gebouwen was reeds op 28 juni 1219 tot stand gekomen uit de schenking door gravin Johanna van Constantinopel. Het betreft een stuk grond tussen zee en de duinrand dat zich vanaf de abdij 650 m in oostelijke en 500 m in westelijke richting uitstrekt. In januari 1236 wordt het terrein, op aandringen van abt Nicolas van Belle, een eerste maal uitgebreid tot 1400 m ten oosten en 950 m ten westen van de abdijkerk. Uit een inventaris van 1245 blijkt dat de totale beheerde oppervlakte 3561 ha beslaat waarvan 627 ha duinen. Rond de abdijgebouwen staat een muur met een lengte van ongeveer 2300 m die een oppervlakte van ca. 25 ha omheint.
Een derde uitbreiding wordt in 1273 gerealiseerd. Dit jaar bevestigde Gewijde van Dampierre naar aanleiding van een betwisting de definitieve grenzen van het kerndomein. Zij vallen samen met de prefusie-grenzen van de actuele gemeente Koksijde.

Op een werkschets voor een kaart van de Duinenabdij en omgeving van Pieter Pourbus uit 1563 valt het bodemgebruik in het Koksijdse af te leiden (Figuur 6.6.). Het relatief vlakke landschap dat na de tweede loopduinfase ontstond is reeds sedert de Volle Middeleeuwen als weide of akkerland in gebruik. Ten oosten van de abdij is een bosaanplant te zien (het "cloosterbusch"), wat de abdij van brand- en constructiehout voorzag (Vannecke 1959). Het afvalwater wordt naar een lagergelegen panne (de "vuilpanne") afgevoerd, nabij de huidige Liefjeslaan gelegen (Termote 1992, Geerebaert 1960b, Loppens 1947).

In 1566 wordt de abdij overvallen door de geuzen en een tiental jaar later worden de laatste geestelijken verdreven. De gebouwen worden nog regelmatig als onderkomen voor legereenheden gebruikt maar stilaan begint men met de winstgevende afbraak. De bakstenen worden onder meer gebruikt bij de aanleg van sluizen in Nieuwpoort en de uitbreiding van Ten Bogaerde. Ook worden heel wat stenen geplunderd voor de bouw van vissershuisjes. Nog in 1938 vindt men onder een duintje dat wordt afgezand om een weide aan te leggen een hoop bouwmateriaal (kapitelen, arduin en bakstenen) dat afkomstig bleken te zijn van de oude abdij (Termote 1992, Geerebaert 1962 en 1963, Loppens 1947).

Van 1626 tot 1745 verbleven Engelse Karthuizers in het "Rood Huis" nabij het huidige Hannecartbos. Over de gemeenschap en hun invloed op het landschap is echter weinig bekend (Wastiels 1976).

Landbouwers en vissers

Over het leven van de doorsnee kustbewoner bestaan minder historische gegevens dan over de abdijen, kerkelijke en burgelijke machthebbers. Nochthans heeft de vissers-landbouwersbevolking het duinlandschap vanaf de Middeleeuwen tot het begin van deze eeuw beïnvloed. Zij vestigden zich vaak in de duinen om weinig of geen pacht te moeten betalen en leefden er van strandvisserij en heel kleinschalige landbouw (Verhulst 1995, Coornaert 1985, Viaene 1961).

In de 12de eeuw, na de eerste loopduinfase, heeft het duingebied een belangrijke economische waarde als weide. De grafelijke kuddes in de duinen van de kasselrij Veurne-Ambacht leverden rond 1187 jaarlijks ongeveer 40 koeien voor consumptie. De kudde vertegenwoordigt ongeveer een derde van de grafelijke veestapel in die kasselrij. Over de begraasde oppervlakte zijn echter geen gegevens voorhanden.
Na de overstuivingen van de tweede loopduinfase (midden 13de eeuw) vermindert de landbouwkundige waarde van het duin en stoten de graven tijdelijk grote terreinen af aan

kloosters en abdijen. De Duinenabdij krijgt daardoor een flink stuk van de Westkustduinen onder haar beheer (Termote 1992).
Begrazing is economisch het meest interessant in de vlakkere duingebieden. Naast een aantal grote duinvalleien komen dus vooral de oude duinen en binnenduinrandgebieden in aanmerking. Zo wordt de "subrecente" duintong van Nieuwpoort ("Sandeshoved") bijvoorbeeld in 1581 "pasturagie" genoemd (Tack et al. 1993) en beschrijft Coornaert (1974) een pachtcontract voor de Kalfduinen uit 1651. Uit oogpunt van kustverdediging en omwille van het verstuivingsgevaar wordt begrazing in de meer reliëfrijke duinen strikt gereglementeerd. De "Upperduneherders" zien toe op de naleving van deze reglementen.

Zandverstuivingen

Doorheen de eeuwen maken verschillende auteurs gewag van grote zandverstuivingen in het duingebied. Zij kunnen grotendeels in verband gebracht worden met de vormingsfasen van de jonge duinen (cfr. geomorfologie). Daarbij is de rol van menselijke beïnvloeding van het landschap (overbeweiding, houtvoorziening,...) onduidelijk. In ieder geval blijkt uit de historische documenten dat de agropastorale druk op de duinen ten minste voor lokale verstuivingen verantwoordelijk kan gesteld worden.

De grote zandverstuivingen ("Santvloghe") op het einde van de 14de eeuw kunnen in grote trekken aan de hand van het Transport van Vlaanderen (een soort kadaster) uit 1408 gevolgd worden. Daarin wordt de waardevermindering van de overstoven poldergronden in rekening gebracht. Voor duingronden zelf werden geen taksen betaald (Viaene 1961). Tussen het Zwin en Nieuwpoort worden 2938 gemeten (ongeveer 1300 ha) overstoven. De grootste verliezen situeren zich tussen Vlissegem en Klemskerke (ongeveer 663 ha) waar een volledig gehucht onder het stuivende zand verdwijnt. In de omgeving van Knokke geraakt "Schaarte" ondergestoven. De verliezen worden wel enigszins overdreven met het oog op pachtvermindering (De Smet 1965, Verhulst 1995).

Doordat de Oostduinen als zeewering van groter belang zijn dan de Westduinen, worden er strengere reglementen uitgevaardigd inzake beweiding. Vooral de kuststrook ter hoogte van Oostende en tussen Wenduine en Heist blijken vrij delicate zones in de kustverdedigingsgordel. Vanaf de 15de eeuw of zelfs vroeger worden verschillende verordeningen opgesteld die het weiden van vee en het wegnemen van planten in de duinen van het Brugse Vrije verbieden. Daarbij kan echter de vraag gesteld worden of de term "duinen" hier enkel op de zeereep of ook op de achterliggende, vlakkere duingebieden betrekking heeft. Zelf het verdelgen van konijnen wordt op bepaalde plaatsen toegestaan omdat de beesten de dijken ondergraven en verstuivingen stimuleren (De Smet 1965, Gilliodts-Van Severen 1880, Termote 1992).
Deze inspanningen hebben echter te weinig invloed om de voortstuivende paraboolduinen (in de volksmond "bleckaerts") tegen te houden. Tegen het verbod op beweiding worden veel overtredingen vastgesteld. Onder meer in de duinen van Westende wordt beweiding door dieren van de abdij van Oudenburg oogluikend toegestaan. In 1630 verschijnt in een rapport gericht aan het Brugse Vrije het alarmerend bericht dat bij Wenduine en Klemskerke "syn gheresen excessive groote bleckarts gheheel bloot en onbeplant, die daghelicx meer en meer verbreeden en vervlieghen" (Desmet 1965, Clybouw 1989, Gilliodts-Van Severen 1880).

In oorlogsperiodes valt de bewaking zo goed als weg waardoor de druk op het duingebied (beweiding, hout hakken,...) toeneemt (De Smet 1965, Anoniem 1934, De Langhe 1937).

Termote (1992) vermeldt twee belangrijke labiele periodes waarin een duidelijke toename van de verstuivingen waarneembaar is; de godsdiensttroebelen (1562-1583) en de oorlogen van Lodewijk XIV (1646-1713).
Aan de westkust verdwijnen het dorp Nieuwe Yde en de Duinenabdij eind 16de- begin 17de eeuw onder het zand. Simoenskapel (hoek Zeelaan/Helvetialaan in Koksijde) wordt in 1685 onder het Galloperduin bedolven.
Eind 17de eeuw bereiken de parabolen de binnenduinrand. Vooral tussen De Panne en Oostduinkerke wordt de polder tot 200 m overstoven. Ook hier kan de zandverplaatsing aan de hand van juridisch-fiscale betwistingen over waardevermindering van de landbouwgronden worden gevolgd. Pas in het midden van de 18de eeuw krijgt men de verstuiving enigszins onder controle (Termote 1992).

De strijd tegen de zee

Ook aan de zeezijde strijden de kustbewoners tegen de natuurelementen. Tijdens de vorming van de jonge duinen krijgt de kustlijn een meer rechtlijnig verloop waardoor lokaal kustaanwas of, vooral tussen Westende en Heist, kustafslag optreedt. Naar aanleiding van een aantal grote stormen op het einde van de 14de en het begin van de 15de eeuw, wordt het grootste gedeelte van Oostende een eind landinwaarts verplaatst. Het "verdwijnen" van dorpen als Walraversijde, Mariakerke of Scarphout, zoals dit in oudere literatuur vaak wordt vermeld berust volgens Verhulst (1995) echter grotendeels op overdrijvingen van historische feiten.
De St.-Elisabethvloed van 1404 verwoest een groot gedeelte van de zeewerende dijken en eist vele tienduizenden slachtoffers. Veel dijken zijn onder meer door graafactiviteiten van Konijnen verzwakt (Coornaert 1974, Augustijn 1987). Graaf Jan zonder Vrees besluit dan ook tot de bouw van een zeewerende dijk (grotendeels een versterking van bestaande dijken) tussen Grevelingen en Sas van Gent (de zogenaamde Gravejansdijk). Op een aantal plaatsen blijkt de zeewerende functie van de dijken onhoudbaar en wordt besloten zogenaamde inlagen aan te leggen. Daarbij wordt landinwaarts een tweede dijk geconstrueerd, op geregelde afstand met de eerste door dwarsdijkjes verbonden. Op die manier ontstaan zogenaamde inlagepoldertjes waarvan de Fonteintjes tussen Blankenberge en Zeebrugge en de Schapeweide te Middelkerke restanten zijn.

Voor 1600 bestaan weinig geschreven bronnen over kustverdediging. De belangrijkste maatregel die door de "Duneherders" genomen wordt, is het aanplanten van helm en struiken om verstuivingen in het duingebied zelf tegen te gaan. Ook het onderhoud van de dijken bestaat in hoofdzaak uit beplanting met hagen om duinvorming te stimuleren. De eerste vermelding van strandhoofden ("cateyen") dateert uit 1530. Het zijn meestal kleidijkjes, beplant met helm of stro (Loontiens 1940).

Jacht

Grote duingebieden worden door de graven verhuurd of zelf gebruikt als jachtgebied. Het politioneel toezicht vertrouwt de graaf toe aan twee "Upperduneherders" die op hun beurt enkele Duneherders onder hun gezag hebben. De oude duinen van Ghyvelde worden reeds in 1166 als "harena" of konijnenwarande vermeld (Termote 1992).
De graven stellen het wildbestand enigszins veilig door talloze reglementen uit te vaardigen. In een keure van de Oostduinen uit ongeveer 1350 wordt verboden houtgewas of doornen te hauwen ten einde geen konijnepijpen open te leggen. Het reglement van 8 maart 1426 verklaart

dat honden of katten, gehouden binnen een halve mijl van de duinen, jachtonbekwaam gemaakt moeten worden, dit door van honden de rechter poot af te hakken en van katten beide oren af te snijden. In een plakkaat van 1613 verbieden aartshertogen Albrecht en Isabella konijnen te vangen op een halve mijl van duinen (Viaene 1956). Dit zijn slechts enkele voorbeelden van een lange lijst reglementen. Gilliodts-Van Severen (1880) geeft er een aardig overzicht van in zijn "Coutume du Franc de Bruges" (Viaene 1956 en 1957, Ampe 1982).

Over het wildbestand in de toenmalige duinen bestaat onzekerheid. Onderzoek naar beenderresten levert onder meer Konijn, Vos, Wolf en Wild zwijn op. In historische documenten over jacht in de duinen wordt echter vooral melding gemaakt van konijnen. De beesten werden voordien reeds gekweekt, maar geraakten vermoedelijk pas vanaf de Middeleeuwen in onze gewesten verwilderd (Van Damme & Ervynck 1993, cfr. hoofdstuk biologie). De vangst van een "rood beest" - waarmee volgens Tack. et al. (1993) herten werden bedoeld - in de duinen van Veurnambacht blijkt in ieder geval een niet alledaagse gebeurtenis te zijn (Van Acker 1987). Volgens Tack et al. (1993) is het Edelhert reeds vanaf de 13de eeuw beperkt tot een aantal grotere boskomplexen in het zuiden van het toenmalige Vlaanderen. Over het voorkomen van Reeën en (ingevoerde) Damherten in de duinen zijn geen concrete gegevens gevonden. Bortier (1872) besluit op basis van een geciteerde archieftekst van de abdij Ter Duinen over hertenschade aan akkers, dat de duinen in de 16de eeuw zeer hertenrijk waren. Aangezien dit of soortgelijke documenten in latere historische literatuur over de duinen niet meer worden aangehaald, lijkt het waarschijnlijk dat Bortier een bepaalde tekst nogal vrij interpreteerde ten einde zijn ambitieuse bebossingsplannen voor de duinen te kunnen funderen. Ook zijn stelling dat het toenmalig duingebied tussen Nieuwpoort en de Franse grens één aaneengesloten bosmassief vormde, kunnen we o.m. aan de hand van de gegevens omtrent verstuivingen grotendeels weerleggen.

De populatie-evolutie van een aantal soorten (in hoofdzaak Wolven maar ook van Wild zwijn bijvoorbeeld) kan in zekere mate ingeschat worden aan de hand van vergoedingen voor gedode dieren in de kasselrijrekeningen. In oorlogsperiodes zien we een opmerkelijke stijging. Tack et al. (1993) vermelden 3 perioden waarin sprake is van wolvenplagen : de honderdjarige oorlog (met een piek ca 1385), de troebelen onder Maximilaan van Oostenrijk (ca 1490) en de opstand van Nederland tegen Spanje (ca 1585).
Ook specifiek voor het duingebied worden een aantal wolvenplagen vermeld, onder meer in het Brugse Vrije in de 15de eeuw. In 1619-1620 wordt in het duingebied tussen Bredene en Wenduine een klopjacht op wolven georganiseerd. Vermoedelijk zullen de krijgsverrichtingen in het begin van de 17de eeuw ook daar tot een uitbreiding van de populatie geleid hebben. In de duinen van Veurne-ambacht dateert de laatste vangstmelding van 1682.
Belangrijke veldslagen in de duinen waren er onder meer tijdens de honderdjarige oorlog (in 1340 wordt de Franse vloot door de Engelse vernietigd in de Zwinmonding) en de godsdienstoorlogen (beleg van Oostende 1601-1604 en de Slag bij Nieuwpoort in 1600). Vooral tijdens de veldslagen tussen de legers van aartshertog Albrecht en die van Maurits van Nassau kwamen alleen al in het kustgebied tienduizenden soldaten om het leven en werden overal forten en versterkingen aangelegd (Claeys et al. 1981, Clybouw 1989).

6.3.4. De kaart van Ferraris

Het landschap reconstrueren aan de hand van historische geschriften is geen gemakkelijke opgave. In de bovenstaande paragraaf over zandverstuivingen wordt aangegeven dat in de duinen tijdens verschillende perioden verstuivingen optraden. Andere bronnen geven aanwijzingen dat

het duinlandschap ook houtige vegetaties herbergt. In de pachtovereenkomsten tussen de graven en de kandidaat huurders bijvoorbeeld, wordt meestal geëist dat de duinen vol konijnen en hout teruggegeven worden (Gilliodts-Van severen 1880). In een tekst van P. Heinderycks (1683 à 1685) wordt het duinlandschap van de kasselrij Veurne behandeld. De duinen waren slechts bewoond door een aantal arme vissers. Zij kapten er "doornen" als brandhout. In de pannen groeit gras dat geschikt is voor het weiden van vee (Viaene 1961).

De kabinetskaart van de Oostenrijkse Nederlanden, opgemaakt onder Graaf Joseph de Ferraris tussen 1771 en 1778, is het oudste document dat een vrij gedetailleerd beeld geeft van het duinlandschap. We kunnen er duidelijk onder meer "duinen" (waarschijnlijk in hoofdzaak Helm- en mosduinen), "moerassige weiden", landbouwgronden, bossen en open water op onderscheiden. De meeste duinen worden als een mozaïek van "duin" en "moerassige weide" gekarteerd, wat er op wijst dat het landschap waarschijnlijk een vrij open karakter had. De oude duinen van Cabour staan als heide ingekleurd (cfr. ook toponiem "Garzebeke Veldt").
Bewoning is er in hoofdzaak in een aantal woonkernen en verspreide bebouwing aan de binnenduinrand. De vlakkere duinterreindelen zijn grotendeels als moerassige weiden ingekleurd.

6.3.5. De sociëteit van de Kerckepanne

Tijdens het laatste kwart van de 18de eeuw wordt de visserij langs de Noordzee gestimuleerd om de voedselbevoorrading op peil te houden. Onder impuls van een aantal Veurnse notabelen geeft Jozef II via een octrooi van van 23 juni 1783 een aantal vissers de toelating om de Kerkepanne te ontginnen en er een nederzetting op te richten. In 1784 zijn reeds ongeveer 12 ha duinvallei in cultuur gebracht en 8 vissershuisjes gebouwd. Het gehucht wordt in 1788 door een steenweg naar Veurne ontsloten. Tijdens de Franse periode gaat het met het prille De Panne echter minder goed (Van Acker 1984, Bauwens 1985, Termote 1992).

6.4. Bewoningsevolutie na de Franse Revolutie

6.4.1. De privatisering van het duingebied

De menselijke invloed op het duinlandschap neemt sterk toe na de Franse Revolutie. Door het wegvallen van de domaniale druk staan de duinen als het ware open voor privatisering. In de Franse periode (1795-1814) worden alle kerkelijke en domaniale goederen die aan de graaf toebehoorden verbeurd verklaard en voor een groot deel verkocht.
Napoleon schenkt ongeveer 650 ha duin in De Panne aan één van zijn generaals die de gronden in 1840 aan de familie Bortier verkoopt (Van Acker 1984). Ook in andere gemeenten vallen grote duingebieden zo in handen van grootgrondbezitters (familie Blieck in Koksijde, Crombez in Nieuwpoort, Serweytens in Heist, Lippens in Knokke, ...). Het gebied rond De Haan blijft eigendom van de overheid (huidige staatsbossen zijn er het laatste restant van).
Een steeds toenemend aantal strand- en kustvissers komt zich vestigen in de meest vruchtbare duinvalleien. Aan de Westkust zijn het vooral Veurnse proletariërs. De meeste kerkdorpen kennen vanaf 1815 een aanzienlijke bevolkingsaangroei (Figuur 6.7.) door de verhoogde interesse voor het duingebied (De Smet 1961, Termote 1992, De Vent 1991).



Figuur 6.7. Demografie van Adinkerke (Desiere 1993).

6.4.2. Het "Massart-landschap"

Landbouw

De vroegste bewoningskernen zijn vooral aan de binnenduinrand gelegen. Wenduine en Blankenberge bijvoorbeeld zijn daarom dichter bij zee gelegen dan Oostduinkerke of Koksijde. In de loop van de 19de eeuw vestigen vissers/landbouwers zich, vooral aan de Westkust, ook centraal in het duingebied. In de natste pannen worden akkertjes aangelegd waarop men vooral rogge en aardappelen teelt (Vermeersch 1986). In de Kerkepanne (De Panne) zijn omstreeks het midden van vorige eeuw ongeveer 100 ha gecultiveerd. De Clercq (1860) vermeldt er akkertjes

met aardappelen, rogge, boekweit en groenten (worteltjes, rapen en bieten). Buiten De Panne komen slechts enkele geïsoleerde akkertjes voor, aangelegd in de valleien van de grote paraboolduinen. Oostduinkerke telt in 1882 ongeveer 140 landbouwbedrijfjes met in totaal 270 ha aan duinakker.
Aan de Midden- en Oostkust is duingordel vaak te smal en te belangrijk voor de kustverdediging om in cultuur te brengen. In het gebied tussen Wenduine en Heist bijvoorbeeld, zijn er geen akkertjes in de duinen (De Clercq 1860).

Vee wordt meestal op communale gronden geweid. Gegevens over begrazingsdichtheden zijn schaars. Een verslag van de hoofdingenieur van waterstaat van 6 februari 1818 beschrijft de toestand van de duinen in die periode. Voor elk van de 6 kustsectoren wordt onder meer de begrazingsdruk en de toestand van de zeewerende infrastructuur nagegaan in functie van de kustverdediging (Desmet 1961).
In totaal grazen ongeveer 1143 stuks koeien, paarden of ezels en 600 schapen in de Vlaamse duinen. Meestal wordt een beperkte pacht gevraagd. In de staatsduinen (De Haan) is beweiding gratis mits 100 Helmpollen per vee-eenheid worden geplant.

De sector Nieuwpoort-Franse grens kent de meeste bewoning in de binnenduinen en de pannen. Er grazen 240 koeien, 112 ezels, 51 paarden en 450 schapen. In de zomer lopen de beesten vaak op het koelere strand. Tot 1794 ligt er tussen Nieuwpoort en Oostduinkerke een konijnengarenne die grote verstuivingen veroorzaakt. In de Franse periode wordt de garenne "tot op een half uur afstand van de haven van Nieuwpoort" uitgeroeid.

De zone tussen Oostende en Nieuwpoort is deels staatsgrond en deels privaat. Ten zuiden van Oostende is een strook van 4225 m eigendom van de overheid. Er grazen 8 koeien. Tussen Middelkerke en Nieuwpoort behoren de gronden toe aan particulieren. Er worden 75 koeien, 35 paarden en 150 schapen geteld. In Lombardsijde heeft de heer Van Wymelbeke een konijnenpark dat niet is afgesloten van de rest van het gebied waardoor plaatselijk overbegraasd en vergraven wordt.

De staatsduinen bevinden zich in de sector Wenduine - haven Oostende. In het domein grazen 290 koeien en ezels onder bewaking. Per dier moet jaarlijks 100 bonden Helm geplant worden.

Tussen Wenduine en Blankenberge komt de zee geregeld tot tegen de Gravejansdijk. De duingordel laat dus geen begrazing toe. Enkel op de dijk van Blankenberge worden 20 à 25 koeien geweid.

Van Heist tot Wenduine grazen 50 koeien gedurende 6 maanden. Het vee wordt bewaakt en wordt niet in de zeereep toegelaten. In de zone worden relatief veel kustverdedigingswerken uitgevoerd : Helmaanplantingen, opwerpen van zanddijkjes verstevigd met stro en struiken, ...

In de sector Zwin-Heist grazen 220 koeien. De pachters moeten per 15 dieren jaarlijks 50 bundels Helm planten. 's Zomers zoeken de koeien de koelte van het strand op. Coornaert (1974) vermeldt dat er tussen 1840 en 1880 in de Zoutepolder (primaire duinvallei) 40 runderen graasden. Deze dieren waren eigendom van 22 verschillende landbouwers, wat een idee geeft over de omvang van de veestapel per eigenaar.

Uit bovenstaande cijfers kunnen we een veedichtheid van 2 tot 8 ha per grootvee-eenheid afleiden. Voor historisch-ecologisch onderzoek zijn echter meer gedetailleerde gegevens

noodzakelijk omtrent veedichtheid, soorten, begrazingsperiode, ... Bortier (1848) stelt dat de meeste vissers/boeren slechts één koe bezitten.
De impact van de begrazing, maar ook onder meer van kappen van struweel als brandhout of als zandfixeerder heeft in ieder geval een ingrijpende invloed op het landschap. Foto's uit vorige eeuw geven ons een beeld van vrijwel boom- en struikloze duinen. De begroeing bestaat in hoofdzaak uit mos-, kruidachtige vegetaties en dwergstruweel. Op veel plaatsen ontstaan secundaire verstuivingen of worden deze door overbegrazing in stand gehouden.

Ook de schorren worden begraasd. Oude foto's laten op de rechteroever van de IJzer runderen en ezels zien (Wery 1908, Massart 1907, 1912a, 1912b). Tussen 1868 en 1875 worden de toenmalige Hazegrasschorren door ca. 900 schapen beweid (Coornaert 1974).

Kustverdediging

In een verslag van 27 februari 1803 aan de prefect van het Leiedepartement zet een ingenieur van Bruggen en Wegen uiteen dat de duinen in een "slechte staat' verkeren. De Helmbeplantingen worden verwaarloosd sedert de Franse invasie in 1795. Vooral de kust tussen Mariakerke en Oostende is onvoldoende beschermd. Tijdens grote stormen kan de zee op een aantal plaatsen het land binnendringen. In 1808 staan de Oude en Nieuwe hazegraspolder onder water en worden bijna alle duinen tussen Blankenberge en Wenduine "vernield" waardoor het water tot tegen de Gravejansdijk stroomt. Veel duinen zijn ook onvoldoende gefixeerd. Het hoogste duin in het begin van de 19de eeuw is de Bleckaert bij Klemskerke (De Smet 1948).
De strandverdediging bestaat in hoofdzaak uit strandhoofden opgetrokken uit klei en stro. Tussen Wenduine en Knokke bijvoorbeeld bevinden zich 48 strandhoofden.
Koning Leopold II denkt, vooral uit toeristisch oogpunt, aan de aanleg van een stenen dijk over de gehele lengte van de kust. In een artikel in "La chronique des traveaux publics" ziet men echter dat stenen dijken niet toelaten dat de zandvoorraad van het strand wordt aangevuld vanuit duinen en omgekeerd; tevens de eerste kritiek op harde kustverdedigingsmethodes (Loontiens 1940).

Bebossing

De rationaliserende gedachten die de industriële revolutie met zich mee bracht, zet een aantal vooraanstaanden aan om het bebossen van de duinen te bepleiten. Louter economische motieven - marginale landbouwkundige waarde van duingronden - en de noodzaak voor een rigide zeewering zijn de belangrijkste argumenten (De Clercq 1860). Bortier (1879) gaat zelfs verder door te schermen met het belang van het bos voor de volksgezondheid (luchtzuivering) en de neerslagvoorziening aan de kust : "Ce sont les arbres qui arrêtent les nuages et les forcent à se réduire en pluie".
Voor Bortier lijkt "le Tremble" (*Populus tremula*) de ideale boom om in de duinen te planten. De figuur in zijn publicatie "Boisement des dunes de la Flandre" (1879) laat echter een abeel zien.
Andere auteurs nemen de Franse duinen aan de golf van Gascogne (les Landes) als voorbeeld voor de bebossing aan onze kust. Baron De Serret schrijft in 1817 dat de fixatie van de duinen beter met dennen kan gebeuren zoals in Arcachon. Ook De Clercq (1860) stelt voor de staatsdomeinen tussen Oostende en Wenduine met dennen te beplanten en zelfs koning Leopold II ziet iets in de idee om van De Haan een Arcachon van de Belgische kust te maken.

In 1786 en 1787 werden in de duinen van De Panne reeds zaaiexperimenten uitgevoerd met Corsikaanse den. Door de militaire aktiviteiten in 1792 wordt de jonge aanplant grotendeels vernield (De Serret 1817). Van de gronden die Maurice Calmeyn in eigendom krijgt, moeten volgens de overeenkomst jaarlijks 5 ha worden bebost In 1903 worden de eerste boompjes geplant. Er wordt gebruik gemaakt van 27 boomsoorten zowel inheemse als exoten (Van Acker 1984).

Een Koninklijk Besluit van 6 februari 1836 geeft de Bruggeling Theodoor Vande Walle de mogelijkheid om in een periode van 50 jaar aanplantingen te doen in het duingebied tussen Oostende en Wenduine. In 1792 werd in het gebied reeds een bebossingsexperiment uitgevoerd maar ook hier worden de aanplanten verwaarloosd. Vanaf 1886 staat de dienst Bruggen en Wegen in voor het onderhoud van het jonge bos en in 1922 komt een deel van de domaniale duinen onder beheer van Waters en Bossen.

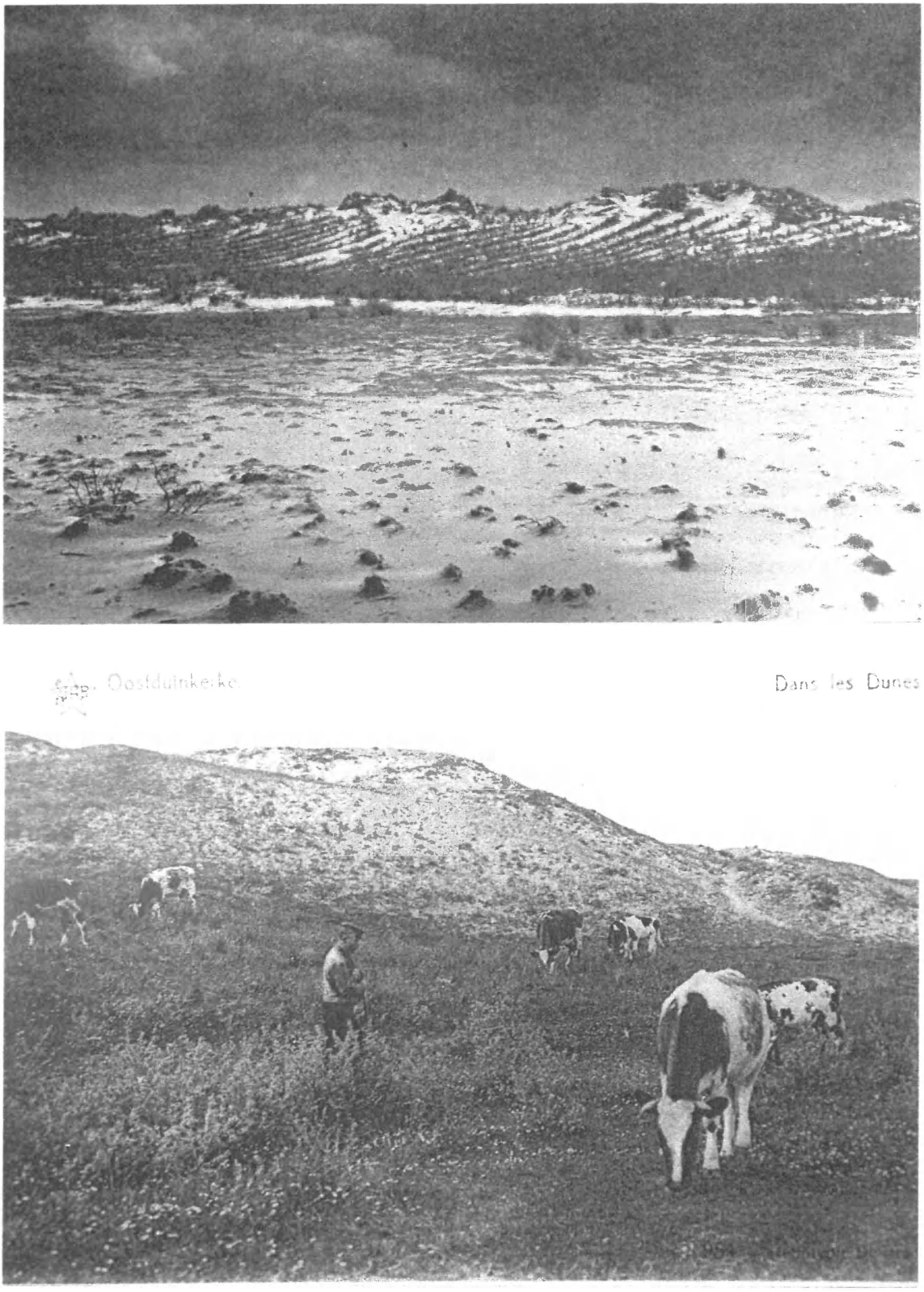
Mevrouw Serweytens de Merckx laat omstreeks 1867 beplantingen uitvoeren in het duingebied waarvan het Willemspark de laatse restant is. Daartoe werden in hoofdzaak populier en Grove den gebruikt.
In 1836 worden houthagen geplant om het verstuiven van de Blinkaartduinen tegen te gaan. Vanaf 1865 worden zij in opdracht van de compagnie Du Zoute met den, populier en wilgen beplant (Coornaert 1974, De Clercq 1860, Loontiens 1940, De Vent 1991).

Referentiefoto's

Van deze menselijke levensgemeenschap en het landschap waarin deze zich bewoog beschikken wij over een ongeëvenaard tijdsdocument in de vorm van de talrijke foto's die Jean Massart, een Brusselse hoogleraar, in zijn bezorgdheid om 's lands bedreigd natuurschoon, van de kuststreek maakte (Massart, 1908a; 1908b). Voor het halfnatuurlijk duinlandschap van de 19de - begin 20ste eeuw maakt de term "Massart-landschap" daarom gaandeweg opgang in het landschapsecologisch jargon

Het tamelijk intensief gebruikte landschap van het einde van de 19de eeuw is zeer open. Slechts zelden is op de foto's struweel te zien, met uitzondering van Kruipwilg. De vegetatie is zelden gesloten. Er zijn hier wat stuifkuilen, die men tracht te fixeren met helmbeplantingen (1908a, foto 3 te Knokke, foto 6 te Koksijde) of rijen Duindoorntakken ter voorbereiding van helmbeplantingen (1908a, foto 7 en 1908b foto 28 te De Panne). Om verstuiving van de akkertjes tegen te gaan worden er takken op gelegd en/of stro (1908b, foto's 59, 60 en 64). Kruipwilg kan in het stuivend landschap vrij goed overleven (1908b foto 33), terwijl Duindoorn door sterke overstuiving het loodje moet leggen (1908b foto 39).
De schorrevegetatie van de IJzermonding is zeer kort, door de begrazing met o.a. rund en ezel, en vertoont een erosierand aan de lage oever (1908b foto's 93, 95, 96, 97, 99).
De heide van Westende heeft nog echt een struikheide-aspect (1908b foto 163, 166, 167, 169).
Op het strand zijn, vooral aan de Westkust, embryonale duintjes te vinden, gevormd door Loogkruid, Zeepostelein, Zeeraket, Biestarwegras (1908b foto's 6-10). Op andere plaatsen zijn klifduinen te zien, zoals na de storm van 12 september 1903 tussen Duinbergen en Knokke (1908b foto 13). De loefzijde van de zeereepduinen te Wenduine in 1905 (1908b foto 14) vertoont een aspect dat identiek is aan dat 90 jaar later : een steile kale helling met schuinoplopend rijshout beplant, terwijl er op het strand een oude turflaag dagzoomt. Aan de lijzijde van de zeereepduinen zijn uitgebreide stuifvlakten te zien (1908b foto 24 en 29 te Kok-

sijde, foto 28 te De Panne). De binnenduinrand wordt beplant om overstuiven van de polders tegen te gaan (1908b foto 83-84).
Kwalitatief minder hoogstaande foto's uit deze periode zijn onder meer te zien in Blanchard (1906), De Bruyne (1906), Massart (1912), ...



Figuur 6.8. Het "Massart-landschap" (boven : De Panne, Massart 1912, onder : Oostduinkerke, Termote 1992).

De militaire luchtfoto's daterend van het einde van de Eerste Wereldoorlog (Koninklijk legermuseum, Brussel) laten ons toe het toenmalige landschap systematisch en vrij gedetailleerd te reconstrueren. De impact van de oorlog op de omgeving was vermoedelijk groot waardoor we deze luchtfoto's niet zomaar in relatie kunnen brengen met het hoger besproken foto-materiaal.

6.4.3. Ontstaan en ontwikkeling van de badplaatsen

Vroegtoeristische periode

Het toerisme als vrijetijdsbesteding is een "uitvinding" die men aan de Britten kan toeschrijven. De pioniersrol die zij spelen bij de ontwikkeling van het Europees spoorwegennet en hun ondernemingsgezinde geest vormen een verdere stimulans. Reeds in 1750 introduceert de Londonse fysicus Richard Rusell het baden in zee als gezondheidskuur in het Britse kustplaatsje Brighton. Daarmee steunt hij ook de ontwikkeling van de eerste badplaatsen aan onze kust. In Oostende verschijnt in 1784 de eerste drankgelegenheid aan het Klein Strand. Later vestigt er zich een soort Britse kolonie die een badplaats uitbouwt met Brighton als grote voorbeeld. Na de slag van Waterloo in 1815 ontwikkelt zich een vorm van fronttoerisme naar het vroegere slagveld waarbij de kanaalverbinding Dover-Oostende en de spoorweg Oostende-Brussel (sedert 1838) de meest gevolgde reisroute is. Op die manier leren meer Britten de Belgische kust kennen. De Belgische high-society met koning Leopold I voorop, toont spoedig belangstelling voor de ontluikende badcultuur. In deze vroegtoeristische periode (tot ongeveer 1880) bieden vooral Heist, Blankenberge, Oostende, Middelkerke en Nieuwpoort overnachtingsmogelijkheden in luxueuze hotels (Constandt 1986, De Vent 1991).

In de periode rond de eeuwwisseling (Belle Epoque) kent de kust een heuse toeristische kolonisatie vanuit binnen- en buitenland; in grote mate gestimuleerd door het Belgisch koningshuis met koning Leopold II voorop. Op initiatief van de vorst wordt vanaf 1885 gestart met de aanleg van de "Koninklijke Baan" en de kusttram. In 1905 is De Panne met het Zoute door de tramlijn verbonden. Daardoor kennen nieuwe badplaatsen zoals De Haan hun ontstaan. Tijdens de tweede helft van de 19de eeuw worden de meeste kust-dorp verbindingswegen verhard (Nieuwpoort : 1865, Middelkerke : 1876, Oostduinkerke : 1878, Koksijde : 1895 - Gobyn 1987). Spoedig volgt ook de private sector deze trend en worden grote bouwondernemingen en immobiliënmaatschappijen opgericht : Société Anonyme de Nieuport-Bains (1864), Société Anonyme des Bains et des Dunes de Middelkerke et de Westende (1876), Société civile des dunes d' Oostduinkerke et de Coxyde (1894), etc...
Stilaan verdwijnt het gezondheidsaspect van het zeebaden en krijgt het kusttoerisme een elitair, mondain karakter. De badgasten vormen een select clubje dat zich jaarlijks in dezelfde luxueuse hotels herenigt (Constandt 1986).

De eerste wereldoorlog

De inval van Duitse troepen aan het begin van de eerste wereldoorlog maakte een abrupt einde aan de ontwikkeling van de badplaatsen. De kuststreek is strategisch van groot belang en heeft dan ook enorm te leiden onder het oorlogsgeweld. Tegen oktober 1914 heeft het Belgisch leger zich teruggetrokken in het Veurnse en na de val van Antwerpen wordt besloten om de IJzer als

verdedigingslinie te houden. Eind oktober wordt de IJzervlakte daartoe grotendeels onder water gezet (Schuursma et al. 1976).
In de duinen van de Westkust worden soldatenkampen opgeslaan en oefenterreinen aangelegd. Maar ook aan de Midden- en Oostkust zijn de duinen sterk door militaire infrastructuren en activiteiten aangetast. Een gedetailleerde analyse van de luchtfoto's uit die periode (zie hoger) kan ons heel wat kennis bijbrengen over de historische aspecten van het landschap (cfr. Vanhecke 1993).

Het interbellum

Na de oorlog worden, onder meer door het groeiend gelijkheidsbesef van de frontsoldaten (in de loopgraven), een aantal sociale toegevingen gedaan aan de arbeidersklasse. In 1919 wordt de wet op het algemeen stemrecht goedgekeurd. Onder druk van de vakbonden krijgen de arbeiders op 8 juli 1936 recht op één week betaald verlof, een mijlpaal in de ontwikkeling van het toerisme. Aan de kust verschijnen de eerste kampeerterreinen, jeugdherbergen en kinderhomes waarmee de dualiteit tussen sociale en elitaire kustvakantie steeds groter wordt. Het Zoute bijvoorbeeld profileert zich als mondaine badplaats, grotendeels uitgebouwd door de "Compagnie Immobilière Le Zoute" (gesticht in 1908) terwijl Oostende, dat via het spoor gemakkelijker te bereiken is, meer succes heeft bij Jan Modaal. Nog voor de tweede wereldoorlog verschijnen de eerste appartementsgebouwen aan de kust waardoor de stap naar het massatoerisme wordt gezet. Tijdens de economische crisis van de jaren '30 krijgen de luxe-hotels het steeds moeilijker in de concurrentie slag tegen de nieuwe logiesvormen. Met de Belle Epoque wordt definitief afgerekend.

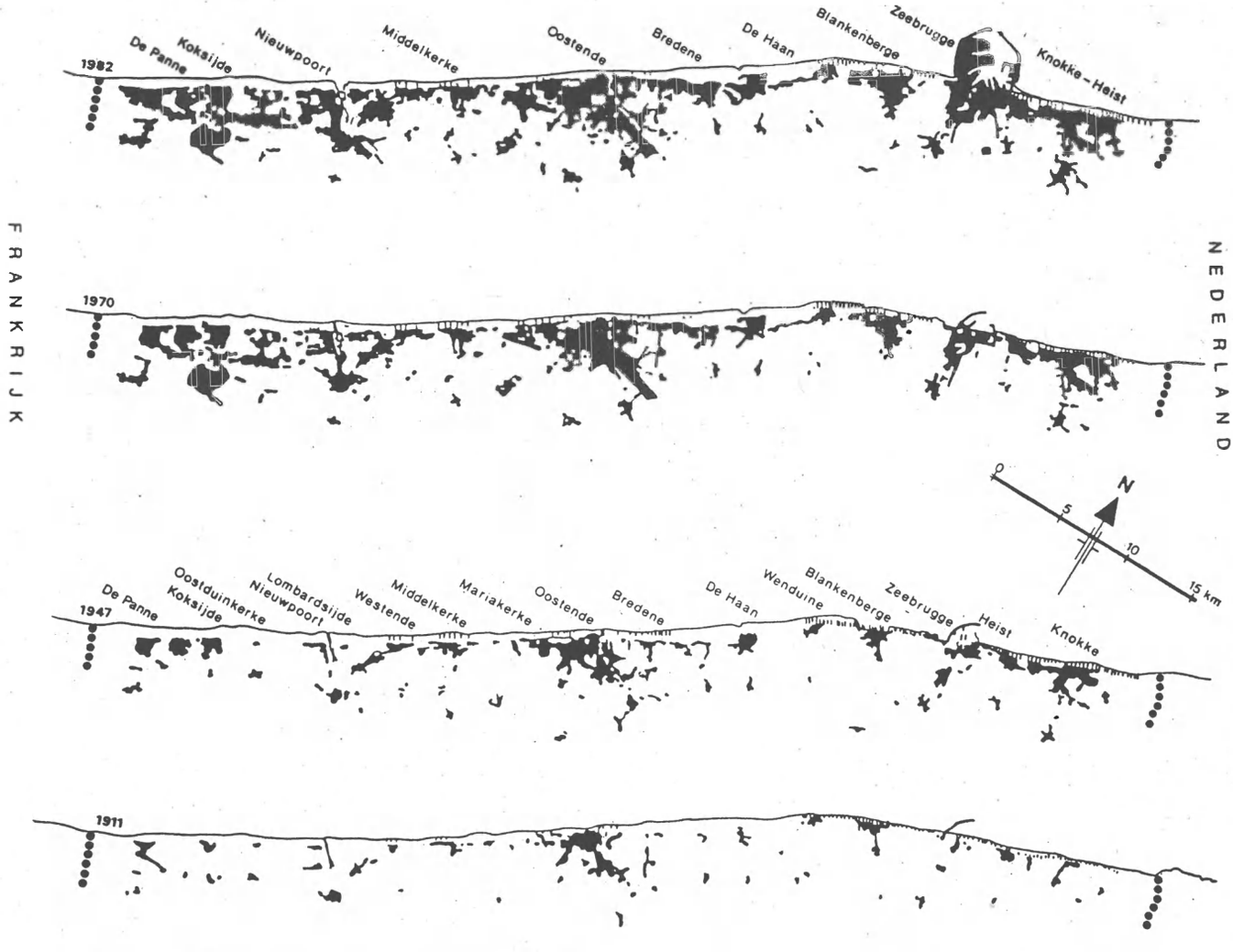
De tweede wereldoorlog

Op 10 mei 1940 vallen de troepen van Nazi-Duitsland ons land binnen. Zij voeren een "Blitzkrieg" die een groot gedeelte van het geallieerde leger in minder dan twee weken tijd naar de Noordzeekust verdrijft. De bezetting van Abbeville op 20 mei snijdt de geallieerde troepenbewegingen en de vluchtelingenstroom naar het zuiden af waardoor honderduizenden militairen en burgers aan de Belgische en Noordfranse kust stranden. In de duinen van Westende bijvoorbeeld, verzamelen zich zo'n twintigduizend vluchtelingen.
Eind mei gaat de groots opgezette "Operatie Dynamo" door, waarbij in tien dagen tijd ongeveer driehonderdveertigduizend manschappen van Noord-Frankrijk naar Groot Brittanië verscheept worden. De soldaten worden daartoe in grote kampen in de duinen tussen De Panne en Duinkerke bijeen gebracht (Pylyser 1995, Francart 1988).

Het duinlandschap wordt tijdens de oorlog sterk aangetast door de aanleg van de "Atlantikwall"; een kustverdedigingsgordel die zich uitstrekt tussen de Noordkaap en Spanje. Aan onze kust is ongeveer de gehele zeereep bezaaid met Duitse versterkingen, bunkers, geschutseenheden, etc ... Francart (1988) geeft een vrij gedetailleerd overzicht van deze oorlogsinfrastructuur.

6.5. Een nieuw kustlandschap

In een halve eeuw tijd ondergaan het kustlandschap en de kustcultuur een ware metamorfose. Na de Tweede Wereldoorlog wordt de toeristische uitbouw van de kust op grote schaal aangepakt. De woonkernen breiden zich sterk uit, daarbij gesteund door de laterale ontsluiting door tram en Koninklijke Baan. De oppervlakte ingenomen door verblijfsrecreatieve voorzieningen (campings, chalet-parken, ...) stijgt spectaculair. Ook de mobiliteit blijft stijgen. In 1955 wordt de autosnelweg Brussel-Oostende voltooid. Het secundaire wegennet breidt, samen met de bewoning, gevoelig uit.
De kust krijgt daardoor de allure van een grootstedelijke agglomeratie en het duinareaal geraakt zeer sterk versnipperd (Vermeersch 1986, Figuur 6.9.).



Figuur 6.9. Verstedelijking van de kust tussen 1911 en 1982 (naar Vermeersch 1986).

Het agrarisch gebruik van de duinen dooft langzaam uit terwijl de kustbewoners zich in hoofdzaak toeleggen op het toerisme en de daarbij horende nevenactiviteiten. Na W.O. II wordt in de Westhoek opnieuw gestart met begrazing. Tussen 1947 en 1960 worden nog een 35-tal runderen op 11-tal ha geweid (Hoys et al. 1996). Toch wordt begrazing in de (reliëfrijke) duinen een zeldzaamheid. Ook de

akkertjes raken in onbruik, worden omgezet in weiden of beplant. De familie Hannecart laat omstreeks 1930 haar terreinen met elzen beplanten ten behoeve van de jacht (De Meulenaere 1992).
Als gevolg van de verminderde agrarische druk op het landschap, kent de vegetatie-successie een spontaner verloop, waardoor struwelen zich sterk uitbreiden en lokaal ook verbossingstendenzen vertonen.
Anderzijds neemt de druk op de duingebieden op een aantal andere vlakken sterk toe. Drinkwaterwinning, (over)recreatie, uitbreiding van niet-inheemse pestsoorten, ... zijn enkele voorbeelden van meer recente antropogene invloeden op het duinecosysteem.

7. Biologie

7.1. Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een algemeen beeld geschetst van de biotische component van het ecosysteem. Daarbij wordt uitgegaan van de hiërarchische niveau's soort, (planten)gemeenschap en habitat. De uiteenlopende inventarisatiegraad en -methode voor de verschillende soortengroepen vormt een moeilijkheid bij het interpreteren van de gegevens. De aandacht die uitgaat naar onderzoek van organismen hangt vaak samen met de "aaibaarheid" ervan en niet steeds met de ecologische relevantie. In dit beschrijvend gedeelte streven we echter niet naar een volledig overzicht van alle soorten die we in het duinecosysteem kunnen aantreffen. Uitgaande van de landschapsecologische opbouw van het systeem wordt relatief veel aandacht besteed aan de hogere planten (varens en zaadplanten). Deze organismen vormen immers, zowel wat betreft samenstelling als structuur, de belangrijkste component van de vegetatie. De begroeiing is op haar beurt een sterk bepalende factor voor het voorkomen van talloze organismen, gaande van prokaryoten tot zoogdieren. De vegetatie-classificatie vormt dan ook de basis voor de indeling van de verschillende habitats aan onze kust.

Toch gebeurt de biologische waardering van de verschillende habitats niet louter op basis van de (hogere) plantensamenstelling. Voor zover de informatie dit toelaat, worden ook andere groepen in de evaluatie betrokken. De bedreigingsgraad van de aangetroffen soorten wordt daarbij als belangrijkste beschermingscriterium gehanteerd. Deze habitat-evaluatie moet, in combinatie met inzichten in de sturende processen van het systeem, het beleid inzake natuurbehoud onderbouwen.

De betekenis van organismen voor het duingebied situeert zich op verschillende vlakken. **Sleutelsoorten** zijn bepalend voor de belangrijkste biologische processen zoals begrazing, vergraving, fixatie, ... Voorbeelden zijn onder meer Helm, Duindoorn, Duinsterretje, Konijn en bepaalde detrivoren. Een tweede groep van organismen is van belang voor het behoud van de biologische **diversiteit** van het duingebied. Voor een aantal soortengroepen geven Rode lijsten een indicatie van de bedreigingsgraad (Maes et al. 1995). De **specificiteit** van soorten voor het kustgebied vormt een derde beoordelingscriterium. Daarbij is het onderscheid tussen kustgebonden soorten (zoals veel halofyten) en soorten die actueel in Vlaanderen om één of andere reden vooral aan de kust voorkomen niet steeds duidelijk te maken. Wel kan gesteld worden dat de "verantwoordelijkheid" van het natuurbehoud aan de kust voor deze soorten relatief hoger licht.

7.2. Flora en fauna

7.2.1. Vaatplanten

7.2.1.1. Samenstelling van de soortenlijst

De volledige historische soortenlijst van wilde hogere planten die tussen ca. 1800 en 1996 met zekerheid in het studiegebied (strand, duinen, slikken en schorren + aangrenzende duin/polder-overgangszone) werden aangetroffen, is terug te vinden in bijlage 7.1.

Voor de samenstelling van deze lijst werd onder meer gebruik gemaakt van :
- de voorlopige Standaardlijst voor de Vlaamse flora (Cosyns et al. 1994), waaruit een basislijst werd geselecteerd aan de hand van de Atlas van de Belgische en Luxemburgse flora (Van Rompaey & Delvosalle 1972 & 1979), de "Prodrome de la flore Belge" (De Wildeman & Durand 1898-1907) en verspreidingskaartjes van het Instituut voor Natuurbehoud;
- soortenlijsten uit Massart (1908, 1913);
- gegevens uit het onderzoek naar de toestand van de freatofyten aan de Vlaamse kust (De Raeve, Leten & Rappé 1983), waar uitgebreid herbarium- en literatuuronderzoek aan voorafging;
- het partim "Umbelliferae" (Schermbloemigen) van de Flore Générale de Belgique (Fabri 1993);
- persoonlijke aanvullingen van M. Leten en G. Rappé, vooral wat soorten betreft die niet in de Vlaamse Standaardlijst opgenomen worden; voor het studiegebied gaat het hier voornamelijk om verwilderde sierplanten.

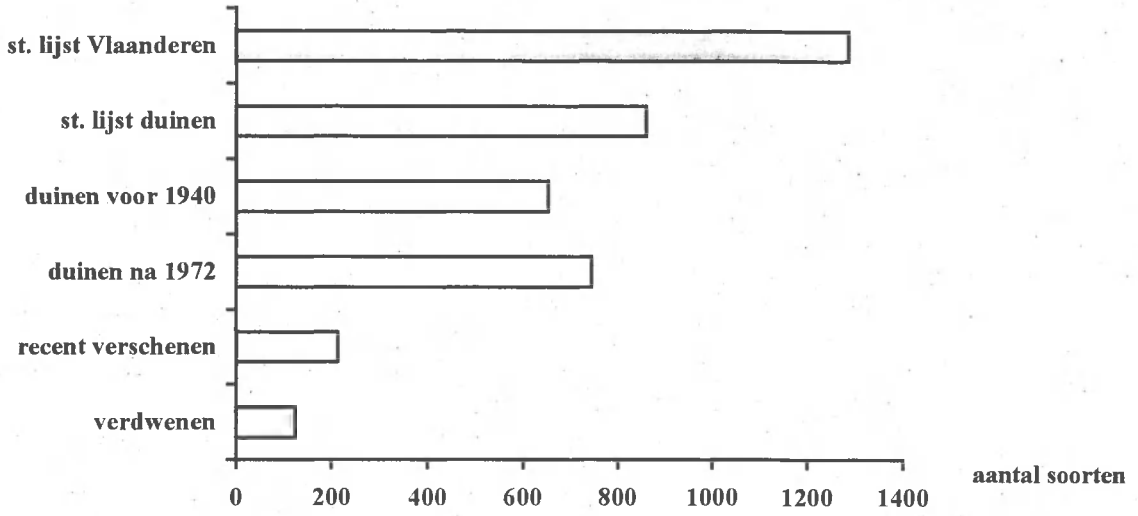
Door tijdsgebrek konden de originele streeplijsten uit het archief van de I.F.B.L., de grote Belgische herbaria en de literatuur wat betreft niet-freatofyten niet onderzocht worden. De soortenlijst dient dan ook als voorlopig beschouwd te worden. Toch wordt aangenomen dat deze lijst, vooral wat het aantal inheemse en ingeburgerde soorten betreft, vrij volledig is.

Elke soort werd, voor zover in de literatuur beschikbaar was, voorzien van een aantal parameters zoals zeldzaamheid, Rode lijst status en ecologische gegevens (lichtgetal, zoutresistentie, grondwaterafhankelijkheid, ...). Hiervoor werd o.a. gebruik gemaakt van Bal et al. (1995), Anoniem (1993), De Langhe et al. (1988), De Raeve et al. (1983) en Maes et al. (1995) en de voorlopige Rode lijst van de Vlaamse vaatplanten (IN, in voorb.). Eigen aanvullingen werden in de soortenlijst cursief weergegeven.
De hieronder gevoerde bespreking is gebaseerd op analyses van deze soortenlijst. De exacte cijfers zijn terug te vinden in bijlage 7.3.

De waarnemingen worden volgens drie periodes gerangschikt; voor 1940, 1940-1972 en na 1972. Bij de bespreking maken we enkel gebruik van de categorieën "vóór 1940" en "na 1972" omdat dit de homogeniteit van de gegevens ten goede komt. De soorten die zowel voor 1940 als na 1972 voorkwamen, beschouwen we als "steeds aanwezig". "Verdwenen" en "recent verschenen" soorten slaan respectievelijk op enkel voor '72 en na '40 waargenomen planten, met uitzondering van de enkel tussen 1940 en 1972 waargenomen soorten (werden niet meegerekend).

7.2.1.2. Soortenrijkdom

Tussen 1800 en 1996 werden in totaal 917 soorten wilde hogere planten met zekerheid in het studiegebied waargenomen. Daarnaast zijn er nog 52 taxa waarvan het voorkomen in het studiegebied om diverse redenen onduidelijk blijft (bijlage 7.2.). Deze soorten werden bij een verdere verwerking van de gegevens achterwege gelaten. Van die 917 taxa zijn er 862 opgenomen in de voorlopige Vlaamse Standaardlijst (Cosyns et al. 1994).



Figuur 7.1. Aantal soorten hogere planten in het studiegebied en in Vlaanderen (St. lijst = Standaardlijst cfr. Cosyns et al 1994).

Uit de vergelijking van de periodes vóór 1940 en na 1972 blijkt dat de soortenrijkdom er op vooruitgegaan is. De eerste periode telt 655 taxa, de tweede 745 (waarvan er minstens 12 zeer recent niet meer werden waargenomen). 124 taxa werden enkel vóór 1940 en 214 taxa enkel na 1972 waargenomen (Figuur 7.1.). 48 hogere plantensoorten werden met zekerheid enkel tussen 1940 en 1972 aan de kust gevonden. Deze planten werden niet in de verwerking gebruikt.

Naar Vlaamse normen kan het kustgebied zeer soortenrijk genoemd worden. Actueel kunnen we op 7.500 ha of ca. 0,55 % van de totale oppervlakte van het Vlaamse gewest (1.351.143 ha), 61 % van alle Vlaamse soorten aantreffen. Uit de soort-oppervlakterelatie voor Noord-België, berekend door Stieperaere (1980)[1] leiden we af dat de kust globaal genomen ongeveer 1,8 keer soortenrijker is dan een gemiddeld gebied met deze oppervlakte.

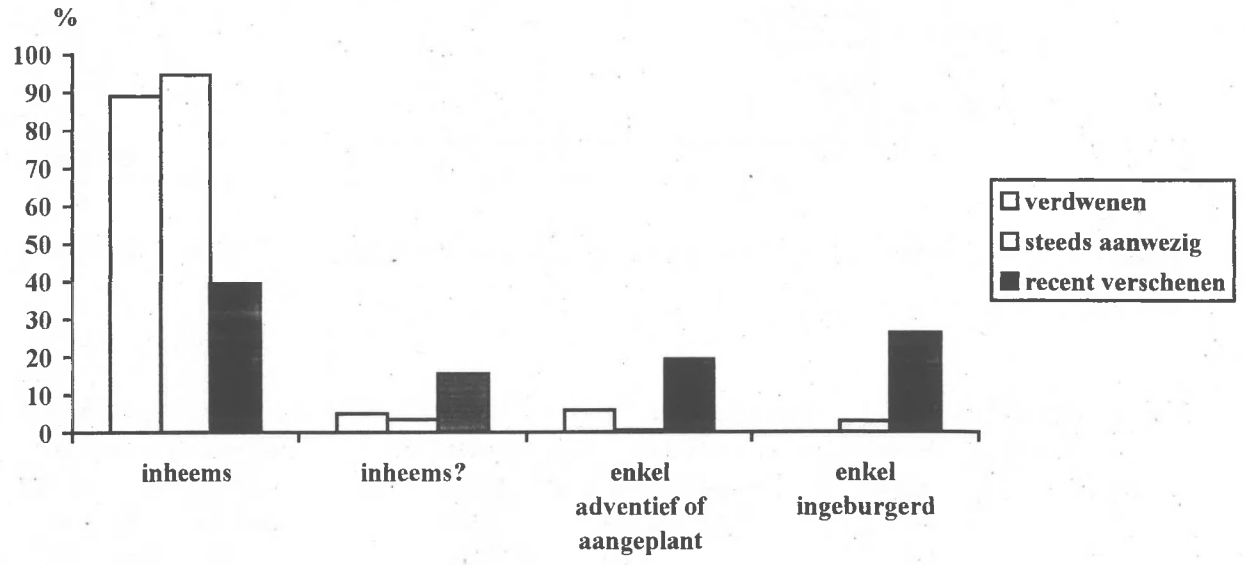
[1] $S=119A^{0,238}$, waarbij S het aantal soorten en A de oppervlakte in km² voorstelt.

7.2.1.3. Specificiteit

Indigeniteit

Voor de interpretatie van de indigeniteit wordt gebruik gemaakt van de aanduidingen in de voorlopige Standaardlijst voor de Vlaamse flora (Cosyns et al. 1994). Voor taxa die niet in deze lijst opgenomen werden maar wel in het studiegebied voorkomen, werden eigen aanvullingen toegevoegd.

Het aandeel van de oorspronkelijk inheemse taxa t.o.v. de totale flora van een bepaald studiegebied kan een maat zijn voor de natuurlijkheid van de vegetatie in dat gebied. Als inheems of indigeen (I) worden de taxa bedoeld die reeds vóór 1500 in het wild in Vlaanderen aanwezig waren. Sommige soorten kunnen echter zowel oorspronkelijk inheems als aangeplant of verwilderd voorkomen (o.a. veel boomsoorten zoals Gewone es of Zomereik). Daarom worden in de Vlaamse Standaardlijst een aantal taxa in verschillende onduidelijke of hybride categorieën ondergebracht (I?, I/A, I/N, ...), wat de interpretatie enigszins moeilijker maakt.



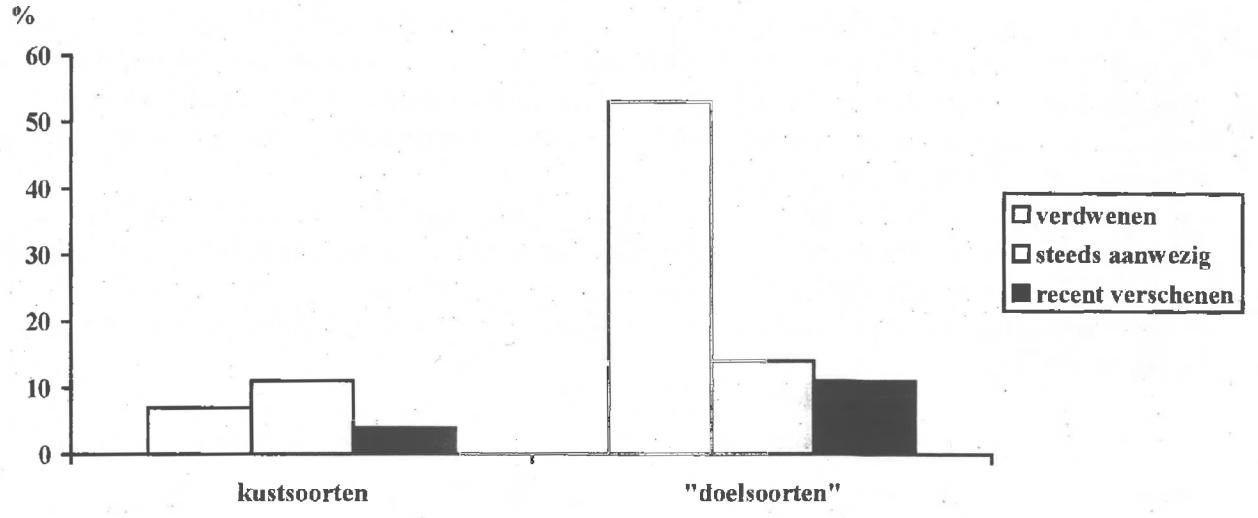
Figuur7.2. Relatieve verdeling van de flora over de verschillende indigeniteitscategorieën (naar Cosyns et al. 1994).

De indigeniteitsgegevens (Figuur 7.2.) wijzen op een verschuiving in de richting van de niet-inheemse flora. Het aandeel van oorspronkelijk indigene taxa, dat voor 1940 nog bijna 95 % bedraagt, is gedaald tot ca. 80 %. Het aandeel van de ingeburgerde soorten stijgt van ca. 2,5 tot 10% terwijl dit ook van de adventieve of in oorsprong aangeplante soorten (categorie A) fors toeneemt van 1,8 tot 5,9 %. Deze evolutie is blijkbaar eigen aan alle duingebieden, die gemakkelijk ruimte bieden voor nieuwvestiging van exoten (zie o.a. Kuijken et al. 1993 voor de Doornpanne). Door de alomtegenwoordigheid van tuinenrijke villawijken rondom de natuurgebieden is het aanbod van verwilderbare exoten in ieder geval zeer groot.

Lokale specificiteit

Om aan te tonen in welke mate de hogere flora van het studiegebied specifiek is ten opzichte van de rest van Vlaanderen, worden op basis van de vroegere en huidige verspreiding in Vlaanderen (o.m. op basis van Van Rompaey & Delvosalle 1979) twee categorieën van soorten afgebakend : exclusieve kustsoorten en doelsoorten s.l. (Figuur 7.3.) Daarbij werd enkel rekening gehouden werd met oorspronkelijk inheemse soorten (I, I/N, I?).

Bij de *exclusieve kustsoorten* ligt meer dan 90 % van het natuurlijk areaal van de soort in Vlaanderen binnen het studiegebied. Actueel telt de groep 66 taxa; nagenoeg 9 % van de huidige duinflora of ruim 5 % van het totaal aantal plantensoorten in Vlaanderen. Het betreft in hoofdzaak soorten van zoute milieus en graslanden op droge, kalkhoudende grond, habitats die in de duinen optimaal aanwezig zijn. 9 soorten van in ecologisch opzicht vaak veeleisende en eerder kwetsbare milieus : hoge schorren, contactsituaties tussen zout en zoet milieu, brakke wateren, kalkrijke basische laagveenmoerassen, graslanden op droge, kalkarme en zure grond, zijn uit het duingebied verdwenen. 8 "typische kustsoorten" zijn enkel na 1972 waargenomen.



Figuur7.3. Specifieke kustsoorten en soorten waarvoor het kustgebied belangrijk is voor de overleving in Vlaamse context.

Onder de "doelsoorten" verstaan we planten die niet uitsluitend in het studiegebied voorkomen, maar waarvoor de populaties in het studiegebied belangrijk zijn (waren) voor de overleving van de soort in Vlaanderen. De categorie telt actueel 97 taxa waarvan er 24 niet vermeld worden voor 1972. De soorten zijn kenmerkend voor zoute milieus, graslanden, zomen en struwelen.
66 "doelsoorten" zijn uit het studiegebied verdwenen. Het betreft hier vnl. soorten van zoet tot brak open water, akkers, antropogene pioniersituaties, ruigten en graslanden.

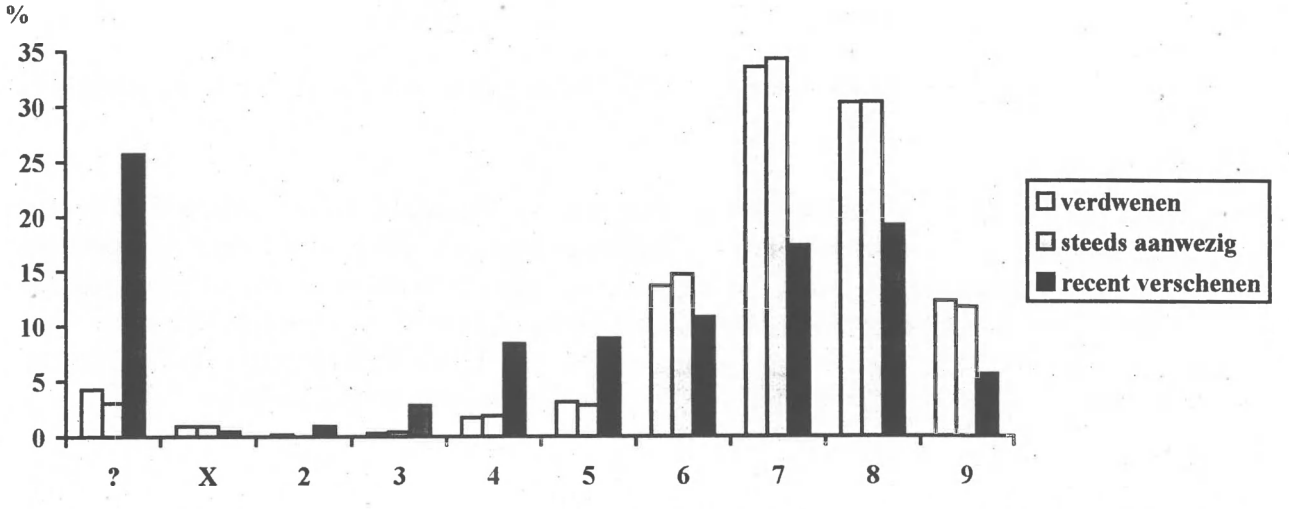
7.2.1.4. Auto-ecologische kenmerken

In de soortenlijst worden een aantal standplaatsfactoren uit het Nederlands Botanisch Basisregister (Ellenberg et al. 1992 in Anoniem 1993) overgenomen. De evolutie van de soortensamenstelling kan in functie van lichtbehoefte, grondwaterafhankelijkheid, verdrogingsgevoeligheid, pH-voorkeur, stikstofbehoefte en zoutresistentie worden geanalyseerd. Voor een aantal andere kenmerken zoals onder meer de ecologische strategie zijn de gegevens te onvolledig.

Lichtbehoefte

Figuur 7.4. geeft een overzicht van de verdeling van de flora volgens lichtbehoefte. De flora van het studiegebied wordt gedomineerd door half-licht- tot volle lichtplanten (categorieën 6 t.e.m. 9). De schaduwminnende flora-elementen (categorieën 2 t.e.m. 4) maken amper 5 % uit van het totaal aantal soorten.

Uit de figuur blijkt een toename van het aantal schaduwtolerante- en preferente soorten (categ. 2 t.e.m. 4) van 14 naar 38 of van respectievelijk ca. 2 tot ruim 5 % van de flora. Het aandeel van de lichtminnende planten neemt af met ca 10 %. Deze cijfers moeten enigszins gerelativeerd worden wegens het relatief hoog aandeel van de recent waargenomen soorten waarvoor geen lichtgegevens voor handen zijn (ca 25 %).
De veranderingen in de lichtbehoefte van hogere planten kunnen grotendeels verklaard worden door de vrij recente struweel- en bosontwikkeling in het duinlandschap. Bij een verdergaande verbossing van het studiegebied kan dan ook een toenemende verschuiving naar een meer schaduwminnende flora (en tevens een relatieve afname van lichtminnende flora-elementen) verwacht worden.



Figuur7.4. Verdeling van de hogere flora i.f.v. het lichtgetal. 2=schaduwminnend, 9=lichtminnend, X=indifferent (CBS 1993).

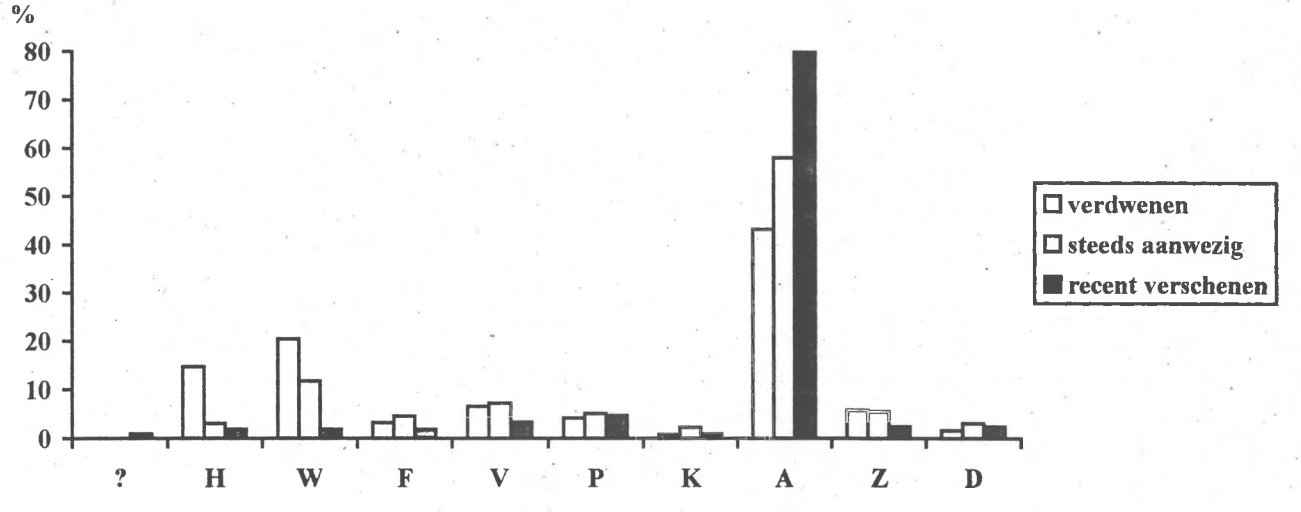
Vochtbehoefte

Vanwege het extreme substraat (sterk filtrerend duinzand) en de geografische positie van het studiegebied worden de voor Duitsland opgestelde Ellenbergwaarden (vochtgetal) als minder geschikt beschouwd en gebeurt de interpretatie op basis van de grondwaterafhankelijkheid (naar Londo 1988) en de verdrogingsgevoeligheid volgens Bakker et al. (1979).

Londo (1988) onderscheidt 9 categorieën planten:

H	Hydrofyten of waterplanten	**K**	Kalk-afreatofyten
W	Natte freatofyten	**A**	Afreatofyten
F	Obligate freatofyten	**Z**	Halofyten of zoutplanten
V	Niet-obligate freatofyten	**D**	Duinfreatofyten
P	Plaatselijke freatofyten		

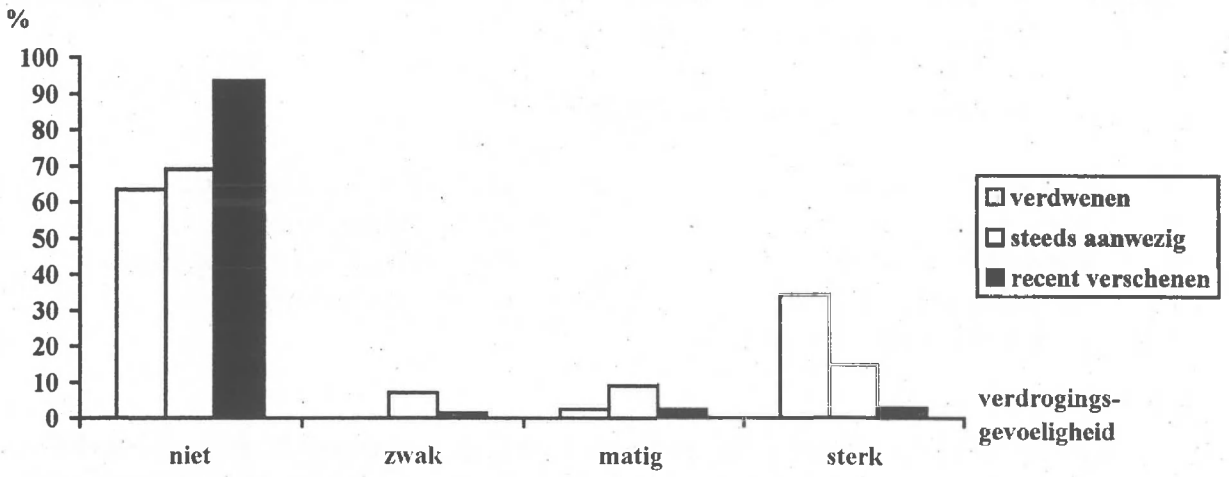
Nagenoeg de helft van alle recent waargenomen soorten is in bepaalde mate afhankelijk van het grondwater. Uit Figuur 7.5. blijkt een achteruitgang van het aandeel van waterplanten en natte freatofyten met ca 7 %. Binnen de categorie van de (niet) obligate freatofyten is de relatieve achteruitgang minder duidelijk. 80 % van de planten die enkel na 1972 werden waargenomen is afreatofyt; het dubbele van het aandeel binnen de verdwenen soorten.



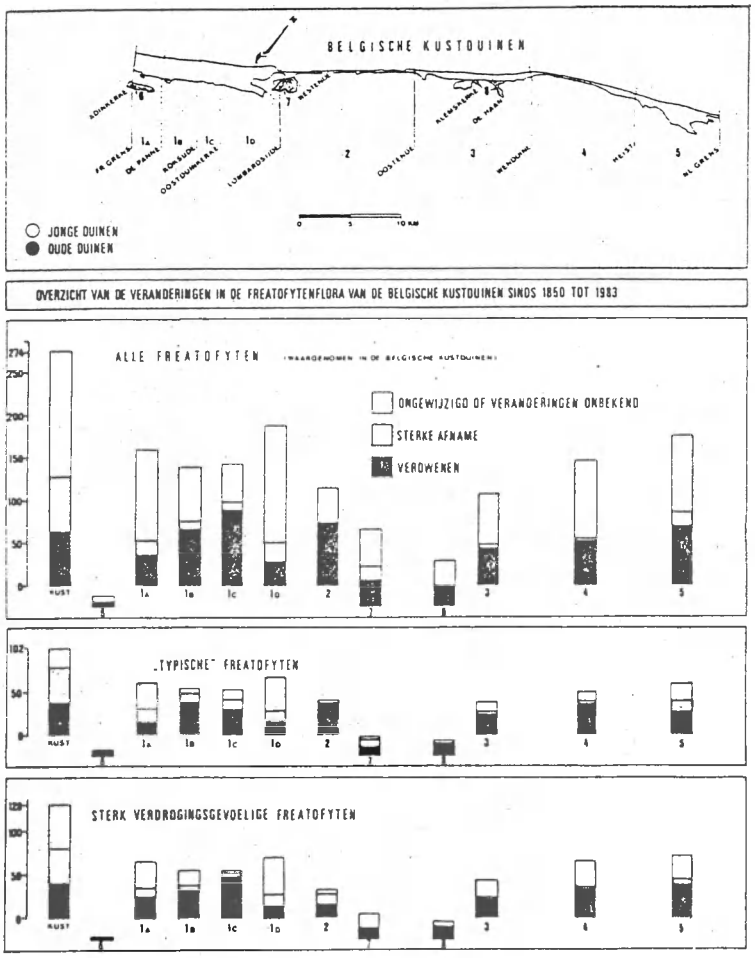
Figuur 7.5. Verdeling van de flora over de freatofytenklassen van Londo (1988).

Wanneer we de verdeling van verdrogingsgevoelige taxa (naar Bakker et al. 1979 & De Raeve et al. 1983; Figuur 7.6.) beschouwen, dan valt vooral de achteruitgang van sterk verdrogingsgevoelige soorten op. 42 soorten uit deze categorie zijn verdwenen, tegenover 6 nieuwkomers.
De Raeve et al. (1983) onderzochten de achteruitgang van grondwaterafhankelijke taxa langs de gehele Vlaamse kust (zie ook De Raeve & Lebbe 1984). Uit dit onderzoek blijkt dat, naast overige factoren zoals inkrimping van het onbebouwde duinenareaal en natuurlijke vegetatiesuccessie, vooral de grondwaterwinningen voor deze achteruitgang verantwoordelijk zijn. Kuijken et al. (1993) vonden voor het waterwinningsgebied de Doornpanne een daling van

het aantal waterplanten, natte en obligate freatofyten van 65 naar 22. Bij veel niet obligate freatofyten is een na-ijlingseffect merkbaar. "Slechts" 5 van de 20 soorten verdwenen uit het gebied.



Figuur7.6. Verdrogingsgevoeligheid van de flora (naar Bakker et al. 1979).

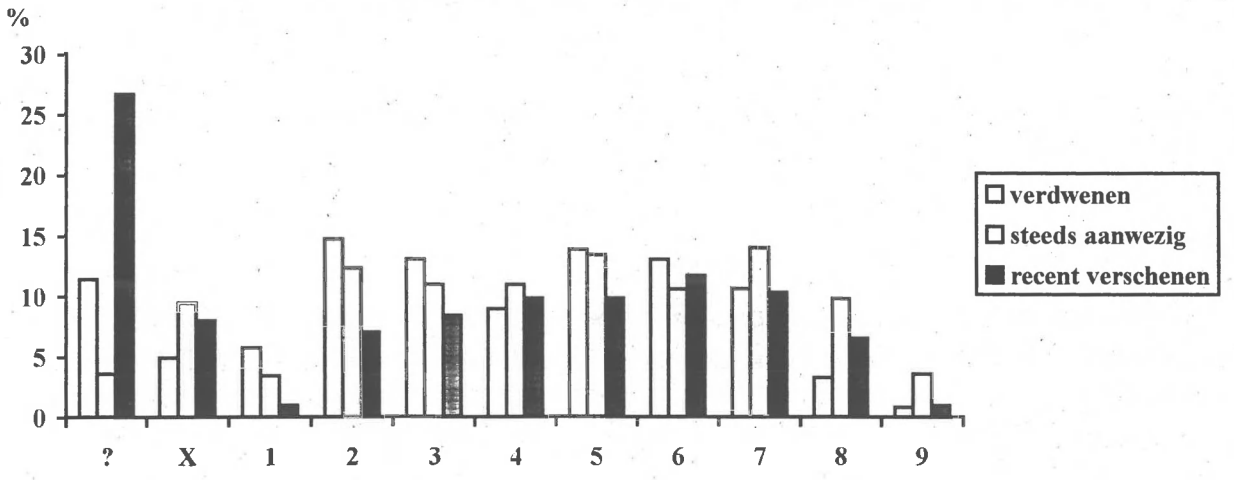


Figuur7.7. Veranderingen van de freatofytenflora van de Vlaamse kustduinen tussen 1850 en 1983 (De Raeve & Lebbe 1984).

Figuur 7.7. geeft een overzicht van de veranderingen in de freatofytenflora voor de verschillende kuststroken. Ook hier springt het gebied tussen Oostduinkerke en Koksijde (Doornpanne en omgeving) in het oog door de relatief sterkere achteruitgang van de freatofyten. Met "typische freatofyten" worden soorten bedoeld van voedselarme, meestal kalkrijke milieu's en/of contactsituaties tussen zoet en zout. Deze categorie wijst op het oorspronkelijk duinkarakter van de freatofyten.

Nutriëntenbehoeften

Voor de interpretatie van de nutriëntenbehoeften van de flora van het studiegebied wordt gebruik gemaakt van het stikstofgetal van Ellenberg (Ellenberg et al. 1992; Figuur 7.8.).



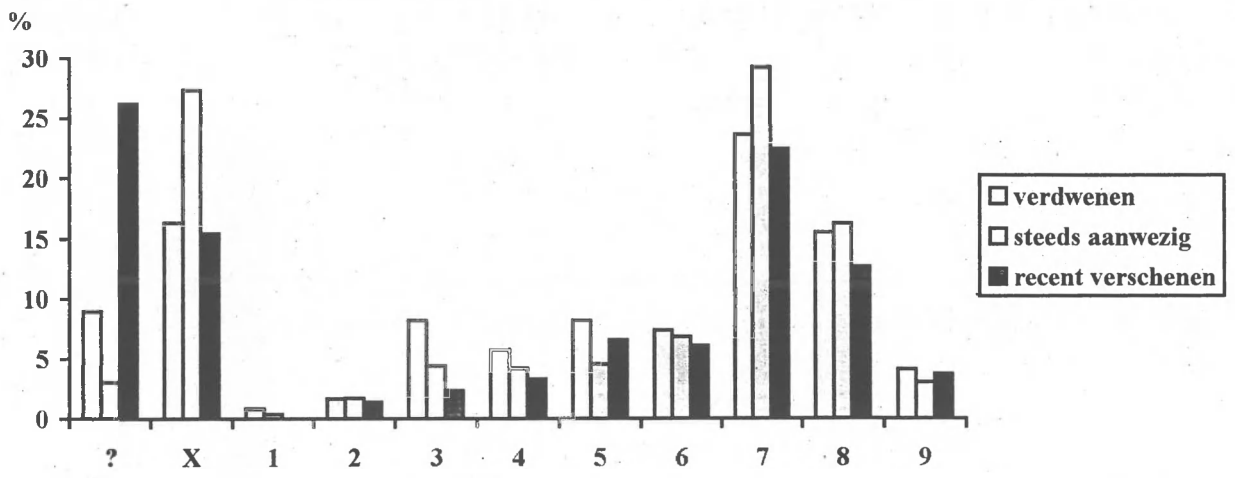
Figuur 7.8. Verdeling van de flora over de stikstof-categorieën (Ellenberg et al 1979). 1=stikstofmijdend, 9=nitrofiel.

De flora van het studiegebied blijkt vrij evenwichtig verdeeld te zijn over de categorieën 2 t.e.m. 8 (van stikstofarme tot uitgesproken stikstofrijke bodems). Indifferente soorten (X) en soorten van zeer uitgesproken stikstofrijke en -arme bodems (resp. categegorie 9 en 2) zijn minder vertegenwoordigd. Ook de verdeling van verdwenen en recent bijgekomen soorten over de stikstof-klassen is vrij homogeen. Toch blijkt een relatief hoger aantal stikstofmijdende soorten (categorieën 1-3) verdwenen te zijn. Het aandeel van deze groep verminderde met ca 5 %. Onder de nieuwkomers valt een relatief hoger aantal nitrofielen (cat. 8) op. De sterk toegenomen verstruweling met de stikstoffixerende Duindoorn en een mogelijke verhoging van de atmosferische stikstofdepositie zijn hier wellicht niet vreemd aan. Ook hier moeten de conclusies door het groot aantal soorten waarvoor geen gegevens voorhanden zijn, worden gerelativeerd.

pH-voorkeur

Voor de interpretatie van de geprefereerde bodem-pH wordt gebruik gemaakt van het reactiegetal van Ellenberg (Ellenberg et al. 1992; Figuur 7.6.). De flora van het studiegebied wordt gedomineerd door indifferente soorten en soorten uit de categorieën 5 t.e.m. 8 (zwak zure tot

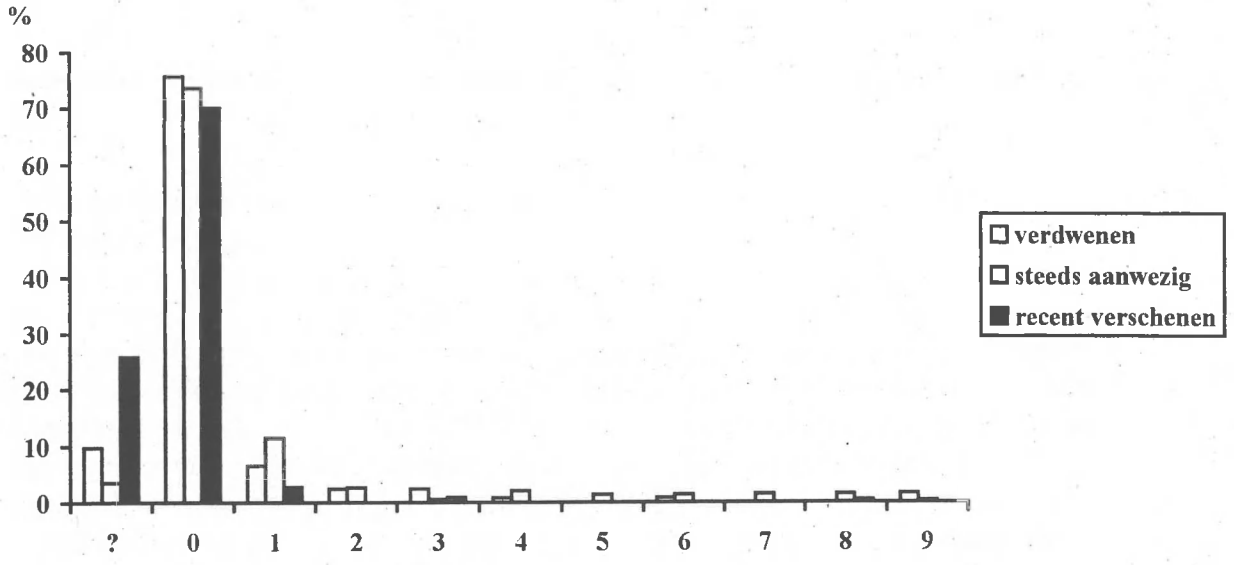
basische bodems). Soorten van sterk zure bodems (categ. 1-2) zijn zwak vertegenwoordigd. Dit is, gezien het overwegend kalkrijke substraat van het kustgebied, voor de hand liggend.
Uit Figuur 7.9. vallen geen noemenswaardige verschuivingen in de florasamenstelling af te leiden.



Figuur 7.9. Verdeling van de flora over de pH-indicatorwaarden van Ellenberg et al. (1992), 1="zuurminnend", 9="baseminnend".

Zoutresistentie

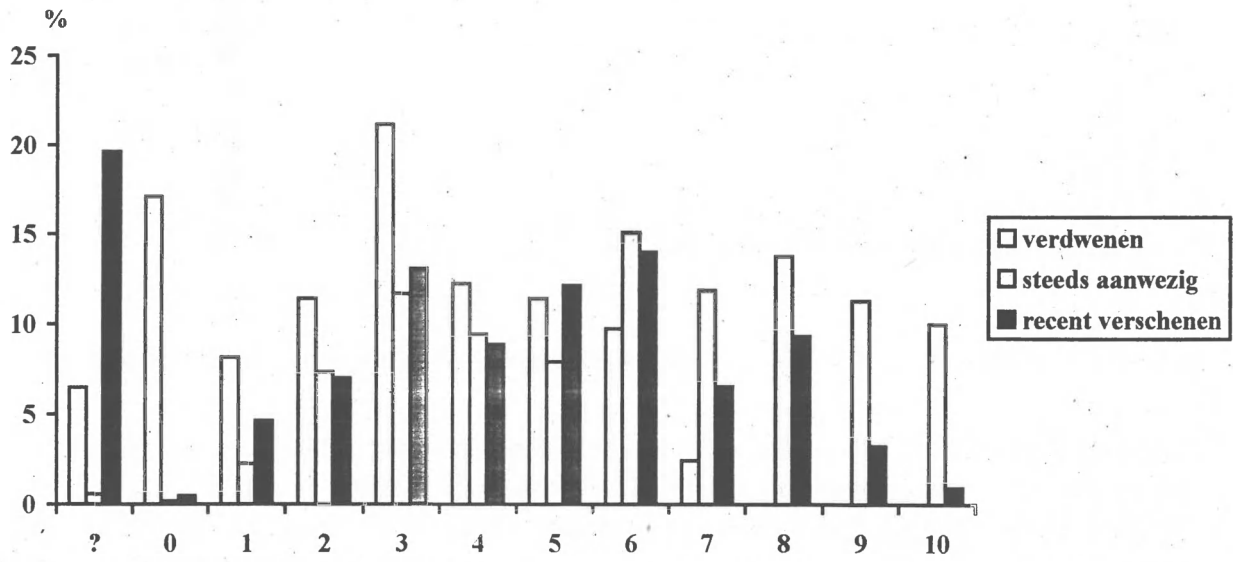
Slechts een beperkt aantal soorten (49 of ca 7 % van de huidige flora) zijn "zoutplanten" (categorie 2-9; Figuur 7.10.). 10 dergelijke soorten zijn uit het studiegebied verdwenen. Na 1940 werden 3 nieuwe zoutplanten genoteerd. Gezien voor meer dan een kwart van de nieuwkomers geen zoutgetal gekend is, kan binnen deze groep echter geen duidelijke trend worden afgeleid.



Figuur 7.10. Zoutresistentie van de flora (CBR 1993), 0=laag, 9=hoog.

7.2.1.5. Zeldzaamheid en bedreiging

Zeldzaamheid



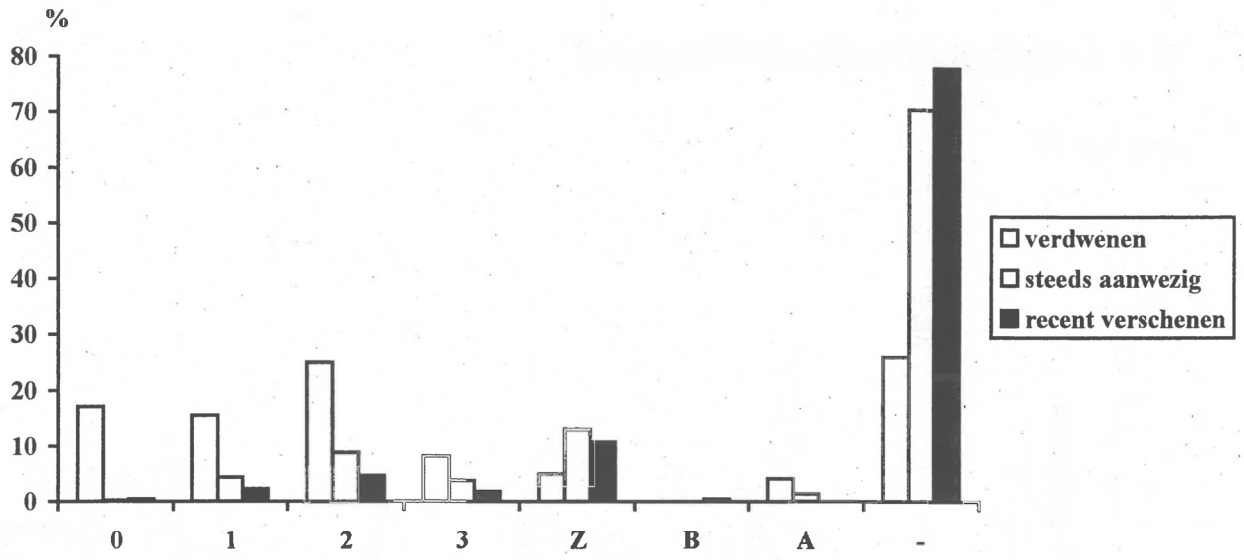
Figuur 7.11. Verdeling van de flora over de zeldzaamheidsklassen (Cosyns et al. 1994; 0 = niet meer aanwezig, 10 = zeer algemeen, cfr. bijlage 7.1.).

Voor de interpretatie van de zeldzaamheid wordt gebruikt gemaakt van de klassen (uurhok-frequentieklassen; U.F.K.) uit de voorlopige Standaardlijst voor de Vlaamse flora (Cosyns et al. 1994). Er dient opgemerkt dat deze waarden enkel opgesteld werden a.h.v. verspreidingsgegevens voor de periode na 1972. In principe kunnen deze cijfers dus niet gebruikt worden voor periodes vóór deze datum. Evenwel geven zij een aanduiding over het voorkomen en de achteruitgang van actueel in Vlaanderen om hun zeldzaamheid gewaardeerde soorten (Figuur 7.11.).

228 van de recent waargenomen taxa (ca. 30 %) zijn zeldzaam tot uiterst zeldzaam (klassen 1 t.e.m. 4) in Vlaanderen, waarvan er minstens 184 soorten, of ruim 80 %, als oorspronkelijk inheems worden beschouwd. 69 soorten (9 %), waarvan 56 indigeen, zijn in Vlaams opzicht zelfs marginaal tot uiterst zeldzaam (klassen 1-2, voorkomen in 1 tot 7 Vlaamse uurhokken). Voor 1940 bedroeg het aandeel van de actueel uiterst zeldzame tot zeldzame soorten nog bijna 40 %.

Rode lijst

In de voorlopige versie van de Rode lijst (IN, in voorb.) krijgen 597 taxa, of ca. 47 % van het totaal aantal Vlaamse soorten (1279), een bepaalde bedreigingscategorie van de Rode lijst toegewezen. De recente hogere flora van de kust telt 168 Rode lijst-soorten (ca. 27 %). Dit is bijna 40 % van alle actuele Vlaamse taxa die in deze lijst werden opgenomen (Figuur 7.12.).



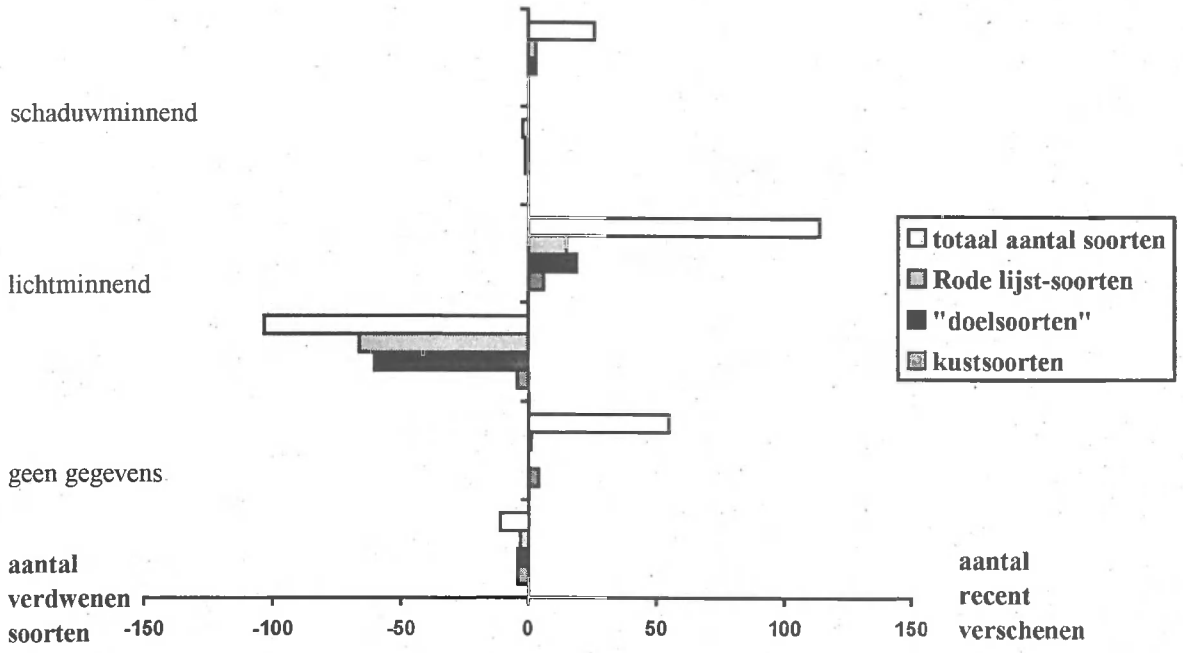
Figuur 7.12. Verdeling van de flora over de Rode lijst-categorieën (IN, intern document; legende zie bijlage 7.1.).

Onder de Rode lijstsoorten vinden we vooral planten van sterk tot matig zoute milieus, basische laagveenmoerassen, graslanden en zomen op kalkhoudende grond.
Het aandeel van de Rode lijst-soorten (categorieën 1-3) is van 25 naar 13 % gedaald. Voor 1972 werden nog 21 soorten aangetroffen die momenteel in Vlaanderen uitgestorven zijn. Het aantal (met uitsterven) bedreigde soorten is de voorbije eeuw van 119 naar 85 gezakt (een afname van ca 30 %). Ook de kwetsbare soorten kenden een aanzienlijke achteruitgang (van 30 naar 22 soorten). Opvallend is de toename van het aantal soorten uit de categorie "zeldzaam" (van 80 naar 103).

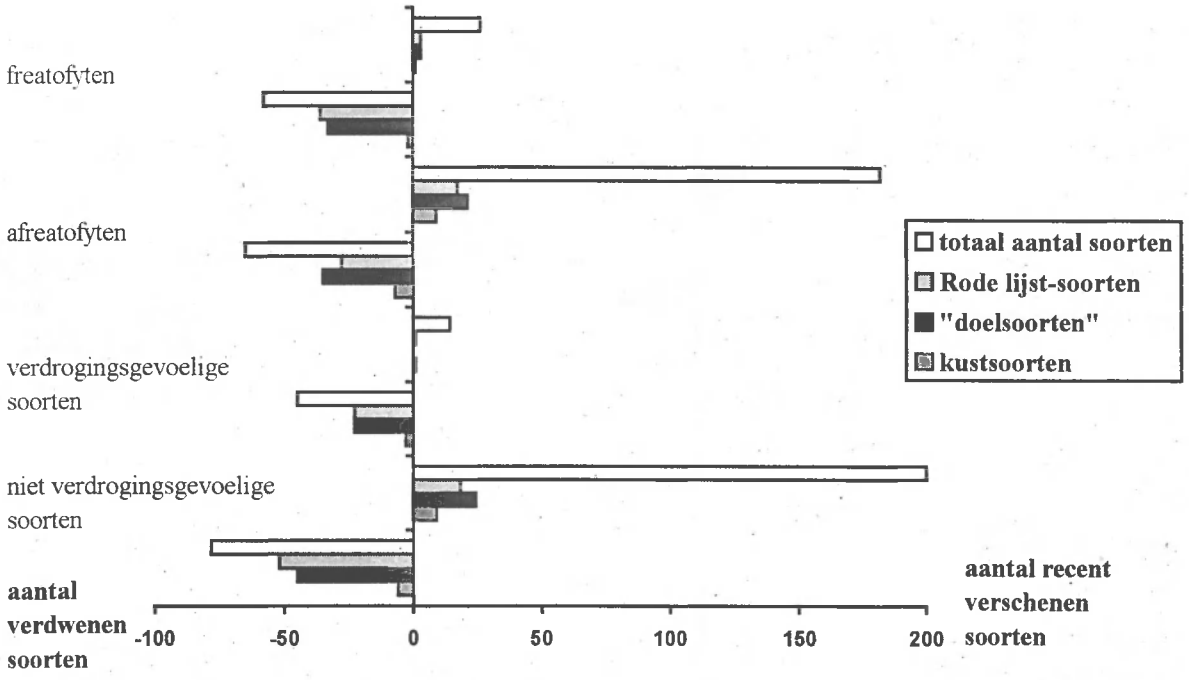
7.2.1.6. Trends en waardering

Uit de bespreking van de standplaatsfactoren blijkt dat zich een aantal min of meer duidelijke verschuivingen hebben voorgedaan in de globale soortensamenstelling van de hogere planten aan de kust. Figuur 7.13. evalueert deze tendenzen aan de hand van de bedreigingsstatus (Rode lijst) en de mate van specificiteit voor het kustmilieu. "Kust-" en "doelsoorten" slaan op de groepen afgebakend in 7.2.1.3.

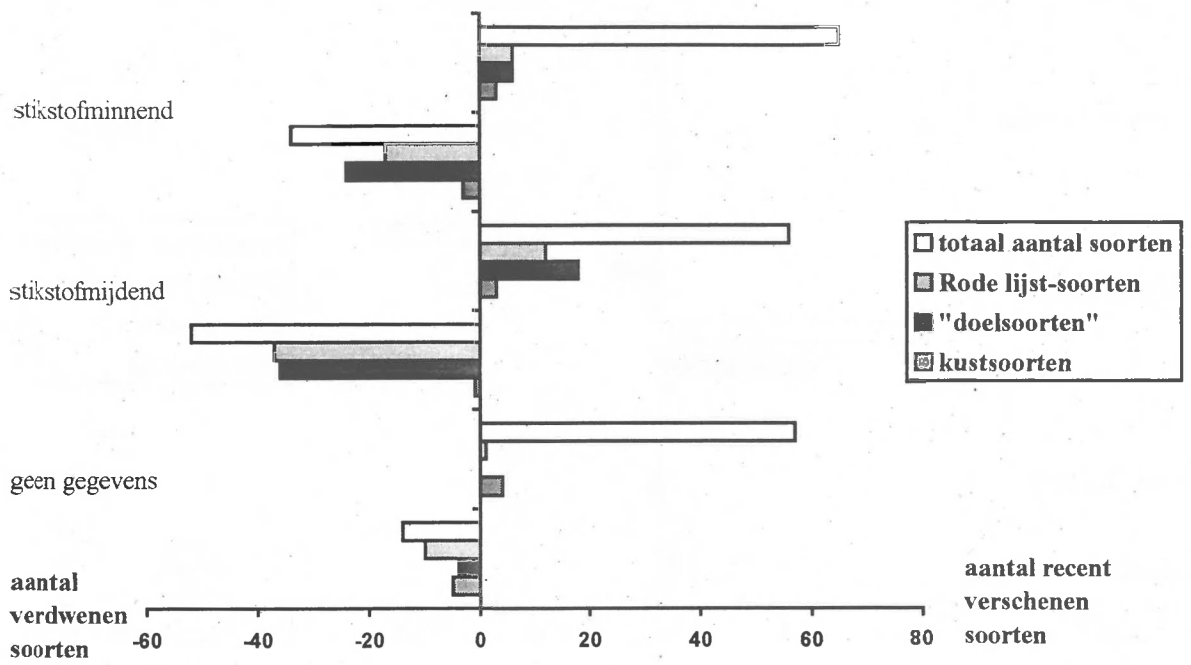
De sterke toename van het aantal schaduwminnende soorten gaat blijkbaar niet samen met een toename van specifieke of bedreigde soorten (Figuur 7.13a.).
Bij de lichtminnende planten (a), freatofyten en verdrogingsgevoelige plantensoorten (b) valt een kwantitatieve en kwalitatieve achteruitgang op.
De verschuivingen binnen de flora wat betreft stikstofbehoefte (Figuur 7.13c.) blijken vooral door de relatief sterkere achteruitgang van de stikstofmijdende soorten te worden veroorzaakt.
De achteruitgang van bedreigde soorten en doelsoorten blijkt zich zowel bij stikstofminnende als -mijdende soorten te manifesteren.
Ten slotte leiden we uit Figuur 7.13d. af dat onder de recent verschenen zoutplanten blijkbaar weinig "bijzondere" soorten zitten.



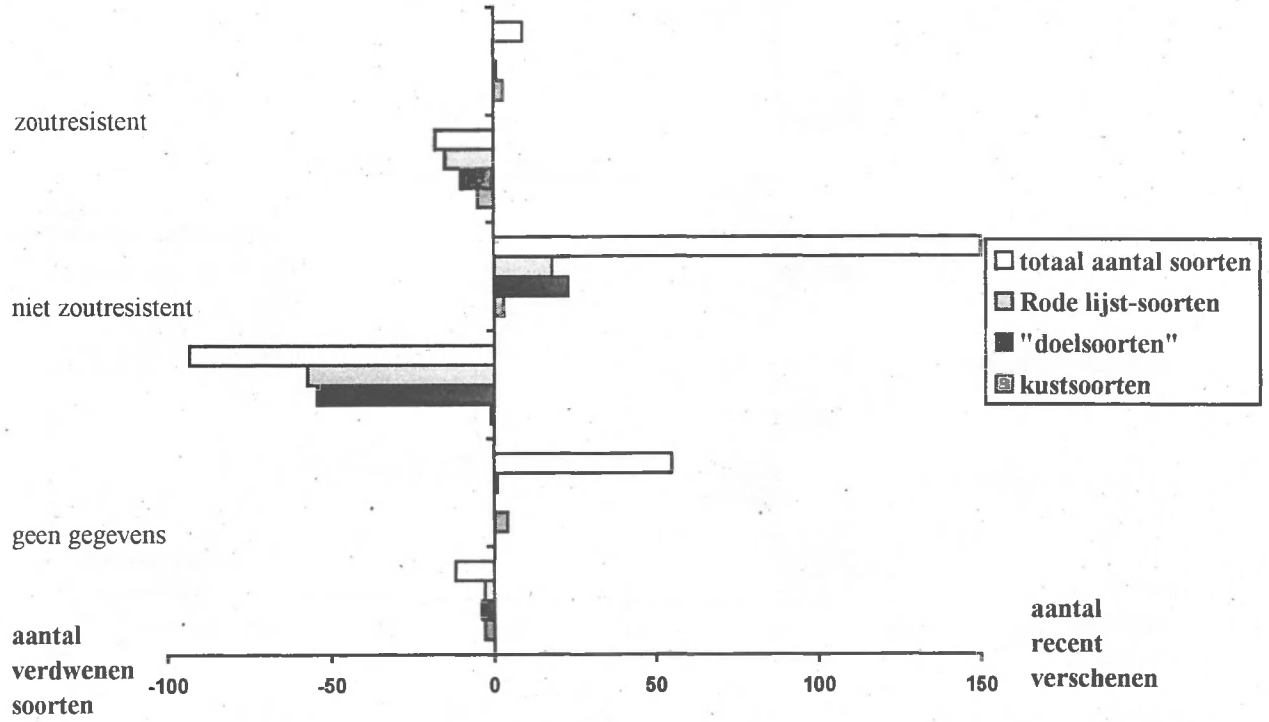
Figuur 7.13a. Evolutie en evaluatie van flora i.f.v. lichtgetal.



Figuur 7.13b. Evolutie en evaluatie van flora i.f.v. vochtgetal en verdrogingsgevoeligheid.



Figuur 7.13c. Evolutie en evaluatie van flora i.f.v. stikstofgetal.



Figuur 7.13d. Evolutie en evaluatie van flora i.f.v. zoutresistentie.

7.2.1.7. Besluit

Het aantal soorten hogere planten waargenomen aan de Vlaamse kust is de voorbije eeuw met bijna 14 % gestegen. Deze kwantitatieve toename staat in contrast met de kwalitatieve achteruitgang van de kustflora. Bijna de helft van de nieuwkomers behoort niet tot de inheemse flora en is afkomstig uit aanplanten, verwilderd uit siertuinen etc... Drie kwart van de verdwenen soorten valt onder één van de Rode lijst-categorieën. Dit is (slechts) één vijfde voor de nieuwkomers.

Opvallend zijn ook een aantal verschuivingen in de ecologische kenmerken. De flora is relatief meer schaduw- en stikstofminnend en minder vochtminnend en verdrogingsgevoelig geworden. Ook ligt het aantal verdwenen zoutplanten hoger dan de nieuwkomers. De relatief grotere achteruitgang van zeldzame, bedreigde en/of kustspecifieke soorten komt zoals verwacht ook in deze trends tot uiting. De soortensamenstelling van de hogere planten is dus duidelijk gebanaliseerd; het "typisch kustkarakter" vervaagt. Deze typiciteit uit zich vanzelfsprekend in kusthabitats als slikken, schorren en embryonale duintjes, maar ook in habitats van dynamische, voedselarme en/of grondwaterafhankelijke milieus met vrij open begroeiingen. Indicatief voor de evolutie binnen deze laatste groep is het verdwijnen van soorten als Waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*), Moerasgamander (*Teucrium scordium*), Groenknolorchis (*Liparis loeselii*), Draadgentiaan (*Cicendia filiformis*), ... en de sterke achteruitgang van bijvoorbeeld Knopbies (*Schoenus nigricans*), Harlekijn (*Orchis morio*) of Liggend bergvlas (*Thesium humifusum*).

Toch constateren we ook een aantal "positieve" evoluties. Sommige habitats die in de vooroorlogse duinen niet of nauwelijks aanwezig waren (hoofdzakelijk bossen en struwelen) hebben zich recent, onder meer door het wegvallen van de agrarische druk, kunnen ontwikkelen. Daardoor kregen ook heel wat inheemse, in Vlaamse context belangrijke planten vestigingsplaatsen. We denken onder meer aan Tongvaren (*Asplenium scolopendrium*), Zuurbes (*Berberis vulgaris*) en Welriekende salomonszegel (*Polygonatum odoratum*). Maar ook een aantal soorten van kalkrijke zomen en graslanden zoals onder meer Bokkenorchis (*Himantoglossum hircinum*), Hartgespan (*Leonurus cardiaca*) en Kleine pimpernel (*Sanguisorba minor*) verrijken onze kustflora.

7.2.2. Blad-, lever- en korstmossen

7.2.2.1. Herkomst van de gegevens

Voor de gegevens betreffende de blad-, lever- en korstmossen wordt gebruik gemaakt van de doctoraatsverhandeling van Hoffmann (1993) met onder meer verspreiding van epifyten (zowel mos- als korstmossen) in Oost- en West-Vlaanderen (gegevens van 1985-1993) en de licentiaatsverhandelingen van Van Steerteghem (1982), Verboven (1980), D'Hondt (1979, 1981), Rosseel (1985), Bogaert (1986) en Van Landuyt (1991). Andere bronnen zijn Schumacker (1985); "Atlas de distribution des bryophytes de Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg et des régions limitrophes", De Zuttere & Schumacker (1984); "Bryophytes nouvelles, méconnues, rares, menacées ou disparues de Belgique", Hoys et al. (1996a, 1996b), Barkman (1958, 1990), De Raeve et al. (1983), Hoffmann (1985, 1988), persoonlijke gegevens van W. Van Landuyt, M. Leten en M. Hoffmann en excursiegegevens van de Vlaamse Werkgroep Bryologie (Zwinbosjes

en Kleine vlakte, Oostvoorduinen, Hannecartbos, Westhoek, Cabour en Houtsaegerduinen). Oudere gegevens werden ontleend aan Bouly de Lesdain (1906, 1914) en vooral Massart (1908, 1913a), die een overzicht gaf van onder meer de mossen en korstmossen van de duinen en polders rond de laatste eeuwwisseling.
De soortenlijsten worden weergegeven in bijlage 7.4.
Van Massart's gegevens kon tot nu toe geen herbariummateriaal gevonden en dus ook niet gecontroleerd worden, waardoor zijn waarnemingen niet verifieerbaar zijn. Desalniettemin zijn zijn soortenlijsten bijzonder waardevol, omdat ze een indicatie kunnen geven van de evolutie van dit deel van flora en funga. Waar mogelijk wordt hier kort op ingegaan.

7.2.2.2. Betekenis van het kustgebied

Veel kryptogamen, en dan met name epifytisch groeiende soorten, vertonen tegenwoordig een duidelijke voorkeur voor het kustgebied (duinen en polders), daar waar dezelfde soorten vroeger ook regelmatig voorkwamen in het binnenland (zie onder meer Kickx 1867). In de vorige eeuw was de kust zelfs eerder bekend als een relatief mos- en korstmosarm gebied.
Weliswaar ondervinden epifyten er een uitgesproken oceanisch klimaat, wat in het algemeen bijzonder gunstig is voor deze voor hun watervoorziening volledig op luchtvochtigheid aangewezen organismen, maar toch zijn met name de lage SO_2- en NH_3-belasting de hoofdreden voor het relatief epifytrijker zijn van de kuststreek (Hoffmann 1993). De epifytenmilieus aan de kust zijn onderhevig aan min of meer met zeezouten beladen neerslag en de relatieve mobiliteit van het duinzand zal, mede door de hogere windsnelheden aan de kust, bovendien een sterkere accumulatie van bodemdeeltjes op het schorssubstraat veroorzaken. Dit duinzand is in het algemeen rijk aan mineralen (onder meer Ca^{2+}-ionen) en zal een verlaging van de zuurtegraad (verhoogde pH) bewerkstelligen. Relatief beschut staande bomen in duinbossen zullen uiteraard minder onderhevig zijn aan deze minerale aanrijkingsfactor.

Het kustgebied is omwille van deze relatief hoge luchtzuiverheid, gecombineerd met een hoge oceaniteit een bijzonder belangrijk refugium geworden voor een relatief groot aantal kryptogamen. Daarnaast komen een aantal specifieke kalkrijke milieus voor, met name mosduinen en mesofiele duingraslanden in de kalkrijke duinen, die bijzonder zeldzaam zijn in Vlaanderen, waardoor een belangrijk aantal terrestrische calcifiele mos- en korstmossoorten grotendeels beperkt blijven tot de kust.

7.2.2.3. Bespreking van de belangrijkste soorten

Taxa die zeldzaam of min of meer kustspecifiek zijn ("doelsoorten"), worden in de soortenlijst vetjes weergegeven. De belangrijkste worden hier kort besproken.

Bladmossen (Musci, Bryatae)

De lijst van bladmossen telt 120 taxa, waaronder 38 "doelsoorten".

Bryum algovicum, *B. calophyllum* en *B. warneum* zijn drie kleine, acrocarpe mossoorten die door Dirkse & Kruijsen (1993) vooral gemeld worden van pioniervegetatie op al dan niet brakke, natte

tot vochtige bodems. In het studiegebied worden deze soorten terrestrisch gevonden in jonge, vochtige duinvalleien met een pionierende vegetatie (o.m. in het Westhoekreservaat te De Panne). Wegens hun zeldzaamheid en/of achteruitgang werden zowel *B. calophyllum* als *B. warneum* opgenomen in de Nederlandse Rode lijst (Siebel et al. 1992). *B. warneum* werd trouwens bij Delvosalle et al. (1969) aangeduid als "espèce rare non menacée de destruction dans l'immédiat".

De drie *Campylium*-soorten (*C. chrysophyllum, C. polygamum* & *C. stellatum*) zijn vrij kalkminnende, terrestrisch groeiende bladmossen. *C. stellatum* & *C. polygamum* komen in het Nederlandse duingebied vaak samen voor, o.a. in duinvalleien (zowel in pioniersituaties als in meer gesloten vegetaties; zie ook Dirkse & Kruijsen 1993) en in hoge schorren (Touw & Rubers 1989). *C. stellatum* is de ecologisch meest veeleisende, en bijgevolg sterkst achteruitgegane soort. *C. chrysophyllum* is eveneens kalkminnend, maar groeit op drogere plaatsen : in de Nederlandse duinen o.a. op hoge, stabiele, open noordhellingen.

Cryphaea heteromalla is een submediterrane-suboceanische soort die in Vlaanderen tot nu toe hoofdzakelijk aangetroffen werd op Gewone vlier in struwelen langs de kust (o.a. in de Zwinbosjes (Hoffmann 1988), het Hannecartbos, de Houtsaegerduinen en het Westhoekreservaat (Van Landuyt 1991, Hoffmann 1993)). Het is trouwens voor heel België een zeldzame soort : De Zuttere & Schumacker (1984) melden ze van slechts 31 uurhokken. Recent worden door heel Vlaanderen verschillende aërohygrofytische, als min of meer luchtvervuilingsgevoelig bekend staande mossoorten steeds vaker waargenomen, met name in vochtige wilgenstruwelen. Dit geldt eveneens voor *Cryphaea heteromalla*. De soort werd in de Nederlandse Rode lijst aangeduid als "zeer kwetsbare soort".

Encalypta streptocarpa groeit in het Nederlandse duingebied in kruidarme mosbegroeiingen op open, steile, maar weinig mobiele noordhellingen aan de zeekant (Touw & Rubers 1989). Aan de Vlaamse kust werd de soort o.a. aangetroffen in het Westhoekreservaat te De Panne.

Zowel *Orthotrichum lyellii, O. pulchellum* als *O. tenellum* groeien uitsluitend epifytisch, en dit o.a. op Iep, Beuk, Eik, Populier, Wilg en Gewone vlier (Touw & Rubers 1989). *O. lyellii* is een toxifobe (gevoelig voor luchtvervuiling) soort, die in het kustgebied o.a. reeds in het Westhoekreservaat, de Houtsaegerduinen en de Zwinbosjes werd aangetroffen als epifyt op Gewone vlier (Van Landuyt 1991). *O. pulchellum* is een noordelijke, oceanische soort die door De Zuttere & Schumacker (1984) van slechts vijf Belgische uurhokken wordt gemeld. In het kustgebied werd ze enkel slechts waargenomen als epifyt op Gewone vlier in de Zwinbosjes te Knokke (Hoffmann 1988). *O. tenellum* werd eveneens enkel epifytisch waargenomen op Gewone vlier, en wel in de Doornpanne te Oostduinkerke (Van Landuyt 1991) en de Zwinbosjes te Knokke-Heist (Hoffmann 1988). Zowel *O. lyellii* als *O. tenellum* werden opgenomen in de Nederlandse Rode lijst (Siebel et al. 1992). Zoals voor de aërohygrofytische *Cryphaea heteromalla* wordt ook voor deze soorten een recente vooruitgang vastgesteld.

Platygyrium repens is een in België zeldzame soort waarvan de verspreidingsgegevens bovendien erg onvolledig zijn (De Zuttere & Schumacker 1984). In Nederland groeit ze vnl. epifytisch op Wilgen. In het kustgebied werd de soort aangetroffen op Gewone vlier in het Hannecartbos (Hoffmann 1993).

Pleurochaete squarrosa, Racomitrium canescens var. *canescens, Hylocomium splendens, Rhytidiadelphus triquetrus, Thuidium abietinum* en *Tortella flavovirens* var. *glareicola* zijn vijf terrestrische bladmossen van relatief oude, stabiele mosduinvegetaties of van mesofiele

kalkgraslanden. Vooral *Pleurochaete squarrosa* en *Thuidium abietinum* zijn zeldzame soorten, en wat hun verspreiding in Vlaanderen betreft vermoedelijk in hoofdzaak beperkt tot de duinstreek. *Thuidium abietinum* is om nog vrij onduidelijke redenen in Nederland zeer sterk achteruitgegaan (Touw & Rubers 1989), en werd dan ook opgenomen in Rode lijst-categorie 1 (bedreigd met verdwijning).

Pottia heimii is een zoutminnende soort die vroeger werd ingezameld tussen Heist en Blankenberge (1874) en na 1950 nog gevonden werd te Nieuwpoort (Delvosalle et al. 1969). Vermoedelijk is de soort momenteel uit het eigenlijke kustgebied verdwenen.

Tortula laevipila, T. papillosa, Ulota phyllantha en *Zygodon viridissimus* var. *viridissimus* worden in het kustgebied voornamelijk epifytisch aangetroffen op Gewone vlier. Alle soorten zijn vrij gevoelig voor luchtvervuiling. *Ulota phyllantha* is vermoedelijk zeer zeldzaam in Vlaanderen, en vrijwel uitsluitend beperkt tot het kustgebied (Van Landuyt 1991, Hoffmann 1993). Delvosalle et al. (1969) noemen de soort trouwens "verdwenen" uit België. *Zygodon viridissimus* var. *viridissimus* is eveneens wat de verspreiding in Vlaanderen betreft vrijwel volledig beperkt tot het kustgebied. Daar groeit ze bij voorkeur op sterk met zand overstoven Vlieren in vochtige, oude struwelen (Van Landuyt 1991)

Massart (1913a) vermeldt *Tortula subulata* als een algemene terrestrische verschijning in de duinen; de soort is in Nederland inderdaad een regelmatig terrestrisch groeiende duinsoort. Aldaar is het ook een algemene verschijning als epifyt op Vlier (ten noorden van de duingebieden van Zeeland). In Vlaanderen werd de soort recent slechts éénmaal waargenomen op een Gewone vlier in het Westhoekreservaat.

Levermossen (Hepaticae)

De volledige lijst voor het studiegebied telt 23 soorten, waaronder 10 "doelsoorten".

Cephaloziella hampeana is een levermos dat onder meer in korstmosrijke duingraslanden groeit (Landwehr 1980). De auteur vermeldt verder dat het voorkomen in Nederland nog onvoldoende bekend is. Bij ons werd de soort éénmaal aangetroffen te Koksijde in 1981.

Cololejeunea minutissima var. *minutissima* is een zeer klein, folieus levermos dat in België voor de eerste maal werd waargenomen in het Hannecartbos te Oostduinkerke. De soort groeide er als epifyt op de stam van een beschut staande Canadapopulier, samen met andere zeldzaamheden als *Cryphaea heteromalla, Ulota phyllantha, Tortula laevipila* en *Zygodon viridissimus* var. *viridissimus* (Hoffmann 1985). Door het kappen van de forofyt verdween de soort echter uit het studiegebied.

Frullania dilatata, Metzgeria furcata en *Radula complanata* zijn drie voor Vlaanderen zeldzame levermossen die in het kustgebied voornamelijk reeds aangetroffen werden als epifyt op Gewone vlier (Van Landuyt 1991). Alledrie de soorten werden als "kwetsbaar" aangeduid in de Nederlandse Rode Lijst.

Moerckia hibernica en *Preissia quadrata* zijn twee soorten die in de literatuur (o.a. Schumacker 1985) wat het kustgebied betreft enkel vermeld worden voor het Westhoekreservaat te De Panne. Delvosalle et al. (1969) vermelden voor *Moerckia hibernica* : "espèce connue avec certitude

depuis 1954 de quelques "pannes" du district maritime, situées dans la Réserve naturelle du Westhoek à La Panne." *Preissia quadrata* was vermoedelijk op dezelfde lokaliteit(en) te vinden. Beide soorten verdwenen echter reeds in de jaren zeventig of eerder uit het Westhoekreservaat. Recent zijn uit het kustgebied geen waarnemingen van deze soorten meer gemeld.

Korstmossen (Lichenes)

In de totale soortenlijst worden 144 taxa opgenomen. Vermoedelijk is deze, gezien de geringe inventarisatiegraad, nog vrij onvolledig. 49 soorten kunnen als "doelsoort" worden aangeduid. Opvallend is ook het grote aantal soorten dat werd waargenomen door Massart (1908a) en zijn tijdgenoten en in de latere bronnen niet meer vermeld wordt. Destijds werden blijkbaar op oude schelpen heel wat kleine korstvormige soorten aangeroffen; deze microhabitat werd recent echter niet onderzocht, waardoor vergelijking onmogelijk is.

Uit Tabel 7.1. blijkt dat epifyten het sterkst vertegenwoordigd zijn. Saxicole soorten werden zeker niet systematisch onderzocht in het kustgebied, waardoor het reële aantal vermoedelijk hoger ligt dan hier aangegeven. De (obligaat) terrestrische soorten maken ca. 15 % uit van het totaal. Dit was in het begin van deze eeuw vermoedelijk anders. Het aantal epifytische soorten was wellicht lager dan nu, gezien geschikte forofyten (bomen, oud struweel) in het destijds open, overgeëxploiteerde landschap veel minder algemeen waren. Desondanks kwamen toen toch zeldzaamheden voor als *Ramalina lacera, R. calicaris* en *Physconia distorta* (Massart 1908a), soorten waar we nu tevergeefs naar zoeken in de kuststreek.

Tabel 7.1. Indeling van de korstmossen op basis van groeiwijze en in functie van het aantal "doelsoorten".

Groeiwijze	Obligaat			Facultatief		
	Totaal aantal	Aantal "doelsoorten"	%	Totaal aantal	Aantal "doelsoorten"	%
Corticool	67	34	51	28	4	14
Terricool	29	6	21	6	1	17
Saxicool	17	5	29	21	2	10
Lignicool	-	-		2	1	50
Parasitair	-	-		1	-	-

De terrestrische lichenvegetaties waren vermoedelijk rijker dan nu. Massart (1908a) toont o.a. foto's van gefixeerde duinen te Koksijde (directe omgeving van de Hoge Blekker) met een lichenvegetatie bestaande uit o.m. *Evernia prunastri, Ramalina farinacea, R. fastigiata, R. fraxinea, Hypogymnia physodes* en *Usnea hirta*. Baardmossen (*Usnea* spp.) werd recent slechts éénmaal terrestrisch waargenomen, met name in de Oostvoorduinen (Oostduinkerke) in 1985 (M. Hoffmann, mondel. meded.). *Evernia prunastri* en *Hypogymnia physodes* worden af en toe wel nog terrestrisch gevonden (o.a. op opgespoten terreinen langs de rechteroever van de IJzer), maar *Ramalina fraxinea* werd recent zelfs niet meer epifytisch waargenomen in de duinen (maar wel in de polders). Deze relatieve armoede van terrestrische mosduinen is vermoedelijk grotendeels toe te schrijven aan de sterkere betreding van deze habitats en aan snellere verstruweling.

Enkele bijzondere, recent waargenomen soorten worden hieronder meer in detail besproken :

Arthonia radiata is een zeldzaam korstmos in Vlaanderen (Hoffmann 1993). In het studiegebied werd het enkel aangetroffen aan de Westkust. Het is een soort van vochtige bossen die vermoedelijk vrij gevoelig is voor luchtvervuiling.

Bacidia rubella werd in het studiegebied enkel aangetroffen als epifyt op een Canadapopulier in de Houtsaegerduinen te De Panne. Het ontbreken van geschikte forofyten (Iep) en de vermoedelijk hoge luchtvervuilingsgevoeligheid zijn een mogelijke verklaring voor de zeldzaamheid van de soort in Vlaanderen. In Nederland werd deze soort aangeduid als "zeer kwetsbaar" in de Rode lijst.

Cetraria pinastri, een boreaal-continentale soort, werd in Vlaanderen tot nu toe alleen nog maar in het Hannecartbos aangetroffen. Hoffmann (1993) trof ze er aan als epifyt op een Grauwe els (*Alnus incana*). In dit bos werden tevens twee andere continentale soorten korstmossen aangetroffen nl. *Platismatia glauca* en *Hypocenomyce scalaris*. *Cetraria pinastri* werd als "zeer kwetsbaar" aangeduid op de Nederlandse Rode lijst.

Lecania cyrtella en *L. fuscella* zijn twee in Vlaanderen uiterst zeldzame korstmossen die door Hoffmann (1993) enkel aan de Westkust werden aangetroffen. Van beide soorten is de mate van achteruitgang slecht gekend; *Lecania fuscella* zou uitgestorven zijn in Nederland.

Lecanora hageni werd door Hoffmann (1993) slechts éénmaal aangetroffen, nl. te Nieuwpoort als epifyt op een vrijstaande Canadapopulier.

De *Opegrapha*-soorten *O. atra, O. cinerea, O. niveoatra, O. rufescens* en *O. varia* kunnen allen zeldzaam tot uiterst zeldzaam voor Vlaanderen genoemd worden. Alle hebben ze voorkeur voor beboste gebieden met een hoge luchtvochtigheid en een indirecte belichting. *O. niveoatra* en *O. rufescens* werden tot op heden in het studiegebied enkel aangetroffen in de Houtsaegerduinen te De Panne (Hoffmann 1993). *O. varia* is enkel bekend van het duingebied Ter Yde te Oostduinkerke. *O. atra* is nog de minst zeldzame soort.

Parmelia acetabulum, *Ramalina fastigiata* en *R. fraxinea* zijn drie soorten die vroeger wellicht vrij frequent voorkwamen in het kustgebied, maar er momenteel sterk achteruitgaan of achteruitgegaan zijn. *Ramalina lacera* is een typisch oceanische soort, die recent niet meer werd waargenomen in het Belgische kustgebied (Hoffmann 1993). Massart (1908) en Barkman (1958) vermelden de soort nog van de binnenduinrand, respectievelijk polder.

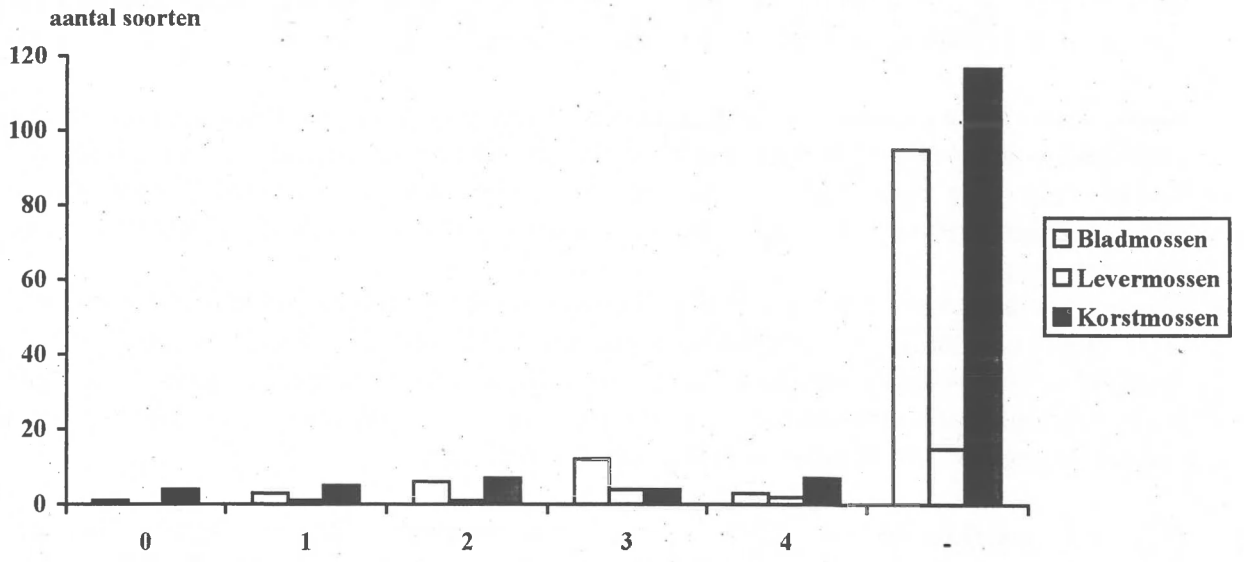
Phlyctis argena, een corticole soort met een voorkeur voor oude forofyten, werd door Hoffmann (1993) slechts in het studiegebied aangetroffen op een Schietwilg in het Hannecartbos te Oostduinkerke.

Porina aenea werd in Vlaanderen enkel aangetroffen als epifyt op een oude Canadapopulier in de Houtsaegerduinen te De Panne (Hoffmann 1993). Ze groeit er samen met andere zeldzaamheden zoals *Bacidia rubella, Opegrapha cinerea* en *O. niveoatra*. Ten zuiden van de lijn Samber-Maas is ze trouwens niet zeldzaam op boomvoeten van gladbeschorste bomen (Hoffmann 1993).

Usnea filipendula en *U. subfloridana* zijn beide voor Vlaanderen zeldzame soorten en wat hun verspreiding betreft vrijwel beperkt tot het kustgebied. Zowel *U. filipendula* als *U. subfloridana* werden door Hoffmann (1993) tweemaal aangetroffen in het kustgebied : in het Hannecartbos te Oostduinkerke en in de Zwinbosjes te Knokke. *U. subfloridana* komt vermoedelijk ook voor in

het Westhoekreservaat te De Panne (mond. med. M. Leten). Beide soorten werden opgenomen in de Nederlandse Rode lijst.

7.2.2.4. Zeldzaamheid en bedreiging



Figuur 7.14. Verdeling van de blad-, lever- en korstmossen over de verschillende Rode lijst-categorieën voor Nederland. 0=verdwenen, 1=bedreigd met verdwijning, 2=zeer kwetsbaar, 3=kwetsbaar, 4=potentieel bedreigd (Siebel et al. 1992).

Het ontbreken van een Rode lijst in Vlaanderen noopt ons naar Nederlandse gegevens terug te grijpen (Siebel et al. 1992). Van de in het kustgebied aangetroffen blad-, lever- en korstmossen behoren respectievelijk 21, 35 en 19 % tot één van de Nederlandse Rode lijst-categorieën. Gezien het duinareaal bij onze noorderburen meer dan tienmaal groter is dan in Vlaanderen, moet de interpretatie voor typische duinsoorten met de nodige omzichtigheid gebeuren.
Door het ontbreken van voldoende historische referentiegegevens, kunnen voor onze kust geen trends worden bepaald. Figuur 7.14. heeft dan ook eerder een illustratieve waarde.

7.2.3. Kranswieren (Charophyceae)

7.2.3.1. Betekenis van het kustgebied

Het overzicht van de kranswieren voor het studiegebied (bijlage 7.5.) steunt op het recente overzicht van Compère (1992) en volgt dezelfde systematiek. Er dient opgemerkt dat ook uit het vermelde toponiem niet altijd kan afgeleid worden of de vindplaats in de duinen of binnenduinrand dan wel in volle polder lag.
Van de 27 taxa die in België zijn waargenomen, werden er 10 ook aan de kust gevonden. Slechts voor *Chara aspersa*, *Ch. hispida* en *Ch. hispida* var. *baltica* was of is de kust van enig belang. Alle andere taxa die aan de kust voorkomen zijn weinig specifiek voor de duinen en behoren tot

de algemenere soorten. De kranswierenflora van de kust weerspiegelt het geringe limnologische belang van het gebied, door het gebrek aan permanente zoetwaterplassen met goed ontwikkelde vegetatie.

7.2.3.3. Fysische en chemische standplaatsfactoren

Onderstaande gegevens steunen niet op originele waarnemingen aan onze kust, maar zijn ontleend aan Nat et al. (1994), gebaseerd op waarnemingen in Nederland.

Alleen voor *Chara globularis, Ch. hispida* var. *major* en *Ch. vulgaris* zijn gegevens omtrent de bodemeigenschappen beschikbaar. Dit hoeft echter niet te betekenen dat er een causaal verband bestaat. Het kan ook zijn dat er een schijncorrelatie is met een factor die in de onderzoeksgebieden waar de waarnemingen werden gedaan sterk gekoppeld is aan de werkelijke bepalende factor.
Chara globularis komt voor op zandige bodems, zand- en slibhoudende leem, zandige klei en veen. Het is een soort van carbonaatrijke bodems, mineraal tot organisch en reductief tot matig reductief. *Chara hispida* var. *major* komt voor op minerale tot matig organische bodems, die matig reductief en carbonaatrijk zijn. *Chara vulgaris* is een soort van minerale tot matig organische bodems, die matig reductief en carbonaatrijk zijn.

Over de waterkwaliteit is meer bekend. Bovengenoemde soorten zijn indifferent voor (bi)carbonaat-, chloride- of sulfaatgehaltes. *Chara globularis* en waarschijnlijk ook *Nitella translucens* komen in matig harde en zachte wateren (1-2 mmol HCO_3^-/l) voor. *Chara hispida* var. *major* en *Chara vulgaris* zijn soorten van harde wateren (2-4 mmol HCO_3^-/l) die voornamelijk in ionenrijke (tot licht brakke) wateren (saliniteit 9-15 mmol/l) voorkomen. *Chara globularis* komt uitsluitend voor in ionenarme tot matig ionenrijke (4-9 mmol/l) wateren.

Het trofieniveau lijkt een belangrijke factor te zijn voor de verspreiding van Kranswieren. De meeste soorten komen voor bij lage fosfaatgehaltes (mediane waarden < 0,1 mg P/l). De soorten *Chara globularis* en *Chara vulgaris* zijn relatief tolerant voor eutrofiëring. Dit blijkt ook wanneer men de waarden van het N-totaal vergelijkt met minder tolerante soorten.
Chara globularis, Ch. hispida var. *major* en *Ch. vulgaris* zijn relatief zouttolerant, terwijl *Ch. hispida* var. *baltica* beperkt is tot brak water in het kustgebied.

Tabel 7.2. Tolerantiegrenzen voor zuurtegraad, zout- en kalkgehalte voor een aantal soorten kranswieren uit Nederland (naar Nat et al. 1994).

	pH	Cl (mg/l)	Ca (mg/l)
Chara aspera	7.1-9	50-226	45.9-75.6
Chara globularis	5.9-10.1	12-1922	0-534
Chara hispida var. major	6.7-9	30-1922	6.4-1130
Chara vulgaris	5.6-10.1	9-3020	9.6-534

Op basis van pH-tolerantie deelt Hutchinson (1975) de kranswieren in in een aantal groepen. Toegepast op de aan de Vlaamse kust waargenomen soorten levert dat het volgende beeld op:

- acidic (pH 5.5-6.0 (7.1)): *Nitella translucens*
- circumneutral (pH 6.5->8.0): *Chara globularis*
- alkalic (pH 7.0->8.0): *Chara hispida* var. *major*, *Ch. vulgaris* en *Ch. aspera*

Bijna alle Nederlandse (en Vlaamse) soorten zijn gebonden aan alkalische habitats. Alleen *Nitella translucens*, *Chara globularis* en *Chara vulgaris* worden ook bij relatief lage pH-waarden aangetroffen (pH 5.5-6.0). Zoals te verwachten hebben deze soorten relatief lage minima voor calcium.

7.2.4. Zwammen

7.2.4.1. Herkomst van de gegevens

Voor het opstellen van de soortenlijst werd voornamelijk gebruik gemaakt van de volgende gegevens :
- gepubliceerde (Lust 1987a), schriftelijke en mondelinge gegevens van P. Lust, hoofdzakelijk betrekking hebbend op de Oostkust (Knokke-Heist, Zeebrugge-Blankenberge en Wenduine);
- gegevens van FUNBEL, het gegevensbestand van de Antwerpse Mycologische Kring v.z.w., gesteund op waarnemingen gedaan tijdens excursies van de Antwerpse Mycologische Kring, de Oostvlaamse werkgroep voor Mycologie en door H. Ruysseveldt en R. Walleyn; dit betreft voornamelijk gegevens van de Westkust (De Panne, Oostduinkerke, Lombardsijde en De Haan);
- voor enkele specifieke groepen : Walleyn (1992, 1995) & De Raeve (1986 a-d);
- enkele persoonlijke gegevens (G. Rappé, M. Leten).

7.2.4.2. Betekenis van het kustgebied

In totaal werden reeds 626 verschillende soorten Macrofungi in het studiegebied waargenomen (zie soortenlijst, bijlage 7.6.). De mate waarin het kustgebied geïnventariseerd is op het gebied van fungi is echter niet te vergelijken met de kennis waarover wij beschikken met betrekking tot de hogere planten. Nochtans blijkt uit de soortenlijst reeds de hoge biodiversiteit van deze weinig onderzochte groep.

De soortenrijkste deelgebieden zijn vaak bosrijk (Blinckaertbos te Knokke, omgeving De Haan), hebben een grote verscheidenheid aan vegetatietypes (Westhoek, De Panne) of beide (Zwinbosjes, Knokke). 23 soorten (ongeveer 4 %) zijn, wat hun verspreiding in Vlaanderen betreft vrijwel uitsluitend aan het kustgebied gebonden. Het betreft onder meer typische, vaak mycorrhizavormende zwammen van Kruipwilgstruwelen, Helmduinen en droge duingraslanden en mosduinen.

Een aantal groepen, waaronder Wasplaten (*Hygrocybe* spp.) hebben een hoge bio-indicatieve waarde. Wasplaatgraslanden (met minstens vijf verschillende soorten Wasplaten) zijn meestal schraal, kennen een lange ontwikkeling en zijn ook in andere opzichten biologisch rijk. Walleyn (1995) vatte de kennis over de Wasplaten in Vlaanderen samen. Van de 10 gekende Wasplatengraslanden liggen er 5 aan de Vlaamse kust. Reeds vroeger had Lust (1987) gewezen op de grote mycologische waarde van de Zwinbosjes door de aanwezigheid van verschillende soorten Wasplaten. Dit gebied is (was) in Vlaanderen koploper met 14 soorten. Daarnaast zijn ook het Westhoekreservaat (De Panne), de Doornpanne (Koksijde) en de Oostvoorduinen

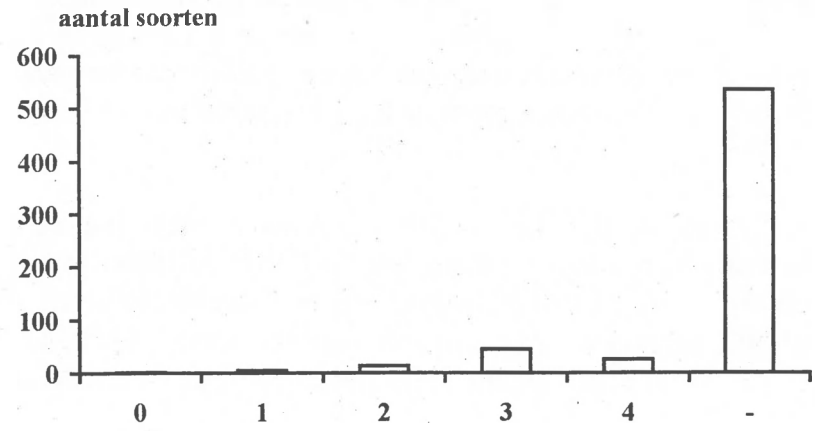
(Oostduinkerke) belangrijk. De laatste jaren gaat de kwaliteit van deze Wasplaatgraslanden echter sterk achteruit, voornamelijk door toenemende verruiging. Volgens Lust (mond. med.) is de achteruitgang in de Zwinbosjes schrijnend.

7.2.4.3. Zeldzaamheid en bedreiging

In de soortenlijst wordt een aanduiding gegeven van de zeldzaamheid van de soorten aan de kust en in Vlaanderen. Hieruit blijkt dat 287 soorten, of ca. 45 % van het totale aantal uit het studiegebied, in Vlaanderen vrij tot zeer zeldzaam is.
Verder blijkt dat veel, elders in Vlaanderen algemene soorten van oude, humusrijke bossen (zoals bv. de Vliegenzwam, *Amanita muscaria*) in het studiegebied ontbreken of er zeldzaam zijn.

Rode lijst

Omtrent trends in de Funga van het kustgebied is weinig of geen onderzoek verricht (evenmin op gewestelijk niveau). We steunen daarom, met de nodige terughoudendheid, op de Nederlandse Rode lijst voor Macrofungi opgesteld door Arnolds (1989).
Nagenoeg 28 % van alle Nederlandse Fungi werden in één van de vijf bedreigingscategorieën opgenomen. Voor het kustgebied is dit 17 % van alle aangetroffen soorten (91 taxa, cfr. Figuur 7.15.). Dit blijken voor een groot deel soorten te zijn uit Elzenbroekbossen, Alno-Padionvegetaties langs binnenduinrand, Naaldbossen in de duinen, Galio-Koelerion-graslanden, Helmduinen en mosduinen (Tortulo-Phleetum en Violo-Corynephoretum). In Nederland zijn 55 % van alle Fungi typisch voor Helmduinen, en 71 % van alle Fungi typisch voor schrale duingraslanden (Galio-Koelerion), in zeker mate bedreigd (Arnolds 1989).



Figuur 7.15. Verdeling van de macrofungi over de Rode lijstcategorieën van Nederland. 0=uitgestorven in Nederland, 1=met uitsterven bedreigd, 2=sterk bedreigd, 3=bedreigd, 4=potentieel bedreigd (Arnolds 1989).

7.2.4.4. Microfungi & Slijmzwammen

De soortenlijst van de Microfungi en Slijmzwammen (bijlage 7.7.) ontstond als "bijprodukt" bij het opstellen van de gegevens betreffende de Macrofungi. De lijst telt een 70-tal soorten maar is vermoedelijk zeer onvolledig en wordt hier enkel ter illustratie bijgevoegd. Voor de codering van de deelgebieden verwijzen we naar de legende bij de soortenlijst Macrofungi (bijlage 7.6.).

7.2.5. Zoogdieren

7.2.5.1. Algemeen

De belangrijkste gegevensbron voor deze groep is de "Zoogdiereninventarisatie van Vlaanderen (1976-1985)" (Holsbeek et al. 1986). Hoewel zoogdieren op het eerste zicht een vrij aaibare groep vormen, zijn er weinig gebiedsdekkende inventarisatiegegevens voorhanden voor het kustgebied. Dit is gedeeltelijk toe te schrijven aan het feit dat de dieren voornamelijk 's nachts actief en ook vrij (mensen)schuw zijn. Over de impact van waarschijnlijk in vrij grote aantallen voorkomende knaagdiertjes of insecteneters op het ecosysteem is dan ook bitter weinig bekend.
De gegevens van de omgeving van de Oostvoorduinen te Oostduinkerke werden door Bonte (1994a) samengevat. Voor een deel zijn zij illustratief voor de duinen als geheel. In bijlage worden alle aangetroffen soorten vermeld. Hier beperken we ons tot enkele ecologisch relevante soorten (nieuwkomers, exoten, belangrijke herbivoren, zeldzame soorten,...). De nomenclatuur volgt Lange et al. (1994).

27 soorten worden aan onze kust min of meer regelmatig waargenomen (bijlage 7.8.). Voor 5 soorten is het voorkomen onduidelijk. 12 zoogdiersoorten zijn zeldzame gasten van het getijdengebied of zijn in het duingebied uiterst zeldzaam of er uit verdwenen. Gebrek aan gegevens maakt het afleiden van trends meestal niet mogelijk. Aan de kust komen, met uitzondering van de zeezoogdieren, geen typische zoogdiersoorten voor.
Het verdwijnen van een aantal grotere zoogdieren uit het gebied (Wild varken, herten,...) is weinig relevant voor de recente veranderingen in het huidige ecosysteem. Gegevens daaromtrent zijn dan ook eerder van historisch-ecologisch belang.

7.2.5.2. Betekenis van het kustgebied

7.2.5.2.1. Insecteneters

Egel (*Erinaceus europaeus*), Mol (*Talpa europaea*), Bosspitsmuis (*Sorex araneus*) en Huisspitsmuis *Crocidura russula*) zijn waarschijnlijk vrij algemeen maar weinig specifiek voor het kustgebied. Het voorkomen van de Veldspitsmuis (*Crocidura leucodon*) in het Westhoekreservaat (E.R.E. 1994) en de Zwinstreek (mond. med. W Van Landuyt) is meldenswaardig.

7.2.5.2.2. Vleermuizen

Voor de openstelling van het Domein Prins Karel herbergden de talrijke bunkers tijdens de winter 20 à 25 vleermuizen. (Vantorre 1987) vond er Baardvleermuis (*Myotis mystacinus*), Brandts' Vleermuis (*M. brandtii*), Watervleermuis (*Myotis daubentonii*), Gewone en Grijze Grootoorvleermuis (resp. *Plecotus auritus* en *P. austriacus*). Thans gaat het nog maar om een 6-tal overwinteraars. De Grootoren hebben dit gebied verlaten. In de omgeving van Hannecart is recent een bunker als vleermuizenverblijf ingericht, voorlopig zonder succes (med. C. Velter).
Verder komen in de kuststreek tijdens de zomer ook Gewone Dwergvleermuis (*Pipistrellus pipistrellus*), Ruige Dwergvleermuis (*Pipistrellus nathusii*), Laatvlieger (*Eptesicus serotinus*) en Rosse vleermuis (*Nyctalus noctula*) voor.
De duinen hebben voor vleermuizen meerdere functies: overwinteringsplaats, zomerverblijfsplaats (en kraamverblijf) en foerageergebied.
Voor de eerste functie zijn de nog resterende bunkers van belang. Bos en bebouwing komen in aanmerking als zomerverblijf. Voor jachtgebied hebben open duin en struweel minder betekenis, bos en water des te meer (Kapteyn 1995).

7.2.5.2.3. Haasachtigen

Voor het duingebied is vooral het Konijn (*Oryctolagus cuniculus*) van belang. Het dier is oorspronkelijk afkomstig uit het Middellands Zeegebied. Abdijen en kloosters hebben vermoedelijk een belangrijke rol gespeeld in de meer grootschalige verspreiding in West-Europa vanaf de Middeleeuwen. Vondsten in oudere sites (cf. o.m. Gautier 1990) bleken jong materiaal dat door remaniëring dieper in de bodem geraakt is.
Konijnen werden bij ons vanaf de late Middeleeuwen gehouden in grote parken, zogenaamde konijnenwaranden of garennes. Het dier genoot enig respect als jachtwild en werd hoofdzakelijk om die reden door de adel gekweekt. De oudste meldingen van dergelijke wildparken uit Vlaanderen en Holland stammen uit de 13de eeuw (Van Damme & Ervynck 1993).
Zolang de duinen grafelijke domein waren, werden de populaties beschermd. Na de privatiseringen en ontginningen van de 19de eeuw begon men de konijnen als schadelijke soort te bestrijden. In de 20ste eeuw nam de stand weer wat toe, tot de jaren vijftig. Toen werd, om reden van bestrijding, een virale besmetting geïntroduceerd in de wilde konijnenstand: myxomatose. De populaties werden sterk gedecimeerd. Momenteel is er sprake van een zekere immuniteit tegen de ziekte. Predatoren van het Konijn zijn o.a. Vos, Hermelijn, Bunzing, (verwilderde) huiskat en hond.

Op allerlei manieren heeft het Konijn een invloed op de vegetatie van het kustgebied. Allereerst en voornamelijk is de soort de belangrijkste "natuurlijke" grazer is in het gebied. Dit gegraas en het gedrag van de konijnen heeft ook andere effecten. Koning (1977) deed hieromtrent enkele waarnemingen in het duinengebied Meijendel in Nederland. Door het eten van zaaddozen van het Duinviooltje wordt de verbreiding van deze soort vermoedelijk in de hand gewerkt. Reigersbek zou profiteren van het ontstaan van open plekjes in voor het overige gesloten mossenvegetaties. Via de pels kunnen allerlei zaden die voorzien zijn van haken getransporteerd worden (ectozoöchorie), waaronder die van veel ruwbladigen (Ruw vergeet-mij-nietje, Gewone ossetong, Veldhondstong, ...). Bij guur winterweer, bijvoorbeeld sneeuwval, wordt ook sterk aan schors van struiken en bomen geknaagd. Van Wilde kardinaalsmuts meldt Koning (1977) dat de takken dit wel overleven, behalve als de vraat gevolgd wordt door uitdrogend weer (late vorst, wind).

Dan reageert de struik door het vormen van veel wortelopslag. Het Konijn bevordert zo de vegetatieve vermeerdering van deze struweelsoort.
De gewoonte van het Konijn om zich op vaste plaatsen te ontlasten heeft een lokaal bemestend effect op de voedselarme bodem. Deze keutelplaatsen of latrines vallen in helmduin en mosvegetaties meestal op door een weelderiger vegetatie en een groener uiterlijk.

Of Konijnen in een open landschap verstuiving op gang kunnen brengen, staat nog ter discussie. In 1245 had Margaretha van Vlaanderen aan de abdij Ter Duinen de toestemming gegeven de duinen te beplanten tegen de dreigende verzanding. Konijnen worden in de tekst niet vermeld maar historici interpreteren dit feit als een bewijs dat wilde Konijnen toen reeds in groten getale in de Vlaamse duinen voorkwamen en dat ze de vegetatie grondig hadden afgeknaagd. Voor biologen, landschapsecologen, geomorfologen en historici blijft deze kwestie een grotendeels open vraag (Van Damme & Ervynck 1993).
Wel is gekend dat het Konijn door gegraaf moedermateriaal en humus remanieert. Dit kan plaatselijk, tengevolge van een versnelling van de mineralisatie, een ruderaliserend effect hebben. Ook kan kalkrijk zand op die manier op plaatsen met min of meer diepe uitloging weer aan de oppervlakte komen.

Een grote onbekende in de discussie rond het effect van Konijnen op vegetatieontwikkeling is de populatiedichtheid en de mate waarin deze varieert. Vroeger konden afschotgegevens nog enige indicatie geven omtrent de populatieschommelingen van jaar tot jaar. Nu ontbreken ook deze gegevens. In Nederland werd een begin gemaakt met monitoring van de aantallen door een geijkte telmethode te volgen. Een voorlopig overzicht van 10 jaar tellen in de Hollandse duinen wordt gegeven door Snater & Baeyens (1995). Hieruit is gebleken dat de populatieschommelingen niet gelijk lopen in de verschillende duingebieden.
Wallage-Drees (1986) stelde vast dat konijnenpopulaties na zeer streng winterweer niet in staat zijn de draagkracht van het voedselgebied te bereiken.

7.2.5.2.4. Knaagdieren

Vrij algemene kleine knaagdieren zijn Rosse woelmuis (*Clethrionymus glareolus*) en Bosmuis (*Apodemus sylvaticus*). Inventarisatie van de diertjes gebeurt vaak aan de hand van analyses van braakballen van in de duinen roestende uilen. Het foerageergebied van deze vogels kan echter eveneens in de polders gelegen zijn, waardoor informatie betreffende het voorkomen van de prooidieren onzeker is. Zo is over de verspreiding van Veldmuis (*Microtus arvalis*) en Aardmuis (*M. agrestis*) in de duinen weinig met zekerheid geweten. De Dwergmuis *(Micromys minutus*) is o.a. bekend van de Oostvoorduinen, de Houtsaegerduinen (mond. med. M. Hoys) en de Kijkuit. Wellicht komt de soort verspreid in het volledige duingebied voor, maar niet in grote aantallen.

Siberische grondeekhoorn

De Siberische grondeekhoorn (*Tamias sibiricus*) is oorspronkelijk afkomstig uit Azië en Europees Rusland. In West-Europa is het diertje ingevoerd als huisdier. Uit ontsnapte of bewust losgelaten exemplaren hebben zich op enkele plaatsen kleine populaties kunnen vestigen, in ons land o.a. in de omgeving van Westerlo, een kasteelbos in Zwijnaarde, het Zoniënwoud bij Brussel (sinds 1974) en het Calmeynbos te De Panne (Zwaenepoel 1993). Deze laatste populatie is afkomstig van zestien dieren die omstreeks 1970 vanuit het pretpark Meli vrijgelaten werden.

Hun aantal werd recent geschat op 120 (Billiau 1992). Dit is een relatief langzame aangroei, die mogelijkerwijs is toe te schrijven aan het reeds bereiken van de draagkracht van het Calmeynbos. Anderzijds kan het ook een onderschatting van het werkelijke aantal zijn.

In zijn oorspronkelijk verspreidingsgebied in Noord-Azië en Oost-Europa komt de Siberische grondeekhoorn samen voor met respectievelijk Lork en Den. Het dier leeft voornamelijk op de grond, hoewel het ook uitstekend kan klimmen. Billiau (1992) ziet enige seizoenaliteit in het klimgedrag, met een piek in de zomer, als de bladeren beschutting geven. Het dier graaft burchten tot 50 cm diep, met 1 tot 2 m lange gangen, een nestkamer en een voorraadkamer en meestal 1 (soms 2) uitgang(en) met een diameter van 4 tot 6 cm. De burchten liggen in kolonies bij elkaar, maar elk dier heeft zijn eigen territorium, waarvan de grenzen met urine worden gemarkeerd. Het leefgebied is 0.5 tot 4 ha groot, bij vrouwtjes groter dan bij mannetjes.
Het dier is uitsluitend dagactief. Bij zware regen blijft het dier in zijn hol. In september is de verzamelactiviteit voor de wintervoorraden het grootst. In het koudste seizoen houdt de soort een soort winterslaap, die enkele keren kort onderbroken wordt.
Het dier leeft overwegend solitair en territoriaal, behalve in de voortplantingstijd.

Volgens Lange et al. (1994) is het voedsel overwegend plantaardig : zaden (vooral van bomen), boomknoppen en -bloeiwijzen, paddestoelen, bessen, tarwekorrels en boekweit, maar ook insekten, hagedissen, vogeleieren en jonge vogels. Ook in het Zoniënwoud bestaat zijn menu bijna uitsluitend uit plantaardig materiaal en varieert volgens het seizoen: jonge spruiten, bloemen, vruchten, occasioneel ongewervelde dieren (vooral insecten),... . Soms plegen ze nestroof. In het Calmeynbos voeden ze zich voornamelijk met zaden van de Gewone en de Noorse esdoorn (Billiau 1992). In het Zoniënbos vermeldt Zwaenepoel (1993) als leveranciers van zaden eik, esdoorn, Beuk, Gewone es, Zoete kers, Lijsterbes en kruidachtige planten als Klein springzaad. Tevens kan de soort in concurrentie treden met grondbroeders als Tjiftjaf, Fitis of Roodborst.
Net als de Gewone eekhoorn legt de Siberische grondeekhoorn voedselvoorraden aan, in zijn hol of in speciaal gegraven kuiltjes op ongeveer 5 cm diepte in de grond. Deze kunnen tot 2 kg zaden bevatten.
In het Zoniënwoud zijn de voornaamste predatoren loslopende honden en katten (De Keyser 1983) en wellicht de Bosuil (Zwaenepoel 1993).

Eikelmuis

De Eikelmuis (*Eliomys quercinus*) bereikt in ons land de noordgrens van zijn areaal. Lang gold de waarneming van juli 1969 te Koksijde als de oudste waarneming aan de kust (Luyts 1986). Daar zou de soort echter al van vóór de zestiger jaren aanwezig zijn geweest (Bonte 1993).
In 1982 was er een vondst te Nieuwpoort en in 1983 te De Panne (Van Gompel 1987a, Opstaele 1989). In 1989 werden 4 exemplaren gevonden in het Domein Prins Karel te Raversijde. Drie van de vier overleefden de ontdekking niet. De vierde zou na verzorging weer in het domein worden losgelaten (Opstaele 1989). Dat de soort er nog altijd voorkomt, wordt aangetoond door de vondst eind 1994 van 2 exemplaren (mond. med. C. Velter en B. Opstaele). Deze werden weer losgelaten. In 1992 werd de Eikelmuis ook voor het eerst gemeld van Oostduinkerke (Bonte 1993) en van de Oostkust (Van Gompel 1992a), te Duinbergen en in de Zwinbosjes.
Algemeen wordt aangenomen dat de verovering van de Vlaamse kust door de Eikelmuis gebeurde vanuit Noord-Frankrijk. De soort wordt wel voornamelijk aangetroffen in antropogene omgeving (nestkasten, zolders en rieten daken van villa's en leegstaande huizen). Natuurlijke vestigingen kunnen gebeuren in de beboste binnenduinrand.

7.2.5.2.5. Roofdieren

In 1991 werd in de Paalsteenpanne een Wezel (*Mustela nivalis*) met vijf jongen waargenomen (Van Gompel & Content 1992). De soort wordt ook vermeld voor de Zandpanne (De Saedeleer 1991), de Schapeweide (med. C. Velter) en de Oostvoorduinen (Bonte 1994). Deze soort komt vermoedelijk algemeen voor.
Van de Hermelijn (*Mustela erminea*) zijn beduidend minder waarnemingen bekend, hoewel de soort wellicht verspreid voorkomt. Het dier jaagt tot in de zeereep (pers. waarneming G. Rappé).
De Bunzing (*Mustela putorius*) wordt minstens vermeld voor de Zandpanne (De Saedeleer 1991a) de Schapeweide (med. C. Velter), de Oosthoekduinen (De Panne) en het Doornpannegebied. Van Gompel (1992b) vermeldt 2 Wezels, 1 Hermelijn en 14 Bunzingen als verkeersslachtoffers op de kustbaan tussen Zeebrugge en De Haan. Volgens Bonte (1994a) is deze laatste het algemeenste kleine roofdier in de Oostvoorduinen en omgeving.

Vos

De Vos (*Vulpes vulpes*) is in Vlaanderen en vooral in de twee westelijke provincies de laatste jaren sterk in expansie. Het gaat hier niet om een uitbreiding van het verspreidingsgebied maar veeleer om het terug innemen van gebieden waaruit de Vos in historische tijden is verdwenen door een te sterke menselijke vervolging. In 1991 bereikte de Vos de kust. Een dier werd voor heel het zomerhalfjaar gemeld van Oostduinkerke. In de Achterhaven van Zeebrugge werd een vossemoer met twee spelende jongen waargenomen. Ook in de Zwinbosjes werd de soort gemeld.
In het voorjaar 1992 werden in de Paalsteenpanne oude uitwerpselen van deze soort gevonden, vermoedelijk daterend van de voorbije winter 1991-1992 (Van Gompel & Content 1992). Verder was er in dat jaar ook een waarneming in de Oosthoek te Knokke. Vanaf 1994 werden sporen waargenomen in het Westhoekreservaat en is de soort waargenomen in de belendende Noordfranse duinen.
Vossen zijn in onze natuur toppredatoren die een gevarieerd menu aanspreken: muizen (vooral woelmuizen), konijnen, vogels, regenwormen, insekten (vooral kevers), eieren, aas, afval, maar ook plantaardig materiaal als fruit en bosvruchten. Voor grondbroedende vogelsoorten kan de Vos echter een natuurbehoudsprobleem vormen.
In de Nederlandse duinen, waar de Vos al sinds ongeveer 1970 voorkomt, bestaat het voedsel van de Vos voor 75-90% uit konijnen. In tijden van konijnenschaarste worden ook veel muizen gevangen, of vogels. Door dit laatste zijn plaatselijk een aantal conflictsituaties ontstaan. In het Zwanewater, waar een belangrijke kolonie van de Lepelaar is gevestigd, wordt als onderdeel van het beheersplan van dit gebied geopteerd voor de bestrijding (via afschot) van de Vos, nadat was gebleken dat het aantal broedparen zienderogen daalde sinds de komst van dit roofdier. Sindsdien is er weer sprake van herstel van de Lepelaarpopulatie.
In Meijendel bij Wassenaar zijn de beroemde meeuwenkolonies in de vastelandsduinen volledig verdwenen door toedoen van de Vos (Bouman et al. 1991). Ook wordt van verschillende kanten beweerd dat de Wulp door toedoen van de Vos sterk achteruitgaat in de Nederlandse duinen. Onderzoek van J. Mulder in het Noordhollands Duinreservaat toonde echter aan dat er slechts een geringe invloed zou zijn. Andere factoren als vegetatiestructuur en de recreatie speelden ook een rol. Vossen hadden wel een negatieve invloed op het broedsucces, maar niet op het aantal territoria. De echte reden van de achteruitgang zou de verruiging zijn (Verstrael 1989).

Ondanks het verlies aan ornithologische waarden zijn er ook pleitbezorgers voor de Vos in de Nederlandse duinen (de Bruyn 1995). "Lepelaars en Stormmeeuwen moeten maar in bomen broeden, zoals ze ook in andere landen doen. Dat ze in Nederland op de grond broeden, is een gevolg van het feit dat de natuurlijke predatoren in het verleden zijn uitgeroeid. De meeuwenkolonies in duinen zijn om dezelfde reden mogelijk geworden. Zilvermeeuwen zijn van oorsprong bewoners van moeilijk toegankelijke kusten en eilanden".
Misschien ligt in de problemen die meeuwen met de Vos hebben in de Nederlandse duinen één van de redenen van de toename van Zilvermeeuw en Kleine mantelmeeuw aan de Oostkust (Zwin, havengebied Zeebrugge).
In de Vlaamse duinen zal de Vos bij sterke aangroei van de populatie eventueel schade kunnen berokkenen aan grondbroedende vogels, zoals in het havengebied van Zeebrugge met de talrijke meeuwen en sternenkolonies. Ook kan het dier, die bij ons geen natuurlijke vijanden heeft, bij eventueel blijvende vestiging in de duinen de evolutie van ornithologische waarden in natuurontwikkelingsgebieden als de IJzermonding beïnvloeden.

7.2.5.2.6. Evenhoevigen

Ree

In historische tijden zouden Reeën (*Capreolus capreolus*) in de Vlaamse duinen hebben voorgekomen (Keirsebilck 1995, zie ook historiek), maar op dit ogenblik is dit niet het geval. Een waarneming van een Ree in 1993 in de Zwinbosjes bleek een alleenstaand feit te zijn; vermoedelijk betreft het een ontsnapt dier (mond. med. P. Lust). De Reeënpopulaties die in de meeste Nederlandse duinen voorkomen, zijn nagenoeg volledig toe te schrijven aan uitzettingen. Ze worden aangetroffen in de duinen tussen IJmuiden en Katwijk, Oostvoorne, Goeree, Kop van Schouwen en incidenteel op Walcheren en de overige Hollandse duingebieden. Ook op het waddeneiland Ameland komt de Ree voor (Verstrael 1992). Bovendien komen zij regelmatig voor op tal van plaatsen in de open polder. Deze "polderreeën" zijn o.a. gekend van Zuid-Beveland, net boven de Westerschelde.
Reeën zijn echter van nature bosdieren. Ze hebben beschutting nodig onder de vorm van struweel of bosjes. Gezien het voorkomen in de Nederlandse duinen een succes is vanuit het oogpunt van de Ree, gezien de toenemende verstruweling en verbossing en gezien het voorkomen van polderreeën (wat bewijst dat de soort toch kan gedijen in open terrein) zou het in de lijn van de verwachtingen liggen indien ook in de Vlaamse duinen Reeën opdoken.
Dit lijkt echter simpeler dan het is. Reeën zijn niet zo'n grote zwervers. Hun leven speelt zich af op slechts enkele vierkante kilometers, in de onmiddellijke omgeving van de geboorteplaats. Bovendien zijn polderreeën in onze polders nog niet vastgesteld (Wauters 1993). Open terreinen zonder beschutting, grote geürbaniseerde oppervlakten en drukke verkeerswegen zijn blijvende, moeilijk te nemen obstakels. Mogelijke bronpopulaties bevinden zich in Heuvelland of in Noord Frankrijk, waar de soort regelmatig voor de jacht wordt uitgezet.

Damhert

Tijdens de voorbije winter ('95-'96) werden 5 Damherten (*Dama dama*) gesignaleerd in de Westhoek (mond. med. S. Vanacker en D. Bonte). De dieren zijn vermoedelijk ontsnapt uit het nabijgelegen Meli-park. Afschot maakte vermoedelijk reeds in het begin van 1996 een einde aan de Damhertenbevolking.

De soort is afkomstig uit Klein Azië maar werd reeds in de Middeleeuwen in onze gewesten ingevoerd als jachtwild (Tack et al. 1993). Over de aanwezigheid van Damherten in de grafelijke jachtdomeinen in de duinen bestaan echter weinig gegevens.
Voor het Damhert kan eventueel een rol weggelegd zijn als vervanger van uitgestorven of uit het duingebied verdwenen herbivoren zoals Edelhert, Oerrund, Tarpan,... Het dier behoort tot de "intermediate feeders" (wat inhoudt dat zij zowel grazen als knabbelen) en sluit daarmee wat betreft begrazingspatroon nauw aan bij het Edelhert.

7.2.5.2.7. Zeezoogdieren (walvissen en vinpotigen)

De getijzone wordt af en toe bezocht door zeehonden (o.a. Van Gompel 1992), occassioneel door andere soorten. Dikwijls betreft het zieke of verdwaalde dieren of "huilers", verweesde jonge zeehonden.
Van de Gewone zeehond (*Phoca vitulina*) kwam vroeger een gezonde populatie in het mondingsgebied van de grote rivieren (ZW-Nederland) voor. Toen fungeerden een aantal zandbanken voor de Vlaamse kust (en mogelijkerwijs ook het strand) als rustplaats voor groepen zeehonden. Deze Zeeuwse populatie is in de loop van de vijfiger en zestiger jaren door verstoring en/of watervervuiling ten onder gegaan. Sindsdien is ook aan onze kust de soort een onregelmatige verschijning. Vanaf de jaren tachtig valt er een hoger aantal waarnemingen te bemerken. Dit betreft dikwijls dieren afkomstig van de Engelse Oostkust.
De laatste jaren is er ook steeds meer sprake van overwinterende Gewone zeehonden. Die gebruiken het strand, strandhoofden en de onderbouw van pieren en staketsels soms als rustplaats.
De Grijze zeehond (*Halichoerus grypus*) is een zeldzame bezoeker (aan onze kust een 15-tal waarnemingen). Verder komt deze soort nagenoeg uitsluitend voor aan de Engelse Oostkust..

Naast deze twee in West-Europa min of meer algemene soorten duiken af en toe nog zeldzame bezoekers op in de getijzone : Ringelrob (*Pusa hispida*) en Walrus (*Odobenus rosmarus*).

Wat walvisachtigen betreft is, binnen het studiegebied, slechts het natuurlijke voorkomen van de Bruinvis (*Phocoena phocoena*) aangetoond. Mogelijks werd het gebied ook gebruikt door de Tuimelaar (*Tursiops truncatus*). Daarnaast kent de getijzone tal van gevallen van levend gestrande walvisachtigen, waarvan de spectaculairste de Potvis (*Physeter catodon*) is. Voor deze soorten heeft de getijzone echter geen betekenis als biotoop.

7.2.5.3. Zeldzaamheid en bedreiging

De Zoogdieren waren de eerste groep waarvoor een officiële Rode lijst opgesteld werd in Vlaanderen (Criel 1994). Van de soorten die in de kuststreek zijn aangetroffen, staan volgende in één van de Rode lijst categorieën.

Vermoedelijk verdwenen: Otter, Tuimelaar.
Ernstig bedreigd: Bruinvis, Gewone Zeehond.
Bedreigd: Brandts' vleermuis, Watervleermuis, Grijze grootoorvleermuis.
Vermoedelijk bedreigd: Baardvleermuis, Ruige dwergvleermuis, Grootoorvleermuis.
Zeldzaam: Veldspitsmuis

Hiervan zijn Gewone grootoor, Otter en Bruinvis ook in Europees opzicht bedreigd.

7.2.5.4. Besluit

De belangrijkste kusthabitats voor bedreigde zoogdieren zijn de getijzone (zeezoogdieren) en de (antropogene) verblijfplaatsen van vleermuizen. Bij deze laatste zijn vooral de nog resterende bunkers van belang. Deze dienen wel voldoende rustig gelegen te zijn en een geschikt microklimaat te hebben. Illustratief in dit verband is de sterke achteruitgang in het domein Prins Karel te Raversijde, sinds de openstelling van het Atlantic Wall Museum.

7.2.6. Vogels

7.2.6.1. Herkomst van de gegevens

De avifaunistische gegevens zijn gebaseerd op de klassieke standaardwerken uit de Belgische ornithologische literatuur (Van Havre 1928; Dupont & Maus 1950; Lippens 1954; Lippens & Wille 1972; Devillers et al. 1988, VLAVICO 1989), aangevuld met informatie uit het Veldornithologisch Tijdschrift (1978-1987), alle Veldornithologische jaarboeken van Noord-West-Vlaanderen (1979-1980 tot en met 1987-1988), het tijdschrift van de plaatselijke vogelwerkgroep Mergus (alle jaargangen, sinds 1987), het tijdschrift van de Duinenwerkgroep van de Belgische Natuur- en Vogelreservaten (Duinen, 1987 tot en met 1994) en, in mindere mate, de tijdschriften De Giervalk, Oriolus (alle jaargangen) en De Wielewaal (de laatste 10 jaargangen), en de jaarboeken van de Belgische Natuur- en Vogelreservaten (vanaf 1970). Ook Geldhof (1976) en Billiau (1992) bevatten bruikbare gegevens. De belangrijkste referenties in verband met recente broedvogelinventarisaties in het studiegebied komen bijna alle uit het tijdschrift Mergus.
De gegevens voor 1995 en 1996 zijn nog zeer onvolledig.

Gebiedsinformatie :

Noord-West-Vlaanderen	1992: De Scheemaeker & Defoort (1992)
	1993: De Scheemaeker & D'Hoore (1994)
	1994: De Scheemaeker & Lust (1995)
Achterhaven	1991: De Scheemaeker (1992)
	1993: Lust & Dias (1994)
Duinbossen Oostkust:	Lust (1995)
Zwinbosjes 1982-1986:	Lust (1987b)
Ter Yde 1991:	Bonte (1994b)

Soortsinformatie :

Kuifeend 1990:	Devos (1992)
Grote Stern:	Orbie (1991)
Dwergstern :	De Putter & Orbie (1990), De Putter & Willemyns (1992)

Kuifleeuwerik 1990:	Debruyne (1994)
Roodborsttapuit 1990-1993:	Bonte(1994d), Westkust
Blauwborst 1978-1993:	Lust (1993), Zwinstreek

Naast deze literatuurgegevens, werden aanvullingen ontvangen van K. Devos (IN) omtrent broedgevallen van enige soorten aan de IJzermonding en de Westkust en van D. Bonte betreffende het Hannecartbos in 1994. F. De Scheemaeker en P. Lust verleenden inzage in nog niet gepubliceerde persoonlijke gegevens. Populatieschattingen voor Vlaanderen zijn gebaseerd op Devos & Anselin (1996), Gabriëls et al. (1994) en Anselin & Devos (1992).

7.2.6.2. Broedvogels

De lijst met voormalige en huidige broedvogels, telt 161 soorten (bijlage 7.9.). 106 vogels werden recent als regelmatige (bijna jaarlijkse) en 44 soorten als onregelmatige broedvogel in het kustgebied (duinen, slikken, schorren, voor- en achterhaven van Zeebrugge) genoteerd. De inventaris van deze groep is vermoedelijk vrij volledig. Naar Vlaamse normen, de geringe oppervlakte van het kustgebied in beschouwing nemend, is dit een vrij hoog aantal. VLAVICO (1989) vermeldt 146 jaarlijkse en 28 niet jaarlijkse broedvogelsoorten in geheel Vlaanderen. Deze hoge soortenrijkdom hangt ongetwijfeld samen met de grote diversiteit aan natuurlijke en antropogene habitats (strand, schorre & slikke, open duin, struweel, opgespoten terreinen, ...).

7.2.6.2.1. Bespreking van de belangrijkste soorten

Onderstaande bespreking beperkt zich tot een aantal kustspecifieke en/of op gewestelijk niveau belangrijke broedvogels. Bijlage 7.10. vult deze lijst aan met een aantal minder belangrijke soorten.

Kleine Zilverreiger (*Egretta garzetta*)

In 1982 broedde deze soort in een gemengd koppel met Blauwe Reiger in de reigerkolonie van het Zwin (dit bracht twee hybride jongen voort). Hoewel de soort in Europa bezig is met een noordwaartse uitbreiding en de laatste jaren in het zomerhalfjaar nooit afwezig was in het Zwin, bleef het voorlopig bij dit ene hybride koppel. Het lijkt echter een kwestie van tijd vooraleer deze reiger in ons land broedt. Binnen het studiegebied is de omgeving van het Zwin hiervoor de grootste kanshebber (laatste gegevens: 4 broedparen in 1996 in het Zwin).

Bergeend (*Tadorna tadorna*)

Het embleem van het Zwin is er een gewone broedvogel. Dat is niet altijd zo geweest. Voor 1930 waren er minder dan 10 broedparen, in het begin van de jaren zestig een 40-tal (Lippens, 1963). In de zeventiger jaren schommelde het aantal tussen de 55 en 65 paren. In de jaren tachtig steeg dit aantal sommige jaren tot 85 paar (1982, 1988). De belangrijkste concentraties in 1992-1994 bevonden zich in de Zwinstreek (49-62 paar) en de Achterhaven van Zeebrugge (46-99 paar). Voor de IJzermonding en directe omgeving spreekt Devos (1989) van minstens 18 koppels in

1988. Buiten deze gebieden werd broeden in de jaren negentig ook vastgesteld in de Voorhaven, de Fonteintjes, de Duinbossen van Wenduine-De Haan, in het gebied Ter Yde in Oostduinkerke en in de Westhoek te De Panne. In deze gebieden gaat het echter om zeer lage dichtheden. De bergeend staat bekend als erg gevoelig voor verstoring. Zo wordt ze in de jaren vijftig nog met een 10-18 paren in de duinen tussen Wenduine en De Haan gemeld. Thans is dit door biotoopverlies en verstoring nog maar enkele, hoewel de soort er sinds de instelling van het natuurreservaat De Zandpanne weer iets beter voor staat. In vrij toegankelijke gebieden blijft het dan ook een zeldzame broedvogel, die in principe overal in het open duin zou kunnen voorkomen als de rust verzekerd is.

Zomertaling (*Anas querquedula*)

Broedvogel van de Achterhaven: in 1981 1 paar, in 1988 2 paar, in 1993 waarschijnlijk 5 paar, in 1994 8 koppels op een totaal van 21 voor de streek Brugge-Oostkust. De soort komt overigens in West-Vlaanderen alleen in de achterhaven en de polders voor.

Slobeend (*Anas clypeata*)

Zelfde statuut als de Zomertaling, maar talrijker aanwezig: in 1992-1994 in de Achterhaven respectievelijk 22, 21 en 30 broedparen op een totaal van respectievelijk 71-75, 83 en 120-150. In de jaren tachtig lagen deze aantallen beduidend lager: in 1982, 1984 en 1987 resp. 5, 2 en 2 paar in de Achterhaven.

Kuifeend (*Aythya fuligula*)

Een soort die de laatste jaren zijn broedpopulatie explosief uitbreidt. In 1993 en 1994 respectievelijk 14 en 19 paar in de Zwinstreek, waar in 1983 voor het eerst een koppel werd genoteerd. Van het gebied van de Achterhaven gekend sinds minstens 1980 (1 koppel). In 1982 en 1983 zijn dat er al 7 en 6, waarna een inzinking komt. Vanaf 1988 (10 koppel) gaat de soort er definitief sterk op vooruit, in 1991-1994 respectievelijk minstens 30, 55, 100 en 171 paar in het Achterhavengebied van Zeebrugge en tenslotte in de Fonteintjes 1 en 2 paar in 1993 en 1994.

Bruine Kiekendief (*Circus aeruginosus*)

In 1954 broedde een koppel in het Dievegat. Minstens sinds 1976 opnieuw in de streek aanwezig en sindsdien bijna jaarlijks. In 1994 2 paar in de Zwinstreek. In de Achterhaven in 1992 en 1993 1-2 en 1 koppel.

Kwartel (*Coturnix coturnix*)

In 1986 1 en in 1992 1 mogelijk broedgeval in de Zwinbosjes. 1993 was een invasiejaar, met 27 koppels in de Zwinstreek en 35 in de Achterhaven.

Waterral (*Rallus aquaticus*)

In 1982 en 1984 2 en 2-3 broedgevallen in de Fonteintjes. In 1985 1 koppel in de Zwinbosjes. In 1994 2 koppels in oude kreekarmen van het Zwin, in het Dievegat (Willem-Leopold polder) en de Hazegraskreek (Hazegraspolder).

Scholekster (*Haematopus ostralegus*)

De belangrijkste concentratie van deze soort is altijd het Zwin en omgeving geweest. Tussen 1928 en 1948 nooit meer dan 10 koppels. Het broedbestand breidde zich daarna langzaam uit. In 1949 11, in 1952 14, in 1960 29 en in 1962 broedden hier 35 paar. In de zeventiger jaren nam het broedbestand toe van 35 paar in 1970 tot 66 in 1979 . Deze toename is thans vervangen door een wisselend aantal broedparen, in de jaren tachtig schommelend tussen 43 en 68. In 1994 broedden hier 48 koppels.
Sinds een 30-tal jaar is ook een langzame uitbreiding aan de gang buiten het Zwin, zowel in de polderstreek als verder in het binnenland. Deze soort heeft erg geprofiteerd van de havenwerken van Zeebrugge. In 1987 broedden er 4 koppels in de Achterhaven. In 1992 waren er dat al 24, in 1993 60 in de Achterhaven en 6 in de Achterhaven en in 1994 broedden er 75 koppels in de Achterhaven en 7 in de Voorhaven. De laatste jaren broeden 5-7 paar in en rond de IJzermonding te Nieuwpoort.

Kluut (*Recurvirostra avosetta*)

Ook voor deze soort is het Zwin de enige historische broedplaats van belang. Voor de Eerste Wereldoorlog broedde de kluut onregelmatig in het Zwin. Er waren meerdere koppels in 1927, 1928, 1931 en 1932. Vanaf 1934 (4 paar) broedt de soort er onafgebroken. Enkele aantallen: 7 nesten in 1935, 20 in 1945, 17 in 1949, 22 in 1952, 54 in 1960 en 85 in 1961. In de zeventiger jaren was de trend dalend: van 50-60 in 1970-1975 naar 31 in 1979. Dit niveau, tussen 27 en 33 koppels, bleef behouden in de eerste helft van de jaren tachtig, waarna het aantal in de tweede helft weer steeg naar een 52-56. In 1992 bedroeg het weer maar 38, in 1993 43 en in 1994 56 paar. Ook bij deze soort is op opgespoten terreinen en in de omgevende polders een uitbreiding aan de gang, eveneens met sterk wisselend succes: in de Achterhaven broedden in 1982 20-21 koppels, in 1983 92, in 1986 35, in 1987 3-4, in 1988 5-10, en in 1991-1994 respectievelijk 67, 78, 107 en niet minder dan 143 paar.

Griel (*Burhinus oedicnemus*)

Een voormalige broedvogel van de Hollandse duinen (tot in 1957), waarvan geen enkel zeker broedgeval van de Belgische duinen gekend is. Misschien heeft ze in 1930 in De Panne gebroed. Er is ook een controverse in de ornithologische literatuur over een mogelijk legsel in 1947 op dezelfde plaats.
De soort is zeer gevoelig voor menselijke verstoring en mijdt vandaag blijkbaar de dichtbevolkte Westeuropese laagvlakte.

Strandplevier (*Charadrius alexandrinus*)

Deze typische strandbroeder is in zijn natuurlijke habitats aan onze kust sterk bedreigd (Rappé, 1992). Vroeger broedde deze soort zeer verspreid in de buitenste duinen, tussen embryonale duintjes en in doorbraken. Lippens (1954) noemt een jaarlijks totaal van een 100-tal koppels voor de lengte van de kust, verspreid over De Panne (10), Koksijde en Oostduinkerke (25), Nieuwpoort en Lombardsijde (10), soms enkele in Zeebrugge. In 1945, toen de Duitsers in het kader van hun laatste verdedigingswerken, grote delen van de vegetatie van het Zwin hadden afgeplagd, kwamen zelfs 70 paar tot broeden. Lippens (1963) spreekt van een gemiddelde van 30 paar per jaar in dit gebied. Wel stelde hij een verschuiving vast van habitat: waar voordien de helft van de broedpopulatie op het strand broedde, broedden later bijna alle paren in het Zwin zelf. In de duinen tussen Nieuwpoort en Oostduinkerke-Bad hebben in 1962 minstens 11 koppels gebroed (J. Hublé in Rappe & Herroelen, 1963). Geldhof (1976) stelde in 1975 nog 5-6 paar vast in de Westhoek. In het Zwin nam het aantal in tien jaar tijd af van 20 in 1970 tot nog 6 in 1979. In de eerste helft van de jaren tachtig kwam een tijdelijke stijging ten gevolge van beheerswerken: 8-16 paar. In 1987, 1988, 1992 en 1993 telkens 4 koppels. In 1994 werden 2 paar vastgesteld in het Zwin, 2 paar in het Westhoek-reservaat en 1 paar in de zeereepduinen te De Panne. Zijn belangrijkste broedgebieden zijn de laatste jaren te vinden op opgespoten terreinen in havengebieden, waar hoge dichtheden kunnen bereikt worden, zoals in de periode 1957-1977 (tot 35 koppels) te Zeebrugge. Ook nu zijn in Zeebrugge, vooral in de Voorhaven weer geschikte zandvlakten voor deze pionier beschikbaar. In de periode 1982-1993 22-41 koppels, maar in 1994 83 koppels, waarvan 70 in de Voorhaven en 13 in de Achterhaven. Dit zijn echter terreinen die maar tijdelijk beschikbaar zijn, of door de snelle successie in de plantengroei of door ingebruikname voor industrie of haveninstallaties. Om de toekomst van deze soort aan onze kust te verzekeren is dringend nood aan geschikte natuurlijke broedplaatsen (rustige stranden, duindoorbraken).

Kleine plevier (*Charadrius dubius*)

Van de kust vermeld als broedvogel van het Zwin, het Zoute, Zeebrugge, de duinen van Lombardsijde, Nieuwpoort, Oostduinkerke, Koksijde en De Panne (Dupont & Maus 1950). Lippens (1963) spreekt van jaarlijks 3 koppels, in het Zwin, de duinen of kleiputten in de omgeving. In 1945 broedden niet minder dan 25 koppels in het Zwin en omgeving, op door de Duitsers afgeplagde bodems. Thans eerder zeldzame broedvogel in de duinen en schorren van de Belgische kust. In natuurlijke omgeving broedend werd deze soort slechts aangetroffen in het Zwin (1993) en in het Westhoekreservaat te De Panne (1994). Verder alleen op de opgespoten terreinen van Zeebrugge, in 1982-1983 met resp. 5 en 14 paar, in 1987-1988 met resp. 10 en 3 paar, in 1991-1993 met resp. 7, 8 en 17 paar en in 1994 met 1 paar in de Voorhaven, 25 paar in de Achterhaven.

Bontbekplevier (*Charadrius hiaticula*)

Dit is altijd een zeer zeldzame kustbroedvogel geweest. Natuurlijke habitats waar de soort onregelmatig tot broeden kwam zijn de schorrereservaten het Zwin (1933, 1935, 1936, 1949-1955, 1957 (2 paar), 1961, 1962, 1967, 1968, 1969, 1973, 1981, en telkens 2 paar in 1982, 1984, 1986, 1993), de IJzermonding (1922, 1925(2), 1946, 1952 (2), 1955, 1973, 1982) en op het strand van De Panne (1947). Verder broedde de soort af en toe ook op zandige opgehoogde

haventerreinen (zoals te Zeebrugge in 1972 en 1973). In de periode 1990-1993 resp. 2, 0, 1-2 en 5 in de Achterhaven en in 1993 3 in de Voorhaven. In 1994 werd geen enkel broedgeval in een natuurlijke omgeving vastgesteld. Wel bereikte de soort een voor ons land recordaantal van 16 broedgevallen in de antropogene omgeving van Zeebrugge: 6 in de Voorhaven en 10 in de achterhaven.

Watersnip (*Gallinago gallinago*)

Van deze in Vlaanderen zeldzame broedvogel broedde er in 1992 waarschijnlijk en in 1993 zeker 1 koppel in de Achterhaven.

Tureluur (*Tringa totanus*)

Deze broedvogel van zilte terreinen komt aan de kust in schorren en polders tot broeden. In het Zwin
in 1939 ongeveer 30 koppels, in 1953 60, in 1962 45, in 1970 55 koppels. Daarna schommelden de aantallen tussen de 24 en 45 paar, met een absoluut dieptepunt van 12 in 1988. Wel is er ook hier sprake van een toename in de omgeving van Zeebrugge: in de Achterhaven steeg het aantal broedparen van 14 in 1988 en 37 in 1993 naar 84 in 1994! Dit zijn leuke dingen voor de ornitholoog, maar vergeten wij opnieuw niet dat deze broedplaatsen gedoemd zijn te verdwijnen.

Zwartkopmeeuw (*Larus melanocephalus*)

Deze van oorsprong Pontisch-Egeïsche soort heeft sinds een paar decennia enkele broedenclaves uitgebouwd in westelijke richting door Centraal-Europa (in Nederland sinds 1959, in België sinds 1964) en recent ook westwaarts in het Middellandse Zeebekken. In het hier gesproken gebied broedt de soort vooral in of bij kokmeeuwenkolonies en is dus als zodanig gebonden aan het voorkomen van kokmeeuwen. In het Zwin broedde de soort voor het eerst in 1967. In 1969, 1970, 1975, 1977, 1980 broedde er 1 koppel, in 1983 1 of 2, in 1979 en 1981 3, in 1982 en 1984 6. Voor de resultaten van de afgelopen 10 jaar raadplege men de tabel. Soms komen ook gemengde broedparen voor met kokmeeuw, zoals in 1974, 1979 en 1985 in het Zwin en in 1992 in de Achterhaven. Volgens Meininger en Bekhuis (1991) gebeurde de uitbreiding in Nederland en Vlaanderen sprongsgewijs, met een duidelijke sprong in 1982-1983, 1985 en 1988-1990.

Kokmeeuw (*Larus ridibundus*)

Er zijn drie kolonies in het gebied. De klassieke kolonie in het Zwin bestaat sinds 1960 (een 20-tal koppels). In 1961 80 nesten, in 1962 400, in 1970 1600, in 1974 3400, in 1979 5100, in 1983 5000 en in 1987 9000 nesten. De kolonie vertoont sinds 1988 een terugval. De andere twee kolonies bevinden zich op de haventerreinen van Zeebrugge.
Eerder reeds, in 1983-1984, broedde de Kokmeeuw tijdens de werkzaamheden in de Achterhaven op een eilandje, resp. met 20 paar en een onbekend aantal.

Stormmeeuw (*Larus canus*)

Zeer zeldzame broedvogel.
De soort heeft in 1924 in de duinen bij de monding van het Zwin gebroed en broedt thans bijna jaarlijks sinds 1976, met nooit meer dan 2 koppels. Er is recent ook een broedpaar in de voorhaven van Zeebrugge.

Kleine Mantelmeeuw (*Larus fuscus*)

Zeer zeldzame broedvogel, die zich in 1985 voor het eerst vestigde in ons land, in het Zwin en zich sindsdien spectaculair uitbreidde als broedvogel. In 1985 betrof het 3 broedparen, waarvan 2 hybride broedparen met de algemenere Zilvermeeuw. In 1995 bedroeg het aantal broedparen reeds 37 (15 in het Zwin, 14 in de voorhaven van Zeebrugge, 8 in de achterhaven).

Zilvermeeuw (*Larus argentatus*)

Deze soort, die o.a. in Nederland al jaren in grote kolonies broedde, vestigde zich pas definitief in 1972, in het Zwin. Voorheen was er al een broedpaar geweest in 1960, 1962 en 1968 in dit gebied. De soort kent er een gestage stijging: 6 paar in 1975, 12 paar in 1978, 1979 en 1983, 28 paar in 1987 tot 74 paar in 1991. Sinds 1987 zijn er ook broedgevallen op de Zeebrugse haventerreinen die in korte tijd een sterke stijging kenden, met thans de grootste kolonie van ons land in de achterhaven, 91 paar in 1994.

Grote Stern (*Sterna sandvicensis*)

Hoewel sterk vertegenwoordigd in Nederland, waren van deze soort geen broedgevallen van ons land gekend. Een broedgeval in 1962 in het Zwin (Rappe & Herroelen, 1963) wordt door Lippens & Wille (1972) ontkent. In de jaren tachtig deed zich een gunstige combinatie van omstandigheden voor die leidde tot de eerste en tot dusver enige broedkolonie in ons land. In 1987 vestigde deze soort zich op de Hooge Platen, een zandplaat in de monding van de Westerschelde. Het eerste broedseizoen telde daar 85 koppels, aantal dat het volgende jaar al 600 koppels bedroeg. Een eerste schuchtere poging van een broedpaar gebeurde datzelfde jaar 1988. In de Voorhaven van Zeebrugge was een grote oppervlakte geschikt bevonden, want het jaar erop ging het meteen om 250 paar. De relatieve rust en de ligging, ver buitendijks en dus dicht bij de foerageergebieden, lijken bij deze vestiging doorslaggevend te zijn. De kolonie evolueerde gunstig tot 1100-1150 in 1992 en 1500-1800 broedparen in 1993. Door langzame ingebruikname van het gebied verplaatste de kolonie zich in 1994. Mogelijks speelt dit een rol in het lagere aantal broedparen afgelopen zomer: 800 à 1000. Als de haventerreinen hun uiteindelijke bestemming zullen krijgen en er geen uitwijkmogelijkheid in de omgeving beschikbaar is, zal deze kolonie weer teloorgaan.

Tabel 7.3. Aantalsontwikkeling van meeuwen en sterns in het Zwin te Knokke en de Voorhaven en Achterhaven te Zeebrugge 1985-1994 (bp: broedpoging; h: hybride, voor Zwartkopmeeuw met Kokmeeuw, voor Kleine Mantelmeeuw met Zilvermeeuw; m: mislukt broedgeval).

Soort	Lokatie	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94
Zwartkopmeeuw	Zwin	14+1h	10	8	13	+	8	4	8	2	7
	Voorhaven				?			0	1m	3	
	Achterhaven						1m	3+1h	6	8	
Kokmeeuw	Zwin	3000	600	9000		7000		4000	4000	3000	3600
			0								
	Voorhaven			15	230	60	600	7-800	105	250	
	Achterhaven				10		455	350	433	1607	
Stormmeeuw	Zwin	2	1	2			1	1		1	0
	Voorhaven						bp	1	1	1	
Kleine Mantel	Zwin	1+2h	2h	1+2h	1		2+1h	7+1h	6	8	15
	Voorhaven						1-2	1h	3	14	
	Achterhaven							1?	1	8	
Zilvermeeuw	Zwin		15	28	23		55	74	54	52	61
	Voorhaven		2	5		19	14	19-22	50	40	
	Achterhaven						9	17	35	91	
Grote stern	Voorhaven			1	250	300	c875	c112	c165	c900	
								5	0		
Visdief	Zwin	235	285	170	130		125	135	83	90	70
	Voorhaven		30	80	650	400	650	300	416	c400	
	Achterhaven	10		+			10	55	68	34	60
Noordse stern	Voorhaven	1	2		3						
Dwergstern	Voorhaven	1	8	24	57	66	50	134	87-95	93	228

Visdief (*Sterna hirundo*)

Deze sternsoort, die vroeger onregelmatig broedde in de Kempense vennen, is pas een regelmatige broedvogel in ons land sinds de vestiging in 1960 (5 nesten) van een permanente kolonie in het Zwin. In 1961 waren er reeds 130 nesten en in 1962 ongeveer 350 broedparen. Daarna kwam een inzinking tot 60 paar in 1970. De aantallen stegen dan weer , met een inzinking in 1975 (93 p) tot 262 in 1979. In de jaren tachtig schommelden de aantallen rond een niveau van een 300tal broedparen. Sinds de jaren negentig is er weer sprake van een gevoelige daling, met als voorlopig dieptepunt 70 paar in 1994.
In 1983-1985 broedde de Visdief tijdens de werkzaamheden in de Achterhaven op een of meer eilandjes in het Insteekdok, met resp. 75, 60-65 en 10 paar.
Sinds 1987 is er een vestiging in de Voorhaven van Zeebrugge, en later ook in de Achterhaven, met als hoogtepunt 1991, met respectievelijk 650 en 55 broedparen. Samen met de 135 broedparen van het Zwin in datzelfde jaar bereikt de totale "Belgische" populatie, die virtueel tot dit deel van Vlaanderen beperkt is, een historische recordhoogte van 840 koppels.
Er was ook een los broedgeval in Oostende in 1961.

Noordse stern (*Sterna paradisaea*)

Van deze soort ligt ons land aan de zuidgrens van zijn areaal. Er was telkens een broedgeval in het Zwin in 1968, 1976, 1982 en 1983 en in de Voorhaven van Zeebrugge in 1986, waar in 1987 2 koppels en in 1989 3 koppels broedden.

Dwergstern (*Sterna albifrons*)

De Putter & Orbie (1990) geven een overzicht van het wel en vooral het wee van deze soort aan onze kust. Het is het verhaal van een martelgang. Deze soort heeft de gewoonte in kleine kolonies te broeden op kale zandvlakten. In ons land zijn vier gebieden van belang, die hieronder apart besproken worden.
A. Het strand tussen Koksijde en Oostduinkerke: minstens in gebruik sinds 1945 (Lippens, 1954). In 1946 6 koppels, in 1948 20 koppels, in 1952 30 koppels. In 1957 was de kolonie, door de toegenomen recreatiedruk, verdwenen. In 1958 deden 2 koppels een broedpoging, maar de nesten werden vertrappeld door wandelaars. In 1959 en 1960 nog een heropflakkering met respectievelijk 6 en 17 koppels. Onder steeds grotere toeristische druk moesten de vogels tenslotte wijken. In 1962 broedden de laatste 2 koppels hier.
B. Nieuwpoort-Lombardsijde en omgeving.
Broedde er onregelmatig, op een strook strand te Lombardsijde in 1925, 1946, 1948 (2 koppels), 1953 (5 koppels) en 1959 (11 paar) en in 1960 (2 koppels). Vermoedelijk werd ook gebroed in de tussenliggende jaren. In de IJzermonding zelf broedde 1 koppel in 1950 en 1951. Ook hier is toegenomen recreatieve druk de reden dat de kolonie verlaten werd. In 1972 broedden 2 koppels op een opgespoten terrein naast het reservaat. Ook in dit geval was er veel verstoring van wandelaars met honden.
C. Het Zwin
In de zeereep ten noorden van het Zwin bevond zich een kolonie. Vanaf 1932 (20 koppels) liggen tellingen voor. In 1937 werd een hoogtepunt bereikt met 75 koppels, in 1939 30 paar, in 1949-1950 40 paar. Het lot van deze kolonie was echter ook bezegeld, opnieuw door de toeristische druk: in 1952-1953 nog 20 koppels, in 1956 de laatste 4 koppels van deze duinenkolonie. In 1959 kwam de soort terug, dit keer in het Zwin zelf: 3 nesten, 12 in 1961. Ook hier geen toekomst voor de dwergstern: na de seizoenen 1962 met 10 en 1963 met 8 koppels, broedden de laatste 4 koppels in het Zwin in 1964. Sindsdien is er nog 1 broedgeval geweest, in 1973, dat vermoedelijk door eierverzamelaars is geroofd.
D. Het havengebied van Zeebrugge.
In 1959 en 1960 broedde hier 1 paar. Door de ingebruikname van het gebied kwam vroegtijdig een einde aan een mogelijke kolonie. Tijdens de grootscheepse werken om van Zeebrugge een grote zeehaven te maken, was er een geslaagd broedgeval op een tijdelijk eilandje in het insteekdok in de Achterhaven in 1984. In 1985 vestigde zich op een andere plaats, een kale vlakte aan de westelijke dam van de Voorhaven in 1985 opnieuw 1 paar. Deze keer lukte het wel, met als voorlopig hoogtepunt 1994 met 228 koppels. Dit is de grootste kolonie ooit in ons land, en mogelijks in de hele Benelux.

Velduil (*Asio flammeus*)

In 1957 werden de eerste broedgevallen voor ons land genoteerd, o.a. in het Zwin. Het is er bij dit ene geval gebleven. In 1993 was er een mogelijk broedgeval in de Achterhaven.

Nachtzwaluw (*Caprimulgus europaeus*)

Lippens & Wille (1972) geven de soort aan van de volledige Westkust en van een los geval in de buurt van Oostende (wellicht heeft dit geval echter betrekking op Wenduine-De Haan, waarvan Van Gompel (1987) echter stelt dat de soort er voor 1960 verdween). Volgens Billiau (1992) is

de Nachtzwaluw in 1980 aan de Westkust verdwenen. In 1974 een broedgeval in de Zwinbosjes, waar in 1993 opnieuw 1-2 gevallen waren. In 1992 en 1993 1 mogelijk broedgeval in Oostduinkerke.

Hop (*Upupa epops*)

Heeft gebroed te Knokke: 1 nest in 1949, 4 in 1950, 3 in 1952, 4 in 1954, 5-6 in 1956, 5 in 1957 en 1 in 1958. In 1961 was er een broedgeval in Oostende, in Wenduine-De Haan tot 1961 en in 1968 (Van Gompel, 1987). In de Westkust broedden volgens Lippens & Wille (1972) een tiental koppels. Van 1973 tot 1981 was de soort een onregelmatige broedvogel aan de Westkust, o.a. te Oostduinkerke en De Panne. Thans zijn er nog jaarlijks enkele voorjaarswaarnemingen, maar broedgevallen blijven uitzonderlijk. In de Zwinbosjes 1 geval in 1985.

Draaihals (*Jynx torquilla*)

Als broedvogel in Vlaanderen enkel bekend van de kust. Waarschijnlijk gebeurt broeden thans niet meer jaarlijks. In 1973-1977 1 maal broedverdacht in de buurt van Nieuwpoort. 1 zeker en 1 waarschijnlijk broedgeval in 1994 in Knokke.

Groene Specht (*Picus viridis*)

Lijkt beperkt tot de bosrijke omgeving van Knokke (relatief stabiel met een 10-tal koppels) en de Westkust. In de duinbossen van Wenduine-De Haan is de dichtheid laag en werd in 1993 bijvoorbeeld maar 1 territorium vastgesteld. Lust (1995) wijt dit aan een tekort aan duingrasland, het favoriete foerageermilieu van deze miereneter.

Kuifleeuwerik (*Galerida cristata*)

Deze soort die in ons land beperkt is tot de zandgronden van de Kempen en de kust, gaat in het binnenland sterk achteruit. Daarom is het kustbestand van deze soort, dat relatief het minst achteruitgang vertoont, van nationaal belang. Debruyne (1994) schat de populatie in 1990 op een 100-tal. Op een beredeneerde manier komt hij tot een totale populatiegrootte in de jaren vijftig en zestig van minstens 150 koppels. Dit betekent toch dat ook de kustpopulatie een achteruitgang van 40% vertoont. Ook in de buurlanden wordt een verontrustende achteruitgang vastgesteld, bijvoorbeeld in Nederland, van 4000 koppels in 1975 naar nog slechts 500 in 1990 (Hustings, Osieck & van Betteray, 1994).

Nachtegaal (*Luscinia megarhynchos*)

Lippens & Wille (1972) schatte de totale Westvlaamse populatie op maar 150 nesten. Volgens de methode van de gemiddelden, met een kleine correctie voor het grondgebied polder, komen we voor de periode 1973-1977 aan een kustpopulatie van 300, met een minimum van 143. Van een aantal gebieden liggen afzonderlijke gegevens voor. In de Houtsaegerduinen in 1978 21 en in 1984 24 zangposten (Roothaert & Verschoore, 1988). In de Warandeduinen in 1991 een

topaantal van 15 territoria, in 1990 en 1992 telkens 7 koppels (Beyen, 1993). In de duinbossen van Wenduine-De Haan in 1983 14, in 1989 9-10 in de Zandpanne (Vanhee, 1990) en in 1993 22 territoria. Hoog aantal in de Zwinbosjes in 1993-1994: ca. 50 territoria. Normaal worden hier maar een 20-35 territoria waargenomen.

Blauwborst (*Luscinia svecica*)

Niet direct een duinsoort, maar een vogel van rietmoerassen. Zeldzame broedvogel in de Fonteintjes (1988, 1990) en de Zwinbosjes (1982, wel talrijker in de Zwinstreek: 32 koppels in 1994. Sinds 1983 ook vastgesteld in de Achterhaven, daar in 1993 34 koppels.

Paapje (*Saxicola rubetra*)

Schaarse, volgens Lippens (1963) niet jaarlijkse broedvogel. In 1984 en 1994 1 broedgeval in de Zwinbosjes, in de Fonteintjes in 1985 en 1987 1 broedpaar, in 1993 waarschijnlijk 1 in het Hazegras (Knokke) en in 1994 waarschijnlijk 1 in de Achterhaven.

Roodborsttapuit (*Saxicola torquata*)

Schaars aan de Oostkust: in 1994 slechts 1 koppel in de Zwinbosjes. Lippens (1963) vermeldt 4-6 koppels in de duinen en in de tuinen van villa's in de zeereep. In Wenduine-De Haan 5-7 koppels in 1993. Mogelijks zijn er ook elders verspreid enkele broedparen. Het zwaartepunt ligt echter aan de Westkust: 26-38 koppels in de periode 1990-1993 (Bonte, 1994). Ook de omgeving van Middelkerke scoort goed: in 1990-1992 een 10-13 koppels (Beyen, 1993).
Deze auteur schat de totale kustpopulatie in 1993 op minimaal een 80-tal, als volgt verdeeld: een 30-tal aan de Oostkust, 3 in de omgeving van Oostende, een 10-tal te Middelkerke en minstens 36 aan de Westkust. De schatting voor de Oostkust lijkt echter aan de hoge kant.

Tapuit (*Oenanthe oenanthe*)

Deze zangvogel broedt in niet-gebruikte konijnepijpen. Hij is gebonden aan het voorkomen van konijnen en heeft een voorkeur voor open terreinen. Het belangrijkste broedgebied dient gezocht in de zeereepduinen en mosduinen, waar de soort algemeen pleegde te zijn. Lippens & Wille (1972) geven een totale populatie voor de kustduinen van circa 160 broedparen. Thans bedraagt de populatiegrootte hier nog slechts 10 % van, waarschijnlijk grotendeels door de toegenomen recreatie in de buitenste duinen.
Dat moge blijken uit de resultaten van het broedseizoen 1994 voor de volledige kust: 8-9 paar in het Militair Domein te Lombardsijde, 1 mogelijk broedgeval te Middelkerke en 1 paar op een opgespoten terrein van de Achterhaven van Zeebrugge (Devos, schrift. med.). Vergelijk deze resultaten met de jaren 1976 en 1977, toen in het Zwin en de Zwinbosjes alleen reeds 29 koppels werden vastgesteld. Tot het midden van de jaren tachtig wordt nog gewag gemaakt van een 30-tal broedkoppels voor dit gebied hoewel dit niet gestaafd wordt door de inventarisatiegegevens van Lust (1987): maximum 15-16 in 1986. Sinds 1992 is er geen enkel broedgeval meer in de Zwinbosjes. De strandopspuitingen van 1978, toen de volledige kustlijn van Knokke-Heist kunstmatig verhoogd werd, heeft voor gevolg gehad dat ook de drukte in de Zwinbosjes gevoelig

is toegenomen, terwijl de Tapuit overal elders in de zeereep, de uitwijkplaats voor strandgangers, al lang verdrongen was.

Cetti's zanger (*Cettia cetti*)

Van deze soort op de rand van zijn verspreidingsgebied werd het Westhoekreservaat in 1973-1977 aangeduid als broedplaats. In 1993 1 broedgeval in de Achterhaven vastgesteld. Het kenmerkend biotoop is vochtig struweel.

Sprinkhaanrietzanger (*Locustella naevia*)

In vochtige duingebieden en dicht struweel vroeger een jaarlijkse broedvogel, zoals in de Zwinbosjes en aan de Westkust (in 1988 minstens 10 koppels). Thans sterk schommelende aantallen en niet meer jaarlijks, in de Zwinbosjes tussen 0-4 koppels. In 1993 3 koppels in Knokke en 1 in de Achterhaven. Van 1994 t.e.m. 1996 broedde in de Westhoek 1 koppel. Hoewel de soort aan de kust eerder geassocieerd lijkt met vochtige gebieden, is de soort ook gekend van droge, verruigde kapvlakten.

Wielewaal (*Oriolus oriolus*)

Van deze soort liggen niet zo veel inventarisatiegegevens voor. In de Houtsaegerduinen 5 in 1978. Van Gompel (1987) spreekt van een gevoelige terugloop in de jaren zestig, met nog 1-3 koppels tot 1978 in de Duinbossen van Wenduine-De Haan. Daarna was de Wielewaal nog slechts een onregelmatige broedvogel. In de Zwinbosjes van 2-3 in 1983-1986 verdubbeld de laatste tijd tot 5-6. Net als veel andere bossoorten vertoont ook de Wielewaal een vooruitgang de laatste tijd. In 1993 13 broedgevallen tussen De Haan-Vosseslag en het Zwin (Lust, 1995).

Grauwe klauwier (*Lanius collurio*)

Lippens (1963) spreekt van 3-5 koppels die jaarlijks in de duinen en de binnenduinrand broeden in de streek van het Zwin. Lippens en Wille (1972) schatten het totaal voor West-Vlaanderen, waarvan de kust het grootste deel herbergt, nog op een 30-tal koppels. Dat was op het moment van publicatie zeker niet meer het geval. Van de jaren zeventig en tachtig is ons slechts 1 broedgeval gekend, van de Warandeduinen te Middelkerke in de periode 1973-1977. Thans weer broedvogel van de Zwinbosjes, telkens 1 territorium in 1992-1994. Mogelijks ook een broedgeval in 1986

Europese kanarie (*Serinus serinus*)

Een soort die bij ons op de noordgrens van zijn areaal leeft. Het oudst gekende broedgeval van de kust is Oostende, 1946. Lippens & Wille (1972) geven als centra aan de kust de Westkust en de Oostkust (Knokke-Zeebrugge), met een stip in de buurt van Oostende. Dit zijn ook de centra (behalve Oostende) die in de Broedvogelatlas naar voor springen, samen met de duinbossen te Wenduine-De Haan. In Knokke houdt al vele jaren een kleine populatie stand, vooral in de

villawijken van het Zoute. Gestart in 1960, was ze in 1961 en 1962 goed voor 15 en 20 koppels. In 1979 waren er 33 koppels, in 1982 minstens 22, in 1984 minstens 11. In de Zwinbosjes is ze duidelijk minder talrijk, met 0-3 koppels in de periode 1982-1986 en in 1993 2 paar. In 1994 waren er weer 11 territoria in totaal in Knokke. In De Panne evolueerde een bestand van 11 paar in 1979 naar nog 4 in 1990 (Billiau, 1992). In De Haan echter is de soort na 1975 weer verdwenen (Van Gompel, 1987).
In de Houtsaegerduinen in 1978 1 en in 1984 3 paar (Roothaert & Verschoore, 1988).

Sijs (*Carduelis spinus*)

Heeft in 1945 en 1952 in de Zwinbosjes gebroed en in de jaren zestig meerdere keren aan de Westkust. Daar ook in 1973 te De Panne en in 1977 te Oostduinkerke. De vogel is voor het broeden en het voedsel erg afhankelijk van naaldhout, vooral van Fijnspar.

Kleine Barmsijs (*Carduelis flammea cabaret*)

Mogelijks broedvogel sinds 1967, toen de soort vermoedelijk in Wenduine en in Koksijde broedde. De eerste zekere broedgevallen aan de kust dateren echter pas van 1975. Na drie seizoenen, in het kader van het atlasproject, was de soort gekend van 5 atlasblokken (Zwin en omgeving, Fonteintjes, Nieuwpoort en Westhoek-Calmeyn). In de Westhoek bloedde de kolonie snel dood, van een 10-tal in 1977-1978 naar een laatste broedgeval in 1979. In de Zwinbosjes fluctueerde het aantal broedparen sterk, maar hield de soort stand: 6 in 1978, 2 in 1980, 2-7 in 1982-1986 en 10 in 1994.

Roodmus (*Carpodacus erythrinus*)

Zich al een hele tijd westwaarts uitbreidende soort die recent ons land bereikte. In 1993 stelde Lust in de Zwinbosjes 3 territoria vast en was er mogelijk ook 1 in Zeebrugge en Wenduine-De Haan. In 1994 was de soort in al uitgebreid tot 5 in de Zwinbosjes en 2 territoria in de Duinbossen van Wenduine-De Haan.

Goudvink (*Pyrrhula pyrhula*)

In de periode 1973-1977 uit één atlasblok gemeld, te De Haan.
In de Zwinbosjes in 1992 en 1993 aanwezig met 16 en 25 territoria. Verspreid in Knokke en Duinbergen (Zwinbosjes, Blinckaertbos, Oosthoekduinen, Boomgaard Lippens, Park 58) 23 koppels in 1994. Daarnaast werd ook een koppel genoteerd in de Zandpanne te De Haan.

Grauwe gors (*Miliaria calandra*)

Broedvogel van de Zwinstreek, die overigens sterk achteruitgegaan is.
In 1993 12 koppels in de Achterhaven van Zeebrugge.

7.2.6.2.2. Betekenis van de belangrijkste deelgebieden

In de overzichtstabel (bijlage 7.9.) worden schattingen gemaakt van de populatiegrootte van broedvogels (aantal territoria) voor Vlaanderen, de gehele kust en voor verschillende deelgebieden. Aan de hand van de relatieve populatiegroottes (t.o.v. Vlaanderen) krijgen we een beeld van de specificiteit van de soorten. Meer aandacht krijgen broedvogels die omwille van zeldzaamheid of bedreiging op Vlaams niveau belangrijk zijn.

Duingebied

De broedvogelinventarisatie van duingebieden aan de Oostkust, uitgevoerd door P. Lust in 1993 (Lust 1995), geeft een beeld van de broedvogelsamenstelling van een gemiddeld duingebied langs de Vlaamse kust. Deze inventaris bestrijkt alle belangrijke natuurgebieden tussen De Haan-Vosseslag en het Zwin. Niet inbegrepen zijn de Golf van De Haan, het Willemspark te Heist, Park 58 te Duinbergen en het Zwinpark en -reservaat te Knokke. Het geïnventariseerde gebied omvat o.a. de volgende habitats : (stuivende) zeereepduinen, open duin, duinstruweel, duinbos (loofbos, gemengd bos, naaldhout), cultuurlandschap aan de binnenduinrand, overgangsgebieden met de polder en villawijken en een kleine woonkern. Enkele habitats ontbreken evenwel, o.a. jonge, duinvalleien, slikken & schorren en opgespoten terreinen.
In totaal werden in dit deelgebied 103 soorten broedvogels aangetroffen. Dit is een vrij hoog aantal. Ook het aantal territoria ligt hoog: ca. 8/ha.

15 soorten vertonen een relatief hoge specificiteit voor het duingebied (meer dan 5 % van de Vlaamse broedvogelpopulatie). Nachtegaal, Goudvink, Bergeend, Kuifleeuwerik, Putter en Kwartel hebben een zekere populatiegrootte (10 tot 109 koppels). Het zijn soorten van uiteenlopende habitats. Kleine barmsijs is voor haar overleven als broedvogel in Vlaanderen bijna volledig afhankelijk van de Oostkust.
De Roodmus is een nieuwkomer waarvan verwacht kan worden dat de populatie in het studiegebied in de toekomst belangrijker zal worden en mogelijks de uitvalsbasis van verdere gebiedsuitbreiding vormt. De Europese Kanarie houdt te Knokke goed stand, maar is eerder aan parklandschappen dan aan duinen gebonden. De dichtheid in duinstruweel ligt beduidend lager dan deze in de villawijken van het Zoute.
Van 5 bijzondere broedvogels is slechts 1 broedgeval gekend; Draaihals, Grauwe klauwier, Paapje, Orpheusspotvogel en Snor. De soorten kunnen dus bezwaarlijk als kustspecifiek bestempeld worden.

Van de overige soorten vormt de populatie in de duinen van de Oostkust slechts een marginaal gedeelte van het totaal aantal koppels in Vlaanderen. Een aantal kustspecifieke soorten sterker vertegenwoordigd in andere kusthabitats. De Strandplevier bijvoorbeeld is sterk achteruitgegaan in het deelgebied. Het laatste decennium kwam er maar twee keer een koppel tot broeden.

In de lijst valt het ontbreken van de Tapuit op, een karakteristieke duinsoort aan de Westkust. Het aandeel van Graspieper en Veldleeuwerik, twee andere soorten van open terrein, is vrij beperkt.
De uitbreiding van de populatie betelkent voor de Aalscholver een terugkeer als broedvogel en voor de Wulp, voorheen bij ons voornamelijk gebonden aan de Kempen, een ecologische uitbreiding naar grasland (wellicht toekomstige weidevogel).

Tenslotte valt het relatief grote aantal zeldzamere bosvogels op, zoals diverse soorten roofvogels, Wielewaal, Goudhaantje, Bonte Vliegenvanger, Kuifmees, Vlaamse gaai, Goudvink, Kruisbek. Vergeleken met zo'n kwarteeuw geleden, zijn dit in de duinen stuk voor stuk ongewone broedvogels.

Het Zwin

De broedvogelsamenstelling van het Zwin werd opgesteld aan de hand van van De Scheemaeker & Lust (1995), gebaseerd op het seizoen 1994. De Zwinschorre werd hierbij uitgebreid met het historisch hinterland, de kreken en jongste polders, maar zonder de Zwinbosjes en de Kleine Vlakte, die onder de duinen behandeld werden. De vogels die hier broedgelegenheid vinden, zijn nagenoeg uitsluitend typische kustsoorten; Bergeend, Scholekster, Kluut, Tureluur, Strandplevier, Bontbekplevier, Kokmeeuw, Zwartkopmeeuw, Zilvermeeuw, Kleine Mantelmeeuw, Stormmeeuw, Visdief. Een aantal hiervan broeden, wat natuurlijke habitats betreft, exclusief in het Zwin.

De haven van Zeebrugge

De opgespoten zandige of kleiige terreinen in de omgeving van de haven van Zeebrugge hebben momenteel een hoge ornithologische waarde, zowel qua soortensamenstelling als qua populatiedichtheden. Ook hier vinden we enkele exclusieve soorten : Dwergstern, Grote Stern en sommige jaren Bontbekplevier. De andere belangrijke broedvogels vallen alle onder de noemers watervogels, steltlopers, meeuwen en sterns (cfr. bijlage 7.9., op basis van van De Scheemaeker & Lust 1995). Voor veel vogelssoorten zijn de kunstmatige haventerreinen van grotere betekenis dan de (half)natuurlijke habitats van de Zwinstreek. Dit verschil is spectaculair in het geval van de Kuifeend, de Meerkoet, de Scholekster, de Kluut, de drie plevieren, de Grutto, de Tureluur, de Zilvermeeuw en de drie sternsoorten.

7.2.6.2.3. Geïntroduceerde soorten

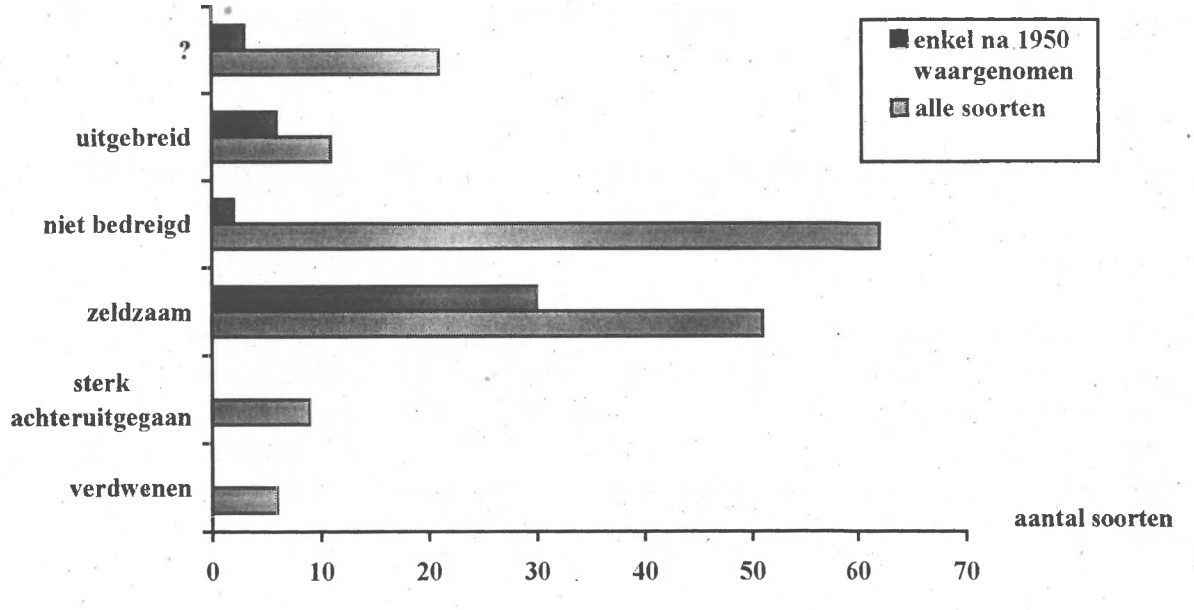
In de omgeving van het Zwin werden drie vogelsoorten uitgezet die er momenteel "wild" broeden: de Grauwe gans, de Ooievaar en de Kwak. Voor elk van deze soorten kan de introductie, vanuit het standpunt van de initiatiefnemers, als geslaagd worden beschouwd.
De Grauwe gans broedt thans niet alleen in de onmiddellijke omgeving van het Zwin, maar ook in de wijde omgeving.
De stand van de Ooievaar is langzaam gegroeid tot een 50-tal exemplaren. Soms komen gemengde broedparen voor tussen halftamme en wilde, pleisterende exemplaren.
De Kwak kent eenzelfde succesverhaal, van een 10-tal koppels in de beginfase tot ca. 36 momenteel.

Afgezien van de ontegensprekelijk gunstige resultaten voor de betrokken vogels en de educatieve argumenten die kunnen ingeroepen worden, willen wij toch enkele kritische kanttekeningen plaatsen bij dergelijke projecten.
Het gevaar van het "aanlokken" van wilde vogels is minstens bij de Ooievaar en de Grauwe Gans vastgesteld en bestaat vermoedelijk ook bij de Kwak. Dit heeft voor gevolg dat deze vogels elders, in hun voorbestemde broedplaats, niet meer komen opdagen. Op die manier domesticeert

men wilde exemplaren en bestaat het gevaar dat men de natuurlijke populatie schade toebrengt. Genetische vermenging van wilde en (half)tamme exemplaren bedreigt de identiteit van de eventueel bestaande deelpopulaties. Bij de Grauwe gans heeft dit reeds van in de beginfase plaatsgevonden : de oorspronkelijk uitgezette ganzen behoorden tot de oostelijke ondersoort. Deze hebben zich echter gemengd met exemplaren van de hier overwinterende westelijke ondersoort. Bovendien wordt ook regelmatig hybridisatie vastgesteld met tamme ganzen.
Door (her)introductie wordt biologische monitoring verstoord. De vrij rondvliegende vogels vormen een soort "ruis"; als er in de omgeving een Ooievaar of een Kwak gezien wordt, is men nooit zeker van het feit of het nu een wild exemplaar op trek is of een verwilderd exemplaar uit het Zwin. Daarom kan gepleit worden voor het opvallend merken van de halftamme exemplaren.
Daarnaast kunnen tengevolge van de (her)introductie ook onverwachte, negatieve resultaten vastgesteld worden. Zo worden de Ooievaars er van verdacht zich te voeden met niet-vliegvlugge jongen van de Kluut, de Wulp (eerste broedgevallen aan de kust), de Scholekster,... De Kwak wordt er dan weer van beschuldigd mee de lokale populatie Boomkikker te hebben aangetast.

7.2.6.2.4. Zeldzaamheid en bedreiging

In de soortenlijst wordt een aanduiding gegeven van de bedreiging en/of evolutie van de populaties in het studiegebied. 6 of 7 soorten (3 %) zijn lokaal uitgestorven. Het betreft ook op gewestelijk niveau bedreigde of verdwenen soorten. 9 soorten (6 %) gingen sterk achteruit, 51 soorten (32 %) zijn kwetsbaar omwille van hun zeldzaamheid in het studiegebied, 62 soorten (38 %) zijn momenteel niet bedreigd en 11 soorten (5 %) gingen er sterk op vooruit (Figuur 7.16.).
Ongeveer 10 % van de ongeveer 50 typische kustsoorten en de op Vlaams niveau belangrijke broedvogels aan de kust is bedreigd. 40 % van deze soorten zijn eerder zeldzame broedvogels. Na 1950 werden 15 actueel voor het natuurbehoud belangrijke soorten als nieuwe broedvogel (waarvan er 11 bijna jaarlijks broeden) genoteerd. Dit is ongeveer één derde van alle nieuwkomers.



Figuur 7.16. Verdeling van de broedvogels van de kust volgens bedreigingsstatus.

De verklaring voor de voor- of achteruitgang van een broedvogelpopulatie is vaak moeilijk te achterhalen. Toch zijn er enkele aanwijzingen. Verstoring door (over)recreatie bijvoorbeeld is in het algemeen een negatieve factor. Sommige soorten zijn hier echter veel gevoeliger voor dan andere.
Onderstaande bespreking tracht, althans voor de "natuurlijke" habitats enkele trends te verklaren.

- De vooruitgang van de roofvogels is een algemeen verschijnsel in Vlaanderen, wellicht toe te schrijven aan de wettelijke bescherming, het verminderd gebruik van zeer giftige pesticiden, een groter voedselaanbod, een grotere beschikbaarheid van aangepast broedbiotoop (verbossing), ...
- Een aantal soorten, gebonden aan landschappen met kleinschalige, extensieve landbouw, kenden een achteruitgang in heel Vlaanderen; Patrijs, Geelgors, Woudaapje, Hop, Grauwe Klauwier, Kuifleeuwerik en Veldleeuwerik.
- Onder meer Grauwe Kiekendief, Strandplevier, Dwergstern, Tapuit, Bergeend, Nachtzwaluw en Kuifleeuwerik zijn zeer gevoelig voor verstoring. Vooral de open duinzones dicht tegen de zeereep hebben sterk te leiden onder de in alle seizoenen toegenomen recreatiedruk.
- De spontane vegetatiesuccessie of landschapsecologische ontwikkelingen maken bepaalde gebieden voor een aantal soorten minder geschikt als broedbiotoop. De achteruitgang van het open duinlandschap voor de Tapuit en van schelpenrijke schorrezones met lage vegetatie voor de Visdief zijn hier voorbeelden van.
- Een aantal vogels is aan onze kust zeldzaam te noemen omdat zij er op de rand van hun areaal leven; Wulp, Zwartkopmeeuw, Noordse Stern, Draaihals, Hop, Cetti's Zanger, Waaierstaartrietzanger, Bonte Vliegenvanger, Kleine Barmsijs, Europese Kanarie, Roodmus.
- De populaties van Kuifeend, Bosuil, Zwarte Specht, Blauwborst, Buidelmees, Roodmus en enkele soorten roofvogels, zoals Sperwer en Havik gingen er recent op vooruit door een westwaartse of algemene areaalsuitbreiding.
- Door het herstel van de populatie en terugkeer als broedvogel gingen Aalscholver en Europese Kanarie er op vooruit.
- Tengevolge van het toegenomen oppervlakte aan struweel en bos in het duingebied gingen bosvogels zoals Buizerd, Sperwer, Havik, Sperwer, Bosuil, Zwarte Specht, Goudhaantje, Kuifmees, Zwarte Mees, Wielewaal, Kruisbek, Goudvink en Appelvink er op vooruit.
- Blauwe Reiger, Wulp (en vele andere soorten) konden zich aanpassen aan het door de mens gemodelleerde landschap waardoor hun populaties er op vooruitgegaan zijn.

7.2.6.3. Betekenis van de kust doortrek- en overwinteringsgebied

De getijzone

Bij een normaal getijdeverschil omvat deze zone de slikken, het natte strand en gedeelten van strandhoofden, staketsels en havenmuren. Dit gebied wordt tijdens de trekperiodes en de winter voornamelijk bezocht door arctische steltlopers. Wintermaxima van de belangrijkste overwinterende soorten zijn samengevat in Tabel 7.4. Tijdens de trekperiodes, vooral augustus-september en mei, kunnen van bepaalde soorten ook tijdelijk enige honderden vogels in het gebied pleisteren (Bontbekplevier, Kanoetstrandloper, Rosse Grutto,...)

Tabel 7.4. Wintermaxima van enkele overwinterende steltlopers aan de Vlaamse kust gedurende de laatste decennia, naar Becuwe et al. (1983), De Schuyter (1987), De Putter et al. (1993) en Devos et al. (1994).

	1975-1979	1984-1985	1989-1990	1993-1994	1 %-norm
Scholekster	500-850	1150	1750	1550	9000
Bontbekplevier	50-85	100	40	124	500
Zilverplevier	100	110	333	532	1500
Paarse strandloper	280-330	185	150	110	500
Bonte strandloper	900-1400	750	1000	1450	14000
Drieteenstrandloper	300-940	500	400	180	1000
Tureluur	100-280	160	220	210	1500
Steenloper	500-800	980	1050	950	700

In de zeventiger jaren werd het aantalsverloop van overwinterende steltlopers op een intensieve manier gevolgd door Becuwe (Westkust en IJzermonding), Lingier (omgeving Oostende), Van Gompel (omgeving Blankenberge), Rappé (haven Zeebrugge, Knokke-Heist en Zeeuws-Vlaanderen), Burggraeve (Zwin) en Burny (Zeeuws-Vlaanderen). Indien deze periode als referentie wordt gekozen, dan zijn volgende trends zichtbaar :

- Scholekster: momenteel 2 tot 3 keer talrijker geworden.
- Bontbekplevier: schommelend aantal, maar gemiddeld een stijging.
- Zilverplevier: gestegen met een factor 3-5.
- Paarse strandloper: beduidend minder talrijk geworden, afname met ca. 50 %.
- Drieteenstrandloper: ook erg gedaald, nog slechts de helft tot een kwart t.o.v. de referentiesituatie.
- Tureluur: ongeveer stabiel gebleven.
- Steenloper: toegenomen; de stijging was al merkbaar eind jaren zeventig.

Bij de interpretatie van de huidige cijfers moet rekening gehouden worden met het beschikbaar komen van een groot oppervlak slik tussen de Westelijke Havendam en de Oude Muur (de Môle) van Zeebrugge. Gezien de tijdelijke beschikbaarheid van dit gebied, zijn de toekomstverwachtingen van deze populaties vrij onzeker.

Volgens de Conventie van Ramsar wordt een gebied geacht van internationaal belang te zijn voor overwinterende watervogels als er op een bepaald tijdstip minstens 1 % aanwezig is van de plaatselijke populatie. In het geval van de Vlaamse kust is dat de Noordwesteuropese populatie, waarvan de recentste populatieschattingen gepubliceerd zijn door Rose & Scott (1994).
Uit Tabel 7.4. blijkt dat de Vlaamse kust momenteel volgens de huidige normen enkel voor overwinterende Steenlopers van internationaal belang is. In de jaren zeventig en tachtig gold echter 150 exemplaren als 1 %-norm voor de Drieteenstrandloper en 500 als norm voor de Steenloper, waardoor de Vlaamse kust toen ook van internationaal belang was voor Drieteenstrandloper.

Uit Tabel 7.5. is het relatieve belang van de verschillende deelgebieden af te leiden voor de referentieperiode 1972-1977.

Tabel 7.5. Wintermaxima per deelgebied van de belangrijkste overwinterende steltlopers aan de Vlaamse kust voor de periode 1972-1977. A. Westkust en IJzermonding; B. Middelkerke-De Haan; C. De Haan-Zeebrugge; D. Voorhaven Zeebrugge; E. Knokke-Heist, incl. Zwin.

	A	B	C	D	E
Scholekster	452	241	290	101	350
Bontbekplevier	100	33	64	61	
Zilverplevier	60	21	11	20	154
Drieteenstrandloper	350	510	335	200	25
Bonte strandloper	680	179	435	177	650
Paarse strandloper	8	181	44	157	153
Tureluur	200	61	52	53	78
Steenloper	51	468	103	110	170

De belangrijkste verschuivingen die momenteel waarneembaar zijn ten opzichte van de referentieperiode zijn :

1. Het verlies van het strandhoofdmilieu te Knokke-Heist door de strandophogingen einde jaren zeventig over de volledige lengte van de kustgemeente. Hieronder hebben de Steenloper maar vooral de Paarse strandloper te leiden.
2. Het verlies van de vroegere Oostelijke Havendam van Zeebrugge (de "Nieuwe Muur"), die door zijn bouw een uitermate geschikt voedsel- en overwinteringsmilieu vormde voor o.a. de Steenloper en de Paarse strandloper. De struktuur van de nieuwe havendammen in de Voorhaven van Zeebrugge zijn beduidend minder geschikt voor deze overwinteraars van rotskusten.
3. Het verdwijnen van de Drieteenstrandloper over grote delen van de Vlaamse kust en de globaal veel lagere aantallen op de stranden waar de soort wel nog wordt gezien. Daartegenover staat echter dat de totale Noordwesteuropese populatie sterk is gestegen. De sterk toegenomen verstoring (ook 's winters) tengevolge van recreatie verklaart voor een groot deel de afname van de diversiteit aan steltlopersoorten die op het strand en de strandhoofden langs de Vlaamse kust aangetroffen worden.
4. Het sterk toegenomen belang van de IJzermonding en omgeving als overwinteringsgebied voor Scholekster, Zilverplevier, Steenloper, Paarse en Bonte strandloper.
5. Het gedaalde belang van het Zwin voor overwinterende steltlopers.

Piersma (1993) verrichtte een wereldomvattende studie naar de overwinteringsstrategieën van de Kanoetstrandloper. Deze studie kan gelden als model voor elke overwinterende steltlopersoort. De auteur beschrijft twee belangrijke strategieën :

- een verre trekweg naar een relatief warm overwinteringsgebied; dit is een uitputtende en gevaarlijke onderneming, maar houdt het voordeel in dat er ter plaatse minder moet gefoerageerd worden, omdat er minder energie verloren gaat door afkoeling;
- een trektocht naar een minder ver overwinteringsgebied zoals West-Europa, waar echter weer meer gefoerageerd moet worden omdat het klimaat er koeler is; bovendien is het risico op guur winterweer groter.

Wat voor een overwinteringsstrategie de vogel ook kiest, de energiebalans is voortdurend in een precair evenwicht. Strenge winters kunnen nefast zijn. Als de vogels niet genoeg reserve hebben om te vluchten voor het gure weer, leggen ze het loodje. Dit werd voor onze kust onder meer door Van Gompel (1987c) aangetoond.

Duinvoet en schorren

Hier overwinteren enkele voor deze habitats typische soorten: de Strandleeuwerik, de Frater en de Sneeuwgors, in mindere mate ook de IJsgors. De laatste tijd worden van deze soorten aan de Oostkust echter veel meer waarnemingen gedaan in antropogene dan in natuurlijke terreinen. Dit heeft wellicht minstens zoveel te maken met de rust in die gebieden als met andere factoren als voedselaanbod, beschutting e.d. Het gaat trouwens niet goed met de populatie van de Strandleeuwerik (Hagemeijer & Hustings 1995), terwijl onder plaatselijke ornithologen ook de indruk bestaat dat de Frater en de Sneeuwgors minder worden gezien en de gemiddelde groepsgrootte gedaald is. Zo werden in het verleden, tot in de jaren zeventig, regelmatig groepen Fraters van enkele 100-den, tot meer dan 1000, gezien in het Zwin. De laatste tijd zijn de waargenomen groepjes nooit groter dan een 100. De mogelijke oorzaken voor deze achteruitgang zijn nog onduidelijk.

Het duingebied

De duinen zelf zijn vooral spectaculair tijdens de trekperiode, als op de vele bessendragende struiken tientallen tot honderden lijsterachtigen, vinkachtigen en Spreeuwen afkomen. De kustlijn wijst voor veel trekvogels een duidelijk herkenbare trekroute aan.
Als overwinteringsgebied zijn de duinen van belang voor de standvogels onder de lokale broedvogelbevolking en voor soortgenoten uit het noorden. Echte concentraties van overwinterende vogels die van buiten het gebied komen zijn schaars.
In de Zwinbosjes bijvoorbeeld overwinteren jaarlijks enkele tientallen Waterrallen en een 30-50-tal Houtsnippen. Ook van andere beboste of verstruweelde duingebieden kent men ook de Houtsnip als overwinteraar. De concentraties Ransuilen die hier en daar in enkele duinbossen worden aangetroffen (Zwinbosjes, Willemspark Heist, De Haan, Doornpanne,...) kunnen met evenveel reden aanzien worden als slaapplaatsen.

7.2.6.4. Slaapplaatsen aan de kust van elders foeragerende soorten

In het betrokken gebied liggen enkele klassieke slaapplaatsen van vogels die zich overdag in de wijde omgeving verspreiden. Belangrijke slaapplaatsen zijn o.a. :
- het Zwin voor ganzen, meeuwen, Wulp, Kemphaan;
- de Zwinbosjes voor dagroofvogels en kraaiachtigen;
- het Calmeynbos voor kraaiachtigen.

7.2.6.5. Besluit

De ornithologische waarde van het kustgebied is vrij groot. Ongeveer drie kwart van de in Vlaanderen jaarlijks broedende soorten worden ook aan de kust als regelmatige broedvogel waargenomen. Opvallend is dat het aantal soorten sedert het midden van deze eeuw vrij sterk is toegenomen. Van 40 soorten of ongeveer een kwart van het huidig aantal, werd het eerste broedgeval pas vastgesteld na 1950. De helft van deze nieuwe soorten komen momenteel bovendien jaarlijks tot broeden aan de kust (onder meer Turkse tortel, Zilvermeeuw,

Goudhaantje, Sperwer, Blauwe reiger, ...). 6 of 7 soorten zijn als broedvogel uit het gebied verdwenen.

Van 28 soorten (20 %) omvat de kustpopulatie minstens 10 % van het aantal broedgevallen in Vlaanderen. Voor 20 soorten (12 %) loopt dit op tot 25 % of meer (Tapuit, Bergeend,...). 9 vogels broeden in Vlaanderen bijna uitsluitend aan de kust (Kuifleeuwerik, Stormmeeuw, Pijlstaart,...). Een aantal soorten die zich pas vrij recent aan de kust hebben kunnen vestigen en in de rest van Vlaanderen vrijwel (nog) niet voorkomen zijn Dwergstern, Grote stern, Kleine barmsijs, Roodmus en Zwartkopmeeuw.

46 broedvogels van onze kust zijn omwille van kwetsbaarheid of populatiegrootte van belang voor het natuurbehoud op regionale schaal. Daarvan kan ongeveer de helft worden beschouwd als kwetsbaar tot bedreigd. Toch is ongeveer een derde van deze groep vrij recent (na 1950) in het kustgebied verschenen. Het vanuit natuurbehoud hoog gewaardeerd gedeelte van de broedvogelbevolking kende aan onze kust vermoedelijk eerder een verschuiving in de samenstelling dan een sterke kwalitatieve achteruitgang. Door het ontbreken van voldoende referentiegegevens is de evolutie van de populatiegroottes echter moeilijker te achterhalen.

De aantallen overwinterende vogels aan de kust vertonen een schommelend verloop. Achteruitgang van Paarse strandloper en Drieteenstrandloper zou te wijten zijn aan respectievelijk verdwijnen van strandhoofden door opspuitingen en rustverstoring. Ook met vogels die voornamelijk aan de duinvoet worden aangetroffen, gaat het blijkbaar niet zo goed. Daartegenover staat een stijging van de aantallen Steenloper, Scholekster, Bontbekplevier en Zilverplevier. Gegevens over overwinterende vogels in het duingebied zijn te schaars om er conclusies uit te kunnen trekken.

7.2.7. Amfibieën en reptielen

7.2.7.1. Herkomst van de gegevens

Voor de herpetologische gegevens werd gebruik gemaakt van volgende bronnen :
- De Witte (1942, 1948), de eerste auteur die een grondig samenvattend werk heeft gepubliceerd over de Belgische amfibieën en reptielen; hij geeft echter weinig gedetailleerde informatie omtrent de exacte verspreiding van de soorten.
- Burny (1976), die inventariserend pionierswerk verrichtte betreffende het voorkomen van o.a. Rugstreeppad en Boomkikker langsheen de Oostkust.
- de "Atlas provisoire commenté de l'herpétofaune de la Belgique et du Grand-Duché de Luxembourg" van G.H. Parent (1979). Deze auteur presenteerde een verspreidingskaart van elke soort op basis van het IFBL-rooster. Deze kaarten laten echter niet altijd ondubbelzinnig toe te besluiten of een soort in de duinen of in de polders voorkwam. Het verspreidingspatroon zoals gepresenteerd op de kaarten is bovendien duidelijk cumulatief en niet gedifferentieerd naar tijdvakken, wat een mistekend beeld kan geven.
- Parent (1981) en Rappé (1982) betreffende informatie i.v.m. het voorkomen van de Knoflookpad.
- het onderzoek van De Fonseca (1980a, 1980b, 1981a, 1981b) vanuit de Rijksuniversiteit van Gent betreffende de verspreiding van amfibieën en reptielen in de provincies Oost- en West-

Vlaanderen. Gezien het gestelde doel, een gebiedsdekkende inventarisatie van twee provincies, was de mate van detail voor de kust ontoereikend. Niet elk potentieel biotoop werd bemonsterd, niet elk deelgebied werd even intensief bezocht. Op topografische kaarten in bijlage van zijn doctoraatsproefschrift (De Fonseca 1980a) werden alle vondsten ingetekend.
- "De Amfibieën en Reptielen van Nederland, België en Luxemburg", onder redactie van Sparreboom (1981), met verspreidingskaartjes. Voor het Belgische gedeelte van de verspreidingsgegevens waren Parent en De Fonseca verantwoordelijk.
- inventarisatiegegevens gepubliceerd in het tijdschrift "Duinen" van de Duinenwerkgroep (Vanhercke 1987; Verschoore 1989, 1993 a-b; De Saedeleer et al. 1991).
- verspreidingskaartjes gepubliceerd door de herpetologische werkgroep HYLA (1990a-b-c).
- Van der Krogt (1995) : gegevens i.v.m. de verspreiding van de Boomkikker;
- "Verspreiding van amfibieën en reptielen in Vlaanderen" (Bauwens & Claus 1996) : soortsbeschrijving en Rode lijst.

7.2.7.2. Soortsbespreking

Voor het duingebied worden 9 amfibieën (waarvan 1 recent niet meer) en 1 reptiel vermeld. De geringe soortenrijkdom van de groep laat ons toe de soorten afzonderlijk te bespreken.

Amfibieën

Alpenwatersalamander (*Triturus alpestris*)

De eerste melding voor het studiegebied is deze van Vanhercke (1987). Daarin wordt gesteld dat de soort reeds in de zestiger jaren waargenomen werd in de Staatsduinen tussen Wenduine en De Haan. In de Zandpanne en een beheerd duinvalleitje in de omgeving ziet men de soort echter nog ieder jaar. De tweede melding is de aanduiding van De Fonteintjes op het verspreidingskaartje opgesteld door de Hyla-werkgroep (1990b). De Saedeleer et al. (1991) vermelden al 5 uurhokken. Verschoore (1993b) echter schrijft minstens 3 van de vindplaatsen toe aan verkeerde determinatie, terwijl de ene gecontroleerde vindplaats te De Panne waarschijnlijk is toe te schrijven aan uitgezette exemplaren. Het gaat daarbij om een marginale populatie die volgens hem weinig kans heeft om uit te breiden. Hij aanvaardt dan ook, onder voorbehoud, slechts de ëne vindplaats van De Panne. Volledigheidshalve voegen wij hier aan toe dat zich in de verzameling van het Museum voor Dierkunde van de Universiteit Gent een exemplaar bevindt van september-oktober 1979 uit de Houtsaegherduinen te De Panne (leg. & det. K. Desender). Recent werden ook enkele exemplaren aangetroffen in het Westhoekreservaat te De Panne (E.R.E 1994).

Kamsalamander (*Triturus cristatus*)

Nadat Burny al had aangetoond dat de Kamsalamander aan de kust niet zo zeldzaam was als algemeen gedacht, wezen de resultaten van zowel De Fonseca (1980a) als De Saedeleer et al. (1991) uit dat deze soort ongeveer 10 % uitmaakt van de totale herpetofauna. Recent zijn ze in ongeveer elke geschikte poel wel waargenomen. In de Nederlandse duinen echter is de soort bepaald niet algemeen (Bergmans & Zuiderwijk 1986). De gebrekkige vroegere kennis over het voorkomen is wellicht te wijten aan de verborgen leefwijze van de adulten, die overdag op de bodem tussen dichte vegetatie of onder overhangende oeverranden leven.

Van deze soort is gekend dat zij een goed migratievermogen heeft, vooral in vochtige gebieden. Ten opzichte van de andere soorten watersalamanders bestaat de indruk dat de soort een latere levenscyclus heeft. migratie naar het water, paring en eiafzetting beginnen later, de adulten blijven langer in het water (tot augustus) en de larven beginnen het laatst aan de metamorfose, bij een lengte van 60 à 70 mm..

Kleine watersalamander (*Triturus vulgaris*)

Dit is verreweg de meest algemene soort, die in ongeveer elke poel of sloot voorkomt. Zij koloniseert snel nieuwgecreëerde habitats. Het dier is zeer mobiel en werd zelfs al aangetroffen in de zeereepduinen (De Saedeleer et al. 1991). Deze soort heeft van alle watersalamanders de kortste voortplantingsperiode. Vroeg in de zomer verlaten ze als eerste het water. Afhankelijk van de temperatuur komen de larven na 2 à 4 weken uit en metamorfoseren na 2 à 3 maanden, bij een lengte van 35 tot 50 mm. De larven zijn in staat te overwinteren.

Gewone pad (*Bufo bufo*)

De Gewone pad komt in de meest uiteenlopende biotopen voor: akkerland en weiland, braakliggende terreinen, ruigten, moerassen, droge en vochtige duinen, tuinen en stadsparken. De soort koloniseert gemakkelijk nieuwe terreinen. De Gewone pad ontwaakt al vroeg in het voorjaar uit de winterslaap. Soms al eind februari, maart tot begin april migreren zij naar de voortplantingsplaatsen, langs vaste routes. Door hun voorkeur om daarbij autowegen te gebruiken vallen veel verkeersslachtoffers. De meeste paringen vinden begin april plaats. De dubbele eisnoeren zijn 3 à 4 m lang en bevatten naar schatting 3000 à 6000 eitjes. Ze worden meestal afgezet tussen waterplanten. Na een week tot tien dagen komen de eieren uit. Bij een lengte van maximaal 30 mm gaan de larven metamorfoseren. De jonge padjes meten dan 11 à 12 mm.

Rugstreeppad (*Bufo calamita*)

Het relatieve aandeel van de Rugstreeppad in de totale herpetofauna laat een dalende tendens zien (zie verder). Dit is gedeeltelijk toe te schrijven aan een overwaardering bij Parent (1979) maar berust anderzijds op een reële afname (sterke achteruitgang te Knokke, de Fonteintjes, De Haan, Bredene). De soort is gebonden aan losse, meestal zandige bodems, waarin het dier kan graven. In de duinen gaat de voorkeur vooral uit naar jonge duinvalleien en bomputten.

De Rugstreeppad ontwaakt als één van de laatste inheemse amfibieën uit de winterslaap. Het voortplantingsseizoen duurt van half april tot eind juni, soms tot in juli. De eieren worden afgezet in dubbele snoeren op ondiepe plaatsen, tussen vegetatie of op kale bodems. Ze tellen 2800 tot 4000 eieren. De snelheid van ontwikkeling van de eieren is afhankelijk van de temperatuur en verloopt in 3 tot 7 dagen. De larven zijn te vinden van eind april tot in juli en halen maximaal een lengte van 30 mm. De metamorfose grijpt plaats in juni of juli. De jonge padjes zijn dan 10 à 12 mm groot. Na drie, soms twee jaar zijn de dieren geslachtsrijp. Zij leven 6 à 7 jaar. Gezien de voorkeur voor ondiep water, bestaat soms het gevaar dat eieren en larven verloren gaan door te snel opdrogen van de plassen tijdens een droog voorjaar. De Rugstreeppad is echter door zijn snelle ontwikkeling redelijk goed aangepast aan snel opdrogende voortplantingspoelen.

Door de algemene, vaak permanente grondwaterstandsdaling (t.g.v. drinkwaterwinning, drainage van landbouwgebieden,...) aan de kust bevatten een aantal depressies echter geen of niet voldoende water meer om voortplanting toe te laten. Op die plaatsen is er dan ook een duidelijk achteruitgang geconstateerd (Knokke, Duinbergen, De Haan, Doornpanne, Houtsaegerduinen, Westhoek). Voor de Westhoek wijt Verschoore (1989) het voortbestaan van de Rugstreeppad voor een groot deel aan herhaalde immigratie vanuit de aangrenzende, nog hydrologisch intacte, Noord-Franse duinen.

Boomkikker (*Hyla arborea*)

De Boomkikker is vanouds wellicht de zeldzaamste kikker in het kustgebied. Momenteel komt de soort in Vlaanderen alleen nog te Knokke en op een aantal plaatsen in Limburg voor. De verspreiding van de kustpopulatie sluit aan op het areaal in Zeeuws-Vlaanderen. Vooral de jonge polders rond het Zwin en de binnenduinrand zijn belangrijk. De Saedeleer et al. (1991) opperen de bedenking dat het niet onwaarschijnlijk is dat de soort overal in onze kustduinen voorkwam. Daar zijn echter momenteel maar weinig aanwijzingen voor. Wel zou de Boomkikker vroeger ook te Blankenberge (tot kort na de Tweede Wereldoorlog) en te Wenduine (tot begin deze eeuw?) hebben voorgekomen. Recent nog werd de soort in de Perroquet (Bray-Dunes) gehoord en gezien (mond. med. P. De Becker).

De oudste grondige inventarisatie gebeurde door Burny (1976). Hij kende 26 voortplantingsplaatsen te Knokke-Westkapelle en aangrenzend Zeeuws-Vlaanderen. Hoewel slechts 11 localisaties op de topografische kaarten in bijlage terug te vinden zijn, spreekt De Fonseca (1980) over 13 plaatsen, met een totaal van 32 roepende exemplaren. Het verlies van een belangrijke paaiplaats in de Zwinbosjes wordt door hem toegeschreven aan het uitzetten van Karpers en Kwakken. In de jaren 1987 tot en met 1990 werden tellingen gedaan door L. Maertens en R. Vantorre, op 19 localiteiten. 13 hiervan waren bezet, met een maximum van 83 roepende mannetjes. Vermoedelijk zijn de eerder lage cijfers van de Fonseca te wijten aan onvoldoende frekwent bezoek van de geschikte plaatsen. Een overzicht van 1994 van R. Vantorre (in litt. en Van der Krogt 1995) voor het Belgisch grondgebied vermeldt nog 9 plaatsen, met een totaal van hoogstens 50 exemplaren, in vergelijking met 30 plaatsen en maximaal 200 in West-Zeeuws-Vlaanderen. Momenteel is er echter geen verbinding tussen beide groepen. Op Belgisch grondgebied kromp het verspreidingsgebied ineen van 645 in 1984 tot 335 ha in 1991. Dit is thans nog minder.

Als klimmer geeft de Boomkikker de voorkeur aan een landbiotoop met ruigtkruidenvegetaties, struiken of bomen. Het grootste gedeelte van de landactieve exemplaren wordt op bramen aangetroffen. Verder apprecieert de soort een dichte vegetatie van water- en oeverplanten in het waterbiotoop. Boomkikkers komen, net als de Rugstreeppad, tamelijk laat op het seizoen uit hun winterslaap. Vanaf half april kan de zang gehoord worden. De eiklompen worden afgezet tussen planten. De in totaal 2 à 50 klompen bevatten 700 à 1800 eieren. De larven komen al na enkele dagen uit. Ze worden maximaal 50 mm groot. De metamorfose vindt plaats half juli tot begin augustus. De jonge Boomkikkers zijn dan 15 mm groot. Boomkikkers zijn normaal na twee, soms pas na drie jaar geslachtsrijp.

Groene kikker-complex (*Rana esculenta* synklepton)

De Groene kikker is eigenlijk geen soort op zich, maar een complex van twee soorten, nl. de Kleine of Poelkikker *R. lessonae* en de Grote groene kikker *R. ridibunda* en hun hybride, de Middelste groene kikker *R. x esculenta*. De hybride is het algemeenst en zou telkens opnieuw ontstaan uit de ouders. Gezien echter de ouders een geringer verspreidingsgebied hebben, lijkt de voortplanting ingewikkelder te zijn dan dat, met o.a. ook terugkruisingen.
De soort(en) is onder meer gekend van Adinkerke (zuidrand van Cabour) en de Fonteintjes.

De Groene kikker komt, afhankelijk van de temperatuur, gewoonlijk eind april, begin mei uit de winterschuilplaatsen, later dus dan de Bruine kikker. De eieren worden afgezet in een aantal klompen (2000 à 6000 eitjes tellend) dicht onder het wateroppervlak in de vegetatie. Eind mei komen de eerste eieren uit. De metamorfose grijpt plaats in augustus. Zelden overwinteren larven, die dan pas de volgende zomer metamorfoseren. Dergelijke larven kunnen tot 110 mm groot worden. Waarschijnlijk zijn de meeste dieren geslachtsrijp na twee of drie jaar.

Bruine kikker (*Rana temporaria*)

De Bruine kikker behoort, samen met de Gewone pad en de Kleine watersalamander, tot de algemenere soorten aan de kust. Deze verspreiding dankt de soort onder meer aan zijn mobiliteit. Het is de meest landminnende kikkersoort.

De Bruine kikker trekt vrij vroeg in het voorjaar naar de paarplaatsen, soms al in januari. De grote eiklompen omvatten 1500 à 2500 eieren. Ze liggen meestal aan het oppervlak. De ontwikkeling duurt twee weken. Metamorfose grijpt in het algemeen plaats in juni. De larven zijn dan maximaal 45 mm. De jonge kikkers, maximaal 30 mm voor hun eerste winter, zijn waarschijnlijk zwervers. Ze zijn pas na twee winters geslachtsrijp.

Reptielen

Levendbarende hagedis (*Lacerta vivipara*)

De Levendbarende hagedis is het enige aan de kust en de enige "echte" hagedis in Vlaanderen. Hoewel wijd verspreid is het een erg moeilijk te inventariseren soort. Over populatiegrootte in de duinen is niets bekend. Wellicht geeft de (gecumuleerd) verspreidingskaart (Bauwens & Claus 1996) een te optimistisch beeld.
De soort komt zowel in droog als vochtig terrein voor maar geeft de voorkeur aan de zeereep. In vochtige gebieden wordt ze soms zonnend op een vegetatiebult waargenomen. K. Verschoore (mond. med.) neemt de diertjes sporadisch langs de tramsporen waar. Waarnemingen van droog terrein, bijvoorbeeld zuidhellingen in de zeereep, werden in het verleden soms doorgegeven als Zandhagedis, een soort die in Vlaanderen echter ontbreekt.
De levendbarende hagedis is in onze streken aktief vanaf maart tot half oktober. De jongen worden meestal in augustus geboren. Na twee winters zijn de dieren geslachtrijp. Het aantal jongen varieert van drie tot elf. Tijdens de paartijd verplaatsen de mannetjes zich over grotere afstanden (100-200 m). Ook de jonge dieren hebben zwerfneigingen.

Uitgezette soorten

Een apart probleem bij de amfibieën en reptielen zijn de veelvuldige meldingen van ontsnapte of bewust uitgezette soorten van terrariumhouders. Het gaat hierbij zowel om inheemse, zoals Zandhagedis, Alpenwatersalamander, als om exotische soorten: Roodwangschildpad, grote hagedissen, slangen,... . Sommige uitheemse soorten zijn echter in staat in ons klimaat te overleven.

7.2.7.3. Betekenis van het kustgebied

periode voor 1981

Op basis van de gegevens van De Witte (1942) zouden in die tijd maximaal 11 soorten langs de Vlaamse kust kunnen voorkomen; slechts van twee soorten, nl. de Knoflookpad en de Rugstreeppad wordt het kustgebied duidelijk vermeld. De algemene indruk is echter dat de kust in die tijd door herpetologen weinig werd bezocht.

In de eerste helft van de jaren zeventig deed J. Burny (Westkapelle) inventariserend pionierswerk aan de Oostkust, vooral toegespitst op het voorkomen van de Rugstreeppad en de Boomkikker. Van zijn resultaten is helaas slechts weinig gepubliceerd (Burny 1976).

De verspreidingskaartjes van Parent (1979), die kon beschikken over de gegevens van Burny, tonen het voorkomen aan de Vlaamse kust van de volgende negen soorten aan : Kamsalamander, Kleine watersalamander, Vinpootsalamander (*Triturus helveticus*), Gewone en Rugstreeppad, Boomkikker, Groene en Bruine kikker en Levendbarende hagedis (Tabel 7.6.). Parent laat, zonder commentaar, de opgave van De Witte (1942) van de Knoflookpad voor de duinen van Koksijde vallen. Uit een latere publicatie van Parent (1981) blijkt dat deze vindplaats niet kon gestaafd worden door getuigemateriaal maar steunde op een literatuurgegeven dat door hem werd verworpen. Er zijn ook ernstige ecologische argumenten aan te geven om dit gegeven in twijfel te trekken. De Knoflookpad is in zijn voorkomen gebonden aan de oude riviervalleien en in België alleen gekend van het Scheldebekken (Parent 1981; Rappé 1982). Het is niet onmogelijk dat de soort in zijn verspreiding in het bekken van de boven-Schelde in Noord-Frankrijk contact maakte met het IJzerbekken, maar zelfs dan is een voorkomen in de duinen van Koksijde niet evident. Noch in de Noordfranse, noch in de Nederlandse duinen (die toch een sterker riviergebonden flora- en fauna-element bezitten) is enige vindplaats van de Knoflookpad gekend.

Uit de tabel blijkt dat de herpetofauna van de kust tot op het einde van de zeventiger jaren slecht gekend is. Uit het werk van Parent (1979) leiden we verder af dat de Rugstreeppad, in overeenstemming met De Witte, aan de kust een vrij algemene soort moet geweest zijn, dat de Groene kikker beduidend algemener was dan nu en dat de algemene soorten, en dan vooral de watersalamanders, duidelijk werden ondergewaardeerd.

In de tweede helft van de jaren zeventig voerde P. De Fonseca vanuit de Rijksuniversiteit Gent een uitgebreid onderzoek naar de verspreiding van amfibieën en reptielen in de provincies Oost- en West-Vlaanderen. De resultaten werden neergelegd in een doctoraatsproefschrift (De Fonseca 1980a) en naderhand ook in een aantal publicaties (o.a. 1980b, 1981a, 1981b). Op topografische kaarten in bijlage van zijn proefschrift werden alle vondsten ingetekend.

Op basis van deze kaarten blijkt dat De Fonseca 8 soorten aantrof in ons studiegebied: Kleine watersalamander, Kamsalamander, Groene en Bruine kikker, Gewone en Rugstreeppad, Boomkikker en Levendbarende hagedis. In vergelijking met de lijst van Parent (1979) ontbreekt de Vinpootsalamander, terwijl er geen nieuwe soorten toegevoegd worden. De relatieve belangrijkheid van elke soort is af te leiden uit Tabel 7.7. Een gebiedsoverzicht is te vinden in bijlage 7.11.

In 1981 verschenen nieuwe verspreidingskaarten in het boek "De Amfibieën en Reptielen van Nederland, België en Luxemburg", onder redactie van Sparreboom. Voor het Belgische gedeelte van de verspreidingsgegevens waren Parent en De Fonseca verantwoordelijk. In dit werk werd de Vinpootsalamander afgevoerd van de lijst van de kustsoorten.

Tabel 7.6. Herpetofauna; aantal uurhokken per soort op basis van de atlas van Parent (1979).

	duinen	%	polders	duin + polder	%
Rugstreeppad	11	23	1	12	21
Gewone pad	7-8	16	2-3	10	17
Groene kikker	7-8	16	2-3	10	17
Levendbarende hagedis	7	15		7	12
Bruine kikker	4-5	9	1-2	6	10
Kleine watersalamander	4	8		4	7
Boomkikker	2-3	5	1-2	4	7
Kamsalamander	2	4	1	3	5
Vinpootsalamander	2	4		2	3
Totaal	48			58	

Tabel 7.7. Herpetofauna; aantal vindplaatsen per soort op basis van De Fonseca (1980a).

	duinen	%	polders met Boomkikker (Knokke)	geheel gebied	%
Kleine watersalamander	34	68	4	38	68
Gewone pad	30	60	4	34	61
Bruine kikker	28	56	2	30	54
Levendbarende hagedis	23	46		23	41
Rugstreeppad	22	44		22	39
Kamsalamander	16	32	1	17	30
Boomkikker	5	10	6	11	20
Groene kikker	2	4	1	3	5
Totaal	50		6	56	

Recente gegevens

Van de eerste helft van de jaren tachtig zijn slechts een aantal losse waarnemingen bekend. Aanvullend op de gegevens van De Fonseca (1980a), blijkt de Levendbarende hagedis nog voor te komen in de Westhoek te De Panne, de Rugstreeppad in de Plaatsduinen te Oostduinkerke en de Kamsalamander in de Schuddebeurze te Westende (mond. med. M. Leten en G. Rappé).

Pas in 1987, na het oprichten van de Duinenwerkgroep van Natuurreservaten v.z.w., wordt gestart met een nieuwe inventarisatie door vrijwilligers. Als aanloop werden een aantal losse gegevens samengebracht (Vanhercke 1987). Er werden 9 soorten genoteerd, de 8 soorten vermeld door De Fonseca en de Alpenwatersalamander (*Triturus alpestris*).

Door de herpetologische werkgroep HYLA werden verspreidingskaarten gepubliceerd op basis van vrijwilligerswaarnemingen voor de periode 1980-1989 (Hyla-werkgroep 1990a, 1990b, 1990c). Soorten die van de kust gemeld werden zijn dezelfde 9 als hierboven .

De Saedeleer et al. (1991) maakten een uitgebreid verslag van de inventarisatie-inspanningen van leden van de Duinenwerkgroep, met verspreidingskaarten aan de kust. Ook hier is aan de binnenduinrand niet altijd duidelijk of de vindplaatsen slaan op duin- of poldergebied. Bovendien komen de gehanteerde "uurhokken" niet overeen met de gangbare indeling op basis van de topografische kaarten van het NGI (IFBL-rooster). Voor de deelresultaten van de Westkust werd dit nog eens gedetailleerder overgedaan door Verschoore (1993a). Voor een stand van zaken gebaseerd op de recentste informatie (voornamelijk a.h.v. De Saedeleer et al. 1991) verwijzen we naar Tabel 7.8.

Tabel 7.8. Herpetofauna; aantal uurhokken per soort aan de kust naar De Saedeleer et al. (1991) en Rode lijst en aantal uurhokken in Vlaanderen. I= met uitsterven bedreigd, Z=zeldzaam, N= momenteel niet bedreigd (Bauwens & Claus 1996).

	Aantal hokken kust	Aantal hokken Vl.	%	Rode lijst
Boomkikker	3	10	30	I
Rugstreeppad	13	87	15	Z
Levendbarende hagedis	26	258	10	Z
Kamsalamander	18	171	11	Z
Kleine watersalamander	39	632	6	N
Bruine kikker	33	696	5	N
Gewone pad	30	608	5	N
Groene kikker	17	550	3	N
Alpenwatersalamander	1	545	0,2	N
Totaal aantal hokken	81	949	8,5	

7.2.7.4. Zeldzaamheid en bedreiging

Ongeveer drie kwart van de Vlaamse herpetofauna is opgenomen in één van de Rode lijst-categorieën. 2 soorten zijn lokaal uitgestorven (0), 6 soorten zijn kwetsbaar tot met uitsterven bedreigd (3-1), 6 soorten zijn zeldzaam (Z) en 5 soorten zijn momenteel niet bedreigd (Bauwens & Claus 1996). Aan de kust komen 4 Rode lijstsoorten voor; de Boomkikker is met uitsterven bedreigd en Rugstreeppad, Levendbarende hagedis en Kamsalamander zijn zeldzaam. Deze soorten zijn aan de kust relatief sterk vertegenwoordigd (meer dan 10 % van alle Vlaamse uurhokken; 30 % voor de Boomkikker).

Voor de Boomkikker is het areaal te Knokke één van de twee plaatsen in België waar nog sprake is van een verspreide populatie. Ten tijde van het onderzoek van De Fonseca (1980) kwam de soort ook nog voor in het Oostvlaams Krekengebied bij St Jan-in-Eremo, waar ze nu verdwenen is. Dit was in feite de oostelijke uitloper van het aaneensloten areaal van de Belgische Oostkust over Zeeuws-Vlaanderen tot het Krekengebied. De verregaande verbrokkeling van het verspreidingsgebied en habitatontwaarding heeft er toe geleid dat deze deelgroep uitgestorven is. Er worden thans grensoverschrijdende inspanningen gedaan om het leefgebied van de Boomkikker te restaureren (Van der Krogt 1995).

Kleine watersalamander, Bruine kikker en Gewone pad zijn algemeen aan de kust en in de rest van Vlaanderen. Groene kikker vertoont echter een sterkere achteruitgang in de duinen. Mogelijks is dit te wijten aan het verdwijnen van een aantal grotere open waters, anderszijds kan eutrofiëring of het dempen van geschikte poelen een rol gespeeld hebben. Het dier is weinig mobiel, zodat ook de versnippering van het areaal de achteruitgang kan versterkt hebben.

7.2.8. Ongewervelden

7.2.8.1. Algemeen

Natuurbehoud en -beheer in functie van ongewervelde dieren is een relatief recent verschijnsel. De ecologische eisen die ongewervelden aan het leefmilieu stellen, zijn niet noodzakelijk dezelfde als die van bijvoorbeeld hogere planten. Zo kunnen ruigten en zoomvegetaties met eerder banale plantesoorten toch een ideaal biotoop vormen voor een gemengd gezelschap van spinnen, kevers, vliegen, vlinders, etc... Van een aantal bedreigde vlindersoorten bijvoorbeeld, behoren de voedselplanten van de rupsen niet tot de zeldzame of bedreigde planten. Vaak is voor ongewervelden de vegetatiestructuur belangrijker dan de samenstelling ervan.

In het kader van deze ecosysteemvisie was het niet mogelijk alle grote invertebratengroepen te behandelen. We beperken ons dan ook tot een aantal beter bestudeerde taxa waarvan een vrij volledige soortenlijst voor de kust kon worden samengesteld.

7.2.8.2. Dagvlinders

Dagvlinders lenen zich uitstekend voor een soortsgerichte aanpak van het natuurbehoud. De groep is altijd erg populair geweest bij entomologen, insektenverzamelaars en natuurliefhebbers. De diertjes vallen op door hun kleuren en vleugeltekeningen, maar ook door hun gedrag. Zij hebben vaak een in het oog springende vlucht en laten zich vooral op zonnige dagen zien.
Bovendien zijn dagvlinders relatief gemakkelijk te determineren en is het een soortenarme groep waardoor zij ook voor de leek toegankelijk zijn. Door die populariteit zijn er meer oude gegevens voorhanden dan van enige andere groep van de ongewervelde dieren.

7.2.8.2.1. Herkomst en verwerking van de gegevens

De verwerkte waarnemingen zijn hoofdzakelijk afkomstig uit de databank van de Vlinderwerkgroep vzw. Deze vereniging bereidt een atlas voor van de Vlaamse dagvlinders. Sinds 1991, gestart op initiatief van de Jeugdbond voor Natuurstudie en Milieubescherming, wordt druk geïnventariseerd in het gehele Vlaamse landsgedeelte. Deze inventarisatieronde werd in 1995 afgesloten. Daarnaast worden er gegevens uit de literatuur, vlindercollecties en de Vlaamse gegevens van de centrale databank van het Institut Agronomique de Gembloux (Prof.Dr. C. Verstraeten) opgeslagen, waaruit wij eveneens konden putten. Voor de Doornpanne werden gegevens van de tweede helft van de jaren tachtig gepubliceerd door Slosse (1991a, b). Bonte (1992) presenteerde de waarnemingen van de Westkust, verzameld in 1991. Verder ontvingen wij, schriftelijk of mondeling, aanvullende informatie van D. Bonte, P. Lust en S. Spruytte en verwerkten wij eigen gegevens en aanvullende literatuur.
De waarnemingen werden ingedeeld in vier perioden :

A. tot en met 1945
B. 1946-1970
C. 1971-1990
D. 1991 tot heden

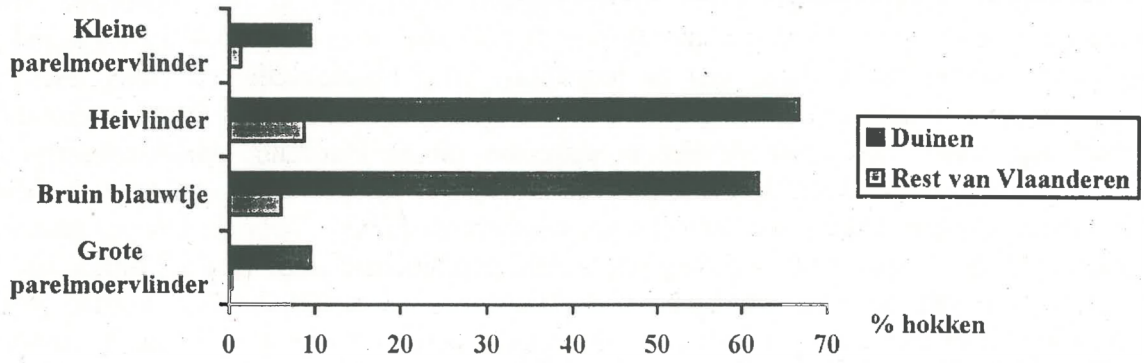
Doordat het "aanzuigeffect" van de in voorbereiding zijnde atlas niet werkt over de perioden A en B is er een duidelijke breuklijn in de aard van de verwerkte gegevens voor en na 1.1.1991. De informatie van de perioden A, B en C is bijna uitsluitend afkomstig uit literatuur en verzamelingen (ongeveer 850 gegevens), en zodoende onderling beter vergelijkbaar. De periode D bevat alle gegevens die wij konden vinden sinds 1991. Het zijn bijna uitsluitend originele waarnemingen in het kader van de inventarisatieronde voor de atlas, in totaal ongeveer 2700 gegevens.

De gegevens van het "vlinderproject" bevatten meestal slechts een UTM code voor de 5x5 km² hokken, samen met een toponiem. De UTM-code voor de hokken van 1 km² was in te veel gevallen niet te achterhalen. Om de benadering met de grotere hokken (21 voor het duingebied) aan te vullen werd ook gewerkt met toponiemen. In totaal werden er 63 onderscheiden. Per soort wordt aangegeven in hoeveel lokaliteiten zij werd aangetroffen na 1990.
Gezien de waarnemingsdichtheid in de perioden A, B en C veel geringer was dan deze van na 1990, werden de toponiemen bij algemenere soorten in bijlage samen opgenomen onder "t.e.m. 1990".

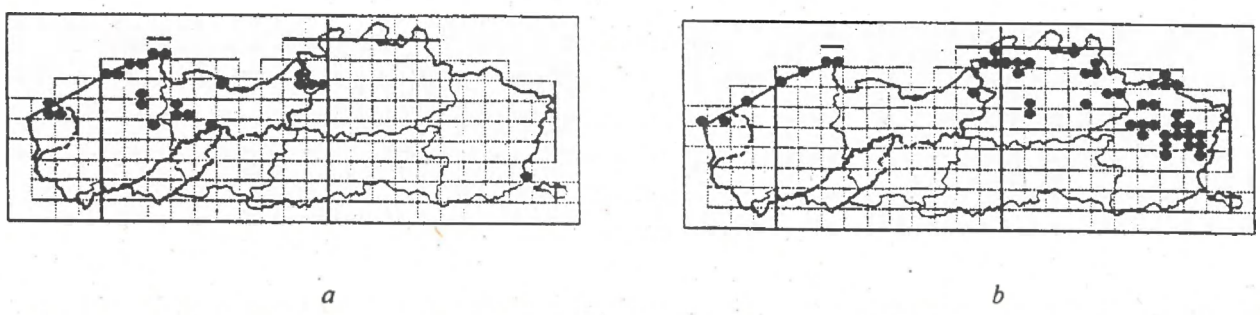
7.2.8.2.2. Betekenis van het kustgebied

In het duingebied kunnen we 24 soorten standvlinders aantreffen. Dit bijna 50% van het totaal aantal in Vlaanderen. Verder worden 4 trekvlinders en 9 zwervers min of meer regelmatig waargenomen. Van deze laatste groep is de Koninginnepage wellicht de meest algemene soort. Zij kan zelfs enige jaren standhouden. Van een drietal soorten is de positie in de duinen onzeker.

Onder de standvlinders hebben slechts 3 soorten een duidelijke relatieve voorkeur voor de duinen. Het zijn Bruin blauwtje, Heivlinder en Kleine parelmoervlinder (Figuur 7.17.).
Ook voor Grote parelmoervlinder, sporadisch als zwerver waargenomen, valt deze voorkeur uit de verspreidingsgegevens af te leiden (Figuur 7.18.). Minder significant is dit ook voor Oranje zandoogje en Hooibeestje het geval.



Figuur 7.18. Relatieve uurhokfrequentie (5x5 km²) van een aantal voor het duingebied eerder karakteristieke dagvlinders.



Figuur 7.17. Verspreiding van a. Bruin blauwtje en b. Heivlinder (Maes & Daniëls 1993).

7.2.8.2.3. Zeldzaamheid en bedreiging

Lokale trends

Trends in het voorkomen van dagvlinders aan de kust zijn moeilijk te achterhalen, gezien de relatief geringe en weinig homogene verzameling van de basisgegevens in het verleden. Zelfs van de recentste periode moeten wij concluderen dat de duinen op het vlak van dagvlinders nog onvoldoende gekend zijn: de algemeenste soorten, die normaal overal te vinden moeten zijn, werden slechts voor 70 % van het aantal onderscheiden lokaliteiten genoteerd.
Bijlage 7.13. geeft een overzicht van de ooit in het studiegebied waargenomen standvlinders. Een aantal algemene conclusies uit deze tabel zijn :

1. Een aantal soorten zijn in de loop van de tijd als standvlinder uit de duinen verdwenen; Bretons Spikkeldikkopje, Heideblauwtje en Duinparelmoervlinder. Van Grote Parelmoervlinder en Grote Vos is het niet duidelijk of zij hier echt vaste populaties hadden. Als dat wel het geval mocht zijn, dan moeten zij aan deze lijst worden toegevoegd. Kleine Parelmoervlinder wordt in Vlaanderen als uitgestorven beschouwd (Maes & Van Dyck 1996), maar werd recent aan de Westkust weer regelmatig waargenomen. In de Westhoek en Ter Yde-Oostvoorduinen is er sprake van populaties (mond. med. M. Leten en D. Bonte).

2. De populaties van Heivlinder, Icarusblauwtje, Bruin blauwtje en Hooibeestje bleven, ondanks een achteruitgang op Vlaams niveau, in de duinen vrij stabiel. Van Swaay & Van de Pavert (1994) constateerden dit fenomeen ook voor het Hooibeestje in Nederland. Voor een verklaring tasten ook deze auteurs nog in het duister.

3. Het voorkomen van Argusvlinder, Distelvlinder, Groot dikkopje, Koevinkje en Kleine vuurvlinder blijkt in het duingebied en ook in de rest van Vlaanderen vrij stabiel te zijn.

4. Stabiliteit in de duinen maar een duidelijke algemene vooruitgang in Vlaanderen vertonen Geelsprietdikkopje, Boomblauwtje en Citroenvlinder. Deze laatste twee soorten zijn altijd minder algemeen geweest in het duingebied.

5. De overige soorten zijn in geheel Vlaanderen min of meer in opmars. Bont Zandoogje, Landkaartje en Oranjetipje waren voor de Tweede Wereldoorlog niet gekend van de duinen maar zijn er sindsdien verschenen.

Rode lijst

De gedocumenteerde Rode lijst van de dagvlinders (Maes & Van Dyck 1996) geeft een overzicht van de mate van bedreiging van alle (ooit) in Vlaanderen aangetroffen standvlinders.
Slechts twee standvlinders uit het duingebied worden in deze lijst onder de categorie "kwetsbaar" gecatalogeerd : Bruin blauwtje en Heivlinder (Tabel 7.10.). De meeste zwervers zijn wel Rode lijst-soorten maar veelal is het duingebied voor hen nooit van enige betekenis geweest.
In de categorie "uitgestorven in Vlaanderen" is het duingebied echter wel van belang (geweest) voor Bretons spikkelkopje, Duin-, Grote en Kleine parelmoervlinder. Grote parelmoervlinder wordt nog sporadisch als zwerver waargenomen. Aan de Westkust werden recent populaties van Kleine parelmoervlinder vastgesteld. De vlinder kan in ieder geval als een "doelsoort" voor het duinecosysteem worden beschouwd.

Tabel 7.9. Verdeling van de dagvlinders over de Rode lijst-categorieën. 0=uitgestorven in Vlaanderen, 1=met uitsterven bedreigd, 2=bedreigd, 3=kwetsbaar, Z=zeldzaam, ?=onvoldoende gekend, N=momenteel niet bedreigd (Maes & Van Dyck 1996).

Rode lijst categorie	*standvlinders*	*verdwenen*	*zwervers*	*Vlaanderen*
0	1	2	2 (3?)	21
1			2	8
2			2 (3?)	6
3	2	1		7
Z			1	4
N	21		1	23
?				1
totaal	23	3	9 (11?)	70

7.2.8.3. Libellen

69 soorten libellen werden ooit in België waargenomen, waarvan 65 ook in Vlaanderen (De Knijf 1996). Bijlage 7.14. geeft een overzicht van de 23 ook aan de kust aangetroffen soorten. De lijst is in hoofdzaak samengesteld aan de hand van publicaties van Anselin (1974, 1978, 1991, 1992, 1993a en b). De meest recente gegevens werden in hoofdzaak door de Libellenwerkgroep verzameld (cfr. tijdschrift Gomphus). Verdere informatiebronnen zijn Bonne (1995), Bonte (1994), De Knijf (1994a en b), Lejeune (1977) en Michiels et al. (1986).

Zeldzaamheid en bedreiging

Uit de totalen van de verschillende tijdvakken zou men kunnen afleiden dat de groep er op vooruit ging. De toename van het aantal waargenomen soorten is echter vooral te wijten aan een stijging van de inventarisatiegraad. Uit de Rode lijst-gegevens blijkt dat de meeste soorten vrij algemeen zijn. Van de recent waargenomen soorten behoort bijna 90 % tot de categorie "actueel niet bedreigd".

De zeldzamere soorten betreffen steeds zwervers, die eventueel een tijdje kunnen standhouden. Bij dergelijke zwervers komt aan de kust soms "val" voor. Bij zwerfbewegingen stoten de dieren op de zee, die ze niet durven overvliegen. Dan blijven ze hangen in het dichtstbijzijnde geschikte biotoop. Soms gaat het hierbij om zuidelijke soorten die tijdelijk hun noordgrens verleggen. Een voorbeeld van een dergelijke zuidelijke zwerver is de Zwervende pantserjuffer (*Lestes barbarus*). Ook de Vuurlibel (*Crocothemis erythraea*), die al enige tijd een populatie heeft in Adinkerke, is een zuidelijke soort die zich momenteel, naar alle waarschijnlijkheid onder invloed van klimatologische factoren, in ons land aan het uitbreiden is.
Diverse soorten passeren hier op de zuidwaartse najaarstrek. De algemeenste hiervan, Bruinrode heidelibel (*Sympetrum striolatum*) is vaak nog tot in november te zien. De dieren worden dan tot tegen en boven het strand waargenomen. De zeereep dient hier als tijdelijk foerageergebied of biedt beschutting bij slecht weer.

Bruine winterjuffer (*Sympecma fusca*) en Bruine korenbout (*Libellula fulva*), respectievelijk bedreigd en met uitsterven bedreigd, werden recent nog in het kustgebied waargenomen. Voor Variabele waterjuffer (*Coenagrion pulchellum*), Tengere grasjuffer (*Ischnura pumilio*) en Tangpantserjuffer (*Lestes dryas*), drie bedreigde soorten, was dit na 1980 niet meer het geval.

7.2.8.4. Loopkevers

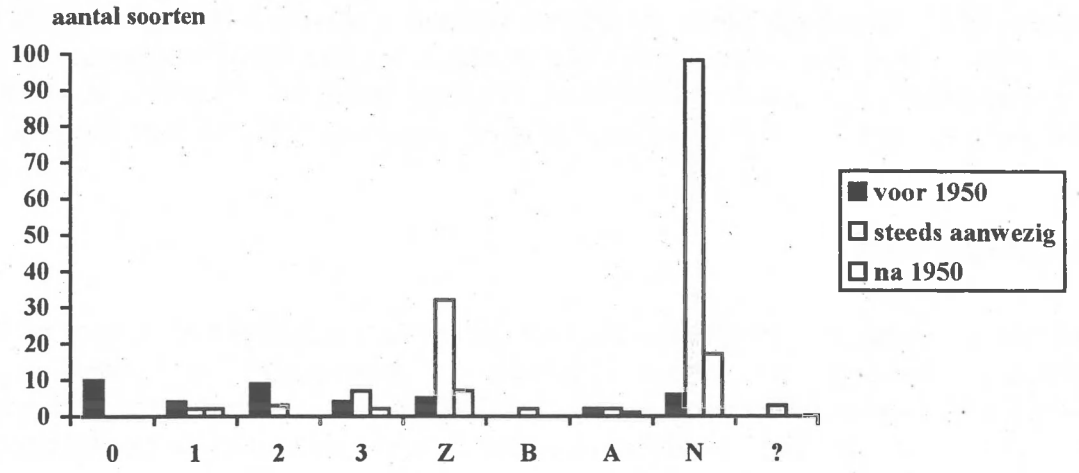
Zandloopkevers en loopkevers (respectievelijk Cicindelidae en Carabidae) komen voor in zowat alle terrestrische habitats, zijn relatief eenvoudig te determineren en kunnen op een gestandaardiseerde manier bemonsterd worden (met behulp van bodemvallen). Veel soorten stellen bovendien hoge eisen aan hun habitat waardoor de groep als vrij goede bio-indicator kan worden aangewend (Desender & Baert 1995).
In het kader van dit project ontbraken de middelen om een volledige soortenlijst voor het kustgebied op te stellen. De lijst in bijlage 7.16. werd samengesteld aan de hand van de verspreidingsatlassen voor België, opgemaakt door Desender (1986a-d). Dit is uiteraard een vrij ruwe benadering. Van de meest bedreigde soorten wordt een korte bespreking overgenomen uit de Rode lijst voor zand- en loopkevers (Desender et al. 1995) in bijlage 7.15.

Soortenrijkdom

De soortenlijst van de kust bevat 220 soorten. 62 % van de in Vlaanderen inheemse loopkevers werden dus ooit aan de kust waargenomen. Ongeveer 35 soorten (10 %) is voor het overleven in Vlaanderen in belangrijke mate op de kust aangewezen. 8 hiervan zijn vrijwel volledig kustgebonden. Het zijn *Bradycellus distinctus, B. csikii, Dromius notatus, Dyschirius obscurus, Pogonus litoralis, P. lunidipennis, Bembidion pallidipenne* en *Harpalus melancholicus*. Deze laatste twee soorten werden na 1950 in Vlaanderen niet meer waargenomen.
Na 1950 werden 29 voor het kustgebied nieuwe soorten genoteerd. 40 soorten zijn er sindsdien verdwenen.
Deze cijfers moeten echter met de nodige terughoudendheid geïnterpreteerd worden. Het is immers niet steeds duidelijk of de soorten wel degelijk een populatie hebben opgebouwd.

Zeldzaamheid en bedreiging

201 soorten of 57 % van alle Vlaamse (zand)loopkevers werden in een categorie van de Rode lijst opgenomen. Ongeveer de helft daarvan (91 soorten) maakt deel uit van de categorie "zeldzaam". Nagenoeg één derde van de Rode lijst-soorten bereiken in Vlaanderen de rand van hun areaal. Bijna 10 % van de Vlaamse (zand)loopkevers is uit het Gewest verdwenen.
Aan de kust vinden (vonden) we 97 Rode lijst-soorten (ca. 44 %), waarvan er 44 "zeldzaam" zijn (Figuur 7.19.). 10 soorten zijn uit het studiegebied verdwenen. Ongeveer 20 % van de Rode lijst-soorten aan de kust bereiken in Vlaanderen de rand van hun areaal. Deze soorten zijn vaak (onder meer) van wetenschappelijk belang doordat zij duidelijk andere morfologische, genetische of ecologische kenmerken vertonen.
Van de uit het kustgebied verdwenen soorten behoort 85 % tot een Rode lijst-categorie. Bij de na 1950 waargenomen soorten bedraagt dit slechts 40 %.



Figuur 7.19. Verdeling van de (zand)loopkevers van de kust over de Rode lijst-categorieën. 0=uitgestorven in Vlaanderen, 1=met uitsterven bedreigd, 2=bedreigd, 3=kwetsbaar, Z=zeldzaam, B= waarschijnlijk bedreigd, A=achteruitgaand, ?=onvoldoende gekend, N=momenteel niet bedreigd (Desender et al. 1995).

Van de kenmerkende soorten van het kustgebied (cfr. bijlage 7.16.) behoort slechts één soort niet tot een Rode lijst-categorie. Bembidion minimum werd inderdaad waargenomen in alle kusthokken (duinen en polders) en in een groot gedeelte van de Scheldepolders. De overige soorten zijn vrij sterk bedreigd. Respectievelijk 95 en 88 % van alle typische soorten voor de habitats "duinen en stranden" en "slikken en schorren" werden in de Rode lijst opgenomen. Gedeeltelijk is dit hoge aantal te wijten aan de relatieve zeldzaamheid van de kustbiotopen (categorie Z). Soorten van slikken en schorren blijken tevens zeer gevoelig te zijn voor vervuiling (organisch materiaal, zware metalen), recreatie en versnelde verzanding (Desender et al. 1995).
Uit onderzoek (onder meer Desender & Baert 1995) blijkt dat loopkevergemeenschappen aan de kust zeer dynamisch zijn. Het beeld van de totale soortenrijkdom is dan ook cummulatief en daarom te nuanceren.

7.2.8.5. Sprinkhanen

Voor het opstellen van de gegevens betreffende de Sprinkhanenfauna werd voornamelijk gebruik gemaakt van de vrij gedetailleerd overzichtsartikelen van Decleer & Devriese (1992a, b). Bijlage 7.17. geeft een overzicht van alle soorten die met zekerheid in het duingebied werden aangetroffen. De gegevens laten toe om een opsplitsing te maken tussen de periode 1850-1950 en de periode na 1980. Tevens wordt bij elke soort het voorkomen per deelgebied en een Vlaamse waarderingscategorie (naar Decleer et al. 1989) vermeld. De schijnbaar grote soortenrijkdom van een aantal gebieden (Zwinbosjes, Westhoek en Zandpanne) hangt vermoedelijk grotendeels samen met de hogere inventarisatie-inspanningen.

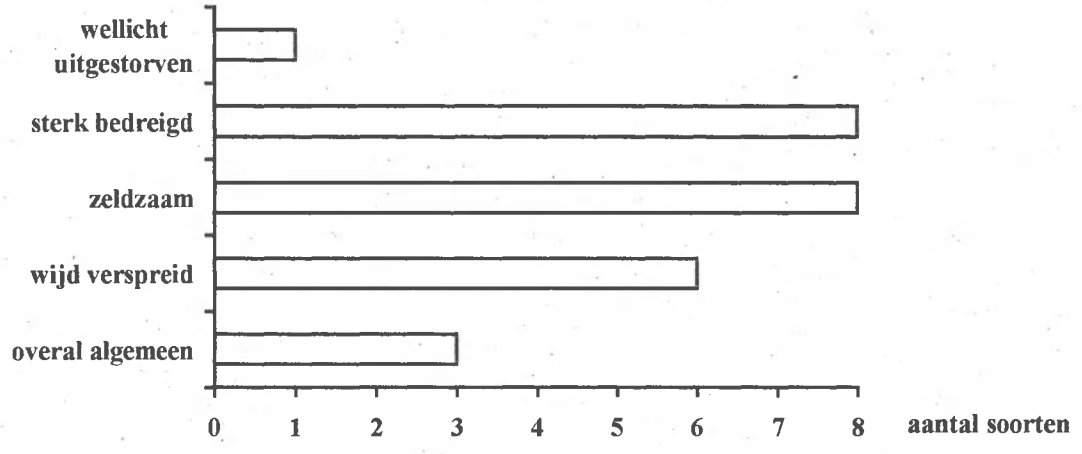
De soortenlijst voor het duingebied telt 25 soorten. Het voorkomen van de Snortikker (*Chorthippus mollis*) is nog onzeker. 19 soorten werden nog na 1980 in het studiegebied waargenomen. Dit is ca. 55 % van de totale Vlaamse Sprinkhanenfauna (naar Decleer et al. 1989). Deze vrij hoge soortenrijkdom danken de kustduinen onder meer aan het warme microklimaat en de diversiteit aan habitats. Verder blijken insektenpopulaties zich vaak jarenlang

instand te houden in geïsoleerde gebieden. Aangezien de meeste soorten droge en warme omstandigheden verkiezen, hebben de populaties ook weinig te leiden onder verdroging.
De meeste soorten hebben een zeer specifieke biotoopvoorkeur en kunnen als bio-indicatoren worden aangewend. Zuidelijk spitskopje (*Conocephalus discolor*), Duinsabelsprinkhaan (*Platycleis albopunctata*), Zanddoorntje (*Tetrix ceperoi*), Schavertje (*Stenobothrus stigmaticus*) en Kustsprinkhaan (*Chorthippus albomarginatus*) zijn wat hun voorkomen in Vlaanderen betreft vrijwel beperkt tot het duingebied. Dit is ca. 20 % van de actuele sprinkhanenfauna aan de kust.

Zeldzaamheid en bedreiging

Drie tot vijf soorten zijn momenteel vermoedelijk uit het duingebied verdwenen; Wrattenbijter (*Decticus verrucivorus*), Veldkrekel (*Gryllus campestris*), Moerassprinkhaan (*Mecostethus grossus*), Zeggedoorntje (*Tetrix subulata*) en Wekkertje (*Omocestus viridulus*). Van de twee laatste soorten zijn er recente meldingen (van het Zeggedoorntje o.a. van Westhoek en Groenendijk - mond. med. D. Bonte). Het is dus niet uitgesloten dat deze soorten nog voorkomen. Wrattenbijter is vermoedelijk uitgestorven in Vlaanderen, Veldkrekel en Moerassprinkhaan zijn bedreigd en Zeggedoorntje en Wekkertje zijn zeldzaam in Vlaanderen.
Drie soorten werden enkel na 1980 voor het eerst in het kustgebied waargenomen; Struiksprinkhaan (*Leptophyes punctatissima*), Bramesprinkhaan (*Pholidoptera griseoptera*) en Veenmol (*Gryllotalpa gryllotalpa*). De soorten zijn respectievelijk wijd verspreid, zeldzaam en bedreigd in Vlaanderen.

Van de 19 recent aan de kust waargenomen soorten zijn er 6 bedreigd in Vlaanderen, waaronder 4 kustspecifieke soorten (Zuidelijk spitskopje, Duinsabelsprinkhaan, Schavertje en Zanddoorntje). Blauwvleugelsprinkhaan (*Oedipoda caerulescens*) en Veenmol (*Gryllotalpa gryllotalpa*) worden ook elders in Vlaanderen aangetroffen. 5 soorten zijn zeldzaam; Bramesprinkhaan (*Pholidoptera griseoptera*), Kustsprinkhaan (*Chorthippus albomarginatus*), Greppelsprinkhaan (*Metrioptera roeseli*), Knopsprietje (*Myrmeleotettix maculatus*) en Negertje (*Omocestus rufipes*). De overige soorten zijn vrij algemeen (Figuur 7.20.).
Op korte termijn moet wellicht enkel het Negertje beschouwd worden als een voor de duinen met uitsterven bedreigde soort. Openmaken van dichte struwelen en het herstel van extensief tot matig intensief graasbeheer (in eerste instantie in de Zwinbosjes) zijn nodig om de soort te redden.



Figuur 7.20. Verdeling van de sprinkhanen over de bedreigingscategorieën van Decleer et al. (1989).

Door de recente struweel- en bosvormingstendenzen konden zich een aantal soorten nieuw vestigen of uitbreiden : Bramesprinkhaan, Grote groene sabelsprinkhaan (*Tettigonia viridissima*), Krasser (*Chorthippus parallelus*), ... Dichte, ondoordringbare struwelen of bos zijn evenwel voor Sprinkhanen oninteressant (Decleer & Devriese 1992). Ideaal voor de meeste soorten is een grote variatie aan open mos- en zandduin, kortbegraasde en meer halfopen grasland met ruigere zomen en alle overgangen hiertussen. Veel soorten zijn bovendien gespecialiseerd in de specifieke (micro-)klimatologische omstandigheden (warme zandbodems e.d.) die in het kustgebied voorkomen. De enige soorten die exclusief aan natte ruigten of hooilanden zijn gebonden (nl. Moerassprinkhaan en Zeggedoorntje) zijn vermoedelijk uitgestorven respectievelijk zeer zeldzaam in de duinen. Mogelijks zijn deze soorten er echter altijd zeer zeldzaam geweest.

7.2.8.6. Landslakken

In het kader van deze studie beperkt de bespreking van deze groep zich noodgewongen tot een interpretatie van de (voorlopige) atlas van de landslakken van België (De Wilde et al. 1986, bijlage 7.18.). Dit werk vermeldt voor Vlaanderen 112 soorten. Aan de kust werden 77 soorten (bijna 70 %) ooit waargenomen. 15 daarvan (13%) vertonen wat hun verspreiding in Vlaanderen betreft een sterke voorkeur voor de kust.
Microklimatologische omstandigheden (in de duinen komen een aantal zuidelijke soorten voor) en kalkrijkdom van het duinzand zijn mogelijke verklaringen voor het relatief hoog soortenaantal voor de kust.

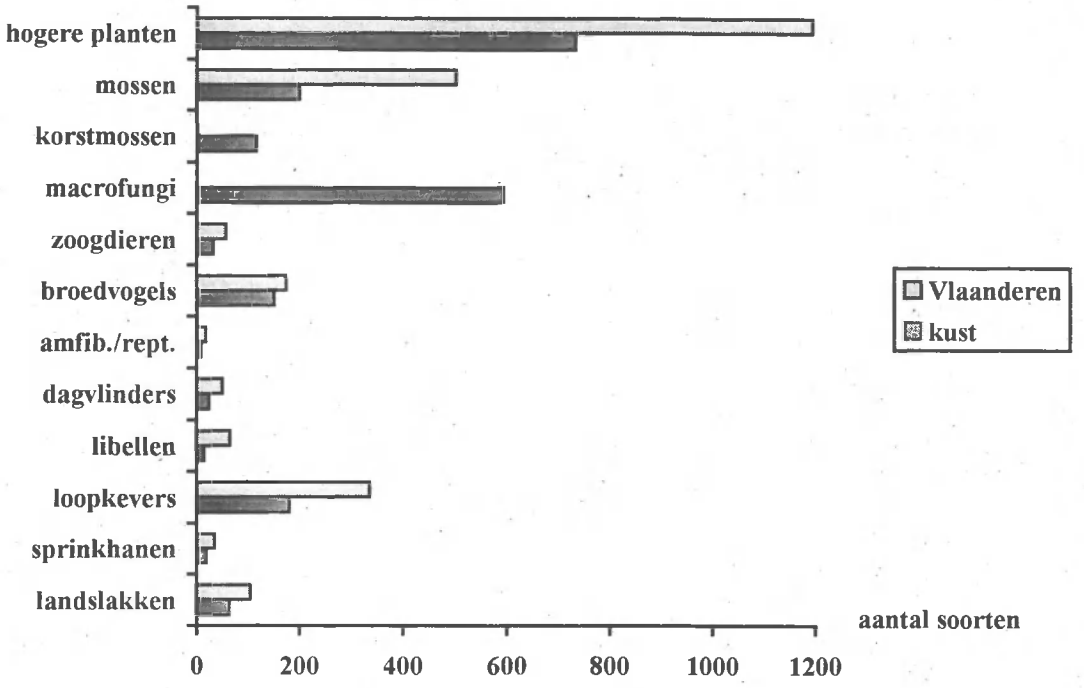
7.2.8.7. Conclusie

De ecologische betekenis van het duingebied loopt voor de verschillende invertebratengroepen sterk uiteen. Noodgedwongen beperken de besprekingen in het kader van deze ecosysteemvisie zich tot dagvlinders, libellen, loopkevers en sprinkhanen.
De meeste dagvlinders van de duinen zijn in Vlaanderen vrij algemene soorten. De zeldzamere en "karakteristieke" soorten zijn bijna allemaal - toch minstens als standvlinder - uit de duinen verdwenen. Alleen de Heivlinder en het Bruine Blauwtje kunnen als voor het gebied belangrijke standvlinders bestempeld worden. De recente "opmars" van Kleine parelmoervlinder is een interessant gegeven.
De geringe betekenis van de duinen voor libellen is niet verwonderlijk, gezien de voortplantingsbiotopen van deze groep hoofdzakelijk uit moerassen en open waters bestaan. De kust blijkt wel een belangrijk doortrekgebied te zijn.
Voor sprinkhanen, loopkevers en landslakken is het kustgebied vrij belangrijk. Meer dan de helft van de Vlaamse soorten kan er worden aangetroffen. Binnen deze groepen kan 10 à 15 % van de soorten als min of meer kustspecifiek worden bestempeld. Ongeveer de helft van de loopkever- en sprinkhaansoorten behoort tot een bedreigde categorie.

Slechts een heel beperkt gedeelte van de invertebratenfauna werd reeds grondig bestudeerd. Bovenstaande - met het nodige voorbehoud geformuleerde - conclusies zullen in de toekomst dus nog aangevuld en/of genuanceerd kunnen worden. In de eerste plaats lijkt het afbakenen van relevante doelsoorten (-groepen) wenselijk om de efficiëntie van toegepast wetenschappelijk onderzoek naar invertebraten te verhogen.

7.2.9. Soortendiversiteit aan de Vlaamse kust

Hoewel de (voormalige) verspreiding van een aantal taxa binnen het kustgebied reeds vrij gedetailleerd beschreven werd, kunnen we de kennis omtrent de totale soortsdiversiteit zeer beperkt noemen. Het aantal invertebratensoorten in Vlaanderen bijvoorbeeld, wordt op meer dan 200000 geschat (Verbruggen 1994), het aantal macrofungi in Nederland op meer dan 4000 (Bas et al.). Het streven naar een zo volledig mogelijk overzicht van de biotische diversiteit is echter niet realistisch en ook niet noodzakelijk relevant in het kader van deze studie-opdracht (zie ook de inleiding van dit hoofdstuk).



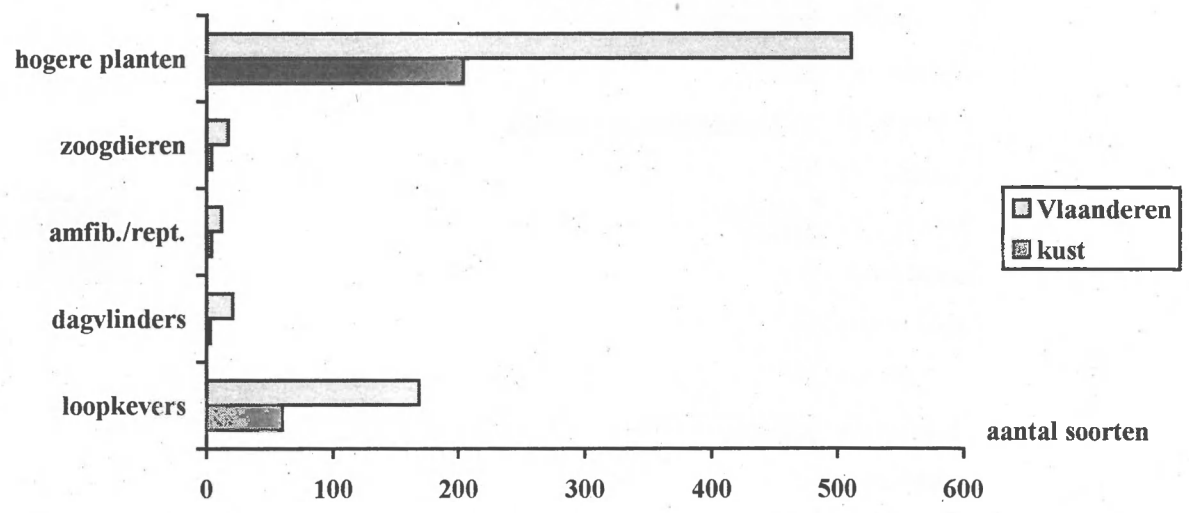
Figuur 7.21. Soortenrijkdom van een aantal organismengroepen aan de kust in vergelijking met Vlaanderen of België.

Uit Figuur 7.21. kunnen enkel conclusies getrokken worden omtrent de relatieve soortenrijkdom van een aantal taxa aan de kust. Soortgelijke gegevens over andere ecodistricten zijn schaars. Tabel 7.10. vergelijkt de soortenaantallen van de kust met die van twee eveneens als "ecodistrict" te beschouwen gebieden. Daaruit blijkt de duinstreek, de oppervlakte van het gebied in acht genomen, voor de meeste groepen vrij hoog te scoren. Definitieve uitspraken in dit verband vergen echter een meer uitgewerkte vergelijking met o.m. Pleistocene dekzandgebieden, (zand)leemgebieden, etc...

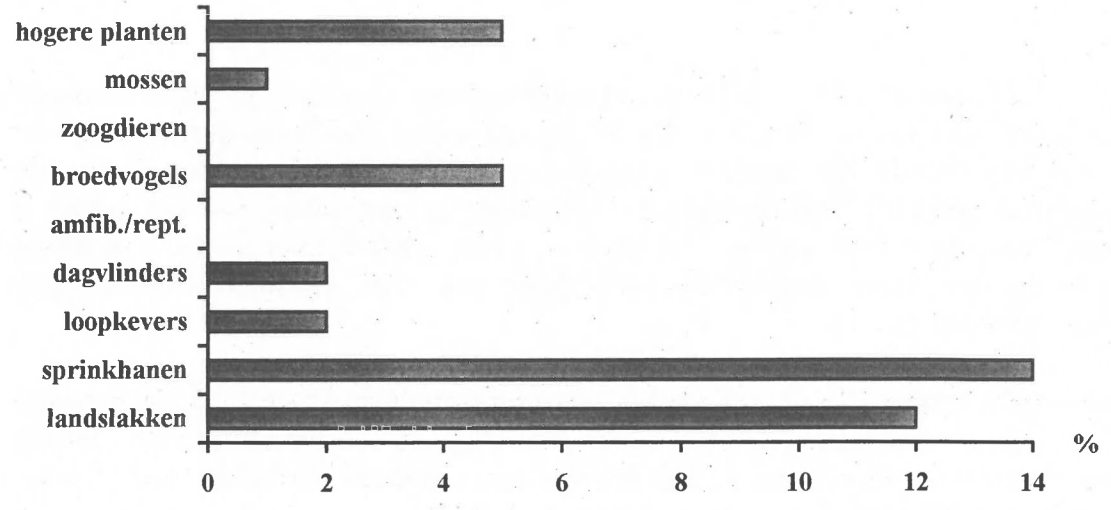
De broedvogels vormen aan de kust de best vertegenwoordigde groep (±85 %), gevolgd door hogere planten en landslakken (±60 %). Van alle Vlaamse soorten zoogdieren, amfibieën & reptielen, dagvlinders, loopkevers en sprinkhanen komt ongeveer 50 % ook aan de kust voor. Libellen zijn duidelijk minder sterk vertegenwoordigd (20 %).

Tabel 7.10. Vergelijking van soortenaantallen van enkele taxa aan de kust, in het Krekengebied (Delaunois 1982) en in de Bovenscheldevallei (Menschaert 1991, Ramon et al. 1991).

	Kust (75 km²)	Krekengebied (80 km²)	Bovenschelde (160 km²)
Hogere planten	733	523	600
Zoogdieren	32	30	41
Broedvogels	150	110	95
Amfibieën & reptielen	9	6	10
Dagvlinders	24	16	?
Libellen	14	?	14
Landslakken	63	43	?



Figuur 7.22. Aantal bedreigde soorten aan de kust en in Vlaanderen voor verschillende organismengroepen.



Figuur 7.23. Aandeel van kustspecifieke soorten binnen Vlaanderen voor verschillende organismengroepen.

Voor onderling enigszins vergelijkbare gegevens omtrent bedreiging van soorten (Figuur 7.22.) baseren we ons op de Rode lijst-categorieën (Maes et al. 1995). Het aandeel Vlaamse Rode lijst-soorten (s.l.) aan de kust bedraagt 30 à 40 % voor hogere planten, amfibieën/reptielen en loopkevers, ca. 20 % voor zoogdieren en 10 % voor dagvlinders. Aan de kust komt bijna 50 % van de in Vlaanderen zeldzame of bedreigde sprinkhaansoorten voor (Decleer et al. 1989).

Het aantal kustspecifieke soorten vertoont voor de onderscheiden groepen sterke verschillen (Figuur 7.23). Onder de Vlaamse sprinkhanen en landslakken kan 10 à 20 % van de soorten als kustspecifiek bestempeld worden. Voor hogere planten en broedvogels bedraagt dit ca. 5 %; voor mossen, dagvlinders en loopkevers nog slechts 1 tot 2 %. Onder zoogdieren, amfibieën en reptielen vinden we geen soorten die (nagenoeg) uitsluitend aan de kust worden waargenomen.

Ook voor bedreiging en specificiteit van soorten is vergelijking met andere ecosystemen in Vlaanderen noodzakelijk om voor het natuurbeleid relevante conclusies te kunnen trekken.

7.3. Levensgemeenschappen

In onderstaande paragraaf worden enkele van de belangrijkere ecologische aspecten van levensgemeenschappen kort belicht. De meeste aandacht gaat daarbij uit naar plantengemeenschappen, gezien hun hiërarchisch niveau in het ecosysteem enerzijds en de relatief beperkte kennis in verband met faunistische gemeenschappen anderzijds. De vegetatiekundige aspecten zijn in hoofdzaak ontleend aan het eerste deel van "De vegetatie van Nederland" (Schaminée et al. 1995). Deze nog in opmaak zijnde vijfdelige reeks kan gezien worden als een grondige revisie van het in 1969 voor het eerst verschenen boek "Plantengemeenschappen in Nederland" van Westhoff & Den Held en kan ook voor Vlaanderen als toekomstig standaardwerk voor de fytosociologie worden beschouwd.

7.3.1. Enkele ecologische mechanismen

7.3.1.1. Verbreiding

Hoe onderling verschillend de dispersiemechanismen en -eigenschappen van de diverse dier- en plantesoorten ook zijn, een "toevalsfactor" enzerijds en de schaal van het koloniseerbare terrein en de lokale concurrentieverhoudingen anderzijds spelen altijd een doorslaggevende rol. Kolonisatie kan dus onverwacht en onvoorspelbaar succesvol zijn, maar anderzijds moet benadrukt worden dat de "levende-experiment"-ervaringen met kolonisatie van vele nieuwgevormde grote natuurgebieden (drooggevallen platen Deltagebied en Lauwersmeer, grote bosaanplanten in de Zuiderzeepolders in Nederland, opgespoten terreinen in Antwerpse en andere havengebieden, ...) slechts met de grootste terughoudenheid mogen worden gebruikt bij de evaluatie van (her-)vestigingskansen in de actuele Belgische duingebieden.

Hogere planten (cf. Müller-Schneider 1983, Snow & Snow 1988)

Hoewel een duidelijke classificatie van de (Hogere) planten op basis van hun verbreidingsbiologie kan worden gemaakt, beschikken heel wat planten in de realiteit over een min of meer uitgebreid gamma aan verbreidingswijzen. Voor de potenties tot vestiging van plantenpopulaties kunnen wij ons echter beperken tot een drieledige vraagstelling:

- welke (potentiële) sleutel- of natuurdoelsoorten beschikken over mechanismen die een snelle kolonisatie mogelijk maken, eventueel onder welke randvoorwaarden ?
- welke beschikken hier niet over en binnen welke grenzen ?
- wat is de rol van de mens hierbij ?

In een kustecosysteem zijn een drietal (half-)natuurlijke verbreidingsmechanismen effectief bij een (snelle) diasporenverbreiding op lange afstand, m.a.w. voor kolonisatie van (nieuwe) geschikte habitats door soorten die niet in de (onmiddelijke) omgeving aanwezig zijn.

- Soorten gekenmerkt door windverbreiding (anemochorie), vooral deze die zijn aangepast aan dispersie op lange afstand, ondervinden in regel weinig problemen bij de kolonisatie van nieuwe groeiplaatsen. Veelal betreft dit soorten van (relatieve) pioniermilieu's, dynamische habitats of waarvan de kieming in pioniermilieu's gebeurt (Kruipwilg - *Salix repens*, Riet -

Phragmites australis, ...). Verder behoren een belangrijk aantal zeldzame/bedreigde soorten van duinkalkmoerassen tot deze groep (orchideeën, Parnassia, ...), evenals varens, paardestaarten, mossen en lichenen (zie verder). Beperkingen binnen deze groep worden vooreerst gevormd door een in het algemeen minder optimale diasporenmorfologie (b.v. zwaarte van de zaden, grootte en efficiëntie van de pappusharen of vleugels, verspreiding via sporen dan wel soridiën of thallusdelen bij lichenen, ...). Lange-afstandsverbreiding van b.v. belangrijke anemochore boomsoorten als Gewone es (*Fraxinus excelsior*) en Gewone esdoorn (*Acer pseudoplatanus*) blijft daardoor relatief beperkt. Daarnaast spelen echter ook de zeldzaamheid en groeiplaatsomstandigheden (lokalisatie t.o.v. de windrichting, vegetatie- en landschapsstructuur) van de potentiële moederpopulaties een rol. Zo zijn de kansen op hervestiging van de "laag-bij-de-grondse" Honingorchis (*Herminium monorchis*) in de duinen tussen Duinkerke en De Panne vanuit de kleine populatie in een Oostduinkerkse duinvallei waarschijnlijk beperkt.

- Verbreiding door (trekkende) vogels (ornithochorie), voornamelijk inwendig via het maag/darmstelsel (vnl. besdragende soorten maar ook andere niet-vlezige diasporen), maar ook uitwendig aan de poten en veren van waad- en watervogels, vormt zeker een belangrijk fenomeen, getuige o.a. de relatief recente kolonisatie van de duinen door diverse struweelsoorten. Een belangrijke beperking wordt hier allicht gevormd door de trekrichting en het trekgedrag van de besetende vogels en, in mindere mate, de waadvogels. Kolonisatie door besdragende soorten is het meest efficiënt vanuit de noordelijke kuststreken, de vestigingskansen van zuidelijke (Spekwortel - *Tamus communis*, Zwart peperboompje - *Daphne laureola*) of binnenlandse soorten zijn al veel beperkter. In sommige gevallen vormen tweehuizigheid (Wegedoorn - *Rhamnus cathartica*) of beperkte vruchtbaarheid (Welriekende salomonszegel - *Polygonatum odoratum*) een beperking voor verbreiding of vorming van populaties.
- Een aparte groep van soorten met klaarblijkelijk goede lange-afstandsverbreidingsmogelijkheden vormen de soorten die zich drijvend op het water, in casu via zeestromingen (thallasochorie) verbreiden (zeereepsoorten, vermoedelijk ook een aantal slikke-, schorre- en zilte ruigtesoorten). Uit waarnemingen gedurende de laatste decennia (Rappé 1981 en 1996) blijkt in elk geval dat deze soorten zich snel vestigen van zodra gunstige omstandigheden worden gecreëerd (rijshouthagen in de zeereep b.v.). Vermoedelijk werken de zeestromingen ook hier echter selecterend: meer kansen voor uitbreiding zuidelijke soorten (Zandduizendknoop - *Polygonum raii* b.v.) dan voor noordelijke (Zandhaver - *Elymus arenarius*, ...).

Voor veel andere soorten gebeurt de verbreiding echter enkel op korte tot middellange afstanden of is de kans op lange-afstandsverbreiding en kolonisatie van geïsoleerde habitats zeer klein en "toevalsafhankelijk". Bij al deze blijft de relatie met de moederplant of bronpopulatie relatief zichtbaar en speelt de aard van het te overbruggen terrein een belangrijke rol. In windrijke, dynamische duinsystemen worden allicht heel wat zaden net als en samen met zandkorrels lokaal verbreid (korte-afstands-anemochorie: b.v. Helm - *Ammophila arenaria*). Eveneens korte tot middellange afstanden kunnen worden afgelegd via diverse vormen van zoöchorie: dispersie via de pels, hoeven, enz. (exozoöchorie: b.v. Veldhondstong - *Cynoglossum officinale*) of de uitwerpselen (endozoöchorie) van (zoog)dieren. Opvallend is de blijvende aanwezigheid en abundantie van b.v. Veldhondstong (vruchten op konijnehoogte) en de achteruitgang van veel "agropastorale" ruderalen (b.v. Malrove - *Marrubium vulgare*) die vermoedelijk eerder via vee werden verspreid. Ook het gericht verslepen van eetbare zaden (dysochorie) door diverse dieren kan zeer belangrijk zijn en b.v. bepalend voor de kolonisatiekapaciteiten van bos-sleutelsoorten als Zomereik (*Quercus robur*) (Vanacker 1996). Belangrijk is ook verbreiding via mieren

(myrmicochorie: viooltjes, sleutelbloemen, Gewone vleugeltjesbloem - *Polygala vulgaris*, en andere grasland-, zoom- en bosplanten, ...). De beperkingen van b.v. myrmicochorie blijken echter duidelijk uit de verspreiding van Ruig viooltje (*Viola hirta*) in de Vlaamse duinen: algemeen en in een diversiteit aan habitats ten westen van De Panne, volledig ontbrekend in de vergelijkbare duinen oostelijk van Koksijde. Extreme korte-afstandsverbreiders zijn de autochoren (actieve zelfverbreiders: b.v. wikke-soorten, ooievaars- en reigersbeksoorten, ...) en barochoren (passieve "vallers"), al komen deze dispersiewijzen meestal in combinatie met andere voor.

Zoals te verwachten zijn vooral de soorten van meer stabiele habitats (graslanden, zomen, bossen) weinig aangepast aan snelle of lange-afstandskolonisatie. Desondanks vestigden zich verspreid in diverse duinbossen reeds een aantal typische soorten van "oud bos" (o.a. Bosbingelkruid - *Mercurialis perennis*, Wilde narcis - *Narcissus pseudonarcissus*, Bosgierstgras - *Milium effusum*, Wilde hyacint - *Hyacinthoides non-scripta*, ...). De kans dat deze hier niet helemaal spontaan zijn terechtgekomen is echter reëel. Aangenomen wordt dat introductie van veebegrazing in grote rasters direct (endo- of exozoöchoor) of indirect (verbindingsroutes voor myrmicochore graslandplanten) voor betere dispersie van sommige soorten kan zorgen.

De natuurlijke dispersiebeperkingen van bepaalde groepen van plantensoorten worden momenteel ten dele opgeheven door menselijke factoren (hemerochorie). Rechtstreekse aanvoer van soorten in de "natuur" (bewust: uitzaaien of -planten, of onbewust) lijkt voorlopig relatief beperkt (tenzij misschien in wegbermen: cf. Zwaenepoel et al. 1994), maar neemt allicht toe. Verbreiding via het natuurbeheersciruit (apparatuur, kleding, excursies, ...) werd reeds meerder malen vastgesteld, zowel binnen terreinen (Westhoek: Geelhartje - *Linum catharticum*, Tormentil - *Potentilla erecta*, ...) als tussen terreinen onderling (Hannecartbos naar Westhoek: Moerasrolklaver - *Lotus uliginosus*). Van enkele vindplaatsen van natuurdoelsoorten (Parnassia - *Parnassia palustris*, bossoorten uit vorige alinea, Grote centaurie - *Centaurea scabiosa*, ...) kan worden vermoed dat zij relatief recent werden aangevoerd. Dit is overigens al een oud fenomeen (cf. Eerste Wereldoorlog-adventieven, enz.), maar kan in de toekomst toenemen. Van groter belang voor de toekomstige vegetatie is en wordt allicht de toenemende cultuur van potentieel verwilderbare attractieve tuinplanten, mede een gevolg van de versnippering van de duingebieden. Dit betreft overigens zowel inheemse soorten (Muskuskaasjeskruid - *Malva moschata*, ...; soms wel cultivars: Bonte gele dovenetel - *Lamium galeobdolon* ssp. *argentatum*), als exoten (Mahonia - *Mahonia aquifolia*, Witte winterpostelein - *Claytonia perfoliata*, ...). Ook indien deze soorten niet via tuinafval e.d. direct in de natuur terechtkomen en zij niet over lange-afstandsverbreidingsmechanismen beschikken, biedt hun aanwezigheid in nabijgelegen tuinen en parken hun een onmiskenbaar voordeel bij de vestiging in min of meer natuurlijke vegetaties, zeker ook in veranderende/veranderlijke habitats.

Tenslotte is vegetatieve verbreiding een zeer belangrijke dispersievorm op korte afstand. Dit proces beïnvloedt vooral de populatie-opbouw en de competitieve eigenschappen van veel soorten. Bij een aantal kritische soorten (ook vaatkryptogamen) van niet zeer stabiele milieu's garandeert het een (min of meer snelle) toename van de populatie (Honingorchis - *Herminium monorchis*, Moeraswespenorchis - *Epipactis palustris*, Bonte paardestaart - *Equisetum variegatum*, Armbloemige waterbies - *Eleocharis quinqueflora*, ...) tot een "veilige" grootte. In veel gevallen is het een levensstrategisch instrument in de concurrentiestrijd van competieve soorten (Duindoorn - *Hippophae rhamnoides*, Duinriet en Hennegras - *Calamagrostis epigeios* & *C. canescens*, Grauwe abeel - *Populus canescens*, ...).

Kryptogamen

Alle landkryptogamen (varens, paardestaarten, mossen en lichenen) zijn theoretisch anemochore soorten (sporen, soridiën, thallusdelen) met goede dispersiemogelijkheden. De relatief snelle (jonge vochtige pannen, jonge mosduinen, bepaalde epifyten) of in elk geval succesvolle (epifyten langs de kust in het algemeen) kolonisatie van (periodiek) nieuwe habitats illustreert dit. Dikwijls betreft dit acrocarpe mossen, varens, een aantal lichenen. O.a. During & Van Tooren (1987) wijzen echter op de veel tragere kolonisatie van kalkgraslandhabitats door o.a. pleurocarpe mossen of soorten van meer gestabiliseerde habitats. Eventuele beperkingen worden immers ook hier in eerste instantie gevormd door de diasporenmorfologie (b.v. verbreiding via sporen dan wel soridiën of thallusdelen bij lichenen, ...). Verder vormen een aantal potentiële windverbreiders onder de mossen en lichenen in onze streken zelden of nooit sporenkapsels (Sparremos - *Thuidium abietinum*, ...), al kunnen bij dergelijke soorten losse blad- of stengeldelen ook wel voor dispersie zorgen. Bij vele soorten is de belangrijkste vegetatieve dispersie echter de vorming van dichte pol- of matstructuren (Gewoon gaffeltandmos - *Dicranum scoparium*, Gewoon puntmos - *Calliergonella cuspidata*, ...). Ook in deze groep kunnen lokale zeldzaamheid en grootte van de potentiële bronpopulaties, naast hun specifieke standplaatseigenschappen, de onbeperkte dispersie hypothekeren (b.v. bij Bonte paardestaart - *Equisetum variegatum*).

Wieren (o.a. Kranswieren - *Charophyta*) worden vnl. verbreid via water, maar zeker ook via water- of waadvogels. De efficiëntie en beperkingen van de verbreiding binnen deze groep zijn onbekend, maar bepaalde soorten kranswieren (*Chara vulgaris, C. globularis*, ...) zijn in elk geval snelle kolonisatoren van recent ontstane water-habitats.

Fungi

Aangezien paddestoelen en schimmels in overgrote meerderheid anemochoor zijn, spelen verbreidingsbarrières vermoedelijk geen of een minder belangrijke rol voor deze soorten. Dit blijkt ook wel uit de versnipperde arealen en de kolonisatiepraktijk van veel van deze soorten.

Insecten en spinachtigen

Hoewel het overgrote deel van de insecten over vleugels beschikt, zijn de dispersie- en kolonisatiecapaciteiten van deze groep zeer divers en in hoge mate soortgebonden. Snelle verbreiders en goede kolonisatoren zijn b.v. veel loop- en waterkevers, trekvlinders, libellen, sommige vlinders, ... Ook hier is het zo dat de soorten van dynamische milieu's (zeereep, stuifduinen, jonge duinpannen, pioniermosduinen, slikken en schorren, ...) vrijwel altijd over optimale dispersiecapaciteiten beschikken (mond. med. K. Decleer).

Bij andere sooren en groepen stellen zich beperkingen. Bepaalde soorten zijn slechts beperkt macropteer en dus slechts zeer tijdelijk of periodiek in staat tot kolonisatie (b.v. sommige sprinkhaansoorten). Sommige vlinders zijn zeer honkvast (in elk geval gedurende voortplantingsperiode) en/of beschikken over te zwakke vleugelspieren voor succesvolle lange-afstandsdispersie. Probleem is ook de gebruikelijke geslachtsverdeling (er zijn minstens twee individuen van een verschillende sexe nodig voor de voortplanting), terwijl bij sommige groepen (sprinkhanen b.v.) de zwangere wijfjes te zwaar zijn om te vliegen. Daarnaast ontbreken in de huidige situatie dikwijls de geschikte en/of vroeger wel aanwezige "stepping-stones" of zijn de

populaties in het binnenland of de buitenlandse kustgebieden te klein geworden of te ver verwijderd om nog succesvol als bronpopulatie te kunnen fungeren.

Algemeen kan gesteld worden dat soorten die vroeger al slechts relictueel of met een zeer geïsoleerde populatie in de duinen voorkwamen (b.v. Bretoens spiegeldikkopje - *Pyrgus armoricanus*), nauwelijks kans maken op spontane hervestiging. Ook bij een aantal andere verdwenen of zeer zeldzaam geworden doelsoorten van de meer stabiele habitats (duingraslanden, ...) of potentiële doelsoorten van recenter sterk uitgebreide habitats (struwelen, bossen, b.v. Sleedoornpage - *Thecla betulae*) ligt een spontane (her)vestiging niet voor de hand. In elk geval zal hier veel tijd mee gemoeid zijn en spelen "toevalsfactoren" hierbij een grote rol.

Een aantal spinachtigen kan wat betreft verbreidingsstrategie misschien nog het best vergeleken worden met anemochore planten en schimmels: passieve dispersie van vnl. jonge dieren door de wind met behulp van spindraden. Dit betreft vnl. weer soorten van dynamische milieu's (stuifduinen, mosduinen en korte graslanden, pionierpannen, ...). Soorten (spinnen, ook kevers, ...) van zeereepmilieu's en getijdegebieden worden soms ook via zeestromingen verspreid. Daarentegen zijn de dispersiemogelijkheden van een grote groep soorten (zeer) beperkt en ontbreken ook vanouds al een aantal in het binnenland aanwezige soorten in ecologisch verwante duinhabitats (mond. med. J.-P. Maelfait).

Herpetofauna (mond. med. D. Bauwens)

Hagedissen, salamanders, kikkers en padden zijn allicht vrij goede kolonisatoren op korte afstand. Men veronderstelt dat vooral de juveniele exemplaren zwerfgedrag vertonen. Verbreiding over grotere afstanden is allicht incidenteel. Dit kan bij kikkers en padden ook via door vogels getransporteerde eiersnoeren gebeuren. Globaal genomen hangt voorspelbare (her)kolonisatie dus af van een voldoende dicht net van "stepping-stones" (poelen, sloten; voor Levendbarende hagedis - *Lacerta vivipara*: open duingebieden) en een niet te vijandig verbindingsgebied. Voor Rugstreeppad (*Bufo calamita*), Levendbarende hagedis en in iets mindere mate ook voor Kamsalamander (*Triturus cristatus*) en Boomkikker (*Hyla arborea*) moet deze migratie gebeuren via de duinstrook zelf en/of de duin-polderovergangszone. Van diverse van deze soorten en vooral van de laatste zijn de potentiële bronpopulaties (Boomkikker: Knokke, westelijk Zeeuws-Vlaanderen, Bray-Dunes) overigens dikwijls klein en in toenemende mate geïsoleerd (Bauwens & Claus 1996). Overigens zijn voor een succesvolle kolonisatie door alle amfibieënsoorten meerdere individuen van beide geslachten noodzakelijk.

Tenslotte is ook dit een groep organismen die zich vrij goed leent voor diverse vormen van introductie (cf. Alpenwatersalamander - *Triturus alpestris* aan de Westkust): bewuste uitzetting door goedmenende amateurs tot het terug uitzetten van opgekweekte kikkervisjes door kinderen op vakantie. Het is dus niet onmogelijk dat in de toekomst de dispersie van deze groep in toenemende mate zal ontsnappen aan natuurlijke wetmatigheden of natuurbeheersopties.

Vogels

Hoewel er onderlinge verschillen bestaan qua gemak en snelheid van (her)vestiging, lijken er voor vogels geen wezenlijke problemen op dit vlak te bestaan: zelfs de Griel - *Burhinus oedicnemus* blijkt in de Nederlandse duinen terggekeerd. Zeker de soorten van dynamische milieu's

(Strandplevier - *Charadrius alexandrinus*, Dwergstern - *Sterna albifrons*, ...) kunnen zeer snel koloniseren.

Zoogdieren

De meeste kleine zoogdieren die tot de potentiële fauna van de kust behoren (overigens nooit echt kustgebonden soorten), zijn reeds aanwezig in het gebied en lijken in de praktijk ook weinig dispersieproblemen te kennen. Ook bij de Vos (*Vulpes vulpes*) lijkt de kolonisatie van de duinen slechts een kwestie van tijd. Een uitzondering vormen misschien de Rode eekhoorn (*Sciurius vulgaris*) en de Boommarter (*Martes martes*) die mogelijk onvoldoende "stepping-stones" vinden in de bosloze polder om vanuit het binnenland op natuurlijke wijze de duinbossen te koloniseren. Voor de grotere zoogdieren (op zeezoogdieren na) zijn dispersiebarrières echter een realiteit, zowel t.g.v. het ontbreken van bronpopulaties in het nabije achterland als door diverse obstakels als autowegen, bebouwing, afsluitingen (gesteld dat er zowiezo nog geschikte leefruimte in de duinen aanwezig zou zijn). Zo mag ook de spontane vestiging van een reeënpopulatie (*Capreolus capreolus*) in het Westhoekreservaat of elders aan de kust momenteel virtueel uitgesloten worden geacht.

Wel moet opgemerkt worden dat ook een aantal zoogdieren tot de soorten behoren die relatief "gemakkelijk" actief worden ingevoerd of ontsnappen uit gevangenschap (b.v. Siberische grondeekhoorn - *Tamias sibiricus*, Damhert - *Dama dama*, enz.).

7.3.1.2. Diasporenbank en andere overbruggingsmechanismen

Bij een aantal Hogere Planten, en ook bij een groot deel van de Lagere Planten, speelt de permanente, min of meer langlevende diasporenbank (zaden, sporen) een belangrijke rol in de overlevingsstrategie van de soort. Hoewel de zaadbank als wondermiddel voor habitatherstel sterk gerelativeerd moet worden (Vyvey 1986), blijken zowel uit de praktijk als uit onderzoek dat toch een zekere recrutering uit een min of meer oude diasporenbank een belangrijke bijdrage kan leveren tot het herstel van botanische biodiversiteit en, soms, van habitats. Voor harde uitspraken is de bestaande kennis dikwijls echter nog zeer onvoldoende en soms contradictorisch. In Decleer & Leten (1994) worden een aantal mogelijkheden en grenzen voor het belang van diasporenbanken voor natuurontwikkeling en -herstel aangegeven, die hier slechts summier behandeld worden.

De levensduur van zaden blijkt zowel soortsbepaald als afhankelijk van de bewaringsomstandigheden. Van heel wat soorten blijven een zeker aantal zaden/diasporen wel een aantal jaren kiemkrachtig in de bodem aanwezig, maar met de tijd vermindert dit aantal en in normale omstandigheden beschikt slechts een beperkt aantal soorten over zaden die hun kiemkracht langer dan enkele decennia behouden. Ongunstige bewaaromstandigheden (voor de in het natuurbehoud belangrijke soorten) blijken o.a. alle vormen van periodieke of onregelmatige verstoring en andere omstandigheden die de kieming bevorderen maar verder overleven beletten, voedselrijkdom en andere omstandigheden die de biologische bodemactiviteit bevorderen. Relatief betere kansen op behoud hebben zaden die (diep) begraven werden (b.v. door overstuiving of opspuiting) of in verruigde/verboste milieu's met een ongeroerde bodem.

Over een al dan niet uitgebreide, maar in elk geval relatief langlevende zaadbank beschikken o.a. Russen en Veldbiezen, vele Cypergrassen (maar waarschijnlijk niet: Veenpluis - *Eriophorum angustifolium*), veel Boterbloem- en Waterranonkelsoorten (maar niet: Dotterbloem - *Caltha palustris*), Heide-achtigen, veel Vlinderbloemigen, Fonteinkruid-achtigen, soorten van de Anjerfamilie en de Sleutelbloemfamilie. Niet over een overblijvende en zeker niet langer dan enkele jaren overlevende zaadbank beschikkende groepen zijn voor zover bekend Orchideeën, heel wat grassen (maar wel een zaadbank: b.v. Struisgrassoorten - *Agrostis* spp.), de halfparasieten uit de Helmkruidfamilie, de meeste Schermbloemigen, bijna alle bomen en struiken, de soorten uit de Wintergroenfamilie, ...

Bij terrestrische kryptogamen beschikken minstens een deel van de mossen ("kolonisten" als *Bryum-*, *Pottia-* en *Riccia*-soorten, ... , mond. med. M. Hoffmann; During & Van Tooren 1987; Van Tooren et al. 1990) en Kranswieren (*Chara, Nitella*, ...) over een langlevende zaadbank in de grond. Naast sporen spelen ook tubers, blad- en stengelfragmenten een grote rol bij de overleving. Veel pleurocarpe en grote acrocarpe mossen van meer gesloten vegetaties en stabiele milieu's lijken daarentegen te ontbreken in mossenzaadbanken. Hoe het zit met de zeldzame, niet of zelden sporulerende soorten van soortenrijke mosduinen (*Tortella flavovirens, Pleurochaete squarrosa*, ...) is onbekend. Voor duingebieden lijkt (met mogelijke uitzondering van jonge vochtige pannen en open water) de diasporenbank van kryptogamen dan ook niet zo belangrijk. Veel belangrijke kryptogamen uit het duingebied zijn overigens epifyten! Ook een aantal varens (*Dryopteris*-spp., Moerasvaren - *Thelypteris palustris*) zouden een min of meer langlevende zaadbank opbouwen, andere varensoorten, zoals de Addertongfamilie en Paardestaarten vermoedelijk niet.

Qua habitat blijken veel kortlevende ruderalen en akkeronkruiden (uitzondering: o.a. Bolderik - *Agrostemma githago*), veel water- en moerasplanten (uitzonderingen: een aantal potentiële dominanten als Riet - *Phragmites australis*, Hennegras - *Calamagrostis canescens*, ...), soorten van kalkmoerassen en zure laagvenen (uitzonderingen o.a. de orchideeën, Moeraskartelblad - *Pedicularis palustris*), pioniers van halfnatuurlijke vochtige/natte bodem, zilverschoon-, zure en heischrale graslanden en heiden (uitzonderingen o.a. Fijn schapegras - *Festuca filiformis*, Buntgras - *Corynephorus canescens*, ...) over relatief goede herstelmogelijkheden vanuit de zaadbank te beschikken. Na meer dan een 10-tal jaren blijven van b.v. de duinkalkmoerassoorten waarschijnlijk ook nog enkel kleine zeggen en de russen kiemkrachtig, samen met pionierssoorten als Waterpunge (*Samolus valerandi*), Zomerbitterling (*Blackstonia perfoliata*) e.d. Parnassia (*Parnassia palustris*) of Slanke gentiaan (*Gentianella amarella*) verdwijnen vermoedelijk reeds na 5 à 10 jaar uit de zaadbank en van andere soorten (b.v. Zwarte knopbies - *Schoenus nigricans*) is de "trefkans" op een overlevend kiemkrachtig zaad waarschijnlijk zeer klein.

In de soortengroepen van de vochtige, voedselrijkere graslanden, blauwgraslanden, natte ruigten e.d., maar ook in deze van de droge kalkrijke pioniermilieu's (!) heeft ongeveer de helft van de soorten enige kans om na een vijftal jaar nog in de zaadbank aanwezig te zijn. Bij de soorten van kalkrijke mesofiele tot droge graslanden, zomen en struwelen zijn opvallend weinig soorten met een min of meer langlevende zaadbank (uitzondering: o.a. Geel zonneroosje - *Helianthemum nummularium*), hetzelfde geldt voor de bosflora. In de ondergroei van jonge nitrofiele struwelen en bossen zitten echter weer wel een aantal zaadbanksoorten, waaronder potentieel vervelende soorten als Grote brandnetel (*Urtica dioica*) en diverse *Rubus*-soorten.

Duidelijk is echter dat in vrijwel alle gevallen, ook bij maximaal behoud van de diasporenbank en optimale kiemings- en overlevingsomstandigheden, een volledige reconstructie van de

uitgangsvegetatie vrijwel onmogelijk is (min of meer uitzondering: o.a. vochtige pioniervegetaties). Daarnaast mag aangenomen worden dat zelfs in optimale "zaadbankhabitats", na verloop van enige tientallen jaren nog slechts het stramien van russen, cypergrassen, echte pioniers, e.d., automatisch zal kunnen worden gerecupereerd (weliswaar nog altijd met enkele belangwekkende soorten) en dat het heropduiken van andere taxa voor een belangrijk deel tot de "gelukstreffers" zal behoren. Omgekeerd betekent dit wel dat een aanwezige zaadbank reeds vanaf het vroegste stadium van de vegetatie-ontwikkeling een stempel kan drukken op de successie (b.v. de aan- of afwezigheid van een structuurvormende soort als Padderus - *Juncus subnodulosus* in vers uitgestoven pannen) en dat ontginning van verstruweelde/verboste pannen botanisch een heel andere uitgangssituatie kan scheppen dan uitstuiving.

Zijdelings moet nog opgemerkt worden dat sommige plantensoorten vrij lang kwijnend, steriel en zeer onopvallend in de (verruigde, verstruweelde of verboste) vegetatie aanwezig kunnen zijn. Ook wordt soms wel verondersteld dat b.v. orchideeënknollen meerdere jaren zouden kunnen overleven zonder bovengrondse plantedelen. Dit staat echter nog zeer ter discussie. Wel blijft het protocorm-stadium een variabel aantal jaren ondergronds en kan dit soms voor enige jaren "reserve" zorgen bij vernietiging van de bovengrondse populatie (cf. Leten 1995 i.v.m. Honingorchis - *Herminium monorchis* in het Westhoekreservaat). Een faunistische variant is het niet-voortplantend overleven van de herpetofauna. Bestaande amfibieënpopulaties kunnen zich, bij het tijdelijk ontbreken van het voortplantingsbiotoop, nog een zekere, maar soortsafhankelijke tijd handhaven : van 3 à 4 jaar bij b.v. Boomkikker tot maximaal ca. 10 jaar bij de Rugstreeppad. Ook op dit vlak (zie paragraaf verbreidingsecologie) vormt de Boomkikker dus de meest uitgesproken probleemsoort van deze groep. Bij ongewervelden zijn enkele (vertegenwoordigers) van sommige groepen in staat om b.v. één of meerdere ongunstige jaren in inactief in b.v. het slib van een drooggevallen plas door te brengen. Daarnaast produceren sommige sprinkhanen ook eieren met een variabele levensduur (tot 4 jaar), min of meer vergelijkbaar met een kortlevende diasporenbank bij planten.

7.3.1.3. Kiemings- en overlevingsecologie van planten

De kiemings- en juveniele overlevingsecologie van planten is een complexe zaak, waarover concrete informatie uit de veldsituatie veelal ontbreekt of slechts fragmentarisch bekend is. Beter bekend, maar al even veelvormig, zijn de overlevingsstrategieën uit het volwassen stadium (Grime 1979). Een korte theoretische behandeling is te vinden in Deel I, hoofdstuk 7.3.1.1. Deze tekst beperkt zich tot de (anecdotische) behandeling van enkele voor ontwikkelings- en herstelpotenties relevante sleutel-plantensoorten, processen en situaties. Voor informatie over sleutelsoorten uit de fauna (Konijn , Vos, ...) verwijzen wij naar 7.2.5.2.

- Helm (*Ammophila arenaria*) verbreidt zich voornamelijk vegetatief, maar voor nieuwvestiging is kieming van zaad noodzakelijk. De kiemingsvereisten zijn echter veel specifieker dan de brede en klimatologisch/bodemkundige dikwijls extreme standplaatsen van de volwassen planten laat vermoeden. De soort is hoofdzakelijk een windverbreider waarvan de zaden zich blijkbaar hoofdzakelijk, net als zandkorrels, dicht bij de bodem verplaatsen. In zeereepsituaties vestigt de soort zich in voedselrijke, zoete vloedmerkduintjes. Achter de zeereep (in het Westhoekreservaat) werd succesvolle kieming en vestiging voornamelijk waargenomen in verse tot op het grondwater of een vochthoudende humusbank uitgestoven depressies. In overstromende delen overleeft de soort niet. Voor succesvolle vestiging is aanvoer van vers zand noodzakelijk, maar sterke overstuiving overleeft de soort slechts van zodra zij voldoende

is uitgegroeid en ook dan voornamelijk in een voldoende dicht groepsverband. Het meest optimale vestigingsmilieu blijkt de contactzone tussen jonge pannen en stuivende duinen. Vestiging uit zaad werd verder nog waargenomen binnen bestaande populaties en in overstuivende struweelrelicten. De ontwikkeling van helmduinen vanuit deze laatste individuen vond slechts incidenteel plaats. In neerslagrijke jaren/perioden werd lokaal wel kieming op het kale stuifduinoppervlak waargenomen, maar overleving was hier zo goed als uitgesloten en dergelijke vestigingen hadden geen invloed op de duinvorming. Natuurlijke of kunstmatige bemesting zou een succesvolle kieming en uitgroei wel kunnen bevorderen. Het wortelgestel van de volwassen planten is gevoelig voor aantasting door aaltjes en schimmels (Van der Putten et al. 1993). Voor hun overleving zullen helmplanten dus aangewezen zijn op een continuë verversing van het substraat door overstuiving of door vegetatieve uitwijking.

–

– Kruipwilg (*Salix repens*), Schietwilg (*Salix alba*) en andere wilgen zijn onmiddellijk kiemende anemochoren. Het kiemingsmilieu is in de duinen beperkt tot vochtige, kale minerale bodems (vers uitgestoven vochtige pannen), zeer zelden (bodemverstoring, laagst gelegen mosduinzone in extreem natte jaren) ook nog in een ouder ontwikkelingsstadium. Individuele zaden worden over zeer grote afstanden verbreid, in regel beïnvloedt de afstand tot de bronpopulatie echter duidelijk de dichtheid van kieming (momenteel vooral opvallend in het gelokaliseerde vestigingspatroon van de boomvormende wilgensoorten). Na succesvolle vestiging kunnen zij verdroging en (matige) overstuiving goed verdragen en individuele kruipwilgplanten kunnen vermoedelijk zeer oud worden. In verdroogde duingebieden kan Kruipwilg dus niet meer kiemen en hetzelfde geldt voor de situatie na afbraak of ontginning van struweel en bos(aanplant) : hervestiging is in de praktijk slechts mogelijk na plaggen tot op het mineraal substraat en in voldoende vochtige milieu's. Dit kan van grote invloed zijn op vegetatie-ontwikkelingen bij herstelbeheer. Kruipwilg wordt relatief weinig afgegraasd (soms wel massaal door konijnen "geknipt") en tolereert maaien in regel zeer goed. In dit laatste geval heeft de soort de neiging om dichte hoog opschietende velden te vormen, dikwijls ten nadele van structuur- en soortendiversiteit van de betreffende habitat. Of dit ook na herhaald maaien zo blijft is onduidelijk. In tegenstelling tot zijn naam, "kruipt" Kruipwilg niet echt en is vegetatieve kolonisatie beperkt tot hooguit enige decimeter per jaar ("afleggers"). Myccorhiza spelen een belangrijke rol in de vitaliteit en het overleven van de wilgensoorten, wat zich ook uit in begeleidende soorten paddestoelen en myccorhiza-afhankelijke vaatplanten. De soort(en) vormen, zeker in contact met kalkrijk zand, ook zeer specifieke humusvorm.

– Duindoorn (*Hippophae rhamnoides*) is een besdragende struik die generatief voornamelijk door vogels wordt verbreid. Door de abundantie van deze soort aan de Vlaamse kust heeft de tweehuizigheid nauwelijks invloed op de kolonisatiecapaciteiten. Kieming gebeurt hoofdzakelijk in vochtige pannen (!), vooral in jonge stadia (soms reeds in kaal zand), maar ook op open plekken in oudere begroeiingen. In droge en gesloten begroeiingen is generatieve vestiging mogelijk, maar in elk geval veel zeldzamer en afhankelijk van specifieke lokale factoren (bodemverstoring, nutriëntenaanrijking, ...). Op lokale schaal is de belangrijkste dispersievorm ongetwijfeld vegetatieve uitbreiding met behulp van rizomen (tot 10 m per jaar), waardoor de soort in het open duingebied nauwelijks kolonisatiebeperkingen kent (van vochtige pannen tot mosduin, zelfs kleinere stuifplekken). De groeivorm en vitaliteit blijven echter zeer standplaatsgebonden (laag en open en gemakkelijk afstervend in mosduinen of graslanden; middelhoog en dicht, maar eveneens na enige tientallen jaren grotendeels afstervend in vochtige/natte pannen met ondiepe wortelzone; hoog, dicht en misschien langer levend in diep doorwortelbare mesofiele pannen). Na gemiddeld enige tientallen jaren sterven duindoornstruiken meestal af (waarbij nematoden een rol spelen, cfr. Zoon 1995), maar

vegetatief herstel is mogelijk en sommige duindoornvegetaties leven allicht veel langer dan de individuele struiken. Ook andere aantastingen (div. insecten) kunnen tot lokaal vitaliteitsverlies en zelfs afsterven leiden. De sites werden ondertussen wel aangerijkt met stikstof en ook andere bodemkenmerken werden beïnvloed, wat de verdere ontwikkeling van de vegetatie sterk beïnvloed (dikwijls veel Duinriet - *Calamagrostis epigeios* en/of nitrofieten). Ook de randwerking (b.v. zone met hogere productie in gemaaide duinpannen) kan zich uitstrekken over vele meters. Jonge vitale Duindoorn verdraagt (laat) jaarlijks maaien zeer goed. Minder of geen herstel na maaien/kappen is er bij latere inundatie van de site, bij oudere duindoornstruiken en in sommige droge sites. "Wieden" van individuele Duindoorns geeft eveneens veel minder herstel. Niet gemaaide of vertrapte Duindoorn is daarentegen vrij tolerant t.o.v. periodieke overstroming. Verdroging vermindert daarentegen wel de vitaliteit en vegetatieve kolonisatie. Het effect van brand (in onze duinen bijna altijd met een menselijke oorzaak) is minder duidelijk: oudere planten lijken hierdoor volledig af te sterven. De soort moet globaal genomen beschouwd worden als een indicatorsoort van dynamische duinen en duinvormingsperiodes. Aangenomen kan worden dat toenemende stabilisatie en oppervlakkige verzuring van de duinen en/of de successie naar opgaand struweel en bos, het huidige "succes" van Duindoorn in de toekomst zullen beperken.

- Wilde liguster (*Ligustrum vulgare*) is eveneens een besdragende ornithochore soort, echter met een kiemingsmilieu dat beperkt lijkt tot oudere (minstens een dertigtal jaren) sites met beter ontwikkelde humusbodem (dikwijls grasland- of kruipwilgvegetaties). Kiemplanten vermijden blijkbaar te natte en extreem droge omstandigheden, maar door vegetatieve uitbreiding kunnen ook vochtige (tot beperkte periodieke inundatie) en xerofiele sites worden gekoloniseerd. Vegetatieve uitbreiding is beduidend trager dan bij de vorige soort, met behulp van wortelende takken, maar ook van wortelopslag (in elk geval bij bodembeschadiging). In homogene terreinomstandigheden worden uitgestrekte, zeer gesloten en soortenarme vegetaties gevormd. Op de bodemontwikkeling heeft dit proces echter vermoedelijk minder invloed. Door een nog onbekende reden kunnen dergelijke massieven (en in mindere mate ook individuele ligusterstruiken) na verloop van tijd volledig afsterven. Bij ontginning van vitaal ligusterstruweel schieten de struiken nochtans weer uit; wel lijken konijnen dergelijke planten preferent te ontschorsen of de jonge scheuten te "knippen". Het is nog onbekend of de soort blijvend maaien of begrazen tolereert.

- De kiemings- en overlevingsbiologie van bosvormende bomen uit de duinen is uiteraard te divers om kort en globaal te behandelen. Toch enkele losse opmerkingen over specifieke soorten. Algemeen kan gesteld worden dat de huidige duinen een voor boomgroei minder vijandig kiemings- en vestigingsmilieu vormen dan veelal aangenomen. Dispersieproblemen (vanouds bosarme omgeving, overwegend aanlandige winden) en nutriëntenarmoede vormen vermoedelijk de belangrijkste obstakels. In tegenstelling tot wat gebruikelijk in de literatuur vermeld wordt, kiemt en vestigt b.v. Gewone es (*Fraxinus excelsior*), afhankelijk van het zaadaanbod (winddispersie over kortere afstanden), zich ook en soms massaal in droge duinen (o.a. Oosthoekduinen in De Panne). Bij een lage konijnestand slaagt deze soort er, net als Zomereik (*Quercus robur*) zelfs in om in beschutte mosduintjes en thermofiele kruipwilgstruwelen te kiemen en zich op zijn minst enige jaren te handhaven. De snelste en in het breedste gamma van habitats kiemende en opgroeiende boomsoort is evenwel Gewone esdoorn (*Acer pseudoplatanus*; enkel niet in periodiek geïnundeerde sites en open stuifduin). Spontaan gevestigde boomsoorten zijn in het Westhoekreservaat (en vermoedelijk ook elders) maximaal een 30 à 40 jaar oud, vertonen in een aantal gevallen (geïsoleerde bomen dicht bij de zeereep) vitaliteitsproblemen, maar er werd tot op heden nog geen opmerkelijke sterfte

vastgesteld. Voornamelijk tot uitsluitend in jonge vochtige pannen kiemen Ruwe en Zachte berk (*Betula pendula, B. pubescens*), Ratelpopulier, Grauwe abeel en Ontariopopulier (*Populus tremula, P. canescens, P. candicans*), Schietwilg (zie boven). De populiersoorten kunnen door vegetatieve uitbreiding vrij snel de gehele omgeving overgroeien, inclusief de droge duingedeelten. Dergelijke spontaan gevestigde Ratelpopulier- en Ontariopopulier-bestanden sterven gemakkelijk en soms reeds op jonge leeftijd af, eventueel met vegetatieve verjonging. In mindere mate of op een later tijdstip kan dit fenomeen zich waarschijnlijk ook voordoen bij de andere soorten van deze groep. Zwarte els (*Alnus glutinosa*) is een zelden, uitsluitend in (zeer) natte omstandigheden en in de onmiddelijke nabijheid van geplante bomen kiemende boom. Deze bomen worden, net als de geplante exemplaren, vermoedelijk niet oud.

- Een voor het behoud of herstel van gewenste vegetaties relevante vraag betreft de kiemings- en overlevingsmogelijkheden van diverse soorten onder specifieke beheersregimes. Uit ervaring in het Westhoekreservaat blijkt o.a. dat bij maaibeheer (nazomer/herfst) in jonge vochtige tot mesofiele pannen ernstige vestigingsproblemen van kritische soorten kunnen optreden. Hoogstwaarschijnlijk zijn deze te wijten aan mechanische beschadiging van juveniele planten tijdens een kwetsbare levensfase en vooral aan de microklimatologisch ongunstige omstandigheden (sterke uitdroging gedurende het ganse najaar en winter) na het maaien. Ook is ervaren dat relictpopulaties (b.v. Zwarte knopbies - *Schoenus nigricans*) in verdroogde of verstruweelde soms veel maaigevoeliger zijn dan te verwachten. Van door vee begraasde sites is bekend dat een aantal soorten (b.v. orchideeën) preferentieel worden gegeten en/of betredingsgevoelig zijn. Na ontginnings- of herstelbeheer kunnen soms veel soorten worden gerecupereerd uit de zaadbank (zie boven). De ervaring leert echter dat dit geen garantie is voor blijvende vestiging. Succesvolle kieming en overleven van de juvenielen is o.a. afhankelijk van het voldoende open houden van de "kapvlakte-vegetatie" (verwijderen van ruw strooisel) en het tegengaan van snelle dominantie door competitieve soorten (o.a. via maaien, eventueel enkele malen per jaar).

7.3.1.4. Populatiegrootte

Bij alle soorten, maar zeer afhankelijk van de specifieke standplaatsfactoren en van de dispersie- of zaadbankkarakeristieken van de soort, geldt een kritische minimumgrens voor de leefbaarheid van een populatie. Hoewel het onbegonnen werk is om dit aspect in detail te bespreken, hierover ontbreekt trouwens de elementair benodigde kennis, is het van belang er op te wijzen dat voor een niet onbelangrijk deel van de in het kustgebied aanwezige soorten, tendele ook doelsoorten, de huidige populatiegrootte waarschijnlijk geen overlevingsgaranties biedt op lange termijn. Dit verklaart ten dele waarom, ondanks beschermings- en beheersmaatregelen, kritische soorten blijven verdwijnen (cf. de bespreking van Honingorchis - *Herminium monorchis* in Leten 1995). In hoeverre (te) kleine en geïsoleerde populaties ook te lijden hebben aan genetische erosie staat ter discussie. Vergelijking van vroegere en huidige verspreidingsgegevens of evaluatie van huidige (b.v. per "uurhok") samengevatte gegevens geven voor veel kritische doelsoorten een te geflatteerd beeld van achteruitgang, dan wel herkolonisatiemogelijkheden. Wel moet gesteld worden dat ook de soortenlijsten uit de referentieperiode soorten bevatten die vermoedelijk nooit met leefbare populaties in het studiegebied aanwezig waren (b.v. Spinnenorchis - *Ophrys sphegodes*).

7.3.1.5. Vegetatieprocessen

Concurrentie en successie

De sociale structuur in plantengemeenschappen wordt mee bepaald door de interacties tussen de samenstellende individuen. Planten kunnen elkaar positief beïnvloeden (zoals bv. schaduwsoorten in bossen, hemiparasieten, epifyten, ...) of kunnen met elkaar in concurrentie treden. Deze concurrentie is een drijfveer voor de vegetatiesuccessie; het proces waarbij een fytocoenose ontstaat of in een ander overgaat. Vooral in pioniersituaties met weinig stress is de concurrentie groot. Het zijn dan ook in de eerste plaats de "opportunisten" en in een latere fase de "doordouwers" die de vrijgekomen niches invullen. Naar mate de successie vordert, verhoogt de nichedifferentiatie (verticale structuur, cfr. bossen) en wordt de diversiteit globaal genomen groter. Het eindstadium van de successie noemt men de "climax".

De meeste Noordwest-Europese gebieden hebben als potentiële natuurlijke vegetatie een type zomergroen loofbos. In meer dynamische milieu's zoals schorren en stuivende duinen komt de successie hoogstens tot een zogenaamde subclimax (in casu zilte graslanden en Helmvegetaties, mosduinen, ...). Voor het duinecosysteem is het wellicht zinvoller het "eindstadium" met de term "climaxgroep" aan te duiden. Die omvat dan de mogelijke (sub)climaxen zoals Helmvegetatie, mosduin, struweel, eiken-berkenbos,... die zich afhankelijk van de heersende milieu-omstandigheden al dan niet kunnen ontwikkelen.
In het hoofdstuk over de bewonings- en landschapsgeschiedenis hebben we aangetoond dat het duinlandschap reeds vanaf het ontstaan ervan door menselijke ingrepen werd beïnvloed. Onder langdurige extensieve beweiding of maaibeheer hebben zich "plagioclimax"-situaties ontwikkeld; vegetaties die door de constante verstoring en/of versterking van de stress in een bepaald ontwikkelingsstadium blijven hangen. Deze habitats worden door de relatief hoge stress en verstoring gekenmerkt door een horizontale nichedifferentiatie (patroondiversiteit) en zijn vaak rijk aan botanisch hoog gewaardeerde "specialisten" en "asceten".

Successie-onderzoek in de duinen staat nog in de kinderschoenen. Vooral de ontwikkeling van struwelen op langere termijn roept nog veel vraagtekens op. Hieronder worden kort twee voorbeelden geschetst.

1. Voorne's duin (Nederland)

De duinen van Voorne liggen op het overgangsgebied van de duinen van de estuariumeilanden in Zeeland en de vastelandsduinen in Zuid-Holland. Het gebied is al meer dan een halve eeuw een belangrijk studieterrein voor plantenecologen (o.a. Van der Laan 1985, Van Dorp et.al. 1985, Van der Maarel 1980, Van der Maarel et.al. 1984, 1985a, 1985b).

Van Dorp et al. (1985) bekeken de vegetatiesuccessie sinds 1934 aan de hand van luchtfoto's en vegetatiekaarten. De situatie in 1934, 1943, 1959, 1972 en 1980 werden vergeleken. De relatief jonge buitenduinen, ontstaan sinds 1910, vertoonden een duidelijk ander successiepatroon dan de binnenduinen, die in 1910 al bestonden maar voorheen een sterke begrazingsdruk kenden. De snelheid van vegetatiewijziging in de buitenduinen was aanvankelijk hoog en nam geleidelijk af. In de binnenduinen deed zich net het omgekeerde voor.

De belangrijkste conclusie was dat het patroon van vegetatiesuccessie multidirectioneel is: eenzelfde vegetatietype kan overgaan in een van vele mogelijke verschillende types, en vertoont in die verschuivingen sterk verschillende snelheden. Toch kunnen binnen dit netwerk drie hoofdbanen onderscheiden worden van overgang van pionierssituatie tot bosachtige vegetatie.

Bovendien is op korte termijn de verdere evolutie sterk afhankelijk van ruimtelijke patronen:
a. de aanwezigheid van invasieve soorten in de omgeving. Duindoorn en Ratelpopulier, met hun vegetatieve manier van uitbreiden, zijn daar op dit ogenblik een goed voorbeeld van. Een pionierssituatie, zelfs een vochtige panne, die omgeven is door duindoorn heeft een grote kans te evolueren naar struweel.
b. de beschikbaarheid van diasporen van soorten van mogelijke successiestadia. Als de leveranciers van diasporen zich op een grotere afstand bevinden, zullen ze minder waarschijnlijk optreden in een volgend stadium, als dat stadium zich al kan realiseren zonder bepaalde soorten .Dit geldt zelfs voor soorten die zich over relatief grotere afstanden kunnen verspreiden via vogels (ornithochorie) zoals Eénstijlige meidoorn, Zomereik of Wegedoorn.
c. aanwezigheid van vegetatie van eenzelfde type in de omgeving. Dit werkt als een soort vertragende buffer op de successie

2. Orchisfonteintje (Zeebrugge)

Vanhecke (1993) volgde de vegetatie in het Orchisfonteintje tussen 1966 en 1991. Het betreft hier vegetaties die sterke gelijkenissen met oude duinpannen vertonen. De belangrijkste omgevingsfactoren die in dit gebied een rol spelen zijn de wisselende waterstand en het gevoerde maaibeheer. Dit maaibeheer gebeurde echter pas vanaf 1979 grondig en met regelmaat, jaarlijks uitgevoerd. Voordien gebeurde dit slechts onregelmatig. Als belangrijkste wijzigingen vermeldt hij de verdwijning van de zoomvegetaties langs de duinrand, de uitbreiding van Padderus en Veenwortel, de achteruitgang van Riet en Oeverzegge. In de drogere zone is de vegetatie vergrast en vervilt, voornamelijke door Echte witbol. Lokaal is de vegetatie kruidiger en minder grazig geworden: uitbreiding van Waternavel, Watermunt, Geelhartje en Addertong. De vooruitgang van Padderus wordt toegeschreven aan de verminderde concurrentie met Riet. De vroegere kruidenrijke zoomvegetatie in de overgang van laaggelegen vegetatie en het zeereepduin wordt thans volledig ingenomen door een struweel van Wilg en Abeel. De vooruitgang van de meeste uitbreidende soorten heeft op een of andere wijze met het gevoerde maaibeheer te maken. Dit maaibeheer heeft in zijn algemeenheid voor gevolg gehad dat de vegetatiestructuur geopend werd en dat er, door de afvoer van het strooisel, verschraling opgetreden is. Specifiek bevorderende verschijnselen acht Vanhecke:
a. het creëren van open, kolonizeerbare ruimte (Waterpunge, Fraai duizendguldenkruid, Greppelrus, Zomprus, Akkerdistel, ...)
b. activering van de verspreiding van de diasporen (Padderus, Geelhartje, ...)
c. fijnschailger worden van de vegetatiestructuur (Geelhartje, Echte Koekoeksbloem, Rietorchis,...)
d. ongewilde, maar zeer efficiënte bevoordeliging van laagblijvende, kruipende soorten die boven het hoofd gemaaid worden en zo ontsnappen aan de jaarlijkse snede (Waternavel, Addertong, Penningkruid,...)
Een aantal hogere soorten die vroeger structuurbepalend waren gingen door het maaien in de nazomer achteruit: Riet, Oeverzegge, Duinriet en Tweerijige zegge).
Het - minstens tijdelijk - verdwijnen van Weegbreefonteinkruid, Watereprijs, Stomp Sterrekroos en Gewoon kranswier en de achteruitgang van Lidsteng, Kleine watereppe en Gewone waterranonkel worden toegeschreven aan incidentele droogteperioden.

Fluctuatie

Een minder voorspelbare vorm van vegetatiedynamiek is de fluctuatie; een in hoofdzaak kwantitatieve verandering van de vegetatie-samenstelling. Oorzaken zijn onder meer klimatologische schommelingen (seizoenen, droge/natte periodes, ...), populatieschommelingen van fytofagen (het verhaal van het konijn en myxomatosis, cfr. 7.2.5.2.3.) en fytoparasitisme (denk aan het "ronddolen" van ratelaarpopulaties in graslanden).

7.3.1.6. Zoögene interacties

Het aantal fauna/flora- en fauna/fauna-interacties is zeer groot en werd reeds gedeeltelijk behandeld in dit hoofdstuk. Voor het onderzoek naar potenties voor habitatontwikkeling, -optimalisatie of -herstel worden een aantal belangrijke relevante vormen van interactie behandeld.

Onder de noemer begrazing wordt hier enkel de impact van grotere (zoog)dieren behandeld. Diverse duin- en polderhabitats (vochtige, mesofiele en sommige droge graslanden, heiden) danken hun ontwikkeling en voortbestaan aan beweiding door vee, dikwijls in combinatie met konijnen. Ook op de vroegere schorren had veebeweiding een grote impact op soortensamenstelling en vooral structuur (cf. Massart 1908b : "schorre rase"). Beweiding, zij het niet noodzakelijk door dezelfde veesoorten en onder een zelfde regime, blijft ongetwijfeld noodzakelijk voor het herstel of de ontwikkeling van deze habitats. Zo is het een te testen hypothese dat voor de ontwikkeling van mesofiele duinkalkgraslanden uit jonge vochtige pannen en kruipwilgdwergstruwelen een (langdurige) extensieve veebegrazing noodzakelijk is. Het effect van veeweide op de ontwikkeling van andere kusthabitats (vochtige pannen, zomen, ruigten, struwelen, bossen, ...) is nog minder gekend. Het is weinig waarschijnlijk dat extensieve veeweide veel directe begrazingsinvloed zal hebben op b.v. struweel- of bosvorming in het algemeen, eventueel wel op individuele soorten (Gewone es - *Fraxinus excelsior*, Veldiep - *Ulmus minor*, ...). Ook in andere habitats (vochtige duinvalleien b.v.) kan selectieve vraat of mijden van bepaalde soorten tot problemen leiden. De potentiële, meer natuurlijke begrazingsimpact van (half)wilde grote grazers als de wilde voorzaten van het huidige vee, Edelhert (*Cervus cervus*), Ree (*Capreolus capreolus*), Damhert (*Dama dama*), ... is nog minder gekend. Voor de verschillende grazerstypes ("grazers", "browsers", "intermediate feeders", "paardachtigen") wordt verwezen naar het tweede luik van deze studie : "natuurontwikkeling".

Traditioneel wordt de begrazingsinvloed van het Konijn (*Oryctolagus cuniculus*) als een zeer belangrijke sturende factor beschouwd in de ontwikkeling van duinvegetaties. Historisch is dit zeker juist, zoals ook gebleken is door het plotseling wegvallen van de konijninvloed na de introductie van myxomatose in de jaren vijftig (vrij snelle verruiging sommige duinterreinen, invasie sommige struweel- en boomsoorten; cfr. Vanacker 1996). Hierbij moet echter wel rekening gehouden worden met een hele reeks andere factoren, zoals de toenmalige dispersiebarrières voor veel struweel- en bossoorten, het open karakter van het duingebied ten gevolge van agropastorale druk, de ook voorheen al sterk wisselende konijnestand, ... Momenteel is duidelijk dat konijnenbegrazing op zich veelal niet in staat is om de habitatdiversiteit van het huidige duingebied in stand te houden en soms zelfs ronduit negatieve gevolgen heeft voor de graslandrelicten (cf. De Raeve 1991). Afwijkend van graaseffecten door grootvee (runderen, paardachtigen) en positief inwerkend op de ontwikkeling van bepaalde habitats, lijken daarentegen het selectief "knippen" van Kruipwilg (*Salix repens*) (en meer incidenteel ook van Duindoorn en Wilde liguster) in jonge vochtige pannen en duingraslanden, schorsvraat op Wilde liguster, enz.

Welke de toekomstige rol van konijnenbegrazing, eventueel in interactie met veeweide, voor de ontwikkeling en het herstel van de diverse duinhabitats is, blijft echter onduidelijk.

Tot de entomofauna van de duinen en schorren behoren uiteraard ook een hele reeks specifieke fytofage soorten (b.v. wants op Liggend bergvlas - *Thesium humifusum*; Kleine parelmoervlinder - *Issoria lathonia* op Duinviooltje - *Viola curtisii*). Het behoud, het herstel en/of de ontwikkeling van habitats met sterk duin- of kustgebonden plantensoorten (schorren, helmduinen, mosduinen en duinkalkgraslanden, duinvalleien, ...) bepaalt ook de overlevingskansen van de afhankelijke fauna. Maar ook de populatiegrootte en vitaliteit van de gastsoort en de lokale vegetatiestructuur kunnen een grote invloed hebben op de overlevings- of (her)vestigingskansen van dergelijke organismen.

Ziekte en aantasting kunnen in een aantal gevallen eveneens als vormen van begrazing (door kleine organismen) worden beschouwd. Slakken, rupsen, bladwespen, vliegen, bladluizen, ... verorberen een veelvoud van wat grote grazers eten maar toch beperkt de invloed van deze organismen zich vermoedelijk tot fluctuaties in de populatiedynamiek van een aantal soorten. In tegenstelling tot grote grazers zijn zij niet in staat de vegetatiestructuur grondig te wijzigen (Van der Meijden 1992). Verder wordt hier speciaal verwezen naar die effecten van schimmels, aaltjes, insecten, bacteriën die tot vitaliteitsverlies en afsterven van sleutelsoorten in de vegetatie (of de fauna) kunnen lijden. Hoewel hierover relatief weinig tot niets is gekend, behoren dergelijke aantastingen tot de weinige regelmechanismen die in de huidige, spontaan en snel evoluerende duinhabitats bepaalde dominantiepatronen kunnen doorbreken. Dit geldt voor aantastingen van Duindoorn (*Hippophae rhamnoides*: aaltjes - *Tylenchorchinchus microphasmis* en *Longidorus dunensis*, Bastaardsatijnvlinder - *Euproctis chrysorhoea* en verder o.a. een in 1995 en 1996 zeer actief knoppen uitvretende mot - *Gelechia hippophaella*), Wilde liguster (*Ligustrum vulgare*: massaal afsterven), Ratelpopulier (*Populus tremula*: idem, agens onbekend), Veldiep (*Ulmus minor*: iepenziekte door *Ophiostoma ulmi*), ... Ook vitaliteit en overleven van Helm (*Ammophila arenaria*) wordt bepaald door schimmel- en aaltjesinfectie van het wortelgestel (zie hoger). In al deze gevallen kan aantasting tot afsterven op grote schaal leiden. De indruk bestaat dat dergelijke fenomenen, in elk geval in het Westhoekreservaat, in recente tijd toenemen, mede vermoedelijk ten gevolge van het huidige stadium in de successie van open duin naar gesloten struweel/bos. Het effect kan vooral groot zijn bij soorten met een sterk vegetatieve verbreidingsvorm (clone-vormers, met over grote oppervlakten genetisch identieke en min of meer gelijkjarige individuen). De perevuurbacterie (*Erwinia amylovora*) tast regelmatig de Eenstijlige meidoorns (*Crataegus monogyna*) aan, maar leidde nog slechts incidenteel tot volledig afsterven.

Ook myxomatose en een recent optredende ziekte bij konijnen kunnen grote gevolgen hebben, niet enkel voor de konijnestand, maar ook indirect op de vegetatiesuccessie in de duinen. Algemeen wordt aangenomen dat de introductie van de myxomatose een belangrijke aanzet (zij het niet de enige) vormde voor de verstruwelings- en verbossingstendens van de duinen (o.a. Vanacker 1996).

Betreding als neveneffect van begrazing (maar ook als antropogene factor) heeft een wisselend bodemkundig, maar direct of indirect ook biotisch effect in diverse habitats en is (al is de exacte impact niet gekend) mede bepalend voor de ontwikkelings- en herstelkansen van diverse habitats. De samenstelling van de klassiek weilandvegetaties wordt in belangrijke mate mee bepaald door de betredingsgevoeligheid van de soorten. Naast de banalere tredvegetaties, worden o.a. vele soorten van Zilverschoongraslanden en verwante vegetaties beschouwd als indicatief voor bodemverdichte sites (Moeraszoutgras - *Triglochin palustris*, Kruipend moerasscherm - *Apium*

repens, Platte bies - *Blysmus compressus*, ...). De indruk bestaat dat ook diverse vormen van (matig) vochtige pannen en mesofiele duingraslanden gebaat zijn bij een zekere bodemverdichting. In elk geval zijn b.v. de enige resterende populaties van Bonte paardestaart (*Equisetum variegatum*) en Honingorchis (*Herminium monorchis*) in het Westhoekreservaat te vinden in licht tot matig betreden pannedelen. Ook diverse (pseudo)pioniersoorten (b.v. Dwergbloem - *Centunculus minimus*, Sierlijke vetmuur - *Sagina nodosa*, Slanke gentiaan - *Gentianella amarella*, ..., Mierenleeuw - *Euroleon nostras*, ...) worden preferentieel in dergelijke milieu's gevonden, en dan soms "droger" dan gebruikelijk. Daarnaast valt de veel lossere bodem (wellicht te verklaren door de hogere biologische bodemactiviteit) van degraderende en verruigde duinkalkgraslanden op tegenover de vaste bodemstructuur van de soortenrijke en goed ontwikkelde voorbeelden. Hoewel menselijke betreding op drogere, humusarmere bodems dikwijls leidt tot volledige vernietiging van bodem en vegetatie, is dit effect bij extensief grazend vee of konijnen (die in duinkalkgraslanden wel degelijk een zeker bodemverdichtend effect lijken te kunnen hebben!) zelden het geval. Vooral de creatie van betredings-, bodemverdichtings- en bodemverstoringsgradiënten (padstructuren) lijkt voor veel organismen belangrijk.

De aanwezigheid van een belangrijke predatorenpopulatie, met ook recent toenemende, middelgrote natuurlijke predatoren als Vos (*Vulpes vulpes*), Zwarte kraai (*Corvus corone*), Ekster (*Pica pica*), enz., kan een invloed uitoefenen op vooral bodembewonende vogels, zeker indien het slechts kleine populaties betreft. Blauwe reiger (*Ardea cinerea*) en Kwak (*Nycticorax nycticorax*), twee boombewonende, spontaan gevestigde, resp. uitgezette predatoren van aquatische organismen, kunnen lokaal een zware tol eisen op de weinige amfibieënpaaiplaatsen (cf. Boomkikker - *Hyla arborea*). Ook Siberische grondeekhoorn (*Tamias sibirica*) wordt van predatie op bodembewonende bosvogels verdacht, terwijl het ingeburgerde jachtwild Fazant (*Phasianus colchicus*) een hoge tol zou eisen van de Levendbarende hagedissen (*Lacerta vivipara*). Tenslotte kunnen waarschijnlijk ook huiskatten in het versnipperde en halfgeürbaniseerde duingebied als belangrijke predator gelden.

Een voordeel van de vroegere "eilandsituatie" van de duinstreek voor diverse broedvogels, e.d., was in elk geval de relatieve zeldzaamheid van predatoren. In welke mate voor de ecologische potenties van de kuststreek sterk rekening moet worden gehouden met de afgenomen isolatie en toenemende predatorenpopulatie (mee profiterend van urbane neveneffecten als afval, enz.) staat nog ter discussie.

7.3.2. Planten- en vegetatiestrategieën

Afhankelijk van de abiotische constellatie van het terrein speelt de vegetatie een minder of meer centrale rol in het (deel)ecosysteem. In sterk dynamische milieus zoals dagelijks overstroomde slikplaten, zandstranden of loopduinen is begroeiing zo goed als afwezig. In de overige situaties kunnen we twee factoren onderscheiden die bepalend zijn voor de wijze waarop de vegetatie zich kan ontwikkelen, namelijk **stress** en **storing** (disturbance). Stress wijst op beperkende standplaatsfactoren voor plantengroei zoals licht-, water-, zuurstof- of nutriëntentekort, extreme temperaturen of zuurtegraad, etc... Met storing bedoelt men de mechanische vernietiging van de vegetatie door mens, dier (vraat, vertrappeling,...), of abiotische processen (verstuiving, overstroming,...). Naar gelang de combinatie van deze factoren kunnen we vier strategieën onderscheiden :

1. Stress en storing gering

Competitieve soorten of doordouwers gaan domineren. Het zijn planten die relatief veel in biomassa investeren, minder in zaadproductie; **K**(ing)-strategen. Voorbeelden zijn ruigtkruiden als Grote brandnetel, Koninginnekruid, Duinriet,...

2. Veel stress, weinig storing

De soorten passen zich aan de stress-factoren aan (asceten) en vullen meestal een specifieke niche in. Daardoor blijft de concurrentie met andere soorten gering en kunnen zij eveneens een K-strategie volgen. Voorbeelden uit het duinmilieu zijn o.a. graslandsoorten als Geel zonneroosje, Fijn schapegras, ...

3. Weinig stress, veel storing

De soorten moeten kunnen overleven in sterk veranderende milieus. Men noemt ze dan ook opportunisten. Daartoe investeren zij veel meer in voortplanting dan in biomassa; het zijn **R**(obber)-strategen. Storingssoorten zijn onder meer in (ruderale) zeerepen of in wegranden te vinden; Akkerdistel, Kleine brandnetel, Rood guichelheil, Akkermelkdistel,...

4. Stress en storing groot

Soorten die in dergelijke milieus kunnen overleven zijn echte specialisten. Vaak blijft de begroeiing ijl en soortenarm. Helm en Klein schorrekruid zijn twee voorbeelden uit het kustecosysteem.

Net zoals afzonderlijke planten kunnen ook voor vegetaties een aantal overlevingsstrategieën worden onderscheiden.

1. Uitwijken

In sterk dynamische milieu's kunnen planten zich aanpassen door tijdelijk te verdwijnen. Dit doen zij enerzijds door zich in ongunstige periodes "terug te trekken" in ondergrondse delen (wortelstokken, bollen,...) of anderzijds door de volledige levenscyclus in één of enkele jaren te voltrekken. De "pendeltherofyten"-vegetaties aan de randen van duinpannen zijn daar een voorbeeld van.

2. Trotseren

Andere planten van situaties met hoge stress- en/of verstoring vertonen morfologische aanpassingen. Voorbeelden uit de duinen zijn de scleromorfe, oprolblare bladeren van Helm en Biestarwegras en de uitdrogingscapaciteiten van Groot duinsterretje.

3. Omvormen

Een derde strategie berust op een door de vegetatie veroorzaakte verandering van het milieu. Duinrietmatten bijvoorbeeld verhinderen de kieming van veel andere soorten en houden daardoor zichzelf in stand.

7.3.3. Vegetatiestudies aan de Vlaamse kust

Periode vóór 1940

Vanhecke (1993) geeft een vrij volledig overzicht van de reeds verrichtte vegetatiestudies in het kustgebied.
Op floristisch vlak ging in de periode vóór 1940 naar Belgische normen relatief veel aandacht uit naar de Vlaamse kust. Voortrekkers van de Belgische botanie, zoals B. Dumortier, J. Kickx en F. Crépin waren vrij vertrouwd met het kustgebied, later volgden Ch. Baguet, A. Isaacson, L. Magnel en vooral J. Massart, M. Hocquette en K. Loppens.
Voor de periode 1860-1940 vormen de verslagen van de jaarlijkse uitstappen van de Société royale de Botanique de Belgique, samen met het vaak bij deze gelegenheid ingezamelde herbariummateriaal, de voornaamste bronnen van informatie. Publicaties over individuele, lokale terreinen, zoals deze van Magnel (1913) over een stukje laagveen tussen Nieuwpoort en Koksijde, zijn zeer uitzonderlijk. Kan het enerzijds niet ontkend worden dat de kuststreek een steeds terugkerende aantrekkingskracht heeft uitgeoefend op de botanisten van het eerste uur, toch ging hun voorkeur duidelijk uit naar de westelijke helft met zijn breder ontwikkelde stranden en duinen, en zijn grotere variatie aan duinbiotopen. Tussen 1862 (stichtingsjaar van de Belgische Botanische Vereniging en tevens jaar van haar eerste jaarlijkse uitstap) en 1911 hield deze vereniging 49 meerdaagse excursies, waarvan drie aan de Westkust (Piré 1862, Dutrannoit 1891 en Massart 1908a) en slechts één aan de Oostkust, in 1868 (Crépin 1869). In die situatie kwam weinig verandering in de daarop volgende perioden met een jubileum-uitstap naar de Westkust in 1912 (Massart 1912) en een excursie in 1929 (Isaäcson & Magnel 1930) naar de Oostkust.
Ook andere studies beperkten zich vaak tot de flora of de vegetatie van de Westkust. Dit is bijvoorbeeld het geval bij De Bruyne (o.m. 1904 en 1906, waarin hij vooral de struwelen van de duinen te De Panne beschreef) en Hocquette (1927) die de kustvegetaties tussen Nieuwpoort en Sangatte behandelde. Ook Massart (1908a, 1908b) besteedde het grootste deel van zijn aandacht aan de Westkust, voornamelijk dan aan de duinen tussen De Panne en Westende en in het bijzonder de omgeving van Koksijde waar hij een soort van experimentele tuin had. Massart (1921) beschreef o.m. ook de flora en vegetatie van de onder water gezette omgeving van Nieuwpoort vlak na de Eerste Wereldoorlog.

Periode na 1940

In 1947 leidde P. Vande Vyvere (1948) voor de Koninklijke Belgische Botanische Vereniging een driedaagse excursie die terreinen aandeed over de gehele lengte van de Vlaamse kust. Ook Lambinon (1955) leidde een excursie voor deze vereniging, maar nu doorheen diverse terreinen van de Westkust. Onder meer de vegetatie van het duingebied tussen De Panne en Koksijde wordt vrij gedetailleerd beschreven (Lambinon 1956). Duvigneaud (1947), die een overzicht geeft van

de vegetatie van de duinvalleien tussen De Panne en Duinkerke (Noord-Frankrijk), beperkt zich eveneens tot de Westkust.

Individuele besprekingen van voor het Vlaamse duingebied bijzondere flora-elementen met vegetatiebeschrijvingen treffen we o.a. aan bij Robyns (1956, 1958) die de situatie van *Blackstonia perfoliata, Gentianella amarella* en *Liparis loeselii* voor België beschrijft.

Het duingebied tussen De Panne en de Franse grens, waar in 1957 het staatsnatuurreservaat van de Westhoek werd opgericht, genoot steeds veel aandacht : Delaunois (1952), De Ridder (1963), Jonckheere (1968), Herbauts (1971), D'Hondt (1979, met ook een vegetatiestudie van enkele duinpannes in Ter Yde), D'Hondt (1981, met een vegetatiekaart van het Westhoekreservaat), het mycosociologisch en vegetatiekundig onderzoek van F. De Raeve, de gedetailleerde florakarteringen van M. Leten (o.a. Leten 1992 en 1995), ...

Decleer (1986) geeft een overzicht van vegetatiestudies die reeds in het slikken- en schorrengebied van de IJzermonding te Nieuwpoort verricht werden. Vooral belangrijk hierbij zijn de publicaties van Duvigneaud & Lambinon (1963), die de evolutie van het terrein voor de periode 1946-1960 beschrijven, en van Goetghebeur (1976a) die a.h.v. vegetatieopnamen een up-to-date vegetatiekaart van het gebied opstelt. Decleer (1986) beschrijft tevens de vegetatieveranderingen in het gebied tussen 1975 en 1985.

De belangstelling voor de Oost- en Middenkust, en dan voornamelijk de Zwinstreek, is van recenter datum : Parent & Burny (1981a), Ostyn (1983), Herrrier (1989, vegetatiekundig onderzoek van de duinstreek van het Zwin), Herrier (1992, fytosociologische classificatie van de duinstruwelen te Knokke-Heist), Herrier, Lust & Maertens (1992, vegetatiekundige beschrijving van het Hazegrasduincomplex te Knokke), Van den Balck (1994, vegetatiestudie van de slikken en schorren van het Zwinreservaat), ...

Daarnaast zijn er nog enkele losstaande studies : Vanhecke (1974) beschrijft de vegetatie van het oppervlakkig ontkalkte duingebied de Schuddebeurze te Westende, De Raeve (1979) behandelt de mosduinen te Koksijde/Oostduinkerke, Verboven (1980) onderzocht de duingraslandvegetaties van het golfterrein Vosseslag te Klemskerke, Van Steertegem (1982) bestudeerde de invloed van konijnenbegrazing op de vegetatie van het duingraslandcomplex van de Oostvoorduinen, De Raeve, Leten & Rappé (1983) bestudeerden de flora en vegetatie van het duingebied tussen Oostduinkerke en Nieuwpoort, De Meulenaere (1992) verrichtte een vegetatiekundige studie van het staatsnatuurreservaat Hannecart te Oostduinkerke, Kuijken, Provoost & Leten (1993) onderzochten fauna en flora van de Doornpanne naar aanleiding van een mogelijke uitbreiding van de drinkwaterwinning in het gebied en Vanhecke (1993) verrichtte een studie van de vegetaties, de ecologie & de populatiedynamiek (voor *Dactylorhiza praetermissa*) in het natuurreservaat De Fonteintjes tussen Blankenberge en Heist.

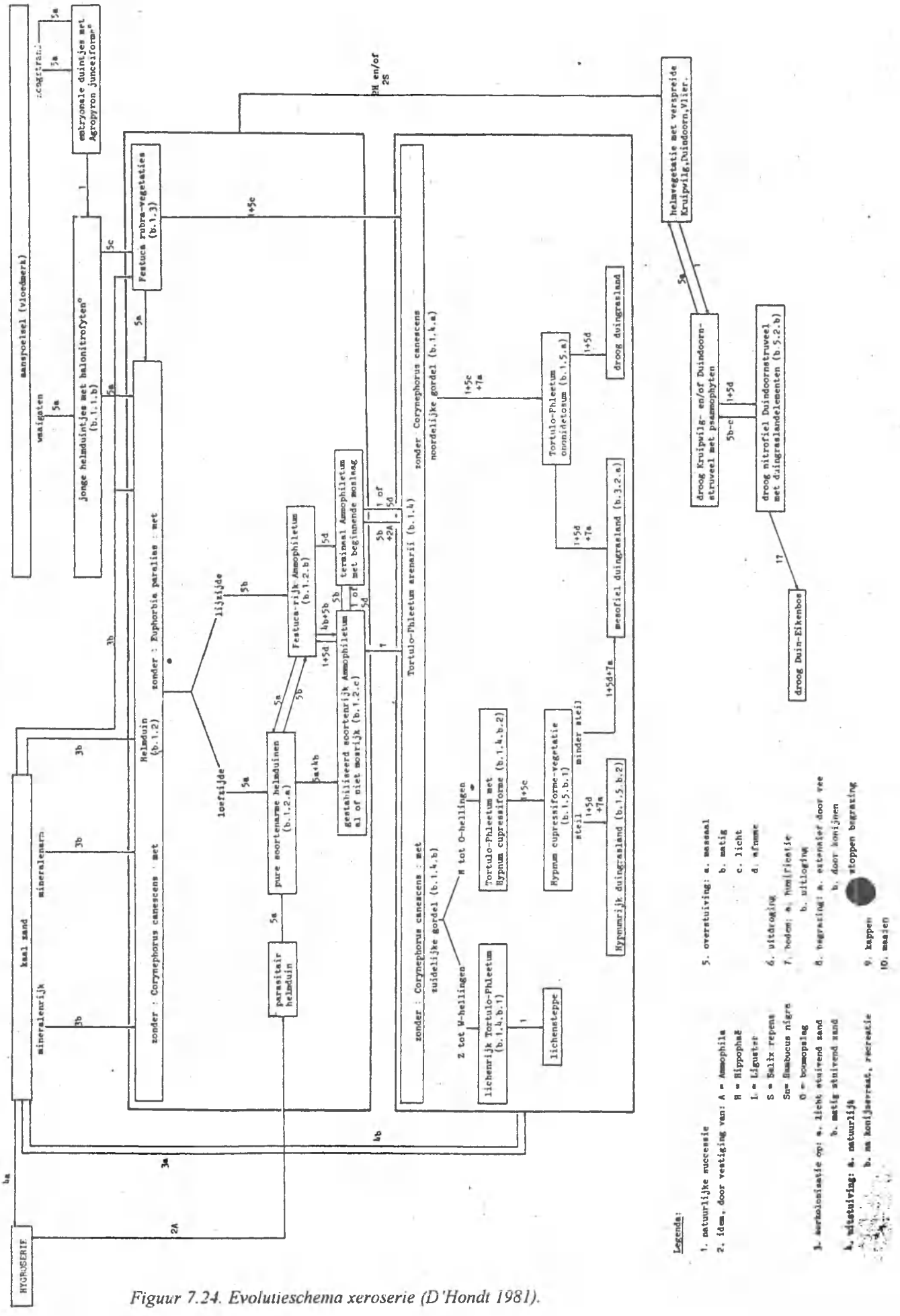
Naast de hierboven vermelde studies van de hogere flora werden recent ook enkele fytosociologisch-ecologische studies van epifytengemeenschappen verricht : Rosseel (1985) voor de Westkust, Van Landuyt (1991) voor epifytenvegetaties op Gewone vlier, Dumon (1993) voor het Hannecartbos en Hoffmann (1993) voor epifyten langs de volledige kust (voornamelijk op *Populus x canadensis*).

7.3.4. Overzicht van de "klassieke" successiereeksen

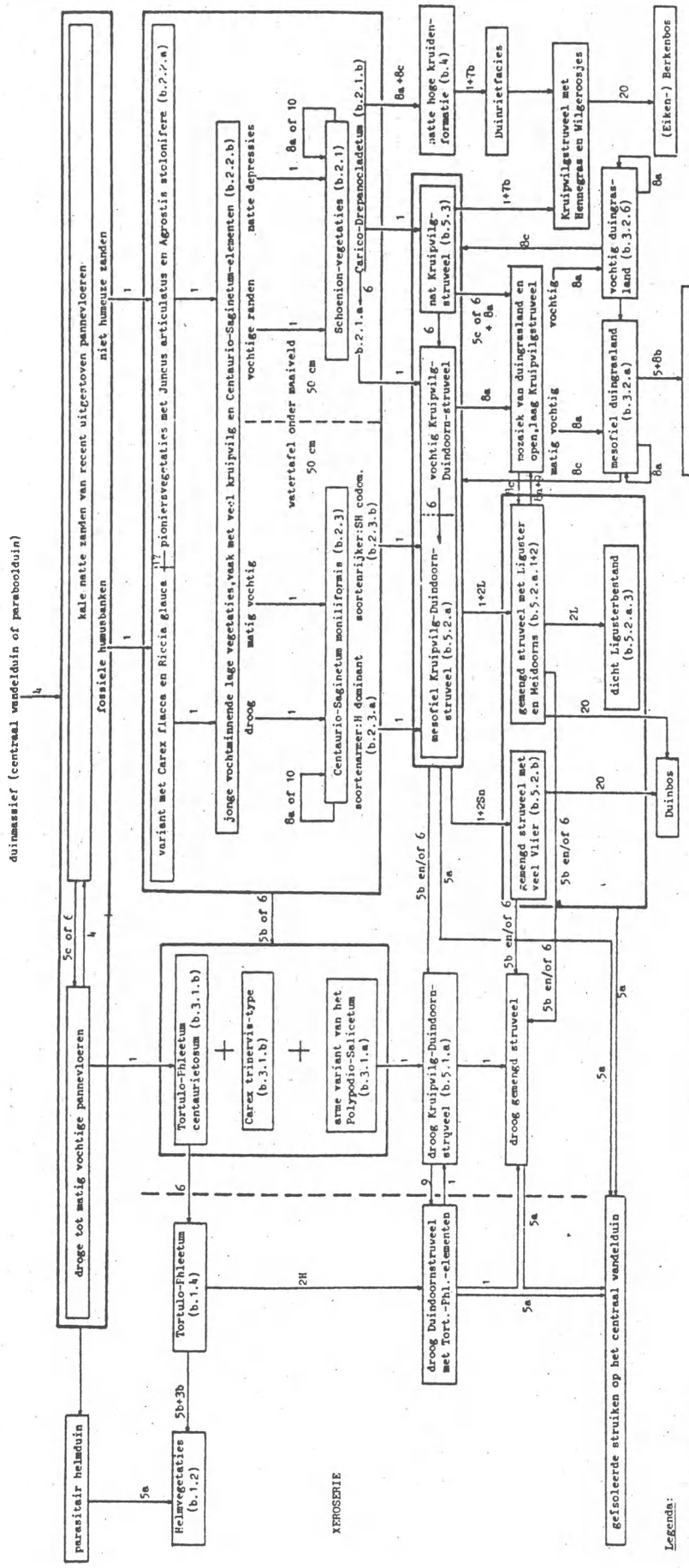
In de literatuur worden voor duingebieden twee "klassieke" evolutiereeksen onderscheiden; een droge reeks (xeroserie) op droge zanden en een vochtige reeks (hygroserie) in de duinvalleien.
D'Hondt (1981) stelde op basis van een vegetatiestudie van het Westhoekreservaat voor beide reeksen een evolutieschema op (Figuren 7.24. en 7.25.), met aanduiding van de belangrijkste sturende processen.
De xeroserie omvat Helm- en mosbegroeiingen en bepaalde vormen van duingrasland. De belangrijkste differentiërende factor ligt vervat in de al dan niet toenemende stabiliteit van de bodem, wat neerkomt op af- of toenemende overstuiving en wel of geen humusvorming. De climaxvegetatie van de xeroserie zou volgens D'Hondt (1981) via droog Kruipwilg- en/of Duindoornstruweel evolueren naar droog Duin-Eikenbos.
De hygroserie omvat min of meer ijle mossen- en kruidenbegroeiingen, en dichtere vegetaties met fysiognomische dominantie van Kruipwilg, vaak met bijmenging van Duindoorn. Ook hier bestaat het eindstadium uit bos, maar dan wel met vochtminnende soorten als Berken en Wilgen.
De Raeve (1991) splitst de schema's van D'Hondt op in een aantal successiereeksen, die hij definieert als "reeksen van welomschreven vegetatietypes (cq. levensgemeenschappen) die, in samenhang met de veranderingen in de milieuomstandigheden in de loop van de tijd, in elkaar overgaan". Hij onderscheidt :

- reeks van het hoogstrand
- reeks van de zeereepduinen
- reeks van de droge voorduinen
- regeneratiereeksen in droge stuifduinen
- degeneratieve reeks in droge stuifduinen met extreemmicroklimaat
- vorming van mesofiel grasland bij relatief gunstig microklimaat in de xeroserie
- kolonisatie van vers-uitgestoven duinpannen
- reeks van het kalkmoeras
- verruigingsreeksen
- verstruwelingsreeks

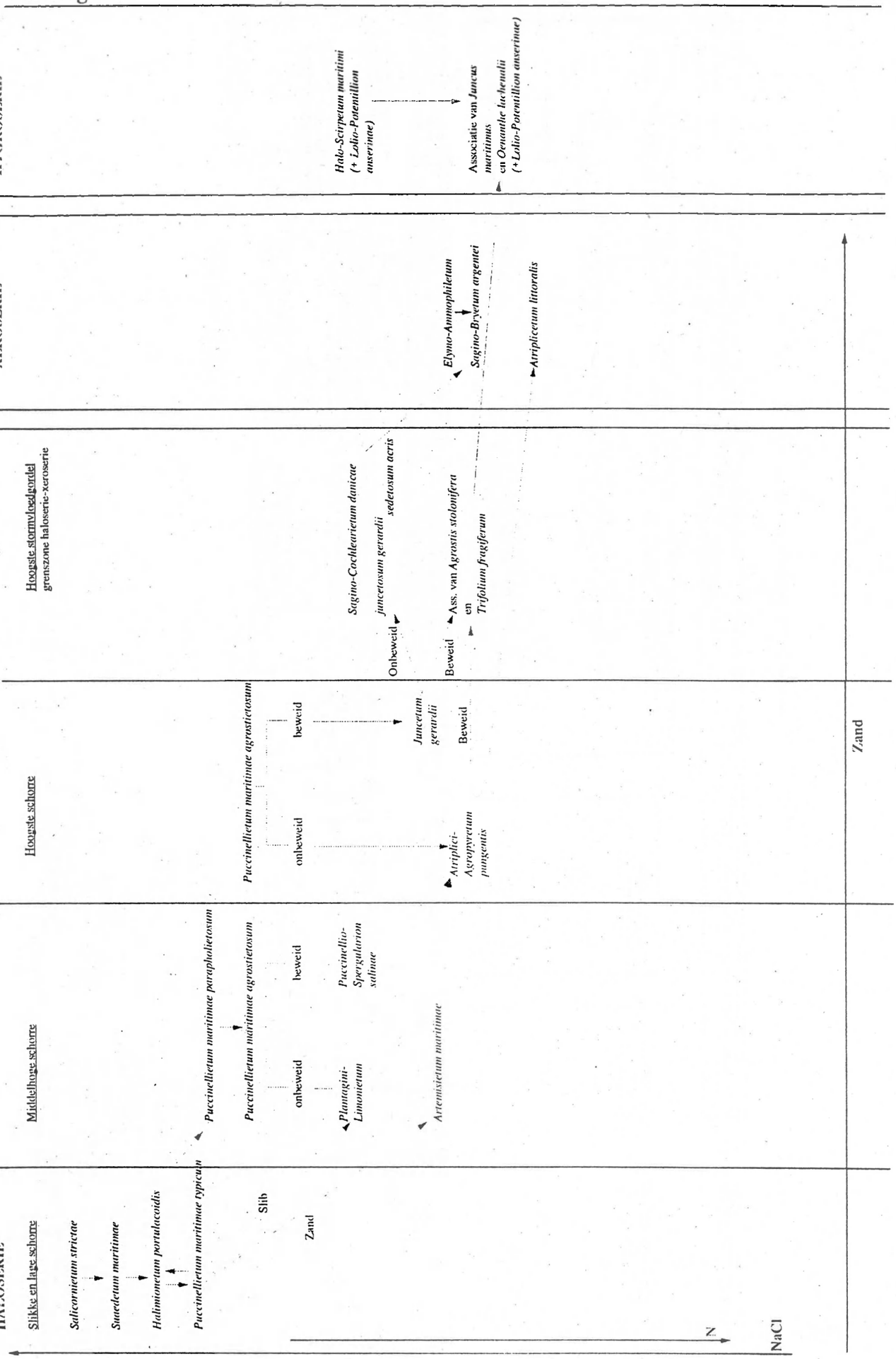
Bij de overgang naar zilte tot brakke milieus (vnl. slikken en schorren) worden de hygro- en xeroserie aangevuld met een haloserie. De flora van deze haloserie bestaat voornamelijk uit kruidachtige halofyten.
Van den Balck (1994) stelde, op basis van o.a. Parent & Burny (1981a) en eigen onderzoek, een successieschema op voor de slikke-, schorre- en overgangsvegetaties van het Zwinreservaat (Figuur 7.26.). De belangrijkste ecologische factoren die hier de successie bepalen zijn hoogteligging, verzanding, zoutgehalte, stikstofgehalte van de bodem en het al dan niet aanwezig zijn van begrazing (Van den Balck 1994). Dit schema is tevens deels bruikbaar voor de vegetatie van het slikken- en schorrengebied langsheen de rechteroever van de IJzermonding te Nieuwpoort (zie hiervoor o.a. ook Goetghebeur 1976 & Decleer 1986).



Figuur 7.24. Evolutieschema xeroserie (D'Hondt 1981).



Figuur 7.25. Evolutieschema hygroserie (D'Hondt 1981).



Figuur 7.26. Successieschema voor slikke-, schorre- en overgangsvegetaties van het Zwinreservaat (Van den Balck 1994).

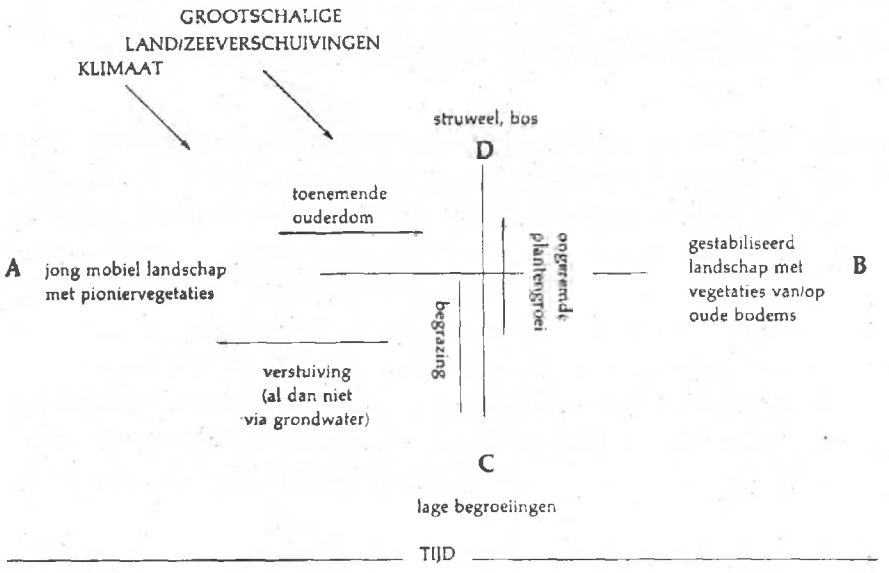
7.3.5. Recente inzichten in de vegetatie-ontwikkeling

Het basisonderzoek voor het opstellen de hoger geschetste successieschema's werd in hoofdzaak verricht in de jaren vijftig tot zeventig. Het duinlandschap kende in deze periode een hoge diversiteit aan landschapstypes omdat het zich in een overgangssituatie bevond. De elementen van het oud-agrarisch landschap (mosduinen, mesofiele graslanden,...) waren enerzijds nog volop aanwezig en anderzijds kwamen op een aantal plaatsen reeds goed ontwikkelde struweeltypes voor. Het duinecosysteem werd dan ook bestempeld als een school-voorbeeld van het "natuurlijk evenwicht" met talrijke regulerende cyclische processen en terugkoppelingsmechanismen.
Dit "klassieke" concept blijkt echter niet in staat om een aantal recentere ontwikkelingen die zich onder meer in de oudere landschappen, zoals de Oostvoorduinen, duidelijk voordeden, te verklaren. Volgens De Raeve (1991) zijn deze veranderingen onder vier punten samen te vatten.

1. De tengevolge van klimatologische (extreme zomerdroogte) en biologische (overbegrazing door konijnen) factoren ondermijnde oude duingraslanden bleken zich, na het vochtiger en koeler worden van het klimaat en het sterk teruglopen van de konijnenstand, nauwelijks te herstellen. Daartegenover leidde een tijdelijke hoge begrazingsdruk ook niet tot een duurzame ontwikkeling van kort grasland uit verstruweelde of verruigde situaties. Evenmin bleken mosduinen te evolueren naar meer gesloten en soortenrijkere mesofiele graslanden; vestiging van graslandsoorten bleek uitsluitend zeer lokaal plaats te vinden in de smalle zone van het Wintergroen-Kruipwilgstruweel, de bovengrens van de vochtige panne.
2. Een andere tendens is de massale uitbreiding van Duindoorn. Waar de uitbreiding van deze soort aanvankelijk vrij beperkt was, blijkt ze zich meer recent zelfs te vestigen in de natste pannen, de oude graslanden en de mosduinen.
3. De successie van struwelen blijkt verder heel anders te verlopen op voorheen beweide plaatsen dan in de recenter gevormde, nooit beweide pannen. Bovendien vestigen zich op veel plaatsen nieuwe houtige soorten vanuit tuinen of de binnenduinrand, een proces dat grotendeels toevalsafhankelijk kan genoemd worden.
4. Ondanks de natuurlijke dynamiek en de vrij hoge recreatiedruk is er ook een steeds verdergaande "spontane" afname van de oppervlakte stuivend zand aan de Vlaamse kust.

De ontwikkelingen in het landschap werden in het verleden bekeken in een te enge ruimte- en tijdsdimensie, het belang van de geomorfogenese en het historisch ruimtegebruik werd onderschat en irreversibele processen werden amper onderkend.
Het alternatief conceptueel model van de De Raeve (1989) schetst wellicht een reëler kader waarbinnen de landschapsecologische ontwikkelingen zich afspelen (Figuur 7.27.). Belangrijk bij dit schema is de loskoppeling van de factoren tijd en successie. Bos, de climaxvegetatie aan onze kust, komt niet steeds voor in de oudste duinen en beheer (kappen, maaien, begrazing) "verjongt" het landschap niet (bodemontwikkeling, kalkuitloging, ...worden niet tegengegaan). Processen die parallel met de tijdsas (AB) verlopen, kunnen enkel via (meer grootschalige) geomorfologische processen worden teruggeschroefd. Het klassiek natuurtechnisch beheer vormt de regressieve kracht van de successie-as (CD).

Leten (in voorb.) tracht, voornamelijk aan de hand van de ervaring uit het Westhoekreservaat enige klaarheid te scheppen in het theoretisch oneindig aantal mogelijke ontwikkelingslijnen die het model toelaat (zie ook Leten 1992). Zij worden deels bepaald door "toevallige" of in elk geval nauwelijks voorspelbare fenomenen (gaande van klimaatsveranderingen tot de plotse



Figuur 7.27. Schematische voorstelling van ontwikkelingen in het duinecosysteem (De Raeve 1989).

beschikbaarheid van een sleutelsoort), deels gestuurd door meer "klassieke", beter voorspelbare processen. Voor de Westhoek worden aldus zes vegetatie-ontwikkelingsseries onderscheiden.

- Hoogstrandserie : halofiele of halotolerante vegetatie-ontwikkelingen op vloedmerken, strandvlakten en in sluftersituaties
- Primaire verstuivingsserie : de vroegste ontwikkelingen, buiten de invloedssfeer van zout water, gestuurd door over-, ver- of uitstuivend kaal of weinig begroeid zand
- Primaire verstruwelingsserie : de vegetatie-ontwikkelingen na de pioniersstadia van stuivende duincomplexen, buiten de directe invloedssfeer van agrarische of andere menselijke activiteiten
- Begrazingsserie : de ontwikkelingen, na de pioniersstadia van stuivende duincomplexen gestuurd door historisch agrarisch gebruik (veeweide, maaien, kappen)
- Secundaire verstruwelingsserie : de ontwikkelingen vertrekkende van de vegetaties uit de begrazingsserie, na het wegvallen van het historisch menselijk gebruik
- Natuurbeheersserie : diverse ontwikkelingen volgend op natuurbeheersmaatregelen in de voorgaande series

De beschrijving van vegetatie-types en -ontwikkelingsreeksen komt meer uitgebreid aan bod in de paragraaf over de kusthabitats (7.4.).

7.4. Overzicht van de vegetatie- en habitattypes

7.4.1. Inleiding

Basisbegrippen

De term "habitat" werd reeds door Linnaeus ingevoerd en heeft sindsdien uiteenlopende definities meegekregen. Daarom is het een inhoudelijk wat vage en zelfs verwarrende ecologische term geworden, die, omdat ze hier zo frequent gebruikt wordt, enige verduidelijking en aflijning behoeft.

De term had in eerste instantie betrekking op de concrete ruimtelijke context (de "standplaats" of het "woongebied") die ingenomen wordt door een *organisme*. De habitat is daardoor nauw verwant aan de term "biotoop". Met name in de angelsaksische literatuur wordt de term habitat echter ook toegepast op hogere organisatieniveaus, met name het populatie- en gemeenschapsniveau (plantengemeenschap, levensgemeenschap). Bovendien slaat de term tegenwoordig vaak ook op het geheel van abiotische en biotische invloeden op biotische ecosysteemcomponenten van gelijk welk organisatieniveau.
De Europese regelgeving ("EG-Habitatrichtlijn[1]") heeft deze goed in de mond liggende term daarbij een veel breder elan gegeven dan zijn gebruik als wetenschappelijke instrument eigenlijk toelaat. De term is hierdoor voor beleidgerichte (wetenschappelijke) documenten echter onvermijdbaar geworden. Wel heeft de term het voordeel dat hij op diverse ecologische organisatieniveau's van toepassing is en m.a.w. voldoende vaag om ook een in wezen zeer heterogene behandeling en indeling toe te laten. Voor scherpere definities van de terminologie van ecosystemen op de niveau's die hier behandeld worden, kan worden verwezen naar Gillet et al. (1991).

Wij behandelen de term "habitat" hier als synoniem voor de term "biogeocoenose", die werd geïntroduceerd door Sukachev (1954). Een biogeocoenose is een min of meer homogene verzameling van onderling gerelateerde biotische componenten (biocoenose) in een specifieke abiotische context en als zodanig te onderscheiden van andere dergelijke verzamelingen, of, met de woorden van Sukachev (1954, cit. in Gillet et al. 1991): "een deel van de biosfeer waarin de levensgemeenschap (biocoenose) over een zekere oppervlakte homogeen blijft, evenals de delen van de atmosfeer, de lithosfeer, de hydrosfeer en de pedosfeer die ermee samenhangen en waarin dus ook de interacties tussen al deze delen, die in onderlinge samenhang een uniek geheel vormen, uniform blijven".
De, al dan niet duidelijk afgrensbare, concrete biogeocoenosen (i.e. habitats) van de Vlaamse kuststreek worden ondergebracht in een aantal abstracte eenheden ("habitattypes") die elk gekenmerkt worden door een combinatie van kenmerken die onderling significant meer gelijkenis vertonen op taxonomisch, structureel, historisch en/of ecologisch vlak dan met soortgelijke kenmerkencombinaties in andere habitattypen. In de praktijk is de interne en onderlinge heterogeniteit van de hier gebruikte habitattypologie echter vrij groot. Zij zijn dan ook het product van een pragmatische aanpak die meer op overzichtelijkheid en brede bruikbaarheid is

[1] "Richtlijn 92/43/EEG van de Raad van 21 mei 1992 inzake de instandhouding van de natuurlijke habitats en de wilde flora en fauna"

gericht dan op enige ambitie tot taxonomische zuiverheid. Ze is bovendien het product van een jarenlange traditie bij de behandeling van deze materie.

Deze habitattypen worden samengebracht in hogere eenheden die meestal te beschouwen zijn als vegetatiestructurele eenheden, maar die noodgedwongen (o.a. bij afwezigheid van vegetatie) ook wel fysisch gedefinieerd kunnen zijn. Deze gecomineerd structurele-fysische eenheden worden tenslotte gegroepeerd onder de grote entiteiten "marien milieu", "zout-zoet overgangsmilieu", "duingebied", "polders" en de los van deze grote entiteiten staande restgroep van "sterk antropogeen bepaalde habitats".

De begrenzing van een biogeocoenose wordt, in terrestrische milieu's, meestal bepaald door de grens van de fytocoenose (plantengemeenschap). Daarom is het gebruikelijk om een typologie van "habitats" (sensu biogeocoenosen) te baseren op de vegetatietypologie (cf. CORINE-biotopes manuel en E.G.-Habitatrichtlijn). De vegetatie wordt immers geacht niet enkel een belangrijke rol te spelen in de interne organisatie van de totale levensgemeenschap, maar vooral ook het duidelijkst (of best beschreven) de relaties met het lokale abiotische milieu te weerspiegelen. Om deze reden werd de habitattypologie in deze ecosysteemvisie steeds gekoppeld aan de vegetatiebeschrijving. Het komt daarbij soms voor dat een plantengemeenschap gerubriceerd staat onder verschillende habitats, omdat de ecologische amplitude ervan breder is dan van elk van de afgebakende habitats. Waar dit het geval is of waar een syndynamische of ruimtelijke relatie bestaat tussen de typen, wordt zoveel mogelijk verwezen naar andere delen van de typologiebespreking.
Habitats zonder of met een zeer schaarse vaatplantenvegetatie worden beschreven aan de hand van de milieuvariabelen en van de overige biotische componenten, die bij de bespreking van deze habitattypen meestal uitgebreider worden behandeld.

In de bespreking wordt, minstens summier, ingegaan op de belangrijkste milieuparameters en biodynamische en ecologische processen binnen de onderscheiden vegetatie- en habitattypen. Ook menselijke invloeden en relaties met (voormalig) landgebruik komen aan bod. De referentie naar vrij precies afgebakende, internationaal beschreven vegetatietypen ("syntaxa"), stelt de gebruiker verder in staat om relatief eenduidig meer informatie over (potentiële) samenstelling, structuur, dynamiek en ecologische relaties van de behandelde vegetatie- en habitattypen te verkrijgen. De fauna, funga en kryptogamenflora worden veel minder uitgebreid en met zeer wisselende volledigheid besproken. Ook waar hieraan meer aandacht wordt besteed, blijft het bij een bespreking op soortsniveau. Wij verwijzen voorlopig naar de behandeling van de diverse soortengroepen in hoofdstuk 7.2. Hopelijk kan bij een latere verdere uitwerking van deze habitattypologie, hieraan meer aandacht worden besteed. Verder worden ook de huidige en vroegere ruimtelijke spreiding van de onderscheiden eenheden kort behandeld.
Tenslotte worden per onderscheiden habitattype ook de overeenkomende coderingen van de CORINE biotopes manual (Anoniem 1991) gegeven, die overigens ook grotendeels teruggrijpt naar syntaxonomische concepten.

De keuze om de habitattypen primair te onderscheiden op basis van de vegetatiesamenstelling en -structuur brengt ons onmiddellijk in conflict met het gedrag van veel andere biota. De habitat van veel vogelsoorten b.v. is veel ruimer dan de floristisch-vegetatiekundig omschreven habitats. Vaak zijn zij gebonden aan de aanwezigheid van een combinatie van verschillende structurele elementen zoals dwergstruweel, grasland en mosduin, die in mozaïek met elkaar voorkomen. Anderzijds zijn veel entomo- en arachnofauna-elementen weliswaar seizoenaal gebonden aan welbepaalde van de hier omschreven habitattypen (b.v. mesofiel duingrasland in de zomer), maar zijn ze voor de rest

van hun levenscyclus afhankelijk van de aanwezigheid van andere structurele elementen (b.v. dwergstruweel). Dit is grotendeels toe te schrijven aan de verschillende vereisten die gesteld worden aan de hibernatie- en reproductiehabitats. Vrij uitgebreid onderzoek hiernaar werd verricht door Desender, Baert, Maelfait en anderen (Baert & Desender 1993; Desender 1996; Desender & Baert 1992,1995; Desender et al. 1991,1992,1994,1996; Maelfait et al. 1989, 1994a, 1994b; Pollet & Grootaert 1994, 1996). Onlangs nog werd dit seizoenaal verschil in habitatvoorkeur aangetoond voor arachnofauna in de Westhoek (Bonte 1996).

Vegetatietypologie

Als basismateriaal werd gebruik gemaakt van de belangrijkste recente vegetatiestudies of -overzichten aan de Vlaamse kust (De Meulenaere 1992; De Raeve 1979, 1980, 1981, 1989, 1991; De Raeve et al. 1983; D'Hondt 1979, 1981; Goetghebeur 1976; Herrier 1989; Leten 1992 & in voorb.; Parent & Burny 1981a; Van den Balck 1994; Vanhecke 1974, 1993; Vanhecke & Clarysse 1975; Verboven 1980), enige oudere werken (Hocquette 1926, Duvigneaud 1949, Lambinon 1956, Herbauts 1971, ...) en van de persoonlijke ervaring van de diverse auteurs. Bij de analyse van de gegevens werden de in publicaties, rapporten, thesissen e.d. aanwezige vegetatie-opnamen niet gezamenlijk opnieuw verwerkt en evenmin werden de basisdata aangevuld met gegevens uit nieuw veldonderzoek. Wel werd de in deze werken opgeslagen informatie (opnamen, tabellen, bespreking en interpretatie) op basis van "best professional judgment" opnieuw geïnterpreteerd.
Waar mogelijk wordt gerefereerd naar de kenmerkende syntaxonomische entiteiten. Gezien er echter voor ons land geen recent overzicht van de plantengemeenschappen voorhanden is (meest recent: Lebrun et al. 1949), wordt zoveel mogelijk teruggegrepen naar de meest relevante overzichtswerken uit de buurlanden, met name Nederland (Schaminée et al. 1995; Weeda et al. in voorb.; Van der Werf 1991; Doing 1962) en Frankrijk (De Foucault 1984 en Julve 1993). Beide vegetatiekundige "scholen" verschillen echter o.a. methodologisch ten gronde van elkaar (vergelijk Schaminée et al. 1995 en Gillet et al. 1991), met belangrijke gevolgen voor de inhoud en naamgeving van de onderscheiden vegetatietypen. Ook kan de beschrijving van de gehanteerde indeling sterk verschillen tussen de bovengenoemde werken (zeer uitgebreid en met synthesetabellen bij Schaminée et al. 1995 tot zeer summier bij Julve 1993).

Over het algemeen vertonen de Vlaamse kustvegetaties meer verwantschap met de Franse dan met de Nederlandse of, waarschijnlijker, beschrijft de Franse syntaxonomie beter de Vlaamse situatie dan haar Nederlandse equivalent (zwaartepunt van typologie in Hollandse vastelandduinen en Waddeneilanden). Belangrijker is echter dat de methodologie van de "nieuwe Franse school" (cf. Gillet et al. 1991: "phytosociologie synusiale integrée" = geïntegreerd-synusiale vegetatiekunde) waarschijnlijk beter bruikbaar is om een complex en dynamisch ecosysteem als het kustgebied synecologisch te beschrijven en daarenboven, in elk geval theoretisch, een betere basis lijkt te bieden voor integratie van de elementaire vegetatiebeschrijving in diverse bredere en hogere ecosysteemeenheden. De verbinding met de elders (Leten 1992) onderscheiden landschapsecologische eenheden zou zo op een formele en gestandaardiseerde basis kunnen gebeuren. Tenslotte sluit deze aanpak ook veel beter aan bij de, overigens volkomen onafhankelijk tot stand gekomen, voorlopige typologie (Leten et al. in voorb.) die gebruikt werd bij de vegetatiekartering (7.4.7.).

Hoewel ongetwijfeld een adequatere weergave van de realiteit van een individuele en gelaagde vegetatie, is de ingewikkelde, meervoudige syntaxonomie en syntaxonomische nomenclatuur op

het laagste hiërarchische niveau een nadeel van de geïntegreerd-synusiale methode. Zo zal een mosduinbegroeiing worden beschreven aan de hand van drie tot vier synusiale taxonomische basiseenheden (associaties), gebaseerd op de drie tot vier structuurniveaus van een dergelijke vegetatie (mossen/lichenen, hapaxanten, hemicryptofyten en eventueel nanofanerofyten: b.v. een mos/lichenassociatie + *Erodio lebelii-Phleetum arenarii* + *Euphorbio paraliadis-Festucetum arenariae* + *Salici arenariae-Hippophaetum*), ze zal pas op een hoger integratieniveau (fytocoenose) onder één gemeenschappelijke noemer geplaatst worden (de coenassociatie: b.v. het *Phleo-Tortulocoenetum*). De mosgemeenschappen, toch vrij essentieel in een aantal duinvegetaties, worden echter niet behandeld in Julve (1993), evenmin als de eenheden op de hogere integratieniveau's. Ook het feit dat deze aanpak en een deel van de gebruikte naamgeving nog onbekend zijn in Vlaanderen, dragen voorlopig niet bij tot de gebruiksvriendelijkheid.

Voor de leek of beginner vermoedelijk nog afschrikwekkender en voor de habitué soms op de zenuwen, zoniet op de lachspieren werkend, is de zeer bewerkelijke en puristische naamgeving van de syntaxa in Julve (1993). Een sprekend voorbeeld is b.v. de syntaxonomische eenheid die de "duinkalkmoerassen" groepeert: *Caricion viridulae* ssp. *viridulae* var. *pulchello-trinervis* (De Foucault 84) Julve 89. Om evidente wetenschappelijke redenen worden deze syntaxonomische eenheden op het eind van de bespreking van elk habitattype volledig (met uitzondering van de auteursnamen) geciteerd, maar niets weerhoudt de gebruiker ervan deze vegetatietypes voor verder praktisch gebruik met een eenvoudiger "roepnaam" aan te duiden (in onderhavig geval b.v.: *Caricion pulchello-trinervis*).

Uiteindelijk werd besloten om de syntaxonomie van de verschillende vegetatietypes zowel volgens de "geïntegreerd-synusiale" (nieuw-Franse) als volgens de klassieke "sigmatische" (Nederlandse) methode in tabelvorm naast elkaar weer te geven. Een vergelijkbare positie in de tabel betekent echter niet dat de beide namen ook dezelfde lading dekken. In regel worden de vegetatietypes benoemd tot op verbondsniveau, maar waar dit mogelijk is, wordt ook naar associaties verwezen. Bij de geïntegreerd-synusiale beschrijving worden de "verenigende synusiae" ("synusies unificatrices", Gillet et al. 1991) in de mate van het mogelijke voorop en/of vooruitspringend geplaatst.

De nomenclatuur en classificatie van fytosociologische entiteiten, zowel binnen de geïntegreerd-synusiale als binnen de sigmatische benadering is als preliminair te beschouwen, dit bij gebrek aan specifiek op de Vlaamse kustduinen gericht fytosociologisch onderzoek en het niet volledig overeenstemmen van de Vlaamse situatie met de wel als zodanig bestudeerde gebieden. Classificatie noch nomenclatuur werden getoetst aan literatuur of aan het "best professional jugdment" van de specialisten ter zake.

7.4.2. Het mariene milieu: de getijzone

De getijzone is die contactzone tussen land en zee, die regelmatig door de zee overstroomd wordt. De frequentie van overstroming kan daarbij variëren tussen tweemaal daags en één- à tweemaal per maand tot per jaar tijdesn voorjaars- en/of herfstspringtij. Bij getijhoogtes wordt gerekend vanaf een referentievlak. In ons land werd dit gelegd op de gemiddelde lage laagwaterstand bij springtij (GLLWS) te Oostende[2]. Tussen GLLWS (soms lager) en de hoogwaterlijn (hoogte variërend met de maancyclus en atmosferische omstandigheden) overspoelt het zeewater stranden, slikken, schorren en strandhoofden. De amplitude van het getij (verschil tussen laag- en hoogwater) te Oostende schommelt tussen 2,25 en 5,26 m volgens de berekende (voorspelde) waterstanden voor 1995. Windsterkte en -richting kunnen deze cijfers wijzigen. Aanlandige noorden- en westenwinden verhogen de waterstand door een opstuwend effect. Omgekeerd wordt de waterstand verlaagd door aflandige zuiden- en oostenwinden. Maximale waterstanden worden gerealiseerd bij zware aanlandige stormen bij hoogwater, eventueel in combinatie met springtij. De bovengrens van de natuurlijke overstromingsvlakte van de zee, d.i. de vlakte die bij ongeremde (geen zeewerende dijken of sluizen) hoge hoogwaterstand zou overstromen, wordt conventioneel gelegd bij de 5 m hoogtelijn. Dit is ook de arbitraire grens die gehanteerd wordt tussen polder- en zandstreek.

7.4.2.1. Het natte strand

Het geëxposeerde deel van de Vlaamse kust is in wezen een zandstrand. Dit heeft vooral te maken met de stroomsnelheid, waarbij in de brandingszone voornamelijk de zwaardere zandkorrels worden afgezet, terwijl op beschutte plaatsen, waar de waterstroom tot rust komt, het fijne, gesuspendeerde slib sedimenteert. Het zandstrand ligt buitendijks of voorduins van de rechte gesloten kustlijn en heeft een open oriëntatie op de zee.
De zandstranden bestaan uit een grofkorrelig, mobiel sediment (diameter ongeveer 0,2 mm), dat helemaal geen houvast biedt. De levensgemeenschappen die deze zone, het natte strand, bewonen, is samengesteld uit benthische organismen. Hun levenswijze vereist een aanpassing aan de getijdecyclus: tijdelijk overspoeld worden met zeewater, tijdelijk blootgesteld zijn aan de lucht, hoge temperatuurschommelingen, branding,... .
Een aantal soorten lost dit op door ingegraven te leven in het zand, de infauna. Sommige staan slechts met een sifo (kanaal) of tentakels in contact met het oppervlak: vooral Borstelwormen (*Polychaeta*; bv. de Zeepier (*Arenicola marina*), de Schelpkokerworm (*Lanice conchilega*),...) en tweekleppige weekdieren (*Bivalvia*; bv. de Kokkel (*Cerastoderma edule*), het Zaagje (*Donax vittatus*),...). Andere leven slechts ingegraven tijdens de perioden van emersie en zwemmen vrij rond bij immersie (talrijke voorbeelden bij de *Isopoda, Amphipoda,...*). Een aparte groep vormen de leden van de interstitiële fauna, dieren die zo klein zijn dat ze zich vrij kunnen bewegen in de tussenruimten tussen de zandkorrels. Ze hoeven zich niet in te graven (zandkorrels verplaatsen), maar leven constant in het zand (meiofauna: *Nematoda, Copepoda, Archiannelida,...*). De microfauna (eencelligen, bacteriën) leeft op de zandkorrels.
De primaire producenten in dit milieu zijn bacteriën, cyanobacteriën en algen (vooral benthische en tychoplanktonische diatomeeën en dinoflagellaten, Blondeel 1996).

---

[2] Opmerking : GLLWS is niet de 0-hoogtelijn van de Tweede Algemene Waterpassing (TAW), maar ligt hier 0.39 m onder.

Zichtbare predators in dit milieu zijn voornamelijk overwinterende steltlopers zoals de Drieteenstrandloper (*Calidris alba*) en de Scholekster (*Haematopus ostralegus*), die met hun lange smalle snavel op de infauna en aanspoelende fauna foerageren, en meeuwen (*Laridae*), die eigenlijk vooral aaseters zijn en hun oog laten vallen op aanspoelende dode dieren en organisch materiaal.

Een tweede grote groep van bewoners en gebruikers van deze zone zijn de migranten: ze komen met de vloedstroom mee en verlaten het gebied weer met de ebstroom. Ze behoren tot het kleinste en het grootste van wat in zee leeft: het plankton, het epi- en hyperbenthos en het nekton. De soortenlijst is erg lang, ook al omdat veel soorten als larvale stadia een tijd deel uitmaken van het plankton. De getijbeweging voert planktonische algen en organische materie (detritus) aan (immigrerende primaire productie). De opvallendste vertegenwoordigers van de fauna hier zijn Kwallen (*Scyphozoa*), Vlokreeften (*Amphipoda*), Pissebedden (*Isopoda*), Zeekomma's (*Cumacea*), Aasgarnalen (*Mysidacea*), Krabben en Garnalen (*Decapoda*), Beenvissen (*Osteichtyes*) (vooral jonge stadia) tot en met Zeehonden (*Pinnipedia*) en de Bruinvis (*Phocoena phocoena*), een walvisachtige. Hun aandeel kan seizoenaal sterk verschillen. Tijdelijk kunnen zeevogels die vanaf het wateroppervlak foerageren hier ook verblijven. Het gaat in de getijzone echter nooit om grote aantallen. Aan de Vlaamse kust gaat het in de winter voornamelijk om Futen (*Podiceps cristatus*), Eidereend (*Somateria mollissima*), Zwarte zee-eend (*Melanitta nigra*) en Alkachtigen (*Alcidae*), in de zomer vooral om Sterns (*Sterna* spp.). Deze soorten met getijdemigratie zijn veel minder kwetsbaar voor ontwikkelingen in de getijzone omdat ze zich voortdurend in de waterkolom bevinden.
De zandstranden worden aan hun hoogtegrens eventueel gemarkeerd door vloedmerken en embryonale duintjes (7.4.3).

Over grote lengten van de kust werden parallel aan (duinvoetversterkingen, zeedijken) of haaks op de kust (strandhoofden, havenhoofden, strekdammen, Longardbuizen, ...) harde versterkingen aangebracht. Alles samen betekent dit dat maar weinig stranden nog ongerept zijn, d.i. zonder kunstwerken. Men vindt ze nog te Knokke-Heist, voor het Zwinreservaat (1 km) en te Oostduinkerke-Koksijde (met uitzondering van de badplaatskernen: 3.5 km). Als we echter rekening houden met het al dan niet voorkomen van rijshoutbeplantingen op de stranden, dan wordt de totale lengte "ongerept" strand nog kleiner. Tussen De Haan en Bredene-Hippodroom zijn de korte strandhoofden en de Longardbuizen in het voorjaar van 1995 onder de strandopspuitingen verdwenen. Maar ook dit strand oogt niet ongerept: het gebruikte substraat voor de strandophoging heeft een andere kleur en is veel grover dan het oorspronkelijke substraat.

CORINE
16.11 Unvegetated sand beaches

7.4.2.2. Harde substraten in de getijzone

Zoals hierboven reeds aangegeven komt hard substraat aan de Vlaamse kust van nature niet voor. Wel kunnen, door ontzanding, fossiele klei- en turfbanken dagzomen op het strand. Meestal zijn deze beperkt van omvang en zijn ze slechts tijdelijk te zien, want spoedig terug door zand afgedekt. Als de expositie lang genoeg duurt, kunnen deze oppervlakken (de kleibanken in mindere mate) gekoloniseerd worden door soorten die typisch zijn voor hard substraat zoals Zeepokken (*Cirripedia*), Hydropoliepen (*Hydrozoa*), Zeeanemonen (*Anthozoa*), Mosdiertjes

(*Bryozoa*), Mossels (*Mytilus edulis*) en Alikruiken (*Littorina* spp.). Boormossels (*Petricola pholadiformis, Barnea candida, Zirfaea crispata*) boren zich in het substraat (klei zowel als veen). De enige studie van dit milieu aan onze kust is deze van Jocqué & Van Damme (1971). Zij bestudeerden de klei- en veenbanken van het strand van Raversijde, die ondertussen weer volledig verzand zijn door de aanleg van strandhoofden. Deze auteurs vermelden 13 soorten Neteldieren (*Cnidaria*), 14 soorten Gelede wormen (*Annelida*), 1 soort Raderdier (*Rotifera*), 7 soorten Krabben en Garnalen (*Decapoda*), 3 soorten Pissebedden (*Isopoda*), 8 soorten Vlokreeften (*Amphipoda*), 9 soorten Roeipootkreeftjes (*Copepoda*), 1 soort Zeekomma (*Cumacea*), 1 soort Aasgarnaal (*Mysidacea*), 4 soorten Rankpotigen (*Cirripedia*), 2 soorten Zeespinnen (*Pycnogonida*), 6 soorten Slakken (*Gastropoda*), 8 soorten Tweekleppigen (*Bivalvia*), 4 soorten Mosdiertjes (*Ectoprocta*), 2 soorten Stekelhuidigen (*Echinodermata*) en 6 soorten Beenvissen (*Osteichtyes*).

Belangrijke omgevingsfactoren op hard substraat in de getijzone zijn de aard van de ondergrond (hout, arduin, basalt, beton, bitumen, baksteen, ..), de mate van expositie (algemene oriëntatie en positie t.o.v. de overheersende stromingen), de hellingshoek van het substraat (tussen de extremen horizontaal en overhellend), de duur van de emersie, de maximale hoogte van de waterkolom bij immersie, de doorzichtigheid van het zeewater (licht), de nabijheid van los zand (schurende werking), temperatuur,... .
Ook de levensgemeenschappen van deze antropogene harde substraten zijn nog maar weinig bestudeerd aan onze kust. Daro (1969) koos een strandhoofd te Knokke voor een beschrijvende en ecologische studie. Dit strandhoofd is einde 1978 onder de zandopspuitingen verdwenen. De Vos (1979) maakte een zonatiestudie van de wiervegetatie van de (oude) pier van Zeebrugge. Zij trof er 4 soorten Blauwwieren (*Cyanophyta*), 18 soorten Groenwieren (*Chlorophyta*), 9 soorten Bruinwieren (*Phaeophyta*) en 15 soorten Roodwieren (*Rhodophyta*) aan (De Vos & Coppejans 1980). Ook deze pier leunt nu aan bij een opgespoten terrein. Een deel van de vroegere getijzone is onder het zand verdwenen, de rest maakt geen direct contact meer met de zee. Warmoes et al. (1988) bestudeerden de Alikruiken van het genus *Littorina* aan de Vlaamse kust. Ze konden vijf van de zeven Europese soorten terugvinden. Sinds hun onderzoek zijn waarschijnlijk twee ervan verdwenen. Een aantal losse waarnemingen omtrent wieren en fauna werden de laatste jaren verzameld door het laboratorium voor Plantkunde van de Universiteit Gent en leden van de Strandwerkgroep, een vereniging voor mariene biologie.

Kenmerkend voor hard substraat is het feit dat de ondergrond, in tegenstelling tot zand, wel een houvast biedt. De flora en een groot deel van de fauna leidt als volgroeid organisme een vastzittend bestaan : Wieren, Zeepokken, Holtedieren, Mosdiertjes, Mosselen, Oesters. Er heerst een grote concurrentie om de beschikbare ruimte. De sessiele organismen komen meestal in een typische zonatie voor. Een bijzonder milieu van strandhoofden en rotsblokken vormen de slijkmatjes gevormd door de talrijke aaneensluitende kokertjes van de borstelworm (*Polydora ciliata*). Deze matjes kunnen over andere organismen heen groeien en deze verstikken. Anderzijds gebeurt het ook dat de slijkmatjes door erosie losgeslagen worden tot op het blote substraat. De strijd om de ruimte kan dan herbeginnen. Tussen deze sessiele flora en fauna beweegt zich een hele fauna van mobiele soorten Ronde wormen, Copepoden, Vlokreeften, Pissebedden, Krabben, Zeespinnen, Zeesterren, Brokkelsterren, Alikruiken, Naaktslakken, vissen,...

Enkele bijzondere soorten van harde substraten zijn: Dodemansvingers (*Alcyonium digitatum*) (een zacht koraal), Fluwelen zwemkrab (*Necora puber*), Gewimperde zwemkrab (*Liocarcinus arcuatus*), Ruig krabbetje (*Pilumnus hirtellus*), Harig porseleinkrabbetje (*Porcellana platycheles*), Schaalhoren (*Patella vulgata*) (verdwenen te Knokke door strandophoging),

Stompe alikruik (*Littorina obtusata*), Mosselslurper (*Brachystomia rissoides*), alle zeenaaktslakken (*Opisthobranchia*), Purperslak (*Thais lapillus*) (uit het Vlaamse kustgebied verdwenen door zeevervuiling) en Slijmvisje (*Lipophrys pholis*). Daarnaast kunnen op oude schelpen korstvormige lichenen voorkomen. Soorten als *Carospora heppii*, *Caloplaca lactea* en *Toninia caeruleo-nigrescens* werden van dit substraat vermeld door Massart (1908a). Er zijn echter geen recente waarnemingen van deze lichenen langs de Vlaamse kust. Deze soorten zijn zeldzaam omdat ze ecologisch veeleisend zijn, omdat hun milieu zeldzaam is, of omdat ze hier op de rand van hun areaal leven.
Een gebiedsvreemde maar al erg oude categorie van harde substraten worden gevormd door de houten en stenen kunstwerken aan de kust: strandhoofden, zeedijken, staketsels, pieren, kaden, sluizen en havenhoofden. De fauna en flora van deze harde substraten is van origine typisch voor rotskusten.

De grootste verscheidenheid aan harde substraten en de grootste oppervlakten treft men aan in de omgeving van de havens Nieuwpoort, Oostende, Blankenberge en Zeebrugge. Voor de recente grote uitbouw van de haven van Zeebrugge bevonden zich ook sluizen, dijken en een staketsel op de grens van Heist en Zeebrugge, het Sas van Heist. Deze uitwatering van het Leopold- en Schipdonkkanaal is thans ingekokerd en mondt uit in de haven van Zeebrugge.

Strandhoofden zijn vooral talrijk te Knokke-Heist, van Blankenberge tot en met Wenduine, van Bredene tot en met Westende en vóór Nieuwpoort-Bad. Verder bevinden er zich nog enkele korte strandhoofden voor Koksijde en Vosseslag. Op een aantal stranden is geëxperimenteerd met Longardbuizen, worstvormige zandlichamen in een kunststoffen weefsel verpakt. Deze werden zowel parallel als dwars op de kust geplaatst op het traject De Haan-Vosseslag en vóór het militaire domein van Nieuwpoort-Lombardsijde. Als substraat voor rotskustbiota zijn deze, door de aard van het materiaal en de hoge ligging, het minst interessant.

Zeedijken parallel met de kustlijn komen voor over minstens 40 km van de totale kust en nemen tot op heden nog steeds uitbreiding. De oudste stenen dijk is de Spinoladijk te Oostende, daterend van 1602. De recentste zijn de betonnen versterkingen, bovenaan afgeboord met een horizontaal loopvlak en eventueel nog met een muurtje, zoals we aantreffen te De Panne (eind jaren '70, uitgebreid in oostelijke richting in 1992) en te Nieuwpoort, vóór de voormalige zeemachtbasis (1993-1995). Waar deze zeedijken bij hoog water door de zee bereikt worden, kunnen zij begroeid of gekoloniseerd geraken met rotskustbiota. Op termijn ontwikkelen zich dan mariene levensgemeenschappen die de lokale biodiversiteit verhogen. Door zandopspuitingen op het strand en zandopvoering tegenaan de dijkvoet in het zomerhalfjaar staan deze zeedijken nog slechts op een gering aantal plaatsen in rechtstreeks contact met de zee : De Panne westrand tot de Franse grens, Nieuwpoort kant Lombardsijde, Westende Rotonde, Middelkerke Casino en lokaal richting Raversijde, Mariakerke, Oostende Hippodroom, Oostende tussen Kursaal en Zeeheldenplein, Oostende Halve Maan en Wenduine Rotonde. Hiervan zijn De Panne en Nieuwpoort te jong en vooral te hoog gelegen om interessant te zijn voor mariene organismen. Het contact tussen zee en dijk is in de gemeente Knokke-Heist tengevolge van een grootschalige zandopspuiting in 1978 over de volle lengte van de gemeentelijke kustlijn verloren gegaan.

De best ontwikkelde (of best gekende) gebieden waren tot het einde van de jaren zeventig de strandhoofden te Knokke-Heist en de oude havenmuur van Zeebrugge. Sinds de strandopspuitingen te Knokke-Heist en de havenuitbouw van Zeebrugge heeft de fauna en flora van hard substraat veel van zijn waarden verloren aan onze kust. Een nieuw gebied met een

interessante rotskustfauna diende zich sindsdien aan: de oostkant van de oostelijke havendam op de grens van Zeebrugge en Heist (zie hiervoor o.a. Rappé 1989, d'Udekem d'Acoz 1990 & 1992).

De harde oeververstersking van delen van de Nieuwpoortse (en Oostendse, Blankenbergse en Zeebrugse) havengeul en van diverse constructies die hiermee in verbinding staan vormen een relatief minder dynamisch milieu (minder directe golfwerking, deels uitstekend boven normaal hoog tij). De vaatplantenflora sluit aan bij deze van schorren en duin/schorre-overgangszones (7.4.2.3.2. & 7.4.3.1.). Voor sommige soorten kunnen dergelijke relictpopulaties van belang zijn voor het behoud van de soort en voor de herkolonisatie na natuurontwikkeling van meer natuurlijke schorre-habitats. Over een specifieke wierflora of fauna is ons verder niets bekend.

Syntaxonomie
wiergemeenschappen

Julve 1991
Armerion maritimae (fragm.)
Elytrigion athericae (fragm.)

Westhoff & Den Held (1969)
Armerion maritimae (fragm.)
Angelicion litoralis (fragm.)

CORINE

Gezien het hier eigenlijk, met uitzondering van de momenteel verdwenen turfbanken, gaat om een antropogeen milieu, waarvoor geen eigen code is voorzien, stellen we voor om dit habitat als onderverdeling van 18.1 (Kliffen en rotsen zonder vaatplantenvegetatie) te beschouwen:
"18.1A Antropogene harde substraten in de getijzone".

7.4.2.3. Slikken en schorren

Waar de fijne fractie van het anorganische materiaal, gesuspendeerd in het zeewater, kans krijgt te bezinken, ontstaan slijkplaten en, op langere termijn, kleibanken. Dit fijne sediment wordt slechts afgezet op plaatsen waar het zeewater kan stagneren, waar de waterbeweging voldoende getemperd is en er voldoende tijd is om neer te slaan. Meestal gebeurt dit achter de gesloten kustlijn, in inhammen, doorbraken en riviermondingen.

Aan de Vlaamse kust doen deze omstandigheden zich momenteel slechts voor in het Zwin en aan de monding van de IJzer. In historische tijden (b.v. vroege Middeleeuwen) bedekte deze habitat een enorme oppervlakte van het kustgebied (alle huidige polders), met ongetwijfeld een veel grotere abiotische en biotische variatie dan momenteel het geval is. Het Zwin is in zijn huidige vorm een achterduinse strandvlakte en restant van een zeearm die vroeger veel dieper het land indrong, maar door verzanding en inpolderingen tenslotte beperkt werd tot een gebied van 150 ha op de Belgisch-Nederlandse grens (125 ha in België, 25 ha in Nederland). In zijn verste voorgeschiedenis gaat het Zwin terug tot de zeearm Sincfal, die de zuidelijkste vertakking uitmaakte van het mondingsgebied van de Schelde, een estuariumgebied (Van den Balck 1994).

Ook de monding van de IJzer is een estuarium. Op dit ogenblik bevindt zich nog een klein slikken- en schorrengebied (minder dan 9 ha) langs de rechteroever. Halverwege vorige eeuw bedroeg de geschatte oppervlakte ca. 28 ha.(kaart Vandermaelen), waarvan een 6-tal ha op de linkeroever. De recentste vegetatiebeschrijving is deze van Goetghebeur (1976a), een recentere (globale) vegetatiekaart werd opgesteld in het kader van de studie van Hoffmann et al. (1996). De

vele separate gegevens omtrent ongewervelde fauna, verzameld in het kader van de stages Oecologie van de Universiteit Gent, werden samengevat door Decleer (1986). Recente gegevens in verband met arachno- en entomofauna in dit gebied (inclusief het aangrenzend duingebied) zijn o.m. te vinden in de referenties vermeld onder 7.4.1.1.

Een unieke situatie doet zich sinds 1985 voor op het westelijke deel van het strand van Heist. Daar heeft zich, aanleunend tegen de oostelijke strekdam van Zeebrugge, door een samenloop van omstandigheden (zandopspuitingen te Heist in 1977-1978, afvoerpijp van water en bagger uit het havengebied van Zeebrugge, ligging in de luwte van de strekdam, de heersende stromings- en windregimes) een gebied gevormd van slikken en embryonale duintjes. Het bijzondere aan dit gebied is de ligging: vóór de, in principe, rechte kustlijn (Devos et al. 1995). Fragmentaire slikken- en schorrenvegetaties zijn ook nog aan te treffen in het - sterk verstoorde - gebied Halve Maan, naast het oosterstaketsel te Oostende. In vorige eeuw waren ook hier, getuige oude flora- en faunagegevens, grotere oppervlakten slik, schor en/of overgangsgebied met duinen aanwezig, misschien niet onvergelijkbaar met de huidige "Baai van Heist".

Voor de volledigheid dient ook vermeld te worden dat op een aantal plaatsen in de polders, door de aanwezigheid van zout (uit zilte veenpaketten, door kwel van zilt grondwater of infiltratie van brak oppervlaktewater), zouttolerante organismen van slikken en schorren aanwezig kunnen zijn (zie 7.3.3.4.).
In het onderstaand overzicht worden de diverse habitats van laag naar hoog doorlopen. De beschrijvingen van de vegetaties hebben vooral betrekking op de twee buitendijkse zeeschorren van het Zwin en de IJzermonding. Hoewel beide gebieden momenteel geen begrazing kennen is het belangrijk te wijzen op het feit dat er vroeger wel intensieve begrazing heeft plaatsgehad (vooral schapen in het Zwin, vooral runderen, ezels en paarden in de IJzermonding). Wat de impact hiervan (geweest) is op de vroegere en huidige vegetatie is (nog) niet echt duidelijk.

7.4.2.3.1. Slikken

De laagste zones van slibrijke platen zijn niet of nauwelijks begroeid met hogere planten. Wel worden hier microscopisch kleine algen (vooral diatomeeën) aangetroffen.
De eerste hogere planten die deze slikken koloniseren zijn Engels slijkgras (*Spartina x townsendii*), Zeekraal (*Salicornia* spp.) en Schorrekruid (*Suaeda maritima*). Het zijn meestal ijle, soortenarme en lage vegetaties, die in principe door bijna elk getij geïnundeerd worden.
Engels slijkgras is in staat de aanslibbing rond zijn pollen te versterken. Op relatief kale slikbodems worden ook groenwieren zoals o.a. Darmwier (*Enteromorpha* spp.) (dikwijls op losse steentjes of schelpen), Zeesla (*Ulva* spp.) en *Vaucheria* spp. aangetroffen.
Op hoger gelegen slikken kunnen bijna gesloten vegetaties van Schorrekruid en/of Zeekraal aangetroffen worden. In de IJzermonding komen deze gesloten vegetaties, als overgang naar de schorre, nauwelijks voor omdat de schorre op de meeste plaatsen door erosie een klif vormt. Zeekraal- en Schorrekruidvegetaties komen ook voor op laaggelegen plaatsen in de schorren (prielen, plassen, bomputten) die dagelijks door het zeewater overspoeld worden of waarin het zeewater over meerdere getijen stagneert. In de Baai van Heist en aan de Halve Maan komen vooral Schorrekruidvegetaties voor.
Typisch voor de fauna van slikken zijn een aantal borstelarme wormen en borstelwormen (*Nereis diversicolor, Heteromastus filiformis, Pygospio elegans, Eteone longa*,...), de slijkgarnaal (*Corophium volutator*), de bivalve mollusken (vooral juvenielen) Nonnetje (*Macoma balthica*), Kokkel (*Cerastoderma edule*), Platte slijkgaper (*Scrobicularia plana*) en Strandgaper (*Mya*

arenaria), het Wadslakje (*Hydrobia ulvae*) en de naaktslakjes Kwelderslak (*Alderia modesta*) en Schorreslakje (*Limapontia depressa*) (Decleer 1986, Dumoulin 1989).

Slikken zijn belangrijk als foerageerhabitat voor een groot aantal steltlopers, waaronder Tureluur (*Tringa totanus*), Zilverplevier (*Pluvialis squatarola*), Scholekster (*Haematopus ostralegus*) en Bonte strandloper (*Calidris alpina*), en eendachtigen als de Bergeend (*Tadorna tadorna*).

Syntaxonomie

Julve 1993	**Westhoff & Den Held (1969)**
therofyten	*Thero-Salicornion* (*Salicornietum strictae,*
Salicornion oliveri-procumbentis	...)
Salicornion ramosissimae	*Thero-Suaedion (Suaedetum maritimae)*
fanerogamen	*Spartinion (Spartinetum townsendii)*
Spartinion maritimae (Spartinetum anglicae)	

CORINE

14 Mud flats and sand flats
15.111 Atlantic glasswort swards
15.21 Flat-leaved cordgrass-swards

7.4.2.3.2. Schorren

Schorren zijn, in vergelijking met slikken, hoger gelegen, volledig begroeide slijkplaten of kleibanken, zelden (hoge schorre) ook zandiger substraten, die niet meer dagelijks, maar alleen door de hoogste vloeden overstroomd worden. Er is een geleidelijke overgang van lage naar hoge schorre, met kenmerkende maar langzaam vervagende vegetatietypes. Onderstaand overzicht is dan ook slechts richtinggevend.

De lage schorre wordt gekenmerkt door Gewoon kweldergras (*Puccinellia maritima*). Op plaatsen met een snelle verzanding, zoals in het Zwin, neemt Gewone zoutmelde (*Halimione portulacoides*) een belangrijke plaats in. Op de middelhoge schorre treedt dikwijls dominantie op van Lamsoor (*Limonium vulgare*) (de "Zwinneblomme") en Zeeweegbree (*Plantago maritima*). Nog hoger op de schorre komen korte vegetaties met Engels gras (*Armeria maritima*), Melkkruid (*Glaux maritima*), Rood zwenkgras (*Festuca rubra* ssp. *litoralis*) en Fioringras (*Agrostis stolonifera* var. *marina*) voor. Zeealsem (*Artemisia maritima*) vormt hier lokale populaties. Plaatselijk is in de hoge schorre, dikwijls op zandiger, goed geäereerd substraat (kreekoeverwallen), Strandkweek (*Elymus athericus*) dominant. Deze kan volledig gesloten, bijna monospecifieke vegetaties vormen, met neiging tot vervilten. Dergelijke vegetaties produceren en vangen ook veel organisch materiaal, wat o.a. resulteert in soorten als Strandbiet (*Beta vulgaris* ssp. *maritima*). Waar in de middelhoge tot hoge schorre, op kleiige faciës, ontzilting begint op te treden, kan een korte, grazige vegetatie ontstaan met dominant Zilte rus (*Juncus gerardii*) en Melkkruid (*Glaux maritima*). Deze zout-zoet overgangsvegetaties met het duingebied worden besproken in 7.4.3.1.

Typische slakjes in de schorre zijn Gray's kustslakje (*Assiminea grayana*), Gewoon muizeoortje (*Ovatella myosotis*) en vermoedelijk in het Zwin ook het Wit muizeoortje (*Leucophytia bidentata*). Verder komen, vooral in de hoge schorre, ook enkele typische wantsen voor : (*Piesma quadratum*) (o.a. op Zulte, Strandbiet, Schorrekruid, Loogkruid, Melde- en Ganzevoet-

soorten), *Conostethus venustus* (o.a. op Strandkamille), kortschildkevers (*Bledius* spp., *Trogophloeus bilineatus*,...), loopkevers (*Amara convexiuscula, Bembidion iricolor, B. minimum, B. laterale, Dicheirotrichus obsoletus, D. gustavii, Dyschirius obscurus, D. salinus, Pogonus chalceus, Pterostichus macer*,...), snuitkevers (*Apion limonii, Polydrusus pulchellus*,... .), de oevergraafkever *Heterocerus maritimus*, spinnen (*Argenna patula, Pardosa purbeckensis, Drassodes dalmatensis, Allomengea scopigera, Erigone arctica, Erigone longipalpis, Halorates reprobus, Silometopus ambiguus, Baryphyma duffeyi*), ... (referenties zie 7.4.1.1.).

In schorren worden vloedmerken gevormd op de grens van de hoogste waterstanden. Ze zijn voornamelijk samengesteld uit afgebroken, afgestorven en losgeslagen (delen van) schorreplanten en vormen plaatselijk een dik pakket organisch materiaal. Aangezien de hoogste waterstand niet constant is, maar varieert in de loop van de maancyclus, en afhankelijk is van de hellingshoek van het terrein, kan dit vloedmerk zich over een variabele breedte uitstrekken of opgesplitst zijn in meerdere parallelle gordels. Op dit pakket organisch materiaal floreert een vegetatie van ten dele niet specifiek zoutminnende nitrofyten en ruigtkruiden: Strandkamille (*Matricaria maritima* ssp. *maritima*), Spiesmelde (*Atriplex prostrata*), Strandmelde (*Atriplex littoralis*), Kromhals (*Lycopsis arvensis*), Akkerdistel (*Cirsium arvense*), Speerdistel (*Cirsium vulgare*), Strandbiet,... . Deze laatste heeft een grote populatie in de IJzermonding (waar zij echter vooral op de stenen beschoeiingen van de IJzergeul grote populaties vormt), maar is zeldzaam in het Zwin.

De ongewervelde fauna van deze vloedmerken bevat dikwijls een aanzienlijke populatie strandvlooien (Amphipoda, vooral *Orchestia gammarellus*, die zich ook in de schorre onder allerlei aangespoelde voorwerpen kan bevinden), naast enkele typische kevers (o.a. Zwartlijfkever (*Phaleria cadaverina*), Dwergspektor (*Corticaria crenulata*),...) en andere insekten.

Syntaxonomie

Julve 1993	**Westhoff & Den Held (1969)**
fanerogamen	*Puccinellion maritimae* (3 ass.)
Puccinellion maritimae (*Halimioni portulacoides-Puccinellietum maritimae, Puccinellio distantis-Spergularietum maritimae*, ...)	
Armerion maritimae (div. ass.)	*Armerion maritimae* (*Juncetum gerardii, Artemisietum maritimae*)
Elytrigion athericae (*Beto vulgaris* ssp. *maritimae-Elytrigietum athericae*)	*Puccinello-Spergularion marinae* (*Puccinellietum distantis*)
hapaxanten	*Angelicion litoralis* (*Atriplici-Agropyretum*
Atriplicion litoralis (*Matricario maritimae-Atriplicetum littoralis*)	*pungentis*)
	Atriplicion litoralis (*Atriplicetum litoralis*)

CORINE

15.3 Atlantic salt meadows
15.621 Silver scrubs

7.4.3. Contactzones tussen het mariene milieu en de duinen

Op de overgang tussen het mariene milieu (de zone die minstens bij elke springtij wordt overstroomd met zout water) en het duingebied (zoet) bevindt zich een veelal smalle tot lijnvormige zone met aparte kenmerken (sterke wisseling zout/zoet en, deels, droog/nat, aanvoer van zaden en nutriënten, pendelmogelijkheden voor mobiele organismen, ...). Daarom worden zij onder een aparte gemeenschappelijke noemer behandeld.

7.4.3.1. Contactzone schorre-duin

De grens van de hoge schorre wordt bepaald door de maximale hoogwaterstanden van het overspoelende zeewater. Deze grenszone is in meerdere opzichten een speciaal milieu. Het vormt een zone die de ene keer meer onder zoute (overstroming door de zee), de andere keren meer onder zoete invloed (regenwater, afvloei en kwel van duinen en dijken) staat. Ook op het niveau van het bodemsubstraat is het, lokaal, een contactzone tussen fijne (slib) en grove (zand) fracties. Tenslotte kan ook de nutriëntenhuishouding sterk verschillen.

De contactzone tussen de hoge schorre en het aangrenzende duingebied is momenteel een extreem zeldzaam habitat, dat eigenlijk alleen in het Zwin nog voorkomt. Vroeger kwam dit type ook langs de Ijzermonding voor en meer dan een eeuw geleden in de omgeving van Oostende. Het substraat bestaat uit zand met eventueel een geringe bijmenging van slib en er is lokaal een zekere aanvoer van organisch materiaal. De habitat wordt gekenmerkt door een sterke schommeling van het zout- en vochtgehalte. Algemene soort in de schrale, zandige delen van dit habitat is Hertshoornweegbree (*Plantago coronopus*). Verder worden hierin ook Zeevetmuur (*Sagina maritima*), Dunstaart (*Parapholis strigosa*), Laksteeltje (*Catapodium marinum*) en Deens lepelblad (*Cochlearia danica*) gevonden. Op beperkte schaal komen enigszins vergelijkbare situaties voor op kunstmatige substraten (b.v. de momenteel nog zelden door zeewater bereikte oude promenadedijk van Heist aan de landkant van de huidige "Baai van Heist", met o.a. Zeevetmuur en Deens lepelblad) (cf. 7.4.2.2.). Zeer incidenteel nog door zeewater overspoelde en dikwijls ook betreden zandige schorren worden gekenmerkt door een graslandvegetatie met o.a. Aardbeiklaver (*Trifolium fragiferum*), Witte klaver (*Trifolium repens*), Smalle rolklaver (*Lotus corniculatus* ssp. *tenuifolius*), Vertakte leeuwetand (*Leontodon autumnalis*), enz. Depressies waar brak water kan stagneren, dikwijls met meer vloedmerkinvloed en voedselrijker, worden o.a. gekenmerkt door Zeerus (*Juncus maritimus*), Zilt torkruid (*Oenanthe lachenalii*), Zilte zegge (*Carex distans*) en Zilverschoon (*Potentilla anserina*). Ook de ruigte van het hoge schor (met Strandkweek; zie 7.4.3.3.2.), met eventuele vloedmerkinvloed, kan de overgang naar de duinen markeren. Dergelijke vegetaties werden echter reeds bij de schorren behandeld. Op beschutte, onbeweide schorren met zoete kwel vanuit de duinen kan ook een matig halofiele vegetatie met Heen (*Scirpus maritimus*) en Riet tot ontwikkeling komen. Al deze vegetatietypes zijn o.a. gekend van het Zwin. Tot rond 1960 was hier ook, in een brakwaterplasje in deze zone, nog Snavelruppia (*Ruppia maritima*) aanwezig (Parent & Burny 1981a).

De dikwijls erg smalle contactzone van duin en schor wordt/werd verder nog bevolkt door een hele reeks echte milieuspecialisten, die momenteel bij ons (nagenoeg) verdwenen zijn: Zeegerst (*Hordeum marinum*), Kwelderzegge (*Carex extensa*, recent nog 1 plant waargenomen in het

Zwin), Fijn goudscherm (*Bupleurum tenuissimum*), Waardzegge (*Carex divisa*), *Trifolium squamosum*. Tot de belangrijke elementen van de duin/schorre overgangsgemeenschap behoren zeker ook een reeks van bijzondere fauna-elementen die voor hun voedselbehoeften aangewezen zijn op het schor, maar voor uitwijkmogelijkheden (tij, stormvloeden, overwintering) de beschutting van de duinvegetaties opzoeken. Voor arachno- en entomofauna kan hiervoor verwezen worden naar de referenties onder 7.4.1.1.

Hoewel deze habitat in historische tijden (Vroege Middeleeuwen) nog frequent, zij het allicht voornamelijk lijnvormig, aanwezig moet zijn geweest aan onze kust en toen ongetwijfeld veel meer variatie vertoonde (o.a. vanwege kwelinvloeden en veenvorming), behoort hij momenteel tot de zeldzaamste en meest bedreigde van de kust. In het Zwin is deze habitat recentelijk sterk in kwaliteit achteruitgegaan o.a. door recreatie, in de IJzermonding kan hij misschien hersteld worden door natuurtechnische milieubouw. Diverse soorten met een optimum in deze habitat worden echter incidenteel ook in andere, soms antropogene, habitats aangetroffen (Goetghebeur 1977, Zwaenepoel et al. 1994; zie ook onder 7.4.3.2.).

Syntaxonomie

Julve (1993)

fanerogamen
Armerion maritimae p.p. (o.a. *Junco maritimi-Caricetum extensae*)
Loto tenuis-Trifolion fragiferi

Bulboschoenion maritimi

Ruppion maritimae (Ruppietum maritimae)
therofyten
Saginion maritimae (Sagino maritimae-Cochlearietum danicae, ...)

Westhoff & Den Held (1969), Schaminée et Weeda & Westhoff (1995)

Saginion maritimae (Sagino maritimae-Cochlearietum danicae)

Angelicion litoralis (o.a. *Atriplici-Agropyretum pungentis*, Ass. v *Juncus maritimus & Oenanthe lachenalii*)
Agropyro-Rumicion crispi p.p. (Gem. v. *Ononis spinosa & Carex distans*, Gem. v. *Agrostis stolonifera* subvar. *salina & Trifolium fragiferum*)
Halo-Scirpion (Halo-Scirpetum maritimi)
Ruppion maritimae (Ruppietum maritimae)

CORINE

15.13 Sea-pearlwort communities
15.33 Upper schorre communities p.p.
53.17 Halophile clubrush beds

7.4.3.2. Hoogstrand

De contactzone tussen de zee en de duinen is zeer dynamisch en sterk wisselend in de tijd (aanwas, afslag, tijdelijke inbraken, maar ook op kortere termijn: springvloed, stormen, ...). Dit habitattype wordt daarom arbitrair afgebakend als de zone tussen de normale vloedlijn en de top van de zeereep, d.i. de zone die periodiek nog onder directe invloed van het zeewater staat of waar de wind nog mariene organismen, diasporen, dood organisch materiaal en zoutneerslag kan deponeren.

Hoewel vloedmerken op het droge strand (ook wel hoogstrand genoemd) hun ontstaan grotendeels te danken hebben aan de zee, de stromingen en het getij, zijn hun bewoners grotendeels verwanten van landorganismen: zaadplanten en insecten. Net zoals de vloedmerken op de grens van de hoge schorre bestaan vloedmerken op het strand - afgezien van de vele kunststoffen voorwerpen, afval van menselijke activiteiten - uit aangespoeld organisch materiaal. Dit materiaal is door de zee afgezet en meestal van de zee afkomstig (of van het land en zoete wateren, maar via uitwateringen, riolen of riviermondingen in zee terechtgekomen). Het betreft allerlei zeeorganismen of resten ervan: van kleine Rood- en grote Bruinwieren, Kwallen, Hydroidpoliepen, Mosdiertjes, Weekdieren, eikapsels allerhande, vervellingen van schaaldieren, Stekelhuidigen tot vissen en zeezoogdieren. Dit materiaal spoelt, afhankelijk van de hoogte van het hoogwater, hoger of lager op het strand aan. De hoogste vloedlijn markeert meestal de hoogste stormvloed van de voorbije winter. Het organisch materiaal uit deze zone raakt door eolische werking bedolven onder een laagje zand en ontbindt ter plaatse.

Deze rottende ondergrond is de voedingsbodem van een specifieke levensgemeenschap. Met het dode en zieltogende materiaal is namelijk ook nieuw leven meegekomen: zaden en andere diasporen (stukken rizoom, afgebroken vruchtwijzen) van planten. Deze diasporen vallen uiteen in drie grote groepen :
a) diasporen van thalassochore planten, die aangepast zijn aan een verspreiding over zee en met de zeestromingen. De zaden zijn meestal morfologisch aangepast door een stevige vrucht- of zaadwand die lang weerstand biedt tegen het zeewater en bezitten meestal een goed drijfvermogen. Het zijn typische kustsoorten: Zeeraket (*Cakile maritima*), Stekend loogkruid (*Salsola kali* ssp. *kali*), Zeekool (*Crambe maritima*), Zeewolfsmelk (*Euphorbia paralias*), Blauwe zeedistel (*Eryngium maritimum*), Strandbiet (*Beta vulgaris* ssp. *maritima*), ...
b) diasporen van water- en moerasplanten uit het binnenland. Ook deze hebben meestal aan een verblijf in water aangepaste zaden (een hydrochore verspreiding), maar ze hebben slechts een beperkt drijfvermogen en verliezen, tijdens of na een langdurig verblijf in zeewater spoedig hun kiemkracht. Bvb. Gele lis (*Iris pseudacorus*), Riet (*Phragmites australis*), Blauw glidkruid (*Scutellaria galericulata*), Hoge cyperzegge (*Carex pseudocyperus*), ..
c) diasporen van allerlei landplanten die toevallig in zee verzeild geraken (ook cultuurplanten als Zonnebloem - *Helianthus annua*, Tomaat - *Solanum lycopersicum*, ...).
Zaden van categorie a) spoelen ergens aan, kiemen, en kunnen vegetatievormend optreden. Zaden van de tweede en derde groepen slagen er soms in te kiemen, maar zelden om zich te handhaven en vormen vrijwel nooit een vegetatie. In regel vinden zij slechts in de verzoete randen van slufters een permanenter overlevingsmilieu.

Typische planten van vloedmerken op zandig substraat bij ons zijn Zeeraket, Stekend loogkruid en Gelobde melde (*Atriplex laciniata*). Het zijn alle zomertherofyten. Als ze vegetatievormend optreden, gaat het meestal om een (bijna) monospecifieke vegetatie. De eerste twee doen dit het regelmatigst. Individuele planten van Zeeraket en Stekend loogkruid staan meestal ver uit elkaar en vormen kleine zandophogingen. Door de levenscyclus van deze planten en hun standplaats, tussen gewone springtij- en stormvloedlijn, houden deze embryonale duintjes zelden stand, maar wordt de prille geomorfogenese elke winter weer in de kiem gesmoord.

Zeepostelein (*Honckenya peploides*), een overblijvende soort die gemiddeld iets hoger op het strand te vinden is, komt slechts te Heist voor over grote oppervlakte en veroorzaakt hier door zandaccumulatie duidelijk reeds vorming van lage duintjes. Onder gunstige omstandigheden (voldoende stabiliteit, voldoende hoog afgezet vloedmerk, voldoende nutriënten,...) kan in dergelijke omstandigheden de lijst van karakteristieke planten nog aangevuld worden met .

Biestarwegras (*Elymus farctus*), Zeekool, Strandbiet (handhaaft zich maar moeizaam), Kustmelde (*Atriplex glabriuscula*), Strandduizendknoop (*Polygonum oxyspermum* ssp. *raii*) en Gele hoornpapaver (*Glaucium flavum*) (o.a. Rappé 1984 & 1996). De eerste drie zijn meestal overblijvend, de vierde is een therofyt en de laatste heeft bij ons meestal een tweejarige cyclus. Van deze soorten is de wortelstokgeofyt Biestarwegras de enige die effectief in staat is op relatief grote en permanente schaal zand te fixeren en hiermee de duinvorming, inclusief de vorming van een zoetwaterlens, in gang te zetten (zie 7.4.4.1.). Vloedmerken dienen overigens als landings- en vestigingsplaats voor meer planten die hun optimum iets hoger of dieper in de duinen hebben zoals Helm (*Ammophila arenaria*), Blauwe zeedistel, Zeewolfsmelk, Zeewinde (*Calystegia soldanella*),... De noordelijke soort Zandhaver (*Elymus arenarius*) is vrijwel niet (meer) aanwezig in deze habitat, maar is tegenwoordig aan de Vlaamse kust veeleer een soort van geruderaliseerde duinen, wegbermen enz. Vroeger kwam deze soort wel in de zeereep voor.

Typische dieren uit dit milieu zijn de Strandvlo (*Talitrus saltator*), de Witte Oproller (*Armadillidium album*) (zeer zeldzaam en alleen opgegeven voor het Zwin), een aantal vliegen (zie Grootaert 1989) en waarschijnlijk ook kevers (Haghebaert 1989). Belangrijke (potentiële) broedvogels van het droge strand zijn Strandplevier (*Charadrius alexandrinus*) (momenteel te Lombardsijde), Bontbekplevier (*Charadrius hiaticula*) en Dwergstern (*Sterna albifrons*).

Syntaxonomie

Julve (1993)

fanerogamen

Leymion arenarii (*Leymo arenarii-Elytrigietum junceae* ssp. *boreoatlanticae*, *Leymo arenarii-Ammophiletum arenariae* ssp. *arenariae*)

Ammophilion arenariae (*Euphorbio paraliadis-Elytrigietum junceae* ssp. *boreoatlanticae*)

therofyten

Atriplici sabulosae-Salsolion kali (*Atriplicetum sabulosae*, *Polygono raii-Atriplicetum glabriusculae*)

Westhoff & Den Held (1969)

Salsolo-Honkenyon peploides (*Atriplicetum sabulosae*, *Soc. v. Cakile maritima*, *Soc. v. Honkenya peploides*)

Ammophilion borealis (*Euphorbio-Agropyretum juncei*, *Elymo-Ammophiletum*)

CORINE

16.12 Sand beach annual communities

16.2111 Atlantic embryonic dunes

7.4.5. Duinen

De basiskenmerken van het duingebied zijn in eerste instantie het vrij grofzandige substraat (in voormalige duin/schorre-overgangsgebieden soms enigszins slibrijk) dat meestal eolisch werd afgezet en verder door een combinatie van wind, water, vegetatie en menselijke ingrepen tot diverse duinvormen werd gemodeleerd. Aan de Vlaamse kust is dit zand primair schelp- en kalkrijk, met een zekere gradiënt van afnemende kalkrijkdom van West- naar Oostkust. Door jaren- en eeuwenlange uitloging van de kalk door het regenwater is een ontkalkingsgradiënt ontstaan, grosso mode gerelateerd aan de ouderdom van de betrokken duinzone. Deze tweede en secundaire kalkgradiënt staat in grote trekken haaks op de kust, met de meest kalkrijke delen aan de zeekant en de minst kalkrijke aan de polderkant of in de polder (Oude en Subrecente Duinen). Diverse factoren (o.a. verstuivingen, reliëf, menselijke invloeden) hebben echter geleid tot grote lokale verschillen en afwijkingen van deze in theorie lineaire gradiënt. In tegenstelling tot het mariene milieu en delen van de polder wordt het duingebied in regel gekenmerkt door de aanwezigheid van zoet water, deels nabij of (periodiek) boven het maaiveld, deels (diep) onder het maaiveld en dan dikwijls niet bereikbaar voor vele organismen. Even kenmerkend zijn de grote seizoenale en jaarschommelingen van deze watertafel, die wel van duinzone tot duinzone kunnen verschillen. Dit hydrologisch systeem wordt in de Vlaamse duinen uitsluitend gevoed door de neerslag op het duingebied zelf, maar intern kunnen grondwaterstromingen het fluctuatiepatroon en de chemische samenstelling beïnvloeden. Van nature is dit grondwater oligotroof, kalkrijk (met uitzondering van diep ontkalkte oude duinen) en ijzerrijk. De klimatologisch temperende nabijheid van de zee (zachte winters, koele zomers, hoge luchtvochtigheid) wordt op microklimatologische schaal ten dele opgeheven door reliëf en expositie, door het oligotrofe, sterk doorlatende en opwarmende (o.a. kalkrijkdom) zandsubstraat en door de relatief geringe neerslag en het relatief hoog aantal zonneschijnuren (zeker vlak bij zee). Dit alles creëert een ongemeen grote diversiteit aan milieuvariabelen, waarbij b.v. thermofiele (warmteminnende), eerder zuidelijke levensgemeenschappen (b.v. mosduingemeenschappen) en meer psychrofiele (koudeminnende), veeleer noordelijke levensgemeenschappen (b.v. duinkalkmoerassen in vochtige duinvalleien met invloei van koude lucht) naast elkaar kunnen voorkomen. Ook de eveneens door reliëf en afstand tot de zee gediversifieerde effecten van wind en zoutneerslag dragen bij tot de variatie. De vegetatie en, onrechtstreeks, de fauna weerspiegelen in eerste instantie de variatie die door de interactie van de abiotische milieucomponenten tot stand komt. Daarnaast kan de vegetatie zich differentieren langs lijnen van autogene (gestuurd door de eigen wetmatigheden van de levensgemeenschap) of allogene (in respons op exogene milieuvariabelen of invloeden van de mens) successielijnen. De mogelijkheden voor allogene successie zijn in de huidige duinecosystemen, door het wegvallen van de vroegere agropastorale druk en het (deels kunstmatig) sterk toegenomen diasporenaanbod, sterk toegenomen sinds het begin van de eeuw. Dit vertaalt zich in een toegenomen structuurvariatie in de duinbegroeiing. Anderzijds is er, nog afgezien van de algehele vernietiging van bijna de helft van het voormalige duinareaal, eveneens een sterke toename van de menselijke druk en verstoring op diverse ecosysteemniveau's.

7.4.4.1. Stuifduinen

Het meest kenmerkende en ook extreme milieu van de eigenlijke duinen wordt gevormd door niet tot slechts gedeeltelijk begroeid stuivend zand, dat in de Vlaamse kustduinen van origine steeds rijk is aan zachte schelpen (kalk). Naast deze veranderlijkheid, zijn verder de humus-, water- en

soms ook nutriëntenarmoede (met name buiten de zeereep) en de veelal extreme klimatologische omstandigheden kenmerkend.

Door de hoge abiotische stress en verstoring zijn stuifduinen eerder soortenarm en biotisch vrij homogeen. Toch is er een glijdende gradiënt van de stuivende duinen van de zeereep naar de landwaartse stuifduinen. Het is echter nauwelijks mogelijk om deze op habitat-niveau tot uiting te laten komen. Zo vertalen de soms aparte geomorfologische dynamiek ("primaire" versus "secundaire" duinvorming), microklimatologische (luchtvochtigheid, zoutneerslag, wind, ...) en bodemchemische (kalkrijkdom, nutriënten) kenmerken van de zeereepduinen zich ook in een zekere biotische (vooral faunistische) exclusiviteit.

De eerste plant die vanop het hoogstrand (cf. 7.7.4.2.) daadwerkelijk bouwt aan de toekomst van de duinen is het overblijvende Biestarwegras. Biestarwegras is hierbij in staat zowel horizontaal als vertikaal (met een matige overstuiving) mee te groeien. Zo vormt het blijvende embryonale duintjes. Als het een dergelijke Biestarwegras-kloon gegeven is de eerste winter te overleven, is de zandaccumulatie ondertussen zo ver gevorderd dat het zout kan worden uitgespoeld en zich een kleine zoetwaterlens kan vormen. In tweede instantie wordt het werk dan voortgezet door de duinvormer par excellence, Helm. In zones met een afslagkust, grenzen helmvegetaties echter direct aan het strand. Helm is nog beter dan Biestarwegras in staat mee te groeien met overstuiving en voelt zich trouwens in dit milieu op zijn best.

De aanwezigheid van Helm als zandvang werkt sterk diversifiërend op het stuivend zand. Stuifduinen met veel en vitale Helm groeien relatief sterker in de verticale richting dan in de horizontale en liggen zowel aan de basis van b.v. de hoge paraboolduinen als van vele andere duinvormen. Stuifduinen met Kruipwilg (*Salix repens* ssp. *argentea*) liggen mogelijk aan de basis van vele kopjesduinlandschappen, maar kunnen ook in bepaalde delen van paraboolduinlandschappen aanwezig zijn. Een speciale plaats binnen het complex van stuifduinen wordt ingenomen door wandel- of loopduinen. Dit geomorfologische type is vrijwel vegetatieloos op een aantal geïsoleerde vlek- of puntvormige elementen na.

Achter de zeereep kunnen stuifduinen optreden door progressie vanuit waaigaten in de zeereep (klassieke paraboolduinen met Helm) of, in de meerderheid van de gevallen, door menselijke beïnvloeding in het verleden (agropastorale devastatie, oorlogseffecten) of meer recent (recreatie). Hierbij kunnen uitgestrekte, vrijwel vegetatieloze loopduinen ontstaan (b.v. Centraal Wandelduin in de Westhoek). Zonder de recreatie-invloed treedt momenteel echter in de kleinere landwaartse verstuivingen versnelde stabilisatie op. Mogelijk is de door De Raeve (1991) onderscheiden "megaparabolaire structuur" (= loopduin-complex) de enige dynamische duinvorm die van nature tot zeer ver achter de zeereep blijvend kan voortstuiven.

Helm krijgt in de hogere zeereepduinen aan de loefzijde (en variabel het helmduin dieper indringend) reeds het gezelschap van Blauwe zeedistel, Zeewolfsmelk, Zeewinde, Zeeakkermelkdistel (*Sonchus arvensis* var. *maritimus*), Zandhaver (*Elymus arenarius*) en Duinzwenkgras (*Festuca juncifolia*). De eerste drie soorten zijn niet erg gelijkmatig verspreid over de kust. Zeewolfsmelk (in het Westhoekreservaat tot ca. 600 m van het strand voorkomend) heeft aan de Vlaamse kust vanaf de Franse grens een vermoedelijk klimaatbepaalde verspreiding tot en met Middelkerke, maar doet recent pogingen om zich ook elders aan de kust te vestigen (Rappé 1987 & 1989a). De Blauwe zeedistel heeft een mee door menselijke invloed bepaald zwaartepunt aan de Middenkust, terwijl Zeewinde nergens echt ontbreekt, maar in grote

populaties vooral voorkomt vanaf Raversijde oostwaarts. Zandhaver is aan de huidige Vlaamse kust veeleer een halfruderale soort langs wegen en dergelijke, dan een zeereepsoort.

Alle dominante grassen en Zandzegge (*Carex arenaria*) zijn sterke rizoomvormers. Deze laatste is samen met Duinzwenkgras vooral vegetatievormend aan de lijzijde van de zeereepduinen en in meer stabiele uitgeblazen kommen verspreid in de duinen. In de matig stuivende delen van de oudere en licht ontkalkte duinen uit het Laatmiddeleeuwse paraboolduinlandschap (cf. Leten 1992), kan ook Buntgras (*Corynephorus canescens*) een prominente plaats innemen (zie ook 7.4.4.4.1.). Hierin, maar ook in de meer beschutte helmvegetaties komen daar nog een hele reeks therofyten bij zoals Zand- en Scheve hoornbloem (*Cerastium semidecandrum & C. diffusum*), Duinvogelmuur (*Stellaria pallida*), Deens lepelblad (*Cochlearia danica*), ..., en enkele overblijvende soorten als Duinviooltje (*Viola curtisii*), Muurpeper (*Sedum acre*), in de zeereep soms ook Dauwbraam (*Rubus caesius*). In de eigenlijke zeereep, met blijvende verstuiving en aanvoer van nutriënten en zout, zouden bovenvermelde vegetaties een dynamisch eindstadium van de ontwikkeling kunnen vormen.

Wanneer in de kalkrijke duinen de toevoer van vers zand vermindert, verliest Helm aan vitaliteit en kwijnt langzaam weg. Dit verschijnsel is volgens Weeda et al. (1994) gerelateerd aan het optreden van cyste- en wortelknobbelaaltjes (*Heterodera* sp., *Meloidogyne maritima*), mogelijk in samenspel met bodemschimmels. Via één of diverse overgangstype(s), met b.v. Driedistel - *Carlina vulgaris*, Donderkruid - *Inula conyza*, Bleek dikkopmos - *Brachythecium albicans*, ..., evolueert het helmduin naar een mosduin waarbij mossen en eenjarigen sterk op de voorgrond treden (zie verder 7.4.5.3.1.). Niet zelden komen in dergelijke aftakelingsstadia ook veel overblijvende nitrofyten voor (Bitterzoet - *Solanum dulcamara*, Akkerdistel - *Cirsium arvense*, Jakobskruiskruid - *Senecio jacobaea*, Veldhondstong (*Cynoglossum officinale*), ..., soms zelfs Knikkende distel (*Carduus nutans*), e.d. In regel zijn de helmduinen in de zeereep van nature al wat rijker aan stikstofminnende soorten dan de meer landwaartse.

Buiten de relatief voedselrijke zeereep kiemt en ontwikkelt Helm zich, in natuurlijke situaties, vrijwel alleen nog op plaatsen waar het grondwater tot bij het maaiveld komt of waar een oude humusbank of organisch materiaal onder het zand aanwezig is (verhoogd waterabsorberend vermogen en nutriëntenrijkdom). Kenmerkend voor dergelijke situaties zijn verarmde "vloedmerk"-vegetaties met Stekend loogkruid en lage "parasitaire helmduintjes" met Helm en Zandzegge, waartussen ook een aantal pionierplanten van de vochtige duinvalleien aanwezig kunnen zijn (zie 7.4.4.2.1.).

In stuivende duinen kan ook Kruipwilg optreden als actieve fixeerder. Aan de kiemingseisen van Kruipwilg wordt slechts voldaan in jonge duinvalleien, waar de soort als pionier optreedt (zie verder), maar de soort is net als Helm, zij het in relatief minder dynamische omstandigheden, in staat om met het opstuivend zand mee te groeien. Dit kan zowel vanuit pioniervegetaties in jonge vochtige pannen als vanuit bestaande Kruipwilg-dwergstruwelen. Deze Kruipwilg-stuifduinen zijn dikwijls bijna even soortenarm als de stuivende helmduinen, maar in regel met minder nitrofielen en wat meer drooggrasland- en mosduinplanten. Bij stabilisatie evolueren de Kruipwilg-stuifduinen naar mesofiele of droge Kruipwilg-dwergstruwelen (7.4.4.4.1.).

Daarnaast kunnen soms ook andere struweelsoorten (Duindoorn, Gewone vlier, Wilde liguster - *Ligustrum vulgare*, ...) overstuiving een tijdlang overleven, o.a. onder de vorm van "duincrocs" = relatief kleine, cirkelvormige duintjes met steile wanden en een "kroon" van laag struweel. Ook in terugwijkende zeereepduinen kunnen geschoren, relictuele pionierstruwelen aanwezig zijn met

Duindoorn (*Hippophae rhamnoides*), Gewone vlier (*Sambucus nigra*) en een nitrofiele ondergroei (zie verder 7.4.4.5.). Soms wordt het gestabiliseerde helmduin overigens direct overgroeid door Duindoorn of, vanuit aanplant, door Ontariopopulier of andere boomsoorten met wortelopslag.

Tegenover de relatieve soortenarmoede van de flora staat de rijkdom aan ongewervelde dieren van helmpollen (en ook wel in stuivende duinen. Dit wordt wel toegeschreven aan het feit dat helmpollen en struweeleilanden dienen als "vangnet" voor verwaaide fauna, maar met name de zeereepduinen worden ook gekenmerkt door een deels exclusieve fauna die gebonden is aan de specifieke microklimatologische omstandigheden van de zeereep (mond. med. J.-P. Maelfait). Enkele soorten die hiervan profiteren zijn o.a. de elders moerassen bewonende Eenstipzandkever (*Demetrias monostigma*). Verder zijn Grijze bolsnuitkever (*Philopedon plagiatus*), Bolronde helmkever (*Aegialia arenaria*) en Strandzandkever (*Cicindela maritima*) enkele typische helmduinkevers. Het open zand van de stuifduinhabitat is verder van belang voor diverse soorten en groepen van gravende insecten (zandbijen, zandloopkevers, ..), al komen sommige hiervan ook voor in de meer stabiele open microhabitats (randen van paadjes, steile kantjes, ...) van mosduinen e.d. Het aantal vogels geassocieerd met stuifduinen is gering: Kleine plevier en Strandplevier (*Charadrius dubius, C. alexandrinus*) broeden bij voorkeur in open stuifduinen met vers uitgestoven vochtige pannen. Bijeneter (*Merops apiaster*) broedde in 1994 en 1995 in de steile loefzijde van een paraboolduin in de "Dunes du Perroquet" net over de Franse grens en in 1996 in Adinkerke.

Vooral in het zeereepmilieu wordt Helm vaak aangeplant, al dan niet met gebruik van rijshouthagen. Dit kan tot diverse vormen van antropogenisatie van de zeereep en de stuivende duinen leiden. Zo zijn er de talrijke populieren (*Populus candicans, P. x canadensis*), abelen (*Populus alba* en *P. canescens*) en wilgen (o.a. Schietwilg - *Salix alba*) die zich als opslag uit aangeplant rijshout en daarna via wortelopslag in dit milieu verbreiden. Soms werden/worden zij echter ook actief aangeplant, meestal met de bedoeling om stuivende plekken te fixeren (cf. 7.4.4.6.2.), waarna zij tot een bepaald pionierbostype kunnen ontwikkelen. Boksdoorn (*Lycium barbarum*) werd, vooral aan de Middenkust (Mariakerke, Bredene-De Haan) veel aangeplant in de zeereep en handhaaft er zich. Een ander aan menselijke invloed te wijten fenomeen vormen de verruigde en vervilte facies van Helm, maar vooral van Bastaardkweek (*Elymus x obtusiusculus*) die vooral in de gefixeerde delen van de zeereep in de Middenkust, in wegbermen e.d. zijn te vinden (7.4.4.3.4.).

In toenemende mate dringen neofytische en exotische soorten door in de open vegetatie van de helmduinen: Bezemkruiskruid (*Senecio inaequidens*), Grote zandkool (*Diplotaxis tenuifolia*), Grote en Middelste teunisbloem (*Oenothera erythrosperma, O. biennis*), Smal vlieszaad (*Corispermum leptopterum*), Gaillardia, vooral in de zeereep en in geruderaliseerde delen van de stuifduinen. Een, vnl. aan de Westkust, karakteristieke en eveneens neofietische slak is de Zandslak (*Theba pisana*), met een voorkeur voor halfruderale helmduinen met Grote zandkool, waarvan soms verondersteld wordt dat zij via Helm-aanplant wordt verspreid.

Vrijwel het gehele huidige duingebied (op enkele voormalige strandvlaktes e.d. na) is ontstaan vanuit stuifduin-habitats, al dan niet met Helm. Grootschalige verstuivingen (De Raeve 1991: "megaparabolaire en macroparabolaire structuren") liggen vermoedelijk aan de basis van de meeste actuele duinlandschappen en -vormen. Na een vermoedelijk relatieve stabilisatie tussen de 16de en de 18de eeuw nam het areaal weer sterk toe onder invloed van de agropastorale druk om

tijdens de zeer verstorende oorlogsjaren 1914-1918 een optimum te bereiken (zie luchtfoto's Legermuseum). Momenteel resten grote stuivende duincomplexen nog in de Westhoek en Ter Yde/Karthuizerduinen, middelgrote tot kleine stuifduinen in de inwaartse duinen vinden we in de Houtsaegerduinen, de Hoge Blekker, de Doornpanne en Witte Burg, de Plaatsduinen en de Zwinbosjes. In de zeereep zijn goed ontwikkelde stuif- en helmduinen in de zeereep aanwezig op vrijwel alle plaatsen waar (grotere) duingebieden aan het strand grenzen, maar veelal zijn zij sterk verstoord door overrecreatie en, vooral aan de Middenkust, dikwijls ook door diverse vormen van antropogenisatie.

Syntaxonomie

Julve (1993)
fanerogamen en chamefyten
Ammophilion arenariae ssp. arenariae (Euphorbio paraliadis-Ammophiletum arenariae ssp. arenariae, Euphorbio paraliadis-Festucetum rubrae ssp. arenariae)
Salicion arenariae (fragm.)
hapaxanten
Sileno conicae-Cerastion semidecandri
Dauco carotae-Melilotion albi (*Echio vulgaris-Verbascetum thapsi*)
...

Westhoff & Den Held (1969)
Ammophilion borealis (*Euphorbio-Ammophiletum, Elymo-Ammophiletum*)

CORINE:
16.2111 Atlantic embryonic dunes
16.2121 Atlantic white dunes p.p.

7.4.4.2. Vochtige tot natte kruidachtige duinhabitats

Stuift het zand van een stuifduin uit tot binnen het bereik van het grondwater dan kan zich, na stabilisatie, een vochtminnende vegetatie vestigen. De successie naar andere, meer gestabiliseerde vegetatietypes/habitats wordt daarbij sterk bepaald door de ligging van het uit- of opgestoven oppervlak t.o.v. het grondwaterpeil. Klassiek worden hierbij minstens twee successiereeksen onderscheiden: de hygroserie (onder invloed van grondwater) en de xeroserie (niet beïnvloed door grondwaterpeil). Zij vormen de basis voor de hier gebruikte tweedeling van de verdere kruidachtige en mosduinhabitats in een vochtig/natte en een droge hoofdgroep (zie verder onder 7.4.4.3.). De hygroserie wordt hier in de breedste zin geïnterpreteerd: van permanent overstroomd ("hydroserie") tot nog slechts periodiek onder invloed van hangwater ("mesoserie).

Het milieu van de vochtige pannen is nog slechts in zeer beperkte mate geomorfologisch veranderlijk (hooguit lichte opstuiving) en vormt door de nabijheid van de grondwatertafel en een beschuttend vegetatiedek een veel meer getemperd milieu dan de stuivende en/of droge duinen. Nutriëntengebrek, een dikwijls zeer dunne doorwortelbare bodem (Ampe & Langhor 199) en beperkte bodemvorming blijven echter een grote rem op de vegetatie-ontwikkeling vormen, evenals de sterk wisselende grondwaterstand (schommelingen tussen 1 en 1.5 m in 10 jaar), waardoor binnen een tijdspanne van enkele jaren zuurstofgebrek door inundatie kan worden gevolgd door vochtgebrek t.g.v. extreme zomerdroogte. Voor een optimale ontwikkeling van vochtige duinvalleivegetaties lijkt een maximale grondwaterschommeling van minder dan 120 cm

essentieel (schattingen op basis van metingen Westhoek door F. De Raeve, C. Ampe en M. Leten en buitenlandse gegevens).

7.4.4.2.1. Jonge, vochtige tot natte, oligotrofe duinpannen

In het dynamische duinlandschap wordt de diepte van de uitstuiving bepaald door het evenwicht tussen de windkracht en de adhesie van de zandkorrels. Overal waar de wind voldoende kracht kan uitoefenen, stopt dit proces in regel waar het grondwater het zand aaneenkit. In beperktere mate kan deze rol ook worden overgenomen door de humus van overstoven vegetatiehorizonten. Reliëfdifferentiatie van de pannevloeren ontstaat als gevolg van de jaar- en seizoensschommelingen van het grondwater (samen tot 150 cm), de ligging en de aard van oude humushorizonten en de hoeveelheid terugstuivend zand. Vanaf een bepaald evenwichtsmoment worden de natte/vochtige pannevloeren gekoloniseerd en gestabiliseerd door algen en cyanobacteriën. Gebeurt dit op een voldoende diep niveau t.o.v. de zomerse grondwatertafel en blijft de omgeving voldoende stabiel (geen constante heroverstuiving), dan verloopt de kolonisatie verder met o.a. acrocarpe mossen, grassen, russen, zegges en kortlevende en overblijvende kruiden.

Op een enigszins kunstmatige wijze wordt hier een onderscheid gemaakt tussen "jonge" en "oude" duinvalleivegetaties (deze laatste, veelal met een veel meer uitgesproken graslandaspect, worden samen met de oligo- en mesotrofe graslanden uit de duin/polder-overgangszone behandeld onder 7.4.4.2.2.). Het onderhavige habitattype wordt hierbij beperkt tot de vegetaties met een belangrijk aandeel van kalkmoerassoorten en een open vegetatiestructuur. Dikwijls betreft het relatief korte vegetaties met een door Kruipwilg bepaalde structuur en een nog niet door pleurocarpe mossen volkomen gesloten moslaag. Dit stemt grotendeels overeen met de begroeiingen die momenteel bij een spontane ontwikkeling na een vegetatie-ontwikkeling van 20 à 25 jaar worden vervangen door middelhoog struweel van Duindoorn en Kruipwilg en enkel na struweelontginning en/of maaibeheer een langere ontwikkelingsgeschiedenis kennen (momenteel tot max. ca. 40 jaar) en hierbij een meer gesloten, grazige structuur kunnen krijgen (overgangen naar vegetaties uit 7.4.4.2.2.). Anderzijds lijkt het aantal momenteel voor de jongere pannen kenmerkende soorten in beheerde, oudere vegetaties toe te nemen. Voor de Wereldoorlogen was, ten gevolge van het agropastorale gebruik, het hier beschreven onderscheid vermoedelijk veel minder duidelijk en verwacht wordt dat deze onderverdeling in de natuurtechnisch beheerde duingebieden weer enigszins zal vervagen.

Samen met (blauw)wieren die het zand aaneenkitten, zijn de pioniers van de vochtige duinvalleien vooral overblijvende soorten met veelal sterke vegetatieve verbreidingsmogelijkheden: Kruipwilg, Fioringras (*Agrostis stolonifera*), Zomprus (*Juncus articulatus*), Zandzegge, Zeegroene zegge (*C. flacca*), Drienerfzegge (*C. trinervis*), Dwergzegge (*Carex viridula*) en Duinriet (*Calamagrostis epigeios*). Deze soorten vormen de basis van vrijwel alle latere stadia van de duinvalleivegetatie. Daarnaast zijn een aantal Knikmos-soorten (*Bryum* sp., o.a. Net-knikmos - *B. algovicum*), Smaragdsteeltje- (*Barbula* spp.) en Dubbeltandmossoorten (*Didymodon* spp.) kenmerkend. In 's winters geïnundeerde omstandigheden, ook in weinig recreatief beïnvloede pannen, zijn zij meestal vergezeld van een aantal therofyten met semiruderaal karakter: Rode ganzevoet (*Chenopodium rubrum*), Straatgras (*Poa annua*), Zilte greppelrus (*Juncus bufonius* ssp. *ambiguus*), Liggende vetmuur (*Sagina procumbens*), Perzikkruid (*Polygonum persicaria*), Kristalwatervorkje (*Riccia crystallina*), Zilvermos (*Bryum argenteum*), ... In dit stadium kunnen verder ook reeds Dwergbloem (*Centunculus minimus*), Dwergbies (*Scirpus setaceus*),

Waterpunge (*Samolus valerandi*), Bleekgele droogbloem (*Gnaphalium luteo-album*), enz. worden aangetroffen. Veel soorten van dit pionierende milieu zijn zeer efemeer. Onder zeer natte omstandigheden kunnen zich eventueel echte waterplanten vestigen zoals Kranswieren (*Charophyta*, vnl. *C. globularis*), Waterranonkels (*Batrachium* spp.), Aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*), ... Hieraan kan een zeer wisselend aantal toevallig aangevoerde en efemeer optredende soorten (b.v. Zulte) of uit een lokale zaadbank kiemende soorten (b.v. Padderus - *Juncus subnodulosus*, Zeerus, ...) worden toegevoegd. Drogere zones blijven in dit eerste stadium vrij soortenarm, soms met therofyten uit de helm- en mosduinen, dikwijls ook met vestiging van Helm. Veelal wordt in deze pionierfase ook een meer of minder sterk ontwikkeld micro-reliëf gevormd, door zandvang van Helm, Kruipwilg of Fioringras. Zeer typisch is b.v. een enige decimeters tot een meter hoge wal, met steile lij- en zacht oplopende loefzijde, op de grens van jonge panne en het actief stuiffront, maar ook lage of hogere kopjesduinlandschappen worden in dit stadium soms gevormd. In toenemende mate vestigen zich reeds vanaf dit vroegste stadium struiken en bomen (Grauwe wilg - *Salix cinerea*, Schietwilg, Ratelpopulier - *Populus tremula*, Grauwe abeel, ...) (7.4.4.5.6. en 7.4.4.6.1.) en ook Duindoorn in de vochtige pannen. Zij vormen de aanzet tot struweel- en bosontwikkeling. In sommige zeer natte pannen kan ook een aanzet worden gegeven voor een moerasvegetatie met hoge helofyten (Riet - *Phragmites australis*, Galigaan - *Cladium mariscus*, Grote en Kleine lisdodde - *Typha latifolia & T. angustifolia*, Oeverzegge - *Carex riparia*, ...) (7.4.4.2.3.).

In een iets later stadium van jonge pannen (tot ca. 10 jaar) wordt de vegetatie progressief aangerijkt met een aantal kortlevende (Zomerbitterling - *Blackstonia perfoliata*, Sierlijke vetmuur - *Sagina nodosa*, Echt duizendguldenkruid - *Centaurium erythraea*, Strandduizendguldenkruid - *Centaurium minus*, ... en overblijvende soorten (Watermunt - *Mentha aquatica*, Teer guichelheil - *Anagallis tenella*, Waternavel - *Hydrocotyle vulgaris*, Grote kattestaart - *Lythrum salicaria*, ...). Kruipwilg (*Salix repens*) is hierin in regel steeds prominenter aanwezig, net als diverse zeggesoorten. Er ontwikkelen zich verder een aantal wieren, topkapselmossen, thalleuze levermossen, die typisch zijn voor jonge stadia, bv. Echt vetmos (*Aneura pinguis*) en diverse Knikmos-soorten (*Bryum* spp.). De meest langdurig geïnundeerde zones worden gekenmerkt door Waterpunge, Gewone waterbies (*Eleocharis palustris*), Dwergzegge, Stijve moerasweegbree (*Baldellia ranunculoides*), Oeverkruid (*Littorella uniflora*), ... (de beide laatste soorten zijn verdwenen uit het studiegebied).

In iets oudere pannen (meestal vanaf ca. 10 jaar) kunnen zich meer elementen van kalkmoerassen en mesofiele kalkrijke milieu's vestigen, zoals Parnassia (*Parnassia palustris*), Moeraswespenorchis (*Epipactis palustris*), Zwarte knopbies (*Schoenus nigricans*, verdwenen uit deze habitat), "Vierkantige" ogentroost (*Euphrasia stricta/tetraquetra*), Rond wintergroen (*Pyrola rotundifolia*), Vleeskleurige orchis (*Dactylorhiza incarnata*), Rietorchis (*Dactylorhiza praetermissa*), Honingorchis (*Herminium monorchis*), Bonte paardestaart (*Equisetum variegatum*), Zilte zegge (*Carex distans*), Zilt torkruid (*Oenanthe lachenalii*), Groenknolorchis (*Liparis loeselii*, verdwenen), Moerasgamander (*Teucrium scordium*, verdwenen), Armbloemige waterbies (*Eleocharis quinqueflora*, waarschijnlijk verdwenen), Platte bies (*Blysmus compressus*, verdwenen) en een nog relatief open mosdek van diverse slaapmossen (Gewoon sikkelmos - *Drepanocladus aduncus*, Sterregoudmos - *Campylium stellatum*, Gewoon goudmos - *Campylium polygamum*, ...) en levermossen (Gekroesde pellia - *Pellia endiviifolia*, Gewoon moerasvorkje - *Riccardia chamedryfolia*, Kraalmos - *Moerckia hibernica*, Vierkantsmos - *Preissia quadrata*, de beide laatste soorten verdwenen). In wat langer geïnundeerde zones ontwikkelt zich meestal een soortenarmere variant. In essentie is de vegetatie in deze fase echter nog steeds een open Kruipwilg-dwergstruweel en momenteel komt dikwijls nog slechts een

beperkt aantal van deze soorten voor in een specifieke pannevegetatie. Vooral op (periodiek) drogere, opgestoven of licht overstuivende plekken kan deze vegetatie rijk zijn aan Rond wintergroen (*Pyrola rotundifolia*) en een aantal grasland- en zoomsoorten, met na jaren met een hoge grondwaterstand op de open plekken kortlevende soorten als Strandduizendguldenkruid, Zomerbitterling, Vierkantige ogentroost en Parnassia (overgang naar Wintergroen/Kruipwilgstruweeltjes, zie verder 7.4.4.4.1.).

Waarnemingen geven de indruk dat Duindoorn (*Hippophae rhamnoides*) zich, in tegenstelling tot vroeger, momenteel in een steeds jonger ontwikkelingsstadium van de vochtige valleien vestigt en tot dominantie komt. In vele gevallen (met name in het Westhoekreservaat) is Duindoorn, zonder beheersingrepen, zelfs al na 15 tot 20 jaar reeds volledig dominant of codominant met hoog opschietende Kruipwilg, waardoor de ontwikkeling van een duinkalkmoeras nog nauwelijks mogelijk is. Soms wordt dit in verband gebracht met verdroging (D'Hondt 1981, De Raeve et al. 1983, ...), vermoedelijk echter ten onrechte. In elk geval beschrijft De Bruyne (1906a) een met de huidige zeer vergelijkbare successiereeks. Waarschijnlijker is dat dit fenomeen verband houdt met een combinatie van verander(en)de factoren: enerzijds het wegvallen van de Duindoorn-hakhoutcultuur (voor stuifduinfixatie; De Bruyne 1905) gecombineerd met beweiding, die de levensduur van de jonge pannevegetaties ingrijpend heeft verkort, anderzijds de mede hieruit voortvloeiende toegenomen abundantie van diasporen van Duindoorn. Mogelijk speelt ook toegenomen stikstofdepositie een rol. Een gevolg van deze snelle invasie van Duindoorn is dat, zonder maaibeheer, in veel duinvalleien voor de ontwikkeling van een volledig ontwikkelde Parnassia/kruipwilg-fase nog nauwelijks ruimte en tijd overblijft. Alleen de allernatste delen worden door Duindoorn gemeden, maar hier komen slechts een beperkt aantal duinkalkmoerassoorten voor. In de periodiek uitdrogende zone koloniseert Duindoorn minder snel de zones met Kruipwilg-dominantie.

Onder maaibeheer en in overstroombare duinvalleien gaan Kruipwilg en vooral Duindoorn achteruit en kan zich in de nattere delen een vegetatie ontwikkelen met o.a. veel Waternavel (*Hydrocotyle vulgaris*), Padderus, Moeraswespenorchis, Drienerfzegge, Puntmos (*Calliergonella cuspidata*), Gewoon sikkelmos, ..., een pionierfase van het Padderus-hooiland (zie verder onder 7.4.4.2.2.). Veel van de momenteel nog aanwezige duinvalleisoorten (relatieve pioniersoorten) handhaven zich echter slechts met moeite in deze vegetaties met een gesloten moslaag van pleurocarpen, maar mogelijk zal hun aantal weer toenemen naarmate deze vegetaties langer beheerd worden. Veel meer dan de jongere pannevegetaties vormt dit het echte "turfigene" (veenvormende) duinkalkmoeras van de Vlaamse kust, de tegenhanger van de knopbiesvegetaties uit de vnl. primaire Nederlandse duinvalleien. Of er ook aan de Vlaamse kust ooit dergelijke knopbieskalkmoerassen hebben voorgekomen is onduidelijk (oude bronnen spreken soms wel van lokale abundantie van Zwarte knopbies). In mesofiele, niet of nauwelijks overstroombare, gemaaide pannedelen handhaaft het Kruipwilg-dwergstruweel zich langer, met een aantal soorten van het Parnassia/kruipwilg-stadium en, bij licht toegenemend nutriëntenaanbod en bodemvorming ten gevolge van (konijnen)begrazing en betreding, in toenemende mate ook graslandsoorten als Gestreepte witbol (*Holcus lanatus*), Zeegroene zegge, Gewone brunel (*Prunella vulgaris*), Gewone rolklaver (*Lotus corniculatus*), Gewone vleugeltjesbloem (*Polygala vulgaris*) (overgang naar vochtige en mesofiele duingraslandtypes, zie 7.4.4.3.2.). Microklimatologische uitdroging t.g.v. het maaien kan de vestigingsmogelijkheden van de vochtminnende planten echter beperken.

Jonge vochtige pannen met (zeer) open vegetatie herbergen een entomofauna die vooral bestaat uit snel koloniserende pioniersoorten. Zij vormen ook een potentieel broed- of pleistergebied voor

een reeks van interessante vogelsoorten. Door de veelal hoge recreatiedruk en de veelal kleine oppervlakte in een overwegend gesloten duinlandschap komt dit echter minder tot uiting. De jongste stadia bieden foerageergelegenheid voor de in het stuifduin broedende Kleine en Strandplevier en periodiek broedgelegenheid voor Kievit (*Vanellus vanellus*), Wilde eend (*Anas platyrhynchos*) en Bergeend. In de trekperiode en de winter foerageren Velduil (*Asio flammeus*), Blauwe kiekendief (*Circus cyaneus*), Watersnip (*Gallinago gallinago*), e.a., in de open pannen.

Van de onverstruweelde oligotrofe vochtige duinvalleivegetaties zijn langs de Belgische kust nog slechts een tiental ha aanwezig in het Westhoekreservaat (vnl. pioniervegetaties) en enkele ha in het Ter Yde-gebied. Elders (Zandpanne in Wenduine, IJzermonding in Lombardsijde, Houtsaegerduinen in De Panne) zijn nog zeer kleine oppervlakten met veelal fragmentair ontwikkelde vegetatie aanwezig, terwijl verspreid in diverse terreinen nog door overrecreatie instabiel gehouden pionierpannen te vinden zijn (Zwinbosjes in Knokke, Noordduinen in Koksijde, Ter Yde, ...). Potentieel is de oppervlakte echter diverse malen groter, zowel vanwege de mogelijkheid van natuurlijke (uitstuiven) of kunstmatige (uitgraven) nieuwvorming, als via ontginning van vochtige struwelen.

Syntaxonomie

Julve (1993)

dwergstruiken
Salicion arenariae (Salici arenariae-Hippophaetum rhamnoides ssp. *rhamnoides)*
hemicryptofyten en chamefyten
Salicion arenariae (*Salici arenariae-Hippophaetum rhamnoides* ssp. *rhamnoides*) fragm.
Hydrocotylo vulgaris-Baldellion ranunculoides (Samolo valerandi-Littorelletum uniflorae)
Caricion viridulae ssp. *viridulae* var. *pulchello-trinervis (Carici viridulae* var. *pulchellae-Agrostietum stoloniferae* var. *pseudopungentis, Epipactido palustris-Caricetum trinervis, Carici trinervis-Schoenetum nigricantis)*
hapaxanten
Centaurio pulchelli-Blackstonion perfoliatae (Centaurio erythraeae-Saginetum nodosae var. *moniliformis)*

Schaminée et al. (1995), Lemaire & Weeda (1994)

Hydrocotylo-Baldellion (Samolo-Littorelletum)

Nanocyperion (Centaurio-Saginetum moniliformis, Junco ambigui- Riccietum cristallinae)

Caricion davallianae (Parnassio-Juncetum atricapilli, Junco baltici-Schoenetum nigricantis trifolietosum of equivalenten)

CORINE

16.32 Dune-slack pioneer swards
16.33 Dune-slack fens p.p.

7.4.4.2.2. (Oude) natte/vochtige, oligo-tot mesotrofe graslanden

Naast (pionierende) dwerstruikenbegroeiingen komen in vochtige tot natte duinmilieu's ook grasachtige vegetaties voor, soms met vochtminnende ruigtkruiden. De meeste zijn vermoedelijk, door toenemende humificatie en nutriëntenaanrijking van de bodem, gecombineerd met begrazing of maaien, ontstaan uit één van de vegetatietypen van de voorgaande habitat. Soms komen zij nog voor in mozaiek met kruipwilgvegetaties die, indien ongemaaid, een verruigde versie van de diverse vegetatietypes dragen. Buiten de eigenlijke duinvalleien wordt ook het duin/polderovergangsgebied gekenmerkt door diverse mesotrofe graslandtypes met minder bekende of complexe voorgeschiedenis (cf. ook poldergraslanden).

In (periodiek) natte, oudere duinpannen onder maaibeheer ontwikkelt het duinkalkmoeras zich tot een hooilandvegetatie met Padderus, Waternavel, Grote wederik (*Lysimachia vulgaris*), Addertong (*Ophioglossum vulgatum*), Kale jonker (*Cirsium palustre*), Watermunt (*Mentha aquatica*), Grote kattestaart, Puntmos, ... Relatief onderbeheerde vormen worden daarnaast gekenmerkt door een hoog aandeel van Duinriet (*Calamagrostis epigeios*) of, zeldzamer, Hennegras (*C. canescens*). In relatief jonge stadia (overgang duinkalkmoeras) of al langer gemaaide vormen kunnen hierin o.a. nog Honingorchis, Vleeskleurige orchis, Moeraswespenorchis en Slanke gentiaan voorkomen, maar over het algemeen zijn deze hooilanden relatief soortenarm vergeleken bij de iets jongere of drogere stadia van de duinvalleivegetaties. In oude humeuze of venige pannen wordt dit type aangerijkt met mesotrafente hooilandsoorten als Echte koekoeksbloem (*Lychnis flos-cuculi*), Rietzwenkgras (*Festuca arundinacea*), Tweerijige zegge (*Carex disticha*), Gewone smeerwortel (*Symphytum officinale*), Veldlathyrus (*Lathyrus pratensis*), Vogelwikke (*Vicia cracca*), ... en krijgt het meer het aspect van bloemrijk hooiland. In nog oudere, enigszins verzuurde types kunnen elementen van blauwgraslanden optreden: Veldrus (*Juncus acutiflorus*), Biezeknoppen (J. conglomeratus), Blauwe zegge (*Carex panicea*), Zwarte zegge (*Carex nigra*), Tandjesgras (Sieglingia decumbens), Kleine valeriaan (*Valeriana dioica*), Blauwe knoop (*Succisa pratensis*) en Pijpestrootje (*Molinia caerulea*). Van deze laatste vegetaties zijn echter nog slechts enkele fragmenten bekend. Elementen van oudere pannen die lang na uitdrogen nog kunnen overleven en dus goede indicatoren zijn van vroegere natte situaties, zijn Watermunt (*Mentha aquatica*), Riet (*Phragmites australis*), Kattestraat (*Lythrum salicaria*), Oeverzegge (*Carex riparia*) en Grote wederik.

In drogere, zelden of niet geïnundeerde sites, veelal intensiever (door konijnen) begraasd en/of betreden, ontwikkelt zich uit de Parnassia/Kruipwilg-vegetaties veeleer een soortenrijk mesofiel grasland met o.a. Gewone brunel (*Prunella vulgaris*), Zeegroene zegge, Geelhartje (*Linum catharticum*), Gewone vleugeltjesbloem (*Polygala vulgaris*), Tormentil (*Potentilla erecta*), Gestreepte witbol, Rietzwenkgras (*Festuca arundinacea*), Slanke gentiaan (*Gentianella amarella*), ... Dergelijke vegetaties, waarin ook reeds een aantal duinkalkgrasland-elementen kunnen optreden (Muizenoortje - *Hieracium pilosella*, Duinroos - *Rosa pimpinellifolia*, ...) vormen vermoedelijk een overgang naar de mesofiele duinkalkgraslanden (7.4.4.3.2.).

De vermoedelijk meest optimale zone voor een gediversifieerde graslandontwikkeling wordt gevormd door de voormalige strandvlakten en sommige duin/polder-overgangszones, waar kwel, minder grote grondwaterschommelingen, een gediversifieerde bodem (meer of minder slibrijk of venig), een subtiel reliëf maar ook een hogere stabiliteit en leeftijd, garant staan/stonden voor soortenrijke grasland- en moerassituaties. Het is echter het eerste habitattype van de duinen dat

nagenoeg compleet ontgonnen werd of in cultuurgrasland werd omgezet. Op grond van de vroegere beschrijvingen en de thans nog aanwezige relicten is het maar zeer ten dele mogelijk om een goed beeld te krijgen van deze graslanden. Uit de bestaande informatie kan afgeleid worden dat het veelal ging om soortenrijke vegetaties met soms eerder ongewone soortencombinaties. Vegetatiekundig best gedocumenteerd was het gebied tussen Nieuwpoort en Oostduinkerke (waaronder het huidige Hannecartbos). Uit vorige eeuw en deels uit de periode voor de 19de-eeuwse ontginningen stammen gegevens over Tweehuizige zegge (*Carex dioica*), Blonde zegge (*C. hostiana*), Grote muggenorchis (*Gymnadenia conopsea*), Lange zonnedauw (*Drosera longifolia*), ... (De Raeve et al. 1983). Magnel (1914) beschrijft in het huidige Hannecartbos een zeer soortenrijke vegetatie met in de venige kom o.a. zompige vegetaties met abundant Padderus, Waternavel, Echte koekoeksbloem, Moerasrolklaver (*Lotus uliginosus*), Veenpluis (*Eriophorum angustifolium*), "Brede" Orchis (*Dactylorhiza "latifolia"*), Gulden sleutelbloem (*Primula veris*). Daarnaast bevatte deze vegetatie o.a. regelmatig Kleine valeriaan, Egelboterbloem (*Ranunculus flammula*), Watermunt, Zomprus, Tweerijige zegge, Moerasbasterdwederik (*Epilobium palustre*), Slanke waterbies (*Eleocharis uniglumis*), Riet en Rietzwenkgras, en verder o.a. Teer guichelheil, Moeraspaardebloem (Taraxacum s. Palustria), Veenwortel (*Polygonum amphibium*) en Sierlijke vetmuur. Van de meer mesofiele situaties wordt een soortenlijst opgegeven die een merkwaardige mengeling bevat van soorten van jonge en oude duinvalleien (cf. de bovenvermelde vegetaties van het 'Brunel/Zeegroene zegge-type', met o.a. abundant Parnassia, en elementen van het 'Blauwe zegge/Pijpestrootje-type', met lokaal veel Blauwe knoop, Blauwe zegge, Gulden sleutelbloem en Bevertjes - *Briza media*) en mesotrofe graslanden (Margriet - *Leucanthemum vulgare*, Kamgras - *Cynosurus cristatus*, Trosdravik - *Bromus racemosus*, Veenwortel, Madeliefje - *Bellis perennis*, Kleine ratelaar - *Rhinanthus minor*, enz.). Het is natuurlijk niet bekend hoe deze soorten zich in het veld verhielden en hoe volledig de soortenlijsten zijn (het hele beschreven graslandcomplex was 17 ha groot, waarvan minstens een deel werd beweid). Elders (vnl. tussen Wenduine en Heist, ten dele het huidige Fonteintjesgebied) waren o.a. ook Moerasorchis (*Orchis palustris*), Klein glidkruid (*Scutellaria minor*), Groenknolorchis en Moeraskartelblad (*Pedicularis palustris*) bekend van natte/vochtige hooilandmilieu's in het overgangsgebied van duinen en polder. Ook soorten met een voorkeur voor weilanden, zoals Platte bies, Harlekijn (ook in hooilanden), Draadklaver (*Trifolium micranthum*), Muizestaart (*Myosurus minimus*), kwamen vroeger waarschijnlijk minstens verspreid voor in de diverse duin/polder-overgangsgebieden. Concrete vegetatiebeschrijvingen van buiten het Hannecartgebied zijn echter niet bekend.

De momenteel nog aanwezige graslandrelicten (veelal geen directe "nakomelingen" van de beschreven 19de eeuwse vegetaties) komen echter slechts zeer ten dele nog overeen met de boven beschreven vegetaties. De huidige onbemeste hooilanden in de zone rond het Hannecartbos dragen momenteel meestal een matig productieve, soortenrijke vegetatie gedomineerd door Glanshaver (*Arrhenatherium elatius*), Padderus, Tweerijige zegge, Oeverzegge (*Carex riparia*), Reukgras (*Anthoxanthum odoratum*), ... Naast enkele klassieke soorten van vochtige tot natte duinhooilanden (zie boven), Brede orchis (*Dactylorhiza majalis*) en hybriden, Echte sleutelbloem (*Primula veris*), Zwarte zegge (*Carex nigra*), Harlekijn (*Orchis morio*, momenteel verdwenen), enz. is vooral het aantal soorten van mesotrofe graslanden groot (Smalle weegbree - *Plantago lanceolata*, Gestreepte witbol - *Holcus lanatua*, Kleine ratelaar - *Rhinanthus minor*, Scherpe boterbloem - *Ranunculus acris*, Rode klaver - *Trifolium pratense*, Gewoon knoopkruid - *Centaurea thuillieri*, ...) (o.a. De Raeve et al. 1983, Verlinden 1988). De natte tot vochtige hooilanden van het Orchisfonteintje te Blankenberge, met dominant Oeverzegge, Waternavel, Watermunt, Fioringras, Riet en Gewone hoornbloem (Cerastium fontanum), zijn rijk aan orchideeën (waaronder Rietorchis - *Dactylorhiza praetermissa* en Bijenorchis - *Ophrys apifera*)

maar worden verder gekarakteriseerd door een relatief beperkt aantal "duinvalleisoorten" (Moeraswespenorchis, Geelhartje, ...) en een vrij hoog aantal soorten die wijzen op een zekere instabiliteit (b.v. Heelblaadjes - *Pulicaria dysenterica*, Veenwortel - *Polygonum amphibium*, Zomp-vergeet-mij-nietje - *Myosotis cespitosa*, ...) (Vanhecke 1993).

Beweide vochtige graslanden van de duin-polderovergang zijn/waren zowel verwant aan de vochtige duinvalleigraslanden, met Zwarte zegge (*Carex nigra*), Egelboterbloem (*Ranunculus flammula*),... als aan onbemeste polderweilanden (Kamgras - *Cynosurus cristatus*, Vertakte leeuwetand - *Leontodon autumnalis*, Fraai duizendguldenkruid - *Centaurium pulchellum*, Aardbeiklaver - *Trifolium fragiferum*, Pijptorkruid - *Oenanthe fistulosa*, Moeraszoutgras - *Triglochin palustris*,...

Aparte aandacht verdienen de vochtige graslandvegetaties van de ontkalkte duinen - alhoewel nog slechts in uiterst fragmentaire vorm aanwezig. Verondersteld kan worden dat de vochtigste delen een met het 'Blauwe zegge/Pijpestrootje-type' verwante grasland- of lage Kruipwilgvegetatie droegen. Op enkele plaatsen zijn nog wel relictuele vegetaties met Veldrus, Tormentil en Waternavel (Schuddebeurze) of met Biezeknoppen (Blutsijde) bekend. Tot een vijftiental jaar geleden, was rond een bomputje in het Schuddebeurzegebied zelfs nog een restant Veenmos (*Sphagnum* sp.) aanwezig.

Aangenomen wordt dat b.v. de vroeger uit de duinstreek bekende Moerassprinkhaan (*Mecosthetus grossus*) de hooilanden uit dit habitattype prefereerde. Meer informatie over de fauna van dergelijke habitats is nodig.

De beste resterende voorbeelden van oudere, grazige natte/vochtige duinvalleien aan onze kust bevinden zich in de grote pannen van het Westhoekreservaat, zij het dikwijls reeds aangetast door grondwaterstandsdaling. Daarnaast zijn gemaaide, beweide of betreden fragmenten bewaard gebleven in De Haan (golfterrein), Oostvoorduinen (enkele depressies) en de Zwinbosjes en Groenpleinduinen te Knokke. Voorbeelden van vochtminnende vegetatietypes op de duin-polderovergang zijn te vinden in enkele Fonteintjes te Zeebrugge (een vergraven en met duinzand ingestoven inlaag achter de zeereep), het binnendijkse gebied ten westen van het Zwin (zuidelijk deel van de Zwinbosjes), enkele percelen op de voormalige strandvlakte van Ter Yde (vooral enkele percelen in het huidige Hannecartbos en een vochtig hooiland bij het waterzuiveringsstation van Nieuwpoort-Groenendijk) en een klein weilandje te De Haan. Tot voor kort herbergde een vochtige wegberm in Oostduinkerke ook de laatste Vlaamse groeiplaats van de Platte bies (*Blysmus compressus*).

Syntaxonomie

Julve (1993)	**Schaminée, Weeda & Westhoff (1995), Westhoff & Den Held (1969)**
hemicryptofyten	*Junco subuliflori-Molinion (Cirsio-Molinietum* fragm.*)*
Juncion acutiflori (Junco acutiflori-Molinietum caeruleae fragm.*)*	
Hydrocotylo vulgaris-Schoenion nigricantis (Hydrocotylo vulgaris-Juncetum subnodulosi)	*Calthion palustris*
Caricion (...) pulchello-trinervis (Calamagrostio epigei-Juncetum subnodulosi)	*Parvocaricetea* (RG *Ophioglossum vulgatum-Calamagrostis epigeios*)
Mentho aquaticae-Juncion inflexi ssp. *inflexi*	*Agropyro-Rumicion crispi*

(Pulicario dysentericae-Juncetum inflexi)
Lolio perennis-Potentillion anserinae (Junco compressi-Blysmetum compressi, ...)
Carici distichae-Oenanthion fistulosae

CORINE

16.33 Dune-slack fens p.p.
16.34 Dune-slack grasslands
37.242 Creeping bent and tall fescue swards
38.1 Mesophile pastures
38.2 Lowland hay-meadows

7.4.4.2.3. Meso- tot eutrofe riet-, moeras- en natte ruigtevegetaties

Reeds vanaf het pionierstadium kunnen soorten van riet- en zeggemoerassen bepaalde natte duinvalleien koloniseren (zie 7.4.4.2.1.). Deze, maar ook natte, oude duinvalleien en achterduinse depressies (duin/polder-overgangsgebied) kunnen evolueren naar hoge helofytenvegetaties, gedomineerd door Riet, Gele lis (*Iris pseudacorus*), Oeverzegge (*Carex riparia*), Galigaan (*Cladium mariscus*), ... Dikwijls betreft het niet (meer) of zeer extensief beheerde vegetatie-equivalenten van (periodiek) natte graslanden (Westhoek, Zwinbosjes, ...). Naast Riet e.d. kunnen in dergelijke omstandigheden ook Harig wilgeroosje (*Epilobium hirsutum*), Hennegras (*Calamagrostis canescens*), enz. dominant optreden. Dergelijke vegetaties vertonen diverse overgangen naar de vochtige/natte graslanden. Niet zelden zijn zij ook doorspekt met struweelsoorten als Kruipwilg, Duindoorn, Grauwe wilg (*Salix cinerea* + hybriden), ... waarin zij zowel ruimtelijk als temporeel en zowel successief als regressief kunnen overgaan (7.4.4.5.6.). Soms (Fonteintjes, vroeger: Hannecartbos, ...) betreft het semi-permanent geïnundeerde vegetaties die kunnen fungeren als oevervegetatie of verlandingsstadium van open water (veelal met Riet, soms met Grote of Kleine lisdodde - *Typha latifolia*, resp. *T. angustifolia*) (7.4.4.2.4.). Langs bomputjes e.d. worden/werden ook wel af en toe lagere en meer pionierende helofytenvegetetaties aangetroffen met b.v. Grote waterweegbree (*Alisma plantago-aquatica*), Lidsteng (*Hippuris vulgaris*), ... Mesotrofe (kwel-)moerasvegetaties, die vroeger zeker aanwezig waren in sommige duin/polderovergangsgebieden (tussen Oostduinkerke en Nieuwpoort, tussen Blankenberge en Heist), met o.a. Waterdrieblad (*Menyanthes perfoliata*), Grote boterbloem (*Ranunculus lingua*), Moerasvaren (*Thelypteris palustris*), Snavelzegge (*Carex rostrata*), Grote watereppe (*Sium latifolium*), ... zijn momenteel verdwenen. Enkele relict- en indicatorsoorten (Holpijp - *Equisetum fluviatile*, Kleine watereppe - *Berula erecta*, Beekpunge - *Veronica beccabunga*, Hoge cyperzegge - *Carex pseudocyperus*, Waterzuring - *Rumex hydrolapathum*, Pluimzegge - *Carex paniculata*, ...) worden incidenteel nog aangetroffen in slootjes. Ook de equivalente ruigtevegetaties (met Moerasspirea - *Filipendula ulmaria*, Poelruit - *Thalictrum flavum*, Moesdistel - *Cirsium oleraceum*, ...) zijn nog slechts in zeer fragmentaire vorm aanwezig. Vegetaties met Galigaan (*Cladium mariscus*), van nature meer specifiek met oligo- tot mesotrofe, kalkrijke duinvalleien en duin/polderovergangsgebieden verbonden, komen nog slechts in zeer relictuele, uitgedroogde vorm in de huidige Vlaamse duinen voor. De Sloover (1970) beschrijft een dergelijke vegetatie uit het Westhoekgebied en brengt haar in verband met de vroegere kustmoerassen uit de periode voor de laatste transgressie. Hoewel een dergelijke, directe band, gezien de huidige kennis over ontstaan en ontwikkelingsgeschiedenis van het kustgebied, zeer ver gezocht lijkt, moet er wel op gewezen worden dat alle gelokaliseerde populaties uit het Westkustgebied (Westhoek en Houtsaegherduinen) en aangrenzend Frankrijk (Dunes du

Perroquet) op of zeer dichtbij de veronderstelde binnenduinrand van de Oude Duinen van De Panne zijn gelegen (cf. De Ceunynck 1992). Ook de begeleidende flora bij een jonge populatie in een Franse jonge panne zou kunnen wijzen op recuperatie uit een (zeer) oude zaadbank.

Grenzend aan open water kunnen dergelijke moeras- en oevervegetaties fungeren als broedgebied voor diverse vogels. De kleinschaligheid van dit habitat in de Vlaamse duinen laat meestal echter slechts broedvogels met kleine territoria toe, zoals Kleine karekiet (*Acrocephalus scirpaceus*), Bosrietzanger (*A. palustris*) en (potentieel) Grote karekiet (*A. arundinaceus*). Alleen de iets grootschaliger moerasgebieden zoals de Fonteintjes bieden ook mogelijkheden voor soorten als Bruine kiekendief (*Cyrcus aeruginosus*) en Woudaapje (*Ixobrychus minutus*) en in de ruigere moerasvegetatie Waterral (*Rallus aquaticus*). Ook de Otter (*Lutra lutra*) kwam hier voor, ongetwijfeld als een onderdeel van de populatie in de Uitkerkse polder.

Syntaxonomie

Julve (1993)	**Schaminée, Weeda & Westhoff (1995), Westhoff & Den Held (1968)**
hemicryptofyten/helofyten	*Phragmition*
Phragmition australis	
Caricion acutae	*Caricion gracilis (o.a. Caricetum ripariae)*
Caricion rostratae	*Caricion elatae (o.a. Cladietum marisci)*
Spargano erecti ssp. neglecti-Glycerion fluitantis	*Sparganio-Glycerion*
Oenanthion aquaticae	*Oenanthion aquaticae*
Stachyo palustris-Cirsion oleracei	*Filipendulion*

CORINE

16.35 Dune-slack reedbeds and sedgebeds
53.1 Reed beds
53.2 Large sedge communities
53.3 Fen-sedge beds

7.4.4.2.4. Zoet, open water en periodiek droogvallende bodem

De overgrote meerderheid van de Vlaamse duinen heeft een secundaire geomorfologische opbouw (paraboolduinvorming), waardoor natuurlijke waterplassen vanouds ontbreken. Diep uitgestoven pannen kunnen periodiek voldoende lang geïnundeerd blijven om een fragmentaire waterplantenvegetatie tot ontwikkeling te laten komen (7.4.2.2.1.). In de loop der jaren zijn echter door menselijke activiteit een aantal, veelal kleine, jachtvijvers, veedrinkputten en bomputten of, veelal middelgrote, recreatieplassen, zandwinningsputten en inlagen ontstaan. Zij kunnen in principe dezelfde habitatkenmerken vertonen als de natuurlijke oppervlaktewaters.

Kenmerkend voor dergelijke (half-)natuurlijke duinplassen is de waterkwaliteit (oligotroof, kalkrijk), het fluctuatieregime (grote seizoens- en jaarfluctuaties), de bodem (zandig) en de diepte (veelal gering). Bij toenemende ouderdom kunnen deze kenmerken evolueren naar een meer mesotrofe waterkwaliteit en een venige bodem. In het duin/polderovergangsgebied kan, onder invloed van kwel en stroming, een stabielere waterstand en andere chemische samenstelling (ijzerrijkdom) optreden of, onder invloed van polderwater of slibrijker bodem, een van nature

meer mesotroof karakter. Potentieel herbergen oppervlaktewaters in de duinen dus een grote variatie aan vegetatietypes en de bijbehorende faunistische elementen. Ook op het vlak van wieren (groenwieren, Charophyta, kiezelwieren, ...) kunnen duinwaters soortenrijk en specifiek zijn. Momenteel zijn vele voormalige putten, plassen e.d. echter verdwenen door urbanisatie, uitgedroogd, geëutrofiëerd of door steile oevers en diepte (zandwinning) oninteressant geworden voor flora en fauna.

Watervegetaties zijn aan de kust dus nog slechts fragmentarisch ontwikkeld. Typische waterplanten voor dergelijke wateren zijn o.a. Kranswieren (*Chara vulgaris, C. globularis*), Waterranonkels (*Ranunculus* spp.), Sterrekroos (*Callitriche* spp.), enkele Fonteinkruiden, waaronder Weegbree- (*Potamogeton coloratus*) en Paarbladig fonteinkruid (*P. densus*), Zittende zannichellia (*Zannichellia palustris* ssp. *palustris*), Lidsteng (*Hippuris vulgaris*), Aar- en Kransvederkruid (*Myriophyllum spicatum, M. verticillatum*), ... De vroegere aanwezigheid van soorten als Gewoon blaasjeskruid (*Utricularia vulgaris*), Watergentiaan (*Nymphoides peltata*), Kikkerbeet (*Hydrocharis morsus-ranae*), enz., kenmerkend voor zuivere, matig eutrofe waters, en Ongelijkbladig (*Potamogeton gramineus*) en Rossig fonteinkruid, Klein blaasjeskruid (*Utricularia minor*), Teer vederkruid (*Myriophyllum alternifolium*), *Chara aspera* en *C. hispida*, *Nitella translucens*, enz., indicatief voor oligo/mesotrofe waters, wijst op een potentieel veel grotere diversiteit.

Aan/op de (zachtglooiende), periodiek droogvallende oeverranden en bodems van putten en vijvers zijn de eerder oligotrafente vegetatie-elementen (Oeverkruid -*Littorella uniflora*, Naaldwaterbies - *Eleocharis acicularis*, Kruipend en Ondergedoken moerasscherm - *Apium repens, A. inundatum*) eveneens verdwenen of zeer zeldzaam geworden. Eerder eutrafente vegetatie-elementen (Greppelrus - *Juncus bufonius*, Tandzaad - *Bidens*, Mannagras - *Glyceria fluitans*, Rode watereprijs - *Veronica anagallis-aquatica* ssp. *aquatica*, ...) zijn soms nog wel aanwezig.

Een aparte vermelding verdienen de duinbeken met periodiek stromend water, waarvan er twee mogelijk een min of meer natuurlijke origine hebben als kreek in een strandvlakte of hoge schorre, zij het later allicht door vergraving aangepast (Beek Zonder Naam te Oostduinkerke, beek in de Zwinbosjes te Knokke). Daarnaast zijn er her en der nog gegraven slootjes die periodiek duinwater afvoeren, vooral dan in de vrijwel vlakke en in cultuur gebrachte duin/polder-overgangszones (o.a. de Schuddebeurzebeek). Een specifieke, momenteel verdwenen soort uit deze habitat was Klimopwaterranonkel (*Ranunculus hederaceus*).

Meestal is het open water in de duinen te klein voor een uitgebreide broedende avifauna. Als mogelijke broedvogels kunnen we o.a. Dodaars (*Tachybaptus ruficollis)*, Kuifeend (*Aythya fuligala*), ... vermelden. Tijdens de trektijd en 's winters kunnen de dicht bij de kustlijn gelegen, grotere waterplassen een aantal bijzondere pleisterende vogelsoorten herbergen.

Oude, vegetatierijke veedrinkputten, bomputten en sloten met min of meer stagnerend water vormen het voortplantingsmilieu voor de meeste amfibieën (o.a. Kamsalamander - *Triturus vulgaris*, Boomkikker - *Hyla arborea*). Rugstreeppad (*Bufo calamita*) is eerder gebonden aan vegetatie-arme, dikwijls semi-permanente plassen.

Gezien de beperkte oppervlakte en het meer of minder kunstmatige karakter van het permanente, open water in de duinen is het belang voor de entomofauna waarschijnlijk niet bijster groot. Dit blijkt in elk geval voor waterjuffers en libellen, alhoewel een zeer zeldzame en thermofiele,

zuidelijks soort als Vuurlibel (*Crocothemis erythraea*) (Markey-vijvers te Adinkerke) duidelijk profiteert van het kustklimaat (en de warme zomers van de jaren negentig).

Gegraven vijvers met steile oevers en een beperkte of soortenarme watervegetatie, meestal met sterk geometrische vorm, komen voor in de Zwinbosjes, de Oude Hazegraspolder (vijver van Lippens), de Lispanne ter hoogte van het Casino te Knokke, het Willemspark te Heist, de Fonteintjes te Zeebrugge-Blankenberge, een visvijver tussen de twee takken van de Koninklijke Baan te De Haan-Vosseslag, vijvers vlak achter de duinen van Raversijde, te Oostduinkerke in Sunparks-Groendyck en de Monobloc-duinen, te Adinkerke-De Panne in het Garzebekeveld (vijvers Markey) en ten zuiden van het Westhoekreservaat (zandwinningsputten De Drie Vijvers). De meeste van deze vijvers zijn eutroof (bvb. tengevolge van bladval) tot mesotroof. De Lispanne was een oligotrofe vijver tot de drooglegging einde jaren zeventig. Weer gevuld met water van een andere samenstelling en na een verhoogde mineralisatie door de drooglegging, is ze snel gedegradeerd tot een voedselrijke stadsvijver. Kleinere, veelal periodiek droogvallende waters (bomputten, voormalige veedrinkputten) zijn in diverse duingebieden te vinden, maar veelal aangetast door overschaduwing, bladval of verdroging van de omgeving. Hetzelfde geldt voor de waterlopen en sloten, zoals de beek in het Hannecartbos. Via oeverbeheer of nieuwvorming is deze habitat in principe herstelbaar.

Synecologie

Julve (1993)

Potamogetonion pusilli

Hydrocotylo vulgaris-Baldellion ranunculoides
Ranunculion aquatilis
Hydrocharition morsus-ranae

Sparganio erecti ssp. neglecti-Glycerion fluitantis
Charion asperae/Nitellion syncarpo-tenuissimae
Nympaeion albae
Lemnion gibbae

Schaminée, Weeda & Westhoff (1995)

Potamion graminei (Echinodoro-Potametum graminei)
Hydrocotylo-Baldellion (Samolo-Littorelletum)
Parvopotamion (o.a. Groenlandietum)
Hydrocharition morsus-ranae (Utricularietum vulgaris)
Ranunculion peltati (Ranunculetum hederacei)
Charion fragilis (Charetum hispidae, Charetum asperae)
Charion vulgaris
Lemnion minoris
Nymphaeion

CORINE

22.12 Mesotrophic waters
22.13 Eutrophic waters
22.15 Lime-rich oligo-mesotrophic waters
22.31 "Acid" (sic) pool fringe shallow-water swards
22.41 Free-floating vegetation
22.422 Small pondweed formations
22.43 Rooted floating vegetation
22.44 Chandelier algae submerged carpets

7.4.4.3. (Matig) droge mosrijke of kruidachtige duinhabitats

7.4.4.3.1. Kalkrijke mosduinen en pionierduingraslanden

Naarmate de invloed van de wind in de droge stuifduinen afneemt en het zandoppervlak stabieler wordt, verdwijnen ook de wuivende helmbossen, in belangrijke mate door infectie met aaltjes en schimmels (....) Waar Helm sterk in vitaliteit is verminderd en in stabiliserende stuifkuilen of erosieplekken, verschijnt een ander type vegetatie: vooral bestaand uit lage wortelstok-graminoïden, diverse kleine therofyten, tweejarige hemicryptofyten, mossen en korstmossen. Een belangrijke milieufactor in dergelijke mosduinvegetaties is de zomerdroogte, die door de organismen met aangepaste overlevingsstrategieën wordt aangepakt. Daarnaast spelen ook nutriëntenschaarste, doorwortelbaarheid en waterafstotendheid van bepaalde duinbodems een belangrijke rol bij de ontwikkeling en het behoud van deze begroeiingen.

Mosduinen, die dikwijls nog een belangrijk percentage open zand vertonen, staan qua soortensamenstelling en plaats in het vegetatiedynamiek, in tussen de stuivende helmduinen en de gesloten (mos)duingraslanden. Het is echter onduidelijk in hoeverre deze mossen- en lichenenvegetaties in directe lijn kunnen evolueren naar meer gesloten droge graslanden, zoals in de klassieke sucessieschema's veelal wordt verondersteld (cf. o.a. Boerboom 1957, Herbauts 1971). Vermoedelijk stellen de extreme bodemkundige en microklimatologische omstandigheden grenzen aan de successie, waardoor mos- en lichenenduinen relatief lang structureel stabiel kunnen blijven. Directe successie van mosduinen naar meer gesloten grasland blijft daarom vermoedelijk beperkt tot beschutte, goed doorwortelbare hellingen, mesofiele depressies, de rand van kruipwilgstruweeltjes en, vooral, beweide (+ bemeste) of "verstoorde" terreindelen. De verdere vegetatie-ontwikkeling van mosduinen verloopt echter veeleer via externe "invasies" van vegetatief uitbreidende soorten: zowel (schijn)grassen (Duinriet, Zandzegge), dwergstruiken (Dauwbraam, Duinroos - *Rosa pimpinellifolia*), struiken (Duindoorn), als bomen (Ratelpopulier, abelen, Ontariopopulier), waarna op relatief korte tijd zeer afwijkende habitats en successielijnen kunnen ontstaan. In degradatiestadia hiervan of in mozaïek hiermee kunnen allicht wel weer nieuwe mosduintypes of duingraslanden ontwikkelen.

Momenteel kan deze habitat over de volledige breedte van het duin aangetroffen worden. Van nature hebben mosduinvegetaties waarschijnlijk echter een optimum aan de lijzijde van de zeereep en in het kielzog van de grote stuifduincomplexen, in (zeer) kalkrijke zones die pas recent zijn gestabiliseerd, dan wel nog regelmatig worden overstoven of anderszins enigermate mobiel blijven. Daarnaast komen ook mosduinvegetaties voor in de getemperd-dynamische, veelal minder reliëfrijke en in elk geval oppervlakkig wat minder kalkrijke duingebieden die door menselijke agro-pastorale invloed al eeuwenlang in een labiel evenwicht verkeren tussen stabilisatie en verstuiving. Dergelijke duinen stonden tot begin deze eeuw aan de Westkust en in Frans-Vlaanderen bekend als "Zwarte duinen" (o.a. de voormalige "Fransooshille" of "Zwarte duyn" te De Panne; zie Massart 1913a, Hocquette 1926) in tegenstelling tot de stuivende "Blekkers". Apart staan de mossen/lichenen-vegetaties van de min of meer (oppervlakkig) ontkalkte duinen, vermoedelijk eveneens met een specifieke ontwikkelingsreeks (die echter grotendeels behandeld worden onder 7.4.4.3.3.). Tenslotte kunnen ook bestaande kruidachtige vegetaties door overbegrazing, overbetreding of verdroging degraderen tot mosduin, kunnen mos- en lichenenvegetaties als microhabitat in of in de rand van gesloten vegetaties optreden en kunnen diverse directe menselijke invloeden ("zeedorpen"-invloed, ruderalisatie, neofyten, ...) een rol spelen. Deels naar analogie met De Raeve (1979) worden de mosduinen hier beschreven op basis

van de bovenvermelde vierdeling. Probleem blijft echter dat deze vegetaties eigenlijk uit drie, zich min of meer apart gedragende, gesuperponeerde plantensynusiae bestaan: mossen en lichenen, hapaxanten (één- en tweejarigen) en overblijvende (vaak rizoomvormende) planten (cf. Gillet et al. 1991). Daarnaast kunnen plaatselijke soortspatronen en ecologische specificiteiten het beeld nog meer vertroebelen. De mosduinvegetaties van de jongere, stuivende, reliëfrijke delen zijn doorgaans wat duidelijker te typeren, terwijl deze in de vlakkere terreinen in regel iets therofyten-armer, maar desondanks veelal soortenrijker zijn, met meer korstmossen en/of meer graslandelementen, al naar gelang de microklimatologische en pedologische omstandigheden.

Een eerste successiereeks van de mosduinen vertrekt dus van de reliëfrijke, sterk verstoven helmduinen in of achter de zeereep of in het "Recente stuifduinlandschap". Kenmerkend hierin is nog lange tijd de aanwezigheid van minder vitale, relictuele Helm, Duinviooltje[3] en, tot op een aantal honderden meter van de zee, Zeewolfsmelk. Het jongste, nog zeer dynamische type bestaat veelal grotendeels uit één- en tweejarigen (Scheve hoornbloem -*Cerastium diffusum*, Zandhoornbloem - *Cerastium semidecandrum*, Zanddoddegras -*Phleum arenarium*, Klein streepzaad - *Crepis capillaris*, Kleine leeuwetand -*Leontodon saxatilis*, Biggekruid - *Hypochoeris radicata*, ...), eventueel in het gezelschap van overbljvende soorten als Muurpeper (*Sedum acre*), ingebed in een matrix van kleinere graminoïden (Rood zwenkgras - *Festuca rubra* ssp. *arenaria*, Zandzegge - *Carex arenaria*) (zie 7.4.4.1.). Mossen zijn hierin nog zeldzaam. Bij matige stabilisatie kan zich hieruit een vrijwel gesloten mosvegetatie ontwikkelen, met Groot duinsterretje (*Tortula ruralis* var. *ruraliformis*), spoedig in het gezelschap van Bleek dikkopmos (*Brachythecium albicans*), talrijke winterannuellen en wat spaarzame graslandsoorten: naast de bovenvermelde ook Vroegeling (*Erophila verna*), Ruw vergeet-mij-nietje (*Myosotis ramossissima*), Veldereprijs (*Veronica arvensis*), Zandmuur (*Arenaria serpyllifolia*), Geel walstro (*Galium verum*), Kleverige reigersbek (*Erodium lebelii*), Zachte ooievaarsbek (*Geranium molle*), Duindravik (*Bromus thominei*), Lathyruswikke (*Vicia lathyroïdes*), Rood zwenkgras (*Festuca rubra*), ... Eigen aan de wat oudere en meer gestabiliseerde fasen in deze ontwikkelingsreeks zijn o.a. Veldbeemdgras (*Poa pratensis* ssp. *irrigata*), Duinpaardebloem (*Taraxacum* s. *Erythrosperma*) en enkele eerder ruderale soorten. Worden in het kielzog van een parabool- of loopduin lage kopjesduinen gevormd of is een pionierpanne onvoldoende diep uitgestoven en nog slechts periodiek vochtig, dan kan zich enige tientallen jaren na de Helm- en Zanddoddegras/Duinsterretje-, resp. Fioringras/Zomprus-fasen een "tweede-generatie"-mosvegetatie ontwikkelen met dichte kussens of korsten vormende mossen als Duinkronkelbladmos (*Tortella flavovirens*), Purpersteeltje (*Ceratodon purpureus*), Smaragdsteeltje (*Barbula* ssp.), Dubbeltandmos (*Didymodon* spp.), e.a., kalkminnende terrestrische (*Cladonia pyxidata*, Gevorkt heidestaartje - *C. furcata* ssp. *furcata*, ...) en enkele normaal epifytische lichenen (*Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes*). Weinig doorwortelde en beschutte kommen kunnen snel evolueren naar een zeer soortenarme lichenensteppe, vrijwel uitsluitend bestaande uit de bovenvermelde *Cladonia*-soorten. Al dergelijke vegetaties zijn meestal arm aan vaatplanten (als therofyten o.a. Vroege haver - *Aira praecox*, Tengere vetmuur - *Sagina apetala*), maar soms kunnen wel een aantal vochtminnende soorten zoals Drienerfzegge, die als aspectbepalende soort kan optreden, en pendelsoorten als Echt en Strandduizendguldenkruid, Sierlijke vetmuur, enz. voorkomen. Meestal worden dergelijke vegetaties in mozaïek met kruipwilgstruwelen (7.4.4.3.1.) aangetroffen (cf. het zgn. "Carex trinervis-complex" in D'Hondt 1981) en zij vertonen ook verwantschap met de verder te

[3] De Raeve (1979) geeft deze soort op als kenmerkend voor de eerste ontwikkelingsreeks en Kleverige reigersbek als kenmerkend voor de tweede. Eigenaardig genoeg bestaat elders (Westhoek, Dunes du Perroquet) de indruk dat dit juist omgekeerd is! Wellicht betreft het hier slechts lokale verschijnselen, die geen algemene geldigheid hebben.

bespreken mosvegetaties van microhabitats. Of de mosduinen uit deze ontwikkelingsreeks in natuurlijke omstandigheden ook nog verder kunnen evolueren naar meer stabiele Duinklauwtjesmos-duinen (zie volgende reeks) is onduidelijk. In Ter Yde zijn, op een kunstmatig gefixeerde zachthellende N-helling in een overigens jong stuifduingebied, wel overgangssituaties te vinden met o.a. Duinklauwtjesmos (*Hypnum cupressiforme var. lacunosum*), *Diploschistes muscorum*, ... Ook de bovenvermelde beschutte duinen met Duinkronkelbladmos geven lokaal de indruk in deze richting te evolueren. In het studiegebied worden de mosduinen uit deze ontwikkelingsreeks echter reeds na of tijdens één van de beschreven stadia overgroeid door Duindoorn (7.4.4.5.2), Ontariopopulier (*Populus candicans*) (7.4.4.6.2.), ...

In zones met een permanente "overpoedering" en nutriëntentoevoer (voornamelijk lijzijde van de zeereep en stuivende paraboolduinen) gaat de vegetatiesuccessie soms gepaard met een kolonisatie door Dauwbraam (*Rubus caesius*). Door zijn sterke vegetatieve voortplanting domineert Dauwbraam spoedig de dynamiek ter plaatse. Dit resulteert meestal in meer ruderale mosduinvegetaties, met o.a. nitrofielen als Kleine veldkers (*Cardamine hirsuta*), Duinvogelmuur (*Stellaria pallida*) en Fijne kervel (*Anthriscus caucalis*). Ook elders treedt een dergelijke ruderalisatie gemakkelijk op in de omgeving van boomaanplant of opslag, in met Duindoorn overgroeide mosduinen, enz., met b.v. ook Gewone ossetong (*Anchusa officinalis*), Schermscheefbloem (*Iberis umbellata*), ... Mosduin-soorten, inclusief de mossen, kunnen overigens nog lang standhouden in dergelijke open pionierstruwelen of -bossen en deze stadia misschien overleven. In dergelijke open struweel- of bosvegetaties, door sommigen vegetatiekundig nog tot de mosduinassociaties gerekend (Doing 1962), maar structureel volkomen verschillend, grijpen dikwijls wel verschuivingen plaats in de samenstelling van de moslaag, met b.v. veel Smaragdmos (*Homalothecium lutescens*), kleine topkapselmossen, Gedraaid knikmos (*Bryum capillare*), ... Ook Duinklauwtjesmos kan hier bodembedekkend in voorkomen, waarmee misschien de aansluiting wordt gemaakt met de vegetaties uit de volgende reeks. Ook relatief sterk overstuivende of recent opgestoven kruipwilgstruweeltjes kunnen een dergelijke, enigszins afwijkende mosduinvegetatie in de ondergroei dragen (7.4.4.4.1.).

Een tweede successiereeks vertrekt/vertrok bij de dikwijls (zij het niet altijd) veel minder geaccidenteerde en op veel kleinere schaal dynamische duinen uit de oudere en oppervlakkig wat minder kalkrijke Laatmiddeleeuwse paraboolduinlandschappen (Leten 1992). Niet zelden werden deze zones ook min of meer kunstmatig gefixeerd, b.v. door aanplant van populieren. De stabiliserende rol van Helm wordt hier grotendeels overgenomen door Buntgras, Zandzegge en Rood zwenkgras. Het jongste (en/of meest instabiele) stadium verschilt nauwelijks van dit van de vorige reeks (zie boven), op het grotendeels ontbreken van Helm en Duinviooltje en de aanwezigheid van Purpersteeltje na. In een later stadium treden Duinklauwtjesmos *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*), Duinfakkelgras (*Koeleria albescens*), Kleverige reigersbek (*Erodium lebelii*) en *Cladonia furcata* echter meer op de voorgrond, o.a. ten koste van de bedekking van Duinsterretje (in de latere stadia van deze reeks deels vervangen door Klein duinsterretje - *Tortula calcicolens*) en Bleek dikkopmos. Hierbij zijn enkele varianten te onderscheiden, waaronder een variant met *Cladonia pyxidata* op relatief vlakke stukken en een nog meer lichenenrijke variant met Kraakloof (*Coelocaulon aculeatum*), Leermos (*Peltigera sp.*) en waarschijnlijk ook Elandgeweimos (*Cladonia foliacea*) en *Diploschistes muscorum,* op sterk geëxposeerde zuidhellingen en uitgestoven kommetjes. De nu verdwenen, maar voor de Eerste Wereldoorlog o.a. van de Hoge Blekker (Koksijde) gekende, vrijwel pure lichenvegetaties waarin Massart (1913a) o.a. *Usnea hirta, U. articulata* en *Ramalina farinacea* vermeldt, vormden mogelijk een nog later evolutiestadium van deze mosduinreeks. Net als in de vorige reeks treden bij voortgaande stabilisatie op minder geëxposeerde plekken (b.v. oosthellingen) in toenemende

mate graslandsoorten op (o.a. Smalle wikke - *Vicia sativa* ssp. *nigra*), die eventueel een evolutie naar mosrijk duin(kalk)grasland inluiden. In lang beweide landschappen kunnen graslandsoorten als Nachtsilene - *Silene nutans*, Wondklaver - *Anthyllis vulneraia*, e.a. in de mosduinen voorkomen, ook in de meer geëxposeerde delen. De mosduinen uit deze reeks worden (voor zover bekend) veel minder gemakkelijk door Duindoorn overwoekerd (deze soort is in de betreffende landschappen meestal veel minder prominent aanwezig). Wel kan overgroeiing met Duinroos (*Rosa pimpinellifolia*) (7.4.4.4.2.) of diverse *Populus*-soorten (7.4.4.6.2.) optreden.

Onder nog wat sterker ontkalkte omstandigheden worden Grijze bisschopsmuts (*Racomitrium canescens*), Gewoon gaffeltandmos (*Dicranum scoparium*), Zandhaarmos (*Polytrichum juniperinum*), Gebogen rendiermos (*Cladonia arbuscula*), *Cladonia subulata*, *Cladonia rangiformis* en Zandblauwtje (*Jasione montana*) aangetroffen, in een combinatie met meer kalkminnende soorten (zie verder 7.4.4.3.3.). In de Oude Duinen van Ghyvelde (Vanhecke & Clarysse 1975) en van Adinkerke (mond. med. A. Zwaenepoel), die overigens deels met sterker verzuurde of verruigde vegetaties begroeid zijn, is in een dergelijk vegetatietype ook Dwerggras (*Mibora minima*) aangetroffen.

In vierde instantie kunnen een aantal min of meer onafhankelijke mosduinvegetaties worden onderscheiden, deels als microhabitat, deels gekenmerkt door specifieke omstandigheden of dominanten. In oudere mosduinen, in kleinere plekjes in relatie met duinkalkgraslanden, oudere Wintergroen/kruipwilgstruweeltjes of in hun degradatiestadia tengevolge van overbegrazing of -betreding komen zo een aantal andere, vaak zeldzame, mos- en korstmossoorten de vegetatie verrijken: Boompjesmos (*Climacium dendroides*), Sparremos (*Thuidium abietinum*), Kalksmaltandmos (*Ditrichum flexicaule*), Etagemos (*Hylocomium splendens*), Pluimstaartmos (*Rhytidiadelphus triquetrus*), Hakig kronkelbladmos (*Pleurochaete squarrosa*),... Regelmatig aanwezige éénjarigen in door overbetreding ontstane, humeuze mosduintjes zijn o.a. Vroege haver (*Aira praecox*) en Tengere vetmuur (*Sagina apetala*). Op tijdelijke erosieplekjes van beschutte noordhellingen in veelal iets oudere duinzones (duinkalkgraslanden, onder laag liguster- of kruipwilgstruweel), kan een vorm voorkomen van een ook uit Nederland beschreven mosduingemeenschap met Duinkronkelbladmos, Oranjesteeltje (*Bryoerythrophyllum recurvirostre*), Muur-dubbeltandmos (*Didymodon vinealis*), Groot veenvedermos (*Fissidens adianthoides*), ... , diverse lichenen en, zeer zelden, Groot klokhoedje (*Encalypta streptocarpa*), Bleek boomvorkje (*Metzgeria furcata*), ... Soms overleven op dergelijke plekjes enkele pendelsoorten uit de jonge vochtige valleien (Sierlijke vetmuur, Echt duizendguldenkruid, zelfs Slanke gentiaan) in de oude en soms verdroogde duinecosystemen.

Ook op zandige opgespoten terreinen (7.4 6.1.) kunnen zich vormen van mosduin ontwikkelen, al dan niet verwant aan hogerbeschreven typen. Deze rond het voormalige zeemachthaventje van Nieuwpoort vertonen veel gelijkenis met echte duinvegetaties. Op het opgespoten terrein van Heist-West komen heterogene ruderale mosvegetaties voor met aparte soorten als Glad breukkruid (*Herniaria glabra*), Hertshoornweegbree, Duinlangbaardgras (*Vulpia ciliata ssp. ambigua*), Kleine rupsklaver (*Medicago minima*), Zeevetmuur, Sierlijke vetmuur, Duinriet, ... Zij moeten echter nog beter onderzocht worden. Antropogeen gestoorde en aangerijkte vegetaties (o.a. wegbermen, sterk berecreëerde duinen, omgeving vroegere dorpen) worden in het algemeen gekenmerkt door Kegelsilene (*Silene conica*), Duinreigersbek (*Erodium cicutarium* ssp. *dunense*), Knolbeemdgras (*Poa bulbosa*), Zwenkdravik (*Bromus tectorum*), Stijve dravik (*B. rigidus diandrus*), Duin-, Gewoon, Dicht en Langgenaald Langbaardgras (*Vulpia myuros*, *V. fasciculata*, *V. pyramidata*), Stijf hardgras (*Catapodium rigidum*), Stijve windhalm (*Apera*

interrupta), Hazestaart (*Lagurus ovatus*), Zandweegbree (*Plantago arenaria*), Kleine rupsklaver, Gestreepte klaver (*Trifolium striatum*) en diverse andere halfruderale soorten. Dikwijls zijn dergelijke vegetaties echter vrij mossenarm tot mossenloos.

De mosduinen van de helmduin-reeks zijn door de toegenomen fixatie van de stuivende duinen in de afgelopen decennia lokaal sterk toegenomen, maar door verstruweling dikwijls ondertussen al weer afgenomen. Hun potentiële standplaatsen worden momenteel vooral sterk beperkt door recreatie, zowel in de voorduinen als in de grotere inwaartse stuifduincomplexen. Mooie voorbeelden zijn nog te vinden in het Westhoekreservaat, Ter Yde, ... Ook de mosduinvegetaties uit de tweede successiereeks zijn nog regelmatig aanwezig, maar over grote gebieden eveneens door recreatie en betreding verdwenen (cf. Oosthoekduinen!) of teruggedrongen tot "duintuinen" en private terreinen. De zeer lichenenrijke stadia of fasen die Massart beschrijft van o.a. de Hoge Blekker komen momenteel niet meer voor. De halfverzuurde mosduinen met Grijze bischopsmuts komen o.a. voor in de Cabourduinen en de achterste duinenrij van De Panne (Westhoek, Calmeynbos, Oosthoekduinen). De mosbegroeiingen van microhabitats lijken voornamelijk voor te komen in die duingebieden met (relicten) van duinkalkgraslanden (zie 7.4.4.2.2.), maar zijn nog onvoldoende bekend. In het algemeen geldt overigens dat meer onderzoek naar mosduinen (prioritaire Natura 2000-habitat) en hun samenstelling en dynamiek noodzakelijk is.

Syntaxonomie

Julve (1993)	**Weeda, Doing & Schaminée (in voorb.)**
mossen/lichenen	*Tortulo-Koelerion (Phleo-Tortuletum ruraliformis, Tortello-Bryoerythrophylletum, Sileno-Tortuletum ruraliformis)*
hemicryptofyten	*Corynephorion canescentis (Violo-Corynephoretum p.p.)*
Ammophilion (*Euphorbio paraliades-Festucetum rubrae* ssp. *arenariae*, ...)	
Koelerion glaucae var. *albescentis (Violo-Corynephoretum, ...)*	
therofyten	
Sileno conicae-Cerastion semidecandri (*Erodio lebelii-Phleetum arenarii, ...*)	
Laguro ovati-Bromion rigidi	
struiken en bomen	
Salicion arenariae (fragm.)	
...	

CORINE

16.221 Northern grey dunes

7.4.4.3.2. Droog tot mesofiel kalkrijk duingrasland

(Matig) droge, niet verstruweelde, maar al langer stabiele duinzones kunnen een half- tot volledig gesloten vegetatie dragen, in belangrijke mate opgebouwd uit graminoiden en overblijvende vaatplanten, ten dele zelfs chamaefyten en dwergstruiken. De drogere vormen zijn meestal mosrijk (vnl. pleurocarpen) en komen vooral voor op beschutte hellingen en in droge valleien, verspreid langs de gehele kust. Aan de Westkust kan ook Duinroos prominent aanwezig zijn. De meer

mesofiele graslanden liggen meestal in, soms nog net vochtige, valleien of op de beschutte delen van oude kopjesduingebieden. Zij vormen dikwijls een mozaïek met kruipwilgstruwelen en niet zelden maakt kort afgegraasde Kruipwilg een geïntegreerd deel uit van de best ontwikkelde graslanden of liggen deze net in een enkele decimeters brede band rond een kruipwilgstruweel. De mooiste voorbeelden van mesofiele graslanden, alhoewel sterk achteruitgegaan, zijn/waren te vinden op de oudere binnenduinen, vooral in Oostduinkerke (De Raeve 1980), maar ook in oude duinpannen (Doornpanne) kunnen zij goed ontwikkeld zijn. De specifieke flora is grotendeels niet kustgebonden, maar vertoont in zijn soortensamenstelling overeenkomsten met de binnenlandse kalkgraslanden, meestal in combinatie met mosduinvegetaties. Vermoedelijk is de grote soortenrijkdom aan kalkgraslandsoorten van de Vlaamse duinen voor een stuk toe te schrijven aan de nabijheid, in de Boulonnais, van "binnenlandse" halfnatuurlijke kalkgraslanden en misschien ook wel natuurlijke kalkgraslandhabitats op de geschoren kliftoppen.

Het blijft overigens een discussiepunt of dit soort vegetaties in een onbeheerd, slechts door wilde grazers (en rekenen wij het Konijn daar toch maar toe) beweid duingebied wel zou kunnen voorkomen. Het optimale en stabiele voorkomen van het Duinpaardebloem-grasland in het juist niet door veebeweiding (wel door konijnenbegrazing) en agrarische menselijke activiteiten gekenmerkte zuivere "Dauwbraamlandschap" achter de zeereep van de Hollandse duinen (Doing 1988, Weeda 1992), geeft echter reeds een zekere indicatie dat dit wel degelijk mogelijk is. Verder is de minstens duizendjarige en waarschijnlijk nog veel langere aanwezigheid van een reeks van typische duingraslandsoorten (waaronder het niet beweidingstolerante steppetoendra-relict Zandviooltje - *Viola rupestris*; cf. Weeda 1992!) in het Hollandse duingebied, goed onderbouwd, wat het nog waarschijnlijker maakt dat graslandhabitats (of voor de betreffende soorten equivalente habitats als schrale kalkrijke zomen) ook reeds in het niet of slechts beperkt menselijk beïnvloede duingebied aanwezig kunnen zijn geweest.

Onder natuurlijke omstandigheden lijkt spontane vorming van (droge) duingraslanden minstens denkbaar in de volgende situaties:

a) vlak achter de zeereep in droge valleien met een specifieke bodemvorming, vooral bij een stabiele tot licht terugwijkende kust, veelal in mozaïek met geschoren struweeltjes (cf. Nederlandse "Dauwbraamlandschap", maar: veel graslanden uit het Dauwbraamlandschap bevinden zich in door waterwinning verdroogde duinvalleien);

b) bij een combinatie van voedselarmoede en een welbepaalde hydrologische en microklimatologische toestand;

c) op de grens van zout en zoet (incidenteel overspoelde lage duintjes in het schor);

dit alles onder natuurlijke begrazing (nu uitsluitend konijnen, vroeger/potentieel ook grote grazers als Edelhert, Ree, oerrund, ...).

Het is waarschijnlijk dat in dergelijke natuurlijke omstandigheden de graslandelementen dikwijls een enigszins zwervend bestaan leidden in het duingebied en nooit grote oppervlakten besloegen. Ook een voortbestaan in semipermanente zoomvegetaties van bepaalde struweel- of bostypen is niet onwaarschijnlijk.

In hun huidige vorm zijn goed ontwikkelde, vlakvormige duingraslanden echter waarschijnlijk het gevolg van de menselijke impact en dus vermoedelijk niet ouder dan de Middeleeuwen. Waarschijnlijk werden zij opgebouwd aan de hand van reeds in zomen, mosduinen, duin/schorre-overgangen, enz. aanwezige soorten en een reeks van geleidelijk vanuit de binnenlandse graslanden migrerende soorten. Deze migratie gaat, ondanks de sterk afnemende graslandoppervlakte, vermoedelijk nog steeds door (b.v. *Centaurea aspera* in de Noordfranse duinen).

De huidige duinkalkgrasland-habitats, hoofdzakelijk gelegen in een halfnatuurlijk (vroongronden, beweide duinen) tot grotendeels cultuurlijk (golfterreinen, gazons!) landschap, kunnen zijn ontstaan via een drietal proceslijnen:

a) direct vanuit helm- en mosduin, op klimatologisch en/of bodemkundig beschutte plaatsen, in combinatie met vee- of konijnenbegrazing;

b) door geleidelijke verdroging of "overpoedering" van mesofiele of vochtige, niet verstruweelde duinvalleien (met Kruipwilg), in combinatie met begrazing en eventueel ook zeewind-effecten;

c) door bepaalde vormen van bodemverstoring, lichte nutriëntenaanrijking e.d. in combinatie met grazen of maaien (b.v. golfterreinen, zie ook de graslanden uit het Nederlandse "zeedorpenlandschap", Slings 1994).

Tot het begin van de eeuw bedekten op deze wijze tot stand gekomen graslanden (vnl. via successielijn b) een belangrijke oppervlakte van de grotere, oudere duingebieden. Op diverse plaatsen (o.a. "Vroegmiddeleeuwse kopjesduinlandschappen") hadden zij toen reeds een lange en vermoedelijk relatief stabiele ontwikkelingsgeschiedenis achter de rug.

Momenteel komen schrale, droge graslandhabitats in de duinen nog slechts als meer of minder intacte relicten voor. De eerste proceslijn komt waarschijnlijk weinig of niet (meer) voor vanwege de sterke verstruwelingstendens met Duindoorn en het wegvallen van de begrazing. De meeste kans is er nog op/in beschutte hellingen en kommen. Een scharniersoort voor de ontwikkeling van de halfnatuurlijke mesofiele graslanden volgens de tweede proceslijn is Kruipwilg. Deze soort, die kiemt in jonge duinvalleien, kruipt niet alleen beperkt horizontaal, een laag struweel vormend, maar ook vertikaal met de overstuiving en bodemvorming mee. Bovendien heeft Kruipwilg een stabiliserend effect op de dynamiek. Heel dikwijls gebeuren de eerste vestigingen van graslandsoorten binnen of in de rand van kruipwilgstruweeltjes. Anderzijds fungeren dergelijke eilandjes als refugium voor de meer mesofiele of begrazingsgevoelige soorten in voor het grasland ongustige tijden.

Basissoorten van het beter ontwikkelde duingrasland zijn Gewone veldbies (*Luzula campestris*), Rood zwenkgras (*Festuca rubra* s.l.), Veldbeemdgras (*Poa pratensis* s.l.), Zandzegge, Reukgras (*Anthoxanthum odoratum*), Zachte haver (*Avenula pubescens*), Gewone glanshaver (*Arrhenaterum elatius*), Zachte dravik (*Bromus hordeaceus*) en Duindravik (*B. thominei*), Geel walstro (*Galium verum*) en zijn halfparasiet Walstrobremraap (*Orobanche caryophyllacea*), Glad walstro (*Galium mollugo*), Gewoon duizendblad (*Achillea millefolium*), Gewone ereprijs (*Veronica chamaedrys*), Smalle weegbree (*Plantago lanceolata*), Smalle wikke (*Vicia sativa* ssp. *nigra*), Lathyruswikke (*Vicia lathyroides*), Gewone rolklaver (*Lotus corniculatus*), Gewone vleugeltjesbloem (*Polygala vulgaris*), Zandpaardebloem (*Taraxacum* sect. *Erythrosperma*), Gewone hoornbloem (*Cerastium fontanum*), ... Een deel van de duingraslanden bestaat in feite uit niet veel meer dan (een aantal van) deze basissoorten, eventueel aangevuld met een aantal mossen en therofyten uit het mosduin.

In de rijkere, veelal mesofiele graslandomgeving van oudere duinvalleien en kopjesduinlandschappen komen daar soorten bij als Fijn schapegras (*Festuca filiformis*), Grote tijm (*Thymus pulegioides*), Nachtsilene (*Silene nutans*), Geel zonneroosje (*Helianthemum nummularium*), Liggend bergvlas (*Thesium humifusum*), Kalkbedstro (*Asperula cynanchica*), Voorjaarsganzerik (*Potentilla neumanniana*), Knoopkruid-soorten (*Centaurea* sect. *Jacea*, waaronder *C. debauxii*), Stijve/Vierkantige/Bos-ogentroost (*Euphrasia stricta/ tetraquetra/ nemorosa*), Kleine bevernel (*Pimpinella saxifraga*), Muizeoor (*Hieracium pilosella*), ...

Minstens twee, maar vermoedelijk meer, typen zijn hierin te onderscheiden. Mesofiele tot periodiek vochtige situaties worden gekenmerkt door Gewone brunel (*Prunella vulgaris*), Zeegroene zegge (*Carex flacca*), Gestreepte witbol (*Holcus lanatus*), Fioringras (*Agrostis stolonifera*), Ruw walstro (*Galium uliginosum*), Witte klaver (*Trifolium repens*), Rietzwenkgras (*Festuca arundinacea*), Geelhartje (*Linum catharticum*), Tormentil (*Potentilla erecta*), Blauwe knoop (*Succisa pratensis*), ... naast een aantal soorten uit de vochtige duinvalleien (Sierlijke vetmuur, Echt duizendguldenkruid, Watermunt, Grote kattestaart, ...). Ook Gulden sleutelbloem (*Primula veris*), Aarddistel (*Cirsium acaule*), Herfsttijloos (*Colchicum autumnale*), Bevertjes (*Briza media*), Gevinde kortsteel (*Brachypodium pinnatum*) en Tandjesgras (*Sieglingia decumbens*) hebben wel een voorkeur voor dergelijke vegetaties, die vermoedelijk zijn ontstaan uit het jongere en meestal nog vochtiger grasland met Zeegroene zegge en Gewone brunel (7.4.4.2.2.) en daarnaast duidelijk verwant zijn of grenzen aan het grasland met Pijpestrootje en Blauwe zegge (id.).

De droge, veelal veel lagere en meer open duingraslanden worden vooral gekenmerkt door een groot aantal soorten die ook in het mosduin voorkomen, b.v. mossen en lichenen uit de 'Duinklauwtjesmos-reeks' en "microhabitat-groepen" (7.4.4 3.1.), een aantal éénjarigen, Duinfakkelgras, Liggende asperge (*Asparagus officinalis* ssp. *prostratus*), Ruige scheefkelk (*Arabis hirsuta* ssp. *hirsuta*), ... Opvallende mossen zijn o.a. Duinklauwtjesmos, Boompjesmos, Sparremos en, vooral op noordhellingen, ook Etagemos en Pluimstaartmos. Dikwijls zijn zij minder grazig (in elk geval deze in de paraboolduinlandschappen) en aan de Westkust worden dergelijke situaties niet zelden "bijeengehouden" door als hemicryptofyt optredende Duinroos ("duinroossteppen", 7.4 4.4.2.). Licht overstuivende graslanden kunnen gekenmerkt worden door het massaal optreden van Kruipend stalkruid (*Ononis repens* var. *maritima*).

Sommige droge vormen, dikwijls met een vergraven, soms wat aangerijkte bodem en veelal zonder dat Kruipwilg een rol speelt of heeft gespeeld in de ontwikkeling van deze graslanden (successielijn c), differentiëren zich o.a. door de aanwezigheid van Wondklaver (*Anthyllis vulneraria*), Gestreepte (*Trifolium striatum*) en Ruwe klaver (*T. scabrum*), Grote ratelaar (*Rhinanthus angustifolius*), Bergdravik (*Bromus erectus*), *Festuca trachyphylla, F. ophioliticola* ssp. *hirtula* (determinatie nog te controleren), Kleine pimpernel (*Sanguisorba minor*), Blauwe bremraap (*Orobanche purpurea*) en de orchideeën Bokkenorchis (*Himantoglossum hircinum*), Bijenorchis (*Ophrys apifera*), en zeer zeldzaam of verdwenen, Spinnenorchis (*Ophrys sphegodes*) en Poppenorchis (*Aceras antropophorum*) voorkomen. Een aantal van deze soorten profiteerde waarschijnlijk van de menselijke verstoring, een ander deel werd waarschijnlijk op dergelijke plaatsen aangevoerd, b.v. in het kader van de aanleg van een golfterrein of tijdens de Eerste Wereldoorlog.

De graslanden uit de sinds lang beweide en soms (zeer) licht bemeste oude kopjesduinlandschappen ("vroongronden", "mienten", ...), voor zover niet verzuurd, zijn veelal het soortenrijkst en meest gevarieerd. Naast een groot deel van de bovenvermelde variatie zijn zij ook rijker aan soorten die wijzen op een lange extensieve landbouwculuur: Kleine ratelaar (*Rhinanthus minor*), Akkerhoornbloem (*Cerastium arvense*), Knoldoddegras (*Phleum bertelonii*), Knolboterbloem (*Ranunculus bulbosus*), Scherpe boterbloem (*R. acris*), Margriet (*Leucanthemum vulgare*), ... en in het verleden ook orchideeën als Harlekijn (*Orchis morio*) en Hondskruid (*Anacamptis pyramidalis*).
Naast de droge duingraslanden met kalkgraslandelementen komen verspreid (o.a. in oude paraboolpannen) ook meer soortenarme, vermoedelijk enigszins ontkalkte oude graslanden voor met o.a. Gewoon struisgras (*Agrostis capillaris*), veel Zandzegge, Hondsviooltje (*Viola canina*),

Grasmuur (*Stellaria graminea*), Hazezegge (*Carex ovalis*), Schapezuring (*Rumex acetosella*), ... Zij vormen een overgang naar de zure duingraslanden (7.4.5.3.3.). Mogelijk wordt deze verzuring en achteruitgang van kalkminnende soorten mede in de hand gewerkt door verstoringen (verstruwelingsfase, bemesting/verschraling, beakkering, ...). Het is niet onmogelijk dat het herstelbeheer van de duinkalkgraslanden veelal in een dergelijk, relatief soortenarm type zal blijven steken. Overigens is het opmerkelijk dat, zeker ook in de onmiskenbaar kalkrijke duinzones met een vrij sterke landschaps- en vegetatiedynamiek, een aantal graslandsoorten optreden, die elders als zuurminnend te boek staan (Mannetjesereprijs - *Veronica officinalis*, Hondsviooltje, Gewone veldbies, ...).

Uit één en ander volgt dat, enerzijds vanwege de variabele en soms nog korte ontwikkelingsgeschiedenis van de betreffende graslandhabitats, anderzijds vanwege secundaire verarming (natuurlijke of antropogene vernietiging, verzuring, ...), de duingraslandsoorten onderling sterk uiteenlopende verspreidingsarealen kunnen vertonen.

Droge tot mesofiele duingraslanden komen dikwijls voor in menging met kruipwilgstruweel en duinroosvegetaties. Syntaxonomisch zijn een deel van de met Kruipwilg of Duinroos begroeide of zelfs door deze soorten gedomineerde vegetaties ongetwijfeld enkel als (eventuele varianten van) duin(kalk)grasland te karakteriseren. Anderzijds gedragen de graslanden zich dikwijls als zomen van (dwerg)struweel en gaan dikwijls geleidelijk over in echte zoomvegetaties en grazige ruigten. Soorten met een optimum in zoomvegetaties, die ook nog regelmatig in graslanden voorkomen zijn o.a. Kleine ruit (*Thalictrum minus*), Ruig viooltje (*Viola hirta*), Nachtsilene, Gewone agrimonie (*Agrimonia eupatoria*), Glad parelzaad (*Lithospermum officinale*), Borstelkrans (*Calamintha clinopodium*), ... Overigens trekken heel wat soorten die in nutriëntenrijkere en/of minder extreme omstandigheden tot de graslandflora behoren, zich in droge en voedselarme duingebieden terug in dergelijke zoomsituaties (b.v. Blauwe knoop in het droge duingrasland). Een ontoereikende begrazingsdruk leidt meestal, vooral in de mesofiele graslanden, tot verruiging met een aantal potentieel dominante grasachtigen (Zachte haver, Glanshaver, Smal beemdgras (*Poa pratensis* ssp. *angustifolia*), Gestreepte witbol, Duinriet, Zandzegge, ...). Enkel een paar van de stevige duinkalkgraslanden overleven hierin (Geel zonneroosje, Knoopkruid, ...) naast de bovenvermelde zoomsoorten. Overigens kan verruiging ook tot bodemvernietiging leiden, wat dikwijls resulteert in een enigszins nitrofiele variant van het 'basisgrasland'.

Verstruweling van deze vegetaties gebeurde vanouds via dichte lage eilandjes van Wilde liguster (*Ligustrum vulgare*) die aaneensluiten tot een gesloten pionierstruweel (7.4.4.5.3.). Vermoedelijk kiemden deze ligusterstruiken in eerste instantie in de Kruipwilg-eilandjes van het graslandcomplex, net zoals elders ook Eenstijlige meidoorn (*Crataegus monogyna*), Zomereik (*Quercus robur*), Sleedoorn (*Prunus spinosa*), enz. opslaan vanuit dergelijke sites en zich kunnen ontwikkelen tot gemengde struwelen (7.4.4.5.5.). In dergelijke omstandigheden blijft de graslandbodem vermoedelijk vrij lang intact en schraallandplanten kunnen lang in zomen en lichtrijke plekken overleven. Misschien zijn de graslanden nog min of meer herstelbaar vanuit deze situatie (probleem is o.a. dat ook Kruipwilg vrijwel altijd verdwenen is en dit milieu zeker niet meer opnieuw kan koloniseren). Kolonisatie door Duindoorn, veelal extern vanuit aanpalende jonge en/of vochtige terreindelen (b.v. stuifkuilen), leidt meestal wel tot grotere en misschien onherstelbare bodem- en floraveranderingen.
Andere biota, zoals avi-, arachno- en entomofauna, zijn meestal niet gebonden aan dit floristisch-vegetatiekundig gedefinieerd habitat, maar eerer aan een mozaïeklandschap van verschillende habitattypen, zoals b.v. Tapuit die typisch voorkomt in een mozaïek met het onderhavige graslandtype in de valleitjes en met mosduin op de kopjes.

De klassieke duinkalkgraslanden van het type met Liggend bergvlas en Geel zonneroosje komen vrijwel uitsluitend voor aan de Westkust tot Middelkerke. De beste voorbeelden liggen vanouds in de oude eeuwenlang beweide kopjesduingebieden tussen Oostduinkerke en Nieuwpoort (o.a. Oostvoorduinen en het zuidelijk deel van Ter Yde), al vertonen zij dan de laatste decennia een sterke kwalitatieve achteruitgang en werden sommige van de best ontwikkelde delen recent geürbaniseerd of bemest. Ook in de grote, oude droge duinvalleien en lage duinruggen van het Laatmiddeleeuwse paraboolduinlandschap (o.a. Doornpanne, Noordduinen, "Romeins Kamp" in het Westhoekreservaat, ...) komen goed ontwikkelde duinkalkgrasland-complexen voor (zij het voornamelijk van het drogere type). Elders aan de West- en Middenkust komen verspreid (Sint-Laureinsduinen, Warandeduinen, Houtsaegerduinen, zelfs Cabourduinen, ...) nog duinkalkgraslandrelicten of ruige graslanden voor, die perspectieven bieden voor herstel over grotere oppervlakten. Vanaf de IJzer oostwaarts veranderen de duingraslanden van karakter, met het gaandeweg verdwijnen of zeldzamer worden van een aantal kenmerkende soorten (o.a. Liggend bergvlas, Kalkbedstro, Aarddistel, ...) en een relatieve toename van soorten die kunnen wijzen op relatief recente antropogene invloeden (o.a. Blauwe bremraap, Bokkenorchis, ...). Goed ontwikkelde graslanden zijn hier dan ook grotendeels beperkt tot golfterreinen (De Haan, Knokke).

Syntaxonomie

Julve (1983)
dwergstruiken
Salicion arenariae (fragm.)
hemicryptofyten/chamefyten
Koelerion glaucae var. *albescentis, Festuco filiformis-Galietum veri* var. *maritima* p.p.)
Mesobromenalia erecti
Galio veri ssp. *veri* var. *maritimae-Geranion sanguinei*
therofyten
Silene conicae-Cerastion semidecandri
mossen/lichenen
div. mos/lichen-associaties

Weeda, Doing & Schaminée (in voorb.)
Polygalo-Koelerion (Taraxaco-Galietum veri, Anthyllido-Thesietum, ...)
Plantagini-Festucion (Festuco-Galietum p.p.*)*

CORINE
16.221 Northern grey dunes p.p.
16.225 Dune *Mesobromion* grasslands
16.226 Dune thermophile fringes

7.4.4.3.3. Zuurminnend mosduin en droog duingrasland

Hoewel de Vlaamse kustduinen primair vermoedelijk steeds min of meer kalkrijk zijn, kan eeuwenlange uitloging tot diep ontkalkte bodems leiden, met gevolgen voor flora en fauna. De kalkarme vegetatietypes van de Vlaamse duinen zijn echter nauwelijks beschreven en slecht gekend (moeilijk of ontoegankelijke terreinen, fragmentaire relicten, ...). Het onderscheid tussen

de kalkmijdende en de meer kalkminnende mosduinen en duingraslanden (hierboven overigens opgesplitst naar twee habitats) blijkt echter enigszins arbitrair. Ook komen in de oudere duinsystemen vegetaties uit de onderscheiden habitats naast elkaar en soms innig verweven voor, terwijl ook in sommige jongere duinsystemen ontkalkingsindicatoren voorkomen (zie 7.4.4.3.2. en 7.4.4.2.2.). Vermoedelijk zijn, specifieke fytofage soorten en slakken uitgezonderd, ook de respectievelijke fauna's vrij verwant. Traditioneel weegt het onderscheid tussen kalkrijke en kalkarme duinen en hun vegetatie echter sterk door en recent werden beide mosduintypen ook vegetatiekundig meer gescheiden (Weeda et al. in voorb.). Wij houden ons daarom voorlopig aan de vooropgestelde opdeling naar "kalkarme" en "kalkrijke" typen.

De kalkarme pendant van de kalkminnende mosduinen is een open vegetatie met Zandzegge, Buntgras, eventueel ook nog wat Helm en Rood zwenkgras, Zandblauwtje, Schapezuring (*Rumex acetosella*), Schermhavikskruid, Duin- en Hondsviooltje, Zandhoornbloem, Dwerggras (*Mibora minima*), Klein tasjeskruid (*Teesdalia nudicaulis*), Eenjarige hardbloem (*Scleranthus annuus*) en nog enkele soorten die ook in het kalkrijkere mosduin voorkomen. Zij wordt echter vooral gedifferentieerd door de mos/lichenlaag: Duinklauwtjesmos, Grijze bisschopsmuts, Zandhaarmos (*Polytrichum juniperinum*), Ruig haarmos (*P.* piliferum), Purpersteeltje, Gewoon gaffeltandmos en de meeste lichenen uit de oudere kalkrijke mosduinen van de tweede ontwikkelingsreeks, naast *Cladonia rangiformis, C. pityrea, C. subulata, C. gracilis, C. macilenta,C. foliacea* (opt.), *Cladina portentosa, C. ciliata, Coelocaulon muricatum,* ... De kalkminnende soorten Groot duinsterretje, Bleek dikkopmos, Duinkronkelbladmos, *Diploschistes muscorum, Leptogium* lichenoides, Hakig kronkelbladmos, enz. ontbreken, evenals veel fanerogamensoorten. Over grote oppervlakten is dit vegetatietype verruigd en verarmd tot Zandzegge- of Duinriet-steppe (7.4.4.3.4.). Massart (1908b) wijt de Zandzegge-dominantie van delen van de Cabour-duinen aan overbegrazing door konijnen. Een fenomeen van recentere aard is de invasie en dominantie van de exotische neofyt Grijs kronkelsteeltje (*Campylopus introflexus*) in zuurminnende mosduinen (Cabour, Blutsijde). Het is nog onduidelijk of deze ontwikkeling tijdelijk is en eventueel door beheersmaatregelen, zoals begrazing en hernieuwde verstuivingen, kan worden teruggeschroefd.

Meer gesloten droge graslanden worden t.o.v. de kalkrijke vooral negetatief gekenmerkt: Gewoon struisgras, Zandzegge, Fijn schapegras, Zandblauwtje, Gewoon biggekruid, Gewone veldbies, Reukgras, Geel walstro, Smalbladige wikke, Hazepootje (*Trifolium arvense*), Klein vogelpootje (*Ornithopus perpusillus*), Vroege haver en nog enkele soorten die gemeenschappelijk zijn met de kalkrijkere graslanden. Grotendeels of volledig verdwenen uit dergelijke vegetaties zijn o.a. Klein viltkruid (*Filago minima*), Viltganzerik (*Potentilla argentea*), Onderaardse klaver (*Trifolium subterraneum*), Zilverhaver (*Aira caryophyllea*), Glad biggekruid (*Hypochoeris glabra*), ... In vele gevallen vinden we momenteel nog slechts een verarmde en enigszins bemeste variant van dit type in extensief beheerde weilanden.

Matig vochtige, gesloten graslanden, al dan niet in relatie tot duinheide (7.4.4.4.3.), worden/werden gekenmerkt door Drienerfzegge, Tandjesgras, Borstelgras (*Nardus stricta*), Geknikt zwenkgras (*Festuca nigrescens*) en mesofiele soorten. In het verleden kunnen dergelijke begroeiingen veel rijker zijn geweest, getuige oude waarnemingen van Herfstschroeforchis (*Spiranthes spiralis*), Trekrus (*Juncus squarrosus*), Draadgentiaan (*Cicendia filiformis*), Dwergbloem en Dwergvlas (*Radiola linoides*), ... De aanwezigheid van deze laatste drie pioniersoorten wijst op plagplekken, karresporen of beweide graslanden met trapgaten. Dergelijke graslanden vormen, samen met de verzuurde natte graslandtypen (7.4.4.2.2.), feitelijk een apart habitattype, maar de restanten ervan zijn zo fragmentair dat afsplitsing op dit moment niet relevant lijkt.

Over een specifieke fauna van zure mosduinen en droge duingraslanden is ons nauwelijks iets bekend.

Zure mosduinvegetaties komen nog voor, zij het gemengd met meer kalkrijke en lokaal sterk vergrasd en verruigd, in de Cabourduinen van Adinkerke en, fragmentarisch in De Haan ("Het Pleintje"; Verboven 1980) Zuurminnende graslanden zijn vermoedelijk nog meer verspreid, zowel in de Oude en Subrecente Duinen (dikwijls als weiland in gebruik of braak) als in sommige delen van de Jonge Duinen (Oude Hazegraspolder, Golf van Knokke, verspreide vlekjes in oude droge duinvalleien van de Westkust, b.v. in de "Weide" in het Westhoekreservaat, ...). Relicten van heischrale graslanden zijn momenteel vermoedelijk beperkt tot de Subrecente duinen van Westende. In zoverre nog geschikte ruimte voorhanden is, kunnen op zijn minst een deel van deze vegetaties allicht opnieuw worden gecreëerd via herstelbeheer en natuurtechnische milieubouw.

Syntaxonomie

Julve (1993)	**Weeda, Doing & Schaminée (in voorb.)**
hemicryptofyten	
Corynephorion canescentis	*Corynephorion canescentis (Violo-Corynephoretum* subass. *koelerietosum & typicum)*
Koelerion glaucae var. albescentis (Violo caninae var. dunensis-Corynephoretum canescentis, Festuco filiformis-Galietum veri var. maritimi p.p.*)*	*Plantagini-Festucion (o.a. Festuco-Galietum)*
Achilleo millefolii-Cynosurion cristati (o.a. *Carici arenariae-Luzuletum campestris)*	*Thero-Airion (o.a. Ornithopodo-Corynephoretum)*
Violion caninae (Carici trinervis-Nardetum strictae)	*Violion caninae (Botrychio-Polygaletum)*
hapaxanten	*Nanocyperion flavescentis*
Airion caryophylleo-praecocis (o.a. Logfio minimae-Airetum praecocis, Vulpio bromoidis-Trifolietum subterranei)	
Cicendion filiformis	

CORINE

16.2212 Grey-hairgrass dune communities p.p.
16.227 Dune fine-grass annual communities
37.32 Heath rush meadows and humid mat-grass swards

7.4.4.3.4. Halfnatuurlijke grasruigten van Duinriet, Zandzegge, enz. en andere droge ruigten

Naast de klassiek als "grasland" gedefinieerde begroeiingen, treffen we in sommige delen van de duinen ook grotere oppervlakten aan van "verruigde" of "vervilte" lage begroeiingen. Hieronder worden de (matig) droge, strooiselrijke en soortenarme vegetaties verstaan die gedomineerd

worden door één of enkele meerjarige (schijn)grassoorten: vnl. Duinriet en Zandzegge, verder ook Strandkweek (buiten de schorren), Bastaardkweek, Glanshaver, Zachte haver, Smal beemdgras (*Poa annua* ssp. *angustifolia*), ... Veelal betreft dit rizomateuse kloon-vormende soorten met een grote strooiselproductie die een verdere succesie gedurende min of meer lange tijd succesvol kunnen stremmen. Enigszins vergelijkbare kruidachtige soorten zijn b.v. Wilgeroosje (*Epilobium angustifolium*), Akkerdistel, Pijlkruidkers (*Cardaria draba*), ..., ook Duinroos (zie 7.4.4.4.2.). Vegetatiekundig worden dergelijke begroeiingen momenteel "rompgemeenschappen" genoemd ("derivaatgemeenschappen" indien sprake is van overwoekering door een "klasse-vreemde soort" of exoot als Japanse duizendknoop - *Polygonum cuspidatum*) (Kopecky & Hejny 1978; Schaminée et al. 1995).

Meestal ontstaan zij door het geheel of gedeeltelijk wegvallen van een "disturbance"-factor (Grime 1979; zie 7.3.1.2.), gevolgd door dominantie en monopolisatie van ruimte en nutriënten door competitieve stress-tolerante grassen, schijngrassen of kruidachtige planten. Zij kunnen zich rechtstreeks ontwikkelen vanuit een grasland of mosduin, b.v. na het wegvallen van begrazing door konijnen of vee, eventueel na bodemverstoring en -degradatie (vergraving door konijnen, ...). Daarnaast kunnen zij ontstaan door regressieve successie vanuit aftakelend struweel of bos, eventueel met behoud van resten van de uitgangsvegetatie. Equivalente vegetaties kunnen ontstaan onder ijle aanplant van populieren of abelen (7.4.4.6.3.). Tenslotte kunnen grasruigten ook ontstaan door inplanten, ruderalisatie en antropogenisatie van zeereepduinen, op hoge schorren en duin-schorre-overgangszones (voor deze laatste: zie 7.4.2.3.2.). Grazige ruigten zijn dikwijls opgebouwd uit reeds in de uitgangssituatie aanwezige soorten, maar vooral de enigszins vergelijkbare kruidachtige ruigten (b.v. Wilgeroosje) worden soms ook bepaald door nieuw koloniserende soorten. De gesloten ruigten (in geval van grasruigten dikwijls "steppen" of "savannen" genoemd) zijn dus floristisch zeer heterogeen, maar structureel en dynamisch zeer vergelijkbaar. Ook bodemkundig onderscheiden dergelijke begroeiingen zich waarschijnlijk van de andere graslanden en (dwerg)struwelen. Hierover is echter geen concrete informatie bekend.

Droge ruigten met Duinriet komen vooral voor na afbraak van pionierstruweel van Wilde liguster (7.4.4.5.3.) of Duindoorn (7.4.4.5.2.), in de toekomst (nu al in Nederland) misschien ook door degradatie van pionierbos (7.4.4.6.1.). Onder de weinige begeleidende soorten zijn o.a. Zandzegge en soms Dauwbraam. Wanneer in het dominante uitgangsstruweel geïsoleerde bomen (Zomereik - *Quercus robur*, Gewone es - *Fraxinus excelsior*)of langlevende struiken (Eenstijlige meidoorn - *Crataegus monogyna*) aanwezig zijn, krijgen deze ruigten meestal het aanzien van een "boomsavanne". Ook overgroeit Duinriet soms matig vochtige tot droge kruipwilgstruwelen, zoals deze soort en het verwante Hennegras dit ook doen in nattere pannen (o.a. 7.4.4.2.3.). In de Cabourduinen koloniseerde Duinriet vermoedelijk direct het droge, zure duingrasland of mosduin (7.4.4.3.3.), eventueel na bodemverstoring. In kalkarmere omstandigheden (b.v. Cabourduinen, maar ook in sommige jongere duingebieden) kan overigens ook Zandzegge vergelijkbare, maar kortgraziger steppen vormen, waarschijnlijk zonder dat hier een struweelfase aan voorafging. Of dit in de Cabourduinen, waar dit fenomeen zich reeds in het begin van de eeuw voordeed (Massart 1908b), een gevolg is van overbegrazing en vergraving van zuur duingrasland of mosduin door intensieve konijnekweek ("konijnenwarande" of "garenne") zoals deze auteur stelt, dan wel een gevolg van reeds voor de eeuwwisseling weer grotendeels verdwenen dennenaanplant, is onduidelijk. Als verruigers ("vervilters") van meer mesofiele duingraslanden kunnen verder Glanshaver en Zachte haver, soms ook Gestreepte witbol optreden. Meestal blijven dergelijke situaties soortenrijker en soms treden ook enkele mesofiele kruidachtige soorten op de voorgrond (b.v. Gewone pastinaak - *Pastinaca sativa* ssp. *sativa*) (cf. 7.4.4.3.2.). In droge en relatief voedselrijke milieu's, al dan niet antropogeen aangerijkt, kunnen diverse Kweek-soorten en -

hybriden (*Elymus* spp.) grasruigten vormen, b.v. Bastaardkweek in de halfgeruderaliseerde "zeereepduinen" achter de zeedijk van Raversijde. Ook Helm zelf kan in dergelijke niet-stuivende omstandigheden halfruderale grasruigtes vormen. Als begeleider treedt o.a. Pijlkruidkers regelmatig op.

Naast de besproken grazige ruigten kunnen ook nog enige droge kruidachtige begroeiingen, die buiten de urbane sfeer weliswaar zelden vlakvormig voorkomen, in dit habitattype worden besproken. Voorafgaand aan de Duinriet-fase van aftakelend (homogeen) struweel van Wilde liguster, treden soms kapvlaktevegetaties op met o.a. Boskruiskruid (*Senecio sylvaticus*) en andere halfruderale kruiden. Ook Wilgeroosje kan in dergelijke situaties dominant optreden, vooral echter in en na afbraakstadia van kruipwilg- en duindoornstruwelen in jongere, meer kalkrijke delen van de duinen. Vermoedelijk vormen deze soorten echter zelden of nooit langlevende begroeiingen. Bloemrijke en veelal uit kortlevende soorten bestaande ruigten kunnen in de kalkrijke duinen op diverse, vooral antropogeen gestoorde plaatsen voorkomen (deels werden zij al als "inslag"-element behandeld bij andere habitattypen, b.v. 7.4.4.1., of bij de antropogene en urbane habitats, 7.4.6.). Opvallende soorten van deze meestal lijnvormig of als inslag in bestaande begroeiingen optredende vegetaties zijn Gewone ossetong (*Anchusa officinalis*), Slangekruid (*Echium vulgare*), Koningskaars (*Verbascum thapsus*), Kromhals (*Lycopsis arvensis*), Smal vlieszaad (*Corispermum leptopterum*), Grote en Middelste teunisbloem (*Oenothera erythrosepala* en *O. biennis*) en vele andere, dikwijls neofytische soorten (zie verder ook 7.4.4.3.1.). Ook dergelijke begroeiingen maken weer plaats voor andere (b.v. grazige ruigten) wanneer de aanrijking of storing verdwijnt.

De door Duinroos gedomineerde ruigten worden, vanwege het dwergstruikkarakter van deze soort, behandeld onder 7.4.4.4.2. De vochtige tot natte, soms structureel vergelijkbare (natte ruigten met Hennegras of Duinriet en Padderus), maar deels ook niet grazige en dikwijls meer productieve ruigten werden onder habitattype 7.4.4.2.3. behandeld.

Door de kiemingsbeperkingen in dergelijke grazige ruigten kan deze vegetatie zich in onbegraasde duingebieden mogelijk langdurig in een dergelijke vorm handhaven, maar de huidige voorbeelden zijn vermoedelijk nog te jong om hierover reeds uitsluitsel te geven. Wel lijkt, in kalkrijke duinen, vegetatief uitbreidende Duindoorn soms de door het wegvallen van Wilde liguster ontstane ruimte te kunnen innemen. Of dergelijke grasruigten door begrazing annex betreding door vee kunnen evolueren naar meer soortenrijke duingraslanden is uit de Vlaamse duinen nog onbekend. Nederlandse voorbeelden (Westgeul bij Terneuzen, Middelduinen op Goeree; Meyendel, ...) indiceren echter wel degelijk deze mogelijkheid. Verruiging door mesofiele grassen (Glanshaver, Zachte haver, ...) wordt waarschijnlijk gemakkelijk door beweiding ongedaan gemaakt (cf. Hannecartbos). Elders in de Vlaamse duinen, zonder veebeweiding, werd tot nog toe op slechts op beperkte schaal (o.a. Westhoekreservaat) waargenomen dat een grazige ruigte door pure konijnenbegrazing geleidelijk vervangen werd door een soortenarme, "basale" vorm van duingrasland (7.4.4.3.2.). Overigens bleek in het droge voorjaar van 1996 dat dit habitattype bij uitstek brandgevoelig is (Zwinbosjes, Doornpanne) en vermoedelijk door brand nog wordt bestendigd, dan wel kan uitbreiden ten koste van b.v. reeds aftakelende Duinriet/Duindoorn-struwelen.

Of dergelijke gras- en andere ruigten enige faunistische specificiteit hebben, is onbekend, maar vrij onwaarschijnlijk. Mogelijk vormen (uitgestrekte) Duinriet-ruigten een geschikte habitat voor vogelsoorten als Sprinkhaanrietzanger (*Locustella naevia*) of Nachtzwaluw (*Caprimulgus europaeus*), boomsavannelandschappen misschien ook voor Boompieper (*Anthus trivialis*).

Kortgraziger (Zandzegge) en/of beweide vormen van deze boomsavanne kunnen geschikt zijn voor Boomleeuwerik (*Lullula arborea*).

Grazige ruigten komen in toenemende mate voor in de Vlaamse duinen, o.a. in het Westhoekreservaat, Cabourduinen, Zwinbosjes, ... Op kleinere schaal zijn ze momenteel in vele duingebieden aanwezig. Kweekruigten e.d. zijn waarschijnlijk het meest aanwezig aan de sterkst antropogeen beïnvloede Middenkust.

Syntaxonomie

Julve (1993)
hemicryptofyten
Convolvulo arvensis-Elytrigion repentis
(Rubo caesii-Calamagrostietum epigeii)
Epilobion angustifolii

Falcarion vulgaris-Poion angustifoliae

hapaxanten
Dauco carotae-Melilotion albi (Echio vulgaris-Verbascetum thapsi, ...)
Salsolion kali ssp. *ruthenicae (Bromo tectorum-Corispermetum leptopteri, ...)*
...

Westhoff & Den Held (1969)
Epilobion angustifolii

Onopordion acanthii (o.a. Onopordetum acanthii, Echio-Verbascetum)
Sisymbrion (o.a. Bromo-Hordeetum murini, Bromo-Corispermetum, ...)
...

7.4.4.4. Dwergstruwelen

De dwergstruwelen vormen een heterogene reeks van vegetaties met als structurerend element één (soms meer) van de dwergstruiksoorten Kruipwilg, Duinroos en Struikhei (*Calluna vulgaris*) en een hoogte die meestal de 50 cm niet overschrijdt. Hoewel bepaalde pionierstadia of ontwikkelingsvormen van struwelen met potentieel hoger uitgroeiende struiksoorten (Duindoorn, Wilde liguster; 7.4.4.5.1-3) structureel dikwijls ook als dwergstruweel moeten geklasseerd worden, worden zij om syntaxonomische, syndynamische en landschapsecologische redenen bij de "opgaande" struwelen behandeld. Syntaxonomisch blijven dergelijke dwergstruwelen problemen opleveren. In de sigmatische vegetatiekunde zijn met name de kruipwilg- en vooral de duinroosjesdwergstruwelen moeilijk of niet in aparte eenheden te plaatsen (maar overigens hebben ook droge heiden, een onwankelbaar monument uit de klassieke vegetatiekunde, eigenlijk nauwelijks echte eigen kensoorten en onderscheiden zij zich grotendeels structureel (en qua soortenarmoede) van heischrale graslanden, montane of boreale naaldbossen, ...). Of de eerstvermelden zoveel adequater met de alternatieve geïntegreerd-synusiale vegetatiekunde kunnen beschreven worden, valt nog te bezien. Zij worden hier desondanks als aparte typologische eenheden gehandhaafd omdat zij syndynamisch en landschapshistorisch zo'n belangrijke rol spelen/speelden. Zoals heiden op de pleistocene zandgronden vormden dergelijke begroeiingen tot minder dan een eeuw geleden (in elk geval aan de Westkust) immers een zeer belangrijke component in het door agropastorale devastatie gecreëerde Massart-landschap.

7.4.4.4.1. Mesofiel tot droog Kruipwilg-dwergstruweel

Kruipwilg is, samen met Helm, één van de belangrijkste sleutelsoorten in de wisselwerking geomorfologie-vegetatie en bepaalde zo in hoge mate mee de opbouw van het huidige Vlaamse duinlandschap. Bijna over de volledige lengte van de Belgische kust (een belangrijke uitzondering vormt o.m. het grootste deel van de Zwinbosjes) en in de meest uiteenlopende duinlandschappen komen momenteel vegetaties voor met Kruipwilg (*Salix repens*) als structuurbepalende soort, dikwijls in mozaïek met andere vegetaties. Hoewel de structurele diversiteit (vnl. hoogte: toch van ca. 10 cm tot meer dan 1 m) binnen de kruipwilgstruwelen eerder kleiner dan groter is dan bij vele andere hier onderscheiden habitattypen, is dit "dominantie-type" floristisch echter zeer divers en weinig kenmerkend. Kruipwilg kan als (co-)dominant element zowel voorkomen in combinatie met soorten van duinkalkmoerassen, stuifduinen, mosduinen, droge en mesofiele graslanden, als in grazige ruigten met Duinriet en andere (schijn)grassen, als in duindoornstruwelen, zomen van gemengde struwelen of spontane duinbossen. Al deze situaties hebben echter vermoedelijk éénzelfde origine. Kiemen en opgroeien doet Kruipwilg immers bijna uitsluitend in vnl. secundaire, recent gevormde, kale pannen binnen de invloedsfeer van het grondwater en boven het niveau van langdurige inundatie. Kieming na b.v. bodemverstoring in latere ontwikkelingsstadia van vochtige duinen lijkt niet onmogelijk, maar is op zijn minst zeldzaam. Vestiging in mesofiele tot droge duingraslanden (o.a. Boerboom 1960) is virtueel onmogelijk en dergelijke stellingen lijken gebaseerd op een onvoldoende inzicht in de landschappelijke ontwikkelingen van de duinen. Kruipwilg bezit verder, zij het in mindere mate dan Helm, de eigenschap verticaal mee te kunnen groeien met de overstuiving. In matig stuivende complexen kan Kruipwilg, door de vorming van verticale uitlopers, gelijke tred houden met de zandophoging en dan karakteristieke kopjesduinen of duinrichels vormen. Haar vermogen tot horizontale uitbreiding is, in tegenstelling tot wat de naam laat vermoeden en soms wel wordt verondersteld (Weeda et al. 1985), minder uitgesproken: in feite gebeurt dit vooral door "afleggers" en dus hooguit over enige decimeters per jaar. Dat de soort droge (noord-)hellingen echt zou "opkruipen" is in elk geval nog niet waargenomen in de Belgische duinen. De bladval van Kruipwilg vormt, in tegenstelling tot deze van Duindoorn en Gewone vlier, een veeleer traag verterende, "zure" humus, wat in kalkrijke duinen en dan zeker in licht instuivende duingedeelten tot zeer specifieke bodemomstandigheden aanleiding geeft en een specifieke mycoflora en flora van mycorhiza-gebonden vaatplanten. Voor meer informatie over de autecologie van de soort kan o.a. verwezen worden naar Weeda et al. (1985).

Objectief gezien is er evenveel reden om alle min of meer zuivere Kruipwilg-(dwerg)struwelen onder één, eventueel intern verder op te splitsen habitat-eenheid te plaatsen (naar analogie met b.v. de spontane pionierbossen) als er reden kan zijn om hen volledig te verdelen over de andere habitats (een belangrijk deel kan dan nog het best in een habitattype "ruigten en zomen" worden ondergebracht). Synsystematisch wordt/werd meestal een middenweg gekozen: één deel van de Kruipwilg-vegetaties (soms alle: Weeda et al., in voorb.!) wordt verdeeld over de diverse (grasland- of duinkalkmoeras-)eenheden waarmee zij floristisch de meeste verwantschap vertonen of waarmee zij in mozaiek liggen, een ander behoudt een eigen statuut. Probleem blijft hierbij dat veel van dergelijke "Kruipwilg-varianten" niet enkel structureel, maar minstens ook op het punt van onderlinge verhoudingen tussen de soorten zodanig afwijken van de typische gemeenschappen dat dan van alle betreffende synusiae zoiets als een equivalente "Kruipwilg-subassociatie", een "Kruipwilg-rompgemeenschap" of een "Kruipwilg-zoomgemeenschap" zou moeten worden beschreven. In de praktijk worden veel van deze vegetaties dan maar als onklasseerbaar naar de vergeethoek van de vegetatiekunde verwezen. De Franse "geïntegreerd-synusiale" school lost het probleem methodischer op door de (dwerg)struweel-laag consequent

van de andere strata te scheiden. Syntaxonomisch is dit misschien een oplossing, maar in het kader van een habitattypologie evenmin zeer bruikbaar omdat de hier gebruikte habitatdefinitie uitgaat van de totaliteit van de levensgemeenschap op een bepaalde plaats.

Een beperkter deel van de Kruipwilgstruwelen wordt dus regelmatig, zij het dikwijls nog met enig voorbehoud, wel in een apart verbond geplaatst: het Kruipwilg-verbond. Dit omvat dan o.a. de mesofiele tot droge, jonge of "verjongde" struwelen met Rond wintergroen (*Pyrola rotundifolia*), Stofzaad (*Monotropa hypopitys* ssp. *hypophegea*), Brede (duin)wespenorchis (*Epipactis helleborine* var. *neerlandica*), Morielje (*Morchella esculenta*), Hondsviooltje, Dauwbraam, ... Dikwijls vormen deze begroeiingen kleinschalige mozaïeklandschappen met duingraslanden, zowel in jonge als oudere habitats en vochtige (verzandende pannen met Zomprus, Drienervige zegge, Fioringras, Strandduizendguldenkruid, ...), mesofiele (Echt duizendguldenkruid - *Centaurium erythraea*, Zeegroene zegge, Geel zonneroosje, Aarddistel, Grote tijm, Nachtsilene, ...) als drogere varianten (Gewoon duizendblad, Zachte haver, Zand- en Scheve hoornbloem). Maar ook in nog actief opstuivende of recent gestabiliseerde duinen zijn varianten van dit type aan te treffen (met b.v. Driedistel, Gewoon biggekruid en mosduinsoorten). Regelmatige begeleiders zijn ook Gewone vleugeltjesbloem, Gewone hoornbloem (*Cerastium fontanum*), Gewone rolklaver, e.a. Ook worden in Kruipwilgstruweel vrij veel zoomsoorten aangetroffen (Donderkruid - *Inula conyza*, Bosaardbei - *Fragaria vesca*, Ruig viooltje - *Viola hirta*, Kleine ruit, ...).

Kruipwilg-(dwerg)struwelen die klassiek niet tot het Kruipwilg-verbond worden gerekend, maar dus eventueel ook in de onderhavige habitat kunnen opgenomen worden, zijn o.a. de elders besproken kruipwilgvegetaties in de "stuivende duinen" (7.4.4.1. p.p.), in "jonge vochtige oligotrofe pannen" (7.4.4.2.1. grotendeels), in "oude vochtige, oligo/mesotrofe graslanden" (7.4.4.2.2. p.p.), in "mosduinen" (7.4.4.3.1. p.p.), in "mesofiele tot droge duingraslanden" (7.4.4.3.2. p.p.), in "(half)natuurlijke ruigten en duinrietsteppen" (7.4.4.3.4. p.p.), in "vochtig/natte pionierstruwelen met Duindoorn en Kruipwilg" (7.4.4.5.1.), ... Voor de beschrijving van deze vegetaties wordt verwezen naar de betreffende tekstdelen.

Geassocieerd met Kruipwilg komen in deze habitat (maar ook in sommige andere habitats met Kruipwilg) een reeks van specifieke paddestoelen voor, voornamelijk van de groep van Vezelkoppen (*Inocybe* sp.) en Gordijnzwammen (*Cortinarius* sp.). Een opmerkelijke waargenomen soort is o.a. *Inocybe aeruginascens* (De Raeve 1986d).

Ook droog/mesofiel Kruipwilg-struweel kan worden door- en overgroeid met Duindoorn (dikwijls via de open ruimte tussen de kruipwilgstruiken - feitelijk betreft het hier dan een tijdlang een innig verweven mozaïek van twee vegetatietypes). Dit gebeurt meer en gemakkelijker in (matig) vochtige omstandigheden, veel minder en dikwijls met weinig vitale duindoornstruiken in droge, gestabiliseerde Kruipwilg-struwelen. Omgekeerd kan, in verdroogde middeljonge pannen, Duindoorn weer uit het gemengd Duindoorn/Kruipwilg-struweel verdwijnen. De afgrenzing van dit habitattype ten opzichte van o.a. het vochtig/nat pionierstruweel met dominantie van Duindoorn en Kruipwilg (7.4.4.5.1.) is dan ook uiterst arbitrair. Oudere, mesofiele tot droge Kruipwilg-struwelen worden, in zoverre niet zeer stabiel, in de successie meestal opgevolgd door Wilde liguster, terwijl ook geleidelijke kolonisatie door geïsoleerde struweelsoorten (Eenstijlige meidoorn, Gewone es, ...) mogelijk is.

Over een specifieke fauna is weinig bekend, maar feit is dat het in mozaïek voorkomen van mosduin, grasland en dwergstruweel belangrijker is voor de arachno- en entomofauna dan het

dwergstruweel op zich (zie o.m. Bonte 1996). Hier speelt het tot op zekere hoogte onafhankelijk zijn van deze organismegroepen van floristisch-vegetatiekundig afgebakende habitats ons parten. Dit gaat ook op voor veel avifauna-elementen.

Typisch ontwikkelde voorbeelden van dit habitattype zijn te vinden in de grote complexen met actief stuivende duinen, vnl. in het Westhoekreservaat en de jongere duinen van het Ter Yde-complex. Opmerkelijk is dat het specifieke vegetatietype met Rond wintergroen en Kaal stofzaad vooral goed ontwikkeld is in de enigszins verdroogde terreindelen (b.v. oosthelft van het Westhoekreservaat). De "oudere" varianten, met duinkalkgraslandelementen, van dit habitattype zijn verspreid nog te vinden in de onverstruweelde kopjesduinlandschappen in of aan de rand van de paraboolduinvalleien van de Westkust. Of aan de Midden- en Oostkust nog goed ontwikkelde voorbeelden van dit habitattype voorkomen is onduidelijk.

Syntaxonomie

Julve (1983)
dwergstruiken
Salicion arenariae (Salici arenariae-Hippophaetum rhamnoides ssp. *rhamnoides)*
hemicryptofyten
Galio veri ssp. *veri* var. *maritimi-Geranion sanguinei (Inulo-Polygonatetum odorati)*
Koelerion glaucae var. albescentis
therofyten
Silene conicae-Cerastion semidecandri

Westhoff & Den Held (1969)
Salicion arenariae (Polypodio-Salicetum)

\+ *Trifolion medii (Inulo-Polygonatetum odorati)*

CORINE:
16.26 Creeping willow mats

7.4.4.4.2. Duinroos-dwergstruweel ("duinrooshellingen")

Klassiek wordt het optreden van deze soort in verband gebracht met een ontkalkingsstadium van het duingebied (Doing 1988, Weeda et al. 1987). Ook in de Vlaamse duinen lijkt dit het geval, al is "ontkalking" hier zeer relatief. De soort kiemt voor zover bekend vnl. in de middeljonge mesofiele graslandvegetaties (o.a. matig vochtige graslanden met Brunel en Zeegroene zegge) of beschutte mosduingraslanden, dit is na minstens 50 à 100 jaar vegetatie-ontwikkeling van de betreffende site (wellicht wat korter in meer ontkalkte duinen). Desondanks zijn dit meestal nog duidelijk kalkrijke omstandigheden, ook aan de oppervlakte. De stelling dat Duinroos vooral zou optreden in duinzones die te kalkarm zijn geworden voor Duindoorn - waarbij de soort door een diepreikend wortelgestel zou profiteren van de in diepere bodemlagen nog wel aanwezige kalk - lijkt in elk geval niet op te gaan in de Vlaamse duinen, die voor het overgrote deel nog niet in een dergelijke ontkalkingsstadium lijken te zijn. Het probleem blijft dus hangende.

De globale verspreiding binnen de duinen weerspiegelt allicht nog vrij goed de situatie van het begin van deze eeuw (afgezien van sindsdien overstoven of geurbaniseerde sites). Waarnemingen of vermoedens van nieuwvestiging uit zaad zijn beperkt. De soort breidt zich vanuit gevestigde

populaties voornamelijk vegetatief uit over grote oppervlakten en over alle types van gestabiliseerde, mesofiel tot droge, lage begroeiingen. Kolonisatie lijkt te worden bevorderd door vormen van verstoring of breukmomenten in de vegetatie-ontwikkeling: wegvallen van beweiding (Duinroos is betredingsgevoelig), overpoedering, bodemverstoring (door konijnen bijvoorbeeld) of -verandering (door verstruweling), ... In de betreffende omstandigheden kan Duinroos, weliswaar lokaal, een (half)gesloten specifieke vegetatie vormen, waarin elementen van duingrasland of mosduin abundant aanwezig kunnen zijn, maar waarin ze zelf dominant is. Meestal speelt Duinroos in goed ontwikkeld en beweid duingrasland echter slechts een tweedeplansrol. In oude, (eenmalig) verstoorde, droge graslanden kan Duinroos ook de rol van Kruipwilg als stabiliserend element overnemen. In al dergelijke omstandigheden gedraagt Duinroos zich meestal als een hemicryptofyt of nanofanerofyt, die o.a. door konijnenbegrazing wordt kort gehouden. Tot het begin van deze eeuw kwam Duinroos vermoedelijk enkel in een dergelijk verband voor.

In tegenstelling tot de meeste andere soorten van mosduinen en droge duingraslanden is Duinroos echter ook in staat zich aan te passen aan een verstruwelingsfase door van groeivorm te veranderen (van hemicryptofyt of chamaefyt naar nanofanerofyt). Zelfs in opgaand en structuurrijk open bos kan de soort soms lokaal overleven (Calmeynbos b.v.). Daardoor kan zij zich na de afbraak (of ontginnning) van het struweel (dikwijls pionierstruweel met Wilde liguster - *Ligustrum vulgare*, cf. 7.4.4.5.3), opnieuw ontwikkelen tot de ruggegraat van de vervangingsgemeenschap. Meestal betreft dit dan een grazige ruigte met codominantie van Duinriet of een enigszins ruderale vegetatie met nitrofiele eenjarigen (Bleke vogelmuur, Fijne kervel, ...) en een aantal zoom- en graslandsoorten (Gewone ereprijs, Donderkruid, ...), doorspekt met relicten van de verstruwelingsfase. Directe verruiging van graslanden, eventueel na konijnenvergraving, leidt tot vergelijkbare vegetaties. Mogelijk kan zich hieruit bij hernieuwde beweiding weer een duinkalkgrasland of droog mosduingrasland met Duinroos al dan niet in een tweedeplansrol herstellen. Duinroos blijft echter ook een geïntegreerd deel uitmaken van diverse gemengde struweeltypes en spontane bossen, waarin de soort dikwijls op lichtrijke plekken (interne zomen) en in externe zomen optreedt (zie verder).

Net als bij de kruipwilgstruwelen kunnen dergelijke dwergstruwelen vegetatiekundig dus niet eenduidig bij een specifiek vegetatietype ondergebracht worden (te verdelen over mosduinen, mosduingraslanden, duinkalkgraslanden, zomen, ruigten, ...). De eigen dynamiek van deze vegetaties als gevolg van de plastische groeivorm van de soort en de plaats in het landschap maken een aparte behandeling als karteer- en habitateenheid desondanks verantwoord.

Over een specifieke fauna is weinig bekend en vermoedelijk sluit deze vooral aan bij deze van de andere habitattypes waarmee de Duinroosvegetaties floristisch of structureel verwant zijn. Volgens Weeda et al. (l.c.) zou de Tapuit (*Oenanthe oenanthe*) een zekere voorkeur voor duinrooshellingen als broed- en foerageergebied hebben.

"Duinrooshellingen" (de term komt uit Nederland) komen enkel voor aan de Westkust, maar bedekken lokaal in de oudere duingebieden zekere oppervlakten, zowel in het kopjesduinlandschap (b.v. sinds enige decennia sterk uitgebreid in Oostvoorduinen, reeds langer abundant in Monoblocduinen) als in de valleien en duinruggen van de oudere paraboolduinlandschappen (Doornpanne, Houtsaegerduinen, Westhoek, ...).

Syntaxonomie

Julve (1993)	**Weeda, et al. (in voorb.), Westhoff & Den Held (1969)**
chamefyten/nanofanerofyten	*Tortulo-Koelerion (Phleo-Tortuletum arenarii)* (facies van Duinroos)
...	*Polygalo-Koelerion (Anthyllido-Thesietum)* (facies van Duinroos)
hemicryptofyten	
Galio veri ssp. *veri* var. *maritimi-Geranion sanguinei* (*Inulo-Polygonatetum odorati*)	*Trifolion medii (Inulo-polygonatetum odorati)* (facies van Duinroos)
Koelerion glaucae var. albescentis	...
Convolvulo arvensis-Elytrigion repentis (*Rubo caesii-Calamagrostietum epigeii*)	
therofyten	
Silene conicae-Cerastion semidecandri	
Drabo muralis-Cardaminion hirsutae (*Claytonio perfoliatae-Anthriscetum caucalidis*)	
...	

7.4.4.4.3. Duinheide

Heide is een vegetatietype gedomineerd door dwergstruiken van de families Ericaceae en Fabaceae dat strikt gebonden is aan zure (zowel droge als vochtige) bodems en dat in onze primair kalkrijke duinen dus enkel tot ontwikkeling kan komen in diep ontkalkte en dus "oude" duinen Het is uiterst onwaarschijnlijk dat een dergelijke heidevegetatie in de Vlaamse duinen hierbij een natuurlijk eind- of tussenstadium in de vegetatie vormt/vormde, zoals dit uit de primair kalkarme duinen van het Waddengebied bekend is. Net als in de Kempen is/was (droge) heide een door eeuwenlange agropastorale cultuur ontstaan en in stand gehouden halfnatuurlijke vegetatie (plagioclimax).

Op een beperkt aantal plaatsen aan de Vlaamse kust bevinden zich duinen die een min of meer sterke ontkalking vertonen en dus voor de ontwikkeling een heide-habitat in aanmerking komen/kwamen: de grensoverschrijdende landinwaarts gelegen duingordel van Adinkerke en Ghyvelde (Cabour-domein, vroeger aangeduid als "Garzebekeveld"), de binnenduinen van Westende ("Het Veld", momenteel vooral gekend onder de naam Schuddebeurze), de binnenduinen van Bredene-Klemskerke (gekend onder de naam Blutsijde), de duintong van Vlissegem (volledig en sinds lang onder landbouwcultuur) en de Kalfsduinen in de Oude Hazegraspolder te Knokke. Het is niet onmogelijk dat ook Oostende op een oud ontkalkt duin gevestigd is. Het eerste gebied werd ca. 5000 jaar geleden gevormd, over de ouderdom van de overige complexen bestaat nog onduidelijkheid. Op de Cabour-duinen na (lichtgolvend tot kopjesduinreliëf) vertonen alle nog bestaande terreinen van nature of door menselijke ingrepen een sterk afgevlakt reliëf.

Enkel van Westende en Bredene/Klemskerke zijn historische duinheidevelden bekend, m.a.w. enkel van de vermoedelijk al sinds hun ontstaan vrijwel vlakke, klassiek als Middeloude Duinen aangeduide gebieden. Enkel de vegetatie van het eerste gebied is min of meer adequaat

beschreven (o.a. Massart 1908a, Vanhecke 1974). Voor zover bekend kwam in beide gebieden enkel droge of matig vochtige heide op basis van Struikhei (*Calluna vulgaris*) en Brem (*Sarothamnus scopariua*) voor; eventuele vochtige tot natte zones droegen blijkbaar een grasland- of Kruipwilg-vegetatie. Allicht kwam ook de droge heide overigens altijd al voor in een mozaïekstructuur met zuurminnende duingraslandvlekken of.-zones.

De vegetatie-opnames van Vanhecke, uit een periode dat feitelijk nog slechts relicten overbleven, beschrijven een zeer grazige, droge tot matig vochtige heidevegetatie met Struikhei, de klassieke duingraslandsoorten van de verzuurde duinen (zie 7.4.4.3.3.) waaronder vooral Zandzegge sterk op de voorgrond kan treden, evenals een indicatieve soort voor heischraal grasland en iets basenrijkere heide (Tandjesgras - *Sieglingia decumbens*). Het voor een heide relatief groot aantal mesofiele graslandsoorten houdt vermoedelijk verband met de (recente) cultuurgeschiedenis van de site. In Massarts tijd kwam dus zeker ook Brem in de heide voor, maar Gaspeldoorn (*Ulex europaeus*) wordt niet vermeld. Een vermoedelijk iets vochtiger type werd gekenmerkt door o.a. Drienerfzegge en Borstelgras (*Nardus stricta*).

De vegetatie van het gebied Blutsijde (Bredene/Klemskerke), waar een waterwinning is gevestigd, wordt momenteel voornamelijk bepaald door een sterk vervilte grasmat van Zwenkgras (waarschijnlijk Geknikt zwenkgras - *Festuca nigrescens*) en Zandzegge, met verspreid staande struiken van voornamelijk Brem en Duindoorn. Slechts enkele weinig vitale struikjes Struikhei werden recent nog gemeld. Voor heide lijken de herstelmogelijkheden in dit laatste, nooit in cultuur gebrachte gebied echter groter dan in het grotendeels agrarisch ontgonnen Schuddebeurzegebied. Waterwinning (= vermoedelijk sterke fluctuaties van de grondwatertafel) en de sterke dominantie van Grijs kronkelsteeltje vormen hier mogelijke obstakels.

Syntaxonomie

Julve (1993)	**Westhoff & Den Held (1969)**
dwergstruiken	*Calluno-Genistion pilosae/Empetrion nigri*
Empetrion nigri (Carici trinervis-Callunetum vulgaris)	
hemicryptofyten	*(Violion caninae)*
Violion caninae (Carici trinervis-Nardetum strictae)	
Achilleo millefolii-Cynosurion cristati (o.a. *Carici arenariae-Luzuletum campestris*)	

CORINE

16.242 French ling dunes

37.32 Heath rush meadows and humid mat-grass swards

7.4.4.5. Opgaande struwelen

Onder deze noemer worden hier alle spontane, halfopen tot gesloten struikbegroeiingen behandeld waarvan de dominante en structuurbepalende soorten minstens 0,5 m, maar in goed ontwikkelde toestand minstens 1-1,5 m hoog zijn. In een aantal gevallen (kolonisatiefasen, permanente "dwerg"struwelen met Duindoorn op extreem droge plaatsen, door de zeewind geschoren, lage struwelen met Wilde liguster - *Ligustrum vulgare*, ...) wordt hiervan in de praktijk afgeweken om de typologie niet al te zeer te compliceren en toch nog min of meer aan te sluiten bij de bestaande

fytosociologische indelingen. Aan de andere zijde vallen onder deze noemer ook de tot meer dan 10 m hoge en met min of meer geïsoleerde bomen doorspekte soorten- en structuurrijke vegetaties, die ook als "open pionierbossen" zouden kunnen worden behandeld (cf. 7.4.4.5.1.)

Sleutelsoorten voor de ontwikkeling van hogere struwelen in de duinen zijn Duindoorn en Wilde liguster. Beide kunnen een breed spectrum van habitats uit het open duinlandschap (mosduinen, kruidachtige of dwergstruikvegetaties en in het geval van Duindoorn zelfs helmduinen en maandenlang overstroomde pannen) overwoekeren en/of domineren. Beide soorten èn de bijbehorende pionierstruwelen hebben vermoedelijk een vrij gelijklopende levensduur: zij zijn relatief kortlevend (onder normale omstandigheden, in de duinen, max. 40-50 jaar; schattingen en waarnemingen M. Leten), waarna een snelle afbraakfase kan volgen. In vochtige/natte milieus kan daarnaast ook opgaande Kruipwilg (>1 m) in de pionierfase structuurbepalend zijn. Overigens kunnen de twee hogervermelde "primaire" kolonisatoren ook als "secundaire" kolonisator optreden in elkaars vervalfasen. Hun belangrijkste secundaire equivalent is/wordt vermoedelijk Sleedoorn. Ook deze soort kan zich door wortelopslag vegetatief snel verbreiden en grote, monospecifieke, klonale vegetaties vormen, maar lijkt voor haar vestiging strikter gebonden aan vochthoudende tot natte, humeuze situaties, d.i. relatief oude en sterk humeuze duinbodems. De soort heeft zich vermoedelijk pas vrij recent in de eigenlijke duinen gevestigd en bezet allicht nog maar een deel van zijn potentiële groeiplaatsen. Naast Sleedoorn zijn de momenteel meest opvallende "secundaire kolonisatoren" de, enkel generatief uitbreidende, soorten Eenstijlige meidoorn (*Crataegus monogyna*), Gewone vlier (*Sambucus nigra*), Egelantier (*Rosa rubiginosa*), "Hondsroos" (*Rosa canina* coll.) en Grauwe wilg (*Salix cinerea*). De meeste van deze soorten vullen vermoedelijk wel al volledig de momenteel beschikbare niches in, maar hun abundantie en plaats in de struwelen kan door toekomstige vegetatie- en landschapsontwikkelingen allicht wel nog sterk veranderen. Diverse andere soorten die op basis van hun morfologie of gedrag (b.v. in Nederland) tot belangrijke .struweelvormers zouden kunnen uitgroeien, zijn o.a. Wilde kardinaalsmuts (*Evonymus europaeus*), Wegedoorn (*Rhamnus cathartica*), Mahonia (*Mahonia aquifolia*), Koebraam (*Rubus ulmifolius*) en Wollige sneeuwbal (*Viburnum lantana*). Allicht geldt dit ook voor heel wat andere, deels misschien nog niet eens (wild) in de Vlaamse duinen aanwezige struiksoorten. Eenzelfde bedenking geldt trouwens voor de kruidlaag (cf. de 50 jaar geleden onvoorspelbare rol die Witte winterpostelein - *Claytonia perfoliata* speelt in de huidige ondergroei van struwelen en bossen) en de verderop te bespreken verbossingstendens van de duinen.

Een belangrijk aantal van de sinds het begin van de eeuw sterk toegenomen struik-, zoom- en ondergroeisoorten zijn waarschijnlijk neofyten in de eigenlijke duinen (soms waren zij wel, al dan niet aangeplant, aanwezig in de bos- en struweelzoom tussen duinen en polders, cf. Massart 1912): Eénstijlige meidoorn, Sleedoorn, "Hondsroos", Viltroos (*Rosa tomentosa*), Rode kornoelje (*Cornus sanguineum*), Wegedoorn, Sporkehout (*Frangula alnus*), Gelderse roos (*Viburnum opulus*), Wollige sneeuwbal (*Viburnum lantana*), Wilde kamperfoelie (*Lonicera periclymenum*), Wilde kardinaalsmuts, Aalbes, Zwarte bes en Kruisbes (*Ribes rubrum, R. nigrum, R. uva-crispa*), Welriekende salomonszegel (*Polygonatum odoratum*), Valse salie (*Teucrium scorodonia*), Rankende helmbloem (*Corydalis claviculata*), Borstelkrans (*Calamintha clinopodium*), Look-Zonder-Look (*Alliaria petiolata*), Robertskruid (*Geranium robertianum*), Koebraam en andere bramen (*Rubus fruticosus* coll.), Framboos (*Rubus idaeus*), Rode kamperfoelie (*Lonicera xylosteum*), Zuurbes (*Berberis vulgaris*), Bosrank (*Clematis vitalba*), Hop (*Humulus lupulus*), ... Een aantal soorten zijn in het verleden in de duinen aangeplant en staan nu soms op schijnbaar natuurlijke wijze of door spontane verjonging tussen de andere struwelen : Gewone sering (*Syringa vulgaris*), Smalle olijfwilg (*Elaeagnus angustifolia*),

Rimpelroos (*Rosa rugosa*), Tamarisk (*Tamarix* sp.), Boksdoorn (*Lycium vulgare*), ... Vooral de laatste jaren worden overigens steeds vaker uit tuinen of plantsoen ontsnapte sierheesters en andere cultuurplanten in de duinen gesignaleerd, waar ze standhouden en soms de neiging hebben uit te breiden : Mahonia, *Ribes sanguineum*, Alpenbes (*Ribes alpinum*), *Ribes aureum*, Overblijvende ossetong (*Pentaglottis sempervirens*), Europese blazenstruik (*Colutea arborescens*), diverse Dwergmispels (*Cotoneaster* spp.), Vlinderstruik (*Buddleja davidii*), "Wilde" appel (*Malus sylvestris* ssp. *mitis*), Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*), Pruim (*P. domestica*), Kerspruim (*P. cerasifera*), Virginische vogelkers (*P. virginiana*), Sneeuwbes (*Symphoricarpus albus*), *Lonicera tatarica*, Witte winterpostelein, *Hyacinthoides hispanica*, Prachtklokje (*Campanula persicifolia*), "Wilde" akelei (*Aquilegia vulgaris* cv. *nivea*), ... Zij zijn dikwijls nog weinig specifiek in hun habitatkeuze, maar in de toekomst kunnen hun plaats en rol duidelijker worden.

In de klassieke synsystematiek van (duin)struwelen weegt de samenstelling van de struiklaag zeer zwaar door. Voor de kalkrijke, niet al te natte duinen worden hierbij klassiek slechts een twee tot viertal vegetatietypes onderscheiden (variaties op "Duindoorn-Vlierstruweel" en "Duindoorn-Ligusterstruweel"). De bestaande indelingen blijven echter uiterst onbevredigend. Dit heeft allicht te maken met te beperkt onderzoek (zeker in Vlaanderen), maar vooral ook met het van nature gering aantal, veelal klonaal uitbreidende struiksoorten dat vooral in de jongere stadia van de duinstruweel-ontwikkeling een zeer brede waaier van abiotische omstandigheden kan "dekken". Door de grote geomorfologische en vegetatiekundige dynamiek van sommige landschappen, maar ook door de nog relatief jonge verstruwelingsgeschiedenis van het duingebied, bevindt een belangrijk deel van de duinstruwelen zich nog in een dergelijk pionierstadium, dat eigenlijk nauwelijks de noemer van "associatie" verdient (cf. het begrip "rompgemeenschap", Schaminée et al. 1995). Daarnaast geeft de op diverse vlakken dikwijls extreme abiotiek (droogte, zout, wind, voedselarmoede, ...) allicht ook aanleiding tot het ontstaan van "permanente pionierstruwelen", b.v. lage geschoren struwelen in de voorduinen of sommige droge duindoornvegetaties. Dit alles kan leiden tot een grote variatie in ondergroei en structuur binnen vegetaties met eenzelfde dominante struiksoort of soortencombinatie. Door de nog relatief jonge leeftijd van het struweel in de Vlaamse duinen zijn daarenboven een aantal belangrijke differentiërende soorten momenteel nog zeldzaam of afwezig en is hun voorkomen in elk geval nog te erratisch om diagnostisch bruikbaar te zijn. Tenslotte kunnen ook de kleinschalig (kleiner dan de benodigde proefvlak- of karteringsvlak-grootte) soms zeer sterk gedifferentieerde orografie, hydrologische toestand en bodemgesteldheid van sommige duinzones (b.v. secundair halfverstoven oude grazige kopjesduinlandschappen) tot een intense menging van in wezen aparte struweeltypes leiden.

Zoals uit bovengaande blijkt, is de variatie in soortensamenstelling, structuur en plaats binnen de vegetatiesuccessie groot. De stelling (o.a. De Raeve et al. 1983) dat (grootschalige) verstruweling tot "zware floristische verarming, uniformisering en banalisering" leidt, gaat dan ook slechts ten dele op. Feit is dat een landschap dat "van twee walletjes eet", d.i. waarin er een soort permanente en evenwichtige verdeling zou bestaan tussen struweel en open duin (= een op het "optimale" moment bevroren mozaïeksituatie van struweeleilanden, helm-, mosduin-, grasland- en dwergstruweelvegetaties) allicht veel soortenrijker is dan een homogeen struweellandschap. Hetzelfde geldt trouwens voor een vergelijking op gebiedsschaal. Zoals De Raeve (1989 & 1991) echter reeds heeft aangegeven, moeten dergelijke sterk gediversifieerde landschappen, zoals zij b.v. momenteel nog in een deel van de Houtsaegerduinen voorkomen, echter opgevat worden als éénmalig en relatief kortstondig optredende overgangssituaties tussen twee intrinsiek verschillende duinsystemen, nl. het agropastoraal gedevasteerde "Massart-landschap" en het neo-natuurlijke (bos?)landschap van de toekomst. Ook is het ongetwijfeld zo dat, enkel al door de

ruimtelijke omvang van individuele struiken of clones, veel abiotische microvariatie verloren gaat, deels met vernieting van juist die klimatologisch, hydrologisch en bodemkundig extreme factoren die het duingebied ook voor de biotische ecosysteemcomponent zo'n aparte plaats bezorgen. De soorten- en structuurrijkdom van de struwelen in hun geheel hoeft echter niet geringer te zijn dan deze van de volledig open landschappen die zij vervangen, zeker niet indien men naast vaatplanten ook kryptogamen, vogels, entomo- en arachnofauna, ... in rekening brengt en indien men de duidelijke rijpings- en diversificatietendens incalculeert die zich in de struwelen van de Vlaamse duinen voordoet. Het is maar hoe men de achteruitgang van b.v. Honingorchis afweegt tegen de aanwinst van b.v. Welriekende salomonszegel (*Polygonatum odoratum*). Benadrukt moet echter worden dat, ook al kan de overgang van een struweelloos naar een verstruweeld/verbost landschap dus een objectief even soortenrijke en gediversifieerde situatie opleveren, het grotendeels om andere soorten en (micro)habitats gaat. Binnen een bredere (regionale, nationale, internationale) context kan zich hierbij wel degelijk een verlies aan biodiversiteit voordoen!

Door de ontwikkeling en uitbreiding van oudere, floristisch en structureel veel meer gevarieerde struwelen is het aantal broedvogelsoorten in de duinen ongetwijfeld sterk uitgebreid, zij het dus ten koste van de soorten van open terreinen. In meerderheid betreft het wel soorten die weinig specifiek kust- of duingebonden zijn, maar desondanks zijn de grote dichtheden van Nachtegaal (*Luscinia megarhynchos*), Tortel (*Streptopelia turtur*), ... een belangrijk gegeven. Meer bijzondere struweelbewoners zijn o.a. Cetti's zanger (*Cettia cetti*), Braamsluiper (*Sylvia curruca*), ...

Ongetwijfeld is/wordt ook de betekenis van de duinstruwelen als biotoop voor de (entomo)fauna en epifytische flora veel complexer dan uit de klassiek beschreven twee tot vier syntaxonomische eenheden kan worden afgeleid. Ook de vegetatiestructuur (hoogte, dichtheid, schaal, ...) varieert te sterk binnen de klassiek onderscheiden typen. Op zijn minst op habitat-niveau lijkt het verder noodzakelijk om de natte/vochtige (periodiek geïnundeerde) struwelen consequent af te splitsen van de drogere. Dit is echter, door de impact van ontwikkelingsgeschiedenis en historische factoren (verdroging komt b.v. slechts met een zeker traagheidseffect tot uiting in de vegetatie) en de grote rol van (vegetatieve) patronen van slechts enkele soorten, voorlopig nauwelijks realiseerbaar bij een puur op soortensamenstelling (en vnl. de snel en op afstand of luchtfoto herkenbare dominante struiken) gebaseerde kartering. De hier verder volgende indeling, grotendeels gebaseerd op waarnemingen in het Westhoekreservaat, kan dan ook niet anders dan zeer voorlopig zijn.

7.4.4.5.1. Vochtig tot nat pionierstruweel met Duindoorn en Kruipwilg

Duindoorn in het historische en huidige duinecosysteem

Duindoorn kiemt voornamelijk in (matig) vochtige kalkrijke duinvalleien en is vooral in jonge, dynamische situaties algemeen, waar hij zich via wortelopslag snel kan uitbreiden en gedurende een meer of minder lange tijd de vegetatie kan domineren, al dan niet gemengd met de al in een iets vroeger stadium tot ontwikkeling gekomen Kruipwilg (zie eerder). Vanuit deze valleien kan de soort ook, voornamelijk vegetatief, de droge duinen koloniseren. Actieve duindoornhaarden kunnen hierbij op korte tijd bijna alle lager gestructureerde habitats (uitgezonderd sterk stuivende duinen) overgroeien en de meeste licht- en/of warmteminnende organismen het overleven onmogelijk maken. Met zijn stikstoffixerende actinomycetenkolonies in wortelknolletjes (*Frankia*

sp.) brengt hij bovendien extra nutriënten in de van nature voeselarme zandbodem. De vitaliteit en de hoogte van de soort, en dus ook haar impact op de habitat, zijn echter zeer standplaatsafhankelijk en individuele Duindoornstruiken hebben meestal slechts een vrij korte levensduur (gemiddeld niet meer dan enige tientallen jaren en zelden meer dan 40 jaar; o.a. eigen waarn. M. Leten).

In het verleden, dus ook in de halfnatuurlijke (begraasde en/of anderszins antropogeen beïnvloede) referentiesituatie anno 1900, verliep dit proces hoogstwaarschijnlijk niet fundamenteel anders, met dien verstande dat toen veel minder diasporen van deze soort in het systeem voorradig waren. In elk geval was Duindoorn al minstens abundant aanwezig in het vermoedelijk zeer dynamische duinecosysteem van de tweede (paraboolvormende) duinvormingsfase van de Jonge Duinen in de Late Middeleeuwen. Eerder, in de vanaf de 10de eeuw bedolven Oude Duinen van De Panne (De Ceunynck 1992), was de momenteel volledig ontbrekende Jeneverbes (*Juniperus communis*) blijkbaar een belangrijke struweelvormer. Ook uit De Bruyne (1905) blijkt dat, in het kielzog van actieve landschapsvormende stuifduincomplexen, zoals de voorloper van het huidige "Centraal Wandelduin" in het Westhoekreservaat, ook in het begin van deze eeuw grootschalige struweelvorming met Duindoorn kon optreden, zij het dat deze pionierstruwelen tot in deze periode regelmatig werden gekapt voor stuifzandfixatie. De vanaf de Late Middeleeuwen tot het eind van de 18de eeuw afgenomen geomorfologische dynamiek, de toenemende bodemvorming en de agropastorale druk (kappen, grazen, maaien, wellicht ook branden), hadden het duindoornstruweel anno 1900 echter vermoedelijk reeds sterk teruggedrongen, zeker in omvang, allicht ook in ecologische amplitude. Rond die periode was de soort immers grotendeels beperkt tot vochtige of zelfs natte valleien (cf. foto's Massart div. publ., beschrijvingen De Bruyne 1906a) en in bepaalde duindelen (b.v. tussen Oostduinkerke en Nieuwpoort) vrijwel ontbrekend (Dutrannoit 1896). Bijmenging met andere opgaande struiken (enkel Gewone vlier en Wilde liguster) was zeldzaam, wat getuigt van het exclusieve pionierkarakter van de toenmalige (duindoorn)struwelen.
Sindsdien, vermoedelijk door de dubbele oorzaak van het wegvallen van de agropastorale druk vanaf de Eerste Wereldoorlog en de lokale hervatting van de duinvormingsprocessen (devastatie-effect agropastoraal gebruik, verstoring Wereldoorlogen, overbetreding door recreatie, ...), heeft de soort zich zeer sterk uitgebreid in de kalkrijke duinen, zij het in wisselende mate in de diverse deelgebieden. Sterk "verduindoornde" sites zijn o.a. de over grote delen relatief jonge en laaggelegen/vochtige gebieden als het Westhoekreservaat en de Zwinbosjes, weinig of niet gekoloniseerde sites zijn de diverse oudere duingebieden, inclusief Oostvoorduinen/Monobloc. De verdringing van veel soorten van lager gestructureerde begroeiingen, tot en met hun lokaal uitsterven (zie o.a. Leten 1995), is hierbij onweerlegbaar. De stelling dat de invasieve kracht van de soort de laatste tientallen jaren sterk zou zijn toegenomen, zowel in de vochtige duinvalleien als in de droge duinen, kan echter ter discussie worden gesteld. Indien correct, dan zou b.v. de toegenomen atmosferische depositie (die dan meer of een sneller geschikt kiemingsmilieu zou opleveren) hiervoor verantwoordelijk kunnen zijn. Verdroging, dikwijls genoemd als hoofdoorzaak, is dit zeker niet of slechts in enkele zeer natte duinvalleien, maar blijkt integendeel de Duindoorn-invasie te vertragen of zelfs te voorkomen (waarnemingen Westhoekreservaat en Doornpanne). Wel kan een dergelijke tendens te maken hebben met een "naijl-effect" van de plaatselijke populatie sinds het wegvallen van de vroegere beperkingen, waardoor lokaal pas relatief recent voldoende diasporen in omloop kwamen om de beschikbare niche snel en volledig te bezetten. Het is echter evenmin onmogelijk dat deze indruk van een versterkte invasiekracht goeddeels op rekening van de waarnemers is te schrijven: nooit voorheen werd immers gedurende een dergelijke langdurige periode (meer dan 25 jaar) gedetailleerd naar de vegetatie-ontwikkeling

van specifieke duinsites gekeken. De neiging om de waargenomen fenomenen als "nieuw" en/of "verontrustend" te beschouwen is hierbij zeker niet denkbeeldig.

In het optimale uitgangsmilieu voor de Duindoorn-verstruweling (jonge vochtige pannen) komt Duindoorn meestal gedurende een zekere periode voor in menging met (dan tot 1.5 m hoog opschietende) Kruipwilg. Op vochtige tot natte plaatsen vormt deze combinatie gedurende enkele tientallen jaren zeer dichte, maar vrij lage struwelen met een reeks van relatief schaduwtolerante vochtindicatoren (Watermunt, Waternavel, Grote kattestaart, ...), waaronder dikwijls opvallend veel Leverkruid (*Eupatorium cannabinum*), Duinriet en enige nitrofiele soorten als Grote brandnetel (*Urtica dioica*). Soms blijven nog lang een aantal duinkalkmoerassoorten aanwezig (b.v. Moeraswespenorchis). In ondiep doorwortelbare, natte kommen gaat Duindoorn na verloop van tijd sterk in vitaliteit achteruit, waarbij een door hoogopschietende Kruipwilg, Hennegras (*Calamagrostis canescens*) of Duinriet gedomineerde struweelruigte kan ontstaan, dikwijls doorspekt met uitgroeiende Grauwe wilgen (*Salix cinerea*) en/of andere vochtminnende struweel- en boselementen (zie verder 7.4.4.5.4.). Door grondwaterstandsdaling verdroogde kommen vertonen een vergelijkbare evolutie, maar de ondergroei sluit dichter aan bij deze van het mesofiele kruipwilgstruweel (7.4.4.4.1.).

In de natste kommen is dus evolutie mogelijk naar natte opgaande wilgenstruwelen (zie boven). Op wat drogere of verdroogde plaatsen kan dit type evolueren naar opgaande nitrofiele struwelen met Duindoorn en Gewone vlier (7.4.4.5.4.) of, na het grotendeels afsterven van Duindoorn, door het (in dit geval secundaire) pionierstruweel met Wilde liguster (7.4.4.5.3.). Het verschil tussen beide evolutiereeksen wordt mogelijk gevormd door bodemfactoren (b.v. doorwortelbaarheid, nutriëntenverschillen) en/of vochtverschillen.

Voorbeelden van dit habitattype zijn voornamelijk aan te treffen in de jongere, (recent) nog dynamische duingebieden, vooral in het Westhoekreservaat, ook in Ter Yde. Over kleine oppervlakten en soms in uitgedroogde vorm is dit type ook elders (Houtsaegerduinen, Doornpanne, ...) aan te treffen.

Syntaxonomie

Julve (1993)
struiken
Salicion arenariae (Salici arenariae-Hippophaetum rhamnoides ssp. rhamnoides)
hemicryptofyten
Calystegion sepium
Alliarion petiolatae
Convolvulo arvensis-Elytrigion repentis
(*Rubo caesii-Calamagrostietum epigei*)
...

Doing (1962)
Arctio-Sambucion nigrae (Hippophae-Sambucetum subass. *Eupatorietosum*)

CORINE:
16.251.251 Sea-buckthorn dune thickets p.p.

7.4.4.5.2. (Matig) droog pionierstruweel met Duindoorn

In droge, goed doorwortelbare valleidelen en op beschutte hellingen ontstaat veeleer een wat opener, lager en in de ondergroei dikwijls sterk door Duinriet gedomineerd duindoornstruweel, soms ook met veel Dauwbraam, dat na verloop van tijd soms ook reeds wat mesofiele graslandelementen kan bevatten (b.v. Gewone ereprijs, Gewone veldbies, ...) en geleidelijk aan rijker kan worden aan Wilde liguster (*Ligustrum vulgare*) en/of Egelantier. Soms ontstaat een enigszins vergelijkbaar grazig laag struweel (dan meestal zonder Dauwbraam) uit een afgetakeld ligusterstruweel (7.4.4.5.2.) in de oudere duinen. Mosduinen (7.4.4.3.1.) kunnen evolueren naar een laag (soms nauwelijks kniehoog) en open struweel met veel resten van de uitgangssituatie, Veldhondstong (*Cynoglossum officinale*) en eenjarige nitrofyten. Zoals daar reeds beschreven, evolueert de moslaag in een dergelijke gevallen veelal naar een afwijkende, wat meer nitrofiele vorm, maar vooral ook veel sneller dan in een open mosduin het geval zou zijn naar een vorm met pleurocarpen (Duinklauwtjesmos, Smaragdmos, ...). In een later of gestoord stadium kunnen hierin forse kleurrijke nitrofyten als Gewone ossetong (*Anchusa officinalis*), Middelste of Grote teunisbloem (*Oenothera biennis*, *O. erythrosepala*), Koningskaars (*Verbascum thapsus*), e.d., opvallen, maar dergelijke vegetaties kunnen eveneens evolueren naar het bovengenoemde type met Duinriet. Zoniet dan is het waarschijnlijk dat na verloop van tijd regressie naar een mosduintype plaatsvindt. Soms evolueren ook Wintergroen/kruipwilg-struwelen, vooral dan de minder gesloten dwergstruwelen of deze met minder vitale Kruipwilg, naar één van de vorige vormen van dit habitattype.

Een overzicht van de toekomstige vegetatie-ontwikkelingen binnen deze habitat-groep is nog grotendeels speculatief. In elk geval lijken de beschreven begroeiingen slechts zeer ten dele en in specifieke omstandigheden (delen met gevarieerd reliëf en bodem, ...) te evolueren naar een soortenrijk, gemengd struweel. In een aantal, extreme gevallen (dicht bij of in de zeereep b.v.) blijft de situatie waarschijnlijk, eventueel via een cyclisch proces, vrij stationair, in andere kan regressie naar een (grazige) ruigte of mosduin plaatsvinden. In minder kalkrijke duinen kan zich in het duindoornstruweel met mosduin-ondergroei ook Duinroos vestigen, waardoor successie naar een duinrooshelling (7.4.4.4.2.) niet onmogelijk is. In bepaalde gevallen worden zij overgroeid door een in eerste instantie dikwijls nog soortenarmer en homogener struweel van Wilde liguster (7.4.4.5.3.) of Sleedoorn (*Prunus spinosa*, voornamelijk op vochtige, zeer humusrijke en diep doorwortelbare bodems). Vermoedelijk zullen zij in de toekomst in toenemende mate en soms al na enkele decennia worden opgevolgd door één of ander pionierbostype.

Dit habitattype komt momenteel veel voor langs de ganse Vlaamse kust, vermoedelijk met een zwaartepunt in de voorduinen.

Syntaxonomie

Julve (1993)	**Doing (1962)**
struiken	*Oenothero-Hippophaeion maritimi*
Salicion arenariae (Salici arenariae-Hippophaetum rhamnoides ssp. rhamnoides)	*(Oenothero-Hippophaetum)*
hemicryptofyten	*Arctio-Sambucion nigrae (Hippophae-Sambucetum* subass. *Typicum)*
Alliarion petiolatae	
Convolvulo arvensis-Elytrigion repentis (Rubo caesii-Calamagrostietum epigei)	
therofyten en tweejarige hemicr.	
Drabo muralis-Cardaminion hirsutae	

(Claytonio perfoliatae-Anthriscetum caucalidis, ...)
Sileno conicae-Cerastion semidecandri (...)
Dauco carotae-Melilotion albi (Echio-Verbascetum)
...

CORINE:

16.251.251 Sea-buckthorn dune thickets p.p.

7.4.4.5.3. Pionierstruwelen met Wilde liguster of Sleedoorn

Een andere groep van duinstruwelen wordt gevormd door de pionierstruwelen met een belangrijk aandeel tot dominatie van Wilde liguster. Het betreft struwelen van vochtige (maar nooit geïnundeerde) tot droge milieu's, met een humeuze bodem en een beduidend minder nitrofiel karakter dan het vorige type. Dit komt vooral tot uiting in de begeleidende zoomflora, die dikwijls nog uit mesofiele grasland-elementen en Kruipwilg bestaat. Structureel (aftakelingsfasen niet meegerekend) is dit type te karakteriseren als een (zeer) gesloten, vrij homogene en lage struweelvegetatie (soms minder dan 1 m hoog). Deze struwelen kunnen soortenrijker zijn dan deze uit het vorige type, maar juist de door Wilde liguster gedomineerde begroeiingen zijn zeer soortenarm. Tegenover het struweel met Duindoorn en Duinriet uit het vorige habitattype (waaruit de ligusterstruwelen kunnen ontstaan) kunnen we de norm van minstens 75 % Wilde liguster hanteren. De "gemengde struwelen" (zie verder; 7.4.4.5.5.) kunnen worden onderscheiden op grond van hun structuur (veelal veel hoger en veel minder homogeen), soortenvariatie (meestal ook meer boomsoorten) en het veel lagere aandeel van Wilde liguster. Hoewel de grootschalige en homogene ligusterstruwelen fysionomisch zeer opvallend en herkenbaar zijn in het veld, blijft een afbakening, zowel naar het vorige als vooral naar het "gemengd" struweel toe, in vele andere gevallen moeilijk en arbitrair.

In tegenstelling tot Duindoorn is Wilde liguster meer een pionierstruweelsoort van oudere, gestabiliseerde, humeuze pannen met een uitgangsvegetatie van grasland en kruipwilg- of duinroosdwergstruweel. Wilde liguster kan zich hierbij sterk horizontaal uitbreiden door liggende en wortelende takken. Hoewel de soort zich minder snel en spectaculair uitbreidt dan Duindoorn, kan de soort in homogene uitgangssituaties (grote oppervlakten mesofiele pannen, zoals b.v. in het Westhoekreservaat) hectarengrote en bijna monospecifieke haarden vormen. Ook in droge humeuze valleien achter de zeereep (cf. Nederlandse "Dauwbraam-landschap", Doing 1988) kunnen zich geschoren liguster-eilanden ontwikkelen. Door de uitbreiding van de "chaotische voorduinen" en de urbanisatie van grote delen van het voorduinlandschap komt een dergelijke situatie momenteel enkel voor in het westelijk deel van het Westhoekreservaat. Daarnaast kan Wilde liguster ook in jongere duinlandschappen op de voorgrond treden als secundaire struweelkolonisator van de Duinriet/duindoorn-struwelen uit de vorige habitat of van de Wintergroen/kruipwilg-dwergstruwelen (dikwijls ook al met lage Duindoorn).

De kruidlaag onder dit type van donkere ligusterstruwelen is meestal zeer soortenarm, maar minder nitrofiel dan in de struwelen van de vorige habitat. In nog niet volledig gesloten ligusterstruwelen (eigenlijk mozaïeken van dit vegetatietype met Kruipwilg-, Duindoorn- of

graslandvegetaties) kunnen wel nog vrij veel soorten aanwezig zijn. Meest kenmerkend zijn de randzones met open duinen, waarin zich veelal nog een aantal soorten van mesofiele of vochtige duingraslanden handhaven (soms vormen deze zelfs het optimale milieu voor dergelijke soorten. Iets meer specifieke zoomelementen zouden Ruig viooltje (*Viola hirta*) en Glad parelzaad (*Lithospermum officinale*) kunnen zijn.

In dit vegetatietype vestigen zich slechts in beperkte mate andere struweel- en boomsoorten (Eenstijlige meidoorn, Zomereik - *Quercus robur*, Ruwe berk - *Betula pendula*, ...). Vermoedelijk vormen zij niet zozeer de eerste stap in de opbouw van de gemengde struwelen van de volgende habitat-eenheid, maar blijven zij dikwijls als geïsoleerde elementen achter in de diverse vegetatietypes die kunnen ontstaan na het verdwijnen van het onderhavige vegetatietype. Ook Wilde liguster sterft immers, vooral in de homogene bestanden, na een aantal decennia soms massaal af, niet zelden op grotere schaal dan Duindoorn of Gewone vlier. In eerste instantie kan het struweel dan vervangen worden door een soort "kapvlaktevegetatie" of matig nitrofiele zoombegroeiing met soorten als Boskruiskruid (*Senecio sylvaticus*), Mannetjesereprijs (*Veronica officinalis*), Sint-Janskruid (*Hypericum perforatum*), Ruig viooltje, Glad parelzaad, Ruige scheefkelk (*Arabis hirsuta* ssp. *hirsuta*), Glad walstro, Gewone ereprijs, ... Na korte tijd ontstaat meestal een ruige gesloten vegetatie met o.a. Duinriet, Duinroos en/of Zandzegge, soms met verspreide bomen of meidoorns ("savanne"; 7.4.4.3.4.). In sommige gevallen kan Duindoorn als secundaire kolonisator in dergelijke afgestorven Ligusterstruwelen optreden (7.4.4.5.3.).

Eveneens op diep-humeuze graslandbodems, maar veel sterker gebonden aan vochtige omstandigheden, kan zich een vergelijkbaar donker en soortenarm struweel met absolute dominantie van Sleedoorn vestigen. Meestal bestaan zij uit één enkele kloon van deze soort en heeft een dergelijk massief een koepelvormige structuur met de oudste, hoogste en dikste stammen in het midden. Dergelijke massieven kunnen direct het mesofiele of vochtige grasland overwoekeren of als secundaire kolonisator van andere struweelhabitats optreden. Vermoedelijk zullen zij na verloop van tijd eveneens gregarische sterfteverschijnselen vertonen, maar hun leeftijd is momenteel nog te jong om hierover uitspraken te kunnen doen.

De entomofauna van de gesloten liguster- en vermoedelijk ook sleedoornstruwelen is dikwijls zeer arm, maar de contactzone met mosduinen en droge duingraslanden kan als vluchtplaats voor veel bijzondere soorten gelden (o.a. Bonte 1996). Ook voor broed- en trekvogels vormt dit habitattype waarschijnlijk geen optimaal biotoop.

Voorbeelden van pionierstruwelen met dominantie van Wilde liguster zijn voornamelijk bekend uit de resterende grote valleien van de Westkust (Westhoekreservaat, Houtsaegerduinen, in beperkte mate ook Doornpanne). De homogene Sleedoorn-struwelen zijn voornamelijk bekend uit het Westhoekreservaat, in mindere mate Houtsaegerduinen en Oostvoorduinen/Ter Yde. In de uitgedroogde Doornpanne zijn zij zeldzamer. Ook uit Knokke, waar zij door Herrier (1989) worden beschouwd als uitgegroeide hegstructuren, worden zij vermeld.

Syntaxonomie

Julve (1993)
struiken
Salicion arenariae (Ligustro vulgaris-Hippophaetum rhamnoides ssp. Rhamnoides p.p.)
Ligustro vulgaris-Prunion spinosae

Doing (1962), Westhoff & Den Held (1969)
Sambuco-Berberidion (Polypodio-Ligustretum)

hemicryptofyten en chamefyten
Galio veri ssp. *veri* var. *maritimi-Geranion sanguinei (Inulo conyzae-Polygonatetum odorati)* (fragm.)
Epilobion angustifolii (in afbraakfase)
...

CORINE
16.252 Mixed dune thickets p p.
31.812 11 Medio-European blackthorn-privet scrub

7.4.4.5.4. Opgaand nitrofiel struweel met Duindoorn en/of Gewone vlier

Eén van de twee klassieke "rijpe" struweeltypen uit de kalkrijke duinen wordt opgebouwd uit Duindoorn en Gewone vlier, soms nog spaarzaam vergezeld van een "relict" uit vorige ontwikkelingsfasen als Kruipwilg en enkele andere struweelsoorten (Egelantier, Aalbes, ...). Hoewel in regel soortenarm (en vooral arm aan Rode lijst-vaatplanten), in elk geval in de struiklaag, zit er toch nog enige variatie in deze struwelen, bepaald door leeftijd, vochttoestand en voorgeschiedenis.

Nitrofiele, opgaande Duindoorn/vlier-struwelen ontwikkelen zich in eerste instantie in de goed doorwortelbare, vochtige maar veelal niet periodiek geïnundeerde valleidelen en de voet van hellingen met colluviale bodem uit de pionierstruwelen met Duindoorn en eventueel Kruipwilg (7.4.4.5.1. p.p. en 7.4.4.5.2. p.p.). Dit kan dus gebeuren vanaf ca. 40 jaar vegetatie-ontwikkeling in jonge duinzones, in optimale omstandigheden misschien zelfs sneller. Maar ook in oudere, voorheen onverstruweelde duingebieden met vochtige en/of diephumeuze bodems (voormalige mesofiele of vochtige/natte graslanden of kruipwilgeilanden) kan dit struweeltype tot ontwikkeling komen. In de dikwijls zeer nitrofiele ondergroei kunnen naast banale nitrofyten (Hondsdraf - *Glechoma hederacea*, Grote brandnetel - *Urtica dioica*, ...), kenmerkende soorten als Heggerank (*Bryonia dioica*), Fijne kervel (*Anthriscus caucalis*), Bleke en/of Gewone vogelmuur (*Stellaria pallida*, *S. media* ssp. *media*) , enz., soms ook een aantal klassieke akkeronkruiden opvallend aanwezig zijn (Gewone duivekervel - *Fumaria officinalis*, Zwaluwtong - *Polygonum convolvulus*, Tuinbingelkruid - *Mercurialis annua*, Akkervergeet-mij-nietje - *Myosotis arvensis*, .. , evenals exoten als Witte winterpostelein - *Claytonia perfoliata*, Overblijvende ossetong - *Pentaglottis sempervirens* (enkel omgeving De Panne), ...).
Begeleidende struik- of liaansoorten zijn eerder zeldzaam of incidenteel, enkel Egelantier (*Rosa rubiginosa*) en Bosrank (*Clematis vitalba*) zijn lokaal vrij algemeen in deze habitattypes. In aftakelende, maar luchtvochtige duindoornstruwelen kunnen varens (vnl. Brede stekelvaren - *Dryopteris dilitata* en Mannetjesvaren - *D. filix-mas*) sterk op de voorgrond treden, soms ook bramen (*Rubus fruticosus* coll., lokaal Koebraam - *R. ulmifolius*), Wilgeroosje (*Epilobium angustifolium*) of Boskruiskruid (*Senecio sylvaticus*). In de natste vormen van dit type (in humeuze pannen met een sterk fluctuerende waterstand die bij extreme waterstanden overstromen) kunnen een aantal vochtsoorten overleven (Watermunt, Padderus, ...).

Ook nitrofiele bospioniers en zoomsoorten (Look-zonder-look - *Alliaria petiolata*, Drienerfmuur - *Moehringia trinervia*, Robertskruid - *Geranium robertianum*, ...) kenmerken in toenemende mate deze struwelen. Mesotrafente zoomsoorten (Ruig viooltje - *Viola hirta*, Glad parelzaad -

Lithospermum officinale, Kleine ruit - *Thalictrum minus* ssp. *dunense*, ...) zijn hierin daarentegen zeldzaam. Dikwijls evolueren dergelijke stikstofminnende struwelen naar vrijwel pure, epifytenrijke vlierstruwelen en sterven uiteindelijk af. Kenmerkende en/of bijzondere epifyten op vlieren in dergelijke omstandigheden zijn o.a. Vliermos (*Cryphaea heteromalla*), Broedkorrel-kroesmos (*Ulota phyllantha*), Schijfjesmos (*Radula complanata*), Gekroesde en Slanke haarmuts (*Orthotrichum pulchellum, O. tenellum*), Gewoon iepemos (*Zygodon viridissimus* var. *viridissimus)*, ... Een bijzondere variant van dit type struweel vormen de zuivere en vermoedelijk meer permanente Vlierbestanden aan de lijzijde van de zeereep, zoals vóór het Zwin. Tenslotte vertoont ook het vochtige "struweel" van Gewone vlier en bramen in de sterk afgetakelde delen van de elzenaanplant van het Hannecartbos nog de meeste gelijkenissen met dit habitattype. Deze begroeiingen hebben echter geen voorgeschiedenis met Duindoorn en veelal is nog een ijle booomlaag van halfdode Zwarte elzen aanwezig.

Deze struweeltypen vormen dikwijls uitgestrekte massieven of liggen ingebed in grotere struweeleenheden. Voor de fauna zijn interacties met meer open duingebied hier dus minder mogelijk, wat zich vermoedelijk weerspiegeld in een geringere rijkdom aan bijzondere en kustspecifieke diersoorten. Het voedselrijke milieu en de veelal hoge luchtvochtigheid van gesloten Duindoorn/vlierstruwelen kunnen daarentegen wel aanleiding geven tot hoge aantallen van bepaalde insecten, spinnen enz. Ook vogels van dichte struikvegetatie als Nachtegaal hebben waarschijnlijk een voorkeur voor deze struwelen.

Dit habitattype komt in vrijwel alle duingebieden, zij het in wisselende oppervlakte, voor.

Syntaxonomie

Julve (1993)

struiken
Salicion arenariae (Sambuco nigrae-Hippophaetum rhamnoides ssp. *rhamnoides)*
Humulo lupuli-Sambucion nigrae (*Humulo lupuli-Sambucetum nigrae*)
hemicryptofyten & chamefyten:
Alliarion petiolatae
Calystegion sepium
therofyten
Drabo muralis-Cardaminion hirsutae
(Claytonio perfoliatae-Anthriscetum caucalidis, ...)

Doing (1962)

Arctio-Sambucion nigrae (Hippophae-Sambucetum subass. *Typicum & eupatorietosum, Aegopodio-Sambucetum)*
...

CORINE:

16.251 Sea-buckthorn dune thickets p.p.

7.4.4.5.5. Gemengd kalkminnend struweel

Onder deze noemer wordt ongetwijfeld een heterogeen gezelschap van vegetatie-types samengebracht. Enerzijds zijn er de opgaande struwelen van orografisch en geomorfologisch gediversifieerde duinzones, b.v. in gefixeerd oud kopjesduin dat secundair verstoven is, of op

beschutte hellingen. De abiotische variatie wordt hier waarschijnlijk vrij snel weerspiegeld in een grote diversiteit aan struweel- en zoomsoorten, o.a. doordat feitelijke pionier- en rijpe stadia op zeer kleine schaal gemengd worden. In meer homogene terreinen (droge of vochtige valleien) kan in gunstige omstandigheden de autogene successie van de grootschaliger pionierstruwelen resulteren in een meer gevarieerd, soortenrijk struweel. Dit kan geleidelijk gebeuren door progressieve verdringing en vervanging van de pioniersoorten, gekoppeld aan bodemontwikkeling enz., maar misschien ook sprongsgewijze, door een opeenvolging van aftakelingsfasen van Duindoorn en Wilde liguster (wellicht ook Sleedoorn) met "overstaanders" van langer levende soorten (maar zie ook onder 7.4.4.3.4.). Tenslotte is het niet onmogelijk dat, naarmate van meer soorten diasporen beschikbaar komen, meer struweelsoorten direct in de dwergstruweel-, mosduin of kruidachtige uitgangssituatie kunnen opslaan en reeds vanaf het pionierstadium een grotere of afwijkende soortendiversiteit hebben. Ook lijkt het niet onmogelijk dat in de toekomst en bij een wisselende konijnenstand, kalkminnende thermofiele soorten in uitbreiding als Wollige sneeuwbal, Rode kamperfoelie, Wilde kardinaalsmuts, Wegedoorn, enz., al dan niet samen met Wilde liguster en Duindoorn, direct het open duingebied zullen kunnen koloniseren.

De meest typische struwelen van dit habitattype worden in de Vlaamse duinen, afgezien van de niet (meer) dominante aanwezigheid van de pioniersoorten Duindoorn, Wilde liguster en Sleedoorn gekenmerkt door Egelantier, "Hondsroos" (*Rosa canina* coll.: zowel *R. canina* s.str. en *R. obtusifolia* als, zelden, *R. caesia*, en de mogelijke hybridenzwerm tussen deze microsoorten), Viltroos, Eénstijlige meidoorn (meer naarmate de struwelen ouder worden), Wilde kardinaalsmuts, Gelderse roos (in vochtige varianten), een aantal nog zeldzame soorten als Wegedoorn, Zuurbes en Wollige sneeuwbal en verder eventueel bomen als Zomereik (*Quercus robur*), Gewone es (*Fraxinus excelsior*) en Berken (*Betula* spp.). Al deze soorten kunnen innig vermengd voorkomen, maar de meeste van de kenmerkende struiksoorten kunnen ook lokaal en tijdelijk op kleine schaal tot dominantie komen en zelfs eensoortige begroeiingen vormen (de term "gemengd" struweel is dus zeker ambigu!). Dit geldt voor b.v. Egelantier op sommige noordhellingen. De grote homogene Sleedoorn-massieven in vochtige oude valleien worden beschouwd als een pionierstruweel en behandeld onder 7.4.4.5.3.

Van de pionierstruwelen onderscheiden zij zich verder meestal door de hoogte (tot meer dan 10 m) en de dikwijls gevarieerde ruimtelijke vegetatiestructuur. Van een interne stratificatie van de struiklaag is echter meestal geen sprake, al steken b.v. Eenstijlige meidoorn en verspreide bomen dikwijls wel een eindje uit boven de overige begroeiing. Uit Nederland (o.a. Voorne) worden hoge en zeer gesloten struwelen beschreven met veel Wegedoorn en Eenstijlige meidoorn (o.a. Sloet van Oldruitenborgh & Adriani 1971). Dergelijke struweelbosachtige begroeiingen komen in Vlaanderen niet of nauwelijks voor. Soms komt dit type nog voor in mozaïek met Kruipwilg (*Salix repens*), duingrasland, duinrooshellingen, enz., waarbij de dwergstruiken b.v. een lage zoom kunnen vormen. Specifieke zoomsoorten zijn frequent aanwezig, zeker in de meest open en gevarieerde vormen: Kleine ruit, Glad parelzaad, Ruig viooltje (enkel in het Westhoekreservaat en daar met een zeer brede habitatamplitude), Donderkruid, Bosaardbei (*Fragaria vesca*), Gewone agrimonie (*Agrimonia eupatoria*), ... en een hele reeks van grootbloemige kruiden die ook in de ruigere mesofiele graslanden voorkomen (Pastinaak, Knoopkruid, Veldlathyrus, ..., voornamelijk in vochtiger struwelen die zich ontwikkeld hebben uit struwelen met Duindoorn en Gewone vlier). In de Zwinbosjes komen in dergelijke situaties ook een aantal zuurminnende soorten voor als Valse salie (*Teucrium scorodonia*) en Rankende helmbloem (*Corydalis claviculata*). Veel klassieke soorten van kalkrijke zomen ontbreken echter (nog) in de duinen of komen er slechts als verwilderde tuinplant voor (b.v. Perzikbladig klokje *Campanula persicifolia* en Wilde akelei - *Aquilegia vulgaris* cv. *nivea*). Wat dit betreft hinken zij duidelijk achter op de struiksoorten. Het

relatief rijkst aan typische zoomsoorten zijn overigens nog altijd de Kruipwilg-dwergstruwelen en ruigere Duinroos-hellingen! Door kleinschalige afbraakprocessen kunnen ook de al eerder vermelde "kapvlaktesoorten" (7.4.4.5.3.) tussen de struiken voorkomen.

Vooral naar de binnenduinrand toe en in de omgeving van bewoning kunnen zich in het struweel bomen vestigen, omdat hier de moederbomen van soorten met een relatief beperkte verbreidingsrange (Zomereik, Gewone es - *Fraxinus excelsior*, Gewone esdoorn - *Acer pseudoplatanus*) te vinden zijn (7.4.4.6.1.). Een echte windverbreider als de Ruwe berk (*Betula pendula*) kan in principe overal verspreid voorkomen, maar koloniseert desondanks slechts lokaal droge en oudere struweelhabitats.

Gemengde struwelen komen in alle bredere duingebieden voor, zij het dat zij een zeer wisselend aandeel van de vegetatie uitmaken (Westhoekreservaat, Houtsaegerduinen, Zwinbosjes, ...). Zij hebben hun zwaartepunt dikwijls verder van zee, maar in diepe valleien of tussen bebouwing (in dit laatste geval zijn zij meestal ook rijker aan exoten) kunnen zij tot op enige honderden meter van de kustlijn voorkomen (Groenpleinduinen, Astridpanne, ...).

Syntaxonomie

Julve (1993)

struiken

Salicion arenariae (Ligustro vulgaris-Hippophaetum rhamnoides ssp. Rhamnoides p.p.*)*

Ligustro vulgaris-Prunion spinosae

hemicryptofyten

Galio veri ssp. veri var. maritimi-Geranion sanguinei (Inulo conyzae-Polygonatetum odorati, ...)

Alliarion petiolatae (Epilobio montani-Geranietum robertiani, Alliario petiolatae-Chaerophylletum temuli, ...)

...

therofyten

Drabo muralis-Cardaminion hirsutae (Claytonio perfoliatae-Anthriscetum caucalidis, ...)

Doing (1962), Westhoff & Den Held (1969)

Sambuco-Berberidion (Polygonato odoratae-Euonymetum + kleinschalige menging van andere duinstruweeltypes)

+ Trifolion medii (Inulo conyzae-Polygonatetum odorati, ...)

...

CORINE:

16.25 Dune thickets p.p.

16.252 Mixed dune thickets p.p.

31.812 11 Medio-European blackthorn-privet scrub

7.4.4.5.6. Vochtige tot natte wilgenstruwelen

Vochtige tot natte wilgenstruwelen zijn deels ontstaan uit het pionierstruweel met Kruipwilg en Duindoorn (7.4.4.5.1.) van jonge vochtige pannen. De wilgesoorten (Grauwe wilg - *Salix cinerea*, Geoorde wilg - *Salix aurita* (zeer zeldzaam), Schietwilg (*Salix alba*), Katwilg (*Salix viminalis*) kiemen net als Kruipwilg vermoedelijk vrijwel steeds reeds in het jongste stadium van de vegetatie-ontwikkeling van vochtige duinpannen. Pas na de stadia van jonge vochtige pannevegetatie (7.4.4.2.1.) en vochtig pionierstruweel (7.4.4.5.1.), d.i. na enkele tientallen jaren, komen zij echter tot dominantie of evolueren zij tot een structuurbepalend element in de begroeiing. Niet zelden betreft het hierbij slechts één of enkele (breed openvallende) struik(en), veelal van Grauwe wilg, die wilgenstruweel-eilandjes vormt in een lagere vegetatie. Bij kolonisatie door Schietwilg kunnen zij verder evolueren naar een vochtig struweelbos (7.4.4.6.1.). Zowel naar het voorgaande als naar het volgende stadium in de successie toe kan de scheiding onduidelijk zijn. Veelal geïsoleerde bolvormige struiken van Grauwe wilg zijn verspreid ook in oudere, vroeger begraasde pannen te vinden. Vermoedelijk zijn zij, na het wegvallen van de begrazing, gekiemd in kleine vochtige stuifkuilen, erosieplekjes door konijnengraverij, door periodieke overstroming kale plekken, e.d. Vooral in de Zwinbosjes vormen zij ook grotere oppervlakten. Zij kunnen ook lijnvormig voorkomen, b.v. in en langs sloten. Diverse struikvormige wilgensoorten (ook Grauwe wilg) werden ook aangeplant als perceelsscheiding of ter fixatie van stuivend zand (cf. ook 7.4.4.1.).

Begeleidende struiksoorten zijn o.a. Gelderse roos (*Viburnum opulus*), Zwarte bes en, zelden, Sporkehout en Wegedoorn. Als liaan is vooral Bitterzoet opvallend, soms ook Hop. In de ondergroei (in gesloten bestanden veelal vrij kaal) en vooral in zomen groeien een aantal forse moerasplanten als Wolfspoot (*Lycopus europaeus*), Gewone smeerwortel (*Symphytum officinale*), Hennegras, Riet, Harig wilgeroosje. Lagere graslandzomen worden o.a. gekenmerkt door Heelblaadjes (*Pulicaria dysenterica*), Moeraswalstro, Fioringras, enz., en, in de Zwinbosjes, Valse voszegge en Gewone bermzegge (*Carex cuprina, C. spicata*). Gesloten en zeer luchtvochtige (Grauwe) wilgenstruwelen zijn meestal zeer rijk aan epifyten, o.a. in de Zwinbosjes (Hoffmann 1988).

De beschrijving van dit habitattype wordt bemoeilijkt doordat bij verdroging van de site, de naam- en structuurbepalende wilgensoorten nog lang vitaal aanwezig kunnen blijven, terwijl de begeleidende bodem- en epifytische flora (en fauna) sterk kan veranderen. Bij een intacte waterhuishouding kunnen zij evolueren naar een Schietwilgenbos (indien Schietwilg reeds vanaf de jonge stadia aanwezig was) en waarschijnlijk ook naar een spontaan bos van Zwarte els (*Alnus glutinosa*) en/of Zachte berk (*Betula pubescens*; b.v. Ter Yde). Maar ook regressie naar een natte (riet-)ruigte is niet onmogelijk.

Mooie vlakvormige voorbeelden zijn te vinden in de Zwinbosjes en in mindere mate in de natste jonge panne in het Westhoekreservaat. Overgangen naar spontane schietwilgenbosjes zijn tijdelijk vooral goed ontwikkeld in de Plaatsduinen.

Syntaxonomie

Julve (1993)
struiken
Salici cinereae-Viburnion opuli
Ribo nigri-Salicion cinereae (Alno glutinosae-Salicetum cinereae)

Westhoff & Den Held (1969)
Salicion cinereae (Alno-Salicetum cinereae subass. *caricetosum trinervis)*
Salicion albae (Salicetum arenario-purpureae)

hemicryptofyten	+ *Convolvuletalia sepium*
Calystegion sepium	
...	...

CORINE:
44.921 Grey willow scrub

7.4.4.5.5. Droge zuurminnende struwelen

Struwelen op zuurminnende bodem zijn en (vermoedelijk: waren) slechts fragmentair aanwezig in het studiegebied. Foto's en beschrijvingen in Massart (1908a e.v.) wijzen op de aanwezigheid van Brem in het Adinkerkse Garzebekeveld en in het Veld van Westende, waar deze soort echter deel lijkt uit te maken van de heidevegetatie (7.4.4.4.3.). Gaspeldoorn wordt niet vermeld door Massart (1912), maar kwam vermoedelijk wel al voor.

Het landschap van de ontkalkte duinen, inzoverre niet geürbaniseerd, omgezet in bemest agrarisch land of beplant met bomen, is nauwelijks tot veel minder sterk verstruweeld dan het landschap van de kalkrijke duinen. Momenteel komt slechts één klein struweelmassief van Gaspeldoorn voor in het Schuddebeurze-gebied (Broidioi 1993). Verder komen her en der verspreide exemplaren van Brem voor, soms in combinatie met Duindoorn. Uit de Zwinbosjes vermeldt Herrier (1992) verder bramenstruwelen (bramensoorten niet nader gedetermineerd) in de ondergroei van (degenererende) aanplantingen van dennenaanplanten die misschien best ook tot dit habitat-type kunnen gerekend worden. Zoomplanten zijn uit deze struweelfragmenten niet bekend, maar behoren in principe tot de groep van zuurminnende zomen met Valse salie (*Teucrium scorodonia*).

Het is onbekend of dergelijke struwelen (voor zover de naam waardig) een specifieke faunistische waarde hebben.

Syntaxonomie

Julve (1993)	**Westhoff & den Held (1969)**
struiken	*Lonicero-Rubion sylvatici*
Cytision scoparii (Ulici europaei-Cytisetum scoparii)	
Rubion plicati	
Hemicryptofyten en chamefyten	
Epilobion angustifolii	
Conopodio majoris-Teucrion scorodoniae	
Achilleo millefolii-Cynosurion cristati (o.a.	
Carici arenariae-Luzuletum campestris)	

CORINE:
31.83 Atlantic poor soil thickets
31.8411 Lowland and hill broom fields

7.4.4.6. Duinbossen

Het begrip "bos" wordt hier gebruikt in de ecologisch ruimste betekenis van een levensgemeenschap met dominantie van boomsoorten., ongeacht de structuur (al dan niet meervoudig gelaagd, opgaand bos of hakhout, met of zonder struik- en kruidlaag, ...), de samenstelling (inheemse bomen/struiken/kruiden of exoten, ...), de aanwezigheid van een bosbodem of -klimaat, de oppervlakte of de origine (aangeplant of spontaan, jong of oud, ...). Andere houtige formaties (opgaande struwelen of dwergstruwelen, aanplanten van sierstruiken, ...) worden hier niet toe gerekend, ook niet indien zij verspreide boomopslag bevatten of deels bestaan uit boomvormige struiken (b.v. Eenstijlige meidoorn). Vooral bij spontane bosvorming in de duinen is het onderscheid met sommige struwelen echter vaag. Verder wordt "verbossing" gedefinieerd als een spontaan proces van boomopslag (zowel generatief als vegetatief), ook indien de bron van deze opslag oorspronkelijk aangeplante bomen betreft, terwijl "bebossing" slaat op het actief planten (of eventueel uitzaaien) van bomen.

Theoretisch evolueren alle niet door zout water bepaalde habitats (strand, vloedmerken, embryonale duinen en loefzijde van de zeereep, slikken, schorren, zilte graslanden, zout/brakwaterplassen, ...) in onze gewesten vroeg of laat naar een bosvegetatie (concept "potentieel naturlijke vegetatie" of "climax-vegetatie"). In de realiteit moet dit voor vele kusthabitats sterk gerelativeerd worden.Vermoedelijk kunnen vrijwel alle pre-bos-stadia (van stuifduin tot droge mosduingraslanden en struwelen of semipermanente plassen tot duinmoerassen en natte struwelen) ook in natuurlijke zoete kustecosystemen meer of minder permanent aanwezig blijven of (dis)continu weer ontstaan. Beperkende factoren op de ontwikkeling van een (climax)bosvegetatie zijn o.a. actieve kustontwikkeling en geodynamiek, extreme klimaats-, bodemfysische, bodemchemische en vochtomstandigheden, onbeschikbaarheid van diasporen, begrazing, ... Wel mag aangenomen worden dat in een "normale" natuurlijke referentiesituatie bos een relatief (veel) groter aandeel van het duinecosysteem zou uitmaken dan in de actuele situatie en zeker dan in de situatie anno 1900. Hierbij moet in vele jongere duingebieden (b.v. Westhoekreservaat) echter waarschijnlijk eerder gedacht worden aan een andere verhouding tussen het aandeel bos en opgaand struweel dan aan een sterke verschuiving in de huidige verhouding tussen bos/opgaand struweel en de lager gestructureerde habitats, en aan een afwijkende localisatie van het natuurlijke bos (b.v. niet noodzakelijk beperkt tot het binnenduin). Het is daarentegen niet onwaarschijnlijk dat door directe of indirecte menselijke beïnvloeding van de sturende ecologische factoren in de duinen, het onbeheerde, toekomstige duinecosysteem (= een versnipperde, verdroogde, aangerijkte en vastgelegde situatie, gekoppeld aan een onnatuurlijk hoge beschikbaarheid van diasporen en een afwezigheid van grote herbivoren) zal gekenmerkt worden door een veel sterkere verbossingstendens dan van nature mogelijk zou zijn.

De term "natuurlijk duinbos", in de zin van een zonder enige tussenkomst van de mens ontwikkelde bosvegetatie, is aan de Vlaamse kust nauwelijks van toepassing. Wel komen sinds enige tientallen jaren min of meer spontane bosvormingsprocessen op gang en zijn in het verleden op een aantal plaatsen aan de kust klein- of grootschalige bebossingsprojecten gebeurd, waarin zich eventueel spontane, in de richting van een meer natuurlijke situatie evoluerende verbossingsprocessen hebben voorgedaan. Bij beide fenomenen kunnen hierbij, zowel in boom- struik- als kruidlaag, al dan niet "streekeigen", inheemse soorten als exoten op de voorgrond treden.

Min of meer natuurlijke (in elk geval natuurlijk ontstane bossen waren o.a. aanwezig op de Oude Duinen van Adinkerke/Ghyvelde en de Oude Duinen van De Panne. Tot de Late Middeleeuwen was zeker ook een, hoogstwaarschijnlijk geplant, bosperceel aanwezig op de terreinen van de Duinenabdij (duinen uit de 1ste loopduinfase van Jonge Duinen). De oudste actuele duinbossen gaan vermoedelijk terug op aanplant uit de 18de eeuw. Op de Ferrariskaart (ca. 1777) staan o.a. lintvormige aanplantingen langs de binnenduinrand van het huidige Westhoekreservaat en een grote aanplant in de Oude Hazegraspolder (waarvan op heden nog maar enkele kleinere hakhoutbosjes overblijven). De aanwezigheid van een "bos" op de duintong naar Nieuwpoort (de "Voorduinen") (Van Elegem 1996) berust vermoedelijk op een foute kaartinterpretatie. Recentere aanplantingen van enige omvang zijn het Calmeynbos te De Panne, het Hannecartbos te Oostduinkerke, de bossen ten westen van De Haan en tussen De Haan en Wenduine, het Willemspark te Heist, het Park 58 te Duinbergen, het Konings- of Blinkaartbos en delen van de Zwinbosjes (na de Tweede Wereldoorlog) te Knokke (zie ook hoofdstuk 6 : bewonings- en landschapsgeschiedenis). Hierbij werd deels gebruik gemaakt van inheemse, zij het voorheen veelal in de duinen ontbrekende soorten als Zomereik (*Quercus robur*), Beuk (*Fagus sylvestris*), Zwarte els (*Alnus glutinosa*), Gewone es (*Fraxinus excelsior*), Eenstijlige meidoorn (*Crataegus monogyna*), Ratelpopulier (*Populus tremula*), Gladde iep (*Ulmus minor*), ... Plantgoed van "inheemse" soorten, maar afkomstig van standplaatsen in het binnenland of zelfs het buitenland bracht/brengt daarbij zeker vreemd genetisch materiaal in het gebied binnen. Net zoals ook elders in het land het geval is, hoeft het bij dergelijke beplantingen verder niet te verwonderen dat vooral ook veel exotische soorten werden aangeplant. Bij de naaldbomen betreft het vooral Oostenrijkse en Corsicaanse den (*Pinus nigra* ssp. *nigra* en ssp. *maritima*), Grove den (*Pinus sylvestris*), Zeeden (*Pinus pinaster*) en in mindere mate Fijnspar (*Picea abies*), Europese lork (*Larix decidua*), Douglasspar (*Pseudotsuga menziessi*) en Sitkaspar (*Picea sitchensis*). Bij de loofbomen zijn er vooral de vele soorten en gekweekte variëteiten van Populieren (*Populus candicans, P. x canadensis*), Witte (*Populus alba*) en Grauwe abeel (*P. canescens*), Gewone (*Acer pseudoplatanus*) en Noordse esdoorn (*A. platanoides*), Schietwilg (*Salix alba*), Amerikaanse eik (*Quercus rubra*), Grauwe els (*Alnus incana*), ... Lokaal (IWVA-duinen De Panne en Adinkerke; Bos & Groen-duinen De Haan/Wenduine; AWZ-duinen Middelkerke, ...) gaat deze beplanting van open duingebied met exotische boomsoorten overigens nog steeds door. Uit al deze aanplanten is voor een deel spontane vestiging voortgekomen. Zo kan op dit ogenblik op vele daartoe geschikte plaatsen in de omgeving van moederbomen massaal opslag van de Gewone esdoorn vastgesteld worden. In de toekomst zouden ook Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*) en Valse acacia (*Robinia pseudacacia*) een agressief kolonisatiegedrag kunnen vertonen. Andere soorten (Grauwe en Witte abeel, Hemelboom - *Ailanthus altissimus*) kunnen vooral vegetatief sterk woekeren. Sommige aanplanten, zoals bijvoorbeeld te De Haan, worden bovendien bosbouwkundig beheerd, d.i. met blijvende directe menselijke impact op samenstelling en structuur van het bos. Van Bemmel (1992) stelde een, niet helemaal adequaat, overzicht op van de bossen in de Nederlandse en Vlaamse kustduinen. Voor Nederland (Van der Werf 1991) werd ook een typologie van de Potentieel Natuurlijke Bossen (PNB's) voor de duinen en de kust opgesteld. Voor de met de Vlaamse situatie vergelijkbare Nederlandse kustgebieden werden drie landschappelijke type-transecten ontwikkeld met de bijbehorende positie en typologie van de potentiële bosgemeenschappen.

Een aantal bosboomsoorten kunnen een rijke epifytenflora dragen, m.n. Gladde iep (voor zover nog als boom aanwezig), Gewone es, Canadapopulier, in oudere toestand ook Grauwe abeel en Gewone esdoorn. Een aparte plaats wordt ook ingenomen door de meer zuurminnende epifytenflora op Zwarte en grauwe els in het Hannecartbos. Belangrijke soorten zijn o.a. *Usnea subfloridana, U. filipendula, Ramalina farinacea, R. fastigiata, Parmelia revoluta, P. coniocarpa*, ... De spontane bossen zijn hiervoor echter in regel nog te jong en zullen eerder een

neutrofiele epifytenflora herbergen. Een zelfde rijkdom betreft de paddestoelenflora. Ook ten opzichte van binnenlandse bossen herbergen de duinbossen, o.a. vanwege de boomsoorten en structuurdiversiteit en de veelal toch vrij kalkrijke bodem, een aantal belangwekkende soorten.

De min of meer recente bosontwikkeling in de Vlaamse duinen heeft vooral tot een sterke uitbreiding van het aantal broedvogels geleid en de huidige kustbossen zijn avifaunistisch reeds grotendeels vergelijkbaar met vele binnenlandse landschappen. Bijzondere soorten zijn o.a. Draaihals (*Jynx torquilla*), Wielewaal (*Oriolus oriolus*), Kleine barmsijs (*Carduelis flammea cabaret*), Europese kanarie (*Serinus serinus*), Roodmus (*Carpodacus erythrinus*) en Goudvink (*Pyrrhula pyrrhula*). Een belangrijk aantal nieuwe broedvogels profiteren vooral van de toegenomen beschikbaarheid van specifieke nestgelegenheid (o.a. opgaande of aftakelende bomen), maar foerageren ook of vooral in het gevarieerde landschap buiten het bos, o.a. Groene specht (*Picus viridis*), Boomvalk (*Falco subbuteo*), Sperwer (*Accipiter nisus*), Blauwe reiger (*Ardea cinerea*), ...

Binnen de houtige bestanden die aan de kust worden aangetroffen kunnen, min of meer arbitrair, een drietal ontwikkelingstypes onderscheiden worden: spontaan gevormde bossen, dikwijls nog in het stadium van struweelbos en zowel op basis van inheemse bomen als van exoten (7.4.4.6.1); bosaanplant met spontane verjonging en een meer gevarieerde structuur en op zijn minst een elementaire "bosflora" (7.4.4.6.2.); en artificiële bosaanplant, met eenvormige leeftijdsopbouw en structuur en zonder specifieke bosflora (7.4.6.4.). Deze laatste groep, die kan ontwikkelen tot de tweede, wordt voorlopig behandeld onder de "Sterk antropogeen beïnvloede habitats" (7.4.6.). In de toekomst zal het vermoedelijk beter mogelijk worden de boshabitats van de duinen meer op vegetatiekundige grondslag te beschrijven.

7.4.4.6.1. Spontaan gevormde bossen

Spontane bosvorming kreeg in de Jonge Duinen slechts een kans sinds de beweiding in de duinen is weggevallen, d.i. in de praktijk steeds na de Tweede Wereldoorlog en in vele gebieden zelfs pas gedurende de laatste tientallen jaren. Alle spontane "bossen" zijn dus (zeer) jong, met nog weinig eigen boskarakter (bodem, microklimaat, flora, fauna) en een nog zeer onduidelijke typologie. Dikwijls bestaat een dergelijke spontane boskern uit niet meer dan enkele bomen of uit een halfopen bomengroep, volkomen verweven met vegetatie-elementen uit een eerder successiestadium. Waar dit voorgaande ontwikkelingsstadium een opgaand struweel was of waar de bosvorming parallel liep met struikopslag kan men hierbij spreken van een "struweelbos", ook omdat de boomhoogte in het pionierstadium zelden de 8 m overschrijdt.

Een viertal ontwikkelingswijzen, gebaseerd op het verbreidingsmechanisme van de sleutelboomsoorten, kunnen in de Vlaamse duinen worden onderscheiden:

- soorten met lange-afstands-windverbreiding (Ruwe en Zachte berk - *Betula pendula* & *B. pubescens*, Ratelpopulier en Grauwe abeel - *Populus tremula* & *P. canescens*, Schietwilg - *Salix alba* en andere wilgensoorten, ...) vestigen zich uit zaad voornamelijk in vers uitgestoven of jonge, vochtige pannen, dikwijls zelfs reeds in het allervroegste stadium (samen met de pionierstruweelsoorten) met nog zeer open minerale bodem. De site verkrijgt hierbij reeds een (struweel)bos-aspect na een relatief korte struweelfase (Leverkruid/duindoorn-stadium, cfr. o.m. Ter Yde en Plaatsduinen). Vestiging kan op grote afstand van moederbomen optreden, maar is desondanks toch vooral van belang in de omgeving van de binnenduinrand of bewoning. Daarnaast vestigen berken zich in de meer verzuurde en/of gestabiliseerde

duingebieden soms ook wel in droge niet-pioniersituaties (ws. in kleine openingen in de vegetatie met een minerale bodem, b.v. konijnekrabplaatsen);
- soorten met zwaardere zaden en een hoofdzakelijk korte-afstand-windverbreiding (Gewone es, Gewone esdoorn, Gladde iep, ...) vormen meestal zeer ijle tot dichte haarden in de omgeving van de moederbomen en treden zelden geïsoleerd ver van de bronboom of -populatie op. Hierbij wordt in de kalkrijke duinen in regel weinig onderscheid gemaakt tussen valleien, duinhellingen of duintoppen, wel tussen de aanwezige habitattypen (extreme bodemkundige en microklimatologische plekken en te dichte vegetatie worden in wisselende mate vermeden; Gewone esdoorn is hierbij het minst standplaatsspecifiek);
- door dieren (vnl. vogels) verbreide soorten (Zomereik, Zoete kers (*Prunus avium*), Gewone vogelkers (*Prunus padus*), Wilde lijsterbes (*Sorbus aucuparia*), Hulst (*Ilex aquifolium*), Eenstijlige meidoorn en vrijwel alle andere heesters) vestigen zich veelal zeer verspreid en geïsoleerd in het duingebied. Wel is er in elk geval bij de meest algemene soorten (Zomereik, Eenstijlige meidoorn) een relatie met de ouderdom van de betreffende site. Bepaalde ecologische relaties (voorkeur voor weinig geëxposeerde grazige hellingen bij Zomereik b.v.) kunnen echter ook vooral door de voorkeuren van het transporterende organisme (bij Zomereik b.v. vooral Vlaamse gaaien) worden bepaald;
- soorten met vnl. vegetatieve verbreiding (wortelopslag) (Ratelpopulier, Grauwe abeel, Ontariopopulier, Gladde iep, ...) kunnen vanuit spontaan gevestigde of aangeplante individuen op relatief korte tijd tot dominantie komen over grotere oppervlakten. Hierbij kunnen individuele clonen het volledige gamma van omgevende duinhabitats overgroeien, van licht stuivende helmduinen tot en met dichte struwelen, of van 's winters overstroomde pannen tot geëxposeerde droge mosduinen.

Soms reeds vanaf een vroeg stadium, maar in regel vanaf een "tweede-generatie"-bosstadium kunnen meerdere bosvormingswijzen naast en door elkaar optreden (generatieve opslag van b.v. Gewone esdoorn in openvallend Ratelpopulierenbos of met vegetatieve opslag van b.v. Gauwe abeel dichtgroeien van verspreide Zomereiken-opslag). Spontane bosvorming treedt zeker ook niet steeds op als "logisch" eindstadium in een successiereeks à la "stuifduin-mosduin-duingrasland-dwergstruweel-opgaand struweel-bos". Vestiging van boomsoorten kan, met name in vochtige pannen, reeds vanaf het Fioringras/zomprus-stadium (7.4.4.2.1.) optreden en ook elders kan een zeer laaggestructureerd ("vroeg", maar niet noodzakelijk "jong") vegetatie-ontwikkelingsstadium direct worden opgevolgd door pionierbos. In dergelijke situaties verloopt de ontwikkeling van diverse vegetatietypes eerder parallel dan successief. De aard, plaats, schaal en duurzaamheid van de spontane bosvorming wordt daarnaast in overheersende mate bepaald door de optredende/beschikbare boomsoort. Alhoewel grootschalige bosvorming sterk homogeniserend kan werken, kan de interne diversiteit binnen deze bossen vrij groot zijn en nog vrij lang een afspiegeling vormen van de diversiteit van het uitgangsmilieu.

De spontane duinbossen zijn dikwijls nog zeer rijk aan struweel- en zoomsoorten, deels als relict uit het voorgaande stadium, deels door hun blijvende licht- en structuurrijkdom. Bepaalde struweelsoorten, o.a. Eenstijlige meidoorn, maar b.v. ook Rode Kamperfoelie en Wollige sneeuwbal, lijken te profiteren van de relatieve beschutting van het struweelbos. Door de lichtrijkdom kan de bodemflora, vooral in degradatiefasen, daarentegen echter evolueren naar een grazige vegetatie met Duinriet of Zandzegge. Deze soorten kunnen waarschijnlijk als een gesloten grasruigte na het afsterven van bomen en struiken volledig de plaats van de bosvegetatie innemen (zie o.a. ook 7.4.4.5.3.). Soms (Doornpanne) sterft het struweel, in dit geval opgaand struweel van Duindoorn en Gewone vlier, reeds eerder af dan de halfopen boomlaag, waardoor tijdelijk een vrij hol, open en grazig parkbos kan ontstaan.

De spontane bossen in de duinen hebben voorlopig nog maar weinig typische boselementen in de ondergroei. De voornaamste, zij het ook deze gemeenschappelijk met sommige oudere struwelen, zijn varens (Mannetjesvaren - *Dryopteris filix-mas*, Brede en Smalle stekelvaren - *Dryopteris dilatata* & *D. carthusiana* en, zelden, Geschubde niervaren - *Dryopteris affinis*, Eikvaren - *Polypodium vulgare* en Tongvaren - *Asplenium scolopendrium*), bosheesters (Aalbes, Zwarte bes - *R. nigrum* en Kruisbes - *R. uva-crispa*) en nitrofiele zoomsoorten (Look-zonder-look - *Alliaria petiolata*, Stinkende gouwe - *Chelidonium majus*, ...). De laatste tijd vestigen zich ook Valse salie en Rankende helmbloem op diverse plaatsen aan de kust, eveneens zowel in (aftakelende) struwelen als in spontaan struweelbos. Uit de vermelde soorten zou een zekere verzuringstendens kunnen worden afgeleid. Vermoedelijk kunnen de verdere ontwikkelingen, afhankelijk van een veelal "toevallige" factor als de koloniserende boomsoort(en) en van de plaats in het landschap, leiden in drie hoofdrichtingen: (periodieke) degradatie met behoud van hooguit een semi-permanent pionierbos of een "boomsavanne"-situatie, ontwikkeling van een rijk mull-humus-bos, vnl. in geaccidenteerde kalkrijke, lokaal nog wat mobiele duinen en humusrijke oude valleien (7.4.4.6.2.); en ontwikkeling van een zuurminnend ruwe-humus-bostype op vlakke en/of ontkalkte plaatsen of op plaatsen waar een dominante boomsoort (Zomereik b.v.) oppervlakkige verzuring in de hand werkt (7.4.4.6.2.). De verdere ontwikkelling in periodiek met kalkrijk water geïnundeerde valleien is hierbij nog helemaal onduidelijk.

Al deze struweelbossen vallen onder het Nederlandse concept van het Duin-Berkenbos, met een droge en vochtige sub-associatie. Hoewel de spontane bosvorming in de Vlaamse kalkrijke duinen minstens even divers lijkt als de klassiek beschreven verbossingsprocessen in de Nederlandse, is zij tot op heden nauwelijks beschreven. Voorlopig blijft alle onderscheid, zowel binnen de spontane bossen als t.o.v. de (spontaan verjongende) aanplanten, echter speculatief.

Spontane struweelbossen komen o.a. voor in de Doornpanne (waarschijnlijk het oudste spontane berkenbos en schietwilgenbos van de kust, momenteel verdroogd en deels in een afbraakfase), Westhoek (o.a. grote oppervlakten droog en vochtig struweelbos met Ratelpopulier), Plaatsduinen (vochtig struweelbos met berken en Schietwilg, zie ook 7.4.4.5.6.), Groenpleinduinen (gemengd struweelbos met berken, Lijsterbes, ...), ...

Syntaxonomie

Julve (1993)

bomen

struiken

Salicion arenariae (Ligustro vulgaris-Hippophaetum rhamnoides ssp. rhamnoides, Salici arenariae-Hippophaetum rhamnoides ssp. Rhamnoides)

hemicryptofyten en chamefyten

Alliarion petiolatae (Epilobio montani-Geranietum robertiani, Alliario petiolatae-Chaerophylletum temuli, ...)

Convolvulo arvensis-Elytrigion repentis (Rubo caesii-Calamagrostietum epigeii)

Calystegion sepium (Symphyto officinalis-Rubetum caesii)

Van der Werff (1991)

Ulmenion carpinifoliae (Crataego-Betuletum subass. *typicum* & subass. *menthetosum)*

...

therofyten
Drabo muralis-Cardaminion hirsutae
(Claytonio perfoliatae-Anthriscetum caucalidis)
mossen
...
...

CORINE
16.29 Wooded dunes
41.523 Dutch dune oak woods
41.B16 Dune birch woods
41.F11 Sweet violets elm woods

7.4.4.6.2. Spontaan verjongende bosaanplanten

In oude bosaanplantingen met spontane verjonging kunnen arbitrair een aantal types onderscheiden worden :

a) Vrij oude (>50 jaar) bossen op vrij diep-humeuze, vochtige/vochthoudende, kalkrijke mullbodems. Dit type werd dikwijls aangelegd op voormalige akkers, maar is ook aan te treffen in duinvalleien of op hellingen van ongenivelleerde duingebieden. Dikwijls zijn het relatief gemengde bossen met Iep (*Ulmus minor*, momenteel vrijwel uitsluitend nog in het onderhout), Gewone esdoorn, Gewone es, Zomereik, Witte en Grauwe abeel, Zwarte els, ... In de jongste stadia bestaat de ondergroei soms nog uitsluitend uit banale nitrofyten als Grote brandnetel, Hondsdraf, Kleefkruid en Ruw beemdgras (*Poa trivialis*). Dikwijls vertonen ze in hun ondergroei echter een beginnende ontwikkeling naar een specifieke "olmenbos"-flora, met o.a. Maarts viooltje (*Viola odorata*), Gewone vogelmelk (*Ornithogalum umbellatum*), Spaanse hyacint (*Hyacinthoides hispanica* + hybriden), Sneeuwklokje (*Galanthus nivalis*), Klimop (*Hedera helix*), Speenkruid (*Ranunculus ficaria*), Geel nagelkruid (*Geum urbanum*), Robertskruid (*Geranium robertianum*), Witte winterpostelein, Look-zonder-look, Klimopereprijs (*Veronica hederifolia*), Stinkende gouwe (*Chelidonium majus*), Witte dovenetel (*Lamium album*), Dauwbraam, Heggerank, Drienerfmuur (*Moehringia trinervia*), Kraailook (*Allium vineale*), Dagkoekoeksbloem (*Melandrium dioicum*), Fluitekruid (*Anthriscus sylvestris*), ..., soms een aantal vochtindicatoren (Watermunt, Grote wederik, Grote kattestaart, Gewone addertong, ...) en, zeldzaam tot sporadisch en nog zelden samen, Bosbingelkruid (*Mercurialis perennis*), Italiaanse aronskelk (*Arum italicum*), Bosgierstgras (*Milium effusum*), Schaduwgras (*Poa nemoralis*), Wilde narcis (*Narcissus pseudonarcissus* ssp. *pseudonarcissus*), Gewone salomonszegel (*Polygonatum multiflorum*), Wilde hyacint (*Hyacinthoides non-scripta*), Sterhyacint (*Scilla bifolia*), Lelietje-van-dalen (*Convallaria majalis*), Groot glaskruid (*Parietaria officinalis*), Groene ossetong, Herfsttijloos (*Colchicum autumnalis*), Muursla (*Mycelis muralis*), Boskortsteel (*Brachypodium sylvaticum*), Bonte gele dovenetel (*Lamium galeobdolon* ssp. *argentatum*), ... De ongenivelleerde oudere bosaanplanten kunnen, net als de spontane bossen, daarnaast nog een aantal relicten van duingraslanden e.d. , van de oorspronkelijke struweelflora of een aantal nieuwgevestigde struiksoorten bevatten (Duinroos, Een- en Tweestijlige meidoorn, Rode kornoelje, Viltroos, Wollige sneeuwbal, Wilde kardinaalsmuts, ...). Op voormalig akkerland aangelegde aanplanten

bevatten, met de mogelijke uitzondering van o.a. Heggerank (*Bryonia dioica*), meestal weinig specifieke duinelementen.

Minstens een aantal van de bovenvermelde soorten zijn verwilderd of als adventiefplant in de duinbossen terechtgekomen. Hoewel dergelijke bossen op zijn minst een cultuurlijk verleden hebben en dus ook heel wat niet-inheemse soorten ("stinzesoorten") herbergen, is er in de Belgische duinen geen specifieke band met parken of landgoederen.

De beter ontwikkelde bossen van deze groep, met kalkrijke mull-humus-bodem, vertonen affiniteiten met het uit het Nederlandse duingebied beschreven Abelen-Kurkiepenbos (Weevers 1940, Doing 1962). De op oude akkers aangelegde bossen verschillen dikwijls echter slechts in de onderlinge verhoudingen van de kruidlaagsoorten van de klassieke polderbossen (Essen-Olmenbos, zie 7.4.5.6.). O.a. het Kerkepannebosje, delen van het Calmeynbos, enkele bosjes in het Westhoekreservaat (alle te De Panne), een stukje van het bos in de Cabourduinen (Adinkerke) en delen van de staatsbossen van Wenduine/De Haan behoren hiertoe. Het Koningsbos te Knokke, delen van het Calmeynbos en de staatsbossen van Wenduine/De Haan werden aangeplant op een ongenivelleerd duinlandschap en zijn meer gradiëntrijk en gevarieerd. Lokaal behoren zij tot dit type, elders tot het volgende, waarbij het maar de vraag is of de huidige scheidslijnen ook in de toekomst herkenbaar zullen blijven. Tenslotte behoren ook de lager gelegen delen van de binnenduinrand-houtkant (met ooit o.a. Vliegenorchis - *Ophrys insectifera* en cf. Bosorchis - *Dactylorhiza cf. fuchsii*) tot dit type.

b) In oudere bosdelen op drogere, nog altijd kalkrijke plaatsen en meestal niet-genivelleerde en reliëfrijke, humusarme(re) bodems, wordt de ondergroei in het vroege voorjaar gedomineerd door annuellen: de neofyt Witte winterpostelein, naast Fijne kervel, Bleke vogelmuur, ... Dergelijke bosdelen zijn dikwijls (zeer) arm aan (bos)soorten, met een bijna kale bodem na het voorjaar. Eventueel staan er naast de verspreide banale nitrofyten, nog wat Veldhondstong, Heggerank, Dauwbraam, e.d. Soms zijn er ook nog relicten van de vroegere vegetatie aanwezig, zoals mosduinelementen, Duinroos, Wilde liguster, ...). Het maakt hen verwant aan sommige jonge spontane duinbossen. In dergelijke droge bosdelen kan vooral Gewone esdoorn massaal uit zaad verjongen, soms ook Gewone es e.d., vermengd met wortelopslag van Gladde iep, Grauwe en Witte abeel enz.

c) Een aparte vermelding verdienen de met kalkrijk zand instuivende of recent gestabiliseerde bossen met zeer weinig humeuze bodem, die worden gevormd door spontane wortelopslag van abelen- en Ontariopopulieren (zie ook 7.4.4.1.). Zij kunnen variëren van eensoortige bestanden met volledig vegetatieloze bodem in zeer dynamische duinen tot open en lichtrijke, soortenrijke bossen met diverse populieren en abelensoorten en thermofiele struweel-, zoom- en mosduinsoorten in de ondergroei. In dit laatste geval is b.v. het jonge bosje op de grens van het Westhoekreservaat bij de Groene Biezenlaan, met o.a. Rode kamperfoelie, Wollige sneeuwbal, Wilde kardinaalsmuts, Brede (duin)wespenorchis, Kleine ruit, ...

d) Voormalige hakhoutbestanden van Zwarte els op verdroogde en waarschijnlijk verzurende bodem (Houtsaegerduinen, Calmeynbos, ...) worden dikwijls gedomineerd door varens (Mannetjesvaren, Brede stekelvaren, ...). Daarnaast komen nog diverse andere verzurende bossituaties met ruwe humus voor. Vooral de naaldhoutbeplantingen vallen hier onder. Een belangrijke verjonger is ook hier Gewone esdoorn, maar ook andere soorten (Zomereik, Wilde lijsterbes, ...). De mooiste voorbeelden zijn te vinden in Knokke (Zwinbosjes, Blinkaertbos) en tussen Wenduine en De Haan. Hierin worden o.a. Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*),

Lelietje-van-dalen (*Convallaria majalis*), Hulst (*Ilex aquifolium*) en Wilde kamperfoelie (*Lonicera periclymenum*) aangetroffen. Ook Adelaarsvaren (*Pteridium aquilinum*) is op één plaats reeds aanwezig (rand van een dennenaanplant op de duinen van de Oude Hazegraspolder te Knokke). Over het algemeen ontbreken aan de kust echter veel soorten uit de binnenlandse zure bossen. De drogere varianten zullen wellicht naar een of ander zuur Eikenbos (Duineikenbos) evolueren, de vochtiger mogelijk naar een Elzen-Eikenbos.

e) Voor aanplantingen op natte grond werd praktisch altijd Zwarte en Witte els (*Alnus glutinosa* en *A. incana*) gebruikt. Hieruit kan zich een nitrofiel pseudo-elzenbroekbos ontwikkelen, met eventueel een evolutie naar een echt mesotroof en periodiek overstroomd Elzenbroek, maar meer waarschijnlijk naar een wat zuurder en droger Elzen-Eikenbos met o.a. veel varens (Brede en Smalle stekelvaren, Wijfjesvaren - *Athyrium filix-femina*) en bijmenging van Zomereik, Gewone esdoorn, enz. Natuurlijke, generatieve verjonging van Zwarte els treedt voornamelijk op bij aanplantingen op venige, humeuze bodems (bvb. Hannecartbos) en/of buiten het bos (natte graslanden). Plaatselijk werden ook Schietwilg of Grauwe abeel (die in natte situaties echter snel ontworteld wordt) aangeplant. In een vochtige Schietwilg-aanplant van de Zwinbosjes werd o.a. Azorische addertong (*Ophioglossum azoricum*) gevonden.

Over de verdere ontwikkelingen van deze geëvolueerde bosaanplanten kan slechts gespeculeerd worden. Vermoedelijk zullen een deel van deze bossen, o.a. vanwege de aard van de aangeplante boomsoorten en de antropogeen aangerijkte bodem, langer hun mull-humuskarakter behouden dan bij veel spontane bossen het geval zal zijn. Andere delen (duinruggen, met Zomereik of dennen ingeplante duinen, ...) zullen eerder naar een zuurminnend (eiken-)bos evolueren. De toekomst van een deels zeer nat bos als het Hannecartbos is zeer afhankelijk van de evolutie van de lokale hydrologische toestand. Mogelijk kan zich hier een matig zuur, vochtig gemengd bos ontwikkelen met o.a. Zomereik, Zwarte els, Gewone esdoorn en veel varens (Koop et al. 1992). De kans op regressie is bij dit habitattype geringer: lokaal kunnen vochtige elzenaanplanten regresseren naar een ruig "struweel" met Gewone vlier en bramen (7.4.4.5.4.) en ook verjongende aanplanten met b.v. Ontariopopulier kunnen, indien geen kolonisatie met een boomsoort van rijpere bossen (b.v. Gewone esdoorn) plaatsgrijpt, regresseren tot b.v. een ruderaal mosduin.

Goed ontwikkelde voormalige bosaanplanten met spontane verjonging, een gelaagde structuur en een grote abiotische en biotische variatie zijn o.a. te vinden in het Koningsbos te Knokke en het Calmeynbos (vnl. het IWVA-deel) te De Panne. Ook delen van de Staatsbossen van De Haan/Wenduine vallen onder deze noemer. Kleinere en/of minder gevarieerde kernen zijn o.a. het Kerkepannebosje op de grens van De Panne en Koksijde, het parkbos van het domein Houtsaegher, oude aanplanten in de Cabourduinen en de Oude Hazegraspolder, het Hannecartbos en de lokaal aanwezige boszoom op de binnenduinrand (Westhoekduinen, Oosthoekduinen, omgeving Militair vliegveld Koksijde, ...).

Syntaxonomie

Julve (1993)	**Van der Werff (1991)**
bomen *(div., o.a. Robinio pseudoacaciae-Ulmion minoris, Fraxino excelsioris-Alnion glutinosae)*	*Ulmenion carpinifoliae (Crataego-Betuletum, Violo odoratae-Ulmetum + Fraxino-Ulmetum)*
struiken	*Quercion robori-petraeae (Convallario-*

Salicion arenariae (Ligustro vulgaris-Hippophaetum rhamnoides ssp. rhamnoides)
Sambuco nigrae-Salicion capreae (Ulmo minoris-Sambucetum nigrae)
hemicryptofyten
Aegopodion podagrariae (Urtico dioicae-Aegopodietum podagrariae, Anthriscetum sylvestris)
Alliarion petiolatae (Epilobio montani-Geranietum robertiani, Alliario petiolatae-Chaerophylletum temuli, ...)
Ranunculion ficariae (fragm.)
therofyten
Drabo muralis-Cardaminion hirsutae (Claytonio perfoliatae-Anthriscetum caucalidis)
...

Quercetum, Lysimachio-Quercetum)

Alnion glutinosae (*Carici elongatae-Alnetum*)

CORINE
16.29 Wooded dunes
41.523 Dutch dune oak woods
41.B16 Dune birch woods
41.F11 Sweet violets elm woods

7.4.5. De polder

De polder onderscheidt zich van het duingebied in principe vooral door het substraat dat enkel marien, in de omgeving van de riviermondingen eventueel ook fluviatiel, werd afgezet. De variatie in textuur en stratificatie in deze afzettingen is dan ook veel groter dan in de duinen: van zware klei tot matig grof zand. Verder vertonen de polders weliswaar een oceanisch, sterk getemperd klim aat, waarbij de algemene dynamiek (met name eolisch) veel minder sterk varieert dan in de duinen, juist door de afschermende functie van deze duinen (en onderhand ook de kustbebouwing). De nutriëntenrijkdom is in regel ook veel groter dan in de duinen, maar kan variëren, evenals de kalkrijkdom. Door de veelal eeuwenlange landbouwcultuur zijn de trofiegraad en de profielontwikkeling van veel bodems echter sterk veranderd. Het grootste deel van de polder in het studiegebied betreft voormalige schorren, lokaal ook restanten van getijdegeulen (Dievegatkreek) en een klein deel van een laaggelegen gebied met wadafzettingen (de Moeren). De grondwaterpeilen vertonen relatief minder variatie, mede vanwege de geringe reliëfverschillen, maar ook door de regulerende maatregelen die getroffen worden ten behoeve van de landbouw. Het grondwater heeft in regel een goede kwaliteit, maar is relatief eutroof. Dit laatste is zeker het geval voor de niet geïsoleerde oppervlaktewaters. Het zoutgehalte van het grond- en opervlaktewater varieert sterk (zoet tot mesohalien).

7.4.5.1. Brakwatermilieu

Brakke milieu's zijn in Vlaanderen beperkt tot de kustvlakte, het Oostvlaamse krekengebied (thans zwak brak tot zoet) en het meest noordelijke deel van de Zeeschelde stroomopwaarts Antwerpen, met enkele gebieden in de langs de linkeroever gelegen Scheldepolders. Het is landelijk gezien een zeldzaam milieutype en blijft ook aan de kust beperkt tot enkele grotere en kleinere, vaak geïsoleerde lokaties in de polders (waar het tengevolge van overmatige drainage en de hierdoor optredende zilte kwel, o.a. tussen de binnenduinrand van Adinkerke en de Moeren, frequenter optreedt) en in de Zwinstreek. Binnen het studiegebied zijn alleen enkele grachten en bomputjes in het Zwin en enkele geul- en kreekrestanten van de vroegere Zwingeul van belang. De belangrijkste parameters van dit milieu zijn het zoutgehalte en de sterke schommelingen, afhankelijk van temperatuur en neerslag, die dit zoutgehalte vertoont. Organismen die hier leven moeten deze zware fysiologische stress aankunnen.

De enige geulrestant van belang is het Dievegat in de Willem-Leopoldpolder, samen met zijn uitlopers ("Nieuwe Watergang" op de topografische kaart). Het Dievegat vormt het enige open brakke water. Het is grondig bestudeerd door de sectie Mariene Biologie (Lab. Dierkunde) van de Universiteit Gent (o.a. Heip 1973, Jacobs et al. 1993).

Waterplantenvegetaties zijn niet aanwezig, hoewel de meeste stilstaande open wateren omzoomd zijn door een rietkraag. Het gebied herbergt een aantal typische vertegenwoordigers van de brakwaterfauna, waarvan sommige zeer zeldzaam zijn in ons land (Dumoulin 1990, Heip 1973, Rappé 1989), zoals het holtedier *Protohydra leuckarti*, het mosdiertje *Bowerbankia gracilis*, de Brakwaterkokkel (*Cerastoderma glaucum*), Opgezwollen drijfhorentje (*Hydrobia stagnorum*), Brakwatersteurgarnaal (*Palaemonetes varians*), de Zeeuwse pissebed *Idotea chelipes*, Brakwatergrondel (*Pomatoschistus microps*),... . De meest uitgebreide faunistische soortenlijst (Heip 1973) vermeldt 7 soorten Trilhaardiertjes (*Ciliata*), 2 soorten Hydropoliepen (*Hydrozoa*), 8

soorten Platwormen (*Turbellaria*), 1 soort Mosdiertje (*Ectoprocta*), 4 soorten Raderdiertjes (*Rotatoria*), 9 soorten Aaltjes (*Nematoda*), 4 soorten Borstelarme wormen (*Oligochaeta*), 2 soorten Borstelwormen (*Polychaeta*), 2 soorten Weekdieren (*Mollusca*), 4 soorten Mosselkreeftjes (*Ostracoda*), 11 soorten Roeipootkreeftjes (*Copepoda*), 6 soorten Kreeftachtigen (*Malacostraca*), 3 soorten Beenvissen (*Osteichtyes*) en een brakwatermug (*Diptera*). Ondanks deze lijst is de brakwaterfauna van ons land verre van goed gekend. Bosmans (1994) noemt als halofiele soorten bij waterwantsen *Sigara stagnalis* (relatief verspreid in de polders) en *Sigara selecta* (slechts gekend van enkele vindplaatsen) en bij de waterkevers *Gyrinus caspius* en *Agabus conspersus*. Van een aantal soorten is het Dievegat de typelokaliteit, zoals bvb. de nematode *Diplolaimella dievengatensis* (Jacobs et al. 1993).

Een aantal interessante brakwaterhabitats aan onze kust zijn in de loop van deze eeuw verdwenen of zijn sterk in kwaliteit achteruitgegaan : o.a. plassen en grachtjes langs de rechteroever van de IJzer ter hoogte van Nieuwpoort (met o.a. *Ruppia cirrhosa* en *Ruppia maritima* tot in 1958), de gracht achter de zeedijk van Oostende Halve Maan, een tijdelijke, buitendijkse, van de zee afgesnoerde plas omgeven door opgespoten terrein binnen de "Nieuwe Muur" van Zeebrugge, een gegraven plas nabij het kerkhof van Zeebrugge (met o.a. het mosdiertje Palingbrood (*Electra crustulenta*)) Mogelijk kwamen tot voor de Tweede Wereldoorlog verspreid in het studiegebied ook brakwater-kranswierhabitats voor (cf. vroegere aanwezigheid van *Chara hispida* var. *baltica* en misschien ook *Chara canescens*, Compère 1992). Ook de vroegere (en wellicht ook nog huidige) aanwezigheid van vegetaties van zwak brak water, met Gesteelde zannichellia (*Zanichellia palustris* ssp. *pedicellata*), Zilte warterranonkel (*Ranunculus baudotii*), ... is niet onmogelijk.

Het feit dat al de bovenvermelde gebieden verloren zijn gegaan, vnl. door havenuitbreiding (jachthaven Nieuwpoort, Zeemachtbasis en Achterhaven Zeebrugge), illustreert nog eens de enorme planologische druk op het kustgebied en onderstreept het grote belang van de nog bestaande brakwaterhabitats.

Syntaxonomie

Julve (1993)

Charion canescentis (*Charetum canescentis*)
Ruppion maritimae (*Ranunculetum peltati* ssp. *baudotii*, *Ruppietum maritimae*)

Schaminée, Weeda & Westhoff (1995)

Charion canescentis (*Charetum canescentis*)
Zannichellion pedicellatae (*Ranunculetum baudotii*, *Ceratophylletum submersi*)
Ruppion maritimae (*Ruppietum maritimae*, *Ruppietum cirrhosae*)

CORINE

23.1 Niet door hogere planten begroeide brakke en zoute wateren
23.211 Ruppiagemeenschappen

7.4.5.2. Zoetwatermilieu's en droogvallende oevers

In het aan het duingebied grenzende polderlandschap bestaan de zoetwater- en oevergemeenschappen voornamelijk uit twee, in oorsprong antropogene, habitats : sloten en veedrinkputten. Sloten werden vooral aangelegd voor de drainering van het laaggelegen polderlandschap; in die zin vervullen ze vanuit landbouwkundig oogpunt een belangrijke functie.

Een aantal onder hen werden reeds zeer vroeg gegraven. In het studiegebied voert een deel van de poldersloten (potentieel) zoet kwelwater af, een eigenschap die, door vervuiling, verdroging, enz. momenteel echter nog nauwelijks tot een ecologische meerwaarde leidt.

Veedrinkputten (de naam zegt het reeds zelf) werden voornamelijk door landbouwers aangelegd om het vee van voldoende drinkwater te voorzien. Vaak werden hiervoor reeds bestaande depressies in het weiland uitgekozen. Door hun veelal geïsoleerde karakter is de waterkwaliteit beter beschermd dan deze van de sloten, maar het trofieniveau wordt vaak ongunstig beïnvloed door de bemestingsgraad van het omliggende weiland. Net zoals de overige kleine landschapselementen gaan deze poelen echter zeer sterk achteruit in het huidige gemechaniseerde landbouwlandschap (veeal worden zij gedempt of niet onderhouden).

De waterplantenvegetatie van de sloten en veedrinkpoelen in het studiegebied, voor zover aanwezig, bestaat voornamelijk uit vrij drijvende lemniden en kortlevende wortelende soorten, soms gemengd met brakwaterindicatoren (zie boven), met o.a. Middelste (*Ranunculus aquatilis*) en Zilte waterranonkel, Klein kroos (*Lemna minor*), Bultkroos (*L. gibba*), Schedefonteinkruid (*Potamogeton pectinatus*) en Stomphoekig sterrekroos (*Callitriche obtusangula*). Ten opzichte van vorige eeuw zijn o.a. belangrijke indicatorsoorten als Kikkerbeet (*Hydrocharis morsus-ranae*; b.v. Langgeleed in Adinkerke) en Watergentiaan (*Nymphoïdes peltata*; tussen Blankenberge en Heist) volledig verdwenen, wat doet vermoeden dat in die periode ook meer stabiele watervegetaties met meerjarige soorten aanwezig waren. Kranswiervegetaties (verbond van Gewoon kransblad - *Charion vulgaris*: met *Chara vulgaris*, *Chara globularis*) komen/kwamen kortstondig voor in versgegraven sloten en andere dynamische, heldere wateren.

Naast een floristische, hebben (zuivere) sloten en poelen ook een belangrijke faunistische waarde : paaiplaats voor amfibieën (o.a. Groene en Bruine kikker (*Rana esculenta* en *R. temporaria*), Kleine watersalamander (*Triturus vulgaris*) en Gewone pad (*Bufo bufo*)) en potentiële broed- en foerageerplaats voor zeldzame water- en oevervogels: Zomertaling (*Anas querquedula*), Slobeend (*Anas clypeata*), ... (maar allicht niet in het studiegebied). Ook de entomofauna (Libellen, Waterwantsen, ...) kan er rijk vertegenwoordigd zijn. Zeer belangrijk voor het behoud van één van de zeldzaamste en meest bedreigde amfibieën van Vlaanderen, nl. de Boomkikker (*Hyla arborea*), zijn de veedrinkputten en het omgevende kleinschalige cultuurlandschap van de Oude Hazegraspolder te Knokke (Herrier et al. 1992; overgangsgebied duinen en polders). Ideaal voor dit amfibie zijn onbeschaduwde poelen op zandige bodem, met een goed ontwikkelde waterplanten- (Waterranonkels, Klein kroos, ...) en oevervegetatie (Riet, Gele lis (*Iris pseudacorus*), Wolfspoot (*Lycopus europaeus*), ...). Belangrijk als terrestrisch biotoop zijn goed ontwikkelde struwelen en ruigten (vooral met Bramen (*Rubus* spp.)) in de onmiddellijke nabijheid van de paaiplaats.

Syntaxonomie

Julve (1993)	**Schaminée, Weeda & Westhoff (1995)**
Lemnion gibbae (Lemnetum gibbae, Lemno-Spirodeletum polyrhizae)	*Lemnetea*
Riccio fluitantis-Lemnion trisulcae	*Parvopotamion*
Hydrocharition morsi-ranae (Hydrocharitetum morsi-ranae, ...)	*Charion vulgaris*
Charion asperae (Charetum vulgaris, ...)	*Nymphaeion (Potameto-Nymphoidetum)*
Potamogetonion pusilli	*Ranunculion peltati*
Nymphaeion albae	

Ranunculion aquatilis

CORINE
- 22.13 Eutrophic waters
- 22.2 Unvegetated muds or shingles
- 22.411 Duckweed covers
- 22.422 Small pondweed communities
- 22.432 Shallow water floating communities
- 22. 44 Chandelier algae submerged carpets

7.4.5.3. Rietlanden en moerasvegetaties

De belangrijkste rietkraag in het poldergedeelte van het studiegebied wordt gevonden langs de Dievegatkreek, in brak water. Ook zoete poldersloten hebben dikwijls een soortenarme oevervegetatie met Riet, Waterzuring (*Rumex hydolapathum*), Oeverzegge en/of uit flora-elementen van lagere moerasvegetaties als Grote waterweegbree (*Alisma plantago-aquatica*), Slanke waterkers (*Nasturtium microphyllum*), Kleine watereppe (*Berula erecta*, kwelindicator), Rode waterereprijs (*Veronica anagallis-aquatica* ssp. *aquatica*), Mannagras (*Glyceria fluitans*), Gewone waterbies, Watermunt, Moeraswalstro, ... Relatief kortstondig droogvallende en beweide plassen en oevers, ook recent opgebaggerd slib, dragen meestal een vegetatie opgebouwd uit therofyten: Blaartrekkende boterbloem (*Ranunculus sceleratus*), Goudzuring (*Rumex maritimus*), Driedelig tandzaad (*Bidens tripartita*), Rode ganzevoet (*Chenopodium rubrum*), ... Door diverse menselijke ingrepen, o.m. slib ruimen, gebruik van herbiciden, aanbrengen oeververstevigingen, enz., zijn goed ontwikkelde water- en oevervegetaties echter zeldzaam geworden in het studiegebied. Brakke beweide oeverlandsituaties dragen potentieel een vegetatie met o.a. Heen (*Scirpus maritimus*), Ruwe bies (*S. tabernaemontani*) en andere zouttolerante soorten.

Tot de (potentiële) broedvogels behoren Waterral (*Rallus aquaticus*), Blauwborst (*Luscinia svecica*), Sprinkhaanrietzanger (*Locustella naevia*), ...

Syntaxonomie

Julve (1993)	**Schaminée, Weeda & Westhoff (1995)**
Phragmition australis (Solano dulcamarae-Phragmitetum australis)	*Phragmition*
Oenanthion aquaticae (Sagittario sagittifoliae-Sparganietum emersi, ...)	*Caricetum ripariae*
Bolboschoenion maritimi	*Spargano-Glycerion*
Caricion acutae (Caricetum ripario-acutiformis, ...)	*Bidention*
Sparganio erecti ssp. *Neglecti-Glycerion fluitantis*	*Chenopodion fluviatile*
Bidention tripartitae	
Chenopodion rubri	

CORINE
- 53.1 Reed beds

53.213 Greater pond sedge beds
53.4 Small reed beds of (fast-)flowing waters

7.4.5.4. Zilt grasland

In het poldergedeelte van het studiegebied zijn nauwelijks zilte graslanden aanwezig. Enkel langs de Dievegatkreek worden nog wat zoutvegetaties aangetroffen, vergelijkbaar met bepaalde schorrevegetaties bij putjes met stagnerend water in het Zwin. Zij worden gekenmerkt door o.a. Zeekraal, Gerande en Zilte schijnspurrie (*Spergularia maritima, S. marina*) en Zilt torkruid (*Oenanthe lachenalii*). Minder zilte graslanden worden gekenmerkt door o.a. Melkkruid (*Glaux maritima*), Zilte rus (*Juncus gerardi*), Stomp kweldergras (*Puccinellia distans*), Aardbeiklaver (*Trifolium fragiferum*), ...

Ongetwijfeld is een dergelijke habitat, indien voldoende groot, van belang voor diverse weidevogels en een specifieke arachno- en entomofauna (zie o.m. Desender et al. 1996, in druk; Maelfait et al. 1989). Preciese gegevens voor de betreffende site ontbreken echter.

Syntaxonomie

Julve (1993)
hemicryptofyten
Loto tenuis-Trifolion fragiferi
hapaxanten
Puccinellion maritimae (*Puccinellio distantis-Spergularietum marinae*, ...)

Westhoff & Den Held (1969)
Puccinellio-Spergularion salinae

Agropyro-Rumicion crispi

CORINE
15.34 Pearlwort-saltmarsh grass swards

7.4.4.5. Mesotroof grasland

Niet of weinig bemeste, niet zilte poldergraslanden (in het studiegebied zeer zeldzaam) vormen een heterogene groep, waarvan de soortensamenstelling vooral bepaald wordt door de vochtigheid, de bodemsamenstelling en de gebruiksvorm. Een viertal belangrijkte types zijn fragmentair of potentieel in het studiegebied aanwezig, zij kunnen ook in het duin/polder-overgangsgebied worden aangetroffen.

Langs de Dievegatkreek is op vochtig zandig substraat een hooilandfragment met een zeker kalkmoerasaspect aanwezig (o.a. Moeraswespenorchis). Dijken kunnen een vegetatie van (matig) voedselrijk hooiland (*Arrhenatherion*) dragen, met een bloemrijk aspect van o.a. Gewoon knoopkruid, Margriet, Glanshaver, enz.

Depressies in polderweiden zijn meestal begroeid met periodiek natte vegetaties met Zilverschoon (*Potentilla anserina*), Geknikte vossestaart (*Alopecurus geniculatus*), Fioringras (*Agrostis stolonifera*), Zomprus (*Juncus articulatus*), ... en soms zeldzamere soorten als Moeraszoutgras (*Triglochin palustris*), ... Hierbij zijn overgangen naar zilte vegetaties (type met Zilte rus, Aardbeiklaver, ...; 7.4.5.4.) mogelijk. In het studiegebied liggen de best ontwikkelde

zilverschoongraslanden overigens in het duin/polder-overgangsgebied. Nog iets natter, dikwijls in beweide oeversituaties, kunnen soorten voorkomen als Gewone en Slanke waterbies (*Eleocharis palustris, E. uniglumis*), Pijptorkruid (*Oenanthe fistulosa*), Mannagras, Slanke waterkers (*Nasturtium microphyllum*), Groot moerasscherm (*Apium nodiflorum*), ... Drogere, niet overbemeste oude polderweilanden dragen een vegetatie met o.a. Kamgras (*Cynosurus cristatus*), Engels raaigras (*Lolium perenne*), Veldgerst (*Hordeum secalinum*), Madeliefje (*Bellis perennis*), Witte klaver (*Trifolium repens*), Scherpe en Behaarde boterbloem (*Ranunculus acris, R. sardous*) en Vertakte leeuwetand (*Leontodon autumnalis*).

Syntaxonomie

Julve (1993)	**Westhoff & Den Held (1969)**
Arrhenatherion elatioris	*Arrhenatherion elatioris* (*Arrhenatheretum elatioris, Lolio-Cynosuretum*)
Rumici crispi-Cynosurion cristati (*Lolio perennis-Cynosuretum cristati*)	*Agropyro-Rumicion crispi*
Mentho aquaticae-Juncion inflexi ssp. *inflexi* (*Pulicario dysentericae-Juncetum inflexi*)	...
Lolio perennis-Potentillion anserinae	
...	

CORINE

37.242 Creeping bent and tall fescue swards
38.1 Mesophile pastures
38.22 Medio-European lowland hay meadows

7.4.5.6. Polderbos

Binnen het studiegebied komen momenteel geen amper polderbossen of bosaanplanten voor. De voorheen zoute polderbodems (voormalige schorren) hebben ook nooit een natuurlijke bosvegetatie gedragen. Potentieel is/zijn echter minstens één, bij bodemrijping vermoedelijk meer, bostype(s) kenmerkend voor holocene kleiige of slibrijke zandige bodems. Referentiesites buiten het eigenlijke onderzoeksgebied zijn het Maria Hendrikapark in Oostende en het Presendebosje en een olmenbosfragmentje langs het kanaal in Veurne. In eerste instantie moet bij bos in de polder gedacht worden aan het Essen-Iepenbos. Dit bostype is zeer verwant en misschien zelfs fytosociolisch identiek aan de meest mull-humusrijke, vochtige en voedselrijke jonge duinbossen of spontaan evoluerende aanplanten in de duinen (7.4.4.6.2.). De poldervorm, maar allicht ook de vorm van delen van het duin/polder-overgangsgebied, wordt in het voorjaar gekenmerkt door een zeer weelderige vegetatie waarin vooral Fluitekruid (*Anthriscus sylvestris*) sterk op de voorgrond treedt. Naast de basissoorten van kalkrijke, voedselrijke, vochtige bossen (Gewone es, Gladde iep, Eenstijlige meidoorn, Gewone vlier, Geel nagelkruid, Klimop, Maarts viooltje, Dauwbraam, Look-zonder-look, Ruw beemdgras, ...) kan een dergelijk bostype rijk zijn aan voorjaarsgeofyten (in de referentiesituaties echter nog alleen Italiaanse aronskelk, Speenkruid, Gewone vogelmelk en Spaanse hyacint). Veel van de betreffende voorjaarssoorten zijn cultuurgebonden ("stinzensoorten"). Natte polderdelen onder invloed van zoet water kunnen misschien ook evolueren naar een voedselrijk elzenbroek-type of een wilgenstruweel. Zoals De Raeve (1991) terecht stelt, wordt de bodemkundige diversiteit van de polder voorlopig nog zeer slecht weerspiegeld in de aanwezige vegetatie en in de gangbare natuurontwikkelingsideeën voor deze

zone. Bij eventuele natuurontwikkelingsplannen blijft echter de vraag hoe lang de huidige voedselrijkdom van deze bodems de potentieel aanwezige habitatvariatie zal blijven maskeren.

Syntaxonomie

Julve (1993)	**Van der Werf (1991)**
bomen	*Ulmo-Fraxinetum*
Robinio pseudoacaciae-Ulmion minoris	
...	
struiken	
Sambuco nigrae-Salicion capreae (*Ulmo minoris-Sambucetum nigrae*)	
hemicryptofyten & geofyten	
Aegopodion podagrariae	
Alliarion petiolatae	
Arction lappae	
Ranunculion ficariae fragm.	

CORINE:

44.33 Ash-alder woods of slow rivers

7.4.6. Sterk antropogeen bepaalde habitats

Een aantal habitats waarvan de abiotische elementendie zeer sterk door de mens worden bepaald, maar die verder onderling weinig gelijkenis vertonen, worden hier onder één noemer samengebracht. Veelal betreft het habitats met weinig syntaxonomische eigenheid (urbane elementen, houtkanten en bomenbomenrijen, ...) of habitattypen die juist gekenmerkt worden door een zeer verscheiden en moeilijk voorspel- of omschrijfbaar aantal syntaxonomische eenheden (opgespoten terreinen). Er wordt hier dan ook slechts ten dele gerefereerd naar de syntaxonomie en CORINE-eenheden.

7.4.6.1. Opgespoten en af- of vergegraven terreinen

Opgespoten en opgehoogde terreinen vertonen weinig eenvormigheid. Meestal worden zij gekenmerkt door plaatsvreemd, veelal zandig, maar soms ook kleirijk materiaal, dat verder kan variëren van kalkrijk tot kalkarm. De waterhuishouding is evenens zeer variabel, zowel tussen de terreinen onderling als in de tijd (b.v. zeer nat bij het begin van de opspuitingen, uitdrogend later). Daarnaast zijn er de afgravingen, waar dikwijls het lokale moedersubstraat weer aan de oppervlakte werd gebracht en juist de door de mens beïnvloede bouwvoor werd verwijderd. Mede door het veelal weinig stabiel karakter worden zij hier slechts kort besproken, ook al kunnen zij voor de aanwezigheid of het behoud van specifieke flora- of fauna-elementen van belang zijn.

Binnen het studiegebied kunnen drie opspuitingsgebieden vermeld worden:

- De bezinkingsbekkens van de zanddepots van de "Drie Vijvers" in De Panne dragen een wisselende pioniervegetatie die o.a. overeenkomst vertoond met de pioniervegetaties van jonge vochtige pannen in het duingebied (Padderus, wilgenopslag). Over broedvogels is niets bekend. Zij worden echter regelmatig weer afgegraven en het heeft dus minder zin hen in dit kader verder te bespreken.
- De opgespoten terreinen van de IJzermonding in Nieuwpoort dragen/droegen ten dele mooie mos- en lichenduinvegetaties op zandig substraat, lokaal met een iets ander (licht ruderaal) karakter dan deze uit de eigenlijke duinen. Meer slibrijke delen werden gekenmerkt door een min of meer schrale graslandvegetatie, terwijl op kleibodem een voedselrijke graslandvegetatie vorkomt met o.a. veel distels. Grote delen worden momenteel afgegraven en de andere zullen wellicht in de toekomst verdwijnen om plaats te maken voor slikken en schorren.
- Het niet als containerdepot gebruikte deel van het opgespoten terrein van Heist-West draagt ten dele een ruderale vegetatie met o.a. veel Witte honingklaver (*Melilotus albus*), een grazige bermbegroeiing met elementen van vochtige en mesofiele graslanden (Heelblaadjes, Bijenorchis, ..) en elders een lage pioniervegetatie met verwantschap aan diverse duinhabitats. Dit betreft o.a. ruderale mosvegetaties met Kleine rupsklaver, Zeevetmuur, Glad breukkruid, Kleine leeuwetand (*Leontodon taraxacoides*), ... (cf. 7.4.4.3.1.). In iets vochtiger delen komen o.a. vegetaties met veel mossen, Duinriet, Sierlijke vetmuur, Kruipwilg, enz. voor. Het natste deel bestaat uit een in droge perioden uitdrogende ondiepe plas. Daarnaast is er lokaal ook opslag van Duindoorn en wilgen. Er broedt o.a. Kleine plevier.

Twee af- of vergravingsterreinen:

- De afgraving van het Garzebekeveld, resultaat van een aanzet tot zandwinning, brengt over grote oppervlakten het kalkarme moedersubstraat van de Oude Duinen van Adinkerke aan de

oppervlakte. Botanisch wordt het o.a. gekenmerkt door een pioniervegetatie van droge, min of meer zure zandgronden, met o.a. Buntgras Zandblauwtje, Schapezuring, Onderaardse klaver, Gestreepte klaver, Hazepootje en Klein vogelpootje. Verder groeien er ook Klavervreter (*Orobanche minor*) en Plat beemdgras (*Poa compressa*) (Verschoore & Tyteca 1990). Verder zijn ook natte en kleiige delen aanwezig (o.a. met Watertorkruid - *Oenanthe aquatilis*). Momenteel broedt er o.a. ook een kolonie Oeverzwaluwen (*Riparia riparia*).

- Ten zuiden van de Witte Burg in Oostduinkerke werd een site op het afgevlakte oppervlak van de duinen van de "eerste loopduinfase" van de Jonge Duinen afgeplagd ten behoeve van een niet gerealiseerd bouwproject. Het betreft verdroogde voormalige bouwlanden en de flora bestaat voornamelijk uit ruderalen.

7.4.6.2. (Zeer) voedselrijk cultuurweiland

De meeste weilanden in het duin/polder-overgangsgebied en de polder zijn momenteel (sterk) bemeste, soortenarme en strucrureel monotone graslanden met Engels raaigras, Ruw beemdgras (*Poa trivialis*), Witte klaver, Gewone paardebloem (*Taraxacum* Sect. *Taraxacum*), enz. "Onkruiden" van bemest weiland zijn soms echter niet zeldzaam, zowel éénjarige soorten als Vogelmuur (*Stellaria media*), Behaarde boterbloem (*Ranunculus sardous*; in de polder), als overblijvende soorten: Grote brandnetel, Akkerdistel, Ridderzuring (*Rumex obtusifolius* ssp. *obtusifolius*), ... Lokaal zijn zij ook rijk aan tredplanten als Grote weegbree (*Plantago major* ssp. *major*), Straatgras of Herderstasje (*Capsella bursa-pastoris*). Niet zelden werden zij na egalisatie en frezen gewoon ingezaaid met Italiaans raaigras (*Lolium multiflorum*). Op faunistisch vlak herbergt dit habitattype enkel banale soorten en binnen het studiegebied spelen de sterk bemeste weilanden ook geen rol als weidevogel- of ganzengebied.

Zij bevinden zich meestal in de niet te droge delen van het duin/polderovergangsgebied, een enkele keer ook wel op voormalige akkertjes in de eigenlijke duinen (b.v. Noordduinen).

Syntaxonomie

Julve (1993)	**Westhoff & Den Held (1969)**
Rumici crispi-Cynosurion cristati (*Lolio perennis-Cynosuretum cristati*, ...)	*Arrhenatherion* elatioris (*Lolio-Cynosuretum*)
Lolio perennis-Plantaginion majoris (div. ass.)	*Agropyro-Rumicion crispi* (*Poo-Lolietum*)

CORINE

81 Improved grasslands

7.4.6.3. Akkers

Binnen het studiegebied kan enerzijds een onderscheid gemaakt worden tussen graan- en hakvruchtakkers (met o.a. Maïs) en anderzijds, hierop gesuperponeerd, een onderscheid tussen akkers op kleiige tot zandlemige, veelal kalkrijke bodems van de polder en akkers op zandige, veelal enigszins kalkarme bodem uit de duinen en eventuele zandige delen van de polder. De voorheen aanwezige kalkrijke en vochtige duinakkertjes (in de duinvalleien), met een "onkruid"-

flora die soms eerder verwant was aan die van pioniersituaties in vochtige duinvalleien (Hocquette 1926) worden verder buiten beschouwing gelaten, want komen niet meer voor. Overigens werd de akkervegetatie van het studiegebied nooit bestudeerd, wat elke bespreking speculatief maakt. Momenteel is de akkerflora t.g.v. onkruidbestrijding en zaadschoning grotendeels uit het akkerland verdwenen en nog slechts fragmentair aanwezig in akkerranden, bermen, open ruigten e.d.

De graanakkerflora van de polder en voedselrijke delen van de binnenduinrandgebieden wordt/werd gekenmerkt door o.a. Grote klaproos (*Papaver rhoeas*), Oot (*Avena fatua*) en Duist (*Alopecurus myosuroides*), in kalkrijke polders vergezeld van o.a. Kleine wolfsmelk (*Euphorbia exigua*), Dichtbloemige duivekervel (*Fumaria densiflora*), Naaldekervel (*Scandix pecten-veneris*), Blauw walstro (*Sherardia arvensis*) en Akkerboterbloem (*Ranunculus arvensis*). De meeste van deze soorten zijn ongetwijfeld niet meer aanwezig. De zuurminnende equivalenten van dergelijke graanakkers, voornamelijk gelegen op zandbodems langs de binnenduinrand en op de vlakke delen van Oude of Subrecente Duinen, dragen/droegen een flora met soorten als Grote windhalm (*Apera spica-venti*), Korenbloem (*Centaurea cyanus*), Knopherik (*Raphanus raphanistrum* ssp. *raphanistrum*), Echte kamille (*Matricaria recutita*), Akkervioltje (*Viola arvensis*), Klimopereprijs (*Veronica hederifolia*), Gewone spurrie (*Spergula arvensis*) en Sofiekruid (*Descurainia sophia*). Vermoedelijk kwamen vroeger lokaal ook akkers voor met een nog meer acidofiele flora (b.v. Eenjarige hardbloem - *Scleranthus annuus*).

De onkruidflora van hakvruchtakkers is daarentegen vaak nog wel algemeen, zij het niet steeds in de akkers zelf. Kenmerkende soorten op voedselrijke, vochthoudende bodem (zowel polder als duin/polderovergangsgebied) zijn o.a. Perzikkruid (*Polygonum persicaria*), Melganzevoet (*Chenopodium album*), Paarse dovenetel (*Lamium purpureum*), Klein kruiskruid (*Senecio vulgaris*), Gewoon herderstasje (*Capsella bursa-pastoris*), Hoenderbeet (*Lamium amplexicaule*), Ingesneden dovenetel (*Lamium hybridum*), Kroontjeskruid (*Euphorbia helioscopia*), Gewone duivekervel en Tuinbingelkruid, in enigszins acidocliene situaties ook Kromhals (*Lycopsis arvensis*), Korrelganzevoet (*Chenopodium plyspermum*), ... Veel van deze soorten zijn momenteel overigens in heel wat voedselrijke en ruderale duinhabitats aan te treffen, zelfs in nitrofiele struwelen (cf. 7.4.4.5.4.). De kalkrijke polderakkers zijn/waren ook in dit opzicht meer specifiek, met o.a. Brede wolfsmelk (*E. platyphyllos*). Droge en voedselrijke zandbodems (maïsakkers b.v.) worden o.a. gekenmerkt door Hanepoot (*Echinochloa crus-gallii*), Harig vingergras (*Digitaria sanguinalis*), Groene naaldaar (*Setaria viridis*) en Papegaaiekruid (*Amaranthus retroflexus*).

Akkers in het algemeen zijn ook belangrijk als foerageergebied voor enkele zeldzame(re) broedvogels : Kwartel (*Coturnix coturnix*), Grauwe gors (*Miliaria calandra*), Patrijs (*Perdix perdix*), ...

Syntaxonomie

Julve (1993)	**Westhoff & Den Held (1969)**
Caucalidion platycarpi (fragm.)	*Caucalidion* (fragm.)
Aphanion arvensis	*Aphanion*
Arnoseridion minimae	*Arnoseridion*
Fumario officinalis-Euphorbion helioscopiae	*Eu-Polygoni-Chenopodion*
Polygono persicariae-Chenopodion polyspermi	*Panico-Setarion*
Digitario sanguinalis-Setarion viridis	

CORINE
82 Crops

7.4.6.4. Artificiële bosaanplant

Onder deze noemer worden de, veelal nog relatief jonge, bosaanplanten, zowel in de duinen als in de polder, samengebracht waarin nog geen structuurdiversiteit en stratificatie is opgetreden en spontane verjonging ontbreekt of waarin deze zich nog hooguit in het juveniele stadium bevindt. De boomlaag kan uit vele boomsoorten bestaan, maar is dijkwijls eensoortig of opgebouwd uit enkele boomsoorten. Een struiklaag ontbreekt meestal, eventueel op wat vlieren na. Ook de kruidlaag is ontbrekend, arm (Grote brandnetel, Hondsdraf, ..) of bestaat uit (ruigte)soorten uit de uitgangsvegetatie. Het is dan ook nauwelijks de moeite dergelijke habitats verder te bespreken. Wel kunnen/zullen de meeste van deze aanplanten geleidelijk evolueren naar één van de habitats uit de vorige eenheid. Hierbij kunnen moeilijk te plaatsen tussensituaties ontstaan, b.v. oude aanplant van Canadapopulieren met indringing van vegetatieve Grauwe abelen, een paar verspreide struiken en een grazige bodemflora (Westhoekreservaat b.v.). Ook als broedplaats voor vogels kunnen zij een rol spelen.

7.4.6.5. Houtkanten, heggen & bomenrijen

Houtkanten & (knot)bomenrijen zijn één van de sterkst achteruitgegane kleine landschapselementen uit het duin- en polderlandschap, mede omdat juist de cultuurlandschappen uit de 19de eeuwse duinen relatief het sterkst werden geürbaiseerd. Houtkanten bestaan uit een talud (ontstaan bij de egalisatie van de akker), vaak afgeboord met een greppel, en beplant met boomsoorten die voornamelijk als hakhout kunnen behandeld worden : Zwarte els (*Alnus glutinosa*), Gewone es (*Fraxinus excelsior*), Canadapopulier (*Populus x canadensis*), ... Vaak treedt in vochtige greppels (polder en duin/polderovergang, maar b.v. ook in de Doornpanne) spontaan opslag van Grauwe wilg (*Salix cinerea*) op. In de duinen werden de walletjes van de duinakkertjes, naast de bovenvermelde soorten, soms ook beplant met Seringen (*Syringa vulgaris*), Eenstijlige meidoorn, Sleedoorn, Gladde iep, enz. Niet zelden groeiden deze daarna uit tot struwelen of lagen zij aan de basis van de verstruweling van de omgevende duinen (7.4.4.5.5.). In de Zwinbosjes onderscheidt Herrier (1989) zo twee types van dergelijke (in origine) lijnvormige struwelen: de Meidoorn-Sleedoornstruwelen en de Veldiepenstruwelen die voornamelijk uit aangeplante hagen zijn ontwikkeld (al dan niet onder naderhand aangeplante Populieren). Dergelijke uitgegroeide, al dan niet met populieren ingeplante, haagstruwelen komen vooral voor in en bij de oude agrarische duinlandschappen verspreid langs de ganse kust. Vergelijkbare situaties doen zich voor op de binnenduinrand van de hoge paraboolduinlandschappen (cf. 7.4.4.6.2.).

Oudere, geïsoleerde bomen (Canadapopulier, Schietwilg en vooral, voor zover nog aanwezig, Gladde iep) kunnen een rijke kryptogame epifytenflora dragen. Een aantal soorten zijn zeer (*Ramalina lacera* (pot.), *Dipoloica canescens, Lecidella elaeochroma* f. *soralifera, Cliostomum griffithii*) tot vrij specifiek voor de kust (*Ramalina fastigiata, R. fraxinea, Parmelia acetabulum, Tortula laevipila, Lecanora carpinea, L. chlarothera*), maar daarnaast komen ook heel wat zeldzame, maar minder kustspecifieke soorten voor (*Ramalina farinacea, Lecidella elaeochroma,*

Physconia grisea, Tortula papillosa, Candellaria concolor, Physcia adscendens, Xanthoria calcicola, X. polycarpa, Hoffmann 1993).

7.4.6.6. Wegen en bermen

Weg-, spoorweg-, tram- en kanaalbermen kunnen een rijke flora en fauna herbergen. Verschillen in substraat, vochttoestand en beheersgeschiedenis zorgen immers tot een grote diversiteit van de bermvegetaties (Zwaenepoel 1993, Sykora et al. 1993, Koster 1987). In landschappen waar landbouw, urbanisatie of spontane vegetatieprocessen tot de achteruitgang van halfnatuurlijke habitats hebben geleid, behoren (weg)bermen niet zelden tot de laatste refugia voor de flora en fauna van deze graslanden, pioniervegetaties en zelfs akkers. De betreffende vegetatietypen werden veelal al behandeld bij het habitattype waarin zij ook vlakvormig kunnen voorkomen (o.a. 7.4.4.2.2., 7.4.4.3.1., 7.4.5.5.) Een hele reeks zeldzame en bedreigde soorten werden in wegbermen in de duinen aangetroffen o.a. Laksteeltje en Zeevetmuur (Zwaenepoel et al. 199); Grote centaurie (*Centaurea scabiosa*), Blauwe zeedistel, Gestreepte en Ruwe klaver (*Trifolium striatum, T. scabrum*), ... (Zwaenepoel 1993); Platte bies (*Blysmus compressus*), Moeraszoutgras, Teer guichelheil (De Raeve et al. 1983), ... In de polders van de Westkust komt o.a. regelmatig Gulden sleutelbloem voor in bermen. De stenige bermen van de kusttram vormen een belangrijk biotoop voor Levendbarende hagedis (*Lacerta vivipara*) (mond. med. K. Verschoore).

Door Zwaenepoel (l.c.) worden voor het studiegebied een hele reeks van vegetatietypen onderscheiden, zowel in de duinen als inde polder. Binnen het studiegebied (vrijwel) beperkt tot de duinen zijn: een Muurpeper-Zandmuur-type (droge, vooral door betreding, parkeren, e.d. in stand gehouden, soortenrijke bermen op kalkrijk, wat mobiel duinzand, met veel specifieke en kortlevende (mos)duingraslandplanten, cf. 7.4.4.3.1.-2.), een Dolle kervel-IJle dravik-type (ruderale, beschaduwde en veelal onbeheerde bermen op kalkrijke droge bodem), een Kruipertje-Stinkende gouwe-type (id. maar meer betreden en veelal lichtrijker), een Kleine klaver-Smalle weegbree-type (niet te intensief gemaaide of begraasde, grazige en soortenrijke bermen op vochthoudende en zwak kalkrijke zandige bodem, o.a. te Knokke, met Kleine ratelaar en Kleine ruit; en Oostduinkerke), een Witte honingklaver-Hopklaver-type (gemaaide, minder grazige en dikwijls zeer soortenrijke, droge bermen op kalkrijke grond, o.a. te Wenduine met Grote centaurie), een Fijne kervel-Glanshaver-type (ruderale, lichtrijke, veelal onbeheerde en relatief soortenarme maar bloemrijke bermen op droge, kalkhoudende grond).

Enkele typen komen zowel in duinen en polders voor: een Straatgras-Grote weegbree-type (zeer sterk betreden, soortenarme bermen op alle substraten met uitzondering van droog duinzand), een Grote klaproos-Gewone raket-type (soortenrijke, maar gestoorde en ruderale bermen met veel kortlevende soorten), een Zevenblad-Ridderzuring-type (beschaduwde, voedselrijke en vochthoudende bermen) en een Oeverzegge-Watermunt-type (natte, veelal onregelmatig gemaaide bermen, in direct contact met sloten, in de duinen op de duin/polderovergang in Oostduinkerke). Kenmerkend voor de duin/polderovergang is overigens een Klein streepzaad-Duizendblad-type (lichtrijke, goed vochthoudende, grazige bermen).

Enkel in de polders, maar daarom niet in het studiegebied, worden verder nog een Liesgras-Rietgras-type, een Harig wilgeroosje-Riet-type, een Gewone pastinaak-Akkerwinde-type, een Witte klaver-Engels raaigras-type, een Veldlathyrus-Gulden sleutelbloem-type en een Gevlekte rupsklaver-Klein hoefblad-type.

7.4.6.7. Tuinen & parken

Ook tuinen en parken kunnen soms nog belangrijke natuurwaarden herbergen. In sommige delen van de duinen herbergen groot uitgevallen tuinen de minst verstoorde mosduin- en droge duingraslandvegetaties (7.4.4.3.1.; cf. De Raeve 1979). Parkbossen (cf. domein Houtsaeger) kunnen behoren tot het habitattype "spontaan verjongende bosaanplant, 7.4.4.6.2.) en een specifieke bosfauna (vnl. vogels) herbergen. Echte "stinzeparken", zoals aanwezig in het Nederlandse binnenduingebied, ontbreken aan de Vlaamse kust. Ook boomrijke villaverkavelingen (cf. Het Zoute) kunnen echter al een rijke avifauna hebben (b.v. Europese kanarie - *Serinus serinus*). Kunstmatige tuinvijvertjes kunnen zelfs een rol spelen als paaiplaats voor amfibieën.

Tuinen zijn echter vooral belangrijk als diasporenbron van een groot aantal sierplanten en -struiken, maar ook bomen, die in toenemende mate het duingebied koloniseren. In meerderheid zijn dit geen inheemse planten, al kan de huidige tendens van "wildeplantentuinen" en "natuurtuinen" ook leiden tot nieuwvestiging van inheemse en zelfs bedreigde soorten.

7.4.6.8. Bunkers & gebouwen

Als habitat voor wilde flora of fauna zijn de geïsoleerde stenen constructies binnen het onderzoeksgebied zelden belangrijk. De relatief zeldzame overgebleven bunkers en misschien ook sommige gebouwen spelen een rol als kraamkamer en overwinteringsplaats voor vleermuizen (zie 7.2.5.2.2.). De site van het Domein Prins Karel is hierbij de belangrijkste, zij het recent in belang achteruitgegaan. Ook Eikelmuis (*Eliomys quercinus*) gebruikt veelal gebouwen als winterverblijf. Daarnaast is er allicht de gebruikelijke huis-, tuin- en keukenfauna van algemene zoogdieren, vogels (Zwarte roodstaart - *Phoenicurus ochrurus*), enz. Enkele interessante epifyten werden incidenteel aangetroffen op de muren van het Fort Napoleon te Oostende (o.a. Zwartsteel - *Asplenium adiantum-nigrum*), op bunkers (*Tortula latifolia*), enz. Op zijn minst vroeger waren ook muurvegetatis met Klein glaskruid (*Parietaria judaica*), Muurleeuwebek (*Cymbalaria muralis*) en/of Muurbloem (*Cheiranthus cheiri*) aanwezig op oude gebouwen aan de kust. Op de vochtige muren van beschaduwde kelders en waterputten in de Duinenabdij te Koksijde is o.a. een grote populatie Tongvaren (*Asplenium scolopendrium*) aanwezig.

Syntaxonomie

Julve (1993)	**Westhoff & Den Held (1969)**
Potentillion caulescentis (*Asplenietum trichomano-ruta-murariae*)	*Parietarion judaicae*
Cystopteridion fragilis (fragm.)	*Cymbalario-Asplenion*
Asplenion septentrionalis	
Parietario judaicae-Centranthion rubri	
mossen	
...	

7.4.7. Kartering

Voor een geografische spreiding van de habitats wordt verwezen naar de vereenvoudigde vegetatiekaart (Bijlage 7.19.). De kaart is grotendeels opgemaakt aan de hand van veldkarteringen in de periode juni-september 1995. Verder werd gebruik gemaakt van de bestaande vegetatiekaarten van de Doornpanne (cf. Kuijken et al. 1993), de Houtsaegerduinen (Hoys et al. 1996b), de IJzermonding (Hoffmann et al. 1996) en van de kaarten van de zeewerende duinen opgemaakt door Eurosense in opdracht van de Afdeling Waterwegen Kust. Figuur 7.28. geeft de actuele oppervlaktes van de onderscheiden vegetatietypes weer.

Evolutie

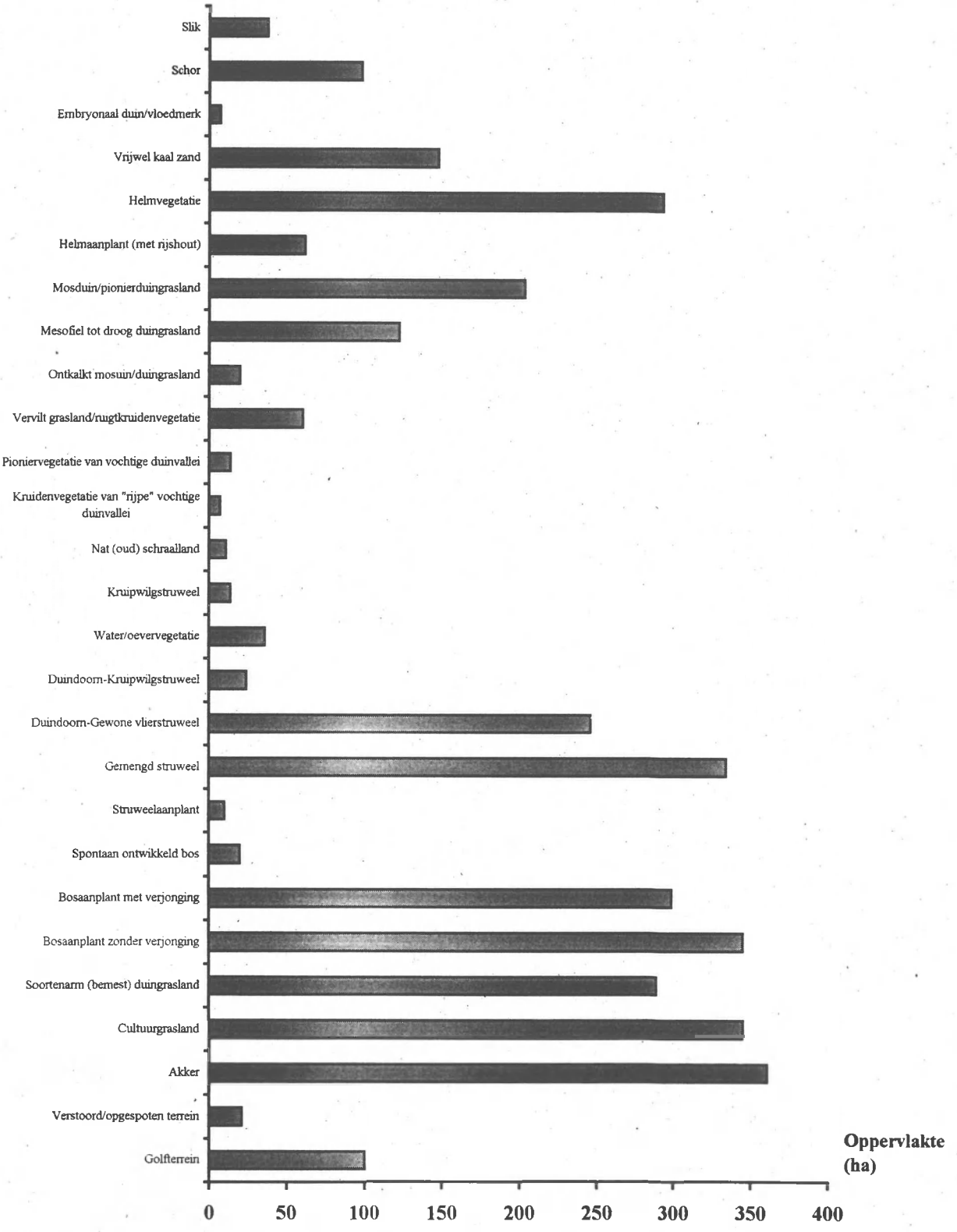
In bovenstaande bespreking van de habitats werd ook de landschapsevolutie aan de Vlaamse kust behandeld. Voor een kwantitatieve analyse van deze ontwikkelingen ontbreekt een voldoende gedetailleerde interpretatie van de luchtfoto's uit verschillende perioden. Als case-studie werd hier wel de recente evolutie in de Simli duinen (Nieuwpoort) nagegaan aan de hand van de recente en een oudere vegetatiekaart van Desmet (1976). Tabel 7.11. geeft de vegetatieveranderingen (cf. Figuur 7.29.) cijfermatig weer.

Tabel 7.11. Veranderingen in de vegetatie van de Simli-duinen tussen 1975 en 1995. De kolommen z t.e.m. b geven weer hoeveel percent van de in 1975 voorkomende vegetaties naar andere types is geëvolueerd.

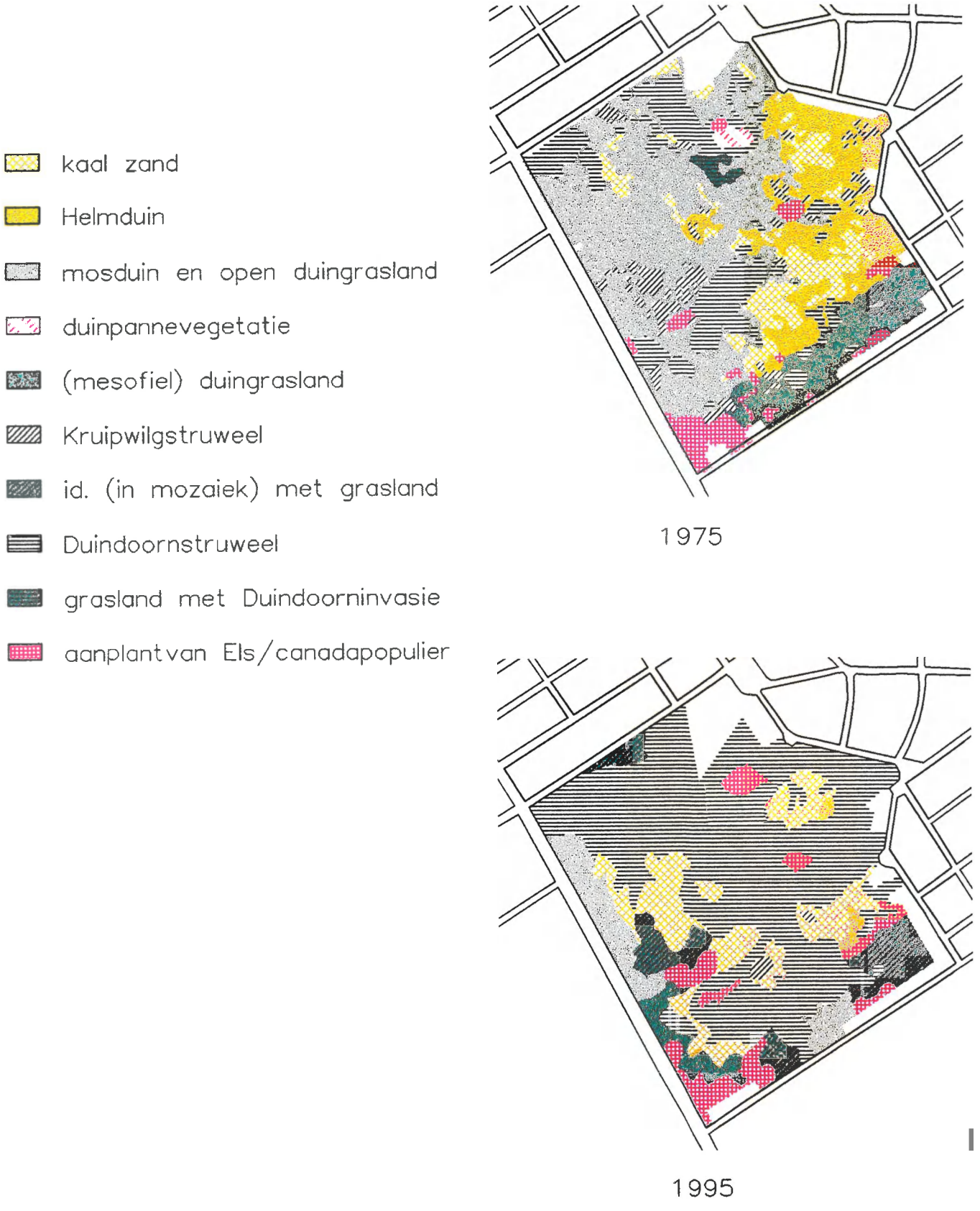
	opp. 1975	z (%)	h (%)	m (%)	g (%)	k (%)	d (%)	b (%)	bebouwd (%)	opp. 1995
kaal zand	3,6 ha	**37**	6				52		5	4,7 ha
Helm	5,2 ha	8	**78**					4	8	0,3 ha
mosduin	12,6 ha	17	53	**22**				3	5	2,3 ha
valleivegetatie	0.24 ha		100							0
grasland	3 ha		20		**62**			9	9	2,5 ha
Kruipwilg	1.6 ha	12	43			**45**				1,1 ha
Duindoorn	5 ha	12					**76**	10	2	18,5 ha
bos	1,7 ha							**90**	10	2,5 ha

Opvallend is vooral de spectaculaire verstruweling van het gebied. In ongeveer 20 jaar is het aandeel van struweel in de totale vegetatie van ongeveer 15 tot bijna 60 % gestegen. Vooral in de voormalige vochtige valleivegetatie en de helmvegetaties blijkt de verstruweling het sterkst.

De kwetsbaarheid van een aantal ecologisch waardevolle vegetaties verhoogt door de geringe oppervlakte en de versnippering ervan. De verschillende ontwikkelingsstadia van vochtige, kruidachtige valleivegetaties samen en ontkalkte graslanden en mosduinen beslaan een oppervlakte van amper 20 à 30 ha. Onder meer de kalkrijke, (mesofiele) gesloten duingraslanden (cf. vegetatiekaart) worden mee bedreigd door de versnippering van het areaal.



Figuur 7.28. Actuele oppervlakte van de verschillende habitats (vegetaties) aan de Vlaamse kust



Figuur 7.29. Vegetatie-ontwikkeling in de Simli-duinen tussen 1975 en 1995 (schaal 1 : 5000).

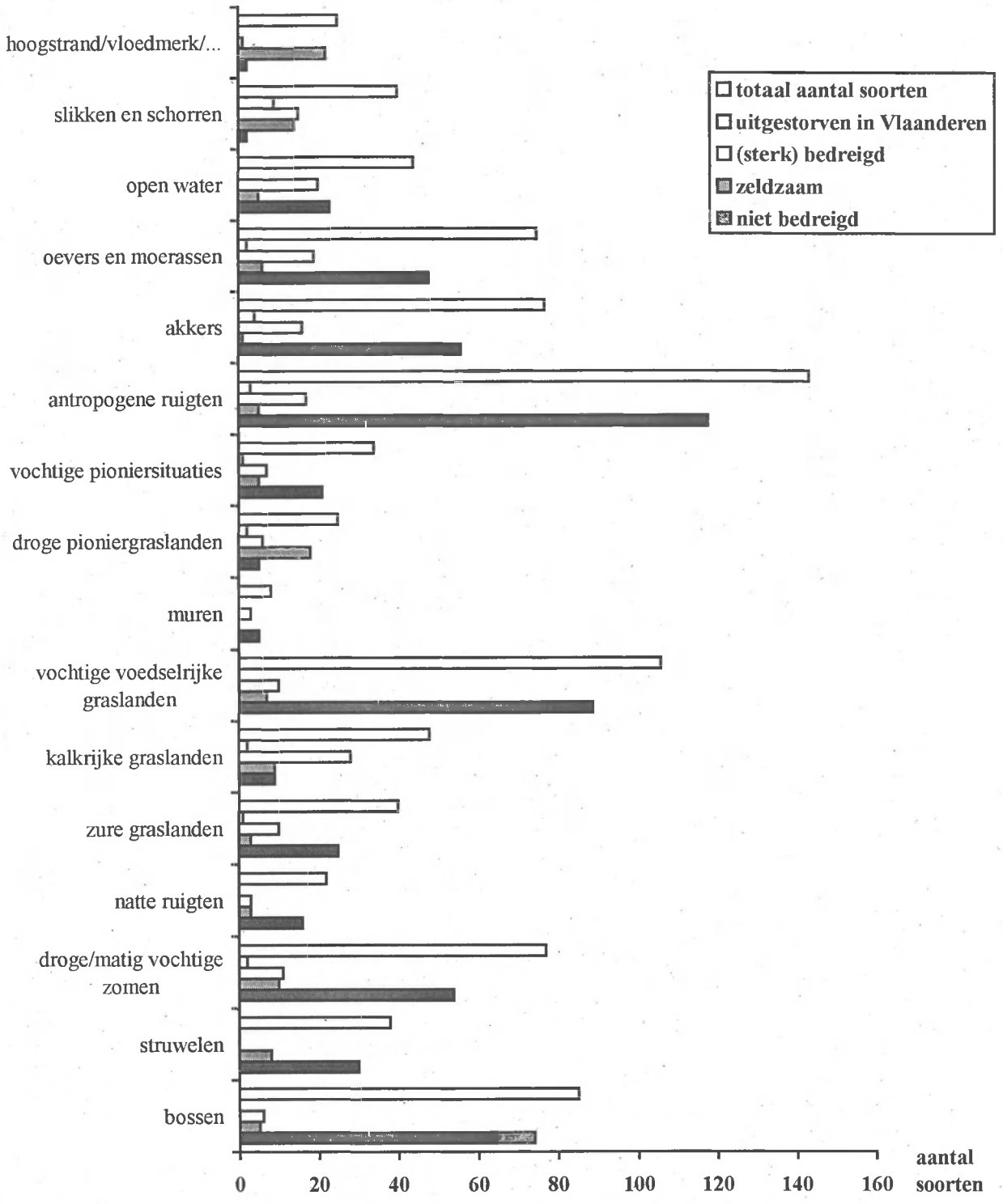
7.5. Evaluatie van de kusthabitats

Het opvolgen van de landschapsecologische evolutie op habitatniveau vergt jarenlange monitoring van soorten en vegetatie (luchtfoto-analyse, permanente kwadraten, transecttellingen,...). Dergelijk onderzoek werd aan de Vlaamse kust nog niet of nauwelijks verricht waardoor we de habitats noodgedwongen op een indirecte manier moeten evalueren.
Van een aantal soortengroepen wordt de verdeling van de (bedreigde) soorten over de verschillende habitats nagegaan. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de totale soortenlijsten (inclusief verdwenen soorten) waardoor we zowel de actuele als ten dele de potentiële verdeling van de soorten over de habitats in acht nemen. De gegevens met betrekking tot zeldzaamheid en bedreiging worden in de mate van het mogelijke van de Rode lijsten afgeleid.
De habitatbinding loopt voor verschillende organismen echter sterk uiteen. Factoren als mobiliteit, fourageergedrag, etc... spelen daarbij een grote rol. Voor elke organismengroep is de indeling in habitats dan ook enigszins anders. Van soorten die in verschillende habitats voorkomen werd het gewicht (=1) verdeeld (2 habitats = 2 x 0.5, 3 habitats = 3 x 0.33, etc...).

7.5.1. Hogere planten

Voor de evaluatie van de hogere flora maken we gebruik van "socio-ecologische groepen", waarvan voor elke soort een aanduiding wordt gemaakt in de voorlopige Standaardlijst voor de Vlaamse flora (werkdocument I.N., Cosyns et al. 1994). Hierin werd de flora onderverdeeld in negen hoofdgroepen, die werden samengesteld op basis van fysiognomische verschillen van de grote formaties in het landschap (zie ook Bijlage 7.1.).
Figuur 7.30. geeft de verdeling van alle na 1800 met zekerheid aan de kust waargenomen soorten over (gegroepeerde) socio-ecologische groepen.
Bij de habitatevaluatie werden de kusthabitats, naar analogie met de methode toegepast door M. Leten in De Loose et al. (1996), samengesteld aan de hand van verschillende socio-ecologische groepen. De minder typische groepen staan in onderstaande tabel tussen haakjes. Bij de evaluatie krijgen de soorten de waarden 1 en 0,5 toegekend als zij respectievelijk tot een exclusieve of minder exclusieve ecologische groep behoren.
Vervolgens werd voor elke habitat een score berekent door de waarden van de voorkomende soorten op te tellen. De resultaten worden grafisch weergegeven in Figuren 7.31 -7.33.

habitat	**socio-ecologische groep**
slikken en schorren	12 + 13
hoogstrand/embr. duin	11 + (52)
Helmduinen	(11) + (62) + (63) + (64)
mosduinen en droge graslanden	63 + 64 + (70) + (72) + 74 + (75) + (76)
ontkalkte duingraslanden	(63) + 76 + 77 + 78
kruipwilgvegetaties	(34) + (74) + (75) + 83
vochtige duinvalleien	(22) + (31) + (33) + 34 + (35) + (61) + 62 + (71) + (73) + 75 + (77)
droge zomen en ruigten	41 +42 +43 + 5 + 60 +65 +(70) + (72) + 81 + (82) + 83
struweel	80 + (90)
bos	(80) + 90
open water en oevers	20 + 21 + 22 + (31) + (32) + (61) + (62)

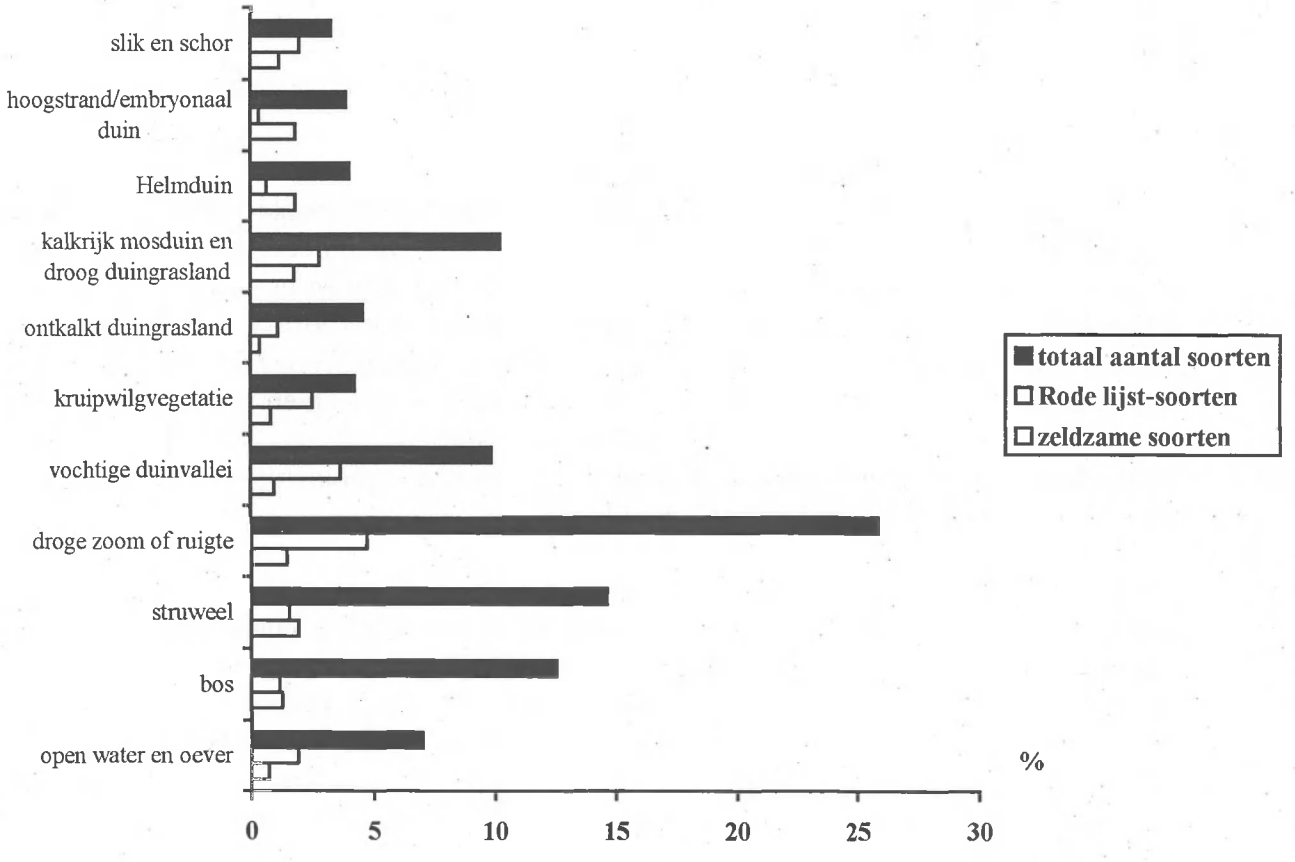


Figuur 7.30. Verdeling van de totale kustflora over (gegroepeerde) socio-ecologische groepen.

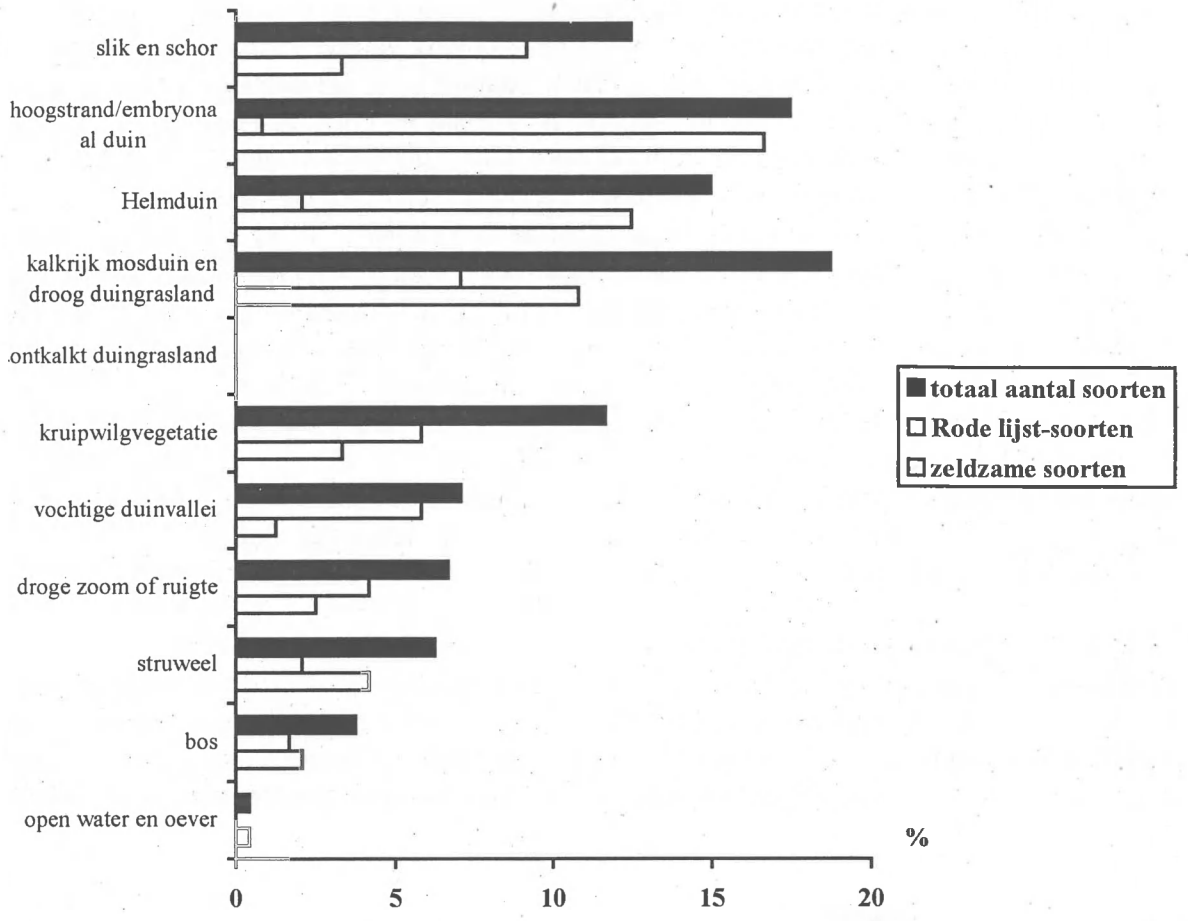
De groep van planten gebonden aan zilte milieus is relatief klein (ongeveer 65 soorten). Gezien de beperkte oppervlakte aan zilte habitats in Vlaanderen zijn de meeste soorten wel in één van de Rode lijst-categorieën opgenomen. Vooral slikken en schorren herberg(d)en veel bedreigde soorten zoals onder meer Gesteelde en Gewone zoutmelde (*Halimione pedunculata* en *H.*

portulacoides), Eenbloemige zeekraal, (*Salicornia pusilla*) en Engels gras (*Armeria maritima*) en kan als één van de meest prioritair te beschermen habitats van de kust worden beschouwd. In totaal bedraagt de oppervlakte aan "zilte habitats" aan de kust nog amper 100 ha. 10 van de 26 kenmerkende Rode lijst-soorten zijn in de loop van de eeuw dan ook verdwenen.
Hoogstrand, embryonale duintjes en vloedmerkvegetaties zijn minder sterk bedreigd. Vrijwel alle soorten zijn echter zeldzaam en - evenzeer als voor schorren en slikken - wat betreft de verspreiding in Vlaanderen nagenoeg beperkt tot de kust. Trends in het voorkomen van planten uit deze habitats zijn moeilijk te achterhalen omdat het bijna zonder uitzondering efemere soorten betreft. Toch zijn waarschijnlijk geen soorten verdwenen. Zeevenkel (*Crithmum maritimum*), Zeekool (*Crambe maritima*) en Zandduizendknoop (*Polygonum raii*) werden voor het eerst na W.O. II gevonden. Een belangrijke lokatie voor het duurzaam behoud en de ontwikkeling van soorten van embryonale duintjes en vloedmerken is de "Baai van Heist", waar een aantal populaties zich kunnen uitbreiden.
Stuivende helmduinen herbergen geen kenmerkende bedreigde plantensoorten. Wel kunnen ook in deze vegetaties soorten van embryonale duintjes, vloedmerken of mosduinen en open duingraslanden voorkomen.

Kalkrijke mosduinen en duingraslanden omvatten verschillende vegetatietypes die zowel naar soortenrijkdom als bedreiging hoog scoren. Binnen deze groep zijn de mosduinen het minst soortenrijk en relatief minder sterk bedreigd. Rode lijst-soorten zijn onder meer Blauwe bremraap (*Orobanche purpurea*) en Kegelsilene (*Silene conica*). Relatief recent verschenen, in Vlaanderen zeldzame soorten zijn onder meer Wit vetkruid (*Sedum album*) en Knolbeemdgras (*Poa bulbosa*).



Figuur 7.31. Evaluatie van de kusthabitats voor hogere planten.



Fi

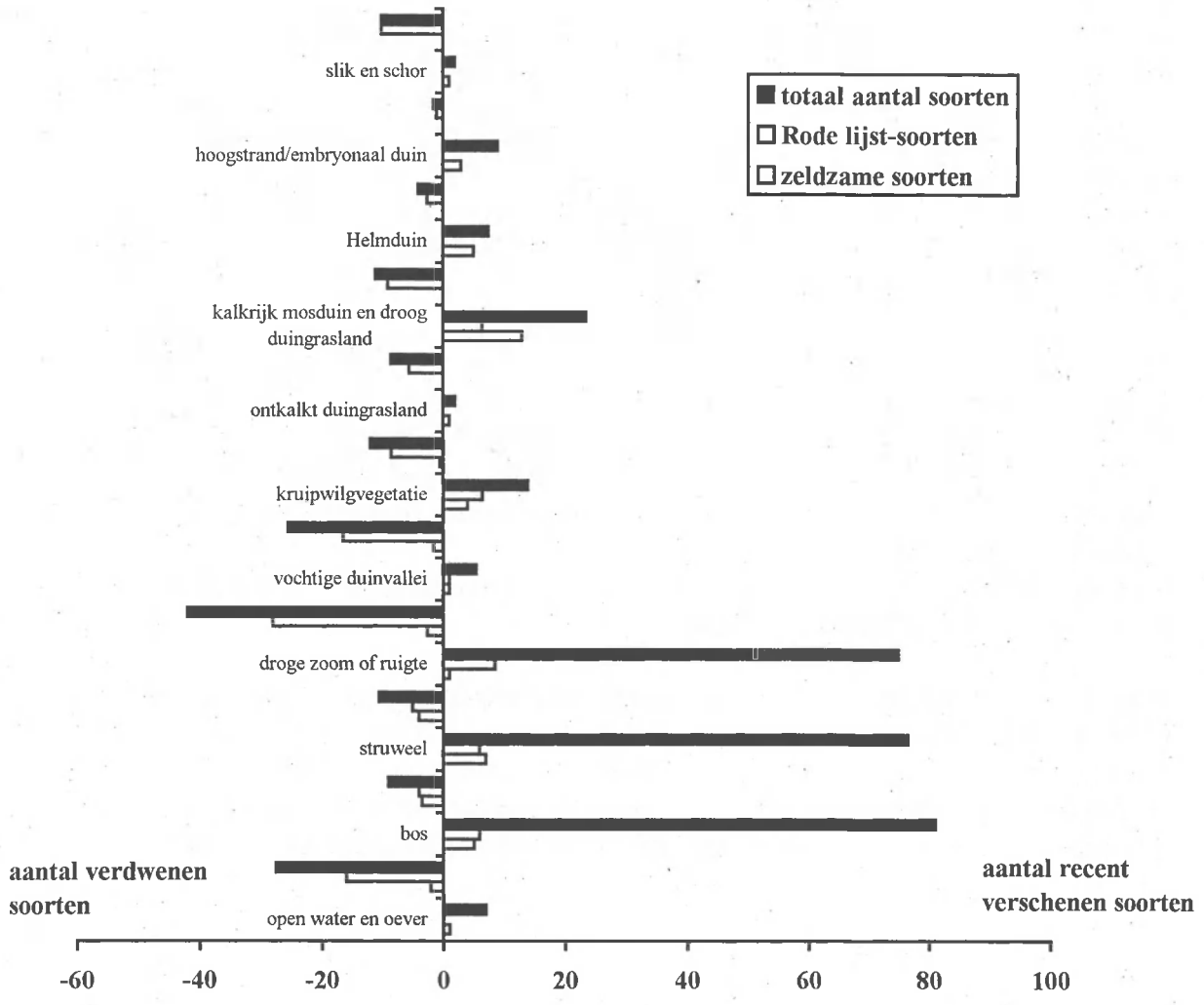
guur 7.32. Evaluatie van de kusthabitats voor plantensoorten die in Vlaanderen actueel bijna enkel aan de kust worden aangetroffen.

De droge tot mesofiele gesloten graslanden zijn floristisch interessanter. Hoewel relatief weinig soorten zijn verdwenen (onder meer Echte kruisdistel - *Eryngium campestre*, Kleine steentijm - *Acinos arvensis* en Voorjaarszegge - *Carex cayophilacea*), komen er actueel veel zeldzame en bedreigde soorten voor zoals Liggend bergvlas (*Thesium humifusum*), Kalkbedstro (*Asperula cynanchica*), Aarddistel (*Cirsium acaule*), Wondklaver (*Anthyllis vulneraria*), etc... Veel van deze soorten zijn sterk achteruitgegaan, onder meer door verruiging en verstruweling. Nochthans zijn ook in deze graslanden enkele interessante soorten pas na W.O. II voor het eerst waargenomen waaronder Bijenorchis (*Ophrys apifera*), Kleine pimpernel (*Sanguisorba minor*) en Gevinde kortsteel (*Brachypodium pinnatum*).

Veel duingraslanden komen voor in mozaïek met Kruipwilg-struweel. In droge tot mesofiele Kruipwilgvegetaties kunnen dan ook vaak graslandsoorten worden aangetroffen waardoor beide habitats voor de evaluatie naar hogere planten sterk bij elkaar aansluiten. Verder herbergen deze dwergstruwelen elementen van struwelen en zomen. Stofzaad (*Monotropa hypopitys*), Rond wintergroen (*Pyrola rotundifolia*) en Donderkruid (*Inula conyza*), Rode lijst-soorten, zijn in de duinen sterk aan Kruipwilg gebonden. Gezien de eerder beperkte regeneratiemogelijkheden (Kruipwilg kiemt uitsluitend in vochtige milieus) verdienen de dwergstruwelen een hoge bescherming.
De ontkalkte (mosrijke) graslanden in de duinen herbergen weinig specifieke soorten. Zij kunnen beschouwd worden als een minder goed ontwikkeld equivalent van de heidegebieden op de

Pleistocene dekzandgronden in het binnenland. Toch betekenen zij voor het, overwegend kalkrijke, duingebied een aanzienlijke aanrijking van de lokale biologische diversiteit. De heidegebieden aan de kust zijn echter zowel kwalitatief als kwantitatief sterk gedegradeerd (zie onder meer Van Hecke 1973 voor de Schuddebeurze). Gezien het vrij geringe aantal kenmerkende plantensoorten beperkt het aantal verdwenen Rode lijst-soorten van zure graslanden zich tot 2. Dit betekent echter wel een achteruitgang met 50 %.

Kruidachtige habitats van vochtige duinvalleien zijn de voorbije eeuw zeer sterk achteruitgegaan. Van de 26 bedreigde soorten zijn er 10 uit het kustgebied verdwenen waaronder Groenknolorchis (*Liparis loeselii*), Duinrus (*Juncus anceps*) en Dwergvlas (*Radiola linoides*). Ook de overige soorten zoals onder meer Parnassia (*Parnassia palustris*), Honingorchis (*Herminium monorchis*), Zwarte knopbies (*Schoenus nigricans*), Slanke gentiaan (*Gentianella amarella* s.l.) en Bonte paardestaart (*Equisetum variegatum*) kenden meestal een aanzienlijke achteruitgang. In Vlaanderen herbergt de kust ook vaak het merendeel van de groeiplaatsen van deze soorten.



Figuur 7.33. Evolutie in soortensamenstelling van de kusthabitats. Verdwenen=enkel voor 1940 waargenomen, recent verschenen=enkel na 1972 waargenomen.

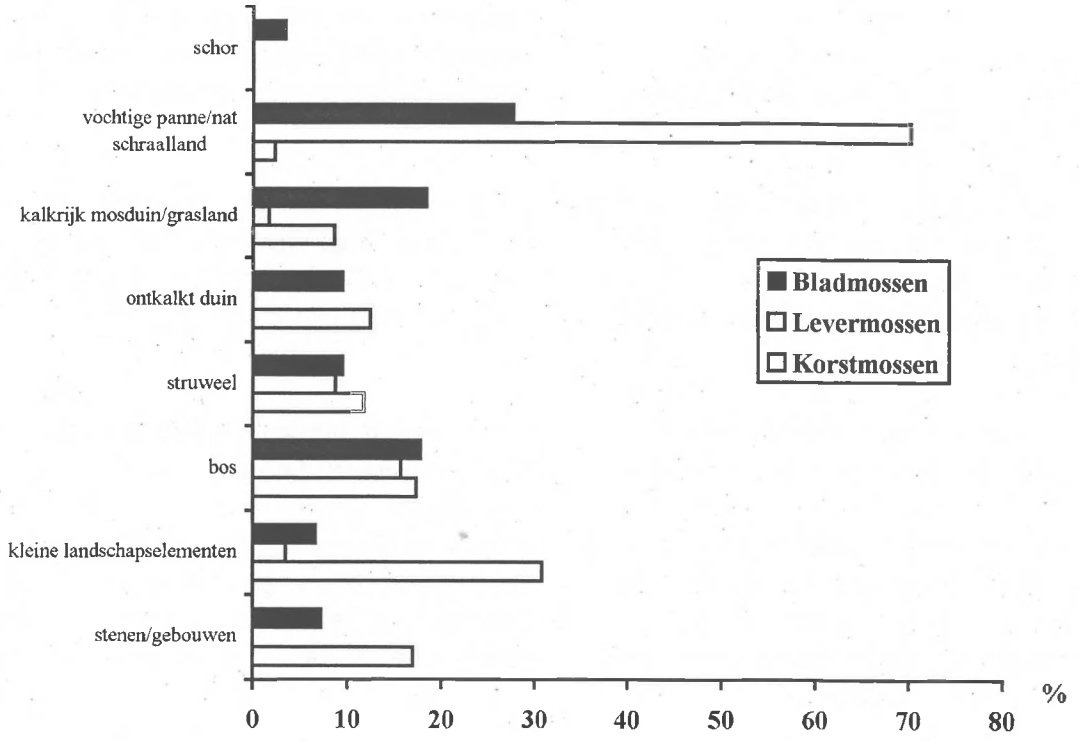
Ongeveer een kwart van de soorten hogere planten die sedert de vorige eeuw aan de kust werden gevonden, groeit (groeide) in zomen, ruigten of op verstoorde plaatsen. Een belangrijk gedeelte van deze soorten is afkomstig uit akkers en antropogene ruigten (220 soorten!). Deze habitats behoren voor hogere planten ook tot de sterkst bedreigde van de kust. Van de 40 kenmerkende Rode lijst-soorten zijn er de afgelopen eeuw 28 uit het gebied verdwenen. Voorbeelden zijn Bolderik (*Agrostemma githago*), Spiesleeuwebek (*Kickxia elatine*) en Ruw parelzaad (*Lithospermum arvense*). Dit is voor dergelijke cultuurvolgers niet verwonderlijk, gezien de sterke intensivering van de landbouw.
Een aantal interessante soorten zoals Knolbeemdgras (*Poa bulbosa*) en Tengere distel (*Carduus tenuiflorus*) blijkt het in sterk (meestal antropogeen) verstoorde milieus aan de kust vrij goed te doen. Het is echter niet evident om voor deze habitats een adequaat beheer te voeren.
Halfnatuurlijke zomen en ruigten zijn relatief soortenrijk en weinig bedreigd. Deze groep is echter vrij ruim genomen en omvat ook een aantal eerder eurytope graslandsoorten zoals Duinroosje (*Rosa pimpinellifolia*) en Nachtsilene (*Silene nutans*). De verstruweling van het duingebied heeft ook het belang van zoomvegetaties duidelijk doen toenemen. Aanwinsten in die zin zijn onder meer Prachtklokje (*Campanula persicifolia*), Hartsgespan (*Leonurus cardiaca*) en Borstelkrans (*Calamintha clinopodium*).

Ook de struweelontwikkeling zelf is vanuit diversiteitsoogunt een positieve ontwikkeling, hoewel het aantal voor deze vegetaties kenmerkende soorten eerder beperkt is. Tongvaren (*Asplenium scolopendrium*) en Welriekende salomonszegel (*Polygonatum odoratum*) zijn voorbeelden van in Vlaanderen "bedreigde" soorten die vrij recent opgedoken. Ook veel struiken zoals Zuurbes (*Berberis vulgaris*), Egelantier (*Rosa rubiginosa*) en Wilde liguster (*Ligustrum vulgare*) zijn in Vlaanderen eerder zeldzaam en voor hun verspreiding in belangrijke mate op de kust aangewezen. In de tweede helft van deze eeuw is het duingebied 4 Rode lijst-struiken (categorie zeldzaam) rijker geworden.

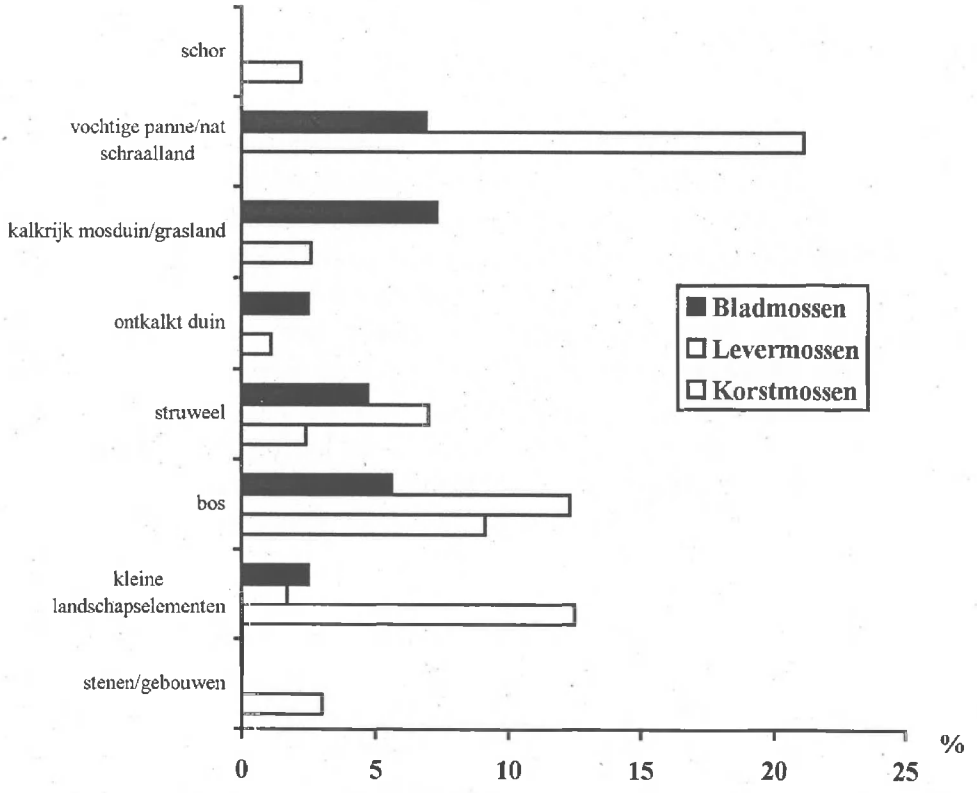
De spontaan ontwikkelde duinbossen vertonen een grote gelijkenis met de hierboven beschreven struwelen, waar zij trouwens meestal uit ontwikkelen. "Oudere bosvegetaties" (het oudste bos aan de kust is echter amper een eeuw oud) zijn zonder uitzondering in aanplanten te vinden. Gezien de leeftijd zijn slechts weinig bijzondere kenmerkende plantensoorten te vinden. Voorbeelden van recent verschenen soorten zijn Bosbingelkruid (*Mercurialis perennis*) en Wilde narcis (*Narcissus pseudonarcissus* ssp. pseudonarcissus).
De achteruitgang van een aantal bos- en struweelsoorten (Figuur 7.33.) is grotendeels te wijten aan de in die groep opgenomen zoomplanten.

Water- en oevervegetaties zijn vrij soortenrijk maar omvatten zeer weinig kustspecifieke soorten. Deze habitats kennen aan de kust voor hogere planten een zeer sterke kwantitatieve en kwalitatieve achteruitgang. Van de 21 Rode lijst-soorten (s.l.) zijn er 17 uit het kustgebied verdwenen. We denken onder meer aan Kikkerbeet (*Hydrocharis morsus-ranae*), Klein en Groot blaasjeskruid (*Utricularia minor* en *vulgaris*) en Watergentiaan (*Nymphoides peltata*).

7.5.2. Blad-, lever- en korstmossen



Figuur 7.34. Evaluatie van de kusthabitats voor blad-, lever- en korstmossen (totaal soortenaantal).



Figuur 7.35. Evaluatie van de kusthabitats voor "doelsoorten" van blad-, lever- en korstmossen.

De standplaatsen van de diverse bladmossoorten aan de kust blijken zich vrij gelijkmatig over de meeste (half)natuurlijke habitats te verdelen (Figuur 7.34. en 7.35.). Soortenrijkst zijn respectievelijk vochtige, lage pannevegetaties (*Campylium* spp., *Fissidens adianthoides*, *Bryum* spp....), mosduinen/graslanden (*Rhytidiadelphus triquetrus*, *Thuidium abietinum*, *Pleurochaete squarrosa*, ...) en bossen (*Zygodon conoideus*, *Ulota* spp., ...). Naast deze habitats herbergen ook (vlier)struwelen relatief veel "doelsoorten"; vanuit natuurbehoud omwille van zeldzaamheid of bedreiging gewaardeerde en/of kustspecifieke soorten (*Cryphaea heteromalla*, *Orthotrichum pulchellum*, O. *tenellum*, ...).

Levermossen vertonen een duidelijke voorkeur voor de vochtige pannen. Ongeveer 70 % van de soorten kunnen er worden aangetroffen. Deze habitat herbergt ook het hoogst aantal "doelsoorten" (*Moerckia hibernica*, *Preissia quadrata*, ...). Daarnaast vormen ook bossen en struwelen geschikte levermos-habitats voor o.m. *Frullania dilatata*, *Metzgeria furcata* en *Radula complanata*.

Voor een groot aantal korstmossoorten vormen vrijstaande bomen belangrijke groeiplaatsen (*Diploicia canescens*, *Physcia adscendens*, *Parmelia acetabulum*, *Lecanora carpinea*, *Ramalina fraxinea*, *R. fastigiata*, ...). Zij werden in Figuur 7.34 en 7.35. onder "kleine landschapselementen" gecatalogeerd. Naar soortenrijkdom blijken verder ook de meeste andere habitats van belang te zijn, met uitzondering van lage pannevegetaties en zilte groeiplaatsen. Voor graslanden en mosduinen denken we vooral aan soorten van de genera *Cladonia* en *Peltigera*. Bossen en houtige kleine landschapselementen herbergen het grootst aantal vanuit natuurbehoud hoog gewaardeerde soorten.

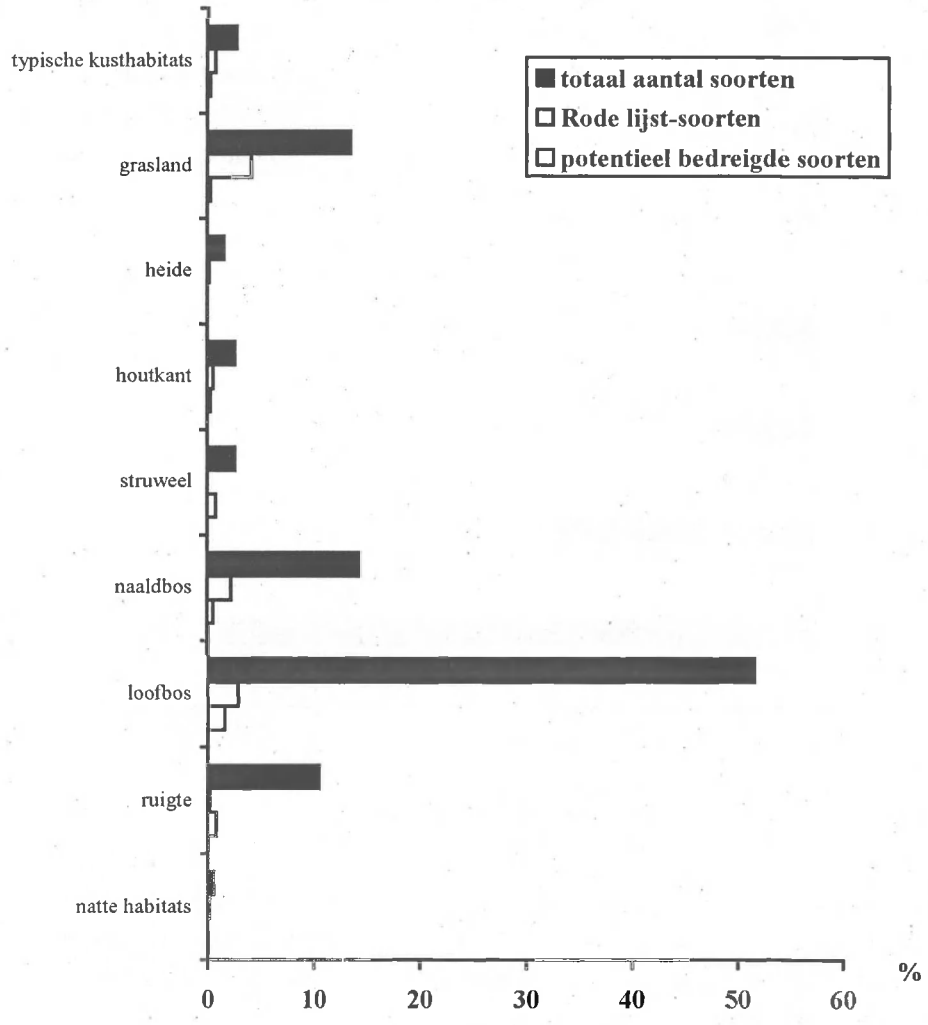
De gegevens laten ons niet toe om conclusies trekken over de bedreiging van habitats. Daartoe is meer gedetailleerd (literatuur)onderzoek naar trends in de mosflora van de kust noodzakelijk.

7.5.3. Fungi

Voor de indeling van de macrofungi naar habitatpreferentie werd gebruik gemaakt van Arnolds et al. 1995. Figuur 7.36. geeft de verdeling van (het gewicht toegekend aan) de soorten weer over een selectie van habitats. Opvallend is de zeer hoge soortenrijkdom van bossen. Zij herbergen ongeveer twee derden van alle aan de kust waargenomen paddestoelen. Verder behoren ook graslanden en "ruigten" (vrij ruime groep, gaande van akkers tot zomen) tot de soortenrijkere groeiplaatsen. Graslanden (en mosduinen) herbergen echter het meest bedreigde soorten. Belangrijk zijn onder meer wasplaten (o.m. Hygrocybe spp.) en Brede aardtong (Geoglossum cookeianum). De (deels gewezen) wasplatengraslanden van de Zwinbosjes behoren tot de soortenrijkste van de Benelux (Walleyn 1993). Ook in Naald- en loofbossen vinden we veel Rode lijst-soorten zoals onder meer Koningsmantel (*Tricholomopsis rutilans*) en Oorlepelzwam (*Auriscalpium vulgare*). De andere habitats zijn beduidend minder rijk aan (zeldzame) paddestoelen.

In de soortenlijst (Bijlage 7.5.) is het geringe aantal typische kustsoorten opvallend. Zij komen voor in diverse habitats zoals Duinfranjehoed (*Psathyrella ammophila*) en Duinstinkzwam (*Phallus hadriani*) in Helmduinen, Kwelderchampignon (*Agaricus bernardii*) in schorren, Kleine aardster (*Geastrum minimum*) en Gesteelde stuifbal (*Tulostoma brumale*) in mosduinen, de Duindoornvuurzwam (*Phellinus hippophaecola*) op Duindoorn en Vals judasoor (*Auriculariopsis ampla*) in loofbos.

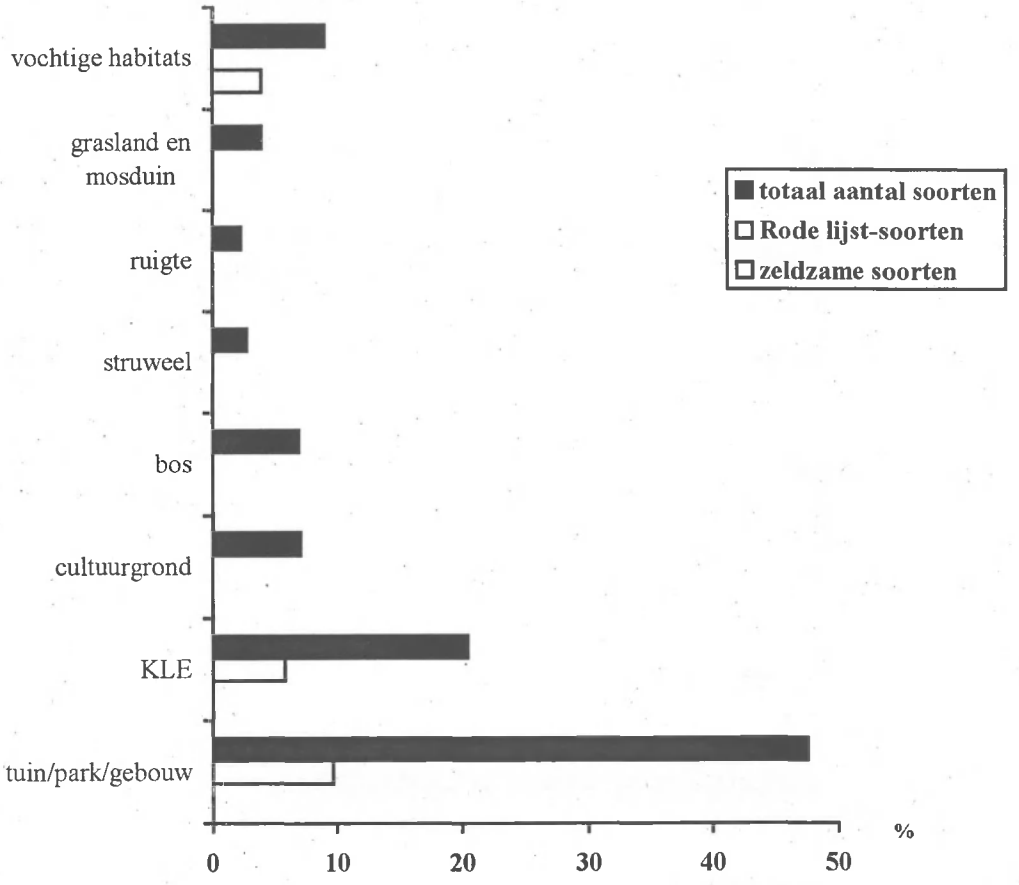
Mycosociologisch onderzoek in de duinen is er echter nog nauwelijks verricht waardoor bovenstaande analyse enigszins genuanceerd dient te worden.



Figuur 7.36. Evaluatie van de kusthabitats voor macrofungi.

7.5.4. Zoogdieren

Aan de kust vormt het getijdegebied de belangrijkste habitat voor zoogdieren. Gezien dit gedeelte van het studiegebied voor deze dieren slechts een marginaal deel uitmaakt van het mariene ecosysteem, laten we zeezoogdieren hier verder achterwege.
Onder de terrestrische zoogdieren zijn er geen specifieke kustsoorten. Voor zeldzame en bedreigde soorten zijn de antropogene habitats het meest belangrijk. We denken met name aan de verblijfplaatsen voor vleermuizen, onder meer in bunkers, leegstaande gebouwen, oude knotwilgen,... Vochtige pannen worden door de zeldzame Veldspitsmuis (*Crocidura leucodon*) op prijs gesteld.



Figuur 7.37. Evaluatie van de kusthabitats voor terrestrische zoogdieren.

Door de mobiliteit en de omvang van het leefgebied van grotere zoogdieren is het opstellen van een habitat-indeling niet zo eenvoudig. Het voorkomen van deze soorten is veleer gebonden aan meer grootschalige landschappelijke kwaliteiten wat betreft variatie in begroeiing schuilmogelijkheden, voedselvoorziening,...

7.5.5. Vogels

Broedvogels

De habitat-indeling van de broedvogels van de kust is weergegeven op Figuur 7.38.

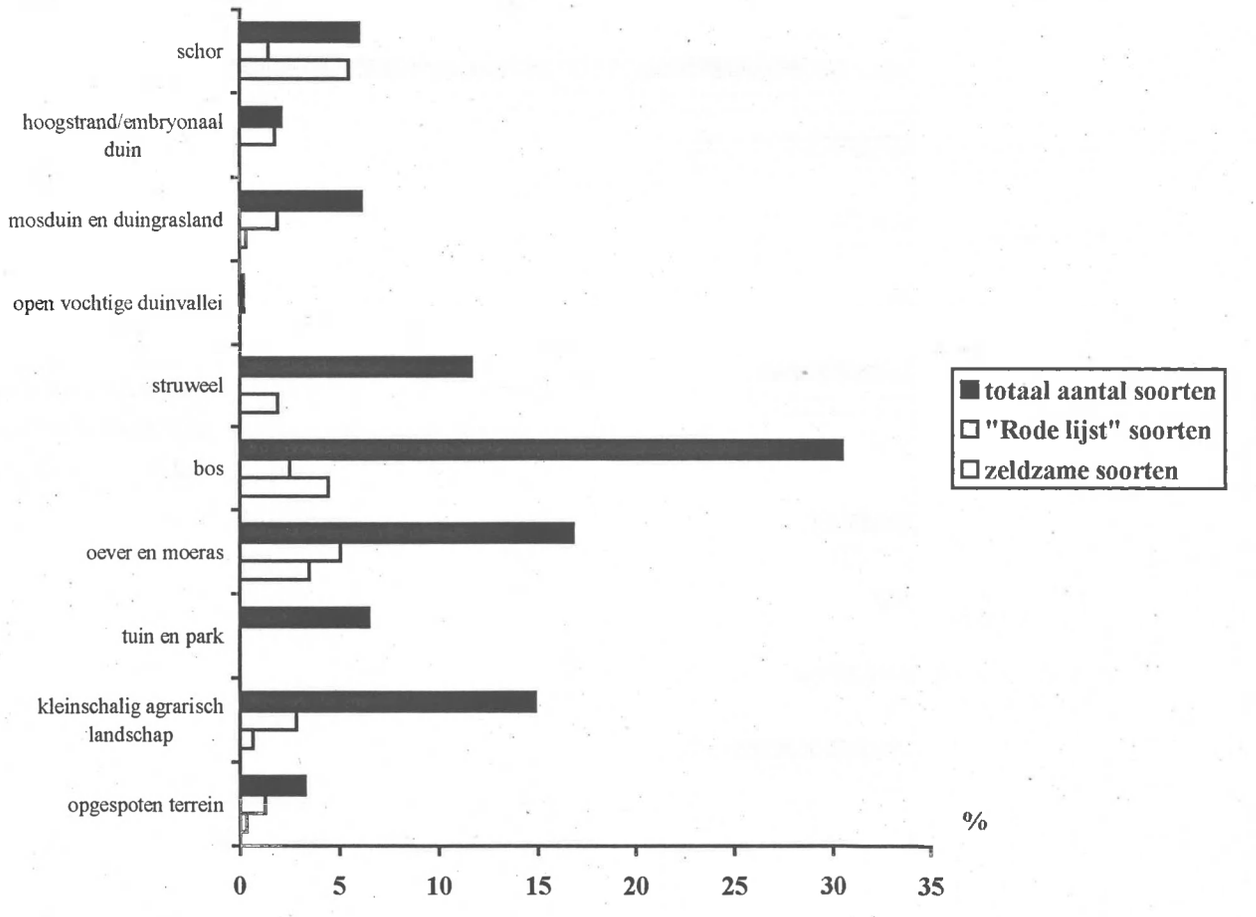
Ongeveer één derde van alle broedvogelsoorten uit het kustgebied wordt aangetroffen in bossen. De meeste bosvogels, waaronder ook een aantal bedreigde en zeldzame soorten zoals Wielewaal (*Oriolus oriolus*) of Kruisbek (*Loxia curvirostra*), zijn echter niet of weinig specifiek voor de kust.

Ook het aantal struweelsoorten is vrij hoog, met een vrij belangrijk aandeel van kustspecifieke soorten. Bijzondere, voornamelijk tot de kust beperkte soorten zijn onder meer Roodmus (*Carpodacus erythrinus*) en Kleine barmsijs (*Carduelis flammea cabaret*). Duinstruwelen

herbergen verder een belangrijk deel van onder meer de Vlaamse populaties Nachtegaal (*Luscinia megarhynchos*).

In moerasgebieden (vooral de Fonteintjes) worden aan de kust het grootste aantal bedreigde soorten aangetroffen. Het betreft echter in hoofdzaak weinig kustspecifieke vogels zoals Dodaars (*Tachybaptus ruficollis*), Wouwaapje (*Ixobrychus minutus*), Snor (*Locustella luscinioides*) of Rietzanger (*Emberiza schoeniclus*).

Opvallend is verder het relatief groot aantal soorten dat op sterk cultuurlijke plaatsen broedt. Ongeveer een derde van de broedvogelsoorten doet dit in tuinen, parken, agrarische gebieden met veel kleine landschapselementen of op opgespoten terreinen. Enkel in deze laatste habitat worden ook relatief veel kustsoorten gevonden. Hoewel antropogeen van oorsprong, overstijgt de ornithologische betekenis van de opgespoten terreinen in Zeebrugge voor typische kustvogels alle andere, natuurlijke pionierssituaties van onze kust. Het herbergt o.a. meer dan 90% van het aantal broedparen van de Strandplevieren (*Charadrius alexandrinus*) en de enige kolonie van Dwergstern (*Sterna albifrons*) en Grote stern (*Sterna sandvicensis*) van ons land.



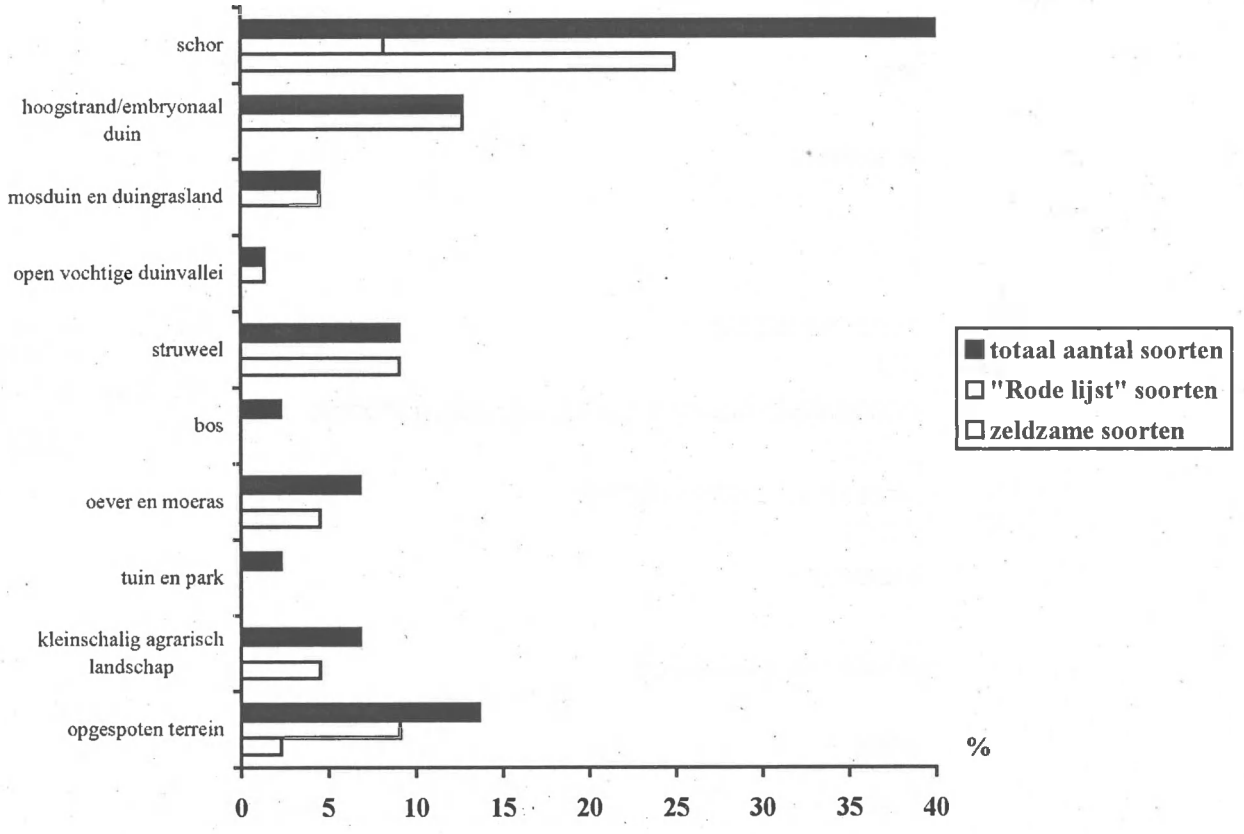
Figuur 7.38. Evaluatie van de habitats voor broedvogels.

Open duinterreinen (graslanden, mosduinen,...) bieden duidelijk voor minder soorten een geschikte broedgelegenheid. Toch komen hier een relatief groot aantal speciale broedvogels voor.

In de eerste plaats denken we aan Tapuit (*Oenanthe oenanthe*), die in Vlaanderen grotendeels aan de (West)kust gebonden is, maar bijvoorbeeld ook aan Velduil (*Asio flammeus*) en Nachtzwaluw (*Caprimulgus europaeus*). Ook Veldleeuwerik (*Alauda arvensis*), niet echt zeldzaam maar in Vlaanderen sterk achteruitgaand, kan in dit biotoop geschikte broedgelegenheden vinden. Bergeend (*Tadorna tadorna*) is een typische kustsoort van open duinterreinen.

Weinig soortenrijk maar heel (kust)specifiek als broedplaats is het hoogstrand (Figuur 7.39.). Op plaatsen waar de helling minder steil is, eventueel met vorming van vloedmerkvegetatie en van embryonale duinen, en waar voldoende rust heerst, komen de typische strandbroeders Dwergstern en Strandplevier voor. De eigenlijke zeereep is belangrijk als broedgebied voor de bedreigde Kuifleeuwerik (*Galerida cristata*).

De schorren vormen de meeste soortenrijke typische kusthabitat. Bijzondere kustsoorten zijn onder meer Visdief (*Sterna hirundo*), Stormmeeuw (*Larus canus*), Zwartkopmeeuw (*Larus melanocephalus*) en Noordse stern (*Sterna paradisaea*). Op de hogere schorre en in de lage duintjes is ook de Bergeend een vertrouwde broedvogel.



Figuur 7.35. Evaluatie van de habitats voor typische broedvogelsoorten van de kust.

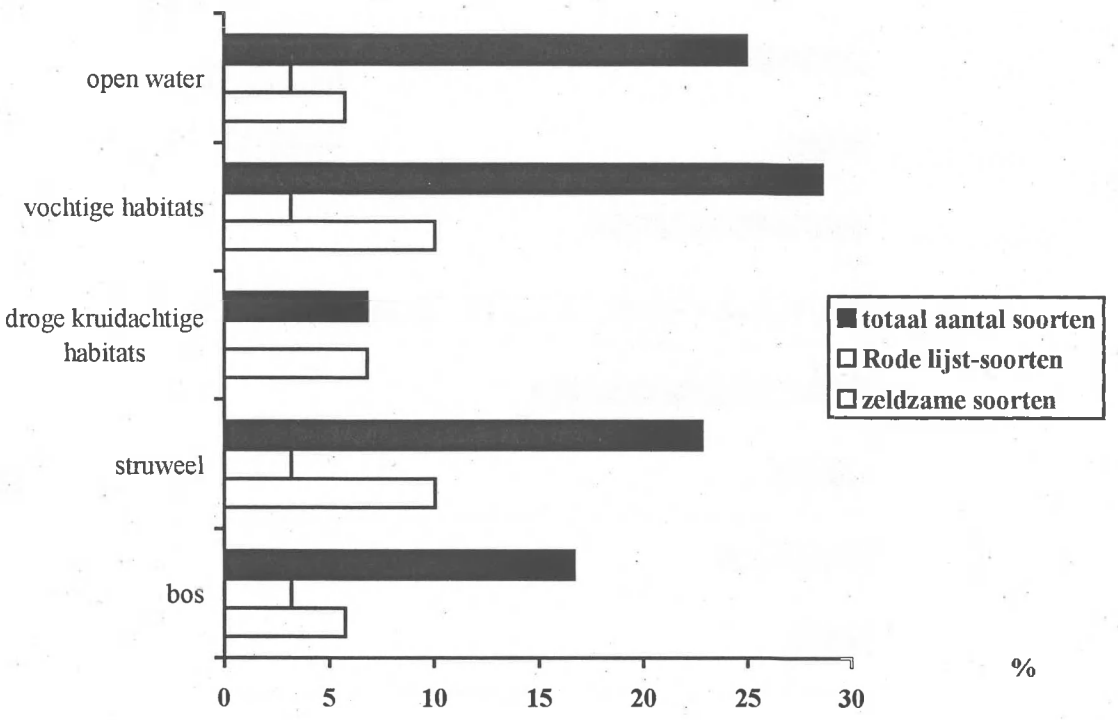
Doortrekkers en overwinteraars

Slikken vormen een belangrijk fourageergebied voor talrijke steltlopers en eendachtigen (Bergeend!). De beperkte slikgebieden aan de kust herbergen in de meeste gevallen een belangrijk aandeel van de Vlaamse populatie van deze soorten.

Duinstruwelen zijn van belang voor een groot aantal doortrekkende zangvogels. Meestal betreft het weinig kustspecifieke soorten die tijdens de trekperioden (vooral in het najaar) in belangrijke mate de kustlijn volgen. Onder meer voor Houtsnip (*Scolopax rusticola*) vormen struwelen een geschikt overwinteringsbiotoop.

Een aantal in Vlaanderen achteruit gaande zangvogels is tijdens de overwinterings- of doortrekperiode ook aan andere habitats gebonden. Sneeuwgors (*Plectrophenax nivalis*) en Strandleeuwerik (*Eremophila alpestris*) zoeken het hoogstrand op terwijl Frater (Carduelis flavirostris) vooral op schorren wordt aangetroffen.

7.5.6. Amfibieën en reptielen



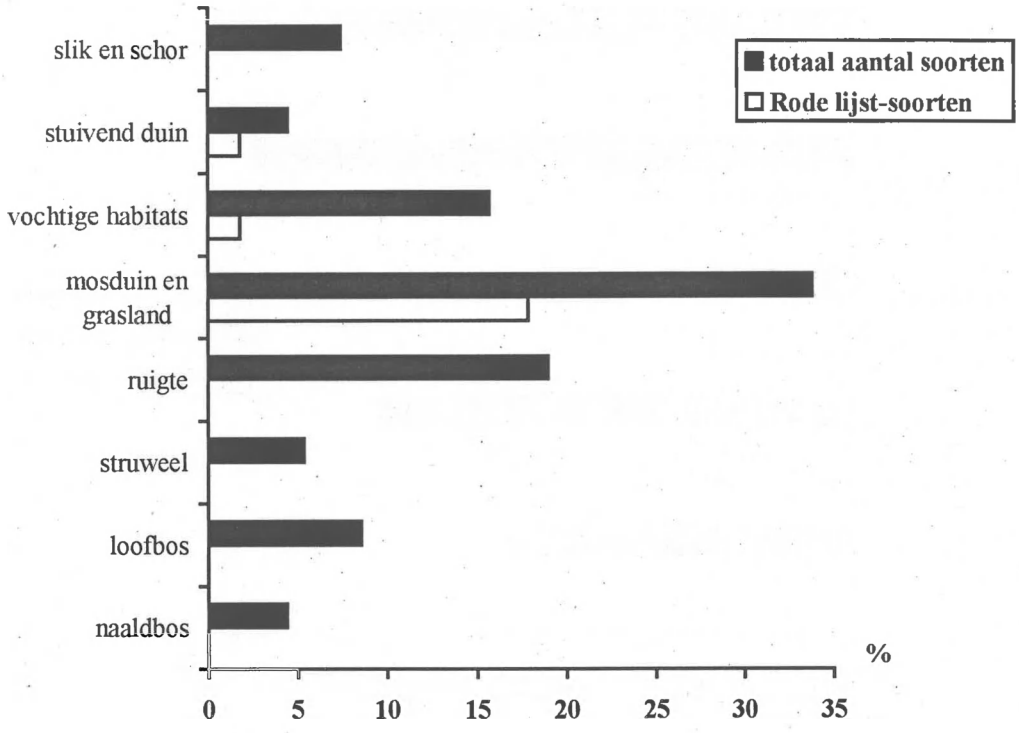
Figuur 7.40. Evaluatie van de kusthabitats voor amfibieën en reptielen.

Onder de herpetofauna vinden we geen typische kustsoorten. De in Vlaanderen met uitsterven bedreigde Boomkikker (*Hyla arborea*) heeft aan de Oostkust wel nog een belangrijke populatie. Rugstreeppad (*Bufo calamita*), Kamsalamander (*Triturus cristatus*) en Levendbarende hagedis (*Lacerta vivipara*) zijn in Vlaanderen zeldzame soorten die aan de kust relatief goed vertegenwoordigd zijn. De meeste amfibieën zijn wat betreft het waterbiotoop min of meer aan (vrijwel) permanent open water gebonden. Dit biotoop is vrij gemakkelijk kunstmatig te creëren,

binnen en buiten het eigenlijke duingebied en ook op actueel ecologisch minder waardevolle terreinen. Uitzondering hierop vormt de Rugstreeppad die in West-Vlaanderen uitsluitend in de duinen voorkomt. Natte duinpannen maken het belangrijkste deel uit van het nat biotoop van dit dier en verdienen prioritaire bescherming. Het landbiotoop omvat verschillende habitats.
De habitatbinding van Levendbarende hagedis in de duinen is minder goed gekend. Het dier is relatief eurytoop.

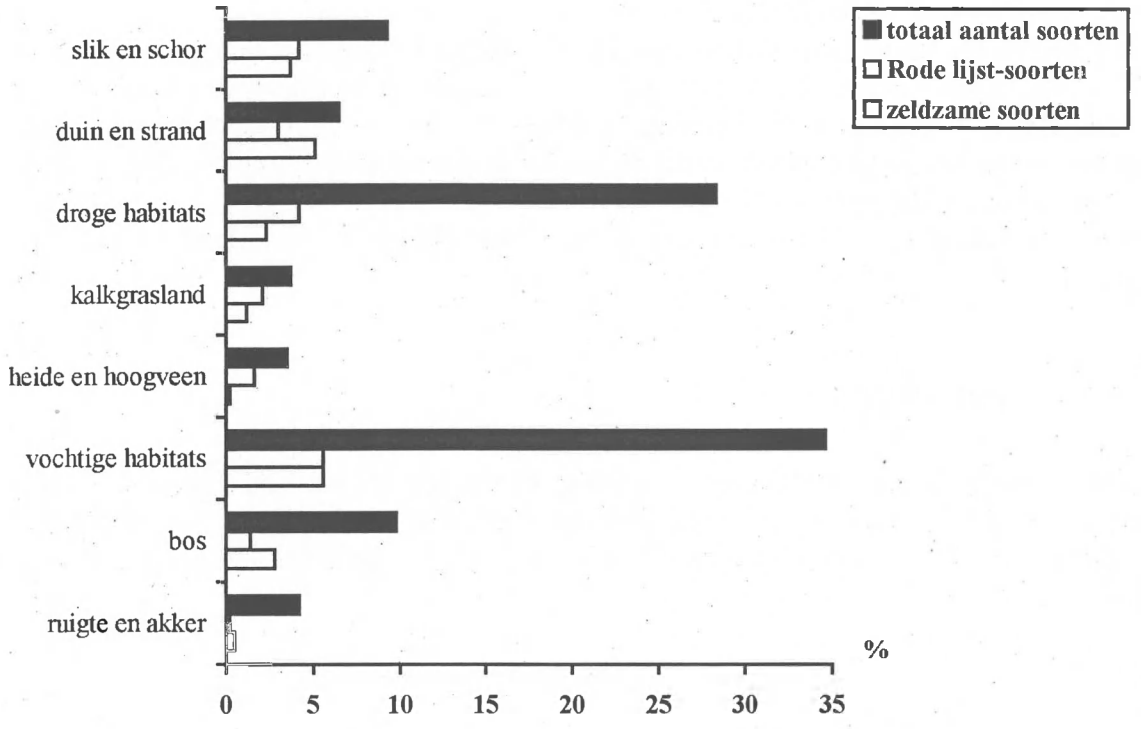
7.5.7. Dagvlinders

Open duingraslanden en mosduinen vormen de belangrijkste habitat voor bedreigde dagvlinders aan de kust. De typische soorten zoals Duinparelmoervlinder (*Fabriciana niobe*) zijn echter verdwenen of sterk bedreigd. De waardplanten van hun rupsen, respectievelijk Ganzeriksoorten voor het Bretons Spikkeldikkopje (*Pyrgus armoricanus*) en het Duinviooltje en Hondsviooltje voor de Parelmoervlinders zijn niet uit het duin verdwenen. Areaalvermindering, vergrassing en verstruweling zijn waarschijnlijk belangrijke oorzaken van de achteruitgang.
Naar soortenrijkdom zijn ook vochtige habitats en ruigten belangrijk. Bossen en struwelen herbergen weliswaar een aantal dagvlindersoorten maar vormen voor de groep geen prioritair te beschermen habitats.

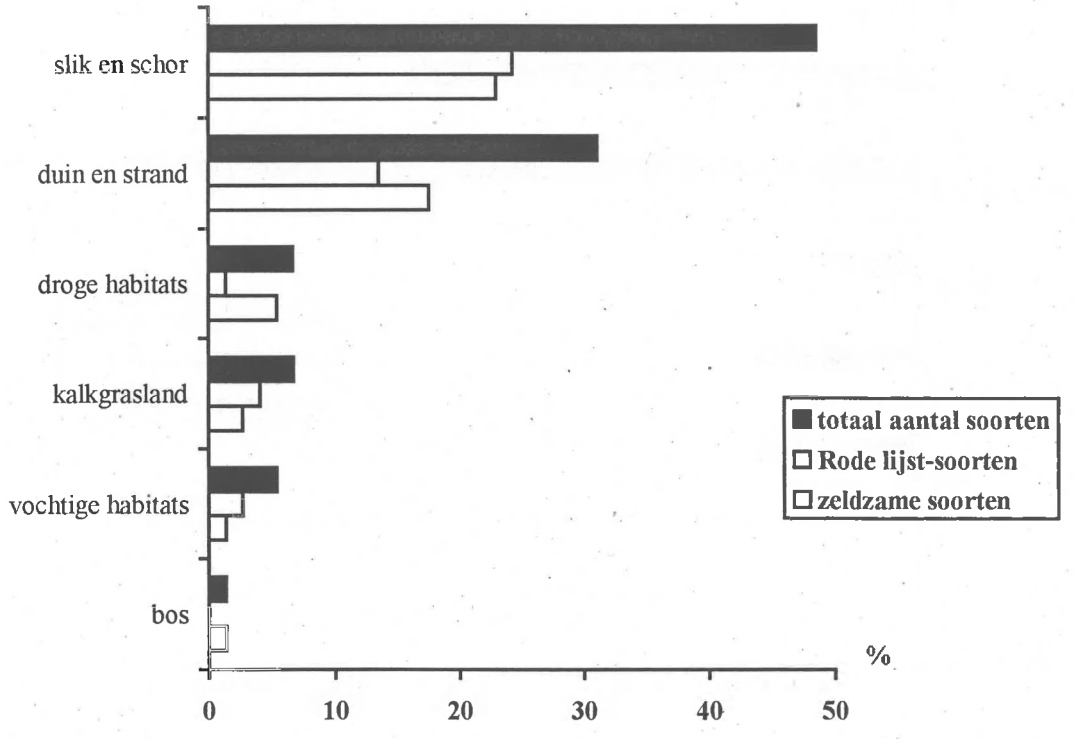


Figuur 7.41. Evaluatie van de kusthabitats voor dagvlinders.

7.5.8. (Zand)loopkevers



Figuur 7.42. Evaluatie van de kusthabitats voor (zand)loopkevers.

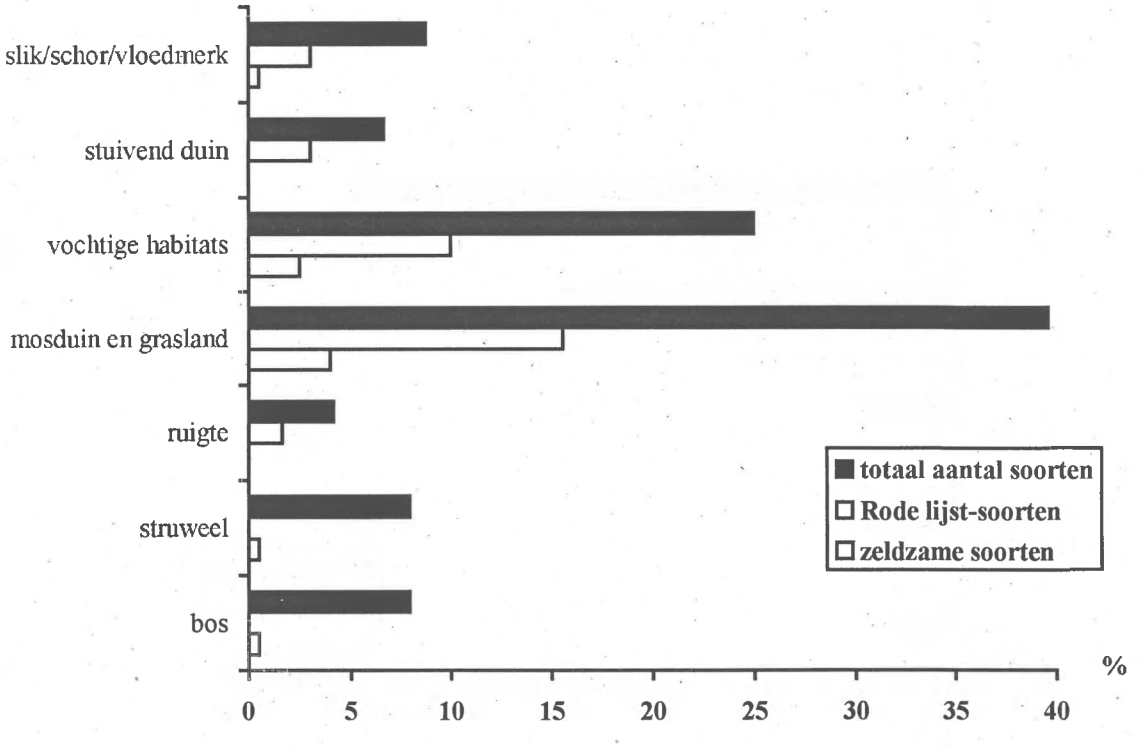


Figuur 7.43. Evaluatie van de kusthabitats voor in Vlaanderen hoofdzakelijk aan de kust voorkomende (zand)loopkevers.

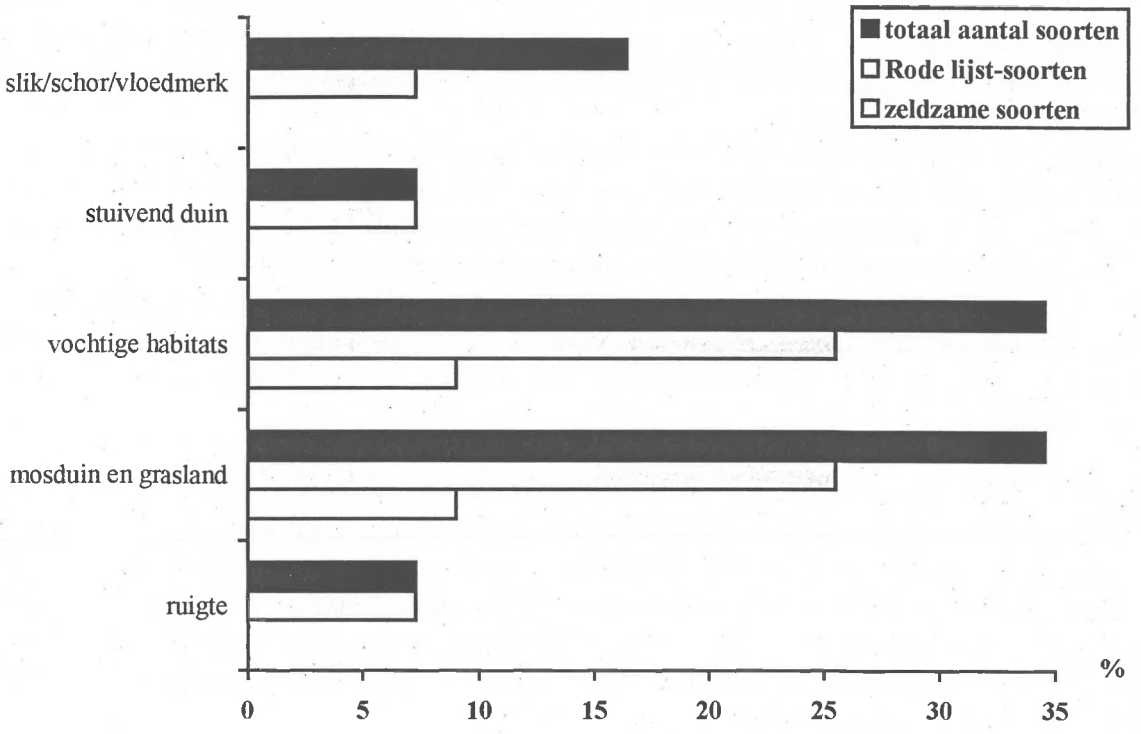
Graslanden en kruidachtige vegetaties vormen aan de kust de meest soortenrijke loopkeverhabitats. Een bruikbare evaluatie naar bedreigingsgraad vergt echter een meer gedetailleerde beschrijving van de habitats. Toch kunnen we een aantal algemene conclusies formuleren (Figuren 7.42. en 7.43.).
Relatief gezien (% Rode lijst-soorten) zijn slikken, schorren, "duinen", kalkgraslanden en heiden de sterks bedreigde habitats aan de kust. Naast de "typische kustvegetaties" verdienen mosduinen en graslanden dus prioritaire bescherming. Vochtige habitats (in de duinen de pannevegetaties) herbergen echter het grootst aantal aantal Rode lijst-soorten in absolute cijfers. Gezien de geringe oppervlakte aan kruidachtige valleivegetaties zijn ook hier natuurbeheersmaatregelen vrij urgent.
Bossen (waaronder ook struwelen) zijn matig soortenrijk maar herbergen weinig bedreigde soorten.

7.5.9. Sprinkhanen

De habitatpreferentie van sprinkhanen sluit vrij goed aan met die van (zand)loopkevers. Hier zijn echter de drogere graslanden en mosduinen belangrijker dan de vochtige pannen. Wat betreft kustsgebonden soorten scoren deze habitats voor sprinkhanen duidelijk het hoogst (Figuur 7.44. en 7.45.).



Figuur 7.44. Evaluatie van de kusthabitats voor sprinkhanen.



Figuur 7.45. Evaluatie van de kusthabitats voor in Vlaanderen hoofdzakelijk aan de kust voorkomende sprinkhanen.

7.5.10. Besluit

Zoals hoger reeds aangehaald, moet de habitat-evaluatie met de nodige terughoudendheid geïnterpreteerd worden. Bij gebrek aan andere informatie is de gebruikte evaluatie-methode indirect; de bedreigingsgraad van soorten wordt geëxtrapoleerd naar habitats. Het referentiekader voor de soorten (Vlaanderen) is echter niet dat van de habitats (kustduinen). De aanwezigheid van in (in Vlaanderen) zeldzaam organisme betekent dan ook niet noodzakelijk dat de habitat ervan effectief bedreigd is.
Toch kunnen we uit de grafieken een aantal - althans voor het natuurbehoud op gewestelijk niveau - relevante conclusies trekken :

- Kalkrijke mosduinen/duingraslanden en vochtige kruidachtige duinvalleivegetaties herbergen het grootste aandeel aan zeldzame en bedreigde soorten. Gezien het hoog aantal kustspecifieke soorten en de vrij drastische inkrimping van het areaal van deze habitats, verdienen zij vanuit natuurbehoud prioritaire aandacht.
- In habitats in de zilte sfeer; slikken, schorren, embryonale duintjes, vloedmerkvegetaties, ... worden veel zeldzame en bedreigde soorten aangetroffen. Zij omvatten (relatief gezien, maar niet in absolute aantallen) het hoogst aantal kustspecifieke soorten. Gezien het geringe (kritische) oppervlak aan deze typische kusthabitats is herstel een dringende noodzaak.
- Water- en oevervegetaties kenden aan de kust waarschijnlijk de meest spectaculaire kwalitatieve achteruitgang. Gezien deze trend zich in het gehele landsgedeelte manifesteert, is het hoge aandeel aan "Rode lijst-soorten" in deze habitats niet verwonderlijk. Het aantal typische kustsoorten ligt hier gevoelig lager.

Deze conclusies blijken vooral toepasbaar op vaatplanten, loopkevers en sprinkhanen. Maar ook onderzoek naar andere invertebratengroepen leidt tot gelijkaardige resultaten (cfr. o.m. Bonte 1996 voor spinnen in het Westhoekreservaat en Pollet & Grootaert 1996 voor Empidoidea in het duingebied van de IJzermonding).
De andere organismengroepen hebben zowat hun eigen biotoopvoorkeur. Voor o.m. bedreigde broedvogels en paddestoelen blijken bossen en struwelen van groot belang, vleermuizen (aan de kust vormen zij de grootste groep bedreigde landzoogdieren) verkiezen blijkbaar antropogene habitats als bunkers, voor korstmossen zijn vrijstaande bomen zeer interessant, ...
Verder komen een aantal habitats hier niet uit de verf door hun geringe soortenrijkdom. Toch kunnen zij een onvervangbare leefwereld vormen voor een aantal in Vlaanderen bedreigde organismen. We denken bijvoorbeeld aan het belang van helmduinen voor een aantal ongewervelden.

Natuurbehoud en -ontwikkeling aan de kust mag zich dus niet beperken tot de hoger aangehaalde prioritair te beschermen, eerder "kenmerkende" kusthabitats, maar moet zich richten op de diversiteit in al zijn aspecten. De hier besproken habitat-analyse kan enerzijds kunnen leiden tot een soort urgentieprogramma voor onder meer vochtige duinvalleien en "duinkalkgraslanden" en anderzijds tot een visie waarin ook ruimte wordt gegeven aan voor de kust relatief "nieuwe" processen als verbossing, minder bekende organismen zoals fungi en veel groepen ongewervelden, natuur in menselijke omgeving, etc...

8. Kennislacunes

In deze paragraaf worden kennislacunes en aanbevelingen voor verder onderzoek aangebracht vanuit de verschillende disciplines die aan dit rapport een bijdrage hebben geleverd.
Hoewel bij het toegepast ecologisch onderzoek in eerste instantie gedacht wordt aan geomorfologie, hydrologie en pedologie als ondersteunende onderzoeksvelden, kunnen bijvoorbeeld ook studies omtrent klimaat, historiek of socio-economische context bijdragen tot de beleidsondersteuning inzake natuurbehoud.

Een algemene vaststelling is het feit dat het onderzoek in verband met het duinecosysteem in het verleden weinig systematisch is gebeurd en dat een multidisciplinaire aanpak meestal ontbrak.

Geomorfologie

- Gedetailleerde opvolging van de morfodynamiek door o.a. **sequentiële topografische terreinopnamen** en door **gespecialiseerde interpretatie van sequentiële luchtfoto's.** Hiervoor komen vooral in aanmerking: het loopduincomplex in het Westhoekreservaat, Ter Yde, de "rollende zeereep" in het Westhoekreservaat en tussen De Haan en Wenduine, sterk erosieve of aanwassende strandsectoren, nabij strandverdedigingsstructuren om diens effect op de natuurlijke geomorfologische processen na te gaan, actieve paraboolduinkernen zoals in de Witte Burg te Oostduinkerke, in het Westhoekreservaat, enz. Alleen door voldoende lange numerische gegevenreeksen kan hier een gefundeerd beeld over de snelheid van de evolutie bekomen worden.

- Opstellen van gedetailleerde **geomorfologische kaarten**, in de eerste plaats voor de belangrijkste duinterreinen (bv. Ter Yde, Zwinbosjes,...). Alleen voor het Westhoekreservaat is momenteel een dergelijk document voor handen (Depuydt 1967). Een herziening van dit document naar moderne geomorfologische karteringstechnieken dringt zich echter op. Kaartvergelijking zou dan ook kunnen bijdragen tot betere inzichten in de lange termijn-dynamiek.

- Duidelijke en absoluut gedateerde **paleogeografische reconstructie van het Vlaamse duinlandschap**. Dit punt is zeer belangrijk om de geologische evolutie van het kustgebied duidelijker en meer gefundeerd te benaderen. Het zal evenwel alleen mogelijk zijn mits belangrijke financiële inspanningen omdat hiervoor enerzijds radiometrische dateringen noodzakelijk zijn die in dit geval met zeer grote zorg uitgevoerd moeten worden, en omdat er anderzijds op extensieve schaal sedimentstudies op ontsluitingen en met behulp van handboringen zouden moeten plaatsgrijpen. Dit onderzoek kan voor een gedeelte op toevallige ontsluitingen gebeuren. Het zal dan wel lange tijd in beslag nemen alvorens relevante resultaten naar boven komen.

- Uitdieping en herziening van de bestaande inzichten betreffende de **stranddynamiek en duinvorming** aan de hand van nieuwe gegevens en inzichten. Het zou ook van groot belang zijn ten minste voor korte tijd een vergelijkende verkenning van enkele buitenlandse duingebieden te kunnen uitvoeren, bij voorkeur in zones waar de natuurlijke processen ongehinderd doorgaan en de menselijke invloed tot een minimum beperkt is.

- Een wetenschappelijke analyse van de sequentiële luchtfoto-opnames die sinds een decennium langs de Vlaamse kust gebeuren.

- Fundamenteel wetenschappelijk onderzoek inzake de **actuele processen** en meer bepaald inzake de hydrologische, meteorologische en sedimentologische factoren die de dynamiek van strand en duinen beïnvloeden.

- Betere **verkenning van de reliëfsvormen in de reeds geurbaniseerde delen** van het duingebied omdat veel reliëfseenheden zich gedeeltelijk in dergelijke zones uitstrekken zodat hun analyse met de thans beschikbare documenten slechts onvolledig kan gebeuren. In dit geval is alleen een terreinverkenning in staat de nodige bijkomende informatie te verschaffen.

- Gedetailleerde **sedimentologische (granulometrische) studies** op afzonderlijke reliëfsvormen.

Hydrologie

- Over de lithologische en hydrogeologische bouw van het grondwaterreservoir over het gehele studiegebied ontbreken veel gegevens vooral tussen Westende en Bredene, in het duingebied ten westen van De Haan, tussen Wenduine en Blankenberge, vanaf Heist tot aan de Nederlandse grens.

- Over het Zwingebied zijn lithologische noch hydrogeologische gegevens beschikbaar.

- Over de grondwaterstroming en de -peilen zijn slechts fragmentarische gegevens bekend, uit locale studies, die daarenboven meestal een beperkte tijdsduur hadden. Er zijn gegevens over de seizoenschommelingen. Een studie van de invloed op de natuurlijke watertafelschommelingen van opeenvolgende droge of natte jaren, dringt zich op, gezien de belangrijke invloed op natuurlijke ecosystemen. De hydraulische parameters zijn weinig gekend. In verband met de grondwaterkwaliteit, biedt de verziltingskaart een bruikbaar algemeen beeld. Wil men evenwel conclusies afleiden voor het beheer op lokaal vlak, dan blijft aanvullend grondwaterkwaliteits-onderzoek op basis van boorgatmetingen en staalname uit peilbuizen, een noodzaak.

- In 1984 kwamen De Smedt et al. (1984) tot het besluit dat er nog veel fundamenteel wetenschappelijk onderzoek dient te worden verricht in de duinen in verband met de bodem- en grondwaterwaterhuishouding, daar er veel basisgegevens ontbreken, zoals de relaties tussen hydraulische geleidbaarheid, vochtspanning, vochtgehalte en veel processen onvoldoende gekend zijn, zoals wateropname door planten, capillaire opstijging, enz.

- Polderpeilen en afvoerdebieten door polderwaterlopen zijn onbekend. Deze gegevens zijn nochtans van essentieel belang gezien hun invloed op de grondwaterstroming in het aangrenzende duingebied.

- Wat de rioleringen betreft, zijn weinig gegevens voorhanden: het debiet, de ligging, data van aanleg, het soort rioleringen in de duinen (indien aanwezig) en steden zijn onbekend.

- Omtrent de historiek van de waterwinning door de verschillende openbare drinkwatermaatschappijen is momenteel weinig informatie beschikbaar.

- De bevindingen omtrent de menselijke ingrepen in de grondwaterhuishouding berusten, afgezien van onderzoek in verband met de grondwaterwinning, enkel op algemeenheden en zijn niet getoetst aan de werkelijkheid.

Pedologie

Het literatuuroverzicht toont aan dat het droevig gesteld is met de bodemkundige kennis van de Vlaamse duinen.

De Bodemkaart van België, waarbij de Duinstreek gekarteerd werd gedurende de vijftiger en zestiger jaren, bevat nauwelijks enige relevante informatie voor een ecosysteemvisie. De Bodemkaart toont enkel de verspreiding aan van de zandige bodems, die afhankelijk van de landschapspositie al dan niet onder invloed van de grondwatertafel staan.

Recent bodemkundig onderzoek in de Vlaamse duinen werd aangevat door de eenheid Bodemkunde van de Universiteit Gent. Dit onderzoek, waarbij voornamelijk de bodemmorfologie en fysische bodemaspecten werden onderzocht, grepen plaats in de jonge systemen van de Westhoek en in het Hannecartbos.

Eerste prioriteiten voor beheersrelevant onderzoek van duinbodems zijn:

- het verzamelen van bodemkundige basisgegevens; zowel morfologische, fysische als chemische;
- het opstellen van een bodemtypologie;
- onderzoek naar de verspreiding van de bodemtypes;
- monitoring van de edafische factor in het kader van uitgevoerde beheersmaatregelen.

Systematische gegevens voor de duinbodems aan de Vlaamse kust ontbreken. Op het terrein moet een gedetailleerde morfologische beschrijving gebeuren van een aantal relevante bodemkenmerken. Een voorbereidend terreinonderzoek, aangevuld met literatuurgegevens, moet uitmaken welke de relevante bodemkenmerken zijn. Fysische bodemkarakterisering omvat schijnbaar soortelijk gewicht (SSG), watergehalte, penetratieweerstand, verdichting en hydrofobie; voor de chemische bodemkarakterisering is cijfermateriaal nodig over gehalte aan kalk, organisch materiaal (OM), stikstof, fosfaat, pH en C/N verhouding. Gegevens over het voormalige bodemgebruik zijn voor de interpretatie van deze gegevens onontbeerlijk.

Gesteund op de bodemkarakterisatie, moet een bodemtypologie opgesteld worden. Hierbij zijn geomorfologische, hydrogeologische, biotische, historische en microklimatologische gegevens onmisbaar. De kartering van de bodemtypes, gerelateerd aan de ander disciplines moet toelaten een waarde toe te kennen aan die verschillende bodemtypes.

Bodemkundig onderzoek naar bodemprocessen en -evolutie in het duingebied langsheen de Vlaamse kust ontbreekt. Toch vergt zo'n onderzoek in de nabije toekomst grote mogelijkheden, gezien voor een aantal (gewestelijke) natuurreservaten beheersplannen opgesteld en uitgevoerd

zullen worden. De gevolgen van een aantal beheersmaatregelen kunnen nagegaan worden indien bodemkundig onderzoek de ingreep voorafgaat en opvolgt. Zo is het ten zeerste aangewezen om voorafgaand aan de introductie van een beheersmaatregel de oorspronkelijke bodemtoestand te karakteriseren, iets wat tot nu toe volledig over het hoofd gezien werd. Bij het uitvoeren van een beheersmaatregel zou het ook mogelijk moeten zijn om een gedeelte van het gebied als referentie te behouden. Een nauwe samenwerking met de andere disciplines, in de eerste plaats met de biologen, is onontbeerlijk. Enkel dan is het mogelijk een echte evaluatie te maken van de uitgevoerde beheersmaatregel.

Biologie

De kennis omtrent de biotische aspecten van het ecosysteem kunnen we op 3 schaalniveau's situeren : soort, habitat en landschap.

De inventarisatiegraad van de Vlaamse duinen is vrij hoog en voor de meest "aaibare" organismen kunnen ook een aantal elementaire beheersmaatregelen worden voorgesteld. Toch blijft de nood aan bijkomende soortsinventarisatie hoog. Over het grootste gedeelte van de soorten bestaat helemaal geen informatie.
Vooreerst dienen echter de bestaande gegevens per soortengroep bijeengebracht te worden. Daaruit kunnen dan de lacunes naar evolutie, verspreiding, ... worden afgeleid. Verder moeten criteria voor het bepalen van "doelsoorten" en in de eerste plaats "doelgroepen" op een uniforme wijze gedefinieerd worden. In functie van deze twee aspecten kan dan een efficiënt monitoringsschema worden opgesteld.

De habitat-typologie die in het kader van deze studie werd uitgewerkt, steunt in grote mate op vegetatie-gegevens verzameld in het kader van het beheer van het Westhoekreservaat. Een toetsing van deze typologie aan de hand van meer uitgebreid vegetatiekundig onderzoek, abiotische gegevens (waarbij de bodem een cruciale rol speelt) en informatie omtrent de habitat-binding van de fauna is echter noodzakelijk. Ook deze onderzoeksdomeinen zijn nog voor een groot gedeelte onontgonnen terrein.

Landschapsecologisch onderzoek verdient bijna per definitie een multidisciplinaire aanpak. Een belangrijke inbreng vanuit de biologie vormt het auto-ecologisch onderzoek van de sleutelsoorten van het systeem. Daarbij denken we in de eerste plaats aan hogere planten (Helm, Kruipwilg, Duindoorn, ...) maar ook bijvoorbeeld zoogdieren (Konijn!), bodemstabiliserende algen, fytofagen, stikstoffixerende bacteriën, ...
De studie van de vegetatie-dynamiek in de duinen staat nog in de kinderschoenen. Van de Vlaamse kust zijn daaromtrent hoogstens verkennende studies bekend (cf. Vanacker 1996). Vooral rond verbossing en verstruweling moet nog heel wat elementair onderzoek worden verricht.

Literatuur

Klimaat

Alexandre, J., Erpicum, M. & Vernemmen, C. (1992). Het klimaat. In : Denis, J. (ed)., Geografie van België. Gemeentekrediet, Brussel : 87-127.

Bagnold, R.A. (1954). The physics of blown sands and desert dunes. Methuen and Co, London, 265p.

Barkman, J.J. (1958). Phytosociology and Ecology of Cryptogamic Epiphytes. Van Gorcum, Assen, 627p.

Barkman, J.J. & Stoutjesdijk, Ph. (1987). Microklimaat, vegetatie en fauna. Pudoc, Wageningen, 223p.

Bodeux, A. (1975). De vochtigheid van de lucht in België. I : Inleiding en verklarende tekst van de boekdelen II tot VIII. K.M.I., België, Miscellanea Serie B, nr. 30.

Bodeux, A. (1975). De vochtigheid van de lucht in België. IV : De relatieve vochtigheid. K.M.I., België, Miscellanea Serie B, nr. 33.

Bodeux, A. (1975). De vochtigheid van de lucht in België. VI : Het verzadigingsdeficiet van de lucht in waterdamp. K.M.I., België, Miscellanea Serie B, nr. 35.

Bodeux, A. (1976). De windsnelheid en windrichting in België. K.M.I., België, Miscellanea, serie B, nr. 42.

Bodeux, A. (1977). De frekwentie van de mist in België. K.M.I. van België. Miscellanea, serie B, nr. 44, 40p.

Bodeux, A. (1984). De belangrijkste kenmerken van de neerslag te Koksijde, Melsbroek en St.-Hubert. K.M.I. België, Publicaties, serie B, Nr 29.

De Backer, S.M. (1963). Etudes microclimatiques. II. Dunes littorales - Oostduinkerke août 1951 et juillet-août 1952. K.M.I. België, Publicaties, serie A, nr 39, 24p.

Depuydt, F. (1967). Bijdrage tot de geomorfologische en fytogeografische studie van het domaniaal natuurreservaat De Westhoek. Publicaties van de Dienst Domaniale Natuurreservaten en Natuurbescherming. Werken nr. 3, 101p.

Dingens, P. & Vernemmen, C. (1964). De klimaatsclassificatie van C.W. Thornthwaite toegepast op België en het Groot-Hertogdom Luxemburg. Natuurwet. Tijdschr. 45: 145-198.

Dogniaux, R. (1971). Distribution du rayonnement solaire en Belgique. K.M.I., België, Publicaties, serie A, nr 71.

Dogniaux, R. (1979). Verdeling van de zonneschijnduur en van de zonnestraling in België. K.M.I. België, Miscellanea serie B, nr 51.

Dupriez, G.L. & Sneyers, R. (1979). Les nouvelles cartes pluviométriques de la Belgique. K.M.I. België, Publikaties, serie A, nr. 103, 17p.

Dupriez, G.L. & Sneyers, R. (1978, 1982). Les normales du réseau pluviométrique belge, K.M.I. België, Publicaties, serie A, nr. 101.

Gellens-Meulenberghs, F. & Gellens, D. (1992). L'évapotranspiration potentielle en Belgique: variabilité spatiale et temporelle. K.M.I. België. Publicaties Serie A, nr. 130, 38p.

HAECON (1989). Hydro-meteo waarnemingen voor de Vlaamse kust. Atlas. Rapport in opdracht van de Diensten van de Vlaamse Executieve, openbare werken en verkeer. Bestuur der waterwegen en van het zeewezen. Dienst der kust. Rapport ZHA732, 89.2577.

HAECON (1995). Haalbaarheid naar de kustveiligheid toe van een partiële verwijdering van de duinvoetversterking voor het Staatsnatuurreservaat "De Westhoek" te De Panne. Studie uitgevoerd in opdracht van Ministerie Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, 69p.

Hoffmann, M. (1993). Verspreiding, fytosociologie en ecologie van epifytengemeenschappen in Oost- en West-Vlaanderen. Ongepubliceerde doctoraatsverhandeling, Faculteit Wetenschappen, groep plantkunde, Universiteit Gent, 763p.

K.M.I. België (1993). Gegevensbestanden. Belgische waarnemingen, 86p.

K.M.I., België (1985-1995). Maandbericht. Klimatologische waarnemingen, deel 2.

Landsberg, S.Y. (1956). The orientation of dunes in Britain and Denmark in relation to wind. The Geographical Journal 72 : 176-189.

Landuyt, L. & Schietecat, G.D. (1992). Klimaatgemiddelden en weerextremen in België. Meteorologische documentatie, K.M.I., België, 255p.

Lebbe, L. (1978). Hydrogeologie van het duingebied ten westen van De Panne. Ongepubliceerde doctoraatsverhandeling, Faculteit Wetenschappen, Aard- en Delfstofkunde, Rijksuniversiteit Gent, 164p.

Mahauden, M. & Lebbe L. (1982). Hydrogeologische studie van en rondom het gebied van de geplande waterwinning "Ter Yde" te Koksijde (Oostduinkerke). Lab. Toegepaste Geologie, Rijksuniversiteit Gent, 52p. + bijl.

Ministerie van Openbare Werken. Bestuur der Waterwegen. Dienst der Kust. ASICON. Stormrapport voor de periode van 26.02.90 t.e.m. 2.03.90.

Ministerie van Openbare Werken. Bestuur der Waterwegen. Dienst der Kust. ASICON. Rapport betreffende de storm van 25.01.90.

Ministerie van de Vlaamse gemeenschap. Departement Leefmilieu en Infrastructuur. Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen. Dienst der Kusthavens. OMS. Stormverslag 21 februari 1993.

Ministerie van de Vlaamse gemeenschap. Departement Leefmilieu en Infrastructuur. Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen. Dienst der Kusthavens. OMS. Tropos b.v.b.a.. Stormverslag 27-28 januari 1994.

Ministerie van de Vlaamse gemeenschap. Departement Leefmilieu en Infrastructuur. Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen. Dienst der Kusthavens. OMS. Tropos b.v.b.a., rapport 9401. Stormverslag 26 januari 1994.

Ministerie van de Vlaamse gemeenschap. Departement Leefmilieu en Infrastructuur. Administratie Waterwegen en Zeewezen. Afdeling Waterwegen Kust. Directie Kust en Zee. Storm 95.002. Stormverslag 31 december 1994 tot 3 januari 1995.

Oke, T.R. (1987). Boundary layer climates. Methuen : London and New York, 2nd ed., 435p.

Poncelet, L. & Martin, H. (1947). Hoofdtrekken van het Belgisch klimaat. K.M.I. België, Verhandelingen, XXVI, 265p.

Poncelet, L. (1951). Aperçu sur le climat du littoral belge. K.M.I. België, Mengelingen, aflev., XLIII, 23p.

Poncelet, L. (1957). Klimaat van België. Atlas van België, 42p.

Schietecat, G.D. (1990). Bijdragen tot de studie van de klimaatveranderingen. K.M.I. België, Publicaties, serie A, nr. 124, 80p.

Smith, M. (1991). Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop requirements. FAO Land and Water Development Division, Rome, 45p.

Sneyers, R. (1973). Sur la densité optimale des réseaux météorologiques, Arch. Met. Geoph. Biokl., 21, 1 : 17-24.

Sneyers, R. & Vandiepenbeeck, M. (1981, 1985). Les normales du réseau thermométrique belge. K.M.I. België, Publicaties, serie A, nr. 106, 23p.

Sneyers, R. & Vandiepenbeeck, M. (1982). La durée d'insolation à Uccle et en Belgique. K.M.I. België, Publicaties serie B, nr. 118.

Sneyers, R., Vandiepenbeeck, M., Vanlierde, R. & Demarée, G.R. (1990). Climatic changes in Belgium as appearing from the homogenized series of observations made in Brussels-Uccle (1833-1988). In : Schietecat, G.D. (ed.). Bijdragen tot de studie van de klimaatsveranderingen. K.M.I. België : 17-20.

Sneyers, R. & Vandiepenbeeck, M. (1995). Notice sur le climat de la Belgique, K.M.I., Wetenschappelijke en Technische Publicatie, 002, 62p.

Stoutjesdijk, Ph. (1959). Heaths and Inland Dunes of the Veluwe. Wentia 2 : 1-96.

Stoutjesdijk, Ph. (1961). Micrometeorological measurements in vegetations of various structure. Proceedings van de Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen C 64 : 171-207.

Thornthwaite, C.W. (1948). An approach toward a Rational Classification of Climate. Geogr. Rev. 38 : 55-94.

Vandiepenbeeck, M. (1990). Le climat. In : Schietecat, G.D. (ed.). Bijdragen tot de studie van de klimaatsveranderingen. K.M.I. België : 5-16.

Verlinden, E. (1927). Sur la distribution de la pluie en Belgique. Memoires, volume II, 50p.

Vernemmen, C. & Van Der Burght, A. (1987). Typologie de la variation saisonniere des régimes pluviométriques en Belgique. In : Erpicum, M. (ed.). Actes des Journées de climatologie, 5-7 nov., 1987, pp. 291-306.

Vulto, J.C. & van der Aart, P.J.M. (1983). Salt spray and its influence on the vegetation of the coastal dunes of Voorne and Goeree (the Netherlands) in relation to man-made changes in coastal morphology. Verhandelingen van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Afd. Natuurkunde.

Geomorfologie

Ameryckx, J. (1961). La genèse des polders maritimes. De Aardrijkskunde 13 : 1 - 16.

Bagnold, R.A. (1941). The phisics of blown sand and desert dune. Methuen & co, London, 265p.

Briquet, A. (1930). Le littoral du Nord de la France et son évolution morphologique. Lib. A. Colin, Paris, 439p.

Carter, R.W.G. (1988). Coastal Environments. Academic Press, London, 617p.

Carter, R.W.G., Nordstrom, K.F. & Psuty, N.P. (1990). The studie of coastal dunes. In: Nordstom, K., Psuty, N. and Carter B. (eds.), Coastal Dunes, Form and Process John Wiley & Sons, Chichester : 1-13.

Charlier, R. & Auzel, M. (1961). Géomorphologie côtière : migration des sables sur la côte belge. Zeitschrift für Geomorphologie, vol. 5 : 181-184.

Christians, L. (1976). Luchtfotografische studie van de evolutie van de Kust ten westen van De Panne en tussen Bredene en Wenduine. Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Rijksuniversiteit Gent, 92p.

Codde, R. & De Keyser, L. (1967). Noordzee Kust/ Scheldemonding Zeeschelde. Atlas van België, platen 18A en 18B, 62p.

Coorneart, M., Claeys, J., Desoet, F., Maes, F., Naert, P. & Pruuost, D. (1981). Ontstaansgeschiedenis van de Zwinstreek. Jonge Economische Kamer, Knokke-Heist, kaartenmap met verklarende tekst.

Davis, R. (1985). Coastal sedimentary environment. Springer-Verlag, New York, 716p.

Davis, R. (1994). The evolving coast. Scientific American Library, New York, 231p.

Baeteman, C. (1978). New Evidences on the Mariene Holocene in the Western Belgian Coastal Plain. Bull. Belg. Ver. Geologie V. 87, 1 : 49-54.

Baeteman, C. & Verbruggen, C. (1979). A new approach to the evolution of the so-called surface peat in the Western Coastal Plain of Belgium. Professional Papers Belg. Geol. dienst 167 : 61-71.

Baeteman, C. (1985). Development and Evolution of Sedimentary Environments during the Holocene in the Western Coastal Plain of Belgium. Eiszeitalter u. Gegenwart 35 : 23-32.

De Ceunynck, R. 1986. De wordingsgeschiedenis van de duinen en de aangrenzende kustvlakte aan de Belgische westkust. Wavo berichten 6, 1: 3-13.

De Ceunynck, R. 1987. Ontstaan en ontwikkeling van de duinen. In: Thoen H. (red.), De Romeinen langs de Vlaamse Kust, Gemeentekrediet, Brussel : 26-29.

De Ceunynck, R. & Termote, J. (1987). Een Zoutwinningssite uit de Midden-Laat-La Têne-Periode te Veurne. Westvlaamse Archaeologica 3 : 73-82.

De Ceunynck, R. (1992). Het duinlandschap,ontstaan en evolutie. In : Tyermote, J. (red.), Tussen land en zee, het duingebied van Nieuwpoort tot De Panne, Lannoo, Tielt : 16-45.

Declercq, E. (1993). Vergelijkende studie van de stranddynamiek tussen een natuurlijk en een opgehoogd strand. Onuitgepubliceerde licentiaatsverhandeling, Universiteit Gent.

De Graaf, L.W.S. (1977). Het strand : de relatie tussen processen, materialen en vormen, en een proeve van terminologie-gebruik. K.N.A.G. Geografisch Tijdschrift 11, 1 : 47-67.

De Moor, G. (1979). Recent beach evolution along the Belgian coast. Bull. Belg. Ver. Geol. 88 : 143-157.

De Moor, G. & De Decker, M. (1981). Sedimentkenmerken van strandzanden op de Belgische Kust. Natuurwetenschappelijk tijdschrift 63 : 49-80.

De Moor, G. (1981). Erosie aan de Belgische Kust. De Aardrijkskunde 1, 2 : 279-294.

De Moor, G. (1985). Belgium. In: Bird, R. and Schwartz, M. (eds.), World Shorelines, New York, Van Nostrand Reinhold Company : 353-358.

De Moor, G. & Konings, P. (1988). Eolian sand transport at the Belgian North Sea Coast. Bul. Soc. Bel. Etud. Géogr. 57 : 66-71.

De Moor, G. & Blomme, E. (1988). General nature of the coastline. In : Walker H.J. (ed.), Artificial structures and coastlines, Dordrecht, Kluwer : 115-126.

De Moor, G. (1991). De februari-stormen van 1990 en hun weerslag op de stranddynamiek langs de Belgische Kust. De Aardrijkskunde 3 : 251 - 316.

De Moor, G. & Pissart, A. (1992/1). Het reliëf. In: J. Denis (ed.), Geografie van België. Gemeentekrediet, Brussel : 130 - 215.

De Moor, G. (1992/2). A quantitative evoluation of erosive and accretional sections along the Belgian Coast in the period 1978-1990. Tijdschrift van de Belg. Ver. Aardr. Studies - BEVAS : 413-424.

De Moor, G. & Mostaert, F. (1993). Geomorfologische Kaart van België - Kaartblad Oostende. Nat. Centr. Geom. Onderz., Brussel.

Depuydt, F. (1967). Bijdrage tot de geomorfologische en fytogeografische studie van het domaniaal natuurreservaat De Westhoek. Ministerie van Landbouw - Waters en Bossen, Dom. Natuur en Natuurbescherming, Werken nr. 3, 101p.

Depuydt, F. (1972). De Belgische strand en duinformaties in het kader van de geomorfologie der zuidoostelijke Noordzeekust. Verhandeling van de Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België, XXXIV, nr. 122, 214p.

Guilcher, A. (1954). Morphologie littorale et sous-mariene. P.U.F., Paris, 216p.

Guilcher, A. (1965). Précis d'hydrologie mariene et continentale. Masson, Paris, 389p.

Houthuys, R., De Moor, G. & Sommé, J. (1993). The Shaping of the French-Belgian North Sea Coast throughout Recent Geology and History. Coastlines of the Southern North Sea, Proceedings, July, New Orleans, Louisiana : 27-40.

Jacobs, P. (1995). Geoconservatie. Monumenten & Landschappen.

Jelgersma, S., De Jong, J., Zagwijn, J. & Van Regteren, A. (1970). The coastal dunes of the western Netherlands; geology, vegetational history and archeology. Med. Rijks. Geol. Dienst, nr.21.

Klijn, J.A. (1981). Nederlandse kustduinen, geomorfologie en bodems. Pudoc, Wageningen, 188p.

Klijn, J.A. (1990). Dune forming factors in a geographical context. In : Bakker, T. W.M., Jungerius, P.D. & Klijn, J.A (eds.), Dunes of the European Coasts, Geomorphology-Hydrology-Soils, CATENA, Cremlingen : 1-13.

Köhn, W. (1989). The Holocene transgression of the North Sea as exemplified by the Southern Jade Bay and the Belgian Coastline. Essener Geogr. Arbeiten 17 : 109-152.

Konings, P. (1988). De aanzanding in de havengeul te Blankenberge in het kader van de algemene morfodynamiek van de Belgische kust. De Aardrijkskunde 1 : 81-88.

Konings, W. (1983). Recente kustevolutie en strandmorfologie rond de Zeebrugse havenuitbouw Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Rijksuniversiteit Gent.

Moorman, F. (1951). De Bodemgesteldheid van het Oudland van Veurne-Ambacht. Natuurwetenschappelijk Tijdschrift 33 : 3-124.

Mostaert, F. (1985). Bijdrage tot de kennis van de Kwartairgeologie van de oostelijke kustvlakte. Ongepubliceerde doctoraatsverhandeling, Rijksuniversiteit Gent.

Nordstrom, K.F. & Jackson, N.L. (1990). Effect of source width and tidal elevation changes on aeolian transport on an estuarine beach. Sedimentology 39 : 769-778.

Paskoff, R.P. (1985). Les littoraux. Impact des aménagements sur leur évolution. Masson, Paris, 187p.

Paskoff, R.P. & Kelletat, D. (1991), Coastal dynamics and environments. Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl. band, 81p.

Plasschaert, R. (1955). De bodemkaart van het Zwin. Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Rijksuniversiteit Gent.

Reineck, H. & Singh, I. (1980). Depositional Sedimentary Environments. Springer-Verlag, Berlin, 551p.

Robeers, R. (1982); De Holocene evolutie van het kustgebied tussen Mariakerke en Middelkerke. Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Rijksuniversiteit Gent.

Sherman, D.J. and Hotta, S. (1990). Aeolian sediment transport: theory and measurement. In: Nordstom K., Psuty N. & Carter B (eds)., Coastal Dunes. Form and Process. John Wiley & Sons, Chichester, 17-37.

Snacken, F. (1956): Eolisch zandtransport langs het Belgisch strand. Natuurwetenschappelijk Tijdschrift 38 : 89-99.

Tavernier, R. (1947). L' évolution de la Plaine maritime Belge, Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie 56 : 332-343.

Tavernier, R., Ameryckx, J., Snacken, F. & Farasijn, D. (1970). Atlas van België - Blad 17 : Kust, Duinen, Polders. Brussel, 32p.

Van der Valk, L., Pruissers, A. & Vos, H. (1991). De geologische en landschappelijke ontwikkeling van het Breesaapduingebied. Regionaal Historisch Tijdschrift : 117-139.

Vanhecke, L & Charlier, G. (1981). Landschappen in Vlaanderen, vroeger en nu. Nationale Plantentuin van België, Meise, 140p.

Vansielegem, L. (1980). De Duinkerkiaantransgressies te Bredene, faciessen, verspreiding en invloed op de fysische landschapsgenese. Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Rijksuniversiteit Gent.

Zagwijn, W. H. (1975) Indeling van het kwartair op grond van veranderingen in vegetatie en klimaat. In : Zagwijn W. H. en Van Staalduinen C. J. (eds), toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland, Haarlem : 109-114.

Hydrologie

- Archief van de Administratie voor Milieu, Natuur en Landinrichting.

- Archief van de Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening.

- Archief van de Belgische Geologische Dienst.

Angius, G. (1991). Salt/fresh-water flow and distribution in a cross-section at Oostduin-kerke (Belgium). Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Rijksuniversiteit Gent, 44p. + bijlage.

Bakker, T.W.M. (1981). Nederlandse kustduinen; Geohydrologie. Wageningen, PU
DOC, 189p.

Bolle, I. (1983). Hydrogeologie van de binnenduinen van Adinkerke en aangrenzende gebieden. Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Rijksuniversiteit Gent, 112p. + bijlage.

Bolle, I., Lebbe, L. & De Breuck, W. (1983). Salt water enchroachment in the western Belgian coastal plain. Proceedings of the Salt Water Intrusion Meeting, Bari. Special issue of "Geologia Applicata e Idrogeologia" : 57.

De Breuck, W. (1974). Hydrogeological Swim-excursion to the coastal region of Belgium. Proceedings of the 4th Salt Water Intrusion Meeting, Ghent : 202-215.

De Breuck, W., De Moor, G., Marechal, R. & Tavernier, R. (1974). Diepte van het grensvlak tussen zoet en zout water in de freatische laag van het Belgische Kustgebied (1963-1973).

De Breuck, W., Pede, K., Devos, J., Laga, P., Lebbe, L., Temmerman, I. & Vanhecke, L. (1984). Polders en verzilting. Water voor Groen, Vierde Vlaams Wetenschappelijk van groenvoorziening, Brussel : 243-252.

De Moor, G. & De Breuck, W. (1969). De freatische waters in het Oostelijk Kustgebied en in de Vlaamse Vallei. Natuurwet. Tijdschr. 51 : 3-68.

Depret, M. (1983). Studie van de lithostratigrafie van het Kwartair en van het tertiaire substraat te Zeebrugge onder meer met diepsonderingen. Professional Paper Belg. Geol. Dienst 1983/6, 201, Ministerie van Economische Zaken, Brussel, 235p.

De Vos, M. (1985). Bijdrage tot de hydrogeologie van De Moeren (Veurne) en omliggende gebieden. Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling. Rijksuniversiteit Gent, 137p.

De Vos, J. (1984). Hydrogeologie van het duingebied ten oosten van De Haan. Ongepubliceerde doctoraatsverhandeling, Rijksuniversiteit Gent, 219p. + figuren en bijlage.

De Vos, J., Lebbe, L. & Raman, B. (1984). Een mathematisch model van de grondwaterstromingen in het kwartaire reservoir ten oosten van De Haan. Tijdschr. Becewa 77 : 119 - 125.

Khedr, M.M.K.M. (1993). Study of waterrepellency along a soil chronosequence in the coastal dunes af the Westhoek Nature Reserve (Province of West-Flanders, Belgium). Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Universiteit Gent, 98p. + bijlagen.

Kuijken, E., Provoost, S. & Leten, M. (1993). Oppervlakte-infiltratie in de Doornpanne. Een verkennend onderzoek naar de ecologische implicaties. Instituut voor Natuurbehoud, Hasselt, 87p. + bijlagen.

Laga, P. & Vandenberghe, N. (1990). The Knokke Well (11E/138) with a description of the Den Haan (22W/276) and Oostduinkerke (35E/142). Toelicht. Verh. Geologische en Mijnkaarten van België 29, Brussel, 118p.

Lebbe, L. (1973). Hydrogeologisch onderzoek van het duingebied te Oostduinkerke. Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Rijksuniversiteit Gent, 105p. + bijlage.

Lebbe, L. (1978). Hydrogeologie van het duingebied ten westen van De Panne.). Ongepubliceerde doctoraatsverhandeling, Rijksuniversiteit Gent, 164p. + figuren en bijlage.

Lebbe, L. (1984). Numerische simulatie van grondwaterkwaliteitsproblemen als hulp bij het beheer van de watervoorraden in het Vlaamse Kustgebied. Tijdschr. Becewa 76 : 67-88.

Lebbe, L., Damien, B., Mahauden, M. & De Breuck, W. (1993). Hydrologische en hydrogeologische studie in het bestek van het landinrichtingsproject "De Westhoek". Vlaamse Landmaatschappij, Gent, 96p.

Lebbe, L. & De Breuck, W. (1980). Hydrogeologie van het duingebied tussen Koksijde en Oostduinkerke. Tijdschr. Becewa 55 : 33-45.

Lebbe, L., De Breuck, W., Hartmann,R. & Verplancke, H. (1983). De dynamiek van de zoute kwel in kustgebieden als gevolg van potetiaalgradienten in de verzadigde en onverzadigde zones (proefgebied de Moeren van de Westhoek). FKFO-project. Hydrogeologische deelstudie. Rijksuniversiteit Gent, 23p.

Lebbe, L. & Pede, K. (1986). Salt-Fresh water flow underneath old dunes and low polders influenced by pumpage and drainage in the Western Belgian Coastal Plain. Proceedings of the 9th Salt Water Intrusion Meeting, Delft : 199-220.

Lebbe, L., Van Camp, M. & De Breuck, W. (1985). Aanvullend onderzoek voor de hydrogeologische studie van de geplande waterwinning "Ter Yde" te Koksijde: winning van oppervlaktewater door middel van oeverinfiltratie in een wachtvijver. Rijksuniversiteit Gent, 22p. + bijlage.

Lebbe, L., Walraevens, K. & De Breuck, W. (1990). The evolution of the fresh and salt water flow and distribution in two cross-sections through the dune area of De Haan. Proceedings of the 11th Salt Water Intrusion Meeting, Gdansk : 72-97.

Loy, W. & Baeten, Y. (1987). Kwetsbaarheidskaart van het grondwater in West-Vlaanderen. Studie in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Dienst Water- en Bodembeleid, 32p.

Mahauden, M., De Ceukelaire, M. & De Breuck, W. (1991). MER Vakantiedorp Ysermonde te Nieuwpoort. Aspecten Water en Bodem. Rijksuniversiteit Gent. 36p.

Mahauden, M., Lebbe, L. & De Breuck, W. (1982). Hydrogeologische studie van en rondom het gebied van de geplande waterwinning Ter Yde te Koksijde (Oostduinkerke). Rijksuniversiteit Gent, 52p. + figuren en bijlage.

Mahauden, M., Lebbe, L. & De Breuck, W. W. (1993a). Bepaling van de invloed op de grondwaterstand veroorzaakt door de bemalingen voor de rioleringswerken in de Westhoek. Projectnummer 92.541 Albert I-laan - Oostlaan te Oostduinkerke. Universiteit Gent, 21p.

Mahauden, M., Lebbe, L. & De Breuck, W. (1993b). Bepaling van de invloed op de grondwaterstand veroorzaakt door de bemalingen voor de rioleringswerken in de Westhoek. Projectnummer 92.520 Groenendijk - Nieuwpoort Kattesas. Universiteit Gent, 31p.

Mahauden, M., Lebbe, L. & De Breuck, W. (1993c). Bepaling van de invloed op de grondwaterstand veroorzaakt door de bemalingen voor de rioleringswerken in de Westhoek. Projectnummer 92.540 Groenendijk - RWZI Wulpen. Universiteit Gent, 30p.

Provoost, S., Kuijken, E. & Leten, M. (1993). Inrichtings- en beheersvoorstellen voor de Doornpanne. Eindverslag bij het oppervlakte-infiltratieproject in het waterwinningsgebied St.-André, Koksijde. Instituut voor Natuurbehoud, Hasselt, 57p.

TNO (1986). Verklarende hydrologische woordenlijst. 's-Gravenhage: Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO. Rapporten en nota's, 16, 130p.

Van Den Bossche, J. (1994). Riolering. Basiscursus waterzuivering. Technologisch Instituut KVIV, Genootschap Milieutechnologie, Antwerpen, 28p.

Van De Walle, L. (1986). Modelstudie gesteund op waarnemingen van stijghoogten en kwaliteit van het grondwater in De Moeren en de Binnenduinen (De Panne-Veurne). Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Rijksuniversiteit Gent, 154p. + bijlage.

Van Houtte, E., Lebbe, L. & De Breuck, W. (1992). Studie van de huidige en toekomstige waterwinningsmogelijkheden in de Westhoek. Universiteit Gent, 368p. + bijlage.

Vermoortel, Y., Mahauden, M., Bolle, I. & De Breuck, W. (1992). Inventarizatie van de grondwatervoorraden ter hoogte van de geplande centrale te Zeebrugge. Universiteit Gent, 47p. + bijlagen.

Vermoortel, Y. & De Breuck, W. (1994a). Groundwater Investigation Landfall Interconnector Pipeline Bacton - Zeebrugge. Phase II. Universiteit Gent, 29p. + bijlage.

Vermoortel, Y. & De Breuck, W. (1994b). MER. UK- Continent Gas Interconnector Leiding Bacton (GB) - Brugge ND 1000 Aanlanding Transportzone Zeebrugge. Universiteit Gent, 113p.

Vermoortel, Y. & De Breuck, W. (1994c). Groundwater Investigation Landfall Interconnector Pipeline Bacton - Zeebrugge. Gent: Universiteit Gent. 4p. + bijlage.

Walraevens, K., Lebbe, L. & De Breuck, W. (1990). Q3D-mathematical modeling of the groundwater flow in and around the dune area of De Haan. Proceedings of the 11th Salt Water Intrusion Meeting, Gdansk : 110-127.

Walraevens, K., Lebbe, L., Van Camp, M., Angius, G., Serra, M.A., Vacca, A., Massidda, R.& De Breuck, W. (1993). Salt/fresh-water flow and distribution in a cross-section at Oostduinkerke (Western coastal plain of Belgium). Proceedings of the 12th Salt Water Intrusion Meeting, Barcelona : 407-420.

Walraevens, K., Vermoortel, Y. & De Breuck, W. (1992). Studieproject grensoverschrijdend krekengebied. Orientatiefase. Universiteit Gent, 235p.

Pedologie

Adriani, M.J. &. Terwindt, J.H.J (1974). Sand stabilisation and dune building. Rijkswaterstaat publ. nr. 19, Staatsuitgeverij, Den Haag.

Amerijckx, J.B. (1952). Middelkerke 21,W & Oostende 21,E. De Verklarende tekst bodemkaart van België, I.W.O.N.L., 44p.

Amerijckx, J.B. (1953). De Haan 10,W & Blankenberge 10,E. De Verklarende tekst bodemkaart van België, I.W.O.N.L., 52p.

Amerijckx, J.B. (1954). Westkapelle 11,E & Het Zwin. De Verklarende tekst bodemkaart van België, I.W.O.N.L., 90p.

Amerijckx, J.B. (1954). Heist 11,W. De Verklarende tekst bodemkaart van België, I.W.O.N.L., 92p.

Amerijckx, J.B. (1954). Bredene 22,W. De Verklarende tekst bodemkaart van België, I.W.O.N.L., 90p.

Amerijckx, J.B., (1958). Houtave 22,E. De Verklarende tekst bodemkaart van België, I.W.O.N.L., 93p.

Ampe, C. (1991). Onderzoek van de bodemfactor in functie van het beheer. Verslag van de 2de fase, partim bodemkunde, van het onderzoeksproject Natuurontwikkelingsplan voor de Belgische kust, in opdracht vh Instituut voor Natuurbehoud, 177p.

Ampe, C. & Langohr, R. (1993). Distribution and dynamics of shrub roots in recent coastal dune valley ecosystems of Belgium. Geoderma 56 : 37-55.

Anteunis, A. (1956). Biosociologische studie van de Belgische zeeduinen. Verhandelingen van de Koninklijke Vlaamse Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België. Klasse der Wetenschappen, nr. 54. 194p.

Assendorp, D. & H.J. Mucher, H.J. (1990). Dynamiek van de duinen weerspiegeld in een bodemprofiel met begraven bodems in het duingebied Meijendel. Den Haag. De Levende Natuur 2 : 40-45.

Atkinson, (1973). Observations on the phosphorus nutrition of two sand dune communities at Ross Links. J. Ecol., 61 : 117-133.

Baes, R. (1989). Onderzoek naar de beheersrelevante milieufactoren in enkele sleutelgebieden. Verslag van de 1ste fase, partim bodemkunde, van het onderzoeksproject Natuurontwikkelingsplan voor de Belgische kust, in opdracht vh Instituut voor Natuurbehoud, 116p.

Bakker, T.M.W. (1981). Nederlandse kustduinen : geohydrologie. Pudoc, Wageningen, 189p.

Bakker, T.W.M. (1990). The geohydrology of coastal dunes. Catena Supplement 18 : 109-119.

Bakker, T.W.M., Klijn, J.A. & Van Zadelhoff, F.J. (1979). Duinen en duinvalleien. Een landschapsecologische studie van het Nederlandse duingebied. Pudoc, Wageningen, 201p.

Ball, D.F. & Williams, W.M. (1974). Soil development on coastal dunes at Holkham, Norfolk, England. 10th Int. Congress of Soil Science - Moskow. Transactions 6 : 380-386.

Barnes, R.S.K., ed. (19). The coastline. A contribution to our understanding of its ecology and physiography in relation to land-use and management and pressures to which it is subject. John Wiley & Sons.

Bennema, J. (1953). De ontkalking tijdens de opslibbing bij Nederlandse alluviale gronden.

Berendse, F. (1988). De nutriëntenbalans van droge zandgrondvegetaties in verband met de eutrofiëring via de lucht. Deel 1 : Een simulatiemodel als hulpmiddel bij het beheer van vochtige heidevelden. Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO), Wageningen.

Bisdom, E.B.A., Dekker, L.W. & Schoute, J.F.T. (1993). Water repellency of sieve fractions from sandy soils and relationships with organic material and soil structure. Geoderma 56 : 105-118.

Boerboom, J.H.A. (1963). Het verband tussen bodem en vegetatie in de Wassenaarse duinen. Boor en spade 13 : 120-155.

Bokdam, J. (1987). Fourageergedrag en vitaliteit van bossen. Voordracht op het Dorschkampsymposium 'Vitaliteit 1989 - en wat kan de beheerder?'. De Dorschkamp.

Boorman, L.A. (1989). The influence of grazing on British sand dunes. In : Van der Meulen, F., Jungerius, P.D. & Visser, J. (eds.). Perspectives in coastal dune management. SPB Academic Publishing : 121-124.

Brand, M.H., Mucher, H.J. & Jungerius, P.D. (1989). Onderzoek naar voor de vegetatie relevante bodemeigenschappen, plus bodemkartering toegespitst op geomorfologische dynamiek. Rapport PWN en UvA/FGBL. 60p.

Breeuwsma, A., Wösten, J.H.M., Vleeshouwer, J.J., Van Slobbe A.M. &Bouma, J. (1986). Derivation of land qualities to assess environmental problems from soil surveys. Soil Science Society of America Journal 50 : 186-190.

Bregt, A.K., Denneboom, J., Stolp J. & Vleeshouwer, J.J. (1986). BIS, an information system for soil survey and research. Transactions of the XIII Congress of the International Society of Soil Science, Hamburg, August 1986, Volume III : 1064-1065.

Brussaard, L. & Runia, L.T. (1984). Recent and ancient traces of scarab beetle activity in sandy soils of the Netherlands, Geoderma 34 : 229-250.

Butler, B.E., 1958. The diversity of concepts about soils. J. Austr. Inst. Agric. Sci : 14-20.

Carter, R.W.G., Curtis T.G.F. & Sheehy-Skeffington, M.J., eds. (1992). Coastal dunes : Geomorphology, Ecology and Management for Conservation. Proceedings of the third European dune congress, Galway, Ireland, 17-21 June. Balkema, Rotterdam, Brookfield.

Chapman, V.J. (1974). Salt marshes and salt deserts of the world, Wiley Interscience, New York.

DeBano, L.F. (1981). Water repellent soils : a state-of-the-art, USDA, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, General technical report PSW-46, 21p.

Dekker, L.W. & Jungerius, P.D. (1990). Water repellency in the dunes with special reference to the Netherlands, Catena Supplement 18 : 173-183.

Dekker, L.W. & Ritsema, C.J. (1994a). How water moves in a water repellent sandy soil. 1. Potential and actual water repellency. Water Resources Research 30, 9 : 2507-2517.

Dekker, L.W. & Ritsema, C.J (1994b). Fingered flow : The creator of sand columns in dune and beach sands. Earth surface processes and landforms 19 : 153-164.

Dekkers, J.M.J., Dekker, L.W. & Van Holst, A.F. (1986). Waterwingebied Goedereede (Ouddorp). Onderzoek van uitgemijnde duinzandgronden naar de relatie tussen de bodemkundig-bodemfysische eigenschappen en de mate van hydrofobie. Stichting voor Bodemkartering, rapport nr. 1897, 61p.

Delecour, F. (1980). Essai de classification pratique des humus. Pédologie 30 : 225-241.

Depuydt, F. (1966). Analyse van de strand- en duinsedimenten in de Belgische Westhoek. Acta geographica Lovaniense 4 : 68-82.

Depuydt, F. (1967). Bijdrage tot de geomorfologische en fytogeografische studie van het domaniaal natuurreservaat De Westhoek. Publicaties van de dienst domaniale natuurreservaten en natuurbescherming, Werken nr. 3, 101p.

Depuydt, F. (1972). De Belgische strand- en duinformaties in het kader van de geomorfologie der zuidoostelijke Noordzeekust (+ English summary). Verhandelingen van de Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België. Klasse der wetenschappen, XXXIV, 122, 228p.

De Vries, W. & Breeuwsma, A. (1986). Relative importance of natural and anthropogenic proton-sources in soils in the Netherlands. Water, Air, Soil Pollution 28 : 173-184.

De Vries, W. & Heij, G.J. (1991). Critical loads and critical levels for the environmental effects of air pollutants. Acidification Research in the Netherlands. In : Heij, G.J. & Schneider, T. (eds.), Final Report second phase Dutch Priority Programme on Acidification. Studies in Environmental Science 46), Elsevier, Amsterdam : 205-214.

De Vries, W., Klijn, J.A. & Kros, J. (1994) Simulation of the long-term impact of atmospheric deposition on dune ecosystems in the Netherlands. Journal of Applied Ecology 31 : 59-73.

De Wit, C.T., Dijkshoorn, W. & Noggle, J.C. (1963). Ionic balance and growth of plants. Verslagen Landbouwkundig Onderzoek, 69.15.

Dopheide, J.C.R. & Verstraten, J.M. (1994). De invloed van de atmosferische depositie op de bodem en de bodemwatersamenstelling in de droge duinen. Excursiegids, Meijendel, Nederlandse Bodemkundige Vereniging, 3-6-1994 : 43-47.

Duijn, R. (1987). Verslag over de relaties tussen bodem, vegetatie en fysiografische ligging in het noordhollands duinreservaat nabij Castricum. Deel 1. Fysisch Geografisch en Bodemkundig Laboratorium, U. v. A., 65p.

Edelman, C.H. & L.A.H. De Smet (1951). Over de ontkalking van de Dollardklei. Boor en Spade 4 : 104-114.

FAO/UNESCO (1975 & 1977). Guidelines for profile description. Resources Development and Conservation Service. Land and Water Development Division.

Fay, P.J. & Jeffery, D.W. (1992). The foreshore as a nitrogen source for marram grass. In : Carter, R.W.G., Curtis T.G.F. & Sheehy-Skeffington, M.J. (eds). Coastal dunes, Balkema, Rotterdam : 177-188

Hassouna, M.G. & Wareing, P.F. (1964). Possible role of rhizosphere bacteria in the nitrogen nutrition of Ammophila arenaria. Nature 202 : 467-469.

Heil, G.W., Werger, M.J.A., De Mol, W., Van Dam, D. & Heijne, B. (1988). Capture of atmospheric ammonium by grassland canopies. Science 239 : 764-765.

Heil, G.W., Van der Meulen, F. & Ten Harkel, M.J. (1990). Invloed van atmosferische depositie op de ontwikkeling van droge duingrasland vegetaties. Geografisch Tijdschrift, KNAG, Nieuwe reeks, XXX, 5 : 427-432.

Hewett, D.G. (1985). Grazing and mowing as management tools on dunes. Vegetatio 62 : 441-447.

Hoekstra, C. & Poelman, J.N.B. (1982). Dichtheid van gronden gemeten aan de meest voorkomende bodemeenheden in Nederland. Stichting voor Bodemkartering, Rapport nr. 1582, Wageningen.

Houdijk, A.L.F.M. (1993). Atmospheric ammonium deposition and the nutrional balance of terrestrial ecosystems. PhD Dissertation Catholic University, Nijmegen, the Netherlands.

Hubert, P. & Moormann, F.R. (1963). De Panne 35,W. De Verklarende tekst bodemkaart van België, 40p.

Jungerius, P.D., (1989). Geomorphology, Soils and Dune Management, pp.. In : Van der Meulen, F., Jungerius, P.D. & Visser, J. (eds.), Perspectives in coastal dune management, SPB Academic publishing, The Hague . 91-98.

Jungerius, P.D. (1990). The characteristics of dune soils. In : T.M.W. Bakker, Jungerius, P.D. & Klijn, J.A. (eds.). Dunes of the European coasts. Catena Supplement 18 : 155-162.

Jungerius, P.D. (1994). Watererosie. Excursiegids, Meijendel, Nederlandse Bodemkundige Vereniging, 3-6-1994 : 9-14.

Jungerius, P.D. & Van der Meulen, F. (1988). Erosion processes in a dune landscape along the Dutch coast. Catena 15, ¾ : 217-228.

Jungerius, P.D. & De Jong, J.H. (1989). Variability of water repellency in the dunes along the Dutch coast. Catena 16 : 491-497.

Jungerius, P.D., Van der Meulen, F., Loedeman, J.H. & Stuiver, J. (1992). A geometrical approach to monitoring blowout development from aerial photographs using a Geographical Information System (GIS). In : Carter, R.W.G., Curtis T.G.F. & Sheehy-Skeffington, M.J. (eds.), Coastal dunes, Balkema, Rotterdam : 129-138.

KNMI/RIVM (1988). Chemische samenstelling van de neerslag over Nederland. Jaarrapport. National Institute of Public Health and Environmental Protection/Royal Netherlands Meteorological Institute, De Bilt, 127p.

Kapteyn, K. (1988). Effecten van afplaggen in vochtige duinvalleien, op Terschelling in het bijzonder. Studentenverslag Vakgroep Bijzondere Plantkunde/UvA, Amsterdam.

Khedr, M.M.K.M. (1993). Study of water repellency along a soil chronosequence in the coastal dunes of the Westhoek Nature Reserve (province of West-Flanders, Belgium), M.Sc. Thesis, ITC Eremology, RUG, 143p.

Kleijn, C.E., Zuidema, G. & De Vries, W. (1980). De indirecte effecten van atmosferische depositie op de vitaliteit van Nederlandse bossen. Deel 2. Depositie, bodemeigenschappen en bodemvochtigsamenstelling van acht Douglasopstanden. Stichting voor Bodemkartering, Rapport nr. 2050, Wageningen.

Klijn, J.A. (1981). Nederlandse kustduinen. Geomorfologie en bodems. Pudoc, Wageningen, 188p.

Klinka, K., Green, R.R.N., Towbridge, L. & Lowe, L.E. (1981). Taxonomic classification of humus forms in ecosystems of British Columbia. First approximation. Land management report, nr. 8, Ministry of forests, Province of British Columbia, Canada, 53p.

Koerselman, W. (1992). The nature of nutrient limitation in Dutch dune slacks. In : Carter, R.W.G., Curtis T.G.F. & Sheehy-Skeffington, M.J. (eds.), Coastal dunes, Balkema, Rotterdam : 189-199.

Kooistra, M.J. (1971). De chemische samenstelling van de neerslag op Terschelling in het algemeen en de invloed hiervan op de vegetatie. Utrecht, Rijksuniversiteit, Berichten Fysisch Geografische Afdeling nr. 4.

Kooistra, M.J. (1978). Soil development in recent marine sediments of the intertidal zone in de Oosterschelde-The Netherlands. Soil Survey Papers 14, : 183.

Lammerts, E.J., Sival, F.P., Grootjans, A.P. & Esselink, H. (1992). Hydrological conditions and soil buffering controlling the occurrence of dune slacks species on the Dutch Wadden Sea islands. In : Carter, R.W.G., Curtis T.G.F. & Sheehy-Skeffington, M.J. (eds.), Coastal dunes, Balkema, Rotterdam : 265-272.

Landon, J.R., ed. (1991). Booker Tropical Soil Manual. Longman Scientific & Technical, 474p.

Leeflang, K.W.H. (1938). De chemische samenstelling van den neerslag in Nederland. Chemisch Weekblad 35 : 658-664.

Leendertse, P.C., Rozema, J., Janssen, G. & Bossinade, J. (1993). Kwelders en waterkwaliteit. Landschap 10, 2 : 3-15.

Maas, G.J., Van den Berg, C.A. & Oosterbaan, A. (1993). Vervolgonderzoek naar oorzaken van de verminderde vitaliteit van zomereik in het duingebied van Nederland. IBN-rapport 046, 46p.

Maseki, N.G.M. (1991). Impact of the edaphic factor on the plant ecology in the Westhoek coastal dune nature reserve, Belgium. M.Sc. Thesis, ITC for post-graduate Soil Scientists, Rijksuniversiteit Gent, 193p.

McBride, N. & Wilson, P. (1991). Characteristics and development of soils at Magilligan foreland, Northern Ireland, with emphasis on dune and beach sand soils. Catena 18 : 367-378.

Michiels, P., Hartmann, R. & De Strooper, E. (1989). Comparisons of the unsaturated hydraulic conductivity of a coarse-textured soil as determined in the field, in the laboratory, and with mathematical models. Soil Science 147, 4 : 299-304.

Moormann, F.R., (1951). Oostduinkerke 35,E. De Verklarende tekst bodemkaart van België, I.W.O.N.L., 40p.

Moormann, F.R. & Amerijckx, J.B. (1951). Nieuwpoort 36, W. De Verklarende tekst bodemkaart van België, I.W.O.N.L., 52p.

Moormann, F.R. & T'Jonck, G. (1960). De Moeren 50,W. De Verklarende tekst bodemkaart van België, 74p.

Morss, W.L. (1927). The plant colonization of merselands in the estuary of the River Nith, Journal of Ecology 15 : 310-343.

Mucher, H.J. (1990). Micromorphology of dune sands and soils. Catena Supplement 18 : 163-171.

Penhallow, D.P. (1907). A contribution to our knowledge of the origin and development of marshlands on the coast of New England. Trans. Royal Society of Canada, Er. III, 1 : 20-49.

Pluis, J.L.A. & De Winder, B. (1989). Spatial patterns in algae colonization of dune blowouts. Catena 16 : 499-506.

Pluis, J.L.A. & Lamers, J. (1990). Algen in verstuivingsgebieden op Schiermonnikoog. Geografisch Tijdschrift, KNAG 24, 5 : 406-413.

Pluis, J.L.A. & Van Boxel, J.H. (1993). Wind velocity and algal crusts in dune blowouts. Catena 20 : 581-594.

Polman, G.K.R. (1978). Duinvalleivegetaties in het Grevelingen bekken? Een raakvlak van vegetatiekunde en cultuurtechniek. Vakblad Biol. 1, 58 : 2.

Pons, L.J. & Van der Molen, W.H. (1973). Soil genesis under dewatering regimes during 1000 years of polder development. Soil Science 116 : 228-235.

Purer, E.A. (1942). Plant ecology of the coastal salt marshlands of San Diego County, California. Ecological Monography 12 : 81-111.

Ranwell, D.S. (1972). Ecology of salt marshes and sand dunes. Chapman and Hall, London, 251p.

Ritsema, C.J., Dekker, L.W., Hendrickx, J.M.H. & Hamminga, W. (1993). Preferential Flow Mechanism in a Water Repellent Sandy Soil. Water Resources Research 29, 7 : 2183-2193.

Ritsema, C.J. & Dekker, L.W. (1994a). Soil moisture and dry bulk density patterns in bare dune sands. Journal of Hydrology 154 : 107-131.

Ritsema, C.J. & Dekker, L.W. (1994b). How water moves in a water repellent sandy soil. 2. Dynamics of fingered flow. Water Resources Reserach 30, 9 : 2519-2531.

Rutin, J. (1983). Erosional processes on a coastal sand dune, De Blink, Nordwijkerhout, The Netherlands. Doctoraatsthesis, U.v.A., 144p.

Rutin, J. (1992). Geomorphic activity of rabbits on a coastal sand dune, De Blink dunes, the Nether ands. Earth surface processes and landforms 17 : 85-94.

Salter, P.J. & Williams, J.B. (1965). The influence of texture on the moisture characteristics of soils. II. Available-water capacity and moisture release characteristics. Journal of Soil Science 16, 2 : 310-317.

Scholand, M., Austenfeld, F.A. & von Willert, D.J. (1991). Underground biomass and its influence on soil shear strength in a grazed and ungrazed German coastal marsh. In : Atkinson, D. (ed.), Blackwell Scientific Publications : 341-348.

Schuurkens, R.J.J.M. (1987). Acidification of surface waters by atmospheric deposition. Thesis Nijmegen.

Slings, Q.L. (1990). Plagexperimenten in een kalkrijke vochtige duinvallei. In : Koerselman, W., Den Hoed, M.A., Jansen, A.J.M. & Ernst, W.H.O. (red.). Natuurwaarden en waterwinning in de duinen; mogelijkheden voor behoud, herstel en ontwikkeling van natuurwaarden. KIWA Mededelingen 114, KIWA, Nieuwegein : 157-164.

Slings, Q.L. (1994). De kalkgraslanden van de duinen. De levende natuur 4 : 120-130.

Smits, P., Jungerius, P.D. & Mucher, M.J. (1989a). Duinbodems en hun vegetatie. Deel 1. Een onderzoek naar relaties, Rapport Fysisch Geografisch en Bodemkundig Laboratorium, U.v. A., 34p.

Smits, P., Jungerius, P.D. & Mucher, M.J. (1989b). Duinbodems en hun vegetatie. Deel 2. Micromorfologisch onderzoek van enkele duinbodems in Meyendel, Rapport Fysisch Geografisch en Bodemkundig Laboratorium, U.v. A., 25p.

Snater, H. (1989). De invloed van konijnen op de bosstructuur en natuurlijke verjonging in het Noordhollandse Duinreservaat. PWN-Nieuwsbrief 6 : 1-26.

Stuyfzand, P.J. (1984). Effecten van vegetatie en luchtverontreiniging op de grondwaterkwaliteit in kalkrijke duinen bij Castricum : lysimeter waarnemingen. H2O 17 : 152-159.

Taal, M. (1989). Knabbelen aan het dichtgroeien van de duinen. Duin 4 : 189-190.

Ten Harkel, M.J. (1992). De ecohydrologische meetopstelling. Studie naar de chemische, fysische en biologische processen op een zuidhelling in de binnenduinen van Meijendel. U.v.A., N.V. Duinwaterbedrijf, Zuid-Holland, 223p.

Ten Harkel, M.J., Heil, G.W., Van der Hagen, H.G.J.M. & Witter, J.V. (1994). Abiotic Interactions in dry dune ecosystems. Excursiegids. Meijendel. Nederlandse Bodemkundige Vereniging : 37-42.

Tinhout, A. & Werger, M.J.A. (1988). Fine roots in a dry Calluna heathland. Acta Botanica Neerlandica 37 : 225-230.

T'Jonck, G. & Moormann, F.R. (1962). Veurne 50,E. De Verklarende tekst bodemkaart van België, 100p.

Van Dam, D. (1990). Atmospheric deposition and nutrient cycling in chalk grassland. PhD. theis, University of Utrecht.

Van den Ancker, J.A.M., Jungerius, P.D. & Mur, L.R. (1985). The role of algae in the stabilization of coastal dune blowouts. Earth Surface Processes and Landforms 10 : 189-192.

Van den Balck, E. (1994). Vegetatiekundige en ecologische studie van de schorren en slikken in het Zwin (Knokke-Heist, West-Vlaanderen). Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Universiteit Gent, 167p.

Van der Meulen, F., Jungerius, P.D. & Visser, J., eds. (1989). Perspectives in coastal dune management. Proceedings of the European Symposium, Leiden, September 7-11, 1987. SPB Academic Publishing, 333p.

Van der Molen, W.H. (1957). The exchangeable cations in soils flooded with sea water, Verslag Landbouwk. Onderzoek. 63.17.

Van der Putten, W.H., C. Van Dijk & B.A.M. Peters, 1993. Plant-specific soil-borne diseases contribute to succession in foredune vegetation, Nature, 362, 4 March 1993, pp. 53-55.

Van der Sluijs, P. (1970). Decalcification of marine clay soils connected with decalcification during silting, Geoderma 4 : 209-227.

Van der Spek, J. (1934). Bijdrage tot de kennis van de zure gronden in het Nederlandsch Alluvium. Verslag Landbouwkundig Onderzoek, 44, B.

Van der Spek, J. (1952). Over het verdwijnen van koolzure kalk uit zeekleiafzettingen tengevolge van de oxydatie van hierin aanwezige sulfiden, Landbouwk. Tijdschr. 64 : 473-477.

Van Dijk, H.W.J. & Grootjans, A.P. (1993). Wet dune slacks : decline and new opportunities. Hydrobiologia 265 : 281-304.

Van Haesebroeck, V. (1994). Study of Peaty and Saltmarsh Soils in nature reserves along the Belgian Coast : Hannecart Forest and The Zwin, M.Sc. Thesis, RUG, ITC for post-graduate soil scientists, 199p.

Van Ranst, E. (1991). Regional Pedology. Soils of the tropics and the suntropics. Geography, Classification, Properties and Management, ITC, RUG.

Van Soesbergen, G.A., Van Wallenburg, C., Van Lynden, K.R. & Van Lanen, H.A.J. (1986). De interpretatie van bodemkundige gegevens; systeem voor de geschiktheidsbeoordeling van gronden voor akkerbouw, weidebouw en bosbouw, Wageningen. Stiboka, rapport nr. 1967.

Van Straaten, L.M.J.U. (1953). Biogene textures and the formation of shell beds in the Dutch Wadden sea. Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, serie B, 55, 5 : 500-516.

Van Wallenburg, C. & Vos, G.A. (1989). Waterafstotende duinzandgronden tussen Noordwijk en Zandvoort. Stichting voor Bodemkartering, rapport nr. 2079, 27p.

Veer, M.A.C. (1991). Oeco-hydrologisch onderzoek, onderdeel bodemkunde. De relatie tussen vegetatie en abiotische (bodem)parameters in vier duinvalleien. Deel I. Inventariserende bodemanalyse, - kartering en - voorspelling.

Veer, M.A.C., Geelen, L.H.W.T. & Van Til, M. (1991). Oeco-hydrologisch onderzoek, onderdeel bodemkunde. De relatie tussen vegetatie en abiotische (bodem)parameters in vier duinvalleien. Deel II. Analyse van gekoppelde bodem- en vegetatie-opnamen met behulp van het computerprogramma CANOCO. Gemeentewaterleidingen Amsterdam.

Veer, M.A.C., Van der Meulen, F. & Kooijman, A.M. (1991). Monitoring van effektgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiering in open droge duinen. Tussenrapportage 1991. Vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde/UvA, Amsterdam, 25p.

Verhoeven, B. (1962). On the calciumcarbonate content of young marine sediments, Neth. J. Agr. Sci. 10 : 58-71.

Vermeulen, A.J. (1977). Emissieonderzoek met behulp van regenvangers; opzet, ervaringen en resultaten. Dienst voor Milieuhygiëne, Provinciale Waterstaat N-Holland, 109p.

Vermoortel, Y. (1990). Soil and plantroot characterization of a coastal dune valley ecosystem in the Westhoek nature reserve. M.Sc. Thesis, ITC for post-graduate Soil Scientists, RUG, 217p.

Vertegaal, C., Van der Salm, I.N.C. & Jansen, M.P.J.M. (1989). Omvang en oorzaken van effecten van atmosferische depositie in de duinen. Resultaten van een enquete onder duinkenners langs de Nederlandse kust. Buro Duin & Kust, 47p. + bijlagen.

Vertegaal, C.T.M., Louman, E.G.M., Bakker, T.M.W., Klijn, J.A. & Van der Meulen, F. (1991). Monitoring van effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in open droge duinen. Prae-advies.,Deskundigenteam Effektgerichte Maatregelen Verzuring Droge Duinen. Bureau, Duin en Kust, Leiden, 151p. + bijlagen.

Vos, G.A. (1984). Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50 000; toelichting bij kaartblad 37 West, Rotterdam. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

Wardenaar, C.P. & Sevink, J. (1992). A comparative study of soil formation in primary stands of Scots Pine (planted) and Poplar (natural) on calcareous dune sands in the Netherlands. Plant and Soil 140 : 190-210.

Wild, A., ed. (1988). Russell's soil conditions and plant growth. Longman Scientific & Technical, 11th ed., 991p.

Willis, A.J. (1963). Braunton Burrows : the effects on the vegetation of the addition of mineral nutrient to dune soils. Journal of ecology 51 : 353-374.

Willis, A.J. & Yemm, E.W. (1961). Braunton Burrows : mineral nutrient status of the dune soils. Journal of ecology 49 : 377-390.

Witter, J.V., Jungerius, P.D. & Ten Harkel, M.J. (1991). Modelling water erosion and the impact of water repellency. Catena 18 : 115-124.

Wright, T.W. 1955. Profile development in the sand dunes of Culbin forest, Morayshire. I. Physical properties. Journal of Soil Science 6, 2 : 270-283.

Zuur, A.J. (1936). Over de bodemkundige gesteldheid van het Wieringermeer. Landsdrukkerij, Den Haag.

Bewonings- en landschapsgeschiedenis

Ampe, A. (1982). De kustduinen van het graafschap Vlaanderen van de 12de tot het einde van de 14de eeuw. Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Rijksuniversiteit Gent.

Ampe, A. (1987). Bevoegdheden van de kamerheer ten aanzien van de duinen : einde 13de, begin 14de eeuw. Biekorf 4 : 257-258.

Anoniem (1934). Den Hoogen Blekker. Biekorf 5 : 113-118.

Anoniem (1984). Archaeologie in de Westhoek. Wavo-berichten 1 & 2. Werkgroep archaeologie voor Veurne en omstreken, Diksmuide, 72p.

Anoniem (1987). J.A. Colom, de vyerige Colom verthonende de 17 Nederlandsche Provintien. Noorderboek, Groningen, 5p. + kaarten.

Baelde (1988). Duinenbeheer in het Brugse Vrije door de geheime raad duidelijker omschreven (1519-1520). Biekorf 1 : 78-83.

Bauwens, J. (1985). De Societeyt van de Kerckepanne 1784-1789. De Gidsenkring 21 (4) : 4-29.

Blanchard, R. (1906). La Flandre, étude géographique de la plaine Flamande en France, Belgique et Hollande. L. Danel, Lille. 530p.

Boerboom, J.H.A. & Zagwijn, W.H. (1966). Pollen-analytical investigations in the coastal dune area near The Hague, The Netherlands. Acta Botanica Neerlandica 15 : 376-388.

Borremans,R. (1963). Archaeologisch materiaal uit de middeleeuwse nederzettingen van de Vlaamse kusten. De duinen 6, 7 : 113-122.

Bortier P. (1848). Culture des dunes. De Panne, 8p.

Bortier, P. (1879). Boisement des dunes de la Flandre. 5eme ed. Vanderauwera, Bruxelles, 29p.

Claeys, J. , Desoet, F., Maes, F., Naert, P. & Pruuost, D. (1981). Ontstaansgeschiedenis van de Zwinstreek. Kaartenmap met verklarende tekst. Jaycees. Knokke-Heist, 10p.

Clybouw, K. (1989). 1030 jaar Bredene, op zoek naar onze priorij. Flandria Nostra, Zedelgem, 207p.

Coornaert, M. (1974). Knokke en het Zwin. De geschiedenis, de topografie en de toponimie van Knokke met een studie over de Zwindelta. Lannoo, Tielt. 442p. + fig. + kaarten.

Coornaert, M. (1985). De Vlaamse strandvissers in het oud regiem. Biekorf 3 : 209-221.

De Bruyne, C. (1906). Contribution a l'étude phytogeographique de la zone maritime Belge. Vanderauwera, Brussel, 50p.

De Ceunynck, R. (1987). Ontstaan en ontwikkeling van de duinen. In: Thoen, H. (red.), De Romeinen langs de Vlaamse kust. Gemeentekrediet, Brussel : 26-29.

De Ceunynck, R. (1992). Het duinlandschap: ontstaan en evolutie. In Termote, J. (red.), Tussen land en zee. Het duingebied van Nieuwpoort tot De Panne. Lannoo, Tielt : 18-45.

De Ceunynck, R. & Thoen, H. (1981). The Iron Age settlement at De Panne-Westhoek : ecological and geological context. Helinium. 1981(1):21-42.

De Ceunynck, R., Denys L. & Van Strydonck, M. (1987). Geologisch en paleoecologisch onderzoek van de laat-Holocene afzettingen langsheen de Veurnestraat te De Panne. De Duinen 17 : 5-31.

Constandt, M. (1986). Een eeuw vakantie : 100 jaar toerisme in West-Vlaanderen. Lannoo, Tielt, 159p.

De Clercq, M. G. A. (1860). Notice sur la fertilisation des dunes. Extrait des annales des traveaux publics de Belgique T XVIII. Van Dooren, Bruxelles, 25p.

De Langhe, J. (1937). Wenduine. Biekorf 2 : 40-43.

De Meulenaere, H. (1992). Vegetatiekundige studie en kartering van het staatsnatuurreservaat Hannecart. Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Universiteit Gent, 120p.

De Serret, F. J. (1817). Mémoire sur les empiètements de la mer tels qu'ils ont lieu sur un point particulier des cites de la Flandre occidentale, sur la cause de ce phenomène et les moyens d'en arrêter les progrès. Bogaert-Dumortier, Brugge, 43p.

De Smet, J. (1948). Onze kust in Napoleon's tijd, 1803. Biekorf 4 : 73-75.

De Smet, J. (1961). Onze duinen in 1828. Biekorf 9 : 256-266.

De Smet, J. (1965). Duinbeplanting in het Brugse Vrije 1350-1795. Biekorf 5 : 129-136.

Desiere, N. (1993). 1000 jaar Adinkerke. Walleyn, Brugge, 152p.

De Vent, G. (1991). Zee en duinen, kusttoerisme in de 19de eeuw. Van de Wiele, Brugge, 248p.

Devliegher, L. (1960). De Duinenabdij te Koksijde. Ikonografie en archaeologie. Biekorf 56 : 193-228.

D'Hondt, A. 100 jaar Knokke-Badplaats 1880-1980.

Francart, P. (1988). La côte Belge 1940-44. Le Mur de l'Atlantique. Groupe d'étude pour l'histoire des fortifications militaires en Belgique. Brussel, 389 + 299 p.

Gautier, A. (1990). Hommes et animaux pendant l'age du fer. In : Leman-Delerive, G. & Beaussart, P. (eds.), Les Celtes en France du Nord et en Belgique. Paris : 195-210.

Geerebaert, M. (1960a). De geschiedenis van Koksijde. De duinen 1: 17-22.

Geerebaert, M. (1960b). De geschiedenis van Koksijde, deel 2. De duinen 2 : 3-6.

Geerebaert, M. (1962). De geschiedenis van Koksijde, deel 5. De duinen 5 : 2-8.

Geerebaert, M. (1963). De geschiedenis van Koksijde, deel 6. De duinen 6-7 : 2-20.

Gilliodts-Van Severen, L. (1880). Receuil des anciennes coutumes de la Belgique, coutumes des pays et comté de Flandre, coutume du Franc de Bruges, 3eme t. Gobbaerts, Bruxelles, 619p.

Gobyn, R. (1987). Te kust en te kuur : badplaatsen en kuuroorden in België 16de - 20ste eeuw. ASLK, Brussel, 315p.

Hoys, M., Leten, M. & Hoffmann, M. (1996). Ontwerpbeheersplan voor het staatsnatuurreservaat de Westhoek te De Panne (West-Vlaanderen). Laboratorium Plantkunde, Universiteit Gent, 267p.

Lindemans, P. (1952). Geschiedenis van de landbouw in België. 2de uitg. De Sikkel, Antwerpen, 1113p. + figuren.

Loontiens, C. (1944). Duin- en strandverdediging langs de Vlaamsche kust. Het Visscherijblad, Oostende, 127p.

Loppens, K. (1932). La région des dunes de Calais à Knocke. Laboratoire du Littoral, Coxyde, 231p.

Loppens, K. (1936a). De westsluis van Nieuwpoort. Biekorf 7 : 185-191.

Loppens, K. (1936a) De Westsluis van Nieuwpoort (vervolg). Biekorf 8 : 232-237.

Loppens, K. (1936b). Blutsie, een verdwenen gehucht der Vlaamsche kust. Biekorf 2 : 33-35.

Loppens, K. (1937). Het dorp Cnoc, bij Nieuwpoort. Biekorf 2: 9-13.

Loppens, K. (1938). De yden der Vlaamsche kust. Biekorf 12 : 289-295.

Loppens, K. (1939). De oorsprong van Lombardie. Biekorf 12 : 303-306.

Loppens, K. (1947). De abdij Ten Duine, hoe de bouwvallen ervan verdwenen zijn. Biekorf 11 : 232-233.

Massart, J. (1907). Essai de géographie botanique des districts littoraux et alluviaux de la Belgique. Rec. Inst. Bot. Leo Errera. 7:167-584.

Massart, J. (1908a). Essai de géographie botanique des districts littoraux et alluviaux de la Belgique + Annexe. Lamertin, Bruxelles, 584 + 121p.

Massart, J. (1908b). Les districts littoraux et alluviaux de la Belgique. In Bommer, Ch. & Massart, J.: Les aspects de la vegetation de la Belgique. Jardin botanique de l'Etat, Bruxelles.

Massart, J. (1912a). La cinquantième herborisation générale de la Société royale de botanique de Belgique sur le littoral belge. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 51. fascicule I: 69-185 + fig. & foto's.

Massart, J. (1912b). Pour la protection de la nature en Belgique. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 51, fascicule II, 308p. + fig. & foto's.

Pylyser, J.M. (1995). Kustvolk in de vuurlijn. Deel 1 : de vluchtschans 1939-1940. Trends, Middelkerke, 256p.

Raepaert, T. (1924). Wat is dat met al die spellen? Biekorf 9 : 230-232.

Rahir, E. (1932). Dunes et bois de La Panne. Parc National. La fédération nationale pour la défense de la nature, Brussel, 41p.

Schuursma, R.L., Dittrich, Z.R., Klein, P.W., Manning, A.F., Paape, A.H. & De Vroede, M. (1976). 14-18 De eerste wereldoorlog. Amsterdams boek, Amsterdam, 10 delen, 1923p.

Tack, G., Van den Bremt, P. & Hermy, M. (1993). Bossen van Vlaanderen, een historische ecologie. Davidsfonds, Leuven, 320 p.

Termote, J. (1985). Adinkerke (West-Vlaanderen) : Vroegmiddeleeuwse mantelspeld. Archaeologie 1 : 28.

Termote, J. (1992). Wonen op het duin, de bewoningsgeschiedenis van het duingebied tot aan de franse revolutie. In : Termote, J. (red.), Tussen land en zee : het duingebied van nieuwpoort tot De Panne. Lannoo, Tielt : 46-87.

Thoen, H. (1978). De Belgische kustvlakte in de Romeinse tijd. Bijdrage tot de studie van de landelijke bewoningsgeschiedenis. Verhandelingen van de Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België. klasse der letteren, jaarg. 11 nr 88, Brussel, 255p.

Trips, E. (1968). Caesar en het kustgebied. De duinen 11 : 159-171.

Van Acker, J. (1987). Jacht op wilde dieren in Veurne-Ambacht. Biekorf 4 : 266-268.

Van Acker, L. (1984). De Panne in Le Magasin Pittoresque. Biekorf 1 : 5-14.

Van Aerschot - Van Haeverbeeck, S.; Dalle, G. & Termote, J. (1992). De verdere evolutie van de bestaande duinnederzettingen vanaf de Franse revolutie. In : Termote, J. (red.), Tussen land en zee : het duingebied van nieuwpoort tot De Panne. Lannoo, Tielt : 88-109.

Van Gansbeke, P. (1964). La civilisation rurale de la Flandre Gallo-Romaine. Essai sur l'histoire agraire du nord de la Gaulle. De duinen 8, 9 : 75-104.

Vanhecke, L. (1993). Aspecten van de vegetaties, de ecologie en de dynamiek van het natuurreservaat de Fonteintjes (W.-Vl.), in het bijzonder van de Dactylorhiza praetermissa-populaties. Ongepubliceerde doctoraatsverhandeling, Universiteit Gent, 593 pp. + bijlagen.

Vannecke, A. (1959). Het domein van de abdij Ter Duinen in de 12de en 13de eeuw (1128-1300). Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Katholieke Universiteit Leuven, 255p.

Van Sielegem, L. (1985). Kwartair geologische evolutie in Koksijde. De duinen 15 : 7-24.

Verhulst, A. (1995). Landschap en landbouw in middeleeuws Vlaanderen. Gemeentekrediet, Brussel, 191p.

Vermeersch, C. (1986). De teloorgang van de Belgische kust. Ruimtelijke planning 15, II E.2.f. Van Loghum Slaterus, Antwerpen, 37p.

Viaene, A. (1956). Konijnenjacht in de duinen van Vlaanderen. Biekorf 3 : 89.

Viaene, A. (1957). Konijnenjacht in de duinen. Biekorf 6 : 178.

Viaene, A. (1961). Beschrijving van Oostduinkerke door Pauwel Heinderycx omstreeks 1680. Biekorf 12 : 417-421.

Vlietinck, E. (1936). De yden van Vlaanderen van Duinkerke tot Sluis. Standaard, Antwerpen, 39p.

Wastiels, F. (1976). Duizend jaar Oostduinkerke. Vereniging voor vreemdelingenverkeer, Oostduinkerke.

Wery, J. (1908). Excursions scientifiques sur le littoral Belge, la plage, les dunes, les polders, les anciènes rivières. Lamertin, Bruxelles.

Zagwijn, W.H. (1971). Vegetational history of the coastal dunes in the western Netherlands. Acta Botanica Neerlandica 20(1) : 174-182.

Biologie

Ampe, C. & Langohr, R. (1993). Distribution and dynamics of shrub roots in recent coastal dune valley ecosystems of Belgium. Geoderma 56 : 37-55.

Anoniem (1987). Eekhoorn (2). Duinen 1(4) : 114.

Anoniem (1990). Nieuwe historische feiten over de Fonteintjes te Blankenberge-Zeebrugge. Duinen 4(3) : 33.

Anoniem (1991). CORINE biotopes manual. Habitats of the European Community. Data specifications - part 2. Office for Official publications of the European Communities, Luxembourg, 300p.

Anoniem (1993). Botanisch basisregister. Centraal Bureau voor de Statistiek, Afdeling Natuurlijk Milieu, Voorburg/Heerlen.

Anselin, A. (1974). Libellenverslag Fonteintjes. De Roerdomp 15 : 5-6.

Anselin, A. (1978). Verspreiding en oecologie van *Odonata* in enkele gebieden rond Brugge. Ongepubl. licenciaatsthesis Rijksuniversiteit Gent, 155p.

Anselin, A. (1991). Verslag van de excursie aan de Belgische kust op 27.07.1991. Gomphus 7(3/4) : 15.

Anselin, A. (1992). Het libellenverspreidingsonderzoek in Vlaanderen : een overzicht van de periode 1986-1991. Gomphus 8(1) : 3-14

Anselin, A. (1993a). Libelleninventarisatie 1992 in Vlaanderen: algemene resultaten, verspreidingsgegevens en perspectieven voor de toekomst. Gomphus 9(2) : 30-52.

Anselin, A. (1993b). Eerste resultaten van de libelleninventarisatie 1993 in Vlaanderen. Gomphus 9(4) : 104-113.

Anselin, A. & Devos, K. (1992). Populatieschattingen van broedvogels in Vlaanderen, periode 1989-1991. Vlaamse bijdrage tot het ICBP-project Conservation of dispersed species in Europe. VLAVICO, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Instituut voor Natuurbehoud, Gent, 17p. + bijlage.

Arnolds, E. (1989). A preliminary Red Data List of macrofungi in the Netherlands. Persoonia 14 (1) : 77-125.

Arnolds, E., Kuyper, Th. W. & Noordeloos, M. E. (1995). Overzicht van de paddestoelen in Nederland. Nederlandse Mycologische Vereniging, Wijster, 871p.

Baert, L. & Desender, K. (1993). De spinnenfauna van het Militair Domein te Lombardsijde (*Araneae*). Nieuwsbrief Belgische Arachnologische Vereniging, 8(1) : 15-20.

Bakker, T.W.M., Klijn, J.A. & van Zadelhoff, F.J. (1979). Duinen en duinvalleien. Een landschapsecologische studie van het Nederlandse duingebied. Pudoc, Wageningen, 210p., bijlagen.

Bal, D., Beije, H.M., Hoogeveen, Y.R., Jansen, S.R.J. & van der Reest, P.J. (1995). Handboek natuurdoeltypen in Nederland. Informatie- en Kenniscentrum Natuurbeheer & Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Wageningen, 407p.

Barkman, J.J. (1958). Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. Van Gorcum, Assen, 628p., 21 fig., 71 tab., 49 krt., 16 fot.

Barkman, J.J. (1990). The epiphytic flora along the Belgian and Northern French coast in the fifties. Mém. Soc. Roy. Bot. Belg. 12 : 11-19.

Bas, C., van Brummelen, J., Tjallingii, F. & Tjallingii-Beukers, G. (1983). Standaardlijst van Nederlandse paddestoelnamen. Wet. Med. K.N.N.V. 156, 72p.

Bauwens, D. & Claus, K. (1996). Verspreiding van amfibieën en reptielen in Vlaanderen. De Wielewaal, Turnhout. 192p.

Becuwe, M., Burggraeve, G., Burny, J., Lingier,P., Rappé, G. & Van Gompel J. (1983). De verspreiding en het aantalsverloop van pleisterende waadvogels op de Westvlaamse en Zeeuwsvlaamse Noordzeekust 1973-1979. De Wielewaal 49 : 341-372.

Bergmans, W. & Zuiderwijk, A. (1986). Atlas van de Nederlandse Amfibieën en Reptielen. KNNV, Hoogwoud, 177p.

Beyen, B. (1993). Enkele gegevens over broedvogels in de duinen te Middelkerke. Duinen 7(1) : 22-28.

Billiau, R. (1992). De fauna en flora van de Westhoekduinen. In : Termote, J. (red.). Tussen land en zee. Het duingebied van Nieuwpoort tot De Panne. Lannoo, Tielt : 190-228.

Blondeel, A. (1996). Systematisch-ecologische studie van de intertidale protisten-gemeenschappen van de Vlaamse kust. Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Universiteit Gent, 56p. + platen.

Boerboom, J. H. A. (1960). De Plantengemeenschappen van de Wassenaarse duinen. Diss. Wageningen.

Bogaert, G. (1986). Ecologische studie van epifytenvegetaties te Koksijde (W.-Vl.). Ongepubliceerde Licenciaatsverhandeling, Rijksuniversiteit Gent, 179p., 30 fig., 1 bijl.

Bonne, F. (1995). Vijverleven. Euglena 14(4) : 21-23.

Bonte, D. (1992). Dagvlinders aan de Westkust. Duinen 4 : 16-31.

Bonte, D. (1993a). De eikelmuis al van voor de jaren zestig aanwezig aan de Westkust! Duinen 7(3) : 83-84.

Bonte, D. (1994a). Zoogdieren van de Oostvoorduinen. Eliomys 19(2) : 17-20.

Bonte, D. (1994b). Libellen in de duinstreek van de Vlaamse Westkust : resultaten van een inventarisatie gedurende de periode 1990-1994. Gomphus (10) 2 : 39-44.

Bonte, D. (1994c). Broedvogelinventarisatie van het Duinenkomplex Ter Yde-Groenendijk te Oostduinkerke. Mergus 8(1) : 21-31.

Bonte, D. (1994d). De Roodborsttapuit *Saxicola torquata* als broedvogel aan de Westkust van Vlaanderen gedurende de periode 1990-1993. Mergus 8(2) : 79-87.

Bonte, D. (1996). Onderzoek naar verspreidings-, activiteits- en groeipatronen van spinnen (*Araneae*) in de beheerde percelen van het staatsnatuurreservaat De Westhoek. Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Universiteit Gent, 155p. + bijlagen.

Bosmans, R. (1994). Een gedocumenteerde Rode Lijst van de water- en oppervlaktewantsen en waterkevers van Vlaanderen, met inbegrip van enkele case-studies. Labo voor Ecologie, Zoögeografie en Natuurbehoud, Universiteit Gent, i.o.v. Instituut voor Natuurbehoud, 186p.

Bouly de Lesdain, M. (1906). Lichens rares ou nouveaux pour la Belgique (receuillis pendant l'herborisation de la Société royale de Botanique en septembe 1906). Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 47 : 249-254.

Bouly de Lesdain, M. (1914). Recherches sur les lichens des environs de Dunkerque. Université de Paris, no. 1361, + suppl.

Bouman, A. E., de Bruyn, G. J., van Hinsberg, A., Sevenster, P., Wanders, E. A. J. & Wanders, R. M. (1991). Meeuwen. Opkomst en ondergang van een meeuwenkolonie. Wet. Med. KNNV 204, 68p.

Brand A.M., Aptroot A., de Bakker A.J. & van Dobben H.F. (1988). Standaardlijst van de Nederlandse korstmossen. Wet. med. KNNV 188, 68p.

Broidioi, J. (1993). Schuddebeurzeplanten. Duinen 7(2) : 44-49.

Burny, J. (1976). De Boomkikker: een zeldzaam beest van Zeeuwsch-Vlaanderen. Zeeuws Nieuws 2(3) : 1-3.

C.B.S. (1993). Botanisch basisregister. Centraal bureau voor de statistiek - afdeling natuurlijk milieu. Voorburg/Heerlen, 82p.

Compère P. (1992). Flore pratique des algues d'eau douce de Belgique. 4. Charophytes. Jardin botanique national de Belgique, Meise, 77p.

Content D. (1987). Eekhoorns in onze duinen? Duinen 1(2) : 40-41.

Content D. (1991). De Fonteintjes. Duinen 5(2) : 7-10.

Corley, M.F.V., Crundwell, A.C., Düll, R., Hill, M.O. & Smith, A.J.E. (1981). Mosses of Europe and the Azores; an annoted list of species, with synonyms from the recent literature. J. Bryol. 11 : 609-689.

Cosyns, E., Leten, M., Hermy, M. & Triest, L. (1994). Een statistiek van de wilde flora van Vlaanderen. Brussel, Vrij Universiteit Brussel en Instituut voor Natuurbehoud, 25p. + bijlagen.

Crépin F. (1869). Compte rendu de la septième herborisation (1868) de la Société royale de Botanique. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 8(1) : 4-15.

Criel D. (1994). Rode Lijst van de zoogdieren in Vlaanderen. AMINAL, Brussel, 79p.

Daro, H. M. (1969). Etude écologique d'un brise-lames de la côte belge. I. Description et zonation des organismes. Ann. Soc. Roy. Zool. Belg. 99 : 111-152.

De Bruyn, G. J. (1995). Vossen in de duinen. De Levende Natuur 96(1) : 20-24.

De Bruyne, C. (1904). Over onze duinenflora. In : Handelingen van het Achtste Vlaamsch Natuur- en Geneeskundig Congres, gehouden te Antwerpen op 25^{en} september 1904 te Antwerpen. 13p.

De Bruyne, C. (1905). *Sambucus nigra*, L. en *Ligustrum vulgare*, L. twee gezelplanten van *Hippophae rhamnoides*, L. In : Handelingen van het Negende Vlaamsch Natuur- en Geneeskundig Congres, gehouden te Aalst op 23^{en} en 24^{en} september 1905. 26p.

De Bruyne, C. (1906a). Evolutie van den plantengroei eener duinvallei. In : Handelingen van het Tiende Vlaamsch Natuur- en Geneeskundig Congres, gehouden te Brugge op 29^{en} en 30^{en} september 1906. 12p.

Debruyne, R. (1994). De Kuifleeuwerik *Galerida cristata* als broedvogel aan de Vlaamse kust in 1990. Mergus 8(1) : 21-31.

De Ceunynck, R. (1992). Het duinlandschap : ontstaan en evolutie. In Termote J. (red.) : Tussen land en zee. Het duingebied van Nieuwpoort tot De Panne. Lannoo, Tielt : 18-45.

Decleer, K. (1986). Het natuurreservaat "de Ijzermonding" te Nieuwpoort, ecologische aspecten en suggesties voor beheer. Studierapport in opderacht van Natuurreservaten vzw. , Brussel, 48p. + bijlagen.

Decleer, K. & Devriese, H. (1992a). Faunistics and ecology of grasshoppers and crickets (*Saltatoria*) of the dunes along the Belgian coast. In : Faunal inventories of sites for cartography and nature conservation. Proceedings of the 8th international colloquium of the European Invertebrate Survey, Brussels, 9-10 september 1991 : 177-187.

Decleer, K. & Devriese, H. (1992b). De sprinkhanenfauna van de Belgische Westkust. Duinen 1 : 11-37.

Decleer, K., Devriese, R. & Hofmans, K. (1989). Sprinkhanen : met sprongen achteruit! Aangepast beheer is mogelijk. Natuurreservaten 11(4) : 27-31

Decleer, K. & Leten, M. (1994). Vestigingskansen voor vaatplanten bij projekten voor natuurherstel en natuurtechnische milieubouw. Enkele algemene beschouwingen en praktijkvoorbeelden. Nota IN A.94/144, 28p.

De Fonseca, Ph. (1980a). Herpetofauna in Oost- en West-Vlaanderen : verspreiding in functie van milieufactoren. Ongepubl. doct. verh. RUG, 277p. + kaartenatlas.

De Fonseca, Ph. (1980b). La répartition géographique et le choix de l'habitat du triton ponctué (*Triturus v. vulgaris* L.) dans les provinces de Flandre Orientale et Occidentale (Belgique). Biol. Jaarb. Dodonaea 48 : 47-89.

De Fonseca, Ph. (1980c). De verspreiding van de Boomkikker in Oost- en West-Vlaanderen. Natuurreservaten 27 : 38-40.

De Fonseca, Ph. (1981). La répartition géographique et le choix de l'habitat du triton alpestre (*Triturus a. alpestris*) (Laurenti) dans les provinces de Flandre Orientale et Flandre Occidentale (Belgique). Biol. Jaarb. Dodonaea 49 : 98-111.

De Foucault, B. (1984). Systémique, structuralisme et synsystématique des prairies hygrophiles des plaines atlantiques francaises. Thèse, Univ. Rouen, 675p. + 248 tab. h.t.

De Keyser, B. (1983). L'Ecureuil de Corée, *Eutamias sibiricus* Laxmann (*Rodentia, Sciuridae*), en Forêt de Soignes. Les Naturalistes Belges 64(1) : 15-20.

De Knijf, G. (1994a). Het voorkomen van *Sympecma fusca* in Oost- en West-Vlaanderen. Gomphus 10(1) : 4-9

De Knijf, G. (1994b). Herontdekking van *Lestes barbarus* (Fabricius, 1798) in België. Gomphus 10(2) : 45-49.

De Knijf, G. (1996). Een gedocumenteerde Rode Lijst van de Libellen van Vlaanderen. Rapport Universiteit Gent i.o.v. Instituut voor Natuurbehoud, 95p.

De Langhe, J.E., Delvosalle, L., Duvigneaud, J., Lambinon, J. & Vanden Berghen, C. (1988). Flora van België, het Groothertogdom Luxemburg, Noord-Frankrijk en de aangrenzende gebieden (Pteridofyten en Spermatofyten). Tweede druk. Nationale Plantentuin van België, Meise, 972p.

Delaunois, H. (1952). De Zeeduinen van de "Westhoek". Natuur- en Stedenschoon 25(9) : 91-110.

Delaunois, H. (red.) (1983). Landschapspark krekengebied. Bond Beter Leefmilieu Vlaanderen, Koning Boudewijnstichting & Provincie Oost-Vlaanderen.

De Loose, L., Van Elsacker, C. & Verheyen, R.F. (1996). Een verwervingsplan voor de Vlaamse kustduinen en aangrenzende gebieden. Groep Toegepaste Ekologie, Antwerpen, 109p.

Delvosalle, L., Demaret, F., Lambinon, J. & Lawalrée, A. (1969). Plantes rares, disparues ou menacées de disparition en Belgique : l'appauvrissement de la flore indigène. Dienst Domaniale Natuurreservaten en Natuurbescherming, Werken n° 4, 127p.

De Meulenaere, H. (1992). Vegetatiekundige studie en kartering van het staatsnatuurreservaat Hannecart. Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Universiteit Gent, 120p.

De Putter, G. & Orbie, G. (1990). Het voorkomen van de Dwergstern *Sterna albifrons* als broedvogel aan de Vlaamse kust. Mergus 4(1) : 14-22.

De Putter, G. & Willemyns, F. (1992). Broedgevallen van de Dwergstern *Sterna albifrons* in de Voorhaven van Zeebrugge, periode 1990-1992. Mergus 6(3) : 173-181

De Raeve, F (1979). Sur les pelouses à thérophytes des dunes de la côte ouest de la Belgique, en particulier le *Tortulo-Phleetum arenarii*. Biol. Jb. Dodonaea 47 : 74-86.

De Raeve, F. (1980). Groenendijk : of haalt Vlaanderens meest belangwekkend natuurmonument 1981? Natuurreservaten 2 : 7-19.

De Raeve, F. & Lebbe, L. (1984). Duinen. In : Water voor Groen. Vierde Vlaams wetenschappelijk congres voor groenvoorziening. Vereniging voor Groenvoorziening, Brussel : 409-431.

De Raeve, F. (1986a). *Melanoleuca cinereifolia* (M. Bon) M. Bon. Icones Mycologicae, pl. 126, 130 : 1-5.

De Raeve, F. (1986b). *Agrocybe pusiola* (Fr.) Heim. Icones Mycologicae, pl. 127.

De Raeve, F. (1986c). *Inocybe aeruginascens* Babos. Icones Mycologicae, pl. 128, 130 : 6-7.

De Raeve, F. (1986d). *Inocybe aeruginascens* Babos dans les dunes entre Dunkerque et Nieuwport. Dumortiera 34 : 22-28.

De Raeve, F. (1987). Flora en vegetatie van het Zwinbosjescomplex. Duinen 1(3) : 60-75.

De Raeve, F. (1989b). Natuurontwikkelingsplan voor de Belgische kust. Eindverslag eerste fase, partim vegetatiekunde. Probleemstelling, theoretische basis en overzicht van de ecologische processen in het duinlandschap, op grond van de inventarisatie van enkele sleutelgebieden. Universiteit Gent, Lab. Morfologie, Systematiek en Ecologie der Planten, i.o.v. het Instituut voor Natuurbehoud, 38p.

De Raeve, F. (1991). Een overzicht van een aantal ecologische basisdeterminanten en hun potenties voor natuurontwikkeling in de duinen en aangrenzende gebieden langs de Belgische kust. Verslag van de tweede fase (1990-1991), partim vegetatiekunde, van het onderzoeksproject "Natuurontwikkelingsplan voor de Belgische kust". Universiteit Gent, Lab. voor Morfologie, Systematiek en Ecologie der Planten, i.o.v. het Instituut voor Natuurbehoud, 170p.

De Raeve, F., Leten, M. & Rappé, G. (1983). Flora en vegetatie van de duinen tussen Oostduinkerke en Nieuwpoort. Nationale Plantentuin van België, Meise. 176p. + fig.

De Ridder, H. (1963). Plantensociologische studie in het natuurreservaat de Westhoek, te De Panne. RUG, niet gepubl., 114p., ill. + bijlagen.

De Saedeleer, Y. (1991a). De Zandpanne. Duinen. 5(2) : 11-14.

De Saedeleer, Y., Maertens, L., Van Gompel, J., Van Torre, R. & Verschoore, K. (1991). Amfibieën en reptielen in de Belgische kustduinen. Duinen (5) 2 : 24-53.

De Scheemaeker, F. (1992). Broedvogelinventarisatie van de Achterhaven te Zeebrugge-Dudzele in 1991. Mergus 6(2) : 134-148.

De Scheemaeker, F. & Defoort, T. (1992). Broedvogels in Noordwest-Vlaanderen in 1992. Mergus 6(4) : 213-228.

De Scheemaeker, F. & D'hoore, P. (1994). Broedvogels in Noord-West-Vlaanderen in 1993. Mergus. 8(2) : 61-78.

De Scheemaeker, F. & Lust, P. (1995). Broedvogels in Noord-West-Vlaanderen in 1994. Mergus 9(1) : 26-54

De Schuyter, T. (1987). Enkele totaaltellingen van pleisterende waadvogels langs de Westvlaamse Noordzeekust in de winter 1984-1985. Mergus 1(5) : 174-191.

Desender, K. (1986a). Distribution and ecology of carabid beetles in Belgium (*Coleoptera, Carabidae*) - part 1. Studiedocument 26, KBIN, Brussel, 30p.

Desender, K. (1986b). Distribution and ecology of carabid beetles in Belgium (*Coleoptera, Carabidae*) - part 2. Studiedocument 27, KBIN, Brussel, 24p.

Desender, K. (1986c). Distribution and ecology of carabid beetles in Belgium (*Coleoptera, Carabidae*) - part 3. Studiedocument 30, KBIN, Brussel, 23p.

Desender, K. (1986d). Distribution and ecology of carabid beetles in Belgium (*Coleoptera, Carabidae*) - part 4. Studiedocument 34, KBIN, Brussel, 48p.

Desender, K. (1996). Diversity and dynamics of coastal dune carabids. Annales Zoologici Fennici, 33 : 65-75.

Desender, K. & Baert, L. (1992). De loopkeverfauna van het Militair Domein te Lombardsijde (Coleoptera, Carabidae). Bulletin et Annales de la Société royale belge d'Entomologie, 128 : 263-266.

Desender, K. & Baert, L. (1995). Carabid beetles as bio-indicators in Belgian coastal dunes : a long term monitoring project. Bulletin van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Entomologie, 65 : 35-54.

Desender, K., Dufrêne, M., Maelfait, J.-P. (1994). Long term dynamics of carabid beetles in Belgium : a preliminary analysis on the influence of changing climate and land use by means of database covering more than a century. In : Carabid beetles : ecology and evolution (Desender, K. et al., eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London : 247-252.

Desender, K. and Maelfait, J.-P. & Baert, L. (1991a). Carabid beetles as ecological indicators in dune management (*Coleoptera : Carabidae*). Elytron Suppl. 5(1) : 239-247.

Desender, K. and Maelfait, J.-P. & Baert, L. (1991b). Monitoring Carabid Beetles in Belgian Coastal Dunes. Proceedings of the 4th ECE : 153-158.

Desender, K., Maes, D., Maelfait, J.-P. & Van Kerckvoorde, M. (1995). Een gedocumenteerde Rode lijst van de zandloopkevers en loopkevers van Vlaanderen. Instituut voor Natuurbehoud, Hasselt, 208p.

De Sloover, J. (1970). Les peuplements de *Cladium mariscus* du district côtier belge. Leur origine et leur position phytosociologique. Lejeunia n.s. 51, 24p., 2 fig., 3 tabl.

Desmet, K. (1976). Rekreatie en natuurbehoud in duingebieden met toegepaste studie op de Karthuizerduinen te Nieuwpoort. Eindwerk Hoger Rijksinstituut voor Tuinbouw, Melle, 102p. + kaarten.

Devillers, P., Roggeman, W., Tricot, J., Del Marmol, P., Kerwijn, C., Jacob, J.-P. & Anselin, A. (1988). Atlas van de Belgische broedvogels. KBIN, Brussel, 395p.

De Vos, D. (1979). Zonatiestudie van de wiervegetatie van de pier van Zeebrugge. Vereniging Voor Het Onderwijs in De Biologie 2 : 33-45.

De Vos D. & Coppejans, E. (1980). Recente inventaris van de benthische wieren (*Cyanophyta, Chlorophyta, Phaeophyta, Rhodophyta*) van de pier van Zeebrugge. Dumortiera 14-15 : 2-14.

Devos, K. (1989). Overwinterende waadvogels in en rond de IJzermonding te Nieuwpoort, 1988-1989. Mergus 3(3-4) : 117-147.

Devos, K. (1992): De Kuifeend *Aythya fuligula* als broedvogel in de Vlaamse kustpolders. Mergus 6(2) : 117-133.

Devos, K. & Anselin, A. (1996). Kolonievogels en zeldzame broedvogels in Vlaanderen in 1994. Rapport IN96/20, rapport VLAVICO 96/1.

Devos, K., De Scheemaeker, F. & Allein S. (1994). Resultaten van steltlopertellingen langs de Vlaamse kust, winter 1993-1994. Mergus 8(4) : 1242-246.

Devos, K., Herrier, J-L., Leten, M., Provoost, S. & Rappé, G. (1995). De Baai van Heist : Natuur in volle ontwikkeling. Rapport IN 95, 27p., bijlagen, kaarten.

De Wilde, J.J., Marquet, R. & Van Goethem, J.L. (1986). Voorlopige atlas van de landslakken van België. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel, 285p.

De Wildeman, E. & Durand, Th. (1898-1906). Prodrome de la flore belge, Tome 3. Bruxelles, 1112p.

De Witte, G. F. (1942). Fauna der Vertebraten van België. Amphibieën en Reptielen. Brussel, Koninklijk Natuurhistorisch Museum van België, 123p.

De Witte, G.F. (1948). Faune de Belgique. Amphibiens et Reptiles. Bruxelles, Musée royal d'Histoire Naturelle de Belgique, 321p.

De Zuttere, Ph. & Schumacker, R. (1984). Bryophytes nouvelles, méconnues, rares, ménacées ou disparues de Belgique. Minist. Rég. Wallon, Service Cons. nature, Trav. 13, 160+1p., 40 cartes, 9 ill. h.t.

D'Hondt, A. (1979). Vegetatieanalyse van enkele duinpannen gelegen aan de Belgische Westkust. Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling RUG, 98p., ill.

D'Hondt, A. (1981). De vegetatie van De Westhoek, een fytosociologische studie van het staatsnatuurreservaat ten behoeve van het beheer, met vegetatiekaart. Gent, Bestuur van Waters en Bossen, 142p., ill., kaartenmap.

Dirkse, G.M. & Kruijsen, B.W.J.M. (1993). Indeling in ecologische groepen van Nederlandse blad- en levermossen. Gorteria 19(1) : 1-29.

Doing, H. (1962). Systematische Ordnung und floristische Zusammensetzung Niederländischer Wald- und Gebüschgesellschaften. Wentia 8 : 1-85.

Doing, H. (1988). Landschapsecologie van de Nederlandse kust. Stichting Publicatiefonds Duinen, Leiden, 228p. + kaarten.

d'Udekem d'Acoz, C. (1990). Présence de *Hiatella arctica* (Linnaeus, 1767) sur la jetée orientale du port de Zeebrugge (*Mollusca, Bivalvia*). De Strandvlo10(4) : 114.

d'Udekem d'Acoz, C. (1992). Signalement de *Processa modica modica* Williamson & Rochanaburanon 1979 le long de la jetée orientale du port de Zeebrugge. De Strandvlo12(3) : 83-84.

Dumon, I. (1993). Vegetatiekundige studie en kartering van de epifyten van het staatsnatuurreservaat "Hannecart". Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Universiteit Gent. 153p.

Dumoulin, E. (1989). Overzicht van de brakwatermolluscen van België. In : Invertebraten van België. Verhandelingen van het symposium te Brussel op 25-26 november 1988 : 87-94.

Dupont, C. & Maus, J. (195). Supplément à l'ouvrage du chevalier G.M.C. de Havre 'Les Oiseaux de la faune belge'. Bruxelles, Institut royal des Sciences naturelles de Belgique.

During, H.J. & Van Tooren, B.F. (1987). Recent Developments in Bryophyte Population Ecology. TREE 2(4) : 89-93.

Dutrannoit, G. (1896). Compte rendu de l'herborisation générale de la Société en 1891. Bull. Soc. roy. Bot. Belg. 30(2) : 222.

Duvigneaud, P. (1949). Remarques sur la végétation des pannes littorales entre La Panne et Dunkerque. Bull. Soc. roy. Bot. Belg. 79 : 123-140, tabl.

Duvigneaud, J. & Lambinon, J. (1963). Flore et végétation halophiles de la rive droite de l'estuaire de l'Yser entre Lombartsijde et Nieuport. Lejeunia 17, 60p.

Ellenberg, H. , Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W. & Paulissen, D. (1992). Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica XVIII. Göttingen, Goltze, 258p.

E.R.E. (1994). Etude du massif dunaire transfrontalier Perroquet-Westhoek. Ongepubl. mss.

Fabri, R. (1993). Umbelliferae. In : Flore générale de Belgique. Spermatophytes. Volume V, fasc. 2. Jardin Botanique National de Belgique, Meise : 109-360.

Gabriëls, J., Stevens, J. & Van Sanden, P. (1994). Broedvogelatlas van Limburg, veranderingen in aantal en verspreiding na 1985. Limburgse koepel voor natuurstudie, Hasselt, 366p.

Gautier, A. (1990). Hommes et animaux pendant l'Age du Fer. In : Leman-Delerive, G. & Beaussart, P. (eds.). Les Celtes en France du Nord et en Belgique. Paris : 195-210.

Geldhof, P. (1976). Faunistiek en recreatie in de verkavelingsduinen van de Westhoek. Ongepubl. mss.

Goetghebeur, P. (1976). Site Massart A1 : Strand en duinen tussen Koksijde en Oostduinkerke. Gent, RUG, 6p.

Goetghebeur, P. (1977). *Catapodium marinum* (L.) C.E. Hubbard, nieuw voor de Belgische flroa. Dumortiera 7-8 : 64.

Grime, J.P. (1979). Plant Strategies & Vegetation Processes. Chichester etc., John Wiley & sons, 222p.

Grime, J.P., Hodgson, J.J. & Hunt, R. (1988). Comparative plant ecology. A functional approach to common British species. London, Uncirn Hyman, 742p.

Grolle, R. (1983). Hepatics of Europe including the Azores: an annoted list of species, with synonyms from the recent literature. J. Bryol. 12 : 403-459.

Grootaert, P. (1989). Enkele opmerkingen over vliegen (*Diptera, Brachycera*) van de Belgische kust. Ann. Soc. Entom. Belg. 125 : 156-158.

Haghebaert, G. (1989). *Coleoptera* from marine habitats. In : Invertebraten van België. Verhandelingen van het symposium te Brussel op 25-26 november 1988 : 301-307.

Hagemeijer, W. & Hustings, F. (1995). Strandleeuweriken in de problemen? De Levende Natuur 96(1) : 2-4.

Heip, C. (1973). Een populatie-dynamische studie over de benthale *Ostracoda* en *Copepoda* van een brakwaterhabitat. Rijksuniversiteit Gent, 2 delen, 235p., 102 fig., 43 tab.

Herbauts, J. (1971). Flore et végétation des dunes de la réserve naturelle domaniale du Westhoek. Ministerie van Landbouw, Bestuur van Waters en Bossen, Dienst Domaniale Natuurreservaten en Natuurbescherming. Werken nr. 5, 95p., fig. + foto's.

Herrier, J.-L. (1989). Vegetatiekundige bijdrage tot de landschapsecologie van de duinstreek van het Zwin. Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Rijksuniversiteit Gent, 302p. + bijl.

Herrier, J.-L. (1992). Fytosociologische classificatie van de Duinstruwelen te Knokke-Heist. De Groene Band 85 : 1-14.

Herrier, J.-L. (1991). M.E.R.-partim Flora en Fauna : Vakantiedorp - Uitbreiding "Ysermode II" in Groenendijk-Oost, te Nieuwpoort. 26 p.

Herrier, J.-L., Lust, P. & Maertens, L. (1992). De Hazegrasduinen, landschapsecologisch benaderd. Een beschrijving van het Hazegrasduinencomplex te Knokke. Natuurreservaten v.z.w., duinenwerkgroep & Natuur en Milieu Oostkust, Knokke-Heist, 111p.

Hoffmann, M. (1985). *Cololejeunia minutissima* Schiffn. (*Lejeuniaceae, Hepaticae*) nieuw voor België en Noord-Frankrijk. Dumortiera 33 : 13-18.

Hoffmann, M. (1988). De mossen en korstmossen van de Zwinbosjes en de kleine Vlakte te Knokke-Zoute. Muscillanea 7 : 5-13.

Hoffmann, M. (1993). Verspreiding, fytosociologie en ecologie van epifyten en epifytengemeenschappen in Oost- en West-Vlaanderen. Ongepubl. doct. verh. RUG., 763p.

Hoffmann, M., Hoys, M., Monbaliu, J. & Sas, M. (1996). Ecologisch streefbeeld en natuurherstelplan voor het integraal kustreservaat "De Ijzermonding" te Nieuwpoort-Lombardsijde met civieltechnische realisatiemogelijkheden. Universiteit Gent. 161p. + fig.

Holsbeek L., Lefevre A., Van Gompel J. & Vantorre R. (1986). Zoogdieren-inventarisatie van Vlaanderen (1976-85). Jeugdbond voor Natuurstudie en Milieubescherming. 116p.

Hoys, M., Leten, M. & Hoffmann, M. (1996a). Ontwerpbeheersplan voor het staatsnatuurreservaat De Westhoek te De Panne (West-Vlaanderen). Universiteit Gent. 267p.

Hoys, M., Leten, M. & Hoffmann, M. (1996b). Ontwerpbeheersplan voor het staatsnatuurreservaat De Houtsaegerduinen te De Panne (West-Vlaanderen). Universiteit Gent, 207p. + 2 kaarten.

Hustings, F. , Osieck, E. R. & van Betteray, J. (1994). Nieuwe en afgevoerde broedvogels op de Nederlandse Rode Lijst. Oriolus 60(4) : 85-92.

Hutchinson, G.E. (1975). A treatise on limnology. Vol. 3. John Wiley and Sons, New York/London/Sydney, X + 660p.

Instituut voor Natuurbehoud (in voorb.). Voorlopige Rode lijst van de Vlaamse Vaatplanten.

Isaäcson, A. & Magnel, L. (1929). Compte-rendu de l'herborisation générale, sur le littoral belge en 1929. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 62 : 171-177.

Jacobs, L. J. Van de Velde M. C. Geraert E. & Vranken, G. (1993). Description of *Diplolaimella dievengatensis* sp.n. (*Nematoda : Monhysteridae*). Nematologica 36(1) : 1-21.

Jonckheere, J. (1968). Staatsnatuurreservaat "De Westhoek". Beschrijvend overzicht. Landbouwtijdschrift 21 : 439-452, 1 foto, 1 kaart.

Julve, Ph. (1993). Synopsis phytosociologique de la France (communautés de plantes vasculaires). Lejeunia n.s. 140. 160p.

Kapteyn, K. (1995). Vleermuizen in het duinlandschap. Duin 18(3) : 7-9.

Keirsebilck, P. (1995). Zoogdieren te Oostkamp en in het Brugse : verleden en heden... Eliomys 20(1) : 3-6.

Kickx, J.J. (1867). Flore cryptogamique des Flandres. Libr. gén. H. Hoste, Gand, 521p.

Koning, M. (1977). De invloed van konijnen op enkele duinplanten. Natura 74(9) : 237-238.

Kopecky, H. & Hejny, S. (1974). A new approach to the classification of anthropogenic plant communities. Vegetatio 29 : 17-20.

Koster, A. (1987). De flora van de Nederlandse spoorwegwegen. Ministerie van Landbouw en Visserij, Adviesgroep Vegetatiebeheer, Notitie n° 14, Wageningen, 292p.

Kuijken, E., Provoost, S. & Leten, M. (1993). Oppervlakte-infiltratie in de Doornpanne, een verkennend onderzoek naar de ecologische implicaties. Advies Instituut voor Natuurbehoud, A 93.69, 86p. + bijl.

Piersma, T. (1994). Close to the edge: energetic bottlenecks and the evolution of migratory pathways in Knots. Het Open Boek, Den Burg.

Piré, L. (1862). Première herborisation de la Sociéte royale de Botanique de Belgique. Bull. Soc. roy. Bot. Belg. 1 : 110-130.

Pollet, M. & Grootaert, P. (1994). The dolichopodid fauna of coastal habitats in Belgium (*Dolichopodidae, Diptera*). Bulletin et Annales de la Société royale belge d'Entomologie, 130 : 331-344.

Pollet, M. & Grootaert, P. (1996). An estimation of the natural value of dune habitats using *Empidoideae* (*Diptera*). Biodiversity and Conservation, 5 : 859-880.

Ramon, S., De Conick, S., Van Den Bosch, J. & Van De Stappen, M. (1991). Scheldevalleiproject : een ecologische verkenning. Provincie Oost-Vlaanderen, Gent, 174p. + bijl.

Rappe, A. & Herroelen, P. (1963). Broedperiode - Période de nidification 1961-1962. Giervalk 53 : 275-315.

Rappé, G. (1982). Nieuwe gegevens over het voorkomen van *Pelobates fuscus* (Laurenti) (*Anura, Pelobatidae*) in België. Biol. Jb. Dodonaea 50: 255-259.

Rappé, G. (1984). The distribution of some lesser known thallasochorous plant species along the Belgian coast, compared with their distribution in Western Europe. Biol. Jb. Dodonaea 52 : 35-56.

Rappé, G. (1987). *Euphorbia paralias* L. aan de oostkust (prov. West-Vlaanderen, België). Dumortiera 39 : 11-12.

Rappé, G. (1989a). *Haliclona xena* De Weerdt, 1986 (*Porifera, Demospongiae*), *Petrobius maritimus* (Leach) (*Insecta, Thysanura*) en enkele andere bijzondere waarnemingen van de oostelijke strekdam van Zeebrugge. De Strandvlo 9(4) : 113-116.

Rappé, G. (1989b). Oostelijke vindplaatsen van *Euphorbia paralias* L. aan de Belgische kust. Dumortiera 45 : 20.

Rappé, G. (1992). Broedende strandplevieren trotseren toerisme : levend pleidooi voor rustzones op het strand. Wielewaal 58(1) : 6-7.

Rappé, G. (1996). Verspreiding en populatiedynamiek van thalassochore zaadplanten aan de Belgische kust. Dumortiera 64-65 : 8-13.

Robyns, A. (1956). Le genre *Blackstonia* en Belgique, au Grand-Duché de Luxembourg et aux Pays-Bas. Bull. Jard. Bot. Brux. 26 : 353-368.

Robyns, A. (1958). *Liparis loeselii* (L.) L.C. Rich en voie de disparition en Belgique. Bull. Soc. roy. Bot. Belg. 91 : 79-92.

Robyns, A. (1959). *Gentianella amarella* (L.) Börner en Belgique. Bull. Soc. roy. Bot. Belg. 91 : 283-290.

Roothaert, N. & Verschoore, K. (1988). De vogels van de Houtsaegerduinen te De Panne. Duinen 3 : 59-63.

Rose, P.M. & Scott, D.A. (1994). Waterfowl Population Estimates. IWRB Publication n° 29, Slimbridge (UK), 102p.

Rosseel, L. (1985). Fytosociologisch-ecologische studie van epifytische vegetaties langs de Belgische Westkust. Ongepubl. lic. verhand., Rijksuniversiteit Gent, 177p., 43 fig. 11 foto's, 1 bijlage.

Schaminée, J. H. J., Stortelder, A. H. F. & Westhoff, V. (1995). De vegetatie van Nederland. 1. Inleiding tot de plantensociologie : grondslagen, methoden en toepassingen. Opulus Press, Uppsala-Leiden, 296p.

Schaminée, J. H. J., Weeda, E.J. & Westhoff, V. (1995). De vegetatie van Nederland. 2. Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden. Opulus Press, Uppsala/Leiden, 360p.

Schumacker, R. (éd.) (1985). Atlas de la distribution des bryophytes de Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg et des régions limitrophes. 1. Anthocerotae & Hepaticae (1830-1984). Meise, Jardin Botanique national de Belgique, 42p. + 69 kaarten.

Siebel, H.N., Aptroot, A., Dirkse, G. M., van Dobben, H. F., van Melick, H. M. H. & Touw, A. (1992). Rode Lijst van in Nederland verdwenen en bedreigde mossen en korstmossen. Gorteria 18 (1) : 1-20.

Slings, Q.L. (1994). De kalkgraslanden van de duinen. De Levende Natuur 4 : 120-130.

Sloet van Oldruitenborgh, C. J. M. & Adriani, M. J. (1971). On the relation between vegetation and soil-development in dune-shrub vegetations. Acta Bot. Neerl. 20(1) : 198-203.

Slosse, W. (1991a). Inventarisatie van vlinders en kevers in de Doornpanne te Koksijde. Duinen 5(1) : 9-17.

Slosse, W. (1991b). Onderzoek invertebratenfauna in de Doornpanne te Koksijde. Duinen 5(1) : 32-56.

Snater, H. & Baeyens, G. (1995). Konijnen tellen in Hollands duin. Zoogdier 6(1) : 15-19.

Snow, D. & Snow, B. (1988). Birds and berries. Calton, T&AD Poyser, 268p.

Sparreboom, M. (red.) (1981). De Amfibieën en Reptielen van Nederland, België en Luxemburg. Rotterdam, Balkema, 284p.

Stieperaere, H. (1980). The species-area relation of the Belgian flora of vascular plants and its use for evaluation. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 112 : 193-200.

Sykora, K.V., Nijs, L.P. & Pelsma, T.A.H.M. (1993). Plantengemeenschappen van Nederlandse wegbermen. Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische vereniging, Utrecht, 280p.

Tack, G., Van Den Bremt, P. & Hermy, M. (1993). Bossen van Vlaanderen - een historische ecologie. Davidsfonds, Leuven, 319p.

Touw, A. & Rubers, W.V. (1989). De Nederlandse bladmossen. Flora en verspreidingsatlas van de Nederlandse Musci (*Sphagnum* uitgez.). Stichting Uitgeverij KNNV, 532p.

Vanacker, S. (1996). Spontane bosontwikkeling in het natuurreservaat 'De Westhoek'. Ongepubliceerde scriptie, Universiteit Gent, 150p.

Van Bemmel, A. (1992). Coastal woodlands in the Netherlands and Belgium. Leiden/Deventer, EUCC, Stichting Duinbehoud & School for Environmental Science.

Van Damme, D. & Ervynck, A. (1993). Het konijn, een verhaal van vergane glorie. Zoogdier, 4(2) : 20-27.

Van den Balck, E. (1994). Vegetatiekundige en ecologische studie van de slikken en schorren in het Zwin (Knokke-Heist, West-Vlaanderen). Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling, Universiteit Gent, 167p. + bijlagen.

Van der Krogt, G. (1995). Boomkikker-Aktieplan. 't Duumpje 21(1) : 1-24.

Van der Laan D. (1985). Changes in the flora and vegetation of the coastal dunes of Voorne (The Netherlands) in relation to environmental changes. Vegetatio 61 : 87-95.

Van der Maarel, E. (1980). Experimental succession research in a coastal dune grassland, a preliminary report. Proceedings of the second symposium of the working group on succession research on permanent plots. Yerseke, October 1-3, 1975. Junk, Den Haag : 57-64.

Van der Maarel, E., Boot, R., van Dorp, D. & Rijntjes, E. (1984). Long term vegetation succession on the dunes near Oostvoorne, the Netherlands. Vegetatio 58 : 123-136.

Van der Maarel, E., Boot, R., van Dorp, D. & Rijntjes, J. (1985b). Vegetation succession on the dunes near Oostvoorne, The Netherlands; a comparison of the vegetation in 1959 and 1980. Vegetatio 58 : 137-187.

Van der Maarel, E., de Cock, N. & de Wildt, E. (1985a). Population dynamics of some major woody species in relation to long-term succession on the dunes of Voorne. Vegetatio 58 : 209-219.

Van der Meijden, E. (1992). Kleine dieren groot in aantal en effect. Duin 15/4 : 8-10.

Van der Meijden, R. (1990). Heukels' Flora van Nederland. Groningen, Wolters-Noordhoff, 21e druk, 662p.

Van der Putten, W. H. and van Dijk, C. & Peters, B. A. M. (1993). Plant-specific soil-borne diseases contribute to succession in foredune vegetation. Nature 362 :53-56.

Van der Werf, S. (1991). Natuurbeheer in Nederland. Deel 5. Bosgemeenschappen. Pudoc Wageningen, 375p.

Vande Vyvere, M. (1948). Compte-rendu de l'herborisation de la Société royale de Botanique au littroal, les 19,20 et 21 juillet 1947. Bull. Soc. roy. Bot. Belg. 80 : 70-75.

Van Dorp, D., Boot, R. & van der Maarel E. (1985). Vegetation succession on the dunes near Oostvoorne, The Netherlands, since 1934, interpreted from air photographs and vegetation maps. Vegetatio 58 : 123-136.

Van Eleghem, B. (1996). Studie van de bebossingsmogelijkheden in de Pistelhoek te Veurne en de Lenspolder te Nieuwpoort. Vlaamse Bosbouwvereniging, Afdeling Bos en Groen & WITAB, 77p.

Van Gompel, J. (1987a). Nieuwe vondsten van de Eikelmuis te Koksijde. Duinen (1) 1 : 16.

Van Gompel, J. (1987b). Broedvogels te Wenduine tot Vosseslag. Duinen 1(2) : 31-38.

Van Gompel, J. (1987c). Mortaliteit van steltlopers in een overwinteringsgebied aan de Belgische kust tijdens de koudeperiode januari-februari 1985. Oriolus 53(4) : 175-185.

Van Gompel, J. (1992a). Zoogdieren in de kustduinen. De opmars van de Eikelmuis en de Vos : een successtory? Duinen 6(4) : 10-13.

Van Gompel, J. (1992b). Kleine marterachtigen in de Uitkerkse polder. Zoogdier 3(1) : 3-8.

Van Gompel, J. (1992c). Zeehonden langs de Belgische kust. Zoogdier 3(3) : 9-14.

Van Gompel, J. & Content, D. (1992). Verslagen van de excursies van de beheerscommissie op 17 mei 1992 naar De Paelsteenpanne te Bredene en De Zandpanne te De Haan en op 13 juni 1992 naar de Warandeduinen te Middelkerke-Westende en De Schapeweide te Middelkerke. Duinen 6(3) : 33-42.

Van Havre, G.C.M. (1928). Les oiseaux de la Faune Belge. Lamertin, Bruxelles.

Vanhecke, L. (1974). Een bijna vergeten en verdwenen site : de Westendse heide. Biol. Jb. Dodonaea. 42 : 173-181.

Vanhecke, L. & Clarysse, R. (1975). Een belangrijke nieuwe vindplaats van *Mibora minima* (L.) Desv. in de binnenduinen van Ghyvelde (Frankrijk, Dép. du Nord). Dumortiera. 3 : 14-19.

Vanhee, F. (1989). De Zandpanne : jaarverslag 1988. Duinen 3(1) : 9-20.

Vanhercke, L. (1987). Amfibieën en reptielen in de Belgische kustduinen. Duinen 1(1) : 10-15.

Van Landuyt, W. (1991). Fytosociologisch-ecologische studie van epifytenvegetaties op *Sambucus nigra* L. Ongepub. lic. verh. RUG, 142p.

Van Rompaey, E. & Delvosalle, L. (1972). Atlas van de Belgische en Luxemburgse flora. Pteridofyten en Spermatofyten. Meise, Nationale Plantentuin van België, 1518 kaarten.

Van Rompaey, E. & Delvosalle, L. (1979). Atlas van de Belgische en Luxemburgse flora. Pteridofyten en Spermatofyten. 2de uitgave, Meise, Nationale Plantentuin van België, 1518 kaarten.

Van Steertegem, M. (1982). Invloed van konijnenbegrazing op een duingraslandcomplex (Groenendijk, Oostduinkerke). Ongepub. lic. verh. RUG. 116p.

Van Swaay, C. & van de Pavert, R. (1994). Wat is er aan de hand met het Hooibeestje. Vlinders 9(5) : 17-19.

Van Tooren, B.F., Odé, B., During, H.J. & Bobbink, R. (1990). Regeneration of species richness in the bryophyte layer of Dutch chalk grasslands. Lindbergia 16 : 153-160.

Van Torre, R. (1987). Toekomstig beheer van domein Prins Karel. Duinen 1(4) : 118.

Verboven, W. (1980). Duingraslandvegetaties van het golfterrein bij de Vosseslag (Klemskerke). Ongepubliceerde licentiaatsverhandeling Rijksuniversiteit Gent, 62p. + tabellen.

Verbruggen, A., red. (1994). Leren om te keren. Milieu- en natuurrapport Vlaanderen. Garant, Leuven/Apeldoorn, 823p.

Verlinden, A. (1987). Hannecartbos (Oostduinkerke). Beschrijving van het vochtig hooiland, de effekten van beheer en de mogelijke ontwikkelingen ten gevolge van grondwaterpeilverlaging. IN-rapport B.88/03, 25p.

Verschoore, K. (1989). De rugstreeppad in het Westhoekreservaat, een situatieschets. Duinen 2(4) : 84-86.

Verschoore, K. (1993a). Eerste resultaten van het herpetologisch inventarisatieproject van de Belgische kustduinen. Deel I : regio De Panne-Nieuwpoort. Duinen (7) 3 : 74-79.

Verschoore, K. (1993b). De Alpenwatersalamander aan de Belgische kust. Duinen (7) 3 : 80-82.

Verstrael, T. (1989). Ecosysteem duinen raakt ingespeeld op aanwezigheid vossen. Duin 12(2) : 66-67.

Verstrael, T. (1992). Verspreiding van reeën in de duinen. Zoogdier 3(3) : 15-19.

VLAVICO (1989). Vogels in Vlaanderen. Voorkomen en verspreiding. IMP, Bornem, 439p.

Vyvey, Q. (1986). Kiemkrachtige zaden in de bodem : betekenis voor het natuurbehoud. Biol. Jb. Dodonaea 54 : 116-130.

Wallage-Drees, J.M. (1986). Seasonal changes in the condition of Rabbits, *Oryctolagus cuniculus* (L.), in a coastal sand dune habitat. Z. f. Zäugetierk. 51 : 21-36.

Walleyn, R. (1992). Meer aandacht voor onze Wasplaten - *Hygrocybe* spp. Meded. Antwerpse Mycol. Kring 93(1) : 9-15.

Walleyn, R. (1995). Wasplaten (*Hygrocybe* s.l.) in Vlaanderen. In : Langendries, R., Van der Gucht, K., Van der Veken, P. & Walleyn, R. (eds.). Mededelingen gehouden op de derde Vlaamse mycologendag (Leuven, 19 maart 1994). Universiteit Gent : 43-53.

Wauters, L. (1993). Reeën in open veld. Zoogdier 4(1) : 15-18.

Weeda, E. J. (1992). Zandviooltje. Wet. Med. KNNV 206, 88p.

Weeda, E. J., Westra R., Westra, Ch. & Westra, T. (1985). Nederlandse ecologische flora. Wilde planten en hun relaties. 1. IVN, i.s.m. VARA en VEWIN, Amstelveen, 304p.

Weeda, E. J., Westra R., Westra, Ch. & Westra, T. (1987). Nederlandse ecologische flora. Wilde planten en hun relaties. 2. IVN, i.s.m. VARA en VEWIN, Amstelveen, 304p.

Weeda, E.J., Doing, H. & Schaminée, J.H.J. (in voorb.). *Koelerio-Corynephoretea*. In : De vegetatie van Nederland. 3.

Weevers, T. (1940). De flora van Goeree en Overflakkee dynamisch beschouwd. Nederlands Kruidkundig Archief 50 : 285-354.

Westhoff, V. & den Held, A.J. (1969). Plantengemeenschappen in Nederland. Thieme, Zutphen, 324p.

Zwaenepoel, A. (1993). Beheer en typologie van wegbermvegetaties in Vlaanderen. Ongepubl. Doctoraatsproefschrift, U.G., 652p. + bijlagen.

Zwaenepoel, A., Leten, M. & Rappé, G. (1994). Verspreiding, syntaxonomie en ecologie van *Catapodium marinum* (L.) C.E. Hubbard en *Sagina maritima* G. Don aan de Belgische kust. Dumortiera 58-59 : 28-41.

Zwaenepoel, J. (1993). De Siberische grondeekhoorn in het Zoniënwoud. Zoogdier (4) 1 : 4-12.

Verklarende woordenlijst

Klimaat

Albedo (oppervlakte albedo) : verhouding van de gereflecteerde kortgolvige inkomende zonnestraling van het bodem- en vegetatieoppervlak en de totale kortgolvige ontvangen zonnestraling. Ze wordt meestal in % of als een fractie van 1 uitgedrukt.

Conductie : overdracht van energie door middel van moleculaire beweging zonder enige invloed van externe beweging.

Convectie : massabewegingen in een atmosfeer ontstaan door verschillen in dichtheid van de luchtmassa's of -lagen. Opwarming van de lucht vanuit het bodemoppervlak is een veel voorkomende oorzaak.

Dempingsdiepte : de diepte in de bodem waar de amplitude van de temperatuurschommeling (dagelijks of jaarlijks) nul wordt. Dempingsdiepte wordt ook gedefinieerd als de diepte in de bodem waarbij de amplitude van de temperatuurschommelingen is afgenomen tot 1/e (= 0.37) maal de waarde aan de oppervlakte (op dagelijkse of jaarlijkse basis).

Latente warmte of Verdampingswarmte (latent heat) : hoeveelheid energie die geabsorbeerd (vrijkomt) wordt bij verdamping (condensatie) per massa eenheid water.

Relatieve vochtigheid : de verhouding van de waargenomen dampdruk tot de grootste mogelijke druk bij overeenkomstige temperatuur van de lucht; is uitgedrukt in % of nog RH = verhouding uitgedrukt in % tussen hetgeen de lucht bevat en kan bevatten aan waterdamp.

Specifieke warmte (specific heat) : aantal warmte-eenheden nodig (vrijgegeven) om de temperatuur te doen toenemen (afnemen) met 1°C voor 1 gr massa van het absorberende materiaal. Dit wordt uitgedrukt in $cal.g^{-1}.K^{-1}$ of $J.kg^{-1}.K^{-1}$. Voor water bedraagt dit 1 $cal.g^{-1}.K^{-1}$ en voor zand $cal.g^{-1}.K^{-1}$.

Verzadigingsdeficiet : het verschil tussen de grootst mogelijke druk van waterdamp bij de temperatuur van het ogenblik en de huidige dampdruk; in millibar.

Voelbare warmte (sensible heat) : warmte-energie die gebruikt wordt voor het opwarmen van de lucht in de atmosfeer. Dit kan gemeten worden door een temperatuurmeting.

Volumewarmte : volgens Barkman hetzelfde als warmtecapaciteit.
Warmtegeleidbaarheid of Warmtegeleidingsvermogen (λ) : hoeveelheid energie die doorstroomt per s en per cm^2, over een afstand van 1 cm indien de temperatuursgradiënt 1°C is. Dit wordt uitgedrukt in $cal.cm^{-2}s^{-1}.K^{-1}$.

Warmtecapaciteit : warmte-hoeveelheid die nodig is (afgegeven wordt) om de temperatuur met 1°C te doen stijgen (afnemen) van 1 cm^3 bodem (water, lucht ...). Dit wordt uitgedrukt in $cal.cm^{-3}.K^{-1}$ of $J.m^{-3}.K^{-1}$.

Warmteoverdrachtscoëfficiënt : hoeveelheid warmte die aan de lucht wordt afgegeven t.o.v. het temperatuursverschil tussen twee niveaus.
H : Hoeveelheid warmte die een verhit bodemoppervlak aan de lucht afgeeft. Dit wordt uitgedrukt in $W.m^{-2}$ of $J.s^{-1}.m^{-2}$
$H = \alpha . \Delta T$
α: warmteoverdrachtscoëfficiënt, uitgedrukt in $W.m^{-2}.K^{-1}$
ΔT: temperatuurverschil tussen de bodemoppervlak en de lucht.

Geomorfologie

Amfidroom punt : de plaats waarrond de tijstromen draaien en waar lokaal geen verticaal getij waargenomen kan worden.

Barchaan : naakt duinlichaam met een sikkelachtige planvorm waarbij in tegenstelling tot een paraboolduin de armen tegen de dominante windrichting toe gekeerd zijn.

Bedforms : sedimentaire oppervlaktestructuren.

Fetch (strijklengte) : de afstand waarover de wind ongehinderd over een wateroppervlak kan blazen.

Geul : kanaal dat voor de watertoevoer en waterafvoer in een wadgebied zorgt met een subtidaal gedeelte.

Kreek : afwateringskanaal in een schorre zonder subtidaal gedeelte.

Mui : een transversale doorbraak door een strandrug waardoor twee zwinnen met elkaar in verbinding komen te staan; waar een mui in een lager gelegen zwin komt kan zich een muidelta ontwikkelen.

Priel : afwateringskanaal in een slikke.

Rugositeit : mate van ruwheid van het bodemoppervlak.

Schoorwal (island barrier) : een zandlichaam dat zich onder invloed van golfwerking en litorale drift vóór de kust ontwikkelt en hiermee een achterliggend lagunair gebied beschermt van directe golfwerking; op een schoorwal kunnen zich duinen vormen; een haakwal ('spit') ontwikkelt zich onder dezelfde condities maar is meestal kleiner en heeft een haakvormige planvorm.

Shear stress : (schuifspanning) de kracht die in casu de wind uitoefent op een oppervlak; shear stress threshold is de minimale kracht die nodig is om zandpartikels in beweging te brengen.

Slufter : Janssen & Salman (1992) zien een slufter als een doorbraak van de duinen bij stormvloed, een getijdegeul op een breed strand met duinvorming door onvolledige afsnoering van een strandvlakte, een onvolledige verheling tussen twee eilanden of een verzanding van een in zee uitmondende rivier of zeeboezem.
Met andere woorden is een slufter een achter de zeereep liggend vlak gebied waarbij mariene inundatie doorheen een opening in de zeereep mogelijk is. Janssen & Salman (l.c.) zien het Zwin ook als slufter. Ons inziens is deze definiëring te ruim voor gebruik in geomorfologische context. Zo kan het Zwin beter geen slufter genoemd worden, het is een restant van een voormalig groot wad waarvan de oppervlakte door indijking sterk teruggedrongen is.

Solar radiation (insolatie) : de hoeveelheid direct of indirect zonlicht dat het aardoppervlak bereikt.

Stormvloed : de opstuwing van het zeepeil tijdens stormcondities.

Strand : een oever die geheel of deels bestaat uit ongeconsolideerd sediment zoals rolkeien, grind, zand, schelpen,...; er kan een onderscheid gemaakt worden tussen verschillende morfologische zones langsheen een strandprofiel (naar De Moor 1991):

- het duinfront is de zone die begrensd wordt door de top van de zeereep en de duinvoet; slechts bij stormvloed wordt deze zone door mariene processen beïnvloed wat in sommige gevallen resulteert in een opvallende afslagklif;

- het hoogstrand bevindt zich tussen de duinvoet (of zeewering) en het gemiddelde springtijhoogwaterpeil;

- de terrassenzone is het strandgedeelte tussen het gemiddelde springtijhoogwaterpeil en het gemiddelde doodtijhoogwaterpeil; deze zone wordt onder normale omstandigheden slechts halfmaandelijks volledig overspoeld; bij stranden met een grofkorrelig of keiig sediment kunnen hier kleine terrasniveautjes waargenomen worden waarnaar deze zone genoemd werd;

- het middenstrand is de zone die dagelijks overstroomt tussen de gemiddelde hoog- en laagwaterlijn bij doodtij; in deze zone komen onder natuurlijke omstandigheden ook de meeste zwinnen, strandruggen en muien voor;

- het laagstrand bevindt zich tussen de gemiddelde laagwaterlijn bij doodtij en de gemiddelde laagwaterlijn bij springtij; deze zone komt slechts halfmaandelijks droog te liggen;

- de vooroever is de zone zeewaarts van het laagstrand onder het gemiddelde springtijlaagwaterniveau waar golfwerking nog van belang is.

Strandprofiel : een transversale doorsnede door het strand vanop de zeereep tot op de vooroever.

Strandrug : een longitudinale asymmetrische, uit strandsedimenten opgebouwde rug, die zich vormt onder de invloed van op- en teruglopende golven; een strandrug verdwijnt bij vloed volledig onder water en is van een andere rug gescheiden door een zwin.

Tijgat (tidal inlet) : opening in een schoorwal van waaruit het achterliggende gebied, mogelijks via een vertakt krekenstelsel, overstroomt.

Zwin : een longitudinale depressie tussen twee strandruggen; zwinnen staan met elkaar in verbinding via muien.

Zoutspray : zoutpartikels die vanuit zee met een aanlandige wind meegevoerd worden.

Hydrologie

Berging : het volume water dat aanwezig is in een nader aan te geven deel van de grond.

Doorlaatvermogen (transmissiviteit) : maat voor het vermogen van een watervoerend pakket om water door te laten, gelijk te stellen aan de volumestroom die per breedte-eenheid van het watervoerend pakket en per eenheid van stijghoogtegradiënt door een watervoerende laag stroomt.

Drainage : de afvoer van water over en door de grond en door een waterlopenstelsel

Droog strand : gedeelte strand, waarop bij verreweg de meeste getijden geen zeewater komt.

Drukhoogte : de hoogte van de waterkolom die een druk levert gelijk aan de relatieve waterdruk.

Bergingscoëfficiënt : is de hoeveelheid water die wordt afgegeven of opgenomen door de formatie bij een daling of stijging van de watertafel met een eenheid.

Freatisch watervoerende laag : een relatief goed doorlatende laag boven een eerste slecht-doorlatende of ondoorlatende laag.

Grondwaterscheidingskam : grens tussen twee stroomgebieden.

Grondwaterstand : de hoogte ten opzichte van een referentieniveau van een punt waar het grondwater een drukhoogte heeft gelijk aan nul.

Grondwatervoorraad : het volume grondwater aanwezig in een watervoerende laag of aanwezig in een gebied boven een referentievlak. De horizontale afmetingen van de laag of van het betrokken gebied dienen nader te worden aangegeven.

Hydraulische doorlatendheid : de hydraulische doorlatendheid is de hoeveelheid water die per tijdseenheid, onder een eenheidsverhang, door een eenheidsoppervlak stroomt.

Infiltratie : het verschijnsel dat water aan het grondoppervlak de grond binnentreedt.
de aanvulling van water onder het grondoppervlak door middel van een slotenstelsel of buizenstelsel.

Injectie : de voeding van de verzadigde zone die door middel van infiltratieputten plaatsvindt.

Kwel : in het algemeen: het uittreden van grondwater.
in het bijzonder: het uittreden van grondwater onder invloed van grotere stijghoogten buiten het beschouwde gebied; het uittreden van water dat binnen het gebied aan het oppervlak is toegevoerd valt dus buiten deze term. Het uittreden kan onder meer geschieden direct aan het oppervlak, in sloten, drains of via capillaire opstijging.

Neerslag : de massa waterdeeltjes, zowel vloeibaar als vast, die vanuit de atmosfeer het aardoppervlak bereikt.

Onverzadigde zone : deel van de grond boven de grondwaterspiegel, waarin de poriën zowel water als lucht bevatten.

Peil, waterhoogte : kortstondig gemiddelde van de hoogteligging van de waterspiegel ten opzichte van een referentievlak, zoals T.A.W.

Piëzometer : peilbuis met een zeer korte filter, of met alleen een opening aan de onderzijde.

Plaatshoogte : hoogte van een deeltje grond of water ten opzichte van een referentieniveau.

Polder : een gebied, dat door een waterkering beschermd is tegen water van buiten en waarbinnen de waterstand beheerst kan worden.

Oppervlakkige afvloei : horizontaal transport van grondwater in een ondiepe onverzadigde laag.

Spaarbekken : bekken waarin water wordt verzameld om op zekere tijd gebruikt te worden.

Stijghoogte: de som van drukhoogte en plaatshoogte. Deze grootheid kan worden gemeten met een piëzometer waarvan de hoogte ten opzicht van een referentievlak berekend is. Het resultaat heeft betrekking op de plaats waar de filter is geplaatst.

Tij, getijde : de waterbeweging gedurende één volledige getijperiode.
het periodiek rijzen en dalen van het water als gevolg van de aantrekkingskrachten van maan en zon.

Verzilting : het toenemen van het zoutgehalte in oppervlaktewater of in de grond.

Waterbalans : de vergelijking van de hoeveelheden water betrokken bij toevoer, afvoer,onttrekking en verandering in berging over een bepaalde periode en binnen een gegeven gebied.

Waterdruk : de druk van het grondwater ten opzichte van de atmosferische druk.

Zoetwaterstijghoogte : fictieve stijghoogte zoals die zou worden gemeten in een peilbuis gevuld met zoet water.

Zoet/zout grensvlak : denkbeeldig grensvlak gelegen in de meestal betrekkelijk smalle overganszone tussen het zoete en het zoute grondwater.

Biologie

Adventieven : door de mens niet opzettelijk uit een andere streek ingevoerde plant.

Begrazing : consumeren van vee of wilde herbivoren van planten(delen); ook de natuurtechnische beheersvorm wordt met deze term aangeduid

Beweiding : inscharen van vee voor landbouweconomische doeleinden.

Biotoop : specifiek leefgebied van organismen.

Calcifiel : kalkminnend.

Climax(vegetatie) : vegetatietype op het eind van de successiereeks en afgegrensd door biologische of fysische beperkingen.

Concurrentie : aanspraak van verschillende organismen op dezelfde voeding, plaats of licht.

Corticool : op schors groeiende soorten.

Cryptogaam : sporenplant of bedektbloemige.

Diasporen : deel van een plant dat zorgt voor verbreiding; spore, zaad, (schijn)vrucht, deel van of soms gehele plant.

Ecosysteem : onderling samenhangend verbond van wederzijdse beïnvloeding van organismen of levensgemeenschappen en hun omgeving.

Epifyt : plant die leeft op andere organismen maar geen parasiet is.

Foerageren : voedsel zoeken bij dierlijke organismen.

Forofyt : draagplant voor epifyten

Freatofyt : plant die gebonden is aan de invloedssfeer van het (freatisch) grondwater.

Fytofaag : planteneter.

Fytosociologie : studie van de samenlevingswijzen bij planten.

Groeiplaats : plaats waar voor een bepaalde soort het totaal van biotische en abiotische omstandigheden aanwezig zijn om er te kunnen groeien.

Habitat : in dit rapport gebruikt als synoniem voor "biogeocoenose" (sensu Sukachev 1954); een deel van de biosfeer waarin de levensgemeenschap (biocoenose) over een zekere oppervlakte homogeen blijft, evenals de delen van de atmosfeer, de lithosfeer, de hydrosfeer en de pedosfeer die ermee samenhangen en waarin dus ook de interacties tussen al deze delen, die in onderlinge samenhang een uniek geheel vormen, uniform blijven

Halfnatuurlijk : systeem (landschap/levensgemeenschap/...) waarvan de invloed van de mens een onderdeel uitmaakt.

Hogere plant : vaatplant : zaadplant of varen.

Inheems : organismen die binnen een bepaalde geografische entiteit van nature voorkomen.

Klein landschapselement : ieder onafhankelijk deel van het landschap dat bijdraagt aan het karakter van het geheel van dat landschap; hier meer bepaald de ecologisch belangrijke elementen als hagen, boomrijen, poelen, ...

Levensgemeenschap : (biocoenose) : het geheel van in een gebied (biotoop) voorkomende levende organismen en hun onderlinge relaties.

Lignicool : op hout groeiend.

Mesofiel : hier gebruikt in de betekenis van "op matig vochtige plaatsen groeiend".

Mycorrhiza : (zwamwortel) : samenlevingsvorm tussen schimmel en wortel van hogere plant.

Niche : de plaats van een organisme in een ecosysteem, zowel naar standplaats, voedselkeuze, ...

Saxicool : op steen groeiend.

Standplaats : fysische verblijfplaats van een organisme.

Successie : progressieve vervanging van een levensgemeenschap door een volgend stadium.

Terricool : op de grond groeiend.

Trofie : mate van voedselrijkdom.

Verbreiding : verplaatsing van een soort of haar diasporen in de ruimte door middel van een agens (wind, water, ...)

Verspreiding : het gebied (areaal) waarbinnen een soort of verschijnsel optreedt.