



Ministerie van de Vlaamse gemeenschap
AMINAL
Afdeling Natuur

BODEMEVOLUTIE IN DE KUSTDUINEN ONDER BEGRAZING EN ANDERE NATUURBEHEERSVORMEN

30 september 2003

Uitvoerder :
Dr. Carole Ampe
Promotor : Prof. Dr. R. Langohr
Laboratorium voor Bodemkunde
Vakgroep Geologie en Bodemkunde
Universiteit Gent
Krijgslaan 281, S8
B-9000 Gent

Opdrachtgever :
Leidend Ambtenaar : Ir. J.-L. Herrier
Afdeling Natuur
AMINAL
Dept. Leefmilieu en Infrastructuur
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Koning Albert II-laan 20, bus 8
B-1000 Brussel



Ministerie van de Vlaamse gemeenschap
AMINAL
Afdeling Natuur

BODEMEVOLUTIE IN DE KUSTDUINEN ONDER BEGRAZING EN ANDERE NATUURBEHEERSVORMEN

30 september 2003

VLIZ (vzw)

VLAAMS INSTITUUT VOOR DE ZEE

FLANDERS MARINE INSTITUTE

Oostende - Belgium

Uitvoerder :
Dr. Carole Ampe
Promotor : Prof. Dr. R. Langohr
Laboratorium voor Bodemkunde
Vakgroep Geologie en Bodemkunde
Universiteit Gent
Krijgslaan 281, S8
B-9000 Gent

Opdrachtgever :
Leidend Ambtenaar : Ir. J.-L. Herrier
Afdeling Natuur
AMINAL
Dept. Leefmilieu en Infrastructuur
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Koning Albert II-laan 20, bus 8
B-1000 Brussel

Dankwoord

Bij het tot stand komen van dit rapport werd nauw samengewerkt met een aantal mensen waarvoor ik hen graag wil bedanken :

Ward Debrabandere, natuurwachter van de Vlaamse natuurreservaten Westhoek en Houtsaegerduinen en zijn team, Stefaan Theuninck, Hugo Tyberghein, Eddy Storme en Jeannot Debandt voor de logistieke steun bij het uitvoeren van de experimenten en het bemonsteren van de poelen,

Sam Provoost, voor de topografische meetcampagnes langsheen de duinvoet van het loopduin en voor het verwerken van de meetresultaten,

Tim Struyve en Koen Struyve voor het terrein- en labowerk bij het experimenteel onderzoek,

Tim Struyve en Dries Bonte voor de identificatie van kevers en larven,

Paul Quataert voor de verhelderende discussie omtrent statistische technieken,

Prof. Dr. R. Langohr (Vakgroep Geologie en Bodemkunde, RUG) voor het kritisch becommentariëren van dit document.

Carole Ampe

Inhoudstabel

Lijst van de figuren	vi
Lijst van de tabellen	x
1 DOELSTELLINGEN	1
2 OPZET VAN HET ONDERZOEK	2
2.1 Monitoringsproject s.s. : Wetenschappelijke onderbouwing van het onderzoeksopzet	2
2.1.1 Inleiding	2
2.1.2 Niveau van de proefsite	3
2.1.3 Niveau van het Proefvlak – zeeruspanne (pioniersstadium)	3
2.1.4 Overzicht van de uitgevoerde beheersmaatregelen relevant in het kader van het monitoringsproject s.s. langsheen de Westkust	4
2.2 Experimenteel onderzoek naar de invloed van beweiding op de bodem	4
2.3 Andere activiteiten uitgevoerd in het kader van het monitoring project	5
2.3.1 Temporele variabiliteit van de klimaatsparameters 1985-2002	5
2.3.2 Onderzoek naar de waterkwaliteit van de veedrinkpoelen	5
2.3.3 Onderzoek naar de evolutie van de westelijke duinhelling van het loopduin en het bijhorend deflatieoppervlak	5
3 METHODOLOGIE	7
3.1 Terreinwerk	7
3.1.1 Bodemonderzoek in het kader van het monitoringsproject ss : proefsite zeeruspanne (pioniersstadium – begrazen versus niet begrazen)	7
3.1.1.1 Terreinwaarnemingen aan de hand van mini-profielputten	7
3.1.1.1.1 Beschrijving van de site	7
3.1.1.1.2 Profielbeschrijving vanaf de verticale sectie	7
3.1.1.1.3 Horizontale secties	7
3.1.1.2 Terminologie voor de gedetailleerde profielbeschrijvingen	7
3.1.1.2.1 Voornaamste lagen en horizonten	7
3.1.1.2.2 Holorganische horizonten (volgens Green et al., 1993)	8
3.1.1.2.3 Hemi-organische horizonten (FAO, 1990 + nieuw geïntroduceerde symbolen aangeduid met *)	8
3.1.1.2.4 Secundaire kenmerken (FAO, 1990; Green et al., 1993; + nieuw geïntroduceerde symbolen aangeduid met *)	8
3.1.1.3 Bemonstering	9
3.1.2 Experimenteel Onderzoek naar de invloed van begrazing op chemische en fysische bodemkenmerken	9
3.1.2.1 Verdichting	9
3.1.2.1.1 Inleiding	9
3.1.2.1.2 Belasting door dieren op de bodem	9
3.1.2.1.3 Het effect van betreding op de bodem	10
3.1.2.2 Evolutie van chemische bodemkenmerken onder bemesting	10
3.1.2.2.1 Verkennend onderzoek	10
3.1.2.2.2 Experimenteel onderzoek	10
3.1.2.2.2.1 Opzetten van exclosures	10
3.1.2.2.2.2 Doel van het experiment	11
3.1.2.2.2.3 Werkwijze op het terrein	11
3.1.2.3 Afbraaksnelheid van de mest en evolutie van de chemische samenstelling van de mest	11
3.1.2.3.1 Doel experiment	11
3.1.2.3.2 Werkwijze op het terrein	12
3.1.2.4 Onderzoek naar de invloed van mestkeveractiviteit (Geotrupes sp.) in de bodem	12
3.1.2.4.1 Verkennend onderzoek	12
3.1.2.4.2 Doel experiment	12
3.1.2.4.3 Werkwijze op het terrein	12
3.1.3 Onderzoek naar de waterkwaliteit van de veedrinkpoelen	13
3.1.3.1 Monstername	13
3.1.3.2 Bewaring van de monsters	13
3.1.3.3 Metingen op het veld	13

3.1.4 Onderzoek naar de evolutie van het deflatieoppervlak ter hoogte van het loopduin, nabij proefsite 8 - zeeruspanne	14
3.1.5 Onderzoek naar het kalkgehalte van het deflatieoppervlak ter hoogte van het loopduin, nabij proefsite 8 – zeeruspanne	14
3.1.5.1 Doel.....	14
3.1.5.2 Localisatie van het transect	14
3.1.5.3 Methode.....	14
3.2 Laboratoriumwerk	15
3.2.1 Fysische en chemische bepalingen van de bodemstalen en broedkamers	15
3.2.1.1 Kleurbepaling	15
3.2.1.2 Reactie met HCl	15
3.2.1.3 CaCO ₃ -gehalte	15
3.2.1.4 Hydrofobie	15
3.2.1.5 Zuurtegraad (pH)	15
3.2.1.6 Vochtgehalte	15
3.2.1.7 Organisch materiaal gehalte (OM), organisch koolstof gehalte (OC)	16
3.2.1.8 Bepalen van het schijnbaar soortelijk gewicht (SSG)	16
3.2.1.9 Stikstof-gehalte (N)	16
3.2.1.10 Totale fosfor, organische en inorganische fractie	17
3.2.1.11 Kationenuitwisselingscapaciteit (CEC) en basische kationen Ca, Mg, Na en K	17
3.2.2 Fysische en chemische bepalingen van de meststalen en broedkamers	17
3.2.2.1 Droge stofgehalte (DS)	17
3.2.2.2 Vochtgehalte	17
3.2.2.3 pH	17
3.2.2.4 Organische stof (OS)	18
3.2.2.5 Totale N	18
3.2.2.6 Minerale N	18
3.2.2.7 P en de kationen Ca, Mg, K, Na	18
3.2.3 Chemische analyses van de waterstalen (Walraevens, 1998)	18
3.3 Verwerking van de gegevens	18
3.3.1 Resultaten van de bodem-, broedkamer- en mestanalyses	18
3.3.2 Resultaten van de wateranalyses	19
3.3.2.1 Ionenbalans	19
3.3.2.2 Classificatie van Stuyfzand (1986)	19
3.3.3 Resultaten van de topografische opmetingen.....	21
4 TEMPORELE VARIABILITEIT VAN KLIMAATS-PARAMETERS 1985 –2002	22
4.1 Algemene karakterisering (uit Ampe, 1999)	22
4.2 De gegevens	22
4.3 Temporele variabiliteit	23
4.4 Evapotranspiratie	27
5 EVOLUTIE VAN DE DUINVOET VAN HET LOOPDUIN TER HOOGTE VAN PROEFSITE - ZEERUSPANNE	30
5.1 De topografische gegevens	30
5.2 Sedimentatiebalans : accumulatie of erosie	33
5.3 Evolutie van het kalkgehalte langsheen een transect in de recentelijk gestabiliseerde panne aan de voet van het loopduin	35
5.3.1 Beschrijving van de bemonsterde sites.....	35
5.3.2 Resultaten kalkgehalte.....	37
5.4 Discussie en Besluit	38
6 WATERKWALITEIT VAN DE DRINKPOELEN	40
6.1 Veldgegevens van de poelwaters	40
6.2 Classificatie van stuyfzand (1986)	40
6.2.1 Hoofdtype	40
6.2.2 Hardheidscode.....	43
6.2.3 Type	44
6.2.4 Kationenuitwisselingscode	44
6.2.5 Classificatie voor waterkwaliteit volgens Stuyfzand (1986)	46

6.3 Voorstelling van de waterkwaliteit op een piper diagram	46
6.4 Vergelijking van de samenstelling van het poelwater met de normen inzake drinkwater	47
6.5 Evolutie van de waterkwaliteit	49
6.6 Discussie	53
6.7 Besluit	54
 7 RESULTATEN VAN HET MONITORINGSONDERZOEK SS – ZEERUSPANNE, PIONIERSTADIUM	55
7.1 Bodemhorizonatie van de mini-profielen	55
7.1.1 Legende	55
7.1.2 Beknopte beschrijving van de gebruikte bodemhorizontensymbolen	55
7.2 Overzicht van de fysische en chemische bodemkenmerken	55
7.2.1 Proefsite Zeeruspanne : Proefsite 8	55
7.2.1.1 Proefsite 8 – Beheersmaatregelen	55
7.2.1.2 Proefsite 8 – Variabiliteit binnen de proefvlakken	55
7.2.1.2.1 Proefvlak 8B (permanente kwadaten (pq) 8B1 tot 8B5	55
7.2.1.2.2 Proefvlak 8C (permanente kwadaten (pq) 8C1 tot 8C5	57
7.2.1.3 Proefsite 8 – Onderlinge vergelijking van de proefvlakken	57
7.3 Resultaten van de analysegegevens	57
7.3.1 Proefsite 8 - Beheersmaatregelen	57
7.3.2 Proefsite 8 - Vergelijking alle horizonten	57
7.3.3 Proefsite 8 - Vergelijking oppervlaktehorizonten	59
7.3.4 Proefsite 8 - Onderlinge vergelijking van de proefvlakken – oppervlaktehorizonten	62
7.4 Discussie en besluit	63
 8 INVLOED VAN BEGRAZEN OP DE BODEM LITERATUUROVERZICHT	64
8.1 Invloed van begrazing op humusprofiel	65
8.2 Invloed van begrazing op fysische bodemaspecten.....	66
8.2.1 Druk uitgeoefend van de dieren op de bodem	66
8.2.2 Effecten op de bodemfysische parameters	66
8.3 Invloed van ontlasten op de chemische bodemkenmerken.....	69
8.3.1 Urineren	69
8.3.1.1 Chemische samenstelling van urine	69
8.3.1.2 Frequentie en hoeveelheden urineproductie	70
8.3.1.3 Invloed van urine op de bodem	71
8.3.2 Mest	72
8.3.2.1 Samenstelling van de mest	72
8.3.2.2 Het afbreken van de mest	76
8.3.2.3 Frequentie van defeceren, totale mestproductie en geaffecteerd oppervlakten	77
8.3.2.4 Invloed van defeceren op chemische bodemaspecten	78
 9 RESULTATEN IVM INVLOED VAN BEGRAZEN OP DE BODEMONTWIKKELING	82
9.1 Fysische aspecten	82
9.1.1 Druk uitgeoefend door de dieren op de bodem	82
9.1.2 Effecten van betreding op de bodem	84
9.1.1.1 Typologie van paden	84
9.1.1.2 Effect van betreding op de bodem langsheen paden	84
9.1.2 Discussie en besluit	85
9.2 Chemische aspecten van de mest	87
9.2.1 Gemiddelde hoeveelheden uitgescheiden door paard, rund, pony	87
9.2.2 Chemische samenstelling van verse mest	88
9.2.3 Afbraaksnelheid van de mest	89
9.3 Evolutie van de chemische samenstelling van de mest	94
9.3.1 Paard	94
9.3.1.1 Ruwe mestgegevens	94
9.3.1.2 Evolutie van de chemische parameters ten opzichte van de droge stof.....	96
9.3.1.3 Evolutie van de chemische parameters geëxtrapoleerd naar terreinhoeveelheden	98
9.3.2 Rund	100
9.3.2.1 Ruwe mestgegevens	100
9.3.2.2 Evolutie van de chemische parameters ten opzichte van de droge stof.....	100

9.3.2.3 Evolutie van de chemische parameters geëxtrapoleerd naar terreinhoeveelheden	103
9.3.3 Pony	105
9.3.3.1 Ruwe mestgegevens	105
9.3.3.2 Evolutie van de chemische parameters ten opzichte van de droge stof.....	105
9.3.3.3 Evolutie van de chemische parameters geëxtrapoleerd naar terreinhoeveelheden	108
9.3.4 Vergelijking tussen bemonstering met of zonder mestkeveractiviteit	110
9.3.4.1 Paard.....	111
9.3.4.2 Rund	111
9.3.4.2 Pony	112
9.3.5 Besluit	112
9.4 Evolutie van de chemische kenmerken van de bodem – een eerste verkenning	115
9.4.1 Paard.....	115
9.4.2 Rund.....	116
9.4.3 Pony	117
9.4.4 Schaap	118
9.4.5 Konijn.....	119
9.4.6 Besluit	120
9.5 Experimenteel onderzoek naar de evolutie van de chemische bodemkenmerken onder mesthopen	121
9.5.1 Paard	121
9.5.1.1 Vergelijking chemische bodemkenmerken onder mesthoop (ongeacht het gewicht) met controle	121
9.5.1.2 Toename van de effecten in functie van tijd en gewicht	123
9.5.2 Rund.....	125
9.5.2.1 Vergelijking chemische bodemkenmerken onder mesthoop (ongeacht het gewicht) met controle	125
9.5.2.2 Toename van de effecten in functie van tijd en gewicht	127
9.5.3 Pony	129
9.5.3.1 Vergelijking chemische bodemkenmerken onder mesthoop (ongeacht het gewicht) met controle	129
9.5.3.2 Toename van de effecten in functie van tijd en gewicht	132
9.5.4 Discussie	135
 10 INVLOED OP DE BODEM DOOR DE COPROFIELE FAUNA, MET SPECIALE AANDACHT VOOR GEOTRUPES SP.	 138
10.1 Inleiding	138
10.2 De rol van de coprofiele fauna in de afbraaksnelheid van de mest	138
10.3 Kolonisatie en evolutie van de mest	139
10.4 Activiteiten van de coprofiele fauna	142
10.4.1 Activiteiten van de coprofiele fauna in de bodem	144
10.4.2 Invloed van abiotische factoren op mestkeveractiviteit	148
10.4.3 Invloed van de mestkeveractiviteit op de bodem	148
10.4.3.1 Fysische bodemverstoring door mestkeveractiviteit	148
10.4.3.2 Aanrijking van de bodem met mest of plantenresten	149
10.5 Verkennende studie broedkamers - terreingegevens	151
10.5.1 Rund	151
10.5.1.1 Site	151
10.5.1.2 Algemene opmerkingen omtrent oppervlaktekenmerken	151
10.5.1.3 Profiel	151
10.5.2 Pony's	151
10.5.2.1 Sites	151
10.5.2.2 Algemene opmerkingen omtrent oppervlaktekenmerken	152
10.5.2.3 Beschrijving van de broedkamers	152
10.5.2.4 Profielen	153
10.5.2.5 Besluit	153
10.5.3 Paarden	154
10.5.3.1 Sites	154
10.5.3.2 Algemene opmerkingen omtrent oppervlaktekenmerken	154
10.5.3.3 Beschrijving van de broedkamers	154
10.5.3.4 Profielen	155
10.5.3.5 Besluit	156
10.5.4 Ezels	156
10.5.4.1 Sites	156
10.5.4.2 Algemene opmerkingen omtrent oppervlaktekenmerken	156
10.5.4.3 Beschrijving van de broedkamers	157
10.5.4.4 Profielen	158

10.5.4.5 Besluit	158
10.6 Experimenteel onderzoek naar de invloed van mestkeveractiviteit (<i>geotrupes</i> sp.) in de bodem	158
10.6.1 Evolutie van de mest die aan het oppervlak blijft liggen	158
10.6.1.1 Paard : evolutie van gewicht (terrein en oven drooggewicht) en vochtgehalte mest voor periodes dec – apr –aug.....	160
10.6.1.2 Pony : evolutie van gewicht (terrein en oven drooggewicht) en vochtgehalte mest voor periodes dec – apr –aug.....	160
10.6.1.3 Rund : evolutie van gewicht (terrein en oven drooggewicht) en vochtgehalte mest voor periodes dec – apr –aug	161
10.6.1.4 Vergelijking van de evolutie tussen de verschillende soorten mest (paard – pony – rund)	161
10.6.2 Beschrijving van de broedkamers gevormd in de bodem.....	162
10.6.3 Besluit	169
11 RESULTATEN EN BESLUITEN	171
11.1 Klimaat.....	171
11.2 Evolutie van de duinvoet van het loopduin	172
11.3 Waterkwaliteit van de (veedrink)poelen	172
11.4 Bodemkarakterisatie aan de hand van mini-profielen in het monitoringsonderzoek ss – proefsite zeeruspanne.....	172
11.5 Onderzoek naar de invloed van begrazen op de bodem	173
11.6 Invloed van de coprofiele fauna op de bodem	175
12 REFERENTIES.....	176

Lijst van de figuren

Fig. 2.1 : Lokalisatie van de proefsites in het Vlaams Natuurreservaat de Westhoek (topografische kaart De Panne – Oostduinkerke, 11/7-8, 3^{de} uitgave, 1985; De Moeren – Veurne, 19/3-4, 2^{de} uitgave, 1978, NGI, 1/25 000)

Fig. 3.1 : Bepaling van het watertype (Stuyfzand, 1986)

Fig. 3.2 : Piper-diagram met gemiddelde samenstelling van zoet water en zeewater (Appelo & Postma, 1993).

Fig. 4.1 : Koksijde, gemiddelde jaarlijkse temperatuur (°C) 1957-2002

Fig. 4.2 : Koksijde, jaarlijkse neerslag (mm) 1957-2002

Fig. 4.3 : Koksijde, jan-feb-mrt, gemiddelde temperatuur (°C) 1957-2002

Fig. 4.4 : Koksijde, apr-mei-jun, gemiddelde temperatuur (°C) 1957-2002

Fig. 4.5 : Koksijde, jul-aug-sept, gemiddelde temperatuur (°C) 1957-2002

Fig. 4.6 : Koksijde, okt-nov-dec, gemiddelde temperatuur (°C) 1957-2002

Fig. 4.7 : Koksijde, jan-feb-mrt, neerslag (mm) 1957-2002

Fig. 4.8 : Koksijde, apr-mei-jun, neerslag (mm) 1957-2002

Fig. 4.9 : Koksijde, jul-aug-sept, neerslag (mm) 1957-2002

Fig. 4.10 : Koksijde, okt-nov-dec, neerslag (mm) 1957-2002

Fig. 5.1 : Lokalisatie van de topografische opmetingen van het deflatieoppervlak van het loopduin

Fig. 5.2 : Hoogtemetingen van het deflatieoppervlak van het loopduin

Fig. 5.3 : Sedimentatiebalans van het deflatieoppervlak van het loopduin

Fig. 5.4 : Topotransect zeeruspanne-wandelduin (oriëntatie 316°-136°)

Fig. 6.1 : Lokalisatie van de drinkpoelen in het Vlaams Natuurreservaat de Westhoek

Fig. 6.2 : Lokalisatie van de drinkpoelen in het Vlaams Natuurreservaat de Houtsaegerduinen

Fig. 6.3 : Bepaling van het type, kationen, 5/9/2002

Fig. 6.4 : Bepaling van het type, anionen, 5/9/2002

Fig. 6.5 : Piper-diagram voor de watermonsters, 5/9/2002

Fig. 6.6 : Evolutie van de Na⁺ in drinkpoelen, Westhoek en Houtsaegerduinen

Fig. 6.7 : Evolutie van de K⁺ in drinkpoelen, Westhoek en Houtsaegerduinen

Fig. 6.8 : Evolutie van de Ca²⁺ in drinkpoelen, Westhoek en Houtsaegerduinen

Fig. 6.9 : Evolutie van de Mg²⁺ in drinkpoelen, Westhoek en Houtsaegerduinen

Fig. 6.10 : Verband tussen Ca en Mg voor veedrinkpoelen

Fig. 6.11 : Evolutie van de Fe³⁺/Fe²⁺ in drinkpoelen, Westhoek en Houtsaegerduinen

Fig. 6.12 : Evolutie van de NH₄⁺ in drinkpoelen, Westhoek en Houtsaegerduinen

Fig. 6.13 : Evolutie van de Cl⁻ in drinkpoelen, Westhoek en Houtsaegerduinen

Fig. 6.14 : Evolutie van de HCO₃⁻/CO₃²⁻ in drinkpoelen, Westhoek en Houtsaegerduinen

Fig. 6.15 : Evolutie van de SO₄²⁻ in drinkpoelen, Westhoek en Houtsaegerduinen

Fig. 6.16 : Evolutie van de NO₃⁻/NO₂⁻ in drinkpoelen, Westhoek en Houtsaegerduinen

Fig. 6.17 : Evolutie van de PO₄³⁻ in drinkpoelen, Westhoek en Houtsaegerduinen

Fig. 7.1 : Zeeruspanne, horizonatie van de mini-profielen ter hoogte van de pq's

Fig. 9.1 : Beslissingsdiagram ter bepaling van het type pad

Fig. 9.2 : Vergelijking van het schijnbaar soortelijk gewicht op en naast het pad op de droge en natte site

Fig. 9.3 : Paard, evolutie gewicht mesthopen

Fig. 9.4 : Rund, evolutie gewicht mesthopen

Fig. 9.5 : Pony, evolutie gewicht mesthopen

Fig. 9.6 : Dagelijkse neerslaghoeveelheden tussen 4-9-2002 en 13-11-2002

Fig. 9.7 : Paard, Evolutie van het vochtgehalte van de mest (%)

Fig. 9.8 : Paard, Evolutie van de droge stof van de mest (g/kg verse mest)

Fig. 9.9 : Paard, Evolutie van de organische stof van de mest (g/kg verse mest)

Fig. 9.10 : Paard, Evolutie van de totale stikstof van de mest (g/kg verse mest)

Fig. 9.11 : Paard, Evolutie van de fosfor van de mest (g/kg verse mest)

Fig. 9.12 : Paard, Evolutie van de kalium van de mest (g/kg verse mest)

Fig. 9.13 : Paard, Evolutie van de natrium van de mest (g/kg verse mest)

Fig. 9.14 : Paard, Evolutie van de calcium van de mest (g/kg verse mest)

Fig. 9.15 : Paard, Evolutie van de magnesium van de mest (g/kg verse mest)

Fig. 9.16 : Paard, Evolutie van organische stof versus droge stof

Fig. 9.17 : Paard, Evolutie van de stikstof versus droge stof

Fig. 9.18 : Paard, Evolutie van de minerale stikstof versus droge stof

Fig. 9.19 :	Paard, Evolutie van de fosfor versus droge stof
Fig. 9.20 :	Paard, Evolutie van de kalium versus droge stof
Fig. 9.21 :	Paard, Evolutie van de natrium versus droge stof
Fig. 9.22 :	Paard, Evolutie van de calcium versus droge stof
Fig. 9.23 :	Paard, Evolutie van de magnesium versus droge stof
Fig. 9.24 :	Paard, Evolutie van droge stof geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.25 :	Paard, Evolutie van organische stof geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.26 :	Paard, Evolutie van de stikstof geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.27 :	Paard, Evolutie van de fosfor geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.28 :	Paard, Evolutie van de kalium geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.29 :	Paard, Evolutie van de natrium geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.30 :	Paard, Evolutie van de calcium geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.31 :	Paard, Evolutie van de magnesium geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.32 :	Rund, Evolutie van het vochtgehalte van de mest
Fig. 9.33 :	Rund, Evolutie van de droge stof van de mest
Fig. 9.34 :	Rund, Evolutie van de organische stof van de mest
Fig. 9.35 :	Rund, Evolutie van de totale stikstof van de mest
Fig. 9.36 :	Rund, Evolutie van de fosfor van de mest
Fig. 9.37 :	Rund, Evolutie van de kalium van de mest
Fig. 9.38 :	Rund, Evolutie van de natrium van de mest
Fig. 9.39 :	Rund, Evolutie van de calcium van de mest
Fig. 9.40 :	Rund, Evolutie van de magnesium van de mest
Fig. 9.41 :	Rund, Evolutie van organische stof versus droge stof
Fig. 9.42 :	Rund, Evolutie van de stikstof versus droge stof
Fig. 9.43 :	Rund, Evolutie van de minerale stikstof versus droge stof
Fig. 9.44 :	Rund, Evolutie van de fosfor versus droge stof
Fig. 9.45 :	Rund, Evolutie van de kalium versus droge stof
Fig. 9.46 :	Rund, Evolutie van de natrium versus droge stof
Fig. 9.47 :	Rund, Evolutie van de calcium versus droge stof
Fig. 9.48 :	Rund, Evolutie van de magnesium versus droge stof
Fig. 9.49 :	Rund, Evolutie van droge stof geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.50 :	Rund, Evolutie van organische stof geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.51 :	Rund, Evolutie van de stikstof geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.52 :	Rund, Evolutie van de fosfor geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.53 :	Rund, Evolutie van de kalium geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.54 :	Rund, Evolutie van de natrium geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.55 :	Rund, Evolutie van de calcium geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.56 :	Rund, Evolutie van de magnesium geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.57 :	Pony, Evolutie van het vochtgehalte van de mest
Fig. 9.58 :	Pony, Evolutie van de droge stof van de mest
Fig. 9.59 :	Pony, Evolutie van de organische stof van de mest
Fig. 9.60 :	Pony, Evolutie van de totale stikstof van de mest
Fig. 9.61 :	Pony, Evolutie van de fosfor van de mest
Fig. 9.62 :	Pony, Evolutie van de kalium van de mest
Fig. 9.63 :	Pony, Evolutie van de natrium van de mest
Fig. 9.64 :	Pony, Evolutie van de calcium van de mest
Fig. 9.65 :	Pony, Evolutie van de magnesium van de mest
Fig. 9.66 :	Pony, Evolutie van organische stof versus droge stof
Fig. 9.67 :	Pony, Evolutie van de stikstof versus droge stof
Fig. 9.68 :	Pony, Evolutie van de minerale stikstof versus droge stof
Fig. 9.69 :	Pony, Evolutie van de fosfor versus droge stof
Fig. 9.70 :	Pony, Evolutie van de kalium versus droge stof
Fig. 9.71 :	Pony, Evolutie van de natrium versus droge stof
Fig. 9.72 :	Pony, Evolutie van de calcium versus droge stof
Fig. 9.73 :	Pony, Evolutie van de magnesium versus droge stof
Fig. 9.74 :	Pony, Evolutie van droge stof geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.75 :	Pony, Evolutie van organische stof geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.76 :	Pony, Evolutie van de stikstof geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.77 :	Pony, Evolutie van de fosfor geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.78 :	Pony, Evolutie van de kalium geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.79 :	Pony, Evolutie van de natrium geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.80 :	Pony, Evolutie van de calcium geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden
Fig. 9.81 :	Pony, Evolutie van de magnesium geëxtrapoleerd naar effectieve terreinhoeveelheden

- Fig. 9.82 : Paard, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), OM-gehalte
 Fig. 9.83 : Paard, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), N-gehalte
 Fig. 9.84 : Paard, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), C/N
 Fig. 9.85 : Paard, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), pH H₂O
 Fig. 9.86 : Paard, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), uitwisselbare K
 Fig. 9.87 : Paard, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), uitwisselbare Na
 Fig. 9.88 : Paard, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), anorganische P
 Fig. 9.89 : Paard, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), organische P
 Fig. 9.90 : Paard, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), P totaal
 Fig. 9.91 : Paard, verloop OM in functie van tijd
 Fig. 9.92 : Paard, verloop N in functie van tijd
 Fig. 9.93 : Paard, verloop C/N in functie van tijd
 Fig. 9.94 : Paard, verloop pH H₂O in functie van tijd
 Fig. 9.95 : Paard, verloop pH KCl in functie van tijd
 Fig. 9.96 : Paard, verloop CEC in functie van tijd
 Fig. 9.97 : Paard, verloop K in functie van tijd
 Fig. 9.98 : Paard, verloop Na in functie van tijd
 Fig. 9.99 : Paard, verloop Pinorg in functie van tijd
 Fig. 9.100 : Paard, verloop Porg in functie van tijd
 Fig. 9.101 : Paard, verloop Ptot in functie van tijd
 Fig. 9.102 : Paard, verloop EPP in functie van tijd
 Fig. 9.103 : Paard, verloop ESP in functie van tijd
 Fig. 9.104 : Rund, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), OM-gehalte
 Fig. 9.105 : Rund, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), N-gehalte
 Fig. 9.106 : Rund, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), C/N
 Fig. 9.107 : Rund, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), pH H₂O
 Fig. 9.108 : Rund, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), uitwisselbare K
 Fig. 9.109 : Rund, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), uitwisselbare Na
 Fig. 9.110 : Rund, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), anorganische P
 Fig. 9.111 : Rund, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), organische P
 Fig. 9.112 : Rund, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), P totaal
 Fig. 9.113 : Rund, verloop OM in functie van tijd
 Fig. 9.114 : Rund, verloop N in functie van tijd
 Fig. 9.115 : Rund, verloop C/N in functie van tijd
 Fig. 9.116 : Rund, verloop pH H₂O in functie van tijd
 Fig. 9.117 : Rund, verloop pH KCl in functie van tijd
 Fig. 9.118 : Rund, verloop CEC in functie van tijd
 Fig. 9.119 : Rund, verloop K in functie van tijd
 Fig. 9.120 : Rund, verloop Na in functie van tijd
 Fig. 9.121 : Rund, verloop Pinorg in functie van tijd
 Fig. 9.122 : Rund, verloop Porg in functie van tijd
 Fig. 9.123 : Rund, verloop Ptot in functie van tijd
 Fig. 9.124 : Rund, verloop EPP in functie van tijd
 Fig. 9.125 : Rund, verloop ESP in functie van tijd
 Fig. 9.126 : Pony, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), OM-gehalte
 Fig. 9.127 : Pony, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), N-gehalte
 Fig. 9.128 : Pony, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), C/N
 Fig. 9.129 : Pony, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), pH H₂O
 Fig. 9.130 : Pony, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), pH KCl
 Fig. 9.131 : Pony, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), CEC
 Fig. 9.132 : Pony, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), uitwisselbare Ca
 Fig. 9.133 : Pony, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), uitwisselbare Mg
 Fig. 9.134 : Pony, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), uitwisselbare K
 Fig. 9.135 : Pony, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), uitwisselbare Na
 Fig. 9.136 : Pony, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), anorganische P
 Fig. 9.137 : Pony, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), organische P
 Fig. 9.138 : Pony, Invloed van 1, 2.5 en 5 kg mest op bodem (0-5 cm), P totaal
 Fig. 9.139 : Pony, verloop OM in functie van tijd
 Fig. 9.140 : Pony, verloop N in functie van tijd
 Fig. 9.141 : Pony, verloop C/N in functie van tijd
 Fig. 9.142 : Pony, verloop pH H₂O in functie van tijd
 Fig. 9.143 : Pony, verloop pH KCl in functie van tijd
 Fig. 9.144 : Pony, verloop CEC in functie van tijd

Fig. 9.145 : Pony, verloop Ca in functie van tijd
Fig. 9.146 : Pony, verloop Mg in functie van tijd
Fig. 9.147 : Pony, verloop K in functie van tijd
Fig. 9.148 : Pony, verloop Na in functie van tijd
Fig. 9.149 : Pony, verloop Pinorg in functie van tijd
Fig. 9.150 : Pony, verloop Porg in functie van tijd
Fig. 9.151 : Pony, verloop Ptot in functie van tijd
Fig. 9.152 : Pony, verloop EPP in functie van tijd
Fig. 9.153 : Pony, verloop ESP in functie van tijd

Fig. 10.1 : Evolutie van een rundmesthoop (fase 1 tot 8)
Fig. 10.2 : Broedgangen van de mestkevers (naar Harde & Severa, 1982)
Fig. 10.3 : Paard. Evolutie terreingewicht mesthoop
Fig. 10.4 : Pony. Evolutie terreingewicht mesthoop
Fig. 10.5 : Rund. Evolutie terreingewicht mesthoop
Fig. 10.6 : Paard. Evolutie vochtgehalte mesthoop
Fig. 10.7 : Pony. Evolutie vochtgehalte mesthoop
Fig. 10.8 : Rund. Evolutie vochtgehalte mesthoop
Fig. 10.9 : Paard. Evolutie oven droog gewicht mesthoop
Fig. 10.10 : Pony. Evolutie oven droog gewicht mesthoop
Fig. 10.11 : Rund. Evolutie oven droog gewicht mesthoop

Lijst van de tabellen

- Tabel 2.1 : Onderzoeksonderwerpen op de drie onderzoeksniveaus voor het abiotische en biotische luik.
- Tabel 3.1 : Overzicht van oppervlakte, aantal punten en puntendichtheid van het opgemeten deflatieoppervlak
- Tabel 3.2 : Klassen voor reactie van CaCO_3 met HCl (FAO, 1990)
- Tabel 3.3 : Bepaling van het eerste symbool, steunend op het choridegehalte
- Tabel 3.4 : Bepaling van het tweede symbool, steunend op de totale hardheid
- Tabel 3.5 : Bepaling van de kationenuitwisselingscode (Clays, 1999)
- Tabel 4.1 : Vergelijking van de gemiddelde maandelijkse temperatuur voor periode 1985-2002 en 1990-2002 met de normalen
- Tabel 4.2 : Vergelijking van de maandelijkse neerslag voor periode 1985-2002 en 1990-2002 met de normalen.
- Tabel 4.3 : Koksijde ($51^{\circ}08'N$, $2^{\circ}39'E$, +5m). Overzicht van de jaarlijkse neerslag (P), potentiële evapotranspiratie (PET), actuele evapotranspiratie (AET), deficit (DEF) en surplus (SUR) tussen 1985 en 2002 (in mm)
- Tabel 5.1 : Beschrijving van de bemonsterde sites
- Tabel 5.2 : Kalkgehalte (%) tussen 0-3 cm, langsheen het topotranssect Zeeruspanne – voet loopduin
- Tabel 5.3 : Kalkgehalte (%) van 4 geselecteerde sites gemeten in intervallen van 1 cm tot 5 cm diepte
- Tabel 6.1 : Hoofdtype, gesteund op het chloridegehalte
- Tabel 6.2 : Watertype steunend op totale hardheid (TH)
- Tabel 6.3 : Kationenuitwisselingsparameter en $\sqrt{0.5\text{Cl}}$
- Tabel 6.4 : Toepassing van de classificatie voor waterkwaliteit volgens Stuyfzand (1986)
- Tabel 6.5 : Normen inzake drinkwater voor fysisch-chemische parameters (Walraevens, 1998)
- Tabel 6.6 : Spearman correlatiecoëfficiënten voor enkele chemische parameters
- Tabel 7.1 : Proefsituatie 8, Zeeruspanne. Chemische analyseresultaten
- Tabel 7.2 : Zeeruspanne, correlatiematrix voor alle horizonten volgens Spearman
- Tabel 7.3 : Zeeruspanne, correlatiematrix voor alle horizonten volgens Pearson
- Tabel 7.4 : Zeeruspanne, statistische parameters voor de oppervlaktehorizonten.
- Tabel 7.5 : Zeeruspanne, correlatiematrix voor de oppervlaktehorizonten volgens Spearman (n=10).
- Tabel 7.6 : Zeeruspanne, correlatiematrix voor de oppervlaktehorizonten volgens Pearson (n=10).
- Tabel 7.7 : Zeeruspanne, statistische parameters voor de oppervlaktehorizonten per proefvlak.
- Tabel 7.8 : Zeeruspanne, overzicht van de resultaten van de ANOVA - Kruskal-Wallis testen (8B1 tot 8B5, 8C1 tot 8C5).
- Tabel 8.1 : Hoefdruk voor rund en schape volgens verschillende auteurs
- Tabel 8.2 : Invloed van begrazing op fysische bodemparameters in het Lauwersmeergebied (Slager et al., 1993)
- Tabel 8.3 : Typische waarden voor de excretie van N in urine door melkkoeien, stieren en schapen (Whitehead, 1995)
- Tabel 8.4 : Verdeling van P in urine naargelang diersoort (in Khasawneh et al., 1980 uit Azevedo & Stout, 1974)
- Tabel 8.5 : Typische waarden omtrent urineproductie per dag voor verschillende diersoorten (Whitehead, 1995)
- Tabel 8.6 : Samenstelling van mest in gewichts% naargelang diersoort (Fairbridge and Finkl (1979) from Tisdale and Nelson (1966) in Landon, 1984). (Er wordt niet vermeld of dit gewicht% is van het vers of van het drooggewicht; vermoedelijk is het gewicht% tov vers gewicht)
- Tabel 8.7 : Samenstelling van mest in gewichts% ten opzichte van vers materiaal, naargelang dieet (Fairbridge and Finkl (1979) in Landon, 1984)
- Tabel 8.8 : Samenstelling van mest (concentraties tov drooggewicht) Singer et al. (1999)
- Tabel 8.9 : Gemiddelde samenstelling van vaste mest (Brady & Weil, 1996)
- Tabel 8.10 : Samenstelling van verse mest; cijfermateriaal werd gesynthetiseerd uit verschillende publicaties (Sommers & Sutton, 1980) (in % of mg/kg van het drooggewicht)
- Tabel 8.11 : Samenstelling van mest in Troeh & Thompson (1993) berekend op gegevens geciteerd door Hinrich (1974)
- Tabel 8.12 : Gemiddelde samenstelling van dierlijke vaste mest (in kg per 1000 kg) (Bries et al., 1995)
- Tabel 8.13 : Mestgids VLM bijlage 2 richtwaarden voor de samenstelling van vaste mest (kg/ton)(VLM, 2000)
- Tabel 8.14 : Uitscheidingscijfers voor 2000 (VLM, 2000)
- Tabel 8.15 : Typische waarden voor hoeveelheid drooggewicht en N-gehaltes (gesteund op verschillende bronnen in Whitehead (1995))
- Tabel 8.16 : Proportie van P in faeces naargelang diersoort (Azevedo & Stout, 1974)
- Tabel 8.17 : Benaderende samenstelling van harde en zachte faeces van (gekwakte?) konijnen (Fielding, 1991)

Tabel 8.18 : Gesteund op verschillende bronnen stelt Whitehead (1995) volgende typische waarden voor mestproductie naargelang diersoort

Tabel 8.19 : Overzicht van frequenties van defaecatie en urinatie door rund in verschillende publicaties (Macluskus, 1960)

Tabel 8.20 : Mestproductie en oppervlakte ingenomen door mesthopen (Macluskus, 1960)

Tabel 9.1 : Hoefoppervlak, gewicht en uitgeoefende druk voor ezel, paard en pony

Tabel 9.2 : Gemiddelde en standaard deviatie voor schijnbaar soortelijk gewicht (g/cm^3) ($n=12$)

Tabel 9.3 : Uitgescheiden hoeveelheden vaste mest door paard, rund, pony

Tabel 9.4 : Defecatiegegevens per etmaal voor paard, rund en pony (Cosyns, mond. med.)

Tabel 9.5 : Hoeveelheden mest geproduceerd per jaar door paard, rund en pony in het Westhoek Natuurreservaat

Tabel 9.6 : Chemische samenstelling van verse mest ten opzichte van 1 kg verse mest

Tabel 9.7 : Chemische samenstelling van verse mest ten opzichte van de hoeveelheid droge stof

Tabel 9.8 : Resultaten van Kruskal-Wallis test voor paard, pony en rundmest voor de onderzochte parameters

Tabel 9.9 : Resultaten van de Tukey HSD post-hoc test

Tabel 9.10 : Paard. Evolutie gewicht (g) mesthoop

Tabel 9.11 : Rund. Evolutie gewicht (g) mesthoop

Tabel 9.12 : Pony. Evolutie gewicht (g) mesthoop

Tabel 9.13 : Evolutie van de gemiddelde terreingewichten van de mesthopen voor paard, pony en rund

Tabel 9.14 : Gemiddelde en standaard deviatie van de terreingewichten van de mesthopen voor paard, pony en rund

Tabel 9.15 : Paard, chemische samenstelling van de mest, ruwe gegevens. Spearman correlatie matrix

Tabel 9.16 : Paard, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters uitgedrukt ten opzichte van droge stof

Tabel 9.17 : Paard, kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters uitgedrukt ten opzichte van droge stof

Tabel 9.18 : Paard, geen kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters uitgedrukt ten opzichte van droge stof

Tabel 9.19 : Paard, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters geëxtrapoleerd naar effectieve terreingewichten

Tabel 9.20 : Paard, kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters geëxtrapoleerd naar effectieve terreingewichten

Tabel 9.21 : Paard, geen kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters geëxtrapoleerd naar effectieve terreingewichten

Tabel 9.22 : Rund, chemische samenstelling van de mest, ruwe gegevens. Spearman correlatie matrix

Tabel 9.23 : Rund, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters uitgedrukt ten opzichte van droge stof

Tabel 9.24 : Rund, kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters uitgedrukt ten opzichte van droge stof

Tabel 9.25 : Rund, geen kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters uitgedrukt ten opzichte van droge stof

Tabel 9.26 : Rund, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters geëxtrapoleerd naar effectieve terreingewichten

Tabel 9.27 : Rund, kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters geëxtrapoleerd naar effectieve terreingewichten

Tabel 9.28 : Rund, geen kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters geëxtrapoleerd naar effectieve terreingewichten

Tabel 9.29 : Pony, chemische samenstelling van de mest, ruwe gegevens. Spearman correlatie matrix.

Tabel 9.30 : Pony, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters uitgedrukt ten opzichte van droge stof

Tabel 9.31 : Pony, kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters uitgedrukt ten opzichte van droge stof

Tabel 9.32 : Pony, geen kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters uitgedrukt ten opzichte van droge stof

Tabel 9.33 : Pony, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters geëxtrapoleerd naar effectieve terreingewichten

Tabel 9.34 : Pony, kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters geëxtrapoleerd naar effectieve terreingewichten

Tabel 9.35 : Pony, geen kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters geëxtrapoleerd naar effectieve terreingewichten

Tabel 9.36 : Significantie van het verschil tussen twee datasets, met of zonder keveractiviteit voor paard, rund en pony volgens de t-test en voor de Mann-Whitney U

Tabel 9.37 : Paard, Overzicht van de resultaten van ANOVA voor twee variabelen

Tabel 9.38 : Rund, Overzicht van de resultaten van ANOVA voor twee variabelen

Tabel 9.39 : Pony, Overzicht van de resultaten van ANOVA voor twee variabelen

Tabel 9.40 : Konik paard. Chemische bodemparemeters voor bodem onder alle mesthopen en controle

- Tabel 9.41 : Konik paard. Significante verschillen tussen controle en bodem onder mesthoop voor recente, medium en oude mesthopen.
- Tabel 9.42 : Schotse hooglander. Chemische bodemparameters voor bodem onder alle mesthopen en controle worden
- Tabel 9.43 : Schotse hooglander. Significante verschillen tussen controle en bodem onder mesthoop voor recente, medium en oude mesthopen.
- Tabel 9.44 : Shetland pony. Chemische bodemparameters voor bodem onder mesthopen en controle
- Tabel 9.45 : Shetland pony. Significante verschillen tussen controle en bodem onder mesthoop voor recente, medium en oude mesthopen.
- Tabel 9.46 : Schaap. Chemische bodemparameters voor bodem onder mesthopen en controle
- Tabel 9.47 : IJzermonding, textuurverdeling van de 5 bodemstalen (0-5 cm diepte)
- Tabel 9.48 : Konijn. Chemische bodemparameters voor bodem onder mesthopen en controle
- Tabel 9.49 : Paard, gemiddelde en standaard deviatie voor de bodemparameters bemonsterd onder mesthopen van 1, 2.5 en 5 kg en controle.
- Tabel 9.50. Paard, resultaten van Mann Whitney U test waarbij bodem onder de mesthopen vergeleken wordt met controle
- Tabel 9.51 : Paard. Overzicht van de resultaten van ANOVA
- Tabel 9.52 : Paard. Pearson correlatie coëfficiënt tussen tijd en chemische parameters (n=60)
- Tabel 9.53 : Rund, gemiddelde en standaard deviatie voor de bodemparameters bemonsterd onder mesthopen van 1, 2.5 en 5 kg en controle.
- Tabel 9.54. Rund. Resultaten van t-test waarbij bodem onder de mesthopen vergeleken wordt met controle (df = 66)
- Tabel 9.55 : Rund. Overzicht van de resultaten van ANOVA
- Tabel 9.56 : Pearson correlatie coëfficiënt tussen tijd en chemische parameters (n=60)
- Tabel 9.57 : Pony, gemiddelde en standaard deviatie voor de bodemparameters bemonsterd onder mesthopen van 1, 2.5 en 5 kg en controle.
- Tabel 9.58. Pony. Resultaten van t-test waarbij bodem onder de mesthopen vergeleken wordt met controle (df = 66)
- Tabel 9.59 : Pony. Overzicht van de resultaten van ANOVA
- Tabel 9.60 : Pearson correlatie coëfficiënt tussen tijd en chemische parameters (n=60)
-
- Tabel 10.1 : Afbraaksnelheid van rundermest in de literatuur (Denholm Young, 1978 in Putman, 1983) (Gobat et al., 1998)
- Tabel 10.2 : Verschillen tussen de grote en kleine tunnelers
- Tabel 10.3 : Diepte van de tunnels van enkele Geotrupidae die voorkomen in Nederland (uit Brussaard, 1983)
- Tabel 10.4 : Aantal eieren per nest of per vrouwtje in Geotrupidae van soorten die in Nederland voorkomen (BRUSSAARD, 1983)
- Tabel 10.5 : Dagelijkse hoeveelheid mest die per paar Onitis sp. begraven wordt (Edwards & Aschenborn, 1987)
- Tabel 10.6 : Rund, algemene oppervlaktekenmerken van de rundermesthoop
- Tabel 10.7 : Pony, algemene oppervlaktekenmerken van de ponymesthoop
- Tabel 10.8 : Pony, beschrijving van de broedkamers
- Tabel 10.9 : Pony, gewicht van de broedkamers onder ponymesthopen
- Tabel 10.10 : Paard, algemene oppervlaktekenmerken van de paardenmesthoop
- Tabel 10.11 : Paard, beschrijving van de broedkamers
- Tabel 10.12 : Paard, gewicht van de broedkamers onder paardenmesthopen
- Tabel 10.13 : Ezel, algemene oppervlaktekenmerken van de ezelmesthoop
- Tabel 10.14 : Ezel, beschrijving van de broedkamers
- Tabel 10.15 : Ezel, gewicht van de broedkamers onder 1 ezelmesthoop
- Tabel 10.16 : Evolutie van de hoeveelheid mest die aan het oppervlak blijft liggen
- Tabel 10.17 : Overblijvende mest van paard, resultaten van de Kruskal-Wallis test
- Tabel 10.18 : Overblijvende mest van pony, resultaten van de Kruskal-Wallis test.
- Tabel 10.19 : Overblijvende mest van rund, resultaten van de Kruskal-Wallis test.
- Tabel 10.20 : Resultaten van de Kruskal-Wallis test, significante verschillen tussen de verschillende mestsoorten voor de drie periodes
- Tabel 10.21 : Gewicht aan broedkamer materiaal teruggevonden onder mesthopen van paard, pony en rund
- Tabel 10.22 : Terreinobservaties, aanwezige bodemfauna bij het onderzoek naar Geotrupes broedkamers
- Tabel 10.23 : Analysegegevens voor selectie van broedkamers en omliggende bodem

1. DOELSTELLINGEN

Een van de belangrijkste doelstellingen van het natuurbehoudbeleid is het behoud en/of het herstel van de biodiversiteit door de instandhouding en/of herstel volgens Europese richtlijnen zoals de Habitatrichtlijn (92/43/EG). Deze richtlijn beschermt de zeeduin van de Atlantische, Noordzee en Baltische kust. Prioritair in stand te houden habitats binnen de duingebieden van de Vlaamse natuurreservaten van de westkust zijn gefixeerde duinen van duingraslanden en mosduinen (grijze duinen).

Om die doelstellingen te bereiken werden sinds 1997 omvangrijke ingrepen uitgevoerd zoals grootschalige ontginning van struweel, verwijderen van exotenaanplanting, afplaggen van de zode, herinschakeling van grote grazers voor beweiding. Om de resultaten van deze ingrepen te kunnen evalueren is het belangrijk om de impact en de respons van de bodem op die ingrepen op te volgen.

De beheersmaatregelen toegepast gedurende de onderzoeksperiode gaande van 1-2-1997 tot 31-1-2003 zijn : **ontstruwelen, maaïen, begrazen, afgraven/plaggen**.

Ingrepen zoals afgraven/plaggen zijn zeer drastisch en leiden tot onmiddellijke veranderingen in de abiotische context en van het systeem. Hier wordt zowel de morfologie, de chemische en fysische eigenschappen van de bodem als - door de verlaging van het maaiveld - de waterhuishouding van de bodem aangetast.

Ontstruwelen leidt voornamelijk tot onmiddellijke veranderingen in het humusprofiel.

De effecten van maaïen en begrazen op de bodem zullen zich slechts over lange tijd uiten.

De doelstelling van deze studie is het onderzoek naar de **effecten van een aantal beheersvormen/grondgebruiksvormen met in het bijzonder beweiding door grote grazers** op de :

- **bodemkenmerken,**
- **geomorfodynamiek** (verstuiven, erosie/sedimentatieproces),
- **grondwaterregime en -kwaliteit.**

Dit onderzoek heeft zich in de eerste fase (periode 1997-2000) dan ook vooral toegespitst op het nauwkeurig vastleggen van de **beginsituatie van de morfologische, fysische en chemische bodemkenmerken en van de topografie**. Ook gedurende de tweede fase (2000-2003) werd dit onderzoek voortgezet omdat er nieuwe beheerseenheden werden ingesteld. Op deze terreinen werd dan eveneens de **beginsituatie van de morfologische, fysische en chemische bodemkenmerken en van de topografie** vastgelegd. Binnen de tweede fase van het onderzoek was er ruimte om op een meer gedetailleerde wijze en aan de hand van experimenten de invloed van begrazen op de bodem na te gaan.

De verzamelde gegevens moeten toelaten, in functie van het beheer (inclusief niets doen) de **evolutie van de erosie- sedimentatiedynamiek, de essentiële chemische en fysische bodemkenmerken en de grondwaterhuishouding te volgen**. De gegevens moeten verder toelaten het **huidige en toekomstige beheer in de natuurreservaten te evalueren en eventueel bij te sturen**.

Het studiegebied omvat alle door de Vlaamse overheid beheerde duingebieden langs de gehele Vlaamse kust. Vermits de meest intensief beheerde terreinen zich situeren aan de Westkust, concentreerde deze studie zich vnl. in de Vlaamse Natuurreservaten de Westhoek, Houtsaegerduinen en IJzermonding.

2 OPZET VAN HET ONDERZOEK

Het onderzoek uitgevoerd in dit project bestaat uit verschillende delen.

Een eerste deel behandelt de belangrijkste klimatologische parameters tot en met 2002 en vormt een aanvulling op Hoffmann & Provoost (1996) en Ampe (1999). Deze resultaten worden voorgesteld in hoofdstuk 4.

Sedert het voorjaar 2000 wordt de evolutie van de westelijke duinhelling van het loopduin ter hoogte van Zeeruspanne (proefsite 8) en het bijhorend deflatieoppervlak nauwkeurig opgemeten. In hoofdstuk 5 wordt deze evolutie besproken.

De waterkwaliteit van de veedrinkpoelen in het Vlaams natuurreservaat de Westhoek en Houtsaegerduinen werd reeds driemaal bepaald (Ampe, 2000), gedurende dit onderzoek werd de waterkwaliteit in dezelfde poelen opnieuw één maal gemeten. In hoofdstuk 6 worden de resultaten voorgesteld.

Hoofdstuk 7 sluit verder aan bij het onderzoek beschreven en uitgewerkt in onderstaande rapporten :

- Ampe, C., 2000. Onderzoek naar de invloed van het grondgebruik op het abiotisch milieu in en langs de maritieme duinstreek. Universiteit Gent in opdracht van Aminal, afdeling Natuur, 151 pp. + bijlagen.
- en het biotisch gedeelte waarvan de resultaten voorgesteld worden in het rapport : Bonte, D., E. Cosyns, K. De Maeyer, S. Provoost & M. Hoffmann, 2001. Monitoring van de effecten van begrazingsbeheer op vegetatie, flora en fauna van de Vlaamse natuurreservaten langs de Vlaamse kust. Deel 1. Vastleggen van de Ausgangssituatie en eerste monitoringsresultaten. Universiteit Gent en Instituut voor Natuurbehoud in opdracht van Aminal, afdeling Natuur, 120 pp., IN-rapport IN.O.2001.01.

De opzet van dit onderzoek wordt hieronder het monitoringsproject s.s. genoemd en kort besproken onder § 2.1.

Het laatste deel heeft als thema de invloed van begrazing in kustduinsystemen op de bodemontwikkeling. In deze studie komen verschillende aspecten aan bod. Begrazen beïnvloedt zowel de fysische als chemische bodemkenmerken. In hoofdstuk 8 wordt een literatuuroverzicht gegeven met aandacht voor de chemische samenstelling van de urine en de mest, en de invloed van het begrazen op de fysische en chemische bodemkenmerken. In hoofdstuk 9 worden de resultaten van verkennend en experimenteel onderzoek voorgesteld met analysegegevens voor de mest en de bodem. Hoofdstuk 10 behandelt dan op een meer gedetailleerde wijze de invloed van mestkevers in het bijzonder *Geotrupes* sp. op de bodem.

De besluiten van het onderzoek worden voorgesteld in hoofdstuk 11.

Bij dit rapport hoort een uitgebreide bijlage met de ruwe gegevens die tijdens dit onderzoek verzameld werden.

2.1 MONITORINGSPROJECT S.S. : WETENSCHAPPELIJKE ONDERBOUWING VAN HET ONDERZOEKSOPZET

2.1.1 INLEIDING

De opzet van het onderzoek is in detail beschreven in het artikel : "Bonte, D., C. Ampe, J.-L. Herrier, M. Hoffmann, R. Langohr, M. Leten & S. Provoost, 1998. Monitoring research in the Flemish dunes : from a descriptive to an integrated approach. Coastal dunes - management, protection and research, Report from a European Seminar, Skagen, Denmark, August 1997, pp. 139-149."

De voornaamste punten worden hieronder aangehaald.

Het monitoringproject werd uitgevoerd op **drie niveaus : het landschap, de proefsites en de proefvlakken**. De belangrijkste activiteiten op elk niveau wordt aangetoond in tabel 2.1. Het bodemkundig onderzoek situeert zich op het niveau van proefsites en proefvlak.

Tabel 2.1 : Onderzoeksonderwerpen op de drie onderzoeksniveaus voor het abiotische en biotische luik.

niveau	abiotiek	flora	fauna
Landschap	- geomorfologische studie van een aantal geselecteerde sites; - opvolgen van de grondwaterschommelingen en kwaliteit	vegetatie kartering	- kartering van de territoria van broedvogels - gedrag van grote grazers
Proefsites : bestaat uit 2 tot 4 blokken met een oppervlakte van 0.25 ha	- opvolgen van het grondwaterregime en kwaliteit - beschrijving van de proefsites	- beschrijving van de vegetatiestructuur - opvolgen van de soortensamenstelling en abundantie	beschrijving van de soorten en dynamica van Araneae, Carabidae, Opiliones, Lepidoptera
Proefvlak : per proefvlak 3 tot 6 PQ ¹ met oppervlak tussen 2x2 tot 4x3 m ²	- beschrijving van het bodemprofiel - fysische en chemische bodemanalysen	- opvolgen van de relevante soorten voor de dynamiek van het systeem - opvolgen van de abundantie van de soorten en de associatie	onderzoek naar microhabitats en verband van Araneae, Carabidae, Opiliones

¹ : PQ : permanent kwadraat

2.1.2 NIVEAU VAN DE PROEFSITE

Een aantal **proefsites** (PS) werden vastgelegd binnen een beheerskader en hun oppervlakte bestaat uit verschillende blokken (proefvlakken) van ongeveer een 50x50m². Deze proefsites worden vastgelegd in zo homogeen mogelijke delen van het landschap om tot een vergelijkbare uitgangssituatie te komen.

In vorig rapport (Ampe, 2000) werden de volgende proefsites bodemkundig in detail bestudeerd : PS2 (Westhoek - Smokkelpad), PS3 (Westhoek - Weide), PS4 (Westhoek - Duindoornpad), PS5 (Houtsaeger - Kerkepanne), PS6 (Houtsaeger - Greenpark), PS7 (Westhoek - Parnassiapanne).

In deze studie werd een bijkomende proefsites PS8 (Westhoek - Zeeruspanne) vastgelegd in het voorjaar van 1998 in een jonge panne (gestabiliseerd sedert 1996) nabij het wandelduin (Fig. 2.1).

2.1.3 NIVEAU VAN HET PROEFVLAK – ZEERUSPANNE (PIONIERSSTADIUM)

Per proefsites worden 2 tot 4 proefvlakken opgezet waarbij men per proefvlak overgaat tot een bepaalde beheersvorm. De vegetatie binnen deze proefvlakken is structureel gekenmerkt door min of meer homogene vegetatie. Het proefvlak waar niets gebeurt, wordt gebruikt als referentiekader. De proefvlakken werden bodemkundig gekarakteriseerd door de studie van 3 tot 6 **permanente kwadraten** (pq), elk met een oppervlakte van 3x3 m².

Binnen de proefsites van de Zeeruspanne werden twee proefvlakken vastgelegd telkens met 5 pq's.

PS8 : Westhoek – Zeeruspanne

8B : niet ontgonnen, maaien, begrazen

8C : niet ontgonnen, maaien, niet begrazen

De vegetatie van de pq's werd opgenomen door S. Provoost en aan de hand van een TWINSPAN vegetatie-analyse worden verschillende types onderscheiden (Bonte et al., 2001). Bij de beschrijving van de vegetatie werd de classificatie en terminologie als dusdanig overgenomen.

De methodologie van het abiotische luik werd in overeenstemming met methodologie van het biotische luik vastgelegd in voorgaand project (1997-2000). Samengevat spitst de methodologie van het abiotische luik zich toe op volgende onderzoeksaspecten :

- **bodemkundig** onderzoek : het bodemprofiel werd zeer gedetailleerd beschreven en bemonsterd
- **geomorfologisch** onderzoek : er werd geopteerd voor het uitvoeren van gedetailleerde topografische opmetingen van de proefsites en hun nabije omgeving, de exacte localisatie van de pq's werd bepaald.
- onderzoek naar het **grondwater** : Per lokatie worden 3 tot 5 peilbuizen geïnstalleerd. Het opmeten van de peilbuisstanden gebeurt voornamelijk door M. Leten (AMINAL). Voor de karakterisatie van de waterkwaliteit wordt voorlopig verwezen naar bestaande documenten (Lebbe, 1978). Binnen PS8 ligt peilbuis WESP097X; in de nabijheid liggen WESP002X, WESP081X en WESP073X.

2.1.4 OVERZICHT VAN DE UITGEVOERDE BEHEERSMAATREGELEN RELEVANT IN HET KADER VAN HET MONITORINGSPROJECT S.S. LANGSHEEN DE WESTKUST

WESTHOEK - PROEFSITE ZEERUSPANNE (PS8)

Proefvlak	8B niet ontgonnen maaien, begrazen	8C niet ontgonnen maaien, niet begrazen
voormalig beheer	geen	geen
ontstruwelen	uittrekken duindoorn	uittrekken duindoorn
inrichting	maakt deel uit van het noordelijk begrazingsblok sedert	exclosure sedert voorjaar 1998
begrazen	proefsite behoort tot het noordelijk grazingsblok	geen
bemonsteringsperiodes bodem	MP ² + SSG + MM : 23 en 24-8-2001	MP ² + SSG + MM : 7, 23 en 24-8-2001

¹ : Proefsite 8 behoort tot de het noordelijk grazingsblok die de proefsites 7 en 8 omvat

² : MP : mini-profiel, SSG : schijnbaar soortelijk gewicht; MM : mengmonsters van de oppervlaktehorizont

2.2 EXPERIMENTEEL ONDERZOEK NAAR DE INVLOED VAN BEWEIDING OP DE BODEM

Samengevat kan men stellen dat het terreingebruik van de grazer bestaat uit grazen, lopen/rusten en ontlasten (De Molenaar, 1996). Deze verschillende aspecten van terreingebruik zijn ruimtelijk niet gescheiden maar ze overlappen elkaar.

Het directe gevolg van grazen is het korten van de vegetatie, d.w.z. het wegnemen van bepaalde delen van bepaalde planten. Pleksgewijze worden nutriënten opgenomen waardoor stimulatie van compensatiegroei bij vraattolerante plantensoorten en repressie van vraatintolerante soorten optreedt. Lokaal ontstaat een vegetatie die aantrekkelijk blijft voor consumptie en bij voorkeur opnieuw begraasd wordt. Uiteindelijk treedt een verandering op in vegetatiestructuur en concurrentieverhoudingen tussen de plantensoorten.

Door het lopen/betreden is er een mechanische beschadiging van het plantendek, strooisellaag en bovengrond. Het losmaken en vertrappen van plant- en bodemmateriaal leidt eventueel tot het vermengen van het organisch materiaal met de bovengrond. Ruimtelijk kan men een differentiatie in betredingsintensiteit onderscheiden : diffuus (grazen van min of meer willekeurig verspreide voedselplanten); geconcentreerd zoals bij grazen van niet at random verspreide voedselplanten, rust-/herkauw- en schuilplekken; sterk geconcentreerd op bijvoorbeeld vaste looproutes, zoals doorgangen of drinkplaatsen. Verdichting van de bodem treedt op, hieruit voortvloeiend effecten op vochthuishouding, aëratie, zuurtegraad en temperatuur.

Overige activiteiten omvatten liggen (rusten/herkauwen), stoeien, het nemen van stof en/of modderbaden, concentratie bij veedrinkpoelen, krabben, hoornen. De gevolgen van de meeste van deze activiteiten sluiten nauw aan bij betreden. Door liggen treedt reductie van grasgroei en bodemverdichting op. Het nemen van stof/modderbaden, concentratie bij drinkpoelen, krabben van de bodem leidt tot gedeeltelijke of volledige vegetatievernietiging met bodembeschadiging tot gevolg.

Onder invloed van ontlasten – mesten en urineren – ontstaan lokaal plaatsen met relatieve concentratie van nutriënten en mineralen. Lokaal ontstaat een vegetatie die minder aantrekkelijk wordt om te vreten. Daarnaast kan op de plaats van het urineren de vegetatie verbranden door de hoge concentratie aan opgeloste stoffen.

Binnen dit onderzoeksproject werden enkele van de aspecten die hierboven beschreven worden verder onderzocht :

- Fysische effecten van beweiding op de bodem : onderzoek van het betredingseffect op paden aan de hand van metingen van verdichting
- Chemische effecten van beweiding op de bodem : onderzoek van de invloed van de mest op een aantal chemische bodemparameters :
 - nagaan van de invloeden van de mest op de chemische samenstelling van de bodem,
 - nagaan van de afbraaksnelheid van de mest,
 - bepaling van de hoeveelheid mest in de bodem na kolonisatie van *Geotrupes* (mestkevers).

2.3 ANDERE ACTIVITEITEN UITGEVOERD IN HET KADER VAN HET MONITORING PROJECT

2.3.1 TEMPORELE VARIABILITEIT VAN DE KLIMAATSPARAMETERS 1985-2002

In de Ecosysteemvisie voor de Vlaamse Kust (Hoffmann & Provoost, 1996) werden de klimaatsgegevens voor weerstation Koksijde samengebracht voor de periode 1957 tot 1995. In dit rapport worden voor de belangrijkste klimaatsparameters aanvullingen voorzien tot en met 2002, gesteund op de maandberichten van het KMI. Aan de hand van deze gegevens kan men waterbalansberekeningen uitvoeren. Deze berekeningen geven reeds een eerste inzicht in de grootte van de deficieten en surplusen, m.a.w. het wordt mogelijk om de zogenaamde “droge” en “natte” jaren te onderscheiden.

2.3.2 ONDERZOEK NAAR DE WATERKWALITEIT VAN DE VEEDRINKPOELEN

Gedurende de eerste fase van het onderzoeksproject werd de waterkwaliteit van de veedrinkpoelen op 3 tijdstippen uitgevoerd. In deze tweede fase werden deze metingen nog één keer herhaald. Het bemonsteringstijdstip, 5 september 2002, komt overeen met een relatief lage waterstand in de poel.

2.3.3 ONDERZOEK NAAR DE EVOLUTIE VAN DE WESTELIJKE DUINHELLING VAN HET LOOPDUIN EN HET BIJHOREND DEFLATIEOPPERVLAK

De topografie van het deflatieoppervlak en de westelijke helling van het loopduin dat aansluit bij PS8 wordt sedert 2000 jaarlijks gedetailleerd opgemeten. Het deflatieoppervlak vertoont verschillende fasen van stabilisatie met pioniersvegetatie van Zandzegge en Kruiwilg en de ontwikkeling van microruggen oorspronkelijk begroeid met Helm, de westelijke helling is onderhevig aan actieve deflatie. Aan de hand van herhaalde gedetailleerde topografische opmetingen is het mogelijk om de vorming van microruggen op de pannevloer te documenteren en te interpreteren.



Fig. 2.1 : Lokalisatie van de proefsites in het Vlaams natuur-reservaat de Westhoek (kaart: topografische kaart De Panne - Oostduinkerke, 11/7-8, 3de uitgave, 1985; De Moeren - Veurne, 19/3-4, 2de uitgave, 1978, NGI, 1/25 000)

3. METHODOLOGIE

3.1 TERREINWERK

3.1.1 BODEMONDERZOEK IN HET KADER VAN HET MONITORINGSPROJECT SS : PROEFSITE ZEERUSPANNE (PIONIERSSTADIUM – BEGRAZEN VERSUS NIET BEGRAZEN)

3.1.1.1 Terreinwaarnemingen aan de hand van mini-profielputten

Gedetailleerde beschrijving van het bodemprofiel en de bemonstering gebeurde op mini-profielen. Ze zijn ongeveer 50 x 50 cm² groot en reiken tot een 50-tal cm diep.

3.1.1.1.1 Beschrijving van de site

Een gedetailleerde beschrijving van de site werd uitgevoerd aan de hand van de “Comprehensive field data bases” (Langohr, 1994).

3.1.1.1.2 Profielbeschrijving vanaf de verticale sectie

Aan de hand van de verticale sectie wordt een gedetailleerde bodemkaraktersatie uitgevoerd.

De profielbeschrijving werd uitgevoerd volgens de FAO guidelines (Guidelines for soil description, FAO Rome, 1990) aangevuld met een beschrijving van een aantal meer relevante parameters. Deze zijn de volgende :

- horizonatie, dikte en aard van de begrenzing;
- onderscheid tussen de biologisch actieve laag en de verdichte horizonten;
- beworteling : verspreiding, plantensoort, vitaliteit;
- voorkomen/afwezigheid van CaCO₃, en reactie met HCl;
- activiteit van bodemfauna;
- al dan niet voorkomen van (beginnende) podzolizatie;
- structuur van de bodem, al dan niet voorkomen van stratificatie;
- al dan niet voorkomen van roestvlekken;
- hydrofobie van de bodem;
- schelpfragmenten;
- begraven horizonten en humeuze vlekken.

3.1.1.1.3 Horizontale secties

Op basis van de verschillende horizonten die herkend werden vanop de verticale secties werden de dieptes geselecteerd voor de horizontale secties. Voor een aantal horizontale secties werden worteltellingen uitgevoerd.

3.1.1.2 Terminologie voor de gedetailleerde profielbeschrijvingen

3.1.1.2.1 Voornaamste lagen en horizonten

FAO (1977, 1990) geeft een reeks van standaardsymbolen voor de bodemhorizonten. Deze lijst is echter hoofdzakelijk gericht op landbouwtoepassingen en internationale bodemclassificatiesystemen. In dit onderzoek werden de standaardsymbolen voorzien van een reeks aanvullingen die beter aan de doelstellingen van het onderzoek beantwoorden.

3.1.1.2.2 Holorganische¹ horizonten (volgens Green et al., 1993)

De symbolen voor de L-, F- en H-horizont worden gebruikt in goede tot imperfect gedraineerde omstandigheden, de O-horizont wordt gevormd in natte omstandigheden (zeer slecht tot slecht gedraineerd).

L : "Litter" : horizont bestaande uit relatief vers plantenmateriaal, duidelijk herkenbaar naar oorsprong;

F : "Fragmented" : horizont bestaande uit gedeeltelijk afgebroken plantenmateriaal, nog steeds herkenbaar naar oorsprong;

H : "Humification" : horizont bestaande uit sterk afgebroken plantenmateriaal, plantenstructuren zijn grotendeels niet meer herkenbaar;

O : "Organic" : plantenmateriaal bevindt zich in verschillende graad van ontbinding;

S : horizont bestaande uit levende bryofieten (mossen).

3.1.1.2.3 Hemi-organische horizonten (FAO, 1990 + nieuw geïntroduceerde symbolen aangeduid met *)

A : minerale horizont aangerijkt met gehumificeerd organisch materiaal, aan of nabij het oppervlak;

H+E*/E+H* : minerale horizont aangerijkt met gehumificeerd organisch materiaal; de organische korrels komen voor als pellets en het minerale gedeelte bestaat uit gebleekte korrels. Deze mengeling wordt door Jabiol et al. (1995) aangeduid als "poivre et sel". Indien meer organische pellets voorkomen, dan wordt het symbool H+E (peper en zout) gebruikt; indien de gebleekte korrels in de meerderheid zijn spreken we van E+H (zout en peper);

E : minerale horizont, waaruit klei en/of ijzer en/of aluminium geëluveerd zijn;

B : minerale horizont meestal onder een A- of E-horizont, waarin bodemprocessen hebben plaatsgegrepen; hierbij kan de bodem veranderd zijn van kleur (verbruind), structuur kan gevormd zijn, kleivorming kan resulteren, illuvatie van ijzer, aluminium, klei, humus kan optreden.

De originele stratificatie of sedimentstructuur is grotendeels verdwenen;

C : een ongeconsolideerde minerale horizont waaruit de A- en B-horizont zich ontwikkeld hebben, het moedermateriaal.

De aanwezigheid van verschillende horizonten van eenzelfde type worden aangeduid met een arabisch nummer geplaatst na het horizontsymbool, bijv. A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3, C4. Een continue nummering* per horizontsymbool wordt gebruikt ongeacht de secundaire kenmerken.

Overgangshorizonten worden voorgesteld door een combinatie van bovenstaande symbolen, bijv. AE, EB, BC.

Begraven horizontensequenties worden aangeduid met Romeinse cijfers die voor het horizontsymbool geplaatst worden (bijv. IIA, IIIC).

3.1.1.2.4 Secundaire kenmerken (FAO, 1990; Green et al., 1993; + nieuw geïntroduceerde symbolen aangeduid met *)

Om het gehele horizontsymbool meer overzichtelijk voor te stellen worden de symbolen van de secundaire kenmerken na het hoofdsymbool geplaatst en gescheiden van het hoofdsymbool door een punt.

a* : antropogene beïnvloeding

bi* : biologisch actieve laag

(bi)* : zwak ontwikkelde biologisch actieve laag

c* : bruine kleur

d* : verdichte horizont

B.h* : accumulatie van organisch materiaal enkel de podzol B-horizont

¹ holorganisch : Klinka et al. (1981) gebruikt deze term om een humusvorm aan te duiden die volledig uit organische horizonten bestaat; de termen holorganisch en hemiorganisch worden hier in dezelfde betekenis gebruikt zoals in Delecour (1980) waarbij de holorganisch de organische horizonten (L, F, H en O) en de hemiorganisch de minerale oppervlaktehorizonten aangerijkt met humus worden bedoeld.

- fe* : roestvlekken, duidelijke accumulatie van ijzer gebonden aan oxidatie
 (fe)* : zwak ontwikkelde roestvlekken
 g* : duidelijke roestvlekken gepaard gaande met duidelijke licht gekleurde reductievlekken wijzend op afwisselende oxido-reductie omstandigheden
 ir* : accumulatie van ijzer, wijzend op het podzolizatie proces
 m : cementatie
 p : grondbewerking, spitten of ploegen
 r* : volledige reductie (blauw-grijze kleur)
 tr* : wortelmat

3.1.1.3 Bemonstering

De gedetailleerde bestudeerde profielen, werden als volgt bemonsterd :

- gestoorde monsters per horizont voor routine laboratoriumanalyses,
- mengmonsters 0-5, 0-10 cm diepte
- ongestoorde monsters voor de bepaling van het schijnbaar soortelijk gewicht (zie § 3.2.1.8).

Ongestoorde monsters werden genomen met grondmonsterringen tussen 0-5 cm diepte. Er worden telkens 5 monsters genomen en hiervan werd dan een gemiddelde waarde berekend. De grondmonsterringen hebben een hoogte en een diameter van 5 cm. Een vast volume van 100 cm³ werd aangenomen bij de berekeningen.

3.1.2 EXPERIMENTEEL ONDERZOEK NAAR DE INVLOED VAN BEGRAZING OP CHEMISCHE EN FYSISCH BODEMKENMERKEN

Aan de hand van experimenteel onderzoek wenste men een antwoord te formuleren op volgende onderzoeksvragen :

- 1) invloed van betreding op fysische bodemkenmerken
- 2) evolutie van chemische bodemkenmerken onder invloed van bemesting
- 3) evolutie van de chemische kenmerken van het mest zelf
- 4) afbraaksnelheid van de mest
- 5) invloed van mestkeveractiviteit (Geotrupes) op de fysische en chemische bodemkenmerken

3.1.2.1 Verdichting

3.1.2.1.1 Inleiding

Om tot een beter inzicht te komen tot de mate waarin compactie van de bodem optreedt door betreding werden verschillende twee verschillende invalshoeken gebruikt :

- 1) hoeveel druk kunnen dieren op de grond uitoefenen?
- 2) in hoeverre treedt er verdichting op van de bodem door betreding?

3.1.2.1.2 Belasting door dieren op de bodem

Om tot een eerste benadering te komen betreft de uitgeoefende druk van de dieren op de bodem, werden de gewichten bepaald van de dieren (pony's, runderen, paarden en ezels). Op hetzelfde ogenblik werd een kleiafdruk van de hoeven van de dieren genomen. Een afdruk van de hoeven van de runderen nemen, was echter niet mogelijk wegens de moeilijke en gevaarlijke omgang met de runderen. Deze kleiafdrukken werden dan opgevuld met sneldrogend gips om een positieve en definitieve afdruk te bekomen. Aan de hand van deze afdruk werd de oppervlakte van de hoeven bepaald.

Om tot een antwoord te komen op de eerste onderzoeksvraag werden de gewichten en de oppervlakte van de hoeven bepaald volgens onderstaand schema :

	Westhoek – Zuid	Westhoek - Zuid	Westhoek - Noord	Westhoek - Noord	Houtsaeger
	pony	rund	paard	rund	ezel
gewicht dier	16/10/2001	16/10/2001	15/10/2001	15/10/2001	23/10/2001
hoefafdruk	16/10/2001	geen	15/10/2001	geen	23/10/2001

3.1.2.1.3 Het effect van betreding op de bodem

Een verkennend onderzoek werd uitgevoerd in samenwerking met M.K. Ngugi. Dit onderzoek werd uitgevoerd om tot de geschikte locaties te komen voor meer gedetailleerd onderzoek. Hiervoor werden de paden gelegen ten oosten van proefsite 3 en ten zuidwesten van proefsite 4 onderverdeeld in secties van 5 m lang. Voor elke sectie werd een inventaris gemaakt van volgende parameters : breedte, aandeel kaal oppervlak, kleur van de bodem, aanwezigheid van mest, vegetatiebedekking, vegetatie naast het pad, ontwikkeling van duidelijkheid van het pad, schatting van de helling, verdiepen ten opzichte van het omliggende maaiveld, aanwezigheid van mesofauna.

Het effect van betreding op de bodem werd nagegaan op twee locaties :

- 1) een natte, laagliggende zone die regelmatig onder water komt te staan gedurende de wintermaanden en voornamelijk begroeid met *Iris pseudacorus*,
- 2) een droge grazige hoger gelegen zone.

Langsheen duidelijke zones van de paden beïnvloed door betreding werden voor elke zone drie transecten uitgezet (in totaal dus 6 transecten), dwars over het pad.

De graad van compactie werd bepaald aan de hand van metingen van schijnbaar soortelijk gewicht (SSG). De bemonstering werd uitgevoerd langsheen een transect dwars op het pad, waarbij de bemonstering plaatsvond in het centrale deel van het pad, de controle op 0.5 tot 1 meters afstand van het pad temidden van de vegetatie. Ongestoorde bodemstalen ter bepaling van het SSG werden genomen tussen 0-5 cm, 10-15 cm, 20-25 cm en 40-45 cm op kleine horizontale secties. Per horizontale sectie werden telkens vier herhalingen uitgevoerd.

3.1.2.2 Evolutie van chemische bodemkenmerken onder bemesting

3.1.2.2.1 Verkennend onderzoek

Het verkennend onderzoek werd uitgevoerd in samenwerking met M.K. Ngugi. Gedurende de maand september en oktober 2000 werden bodemstalen tussen 0-5 cm diepte genomen juist onder een mesthoop en een controle monster op 50 tot 100 cm afstand. De bemonsterde plaatsen voor paard- en rundmest is het noordelijk begrazingsblok in de Westhoek, voor de pony's is dat het zuidelijk begrazingsblok in de Westhoek. De mesthoopsites (voor paard, rund en pony) werden onderverdeeld naargelang de ouderdom van de mest. Er werden drie klassen onderscheiden :

- 1) recente mest : mest is groenachtig en blinkt, vliegen kunnen aanwezig zijn; vorm van de mesthoop en mest zelf ziet er onverstoorde uit; het gras onder de hoop is nog groen;
- 2) medium oud mest : mest heeft matte kleur; mesthoop kan verstoord zijn door mestkeveractiviteit; keutels kunnen verbrokken zijn; het gras onder de mesthoop is geel geworden;
- 3) oud : de kleur van de mest is onbepaald, kan sterk gebleekt zijn tot grijsachtig wit; de mesthoop is gedisintegreerd en verspreid over de bodem, keutels kunnen intact zijn maar zeer hard of uiteengevallen; het gras onder de hoop is verrot en nieuwe scheuten worden gevormd.

In de loop van 2001 werden ook mesthoopsites voor konijn en schaap onderzocht. De onderzochte sites voor konijnenmest bevonden zich op grazige plaatsen nabij proefsite 4. De sites van de schapenmest zijn gesitueerd in het schapenbegrazingsblok in het Vlaams Natuurreservaat IJzermonding. Voor deze mestsoorten is het niet mogelijk een onderscheid te maken tussen recente, medium en oude mest. Er werden telkens 5 sites onderzocht waarbij bodemstalen tussen 0-5 cm diepte genomen worden juist onder een mesthoop en een controle monster op 50 tot 100 cm afstand.

3.1.2.2.2 Experimenteel onderzoek

3.1.2.2.2.1 Opzetten van exclusies

Om de experimenten op het terrein op een meer gecontroleerde wijze te kunnen uitvoeren, werden na een verkennende fase, twee exclusies opgericht in de Westhoek natuurreservaat. De zuidelijke exclusie werd machinaal ontstruimd in het voorjaar van 1997, de noordelijke manueel in het voorjaar van 1998. Zowel in de noordelijke als in de zuidelijke begrazingsblok werd een exclusie opgericht gedurende de winter 2000/2001.

Bij de lokalisatie van de enclosure werd rekening gehouden met de hydrologie van de plaatsen. Lokaties die geregeld onder water komen te staan gedurende de wintermaanden kwamen niet in aanmerking voor het experiment. De noordelijke enclosure (WH-N) ligt op zo'n 70-tal m vanaf drinkpoel 18 in noordelijke richting, de zuidelijke enclosure (WH-Z) ligt aan de westelijke zijde van de weide op zo'n 50-tal m vanaf drinkpoel 6. De oppervlaktes van de enclosures bedragen ongeveer 125 m² voor WH-Z en ongeveer 150 m² voor WH-N.

De enclosures werden uitgerasterd met een lichte Ursusdraad van het type 98-15-1 waarbij de kleine hokjes in de bedrading tegenaan de bodem geplaatst werden zodat konijnen de enclosure moeilijk konden binnendringen. De bovenzijde van de afsluiting werd afgewerkt met een prikkeldraad. Op regelmatige tijdstippen werden de enclosures gemaaid om een korte grasvegetatie te behouden. Na enkele maanden was echter de invloed van de mol duidelijk in de zuidelijke enclosure.

3.1.2.2.2 Doel van het experiment

Dit experiment beoogt het nagaan van de invloeden van de mest op chemische samenstelling van de bodem in functie van hoeveelheid mest (1, 2.5 en 5 kg) en in functie van de tijd (na verloop van 7, 15, 25, 40 en 80 dagen)

3.1.2.2.3 Werkwijze op het terrein

- mest wordt verzameld per diersoort (pony, rund, paard)
- elke mesthoop wordt in 1 plastic zak verzameld en het gewicht wordt genoteerd
- zakken met mest worden bewaard in een ijskast totdat monsters op terrein uitgelegd worden
- voorafgaandelijk het uitleggen van de mest, worden op de plaats van bemonstering per mesthoop 4 ringen (hoogte 0-5 cm, 100 cm³) in de bodem geslaan; op ogenblik van de bemonstering wordt de ring uitgegraven
- er worden 15 hopen mest per diersoort samengesteld, telkens 5 hopen van 1, 2.5 en 5 kg
- samenstelling van de mesthopen gebeurt op basis van een mengmonster
- om de bodembemonstering te vergemakkelijken wordt de mest in een mandje, gemaakt uit kippengaas met maasgrootte 2 cm (afstand tussen de geweven draad) en met grondoppervlak van 20x20 cm² geplaatst, corresponderend met bedekking van 2.5, 6.5 en 12.25 g mest/cm²
- onder elk type hoop (1, 2.5, 5 kg) worden per keer 4 bodemmonsters (0-5 cm) genomen
- op de lege plaats van het bodemmonster wordt een plastic frame geplaatst en de holte terug opgevuld om het inzakken van de bodem te vermijden
- de aanwezige bodemfauna-activiteit onder de mesthoop wordt genoteerd
- de bodem werd bemonsterd zoals aangeduid op onderstaande kalender

Experimenteel onderzoek van de invloed van mest op chemische samenstelling van de bodem, tijdschema :

		pony – WH zuid	paard, rund – WH noord
dag		datum	datum
	Verzamelen mest	6, 7 augustus 2002	19, 20, 21 augustus 2002
1	Uitleggen van de hopen	9 augustus 2002	22 augustus 2002
7	Hoop nrs 1,3,4,5	15 augustus 2002	28 augustus 2002
15	Hoop nrs 2,3,4,5	23 augustus 2002	5 september 2002
25	Hoop nrs 1,2,3,5	2 september 2002	15 september 2002
40	Hoop nrs 1,2,3,4	17 september 2002	30 september 2002
80	Hoop nrs 1,2,4,5	27 oktober 2002	9 november 2002

3.1.2.3 Afbraaksnelheid van de mest en evolutie van de chemische samenstelling van de mest

3.1.2.3.1 Doel experiment

Het tweede experiment heeft tot doel de afbraaksnelheid van de mest na te gaan in functie van al dan niet de aanwezigheid van mestfauna, in functie van de tijd (na verloop van 1, 5, 13, 27, 41, 70 dagen).

3.1.2.3.2 Werkwijze op het terrein

- er worden twee rijen mest geplaatst, waarbij de ene rij hermetisch wordt afgesloten voor de kolonisatie van mestkevers, de andere is open voor kolonisatie. Hiertoe wordt een soort tunnelconstructie opgesteld met kippengaas (maasgrootte 6 cm tussen de geweven draad). De tunnel met de monsters die niet gekoloniseerd mag worden door de mestfauna, wordt volledig afgedekt met stof met een fijne maas, de andere tunnel wordt slechts gedeeltelijk afgedekt.
- mest wordt verzameld per diersoort (pony, paard, rund)
- elke mesthoop wordt in een plastic zak verzameld (1 mesthoop per zak) en gewogen
- zakken met mest worden bewaard in een ijskast totdat monsters op terrein uitgelegd worden
- de plastic schaaltes die gebruikt worden om de mest op te houden worden genummerd en gewogen
- de schaaltes gebruikt voor pony- en paardenmest hebben een diameter van 23.5 cm die voor runderen van 20 cm
- per diersoort worden 20 schaaltes geplaatst, gevuld met 1084 g mest voor paard en pony en 785 g mest voor rund (dit gewicht komt overeen met een dichtheid van 2.5 g mest/cm²); in de hermetisch afgesloten tunnel en de open tunnel bevinden zich telkens 5 van de schaaltes voor de bemonstering van de mest, 5 voor bemonstering van de bodem (onder de mest)
- de samenstelling van de mest gebeurt op basis van een mengmonster
- de mesthopen – mengmonsters – worden op schaaltes gelegd en onder de tunnelconstructies geplaatst
- op tijdstip van de bemonstering worden alle schaaltes + mesthoop gewogen
- per bemonsteringstijdstip worden er telkens 4 mesthopen bemonsterd door een submonster van ongeveer een vierde te nemen en te wegen
- per bemonsteringstijdstip worden er telkens 4 monsters genomen voor bodem

Experimenteel onderzoek naar de afbraaksnelheid van de mest, tijdschema :

		datum
	Verzamelen mest	3, 4, 5, 6 september 2002
dag	Uitleggen van de hopen	
1	Hoop nrs	4 september 2002
5	Hoop nrs 1,3,4,5	8 september 2002
13	Hoop nrs 2,3,4,5	16 september 2002
27	Hoop nrs 1,2,3,5	30 september 2002
41	Hoop nrs 1,2,3,4	14 oktober 2002
70	Hoop nrs 1,2,4,5	12 november 2002

3.1.2.4 Onderzoek naar de invloed van mestkeveractiviteit (*Geotrupes* sp.) in de bodem**3.1.2.4.1 Verkennend onderzoek**

Op een beperkt aantal sites werd voor paard, rund, pony en ezel de invloed van de mestkever *Geotrupes* sp. nagegaan op de bodem. hiervoor werden kleine profielputten geopend onder de mesthoop waarvan we vermoedden dat er mestkevers actief waren in de bodem. Dit kon vastgesteld worden aan de hand van kleine zandhoopjes die zich aan het oppervlak tussen of naast de mest bevonden.

3.1.2.4.2 Doel experiment

In een derde experiment, eveneens aan de hand van een experimenteel opzet binnen de enclosure, wordt nagegaan in welke mate mestkevers bijdragen tot chemische en fysische veranderingen in de bodemkenmerken.

3.1.2.4.3 Werkwijze op het terrein

- er worden 9 verse mesthopen van 1 kg opgesteld op het terrein
- elke mesthoop wordt voorzien van een koppel *Geotrupes spiniger*

- elke mesthoop met koppel kevers wordt afgedekt met gaas (maasgrootte 0.7 x 0.7 cm) geplooid in een vierkanten kooitje met zijde van ongeveer 20-22 cm en hoogte 18-20 cm, zodat de kevers niet kunnen ontsnappen
- telkens worden de 3 mesthopen bemonsterd en een ongestoord bodemonmonster wordt genomen tussen 0-5 cm.
- de bodem onder de mesthoop wordt onderzocht op het voorkomen van broedkamers
- broedkamers worden eruit gehaald, zand wordt afgeborsteld, gewogen en gedroogd

tijdschema :

opstellen van het experiment : week van 26-30 augustus 2002 in WH-noord (paard en rund) en in WH-zuid (pony)

hoop 3, 7, 8 : 27 - 29 november 2002, 6 december 2002

hoop 1, 2, 5 : 14 - 15 april 2003

hoop 4, 6, 9 : 18 - 19 augustus 2003

3.1.3 ONDERZOEK NAAR DE WATERKWALITEIT VAN DE VEEDRINKPOELEN

Het onderzoek van de waterkwaliteit werd uitgevoerd in bestaande en nieuw uitgegraven poelen gelegen in de Westhoek Natuurreservaat en de Houtsaegerduinen.

Eén bemonsteringscampagne werd uitgevoerd : 5/9/2002.

3.1.3.1 Monstername

De watermonsters werden genomen op ongeveer 30 cm diepte, zoveel mogelijk in het centrale gedeelte van de poel.

3.1.3.2 Bewaring van de monsters

Per onderzochte poel werden vier flessen met een inhoud van 250 ml gevuld met het te onderzoeken water.

Voor één fles (200 ml) (donkere glazen fles) wordt het water gefilterd zodat de colloïdale of gesuspenderde stoffen verwijderd worden. Deze filtratie gebeurt voor de aanzuring, welke deze stoffen zou oplossen en aldus de oorspronkelijke concentratie van de opgeloste stoffen zou kunnen beïnvloeden. De drie andere flessen worden niet gefilterd. De monsters worden reeds op het veld gefixeerd zodat er geen wijzigingen optreden tussen de monstername en de analyse als gevolg van fysisch-chemische of biologische processen.

De vier flesjes werden als volgt behandeld en geanalyseerd :

1. één plastic fles ongefiltred en niet gefixeerd, ter bepaling van de hoeveelheid zwevende stoffen, ter bepaling van de ionen Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- en SiO_2 ;
2. één plastic fles ongefiltred en gefixeerd met 2 ml chloroform op 200 ml voor de bepaling van NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , H_2PO_4^- of HPO_4^{2-} . De chloroform fixeert de organische cyclus;
3. één plastic fles ongefiltred en gefixeerd met 2 ml H_2SO_4 op 200 ml voor de bepaling van het gehalte aan organische stoffen ;
4. één donkere glazen fles gefiltred en gefixeerd met 2 ml HNO_3 op 200 ml gefiltred materiaal ter bepaling van Mn^{2+} en Fe^{2+} . De fixatie met HNO_3 moet het neerslaan van de metalen in oxiderende omstandigheden voorkomen.

De watermonsters worden in het donker bewaard bij een temperatuur van 4°C.

3.1.3.3 Metingen op het veld

Een aantal metingen werden uitgevoerd op het terrein :

- temperatuur en redoxpotentiaal (in mV) worden bepaald met de Water Quality monitor (YSI 3500);
- elektrische geleidbaarheid (in $\mu\text{S}/\text{cm}$) met de Consort K911;
- opgeloste zuurstofgehalte wordt bepaald met een zuurstofcel (WTW OXI 91) en wordt uitgedrukt in mg/l opgeloste zuurstof.

Omdat opname of verlies van CO₂ het carbonaatevenwicht kan verstoren, gebeurden de TA- (fenolftaleïne-alkaliniteit) en TAC-(methylooranje-alkaliniteit) titraties de dag na de monsternamen. Bij deze titraties worden respectievelijk CO₃²⁻ en HCO₃⁻ bepaald.

3.1.4 ONDERZOEK NAAR DE EVOLUTIE VAN HET DEFLATIEOPPERVLAK TER HOOGTE VAN HET LOOPDUIN, NABIJ PROEFSITE 8 - ZEERUSPANNE

De topografische metingen werden uitgevoerd in samenwerking met Sam Provoost (Instituut voor Natuurbehoud).

In de eerste plaats werd een netwerk van vaste punten uitgezet (1 tot 2 m lange ijzeren T-staaf volledig in de grond geklopt) die gerefereerd werden tegenover referentiepunten van de kustopmetingen uitgevoerd door Eurosense.

Om de detailevolutie na te gaan bij het uitstuiven van een panne en de ontwikkeling van microruggetjes beter te kunnen documenteren werd de topografie opgemeten met een totaalstation TACHYMAT (Leica TC1600). De metingen werden uitgevoerd aan de voet van het actief stuivend loopduin ter hoogte van de panne waar PS8 ligt vanuit een vast punt op 200 tot 400 m van het proefvlak gelegen.

Jaarlijks worden verschillende honderden punten opgemeten binnen een oppervlakte van ca. 2 ha (tabel 3.1). Puntendichtheid bedraagt daarmee 1 punt per vierkant met een zijde van 5 à 6 m. De dichtheid lag iets hoger in 2000 en 2002.

Tabel 3.1 : Overzicht van oppervlakte, aantal punten en puntendichtheid van het opgemeten deflatieoppervlak

Jaar	Opp. (m ²)	# punten	Dichtheid	
			m ² per punt	√x
6/4/2000	18083	624	29,0	5,4
21/8/2001	22580	525	43,0	6,6
4/10/2002	21630	783	27,6	5,3
13/11/2003	24101	645	37,4	6,1

3.1.5 ONDERZOEK NAAR HET KALKGEHALTE VAN HET DEFLATIEOPPERVLAK TER HOOGTE VAN HET LOOPDUIN, NABIJ PROEFSITE 8 – ZEERUSPANNE

3.1.5.1 Doel

In recentelijk uitgestoven pannen die regelmatig onder water komen te staan ontwikkeld zich dikwijls een dunne korst die uit een accumulatie van wieren en CaCO₃ (heftige reactie met HCl) bestaat.

3.1.5.2 Localisatie van het transect

Het startpunt is de 9^{de} paal in noordelijke richting vanaf dienstopoort aan de zeeruspanne. Vanaf deze paal wordt een transect getrokken in de richting van de paal die op het wandelduin staat (en ondertussen verdwenen is) volgens de oriëntatie 136 (paal wandelduin) – 316 (9^{de} paal). De bemonstering en beschrijving van de sites werd uitgevoerd op 6/9/2001, de opname van het topografisch transect op 5/10/2001.

3.1.5.3 Methode

1. Korte beschrijving van de sites
2. Bemonstering : op elke site werden 7 submonsters genomen tussen 0 en 3 cm diepte met een bodemcontainertje 3 cm hoog en diameter 3 cm , d.w.z. volume is ongeveer 21 cm³
3. Op enkele representatieve sites (sites nr 4, 5, 14 en 21) werden de laagjes 0-1, 1-2, 2-3, 3-4 en 4-5 cm afzonderlijk bemonsterd

4. Topografische opname van het transect met een niveleertoestel
 Noordelijk referentiepunt : $x = 23493.64$, $y = 199143.05$, $z = 5.514$ m (Z-peil) (eerste paal met steunpaal in noordelijke richting vanaf poort dienstingang)
 Zuidelijk referentiepunt : $x = 23447.96$, $y = 199032.59$, $z = 6.333$ m (Z-peil) (plakkaatje natuurreservaat)

3.2 LABORATORIUMWERK

3.2.1 FYSISCHE EN CHEMISCHE BEPALINGEN VAN DE BODEMSTALEN EN BROEDKAMERS

3.2.1.1 Kleurbepaling

Kleur werd bepaald in het laboratorium met de Munsell soil color chart (Munsell, 1990) en/of met de Minolta chromameter CR-200 in luchtdroge en vochtige toestand.

3.2.1.2 Reactie met HCl

Het CaCO_3 -gehalte van het matrixmateriaal werd getest met HCl. In de literatuur vindt men sterk uiteenlopende waarden voor de te gebruiken concentratie van HCl : 1N (Fitzpatrick, 1977) tot 4N (Delecour & Kindermans, 1977; STIPA, 1982; Kuntze et al., 1994). Bij het testen werd een 2N oplossing gebruikt, daar dit de gangbare concentratie is in het laboratorium voor Bodemkunde (Vakgroep Geologie en Bodemkunde, Universiteit Gent). Om tot een appreciatie te komen van het CaCO_3 -gehalte werd gebruik gemaakt van de FAO klassen (FAO, 1990) (tabel 3.2).

Tabel 3.2 : Klassen voor reactie van CaCO_3 met HCl (FAO, 1990).

FAO symbool	symbool in beschrijving	klasse	criteria
N	-	niet kalkhoudend	geen zichtbare of hoorbare reactie
SL	(+)	licht kalkhoudend	enkel hoorbare reactie
MO	+	matig kalkhoudend	zwak zichtbare reactie
ST	++	sterk kalkhoudend	duidelijke zichtbare reactie; bellen vormen een laag schuim
EX	+++	extreem kalkhoudend	zeer scherpe reactie; dikke bellen vormen ogenblikkelijk

3.2.1.3 CaCO_3 -gehalte

Het CaCO_3 wordt in een gesloten milieu opgelost in HCl; CO_2 gas wordt gevormd en het gevormde volume CO_2 wordt bepaald (Nelson & Sommers, 1982). Dit volume wordt omgerekend naar CaCO_3 -gehalte in de veronderstelling dat alle carbonaten onder de vorm van CaCO_3 aanwezig zijn.

3.2.1.4 Hydrofobie

Zowel de persistentie als de graad van hydrofobie werd bepaald op luchtdroge monsters van een aantal geselecteerde pq's.

De persistentie wordt bepaald met de "water drop penetration time" test (WDPT) (Krammes & DeBano, 1965; Letey, 1969). Hierbij wordt de tijd opgemeten die nodig is voor een waterdruppel om in de bodem te dringen.

3.2.1.5 Zuurtegraad (pH)

De pH werd bepaald in een 1 : 5 H_2O en een 1 : 5 KCl (1N) oplossing na het verloop van 1 uur, met een WTW pH DIGI 520 of Consort P902 pH meter.

3.2.1.6 Vochtgehalte

Om het vochtgehalte te bepalen werden de monsters gedroogd gedurende 24 uur op 105°C ; het gewichtsverlies wordt uitgedrukt in gewichtsprocent :

$$\% \text{ WW} = (G \text{ lucht} - G \text{ } 105^{\circ}\text{C}) / G \text{ } 105^{\circ}\text{C}$$

Indien gegevens voor het schijnbaar soortelijk gewicht beschikbaar waren, werd het vochtgehalte eveneens in volumepercent uitgedrukt.

3.2.1.7 Organisch materiaal gehalte (OM), organisch koolstof gehalte (OC)

Het organisch materiaal-gehalte werd bepaald aan de hand van de gloeiverlies methode. In de literatuur worden verschillende temperaturen waarop gebrand wordt, teruggevonden; hetzelfde geldt eveneens voor de duur van het branden (Davies (1974) : 430 °C, 24 uur; Grewal et al. (1991) : 450 en 550°C, 5 uur; Ball (1964) : 375 °C, 16 uur; Keeling (1962) : 375 °C, 16 uur). Deze methode is geschikt voor bodems die geen of zeer weinig klei bevatten. De temperatuur moet beneden de 800 °C blijven omdat vanaf deze temperatuur CaCO_3 vernietigd wordt (Hutchinson, 1974). De door ons gebruikte methode volgt deze van de Stichting voor Bodemkartering, Nederland (1984) waarbij 1 tot 5 g oven droge grond verhit wordt gedurende 8 uur op 500°C. Het gewichtsverlies wordt bepaald en omgerekend tot % OM. Voor de omrekening van OM naar OC werd de factor 1.724 gebruikt (Nelson & Sommers, 1982).

3.2.1.8 Bepalen van het schijnbaar soortelijk gewicht (SSG)

Ongestoorte monsters werden genomen met grondmonsterringen tussen 0-5 cm diepte. Er worden telkens 5 monsters genomen en hiervan werd dan een gemiddelde waarde berekend. De grondmonsterringen hebben een hoogte en een diameter van 5 cm. Een vast volume van 100 cm³ werd aangenomen bij de berekeningen.

- Schijnbaar soortelijk gewicht (SSG) (g/cm³) :

$$\text{SSG} = \text{oven droog gewicht (24 uur - } 105^{\circ}\text{C)} / \text{volume}$$

- Totale porositeit : TOTPOR : % porositeit wordt berekend met de volgende formule :

$$\text{TOTPOR (\%)} = 100 \times (1 - \text{SSG} / 2.65)$$

In deze formule wordt er een gemiddelde waarde van 2.65 g/cm³ voor de specifieke densiteit (SD) aangenomen. De specifieke densiteit van monsters rijk aan organisch materiaal is echter lager. Bij het aannemen van een SD van 2.65 g/cm³ voor monsters rijk aan organisch materiaal leidt dit tot een overschatting van de totale porositeit. De specifieke densiteit van het organisch materiaal kan bepaald worden met een picnometre. Men kan eveneens een correctie uitvoeren voor het gehalte aan organisch materiaal bij de berekening van de totale porositeit aan de hand van volgende formule :

$$\text{TOTPOR (\%)} = 100 \times (1 - \text{SSG} / (2.65 \times 0.02 \times \text{OM}))$$

- WW% : hoeveelheid water uitgedrukt in gewichtsprocent :

$$\text{WW\%} = 100 \times (\text{gewicht veldconditie} - \text{oven droog gewicht}) / \text{oven droog gewicht}$$

- WV% : hoeveelheid water uitgedrukt in volumepercent :

$$\text{WV\%} = \text{SSG} \times \text{WW\%}$$

- PORWAT : % poriën gevuld met water :

$$\text{PORWAT} = (\text{WV\%} / \text{TOTPOR}) \times 100$$

3.2.1.9 Stikstof-gehalte (N)

Het N-gehalte werd bepaald met de Kjeldahl methode (1883). Totale N wordt bepaald na mineralisatie van de N in het bodemonster in een zuur milieu (H_2SO_4) op 350°C in aanwezigheid van een catalysator.

De hoeveelheid verkregen NH_4^+ wordt bepaald door middel van absorptiometrie met de continue - flux auto-analyser. Een gekleurd complex wordt verkregen na chloratie van de ammoniak en de reactie met natriumsalicilaat in alkalisch milieu.

3.2.1.10 Totale fosfor, organische en inorganische fractie

De totale fosfor wordt bepaald op een gebrand (organisch materiaal is vernietigd), de anorganische fosfor op een niet gebrand monster (550 °C, 1 uur). Door het branden wordt de organische fosfor, die bij een extractie met een matig tot sterk zuur stabiel is, omgezet tot anorganische fosfor. De organische fosfor is het verschil tussen de totale en de anorganische fractie. Extractie wordt uitgevoerd met 12 N H_2SO_4 . Na het toevoegen van ammoniummolybdaat en ascorbine zuur ontwikkelt zich een blauwe kleur waarvan de hoeveelheid fosfor colorimetrisch op 712 nm wordt bepaald (Madson & Vestergaard, 1992 in Mikkelsen & Langohr, 1996).

3.2.1.11 Kationenuitwisselingscapaciteit (CEC) en basische kationen Ca, Mg, Na en K

CEC wordt bepaald volgens Metson (1961). Het bodemonmonster wordt verzadigd met 1M NH_4OAc (pH 7). Na spoelen met ethanol om de overmaat aan NH_4OAc te verwijderen, worden de gefixeerde NH_4^+ -ionen - een maat voor CEC - uitgewisseld in de aanwezigheid van een NaCl-oplossing. De hoeveelheid NH_4^+ ionen worden spectrocoulometrisch bepaald. De kationen worden geëxtraheerd met een NH_4OAc -oplossing. In de uitwisselingsoplossing van NH_4OAc worden na filtratie van de oplossing de uitwisselbare Ca^{++} en Mg^{++} bepaald door middel van atoomabsorptie, K^+ en Na^+ door middel van vlamfotometrie. De resultaten voor CEC en uitwisselbare basische kationen worden uitgedrukt in $\text{cmol}(+)/\text{kg}$ bodem.

3.2.2 FYSISCH EN CHEMISCH BEPALINGEN VAN DE MESTSTALEN EN BROEDKAMERS

Op de meststalen en op een beperkt aantal stalen van de broedkamers werden volgende analyses toegepast :

pH, droge stof, vochtgehalte, organische stof, totale N, minerale N, fosfor (P), kalium (K), natrium (Na), calcium (Ca), Magnesium (Mg).

De meststalen werden geanalyseerd door de Bodemkundige Dienst van België, W. De Croylaan 48, 3001 Heverlee.

De analysemethoden volgen de aanbevelingen geformuleerd in de "Bemonsterings- en analyseprocedures voor mest, bodem en veevoeder in het kader van het mestdecreet" (Geuzens, Van Bree, De Brucker & Van den Broeck, 1999). Voor meer specificaties betreft de bepaling van organische stof, pH, P en kationen werd contact opgenomen met G. Coppens van de BDB.

Een deelmonster van het originele monster wordt gedroogd bij 105°C. Een ander deelmonster wordt gemengd met eenzelfde gewichtshoeveelheid wijnsteenzuur. De droging met 105°C met wijnsteenzuur is enkel noodzakelijk voor de bepaling van stikstof. Het wijnsteenzuur bindt de eventuele stikstof die tijdens het drogen zou voorkomen.

3.2.2.1 Droge stofgehalte (DS)

Een hoeveelheid verse mest wordt gedroogd bij een temperatuur van 103°C gedurende 24 uur. De verhouding van het oven droge gewicht ten opzichte van het gewicht van de verse mest geeft het droge stofgehalte.

3.2.2.2 Vochtgehalte

Het vochtgehalte wordt als volgt berekend :

$$\text{Vochtgehalte (\%)} = 100 - \text{DS (\%)}$$

3.2.2.3 pH

De pH wordt gemeten in water waarbij de verhouding gedroogde mest op water 1 op 10 is.

3.2.2.4 Organische stof (OS)

2.5 g van het gedroogde en gemalen monster wordt verhit bij 550°C en verast gedurende 2 uur. De asrest is de massa die achterblijft na het uitvoeren van het verassingsproces. Het organische stofgehalte is het verlies aan gewicht door verassing (dus wat verbrand is).

Deze bepaling gebeurt op 2 deelstalen van elk 2.5 g. Het gerapporteerde resultaat is het gemiddelde van de 2.

3.2.2.5 Totale N

Er wordt van uitgegaan dat verse mest geen nitraat of nitriet bevat. De bepaling van de totale N beperkt zich dus tot de Kjeldahl N (org N, N-NH₄). Deze methode omvat een destructie met H₂SO₄ en een katalysatormengsel waarbij organische N-verbindingen omgezet worden naar ammonium. Na destructie wordt de ammoniak vrijgesteld door toevoegen van natriumhydroxide en overgedestilleerd in een boorzuoroplossing. In dit destillaat wordt vervolgens ammoniak bepaald met titratie.

3.2.2.6 Minerale N

Minerale N = nitraat-N + ammonium-N

Het met wijnsteenzuur gedroogde monster wordt gemalen, geëxtraheerd met demiwater, waarna in het extract ammonium-N en nitraat-N wordt gemeten door middel van continuous flow spectrofotometrie.

3.2.2.7 P en de kationen Ca, Mg, K, Na

De asrest wordt opgelost in HNO₃ 1N. De meting van de elementen gebeurt met de ICP (Inductively Coupled Plasma). Deze bepaling gebeurt op de 2 asresten van de 2 gedroogde en gemalen deelstalen. De gerapporteerde resultaten voor P, K, Mg, Ca, Na zijn steeds het gemiddelde van 2 waarden.

3.2.3 CHEMISCHE ANALYSEN VAN DE WATERSTALEN (WALRAEVEENS, 1998)

De analyse van Na⁺, K⁺, Fe^{tot}, Mn²⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ gebeurt met een Varian Spectrometer AA-400, die gebruik maakt van atomaire vlamabsorptiespectrofotometrie ("flame -AAS). Luchtacetyleen wordt gebruikt als gasmengsel voor de HNO₃⁻ (bij Na⁺, K⁺, Fe^{tot}) of La-oplossing (Mn²⁺, Ca²⁺, Mg²⁺)

De bepaling van de Cl⁻ gebeurt met de chloridometer van Büchler, door vorming van een AgCl-neerslag. Bij lage concentraties (< 100 mg/l) werkt men titrimetrisch met het Cottle-toestel, voor hogere concentraties gebruikt men een digitaal toestel of werkt men via een verdunning met de methode voor de lage concentraties.

Het SO₄²⁻-gehalte wordt met de gravimetrische methode (N.B.N. - 647 Nationale Belgische Normen) bepaald door het neerslaan van BaSO₄.

De bepaling van NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻/PO₄²⁻ concentraties gebeurt colorimetrisch.

3.3 VERWERKING VAN DE GEGEVENS

3.3.1 RESULTATEN VAN DE BODEM-, BROEDKAMER- EN MESTANALYSEN

Statistische verwerking van de gegevens werd uitgevoerd met Excel 5.0, SPSS 10.0 for Windows (Norusis, 1993).

In de eerste plaats wordt de normale verdeling van de resultaten van alle horizonten en van de oppervlaktehorizonten nagegaan voor de verschillende parameters per proefsite en per proefvlak. Normaliteit werd eveneens nagegaan voor de chemische en fysische gegevens van de bodem- en meststalen.

Dit werd getest aan de hand van de Kolmogorov-Smirnov test, de Shapiro-Wilkinson test en de boxplots.

Indien de gegevens (ongeveer) voldoen aan de normaliteit kon Pearson correlatiecoëfficiënt, ANOVA F-test en T-test toegepast worden. In het andere geval werd gebruik gemaakt van niet-parametrische testen

zoals de Kruskal-Wallis test, de Mann-Whitney U test en werd de Spearman rang correlatie coëfficiënt berekend (Hammond & McCullagh, 1980).

Wat betreft de correlatiecoëfficiënten toont de waarde van de coëfficiënt de sterkte van de correlatie (0 : geen correlatie; 1 : perfecte correlatie), de helling van het lineair verband wordt aangetoond met + of - (+ : indien beide parameters toenemen, - : indien de ene toeneemt, de andere afneemt), het significantie niveau wordt aangeduid met * (0.05 : *, 0.01 : **).

ANOVA F-test, T-test, Kruskal-Wallis test en de Mann-Whitney U test werden gebruikt om aan te tonen indien populaties significant van elkaar verschillen. Indien de berekende P kleiner wordt dan 0.05 dan werd aangenomen dat de verschillende populaties significant van elkaar verschillen.

3.3.2 RESULTATEN VAN DE WATERANALYSEN

3.3.2.1 Ionenbalans

De ionenbalans vormt een controle van de analyse. Hierbij moet de som van de belangrijke kationen (Σk , meq/l) min of meer gelijk zijn aan de som van de belangrijke anionen (Σa , meq/l) vermits de oplossing electroneutraliteit vertoont. De analyse wordt betrouwbaar geacht indien :

$$\text{fout op ionenbalans} : \left| \Sigma k - \Sigma a \right| \cdot 100 / \left| \Sigma k + \Sigma a \right| \leq 5\%$$

In het algemeen is deze fout minder dan 2%. Indien de fout > 5% dan is er een fout opgetreden in de analyse of bij de berekening van de resultaten, of werd in het staal een belangrijk ion niet gedoseerd.

3.3.2.2 Classificatie van Stuyfzand (1986)

De onderzochte monsters werden ondergebracht in de grondwaterclassificatie volgens Stuyfzand (1986). Elk watertype binnen dit systeem wordt getypeerd door 4 symbolen, die ieder verwijzen naar een classificatie-onderdeel. De naamgeving bestaat uit de samenvoeging van deze 4 symbolen.

Het eerste symbool verwijst naar het hoofdtype dat afgeleid wordt van het Cl⁻gehalte (tabel 3.3).

Tabel 3.3 : Bepaling van het eerste symbool, steunend op het chloridegehalte.

Hoofdtype	Code	Cl ⁻ (mg/l)
zoet	F	<150
zoet tot brak	F _b	150 – 300
brak	B	300 - 1000
brak tot zout	B _s	1000 - 10000
zout	S	10000 - 20000
hyperhalien	H	> 20000

Het tweede symbool wijst op de totale hardheid (TH) van het water (tabel 3.4). De totale hardheid wordt bepaald volgens de volgende formule :

$$\text{Ca}^{2+}/4.006 + \text{Mg}^{2+}/2.432 \text{ (uitgedrukt in mg/l)} = \text{TH in } ^\circ\text{F}$$

Tabel 3.4 : Bepaling van het tweede symbool, steunend op de totale hardheid.

Klasse	Code	TH (°F) (5 °F = 1 meq/l)
zeer zacht	*	<5
zacht	0	5 - 10
matig hard	1	10 - 20
hard	2	20 - 40
zeer hard	3	40 - 80

uiterst hard	4	80 - 160
uiterst hard	5	160 - 320
uiterst hard	6	320 - 640
uiterst hard	7	640 - 1280
uiterst hard	8	1280 - 2560
uiterst hard	9	>2560

De derde term in het systeem bestaat uit twee delen en verwijst naar de belangrijkste kationen- en anionengroep in het water. De bepaling van het type gebeurt aan de hand van onderstaande driehoeksdigrammen.

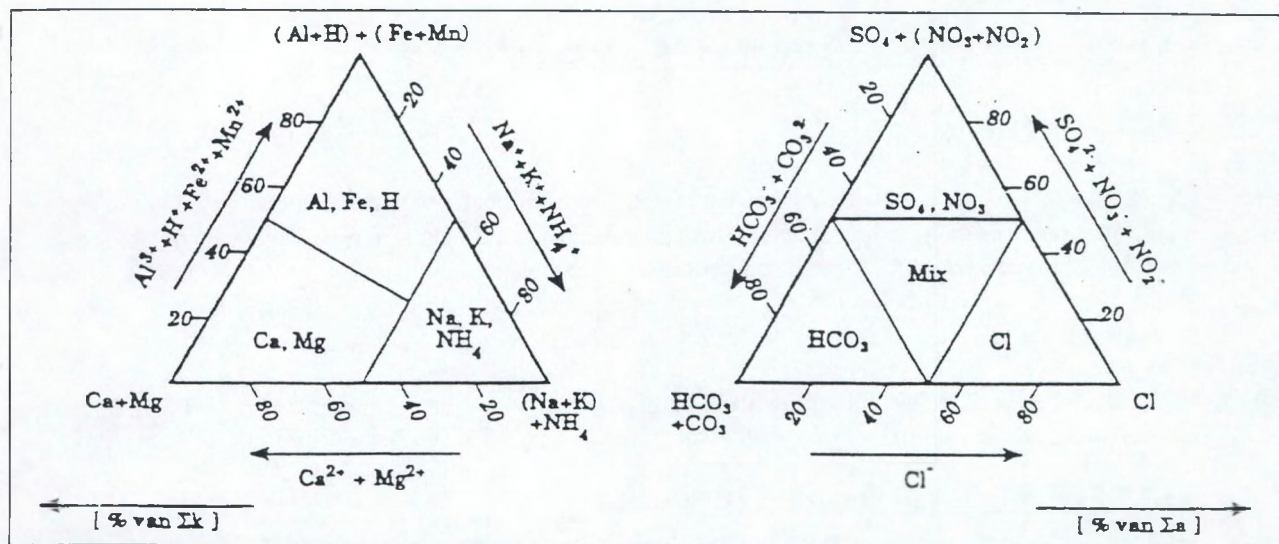


Fig. 3.1 : Bepaling van het watertype (Stuyfzand, 1986)

Tenslotte toont het vierde symbool of er zich kationenuitwisseling heeft voorgedaan in het watertype. Gesteund op de som van de mariene kationen Na^+ , K^+ , Mg^{2+} (meq/l) gecorrigeerd voor de zeewaterbijdrage (afgeleid uit het Cl^- gehalte) wordt de uitwisselingscode bepaald (tabel 3.5).

$$(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})_{\text{verbeterd}} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})_{\text{gemeten}} - 1.061 \text{ Cl}^- \text{ (meq/l)}$$

$$\text{met daarin } \frac{(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})_{\text{(meq/l)}}}{\text{Cl}^- \text{ (meq/l)}} = 1.061 \quad \text{voor gemiddeld oceaanwater}$$

Tabel 3.5 : Bepaling van de kationenuitwisselingscode (Clays, 1999).

Benaming	Code	Voorwaarde
$(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})$ -tekort	—	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})_{\text{verbeterd}} < -\sqrt{0.5 \text{ Cl}^-}$
$(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})$ -evenwicht	Ø	$-\sqrt{0.5 \text{ Cl}^-} \leq (\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})_{\text{verbeterd}} \leq \sqrt{0.5 \text{ Cl}^-}$
$(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})$ -overschot	+	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})_{\text{verbeterd}} > \sqrt{0.5 \text{ Cl}^-}$

De kationenuitwisselingscode wordt toegekend volgens het teken van de kationenuitwisselingsparameter $(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})_{\text{verbeterd}}$, waarbij rekening gehouden wordt met een foutenmarge aan $\sqrt{0.5 \text{ Cl}^-}$ (Cl^- in meq/l).

De gegevens kunnen eveneens voorgesteld worden in een Piper-diagram (Appelo & Postma, 1993). Op zo'n diagram maakt men gebruik van de belangrijkste ionen en kan men een groot aantal analyses voorstellen.

Dit diagram bestaat uit twee driehoeken en een centrale ruit. In de linker driehoek worden de Ca^{2+} , Mg^{2+} en $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ (uitgedrukt in % tov som meq/l) uitgezet, in de rechter driehoek Cl^- , HCO_3^- en SO_4^{2-} . In de centrale ruit wordt het resultaat van beide driehoeken samengebracht. De positie van een analyse in de ruit van de Piper diagram toont aan in hoeverre de waters een menging zijn van zoet en zout water.

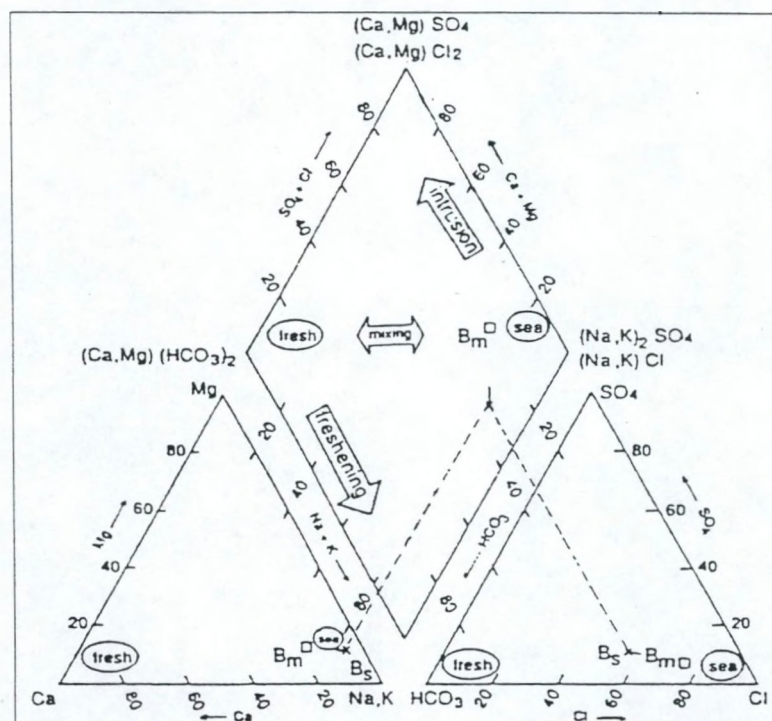


Fig. 3.2 : Piper-diagram met gemiddelde samenstelling van zoet water en zeewater (Appelo & Postma, 1993).

3.3.3 RESULTATEN VAN DE TOPOGRAFISCHE OPMETINGEN

De puntenbestanden opgemeten met het totaalstation worden geïnterpoleerd tot een raster in ArcView. Hiervoor wordt het regular spline-algoritme gebruikt (met wegingsfactor 0,01). De gridcellen meten 2 bij 2 m². Vervolgens worden de hoogteverschillen binnen de overlappende zones berekend tussen de opeenvolgende jaren.

Exclosures voor het experimenteel onderzoek



Exclosure in zuidelijk begrazingsblok, Westhoek
Onderzoek naar invloed van pony mest op de bodem



Exclosure in noordelijk begrazingsblok, Westhoek
Onderzoek naar invloed van paard- en rundermest op de bodem



Uitzetten van de paard en rundermesthopen in noordelijke exclosure



Opzetten van de tunnelconstructie in noordelijke exclosure

4. TEMPORELE VARIABILITEIT VAN KLIMAATS-PARAMETERS 1985 –2002

4.1 ALGEMENE KARAKTERISERING (UIT AMPE, 1999)

Het Vlaamse kustgebied wordt gekenmerkt door een gematigd oceanisch klimaat, een Cfb-type volgens het Köppen klimaat classificatiesysteem (Dingens & Vernemmen, 1964).

De gemiddelde luchttemperatuur voor de kuststreek schommelt tussen 9.5 en 10°C. Door de nabijheid van de zee worden de amplitudes van het dagelijkse en seizoenale verloop van de temperaturen verzwakt (Alexandre et al., 1992). Zo is de gemiddelde minimum temperatuur voor de jaarlijkse en de maandelijkse waarden langsheen de kust het hoogst vergeleken met de rest van het land. De gemiddelde maximum temperaturen liggen langsheen de kust lager dan voor Midden-België met uitzondering van de periode oktober/november tot en met februari (Poncelet & Martin, 1947; Sneyers & Vandiepenbeeck, 1985). Het gemiddelde aantal hittedagen (maximumtemperatuur > 30°C), vorstdagen (minimumtemperatuur < 0°C) en ijsdagen (maximumtemperatuur < 0°C) is het laagst voor de kuststrook.

De kust ontvangt jaarlijks tussen de 650 en 800 mm neerslag (Dupriez en Sneyers, 1979) en heeft hierbij de laagste waarden van het land. Wat betreft de relatieve vochtigheid wordt vastgesteld dat deze afneemt met toenemende afstand tot de zee en dat er grotere seizoenale variatie optreedt naar het binnenland toe (Sneyers & Vandiepenbeeck, 1985). Langsheen de kust vertoont de neerslag een duidelijke spatiale variabiliteit met een toenemende trend gaande van ZW naar NO : de stations Koksijde, Middelkerke, Oostende en De Haan vertonen minder dan 700 mm neerslag, Blankenberge heeft een waarde tussen 701 en 750 mm, Heist tussen 751 en 800 mm neerslag (Dupriez & Sneyers, 1982).

De wind is een belangrijk klimatologisch gegeven voor het kustduinsysteem. De hoogste gemiddelde windsnelheden worden bereikt nabij de zee. Het weerstation Middelkerke heeft elke maand de hoogste waarden : zijn localisatie is het dichtst bij de zee (1.1 km van de duinvoet) en dit zorgt voor de minste afremming van de wind door het terrein. Het weerstation Koksijde dat achter een vrij brede en hoge duingordel ligt op zo'n 4.1 km vanaf de duin/dijkvoet vertoont reeds duidelijk lagere windsnelheden (Landuyt & Schietekat, 1992). Wat betreft de overheersende windrichtingen zijn de zuidwesten en noordoostenwinden de meest voorkomende. De hoogste frequentie van de krachtigste winden komt uit de W tot WZW-hoek, een tweede maximum vormen de winden uit het NO (Depuydt, 1967).

Het maximale aantal mogelijke zonne-uren varieert tussen 8 (in de winter) en 16 uur (in de zomer). Het reëel aantal zonne-uren wordt echter beïnvloed door de zeer veranderlijke weersfactor. Aan de kust - tesamen met Lotharingen- is het jaarlijkse totaal aantal uren zonneschijn het hoogste van ons land (Dogniaux, 1971). Dit verschil is het meest uitgesproken in de periode mei tot en met augustus (Landuyt & Schietecat, 1992).

In zeer algemene termen kan men stellen dat Laag-België gekenmerkt wordt door ongeveer 30 dagen mist per jaar. Vergeleken met de rest van het land vertoont Virton het minst aantal dagen met mist, Sint-Hubert het meest; Ukkel en Koksijde vertonen tusseninliggende waarden waarbij Koksijde iets meer mistdagen heeft dan Ukkel (Landuyt & Schietecat, 1992).

4.2 DE GEGEVENS

Klimaatsgegevens over lange periodes (vanaf 1887) zijn slechts beschikbaar voor Ukkel. Voor Koksijde werden de klimaatsgegevens samengebracht voor de periode 1957 tot 1995 (Hoffmann & Provoost, 1996), tot 1997 (Ampe, 1999) gesteund op gegevens van Lebbe (1978), Mahauden & Lebbe (1982) en Maandberichten van het K.M.I (1985-1997). Voor de periode 1981 tot en met 1984 werden de waarnemingsboekjes geconsulteerd op het weerstation Koksijde en de gemiddelden werden berekend over de dagelijkse drie-uurlijkse waarnemingen.

In dit rapport worden aanvullingen voorzien tot en met 2002, gesteund op de Maandberichten van het K.M.I. (1998-2002).

De maandelijkse gegevens voor minimum, maximum en gemiddelde temperatuur, neerslag, windsnelheid, uren zonneschijn, relatieve vochtigheid zijn voorgesteld in bijlage A.

4.3 TEMPORELE VARIABILITEIT

Fig. 4.1 en 4.2 tonen de evolutie van de ruwe gegevens van de gemiddelde jaarlijkse temperatuur en de jaarlijkse neerslagtotalen voor Koksijde tussen 1957 en 2002. Om de evolutie van temperatuur en neerslag over een bepaalde tijdsperiode aan te tonen wordt in de klimatologie een trend-analyse toegepast. Het berekenen van trend-analyses op deze gegevens valt buiten het bestek van dit onderzoek maar zonder al te veel in detail te treden kan men toch enkele opmerkelijke vaststellingen doen.

Wat betreft de gemiddelde jaarlijkse temperatuur zijn er duidelijk een aantal frissere periodes af te leiden met name 1962-1966, 1978-1981, 1984-1987; duidelijk warmere periodes zijn 1957-1961, 1988-2002 met uitzondering van 1991 en 1996. Wat betreft de neerslag is de variabiliteit van jaar tot jaar groter. Meer aaneengesloten drogere periodes zijn 1962-1964, 1967-1973 met uitzondering van 1969, 1976-1979, 1989-1991, aaneengesloten natte periodes zijn 1984-1988, 1992-1995, 1998-2002.

In tabellen 4.1 en 4.2 worden de gemiddelde maandelijkse temperatuur en maandelijkse neerslag voor de periode 1985-2002 en 1990-2002 vergeleken met de normale gegevens. Er is duidelijk een evolutie te zien naar warmere jaarlijkse gemiddelde temperaturen en hogere hoeveelheden jaarlijkse neerslag.

Tabel 4.1 : Vergelijking van de gemiddelde maandelijkse temperatuur voor periode 1985-2002 en 1990-2002 met de normalen.

	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jaar
gemid 57-02	3,6	3,9	6,1	8,3	11,9	14,7	16,6	16,8	14,5	11,2	7,0	4,4	9,9
normaal ¹	2.9	3.5	5.2	8.3	11.4	14.3	16.2	16.3	14.3	10.6	6.5	3.7	9.4
gemid 85-02	3,8	4,4	6,8	8,8	12,5	14,8	17,0	17,2	14,6	11,4	7,2	5,0	10,3
gemid 90-02	4,5	5,4	7,4	9,1	12,7	15,0	17,2	17,8	14,8	11,4	7,6	4,6	10,6

¹ : normaal is berekend uit het gemiddelde van de normale van de min en max temperatuur

Tabel 4.2 : Vergelijking van de maandelijkse neerslag voor periode 1985-2002 en 1990-2002 met de normalen.

	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jaar
gemid 57-02	57.1	47.4	50.0	45.0	53.0	59.8	63.7	61.4	75.2	75.7	80.1	69.8	738.3
normaal	53,0	42,0	44,0	44,0	50,0	53,0	60,0	66,0	69,0	74,0	69,0	63,0	687,0
gemid 85-02	64,2	55,8	55,9	50,9	56,8	65,2	64,6	68,0	85,5	82,7	83,1	82,7	815,3
gemid 90-02	58,9	62,9	47,2	50,0	61,6	66,0	62,3	66,0	97,2	85,0	87,5	89,7	834,3

Men kan zich nu de vraag stellen of er een verandering is opgetreden in het temperatuursverloop en in de neerslagverdeling gedurende het jaar, m.a.w. is er een trend aanwezig van nattere en warmere winters of zijn het juist nattere zomers of is de toename aan neerslag evenredig verdeeld over de verschillende seizoenen? Worden de extremen groter of juist niet? Een van de gevolgen is dat bij nattere winters de pannen langer onder water blijven en dit eventueel overlevingskansen van Duindoorn vermindert, bij nattere zomers kan het leiden tot kleinere tekorten op de waterbalans.

Alhoewel het niet de bedoeling was van dit project om een gedetailleerde en statistisch onderbouwde klimatologische studie uit te voeren, werden de gemiddelde temperatuur en neerslag gegevens herberekend voor de kwartalen jan-feb-mrt, apr-mei-jun, jul-aug-sep, okt-nov-dec. De figuren 4.3 tot 4.6 en figuren 4.7 tot 4.10 tonen voor de gemiddelde temperatuur en de neerslag de afwijkingen ten opzichte van de normalen voor overeenkomstige perioden.

Fig. 4.1 Koksijde, gemiddelde jaarlijkse temperatuur (°C) 1957-2002

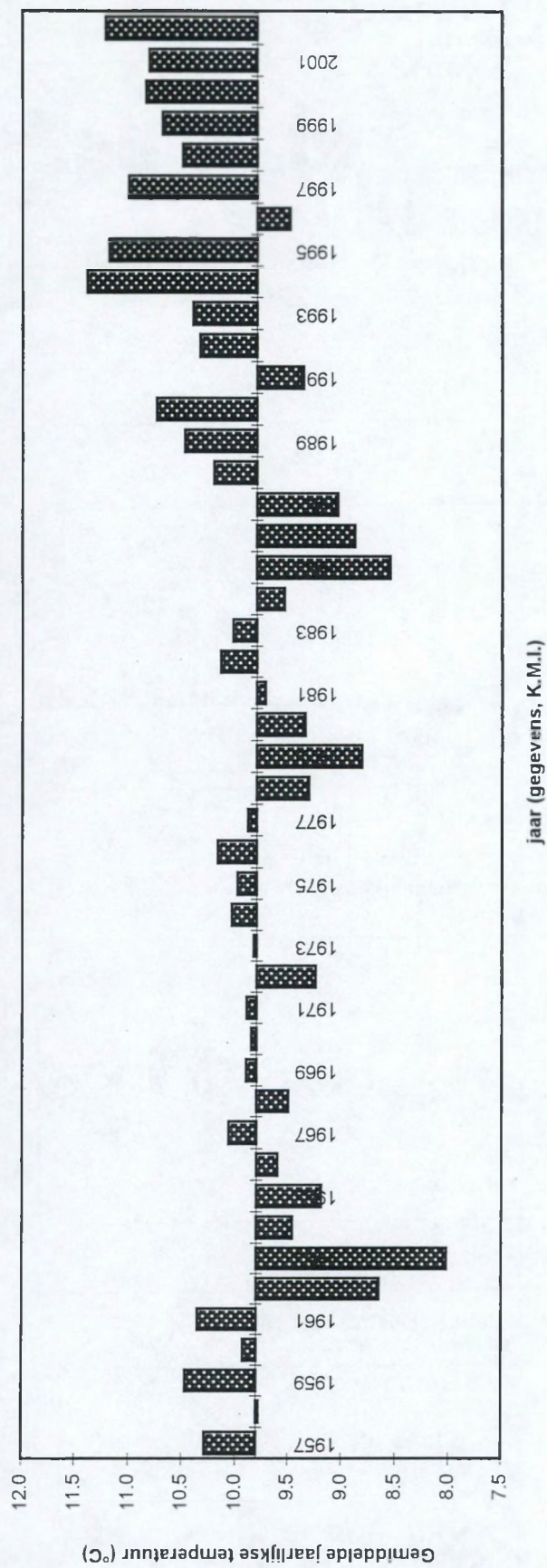


Fig. 4.2 Koksijde, jaarlijkse neerslag (mm) 1957-2002

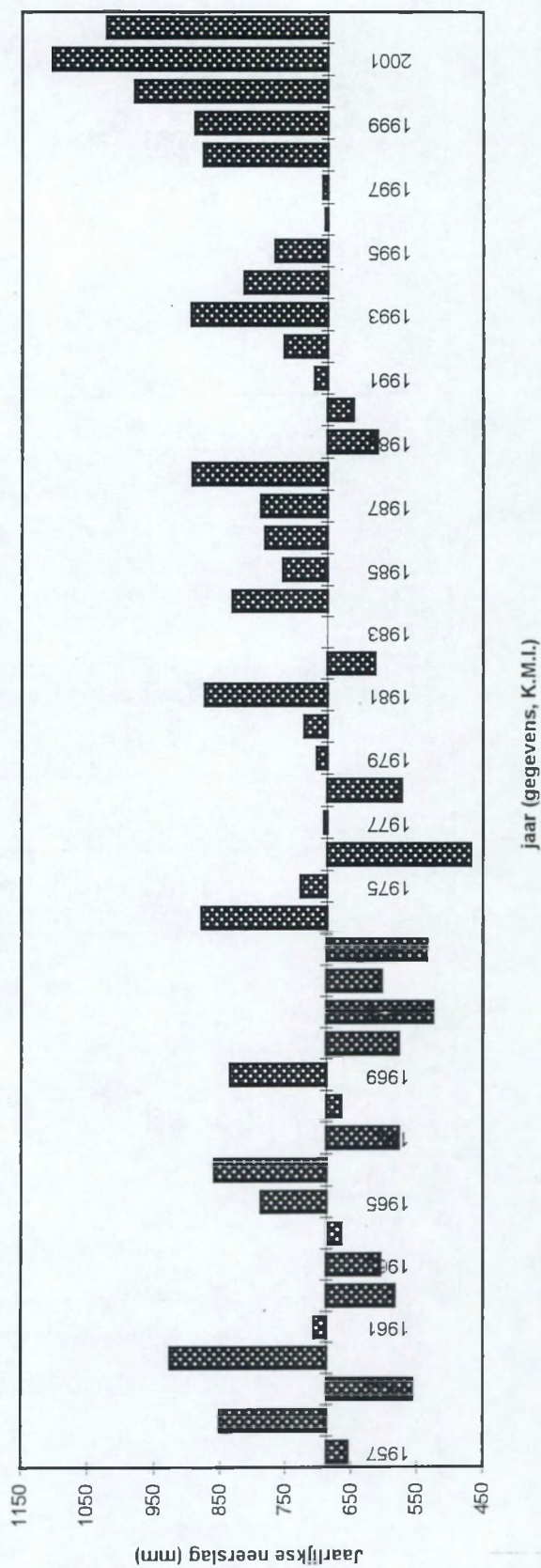


Fig. 4.3 Koksijde, jan-feb-mrt gemiddelde temperatuur (°C) 1957-2002
Afwijking tov gemiddelde

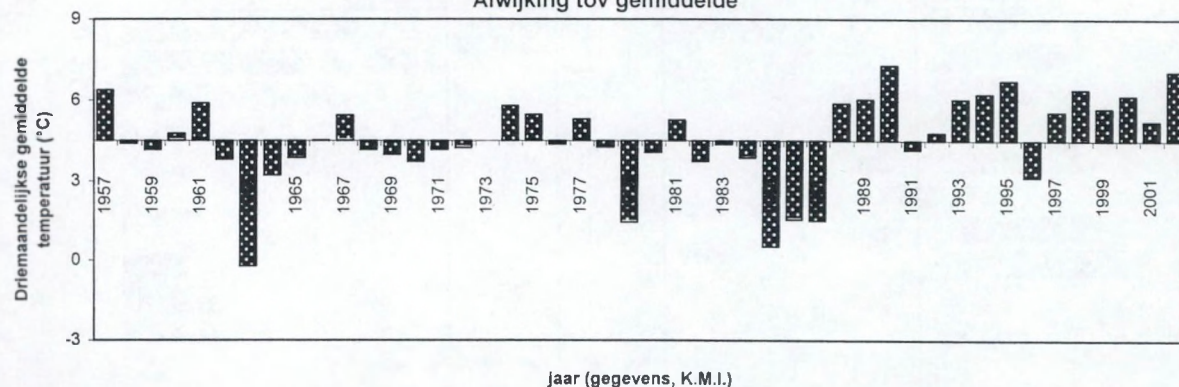


Fig. 4.4 Koksijde, apr-mei-jun gemiddelde temperatuur (°C) 1957-2002
Afwijking tov gemiddelde

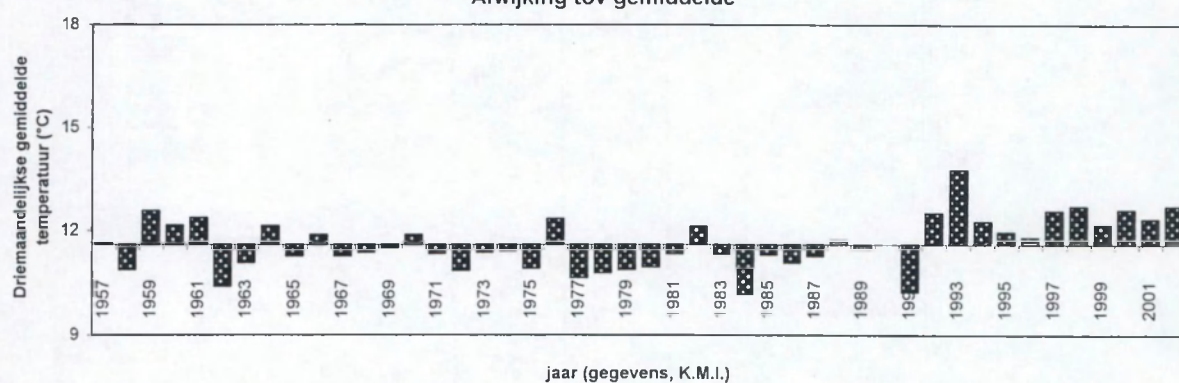


Fig. 4.5 Koksijde, jul-aug-sep gemiddelde temperatuur (°C) 1957-2002
Afwijking tov gemiddelde

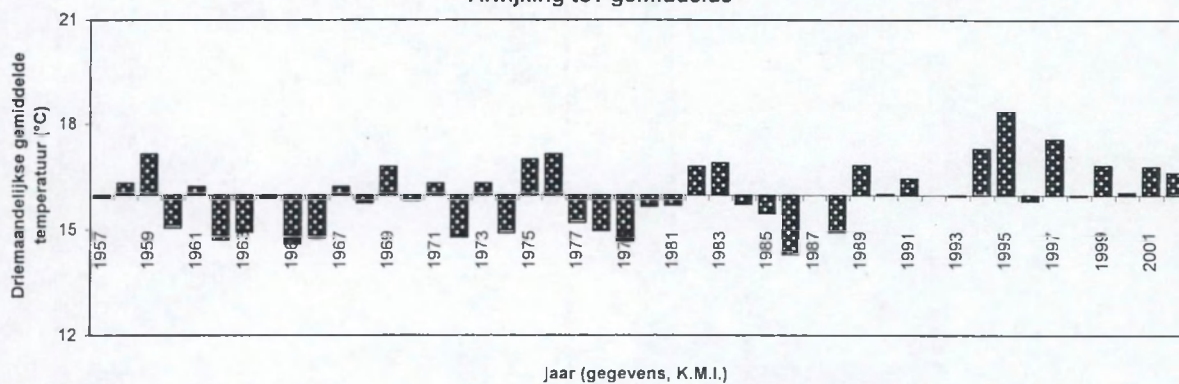


Fig. 4.6 Koksijde, okt-nov-dec gemiddelde temperatuur (°C) 1957-2002
Afwijking tov gemiddelde

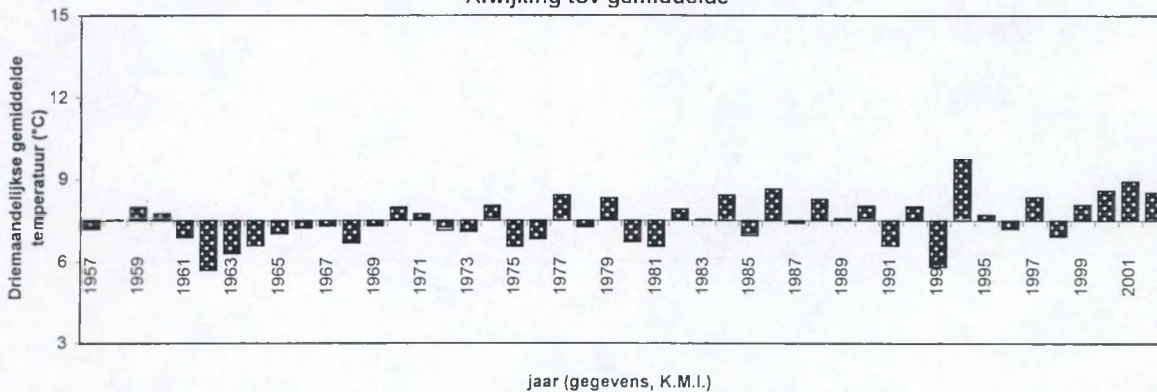


Fig. 4.7 Koksijde, jan-feb-mrt neerslag (mm) 1957-2002
Afwijking tov normaal

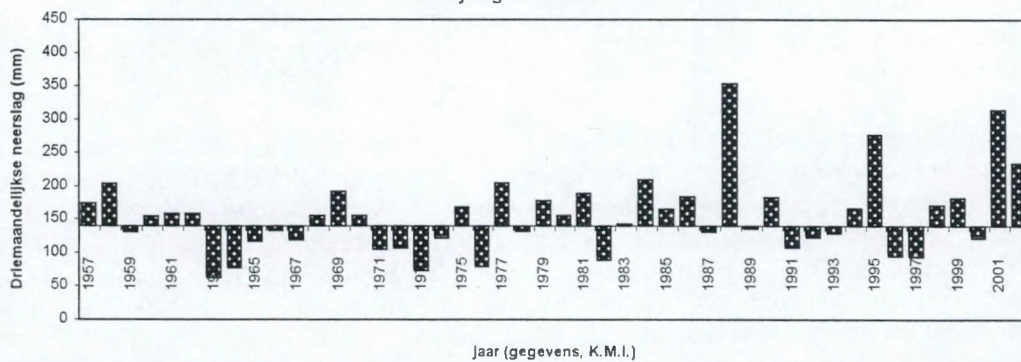


Fig. 4.8 Koksijde, apr-mei-jun neerslag (mm) 1957-2002
Afwijking tov normaal

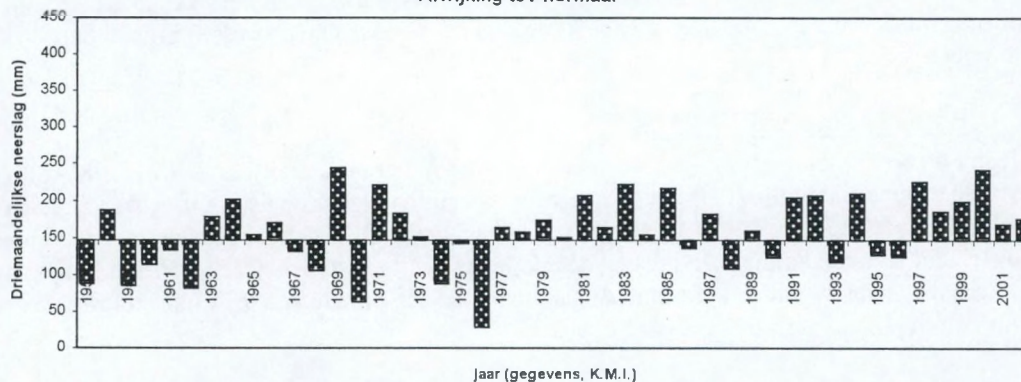


Fig. 4.9 Koksijde, jul-aug-sep neerslag (mm) 1957-2002
Afwijking tov normaal

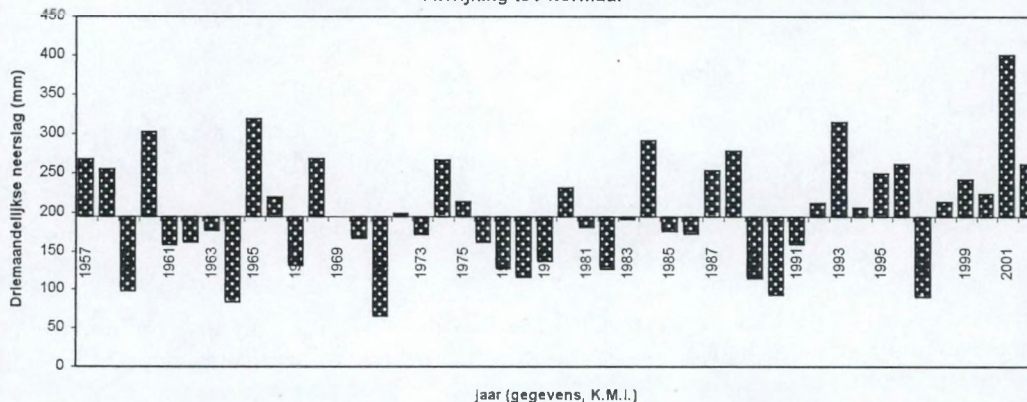
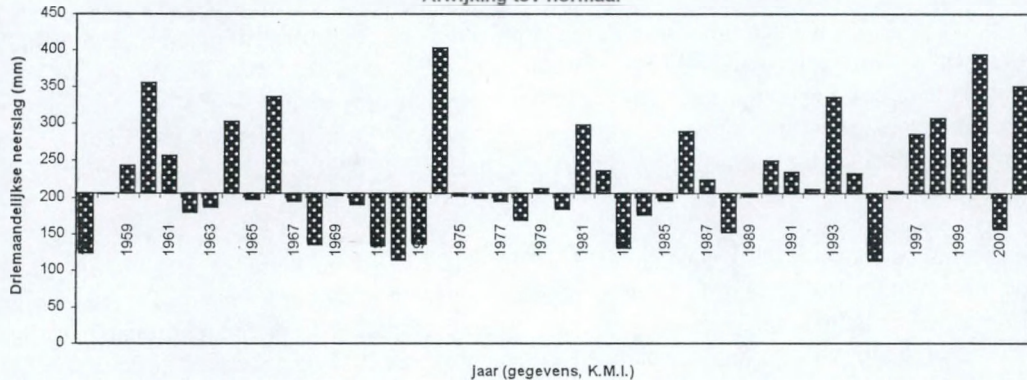


Fig. 4.10 Koksijde, okt-nov-dec neerslag (mm) 1957-2002
Afwijking tov normaal



De driemaandelijke gemiddelde temperatuur voor de maanden jan-feb-mrt vertoont een positieve afwijking tov normaal vanaf 1989 tot 2002 met uitzondering van 1992 en 1997. De voorjaarsmaanden apr-mei-jun waren vanaf 1967 tot 1989 grotendeels frisser dan normaal maar vanaf 1991 tot 2002 warmer. De periodes jul-aug-sep en okt-nov-dec zijn ook iets warmer dan normaal maar de trend is minder uitgesproken.

De afwijkingen ten opzichte van de normaal zijn voor de driemaandelijke totale neerslag niet zo uitgesproken als voor de temperatuur. In de periode 1985 tot 2002 of 1990 tot 2002 komen er telkens een aantal nattere of drogere kwartalen voor dan de normaal. 1988, 1995, 2001 en 2002 waren uitzonderlijk nat voor jan-feb-mrt. Voor de maanden apr-mei-jun tussen 1991 en 2002 is er een afwisseling van natte en drogere jaren met een overwicht aan iets meer neerslag dan normaal. De maanden jul-aug-sep zijn sedert 1992 natter dan normaal met uitzondering van 1997, de maanden okt-nov-dec tonen nogal grote afwijkingen ten opzichte van de normaal in zowel positieve als negatieve zin.

Het is duidelijk dat de klimatologische parameters een variabiliteit vertonen. Gedurende de laatste 10 jaar zijn winters (jan-feb-mrt) en het voorjaar (apr-mei-jun) iets warmer dan normaal. Dit heeft zijn weerslag op de dynamiek van geomorfologische, pedologische en biologische processen binnen het kustduinecosysteem.

4.4 EVAPOTRANSPIRATIE

Gesteund op de klimatologische gegevens gepubliceerd in het maandbericht (K.M.I, 1985-2002) werd de potentiële evapotranspiratie (PET) berekend voor Koksijde volgens de gemodificeerde Penman methode (Smith, 1991 in Sys et al., 1992). Deze berekeningswijze van PET houdt rekening met de temperatuur, de windsnelheid, het verzadigingsdeficiet en de relatieve vochtigheid, het effectieve aantal uren zonneschijn. Als referentiegewas wordt een grasmat aangenomen met een hoogte van 0.12 m, een kruinweerstand van 69 s/m en een albedo van 23%.

De actuele evapotranspiratie (AET) kan berekend worden door gebruik te maken van de waterbalansvergelijking. Het water voor de AET is afkomstig van de neerslag en wordt al dan niet aangevuld met water uit de bodemreserve. Het uitputten van de bodemreserve werd berekend volgens de formule :

$STOR = CAP e^{APWL/STOR}$ waarbij

STOR : hoeveelheid water in de bodemreserve rekening houdend met de APWL

CAP : bodemreserve aan water beschikbaar voor de plantengroei (veldcapaciteit - verwelkingspunt)

APWL : Accumulated potential water loss = $\Sigma (P-PET)$ = de totale hoeveelheid water gevraagd aan de bodemreserve

Volgens deze formule wordt het water niet op lineaire wijze aan de bodemreserve onttrokken maar is de afgestane hoeveelheid uit de bodemreserve evenredig met het nog aanwezige water in de bodemreserve (Vernemmen, 1998). Dit is geldig voor bodems die niet beïnvloed worden door het grondwater binnen het wortelbereik.

Een probleem rijst bij het bepalen van de grootte van de bodemreserve. In waterbalansberekeningen die onder andere gebruikt worden om klimaten te classificeren wordt steeds een bodemreserve van 300 mm gebruikt. Dit is echter een waarde die in de zandbodems (99% zand) van onze kustduinen volkomen irrelevant is. Gesteund op een maximale bodemdpte voor de beworteling, van 80 cm en een gemiddeld plant beschikbaar water van 5% wordt een bodemreserve van 40 mm en niet 300 mm in onderstaande berekeningen gebruikt. De maandelijkse gegevens voor de PET, AET, DEF en SUR worden gegeven in bijlage A.

Het seizoenaal verloop van PET voor de periode 1985-2002 wordt gekenmerkt door hoge waarden in de periode mei tot augustus, de laagste waarden komen voor tussen oktober tot maart. De AET volgt hetzelfde patroon als PET maar de maxima zijn minder uitgesproken door een tekort aan neerslag. Indien de bodemreserve niet voldoet dan wordt de AET kleiner dan de PET en zal er een deficiet (DEF) optreden. Gedurende de winter worden geen DEF-waarden opgetekend, DEF treedt op vanaf april tot en

met juli. In een aantal droge jaren treedt eveneens een DEF op in augustus en september. Eens de bodemreserve terug is opgevuld tot zijn maximale capaciteit kan er een surplus (SUR) optreden. Gemiddeld genomen is dit tussen september tot en met maart. In droge jaren kan de SUR-periode slechts in november aanvangen, in natte jaren reeds in augustus.

In tabel 4.3 wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste parameters van de waterbalans voor de periode 1985-2002 voor het station Koksijde. Vermits het SUR zich uitstrekt over het najaar - voorjaar werd deze berekend tussen het najaar van het eerste jaar en het daaropvolgende voorjaar. Vanuit deze tabel kan men de afwijkingen tegenover het gemiddelde afleiden. Hieronder worden de jaren vermeld met een afwijking van +/- 1 keer de standaard deviatie tegenover het gemiddelde :

- jaren met hoge PET-waarden zijn 1990 en 1995, met lage PET-waarden zijn 1985, 1987, 1988 en 1991;
- neerslag (P) : natte jaren zijn 2001 en 2002, de droge zijn 1989 en 1990;
- hoge AET-waarden voor de jaren 1994, 2001 en 2002, met lage AET-waarden zijn 1989, 1990 en 1993;
- uitgesproken hoge DEF voor 1989, 1990, 1993 en 1995; zeer kleine DEF voor 1985, 1987, 1992 en 2002;
- SUR hoog in de winters 1987-1988, 1993-1994, 2000-2001; uitzonderlijk laag in 1995-1996.

Uit tabel 4.3 kan men het volgende besluiten :

- zeer droog jaar : met lage P, relatief hoge PET, relatief lage AET, hoge DEF, lage SUR : 1989 en 1990
- zeer nat jaar : hoge P, hoge AET, lage DEF, hoge SUR : 2001 en 2002
- natste winters : 87-88, 93-94, 00-01
- droge winter : 95-96
- niet uitzonderlijk nat jaar maar toch slechts kleine deficieten : 1985 en 1987 (door lagere temperaturen lagere PET en AET)
- zomer van 1993 is zeer droog maar wordt gevolgd door een zeer natte winter
- jaren 1996 tot 2000 zijn normale jaren wat betreft P, PET, AET, DEF en SUR; voor geen enkele van deze parameters worden 1 keer de standaard deviatie ten opzichte van het gemiddelde in zowel positieve als negatieve zin overschreden.

De hierboven voorgestelde resultaten van de waterbalansberekeningen gelden voor systemen die zich buiten de invloed bevinden van de watertafel, althans voor wat betreft de termen AET, DEF en SUR. Bovenstaande berekeningen wijzen erop dat het kustduinecosysteem extremer is dan de vlakbij gelegen polderbodems wat betreft het genereren van deficieten en surplussen. Deze berekeningen zijn gesteund op meteorologische parameters waarbij de PET en AET berekend worden en hieruit het DEF en SUR afgeleid worden. Sevenant et al. (2002) onderzocht verdampingskarakteristieken in verschillende vegetatietypes aan de hand van ecofysiologisch onderzoek. Een derde benadering is deze waarbij de drainage flux beneden de zone met de maximale wortelactiviteit gemeten wordt, waaruit dan de evapotranspiratie berekend wordt (Verplancke, 1995). Deze benaderingswijze werd tot nu toe niet toegepast op een kustduinsysteem.

Tabel 4.3 : Koksijde (51°08'N, 2°39'E, +5m). Overzicht van de jaarlijkse neerslag (P), potentiële evapotranspiratie (PET), actuele evapotranspiratie (AET), deficit (DEF) en surplus (SUR) tussen 1985 en 2002 (in mm). In vet : waarde is kleiner dan gemiddelde – standaard deviatie; in italics en vet : waarde is groter dan gemiddelde + standaard deviatie.

seizoen	jaar	P		PET ¹	AET	DEF	SUR	
	1985	²	754.8	577.6	543.5	34.1	²	211.3
85-86		693.1					233.2	
	1986		782.2	622.4	463.3	159.1		318.8
86-87		774.2					245.5	
	1987		789.0	568.0	538.9	29.1		250.0
87-88		939.6					454.9	
	1988		893.4	588.0	502.8	85.2		390.6
88-89		726.6					200.9	
	1989		611.3	651.6	436.7	214.9		174.6
89-90		622.3					207.4	
	1990		648.2	682.8	396.6	286.2		251.6
90-91		653.3					188.8	
	1991		706.2	579.7	513.1	66.6		193.2
91-92		724.2					207.0	
	1992		752.7	599.5	463.8	35.7		188.9
92-93		668.7					209.6	
	1993		895.9	620.7	421.3	199.4		474.6
93-94		1026.2					486.7	
	1994		815.3	647.4	549.6	97.8		265.7
94-95		843.4					346.7	
	1995		767.8	680.5	468.0	212.5		299.8
95-96		583.2					158.5	
	1996		690.4	616.9	452.8	164.1		237.6
96-97		789.8					249.6	
	1997		694.5	652.0	466.7	185.3		227.8
97-98		732.0					289.8	
	1998		877.5	610.4	499.2	111.2		378.3
98-99		901.9					394.1	
	1999		889.8	609.8	515.0	94.8		374.8
99-2000		872.0					353.6	
	2000		890.8	611.0	500.4	110.6		390.4
2000-01		1010.2					577.0	
	2001		1104.1	644.0	547.5	96.5		556.7
2001-02		1031.3					409.9	
	2002		1021.9	639.0	605.5	33.5		416.4
gemid	85-02		810.3	622.3	493.6	123.1		311.2
			127.6	33.5	52.5	74.8		108.1

¹ : voor een bodemreserve van 40 mm

³ : jaarlijkse neerslag en surplus berekend over de periode juli eerste jaar tot en met juni van het daaropvolgende jaar

5. EVOLUTIE VAN DE DUINVOET VAN HET LOOPDUIN TER HOOGTE VAN PROEFSITE - ZEERUSPANNE

5.1 DE TOPOGRAFISCHE GEGEVENS

De duinvoet van het loopduin werd één keer per jaar sedert 2000 opgemeten met een totaalstation. De methode staat beschreven in §3.1.4. De lokalisatie van het onderzochte gebied en de meetresultaten staan afgebeeld op figuren 5.1 en 5.2. De foto's op het einde van dit hoofdstuk illustreren de evolutie van de duinvoet van het loopduin ter hoogte van de zeeruspanne.

De eerste meting (2000) vertrok vanaf de oostelijke afsluiting van het noordelijk begrazing tot aan het laagste deel van de basisconcauiteit van het loopduin. Ten oosten van de afsluiting werd de recentelijk uitgeblazen panne die zich ontwikkelde en aan de voet van het loopduin voor de eerste maal opgemeten. Twee min of meer evenwijdige secundaire microruggen met NO-ZW oriëntatie – tot één meter hoger dan het deflatieoppervlak – waren reeds ontwikkeld juist ten oosten van de afsluiting. De diepste uitgestoven delen van het deflatieoppervlak ten oosten van de microrug is uitgestoven tot op minder dan 5.6 m Z-peil. **Vegetatie** : de microrug is begroeid met Kruipwilg, het deflatieoppervlak is grotendeels gestabiliseerd met pioniersvegetatie.

Hydrologie : 2000 : de panne aan weerszijden van de afsluiting van het begrazingsblok staat onder water; de reeds gevormde secundaire microrug blijft droog te staan.

In 2001, 2002 en 2003 werd het onderste deel van de basisconcauiteit van het loopduin opgemeten.

21-8-2001

Een nieuwe secundaire microrug begon te ontwikkelen op ongeveer 50 m vanaf de afsluiting in het noorden en tussen 32 en 57 m van de afsluiting in het centrale deel. In het noordelijk deel ligt de hoogte van het ruggetje tussen 6.0-6.2 m Z-peil en zo'n 20 cm hoger dan het omliggende oppervlak. In het centrale deel is de microrug iets meer uitgesproken met een hoogte verschil (6.2-6.4 m Z-peil) van ongeveer 40 cm ten opzichte van de pannevloer. In het zuidelijk gedeelte zien we een onregelmatiger microreliëf ontstaan met hoogteverschillen tot 40 cm zonder dat er een duidelijke rug gevormd wordt.

Vegetatie : gaande van west naar oost vanaf de afsluiting is de secundaire microrug nabij de afsluiting is begroeid met kruipwilg, de panne met pioniervegetatie van Zandzegge, Zeegroene zegge, Drienvrige zegge, Zomprus, grassen (o.a. Fioringras), laag Kruipwilg, ijle helmbegroeiing, Loogkruid ... De aanzet van de nieuwe microrug is begroeid met Helm.

Hydrologie : september 2001 : de panne binnen het begrazingsblok staat grotendeels onder water, het laagste gedeelte van de panne ten oosten van de secundaire microrug nabij de afsluiting staat onder water. In de zeeruspanne is de grondwatertafel slechts gedurende enkele weken onder het maaiveld gezakt.

4-10-2002

In het noordelijk deel ligt de microrug nu op ongeveer 70 m van de afsluiting, ze heeft zich dus in oostelijke richting verplaatst. Ze heeft zich ook iets verhoogd en ligt tussen 6.2-6.4 m Z-peil. In het centrale deel heeft de microrug zich verbreed en verhoogd en vertoont ze de neiging om te ontdubbelen. De hoogste punten van de microrug liggen tussen 6.6-6.8 m Z-peil en tussen 60-100 cm hoger dan het omliggende oppervlak. In het zuidelijk gedeelte verbreekt het microreliëf nog meer met hoogteverschillen tot 60 cm (niet goed te zien).

Vegetatie : gaande van west naar oost vanaf de afsluiting is de secundaire microrug begroeid met Kruipwilg, de pannevloer met pioniersvegetatie, de nieuwe microrug wordt steeds meer begroeid met Helm.

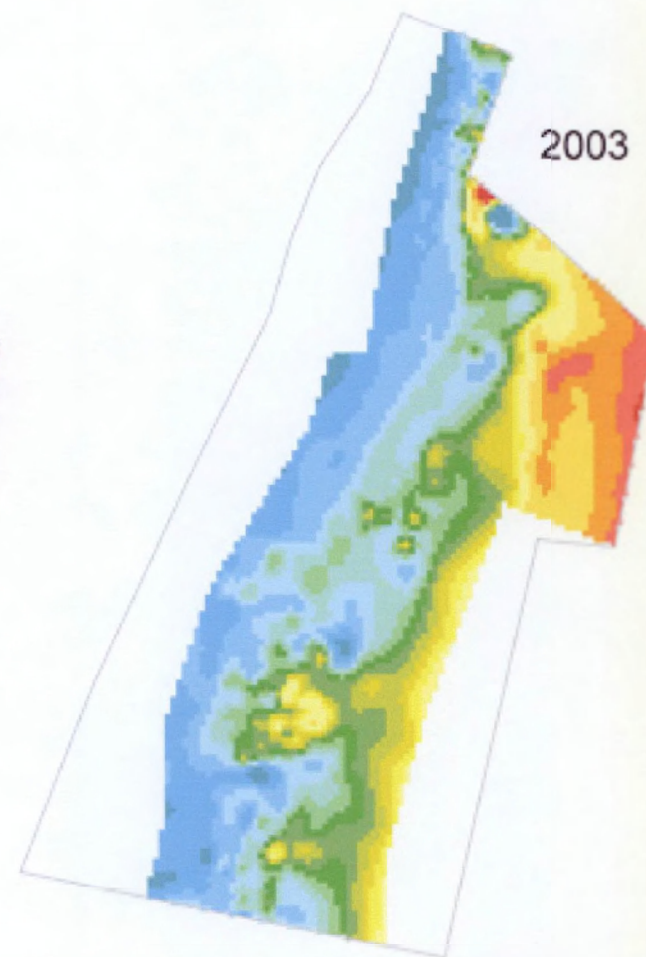
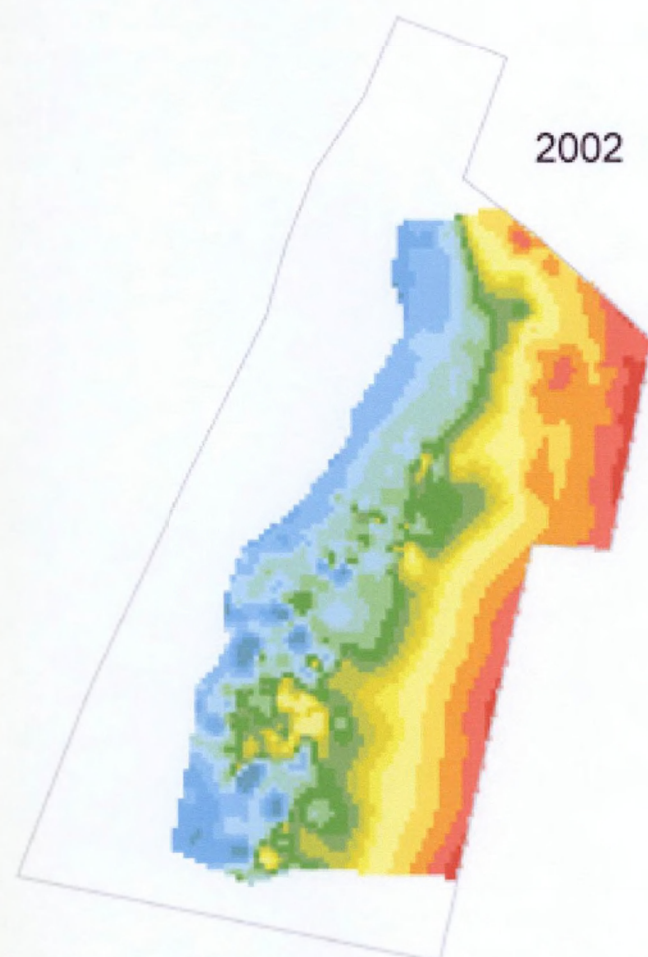
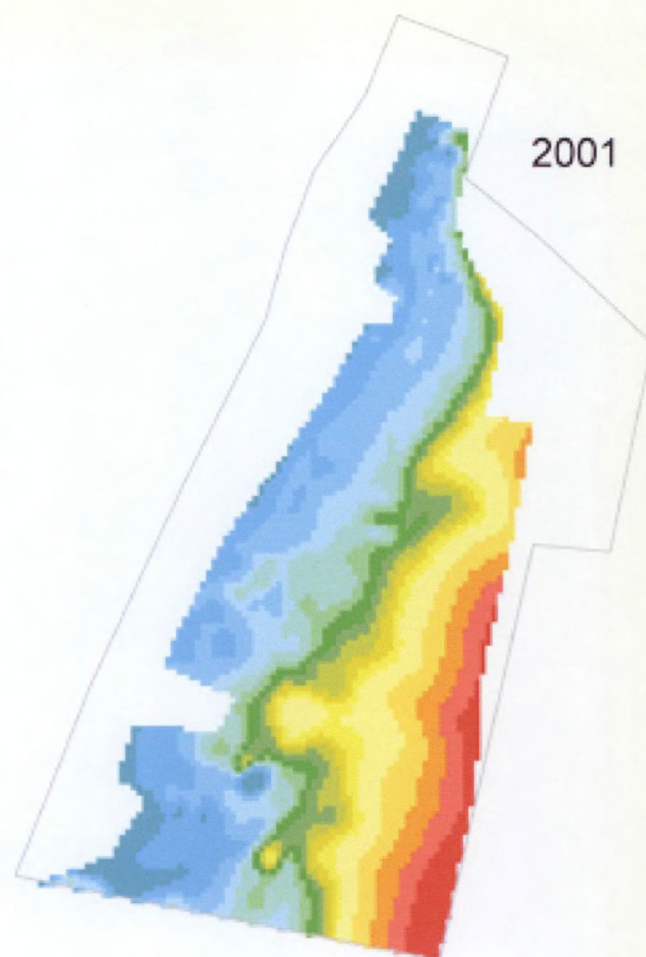
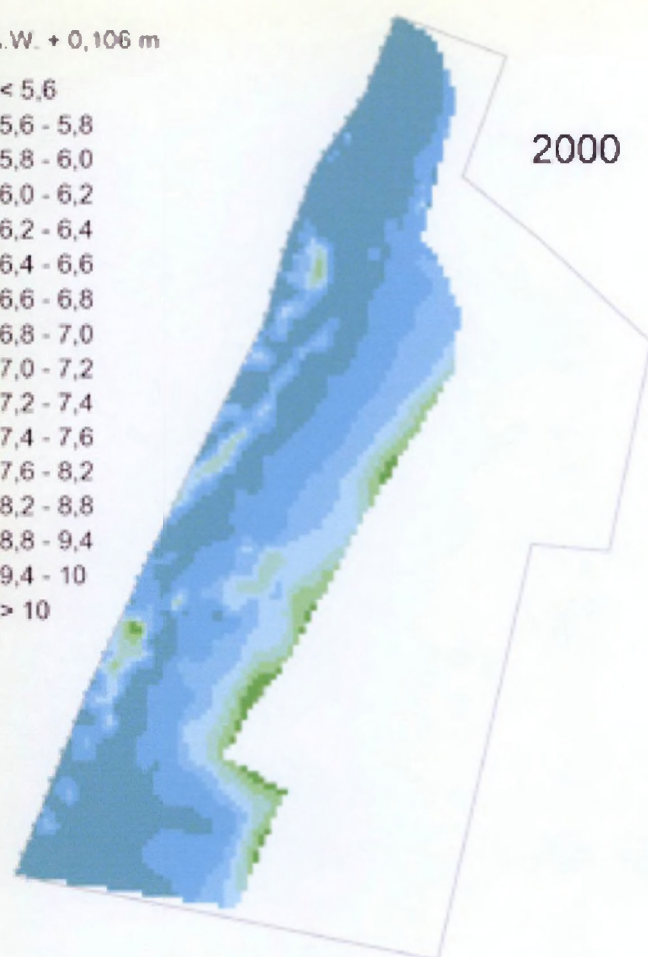
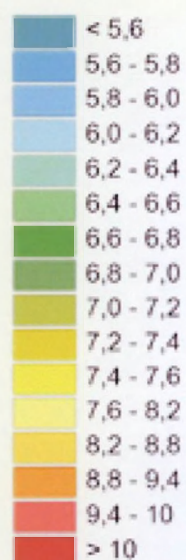
Hydrologie :

- april 2002 : grote delen van de panne ten westen en ten oosten van de afsluiting van het begrazingsblok staan onder water. De secundaire microrug gevormd tegenaan de afsluiting steekt nog uit boven water;
- oktober 2002 : de panne ligt droog.



Fig. 5.1: Lokalisatie van de opmetingssite

Z = T.A.W. + 0,106 m



0 50 100 Meters

Fig. 5.2: Hoogtemetingen van de duinvoet van het loopduin

13-11-2003

In het noordelijk deel heeft de microrug nu een uitgesproken vorm aangenomen. De hoogste punten liggen tussen 6.2 en 6.8 m Z-peil. Ondertussen heeft zich ten oosten van de microrug een nieuwe kleine depressie ontwikkeld met een hoogte tussen 5.8-6.0 m Z-peil, in zuidelijke richting is die voorlopig nog minder diep met een hoogte tussen 6.0-6.2 m Z-peil. Ten oosten van deze depressie zien we een reeks duineilandjes ontstaan. In 2002 begon zich één duineilandje te ontwikkelen door zich te isoleren van het deflatiefront en wordt dit eilandje meer uitgesproken. Iets ten zuiden van het eerste duineilandje vormen zich op gelijkaardige wijze een tweede en derde eilandje.

In het centrale deel is de microrug nu duidelijk verbreed met minstens twee armen, maar zijn de hoogste punten vervlakt.

In het zuidelijk deel zijn eveneens twee duineilanden (één vrij groot en één kleiner) te zien maar doordat in 2000 de duinvoet niet voldoende ver gemeten is, kunnen we niet met zekerheid de genese bepalen.

Vegetatie : pioniersvegetatie met laag Kruipwilgstruweel, Duindoorn in de panne; de nieuwe microrug is sterk begroeid met Helm.

Hydrologie : november 2003 (gedurende de opmeting) was de panne droog.

5.2 SEDIMENTATIEBALANS : ACCUMULATIE OF EROSIE

Figuur 5.3 toont voor de periodes 2000 – 2001, 2001 – 2002 en 2002 – 2003 of er een netto verhoging of verlaging van het topografisch oppervlak optreedt.

2000-2001 :

microrug : een zwakke duinrug (10-25 cm hoger dan het omliggende oppervlak) heeft zich ontwikkeld in het noordelijk gedeelte; in het centrale en zuidelijke deel vertoont de topografie een zwakke verhoging, verlaging of geen van beide.

duinvoet : de rand van de duinvoet heeft deflatie ondergaan en het oppervlak is tussen 10 en 55 cm verlaagd, lokaal in het zuidelijk gedeelte is het oppervlak tot 70 cm verlaagd.

2001-2002 :

microrug : de duinrug in het noordelijk gedeelte heeft zich verplaatst in oostelijke richting, het centrale en zuidelijke deel vertonen een mozaïek patroon van verhogen en verlagen van de pannenvloer zonder duidelijke duinrugvorming. De bron van het zand voor de aangroei van de microrug bevindt zich ten oosten van de microrug, d.w.z. dat de groei van de microrug gevoed wordt door winden vanuit (noord)oostelijke richting.

duinvoet : van noord tot zuid is ze sterk geërodeerd met verlagingen tussen 40 tot 70 cm.

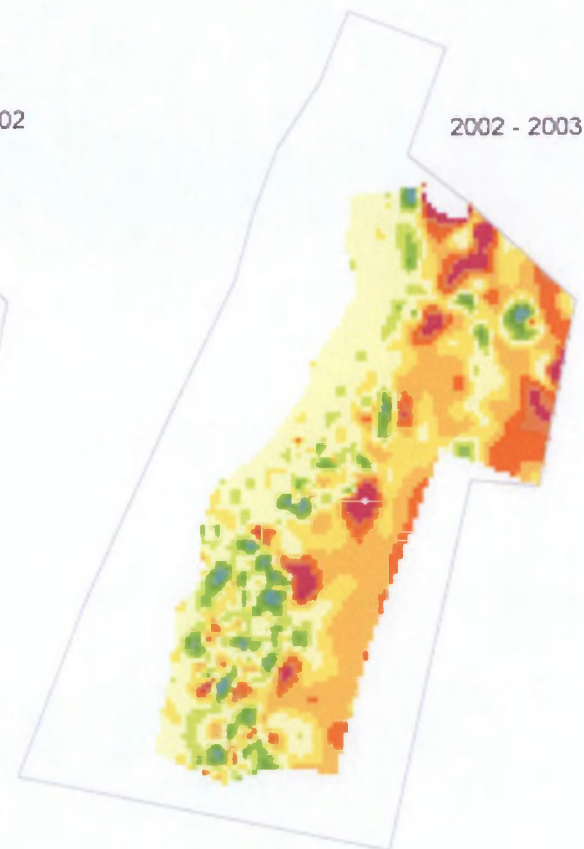
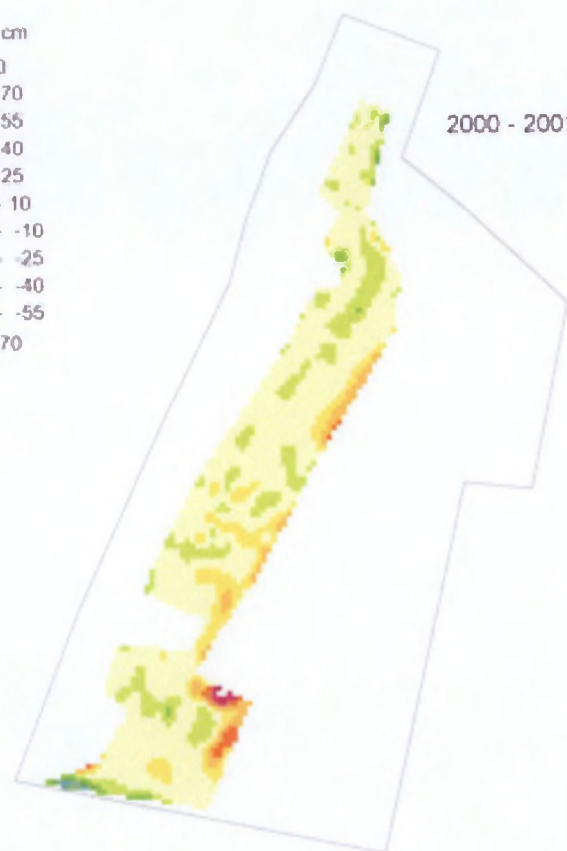
2002-2003 :

microrug : de duinrug in het noordelijk deel hoogt nog meer op, in het centrale en zuidelijke deel blijft er een vlekkelig patroon van verhoging en verlaging bestaan maar met overwegend verhoging van de topografie.

duinvoet : de basisconcaaviteit verlaagt verder met 25-40 cm, lokaal dieper maar in een onregelmatiger patroon dan in de periode 2001-2002.

Verskil in cm

> 70
55 - 70
40 - 55
25 - 40
10 - 25
-10 - 10
-25 - -10
-40 - -25
-55 - -40
-70 - -55
< -70



0 50 100 Meters

Fig. 5.3: Sedimentatiebalans voor de duinvoet van het loopduin

5.3 EVOLUTIE VAN HET KALKGEHALTE LANGSHEEN EEN TRANSECT IN DE RECENTELIJK GESTABILISEERDE PANNE AAN DE VOET VAN HET LOOPDUIN

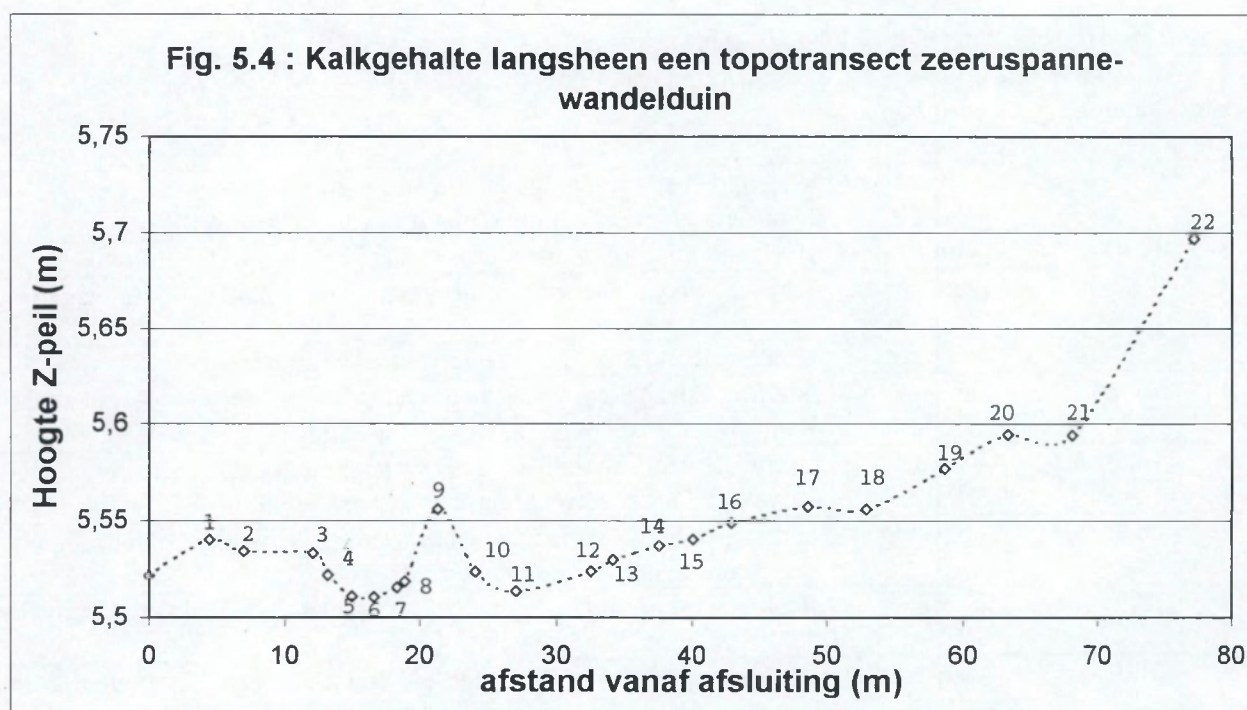
5.3.1 BESCHRIJVING VAN DE BEMONSTERDE SITES

Het topografisch transect en de lokalisatie van de bemonsterde sites wordt aangeduid in fig. 5.4. De foto's op het einde van dit hoofdstuk tonen het transect en enkele sites. Tegenaan de afsluiting heeft zich een dubbele relatief lage secundaire microrug ontwikkelt. Het diepste gedeelte van het transect ligt ter hoogte van sites 5 en 6 en 11, d.w. z. aan de oostzijde van de microrug. Op het ogenblik van de bemonstering stonden de zones tussen 5-6-7, 1-1-12 onder water.

Tabel 5.1 : Beschrijving van de bemonsterde sites

nr site	afstand (m) vanaf de afsluiting	korst-vorming na drogen	beschrijving van de site (5/10/2001)
1	4.5	aanwezig	verlengde van kruipwilgeilandje met Kruipwilg tot 50 cm hoog, Duinriet; bodem is begroeid met mos (duinsterretjesmos)
2	6.9-7.1	geen	flank van microruggetje begroeid met Zandzegge
3	12.0-12.2	dunne korst	bovenste deel flank van microruggetje, kaal stukje met Zandzegge en groene film van wier
4	13.1-13.3	zeer zwak	onderste deel flank microruggetje, kaal en Zandzegge
5	15.0	aanwezig	begin van plas, 5 cm water, begroeid met Zandzegge, kale stukken, Kruipwilg tot 20 cm hoog, Drienvrige zegge
6	16.5-16.8	aanwezig	middelste deel van de plas, 6 cm water, kale plekken, Kruipwilg tot 25 cm hoog, Zandzegge + Zeegroene zegge, Zomprus
7	18.3	aanwezig	ondiep gedeelte van de plas, 1 cm water, kale plekken, Zandzegge, Zeegroene zegge, Kruipwilg tot 15 cm hoog
8	18.9	aanwezig	flank van microruggetje, juist buiten de plas, kale plekken, Kruipwilg tot 10 cm hoog, Zandzegge
9	21.3	geen	top van het microruggetje, begroeid met Zandzegge (groot deel is uitgedroogd), ander gras (fijn en zeer lichtgroen), enkele open plekken
10	24.1	goed ontwikkeld	flank van het microruggetje georiënteerd naar het wandelduin, open plekken met wier, slijm en kalk, Kruipwilg tot 30 cm, Zandzegge, Zeegroene zegge
11	27-27.3	aanwezig	centraal gedeelte van de plas, open plekken, Kruipwilg tot 30 cm, Drienvrige zegge
12	32.6	aanwezig	flank van microruggetje, gericht naar het begrazingsblok, net niet onder water, kale plekken, Drienvrige zegge, Kruipwilg tot 50 cm hoog, verdorde grassen
13	34.2-34.3	aanwezig	flank van microruggetje, gericht naar het begrazingsblok, volledige bodembedekking, Drienvrige zegge, Zandzegge, verdorde grassen, kleine naaktslakken (1 cm lang, 2 mm breed) olijfgroene glibberige bolletjes tot 0.5 cm Ø
14	37.55-37.7	aanwezig	volledig kaal met zeer weinig Zandzegge, Kruipwilg tot 15 cm hoog, wit korstje aan het oppervlak
15	40.0-40.2	aanwezig	zandig oppervlak, zeer open met zeer weinig Zandzegge
16	42.9-43.1	aanwezig	relatief kaal met verspoeld zand aan het oppervlak, weinig Kruipwilg tot 30 cm hoog, Drienvrige zegge, dun korstje met rode schijn, grijze vlekken (wieren?)
17	48.5-48.8	aanwezig	zeer open, zeer weinig Zandzegge, mosjes, dun korstje met verspoeld zand, grijze vlekken (wieren?)
18	52.8-53.0	zeer zwak	kleine depressie na beginnend rugje begroeid met Helm, vnl. kaal met Zandzegge, sporadisch Zomprus, grijze vlekken (wieren?), mosjes

19	58.6-58.8	geen	zeer kale helling met Zandzegge, begin van Loogkruid, splash marks in het zand, mosjes
20	63.2-63.4	geen	klein bultje, zone met Loogkruid, de rest van de bodem is kaal, geen mos, geen wieren, splash marks in het zand
21	68.0-68.2	geen	kleine depressie naar wandelduin, volledig kaal, geen mos, geen wier, splash marks in het zand, schelpbrokjes aan het oppervlak tot 3 mm lang
22	77.25-77.45	geen	bovenaan helling van een klein bultje op de flank van het wandelduin, volledig kaal, geen mos, geen wieren, splash marks in het zand



5.3.2 RESULTATEN KALKGEHALTE

Tabel 5.2 geeft het kalkgehalte van de bovenstaande beschreven sites. Voor de sites 4, 5, 14 en 21 werd in detail (per interval van telkens 1 cm tot een diepte van 5 cm) het kalkgehalte gemeten (tabel 5.3)

Tabel 5.2 : Kalkgehalte (%) tussen 0-3 cm, langsheen het topotransect Zeeruspanne – voet loopduin

site	afstand vanaf omheining (m)	kalkgehalte (%)	site	afstand vanaf omheining (m)	kalkgehalte (%)
1	4.5	2.9	12	32.6	5.1
2	6.9-7.1	2.4	13	34.2-34.3	4.5/4.4*
3	12.0-12.2	3.8	14	37.55-37.7	5.1
4	13.1-13.3	4.3	15	40.0-40.2	4.1
5	15.0	4.6	16	42.9-43.1	4.2
6	16.5-16.8	4.5/4.6*	17	48.5-48.8	5.9/5.8*
7	18.3	4.4	18	52.8-53.0	4.9
8	18.9	3.4	19	58.6-58.8	4.9
9	21.3	3.9/4.1*	20	63.2-63.4	5.9
10	24.1	2.0	21	68.0-68.2	4.4
11	27.0-27.3	4.8	22	77.25-77.45	7.1

* : 2 metingen ter controle van de analyse

Het kalkgehalte varieert tussen 2.0 en 7.1%. Het eerste microruggetje vertoont relatief lage kalkgehalten. Dit zou enerzijds verklaard kunnen worden doordat het moedermateriaal van de ruggetjes van oorsprong minder kalkrijk zijn. Op het deflatieoppervlak dichtbij het loopduin komen soms echte schelpenbanken voor of is de bodem in de bovenste mm bedekt met schelpfragmenten die in feite een erosieoppervlak bestaande uit schelpfragmenten (naar analogie met keienvloer of desert pavement/reg/lag gravel) vormen. Afhankelijk van de heersende windsnelheid zullen de secundaire winden in de eerste plaats het zand met kalkkorrels in de zandfractie afzetten. Een andere mogelijkheid voor de lagere kalkgehalten op het microruggetje is reeds het effect van het uitlogingsproces maar gezien het algemeen verloop van het kalkgehalte is een uitloging van kalk op deze korte stabilisatieperiode onwaarschijnlijk. De hogere kalkgehalten worden teruggevonden vanaf site 17 en zijn te wijten aan het voorkomen van de schelpenbanken.

Tabel 5.3 : Kalkgehalte (%) van 4 geselecteerde sites gemeten in intervallen van 1 cm tot 5 cm diepte.

diepte (cm)	site			
	4	5	14	21
0-1	4.7	5.3	4.4	4.7
1-2	5.4	4.1	4.8	3.6
2-3	4.2	3.9	4.8	3.5
3-4	4.1	4.1	5.0	3.9
4-5	4.5	4.7	4.4	3.5

Op site 4 en 5 (respectievelijk helling en plas) en sites 14 en 21 (hoger gedeelte van de pannenvloer) werd per interval van 1 cm tot 5 cm diepte het kalkgehalte bepaald. Er is geen duidelijke trend te zien in deze cijfers, behalve dat de plassituatie (site 5) en de helling (site 21) in de bovenste 0-1 cm een hoog kalkgehalte heeft. Een duidelijke trend met de diepte is niet te zien. Het feit dat vele sites een dunne korst vertonen die sterk opbruist met HCl en waarschijnlijk een hoog kalkgehalte heeft, komt niet tot uiting in de gegevens. Blijkbaar moet de bemonstering nog meer aangepast worden door submonsters te nemen van slechts enkele mm dikte. Micromorfologisch onderzoek van de dunne korst en de onderliggende bodem is eveneens een mogelijkheid.

5.4 DISCUSSIE EN BESLUIT

De ontwikkeling en verdere evolutie van een secundaire microrug kan men als volgt samenvatten:

- De secundaire microrug ontwikkelt zich, maar in een beginstadium (1 jaar oud) kan ze zich nog verder verplaatsen, in het tweede en derde jaar verhoogt de secundaire microrug en wordt ze meer aaneengesloten, in het derde jaar ontwikkelt zich duidelijk een nieuwe depressie ten oosten van de nieuwe secundaire microrug.
- Duineilandjes worden gevormd aan de rand van het deflatieoppervlak. Ze worden gevormd doordat een zandlichaam om één of andere redenen meer weerstand biedt tegen de winderosie dan het omliggende oppervlak. Uiteindelijk blijven duintjes als relicteilandjes achter in een uitgestoven panne. Metingen in de toekomst zullen uitwijzen indien deze eilandjes een permanent karakter hebben.

De metingen tonen aan dat er zich op twee manieren microruggen vormen :

- 1) nieuwe secundaire microruggen die ontstaan door accumulatieprocessen,
- 2) duineilanden die als restanten van het deflatieoppervlak achterblijven.

Het eerste type wordt door Lefèvre (1931, p. 51 & planche III) ondergebracht als “dunes embryonnaires parasites”. Herbauts (1971, p. 20 – overgenomen uit Lefèvre, 1931) wijt het ontstaan van deze microruggen aan de dominante winden. Hij localiseert ze eveneens vooral aan de ZW-zijde van het paraboolduin (p. 70-71). Enerzijds is het logisch dat de microruggen zich beter ontwikkelen aan deze zijde zoals bij het loopduin waar de microruggen de basisconcaafteit van het deflatieoppervlak volgen, indien we aannemen dat deze microruggen gevormd worden door de winden komende uit de secundaire windrichting en niet uit de dominante windrichting. Anderzijds tonen onze waarnemingen aan dat microruggen geassocieerd met paraboolduinen een hoefijzervorm vertonen en de rand van de uitblazingsvallei volgen. Gedetailleerd topografisch onderzoek moet uitmaken indien er op een systematische wijze verschillen bestaan in de mate waarin de microruggen zich ontwikkelen aan de rand van de uitblazingsvallei.

Het type beschreven door Lefèvre (1931, p. 52) en aangehaald door Herbauts (1971, p. 14) en Depuydt (1967, p. 25) waarbij duinresten uit een voormalige paraboolduinkern achterblijven is op dit site niet waargenomen.

De ontwikkeling van deze secundaire microruggen verhoogt binnen korte afstanden de variabiliteit binnen het abiotische milieu. De nieuwgevormde microrug die na drie jaar een 80-tal cm boven de pannevloer uitsteekt, vormt een aanzienlijk droger milieu dan de laaggelegen pannevloer. De microrug wordt geleidelijk aan hoger door zandfixatie door meegroeiende vegetatie zoals Helm. Binnen deze microruggen is de biologisch actieve laag ook merkbaar hoger dan in de panne (Vermoortel, 1990). Ook konijnenactiviteit situeert zich bij voorkeur op de secundaire microruggen. Na langdurige stabilisatie, in de orde van 150-200 jaar zoals het geval is in Réserve biologique domaniale de la Côte d'Opale treedt een differentiatie in bodemvorming op. Binnen het systeem van de microruggen kan men 2 faciës onderscheiden : 1) een sterk gebioturbeerde bodem met een Mull (humustype) dat nog kalkhoudend is tot aan het oppervlak maar met een duidelijk lager kalkgehalte dan het moedermateriaal (C-horizont); 2) een bodem met ontwikkeling van de micropodzol, d.w.z. het bodemprofiel vertoont een Mormoder, een duidelijk ontwikkelde E- en zwakke B.(hir) horizont.

In de depressie kan men ook twee duidelijke faciës onderscheiden :

- 1) in het natste gedeelte ontwikkelen zich profielen sterk beïnvloed door de grondwatertafel en in sommige gevallen aangevuld met laterale aanvoer van ijzerrijk en/of kalkrijk water. Afhankelijk

van de grondwaterstromingen kan men hier lichte ontkalking, aanrijking met ijzer of aanrijking met kalk aantreffen.

2) in de iets minder natte gedeelten van de depressie ontwikkelen zich podzolen met een Mormoder tot Mor humusprofiel. Ontkalking kan relatief diep reiken, en er wordt een duidelijke E- en B.hir-horizont gevormd.

Verder onderzoek moet aantonen of deze evolutie naar hogere abiotische variabiliteit in de Westhoek leidt tot een hogere biodiversiteit binnen het algemene pannevloersysteem.

Het kalkgehalte werd onderzocht langsheen een topotransect vanaf de afsluiting tot en met het laagste gedeelte van het loopduin. De gegevens tonen aan dat het kalkgehalte sterk wisselt en grotendeels gebonden is aan de toevallige samenstelling van het moedermateriaal. De kalk- en wierenkorst die op de laagst gelegen sites gevormd worden bij uitdroging, leiden niet tot verhoging van het kalkgehalte in de monsters genomen tussen 0-3 cm en 0-1 cm. Waarschijnlijk is de dikte van de korst té gering om de meetresultaten te kunnen beïnvloeden.

Evolutie van het deflatieoppervlak ter hoogte van de voet van het loopduinoppervlak nabij proefsite 8 - Zeeruspanne



maart 1995



november 1996



april 1998



1999



2000



september 2000



mei 2001



september 2001



september 2002



november 2003



juni 1998



november 1998

Vorming en evolutie van een paraboolduin



1995



1998



2000



2001



2002



2003



overzicht panne 2001

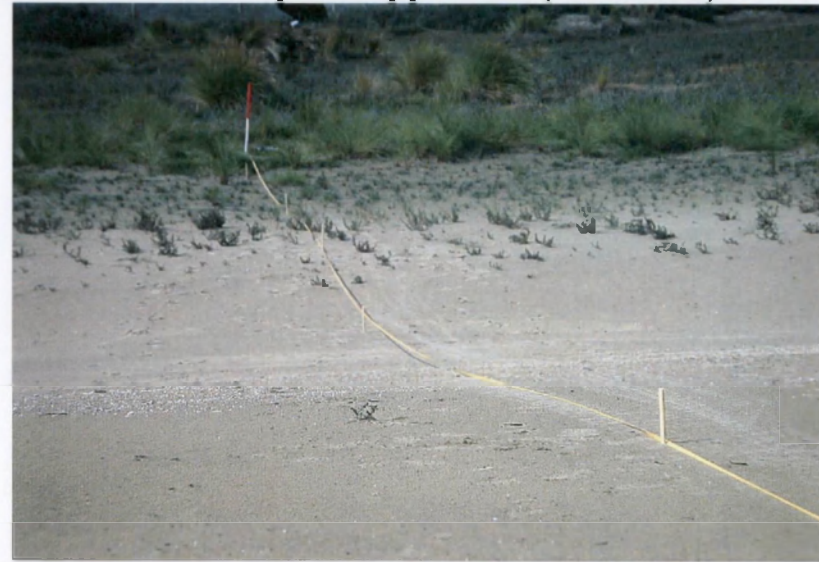


overzicht panne 2003

Evolutie van het kalkgehalte langsheen transect aan de voet van loopduinoppervlak (5/10/2001)



Transect vanaf afsluiting zeeruspanne



Transect ter hoogte van voet loopduinoppervlak



Site 10 : Flank microruggetje georiënteerd naar wandelduin
Bij uitdrogen wordt een kalk- en wierenkorst gevormd



Site 21 : kleine depressie onderste deel helling loopduin
Aan het oppervlak gebroken schelpfragmenten

6. WATERKWALITEIT VAN DE DRINKPOELEN

In dit onderzoeksproject werd de kwaliteit van het water van 12 poelen in het Vlaams natuurreservaat (VNR) Westhoek en 2 in het VNR Houtsaegerduinen onderzocht op 5/9/2002. De lokalisatie van de bemonsterde veedrinkpoelen wordt aangeduid in fig. 6.1 en 6.2. Alle gegevens omtrent de wateranalyses worden voorgesteld in Bijlage B.

Binnen het kader van dit project werden geen watermonsters uit de peilbuizen genomen. Gegevens voor waterkwaliteit uit boorpunten voor het staatsnatuurreservaat De Westhoek zijn beschikbaar in volgende publicaties:

Lebbe, L., 1978. Hydrogeologie van het duingebied ten westen van De Panne, 164 p. Gent, Geologisch Instituut, Doctoraatsverhandeling.

Lebbe, L. & De Breuck, 1980. Hydrochemie van de freatische waterlaag ten westen van De Panne. Tijdschrift BECEWA (Gent), nr. 58, 5/1980, 124-138.

Deze gegevens zijn, ondanks het feit dat het om waterkwaliteit van grondwater gaat, uitermate interessant vergelijkingsmateriaal. Volgens deze gegevens wordt het duingebied waarin de door ons onderzochte veedrinkpoelen liggen, gekenmerkt door zoet tot matig zoet water met 80 tot 95% aardalkaliën ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) van de kationen. Het bicarbonaat schommelde tussen 55 en 85% van de anionen. Het sulfaatgehalte was in de omgeving van de waterwinning drie tot vijfmaal groter dan op de andere plaatsen in de duinen. Dit hoge sulfaatgehalte werd toegeschreven aan de watertafeldaling in het winningsgebied vanaf 1967, waardoor oxidatie zich heeft voorgedaan in een gedeelte van de vroegere watervoerende laag. De sulfiden in de klei en in de veenrijke lagen werden aldus omgezet tot sulfaten die opgenomen worden in het doorsijpelend water. De watermonsters genomen aan de duinvoet van de zeereep en onder de windgeulen van de zeereep zijn zwak zoete tot brakke waters met een maximaal aandeel van 30% aardalkaliën op de kationen.

6.1 VELDGEGEVENS VAN DE POELWATERS

Gedurende de meting van 5/9/2002 worden een aantal parameters zoals temperatuur, geleidbaarheid, zuurstof en elektrische geleidbaarheid op het terrein gemeten. In het labo worden de metingen herhaald voor geleidbaarheid. De resultaten staan in tabel 6.1. Hoogste waarden voor geleidbaarheid worden waargenomen in poelen 18 en 20 en in mindere mate in poelen 19 en grenspad. Geleidbaarheid op terrein en in labo vertonen een significante positieve correlatie ($P=0.991^{**}$).

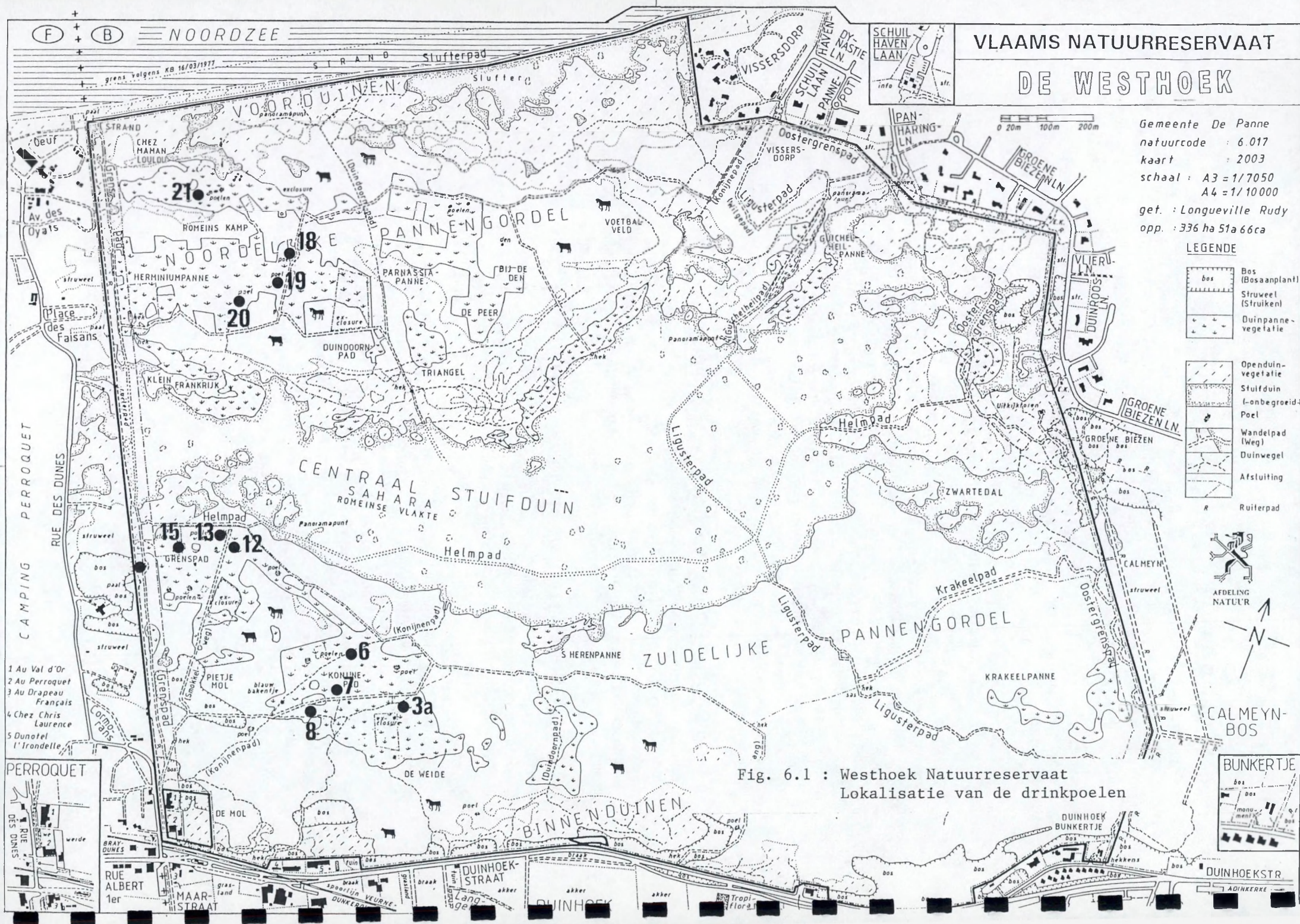
6.2 CLASSIFICATIE VAN STUYFZAND (1986)

Zoals reeds uitgelegd in hoofdstuk 3 - Methodologie (§3.3.3), worden volgens de classificatie van Stuyfzand vier criteria gebruikt om de kwaliteit van watermonsters te classificeren: hoofdtype, hardheidscode, type (kationen en anionen) en kationenuitwisselingscode.

6.2.1 HOOFDTYPE

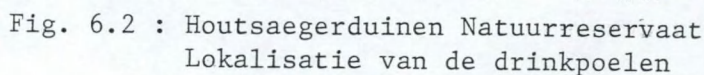
Gesteund op het chloridegehalte wordt het hoofdtype bepaald. Zeewater bevat zo'n 19 000 mg/l aan Cl^- , regenwater 4 mg/l (Walraevens, 1987). Tabel 6.1 toont voor de onderzochte monsters zeer lage tot lage chloridegehalten - weliswaar hoger dan het regenwater - zodat ze allemaal tot het hoofdtype "zoet" (F) behoren, behalve poel 18 (5/09/02) en poel 20 (5/09/02) die tot het type zoet tot brak (Fb) behoren. De aanwezige fractie van zout water in het water van de poelen is uiterst gering. Dit betekent dat de belangrijkste bron van water voor de poelen afkomstig is van het regenwater en dat het grondwater dat deze poelen voedt eveneens van het type "zoet" is (De Breuck et al., 1974).

Vergeleken met de vorige metingen (16/09/99, 7/05/99 en 10/09/98) zijn de chloride-gehalten hoger in poelen 6, 7, 12, 13, 15, 18 en de grote poel van de Houtsaegerduinen, voor poelen 3a en 21 is het gehalte lager.



NOORDZEE

opp. : 86 ha27 a 91 ca



Tabel 6.1 : Hoofdtype, gesteund op het chloridegehalte.

poel	datum		datum		
	5/09/02		16/09/99	7/05/99	10/09/98
	Cl ⁻ (mg/l)	code	Cl ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
3a	36.33	F	51.38	39.28	47.22
6	82.57	F	39.47	23.05	
7	42.87	F	31.15	31.28	31.55
8	54.00	F	71.94	50.01	132.11
12	32.54	F	23.75	22.72	26.33
13	53.20	F	26.87	20.72	36.77
15	52.23	F	29.52	20.61	52.02
18	169.60	Fb	81.72	32.39	118.49
19	113.37	F			
20	212.06	Fb			
21	55.26	F	81.27	59.17	106.24
grenspad	40.58	F			
HSGP	79.36	F		28.27	26.11
HSKP	33.69	F			

6.2.2 HARDHEIDSCODE

De hardheidscode wordt berekend aan de hand van de Ca²⁺ en Mg²⁺ concentraties (zie § 3.3.3). De resultaten voor de hardheidscode worden voorgesteld in tabel 6.2. De meeste onderzochte monsters behoren tot de klasse matig hard (1) en hard (2). Uitzonderlijk wordt zeer hard (3) opgemeten (nieuwe poel langs het grenspad – 5/9/02). De Ca²⁺ en Mg²⁺ concentraties in regenwater bedragen 1.6 en 1.0 mg/l respectievelijk (Walraevens, 1987). Onderstaande tabel (en de tabellen in bijlage) toont dus duidelijk aan dat een verhoging in de concentratie van deze kationen heeft opgetreden. Dit is waarschijnlijk te wijten aan de oplossing van schelp- en krijtfragmenten in het moedermateriaal.

Tabel 6.2 : Watertype steunend op totale hardheid (TH).

poel	datum				
	5/09/02		16/09/99	7/05/99	10/09/98
	TH (°F)	code	TH (°F)	TH (°F)	TH (°F)
3a	25.4	2	32.2	24.9	40.7
6	20.5	2	23.2	18.9	
7	14.8	1	18.4	27.0	18.9
8	17.4	1	31.9	27.9	28.7
12	10.5	1	10.0	21.7	16.7
13	18.4	1	20.3	9.4	17.4
15	22.2	2	14.9	16.9	14.9
18	27.1	2	16.9	8.2	21.8
19	16.7	1			
20	21.5	2			
21	24.4	2	30.4	23.0	32.6
grenspad	43.8	3			
HSGP	17.9	1	13.5	12.2	13.4
HSKP	20.4	2			

Op 5/09/2002 was de totale hardheid lager dan voorheen in poelen 7 en 8, hoger dan voorheen in poelen 15, 18 en HSGP. In de nieuwe poel langs het grenspad is de totale hardheid het hoogst. Een mogelijke verklaring is dat deze poel recentelijk gegraven werd en dat hierdoor de samenstelling van het water nog voornamelijk grondwater gebonden is terwijl bij de andere poelen een verdunning aanwezig is door de neerslag. Analysegegevens voor grondwater (27 monsters) uitgevoerd door Lebbe & De Breuck (1980) tonen een gemiddelde concentratie van 97.15 mg/l aan Ca²⁺, dit is hoger dan alle waarden voor de poelen met uitzondering van de grenspad poel.

6.2.3 TYPE

Ter bepaling van de relatieve verdeling van de kationen en anionen werden de belangrijkste kationen- en anionengroepen uitgezet in een driehoeksdiagram. Hiervan werd dan het kationen- en anionentype afgeleid (zie figuren 6.3 en 6.4).

Wat betreft het kation-type behoren de meeste monsters tot het $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -type met uitzondering van poelen 18, 19 en 20 die tot het $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{NH}_4^+$ type behoren. Poelen 18, 19 en 20 liggen in het noordelijke deel van de Westhoek en het hogere relatieve aandeel van $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{NH}_4^+$ ionen toont de grotere invloed van sea-spray. Poel 21 ligt ook in het noordelijk deel maar vertoont deze trend niet, wat misschien verklaard kan worden door de duinmorfologie.

Het anion-type is in de meeste gevallen het bicarbonaat-ion (HCO_3^-) met uitzondering van poelen 20 en grote poel Houtsaeger waarbij een menging van de anionen voorkomt.

6.2.4 KATIONENUITWISSELINGSCODE

Tabel 6.3 geeft de resultaten van de berekeningen die leiden tot de kationenuitwisselingscode.

Tabel 6.3 : Kationenuitwisselingsparameter en $\sqrt{0.5\text{Cl}^-}$.

poel	5/09/02 ($\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+}$)- verbeterd	$\sqrt{0.5 \text{Cl}^-}$	Code
3a	1.18	0.71	+
6	0.88	1.08	Ø
7	0.91	0.78	+
8	1.44	0.87	+
12	1.00	0.68	+
13	1.12	0.87	+
15	1.02	0.86	+
18	2.63	1.55	+
19	2.41	1.26	+
20	4.59	1.73	+
21	1.35	0.88	+
grenspad	0.65	0.75	Ø
HSGP	0.45	1.06	Ø
HSKP	0.80	0.69	+

Bovenstaande tabel toont aan dat de onderzochte watermonsters een kationen ($\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+}$)-evenwicht (poel 6, grenspad en HSGP) hebben of een kationen-overschot (alle overige poelen).

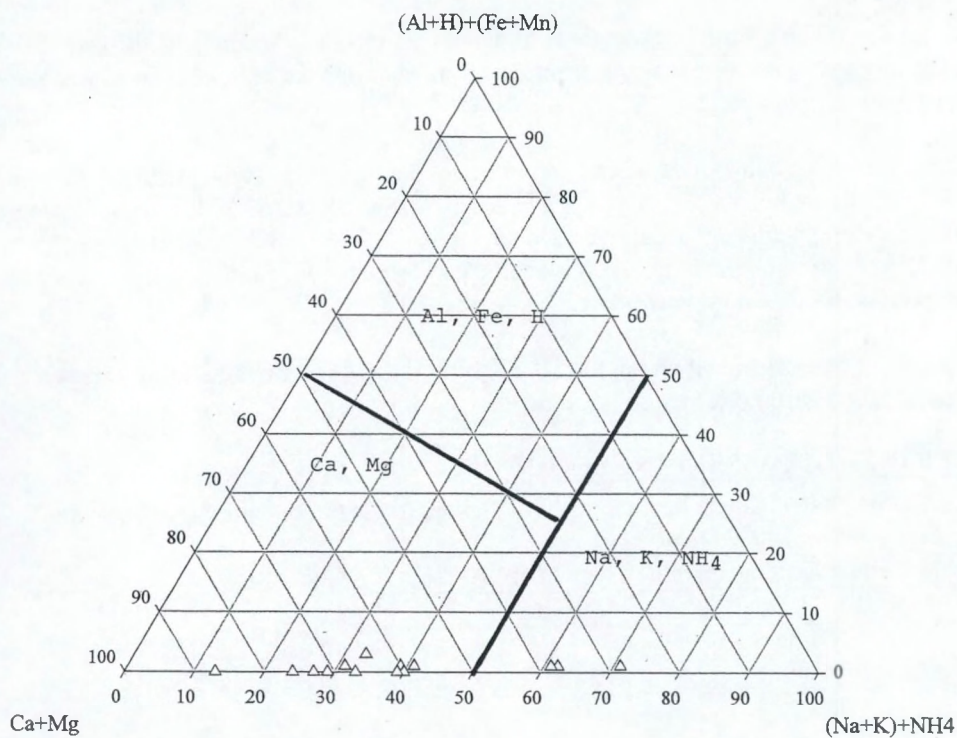


Fig. 6.3. : Bepaling van het type, kationen - 5/9/2002

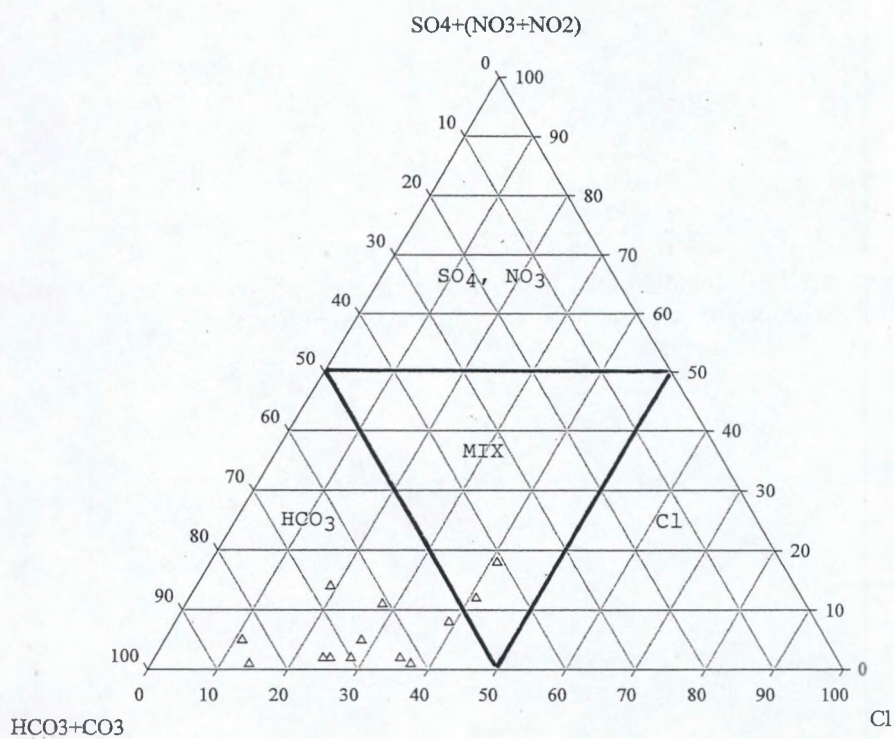


Fig. 6.4 : Bepaling van het type, anionen - 5/9/2002

6.2.5 CLASSIFICATIE VOOR WATERKWALITEIT VOLGENS STUYFZAND (1986)

In tabel 6.4 staat het watertype vermeld voor de onderzochte poelen.

Tabel 6.4 : Toepassing van de classificatie voor waterkwaliteit volgens Stuyfzand (1986).

poel	datum 5/09/02
3a	F2-CaHCO ₃ ⁺
6	F2-CaHCO ₃ Ø
7	F1-CaHCO ₃ ⁺
8	F1-CaHCO ₃ ⁺
12	F1-CaHCO ₃ ⁺
13	F1-CaHCO ₃ ⁺
15	F2-CaHCO ₃ ⁺
18	Fb2-NaHCO ₃ ⁺
19	F1-NaHCO ₃ ⁺
20	Fb2-Na mix ⁺
21	F2-CaHCO ₃ ⁺
grenspad	F3-CaHCO ₃ Ø
HSGP	F1-Ca mixØ
HSKP	F2-CaHCO ₃ ⁺

De meeste onderzochte watermonsters zijn van het calciumbicarbonaat type (CaHCO₃⁺). In poelen 18 en 19 komt het natriumbicarbonaat type voor (NaHCO₃), in poel 20 het Na mix en in de grote poel van de Houtsaegerduinen het Ca mix type.

De dominantie van het CaHCO₃⁺-type kan toegeschreven worden aan de oplossing van CaCO₃ dat aanwezig is in het moedermateriaal onder de vorm van schelp- en krijtfragmenten. Het voorkomen van een Na⁺-mix type kan verklaard worden door de aanvoer van Na⁺-ionen onder de vorm van sea-spray. Zeewind is beladen met zoutpartikeltjes en wordt door de dominante wind landinwaarts vervoerd. Voor de poelen dicht bij de zee kan men dan ook hogere concentraties aan Na⁺ en Cl⁻ ionen verwachten. Dit is het geval voor drie van de vier poelen (18, 19 en 20) gelegen ten noorden van het wandelduin; ze hebben Na als het kation type.

6.3 VOORSTELLING VAN DE WATERKWALITEIT OP EEN PIPER DIAGRAM

De waterkwaliteit van de watermonsters van de poelen werden voorgesteld op een Piper-diagram (figuur 6.5).

De punten op het Piper-diagram liggen duidelijk meer verspreid vergeleken met de 3 andere bemonsteringsperiodes (Ampe, 2000). Vanaf het diagram kunnen drie groepen poelen onderscheiden worden :

- 1) de grote poel in de Houtsaegerduinen HSGP heeft een relatief groot procentueel aandeel aan SO₄+NO_x en Cl, en relatief laag procentuele proportie aan HCO₃⁺+CO₃
- 2) poelen 18-19-20 vormen een groep poelen gelegen in het noordelijk deel van de Westhoek, met een relatief laag procentuele proportie aan Ca+Mg en relatief hoog procentueel aandeel van Na+K+NH₄. Chloriden hebben toch een iets hoger procentueel aandeel vergeleken met de andere poelen wat toch wijst op sea-spray. Dezelfde trend is niet te zien op het Piper-diagram bij poel 21 dat nochtans dicht bij de zee gelegen is. De Na- en Cl-bepalingen tonen echter wel een iets hogere concentratie voor deze poel vergeleken met de poelen in het zuidelijk deel van de Westhoek (zie verder § 6.5) zodat er toch een zwakke sea-spray invloed aanwezig moet zijn.
- 3) de nieuw gegraven poel langs het grenspad het het hoogste procentuele aandeel aan HCO₃⁺+CO₃, chloriden zijn relatief laag; het procentueel aandeel van de kationen Ca+Mg is eveneens zeer hoog. Deze poel heeft het zuiverste CaHCO₃ type (vergelijk met fig. 4.3).

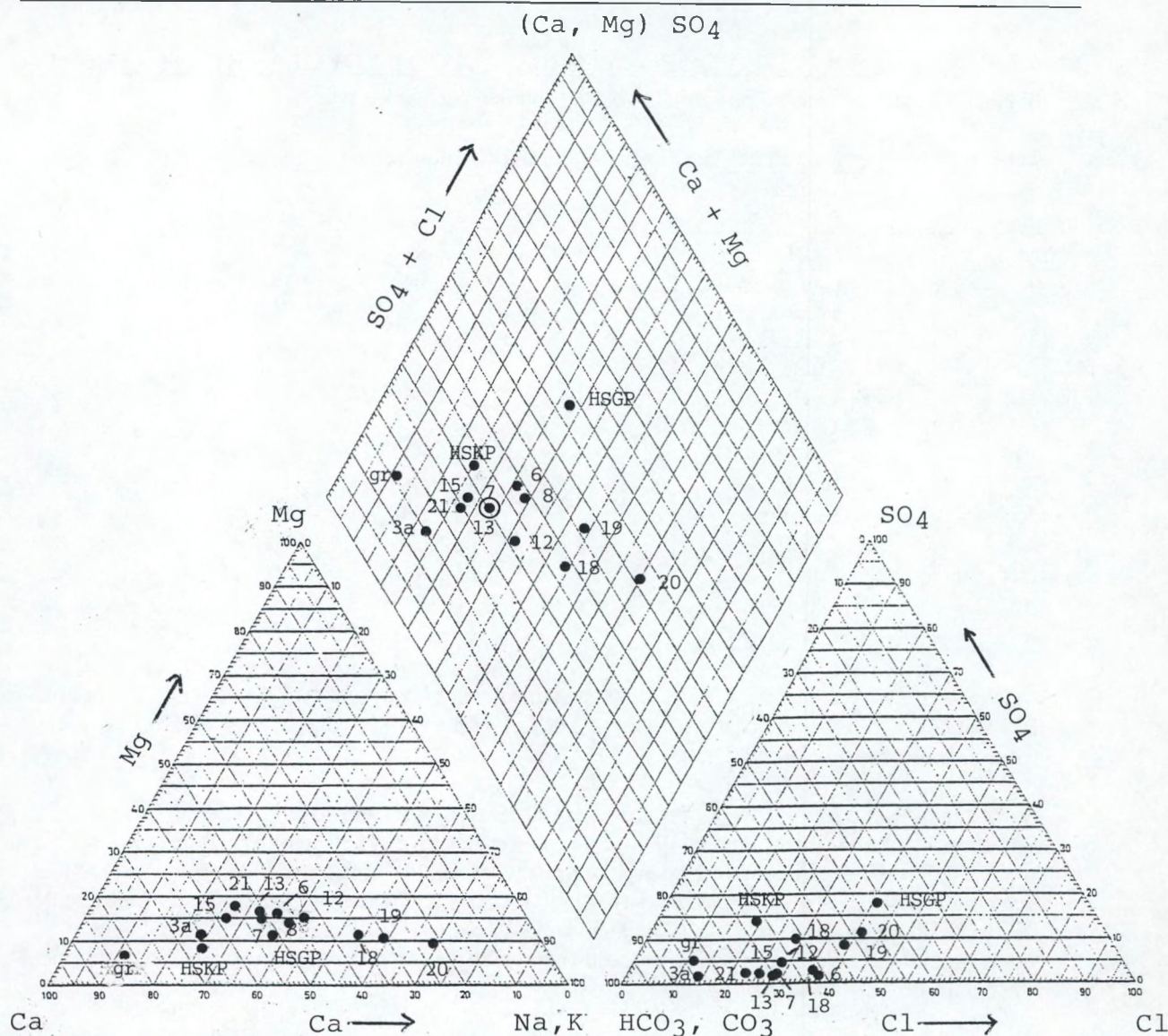


Fig 6.5 : Piper-diagram voor watermonsters, 5/9/2002

6.4 VERGELIJKING VAN DE SAMENSTELLING VAN HET POELWATER MET DE NORMEN INZAKE DRINKWATER

Tabel 6.5 toont het richtniveau (RN) van de Raad van de Europese Gemeenschappen (15 juni 1980, 80/778/EEG) en de Norm (N) van de Vlaamse Executieve (15 maart 1989) inzake drinkwater. De tabel toont dus aan dat de criteria volgens de Europese Richtlijn strenger zijn dan deze van de Vlaamse Executieve.

Tabel 6.5 : Normen inzake drinkwater voor fysisch-chemische parameters (Walraevens, 1998)

Parameter	Eenheid	Richtniveau (RN)	Norm (N)
Temperatuur	°C	12	25
pH	pH-eenheid	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$	$6.5 \leq \text{pH} \leq 9.2$
Geleidbaarheid	$\mu\text{S}/\text{cm}$ (20°C)	400	2100
Chloriden	mg/l Cl	25	350
Sulfaten	mg/l SO_4	25	250
Calcium	mg/l Ca	100	270
Magnesium	mg/l Mg	30	50
Natrium	mg/l Na	20	150
Kalium	mg/l K	10	12

Parameters betreffende ongewenste stoffen

Nitraten	mg/l NO ₃	25	50
Nitrieten	mg/l NO ₂	-	0.1
Ammonium	mg/l NH ₄	0.05	0.5
Ijzer	µg/l Fe	50	200
Mangaan	µg/l Mn	20	50
Fosfor	µg/l P ₂ O ₅	400	5000
Fluor	µg/l F	-	8-12 °C : 1500 25-30°C : 700

- pH : allemaal tussen 6.5 en 8.5 dwz pH-waarden voldoen aan de RN
- geleidbaarheid : allemaal onder de norm; hoger dan de RN : HSKP, 21, 20, 19, 18, grenspad, 15, 13, 6, 3a
- Cl : allemaal onder de norm maar hoger dan de RN
- SO₄ : allemaal onder de norm; hoger dan de RN : 8, 19, 20, grenspad, HSGP, HSKP
- Ca : allemaal onder de norm; hoger dan de RN : grenspad
- Mg : allemaal onder de norm en RN
- Na : allemaal onder de norm maar hoger dan de RN
- K : boven de norm : 3a, 6, 7, 8, 12, 26, 18, 19, 20; onder de RN : 15, 21, grenspad, HSGP, HSKP
- nitraten, nitrieten : allemaal onder de RN
- NH₄ : onder de RN en norm : grenspad; tussen RN en norm : 7, 13, 15, HSGP en HSKP; boven de norm : poel 3a, 6, 8, 12, 18, 21, 19, 20
- Fe : allemaal boven de norm en de RN
- Mn : grenspad en de twee poelen in de Houtsaegerduinen tussen norm en RN, boven de norm : 3a, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 18, 21, 19, 20
- P₂O₅ : allemaal onder de RN

Ondertussen zijn er een aantal criteria aangepast volgens het Besluit van de Vlaamse regering houdende reglementering inzake de kwaliteit en levering van water, bestemd voor menselijke consumptie van 13/12/2002.

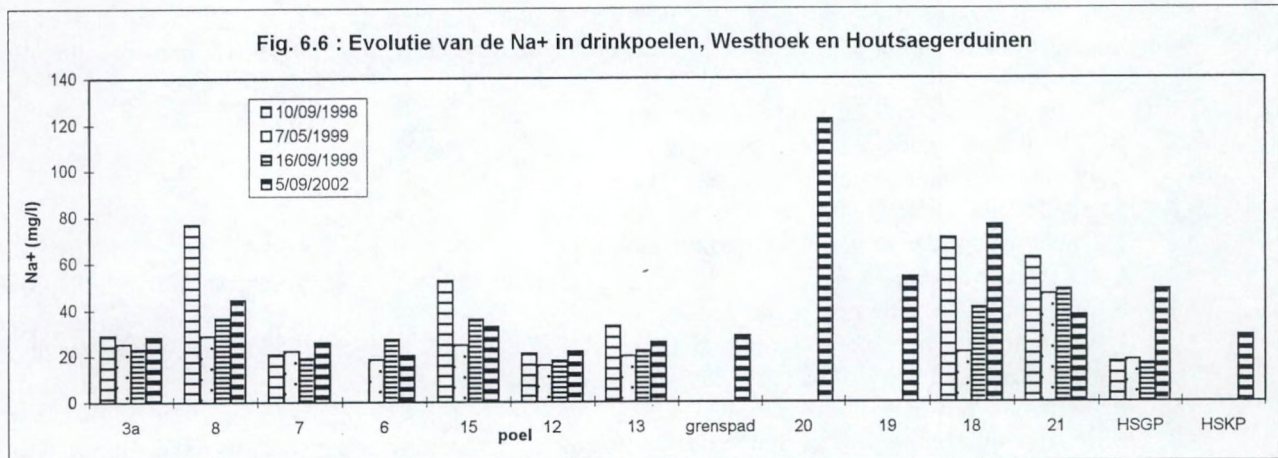
Het betreft chloriden waar de norm nu 250 mg/l bedraagt, Na 200 mg/l, voor K en P₂O₅ worden geen criteria meer opgenomen. Deze nieuwe normwaarden veranderen niets aan bovenstaande interpretatie. Tot nu toe werden geen specifieke normen voor drinkwater bestemd voor dieren teruggevonden.

De nieuw gegraven poel langsheen het grenspad ligt volledig buiten de begrazingsblokken van het Westhoeknatuureservaat. De chemische samenstelling van het water van deze poel kan als een referentie gebruikt worden. Het water vertoont relatief hoge concentraties aan Ca-kationen, en bicarbonaat-anionen; daarentegen is de concentratie van K- en NH₄-kationen en het fosfaat-anion zeer laag. De verhoogde aanwezigheid van deze drie laatste ionen kan wijzen op vervuiling van de poelen door de grazers. Voor de meetperiode 5/9/2002 is het K-kation gehalte vooral zeer hoog in poel 6 (WH-Z), poel 18, 19 en 20; NH₄-kation vooral in poelen 3a en 6 (WH-Z), in poelen 18 en 20 en in mindere mate poel 19 (WH-N), het fosfaat-gehalte is verhoogd in poel 3a (WH-Z) en poelen 19 en 20 (WH-N). Poel 15 dat omheind is zodat de dieren de poel niet kunnen gebruiken als drinkplaats en wat de runderen betreft ook niet als defecatieplaats vertoont tamelijk lage waarden voor K, NH₄ en PO₄ maar ze zijn nog steeds hoger dan deze van het grenspad. Mogelijks treedt vervuiling op van de poel bij hoge winterwaterstanden waarbij het gebied rondom poel 15 onder water komt te staan zodat excrementen en urine zich verspreiden tot in de uitgerasterde gedeelten van het begrazingsblok.

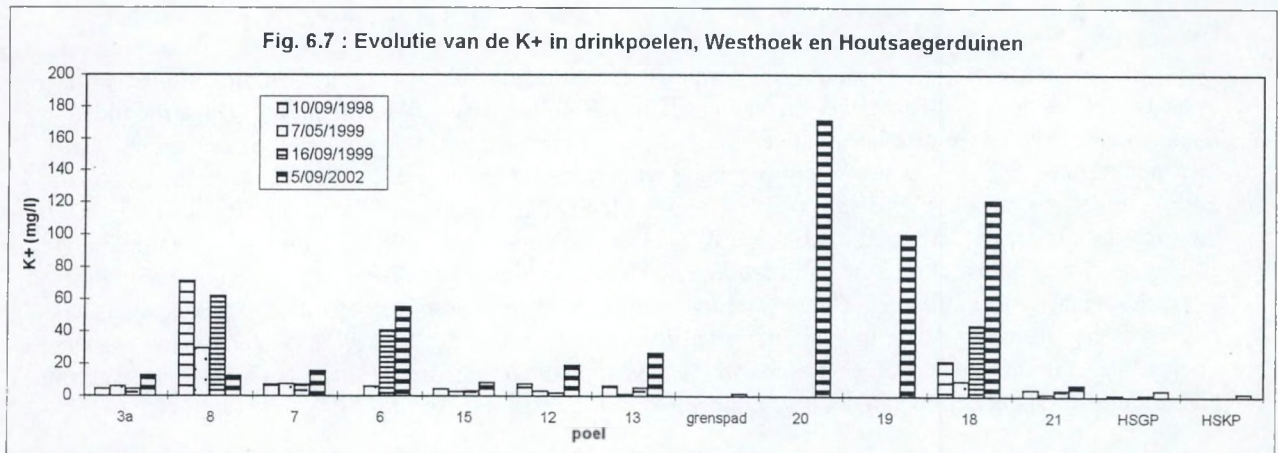
6.5 EVOLUTIE VAN DE WATERKWALITEIT (FIG. 6.6-6.17)

Tot nu toe werden vier bemonsteringsperiodes uitgevoerd : 10/9/1998, 16/9/1999 en 5/9/2002 bij relatief lage grondwaterstanden, 7/5/1999 bij relatief hoge waterstanden.

Het Na^+ -kation (fig. 6.6) vertoont hoge waarden in poelen 8, 15, 18 en 21 op 10/9/1998, poel 21 op 16/9/1999, poel 20, 19, 18 op 5/9/2002 (lage waterstanden) en poel 21 op 7/5/1999 (hoge waterstand) hoge waarden. Poelen 18 en 21 zijn het dichtst bij de zee gelegen en daar kan men de relatief hoge waarden voor Na^+ verwachten, de verhoogde waarden in poelen 8 en 15 (10/9/1989) kunnen moeilijk verklaard worden.

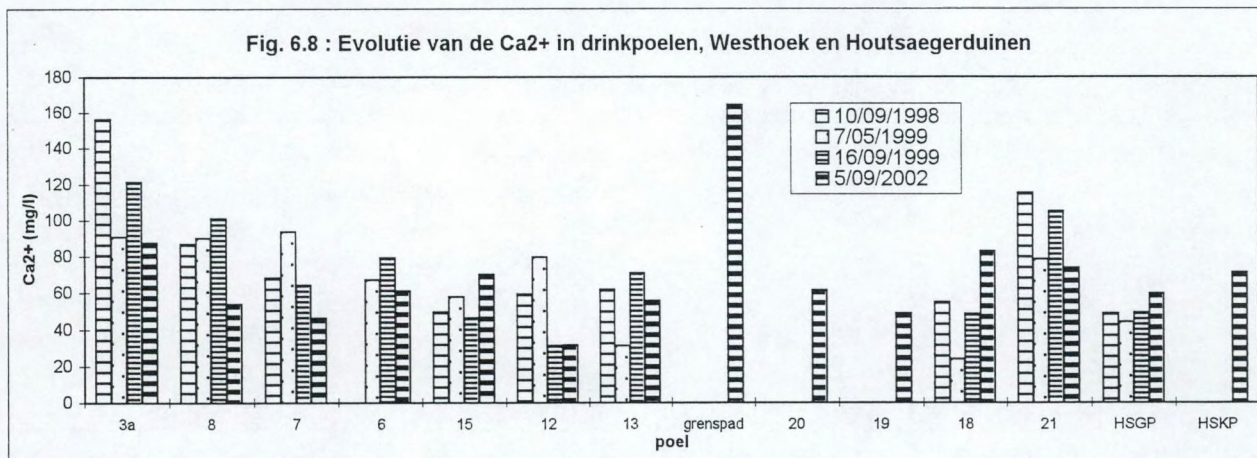


Het K^+ -kation vertoont zeer hoge waarden in poel 6 (16/9/1999 en 5/9/2002), 8 (drie metingen), 18 (10/9/1998 en 16/9/1999), poelen 19 en 20 (5/9/2002) (fig. 6.7). Verhoogde K-waarden kunnen veroorzaakt worden door defeceren en urineren in de poelen door voornamelijk de runderen, de K-waarde die gevonden wordt in de poel langsheen het grenspad kan als een achtergrond waarde beschouwd worden. Opmerkelijk is dat in poel 15, die uitgerasterd is tegen de dieren toch nog hogere waarden dan de achtergrond waarde vertoont. Het is mogelijk dat bovengrondse (voornamelijk in de winter wanneer grote gedeelten van het terrein onder water staan en excrementen rondrijven) en ondergrondse laterale waterbewegingen hogere waarden voor K veroorzaken.

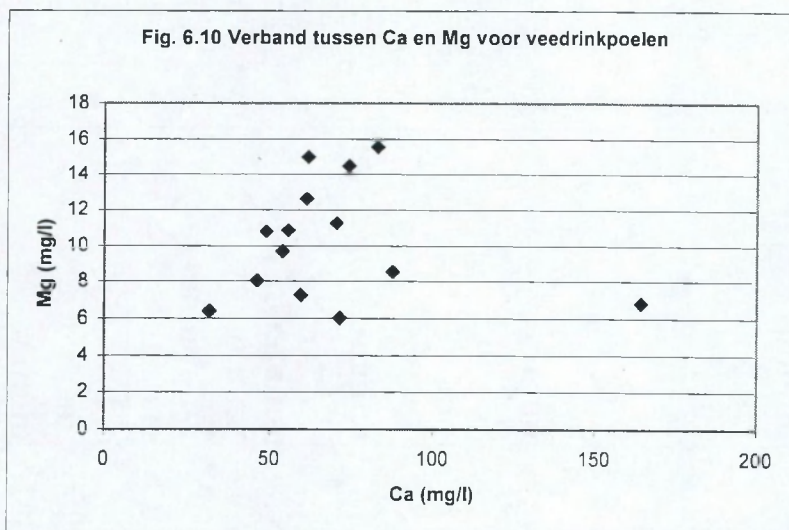
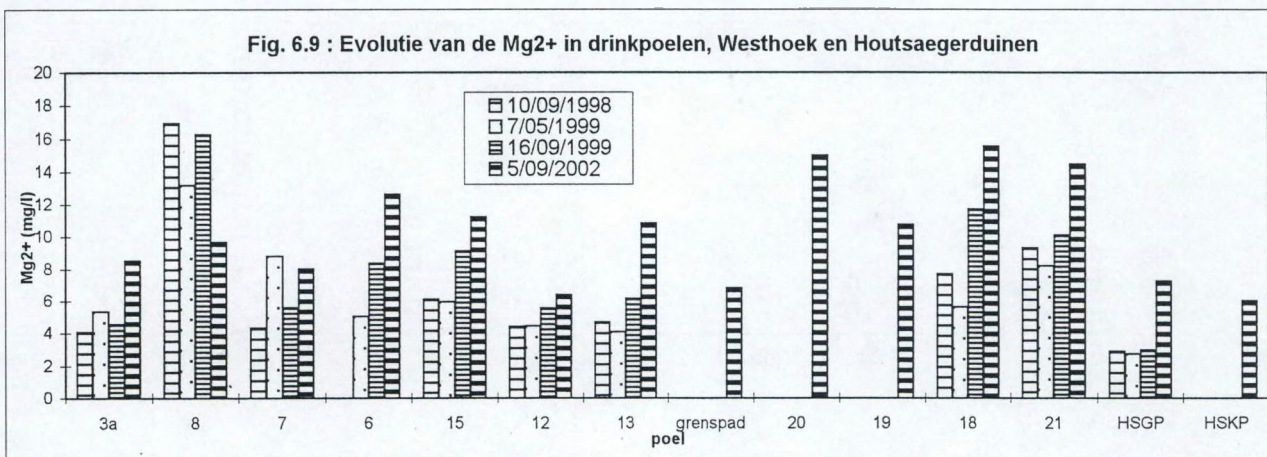


Het Ca^{2+} -kation is het hoogst in de nieuwe poel langsheen het grenspad (5/9/2002) (zie § 6.2.2). Ook poelen 3a, 8 en 21 vertonen relatief hoge waarden. De laagste concentraties werden gemeten in poel 13 en 18 bij hoge waterstand (7/5/1999) (fig. 6.8). Een zwakke trend kan waargenomen worden waarbij de poelen verder gelegen van het wandelduin hogere concentraties van Ca^{2+} -kationen vertonen. Het wandelduin treedt op als een belangrijk hervulgebied van water via de neerslag. De (relatief zure)

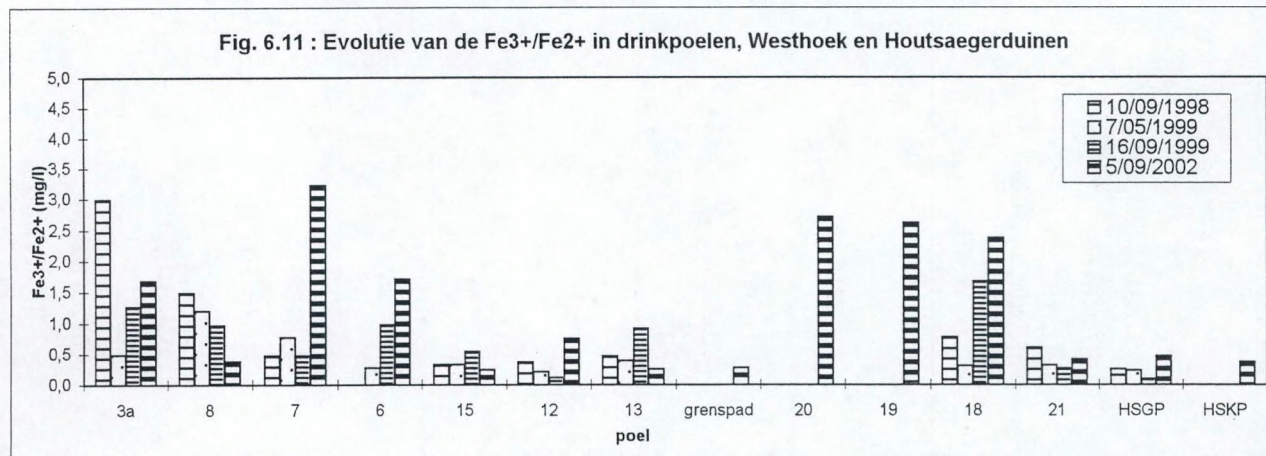
neerslag dringt in de bodem en verplaatst zich ondergronds, afhankelijk van de positie van de waterscheidingskam zowel richting zee als richting polder. Hoe verder van het wandelduin, hoe hoger de concentratie van de opgeloste Ca^{2+} (mondelinge mededeling K. Walraevens).



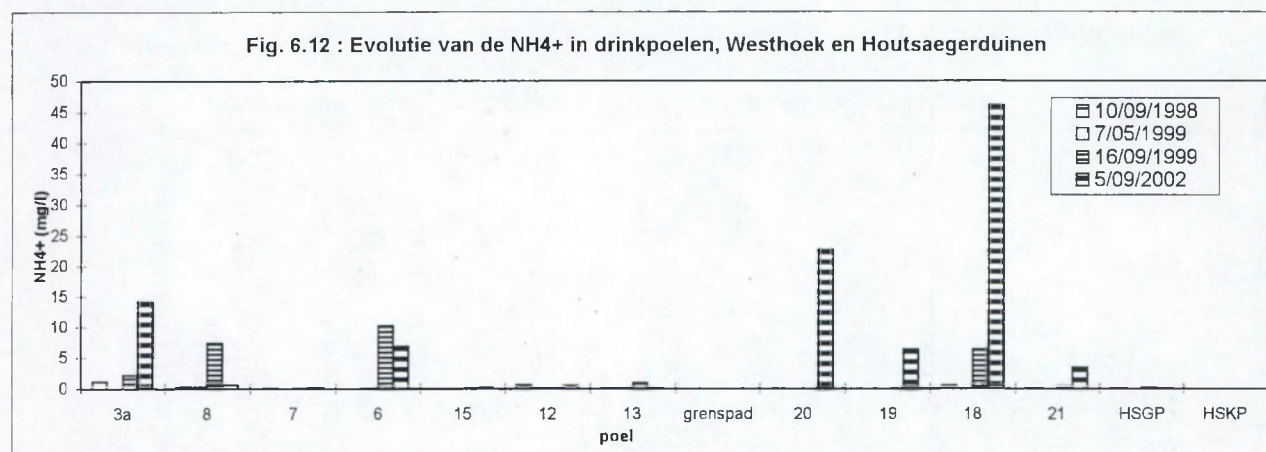
Het Mg^{2+} -kation is uitgesproken het hoogste voor de 4 meetperiodes in poel 8; hogere concentraties worden ook nog gemeten in poel 6, 15, 13, 18, 19, 20 en 21 (5/9/2002). In bijna alle poelen is het Mg-gehalte het grootst in de periode 5/9/2002 (fig. 6.9). Ca^{2+} en Mg^{2+} zijn onderling niet significant gecorreleerd ($\rho=0.204$, $P=0.483$) (Fig. 6.10). Dit kan erop wijzen dat er verschillende bronnen voor Ca en Mg aanwezig zijn waarbij Ca en Mg in verschillende verhoudingen voorkomen. De belangrijkste bronnen van Ca en Mg zijn hier enerzijds schelpfragmenten anderzijds de zandkorrels bestaande uit krijtafzettingen Ca en Mg.



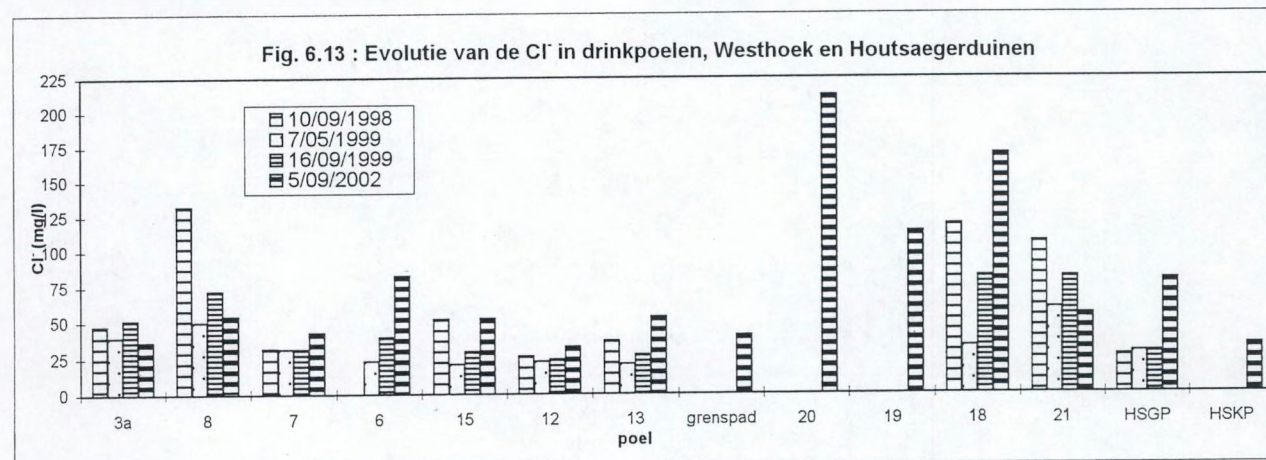
De concentratie aan het $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ -kation is relatief hoog in poel 3a (10/9/1998), poel 3a, 6, 7, 18, 19 en 20 (5/9/2002)(fig. 6.11). Men zou kunnen verwachten dat in gereduceerde omstandigheden het Fe gereduceerd en dus meer mobiel wordt en meer aanwezig zal zijn maar er is geen significante correlatie ($\rho=0.139$, $P=0.636$) teruggevonden tussen Fe-concentratie en het redoxpotentiaal.



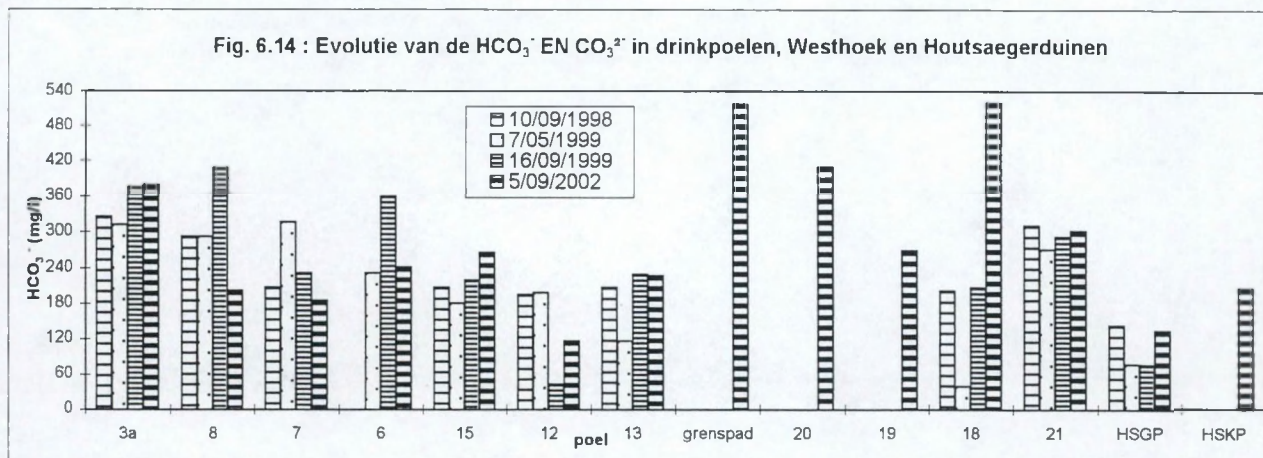
Het NH_4^+ -kation kent een opvallende hoge concentratie in poel 6, poel 8 en poel 18 op 16/9/1999, in poelen 3a, 6, 18, 19 en 20 op 5/9/2002 (fig. 6.12). Dit verhoogt ammoniumgehalte wijst op vervuiling van de poelen door de dieren.



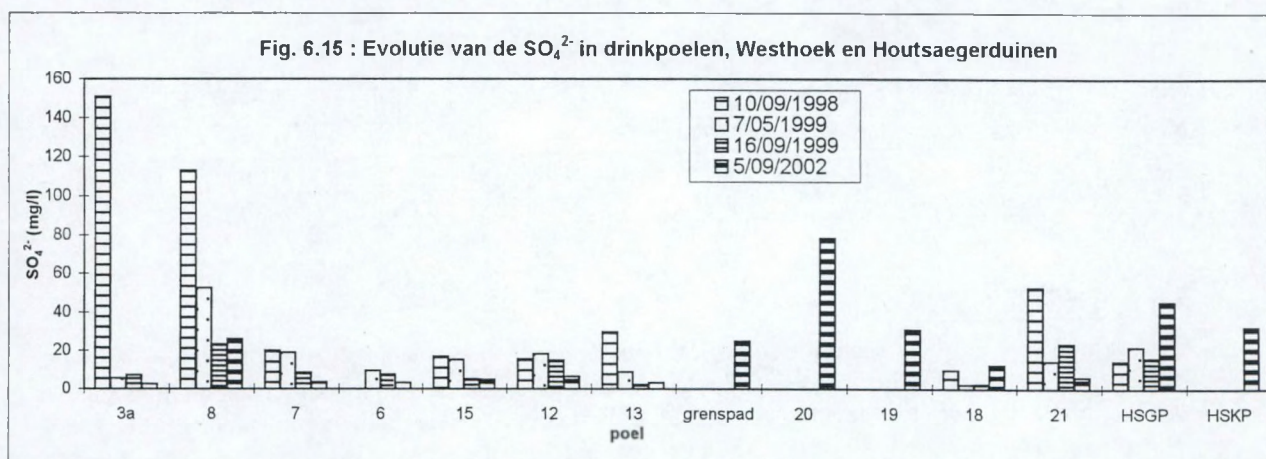
Het Cl^- -anion kent naar analogie met het Na^+ -kation, hoge concentraties in poel 8 en 21 (3 metingen), poel 18 (najaarmetingen) (fig. 6.13). De poelen nabij de zee (poel 18, 19, 20 en 21) kennen door het sea-spray effect hogere concentraties.



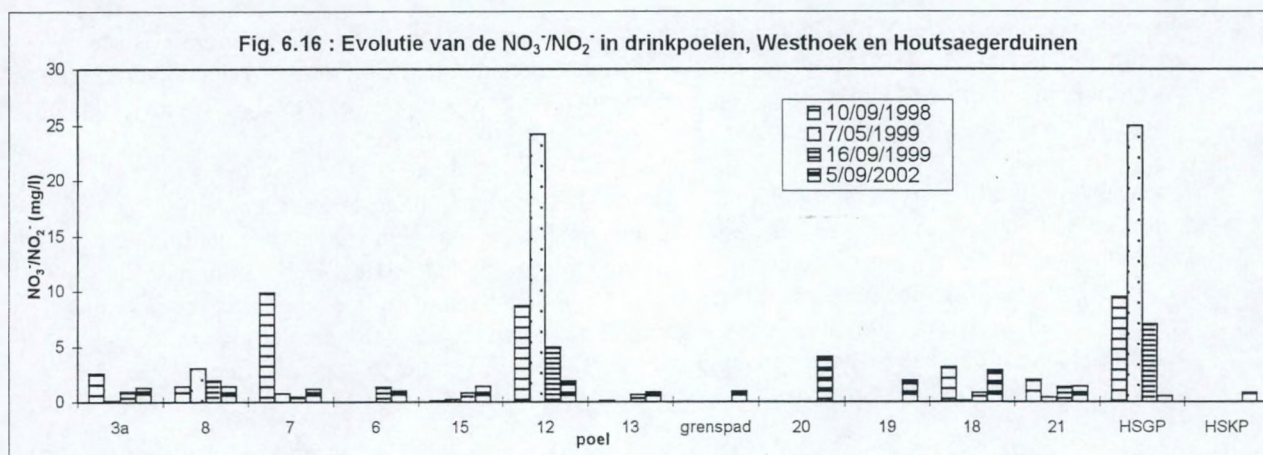
De HCO_3^- -anionen concentratie volgt grotendeels dezelfde trend als het Ca^{2+} -kation is relatief hoog in poelen 3a, 8, 7, 6 en 21. Zeer hoge HCO_3^- anionen waarden worden teruggevonden in poel grenspad, poel 18, 19 en 20. Tamelijk lage concentraties werden opgemerkt in de grote poel van de Houtsaegerduinen (fig. 6.14).



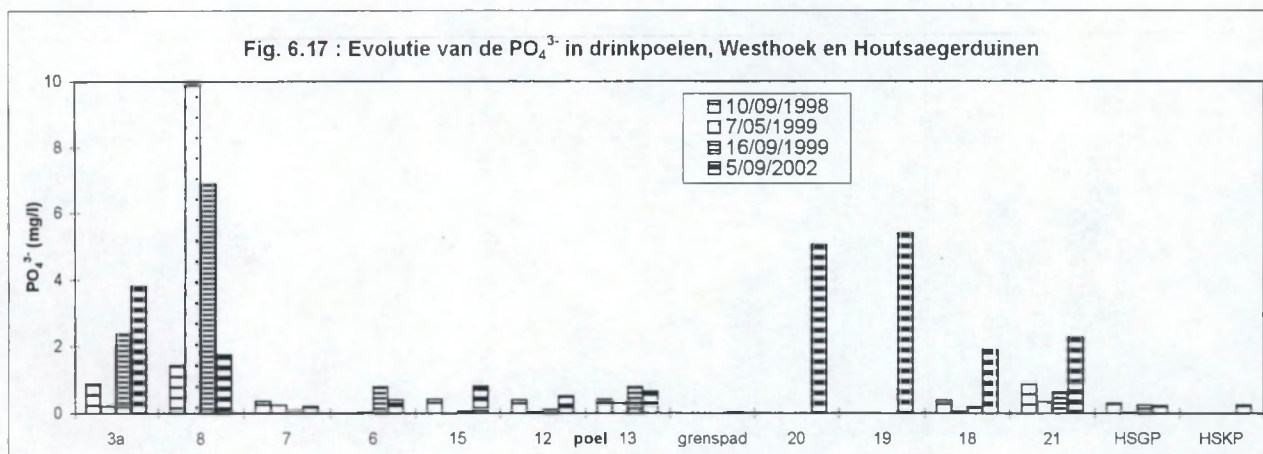
De SO_4^{2-} -anionen hebben een hoge concentratie in poel 3a, 8 en 21 (10/9/1998) en poel 8 (7/5/1999) (fig. 6.15). De aanwezigheid van S-houdend organisch materiaal zoals bijvoorbeeld een begraven humeuze horizont of een organische sliblaag op de bodem van de poel zou na oxidatie kunnen leiden tot verhoogde waarden voor het SO_4^{2-} -anion (Walraevens, 1998). Gedurende de laatste meetperiode (5/9/2002) worden hoge sulfaatconcentraties aangetroffen in poelen 19, 20, poel langs het grenspad en HSGP.



$\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-$ -anionen zijn sterk vertegenwoordigd in poel 7(10/9/1998), poel 12 en HSGP (drie metingen)(fig. 6.16).



PO_4^{3-} -anion bereikt zeer hoge waarden in poel 8 (7/5/1999 en 10/9/1998), gemiddeld iets hogere waarden worden ook gemeten, in poel 3a (16/9/1999 en 5/9/2002), 8 (16/9/1999), poelen 19 en 20 (5/9/2002) (fig. 6.17).



Een aantal parameters zijn positief significant met elkaar gecorreleerd zoals K^+ , NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- en PO_4^{3-} (Tabel 6.6). De verhoogde waarden voor deze parameters is gebonden aan vervuiling van de poelen door de dieren. Geen enkele van deze parameters is significant gecorreleerd met SO_4^{2-} wat erop wijst dat hogere waarden voor het sulfaat-ion aan andere oorzaken te wijten is.

Tabel 6.6 : Spearman correlatiecoëfficiënten voor enkele chemische parameters

	K^+	NH_4^+	NO_3^-	NO_2^-	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}
K^+		0.789**	0.569*	0.725**	-0.086	0.569*
NH_4^+	0.789**		0.701**	0.848**	-0.134	0.811**
NO_3^-	0.569*	0.701**		0.774**	0.081	0.763**
NO_2^-	0.725**	0.848**	0.774**		-0.027	0.736**
SO_4^{2-}	-0.086	-0.134	0.081	-0.027		0.064
PO_4^{3-}	0.569*	0.811**	0.763**	0.736**	0.064	

6.6 DISCUSSIE

Figuren 6.6 tot 6.17 tonen enerzijds de evolutie van de concentraties van de verschillende ionen over de vier meetperiodes, anderzijds werden de poelen zodanig gerangschikt zodat poel 3a aan de linkerzijde van de grafiek zich het verst bevindt van de zee, terwijl poel 21 op de rechterzijde van de grafiek (de grote poel van de Houtsaegerduinen terzijde gelaten) het dichtst bij de zee is gelegen.

Alhoewel in het Westhoek natuurreservaat slechts 9/12 poelen en in de Houtsaegerduinen slechts één/twee poelen onderzocht werden en het aantal metingen per poel beperkt is tot maximaal 4 opnames kan men een aantal tendensen opmerken. De Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} en HCO_3^- -ionen vertonen een ruimtelijk verspreidingspatroon. Het Na^+ -gehalte is het grootst in poelen 18, 21 en 8; dezelfde trend is waar te nemen voor het Cl^- -gehalte. De poelen 18 en 21 bevinden zich het dichtst bij de zee zodat de verhoogde concentratie hier verklaard kan worden door een aanvoer van seaspray-zouten (NaCl). De aanwezigheid van de Na^+ en Cl^- ionen in poel 8 kan voorlopig niet verklaard worden.

Een zwakke ruimtelijke trend is te zien in de Ca^{2+} en HCO_3^- -ionen : hoogste waarden komen voor in poelen 3a, 8, 7 en 6 ten zuiden van het wandelduin en poel 21 ten noorden van het wandelduin. Dit wandelduin vormt een belangrijk deel van het opvanggebied voor de neerslag. Hoe verder men zich van het wandelduin bevindt, hoe langer het water zich in de bodem bevindt en hoe langer het proces van verzadiging kan doorgaan (mondellinge mededeling, Walraevens). Deze veronderstelling zou verder getoetst moeten worden aan de hand van de grondwaterstromingen en het gedrag het water binnen de onverzadigde zone.

Wat betreft de chemische samenstelling van het water vormt poel 8 enkele opvallende kenmerken, zoals een hoog gehalte aan K^+ , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} gedurende de eerste meetperiode (10/9/1998). In de periode 16/9/1999 werden ook verhoogde waarden van vooral K^+ en NH_4^+ waargenomen in poelen 6, 8 en 18. In de laatste meting (5/9/2002) was K^+ , NH_4^+ en PO_4^{3-} verhoogd in poelen 6, 18, 19 en 20. In poel 8 waren deze concentraties niet meer zo hoog als voorheen. In het vorig rapport (Ampe, 2000) werd een verklaring gezocht in de aanwezigheid van voormalige brandhaarden op de plaats waar de poelen gegraven werden. Poelen 8, 6, 15 en 18 werden gegraven op de plaats van een vroegere brandplaats op het ogenblik van de ontstruweling. In poel 15 werd geen duidelijke toename aan voorvermelde ionen waargenomen. Daarom lijkt het ons nu meer waarschijnlijk dat de aanwezigheid van dieren (door het defeceren in en rond de poelen) deze ionen concentraties doet toenemen.

6.7 BESLUIT

De analyses van de watermonsters uit (drink)poelen leveren gegevens omtrent de waterkwaliteit en in beperkte mate de evolutie van de waterkwaliteit en de ruimtelijke spreiding van de geanalyseerde parameters. De resultaten tonen aan dat de interpretatie van de gegevens een complexe oefening is. Een aantal factoren beïnvloeden, weliswaar niet altijd op een sluitende manier, de chemische samenstelling van het water. Sea-spray heeft een invloed op het Na^+ - en Cl^- -gehalte, vervuiling door de dieren door defeceren en urineren verhoogt de gehalten van K^+ , NH_4^+ en PO_4^{3-} . Het SO_4^{2-} is niet gecorreleerd met de voorgaande parameters; een verhoging in het SO_4^{2-} -gehalte kan te wijten zijn aan het voorkomen van S-houdend organisch materiaal zoals bijvoorbeeld een begraven humeuze horizont of een organische sliblaag op de bodem. Hogere gehalten aan Ca^{2+} kan enerzijds te wijten zijn aan een geringere verdunning van het poelwater bijvoorbeeld bij recentelijk gegraven poelen of kan veroorzaakt worden door een aanrijking door kwel. Het ijzergehalte wordt blijkbaar niet beïnvloed door het redoxpotentiaal.

Bijkomend onderzoek, zoals reeds voorgesteld in vorig rapport (Ampe, 2000) zou de aandacht moeten toespitsen op volgende onderwerpen :

- als referentie is het nodig om een aantal analyses uit te voeren van het grondwater, d.w.z. een bemonstering rechtstreeks uit een peilbuis,
- voorgeschiedenis van de poel (bijvoorbeeld kunstmatig uitgegraven op brandplaats, vergrote bomput),
- aanwezigheid van venige of humeuze horizonten in de wanden van de poel,
- terreinkarakterisatie van de poelen : grootte van de poel, diameter en diepte van de poel, aanwezige flora en fauna in de poel, hellingsgraad van de poel, erosieverschijnselen,
- hydrologische gegevens : diepte van het water in de poel, fluctuaties van het waterpeil (een poging is ondernomen om peillatten te plaatsen in de poelen maar het vee duwt deze omver; er is dus een interpolatie nodig vanaf de metingen van de omliggende peilbuizen),
- gedetailleerd onderzoek naar de ondergrondse laterale en opstijgende stromingen van het grondwater,
- gebruiksgedrag door de dieren : frequentie van bezoek door dieren, welke dieren, activiteit van de dieren in de poel.

Het opstellen van een ruime gegevensbank moet een betere interpretatie van de gegevens toelaten.

(Veedrink)Poelen in Westhoek Natuureservaat



Zicht op poel 8 (5/9/2002)



Zicht op poel 3a : oude sterk verlande poel aan de ene zijde omgeven door Grauwe wilg aan de andere zijde begroeid met Gele lis (5/9/2002)



Zicht op poel 6 (20/9/2002)



Zicht op nieuw gegraven poel langsheen grenspad (5/9/2002)

7. RESULTATEN VAN HET MONITORING ONDERZOEK SS – ZEERUSPANNE, PIONIERSSTADIUM

7.1 BODEMHORIZONATIE VAN DE MINI-PROFIELEN

Figuur 7.1 geeft een overzicht van de horizonten opeenvolging voor de mini-profielen bestudeerd ter hoogte van de pq's.

7.1.1 LEGENDE

- begrenzing van de horizont
- - - ondergrens tot waar het mini-profiel bestudeerd werd
- | aanwezigheid van CaCO_3 , getest met HCl

7.1.2 BEKNOPTE BESCHRIJVING VAN DE GEBRUIKTE BODEMHORIZONTEN SYMBOLEN

De symbolen gebruikt voor de beschrijving van de hoofdhorizonten en de secundaire kenmerken worden voorgesteld in § 3.1.1.2.3 en 3.1.1.2.4.

7.2 OVERZICHT VAN DE FYSISCHE EN CHEMISCHE BODEMKENMERKEN

De profielbeschrijvingen en de analyses van de mini-profielen worden voorgesteld in bijlage C.

7.2.1 PROEFSITE ZEERUSPANNE : PROEFSITE 8

7.2.1.1 Proefsite 8 – Beheersmaatregelen

Proefvlak 8B : niet ontgonnen, uittrekken Duindoorn, begrazen

Proefvlak 8C : niet ontgonnen, uittrekken Duindoorn, niet begrazen

7.2.1.2 Proefsite 8 – Variabiliteit binnen de proefvlakken

7.2.1.2.1 Proefvlak 8B (permanente kwadaten (pq) 8B1 tot 8B5)

- Proefvlak 8B vertoont weinig microreliëf, gevormd door accumulatie van zand rond Kruipwilgstruweleilandjes. 8B4 en 8B3 zijn de laagst gelegen, 8B2 en 8B5 de hoogst gelegen pq's.
- Alle profielen vertonen zeer weinig bodemontwikkeling. Begraven horizonten komen voor in 8B1 en 8B5
- Bij het uitdrogen van de bodemstalen treedt korstvorming op bestaande uit wieren en een kalkneerslag, het duidelijkst ontwikkeld in 8B1, 8B3 en 8B5. Alle oppervlaktehorizonten zijn kalkhoudend vanaf het oppervlak, de CaCO_3 -waarden liggen tussen 3 en 4% (3.0-3.7 %). De CaCO_3 -waarden van de C-horizonten liggen tussen 2 en 4% (1.8-3.8%). PH-waarden (in water en KCl) van de oppervlaktehorizont zijn steeds hoger dan 8.0 en nemen toe met de diepte.
- De oppervlaktehorizont is van het A-type. Deze horizont is dun (2 cm), kalkhoudend en met een laag gehalte aan OM (steeds < 2.2%). Dit resulteert in erg lage waarden voor N-gehalte, CEC en P-gehaltes.

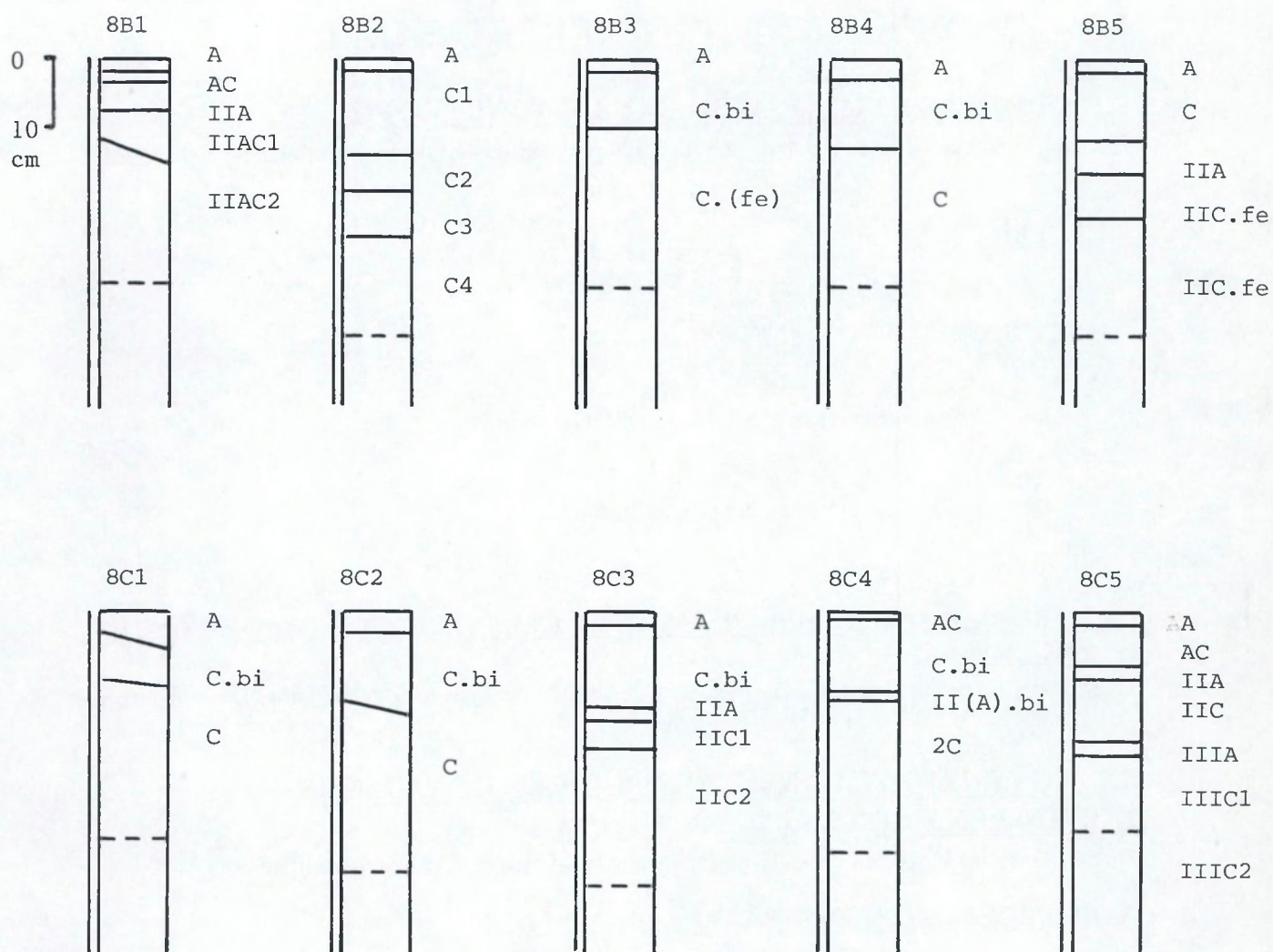


Fig. 7.1 : Proefsite 8 - Zeeruspanne, horizonatie van de mini-profielen ter hoogte van de pq's

7.2.1.2.2. Proefvlak 8C (permanente kwadaten (pq) 8C1 tot 8C5)

- Proefvlak 8C vertoont meer microreliëf dan proefvlak 8B; het microreliëf wordt gevormd door accumulatie van zand rond Kruipwilgstruweleilandjes; verder komen twee zones met kleine duinen voor. 8C3 is de laagst gelegen pq, 8C4 ligt op de flank van een microduin.
- Alle profielen vertonen zeer weinig bodemontwikkeling. Begraven horizonten komen voor in 8C3, 8C4 en 8C5.
- Bij het uitdrogen van de bodemstalen treedt korstvorming op, het duidelijkst ontwikkeld in 8C2 tot 8C5. Alle oppervlaktehorizonten zijn kalkhoudend vanaf het oppervlak, de CaCO_3 -waarden liggen tussen 2 en 4% (2.1-4.1%). De CaCO_3 -waarden van de C-horizonten liggen tussen 1 en 4% (1.1-3.9%). PH-waarden (in water en KCl) van de oppervlaktehorizont zijn steeds hoger dan 7.8 en nemen toe met de diepte. Een lichte afname met de diepte kan aanwezig zijn bij het voorkomen van een begraven horizont (8C5)
- De oppervlaktehorizont is van het A-type. Deze horizont is dun, kalkhoudend en met een laag gehalte aan OM (steeds < 1.5%). Dit resulteert in erg lage waarden voor N-gehalte, CEC en P-gehaltes.

7.2.1.3 Proefsituatie 8 – Onderlinge vergelijking van de proefvlakken

De morfologische kenmerken van de bodems van beide proefvlakken zijn zeer gelijk.

7.3 RESULTATEN VAN DE ANALYSEGEGEVENS**7.3.1 PROEFSITUATIE 8 - BEHEERSMAATREGELEN**

Proefvlak 8B : niet ontgonnen, uittrekken Duindoorn, begrazen

Proefvlak 8C : niet ontgonnen, uittrekken Duindoorn, niet begrazen

7.3.2 PROEFSITUATIE 8 - VERGELIJKING ALLE HORIZONTEN

Alle chemische gegevens voor proefsituatie Zeeruspanne worden voorgesteld in tabel 7.1.

Voor de parameters OM, N, pH H₂O, pH KCl werd paarsgewijs nagegaan of de populaties normaal verdeeld waren aan de hand van de Kolmogorov-Smirnov test. De gegevens zijn volgens deze test niet normaal verdeeld behalve pH KCl (n=18), CaCO_3 (n=18). Toch kan men aan de hand van boxplots afleiden dat de data de normale verdeling benaderen. Hieronder worden in tabellen 7.2 en 7.3 de correlatiematrix van de Spearman en de Pearson correlatiecoëfficiënten weergegeven.

Tabel 7.2 : Zeeruspanne, correlatiematrix voor alle horizonten volgens Spearman

Pearson		OM	N	pH H ₂ O	pH KCl	CaCO_3
OM	coeff n					
N	coeff n	0.988** 18				
pH H ₂ O	coeff n	-0.783** 27	-0.802** 18			
pH KCl	coeff n	-0.793** 27	-0.800** 18	0.877** 43		
CaCO_3	coeff n	0.284 27	0.034 18	-0.219 40	-0.304* 40	

tabel 7.1

Tabel 7.1 : Proefsite 8, Zeeruspanne. Chemische analyseresultaten.

site	horizont symbol	diepte cm	kleur droog	HCl	Hydrof	OM %	N %	C/N	pH H ₂ O	pH KCl	CaCO ₃	CEC cmol(+)/kg	Ca cmol(+)/kg	Mg	K	Na	P2O5inorg ppm	P2O5org ppm	P2O5tot ppm
8B1	A	0-2	0,4Y 4,7/1,9	++	+	2,1	0,054	22,6	8,6	8,0	3,2	2,7	0,115	0,227			272	59	331
	AC	2-4	0,9Y 5,4/2,1	++	-	0,4	0,012	19,3	9,0	8,5	3,6						204	37	241
	IIA	4-7	0,5Y 4,8/1,8	++	-	0,5	0,020	14,5	9,1	8,5	3,2						216	47	263
	IIAC1	7-12	1,0Y 6,0/2,7	++	-				9,2	8,8									
	IIAC2	20-30	1,2Y 6,2/2,9	++	-				9,3	9,0	3,8						230	128	358
8B2	A	0-2	0,5Y 4,7/2,1	++	+	1,1	0,037	17,2	8,8	8,3	3,2	2,0	0,066	0,111					
	C1	2-14	1,0Y 5,9/2,5	++	-	0,3	0,007	24,9	9,2	8,7	4,5								
	C2	14-19	1,1Y 5,8/2,5	++	-				9,3	8,8									
	C3	19-26	1,6Y 6,1/2,5	++	-				9,2	8,7									
	C4	30-40	0,7Y 6,2/3,0	++	-				9,3	9,1	1,8								
8B3	A	0-2	0,9Y 4,7/1,7	++	+	2,2	0,076	16,8	8,6	8,1	3,7	5,8	0,100	0,286			201	57	258
	C bi	2-10	1,1Y 6,1/2,8	++	-	0,2			9,2	8,9	1,2								
	C (fe)	15-25	0,8Y 6,1/3,0	++	-				9,3	9,2	2,9								
	A	0-2	0,4Y 4,4/1,6	++	+	1,7	0,048	20,5	8,6	8,1	3,0	1,8	0,102	0,272			209	75	284
	C bi	3-13	1,3Y 6,1/2,8	++	-	0,2			9,1	9,1	2,0								
8B5	C	15-25	1,2Y 6,1/3,1	++	-				9,3	9,1	3,4						307	25	332
	A	0-2	0,3Y 4,5/1,8	++	+	1,7	0,053	18,6	8,7	8,2	3,3	1,9	0,091	0,150					
	C	2-10	1,0Y 5,8/2,3	++	-	0,4	0,015	15,5	9,0	8,6	2,9								
	IIA	12-16	0,1Y 5,4/2,4	+++	-	0,5	0,020	14,5	9,1	8,7	2,6								
	II C fe	16-23	9,8Y 5,6/3,0	+++	-				9,2	8,9	2,2								
8C1	II C fe	30-40	0,8Y 6,0/3,0	++	-				9,3	9,1	3,0						352	0	352
	A	0-3	1,0Y 4,9/1,9	++	+	1,3	0,047	16,0	9,0	8,5	4,1	2,1	0,091	0,129					
	C bi	3-10	0,7Y 6,0/2,6	++	-	0,3			9,2	8,8	1,2								
	C	20-30	1,3Y 6,3/6,0	++	-				9,1	8,9	1,9								
	A	0-3	0,8Y 4,7/2,0	+++	+	1,1	0,032	19,9	8,8	8,4	2,1	1,9	0,072	0,214			249	37	286
8C2	C bi	3-13	0,1Y 5,9/2,9	++	-	0,3			9,0	8,6	1,3								
	C	20-30	0,4Y 6,0/2,8	++	-				9,3	9,1	1,5						194	66	260
	A	0-2	0,9Y 5,0/1,9	+++	+	1,5	0,047	18,5	8,6	8,2	2,3	1,5	0,100	0,122					
	C bi	2-12	1,3Y 6,0/2,3	++	-	0,3			9,2	8,7	2,6								
	IIA	14-16	1,1Y 5,2/2,0	++	-	0,6	0,020	17,4	8,8	8,7	3,0								
8C3	II C1	16-20	1,7Y 5,7/2,3	++	-	0,4			9,2	8,9	2,9								
	II C2	25-35	1,3Y 6,2/3,1	++	-				9,3	9,0	1,1								
	A	0-1	1,5Y 4,9/2,3	++	+	1,4	0,043	18,9	8,2	7,8	2,1	1,4	0,102	0,097			214	112	326
	C bi	1-12	1,0Y 4,0/2,7	++	-	0,3			9,0	8,5	3,1								
	II(A) bi	12-13	0,2Y 5,6/2,6	++	-	0,3			9,0	8,7	3,5								
8C5	II C	20-30	0,7Y 6,0/2,8	++	-				9,2	8,9	2,8						216	38	254
	A	0-2	0,6Y 4,8/2,1	++	+	1,2	0,043	16,2	8,7	8,1	3,1	2,1	0,070	0,152					
	AC	2-8	1,0Y 5,9/2,6	++	-	0,3			9,1	8,5	3,4								
	IIA	8-10	0,9Y 5,5/2,5	++	-	0,5	0,018	16,1	9,2	8,7	3,9								
	II C	10-19	0,4Y 5,8/2,4	+++	-				9,3	9,0	3,9								
8C4	IIIA	19-21	0,1Y 5,6/2,3	++	-	0,4	0,015	15,5	9,1	8,8	1,1								
	IIIC1	21-32	0,8Y 6,3/2,9	++	-				9,3	8,8	1,1								
	IIIC2	32-40	0,5Y 6,4/3,0	++	-				9,3	8,9	1,1								

Tabel 7.3 : Zeeruspanne, correlatiematrix voor alle horizonten volgens Pearson

Pearson		OM	N	pH H ₂ O	pH KCl	CaCO ₃
OM	coeff n					
N	coeff n	0.973** 18				
pH H ₂ O	coeff n	-0.822** 27	-0.731** 18			
pH KCl	coeff n	-0.843** 27	-0.796** 18	0.915** 43		
CaCO ₃	coeff n	0.246 27	0.048 18	-0.164 40	-0.254 40	

Bovenstaande correlatiematrices tonen :

- zeer sterke positieve correlaties tussen het OM- en N-gehalte, de 2 pH-metingen,
- zeer sterke negatieve correlaties tussen pH H₂O en pH KCl enerzijds en OM- en N-gehalte anderzijds,
- de correlaties tussen het CaCO₃-gehalte en de andere parameters zijn niet significant.

7.3.3 PROEFSITE 8 - VERGELIJKING OPPERVLAKTEHORIZONTEN

De statistische parameters voor de oppervlaktehorizonten van de proefsites worden voorgesteld in tabel 7.4.

Tabel 7.4 : Zeeruspanne, statistische parameters voor de oppervlaktehorizonten.

Parameter	eenheid	n	min ¹	max ¹	gemiddelde	STD ¹	VC % ¹
OM	%	10	1.1	2.2	1.5	0.4	26
N	%	10	0.032	0.076	0.048	0.012	25
C/N		10	16.0	22.6	18.5	2.1	11
pH H ₂ O		10	8.2	9.0	8.6	0.2	2
pH KCl		10	7.8	8.5	8.2	0.2	3
CEC	cmol(+)/kg bodem	10	1.4	5.8	2.3	1.3	55
SSG	g/cm ³	50	1.403	1.562	1.472	0.048	3
dikte A	cm	10	1	3	2.1	0.6	27
diepte ontkalking	cm	10	0	0	0	0	0
CaCO ₃	%	10	2.1	4.1	3.0	0.7	22
gemiddelde absolute hoogte	m	36	5.332	6.467	5.628	0.274	5
P ₂ O ₅ anorg	ppm	10	194	352	244	52	21
P ₂ O ₅ org	ppm	10	0	128	60	39	65
P ₂ O ₅ totaal	ppm	10	254	358	304	40	13

¹ : min : minimum, max : maximum, STD : standaard deviatie, VC : variatie coëfficiënt

De variatiecoëfficiënt (STD*100/gemiddelde) geeft een idee van de variatie van de verschillende parameters. Parameters met de grootste variabiliteit zijn de P₂O₅ org en CEC, de laagste variabiliteit werd gemeten bij de pH-metingen, SSG, diepte van ontkalking en de gemiddelde absolute hoogteligging.

Voor de gegevens die enkel betrekking hebben op de oppervlaktehorizonten werd nagegaan of de parameters paarsgewijs normaal verdeeld zijn. De dikte A-horizont, gemiddelde hoogte, pH H₂O, CEC, Na zijn niet normaal verdeeld. Bij een niet-normale verdeling werd de Spearman correlatiecoëfficiënt berekend, bij een normale verdeling werd zowel de Spearman als de Pearson correlatiecoëfficiënt berekend (tabellen 7.5 en 7.6).

Tabel 7.5 : Zeeruspanne, correlatiematrix voor de oppervlaktehorizonten volgens Spearman (n=10).

Spearman	dikte A	gemid hoogte	OM	N	C/N	pH H ₂ O	pH KCl	CaCO ₃	CEC	K	Na	P ₂ O ₅ anorg	P ₂ O ₅ org	P ₂ O ₅ tot	SSG
dikte A															
gemid hoogte	-0.405														
OM	-0.343	-0.433													
N	-0.185	-0.470	0.963**												
C/N	-0.225	-0.030	0.280	0.110											
pH H ₂ O	0.812**	0.085	-0.624*	-0.425	-0.310										
pH KCl	0.809**	-0.164	-0.500	-0.329	-0.479	0.766**									
CaCO ₃	0.275	-0.177	0.350	0.574*	-0.524	0.318	0.348								
CEC	0.339	-0.055	0.245	0.417	-0.354	0.349	0.152	0.733**							
K	-0.420	-0.367	0.757**	0.618*	0.599*	-0.693*	-0.703*	-0.132	-0.148						
Na	0.270	-0.442	0.549	0.567*	0.248	-0.024	-0.152	0.238	0.543	0.275					
P ₂ O ₅ anorg	0.494	0.261	-0.244	-0.079	-0.030	0.724**	0.442	0.427	0.305	-0.257	-0.103				
P ₂ O ₅ org	-0.682*	0.212	-0.012	-0.171	0.333	-0.541	-0.527	-0.445	-0.384	0.251	-0.285	-0.588*			
P ₂ O ₅ tot	0.172	0.273	-0.244	-0.146	0.067	0.450	0.394	0.323	-0.024	-0.141	-0.467	0.709*	0.006		
SSG	-0.479	0.345	0.238	0.250	-0.200	-0.298	-0.006	0.372	-0.134	0.055	-0.491	0.103	0.164	0.503	

Tabel 7.6 : Zeeruspanne, correlatiematrix voor de oppervlaktehorizonten volgens Pearson (n=10).

Pearson	OM	N	C/N	pH H ₂ O	pH KCl	CaCO ₃	K	Na	P ₂ O ₅ anorg	P ₂ O ₅ org	P ₂ O ₅ tot	SSG
OM												
N	0.887**											
C/N	0.373	-0.091										
pH H ₂ O	-0.312	-0.205	-0.287									
pH KCl	-0.385	-0.222	-0.353	0.899**								
CaCO ₃	0.335	0.534	-0.418	0.561*	0.341							
K	0.793**	0.580*	0.529	-0.487	-0.507	0.050						
Na	0.650*	0.543	0.382	0.020	-0.032	0.212	0.330					
P ₂ O ₅ anorg	-0.079	-0.075	-0.068	0.634*	0.536	0.535	-0.005	-0.206				
P ₂ O ₅ org	-0.082	-0.179	0.177	-0.584*	-0.589*	-0.422	-0.011	-0.185	-0.637*			
P ₂ O ₅ tot	-0.181	-0.269	0.083	0.252	0.120	0.280	-0.017	-0.442	0.670*	0.145		
SSG	0.122	0.244	-0.249	-0.179	-0.089	0.192	0.044	-0.385	0.273	0.123	0.469	

Bovenstaande correlatiematrices tonen – voor zover de correlaties enige bodemkundige betekenis hebben :

- zeer sterke positieve correlaties tussen het OM- en N-gehalte, OM-gehalte en K, de 2 pH-metingen (Pearson); verder is er een zeer sterke positieve correlatie (die enige bodemkundige betekenis heeft) tussen pH H₂O en P₂O₅ anorg;
- matig goede positieve correlaties (met beide methodes) tussen N-gehalte en K, tussen P₂O₅ anorg en P₂O₅ tot; (één berekeningswijze) tussen OM en Na, pH H₂O enerzijds en CaCO₃, P₂O₅anorg anderzijds, CEC en Na, tussen N enerzijds en CaCO₃ (betekenis?) en Na anderzijds, tussen K en C/N;
- matig goede negatieve correlaties (beide methodes) treden op tussen P₂O₅anorg en P₂O₅org; (één berekeningswijze) tussen P₂O₅org en de twee pH-metingen, tussen K en de twee pH-metingen, tussen pH H₂O en OM, tussen P₂O₅org en dikte A (betekenis?)
- gemid.hoogte, SSG en C/N-verhoudingen vertonen zeer zwakke, niet significante correlaties met de andere parameters.

7.3.4 PROEFSITE 8 - ONDERLINGE VERGELIJKING VAN DE PROEFVLAKKEN – OPPERVLAKTEHORIZONTEN

De statistische parameters voor de oppervlaktehorizonten per proefvlak worden voorgesteld in tabel 7.7.

Tabel 7.7 : Zeeruspanne, statistische parameters voor de oppervlaktehorizonten per proefvlak.

Proefvlak			B		C		
Parameter	eenheid	n ¹	x ¹	STD ¹	n	x	STD
OM	%	5	1.8	0.4	5	1.3	0.2
N	%	5	0.054	0.014	5	0.042	0.006
C/N		5	19	4	5	18	2
pH H ₂ O		5	8.6	0.1	5	8.6	0.3
pH KCl		5	8.1	0.1	5	8.2	0.3
CEC	cmol(+)/kg bodem	5	2.8	1.7	5	1.8	0.3
SSG	g/cm ³	20	1.481	0.048	20	1.463	0.047
dikte A	cm	5	2.0	0.0	5	2.2	0.8
diepte ontkalking	cm	5	0	0	5	0	0
CaCO ₃	%	5	3.3	0.3	5	2.7	0.9
gemiddelde absolute hoogte	m	16	5.567	0.137	20	5.676	0.344
P ₂ O ₅ anorg	ppm	5	244	45	5	245	63
P ₂ O ₅ org	ppm	5	69	38	5	51	42
P ₂ O ₅ totaal	ppm	5	313	41	5	296	42

¹ : n : aantal, x : gemiddelde, STD : standaard deviatie

De OM-gehalten variëren tussen 1.1 en 2.2%. Volgens de schaal voorgesteld in Landon (1991) hebben alle pq's een zeer laag OM-gehalte. Proefvlak 8B vertoont gemiddeld iets hogere waarden dan 8C.

De N-gehalten variëren tussen 0.032 en 0.076%. Ook deze waarden zijn volgens Landon (1991) zeer laag. In navolging van het OM-gehalte zijn de N-waarden iets hoger in 8B dan in 8C.

De pH H₂O-waarden liggen tussen 8.2 en 9.0 metingen, de pH KCl-waarden tussen 7.8 en 8.5. De pH-waarden (zowel pH H₂O en pH KCl) vertonen geen verschil tussen de twee proefvlakken.

Wat betreft de CEC liggen de waarden tussen 1.4 en 5.8 cmol(+)/kg bodem. De gemiddelde CEC van proefvlak 8B is – gezien het hoger gehalte aan OM - iets hoger dan de CEC van 8C.

Het SSG is iets hoger in proefvlak 8B dan in 8C.

De dikte van de A-horizont vertoont weinig verschil tussen de verschillende proefvlakken : bij alle onderzochte profielen is de dikte van de A-horizont zeer dun. De dikte van de A-horizont is uniform in proefvlak 8B, maar vertoont een lichte variabiliteit in proefvlak 8C.

Alle profielen zijn kalkrijk tot aan het oppervlak.

Proefvlak 8C ligt topografisch iets hoger dan 8B. Dit is deels te wijten aan de ligging van pq 8C4 op een microduin.

Tabel 7.8 : Zeeruspanne, overzicht van de resultaten van de ANOVA - Kruskal-Wallis testen (8B1 tot 8B5, 8C1 tot 8C5).

	gemid hoogte	OM	N	C/N	pH H ₂ O	pH KCl	CEC	K	Na
T-test – t	-0.665	2.229	1.616	0.934	0.029	-0.481	1.349	0.735	1.682
vrijheidsgraden	8	8	8	8	8	8	8	8	8
significantie	0.525	0.056	0.145	0.377	0.978	0.643	0.214	0.484	0.131
Mann-Whitney U - z	-0.104	-1.681	-1.786	-0.940	-0.419	-0.522	-1.051	-0.632	-1.358
vrijheidsgraden									
significantie	0.917	0.093	0.074	0.347	0.675	0.602	0.293	0.527	0.175

parameter	CaCO ₃	P ₂ O ₅ anorg	P ₂ O ₅ org	P ₂ O ₅ org	SSG
T-test – t	<i>1.338</i>	-0.035	0.725	0.648	0.991
vrijheidsgraden	8	8	8	8	8
significantie	<i>0.242*</i>	0.973	0.489	0.535	0.350
Mann-Whitney U - z	-1.366	<i>-0.104</i>	<i>-0.731</i>	<i>-0.731</i>	<i>-0.940</i>
vrijheidsgraden					
significantie	0.172	<i>0.917</i>	<i>0.465</i>	<i>0.465</i>	<i>0.347</i>

* : Statistische testen werden toegepast in de veronderstellingen dat de gegevens wel (ANOVA - F of T-test) of niet (Kruskal-Wallis of Mann-Whitney-U) normaal verdeeld waren; de resultaten van de meest geschikte test worden weergegeven in vet, de resultaten van de andere test worden dan aangegeven in schuin.

De statistische tests tonen aan dat er geen significant verschil bestaat tussen de onderzochte parameters van proefvlakken 8B en 8C. Deze tests bevestigen de morfologische terreinwaarnemingen.

7.4 DISCUSSIE EN BESLUIT

Proefsite 8, de Zeeruspanne, is gelegen in een zeer jong systeem dat gestabiliseerd is sedert 1996. Binnen de zeeruspanne werden 10 pq's floristisch en bodemkundig onderzocht. Sedert 1998 liggen vijf pq's liggen in een enclosure, 5 andere worden begraasd.

Alle 10 pq's (8B1, 2, 3, 4, 5 tot 8B5, 8C1, 2, 3 en 5) met uitzondering van 8C4 worden gekenmerkt door een pioniersvegetatie van vochtige tot natte duinvallei met lage Kruipwilg en Duindoorn, Zomprus, Zeegroene Zegge, Drienvrige zegge, Zandzegge en Duinriet als nagenoeg constante soorten. Gewoon vetmos, Brede wespenorchis en Rondbladig wintergroen zijn beperkt tot dit type. Pq 8C4 wordt gekenmerkt door een vegetatie met Helm en soorten van droge pioniersomstandigheden (Bonte et al., 2001).

Alle onderzochte profielen vertonen weinig bodemontwikkeling met een A- op C-horizont. Sommige profielen vertonen begraven horizonten. De A-horizont is zeer dun (2-3 cm) met een laag gehalte aan OM, kalkhoudend en bij uitdrogen wordt een dunne korst gevormd. De fysische en chemische parameters van de oppervlaktehorizonten van de twee beheersvormen werden statistisch met elkaar vergeleken. De Mann-Whitney U-test toonde aan dat er geen significant verschil bestaat tussen de onderzochte parameters van proefvlakken 8B en 8C. Hierbij kunnen we onderstellen dat de uitgangssituatie van de twee proefvlakken identisch is en dat 3 jaar begrazing nog geen invloed heeft uitgeoefend op de onderzochte parameters.

Proefsite 8 - Zeeruspanne



PQ 8B4 – laagste gedeelte van panne, vegetatie op 23 augustus 2001



PQ 8B4 – profiel



PQ 8C4 – klein duintje met vegetatie op 7 augustus 2001



PQ 8C4 – profiel

8 INVLOED VAN BEGRAZEN OP DE BODEM

LITERATUUROVERZICHT

Sedert 1997 werden halfwilde grazers geïntroduceerd in de natuurreservaten langsheen de Vlaamse kust. Met het invoeren van begrazingsbeheer in onder andere de Westhoek en Houtsaegerduinen wenst men de biodiversiteit te verhogen en de dominantie van een aantal plantensoorten terug te dringen (Goerlandt, 1999). Men beoogt eveneens open vegetatietypen of een ruimtelijke variatie in vegetatiestructuur en vegetatiesamenstelling te handhaven en/of te herstellen en een specifieke min of meer geleidelijke overgang tussen korte en opgaande begroeiing te ontwikkelen (De Molenaar, 1996).

In onderstaande tekst wordt een overzicht gegeven van de literatuur waarbij de nadruk gelegd wordt op de effecten van begrazen op de bodem (in zijn ruimste zin, d.w.z. begrazen zelf, betreden, rollen, rusten, urineren en bemesten ...). Weinig studies werden uitgevoerd in duingebieden zodat de gegevens uit de literatuur voornamelijk een indicatie geven over deze effecten en dus niet rechtstreeks over te nemen zijn zonder een kritische analyse. Een belangrijk gegeven hierbij is dat duinbodems quasi volledig (99%; Ampe, 1999) uit de zandfractie (50-2000 μm) bestaat. In internationale classificatiesystemen wordt het belang hiervan ingezien omdat kleine hoeveelheden silt en klei een belangrijke verbetering betekenen voor de vocht- en nutriëntenvoorziening. Zo wordt bijv. in het USDA-systeem (Soil Survey Staff, 1998) op familieniveau (5^{de} niveau) een onderscheid gemaakt tussen deze pure zandbodems en de "zandige" bodems. Eerstgenoemde worden de "uncoated" genoemd, de andere de "coated"; het criterium dat hierbij gehanteerd wordt is een vochtequivalent $< 2\%$ of een silt+2xklei gewicht% $\leq 5\%$.

De effecten van begrazing in het algemeen kan men als volgt samenvatten (Lowday & Wells, 1977; Bullock & Marriott, 2000; De Molenaar, 1996). Door begrazen worden in de eerste plaats de bovengrondse generatieve delen (bladeren) maar ook bloemen en vruchten afgevreten. Bepaalde plantensoorten worden verkozen, andere juist vermeden waardoor de structuur van de vegetatie en de botanische samenstelling wordt beïnvloed. Zowel de bovengrondse als ondergrondse delen van de planten lijden onder fysieke beschadiging door betreden. Verdichting van de bodem resulteert in moeilijkere beworteling en heeft gevolgen voor water-, lucht- en nutriëntenvoorziening. Het vormen van open plaatsen en paden kan leiden tot erosie. Andere activiteiten kunnen eveneens leiden tot beschadiging van het plantendek en verdichting van de bodem zoals liggen (rusten, herkauwen), stoeien, stof- en/of modderbaden, concentratie bij drinkpoelen, krabben, hoornen. Schapen en geiten hebben de neiging om op hellingen gaten uit te krabben en holtes te maken om te schuilen.

Begrazen heeft een rechtstreekse invloed op de nutriënten kringloop : nutriënten worden uit het grasland ecosysteem gehaald (begrazen) of teruggegeven (urine en mest). Het nutriëntengehalte en de hoeveelheid geproduceerde mest/urine is sterk uiteenlopend en is afhankelijk van het type en ouderdom van het dier, het dieet, het watergehalte van het voedsel, de weersomstandigheden. De vegetatie bedekt door mest en/of urine kan vooreerst ernstig beschadigd worden (bijv. het vormen van brandvlekken door urine), in een later stadium kan de groei van de vegetatie versterkt worden.

Ruimtelijke patronen in urineren en defeceren hebben een belangrijk effect op de herverdeling van de nutriënten. Gebieden die mest en urine hebben ontvangen worden door de dieren vermeden gedurende een viertal weken tot 18 maanden, wat leidt tot een vlekkelig (patchy) vegetatie patroon.

Het meevoeren van zaden aan de vacht, poten e.d., of de consumptie van vruchten en het meevoeren met opgenomen voedsel in het darmkanaal bevordert de uitzaaiing elders (exo- en endozoöchorie).

Begrazing heeft gevolgen voor de vegetatiestructuur, strooisellaag ontwikkeling en microklimaat en bodemfactoren zoals voedingsstoffen en vocht. Hierdoor veranderen de kiemings- en vestigingscondities en de concurrentieverhoudingen binnen de plantengemeenschappen. In dit onderzoek willen we nagaan wat de effecten zijn van begrazing op de bodem. De bodemchemische, -fysische en -biologische aspecten komen in dit onderzoek aan bod. De invloed van het begrazen op de vegetatie en de processen van exo- en endozoöchorie worden uitvoerig bestudeerd binnen de onderzoeksgroep Terrestrische Plantenecologie en

Vegetatiekunde (Vakgroep Biologie, Ugent). De resultaten van dit onderzoek worden voorgesteld in verschillende licentiaats- en doctoraatsverhandelingen (o.a. Cosyns, 2004; Lamoot, in voorbereiding, enz).

8.1 INVLOED VAN BEGRAZING OP HUMUSPROFIEL

Het meest opvallende gevolg van begrazen en betreden van de vegetatie is een verandering ter hoogte van het humusprofiel. Door de consumptie van de vegetatie gevolgd door een meer open vegetatie en bodemverdichting is er een afname van de toevoer van het organisch materiaal naar de strooisellaag (De Molenaar, 1996). Terzelfdertijd gebeurt de afbraak van het strooisel sneller. Een kortere vegetatie leidt immers tot een extremer microklimaat met een betere zuurstofuitwisseling tussen de lucht boven en in de vegetatie. Door betreding wordt de strooisellaag sterk vertrapt, sneller gefragmenteerd en afgebroken tot humus en nemen C/N en C/P van de biomassa af als gevolg van hergroei na vraat en de input van mest op de bodem. Het resultaat is het afnemen van de strooisellaag tot het zelfs volledig verdwijnen van deze laag.

In een aantal studies komt heel duidelijk de invloed van begrazing op de strooisellaag tot uiting. Meer strooisel komt voor in de enclosure (niet begraasd) dan in de matig en zwaar begraasde plots (Frank et al., 1995; North Dakota, USA, Typic Haploboroll). Berg et al. (1997; W.-Oklahoma, USA, psammentic Haplustalfs en typic Ustipsamments) stelden vast dat de niet begraasde percelen twee keer meer strooisel en dood weefsel bevatten dan de begraasde gebieden. Het totale N-gehalte in het strooisel was tot drie keer groter in de niet begraasde percelen.

In de studie van Dormaar et al. (1998; SW-Alberta, W-Canada, Udic Haploboroll) was de strooisellaag volledig verdwenen in de zwaar begraasde weide. De gegevens van Marrs et al. (1989; Moor House NNR, UK, uiteenlopende bodems zoals hoogveen (bedekkingsveen – blanket bog), venig alluvium, ijzer-humus podzol, bruine kalkrijke bodems) toonden aan dat op de plots zonder schaapbegrazing een accumulatie van strooisel optreedt. Het meest opvallende verschil tussen begraasde en niet begraasde plots was het hoger gehalte in bovengronds droge stof vnl. de strooiselcomponent en nutriënten gehalte in de niet begraasde plots. In 5 van de 8 sites was dit verschil significant, in de 3 andere sites was het verschil niet significant mogelijks door de beperkte duur van begrazing. De analyse van het strooiselmateriaal toont in de niet begraasde plots hogere concentraties van N, K en P; Ca toonde weinig verschil tussen de verschillende sites. Dit bewijst dat de strooisellaag een belangrijke voorraad vormt voor plantennutriënten.

In het kader van een Nationaal Bosbegrazingsonderzoek werd een begrazingsexperiment opgezet in het Kootwijkerveen (Veluwe (ten westen van Apeldoorn), Nederland) in vergraste grove dennenbossen. De bodems van het studiegebied zijn ontwikkeld in stuifzanden met een zeer tot matig fijn leemarm zand met een micropodzol. Het belangrijkste resultaat van runderbegrazing in bos is dat de bovengrondse strooiselaanvoer verlaagd wordt door vraat. In het experiment werd deze verlaging gecompenseerd door een verhoging in ondergrondse aanvoer van relatief eenvoudig afbreekbare organische stof ten gevolge van extra wortelsterfte. Het zijn vooral de L- en F-horizonten die aangetast worden, de H-horizont wordt gekenmerkt door een stabielere vorm van OM die minder snel afbreekt. In het profiel leidt dit tot een versterking van de H-eigenschappen (van Wieren et al., 1997). Door betreden en vertrapping werden de organische horizonten vermengd met het onderliggende zand.

Ook in duingebieden leidt begrazen tot een lagere bovengrondse biomassa gevolgd door een lagere aanvoer van vers strooisel (Van der Meulen et al., 1996). Een begrazingsexperiment werd opgestart in 1984 en 1989 (dwz 10 en 5 jaar begrazing resp.) in het Zwanenwater (Callantsoog, Noord-Holland, kalkarme duinen (0.1-0.4%)). Voor de heidevegetaties was er een significant dikkere L, FH en A-horizont en de voorraad aan organische stof in de LF en L+F horizonten was significant hoger in de begraasde gebieden. Dit is in tegenspraak met de verwachte evolutie in het humusprofiel onder begrazing. Dit is mogelijk het gevolg van vertrapping en beschadiging van de vegetatie zodat een hogere hoeveelheid van strooiselmateriaal overblijft. Voor de andere vegetatietypes (open graslandgemeenschappen van *Corynephorus canescens* en *Koeleria macrantha* en de hoge graslanden met *Ammophila arenaria*) was deze trend nog niet duidelijk (Kooijman & De Haan, 1995).

In het Noordhollands Duinreservaat wordt het humusprofiel van het zeedorpenlandschap gekenmerkt door een Mullmoder, in het duinpaardebloemgrasland trof men een Moder aan (Slings, 1994). Het kalkgehalte van het moedermateriaal wordt in deze publicatie niet vermeld. De verschillende ontwikkelingen van het humusprofiel zou te wijten zijn aan een eeuwenoud lang intensief bodemgebruik vanuit omliggende dorpen

in het zeedorpenlandschap. Dit gebruik omvatte vooral het weiden van vee maar ook kappen van struiken en uittrekken van helmwortels.

8.2 INVLOED VAN BEGRAZING OP FYSISCH BODEMASPECTEN

8.2.1 DRUK UITGEOEFEND VAN DE DIEREN OP DE BODEM

Betreding heeft een directe invloed op de bodemfysische eigenschappen van de bodem. Wind & Schothorst (1964) berekenden de druk uitgeoefend door een koe op de bodem op 2 kg/cm². Deze berekening is gesteund op het gewicht (gewicht Friese koe is ongeveer 600 kg) en het hoefoppervlak van het dier (ongeveer 300 cm² pers. med. Stegenga; Spedding (1976): hoefoppervlak voor rund bedraagt 350 cm², voor schaap 90 cm²); wanneer slechts 2 hoeven de bodem raken neemt de druk toe tot 4 kg/cm². Jonge en kleinere koeien oefenen een druk uit van ongeveer 3 kg/cm². Volgens Spedding bedraagt de uitgeoefende druk 1.6 kg/cm² voor rund en 1.0 kg/cm² voor schaap. De cijfers van Sears (1956) zijn duidelijk hoger : 3.2 kg/cm² voor rund en 2.1 kg/cm² voor schaap. Volgens Profitt et al. (1993 in Mapfumo et al., 1999) (zelfde gegevens als in Twerdoff et al., 1999) oefenen hoeven een druk uit tot 2.2 kg/cm² (200 kPa). Bovenstaande cijfers geven de druk uitgeoefend door het dier in rusttoestand. Tabel 8.1 geeft een aantal richtwaarden voor de druk uitgeoefend door het dier op de bodem (gegevens uit De Molenaar, 1996). Het is duidelijk dat wanneer de dieren stappen, draven, galopperen de uitgeoefende druk veel hoger zal zijn.

Tabel 8.1 : Hoefdruk voor rund en schaap volgens verschillende auteurs

	Rund	Schaap
Sears (1956)	Jersey koe : 3.17 kg/cm ²	2.1 kg/cm ²
Spedding (1976)	1.6 kg/cm ²	1.0 kg/cm ²
Wallis de Vries (pers. med.)	1.6 kg/cm ²	1.0 kg/cm ²

Enkele cijfers ter vergelijking :

- de druk uitgeoefend door een staand persoon kan meer dan 0.2 kg/cm² bedragen, terwijl de dynamische krachten kunnen oplopen tot 57 kg/cm² en de horizontale krachten tot 32% van het lichaamsgewicht (Harper & Liddle, 1975 in Vandekerckhove & Lust, 1995).
- De druk uitgeoefend door landbouwtractoren is max 1 kg/cm², geladen karren oefenen een vergelijkbare druk dan dieren uit op de bodem (Wind & Schothorst, 1964).
- De druk uitgeoefend door tractoren ligt tussen de 0.3 – 1.5 kg/cm² (30 – 150kPa) (Profitt et al., 1993).

De werking van betreding is afhankelijk van het soort/ras van het vee, de veedichtheid, sexeverdeling en leeftijdsopbouw van de kudde. De veedichtheid beïnvloedt het gedrag van de dieren zoals intensiteit van betreden, loopgedrag, ruimtegebruik. De samenstelling van de kudde heeft gevolgen op het sociale gedrag van het vee en daardoor het ruimtelijk gedrag. Runderen leggen gemiddeld 3 tot 5 km, schaap 3 tot 13 km af per dag (Spedding, 1976).

Wind & Schothorst (1964) onderzochten het verband tussen de draagkracht van de bodem en het optreden van bodemvertrapping. Indien de draagkracht van de bodem meer is dan 7 kg/cm² is de bodem voldoende vast. Bodembeschadiging treedt op indien de draagkracht van de bodem lager dan 5 kg/cm² wordt; lichte beschadiging treedt op wanneer de draagkracht tussen 5 en 7 kg/cm² ligt. Het OM- en watergehalte zijn hierbij belangrijk : hoge gehalte aan OM en hoge bodemvochtigheid verlaagt de draagkracht en vertrapping treedt op.

8.2.2 EFFECTEN OP DE BODEMFYSISCH PARAMETERS

Betreding in het algemeen en betreding door grazende dieren inclusief liggen/rusten, rollen en krabben resulteert in een verdichting van de bodem, het beschadigen van de vegetatie, het losmaken, vertrappen en eventueel met de bovengrond mengen van dood materiaal en het beschadigen van de bovengrond.

De gevolgen van betreding uiten zich op de fysische en chemische eigenschappen van de plek, de conditie en fotosynthetische activiteit van het gewas, de strooisel- en daaraan gerelateerde nutriëntenhuishouding. Verdichting bemoeilijkt de beworteling en daarmee de vestigingsmogelijkheden van de plant. Een losgetrapte bovengrond met hieronder een verdichte laag vermindert de bewortelbare diepte en verhoogt de kans op erosie door water en wind.

Begrazing heeft invloed op de vochtthuishouding van de bodem : door verdichting vermindert het poriënvolume, neemt capillaire stijging toe, daalt het plant beschikbaar water, permeabiliteit en infiltratiecapaciteit, wat verder kan leiden tot toenemende bodemerosie (De Molenaar, 1996). Bij het ontstaan van kale vlekken in de vegetatie neemt de impact van de regendruppels toe, vermindert het OM-gehalte en de grootte van de bodemaggregaten, kan korstvorming optreden wat opnieuw de infiltratiesnelheid doet afnemen. Uiteindelijk leidt dit tot bodemerosie en nog minder water in de bodem (Vallentine, 1990).

De mate waarin bovenstaande processen optreden is enerzijds afhankelijk van de draagkracht en samendrukbaarheid van de bodem en de zode. De draagkracht wordt beïnvloed door de structuur en textuur van de bodem, de bodemvochtigheid, de vegetatie, de beworteling en het humustype (De Molenaar, 1996). Twee bodemprocessen zijn het gevolg van betreding : 1) compactie door de druk uitgeoefend door de hoeven in vnl. droge tot matig vochtige omstandigheden, 2) een plastische vervorming rond de hoeven van de bodem vnl. in zeer natte en dikwijls betreden situaties (Burgess et al., 2000), uiteindelijk kunnen trapgaten gevormd worden (pugging en poaching) (Wilkins & Garwood, 1986 in Vallentine, 1990). Anderzijds lijkt het vooral de begrazingsdichtheid te zijn dat schijnbaar soortelijk gewicht (SSG) en infiltratiesnelheid beïnvloedt (Vallentine, 1990). Ook bij extensieve begrazing ontstaan plaatselijk zones onderhevig aan hoge betredingsdruk bijvoorbeeld rond drinkpoelen en geprefereerde rustplaatsen; ook verplaatsen grote grazers zich dikwijls langs dezelfde routes waardoor paden ontstaan. Deze paden verbinden de favoriete graas-, rust- en drinkplaatsen en volgen meestal de weg van de minste weerstand. Onafhankelijk van de begrazingsintensiteit is er een differentiatie in ruimtelijke betredingsintensiteit. De Molenaar onderscheidt diffuse, geconcentreerde en sterk geconcentreerde betredingsintensiteit.

Andere activiteiten zoals liggen (rusten, herkauwen), stoeien, stof- en/of modderbaden, concentratie bij drinkplaatsen, krabben, hoornen worden onder de noemer van betreden gebracht. De effecten op de bodem en de vegetatie kunnen echter minder (rusten/rollen) of meer (stoeien, concentratie bij drinkplaatsen) intensief zijn.

Dormaar et al. (1998; SW-Alberta, W-Canada, Udic Haploboroll) vergeleken in hun onderzoek dat sedert 1947 liep, drie begrazingsintensiteiten van vee : licht (1.2 AUM/ha)(AUM = animal unit month), zwaar (2.4), zeer zwaar (4.8). De dikte van de Ah verminderde van 22 cm in de controle tot 7.5 cm op zwaar begraasde percelen en SSG nam toe. Een stijging in SSG werd eveneens vastgesteld door Berg et al (1997). In hun studie op zandige bodems (psammentic Haplustalfs en typic Ustipsamments) in W-Oklahoma, op 8 matig intensief begraasde weiden (en hun controle) door vee steeg na 50 jaar experiment de SSG van 1.19 g/cm³ op niet begraasde tot 1.35 g/cm³ op begraasde plots. In de studie van Bauer et al. (1987; North Dakota, USA, 75 jaar begrazing, 3 textuurklassen : sandy (zandfractie 60-67%), medium (zandfractie 40-52%), fine (zandfractie 23-34%)) was het SSG 0.1 g/cm³ hoger (tussen 0-7.6 cm) in de begraasde dan in de niet begraasde percelen. 19 jaar begrazing met schape op prairiebodems (51-53 % zand) in Alberta onder drie graasdichtheden (licht (2.5 ha/AUM animal unit month), matig (2.0 ha/AUM), sterk (1.7 ha/AUM)) en een controle (niet begraasd) vertoonden geen significante toename in SSG (diepte niet expliciet vermeld, 0-15 cm) (Smoliak et al. 1972).

Mapfumo et al. (1999; Alberta, Canada, loam tot siltloam) meten de verdichting aan de hand van SSG en penetratieweerstand. Een duidelijk verschil in SSG werd slechts gedurende 1 seizoen, herfst 1995, waargenomen in de zwaar begraasde plots met doorlevende grassen en vnl. tussen 0-2.5 cm vanaf het oppervlak. De minder zwaar begraasde stukken hadden meer strooisel en minder kale vlekken. In de andere seizoenen waren er geen significante verschillen. De effecten waren dus relatief klein. Natuurlijke mechanismen die verdichting kunnen tegen gaan zijn bodemverbeterende processen zoals afwisseling van vries-dooi, nat-droog en regenwormactiviteit (Heinonen, 1986) evenals mestkevers, mollen, muizen en mieren.

Twerdoff et al. (1999) onderzochten de invloed op SSG door begrazen met verschillende intensiteiten en onder verschillende gewassen (eenjarige en meerjarige grassen) (Alberta, Orthic Black Chernozem, 51% zand, 34% silt, 15% klei, OM = 9.5%). Het vochtgehalte van de bodem was hoger onder lichte dan onder zware begrazing. De licht begraasde percelen met lagere SSG hebben door een betere bodemstructuur een hogere infiltratie wat leidt tot een hoger vochtgehalte. In het eerste jaar van de begrazing nam SSG het meest toe en de grootste toename was op de zwaar begraasde percelen. De studie toont aan dat een hogere

begrazingsintensiteit (cumulatief aantal "koedagen") een grotere toename van SSG en relatieve compactie veroorzaakt. Ook Gill et al. (1998) komt tot de vaststelling dat meer koedagen, een groter aandeel kaal oppervlak en minder tijd voor de vegetatie om zich te herstellen tussen begrazingsperiodes leidde tot hogere SSG en bodemcompactie.

In het tweede jaar van begrazing was er een lichte afname in SSG voor de licht en matig intensief begraasde percelen; op de zwaar begraasde percelen bleef SSG constant. Naar analogie met een studie van Heinonen (1986) die aantoonde dat de grootste compactie optreedt wanneer landbouwwerktuigen voor de eerste maal over de bodem rijden en dat compactie minder intensief is bij de volgende berijdingen vinden Twerdoff et al. (1999) dat eenzelfde proces zich hier afspeelt onder begrazen. Ook Liddle (1975) beschrijft een positieve correlatie tussen betredingsintensiteit en SSG maar vrij snel wordt een niveau bereikt waarboven geen verdere compactie meer plaatsgrijpt.

Slager et al. (1993) vergeleken de effecten van 15 jaar begrazing in het Lauwersmeergebied (onregelmatig bodemprofiel met laagjes van fijnzandig en kleihoudend materiaal). Het begraasde deel werd in de zomer begraasd, eerst met schapen, later met pinken en paarden. De begrazingsdichtheid bedraagt 0.45 dier/ha. De gemiddelde resultaten staan in tabel 8.2. Het is duidelijk dat met deze matige begrazingsintensiteit na 15 jaar de dikte van de A-horizont is afgenomen van 8 tot 2 cm dikte, het SSG significant is toegenomen en hiermee gepaard een toename in de indringingsweerstand en een afname in totale porositeit en permeabiliteit van de bodem. Door compactie neemt het aandeel grote poriën af tegenover de kleine poriën (Russell, 1977; De Haan & Van der Valk, 1970) wat de capillaire stijghoogte doet toenemen. Er is eveneens een duidelijke toename in het watergehalte tussen 0-40 cm vanaf het maaiveld.

Tabel 8.2 : Invloed van begrazing op fysische bodemparameters in het Lauwersmeergebied (Slager et al., 1993)

	Niet begraasd	Begraasd
zode (humusrijke bovenlaag) dikte in cm	8	2
op 5-15 cm diepte SSG g/cm ³	1.48	1.61
Totale porositeit (vol %)	44.0	39.3
Doorlatendheid m/dag	3.0	0.8
Indrukweerstand conus, N		
Laag 0.0 - 0.2 m	286	440
Laag 0.2 - 0.4 m	310	>500
Volume vocht %		
0-10 cm	10.6	17.7
10-20 cm	16.4	20.8
20-30 cm	22.0	21.9
30-40 cm	28.4	32.0
40-60 cm	33.5	32.3
60-80cm	31.8	33.0
80-100 cm	35.6	36.3

Monitoring onderzoek in Nederlandse kustduingebieden toonde in het Zwanenwater (Callantsoog, Noord-Holland) (kalkarme duinen (0.1-0.4%)) waar met koeien begraasd wordt, hogere SSG-waarden in alle horizonten (LF, H en A) van de begraasde gebieden (Van der Meulen et al., 1996). De dikte van de A-horizont en de hoeveelheid wortels in de A van het buntgras- en helmttype zijn hoger in het niet begraasde gebied. In het Noordhollands duinreservaat vindt men in het zeedorpenlandschap dat ontstaan is door o.a. extensieve begrazing een dunnere A-horizont, een beter ontwikkelde structuur en een grotere hoeveelheid wortels in de A-horizont dan in het duinpaardebloemlandschap (Slings, 1994).

Besluit : betreding leidt tot verdichting. De meest gangbare manier om dit te kwantificeren is door SSG en penetratiweerstand bepalingen. Studies waarbij begraasde en niet begraasde percelen met elkaar vergeleken worden tonen meestal een verhoging van de SSG waarden onder begrazing.

8.3 INVLOED VAN ONTLASTEN OP DE CHEMISCHE BODEMKENMERKEN

Ontlasten omvat urineren en mesten. Door het ontlasten ontstaat een pleksgewijze relatieve concentratie van nutriënten en mineralen; hierdoor kan lokaal de vegetatie minder aantrekkelijk worden om te vreten. (De Molenaar, 1996).

Nutriënten depositie van vnl. N en P door mest en urine kan plantengroei stimuleren, de groeivorm wijzigen en veranderingen veroorzaken in demografische variabelen. Verschillende plantensoorten kunnen op een verschillende manier reageren op zo'n toegift van nutriënten

Door het deponeren van de mest wordt de vegetatie mee bedolven en dus niet meer onmiddellijk beschikbaar voor de grazers, toxines kunnen vrijgemaakt worden en brandvlekken veroorzaakt door urine beschadigen de plantengroei (Day & Detling, 1990; Malo & Suarez, 1995). Weinig is gekend hoe verschillende plantensoorten tolerant zijn tegenover zo'n beschadiging.

8.3.1 URINEREN

8.3.1.1 Chemische samenstelling van urine

De samenstelling van urine is sterk uiteenlopend. Het wordt beïnvloed door het soort dier (rund – paard – schaap (- varken)), individu (lacterend, kalf/veulen/lam-adult), soort grasland (al dan niet bemest) d.w.z. het dieet (De Molenaar, 1996). Urine bevat vooral minerale en gemakkelijk afbreekbare stofwisselingsproducten (N, K en S) die direct door de plant kunnen opgenomen worden.

Urine bevat 4-12% opgeloste stoffen, waarvan de meeste N-houdend zijn (Frame, 1971; Safley et al., 1984; Schechtner et al., 1980). Het N-gehalte is afhankelijk van het dieet en de water consumptie. Voor vee ligt het N-gehalte tussen 2-20 g N/l, gemiddeld 8-10 g N/l (Whitehead, 1995 : Betteridge et al., 1986; Bristow et al., 1992 : 6.8-21.6 g N/l; Holmes, 1989; Lantinga et al., 1987; Petersen et al., 1956; Schechtner et al., 1980; Wolton, 1979); voor schapen tussen 5-15 gN/L, gemiddeld 8-10 gN/l (Whitehead, 1995 : Bristow et al., 1992 : 7.0-16.9 g N/l; Sherlock & Goh, 1984; Dale, 1961; Doak, 1952; Herriot & Wells, 1962; Dears & Newbould, 1942). De dagelijkse excretie van N in urine varieert sterk in volume en N-concentratie. Typische waarden liggen tussen 100-350 g N/koe/dag, afhankelijk van fysiologische staat van het dier en de concentratie van N in het dieet.

Een groot deel van de stikstof dat vee opneemt, wordt uitgescheiden : 75-85% in melkvee en 90-95% in vleesvee (Henzell & Ross, 1973); 50-80% van de uitgescheiden N komt voor in de urine, deze proportie neemt toe naargelang het dieet meer N bevat (Whitehead & Bristow, 1990).

Gesteund op verschillende bronnen stelt Whitehead (1995) volgende typische waarden voor (Tabel 8.3) voor de excretie van N in urine door melkkoeien, stieren en schapen

Tabel 8.3 : Typische waarden voor de excretie van N in urine door melkkoeien, stieren en schapen (Whitehead, 1995)

	melkkoe	stier	Schaap
Droge stof in urine (g/l)	60-120	60-120	-
N concentratie (/l)	2-20	2-20	5-15
N excretie in urine (g N/dag)	80-320	80-240	10-70
N excretie in urine (kg N/jaar)	30-120	30-90	5-25

Bristow, Whitehead & Cockburn (1992) onderzochten welke N-verbindingen in urine voorkomen. Over het algemeen is urea de belangrijkste N-verbinding in urine maar de extreme waarden lopen sterk uiteen. Gemiddeld ligt het urea-gehalte voor runderen ligt gemiddeld tussen 65 - 90% (eg Sherlock & Goh, 1984; Lantinga et al., 1987; Thomas et al., 1988). De urine van schapen gevoederd met een extreem laag proteïne dieet bevat 25 % urea (Topps, 1966), indien het dieet rijk is aan N stijgt de urea-N in de urine tot meer dan 80% (Lantinga et al., 1987). Zo bedraagt het urea gehalte 90% voor runderen op sterk bemeste graslanden (Lantinga et al., 1987). In de studie van (Bristow, Whitehead & Cockburn, 1992) varieerde de

totale N concentratie van de urine van 10 Friese koeien tussen 6.8 en 21.6 g N/l, van schaaap (5 Schotse oaien van gemengd ras) en geit (4 Britse Saanen) tussen 7.0 en 16.9 g N/l. De concentratie van urea N verschilde niet substantieel tussen de verschillende soorten en bedroeg tussen 56 en 93%. Sommige auteurs daarentegen (Nehring et al., 1965) wijzen erop dat de urea-N in urine van schaaap minder is dan dat van rund.

De andere N-verbindingen in urine bedragen in totaal tussen 20-30% en zijn hippuric acid, allantoin, urinezuur (uric acid), xanthine en hypoxanthine, creatinine en creatine, aminozuren (Bristow, Whitehead & Cockburn, 1992). Ook hier treden opnieuw sterke variaties op in de concentraties van de verschillende N-verbindingen naargelang diersoort en dieet (De Molenaar, J.G., 1996). Deze N-verbindingen breken trager af dan de urea maar worden uiteindelijk ook omgezet tot ammoniak. De urine zelf bevat minder dan 1% NH_4 .

De concentratie aan urea-N in de urine wordt niet enkel bepaald door het dieet (N-concentratie in het voedsel) maar vertoont ook een seizoenaliteit. Zo zou voor schapen die jaarrond grazen het urea gehalte in de zomer hogere gehalten (69% in augustus) vertonen dan in de winter (24% in februari) wat zou wijzen op een tekort aan proteïnen in het dieet gedurende de winter (Field et al., 1974). Sommige auteurs spreken zelfs van een diurnale variabiliteit in urea-N concentratie (Church, 1976).

Urine bevat eveneens kleine hoeveelheden fosfor. De verdeling van P in urine naargelang diersoort wordt voorgesteld in tabel 8.4.

Tabel 8.4 : Verdeling van P in urine naargelang diersoort (in Khasawneh et al., 1980 uit Azevedo & Stout, 1974)

diersoort	fractie totale P in urine (% uitgescheiden) tov totale uitgescheiden hoeveelheid P in urine en mest
rund	2.7
paard	spoor
schaap	6.2
varken	16.9

Fosfor uitscheiding via de urine is vooral belangrijk bij omnivoren zoals varkens en bij pluimvee. Opnieuw is de P-concentratie in de urine afhankelijk van de fysiologie en de voeding van de dieren.

Peterson et al. (1956) geeft als belangrijkste componenten van urine 1.2%N, 0.01% P_2O_5 , 1.15% K_2O . Tasker (1967) meldt dat een groot deel van de K-opname uitgescheiden wordt via de urine en in mindere mate via de faeces. Wilkinson & Lowrey (1973) stelden vast dat bij paarden tot 90% van de K wordt uitgescheiden met de urine.

8.3.1.2 Frequentie en hoeveelheden urineproductie

Volgens Peterson et al. (1956) die in talrijke publicaties opnieuw aangehaald wordt, produceert een volwassen koe gedurende 8 urinaties gemiddeld 9 l urine /dag.

In Whitehead (1995) produceert rundvee tussen 10-40 l urine /dag (Betteridge et al., 1986; Haynes & Williams, 1993; Holmes, 1989; Spedding, 1971). De frequentie van urineren is 8-12/dag (Church, 1976; Hancock, 1953; Lantinga et al., 1987; MacLusky, 1960; Petersen et al., 1956; Richards & Wolton, 1976a), telkens met een volume tussen 1.5-3.5 l (Wolton, 1979). Opnieuw treden grote variaties in hoeveelheden van geproduceerde urine op naargelang het ras, het individueel dier, het dieet, zelfs van dag tot dag. Koeien gevoed met hooi urineren 10 l/dag, met vers gemaaid gras 18.5 l/dag (Schechtner et al., 1980).

Schapen produceren tussen de 1 en 7 l/dag (In Whitehead (1995), Frame, 1971; Herriott & Wells, 1963; Orr et al., 1995; Parsons et al., 1991; Spedding, 1971). Een schaaap produceert zo'n 15-20 keer urine per dag (Doak, 1952; Frame, 1971; Haynes & Williams, 1993) en per urinatie ongeveer 150 ml (Doak, 1952; Haynes & Williams, 1993; Skrijka, 1987). Opnieuw is er veel variatie door bijvoorbeeld weersomstandigheden : in zomer wordt veel minder urine geproduceerd dan in de winter. In de zomer is er vochtverlies door evaporatie via de huid.

Gesteund op verschillende bronnen stelt Whitehead (1995) volgende typische waarden voor (Tabel 8.5).

Tabel 8.5 : Typische waarden omtrent urineproductie per dag voor verschillende diersoorten (Whitehead, 1995).

	melkkoe	stier	schaap
Urinaties per dag	8-12	8-12	15-20
Volume per urinatie (l)	1.5-3.5	1.0-3.0	0.1-0.2
Urine volume/dag (l)	10-40	10-30	1-7

Besluit : grote variatie naargelang dieet, diersoort – zelfs een temporele variabiliteit wat betreft samenstelling en hoeveelheden van de geproduceerde urine. De cijfers zijn gesteund op metingen van boerderijdieren in gecontroleerde omstandigheden wat betreft dieetsamenstelling. Gegevens voor halfwilde grazers zoals de dieren in de bestudeerde natuurreservaten werden niet teruggevonden.

8.3.1.3 Invloed van urine op de bodem

Urinatieplekken zijn te herkennen aan een plaats waar de vegetatie er verbrand uit ziet vlak na de urinatie of waar een donkergroene vlek van goed groeiende grassen te zien is tot 1 jaar na de urinatie (Edwards & Hollis, 1982). Het pleksgewijs “verbranden” van de vegetatie kan optreden door de hoge concentratie aan opgeloste stoffen (De Molenaar, 1996). Het begrazen heeft een belangrijke invloed op de fertiliteit van de weiden door het opstapelen van hoge concentraties aan voedingsstoffen op kleine vlekken binnen de weide (urinevlekken) (Haynes & Williams, 1992).

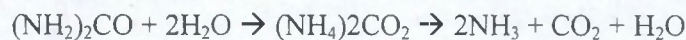
Het oppervlak dat bedekt wordt door één enkele urinatie door rundvee is afhankelijk van het volume van de urine en de infiltratiesnelheid van de bodem dat op zijn beurt bepaald wordt door textuur, porositeit en vochtigheidstoestand (Whitehead, 1995). Peterson et al. (1956) schat dat gedurende 1 enkele urinatie van rundvee tussen de 0.27 tot 0.39 m², gemiddeld 0.28 m², bodem bedekt wordt door urine. Haynes & Williams (1993) spreken van 0.2-0.5 m² bedekt door 1 urinatie door vee, Lantinga et al. (1987) en Richards & Wolton (1976b) van 0.5-0.7 m². Het is niet enkel de bodem onmiddellijk onder de urinatie die beïnvloed wordt maar door de laterale beworteling van de grassen wordt een groter oppervlak aangetast (Whitehead, 1995). De verdeling van de toegevoegde N is niet uniform over de vlek : het centrale deel ontvangt meer, de periferie minder dan de gemiddelde hoeveelheid per oppervlakte eenheid. Een laterale verspreiding van de urine reikt tot 17.5 cm vanaf centrum van urine toegift (Powell et al., 1998).

Wanneer urine toegevoegd wordt aan de bodem, wordt de meeste urea N omgezet door hydrolyse tot NH₄⁺ dat op zijn beurt door nitrificatie omgezet wordt tot NO₃⁻ (Haynes & Williams, 1992).

Een deel van de urine-N afgezet op de bodem keert terug naar de atmosfeer als ammoniak (Lockyer & Whitehead, 1990). De hoeveelheid van urea N en de snelheid waarmee dat uiteindelijk urea-N vervliegt is afhankelijk van veel factoren waaronder concentratie van N in de urine, de samenstelling van de bodem, weersomstandigheden nadat urine aan de bodem is toegevoegd (Bristow, Whitehead & Cockburn, 1992). Lockyer & Whitehead (1990) spreken van ongeveer 15% van urea-N dat vervliegt als ammoniak binnen de 2-3 weken. Afhankelijk van de snelheid waarmee de urine in de bodem dringt zal er min of meer N vervliegen : indien de urine snel in de bodem kan dringen zal er minder verloren gaan via verdamping zoals het geval was in de zandige bodems (85-90%) onderzocht door Powell et al. (1998; ICRISAT, Niger). Ook in de onderzochte natuurreservaten kan men verwachten dat indien de bodem niet actueel hydrofoob is, de urine snel in de bodem zal dringen.

Het ammonium N dat niet vervliegt zal in de bodem deel uitmaken van de kationenuitwisselingsprocessen, het nitrificatieproces en de opname door planten (Bristow, Whitehead & Cockburn, 1992). Na toegift van urine aan de bodem is er een snelle stijging van NH₄⁺ en NO₃⁻ in de bodem : de hydrolyse van urea naar NH₄⁺ in graslanden is volledig in enkele dagen tijd (Whitehead & Bristow, 1990). In sommige studies is er voor verschillende weken volgend op de urine toegift een verhoogde NH₄⁺-concentratie in de bodem; dit kan veroorzaakt worden door de trage snelheid van het nitrificatie proces. In de studie van Whitehead & Bristow (1990) op kleibodems en goed gestructureerde bodems gaat 37% van urine N verloren door de drainage binnen de 2 dagen. Op minder goed gestructureerde of gedraineerde bodems, of in droge omstandigheden zal het verlies van urine N door drainage veel minder bedragen.

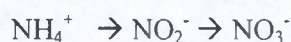
De snelle vervlieging van urea tot NH₄ doet door de hydrolyse van urea waarbij OH⁻ ionen vrijkomen, de pH in de bodem stijgen. De pH-verhoging loopt volgens onderstaande reacties (Powell et al., 1998):



Binnen de studie van Powell et al. (1998) deed de toegift van urine aan de bodem de pH en beschikbare P toenemen en dit voornamelijk in eerste week na toegift. In de bovenste 15 cm was de pH verhoogt gedurende de volledige studie die 128 dagen duurde. Ammonia waarden stegen zeer sterk in de bovenste 10 cm op de eerste dag na de toegift. Dit werd snel gevolgd door een afname in ammonia gepaard gaande met een toename van nitraat. In de bovenste 10 cm was nitraat het meest toegenomen 7 tot 28 dagen na toegift; het nitraat-gehalte bleef verhoogd tot 80 cm diepte in de 128 dagen durende studie.

De pH-toename kan zeer snel gaan. In de studie van Doak (1952) steeg de pH van 5.2 tot 9.2 binnen enkele uren nadat urine aan de bodem toegevoegd was. Andere studies (in Powell et al., 1998 : Holland & During, 1977; Christianson et al., 1979; Overrein & Moe, 1967) beschrijven een toename van 2.0-2.5 pH eenheden op bodem met oorspronkelijk pH=6.

De pH toename kan tot 40 dagen na de toegift aanhouden (Stillwell & Woodmansee, 1981). Nadien kan de pH dalen door het nitrificatieproces waarbij H^+ -ionen vrijkomen.



In de studie van Haynes & Williams (1992) doet de initiële toegift van urine door de hydrolyse van urea tot ammonia de bodempH toenemen met één eenheid tussen 0-7.5 cm diepte toenemen. Dit proces werd echter snel gevolgd door nitrificatie zodat na 31 dagen alle NH_4^+ -ionen omgezet waren tot NO_3^- -ionen waardoor de pH terug daalde. Dit proces was het meest uitgesproken in de bovenste 2.5 cm.

De belangrijkste kationen die toegevoegd worden in de urine aan de bodem zijn K^+ en Na^+ , de belangrijkste anionen zijn HCO_3^- en Cl^- . Door de urine toegift stijgen de concentraties van uitwisselbare K^+ , Na^+ en NH_4^+ in de bovenste 15 cm van de bodem (Haynes & Williams, 1992). De studie toonde aan dat de beschikbaarheid van nutriënten direct beïnvloed wordt door nutriëntentoevoer in de urine en op een indirecte manier door fluctuaties van pH en ionenconcentraties in de bodem.

Archer (1973; Newmarket, Norfolk, Middlesex en Gloucestershire, UK, bodemtype niet vermeld) onderzocht chemische bodem paramaters van zwaar begraasde en niet begraasde gebieden met paarden. Er was een duidelijk verschil tussen beide gebieden voor uitwisselbare K. Voor de andere parameters pH, P, Mg en Cu werden geen significante verschillen gevonden. Dirven & de Vries (1973) vonden voor paarden een verhoging met 77% voor K in latrinegebieden vergeleken met de graasgebieden. Ook vonden ze hogere waarden voor P en Mg, maar geen verschillen in pH-waarden. Ook in New Forest (Edwards & Hollis, 1982) vertonen de latrinegebieden consequent hogere K-waarden dan de niet latrinegebieden.

Besluit :

De effecten van urine op de bodem werden vnl. onderzocht aan de hand van experimenten waarbij gekende hoeveelheden en samenstelling van de urine aan de bodem toegevoegd worden.

Urine depositie brengt een belangrijke input mee van vnl. N en in mindere mate K, Na, P. Urine N is grotendeels aanwezig onder de vorm van urea-N. Hydrolyse van urea zorgt voor omzetting tot NH_4^+ dat door nitrificatie verder omgezet wordt tot NO_3^- . Dit gaat gepaard met een pH toename gevolgd door een pH afname. Urineplekken vertonen naargelang de studie een toename in K en beschikbare P.

8.3.2 MEST

8.3.2.1 Samenstelling van de mest

Het bemesten in een begrazingssysteem is uitermate belangrijk vermits organisch materiaal en voedingsstoffen terug aan de bodem geleverd worden (Brady & Weil, 1996). Mest bevat voornamelijk onvolledig verteerde bestanddelen van het opgenomen voedsel (De Molenaar, 1996).

De dieren scheiden grote hoeveelheden uit van de opgenomen voedingsstoffen, $\frac{3}{4}$ van de N, $\frac{4}{5}$ van de P, $\frac{9}{10}$ van K in de excreta, daarom is mest een belangrijke bron van macro- en micronutriënten. Gemiddeld wordt ongeveer de helft van de N, bijna alle P en $\frac{2}{5}$ van de K in vaste mest uitgescheiden maar de stoffen komen voor in een vorm die minder rechtstreeks beschikbaar is voor de planten dan in urine (Brady & Weil, 1996). Verse mest (op het ogenblik van de defaecatie) bevat grote hoeveelheden water. De verschillen in fysiologische mechanismen voor waterretentie en excretie maakt dat het vochtgehalte van verse mest bij paard, pluimvee en schapen lager ligt dan bij varken en rund (Khasawneh et al., 1980). Mest van herkauwers zijn over het algemeen ook lager in P dan mest van varken en pluimvee omdat deze laatste de organisch gebonden P uit het voedsel kunnen extraheren (Azevedo & Stout, 1974). De hoeveelheid Zn en Cu in mest reflecteert de hoeveelheden die in het voedsel aanwezig zijn (Khasawneh et al., 1980). Op basis van drooggewicht bevatten dierlijke mest 2-5%N, 0.5-2% P en 1-3%K. Volgens Peterson et al. (1956) bevat verse mest gemiddeld 0.38%N, 0.18%P₂O₅ en 0.22%K₂O.

Veel factoren beïnvloeden de hoeveelheid en samenstelling van de geproduceerde mest : soort en ouderdom van het dier, soort en hoeveelheid voedsel, conditie van het dier, melk productie of arbeid geleverd door het dier (Foth 1990; Petersen et al., 1956, Troeh & Thompson, 1993).

Een aantal publicaties geven gemiddelde waarden voor de samenstelling van mest, soms naargelang diersoort, soms naargelang het dieet. Hieronder volgt een overzicht van de verschillende gegevens.

Tabel 8.6 : Samenstelling van mest in gewichts% naargelang diersoort (Fairbridge and Finkl (1979) from Tisdale and Nelson (1966) in Landon, 1984). (Er wordt niet vermeld of dit gewicht% is van het vers of van het drooggewicht; vermoedelijk is het gewicht% tov vers gewicht)

	N	P	K	organische stof
melkvee	0.7	0.1	0.5	30
paard	0.7	0.1	0.4	60
konijn	2.0	0.6	1.0	50
schaap	2.0	0.4	2.1	60
vleesvee	2.0	0.2	1.6	60

Tabel 8.7 : Samenstelling van mest in gewichts% ten opzichte van vers materiaal, naargelang dieet (Fairbridge and Finkl (1979) in Landon, 1984)

	N	P	K	vochtigheid
stalmest				
spreiding	0.3-2.2	0.04-0.92	0.4-1.2	8-86
gemiddelde	0.6	0.13	0.5	76
rundermest van dieren gevoederd met krachtvoer	0.6-3.5	0.3-0.9	0.8-2.4	5-40

Tabel 8.8 : Samenstelling van mest (concentraties tov drooggewicht) Singer et al. (1999)

diersoort – dieet	N%	P%	K%	S%
vee – alfalfa	2.5	0.4	0.7	0.4
vee – alfalfa en rijst pellen	2.0	0.3	3.9	0.5
schaap	2.3	0.4	0.8	0.3
paard	1.8	0.5	1.2	0.2

tabel 8.9 : Gemiddelde samenstelling van vaste mest (Brady & Weil, 1996)

	water	Ntot	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
	%	% van drooggewicht							g/Mg van drooggewicht				
melkvee	75	2.4	0.7	2.1	1.4	0.8	0.3	1,800	165	165	30	20	
schaap	68	3.5	0.6	1.0	0.5	0.2	0.2	-	150	175	30	30	-
paard	63	1.4	0.4	1.0	1.6	0.6	0.3	-	200	125	25	-	-
vleesvee	80	1.9	0.7	2.0	1.3	0.7	0.5	5,000	40	8	2	14	1

Tabel 8.10 : Samenstelling van verse mest; cijfermateriaal werd gesynthetiseerd uit verschillende publicaties (Sommers & Sutton, 1980) (in % of mg/kg van het drooggewicht)

		vast	N	P	K	Na	Ca	Mg	S	Cu	Zn
		%	%	%	%	%	%	%	%	mg/kg	mg/kg
rund	range	12-27	2-8	0.5-1.6	2-4	0.1-2.8	0.6-1.4	0.4-0.7	0.4-0.6	23-33	68-100
vlees	gemid	16	4.2	0.9	2.6	0.8	0.8	0.5	0.5	28	84
rund	range	10-16	3-4	0.4-0.7	2-3	0.1-1.3	1.3-1.7	0.3-0.7	0.2-0.5	28-33	83-133
melk	gemid	14	3.5	0.6	2.4	0.5	1.5	0.5	0.3	30	108
schaap	range	24-29	4-6	0.4-0.9	2-4	-	0.8-2.5	0.3-0.8	0.3-0.4	-	-
	gemid	26	4.4	0.6	3.0	0.8	1.7	0.5	0.3	16	81
paard	range	21-40	2-3	0.3-0.5	1-2	-	0.7-2.9	0.3-0.4	0.2-0.3	-	-
	gemid	30	2.4	0.4	1.5	-	1.9	0.3	0.2	19	56
varken	range	6-28	2-10	0.6-2.5	1-6	0.6-2.9	0.3-3.2	0.3-0.5	0.5-0.8	18-163	215-805
	gemid	13	5.2	1.5	3.2	1.5	2.0	0.4	0.6	90	546
kip	range	24-29	3-6	0.9-2.3	1-2	0.5-0.9	3.4-6.4	0.5-1.1	-	18-71	120-330
legkip	gemid	26	4.8	1.8	1.8	0.7	5.5	0.7	0.5	40	225

% of mg/kg drooggewicht

Tabel 8.11 : Samenstelling van mest in Troeh & Thompson (1993) berekend op gegevens geciteerd door Hinisch (1974)

dier	pond/dag per 1000pond levend gewicht	%N	%P	%K
vee	70-100	0.5	0.11	0.41

Tabel 8.12 : Gemiddelde samenstelling van dierlijke vaste mest (in kg per 1000 kg) (Bries et al., 1995)

	droge stof	organische stof	totale N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	CaO
runderen	240	140	5.5	3.5	6.0	1.5	1.0	4.2
paard	310	180	5.0	3.0	5.0	1.6	0.5	7.6
konijn	260	190	8.5	13.5	7.5	3.2	2.2	13.6
varken	230	160	7.5	9.0	3.5	2.5	1.0	7.0
legkippen (vochtig)	320	230	12.5	15.0	11.0	3.0	2.0	30.0
legkippen (droog)	600	420	24.0	28.0	21.0	6.0	3.0	48.0

Tabel 8.13 : Mestgids VLM bijlage 2 richtwaarden voor de samenstelling van vaste mest (kg/ton)(VLM, 2000)

dier	N-inhoud	P ₂ O ₅ - inhoud
melkkoe en zoogkoe	7.10	2.9
paarden en pony's (>600 kg, 200-600 kg, < 200 kg)	5.00	3.00
konijnen	16.9	13.8
geit	6.6	3.5
schaap	8.3	3.5
kippen (legkippen)	28.5	18.5
varkens 20-110 kg mengmest (P-arm voedsel)	8.1	4.5

De totale productie van P₂O₅ en N in uitscheiding geeft de bijlage 5 van de mestgids uitgegeven door de VLM (2000) (tabel 8.14).

Tabel 8.14 : Uitscheidingscijfers voor 2000 (VLM, 2000)

dier		P ₂ O ₅ uitscheiding kg/dier, jaar	N uitscheiding kg/dier jaar
rund/mestvee	kalveren	3.6	10.5
	jonger dan 1 jaar	8.7	23
	1-2 jaar	22	61
	andere runderen	28.5	77
paarden	paard >600 kg	30	65
	paard & pony 200-600 kg	21	50
	paard & pony < 200 kg	12	35
varkens	beren, zeugen inclusief biggen met gewicht < 7 kg	14.5	24
	biggen met gewicht 7-20 kg	2.02	2.46
	20-110 kg	6.5	13
	> 110 kg	14.5	24
pluimvee	legkippen inclusief ouderdieren-legkippen	0.49	0.69
	konijn (per voedster)	5.04	8.64
geiten & schapen jonger dan 1 jaar		1.72	4.36
geiten & schapen ouder dan 1 jaar		4.14	10.5

De mestproductie is afhankelijk van de verteerbaarheid van het voedsel en ligt tussen 2.5 – 5.0 kg drooggewicht (DG)/dag voor melkkoeien, 1.2-2.0 kg DG/dag voor jong vee, 0.3-0.6 kg DM/dag voor schapen. Het DG wordt bepaald door de aard van het dieet en het weer; voor koeien ligt het DG tussen 8-16% van het vers gewicht, voor schapen tussen 20-50%. Het gehalte aan organisch materiaal ligt meestal tussen 60-85% van het drooggewicht voor vee (tabel 8.15). Lage gehalten aan OM zijn te wijten door het opnemen van mineraal bodemmateriaal tijdens het grazen (bijv. door splash).

Tabel 8.15 : Typische waarden voor hoeveelheid drooggewicht en N-gehalten (gesteund op verschillende bronnen in Whitehead (1995)).

	melkkoeien	stieren	Schapen
DG in faeces (%)	8-16	8-16	20-50
N concentratie in DG (%)	1.5-4.0	1.5-4.0	1.0-4.0
N excretie in faeces (g N/dag)	50-200	20-80	5-25
N excretie in faeces (kg N/jaar)	20-70	10-30	2-9

Concentratie van N in faeces ligt tussen 1.2-4.0% van het DG (of 0.2-0.5% op vers gewicht) voor zowel runderen als voor schapen indien het dieet bestaat uit gras-klaver. Indien de dieren niet bemeste graslanden begrazen ligt het N-gehalte lager, tussen 1.1-2.1% DG. De dagelijkse afscheiding door een melkkoe van 500 kg bedraagt gemiddeld 100-150 g N/dag en 10-25 g N/dag voor schaap van 70 kg. De meeste van de N in faeces komt voor in onoplosbare organische N-verbindingen: 45-65% zijn aminozuren, 5% als nucleïnezuur, 3% als ammonia. Bij schapen komt ongeveer 60% van de N voor in bacteriële cellen (Mason et al, 1981).

Mest bevat fosfor. De verdeling van P in faeces naargelang diersoort wordt voorgesteld in tabel 8.16.

Tabel 8.16 : Proportie van P in faeces naargelang diersoort (Azevedo & Stout, 1974)

diersoort	% van totale P uitgescheiden in faeces
rund	97.3
paard	100.0
schaap	93.8
varken	83.1

De samenstelling van konijnenmest wordt hier wegens het fenomeen van de caecotrofie afzonderlijk besproken.

Konijnen eten de zachte fecale keutels geproduceerd in het caecum opnieuw op. Caecotrofie vormt een belangrijk deel van het verteringsproces bij het konijn. Gedurende dit proces worden sommige niet geabsorbeerde nutriënten gerecycleerd, worden bacteriën rijk in proteïnen en vitamine B terug opgenomen in het verteringsproces. Tabel 8.17 vergelijkt de samenstelling van harde en zachte faeces. De samenstelling van de zachte faeces is afhankelijk van het dieet. Zachte faeces hebben een hoger gehalte aan proteïnen en

een lager gehalte aan ruwe vezels dan de harde faeces. Dit hoger niveau aan proteïnen is te wijten aan het hoger gehalte aan bacteria.

Tabel 8.17 : Benaderende samenstelling van harde en zachte faeces van (gekwekte?) konijnen (Fielding, 1991)

bestanddeel	harde faeces	zachte faeces
droog materiaal %	50-80	40-50
% in droog materiaal		
crude protein	10-15	30-40
ether extract (vetten)	1-2	1-2
ruwe vezels (koolhydraten)	30-50	15-30
N-vrij extract (koolhydraten)	40-50	40-50
totale asgehalte (minerals)	7-10	7-10
P	1-2	1-3
Na	1-2	1-2

8.3.2.2 Het afbreken van de mest

Het verdwijnen van mest is afhankelijk van fysische factoren zoals weersomstandigheden (neerslag en vorst), en gedeeltelijk door de activiteit van hoofdzakelijk regenwormen al dan niet samen met mestkevers of in drogere gebieden de aanwezigheid van mestkevers. Indien het weer droog is nadat de mest is afgezet wordt de mesthoop beschermd door een korst die de hoop beschermt tegen verder erosie en nat worden en tegen de vogels. Door de korstvorming zal in gematigde klimaten de mest dikwijls minder snel afbreken in de zomer dan in de winter (Whitehead, 1995)(zie hoofdstuk 10).

Het grootste deel van N in mest komt voor in organische verbindingen die relatief resistent zijn voor afbraak. Een deel van de N in de mest mineraliseert, een ander deel wordt tijdelijk opgeslaan in de bodem. Dickenson & Craig (1990) toonden aan dat de N-concentratie in een mesthoop van rundvee weinig veranderde gedurende 85 dagen, wat aantoont dat de mineralisatie van N even snel verloopt als die van droog materiaal. Bij een verdubbeling van de neerslag verdween de N veel sneller. Bij de natuurlijke hoeveelheid neerslag bevatte de mest 36% van zijn oorspronkelijke hoeveelheid N, bij verdubbeling van de neerslag was dit slechts 23%, zonder neerslag daarentegen 67%.

Ondanks de grote hoeveelheden N die teruggegeven worden aan de bodem via de mest is de impact op de N-accumulatie in de bodem relatief klein. Metson & Hurst (1953) vinden geen significant verschil in N-accumulatie tussen begrazen met en begrazen zonder mestdepositie. Andere studies zoals Clement & Williams (1967), Hassink & Neeteson, 1991) vinden wel hogere N-accumulaties in de bodem bij begrazen dan met maaien.

Het paard produceert als niet-herkauwer met een minder efficiënte spijsvertering relatief veel mest met een relatief hoog gehalte aan onvolledig verteerde plantenresten. Hierdoor is de verrijkende invloed van paardenmest relatief minder (Whitehead, 1995).

Verse mest ondergaat trage decompositie onder aerobische voorwaarden. N wordt continu verloren over een periode van maanden gedeeltelijk door o.a. ammonia vervlieging en gedeeltelijk door uitloging (Whitehead, 1995). Afbraak van mest produceert veel gassen, o.a. CO₂, NH₃ en H₂S; ook oplosbare minerale bestanddelen gaan verloren door uitloging. Mest in open ruimte verliest het meeste van K, deel van de P, veel van N en variërende hoeveelheden van andere voedingsstoffen.

Besluit :

Wat betreft de gegevens omtrent de samenstelling van de mest kan men het volgende besluiten :

- De voorgestelde cijfers zijn sterk uiteenlopend.
- Er worden verschillende eenheden gebruikt bij het uitdrukken van de samenstelling : engelse maten tegenover metrische; %, kg/dier jaar, g P/dag, kg/1000 l mest; kg/ton mest; waarden voor elementen (P, K ..) in plaats van oxiden (P₂O₅, K₂O ..).
- Het is niet altijd duidelijk ten opzichte van welke beginwaarden de proporties uitgedrukt zijn : tegenover drooggewicht of tegenover vers gewicht.

- * De cijfers zijn waarschijnlijk gegeven voor boerderijdieren; meestal is het niet vermeld over welke soort dieren het gaat.
- * De diëten van deze dieren verschillen sterk met dieet van de halfwilde dieren in de onderzochte natuurreservaten. In een aantal studies onderzoekt men de samenstelling van de mest op niet bemeste of juist sterk bemeste weiden.

Een deel van de nutriënten wordt uitgescheiden via de mest een ander deel via de urine. Bij het paard wordt bijna alle P uitgescheiden via de mest, de urine van varkens bevat vergeleken met de andere diersoorten de grootste proportie P.

Indien we de samenstelling van de mest van de diersoorten met elkaar vergelijken komt men tot een aantal algemene trend. Toch is voorzichtigheid is geboden bij de interpretatie van de cijfers over de samenstelling van de mest, vermits de samenstelling van de mest bepaald wordt door diersoort, individu en dieet.

- * watergehalte van vaste mest is het hoogst bij rund en varkens, het laagste bij droge mest van kippen; paard en schaap hebben iets minder vochtgehalte dan runderen; wat betreft konijnen treft men in de literatuur enerzijds waarden aan die bijna vergelijkbaar zijn met runderen, anderzijds ligt het vochtgehalte in de grootte-orde van kippen.
- * N-gehalte is duidelijk het hoogst in kippenmest, het laagst in paardenmest; runderen hebben ook vrij lage N-gehalten, konijnen-, schapen- en varkensmest iets hogere waarden.
- * P-gehalte is het kippenmest, is ook nog vrij hoog in varkens- en konijnenmest; paardenmest heeft het laagste P- gehalte, ook runder- en schapenmest hebben vrij lage P-waarden.
- * Voor K-gehalten zijn er nogal uiteenlopende waarden : paardenmest heeft meestal lage P-waarden, in sommige bronnen heeft kippenmest hoge P-waarden, volgens andere is het vnl. schaap- en varkensmest dat rijk is aan K.

8.3.2.3 Frequentie van defeceren, totale mestproductie en geaffecteerd oppervlakten

Het is belangrijk te weten hoeveel oppervlakte van een graasgebied ingenomen wordt door faeces en urine omdat dit een effect heeft op de smakelijkheid van het gras (MacLusky, 1960). De mate waarin de vegetatie en de bodem beïnvloed wordt zal afhangen van de hoeveelheid mest, het aantal keren dat mest geproduceerd wordt en de grootte van het bodemoppervlak dat geaffecteerd wordt door het defeceren (Petersen et al., 1956). Een algemeen aanvaard cijfer is dat een herkauwer 0.8% van zijn levend gewicht produceert als faecaal droog materiaal (DM) per dag (Lekasi et al., 2001). Voor elke kg productie per jaar aan levend gewicht aan boerderijdieren wordt ongeveer 4 kg aan drooggewicht van mest geproduceerd (Brady & Weil, 1996).

Gemiddeld defeceert een volwassen koe 12 keer per dag (Peterson et al, 1956) wat gemiddeld 25 kg faeces is. Het aantal mestbeurten zou niet variëren van ras tot ras (welke rassen gebruikt werden staat niet vermeld), ook zou de hoeveelheid geproduceerd mest niet veranderen gedurende het graasseizoen dit in tegenstelling tot urineren. De gemiddelde oppervlakte bedekt door mesthoopen varieert van 625 cm² tot 1290 cm², gemiddeld wordt 9.3 dm² bedekt door de mest, de resultaten van MacLusky (1960) met gemiddeld 5.1 dm² zijn aan de lage kant. Een volwassen koe produceert gemiddeld 25.4 kg mest per dag. De totale oppervlakte beïnvloedt door excreta bedraagt 3.34 m² per koedag (12 keer 0.9 m² voor mest en 8 keer 0.28 m² voor urine). Bij schapen is het moeilijker te bepalen hoe groot de oppervlakte is die bedekt wordt door de mesthoop omdat de faeces uit kleine balletjes bestaat die gemakkelijk verspreid worden (Whitehead, 1995). Cijfers lopen uiteen van 0.018 (Morton & Baird, 1990) tot 0.05-0.05n² (Frame, 1971)

Tabel 8.18 : Gesteund op verschillende bronnen stelt Whitehead (1995) volgende typische waarden voor mestproductie naargelang diersoort.

	melkkoeien	stieren	Schapen
Uitscheidingen/dag	7-15	7-15	6-26
Droog gewicht faeces per dag (kg)	2.5-5.0	1.2-2.0	0.2-0.6

Voor runderen zijn er wat betreft de frequentie van uitscheiden veel referenties (Afzal & Adams, 1992; Church, 1976; Lantinga et al., 1987; MacDiarmid & Watkin, 1972; Richards & Wolton, 1976b; Wilkinson & Lowrey, 1973), met een gemiddelde tussen de 7 tot 15 keer/dag. Voor schapen is er daarentegen veel minder informatie : enerzijds spreekt een studie uit Nieuw Zeeland van 26/dag (Morton & Baird, 1990), van 6-8/dag in Schotland (Frame, 1971).

Tabellen 8.19 en 8.20 geven voor rund een overzicht van de defaecatie en urineproductie per dag (Macluskus, 1960).

Tabel 8.19 : Overzicht van frequenties van defaecatie en urinatie door rund in verschillende publicaties (Macluskus, 1960)

bron	defaecatie/dag	urinatie/dag	rund type
Johnston-Wallace & Kennedy, 1944	11.8	8.5	vlees
Wardrop, 1953	16.2	12.1	melk
Morgan, 1951	10.9	9.6	melk
Castle et al., 1950	11.5	9.8	melk
Hancock, 1953	12.2	10.1	melk
Goodall, 1951	12.0	11.0	melk
aangepast gemiddelde Macluskus	11.6	-	droog en melk

Tabel 8.20 : Mestproductie en oppervlakte ingenomen door mesthopen (Macluskus, 1960)

	experiment 1	experiment 2
gemid aantal mesthoop/koe/dag	15.5±0.73	9.4±1.0
gemid opp mesthoop (sq ft)	5115±0.19	4.83±0.37
aantal observaties (koedag)	64	20

8.3.2.4 Invloed van defeceren op chemische bodemaspecten

De invloed van defeceren op de chemische bodemaspecten wordt in de literatuur beschreven aan de hand van verschillende langlopende (tot enkele decennia) experimenten waarbij begraasde gebieden vergeleken worden met niet begraasde. Dikwijls wordt gebruik gemaakt van verschillende begrazingsintensiteiten en/of begrazingsregimes (seizoen versus jaarrond, diersoort). Tot de onderzochte parameters behoren pH, OM/OC, N, P alsook SSG dat in een volgende paragraaf besproken wordt.

Bauer et al. (1987) vergeleek een aantal bodemparameters (op 3 textuurklassen : sandy (zandfractie 60-67%), medium (zandfractie 40-52%), fine (zandfractie 23-34%)), op begraasde (rundvee) (75 jaar begrazing) versus niet begraasde graslanden die nooit beakkerd geweest zijn op de Great Plains (North Dakota, USA). Het OC-gehalte is telkens hoger in de niet begraasde dan in de begraasde plots (gemiddeld 13 % meer) tot 0.457 m diepte. Voor het N-gehalte is de trend omgekeerd met hogere waarden (gemiddeld 17%) in de begraasde dan in de niet begraasde plots tot 0.457 m diepte. Het totale P-gehalte is hoger (gemiddeld 10%) in de niet begraasde dan in de begraasde plots, ook de organische P (5%) en anorganische P (15%) is hoger in de niet begraasde situatie.

Frank et al. (1995; North Dakota, USA, Typic Haploboroll) onderzoekt de effecten van seizoensbegrazing en drie begrazingsdichtheden op de verschillende bodemparameters en vegetatiesamenstelling : zwaar begraasd 0.9 ha/stier, matig begraasd 2.6 ha/stier, niet begraasd sedert 1916. Het OM-gehalte is hoger in het niet begraasde dan in het matig begraasde perceel (meeste dieptes). Het zwaar begraasde perceel toont geen significant verschil met het niet begraasde perceel. De trend voor N was hogere waarden - doch niet significant voor de meeste dieptes - in de niet begraasde dan in de begraasde percelen. C/N-verhoudingen veranderden in deze studie niet. Veranderingen in vegetatiesamenstelling naar plantensoorten met een grotere wortelmassa in het zwaar begraasde perceel zou de reden zijn voor een meer efficiënte productie van organische stof in de bodem. Johnston et al. (1971) daarentegen meten lagere OC-gehalten in de zwaar begraasde (0.2ha/AU) dan in de licht begraasde plots (0.8ha/AU) omdat door begrazen de wortelmassa verkleinde.

Smoliak et al. (1972) onderzochten de effecten van 19 jaar begrazing met schape op prairiebodems (51-53 % zand, Solonetz) in Alberta. Er werd gewerkt met drie graasdichtheden en een controle (niet begraasd) : licht

(2.5 ha/AUM anima! unit month), matig (2.0 ha/AUM), sterk (1.7 ha/AUM). Met toenemende begrazingsintensiteit werd een toename in totale C en C/N waarden teruggevonden en een afname in bodemvochtigheid, bodempH, uitwisselbare Ca en Na. Er zijn geen significante verschillen in kleur, textuur, bodemvochtspanning, SSG, totale N, P totale en beschikbare P, uitwisselbare K en CEC. Ook in deze studie worden de veranderingen in de bodemparameters toegeschreven aan verschuivingen in de vegetatiesamenstelling waarbij ondiep wortelende soorten de diep wortelende vervangen. Hierdoor was er een toename tussen 0-15 cm diepte van het ondergrondse plantenmateriaal op de zwaar begraasde gronden. Voor de totale C-balans van het volledige profiel waren geen gegevens beschikbaar.

Dormaar et al. (1998) gebruikten in hun onderzoek in ZW Alberta (Canada) dat sedert 1947 liep, drie begrazingsintensiteiten van vee : licht (1.2 AUM/ha), zwaar (2.4 AUM/ha), zeer zwaar (4.8 AUM/ha). De kleur van de Ah veranderde van zwart (10YR2/1) tot bruin - donker bruin (10YR 4/3), de gemiddelde diameter van de bodem aggregaten wordt kleiner, totale C en P neemt af, pH en totale N neemt toe, hierdoor neemt C/N af. De pH toename wordt veroorzaakt doordat door erosie de onderliggende horizonten die vrije carbonaten bevatten dichterbij het oppervlak komen. Het aspect van bioturbatie dat kalkrijker materiaal naar het oppervlak brengt en zodoende eveneens de pH zou kunnen doen verhogen wordt in deze studie niet in rekening gebracht. Op het uitwisselingscomplex nemen Na en K toe wat door de auteurs verklaard wordt door urine depositie.

Acht sites op uiteenlopende bodemtypes (hoogveen, weinig alluvium, ijzer-humus podzol, bruine kalkrijke bodem) in het Moor House national nature reserve (UK) werden onderzocht door Marrs et al. (1989). De experimenten werden opgezet tussen 1955 en 1972 om de effecten van begrazing door schapen op lange termijn na te gaan. Herbemonstering werd uitgevoerd tussen 1983 en 1986. PH, OC, CEC en kationen, extraheerbare P, NO_3^- , NH_4^+ , totale P en N werden gemeten in begraasde en niet begraasde plots. Alhoewel significante verschillen gevonden werden tussen begraasde en niet begraasde plots toonden de resultaten van de bodemchemische eigenschappen geen consistente trends. Zo zijn voor uitwisselbare Ca voor 5 van de 8 sites significante verschillen tussen begraasd en niet begraasd maar in 4 gevallen is de Ca significant hoger, in 1 geval lager in de begraasde plot. Voor de overige parameters vertonen minder dan de helft van de sites significante verschillen. Alhoewel er een algemene trend in vegetatie respons te bespeuren valt tussen de sites is er wat betreft bodem een grote variatie in magnitude en richting van bodemrespons. Geen duidelijke verklaring wordt gegeven voor de afwezigheid van eenduidige trends maar verwijzingen naar de literatuur tonen aan dat dit soort resultaten in begrazingsstudies geen alleenstaand feit is (o.a. Floate, 1973). De studie wees erop dat er geen verschil in bodemfertiliteit bestaat tussen de begraasde en niet begraasde plots zodat de hypothese dat begrazen leidt tot een verminderen van fertiliteit hier niet geldt (11-31 jaar begrazen in upland habitats).

De effecten van begrazing in verbeterde weiden zijn meest uitgesproken in bovenste 5 cm (Whitehead, 1995 in Berg et al., 1997). Toch kwamen Berg et al. (1997) tot de vaststelling dat C en N concentraties in de bovenste 5 cm van de bodem na 50 jaar begrazing geen meetbaar effect vertonen. Wel treden veranderingen op in soortensamenstelling van de vegetatie die mechanismen van C en N balans kunnen veranderen. In het experiment van Macdiarmid & Watkin (1972) was het beschikbaar N, P en K tussen 0-2.5 cm diepte, onder een mesthoop, significant hoger. De verhoging in gehalten was het meest uitgesproken voor K maar enkel juist onder de mesthoop. De verhoging in N was kleiner maar ook naast de mesthoop werd een verhoging vastgesteld tot 15 cm van de rand van de mesthoop. P nam eveneens toe onder de mesthoop maar minder consistent dan N en K. Bij P was er eveneens lateraal en dieper in de bodem geen toename aan P. N, P en K vertoonden tussen 2.5 en 7.5 cm geen significante toename.

Het bosbegrazingsonderzoek in Kootwijckerveen (Veluwe (ten westen van Apeldoorn, Nederland) (Van Wieren et al., 1997) in vergraste grove dennenbossen, bodems ontwikkeld in stuifzanden met zeer tot matig fijn leemarm zand en micropodzol) vertoonde na 5 jaar runderbegrazing geen verandering in bodempH, het elektrisch geleidingsvermogen was verhoogd in de LF- en H-horizont. Het totale gehalte aan organische stof nam niet af in het bodemprofiel doordat er een afname was van de wortelbiomassa. De dode wortelbiomassa werd omgezet tot organisch materiaal wat de verminderde strooiseltoevoer compenseerde. De CEC nam toe in de ectorganische horizonten en dit vnl. in de H-horizont. Grazen had vooral een afvoer van kalium tot gevolg in de ectorganische horizonten, hierdoor daalde de K/Ca-verhouding. In de A-horizont steeg het K-gehalte zodat de K/Ca-verhouding toeneemt. Baseverzadiging daalt in de LFH en neemt door uitspoeling toe in de A-horizont. Wat betreft N ziet men dat onder intensieve begrazing in de LF-horizont, de C/N-

verhouding toeneemt omdat na een sterke initiële stijging in de N-netto mineralisatie deze, na 5 jaar, teruggekeerd was tot op het oorspronkelijke niveau. Dit heeft ertoe geleid dat de totale voorraad stikstof met 20% gedaald is. Bij matige begrazingsintensiteiten treden nauwelijks veranderingen op in de stikstofhuishouding van de LF-horizont. In de H-horizont neemt de C/N-verhouding toe, door de toename van OM.

Bemesten heeft dikwijls het tegenovergestelde effect op de bodem dan begrazen. Zo neemt K en Na toe in de LFH en zijn de belangrijkste kationen op het uitwisselingscomplex, de K/Ca-verhouding zeer sterk toe; de CEC neemt sterk toe in de LFH door de toevoer van eenvoudig afbreekbare organische stoffen en elementen uit de mest, en daalt lichtjes in de A, baseverzadiging neemt toe in het volledige profiel. De beschikbare hoeveelheden en voorraden stikstof worden weinig beïnvloed.

Vertrapping leidt tot een toename van de baseverzadiging van de diepere bodemlagen en in een snelle afname van de totale hoeveelheden stikstof en koolstof. De K/Ca verhouding neemt eveneens toe.

De effecten van begrazen onderzocht in het Zwanenwater waar de oppervlaktehorizonten reeds verregaand verzuurd zijn (duingebied in Callantsoog, Noord-Holland) tonen een significant hogere pH en een significant lagere EC in de A-horizont in het lang begraasde gebied alhoewel de verschuivingen tot nu toe nog klein zijn (Van der Meulen et al., 1996). Het gehalte aan OM in de A-horizont is hoger in het niet begraasde gebied wat verklaard wordt doordat de primaire productie van de bovengrondse biomassa en de wortels geheel ten goede komt aan de profielontwikkeling. De bodems van het zeedorpen grasland in het Noordhollands duinreservaat dat ontstaan is door o.a. extensieve begrazing vertoont een hoger kalkgehalte dan in het duinpaardebloemgrasland. In het eerstgenoemde is de pH van de A-horizont basisch tot neutraal, in laatstgenoemde neutraal tot zuur; ook vertoont het profiel van het duinpaardebloemgrasland een uitspoelingshorizont terwijl deze ontbreekt in het zeedorpen landschap (Slings, 1994). Deze profielontwikkeling wordt verklaard door de aanwezigheid van vee dat door vertrapping een intensieve vermenging geeft van OM en schelpgruis dat vrijkomt bij het opentrappen van de zode. Hierdoor verhoogt de buffercapaciteit en de pH. De bijmenging met minerale delen en kalkhoudende schelpfragmenten heeft vooral effect in de kalkrijke duinen.

Besluit :

In een onbegraasd systeem keren de nutriënten in de vegetatie via het strooisel terug naar de bodem. In een begraasd systeem keert een deel van nutriënten terug via strooisel, mest en urine en een ander deel wordt opgeslagen in de biomassa van de grazer. Het begrazen brengt dus een versnelling van de recirculatie van de nutriënten met zich mee (zoals bijv. afbraaksnelheid van mest is veel hoger dan die van strooisel). Anderzijds treden ook grotere verliezen op door vervluchting van urea als NH_3 in mest met eventuele toename van de kans op uitspoeling en afspoeling van nutriënten (De Molenaar, 1996). Uiteindelijk kan er sprake zijn van een tendens naar afname van de totale hoeveelheid nutriënten in het plant-bodemsysteem.

De meeste studies vinden onder begrazing een afname aan ectorganische horizonten. De humustypes evolueren van Mor/Mormoder/Moder tot meer Mullmoder/Mull. In sommige gevallen wordt meer strooiselmateriaal in het profiel aangetroffen door het lokaal sterk vertrappen van de vegetatie.

Bovenstaande studies tonen aan dat de invloed van bemesten op de bodemparameters allesbehalve eensgezind zijn. Het OM-gehalte kan onder begrazing zowel toe- als afnemen. Onder zware begrazing neemt bij sommige studies OM toe door veranderingen in de vegetatie waarbij planten met een dicht ondiep wortelgestel de diepwortelende soorten vervangen zodat OM toeneemt in de bovenste bodemhorizont. Matig en licht begraasde percelen vertonen een afname in OM omdat hier nog geen verandering in vegetatie zich heeft voorgedaan en omdat de dieren OM verwijderen uit het systeem door begrazen. Andere auteurs vinden een afname in OM in zwaar begraasde percelen door toenemende erosie.

Een aantal studies wijzen op een toename van het N-gehalte onder begrazing. De verhoging in N onder begrazing kan te wijten zijn aan een verandering in vegetatie met meer N-fixerende vegetatie, aan toevoer van N in de feces en urine. Op niet begraasde percelen kan N afnemen door een hogere denitrificatie en NH_4 vervluchting van ontbindende plantenresten.

Een afname van P in de bodem werd vastgesteld bij zware begrazing in geval van bodemerosie, een toename van P wordt veroorzaakt door mest en urine.

pH kan verhogen onder begrazing doordat carbonaathoudende horizonten door verdichting dichterbij het oppervlak komen. Een ander mechanisme is dat door vertrapping van de zode, het onderliggende kalkrijke zand naar het oppervlak gebracht wordt wat de pH doet stijgen. Een derde manier is dat door toenemende bioturbatie (o.a. wormen, mestkevers) onder begrazing materiaal van diepliggende en kalkrijkere horizonten naar het oppervlak gebracht wordt. Daling in pH kan te wijten zijn door de hogere OM-gehaltes in het bovenste deel van de bodem wat leidt tot hogere hoeveelheden humuszuren. In een aantal studies verandert de pH uiteindelijk niet.

De invloed van begrazen op de nutriënten balans is uitermate complex en wordt bepaald door een combinatie van abiotische factoren (reliëf, hydrologie, bodem) en het gevoerde begrazingsregime (begrazingsdruk en -regime, soort dier, ras). De combinatie van grazen, betreden en bemesten leidt tot een vergroting van de ruimtelijke differentiatie in bodemeigenschappen (Van Wieren et al., 1997).

De aspecten van bioturbatie s.l. en de veranderingen die optreden in de bodemfauna, met name de aanwezigheid van coprogene fauna die in staat is dieperliggende bodemhorizonten naar het oppervlak te brengen komen in bovenstaande studies niet aan bod.

9. RESULTATEN IVM INVLOED VAN BEGRAZEN OP DE BODEMONTWIKKELING

9.1 FYSISCH ASPECTEN

9.1.1 DRUK UITGEOEFEND DOOR DE DIEREN OP DE BODEM

Op 15/10/01 en 16/10/01 werden de paarden, runderen en pony's onderworpen aan een veterinair onderzoek en de meeste dieren werden gewogen. De dieren werden een ontwormingsmiddel (Horseminth/Pfizer - Pyrantel, embonas (=pyrantelium 152.3 mg), Polysorbatum 80, Propyl, parahydroxybenzoas, Methyl, parahydroxybenzoas, Bronopol, Sorbitol, solutio USP, Natr. alginas, Aqua purificata, Pro lg) toegediend. Van een aantal dieren werden bloedstalen genomen, sommige dieren werden gecastreerd. Bij 4 paarden (Micra, Wanten, Wendy en Wiske) en 5 pony's (Blondy, Carlos, Grijsbaard, Pepino, Withoef) werden twee hoefafdrukken genomen, telkens van de linkervoorpoot en rechterachterpoot. Bij de runderen was het om veiligheidsredenen niet mogelijk om een hoefafdruk te nemen.

De ezels werden behandeld op 23/10/01. Bij de ezels werden de hoeven gekapt. Ook bij 4 ezels (Haasje, Piggy, Quasimodo en Sneeuwbal) werden hoefafdrukken genomen. Bij Haasje en Sneeuwbal werd er ook nog een hoefafdruk genomen na het kappen van de hoef.

De resultaten van de gewichten en de hoefoppervlakten staan vermeld in tabel 9.1.

Voor de hoefoppervlakten worden twee cijfers voorgesteld. Het eerste cijfer geeft de oppervlakte van de volledige zoolvlakte. De voorhoef heeft een ovale vorm waarbij de lengte-as iets langer is dan de breedte-as en is groter dan de achterhoef (Kroon & Gallandat-Huet, 1988). De omtrek van het draagvlak van de achterhoef is meer langwerpig ovaal dan bij de voorhoef (Hermans, 1984). De gipsafdrukken tonen echter dikwijls randzones die sterker ingedrukt zijn. Hiervan werd afzonderlijk het oppervlak bepaald.

De volledige zoolvlakte bij de ezels ligt tussen 31.78 en 75.55 cm², het oppervlak met de maximale druk 24.56 en 65.11 cm². Bij de paarden liggen deze waarden respectievelijk tussen 125.66 en 154.49 cm² en tussen 42.17 cm² en 122.42 cm², voor de pony's zijn deze waarden respectievelijk 53.92 en 108.83 cm² en 24.20 en 70.04 cm².

De totale zoolvlakte voor de 4 poten samen zijn het grootst voor de paarden en ligt tussen 541.2 en 617.9 cm², gevolgd door pony's met oppervlakten tussen 238.8 en 398.9 cm² en ezels met waarden tussen 139.2 en 274.3 cm². Deze laagste waarden zijn voor de gekapte hoeven van Haasje. De totale oppervlakte voor de 4 poten met maximale druk bedraagt voor paarden tussen 218.1 en 395.1 cm², voor pony's tussen 98.6 en 258.6 cm² en voor de ezels tussen 109.2 en 250.7 cm².

Bij de paarden is het oppervlak van de volledige zoolvlakte van de linker voorhoef groter of gelijk aan het oppervlak van de rechter achterhoef. Bij 4 van de 5 pony's is het oppervlak van de linker voorhoef groter is dan de rechterhoef en bij de ezels is dat bij 4 van de 5 dieren ongeacht voor of na het kappen van de hoef. Het gedeelte met de maximale druk beslaat een oppervlak dat varieert tussen de volledige zoolvlakte tot meer dan een halvering.

Het kappen van de hoeven van de ezels resulteert in een afname van het oppervlak tussen de 30 (Sneeuwbal) en 50% (Haasje). Na het kappen van de hoeven is de totale zoolvlakte dezelfde aan het oppervlak met maximale druk in 3 van de 4 gevallen (uitzondering is Haasje rechts achter).

Uit de gegevens van de hoefoppervlakten en het gewicht van de dieren kan men dan de druk uitgeoefend door de dieren op de bodem berekenen. Bij het in rekening brengen van de volledige zoolvlakte ligt de druk uitgeoefend door de 4 hoeven van de drie diersoorten dicht bij elkaar tussen 0.54 kg/cm² en 0.98 kg/cm². Indien rekening gehouden wordt met het oppervlak waar de maximale druk uitgeoefend wordt dan stijgt de uitgeoefende druk tot 2.03 kg/cm². Deze cijfers stellen de laagst mogelijke uitgeoefende druk voor omdat we bij deze berekening veronderstellen dat het dier zich in rusttoestand bevindt en dus op 4 poten steunt. Vergeleken met de cijfers voorgesteld in §8.2.1 zijn de cijfers voor de totale

zooloppervlakte aan de lage kant, voor de maximale druk liggen de gevonden drukken tussen de waarden voor schapen en runderen. In de geconsumeerde referenties wordt echter niet uitgewijd over hoe de hoefoppervlakte bepaald werd.

Tabel 9.1 : Hoefoppervlakte en uitgeoefende druk voor ezel, paard en pony

Naam dier	poot	diersoort	zootv)akte	zootvtakte met grootste druk	totale zootvtakte	totale zootvtakte		datum	gewicht	zootvtakte over 4 poten	maximate hoefdruk over 4 poten
						met met	grootste druk				
	RA: rechts achter										
	LV: [links voor		cm*	cm*	cm*		cm*		kg	kg/cm*	kg/cm*
Haasje	RA	voor kap	eze!	61.57	60.22	253.36	250.66	23/10/01	137	0.54	0.55
Haasje	LV	voor kap	eze!	65.11	65.11			23/10/01	137		
Haasje	RA	na kap	eze!	31.78	24.56	139.22	124.78	23/10/01	137	0.98	1.10
Haasje	LV	na kap	eze!	37.83	37.83			23/10/01	137		
P'ggy	LV	voor kap	eze)	66.52	29.76	232.98	142.20	23/10/01	198	0.85	1.39
Piggy	RA	voor kap	eze!	49.97	41.34			23/10/01	198		
Quasimodo	RA	voor kap	eze!	53.18	27.31	212.72	109.24	23/10/01	172.5	0.81	1.58
Sneeuwba)	LV	na kap	eze)	46.69	46.69	178.10	178.10	23/10/01	169.5	0.95	0.95
Sneeuwba!	RA	na kap	eze!	42.36	42.36			23/10/01	169.5		
Sneeuwbat	RA	voor kap	eze!	75.55	33.82	274.30	151.40	23/10/01	169.5	0.62	1.12
Sneeuwba!	LV	voor kap	eze)	61.6	41.88			23/10/01	169.5		
Micra	RA	paard		125.66	42.17	543.50	218.10	15/10/01	443	0.82	2.03
Micra	LV	paard		146.09	66.88			15/10/01	443		
Wanten	RA	paard		135.51	83.65	564.24	259.06	15/10/01	388	0.69	1.50
Wanten	LV	paard		146.61	45.88			15/10/01	388		
Wendy	RA	paard		154.47	75.13	617.92	395.10	15/10/01	427	0.69	1.08
Wendy	LV	paard		154.49	122.42			15/10/01	427		
Wiske	RV	paard		135.29	72.21	541.16	288.84	15/10/01	358	0.66	1.24
Btondy	RA	pony		83.93	70.04	345.82	258.64	16/10/01	206	0.60	0.80
Btondy	LV	pony		88.98	59.28			16/10/01	206		
Cartos	RA	pony		53.92	24.2	238.84	98.64	16/10/01	172	0.72	1.74
Cartos	LV	pony		65.5	25.12			16/10/01	172		
Grijsbaard	RA	pony		90.26	20.64	345.84	111.40	16/10/01	201	0.58	1.80
Grijsbaard	LV	pony		82.66	35.06			16/10/01	201		
Pepino	LV	pony		90.55	36.83	322.62	120.36	16/10/01	226	0.70	1.88
Pepino	RA	pony		70.76	23.35			16/10/01	226		
Withoef	LV	pony		108.83	59.04	398.90	206.30	16/10/01	225	0.56	1.09
Withoef	RA	pony		90.62	44.11			16/10/01	225		

9.1.2 EFFECTEN VAN BETREDING OP DE BODEM

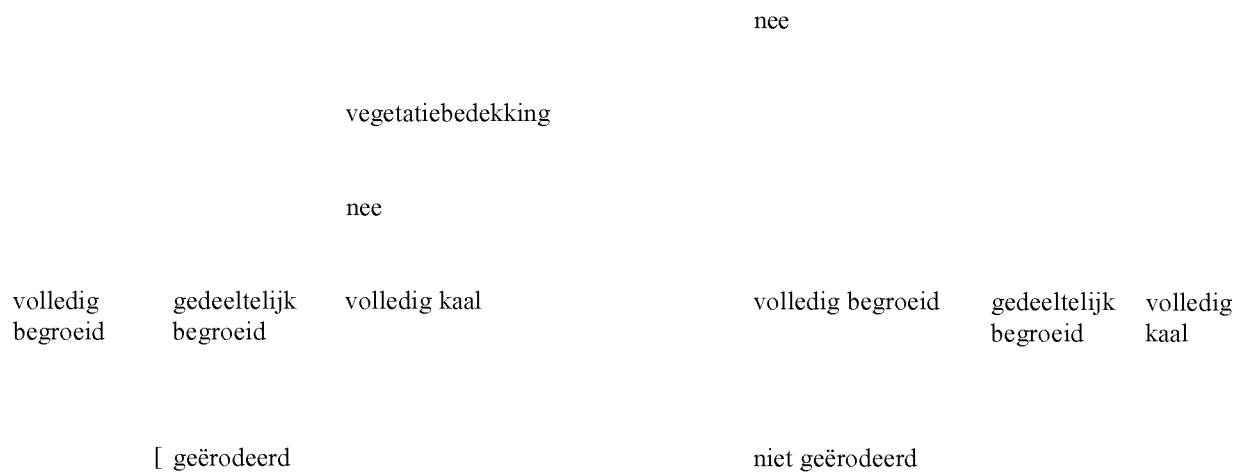
9.1.1.1 Typologie van paden

Langsheen 6 padentracés gemaakt door de dieren, werd per segment van 5 m lengte, een aantal parameters opgenomen : breedte van het pad, aandeel kaai oppervlak, kleur van de bodem, aanwezigheid van mest, vegetatiebedekking, vegetatie naast het pad, duidelijkheid van het padontwikkeling, schatting van de helling, verdiepen ten opzichte van het omliggende maaiveld, aanwezigheid van mesofauna.

De volledige beschrijving van de terreingegevens is voorgesteld in "Ngugu, M.K., 2001. The impact of recently introduced ungulates on the coastal dune soils of the "Westhoek" Nature Reserve, Belgium".

Gesteund op deze gegevens werd een typologie opgesteld (fig. 9.1).

Fig. 9.1 : Beslissingsdiagram ter bepaling van het type pad _____
verdiepen van het pad oppervlak ten opzichte van het
omliggende maaiveld



Een bijkomend criterium is of er erosie van het oppervlak te zien is zoals afkalven van de wanden van de paden, terugschrijdende erosie door afbrokkelen, puddling door hoeven, splash en run-off. In de terreinopnamen werden deze parameters niet opgenomen.

Uiteindelijk onderscheiden we 6 types van paden :

- 1) uitgediept, niet begroeid en geërodeerd
- 2) uitgediept, niet begroeid en niet geërodeerd
- 3) uitgediept, begroeid en niet geërodeerd
- 4) niet uitgediept, niet begroeid en niet geërodeerd
- 5) niet uitgediept, niet begroeid en geërodeerd
- 6) niet uitgediept, begroeid en niet geërodeerd

De morfologie van de paden was verschillend voor de natte en de droge site. Op de natte site vertoonden de paden een beter ontwikkelde verdieping ten opzichte van het maaiveld, tussen 1-7 cm diep, en meer niet begroeide segmenten dan op de droge sites. Door lokale erosie op de natte site werd de kleur van de A-horizont soms grijzer in plaats van de originele zwarte kleur en op de droge sites trad langs de steilere hellingen van het pad regressieve erosie op.

9.1.1.2 Effect van betreding op de bodem langsheen paden

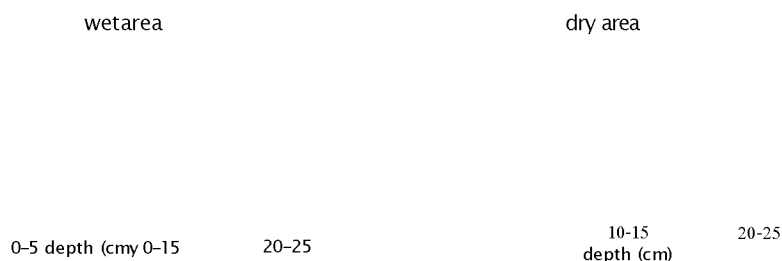
Het effect van betreding op de bodem werd nagegaan op twee locaties :

- 1) een natte, laagliggende zone nabij proefsite 3 - Weide, die regelmatig onder water komt te staan gedurende de wintermaanden en voornamelijk begroeid is met Gele lis (*Juncus acutiflorus*).
- 2) een droge grazige zone gelegen nabij proefsite 4 - Duindoornpad

Langsheen duidelijke zones van de paden beïnvloed door betreding werden voor elke zone drie transecten uitgezet dwars over het pad. Er werd telkens één profiel op het pad en één naast het pad (controle) gemaakt en bemonsterd. De resultaten staan in bijlage D. Deze gegevens werden na correctie overgenomen uit Ngugi (2001). In tabel 9.2 staat een samenvatting van de gegevens voor schijnbaar soortelijk gewicht (g/crrP).

Figuur 9.2 toont de verschillen in schijnbaar soortelijk gewicht te wijten aan betreden. Op de natte site varieert het SSG op 0-5 cm diepte tussen 0.533 en 1.421 g cm⁻³ op het pad, en tussen 0.320 en 0.651 g cm⁻³ voor de controle. Op de droge site ligt het SSG op 0-5 cm diepte tussen 0.438 en 1.004 g crrP op het pad, en tussen 0.418 en 0.964 g cm⁻³ voor de controle. SSG neemt toe met de diepte en op 40-45 cm liggen de waarden tussen 1.440 en 1.693 g crrP ongeacht de sites.

Fig. 9.2 : Vergelijking van het schijnbaar soortelijk gewicht op en naast het pad op de droge en natte site.



De dataset werd getoetst op normaliteit (boxplots en Kolmogorov-Smirnov test en op homogeniteit van variantie (Levene test). Vermits telkens één of meerdere dataset ofwel niet normaal verdeeld ofwel de varianties niet homogeen waren, werd de Wilcoxon voor gepaarde waarnemingen toegepast. De significante resultaten ($P < 0.05$) zijn aangeduid in vet (zie tabel 9.2). Het schijnbaar soortelijk gewicht van de paden en de controle is significant verschillend ($P < 0.05$) voor de natte site en voor alle gegevens samen tussen 0-5 cm en voor de droge site tussen 20-25 cm diepte.

Tabel 9.2 : Gemiddelde en standaard deviatie voor schijnbaar soortelijk gewicht (g crrP)(n=12)

diepte (cm)	Nat (T1 tot T3)		Droog (T4 tot T6)		alle (T1 tot T6)	
	pad	controle	pad	controle	pad	controle
0-5	0.968±0.310	0.464±0.113	0.706±0.146	0.683±0.169	0.837*0.272	0.574±0.180
10-15	1.352*0.191	1.292±0.185	1.390±0.116	1.445±0.069	1.37!±0.156	1.369±0.158
20-25	1.566±0.028	1.590±0.042	1.534*0.071	1.481±0.103	1.550±0.055	1.536±0.095

9.1.2 DISCUSSIE EN BESLUIT

Bij de interpretatie van de resultaten moet rekening gehouden worden met volgende factoren :

- * De dichtheid van de dieren was op het ogenblik van de bemonstering (herfst 2000) relatief laag : 13.5 AU of 19 Shetland pony's en 4 Schotse Hooglandrunderen in het zuidelijk begrazingsblok (60 ha) en 14 AU of 9 Konik paarden en 5 Schotse Hooglandrunderen in het noordelijk begrazingsblok (60 ha).
- * Begrazing is recentelijk opnieuw ingevoerd in de Westhoek : sedert April 1997 in de zuidelijke blok en in de lente 1998 in de noordelijke blok.

Betreding door de dieren veroorzaakt compactie. De druk uitgeoefend door de dieren werd bij 4 paarden, 5 pony's en 4 ezels bepaald. De druk uitgeoefend door de drie diersoorten varieert onderling weinig en ligt tussen 0.54 en 0.98 kg/cnf gesteund op de volledige zoolvlakte. De druk neemt toe tot 2.03 kg/cnP indien men enkel rekening houdt met het oppervlak waar maximale druk op de bodem uitgeoefend wordt.

Gesteund op 10 terreinkenmerken werd een typologie van de paden opgesteld. Bij het opstellen van de typologie en nieuwe terreinobservatie is gebleken dat er rekening moet gehouden worden met het al dan voorkomen van erosie in één of andere vorm. Dit leidt uiteindelijk tot 6 types van

paden. Het is evident dat deze typologie verder uitgebreid kan worden indien nieuwe criteria, door het verder bestendigen van de begrazing, toegevoegd worden aan de beslissingsboom.

De mate waarin compactie optreedt is afhankelijk van het vegetatietype, bodemkenmerken zoals textuur, organisch materiaal, water gehalte en de beheersvoering zoals het begrazingsregime met dichtheid en type van dier (Mapfuma *g/ aF.* 1999). Begrazing resulteert in een toename van het schijnbaar soortelijk gewicht van de oppervlakte horizont (Bauer *g? a/.* 1987; Van der Meulen *gf a/.* 1996). In het Westhoek Natuurreservaat zijn de betredingseffecten op de paden te meten aan de hand van het schijnbaar soortelijk. In de natte gebieden zijn de SSG-waarden van de oppervlaktehorizonten (0-5 cm) significant hoger op de paden dan voor de controle ($P < 0.05$). Op 10-15 cm diepte zijn de gevolgen van compactie niet meer significant.

De laaggelegen sites hebben oorspronkelijk een lagere SSG dan de droge gebieden. Dit kan verklaard worden door het hoger gehalte aan organisch materiaal in de natte gebieden veroorzaakt door een tragere afbraak en een accumulatie van organisch materiaal gedurende de frequent voorkomende hoge waterstanden. Organisch materiaal en hogere watergehaltes verhogen in belangrijke mate de gevoeligheid van de oppervlaktehorizont voor compactie. Bodems gekenmerkt door een dichte graszode zijn minder gevoelig voor betredingsschade (Vallentine 1990). Op de onderzochte sites is de dominante vegetatie van het laaggelegen gebied, Gele lis (*WypygM^acorM-y*) zonder een dicht zode ontwikkeling. De droge site wordt gedomineerd door een grazige vegetatie met *gp/ggzo^*, *Carex arenar/a* en *Poa^rafgmis-*. Hier is de zodestructuur veel beter ontwikkeld en de dichte beworteling vormt een buffer tegen de effecten van betreding.

9.2 CHEMISCHE ASPECTEN VAN DE MEST

Mest van herbivoren bestaat uit twee componenten : onverteerde plantenresten - vergelijkbaar met afbrekend organisch materiaal - van een lage kwaliteit, en een voedselrijke vloeibare component dat grote hoeveelheden bacteriën en protista bevat (Hanski & Cambefort, 1991).

Mest van herbivoren varieert sterk in voedselconcentratie, vochtigheidsgehalte, consistentie gedurende de loop van het jaar. De chemische samenstelling van de mest wordt eveneens bepaald door het soort voedsel dat beschikbaar is.

9.2.1 GEMIDDELDE HOEVEELHEDEN UITGESCHEIDEN DOOR PAARD, RUND, PONY'

Bij het uitzetten van de verschillende experimenten die hierna zullen besproken worden, werd verse mest van paard, rund en pony verzameld. Elke hoop werd opgevangen in een plastic zak en gewogen. De individuele gewichten van de mesthopen staan in tabel 9.3.

Tabel 9.3 : Uitgescheiden hoeveelheden vaste mest door paard, rund, pony

gewicht (g)	paard	rund	pony
volwassen			
gemiddeld	2032.3	1352.5	718.5
std	489.0	474.7	310.3
aantal	33	38	120
min	1129.5	524.7	112.1
max	3263.6	2488.6	1753.2
jong			
gemiddeld	760.7	201.2	241.5
std	352.1	112.7	184.8
aantal	15	5	25
min	314.6	113.6	70.7
max	1438.6	363.6	800.9
jaarling			
gemiddeld		538.2	
std		123.4	
aantal		9	
min		358.2	
max		786.3	

Door de onderzoeksgroep Terrestrische Plantenecologie en Vegetatiekunde (Vakgroep Biologie, UGent) wordt onderzoek uitgevoerd naar het gedrag van de dieren binnen natuurreservaten langs de Vlaamse kust. Hierbij werd eveneens het aantal keren genoteerd dat de dieren defeceren en urineren. Tabel 9.4 toont de resultaten voor het aantal defecaties per etmaal voor paard, rund en pony (mond. mededeling Cosyns).

Tabel 9.4 : Defecatiegegevens per etmaal voor paard, rund en pony (Cosyns, mond, med.)

aantal defecaties/24 uur	zomer 1998	herfst 1998	winter 1999	lente 1999	gewogen gemiddelde
paard	19.55	20.40	21.74	24.41	21.81
pony	14.88	12.94	13.03	14.06	13.75
	lente 2001	zomer 2001	herfst 2001	winter 2001	
rund	19.86	20.00	6.54	12.10	16.14

In de literatuur zijn enkel cijfers omtrent het aantal defecaties per etmaal teruggevonden voor runderen en schapen. Volgens Whitehead (1995) ligt het aantal defecaties per etmaal tussen 7 en 15 keer voor runderen, en voor schapen tussen 6 en 26 keer. Volgens het overzicht dat Macluskus (1960) opgesteld heeft, liggen de waarden voor runderen tussen 10 en 16 keer. Voor paarden en pony's zijn geen cijfers

' paard, rund en pony worden in dit hoofdstuk gebruikt om Konik paarden, Schots Hooglandrunderen en Shetlandpony's aan te duiden

teruggevonden. Ook bij de mestbank waren er geen cijfers omtrent het aantal defecaties per etmaal voorhanden. Het omrekenen van de uitscheidingscijfers van N en P₂O₃ geven eveneens geen eenduidige waarden voor het aantal uitscheidingen per dag voor de verschillende diersoorten. Bovenstaande gegevens medegedeeld door Cosyns lijken nogal hoog uit te vallen vooral voor de Konik paarden.

Rekening houdend met bovenstaande gegevens zou een schatting gemaakt kunnen worden van de totale hoeveelheden mest die uitgescheiden worden per jaar en per volwassen dier. Aan de hand van de chemische samenstelling van de verse mest zou het mogelijk zijn om uitscheidingscijfers voor N en P te berekenen voor paard, rund en pony. Vooraleer we tot deze stap overgaan, zijn meer gegevens nodig ivm de frequentie van het defeceren van de dieren in het bijzonder voor paarden.

Tabel 9.5 : Hoeveelheden mest geproduceerd per jaar door paard, rund en pony in het Westhoek Natuureservaat.

	paard	rund	pony
gemiddeld gewicht mesthoop	2032.2 (g)	1352.5 (g)	718.5 (g)
gemiddelde hoeveelheid uitgescheiden mest per 24 uur	44.3 (kg)	21.8 (kg)	9.9 (kg)
totale hoeveelheid mest uitgescheiden per jaar	16178 (kg)	7968 (kg)	3606 (kg)

9.2.2 CHEMISCHE SAMENSTELLING VAN VERSE MEST

Verse mest werd verzameld op 4/9/2002 voor rund, 20/9/2002 voor pony, 1/10/2002 voor paard. In tabel 9.4 wordt de chemische samenstelling van de mest uitgedrukt ten opzichte van de 1 kg verse mest. In tabel 9.5 wordt deze chemische samenstelling uitgedrukt ten opzichte van de hoeveelheid droge stof van het mestmonster.

Tabel 9.6 : Chemische samenstelling van verse mest ten opzichte van 1 kg verse mest

	n=4	pH	water	droge stof	organische stof	Ntot	P	K	Na	Ca	Mg
			%				g/kg vers				
paard	x	7.0	81.5	185.2	163.94	3.82	0.40	1.42	0.46	0.70	0.29
	STD	0.1	0.7	6.7	6.09	0.32	0.02	0.12	0.05	0.14	0.08
rund	x	7.4	85.4	146.5	121.36	4.24	0.54	0.75	0.35	3.80	0.74
	STD	0.1	0.3	3.4	3.53	0.21	0.01	0.04	0.03	0.11	0.03
pony	x	6.8	78.6	213.7	181.46	5.64	0.82	1.33	0.28	1.26	0.41
	STD	0.2	1.9	19.1	17.41	0.87	0.19	0.48	0.14	0.16	0.09

Tabel 9.7 : Chemische samenstelling van verse mest ten opzichte van de hoeveelheid droge stof

	n=4	water	droge stof	organische stof	Ntot	P	K	Na	Ca	Mg
		%				percentage tov droge stof				
paard	x	81.5	185.2	88.5	2.07	0.214	0.767	0.250	0.381	0.155
	STD	0.7	6.7	2.2	0.21	0.014	0.081	0.022	0.084	0.051
rund	x	85.4	146.5	82.8	2.89	0.369	0.511	0.239	2.594	0.507
	STD	0.3	3.4	0.6	0.08	0.008	0.032	0.017	0.073	0.009
pony	x	78.6	213.7	84.9	2.63	0.382	0.613	0.127	0.590	0.195
	STD	1.9	19.1	3.0	0.29	0.051	0.167	0.055	0.073	0.049

Voor de chemische samenstelling van de mest voor de verschillende parameters uitgedrukt in g/kg verse mest geldt :

- * watergehalte : hoogste bij runderen, laagste bij pony's
- * droge stof en organische stof : hoger bij paarden en pony's, lager bij runderen
- * totale N, P : hoogste bij pony's en laagste bij paarden
- * K : hoogste bij paarden, laagste bij runderen
- * Na : hoogste bij paarden laagste bij pony's
- * Ca, Mg : hoogste bij rund, laagst bij paard

De literatuurgegevens (zie hoofdstuk 8.3.2.1) tonen duidelijke verschillen tussen de samenstelling van de mest van paarden en runderen. Het watergehalte is volgens de meeste bronnen hoger bij runderen dan bij paarden, droge en organische stof is lager. N-gehalte is eveneens volgens de meeste bronnen hoger in rundermest dan in paardenmest, hetzelfde geldt voor K, Mg en Na. Het P-gehalte is hoger of gelijk in rundermest dan/aan in paardenmest. Het Ca-gehalte is daarentegen meestal hoger in paardenmest dan in rundermest. Men kan dus voor onze gegevens verschillen verwachten tussen de samenstelling van de mest van de paardachtigen (paard en pony) en de runderen. Bovenstaande gegevens tonen aan dat enkel voor watergehalte, organische en droge stof de algemene trends uit de literatuur gevolgd worden. In de literatuur gaat het echter over gemiddelden of zijn de gegevens gesynthetiseerd uit verschillende publicaties, terwijl het hier om slechts een beperkt aantal analyses gaat (4 per diersoort, 1 seizoen).

De Kruskal-Wallis test toont aan dat alle parameters met uitzondering van Na significant verschillen tussen paard, pony en rund (tabel 9.8).

Tabel 9.8 : Resultaten van Kruskal-Wallis test voor paard, pony en rundermest voor de onderzochte parameters, in vet significant verschil ($P < 0.05$)

parameter	pH	vocht gehalte	droge stof	organische stof	totale N	p	K	Na	Ca	Mg
chi-square	8.113	9.846	9.846	8.346	9.302	9.913	8.000	8.133	9.846	8.346
df	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
asyp.	0.017	0.007	0.007	0.015	0.010	0.007	0.018	0.077	0.007	0.015
Sig										

De post-hoc testen tonen aan tussen welke diersoorten er de grootste significante verschillen bestaan.

Volgens de Tamhane's post-hoc test verschilt de pH van de runder- en paardenmest ($P = 0.031$), pony en rund ($P = 0.034$), significant. Voor P verschilt de paardenmest significant van de rundermest ($P = 0.000$). Voor de andere parameters die een homogene variantie vertonen werd de Tukey HSD post-hoc test toegepast : vochtgehalte, droge stof, organische stoffen Ca zijn significant verschillend voor de 3 diersoorten (tabel 9.9).

Tabel 9.9 : Resultaten van de Tukey HSD post-hoc test (significante verschillen ($P < 0.05$) in vet)

	vochtgehalte	droge stof	organische stof	totale N	K	Na	Ca	Mg
paard - pony	0.019	0.019	0.110	0.003	0.896	0.039	0.001	0.163
pony - rund	0.000	0.000	0.000	0.014	0.043	0.505	0.000	0.000
paard - rund	0.003	0.003	0.001	0.552	0.021	0.225	0.000	0.000

Voor vochtgehalte, droge stof, Ca kunnen drie subsets onderscheiden worden. Het organische stofgehalte, K en Mg van de paardachtigen verschilt significant van de runderen (2 subsets). Voor totale N wordt een subset enerzijds met paard en rund anderzijds met pony onderscheiden. De verschillen in Na voor de drie soorten mest zijn gering en enkel significant verschillend tussen paard en pony.

9.2.3 AFBRAAKSNELHEID VAN DE MEST

In de eerste plaats werd de evolutie van het totale gewicht van de mesthoop gemeten op 5, 13/14, 27/28, 41 en 71 dagen na de start van het experiment. Hierbij werden twee reeksen gemeten. In een eerste reeks was mestkeveractiviteit mogelijk in de tweede reeks waren de mesthopen zodanig afgedekt zodat er geen mestkever activiteit mogetijk was. Met keveractiviteit wordt hier zowel de activiteit van de grotere Geotrupessoorten bedoeld als van de kleinere soorten zoals o.a. Aphodius. Binnen elk reeks werden 5 mesthopen bestemd voor het mestonderzoek, 5 mesthopen voor het bodemonderzoek. Wat betreft de mest werd telkens het gewicht op het terrein bepaald en werden submonsters van de mest genomen om de evolutie in chemische samenstelling van de mest te kunnen nagaan. De bodemstalen zijn binnen dit experiment niet meer geanalyseerd.

De mesthopen werden uitgelegd en de tunnelconstructies opgesteld op 4 september 2002 (dag 1). Na 5 (8/9/2002), 13-14 (16-17/9/2002), 27-28 (30/9/2002 en 1/10/2002), 41 (14/10/2002) en 71 (13/11/2002) dagen werden telkens 4 mesthopen en bodems onder mesthopen bemonsterd in een reeks waar mestkeveractiviteit mogelijk was en een tweede waar mestkevers verhinderd werden de mesthopen te

koloniseren. De evolutie van de gewichten van de mesthopen staat in tabellen 9.10 tot 9.12 en geïllustreerd in figuren 9.3 tot 9.5.

Tabel 9.10 : 3aard. Evolutie gewicht (g) mesthoop

mesthoop	begingewicht	met eventueel mestkeveractiviteit				
		8/9/2002	16/9/2002	30/9/2002	14/10/2002	13/11/2002
IM	1084	1150.5		702.1	861.0	863.9
2M	1084		513.8	106.9	208.0	
3M	1084	1170.5	606.4	564.8	935.4	810.8
4M	1084	1195.8	606.5		735.3	958.6
5M	1084	1125.7	532.2	435.0		911.5
IB	1084	1095.4		310.7	565.4	607.7
2B	1084		583.3	471.8	707.7	890.1
3B	1084	1219.6	580.2	497.1	782.6	
4B	1084	1169.9	599.1		812.1	928.5
5B	1084	1170.2	574.0	545.3		904.9
mestkeveractiviteit werd verhinderd						
IM	1084	1159.8		576.4	873.6	846.8
2M	1084		644.2	640.7	984.4	920.6
3M	1084	1139.9	598.7	547.6	817.5	
4M	1084	1170.0	617.9		886.2	890.6
5M	1084	1160.0	627.8	527.0		1045.3
IB	1084	1145.1		587.3	901.7	984.4
2B	1084		653.5	664.4	1002.6	1016.7
3B	1084	1260.0	664.5	661.4	954.0	
4B	1084	1135.0	624.3		941.4	960.2
5B	1084	1265.2	756.3	760.3		1125.5

Tabel 9.11 : Rund. Evolutie gewicht (g) mesthoop

mesthoop	begingewicht	met eventueel mestkeveractiviteit				
		8/9/2002	16/9/2002	30/9/2002	14/10/2002	13/11/2002
IM	785	690.2		216.6	307.4	260.0
2M	785		397.2	289.0	416.5	240.9
3M	785	655.2	413.1	297.2	397.1	
4M	785	646.2	302.3		373.4	278.1
5M	785	686.4	418.8	329.9		332.9
IB	785	559.6		294.3	397.6	295.3
2B	785		370.7	116.3	217.0	200.5
3B	785	674.2	420.0	312.6	432.1	
4B	785	673.3	412.0		454.9	414.9
5B	785	659.3	345.1	258.3		333.8
mestkeveractiviteit werd verhinderd						
IM	785	661.2		301.1	444.6	398.4
2M	785		334.8	257.8	368.7	375.7
3M	785	629.7	333.0	287.1	436.0	
4M	785	622.6	343.8		398.1	374.1
5M	785	652.7	373.8	312.2		357.2
IB	785	656.3		319.9	465.5	449.8
2B	785		326.0	264.9	409.6	299.6
3B	785	629.4	352.0	297.4	431.9	
4B	785	672.7	396.2		427.9	452.0
5B	785	677.3	415.0	348.3		412.6

Tabel 9.12 : Pony. Evolutie gewicht (g) mesthoop

mesthoop	begin ­ gewicht	met eventueel mest ­ ke ­ ver ­ ac ­ tiviteit				
		8/9/2002	17/9/2002	1/10/2002	14/10/2002	-13/11/2002
1M	1084	1151.0		669.1	934.9	809.6
2M	1084		497.3	444.3	822.9	699.5
3M	1084	1180.7	371.9	289.2	662.7	
4M	1084	1230.7	659.9		695.5	486.7
5M	1084	1190.3	637.0	569.7		648.9
1B	1084					
2B	1084	1170.5	482.8	539.9	973.6	955.6
3B	1084	1135.4	471.2	464.8	901.6	904.0
4B	1084	1195.2	552.1	418.7	896.3	929.8
5B	1084	1195.2	449.6	456.3	848.6	812.6
mest ­ ke ­ ver ­ ac ­ tiviteit werd ver ­ hin ­ derd						
1M	1084	1179.8		567.7	1000.0	884.9
2M	1084		561.4	525.0	828.4	695.0
3M	1084	1309.9	528.6	562.2	1006.4	
4M	1084	1270.6	1069.7		707.9	856.3
5M	1084	1220.8	519.7	448.2		777.1
1B	1084	1229.6		619.5	981.1	974.1
2B	1084		520.2	442.8	932.4	997.9
3B	1084	1220.5	580.6	416.6	847.7	
4B	1084	1230.5	552.6		916.8	959.2
5B	1084	1240.2	549.4	506.3		980.7

Fig. 9.3 : Paard, evolutie gewicht mesthopen

Fig 9.4 : Rund, evolutie gewicht mesthopen

0 10 20 30 40 50 60 70 80
dagen

dagen

Fig. 9.5 : Pony, evolutie gewicht mesthopen

Fig. 9.6 : Dagelijkse neerslaghoeveelheden
tussen 4-9-2002 en 13-11-2002

dagen

Het Startgewicht van de mesthopen voor pony en paard bedroeg 1084 g wat overeenkomt met een mestgift van 2.5g/cm². De terreingewichten van de paardenmesthopen nam toe (alle monsters samen ongeacht kever - geen kever - bodem - mest) gedurende de eerste 5 dagen : tussen 4/9 en 8/9 nam het terreingewicht toe tot 108.0% (1170.8 g) van het oorspronkelijke gewicht (1084 g). Tussen 8/9 en 17/9 is er een sterke daling in het terreingewicht van 56.4% tot 611.4 g. Deze daling wordt verder gezet tussen 17/9 en 1/10 tot 537.4 g (49.6% van het oorspronkelijke gewicht). Tussen 1/10 en 14/10 neemt het terreingewicht terug toe tot een gemiddelde van 810.6 g (of tot 74.8 % van het oorspronkelijke gewicht). Gedurende de laatste periode tussen 14/10 en 13/11, neemt het terreingewicht verder toe tot 916.6 g (of 84.6% van het oorspronkelijke gewicht). Deze fluctuaties in gewicht van de mest kunnen deels verklaard worden door de weersomstandigheden (hoeveelheid neerslag, verdamping, zonnestraling) (fig. 9.6 en tabel 9.13) anderzijds de bodemfauna-activiteit. We zien dat gedurende dag 3 tot 5 belangrijke hoeveelheden neerslag (29.8 l/nf) gevallen zijn; tussen dag 5 en 14 treedt een droogteperiode op met enkel intensieve neerslag op dag 6 (15.0 l/nf). Tussen dag 14 en 28 valt er vooral neerslag tussen dag 18 en 24, er is het weer droog. Vanaf dag 39 valt er bijna dagelijks neerslag. We zien dat wanneer een droge periode optreedt vlak voor de bemonstering het gewicht van de mesthopen daalt. Vlak voor dag 41 en 71 komt neerslag voor wat gepaard gaat met een toename van het gewicht van de mesthoop. Het is dus niet zozeer de totale hoeveelheid neerslag die in de tussen inliggende periodes valt maar de hoeveelheid neerslag die vlak voor de bemonsteringsdag valt.

Het terreingewicht van de ponymesthopen vertoonde grotendeels dezelfde trend als voor de paardenmesthopen. Tussen 4/9 en 8/9 nam het terreingewicht toe tot 111.6% van het oorspronkelijk gewicht, gevolgd door een daling (tussen 8/9 en 17/9) tot meer dan een halvering (49.0% van oorspronkelijk gewicht). Het gewicht neemt verder nog lichtjes af tot 45.8% van het oorspronkelijke gewicht tussen 17/9 en 1/10 om vanaf 1/10 terug toe te nemen tot een gemiddelde van 879,0 g (of 81.1% van het oorspronkelijke gewicht). Gedurende de laatste periode neemt het gewicht weer lichtjes af tot gemiddeld 843.8 g (77.8%) dit in tegenstelling tot de mesthopen van de pony's.

De evolutie van de terreingewichten van de rundermesthopen verschilt enigszins met deze van de paarden en de pony's. De verse mesthopen bedroegen 785 g met een zelfde bedekking van 2.5 g mest/cnf zoals voor paard en pony. In de eerste periode tussen 4/9 en 8/9 hadden de mesthopen al terreingewicht verloren tot gemiddeld zo'n 652.9 g of tot 83.2% van het oorspronkelijk gewicht. De afname werd verder gezet tussen 8 en 16/9 en 16 en 30/9. Op 30/9 lag er gemiddeld nog 281.2 g mest of 35.8% van het oorspronkelijke gewicht. Tussen 29/9 en 14/10 nam het terreingewicht toe tot 398.3g gevolgd door een nieuwe afname tussen 14/10 en 13/11.

Tabel 9.13 : Evolutie van de gemiddelde terreingewichten van de mesthopen voor paard, pony en rund (n=6) (100% is het gewicht bij de start van het experiment)

	neerslag (l/nf)	paard	pony	rund
4/9-8/9	29.9	1170.8 g - 108.0%	1209.4 g - 111.6%	652.9 g - 83.2%
8/9-17/9	15.8	611.4 g - 56.4%	530.9 g - 49.0%	372.1 g - 47.4%
17/9-30/9	25.1	537.4 g - 49.6%	496.3 g - 45.8%	281.2 g - 35.8%
30/9-14/10	29.7	810.6 g - 74.8%	879.0 g - 81.1%	398.3 g - 50.7%
14/10-13/11	144.5	916.6 g - 84.6%	843.8 g - 77.8%	341.9 g - 43.6%

Besluit :

- 1) Er is geen eenduidige afname in het gewicht van de mest : klimaat, met name neerslag bij toename, verdamping bij afname van het terreingewicht, speelt een belangrijke rol.
- 2) De trend tussen paard en pony zijn sterk gelijklopend behalve voor de periode 14/10-13/11.
- 3) Voor rund is er vanaf het begin van het experiment een afname in terreingewicht; dit kan verklaard worden door korstvorming die zeer snel gevormd wordt (Gobat et al., 1998) en die de mesthoop beschermt tegen wateropname. De structuur van pony- en paardenmest die uit vezelachtige losse keutels bestaat, laat een gemakkelijkere opname van water toe zodat het terreingewicht van de mesthopen kan toenemen.
- 4) Bij rundermest is de invloed van de neerslag minder terwijl de verdamping blijkbaar wel

doorgaat; invloed van de bodemfauna zoals wormen kunnen de mesthoop onder de korst van onderaan uithollen.

In de latere periodes verbrokkelt de korst van de rundermesthopen, zodat de neerslag dan toch invloed heeft op het gewicht van de mesthoop. _____

Op het vlak van methodologie rijzen er twee vragen :

- 1) is er een verschil in het terreingewicht van de mesthoop indien er een submonster van de mest genomen werd of indien er onder de mesthoop een bodemmonster genomen werd?
- 2) is er een verschil in het terreingewicht van de mesthoop bij de mesthopen die volledig afgedekt zijn tegen mestkeveractiviteit of indien mestkeveractiviteit toegelaten werd?

In tabel 9.14 worden de terreingewichten van de mesthopen van alle bemonsterde periodes samen gegeven naargelang de behandeling : bemonstering van mest of bodem, al dan niet afgedekt tegen kevers ongeacht de bemonsteringsperiode. De terreingewichten bij bemonstering van de bodem is groter dan deze van de mest (na correcties voor subbemonstering), alsook deze waarbij de mesthopen afgedekt zijn tegen keveractiviteit dan deze waar keveractiviteit mogelijk was.

Aan de hand van statistische tests werd nagegaan of deze verschillen significant zijn.

- * Paardenmesthopen : enkel het gewicht van de mesthopen waar de mest bemonsterd werd zijn normaal verdeeld, maar gezien het groot aantal waarnemingen en de vorm van de boxplots werd de t-test toegepast. De datasets kever - geen kever is significant verschillend (a)($P < 0.05$).
- * Rundermesthopen : geen enkele van de datasets zijn normaal verdeeld en de vorm van de boxplots is asymmetrisch met veel outliers. De Mann-Whitney U-test toont aan dat geen van beide datasets significant verschillend zijn ($P < 0.05$).
- * Ponymesthopen : enkel het gewicht van de mesthopen open voor keveractiviteit zijn normaal verdeeld (Kolmogorov-Smirnov test), maar gezien het grote aantal waarnemingen en de vorm van de boxplots werd de t-test toegepast. Geen van beide datasets verschillen significant van elkaar ($P < 0.05$).

Tabel 9.14 : Gemiddelde(g) en standaard deviatie van de terreingewichten van de mesthopen voor paard, pony en rund (n=40). Significant verschillende datasets worden aangeduid in vet. _____

	paard	rund	pony
gewicht van de mesthoop bij :			
bemonstering van de bodem	827.0g± 251.1	413.7g± 142.2	811.3g±280.8
bemonstering van de mest	791.7g± 269.4	404.9g± 138.2	772.5g± 279.6
met keveractiviteit	750.3g±282.6'	394.4g± 151.9	760.1g± 277.5
zonder keveractiviteit	868.5g±222.0'	424.2g± 125.9	823.6g± 280.6

De ANOVA-test werd toegepast om na te gaan of er significante effecten zijn van de behandeling en of er al dan niet interacties zijn tussen de behandelingen. De resultaten zijn als volgt :

paard : er is geen significant effect van bemonsteringsstrategie bodem-mest ($F_{1,76} = 0.379$, $P = 0.540$)

maar wel van de mestkeveractiviteit ($F_{1,76} = 4.259$, $P = 0.042$), er is geen interactie tussen

bemonsteringsstrategie en al dan niet mestkeveractiviteit ($F_{1,76} = 0.357$, $P = 0.552$).

rund : er is geen significant effect van bemonsteringsstrategie bodem-mest ($F_{1,76} = 0.077$, $P = 0.783$) noch

van de mestkeveractiviteit ($F_{1,76} = 0.891$, $P = 0.348$), er is eveneens geen interactie tussen

bemonsteringsstrategie en al dan niet mestkeveractiviteit ($F_{1,76} = 0.179$, $P = 0.673$).

pony : er is geen significant effect van bemonsteringsstrategie bodem-mest ($F_{1,76} = 0.409$, $P = 0.524$) noch

van de mestkeveractiviteit ($F_{1,76} = 0.973$, $P = 0.327$), er is eveneens geen interactie tussen

bemonsteringsstrategie en al dan niet mestkeveractiviteit ($F_{1,76} = 0.056$, $P = 0.813$).

Besluit :

De verschillen in terreingewichten tussen de bemonstering van de bodem versus deze van de mest zijn kleiner en niet significant vergeleken met deze van de hopen met keveractiviteit versus hopen zonder keveractiviteit. Bij de bemonstering van de bodem en van de mest zitten er zowel mesthopen waar mestkeveractiviteit zo goed mogelijk uitgesloten werd als mesthopen waar eventuele mestkeveractiviteit mogelijk was. Vermits de verschillen in terreingewichten nog _____

groter worden bij de mesthopen met keveractiviteit vergeleken met deze zonder kan men besluiten dat er een tendens aanwezig is (alhoewel niet altijd significant met t-test, Mann Whitney U-test, ANOVA) waarbij keveractiviteit een invloed heeft gehad bij de afbraaksnelheid van de mesthopen.

Om de resultaten 100% te kunnen verifiëren zou men onder elke mesthoop door middel van een profielput moeten nagaan of er al dan niet keveractiviteit heeft plaatsgegrepen, bijvoorbeeld of er al dan niet broedkamers aangelegd zijn. Dit werd binnen dit onderzoek niet meer uitgevoerd.

9.3 EVOLUTIE VAN DE CHEMISCHE SAMENSTELLING VAN DE MEST

De evolutie van de samenstelling van de mest werd nagegaan voor mest van paard, rund en pony.

De resultaten van de chemische analyses van de paardenmesthopen na 5, 13/14, 27/28, 41 en 71 dagen worden voorgesteld in bijlage D. De ruwe gegevens zijn uitgedrukt in g ten opzichte van 1 kg verse mest. Vermits het watergehalte sterk varieert naargelang de klimaatsomstandigheden werden de oorspronkelijke gegevens omgerekend naar het percentage ten opzichte van de hoeveelheid droge stof in het mestmonster. Uiteindelijk werden dan de effectieve hoeveelheden van de chemische parameter aanwezig op het terrein berekend gesteund op de effectieve hoeveelheden droge stof in het mestmonster.

9.3.1 PAARD

In bijlage D worden de gegevens van de evolutie van de chemische samenstelling van de mest voor paard voorgesteld in 1) g/kg verse mest, 2) in een percentage van de droge stof, 3) in effectieve terreinhoeveelheden (g).

9.3.1.1 Ruwe mestgegevens

De reeks figuren 9.7 tot 9.15 tonen de ruwe gegevens van de evolutie van de chemische samenstelling voor paard. Ongeacht de chemische parameter zien we dat de hoeveelheden (uitgedrukt in g/kg vers) sterk op- en neer gaan van de ene naar de andere periode. Meest opvallend is de toename van de hoeveelheden tussen dag 5 en 13 en de afname tussen dag 27 en 41. Terzelfdertijd is er een afname in het vochtgehalte tussen dag 5 en 13 en een toename in vochtgehalte tussen dag 27 en 41. Het is duidelijk dat de chemische parameters een omgekeerde trend vertonen van het vochtgehalte. Een correlatie kan berekend worden tussen het vochtgehalte en de chemische parameters. Vermits geen enkele van de parameters normaal verdeeld zijn (Kolmogorov-Smirnov test) wordt de Spearman correlatie coëfficiënt toegepast (tabel 9.15). Tussen het terreingewicht en het vochtgehalte is er een positieve correlatie, tussen terreingewicht en vochtgehalte enerzijds en de andere parameters is er een negatieve correlatie. Tussen droge stof, organische stof, N_{tot}, P, K, Na, Ca en Mg onderling zijn er positieve maar niet altijd significante correlaties. Deze correlaties tonen aan dat het noodzakelijk is de resultaten om te rekenen naar droge stof.

!c

5 9 6 8 5

Tabe) 9.15 : Paard, chemische samenstelling van de mest, ruwe gegevens. Spearman correlatie matrix (** significant $P < 0.01$, * significant $P < 0.05$, $n=40$ of 44).

	terrein gewicht	vocht gehalte	droge stof	organische stof	Ntot	P	K	Na	Ca
vocht gehalte	0.817** 40								
droge stof	-0.817** 40	-1.000** 44							
organische stof	-0.813** 40	-0.902** 44	0.902** 44						
Ntot	-0.767** 40	-0.738** 44	0.738** 44	0.661** 44					
P	-0.622** 40	-0.771** 44	0.771** 44	0.834** 44	0.570** 44				
K	-0.488** 40	-0.581** 44	0.581** 44	0.688** 44	0.273 44	0.890** 44			
Na	-0.463** 40	-0.519* 44	0.519* 44	0.643** 44	0.181 44	0.850** 44	0.976** 44		
Ca	-0.861** 40	-0.865** 44	0.865** 44	0.720** 44	0.845** 44	0.579** 44	0.305* 44	0.208 44	
Mg	-0.798** 40	-0.774** 44	0.774** 44	0.796** 44	0.788** 44	0.736** 44	0.510** 44	0.429** 44	0.845** 44

9.3.1.2 Evolutie van de chemische parameters ten opzichte van de droge stof

De reeks figuren 9.16 tot 9.23 tonen de evolutie van de chemische samenstelling voor paard uitgedrukt ten opzichte van de droge stof. In functie van de tijd kan men het volgende vaststellen :

- * zeer lichte afname in functie van tijd : organische stof/droge stof (OS/DS)
- * lichte afname in functie van tijd : P/DS, K/DS, min N/DS, Na/DS
- * sterk wisselend : N/DS, Mg/DS
- * toename : Ca/DS

Deze trends worden bevestigd door onderstaande correlatiecoëfficiënten.

De volledige dataset en de twee datasets (kever - geen kever) werden getest op hun normaliteit met de Kolmogorov-Smirnov test. Het aantal dagen voor de volledige dataset en de twee subsets zijn niet normaal verdeeld en de Spearman correlatie coëfficiënt is in zo'n geval de meest aangewezen test.

Tabel 9.16 : Paard, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters uitgedrukt ten opzichte van droge stof (DS) (** significant $P < 0.01$, * significant $P < 0.05$, $n=40$)

		OS/DS	N/DS	P/DS	K/DS	Na/DS	Ca/DS	Mg/DS
dag	Pearson	-0.329*	0.324*	-0.566**	-0.848**	-0.850**	0.579**	-0.004
dag	Spearman	-0.207	0.261	-0.627**	-0.839**	-0.813**	0.535**	-0.013

Tabel 9.17 : Paard, kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters uitgedrukt ten opzichte van droge stof (DS) (** significant $P < 0.01$, * significant $P < 0.05$, $n=20$)

		OS/DS	N/DS	P/DS	K/DS	Na/DS	Ca/DS	Mg/DS
dag	Pearson	-0.432	0.221	-0.700**	-0.858**	-0.876**	0.709**	-0.045
dag	Spearman	-0.310	0.138	-0.687**	-0.889**	-0.865**	0.625**	-0.061

Tabe! 9.18 : Paard, geen kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters uitgedrukt ten

		OS/DS	N/DS	P/DS	K/DS	Na/DS	Ca/DS	Mg/DS
dag	Pearson	-0.264	0.473*	-0.536*	-0.841**	-0.829**	0.437	0.030
dag	Spearman	-0.169	0.429	-0.592**	-0.785**	-0.773**	0.466*	0.064

Voor alle mestmonsters samen zien we een significante dalende correlatie (Spearman) ($P < 0.01$) voor P/DS, K/DS, Na/DS en een toename voor Ca/DS. Voor de mesthopen met eventuele keveractiviteit is er eenzelfde trend als voor alle mesthopen samen; voor de mesthopen waar mestkeveractiviteit uitgesloten werd, hebben dezelfde parameters een significante dalende correlatie (Spearman) ($P < 0.01$), maar is de stijgende correlatie voor Ca/DS significant bij $P < 0.05$. OS/DS en N/DS vertonen een ietwat eigenaardige evolutie met geen duidelijke afnemende of toenemende trend maar met een eerder fluctuerend traject.

9.3.1.3 Evolutie van de chemische parameters geëxtrapoleerd naar terreinhoeveelheden

De reeks figuren 9.24 tot 9.31 tonen de evolutie van de chemische samenstelling voor paard uitgedrukt ten opzichte van de aanwezige terreinhoeveelheden (wordt aangeduid als ParameterTerrein).

In functie van de tijd is er :

- * een zeer lichte afname : DSTerrein, OSTerrein
- * afname : PTERrein, KTERrein, NaTERrein
- * wisselend : NTERrein, CaTERrein, MgTERrein

Deze trends worden bevestigd door onderstaande correlatiecoëfficiënten.

De volledige dataset en de twee datasets (kever - geen kever) werden getest op hun normaliteit met de Kolmogorov-Smirnov test. Het aantal dagen voor de volledige dataset en de twee subsets zijn niet normaal verdeeld en de Spearman correlatie coëfficiënt is in zo'n geval de meest aangewezen test.

Tabel 9.19 : Paard, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters geëxtrapoleerd naar effectieve

		DSTerrein	OSTerrein	NTERrein	PTerrein	KTERrein	NaTERrein	CaTERrein	MgTERrein
dag	Pearson	-0.420**	-0.521**	-0.1 (1/2)	-0.641**	-0.825**	-0.836**	-0.076	-0.380*
dag	Spearman	-0.603**	-0.637**	-0.247	-0.745**	-0.865**	-0.855**	-0.159	-0.534**

Tabel 9.20 : Paard, kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters geëxtrapoleerd naar r^{**}

		DSTerrein	OSTerrein	NTERrein	PTerrein	KTERrein	NaTERrein	CaTERrein	MgTERrein
dag	Pearson	-0.280	-0.411	-0.076	-0.582**	-0.782**	-0.810**	0.080	-0.277
dag	Spearman	-0.564**	-0.582**	-0.227	-0.699**	-0.809**	-0.815**	0.080	-0.484*

Tabel 9.21 : Paard, geen kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters geëxtrapoleerd naar effectieve terreingewichten (** significant $P < 0.01$, * significant $P < 0.05$, $n=20$)

		DSTerrein	OSTerrein	NTERrein	PTerrein	KTERrein	NaTERrein	CaTERrein	MgTERrein
dag	Pearson	-0.698**	-0.727**	-0.222	-0.726**	-0.884**	-0.866**	-0.319	-0.560*
dag	Spearman	-0.681**	-0.681**	-0.405	-0.801**	-0.889**	-0.865**	-0.441	-0.576**

Een significante dalende correlatie ($P < 0.01$) voor alle mesthopen samen is er voor DSTerrein, OSTerrein, PTERrein, KTERrein, NaTERrein en MgTERrein; hetzelfde geldt voor de twee subsets met een iets zwakkere significantie ($P < 0.05$) voor MgTERrein voor de mesthopen met keveractiviteit. CaTERrein vertoont geen positieve correlatie meer, wat betekent dat er een toename in concentratie is wat betreft Ca maar dat de effectieve hoeveelheden Ca op het terrein min of meer constant blijven. Dit kan verklaard worden doordat de bodemfauna kalkrijk zand naar het oppervlak brengt waardoor de concentratie toeneemt maar dat door andere processen zoals splash erosie, bioturbatie of uitloging de totale Ca hoeveelheden uiteindelijk afnemen. NTERrein vertoont geen significante correlaties, het verloop van de parameter vertoont nogal wat fluctuaties wat kan te wijten zijn aan N-omzettingen binnen het mestmonster vooraleer het monster geanalyseerd werd.

c-

c S

H
H

«S y o_

ES

?%

3M

W

A)

S s

4:4,

w

W<

o?

oW

g s s s

s f s s

932 RUND

In bijlage D worden de gegevens van de evolutie van de chemische samenstelling van de mest voor rund voorgesteld in g/kg verse mest, in een percentage van de droge stof, in effectieve terreinhoeveelheden (g).

9.3.2.1 Ruwe mestgegevens

De reeks figuren 9.32 tot 9.40 tonen de ruwe gegevens van de evolutie van de chemische samenstelling voor rund. Ongeacht de chemische parameter zien we dat de hoeveelheden (uitgedrukt in g/kg vers) sterk op- en neer gaan van de ene naar de andere periode. Meest opvallend is de toename van de hoeveelheden tussen dag 5 en 13 en de afname tussen dag 27 en 41. Het is duidelijk dat de chemische parameters een omgekeerde trend vertonen van het vochtgehalte. Een correlatie kan berekend worden tussen het vochtgehalte en de chemische parameters. Vermits niet alle parameters normaal verdeeld zijn (Kolmogorov-Smirnov test) (terreingewicht, organische stof, P en Mg zijn niet normaal verdeeld) wordt de Spearman correlatie coëfficiënt toegepast (tabel 9.22). Tussen het terreingewicht en het vochtgehalte is er een positieve correlatie, tussen terreingewicht en vochtgehalte enerzijds en de andere parameters is er een negatieve correlatie die echter niet altijd significant is. Tussen de andere parameters droge stof, organische stof, Ntot, P, K, Na, Ca en Mg zijn er positieve correlaties die weliswaar niet altijd significant zijn. Opvallend is dat K enkel een positieve significante correlatie vertoont met Na en Mg.

Tabel 9.22 : Rund, chemische samenstelling van de mest, ruwe gegevens. Spearman correlatie matrix

	terrein gewicht	vocht gehalte	droge stof	organische stof	Ntot	P	K	Na	Ca
vocht gehalte	0.761** 40								
droge stof	-0.761** 40	-1.000** 44							
organische stof	-0.702** 40	-0.950** 44	0.950** 44						
Ntot	-0.660** 40	-0.862** 44	0.962** 44	0.877** 44					
P	-0.651** 40	-0.908** 44	0.908** 44	0.956** 44	0.885** 44				
K	-0.124 40	-0.262 44	0.262 44	0.273 44	0.195 44	0.268 44			
Na	-0.081 40	-0.323* 44	0.323* 44	0.379* 44	0.358* 44	0.468** 44	0.770** 44		
Ca	-0.696** 40	-0.963** 44	0.963** 44	0.961** 44	0.865** 44	0.941** 44	0.258 44	0.354* 44	
Mg	-0.518** 40	-0.894** 44	0.894** 44	0.924** 44	0.853** 44	0.927** 44	0.354* 44	0.427** 44	0.932** 44

9.3.2.2 Evolutie van de chemische parameters ten opzichte van de droge stof

De reeks figuren 9.41 tot 9.48 tonen de evolutie van de chemische samenstelling voor rund uitgedrukt ten opzichte van de droge stof. De evolutie infunctie van de tijd kan als volgt samengevat worden :

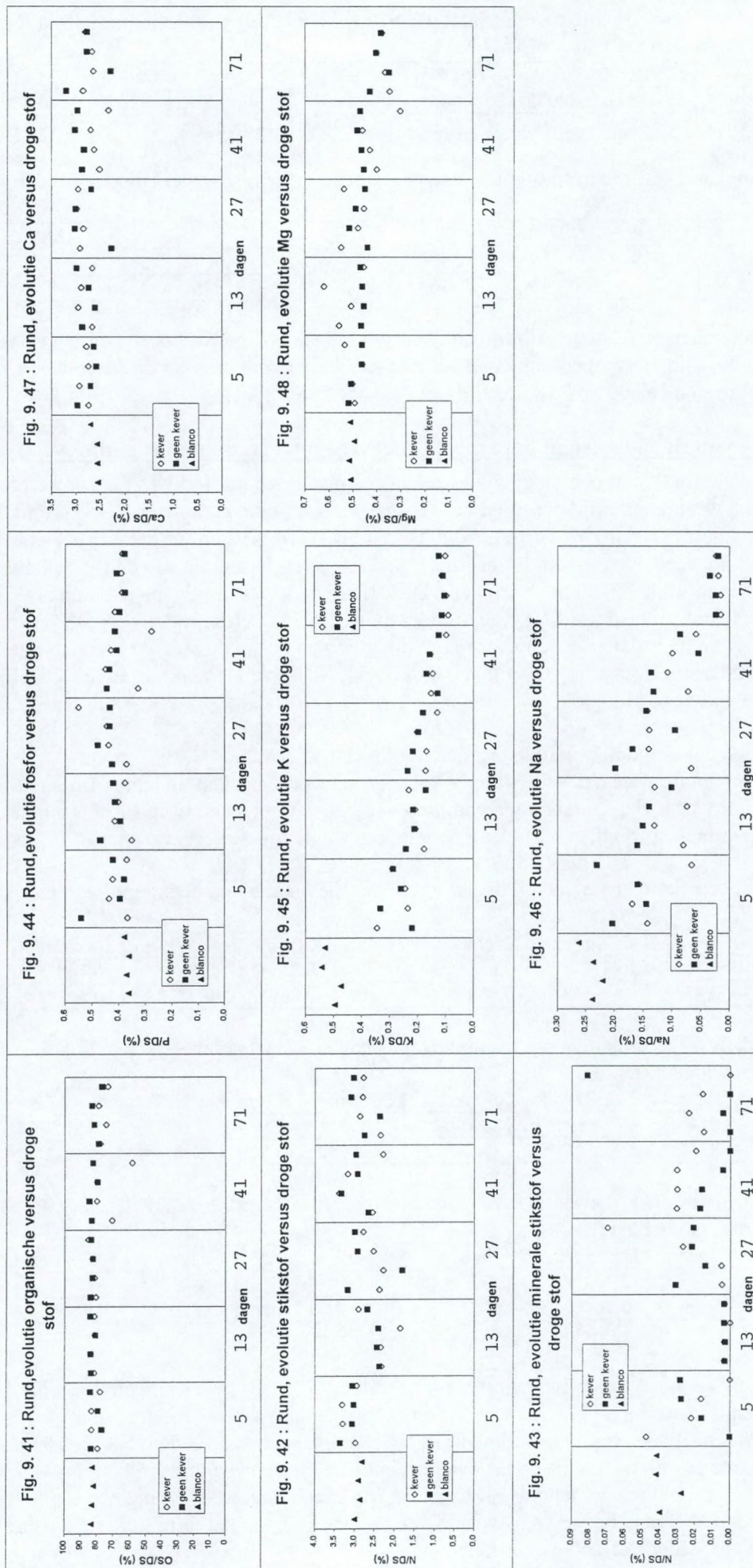
- ' min of meer constant met soms een onregelmatig verloop: Organische stof/droge stof (OS/DS), P/DS, Ca/DS
- * afname : K/DS, Mg/DS (lichte afname), Na/DS
- ' wisselend : Ntot/DS, min N/DS

Deze trends worden bevestigd door onderstaande correlatiecoëfficiënten.

De volledige dataset en de twee datasets (kever - geen kever) werden getest op hun normaliteit met de Kolmogorov-Smirnov test. Het aantal dagen voor de volledige dataset en de twee subsets zijn niet normaal verdeeld en de Spearman correlatie coëfficiënt is in zo'n geval de meest aangewezen test.

Tabel 9.23 : Rund, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters uitgedrukt ten opzichte van

		OS/DS	N/DS	P/DS	K/DS	Na/DS	Ca/DS	Mg/DS
dag	Pearson	-0.329*	-0.047	-0.184	-0.852**	-0.786**	-0.074	-0.691**
dag	Spearman	-0.365*	-0.148	-0.101	-0.923**	-0.743**	-0.031	-0.676**



Tabel 9.24 : Rund, kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters uitgedrukt ten opzichte van droge stof (DS) (n=20)

		OS/DS	N/DS	P/DS	K/DS	Na/DS	Ca/DS	Mg/DS
dag	Pearson	-0.435	-0.075	0.062	-0.853**	-0.775**	-0.278	-0.720**
dag	Spearman	-0.582**	-0.190	0.028	-0.938**	-0.706**	-0.347	-0.715**

Tabel 9.25 : Rund, geen kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters uitgedrukt ten opzichte van droge stof (DS) (n=20)

		OS/DS	N/DS	P/DS	K/DS	Na/DS	Ca/DS	Mg/DS
dag	Pearson	-0.239	-0.018	-0.380	-0.860**	-0.846**	0.067	-0.737**
dag	Spearman	-0.273	-0.132	-0.236	-0.914**	-0.813**	0.227	-0.565**

De drie datasets vertonen een dalende significante correlatie voor K/DS, Na/DS en Mg/DS ($P < 0.01$); OS/DS vertoont voor alle mesthopen samen en voor de mesthopen met mestkaveractiviteit een significante negatieve correlatie op $P < 0.05$ en $P < 0.01$ respectievelijk.

9.3.2.3 Evolutie van de chemische parameters geëxtrapoleerd naar terreinhoeveelheden

De reeks figuren 9.49 tot 9.56 tonen de evolutie van de chemische samenstelling voor rund uitgedrukt ten opzichte van de aanwezige terreinhoeveelheden. Voor alle onderzochte parameters (DSTerrein, PTerrein, CaTerrein, OSTerrein, KTerrein, MgTerrein, N totTerrein, NaTerrein) zien we dat hun effectieve gemiddelde terreinhoeveelheden in min of meerdere mate afnemen in functie van de tijd (alhoewel enkele individuele mesthopen soms fluctuaties vertonen). Deze trend was voor de chemische samenstelling, uitgedrukt ten opzichte van de droge stof, veel minder duidelijk. Dit betekent dat voor OSTerrein, PTerrein en CaTerrein deze dalende trend voornamelijk te wijten is aan de afname in de hoeveelheid mest die effectief op het terrein overschiet, terwijl voor KTerrein, MgTerrein en NaTerrein er duidelijk een hoeveelheid verdwijnt door uitloging.

Deze trends worden bevestigd door onderstaande correlatiecoëfficiënten.

De volledige dataset en de twee datasets (kever – geen kever) werden getest op hun normaliteit met de Kolmogorov-Smirnov test. Het aantal dagen voor de volledige dataset en de twee subsets zijn niet normaal verdeeld en de Spearman correlatie coëfficiënt is in zo'n geval de meest aangewezen test.

Tabel 9.26 : Rund, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters geëxtrapoleerd naar effectieve terreingewichten (n=40)

		OSTerrein	DSTerrein	NTerrein	PTerrein	KTerrein	NaTerrein	CaTerrein	MgTerrein
dag	Pearson	-0.804**	-0.813**	-0.656**	-0.697**	-0.881**	-0.805**	-0.743**	-0.835**
	Spearman	-0.801**	-0.795**	-0.630**	-0.700**	-0.939**	-0.787**	-0.701**	-0.843**

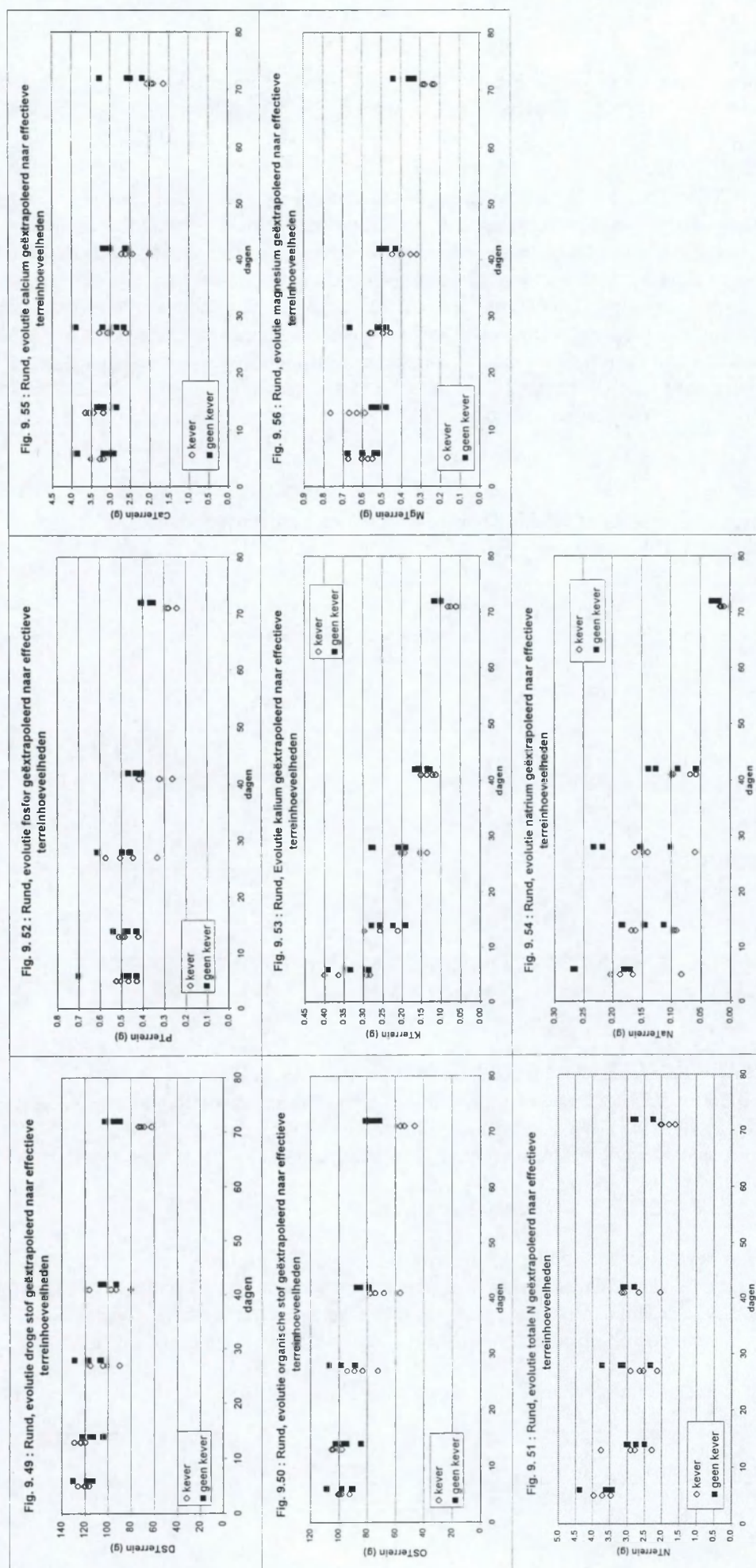
Tabel 9.27 : Rund, kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters geëxtrapoleerd naar effectieve terreingewichten (n=20)

		DSTerrein	OSTerrein	NTerrein	PTerrein	KTerrein	NaTerrein	CaTerrein	MgTerrein
dag	Pearson	-0.914**	-0.929**	-0.790**	-0.802**	-0.905**	-0.827**	-0.925**	-0.908**
	Spearman	-0.871**	-0.877**	-0.785**	-0.761**	-0.960**	-0.767**	-0.871**	-0.883**

Tabel 9.28 : Rund, geen kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters geëxtrapoleerd naar effectieve terreingewichten (n=20)

		DSTerrein	OSTerrein	NTerrein	PTerrein	KTerrein	NaTerrein	CaTerrein	MgTerrein
dag	Pearson	-0.769**	-0.760**	-0.532*	-0.639**	-0.870**	-0.841**	-0.539*	-0.797**
	Spearman	-0.791**	-0.766**	-0.515*	-0.684**	-0.935**	-0.809**	-0.460*	-0.831**

Alle drie de datasets vertonen negatieve significante correlaties ($P < 0.01$) voor alle onderzochte parameters. De trends die afgeleid konden worden uit de grafieken worden bevestigd door de correlatiecoëfficiënten. Bij de parameters uitgedrukt tov DS vertonen enkel K/DS, Na/DS en mG/DS een negatieve significante correlatie. Bij de effectieve terreinhoeveelheden (Parameter/Terrein) wordt dit uitgebreid tot alle onderzochte parameters. Bij K, Na en Mg speelt actieve uitloging een rol, bij de andere parameters is de eerste oorzaak het gewichtsverlies van de mesthoop op het terrein bij de afname van de parameter ten opzichte van de effectieve terreingewichten.



9.3.3 PONY

In bijlage D worden de gegevens van de evolutie van de chemische samenstelling van de mest voor pony voorgesteld in g/kg verse mest, in een percentage van de droge stof, in effectieve terreinhoeveelheden (g).

9.3.3.1 Ruwe mestgegevens

De reeks figuren 9.57 tot 9.65 tonen de ruwe gegevens van de evolutie van de chemische samenstelling voor pony. Ongeacht de chemische parameter zien we dat de hoeveelheden (uitgedrukt in g/kg vers) sterk op- en neer gaan van de ene naar de andere periode. Meest opvallend is de toename van de hoeveelheden tussen dag 5 en 14 en de afname tussen dag 28 en 41. Het is duidelijk dat de chemische parameters een omgekeerde trend vertonen van het vochtgehalte. Een correlatie kan berekend worden tussen het vochtgehalte en de chemische parameters. Vermits geen enkele van de parameters normaal verdeeld zijn (Kolmogorov-Smirnov test) wordt de Spearman correlatie coëfficiënt toegepast (tabel 9.29). Alle berekende correlaties zijn significant ($P < 0.01$). Tussen het terreingewicht en het vochtgehalte is er een positieve correlatie, tussen terreingewicht en vochtgehalte enerzijds en de andere parameters is er een negatieve correlatie. Tussen de droge stof, organische stof, Ntot, P, K, Na, Ca en Mg zijn er onderling positieve correlaties

Tabel 9.29 : Pony, chemische samenstelling van de mest, ruwe gegevens. Spearman correlatie matrix.

	terrein gewicht	vocht gehalte	droge stof	organische stof	Ntot	P	K	Na	Ca
vocht gehalte	0.762** 40								
droge stof	-0.762** 40	-1.000** 44							
organische stof	-0.759** 40	-0.991** 44	0.991** 44						
Ntot	-0.480** 40	-0.622** 44	0.622** 44	0.622** 44					
P	-0.474** 40	-0.815** 44	0.815** 44	0.818** 44	0.765** 44				
K	-0.492** 40	-0.780** 44	0.780** 44	0.782** 44	0.708** 44	0.950** 44			
Na	-0.481** 40	-0.746** 44	0.746** 44	0.753** 44	0.728** 44	0.938** 44	0.973** 44		
Ca	-0.606** 40	-0.877** 44	0.877** 44	0.849** 44	0.716** 44	0.851** 44	0.777** 44	0.782** 44	
Mg	-0.611** 40	-0.872** 44	0.872** 44	0.869** 44	0.658** 44	0.908** 44	0.854** 44	0.831** 44	0.892** 44

9.3.3.2 Evolutie van de chemische parameters ten opzichte van de droge stof

De reeks figuren 9.66 tot 9.73 tonen de evolutie van de chemische samenstelling voor pony uitgedrukt ten opzichte van de droge stof (DS). In functie van de tijd zien we de volgende evoluties :

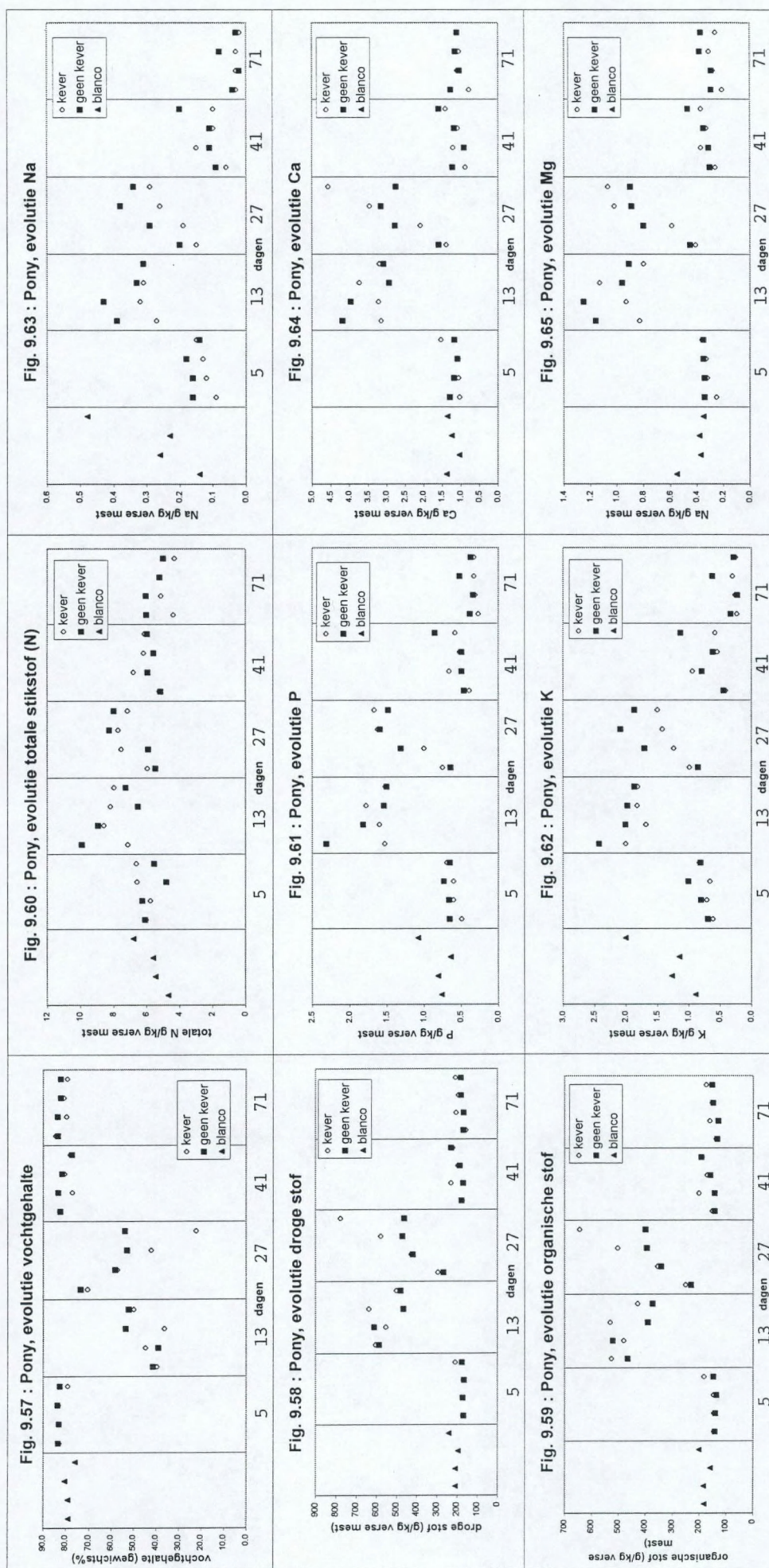
- min of meer constant : OS/DS met een duidelijke afname op dag 71 (OS=organische stof), Ca/DS,
- wisselend : Ntot/DS
- afname : P/DS, K/DS, Mg/DS (zwak dalend), Na/DS

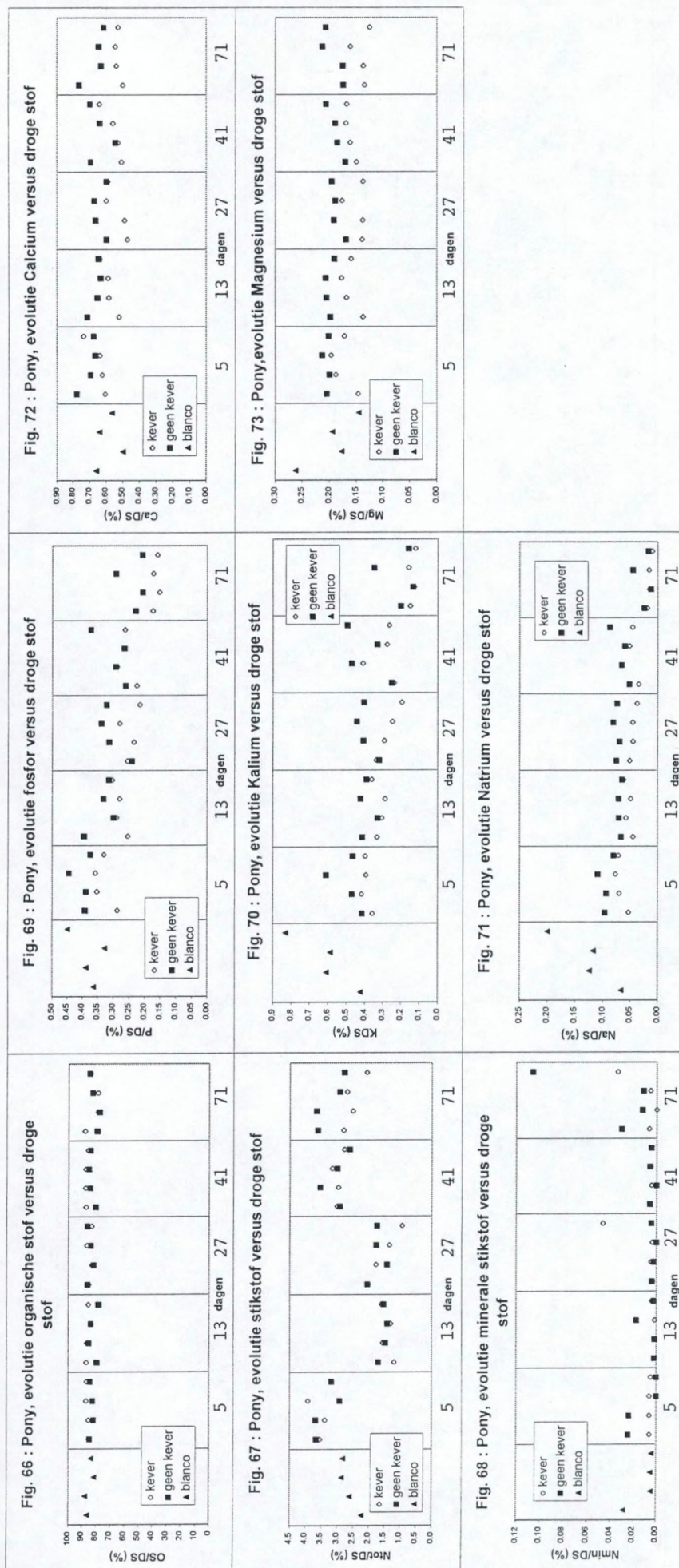
Deze trends worden bevestigd door onderstaande correlatiecoëfficiënten.

De volledige dataset en de twee datasets (kever – geen kever) werden getest op hun normaliteit met de Kolmogorov-Smirnov test. Het aantal dagen voor de volledige dataset en de twee subsets zijn niet normaal verdeeld en de Spearman correlatie coëfficiënt is in zo'n geval de meest aangewezen test.

Tabel 9.30 : Pony, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters uitgedrukt ten opzichte van droge stof (DS) (n=40)

		OS/DS	N/DS	P/DS	K/DS	Na/DS	Ca/DS	Mg/DS
dag	Pearson	-0.285	0.165	-0.757**	-0.713**	-0.782**	-0.298	-0.292
dag	Spearman	-0.162	0.008	-0.736**	-0.639**	-0.710**	-0.349*	-0.305





Tabel 9.31 : Pony, kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters uitgedrukt ten opzichte van droge stof (DS) (n=20)

		OS/DS	N/DS	P/DS	K/DS	Na/DS	Ca/DS	Mg/DS
dag	Pearson	-0.415*	0.017	-0.885**	-0.842**	-0.870**	-0.547**	-0.526**
dag	Spearman	-0.083	-0.129	-0.815**	-0.791**	-0.796**	-0.549**	-0.528**

Tabel 9.32 : Pony, geen kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters uitgedrukt ten opzichte van droge stof (DS) (n=20)

		OS/DS	N/DS	P/DS	K/DS	Na/DS	Ca/DS	Mg/DS
dag	Pearson	-0.211	0.320	-0.786**	-0.731**	-0.858**	-0.171	-0.325
dag	Spearman	-0.132	0.101	-0.819**	-0.595**	-0.773**	-0.319	-0.323

Voor de drie datasets zijn er significante negatieve correlaties ($P < 0.01$) voor P/DS, K/DS en Na/DS. Voor de datasets met keveractiviteit is er eveneens een negatieve significante correlatie ($P < 0.01$) voor Ca/DS en Mg/DS, voor alle mesthopen samen is Ca/DS negatief significant ($P < 0.05$).

9.3.3.3 Evolutie van de chemische parameters geëxtrapoleerd naar terreinhoeveelheden

De reeks figuren 9.74 tot 9.81 tonen de evolutie van de chemische samenstelling voor pony uitgedrukt ten opzichte van de aanwezige terreinhoeveelheden.

De effectieve terreinhoeveelheden vertonen voor DSTerrein, PTerrein, CaTerrein, OSTerrein, KTerrein, MgTerrein een toename tussen dag 5 en dag 14. Deze onlogische evolutie is moeilijk te verklaren. Vanaf dag 14 nemen de OSTerrein, DSTerrein, PTerrein, CaTerrein, KTerrein, MgTerrein, NaTerrein af. De trend voor NTerrein is wisselend gedurende de volledige monsterperiode.

Aan de hand van onderstaande correlatiecoëfficiënten kunnen we de trends afgeleid van de grafieken grotendeels bevestigen. De volledige dataset en de twee datasets (kever – geen kever) werden getest op hun normaliteit met de Kolmogorov-Smirnov test. Het aantal dagen voor de volledige dataset en de twee subsets zijn niet normaal verdeeld en de Spearman correlatie coëfficiënt is in zo'n geval de meest aangewezen test.

Tabel 9.33 : Pony, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters omgerekend naar effectieve terreingewichten (n=40)

		DSTerrein	OSTerrein	NTerrein	PTerrein	KTerrein	NaTerrein	CaTerrein	MgTerrein
dag	Pearson	-0.585**	-0.604**	-0.504**	-0.774**	-0.804**	-0.839**	-0.620**	-0.639**
dag	Spearman	-0.752**	-0.758**	-0.487**	-0.790**	-0.764**	-0.793**	-0.714**	-0.695**

Tabel 9.34 : Pony, kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters omgerekend naar effectieve terreingewichten (n=20)

		DSTerrein	OSTerrein	NTerrein	PTerrein	KTerrein	NaTerrein	CaTerrein	MgTerrein
dag	Pearson	-0.559**	-0.587**	-0.637**	-0.789**	-0.837**	-0.849**	-0.617**	-0.656**
dag	Spearman	-0.791**	-0.797**	-0.601**	-0.828**	-0.809**	-0.822**	-0.803**	-0.791**

Tabel 9.35 : Pony, geen kever, correlatie tussen aantal dagen en chemische parameters omgerekend naar effectieve terreingewichten (n=20)

		DSTerrein	OSTerrein	NTerrein	PTerrein	KTerrein	NaTerrein	CaTerrein	MgTerrein
dag	Pearson	-0.672**	-0.686**	-0.351	-0.787**	-0.825**	-0.904**	-0.661**	-0.669**
dag	Spearman	-0.730**	-0.717**	-0.337	-0.815**	-0.760**	-0.871**	-0.730**	-0.715**

De volledige dataset en deze van de mesthopen met de keveractiviteit vertonen voor alle parameters een negatieve significante correlatie ($P < 0.01$) ook voor NTerrein. Voor de dataset waarbij keveractiviteit uitgesloten werd is de correlatie voor NTerrein negatief maar niet significant.

Fig. 74 : Pony, evolutie droge stof omgerekend naar effectieve terreinhoeveelheden

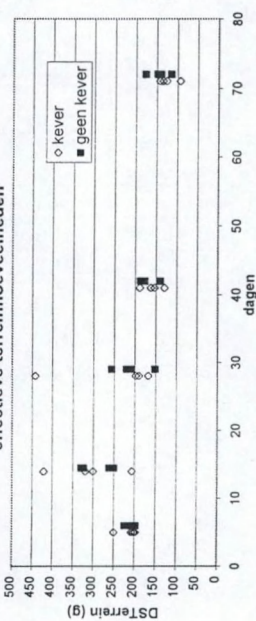


Fig. 77 : Pony, evolutie fosfor omgerekend naar effectieve terreinhoeveelheden

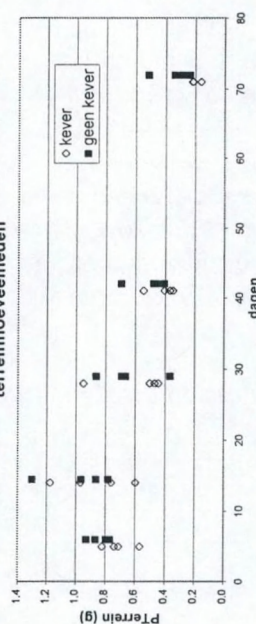


Fig. 80 : Pony, evolutie calcium omgerekend naar effectieve terreinhoeveelheden

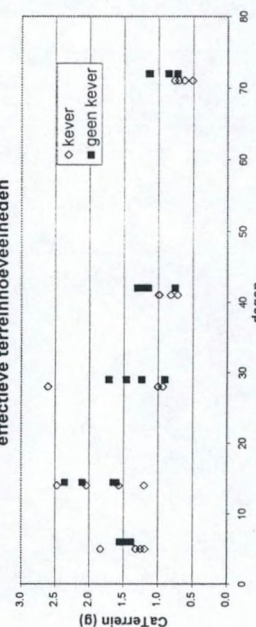


Fig. 75 : Pony, evolutie organische stof omgerekend naar effectieve terreinhoeveelheden

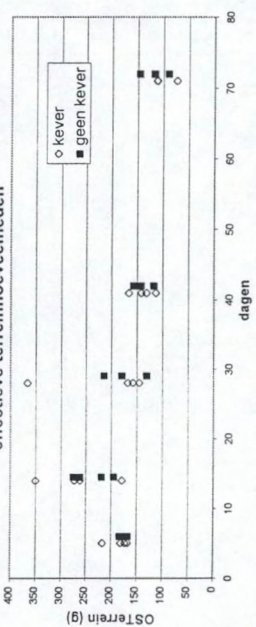


Fig. 78 : Pony, evolutie kalium omgerekend naar effectieve terreinhoeveelheden

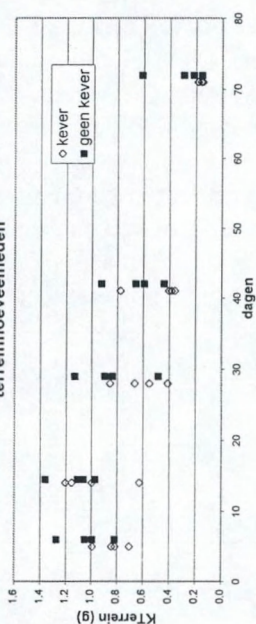


Fig. 81 : Pony, evolutie magnesium omgerekend naar effectieve terreinhoeveelheden

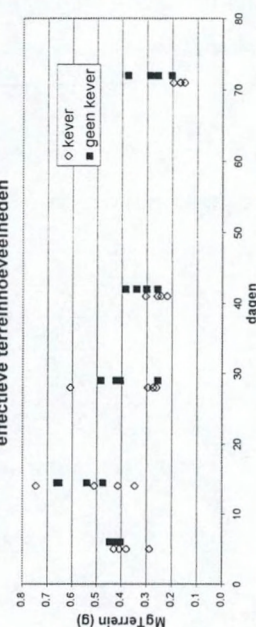


Fig. 76 : Pony, evolutie totale N omgerekend naar effectieve terreinhoeveelheden

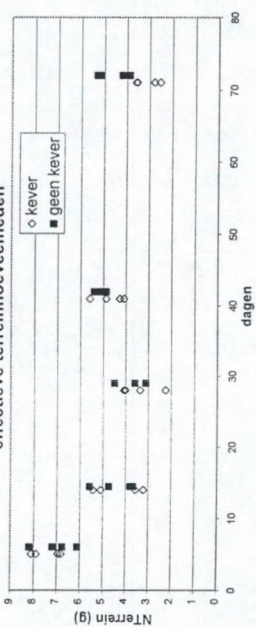
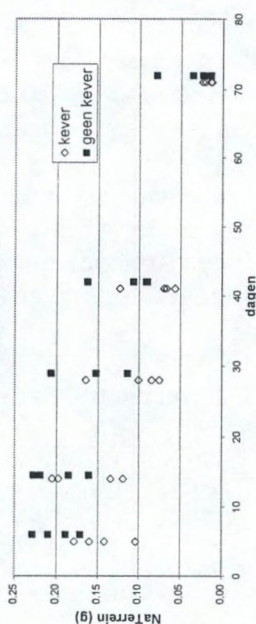


Fig. 79 : Pony, evolutie natrium omgerekend naar effectieve terreinhoeveelheden



9.3.4 VERGELIJKING TUSSEN BEMONSTERING MET OF ZONDER MESTKEVERACTIVITEIT

Zoals reeds hierboven uitgelegd, werd in een reeks monsters de mestkeveractiviteit verhinderd, in een tweede reeks was mestkeveractiviteit mogelijk. Andere bodemfauna kon niet uitgesloten worden in het experiment. In zowel de reeks met of zonder mestkeveractiviteit werden onder de mesthopen de aanwezigheid van onder andere pissebedden en regenwormen vastgesteld. In voorgaande paragraaf werd aangetoond dat het vochtgehalte de hoeveelheden van DS (droge stof), OS (organische stof), P (fosfor), N (totale stikstof), K (kalium), Ca (calcium), Mg (magnesium) en Na (natrium) sterk beïnvloedt daarom zal er enkel een vergelijking doorgevoerd worden van de chemische parameters uitgedrukt ten opzichte van de droge stof en van de totale terreinhoeveelheden.

De datasets (met of zonder keveractiviteit) werden getoetst op normaliteit met de Kolmogorov-Smirnov test. Eveneens werd de homogeniteit van de variantie nagegaan met de Levene test. De meest aangewezen test werd aangeduid met *, significante verschillen tussen de twee datasets worden aangeduid in het vet.

Tabel 9.36 : Significantie van het verschil tussen twee datasets, met of zonder keveractiviteit voor paard, rund en pony volgens de t-test en voor de Mann-Whitney U (niet gepaarde gegevens) ($P < 0.05$ in vet aangeduid, meest aangewezen test gemarkeerd met *)

parameter ¹	paard (n=40)		rund (n=40)		pony (n=40)	
	t-test	Mann-Whitney U	t-test	Mann-Whitney U	t-test	Mann-Whitney U
vochtgehalte (%)	0.140	0.020*	0.855	0.989	0.495	0.277*
OS/DS (%)	0.012	0.011*	0.035	0.026*	0.007	0.003*
N/DS (%)	0.036	0.040*	0.370	0.211*	0.499*	0.461
P/DS (%)	0.033*	0.040	0.139	0.121	0.008*	0.009
K/DS (%)	0.741*	0.640	0.576	0.445	0.012*	0.007
Na/DS (%)	0.794*	0.883	0.137	0.091	0.009*	0.004
Ca/DS (%)	0.502*	0.678	0.666	0.491	0.000*	0.000
Mg/DS (%)	0.000*	0.000	0.779	0.862	0.000*	0.000
OSTerrein (g)	0.675*	0.989	0.115*	0.383	0.607	0.779
DSTerrein (g)	0.617	0.174*	0.267	0.738*	0.790	0.640*
NTerrein (g)	0.338	0.779*	0.152	0.165	0.475*	0.314
PTerrein (g)	0.321*	0.495	0.087	0.277	0.243*	0.242
KTerrein (g)	0.965*	0.862	0.533	0.529	0.118*	0.121
NaTerrein (g)	0.929*	0.883	0.140	0.134	0.069*	0.056
CaTerrein (g)	0.421	0.035*	0.256	0.583	0.418	0.165*
MgTerrein (g)	0.068	0.068*	0.695	1.000	0.138*	0.072

¹: Parameter/DS : parameter is uitgedrukt tegenover droge stof (DS)

ParameterTerrein : hoeveelheden van de parameter is omgerekend naar effectieve terreinhoeveelheden

Tabel 9.36 toont aan dat de significante verschillen tussen de mesthopen met of zonder keveractiviteit voor de onderzochte parameters beperkt zijn. Voor de paardenmesthopen zijn het vochtgehalte, OS/DS, N/DS, P/DS, Mg/DS en CaTerrein significant verschillend tussen hopen met of zonder mestkeveractiviteit. Voor de rundmesthopen is dit enkel voor OS/DS en voor de pony's voor P/DS, K/DS, Na/DS, Ca/DS en Mg/DS.

In deze analyse wordt geen rekening gehouden met de evolutie van de parameters in functie van de tijd. In feite hebben we te doen met 2 variabelen : enerzijds factor tijd (5 tijdstippen), anderzijds al dan niet de aanwezigheid van kevers (2 klassen). Daarom werd ANOVA voor twee variabelen toegepast.

In de eerste plaats wordt dan nagegaan of er interactie is tussen factor tijd en mestkeveractiviteit. Indien de interactie niet significant is, dan hebben beide variabelen onafhankelijke effecten op de onderzochte chemische parameter in kwestie. In dat geval wordt de ANOVA terug toegepast met uitsluiten van de interactie. In het andere geval (er is wel een significante interactie) hebben verdere berekeningen niet veel zin en moet men zich beperken tot het bekijken van de gemiddelden van elk groep afzonderlijk. Er zou eventueel nog een Tukey-test kunnen toegepast worden op de 10 groepen (5 tijdstippen x 2 klassen) om na te gaan waar de belangrijkste verschillen zich voor doen maar binnen het kader van deze studie werd dit niet verder meer uitgevoerd.

9.3.4.1 Paard

Tabel 9.37 : Overzicht van de resultaten van ANOVA voor twee variabelen

parameter ¹	interactie	tijd	keveractiviteit
vochtgehalte (%)	$F_{4,30} = 1.185, P>0.1$	$F_{4,34} = 18.638, P=0.000$	$F_{1,34} = 6.498, P=0.015$
OS/DS (%)	$F_{4,30} = 0.564, P>0.1$	$F_{4,34} = 3.124, P=0.027$	$F_{1,34} = 8.710, P=0.006$
N/DS (%)	$F_{4,30} = 0.815, P>0.1$	$F_{4,34} = 12.079, P=0.000$	$F_{1,34} = 10.225, P=0.003$
P/DS (%)	$F_{4,30} = 2.114, P>0.1$	$F_{4,34} = 9.631, P=0.000$	$F_{1,34} = 9.341, P=0.004$
K/DS (%)	$F_{4,30} = 1.715, P>0.1$	$F_{4,34} = 56.970, P=0.000$	$F_{1,34} = 0.762, P>0.1$
Na/DS (%)	$F_{4,30} = 1.472, P>0.1$	$F_{4,34} = 46.296, P=0.000$	$F_{1,34} = 0.398, P>0.1$
Ca/DS (%)	$F_{4,30} = 2.933, P=0.037$		
Mg/DS(%)	$F_{4,30} = 3.486, P=0.019$		
GTerrein	$F_{4,30} = 0.676, P>0.1$	$F_{4,34} = 28.261, P=0.000$	$F_{1,34} = 3.760, P=0.061$
OSTerrein (g)	$F_{4,30} = 0.137, P>0.1$	$F_{4,34} = 5.203, P=0.002$	$F_{1,34} = 2.258, P>0.1$
DSTerrein (g)	$F_{4,30} = 0.254, P>0.1$	$F_{4,34} = 3.560, P=0.016$	$F_{1,34} = 0.323, P>0.1$
NTerrein (g)	$F_{4,30} = 0.549, P>0.1$	$F_{4,34} = 5.589, P=0.001$	$F_{1,34} = 1.412, P>0.1$
PTerrein (g)	$F_{4,30} = 1.148, P>0.1$	$F_{4,34} = 9.159, P=0.000$	$F_{1,34} = 1.879, P>0.1$
KTerrein (g)	$F_{4,30} = 0.895, P>0.1$	$F_{4,34} = 33.354, P=0.000$	$F_{1,34} = 0.009, P>0.1$
NaTerrein (g)	$F_{4,30} = 0.967, P>0.1$	$F_{4,34} = 30.067, P=0.000$	$F_{1,34} = 0.033, P>0.1$
CaTerrein (g)	$F_{4,30} = 1.114, P>0.1$	$F_{4,34} = 1.568, P=0.205$	$F_{1,34} = 0.700, P>0.1$
MgTerrein (g)	$F_{4,30} = 1.671, P>0.1$	$F_{4,34} = 2.873, P=0.037$	$F_{1,34} = 4.213, P=0.048$

¹: Parameter/DS : parameter is uitgedrukt tegenover droge stof (DS)

ParameterTerrein : hoeveelheden van de parameter is omgerekend naar effectieve terreinhoeveelheden

Alle onderzochte parameters behalve Ca/DS en Mg/DS vertonen geen interactie tussen tijd en keveractiviteit. Voor de parameters die geen interactie vertonen heeft factor tijd het belangrijkste effect op hoe de parameters veranderen. Tijd is significant met uitzondering van CaTerrein. Keveractiviteit heeft een significant effect op de parameters MgTerrein, OS/DS, N/DS, P/DS, vochtgehalte en Gterrein waarbij keveractiviteit telkens lagere waarden heeft dan indien keveractiviteit uitgesloten werd.

9.3.4.2 Rund

Tabel 9.38 : Rund, Overzicht van de resultaten van ANOVA voor twee variabelen

parameter ¹	interactie	tijd	keveractiviteit
vochtgehalte (%)	$F_{4,30} = 0.396, P>0.1$	$F_{4,34} = 39.295, P=0.000$	$F_{1,34} = 0.1708, P>0.1$
OS/DS (%)	$F_{4,30} = 2.364, P=0.075$		
N/DS (%)	$F_{4,30} = 0.116, P>0.1$	$F_{4,34} = 5.527, P=0.002$	$F_{1,34} = 1.213, P>0.1$
P/DS (%)	$F_{4,30} = 0.730, P>0.1$	$F_{4,34} = 1.756, P>0.1$	$F_{1,34} = 2.468, P>0.1$
K/DS (%)	$F_{4,30} = 0.617, P>0.1$	$F_{4,34} = 39.677, P=0.000$	$F_{1,34} = 1.610, P>0.1$
Na/DS (%)	$F_{4,30} = 0.513, P>0.1$	$F_{4,34} = 22.012, P=0.000$	$F_{1,34} = 7.420, P=0.010$
Ca/DS (%)	$F_{4,30} = 2.265, P=0.085$		
Mg/DS(%)	$F_{4,30} = 3.446, P=0.020$		
GTerrein	$F_{4,30} = 4.783, P=0.004$		
OSTerrein (g)	$F_{4,30} = 6.644, P=0.001$		
DSTerrein (g)	$F_{4,30} = 5.529, P=0.002$		
NTerrein (g)	$F_{4,30} = 1.990, P>0.1$	$F_{4,34} = 13.851, P=0.000$	$F_{1,34} = 5.027, P=0.032$
PTerrein (g)	$F_{4,30} = 0.631, P>0.1$	$F_{4,34} = 11.476, P=0.000$	$F_{1,34} = 6.506, P=0.015$
KTerrein (g)	$F_{4,30} = 1.995, P>0.1$	$F_{4,34} = 52.411, P=0.000$	$F_{1,34} = 2.538, P=0.120$
NaTerrein (g)	$F_{4,30} = 0.511, P>0.1$	$F_{4,34} = 22.971, P=0.000$	$F_{1,34} = 7.527, P=0.010$
CaTerrein (g)	$F_{4,30} = 3.456, P=0.019$		
MgTerrein (g)	$F_{4,30} = 6.611, P=0.001$		

¹: Parameter/DS : parameter is uitgedrukt tegenover droge stof (DS)

ParameterTerrein : hoeveelheden van de parameter is omgerekend naar effectieve terreinhoeveelheden

Een groot aantal parameters vertonen interactie zoals OS/DS (%), Ca/DS (%), Mg/DS(%), GTerrein, OSTerrein (g), DSTerrein (g), CaTerrein en MgTerrein. De reden hiervoor is niet duidelijk. Voor de parameters die geen interactie vertonen is factor tijd de belangrijkste. Tijd heeft een significant effect voor

alle parameters behalve P/DS. Voor keveractiviteit is dit slechts voor de 4 parameters het geval : Na/DS, Nterrein, Pterrein en NaTerrein met lagere waarden voor keveractiviteit dan zonder keveractiviteit.

9.3.4.3 Pony

Tabel 9.39 : Pony, Overzicht van de resultaten van ANOVA voor twee variabelen

parameter ¹	interactie	tijd	keveractiviteit
vochtgehalte (%)	$F_{4,30} = 0.602, P>0.1$	$F_{4,34} = 43.237, P=0.000$	$F_{1,34} = 2.581, P>0.1$
OS/DS (%)	$F_{4,30} = 0.947, P>0.1$	$F_{4,34} = 2.599, P=0.053$	$F_{1,34} = 9.556, P=0.004$
N/DS (%)	$F_{4,30} = 1.920, P>0.1$	$F_{4,34} = 51.817, P=0.000$	$F_{1,34} = 2.965, P=0.094$
P/DS (%)	$F_{4,30} = 0.279, P>0.1$	$F_{4,34} = 26.724, P=0.000$	$F_{1,34} = 29.271, P=0.000$
K/DS (%)	$F_{4,30} = 0.246, P>0.1$	$F_{4,34} = 17.875, P=0.000$	$F_{1,34} = 19.541, P=0.000$
Na/DS (%)	$F_{4,30} = 1.534, P>0.1$	$F_{4,34} = 37.617, P=0.000$	$F_{1,34} = 36.230, P=0.000$
Ca/DS (%)	$F_{4,30} = 0.629, P>0.1$	$F_{4,34} = 3.783, P=0.012$	$F_{1,34} = 27.743, P=0.000$
Mg/DS(%)	$F_{4,30} = 0.967, P>0.1$	$F_{4,34} = 3.604, P=0.015$	$F_{1,34} = 59.847, P=0.000$
GTerrein	$F_{4,30} = 0.676, P>0.1$	$F_{4,34} = 28.261, P=0.000$	$F_{1,34} = 3.760, P=0.061$
OSTerrein (g)	$F_{4,30} = 0.413, P>0.1$	$F_{4,34} = 11.967, P=0.000$	$F_{1,34} = 0.581, P>0.1$
DSTerrein (g)	$F_{4,30} = 0.396, P>0.1$	$F_{4,34} = 11.431, P=0.000$	$F_{1,34} = 0.151, P>0.1$
NTerrein (g)	$F_{4,30} = 1.748, P>0.1$	$F_{4,34} = 28.414, P=0.000$	$F_{1,34} = 2.023, P>0.1$
PTerrein (g)	$F_{4,30} = 0.087, P>0.1$	$F_{4,34} = 21.641, P=0.000$	$F_{1,34} = 4.455, P=0.042$
KTerrein (g)	$F_{4,30} = 0.065, P>0.1$	$F_{4,34} = 24.669, P=0.000$	$F_{1,34} = 8.940, P=0.005$
NaTerrein (g)	$F_{4,30} = 0.359, P>0.1$	$F_{4,34} = 32.212, P=0.000$	$F_{1,34} = 15.035, P=0.000$
CaTerrein (g)	$F_{4,30} = 0.246, P>0.1$	$F_{4,34} = 10.285, P=0.000$	$F_{1,34} = 1.327, P>0.1$
MgTerrein (g)	$F_{4,30} = 0.188, P>0.1$	$F_{4,34} = 14.352, P=0.000$	$F_{1,34} = 5.531, P=0.025$

¹: Parameter/DS : parameter is uitgedrukt tegenover droge stof (DS)

ParameterTerrein : hoeveelheden van de parameter is omgerekend naar effectieve terreinhoeveelheden

Voor alle onderzochte parameters is er geen interactie tussen tijd en keveractiviteit. Bovenstaande tabel toont dat factor tijd het belangrijkste effect heeft op hoe de parameters veranderen. Al dan niet aanwezigheid van mestkeveractiviteit is slechts significant in ongeveer de helft van de onderzochte parameters. Pterrein, KTerrein, Naterrein, MgTerrein, P/DS, K/DS, Na/DS, Ca/DS, Mg/DS en Gterrein zijn lager voor keveractiviteit dan voor uitsluiten keveractiviteit OS/DS is daarentegen hoger voor mestkeveractiviteit.

9.3.5 BESLUIT

In voorgaande paragrafen 9.2 en 9.3 wordt de nadruk gelegd op de mest zelf. Hoeveel mest wordt er door de dieren geproduceerd, wat is de chemische samenstelling van de mest en hoe evolueert de samenstelling van de mest in functie van de tijd zijn de vragenstellingen in deze paragrafen. Eveneens is nagegaan aan de hand van een experimentele opzet in hoeverre mestkeveractiviteit bijdraagt tot afbraaksnelheid en samenstelling van de mest.

Gemiddelde hoeveelheden mest geproduceerd door paard, rund en pony

Volwassen paarden, runderen en pony's produceren gemiddeld zo'n 2032, 1352 en 719 g per defecatiebeurt. Gesteund op gegevens over het aantal defecatiebeurten per etmaal (Cosyns, mond. med.) leidt dit tot 16178 kg, 7968 kg en 3606 kg per jaar per volwassen dier, paard, rund en pony respectievelijk. Door gebrek aan literatuurgegevens was het niet mogelijk deze cijfers met andere bronnen te vergelijken en werden geen verdere berekeningen uitgevoerd naar bijvoorbeeld jaarlijkse uitscheidingscijfers voor N en P per diersoort.

Afbraaksnelheid van de mest

De afbraaksnelheid van de mest werd vastgesteld door de mesthopen te wegen na 5, 13/14, 27/28, 41 en 71 dagen na het uitleggen van de hopen. De gewichten van de mesthopen en vooral deze van de paardachtigen zijn sterk gevoelig voor de weersomstandigheden en dan meer specifiek de hoeveelheid neerslag die valt vlak voor het bemonsteringstijdstip. De

rundermesthopen zijn door de korstvorming minder gevoelig aan gewichtstoename veroorzaakt door neerslag.

Chemische samenstelling van de mest

De chemische samenstelling werd onderzocht op telkens 4 stalen verse mest per diersoort. De algemene trends zoals die in de literatuur teruggevonden worden voor runderen en paardachtigen worden slechts ten dele gevolgd. De parameters pH, vochtgehalte, droge stof, organische stof, totale N, P, K, Ca en Mg vertonen significante verschillen tussen de drie mestsoorten maar er is geen duidelijke opsplitsing van de paardachtigen ten opzichte van de runderen.

Evolutie van de chemische samenstelling van de mest

De chemische samenstelling van de mest werd op drie verschillende manieren uitgedrukt. De zuivere analyseresultaten worden uitgedrukt in g/kg verse mest. Omdat deze resultaten zeer gevoelig zijn voor het vochtgehalte werden deze cijfers omgerekend tot een percentage van de droge stof. Een tweede reeks berekeningen geeft dan aan hoeveel gram van een bepaald element op het terrein nog aanwezig is in de mesthoop.

De ruwe gegevens omtrent de evolutie van de chemische samenstelling toont voor de drie mestsoorten een positieve significante correlatie ($P < 0.01$) tussen het terreingewicht en het vochtgehalte. Tussen deze twee parameters en alle andere parameters zoals droge stof (DS), organische stof (OS), N, P, K, Na, Ca, Mg is er een negatieve al dan niet significante correlatie. Tussen deze laatstgenoemde parameters is er een positieve al dan niet significante correlatie.

Wat de evolutie in de tijd betreft is het meest opvallende resultaat voor de drie mestsoorten een significante negatieve correlatie ($P < 0.01$) voor K/DS, Na/DS met tijd. Voor de paardachtigen is P/DS eveneens significant negatief ($P < 0.01$) gecorreleerd met tijd. Ca/DS is significant positief gecorreleerd met tijd ($P < 0.01$) bij paardenmesthopen, en Mg/DS is significant negatief gecorreleerd ($P < 0.01$) met tijd bij de runderen. De correlaties tonen aan dat K en Na snel uitlogen vergeleken met de andere elementen zoals Ca, Mg en P. Dit is te wijten aan een minder sterke adsorptie van K en Na (Brady, 1996, p. 246).

Bij de gegevens omgerekend naar de effectieve terreinhoeveelheden vertonen DSTERrein, OSTerrein, PTERrein, KTERrein, NaTERrein, en MgTERrein significante negatieve correlaties met de tijd. Minder duidelijke tendensen zijn er voor NTERrein en CaTERrein. Bij de paardenmesthopen zijn NTERrein en CaTERrein niet significant gecorreleerd met de tijd terwijl ze dat wel zijn voor de andere mestsoorten. De afwezigheid van een duidelijke trend in N-gehaltes is te wijten aan de complexe N-cyclus met omzettingsprocessen van ammonificatie ($\text{org N} \rightarrow \text{NH}_4^+$) en nitrificatie ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3^-$). Het Ca-gehalte kan beïnvloed worden door bodemactiviteit doordat kevers en wormen materiaal van de diepere kalkrijke horizonten naar het oppervlak brengen en dus het kalkgehalte uitgedrukt ten opzichte van droge stof doen toenemen. Deze toename zou dan de afname van het totale gewicht van de mesthoop op het terrein compenseren.

Invloed van de mestkeveractiviteit

De evolutie van de gewichten van de mesthopen suggereerde dat er wel degelijk een invloed is van de mestkeveractiviteit. Binnen dit onderzoek werd niet verder nagegaan in hoeverre die mestkeveractiviteit effectief heeft plaatsgegrepen bijvoorbeeld door middel van het uitgraven van broedkamers in de bodem. Zo kan er nog enige twijfel bestaan of de verschillen in gewicht van de mesthopen met of zonder mestkeveractiviteit te wijten zijn aan de mestkeveractiviteit of aan tekortkomingen in de experimentele opzet. De mesthopen die uitgesloten werden van mestkeveractiviteit bevonden zich onder een tunnelconstructie die zo hermetisch mogelijk afgesloten werd met een nylon gaas dat waterdoorlatend was. De mesthopen met mestkeveractiviteit werden onder een gelijkaardige constructie geplaatst maar het gaas bedekte de

constructie op een discontinue manier zodat kevers in de tunnelconstructie konden vliegen. Alhoewel bij de opzet van het experiment wel degelijk rekening gehouden werd met bovenvermelde problemen, hebben we ze met deze opzet toch niet allemaal kunnen uitsluiten. Een eerste probleem is van microklimatologische aard waarbij er waarschijnlijk toch nog een verschil tussen beide tunnels bestond met enerzijds iets minder neerslagtoevoer in de afgesloten tunnel maar anderzijds met iets minder evaporatie vanuit de afgesloten tunnel. Een tweede probleem is dat er misschien toch mestkevers in de gesloten tunnelconstructie hebben kunnen binnendringen. De invloed van de andere bodemfauna zoals wormen en pissebedden, die waargenomen werden gedurende het terreinwerk en waarbij volgens de literatuur de invloed van wormen uitermate belangrijk is bij de afbraak van de mest, werd binnen het kader van dit project niet onderzocht.

De gegevens waarbij de hoeveelheden van een element uitgedrukt zijn ten opzichte van droge stof vertonen voor de paarden- en ponymesthopen een aantal significante verschillen tussen de hopen met of zonder mestkeveractiviteit. Bij het omrekenen naar effectieve hoeveelheden op het terrein van dat element zijn de verschillen niet meer significant.

Binnen de experimentele opzet moeten dus twee factoren in beschouwing genomen worden. Enerzijds is er de factor tijd (met 5 tijdstippen) en factor keveractiviteit (met/zonder). ANOVA toont aan dat de factor tijd de belangrijkste factor is bij het beïnvloeden van de samenstelling van de mest.

Methodologie

Bovenstaand experiment werd opgezet in terreincondities. Enerzijds geeft dit het voordeel dat resultaten onmiddellijk overdraagbaar zijn naar de werkelijke situatie, anderzijds is het moeilijk om alle variabelen te controleren en alle onzekerheden volledig te kunnen uitsluiten. Bij de bemonstering werden telkens 4 stalen van de mest genomen op een totaal van 5 mesthopen. Dit betekende dat er in het totaal 5 bemonsteringstijdstippen mogelijk waren. Gezien de grote variabiliteit in de resultaten bij sommige bemonsteringstijdstippen - vooral indien de mesthopen sterk uitdrogen door de klimatologische omstandigheden zodat er soms merkwaardige evoluties optreden in de samenstelling van de mesthopen - lijkt 4 stalen een minimum. Het vergroten van het aantal stalen stuit op het probleem van het verzamelen van voldoende mest in een korte tijdsperiode. Het beperkt aantal dieren, zoals bij de runderen, en het uitgebreide zwerfgedrag en opsplitsen van de kudde van de pony's bemoeilijkte het verzamelen van aanzienlijke hoeveelheden mest binnen de tijdspanne van 1 dag.

De bemonsterde periode in deze studie besloeg 71 dagen. Na het verloop van deze 71 dagen waren de mesthopen bijlange nog niet verdwenen. De grootste afname in terreingewichten werd vastgesteld bij runderen maar bij paarden en pony was de gewichtsafname beperkt omdat deze mestsoorten gemakkelijk weer water opnemen na regenbuien. Voor elementen als K en Na zijn de concentraties en de hoeveelheden al sterk gedaald maar voor de andere elementen zoals P, Ca en Mg verloopt dit veel trager. Voor deze elementen is het nodig om over langere periodes te kunnen bemonsteren (vermoedelijk 6-9 maand).

Het experiment begon eind augustus 2002 en was beëindigd halverwege november 2002. De literatuur toont aan dat klimatologische omstandigheden belangrijk zijn bij het afbreken van de mest : droge periodes waarbij regenwormactiviteit beperkt wordt leidt tot tragere afbraak van mest dan natte periodes. Ook de samenstelling van de mest zelf als gevolg van verschillen in nutriëntengehalte van het voedsel varieert naargelang de seizoenen zodat de variabiliteit in afbraaksnelheid van de mest naargelang de seizoenen een interessant onderwerp is om verder te onderzoeken.

9.4 EVOLUTIE VAN DE CHEMISCHE KENMERKEN VAN DE BODEM – EEN EERSTE VERKENNING

Dit gedeelte van het onderzoek werd uitgevoerd in samenwerking met M.K. Ngugi. De gegevens werden na correctie overgenomen uit Ngugi, M.K. (2001) en ze worden samengevat voorgesteld in onderstaande paragrafen. De gegevens zelf staan in bijlage D, tabellen D11 tot D.15.

Gedurende de maanden september en oktober 2000 werden bodemstalen tussen 0-5cm diepte genomen juist onder een mesthoop en een controle monster op 50 tot 100 cm afstand. De bemonsterde plaatsen voor paard- en rundmest is het noordelijk begrazingsblok in de Westhoek, voor de pony's is dat het zuidelijk begrazingsblok in de Westhoek. De mesthoopsites (voor paard, rund en pony) werden onderverdeeld naargelang de ouderdom van de mest. Er werden drie klassen onderscheiden :

- 1) recente mest : mest is groenachtig en blinkt, vliegen kunnen aanwezig zijn; vorm van de mesthoop en mest zelf ziet er onverstoorde uit; het gras onder de hoop is nog groen;
- 2) medium mest : mest heeft matte kleur; mesthoop kan verstoord zijn door mestkeveractiviteit; keutels kunnen verbrokken zijn; het gras onder de mesthoop is geel geworden;
- 3) oud : de kleur van de mest is onbepaald, kan sterk gebleekt zijn tot grijsachtig wit; de mesthoop is gedesintegreerd en verspreid over de bodem, keutels kunnen intact zijn maar zeer hard of uiteengevallen; het gras onder de hoop is verrot en nieuwe scheuten worden gevormd.

In de loop van 2001 werden mesthoopsites voor konijn en schaap onderzocht. De onderzochte sites voor konijnenmest bevonden zich op grazige plaatsen nabij proefsite 4. De sites van de schapenmest zijn gesitueerd in het schapenbegrazingsblok in het Vlaams Natuurreservaat Ijzermending. Voor deze mestsoorten is het niet mogelijk een onderscheid te maken tussen recente, medium en oude mest. Er werden telkens 5 sites onderzocht waarbij bodemstalen tussen 0-5 cm diepte genomen worden juist onder een mesthoop en een controle monster op 50 tot 100 cm afstand.

In onderstaande analyses wordt per diersoort vooreerst nagegaan indien er een significant verschil bestaat tussen de bodemkenmerken onder de mesthoven en de controle voor alle mestsites samen; nadien wordt er een opsplitsing gemaakt naargelang de ouderdom van de mesthoven.

Normaliteit werd nagegaan aan de hand van de Kolmogorov-Smirnov test en de box-plots, homogeniteit van de variantie met de Levene test. Omdat noch voor de volledige dataset noch voor de subsets de gegevens voldeden aan de voorwaarden voor parametrische testen, werd gebruik gemaakt van de Wilcoxon-test voor gepaarde gegevens.

9.4.1 PAARD

Bemonsteringssite : Noordelijk begrazingsblok Vlaams Natuurreservaat Westhoek

Datum : 5/10/2000, 17/10/2000

Gemiddelde en standaard deviatie van de onderzochte bodemparameters voor alle bemonsterde sites samen voor paard (d.w.z. ongeacht de ouderdom) worden voorgesteld in tabel 9.40.

Voor alle bemonsterde sites samen, ongeacht de ouderdom van de mesthoop is er een significant verschil tussen de controle en de bodem onder de mesthoop voor uitwisselbare K, pH H₂O, pH KCl, P₂O₅ inorg en EPP (Kx100/CEC).

Tabel 9.40 : Konik paard. Chemische parameters voor bodem onder alle mesthopen en controle (gemiddelde en standaard deviatie, n : aantal metingen). Significante verschillen ($P < 0.05$) tussen mestsites en controle worden aangeduid in vet.

bodem parameter	Konik paard (n=15)	
	blanco	mesthoop
OM (%)	8.8±5.5	9.3±6.9
N (%)	0.315±0.184	0.315±0.244
CEC cmol(+)/kg bodem	14.4±0.8	14.9±11.2
K cmol(+)/kg bodem	0.207±0.102	0.783±0.477
pH H₂O	7.3±0.8	7.6±0.8
pH KCl	6.6±0.9	6.8±0.8
P ₂ O ₅ tot (ppm)	686±203	774±262
P₂O₅ inorg (ppm)	317±78	397±107
P ₂ O ₅ org (ppm)	369±172	377±225
C/N	16.3±1.3	17.8±3.2
C/Ptot	164±66	147±68
C/Pinorg	395±275	322±257
C/Porg	313±75	313±96
EPP (%)	1.5±0.5	7.6±6.2

Na opsplitsing van de dataset naargelang de ouderdom van de mesthoop, is voor de recente mesthopen P₂O₅ inorg en K*100/CEC significant verschillend, voor de medium hopen uitwisselbare K, P₂O₅ tot, P₂O₅ inorg en EPP (=Exchangeable Potassium Percentage = K*100/CEC en voor de oude hopen N, uitwisselbare K, C/N en EPP (tabel 9.41).

Tabel 9.41 : Konik paard. Significante verschillen ($P < 0.05$) tussen controle en bodem onder mesthoop voor recente, medium en oude mesthopen.

	recent		medium		oud	
	blanco	mesthoop	blanco	mesthoop	Blanco	mesthoop
N (%)					0.213±0.170	0.152±0.079
K cmol(+)/kg bodem			0.225±0.129	0.822±0.466	0.140±0.074	0.803±0.472
P ₂ O ₅ tot (ppm)			717±154	858±145		
P ₂ O ₅ inorg (ppm)	289±113	353±144	352±74	453±61		
C/N					16.5±0.7	20.8±2.7
EPP (%)	1.3±0.4	4.1±4.7	1.6±0.6	5.6±2.8	1.7±0.4	13.1±6.7

9.4.2 RUND

Bemonsteringssite : Noordelijk begrazingsblok Vlaams Natuurreservaat Westhoek

Datum : 12/10/2000, 19/10/2000, 3/11/2000

Gemiddelde en standaard deviatie van de onderzochte bodemparameters voor alle bemonsterde sites samen voor rund (d.w.z. ongeacht de ouderdom) worden voorgesteld in tabel 9.42.

Voor alle bemonsterde sites samen, ongeacht de ouderdom van de mesthoop is er een significant verschil tussen de controle en de bodem onder de mesthoop voor uitwisselbare K en EPP.

Tabel 9.42 : Schotse hooglander. Chemische parameters voor bodem onder alle mesthopen en controle (gemiddelde en standaard deviatie, n : aantal metingen). Significante verschillen ($P < 0.05$) tussen mestsites en controle worden aangeduid in vet.

bodem parameter	Schotse Highlander ($n^1=16$)	
	blanco	Mesthoop
OM (%)	10.6±5.5	11.9±8.2
N (%)	0.396±0.182	0.459±0.338
CEC cmol(+)/kg bodem	±8.5	15.7±10.6
K cmol(+)/kg bodem	0.194±0.110	0.477±0.345
pH H ₂ O	5.7±0.7	5.8±0.8
pH KCl	4.9±0.8	5.0±1.0
P ₂ O ₅ tot (ppm)	763±152	818±329
P ₂ O ₅ inorg (ppm)	250±50	293±103
P ₂ O ₅ org (ppm)	513±151	525±259
C/N	15.3±1.3	15.2±2.3
C/Ptot	177±66	187±90
C/Pinorg	589±341	536±277
C/Porg	266±82	327±258
EPP (%)	1.5±0.9	3.4±1.9

Na het opsplitsen van de dataset naargelang de ouderdom van de mesthoop, is voor de recente mesthopen EPP significant verschillend, voor de medium hopen zijn er geen significante verschillen en voor de oude hopen uitwisselbare K, P₂O₅ inorg en EPP (tabel 9.43).

Tabel 9.43 : Schotse hooglander. Significante verschillen tussen controle en bodem onder mesthoop voor recente, medium en oude mesthopen.

	recent		medium		oud	
	blanco	mesthoop	blanco	mesthoop	blanco	mesthoop
K cmol(+)/kg bodem					0.198±0.124	0.715±0.453
P ₂ O ₅ inorg (ppm)					247±37	360±145
EPP	1.1±0.2	2.6±1.5			1.4±0.7	4.5±2.4

9.4.3 PONY

Bemonsteringssite : Zuidelijk begrazingsblok Vlaams Natuurreservaat Westhoek

Datum : 22/9/2000, 19/10/2000

Gemiddelde en standaard deviatie van de onderzochte bodemparameters voor alle bemonsterde sites samen voor pony (d.w.z. ongeacht de ouderdom) worden voorgesteld in tabel 9.44.

Voor alle bemonsterde sites samen, ongeacht de ouderdom van de mesthoop vertoont geen enkele bodemparameter een significant verschil tussen de controle en de bodem onder de mesthoop.

Tabel 9.44 : Shetland pony. Chemische parameters voor bodem onder mesthopen en controle (gemiddelde en standaard deviatie, n : aantal metingen). Significante verschillen ($P < 0.05$) tussen mestsites en controle worden aangeduid in vet.

bodem parameter	Shetland pony (n=15)	
	blanco	mesthoop
OM (%)	9.5±5.2	8.7±3.1
N (%)	0.391±0.210	0.361±0.137
CEC cmol(+)/kg bodem	14.2±6.4	13.9±5.9
K cmol(+)/kg bodem	0.286±0.155	0.431±0.389
pH H ₂ O	6.8±0.8	7.0±0.7
pH KCl	6.1±0.9	6.3±0.7
P ₂ O ₅ tot (ppm)	771±203	764±190
P ₂ O ₅ inorg (ppm)	289±55	262±81
P ₂ O ₅ org (ppm)	482±198	502±153
C/N	14.0±1.5	14.0±1.6
C/Ptot	166±90	151±35
C/Pinorg	467±292	473±191
C/Porg	276±159	237±71
EPP (%)	2.1±1.0	3.2±2.3

Na het opsplitsen van de dataset naargelang de ouderdom van de mesthoop is voor de recente mesthopen EPP significant verschillend, voor de medium hopen geen en voor de oude hopen uitwisselbare K, P₂O₅ inorg en EPP (tabel 9.45).

Tabel 9.45 : Shetland pony. Significante verschillen tussen controle en bodem onder mesthoop voor recente, medium en oude mesthopen.

	recent		medium		oud	
	blanco	mesthoop	blanco	mesthoop	Blanco	mesthoop
P ₂ O ₅ tot			811±240	714±229		
C/N					13.9±1.0	15.3±1.2
C/Pinorg						
C/Porg	205±43	255±61	264±72	200±72		

9.4.4 SCHAAAP

Bemonsteringssite : begrazingsblok Vlaams Natuurreservaat Ijzermording

Datum : 28/11/2001

Gemiddelde en standaard deviatie van de onderzochte bodemparameters voor schaaap worden voorgesteld in tabel 9.46.

Voor de onderzochte sites vertonen de bodemparameters K cmol(+)/kg bodem, P₂O₅ inorg (ppm), EPP een significant verschil tussen de controle en de bodem onder de mesthoop.

Tabel 9.46 : Schaap. Chemische parameters voor bodem onder mesthopen en controle (gemiddelde en standaard deviatie, n : aantal metingen). Significante verschillen ($P < 0.05$) tussen mestsites en controle worden aangeduid in vet.

bodem parameter	schaap (n=5)	
	blanco	mesthoop
OM (%)	3.0±1.9	3.5±1.3
N (%)	0.132±0.087	0.143±0.052
CEC cmol(+)/kg bodem	3.880±1.911	4.680±1.590
K cmol(+)/kg bodem	0.101±0.031	0.660±1.028
pH H ₂ O	8.3±0.1	8.4±0.2
pH KCl	7.7±0.2	7.7±0.1
P ₂ O ₅ tot (ppm)	703±80	854±184
P₂O₅ inorg (ppm)	437±60	530±131
P ₂ O ₅ org (ppm)	266±113	324±129
C/N	13.8±2.2	2.0
C/Ptot	56±29	54±17
C/Pinorg	96±67	92±43
C/Porg	156±66	153±45
EPP (%)	3.0±1.6	12.8±18.3

Tabel 9.47 geeft voor 5 bodemstalen de textuurverdeling. Opvallend aan deze resultaten is het relatief belangrijk aandeel van de fractie kleiner dan 50 µm (d.w.z. klei en leem). Deze bedraagt tussen de 3.9 en 9.5%. Volgens de Belgische Bodemkaart behoren deze stalen nog altijd tot de textuurklasse zand, maar vergeleken met de bodemstalen genomen langsheen de kust (Westhoek, Cabour, Hannecart, D'Heye, Domeinbos Klemkerke-Vlissegem-Wenduine, Kalfduinen en Zwinbosjes)(Ampe, 1999) is de klei en leemfractie beduidend hoger voor de IJzermonding. Het moedermateriaal kan hier dan ook moeilijk als een zuivere eolische afzetting beschouwd worden.

(Klei afkomstig van opspuitingen? of strandvlaktesedimenten?)

Tabel 9. 47 : IJzermonding, textuurverdeling van de 5 bodemstalen (0-5 cm diepte)

nr bodemstaal	<2µm	2-20	20-50	50-200	>200
AK307	5,7	1,4	1,4	36,7	54,8
AK313	4,5	0,8	1,0	39,7	54,0
AK319	6,5	1,9	1,1	41,6	48,9
AK325	2,7	0,1	1,1	29,4	66,7
AK331	3,4	0,7	0,8	27,0	68,1

9.4.5 KONIJN

9.4.5.1 Grazige milieu

Bemonsteringssite : Zuidelijk begrazingsblok Vlaams Natuurreservaat Westhoek

Datum : 4/10/2000

Gemiddelde en standaard deviatie van de onderzochte bodemparameters voor schaap worden voorgesteld in tabel 9.48. Voor de onderzochte sites vertonen de bodemparameters K cmol(+)/kg bodem en EPP een significant verschil tussen de controle en de bodem onder de mesthoop.

Tabel 9.48 : Konijn. Chemische parameters voor bodem onder mesthopen en controle (gemiddelde en standaard deviatie, n : aantal metingen). Significante verschillen ($P < 0.05$) tussen mestssites en controle worden aangeduid in vet.

bodem parameter	konijn – grazig milieu (n=5)	
	blanco	mesthoop
OM (%)	9.6±3.2	10.6±2.4
N (%)	0.358±0.101	0.386±0.101
CEC cmol(+)/kg bodem	10.4±4.8	10.6±2.4
K cmol(+)/kg bodem	0.163±0.059	0.595±0.395
pH H ₂ O	5.9±0.4	6.2±0.9
pH KCl	5.1±0.5	5.4±1.0
P ₂ O ₅ tot (ppm)	672±120	785±183
P ₂ O ₅ inorg (ppm)	297±144	250±101
P ₂ O ₅ org (ppm)	375±198	536±89
C/N	15.5±1.2	15.8±1.7
C/Ptot	190±46	182±52
C/Pinorg	501±288	610±194
C/Porg	441±321	264±82
EPP	1.7±0.7	5.6±3.9

9.4.6 BESLUIT

Voor 4 van de 5 diersoorten (paard, rund, schaap en konijn) is – ongeachte de ouderdom van de mesthoop - de K (cmol(+)/kg bodem) en EPP (Exchangeable Potassium Percentage = $K \times 100 / \text{CEC}$) (%) van de bodem (0-5 cm) onder de mesthoop significant ($P < 0,05$) verschillend (groter) dan bij de controle. Bij paard is er eveneens nog een significant verschil tussen de pH-waarden en P₂O₅ inorg, bij de schapen is dit eveneens het geval voor de P₂O₅ inorg. Voor pony werden geen significante verschillen teruggevonden tussen blanco en bodem onder de mesthoop. De reden hiervoor is momenteel niet duidelijk.

Voor paard, rund en pony werden recente, medium en oude mesthopen onderscheiden. Voor een aantal parameters kan men een evolutie vaststellen :

- Paard : bij het ouder worden van de mesthoop treden significante verschillen op voor N, K (cmol(+)/kg bodem), P₂O₅tot, P₂O₅ inorg, C/N, EPP tussen de bodems onder de mesthoop vergeleken met de controle.
- Rund : bij het ouder worden van de mesthoop zijn tussen de bodem onder de mesthoop en de blanco significante verschillen voor K (cmol(+)/kg bodem), P₂O₅ inorg, EPP; bij de jonge mesthopen is EPP eveneens reeds significant verschillend.
- Pony : P₂O₅tot, C/N, C/P org vertonen significante verschillen in één van de drie stadia, maar er is geen duidelijke trend te zien.

9.5 EXPERIMENTEEL ONDERZOEK NAAR DE EVOLUTIE VAN DE CHEMISCHE BODEMKENMERKEN ONDER MESTHOPEN

In deze paragraaf worden de resultaten voorgesteld van een experiment waarbij men de invloed van de mest op de chemische samenstelling van de bodem in functie van de hoeveelheid mest (1, 2.5 en 5 kg) en in functie van tijd (na verloop van 7, 15, 25, 40 en 80 dagen) (zie § 3.1.2.3) wil nagaan.

De ruwe gegevens worden voorgesteld in bijlage D.16 tot D.18.

onderzoeksvragen :

- 1) zijn de chemische bodemparameters verhoogd door de mest die er op ligt?
- 2) is er toename van de effecten op de chemische bodemparameters door de hoeveelheid mest die er op ligt (1, 2.5 of 5kg)?
- 3) verandert de invloed van de mest op de chemische bodemparameters in functie van de tijd?
- 4) wat is het effect van de soort mest maw is er een verschil indien we te doen hebben met mest van paard, rund of pony?

9.5.1 PAARD

9.5.1.1 Vergelijking chemische bodemkenmerken onder mesthoop (ongeacht het gewicht) met controle

De resultaten van de bodemanalysen van de onderzochte chemische parameters onder de mesthopen van 1, 2.5 en 5 kg en de controle worden voorgesteld in tabel 9.49. De resultaten worden grafisch voorgesteld in figuren 9.82 tot 9.90.

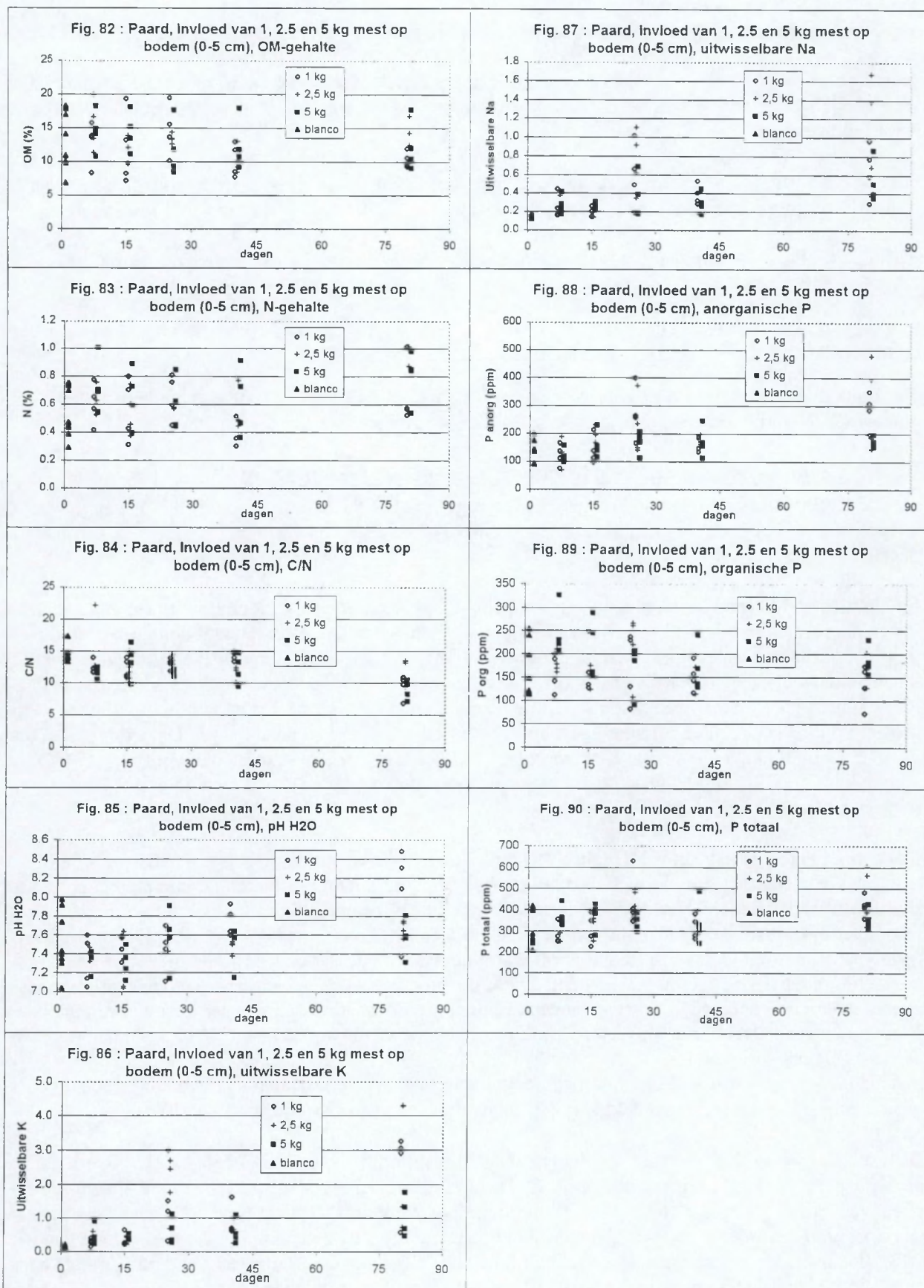
Tabel 9.49 : Paard, gemiddelde en standaard deviatie voor de bodemparameters bemonsterd onder mesthopen van 1, 2.5 en 5 kg en controle.

	28/8/2002	5/9/2002	16/9/2002	30/9/2002	9/11/2002	controle
Aantal dagen	7	15	25	40	80	
n	12	12	12	12	12	8
OM (%)	14.3 ± 3.2	12.6 ± 3.7	13.4 ± 3.2	11.0 ± 2.8	12.3 ± 2.8	13.1 ± 4.3
N (%)	0.650 ± 0.155	0.586 ± 0.190	0.608 ± 0.135	0.530 ± 0.183	0.741 ± 0.208	0.528 ± 0.176
C/N	13 ± 3	13 ± 2	13 ± 1	13 ± 2	10 ± 2	14 ± 1
pH H ₂ O	7.3 ± 0.2	7.4 ± 0.2	7.5 ± 0.2	7.5 ± 0.3	7.8 ± 0.4	7.5 ± 0.3
pH KCl	6.6 ± 0.3	6.7 ± 0.3	6.8 ± 0.2	6.9 ± 0.3	6.9 ± 0.2	7.0 ± 0.3
CEC	25.1 ± 5.2	22.6 ± 6.8	23.8 ± 4.8	20.4 ± 6.6	24.2 ± 5.5	21.5 ± 7.4
K	0.375 ± 0.201	0.372 ± 0.141	1.336 ± 0.960	0.699 ± 0.380	2.056 ± 1.439	0.165 ± 0.025
Na	0.260 ± 0.101	0.218 ± 0.052	0.570 ± 0.325	0.337 ± 0.11	0.739 ± 0.429	0.183 ± 0.043
Pinorg	125 ± 35	161 ± 47	223 ± 90	171 ± 34	253 ± 110	140 ± 37
Porg	196 ± 53	178 ± 53	185 ± 66	161 ± 37	163 ± 40	168 ± 56
Ptot	320 ± 58	340 ± 66	408 ± 92	332 ± 67	416 ± 94	310 ± 83
EPP	1.45 ± 0.57	1.66 ± 0.45	5.70 ± 3.96	3.51 ± 1.78	8.28 ± 5.42	0.84 ± 0.28
ESP	1.02 ± 0.26	1.00 ± 0.21	2.45 ± 1.39	1.73 ± 0.56	2.93 ± 1.25	0.91 ± 0.26

De gemiddelde gegevens (voor alle gewichten samen) tonen de volgende trends aan :

- meestal meer dan de controle : N
- voor alle periodes lager dan de controle : C/N, pH KCl
- voor alle periodes hoger dan de controle : K, Na, Ptot, EPP en ESP
- oorspronkelijk lager dan de blanco maar op het einde van het experiment hoger dan de blanco : pH H₂O, Pinorg
- oorspronkelijk hoger dan de blanco maar op het einde van het experiment lager dan de blanco : Porg
- wisselend zonder enige trend : OM, CEC.

Bij de mesthopen van 1 kg zien we dat enkel K, Na, EPP en ESP voor alle periodes hoger zijn en de C/N-verhouding en pH KCl lager dan de blanco. pH H₂O, Pinorg en Ptot hebben met toenemende tijd de tendens om groter te worden dan de blanco terwijl de andere parameters OM, N, CEC, Porg sterk wisselen.



Voor de mesthopen van 2.5 kg zien we dezelfde trend als bij 1 kg met uitzondering van C/N-verhouding dat na 7 dagen hoger is dan de blanco.

Bij de mesthopen van 5 kg vertonen meer bodemparameters een continu verschil met de blanco met name N, CEC, K, Na, Porg, Ptot, EPP, ESP (hoger) en pH KCl, C/N (lager). Pinorg heeft enkel na 7 dagen een lagere waarde dan de blanco erna zijn de waarde hoger dan de blanco. OM start met hogere waarden dan de blanco maar op naar het einde van het experiment is OM lager dan de blanco. pH H₂O vertoont een wisselend verloop.

Aan de hand van de t-test werd nagegaan indien er significante verschillen optreden tussen de bodem onder de mesthoop (ongeacht het gewicht) en de controle situatie. Tabel 9.50 toont de resultaten.

Tabel 9.50 : Paard, resultaten van t-test waarbij bodem onder de mesthopen vergeleken wordt met controle (df = 66)

	OM	NTOT	CN	pH H ₂ O	pH KCL	CEC	K	Na	Pinorg	Porg	Ptot	EPP	ESP
t	-0.340	1.383	-2.607	-0.109	-1.748	0.751	6.136	5.581	1.583	0.454	1.680	6.252	5.254
sign	0.735	0.171	0.011	0.913	0.085	0.455	0.000	0.000	0.012	0.684	0.124	0.000	0.000

Hierbij zijn C/N-verhouding, uitwisselbare K en Na, Pinorg en EPP en ESP significant verschillend van de controle; C/N-verhouding is significant lager, de ander parameters hoger.

9.5.1.2 Toename van de effecten in functie van tijd en gewicht

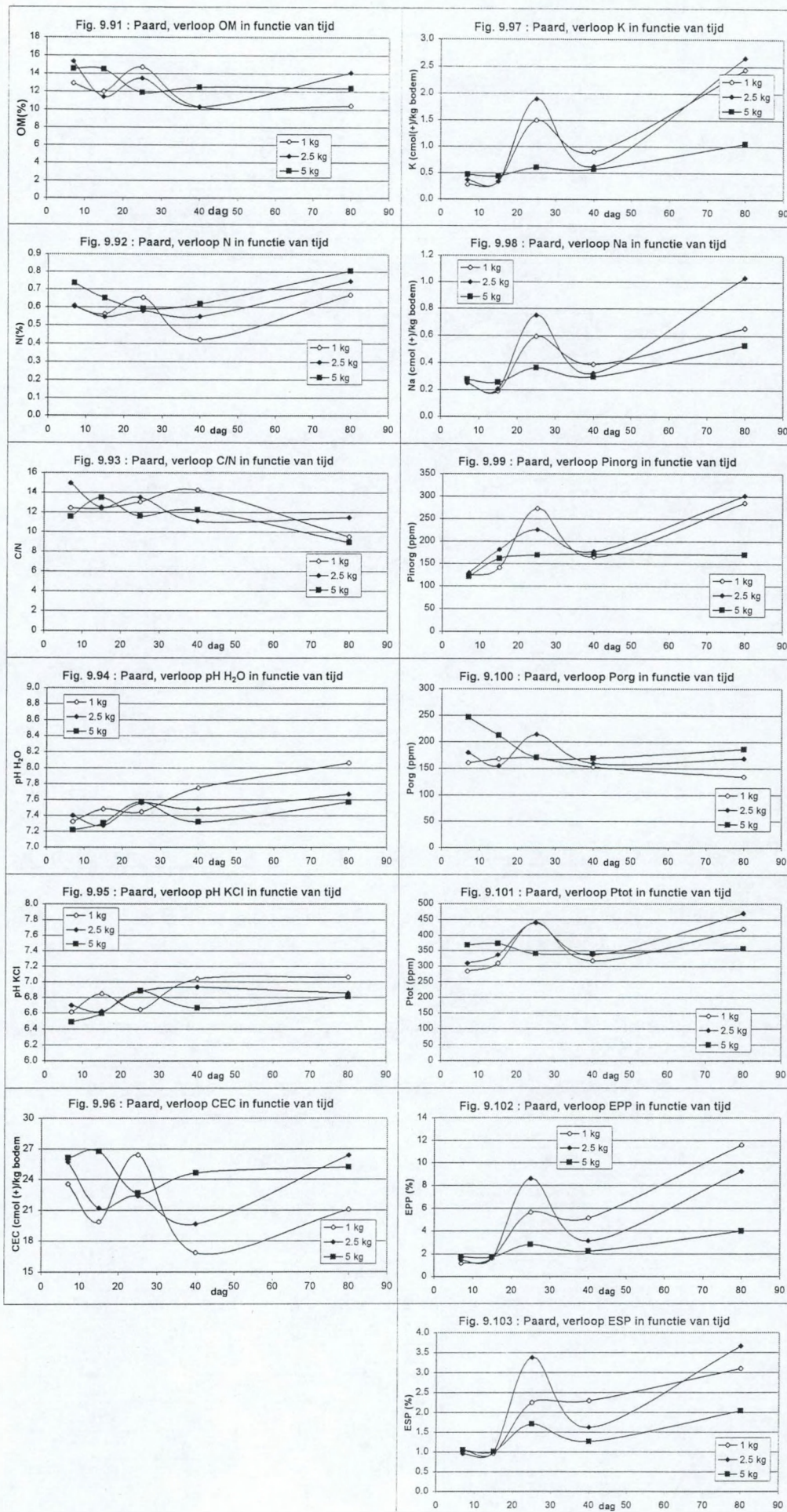
De chemische samenstelling van de bodem werd nagegaan in functie van de hoeveelheid mest (3 hoeveelheden : 1, 2.5 en 5 kg) en in functie van tijd (5 tijdstippen : na verloop van 7, 15, 25, 40 en 80 dagen).

Fig. 9.91 tot 9.103 tonen een stijgend verloop pH H₂O, pH KCl, K, Na, EPP en ESP en een dalend verloop voor C/N-verhouding. Het verloop van N lijkt parabolisch, de andere parameters tonen geen duidelijke trend. In grafieken van een groot aantal parameters (OM, K, Na, Ptot, Pinorg, EPP en ESP voor 1 en 2.5 kg, N, CEC voor 1 kg en Porg voor 2.5 kg) is een eigenaardig verloop te zien vooral ter hoogte van dag 25. Wat betreft de invloed van de opgebrachte hoeveelheden mest op de bodemparameters zou men een grotere invloed verwachten bij meer mest maar dit lijkt niet steeds het geval te zijn. De bodemstalen onder 1 en 2.5 kg mest hebben voor Na, K, Pinorg, Ptot, EPP en ESP hogere waarden dan voor 5kg. C/N-verhouding, pH H₂O en PH KCl zijn het meest verlaagd onder 5 kg mest wat men enigszins kan verwachten.

Om deze effecten na te gaan werd ANOVA voor 2 factoren berekend. In de eerste plaats wordt dan nagegaan of er interactie is tussen factor tijd en factor hoeveelheid mest. Indien de interactie niet significant is, dan hebben beide variabelen onafhankelijke effecten op de onderzochte chemische parameter in kwestie. Dit betekent dat het effect van factor tijd niet bepaald wordt door de hoeveelheid opgebrachte mest en vice versa. In dat geval wordt de ANOVA terug toegepast met uitsluiten van de interactie. In tabel 9.51 worden de resultaten voor de interactie en de opnieuw berekende significanties zonder interactie voorgesteld. (op zich al een discussie waard want misschien is er juist wel een interactie : in het begin geen effect maar na verloop van tijd wel en het effect van de hoeveelheid mest hangt af van aantal dagen dat verlopen is)

In het andere geval (er is wel een significante interactie) hebben verdere berekeningen niet veel zin en moet men zich beperken tot het bekijken van de gemiddelden van elk groep afzonderlijk.

De resultaten van ANOVA tonen aan dat er een significant effect is van factor tijd voor C/N-verhouding, pH H₂O, pH KCl, K, Na, Pinorg, Ptot en ESP. De hoeveelheid opgebrachte mest heeft enkel een significant effect voor pH H₂O, Porg en ESP. Voor K en Pinorg is het effect significant bij P=0.1. De aanwezigheid van een significant effect van tijd of hoeveelheid opgebrachte mest betekent niet dat het verloop van het effect lineair is. In deze studie zou men echter kunnen verwachten dat naarmate de tijd of naarmate de opgebrachte hoeveelheid mest toeneemt de invloed op de onderzochte bodemparameters stijgt.



Tabel 9.51 : Paard. Overzicht van de resultaten van ANOVA

parameter	interactie*	tijd	hoeveelheid
OM (%)	$F_{8,45} = 0.928, P>0.1$	$F_{4,53} = 1.738, P>0.1$	$F_{2,53} = 0.643, P>0.1$
N (%)	$F_{8,45} = 0.355, P>0.1$	$F_{4,53} = 2.475, P=0.055$	$F_{2,53} = 1.758, P>0.1$
C/N	$F_{8,45} = 1.710, P>0.1$	$F_{4,53} = 4.555, P=0.003$	$F_{2,53} = 2.036, P>0.1$
pH H ₂ O	$F_{8,45} = 1.338, P>0.1$	$F_{4,53} = 6.613, P=0.000$	$F_{2,53} = 3.825, P=0.028$
pH KCl	$F_{8,45} = 1.111, P>0.1$	$F_{4,53} = 3.310, P=0.017$	$F_{2,53} = 1.816, P>0.1$
CEC	$F_{8,45} = 0.832, P>0.1$	$F_{4,53} = 1.229, P=0.310$	$F_{2,53} = 1.907, P>0.1$
K	$F_{8,45} = 1.440, P>0.1$	$F_{4,53} = 10.537, P=0.000$	$F_{2,53} = 2.931, P=0.062$
Na	$F_{8,45} = 1.289, P>0.1$	$F_{4,53} = 9.874, P=0.000$	$F_{2,53} = 2.337, P>0.1$
Pinorg	$F_{8,45} = 1.180, P>0.1$	$F_{4,53} = 6.622, P=0.000$	$F_{2,53} = 2.464, P=0.095$
Porg	$F_{8,45} = 0.978, P>0.1$	$F_{4,53} = 1.106, P>0.1$	$F_{2,53} = 3.338, P=0.043$
Ptot	$F_{8,45} = 1.610, P>0.1$	$F_{4,53} = 4.071, P=0.006$	$F_{2,53} = 0.605, P>0.1$
EPP	$F_{8,45} = 2.202, P=0.045$		
ESP	$F_{8,45} = 1.509, P>0.1$	$F_{4,53} = 12.397, P=0.000$	$F_{2,53} = 3.747, P=0.030$

* $P>0.1$: geen interactie

De correlaties tussen tijd en onderzochte bodemparameter staat vermeld in tabel 9.52.

Significante negatieve correlatie ($P<0.01$) is er voor C/N-verhouding, significante positieve correlaties ($P<0.01$) voor pH H₂O, pH KCl, K, Na, Pinorg, EPP, ESP en voor Ptot ($P<0.05$).

Voor de significante effecten van de hoeveelheid mest werd de Bonferroni test toegepast. pH H₂O is significant hoger voor 1 kg opgebrachte mest dan voor 5 kg ($P<0.05$), er is geen significant verschil tussen 1 en 2.5 kg en tussen 2.5 en 5 kg ($P>0.05$). Hetzelfde geldt voor Porg maar voor ESP zijn er geen significante verschillen.

Tabel 9.52 : Paard. Pearson correlatie coëfficiënt tussen tijd en chemische parameters (n=60)

OM	Ntot	C/N	PH H ₂ O	pH KCl	CEC	K	Na	Pinorg	Porg	Ptot	EPP	ESP
-0.182	0.211	-0.472**	0.531**	0.369**	-0.022	0.561**	0.523**	0.456**	-0.206	0.318*	0.574**	0.557**

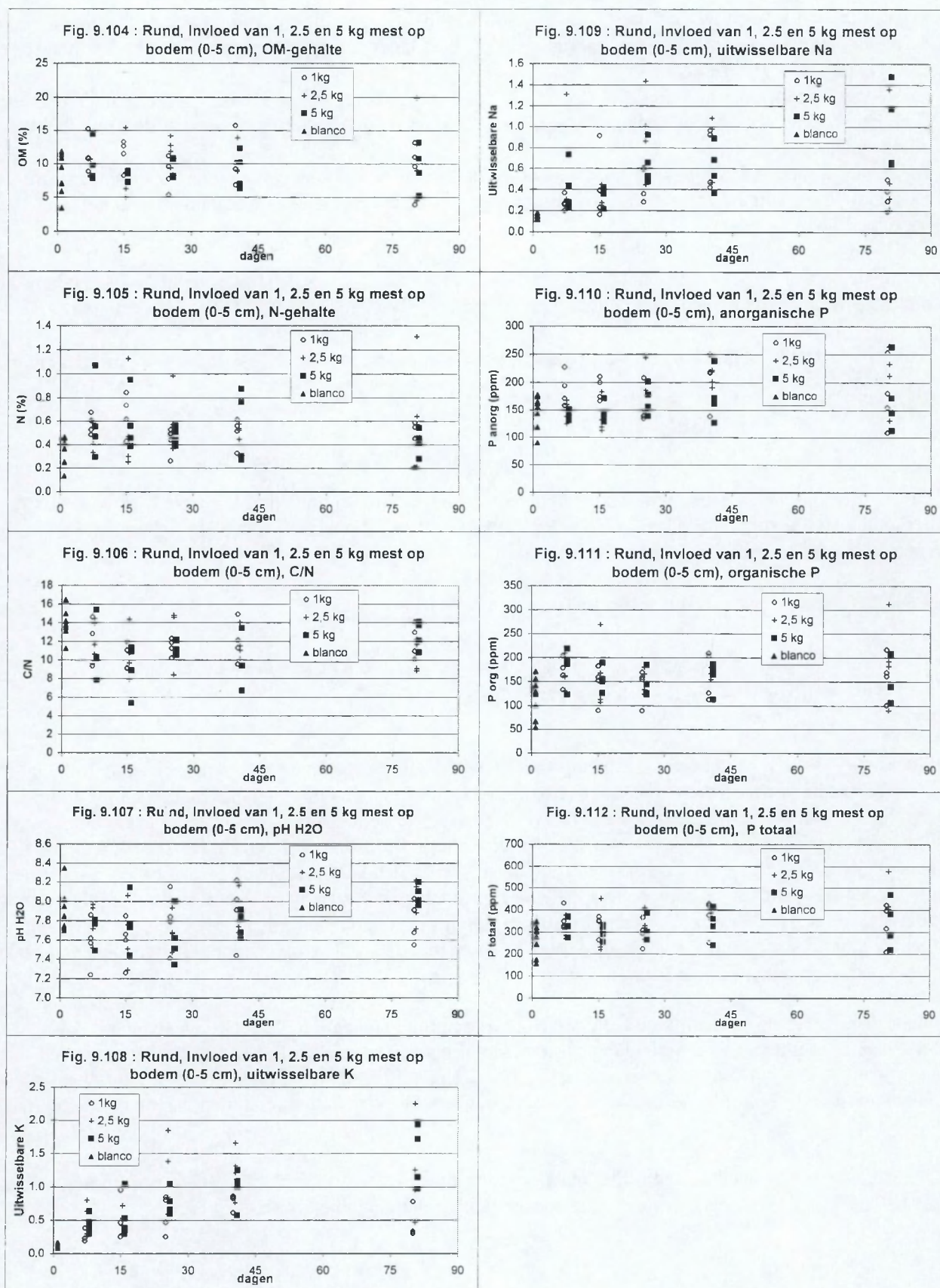
9.5.2 RUND

9.5.2.1 Vergelijking chemische bodemkenmerken onder mesthoop (ongeacht het gewicht) met controle

De resultaten van de bodemanalysen van de onderzochte chemische parameters onder de mesthopen van 1, 2.5 en 5 kg en de controle worden voorgesteld in tabel 9.53. De resultaten worden grafisch voorgesteld in figuren 9.104 tot 9.112.

Tabel 9.53 : Rund, gemiddelde en standaard deviatie voor de bodemparameters bemonsterd onder mesthopen van 1, 2.5 en 5 kg en controle.

	28/8/2002	5/9/2002	16/9/2002	30/9/2002	9/11/2002	controle
Aantal dagen						
n	12	12	12	12	12	8
OM (%)	10.7 ± 2.8	9.6 ± 3.1	10.0 ± 2.5	10.0 ± 2.9	10.2 ± 4.5	8.4 ± 3.0
N (%)	0.551 ± 0.199	0.594 ± 0.270	0.505 ± 0.174	0.527 ± 0.179	0.520 ± 0.288	0.347 ± 0.120
C/N	12 ± 2	10 ± 2	12 ± 2	11 ± 2	12 ± 2	14 ± 2
pH H ₂ O	7.7 ± 0.2	7.7 ± 0.3	7.7 ± 0.2	7.9 ± 0.2	8.0 ± 0.2	7.9 ± 0.2
pH KCl	7.2 ± 0.2	7.2 ± 0.3	7.2 ± 0.2	7.3 ± 0.2	7.4 ± 0.2	7.4 ± 0.2
CEC	18.8 ± 6.0	18.1 ± 7.2	18.5 ± 5.9	17.0 ± 5.5	17.0 ± 8.0	12.1 ± 3.4
K	0.414 ± 0.189	0.513 ± 0.265	0.844 ± 0.425	1.001 ± 0.316	1.037 ± 0.657	0.138 ± 0.039
Na	0.411 ± 0.318	0.368 ± 0.195	0.211 ± 0.101	0.725 ± 0.261	0.638 ± 0.451	0.144 ± 0.022
Pinorg	159 ± 29	156 ± 32	167 ± 35	195 ± 39	184 ± 57	149 ± 30
Porg	172 ± 32	155 ± 47	148 ± 28	165 ± 32	176 ± 62	118 ± 41
Ptot	331 ± 46	312 ± 66	314 ± 53	360 ± 61	360 ± 112	267 ± 70
EPP	2.36 ± 1.19	3.12 ± 1.81	5.01 ± 2.58	6.32 ± 2.18	6.50 ± 3.53	1.18 ± 0.31
ESP	2.21 ± 1.40	2.13 ± 0.88	3.90 ± 1.65	4.49 ± 1.56	3.99 ± 2.61	1.28 ± 0.37



De gemiddelde gegevens (voor alle gewichten samen) tonen de volgende trends aan :

- voor alle periodes lager dan de controle : C/N
- voor alle periodes hoger dan de controle : OM, N, CEC, K, Na, Pinorg, Porg, Ptot, EPP, ESP
- in het begin van het experiment zijn pH H₂O, pH KCl lager dan de blanco, naar het einde van het experiment zijn ze hoger.

Bij de mesthopen van 1 kg zijn OM, N, CEC, K, Na, Pinorg, Porg, Ptot, EPP, ESP groter dan de blanco, C/N, pH H₂O en pH KCl lager dan de blanco, maar de pH-waarden worden hoger dan de blanco op het einde van het experiment.

Bij de mesthopen van 2.5 en 5 kg leiden tot dezelfde trends ten opzichte van de blanco situatie als de mesthoop van 1 kg met uitzondering van Pinorg dat ook eerst lager is dan de blanco en naar het einde van het experiment toe hoger wordt.

Aan de hand van de t-test werd nagegaan indien er significante verschillen optreden tussen de bodem onder de mesthoop (ongeacht het gewicht) en de controle situatie. Tabel 9.54 toont de resultaten.

Tabel 9.54. Rund. Resultaten van t-test waarbij bodem onder de mesthopen vergeleken wordt met controle (df = 66)

	OM	NTOT	CN	pH H ₂ O	pH KCl	CEC	K	Na	Pinorg	Porg	Ptot	EPP	ESP
t	1.420	2.403	-3.489	-1.634	-1.532	2.514	10.079	9.324	1.626	2.791	2.539	9.050	7.366
sign	0.160	0.019	0.001	0.107	0.130	0.014	0.000	0.000	0.109	0.007	0.013	0.000	0.000

Een significant verschil tussen de bodemkenmerken onder de mesthoop en de controle is er voor N, C/N-verhouding, CEC, uitwisselbare K en Na, Porg, Ptot, EPP en ESP waarbij C/N-verhouding lager is dan de controle de andere parameters hoger dan de controle.

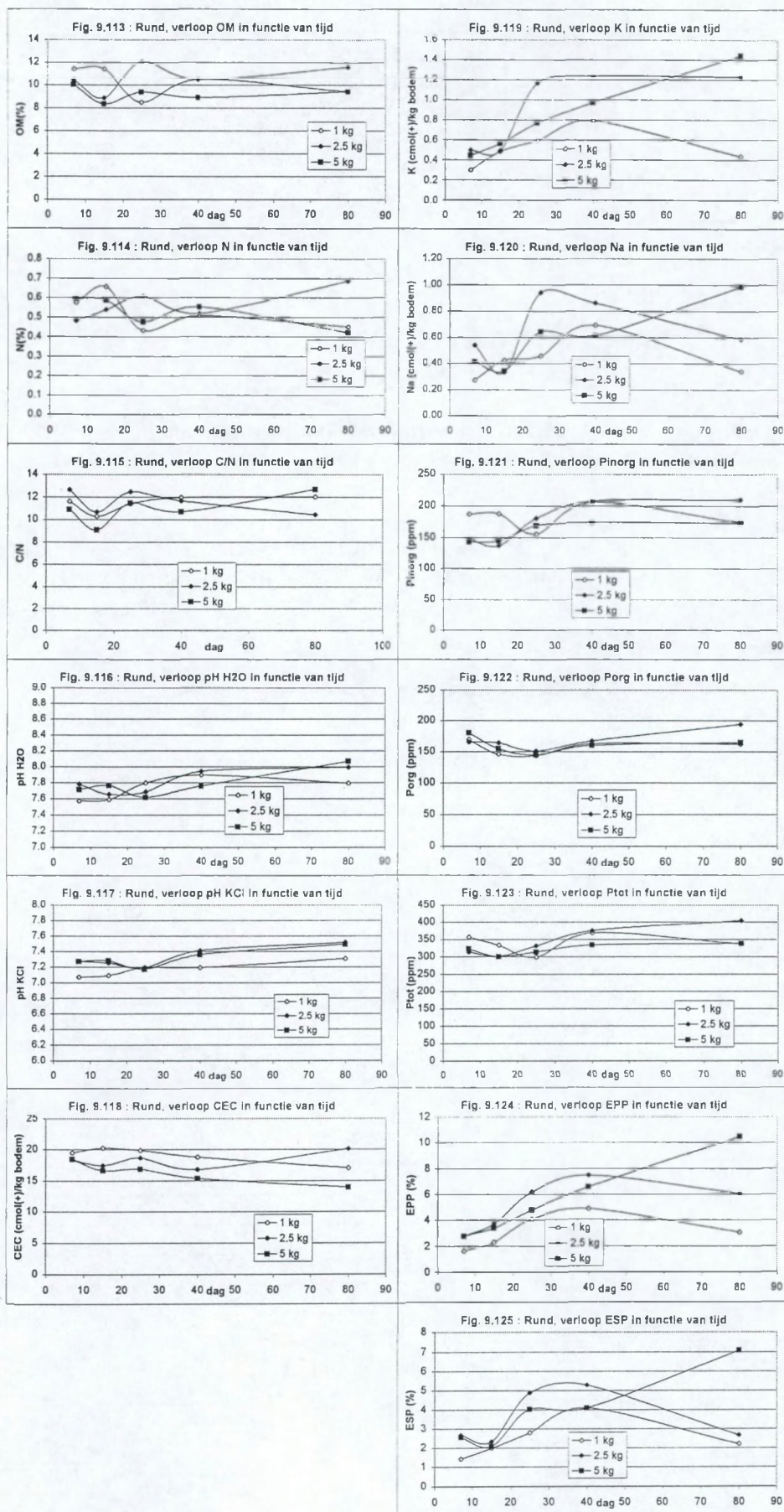
9.5.2.2 Toename van de effecten in functie van tijd en gewicht

De chemische samenstelling van de bodem werd nagegaan in functie van de hoeveelheid mest (3 hoeveelheden : 1, 2.5 en 5 kg) en in functie van tijd (5 tijdstippen : na verloop van 7, 15, 25, 40 en 80 dagen).

Figuren 9.113 tot 9.125 geven het verloop van de onderzochte bodemparameters telkens voor 1, 2.5 en 5 kg opgebrachte hoeveelheid mest. OM vertoont niet echt een dalend of stijgende trend maar ter hoogte van dag 25 is er een piek voor 2.5 kg en een dal voor 1 kg. N vertoont een piek rond dag 15 (1kg) en dag 25 (2.5 kg) maar een dal voor 5 kg op dag 25. Vrij constant in tijd is het verloop van CEC. pH H₂O, pH KCl nemen globaal gezien toe maar vertonen rond dag 15 en 25 een kleine daling. K, Na, EPP en ESP nemen toe tot dag 40 al lijkt er tendens dat Na, EPP en ESP op dag 80 weer afneemt voor 1 en 2.5 kg, K neemt af voor 1 kg op dag 80. Pinorg, Porg en Ptot stijgen lichtjes in functie van tijd De grootste veranderingen in de bodemparameters komen niet noodzakelijk overeen met de grootste opgebrachte hoeveelheden mest. Dit is vooral opvallend bij de P-metingen.

Om deze effecten na te gaan werd ANOVA voor 2 factoren berekend. In de eerste plaats wordt dan nagegaan of er interactie is tussen factor tijd en factor hoeveelheid mest. Indien de interactie niet significant is, dan hebben beide variabelen onafhankelijke effecten op de onderzochte chemische parameter in kwestie. In dat geval wordt de ANOVA terug toegepast met uitsluiten van de interactie (tabel 9.55).

De resultaten tonen slechts in beperkte mate een significant effect van factor tijd (voor bodemparameters pH H₂O, pH KCl, K en Na) en van factor hoeveelheid (bodemparameters pH KCl en K).



Tabel 9.55 : Rund. Overzicht van de resultaten van ANOVA

parameter	interactie	tijd	hoeveelheid
OM (%)	$F_{8,45} = 0.574, P > 0.1$	$F_{4,53} = 0.183, P > 0.1$	$F_{2,53} = 1.105, P > 0.1$
N (%)	$F_{8,45} = 0.605, P > 0.1$	$F_{4,53} = 0.278, P > 0.1$	$F_{2,53} = 0.212, P > 0.1$
C/N	$F_{8,45} = 0.713, P > 0.1$	$F_{4,53} = 1.492, P > 0.1$	$F_{2,53} = 0.651, P > 0.1$
pH H ₂ O	$F_{8,45} = 0.721, P > 0.1$	$F_{4,53} = 3.006, P = 0.026$	$F_{2,53} = 0.589, P > 0.1$
pH KCl	$F_{8,45} = 0.250, P > 0.1$	$F_{4,53} = 3.448, P = 0.014$	$F_{2,53} = 4.161, P = 0.021$
CEC	$F_{8,45} = 0.165, P > 0.1$	$F_{4,53} = 0.193, P > 0.1$	$F_{2,53} = 0.979, P > 0.1$
K	$F_{8,45} = 1.652, P > 0.1$	$F_{4,53} = 7.150, P = 0.000$	$F_{2,53} = 6.746, P = 0.002$
Na	$F_{8,45} = 1.534, P > 0.1$	$F_{4,53} = 3.281, P = 0.018$	$F_{2,53} = 2.561, P = 0.087$
Pinorg	$F_{8,45} = 1.105, P > 0.1$	$F_{4,53} = 2.299, P = 0.071$	$F_{2,53} = 1.619, P > 0.1$
Porg	$F_{8,45} = 0.150, P > 0.1$	$F_{4,53} = 0.882, P > 0.1$	$F_{2,53} = 0.392, P > 0.1$
Ptot	$F_{8,45} = 0.423, P > 0.1$	$F_{4,53} = 1.272, P > 0.1$	$F_{2,53} = 0.561, P > 0.1$
EPP	$F_{8,45} = 2.456, P = 0.027$		
ESP	$F_{8,45} = 3.315, P = 0.005$		

De correlaties tussen tijd en de onderzochte bodemparameter staat vermeld in tabel 9.56.

Significante positieve correlaties ($P < 0.01$) zijn er voor pH H₂O, pH KCl, K, EPP, ESP en voor Na en Pinorg ($P < 0.05$).

Voor de significante effecten van de hoeveelheid mest werd de Bonferroni test toegepast. K is significant lager voor 1 kg opgebrachte mest dan voor 2.5 kg ($P < 0.05$), K is niet significant verschillend tussen 1 en 5 kg ($P = 0.076$) en tussen 2.5 en 5 kg ($P > 0.1$). Voor pH KCl zijn er geen significante verschillen tussen de verschillende opgebrachte hoeveelheden.

Tabel 9.56 : Pearson correlatie coëfficiënt tussen tijd en chemische parameters (n=60)

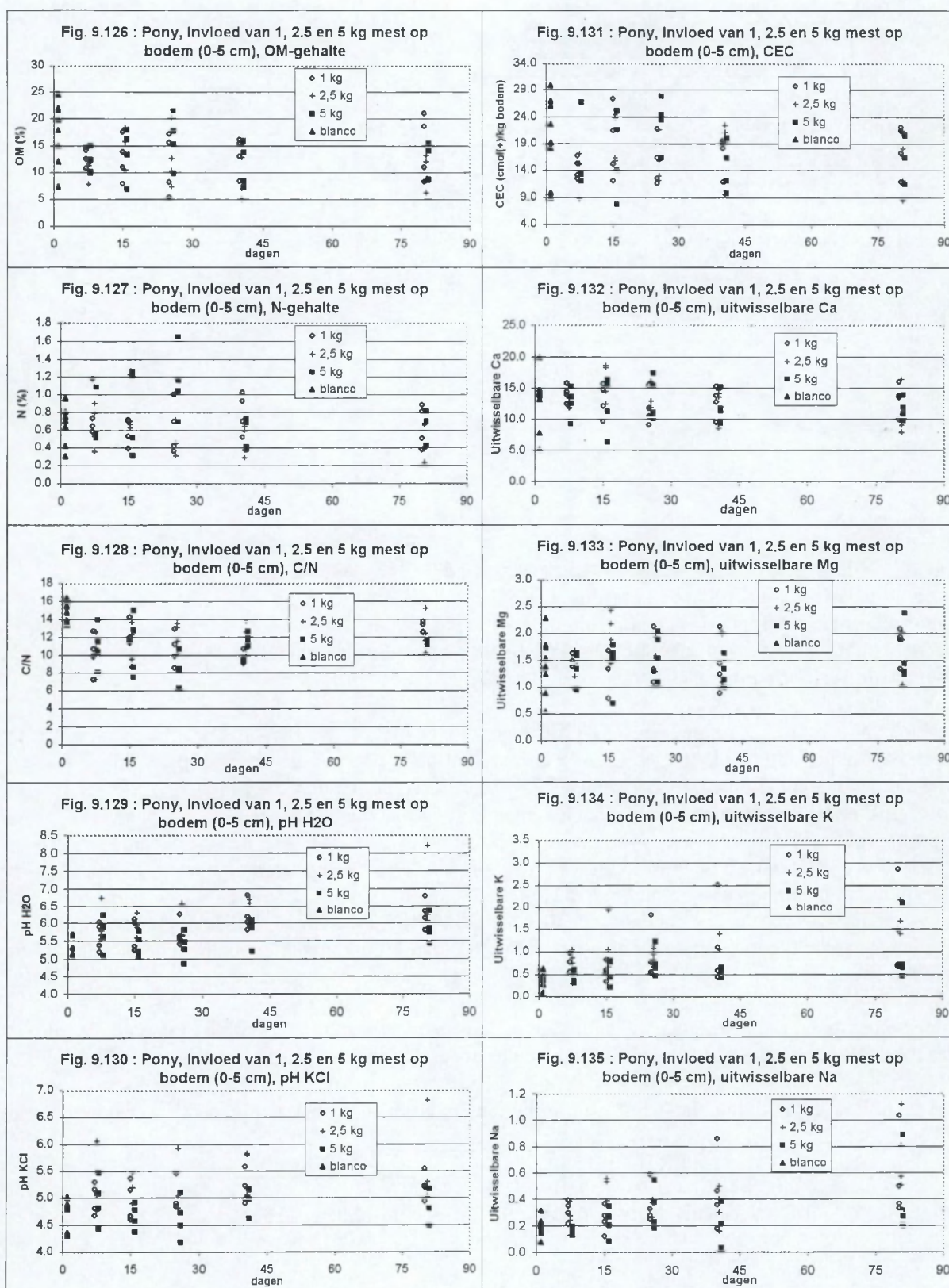
OM	Ntot	C/N	PH H ₂ O	pH KCl	CEC	K	Na	Pinorg	Porg	Ptot	EPP	ESP
-0.004	-0.072	0.108	0.406**	0.410**	-0.097	0.460**	0.254*	0.275*	0.104	0.218	0.501**	0.345**

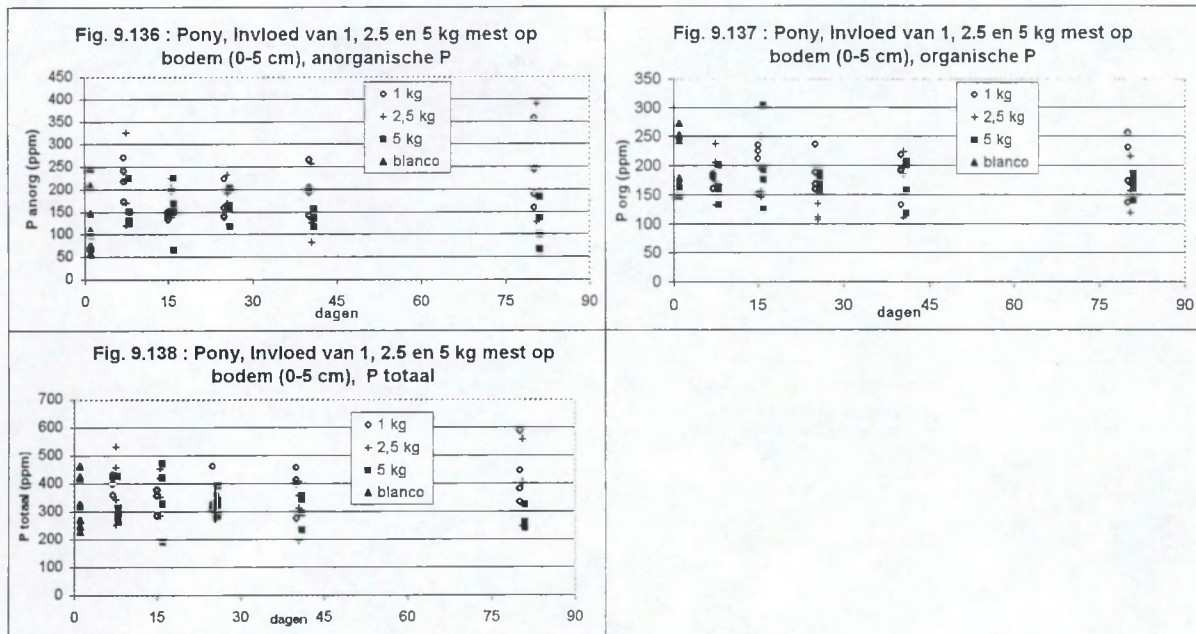
9.5.3 PONY

De resultaten van de bodemanalysen van de onderzochte chemische parameters onder de mesthopen van 1, 2.5 en 5 kg en de controle worden voorgesteld in tabel 9.57. De resultaten worden grafisch voorgesteld in figuren 9.126 tot 9.138.

Tabel 9.57 : Pony, gemiddelde en standaard deviatie voor de bodemparameters bemonsterd onder mesthopen van 1, 2.5 en 5 kg en controle.

	15/8/2002	23/8/2002	2/9/2002	17/9/2002	26/10/2002	controle
Aantal dagen						
n	12	12	12	12	12	8
OM (%)	12.1 ± 2.3	13.7 ± 3.9	13.5 ± 5.2	11.6 ± 4.0	12.2 ± 4.5	17.6 ± 5.8
N (%)	0.701 ± 0.249	0.741 ± 0.323	0.796 ± 0.393	0.610 ± 0.226	0.578 ± 0.206	0.695 ± 0.233
C/N	11 ± 2	11 ± 2	10 ± 2	11 ± 1	12 ± 1	15 ± 1
pH H ₂ O	5.8 ± 0.5	5.7 ± 0.4	5.6 ± 0.4	6.1 ± 0.4	6.3 ± 0.7	5.5 ± 0.3
pH KCl	5.1 ± 0.4	4.9 ± 0.3	4.9 ± 0.4	5.2 ± 0.4	5.2 ± 0.6	4.7 ± 0.3
CEC	15.0 ± 4.3	18.8 ± 6.1	18.1 ± 5.5	16.0 ± 4.7	16.9 ± 4.7	20.3 ± 7.7
Ca	13.15 ± 1.77	13.83 ± 3.63	12.71 ± 2.76	12.53 ± 2.36	12.03 ± 2.74	12.91 ± 4.55
Mg	1.40 ± 0.25	1.60 ± 0.50	1.57 ± 0.36	1.41 ± 0.44	1.66 ± 0.43	1.43 ± 0.54
K	0.644 ± 0.248	0.750 ± 0.439	0.860 ± 0.380	0.874 ± 0.604	1.308 ± 0.772	0.337 ± 0.193
Na	0.245 ± 0.096	0.302 ± 0.146	0.337 ± 0.127	0.323 ± 0.231	0.576 ± 0.313	0.199 ± 0.070
Pinorg	198 ± 64	163 ± 45	172 ± 35	163 ± 56	199 ± 97	127 ± 69
Porg	176 ± 30	198 ± 51	164 ± 35	175 ± 39	177 ± 40	210 ± 49
Ptot	375 ± 86	361 ± 80	337 ± 54	338 ± 78	377 ± 112	338 ± 89
EPP	4.37 ± 1.50	4.13 ± 2.59	4.95 ± 1.87	5.28 ± 2.64	8.43 ± 5.44	1.62 ± 0.85
ESP	1.68 ± 0.64	1.65 ± 0.79	1.91 ± 0.58	1.90 ± 1.09	3.71 ± 2.41	1.07 ± 0.51





De gemiddelde gegevens (alle gewichten samen) tonen de volgende trends aan :

- voor alle periodes lager dan de controle : OM, C/N, CEC, Porg
- voor alle periodes hoger dan de controle : pH H₂O, pH KCl, K, Na, Pinorg, EPP, ESP
- in het begin van het experiment hoger dan de blanco maar naar het einde lager dan de blanco : N, Ca
- wisselend verloop : Ptot, Mg

Bij de mesthopen van 1 kg zijn OM, C/N, CEC lager dan de blanco; pH H₂O, pH KCl, K, Na, Pinorg, Ptot, EPP en ESP hoger dan de blanco; N, Ca, Mg en Porg vertonen een wisselend verloop.

Bij de mesthopen van 2,5 kg zijn eveneens OM, C/N, CEC lager dan de blanco; pH H₂O, pH KCl, K, Na, Pinorg, EPP en ESP hoger dan de blanco; N, Ca, en Ptot vertonen een wisselend verloop, Mg is oorspronkelijk lager dan de blanco maar na verloop van tijd wordt het hoger, de omgekeerde trend is te zien voor Porg. Wat betreft de mesthopen van 5 kg zijn OM en C/N lager dan de blanco; K en EPP zijn groter onder de mesthoop dan bij de blanco. N, pH H₂O, pH KCl, CEC, Ca, Mg, Na, Ptot en ESP hebben een wisselend verloop. Panorg is gedurende de eerste 4 meetperiodes hoger dan de blanco maar na 80 dagen lager dan de blanco. De trends zijn dus minder duidelijk bij hogere hoeveelheden mest dan bij de lagere hoeveelheden.

Aan de hand van de t-test werd nagegaan indien er significante verschillen optreden tussen de bodem onder de mesthoop (ongeacht het gewicht) en de controle situatie (tabel 9.58).

Tabel 9.58. Pony. Resultaten van t-test waarbij bodem onder de mesthopen vergeleken wordt met controle (df = 66)

	OM	NTOT	CN	pH H ₂ O	pH KCl	CEC	K	Na	Ca	Mg
t	-3.086	-0.095	-4.405	1.962	2.318	-1.604	2.777	1.964	-0.050	0.600
sign	0.003	0.925	0.000	0.054	0.024	0.113	0.007	0.054	0.961	0.551

	Pinorg	Porg	Ptot	EPP	ESP
t	2.159	-2.083	0.625	7.139	2.072
sign	0.034	0.041	0.534	0.000	0.042

Significante verschillen tussen de bodem onder de mesthopen en de controles treden op voor OM, C/N-verhouding, pH KCl, uitwisselbare K, Pinorg, Porg, EPP en ESP. OM, C/N-verhouding en Porg zijn significant lager de andere parameters hoger.

9.5.3.1 Toename van de effecten in functie van tijd en gewicht

De chemische samenstelling van de bodem werd nagegaan in functie van de hoeveelheid mest (3 hoeveelheden : 1, 2.5 en 5 kg) en in functie van tijd (5 tijdstippen : na verloop van 7, 15, 25, 40 en 80 dagen). Om deze effecten na te gaan werd ANOVA voor 2 factoren berekend.

In de eerste plaats wordt dan nagegaan of er interactie is tussen factor tijd en factor hoeveelheid mest. Indien de interactie niet significant is, dan hebben beide variabelen onafhankelijke effecten op de onderzochte chemische parameter in kwestie. In dat geval wordt de ANOVA terug toegepast met uitsluiten van de interactie (tabel 9.59).

Tabel 9.59: Pony. Overzicht van de resultaten van ANOVA

parameter	interactie	tijd	hoeveelheid
OM (%)	$F_{8,45} = 0.772, P > 0.1$	$F_{4,53} = 0.611, P > 0.1$	$F_{2,53} = 0.585, P > 0.1$
N (%)	$F_{8,45} = 1.580, P > 0.1$	$F_{4,53} = 1.200, P > 0.1$	$F_{2,53} = 1.294, P > 0.1$
C/N	$F_{8,45} = 1.347, P > 0.1$	$F_{4,53} = 1.574, P > 0.1$	$F_{2,53} = 0.957, P > 0.1$
pH H ₂ O	$F_{8,45} = 0.336, P > 0.1$	$F_{4,53} = 4.665, P = 0.003$	$F_{2,53} = 6.923, P = 0.002$
pH KCl	$F_{8,45} = 0.209, P > 0.1$	$F_{4,53} = 1.228, P > 0.1$	$F_{2,53} = 8.671, P = 0.001$
CEC	$F_{8,45} = 0.874, P > 0.1$	$F_{4,53} = 1.042, P > 0.1$	$F_{2,53} = 0.383, P > 0.1$
K	$F_{8,45} = 0.401, P > 0.1$	$F_{4,53} = 3.005, P = 0.026$	$F_{2,53} = 2.836, P = 0.068$
Na	$F_{8,45} = 0.964, P > 0.1$	$F_{4,53} = 5.490, P = 0.001$	$F_{2,53} = 4.069, P = 0.023$
Ca	$F_{8,45} = 0.818, P > 0.1$	$F_{4,53} = 0.733, P > 0.1$	$F_{2,53} = 0.358, P > 0.1$
Mg	$F_{8,45} = 0.838, P > 0.1$	$F_{4,53} = 0.953, P > 0.1$	$F_{2,53} = 0.569, P > 0.1$
Pinorg	$F_{8,45} = 1.064, P > 0.1$	$F_{4,53} = 1.137, P > 0.1$	$F_{2,53} = 4.495, P = 0.016$
Porg	$F_{8,45} = 0.540, P > 0.1$	$F_{4,53} = 1.166, P > 0.1$	$F_{2,53} = 1.914, P > 0.1$
Ptot	$F_{8,45} = 0.753, P > 0.1$	$F_{4,53} = 0.686, P > 0.1$	$F_{2,53} = 3.321, P = 0.044$
EPP	$F_{8,45} = 0.633, P > 0.1$	$F_{4,53} = 4.262, P = 0.005$	$F_{2,53} = 5.164, P = 0.009$
ESP	$F_{8,45} = 1.774, P > 0.1$	$F_{4,53} = 6.582, P = 0.000$	$F_{2,53} = 6.901, P = 0.002$

De resultaten van ANOVA tonen aan dat er een significant effect is van factor tijd voor pH H₂O, K, Na, EPP en ESP. De hoeveelheid opgebrachte mest heeft een significant effect voor pH H₂O, pH KCl, K, Na, Pinorg, Ptot, EPP en ESP. De aanwezigheid van een significant effect van tijd of hoeveelheid opgebrachte mest betekent daarom nog niet dat het verloop van het effect lineair is. In deze studie zou men echter kunnen verwachten dat naarmate de tijd of naarmate de opgebrachte hoeveelheid mest toeneemt de invloed op de onderzochte bodemparameters stijgt. Fig. 9.139 tot 9.153 tonen echter bij een aantal bodemparameters een eigenaardig verloop vooral ter hoogte van dag 15 en 25 en dit vooral voor 2.5 en 5 kg opgebrachte mest. Bij zowel OM, N, K, Na is er een duidelijke piek te zien bij 2.5 kg (dag 15) en 5 kg (dag 25). Bij OM en N wordt de piek gevolgd door een daling en uiteindelijk blijven dan OM en N op een min of meer constant niveau. Bij K en Na treedt er eerst een kleine daling op waarna de gehalten opnieuw verder gaan toenemen. Bij de pH-waarden zien we eerst een dal het meest uitgesproken bij de mesthopen van 5 kg ter hoogte van dag 15 en 25 waarna de pH-waarden toenemen. Een mogelijke verklaring is dat we hier eerst een pH-daling hebben door de nitrificatie maar door bioturbatie wordt meer alkalisch materiaal naar het oppervlak gebracht waardoor de pH toeneemt.

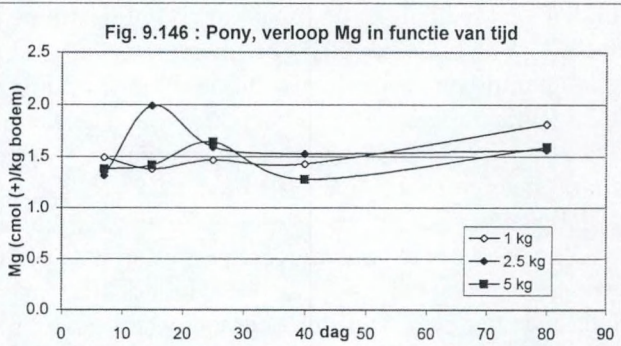
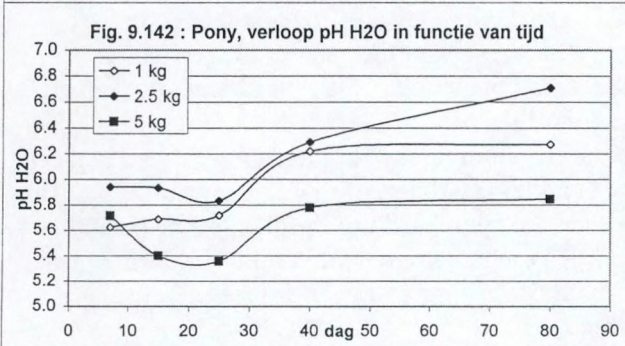
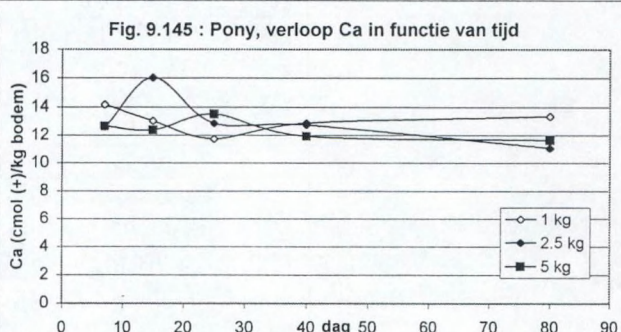
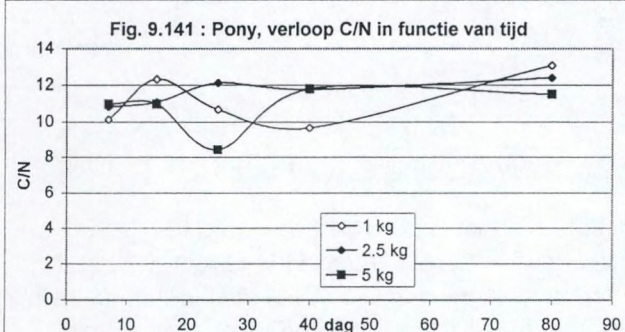
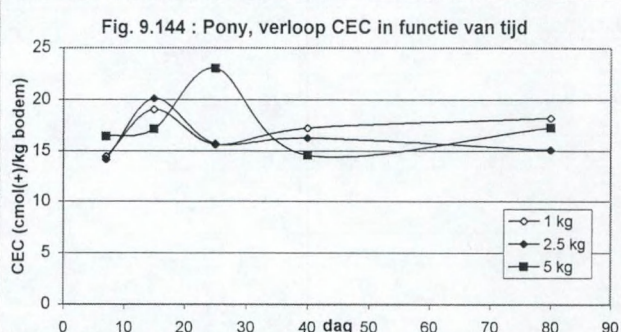
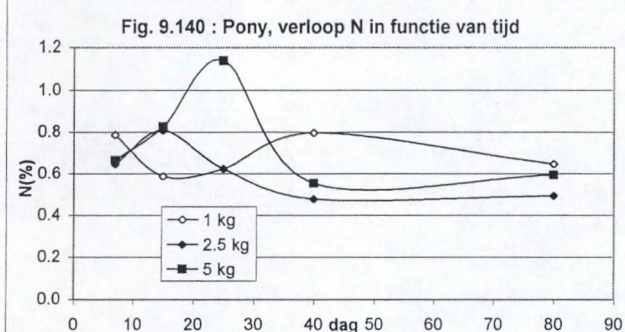
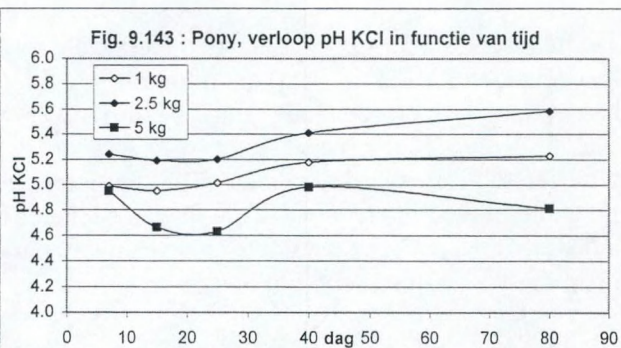
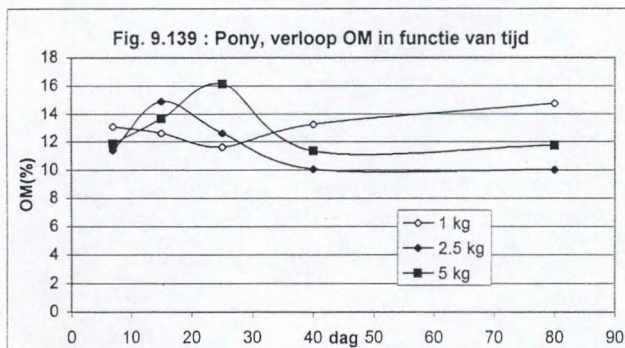
De correlaties tussen tijd en onderzochte bodemparameter staat vermeld in tabel 9.60.

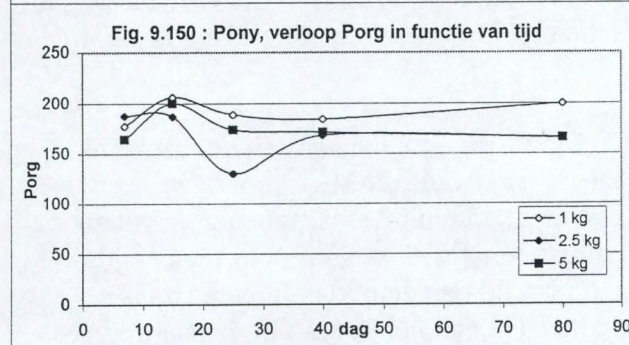
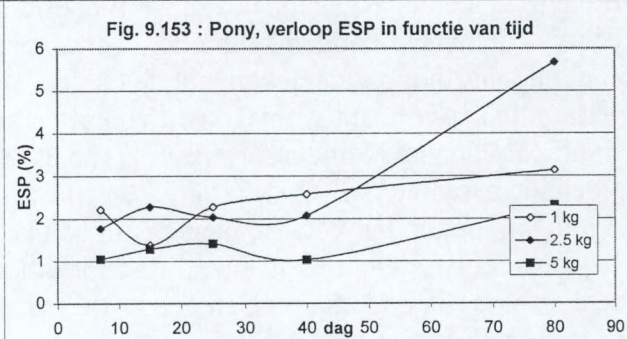
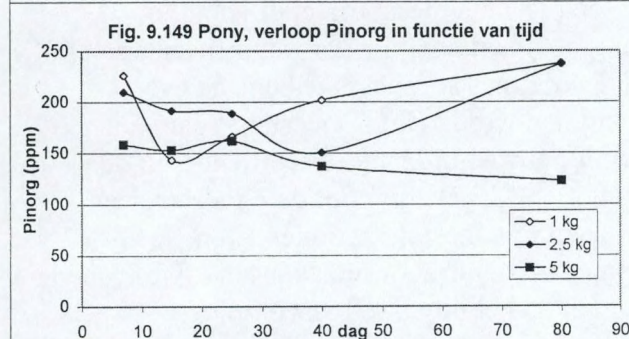
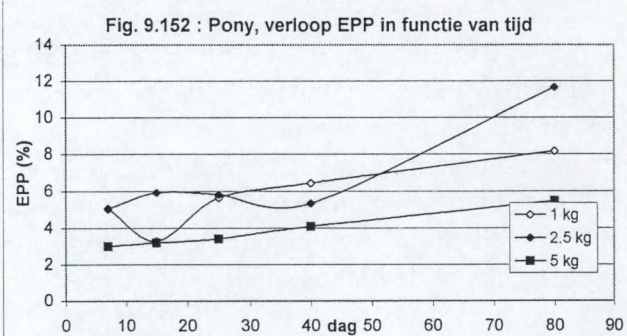
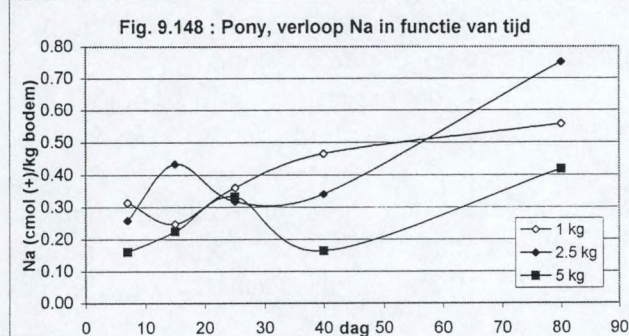
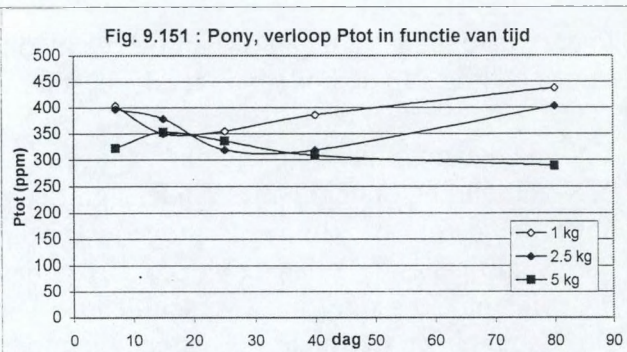
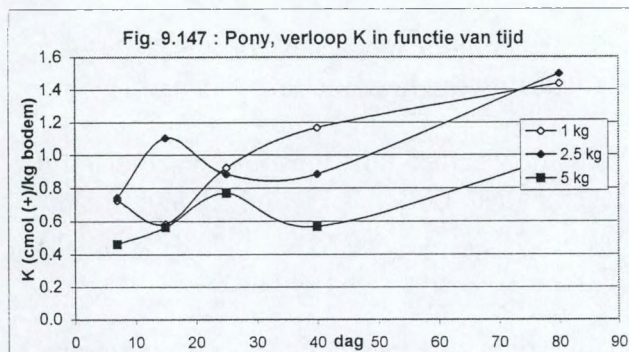
Significante positieve correlaties ($P < 0.01$) zijn er voor pH H₂O, K, Na, EPP, ESP en voor C/N ($P < 0.05$). Voor de significante effecten van de hoeveelheid mest werd de Bonferroni test toegepast. pH H₂O, pH KCl, EPP, ESP zijn significant hoger voor 2.5 kg opgebrachte mest dan voor 5 kg ($P < 0.05$). Pinorg onder mesthopen van 1 en 2.5 kg zijn significant hoger dan deze onder 5 kg, en Ptot is significant hoger voor 1 kg dan voor 5 kg. K en Na zijn niet significant verschillend tussen 1, 2.5 en 5 kg.

Tabel 9.60 : Pearson correlatie coëfficiënt tussen tijd en chemische parameters (n=60)

OM	Ntot	C/N	pH H ₂ O	pH KCl	CEC	K	Na	Ca	Mg
-0.081	-0.212	0.258*	0.421**	0.183	-0.005	0.406**	0.494**	-0.190	0.138

Pinorg	Porg	Ptot	EPP	ESP
0.086	-0.052	0.041	0.448**	0.502**





9.5.4 DISCUSSIE

In deze paragraaf werd aan de hand van experimenteel onderzoek nagegaan of de chemische samenstelling van de bodem onder de mesthoop significant verschilt met deze van de blanco.

Voor de bodem onder de paardenmesthopen (gemiddelde waarden, alle mesthopen samen) is de C/N-verhouding onder de mesthopen significant lager, K, Na, Pinorg, EPP en ESP significant hoger dan de blanco. Bij de mesthopen van 5 kg wordt ook pH KCl significant lager en N, CEC, Porg significant hoger dan de blanco. Bij toenemend gewicht zijn er dus een groter aantal bodemparameters significant verschillend.

De bodem onder de rundermesthopen (gemiddelde waarden, alle mesthopen samen) vertoont voor de meeste onderzochte parameters significante verschillen met de blanco. C/N-verhouding is lager, N, CEC, K, Na, Porg, Ptot, EPP en ESP zijn significant hoger dan de blanco. De pH-waarden zijn eerst lager dan de blanco maar naar het einde van het experiment zijn ze hoger. Alle bodemparameters onder de 3 hoeveelheden opgebrachte mest uitgezonderd Pinorg tonen dezelfde trends ten opzichte van de blanco.

Bij de ponymesthopen zijn OM, C/N, Porg significant lager dan de blanco, pH KCl, K, Pinorg, EPP en ESP significant hoger. De meeste zelfde bodemparameters onder 1 en 2.5 kg verschillen significant van de blanco, onder 5 kg zijn er een aantal verschillen o.a. pH-waarden, Na, ESP.

Bovenstaande gegevens tonen aan dat rundermest toch wel het meest effectief is bij het beïnvloeden van de bodemkenmerken vermits een groter aantal parameters significant verschilt onder de mesthoop vergeleken met de blanco. Bij de drie mestsoorten is telkens de C/N-verhouding significant verlaagd wat vooral verklaard kan worden door meestal al dan niet significant hogere N onder mest. K, Na (net niet voor pony significant verschillend), en de afgeleide parameters EPP ($K \times 100 / CEC$) en ESP ($Na \times 100 / CEC$) zijn voor de 3 mestsoorten significant hoger dan voor de blanco. Dit betekent dat uit de mest de kationen K en Na vrijgemaakt worden, dit kan enerzijds door uitloging anderzijds door mechanisch inbrengen van de mest door de bodemfauna, en geadsorbeerd worden op het uitwisselingscomplex. Fosfor reageert minder eenduidig. Porg kan zowel significant lager (pony) of hoger (paard, rund) zijn dan de blanco. mogelijk speelt hier een interactie met OM-gehalte een rol. Ptot is significant hoger bij rundermest en Pinorg bij ponymest.

De effecten van de factoren tijd (bemonstering na 7, 15, 25, 40 en 80 dagen) en hoeveelheid opgebrachte mest (1, 2.5 en 5kg) werd nagegaan aan de hand van ANOVA voor 2 factoren. De meeste van de onderzochte bodemparameters voor de drie soorten mest vertonen geen interactie dit betekent dat de effecten van de hoeveelheid mest niet beïnvloed worden door factor tijd. Men zou bijvoorbeeld kunnen veronderstellen dat naarmate de tijd toeneemt de effecten van de hoeveelheid opgebrachte mest groter worden maar dat is dus niet het geval. Bij de paardenmest speelt vooral factor tijd (C/N, pH H₂O, pH KCl, K, Na, Ptot en ESP) een rol, bij de ponymest (pH H₂O, pH KCl, K, Na, Pinorg, Ptot, EPP en ESP) de opgebrachte hoeveelheid en voor rundermest is de invloed van beide factoren beperkt. Dit zou er op wijzen dat vanaf er rundermest op de bodem valt er beïnvloeding is van de chemische bodemkenmerken vermits we immers reeds aangetoond hebben dat een groot aantal bodemfactoren significant verschilt van de blanco. Voor de drie mestsoorten heeft factor tijd invloed op pH H₂O, K en Na; factor hoeveelheid heeft geen consistente invloed voor de 3 mestsoorten.

In de afzonderlijke gevallen waarbij we zien dat hoeveelheid mest wel invloed heeft op de bodemkenmerken toont de Bonferroni test weinig significante verschillen tussen de hoeveelheden mest : bij paard is de pH H₂O en Porg significant hoger voor 1 kg dan voor 5 kg, bij rundermest is K significant hoger voor 2.5 kg mest dan 1 kg. Bij pony zijn pH H₂O, pH KCl, EPP en ESP

significant hoger voor 2.5 kg dan voor 5 kg mest, Pinorg is significant hoger onder de mesthopen van 1 en 2.5 kg dan deze onder 5 kg en Ptot is significant hoger onder 1 kg mest dan onder 5 kg. Het lijkt de trend te bevestigen die we reeds van de figuren konden aflezen. Misschien is de experimentele opzet de oorzaak van deze nogal merkwaardige vaststelling. Bij het vullen van de mandjes met 1, 2.5 en 5 kg mest was vooral bij de paardachtigen de stapeling van de mestkeutels vrij hoog (tot 25-30 cm) voor de 5 kg manden. In dat geval is het mogelijk dat een deel van de opgebrachte mest in feite geen rechtstreekse invloed meer heeft op de bodem.

Een aantal algemene trends voor de evolutie van de bodemparameters kunnen afgeleid worden voor de drie mestsoorten. OM, N en CEC vertonen een zwak wisselend verloop zodat er moeilijk kan gesproken worden van een duidelijke stijging of daling van de gehalten in functie van de tijd. pH H₂O lijkt duidelijk toe te nemen bij de drie mestsoorten, de trend is het meest opvallend voor de ponymest omdat de blanco's vrij zure pH-waarden hebben (gemiddeld pH H₂O = 5.5 en pH KCl = 4.7) en dat deze pH H₂O waarden althans voor 1 en 2.5 kg opklimmen tot 6.3 en 6.7 respectievelijk. Het experiment met de pony mest is uitgevoerd in het zuidelijk begrazingsblok dat gekenmerkt wordt door bodems met micropodzolisatie ter hoogte van de enclosure met pH H₂O waarden tussen 5.1 en 5.7 en tussen 4.3 en 5.0 voor pH KCl. Vanaf een 10-tal cm diepte komt kalkrijk zand voor en van zodra er enige bioturbatie optreedt vanaf het maaiveld tot aan de kalkrijke horizont wordt kalkrijk materiaal naar het oppervlak gebracht wat resulteert in een verhoging van de pH. Deze trend lijkt iets meer uitgesproken te zijn voor pH H₂O dan voor pH KCl, ook op het uitwisselingscomplex lijkt nog niet echt een verhoging aanwezig te zijn van Ca. Voor de paarden- en rundermest is er eveneens een verhoging maar in deze profielen is de bodem kalkrijk tot aan het oppervlak zodat de toename van de pH hier minder opvallend is.

K, Na en de afgeleide termen EPP en ESP nemen toe voor de drie mestsoorten in functie van tijd. Op te merken valt dat voor rundermest voor K (1 kg) en voor Na, EPP en ESP (1 en 2.5 kg) op het einde van het experiment de neiging heeft om weer af te nemen.

De fosforcomponenten reageren minder eenduidig. Pinorg en Ptot neemt duidelijk toe met factor tijd bij paardenmest, de andere componenten vertonen een eerder wisselend verloop. Opvallend is wel de daling die optreedt bij Pinorg en Ptot bij 5 kg op het einde van het experiment.

Een aantal parameters vertonen voor de drie mestsoorten rond dag 15 of dag 25 een plotse daling of toename. Bij paard zijn dat OM, N, CEC, K, Na, Porg, Ptot, Porg, bij rund vnl. OM en N en bij pony OM, N, CEC, K, Ca, Mg (parameters gecorreleerd met OM). Vermits deze daling of stijging bij de drie mestsoorten vastgesteld werd (op twee verschillende exclusures) kan dit geen toeval meer zijn. Een aantal processen die tegenstrijdige effecten op het OM-gehalte hebben spelen een rol. Het gehalte aan OM kan stijgen doordat rond de periode 15-25 dagen de bioturbatie door de bodemfauna sterker aanwezig is dan bij de vroegere of latere periodes. Bij de paardenmest is de bodemfauna-activiteit vnl. beperkt tot pissebedden dat vanaf dag 25 resulteert in een laagje van enkele mm's dik met een duidelijke kruimelstructuur. Bij rundermest waren op dag 15 en 25 heel duidelijk larven van kleine mestkeversoorten (*Aphodius* sp.) aanwezig; regenwormen waren vooral actief op dag 15, 25 en 40. Ook de kruimelstructuur werd geobserveerd vnl. op dag 40 en 80. Bij ponymest zijn het vnl. wormen die actief zijn op dag 15, 25 en 40. De larven van de mestkevers en de regenwormen brengen een deel van de mest in de bodem waardoor het gehalte aan OM kan stijgen. Waarom deze weliswaar kleine toename van OM gevolgd wordt door een daling van het OM-gehalte is niet heel duidelijk (mineralisatie van OM?).

Een ander proces dat in volgend hoofdstuk aan bod komt is de activiteit van de grotere mestkevers (*Geotrupes* sp.). Zij graven voor de aanleg van hun broedkamers diepere gangen waarbij minder humeus zand naar het oppervlak gebracht wordt. In een aantal gevallen worden

zandhoopjes geobserveerd naast de mesthoop zodat in dit geval het mogelijk is dat het OM-gehalte daalt. Bij de bemonstering werden echter deze zandhoopjes vermeden.

In paragraaf 9.2 werd de evolutie van de samenstelling van de mest bestudeerd. De analyse toonde aan dat factor tijd de belangrijkste factor is bij het beïnvloeden van de samenstelling van de mest. Voor de paardenmest zien we dat voor de chemische parameters uitgedrukt ten opzichte van droge stof (DS) er een negatieve (al dan niet significante) correlatie tussen tijd en OS/DS, P/DS, K/DS, Na/DS was, ten opzichte van de terreinhoeveelheden waren DSTerrein, OSTerrein, PTerrein, KTerrein, NaTerrein en MgTerrein significant negatief gecorreleerd met factor tijd. In de bodem zien we een toename van K, Na, Pinorg en Ptot met factor tijd (de andere parameters nemen niet significant toe). Voor rund en pony kunnen we op dezelfde manier nagaan of het verlies van een bepaalde nutriënt in de mest gecompenseerd wordt met een toename ervan in de bodem. voor de rundmest zijn er negatieve significante correlaties tussen tijd en OS/DS, K/DS, Na/DS, Mg/DS en tussen tijd en OSTerrein, DSTerrein, NTerrein, PTerrein, KTerrein, NaTerrein, CaTerrein, MgTerrein. In de bodem is er een significante correlatie voor K, Na en in mindere mate Pinorg. Wat betreft ponymest zijn er negatieve significante correlaties tussen tijd en P/DS, K/DS, Na/DS, DSTerrein, OSTerrein, NTerrein, PTerrein, KTerrein, NaTerrein, CaTerrein en MgTerrein. In de bodem is deze trend enkel significant positief voor K en Na. Het vergelijken van deze twee trends toont aan dat er vooral een transfer is van K en Na van de mest naar de bodem. Voor de andere parameters zoals o.a. P verloopt deze waarschijnlijk trager en minder duidelijk meetbaar.

Dit onderzoek werd uitgevoerd aan de hand van experimenten uitgezet op het terrein. Dit betekent dat de bemonsteringssites per mestsoort en voor de verschillende hoeveelheden dichtbij elkaar gelegen zijn. De proefvlakken hebben een oppervlak van 100-150 m² waarbij de mandjes met de mest op een onderlinge afstand van zo'n 70-80 cm op 2 lijnen elk zo'n 1 tot 1.5 m van elkaar uitgezet werden. De controles werden genomen in het begin van het experiment tussen de mandjes met de mest. Het voordeel hiervan is dat we de uitgangssituatie nauwkeuriger kunnen vastleggen dan bijvoorbeeld bij het verkennend onderzoek. Desondanks is er toch nog een variabiliteit van de oorspronkelijke bodemkenmerken van o.a. OM en N-gehalte. Indien men deze variabiliteit wil opheffen dan zou men kunnen gebruik maken van een uniforme testbodem.

Aan de hand van dit experimenteel opzet was het ook mogelijk om de hoeveelheid mest en de tijdsfactor exact in te schatten. Er werd uitgegaan van een vaste hoeveelheid verse mest onder de vorm van een mengmonster die iedere keer aangebracht werd op een zelfde oppervlakte. Het experiment liep zo'n 80 dagen maar de resultaten tonen aan dat op het einde van het experiment de invloed van de mest op de bodem nog niet beëindigd was. Ook werd dit experiment opgesteld op het einde van augustus 2002 onder de toen heersende klimatologische omstandigheden. In hoeverre deze opname representatief is voor een volledig jaar moet nog verder onderzocht worden.

10. INVLOED OP DE BODEM DOOR DE COPROFIELE FAUNA, MET SPECIALE AANDACHT VOOR GEOTRUPES SP.

10.1 INLEIDING

Een volwassen koe produceert dagelijks gemiddeld zo'n 12 mesthopen, met diameter 30 cm, dit wil zeggen dat dagelijks een oppervlak van 1 m² met een dikte van 5 cm met mest bedekt wordt (Gobat et al., 1998) en dus niet meer beschikbaar is voor het begrazen. (Onze schattingen van hoeveel mest er geproduceerd wordt door de grazers in de Westhoek worden voorgesteld in hoofdstuk 9.2). Excrementen van herbivoren trekken een grote verscheidenheid aan van coprofielen, vnl. insecten. Deze insecten voeden en planten zich dikwijls voort in de excrementen en veroorzaken aldus belangrijke veranderingen in de fysico-chemische kenmerken van de bodem. Het afbreken van de mest is van cruciaal belang voor de kwaliteit en ecologie van de graasweiden.

10.2 DE ROL VAN DE COPROFIELE FAUNA IN DE AFBRAAKSNELHEID VAN DE MEST

Tot de coprofiele gemeenschap behoren de Coleoptera (kevers) en Diptera (vliegen en muggen), Nematoda, Enchytraeidae, Lumbricidae, Acarina, Collembola (springstaarten).

In de literatuur worden naargelang de locatie van de studies sterk uiteenlopende waarden voor de afbraaksnelheid van mest teruggevonden (tabel 10.1).

Tabel 10.1 : Afbraaksnelheid van rundermest in de literatuur (Denholm Young, 1978 in Putman, 1983) (Gobat et al., 1998)

plaats	afbraaksnelheid (dagen)	auteur
Zwitserse Jura	60-240	Gobat et al. (1998)
Californië	360-1000+	Anderson & Merritt (1977)
UK	35-140	Bastiman (1970)
UK	114	Castle & MacDaid (1972)
UK	100-150+	Denholm Young (1978)
Canada (Brits Columbia)	up to years	MacQueen (1973)
Japan	300-450	Nakamura (1976)
New Zealand	up to 520	Weeda (1967)

Bovenstaande tabel toont aan dat er een grote variabiliteit bestaat in de afbraaksnelheid van de mest. De samenstelling van de mest op zich vertoont reeds grote verschillen, naargelang het individu (diersoort – ras – adult – lacterend – jong), opgenomen voedsel, seizoenen. Experimenteel onderzoek in Japan (Nakamura Y., 1975) toont aan dat het watergehalte in koeienmest een seizoenale variatie vertoont : het origineel watergehalte van de mest verzameld in de lente was hoger dan dat verzamelt in de herfst. MacDiarmid & Warkin (1972) toonden aan dat Jersey runderen in de zomer meer defaeceren en dat de consistentie van de mest minder vast was.

De tijd die nodig is om de excrementen af te breken is afhankelijk van de milieuomstandigheden (klimaat – microklimaat – bodem), het seizoen en de autochtone entomologie. Afbraaksnelheid van mest wordt bepaald door de aanwezigheid van regenwormen, mestkevers en verwerking en fysieke desintegratie door o.a. vogels (Denholm-Young, 1978; Dickinson et al., 1981, Holter 1979 en 1983 in Gittings, Giller & Stakelum, 1994; Marsh & Campling, 1970 in Holter, 1979).

De afbraaksnelheid van mesthopen in Denemarken in drie klimatologisch zeer verschillende zomers (1974-1975-1977) werd onderzocht door Holter (1979). In de vochtige zomers van 1974 en 1977 verdween de mest in 50 en 65 dagen respectievelijk. Vergeleken met andere cijfers hierboven vermeld, is de afbraaksnelheid in dit onderzoek vrij hoog. In de droge zomer van 1975 resteerde na 62 dagen nog steeds

65% van de mest. Het verschil in afbraaksnelheid wordt verklaard door de hoge regenwormactiviteit in de zomers van 1974 en 1977; in de droge zomer van 1975 viel de regenwormactiviteit bijna volledig weg maar was *Aphodius rufipes* zeer abundant.

Afbraaksnelheid van de mest wordt mede bepaald door het seizoen omdat de activiteit van de coprofagen varieert naargelang de weersomstandigheden. Tussen de seizoenen worden dan ook grote verschillen tussen afbraaksnelheden opgetekend. Bij een experimenteel onderzoek uitgevoerd in Ierland (Fermoy, County Cork) (Gittings, Giller & Stakelum, 1994) gedurende de late lente, zomer en herfst, was de meeste mest na verloop van 100 dagen verdwenen. In dit experiment was de regenwormbiomassa laag vanaf midden juli tot midden september, wanneer het weer warm en droog is. Regenwormen hadden de grootste inbreng voor de afbraak van mest; indien de regenwormactiviteit stilligt door klimatologische omstandigheden dan wordt de afbraaksnelheid van de mest bepaald door de verschillen in de aantallen van de larva van mestkevers. De studie van Hirschberger & Bauer (1994) bevestigt dat regenwormen (*Lumbricus rubellus* en *Aporrectodea caliginosa*) een belangrijke groep organismen zijn die een rol spelen bij de afbraak van schapenmest. In droge warme zomer (1991) was de activiteit van wormen gering wat leidde tot een geringe afbraak van de mest. Ook de activiteit van de andere coprofiele fauna was laag. In de lente en de herfst met lagere temperaturen en hogere vochtigheid verdween de mest aan een sneller tempo. In herfst verdween de meeste mest bij de aanwezigheid van regenwormen en insecten, het minst indien enkel de insecten actief waren (uitsluiten van de regenwormen). Ook Holter (1977) heeft aan de hand van experimenteel onderzoek het belang van regenwormen (*Lumbricus terrestris*) en mestkvers (*Aphodius rufipes*) aangetoond. In de controle (mesthoop op zand zonder toevoeging van regenwormen noch mestkevers) ging ongeveer 16% OM per mesthoop verloren door het metabolisme van bacteriën, schimmels en andere bodemfauna. In de tweede situatie, mesthoop op zand met toevoeging van *Aphodius* larven werd berekend dat per larve een gemiddeld verlies aan OM van 0.62 g bedraagt. In het geval van de mesthoop op bodem (9.5% OM) wordt geraamd dat er 0.75g OM/ g regenworm verdwijnt door regenwormactiviteit. Het asgehalte in de mesthoop neemt toe omdat de regenwormen mineraal materiaal naar het oppervlak brengen. In het vierde geval van de mesthoop op bodem (9.5% OM) waarbij larven van *Aphodius* en regenwormen toegevoegd worden blijkt dat de activiteiten van regenworm en *Aphodius* samen een additief effect hebben zonder interacties.

Een overzicht van de meest courante antiparasitaire producten (avermictines, benzimidazolen, tetrahydropyrimidines en imidazothiazolen) wordt gegeven in Struyve (2002). Slechts een gedeelte van de ontwormingsmiddelen wordt gemetaboliseerd in het lichaam. De rest wordt uitgescheiden via de urine of de mest. Van de vier grote groepen ontwormingsmiddelen vormen de avermictines het grootste gevaar voor de coprofiele fauna. De residu's van de avermictines blijven in de mest lang werkzaam en zorgen zo voor een grote sterfte onder en/of verlaging van de fecunditeit van de coprofiele fauna. Hierdoor zal de mest trager afbreken. Op de regenwormen zou er nauwelijks een effect zijn, alhoewel dit tegengesproken wordt in Gunn & Sadd (1994); ze worden dan de belangrijkste macroinvertebraten voor de mestafbraak (Struyve, 2002).

Om de gezondheid van het vee te garanderen worden de dieren in de Westhoek en Houtsaegerduinen één maal per jaar behandeld met ontwormingsmiddelen. Voor zover is kunnen nagaan, werden op 16 en 17 oktober 2001 aan de pony's in het zuidelijk begrazingsblok van de Westhoek en aan de runderen en de paarden in het noordelijk begrazingsblok oraal een dosis Horsemint toegediend. De ezels in de Houtsaegerduinen werden ontwormd op 23/10/2001 en 17/3/2003. Waarschijnlijk werden ook ontwormingsmiddelen toegediend in 2002 en 2003 maar hiervoor moet men de werkregisters van de arbeiders nakijken (mond. mededeling Marc Leten). In de herfst van 2003 werden de paarden en runderen uit het noordelijk begrazingsblok van de Westhoek in quarantaine geplaatst op de Koekuit hoeve en werden zwaardere ontwormingsmiddelen (ivermectine) aan de dieren toegediend.

10.3 KOLONISATIE EN EVOLUTIE VAN DE MEST

Coprofiele fauna speelt een essentiële rol in de mechanische afbraak van de mest, maar ook uitloging, cryoturbatie, evaporatie en gas circulatie dragen hiertoe bij (Gobat et al., 1998). Bacteriën en paddestoelen zijn meer efficiënt bij de biochemische transformatie van de fecale materie, maar hun actie is nog slecht gekend.

Gobat et al. (1998) onderscheidt 8 stadia bij de afbraak van de excrementen :

fase 1 : Sphaeridiinae (afval- en mestbewoners - onderfamilie van de Hydrophilidae (spinnende watertorren)) zijn de eersten die de mest binnendringen, ze leven er in een quasi aquatisch milieu. De Diptera (vliegen en muggen)(Calliphoridae (Aasvliegen), Muscidae (Huisvliegen), Psychodidae (Motmugjes), Sarcophagidae (Vleesvliegen), Scatophagidae en Sepsidae (Strontvliegen)) volgen onmiddellijk. Ze leggen een groot aantal eieren onder het oppervlak van de mesthoop. De eieren en de larven van de Diptera vormen het voedsel voor de Staphylinidae (Kortschildkevers).

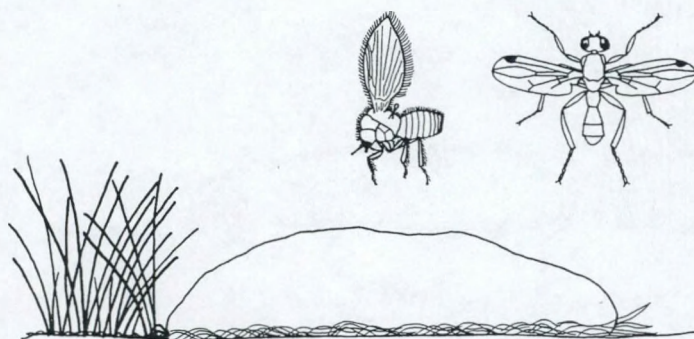


Fig. 10.1a : Evolutie van een rundermesthoop, fase 1 (Gobat et al., 1998)

fase 2 : Al snel vormt zich een korst aan het oppervlak van de mesthoop. Dit verhindert dat de Diptera nog eieren in de mesthoop kunnen leggen. Door de bewegingen van de Hydrophilidae wordt zuurstof binnen de mesthoop gebracht zodat de Diptera larven kunnen overleven.

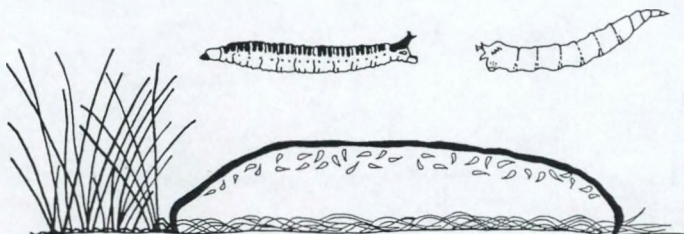


Fig. 10.1b : Evolutie van een rundermesthoop, fase 2 (Gobat et al., 1998)

fase 3 : De Hydrophilidae (Echte waterkevers) zijn nog steeds in grote getale aanwezig. Door hun activiteiten worden ronde gaten in de korst gemaakt. De Histeridae (Spiegelkevers) predateren op de larven van de Diptera. De mesthoop wordt evenens gekoloniseerd door de Ptiliidae (kevers, Vedervleugeligen). Door de actie van de Hydrophilidae en de Histeridae verbetert de aeratie en versnelt de evaporatie. Nieuwe Diptera leggen eieren in de galerijen van de Coleoptera. De Ptiliidae worden aangetrokken door de ontwikkeling van mycelium.

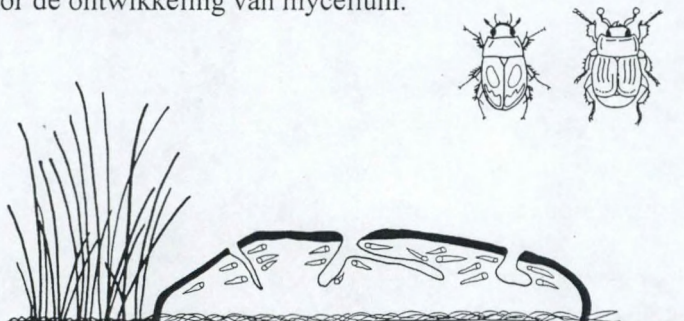


Fig. 10.1c : Evolutie van een rundermesthoop, fase 3 (Gobat et al., 1998)

fase 4 : aankomst van de Scarabaeidae (Bladsprietkevers) : zij kneden de fecale materie, voeden zich ermee, begraven ze onder de hoop of, zoals in onder andere Mediterrane gebieden, exporteren de mest onder vorm van bollen. Door deze activiteiten wordt dan ook een gedeelte van de Diptera larven vernietigd. In de overgangszone tussen bodem en mesthoop, verschijnen de epigene regenwormen (strooisel- of compostwormen).

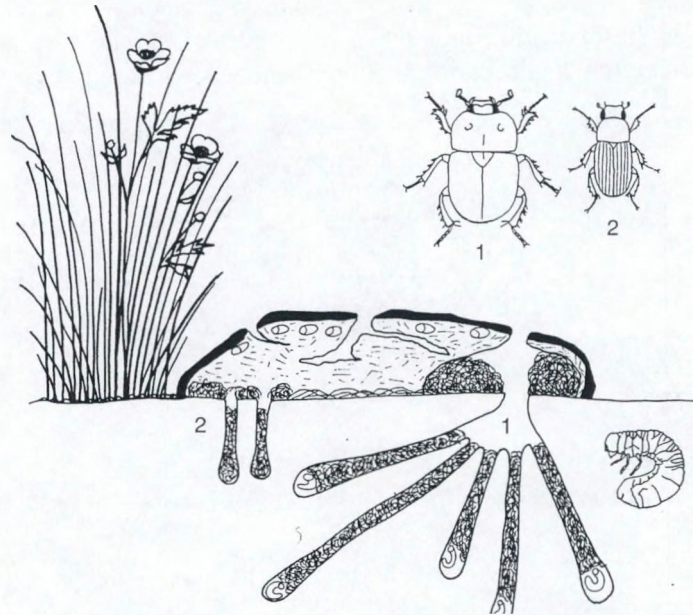


Fig. 10.1d : Evolutie van een rundermesthoop, fase 4 (Gobat et al., 1998)

fase 5 : Een groot aantal microcoleoptera en larven van Diptera koloniseren de mesthoop; het aantal compostwormen neemt toe en de vanaf de onderzijde van de hoop doen de diepborende wormen (anécique)(bodemwoelers) zich te goed aan de mest.

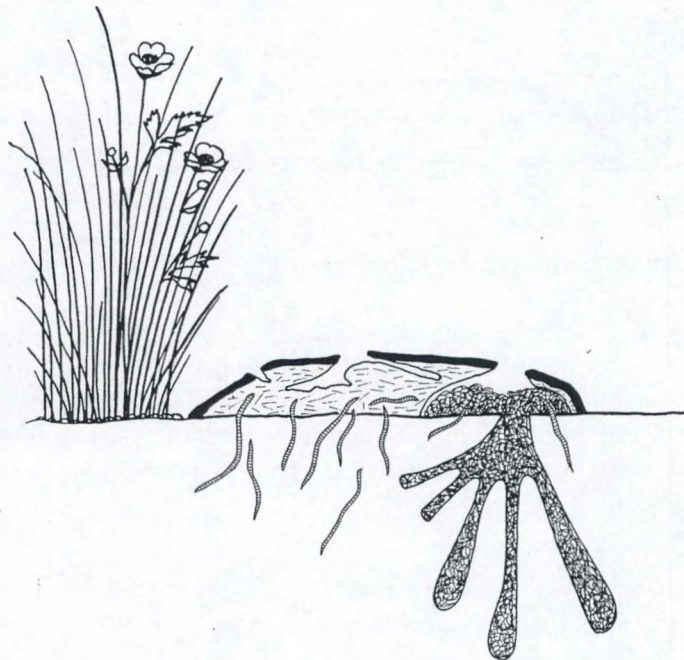


Fig. 10.1e : Evolutie van een rundermesthoop, fase 5 (Gobat et al., 1998)

fase 6 : De hoop vormt een aantrekkingspunt voor de vogels. Dikwijls gaan Corvidae (kraaiachtigen) op zoek naar larven en regenwormen en hierbij wordt de hoop verder gefragmenteerd.

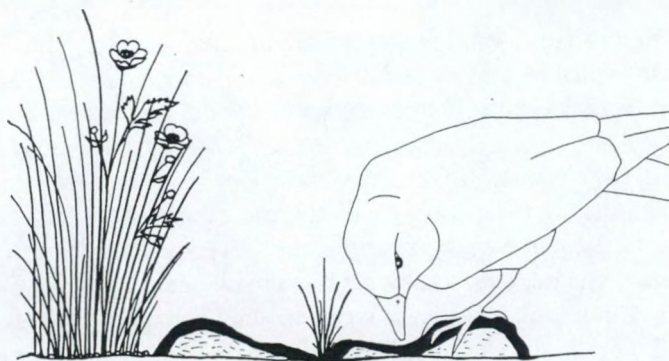


Fig. 10.1f : Evolutie van een rundmesthoop, fase 6 (Gobat et al., 1998)

fase 7 : De regenwormen voltooien het begraven van de mest.

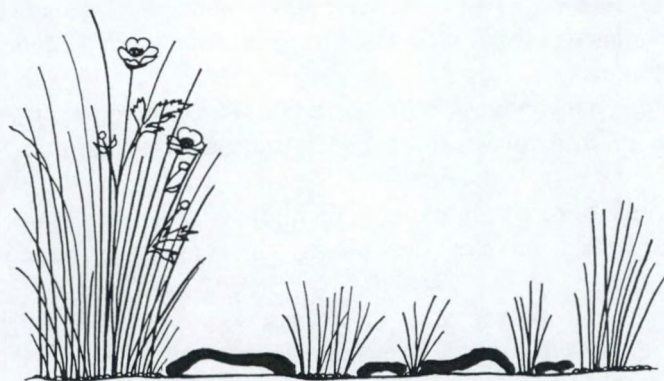


Fig. 10.1g : Evolutie van een rundmesthoop, fase 7 (Gobat et al., 1998)

fase 8 : De vegetatie koloniseert opnieuw de plaats van de mesthoop.

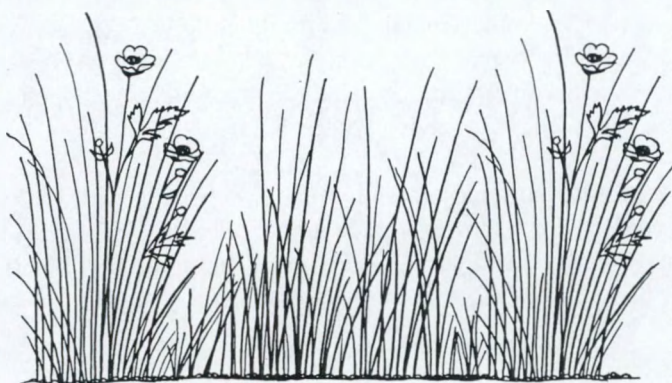


Fig. 10.1h : Evolutie van een rundmesthoop, fase 8 (Gobat et al., 1998)

De mesthopen worden zoals hierboven beschreven in de eerste plaats gekoloniseerd door de insecten (die in dit stadium de belangrijke afbrekers zijn) maar na 7-11 dagen worden de regenwormen de belangrijkste afbrekers (Holter, 1979; Hendrikson, 1991a).

10.4 ACTIVITEITEN VAN DE COPROFIELE FAUNA

Twee orden binnen de insecten zijn goed vertegenwoordigd binnen de mesthopen namelijk deze van de Diptera (vliegen) en de Coleoptera (kevers). De coprofiele kevers kunnen ingedeeld worden in drie groepen : coprofagen, carnivoren en fungivoren (Struyve, 2002).

De coprofagen binnen de Coleoptera worden – in volgorde van kolonisatie van de mesthoop - vooral vertegenwoordigd door Hydrophilidae, sommige soorten Staphylinidae, Histeridae en de Scarabaeidae. In deze studie gaat de grootste aandacht naar de familie van de Scarabaeidae (Bladsprietkevers) omdat zij de meest efficiënte mestafbrekende kevers zijn en hun invloed op de bodem groot is.

De Scarabaeidea worden verder opgedeeld in families waarbij de Geotrupidae en de Scarabaeidae in dit onderzoek de belangrijkste zijn. Bij de Geotrupidae zal onze aandacht vooral uitgaan naar de Geotrupes soorten. Binnen de Scarabaeidae komen twee belangrijke mestkever-genera voor, de Copris en Aphodius. De kleine Aphodius is dominant en coëxisteert dikwijls met enkele Geotrupes sp (Geotrupidae) (Hanski & Cambefort chapter 5). De coprofiele fauna bestaat uit diverse mengelingen van mestkevers en mestvliegen die gepredateerd worden door honderden predatoren en parasitaire mijten, kevers, vliegen wesp.

Gesteund op hun impact op de bodem en hun gedrag kan men 3 ecologische groepen onderscheiden (Bornemissza (1969) in Brussaard, 1983 *Reproductive behaviour and development of dung beetle Typhaeus typhoeus*. Tijdschrift voor Entomologie, 126, 203-231) :

- 1) Endocoprids : levenscyclus van ei tot larve heeft plaats in de mest op het bodemoppervlak, of een deel van hun levenscyclus wordt doorgebracht op enkele cm diep in de bodem. Hiertoe behoren de Scarabaeidae-Aphodiinae
- 2) Telecoprids : maken een bal van mest, rollen deze iets verder en begraven ze oppervlakkig. De mestbal dient als voedselbron voor de larve. Een voorbeeld hiervan zijn de Scarabaeidae-Scarabaeinae.
- 3) Paracoprids : graven een diepe galerij onder of dichtbij de mesthoop; een deel van de galerij is opgevuld met voedsel voor de larve en deel is terug opgevuld met grond, bijv. Geotrupidae.

De kevers van dit laatste type, en dan voornamelijk de grootste soorten, hebben de grootste impact op de bodem omdat ze diepe galerijen graven en grote hoeveelheden mest onder de grond brengen. In onze streken zijn dat vnl. kevers van de Geotrupini die belangrijk zijn.

Cambefort & Hanski (1991)(in Hanski & Cambefort, 1991 – p.36) noemen bovenstaande groepen respectievelijk de “dwellers”, “rollers” en “tunnelers”.

De dwellers vormen het grootste deel van de coprofage soorten in de subfamilie Aphodiinae en tot het genus Aphodius. De Aphodius soorten vertonen een eenvoudige broedbiologie zonder dat er seksuele coöperatie en nestconstructie aan te pas komt. De gehele ontwikkeling van Aphodius (ei – larve – pop) grijpt plaats in de mesthopen. De adulten van de meeste soorten komen voor in verse tot relatief verse mesthopen, de traag ontwikkelende larven zijn het gemakkelijkst te vinden in hopen die enkele weken oud zijn, wanneer de meeste insecten de mesthoop reeds verlaten hebben.

De meeste soorten Aphodius zijn klein, minder dan 10 mm lang. Ze vertonen een hoge fecunditeit (in de orde van 100 of meer eieren) en de meeste soorten van de gematigde streken hebben 1 generatie per jaar. Er is veel variatie in de hibernatiestadia die ei, larve of prepup of adult kan zijn. De typische ontwikkelingsstijd bedraagt 3-58 dagen voor de eieren, 4-6 weken voor de larven, 1-4 weken voor de poppen.

Habitat van de Aphodius larven is zeer onstabiel. Op het einde van de zomer, wanneer Aphodius rufipes actief is, duurt het ongeveer 2 maanden vooraleer dat de mesthoop van het rund niet meer geschikt is voor de ontwikkeling van de larven. Deze omstandigheden vereisen dat de gehele larvale ontwikkeling zich voltrekt in een 6-tal weken. De energie voor deze ontwikkeling wordt bekomen door een hoge snelheid van voedselopname die compenseert voor de lage assimilatie efficiëntie vergeleken met dat van herbivoren of predatoren (Holter 1974). De larven zijn “bulk feeders” en eten de mest op een onselectieve manier (Holter, 1973). De dagelijkse voedselopname door Aphodius rufipes L. larven bedroeg 380-530% droog lichaamsgewicht in instar II en 175-300% gedurende de eerste twee weken van instar III. Gezien mest vnl. bestaat uit onverteerde plantenresten is het relevanter hun assimilatie efficiëntie te vergelijken met dat van bodemfauna dat leeft op strooisel. De waarden van Aphodius liggen nabij de laagste waarden voor de detritus eters. De zwakke assimilatie van het voedsel is dan ook in overeenstemming met de snelle doorgang van het voedsel doorheen het voedingskanaal (2-4 uur).

De “nesters” waartoe de “tunnelers” en de “rollers” behoren (resp. de Geotrupinae en Coprinae/Scarabaeidae) maken in ondergrondse nesten broedballen of broedkamers. De constructie van de nesten gebeurt in de volgorde : localisatie van het voedsel (dwz mesthoop), paarvorming, constructie van het nest, het nest opvullen met mest, vormen van een mestbal of broedkamers, het leggen van de eieren, verdedigen van de broedbal of broedkamers tijdens de ontwikkeling van de larven. Gedurende de ontwikkeling van de larve, consumeert hij de broedkamer of -bal van binnenuit. De excrementen van de larve worden gedeeltelijk opnieuw opgegeten en gedeeltelijk opgeslagen in het terminale deel van de ingewanden. Op het einde van zijn ontwikkeling maakt de larve een “popkamer” waarbij hij zijn excrementen gebruikt. De nieuwe adult blijft in zijn broedkamer totdat de wand van de “popkamer” zachter geworden is door bijvoorbeeld toenemende bodemvochtigheid.

De subfamilie van de Scarabaeinae vormt de groep van de rollers. De broedbal wordt over een min of meer grote afstand van de mesthoop weggerold vooraleer de broedbal op een geschikte plaats begraven wordt. De noordelijke gematigde streken worden gekenmerkt door de afwezigheid van Scarabaeinae – mestkevers ss. België kent slechtss één soort roller, nl. *Sisyphus schaefferi*, die enkel op de kalkgronden in het zuidoosten van ons land wordt aangetroffen (Janssens, 1960 in Struyve, 2002).

In deze studie zijn – wat betreft het aspect bodem - de tunnelers het meest interessant : onder de mesthoop worden tunnels gegraven voorzien van broedkamers. Hiertoe behoren de Geotrupinae en de Coprinae van de Scarabaeidae. De belangrijkste vertegenwoordigers van de tunnelers in België zijn de genera van *Geotrupes*, *Typhoeus*, *Onthophagus* en *Copris* (Struyve, 2002). Binnen de tunnelers onderscheidt men de grote en kleine tunnelers.

Tabel 10.2 : Verschillen tussen de grote en kleine tunnelers

kleine tunnelers	grote tunnelers
kleiner dan 13 mm in lengte	groter dan 13 mm in lengte
meestal diurnaal	meestal nocturnaal
Oniticellini, Dichotomiini, Onthophagini	Coprini, Phanaeini, Onitini en enkele Dichotomiini, sommige Geotrupinae
	lagere fecunditeit dan bij de kleine
maken ondiepe nesten met talrijke broedsels	diepe nesten met minder broedkamers
weinig maternale verzorging	maternale verzorging
beperkte levensduur (minder dan 1 jaar)	leven meestal langer dan 1 jaar

De nesten van de Geotrupinae zijn de meest primitieve, bestaande uit een eenvoudig hol gevuld met mest; de broedkamers hebben de vorm van een worstje en bevatten gewoonlijk één ei. Een aantal nesttypes kunnen onderscheiden worden en worden toegeschreven aan bepaalde taxa. Toch kan er een grote variatie optreden binnen één enkele taxa, afhankelijk van de textuur en vochtigheid van de bodem.

Geotrupinae subfamilie zijn relatief grote kevers : typisch 20-30 mm in lengte en ze graven diepe gangen (tot 270 cm) onder of nabij de mesthoop. Er worden verschillende broedkamers gemaakt, die voorzien worden van voedsel dat normaal gezien verzameld wordt door het mannetje en ondergronds verwerkt wordt door het vrouwtje. De levenscyclus is beëindigd in 1 tot 2 of meer jaren. De meeste Europese *Geotrupes* zijn coprofagen, sommige kunnen broedballen maken van beschimmeld bosstrooisel. Het is opmerkelijk dat locale assemblages van *Aphodius* dikwijls uit 15 to 20 soorten bestaat, er zijn meestal slechts 1 of enkele coëxisterende coprofage Geotrupinae.

Sommige *Aphodius* zijn kleptoparasitisch : ze broeden in de broedballen of kamers van de Scarabaeidae en Geotrupidae. Een aantal soorten van de mestkevers zijn kleptoparasieten (Paulian, 1943) en gebruiken een deel van de voedselvoorraad aangelegd door andere soorten. Voorbeelden worden gevonden bij de Aphodiinae (parasiteren op de Geotrupinae) en de Coprinae.

10.4.1 ACTIVITEITEN VAN DE COPROFIELE FAUNA IN DE BODEM

De grote diversiteit in nest architectuur in de Scarabaeidae mestkevers is gebonden aan de tendens van toenemende ouderlijke zorgen en afnemende vruchtbaarheid in de meest geëvolueerde taxa, maar competitie voor ruimte kan een andere reden zijn voor de ontwikkeling van de verschillende nesttypes.

Doordat verschillende soorten gebruik maken van verschillende dieptes in de bodem onder de mesthoop, vermindert de interspecifieke (tussen de verschillende soorten) competitie ten opzichte van intraspecifieke competitie (binnen één dezelfde soort).

De belangrijkste activiteiten van coprofiele fauna in de bodem wordt uitgeoefend door de tunnelers. Tunnelers bezitten twee essentiële voorwaarden voor succesvol broeden (Hanski & Cambefort, 1991) : voedsel voor de larven en een ruimte in de bodem, onder de mesthoop om hun nest het construeren. Het voortplantingsgedrag bij de tunnelers bestaat uit het graven van een tunnel, die toegang verleent tot verschillende broedkamers gevuld met mest. De broedkamers worden verzegeld met bodemmateriaal (fig. 10.2). Er is ook een grote variatie in de localisatie van het nest in functie van bijvoorbeeld bodemvochtigheid en bodemtype waarop verschillende soorten op verschillende manier reageren. Het bodemtype heeft enkel een indirect effect op de meeste van de dwellers die hun gehele levenscyclus spenderen in de mesthoop. Bodemtype is echter wel belangrijk voor de tunnelers en de rollers. Tunnelers zijn gespecialiseerde gravers en hun morfologie is duidelijk aangepast voor het graven. De rollers hebben een dilemma omdat zij twee taken moeten kunnen uitvoeren : het maken en het rollen van een mestbal en erna het begraven. De morfologie van de kevers suggereert dat rollers meer te lijden hebben van bodems die moeilijk te bewerken/graven zijn

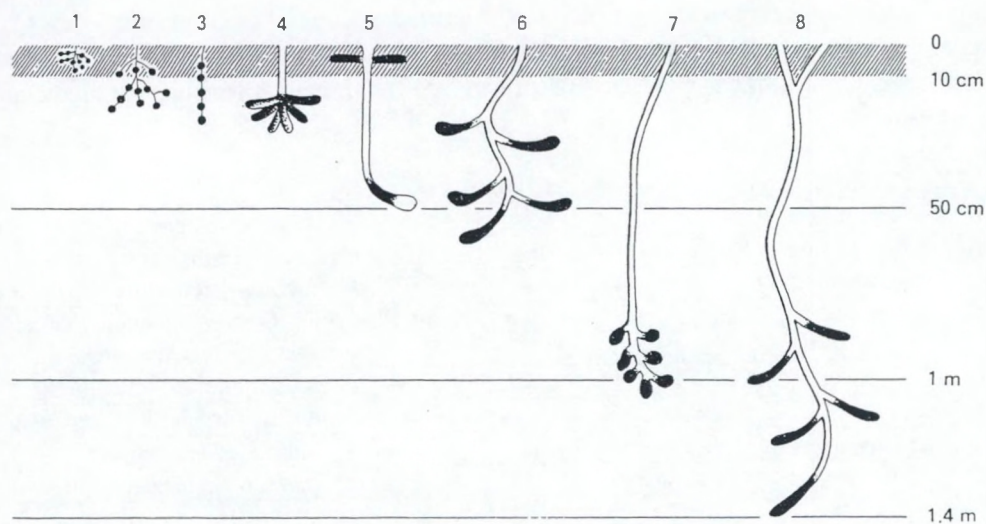


Fig. 10.2 : Broedgangen van de mestkevers. 1-3 *Onthophagus*-soorten, 4-6 *Geotrupes*-soorten, 7 *Lethrus apterus*, 8 *Typhoeus typhoeus* (naar Harde & Severa, 1982)

Typhaeus Typhoeus of de driehoornmestkever

Typhaeus Typhoeus (TT) of de driehoornmestkever (Coleoptera, Geotrupidae) werd in detail onderzocht door Brussaard (1983). In Nederland komt TT voor in zandige gebieden met een open tot halfopen heidevegetatie, langs paden, open plaatsen in dennenbos. In de kustduinen noch op de Waddeneilanden werd TT tot nu toe aangetroffen. Ook langs de Vlaamse kust werd TT nog niet aangetroffen (Struyve, 2002) maar wel op de Schobbejakshoogte (overblijfsel van een heide- en stuifzandgebied te St.-Kruis, Brugge). TT maakt vooral gebruik van mest van vnl. konijn maar ook mest van schaap, hert en ree. Habitat selectie is afhankelijk van schaduw, vegetatie structuur, hoeveelheden mest op de bodem. Op open terreinen komen meer mestkevers voor bij schaarse vegetatie dan bij dichte vegetatie, ook zijn er meer mestkevers indien er meer uitwerpselen zijn van konijnen (Brussaard & Slager, 1985).

Het meest opvallende, maar tijdelijke verschijnsel zijn de kleine zandhoopjes aan het oppervlak zo'n 5 cm hoog en 10-15 cm in diameter. Deze hoopjes ontstaan wanneer de kevers een galerij maken voor hun nesten. Indien het profiel gekend is, geeft het opgegraven zand een indicatie voor de diepte van de galerij. Er werd een gemiddelde van 7 hoopjes teruggevonden op 37 proefvlakken van 25 m² begroeid met heide met schaarse begroeiing en lage vegetatie: het maximaal aantal was 40. Op twee andere proefvlakjes resulteerde dit in 120±22 g (n=14) en 163±83 g (n=8) materiaal dat naar het oppervlak getransporteerd werd. Na extrapolatie betekent dit zo'n 2800 zandheuveltjes per ha en tussen de 266 en 457 kg/ha (Brussaard & Runia, 1984).

De TT graaft tot 1 meter, soms iets dieper (Brussaard & Runia, 1984). De diameter van de gangen voor deze soort bedraagt $14.2 \text{ mm} \pm 0.7$ ($n=12$). Bij TT is het maken van een nest dat bestaat uit een verticale schacht die verder al dan niet kan opgedeeld worden in meer horizontaal georiënteerde tunnels, een gemeenschappelijke activiteit van het vrouwtje en het mannetje. Vooral bij de diep gravende soorten is er een nauwe samenwerking tussen de partners. Bij de ondiepe tunnelers zoals *G. spiniger*, *G. Stercorarius* doet het mannetje niet meer dan het verwijderen van wat zand aan de ingang (Brussaard, 1983). Bij TT worden eerst de diepste broedkamers aangelegd, en wordt er naar boven toe gewerkt. Na het graven van de galerij wordt er mest vanaf het oppervlak in de bodem gebracht, tot in de broedkamer als voedsel voor de larve – een soort worstje van mest wordt gevormd. Uiteindelijk wordt het worstje afgedekt met zand. Opvolstructuren in galerijen komen voor wanneer de nieuwe adulten hun weg naar boven graven; de rest van de gang blijft open over een gemiddelde afstand van 40 cm. Zo kan het aantal open galerijen op een diepte van 15 cm tot $50/\text{m}^2$ bedragen, dit is dus veel hoger dan het aantal zandhopen nabij het oppervlak.

Onitis (Onitini – Scarabaeidae) kevers zijn 15-20 mm lang en vormen tunnels en nesten vlak onder de meshopen (paracoprid). De nestvorming van 12 soorten *Onitis* werd onderzocht door Edwards & Aschenborn (Zuid-Afrika, 1987). De diepte waarop het nest voorkomt, de constructie van het nest en de hoeveelheid mest die in de bodem gebracht wordt, verschilt van soort tot soort. Vijf groepen van nestvormen worden onderscheiden :

- 1) broedkamers met 1 ei, zeer ondiep (*O. vridulus*, *O. picticollis*, *O. pecuarius*)
- 2) grotere diepte van de broedsels (*O. fulgidus*, *O. obscurus*)
- 3) nesten bestaan uit afzonderlijke worstjes met 2 of 3 eieren; eieren worden in licht opgeheven 'cups' (holtes) afgezet, in de uitstulpingen weg van de belangrijkste massa van de mest. Zo'n constructie zou de aeratie verbeteren voor het ei en de larven (*O. alexis*, *O. perpunctatus*, *O. caffer*)
- 4) nesten van lange worstjes die veel eieren bevatten; binnen de worstjes is er geen afscheiding tussen de verschillende broedsels (*O. aygulus*, *O. tortuosus*)
- 5) soorten begraven snel alle mest nodig voor het nest, dikwijls gebeurt dit 's nachts; dan sluiten ze zich af van de meshoop en gaan ze door met de nestvorming → cfr. *Coprini* sp. (*O. deceptor*, *O. uncinatus*)

Onitis soorten werden niet aangetroffen langs de Vlaamse kust (Struyve, 2002).

Onthophagus

De kevers graven paarsgewijs broedkamers. De nestgangen zijn soortspecifiek en hebben een diepte van 4-20 cm. Ze bestaan uit een hoofdgang van waaruit verschillende nevgangen vertrekken. In deze gangen worden broedkamers aangelegd : hierin wordt mest opgeslagen en in elk van de broedproppen wordt een ei afgezet. Het werk wordt voornamelijk door het wijfje verricht, het mannetje verleent assistentie door het wegwerken van losse aarde of het aanvoeren van mest in de broedkamers (Harde & Pfletschinger, 1979; Harde & Severa, 1982).

Onthophagus vacca, bestudeert in de Camargue (Harde & Severa, 1982), graaft tunnels tussen 5 en 10 cm diep en worden opgevuld met 10 to 15 mm mest. *Onthophagus emarginatus* graaft zeer ondiepe tunnels, 2 tot 5 cm diep.

Eén *Onthophagus* met name *O. fracticornis* werd teruggevonden in zowel de Houtsaegerduinen als in de Westhoek. Deze soort komt vooral voor in jonge mest van paardachtigen (Struyve, 2002).

Geotrupes

Geotrupes soorten komen voor op de mest van planteneters. Voor het broed graaft een paartje onder de mest een 40-60 cm diepe schacht in de grond van waaruit 4-6 dwarsgangen ontspringen. In de dwarsgangen worden broedkamers aangelegd waarbij telkens 1 ei wordt afgezet en de gang volgepropt wordt met mest. Hiervan leven de opgroeiende larven; de kevers voeren zo veel mest aan dat van het larvenvoedsel nog iets over blijft. De pas uit de pop gekomen kever graaft zich door dit voedselrestant naar buiten. Buiten de broedkamers leggen de kevers ook nog voorraadgangen aan (Harde & Severa, 1982), ze begraven gewoonlijk veel meer dan ze ooit gebruiken (Chinery, 1975).

Bij *Geotrupes spiniger* reikt de diepte van de schacht 25-30 cm (Lumaret, 1980 in Brussaard p. 11) en worden broedkamers van gemiddeld zo'n 100 mm lang gemaakt (75-130 mm). Broedkamers in zowel losse als compacte bodems vertonen een min of meer constante lengte. Gedurende de eerste fase, die zo'n 12 uur duurt, wordt de broedkamer uitgegraven. Een volgende 12 uur zijn nodig (fase 2) om de

broedkamer te vullen met mest. Een kort verticaal uiteinde van 20 tot 50 mm lang verbindt de horizontaal geörienteerde broedkamer (mestworstje) met de verticale schacht. In de top van de broedkamer wordt een kleine holte voorzien waar het ei gelegd wordt. Nadat een broedkamer afgewerkt is, wordt met een propje bodemmateriaal de broedkamer afgesloten (fase 3) en wordt onmiddellijk gestart met een volgende broedkamer op een iets hoger niveau (Klemperer, 1979). Het verzegelen van een broedkamer is in feite niet zozeer gericht op het afsluiten van een broedkamer maar is eerder het resultaat van het stockeren van bodem bij de constructie van een nieuwe broedkamer. Dikwijls werd er nog een volledige broedkamer uitgegraven alhoewel er geen mest meer voorhanden was. *Geotrupes stercorosus* (Harde & Pflöschinger, 1979) graaft een 30-60 cm diepte nestgang onder mesthoop met zijgang waarin mest wordt gebracht voor de larven; behalve de broedruimte maakt hij ook voorraadgangen op een diepte van 7-8 cm en brengt daarin mest en materiaal dat met mest besmeurd is.

Twee soorten *Geotrupes*, *G. spiniger* en *G. niger* worden – na de recente herintroductie van begrazing - teruggevonden in de Westhoek en Houtsaegerduinen (Struyve, 2002). *Geotrupes spiniger* is een zeer goede vlieger en is niet aan bepaalde grondsoort gebonden. *Geotrupes niger* heeft een voorkeur voor konijnenmest (Janssens, 1960) waardoor hij makkelijk kan overleven zonder grote grazers. Vroeger zouden langs de kust *Geotrupes vernalis* en *Geotrupes niger* vrij algemeen voorkomen. *Geotrupes vernalis* zou van juni tot oktober moeten te vinden zijn maar momenteel komt deze soort niet meer/nog niet voor in de onderzochte duingebieden (Struyve, 2002).

Aphodius

Deze mestkevers zijn meestal klein 5-8 mm. Ze leggen hun eitjes meteen in de mest, graven geen gangen en leggen geen broedkamers aan in de bodem (Harde & Pflöschinger, 1979; Harde & Severa, 1982). *Aphodius* sp. zijn vooral actief in het onderste deel van de mesthoop waarbij ze belangrijke hoeveelheden mest mengen met de bodem. *A. fimetarius* zou zo'n 35 mg drooggewicht mest/individueel dag met de bodem mengen (Breyer, 1974 in Holter 1979).

Verschillende *Aphodius* soorten werden teruggevonden in Houtsaeger en/of Westhoek *Aphodius foetens*, *A. foetidus*, *A. fimetarius*, *A. fossor*, *A. haemorrhoidalis*, *A. rufus*, *A. rufipes*, *A. ater* (Struyve, 2002). In het Westhoekreservaat komen *A. haemorrhoidalis* en *A. rufus* vooral voor op jonge rundermest. Ook *Aphodius fossor* en *A. fimetarius* zijn typisch voor rundermest. *A. rufipes* heeft een voorkeur voor rundermest maar komt ook nog in de mest van paardachtigen voor. In de Houtsaegerduinen, die enkel begraaasd worden door ezels komen *Aphodius*-soorten nauwelijks voor.

10.4.2 INVLOED VAN ABIOTISCHE FACTOREN OP MESTKEVERACTIVITEIT

Brussaard, L. & S. Slager (1985) onderzochten de invloed van schijnbaar soortelijk gewicht en bodemvochtigheid op habitat selectie van de TT mestkever. In de studie van Lumaret (1979) zijn de meest doorslaggevend bodemfactoren voor de spreiding van de coprofage Scarabaeidae in het algemeen en T.T. in het bijzonder in volgorde van toenemende belangrijkheid bodemtemperatuur (minst), aard van het moedermateriaal, bodemvochtigheid gedurende reproductieve periode, schijnbaar soortelijk gewicht en textuur (meest). Lumaret specificeert niet verder wat hij precies bedoelt met de natuur van het moedermateriaal en in hoeverre deze factor verschilt van schijnbaar soortelijk gewicht en textuur.

De grootste verschillen in bodemtemperatuur worden teruggevonden binnen één profiel. Vermits dieper dan 40 cm waar de larven van TT zich ontwikkelen, de dagelijkse temperatuurverschillen in goed gedraineerde bodems zeer klein zijn, wordt aangenomen dat bodemtemperatuur weinig invloed heeft op de reproductie van T.T.

T.T. komt in Nederland enkel voor op zandige of lemig-zandige bodems; er is niet uitgemaakt of de afwezigheid van T.T. op organische bodems of op kleigronden te maken heeft met de textuur op zich, of indien het te wijten is aan de dikwijls hoge grondwaterstanden gedurende de winter of aan het intensieve bodemgebruik van deze bodems.

Op het terrein werd een kritische schijnbaar soortelijk gewicht (SSG) vastgesteld van 1.4 g/cm³; bij lagere waarden werden minder broedkamers en eikamers gemaakt waarschijnlijk omdat de kevers meer tijd nodig hebben om de broedkamers te verstevigen en aan te stampen. Bodemvochtigheid beïnvloedt de

diepte waarop de broedkamers voorkomen : bij hogere waterstanden komen de broedkamers voor op geringere diepte.

Zowel hoge als lage bodemvochtigheid heeft een effect op de overlevingskansen van de eieren en larven. Op de nattere plaatsen waren er minder levende larven in de broedkamer aanwezig (> 20% vol. vocht), grote droogte door bijv. weinig neerslag gedurende de ontwikkelingsstadia van de larven en/of eieren leidt tot het voortijdig afsterven ($pF > 2.7$, d.w.z. droger dan veldcapaciteit, $pF=2.5$).

Bij de het onderzoek van de Onitis soorten stelden Edwards & Aschenborn (1987) vast dat bodemtype en vochtgehalte bepaalt op welke diepte de nesten voorkomen. *O. caffer* nesten komen in vochtige bodems dubbel zo diep voor als in droge bodems. Rougon & Rougon (1983) beschreven hoe het bodemtype de nestarchitectuur beïnvloedt bij *O. alexis*.

In de Westhoek natuurreservaat vertoont de grondwatertafel een fluctuatie van gemiddeld 0.8 m in het noordelijk begrazingsblok (proefsite Parnassiapanne) en 1.0 m in het zuidelijk begrazingsblok (proefsite weide). Sommige gedeelten van het begrazingsblok komen onder water te staan zoals het geval was in winter van 2001-2002, 2002-2003 en leidt dus tot afsterven van broedsel.

10.4.3 INVLOED VAN DE MESTKEVERACTIVITEIT OP DE BODEM

Impact van mestkevers op de bodem zijn tweërlei (Brussaard, 1983) :

- 1) Fysische bodemverstoring : verandering in bodemstructuur en wortelindringing (Edwards & Aschenborn, 1987), doorbreken van de bodemstratificatie, verhogen van de porositeit, verminderen van de bodemcompactie (Brussaard, 1984)
- 2) Aanrijking van de bodem met mest of plantenresten

10.4.3.1 Fysische bodemverstoring door mestkeveractiviteit

De verschillende soorten mestkevers graven tot op verschillende diepten. Tabel 10.3 toont voor een aantal soorten die in Nederland voorkomen tot welke diepte de mestkevers graven.

Tabel 10.3 : Diepte van de tunnels van enkele Geotrupidae die voorkomen in Nederland (uit Brussaard, 1983)

fauna regio	soort	diepte van de tunnel (cm)	bron
Palaeartic	<i>Geotrupes mutator</i>	≤ 30	Teichert, 1955
	<i>Geotrupes spiniger</i>	25-30	Lumaret, 1980
	<i>Geotrupes stercorarius</i>	≤ 50	Teichert, 1955
		35-60	Spaney, 1911
	<i>Geotrupes stercorosus</i>	35-60	Spaney, 1910
	<i>Typhaeus typhoeus</i>	29-100	Brussaard, 1983
		60-100 (150)	Kuyten, 1960
		48-130	Teichert, 1959b
		70-140	Spaney, 1910
		≤ 150	Fabre, ca 1910

De mestkevers hebben een effect op structuur en fysische eigenschappen van de bodem (Brussaard & Hijdra, 1985). Het graven door de kevers doorbreekt de stratificatie van de zanden (Brussaard & Runia, 1984). Dit is erg belangrijk voor dichtgepakte zandige bodems, waar plantenwortels niet verder dan 25 cm diepte kunnen indringen (eolische dekzandbodems en zandige fluviatiele afzettingen van de Maas en Rijn, Nederland) (kustduinbodems, België - Ampe & Langohr, 1993). Een verstoring van de bodem door mestkeveractiviteit kan aldus leiden tot een dieper doordringen van de plantenwortels.

De opvulstructuren in de galerijen vertonen een duidelijk hogere porositeit en een duidelijke verschuiving in de poriëngrootte verdeling met meer grotere poriën vergeleken met de ongestoorde matrix. In de terugopgepulde galerijen komen ook meer wortels voor dan in de ongestoorde matrix, deze galerijen met wortels komen voor op meer dan 30 cm diepte waar de SSG toeneemt van 1.3 tot 1.7 g/cm². De beworteling profiteert dus van de herwerking van de dicht gepakte zanden; hierdoor zullen de planten minder gevoelig zijn aan droogtestress en kunnen nutriënten opgenomen worden uit een groter

bodemvolume (Brussaard & Runia, 1984). Tot eenzelfde vaststelling komen Kalisz en Stone (1984) in het Ocala National Forest (Florida). De bodems (Quartzipsamments) hebben hier vanaf 60 cm diep een schijnbaar soortelijk gewicht van 1.7 tot 1.9 g/cm³ wat diepe beworteling uiterst moeilijk maakt. Veldobservaties toonden aan dat de diepere beworteling gebruik maakt van de open galerijen of lagere penetratieweerstand in de galerijen.

Mestkevers hadden en hebben nog steeds een invloed op de vegetatieontwikkeling in heidehabitats. Sheikh & Rutter (1969) kwamen tot de volgende vaststelling 1) grassenbeworteling dieper dan 20 cm is veel uitgebreider dan de beworteling door heide, 2) het totale wortelgewicht van grassen is 6-7 keer hoger, en 3) graswortels komen meer voor in poriën tot 0.6 mm diameter. Daarenboven heeft *Molinia* een meer actieve beworteling met een hogere turnover dan heide (*Erica*). Dit zou er op wijzen dat grasvegetaties meer zouden profiteren van de activiteiten van mestkevers die hun beworteling vergemakkelijken dan heide. In deze studie is het noodzakelijk om de diameter van de graswortels te vergelijken met deze van de heide. Wortels met een kleinere diameter kunnen vooral in zandbodems tot grotere diepte groeien. Indien heidewortels een grotere diameter hebben dan graswortels dan zou men onder graasactiviteiten een bevoordeling van beworteling van heide verwachten. Er zijn dus meer precieze gegevens nodig omtrent poriën diameter, afmetingen wortels, auto-ecologie van de plantensoorten op gebied van beworteling en wortelpenetratie. In andere publicaties wordt eveneens dikwijls atmosferische N-depositie aangehaald voor de toenemende vergrassing.

Door het graven van nesten wordt dieper liggend bodemmateriaal naar het oppervlak gebracht. Zo kan het opbrengen van materiaal door T.T. naar het oppervlak oplopen tot 500 kg/ha in gunstige omstandigheden (Brussaard & Runia, 1984), voor *Pelotrupes youngi* kan dit cijfer zelfs 3 tot 7 keer hoger liggen in geschikte habitats in Florida (Kalisz & Stone, 1984). Deze activiteit leidt tot het doorbreken van de oorspronkelijke horizonatie. De activiteit van mestkevers (*Pelotrupes Youngi* - Geotrupini) en grondeekhoorns verhinderde de podzolizatie onder *Pinus palustris* (Florida Kalisz & Stone (1984a)). Onder de nabijgelegen dichtbegroeide *Pinus clausa* bestanden was mestkever activiteit gering en het bodemprofiel vertoonde een duidelijke O-E-C horizonatie, wat erop wijst dat bioturbatie gering is onder dit bestand. Mestkeveractiviteit kan de eigenschappen van de oppervlaktehorizonten veranderen indien onderliggende horizonten fysisch en/of chemisch sterk verschillen van de oppervlaktehorizont. In het Westhoekreservaat kan de bioturbatie leiden tot een patroon van onregelmatige ontkalkingsdiepte. Door de mestkeveractiviteit wordt in ondiep ontkalkte bodems zoals het geval is in de weide (zuidelijk begrazingsblok - Westhoek), kalkrijk materiaal van de dieper gelegen bodemhorizonten naar het oppervlak gebracht. Deze herverdeling van kalkrijk zand aan het oppervlak verhoogt de bodemdiversiteit wat op zijn beurt leidt tot een hogere biodiversiteit.

Bij het opgraven van de broedkamers observeerden we op de horizontale secties zwakke ringvormige structuren die de omtrek van een galerij gevuld met bodemmateriaal vormden. Waarschijnlijk is deze structuur te vergelijken met het stutten van galerijen door de tunnelers zoals in het onderzoek Hanski & Cambefort (1991, p. 240). In de zandige bodems van de Sahel observeerde men dat in het droge seizoen de galerijen gestut en de nesten bedekt werden met mestmateriaal zodat de constructies niet zouden instorten. De dikte van de film varieert van 1.1 (*Onitis alexis*) tot 1.5 mm (*Euoniticellus intermedius* en *Digitonthophagus gazella*) dik afhankelijk van de soort kever.

10.4.3.2 Aanrijking van de bodem met mest of plantenresten

De hoeveelheid mest die in de bodem terecht komt, kan geschat worden door rekening te houden met de hoeveelheid eieren dat elk wijfje legt. Vermits elke broedkamer één ei bevat, kan gesteund op het aantal geproduceerde eieren geschat worden hoeveel mest in de bodem gebracht wordt (Brussaard, 1983). In het laboratorium worden bij T.T. tussen de 30 en 65, gemiddeld 40 konijnenkeutels verwerkt in 1 mestworstje. Het aantal mestworstjes varieerde tussen 4 en 21, met gemiddeld 10.

Tabel 10.4 : Aantal eieren per nest of per vrouwtje in Geotrupidae van soorten die in Nederland voorkomen (Brussaard, 1983)

soort	aantal eieren gelegd per nest of per ♀	bron
<i>Geotrupes mutator</i>	4-16 per ♀	Teichert, 1955
<i>Geotrupes spiniger</i>	9-10 per ♀	Lumaret, 1980
<i>Geotrupes stercorarius</i>	4-17 per ♀	Teichert, 1955
	3-6 (8)	Spaney, 1910
<i>Geotrupes vernalis</i>	5-10 per ♀	Teichert, 1959
<i>Typhaeus typhoeus</i>	4-16 (21) per ♀	Brussaard, 1983
	1-6 per nest (field)	Brussaard, 1983
	≤10 per nest	Palmer, 1978
	≤15 per ♀	Kuyten, 1960
	3-6 (8)	Spaney, 1910

Onitis (Onitini – Scarabaeidae) kevers zijn 15-20 mm lang en vormen tunnels en nesten vlak onder de mesthopen (paracoprid). De nestvorming van 12 soorten *Onitis* werd onderzocht door Edwards & Aschenborn (1987) (zie ook § 10.4.1). Aan de hand van terrein- en laboratoriumexperimenten werd van 4 soorten gemeten hoe snel en hoeveel mest begraven werd. Tabel 10.5 toont een samenvatting van de belangrijkste resultaten.

Tabel 10.5 : Dagelijkse hoeveelheid mest die per paar *Onitis* sp. begraven wordt (Edwards & Aschenborn, 1987)

			totaal	aantal eieren
<i>O. viridulus</i>	58-97 g/paar/dag	vanaf 6-9 dagen	169-355 g/paar	9-13
<i>O. caffer</i>	85-90 g/paar/dag	vanaf 2-4 dagen	718-780 g/paar	21-23
<i>O. aygulus</i>	57-92 g/paar/dag	vanaf 2-5 dagen	462-675 g/paar	13-25
<i>O. uncinatus</i>	119±38g/worstje grootste worstjes : 169g, 186 g	elke 4.2 dagen tussen verschillende worstjes		4.4±1.6 eieren

Voor 10 onderzochte *Onitis* soorten varieert de gemiddelde diepte waarop de nesten voorkomen tussen 10 cm (*O. Viridulus*) en 103 cm (*O. Caffer*). Het gemiddelde gewicht van de broedmassa varieert tussen 91 g (*O. uncinatus*) en 764 g (*O. perpunctatus*)

Bodemproductiviteit verbetert eveneens door de hoeveelheid organisch materiaal (OM) die achterblijft in de bodem nadat het nageslacht het nest verlaten heeft. Het begraven van mest brengt een toename in het OM-gehalte, wat een toename van het waterophoudingsvermogen en beschikbaarheid van nutriënten verhoogt (www.esb.utexas.edu/jwilson/Bot394). *Onitis* larvæ vormen een beschermend cocon van fecaal materiaal dat in het nest achterblijft tesamen met overblijfselen van ongebruikte mest. Bij *O. caffer* weegt fecaal materiaal 2-5 mg en in een nest kunnen meer dan 20 stuks aanwezig zijn.

Mest dat op de bodem valt, is - in de afwezigheid van mestkevers - volgens het onderzoek van Bornemissza & Willams (1970) van weinig voedingswaarde voor de planten. Het in de bodem brengen van mest door mestkevers onder de vorm van broedkamers of broedballen binnen de berwortelingszone resulteert in een substantieel voordeel voor de plantengroei. Een belangrijke toename in de opname van N, P en S treedt op wanneer de mest mechanisch gemengd wordt met de bodem of wanneer de mest in de bodem wordt gebracht door de kevers.

Het vochtgehalte en asgehalte van verse mest en mest in het broedsel werd vergeleken voor drie *Onitis* soorten. De mest in het broedsel bevatte minder water (58-65% versus 83%). Het asgehalte was duidelijk hoger doordat bodemmateriaal vermengd wordt met de mest gedurende nestconstructie (3-4% versus 21-31%) (Edwards & Aschenborn (1987).

10.5 VERKENNENDE STUDIE BROEDKAMERS - TERREINGEGEVENS

10.5.1 RUND

10.5.1.1 Site

MKR1 : WH, zuidelijk deel, nabij rolplaats ten noorden van dienstweg in de weide; korte vegetatie maximaal 10 cm hoog van grassen, dauwbraam, duinroos; rode mieren, GWT op 63 cm van het oppervlak op 16/10/2001.

10.5.1.2 Algemene opmerkingen omtrent oppervlaktekenmerken

Tabel 10.6 : Rund, algemene oppervlaktekenmerken van rundermesthoop

nr	datum	ouderdom mest	grootte excrement	fauna	oppervlaktekenmerk
MKR1	16/10/01	medium	L 40 cm, B 35 cm, opengebroke, galerijen in de mest	1 kleine larve	1 hoopje uit grijsbruinzand

10.5.1.3 Profiel : MKR1

Profiel bevat zeer veel dood hout.

HS : 4 cm vanaf MV : humeuze en bruine vlekken, galerij zichtbaar 1.4 cm Ø

tussen HS op 4 en 7 cm : veel dood hout en mieren

HS : 7 cm vanaf MV : 1 galerij met Ø 1.5 cm

HS : 10 cm vanaf MV : galerijen gevuld met mest en/of organisch materiaal

tussen HS op 10 en 11 cm : 12 galerijen gevuld met OM en/of mest, rond de 8 mm Ø van een worm of een kleinere kever

HS : 12 cm vanaf MV : een aantal kleine galerijen (< 1 cm Ø, 7-tal) gevuld met OM en 1 grote galerij (1.3 Ø cm); galerijen lijken een discontinu verloop te kennen : soms stoppen ze en op andere plaatsen komen nieuwe galerijen te voorschijn

HS : 18 cm vanaf MV : langwerpige kever, 3 cm groot

op 27 cm : mieren, verder geen spoor meer van mestkevers

Galerijen gevuld met humeus materiaal reiken tot aan de horizont met bruingeel zand.

10.5.2 PONY'S

10.5.2.1 Sites

MKP1 : WH, zuidelijk deel, NW deel weide, nabij eik ten noorden van kraal en vlakbij enclosure mestexperimenten; vegetatie van grassen, duinroos tot 25 cm, duindoorn tot 50 cm, liguster tot 20 cm, jonge eikjes tot 25 cm

MKP2 : WH, zuidelijk deel, kort afgegeten gras met uitgebloeide stengels van Jacobskruiskruid op klein bultje 1 m verwijderd van het Duindoornstruweel

MKP3 : WH, zuidelijk deel, klein ruggetje, grassen, tamelijk hoog, tot 30 cm, verspreide Duindoorn tot 75 cm hoog, Jacobskruiskruid, dauwbraam, hondsdrif

MKP4 : WH, zuidelijk deel, langsheen pad dat langs de afsluiting loopt tussen PS2 en PS3, schaarse vegetatie van grassen en kruiden

MKP5 : WH, zuidelijk deel

10.5.2.2 Algemene opmerkingen omtrent oppervlaktekenmerken

Tabel 10.7 : Pony, algemene opprvlaktekenmerken van ponymesthoop

nr	datum	ouderdom mest	grootte excrement	fauna	oppervlaktekenmerken
MKP1	16/10/01	medium tot oud	zeer uitgerokken, L 100 cm, B 25-80 cm	geen	1 galerij, 1 hoopje uit lichtgrijs zand
MKP2	17/10/01	oud	zeer uitgespreid, L 200 cm, B 100 cm	kleine larven, wormen in bovenste 2 cm	schimmels in mest, paddestoelen, naaktslak, 2 hoopjes uit lichtgrijs zand
MKP3	17/10/01	medium tot oud	L 40 cm, B 20 cm, 50% gebroken	miljoenpoten	1 galerij, 3 cm Ø, 1 hoopje uit grijs zand
MKP4	17/10/01	oud	uit elkaar gevallen en verspreid, L 100 cm, B 90 cm	kleine larven, wormen in mest, Aphodius	3 hoopjes binnen het vlak van 50x50, 1 hoopje er vlak buiten, hoopjes uit grijs zand, 2 galerijen
MKP5	5/10/01	oud	L 40 cm, B 35 cm, witgrijs gebroken	grote larve	1 grote galerij met bleekgeel zandhoopje, verder nog 3 andere galerijen

10.5.2.3 Beschrijving van de broedkamers

Tabel 10.8 : Pony, beschrijving van de broedkamers

nr	broed kamer	begin-bovenzijde diepte	einde-onderzijde diepte	lengte (cm)	diameter (cm)	GWT diepte MV (cm)	aantal larven/ei in BK*
MKP1	BK1	16	18				n
	BK2	(13)	(15)	(12)			n
MKP2	BK1	21	(23)	(8)		92	n
	BK2	24	(26)	8.0	2.6		n
	BK3	23	(25)	6.2	2.9		8 larven
	BK4	(25)	27	7.6	2.7		n
MKP3	BK1	(14)	(16)	7.9	2.7	82	8 larven
	BK2	(15)	(17)	7.1	2.7		4 larven
	BK3	(18)	(20)	7.8	2.6		8 larven
	BK4	22	(24)	7.1	3.1		9 larven
	BK5	22	(24)	9.2	2.7		10 larven
MKP4	BK1	12	15	8.3	3.1	(>120)	3 broedkamers : aan het uiteinde een holte + ei, 1 volw Geotrupes
	BK2	12	16	11.6	2.6		
	BK3	16	21	8.2	2.8		
	BK4	16	18	6.7	2.5		
	BK5	10	12.5	8.5	2.5		
MKP5	BK1		onderzijde BK reiken tot 20-25 cm diepte	(10-15)	(2.6)	86	n
	BK2			(10-15)	(2.6)		n
	BK3			(10-15)	(2.6)		n
	BK4			(10-15)	(2.6)		n
	BK5			(10-15)	(2.6)		n
	BK6			(10-15)	(2.6)		n

() : afgeleide waarden

* : het aantal eieren/larven is maar in een beperkt aantal broedkamers nagekeken, n : niet nagekeken

Voor de sites MKP1 tot MKP4 werden de broedkamers bemonsterd, en hun gewicht bepaald (terreingewicht en na drogen voor 72 uur op 60°C) (tabel 10.9).

Tabel 10.9 : Pony, gewicht van de broedkamers onder ponymesthopen (aantal broedkamers = 16)

	MKP1	MKP2	MKP3	MKP4	totaal	gemiddeld gewicht broedkamer
terreingewicht (g)	138.7	146.0	248.6	257.1	790.4	49.4
ovendroog, 72 uur, 60°C (g)	87.3	82.5	135.6	142.2	447.6	28.0

10.5.2.4 Profielen

10.5.2.4.1 MKP1

Micropodzol met eronder enkele begraven horizonten

0-3/7 : H : zeer organisch zwart materiaal, zeer goed doorworteld, Ca-, HF

3/7-11 : A/H+E : lichtgrijs humeus zand, zeer goed doorworteld, Ca-

11-12 : E : bleekgeel zand, matig doorworteld, Ca-

12-15 : B.hir : oranje geel zand, matig doorworteld, Ca-

15-19 : C : bleekgeel, matig doorworteld, Ca+

19-22 : IIA : grijs humeus zand, matig doorworteld, Ca+

22-23 : IIC : bleekgeel zand, matig doorworteld, Ca+

23-30 : IIIA : donkergrijs humeus zand, Ca+

30-39+ : IIIC : bleekgeel zand, weinig doorworteld, Ca+

Horizonatie loopt schuin, aan de rechterkant van het profiel ligt de B.hir tussen 9-11 cm.

Een zeer zwakke reactie (HCl) vlak onder de B.hir en lokaal ook in de B.hir.

10.5.2.4.2 MKP2

Sterk verstoord profiel

1-0 : F : gefragmenteerd materiaal van grassen

0-6 : A : donkergrijs humeus zand, zeer goed doorworteld, zeer zwakke reactie Ca vanaf 4 cm

6-9 : B.bi : bruinigrijs zand, sterk doorworteld, Ca+

9-13 : 2A : donkergrijs, soms zelfs zwart humeus zand, Ca+

13-23 : 2C : bruinigrijs zand, Ca+

23-33 : 3A : vlekken van lichtgrijs humeus zand, niet in mooie horizontale lagen maar in vlekken, Ca+.

10.5.2.4.3 MKP3

0-5 : A : grijs humeus zand, Ca+

5-13 : B.bi : bruingeel zand, Ca+

13-15 : IIA.(bi) : donkergrijs humeus zand, Ca+ zwak

15-31 : IIBC1.(bi) : vuil bruingeel zand, vlekkelig uitzicht, Ca++

31+ : IIBC2 : bruingeel zand, Ca++

boring : begraven horizont tussen 90-110 cm diepte

10.5.2.4.4 MKP4

Bovenste horizont vertoont een gelaagdheid van min en meer humeuze horizonten

0-10 : A : donkergrijs humeus zand, Ca+, HF

10-15 : B.bi : bruingeel zand met een iets humeuzere band ertussen, Ca++, HF

15-30+ : BC : bruingeel zand, Ca++, HF

10.5.2.4.5 MKP5

0-11 : A : grijs humeus zand, ontkalkt tot 5 cm diepte, dieper Ca+

11-18 : B : bruinigrijs zand met humeuze spikkels van dood OM, Ca+

18-27 : C : bruingeel zand, Ca+

27+ : IIA : begraven horizont, licht grijsbruin zand

10.5.2.5 Besluit

Er werden 5 hopen onderzocht. In totaal werden zo'n 22 broedkamers teruggevonden onder de mesthopen. De broedkamers hebben een lengte tussen 6.2 en 12.0 cm (gemiddelde lengte = 8.0

cm, STD = 1.3, n=13) en een diameter tussen 2.5 en 3.1 cm (gemiddelde diameter = 2.7 cm, STD = 0.2). Onder 4 hopen (MKP1 tot MKP4) werd in het totaal 790.4 g mest teruggevonden onder de vorm van 16 broedkamers.

De broedkamers liggen tussen 10 en 26 cm diepte. In een aantal broedkamers komt een hoog aantal larven voor die geen Geotrupes larven zijn maar van een Aphodius sp. In de eerste plaats werd gedacht aan het voorkomen van kleptoparasieten van de Aphodiinae maar deze soorten (o.a. Aphodius porcus) werden nog niet in de Westhoek of Houtsaegerduinen waargenomen. Hoogst waarschijnlijk hebben de Geotrupes kevers dan mest dat reeds eieren van de Aphodius sp. gebruikt voor de constructie van hun broedkamers.

De onderzijde van de broedkamers liggen tussen 13 en 27 cm diepte. De broedkamers liggen meestal onder de B.bi of B.hir, in de minder doorwortelde BC, BC.(bi), C, 2A.(bi), 2C horizonten.

10.5.3 PAARDEN

10.5.3.1 Sites

MKPA1 : WH, noordelijk deel, nabij kraal en ligusterbosje, vegetatie van grassen, riet, distel, koninginnekruid, liguster op 1 m

MKPA2 : WH, noordelijk deel, aan de kant van de dienstweg vanaf het vissersdorp naar het westen

MKPA3 : WH, noordelijk deel, klein ruggetje begroeid met grassen, mossen, dauwbraam, zegge sp., open plaats tussen afstervend struweel van duindoorn; vlakbij profiel molshopen en tekens van graafactiviteiten van konijnen

MKPA4 : WH, noordelijk deel, kort grazig plekje nabij PS7C, verderop lage duindoornstruiken

10.5.3.2 Algemene opmerkingen omtrent oppervlaktekenmerken

Tabel 10.10 : Paard, algemene opprvlaktekenmerken van paardenmesthoop

nr	datum	mest ouderdom	grootte excrement	fauna	oppervlaktekenmerken
MKPA1	15/10/01	uitgeregend uitgesmeerd	L 50 cm, B 30 cm	kleine larve, mieren, zwart wrikkelbeestje, kleine mestkever, mieren	geen galerijen, geen hoopje aan het oppervlak
MKPA2	19/10/01	oud	L 30 cm, B 30 cm	zeer veel pissebedden, 1 miljoenpoot, 3 larven (1 kleine, 2 grote)	1 galerij aan het oppervlak, 1.4 cm Ø, 1 hoopje met donkergrijs zand
MKPA3	19/10/01	medium	L 35 cm, B 35 cm, zwart aan de buitenzijde, nekele gebroken en verbrokken	pissebedden	2 gaten aan het oppervlak : 1.94 cm Ø open tot 21 cm diepte vanaf MV, 2.0 cm Ø open tot 10.8 cm vanaf MV
MKPA4	19/10/01	medium en oud	L 100 cm, B 60 cm	wrikkelbeestjes Aphodius	4 duidelijke hoopjes, 2 grijze vlekken (restanten van hoopjes), 4 open galerijen aan het MV

10.5.3.3 Beschrijving van de broedkamers

Tabel 10.11 : Paard, beschrijving van de broedkamers

nr	broedkamer	begin-bovenzijde diepte	einde-onderzijde diepte	lengte	diameter	GWT cm	opmerkingen*
MKPA1	BK1	11	14	(11.4)	(2.8)	39	n
	BK2	12	14	(8.8)	(2.8)		n
	BK3	17	18	(10.6)	(2.6)		n
	BK4	18	25	(12.0)	(2.4)		n
MKPA2	geen						
MKPA3	BK1	22-17	24	8.2	2.8		n
	BK2	22-17	(24)	7.3	2.9		n
	BK3	23	(26)	11.5	3.3-2.9		n
	BK4	23	30	9.4	2.9		n
	BK5	23	29.5	8.9	3.1-2.6		n
MKPA4	BK1	16	20.5	9.7	2.8-2.4	67	n
	BK2	14.5	19.5	9.0	2.6-2.3		bevat 1 ei : L 6, B 3.8 mm
	BK3	13	20	gebroken	2.8		n
	BK4	13	19	8.6	2.5-2.8		n

() : afgeleide waarde

* : het aantal eieren/larven is maar in een beperkt aantal broedkamers nagekeken, n : niet nagekeken

Voor de sites MKPA1 tot MKPA4 werden de broedkamers bemonsterd, en hun gewicht bepaald (terreingewicht en na drogen voor 72 uur op 60°C). De resultaten staan in tabel 10.XXX

Tabel 10. 12 : Paard, gewicht van de broedkamers onder paardenmesthopen (aantal broedkamers = 13)

	MKPA1	MKPA3	MKPA4	totaal	gemiddeld gewicht broedkamer
terreingewicht (g)	218.5	335.4	180.5	734.4	56.5
ovendroog, 72 uur, 60°C (g)	97.1	184.7	88.6	370.4	28.5

10.5.3.4 Profielen**10.5.3.4.1 MKPA1**

0-2 : H : kruimelstructuur, Ca(+)

2-11 : A : donkergrijs tot zwart humeus zand, goed doorworteld, Ca+

11-23 : AC : nat vuilbruin zand, matig doorworteld, zwarte humeuze vlekken van dode wortels, Ca+
doorheen profiel : wortels van grassen, riet, zeggen, e.a.

Grote horizontale wortels riet op 14 en 20 cm diepte

2 galerijen 2.3 cm Ø, gevuld met BC materiaal op 2 cm diepte; 1 galerij gevuld met mest op 9 cm diepte – nog in humeus zand

10.5.3.4.2 MKPA3

Mierennest van rode mieren vanaf 15 cm van het oppervlak tot zeker 30 cm, structuur van nest is niet duidelijk

0-6 : A : grijs humeus zand, goed doorworteld, Ca+, HF

6-20 : B.bi1 : bruingeel zand, matig goed doorworteld, Ca++

20-40+ : B.bi2 : bruingeel zand met weinig OM, weinig doorworteld, Ca++

één zijde van het profiel sterk verstoord door mierennest

10.5.3.4.3 MKPA4

0-3/5 : A : donkergrijs humeus zand, zeer goed doorworteld, Ca⁺, HF

3/5-10 : B.bi : bleekgeel zand, goed doorworteld

10-18 : IIA : lichtgrijs humeuze begraven horizon, goed doorworteld, vage weinig duidelijke roestvlekken, Ca⁺⁺

18-25+ : IIAC : bleek geelgrijs zand, matig doorworteld, Ca⁺⁺

10.5.3.5 Besluit

Er werden 4 hopen onderzocht. Onder 1 hoop werden geen broedkamers teruggevonden, onder de 3 andere werden 13 broedkamers gerecupereerd. De broedkamers hebben een lengte tussen 7.3 en 11.4 cm (gemiddelde lengte = 9.6 cm, STD = 1.5, n=12) en een diameter tussen 2.5 en 3.1 cm (gemiddelde diameter = 2.7 cm, STD = 0.2). Sommige broedkamers vertonen een duidelijke verdikking aan het uiteinde van de broedkamer. Onder 3 hopen (MKPA1, MKPA3 en MKPA4) werd in het totaal 734.4 g mest teruggevonden onder de vorm van 13 broedkamers.

De broedkamers liggen tussen 11 en 30 cm diepte. In een aantal broedkamers komt een hoog aantal larven voor die geen Geotrupes larven zijn maar van de kleptoparasiet Aphodius.

De onderzijde van de broedkamers liggen tussen 14 en 30 cm diepte. De broedkamers liggen ofwel onder de A-horizont in de AC, of in een B.bi.

10.5.4 EZELS**10.5.4.1 Sites**

MKE1 : Houtsaegerduinen, langsheen pad naar grote poel, nabij PS6, duinroos, duinriet

MKE2 : Houtsaegerduinen, nabij grote poel, latrineplaats

10.5.4.2 Algemene opmerkingen omtrent oppervlaktekenmerken

Tabel 10.13 : Ezel, algemene oppervlaktekenmerken van ezel-mesthoop

nr	datum	ouderdom mest	grootte excrement	fauna	oppervlaktekenmerken
MKE1	15/10/01	medium	L 50 cm, B 50 cm	1 worm op 6 cm vanaf het opp	2 hoopjes, 1 galerij bevroren
MKE2	15/10/01	medium, latrine plaats	L 120 cm, B 70 cm	1 regen/mestworm in galerij; 1 Geotrupes	5 hoopjes met 2 duidelijke galerijen 11 en 12 cm diep HS : 8 galerijen opening varieert in diameter tussen 16 en 20 mm

10.5.4.3 Beschrijving van de broedkamers

Tabel 10.14 : Ezel, beschrijving van de broedkamers

nr	broed kamer	begin-bovenzijde diepte	einde-onderzijde diepte	lengte	diameter
MKE1	BK1	14	19	8.8	3.1
	BK2	15	21	8.3	2.8
	BK3	15	19	8.4	2.6-2.9
	BK4	17	22	9.3	2.7-2.8
	BK5	21	27	10.2	2.5-2.8
	BK6	17	21	8.5	2.4-2.8
	BK7	21	27	8.7	2.4-2.9
MKE2	BK1	(17)	19	11.6	2.7
	BK2	(19)	21	10.1	3.0
	BK3	(18)	20	10.4	2.8-3.0
	BK4	14	19	8.6	2.8
	BK5	15	20	12.2	3.0
	BK6	18	23	11.8	2.9
	BK7	16	19	9.3	3.0
	BK8	17	24	11.3	3.0
	BK9	12	16	9.3	2.6
	BK10	(10)	12	11.2	2.8
	BK11	18	25	13.2	2.7
	BK12	18	24	12.6	2.9
	BK13	18	22	11.4	2.9
	BK14	21	22	11.4	3.0
	BK15	23	25	9.7	2.9
	BK16	24	29	10.2	2.9
	BK17	18	23	11.2	2.6-3.1
	BK18	21	23	gebroken	
	BK19	21	26	5.6	2.8
	BK20	21	26	7.8	3.2
	BK21	21	25	8.7	2.9
	BK22	22	26	8.3	2.9
	BK23	23	27	8.4	2.9
	BK24	22	28	10.6	2.5
	BK25	23	28	10.7	2.9
	BK26	19	25	12.4	2.8
	BK27	16	23	13.5	3.0
	BK28	16	23	9.7	2.5-2.7
	BK29	22	18	11.9	3.2
	BK30	26	29	10.7	3.2
	BK31	32	28	8.9	3.2
	BK32		± 30	12.4	2.8-3.2
	BK33		± 30	10.4	2.8-3.4
	BK34	(25)	27	8.0	2.7
	BK35		± 30	12.9	2.7-3.4
	BK36		± 30	17.2	3.2

Tabel 10. 15 : Ezel, gewicht van de broedkamers onder 1 ezelmesthoop (aantal broedkamers = 7) en 1 latrineplaats (aantal broedkamers = 36)

	MKE1 mesthoop	gemiddeld gewicht broedkamer	MKE2 latrineplaats	gemiddeld gewicht broedkamer
terreingewicht (g)	369.7	52.8	2410.7	67.0
ovendroog, 72 uur, 60°C (g)	176.5	25.2	1294.6	37.0

10.5.4.4 Profielen

10.5.4.4.1 MKE2

0-4 : A1 ; donkergrijs tot zwart humeus zand, zeer goed doorworteld, Ca (+)

4-7/10 : A2 : donkergrijs humeus zand, Ca-, HF

7/10-20 : B : bruingrijs humeus zand, Ca-, HF

20-50+ : C.fe : bleek geelgrijs zand, uitgesproken zeer veel uitgesproken oranje roestvlekken, Ca++

10.5.4.5 Besluit

Er werd 1 hoop van ezelmeest en 1 latrineplaats van ezels onderzocht op broedkamers. Onder de mesthoop bevonden zich 7 broedkamers, onder de latrineplaats werden 36 broedkamers opgegraven goed voor 369.7 en 2410.7g mest respectievelijk.

De broedkamers hebben een lengte tussen 5.6 en 17.2 cm (gemiddelde lengte = 10.4 cm, STD = 2.0, n=42) en een diameter tussen 2.4 en 3.1 cm (gemiddelde diameter = 2.9 cm, STD = 0.2). Sommige broedkamers vertonen een duidelijke verdikking aan het uiteinde. De broedkamers liggen tussen 10 en 30 cm diepte.

De onderzijde van de broedkamers liggen tussen 12 en 30 cm diepte. De broedkamers liggen ofwel in het onderste deel van de B of wel in de C.fe-horizont.

10.6 EXPERIMENTEEL ONDERZOEK NAAR DE INVLOED VAN MESTKEVERACTIVITEIT (GEOTRUPES SP.) IN DE BODEM

In dit experiment wordt op een meer gestandaardiseerd manier nagegaan in welke mate mestkevers bijdragen tot chemische en fysische veranderingen in de bodemkenmerken. Hiervoor worden 9 verse mesthopen van 1 kg voor elke diersoort (paard, pony en rund) opgesteld op het terrein. Elke mesthoop wordt voorzien van een koppel Geotrupes spiniger. Elke mesthoop met koppel kevers wordt afgedekt met een gaas zodat ze niet kunnen ontsnappen. Na verloop van tijd worden gedurende 3 bemonsteringsperiodes telkens 3 mesthopen bemonsterd, een ongestoord bodemonster wordt genomen tussen 0-5 cm. De bodem onder de mesthoop wordt onderzocht op het voorkomen van broedkamers. De broedkamers worden eruit gehaald, zand wordt afgeborsteld, en de kamers worden gewogen en gedroogd.

Vraagstelling :

- 1) hoeveel mest blijft er over aan het oppervlak na verloop van tijd?
- 2) hoeveel mest wordt er in de bodem gebracht door de mestkevers?
- 3) hoeveel mest blijft er over in de bodem na verloop van tijd en ontwikkeling van ei-larve?
- 4) hoe verandert de chemische samenstelling en fysische bodemkenmerken door het inbrengen van mest?

10.6.1 EVOLUTIE VAN DE MEST DIE AAN HET OPPERVLAKE BLIJFT LIGGEN

Bij het uitgraven van de broedkamers onder de mesthoop werd eerst de overblijvende mest verwijderd en meegenomen naar het labo voor weging. De resultaten staan hieronder vermeld in tabel 10.16 en figuren 10.3 tot 10.11. De ruwe gegevens worden voorgesteld in bijlage D.

Fig. 10.3 : Paard, evolutie terreingewicht mesthopen

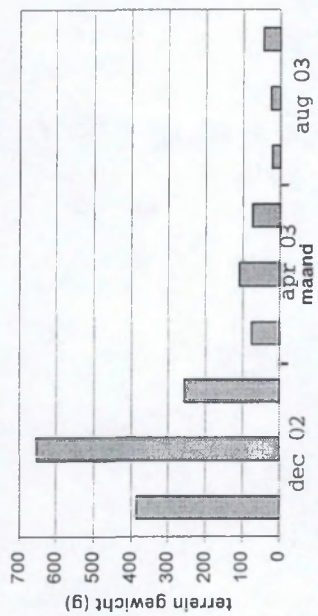


Fig. 10.6 : Paard, evolutie vochtgehalte mesthopen

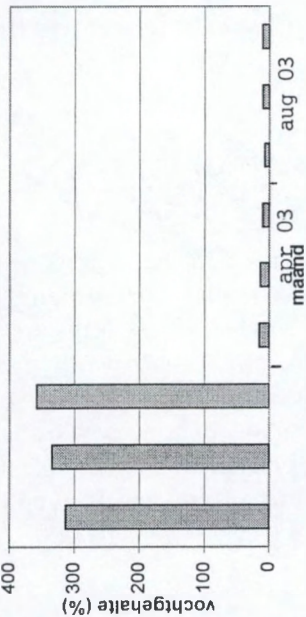


Fig. 10.9 : Paard, evolutie gewicht mesthopen

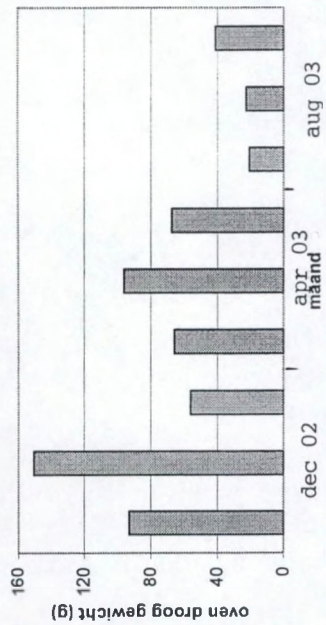


Fig. 10.4 : Pony, evolutie terreingewicht mesthopen

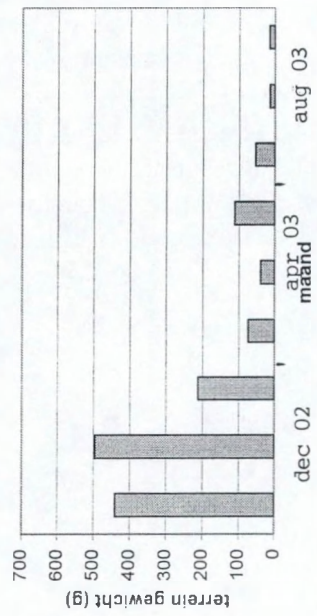


Fig. 10.7 : Pony, evolutie vochtgehalte mesthopen

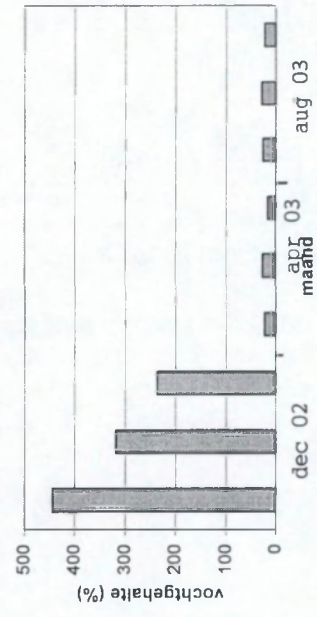


Fig. 10.10 : Pony, evolutie gewicht mesthopen

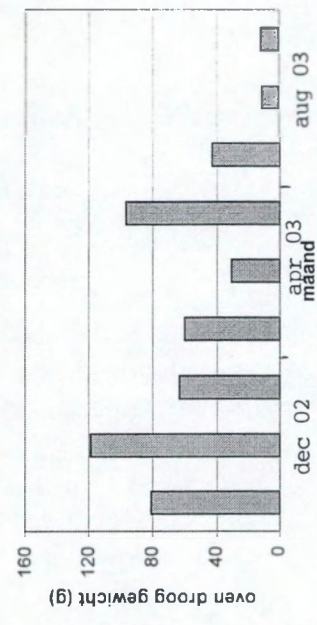


Fig. 10.5 : Rund, evolutie terreingewicht mesthopen

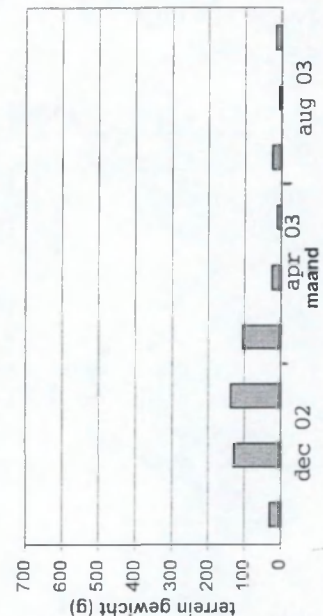


Fig. 10.8 : Rund, evolutie vochtgehalte mesthopen

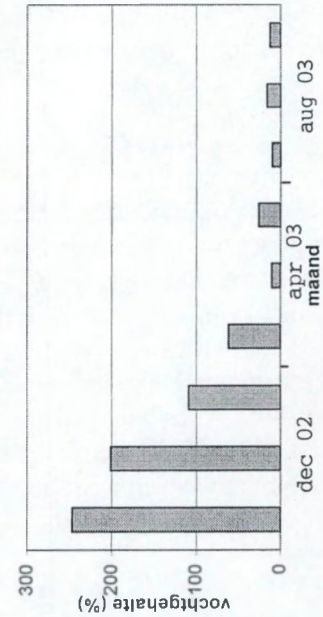
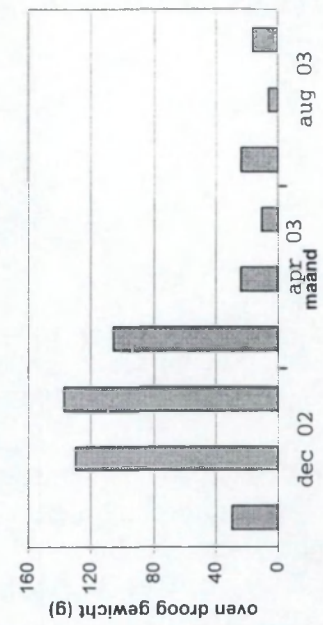


Fig. 10.11 : Rund, evolutie gewicht mesthopen



Tabel 10.16 : Evolutie van de hoeveelheid mest (gemiddelde $\pm$ standaard deviatie, n=3) die aan het oppervlak blijft liggen.

dier	periode	gewicht (g) mest terrein	vochtgehalte (%) tov oven droog	gewicht (g) mest oven droog
paard	dec/02	431,0 $\pm$ 202,0	334,6 $\pm$ 22,0	99,9 $\pm$ 47,5
	apr/03	86,6 $\pm$ 19,8	12,8 $\pm$ 2,6	76,7 $\pm$ 17,0
	aug/03	31,0 $\pm$ 12,9	9,3 $\pm$ 1,8	28,3 $\pm$ 11,4
pony	dec/02	383,5 $\pm$ 150,4	332,7 $\pm$ 104,9	87,7 $\pm$ 28,3
	apr/03	75,2 $\pm$ 36,8	21,8 $\pm$ 5,1	62,6 $\pm$ 33,0
	aug/03	28,1 $\pm$ 23,0	26,1 $\pm$ 3,0	22,3 $\pm$ 18,2
rund	dec/02	260,0 $\pm$ 145,8	185,7 $\pm$ 69,9	98,8 $\pm$ 60,0
	apr/03	70,1 $\pm$ 87,5	32,7 $\pm$ 26,4	46,6 $\pm$ 51,4
	aug/03	17,3 $\pm$ 9,6	13,1 $\pm$ 3,2	15,4 $\pm$ 8,9

10.6.1.1 Paard : evolutie van gewicht (terrein en oven drooggewicht) en vochtgehalte mest voor periodes dec – apr – aug

gewicht terrein : terreingewichten nemen af, tussen de drie periodes zijn er geen overlappings van de individuele metingen

gewicht – oven droog : oven droog gewicht neemt af, de individuele metingen vertonen overlappings tussen dec02 en apr 03, maar geen overlappings tussen dec02 en aug03 en tussen apr03 en aug03

vochtgehalte : vochtgehalte neemt af in functie van de tijd, de individuele metingen vertonen overlappings tussen apr03 en aug03, maar geen overlappings tussen dec02 enerzijds en apr03 en aug03 anderzijds

Aan de hand van de Kruskal-Wallis test werd nagegaan of er een significant verschil bestaat tussen de drie opnameperiodes voor het terreingewicht, het oven droog gewicht (103°C gedurende 24 uur) en het vochtgehalte van de mest.

Tabel 10.17 : Overblijvende mest van paard, resultaten van de Kruskal-Wallis test.

	gewicht mest terrein	gewicht mest oven droog	vochtgehalte tov oven droog
Sig.	0.061	0.066	0.051

De waarden voor terreingewicht, oven droog gewicht en het vochtgehalte van de mest zijn niet significant verschillend (p=0,05).

De PostHoc toetsen tonen aan tussen welke opnameperiode er een significant verschil bestaat :
terreingewicht mest : geen significant verschil tussen de drie periodes ($\neq$ var)

ovendroog gewicht mest : significant verschil (Sig= 0.026) tussen dec02 en aug03 (LSD test)(= var)

vochtgehalte mest : significant verschil (Sig= 0.000) tussen dec02 enerzijds en apr03 en aug03 anderzijds (LSD test)(= var)

10.6.1.2 Pony : evolutie van gewicht (terrein en oven drooggewicht) en vochtgehalte mest voor periodes dec – apr – aug

gewicht terrein : de terreingewichten nemen af, maar er zijn overlappings van de individuele metingen tussen apr03 en aug03

gewicht – oven droog : het oven droog gewicht neemt af, er zijn overlappings van de individuele metingen tussen dec02 en apr03 en tussen apr03 en aug03

vochtgehalte : neemt af, er zijn overlappings van de individuele metingen tussen apr03 en aug03, maar geen overlappings tussen dec02 enerzijds en apr03 en aug03 anderzijds

Aan de hand van de Kruskal-Wallis test werd nagegaan of er een significant verschil bestaat tussen de drie opnameperiodes voor het terreingewicht, het oven droog gewicht (103°C gedurende 24 uur) en het vochtgehalte van de mest.

Tabel 10.18 : Overblijvende mest van pony, resultaten van de Kruskal-Wallis test.

	gewicht mest terrein	gewicht mest oven droog	vochtgehalte tov oven droog
Sig.	0.039*	0.430	0.051

De waarden voor terreingewicht mest zijn significant verschillend, oven droog gewicht en vochtgehalte mest zijn niet significant verschillend ($p=0,05$).

De PostHoc toetsen tonen aan tussen welke opnameperiode er een significant verschil bestaat :

terreingewicht mest : geen significant verschil tussen de drie periodes ($\neq$ var)

oven droog gewicht mest : geen significant verschil tussen de drie periodes (= var)

vochtgehalte mest : geen significant verschil tussen de drie periodes ($\neq$ var)

10.6.1.3 Rund : evolutie van gewicht (terrein en oven drooggewicht) en vochtgehalte mest voor periodes dec – apr – aug

gewicht terrein : terreingewichten nemen af, maar er zijn overlappingsen van de individuele metingen tussen dec02 en apr03 en tussen apr03 en aug03

gewicht – oven droog : oven droog gewicht neemt af, met overlappingsen van de individuele metingen tussen dec02 en apr03, tussen apr03 en aug03

vochtgehalte : vochtgehalte neemt af, met overlappingsen van de individuele metingen tussen apr03 en aug03

Aan de hand van de Kruskal-Wallis test werd nagegaan of er een significant verschil bestaat tussen de drie opnameperiodes voor het terreingewicht, het oven droog gewicht (103°C gedurende 24 uur) en het vochtgehalte van de mest.

Tabel 10.19 : Overblijvende mest van rund, resultaten van de Kruskal-Wallis test.

	gewicht mest terrein	gewicht mest oven droog	vochtgehalte tov oven droog
Sig.	0.079	0.088	0.051

De waarden voor terreingewicht oven droog gewicht en vochtgehalte mest zijn niet significant verschillend.

De PostHoc toetsen tonen aan tussen welke opnameperiode er een significant verschil bestaat :

terreingewicht mest : een significant verschil (Sig = 0.023) tussen dec02 en aug03 (LSD tets)(= var)

oven droog gewicht mest : geen significant verschil tussen de drie periodes ($\neq$ var)

vochtgehalte mest : een significant verschil (Sig = 0.005) tussen dec02 en apr03, een significant verschil (Sig = 0.003) tussen dec02 en aug03, geen significant verschil tussen apr03 en aug03 (LSD test)(= var)

10.6.1.4 Vergelijking van de evolutie tussen de verschillende soorten mest (paard – pony – rund)

gewicht terrein : afnemende trend paard – pony – rund voor de drie periodes; overlappingsen van de individuele metingen tussen de drie diersoorten voor de drie periodes

oven droog gewicht : afnemende trend paard – rund – pony voor dec02, voor apr03 en aug03 is afnemende trend paard – pony – rund; overlappingsen van de individuele metingen tussen de drie diersoorten voor de drie periodes

vochtgehalte : afnemende trend paard – pony – rund voor dec02, voor apr03 is de afnemende trend omgekeerd rund – pony – paard; in aug03 is de afnemende trend pony – rund – paard; dec02 : geen overlappingsen van de individuele metingen tussen paard en rund; apr03 : geen overlappingsen van de individuele metingen tussen paard en pony; aug03 : geen overlappingsen van de individuele metingen tussen paard en pony, tussen pony en rund

Tabel 10.20 : Resultaten van de Kruskal-Wallis test, significante verschillen tussen de verschillende mestsoorten voor de drie periodes

sig	dec02	apr03	aug03
gewicht mest terrein	0.587	0.875	0.587
gewicht mest oven droog	0.587	0.670	0.561
vochtgehalte tov oven droog	0.113	0.193	0.044*

dec02 : er zijn geen significante verschillen voor de drie parameters voor de drie mestsoorten

apr03 : er zijn geen significante verschillen voor de drie parameters voor de drie mestsoorten
aug03 : er is een significant verschil tussen het vochtgehalte voor de drie mestsoorten

De PostHoc toetsen tonen aan tussen welke mestsoorten er een significant verschil bestaat :
vochtgehalte mest : een significant verschil (Sig = 0.000) tussen paard en pony en tussen pony en rund
(Sig = 0.001) voor de periode aug03 (LSD test)(= var)

10.6.2 BESCHRIJVING VAN DE BROEDKAMERS GEVORMD IN DE BODEM

Gedurende drie periodes werd de bodem onder de broedkamers uitgegraven en werd nagegaan of er al dan niet nog sporen van broedkamers in de bodem terug te vinden waren (tabel 10.21 en 10.22).

In dec02 werden onder 2 van de 3 hopen van paard, pony en rund broedkamers teruggevonden. In apr03 werd onder 1 mesthoop van paard, onder 2 mesthopen van pony en rund broedkamers teruggevonden. In aug03 tenslotte, werden broedkamers onder de 3 hopen van paard, 1 onder pony en 2 onder rundermest teruggevonden. De kolonisatie van de rundermesthopen (6) gevolgd door paard (6) en pony (5) is niet overal succesvol geweest. Het is niet duidelijk waarom niet alle koppeltjes er in slaagden nesten te bouwen. Misschien waren de gebruikte exemplaren van *Geotrupes* niet voldoende fit om te reproduceren of zijn er een aantal kevers toch kunnen ontsnappen.

De aanwezigheid van broedkamers onder de mesthopen in apr03 en aug 03 toont aan dat na het verloop van 7.5 en 11.5 maand er nog steeds een belangrijke hoeveelheid mest onder de vorm van broedkamers in de bodem aanwezig is. Het is dus zeker niet zo dat de larven de volledige broedkamer consumeren en dat enkel fecaal materiaal van de larve achterblijft in de bodem. Zo is na 11.5 maand tussen 117.1 en 689.9 g luchtdroog materiaal aan broedkamers in de bodem achtergebleven (tabel 10.21).

Er kunnen zich drie situaties voordoen. In een eerste geval komt een larve van de *Geotrupes* sp. tot ontwikkeling. De broedkamers hebben een zeer stevige structuur, zijn uitgehold en hun lengte is ingekort. Onder hoop 6 van rund (aug03) bedroeg de gemiddelde lengte 4.8 cm (STD = 0.4, n = 6) en blijft er nog een belangrijke rest van de broedkamer achter in de bodem. Een tweede geval is dat in sommige broedkamers een groot aantal kleine larven zijn aangetroffen. Het is mogelijk dat in de mest die door de *Geotrupes* in de bodem gebracht wordt voor de constructie van de broedkamers reeds eieren van *Aphodius* mestkevers aanwezig waren die zich dan verder ontwikkelen in de broedkamer. De tweede mogelijkheid is de aanwezigheid van parasitaire mestkevers van het *Aphodius* type, maar deze is niet waarschijnlijk omdat de determinatie van de *Aphodius* larven aantoonde dat deze niet van deze parasitaire soort zijn. Na ontwikkeling van de larven behouden de broedkamers een normale lengte maar ze vertonen talrijke kleine holtes die opgevuld zijn met zand. In een derde geval heeft er zich helemaal geen larve ontwikkeling voorgedaan. Verschillende verklaringen zijn hiervoor mogelijk. Eerst en vooral is het mogelijk dat niet alle broedsels succesvol zijn. Het ei ontwikkelt zich niet tot larve bijvoorbeeld door een stijging van de grondwatertafel : de bodemvochtigheid wordt te hoog zodat het ei/de larve afsterft. In ons experiment werd deze situatie vermeden omdat de proefvlakken aangelegd werden op hoger gelegen plaatsen. Ook is het typisch voor *Geotrupes* dat deze kevers een aantal reserve broedkamers aanleggen zonder een ei (Chinery, 1975).

De fysische eigenschappen van de bodem veranderen door de mestkeveractiviteit. De mesthopen van paard en rund werden aangelegd op dezelfde enclosure. Het proefvlak ligt op een voormalig ontstruweeld terrein. Hiervan getuigen de aanwezigheid van enkele dode grote wortels binnen het profiel.

Tabel 10.21 : Gewicht aan broedkamer materiaal teruggevonden onder mesthopen van paard, pony en rund

dier	hoop	datum	aantal broedkamers	gewicht (g) terrein broedkamers	gewicht luchtdroog broedkamers totaal zuiverste zandigste	Geotrupes kleine MK	hoopje zichtbaar aan het oppervlak 9/5/2002	opmerkingen 9/16/2002	9/17/2002
paard	hoop3	27/11/02	?	378,7/336,7	316.0	-	duid	duid	
paard	hoop7	29/11/02	0	-		-	duid	duid	
paard	hoop8	29/11/02	7	533,4/484,3	389.0	1	duid naast kooi	nt duid	
pony	hoop3	29/11/02	2	99.9	96.3	1	duid	duid	duid
pony	hoop7	6/12/02		28.9	27.7	1			nt duid
pony	hoop7	6/12/02	5	209.3	202.3	1			nt duid
pony	hoop8	6/12/02	0	-		geen	molshoop		
rund	hoop3	27/11/02	?	465/450,5	357.6	1	duid	duid	
rund	hoop7	27/11/02	0	27.5	dood hout, sterk doorworteld	1	duid	duid	
rund	hoop8	27/11/02	6+peervormige struik	440,7/412,9		1	duid	duid	
paard	hoop1	14/04/03	0	-		1			
paard	hoop2	14/04/03	0	-		geen			
paard	hoop5	14/04/03	6	107.1	70.5	geen		duid	
paard	hoop5	14/04/03		135.4	81.1	geen		duid	
pony	hoop1	14/04/03	1	30.4	25.9	1			
pony	hoop2	14/04/03	3	373.9	264.6	1			duid
pony	hoop5	14/04/03	0	-		geen			
rund	hoop1	14/04/03	0	77.3	60.6	geen			
rund	hoop2	14/04/03	8	343.0	215.0	2	duid	duid	
rund	hoop5	14/04/03	6	298.4	168.4	geen	duid	duid	
rund	hoop5	14/04/03	3	163.2	96.7	geen	duid	duid	
paard	hoop4	19/08/03	4	126.1	117.1	geen	duid	duid	
paard	hoop6	19/08/03	9	479.5	459.8	1	1	duid naast kooi	duid
paard	hoop6	19/08/03		88.0	opgevlude wortelgalerij				
paard	hoop9	19/08/03	7	253.1	235.9	1	1	duid	
pony	hoop4	18/08/03	0	-		geen			duid
pony	hoop6	18/08/03	0	-		geen			
pony	hoop9	18/08/03	10	709.8	689.9	2			duid
rund	hoop4	18/08/03	10	624.4	598.1	1	duid	duid	
rund	hoop6	19/08/03	6	134.0	124.5	2	nt duid	duid	
rund	hoop6	19/08/03		434.9	dood hout, sterk doorworteld				
rund	hoop9	19/08/03	0	-		geen	duid	duid	

duid : duidelijk; nt duid : niet duidelijk; duid naast kooi : duidelijk naast kooi

Tabel 10. 22 : Terreïnobservaties, aanwezige bodemfauna bij het onderzoek naar Geotrupes broedkamers

december 2002							
dier	hoop	Geotrupes in mesthoop of bodem	aantal broedkamers – diepte tov maaiveld	larve Geo- trupes in BK	larven kleine mestkever	waarneembare galerijen	fauna in en juist onder mesthoop (onvolledige oplijsting)
paard	hoop 3	geen	niet geteld	1	28 in BK, geen in bodem Aphodius*	aanwezig tussen 9 - 35 cm	mierenest, oorbeest + eieren op 2 cm diepte
	hoop 8	1 †	7 tussen 15 en 26 cm	1+1 Geotrupes spiniger	20 in BK 65 in BK Aphodius*		eieren oorbeest op 8 cm diepte
	hoop 7	1 †	geen	geen	geen	geen	regenwormen, pissebedden
pony	hoop 3	geen	2 tussen 18 en 26 cm	geen	22 in BK Aphodius*	aanwezig	zeer veel regenwormen
	hoop 8	geen	molshoop – geen broedkamers	geen		mollegalerij	
	hoop 7	1 †	5 tussen 15 en 38 cm	1 tussen 11-15 cm Geotrupes spiniger	20 in BK, Aphodius* aaltjes	aanwezig tussen 11-18 cm	regenwormen, spinnen, pissebedden, miljoenpoot
rund	hoop 3	1 †	niet geteld, tussen 17 en 38 cm	1 in onderste BK	niet geteld, in BK Aphodius*	aanwezig tussen 7-17 cm	pissebedden, (regen)wormen, larve
	hoop 8	1 †	6+peervormige structuur tussen 14 en 30 cm	geen	zeer veel in bodem tot 38 cm diepte Aphodius*	aanwezig tussen 10-14 cm	pissebedden, regenwormen, oorbeest + eieren
	hoop 7	geen	geen	geen	zeer veel in bodem tot 33 cm diepte	aanwezig op HS 13 cm	regenwormen
april 2003							
dier	hoop	Geotrupes	aantal broedkamers – diepte tov maaiveld	larve Geo- trupes in BK	larven kleine mestkever	galerijen	fauna in en juist onder mesthoop
paard	hoop 1	1 †	geen	geen	geen		oorbeesten, pissebed
	hoop 2	geen	geen	geen	geen		rolpissebedden, oorbeest
	hoop 5	geen	3 tussen 21-30 cm, waarvan 1 goed doorworteld en 1 met regenworm; 3 tussen 21 en 28 cm	geen	enkele larven		vlindersrups
pony	hoop 1	1 †	1	geen		aanwezig op 21	regenworm, loopkever
	hoop 2	halve	3 tussen 15-20 cm, 4 tussen 18-25 cm		zeer veel in bodem tussen 12-25 Aphodius*		pissebed, miljoenpoten
	hoop 5	geen	geen				

rund	hoop 1	geen	geen	aantal	geen	aanwezig	aanwezig	oorbeesten, kleine kevers, loopkever <i>Amara aenea</i>
	hoop 2	2 †	1 tussen 30-32 cm 7 tussen 11 en 28 cm			zeer veel in bodem tot 29 cm, kleine holtes in BK		
	hoop 5	geen	3 tussen 17-22 cm 6 tussen 23-33		1 in onderste BK	zeer veel in bodem tussen 20-33 cm		

augustus 2003							
dier	hoop	Geotrupes	aantal broedkamers – diepte tov maaiveld	larve Geo- trupes in BK	larven kleine mestkever	galerijen	fauna in en juist onder mesthoop
paard	hoop 4	geen	4 tot 22 cm diepte	geen	geen, kleine holtes in BK		
	hoop 6	2 †	9 tot 30 cm diepte	geen, grote holte in BK (3)	geen, kleine holtes in BK		1 levende kleine MK
	hoop 9	1 †	7 tot 29 cm diepte	geen	geen, kleine holtes in BK		A. foetens (adult)
pony	hoop 4	geen	geen	geen			
	hoop 6	1 †	geen	geen			mierennest, vlinderpop
	hoop 9	2 †	10 tussen 20-30 cm, 1 kleine mestkever	geen, grote holte in BK	geen, kleine holtes in BK		A. foetens (adult)
rund	hoop 4	1 †	10 tot 32 cm diepte	geen	geen, kleine holtes in BK		pissebedden
	hoop 6	2 †	6 tot 38 cm diepte	geen, grote holte in BK			1 larve, 1 Geotrupes op –26 cm
	hoop 9	geen	geen	geen			

* : Larven zijn van het subgenus *Aphodius* s.str. : A. foetidus (Herbst), A. fimetarius (Linné) of A. foetens (Fabricius)

Een representatief bodemprofiel voor elke diersoort wordt hieronder voorgesteld.

Profiel Paard – hoop 3

A1 : 0-5/6 cm : donkergrijs humeus zand, zeer goed doorworteld

AC : 5/6-9/10 cm : grijs zand, zeer goed doorworteld

2A : 9/10-15 cm : begraven horizont : licht bruin grijs zand, goed doorworteld, 1 dode gehumificeerde wortel, 1.5 cm diam., horizontaal georiënteerd

2C : 15-20 cm : grijs zand, goed doorworteld, 1 dode gehumificeerde wortel, 2 cm diam., horizontaal georiënteerd

3A : 20-24 cm : begraven horizont, donkergrijs humeus zand, goed doorworteld

3C : 24+ cm : bleekgeel zand, goed doorworteld

Profiel Rund – hoop 3

A : 0-4/6 cm : donker grijsbruin humeus zand, zeer goed doorworteld, Ca++, HF

BC : 4/9-8/10 cm : lichtgrijs zand, zeer goed doorworteld, Ca++, HF

2A : 8/10-12/14 cm : begraven horizont, grijsbruin humeus zand, zeer goed doorworteld, enkele wortels van 2-3 mm, Ca++, HF

2BC : 12/14-18/22 cm : lichtgrijs zand, zeer goed doorworteld, enkele wortels van 2-3 mm, Ca+++, HF

3A : 18/22-22-26 cm : donker grijsbruin humeus zand, matig doorworteld, enkele wortels van 2-3 mm, 1 wortel 1 cm diam, Ca++, HF

3C : 22/26+ cm : bleekgeel zand, zeer weinig verticale wortels, 2% duidelijke roestvlekken, Ca++

De broedkamers van paard bevinden zich tussen 15 en 30 cm, deze van rund tussen 11 en 38 cm. De broedkamers komen dus gedeeltelijk voor in de begraven A-horizonten en in het C-materiaal

De pony enclosure bevindt zich in de zuidelijke begrazingsblok van de Westhoek. Een representatief bodemprofiel wordt hieronder voorgesteld.

Profiel Pony – hoop 7

H+E : 0-4 cm : donkergrijs tot zwart humeus zand, zeer goed doorworteld, Ca-, HF

E+H : 4 – 9 cm : grijs humeus zand, zeer goed doorworteld, Ca-, HF

B.hir : 9-13 cm : bruinrood zand, goed doorworteld, Ca+, HF

2A : 13-23 cm : grijs zand, goed doorworteld, Ca++, HF

C : 23+ cm : bleekgeel zand, matig doorworteld, 3% duidelijke roestvlekken vanaf 28 cm, Ca++

De broedkamers van pony bevinden zich tussen 15 en 38 cm, dit betekent dat ze voorkomen onder de B.hir, in de begraven horizont (2A) of in het moedermateriaal (C-horizont).

De lokalisatie van de broedkamers binnen het bodemprofiel toont aan dat de broedkamers tot in de al dan niet verdichte C-horizont reiken. Alhoewel de tunnels die de Geotrupes aanlegden om hun broedkamers te maken niet konden getraceerd worden vanaf het maaiveld tot deze diepte was het duidelijk dat de beworteling profiteerde van de aanwezigheid van broedkamers. Sommige van de broedkamers zijn doorworteld door talrijke fijne wortels.

Chemische analyse werden uitgevoerd op zuiverste deel van de broedkamers waarvoor voldoende materiaal beschikbaar was (tabel 10. 23).

organisch materiaal :

- 1) het gehalte aan OM varieert tussen 9.4 en 31.7%, dit wil zeggen dat een belangrijke hoeveelheid bodemmateriaal gemengd is met de mest bij de constructie van de broedkamers
- 2) na verloop van tijd is er nog steeds een belangrijke hoeveelheid OM in de bodem zoals aangetoond voor de broedkamers uitgegraven in apr03 en aug03
- 3) er is geen afnemende trend te zien in het OM-gehalte na verloop van tijd
- 4) er is geen duidelijk verschil te zien in OM-gehalte van de broedkamers naargelang de mestsoort
- 5) vergeleken met de omliggende horizonten is er een duidelijke toename te zien in het OM-gehalte

Tabel 10.23 : Analysegegevens voor selectie van broedkamers en omliggende bodem

Analysen voor broedkamers

datum	site	hoop	OM %	OC %	N %	C/N	CEC ↓	Ca cmol(+)/kg	Mg cmol(+)/kg	Na →	K →	V %	Pinorg ppm	Porg ppm	Ptot ppm
nov/02	paard	8	24.4	14.2	0.499	28.4	18.5	7.46	1.1	0.331	1.05	54	291	216	507
nov/02	paard	3	12.4	7.2	0.418	17.2	8.2	5.46	0.7	0.223	1.02	90	247	192	439
nov/02	rund	8	15.4	9.0	0.694	12.9	11.0	10.47	1.9	0.160	0.42	118	694	331	1025
nov/02	rund	3	14.9	8.6	0.634	13.6	15.5	8.29	1.34	0.152	0.22	65	868	382	1249
apr/03	pony	2	18.0	10.4	0.516	20.2	15.6	10.36	1.13	0.058	0.21	75	824	334	1159
apr/03	rund	2	9.5	5.5	0.465	11.8	12.0	4.70	0.47	0.041	0.19	45	312	236	548
apr/03	rund	5	31.7	18.4	1.639	11.2	20.8	12.86	1.72	0.087	0.38	72	1433	474	1907
apr/03	rund	5	23.0	13.4	0.801	16.7	21.0	11.54	1.69	0.069	0.31	65	1012	294	1306
apr/03	paard	5	17.5	10.1	0.434	23.4	13.4	6.62	1.04	0.107	0.31	60	411	328	739
apr/03	paard	5	17.2	10.0	0.520	19.2	16.8	6.58	0.76	0.068	0.27	46	373	310	683
aug/03	rund	4	10.9	6.3	0.437	14.4	8.5	7.53	0.69	0.043	0.12	99	279	259	538
aug/03	rund	6	15.8	9.2	0.647	14.2	18.1	9.77	0.73	0.148	0.15	60	855	326	1181
aug/03	paard	9	18.2	10.6	0.648	16.3	14.7	7.63	0.29	0.272	0.27	58	284	249	533
aug/03	paard	4	16.1	9.4	0.584	16.0	12.1	7.39	0.63	0.054	0.14	68	163	298	461
aug/03	paard	6	15.3	8.9	0.530	16.7	14.5	6.52	0.6	0.088	0.22	51	201	208	409
aug/03	pony	9	9.4	5.5	0.286	19.1	6.3	3.89	0.26	0.029	0.10	68	145	178	323

Analysen voor omliggende bodem

horizont diepte	site	hoop	OM %	OC %	N %	C/N	CEC ↓	Ca cmol(+)/kg	Mg cmol(+)/kg	Na →	K →	V %	Pinorg ppm	Porg ppm	Ptot ppm
3A, 18-22	rund	3	2.5	1.4	0.104	13.8	5.6			0.024	0.01		43	44	87
3C, 30-35	WH-N	3	0.1	0.1	0.011	7.5	1.5			0.028	0.01		74	18	92
B.hir, 9-13	pony	7	1.0	0.6	0.054	10.6	2.6	2.4	0.03	0.009	0.01	94	58	23	81
2A, 13-23	WH-Z	7	1.2	0.7	0.061	11.7	3.4			0.012	0.01		40	63	103
2C, 25-35		7	0.3	0.2	0.017	9.2	1.6			0.008	0.01		62	26	88

N

- 1) het gehalte aan N varieert tussen 0.286 en 1.639%
- 2) na verloop van tijd is er nog steeds een belangrijke hoeveelheid N in de bodem zoals aangetoond voor de broedkamers uitgegraven in apr03 en aug03
- 3) er is geen afnemende trend te zien in het N-gehalte na verloop van tijd
- 4) er is geen duidelijk verschil te zien in N-gehalte van de broedkamers naargelang de mestsoort
- 5) vergeleken met de omliggende horizonten is er een duidelijke toename te zien in het N-gehalte : het hoogste N-gehalte werd aangetroffen in de 3A-horizont tussen 18-22 cm diepte en bedraagt 0.104%

CEC en kationen

- 1) de kationenuitwisselingscapaciteit (CEC) ligt tussen 8.2 en 21.0 cmol(+)/kg bodem
- 2) er is geen duidelijk verschil te zien in CEC naargelang de mestsoort
- 3) de omliggende horizonten hebben een zeer lage CEC met een maximum van 5.6 cmol(+)/kg bodem; de CEC van de broedkamers is dus beduidend hoger

wat de kationen Na en K betreft :

- 1) Het Na-gehalte in de broedkamers ligt tussen 0.041 en 0.272 cmol(+)/kg bodem
- 2) Het Na-gehalte in de broedkamers is duidelijk hoger dan in de omliggende horizonten waar de maximale Na-hoeveelheid 0.028 cmol(+)/kg bodem is
- 3) Het K-gehalte in de broedkamers ligt tussen 0.10 en 1.05 cmol(+)/kg bodem
- 4) Het K-gehalte in de broedkamers is zeer sterk verhoogd vergeleken met omliggende horizonten waar de maximale K-hoeveelheid 0.01 cmol(+)/kg bodem is

Totale, anorganische en organische P :

- 1) het gehalte aan P totaal varieert tussen 323 ppm (pony, aug03) en 1907 ppm (rond, apr3), de waarden voor anorganische P varieert tussen 145 ppm en 1433 ppm, voor organische P liggen de waarden tussen 178 ppm en 474 ppm.
- 2) na verloop van tijd is er nog steeds een belangrijke hoeveelheid P in de bodem, zoals aangetoond voor de broedkamers uitgegraven in apr03 en aug03
- 3) er is geen afnemende trend te zien in het OM-gehalte na verloop van tijd
- 4) ondanks het beperkt aantal monsters, lijkt er een zwakke trend waarbij de broedkamers uit rundermest rijker aan P zijn dan deze uit paardenmest
- 5) de P-waarden zijn sterk verhoogd indien men deze vergelijkt met de P-waarden van de omliggende bodemhorizonten

10.6.3 BESLUIT

In het verkennend onderzoek werd de bodem onder 10 mesthopen onder paard, pony en ezel en één ezellatineplaats onderzocht. Onder de mesthopen worden broednesten aangelegd door *Geotrupes* sp. (meststal spiniger) (sommige *Geotrupes* kevers zaten vol met mijten). Hierbij werden niet minder dan 72 broedkamers opgegraven. Hiervan werd op het terrein de lengte en diameter bepaald. De gemiddelde lengte bedroeg 9.8 cm, de gemiddelde diameter 2.8 cm (standaard deviatie resp. 2.0 en 0.2) en het gemiddeld terreingewicht 59.8 g. Sommige broedkamers vertonen een verdikking aan hun uiteinde. Alhoewel niet systematisch alle broedkamers opengebrouwen werden bevatten sommige broedkamers 1 enkel ei, verschillende eieren of verschillende (kleine) larven van *Aphodius* s.str. (*A. foetidus*, *A. fimetarius*, *A. foetens*). De broedkamers bevonden zich tussen 10 en 30 cm diepte, dit betekent dat de onderste broedkamers zich in de verdichte C-horizont kunnen bevinden.

In een aantal gevallen stelt zich bij het uitgraven van de broedkamers het probleem van de herkenbaarheid. Dit kan te wijten zijn door de aanwezigheid van begraven horizonten zodat er weinig kleurverschil is tussen de bodem en de broedkamer, en door de aanwezigheid van dood hout vermits de exclusies op plaatsen zonder kwetsbare vegetatie werden opgericht met name plaatsen die recentelijk ontstruweeld werden

Om de effecten van de mestkever *Geotrupes* sp. beter te kunnen kwantificeren werd een experiment opgesteld in de week van 26 tot 30 augustus. Van de drie diersoorten, paard, pony en rund, werd voldoende mest verzameld. Telkens werden 9 hopen mest uitgelegd van 1 kg. Elke mesthoop werd voorzien van een koppel *Geotrupes* sp. en afgedekt met een gaas zodat de kevers niet zouden kunnen ontsnappen. Op 27 en 29 november en 6 december 2002 werd de bodem onder de mesthoop – in drievoud voor elke diersoort – opgegraven (dwz destructieve methode) en nagekeken voor de aanwezigheid van broedkamers. Deze procedure werd herhaald op 14 en 15 april 2003 en op 18 en 19 augustus 2003.

Zowel het gewicht (terrein en oven droog) en het vochtgehalte van de mest toont in functie van de tijd een dalende trend. Tussen aug02 en dec02 blijft van de oorspronkelijke 1 kg mest 43% (paard), 38% (pony) en 26% (rund) mest over; tussen aug02 en apr03 is dit tussen 9 en 7% en tussen aug02 en aug03 is dit minder dan 3%. Het vochtgehalte is nog steeds zeer hoog in dec02 met waarden tussen 185 en 335%. Tussen dec02 en apr03 daalt het vochtgehalte zeer drastisch met een verdere afname tussen apr03 en aug03 zodat het vochtgehalte uiteindelijk tussen 9 en 26% bedraagt.

Vergelijken we de evolutie van de mest naargelang diersoort dan zien we dan in zowel dec02, apr03 en aug03 het terreingewicht van de mest steeds het hoogst is voor paard en het laagst voor rund : paard > pony > rund.

Voor het oven droog gewicht van de mest is in dec02 de sequentie paard > rund > pony, in apr03 en aug03 is deze paard > pony > rund. Voor het vochtgehalte wordt de meest voorkomende sequentie van paard > pony > rund aangehouden in dec02, in apr03 en aug03 niet.

De eerste sporen die wijzen op mestkeveractiviteit in de bodem is de aanwezigheid van kleine zandhoopjes in of naast de mesthoop. Galerijen zijn daarentegen niet altijd te observeren. Bij het onderzoek van de bodem onder de mesthopen zien we dat *Geotrupes* aanzienlijke hoeveelheden mest in de bodem brengt. Na verloop van tijd (3, 7.5 en 11.5 maand), d.w.z. na de ontwikkeling van de larven, blijft nog steeds een belangrijke hoeveelheid mest achter in de bodem. Dit beïnvloedt de fysische en chemische eigenschappen van de bodem ten opzichte van de normale bodemhorizontatie. Er is een verhoging vastgesteld bij alle onderzochte parameters (OM, N, CEC, kationen, totale, anorganische en organische P). Een verschil tussen de chemische samenstelling

van de broedkamers van de verschillende mestsoorten werd niet waargenomen. Dit moet evenwel genuanceerd worden omdat het aantal monsters per diersoort en per bemonsteringsperiode beperkt was. In dit experiment werd een belangrijke aanzet tot veranderingen in de bodemfysische kenmerken waargenomen. De broedkamers bevinden zich tot in de verdichte bodemhorizonten en zijn een vorm van bioturbatie van deze horizonten. Het graven van tunnels en de aanleg van broedkamers doorbreekt de bodemhorizontatie en eventuele stratificatie. De galerijen zelf worden voor zover we konden waarnemen (de aanwezigheid van open galerijen was beperkt), snel terug opgevuld met bodemmateriaal. De broedkamers daarentegen vormen een preferentiële plaats voor de beworteling. Zelfs bij het gedeeltelijk verdwijnen van de broedkamer door de ontwikkeling van de larve blijft nog een belangrijke hoeveelheid OM met voedingsstoffen in de bodem die de beworteling zullen bevoordelen. Op lange termijn (tientallen jaren van begrazing) kan dit leiden tot dikkere biologisch actieve lagen.

Activiteiten van *Geotrupes* sp. op en in de bodem



Opbrengen van C-materiaal naar het oppervlak in paardenmesthoop



Galerijen gegraven door *Geotrupes* activiteit onder ponymesthoop (aug 2002)



Aanwezigheid van mestworstjes op
vertikale sectie



Geotrupes sp. met galerij



Broedkamerconstructie in ezelmest in profielput, op horizontaal vlak



Detail van broedkamerconstructie bestaande uit paardenmest in profielput



Broedkamerconstructie in ezelmest in profielput, op horizontaal vlak



Sterk doorwortelde mestworsjes bestaande uit paardenmest, gerecupereerd onder mesthoop na verloop van 11 maanden (aug 2003)



Larve van *Geotrupes* sp. in mestworsje



Opgefulde holte met C-materiaal in een mestworsje, waarin waarschijnlijk een *Aphodius*-larve zich ontwikkeld heeft

11. RESULTATEN EN BESLUITEN

In deze studie werden een aantal onderzoeksonderwerpen behandeld die verband houden met het abiotische luik van het kustduinmilieu. Een aantal onderwerpen vormen een vervolgonderzoek op een reeds eerder uitgevoerde studie waarvan de resultaten beschreven staan in "Ampe, C., 2000. Onderzoek naar de invloed van het grondgebruik op het abiotisch milieu in en langs de maritieme duinstreek. Universiteit Gent in opdracht van Aminal, afdeling Natuur, 151 pp. + bijlagen."

Het grootste deel van het onderzoek werd uitgevoerd in het Vlaams natuurreservaat de Westhoek. Voor twee deelaspecten werd eveneens onderzoek verricht in de Houtsaegerduinen en de Ilzermondung.

In dit rapport komen volgende onderwerpen aan bod :

1. Aanvullend onderzoek naar de temporele variabiliteit van de belangrijkste klimatologische parameters tot en met 2002.
2. Onderzoek naar de evolutie van de westelijke duinhelling van het loopduin ter hoogte van Zeeruspanne (proefsite 8) en het bijhorend deflatieoppervlak sedert voorjaar 2000.
3. Aanvullend onderzoek naar de waterkwaliteit van de veedrinkpoelen in het Vlaams natuurreservaat de Westhoek en Houtsaegerduinen.
4. Aanvullend onderzoek van het monitoringsproject ss.
5. Studie naar de invloed van begrazing in kustduinsystemen op de bodemontwikkeling. In deze studie komen verschillende aspecten aan bod.

Begrazen beïnvloedt zowel de fysische als chemische bodemkenmerken. Een literatuuroverzicht presenteert de gekende gegevens over de chemische samenstelling van de urine en de mest, de invloed van het begrazen op de fysische en chemische bodemkenmerken. De resultaten van verkennend en experimenteel onderzoek worden voorgesteld met analysegegevens voor de mest en de bodem.

Ten slotte wordt op een meer gedetailleerde wijze de invloed van mestkevers in het bijzonder *Geotrupes* sp. op de bodem bestudeerd.

11.1 KLIMAAT

In deze studie werden de klimaatsgegevens, gesteund op de Maandberichten van het KMI voor het weerstation Koksijde, verder aangevuld tot en met 2002.

De temperatuurgegevens tonen aan dat de jaarlijkse gemiddelde temperatuur sedert 1988 duidelijk hoger is dan de normale temperatuur. In de laatste 15 jaar hebben enkel 1991 en 1996 een lagere jaarlijkse gemiddelde temperatuur. Januari, april en mei 1993, februari 1990, juli en augustus 1995, oktober 1994 vertoonden de hoogste gemiddelde maxima temperaturen en februari 2002, maart en augustus 1997, mei en oktober 2001, jul 1994 en 1995 en november 1994 haalden de hoogste gemiddelde minimum temperaturen sedert 1957 (begin van de metingen voor weerstation Koksijde).

De gemiddelde jaarlijkse neerslag bedroeg sedert 1985, 810 l/m² wat ruimschoots meer is dan de normale van 687 l/m². Zo waren de jaren 2001 en 2002 zeer natte jaren met resp. 1104 en 1031 l/m² neerslag. Sedert 1985 zijn aaneengesloten droge periodes 1989-1991 en natte periodes 1984-1988, 1992-1995 en 1998-2002.

De verschillende parameters (potentiële evapotranspiratie (PET) volgens de gemodificeerde Penman methode, actuele evapotranspiratie, surplus en deficit) van de waterbalans werden berekend, rekening houdend met een waterophoudend vermogen van 40 mm voor duinzand tot 80 cm diepte. Sedert 1995 (gegevens van de vorige jaren worden besproken in Provoost & Hoffmann, 1996) komen een aantal opmerkelijke klimatologische jaren voor. De hoge neerslag in 2001 en 2002 en normale PET resulteerde in een surplus dat groter was dan het gemiddelde + 1 keer de standaard

deviatie en het deficit voor 2002 was opmerkelijk laag. In deze laatste twee jaar stonden dan ook grote gedeelten van het Westhoek natuurreserveat blank.

11.2 EVOLUTIE VAN DE DUINVOET VAN HET LOOPDUIN

De duinvoet van het loopduin werd sedert het voorjaar van 2000 één keer per jaar met een totaal station gedetailleerd ingemeten. Het ingemeten oppervlak varieerde van 1.8 tot 2.4 ha met een puntendichtheid van 29 tot 43 m² per punt.

Bij het uitstuiven van het deflatieoppervlak onder de dominante ZW-winden, worden door de winden die uit de tweede dominante windrichting komen, het noordoosten, secundaire microruggen gevormd. Deze ontwikkeling gebeurt in verschillende stappen : aan de rand van het deflatieoppervlak ontwikkelt zich een lage duinrug waarop Helm zich begint te vestigen. De microrug kan zich nog verder verplaatsen naar het noordoosten toe. In het tweede en derde daaropvolgende jaar verhoogt de duinrug (tot ongeveer 80 cm in het door ons onderzochte gebied) en wordt ze meer aaneengesloten. Vanaf het derde jaar begint zich een depressie te vormen ten oosten van de duinrug zodat de rug nu meer duidelijke vorm begint te krijgen. Naast deze secundaire microruggen komen ook duintjes als relicteilanden van het voormalige deflatieoppervlak voor.

De ontwikkeling van de secundaire microruggen verhoogt op korte afstand de variabiliteit in het abiotische milieu met op de ruggen een dieper doorwortelde bodem, een dikkere biologische actieve laag maar ook een droger milieu. Verder onderzoek moet aantonen in welke mate deze abiotische variabiliteit leidt tot een hogere biodiversiteit binnen het algemene pannevloersysteem.

Langs een transect doorheen de panne tot aan de voet van het deflatieoppervlak werd het kalkgehalte bepaald tussen 0-3 cm. Op 4 plaatsen werd het kalkgehalte bepaald tot 3 cm diepte met telkens een interval van 1 cm. De gegevens tonen aan dat het kalkgehalte sterk wisselt en dat deze waarschijnlijk grotendeels gebonden is aan de toevallige samenstelling van het moedermateriaal. De aanwezigheid van een kalk- en wierkorst heeft geen invloed op de meetresultaten. Deze korsten kunnen in meer detail onderzocht worden aan de hand van micromorfologisch onderzoek.

11.3 WATERKWALITEIT VAN DE (VEEDRINK)POELEN

Binnen dit project werd eenmaal (5/9/2002) de waterkwaliteit van 12 veedrinkpoelen in het Westhoekreservaat en 2 in de Houtsaegerduinen bepaald. Belangrijke factoren die de samenstelling van het water beïnvloeden zijn sea-spray met een invloed op het Na⁺ en Cl⁻ gehalte, vervuiling door dieren die defeceren en urineren in de poelen (K⁺, NH₄⁺, PO₄³⁻), aeratie van een in de bodem voorkomende humeuze of venige laag (SO₄²⁻), aanrijking door kwel (Ca²⁺, CO₃²⁻). Het ijzergehalte wordt blijkbaar niet beïnvloed door het redoxpotentiaal. Het interpreteren van de gegevens is dan ook een complexe oefening.

De nieuwe poel gegraven in de Westhoek langs het grenspad kan gebruikt worden als een referentiesituatie zonder begrazing. Poelen 6, 18, 19 en 20 hebben het meest te lijden van vervuiling door de dieren. Poelen 18 en 19 zijn van het natriumbicarbonaatype, poel 21 van een Na-mix. Deze poelen worden waarschijnlijk het meest beïnvloed door de sea-spray. De hoge waarden voor zowel Na⁺ als Cl⁻ in poel 8 kunnen moeilijk verklaard worden aan de hand van sea-spray door zijn grote afstand tot de zee.

11.4 BODEMKARAKTERISATIE AAN DE HAND VAN MINI-PROFIELEN IN HET MONITORINGSONDERZOEK SS – PROEFSITE ZEERUSPANNE

Proefsite 8 – Zeerussysteem is gesitueerd in een panne gestabiliseerd sedert 1996 en opgenomen in het noordelijk begrazingsblok sedert 1998. Twee beheersvormen worden gemonitord aan de hand

van telkens 5 pq's. In beide proefvlakken (ongeveer 50x50 m²) wordt Duindoorn uitgetrokken, in de eerste proefvlak (8B) wordt er wel begraasd, in de tweede (8C) niet.

De bodem werd ter hoogte van de pq's gedetailleerd beschreven en de fysische en chemische bodemparameters werden bepaald. De methode die hierbij gevolgd werd, is dezelfde als bij voorgaand onderzoek (Ampe, 2000).

Alle pq's behalve 8C4 dat op een duintje ligt begroeid met Helm, worden gekenmerkt door een pioniersvegetatie van de natte duinvallei. De bodemontwikkeling in deze profielen is dan ook minimaal met een zeer dunne A-horizont, laag gehalte aan OM en kalkrijk vanaf het oppervlak. De onderzochte parameters van beide proefvlakken vertoonden na drie jaar begrazing geen significant verschil.

11.5 ONDERZOEK NAAR DE INVLOED VAN BEGRAZEN OP DE BODEM

Begrazen omvat een waaier aan activiteiten zoals stappen, draven, galopperen, verder nog liggen, rollen en krabben, die de fysische kenmerken van de bodem beïnvloeden. Mesten en urineren hebben rechtstreeks een belangrijke invloed op de chemische bodemkenmerken en onrechtstreeks door de activiteit van mestkevers, wormen ... op de bodemfysische eigenschappen.

Door **betreding** worden de fysische eigenschappen van de bodem beïnvloed. De uitgeoefende druk op de bodem voor een dier in rusttoestand werd bepaald aan de hand van de hoefafdruk van een voorbeen en achterbeen en het gewicht van het dier. Voor paard, pony en ezel varieert die uitgeoefende druk (gesteund op de volledige zoolvlakte) weinig en ligt ze tussen 0.54 en 0.98 kg/cm². Indien enkel rekening gehouden wordt met het oppervlak van de maximale druk dan bedraagt deze ongeveer 2 kg/cm². Het is evident dat deze druk sterk toeneemt bij een dravend of galopperend dier.

Het effect van betreding werd nagegaan in een natte laagliggende zone nabij proefsite 3, begroeid met Gele lis, en op een droog grazig gedeelte nabij proefsite 4. Betreding door dieren veroorzaakt compactie. Dit werd gemeten aan de hand van bepalingen voor schijnbaar soortelijk gewicht (SSG). In de natte gebieden is het SSG gemeten op de paden significant verschillend van het SSG gemeten naast de paden voor de bodemstalen genomen tussen 0-5 cm. Dit kan verklaard worden door het hoger gehalte aan organisch materiaal en de hogere vochtgehalten in de natte site. Deze bodems zijn meer betredingsgevoelig dan de bodems gekenmerkt door een goed ontwikkelde graszode die door de aanwezigheid van een dicht bewortelde oppervlaktehorizont een buffer vormt tegen betredingsverdichting.

De literatuur, die vooral steunt op gegevens uit de landbouwsector, geeft niet altijd eenduidige aanwijzingen omtrent de **invloed van defeaceren** op de bodem. OM-gehalte kan zowel toenemen of afnemen onder begrazing. N en P zou door de toevoer van faeces en urine toenemen, bij zware begrazing kan het P-gehalte afnemen. De pH kan verhogen bijvoorbeeld door vertrapping van de bodem zodat carbonaathoudende mineralen dichter bij het oppervlak komen te liggen of door bioturbatie waarbij kalkhoudend materiaal naar het oppervlak wordt gebracht. De pH zou ook kunnen afnemen door hogere OM-gehalten waarbij meer humuszuren gevormd worden. N-omzettingen zoals van urea tot ammoniak (hydrolyse waarbij OH⁻ ionen vrijkomen) of van ammoniak tot nitriet/nitraat (oxidatie waarbij H⁺ vrijkomt) kunnen de pH resp. doen toenemen of afnemen.

In een verkennend onderzoek werd de chemische samenstelling van de bodem onder de mesthoop nagegaan. Voor 4 van de 5 diersoorten (paard, rund, schaap en konijn) is – ongeachte de ouderdom van de mesthoop – de K (cmol(+)/kg bodem) en EPP (Exchangeable Potassium Percentage = Kx100/CEC (%)) van de bodem (0-5 cm) onder de mesthoop significant (P<0,05) verschillend

(groter) dan bij de controle. Bij paard is er eveneens nog een significant verschil tussen de pH-waarden en P_2O_5 anorganisch, bij de schapen is dit eveneens het geval voor de P_2O_5 anorganisch. Voor pony werden geen significante verschillen teruggevonden tussen blanco en bodem onder de mesthoop. De reden hiervoor is momenteel niet duidelijk.

Voor paard, rund en pony werden recente, medium en oude mesthopen onderscheiden. Voor een aantal parameters kan men een evolutie vaststellen :

- Paard : bij het ouder worden van de mesthoop treden significante verschillen op voor N, K (cmol(+)/kg bodem), P_2O_5 totaal, P_2O_5 anorganisch, C/N, EPP tussen de bodems onder de mesthoop vergeleken met de controle.
- Rund : bij het ouder worden van de mesthoop zijn tussen de bodem onder de mesthoop en de blanco, significante verschillen voor K (cmol(+)/kg bodem), P_2O_5 anorganisch, EPP; bij de jonge mesthopen is EPP eveneens reeds significant verschillend.
- Pony : P_2O_5 totaal, C/N, C/P organisch vertonen significante verschillen in één van de drie stadia, maar er is geen duidelijke trend te zien.

Aan de hand van een experimenteel opzet werd de samenstelling van paard-, runder- en ponymesthopen, hun evolutie in functie van de tijd en de **effecten van mestkeveractiviteit** onderzocht. In een tweede experiment werd de invloed van factoren tijd en mesthoeveelheden op de bodem nagegaan.

Volwassen paarden, runderen en pony's produceren gemiddeld zo'n 2032, 1352 en 719 g per defecatiebeurt. De chemische samenstelling van verse mest voor paard, rund en pony volgen slechts ten dele de trends zoals geformuleerd in de literatuur. Er is geen duidelijke opsplitsing van de chemische samenstelling van de mest van de paardachtigen ten opzichte van de runderen.

De resultaten van de meststalen genomen in functie van de tijd werden sterk beïnvloed door de weersomstandigheden door een sterk wisselend vochtgehalte, vooral bij de paarden- en ponymest. Daarom was het nodig de gegevens van de chemische samenstelling van mest om te rekenen naar percentages ten opzichte van droge stof en naar effectieve hoeveelheden aanwezig op het terrein. Voor de drie mestsoorten worden K en Na het snelst uitgeloozd, wat aangetoond wordt door sterke negatieve significante correlaties tussen K en Na uitgedrukt t.o.v. droge stof en effectieve terreinhoeveelheden voor K en Na met factor tijd. De effectieve terreinhoeveelheden van droge stof, organische stof, fosfor, magnesium zijn eveneens negatief significant gecorreleerd met factor tijd. De tendensen voor stikstof en calcium zijn minder duidelijk. Voor stikstof kan dit te wijten zijn aan complexe omzettingsreacties tussen de verschillende N-vormen, voor calcium kan er een interferentie optreden door worm- en mestkeveractiviteit waarbij kalkrijk materiaal van de diepere horizonten naar het oppervlak gebracht wordt. In de experimentele opzet werd gepoogd om het effect van de mestkevers op de afbraak en chemische samenstelling van de mest te onderzoeken. De evolutie van de gewichten suggereerde dat er een invloed is van de mestkeveractiviteit. Toch is er enige voorzichtigheid geboden omdat de experimentele opzet niet volledig microklimatologische verschillen noch mestkeveractiviteit kan uitsluiten. Het toepassen van ANOVA met 2 factoren toont aan dat factor tijd de belangrijkste factor is bij het beïnvloeden van de samenstelling van de mest. De literatuur beschrijft dat de invloed van wormen op de afbraak op zijn minst een even, zonet belangrijker factor is bij de afbraak van mest. De verschillende bijdragen tot de afbraak van mest door mestkevers en wormen kan in de toekomst onderzocht worden aan de hand van gecontroleerde experimenten.

De aanwezigheid van mest op de bodem heeft een invloed op de samenstelling van de bodem tussen 0-5 cm. Bij de drie mestsoorten in de C/N-verhouding significant lager, K, EPP (Exchangeable Potassium Percentage) en ESP (Exchangeable Sodium Percentage) zijn significant hoger tussen de bodem onder de mesthoop en de controle. Bij de rundermesthopen zijn het grootst aantal

bodemparementers significant verschillend wat aantoonst dat rundermest het meest effectief is bij het beïnvloeden van chemische bodemkenmerken.

ANOVA met 2 factoren toont aan dat factor tijd de belangrijkste factor is bij het beïnvloeden van de samenstelling van de bodem bij paardenmest. Bij ponymest is dit de opgebrachte hoeveelheid en bij rundermest is de invloed van beide factoren beperkt.

11.6 INVLOED VAN DE COPROFIELE FAUNA OP DE BODEM

Sedert de introductie van begrazing als beheersmaatregel in de natuurreservaten langsheen de Vlaamse kust heeft zich vrij snel een coprofiele fauna gevestigd. Wat betreft de invloed van deze fauna op de bodem zijn de belangrijkste groepen de wormen (Annelida, subklasse Oligochaeta, orde Haplotaxida, suborder Lumbricina, familie Lumbricidae) en coprofiele Coleoptera zoals de Aphodiinae (subfamilie) en Geotrupidae (familie). Onderzoek naar de soortensamenstelling en de verspreiding de coprofiele Coleoptera in duingebieden langsheen de westkust werd uitgevoerd door Struyve (2002). De soortensamenstelling van de wormen is tot nu toe nog niet onderzocht.

In dit project werd de meeste aandacht besteed aan de activiteiten van *Geotrupes* sp. (vnl. spiniger). Deze mestkevers (18-26 mm lang) zijn tunnelers wat betekent dat ze volgens onze waarnemingen onder de mesthoop tussen 10 en 30 cm diepte ondergrondse met mest opgevulde broedkamers aanleggen. Deze mestworstjes zijn gemiddeld 9.8 cm lang, hebben een diameter van 2.8 cm en wegen zo'n 60-tal g.

De invloed van deze kevers op de bodem is belangrijk voor de bodemfysische en -chemische eigenschappen. Door de graafactiviteiten van de kevers worden de horizonatie en eventueel stratificatie doorbroken. De broedkamers bevinden zich meestal onder de A-horizont ter hoogte van de B₁ en de verdichte C-horizont. Het graven van de verticale schacht waarlangs de mestkevers zich bewegen spelen geen zo'n belangrijke rol in het verminderen van het schijnbaar soortelijk gewicht want de duur waarbij de galerijen open blijven lijkt beperkt te zijn. Er zijn immers maar een weinig aantal open en volledig traceerbare galerijen teruggevonden. De aanwezigheid van broedkamers daarentegen hebben een langdurig effect op de bodem. Na zelfs een periode van ongeveer 12 maand, waarbij het ei zich volledig ontwikkeld heeft tot een nieuw imago, blijft een belangrijke hoeveelheid voedingsstoffen achter in de bodem. De restanten van de broedkamers leveren nutriënten : de chemische samenstelling van de broedkamers heeft een hoger gehalte aan OM, N, CEC, kationen en P (totaal, anorganisch en organisch) dan de omliggende bodemhorizonten. De beworteling van de vegetatie maakt gebruik van deze toevoeging van nutriënten zodat het bodemvolume voor beworteling groter wordt.

12 REFERENTIES

- Afzal, M. & W.A. Adams, 1992. Heterogeneity of soil mineral nitrogen in pasture grazing by cattle. *Soil Science Society of America Journal*, 56, 1160-1166.
- Alexandre, J., M. Erpicum & C. Vernemmen, 1992. Het klimaat, 87-127. In : Denis, J. (ed). *Geografie van België. Gemeentekrediet*, pp. 623.
- Ampe, C. 1999. Onderzoek van duinbodems langsheen de Vlaamse en Noord-Franse kust met bijzondere aandacht voor de ecosysteemdynamiek en natuurbeheer. Doctoraatsverhandeling, RUG, pp. 388 + bijlagen en foto's.
- Ampe, C., 2000. Onderzoek naar de invloed van het grondgebruik op het abiotisch milieu in en langs de matitieme duinstreek. Onderzoek in opdracht van AMINAL, afdeling Natuur door Universiteit Gent, Laboratorium voor Bodemkunde, pp. 151 + bijlagen.
- Ampe, C. & R. Langohr, 1993. Distribution and dynamics of shrub roots in recent coastal dune valley ecosystems of Belgium. *Geoderma*, 56, 37-55.
- Appelo, C.A.J. & D. Postma, 1993. *Geochemistry, groundwater and pollution*. AABalkema, Rotterdam, 146-148.
- Archer, M., 1973. Variations in potash levels in pastures grazed by horses : a preliminary communication. *Equine veterinary Journal*, 5, 1, 45-46.
- Azevedo, J. & P.R. Stout, 1974. Farm animal manures : an overview of their role in the agricultural environment. *Calif. Agric. Exp. Stn. & Ext. Ser. Manual* 44.
- Ball, D.F., 1964. Loss-on-ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in non-calcareous soils. *J. Soil Sci.*, 15, 84-92.
- Bauer, A., C.V. Cole & A.L. Black, 1987. Soil property comparisons in virgin grasslands between grazed and nongrazed management systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51, 176-182.
- Berg, W.A., J.A. Bradford & P.L. Sims, 1997. Long-term soil nitrogen and vegetation change on sandhill rangeland. *J. Range Management*, 50 (5), 482-486.
- Betteridge, K., W.G.K. Andrewes & J.R. Sedcole, 1986. Intake and excretion of nitrogen, potassium and phosphorus by grazing strees. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 106, 393-404.
- Bonte, D., C. Ampe, J.-L. Herrier, M. Hoffmann, R. Langohr, M. Leten & S. Provoost, 1998. Monitoring research in the Flemish dunes : from a descriptive to an integrated approach. *Coastal dunes - management, protection and research, Report from a European Seminar, Skagen, Denmark, August 1997*, 139-149.
- Bonte, D., E. Cosyns, K. De Maeyer, S. Provoost & M. Hoffmann, 2001. Monitoring van de effecten van begrazingsbeheer op vegetatie, flora en fauna van de Vlaamse natuurreervaten langs de Vlaamse kust. Deel 1. Vastleggen van de uitgangssituatie en eerste monitoringsresultaten. Universiteit Gent en Instituut voor Natuurbehoud in opdracht van Aminoal, afdeling Natuur, pp. 120, IN-rapport IN.O.2001.01.
- Bornemissza, G.F., 1969. A new type of brood care observed in the dung beetle *Oniticellus cinctus* (Scarabaeidae). *Pedobiologia*, 9, 223-225.
- Bornemissza, G.F. & C.H. Williams, 1970. An effect of dung beetle activity on plant yield. *Pedobiologia*, 10, 1-7.

- Brady, N.C. & R.R. Weil, 1996. The nature and properties of soils. Prentice Hall, New Jersey, 11th ed., pp. 740.
- Breymeyer, A., 1974. Analysis of a sheep pasture ecosystem in the Pieniny Mountains (The Carpatians). XI. The role of coprophagous beetles (Coleoptera, Scarabaeidae) in the utilization of sheep dung. *Ekol. pol.*, 22, 617-634.
- Bries, J., H. Vandendriessche & M. Geypens, 1995. Bemesting en berekening van aardappelen in functie van opbrengst en kwaliteit. I.W.O.N.L., Brussel.
- Bristow, A.W., D.C. Whitehead & J.E. Cockburn, 1992. Nitrogenous constituents in the urine of cattle, sheep and goats. *J. Sci. Food Agric.*, 59, 387-394.
- Brussaard, L., 1983. Reproductive behaviour and development of dung beetle *Typhaeus typhoeus*. *Tijdschrift voor Entomologie*, 126, 203-231.
- Brussaard, L., 1985. A pedobiological study of the dung beetle *Typhaeus typhoeus* (Coleoptera, Geotrupidae). Doctoraatsverhandeling, Landbouwhogeschool Wageningen, pp. 168.
- Brussaard, L. & L.T. Runia, 1984. Recent and ancient traces of scarab beetle activity in sandy soils of the Netherlands. *Geoderma*, 34, 229-250.
- Brussaard, L. & R.D.W. Hijdra, 1985. Effects of back-filling of burrows by scarab beetles on pores and roots in some sandy soils of The Netherlands, 78-91. In : Brussaard, L., 1985. A pedobiological study of the dung beetle *Typhaeus typhoeus* (Coleoptera, Geotrupidae). Doctoraatsverhandeling, Landbouwhogeschool Wageningen.
- Brussaard, L. & S. Slager, 1985. The influence of bulk density and soil moisture on the habitat selection of the dung beetle *Typhaeus typhoeus* (Col. Geotrupidae) in The Netherlands. Communication n° 280 of the Biological Station, Wijster, The Netherlands.
- Bullock, J.M. & C.A. Marriott, 2000. Plant responses to grazing, and opportunities for manipulation, 17-26. In : A.J. Rook & P.D. Penning. *Grazing Management*. British Grassland Society, Reading.
- Burgess, C.P., R. Chapman, P.L. Singleton & E.R. Thom, 2000. Shallow mechanical loosening of a soil under dairy cattle grazing : Effects on soil and pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*.
- Castle, M.E., Foot, A.S. & R.J. Halley, 1950. Some observations on the behaviour of dairy cattle with particular reference to grazing. *J. Dairy Res.*, Vol. 17, 215-230.
- Chinery, M., 1973. *Insekten Mitteleuropas*. Berlin/Hamburg.
- Christianson, C.B., R.A. Hedlin & C.M. Cho, 1979. Losses of nitrogen from soil during nitrification of urea. *Canadian Journal of Soil Science*, 59, 147-154.
- Church, D.C., 1976. Digestive physiology and nutrition of ruminants. Volume 1. Digestive physiology, 2nd ed. O and B Books Inc., Corvallis, Oregon.
- Clays, S., 1999. Hydrogeologisch en hydrogeochemisch onderzoek van het westelijk deel van de Uitkerkse polder bij Wenduine. Licentiaatsverhandeling, RUG, pp. 125 + bijlagen.
- Clement, C.R. & T.E. Williams, 1967. Leys and soil organic matter. 2. The accumulation of nitrogen in soils under different leys. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 69, 133-138.
- Cosyns, E., 2004. Zaadverbreiding door hoefdieren. Aspecten van endozoöchorie in een halfnatuurlijk landschap. Doctoraatsverhandeling, Ugent.
- Dale, W.R., 1961. Some effects of sheep urine on pasture. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 1961, 118-123.

- Davies, B.E., 1974. Loss-on-ignition as an estimate of soil organic matter. *Soil Sci. Soc Amer. Proc.*, 38, 150.
- Day, T.A. & J.K. Detling, 1990. Grassland patch dynamics and herbivore grazing preference following urine deposition. *Ecology*, 71, 180-188.
- De Bie, S., W. Joenje & S.E. Van Wieren (red.), 1987. *Begrazing in de natuur*. Pudoc, Wageningen, pp. 228.
- De Breuck, W., G. De Moor, R. Maréchal & R. Tavernier, 1974. Diepte van het grensvlak tussen zoet en zout water in de freatische laag van het Belgisch kustgebied (1963-73). *SWIM 4*, kaart 1/100 000.
- De Haan, F.A.M. & G.G.M. Van der Valk, 1970. Effect of compaction on root aeration and root growth of ornamental bulbs. *Proc. 17th Int. Symp. on Flower bulbs*, Noordwijk, 326-332.
- De Molenaar, J.G., 1996. *Gedomesticeerde grote grazers in natuurterreinen en bossen : een bureaustudie. I. De werking van begrazing*. IBN-rapport 231. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Wageningen, pp. 221.
- Delecour, F. 1980. Essai de classification pratique des humus. *Pedologie*, XXX, 2, 225-241.
- Delecour, F. & M. Kindermans, 1977. *Manuel de Description des Sols*. Service de la Science du Sol. Faculté des sciences Agronomiques de l'Etat, Gembloux, Belgique, pp. 111 + annexes.
- Denholm-Young, P.A., 1978. *Studies of decomposing Cattle Dung and its associated fauna*. D. Phil. Thesis, Oxford University.
- Depuydt, F., 1967. Bijdrage tot de geomorfologische en fyto geografische studie van het domaniaal natuurreservaat De Westhoek. Ministerie van Landbouw, Bestuur van Waters en Bossen. Publicaties van de dienst domaniale natuurreservaten en natuurbescherming, Werken nr. 3, pp. 101.
- Dickinson, C.H., V.S. Underhay & V. Ross, 1981. effect of season, soil fauna and water content on the decomposition of cattle dung pats. *New Phytol.*, 88, 129-142.
- Dickenson, C.H. & G. Craig, 1990. Effects of water on the decomposition and release of nutrients from cow pats. *New Phytologist*, 115, 139-147.
- Dingens, P. & C. Vernemmen, 1964. De klimaatsclassificatie van C.W. Thornthwaite toegepast op België en het Groot-Hertogdom Luxemburg. *Natuurwet. Tijdschr.*, 45, 145-198.
- Dirven, J.G.P. & D.M. de Vries, 1973. Botanische Zusammensetzung von Pferdeweiden. *Zeitschrift für Acker und Pflanzenbau*, 137, 123-130.
- Doak, B.W., 1952. Some chemical changes in the nitrogenous constituents of urine when voided on pasture. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 42, 162-171.
- Dogniaux, R., 1971. Distribution du rayonnement solaire en Belgique. K.M.I., België, Publicaties, serie A, nr 71.
- Dormaar, J.F. & W.D. Willms, 1998. Effect of forty-four years of grazing on fescue grassland soils. *J. Range Management*, 51 (1): 122-126.
- Dupriez, G.L. & R. Sneyers, 1978, 1982. *Les normales du réseau pluviométrique Belge*, K.M.I. België, Publicaties, serie A, nr. 101.

- Dupriez, G.L. & R. Sneyers, 1979. Les nouvelles cartes pluviométriques de la Belgique. K.M.I. België, Publikaties, serie A, nr. 103, pp. 17.
- Edwards, P.J. & S. Hollis, 1982. The distribution of excreta on New Forest grassland used by cattle, ponies and deer. *Journal of applied ecology*, 19, 953-964.
- Edwards, P.B. & H.H. Aschenborn, 1987. Patterns of nesting and dung burial in *Onitis* dung beetles : implications for pasture productivity and fly control. *Journal of Applied ecology*, 24, 837-851.
- Fabre, J.-H., ca 1910. *Souvenirs entomologiques X.*, 4th ed. Paris, Librairie Ch. Delagrave.
- Fairbridge, R.W. & C.W. Finkl, 1979. *The encyclopedia of soil science. Part 1.* Dowden, Hutchinson & Ross Inc., Stroudsburg, Pennsylvania.
- FAO, 1977. *Guidelines for soil profile description*, 2nd ed., Rome, pp. 66.
- FAO, 1990. *Guidelines for soil description*, 3rd ed., Rome, pp. 70.
- Field, A.C., A.R. Sykes & R.G. Gunn, 1974. Effects of age and state of incisor dentition on faecal output of dry matter and on faecal and urinary output of nitrogen and minerals, of sheep grazing hill pastures. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 83, 151-160.
- Fielding, D., 1991. *Rabbits. The tropical agriculturalist*, CTA, MacMillan, pp. 106.
- Fitzpatrick, E.A., 1977. *Soil Description*. Department of Soil Science, University of Aberdeen, pp. 66.
- Floate, M.J.S., 1973. Soils associated with grass and heather moorland and some long-term changes related to grazing influences. *Journal of Science, Food and Agriculture*, 24, 1149.
- Foth, H.D., 1990. *Fundamentals of Soil Science*. John Wiley & Sons, 8th ed., pp. 360.
- Frame, J., 1971. *Fundamentals of grassland management*. 10. The grazing animal. *Scottish Agriculture*, 50, 28-44.
- Frank, A.B., D.L. Tanaka, L. Hofmann & R.F. Follett. 1995. Soil carbon and nitrogen of Northern Great Plains grasslands as influenced by long-term grazing. *J. Range Management*, 48, 470-474.
- Geuzens, P., P. Van Bree, N. De Brucker & H. Van den Broeck, 1999. Bemonsterings- en analyseprocedures voor mest, bodem en veevoeder in het kader van het mestdecreet. VITO, Mol, 1999/DIA/R/53.
- Gill, S.I., M.A. Naeth, D.S. Chanasyk & V.S. Baron, 1998. Runoff and sediment yield from snowmelt and rainfall as influenced by forage type and grazing intensity. *Can. J. Soil Sci.*, 78, 699-706.
- Gittings, T., P.S. Giller & G. Stakelum, 1994. Dung decomposition in contrasting temperate pastures in relation to dung beetle and earthworm activity. *Pedobiologia*, 38, 455-474.
- Gobat, J.-M., M. Aragno & W. Matthey, 1998. *Le sol vivant*. Presses polytechniques et universitaires romandes, pp. 519.
- Goerlandt, A., 1999. Dieetsamenstelling en voedselpreferenties van Shetlandpony's in het Vlaams natuurreservaat "De Westhoek". Licentiaatsverhandeling, Biologie, RUG, pp. 104.
- Goodall, V.C., 1951. Grasslands Division trials clearly show dangers of permanent night paddocks on dairy farms. *Dairy Exporter*, Vol. 27, 34-37.

- Green, R.N., R.L. Trowbridge & K. Klinka, 1993. Towards a Taxonomic Classification of Humus Forms., A Publication of the Society of American Foresters. Forest Science, Monograph 29, pp. 49.
- Grewal, K.S., G.D. Buchan & R.R. Sherlock, 1991. A comparison of three methods of organic carbon determination in some New Zealand soils. *Journal of Soil Science*, 42, 2, 251-257.
- Gunn, A. & J.W. Sadd, 1994. The effect of ivermectin on the survival, behaviour and cocoon production of the earthworm *Eisenia fetida*. *Pedobiologia*, 38, 327-333.
- Hammond, R. & P.S. McCullagh, 1980. Quantitative techniques in Geography. An introduction, 2nd ed., Clarendon Press, Oxford, pp. 364.
- Hancock, J., 1953. Grazing behaviour of cattle. *Animal breeding abstracts*, 21, 1-13.
- Hanski, I. & Y. Cambefort (eds.), 1991. Dung beetle ecology. Princeton University Press, pp. 481.
- Harde, K.W. & H. Pfletschinger, 1979. De bonte wereld der kevers. Uitgeverij B.V.W.J. Thieme & Cie-Zutphen, pp. 72.
- Harde, K.W. & F. Severa, 1982. Thieme's kevergids. B.V.W.J. Thieme & Cie, Zutphen.
- Hassink, J. & J.J. Neeteson, 1991. Effect of grassland management on the amounts of soil organic N and C. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 39, 225-236.
- Haynes, R.J. & P.H. Williams, 1992. Changes in soil solution composition and pH in urine-affected areas of pasture. *Journal of Soil Science*, 43, 323-334.
- Haynes, R.J. & P.H. Williams, 1993. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy*, 49, 119-199.
- Heinonen, R., 1986. Alleviation of soil compaction by natural forces and cultural practices, 285-297. In : Lal, R., P.A. Sanchez & R.W. Cummings, Jr. (eds.). Land clearing and development in the tropics. A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.
- Hendrikson, N.B., 1991a. Consumption and utilization of dung by detritivorous and geophagous earthworms in a Danish pasture. *Pedobiologia*, 35, 65-70.
- Hendrikson, N.B., 1991b. The effects of earthworms on the disappearance of particles from cattle dung pats during decay. *Pedobiologia*, 35, 139-146.
- Henzell, E.F. & P.J. Ross, 1973. The nitrogen cycle of pasture ecosystems, 227-246. In : Butler G.W. & R.W. Bailey (eds.). Chemistry and Biochemistry of Herbage. Vol 2, Academic Press, London.
- Herbauts, J., 1971. Flore et végétation des dunes de la réserve naturelle domaniale du Westhoek. Ministerie van Landbouw, Bestuur van Waters en Bossen. Publicaties van de dienst domaniale natuurreservaten en natuurbescherming, Werken nr. 5, pp. 95.
- Hermans, W.A./, 1984. Hoefverzorging en hoefbeslag. Groene reeks, Terra Van Zutphen, pp. 251.
- Herriot, J.B.D. & D.A. Wells, 1962. Gülle as a grassland fertilizer. *Journal of the British Grassland Society*, 15, 63-69.
- Herriot, J.B.D. & D.A. Wells, 1963. The grazing animal and sward productivity. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 61, 89-99.
- Hinish, W.W., 1974. Manure doesn't smell so bad anymore. *Crops Soils*, 27(3), 12-15.

- Hirschberger & T. Bauer, 1994. Influence of earthworms on the disappearance of sheep dung. *Pedobiologia*, 38, 475-480.
- Hoffmann, M. & S. Provoost, eds., 1996. Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust. 1. Ecosysteembeschrijving. Universiteit Gent & Instituut voor Natuurbehoud in opdracht van AMINAL, Afdeling Natuur, Brussel, pp. 375 + bijlagen.
- Holland, P.T. & C. During, 1977. Movement of nitrate-N and transformations of urea-N under field conditions. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 20, 479-188.
- Holmes, W., 1989. Grass : its production and utilization. 2nd ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Holter, P., 1973. A chromic oxide method for measuring consumption in dung-eating *Aphodius* larvae. *Oikos*, 24, 117-122.
- Holter, P., 1974. Food utilization of dung-eating *Aphodius* larvae (Scarabaeidae). *Oikos*, 25, 71-79.
- Holter, P., 1977. An experiment on dung removal by *Aphodius* larvae (Scarabaeidae) and earthworms. *Oikos*, 28, 130-136.
- Holter, P., 1979. Effect of dung-beetles (*Aphodius* spp.) and earthworms on the disappearance of cattle dung. *Oikos*, 32, 393-402.
- Holter, P., 1983. Effect of earthworms on the disappearance of cattle droppings. In : Satchell, J.E. (ed.) *Earthworm Ecology*, Chapman and Hall, London.
- Hutchinson, Cr., 1974. *Laboratory Handbook of Petrographic Techniques*. John Wiley, New York, pp. 527.
- Jabiol, B., A. Brêthes, J.-F. Ponge, F. Toutain & J.-J. Brun, 1995. *L'Humus sous toutes ses formes*. Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Nancy, France, pp. 63.
- Janssens, A., 1960. *Faune de Belgique : Insectes : Coléoptères lamellicornes*, 1- 411.
- Johnston, A., J.F. Dormaar & S. Smoliak, 1971. Long-term grazing effects on fescue grassland soils. *J. Range Management*, 24, 185-188.
- Johnston-Wallace, D.B. & K. Kennedy, 1944. Grazing management practices and their relationship to the behaviour and grazing habits of cattle. *J. Agric. Sci.*, Vol. 34, 190-197.
- K.M.I., België, 1985 tot 2002. Maandbericht. Klimatologische waarnemingen, deel 2.
- Kalisz, P.J. & E.L. Stone, 1984. Soil mixing by scarab beetles and pocket gophers in north-central Florida. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48, 169-172.
- Keeling, P.S., 1962. Some experiments in the low-temperature removal of carbonaceous material from clay. *Clay Min. Bull.*, 28, 155-158.
- Khasawneh F.E., E.C. Sample & E.J. Kamprath (eds), 1980. The role of phosphorus in agriculture. American Society of Agronomy, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin, USA, pp. 910.
- Kjeldahl, J., 1883. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. *Z. Anal. Chem.*, 22, 366-382.
- Klemperer, H.G., 1979. An analysis of the nesting behaviour of *Geotrupes spiniger* Marsham (Coleoptera, Scarabaeidae). *Ecological entomology*, 4, 133-150.

- Klinka, K., R.N. Green, R.L. Trowbridge & L.E. Lowe, 1981. Taxonomic classification of humus forms in ecosystems of British Columbia. Province of British Columbia. Ministry of forests. Land Management report N° 8, pp. 53.
- Kooijman, A.M. & M.W.A. De Haan, 1995. Grazing as a measure against grass encroachment in Dutch dry dune grassland : effects on vegetation and soil. *Journal of Coastal Conservation*, 1, 127-134.
- Kroon, H.M. & R.H.J. Gallandat-Huet, 1988. Hoefkunde en hoefbeslag. Zuid-boek producties, Den Haag, 296 pp.
- Krammes, J.S. & L.F. Deban, 1965. Soil wettability : A neglected factor in watershed management. *Water Resour. Res.*, 1 : 283-286.
- Kuijten, P., 1960. Verhaltensbeobachtungen am Dreihornmistkäfer (*Typhoeus typhoeus* L., Col. Scarab.). *Entomol. Z.*, 70, 223-233.
- Kuntze, H., G. Roeschmann, G. Schwerdtfeger, 1994. Bodenkunde. 5. neubearbeitete und erweiterte Auflage. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, pp. 424.
- Landon, J.R., 1984. Booker tropical soil manual. Booker Agriculture International Limited, pp. 450.
- Landuyt, L. & G.D. Schietecat, 1992. Klimaatgemiddelden en weerextremen in België. Meteorologische documentatie, K.M.I., België, pp. 255.
- Langohr, R., 1994. Directives and rationale for adequate and comprehensive field soil data bases, pp. 176-191. New waves in Soil Science. Refresher Course for Alumni of the International Training Centre for Post-Graduate Soil Scientists of the Ghent University, Harare 1994. ITC-Gent, Publications series n° 5, pp. 379.
- Lantinga, E.A., J.A. Keuning, J. Groenwold & P.A.G. Deenen, 1987. Distribution of excreted nitrogen by grazing cattle and its effects on sward quality, herbage production and utilization, 103-117. In : H.G. Van der Meer, R.J. Unwin, T.A. Van Dijk & G.C. Ennik (eds.). *Animal manure on grassland and fodder crops : fertilizer or waste*. Martinus Nijhoff, Dordrecht.
- Lebbe, L., 1978. Hydrogeologie van het duingebied ten westen van De Panne. Doctoraatsverhandeling, Faculteit Wetenschappen, Aard- en Delfstofkunde, RUG, pp. 164.
- Lebbe, L. & De Breuck, 1980. Hydrochemie van de freatische waterlaag ten westen van De panne. *Tijdschrift BECEWA (Gent)*, nr. 58, 5/1980, 124-138.
- Lefèvre, M.A., 1931. Morphologie éolienne littorale entre Nieuport et la frontière française. *Tijdschrift van de Belgische Vereeniging voor Aardrijkskundige studies*. Verhandeling, 1, 36-60.
- Lekasi, J.K., J.C. Tanner, S.K. Kimani & P.J.C. Harris, 2001. Manure management in the Kenya highlands : practices and potential. HDRA - the organic organisation, 2nd edition, pp. 35.
- Letey, J. 1969. Measurement of contact angle, water drop penetration time and critical surface stension. In Deban, L.F. & Letey, J. (eds.). *Water repellent Soils*, Proc. Symp. on water repellent Soils, Univ. Calif. Riverside, 43 -47.
- Liddle, M.J., 1975. A selective review of the ecological effects of human trampling on natural ecosystems. *Biological Conservation*, 7, 17-36.
- Lockyer, D.R. & D.C. Whitehead, 1990. Volatilization of ammonia from cattle urine applied to grassland. *Soil Biology and Biochemistry*, 22, 1137-1142.

- Lowday, J.E. & T.C.E. Wells, 1977. The management of grassland and heathland in country parks. A report to the countryside commission prepared by the institute of terrestrial ecology, pp. 71.
- Lumaret, J.-P., 1979. Biogéographie et écologie des scarabéides coprophages du sud de la France. I. Méthodologie et modèles de répartition. *Vie Milieu*, XXVIII-XXIX, fasc. 1, sér C, 1-34.
- Lumaret, J.-P., 1980. Analyse des communautés de scarabéides coprophages dans le maquis Corse et étude de leur rôle dans l'utilisation des excréments. *Ecol. Mediterr.*, 5, 51-58.
- MacDiarmid, B.N. & B.R. Watkin, 1972. The cattle dung patch. 3. Distribution and rate of decay of dung patches and their influence on grazing behaviour. *Journal of the British Grassland Society*, 27, 48-54.
- Maclusky, D.S., 1960. Some estimates of the areas of pasture fouled by the excreta of dairy cows. *J. British grassland society*, 15, 2, 181-185.
- Madsen, H.B. & A.A.M. Vestergaard, 1992. Oovelsesveiledning til keniske jorddbundsoovelser. Internal publication, Institute of Geography, University of Copenhagen, pp. 46.
- Mahauden, M. & L. Lebbe, 1982. Hydrogeologische studie van en rondom het gebied van de geplande waterwinning "Ter Yde" te Koksijde (Oostduinkerke). Lab. Toegepaste Geologie, RUG, pp. 52, appendix.
- Malo, J.E. & F. Suarez, 1995. Cattle dung and the fate of *Biserrula pelecinus* L. (Leguminosae) in Mediterranean pasture, seed dispersal, germination and recruitmant. *Bot. J. Lin. Soc.*, 118, 138-148.
- Mapfumo, E., D.S. Chanasyk, M. A. Naeth & V.S. Baron, 1999. Soil compaction under grazing of annual and perennial forages. *Canadian Journal of Soil science*, 79, 1, 191-199.
- Marrs, R.H., A. Rizand & A.F. Harrison, 1989. The effects of removing sheep grazing on soil chemistry, above-ground nutrient distribution and selected aspects of soil fertility in long-term experiments at moor house national nature reserve. *J. of Applied Ecology*, 26, 647-661.
- Marsh, R. & R.C. Campling, 1970. Fouling of pastures by dung. *Herb. Abstr.*, 40, 123-130.
- Mason, V.C., Kessank, P., Ononiwu, J.C. & Narang, M.P., 1981. Factors influencing faecal nitrogen excretion in sheep. 2. carbohydrate fermentation in the caecum and large intestine. *Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde* 45, 174-184.
- Metson, A.J. & F.B. Hurst, 1953. Effects of sheep dung and urine on a soil under pasture at Lincoln, Canterbury, with particular reference to potassium and nitrogen equilibria. *New Zealand Journal of Science and Technology*, section A 35, 327-359.
- Metson, A.J., 1961. Methods of chemical analysis for soil survey samples. New Zealand DSIR. Soil Bur Bull 12, GVT Printer, Wellington, New Zealand.
- Mikkelsen, J.H. & R. Langohr, 1996. A pedological characterisation of the Aubéchies soil, a well preserved soil sequence to the earliest Neolithic agriculture in Belgium. In : Castelletti, L. & M. Cremaschi, 1996. The Colloquia of the XIII Int. Congress of Prehistoric and Protohistoric sciences, Forli - Italia - 8-14 September 1996, 143-149.
- Morgan, J.T., 1951. Observations on the behaviour and grazing habits of dairy cattle at Pontyhead Farm, Carmarthenshire, Assn. for the study of Anim. Beh., London, 8th Jan. 1951.
- Morton, J.D. & D.B. Baird, 1990. Spatial distribution of dung patches under sheep grazing. *New Zealand Journal of Agricultural research*, 33, 285-294.
- Munsell, 1990. Munsell soil color charts. Macbeth, Division of Kollmorgen Instruments Corp. New York.

- Nakamura, Y., 1975. Decomposition of organic materials and soil fauna in pasture. 2. Disappearance of cow dung. *Pedobiologia*, 15, 129-132.
- Nehring, K., U. Zelik & R. Schiemann, 1965. On the content of organic compounds in the urine of cattle, sheep and pigs. *Archiv. für Tierernährung*, 15, 45-52.
- Nelson, D.W. & L.E. Sommers, 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter, 539-579. In : Page, A.L. (ed.), 1982. *Methods of Soil Analysis. Part 2 : Chemical and Microbiological Properties*, 2nd ed., pp. 1159.
- Ngugi, M.K., 2001. The impact of recently introduced ungulates on the coastal dune soils of the Westhoek Nature Reserve, Belgium. M.Sc. Thesis, Interuniversity Programme in Physical Land Resources, Ugent, pp. 101.
- Norusis, M., 1993. *SSPS for Windows. Base system User's Guide*, Release 6.0. Chicago, pp. 828.
- Orr, R.J., P.D. Penning, A.J. Parsons & R.A. Champion, 1995. Herbage intake and N excretion by sheep grazing monocultures or a mixture of grass and white clover. *Grass and Forage Science*, 50, 31-40.
- Overrein, L.N. & P.G. Moe, 1967. Factors affecting urea hydrolysis and ammonia volatilization in soil. *Soil Science Society of America Proceedings*, 31, 57-61.
- Palmer, T.J., 1978. A horned beetle which fights. *Nature*, 274, 583-584.
- Parsons, A.J., R.J. Orr, P.D. Penning & D.R. Lockyer, 1991. Uptake, cycling and fate of nitrogen in grass-clover swards continuously grazed by sheep. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 116, 47-61.
- Paulian, R., 1943. *Les Coléoptères : Formes, mœurs, rôles*. Payot, Paris.
- Petersen, R.G., H.L. Lucas & W.W. Woodhouse, Jr., 1956. The distribution of excreta by freely grazing cattle and its effect on pasture fertility : I. Excretal distribution. *Agronomy Journal*, 48, 440-449.
- Poncelet, L. & H. Martin, 1947. Hoofdtrekken van het Belgisch klimaat. K.M.I. België, *Verhandelingen*, XXVI, pp. 265.
- Powell, J.M., F.N. Ikpe, Z.C. Somda & S. Fernandez-Rivera, 1998. Urine effects on soil chemical properties and the impact of urine and dung on pearl millet yield. *Expl. Agric*, 34, 259-276.
- Profitt, A.P.B., S. Bendotti, M.R. Howell & J. Eastham, 1993. The effect of sheep trampling and grazing on soil physical properties and pasture growth for a red-brown earth. *Aust. J. Agric. Res.*, 44, 317-331.
- Putman, R.J., 1983. *Carrion and Dung : the decomposition of animal wastes*. The Institute of Biology's Studies in Biology, n° 156, Edward Arnold, pp. 59.
- Richards, I.R. & K.M. Wolton, 1976a. A note on the properties of urine excreted by grazing cattle. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 27, 426-428.
- Richards, I.R. & K.M. Wolton, 1976b. The spatial distribution of excreta under intensive cattle grazing. *Journal of the British Grassland Society*, 31, 89-92.
- Rougon, D. & C. Rougon, 1983. Nidification des Scarabaeidae et cleptoparasitisme des Aphodiidae en zone sahélienne (Niger). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 88 (7-8), 496-513.
- Russell, R.S., 1977. *Plant root systems : Their function and interaction with the soil*. McGraw-Hill Book Company (UK) Limited, pp. 298.

- Safley, L.M., J.C. Barker & P.W. Westerman, 1984. Characteristics of fresh dairy manure. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 1984, 1150-1162.
- Schechtner, G., H. Tunney, G.H. Arnold, J.A. Keuning, 1980. Positive and negative effects of cattle manure on grassland with special reference to high rates of application, 77-93. In : Prins, W.H., & G.H. Arnold (eds.). The role of nitrogen in intensive grassland production. Pudoc, Wageningen.
- Sears, P.D., 1956. The effect of the grazing animal on pasture. Proc. 7th Int. Grassland Congress, 92-101.
- Sevenant, A., R. Samson & R. Lemeur, 2003. Kwantitatieve analyse van de bijdrage van de vegetatie tot de evapotranspiratie in duinvalleien. Eindrapport. Onderzoek in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Instituut voor Natuurbehoud uitgevoerd door Vakgroep Toegepaste Ecologie en Milieubiologie, Laboratorium voor Plantecologie, Universiteit Gent, pp. 119.
- Sheikh, K.H. & A.J. Rutter, 1969. The response of *Molinia caerulea* and *Erica tetralix* to soil aeration and related factors. J. Ecol., 57, 713-726.
- Sherlock, R.R. & K.M. Goh, 1984. Dynamics of ammonia volatilization from simulated urine patches and aqueous urea applied to pasture. I. Field experiments. Fertilizer Research, 5, 181-195.
- Skrijka, P., 1987. Investigations of the fertilizer value of sheep excrements left on pasture, 325-327. In : Van der Meer, H.G., R.J. Unwin, T.A. Van Dijk & G.C. Ennik (ds.). Animal manure and fodder crops, fertilizer or waste? Martinus Nijhoff, Dordrecht.
- Slager, H., K. Groen & H. Visser, 1993. Begrazing, betreding en ontziltling. De Levende Natuur, 94 (3), 106-110.
- Slings, Q.L., 1994. De kalkgraslanden van de duinen. De Levende natuur, 95, 120-130.
- 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, pp. 45.
- Smoliak, S., J.F. Dormaar & A. Johnston, 1972. Long-term grazing effects on *Stipa-Bouteloua* Prairie soils. J. Range Management, 25, 246-250.
- Sneyers, R. & M. Vandiepenbeeck, 1981, 1985. Les normales du réseau thermométrique belge. K.M.I. België, Publicaties, serie A, nr. 106, pp. 23.
- Sneyers, R. & M. Vandiepenbeeck, 1995. Notice sur le climat de la Belgique, K.M.I., Wetenschappelijke en Technische Publicatie, 002, pp. 62.
- Soil Survey Staff, 1998. Keys to soil taxonomy. 8th ed. , USDA, Natural Resources Conservation Service, Washington D.C., pp. 326.
- Sommers, L.E. & A.L. Sutton, 1980. Use of waste materials as sources of phosphorus, 515-544. In : Khasawneh F.E., E.C. Sample & E.J. Kamprath (eds), 1980. The role of phosphorus in agriculture. American Society of Agronomy, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Spaney, A., 1910. Beiträge zur Biologie unserer einheimischen Rosskäfer. Deutsche Entomol. Z., 1910, 625-634.
- Spaney, A., 1911. Lebensweise und Brutpflege unserer einheimischen Rosskäfer. Entomol. Rundschau, 28, : 15, 24, 26, 34.
- Spedding, C.R.W., 1971, 1976. Grassland ecology. Clarendon Press, Oxford.

Stichting voor Bodemkartering, 1984. Voorschriften voor chemische analyses in grond. Wageningen. Interne publicatie.

Stillwell, M.A. & R.G. Woodmansee, 1981. Chemical transformations of urea-nitrogen and movement of nitrogen in a shortgrass prairie soil. *Soil Science Society of America Proceedings*, 45, 893-898.

STIPA, 1982. Notice pour l'entrée des descriptions et analyses de sols en banque de données. *Science du sol*. INRA, IRAT, 2^e éd., Orléans - Montpellier, France, pp. 125 + annexes.

Struyve, T., 2002. De coprofiele keverfauna (Insecta : Coleoptera) van enkele duingebieden aan de Westkust en de mogelijke invloed van ontwormingsmiddelen op deze fauna. Licentiaatsverhandeling, Vakgroep Biologie, pp. 84.

Stuyfzand, P.J., 1986. A new hydrochemical classification of watertypes : principles and application to the coastal dunes aquifer system of the Netherlands. *Proceedings of the 9th Salt Water Intrusion Meeting*, Delft, 641-655.

Sys, C., E. Van Ranst & J. Debaveye, 1992. Land evaluation. Part I. Principles in land evaluation and crop production calculations. ITC, Post-Graduate Soil Scientists, RUG, Belgium, pp. 274.

Tasker, J.B., 1967. Intake and output of water, sodium and potassium in normal horses. *Cornell Vet.*, 57, 649-688.

Teichert, M., 1955. Biologie und Brutfürsorgemassnahmen von *Geotrupes mutator* Marsh. und *Geotrupes stercorarius* L. (Col. Scarab.). *Wiss. Z. Martin Luther-Univ. Halle-Wittenberg*, 5, 187-218.

Teichert, M., 1959. Zum Brutfürsorgeverhalten des *Geotrupes vernalis* L. (Col. Scarab.). *Wiss. Z. Martin Luther-Univ. Halle-Wittenberg*, 8, 873-878.

Thomas, R.J., K.A.B. Logan, A.D. Ironside & G.R. Bolton, 1988. Transformations and fate of sheep urine-N applied to an upland UK pasture at different times during the growing season. *Plant and Soil*, 107, 173-181.

Tisdale, S.L. & W. Nelson, 1966. *Soil fertility and fertilisers*. Second edition, pp. 694.

Topps, J.H., 1966. Partition of nitrogen in the urine of African sheep given low-protein diets. *Proc. Nutr. Soc.*, 25, xix-xx.

Troeh, F.R. & L.M. Thompson, 1993. *Soils and Soil fertility*. Oxford University Press, 5th ed., pp. 462.

Twerdoff, D.A., D.S. Chansyk, E. Mapfumo, M.A. Naeth & V.S. Baron, 1999. Impacts of forage grazing and cultivation on near-surface relative compaction. *Canadian Journal of Soil Science*, 79, 3, 465-471.

Vallentine, J.F., 1990. *Grazing management*. Academic press, Inc., pp. 503.

Van der Meulen, F., A.C. Kooijman, M.A.C. Veer & J.H. Van Boxel, 1996. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in open droge duinen. Eindrapport fase 1, 1991-1995. Fys. Geogr. en bodemk. Lab., Universiteit Amsterdam. Onderzoek in opdracht van IKC Natuurbeheer, Directie Natuurbeheer, Min. van Landbouw, Natuur en Visserij.

Van Wieren, S.E., G.W.T.A. Groot Bruinderink, I.T.M. Jorritsma & A.T. Kuiters, 1997. Bosbegrazing kent voor- en nadelen. *Boomblad*, september 1997, 12-13.

Van Wieren, S.E., G.W.T.A. Groot Bruinderink, I.T.M. Jorritsma & A.T. Kuiters (red.), 1997. *Hoefdieren in het boslandschap*. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 224.

- Vandekerckhove, K. & N. Lust. 1995. Studie begrazingsproject Hof te Fiennes in Maarkedal : Eindrapport bij de eerste fase van de begrazingsproef : proefopstelling en eerste volinventaris. Rapport in opdracht van AMINAL, afdeling natuur. Laboratorium voor bosbouw, pp. 65 + bijlagen.
- 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, pp. 217.
- Vernemmen, C., 1998. Klimaatsclassificaties. Cursusnota's, 1ste licentie Geografie, optie Geografie, RUG, pp. 64 + figuren.
- Verplancke, H., 1995. Soil Physics. Cursusnota's, Department of Soil Management and Soil Care. Laboratory of Soil Physics, RUG, pp. 322.
- VLM, 2000. Mestgids. Wegwijs in het Vlaamse mestbeleid, pp. 41.
- Walraevens, K., 1987. Hydrogeologie en hydrochemie van het Ledo-Paniseliaan in Oost- en West-Vlaanderen. RUG, doctoraatsthesis, pp. 350.
- Walraevens, K., 1998. Cursus grondwaterkwaliteit, RUG, niet gepubliceerd, Gent, pp. 246.
- Wardrop, J.C., 1953. Studies in the behaviour of dairy cows at pasture. Brit. J. Anim. Behav., Vol. 1, 23-31.
- Whitehead, D.C. & A.W. Bristow, 1990. Transformations of nitrogen following the application of ¹⁵N-labelled cattle urine to an established grass sward. Journal of Applied Ecology, 27, 667-678.
- Whitehead, D.C., 1995. Grassland nitrogen. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, pp. 397.
- Wilkinson, S.R. & R.W. Lowrey, 1973. Cycling of mineral nutrients in pasture ecosystems, 247-315. In : G.W. Butler & R.W. Bailey (eds.). Chemistry and Biochemistry of Herbage. Vol 2, Academic Press, London.
- Wind, G.P. & C.J. Schothorst, 1964. The influence of soil properties on suitability for grazing and of grazing on soil properties. 8th International Congress of Soil Science, Bucharest, Romania.
- Wolton, K.M., 1979. Dung and urine as agents of sward change : a review, 131-135. In : Charles, A.H. & R.J. Haggard (eds.). Changes in sward composition and productivity. British Grassland Society Occasional Symposium, No. 10. British Grassland Society, Hurley.

Bijlage A

Klimaatsgegevens voor Koksijde
1957-2002

Tabel A1 : Koksijde Gemiddelde maximum temperatuur (°C)

jaar	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sept	okt	nov	dec	gemid.	bron
1957	6.8	8.6	13.2	11.9	13.9	20.8	21.5	20.3	16.8	14.8	9.1	6.4	13.7	Lebbe, 1978
1958	6.2	8.7	7.8	10.6	16.3	18.4	20.6	20.6	20.1	14.3	8.4	7.9	13.3	Lebbe, 1978
1959	5.4	5.2	11.9	14.2	17.4	20.4	23.3	23.0	22.3	17.9	9.1	7.9	14.8	Lebbe, 1978
1960	6.5	7.2	9.7	12.4	17.2	19.6	19.5	20.1	18.3	14.0	11.1	5.8	13.5	Lebbe, 1978
1961	5.5	10.0	12.2	15.0	15.2	19.3	20.2	20.3	21.3	15.9	8.6	5.8	14.1	Lebbe, 1978
1962	6.8	6.8	6.4	11.1	13.5	17.9	19.1	19.5	18.1	15.3	7.6	3.9	12.2	Lebbe, 1978
1963	-1.8	0.8	9.4	12.4	14.2	18.5	20.3	19.3	17.6	14.1	11.8	2.5	11.6	Lebbe, 1978
1964	3.9	7.4	6.7	12.4	18.7	19.2	20.9	21.2	20.7	13.1	10.1	5.9	13.4	Lebbe, 1978
1965	6.0	5.2	9.5	11.7	15.8	18.9	18.6	20.2	17.9	16.2	7.3	8.1	13.0	Lebbe, 1978
1966	3.5	9.1	9.7	12.3	15.9	20.1	19.1	20.0	18.6	14.4	7.7	7.8	13.2	Lebbe, 1978
1967	6.3	8.6	10.7	11.4	16.7	18.6	22.9	21.3	18.8	15.5	8.2	7.1	13.8	Lebbe, 1978
1968	6.4	4.6	10.1	14.1	14.2	19.4	20.2	20.2	18.8	16.0	8.0	3.7	13.0	Lebbe, 1978
1969	7.5	4.3	7.8	12.5	16.8	18.5	21.6	21.6	20.0	18.6	10.6	3.3	13.6	Lebbe, 1978
1970	5.9	6.4	6.9	9.6	16.9	21.7	19.9	21.2	20.2	15.5	11.5	5.9	13.5	Lebbe, 1978
1971	6.2	7.3	7.9	11.4	17.3	17.2	22.2	22.3	19.7	16.6	9.8	8.1	13.8	Lebbe, 1978
1972	4.9	7.3	11.9	11.5	15.5	16.7	19.8	19.9	16.9	14.7	9.7	7.0	13.0	Lebbe, 1978
1973	5.9	6.6	10.5	10.5	16.7	19.8	20.3	23.4	20.0	14.4	9.7	7.3	13.8	Lebbe, 1978
1974	8.6	8.3	9.1	13.3	15.9	18.3	19.4	21.3	16.9	10.7	9.9	10.5	13.5	Lebbe, 1978
1975	9.5	8.1	7.8	11.5	14.1	18.5	21.5	23.4	19.3	13.2	9.0	6.3	13.5	Lebbe, 1978
1976	7.8	6.8	8.4	11.7	18.4	23.2	24.0	23.0	18.9	14.9	9.7	4.6	14.3	Lebbe, 1978
1977	5.8	8.6	11.2	11.1	15.5	16.8	19.6	20.2	17.8	16.4	10.2	8.4	13.5	KMI
1978	5.9	5.2	10.3	10.8	14.7	18.6	19.2	20.0	18.1	16.1	10.5	5.0	12.9	KMI
1979	1.1	2.9	8.4	12.1	15.7	17.5	20.5	19.7	18.5	15.5	10.2	8.5	12.6	KMI
1980	3.9	8.6	8.2	11.2	15.6	18.3	18.7	21.0	19.8	13.6	8.2	7.3	12.9	KMI
1981	6.9	5.7	11.9	11.7	16.5	17.0	19.6	20.6	19.5	12.8	10.9	4.2	13.1	KMI
1982	4.7	7.1	9.5	11.7	17.7	20.3	22.4	20.8	21.1	14.0	11.2	6.5	13.9	KMI
1983	9.0	4.5	9.3	12.3	14.5	19.1	23.3	21.9	18.0	15.1	10.7	7.3	13.8	KMI
1984	7.2	5.9	7.8	12.3	12.4	17.3	20.7	21.6	17.3	14.9	12.0	7.5	13.1	KMI
1985	1.5	4.2	7.6	12.2	15.1	17.6	21.7	19.8	19.6	15.4	6.8	8.6	12.5	Maandbericht
1986	5.8	0.6	8.5	9.4	16.8	20.5	20.7	19.3	16.3	15.9	10.8	8.6	12.8	Maandbericht
1987	1.3	5.6	6.9	15.5	13.8	17.1	20.6	20.9	19.4	15.3	9.4	6.8	12.7	Maandbericht
1988	8.6	7.6	9.0	13.2	17.4	17.0	19.5	20.6	17.3	15.0	9.5	9.3	13.7	Maandbericht
1989	7.3	8.4	12.0	10.1	17.9	18.6	22.1	21.6	19.9	16.3	9.5	7.5	14.3	Maandbericht
1990	5.7	11.5	12.3	12.5	17.4	18.2	21.0	23.3	17.7	16.6	10.0	6.9	14.4	Maandbericht
1991	5.8	4.2	12.3	13.0	12.7	16.1	21.5	22.3	19.6	14.0	8.4	5.9	13.0	Maandbericht
1992	5.2	8.0	10.2	12.6	18.6	18.6	21.2	21.1	18.2	13.0	12.6	7.8	13.9	Maandbericht
1993	9.9	6.8	11.6	15.6	18.8	20.4	21.0	20.8	18.5	13.4	6.8	9.5	14.4	Maandbericht
1994	8.9	6.5	11.7	12.9	16.4	20.0	24.7	22.6	18.0	15.4	14.0	10.2	15.1	Maandbericht
1995	9.6	11.4	10.9	13.2	18.1	17.9	25.1	24.8	18.8	18.2	12.0	4.4	15.4	Maandbericht
1996	5.2	5.8	8.4	15.0	14.3	20.1	21.6	22.3	17.6	15.8	10.1	4.8	13.4	Maandbericht
1997	2.9	10.7	12.8	13.5	18.4	20	21.6	24.5	20.5	15.6	10.7	8.4	15.0	Maandbericht
1998	7.8	10.4	11.1	13.1	18.6	19.5	20.0	21.5	19.2	13.6	7.7	7.6	14.2	Maandbericht
1999	8.5	7.1	10.6	13.2	17.6	18.8	22.4	21.5	20.9	15	10.4	8.2	14.5	Maandbericht
2000	7.1	9.4	10.8	13.9	17.8	20.5	18.7	22.2	20.1	14.8	10.5	8.3	14.5	Maandbericht
2001	6.5	8.3	9.3	12.2	17.4	19.3	21.9	22.9	17.2	18.3	11.3	7.0	14.3	Maandbericht
2002	7.7	10.5	12.0	14.2	16.6	19.9	20.4	22.5	19.9	15.0	12.1	7.3	14.8	Maandbericht
max.	9.9	11.5	13.2	15.6	18.8	23.2	25.1	24.8	22.3	18.6	14.0	10.5		
min.	-1.8	0.6	6.4	9.4	12.4	16.1	18.6	19.3	16.3	10.7	6.8	2.5		
gemid.	6.0	7.0	9.8	12.4	16.2	18.9	21.0	21.4	18.9	15.1	9.9	6.9		
normaal	5.6	6.5	9.0	12.2	15.8	18.8	20.4	20.8	18.9	14.6	9.4	6.2	13.2	
gemid 85-02	6.4	7.6	10.4	13.1	16.9	18.9	21.4	21.9	18.8	15.4	10.1	7.6		
gemid 90-02	7.0	8.5	11.1	13.5	17.1	19.2	21.6	22.5	18.9	15.3	10.5	7.4		

Tabel A2 : Koksijde Gemiddelde minimum temperatuur (°C)

jaar	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sept	okt	nov	dec	gemid.	bron
1957	2.3	3.3	4.0	4.4	6.6	10.4	13.3	12.5	10.6	7.7	4.6	1.0	6.7	Lebbe, 1978
1958	1.3	2.3	-0.4	3.2	6.9	9.0	11.4	12.7	12.4	9.1	3.6	3.0	6.2	Lebbe, 1978
1959	0.5	0.8	3.6	5.7	8.4	9.4	11.8	12.9	9.2	6.9	2.9	2.9	6.3	Lebbe, 1978
1960	1.2	1.0	2.5	5.1	7.2	10.7	11.4	11.9	9.6	8.1	5.8	1.7	6.4	Lebbe, 1978
1961	1.2	3.3	3.6	6.9	7.0	9.6	11.4	12.0	12.4	8.0	3.3	-0.7	6.5	Lebbe, 1978
1962	2.0	1.5	-0.5	4.6	6.6	8.4	10.4	10.9	9.1	7.0	3.0	-2.4	5.1	Lebbe, 1978
1963	-6.7	-5.3	2.3	4.5	6.4	10.4	10.9	11.3	10.9	7.0	5.4	-2.9	4.5	Lebbe, 1978
1964	-0.8	1.9	0.7	4.6	8.1	9.5	11.5	11.9	9.6	5.1	5.0	0.5	5.6	Lebbe, 1978
1965	1.4	0.8	1.3	4.4	7.4	10.0	11.3	11.2	9.0	5.7	1.1	3.4	5.6	Lebbe, 1978
1966	-2.1	3.8	3.2	4.6	6.8	10.9	10.8	11.1	9.3	7.8	2.4	2.9	6.0	Lebbe, 1978
1967	1.4	2.2	3.6	3.8	6.9	10.1	11.8	11.5	10.2	8.7	2.2	1.5	6.2	Lebbe, 1978
1968	0.9	-0.1	2.7	3.0	6.8	9.7	11.0	13.5	10.8	10.0	2.7	-1.6	5.8	Lebbe, 1978
1969	3.3	-0.6	1.3	3.5	7.8	9.8	13.1	13.2	10.4	8.3	3.8	-1.4	6.0	Lebbe, 1978
1970	1.3	0.8	0.8	4.0	7.7	10.8	11.7	11.4	10.2	8.1	5.2	0.2	6.0	Lebbe, 1978
1971	0.6	1.5	0.3	4.2	8.6	9.4	12.7	12.7	8.5	5.2	3.4	3.2	5.9	Lebbe, 1978
1972	-0.1	1.1	1.5	5.7	7.4	8.3	12.7	11.2	8.4	5.2	4.5	1.7	5.6	Lebbe, 1978
1973	1.4	1.7	0.5	3.1	6.9	9.8	12.0	12.2	10.4	6.0	3.7	1.7	5.8	Lebbe, 1978
1974	3.9	2.3	2.4	4.6	6.3	9.7	11.3	10.9	8.9	5.5	4.4	5.9	6.3	Lebbe, 1978
1975	4.7	0.0	2.7	4.4	7.5	9.4	12.8	13.3	11.3	6.0	2.7	1.4	6.4	Lebbe, 1978
1976	3.6	3.0	0.1	3.5	7.5	11.7	14.2	13.1	10.8	8.5	4.7	-0.6	6.7	Lebbe, 1978
1977	0.9	1.9	2.9	2.4	7.2	10.1	13.0	11.3	8.6	7.4	5.0	3.0	6.1	KMI
1978	1.1	-1.0	2.6	2.2	8.1	10.2	10.6	11.0	10.5	7.6	3.6	0.3	5.6	KMI
1979	-4.3	-1.7	1.4	3.5	6.0	9.8	12.0	11.0	8.3	7.0	3.4	4.4	5.1	KMI
1980	-1.3	2.4	1.6	3.5	6.1	9.6	11.4	12.3	10.2	5.2	2.5	1.9	5.5	KMI
1981	2.7	-1.3	5.4	4.5	7.9	10.4	12.3	12.2	9.9	6.3	5.1	-0.1	6.3	KMI
1982	-1.2	0.4	1.6	3.7	6.8	12.4	13.5	12.7	10.2	8.3	5.7	1.7	6.3	KMI
1983	3.7	-2.3	1.9	3.4	6.8	11.5	14.2	13.9	10.0	7.0	3.1	1.8	6.3	KMI
1984	1.5	-0.1	0.6	2.3	6.8	9.8	11.5	12.5	10.4	7.7	6.0	2.3	5.9	KMI
1985	-5.7	-3.9	0.9	4.8	8.3	10.2	11.8	10.8	9.6	6.5	0.8	4.1	4.9	Maandbericht
1986	1.0	-6.7	0.7	2.6	6.6	10.7	11.7	9.9	7.3	7.9	4.7	3.3	5.0	Maandbericht
1987	-3.8	0.1	-0.9	5.5	6.1	9.8	12.3	12.5	10.7	6.8	4.5	1.8	5.5	Maandbericht
1988	3.6	2.1	3.6	3.8	8.3	10.7	11.0	11.5	10.3	7.6	2.9	5.7	6.8	Maandbericht
1989	1.9	2.2	4.3	3.2	7.9	9.3	13.4	12.5	11.6	9.4	1.8	1.7	6.6	Maandbericht
1990	3.0	4.2	4.0	3.4	7.3	9.1	10.5	12.2	9.2	8.3	3.4	2.0	6.4	Maandbericht
1991	0.8	-2.8	4.8	3.8	6.9	8.8	13.2	11.7	9.6	6.8	3.4	0.1	5.6	Maandbericht
1992	-0.4	1.5	4.0	3.9	8.6	11.7	12.5	12.8	9.8	5.6	6.1	2.3	6.5	Maandbericht
1993	3.2	2.0	2.1	6.3	9.3	10.9	12.7	12.1	10.2	6.7	0.8	3.6	6.7	Maandbericht
1994	3.6	0.0	4.6	5.5	8.2	9.8	14.3	13.5	10.1	5.6	7.6	3.3	7.2	Maandbericht
1995	2.5	3.9	1.9	5.0	6.9	10.7	14.3	15.4	11.7	8.5	4.3	-1.3	7.0	Maandbericht
1996	0.1	-0.6	0.8	4.0	7.0	10.5	11.5	12.2	9.2	8.4	4.4	-0.6	5.6	Maandbericht
1997	-2.5	4.4	5.4	3.6	7.9	11.5	12.9	15.8	9.3	6.2	5.1	3.3	6.9	Maandbericht
1998	2.0	2.3	4.7	5.0	9.3	11.4	12.2	11.2	11.7	6.7	1.5	3.1	6.8	Maandbericht
1999	3.2	1.6	3.2	5.6	8.3	9.6	13.3	11.5	12.1	7.3	4.4	2.8	6.9	Maandbericht
2000	1.9	2.9	4.3	5.1	9.4	10.3	11.6	12.3	11.8	8.6	5.4	3.8	7.3	Maandbericht
2001	1.0	2.8	3.9	5.3	9.6	10.1	13.7	13.4	10.9	11.0	5.0	1.2	7.3	Maandbericht
2002	2.4	5.1	4.3	5.3	8.9	11.1	13.2	13.8	10.7	7.4	6.1	2.9	7.6	Maandbericht
max	4.7	5.1	5.4	6.9	9.6	12.4	14.3	15.8	12.4	11.0	7.6	5.9		
min	-6.7	-6.7	-0.9	2.2	6.0	8.3	10.4	9.9	7.3	5.1	0.8	-2.9		
gemid.	0.9	1.0	2.4	4.2	7.5	10.2	12.2	12.2	10.1	7.3	3.9	1.7		
normaal	0.2	0.4	1.4	4.3	6.9	9.8	11.9	11.8	9.7	6.5	3.5	1.1	5.6	
gemid 85-02	1.0	1.2	3.1	4.5	8.0	10.3	12.6	12.5	10.3	7.5	4.0	2.4		
gemid 90-02	1.6	2.1	3.7	4.8	8.3	10.4	12.8	12.9	10.5	7.5	4.4	2.0		

Tabel A3 : Koksijde Gemiddelde temperatuur (°C)

jaar	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sept	okt	nov	dec	gemid.	bron
1957	4.6	5.9	8.7	8.4	10.5	16.1	17.5	16.4	13.8	11.2	6.9	3.5	10.3	Lebbe, 1978
1958	4.0	5.6	3.6	6.8	11.8	14.0	16.1	16.5	16.4	11.2	5.9	5.5	9.8	Lebbe, 1978
1959	3.1	1.9	7.5	9.8	12.8	15.1	17.8	17.9	15.8	12.2	6.1	5.6	10.5	Lebbe, 1978
1960	4.1	4.2	6.0	8.8	12.4	15.3	15.5	16.0	13.7	10.9	8.4	3.9	9.9	Lebbe, 1978
1961	3.3	6.8	7.6	10.8	11.4	14.9	16.0	16.3	16.4	11.8	6.1	2.8	10.4	Lebbe, 1978
1962	4.4	4.1	2.9	7.7	10.1	13.4	15.1	15.4	13.6	11.0	5.4	0.8	8.7	Lebbe, 1978
1963	-4.1	-2.2	5.6	8.3	10.5	14.4	15.6	15.1	14.1	10.6	8.6	-0.2	8.0	Lebbe, 1978
1964	1.6	4.5	3.6	8.5	13.3	14.6	16.4	16.4	14.9	8.9	7.5	3.4	9.5	Lebbe, 1978
1965	3.8	2.8	5.0	7.8	11.7	14.3	14.9	15.7	13.2	10.6	4.5	6.0	9.2	Lebbe, 1978
1966	0.7	6.4	6.5	8.5	11.6	15.6	15.0	15.6	13.8	11.2	5.0	5.5	9.6	Lebbe, 1978
1967	3.9	5.2	7.3	7.8	11.8	14.2	17.7	16.5	14.5	12.2	5.3	4.4	10.1	Lebbe, 1978
1968	3.9	2.2	6.4	8.7	10.6	14.8	15.8	16.7	14.8	13.0	5.6	1.5	9.5	Lebbe, 1978
1969	5.7	1.9	4.4	8.0	12.2	14.3	17.5	17.4	15.5	13.2	7.4	1.3	9.9	Lebbe, 1978
1970	3.6	3.7	3.9	6.8	12.6	16.3	15.9	16.4	15.2	11.9	8.5	3.5	9.9	Lebbe, 1978
1971	3.4	4.9	4.2	7.8	12.7	13.5	17.6	17.2	14.2	10.6	6.7	5.9	9.9	Lebbe, 1978
1972	2.4	4.0	6.3	8.5	11.3	12.7	16.0	15.7	12.7	10.0	7.2	4.3	9.3	Lebbe, 1978
1973	3.7	4.1	5.7	7.0	11.9	15.2	16.3	17.7	15.0	10.1	6.7	4.5	9.8	Lebbe, 1978
1974	6.3	5.4	5.7	8.7	11.2	14.3	15.5	16.2	13.0	8.2	7.4	8.5	10.0	Lebbe, 1978
1975	7.2	3.7	5.5	7.9	10.5	14.3	17.2	18.6	15.2	9.7	6.0	4.0	10.0	Lebbe, 1978
1976	5.6	3.5	4.0	7.2	12.5	17.3	19.0	18.1	14.4	11.4	7.2	1.9	10.2	Lebbe, 1978
1977	3.4	5.2	7.3	7.2	11.4	13.3	16.2	15.8	13.6	11.9	7.6	5.7	9.9	Mahauden et al., 1982
1978	3.6	2.4	6.8	6.9	11.2	14.2	15.0	15.5	14.4	11.9	7.1	2.8	9.3	Mahauden et al., 1982
1979	-1.4	0.6	5.1	8.0	11.0	13.6	15.0	15.3	13.7	11.4	7.0	6.5	8.8	Mahauden et al., 1982
1980	1.4	5.5	5.3	7.7	11.1	14.0	15.0	16.7	15.3	9.7	5.6	4.9	9.4	Mahauden et al., 1982
1981	4.9	2.2	8.7	8.1	12.2	13.7	16.0	16.4	14.7	9.6	8.0	2.1	9.7	KMI
1982	1.8	3.8	5.6	7.8	12.3	16.3	18.0	16.7	15.7	11.2	8.4	4.1	10.1	KMI
1983	6.4	1.1	5.6	7.9	10.7	15.3	18.8	17.9	14.0	11.1	6.9	4.6	10.0	KMI
1984	4.4	2.9	4.3	7.3	9.6	13.6	16.2	17.1	13.9	11.3	9.0	4.9	9.5	KMI
1985	-2.1	-0.3	3.9	8.6	11.5	13.8	16.6	15.3	14.5	10.6	3.8	6.5	8.6	Maandbericht
1986	3.5	-3.1	4.2	5.7	12.0	15.5	16.5	14.8	11.6	11.8	8.0	6.1	8.9	Maandbericht
1987	-1.4	2.8	3.1	10.3	10.1	13.4	16.5	16.4	15.1	10.9	7.0	4.3	9.0	Maandbericht
1988	6.3	5.0	6.4	8.5	12.9	13.8	15.2	15.8	13.8	11.1	6.0	7.7	10.2	Maandbericht
1989	4.6	5.3	8.2	6.8	13.0	14.6	17.8	17.1	15.6	12.8	5.4	4.5	10.5	Maandbericht
1990	5.7	7.8	8.4	8.3	12.6	13.9	15.9	18.3	13.9	12.4	7.0	4.7	10.7	Maandbericht
1991	3.4	0.7	8.4	8.3	9.8	12.6	17.3	17.1	15.0	10.5	6.0	3.3	9.4	Maandbericht
1992	2.6	4.7	7.1	8.4	13.9	15.3	16.9	17.0	14.1	9.5	9.6	4.9	10.3	Maandbericht
1993	6.8	4.4	6.9	11.0	14.2	16.1	16.8	16.6	14.5	10.0	3.6	3.9	10.4	Maandbericht
1994	6.6	3.5	8.6	9.1	12.4	15.4	19.7	18.0	14.2	10.7	11.4	7.1	11.4	Maandbericht
1995	6.1	7.7	6.4	9.1	12.5	14.3	19.7	20.1	15.3	13.4	8.1	1.6	11.2	Maandbericht
1996	2.4	2.7	4.3	9.4	10.6	15.4	16.6	17.1	13.8	12.1	7.4	2.1	9.5	Maandbericht
1997	0.1	7.5	9.1	8.9	12.9	15.9	17.3	20.3	15.1	11.1	7.9	6.0	11.0	Maandbericht
1998	5.0	6.2	8.0	9.0	13.7	15.4	16.2	16.6	15.1	10.4	4.8	5.6	10.5	Maandbericht
1999	5.7	4.5	6.9	9.1	13.2	14.2	17.7	16.5	16.3	10.9	7.5	5.8	10.7	Maandbericht
2000	4.7	6.3	7.5	9.2	13.2	15.4	15.2	17.0	16.0	11.7	8.0	6.0	10.9	Maandbericht
2001	3.7	5.6	6.4	8.5	13.4	15.1	17.9	18.2	14.3	14.3	8.3	4.1	10.8	Maandbericht
2002	5.1	8.0	8.1	9.8	12.7	15.6	16.6	18.1	15.2	11.2	9.2	5.1	11.2	Maandbericht
max	7.2	8.0	9.1	11.0	14.2	17.3	19.7	20.3	16.4	14.3	11.4	8.5		
min	-4.1	-3.1	2.9	5.7	9.6	12.6	14.9	14.8	11.6	8.2	3.6	-0.2		
gemid.	3.6	3.9	6.1	8.3	11.9	14.7	16.6	16.8	14.5	11.2	7.0	4.4	9.9	
gemid 85-02	3.8	4.4	6.8	8.8	12.5	14.8	17.0	17.2	14.6	11.4	7.2	5.0	10.3	
gemid 90-02	4.5	5.4	7.4	9.1	12.7	15.0	17.2	17.8	14.8	11.4	7.6	4.6	10.6	

Tabel A4 : Koksijde Maandelijkse neerslag (mm)

jaar	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sept	okt	nov	dec	totaal	bron
1957	27.2	116.3	30.9	31.6	49.2	7.7	73.9	82.0	111.2	47.2	52.4	24.8	654.4	Lebbe, 1978
1958	69.5	87.6	46.6	36.0	42.4	108.4	105.4	92.4	57.5	72.2	66.4	66.4	850.8	Lebbe, 1978
1959	89.3	5.8	35.4	58.8	7.1	19.9	62.1	33.0	2.1	83.5	46.9	112.9	556.8	Lebbe, 1978
1960	63.7	44.6	46.2	17.3	65.4	31.1	66.2	116.8	119.9	100.0	171.3	83.7	926.2	Lebbe, 1978
1961	88.1	53.6	16.2	53.9	26.9	53.3	97.4	36.0	25.9	119.7	66.0	70.5	707.5	Lebbe, 1978
1962	58.9	47.5	51.9	31.9	43.7	6.6	49.7	53.8	59.4	57.3	68.6	53.9	583.2	Lebbe, 1978
1963	11.7	11.7	39.1	52.2	56.6	69.5	50.6	62.7	64.0	64.1	98.8	24.2	605.2	Lebbe, 1978
1964	10.2	19.6	47.2	55.0	29.7	116.7	13.2	21.4	49.0	116.9	82.6	103.4	664.9	Lebbe, 1978
1965	50.3	9.8	56.5	62.1	49.4	43.0	104.2	111.8	103.4	12.4	65.2	120.2	788.3	Lebbe, 1978
1966	40.4	68.6	23.2	59.3	27.2	84.1	111.5	89.1	19.5	82.0	157.8	96.4	859.1	Lebbe, 1978
1967	28.2	43.2	47.1	48.6	64.3	19.2	14.2	64.5	52.9	93.0	37.2	64.7	577.1	Lebbe, 1978
1968	56.8	61.7	36.4	37.2	33.9	34.8	92.0	62.4	113.9	66.7	35.0	34.4	665.2	Lebbe, 1978
1969	39.1	82.4	70.3	46.5	122.5	75.0	43.8	146.7	4.8	13.9	108.2	80.9	834.1	Lebbe, 1978
1970	51.6	57.7	46.0	23.0	10.3	30.3	65.5	24.3	77.3	54.5	84.0	52.5	577.0	Lebbe, 1978
1971	46.7	24.7	33.5	29.5	59.5	132.4	13.5	29.3	22.2	26.9	99.1	7.8	525.1	Lebbe, 1978
1972	40.2	42.4	24.5	52.0	62.8	68.0	100.3	19.3	79.5	13.5	57.5	43.7	603.7	Lebbe, 1978
1973	27.3	34.7	11.2	60.7	72.0	19.0	61.6	15.7	95.2	73.7	31.4	32.0	534.5	Lebbe, 1978
1974	55.1	39.7	26.6	8.8	35.0	44.3	60.3	91.1	115.2	218.1	141.3	43.6	879.1	Lebbe, 1978
1975	69.0	15.6	83.8	48.1	40.9	53.2	45.6	71.8	96.6	28.1	138.4	36.0	727.1	Lebbe, 1978
1976	29.9	28.6	20.7	6.1	10.3	12.0	24.1	11.4	126.8	55.7	107.6	36.1	469.3	Lebbe, 1978
1977	84.7	61.0	59.2	54.7	46.4	62.6	38.8	68.2	20.8	35.4	122.7	36.9	691.4	Mahauden et al., 1982
1978	60.6	24.3	46.4	32.4	49.7	75.2	55.2	21.5	38.8	12.8	27.8	129.2	573.9	Mahauden et al., 1982
1979	57.0	41.3	80.2	42.8	79.3	52.1	25.0	74.1	38.6	23.9	78.4	109.6	702.3	Mahauden et al., 1982
1980	44.1	47.1	64.2	45.1	33.5	71.6	174.7	37.4	19.8	93.4	38.0	53.2	722.1	Mahauden et al., 1982
1981	60.4	16.3	112.0	18.0	94.1	94.2	50.9	43.5	86.9	183.0	41.3	74.0	874.6	Leten
1982	46.0	12.6	30.3	14.3	39.5	110.0	37.6	48.1	40.8	113.0	60.7	62.2	615.1	Leten
1983	59.4	38.8	44.6	99.5	72.1	50.1	38.7	33.7	119.0	56.1	45.1	30.2	687.3	Leten
1984	107.0	38.8	63.6	27.8	93.3	33.3	93.1	38.4	160.0	78.8	57.2	40.9	832.2	Leten
1985	89.9	7.6	67.3	44.8	82.3	89.7	88.2	75.0	13.5	36.4	83.8	76.3	754.8	Maandbericht
1986	97.1	2.8	84.0	71.8	27.3	36.9	35.4	91.6	46.3	101.6	91.6	95.8	782.2	Maandbericht
1987	32.5	28.9	68.9	27.9	52.4	101.3	83.8	109.8	59.6	87.9	107.7	28.3	789.0	Maandbericht
1988	143.0	96.5	114.4	50.7	54.2	3.7	94.4	71.3	112.3	71.5	44.8	36.6	893.4	Maandbericht
1989	27.4	50.3	58.1	70.5	6.2	83.2	51.8	18.6	43.8	86.2	30.8	84.4	611.3	Maandbericht
1990	64.1	102.3	16.1	55.9	19.9	48.4	26.4	23.6	42.5	91.0	89.8	68.2	648.2	Maandbericht
1991	61.1	21.7	24.9	64.6	47.3	92.2	102.9	6.5	50.6	38.8	161.9	33.7	706.2	Maandbericht
1992	11.7	26.5	84.7	62.6	88.4	55.9	68.8	94.3	49.0	86.1	73.7	51.0	752.7	Maandbericht
1993	76.7	43.7	8.0	27.6	45.3	44.5	85.6	21.6	207.7	91.7	62.0	181.5	895.9	Maandbericht
1994	76.2	39.2	50.8	67.5	84.2	57.9	86.2	36.7	83.5	90.5	20.4	121.9	815.0	Maandbericht
1995	126.3	86.4	64.0	24.1	35.2	68.2	60.4	25.3	164.0	20.8	46.2	46.9	767.8	Maandbericht
1996	17.4	51.2	26.3	3.3	100.9	20.5	20.8	175.7	65.3	80.8	106.0	22.2	690.4	Maandbericht
1997	5.2	78.6	10.1	13.5	93.3	118.3	23.2	65.3	1.5	106.6	105.3	73.6	694.5	Maandbericht
1998	76.5	14.9	79.9	66.7	29.2	89.3	44.0	54.9	114.9	123.1	97.7	86.4	877.5	Maandbericht
1999	75.7	46.2	60.2	57.8	56.4	84.6	8.3	126.9	107.7	73.7	30.4	161.9	889.8	Maandbericht
2000	30.1	74.9	16.8	81.4	109.8	50.1	78.8	45.5	99.7	156.0	144.5	93.2	980.8	Maandbericht
2001	88.8	111.5	114.3	94.5	22.3	51.6	108.1	86.5	206.5	66.7	90.2	63.6	1104.6	Maandbericht
2002	55.5	121.2	57.5	30.7	68.4	76.4	96.2	94.9	70.7	78.6	109.5	162.3	1021.9	Maandbericht
max	143.0	121.2	114.4	99.5	122.5	132.4	174.7	175.7	207.7	218.1	171.3	181.5	1104.6	
min	5.2	2.8	8.0	3.3	6.2	3.7	8.3	6.5	1.5	12.4	20.4	7.8	469.3	
gemid.	57.1	47.4	50.0	45.0	53.0	59.8	63.7	61.4	75.2	75.7	80.1	69.8	738.3	
normaal	53.0	42.0	44.0	44.0	50.0	53.0	60.0	66.0	69.0	74.0	69.0	63.0	687.0	
gemid 85-02	64.2	55.8	55.9	50.9	56.8	65.2	64.6	68.0	85.5	82.7	83.1	82.7	815.3	
gemid 90-02	58.9	62.9	47.2	50.0	61.6	66.0	62.3	66.0	97.2	85.0	87.5	89.7	834.3	

Tabel A5 : Koksijde Gemiddelde windsnelheid (km/uur) op 10 m hoogte

jaar	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sept	okt	nov	dec	gemid.	bron
1957	24	20	21	21	21	15	16	22	21	14	18	18	19	Lebbe, 1978
1958	29	24	17	19	16	16	12	13	14	17	9	14	17	Lebbe, 1978
1959	22	9	13	16	18	14	14	12	17	16	19	22	16	Lebbe, 1978
1960	18	10	16	18	10	12	15	12	13	14	19	21	15	Lebbe, 1978
1961	19	17	15	13	18	11	12	20	13	18	19	18	16	Lebbe, 1978
1962	22	25	16	21	19	15	18	22	15	12	15	19	18	Lebbe, 1978
1963	17	11	21	14	15	15	10	14	13	13	18	10	14	Lebbe, 1978
1964	10	14	15	17	18	11	15	13	14	12	15	19	14	Lebbe, 1978
1965	19	15	14	15	16	13	15	16	17	15	16	23	16	Lebbe, 1978
1966	15	20	19	14	15	11	13	14	14	12	17	21	15	Lebbe, 1978
1967	18	23	25	24	23	22	10	10	10	18	12	15	18	Lebbe, 1978
1968	25	15	26	17	17	16	15	16	16	16	14	14	17	Lebbe, 1978
1969	19	19	17	22	17	15	13	17	13	12	24	16	17	Lebbe, 1978
1970	16	23	23	30	15	13	19	17	17	22	24	14	19	Lebbe, 1978
1971	25	15	26	17	17	16	15	16	16	16	14	14	17	Lebbe, 1978
1972	16	15	17	25	19	14	14	15	13	16	20	17	17	Lebbe, 1978
1973	13	19	14	20	16	13	13	13	15	14	20	18	16	Lebbe, 1978
1974	21	20	14	17	15	16	16	15	20	21	22	30	19	Lebbe, 1978
1975	24	14	18	17	21	18	17	12	17	14	17	14	17	Lebbe, 1978
1976	27	16	18	19	17	14	15	17	13	16	17	17	17	Lebbe, 1978
1977	18	19	19	24	20	16	21	12	15	15	26	19	19	Mahauden et al., 1982
1978	22	20	23	18	16	16	14	15	19	14	18	19	18	Mahauden et al., 1982
1979	20	17	24	19	16	14	14	15	14	13	19	25	18	Mahauden et al., 1982
1980	17	16	19	19	18	15	17	15	15	18	23	24	18	Mahauden et al., 1982
1981	22	18	24	19	16	18	15	13	15	20	22	19	18	Meteo-wing
1982	19	15	22	20	15	14	15	16	13	17	20	20	17	Meteo-wing
1983	28	21	20	18	18	16	13	16	19	19	15	21	19	Meteo-wing
1984	28	21	17	16	17	14	13	11	16	16	17	18	17	Meteo-wing
1985	10*	9*	18	24	18	16	9*	8*	8*	13	20	21	19	Maandbericht
1986	27	18	20	19	19	16	15	15	13	17	20	25	19	Maandbericht
1987	15	16	18	14	21	15	14	14	15	16	17	13	16	Maandbericht
1988	19	25	23	18	16	17	17	15	18	16	13	19	18	Maandbericht
1989	14	21	21	18	15	14	14	15	14	19	14	16	16	Maandbericht
1990	23	29	22	20	15	15	17	15	17	19	16	21	19	Maandbericht
1991	20	16	18	22	19	19	15	14	15	18	21	18	18	Maandbericht
1992	16	17	23	19	16	15	15	17	16	20	23	16	18	Maandbericht
1993	23	15	16	17	18	13	17	15	15	16	15	25	17	Maandbericht
1994	24	15	25	20	15	17	12	14	16	15	14	22	17	Maandbericht
1995	25	22	22	17	14	16	13	17	15	13	15	14	17	Maandbericht
1996	16	20	15	14	20	13	15	15	13	14	20	16	16	Maandbericht
1997	12	26	16	16	16	15	13	14	13	16	17	20	16	Maandbericht
1998	21	15	20	17	14	17	17	15	17	22	17	20	18	Maandbericht
1999	21	21	17	18	17	15	16	13	14	17	19	25	18	Maandbericht
2000	18	21	20	18	17	15	15	12	15	21	21	20	18	Maandbericht
2001	18	17	17	19	19	15	13	14	18	17	16	18	17	Maandbericht
2002	20	30	17	19	17	15	15	11	13	17	17	18	17	Maandbericht
max	29	30	26	30	23	22	21	22	21	22	26	30		
min	10	9	13	13	10	11	10	10	10	12	9	10		
gemid.	20	19	19	19	17	15	15	15	15	16	18	19		
normaal	19.1	17.6	17.3	18.4	16.2	14.4	14.4	14.8	15.1	15.5	17.6	18.4		
*: waarnemingen zijn niet betrouwbaar en werden niet opgenomen in de berekening voor de maandelijkse maximum, minimum en gemiddelde waarde														
gemid 85-02	20	20	19	18	17	15	15	14	15	17	18	19		
gemid 90-02	20	20	19	18	17	15	15	14	15	17	18	19		

Tabel A6 : Koksijde Gemiddelde relatieve vochtigheid (%)

jaar	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sept	okt	nov	dec	gemid.	bron
1957	81	88	85	84	78	72	83	74	85	89	81	89	82	Lebbe, 1978
1958	89	97	80	79	81	82	83	86	82	89	92	84	85	Lebbe, 1978
1959	84	91	84	79	75	72	73	77	56	73	90	89	79	Lebbe, 1978
1960	87	84	86	71	80	80	67	72	86	88	86	90	81	Lebbe, 1978
1961	88	89	82	85	75	77	77	78	86	86	88	87	83	Lebbe, 1978
1962	83	84	84	84	75	76	81	81	69	88	93	82	82	Lebbe, 1978
1963	93	92	87	85	84	85	72	86	87	80	81	87	85	Lebbe, 1978
1964	88	91	87	74	83	84	84	82	82	89	96	95	86	Lebbe, 1978
1965	90	86	88	85	79	82	82	71	84	82	87	83	83	Lebbe, 1978
1966	84	93	73	76	81	85	75	72	86	91	89	88	83	Lebbe, 1978
1967	83	87	78	78	67	81	80	81	76	87	92	90	82	Lebbe, 1978
1968	92	88	71	78	83	84	83	88	76	83	92	91	84	Lebbe, 1978
1969	91	80	86	67	82	79	86	73	84	84	85	92	82	Lebbe, 1978
1970	86	82	76	78	78	63	80	83	68	85	86	92	80	Lebbe, 1978
1971	85	85	82	72	81	82	80	80	79	85	88	92	83	Lebbe, 1978
1972	83	90	79	80	82	84	87	81	72	71	84	89	82	Lebbe, 1978
1973	92	87	81	81	80	79	79	78	82	86	75	82	82	Lebbe, 1978
1974	88	88	89	76	75	82	82	82	85	87	89	84	84	Lebbe, 1978
1975	87	89	86	85	83	84	88	83	84	87	92	90	86	Lebbe, 1978
1976	81	88	78	75	76	77	71	61	82	88	81	87	79	Lebbe, 1978
1977	89	84	79	73	74	80	78	79	78	84	82	89	81	Mahauden et al., 1982
1978	82	87	79	77	82	75	80	76	77	81	87	92	81	Mahauden et al., 1982
1979	85	88	82	75	79	82	82	79	79	85	85	87	82	Mahauden et al., 1982
1980	89	88	82	76	74	78	81	77	78	80	85	87	81	Mahauden et al., 1982
1981	88	85	86	81	83	81	84	83	84	87	85	87	85	Meteo-wing
1982	-	87	81	76	75	82	81	82	83	86	86	87	82	Meteo-wing
1983	83	78	84	82	84	81	81	81	82	81	88	86	83	Meteo-wing
1984	83	84	84	76	85	81	79	81	85	87	88	89	84	Meteo-wing
1985	86	80	86	77	85	82	79	81	83	84	82	87	83	Maandbericht
1986	83	74	84	83	76	78	79	78	83	84	86	84	81	Maandbericht
1987	83	86	80	77	78	85	80	81	83	86	88	91	83	Maandbericht
1988	88	80	82	78	79	81	82	80	85	87	87	88	83	Maandbericht
1989	89	85	80	81	75	79	79	77	81	82	88	88	82	Maandbericht
1990	88	79	78	75	79	80	77	75	75	83	88	87	80	Maandbericht
1991	86	86	85	77	81	82	84	80	82	84	89	89	84	Maandbericht
1992	91	88	84	79	77	85	82	81	83	84	87	92	84	Maandbericht
1993	88	89	79	82	85	84	81	77	86	85	90	86	84	Maandbericht
1994	85	86	81	79	79	70	80	79	86	87	91	89	83	Maandbericht
1995	84	84	76	81	74	81	79	74	82	87	86	90	82	Maandbericht
1996	90	85	81	72	80	76	79	80	81	85	86	88	82	Maandbericht
1997	91	85	86	74	80	81	82	81	79	81	92	88	83	Maandbericht
1998	85	85	83	83	79	81	81	77	85	85	88	89	83	Maandbericht
1999	89	86	89	88	81	82	80	83	87	86	83	83	85	Maandbericht
2000	88	83	81	80	83	78	83	81	83	85	88	88	83	Maandbericht
2001	89	86	87	81	77	72	79	79	82	85	87	87	83	Maandbericht
2002	90	81	82	75	81	80	84	78	79	82	89	91	83	Maandbericht
max	93	97	89	88	85	85	88	88	87	91	96	95		
min	81	74	71	67	67	63	67	61	56	71	75	82		
gemid.	87	86	82	78	79	80	80	79	81	85	87	88		
normaal	86	80	82	77	79	81	79	80	83	84	88	88		
gemid 85-02	87	84	82	79	79	80	81	79	83	85	88	88		
gemid 90-02	88	85	82	79	80	79	81	79	82	85	88	88		

Tabel A7 : Koksijde Gemiddelde zonneshijnduur (uur/dag)

jaar	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sept	okt	nov	dec	gemid.	bron
1957	1.9	1.9	3.8	6.3	8.2	9.9	6.4	6.3	2.9	2.8	1.1	1.5	4.4	Lebbe, 1978
1958	1.0	1.3	5.3	6.5	6.3	6.4	6.8	3.8	5.8	2.5	1.1	0.6	4.0	Lebbe, 1978
1959	1.8	2.8	4.0	4.7	8.0	9.4	10.2	8.3	8.9	5.2	1.6	0.5	5.5	Lebbe, 1978
1960	1.6	2.9	3.1	4.9	5.1	8.2	6.2	6.0	3.9	2.2	1.3	0.4	3.8	Lebbe, 1978
1961	1.6	2.0	6.2	3.5	8.3	8.8	6.3	5.5	4.2	4.0	1.2	2.1	4.5	Lebbe, 1978
1962	2.0	3.0	4.4	4.6	5.3	9.1	5.7	6.1	5.1	4.3	0.8	2.2	4.4	Lebbe, 1978
1963	2.2	3.3	3.9	5.5	6.6	6.7	7.0	5.2	4.5	3.4	2.1	1.8	4.3	Lebbe, 1978
1964	1.4	2.3	2.6	5.4	7.4	7.7	8.3	7.8	7.3	3.9	2.0	1.4	4.8	Lebbe, 1978
1965	1.7	2.5	4.0	4.5	6.6	6.5	5.2	6.6	5.0	5.8	2.9	0.9	4.3	Lebbe, 1978
1966	1.6	1.2	3.5	3.8	6.9	7.2	5.0	7.8	6.1	3.0	1.6	0.8	4.0	Lebbe, 1978
1967	2.0	3.1	4.6	5.7	5.8	7.3	8.9	6.2	4.1	3.5	1.8	1.3	4.5	Lebbe, 1978
1968	0.8	2.1	4.2	6.5	5.5	5.9	5.6	4.3	4.7	2.1	1.5	0.7	3.7	Lebbe, 1978
1969	0.9	1.8	3.0	7.4	5.6	8.6	5.8	5.5	6.4	4.4	1.6	0.6	4.3	Lebbe, 1978
1970	1.0	3.2	3.4	3.7	5.6	9.2	6.0	6.6	5.7	3.1	1.6	1.4	4.2	Lebbe, 1978
1971	1.3	2.2	4.2	4.9	7.1	5.7	8.4	5.4	7.0	5.0	2.4	1.0	4.5	Lebbe, 1978
1972	1.4	2.1	5.3	4.4	5.5	5.8	4.4	6.0	5.4	4.3	1.6	1.6	4.0	Lebbe, 1978
1973	1.0	2.0	5.6	4.5	5.4	8.8	5.8	7.2	5.3	3.9	2.6	1.5	4.5	Lebbe, 1978
1974	1.8	2.5	2.8	6.9	6.5	7.0	6.0	7.1	4.3	2.2	1.4	1.0	4.1	Lebbe, 1978
1975	0.9	4.3	2.1	3.9	5.3	8.4	7.0	7.9	4.5	3.3	1.4	1.4	4.2	Lebbe, 1978
1976	1.7	2.2	4.7	7.1	7.7	9.9	8.8	9.7	4.3	2.0	1.0	1.6	5.1	Lebbe, 1978
1977	1.7	2.4	3.8	5.9	7.0	4.1	5.9	5.3	4.2	3.8	2.4	1.4	4.0	Mahauden et al., 1982
1978	1.3	1.7	3.6	4.7	5.5	6.6	5.3	7.2	5.0	3.7	2.8	0.6	4.0	Mahauden et al., 1982
1979	1.5	1.3	3.4	4.7	7.3	5.2	6.8	6.2	6.0	3.1	2.4	1.3	4.1	Mahauden et al., 1982
1980	1.6	2.2	2.2	4.8	8.1	6.4	5.3	5.9	5.4	3.8	1.9	1.7	4.1	Mahauden et al., 1982
1981	2.0	2.9	2.2	4.9	5.3	4.9	5.8	6.7	5.2	2.3	1.8	0.8	3.7	Meteo-wing
1982	1.9	2.8	4.7	6.2	7.8	6.6	6.4	5.7	5.7	1.9	2.0	0.9	4.4	Meteo-wing
1983	1.6	3.6	2.8	4.6	3.7	7.2	7.9	7.0	4.1	4.2	1.7	1.8	4.2	Meteo-wing
1984	2.2	2.8	2.7	7.4	2.8	7.4	6.4	6.9	3.3	3.5	2.2	1.5	4.1	Meteo-wing
1985	1.2	3.9	2.6	4.8	5.5	6.1	8.7	6.5	5.4	4.3	2.3	1.1	4.4	Maandbericht
1986	1.6	3.8	4.0	3.9	7.7	8.5	7.5	6.0	5.2	3.3	2.2	1.3	4.6	Maandbericht
1987	1.6	2.4	3.1	5.7	5.8	4.4	6.9	5.3	4.7	3.7	1.3	1.4	3.9	Maandbericht
1988	1.8	2.6	2.3	6.8	5.9	4.4	5.2	6.7	3.6	3.3	2.1	0.6	3.8	Maandbericht
1989	2.2	3.3	3.7	3.8	10.1	8.6	8.2	6.7	4.7	3.6	3.5	1.0	5.0	Maandbericht
1990	1.2	3.5	4.7	8.2	10.2	4.5	8.8	7.9	4.0	3.5	2.2	0.8	5.0	Maandbericht
1991	2.3	2.6	4.0	6.4	4.8	4.8	6.5	8.0	5.1	3.1	1.3	1.5	4.2	Maandbericht
1992	1.0	2.6	2.7	4.7	9.1	6.6	6.5	4.9	4.5	3.5	1.7	1.8	4.1	Maandbericht
1993	1.4	1.2	4.8	5.1	6.1	7.3	6.1	5.9	3.6	4.6	2.7	0.6	4.1	Maandbericht
1994	1.5	2.2	3.4	4.8	5.7	7.7	9.1	6.2	3.4	4.3	1.7	1.3	4.3	Maandbericht
1995	1.4	2.4	5.3	4.6	7.7	5.9	8.3	8.9	4.4	4.1	1.8	1.2	4.7	Maandbericht
1996	1.4	2.3	3.7	6.9	4.7	8.1	7.0	6.4	5.6	3.7	1.9	1.5	4.4	Maandbericht
1997	1.6	1.8	4	6.7	7.4	6.6	7.4	8.7	6.6	4.6	1.9	0.7	4.8	Maandbericht
1998	2.2	4	1.8	3.5	7	6.4	6.3	7.7	4.1	1.7	2.7	1.2	4.1	Maandbericht
1999	2.4	2.8	3.5	5.3	6.6	7.6	8.8	6.3	4.8	4.4	2.2	1.4	4.7	Maandbericht
2000	1.7	2.9	2.8	5.1	5.4	7.6	4.3	7.9	4.1	2.7	1.7	1.2	4.0	Maandbericht
2001	2.1	1.9	2	4.5	8.3	7.3	7.2	7.9	3.8	3.6	1.8	1.9	4.4	Maandbericht
2002	1.8	2.9	4.5	7.6	5.9	6.6	5.8	6.5	5.6	3.3	1.5	0.8	4.4	Maandbericht
max	2.4	4.3	6.2	8.2	10.2	9.9	10.2	9.7	8.9	5.8	3.5	2.2		
min	0.8	1.2	1.8	3.5	2.8	4.1	4.3	3.8	2.9	1.7	0.8	0.4		
gemid.	1.6	2.6	3.7	5.4	6.5	7.0	6.8	6.6	4.9	3.5	1.9	1.2		
normaal	2.0	2.8	4.5	6.0	7.0	7.5	7.5	6.5	5.5	4.0	2.0	1.5		
gemid 85-02	1.7	2.7	3.5	5.5	6.9	6.6	7.1	6.9	4.6	3.6	2.0	1.2		
gemid 90-02	1.7	2.5	3.6	5.6	6.8	6.7	7.1	7.2	4.6	3.6	1.9	1.2		

Tabel A8 : Koksijde Potentiële evapotranspiratie berekend volgens de gemodificeerde Penman-Monteith methode (mm)

jaar	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sept	okt	nov	dec	totaal	bron
1957	5.7	9.8	31.4	47.4	76.1	104.0	91.3	71.4	34.7	18.2	7.0	2.7	499.7	Lebbe, 1978
1958	8.2	3.6	24.9	44.2	76.5	84.6	89.1	60.4	46.3	17.7	2.5	3.3	461.3	Lebbe, 1978
1959	6.5	4.5	27.4	50.5	85.6	99.3	115.1	82.2	63.7	27.6	6.0	6.7	575.1	Lebbe, 1978
1960	4.9	8.9	25.5	47.7	73.4	91.8	87.0	65.8	36.2	17.9	8.9	4.9	472.9	Lebbe, 1978
1961	4.1	9.9	29.5	50.1	80.7	93.2	86.6	71.2	41.8	20.9	7.0	2.4	497.4	Lebbe, 1978
1962	3.1	11.3	21.8	43.9	65.4	90.5	83.3	70.9	41.9	17.2	4.1	-1.0	452.4	Lebbe, 1978
1963	-3.8	2.7	25.6	45.9	71.3	84.1	88.3	62.5	36.3	16.1	5.9	-5.6	429.3	Lebbe, 1978
1964	-1.0	7.3	21.3	47.1	87.5	89.6	98.3	74.9	49.7	14.4	1.0	-0.5	489.6	Lebbe, 1978
1965	3.6	7.1	24.7	44.2	75.6	84.1	77.0	68.6	38.7	19.8	4.6	8.3	456.3	Lebbe, 1978
1966	0.4	8.4	26.8	45.8	77.1	90.5	77.2	73.0	42.8	16.3	4.9	6.4	469.6	Lebbe, 1978
1967	2.3	11.1	32.1	44.8	74.2	84.9	105.8	69.9	36.9	20.2	2.1	2.2	486.5	Lebbe, 1978
1968	6.5	7.3	30.3	52.5	67.8	85.8	84.0	60.8	40.1	19.2	3.1	2.4	459.8	Lebbe, 1978
1969	5.5	7.7	22.9	50.4	75.2	90.8	88.6	71.2	46.9	21.7	10.6	2.0	493.5	Lebbe, 1978
1970	2.7	11.8	23.2	41.3	75.9	101.8	87.0	73.8	48.1	24.1	11.1	0.6	501.4	Lebbe, 1978
1971	3.3	9.3	26.6	44.4	80.7	78.5	102.9	71.9	50.4	20.6	4.8	2.2	495.6	Lebbe, 1978
1972	2.3	8.5	30.7	45.2	71.0	76.1	74.4	67.3	38.9	20.4	8.9	2.2	445.9	Lebbe, 1978
1973	2.8	8.3	27.7	42.4	73.4	94.9	82.5	78.8	43.6	17.0	8.2	1.8	481.4	Lebbe, 1978
1974	5.0	9.1	22.4	50.2	75.2	84.9	80.7	74.2	37.4	16.7	7.0	11.2	474.0	Lebbe, 1978
1975	8.8	7.1	22.0	42.7	67.6	91.3	94.3	82.2	41.7	17.4	4.2	1.8	481.1	Lebbe, 1978
1976	9.9	7.6	26.9	49.1	86.2	109.6	113.4	93.0	38.8	19.3	7.0	2.7	563.5	Lebbe, 1978
1977	2.8	13.6	32.2	58.2	77.8	67.5	87.8	65.8	41.0	22.3	14.6	1.9	485.5	Mahauden et al., 1982
1978	9.7	19.1	32.1	44.6	65.1	83.0	76.4	80.2	52.9	21.3	3.9	0.0	488.3	Mahauden et al., 1982
1979	3.8	7.1	29.6	51.3	75.1	71.5	82.0	72.0	46.8	17.6	6.7	6.2	469.7	Mahauden et al., 1982
1980	1.3	9.4	26.7	50.4	80.5	83.8	78.6	77.1	51.2	24.1	9.2	4.2	496.5	Mahauden et al., 1982
1985	9.1	15.8	29.2	59.1	69.3	84.0	106.2	79.1	54.1	33.8	20.9	17.0	577.6	
1986	21.8	20.1	33.2	43.8	87.7	103.4	100.8	81.7	50.5	36.9	20.7	21.8	622.4	
1987	13.0	17.3	33.3	62.5	74.3	73.2	97.8	81.1	57.1	32.9	17.1	8.4	568.0	
1988	15.6	29.0	37.7	59.8	81.7	79.5	85.3	85.1	50.7	31.8	15.1	16.7	588.0	
1989	11.3	21.9	44.3	46.9	99.7	96.6	108.8	92.8	60.5	42.7	13.3	12.8	651.6	
1990	16.1	35.6	48.2	64.6	93.3	80.3	107.0	101.9	63.7	40.5	15.8	15.8	682.8	
1991	15.4	15.5	38.3	60.9	67.3	75.3	93.9	92.4	58.2	35.1	16.4	11.0	579.7	
1992	10.2	18.2	36.9	54.5	96.8	85.9	95.1	81.8	54.8	34.5	22.6	8.2	599.5	
1993	17.8	16.2	41.8	57.7	77.9	91.8	114.4	88.3	49.6	33.1	11.5	20.6	620.7	
1994	21.6	17.5	44.0	57.3	79.3	109.1	117.3	90.9	48.9	31.0	15.4	15.1	647.4	
1995	23.1	26.4	47.7	53.7	91.2	85.6	116.0	117.2	58.3	33.9	18.9	8.5	680.5	
1996	10.6	19.8	34.2	67.0	70.7	103.1	100.3	87.8	57.6	34.6	20.6	10.6	616.9	
1997	7.6	26.1	37.5	64.3	85.2	93.5	100.0	104.8	64.7	39.4	13.1	15.8	652.0	
1998	18.3	20.8	38.1	49.0	87.5	91.2	93.8	94.7	54.0	34.8	14.5	13.8	610.5	
1999	14.2	20.2	30.6	46.9	82.5	90.3	109.9	81.1	54.4	33.4	23.4	22.8	609.7	
2000	14.3	25.2	40.6	56.1	76.0	99.3	80.4	90.1	57.9	36.8	19.2	15.2	611.1	
2001	12.2	20.2	30.5	52.4	94.1	104.9	104.9	97.4	56.5	39.5	18.4	13.1	644.0	
2002	13.1	33.4	41.1	68.7	78.8	93.8	88.7	91.4	62.8	38.3	17.7	11.2	638.9	
max	23.1	35.6	48.2	67.0	99.7	109.6	117.3	117.2	64.7	42.7	23.4	22.8	682.8	
min	-3.8	2.7	21.3	41.3	65.1	67.5	74.4	60.4	34.7	14.4	1.0	-5.6	429.3	
gemid.	8.6	14.1	31.5	51.0	78.8	89.0	94.2	80.2	48.7	26.2	11.0	7.6	538.6	
gemid 57-80	4.1	8.8	26.8	47.3	75.6	88.2	88.8	72.5	43.6	19.5	6.4	2.9	484.4	
gemid 85-02	14.7	22.2	38.2	57.0	83.0	91.2	101.1	91.1	56.3	35.7	17.5	14.4	622.3	
gemid 90-02	15.0	22.7	39.2	57.9	83.1	92.6	101.7	93.8	57.0	35.8	17.5	14.0	630.3	

Tabel A9 : Koksijde Actuele evapotranspiratie (mm)(rekening houdend met bodemreserve van 40 mm)

jaar	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sept	okt	nov	dec	totaal
1985	9.1	15.0	29.2	56.8	69.3	84.0	102.7	77.5	28.2	33.8	20.9	17.0	543.5
1986	21.8	16.8	33.2	43.8	58.5	44.1	36.7	81.7	47.3	36.9	20.7	21.8	463.3
1987	13.0	17.3	33.3	51.1	59.5	73.2	95.0	81.1	57.1	32.9	17.1	8.4	539.0
1988	15.6	29.0	37.7	58.8	70.0	17.3	85.3	74.7	50.7	31.8	15.1	16.7	502.7
1989	11.3	21.9	44.3	46.9	42.3	84.3	53.9	19.2	43.8	42.7	13.3	12.8	436.7
1990	16.1	35.6	38.2	59.4	32.0	49.7	27.3	23.7	42.5	40.5	15.8	15.8	396.6
1991	15.4	15.5	36.3	60.9	60.0	75.3	93.9	41.8	51.4	35.1	16.4	11.0	513.0
1992	10.2	18.2	36.9	54.5	96.0	73.0	76.2	81.8	51.7	34.5	22.6	8.2	563.8
1993	17.8	16.2	30.8	36.7	49.8	47.0	86.2	22.0	49.6	33.1	11.5	20.6	421.3
1994	21.6	17.5	44.0	57.3	79.3	86.8	92.2	40.5	48.9	31.0	15.4	15.1	549.6
1995	23.1	26.4	47.7	45.0	49.6	69.9	62.7	26.0	58.3	32.0	18.9	8.5	468.1
1996	10.6	19.8	33.5	29.5	70.7	52.7	24.8	87.8	57.6	34.6	20.6	10.6	452.8
1997	7.5	26.1	29.9	28.0	85.2	93.5	56.1	68.9	3.2	39.4	13.1	15.8	466.7
1998	18.3	20.4	38.1	49.0	59.9	89.7	50.3	56.5	54.0	34.8	14.5	13.8	499.2
1999	14.2	20.2	30.6	46.9	75.6	87.3	25.0	81.1	54.4	33.4	23.4	22.8	515.0
2000	14.3	25.2	34.7	56.1	76.0	78.4	79.3	53.1	12.3	36.8	19.2	15.2	500.4
2001	12.2	20.2	30.5	52.4	55.7	56.5	104.9	87.7	56.5	39.5	18.4	13.1	547.5
2002	13.1	33.4	41.1	55.2	71.9	80.6	88.7	91.4	62.8	38.3	17.7	11.2	605.5
max	23.1	35.6	47.7	60.9	96.0	93.5	104.9	91.4	62.8	42.7	23.4	22.8	605.5
min	7.5	15.0	29.2	28.0	32.0	17.3	24.8	19.2	3.2	31.0	11.5	8.2	396.6
gemid.	14.7	21.9	36.1	49.3	64.5	69.1	69.0	60.9	46.1	35.6	17.5	14.4	499.2

Tabel A10 : Koksijde Deficiet (mm) op de waterbalans (rekening houdend met bodemreserve van 40 mm)

jaar	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sept	okt	nov	dec	totaal
1985		0.8		2.3			3.5	1.6	25.9				34.1
1986		3.3			29.2	59.3	64.1		3.2				159.1
1987				11.4	14.8		2.8						29.1
1988				1.0	11.7	62.2		10.4					85.2
1989					57.4	12.3	54.9	73.6	16.7				214.9
1990			10.0	5.2	61.3	30.6	79.7	78.2	21.2				286.2
1991			2.0		7.3			50.6	6.8				66.6
1992					0.8	12.9	18.9		3.1				35.7
1993			11.0	21.0	28.1	44.8	28.2	66.3					199.4
1994						22.3	25.1	50.4					97.8
1995				8.7	41.6	15.7	53.3	91.2		1.9			212.5
1996			0.7	37.5		50.4	75.5						164.1
1997	0.1		7.6	36.3			43.9	35.9	61.5				185.3
1998		0.4			27.6	1.5	43.5	38.2					111.2
1999					7.0	2.9	85.0						94.8
2000			5.9			20.9	1.1	37.1	45.6				110.6
2001					38.5	49.4		9.7					96.5
2002				13.5	6.9	13.2							33.5

Tabel A11 : Koksijde Surplus (mm) op de waterbalans (rekening houdend met bodemreserve van 40 mm)

jaar	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sept	okt	nov	dec	totaal
1985	80.8		30.7		1.0	5.7					33.8	59.3	211.3
1986	75.3		36.8	28.0						33.9	70.9	74.0	318.8
1987	19.5	11.6	35.6					15.3	2.5	55.0	90.6	19.9	250.0
1988	127.4	67.5	76.7						29.7	39.7	29.7	19.9	390.6
1989	16.1	28.4	13.8	23.6						3.6	17.5	71.6	174.6
1990	48.0	66.7								10.5	74.0	52.4	251.6
1991	45.7	6.2					5.5				113.1	22.7	193.2
1992	1.5	8.3	47.8	8.1						29.3	51.1	42.8	188.9
1993	58.9	27.5							118.2	58.6	50.5	160.9	474.6
1994	54.9	21.7	6.8	10.2	4.9					55.4	5.0	106.8	265.7
1995	103.2	60.0	16.3						65.8		16.1	38.4	299.8
1996	6.8	31.4						48.5	7.7	46.2	85.4	11.6	237.6
1997		50.2								27.6	92.2	57.8	227.8
1998	58.2		36.3	17.7					21.9	88.3	83.2	72.6	378.3
1999	61.5	26.0	29.6	10.9				7.2	53.3	40.3	7.0	139.1	374.8
2000	15.8	49.7		7.4	33.8					80.3	125.3	78.0	390.4
2001	76.1	91.3	83.8	42.1					113.9	27.2	71.8	50.5	556.7
2002	42.4	87.8	16.4							26.9	91.8	151.1	416.4

Bijlage B

Gegevens van de waterkwaliteit van de
veedrinkpoelen in de natuurreservaten
Westhoek en Houtsaegerduinen

Tabel B1 : Ionenbalans voor poel 3a

	10/09/98		7/05/99		16/09/99		5/09/02	
Kationen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
pH terrein	7.2		7.6		8.0			
Na ⁺	29.08	1.264	25.33	1.101	23.08	1.003	28.20	1.23
K ⁺	4.38	0.112	5.83	0.149	4.34	0.111	12.86	0.33
Ca ²⁺	156.33	7.805	90.73	4.530	121.38	6.060	87.64	4.38
Mg ²⁺	4.11	0.338	5.35	0.440	4.58	0.377	8.55	0.70
Fe ³⁺ (Fe ²⁺)	2.99	0.108	0.49	0.018	1.26	0.046	1.68	0.06
Mn ²⁺	0.33	0.012	0.09	0.003	0.32	0.012	0.59	0.02
NH ₄ ⁺	1.13	0.063	0.01	0.001	2.16	0.120	14.16	0.79
H ⁺								
Som	198.35	9.702	127.83	6.242	157.12	7.729	153.68	7.51

Anionen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Cl ⁻	47.22	1.332	39.28	1.108	51.38	1.449	36.33	1.02
SO ₄ ²⁻	151.10	3.148	5.86	0.122	7.29	0.152	2.60	0.05
NO ₃ ⁻	2.50	0.040	0.12	0.002	0.93	0.015	1.25	0.02
NO ₂ ⁻	0.10	0.002	0.00	0.000	0.02	0.000	0.03	0.00
HCO ₃ ⁻	326.35	5.350	312.93	5.130	375.15	6.150	377.59	6.19
CO ₃ ²⁻	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00
PO ₄ ³⁻	0.90	0.009	0.22	0.003	2.38	0.038	3.80	0.06
OH ⁻								
Som	528.17	9.881	358.41	6.365	437.15	7.804	421.60	7.34

Tabel B2 : Ionenbalans voor poel 6

	10/09/98		7/05/99		16/09/99		5/09/02	
Kationen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
pH terrein			8.3		8.0			
Na ⁺			18.75	0.815	27.35	1.189	20.38	0.89
K ⁺			6.19	0.158	41.03	1.049	55.40	1.42
Ca ²⁺			67.40	3.365	79.23	3.956	61.30	3.06
Mg ²⁺			5.03	0.414	8.40	0.691	12.63	1.04
Fe ³⁺ (Fe ²⁺)			0.28	0.010	0.98	0.036	1.71	0.06
Mn ²⁺			0.03	0.001	0.21	0.008	0.24	0.01
NH ₄ ⁺			0.07	0.004	10.26	0.569	6.89	0.38
H ⁺								
Som			97.75	4.767	167.46	7.498	158.55	6.86

Anionen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Cl ⁻			23.05	0.650	39.47	1.113	82.57	2.33
SO ₄ ²⁻			9.83	0.205	7.76	0.162	3.50	0.07
NO ₃ ⁻			0.01	0.000	1.34	0.022	0.98	0.02
NO ₂ ⁻			0.01	0.000	0.02	0.000	0.03	0.00
HCO ₃ ⁻			231.80	3.800	359.90	5.900	242.17	3.97
CO ₃ ²⁻			0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00
PO ₄ ³⁻			0.04	0.001	0.80	0.013	0.40	0.01
OH ⁻								
Som			264.74	4.656	409.29	7.210	329.65	6.40

Tabel B.3 : Ionenbalans voor poel

	10/09/98		7/05/99		16/09/99		5/09/02	
Kationen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
pH terrein	7.4		8.3		8.1			
Na ⁺	21.05	0.915	22.45	0.976	19.33	0.840	26.05	1.13
K ⁺	7.30	0.187	7.56	0.193	7.34	0.188	15.48	0.40
Ca ²⁺	68.45	3.417	93.65	4.675	64.33	3.212	46.19	2.31
Mg ²⁺	4.35	0.358	8.83	0.726	5.60	0.461	8.05	0.66
Fe ³⁺ (Fe ²⁺)	0.48	0.017	0.77	0.028	0.48	0.017	3.23	0.12
Mn ²⁺	0.03	0.001	0.12	0.004	0.05	0.002	0.16	0.01
NH ₄ ⁺	0.06	0.003	0.04	0.002	0.06	0.003	0.16	0.01
H ⁺								
Som	101.72	4.898	133.42	6.604	97.19	4.723	99.32	4.64

Anionen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Cl ⁻	31.55	0.890	31.28	0.882	31.15	0.878	42.87	1.21
SO ₄ ²⁻	20.20	0.421	18.97	0.395	8.62	0.180	3.83	0.08
NO ₃ ⁻	7.95	0.128	0.76	0.012	0.45	0.007	1.16	0.02
NO ₂ ⁻	1.92	0.042	0.01	0.000	0.00	0.000	0.03	0.00
HCO ₃ ⁻	207.40	3.400	317.20	5.200	213.50	3.500	185.44	3.04
CO ₃ ²⁻	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00
PO ₄ ³⁻	0.37	0.006	0.25	0.004	0.09	0.001	0.21	0.00
OH ⁻								
Som	269.39	4.887	368.47	6.493	253.81	4.566	233.54	4.35

Tabel B.4 : Ionenbalans voor poel 8

	10/09/98		7/05/99		16/09/99		5/09/02	
Kationen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
pH terrein	7.4		7.6		8.0			
Na ⁺	76.83	3.340	28.95	1.259	36.40	1.583	44.35	1.93
K ⁺	71.20	1.821	29.75	0.761	61.95	1.585	12.58	0.32
Ca ²⁺	87.10	4.348	90.18	4.502	100.95	5.040	54.03	2.70
Mg ²⁺	16.93	1.392	13.20	1.086	16.25	1.336	9.70	0.80
Fe ³⁺ (Fe ²⁺)	1.49	0.054	1.20	0.043	0.97	0.035	0.38	0.01
Mn ²⁺	0.05	0.002	0.13	0.005	0.22	0.008	0.08	0.00
NH ₄ ⁺	0.28	0.016	0.28	0.016	7.38	0.409	0.65	0.04
H ⁺								
Som	253.88	10.973	163.69	7.672	224.12	9.996	121.77	5.80

Anionen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Cl ⁻	132.11	3.726	50.01	1.410	71.94	2.029	54.00	1.52
SO ₄ ²⁻	113.10	2.356	52.50	1.094	23.39	0.487	26.27	0.55
NO ₃ ⁻	1.20	0.019	2.98	0.048	1.86	0.030	1.39	0.02
NO ₂ ⁻	0.19	0.004	0.05	0.001	0.08	0.002	0.03	0.00
HCO ₃ ⁻	292.80	4.800	292.80	4.800	407.48	6.680	201.30	3.30
CO ₃ ²⁻	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00
PO ₄ ³⁻	1.44	0.023	9.88	0.156	6.89	0.109	1.75	0.03
OH ⁻								
Som	540.84	10.928	408.22	7.509	511.64	9.337	284.74	5.42

Tabel B.5 : Ionenbalans voor poel 12

	10/09/98		7/05/99		16/09/99		5/09/02	
Kationen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
pH terrein	8.2		8.5		8.8			
Na ⁺	21.34	0.928	16.08	0.699	18.13	0.788	22.08	0.96
K ⁺	7.49	0.192	3.39	0.087	4.98	0.127	19.25	0.49
Ca ⁺⁺	59.48	2.970	79.65	3.977	31.03	1.549	31.69	1.58
Mg ⁺⁺	4.40	0.362	4.45	0.366	5.58	0.459	6.40	0.53
Fe ⁺⁺⁺ (Fe ⁺⁺)	0.37	0.013	0.21	0.008	0.12	0.004	0.75	0.03
Mn ⁺⁺	0.02	0.001	0.01	0.000	0.02	0.001	0.06	0.00
NH ₄ ⁺	0.60	0.033	0.09	0.005	0.11	0.006	0.53	0.03
H ⁺								
Som	93.7	4.499	103.88	5.142	59.97	2.934	80.76	3.62

Anionen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Cl ⁻	26.33	0.743	22.72	0.641	23.75	0.670	32.54	0.92
SO ₄ ⁻	15.60	0.325	18.45	0.384	15.09	0.314	6.73	0.14
NO ₃ ⁻	7.05	0.114	23.86	0.385	4.76	0.077	0.86	0.01
NO ₂ ⁻	1.69	0.037	0.35	0.005	0.19	0.004	0.01	0.00
HCO ₃ ⁻	195.20	3.200	198.86	3.260	42.70	0.700	100.04	1.64
CO ₃ ⁻	0.00	0.000	7.20	0.240	36.00	1.200	16.80	0.56
PO ₄ ⁻	0.40	0.006	0.03	0.000	0.12	0.002	0.52	0.01
OH ⁻							0.05	0.00
Som	246.27	4.425	271.47	4.915	122.61	2.967	157.55	3.28

Tabel B.6 : Ionenbalans voor poel 13

	10/09/98		7/05/99		16/09/99		5/09/02	
Kationen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
pH terrein	7.5		9.1		9.1			
Na ⁺	33.03	1.436	20.03	0.871	22.40	0.974	26.00	1.13
K ⁺	6.48	0.166	1.11	0.028	5.20	0.133	26.93	0.69
Ca ²⁺	61.94	3.092	30.98	1.547	71.05	3.547	55.69	2.78
Mg ²⁺	4.70	0.387	4.10	0.337	6.15	0.506	10.85	0.89
Fe ³⁺ (Fe ²⁺)	0.47	0.017	0.39	0.014	0.91	0.033	0.26	0.01
Mn ²⁺	0.05	0.002	0.03	0.001	0.17	0.006	0.07	0.00
NH ₄ ⁺	0.07	0.004	0.14	0.008	0.97	0.054	0.26	0.01
H ⁺								
Som	106.74	5.104	56.78	2.806	106.85	5.253	120.06	5.51

Anionen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Cl ⁻	36.77	1.037	20.72	0.584	26.87	0.758	53.20	1.50
SO ₄ ²⁻	29.70	0.619	9.05	0.189	2.20	0.046	3.21	0.07
NO ₃ ⁻	0.01	0.000	0.01	0.000	0.65	0.010	0.88	0.01
NO ₂ ⁻	0.12	0.003	0.01	0.000	0.01	0.000	0.02	0.00
HCO ₃ ⁻	207.40	3.400	116.51	1.910	229.36	3.760	227.53	3.73
CO ₃ ²⁻	0.00	0.000	4.20	0.140	19.20	0.640	0.00	0.00
PO ₄ ³⁻	0.43	0.007	0.32	0.005	0.79	0.012	0.66	0.01
OH ⁻								
Som	274.43	5.066	150.82	2.828	279.08	5.226	285.50	5.32

Tabel B.7 : Ionenbalans voor poel 15

	10/09/98		7/05/99		16/09/99		5/09/02	
Kationen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
pH terrein	8.2		8.6		8.3			
Na ⁺	52.70	2.291	24.85	1.080	35.95	1.563	32.80	1.43
K ⁺	4.58	0.117	2.84	0.073	3.12	0.080	8.62	0.22
Ca ²⁺	49.53	2.473	58.03	2.897	46.35	2.314	70.39	3.51
Mg ²⁺	6.14	0.505	5.95	0.489	8.13	0.669	11.25	0.93
Fe ³⁺ (Fe ²⁺)	0.33	0.012	0.33	0.012	0.54	0.020	0.24	0.01
Mn ²⁺	0.02	0.001	0.03	0.001	0.05	0.002	0.07	0.00
NH ₄ ⁺	0.02	0.001	0.00	0.000	0.13	0.007	0.21	0.01
H ⁺								
Som	113.32	5.4	92.03	4.552	94.27	4.655	123.58	6.11
Anionen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Cl ⁻	52.02	1.467	20.61	0.581	29.52	0.832	52.23	1.47
SO ₄ ²⁻	17.17	0.358	15.53	0.282	5.42	0.113	5.06	0.11
NO ₃ ⁻	0.00	0.000	0.23	0.004	0.83	0.013	1.41	0.02
NO ₂ ⁻	0.10	0.002	0.00	0.000	0.01	0.000	0.01	0.00
HCO ₃ ⁻	207.40	3.400	180.56	2.960	219.60	3.600	265.96	4.36
CO ₃ ²⁻	0.00	0.000	16.20	0.540	0.00	0.000	0.00	0.00
PO ₄ ³⁻	0.43	0.007	0.00	0.000	0.06	0.001	0.81	0.01
OH ⁻								
Som	277.12	5.234	233.13	4.367	255.44	4.559	325.48	5.97

Tabel B.8 : Ionenbalans voor poel 18

	10/09/99		7/05/99		16/09/99		5/09/02	
Kationen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
pH terrein	8.0		9.1		9.1			
Na ⁺	70.78	3.077	21.68	0.943	40.90	1.778	76.40	3.32
K ⁺	22.00	0.563	9.69	0.248	44.68	1.143	121.15	3.10
Ca ²⁺	55.23	2.575	23.75	1.186	48.44	2.418	82.78	4.13
Mg ²⁺	7.70	0.633	5.63	0.463	11.72	0.964	15.55	1.28
Fe ³⁺ (Fe ²⁺)	0.77	0.028	0.31	0.011	1.67	0.061	2.37	0.09
Mn ²⁺	0.04	0.001	0.02	0.001	0.07	0.003	0.22	0.01
NH ₄ ⁺	0.57	0.032	0.00	0.000	6.31	0.350	46.15	2.56
H ⁺								
Som	157.09	6.909	61.08	2.852	153.79	6.717	344.62	14.49
Anionen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Cl ⁻	118.49	3.342	32.39	0.913	81.72	2.305	169.60	4.78
SO ₄ ²⁻	10.20	0.212	2.24	0.047	2.63	0.055	12.78	0.27
NO ₃ ⁻	2.70	0.044	0.12	0.002	0.78	0.013	2.79	0.04
NO ₂ ⁻	0.46	0.010	0.00	0.000	0.03	0.001	0.07	0.00
HCO ₃ ⁻	201.30	3.300	39.65	0.650	207.40	3.400	520.33	8.53
CO ₃ ²⁻	0.00	0.000	36.00	1.200	18.00	0.600	0.00	0.00
PO ₄ ³⁻	0.39	0.006	0.06	0.001	0.20	0.003	1.91	0.03
OH ⁻								
Som	333.54	6.914	110.46	2.813	310.76	6.377	707.48	13.65

Tabel B.9 : Ionenbalans voor poel 21

	10/09/99		7/05/99		16/09/99		5/09/02	
Kationen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
pH terrein	6.9		7.6		9.6			
Na ⁺	62.10	2.700	46.60	2.026	48.63	2.114	37.50	1.63
K ⁺	4.32	0.110	1.54	0.039	4.00	0.102	7.31	0.19
Ca ²⁺	115.33	5.758	78.63	3.926	105.08	5.246	74.03	3.70
Mg ²⁺	9.34	0.768	8.25	0.678	10.13	0.833	14.48	1.19
Fe ³⁺ (Fe ²⁺)	0.60	0.022	0.32	0.012	0.27	0.010	0.41	0.01
Mn ²⁺	0.35	0.013	0.07	0.003	0.22	0.008	0.23	0.01
NH ₄ ⁺	0.12	0.007	0.04	0.002	0.44	0.024	3.46	0.19
H ⁺								
Som	192.16	9.378	135.45	6.686	168.77	8.337	137.42	6.92
Anionen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Cl ⁻	106.24	2.996	59.17	1.669	81.27	2.292	55.26	1.56
SO ₄ ²⁻	53.10	1.106	14.83	0.309	23.81	0.496	6.35	0.13
NO ₃ ⁻	1.75	0.028	0.42	0.007	1.29	0.021	1.36	0.02
NO ₂ ⁻	0.22	0.005	0.01	0.000	0.03	0.001	0.05	0.00
HCO ₃ ⁻	311.10	5.100	271.45	4.450	292.80	4.800	302.56	4.96
CO ₃ ²⁻	0.00	0.000	0.00	0.000	18.00	0.600	0.00	0.00
PO ₄ ³⁻	0.92	0.010	0.36	0.006	0.65	0.010	2.29	0.04
OH ⁻								
Som	473.33	9.245	346.24	6.441	417.85	8.220	367.87	6.71

Tabel B.10 : Ionenbalans voor grote poel Houtsaeger

	10/09/98		7/05/99		16/09/99		5/09/02	
Kationen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
pH terrein	7.1		8.4		9.3			
Na ⁺	17.62	0.766	18.25	0.793	16.70	0.726	48.75	2.12
K ⁺	1.28	0.033	0.10	0.003	1.05	0.027	4.18	0.11
Ca ²⁺	48.93	2.443	44.28	2.210	49.15	2.454	59.58	2.98
Mg ²⁺	2.90	0.238	2.73	0.225	3.00	0.247	7.28	0.60
Fe ³⁺ (Fe ²⁺)	0.26	0.009	0.23	0.008	0.10	0.004	0.47	0.02
Mn ²⁺	0.01	0.000	0.01	0.000	0.03	0.001	0.02	0.00
NH ₄ ⁺	0.08	0.004	0.02	0.001	0.22	0.012	0.09	0.01
H ⁺								
Som	71.08	3.493	65.62	3.240	70.25	3.471	120.37	5.84
Anionen	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Cl ⁻	26.11	0.736	28.27	0.797	28.25	0.797	79.36	2.24
SO ₄ ²⁻	14.90	0.310	22.07	0.460	16.44	0.343	45.57	0.95
NO ₃ ⁻	8.50	0.137	24.76	0.399	7.00	0.113	0.53	0.01
NO ₂ ⁻	1.06	0.023	0.22	0.005	0.05	0.010	0.01	0.00
HCO ₃ ⁻	143.35	2.350	77.47	1.270	76.80	1.259	134.20	2.20
CO ₃ ²⁻	0.00	0.000	5.40	0.180	31.20	1.040	0.00	0.00
PO ₄ ³⁻	0.32	0.003	0.04	0.001	0.25	0.004	0.23	0.00
OH ⁻								
Som	194.24	3.559	158.23	3.112	159.99	3.566	259.90	5.40

Tabel B.11 : Ionenbalans voor poel 19

	5/09/02	
Kationen	mg/l	meq/l
pH terrein		
Na ⁺	54.05	2.35
K ⁺	100.52	2.57
Ca ²⁺	49.03	2.45
Mg ²⁺	10.78	0.89
Fe ³⁺ (Fe ²⁺)	2.61	0.10
Mn ²⁺	0.17	0.01
NH ₄ ⁺	6.39	0.35
H ⁺		
Som	223.55	8.72

Anionen	mg/l	meq/l
Cl ⁻	113.37	3.20
SO ₄ ²⁻	31.23	0.65
NO ₃ ⁻	1.89	0.03
NO ₂ ⁻	0.06	0.00
HCO ₃ ⁻	269.62	4.42
CO ₃ ²⁻	0.00	0.00
PO ₄ ³⁻	5.04	0.08
OH ⁻	0.03	0.00
Som	421.24	8.38

Tabel B.13 : Ionenbalans voor poel grenspad

	5/09/02	
Kationen	mg/l	meq/l
pH terrein		
Na ⁺	28.90	1.26
K ⁺	1.65	0.04
Ca ²⁺	164.30	8.20
Mg ²⁺	6.83	0.56
Fe ³⁺ (Fe ²⁺)	0.28	0.01
Mn ²⁺	0.04	0.00
NH ₄ ⁺	0.01	0.00
H ⁺		
Som	202.01	10.07

Anionen	mg/l	meq/l
Cl ⁻	40.58	1.14
SO ₄ ²⁻	25.19	0.53
NO ₃ ⁻	0.92	0.01
NO ₂ ⁻	0.00	0.00
HCO ₃ ⁻	517.28	8.48
CO ₃ ²⁻	0.00	0.00
PO ₄ ³⁻	0.06	0.00
OH ⁻		
Som	584.03	10.16

Tabel B.12 : Ionenbalans voor poel 20

	5/09/02	
Kationen	mg/l	meq/l
pH terrein		
Na ⁺	122.10	5.31
K ⁺	171.50	4.39
Ca ²⁺	61.55	3.07
Mg ²⁺	14.98	1.23
Fe ³⁺ (Fe ²⁺)	2.71	0.10
Mn ²⁺	0.12	0.00
NH ₄ ⁺	22.73	1.26
H ⁺		
Som	395.69	15.36

Anionen	mg/l	meq/l
Cl ⁻	212.06	5.98
SO ₄ ²⁻	78.56	1.64
NO ₃ ⁻	4.07	0.07
NO ₂ ⁻	0.05	0.00
HCO ₃ ⁻	408.70	6.70
CO ₃ ²⁻	0.00	0.00
PO ₄ ³⁻	5.39	0.09
OH ⁻	0.02	0.00
Som	708.85	14.48

Tabel B.14 : Ionenbalans voor kleine poel Houtsaeger

	5/09/02	
Kationen	mg/l	meq/l
pH terrein		
Na ⁺	28.85	1.25
K ⁺	2.14	0.06
Ca ²⁺	71.42	3.57
Mg ²⁺	6.03	0.50
Fe ³⁺ (Fe ²⁺)	0.37	0.01
Mn ²⁺	0.02	0.00
NH ₄ ⁺	0.05	0.00
H ⁺		
Som	108.88	5.39

Anionen	mg/l	meq/l
Cl ⁻	33.69	0.95
SO ₄ ²⁻	32.49	0.68
NO ₃ ⁻	0.83	0.01
NO ₂ ⁻	0.00	0.00
HCO ₃ ⁻	205.57	3.37
CO ₃ ²⁻	0.00	0.00
PO ₄ ³⁻	0.25	0.00
OH ⁻	0.01	0.00
Som	272.84	5.01

Bijlage C

Beschrijvingen en analysegegevens van de mini-profielen

Lijst van de afkortingen
Proefsite 8 – Zeeruspanne
Proefvlak 8B
Proefvlak 8C

C2
C5
C6
C21

Bijlage C : Lijst van de afkortingen : profielbeschrijvingen

Horizont begrenzing

- Diepte
diepte in cm
- Duidelijkheid
in cm
in klassen :
 - a : abrupt : 0-2 cm
 - s : snel : 2-5 cm
 - g : geleidelijk : 5-15 cm
 - d : diffuus : >15 cm
- Regelmatigheid
 - r : regelmatig
 - g : golvend
 - o : onregelmatig
 - b : gebroken

Matrix kleur

De kleur van de matrix in het labo (d.w.z. droog) wordt gegeven volgens de Munsell Soil Colour Chart.

Roestvlekken

- Aantal
aantal : in %
in klassen :
 - g : geen : 0 %
 - z wei : zeer weinig : 0-2 %
 - wei : weinig : 2-5 %
 - ma v : matig veel : 5-15 %
 - v : veel : 15-40 %
 - z v : zeer veel : > 40 %
- Grootte
dim : in cm (l : lengte, b : breedte)

Ø : diameter
- Contrast
 - o : onduidelijk
 - d : duidelijk
 - u : uitgesproken
- Duidelijkheid van de begrenzing
 - s : scherp
 - ma s : matig scherp
 - d : diffuus
- Kleur

Kleur vastgesteld op terrein

Textuur

Z : zand

Artefact - stratificatie - verstoringen

schelpfr - schelp : schelpfragmenten

strat : gestratificeerd

Structuur

(zw) (ma) kruim : (zwakke) (matige) kruimelstructuur

Hydrofobie ("hydrof" in tabel)

bepaald met de WDPT-test (water drop penetration time) op terrein en in labo op luchtfroge monsters

- : niet hydrofoob

+ : hydrofoob

Vochtigheidstoestand van de bodem op het terrein ("vocht" in tabel)

dr : droog

l vocht : licht vochtig

vocht : vochtig

z vocht : zeer vochtig

n : nat

Wortels

- Oppervlak waarop wortels geteld werden : verticale (VS) of horizontale sectie (HS)
afmetingen worden gegeven in cm

- Aantal
getal

- Grootte
diameter in mm
z f : zeer fijn : < 1 mm
f : fijn : 1-2 mm
m : medium : 2-5 mm
g : grof : > 5 mm

- Orientatie ("orient" in tabel)
r : random : alle richtingen
h : horizontaal
v : verticaal
subh : subhorizontaal, schuin
° : levende wortel
† : dode wortel

- Plantensoort ("soort" in tabel)

Afkorting	Plantensoort
Krpw, Sal gras	Kruipwilg
Rus	Russoort
Zeg	Zeggesoort

Reactie HCl (calcium carbonaat)

terrein : appreciatie op het terrein met HCl 2N

- : geen reactie

+ : wel reactie

labo : appreciatie in het laboratorium met HCl 2N

- : niet kalkhoudend : geen zichtbaar of hoorbaar bruisen

(+) : licht kalkhoudend : bruisen enkel hoorbaar

+ : matig kalkhoudend : bruisen zichtbaar

++ : sterk kalkhoudend : bruisen duidelijk zichtbaar

+++ : extreem kalkhoudend : bruisen

3

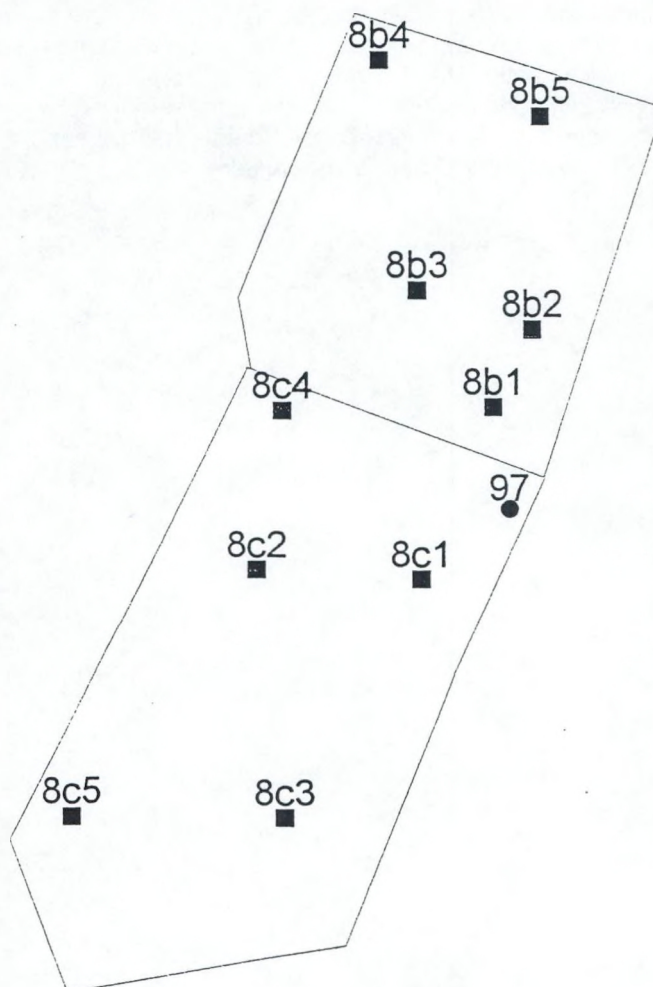


Fig. C.6.1 : Proefsite 8 – Zeerusspanne, Lokalisatie van de pq's en peilbuizen

■ PQ
● Peilbuis
□ onderzoeksblok
Schaal 1 : 10000

PROFIEL PQ 8B1**Algemene informatie over pq 8B1**

Nummer pq	8B1
Datum	24/8/01
Localisatie	Westhoek (fig. C.1), Proefsite Zeeruspanne, proefvlak 8B
Geomorfologie - microreliëf	pannevloer, 5.525 m (Z-peil)
Vegetatie	Kruipwilg, Duinriet, Zandzegge, Zeegroene zegge
Vegetatietype	Pioniersvegetatie van Vochtige tot natte duinvallei met lage Kruipwilg en Duindoorn, Zomprus, Zeegroene zegge, Drienerlige zegge, Zandzegge en Duinriet als nagenoeg constante soorten. Gewoon vetmos, Brede wespenorchis en Rondbladig wintergroen zijn beperkt tot dit type
GWT	peilbuis 97 : 89 cm vanaf top peilbuis, in het profiel : grondwatertafel op 33 cm diepte (pH GWT = 7)
Beheersvorm	niet ontgonnen, open voor begrazing, uittrekken Duindoorn

Korte beschrijving van het profiel

H1 : 0 - 2 cm : A : donker humeus zand, goed doorworteld, kalkrijk, hydrofoob

H2 : 2 - 4 cm : AC : minder humeus zand dan boven- en onderliggende horizont, goed doorworteld, kalkrijk, niet hydrofoob

H3 : 4 - 7 cm : IIA : donker bruingrijs humeus zand, goed doorworteld, kalkrijk, niet hydrofoob

H4 : 7 - 12/15 cm : IIAC1 : bruingeel zand, zeer weinig roestvlekken, goed doorworteld, kalkrijk, niet hydrofoob

H5 : 12/15 - 33+ cm : IIAC2 : bruingeel zand, zeer nat, blauwgrijze reductievlekken, zeer weinig wortels, aanwezigheid van enkele dode humeuze wortels, kalkrijk, niet hydrofoob

Tabel C.1 : 8B1, Gedetailleerde beschrijving van het profiel.

horizont		begrenzing horizont			kleur matrix	roestvlekken					textuur	structuur	hydrofobie		reactie HCl	
		diepte (cm)	duidelijkheid(cm)	regelmaticheid		droog	aantal	dim (cm)	contrast	grens			kleur	terrein	labo	terrein
H1	A	0-2	1	r	0.4Y 4.7/1.9	3	0.5	o	d	oranje	Z	geen	-	+	+	++
H2	AC	2-4	1	r	0.9Y 5.4/2.1	5	0.2	d	s	oranje	Z	geen	-	-	+	++
H3	IIA	4-7	1	r	0.5Y 4.8/1.8	3	0.2	d	s	oranje	Z	geen	-	-	+	++
H4	IIAC1	7-12/15	1	g	1.0Y 6.0/2.7	-					Z	geen	-	-	+	++
H5	IIAC2	12/15-33+			1.2Y 6.2/2.9	-					Z	geen	-	-	+	++

horizont	vocht	wortels verticale sectie					wortels horizontale sectie					commentaar
		opp (cm²)	aantal	dim (mm)	orient	species	opp (cm²)	diepte (cm)	aantal	dim (mm)	species	
A	z vocht											bij drogen van monster : korstvorming
AC	z vocht	2x10	25	<2	h	Sal, gras						
IIA	z vocht	3x10	21	<2	h	Sal						
IIAC1	z vocht	5x10	19	<2	h, subh	Sal, gras						
IIAC2	nat	10x10	8	<2	h	Sal						

Analyseresultaten 8B1

Tabel C.2 : 8B1, Gegevens voor het schijnbaar soortelijk gewicht (SSG)(g/cm³), vochtgehalte in volume (WV%) en gewichtspersent (WW%), totale porositeit (%) (TOTPOR) en poriën gevuld met water (%) (PORWAT). Gemiddelde (x) en standaard deviatie (σ) over 5 metingen.

diepte (cm)		BD g/cm ³	WW%	WV%	TOTPOR ¹ %	PORWAT ¹ %
0-5	x	1.441	30.1	43.3	45.6	95.0
	σ	0.030	1.3	1.5	1.1	3.8

¹: geen correctie uitgevoerd voor hoeveelheid OM in de 0-5 cm bodemstaal

Tabel C.3 : 8B1, Chemische analysegegevens.

diepte (cm)	horizont	reactie HCl		CaCO ₃ %	pH H ₂ O	pH KCl
		terrein	labo			
0-2	A	+	++	3.2	8.6	8.0
2-4	AC	+	++	3.6	9.0	8.5
4-7	IIA	+	++	3.2	9.1	8.5
7-12	IIAC1	+	++		9.2	8.8
20-30	IIAC2	+	++		9.3	9.0

diepte (cm)	OM %	OC %	N %	C/N	P inorg g/kg	P org g/kg	P tot g/kg
0-2	2.1	1.2	0.054	23	0.272	0.059	0.331
2-4	0.4	0.2	0.012	19	0.204	0.037	0.241
4-7	0.5	0.3	0.020	15	0.216	0.047	0.263
7-12							
20-30							

diepte (cm)	CEC	Ca	Mg	Na	K	V
			cmol(+)/kg			%
0-2	2.7			0.227	0.115	
2-4						
4-7						
7-12						
20-30						

PROFIEL PQ 8B2

Algemene informatie over pq 8B2

Nummer pq	8B2
Datum	23/8/01
Localisatie	Westhoek (fig. C.1), Proefsite Zeerusspanne, proefvlak 8B
Geomorfologie - microreliëf	laagste gelegen gedeelte van flank microduin, 5.749 m (Z-peil)
Vegetatie	Kruipwilg tot 45 cm hoog, Duinriet, Zandzegge, Zeegroene zegge, Padderus
Vegetatietype	Pioniersvegetatie van Vochtige tot natte duinvallei met lage Kruipwilg en Duindoorn, Zomprus, Zeegroene zegge, Drienvrige zegge, Zandzegge en Duinriet als nagenoeg constante soorten. Gewoon vetmos, Brede wespenorchis en Rondbladig wintergroen zijn beperkt tot dit type
GWT	peilbuis 97 : 89 cm vanaf top peilbuis
Fauna	mieren in het profiel
Beheersvorm	niet ontgonnen, open voor begrazing, uittrekken Duindoorn

Korte beschrijving van het profiel

H1 : 0 - 2 cm : A : lichtgrijs zand, kalkrijk, hydrofoob
H2 : 2 - 14 cm : C1 : bruingeel zand, kalkrijk, niet hydrofoob
H3 : 14 - 19 cm : : C2 : bruingrijs zand, bovenbegrenzing van de horizont wordt gevormd door een zeer vaag algenbandje? tussen 14-15 cm, kalkrijk, niet hydrofoob
H4 : 19 - 26 cm : C3 : blauwbruin zand, lichtjes gereduceerd , bovenbegrenzing van de horizont wordt gevormd door een zeer vaag algenbandje? tussen 19-20 cm, kalkrijk, niet hydrofoob
H5 : 26 - 40+ cm : C4 : bruingeel zand, humeuze vlekken, kalkrijk, niet hydrofoob

Tabel C.4 : 8B2, Gedetailleerde beschrijving van het profiel.

horizont		begrenzing horizont			kleur matrix	roestvlekken					textuur	structuur	hydrofobie		reactie HCl	
		diepte (cm)	duidelijkheid (cm)	regelmatigheid	droog	aantal	dim (cm)	contrast	grens	kleur			terrein	labo	terrein	labo
H1	A	0-2	1	r	0.5Y 4.7/2.1						Z	geen	-	+	+	++
H2	C1	2-14	0.5	r	1.0Y 5.9/2.5	1	0.5	d	ma s	oranje	Z	geen	-	-	+	++
H3	C2	14-19	0.5	r	1.1Y 5.8/2.5	5	0.8	u	ma s	oranje	Z	geen	-	-	+	++
H4	C3	19-26	0.5	r	1.6Y 6.1/2.5	10	0.5	u	ma s	oranje	Z	geen	-	-	+	++
H5	C4	26-40+			0.7Y 6.2/3.0	3	0.5	u	s	oranje	Z	geen	-	-	+	++

horizont	vocht	wortels verticale sectie					wortels horizontale sectie					commentaar
		opp (cm²)	aantal	dim (mm)	orient	species	opp (cm²)	diepte (cm)	aantal	dim (mm)	species	
A	vocht											
C1	vocht	10x10	281	<22	h h	Sal, gras Sal						wortelroest ; op HS : 5% roestvlekken duidelijk en matig scherp begrensd ; op 3 cm diepte : schelpfragmenten
C2	vocht	5x10	104	<22	h	Sal, gras Sal						wortelroest; op contact tussen H3 en H4 blijven zeer veel wortels groeien
C3	vocht	7x10	153	<22	h, subh h	Sal, gras Sal						wortelroest
C4	z vocht	14x25	3	<2	subh	Sal	10x20	40	155	>2, v	hum vlek	wortelroest wortels in groepjes en/of in humeuze galerij

Analyseresultaten 8B2

Tabel C.5 : 8B2, Gegevens voor het schijnbaar soortelijk gewicht (SSG)(g/cm³), vochtgehalte in volume (WV%) en gewichtspersent (WW%), totale porositeit (%) (TOTPOR) en poriën gevuld met water (%) (PORWAT). Gemiddelde (x) en standaard deviatie (σ) over 5 metingen.

diepte (cm)		BD g/cm ³	WW%	WV%	TOTPOR ¹ %	PORWAT ¹ %
0-5	x	1.510	11.2	16.9	43.0	39.4
	σ	0.066	1.2	1.5	2.5	3.8

¹: geen correctie uitgevoerd voor hoeveelheid OM in de 0-5 cm bodemstaal

Tabel C.6 : 8B2, Chemische analysegegevens.

diepte (cm)	horizont	reactie HCl		CaCO ₃ %	pH H ₂ O	pH KCl
		terrein	labo			
0-2	A	+	++	3.2	8.8	8.3
2-14	C1	+	++	4.5	9.2	8.7
14-19	C2	+	++		9.3	8.8
19-26	C3	+	++		9.2	8.7
30-40	C4	+	++	1.8	9.3	9.1

diepte (cm)	OM %	OC %	N %	C/N	P inorg g/kg	P org g/kg	P tot g/kg
0-2	1.1	0.6	0.037	17	0.230	0.128	0.358
2-14	0.3	0.2	0.007	25			
14-19							
19-26							
30-40							

diepte (cm)	CEC ←	Ca	Mg cmol(+)/kg	Na	K →	V %
0-2	2.0			0.111	0.066	
2-14						
14-19						
19-26						
30-40						

PROFIEL PQ 8B3**Algemene informatie over pq 8B3**

Nummer pq	8B3
Datum	24/8/01
Localisatie	Westhoek (fig. C.1), Proefsite Zeerusspanne, proefvlak 8B
Geomorfologie - microreliëf	laagste gelegen gedeelte van de panne, 5.462 m (Z-peil)
Vegetatie	Kruipwilg tot 30 cm hoog, Duinriet, Zandzegge (zeer gelijkaardig aan 8B4)
Vegetatietype	Pioniersvegetatie van Vochtige tot natte duinvalei met lage Kruipwilg en Duindoorn, Zomprus, Zeegroene zegge, Drienvrige zegge, Zandzegge en Duinriet als nagenoeg constante soorten. Gewoon vetmos, Brede wespenorchis en Rondbladig wintergroen zijn beperkt tot dit type
GWT	peilbuis 97 : 89 cm vanaf top peilbuis; in het profiel GWT op 32 cm vanaf het oppervlak (pH GWT = 7)
Beheersvorm	niet ontgonnen, open voor begrazing, uittrekken Duindoorn

Korte beschrijving van het profiel

H1 : 0 - 2 cm : A : bruingrijs humeus zand, aan het oppervlak een vettig laagje, verschillende soorten slakjes aan het oppervlak, kalkrijk, hydrofoob
H2 : 2 - 10 cm : C.bi : bruingrijs zand, matig doorworteld, kalkrijk, niet hydrofoob
H3 : 10 - 33+ cm : C.(fe) : bruingeel zand, zeer weinig wortels, kalkrijk, niet hydrofoob

Tabel C.7 : 8B3, Gedetailleerde beschrijving van het profiel.

horizont		begrenzing horizont			kleur matrix	roestvlekken					textuur	structuur	hydrofobie		reactie HCl	
		diepte (cm)	duidelijkheid (cm)	regelmaticheid	droog	aantal	dim (cm)	contrast	grens	kleur			terrein	labo	terrein	labo
H1	A	0-2	1	r	0.9Y 4.7/1.7	1	2		ma s	oranje	Z	geen	-	+	+	++
H2	C.bi	2-10	1	r	1.1Y 6.1/2.8	1	0.2	d	s	oranje	Z	geen	-	-	+	++
H3	C.(fe)	10-33+			0.8Y 6.1/3.0	5	1w, 4l	u o	ma s d	oranje	Z	geen	-	-	+	++

horizont	vocht	wortels verticale sectie					wortels horizontale sectie					commentaar
		opp (cm ²)	aantal	dim (mm)	orient	species	opp (cm ²)	diepte (cm)	aantal	dim (mm)	species	
A	z vocht											
C.bi	z vocht	8x10	15	<2	h	Sal, gras						
C.(fe)	nat	10x10	2	<2	v	gras						1 humeuze galerij

Analyseresultaten 8B3

Tabel C.8 : 8B3, Gegevens voor het schijnbaar soortelijk gewicht (SSG)(g/cm³), vochtgehalte in volume (WV%) en gewichtpercent (WW%), totale porositeit (%) (TOTPOR) en poriën gevuld met water (%) (PORWAT). Gemiddelde (x) en standaard deviatie (σ) over 5 metingen.

diepte (cm)		BD g/cm ³	WW%	WV%	TOTPOR [†] %	PORWAT [†] %
0-5	x	1.493	28.8	43.0	43.6	98.5
	σ	0.035	1.2	1.4	1.3	4.3

[†]: geen correctie uitgevoerd voor hoeveelheid OM in de 0-5 cm bodemstaal

Tabel C.9 : 8B3, Chemische analysegegevens.

diepte (cm)	horizont	reactie HCl		CaCO ₃ %	pH H ₂ O	pH KCl
		terrein	labo			
0-2	A	+	++	3.7	8.6	8.1
2-10	C.bi	+	++	1.2	9.2	8.9
15-25	C.(fe)	+	++	2.9	9.3	9.2

diepte (cm)	OM %	OC %	N %	C/N	P inorg g/kg	P org g/kg	P tot g/kg
0-2	2.2	1.3	0.076	17	0.201	0.057	0.258
2-10	0.2	0.1					
15-25							

diepte (cm)	CEC	Ca	Mg	Na	K	V
		cmol(+)/kg				%
0-2	5.8			0.286	0.100	
2-10						
15-25						

PROFIEL PQ 8B4**Algemene informatie over pq 8B4**

Nummer pq	8B4
Datum	24/8/01
Localisatie	Westhoek (fig. C.1), Proefsite Zeeruspanne, proefvlak 8B
Geomorfologie - microreliëf	laagste gelegen gedeelte van de panne, 5.442 m (Z-peil)
Vegetatie	Kruipwilg tot 30 cm hoog, Duinriet, Zandzegge (zeer gelijkaardig aan 8B3), Zomprus
Vegetatietype	Pioniersvegetatie van Vochtige tot natte duinvallei met lage Kruipwilg en Duindoorn, Zomprus, Zeegroene zegge, Drienvrige zegge, Zandzegge en Duinriet als nagenoeg constante soorten. Gewoon vetmos, Brede wespenorchis en Rondbladig wintergroen zijn beperkt tot dit type
Fauna	betreding door paarden is duidelijk, hoefafdrukken
GWT	peilbuis 97 : 89 cm vanaf top peilbuis; in het profiel GWT op 33 cm vanaf het oppervlak
Beheersvorm	niet ontgonnen, open voor begrazing, uittrekken Duindoorn

Korte beschrijving van het profiel

H1 : 0 - 3 cm : A : donkergrijs humeus zand, aan het oppervlak een vetting laagje, kalkrijk, hydrofoob
H2 : 3 - 13 cm : C.bi : bruingeel zand, matig doorworteld, kalkrijk, niet hydrofoob
H3 : 13 - 33+ cm : C : bruingeel zand, zeer weinig wortels, kalkrijk, niet hydrofoob

Tabel C.10 : 8B4, Gedetailleerde beschrijving van het profiel.

horizont		begrenzing horizont			kleur matrix	roestvlekken					textuur	structuur	hydrofobie		reactie HCl	
		diepte (cm)	duidelijkheid (cm)	regelmaticheid	droog	aantal	dim (cm)	contrast	grens	kleur			terrein	labo	terrein	labo
H1	A	0-3	1	r	0.4Y 4.4/1.6						Z	geen	-	+	+	++
H2	C.bi	3-13	1	r	1.3Y 6.1/2.8						Z	geen	-	-	+	++
H3	C	13-33+			1.2Y 6.1/3.1	1	1w	o	d	oranje	Z	geen	-	-	+	+

horizont	vocht	wortels verticale sectie					wortels horizontale sectie					commentaar
		opp (cm²)	aantal	dim (mm)	orient	species	opp (cm²)	diepte (cm)	aantal	dim (mm)	species	
A	z vocht											
C.bi	z vocht	10x10	18 2	<2 2	subh	Sal, gras Sal						
C	nat	10x10	0									roestvlekken vanaf 26 cm diepte

Analyseresultaten 8B4

Tabel C.11 : 8B4, Gegevens voor het schijnbaar soortelijk gewicht (SSG)(g/cm³), vochtgehalte in volume (WV%) en gewichtspersent (WW%), totale porositeit (%) (TOTPOR) en poriën gevuld met water (%) (PORWAT). Gemiddelde (x) en standaard deviatie (σ) over 5 metingen.

diepte (cm)		BD g/cm ³	WW%	WV%	TOTPOR ¹ %	PORWAT ¹ %
0-5	x	1.440	30.3	43.7	45.7	95.7
	σ	0.017	1.1	1.5	0.7	3.8

¹: geen correctie uitgevoerd voor hoeveelheid OM in de 0-5 cm bodemstaal

Tabel C.12 : 8B4, Chemische analysegegevens.

diepte (cm)	horizont	reactie HCl		CaCO ₃ %	pH H ₂ O	pH KCl
		terrein	labo			
0-2	A	+	++	3.0	8.6	8.1
3-13	C.bi	+	++	2.0	9.1	9.1
15-25	C	+		3.4	9.3	9.1

diepte (cm)	OM %	OC %	N %	C/N	P inorg g/kg	P org g/kg	P tot g/kg
0-2	1.7	1.0	0.048	21	0.209	0.075	0.284
3-13	0.2	0.1					
15-25							

diepte (cm)	CEC ←	Ca	Mg cmol(+)/kg	Na	K →	V %
0-2	1.8			0.272	0.102	
3-13						
15-25						

PROFIEL PQ 8B5

Algemene informatie over pq 8B5

Nummer pq	8B5
Datum	24/8/01
Localisatie	Westhoek (fig. C.1), Proefsite Zeeruspanne, proefvlak 8B
Geomorfologie - microreliëf	microruggetje begroeid met Kruipwilg, flanken met russen, 5.625 m (Z-peil)
Vegetatie	Kruipwilg tot 50 cm hoog, Padderus, Jacobskruiskruid, Zandzegge, grassen
Vegetatietype	Pioniersvegetatie van Vochtige tot natte duinvallei met lage Kruipwilg en Duindoorn, Zomprus, Zeegroene zegge, Drienvrige zegge, Zandzegge en Duinriet als nagenoeg constante soorten. Gewoon vetmos, Brede wespenorchis en Rondbladig wintergroen zijn beperkt tot dit type
GWT	peilbuis 97 : 89 cm vanaf top peilbuis
Beheersvorm	niet ontgonnen, open voor begrazing, uittrekken Duindoorn

Korte beschrijving van het profiel

H1 : 0 - 2 cm : A : grijs humeus zand, kalkrijk, hydrofoob
H2 : 2 - 12 cm : C : bleekgrijs zand, zeer goed doorworteld, kalkrijk, niet hydrofoob
H3 : 12 - 16 cm : IIA : begraven horizont, voormalig oppervlaktehorizont die zwak begroeid is geweest, donkergrijs humeus zand, goed doorworteld, kalkrijk, niet hydrofoob
H4 : 16 - 23 cm : IIC.fe : bleekgeel zand, opvallende roest, quasi geen wortels meer, kalkrijk, niet hydrofoob
H3 : 23 - 40+ cm : IIC.fe : iets donkerder dan bovenliggende horizont door capillaire stijging van het GWT, quasi geen wortels meer, opvallende roest, kalkrijk, niet hydrofoob

Tabel C.13 : 8B5, Gedetailleerde beschrijving van het profiel.

horizont		begrenzing horizont			kleur matrix		roestvlekken				textuur	structuur	hydrofobie		reactie HCl	
		diepte (cm)	duidelijkheid (cm)	regelmatigheid	droog	aantal	dim (cm)	contrast	grens	kleur			terrein	labo	terrein	labo
H1	A	0-2	1	r	0.3Y 4.5/1.8						Z	geen	-	+	+	++
H2	C	2-12	4	g	1.0Y 5.8/2.3	1	0.50	0	d	1oranje	Z	geen	-	-	+	++
H3	IIA	12-16	2	r	0.1Y 5.4/2.4	10	0.2-0.50	0	d	1oranje	Z	geen	-	-	+	++
H4	HC.fe	16-23	1	r	9.8YR 5.6/3.0	20	3w, 10l wort	u	ma s/d s	oranje	Z	geen			+	++
H5	HC.fe	23-40+			0.8Y 6.0/3.0	10	3w, 10l	u	ma s	oranje	Z	geen	-	-	+	++
horizont	vocht	wortels verticale sectie					wortels horizontale sectie					commentaar				
		opp (ctrf)	aantal	dim (mm)	orient	species	opp (crrf)	diepte (cm)	aantal	dim (mm)	species					
A	vocht															
C	vocht	8x8	45	<2	r	Krpw, Rus, gras										
HA	vocht	4x30	31	<2	h	Krpw, Rus, gras										
			5	2	h	Krpw, Rus										
			3	3-4	h	Krpw										
			1	10	h	Krpw						verder naast HS nog 1 Rus				
HC.fe	vocht	7x30	6	<2	v, subh	Krpw, Rus, gras										
HC.fe	z vocht	10x30	3	<2	v	Krpw, Rus	10x30	40	5	2	Krpw					

Analyseresultaten 8B5

Tabel C.14 : 8B5, Gegevens voor het schijnbaar soortelijk gewicht (SSG)(g/cm³), vochtgehalte in volume (WV%) en gewichtspercent (WW%), totale porositeit (%) (TOTPOR) en poriën gevuld met

diepte (cm)		BD g/cnf	WW%	WV%	TOTPOR' %	PORWAT' %
0-5	X	1.518	23.0	34.9	42.7	81.7
	c	0.017	2.9	4.2	0.6	9.3

: geen correctie uitgevoerd voor hoeveelheid OM in de 0-5 cm bodemstaal

Tabel C.' 5 : 8B5, Chemische analysegegevens.

diepte (cm)	horizont	reactie HCl		CaCO ₃ %	pH H ₂ O	pH KCl
		terrein	labo			
0-2	A	+	++	3.3	8.7	8.2
2-10	C	+	++	2.9	9.0	8.6
12-16	IIA	+	++	2.6	9.1	8.7
16-23	HC.fe	+	++	2.2	9.2	8.9
30-40	HC.fe	+	++	3.0	9.3	9.1

diepte (cm)	OM %	OC %	N %	C/N	P inorg g/kg	P org g/kg	P tot g/kg
0-2	1.7	1.0	0.053	13	0.307	0.025	0.332
2-10	0.4	0.2	0.015	16			
12-16	0.5	0.3	0.020	15			
16-23							
30-40							

diepte (cm)	CEC	Ca	Mg cmol(+)/kg	Na	K ^	V %
0-2	1.9			0.150	0.091	
2-10						
12-16						
16-23						
30-40						

PROFIEL PQ 8C1**Algemene informatie over pq 8C1**

Nummer pq	8C1
Datum	24/8/01
Localisatie	Westhoek (fig. C.1), Proefsite Zeeruspanne, proefvlak 8C
Geomorfologie – microreliëf	laagste gedeelte van de panne, 5.444 m (Z-peil)
Vegetatie	Kruipwilg tot 40 cm hoog, Zandzegge, Drienervige zegge?, grassen
Vegetatietype	Pioniersvegetatie van Vochtige tot natte duinvallei met lage Kruipwilg en Duindoorn, Zomprus, Zeegroene zegge, Drienervige zegge, Zandzegge en Duinriet als nagenoeg constante soorten. Gewoon vetmos, Brede wespenorchis en Rondbladig wintergroen zijn beperkt tot dit type
GWT	peilbuis 97 : 89 cm vanaftop peilbuis (7/8/01); 104 cm vanaftop peilbuis (24/8/01); GWT 34 cm vanaf het maaiveld (pH GWT = 7, 24/8/01)
Beheersvorm	niet ontgonnen, niet begrazen, uittrekken Duindoorn

Korte beschrijving van het profiel

H1 : 0 – 3/5 cm : A : bruingrijs humeus zand, vettig oppervlaktelaagje van enkele mm, kalkrijk
H2 : 3/5 – 10/11 cm : C.bi : bruingeel zand, goed doorworteld, kalkrijk
H3 : 10/11 – 33+ cm : C : bruingeel zand, quasi geen wortels meer, kalkrijk

Tabel C.16 : 8C1, Gedetailleerde beschrijving van het profiel.

horizont		begrenzing horizont			kleur matrix		roestvlekken				textuur	structuur	hydrofobie		reactie HCl	
		diepte (cm)	duidelijkheid (cm)	regelmatigheid	droog	aantal	dim (cm)	contrast	grens	kleur			terrein	labo	terrein	labo
H1	A	0-3/5	1	r	1.0Y 4.9/1.9						Z	geen	-	+	+	++
H2	C.bi	3/5-10/11	1	r	0.7Y 6.0/2.6	3	0.30	0	d	oranje	Z	geen	-	-	+	++
H3	C	10/11-33+			1.3Y 6.3/6.0						Z	geen	-	-	+	++
horizont	vocht	wortels verticale sectie					wortels horizontale sectie					commentaar				
		opp (cm')	aantal	dim (mm)	orient	species	opp (cm')	diepte (cm)	aantal	dim (mm)	species					
A	z vocht															
C.bi	z vocht	7x10	36	<2	h, subh	Krpw, Zeg										
			2	2	h	Krpw										
C	nat	10x10	2	<2	v	Krpw										
			1	5	v	Zeg										

Analyseresultaten 8C1

Tabel C.17 : 8C1, Gegevens voor het schijnbaar soortelijk gewicht (SSG)(g/cnf), vochtgehalte in volume (VW%) en gewichtspersent (WW%), totale porositeit (%) (TOTPOR) en poriën gevuld met water (%) (PORWAT). Gemiddelde (x) en standaard deviatie (s) over 5 metingen.-----

diepte (cm)		BD g/cnf	WW%	VW%	TOTPOR' %	PORWAT' %
0-5	x	1.476	28.9	42.6	44.3	96.2
	s	0.056	1.5	1.5	2.1	5.7

1: geen correctie uitgevoerd voor hoeveelheid OM in de 0-5 cm bodemstaal

Tabel C.18 : 8C1, Chemische analysegegevens.

diepte (cm)	horizont	reactie HCl		CaCOg %	pH H ₂ O	pH KOI
		terrein	labo			
0-3	A	+	++	4.1	9.0	8.5
3-10	C.bi	+	++	1.2	9.2	8.8
20-30	C	+	++	1.9	9.1	8.9

diepte (cm)	OM %	OC %	N %	C/N	P inorg g/kg	Porg g/kg	P tot g/kg
0-3	1.3	0.8	0.047	16	0.352	0.000	0.352
3-10	0.3	0.2					
20-30							

diepte (cm)	CEC	Ca	Mg cmol(+)/kg	Na	K ^	V %
0-3	2.1			0.129	0.091	
3-10						
20-30						

PROF!EL PQ 8C2

Algemene informatie over pq 8C2

Nummer pq	8C2
Datum	23/8/01
Localisatie	Westhoek (fig. C.1), Proefsitu Zeerusspanne, proefvlak 8C
Geomorfologie – microreliëf	panne, 5.613 m (Z-peil)
Vegetatie	Kruipwilg tot 25 cm hoog, Zandzegge, Zeegroene zegge, Zomprus, kale vlekken tussen de Kruipwilg
Vegetatietype	Pioniersvegetatie van Vochtige tot natte duinvallei met lage Kruipwilg en Duindoorn, Zomprus, Zeegroene zegge, Drienerlige zegge, Zandzegge en Duinriet als nagenoeg constante soorten. Gewoon vetmos, Brede wespenorchis en Rondbladig wintergroen zijn beperkt tot dit type
GWT	peilbuis 97 : 89 cm vanaftop peilbuis (7/8/01); 104 cm vanaftop peilbuis (24/8/01)
Beheersvorm	niet ontgonnen, niet begrazen, uittrekken Duindoorn

Korte beschrijving van het profiel

H1 : 0 – 3 cm : A : humeus zand, kalkrijk
H2 : 3 - 13/15 cm : C.bi : zand, matig goed doorworteld, kalkrijk
H3 : 13/15 - 38+ cm : C : zand, kalkrijk

Tabel C.19 : 8C2, Gedetailleerde beschrijving van het profiel.

horizont		begrenzing horizont			kleur matrix		roestvlekken				textuur	structuur	hydrofobie		reactie HC)	
		diepte (cm)	duidelijkheid(cm)	regelmatigheid	droog	aantal	dim (cm)	contrast	grens	kleur			terrein	labo	terrein	labo
H1	A	0-3	1	g	0.8Y 47/2.0	3	0.50	d	ma s	oranje	Z	geen	-	+	+	+++
H2	C.bi	3-13/15	3	r	0.1 Y 5.9/2.9	5	0.5b, 2l	u	ma s	oranje	Z	geen	-	-	+	++
H3	C	13/15-38+			0.4Y 6.0/28	1		0	d	Ioranje	Z	geen	-	-	+	++

horizont	vocht	wortels verticale sectie					wortels horizontale sectie					commentaar	
		opp (cm^)	aantal	dim (mm)	orient	species	opp (cm^)	diepte (cm)	aantal	dim (mm)	species		
A	vocht	3x3	30	<1	r, V							bij uitdrogen korstvorming	
C.bi	vocht	10x10	9	<2	h	Krpw.Rus, Zeg							
			5	2-5	subh	Krpw							
			23	<2	h	Krpw.Rus, Zeg							
C	z vocht		2	2-3	h	Krpw						geen wortels, 1 wortel in profiel VS op 30 cm diepte, 3 mm 0 Krpw, verticaal	

Analyseresultaten 8C2

Tabel C.20 : 8C2, Gegevens voor het schijnbaar soortelijk gewicht (SSG)(g/cm³), vochtgehalte in volume (VW%) en gewichtspersent (WW%), totale porositeit (%) (TOTPOR) en poriën gevuld met water (%) (PORWAT). Gemiddelde (x) en standaard deviatie (o) over 5 metingen. _____

diepte (cm)		BD g/cnf	WW%	VW%	TOTPOR' %	PORWAT' %
0-5	x	1.426	26.1	37.2	46.2	80.6
	o	0.022	1.0	1.9	0.8	5.4

: geen correctie uitgevoerd voor hoeveelheid OM in de 0-5 cm bodemstaal

Tabel C.21 : 8C2, Chemische analysegegevens.

diepte (cm)	horizont	reactie HCl		CaCO ₃ %	pH H ₂ O	pH KCl
		terrein	labo			
cc	A	+	+++	2.1	8.8	8.4
3-13	C.bi	+	++	1.3	9.0	8.6
20-30	C	+	++	1.5	9.3	9.1

diepte (cm)	OM %	OC %	N %	C/N	P inorg g/kg	P org g/kg	P tot g/kg
0-3	1.1	0.6	0.032	20	0.249	0.037	0.286
3-13	0.3	0.2					
20-30							

diepte (cm)	CEC	Ca	Mg cmol(+)/kg	Na	K ^	V %
0-3	1.9			0.214	0.072	
3-13						
20-30						

PROFIEL PQ 8C3**Algemene informatie over pg 8C3**

Nummer pq	8C3
Datum	24/8/01
Localisatie	Westhoek (fig. C.1), Proefsite Zeerusspanne, proefvlak 8C
Geomorfologie – microreliëf	laaggelegen gedeelte van panne, zeer natte positie, 5.382 m (Z-peil)
Vegetatie	Kruipwilg tot max 60 omhoog, grassen (Duinriet), Zomprus
Vegetatietype	Pioniersvegetatie van Vochtige tot natte duinvallei met lage Kruipwilg en Duindoorn, Zomprus, Zeegroene zegge, Driennervige zegge, Zandzegge en Duinriet als nagenoeg constante soorten. Gewoon vetmos, Brede wespenorchis en Rondbladig wintergroen zijn beperkt tot dit type
GWT	peilbuis 97 : 89 cm vanaftop peilbuis (7/8/01); 104 cm vanaftop peilbuis (24/8/01), GWT tot aan het maaiveld op 7/8/01, GWT op 38 cm vanaf het maaiveld op 24/8/01, pH GWT tussen 7 en 8
Beheersvorm	niet ontgonnen, niet begrazen, Duindoorn uittrekken

Korte beschrijving van het profiel)

H1 : 0 – 2 cm : A : humeus donkergrijs zand, oppervlak voelt vettig aan door kalk en/of algen, kalkrijk
 H2 : 2 – 14 cm : C.bi : bruingeel zand, goed doorworteld, kalkrijk
 H3 : 14 – 16 cm :)IA : begraven horizont, oud begroeiingsoppervlak, humeus donkergrijs bandje, kalkrijk
 H4 : 16 – 20 cm : IIC1 : bruingeel zand met verschillende vage bandjes, onderste is het duidelijkst, matig doorworteld, kalkrijk
 H5 : 20–40+ cm : IIC2 : bruingeel zand, weinig wortels, kalkrijk

Tabel C.22 : 8C3, Gedetailleerde beschrijving van het profiel.

horizont		begrenzing horizont			kleur matrix		dim	roestvlekken			textuur	structuur	hydrofobie		reactie HCl	
		diepte (cm)	duidelijkheid (cm)	regelmatigheid	droog	aantal		contrast	grens	kleur			terrein	labo	terrein	labo
H1	A	0-2	1	r	0.9Y 5.0/1.9						Z	geen	.	+	+	+++
H2	C.bi	2-14	0.5	r	1.3Y 6.0/2.3	1		0	d	oranje	Z	geen	-	-	+	++
H3	HA	14-16	0.5	r	1.1Y 5.2/2.0	-					Z	geen	.	.	+	
H4	IIC1	16-20	0.5	r	1.7Y 5.7/2.3	-					Z	geen	.	.	+	++
H5	IIC2	20-40+			1.3Y 6.2/3.1	1	0.30	d	ma s	oranje	Z	geen	-	-	+	++

horizont	vocht	wortels verticale sectie					wortels horizontale sectie					commentaar
		opp (cm²)	aantal	dim (mm)	orient	species	opp (cm²)	diepte (cm)	aantal	dim (mm)	species	
A	z vocht											bij uitdrogen korstvorming
C.bi	z vocht	10x10	31	<2	subh, h	Krpw, gras, Zeg						
			2	2	subh	Zeg						
HA	z vocht	2x10	7	<2	h	Krpw						
IIC1	z vocht	4x10	3	<2	h	Krpw, gras						
		4x10	16	<2	h	Krpw						1 grote wortel Krpw, 10 mm Ø, met veel vertakkingen van wortels 1-2 mm, heleboel wortels in een cluster
			2	2	h	Krpw						
IIC2	nat	10x10	6	<2	subh	Krpw, gras						wortelroest

Analyseresultaten 8C3

Tabel C.23 : 8C3, Gegevens voor het schijnbaar soortelijk gewicht (SSG)(g /cnf), vochtgehalte in volume (WV%) en gewichtspercent (WW%), totale porositeit %(TOTPOR) en poriën gevuld met water %(PORWAT). Gemiddelde (x) en standaard deviatie (o) over 5 metingen.-----

diepte (cm)		BD g/cnf	WW%	WV%	TOTPOR' %	PORWAT' %
0-5	x	1.465	28.8	42.2	44.7	94.5
	a	0.040	0.5	1.2	1.5	5.4

' : geen correctie uitgevoerd voor hoeveelheid OM in de 0-5 cm bodemstaal

Tabel C.24 : 803, Chemische analysegegevens.

diepte (cm)	horizont	reactie HOI		CaC _o 3	pH H ₂ O	pH KOI
		terrein	labo	%		
0-2	A	+	+++	2.3	8.6	8.2
2-12	C.bi	+	++	2.6	9.2	8.7
14-16	HA	+		3.0	8.8	8.7
16-20	!IC1	+	++	2.9	9.2	8.9
25-35	IIC2	+	++	1.1	9.3	9.0

diepte (cm)	OM %	OC %	N %	C/N	P inorg S/kg	P org 3/kg	P tot S/kg
0-2	1.5	0.9	0.047	19	0.194	0.066	0.260
2-12	0.3	0.2					
14-16	0.6	0.3	0.020	17			
16-20	0.4	0.2					
25-35							

diepte (cm)	CEC	Ca	Mg cmol(+)/kg	Na	K ^	V %
0-2	1.5			0.122	0.100	
2-12						
14-16						
16-20						
25-35						

PROFIEL PQ 8C4**Algemene informatie over pq 8C4**

Nummer pq	8C4
Datum	7/8/01
Localisatie	Westhoek (fig. C.1), Proefsite Zeerusspanne, proefvlak 8C
Geomorfologie – microreliëf	flank van microduin, 6.304 m (Z-peil)
Vegetatie	Helmgras, Jacobskruiskruid, Paardebloem – Streepzaad, Sedum, grassen
Vegetatietype	Vegetatie met Helm en soorten van droge pioniersomstandigheden
Fauna	mieren
GWT	peilbuis 97 : 89 cm vanaftop peilbuis (7/8/01); 104 cm vanaftop peilbuis (24/8/01)
Beheersvorm	niet ontgonnen, niet begrazen, uittrekken Duindoorn

Korte beschrijving van het profiel

- H1 : 0 – 1 cm : AC : korst van 0.5–1 cm dik gevormd door o.a. mossen, kalkrijk
H2 : 1 – 12 cm : C.bi : zand, goed doorworteld, kalkrijk
H3 : 12 – 13 cm : H(A).bi : iets humeuzer bandje met iets meer wortels, begraven horizont, kalkrijk
H4 : 13 – 35+ cm : IIC : buingeel zand, quasi geen wortels meer, kalkrijk

Tabel C.25 : 8C4, Gedetailleerde beschrijving van het profiel.

horizont		begrenzing horizont			kleur matrix		roestvlekken				textuur	structuur	hydrofobie		reactie HCl	
		diepte (cm)	duidelijkheid (cm)	regelmatigheid	droog	aantal	dim (cm)	contrast	grens	kleur			terrein	labo	terrein	labo
H1	A	0-1	0.2	r	1.5Y 4.9/2.3	-					Z	geen	-	+	+	++
H2	C.bi	1-12	0.2	r	1.0Y 4.0/2.7	-					Z	geen	.	.	+	++
H3	II(A).bi	12-13	0.2	r	0.2Y 5.6/2.6	-					Z	geen	.	.	+	++
H4	tic	13-35+			0.7Y 6.0/2.8	-					Z	geen	-	-	+	

horizont	vocht	wortels verticale sectie					wortels horizontale sectie					commentaar
		opp (cnf)	aanta l	dim (mm)	orient	species	opp (cnf)	diept e (cm)	aanta l	dim (mm)	species	
A	dr											
C.bi	lvocht	5x5	14	1-2	h	Zeg?						
l!(A).bi	vocht	10x1	12	<1	h							
			2	1-2	h							
nc	vocht	10x10	7	<1	h							

Analyseresultaten 8C4

Tabel C.26 : 8C4, Gegevens voor het schijnbaar soortelijk gewicht (SSG)(g /cnf), vochtgehalte in volume (WV%) en gewichtspersent (WW%), totale porositeit (%) (TOTPOR) en poriën gevuld met

diepte (cm)		BD g/cm ³	WW%	VW%	TOTPOR' %	PORWAT' %
0-5	x	1.516	3.1	4.7	42.8	11.0
	o	0.032	0.3	0.5	1.2	1.5

geen correctie uitgevoerd voor hoeveelheid OM in de 0-5 cm bodemstaal

Tabel C.27 : 8C4, Chemische analysegegevens.

diepte (cm)	horizont	reactie HCl		CaCO ₃ %	pH H ₂ O	pH KCl
		terrein	labo			
0-1	A	+	++	2.1	8.2	7.8
1-12	C.bi	+	++	3.1	9.0	8.5
12-13	2(A).bi	+	++	3.5	9.0	8.7
20-30	2C	+		2.8	9.2	8.9

diepte (cm)	OM %	OC %	N %	C/N	Pinorg g/kg	Porg g/kg	P tot g/kg
0-1	1.4	0.8	0.043	19	0.214	0.112	0.326
1-12	0.3	0.2					
12-13	0.3	0.2					
20-30							

diepte (cm)	CEC	Ca	Mg cmol(+)/kg	Na	K ^	V %
0-1	1.4			0.097	0.102	
1-12						
12-13						
20-30						

PROFIEL PQ 8C5**Algemene informatie over pg 8C5**

Nummer pq	8C5
Datum	23/8/01
Localisatie	Westhoek (fig. C.1), Proefsitu Zeerusspanne, proefvlak 8C
Geomorfologie – microreliëf	panne, klein bultje met kruipwilg loopt dwrs door de pq, 5.638 m (Z-peil)
Vegetatie	Kruipwilg tot 75 cm max, gras (Duinriet), Zeegroene zegge, roze bloempje 5 kelkbl
Vegetatietype	Pioniersvegetatie van Vochtige tot natte duinvallei met lage Kruipwilg en Duindoorn, Zomprus, Zeegroene zegge, Drienvrige zegge, Zandzegge en Duinriet als nagenoeg constante soorten. Gewoon vetmos, Brede wespenorchis en Rondbladig wintergroen zijn beperkt tot dit type
Fauna	onder de Kruipwilg verschillende soorten slakjes
GWT	peilbuis 97 : 89 cm vanaftop peilbuis (7/8/01); 104 cm vanaftop peilbuis (24/8/01)
Beheersvorm	niet ontgonnen, niet begrazen, uittrekken Duindoorn

Korte beschrijving van het profiel

H1 : 0 – 2 cm : A : kalkrijk
H2 : 2 – 8 cm : AC : zand, wortelroest, kalkrijk
H3 : 8 – 10 cm : HA : vuilbruin zand, kalkrijk
H4 : 10– 19cm : IIC : kalkrijk
H5 : 19 – 21 cm : IIIA : licht humeus donkergrijsbruin zand,worteloppervlak,kalkrijk
H6 : 21 – 32 cm : IIIC1 : vuil geelgrijs zand, roestvlekken, kalkrijk (grijzerdan H7)
H7 : 32+ cm : IHC2 : geelgrijs zand, roestvlekken, kalkrijk

Tabel C.28 : 8C5, Gedetailleerde beschrijving van het profiel.

horizont		begrenzing horizont			kleur matrix		roestvlekken				textuur	structuur	hydrofobie		reactie HCl	
		diepte (cm)	duidelijkheid (cm)	regelmatigheid	droog	aantal	dim (cm)	contrast	grens	kleur			terrein	labo	terrein	labo
H1	A	0-2	1	r	0.6Y 48/2.1						Z	geen	.	+	+	++
H2	AC	2-8	2	r	1.0Y 5 9/2.6	10	0.50	u	s	oranje	Z	geen	.	.	+	++
H3	IIA	8-10	2	r	0.9Y 5.5/2.5	1	0.50	d	s	oranje	Z	geen	-	.	+	+++
H4	IIC	10-19	1	r	0.4Y 5.8/2 4	1	0.50	u	s	oranje/r ood	Z	geen	-	-	+	+++
H5	UIA	19-21	1	r	0.1Y 5.6/2.3	1	0.50	d	s	oranje/r ood	Z	geen	-	-	+	++
H6	IIIC.1	21-32	2	r	0.8Y 6.3/29	15		d	d	oranje	Z	geen	.	.	+	++
H7	IIIC.2	32+			0.5Y 6 4/3.0	10		0	d	oranje	Z	geen	-	-	+	++
horizont		vocht	wortels verticale sectie				wortels horizontale sectie					commentaar				
		opp (cm^)	aantal	dim (mm)	orient	species	opp (cm^)	diepte (cm)	aantal	dim (mm)	species					
A																
AC		6x10	18	<2	h	Krpw										
IIA		2x10	11	<2	h	Krpw, gras										
		2x30	3	3	h	Krpw										
IIC		8x8	5	<2	h	Krpw, gras										
		8x8	10	<2	h	Krpw, gras										
			1	3	h	Krpw										
IIIA		2x10	6	<2	h	Krpw, gras										
IIIC.1			-													
IIIC.2			-													

Analyseresultaten 8C5

Tabel C.29 : 8C5, Gegevens voor het schijnbaar soortelijk gewicht (SSG)(g/cnf), vochtgehalte in volume (WV%) en gewichtspersent (WW%), totale porositeit (%)(TOTPOR) en poriën gevuld met water (%)(PORWAT). Gemiddelde (x) en standaard deviatie (o) over 5 metingen.

diepte (cm)		BD g/cnf	WW%	WV%	TOTPOR' %	PORWAT' %
0-5	X	1431	20.0	28.6	46.0	62.3
	c	0.023	1.2	1.7	0.9	3.9

: geen correctie uitgevoerd voor hoeveelheid OM in de 0-5 cm bodemstaal

Tabel C.30 : 8C5, Chemische analysegegevens.

diepte (cm)	horizont	reactie HCl		CaCO ₃	pH H ₂ O	pH KCl
		terrein	labo	%		
0-2	A	+	++	3.1	8.7	8.1
2-8	AC	+	++	3.4	9.1	8.5
8-10	2A	+	+++	3.9	9.2	8.7
10-19	2C	+	+++	3.9	9.3	9.0
19-21	3A	+	++	1.1	9.1	8.8
21-32	3C1	+	++	1.1	9.3	8.8
32-40	3C2	+	++	1.1	9.3	8.9

diepte (cm)	OM %	OC %	N %	C/N	P inorg g/kg	P org g/kg	P tot g/kg
0-2	1.2	0.7	0.043	16	0.216	0.038	0.254
2-8	0.3	0.2					
8-10	0.5	0.3	0.018	16			
10-19							
19-21	0.4	0.2	0.015	16			
21-32							
32-40							

diepte (cm)	CEC	Ca	Mg	Na	K	V
			cmol(+)/kg		^	%
0-2	2.1			0.152	0.070	
2-8						
8-10						
10-19						
19-21						
21-32						
32-40						

Bijlage D

Analyseresultaten van mest en bodem

Tabel D.1 : Resultaten van het schijnbaar soortelijk gewicht (g/cnf) langsheen transecten

	0-5 cm		10-15 cm		20-25 cm		40-45 cm	
	pad	controle	pad	controle	pad	controle	pad	controle
	T1P1	T1P2	T1P1	T1P2	T1P1	T1P2	T1P1	T1P2*
nat	0.814	0.454	1.088	1.058	1.601	1.644	1.577	1.612
nat	0.872	0.526	1.315	0.926	1.521	1.616	1.629	1.652
nat	0.866	0.651	1.031	1.164	1.593	1.542	1.597	1.643
nat	0.836	0.555	1.123	1.106	1.591	1.642		
	T2P1	T2P2	T2P1	T2P2	T2P1	T2P2		
nat	0.533	0.320	1.343	1.374	1.524	1.519	begraven	begraven
nat	0.667	0.347	1.422	1.382	1.549	1.546	bodem	bodem
nat	0.869	0.414	1.348	1.442	1.539	1.576		
nat	0.702	0.254	1.329	1.299	1.567	1.560		
	T3P1	T3P2	T3P1	T3P2	T3P1	T3P2	T3P1	T3P2
nat	1.350	0.545	1.564	1.477	1.561	1.606	1.648	1.662
nat	1.316	0.485	1.520	1.401	1.586	1.591	1.693	1.668
nat	1.373	0.501	1.565	1.517	1.585	1.643	1.628	1.679
nat	1.421	0.521	1.576	1.357	1.579	1.599	1.648	1.686
	T4P1	T4P2	T4P1	T4P2	T4P1	T4P2	T4P1	T4P2
droog	0.786	0.851	1.482	1.531	1.585	1.474		1.506
droog	0.872	0.670	1.496	1.568	1.611	1.540		1.552
droog	0.685	0.760	1.490	1.505	1.642	1.545	1.584	1.587
droog	0.734	0.766	1.510	1.499	1.560	1.554	1.591	1.547
	T5P1	T5P2	T5P1	T5P2	T5P1	T5P2	T5P1	T5P2
droog	0.694	0.784	1.446	1.416	1.485	1.268	1.633	1.440
droog	0.438	0.656	1.177	1.446	1.427	1.375	1.537	1.450
droog	0.718	0.964	1.339	1.364	1.498	1.369	1.598	1.470
droog	1.004	0.799	1.197	1.447	1.406	1.401	1.644	1.476
	T6P1	T6P2	T6P1	T6P2	T6P1	T6P2	T6P1	T6P2
droog	0.679	0.432	1.378	1.413	1.583	1.552	1.583	1.651
droog	0.544	0.585	1.456	1.436	1.530	1.582	1.562	1.616
droog	0.711	0.521	1.285	1.344	1.530	1.588	1.613	1.593
droog	0.602	0.418	1.421	1.374	1.555	1.529	1.605	1.602

* diepte tussen 30-35 cm

monster	datum	never	pH	Vocht	Droge sto,	stof	Totale N	Minerale N	Fosfor (P)	Kalium (K)	Natrum (Na)	Calcium (Ca)	^Ma)
				gewichts%									
AS1	8/09/02		5.0	82.09	179.1	129.02	4.62	0.11	0.38	1.01	0.23	1.08	0.25
AS2	8/09/02		6.7	82.79	172.1	129.63	4.89	0.05	0.31	0.91	0.22	1.20	0.30
AS3	8/09/02		7.2	81.56	184.4	131.96	4.46	0.05	0.42	1.26	0.33	1.03	0.30
AS4	8/09/02		7.1	82.23	177.7	148.24	4.13	0.03	0.35	0.95	0.21	0.95	0.27
			6.5	82.17	178.3	134.71	4.53	0.06	0.37	1.03	0.25	1.07	0.28
STD			1.0	0.51	5.1	9.11	0.32	0.03	0.05	0.16	0.06	0.10	0.02
AS5	8/09/02		7.3	83.97	160.3	135.16	4.69	0.03	0.38	1.03	0.25	0.85	0.30
AS6	8/09/02		7.2	82.32	176.8	135.46	3.90	0.04	0.34	0.95	0.24	1.27	0.32
AS7	8/09/02		7.2	82.68	173.2	142.61	4.09	0.04	0.47	1.05	0.31	0.92	0.30
AS8	8/09/02		6.9	82.90	171.0	135.91	4.56	0.04	0.33	1.01	0.24	1.00	0.28
X			7.2	82.97	170.3	137.29	4.31	0.04	0.38	1.01	0.26	1.01	0.30
STD			0.2	0.71	7.1	3.56	0.38	0.00	0.06	0.04	0.03	0.18	0.02
AS9	16/09/02		6.6	66.08	339.2	276.11	7.90	0.05	0.52	1.23	0.30	1.99	0.61
AS10	16/09/02		7.1	62.28	377.2	315.26	6.42	0.05	0.60	1.42	0.42	2.17	0.59
AS11	16/09/02		7.0	65.62	343.8	279.23	6.38	0.05	0.63	1.64	0.37	1.93	0.52
AS12	16/09/02		6.9	61.57	384.3	287.23	6.39	0.03	0.61	1.45	0.39	2.35	0.61
			6.9	63.89	361.1	289.46	6.77	0.05	0.59	1.44	0.37	2.11	0.58
STD			0.2	2.29	22.9	17.83	0.75	0.01	0.05	0.17	0.05	0.19	0.04
AS13	16/09/02		6.7	68.30	317.0	266.03	6.54	0.03	0.58	1.20	0.30	1.65	0.53
AS14	16/09/02		6.5	63.40	366.0	287.02	7.09	0.06	0.51	1.17	0.27	1.90	0.58
AS15	16/09/02		5.2	67.04	329.6	284.12	7.38	0.06	0.57	1.02	0.26	1.75	0.57
AS16	16/09/02		6.9	72.44	275.6	220.15	6.93	0.06	0.47	1.07	0.23	1.71	0.52
X			6.3	67.80	322.1	264.33	6.99	0.05	0.53	1.12	0.27	1.75	0.55
STD			0.8	3.73	37.3	30.88	0.35	0.02	0.05	0.08	0.03	0.11	0.03
AS17	30/09/02		6.6	66.98	330.2	226.25	5.75	0.05	0.44	0.77	0.20	2.10	0.43
AS18	30/09/02		5.8	22.50	775.0	651.93	7.77	0.16	1.13	2.32	0.81	3.88	1.12
AS19	30/09/02		6.9	59.24	407.6	327.87	6.70	0.06	0.73	1.89	0.50	2.12	0.55
AS20	30/09/02		6.3	59.40	406.0	362.31	6.95	0.09	0.50	1.19	0.27	2.53	0.56
X			6.4	52.03	479.7	392.09	6.79	0.09	0.70	1.54	0.45	2.66	0.67
STD			0.5	20.02	200.2	182.60	0.83	0.05	0.31	0.69	0.28	0.84	0.31
AS21	30/09/02		7.3	65.86	341.4	294.63	6.60	0.06	0.88	1.46	0.38	2.32	0.73
AS22	30/09/02		6.6	76.91	230.9	194.93	6.66	0.05	0.52	0.98	0.25	1.44	0.43
AS23	30/09/02		6.6	60.43	395.7	306.19	6.53	0.05	0.75	1.54	0.43	2.89	0.78
AS24	30/09/02		6.7	63.62	363.8	306.76	6.43	0.05	0.61	1.51	0.36	2.26	0.71
X			6.8	66.71	333.0	275.63	6.56	0.05	0.69	1.37	0.36	2.23	0.66
STD			0.3	7.16	71.6	54.09	0.10	0.00	0.16	0.26	0.08	0.60	0.16
AS25	14/10/02		6.6	77.54	224.6	177.57	5.38	0.04	0.36	0.77	0.18	1.41	0.35
AS26	14/10/02		6.5	77.66	223.4	182.92	4.42	0.03	0.37	0.77	0.20	1.49	0.35
AS27	14/10/02		6.6	79.57	204.3	147.01	5.30	0.01	0.34	0.70	0.18	1.36	0.35
AS28	14/10/02		6.7	76.70	233.0	174.42	5.86	0.01	0.38	0.73	0.18	1.44	0.33
			6.6	77.87	221.3	170.48	5.24	0.02	0.36	0.74	0.19	1.43	0.35
STD			0.1	1.21	12.1	16.04	0.60	0.02	0.02	0.03	0.01	0.05	0.01
AS29	14/10/02		6.5	83.60	164.0	140.45	5.07	0.02	0.34	0.74	0.20	0.97	0.35
AS30	14/10/02		6.6	83.48	165.2	130.31	4.17	0.03	0.31	0.49	0.12	1.00	0.31
AS31	14/10/02		7.1	81.96	180.4	136.78	4.35	0.02	0.27	0.52	0.14	1.12	0.30
AS32	14/10/02		6.3	82.74	172.6	145.61	4.59	0.01	0.29	0.57	0.14	0.94	0.26
X			6.6	82.95	170.6	138.29	4.55	0.02	0.30	0.58	0.15	1.01	0.31
STD			0.3	0.76	7.6	6.43	0.39	0.01	0.03	0.11	0.03	0.08	0.04
AS33	13/11/02		6.2	80.06	199.4	132.52	5.26	0.01	0.26	0.30	0.06	1.55	0.28
AS34	13/11/02		6.2	79.48	205.2	141.26	4.65	0.01	0.25	0.26	0.04	1.39	0.29
AS35	13/11/02		5.8	80.43	195.7	148.97	5.10	0.02	0.28	0.39	0.07	1.36	0.32
AS36	13/11/02		6.7	78.97	210.3	144.81	4.90	0.01	0.26	0.30	0.05	1.69	0.37
X			6.2	79.74	202.7	141.89	4.98	0.01	0.26	0.31	0.06	1.50	0.32
STD			0.4	0.64	6.4	7.00	0.26	0.01	0.01	0.06	0.01	0.15	0.04
AS37	13/11/02		6.1	84.23	157.7	130.32	4.86	0.01	0.25	0.28	0.05	1.06	0.29
AS38	13/11/02		5.9	82.82	171.8	129.26	5.11	0.01	0.24	0.27	0.04	1.08	0.28
AS39	13/11/02		6.5	83.29	167.1	124.36	4.72	0.02	0.23	0.22	0.03	1.09	0.28
AS40	13/11/02		7.5	83.03	169.7	139.09	4.56	0.02	0.26	0.35	0.06	1.19	0.33
X			6.5	83.34	166.6	130.76	4.81	0.02	0.25	0.28	0.05	1.11	0.30
STD			0.7	0.62	6.2	6.13	0.23	0.01	0.01	0.05	0.01	0.06	0.02
AS121	1/10/02		6.9	81.02	189.8	171.96	3.90	0.02	0.39	1.33	0.52	0.53	0.20
AS122	1/10/02		6.8	81.65	183.5	163.39	3.38	0.00	0.37	1.31	0.41	0.65	0.26
AS123	1/10/02		7.1	82.36	176.4	157.14	4.13	0.01	0.41	1.55	0.46	0.84	0.40
AS124	1/10/02		7.1	80.89	191.1	163.28	3.88	0.02	0.41	1.48	0.46	0.79	0.28
X			7.0	81.48	185.2	163.94	3.82	0.01	0.40	1.42	0.46	0.70	0.29
STD			0.1	0.67	6.7	6.09	0.32	0.01	0.02	0.12	0.05	0.14	0.08

Tabel D.3 : Paard. Mest, evolutie van de chemische samenstelling van de mest ten opzichte van droge stof (%)

monster nummer	datum	kever geen kever	pH	vocht gewichts%)	OS/DS %	tot N/DS %	min N/DS %	P/DS %	K/DS %	Na/DS %	Ca/DS %	Mg/DS %
AS121	1/10/02	blanco	6.9	81.02	90.6	2.05	0.011	0.205	0.701	0.274	0.279	0.105
AS122	1/10/02	blanco	6.8	81.65	89.0	1.84	0.000	0.202	0.714	0.223	0.354	0.142
AS123	1/10/02	blanco	7.1	82.36	89.1	2.34	0.006	0.232	0.879	0.261	0.476	0.227
AS124	1/10/02	blanco	7.1	80.89	85.4	2.03	0.010	0.215	0.774	0.241	0.413	0.147
AS1	8/09/02	kever	5.0	82.09	72.0	2.58	0.061	0.212	0.564	0.128	0.603	0.140
AS2	8/09/02	kever	6.7	82.79	75.3	2.84	0.029	0.180	0.529	0.128	0.697	0.174
AS3	8/09/02	kever	7.2	81.56	71.6	2.42	0.027	0.228	0.683	0.179	0.559	0.163
AS4	8/09/02	kever	7.1	82.23	83.4	2.32	0.017	0.197	0.535	0.118	0.535	0.152
AS9	16/09/02	kever	6.6	66.08	81.4	2.33	0.015	0.153	0.363	0.088	0.587	0.180
AS10	16/09/02	kever	7.1	62.28	83.6	1.70	0.013	0.159	0.376	0.111	0.575	0.156
AS11	16/09/02	kever	7.0	65.62	81.2	1.86	0.015	0.183	0.477	0.108	0.561	0.151
AS12	16/09/02	kever	6.9	61.57	74.7	1.66	0.008	0.159	0.377	0.101	0.612	0.159
AS17	30/09/02	kever	6.6	66.98	68.5	1.74	0.015	0.133	0.233	0.061	0.636	0.130
AS18	30/09/02	kever	5.8	22.50	84.1	1.00	0.021	0.146	0.299	0.105	0.501	0.145
AS19	30/09/02	kever	6.9	59.24	80.4	1.64	0.015	0.179	0.464	0.123	0.520	0.135
AS20	30/09/02	kever	6.3	59.40	89.2	1.71	0.022	0.123	0.293	0.067	0.623	0.138
AS25	14/10/02	kever	6.6	77.54	79.1	2.40	0.018	0.160	0.343	0.080	0.628	0.156
AS26	14/10/02	kever	6.5	77.66	81.9	1.98	0.013	0.166	0.345	0.090	0.667	0.157
AS27	14/10/02	kever	6.6	79.57	72.0	2.59	0.005	0.166	0.343	0.088	0.666	0.171
AS28	14/10/02	kever	6.7	76.70	74.9	2.52	0.004	0.163	0.313	0.077	0.618	0.142
AS33	13/11/02	kever	6.2	80.06	66.5	2.64	0.005	0.130	0.150	0.030	0.777	0.140
AS34	13/11/02	kever	6.2	79.48	68.8	2.27	0.005	0.122	0.127	0.019	0.677	0.141
AS35	13/11/02	kever	5.8	80.43	76.1	2.61	0.010	0.143	0.199	0.036	0.695	0.164
AS36	13/11/02	kever	6.7	78.97	68.9	2.33	0.005	0.124	0.143	0.024	0.804	0.176
AS5	8/09/02	geen kever	7.3	83.97	84.3	2.93	0.019	0.237	0.643	0.156	0.530	0.187
AS6	8/09/02	geen kever	7.2	82.32	76.6	2.21	0.023	0.192	0.537	0.136	0.718	0.181
AS7	8/09/02	geen kever	7.2	82.68	82.3	2.36	0.023	0.271	0.606	0.179	0.531	0.173
AS8	8/09/02	geen kever	6.9	82.90	79.5	2.67	0.023	0.193	0.591	0.140	0.585	0.164
AS13	16/09/02	geen kever	6.7	68.30	83.9	2.06	0.009	0.183	0.379	0.095	0.521	0.167
AS14	16/09/02	geen kever	6.5	63.40	78.4	1.94	0.016	0.139	0.320	0.074	0.519	0.158
AS15	16/09/02	geen kever	5.2	67.04	86.2	2.24	0.018	0.173	0.309	0.079	0.531	0.173
AS16	16/09/02	geen kever	6.9	72.44	79.9	2.51	0.022	0.171	0.388	0.083	0.620	0.189
AS21	30/09/02	geen kever	7.3	65.86	86.3	1.93	0.018	0.258	0.428	0.111	0.680	0.214
AS22	30/09/02	geen kever	6.6	76.91	84.4	2.88	0.022	0.225	0.424	0.108	0.624	0.186
AS23	30/09/02	geen kever	6.6	60.43	77.4	1.65	0.013	0.190	0.389	0.109	0.730	0.197
AS24	30/09/02	geen kever	6.7	63.62	84.3	1.77	0.014	0.168	0.415	0.099	0.621	0.195
AS29	14/10/02	geen kever	6.5	83.60	85.6	3.09	0.012	0.207	0.451	0.122	0.591	0.213
AS30	14/10/02	geen kever	6.6	83.48	78.9	2.52	0.018	0.188	0.297	0.073	0.605	0.188
AS31	14/10/02	geen kever	7.1	81.96	75.8	2.41	0.011	0.150	0.288	0.078	0.621	0.166
AS32	14/10/02	geen kever	6.3	82.74	84.4	2.66	0.006	0.168	0.330	0.081	0.545	0.151
AS37	13/11/02	geen kever	6.1	84.23	82.6	3.08	0.006	0.159	0.178	0.032	0.672	0.184
AS38	13/11/02	geen kever	5.9	82.82	75.2	2.97	0.006	0.140	0.157	0.023	0.629	0.163
AS39	13/11/02	geen kever	6.5	83.29	74.4	2.82	0.012	0.138	0.132	0.018	0.652	0.168
AS40	13/11/02	geen kever	7.5	83.03	82.0	2.69	0.012	0.153	0.206	0.035	0.701	0.194

OS : organische stof

DS : droge stof

tot N : totale Stikstof

min N : minerale Stikstof

P : Fosfor

K : Kalium

Na : Natrium

Ca : Calcium

Mg : Magnesium

Tabel D.4 : Paard. Mest, evolutie van de chemische parameters omgerekend naar terreinhoeveelheden (g)

monster nummer	datum	dag	kever geen kever	gewicht terrein (q)	Vocht gewichts%	DSTerrein (g)	OSTerrein (H)	NTerrein (g)	PTerrein (g)	KTerrein (g)	NaTerrein (g)	CaTerrein (fa)	MgTerrein (fa)	hoop	
AS121	1/10/02		blanco		81.02										
AS122	1/10/02		blanco		81.65										
AS123	1/10/02		blanco		82.36										
AS124	1/10/02		blanco		80.89										
AS1	8/09/02	5	kever	1150.5	82.09	206.05	148.44	5.32	0.437	1.162	0.265	1.243	0.288	1	DSTerrein : droge stof omgerekend naar terreinhoeveelheden
AS2	8/09/02	5	kever	1125.7	82.79	193.73	145.92	5.50	0.349	1.024	0.248	1.351	0.338	3	OSTerein : organische stof omgerekend naar terreinhoeveelheden
AS3	8/09/02	5	kever	1195.8	81.56	220.51	157.80	5.33	0.502	1.507	0.395	1.232	0.359	4	NTerrein : totale Stikstof omgerekend naar terreinhoeveelheden
AS4	8/09/02	5	kever	1170.5	82.23	208.00	173.51	4.83	0.410	1.112	0.246	1.112	0.316	5	PTerrein : Fosfor omgerekend naar terreinhoeveelheden
AS9	16/09/02	13	kever	513.9	66.08	174.31	141.89	4.06	0.267	0.632	0.154	1.023	0.313	2	KTerrein : Kalium omgerekend naar terreinhoeveelheden
AS10	16/09/02	13	kever	606.4	62.28	228.73	191.17	3.89	0.364	0.861	0.255	1.316	0.358	3	NaTerrein : Natrium omgerekend naar terreinhoeveelheden
AS11	16/09/02	13	kever	606.5	65.62	208.51	169.35	3.87	0.382	0.995	0.224	1.171	0.315	4	CaTerrein : Calcium omgerekend naar terreinhoeveelheden
AS12	16/09/02	13	kever	532.2	61.57	204.52	152.86	3.40	0.325	0.772	0.208	1.251	0.325	5	MgTerrein: Magnesium omgerekend naar terreinhoeveelheden
AS17	30/09/02	27	kever	702.1	66.98	231.83	158.85	4.04	0.309	0.541	0.140	1.474	0.302	1	
AS18	30/09/02	27	kever	106.9	22.50	82.85	69.69	0.83	0.121	0.248	0.087	0.415	0.120	2	
AS19	30/09/02	27	kever	564.8	59.24	230.21	185.18	3.78	0.412	1.067	0.282	1.197	0.311	3	
AS20	30/09/02	27	kever	435.0	59.40	176.61	157.60	3.02	0.218	0.518	0.117	1.101	0.244	5	
AS25	14/10/02	41	kever	861.0	77.54	193.38	152.89	4.63	0.310	0.663	0.155	1.214	0.301	1	
AS26	14/10/02	41	kever	208.0	77.66	46.47	38.05	0.92	0.077	0.160	0.042	0.310	0.073	3	
AS27	14/10/02	41	kever	935.4	79.57	191.10	137.51	4.96	0.318	0.655	0.168	1.272	0.327	2	
AS28	14/10/02	41	kever	735.3	76.70	171.32	128.25	4.31	0.279	0.537	0.132	1.059	0.243	4	
AS33	13/11/02	71	kever	863.9	80.06	172.26	114.48	4.54	0.225	0.259	0.052	1.339	0.242	1	
AS34	13/11/02	71	kever	810.8	79.48	166.38	114.53	3.77	0.203	0.211	0.032	1.127	0.235	2	
AS35	13/11/02	71	kever	958.6	80.43	187.60	142.80	4.89	0.268	0.374	0.067	1.304	0.307	4	
AS36	13/11/02	71	kever	911.5	78.97	191.69	131.99	4.47	0.237	0.273	0.046	1.540	0.337	5	
AS5	8/09/02	5	jeen kever	1159.8	83.97	185.92	156.76	5.44	0.441	1.195	0.290	0.986	0.348	1	
AS6	8/09/02	5	jeen kever	1139.9	82.32	201.53	154.41	4.45	0.388	1.083	0.274	1.448	0.365	3	
AS7	8/09/02	5	jeen kever	1170.0	82.68	202.64	166.85	4.79	0.550	1.229	0.363	1.076	0.351	4	
AS8	8/09/02	5	jeen kever	1160.0	82.90	198.36	157.66	5.29	0.383	1.172	0.278	1.160	0.325	5	
AS13	16/09/02	13	jeen kever	644.2	68.30	204.21	171.38	4.21	0.374	0.773	0.193	1.063	0.341	2	
AS14	16/09/02	13	jeen kever	598.7	63.40	219.12	171.84	4.24	0.305	0.700	0.162	1.138	0.347	3	
AS15	16/09/02	13	jeen kever	617.9	67.04	203.66	175.56	4.56	0.352	0.630	0.161	1.081	0.352	4	
AS16	16/09/02	13	jeen kever	627.8	72.44	173.02	138.21	4.35	0.295	0.672	0.144	1.074	0.326	5	
AS21	30/09/02	27	jeen kever	576.4	65.86	196.78	169.82	3.80	0.507	0.842	0.219	1.337	0.421	1	
AS22	30/09/02	27	jeen kever	640.7	76.91	147.94	124.89	4.27	0.333	0.628	0.160	0.923	0.276	2	
AS23	30/09/02	27	jeen kever	547.6	60.43	216.69	167.67	3.58	0.411	0.843	0.235	1.583	0.427	3	
AS24	30/09/02	27	jeen kever	527.0	63.62	191.72	161.66	3.39	0.321	0.796	0.190	1.191	0.374	5	
AS29	14/10/02	41	jeen kever	873.6	83.60	143.27	122.70	4.43	0.297	0.646	0.175	0.847	0.306	1	
AS30	14/10/02	41	jeen kever	984.4	83.48	162.62	128.28	4.10	0.305	0.482	0.118	0.984	0.305	3	
AS31	14/10/02	41	jeen kever	817.5	81.96	147.48	111.82	3.56	0.221	0.425	0.114	0.916	0.245	2	
AS32	14/10/02	41	jeen kever	886.2	82.74	152.96	129.04	4.07	0.257	0.505	0.124	0.833	0.230	4	
AS37	13/11/02	71	jeen kever	846.8	84.23	133.54	110.35	4.12	0.212	0.237	0.042	0.898	0.246	1	
AS38	13/11/02	71	jeen kever	920.6	82.82	158.16	119.00	4.70	0.221	0.249	0.037	0.994	0.258	2	
AS39	13/11/02	71	jeen kever	890.6	83.29	148.82	110.76	4.20	0.205	0.196	0.027	0.971	0.249	4	
AS40	13/11/02	71	jeen kever	1045.3	83.03	177.39	145.39	4.77	0.272	0.366	0.063	1.244	0.345	5	

monster nummer	datum	kever geen kever	pH	Vocht gewichts%	Droge stof g/kg vers	Organische stof g/kg vers	Totale N g/kg vers	MinerateN g/kg vers	Fosfor fPl g/kg vers	Katium rm g/kg vers	Natrium fNaI	Calcium Cal	Magnesium tMol
AS41	8/09/02		7.7	83.10	169.0	133.85	502	0.08	0.62	0.58	0.24	4.63	0.83
AS42	8/09/02		7.5	81.62	183.8	153.25	6.05	0.04	0.80	0.43	0.31	5.37	0.92
AS43	8/09/02		7.5	81.49	185.1	154.15	6.12	0.03	0.78	0.45	0.29	5.08	0.85
AS44	8/09/02		7.6	81.62	183.8	142.92	5.40	0.00	0.68	0.53	0.12	5.12	0.98
x			7.6	81.96	180.4	146.04	5.65	0.04	0.72	0.50	0.24	5.05	0.90
STD			0.1	0.76	7.6	9.59	0.53	0.03	0.08	0.07	0.09	0.31	0.07
AS45	8/09/02		7.7	80.29	197.1	164.62	6.62	0.00	1.06	0.43	0.40	5.83	1.02
AS46	8/09/02		7.7	81.25	187.5	144.00	5.73	0.03	0.74	0.62	0.27	5.06	0.95
AS47	8/09/02		7.5	81.80	182.0	144.07	5.49	0.05	0.69	0.47	0.29	4.69	0.84
AS48	8/09/02		7.4	82.17	178.3	149.56	5.44	0.05	0.75	0.51	0.41	4.69	0.82
			7.6	81.38	186.2	150.56	5.82	0.03	0.81	0.51	0.34	5.07	0.91
STD			0.2	0.82	8.2	9.73	0.55	0.02	0.17	0.08	0.07	0.54	0.09
AS49	16/09/02		7.4	69.84	301.6	245.98	6.99	0.01	1.06	0.53	0.24	8.02	1.68
AS50	16/09/02		7.5	70.00	300.0	251.28	7.01	0.01	1.24	0.62	0.39	8.84	1.52
AS51	16/09/02		7.8	59.20	408.0	332.28	7.55	0.00	1.64	0.85	0.30	11.78	2.53
AS52	16/09/02		7.5	69.15	308.5	251.00	8.94	0.01	1.16	0.71	0.40	8.21	1.40
x			7.6	67.05	329.5	270.14	7.62	0.01	1.28	0.68	0.33	9.21	1.78
STD			0.2	5.24	52.4	41.50	0.92	0.01	0.25	0.14	0.08	1.75	0.51
AS53	16/09/02		7.4	65.51	344.9	288.06	8.18	0.01	1.61	0.83	0.55	9.87	1.60
AS54	16/09/02		7.5	63.37	366.3	307.11	8.90	0.01	1.44	0.77	0.55	9.53	1.66
AS55	16/09/02		7.4	69.75	302.5	244.30	7.25	0.01	1.25	0.65	0.42	8.28	1.39
AS56	16/09/02		7.6	69.97	300.3	252.01	8.03	0.01	1.26	0.51	0.30	8.94	1.40
x			7.5	67.15	328.5	272.87	8.09	0.01	1.39	0.69	0.46	9.16	1.51
STD			0.1	3.25	32.5	29.75	0.68	0.00	0.17	0.14	0.12	0.70	0.14
AS57	30/09/02		7.5	57.67	423.3	340.16	10.04	0.02	1.57	0.72	0.28	12.30	2.32
AS58	30/09/02		7.4	60.00	400.0	324.80	9.10	0.02	1.75	0.67	0.56	11.38	1.91
AS59	30/09/02		7.5	66.19	338.1	279.41	8.52	0.09	1.50	0.68	0.47	10.05	1.53
AS60	30/09/02		7.2	68.30	317.0	269.58	8.80	0.22	1.74	0.41	0.45	9.34	1.70
x			7.4	63.04	369.6	303.49	9.12	0.09	1.64	0.62	0.44	10.77	1.87
STD			0.1	5.02	50.2	34.30	0.66	0.09	0.12	0.14	0.12	1.33	0.34
AS61	30/09/02		7.4	61.08	389.2	326.15	12.34	0.12	1.65	0.91	0.77	8.83	1.70
AS62	30/09/02		7.4	50.00	500.0	413.40	9.01	0.07	2.38	1.08	0.84	15.08	2.57
AS63	30/09/02		7.4	62.82	371.8	306.36	10.85	0.08	1.61	0.73	0.35	11.14	1.81
AS64	30/09/02		7.3	66.02	339.8	283.53	10.17	0.07	1.47	0.61	0.49	9.10	1.52
			7.4	59.98	400.2	332.36	10.59	0.09	1.78	0.83	0.61	11.04	1.90
STD			0.0	6.96	69.6	56.76	1.39	0.02	0.41	0.21	0.23	2.89	0.46
AS65	14/10/02		7.3	73.46	265.4	187.58	6.75	0.08	0.87	0.40	0.19	6.66	1.06
AS66	14/10/02		7.6	76.64	233.6	186.51	7.92	0.07	1.05	0.34	0.25	6.12	1.00
AS67	14/10/02		7.6	76.68	233.2	186.00	7.40	0.07	1.00	0.36	0.23	6.28	1.07
AS68	14/10/02		7.3	68.88	311.2	181.49	7.10	0.06	0.86	0.30	0.18	7.25	0.94
x			7.5	73.92	260.9	185.40	7.29	0.07	0.95	0.35	0.21	6.58	1.02
STD			0.2	3.68	36.8	26.9	0.50	0.01	0.09	0.04	0.03	0.50	0.06
AS69	14/10/02		7.5	76.38	236.2	196.42	6.25	0.04	1.05	0.30	0.31	6.76	1.07
AS70	14/10/02		7.5	74.90	251.0	212.55	8.36	0.04	1.09	0.42	0.34	7.10	1.16
AS71	14/10/02		7.5	75.65	243.5	193.44	7.11	0.01	0.99	0.38	0.13	7.32	1.17
AS72	14/10/02		7.5	74.16	258.4	212.82	7.65	0.00	1.07	0.32	0.22	7.64	1.21
			7.5	75.27	247.3	203.81	7.34	0.02	1.05	0.36	0.25	7.21	1.15
STD			0.0	0.96	9.6	10.32	0.89	0.02	0.04	0.06	0.09	0.37	0.06
AS73	13/11/02		7.1	73.15	268.5	209.32	6.29	0.04	1.11	0.24	0.04	7.64	0.93
AS74	13/11/02		7.1	74.19	258.1	191.92	7.38	0.06	1.00	0.25	0.04	6.80	0.94
AS75	13/11/02		7.2	74.35	256.5	202.12	7.16	0.04	1.00	0.29	0.05	6.82	1.03
AS76	13/11/02		7.3	78.01	219.9	160.97	6.09	0.00	0.85	0.22	0.05	6.16	0.83
			7.2	74.93	250.8	191.08	6.73	0.04	0.99	0.25	0.05	6.86	0.93
STD			0.1	2.12	21.2	21.31	0.64	0.03	0.11	0.03	0.01	0.61	0.08
AS77	13/11/02		7.4	74.29	257.1	202.70	7.06	0.00	1.02	0.29	0.06	8.20	1.10
AS78	13/11/02		7.2	74.75	252.5	205.84	5.95	0.01	0.95	0.26	0.06	5.78	0.88
AS79	13/11/02		7.3	76.16	238.4	197.87	7.34	0.00	0.97	0.26	0.08	6.61	0.96
AS80	13/11/02		7.2	74.06	259.4	198.80	7.83	0.21	0.98	0.32	0.05	7.16	0.99
x			7.3	74.82	251.9	201.30	7.05	0.06	0.98	0.28	0.06	6.94	0.98
STD			0.1	0.94	9.4	3.68	0.80	0.10	0.03	0.03	0.01	1.01	0.09
AS125	4/09/02		7.3	84.85	151.5	126.35	4.54	0.06	0.55	0.75	0.36	3.86	0.77
AS126	4/09/02		7.4	85.44	145.6	120.96	4.17	0.04	0.54	0.69	0.32	3.73	0.75
AS127	4/09/02		7.3	85.61	143.9	118.11	4.17	0.06	0.52	0.78	0.34	3.69	0.71
AS128	4/09/02		7.4	85.50	145.0	120.00	4.07	0.06	0.55	0.77	0.38	3.92	0.74
x			7.4	85.35	146.5	121.36	4.24	0.06	0.54	0.75	0.35	3.80	0.74
STD			0.1	0.34	3.4	3.53	0.21	0.01	0.01	0.04	0.03	0.11	0.03

Tabel D.6 : Rund. Mest, evolutie van de chemische samenstelling van de mest ten opzichte van droge stof (%)

monster nummer	datum	kever geen kever	Vocht aewichts%	Droge stof q/kq vers	OS/DS %	totN/DS %	minN/DS %	P/DS %	K/DS %	Na/DS %	Ca/DS %	Mg/DS %	
AS 125	4/09/02	blanco	84.85	151.5	83.40	3.00	0.040	0.363	0.495	0.238	2.548	0.508	OS : organische stof
AS 126	4/09/02	blanco	85.44	145.6	83.08	2.86	0.027	0.371	0.474	0.220	2.562	0.515	DS : droge stof
AS 127	4/09/02	blanco	85.61	143.9	82.08	2.90	0.042	0.361	0.542	0.236	2.564	0.493	tot N : totale Stikstof
AS128	4/09/02	blanco	85.50	145.0	82.76	2.81	0.041	0.379	0.531	0.262	2.703	0.510	min N : minerale Stikstof
AS41	8/09/02	kever	83.10	169.0	79.20	2.97	0.047	0.367	0.343	0.142	2.740	0.491	P : Fosfor
AS42	8/09/02	kever	81.62	183.8	83.38	3.29	0.022	0.435	0.234	0.169	2.922	0.501	K : Kalium
AS43	8/09/02	kever	81.49	185.1	83.28	3.31	0.016	0.421	0.243	0.157	2.744	0.459	Na : Natrium
AS44	8/09/02	kever	81.62	183.8	77.76	2.94	0.000	0.370	0.288	0.065	2.786	0.533	Ca : Calcium
AS49	16/09/02	kever	69.84	301.6	81.56	2.32	0.003	0.351	0.176	0.080	2.659	0.557	Mg : Magnesium
AS50	16/09/02	kever	70.00	300.0	83.76	2.34	0.003	0.413	0.207	0.130	2.947	0.507	
AS51	16/09/02	kever	59.20	408.0	81.44	1.85	0.000	0.402	0.208	0.074	2.887	0.620	
AS52	16/09/02	kever	69.15	308.5	81.36	2.90	0.003	0.376	0.230	0.130	2.661	0.454	
AS57	30/09/02	kever	57.67	423.3	80.36	2.37	0.005	0.371	0.170	0.066	2.906	0.548	
AS58	30/09/02	kever	60.00	400.0	81.20	2.28	0.005	0.438	0.168	0.140	2.845	0.478	
AS59	30/09/02	kever	66.19	338.1	82.64	2.52	0.027	0.444	0.201	0.139	2.972	0.453	
AS60	30/09/02	kever	68.30	317.0	85.04	2.78	0.069	0.549	0.129	0.142	2.946	0.536	
AS65	14/10/02	kever	73.46	265.4	70.68	2.54	0.030	0.328	0.151	0.072	2.509	0.399	
AS66	14/10/02	kever	76.64	233.6	79.84	3.39	0.030	0.449	0.146	0.107	2.620	0.428	
AS67	14/10/02	kever	76.68	233.2	79.76	3.17	0.030	0.429	0.154	0.099	2.693	0.459	
AS68	14/10/02	kever	68.88	311.2	58.32	2.28	0.019	0.276	0.096	0.058	2.330	0.302	
AS73	13/11/02	kever	73.15	268.5	77.96	2.34	0.015	0.413	0.089	0.015	2.845	0.346	
AS74	13/11/02	kever	74.19	258.1	74.36	2.86	0.023	0.387	0.097	0.015	2.635	0.364	
AS75	13/11/02	kever	74.35	256.5	78.80	2.79	0.016	0.390	0.113	0.019	2.659	0.402	
AS76	13/11/02	kever	78.01	219.9	73.20	2.77	0.000	0.387	0.100	0.023	2.801	0.377	
AS45	8/09/02	geen kever	80.29	197.1	83.52	3.36	0.000	0.538	0.218	0.203	2.958	0.518	
AS46	8/09/02	geen kever	81.25	187.5	76.80	3.06	0.016	0.395	0.331	0.144	2.699	0.507	
AS47	8/09/02	geen kever	81.80	182.0	79.16	3.02	0.027	0.379	0.258	0.159	2.577	0.462	
AS48	8/09/02	geen kever	82.17	178.3	83.88	3.05	0.028	0.421	0.286	0.230	2.630	0.460	
AS53	16/09/02	geen kever	65.51	344.9	83.52	2.37	0.003	0.467	0.241	0.159	2.862	0.464	
AS54	16/09/02	geen kever	63.37	366.3	83.84	2.43	0.003	0.393	0.210	0.150	2.602	0.453	
AS55	16/09/02	geen kever	69.75	302.5	80.76	2.40	0.003	0.413	0.215	0.139	2.737	0.460	
AS56	16/09/02	geen kever	69.97	300.3	83.92	2.67	0.003	0.420	0.170	0.100	2.977	0.466	
AS61	30/09/02	geen kever	61.08	389.2	83.80	3.17	0.031	0.424	0.234	0.198	2.269	0.437	
AS62	30/09/02	geen kever	50.00	500.0	82.68	1.80	0.014	0.476	0.216	0.168	3.016	0.514	
AS63	30/09/02	geen kever	62.82	371.8	82.40	2.92	0.022	0.433	0.196	0.094	2.996	0.487	
AS64	30/09/02	geen kever	66.02	339.8	83.44	2.99	0.021	0.433	0.180	0.144	2.678	0.447	
AS69	14/10/02	geen kever	76.38	236.2	83.16	2.65	0.017	0.445	0.127	0.131	2.862	0.453	
AS70	14/10/02	geen kever	74.90	251.0	84.68	3.33	0.016	0.434	0.167	0.135	2.829	0.462	
AS71	14/10/02	geen kever	75.65	243.5	79.44	2.92	0.004	0.407	0.156	0.053	3.006	0.480	
AS72	14/10/02	geen kever	74.16	258.4	82.36	2.96	0.000	0.414	0.124	0.085	2.957	0.468	
AS77	13/11/02	geen kever	74.29	257.1	78.84	2.75	0.000	0.397	0.113	0.023	3.189	0.428	
AS78	13/11/02	geen kever	74.75	252.5	81.52	2.36	0.004	0.376	0.103	0.024	2.289	0.349	
AS79	13/11/02	geen kever	76.16	238.4	83.00	3.08	0.000	0.407	0.109	0.034	2.773	0.403	
AS80	13/11/02	geen kever	74.06	259.4	76.64	3.02	0.081	0.378	0.123	0.019	2.760	0.382	

Tabel D.7 : Rund. Mest, evolutie van de chemische parameters omgerekend naar terreinhoeveelheden (g)

monster nummer	datum	dag	kever geen kever	gewicht terrein (a)	Vocht aewichts%	DSterrein (g)	OSTerrein (g)	NTerrein (g)	Pterrein (a)	KTerrein (a)	NaTerrein (Q)	CaTerrein fa)	MgTerrein fa)	hoop	
AS125	4/09/02		btanco		84.85										
AS126	4/09/02		btanco		85.44										
AS127	4/09/02		btanco		85.61										
AS128	4/09/02		btanco		85.50										
AS41	8/09/02	5	kever	690.2	83.10	116.64	92.38	3.46	0.428	0.400	0.166	3.196	0.573	1	DSterrein : droge stof omgerekend naar terreinhoeveelheden
AS42	8/09/02	5	kever	655.2	81.62	120.43	100.41	3.96	0.524	0.282	0.203	3.518	0.603	3	OSTerein : organische stof omgerekend naar terreinhoeveelheden
AS43	8/09/02	5	kever	646.2	81.49	119.61	99.61	3.95	0.504	0.291	0.187	3.283	0.549	4	NTerrein : totale Stikstof omgerekend naar terreinhoeveelheden
AS44	8/09/02	5	kever	686.4	81.62	126.16	98.10	3.71	0.467	0.364	0.082	3.514	0.673	5	PTerrein : Fosfor omgerekend naar terreinhoeveelheden
AS49	16/09/02	13	kever	397.2	69.84	119.80	97.70	2.78	0.421	0.211	0.095	3.186	0.667	2	KTerrein : Kalium omgerekend naar terreinhoeveelheden
AS50	16/09/02	13	kever	413.1	70.00	123.93	103.80	2.90	0.512	0.256	0.161	3.652	0.628	3	NaTerrein : Natrium omgerekend naar terreinhoeveelheden
AS51	16/09/02	13	kever	302.3	59.20	123.34	100.45	2.28	0.496	0.257	0.091	3.561	0.765	4	CaTerrein : Calcium omgerekend naar terreinhoeveelheden
AS52	16/09/02	13	kever	418.8	69.15	129.20	105.12	3.74	0.486	0.297	0.168	3.438	0.586	5	MgTerrein: Magnesium omgerekend naar terreinhoeveelheden
AS57	30/09/02	27	kever	212.4	57.67	89.91	72.25	2.13	0.333	0.153	0.059	2.613	0.493	1	
AS58	30/09/02	27	kever	289.0	60.00	115.60	93.87	2.63	0.506	0.194	0.162	3.289	0.552	2	
AS59	30/09/02	27	kever	297.2	66.19	100.48	83.04	2.53	0.446	0.202	0.140	2.987	0.455	3	
AS60	30/09/02	27	kever	329.9	68.30	104.58	88.93	2.90	0.574	0.135	0.148	3.081	0.561	5	
AS65	14/10/02	41	kever	301.4	73.46	79.99	56.54	2.03	0.262	0.121	0.057	2.007	0.319	1	
AS66	14/10/02	41	kever	397.1	76.64	92.76	74.06	3.15	0.417	0.135	0.099	2.430	0.397	3	
AS67	14/10/02	41	kever	416.5	76.68	97.13	77.47	3.08	0.417	0.150	0.096	2.616	0.446	2	
AS68	14/10/02	41	kever	374.4	68.88	116.51	67.95	2.66	0.322	0.112	0.067	2.714	0.352	4	
AS73	13/11/02	71	kever	254.9	73.15	68.44	53.36	1.60	0.283	0.061	0.010	1.947	0.237	1	
AS74	13/11/02	71	kever	240.9	74.19	62.18	46.23	1.78	0.241	0.060	0.010	1.638	0.226	2	
AS75	13/11/02	71	kever	278.1	74.35	71.33	56.21	1.99	0.278	0.081	0.014	1.897	0.286	4	
AS76	13/11/02	71	kever	332.9	78.01	73.20	53.59	2.03	0.283	0.073	0.017	2.051	0.276	5	
AS45	8/09/02	5	geen kever	661.2	80.29	130.32	108.85	4.38	0.701	0.284	0.264	3.855	0.674	1	
AS46	8/09/02	5	geen kever	629.7	81.25	118.07	90.68	3.61	0.466	0.390	0.170	3.186	0.598	3	
AS47	8/09/02	5	geen kever	622.6	81.80	113.31	89.70	3.42	0.430	0.293	0.181	2.920	0.523	4	
AS48	8/09/02	5	geen kever	652.7	82.17	116.38	97.62	3.55	0.490	0.333	0.268	3.061	0.535	5	
AS53	16/09/02	13	geen kever	334.8	65.51	115.47	96.44	2.74	0.539	0.278	0.184	3.304	0.536	2	
AS54	16/09/02	13	geen kever	333.0	63.37	121.98	102.27	2.96	0.480	0.256	0.183	3.173	0.553	3	
AS55	16/09/02	13	geen kever	343.8	69.75	104.00	83.99	2.49	0.430	0.223	0.144	2.847	0.478	4	
AS56	16/09/02	13	geen kever	373.8	69.97	112.25	94.20	3.00	0.471	0.191	0.112	3.342	0.523	5	
AS61	30/09/02	27	geen kever	301.1	61.08	117.19	98.20	3.72	0.497	0.274	0.232	2.659	0.512	1	
AS62	30/09/02	27	geen kever	257.8	50.00	128.90	106.57	2.32	0.614	0.278	0.217	3.888	0.663	2	
AS63	30/09/02	27	geen kever	287.1	62.82	106.74	87.96	3.12	0.462	0.210	0.100	3.198	0.520	3	
AS64	30/09/02	27	geen kever	312.2	66.02	106.09	88.52	3.18	0.459	0.190	0.153	2.841	0.475	5	
AS69	14/10/02	41	geen kever	444.6	76.38	105.01	87.33	2.78	0.467	0.133	0.138	3.005	0.476	1	
AS70	14/10/02	41	geen kever	368.7	74.90	92.54	78.37	3.08	0.402	0.155	0.125	2.618	0.428	2	
AS71	14/10/02	41	geen kever	436.0	75.65	106.17	84.34	3.10	0.432	0.166	0.057	3.192	0.510	3	
AS72	14/10/02	41	geen kever	398.1	74.16	102.87	84.72	3.05	0.426	0.127	0.088	3.041	0.482	4	
AS77	13/11/02	71	geen kever	398.4	74.29	102.43	80.76	2.81	0.406	0.116	0.024	3.267	0.438	1	
AS78	13/11/02	71	geen kever	375.7	74.75	94.86	77.33	2.24	0.357	0.098	0.023	2.172	0.331	2	
AS79	13/11/02	71	geen kever	374.1	76.16	89.19	74.02	2.75	0.363	0.097	0.030	2.473	0.359	4	
AS80	13/11/02	71	geen kever	357.2	74.06	92.66	71.01	2.80	0.350	0.114	0.018	2.558	0.354	5	

Tabel D.8 : Pony. Mest, resultaten mestanalyses (g/kg verse mest)

monster nummer	datum	kever	pH	Vocht	Droge stof	Organische stof	Totale N	Minerale N	Fosfor (P)	Kalium (K)	Natrium (Na)	Calcium (Ca)	Magnesium (Mg)
		geen kever		gewichts%	g/kg vers	g/kg vers	g/kg vers	g/kg vers	g/kg vers	g/kg vers	g/kg vers	g/kg vers	g/kg vers
AS81	8/09/02	kever	7.2	82.94	170.6	145.08	6.03	0.01	0.49	0.61	0.09	1.03	0.25
AS82	8/09/02	kever	7.0	82.95	170.5	145.88	5.76	0.01	0.60	0.71	0.12	1.06	0.32
AS83	8/09/02	kever	7.0	83.19	168.1	146.58	6.58	0.01	0.60	0.68	0.13	1.07	0.33
AS84	8/09/02	kever	7.0	79.07	209.3	181.67	6.63	0.01	0.69	0.83	0.15	1.54	0.36
x			7.1	82.04	179.6	154.80	6.25	0.01	0.60	0.70	0.12	1.18	0.32
STD			0.1	1.98	19.8	17.92	0.42	0.00	0.08	0.09	0.03	0.24	0.05
AS85	8/09/02	geen kever	7.0	83.36	166.4	140.84	6.08	0.04	0.65	0.69	0.16	1.29	0.34
AS86	8/09/02	geen kever	7.2	82.96	170.4	139.11	6.25	0.04	0.66	0.80	0.16	1.18	0.34
AS87	8/09/02	geen kever	7.0	83.55	164.5	135.15	4.80	0.00	0.73	1.00	0.18	1.09	0.35
AS88	8/09/02	geen kever	6.8	82.59	174.1	146.73	5.53	0.00	0.65	0.81	0.14	1.17	0.35
x			7.0	83.12	168.9	140.46	5.67	0.02	0.67	0.83	0.16	1.18	0.35
STD			0.2	0.43	4.3	4.81	0.65	0.02	0.04	0.13	0.02	0.08	0.01
AS89	16/09/02	kever	6.7	39.61	603.9	525.63	7.14	0.01	1.53	2.00	0.27	3.15	0.83
AS90	16/09/02	kever	6.8	44.65	553.5	479.55	8.61	0.01	1.60	1.68	0.32	3.22	0.93
AS91	16/09/02	kever	6.9	36.26	637.4	530.57	8.21	0.01	1.78	1.82	0.31	3.74	1.13
AS92	16/09/02	kever	6.8	49.88	501.2	428.43	7.98	0.02	1.52	1.81	0.31	3.20	0.80
x			6.8	42.60	574.0	491.05	7.99	0.01	1.61	1.83	0.30	3.33	0.92
STD			0.1	5.95	59.5	47.65	0.62	0.01	0.12	0.13	0.02	0.28	0.15
AS93	16/09/02	geen kever	6.8	41.35	586.5	464.51	9.91	0.01	2.31	2.42	0.39	4.18	1.16
AS94	16/09/02	geen kever	6.7	38.95	610.5	520.15	8.93	0.01	1.82	2.00	0.43	3.96	1.25
AS95	16/09/02	geen kever	6.8	53.45	465.5	389.34	6.51	0.08	1.54	1.97	0.33	2.93	0.96
AS96	16/09/02	geen kever	6.8	52.11	478.9	372.97	7.27	0.01	1.50	1.86	0.31	3.08	0.91
x			6.8	46.47	535.4	436.74	8.16	0.03	1.79	2.06	0.37	3.54	1.07
STD			0.0	7.38	73.8	68.41	1.55	0.04	0.37	0.25	0.06	0.62	0.16
AS97	30/09/02	kever	6.6	70.52	294.8	250.70	5.95	0.01	0.75	0.99	0.15	1.39	0.41
AS98	30/09/02	kever	6.7	57.29	427.1	353.98	7.54	0.02	1.00	1.24	0.19	2.09	0.59
AS99	30/09/02	kever	6.7	42.09	579.1	501.73	7.73	0.02	1.62	1.42	0.26	3.46	1.02
AS100	30/09/02	kever	6.6	22.27	777.3	644.85	7.16	0.36	1.67	1.50	0.29	4.57	1.07
x			6.7	48.04	519.6	437.82	7.10	0.10	1.26	1.29	0.22	2.88	0.77
STD			0.1	20.74	207.4	172.23	0.80	0.17	0.46	0.23	0.06	1.42	0.32
AS101	30/09/02	geen kever	6.5	73.35	266.5	229.40	5.45	0.01	0.64	0.85	0.20	1.59	0.45
AS102	30/09/02	geen kever	6.7	58.14	418.6	341.24	5.89	0.01	1.31	1.70	0.29	2.77	0.80
AS103	30/09/02	geen kever	6.7	52.91	470.9	393.86	8.27	0.00	1.59	2.08	0.38	3.15	0.89
AS104	30/09/02	geen kever	6.8	53.85	461.5	398.23	7.98	0.02	1.48	1.86	0.34	2.75	0.90
x			6.7	59.56	404.4	340.68	6.90	0.01	1.26	1.62	0.30	2.57	0.76
STD			0.1	9.47	94.7	78.58	1.43	0.01	0.43	0.54	0.08	0.68	0.21
AS105	14/10/02	kever	6.7	82.65	173.5	151.36	5.22	0.01	0.39	0.41	0.06	0.88	0.26
AS106	14/10/02	kever	6.7	77.07	229.3	201.05	6.80	0.01	0.66	0.94	0.15	1.21	0.37
AS107	14/10/02	kever	6.8	80.48	195.2	170.76	6.17	0.01	0.52	0.54	0.10	1.09	0.33
AS108	14/10/02	kever	6.6	77.93	220.7	189.63	6.13	0.01	0.58	0.58	0.10	1.41	0.37
x			6.7	79.53	204.7	178.20	6.08	0.01	0.54	0.62	0.10	1.15	0.33
STD			0.1	2.53	25.3	21.82	0.65	0.00	0.11	0.23	0.04	0.22	0.05
AS109	14/10/02	geen kever	6.7	82.36	176.4	141.54	5.14	0.01	0.46	0.44	0.09	1.22	0.30
AS110	14/10/02	geen kever	6.7	83.23	167.7	141.27	5.92	0.00	0.49	0.79	0.11	0.91	0.31
AS111	14/10/02	geen kever	6.5	81.47	185.3	157.65	5.56	0.01	0.49	0.61	0.11	1.18	0.35
AS112	14/10/02	geen kever	6.7	77.14	228.6	191.48	5.96	0.01	0.85	1.13	0.20	1.59	0.47
x			6.7	81.05	189.5	157.99	5.65	0.01	0.57	0.74	0.13	1.23	0.36
STD			0.1	2.70	27.0	23.61	0.38	0.01	0.19	0.30	0.05	0.28	0.08
AS113	13/11/02	kever	6.4	84.39	156.1	137.37	4.37	0.01	0.27	0.23	0.03	0.78	0.21
AS114	13/11/02	kever	6.6	79.58	204.2	160.42	5.13	0.00	0.31	0.26	0.03	1.10	0.28
AS115	13/11/02	kever	6.6	80.73	192.7	151.46	5.20	0.01	0.33	0.30	0.03	1.05	0.31
AS116	13/11/02	kever	6.2	79.18	208.2	174.55	4.31	0.07	0.33	0.25	0.02	1.10	0.26
x			6.5	80.97	190.3	155.95	4.75	0.02	0.31	0.26	0.03	1.01	0.27
STD			0.2	2.37	23.7	15.61	0.48	0.03	0.03	0.03	0.01	0.15	0.04
AS117	13/11/02	geen kever	6.3	83.33	166.7	131.76	6.00	0.05	0.38	0.33	0.04	1.27	0.29
AS118	13/11/02	geen kever	6.4	83.44	165.6	128.37	6.03	0.02	0.34	0.22	0.02	1.04	0.29
AS119	13/11/02	geen kever	7.0	82.11	178.9	147.41	5.21	0.02	0.52	0.62	0.08	1.15	0.38
AS120	13/11/02	geen kever	6.6	82.05	179.5	151.71	4.98	0.19	0.37	0.28	0.03	1.10	0.37
x			6.6	82.73	172.7	139.81	5.56	0.07	0.40	0.36	0.04	1.14	0.33
STD			0.3	0.76	7.6	11.48	0.54	0.08	0.08	0.18	0.03	0.10	0.05
AS129	20/09/02	blanco	7.0	79.03	209.7	181.68	4.69	0.06	0.76	0.89	0.14	1.38	0.55
AS130	20/09/02	blanco	6.6	79.11	208.9	183.75	5.46	0.01	0.81	1.27	0.26	1.04	0.37
AS131	20/09/02	blanco	6.7	80.44	195.6	158.98	5.60	0.01	0.64	1.15	0.23	1.25	0.38
AS132	20/09/02	blanco	7.0	75.94	240.6	201.43	6.79	0.01	1.08	2.00	0.48	1.36	0.35
x			6.8	78.63	213.7	181.46	5.64	0.02	0.82	1.33	0.28	1.26	0.41
STD			0.2	1.91	19.1	17.41	0.87	0.03	0.19	0.48	0.14	0.16	0.09

Tabel D.9 : Pony. Mest, evolutie van de chemische samenstelling van de mest ten opzichte van droge stof (%)

monster nummer	datum	kever geen kever	pH	Vocht gewichts%	OS/DS %	tot N/DS %	min N/DS %	P/DS %	K/DS %	Na/DS %	Ca/DS %	Mg/DS %	
AS129	20/09/02	blanco	7.0	79.03	86.64	2.24	0.029	0.362	0.424	0.067	0.658	0.262	OS : organische stof
AS130	20/09/02	blanco	6.6	79.11	87.96	2.61	0.005	0.388	0.608	0.124	0.498	0.177	DS : droge stof
AS131	20/09/02	blanco	6.7	80.44	81.28	2.86	0.005	0.327	0.588	0.118	0.639	0.194	tot N : totale Stikstof
AS132	20/09/02	blanco	7.0	75.94	83.72	2.82	0.004	0.449	0.831	0.200	0.565	0.145	min N : minerale Stikstof
AS81	8/09/02	kever	7.2	82.94	85.04	3.53	0.006	0.287	0.358	0.053	0.604	0.147	P : Fosfor
AS82	8/09/02	kever	7.0	82.95	85.56	3.38	0.006	0.352	0.416	0.070	0.622	0.188	K : Kalium
AS83	8/09/02	kever	7.0	83.19	87.20	3.91	0.006	0.357	0.393	0.077	0.637	0.196	Na : Natrium
AS84	8/09/02	kever	7.0	79.07	86.80	3.17	0.005	0.330	0.397	0.072	0.736	0.172	Ca : Calcium
AS89	17/09/02	kever	6.7	39.61	87.04	1.18	0.002	0.253	0.331	0.045	0.522	0.137	Mg : Magnesium
AS90	17/09/02	kever	6.8	44.65	86.64	1.56	0.002	0.289	0.304	0.058	0.582	0.168	
AS91	17/09/02	kever	6.9	36.26	83.24	1.29	0.002	0.279	0.286	0.049	0.587	0.177	
AS92	17/09/02	kever	6.8	49.88	85.48	1.59	0.004	0.303	0.361	0.062	0.638	0.160	
AS97	1/10/02	kever	6.6	70.52	85.04	2.02	0.003	0.254	0.336	0.051	0.472	0.139	
AS98	1/10/02	kever	6.7	57.29	82.88	1.77	0.005	0.234	0.290	0.044	0.489	0.138	
AS99	1/10/02	kever	6.7	42.09	86.64	1.33	0.003	0.280	0.245	0.045	0.597	0.176	
AS100	1/10/02	kever	6.6	22.27	82.96	0.92	0.046	0.215	0.193	0.037	0.588	0.138	
AS105	14/10/02	kever	6.7	82.65	87.24	3.01	0.006	0.225	0.236	0.035	0.507	0.150	
AS106	14/10/02	kever	6.7	77.07	87.68	2.97	0.004	0.288	0.410	0.065	0.528	0.161	
AS107	14/10/02	kever	6.8	80.48	87.48	3.16	0.005	0.266	0.277	0.051	0.558	0.169	
AS108	14/10/02	kever	6.6	77.93	85.92	2.78	0.005	0.263	0.263	0.045	0.639	0.168	
AS113	13/11/02	kever	6.4	84.39	88.00	2.80	0.006	0.173	0.147	0.019	0.500	0.135	
AS114	13/11/02	kever	6.6	79.58	78.56	2.51	0.000	0.152	0.127	0.015	0.539	0.137	
AS115	13/11/02	kever	6.6	80.73	78.60	2.70	0.005	0.171	0.156	0.016	0.545	0.161	
AS116	13/11/02	kever	6.2	79.18	83.84	2.07	0.034	0.159	0.120	0.010	0.528	0.125	
AS85	8/09/02	geen kever	7.0	83.36	84.64	3.65	0.024	0.391	0.415	0.096	0.775	0.204	
AS86	8/09/02	geen kever	7.2	82.96	81.64	3.67	0.023	0.387	0.469	0.094	0.692	0.200	
AS87	8/09/02	geen kever	7.0	83.55	82.16	2.92	0.000	0.444	0.608	0.109	0.663	0.213	
AS88	8/09/02	geen kever	6.8	82.59	84.28	3.18	0.000	0.373	0.465	0.080	0.672	0.201	
AS93	17/09/02	geen kever	6.8	41.35	79.20	1.69	0.002	0.394	0.413	0.066	0.713	0.198	
AS94	17/09/02	geen kever	6.7	38.95	85.20	1.46	0.002	0.298	0.328	0.070	0.649	0.205	
AS95	17/09/02	geen kever	6.8	53.45	83.64	1.40	0.017	0.331	0.423	0.071	0.629	0.206	
AS96	17/09/02	geen kever	6.8	52.11	77.88	1.52	0.002	0.313	0.388	0.065	0.643	0.190	
AS101	1/10/02	geen kever	6.5	73.35	86.08	2.05	0.004	0.240	0.319	0.075	0.597	0.169	
AS102	1/10/02	geen kever	6.7	58.14	81.52	1.41	0.002	0.313	0.406	0.069	0.662	0.191	
AS103	1/10/02	geen kever	6.7	52.91	83.64	1.76	0.000	0.338	0.442	0.081	0.669	0.189	
AS104	1/10/02	geen kever	6.8	53.85	86.29	1.73	0.004	0.321	0.403	0.074	0.596	0.195	
AS109	14/10/02	geen kever	6.7	82.36	80.24	2.91	0.006	0.261	0.249	0.051	0.692	0.170	
AS110	14/10/02	geen kever	6.7	83.23	84.24	3.53	0.000	0.292	0.471	0.066	0.543	0.185	
AS111	14/10/02	geen kever	6.5	81.47	85.08	3.00	0.005	0.264	0.329	0.059	0.637	0.189	
AS112	14/10/02	geen kever	6.7	77.14	83.76	2.61	0.004	0.372	0.494	0.087	0.696	0.206	
AS117	13/11/02	geen kever	6.3	83.33	79.04	3.60	0.030	0.228	0.198	0.024	0.762	0.174	
AS118	13/11/02	geen kever	6.4	83.44	77.52	3.64	0.012	0.205	0.133	0.012	0.628	0.175	
AS119	13/11/02	geen kever	7.0	82.11	82.40	2.91	0.011	0.291	0.347	0.045	0.643	0.212	
AS120	13/11/02	geen kever	6.6	82.05	84.52	2.77	0.106	0.206	0.156	0.017	0.613	0.206	

Tabel D.10 : Pony. Mest, evolutie van de chemische parameters omgerekend naar terreinhoeveelheden (g)

monster nummer	datum	dag	mest		Vocht gewicht%	DSTerrein (g)	OSTerrein (g)	NTerrein (g)	PTerrein (g)	KTerrein (g)	NaTerrein (g)	CaTerrein (g)	MgTerrein (g)	hoop
			geen kever	gewicht terrein (g)										
AS129	20/09/02	1	blanco		79.03									
AS130	20/09/02	1	blanco		79.11									
AS131	20/09/02	1	blanco		80.44									
AS132	20/09/02	1	blanco		75.94									
AS81	8/09/02	5	kever	1151.0	82.94	196.36	166.99	6.94	0.564	0.702	0.104	1.186	0.288	1
AS82	8/09/02	5	kever	1180.7	82.95	201.31	172.24	6.80	0.708	0.838	0.142	1.252	0.378	3
AS83	8/09/02	5	kever	1230.7	83.19	206.88	180.40	8.10	0.738	0.812	0.160	1.317	0.406	4
AS84	8/09/02	5	kever	1190.3	79.07	249.13	216.24	7.89	0.821	0.988	0.179	1.833	0.429	5
AS89	17/09/02	14	kever	497.3	39.61	300.32	261.40	3.55	0.761	0.995	0.134	1.566	0.413	2
AS90	17/09/02	14	kever	371.9	44.65	205.85	178.34	3.20	0.595	0.625	0.119	1.198	0.346	3
AS91	17/09/02	14	kever	659.9	36.26	420.62	350.12	5.42	1.175	1.201	0.205	2.468	0.746	4
AS92	17/09/02	14	kever	637.0	49.88	319.26	272.91	5.08	0.968	1.153	0.197	2.038	0.510	5
AS97	1/10/02	28	kever	669.1	70.52	197.25	167.74	3.98	0.502	0.662	0.100	0.930	0.274	1
AS98	1/10/02	28	kever	444.3	57.29	189.76	157.27	3.35	0.444	0.551	0.084	0.929	0.262	2
AS99	1/10/02	28	kever	289.2	42.09	167.48	145.10	2.24	0.469	0.411	0.075	1.001	0.295	3
AS100	1/10/02	28	kever	568.4	22.27	441.82	366.53	4.07	0.949	0.853	0.165	2.598	0.608	5
AS105	14/10/02	41	kever	934.9	82.65	162.21	141.51	4.88	0.365	0.383	0.056	0.823	0.243	1
AS106	14/10/02	41	kever	822.9	77.07	188.69	165.44	5.60	0.543	0.774	0.123	0.996	0.304	2
AS107	14/10/02	41	kever	662.7	80.48	129.36	113.16	4.09	0.345	0.358	0.066	0.722	0.219	3
AS108	14/10/02	41	kever	695.5	77.93	153.50	131.89	4.26	0.403	0.403	0.070	0.981	0.257	4
AS113	13/11/02	71	kever	809.6	84.39	126.38	111.21	3.54	0.219	0.186	0.024	0.631	0.170	1
AS114	13/11/02	71	kever	699.5	79.58	142.84	112.21	3.59	0.217	0.182	0.021	0.769	0.196	2
AS115	13/11/02	71	kever	486.7	80.73	93.79	73.72	2.53	0.161	0.146	0.015	0.511	0.151	4
AS116	13/11/02	71	kever	647.3	79.18	134.77	112.99	2.79	0.214	0.162	0.013	0.712	0.168	5
AS85	8/09/02	5	geen kever	1179.8	83.36	196.32	166.16	7.17	0.767	0.814	0.189	1.522	0.401	1
AS86	8/09/02	5	geen kever	1309.6	82.96	223.16	182.18	8.19	0.864	1.048	0.210	1.545	0.445	3
AS87	8/09/02	5	geen kever	1270.6	83.55	209.01	171.72	6.10	0.928	1.271	0.229	1.385	0.445	4
AS88	8/09/02	5	geen kever	1220.8	82.59	212.54	179.13	6.75	0.794	0.989	0.171	1.428	0.427	5
AS93	17/09/02	14	geen kever	561.4	41.35	329.26	260.78	5.56	1.297	1.359	0.219	2.347	0.651	2
AS94	17/09/02	14	geen kever	528.6	38.95	322.71	274.95	4.72	0.962	1.057	0.227	2.093	0.661	3
AS95	17/09/02	14	geen kever	560.6	53.45	260.96	218.26	3.65	0.863	1.104	0.185	1.643	0.538	4
AS96	17/09/02	14	geen kever	519.7	52.11	248.88	193.83	3.78	0.780	0.967	0.161	1.601	0.473	5
AS101	1/10/02	28	geen kever	567.7	73.35	151.29	130.23	3.09	0.363	0.483	0.114	0.903	0.255	1
AS102	1/10/02	28	geen kever	525.0	58.14	219.77	179.15	3.09	0.688	0.893	0.152	1.454	0.420	2
AS103	1/10/02	28	geen kever	542.3	52.91	255.37	213.59	4.48	0.862	1.128	0.206	1.708	0.483	3
AS104	1/10/02	28	geen kever	448.2	53.85	206.84	178.49	3.58	0.663	0.834	0.152	1.233	0.403	5
AS109	14/10/02	41	geen kever	1000.0	82.36	176.40	141.54	5.14	0.460	0.440	0.090	1.220	0.300	1
AS110	14/10/02	41	geen kever	828.4	83.23	138.92	117.03	4.90	0.406	0.654	0.091	0.754	0.257	2
AS111	14/10/02	41	geen kever	970.9	81.47	179.91	153.06	5.40	0.476	0.592	0.107	1.146	0.340	3
AS112	14/10/02	41	geen kever	814.7	77.14	186.24	156.00	4.86	0.692	0.921	0.163	1.295	0.383	4
AS117	13/11/02	71	geen kever	884.9	83.33	147.51	116.59	5.31	0.336	0.292	0.035	1.124	0.257	1
AS118	13/11/02	71	geen kever	695.0	83.44	115.09	89.22	4.19	0.236	0.153	0.014	0.723	0.202	2
AS119	13/11/02	71	geen kever	985.4	82.11	176.29	145.26	5.13	0.512	0.611	0.079	1.133	0.374	4
AS120	13/11/02	71	geen kever	777.1	82.05	139.49	117.89	3.87	0.288	0.218	0.023	0.855	0.288	5

DSTerrein : droge stof omgerekend naar terreinhoeveelheden
OSTerrein : organische stof omgerekend naar terreinhoeveelheden
NTerrein : totale Stikstof omgerekend naar terreinhoeveelheden
PTerrein : Fosfor omgerekend naar terreinhoeveelheden
KTerrein : Kalium omgerekend naar terreinhoeveelheden
NaTerrein : Natrium omgerekend naar terreinhoeveelheden
CaTerrein : Calcium omgerekend naar terreinhoeveelheden
MgTerrein : Magnesium omgerekend naar terreinhoeveelheden

Tabel D.11 : Konik paard. Bodem 0-5 cm, chemische analyseresultaten

Blanco situatie

monster nr	mest soort	OM (%)	N (%)	C/N	CEC (meq/100 g)	K (meq/100 g)	pH ₂ O	pH _{KCl}	total P ₂ O ₅ (ppm)	inorg P ₂ O ₅ (ppm)	org P ₂ O ₅ (ppm)	EPP (%)
217	jong	11.7	0.452	15.0	18.6	0.361	7.6	6.9	863	464	399	1.9
223	jong	4.7	0.160	17.0	9.3	0.119	7.8	7.0	511	248	262	1.3
229	jong	24.9	0.799	18.1	35.1	0.416	5.6	4.9	1116	308	808	1.2
235	jong	10.5	0.389	15.7	17.8	0.151	5.3	4.3	474	156	318	0.8
241	jong	10.4	0.392	15.4	18.3	0.234	6.5	5.8	749	268	481	1.3
247	medium	6.5	0.234	16.1	10.6	0.208	7.7	6.9	523	304	219	2.0
253	medium	7.1	0.260	15.8	10.5	0.149	7.8	7.1	848	401	446	1.4
259	medium	9.3	0.394	13.7	16.7	0.240	7.7	7.0	866	453	413	1.4
265	medium	9.4	0.286	19.1	14.4	0.340	7.5	6.9	759	328	431	2.4
271	medium	8.2	0.294	16.2	18.7	0.187	7.2	6.5	588	273	315	1.0
277	oud	2.3	0.084	15.9	3.2	0.074	7.8	7.1	364	279	85	2.3
283	oud	13.8	0.509	15.7	21.5	0.263	7.2	6.5	866	303	563	1.2
289	oud	5.4	0.183	17.1	9.8	0.153	7.5	6.8	627	335	292	1.6
295	oud	3.9	0.135	16.8	5.4	0.110	7.9	7.1	483	290	193	2.0
301	oud	4.5	0.152	17.2	6.9	0.100	8.2	7.7	650	343	307	1.4

Bodem onder de mesthoop

220	jong	6.1	0.251	14.1	12.4	1.537	8.0	7.2	768	550	218	12.4
226	jong	21.3	0.922	13.4	35.0	0.533	5.4	4.6	947	294	653	1.5
232	jong	26.9	0.753	20.7	33.9	1.115	6.6	5.9	1438	424	1015	3.3
238	jong	2.7	0.091	17.2	4.4	0.091	7.7	7.0	383	165	218	2.1
244	jong	9.5	0.314	17.5	23.9	0.340	7.1	6.6	676	332	344	1.4
250	medium	5.8	0.250	13.5	9.7	0.348	7.7	7.0	657	410	248	3.6
256	medium	6.9	0.259	15.5	9.0	0.306	7.7	7.0	891	494	397	3.4
262	medium	7.6	0.246	17.9	10.7	1.034	8.0	7.3	1063	535	528	9.7
268	medium	10.5	0.357	17.1	14.5	1.087	7.8	7.0	847	438	408	7.5
274	medium	14.0	0.529	15.4	33.8	1.333	7.3	6.6	832	387	445	3.9
280	oud	2.1	0.063	19.3	2.3	0.408	7.7	7.0	383	262	121	17.7
286	oud	11.0	0.273	23.4	12.3	1.352	7.6	6.7	815	514	301	11.0
292	oud	5.7	0.175	18.9	10.0	0.388	7.7	6.9	671	333	338	3.9
298	oud	3.8	0.119	18.5	5.0	0.597	8.4	7.5	642	430	212	11.9
304	oud	5.4	0.130	24.1	6.0	1.270	8.6	7.9	604	392	212	21.2

Tabel D.12 : Rund. Bodem 0-5 cm, chemische analyseresultaten

Blanco situatie

blanco	mest soort	OM (%)	N (%)	C/N	CEC (meq/100 g)	K (meq/100 g)	pH _{2O}	pH _{KCl}	total P _{2O5} (ppm)	inorg P _{2O5} (ppm)	org P _{2O5} (ppm)	EPP (%)
121	jong	7.2	0.314	13.3	8.7	0.089	5.6	4.7	689	190	499	1.0
127	jong	6.9	0.251	15.9	10.5	0.091	6.5	5.9	616	224	392	0.9
133	jong	9.3	0.364	14.8	17.7	0.263	5.9	5.1	705	210	495	1.5
139	jong	9.1	0.330	16.0	13.9	0.136	6.1	5.2	707	336	371	1.0
145	jong	6.4	0.304	12.2	9.8	0.096	6.1	5.3	852	325	527	1.0
151	medium	10.7	0.440	14.1	14.6	0.157	5.9	5.0	868	265	603	1.1
157	medium	8.5	0.334	14.8	14.7	0.146	6.6	5.9	721	307	414	1.0
163	medium	7.6	0.305	14.5	9.7	0.408	6.1	5.2	669	237	432	4.2
169	medium	10.8	0.384	16.3	15.8	0.323	5.2	4.2	802	269	534	2.0
175	medium	18.2	0.644	16.4	20.4	0.208	4.7	3.8	863	162	701	1.0
181	oud	7.5	0.278	15.6	9.3	0.072	5.1	4.3	797	206	591	0.8
187	oud	9.0	0.348	15.0	9.3	0.163	5.2	4.4	731	234	497	1.8
193	oud	2.4	0.085	16.4	2.9	0.081	7.5	6.9	442	264	178	2.8
199	oud	14.3	0.499	16.6	20.1	0.259	5.0	4.0	890	234	656	1.3
205	oud	16.2	0.604	15.6	19.7	0.212	5.1	4.2	706	231	475	1.1
211	oud	25.4	0.858	17.2	41.0	0.403	5.3	4.6	1149	312	837	1.0

Bodem onder de mesthoop

124	jong	22.7	0.801	16.4	23.3	0.372	5.3	4.2	963	287	676	1.6
130	jong	2.9	0.112	15.0	4.7	0.244	7.5	6.8	478	256	222	5.2
136	jong	5.7	0.308	10.7	9.1	0.240	6.6	5.7	598	261	337	2.6
142	jong	10.8	0.379	16.5	13.5	0.221	5.5	4.6	339	224	115	1.6
148	jong	9.6	0.372	15.0	12.6	0.221	5.3	4.4	707	189	517	1.8
154	medium	9.7	0.377	14.9	14.2	0.527	5.9	5.3	890	272	618	3.7
160	medium	9.4	0.313	17.4	10.8	0.367	6.7	6.2	903	311	592	3.4
166	medium	7.3	0.313	13.5	13.1	0.130	6.1	5.2	606	254	351	1.0
172	medium	14.9	0.443	19.5	23.3	0.618	5.1	4.1	962	237	725	2.7
178	medium	8.1	0.353	13.3	10.1	0.403	5.1	3.9	687	230	457	4.0
184	oud	6.0	0.182	19.1	9.2	0.274	5.4	4.5	645	230	415	3.0
190	oud	10.2	0.397	14.9	11.9	0.584	5.1	4.4	773	291	482	4.9
196	oud	2.7	0.120	13.1	4.6	0.280	7.4	7.0	527	339	189	6.1
202	oud	16.2	0.553	17.0	15.6	1.316	5.2	4.1	1141	402	740	8.4
208	oud	20.9	0.863	14.0	27.7	0.614	5.3	4.7	1183	268	914	2.2
214	oud	34.1	1.462	13.5	47.6	1.221	5.3	4.6	1683	630	1053	2.6

Tabel D. 13 : Pony. Bodem 0-5 cm, chemische analyseresultaten

Blanco situatie

monster nr	mest soort	OM (%)	N (%)	CN	CEC (meq/100 g)	K (meq/100 g)	pH H ₂ O	pH KCl	total P ₂ O ₅ (ppm)	inorg P ₂ O ₅ (ppm)	org P ₂ O ₅ (ppm)	EPP (%)
1	jong	6.1	0.249	14.3	10.8	0.134	7.4	6.7	747	262	485	1.2
7	jong	12.6	0.520	14.1	27.0	0.344	5.9	5.2	1037	292	745	1.3
13	jong	8.5	0.388	12.7	15.6	0.656	7.0	6.4	1127	367	760	4.2
19	jong	5.0	0.212	13.7	9.6	0.119	7.6	6.9	658	382	276	1.2
25	jong	4.7	0.184	14.9	7.9	0.119	7.5	6.9	540	277	262	1.5
31	medium	5.6	0.220	14.8	8.3	0.140	7.5	6.7	725	297	428	1.7
37	medium	8.8	0.397	12.9	15.7	0.482	7.1	6.7	833	345	488	3.1
43	medium	11.3	0.362	18.1	10.8	0.284	6.0	5.2	629	205	425	2.6
49	medium	5.5	0.280	11.5	8.9	0.176	7.0	6.2	650	329	320	2.0
55	medium	22.6	0.958	13.7	26.0	0.282	5.6	4.6	1216	276	939	1.1
61	oud	6.5	0.285	13.2	12.5	0.185	7.3	6.7	704	301	402	1.5
67	oud	7.1	0.300	13.6	13.6	0.471	7.4	7.1	644	315	328	3.5
73	oud	7.4	0.296	14.5	7.4	0.259	7.3	6.8	817	230	587	3.5
79	oud	11.7	0.523	13.0	17.2	0.314	6.2	5.4	674	189	485	1.8
85	oud	18.5	0.698	15.4	21.6	0.325	5.1	4.5	567	262	305	1.5

Bodem onder de mesthoop

4	jong	11.2	0.397	16.3	25.8	0.210	7.1	6.4	926	338	588	0.8
10	jong	10.9	0.524	12.0	16.3	0.563	7.2	6.6	857	308	549	3.5
16	jong	6.6	0.326	11.7	9.8	0.263	7.3	6.6	874	308	565	2.7
22	jong	11.2	0.464	13.9	24.9	0.327	6.9	6.2	739	264	475	1.3
28	jong	9.6	0.401	13.9	15.5	0.584	7.3	6.6	705	267	437	3.8
34	medium	6.8	0.321	12.2	12.3	0.161	7.4	6.9	679	114	565	1.3
40	medium	4.9	0.202	14.0	10.0	0.367	7.4	6.8	669	225	445	3.7
46	medium	6.5	0.282	13.5	11.2	0.238	6.3	5.5	523	233	290	2.1
52	medium	5.4	0.242	13.1	8.4	0.297	6.9	6.2	593	87	505	3.5
58	medium	16.1	0.723	12.9	20.3	0.342	5.5	4.7	1107	266	842	1.7
64	oud	10.9	0.432	14.7	17.1	1.715	7.4	6.6	1035	400	635	10.0
70	oud	6.2	0.260	13.9	8.0	0.238	7.7	7.0	455	222	233	3.0
76	oud	5.6	0.214	15.1	7.2	0.100	7.8	7.0	637	275	362	1.4
82	oud	9.6	0.349	16.0	11.2	0.658	5.9	5.1	687	289	397	5.9
88	oud	8.3	0.280	17.1	10.3	0.399	7.1	6.3	974	331	643	3.9

Tabel D. 14 : Schaap. Bodem, 0-5 cm, chemische analyseresultaten

Blanco situatie

monster nr	OM (%)	N (%)	C/N	CEC (meq/100 g)	K (meq/100 g)	pH _{H2O}	pH _{KCl}	total P _{2O5} (ppm)	inorg P _{2O5} (ppm)	org P _{2O5} (ppm)	EPP (%)
307	3.2	0.119	15.6	4.2	0.110	8.3	7.8	772	421	351	2.6
313	2.0	0.086	13.5	3.2	0.076	8.4	7.9	625	369	256	2.4
319	6.3	0.280	13.1	7.0	0.140	8.1	7.3	799	398	401	2.0
325	1.5	0.054	16.1	2.0	0.113	8.4	7.9	689	489	200	5.7
331	2.2	0.121	10.5	3.0	0.064	8.3	7.6	629	509	120	2.1

Bodem onder de mesthoop

310	3.2	0.150	12.4	4.8	0.276	8.3	7.7	724	429	295	5.8
316	4.5	0.156	16.7	6.8	0.257	8.3	7.7	937	501	436	3.8
322	5.0	0.216	13.4	5.5	2.495	8.8	7.5	882	455	427	45.4
328	2.0	0.074	15.7	2.8	0.161	8.5	7.9	628	510	118	5.8
334	2.6	0.121	12.5	3.5	0.110	8.3	7.6	1097	755	342	3.1

Tabel D.15 : Konijn. Bodem 0-5 cm, chemische analyseresultaten

Blanco situatie

monster nr	OM (%)	N (%)	C/N	CEC (meq/100 g)	K (meq/100 g)	pH ₂ O	pH _{KCl}	total P ₂ O ₅ (ppm)	inorg P ₂ O ₅ (ppm)	org P ₂ O ₅ (ppm)	EPP (%)
91	6.8	0.256	15.4	4.8	0.140	5.9	5.2	555	275	280	2.9
97	6.6	0.278	13.8	5.9	0.070	6.1	5.4	698	235	463	1.2
103	10.2	0.387	15.3	11.6	0.212	6.2	5.3	685	550	136	1.8
109	13.9	0.510	15.8	15.7	0.204	5.2	4.3	853	192	661	1.3
115	10.5	0.358	17.0	13.9	0.187	6.2	5.4	569	235	334	1.3

Bodem onder de mesthoop

94	9.6	0.306	18.2	9.0	1.066	7.2	6.6	1083	407	676	11.8
100	12.0	0.456	15.3	8.7	0.200	5.5	4.5	803	230	573	2.3
106	14.6	0.508	16.7	14.6	0.936	5.7	4.7	745	256	489	6.4
112	7.3	0.282	15.0	10.3	0.240	7.1	6.4	598	126	473	2.3
118	8.9	0.378	13.7	10.6	0.531	5.6	4.7	697	230	467	5.0

Tabel D.16 : Paard. Bodem 0-5 cm, evolutie chemische kenmerken voor 1, 2.5 en 5 kg opgebrachte mest

monster nr	datum	dagen	gewicht	OM%	N total %	C/N	pH H2O 1:5	pH KCl 1:5	CEC-	Melton meq/100g	K meq/100g	Na meq/100g	P2O5inorg (ppm)	P2O5org (ppm)	P2O5tot (ppm)	EPP %	ESP %
AR25	28/08/02	7	1 kg	15.8	0.778	12	7.1	6.2	29.0	0.403	0.448		167	189	356	1.39	1.55
AR26	28/08/02	7	1	8.4	0.417	12	7.6	6.9	16.5	0.149	0.168		138	112	250	0.90	1.02
AR27	28/08/02	7	1	13.7	0.566	14	7.5	6.9	21.8	0.255	0.235		111	142	253	1.17	1.08
AR28	28/08/02	7	1	13.8	0.653	12	7.1	6.4	26.9	0.318	0.158		76	200	276	1.18	0.59
AR37	5/09/02	15	1	13.2	0.704	11	7.3	6.8	23.5	0.234	0.206		214	135	348	0.99	0.88
AR38	5/09/02	15	1	8.3	0.427	11	7.6	7.0	15.3	0.255	0.152		114	160	274	1.67	0.99
AR39	5/09/02	15	1	19.3	0.802	14	7.6	6.7	25.4	0.637	0.261		139	250	389	2.51	1.03
AR40	5/09/02	15	1	7.2	0.314	13	7.5	6.9	15.2	0.212	0.145		99	127	226	1.40	0.96
AR49	16/09/02	25	1	15.6	0.759	12	7.5	6.6	29.0	2.994	1.023		401	230	631	10.32	3.53
AR50	16/09/02	25	1	13.7	0.595	13	7.5	6.8	26.0	0.318	0.197		258	130	388	1.22	0.76
AR51	16/09/02	25	1	10.1	0.452	13	7.7	6.9	18.9	1.189	0.497		265	82	347	6.29	2.63
AR52	16/09/02	25	1	19.5	0.811	14	7.1	6.3	31.7	1.507	0.665		167	237	404	4.76	2.10
AR61	30/09/02	40	1	8.6	0.357	14	7.6	6.9	15.2	0.701	0.406		147	117	264	4.61	2.67
AR62	30/09/02	40	1	13.0	0.515	15	7.6	7.0	17.8	0.658	0.326		187	158	345	3.70	1.83
AR63	30/09/02	40	1	7.8	0.301	15	7.9	7.1	14.2	0.616	0.290		136	143	279	4.34	2.04
AR64	30/09/02	40	1	11.8	0.513	13	7.8	7.1	20.4	1.614	0.535		190	192	382	7.91	2.62
AR73	9/11/02	80	1	12.1	1.017	7	7.4	6.8	20.6	0.573	0.294		197	163	360	2.78	1.42
AR74	9/11/02	80	1	9.4	0.522	10	8.1	7.0	23.0	2.909	0.774		310	174	484	12.65	3.37
AR75	9/11/02	80	1	10.7	0.568	11	8.5	7.3	20.1	3.248	0.587		351	73	424	16.16	2.92
AR76	9/11/02	80	1	9.7	0.575	10	8.3	7.1	20.6	3.057	0.968		286	128	414	14.84	4.70
AR29	28/08/02	7	2.5 kg	20.0	0.521	22	7.4	6.8	19.9	0.255	0.177		71	179	250	1.28	0.89
AR30	28/08/02	7	2.5	11.4	0.528	12	7.4	6.8	23.9	0.403	0.200		135	210	345	1.69	0.84
AR31	28/08/02	7	2.5	13.5	0.630	12	7.3	6.6	27.3	0.234	0.248		122	170	292	0.86	0.91
AR32	28/08/02	7	2.5	16.7	0.760	13	7.5	6.6	31.7	0.594	0.377		190	161	351	1.88	1.19
AR41	5/09/02	15	2.5	12.2	0.603	12	7.0	6.3	22.8	0.467	0.248		197	163	360	2.05	1.09
AR42	5/09/02	15	2.5	9.9	0.457	13	7.4	6.7	19.0	0.212	0.145		169	175	344	1.12	0.76
AR43	5/09/02	15	2.5	13.9	0.747	11	7.1	6.4	28.8	0.425	0.239		232	157	389	1.47	0.83
AR44	5/09/02	15	2.5	9.7	0.374	15	7.6	7.1	14.2	0.255	0.194		127	125	252	1.79	1.36
AR53	16/09/02	25	2.5	13.5	0.600	13	7.6	7.0	20.8	2.463	0.923		374	108	482	11.84	4.44
AR54	16/09/02	25	2.5	14.4	0.576	15	7.4	6.8	19.3	1.762	0.626		151	267	418	9.13	3.24
AR55	16/09/02	25	2.5	13.4	0.573	14	7.7	6.9	25.2	2.696	1.106		235	262	497	10.70	4.39
AR56	16/09/02	25	2.5	12.6	0.568	13	7.6	6.9	24.3	0.679	0.348		142	221	363	2.80	1.43
AR65	30/09/02	40	2.5	13.1	0.772	10	7.5	7.0	24.0	0.658	0.413		200	199	399	2.74	1.72
AR66	30/09/02	40	2.5	10.3	0.482	12	7.5	7.0	22.6	0.998	0.423		173	152	325	4.42	1.87
AR67	30/09/02	40	2.5	8.6	0.493	10	7.5	6.9	15.4	0.594	0.277		164	173	337	3.86	1.80
AR68	30/09/02	40	2.5	9.3	0.446	12	7.4	6.9	16.6	0.255	0.181		172	115	287	1.53	1.09
AR77	9/11/02	80	2.5	14.3	0.876	9	7.7	7.0	33.8	4.310	1.674		479	128	607	12.75	4.95
AR78	9/11/02	80	2.5	12.6	0.552	13	7.6	6.7	24.0	1.338	0.687		186	203	389	5.57	2.86
AR79	9/11/02	80	2.5	16.9	1.019	10	7.7	6.6	29.0	4.289	1.381		396	168	564	14.79	4.76
AR80	9/11/02	80	2.5	12.6	0.540	14	7.8	7.1	18.7	0.722	0.384		147	175	322	3.86	2.05
AR33	28/08/02	7	5 kg	14.9	0.692	12	7.4	6.7	29.9	0.340	0.284		158	208	365	1.14	0.95
AR34	28/08/02	7	5	10.8	0.544	12	7.4	6.8	17.3	0.234	0.177		118	222	340	1.35	1.03
AR35	28/08/02	7	5	18.3	1.006	11	7.2	6.1	29.8	0.892	0.416		113	327	440	2.99	1.40
AR36	28/08/02	7	5	14.2	0.705	12	6.9	6.3	27.5	0.425	0.232		99	230	328	1.54	0.84
AR45	5/09/02	15	5	11.2	0.395	16	7.5	6.9	15.9	0.361	0.219		117	162	279	2.27	1.38
AR46	5/09/02	15	5	15.2	0.889	10	7.2	6.5	35.2	0.488	0.268		141	288	430	1.39	0.76
AR47	5/09/02	15	5	18.1	0.729	14	7.1	6.3	29.5	0.531	0.310		157	245	402	1.80	1.05
AR48	5/09/02	15	5	13.5	0.594	13	7.4	6.7	26.4	0.382	0.229		231	153	384	1.45	0.87
AR57	16/09/02	25	5	11.9	0.621	11	7.6	6.9	23.4	0.276	0.197		170	186	356	1.18	0.84
AR58	16/09/02	25	5	9.4	0.455	12	7.9	7.1	18.6	1.104	0.694		206	91	298	5.94	3.73
AR59	16/09/02	25	5	8.6	0.443	11	7.7	7.0	18.2	0.340	0.181		114	206	320	1.87	0.99
AR60	16/09/02	25	5	17.7	0.848	12	7.1	6.5	30.4	0.701	0.390		187	200	387	2.30	1.28
AR69	30/09/02	40	5	10.8	0.469	13	7.6	7.0	19.7	0.425	0.306		159	170	329	2.16	1.56
AR70	30/09/02	40	5	9.3	0.365	15	7.6	7.0	13.5	0.255	0.177		113	129	242	1.89	1.31
AR71	30/09/02	40	5	18.0	0.914	11	7.2	6.3	32.6	1.083	0.452		246	241	487	3.32	1.39
AR72	30/09/02	40	5	11.9	0.728	9	6.9	6.4	32.7	0.531	0.261		169	137	306	1.62	0.80
AR81	9/11/02	80	5	9.2	0.540	10	7.8	7.2	19.8	0.679	0.352		172	183	355	3.43	1.78
AR82	9/11/02	80	5	10.5	0.853	7	7.3	6.7	21.2	0.467	0.397		155	157	312	2.20	1.87
AR83	9/11/02	80	5	12.1	0.847	8	7.6	6.9	25.2	1.316	0.506		157	175	332	5.22	2.01
AR84	9/11/02	80	5	17.7	0.982	10	7.6	6.5	34.6	1.762	0.865		198	231	429	5.09	2.50
AR205	23/08/02	1	blanco	18.3	0.755	14	7.0	6.5	28.7	0.212	0.245		199	198	399	0.74	0.85
AR206	23/08/02	1	blanco	7.0	0.291	14	7.9	7.4	10.5	0.149	0.113		91	117	209	1.42	1.08
AR207	23/08/02	1	blanco	11.0	0.446	14	7.3	6.8	12.2	0.127	0.177		143	121	266	1.04	1.45
AR208	23/08/02	1	blanco	14.1	0.472	17	7.4	6.8	23.8	0.149	0.181		137	148	287	0.62	0.76
AR209	28/08/02	1	blanco	17.0	0.735	13	7.4	6.8	30.9	0.170	0.194		176	240	419	0.55	0.63
AR210	28/08/02	1	blanco	9.9	0.387	15	7.7	7.2	20.0	0.170	0.148		137	114	253	0.85	0.74
AR211	28/08/02	1	blanco	17.9	0.698	15	7.4	6.8	26.8	0.170	0.235		144	255	402	0.63	0.88
AR212	28/08/02	1	blanco	10.1	0.436	13	8.0	7.4	19.3	0.170	0.171		92	149	243	0.88	0.89

OM : gehalte organisch materiaal

N : gehalte stikstof

K : uitwisselbare kalium

Na : uitwisselbare natrium

P2O5inorg : anorganische fosfaat

P2O5org : organische fosfaat

P2O5tot : totale fosfaat

EPP : exchangeable potassium percentage

ESP : exchangeable sodium percentage

Tabel D.17 : Rund. Bodem 0-5 cm, evolutie chemische kenmerken voor 1, 2,5 en 5 kg opgebrachte mest

monster nr	datum	dagen	gewicht	OM%	N total %	C/N	pH H2O 1:5	pH KCl 1:5	CEC- Melton meq/100g	K meq/100g	Na meq/100g	P2O5inorg (ppm)	P2O5org (ppm)	P2O5tot (ppm)	EPP %	ESP %
AR85	28/08/02	7	1kg	10.7	0.486	13	7.9	7.3	14.6	0.382	0.268	158	163	321	2.62	1.83
AR86	28/08/02	7	1	15.3	0.607	15	7.2	6.8	27.0	0.382	0.368	228	203	431	1.42	1.36
AR87	28/08/02	7	1	8.8	0.529	10	7.6	7.1	18.1	0.191	0.200	171	178	349	1.06	1.10
AR88	28/08/02	7	1	10.9	0.676	9	7.6	7.1	18.3	0.234	0.258	194	133	328	1.28	1.41
AR100	5/09/02	15	1	12.7	0.618	12	7.9	7.2	23.2	0.955	0.916	211	159	370	4.12	3.95
AR97	5/09/02	15	1	8.2	0.431	11	7.7	7.3	13.7	0.255	0.165	174	90	265	1.86	1.20
AR98	5/09/02	15	1	11.5	0.735	9	7.3	6.8	24.9	0.467	0.390	200	152	352	1.88	1.57
AR99	5/09/02	15	1	13.3	0.845	9	7.6	7.1	19.2	0.255	0.229	167	182	349	1.33	1.19
AR109	16/09/02	25	1	5.4	0.263	12	8.2	7.5	9.6	0.849	0.358	135	90	225	8.85	3.73
AR110	16/09/02	25	1	7.7	0.440	10	7.8	7.3	15.1	0.467	0.590	140	169	309	3.09	3.91
AR111	16/09/02	25	1	11.2	0.528	12	7.4	6.9	32.1	0.255	0.281	208	159	367	0.79	0.87
AR112	16/09/02	25	1	9.6	0.495	11	7.8	7.1	22.6	0.807	0.606	139	155	294	3.57	2.68
AR121	30/09/02	40	1	6.9	0.328	12	8.2	7.4	10.7	0.849	0.471	139	113	252	7.94	4.40
AR122	30/09/02	40	1	10.1	0.519	11	8.0	7.3	16.5	0.870	0.965	219	209	428	5.28	5.85
AR123	30/09/02	40	1	15.8	0.614	15	7.4	6.9	27.6	0.616	0.423	217	203	420	2.23	1.53
AR124	30/09/02	40	1	9.2	0.562	10	7.9	7.2	20.3	0.828	0.926	250	127	377	4.08	4.56
AR133	9/11/02	80	1	3.9	0.209	11	8.0	7.6	5.9	0.318	0.194	109	101	210	5.40	3.28
AR134	9/11/02	80	1	9.6	0.552	10	7.9	7.3	23.0	0.786	0.494	181	217	398	3.42	2.15
AR135	9/11/02	80	1	13.2	0.590	13	7.7	7.2	21.1	0.340	0.384	253	169	422	1.61	1.82
AR136	9/11/02	80	1	11.0	0.454	14	7.6	7.1	18.1	0.297	0.290	155	162	317	1.64	1.60
AR89	28/08/02	7	2,5 kg	10.7	0.585	11	7.5	7.1	19.9	0.255	0.300	160	162	322	1.28	1.51
AR90	28/08/02	7	2.5	8.2	0.409	12	7.7	7.3	12.5	0.297	0.306	125	160	285	2.38	2.45
AR91	28/08/02	7	2.5	8.0	0.334	14	8.0	7.4	15.2	0.637	0.252	138	132	270	4.19	1.66
AR92	28/08/02	7	2.5	14.9	0.600	14	7.9	7.3	26.0	0.807	1.313	168	209	377	3.10	5.05
AR101	5/09/02	15	2.5	8.7	0.470	11	7.5	7.2	15.9	0.425	0.365	132	168	300	2.67	2.29
AR102	5/09/02	15	2.5	5.0	0.301	10	7.8	7.5	8.0	0.297	0.252	119	113	232	3.72	3.15
AR103	5/09/02	15	2.5	6.3	0.254	14	8.1	7.6	10.5	0.722	0.274	113	107	220	6.87	2.61
AR104	5/09/02	15	2.5	15.4	1.127	8	7.3	6.8	35.4	0.531	0.448	183	269	452	1.50	1.27
AR113	16/09/02	25	2.5	9.4	0.367	15	7.7	7.3	14.3	0.594	0.445	143	124	267	4.16	3.11
AR114	16/09/02	25	2.5	11.9	0.572	12	7.5	7.0	21.2	0.849	1.013	149	180	329	4.01	4.78
AR115	16/09/02	25	2.5	12.8	0.509	15	7.9	7.4	16.1	1.380	0.865	186	134	320	8.57	5.37
AR116	16/09/02	25	2.5	14.2	0.981	8	7.7	7.1	23.1	1.847	1.435	244	166	410	8.00	6.21
AR125	30/09/02	40	2.5	14.0	0.577	14	7.7	7.3	23.0	1.656	1.084	219	167	386	7.20	4.71
AR126	30/09/02	40	2.5	9.1	0.522	10	7.7	7.2	16.0	0.764	0.468	191	167	358	4.78	2.92
AR127	30/09/02	40	2.5	10.2	0.537	11	8.2	7.5	15.1	1.210	0.919	222	180	402	8.01	6.09
AR128	30/09/02	40	2.5	8.8	0.446	12	8.2	7.7	13.2	1.316	0.981	201	155	356	9.97	7.43
AR137	9/11/02	80	2.5	12.9	0.642	12	7.9	7.4	16.5	1.253	0.458	212	192	404	7.59	2.78
AR138	9/11/02	80	2.5	9.0	0.573	9	7.7	7.3	19.4	0.955	0.313	233	182	415	4.92	1.61
AR139	9/11/02	80	2.5	4.6	0.216	12	8.2	7.7	8.6	0.467	0.213	131	90	221	5.43	2.48
AR140	9/11/02	80	2.5	19.9	1.309	9	8.2	7.7	36.0	2.251	1.361	264	312	576	6.25	3.78
AR93	28/08/02	7	5 kg	14.5	1.068	8	7.5	7.0	29.8	0.467	0.432	150	218	369	1.57	1.45
AR94	28/08/02	7	5	7.8	0.295	15	7.8	7.4	11.2	0.382	0.274	151	123	274	3.41	2.45
AR95	28/08/02	7	5	9.8	0.553	10	7.8	7.3	18.6	0.297	0.226	139	187	326	1.60	1.21
AR96	28/08/02	7	5	8.1	0.467	10	7.8	7.4	14.4	0.637	0.732	131	194	325	4.42	5.09
AR105	5/09/02	15	5	8.9	0.457	11	8.1	7.4	16.9	1.040	0.416	171	151	322	6.16	2.46
AR106	5/09/02	15	5	8.8	0.949	5	7.4	7.0	17.1	0.297	0.210	129	126	255	1.74	1.23
AR107	5/09/02	15	5	8.5	0.560	9	7.7	7.3	18.4	0.531	0.397	142	189	331	2.88	2.16
AR108	5/09/02	15	5	7.2	0.386	11	7.8	7.4	14.2	0.382	0.355	137	155	292	2.69	2.50
AR117	16/09/02	25	5	10.8	0.563	11	7.5	7.0	20.3	0.594	0.526	156	145	301	2.93	2.59
AR118	16/09/02	25	5	10.7	0.511	12	7.6	7.2	17.6	0.658	0.474	201	185	386	3.74	2.69
AR119	16/09/02	25	5	8.2	0.390	12	7.3	7.0	15.6	0.786	0.655	139	126	265	5.04	4.20
AR120	16/09/02	25	5	7.9	0.438	11	8.0	7.6	14.0	1.040	0.923	178	123	301	7.43	6.59
AR129	30/09/02	40	5	7.0	0.301	13	7.9	7.5	9.7	0.573	0.365	127	113	240	5.91	3.76
AR130	30/09/02	40	5	6.3	0.273	13	7.7	7.3	11.2	0.998	0.529	161	165	326	8.91	4.72
AR131	30/09/02	40	5	10.1	0.875	7	7.6	7.2	18.7	1.083	0.887	172	187	359	5.79	4.74
AR132	30/09/02	40	5	12.3	0.765	9	7.8	7.5	21.9	1.253	0.684	238	176	414	5.72	3.12
AR141	9/11/02	80	5	5.2	0.280	11	8.2	7.5	8.7	0.977	0.639	113	106	219	11.23	7.34
AR142	9/11/02	80	5	8.6	0.416	12	8.0	7.5	14.0	1.146	0.655	145	140	285	8.19	4.68
AR143	9/11/02	80	5	13.2	0.543	14	8.0	7.5	17.8	1.720	1.174	263	205	468	9.66	6.60
AR144	9/11/02	80	5	10.7	0.452	14	8.1	7.6	15.2	1.932	1.477	172	208	380	12.71	9.72
AR213	23/08/02	1	blanco	7.0	0.364	11	8.0	7.5	9.0	0.149	0.148	155	124	279	1.65	1.65
AR214	23/08/02	1	blanco	11.9	0.419	16	7.7	7.2	12.2	0.170	0.158	162	143	305	1.39	1.30
AR215	23/08/02	1	blanco	3.5	0.135	15	8.4	7.8	5.8	0.085	0.116	90	67	157	1.46	2.00
AR216	23/08/02	1	blanco	10.9	0.460	14	7.7	7.2	15.7	0.170	0.181	165	156	321	1.08	1.15
AR217	28/08/02	1	blanco	9.5	0.421	13	7.9	7.4	13.9	0.170	0.152	175	129	304	1.22	1.09
AR218	28/08/02	1	blanco	7.1	0.254	16	8.0	7.5	12.0	0.085	0.126	144	101	245	0.71	1.05
AR219	28/08/02	1	blanco	11.4	0.467	14	7.8	7.2	16.1	0.170	0.155	178	171	349	1.05	0.96
AR220	28/08/02	1	blanco	5.9	0.253	14	8.0	7.5	11.9	0.106	0.119	119	55	174	0.89	1.00

OM : gehalte organisch materiaal

N : gehalte stikstof

K : uitwisselbare kalium

Na : uitwisselbare natrium

P2O5inorg : anorganische fosfaat

P2O5org : organische fosfaat

P2O5tot : totale fosfaat

EPP : exchangeable potassium percentage

ESP : exchangeable sodium percentage

Tabel D.18 : Pony. Bodem 0-5 cm, evolutie chemische kenmerken voor 1, 2,5 en 5 kg opgebrachte mest

monster nr	datum	dagen	gewicht	OM (%)	N totaal (%)	C/N	pH H ₂ O	pH KCl	CEC-Metson	Ca meq/100 g	Mg meq/100g	K meq/100g	Na meq/100g	P ₂ O ₅ inorg (ppm)	P ₂ O ₅ org (ppm)	P ₂ O ₅ tot (ppm)	EPP	ESP
AR145	15/08/02	7	1 kg	10.9	0.588	11	6.0	5.3	15.4	15.82	1.64	0.977	0.394	241	180	421	6.34	2.56
AR146	15/08/02	7	1	14.2	0.647	13	5.9	5.2	12.5	12.46	1.44	0.573	0.297	218	182	400	4.59	2.37
AR147	15/08/02	7	1	12.5	0.737	10	5.4	4.8	13.2	13.96	1.39	0.786	0.352	272	161	433	5.95	2.66
AR148	15/08/02	7	1	14.8	1.184	7	5.2	4.7	16.8	14.46	1.49	0.573	0.213	174	187	361	3.41	1.27
AR157	23/08/02	15	1	7.9	0.395	12	6.1	5.4	12.1	9.68	0.80	0.340	0.123	133	152	285	2.81	1.01
AR158	23/08/02	15	1	11.0	0.534	12	6.0	5.2	15.3	14.71	1.69	0.828	0.365	146	212	358	5.41	2.38
AR159	23/08/02	15	1	17.6	0.716	14	5.3	4.6	27.4	15.75	1.69	0.552	0.229	151	226	377	2.01	0.84
AR160	23/08/02	15	1	13.9	0.708	11	5.4	4.7	21.5	12.11	1.34	0.616	0.277	143	236	379	2.86	1.29
AR169	2/09/02	25	1	8.3	0.426	11	5.6	4.9	11.6	9.11	1.09	0.531	0.248	159	160	319	4.58	2.14
AR170	2/09/02	25	1	5.5	0.369	9	6.3	5.5	12.6	10.50	1.29	0.786	0.329	140	169	309	6.23	2.61
AR171	2/09/02	25	1	15.6	0.699	13	5.6	4.8	16.4	11.79	1.34	0.552	0.277	141	189	330	3.37	1.69
AR172	2/09/02	25	1	17.2	1.005	10	5.4	4.9	21.9	15.61	2.14	1.826	0.587	225	237	462	8.34	2.68
AR181	17/09/02	40	1	13.0	0.704	11	6.8	5.6	19.7	15.32	2.14	2.527	0.861	205	194	399	12.83	4.37
AR182	17/09/02	40	1	8.5	0.526	9	6.2	5.2	11.9	9.61	0.90	0.446	0.181	143	133	276	3.75	1.52
AR183	17/09/02	40	1	15.4	0.933	10	6.0	4.9	18.2	12.79	1.44	1.104	0.465	266	191	457	6.07	2.55
AR184	17/09/02	40	1	16.2	1.028	9	5.8	5.0	19.2	13.86	1.24	0.594	0.358	194	219	413	3.10	1.86
AR193	26/10/02	80	1	11.0	0.511	13	6.2	5.2	17.3	13.86	1.89	0.679	0.368	159	175	334	3.93	2.13
AR194	26/10/02	80	1	8.3	0.383	13	6.8	5.6	11.9	10.04	1.34	1.486	0.500	245	137	382	12.49	4.20
AR195	26/10/02	80	1	21.1	0.888	14	6.4	5.2	22.2	13.54	1.94	2.866	1.035	358	231	589	12.91	4.66
AR196	26/10/02	80	1	18.7	0.808	13	5.8	4.9	21.5	16.04	2.09	0.722	0.332	190	257	447	3.36	1.55
AR149	15/08/02	7	2,5 kg	7.8	0.361	13	6.7	6.1	8.8	11.75	0.95	0.297	0.129	121	133	254	3.38	1.47
AR150	15/08/02	7	2.5	11.7	0.537	13	5.7	5.1	15.5	11.86	1.19	0.764	0.242	327	206	533	4.93	1.56
AR151	15/08/02	7	2.5	14.8	0.791	11	5.8	5.1	15.2	13.57	1.44	0.870	0.277	171	173	344	5.73	1.83
AR152	15/08/02	7	2.5	11.3	0.903	7	5.6	4.8	17.2	13.32	1.69	1.040	0.387	220	238	458	6.05	2.25
AR161	23/08/02	15	2.5	14.9	0.702	12	5.9	5.2	24.4	18.39	2.44	1.062	0.535	204	250	454	4.35	2.19
AR162	23/08/02	15	2.5	10.5	0.635	10	6.3	5.5	16.4	12.50	1.44	1.932	0.558	140	146	286	11.78	3.40
AR163	23/08/02	15	2.5	18.4	1.230	9	5.6	4.9	23.9	18.71	1.89	0.679	0.251	197	157	354	2.84	1.05
AR164	23/08/02	15	2.5	15.8	0.668	14	6.0	5.2	15.8	14.54	2.19	0.743	0.390	226	195	421	4.70	2.47
AR173	2/09/02	25	2.5	7.4	0.315	14	6.6	5.9	12.2	12.93	1.54	0.828	0.265	160	112	272	6.79	2.17
AR174	2/09/02	25	2.5	20.1	1.008	12	5.7	5.1	21.7	16.14	1.94	0.955	0.374	193	167	360	4.40	1.72
AR175	2/09/02	25	2.5	10.4	0.457	13	5.7	5.0	13.1	10.54	1.29	0.679	0.232	169	107	276	5.19	1.77
AR176	2/09/02	25	2.5	12.6	0.718	10	5.4	4.8	15.8	11.89	1.59	1.083	0.397	233	135	368	6.85	2.51
AR185	17/09/02	40	2.5	5.0	0.293	10	6.6	5.8	9.6	8.57	1.00	0.425	0.158	84	111	195	4.42	1.65
AR186	17/09/02	40	2.5	7.0	0.379	11	6.7	5.8	11.8	13.57	1.09	0.658	0.300	127	186	313	5.58	2.54
AR187	17/09/02	40	2.5	15.3	0.645	14	6.0	5.1	21.2	14.21	2.04	1.401	0.403	258	151	409	6.61	1.90
AR188	17/09/02	40	2.5	12.9	0.592	13	5.9	4.9	22.5	14.71	1.99	1.062	0.500	133	225	358	4.72	2.22
AR197	26/10/02	80	2.5	6.3	0.241	15	8.2	6.8	8.5	9.07	1.04	1.677	0.806	128	120	248	19.73	9.49
AR198	26/10/02	80	2.5	12.1	0.680	10	6.1	5.2	21.5	16.50	2.04	0.722	0.506	184	217	401	3.36	2.36
AR199	26/10/02	80	2.5	13.2	0.659	12	6.3	5.3	18.1	10.82	1.89	2.187	1.123	389	168	557	12.08	6.20
AR200	26/10/02	80	2.5	8.4	0.392	12	6.3	5.0	12.2	7.93	1.29	1.401	0.571	248	158	406	11.49	4.68
AR153	15/08/02	7	5 kg	9.9	0.555	10	6.2	5.5	13.4	15.29	1.59	0.616	0.165	125	160	285	4.59	1.23
AR154	15/08/02	7	5	12.3	0.511	14	5.6	4.8	13.6	12.57	1.34	0.318	0.158	151	163	314	2.34	1.16
AR155	15/08/02	7	5	10.2	0.514	12	5.9	5.1	12.0	9.21	0.95	0.361	0.129	131	133	264	3.01	1.08
AR156	15/08/02	7	5	15.1	1.086	8	5.1	4.4	26.7	13.57	1.64	0.552	0.194	226	201	427	2.07	0.72
AR165	23/08/02	15	5	16.3	1.265	7	5.1	4.4	25.1	15.64	1.64	0.786	0.268	226	194	420	3.13	1.07
AR166	23/08/02	15	5	18.0	1.210	9	5.6	4.8	21.7	16.39	1.79	0.807	0.345	169	304	473	3.72	1.59
AR167	23/08/02	15	5	6.9	0.314	13	5.8	4.9	7.7	6.29	0.70	0.212	0.081	66	125	191	2.76	1.05
AR168	23/08/02	15	5	13.3	0.516	15	5.2	4.6	14.1	11.25	1.54	0.446	0.203	151	177	328	3.16	1.44
AR177	2/09/02	25	5	9.9	0.697	8	5.8	5.1	16.4	11.07	1.54	0.658	0.181	118	168	286	4.01	1.10
AR178	2/09/02	25	5	21.5	1.165	11	5.3	4.5	24.4	15.46	1.89	1.231	0.545	166	158	324	5.05	2.23
AR179	2/09/02	25	5	15.4	1.047	9	5.5	4.7	27.9	17.43	2.04	0.722	0.377	204	188	392	2.59	1.35
AR180	2/09/02	25	5	17.9	1.646	6	4.9	4.2	23.5	10.11	1.09	0.467	0.226	159	182	341	1.99	0.96
AR189	17/09/02	40	5	13.8	0.689	12	5.2	4.6	16.4	11.71	1.34	0.552	0.032	138	207	345	3.37	0.20
AR190	17/09/02	40	5	7.3	0.384	11	5.9	5.2	9.8	11.36	1.00	0.425	0.023	136	159	295	4.33	0.23
AR191	17/09/02	40	5	15.9	0.729	13	5.9	5.0	20.1	15.21	1.64	0.637	0.384	157	201	358	3.17	1.91
AR192	17/09/02	40	5	8.4	0.412	12	6.1	5.2	12.1	9.43	1.14	0.658	0.216	117	118	235	5.44	1.79
AR201	26/10/02	80	5	8.8	0.436	12	5.9	4.8	11.5	9.86	1.29	0.467	0.200	101	161	262	4.06	1.74
AR202	26/10/02	80	5	14.1	0.704	12	6.4	5.2	20.5	13.93	2.39	2.102	0.887	138	187	325	10.25	4.33
AR203	26/10/02	80	5	8.6	0.429	12	5.7	4.8	16.4	11.86	1.44	0.658	0.268	68	175	243	4.01	1.63
AR204	26/10/02	80	5	15.5	0.808	11	5.4	4.5	20.7	10.89	1.24	0.722	0.316	184	141	325	3.49	1.53
AR221	23/08/02	1	blanco	20.0	0.706	16	5.7	5.0	22.7	14.86	1.74	0.297	0.226	247	179	426	1.31	0.99
AR222	23/08/02	1	blanco	12.0	0.428	16	5.7	4.9	9.9	7.79	0.90	0.064	0.226	100	149	249	0.64	2.28
AR223	23/08/02	1	blanco	22.0	0.952	13	5.2	4.3	26.1	14.07	1.39	0.276	0.145	148	273	421	1.06	0.56
AR224	23/08/02	1	blanco	7.4	0.309	14	5.3	4.3	9.0	5.14	0.55	0.106	0.077	58	170	228	1.18	0.86
AR225	28/08/02	1	blanco	21.6	0.809	15	5.7	4.9	19.3	14.36	1.79	0.637	0.200	76	251	327	3.30	1.04
AR226	28/08/02	1	blanco	15.0	0.641	14	5.7	4.8	18.2	13.82	1.24	0.446	0.171	70	243	313	2.45	0.94
AR227	28/08/02	1	blanco	24.7	0.965	15	5.7	5.0	29.9	20.00	2.29	0.488	0.316	210	253	463	1.63	1.06
AR228	28/08/02	1	blanco	17.9	0.753	14	5.1	4.4	27.0	13.21	1.54	0.382	0.232	109	164	273	1.42	0.86

OM : gehalte organisch materiaal

N : gehalte stikstof

K : uitwisselbare kalium

Na : uitwisselbare natrium

Ca : uitwisselbare calcium

Mg : uitwisselbare magnesium

P₂O₅inorg : anorganische fosfaatP₂O₅org : organische fosfaat

Tabel D.19 : Gewichten van de mesthopen na verloop van 3, 7 en 1.5 maanden

dier	datum	hoop	gewicht (g) mest terrein	gewicht (g) mest oven droog	vochtgehalte (%) tov ovendroog
paard	dec/02	hoop3	384.5	93.1	313.0
paard	dec/02	hoop7	652.2	150.4	333.6
paard	dec/02	hoop8	256.4	56.1	357.0
paard	apr/03	hoop1	76	66.1	15.0
paard	apr/03	hoop2	109.4	96.3	13.6
paard	apr/03	hoop5	74.3	67.6	9.9
paard	aug/03	hoop4	22.2	20.7	7.2
paard	aug/03	hoop6	25.1	22.8	10.1
paard	aug/03	hoop9	45.8	41.4	10.6
pony	dec/02	hoop3	440.7	81	444.1
pony	dec/02	hoop7	496.8	118.8	318.2
pony	dec/02	hoop8	212.9	63.4	235.8
pony	apr/03	hoop1	73.7	60.2	22.4
pony	apr/03	hoop2	39.1	30.9	26.5
pony	apr/03	hoop5	112.7	96.8	16.4
pony	aug/03	hoop4	54.7	43.3	26.3
pony	aug/03	hoop6	14.7	11.4	28.9
pony	aug/03	hoop9	15	12.2	23.0
rund	dec/02	hoop3	102.6	29.6	246.6
rund	dec/02	hoop7	390.4	129.7	201.0
rund	dec/02	hoop8	287.1	137.1	109.4
rund	apr/03	hoop1	170.8	105.5	61.9
rund	apr/03	hoop2	26.3	23.8	10.5
rund	apr/03	hoop5	13.2	10.5	25.7
rund	aug/03	hoop4	26.2	23.8	10.1
rund	aug/03	hoop6	7.1	6.1	16.4
rund	aug/03	hoop9	18.5	16.4	12.8

Tabel D.20 : Terreingegevens. Paard. Aanwezige bodemfauna bij bemonsteren van bodem onder mest

hoop	kg	datum	galerijen	naaktslak/slak	worm	pisbed	kever	millipede	meskever	larve	spin	mier	centipede	maden	oorbeest	opmerkingen
1	1	28/08/2002	j/k	1												k : overal kleine
1	5	28/08/2002	k													galerijen
1	2.5	28/08/2002	j/k													vnl. door
3	1	28/08/2002	k													Onthophagus
3	5	28/08/2002	k													fracticornis
3	2.5	28/08/2002	k													
4	2.5	28/08/2002	j/k													
4	5	28/08/2002	k													
5	5	28/08/2002	k													
4	1	28/08/2002	k													
5	1	28/08/2002	k													
5	2.5	28/08/2002	k													
2	1	05/09/2002	j		j											
3	1	05/09/2002	n			j	j									
2	2.5	05/09/2002	j		j	j										
2	5	05/09/2002	j		j	j										
3	5	05/09/2002	j		j	j										
3	2.5	05/09/2002	n		j	j										
5	2.5	05/09/2002	n		j	j				j						
5	1	05/09/2002	n													
4	1	05/09/2002	j			j					j					
5	5	05/09/2002	n			j										
4	5	05/09/2002	n			j										
4	2.5	05/09/2002	j		j	j										
1	1	16/09/2002	j			j										zand
2	1	16/09/2002	n			j										
3	1	16/09/2002	j			j										zand
2	2.5	16/09/2002	j													zand
2	5	16/09/2002	j			j					j					zand
3	5	16/09/2002	j		j	j		j								kruimelstructuur
3	2.5	16/09/2002	n		j	j										kruimelstructuur
5	2.5	16/09/2002	n			j										
5	1	16/09/2002	j			j										kruimelstructuur
5	5	16/09/2002	j			j										
1	2.5	16/09/2002	n		j	j										kruimelstructuur
1	5	16/09/2002	n		j	j						j				
3	5	30/09/2002	n		j	j										kruimelstructuur
2	5	30/09/2002	j			j				j						kruimelstructuur, z
2	2.5	30/09/2002	j		j	j										kruimelstructuur, z
3	1	30/09/2002	n			j										zand
2	1	30/09/2002	n		j	j										
1	2.5	30/09/2002	j			j										kruimelstructuur
1	5	30/09/2002	n			j										kruimelstructuur
1	1	30/09/2002	j													zand
4	2.5	30/09/2002	j			j				j						
4	5	30/09/2002	j			j										
4	1	30/09/2002	n		j	j										kruimelstructuur
3	2.5	30/09/2002	n		j	j										kruimelstructuur
1	1	09/11/2002	n													j
1	5	09/11/2002	n													kruimelstructuur
1	2.5	09/11/2002	j													
2	1	09/11/2002	n		j											
2	2.5	09/11/2002	n			j										zand
2	5	09/11/2002	n					j								
5	2.5	09/11/2002	n			j										kruimelstructuur
5	1	09/11/2002	n			j										
4	1	09/11/2002	n			j										
5	5	09/11/2002	n			j										
4	5	09/11/2002	n		j	j										
4	2.5	09/11/2002	n			j										
j : aanwezig																
n : niet opgemerkt																

Tabel D.21 : Terreingegevens. Rund. Aanwezige bodemfauna bij bemonsteren van bodem onder mest

hoop	kg	datum	galerijen	naaktslak/slak	worm	pisbed	kever	millipede	mestkever	larve	spin	mier	centipede	maden	oorbeest	opmerkingen
1	1	28/08/2002	k						j1							k : overal kleine galerijen
1	5	28/08/2002	k													vnl. door Aphodius rufipes
1	2.5	28/08/2002	j/k													
3	1	28/08/2002	k						j3							
3	5	28/08/2002	k						j2							
3	2.5	28/08/2002	k						j2							
4	2.5	28/08/2002	k						j2							
4	5	28/08/2002	k						j2							
5	5	28/08/2002	k						j2							
4	1	28/08/2002	k													
5	1	28/08/2002	k													
5	2.5	28/08/2002	k													zand aan het oppervlak
2	1	05/09/2002	j													
3	1	05/09/2002	j	j												
2	2.5	05/09/2002	j													
2	5	05/09/2002	j													
3	5	05/09/2002	j													
5	2.5	05/09/2002	j													
5	1	05/09/2002	j													
4	1	05/09/2002	n													
5	5	05/09/2002	j													
4	5	05/09/2002	j						j2							
4	2.5	05/09/2002	j													
3	2.5	05/09/2002	j													
1	1	16/09/2002	j													
2	1	16/09/2002	j													
3	1	16/09/2002	n													
5	1	16/09/2002	j													
1	2.5	16/09/2002	j													
2	2.5	16/09/2002	n													
5	2.5	16/09/2002	j													
3	2.5	16/09/2002	j													
1	5	16/09/2002	j													zand
2	5	16/09/2002	j													
3	5	16/09/2002	j													
5	5	16/09/2002	j													
1	1	30/09/2002	j													
1	5	30/09/2002	j													
1	2.5	30/09/2002	j													
2	1	30/09/2002	j													kruimelstructuur
3	1	30/09/2002	j													kruimelstructuur
2	2.5	30/09/2002	j													kruimelstructuur
2	5	30/09/2002	j													
3	5	30/09/2002	j													
3	2.5	30/09/2002	j													kruimelstructuur
4	2.5	30/09/2002	j													kruimelstructuur
4	5	30/09/2002	j													
4	1	30/09/2002	n													
1	1	09/11/2002	n													
1	5	09/11/2002	j						j1							
1	2.5	09/11/2002	n													
2	1	09/11/2002	n													
2	2.5	09/11/2002	j													
2	5	09/11/2002	j													
4	2.5	09/11/2002	j													
4	5	09/11/2002	j													
5	5	09/11/2002	j													kruimelstructuur
4	1	09/11/2002	n													kruimelstructuur
5	1	09/11/2002	n													kruimelstructuur
5	2.5	09/11/2002	j													kruimelstructuur
j : aanwezig																
n : niet opgemerkt																
j1 : Aphodius fossor																
j2 : Aphodius rufipes																
j3 : Aphodius rufus																

Tabel D.22 : Terreingegevens. Pony. Aanwezige bodemfauna bij bemonsteren van bodem onder mest

hoop	kg	datum	totaal galerijen	naaktslak/slak	worm	pissebed	kever	millipede	mestkever	larve	spin	mier	centipede	maden	
1	1	15/08/2002	j												
3	1	15/08/2002	j												
4	1	15/08/2002	j		j				j						Geotrupes+mijt
5	1	15/08/2002	j		j										aarde
1	2.5	15/08/2002	j		j				j						Geotrupes
3	2.5	15/08/2002	j						j						Geotrupes
4	2.5	15/08/2002	j												
5	2.5	15/08/2002	j												
1	5	15/08/2002	j												muizegang
3	5	15/08/2002	j												zand
4	5	15/08/2002	j		j										
5	5	15/08/2002	j		j										
3	1	22/08/2002	j	j	j	j	j								zand
2	1	22/08/2002	j	j	j										
2	2.5	22/08/2002	j		j			j							zand
2	5	22/08/2002	j	j	j	j	j		j						zand
3	5	22/08/2002	j		j	j				j					
3	2.5	22/08/2002	j												
4	2.5	22/08/2002	j	j	j	j	j				j				
4	5	22/08/2002	j	j		j	j								
5	5	22/08/2002	j	j	j	j	j			j	j	j			
4	1	22/08/2002	j				j								
5	2.5	22/08/2002	j			j						j			
5	1	22/08/2002	j				j								
1	1	02/09/2002	j				j			j					
2	1	02/09/2002	n	j	j	j	j								
3	1	02/09/2002	j	j	j	j									
5	1	02/09/2002	j				j								
1	2.5	02/09/2002	j		j	j	j								
2	2.5	02/09/2002	j		j		j								
3	2.5	02/09/2002	j		j	j									
5	2.5	02/09/2002	j									j			
5	5	02/09/2002	j		j	j									
3	5	02/09/2002	j		j										
1	5	02/09/2002	j		j								j		
2	5	02/09/2002	j		j	j					j				
1	1	17/09/2002	n											40	
1	5	17/09/2002	n		j		j								
1	2.5	17/09/2002	j		j										
2	1	17/09/2002	n		j										
1	3	17/09/2002	n	j	j		j								
2	2.5	17/09/2002	j		j										zand
2	5	17/09/2002	j												zand
4	1	17/09/2002	j		j		j								
4	5	17/09/2002	j							j					zand
4	2.5	17/09/2002	j		j	j	j			j					
3	2.5	17/09/2002	j		j		j								
3	5	17/09/2002	j			j					j				
1	1	26/10/2002	n	j	j									j	
1	5	26/10/2002	n			j					j				structurelementen
1	2.5	26/10/2002	n												
2	1	26/10/2002	n	j											
2	5	26/10/2002	n												
5	2.5	26/10/2002	n												
5	1	26/10/2002	n			j									eieren van slakken
4	1	26/10/2002	j												
5	5	26/10/2002	n												
4	5	26/10/2002	n												
4	2.5	26/10/2002	n		j										
2	2.5	26/10/2002	n												