vlaams nederlandse Schelde commissie

departement Mobiliteit en Openbare Werken

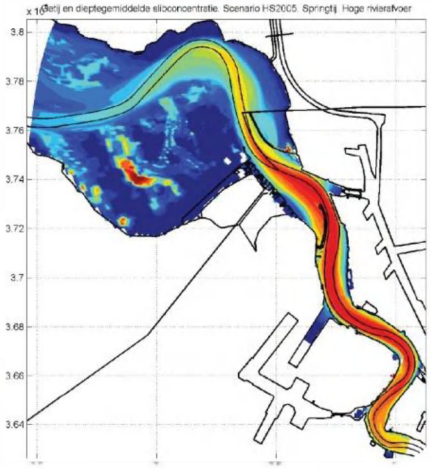
Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Instandhouding vaarpassen Schelde
Milieuvergunningen terugstorten baggerspecie









LTV – Veiligheid en Toegankelijkheid
Ontwikkeling mesoschaal Zeeschelde (factsheets)
Basisrapport kleinschalig ontwikkeling K-18
1 oktober 2013

IMDC International Marine & Dredging Consultants
Deltares Enabling Delta Life
SVASEK HYDRAULICS
ARCADIS Infrastructuur · Water · Milieu · Gebouwen

Colofon

International Marine & Dredging Consultants

Adres: Coveliersstraat 15, 2600 Antwerpen, België

☎: + 32 3 270 92 95

🗐: + 32 3 235 67 11

Email: info@imdc.be

Website: www.imdc.be

Deltares

Adres: Rotterdamseweg 185, 2600 MH Delft, Nederland

☎: + 31 (0)88 335 8273

🗐: +31 (0)88 335 8582

Email: info@deltares.nl

Website: www.deltares.nl

Svašek Hydraulics BV

Adres: Schiehaven 13G, 3024 EC Rotterdam, Nederland

☎: +31 10 467 13 61

🗐: +31 10 467 45 59

Email: info@svasek.com

Website: www.svasek.com

ARCADIS Nederland BV

Adres: Nieuwe Stationsstraat 10, 6811 KS Arnhem, Nederland

☎: +31 (0)26 377 89 11

🗐: +31 (0)26 377 85 60

Email: info@arcadis.nl

Website: www.arcadis.nl

Document Identificatie

Titel	Ontwikkeling mesoschaal Zeeschelde (factsheets)
Project	Instandhouding vaarpassen Schelde Milieuvergunningen terugstorten baggerspecie
Opdrachtgever	Afdeling Maritieme Toegang
Bestek nummer	16EF/2010/14
Documentref	I/RA/11387/13.112/GVH
Documentnaam	K:\PROJECTS\11\11387 - Instandhouding Vaarpassen Schelde\10-Rap\Deelrapporten IMDC\Deelrapport K - Ontw. & Stor\K-18 - Ontwikkeling mesoschaal Zeeschelde (Factsheets)_v1.4_GVHc.docx

Revisies / Goedkeuring

Versie	Datum	Omschrijving	Auteur	Nazicht	Goedgekeurd
1.0	19/04/13	Klaar voor revisie	GVH	MSA	MSA
2.0	01/10/13	Finaal	CPA/GVH	GVH	MSA

Verdeellijst

1	Analoog	Youri Meersschaut
1	Digitaal	Youri Meersschaut

Inhoudstafel

1. INLEIDING 1
1.1 DOELSTELLING 1
1.2 VRAGEN VAN DE BEHEERDERS 2
1.3 DE ZEESCHELDE 2
1.4 ECOLOGIE, MORFOLOGIE EN GETIJONTWIKKELING 2
1.5 OMES COMPARTIMENTEN 3
1.6 AANPAK EN GEGEVENS 5
2. BENEDEN-ZEESCHELDE TOT ANTWERPEN (OMES 9-11) 7
2.1 INLEIDING 7
2.2 SLEUTELASPECTEN 7
2.3 ONTWIKKELING VAN HET GETIJ 8
2.4 MENSELIJKE INGREPEN OP DE MORFOLOGIE 11
2.4.1 Harde begrenzingen 11
2.4.2 Inpolderingen 12
2.4.3 Verdiepingen 13
2.4.4 Baggeren 16
2.4.5 Storten 18
2.4.6 Zandwinning 20
2.4.7 Leidammen 20
2.4.8 Geometrie van de bedding 21
2.5 MORFOLOGISCHE ONTWIKKELING 22
2.5.1 Hypsometrische curves 22
2.5.2 Sedimentbalans 24
2.5.3 Hypothese relatie met de ontwikkeling van het getij 25
2.6 ECOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN 26
2.6.1 Wijzigingen in ecotopen 26
2.6.2 Ontwikkelingen in de Schorgebieden 33
2.6.3 Evolutie van de Platen 40
3. BENEDEN-ZEESCHELDE VANAF ANTWERPEN (OMES 12-13) 51
3.1 INLEIDING 51
3.2 SLEUTELASPECTEN 51
3.3 ONTWIKKELING VAN HET GETIJ 52
3.4 MORFOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN 53
3.5 ECOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN 55
3.5.1 Wijzigingen in ecotopen 55
3.5.2 Ontwikkelingen in de schorgebieden 59
4. BOVEN-ZEESCHELDE (OMES 14 -19 TIJARM) 61

4.1 INLEIDING 61
4.2 SLEUTELASPECTEN 61
4.3 ONTWIKKELING VAN HET GETIJ 61
4.4 MENSELIJKE INGREPEN OP DE MORFOLOGIE 63
4.4.1 Wijzigingen in het bovendebiet 63
4.4.2 Tijarm 63
4.4.3 Afname beschikbaar alluviaal gebied door bedijking en rechttrekkingen 64
4.5 MORFOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN 67
4.6 ECOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN 70
4.6.1 Wijzigingen in ecotopen 70
4.6.2 Ontwikkelingen in de schorgebieden 73
5. RUPEL 91
5.1 INLEIDING 91
5.2 SLEUTELASPECTEN 91
5.3 ONTWIKKELINGEN VAN HET GETIJ 91
5.4 MENSELIJKE INGREPEN OP DE MORFOLOGIE 95
5.4.1 Evolutie aan de Rupelmonding en de monding van de Vliet 95
5.4.2 Evolutie in stroombergende breedte 96
5.5 ECOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN 97
6. DURME 99
6.1 INLEIDING 99
6.2 SLEUTELASPECTEN 99
6.3 ONTWIKKELINGEN VAN HET GETIJ 99
6.4 MENSELIJKE INGREPEN OP DE MORFOLOGIE 104
6.4.1 Evolutie in stroombergende breedte 104
6.5 ECOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN 105
6.5.1 Wijzigingen in ecotopen 105
6.5.2 Ontwikkelingen in de schorgebieden 105
7. CONCLUSIE 107
8. REFERENTIES 109

Bijlagen

BIJLAGE A OVERZICHTSKAARTEN 113
A.1 BENEDEN-ZEESCHELDE TOT ANTWERPEN (OMES 9 -11) 115
A.2 BENEDEN-ZEESCHELDE VANAF ANTWERPEN (OMES 12-13) 116
A.3 BOVEN-ZEESCHELDE + DURME (OMES 14-19) 117
A.4 RUPEL 119

Lijst van tabellen

TABEL 1-1: OVERZICHT VAN DE OMES-SEGMENTEN IN DE ZEESCHELDE 4

TABEL 2-1: DE STIJGING VAN HET JAARGEMIDDELDE HOOG- EN LAAGWATER IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE VANAF DE GRENS TOT ANTWERPEN (CONSORTIUM T2009, 2012) 10

TABEL 2-2: DIEPTES IN DECIMETER TEN OPZICHTE VAN GLLWS TER HOOGTE VAN DESBETREFFENDE DREMPEL (HOSTE & LOYEN, 2002) 14

TABEL 2-3: OVERZICHT VAN DE BAGGERHOEVEELHEDEN IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (1998-2011, INFO AMT). DE BAGGERPLAATS "OPWAARTS KALLO" TOT 1988 GEBRUIKT. "DIVERSE" OMVAT DE BAGGERHOEVEELHEDEN IN O.A. DE TOEGANGSGEULEN EN LANGS DE CONTAINERKAAIEN. 17

TABEL 2-4: OVERZICHT VAN DE GESTORTE HOEVEELHEDEN (MILJOEN M3) VOOR DE VERSCHILLENDE STORTLOCATIES (1998 – 2011) (AMT, 2011) 19

TABEL 2-5: PROCENTUELE VERANDERINGEN IN DE SUBLITORALEE ZONE 20 EN 70 JAAR NA DE REFERENTIEPERIODE VAN 1930 (1950 EN 2000) (ONDIEP: < 3M ONDER GLW; MATIG DIEP: 3M - 6M ONDER GLW; DIEP: > 6M ONDER GLW) (VAN BRAECKEL ET AL., 2006) 27

TABEL 3-1: DE STIJGING VAN HET JAARGEMIDDELDE HOOG- EN LAAGWATER IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE VANAF ANTWERPEN TOT DE RUPELMONDING (CONSORTIUM T2009, 2012) 52

TABEL 4-1: DE STIJGING VAN HET JAARGEMIDDELDE HOOG- EN LAAGWATER IN DE BOVEN-ZEESCHELDE VANAF DE GRENS TOT ANTWERPEN (CONSORTIUM T2009, 2012) 63

TABEL 4-2: RECHTTREKKINGEN IN DE BOVEN-ZEESCHELDE SINDS 1850 (ADRIAENSEN ET AL., 2005) 66

TABEL 4-3: EVOLUTIE VAN HET AREAAL SUBTIDAAL GEBIED IN 1990 EN 2004 VOOR OMES 14 TOT 19 MET PERCENTAGE VAN DE OPPERVLAKTEN ONDIEP (<3 M ONDER GLW), MATIG DIEP (TUSSEN 3 EN 6 M ONDER GLW) EN DIEP SUBTIDAAL (>6 M ONDER GLW) VOOR 2004 (DATA GEBASEERD OP ADRIAENSEN ET AL., 2005) 70

TABEL 4-4: VERANDERINGEN VAN SUBTIDALE KLASSEN TUSSEN 1930 EN 2001 PER OMES SEGMENT IN DE BOVEN-ZEESCHELDE. DE EINDBALANS GEEFT HET VERSCHIL AAN TUSSEN HET AANDEEL VERDIEPTE EN VERONDIEPTE ZONES (POSITIEVE WAARDES BIJ VERDIEPING) (PIESSCHAERT ET AL., 2008) 71

TABEL 5-1: EVOLUTIE VAN DE ECOTOPEN SCHOR, SLIK EN SUBTIDAAL GEBIED VOOR DE RUPEL (ADRIAENSEN ET AL., 2005 EN CONSORTIUM T2009, 2012). 97

TABEL 6-1: EVOLUTIE VAN DE ECOTOPEN SCHOR, SLIK EN SUBTIDAAL GEBIED VOOR DE DURME (ADRIAENSEN ET AL., 2005 EN CONSORTIUM T2009, 2012). 105

Lijst van figuren

FIGUUR 1-1: OVERZICHTSKAART VAN HET SCHELDE –ESTUARIUM. 1

FIGUUR 1-2: SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE RELATIES TUSSEN NATUURLIJKE EVOLUTIES, ANTROPOGENE INGREPEN EN HET EFFECT OP DE SLIKKEN, SCHORREN EN SUBTIDALE GEBIEDEN (VAN BRAECKEL ET AL., 2006) 3

FIGUUR 1-3: MACROCELLEN (BLAUW) EN OMES-COMPARTIMENTEN IN HET SCHELDE-ESTUARIUM. 4

FIGUUR 2-1: OVERZICHT VAN DE MENSELIJKE INGREPEN IN DE ZEESCHELDE SAMEN MET DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTANDEN IN DE ENKELE BELANGRIJKE MEETSTATIONS (PLANCKE ET AL., 2012) 9

FIGUUR 2-2: OVERZICHT VAN DE MENSELIJKE INGREPEN IN DE ZEESCHELDE SAMEN MET DE JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTANDEN IN DE ENKELE BELANGRIJKE MEETSTATIONS (PLANCKE ET AL., 2012)..... 9

FIGUUR 2-3: REGRESSIEMODELLEN VOOR DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTANDEN VAN LIEFKENSHOEK GEKALIBREERD VOOR PERIODES 1901-1974 EN 1975-2009 (CONSORTIUM T2009, 2012). 10

FIGUUR 2-4: BELANGRIJKSTE HARDE BEGRENZINGEN IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (IMDC, 2011). 11

FIGUUR 2-5: VERGELIJKINGSKAARTEN BENEDEN-ZEESCHELDE MET VAN STEELANDT ACHTERGROND 2005 – NOORDELIJK DEEL. IN HET GROEN ZIJN DE SCHORGEBIEDEN UIT 1960 AANGEDUID (IMDC, 2010) 12

FIGUUR 2-6: VERGELIJKINGSKAARTEN BENEDEN-ZEESCHELDE MET VAN STEELANDT ACHTERGROND 2005 – ZUIDELIJK DEEL. IN HET GROEN ZIJN DE SCHORGEBIEDEN UIT 1960 AANGEDUID (IMDC, 2010) 13

FIGUUR 2-7: ZANDWINNING IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE GEDURENDE DE PERIODE 1990 T/M 2009 (IMDC, 2011). 20

FIGUUR 2-8: WIJZIGING VAN DE GEUL VOOR DOEL DOOR DE AANLEG VAN EEN LEIDAM BIJ DE PLAAT VAN DOEL. HET VROEGERE TRAJECT IS IN BLAUWE STIPPELLIJN AANGEGEVEN (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 21

FIGUUR 2-9: EVOLUTIE VAN HET STROOMBERGEND OPPERVLAK IN HET STROOMAFWAARTSE DEEL VAN DE BRAKKE ZONE VAN DE ZEESCHELDE TUSSEN 1850 EN HEDEN (VAN BRAECKEL ET AL., 2006)..... 22

FIGUUR 2-10: EVOLUTIE VAN DE STROOMBERGENDE BREEDTE IN DE BRAKKE ZONE VANAF 1850 TOT 2003 SAMEN MET HET GEPLANDE MEEST WENSELIJK ALTERNATIEF (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 22

FIGUUR 2-11: GEMIDDELDE BODEMLIGGING IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (CONSORTIUM DELTARES-IMDC-SVASEK-ARCADIS, 2013A)..... 23

FIGUUR 2-12: HYPSOMETRISCHE CURVES VAN OPPERVLAK VAN DE BENEDEN-ZEESCHELDE TUSSEN 1950 EN 2010 (CONSORTIUM DELTARES-IMDC-SVASEK-ARCADIS, 2013A). 24

FIGUUR 2-13: RELATIE GETIJSLAG EN WAARGENOMEN VERRUIMING IN DE ZEESCHELDE 25

FIGUUR 2-15: VERLOOP VAN DE VERHOUDING ONDIEP EN DIEP WATER IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE TUSSEN 1930 EN 2003 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006)..... 27

FIGUUR 2-16: ONTWIKKELINGEN VAN HET SUBLITORAAL EN NABURIG SLIK IN HET OMES SEGMENT 9 VAN 1930 TOT 2003 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 28

FIGUUR 2-17: ONTWIKKELINGEN VAN HET SUBLITORAAL EN NABURIG SLIK IN HET OMES SEGMENT 10 VAN 1930 TOT 2003 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 29

FIGUUR 2-18: ONTWIKKELINGEN VAN HET SUBLITORAAL EN NABURIG SLIK IN HET OMES SEGMENT 11 VAN 1930 TOT 2003 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 30

FIGUUR 2-19: EVOLUTIE VAN DE SCHORGEBIEDEN TUSSEN 1850 EN 2010 (DATA GEBASEERD OP ADRIAENSEN ET AL., 2005 EN CONSORTIUM T2009, 2012). 31

FIGUUR 2-20: EVOLUTIE VAN DE SLIKGEBIEDEN TUSSEN 1850 EN 2010 (DATA GEBASEERD OP ADRIAENSEN ET AL., 2005 EN CONSORTIUM T2009, 2012). 31

FIGUUR 2-21: VERANDERING IN VERHOUDING SCHOR-SLIK-SUBTIDAAL TUSSEN 1990 EN 2004 VOOR OMES 9, 10 EN 11(FIGUREN OP BASIS VAN DATA IN ADRIAENSEN ET AL., 2005)..... 32

FIGUUR 2-22: KAART VAN HET GROOT BUITENSCHOOR IN 1748 (LINKS) EN 1854 (RECHTS). TER ORIËNTATIE: OP DE LINKSE KAART IS FORT FREDERIK AANGEDUID BIJ DE RODE PIJL, DAAR LIGT MOMENTEEL DE EUROPATERMINAL EN OP DE RECHTSE KAART BEVINDT ZICH DE HUIDIGE 2E CONTAINERTERMINAL EN HET SLUIZENCOMPLEX ZANDVLIETSLUIS – BERENDRECHTSLUIS (SCHELDESCHORREN, 2012). 34

FIGUUR 2-23: HET GROOT BUITENSCHOOR IN 6 JUNI 1947 (SCHELDESCHORREN, 2012). 34

FIGUUR 2-24: DEZE LUCHTFOTO TOONT DE BALLASTPLAAT (1), DE STROOMLEIDAM (2), DE SMALLE STROOK SCHOR (3) EN DE UITGEBREIDE SLIKPLAAT EN VLOEDSCHAAR (4) (SCHELDESCHORREN, 2012). 35

FIGUUR 2-25: LUCHTFOTO VAN HET GEBIED TUSSEN GROOT BUITENSCHOOR (GBS) EN GALGENSCHOOR (GS). ZANDVLIETSLUIS (1), BERENDRECHTSLUIS (2), EUROPA CONTAINERTERMINAL (3) EN NOORDZEETERMINAL (4) (SCHELDESCHORREN, 2012). 35

FIGUUR 2-26: SEDIMENTATIE EN EROSIEPROCESSEN AAN HET GROOT BUITENSCHOOR (LINKS) EN HET GALGENSCHOOR (RECHTS) TUSSEN 1992 EN 2003 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 36

FIGUUR 2-27: EVOLUTIE VAN DE VEGETATIE IN GROOT BUITENSCHOOR TUSSEN 1992 EN 2003 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 37

FIGUUR 2-28: PAARDENSCHOR MET STAALNAMELOCATIES: A. SITUATIE VOOR DE HERINRICHTING (1999) EN B.: NA DE HERINRICHTING (FEBRUARI 2006) (VAN DE NEUCKER ET AL., 2007). 38

FIGUUR 2-29: FORT LILLO EN FORT LIEFKENSHOEK IN 1778 (FERRARISKAART) 39

FIGUUR 2-30: EVOLUTIE VAN DE BALLASTPLAAT EN PLAAT VAN HET GROOT BUITENSCHOOR: TOESTAND IN 1958 MET SITUERING HOOGTEPROFIELEN. RECHT= MET RECHTE KREKEN; VLAK= ZONDER KREKEN; MEANDER= MET MEANDERENDE KREKEN (VAN BRAECKEL ET AL., 2009). 41

FIGUUR 2-31: EVOLUTIE VAN DE BALLASTPLAAT EN PLAAT VAN HET GROOT BUITENSCHOOR IN 1973 MET SITUERING VAN DE HOOGTEPROFIELEN. RECHT= MET RECHTE KREKEN; VLAK= ZONDER KREKEN; MEANDER= MET MEANDERENDE KREKEN (VAN BRAECKEL ET AL., 2009). 42

FIGUUR 2-32: EVOLUTIE VAN DE BALLASTPLAAT EN PLAAT VAN HET GROOT BUITENSCHOOR IN APRIL 2004 MET SITUERING VAN DE HOOGTEPROFIELEN. RECHT= MET RECHTE KREKEN; VLAK= ZONDER KREKEN (VAN BRAECKEL ET AL., 2009). 43

FIGUUR 2-33: EVOLUTIE VAN HET DWARSPROFIEL OP HET GROOT BUITENSCHOOR TUSSEN 1930 EN 2002 OP 750M VAN DE BELGISCH- NEDERLANDSE GRENS (VAN BRAECKEL ET AL., 2009). 44

FIGUUR 2-34: PROFIEL IN HET MEER STROOMAFWAARTS GEDEELTE VAN DE PLAAT VAN LILLO (PIESSCHAERT ET AL., 2008). 45

FIGUUR 2-35: PROFIEL IN HET MEER STROOMOPWAARTS GEDEELTE VAN DE PLAAT VAN LILLO (PIESSCHAERT ET AL., 2008). 45

FIGUUR 2-36: PROFIEL VAN DE KETELPLAAT (PIESSCHAERT ET AL., 2008). 46

FIGUUR 2-37: PROFIEL VAN DE PLAAT VAN BOOMKE (PIESSCHAERT ET AL., 2008). 47

FIGUUR 2-38: FYSIOTOPEN VOOR HET SLIK EN SCHOR VAN OUDEN DOEL. KAART GEBASEERD OP GEGEVENS UIT 2001 (VAN BRAECKEL ET AL., 2009). 47

FIGUUR 2-39: EVOLUTIE VAN DE PLAAT VAN DOEL EN HET SLIK VAN OUDEN DOEL 1958 – 1969 (VAN BRAECKEL ET AL., 2009). 48

FIGUUR 2-40: EVOLUTIE VAN DE PLAAT VAN DOEL EN HET SLIK VAN SCHOR OUDEN DOEL 1982 – 2004 (VAN BRAECKEL ET AL., 2009). 49

FIGUUR 2-41: EVOLUTIE VAN DE SUBTIDALE EN INTERTIDALE HOOGTEPROFIEL TUSSEN 1930 EN 2002 OP 4,5 KM VAN DE BELGISCH-NEDERLANDSE GRENS (VAN BRAECKEL ET AL., 2009). 49

FIGUUR 3-1: REGRESSIEMODELLEN VOOR DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTANDEN VAN ANTWERPEN-LOODS GEKALIBREERD VOOR PERIODES 1901-1973 EN 1974-2009 (CONSORTIUM T2009, 2012). 52

FIGUUR 3-2: JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTANDEN VAN HET MEETSTATIONS TE ANTWERPEN-LOODS. REGRESSIEMODEL 1 GEKALIBREERD VOOR PERIODE 1901-1974 EN REGRESSIEMODEL 2 GEKALIBREERD VOOR PERIODE 1975-2009: T2009 TRENDLIJN (CONSORTIUM T2009, 2012). 53

FIGUUR 3-3: VARIATIE IN BODEMLIGGING IN DE ZONE TUSSEN HOBOKEN – HEMIKSEM (CONSORTIUM DELTARES-IMDC-SVASEK-ARCADIS, 2013A) 54

FIGUUR 3-4: HYPSOMETRISCHE CURVES VAN OPPERVLAK IN DE ZONE TUSSEN HOBOKEN – HEMIKSEM (CONSORTIUM DELTARES-IMDC-SVASEK-ARCADIS, 2013A) 55

FIGUUR 3-5: ONTWIKKELINGEN VAN HET SUBLITORAAL EN NABURIG SLIK IN HET OMES SEGMENT 12 VAN 1930 TOT 2003 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 56

FIGUUR 3-6: ONTWIKKELINGEN VAN HET SUBLITORAAL EN NABURIG SLIK IN HET OMES SEGMENT 13 VAN 1930 TOT 2003 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 57

FIGUUR 3-7: EVOLUTIE VAN DE SCHORGEBIEDEN TUSSEN 1850 EN 2010 (DATA GEBASEERD OP ADRIAENSEN ET AL., 2005 EN CONSORTIUM T2009, 2012). 58

FIGUUR 3-8: EVOLUTIE VAN DE SLIKGEBIEDEN TUSSEN 1850 EN 2010 (DATA GEBASEERD OP ADRIAENSEN ET AL., 2005 EN CONSORTIUM T2009, 2012). 58

FIGUUR 3-9: VERANDERING IN VERHOUDING SCHOR-SLIK-SUBTIDAAL TUSSEN 1990 EN 2004 VOOR OMES 12 EN 13 (FIGUREN OP BASIS VAN DATA IN ADRIAENSEN ET AL., 2005). 59

FIGUUR 3-10: OVERZICHT VAN DE GEPLANDE HERSTELWERKEN VOOR HET OVERSTROMINGSGEBIED KRUIBEKE-BAZEL-RUPELMONDE (WWW.SIGMAPLAN.BE). 60

FIGUUR 4-1: REGRESSIEMODELLEN VOOR DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTANDEN VAN DENDERMONDE, GEKALIBREERD VOOR PERIODES 1901-1973 EN 1973-2009 (=T2009). 62

FIGUUR 4-2: JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTANDEN VAN HET MEETSTATIONS TE TEMSE. REGRESSIEMODEL 1 GEKALIBREERD VOOR PERIODE 1901-1974 EN REGRESSIEMODEL 2 GEKALIBREERD VOOR PERIODE 1975-2009: T2009 TRENDLIJN (CONSORTIUM T2009, 2012). 62

FIGUUR 4-3: VERLIES AAN ALLUVIAAL EN VLOEIMEERSENGEBIED IN DE ZONE MET KORTE VERBLIJFTIJD TUSSEN 1850 EN 2003 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 64

FIGUUR 4-4: EVOLUTIE VAN DE STROOMBERGENDE BREEDTE IN DE ZEESCHELDE VERGELEKEN MET HET GEPLANDE HERSTEL IN HET MEEST WENSELIJK ALTERNATIEF VAN HET SIGMAPLAN (TOEKOMSTSCENARIO) (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 65

FIGUUR 4-5: RECHTTREKKINGEN IN DE BOVEN-ZEESCHELDE (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 66

FIGUUR 4-6: VARIATIE IN GEMIDDELDE BODEMLIGGING IN DE BOVEN-ZEESCHELDE (CONSORTIUM DELTARES-IMDC-SVASEK-ARCADIS, 2013A) 68

FIGUUR 4-7: HYPSOMETRISCHE CURVES VAN WATEROPPERVLAK OP DIEPTE VAN DE BOVEN-ZEESCHELDE TUSSEN 1930 EN 2009. 69

FIGUUR 4-8: EVOLUTIE VAN DE SCHORGEBIEDEN TUSSEN 1850 EN 2004. DE DATA UIT 1990 VOOR OMES 17-19 ZIJN ECHTER MOGELIJK NIET VOLLEDIG (DATA GEBASEERD OP ADRIAENSEN ET AL., 2005). 71

FIGUUR 4-9: EVOLUTIE VAN DE SLIKGEBIEDEN TUSSEN 1850 EN 2004. VOOR OMES 16 TOT 19 ZIJN ER VOOR 1990 GEEN DATA EN ZIJN DE DATA VAN 2004 MOGELIJK NIET VOLLEDIG (DATA GEBASEERD OP ADRIAENSEN ET AL., 2005) 72

FIGUUR 4-10: VERANDERING IN VERHOUDING SCHOR-SLIK-SUBTIDAAL TUSSEN 1990 EN 2004 VOOR OMES SEGMENTEN 14 EN 15. (FIGUREN OP BASIS VAN DATA IN ADRIAENSEN ET AL., 2005). 72

FIGUUR 4-11: EVOLUTIES AAN DE NOTELAAR (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 73

FIGUUR 4-12: PROFIEL VAN DE NOTELAER IN 1930, 1960 EN 2001 (PIESSCHAERT ET AL., 2008). 74

FIGUUR 4-13: EVOLUTIE VAN DE VEGETATIE IN DE NOTELAAR TUSSEN 1992 EN 2003 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 75

FIGUUR 4-14: LUCHTFOTO VAN HET KIJKVERDRIET (WWW.NATUURPUNTWAL.BE) 76

FIGUUR 4-15: EVOLUTIE VAN DE SLIKPLAAT AAN TEMSEBRUG VAN 1969 (LINKS) TOT 2004 (RECHTS) (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 77

FIGUUR 4-16: EROSIE VAN DE SLIKGEBIEDEN AAN DE TEMSEBRUG TUSSEN 1992 EN 2003 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 77

FIGUUR 4-17: PROFIEL VAN 'T STORT BIJ WEERT IN 1930, 1960 EN 2001 (PIESSCHAERT ET AL., 2008). 78

FIGUUR 4-18: EVOLUTIE AAN DE PLAAT VAN DRIEGOTEN EN HET SCHOR BIJ BRANST. BOVEN: 1893, MIDDEN: 1955, ONDER: 2004 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 79

FIGUUR 4-19: PROFIEL AAN DE PLAAT VAN DRIEGOTEN IN 1930, 1960 EN 2001 (PIESSCHAERT ET AL., 2008) 80

FIGUUR 4-20: PROFIEL VAN HET SCHOR VAN MARIEKERKE IN 1930, 1960 EN 2001 (PIESSCHAERT ET AL., 2008) 81

FIGUUR 4-21: DE EVOLUTIE VAN DE NEVENGEUL TER HOOGTE VAN SINT-AMANDS: LINKS IN 1850, MIDDEN IN 1956 EN RECHTS IN 2003 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006) 81

FIGUUR 4-22: PROFIEL AAN HET GROOT SCHOOR VAN HAMME IN 1930, 1960 EN 2001 (PIESSCHAERT ET AL., 2008) 82

FIGUUR 4-23: OVERZICHT VAN DE SIGMAWERKEN IN HET GROOT SCHOOR VAN HAMME, WAL-ZWIJN EN DE VLASSENBROEKSE POLDER (WWW.SIGMAPLAN.BE) 83

FIGUUR 4-24: PROFIEL AAN HET GROOT SCHOOR VAN GREMBERGEN IN 1930, 1960 EN 2001 (PIESSCHAERT ET AL., 2008) 84

FIGUUR 4-25: EVOLUTIE VAN DE VEGETATIE IN HET GROOT SCHOOR VAN GREMBERGEN TUSSEN 1992 EN 2003 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 85

FIGUUR 4-26: EVOLUTIE VAN DE VEGETATIE IN BREDE SCHOREN TUSSEN 1992 EN 2003 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 86

FIGUUR 4-27: VROEGERE RIVIERLOOP AAN HET NIEUW SCHOR VAN APPELS (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 87

FIGUUR 4-28: EVOLUTIES AAN HET SCHOR VAN ZELE (BINNENBOCHT) EN HET NIEUW SCHOR VAN APPELS (BUITENBOCHT) (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 88

FIGUUR 4-29: PROFIEL VAN HET NIEUWS SCHOR VAN APPELS IN 1930, 1960 EN 2001 (PIESSCHAERT ET AL., 2008) 88

FIGUUR 4-30: PADDEBEEK MET STAALNAMELOCATIES: A. SITUATIE VOOR DE HERINRICHTING (2002) EN B. NA DE HERINRICHTING (2004) (VAN DEN NEUCKER ET AL., 2007). 90

FIGUUR 5-1: VERLOOP VAN HET GEMIDDELD HOOGWATER (LINKS) EN LAAGWATER (RECHTS) IN DE RUPEL TUSSEN 1888 EN 2000 (PIESSCHAERT ET AL., 2008) 92

FIGUUR 5-2: REGRESSIEMODELLEN VOOR DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTANDEN VAN WALEM GEKALIBREERD VOOR PERIODES 1901-1974 EN 1975-2009 (=T2009) (CONSORTIUM T2009, 2012). 92

FIGUUR 5-3: VERLOOP VAN HET GEMIDDELD HOOGWATER (LINKS) EN LAAGWATER (RECHTS) IN DE RUPEL TUSSEN 1888 EN 2000 (PIESSCHAERT ET AL., 2008) 93

FIGUUR 5-4: VERLOOP VAN DE GEMIDDELDE GETIJ AMPLITUDE OP DE RUPEL TUSSEN 1888 EN 2000 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 94

FIGUUR 5-5: VERANDERINGEN IN ASYMMETRIE VAN HET GETIJ LANGS DE RUPEL TUSSEN DE PERIODE 1888 EN 1990 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 94

FIGUUR 5-6: EVOLUTIE AAN DE RUPELMONDING EN DE MONDING VAN DE VLIET (VAN BRAECKEL ET AL., 2006) 95

FIGUUR 5-7: VERLEGGING BIJ DE MONDING VAN DE RUPEL (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 96

FIGUUR 5-8: EVOLUTIE VAN DE STROOMBERGENDE BREEDTE LANGS DE RUPEL VANAF 1850 TOT NU EN HET GEPLANDE MEEST WENSELIJK ALTERNATIEF VAN HET SIGMAPLAN. RECHTS DE AANDUIDING VAN DE AFSTAND TOT DE MONDING IN KILOMETERS (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 97

FIGUUR 6-1: VERLOOP VAN HET GEMIDDELD HOOGWATER IN DE DURME TUSSEN 1888 EN 2000 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 100

FIGUUR 6-2: REGRESSIEMODELLEN VOOR DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTANDEN VAN WAASMUNSTERBRUG, GEKALIBREERD VOOR PERIODES 1901-1976 EN 1977-2009 (=T2009) (CONSORTIUM T2009, 2012). 100

FIGUUR 6-3: VERLOOP VAN HET GEMIDDELD LAAGWATER IN DE DURME TUSSEN 1888 EN 2000 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 101

FIGUUR 6-4: JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTANDEN VAN HET MEETSTATIONS TE WAASMUNSTERBRUG. LOWESS FILTER MET SPANWIJDTE 6 JAAR VOOR PERIODE 1901-1981 EN REGRESSIEMODEL 2 GEKALIBREERD VOOR PERIODE 1982-2009: T2009 TRENDLIJN (CONSORTIUM T2009, 2012). 102

FIGUUR 6-5: VERLOOP VAN DE GEMIDDELDE GETIJ AMPLITUDE OP DE DURME TUSSEN 1888 EN 2000 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 103

FIGUUR 6-6: VERANDERINGEN IN ASYMMETRIE VAN HET GETIJ LANGS DE DURME TUSSEN DE PERIODE 1888 TOT 1990 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 103

FIGUUR 6-7: EVOLUTIE VAN DE STROOMBERGENDE BREEDTE LANGS DE DURME VANAF 1850 TOT HET GEPLANDE HERSTEL IN HET MEEST WENSELIJK ALTERNATIEF VAN HET SIGMAPLAN. RECHTS EEN AANDUIDING VAN DE AFSTAND TOT DE MONDING IN KILOMETER. (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 104

FIGUUR 6-8: VERLIES AAN STROOMBERGENDE RUIMTE LANGS DE DURME TUSSEN 1850 EN 2003 (VAN BRAECKEL ET AL., 2006). 105

FIGUUR 6-9: DE DURME VALLEI MET AANDUIDING VAN DE PROJECTEN IN KADER VAN HET SIGMAPLAN (WWW.SIMGAPLAN.BE). 106

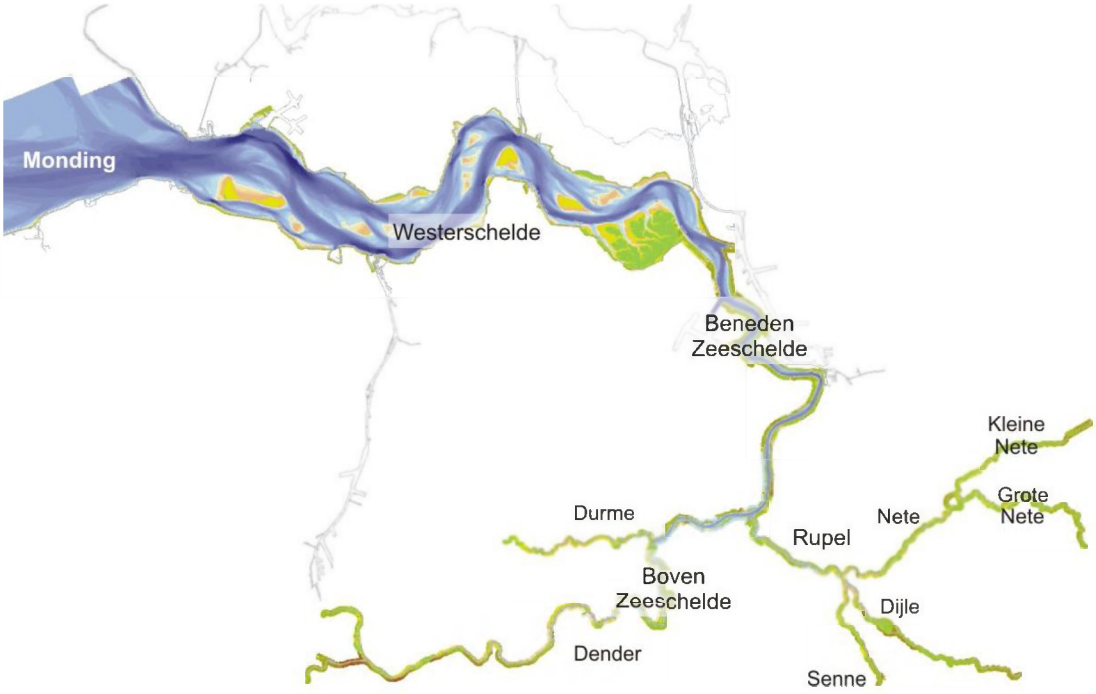
1. INLEIDING

1.1 DOELSTELLING

Dit rapport is opgesteld in het kader van programma LTV Veiligheid en Toegankelijkheid en is gericht op het beantwoorden van vragen vanuit Toegankelijkheid in combinatie met Natuurlijkheid. In de factsheets wordt in beeld gebracht welke morfologische veranderingen en ontwikkeling van de ecotopen zich afspelen in het Schelde estuarium (Figuur 1-1).

Er zijn beschrijvende rapporten op het niveau van macrocellen van de Westerschelde (rapport K-16) en op de mesoschaal in de Zeeschelde en zijrivieren (dit rapport). Rapport K-17 gaat in op de samenhang op verschillende tijd en ruimteschalen en bevat aanvullende beschouwingen en analyses opgenomen die op grotere (overkoepelende) tijd- en ruimteschalen spelen.

De beschrijving is gericht op de mesoschaal (het niveau van de slikken, schorren, platen) en uit de beschrijving van de ontwikkelingen en de interpretatie daarvan blijkt welke fysische (stromingen en getij), morfologische en ecologische ontwikkelingen spelen. Deze beschrijving en interpretatie vormen, in samenhang met de kennis van de fysische processen en de al uitgevoerde ingrepen, de basis voor mogelijke toekomstige beheeringrepen.



Figuur 1-1: Overzichtskaart van het Schelde –estuarium.

1.2 VRAGEN VAN DE BEHEERDERS

Dit rapport geeft geen directe adviezen voor het beheer, maar brengt basiskennis over de Zeeschelde samen. Antwoorden op beheervragen worden gegeven in andere rapporten onder LTV Veiligheid en Toegankelijkheid. De volgende vraag van de beheerders is voor dit rapport over de Zeeschelde het belangrijkst:

- Wat is de draagkracht van het Schelde estuarium voor de planten en dieren die daar van nature thuishoren? Welke factoren hebben daar een negatieve invloed op (N1)?

1.3 DE ZEESCHELDE

De Zeeschelde omvat het Belgische deel van de Schelde dat nog onder invloed van de getijden staat, tussen de grens met Nederland en de sluis te Gentbrugge (Figuur 1-1 en Bijlage A). Ook in de zijrivieren Rupel en Durme, en de vertakkingen van de Rupel zijn de getijden nog merkbaar. De Zeeschelde is op zich weer op te delen in de Boven-Zeeschelde en de Beneden-Zeeschelde. De grens tussen de Boven-Zeeschelde en de Beneden-Zeeschelde bevindt zich aan de monding van de Rupel.

Algemeen kan gesteld worden dat voornamelijk drie factoren de ecologische potenties voor schorren langs de Schelde beïnvloeden (Van Braeckel et al., 2008):

- Saliniteit: beïnvloedt in sterke mate de ontwikkeling en dominantie van zouttolerante plantensoorten alsook de aan- of afwezigheid van zoutgevoelige soorten, zowel direct als indirect via het grondwater. Zoutvariatie én gemiddeld zoutgehalte zijn sterk bepalend voor de vegetatie in de Schelde-schorren.
- Hoogteligging en –gradiënt: bepalend voor de vegetatieontwikkeling.
- Overspoelingsregime (dynamiek, duur en frequentie): sterk sturende factor die op een directe manier de vegetatiedifferentiatie in sterke mate kan beïnvloeden. Doordat de impact van dit overspoelingsregime varieert met schorhoogte, zorgt dit voor het ontstaan van verticale vegetatiezones. Indirect beïnvloedt de overspoelingsdynamiek de vegetatie door het ontstaan van verschillende geomorfologische eenheden binnen het schorgebied (o.a. oeverwallen en komgronden) met sterk variërende omstandigheden in bodemtextuur, verluchting, waterhuishouding, nutriënten enz.

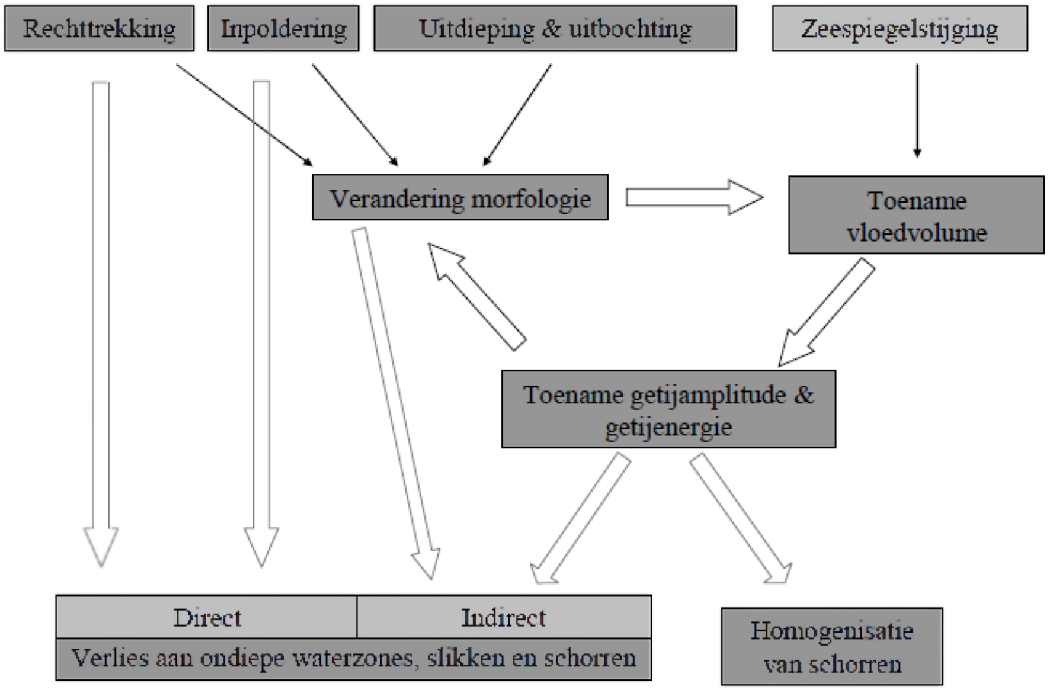
1.4 ECOLOGIE, MORFOLOGIE EN GETIJONTWIKKELING

Het areaal aan schor-, slik- en ondiepe sublitorale gebieden langs de Zeeschelde en haar getijgebonden zijrivieren is in de afgelopen anderhalve eeuw sterk afgenomen. Verschillende natuurlijke processen en menselijke ingrepen in het estuarium zijn hiervoor verantwoordelijk. Tot op vandaag is het echter niet duidelijk wat de impact is van de individuele wijzigingen in het estuarium (zowel natuurlijk als menselijk) op de waargenomen evolutie. Een menselijke ingreep of natuurlijke verandering kan zowel een direct als een indirect effect hebben op de getijvoortplanting in het estuarium. Figuur 1-2 geeft een vereenvoudigde weergave van de onderlinge samenhang tussen de belangrijkste factoren (Van Braeckel et al., 2006). Directe

effecten hebben betrekking op het areaalverlies door de ingreep. Indirecte veranderingen voltrekken zich via veranderingen in de morfologie en de waterbeweging. Ten gevolge van de ingreep of verandering kan een wijziging van de hydrodynamica optreden. Dit kan resulteren in een morfologische aanpassing van het systeem aan de nieuwe situatie en dus opnieuw in een wijziging van de hydrodynamica.

De toename in getijslag en getijdoordringing levert een belangrijke bijdrage aan het indirect habitatverlies. Vooral inpolderingen hebben hier een zeer grote rol in gespeeld, maar ook andere factoren zoals rechttrekkingen, infrastructuurwerken, verruimingen van de vaargeul, baggerwerken en zandwinning, zeespiegelstijging, gewijzigde getijcondities in de Noordzee, wijzigingen in bovenstroomse debieten en morfologische veranderingen in de Westerschelde zijn mee bepalend voor de vloedvolumes en de manier waarop het getij het estuarium in- en uitgaat.

In het voorliggende rapport wordt het hier geschetste beeld nog iets verder uitgediept en wordt een hypothese geformuleerd met betrekking tot de relatie tussen de waargenomen verdiepingen, het haven- en vaargeulonderhoud en de ontwikkeling van de getijslag (zie paragraaf 2.5.3).



Figuur 1-2: Schematische weergave van de relaties tussen natuurlijke evoluties, antropogene ingrepen en het effect op de slikken, schorren en subtidale gebieden (Van Braeckel et al., 2006)

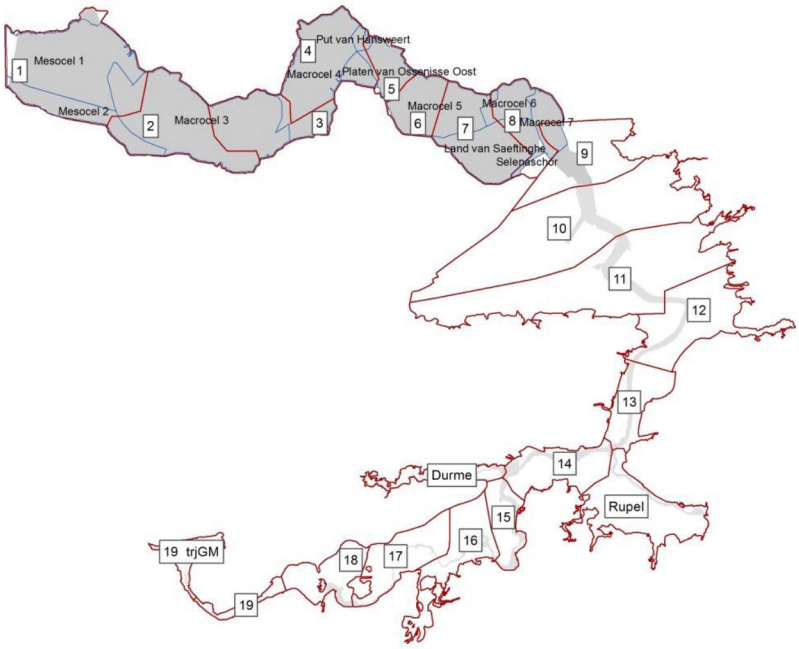
1.5 OMES COMPARTIMENTEN

Op basis van saliniteit en getijregime kan men, naar analogie met de Moneos compartimenten in de Westerschelde, de Zeeschelde opgedeeld in Omes segmenten (Tabel 1-1 en Figuur 1-3). Deze werden al eerder gebruikt voor tal van studies in het estuarium en zijn zo gekozen dat de saliniteit en getijregime binnen één segment als uniform kunnen beschouwd worden (Van Damme et al., 1999). Op basis van deze Omes segmenten en omgevingsfactoren wordt

in dit document de Zeeschelde besproken in 3 aparte hoofdstukken: de Beneden-Zeeschelde van de grens tot Antwerpen (Omes 9-11), de Beneden-Zeeschelde van Antwerpen tot de Rupelmonding (Omes 12-13) en de Boven-Zeeschelde (Omes 14-19 tijarm). Ook de Rupel en de Durme worden apart besproken. De getijbeïnvloede delen van de Netes, Dijle en Zenne zijn wegens gebrek aan data niet mee opgenomen. Gedetailleerde overzichtskaarten van deze gebieden zijn terug te vinden in de bijlage (A.1 t.e.m. A.4).

Tabel 1-1: Overzicht van de Omes-segmenten in de Zeeschelde

Omes-segment	Locatie
9	Grens –Kerncentrale Doel
10	Kerncentrale Doel – Ketenisse polder
11	Ketenisse polder – Blokkersdijk
12	Blokkersdijk – Burcht
13	Burcht – Rupelmonding
14	Rupelmonding – Durmemonding
15	Durmemonding – Baasrode
16	Baasrode – Denderkanaal
17	Denderkanaal – Schoonaarde
18	Schoonaarde – Schellebelle
19	Schellebelle – Ringvaart
19 tijarm	Melle – Gentbrugge



Figuur 1-3: Macrocellen (blauw) en OMES-compartimenten in het Schelde-estuarium.

1.6 AANPAK EN GEGEVENS

In overleg met onderzoeksgroep Ecobe van De Universiteit van Antwerpen (met name, Dr. Stefan Van Damme) is getracht om ontwikkelingen in zowel de morfologie als de ecologie van de Zeeschelde te beschrijven en waar mogelijk deze twee met elkaar te linken. Het is echter zeer moeilijk om per aparte ingreep in het estuarium causale verbanden te leggen met habitatwijzigingen die erop volgden. De globale trend van ecologische effecten is gerelateerd met alle ingrepen samen.

Voor de informatie gepresenteerd in dit rapport werd terug gegrepen naar verschillende beschikbare bronnen, die hieronder worden opgelijst. Meer detailinformatie over de ontwikkelingen in de Zeeschelde is onder andere terug te vinden in volgende rapporten:

- T2009 Rapportage Schelde estuarium - Afdeling Maritieme Toegang
- Van Braeckel A., Piesschaert F., Van den Bergh E. (2006). Historische analyse van de Zeeschelde en haar getijgebonden zijrivieren (19de eeuw tot heden), INBO.R.2006.29, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel
- Piesschaert, F., Dillen, J., Van Braeckel, A. en Van den Bergh E. (2008). Inventarisatie en historische analyse Zeeschelde habitats (vervolgstudie) Resultaten van het eerste jaar. INBO.IR.2008.29 Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Van Braeckel A., Vandevoorde B., Van den Bergh E. (2008). Schorecotopen van de Schelde. Aanzet tot de ontwikkeling van één schorecotopenstelsel voor Vlaanderen en Nederland. INBO.IR.2008.29, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Van Braeckel, A., Mikkelsen, J.H., Dillen, J., Piesschaert, F., Van den Bergh, E., Coen, L., De Mulder, T., Ides, S., Maximova, T., Peeters, P., Plancke, Y., Mostaert, F. (2009). Inventarisatie en historische analyse van Zeescheldehabitats: Vervolgstudie: resultaten van het tweede jaar. Interne rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, 2009,34. INBO: Brussel.

2. BENEDEN-ZEESCHELDE TOT ANTWERPEN (OMES 9-11)

2.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt de Beneden-Zeeschelde vanaf de Belgisch-Nederlandse grens tot Antwerpen besproken, meer bepaald, tot Blokkersdijk. In dit deel van het Schelde-estuarium is geen sprake van een meergeulenstelsel, zoals in de van de Westerschelde, maar van een enkele vaargeul. Door de aanwezigheid van de Haven van Antwerpen heeft dit gedeelte van de Schelde een sterk industrieel karakter. De kaart in A.1 geeft een overzicht van het gebied met de aanduiding van de Omes segmenten, de belangrijkste fysische entiteiten en schorgebieden.

Tegenwoordig bevinden de belangrijkste slikken- en schorrengebieden van de brakwaterzone in het Beneden-Zeeschelde zich in het meest stroomafwaarste1 gebied. Het grootste aandeel schor bevindt zich op de Schor van Ouden Doel, terwijl het grootste slikkengebied zich op de rechteroever2 bevindt. Deze schorren- en slikkengebieden vormen een belangrijke schakel in de estuariene gradiënt. Het belangrijkste knelpunt vormt de isolatie van deze slikken- en schorrengebieden tussen haven en industrieterreinen.

Als compensatie voor het habitatverlies door de constructie van de Noordzeeterminal en het Deurganckdok werden de Ketenissepolder en het Paardeschor ontpolderd en hersteld als intergetijdengebied.

2.2 SLEUTELASPECTEN

De ontwikkelingen in dit deel van de Zeeschelde worden gedomineerd door veranderingen in het getij en veranderingen in de begrenzing en de omvang door menselijke ingrepen. In het gebied tussen de grens en Antwerpen blijkt dat de jaargemiddelde hoogwaterstanden toenemen (64 cm/eeuw gemiddeld te Liefkenshoek, sinds 1975) en de laagwaterstanden stagneren (+ 2 cm/eeuw te Liefkenshoek en -2 cm/eeuw aan de Kallo sluis). Beide trends zijn enerzijds te wijten aan ook de toename van de getijslag en een stijging van de gemiddelde zeespiegelstand tijdens de laatste decennia. Terwijl de zeespiegelstijging een externe oorzaak heeft, hangt de toename van de getijslag ook samen met veranderingen in het estuarium zelf: antropogene effecten zoals de verruiming en verdieping van de vaarwegen, zandwinning, infrastructuurwerken, veranderingen in bovenstroomse debieten, en (autonome) morfologische effecten zoals het steiler en hoger worden van de platen waardoor het intertidaal gebied afneemt (Van Braeckel et al., 2012; Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis, 2013b).

---

[1] In de Zeeschelde wordt de rivierterminologie gehanteerd, ongeacht het belang van het getij. Stroomafwaarts is in de richting van de Westerschelde, stroomopwaarts is in de richting van de Gent.

[2] Rechter- en linkeroever voor de waarnemer die stroomafwaarts kijkt.

In het vervolg van dit hoofdstuk zal een relatie worden gelegd tussen de ontwikkeling van het getij, zoals die zich in de tweede helft van de vorige eeuw tot heden heeft voorgedaan, en de waargenomen morfologische ontwikkeling (paragraaf 2.5).

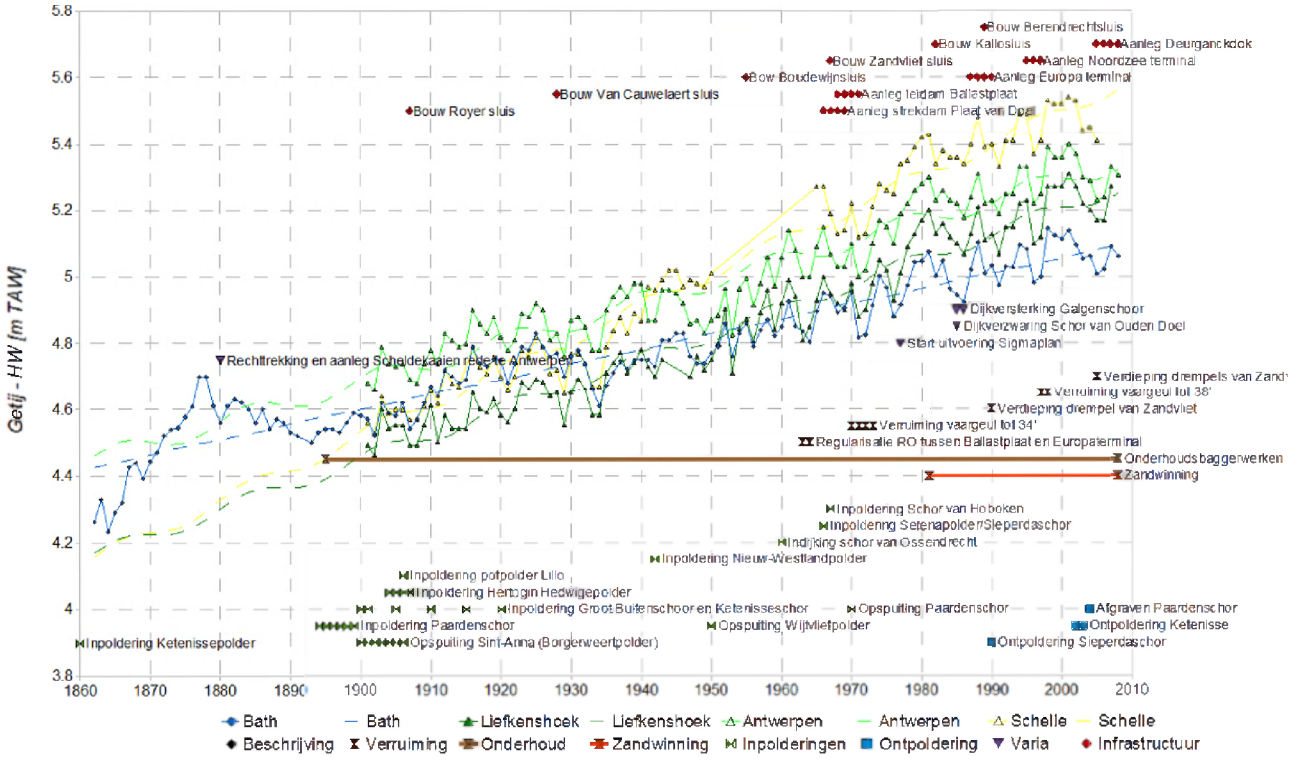
In de Beneden-Zeeschelde is de loop van de rivier in de afgelopen 50 jaar nagenoeg ongewijzigd gebleven. De menselijke ingrepen hebben in dit deel geleid tot het vastleggen van een min of meer harde begrenzing, gekenmerkt door een strakke bedijking en een aantal harde punten. Daarnaast is, vooral om de toegang tot de haven van Antwerpen te vrijwaren, in dit gedeelte van de Schelde regelmatig ingegrepen in de natuurlijke processen door verdiepingen, onderhoudsbaggerwerken en de aanleg van leidammen. Zowel het vastleggen van de rivier als de verdiepingen hebben geleid tot een verdere verruiming van het opwaartse deel van de rivier en daarmee een verdere toename van de getijslag (paragraaf 2.5). De aanleg van de Noordzeeterminal ter hoogte van Zandvliet leidde tot het direct verlies van slikken en schorren.

Ook inpolderingen hebben de voorbije eeuwen een belangrijke rol gespeeld in de morfologische en ecologische veranderingen die plaatsvonden. Voor een volledig historisch overzicht van de riviermorfologische ingrepen in de Zeeschelde, wordt verwezen naar Van Braeckel et al., (2006 – tabel 3.18). Deze ingrepen hebben geleid tot een significante afname van het areaal slikken en schorren. Ook de matig en ondiepe delen van de rivier, die de grootste ecologische waarde hebben, zijn drastisch afgenomen.

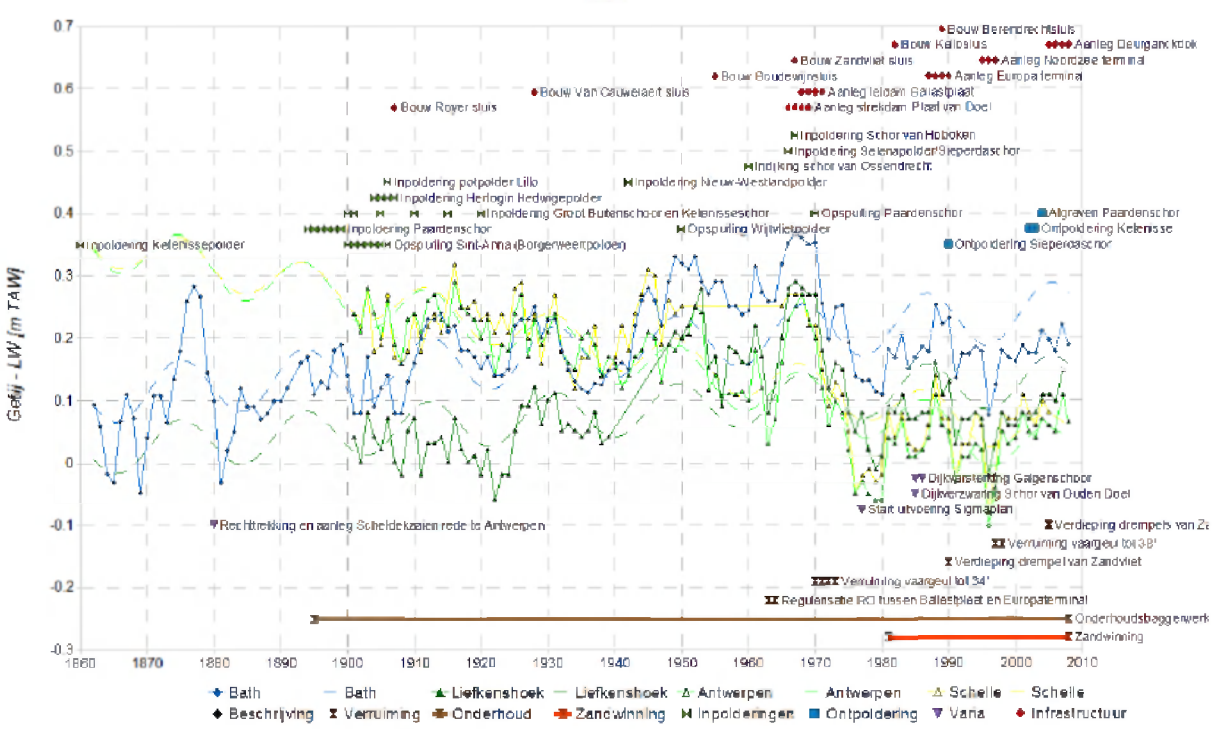
2.3 ONTWIKKELING VAN HET GETIJ

In de toename van de jaargemiddelde hoogwaterstanden wordt in de Zeeschelde een trendbreuk gevonden midden/eind jaren ’70 in de tijdreeks van de jaargemiddelde hoogwaterstanden. De trendbreuken kunnen een direct of indirect gevolg zijn van menselijke ingrepen (geleidewanden, verdiepingen, verruimingen,…) die verder in dit hoofdstuk worden besproken. In Figuur 2-1 en Figuur 2-2 geven Plancke et al. (2012) een overzicht van alle menselijke ingrepen in de Zeeschelde. In paragraaf 2.4 worden de menselijke ingrepen die een invloed hebben gehad op de morfologische ontwikkelingen verder besproken. Horizontale ingrepen (zoals inpolderingen) hebben een verwaarloosbare invloed gehad op de getijkarakteristieken. Verticale ingrepen (zoals verdiepingen) daarentegen hebben een groter effect en zijn mogelijk wel merkbaar. Vooral de uitgebreide verdiepingswerken tijdens de periode 1970-1980 zijn verklaring voor trendafwijkingen: een toename van de waterdiepte veroorzaakt initieel een toename van de getijslag en heeft dus invloed op het hoogwater (Consortium T2009, 2012).

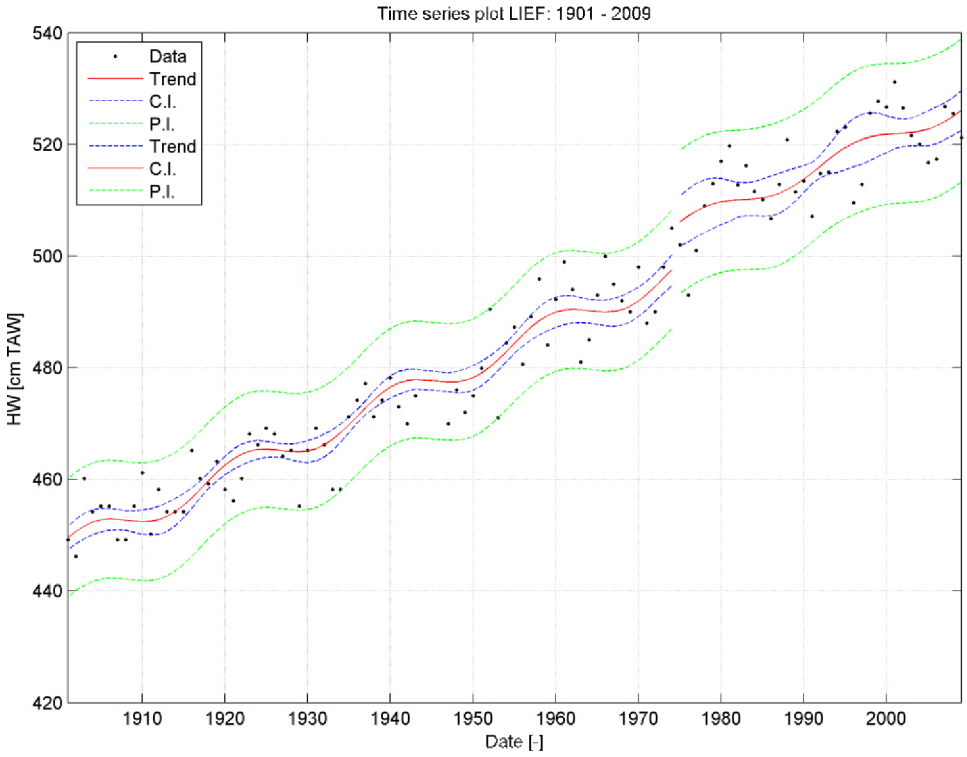
De evolutie van de jaargemiddelde waterstanden werd in kader van de T2009, 2012 rapportage onderzocht in verschillende meetstations in de Westerschelde en Zeeeschelde. Voor dit gedeelte van de Zeeschelde, tussen de grens en Antwerpen, werden metingen uitgevoerd in Prosperpolder, Liefkenshoek, Zandvlietsluis en Kallosluis. De evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstanden te Liefkenshoek zijn samen met de trendlijn weergegeven in Figuur 2-3.



Figuur 2-1: Overzicht van de menselijke ingrepen in de Zeeschelde samen met de jaargemiddelde hoogwaterstanden in de enkele belangrijke meetstations (Plancke et al., 2012).



Figuur 2-2: Overzicht van de menselijke ingrepen in de Zeeschelde samen met de jaargemiddelde laagwaterstanden in de enkele belangrijke meetstations (Plancke et al., 2012).



Figuur 2-3: Regressiemodellen voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden van Liefkenshoek gekalibreerd voor periodes 1901-1974 en 1975-2009 (Consortium T2009, 2012).

De lineair stijgende trend die voor elk meetstation gevonden werd, vertoont een verschillende mate van stijging (of daling) over de verschillende meetstations heen (Tabel 2-1). De stijgingssnelheid is gebaseerd op de trendlijn na het optreden van een eventuele trendbreuk en tot aan 2009.

Tabel 2-1: De stijging van het jaargemiddelde hoog- en laagwater in de Beneden-Zeeschelde vanaf de grens tot Antwerpen (Consortium T2009, 2012).

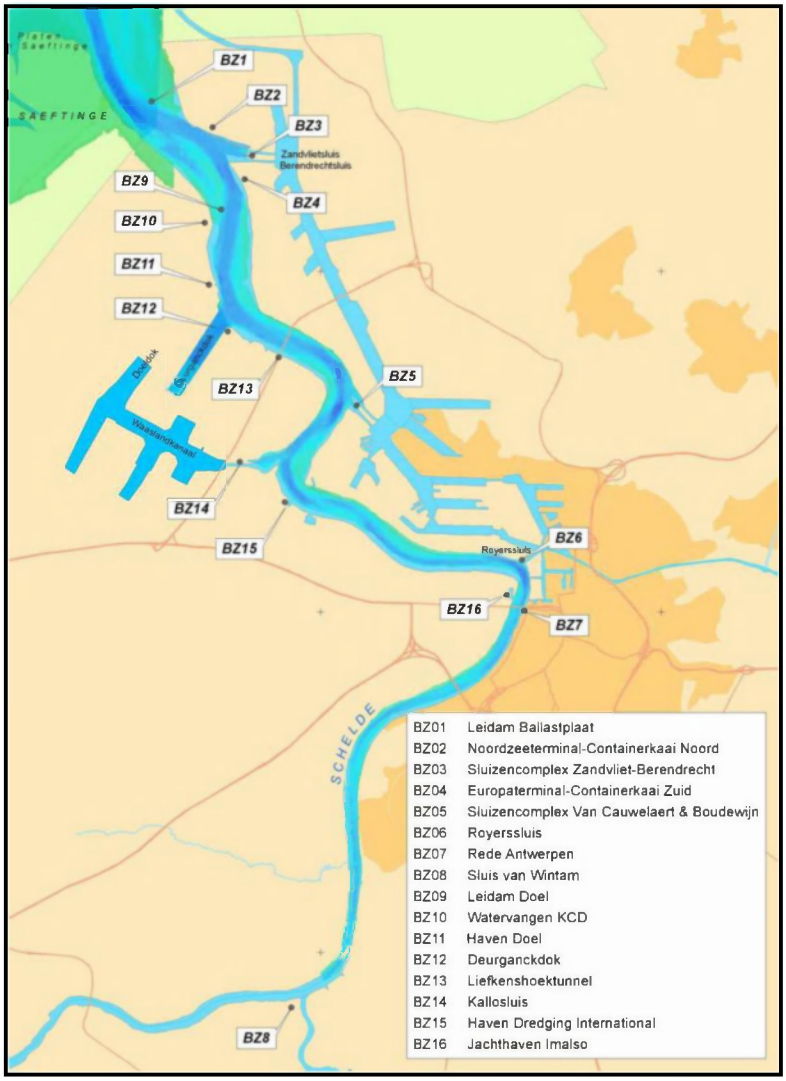
Meetstation	Periode trend	HW stijging (cm/eeuw)	LW stijging (cm/eeuw)
Prosperpolder	1952-2009	39,67	-
Zandvlietsluis	1981-2009	29,30	-
Liefkenshoek	1975-2009	63,78	2,77
Kallosluis	1982-2009	58,85	-1,40

Voor de trendbreuk voor de jaargemiddelde laagwaterstanden geldt een lineaire stijging van 20 cm/eeuw, terwijl na 1975 de stijging zo goed als verdwenen is (1 cm/eeuw). Door het stagneren van de laagwaterstanden na 1975 is de getijslag sterk toegenomen (Consortium T2009, 2012).

2.4 MENSELIJKE INGREPEN OP DE MORFOLOGIE

2.4.1 Harde begrenzingen

In de Beneden-Zeeschelde is de loop van de rivier in de afgelopen 50 jaar nagenoeg ongewijzigd gebleven. Niettemin hebben de menselijke ingrepen ook in dit deel geleid tot het vastleggen van een min of meer harde begrenzing, gekenmerkt door een strakke bedijking en een aantal harde punten, zoals voorgesteld in Figuur 2-4. In dit overzicht zijn de aanlegsteigers en de historische forten rond Antwerpen niet opgenomen.



Figuur 2-4: Belangrijkste harde begrenzingen in de Beneden-Zeeschelde (IMDC, 2011).

2.4.1.1 Noordzeeterminal

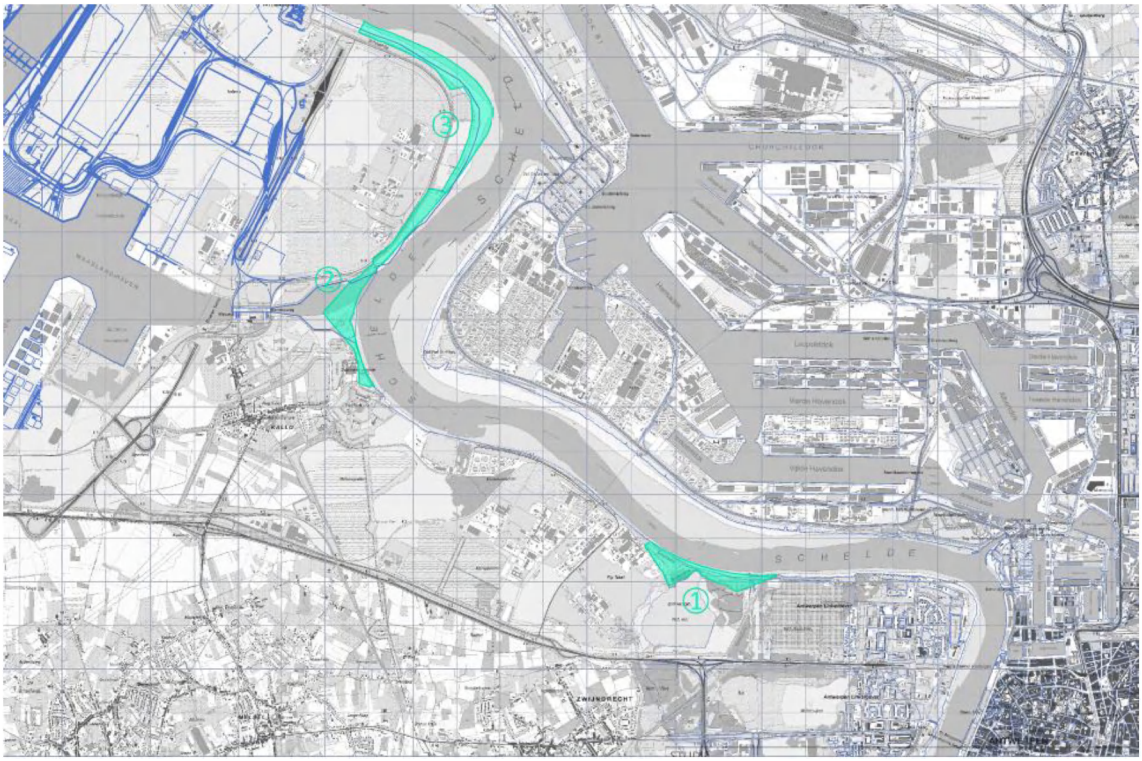
De Noordzee containerterminal werd in 1994 gebouwd ten zuidoosten van het Groot Buitenschoor en veroorzaakte een direct verlies aan intergetijdengebied van 8 ha. Naast dit direct habitatverlies, was er een mogelijk, eerder lokaal effect van de bouw van de Noordzee containerterminal op de morfologie van het Groot Buitenschoor. Dit is met puntwaarnemingen echter moeilijk eenduidig te staven. Ten zuiden van de strekdam werd op een aantal locaties

sinds 1995 een duidelijke toename van het slibgehalte in de bodem waargenomen. Tegen de laagwaterlijn werd tevens een sedimentatie waargenomen op 2 locaties. Eén locatie kende een sedimentatie van 1m (op basis van hoogtemetingen), de andere een sedimentatie van ruwweg 50cm ('sedimentatie-erosieplot' metingen). Op beide locaties nam het slibgehalte toe tot 1997 en veranderde tevens de benthospopulatie in de periode 1994- 1998, waarbij deposit feeders duidelijk toenamen. Na 1998 lijkt de populatie terug te keren naar de situatie in het begin van de studieperiode (Verbessem et al., 2002).

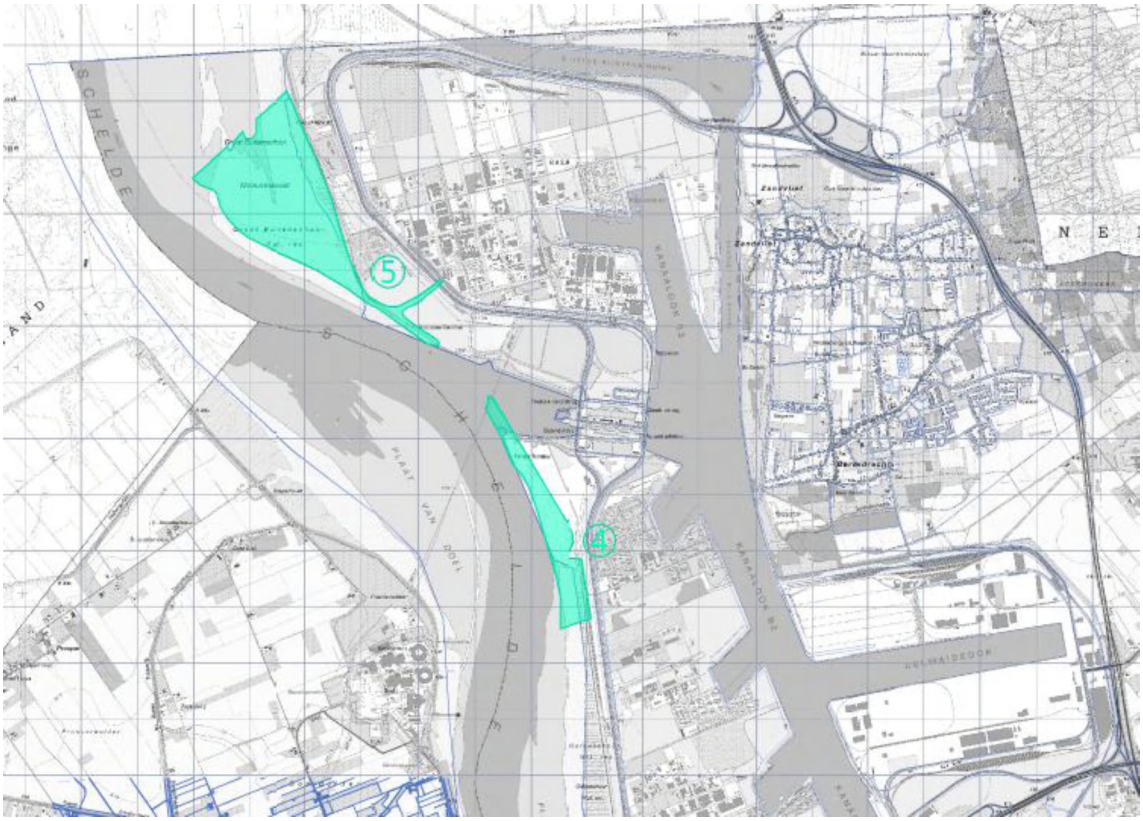
2.4.2 Inpolderingen

Sinds ongeveer 1100 probeert de mens al stukken Schelde-estuarium in te polderen. Ontpolderingen komen minder frequent voor. Uit strategische overweging zijn ingepolderde gebieden ontpolderd tijdens de Spaanse successieoorlogen in de 18e eeuw. In 1990 is de Selenapolder (nu het Sieperdaschor) terug gegeven aan het water, na een grote dijkbreuk tijdens een stormvloed. En ook in het kader van het geactualiseerde sigmaplan worden een aantal gebieden ontpolderd.

Vijf belangrijke werken over de laatste 50 jaar zijn duidelijk zichtbaar door de kaart van 2005 te vergelijken met die van 1960 (Figuur 2-5 en Figuur 2-6). Het gaat om (1) indijking ter hoogte van Pijp ki; (2) inname van het slik-schorgebied ter hoogte van Kallo; (3) opspuiten van de Ketenisplaat en opnieuw afgraven t.b.v. natuurontwikkeling, waarbij ruim 30 ha slik en schor is gerealiseerd; (4) opspuitingen ten behoeve van de Europaterminal en (5) ophoging van de slikken en Schorren van Zandvliet.



Figuur 2-5: Vergelijkingskaarten Beneden-Zeeschelde met Van Steelandt achtergrond 2005 – Noordelijk deel. In het groen zijn de schorgebieden uit 1960 aangeduid (IMDC, 2010)



Figuur 2-6: Vergelijkingskaarten Beneden-Zeeschelde met Van Steelandt achtergrond 2005 – Zuidelijk deel. In het groen zijn de schorgebieden uit 1960 aangeduid (IMDC, 2010)

Ter compensatie voor de verruiming van de Beneden-Zeeschelde is men in 2008 gestart met dijkwerken en natuurontwikkeling ter hoogte van de zone Noordkasteel tot Fort Filip. Het gaat om het afgraven en verplaatsen van bestaande dijken (eigenlijk zanddepots en storten) met als doel het slik- en schorgebied op de Plaat van Krankeloon te vergroten. Verder zijn er ook ontwikkelingen op til in de Beneden-Zeeschelde in het kader van het compensatieplan naar aanleiding van de bouw van het Deurganckdok. Meer specifiek impliceert dit de realisatie van het slik-schorgebied de Brakke Kreek en het historische Paardenschor en anderzijds de inrichting van Doelpolder Noord.

Inpolderingen hebben een invloed op de getijsnelheden, het getijdevolume en leiden uiteindelijk tot een afname van het geulvolume (Dronkers, 2005). Er kan worden afgeleid, dat inpolderingen resulteren in een netto import van sediment. De ontpolderingen in het meer recente verleden kunnen dus hebben geleid tot een reductie van de import (of een toename van de export) (van der Weck, 2007). Opgemerkt wordt, dat de locatie van de inpoldering van grote invloed kan zijn op de effecten en dat initiële effecten met betrekking tot erosie / sedimentatie kunnen verschillen van veranderingen op langere termijn (Jeuken et al., 2007)

2.4.3 Verdiepingen

De natuurlijke dieptes in het Schelde-estuarium zijn onvoldoende om een vrije scheepvaart te kunnen waarborgen voor de zeer grote en moderne internationale scheepvaart. Daarom werd de vaargeul tijdens de afgelopen tenminste 105 jaar regelmatig aangepast aan de noden van de scheepvaart. Deze aanpassingen bestonden onder meer uit lokale verdiepingen en verbredingen van de scheepvaartgeul. Om de breedte en diepte van de vaargeul naar de

haven van Antwerpen te kunnen waarborgen zijn vrijwel permanente onderhoudsbaggerwerken noodzakelijk in de Westerschelde op Nederlands grondgebied en in de Beneden-Zeeschelde op Belgisch grondgebied.

Historische informatie met betrekking tot de diepte van de vaargeul in de Schelde is schaars. Hoste en Loyen (2002) geven op basis van historische Scheldekaarten, afkomstig van de Afdeling Maritieme Schelde volgende ramingen van de diepte op een aantal kritische drempels van de monding tot Antwerpen (Tabel 2-2).

Tabel 2-2: Dieptes in decimeter ten opzichte van GLLWS ter hoogte van desbetreffende drempel (Hoste & Loyen, 2002).

Drempel	1890	1905	1922	1937
Zandvliet	63,5	32,5	58	94
Frederik	73,5	56,5	69	82
Lillo	46,5	34,5	68	81
De Parel	54,5	35,5	63	90
Krankeloon	49,5	37,5	56	66

In het Schelde-estuarium worden drie verdiepingsperioden expliciet benoemd, dit heeft vooral betrekking op de Westerschelde. Hoewel wordt gesproken over ‘eerste’ verdieping, heeft voorafgaand daaraan ook verdieping van drempels plaatsgevonden in de Zeeschelde en de oostelijke helft van de Westerschelde.

2.4.3.1 De eerste verdieping

Over het exacte begin- en eindtijdstip van de eerste periode bestaat geen eenduidigheid (Kornman et al., 2002). De eerste verdieping is begonnen eind jaren ‘60 van de vorige eeuw met het verdiepen ter plaatse van de drempel van Bath en is beëindigd met de verdieping van de drempel van Hansweert, welke tot 1979 duurde (Kornman et al., 2002). De verdieping heeft in dat geval ongeveer 10 jaren in beslag genomen. Andere referenties noemen voor de eerste verdieping de periode 1971 t/m 1975 (Belmans, 1988).

De te onderhouden bodemdieptes binnen de vaargeul in de Beneden-Zeeschelde waren tijdens de eerste verdieping als volgt (van afwaarts naar opwaarts) (Belmans, 1995; Belmans et al., 1989):

- ter hoogte van de drempel van Zandvliet: GLLWS-12,5 m;
- ter hoogte van de drempel van Frederik: GLLWS-10,5 m en verder tot het Kruisschans-complex (dus met inbegrip van de omgeving van het huidige Deurganckdok);
- op de drempel van de Parel: GLLWS-8,5 m (tot de Kallosluis);
- stroomopwaarts de toegangsgeul van de Kallosluis tot het opwaartse einde van de Rede van Antwerpen wordt door (Belmans, 1988) geen te onderhouden diepte opgegeven.

2.4.3.2 De tweede verdieping

Voor de tweede verdieping wordt in (Peters et al., 2003; Komman et al., 2002) de periode juli 1997 tot juli 1998 genoemd.

Na de tweede verdieping werden de te onderhouden bodemdieptes binnen de vaargeul in de Beneden-Zeeschelde gewijzigd (IMDC, 2001):

- vanaf de Belgisch-Nederlandse grens tot net opwaarts de Europaterminal bedraagt de te onderhouden bodemdiepte GLLLWS-13,0 m (uitzonderingen: 1. Noordzeeterminal: GLLWS-14,0 m; 2. Europaterminal: GLLWS-14,0 m);
- stroomopwaarts de Europaterminal tot de toegangsgeul van de Kallosluis bedraagt de te onderhouden bodemdiepte GLLWS-11,0 m (uitzonderingen zijn: 1. Toegangsgeul Boudewijnsluis: GLLWS-10,0 m; 2. Toegangsgeul Van Cauwelaertsluis: GLLWS-9,4 m);
- stroomopwaarts de toegangsgeul van de Kallosluis tot het opwaartse einde van de Rede van Antwerpen bedraagt de te onderhouden bodemdiepte GLLWS-8,0 m (uitzonderingen zijn: 1. Toegangsgeul Royersluis: GLLWS-6,0 m; 2. Staatssteiger: GLLWS-2,0 m);
- stroomopwaarts het opwaartse einde van de Rede van Antwerpen tot de toegangsgeul van de zeesluis te Wintam neemt de te onderhouden bodemdiepte geleidelijk aan af van GLLWS-8,0 m t.h.v. het einde van de Rede van Antwerpen tot GLLWS-6,0 m t.h.v. de zeesluis te Wintam.

Na de ingebruikname van het Deurganckdok golden de volgende dieptes (IMDC, 2004):

- ter hoogte van de drempel van Zandvliet: GLLWS-13,3 m;
- ter hoogte van de drempel van Frederik: GLLWS-13,0 m;
- ter hoogte van de Noordzee- en Europaterminal: GLLWS-14,0 m;
- ter hoogte van het Deurganckdok is er een zwaaicirkel met een breedte van 500 m welke een diepte van GLLWS-13,3 m heeft;
- stroomopwaarts het Deurganckdok blijven de te onderhouden dieptes behouden.

2.4.3.3 De derde verdieping

Recentelijk (2008-2010) werd een derde verruiming uitgevoerd in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde, met als doel schepen met een diepgang van 13,1 m getijongebonden de Europaterminal en Deurganckdok te laten bereiken. Dit komt neer op een verdieping tot -14,7 m GLLWS op 11 drempels en 3 platen in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde. In het Belgische deel gaat het om een verdieping van de Drempel van Zandvliet, en de drempel van Frederik. Bovendien wordt ook de vaargeul tussen de Europaterminal en 500 m stroomopwaarts van Deurganckdok verbreed tot 370 m (IMDC, 2007).

2.4.4 Baggeren

De geschiedenis van de baggerwerken gaat terug tot het einde van de 19de eeuw. De eerste baggerwerken werden gerealiseerd in 1885 op de drempel van Krankeloon met het oog op de instandhouding van de geul naar de Scheldekaaien. Deze kaaien op de rechteroever werden rechtgetrokken over een lengte van ongeveer 3,5 km tussen 1878 en 1881, en in een tweede fase over 2 km in 1895, waarbij de as ('thalweg') van de rivier, met een beoogde diepte van 8 m onder laagwater en een breedte van 350 m, langs de kaai ging liggen en waarbij er zich een drempel vormde, De Rug genoemd, met een diepte van 6 m onder laagwater (Meyvis, 1977). In 1907 werd de kaaimuur naar het zuiden verlengd. Sinds 1890 kan er van min of meer systematische onderhoudsbaggerwerken gesproken worden met een jaarlijkse frequentie, waarbij er tot de eerste wereldoorlog 1 à 2 Mm³ per jaar gebaggerd werd. Vanaf 1902 werd er op de drempel van Zandvliet gebaggerd. Op Belgisch grondgebied werd tijdens de afgelopen 115 jaar (tot en met 2005) in het totaal reeds meer dan 200 Mm³ gebaggerd of gemiddeld ca. 2 Mm³ per jaar, met een minimum van 1 en een maximum van 4,1 Mm3/jaar.

Na de eerste wereldoorlog was er een terugval tot ca. 0,5 Mm³/jaar, maar vanaf 1928, toen de Van Cauwelaertsluis gebouwd werd, stegen de onderhoudsvolumes tot 3 à 4 Mm³/jaar waarvan 1 miljoen op Belgisch grondgebied. Na 1950 tot aan de bouw van de Boudewijnsluis in 1960 steeg het volume tot 5 à 7 Mm³/jaar waarvan ca. 2 Mm³ op Belgisch grondgebied. In deze periode werd jaarlijks 1 à 1,5 Mm³ opgespoten ten behoeve van stadsuitbreiding; meestal op de linker Schelde-oever. Na 1960 groeide de hoeveelheid baggerwerken geleidelijk met als significant jaartal 1967 toen de Zandvlietsluis geopend werd, die op dat ogenblik de grootste ter wereld was. De onderhoudsbaggerwerken werden geïntensiveerd en er werd overgeschakeld van dagregime op een doorlopend werkregime gedurende 5 dagen per week (120 u). Globaal stegen de jaarlijkse onderhoudsbaggerwerken in deze periode tot 14 à 15 Mm³. Op Belgisch grondgebied was er in de periode 1967 tot 1971 een significante stijging te merken tot ca. 10 Mm³ maar nadien daalde het volume onderhoudsbaggerwerk in België naar 2 à 3 Mm³. Gemiddeld werd tijdens deze periode ca 4 Mm³/jaar gebaggerd op Belgisch grondgebied.

Tot 1970 werd een belangrijk deel van de (Belgische) gebaggerde specie uit de rivier verwijderd en gebruikt voor opspuitingswerken, maar vanaf 1975 daalde het opgespoten volume snel, omdat de zandbehoeften in het havengebied min of meer wegvielen. Dit impliceert dat in deze periode de verdieping/verruiming niet het doel van de baggerwerken was, maar het gevolg van zandwinning voor havenuitbreiding ten noorden van Antwerpen.

Vanaf 1980 bedroeg het volume onderhoudsbaggerwerk op Belgisch grondgebied ongeveer 2,5 miljoen m³ tijdens de tachtiger jaren en 2,3 miljoen m³ tijdens de jaren negentig – het betreft het geheel van de zandrijke en de slibrijke specie. Een overzicht van de jaarlijkse hoeveelheden wordt gegeven in Tabel 2-3. Voor een compleet overzicht wordt verwezen naar het achtergrondsdocument Baggeren en Storten (Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis, 2013c)

Tabel 2-3: Overzicht van de baggerhoeveelheden in de Beneden-Zeeschelde (1998-2011, info AMT). De baggerplaats "Opwaarts Kallo" tot 1988 gebruikt. "Diverse" omvat de baggerhoeveelheden in o.a. de toegangsgeulen en langs de containerkaaien.

PERIODE	Drempel van Zandvliet	Plaat van Doel	Drempel van Frederik	Drempel van Lillo	Drempel van De Parel	Opwaarts Kallo	Diverse	Deurganck dok	TOTAAL
	GEBAGGERDE HOEVEELHEID periode 1998-2011 (miljoen m³/jaar)								
1998	1,4	0,0	0,6	0,3	0,4	0,0	0,7	0,0	3,5
1999	1,3	0,0	0,9	0,4	0,3	0,0	0,7	0,0	3,6
2000	1,1	0,043	0,6	0,6	0,3	0,0	0,4	0,0	3,0
2001	1,4	0,005	1,0	0,7	0,3	0,0	0,7	0,0	4,1
2002	1,5	0,047	0,6	0,6	0,4	0,0	0,5	0,0	3,7
2003	1,0	0,0	1,0	0,4	0,3	0,0	0,7	0,0	3,4
2004	0,6	0,0	1,2	0,2	0,2	0,0	0,6	0,0	2,8
2005	0,9	0,0	0,9	0,7	0,3	0,0	1,0	0,4	3,8
2006	0,7	0,0	0,6	0,2	0,4	0,0	1,6	0,6	3,5
2007	0,5	0,0	0,5	0,3	0,2	0,0	1,6	0,5	3,2
2008	0,8	0,0	1,3	0,2	0,2	0,0	1,3	0,8	4,4
2009	1,1	0,0	1,1	0,2	0,2	0,0	2,0	1,0	5,6
2010	0,3	0,0	0,2	0,2	0,1	0,0	0,5	0,8	2,1
2011	1,1	0,0	2,0	0,3	0,2	0,0	0,9	1,4	5,9
	GEBAGGERDE HOEVEELHEID: Gemiddelde, minimum en maximum voor de periode 1998-2011 (miljoen m³/jaar)								
Gemiddeld	1,0	n.v.t.	0,9	0,4	0,3	0,0	0,9	0,4	3,8
Minimum	0,3	0,0	0,2	0,2	0,1	0,0	0,4	0,4	2,1
Maximum	1,5	0,0	2,0	0,7	0,4	0,0	2,0	1,4	5,9

Tijdens de laatste jaren is het totaal gebaggerde volume verdubbeld van 2,8 miljoen m³/jaar in 2004 tot 5,9 miljoen m³/jaar in 2011. In 2009 is men begonnen met de derde verruiming, wat deze hoge waardes verklaart. De voornaamste baggerlocaties zijn de drempels, waarvan de drempel van Zandvliet en de drempel van Frederik de voornaamste zijn. Vanaf 2006 is echter ook Deurganckdok een van de belangrijkste baggerlocaties. Als men de gegevens voor de periode tussen 1998 en 2011 bekijkt, is het duidelijk dat de verhoudingen tussen de verschillende baggerlocaties ongeveer gelijk blijven. De drempels van Zandvliet en Frederik, samen met de Drempel van Lillo, leveren de voornaamste bijdrage tot het totaal volume onderhoudsbaggerspecie. Vooral in 2009 was het aandeel van het totaal gebaggerd materiaal in het vaarwater van de Plaat van Lillo groot. De baggerwerken op de Drempel van Krankeloon zijn iets belangrijker tussen 2001 en 2005, daarna nemen ze opnieuw af. De baggerwerken in het Vaarwater van Oudendijk gingen enkel door in 1999, 2007 en in mindere mate in 2008. In 2005 werd de Scheldedijk weggebaggerd voor het openen van

Deurganckdok, sindsdien werd tussen 2006 en 2008 gebaggerd in het dok en ter hoogte van de toegang van het dok (Drempel Deurganckdok).

De baggerwerken in de toegangsgeulen vertegenwoordigen zo'n 15-20 % van het totale volume baggerwerken (excl. sweepbeam acties). De grootste bijdrage wordt geleverd door de toegangsgeulen van de Zandvliet- en Berendrechtsluis enerzijds en Kallosluis anderzijds, in mindere mate door de toegangsgeul van de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluis.

2.4.5 Storten

Tabel 2-4 geeft een overzicht van de gestorte hoeveelheden in de verschillende stortlocaties voor onderhouds- en verdiepingswerken.

Hoewel gebaseerd op zeer voorlopige waarnemingen, lijkt het erop dat het storten van baggerspecie in de aangrenzende subtidale zone een positief effect kan hebben op het intertidale gebied. Aan de twee grote stortplaatsen (Schaar van Doel en de zone aan de Plaat van Boomke) is het slik duidelijk aangegroeid, en zeker ter hoogte van Boomke gaat dit gepaard met de vestiging van pionierschor. Over het ecologisch functioneren van de artificiële subtidale plaat kan men zich wel vragen stellen. Aangezien de successie bij elke stortbeurt teruggezet wordt, zullen in het beste geval alleen pionierbenthosgemeenschappen zich kunnen vestigen. Het is ook de vraag hoe duurzaam de platen zijn als er gestopt wordt met storten. De uiteindelijke schormorfologie zal natuurlijker zijn dan bij schoraangroei door breuksteenbestorting (Piesschaert et al., 2008).

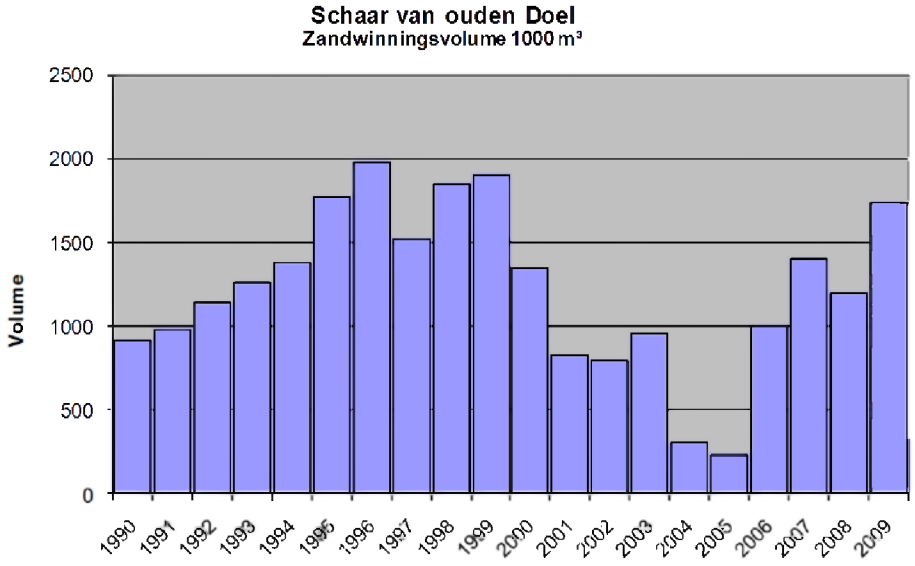
In kader van het monitoringsprogramma Flexibel Storten werden de diepe Putten nabij de Ketelplaat opgevolgd (IMDC, 2012). In deze 2 putten werd in 2010 samen 500.000 m³ specie gestort waarvan ongeveer 400.000 m³ op de bodem is terecht gekomen (20% verlies). Na ca. 2,5 jaar is netto alle specie uit de zone verdwenen. De gestorte specie blijkt het meest stabiel te zijn op de bodem van de putten, terwijl het materiaal gestort op de flanken van de putten volledig geërodeerd is en de oorspronkelijke bodemvorm hersteld werd. Hier zijn wel tekenen dat (een deel van) het geërodeerde sediment op de aanliggende drempels terecht komt in zones die voorheen gebaggerd zijn. Een belangrijke hoeveelheid sediment blijkt echter richting plaatrand van de Ketelplaat te bewegen (vermoedelijk onder invloed van transversale stroming); een proces dat al startte tijdens het storten.

Tabel 2-4: Overzicht van de gestorte hoeveelheden (miljoen m3) voor de verschillende stortlocaties (1998 – 2011) (aMT, 2011)

	JAAR	ZAND			SLIB		Totaal
		Schaar van Ouden Doel	Zand overige stortlocaties	Zand extractie	Plaat van Boomke	Slib extractie	
ONDERHOUD	JAARLIJKS GESTORTE HOEVEELHEDEN IN DE PERIODE 1998 – 2011 in Mm^3/JAAR* * exclusief verdieping						
	1998	2.6	0.0	0.0	0.7	0.2	3.5
	1999	2.3	0.0	0.0	0.8	0.2	3.3
	2000	1.8	0.0	0.0	1.2	0.0	3.0
	2001	0.6	0.0	0.8	2.7	0.0	4.1
	2002	0.8	0.0	0.0	2.9	0.0	3.7
	2003	1.0	0.0	0.1	2.3	0.0	3.5
	2004	0.3	0.0	1.2	1.3	0.0	2.8
	2005	1.8	0.3	0.0	1.8	0.0	3.8
	2006	2.0	0.0	0.0	1.4	0.0	3.4
	2007	1.1	0.0	0.3	1.8	0.0	3.2
	2008	1.2	0.0	0.3	1.9	0.0	3.4
	2009	1.4	0.0	0.1	2.2	0.0	3.7
	2010	0.8	0.0	0.2	2.1	0.0	3.0
	2011	2.1	0.0	0.3	4.8	0.0	7.1
	GEMIDDELDE, MAXIMUM EN MINIMUM IN DE PERIODE 1998 – 2011 in Mm^3/JAAR * * exclusief verdieping						
	Gemiddeld	1.4	0.0	0.2	2.0	0.0	3.7
	minimum	0.3	0.0	0.0	0.7	0.0	2.8
	maximum	2.6	0.3	1.2	4.8	0.2	7.1
VERDIEPING	UITGEVOERDE VERDIEPINGSWERKEN IN DE PERIODE 2008 – 2010 in Mm^3/JAAR						
	2008	0.9	0.0	0.2	0.0	0.0	1.1
	2009	1.1	0.0	0.8	0.0	0.0	1.9
	2010	2.4	0.6	0.7	0.8	0.0	4.5
	Totaal	4.4	0.6	1.6	0.8	0.0	7.4

2.4.6 Zandwinning

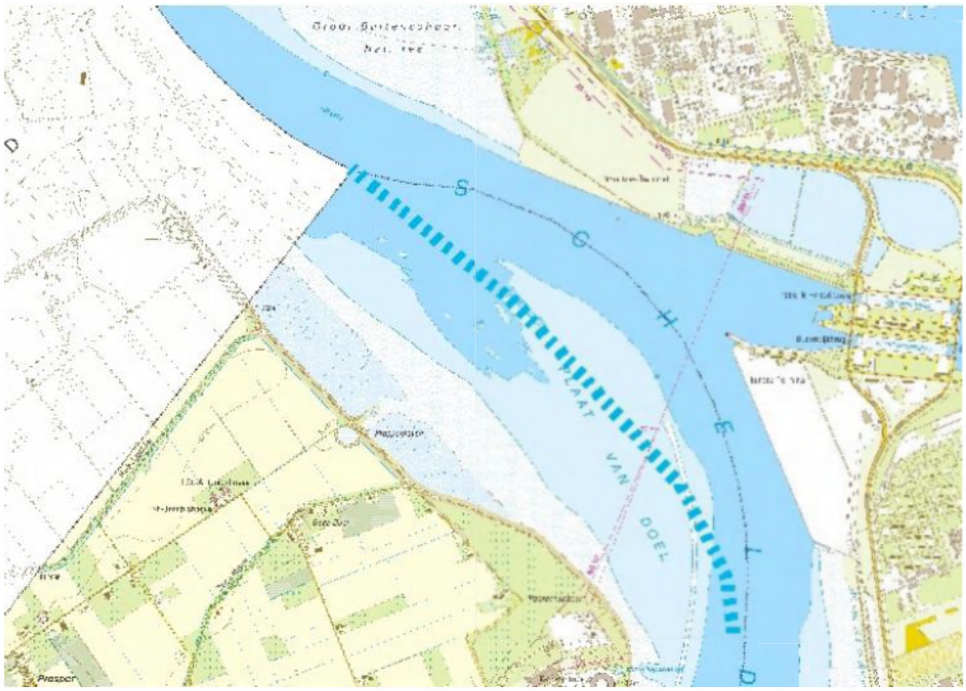
In de Beneden-Zeeschelde is zandwinning (voor commerciële doeleinden) gangbaar op de zandwinplaats de Schaar van Ouden Doel. De jaarlijkse volumes zijn sterk toegenomen in de tachtiger jaren. Figuur 2-7 toont de jaarlijkse zandwinningsvolumes tussen 1990 en 2009. De zandverwijdering ten behoeve van infrastructuurwerken, zoals het uitgraven van Europaterminal of het uitgraven (en heraanvullen) van de sleuf voor de Liefkenshoektunnel in het begin van de jaren negentig, zijn hierin niet opgenomen (Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis, 2013c).



Figuur 2-7: Zandwinning in de Beneden-Zeeschelde gedurende de periode 1990 t/m 2009 (IMDC, 2011).

2.4.7 Leidammen

In de zestiger jaren werd het leidammenproject onderzocht in het Waterbouwkundig Laboratorium (Mod 119). Het project had als doel om de ebstroom te concentreren en de vloedstroom in de scharen te beteugelen. Op deze manier zou men grotere natuurlijke diepten in stand kunnen houden door een groter uitschuringseffect, en bovendien (voor de scheepvaart) ongunstige natuurlijke geulevoluties bestrijden. In de periode 1966/69 werd de eerste leidam aangelegd, de Strekdam van Ouden Doel (Meyvis, 1977 en Technische Scheldecommissie, 1984). De dam werd aangelegd op de opwaartse zijde van de Plaat van Doel en is bijna 2 km lang (Figuur 2-8). Het kruinpeil aan de dijkaansluiting lag op TAW+5,9 m, snel afnemend naar TAW+0,9 m. Volgens Meyvis (1977) heeft deze leidam de resultaten die men er van verwachtte, ingelost: “het geregulariseerde vaarwater van Oudendijk onderging als gevolg van de leidam een algemene verdieping”. De verhoopte instandhouding van de diepte op de Drempel van Zandvliet is evenwel niet mogelijk gebleken.

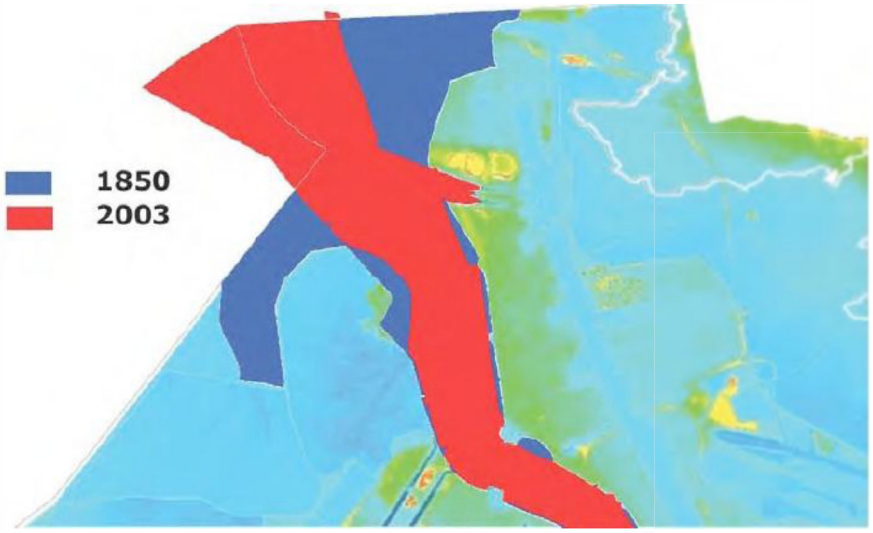


Figuur 2-8: Wijziging van de geul voor Doel door de aanleg van een leidam bij de Plaat van Doel. Het vroegere traject is in blauwe stippellijn aangegeven (Van Braeckel et al., 2006).

Tussen 1968 en 1971 werd eveneens de leidam op de Ballastplaat aangelegd. De totale lengte is nagenoeg 3 km, de aansluiting aan de dijk lag bij aanleg op TAW+7,6 m en de kop op TAW–0,1 m. De dam werd in afwijking van de modelproeven verlengd naar afwaarts en verplaatst naar het oosten (dus verder op de plaat). Eveneens volgens Meyvis (1977) is het voor de Leidam van de Ballastplaat moeilijk uit te maken welke invloed hij uitgeoefend heeft op de diepten in de Schelde. Wel werd een aanzienlijke aanzanding ten oosten van de leidam vastgesteld en werd aan het afwaartse einde belangrijke uitschuringen geconstateerd.

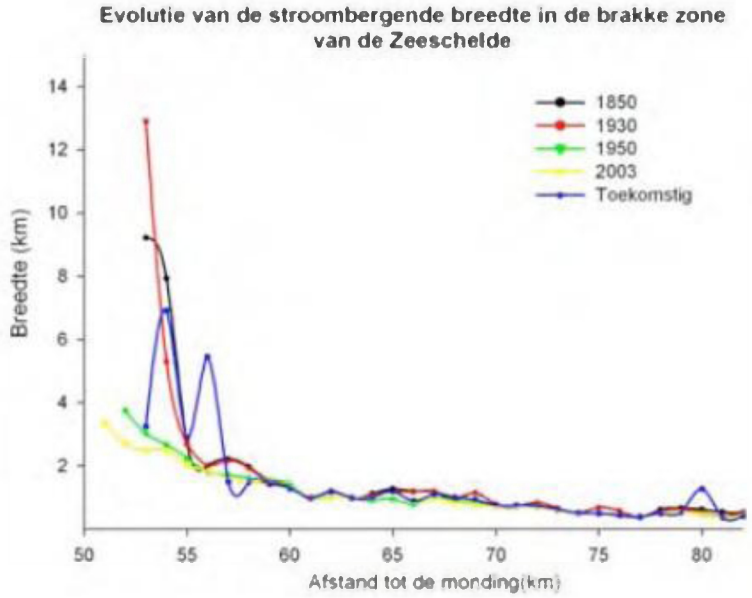
2.4.8 Geometrie van de bedding

Uit Figuur 2-9 kan worden afgeleid dat de stroombergende breedte in de Zeeschelde duidelijk is afgenomen door de ruimtelijke veranderingen die zijn opgetreden sinds 1850. De uitgesproken afname van de stroombergende breedte doet zich voornamelijk voor in de meest stroomafwaartse zone vanaf Doel (overgangszone naar het meergeulensysteem van de Westerschelde) (Van Braeckel et al., 2006).



Figuur 2-9: Evolutie van het stroombergend oppervlak in het stroomafwaartse deel van de brakke zone van de Zeeschelde tussen 1850 en heden (Van Braeckel et al., 2006).

Door herstelmaatregelen tracht men echter de stroombergende breedte in de Zeeschelde gedeeltelijk opnieuw te doen toenemen (Figuur 2-10).



Figuur 2-10: Evolutie van de stroombergende breedte in de brakke zone vanaf 1850 tot 2003 samen met het geplande meest wenselijk alternatief (Van Braeckel et al., 2006).

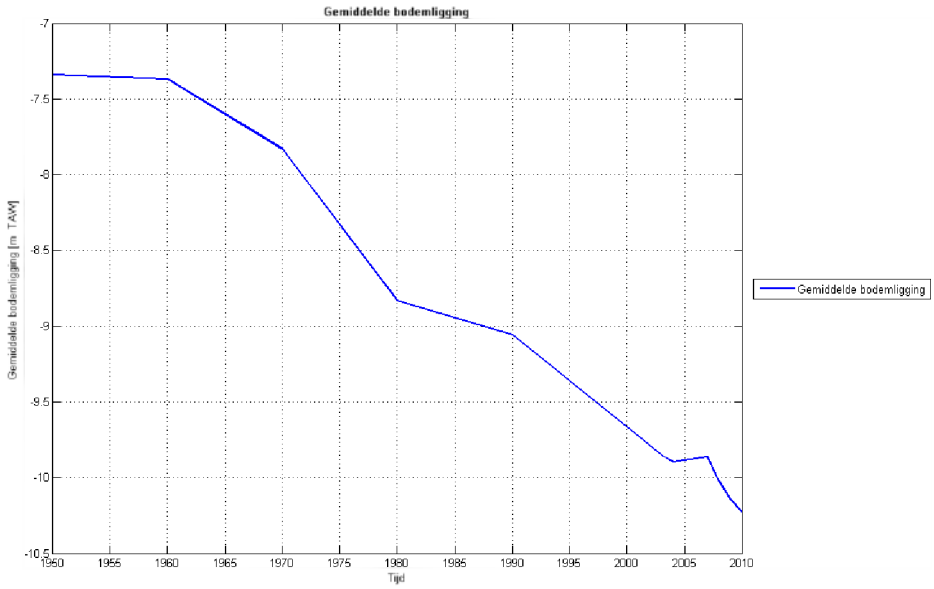
2.5 MORFOLOGISCHE ONTWIKKELING

2.5.1 Hypsometrische curves

Op basis van de beschikbare bodemgegevens werd een analyse uitgevoerd van de bodemligging van de gehele Beneden-Zeeschelde en voor bepaalde secties in detail

(Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis, 2013a). Deze analyse toont zowel ruimtelijk als in de tijd een dominante trend van verdieping (erosie) van de bodem.

De gemiddelde bodemligging van de gehele Beneden-Zeeschelde daalt bijna 3 m van 7,25 mTAW in 1950 naar 10,25 mTAW in 2010 (Figuur 2-11). Deze verdiepende trend is het sterkst aanwezig tussen 1970 en 1980 en zet zich voort tot aan de laatste geanalyseerde peiling van 2010. Tussen 1950 en 1960 lijkt de variatie in bodemligging beperkt, maar er zijn te weinig gegevens om hier met zekerheid iets over te kunnen zeggen.



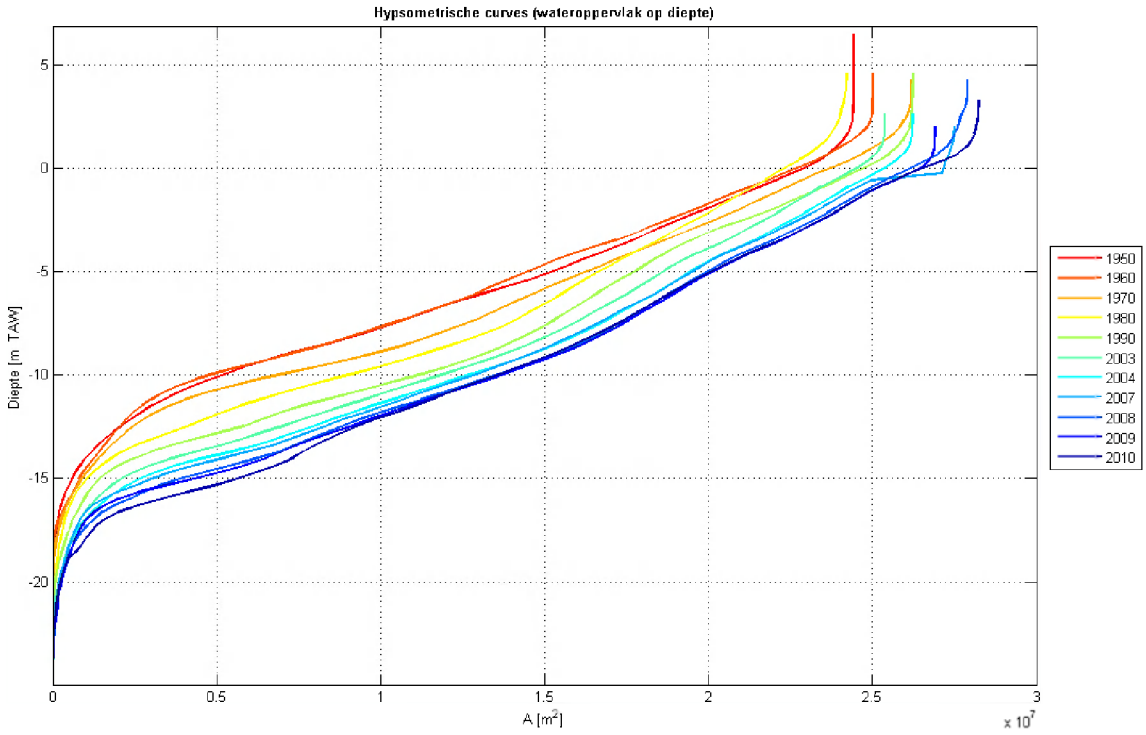
Figuur 2-11: Gemiddelde bodemligging in de Beneden-Zeeschelde (Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis, 2013a)

In de afwaartse segmenten van de Beneden-Zeeschelde is tussen 1970 en 2010 sprake van een dominante trend van verdieping. De gemiddelde verdieping van de bodem in deze segmenten bedraagt circa 2,5m tot 5,0m. Lokaal neemt de bodemdiepte met 6m tot 8m toe. Deze ontwikkeling hangt voor een groot deel direct samen met de uitgevoerde verdiepingswerken, waarbij tegelijkertijd grote hoeveelheden sediment uit het systeem zijn verwijderd voor de ontwikkeling van haventerreinen (paragraaf 2.4.4). Daarentegen is in de meer opwaartse segmenten, bovenstrooms Oosterweel, vooral een verdieping tussen 1960 en 1980 opvallend. De gemiddelde verdieping van de bodem in deze segmenten bedraagt circa 1,5m tot 2,0m. Aangezien in dit gebied geen verdiepingswerken zijn uitgevoerd en er ook geen gegevens bestaan van zandwinning wordt hier in eerste instantie een indirect verband met de verdiepingswerken vermoed (paragraaf 2.5.3).

Analyse van de hypsometrische curves (Figuur 2-12) laat zien dat er in de diepste delen een gemiddelde verdieping van circa 4 à 5m is opgetreden (verandering van diepte met gelijk volume en oppervlak). Voor de meeste segmenten geldt dat de rivier rond de laagwaterlijn (0m TAW) slechts beperkt in breedte wijzigt. Uitzondering lijkt het gebied tussen Oosterweel en Antwerpen, waar een duidelijke verruiming zich ook doorzet in het intergetijdegebied. Echter, de recentere bodems beslaan over het algemeen een groter gebied dan de oudere bodems en bevatten dus meer ondiep areaal. Hierdoor kunnen over de ontwikkeling van het ondiep areaal geen harde conclusies worden getrokken.

Door de toegenomen diepte en verbreding van het stroomvoerend oppervlak is globaal gezien het oppervlak beneden -10m TAW meer toegenomen dan het oppervlak op 0m TAW, wat tevens een versteiling van het profiel aangeeft. Deze versteiling en verdieping zorgt voor een afname van de ecologisch belangrijke ondiepe delen.

In het afwaartse gebied tot Liefkenshoek is een zeer vlakke geulbodem ontstaan. Langs de hele Beneden-Zeeschelde geldt dat de drempels verdwijnen of sterk worden verdiept. Er ontstaan nieuwe diepe putten in verschillende secties, bijvoorbeeld ter hoogte van de Boudewijn en Van Cauwelaertsluis en ter hoogte van de Kallosluis. De diepe putten ter hoogte van de Royerssluis blijven ongewijzigd diep.



Figuur 2-12: Hypsometrische curves van oppervlak van de Beneden-Zeeschelde tussen 1950 en 2010 (Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis, 2013a).

2.5.2 Sedimentbalans

Het is een feit dat ten gevolge van de uitgevoerde verdiepingswerken en zandwinning meer sediment uit de Beneden-Zeeschelde is onttrokken dan dat volgt uit het volume van de waargenomen verdiepingen van dit deel van de rivier. Tot op heden werd aangenomen dat het extra sediment (het verschil) uit de Westerschelde afkomstig is, en dat de sediment-uitwisseling met de Boven-Zeeschelde verwaarloosbaar was. Dit leidde tot een schatting van het jaarlijks transport van 1 Mm^3/jaar van sediment vanuit de Westerschelde naar de Beneden-Zeeschelde (Haecon, 2006).

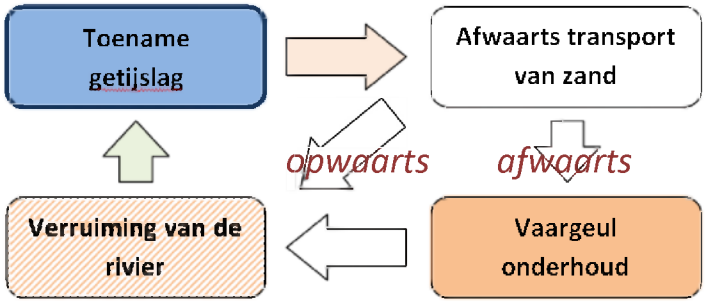
In Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis (2013a) wordt geconcludeerd dat niet alleen import van de Westerschelde, maar zeker zo belangrijk een afwaarts transport van zand vanuit de opwaartse delen van de Beneden-Zeeschelde en de Boven-Zeeschelde in de balans moet worden opgenomen. Tevens wordt gesuggereerd dat door Haecon ten onrechte het aandeel slib niet in hun volumebalans werd meegenomen. Beide aspecten leiden ertoe

dat de vermoedelijke import van zand vanuit de Westerschelde lager zal zijn dan eerder werd gedacht, maar dat vooral ook rekening moet worden gehouden met een afwaarts transport. Op basis van een voorlopige analyse wordt het gemiddelde afwaartse transport van sediment in de laatste decennia geschat op circa 0,250 Mm^3/jaar. Er zijn sterke aanwijzingen dat het afwaarts transport van zand gerelateerd is aan de ontwikkeling van de getijslag (zie volgende paragraaf).

2.5.3 Hypothese relatie met de ontwikkeling van het getij

De versnelde toename van de getijslag is tegelijkertijd een gevolg als een oorzaak van de waargenomen opwaartse verdiepingen, het afwaarts transport van zand en de noodzaak voor vaargeulonderhoud in de Beneden-Zeeschelde (zie Figuur 2-13 en ook paragraaf 1.4). Door het continu ontrekken van zand in het afwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde is transport van zand tegen de getijasymmetrie in mogelijk.

Figuur 2-13 toont de relatie tussen verschillende ontwikkelingen die zich simultaan voordoen. Door de toename van de getijslag treedt er (in deze situatie) een afwaarts transport van sediment op. Dit leidt opwaarts tot een verruiming van de rivier. Tegelijkertijd creëert het afwaarts transport van zand een noodzaak tot vaargeulonderhoud in de afwaartse delen van de rivier, welk de natuurlijke verondieping tegengaat. De verdieping in de gehele rivier leidt op zijn beurt weer tot een verdere toename van de getijslag.



Figuur 2-13: Relatie getijslag en waargenomen verruiming in de Zeeschelde

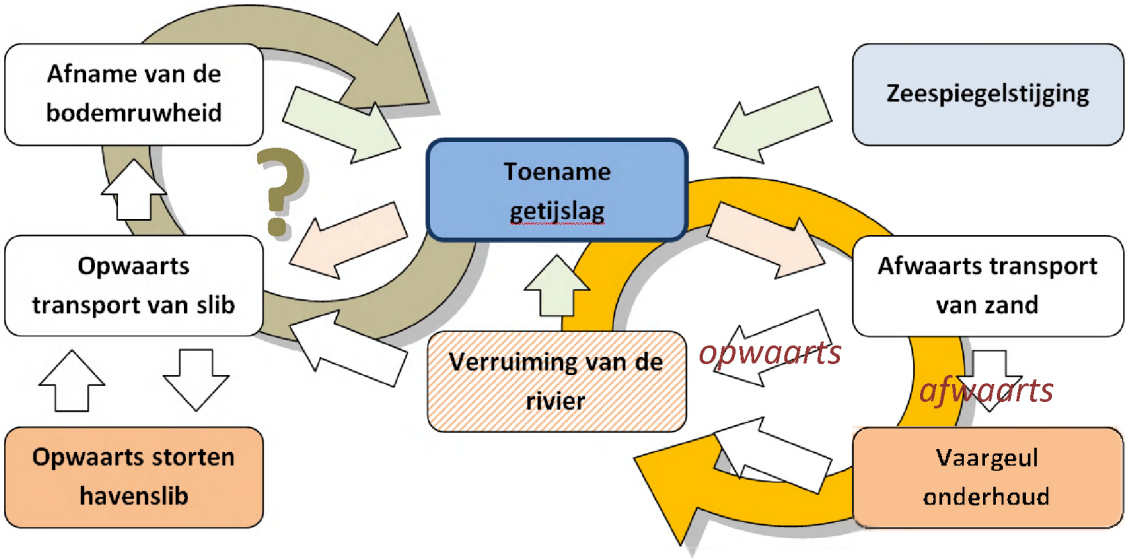
In feite zijn er in de huidige situatie drie mechanismes die ten grondslag kunnen liggen aan de toename van de getijslag. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 2-14. Om te beginnen is er het directe verband met zeespiegelstijging door de toename van de gemiddelde waterstand. De andere twee mechanisme hebben betrekking op de invloed van de getijslag op het zandtransport en het slibtransport.

Zoals hierboven reeds besproken kan er een relatie worden gelegd tussen de toename van de getijslag en het afwaarts transport van zand. Dit volgt ook uit een analyse van de zandbalans (Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis (2013a). Het afwaarts transport van zand leidt tot een verruiming van de rivier in het bovenstroomse deel en onderhoudsbaggerwerken in de Beneden-Zeeschelde. Ten gevolge hiervan zal de getijamplitude verder toenemen (gele cirkel in Figuur 2-14),

Door Winterwerp (Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis (2013e) wordt de relatie gelegd met de import van slib en het effect daarvan op de ruwheid van de rivier (bruine cirkel in Figuur 2-14). Er kan sprake zijn van een zelfversterkend effect waarbij de toename van de getijslag zorgt voor een toename van de import van slib vanuit de Westerschelde. Door de hogere concentraties slib (aan de bodem) is het mogelijk dat de hydraulische weerstand van

de bodem afneemt, wat een verdere toename van de getijamplitude ten gevolge zou kunnen hebben. Let op: het is nog niet bewezen dat dit mechanisme zich (reeds) voordoet in de Zeeschelde en dat dit mechanisme al een bijdrage heeft geleverd aan de waargenomen toename van de getijslag.

Uit de analyses in Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis (2013d) volgt verder dat de huidige praktijk van het opwaarts storten van de slibrijke baggerspecie uit de havenbekkens en toegangsgeulen een verdere toename van de concentraties tot gevolg heeft, en zo bijdraagt aan de getijslagtoename.



Figuur 2-14: Oorzaken en gevolgen van de getijslagtoename in de huidige praktijk van zandwinning en opwaarts storten van slib

2.6 ECOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

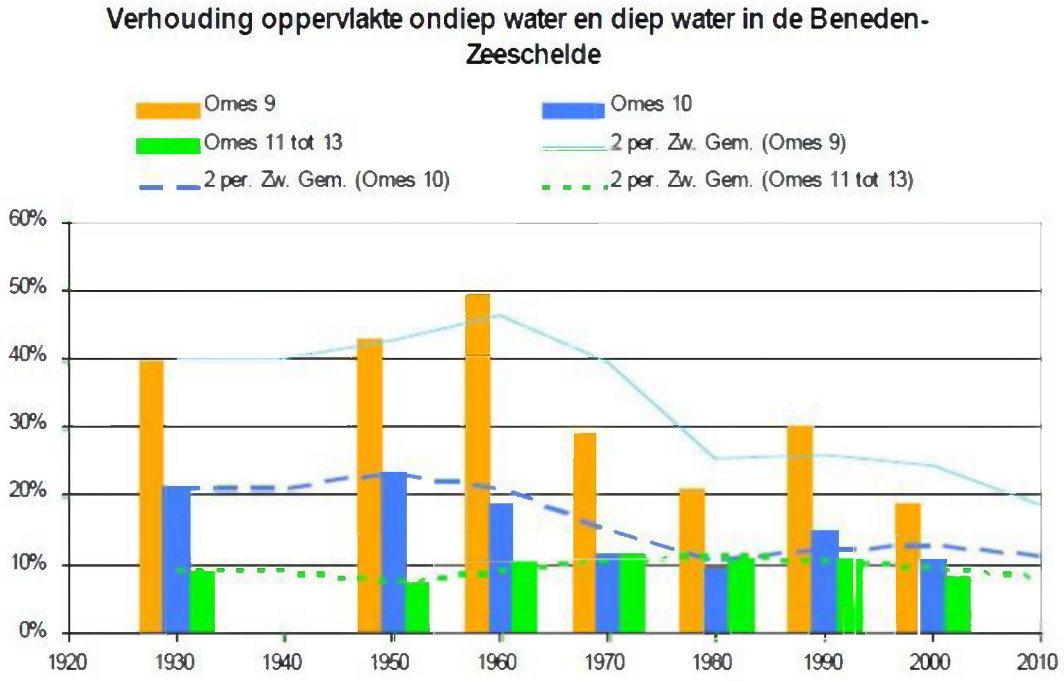
2.6.1 Wijzigingen in ecotopen

2.6.1.1 Sublitoraal

Het sublitoraal vertoont in 1930 (oudste bathymetrische data) naast een duidelijke diepe vaargeul een geleidelijke gradiënt tussen diepe en ondiepe zones en slikplaten (Van Braeckel et al., 2006). Aangezien de ondiepe en matig diepe zones de grootste ecologische waarde hebben, wordt hier ook het meeste aandacht aan besteed.

Het sublitorale gebied is in de loop der jaren sterk veranderd. Wanneer we de oppervlakteverhouding ondiep water/diep water in de Beneden-Zeeschelde bekijken, zien we een sterke daling in Omes-traject 9 en 10, zijnde vanaf de grens tot Ketenisse Polder, respectievelijk na 1960 en 1950 (Figuur 2-15).Het areaal diepwater is dus toegenomen ten opzichte van het areaal ondiepwater. De verhouding in het Belgische meergeulensysteem van de Schelde (Omes 9) daalde van 40% tot 20%. In de overgangszone Omes 10 (Kerncentrale tot Ketenisse Polder) daalde de verhouding van 20% tot 10%, het niveau waarrond het meer

stroomopwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde schommelt. De oppervlakte ondiep water was 20 jaar na de referentieperiode van 1930 globaal licht toegenomen voor de Beneden-Zeeschelde (Tabel 2-5). Er is dan echter al een eerste duidelijke verschuiving zichtbaar van matig diep naar diep water. Vooral in Omes-segmenten 10 en 11 daalt na 20 jaar het matig diep water met meer dan een vierde van haar oorspronkelijke oppervlakte. De uitgestrektere diepe waterzone stijgt hierdoor licht. 70 jaar na de referentieperiode van 1930 zijn er veel grotere verschuivingen opgetreden. Het gemiddeld diep wateroppervlak is met een vijfde toegenomen t.o.v. 1930. De matig diepe en ondiepe waterzone namen af met respectievelijk 28 en 23%. Het oppervlak ondiep water neemt over de meeste Omes-segmenten af met meer dan een derde van de oorspronkelijke oppervlakte in de stroomafwaartse, uitgestrekte gebieden van de grens tot de Ketelplaat (Omes 9 & 10). Enkel in het traject tussen Ketenissepolder en Blokkersdijk daalt het oppervlak slechts met een tiende (Omes 11). Het oppervlak matig diep water neemt over alle Omes-segmenten af met minimum 21% en maximaal 49% van de oorspronkelijke oppervlakte in 1930.



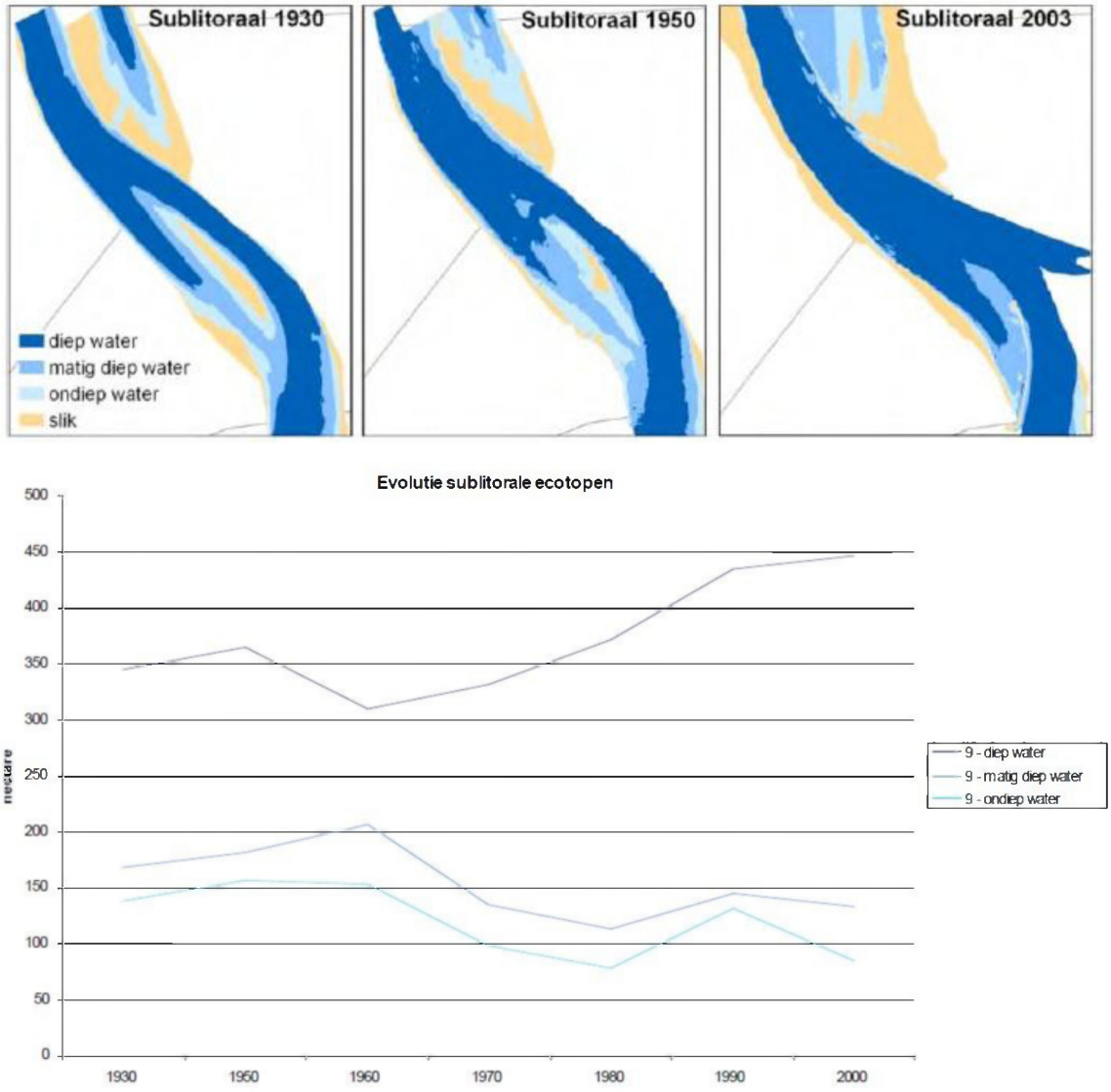
Figuur 2-15: Verloop van de verhouding ondiep en diep water in de Beneden-Zeeschelde tussen 1930 en 2003 (Van Braeckel et al., 2006)

Tabel 2-5: Procentuele veranderingen in de sublitoralee zone 20 en 70 jaar na de referentieperiode van 1930 (1950 en 2000) (Ondiep: < 3m onder GLW; Matig diep: 3m - 6m onder GLW; Diep: > 6m onder GLW) (Van Braeckel et al., 2006).

Omes segment	**9**		**10**		**11**	
Opp. 1930 (ha)	Na 20j	Na 70j	Na 20j	Na 70j	Na 20j	Na 70j
Diep water 1388	+6,3	+29,6	+9,6	+29,9	+8,7	+6,1
Matig diep water 503	+7,6	-20,8	-26,0	-49,0	-27,3	-24,7
Ondiep water 283	+16,8	-38,3	+22,9	-36,4	-21,4	-9,5

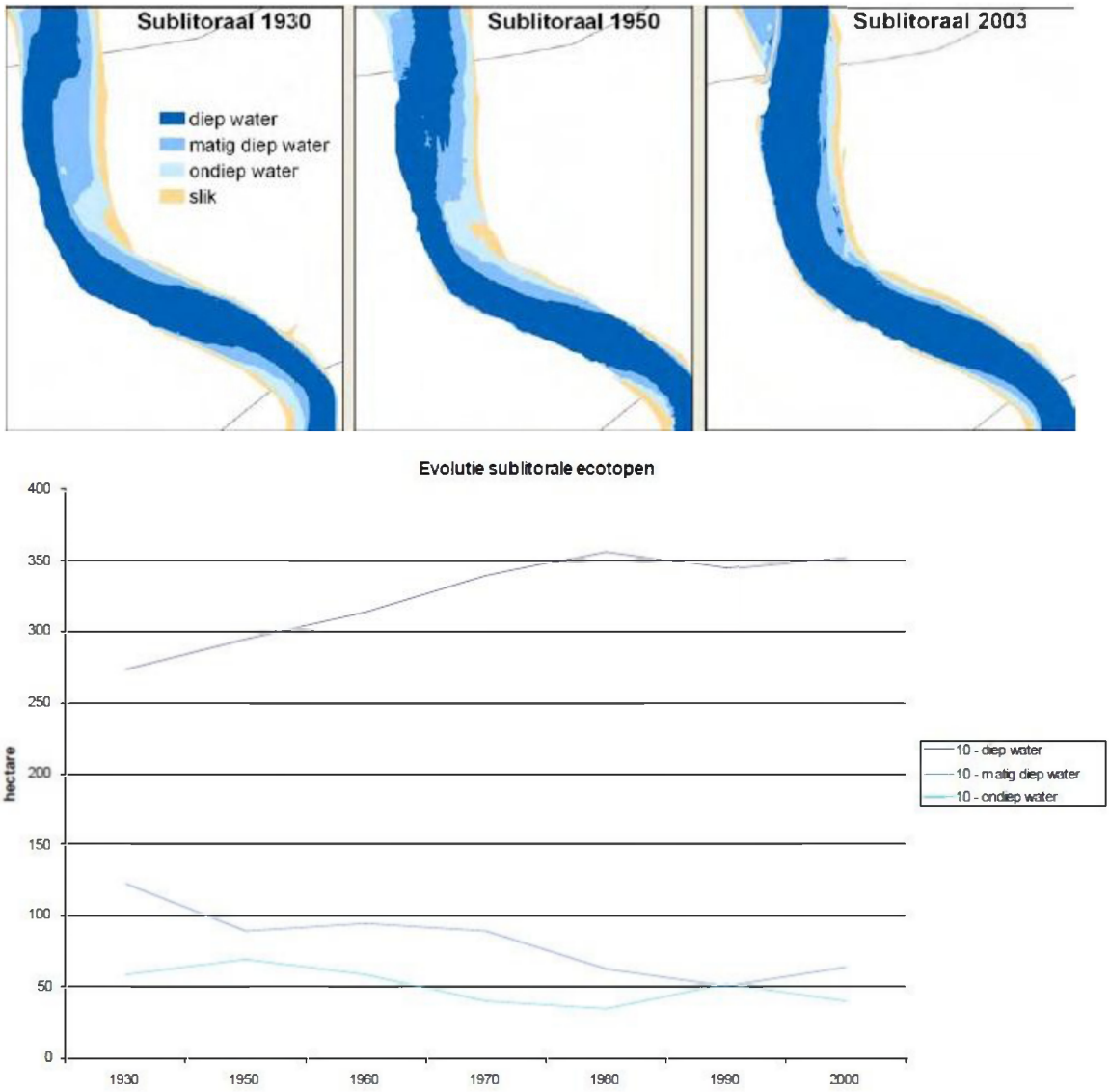
In het traject van Omes 9 zien we in 1950 het oosten van de Ballastplaat en de meest noordelijke punt van de plaat van Doel verdwijnen (Figuur 2-16). In 2003 heeft de enkelvoudige vloedschaar van de Appelzak zich omgevormd tot een dubbele schaar, waarbij de voornaamste slikzones naar het Groot Buitenschoor verschoven zijn. Verder zien we in oostelijke richting een sterke uitbreiding van het areaal diep water door de aanleg van de toegangsgeul naar de Zandvlietsluis (1967) en Berendrechtsluis en de ontwikkeling van de kaaien aan de Europa- en Noordzeeterminal (1995). Dit weerspiegelt zich in de oppervlakte-veranderingen waarbij een gestage daling waar te nemen is van ondiep en matig diep water vanaf 1960.

De meest ingrijpende ecologische lokale verandering is de sterke wijziging aan de Schaar van Ouden Doel, waar in 2003 nagenoeg geen ondiepe waterzones (< 2m) meer aanwezig zijn. Deze zone is zowel een stortlocatie voor baggerspecie, als een zandwinningslocatie (zie paragraph 2.4).



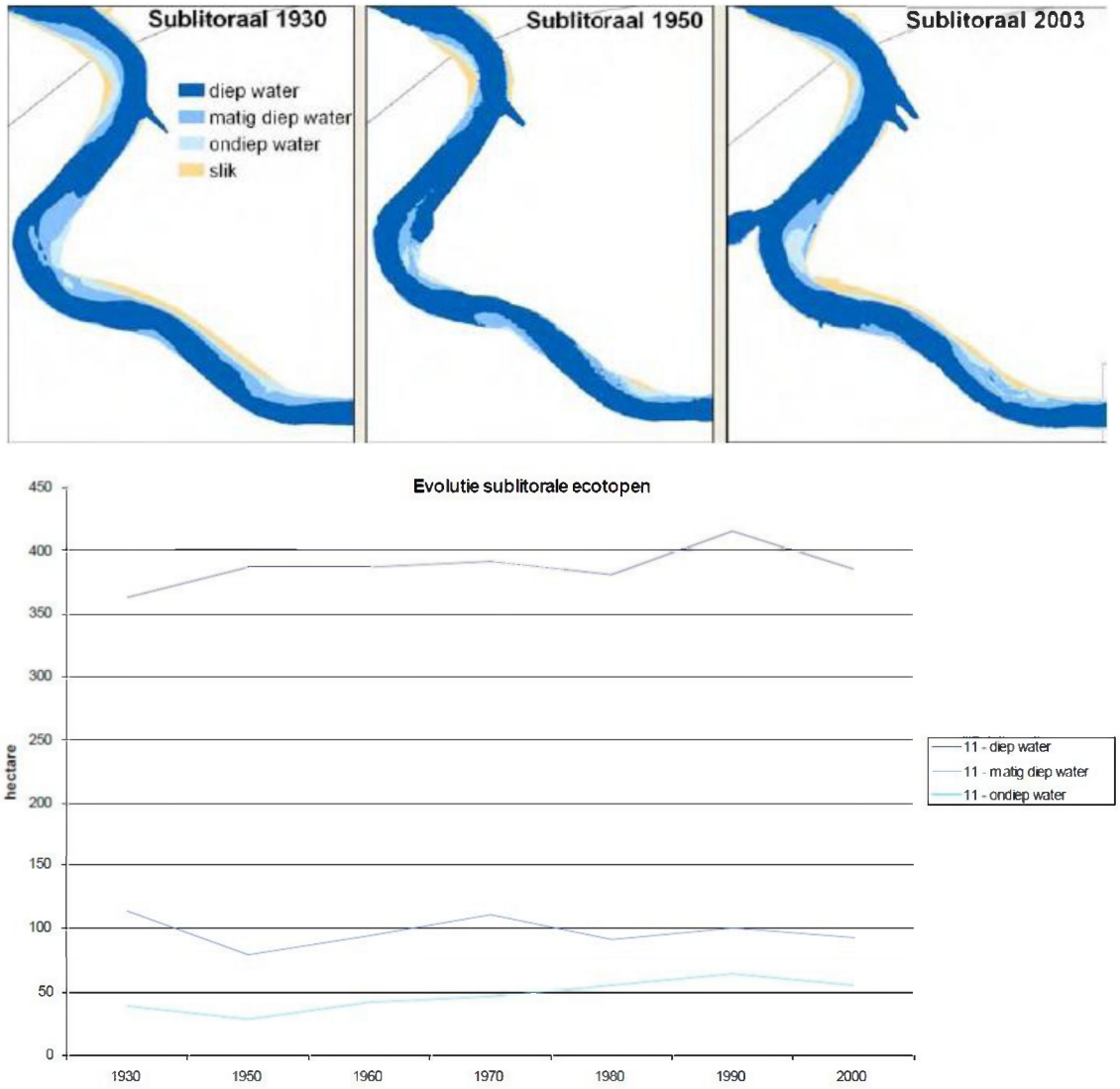
Figuur 2-16: Ontwikkelingen van het sublitoraal en naburig slik in het Omes segment 9 van 1930 tot 2003 (Van Braeckel et al., 2006).

In Omes 10 is er ter hoogte van het Galgenschoor een sterke afname van de Plaat van Lillo zichtbaar (Figuur 2-17). Na 20 jaar is vooral in het noordelijk deel een overgang van matig diep naar diep water te zien. In 2003 is ook in de zuidelijke zone het aandeel ondiep water gedecimeerd. De naburige drempel is één van de baggerzones in de Beneden- Zeeschelde. Ook de Ketelplaat vóór Ketenissepolder is veel smaller geworden (Van Braeckel et al., 2006).



Figuur 2-17: Ontwikkelingen van het sublitoraal en naburig slik in het Omes segment 10 van 1930 tot 2003 (Van Braeckel et al., 2006).

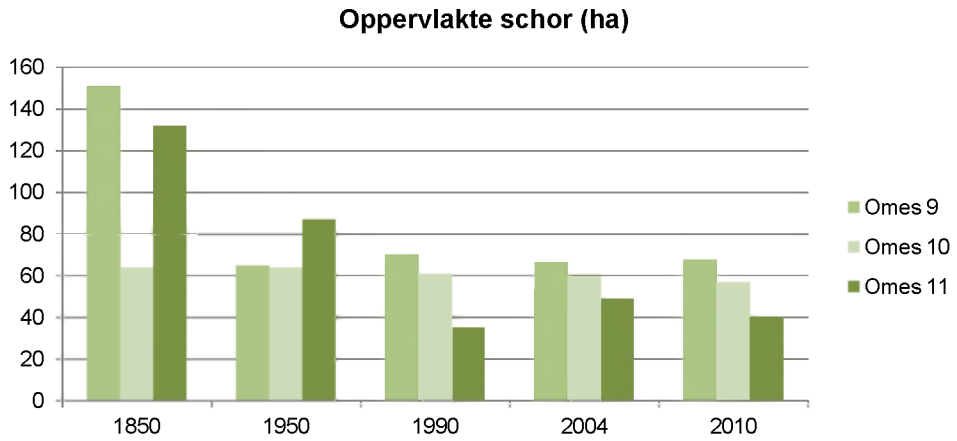
In Omes 11 is de evolutie vanuit ecologisch oogpunt iets gunstiger verlopen (Figuur 2-18). De Plaat van de Parel tegenover Kallosluis vertoont na een afname in 1950 (door zandwinning) een relatief groter aandeel ondiepe waterzones dan in 1930. Op de Plaat van Boomke, een belangrijke baggerstortplaats tegenover Blokkersdijk, is vooral een stijging van het oppervlak matig diep water te zien. Over de gehele zone bekeken is de oppervlakte matig diep water stabiel gebleven en de oppervlakte ondiep water lichtjes toegenomen (ten koste van slik) (Van Braeckel et al., 2006).



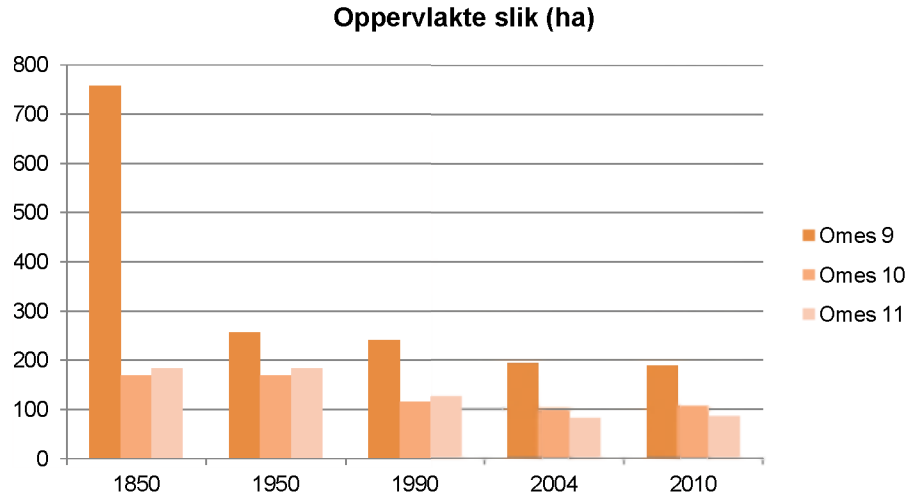
Figuur 2-18: Ontwikkelingen van het sublitoraal en naburig slik in het Omes segment 11 van 1930 tot 2003 (Van Braeckel et al., 2006).

2.6.1.2 Slikken en schorren

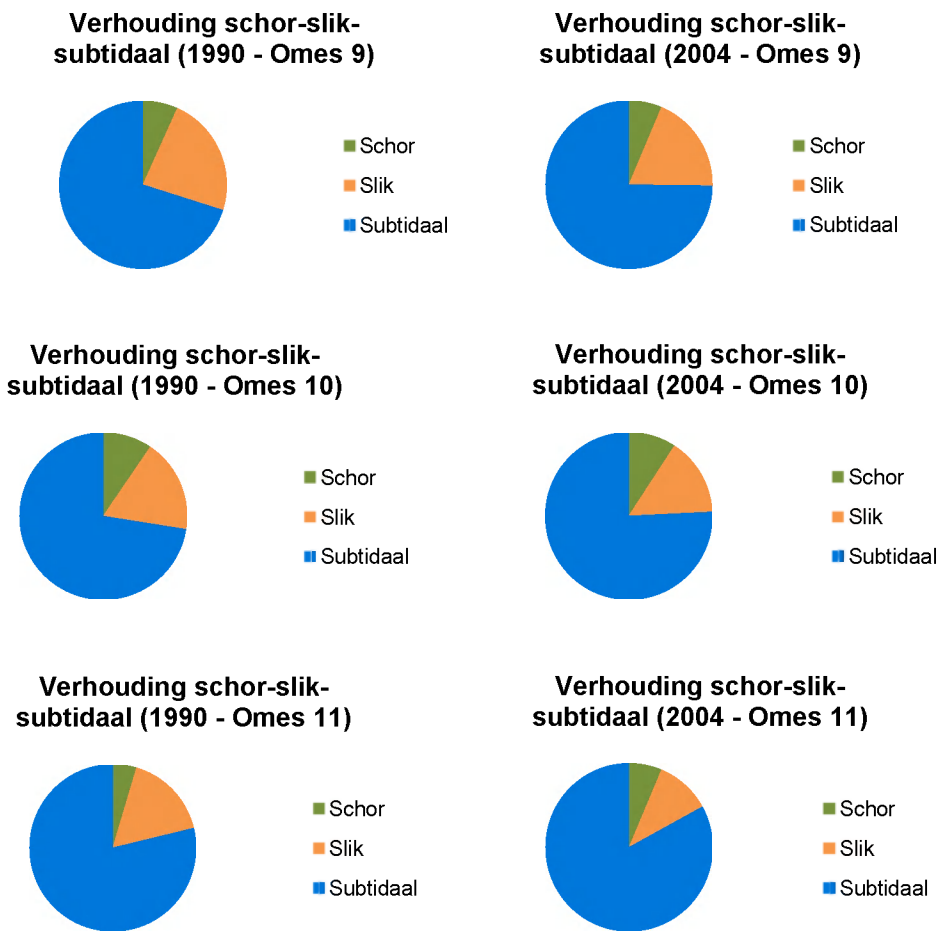
De evolutie aan oppervlakte schorren en slikken binnen de drie Omes-segmenten in dit gebied is weergegeven in Figuur 2-19 en Figuur 2-20. De verandering in verhouding schor, slik en subtidaal tussen 1990 en 2004 wordt getoond in Figuur 2-21.



Figuur 2-19: Evolutie van de schorgebieden tussen 1850 en 2010 (data gebaseerd op Adriaensen et al., 2005 en Consortium T2009, 2012).



Figuur 2-20: Evolutie van de slikgebieden tussen 1850 en 2010 (data gebaseerd op Adriaensen et al., 2005 en Consortium T2009, 2012).



Figuur 2-21: Verandering in verhouding schor-slik-subtidaal tussen 1990 en 2004 voor Omes 9, 10 en 11(Figuren op basis van data in Adriaensen et al., 2005).

Over de drie segmenten heen kan geconcludeerd worden dat oppervlakte schor en slik afneemt t.o.v. 1850, 1950 en 1990, met uitzondering van Omes-segment 11 waar het toenam door het herstel van Ketenisse schor en een lichte uitbreiding in Omes segment 9 tussen 1950 en 1990. Daarentegen neemt de oppervlakte subtidaal gebied toe in de drie segmenten.

Uit Figuur 2-21 blijkt dat de relatieve oppervlakte schor tussen 1990 en 2004 per segment min of meer gelijk gebleven is, maar dat vooral de oppervlakte slik achteruitgegaan is ten opzichte van de subtidale oppervlakte. Verder blijkt dat de subtidale oppervlakte relatief groter wordt ten opzichte van de oppervlakte slikken en schorren als men per segment van de grens tot Blokkersdijk vergelijkt. Binnen de subtidale oppervlakte neemt de diepe zone (> 6m onder GLW) toe ten opzichte van de vrij diepe en ondiepe zone tussen de grens en Blokkersdijk.

De ecologische waarde van de buitendijkse gebieden van de Beneden-Zeeschelde is groot, ondanks de stijgende antropologische druk die er op wordt uitgeoefend. De brakwaterschorren en –slikken herbergen een unieke flora en fauna die aangepast is aan de dynamiek en stressomstandigheden (o.a. saliniteit, overstromingsduur, ...). Tevens vormen de slikken en schorren een belangrijke schakel tussen de stroomopwaartse en stroomafwaartse gebieden.

2.6.2 Ontwikkelingen in de Schorgebieden

In 1850 bestaat het mesohaliene deel van de Zeeschelde voor bijna 90% uit natuurlijk schor, waarbij vooral pionierschor een zeer belangrijk aandeel inneemt. De pionierschor blijft zeer belangrijk, maar een aantal grote schorren zijn in cultuur gebracht (onder meer het Paardenschor en Ketenisseschor). In 2003 is het aandeel pionierschor minimaal en nemen ruigte en vooral riet de grootste oppervlaktes in (Van Braeckel et al., 2006).

De enorme daling van de oppervlakte intergetijdengebied in de mesohaliene Zeeschelde van meer dan 1500 ha in 1850 naar minder dan 1000 ha in 1920 is vooral te wijten aan de inpolderingen van de Prosperpolder en grote stukken bij het Groot Buitenschoor. Het Groot Buitenschoor maakte deel uit van een veel uitgestrekter slik- en schorgebied dat van Zandvliet tot Bath reikte (Van Braeckel et al., 2006). Vanallemeersch et al., (2000) vermelden een oppervlakte van ongeveer 2600 hectare en een schorbreedte van meer dan 2 km. Het schor van Ouden Doel sloot rechtstreeks aan bij het Verdronken Land van Saeftinge. De exacte toestand van de Prosperpolder grenzend aan Nederland is moeilijk te achterhalen. De site van de kerncentrale van Doel was nog schor. De plaat van Doel staat niet aangegeven op het gereduceerd kadaster van 1850. Mogelijk is de plaat dus pas ontstaan na de inpoldering van de Prosperpolder en het afsluiten van de Kreekrakdam, wat een grote invloed moet gehad hebben op de morfodynamische toestand van het gebied (Van Braeckel et al., 2006).

2.6.2.1 Groot Buitenschoor en Galgenschoor

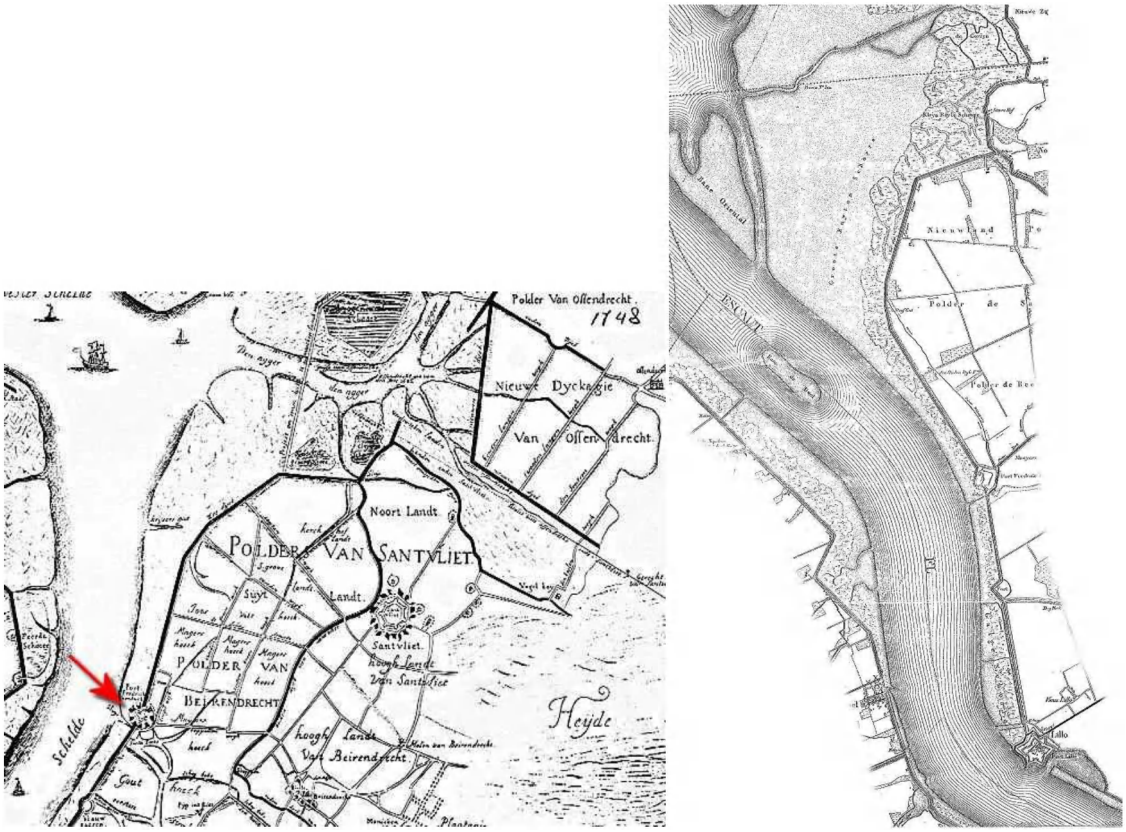
Het Groot Buitenschoor is een buitendijksgebied op het grondgebied van de gemeente Zandvliet. De huidige 216 ha bestaan uit 151 ha slik en slechts 15 ha schor, de rest wordt ingenomen door de Appelzak Vloedschaar. Het Groot Buitenschoor bestaat grotendeels uit slikplaten die naar de dijk toe geleidelijk overgaan in een smalle strook schor met relatief ondiepe geulen (Van Hove et al., 2004).

Het Galgenschoor geraakte afgescheiden van het Groot Buitenschoor door de aanleg van de Zandvlietsluis in 1967. Het is een buitendijks gebied op het grondgebied van de gemeenten Zandvliet en Lillo. De totale oppervlakte bedraagt 111 ha, waarvan 64 ha slik en 47 ha schor. Het schor vertoonde reeds haar huidige vorm en ligging op de kaarten van de Ferraris (1777), het gaat dus om een zeer oud schor (Van Hove et al., 2004).

In de 18de eeuw was het Groot Buitenschoor een ingewikkeld rivieren- en geulenstelsel (Figuur 2-22). Dit 2.500 ha grote slik en schorgebied dat zich uitstrekte tussen Zandvliet en Bath, vormde samen met het Verdronken Land van Saeftinghe een complex van ruim 5.500 ha, waarvan 820 ha op Belgisch grondgebied.

Verscheidene inpolderingen en de aanleg van dijken verkleinden stelselmatig de oppervlakte van het gebied. In 1940 bedroeg deze oppervlakte nog 820 ha die tijdens de Tweede Wereldoorlog gereduceerd werd tot de huidige 216 ha (Scheldeschorren, 2012).

Figuur 2-23 geeft een meer recent beeld. De verbinding met de Oosterschelde is verbroken door de aanleg van de spoorweg naar Vlissingen.



Figuur 2-22: Kaart van het Groot Buitenschoor in 1748 (links) en 1854 (rechts). Ter oriëntatie: op de linkse kaart is Fort Frederik aangeduid bij de rode pijl, daar ligt momenteel de Europaterminal en op de rechtse kaart bevindt zich de huidige 2e containerterminal en het sluizencomplex Zandvlietsluis – Berendrechtsluis (Scheldeschorren, 2012).



Figuur 2-23: Het Groot Buitenschoor in 6 juni 1947 (Scheldeschorren, 2012).

De meest recente inpoldering dateert van in de jaren '60. In 1965 toen de bouwwerken op het terrein van BASF al begonnen waren in het zuiden, waren ze in het noorden, tegen de Nederlandse grens, nog aan het ophogen. Door de aanleg van de Zandvlietsluis in 1967 werden Groot Buitenschoor en Galgenschoor van elkaar gescheiden. Samen met de aanleg van de Zandvlietsluis, werd er voor het Groot Buitenschoor een stroomleidam aangelegd. Hierdoor won de intergetijdezone aan grootte; er vormden zich in deze zone een uitgestrekt slikgebied en zandplaat. Maar ook het gebied rond de stroomleidam verzandde, de zogenaamde Ballastplaat (besproken in § 2.6.3.1). Door de Ballastplaat en de stroomleidam werd het Groot Buitenschoor van de vaargeul geïsoleerd wat de rust op de ontstane slikplaat bevorderde (Figuur 2-24).



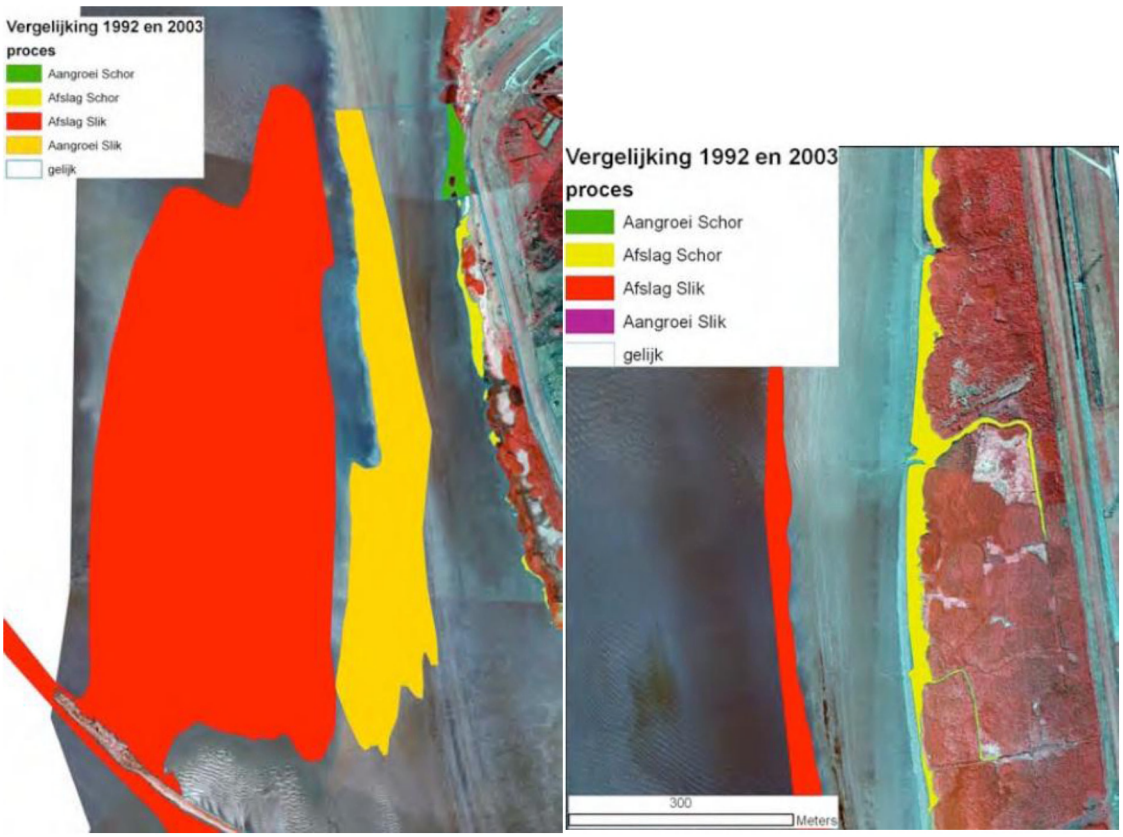
Figuur 2-24: Deze luchtfoto toont de ballastplaat (1), de stroomleidam (2), de smalle strook schor (3) en de uitgebreide slikplaat en vloedschaar (4) (Scheldeschorren, 2012).

In de loop der jaren werd er alsmaar een grotere wig tussen beide gebieden gedreven: het begon in 1967 met de aanleg van de Zandvlietsluis, in 1989 met de bouw van de Berendrechtsluis, in 1990 de Europa-containerterminal en de Noordzeeterminal in 1995 (Figuur 2-25). Door de bouw van de Noordzee-containerterminal in 1994 verloor het Groot Buitenschoor 8ha aan intergetijdengebied.



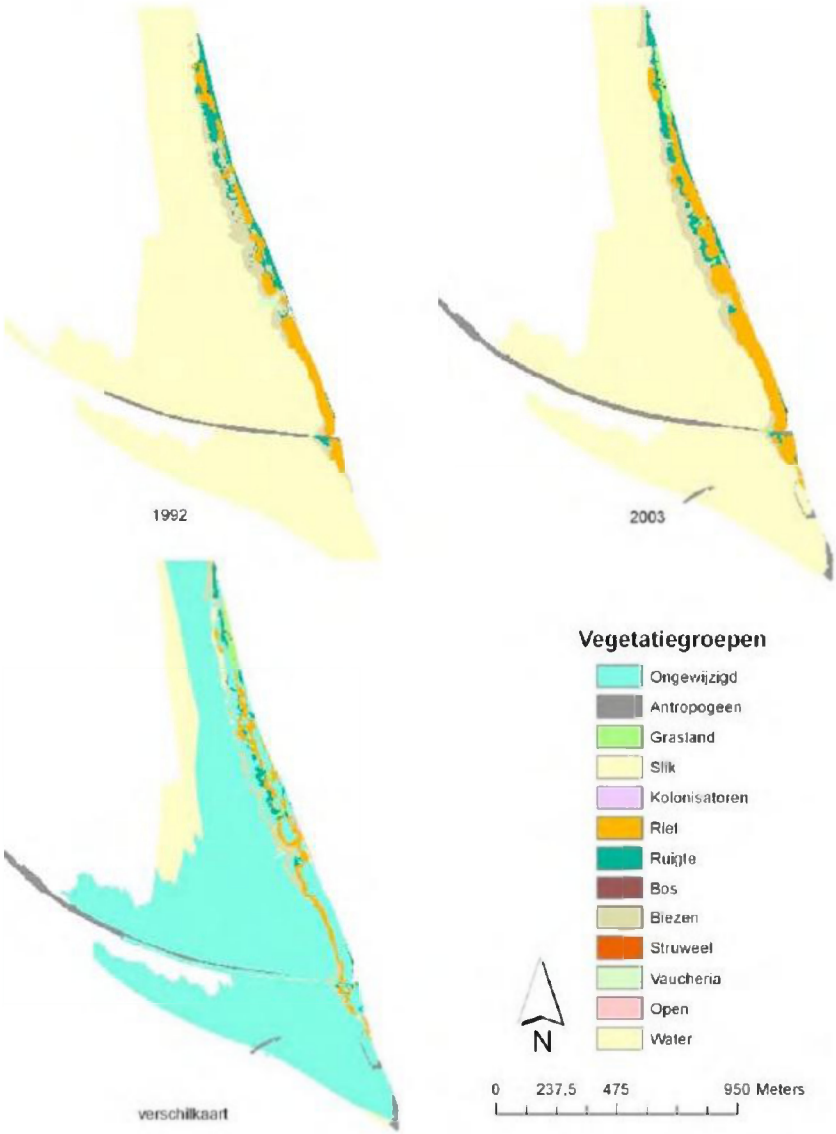
Figuur 2-25: Luchtfoto van het gebied tussen Groot Buitenschoor (GBS) en Galgenschoor (GS). Zandvlietsluis (1), Berendrechtsluis (2), Europa containerterminal (3) en Noordzeeterminal (4) (Scheldeschorren, 2012).

Uit Figuur 2-26 is duidelijk af te leiden dat er zich in beide gebieden een significante afname van slikken en schorren heeft voorgedaan. In het Groot Buitenschoor is voornamelijk zandige slik (rood, zie ook Figuur 2-31 en Figuur 2-32) in oppervlakte afgenomen, terwijl de slibrijke slikplaat (geel) sterk is toegenomen.



Figuur 2-26: Sedimentatie en erosieprocessen aan het Groot Buitenschoor (links) en het Galgenschoor (rechts) tussen 1992 en 2003 (Van Braeckel et al., 2006).

Wat betreft de vegetatie, valt op het Groot Buitenschoor vooral de omzetting van biezenvegetaties naar riet op over de volledige lengte van het schor (Figuur 2-27). Anderzijds zijn de biezen duidelijk uitgebreid aan de rivierzijde. Het schor is dus aan het groeien. Vooral in het noordelijke deel is het aandeel zilt grasland sterk toegenomen, een gevolg van het begrazingsbeheer dat tussen de twee karteringsperiodes gestart werd.



Figuur 2-27: Evolutie van de vegetatie in Groot Buitenschoor tussen 1992 en 2003 (Van Braeckel et al., 2006).

2.6.2.2 Schor van Ouden Doel

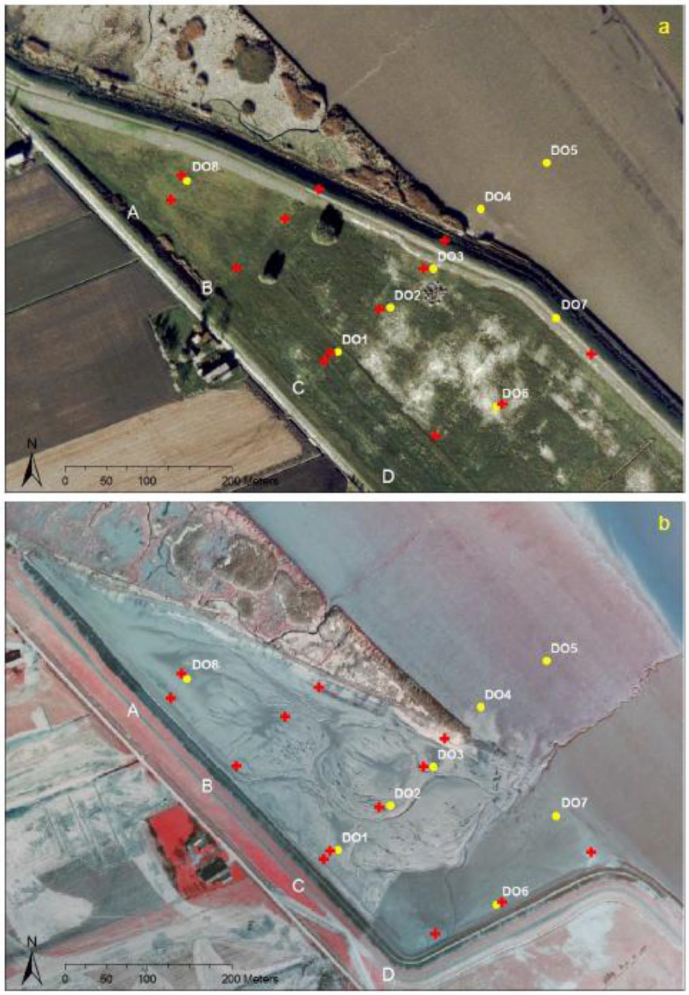
Het schor van Ouden Doel is een buitendijks gebied gelegen op de linkeroever van de Schelde. In het noorden sluit het gebied aan bij het uitgestrekte slikken- en schorrengebied van het verdronken land van Saeftinghe op Nederlands grondgebied. Het gebied bestaat uit ca. 48,7 ha schor en ca. 47 ha slik (Van Hove et al., 2004). Het slikgebied wordt verder besproken in §2.6.3.5

2.6.2.3 Paardeschor

Het voormalige Paardenschor was gelegen langs de linkeroever van de Schelde, net stroomopwaarts van het schor van Ouden Doel. In de jaren '60 werd het opgehoogd voor de bouw van de Kerncentrale van Doel. Het noordelijk gedeelte van dit opgespoten gebied bleef onbebouwd en werd in de jaren '80 ingedijkt met een Sigmadijk op 11mTAW. Dit gedeelte van het Paardenschor werd hersteld (12 ha) als compensatie voor de strook brak schor die bij de

aanleg van het Deurganckdok vernietigd werd. Het gebied werd afgegraven met een flauwe helling tussen 5mTAW en de hoogte van het voorliggende slik, zodat een goede uitgangssituatie voor de belangrijkste schorvormende processen (sedimentatie, de vorming van een functioneel krekenpatroon, organische aanrijking van de bodem en de kolonisatie door fauna en flora) gecreëerd werd. Aansluitend op de dijk achter het schor van Ouden Doel werd een nieuwe dijk op Sigmahoogte (11mTAW) aangelegd. De oude Sigmadijk werd afgegraven. De werken gingen van start in februari 2003 en werden beëindigd in april 2004. In Figuur 2-28 is het Paardenschor weergegeven tijdens de werkzaamheden en na de herinrichting.

Globaal gezien treedt er een netto sedimentatie op die overgaat naar erosie ter hoogte van het ontwikkelende afwateringssysteem. Het sediment is gekoloniseerd door bodemdieren, waar foeragerende watervogels van profiteren. Op de hogere delen en langs de geulen heeft zich vegetatie ontwikkeld. De kolonisatie verloopt er echter traag in vergelijking met de locaties op dezelfde intertidale hoogte op Ketenisse schor. Het gebied is eerder geschikt als foerageer- en rustgebied dan als broedgebied, gezien de relatief hoge overspoelingsfrequentie en beperkte vegetatievestiging. Dit type van laagdynamische slikken, relatief hoog in het getijvenster, voegt kostbare foerageer- en rusttijd en –ruimte toe voor watervogels (Van den Neucker et al., 2007).



Figuur 2-28: Paardenschor met staalnamelocaties: a. situatie voor de herinrichting (1999) en b.: na de herinrichting (februari 2006) (Van de Neucker et al., 2007).

2.6.2.4 Fort Lillo en Fort Liefkenshoek

Cultuurhistorisch vormt Lillo een tweelingfort met het Fort Liefkenshoek aan de overzijde van de Schelde (Figuur 2-29). De oorsprong van het tweelingfort gaat terug tot de Tachtigjarige Oorlog. Willem van Oranje liet op het einde van de 16de eeuw onder meer de tweelingforten Lillo en Liefkenshoek optrekken om Antwerpen te verdedigen tegen mogelijke Spaanse aanvallen.



Figuur 2-29: Fort Lillo en Fort Liefkenshoek in 1778 (Ferrariskaart)

In de jaren '60 werd aan Lillo haven het schor beschermd door een stenenberm van meer dan 2 m hoog. Het schor zelf was hier een 25-tal m breed en tussen de schorrand en de stenen berm lag een sedimentatiezone van een 20-tal meter. De schorklif was er maximaal een halve meter hoog en werd alleen bij springtij aangetast en licht ondermijnd. Aan de voet van de stenen berm lag eerst kort kleiig slik, daarna een kleine depressie en tot slot de zandplaat van Lillo met een gemiddelde breedte van 60 m.

Grote dijkverschuivingen zijn er in deze zone niet gebeurd. Tegenwoordig is het sedimentatievlak tussen de stenen berm en de schorrand volledig door rietschor ingenomen. Het schor bestaat dus uit een oude en jonge zone. Ook op het slik zijn grote veranderingen te zien. De voet van de stenen berm is voor een groot deel ondergesedimenteerd. De zandplaat van Lillo is hier grotendeels verdwenen en het slik loopt met een veel steilere, vrij constante helling naar de waterlijn (Piesschaert et al., 2008).

De biologische waarderingskaart toont aan dat de omgeving van Lillo in belangrijke mate biologisch waardevol is. In de schorren stroomop- en stroomafwaarts van Lillo komen zowel biologisch minder waardevolle als biologisch zeer waardevolle gebieden voor. De vestinggracht rondom het bastion heeft een hoge biologische waardering.

Het Sigmaplan voorziet een verhoging van de bestaande waterkering in Fort Lillo met 3 m (van +8.00m TAW tot +11.00m TAW). Het verhogen van de kruin van de dijk met 3 m impliceert een verbreding van de voet van de dijk tot bijna 60 m. Hierdoor ontstaat een enorm dijklichaam dat als een harde fysieke barrière tussen Lillo en de Schelde komt te liggen.

2.6.2.5 Ketenissepolder

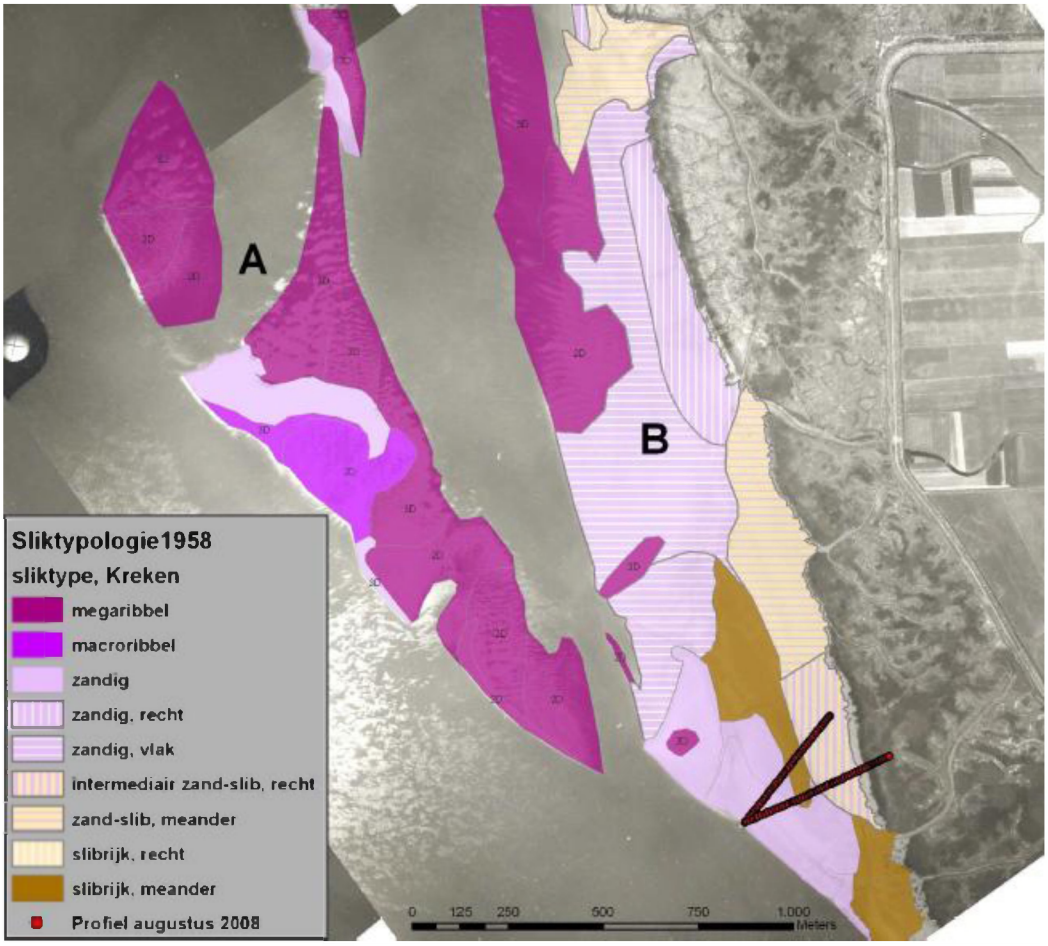
Ketenisseschor is gelegen aan de Schelde en grenst in het noorden aan Fort Liefkenshoek en in het zuiden aan de ingang van het Waaslandkanaal. In zeer vroege tijden was dit gebied een schor. Later werd het ingepolderd (Ketenissepolder). Bij de aanleg van de Waaslandhaven, kwam het gebied geïsoleerd te liggen van de polders en werd er voor een groot deel specie gestort. Door de overheid werd het herstel van dit gebied voorgesteld als compensatie voor het natuurverlies in het Groot Buitenschoor ten gevolge van de aanleg van de Noordzeeterminal. Voor het herstel in 2002 werd gekozen voor afgraven tot volledig slik waardoor een intergetijdengebied van zo'n 60 ha ontstond.

Bij de evaluatie van de herinrichting (Van den Neucker et al., 2007) stelde men vast dat de helling in de uiterste delen te steil was en sterke erosie optreedt. In het centrale gedeelte verschilden twee aspecten sterk van het originele plan. Een aantal zones werd niet afgegraven, waaronder het wilgenbos stroomopwaarts de polder en grote delen hoog gelegen rietland (totaal ca. 4.5ha). Op T0 waren er dus al verschillende vegetatietypes aanwezig. Sommige stierven af, andere bleven en functioneerden als bron van typische fauna en flora. Bovendien werd de zomerdijk van de oude polder niet helemaal afgegraven volgens plan. Hierdoor verschilt de morfologie van het gebied sterk van de geplande. Er is een breed plateau aanwezig, met zeer zwakke helling, met daarvoor een zeer steile oever in plaats van de vooropgestelde geleidelijke overgang naar het subtidaal. De delen met zwakke helling sedimenteren, terwijl de steile zones eroderen. De slikken zijn door bodemdieren gekoloniseerd en op de hogere delen ontwikkelt zich vegetatie. Watervogels foerageren en rusten op de slikken, terwijl de bestaande rietlanden en ruigtes broedbiotoop zijn.

2.6.3 Evolutie van de Platen

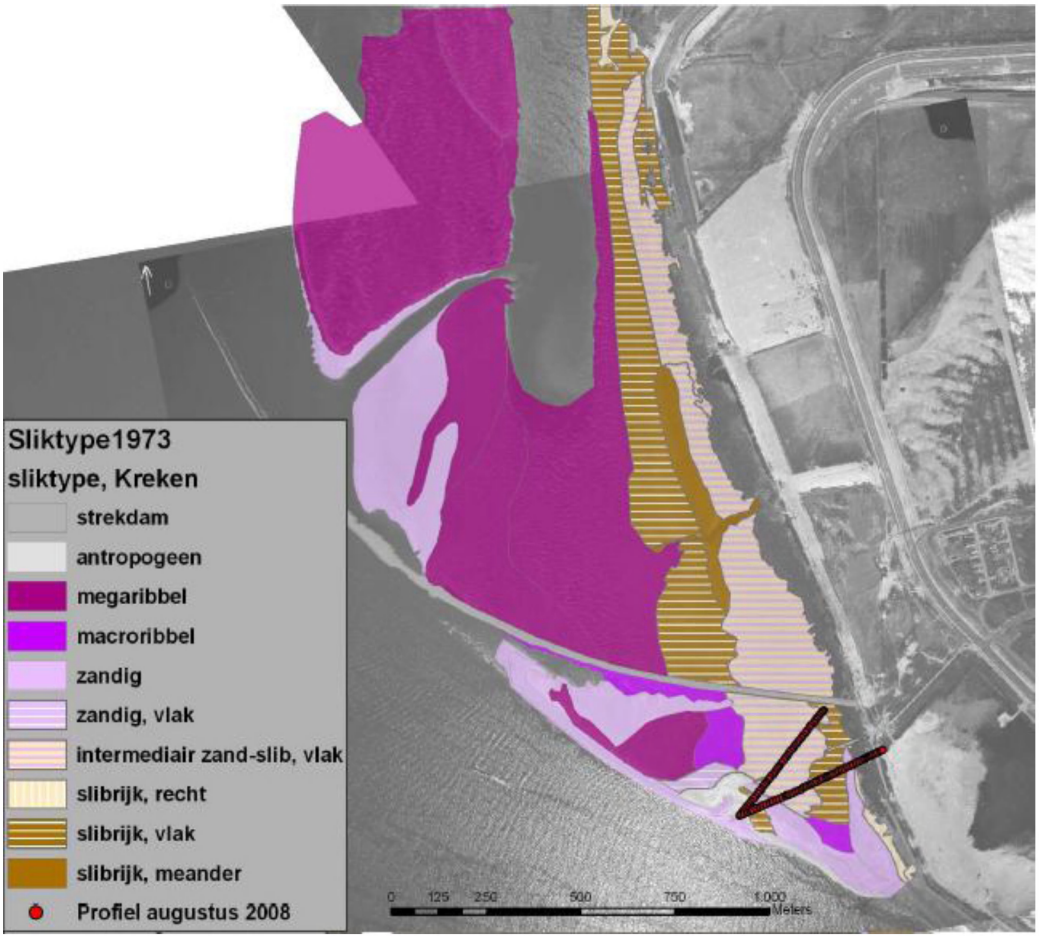
2.6.3.1 Ballastplaat

Tussen 1948 en 1958 is de noordelijke slikplaat voor het toen nog brede schor ter hoogte van de Noordzeeterminal van 160-170m verbreed tot ongeveer 500m als gevolg van een verschuiving van de vloedgeul en de Ballastplaat naar de vaargeul toe. De hoofdvloedgeul van 1958 loopt ongeveer parallel met de schorrand in NW-ZO-richting (Figuur 2-30). Ten westen van de hoofdgeul ligt een tweede kleinere geul die afbuigt naar het westen en de top van de Ballastplaat in twee deelt. Op de stroomafwaartse top van de plaat en het slik komen veel geribbelde zones voor met vaak grote golflengtes.



Figuur 2-30: Evolutie van de Ballastplaat en plaat van het Groot Buitenschoor: toestand in 1958 met situering hoogteprofielen. Recht= met rechte kreken; vlak= zonder kreken; meander= met meanderende kreken (Van Braeckel et al., 2009).

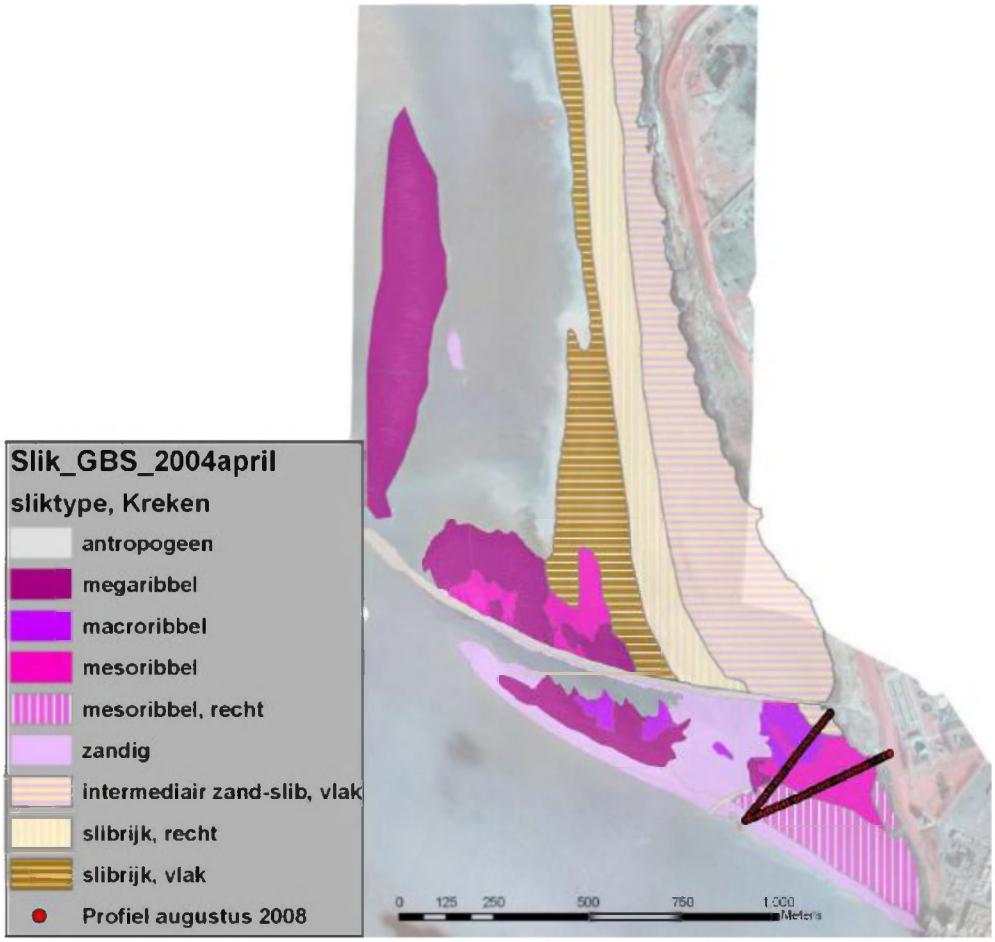
Na de aanleg van de strekdam (1968-1971) verandert het beeld sterk (Figuur 2-31). De hoofdvloedgeul is deels dichtgeslibd, ligt opnieuw verder van de vaargeul weg en heeft nu een duidelijke noord-zuid oriëntatie. De vorm van de Ballastplaat is sterk gewijzigd. Het is nog steeds een plaat met sterke ribbelpatronen, maar de extreme golflengtes (>25m) komen niet meer voor. Er is nu ook een opvallende kortsluitgeul te zien naar de buitenste vloedgeul die tegen de strekdam loopt. Ten zuiden van de strekdam is er een grote variatie in de oriëntatie van de megaribbels. Daarnaast is het slibrijke deel inclusief de zandige slibplaat zichtbaar als een langgerekte vorm evenwijdig met het schor.



Figuur 2-31: Evolutie van de Ballastplaat en plaat van het Groot Buitenschoor in 1973 met situering van de hoogteprofielen. Recht= met rechte kreken; vlak= zonder kreken; meander= met meanderende kreken (Van Braeckel et al., 2009).

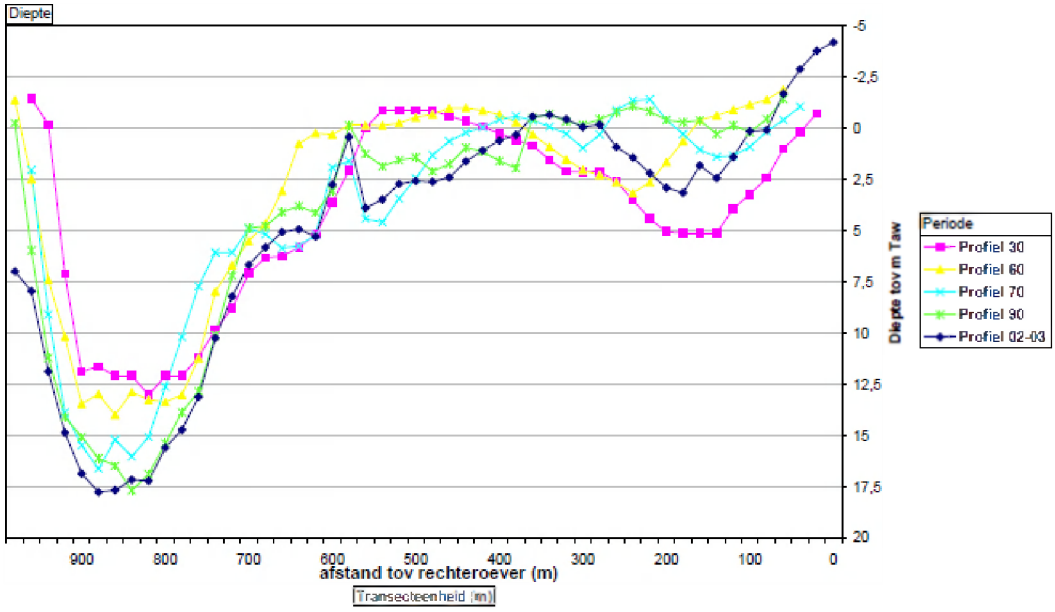
Na 1973 (vooral na 1992) zijn de uitgestrekte zandige duinen van de Ballastplaat sterk in oppervlakte afgenomen zoals te zien voor de situatie van 2004 (Figuur 2-32). Daartegenover is de slikplaat van het Groot Buitenschoor sterk toegenomen. Vooral het vlakke slibrijke slik en de intermediair zandige slibvlakte naast het schor zijn sterk in breedte toegenomen. Ondertussen is het schor uitgebreid in westelijke richting tegen de nieuwe dijk, na de ontpoldering van de Nieuw Westlandpolder (Van Braeckel et al., 2009).

Er komen nog relatief weinig zones met megaribbels voor en de golflengte ervan is veel kleiner geworden. Het verdwijnen van de ribbels is een relatief recent fenomeen want op de foto's van 1996 zijn ze nog over een veel groter oppervlak aanwezig. Ook veldwaarnemingen tonen aan dat er in het zuidelijk deel momenteel zeer grote wijzigingen gaande zijn. In 2004 stak de strekdam ter hoogte van de aansluiting op de dijk nog ver boven het slik uit. In 2008 is alleen de top ervan nog te zien. Hier heeft op heel korte tijd dus zeer sterke sedimentatie plaatsgevonden (Piesschaert et al., 2008).



Figuur 2-32: Evolutie van de Ballastplaat en plaat van het Groot Buitenschoor in april 2004 met situering van de hoogteprofielen. Recht= met rechte kreken; vlak= zonder kreken (Van Braeckel et al., 2009).

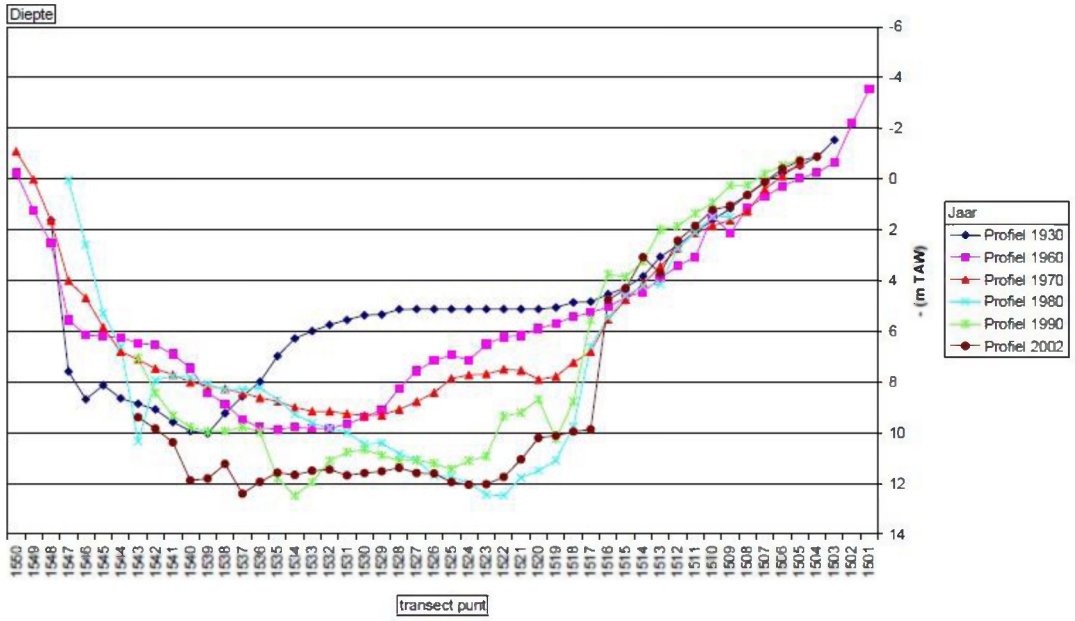
Op basis van bathymetrische data (Figuur 2-33) kan de verschuiving van de Ballastplaat met 10 m in oostelijke richting waargenomen worden alsook de opslibbing van het slik van het Groot Buitenschoor.



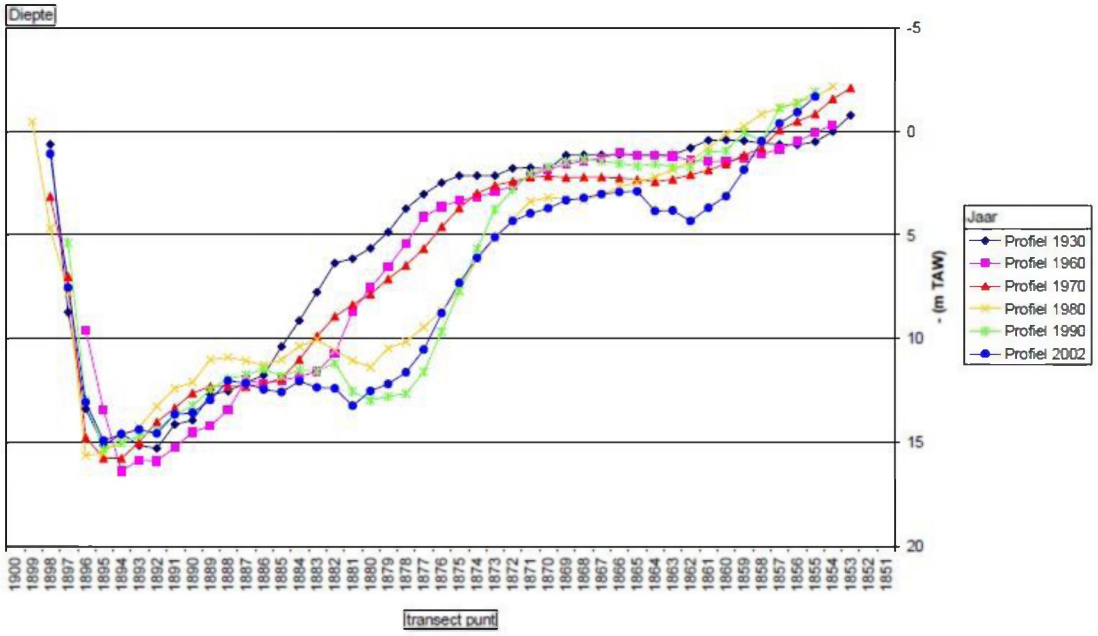
Figuur 2-33: Evolutie van het dwarsprofiel op het Groot Buitenschoor tussen 1930 en 2002 op 750m van de Belgisch- Nederlandse grens (Van Braeckel et al., 2009).

2.6.3.2 Plaat van Lillo

De Plaat van Lillo is één van de grootste subtidale platen in de Zeeschelde. Figuur 2-34 toont een profiel in het noordelijk deel van de plaat. Hier is in 1930 de matig diep gelegen plaat duidelijk te zien als een plateau, maar in 1960 en 70 is ze al sterk in omvang afgenomen door een verschuiving van de vaargeul naar de rechteroever. In 1980, na de eerste verdieping, is de plaat volledig weggegraven. Er is een steile knik tussen de diepe vaargeul en de ondiepe sublitorale gebieden. Figuur 2-35 toont het profiel verder stroomopwaarts op de plaat waar ze in de ondiepe zone ligt. Tot 1970 blijft de oppervlakte er vrij stabiel, maar na de eerste verdieping is aan de vaargeulzijde een groot stuk verdwenen. Het restant van de plaat is de laatste decades ook duidelijk dieper komen te liggen (Piesschaert et al., 2008).



Figuur 2-34: Profiel in het meer stroomafwaarts gedeelte van de Plaat van Lillo (Piesschaert et al., 2008).



Figuur 2-35: Profiel in het meer stroomopwaarts gedeelte van de Plaat van Lillo (Piesschaert et al., 2008).

2.6.3.3 Ketelplaat

In tegenstelling tot de Plaat van Lillo is de Ketelplaat in 1960 al sterk teruggeweken, zoals te zien is in Figuur 2-36. Dat is mede te wijten aan de ingebruikname van de Boudewijnsluis in 1955, waarbij de top van de Ketelplaat wellicht werd weggehaald. In de latere jaren zien we vooral een verandering in het profiel van de vaargeul (van V-vormig naar U-vormig). Het 'herstel' van het profiel in 2002 vergeleken met de situatie vlak na de eerste verdieping (1980)

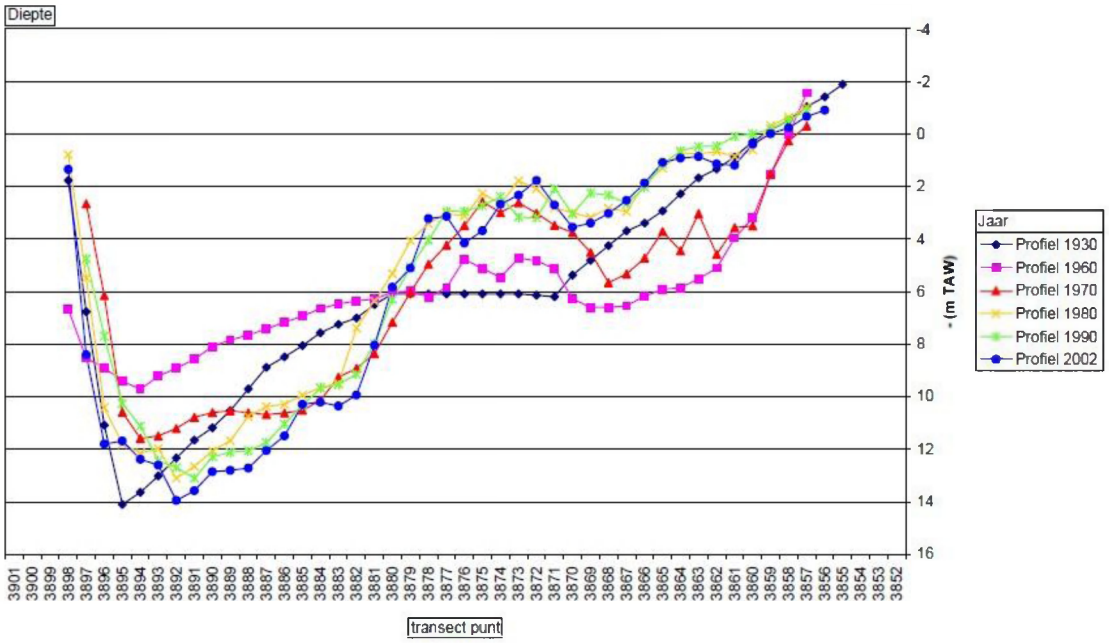
zien we op vele plaatsen optreden en illustreert het zoeken van de rivier naar een nieuw evenwicht.



Figuur 2-36: Profiel van de Ketelplaat (Piesschaert et al., 2008).

2.6.3.4 Plaat van Boomke

Het aantal baggerstortlocaties is beperkt. Aan de Plaat van Boomke zien we echter een voorbeeld waar door de stortactiviteiten sinds 1980 een brede ondiepe tot matig diepe zone ontstaan is. Het oppervlak is wel veel onregelmatiger dan die van een natuurlijke plaat. Het profiel is sterk gewijzigd door een rivierwaarts opschuiven van de dijk, waardoor het schor vrijwel volledig verloren ging. Aan de voet van de dijk ligt een jong schor van ongeveer 15 m breed dat het sedimentatievlak aan het koloniseren is. Actieve schoraangroei is een zeldzaam fenomeen geworden langs de Zeeschelde (Piesschaert et al., 2008), dit is een van de weinige locaties waar het nog plaatsvindt.

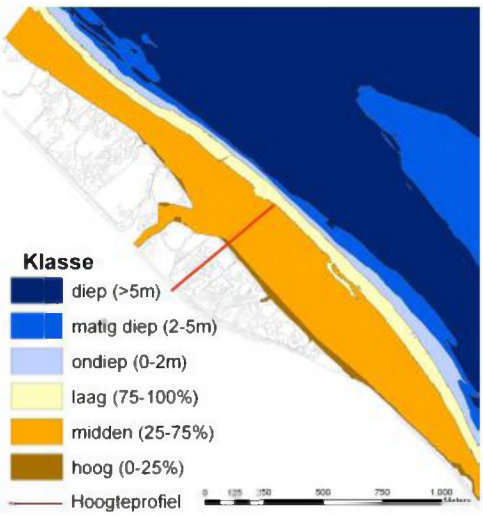


Figuur 2-37: Profiel van de Plaat van Boomke (Piesschaert et al., 2008).

2.6.3.5 Plaat van Doel

Met de slikplaat van Doel, vroeger ook Bank van Doel genaamd, wordt de losliggende plaat voor het slik-schorgebied bedoeld. De schaar van Doel is een tweede belangrijke stortplaats, maar er wordt ook veel zand gewonnen. De evolutie is dan ook moeilijk interpreteerbaar, maar het is wel duidelijk dat de Plaat van Doel na 1960 veel lager kwam te liggen en smaller werd, mogelijk ten gevolge van de zandwinning (Piesschaert et al., 2008).

Het slik van Ouden Doel bestaat in het zuidoostelijk deel uit een smalle zone hoog slik nabij de schorrand, een uitgestrekt middelhoog slik en een smalle zone laag slik (Figuur 2-38). Het hoog slik van maar enkele meters breed, is enkel in het zuiden aanwezig. Het laag slik vormt een kortere meer dynamische steile zone (Van Braeckel et al., 2009).



Figuur 2-38: Fysiotopen voor het slik en schor van Ouden Doel. Kaart gebaseerd op gegevens uit 2001 (Van Braeckel et al., 2009).

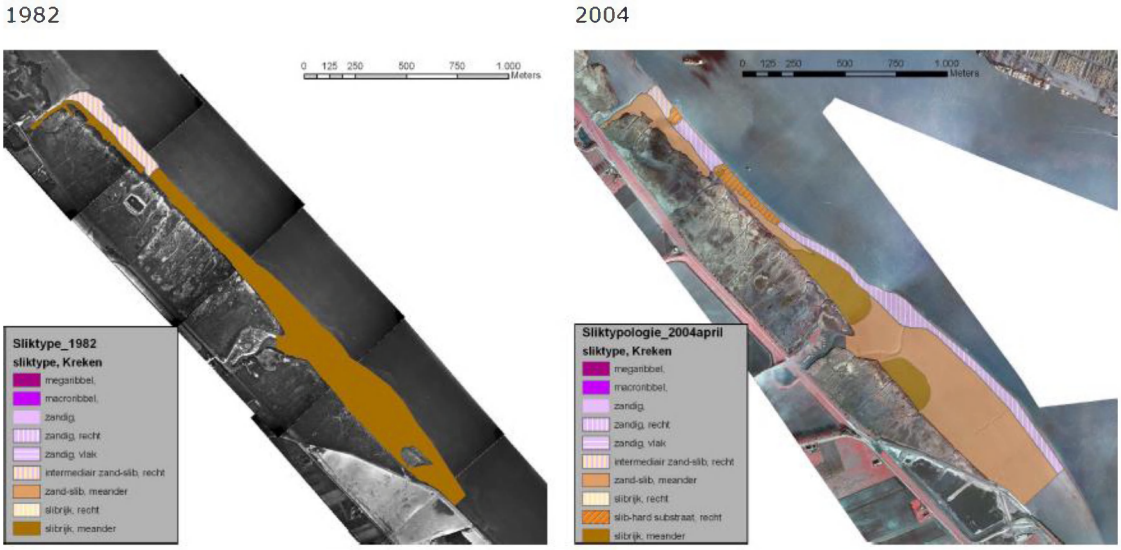
Ter hoogte van Ouden Doel kon tot 1958 gesproken worden van een meergeulensysteem, met naast de hoofdgeul ook een vloedgeul of de schaar van Doel, die de Bank van Doel scheidde van het toen smallere slikgebied (Figuur 2-39). Tussen 1958 en 1969 verandert het slik niet veel in oppervlakte maar de kenmerken veranderen wel. De slibrijke zone in het noordelijk deel wordt breder, in het zuidelijk deel verbreedt de zone met meanderende kreken. Beiden suggereren een verflauwing van de helling en/of het verlagen van de dynamiek. Wat overblijft van de Bank van Doel verdwijnt door de aanleg van de strekdam.



Figuur 2-39: Evolutie van de plaat van Doel en het slik van Ouden Doel 1958 – 1969 (Van Braeckel et al., 2009).

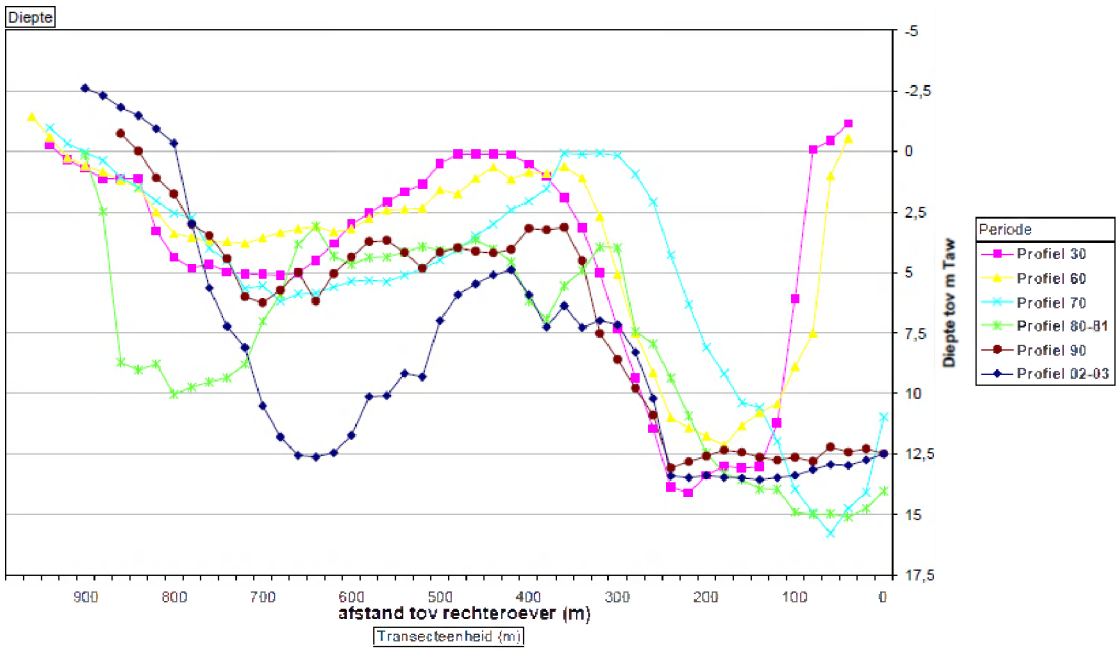
Tussen 1969 en 1982, verbreedt het zuidelijk deel van het slik verder in de luwte van de strekdam. De zone met meanderende kreken breidt er zich rivierwaarts uit. In het noordelijkste deel verandert er verder weinig.

Tussen 1982 en 2004 is in het noordelijk deel vooral de verbreding van het slik door afkalving van het schor waarneembaar (Figuur 2-40). Harde substraten komen door sterke erosie van het slik aan de rivierzijde meer en meer aan de oppervlakte te liggen. Het zuidelijke deel verbreedt en wordt zandiger.



Figuur 2-40: Evolutie van de plaat van Doel en het slik van schor Ouden Doel 1982 – 2004 (Van Braeckel et al., 2009).

De bathymetrische data bevestigen deze lange termijn trend. De Doelplaat en het slik van Ouden Doel hebben sterke veranderingen ondergaan. De Doelplaat is in vergelijking met 1930 met 5m gezonken waardoor ze niet meer aan de oppervlakte zichtbaar is. Het slik van Ouden Doel is daarentegen verhoogd en in oostelijke richting uitgebreid (Figuur 2-41).



Figuur 2-41: Evolutie van de subtidale en intertidale hoogteprofiel tussen 1930 en 2002 op 4,5 km van de Belgisch-Nederlandse grens (Van Braeckel et al., 2009).

Op korte termijn is er vooral sedimentatie waar te nemen op het slik van Ouden Doel. Echter, in het noordelijke deelgebied dat dichtst bij de vaargeul of het gat van Doel ligt, is erosie waar te nemen (Van Braeckel et al., 2009).

3. BENEDEN-ZEESCHELDE VANAF ANTWERPEN (OMES 12-13)

3.1 INLEIDING

De kaart in A.2 van de Beneden-Zeeschele vanaf Antwerpen toont de afbakening van Omes segmenten 12 en 13, enkele belangrijke landschapselementen en schorgebieden.

Dit gedeelte van de Zeeschelde wordt gekenmerkt door de skyline van Antwerpen en industriële activiteiten op de rechteroever. Hierdoor bestaat het merendeel van de oever uit rechte kaaimuren en is de oppervlakte slikken en schorren eerder beperkt. Verder stroomopwaarts ligt het natuurreservaat 'Hobokense Polder', een grotendeels opgehoogde polder kende de laatste 40 jaar een overwegend spontane evolutie. De delen die nog op het oorspronkelijk poldermiveau liggen vormen de laatste polderrestanten tussen Antwerpen en de Rupel.

Op de linkeroever, die overwegend polders bevat, is er een bijna ononderbroken slikstrook, op sommige plaatsen zeer smal. Het schor is op verschillende plaatsen onderbroken maar er zijn enkele waardevolle stukken: tussen het Sint-Annabos en het strand is er een rijke schorstrook, tussen het strand en de jachthaven is er een intact rietveld, tegenover het Galgenweel is er een redelijk breed en mooi ontwikkeld schor. Op de rechteroever zijn er enkele smalle slikstroken met rietkraag voor het Noordkasteel, tussen de Royersluis en de Kattendijksluis en voor het Polderbos.

Twee grote Sigmawerken zijn in dit gedeelte reeds van start gegaan: de versteviging van de Antwerpse Scheldekaaien en het inrichten van het overstromingsgebied Kruibeke-Bazel-Rupelmonde. Deze werken moet bijdragen tot de bescherming van het omliggend landschap tegen overstromingen.

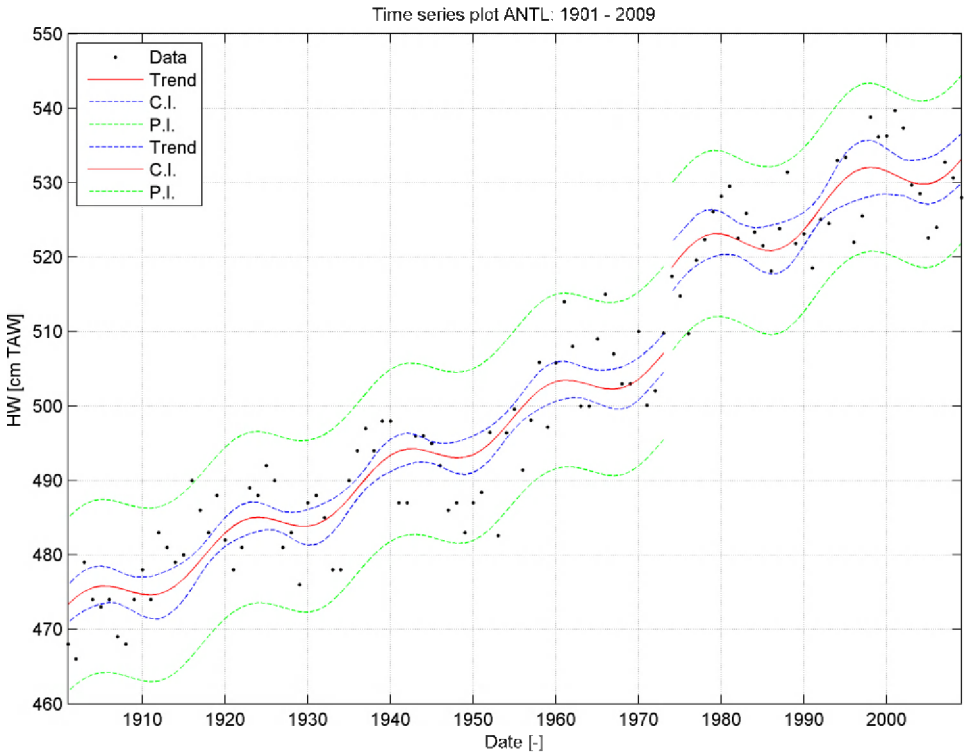
3.2 SLEUTELASPECTEN

In het gebied tussen Antwerpen en de monding van de Rupel blijkt dat de jaargemiddelde hoogwaterstanden zijn toegenomen, onder andere door de morfologische veranderingen in het estuarium, en de laagwaterstanden overgaan van een stagnatie naar een stijging.

In het deel van de Beneden-Zeeschelde tussen Antwerpen en Schelle is de loop van de rivier in de afgelopen 50 jaar nagenoeg ongewijzigd gebleven. Niettemin hebben de menselijke ingrepen in dit deel geleid tot het vastleggen van een min of meer harde begrenzing, gekenmerkt door een strakke bedijking en een aantal harde punten. Van baggerwerkzaamheden of uitgevoerde verdiepingswerken zijn in dit deel van de Schelde geen gegevens bekend en hebben waarschijnlijk niet plaatsgevonden (geen referentie beschikbaar). Ondanks het ontbreken van informatie over uitgevoerde werken, wordt er in de waarnemingen structurele verdieping van de rivierbodem waargenomen welke kan worden gerelateerd aan de toename van de getijslag (zie ook paragraaf 2.5.3).

3.3 ONTWIKKELING VAN HET GETIJ

De tijdreeks jaargemiddelde hoogwaterstanden zijn voor Antwerpen-Loods samen met de trendlijn weergegeven in Figuur 3-1 (Consortium T2009, 2012).



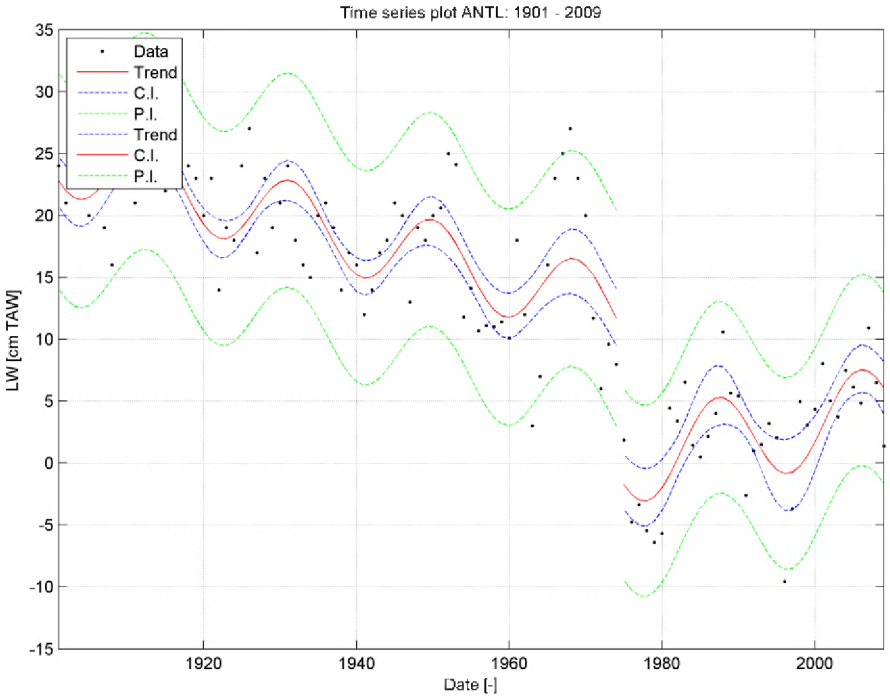
Figuur 3-1: Regressiemodellen voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden van Antwerpen-Loods gekalibreerd voor periodes 1901-1973 en 1974-2009 (Consortium T2009, 2012).

De jaargemiddelde hoogwaterstanden stijgen lineair, hoewel er lokaal een afname optreedt tussen Liefkenshoek en Antwerpen-Loods (Tabel 3-1). Net als in het meer stroomafwaarts gedeelte van de Beneden-Zeeschelde is in elk station een duidelijke trendbreuk in de tijdreeksen van de jaargemiddelde hoogwaterstanden te onderscheiden midden jaren '70. Dit is waarschijnlijk te correleren met de eerste verruiming/verdieping van de Zeeschelde en de gelijktijdige zandextractie in de Westerschelde tussen 1970 en 1980 (Consortium T2009, 2012).

Tabel 3-1: De stijging van het jaargemiddelde hoog- en laagwater in de Beneden-Zeeschelde vanaf Antwerpen tot de Rupelmonding (Consortium T2009, 2012).

Meetstation	Periode trend	HW stijging (cm/eeuw)	LW stijging (cm/eeuw)
Oosterweel	1987-2009	-	-1,48
Antwerpen-Loods	1974-2009	47,88	11,93
Hemiksem	1981-2009	50,68	-
Schelle	1975-2009	61,20	17,88

Vanaf het meetstation Antwerpen-Loods wordt een lineair dalende trend in de jaargemiddelde laagwaterstanden waargenomen vóór het optreden van de trendbreuk van 1975 (Figuur 3-2). Na de trendbreuk verdwijnt de stagnatie van het jaargemiddelde laagwater die zichtbaar was in het meer stroomafwaarts gedeelte, en stijgt het opnieuw tot 20 cm/eeuw tussen Antwerpen en Schelle (Tabel 3-1), waarna opwaarts van Temse meestal een (sterk) dalende trend optreedt (Consortium T2009, 2012).



Figuur 3-2: Jaargemiddelde laagwaterstanden van het meetstations te Antwerpen-loods. Regressiemodel 1 gekalibreerd voor periode 1901-1974 en regressiemodel 2 gekalibreerd voor periode 1975-2009: T2009 trendlijn (Consortium T2009, 2012).

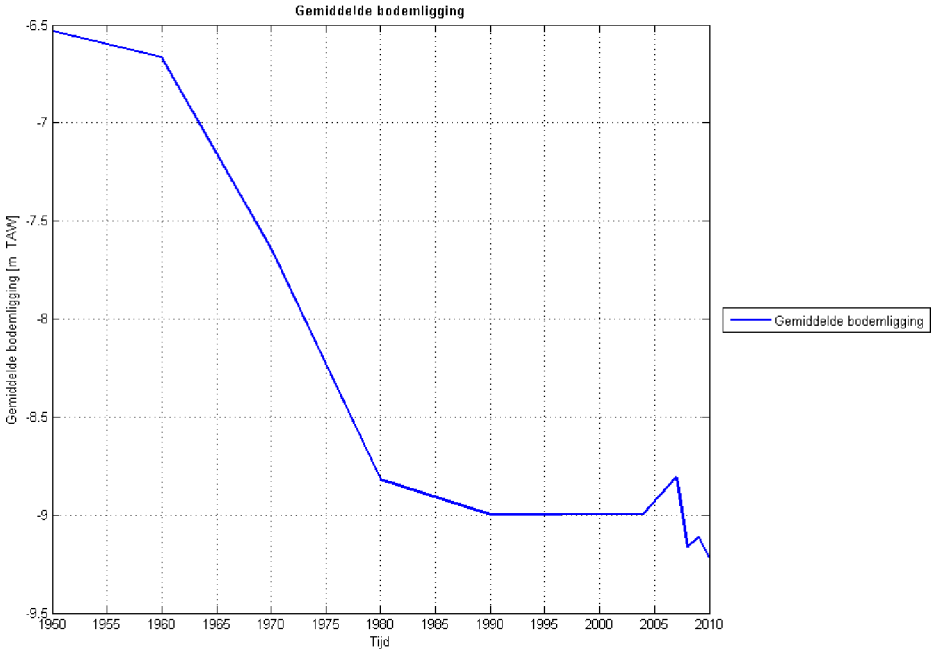
3.4 MORFOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

Op basis van de beschikbare bodemgegevens werd een analyse uitgevoerd van de bodemligging van de gehele Beneden-Zeeschelde, zie paragraaf 2.5. Uit deze analyse blijkt dat voor de meer opwaartse segmenten, vanaf ongeveer Oosterweel – Antwerpen, vooral een verdieping tussen 1960 en 1980 heeft plaatsgevonden. De gemiddelde verdieping van de bodem in deze segmenten bedraagt circa 1,5 m tot 2,0 m (zie Figuur 3-3 en Figuur 3-4). Lokaal neemt de bodemdiepte met 3 m tot 5 m toe. In vergelijking, voor de meer afwaartse segmenten van de Beneden-Zeeschelde is vooral tussen 1970 en 2010 sprake van een dominante trend van verdieping. De gemiddelde verdieping van de bodem in deze segmenten bedraagt circa 2,5 m tot 5,0 m. Eveneens voor het opwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde geldt dat ook na 1980 nog een beperkte daling van de gemiddelde diepte wordt waargenomen (zie Figuur 3-3).

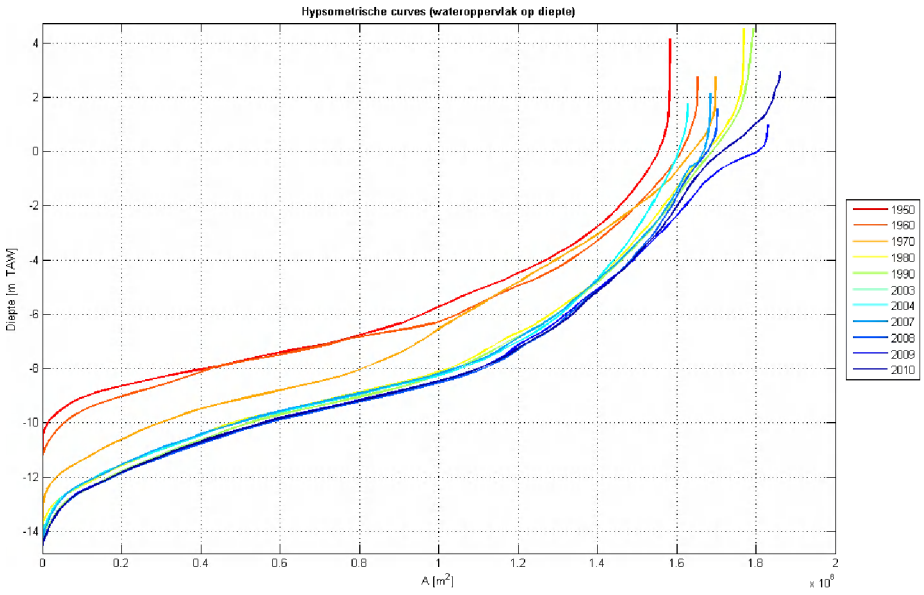
Analyse van de hypsometrische curves (Figuur 3-4) laat zien dat de rivier rond de laagwaterlijn (0m TAW) slechts beperkt in breedte wijzigt. Uitzondering lijkt het gebied tussen Antwerpen en Hoboken (niet getoond), waar een duidelijke verruiming zich ook doorzet in het intergetijdegebied. Echter, de recentere bodems beslaan over het algemeen een groter

gebied dan de oudere bodems en bevatten dus meer ondiep areaal. Hierdoor kunnen over de ontwikkeling van het ondiep areaal geen harde conclusies worden getrokken.

Door de toegenomen diepte en verbreding van het stroomvoerend oppervlak is globaal gezien het oppervlak beneden -10m TAW meer toegenomen dan het oppervlak op 0m TAW, wat tevens een versteiling van het profiel aangeeft. Deze versteiling en verdieping zorgt voor een afname van de ecologisch belangrijke ondiepe delen.



Figuur 3-3: Variatie in bodemligging in de zone tussen Hoboken – Hemiksem (Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis, 2013a)



Figuur 3-4: Hypsometrische curves van oppervlak in de zone tussen Hoboken – Hemiksem (Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis, 2013a)

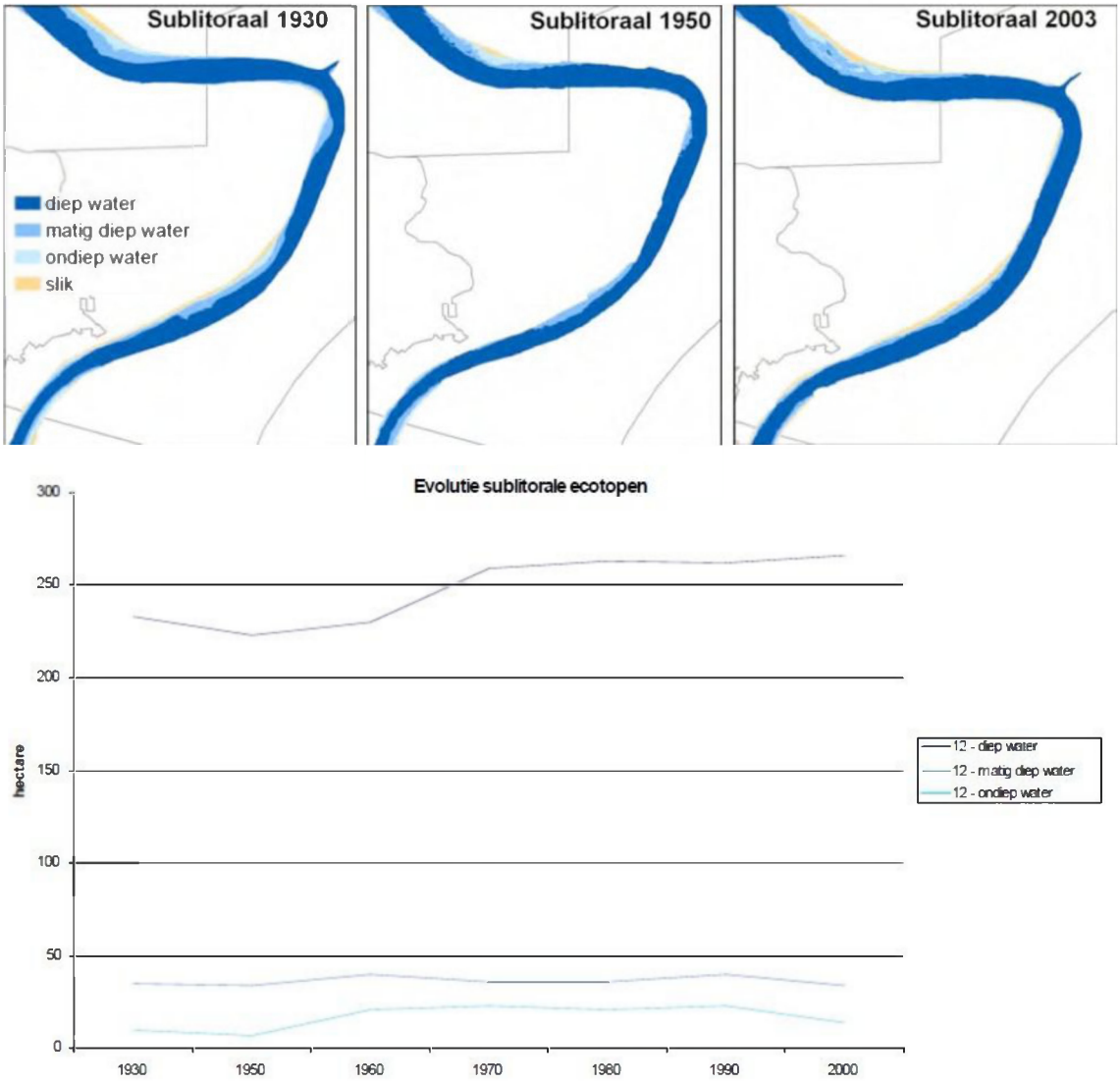
In paragraaf 2.5.3 wordt een relatie voorgesteld tussen de waargenomen verdieping, de toegenomen getijslag en de baggerwerken in het afwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde. Er wordt gesteld dat de versnelde toename van de getijslag tegelijkertijd een gevolg als een oorzaak is van de waargenomen opwaartse verdiepingen. In paragraaf 2.5.2 wordt aangegeven dat in de sedimentbalans van de Zeeschelde rekening moet worden gehouden met een belangrijk aandeel van afwaarts getransporteerd zand. Aangezien in het opwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde geen verdiepingswerken zijn uitgevoerd en er ook geen gegevens bestaan van zandwinning wordt een indirect verband met de verdiepingswerken in het afwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde vermoed. Zoals toegelicht in paragraaf 2.5.3 kan het stelselmatig verwijderen van het zand uit de Beneden-Zeeschelde de oorzaak zijn van de waargenomen verdieping opwaarts en de daaraan gekoppelde toename van de getijslag.

3.5 ECOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

3.5.1 Wijzigingen in ecotopen

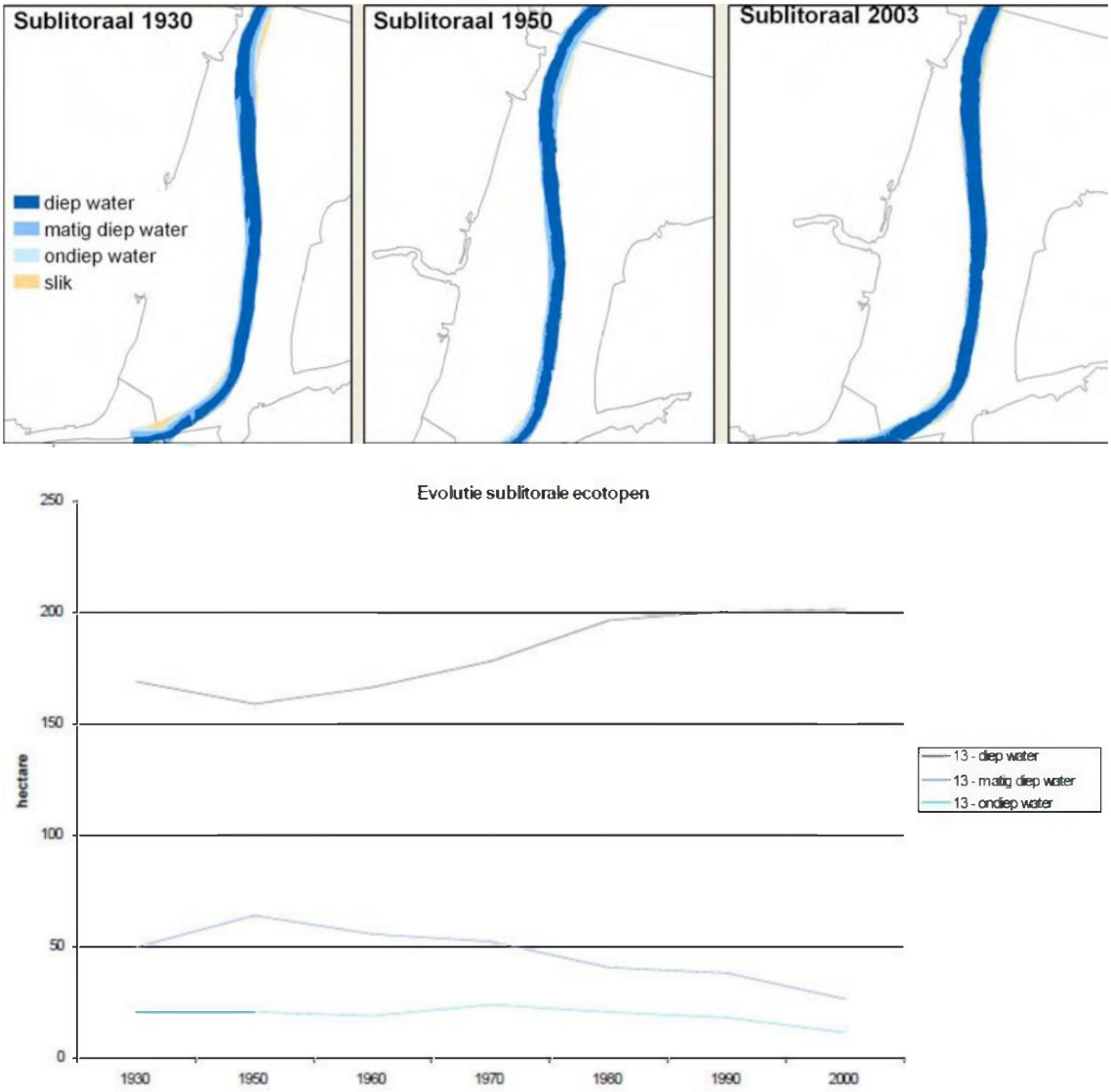
3.5.1.1 Sublitoraal

De Palingplaat (linkeroever ter hoogte van Sint-Anna) is in de loop der jaren nagenoeg volledig verdwenen (Figuur 3-5). De Vlakte op linkeroever ter hoogte van het Galgenweel is wel nog vrij intact gebleven (Van Braeckel et al., 2006).



Figuur 3-5: Ontwikkelingen van het sublitoraal en naburig slik in het Omes segment 12 van 1930 tot 2003 (Van Braeckel et al., 2006).

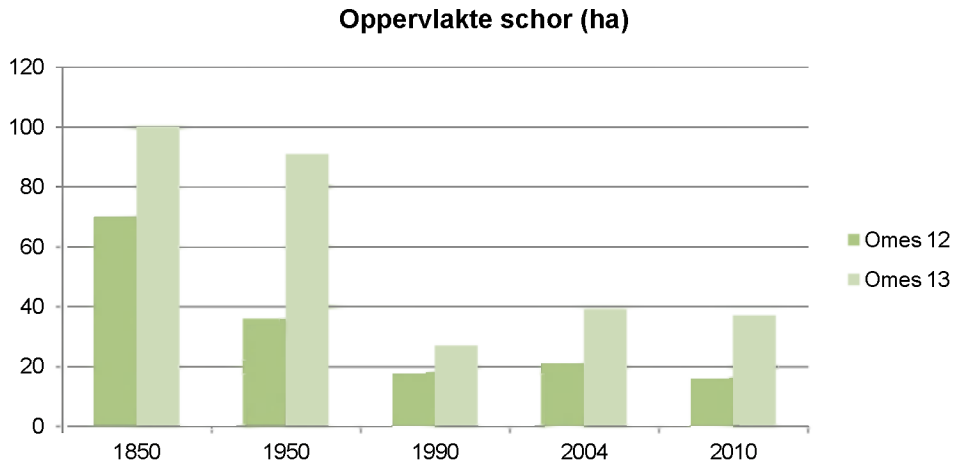
Verder stroomopwaarts vertoonde het relatief smalle traject in 1930 en 1950 nog een smalle ondiepe zone aan de rechteroever ter hoogte van de Hobokense polder (Figuur 3-6). In 2003 jaar is die nagenoeg volledig verdwenen. Het aandeel diep water is in deze zone duidelijk gestegen ten koste van de ondiepe zones.



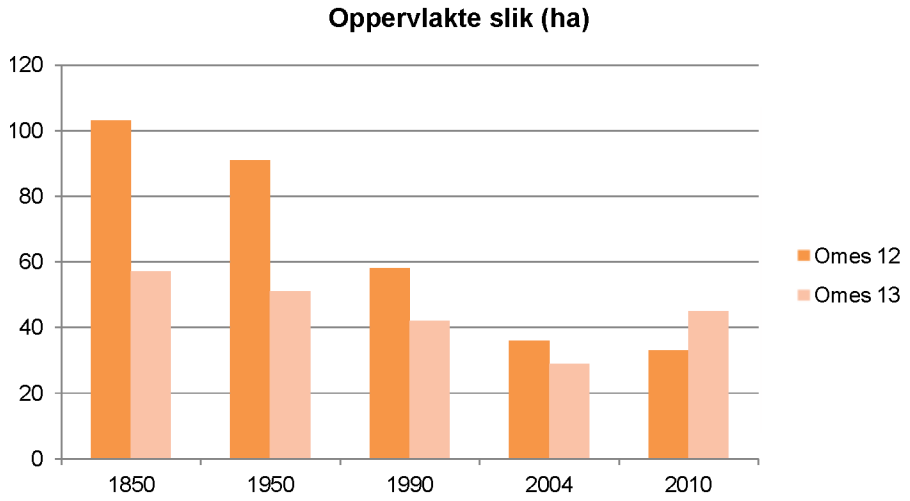
Figuur 3-6: Ontwikkelingen van het sublitoraal en naburig slik in het Omes segment 13 van 1930 tot 2003 (Van Braeckel et al., 2006).

3.5.1.2 Slikken en schorren

De evolutie aan oppervlakte schorren en slikken binnen deze twee Omes segmenten is weergegeven in Figuur 3-7 en Figuur 3-8. De verandering in verhouding schor, slik en subtidaal tussen 1990 en 2004 wordt getoond in Figuur 3-9.

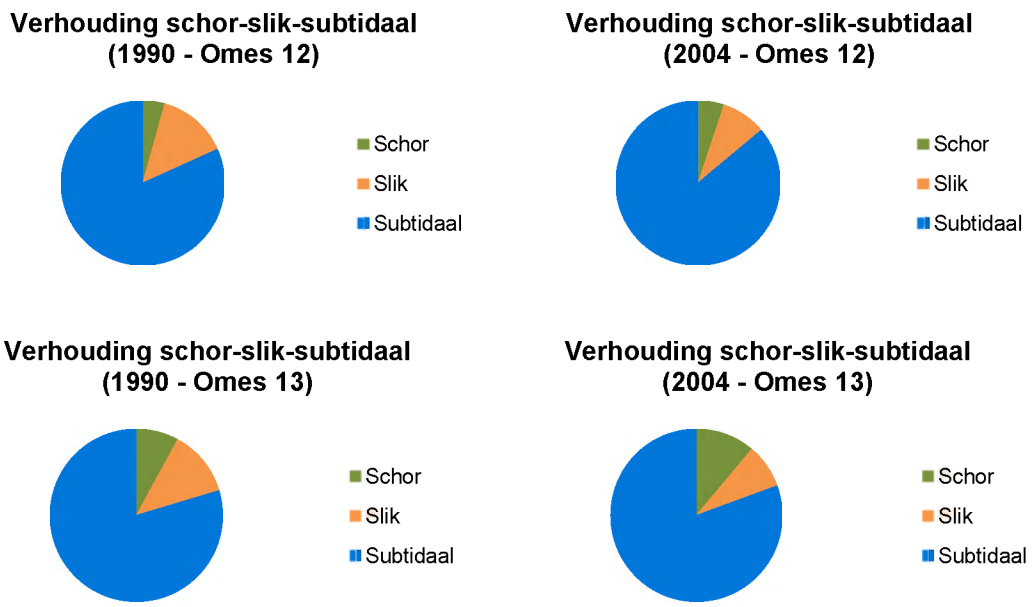


Figuur 3-7: Evolutie van de schorgebieden tussen 1850 en 2010 (data gebaseerd op Adriaensen et al., 2005 en Consortium T2009, 2012).



Figuur 3-8: Evolutie van de slikgebieden tussen 1850 en 2010 (data gebaseerd op Adriaensen et al., 2005 en Consortium T2009, 2012).

Ook in dit deel van de Beneden-Zeeschelde kan geconcludeerd worden dat oppervlakte schor en slik afneemt t.o.v. 1850, 1950 en 1990. In de schoroppervlakte in Omes 13 en in mindere mate Omes 12 nam opnieuw toe door het herstel van het Schor van Kruibeke-Bazel-Rupelmonde.



Figuur 3-9: Verandering in verhouding schor-slik-subtidaal tussen 1990 en 2004 voor Omes 12 en 13 (Figuren op basis van data in Adriaensen et al., 2005).

3.5.2 Ontwikkelingen in de schorgebieden

De Polder van Kruibeke-Bazel-Rupelmonde werd in 1996 toegevoegd aan het vogelrichtlijngebied 'Durme en Middenloop van de Schelde' als compensatie voor de inkrimping van het vogelrichtlijngebied 'Schorren en polders van de Beneden Schelde' bij de inrichting van het Deurganckdok. Het Polderbos, een loofhout aanplant, op opgespoten terrein, overwoekerd door ruigtekruiden en natuurlijke opslag van wilg, zwarte els en berk, maakt deel uit van het natuurreservaat 'Hobokense polder'.

De schor- en slikoppervlakte nemen weer toe ten opzichte van vorige Omes segmenten. Op de linkeroever is het slik ook niet breed maar is er een min of meer ononderbroken schor vanaf Kruibeke tot aan de Rupelmonding. In stroomopwaartse richting vormen de schorren progressief grotere en bredere eenheden in vergelijking met de stroomafwaartse trajecten, rietvelden en –kragen gaan geleidelijk over in wilgenvloedbossen.

3.5.2.1 Schor voor Galgenweel

Het Schor voor Galgenweel is een lang en relatief smal schor gelegen tussen de Kennedytunnel en de Waaslandtunnel. Het is begroeid met rietgedomineerde vegetaties en biezen.

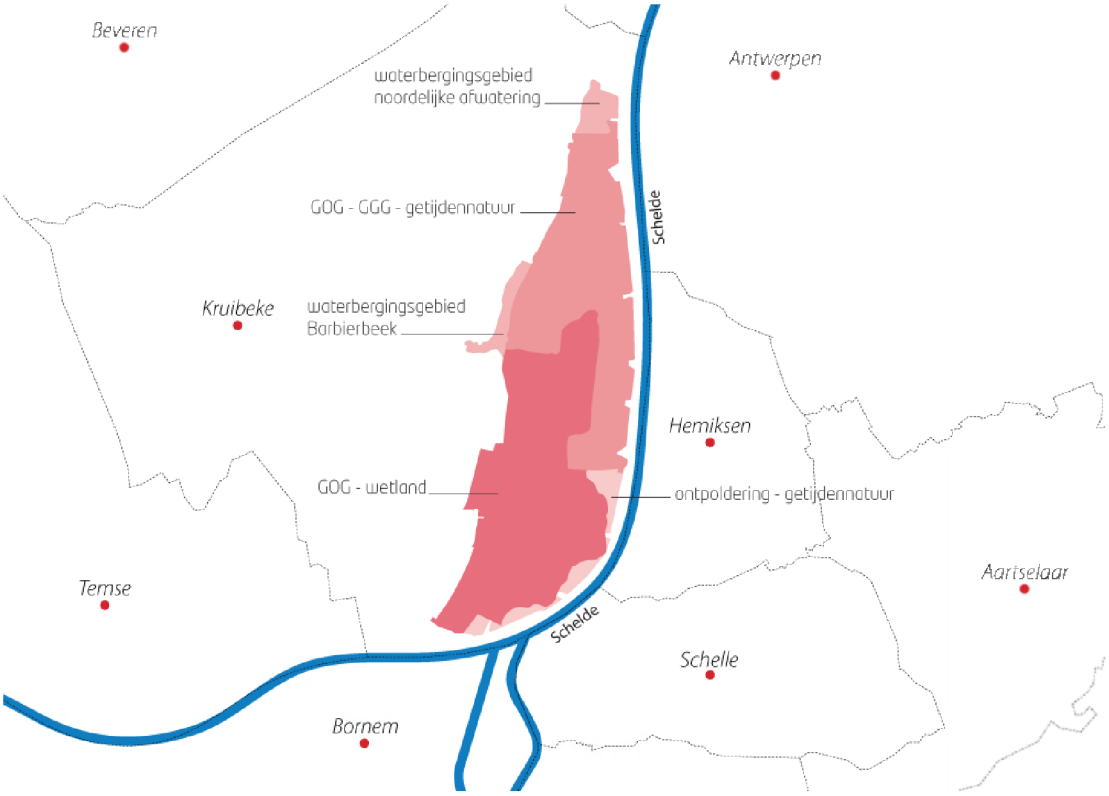
In de jaren '60 was het Schor voor Galgenweel tot 80 m breed, relatief vlak en met een klif van ongeveer 1 m. Het is niet duidelijk of de schorrand al met breuksteen beschermd was. Het slik was een 70-tal m breed en vrij steil.

Tegenwoordig is het schor wel met breuksteen beschermd. Aan de breedte van het schor is weinig gewijzigd, hoewel het schoroppervlak onregelmatig is omdat er op gestort is bij de aanleg van de Kennedytunnel. Het slik is versmald tot ca. 60 men de slikhelling nam toe. De vele klifrandjes op het slik duiden erop dat hier nog steeds actieve erosie optreedt (Piesschaert et al, 2008).

3.5.2.2 Schor van Kruibeke-Bazel-Rupelmonde

Het project in Groot-Kruibeke is het dertiende en laatste overstromingsgebied in het kader van het oorspronkelijke Sigmaplan. Ter hoogte van Kruibeke mondt de Rupel uit de Schelde. Op deze strategisch gekozen plek wordt er in kader van het Sigmaplan gewerkt aan het grootste gecontroleerd overstromingsgebied Kruibeke-Bazel-Rupelmonde (GOG KBR), dat ruim 600 hectare telt. Eens operationeel wordt de kans op overstromingen vanuit de Schelde en haar zijrivieren vijf keer kleiner en ontstaat er eveneens een uniek natuurgebied. In 2013-2014 zou dit onderdeel van het Sigmaplan gerealiseerd moeten zijn.

Slechts een à tweemaal per jaar, bij het samenvallen van storm- en springtij, stroomt overtollig Scheldewater het binnendijkse gebied binnen. Een gedeelte van het buitendijks overstromingsgebied herbergt ook getijdennatuur (in het gecontroleerd gereduceerd getijdengebied of GGG), een ander deel wordt wetland. Door dit project komen 300 hectare slikken en schorren, 150 hectare weidevogelgebied en 92 hectare elzenbroekbossen bij het estuarium (www.sigmaplan.be).



Figuur 3-10: Overzicht van de geplande herstelwerken voor het overstromingsgebied Kruibeke-Bazel-Rupelmonde (www.sigmaplan.be).

4. BOVEN-ZEESCHELDE (OMES 14 -19 TIJARM)

4.1 INLEIDING

De Boven-Zeeschelde omvat Omes segmenten 14 t.e.m. 19, inclusief de tijarm. In A.3 zijn deze weergegeven op de kaart, alsook de relevante schorgebieden.

De Boven-Zeeschelde ligt buiten de invloedssfeer van de havenstad en de zware industrieën er rond. De rivier is hier smaller en de bochten korter. In Melle splitst de Schelde in de Ringvaart en de tijarm, het laatste Omes segment. De tijarm eindigt aan de sluis van Gentbrugge en door het wegvallen van de aanvoer van rivierwater in1969 en het minder intensief baggeren sinds 1982 is dit traject vandaag grotendeels dichtgeslibd. In deze zone hebben zich belangrijke natuurwaarden ontwikkeld onder invloed van de getijdenwerking, met aanzienlijke oppervlakten aan Europees beschermde zoetwaterslikken en -schorren. De afdamming van de schutsluis in Gentbrugge en de aanleg van de Ringvaart in 1975 maakten dat de bovenafvoer slechts gedeeltelijk de Zeeschelde bereikt.

De Boven-Zeeschelde is het rijkst aan schorren, voornamelijk in de stroomafwaartse helft. Stroomopwaarts zijn er slechts enkele noemenswaardige slikken: de schorranden zijn steil en op veel plaatsen met breuksteen verdedigd tegen erosie waardoor er maar weinig ruimte voor slik overblijft. Het meest stroomopwaartse deel is volledig gekanaliseerd. Tussen de ringvaart en de sluis van Gent is de Schelde zodanig verland dat de ganse geul droogvalt bij laag water.

4.2 SLEUTELASPECTEN

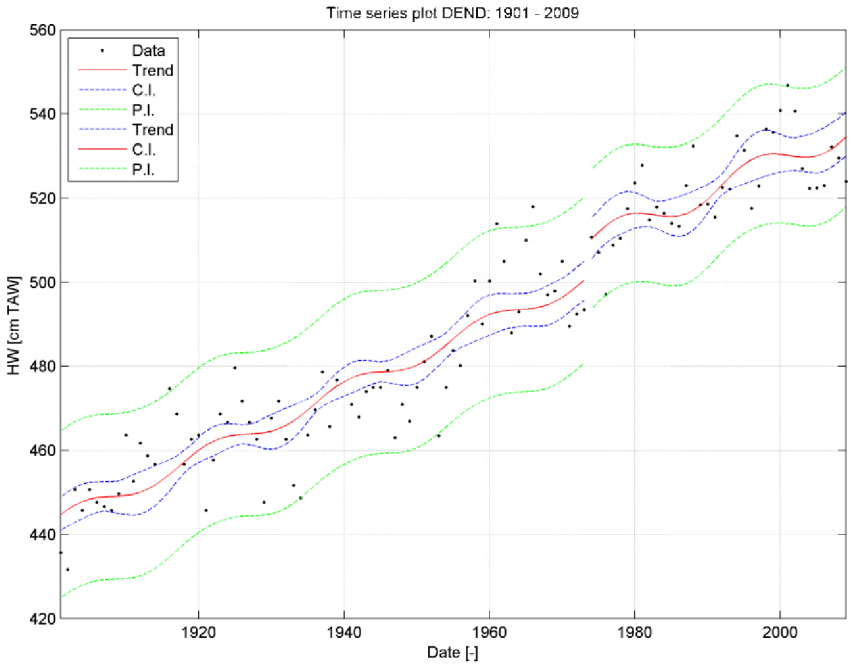
De stijgende lineaire trend in de jaargemiddelde laagwaters die zich voordoet in de Beneden-Zeeschelde vanaf Antwerpen tot aan de Rupelmonding, verandert ter hoogte van Temse in een dalende lineaire trend tot -90 cm/eeuw te Melle. De jaargemiddelde hoogwaters vertonen net als in de Beneden–Zeeschelde een stijgende trend.

De grootste morfologische veranderingen die plaatsvonden in de Boven-Zeeschelde zijn de rechttrekkingen die de voorbije 150 jaar zijn uitgevoerd. Dit betekende een groot verlies in het stroombergend vermogen en zorgde voor een versnelling van de vloedgolf. Een aantal Sigmawerken zijn gepland of reeds gestart met herstelmaatregelen om de stroombergende breedte opnieuw te doen toenemen.

Van baggerwerkzaamheden of uitgevoerde verdiepingswerken zijn in dit deel van de Schelde geen gegevens bekend en hebben waarschijnlijk niet plaatsgevonden (geen referentie beschikbaar). Ondanks het ontbreken van informatie over uitgevoerde werken, wordt er in de waarnemingen structurele verdieping van de rivierbodem waargenomen die gelijk op gaat met de ontwikkeling van het getij (zie ook paragraaf 2.5.3).

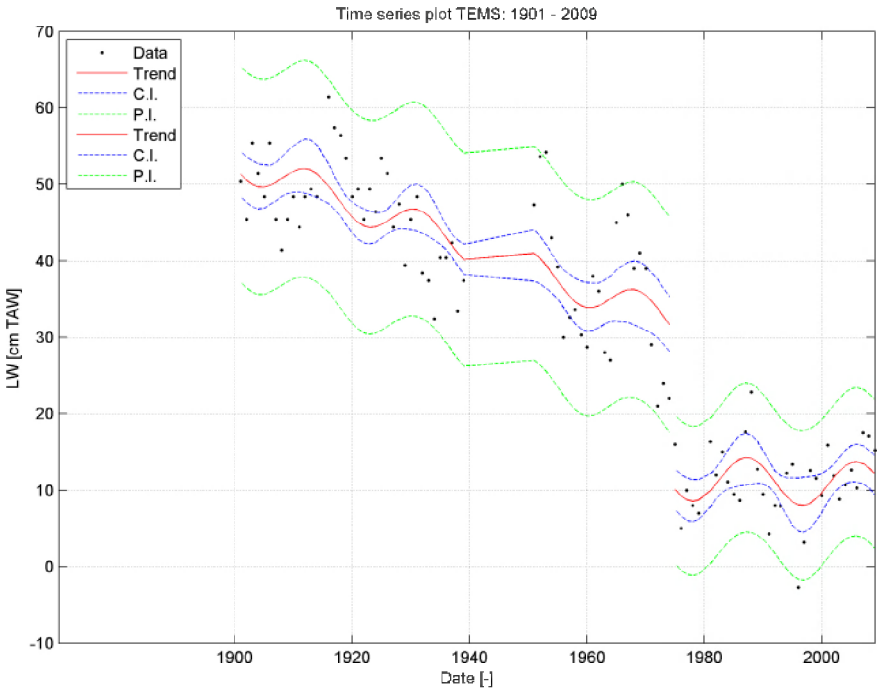
4.3 ONTWIKKELING VAN HET GETIJ

De tijdreeksen jaargemiddelde hoogwaterstanden zijn voor het meetstation Dendermonde samen met de trendlijnen weergegeven in Figuur 4-1. Net als in de Beneden-Zeeschelde stijgen de hoogwaterstanden aangezien elke verandering in getijslag vergroot wordt stroomopwaarts door de vernauwing of dus convergentie van het estuarium.



Figuur 4-1: Regressiemodellen voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden van Dendermonde, gekalibreerd voor periodes 1901-1973 en 1973-2009 (=T2009).

Vanaf Temse verandert de stijgende lineaire trend van de jaargemiddelde laagwaterstanden in een (sterk) dalende trend (Figuur 4-2). Deze daling zet zich ook verder in de Rupel en Nete, terwijl de Durme een uitermate sterke stijgingssnelheid kent (zie §6.3).



Figuur 4-2: Jaargemiddelde laagwaterstanden van het meetstations te Temse. Regressiemodel 1 gekalibreerd voor periode 1901-1974 en regressiemodel 2 gekalibreerd voor periode 1975-2009: T2009 trendlijn (Consortium T2009, 2012).

Tabel 4-1: De stijging van het jaargemiddelde hoog- en laagwater in de Boven-Zeeschelde vanaf de grens tot Antwerpen (Consortium T2009, 2012).

Meetstation	Periode trend	HW stijging (cm/eeuw)	LW stijging (cm/eeuw)
Temse	1974-2009	70,76	-3,02
Driegoten	1981-2006	70,81	-
St-Amands	1951-2009	74,54	-
Dendermonde	1973-2009	75,81	-51,37
Schoonaarde	1971-2009	113,75	-81,22
Melle	1974-2009	148,17	-89,42
Wetteren	1981-2009	83,53	-
Zwijnaarde	1981-2003	151,86	-

4.4 MENSELIJKE INGREPEN OP DE MORFOLOGIE

4.4.1 Wijzigingen in het bovendebiet

De aanleg van de Ringvaart rond Gent in 1975 maakte het mogelijk een groot deel van de bovenafvoer niet langer via de Zeeschelde maar naar het Kanaal Gent-Terneuzen naar de zee te laten vloeien. In een analyse van Piesschaert et al (2008) van de debietgegevens aan de opwaartse rand(en) van de Zeeschelde te Gent voor en na de aanleg van de Ringvaart werd nagegaan hoe dit gewijzigd waterbeheer effect gehad kan hebben op de getij-indringing in de Zeeschelde. Twee hypothetische debietreeksen van Melle werden aangemaakt in de veronderstelling dat de Ringvaart (maar vooral de stuw van Evergem) niet operationeel zou zijn: één met een rechtgetrokken Leie (en dus hoge piekafvoeren) en één met aftopping van de piekafvoeren (dus met berging langs de bovenlopen). Een derde hypothetische debietreeks bekijkt het effect van een nog verder dalend bovendebiet in droge perioden en in geringe mate tijdens normale omstandigheden (met de huidige afvoersituatie bij was).Hoewel de gebruikte debietreeksen van de bovenafvoer hypothetisch van aard zijn, kan uit de resultaten worden besloten dat een verhoging van het bovendebiet een dubbel zo groot effect heeft gehad op de toename van de laagwaters (15 tot 20 cm te Melle) dan op de stijging van de hoogwaters (8 tot 10 cm). Het tijverschil daalt dus en een verlaging van het bovendebiet zorgt voor een sterkere daling van de laagwaters dan van de hoogwaters (-11 versus – 8cm te Melle). Ter hoogte van de Derdermonde is het effect slechts zeer klein (Piesschaert et al., 2008).

4.4.2 Tijarm

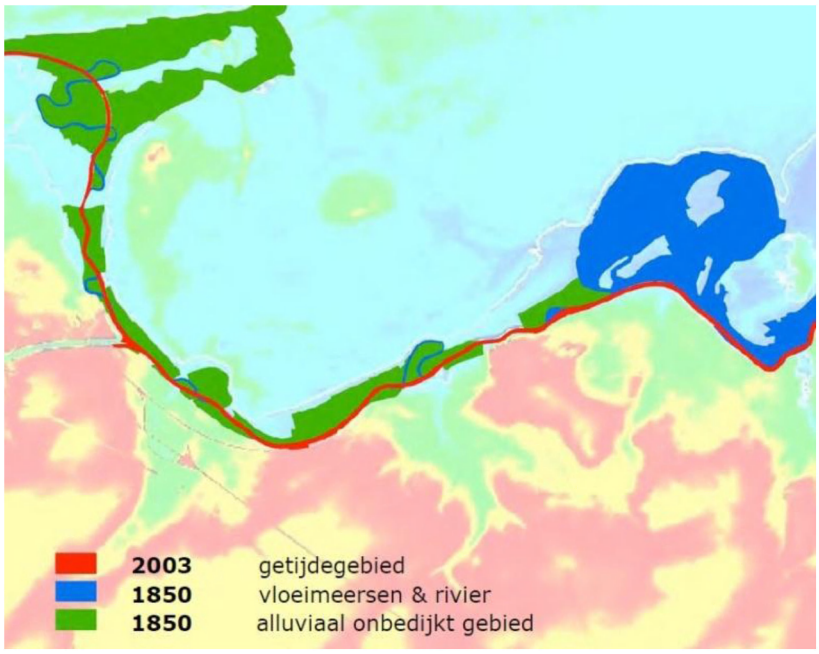
In 1975 werd de schutsluis aan Gentbrugge gesloten. Hierdoor werd het bovendebiet tussen Gentbrugge en Melle verwaarloosbaar en verondiepte dit vak volledig. De gebrekkige afwatering werkte muggenplagen in de hand, en verhoogde het risico op overstromingen. Om dit tegen te gaan en opnieuw een doorstroom te creëren vanuit de binnenwateren van Gent is in 2009 een pomp geïnstalleerd aan de sluis van Gentbrugge. Dit zorgde voor de vorming van

een kleine geul waardoor het omliggend slib werd gedraineerd. In zeer korte tijd is hierdoor een nieuw schorgebied gevormd met massale rietgroei.

Er wordt gepland om de tijarm opnieuw bevaarbaar te maken en uit te baggeren zodat de binnenvaart vanuit de Boven-Zeeschelde Gent kan bereiken zonder gebruik te moeten maken van de Ringvaart. Hiervoor zou de sluis van Gentbrugge verdwijnen en er hoogstwaarschijnlijk een nieuwe sluis gecreëerd worden in Heusden. Circa 25 ha waardevol natuurgebied zou hierdoor verdwijnen dat op andere plaatsen gecompenseerd zal worden. Verschillende mogelijkheden worden echter nog bestudeerd.

4.4.3 Afname beschikbaar alluviaal gebied door bedijking en rechttrekkingen

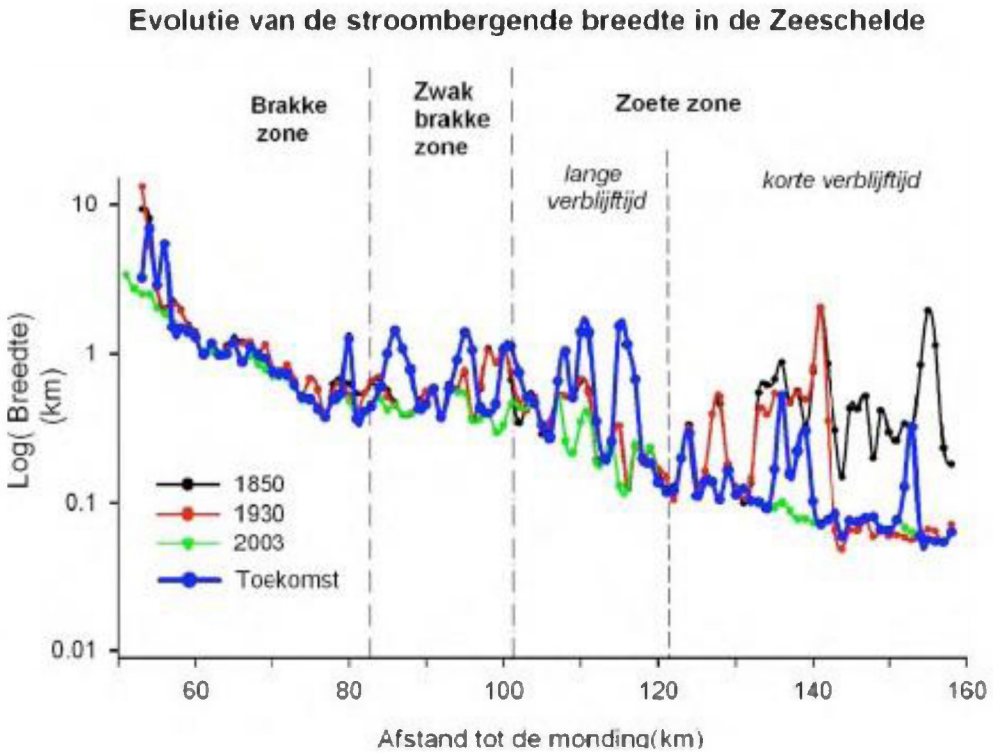
In de Boven-Zeeschelde heeft zich een zeer groot verlies aan alluviaal gebied (het gebied dat binnen het gereik van de rivier lag) voorgedaan, door bedijking en rechttrekkingen. Figuur 4-3 toont dit verlies tussen 1850 en 2003. In de periode 1920-1930 was de bergingsruimte stroomopwaarts van de Kalkense meersen (km 144) reeds volledig weggevallen. Vanaf 1950 vielen ook de stroombergende gebieden in de Kalkense meersen en omgeving grotendeels weg. In het brakke en zwak brakke gebied daalde de stroombergende breedte licht tot ongeveer Temse, in tegenstelling tot het stroomopwaartse deel. In de zoete zone met lange verblijftijd daalde de stroombergende breedte het sterkst tussen Sint-Amands en Baasrode.



Figuur 4-3: Verlies aan alluviaal en vloeimeersengebied in de zone met korte verblijftijd tussen 1850 en 2003 (Van Braeckel et al., 2006).

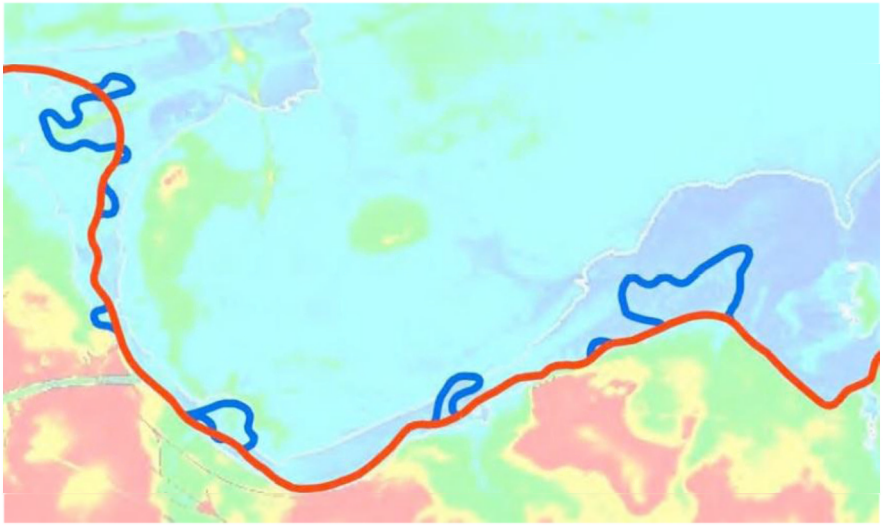
Door de Sigmawerken en andere herstelmaatregelen wordt verwacht dat in de toekomst de stroombergende breedte in de Zeeschelde op enkele plaatsen opnieuw sterk toeneemt, zoals bijvoorbeeld in de Vlassenbroekse polder (117 km) (Figuur 4-4). In de zwak brakke zone rond km 98 (nabij Temse) wordt de breedte van 1930 niet hersteld en vertoont het toekomstscenario een dieptepunt. In de zoete zone met korte verblijftijd en een deel van de brakke zone treedt slechts gedeeltelijk herstel op van de stroombergende breedtes in

vergelijking met 1930 en zeker in vergelijking met 1850. De oorzaak hier is o.a. de omvorming van het Tielrodebroek van vloeiweide naar GOG, waardoor het enkel nog een kombergende functie heeft bij stormvloeden. Ook het inpolderen van naburige gebieden stroomafwaarts Tielrodebroek ligt aan de basis van deze daling. In het toekomstscenario leiden de ontwikkeling van KBR rond km 86 en het Schouselbroek (km 95) tot een duidelijke toename van de stroombergende breedte. De ontwikkeling van het Tielrodebroek als GGG leidt tot gedeeltelijk herstel van de vroegere situatie, het oorspronkelijke overstromingsgebied reikte bijna tot aan Temse.



Figuur 4-4: Evolutie van de stroombergende breedte in de Zeeschelde vergeleken met het geplande herstel in het meest wenselijk alternatief van het Sigmaplan (toekomstscenario) (Van Braeckel et al., 2006).

Ook rechttrekkingen hebben de zoete zone met korte verblijftijd van de Zeeschelde ingrijpend gewijzigd, in het meest stroomopwaartse deel zelfs 22 % (10,5 km) (Figuur 4-5 en Tabel 4-2). De meeste rechttrekkingen op de Boven-Zeeschelde gebeurden tussen 1878 en 1903. De oude meanders werden niet altijd meteen volledig afgesloten. Bij Appels en het stort van Weert bleef het meest stroomafwaartse deel van de meander nog een tijd aangetakt en werden pas volledig afgekoppeld in 1910 en 1930. Een aantal geplande bochtafsnijdingen tussen Zele en Grembergen (van nieuw schor van Appels tot Pottelbergschor), te Dendermonde, te Baasrode (aan schor van Vlassenbroek) en te Moerzeke (de Cramp) werden uiteindelijk niet uitgevoerd (Van Braeckel et al., 2006). De rechttrekkingen van rivierbochten veroorzaken naast direct habitatverlies ook versnelling van de vloedgolf en verminderde energiedissipatie.



Figuur 4-5: Rechttrekkingen in de Boven-Zeeschelde (Van Braeckel et al., 2006).

Tabel 4-2: Rechttrekkingen in de Boven-Zeeschelde sinds 1850 (Adriaensen et al., 2005)

Regio	Oorspronkelijke Lengte (m)	Rechtgetrokken lengte (m)	Verlies (m)	Slik- en schorverlies (ha)
Appels	1915	498	1417	3,54
Overmeire	1034	497	537	0,94
Kalkense meersen	4437	1035	3402	4,25
Ham	1917	323	1594	1,99
Bastenakker	2347	510	1837	2,07

Rond 1850 had de rivier ook een veel grilliger oeververloop, met verbredingen, versmallingen en inhammetjes. Door de rechttrekking en de dijkwerken is veel van deze morfologische variatie en de daarmee gepaard gaande habitatdifferentiatie (stroomversnellingen, luwtes) verloren gegaan. Een opvallend voorbeeld vinden we ter hoogte van de bocht van Uitbergen, waar de huidige Schelde bijna dubbel zo breed is als in 1850. Een deel van de vloeiweides ter hoogte van Wichelen ging daardoor verloren (over een strook van ongeveer 50 meter). Waarschijnlijk ten behoeve van lokale industrieën en handelsactiviteiten waren er ook heel wat meer artificiële inhammetjes. Dit zal zeker een grote invloed gehad hebben op de lokale stromingspatronen.

De stroomversnellingen, luwtes en de ontwikkeling van parallelle stroomgeulen in de bredere zones waren nefast voor de scheepvaart en na 1878 werd deze zone dan ook genormaliseerd. De sterke gradiënten die hinder opleveren voor de scheepvaart zijn juist heel gunstig in ecologisch opzicht. De normalisatiewerken langs de Schelde hebben dan ook een zeer negatieve impact gehad op de ecologische kwaliteit.

Het effect van de rechttrekkingen rond 1900 op het getij is enerzijds toe te schrijven aan de rechttrekkingen van de geul zelf, omdat de weerstand in het estuarium sterk afnam. Anderzijds gingen de verbeteringswerken gepaard met het afsluiten van een groot deel van de getijgebonden sloten, kreken en beken, waarvan een aantal heel belangrijke aansloten op de Schelde ter hoogte van de afgesneden meanders. Vooral ter hoogte van de Kalkense

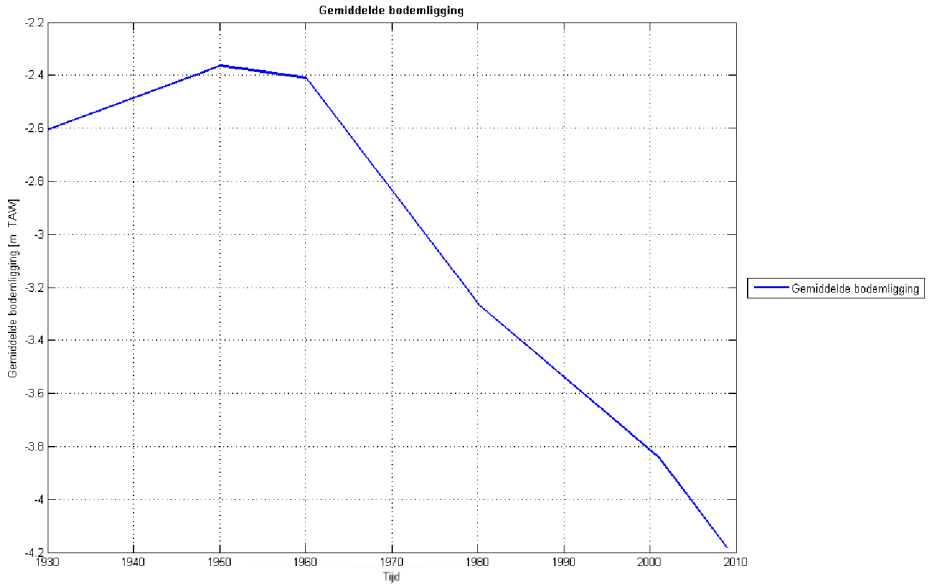
meersen gingen op die manier veel getijgebonden waters verloren. Het energiedissiperend vermogen van de Zeeschelde nam sterk af, waardoor het getij veel gemakkelijker en verder kon doordringen.

4.5 MORFOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

Op basis van de beschikbare bodemgegevens werd een analyse uitgevoerd van de bodemligging van de gehele Boven-Zeeschelde en voor bepaalde secties in detail (Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis, 2013a). Net als in de Beneden Zeeschelde verschuiven de hypsometrische curves voornamelijk richting diepere waardes (Figuur 4-7) waaruit men kan veronderstellen dat voornamelijk de diepere delen geërodeerd of verdiept zijn.

In het begin van de vorige eeuw trad aanvankelijk (tussen 1930 en 1960) een verondieping op van de gemiddelde bodemligging van de volledige Boven-Zeeschelde (zie Figuur 4-6). De gemiddelde toename van de bodemligging bedroeg 0,5 m tot 0,8 m. In de daarop volgende jaren, tussen 1960 en 2001 (2009), vindt er echter over de volledige lengte van de Boven-Zeeschelde een verdieping en verruiming van de bodem plaats. De gemiddelde bodemligging neemt hierbij met circa 1,5 m toe. Ter vergelijking, in de opwaartse segmenten van de Beneden-Zeeschelde neemt de gemiddelde diepte toe met 1,5 m tot 2,0 m, en in de afwaartse segmenten met circa 2,5m tot 5,0 m. Relatief gezien is de toename van de diepte in de Boven-Zeeschelde groter dan in de Beneden-Zeeschelde. De toename in de Boven-Zeeschelde bedraagt ruim 70% van de initiële diepte, terwijl deze in de Beneden-Zeeschelde circa 40% bedraagt. Lokaal verdiept de bodem van de Boven-Zeeschelde 2m tot 4m in de afwaartse segmenten en circa 1,5m in de opwaartse segmenten. Ook na 2001 zet de verruiming zich voort.

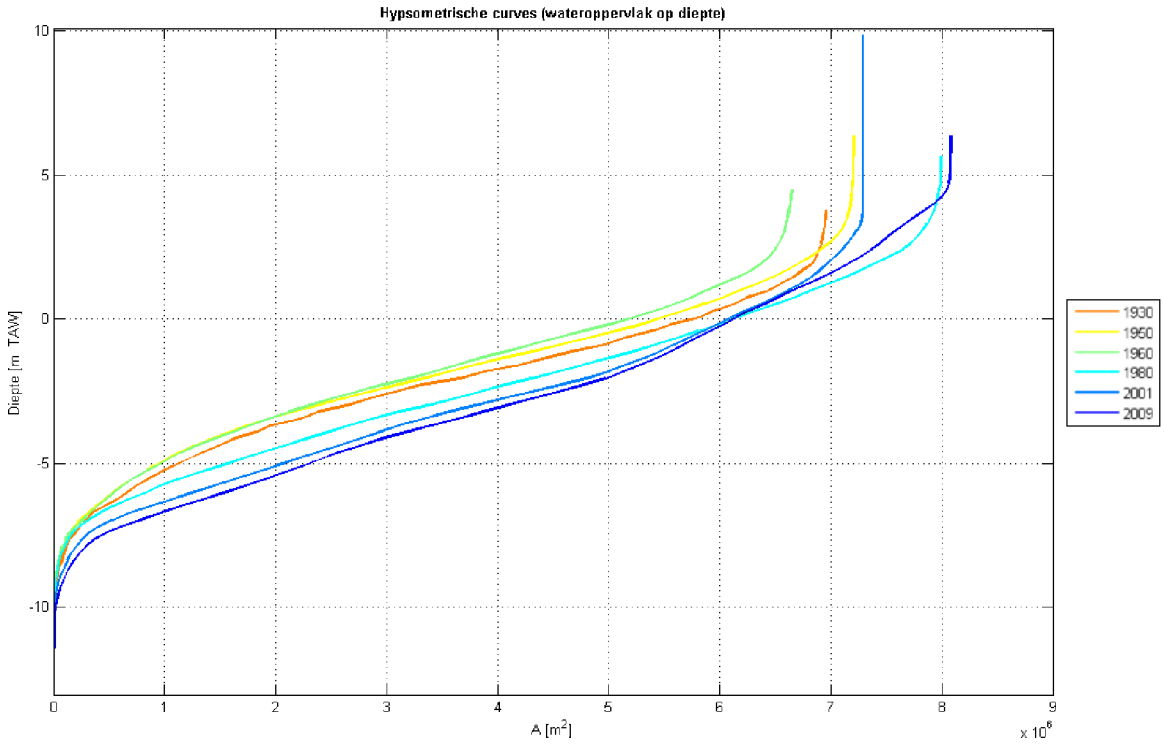
In Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis (2013a) wordt op basis van de analyse van de beschikbare bodemdata geconcludeerd dat het gemiddelde tempo van de waargenomen verdieping en verruiming de laatste decennia circa 0,250 Mm^3/jaar is geweest. Aangezien afzettingsgebieden of (gegevens van) zandextratie ontbreken, wordt gesteld dat dit sediment in afwaartse richting, tegen de getijasymmetrie in, is getransporteerd (zie ook hieronder).



Figuur 4-6: Variatie in gemiddelde bodemligging in de Boven-Zeeschelde (Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis, 2013a)

Analyse van de hypsometrische curves (Figuur 4-7) laat zien dat na 1980 door de toegenomen diepte en verbreding van het stroomvoerend oppervlak globaal gezien het oppervlak beneden -10m TAW meer is toegenomen dan het oppervlak op 0m TAW. In de meest opwaartse secties van de Boven-Zeeschelde wordt de rivier ingesnoerd door de aanwezige dijken. Hier treedt enkel verdieping van de bodem op, waarbij de geulwanden verder versteilen. Langs de hele Boven-Zeeschelde geldt dat de drempels verdwijnen of sterk worden verdiept.

De versteiling en verdieping zorgen voor een afname van de ecologisch belangrijke ondiepe delen. Echter, de recentere bodems beslaan over het algemeen een groter gebied dan de oudere bodems en bevatten dus meer ondiep areaal. Hierdoor kunnen over de ontwikkeling van het ondiep areaal geen harde conclusies worden getrokken.



Figuur 4-7: Hypsometrische curves van wateroppervlak op diepte van de Boven-Zeeschelde tussen 1930 en 2009.

In paragraaf 2.5.3 wordt een relatie voorgesteld tussen de waargenomen verdieping, de toegenomen getijslag en de baggerwerken in het afwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde. Er wordt gesteld dat de versnelde toename van de getijslag tegelijkertijd een gevolg als een oorzaak is van de waargenomen opwaartse verdiepingen. In paragraaf 2.5.2 wordt aangegeven dat in de sedimentbalans van de Zeeschelde rekening moet worden gehouden met een belangrijk aandeel van afwaarts getransporteerd zand. Aangezien in Boven-Zeeschelde geen verdiepingswerken zijn uitgevoerd en er ook geen gegevens bestaan van zandwinning wordt een indirect verband met de verdiepingswerken in het afwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde vermoed. Zoals toegelicht in paragraaf 2.5.3 kan het stelselmatig verwijderen van het zand uit de Beneden-Zeeschelde de oorzaak zijn van de waargenomen verdieping opwaarts en de daaraan gekoppelde toename van de getijslag.

4.6 ECOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

4.6.1 Wijzigingen in ecotopen

4.6.1.1 Sublitoraal

In vergelijking tot de Beneden-Zeeschelde daalt het aandeel diep water aanzienlijk, zeker in Omes 17-19 (Tabel 4-3).

Tabel 4-3: Evolutie van het areaal subtidaal gebied in 1990 en 2004 voor Omes 14 tot 19 met percentage van de oppervlakten ondiep (<3 m onder GLW), matig diep (tussen 3 en 6 m onder GLW) en diep subtidaal (>6 m onder GLW) voor 2004 (data gebaseerd op Adriaensen et al., 2005).

Omes	Opp. sublitoraal 1990 (ha)	Opp. sublitoraal 2004 (ha)	% ondiep (2004)	% matig diep (2004)	% diep (2004)
14	275	319	26	39	35
15	200	210	43	42	15
16	100	101	28	52	20
17	104	102	32	64	4
18	62	60	36	63	1
19	52	50	50	50	0
Tijarm	33	33			

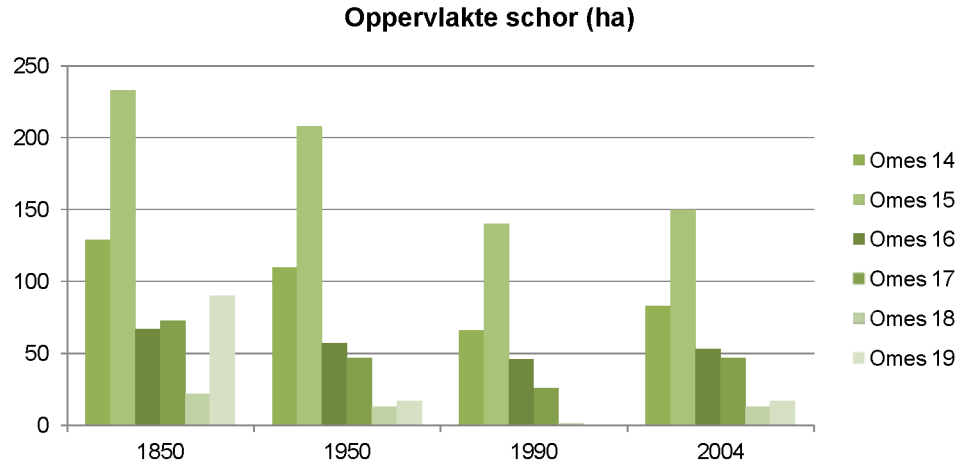
Tabel 4-4 geeft een overzicht van de onderlinge omzettingen die per Omes-segment zijn opgetreden tussen 1930 en 2001. De omzettingen zijn procentueel ten opzichte van de totale overlappende subtidale oppervlakte in het betreffende segment. Niet overlappende delen van de bathymetrie worden dus niet meegerekend. Relatief gezien hebben de grootste verschuivingen zich voorgedaan in de Omes segmenten 14 , 15 en 16. Hier is een vijfde tot een derde van het subtidale areaal overgegaan in een diepere klasse. Vooral in 14 en 15 is dit in belangrijke mate een gevolg van het verlies van het ecologisch belangrijke ondiep water. In segment 16 is vooral de overgang van matig diep naar diep water verantwoordelijk voor de globale verdieping. Zone 14, 15 en 16 zijn in deze context heel belangrijke trajecten omdat ze de grootste zoetwaterslikken- en schorren herbergen. Het verdiepen van de rivier en het verlies van ondiep water leiden tot een verminderde bufferwerking voor het intertidale gebied. Ook segment 19 is aanzienlijk verdiept (1/4 van het totale subtidale areaal).

Tabel 4-4: Veranderingen van subtidale klassen tussen 1930 en 2001 per Omes segment in de Boven-Zeeschelde. De eindbalans geeft het verschil aan tussen het aandeel verdiepte en verondiepte zones (positieve waardes bij verdieping) (Piesschaert et al., 2008).

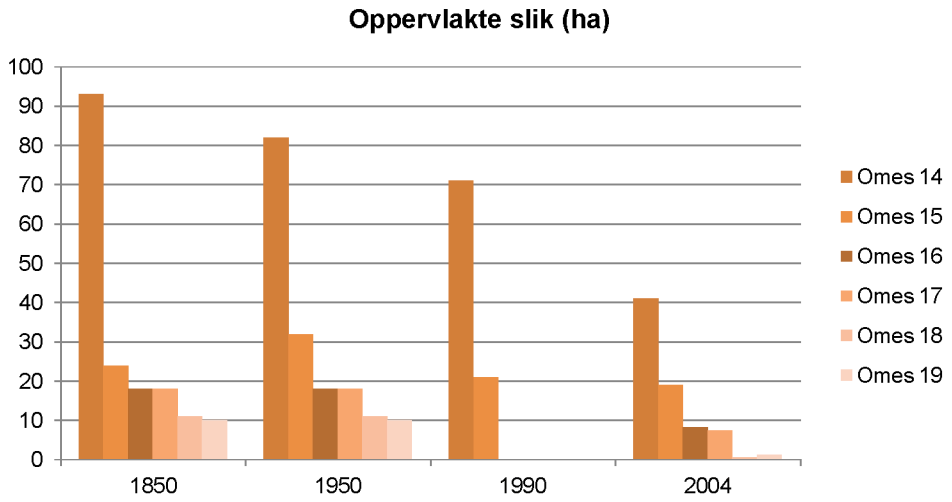
	14	15	16	17	18	19	Tijarm
Ongewijzigd (%)	47,7	59,8	62,4	76,6	69,0	68,1	46,5
Diep naar matig diep (%)	3,8	3,0	3,2	2,4	1,6	0,0	0,0
Diep naar ondiep (%)	1,8	0,4	0,2	0,5	0,1	0,0	0,0
Matig diep naar ondiep (%)	3,2	3,3	4,7	4,9	6,5	3,9	51,1
Totaal verondiept (%)	8,7	6,7	8,2	7,7	8,1	3,9	51,1
Matig diep naar diep (%)	25,5	14,4	20,1	7,9	11,6	5,3	0,0
Ondiep naar diep (%)	7,8	1,7	1,0	0,5	0,3	0,7	0,0
Ondiep naar matig diep (%)	10,4	17,5	8,3	7,3	10,9	22,1	2,4
Totaal verdiept (%)	43,6	33,5	29,4	15,7	22,9	28,0	2,4
Eindbalans	35,0	26,9	21,2	8,0	14,8	24,1	-48,7

4.6.1.2 Schorren en slikken

De evolutie aan oppervlakte schor- en slikgebied in de verschillende Omes segmenten is weergegeven in Figuur 4-8 en Figuur 4-9. De veranderingen in de verhouding schor, slik en subtidaal tussen 1990 en 2004 wordt getoond in Figuur 4-10, voor Omes segmenten 14 en 15 (data onvolledig voor Omes 16-19).

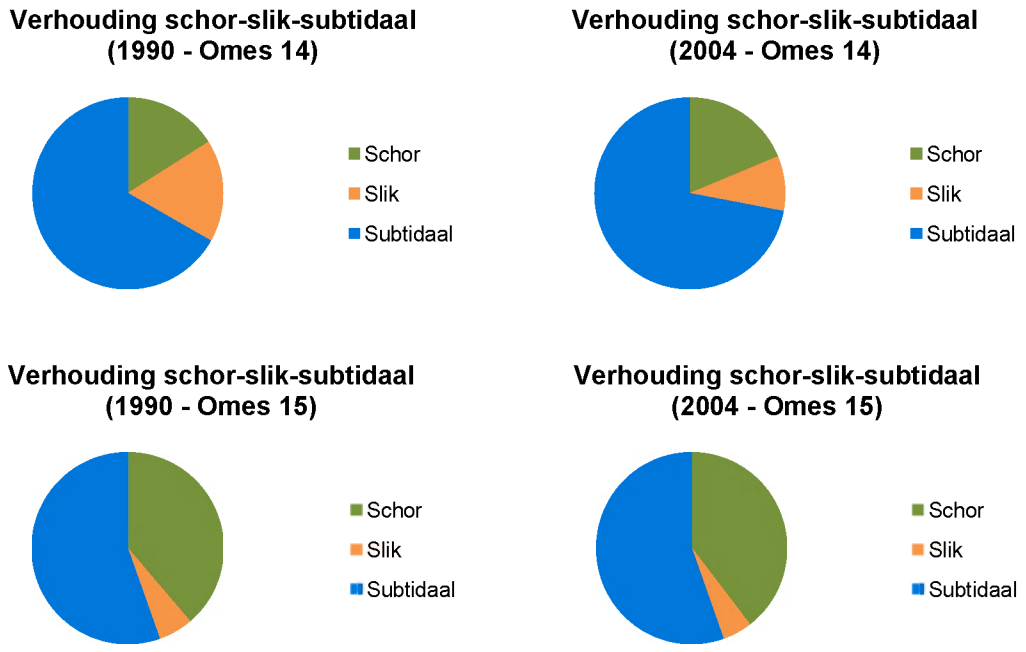


Figuur 4-8: Evolutie van de schorgebieden tussen 1850 en 2004. De data uit 1990 voor Omes 17-19 zijn echter mogelijk niet volledig (data gebaseerd op Adriaensen et al., 2005).



Figuur 4-9: Evolutie van de slikgebieden tussen 1850 en 2004. Voor Omes 16 tot 19 zijn er voor 1990 geen data en zijn de data van 2004 mogelijk niet volledig (data gebaseerd op Adriaensen et al., 2005).

Ook de Boven-Zeeschelde kent voornamelijk een achteruitgang van slikken sinds 1850, het meest uitgesproken in Omes 14. Wat de schoroppervlakte betreft is de negatieve trend die tot in 1990 aanwezig was grotendeels gestopt en treedt er dankzij herstelmaatregelen opnieuw een toename op. Het subtidaal oppervlak nam grotendeels licht toe tussen 1990 en 2004, voornamelijk in het meer stroomafwaartse deel.

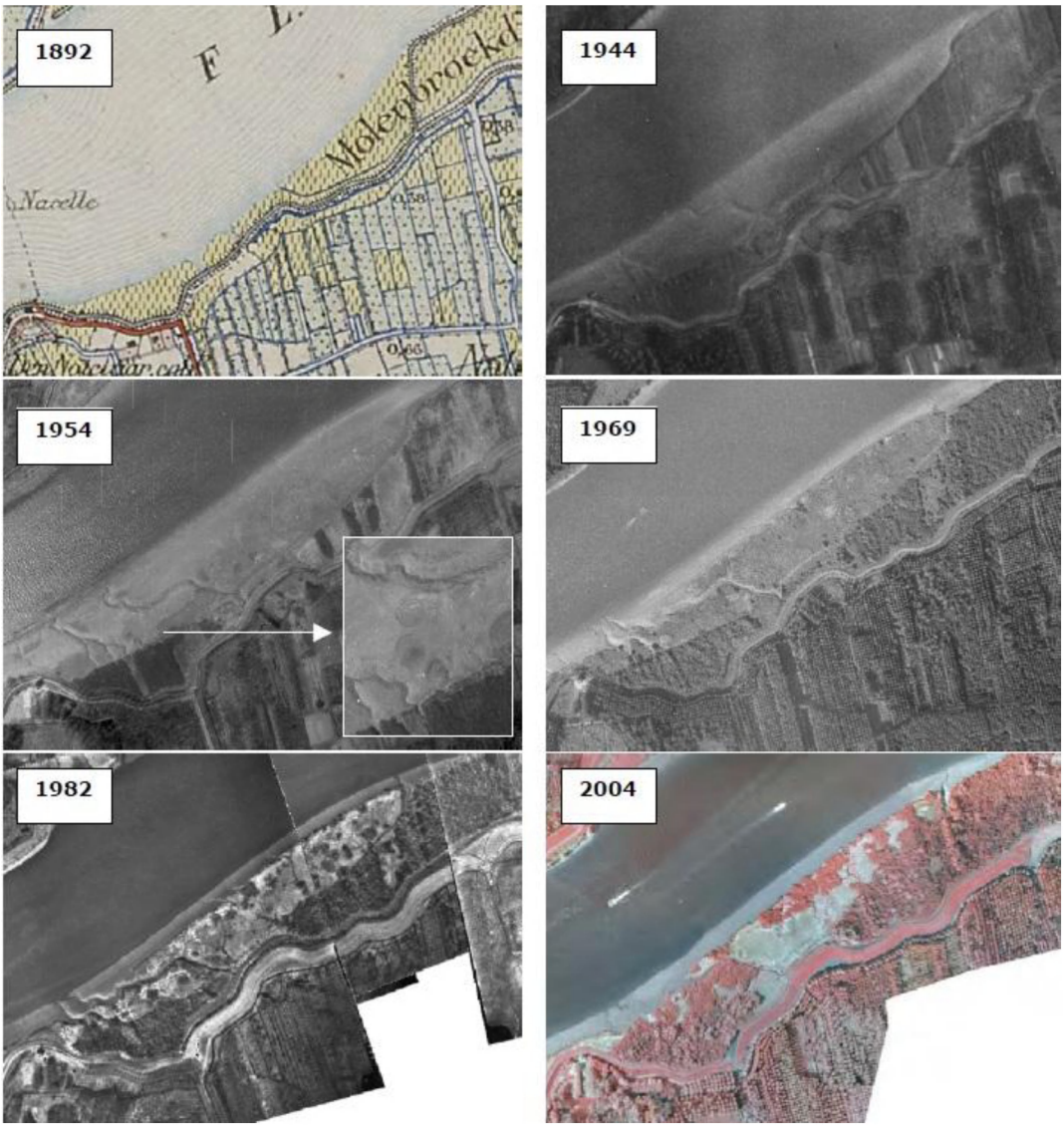


Figuur 4-10: Verandering in verhouding schor-slik-subtidaal tussen 1990 en 2004 voor Omes segmenten 14 en 15. (Figuren op basis van data in Adriaensen et al., 2005).

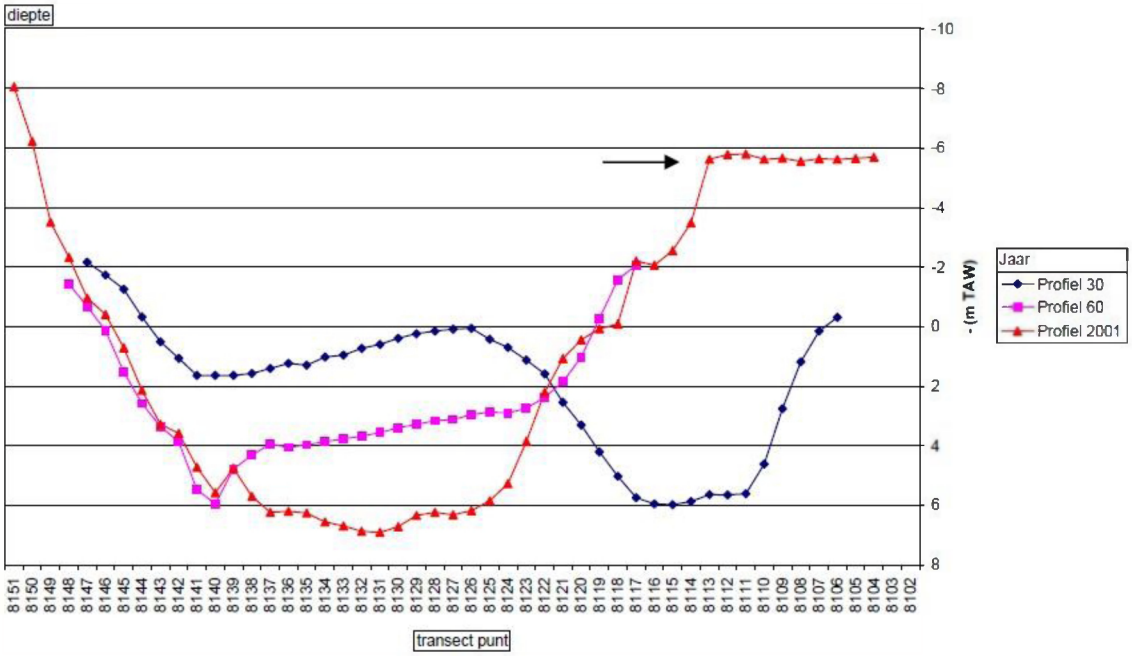
4.6.2 Ontwikkelingen in de schorgebieden

4.6.2.1 Notelaar

Aan het eind van de 19de en begin van de 20de eeuw was het schor aan de Notelaar nog veel smaller dan nu (Figuur 4-11). Tussen 1930 en 1960 is de vaargeul ter hoogte van de Notelaar verschoven van de rechter naar de linkeroever (Figuur 4-12). Hierdoor ontstond een luwe zone voor het schor van de Notelaar waar zich op heel korte termijn een volledige intertidale cyclus van slik over pionierschor tot volwassen schor kon voltrekken. In 1954 zien we de eerste bolvormige kolonies van pioniersoorten - waarschijnlijk biezen - op het slik verschijnen. Na 1960 is de vaargeul sterk verwijd waardoor er voor het slik een steile subtidale helling kwam te liggen (Piesschaert et al., 2008). Tegen 1969 heeft de nieuwe schorzone de huidige vorm bereikt. Het schor is grotendeels begroeid met riet. Van dan af wordt het riet meer en meer verdrongen door wilgenstruweel en –bos.



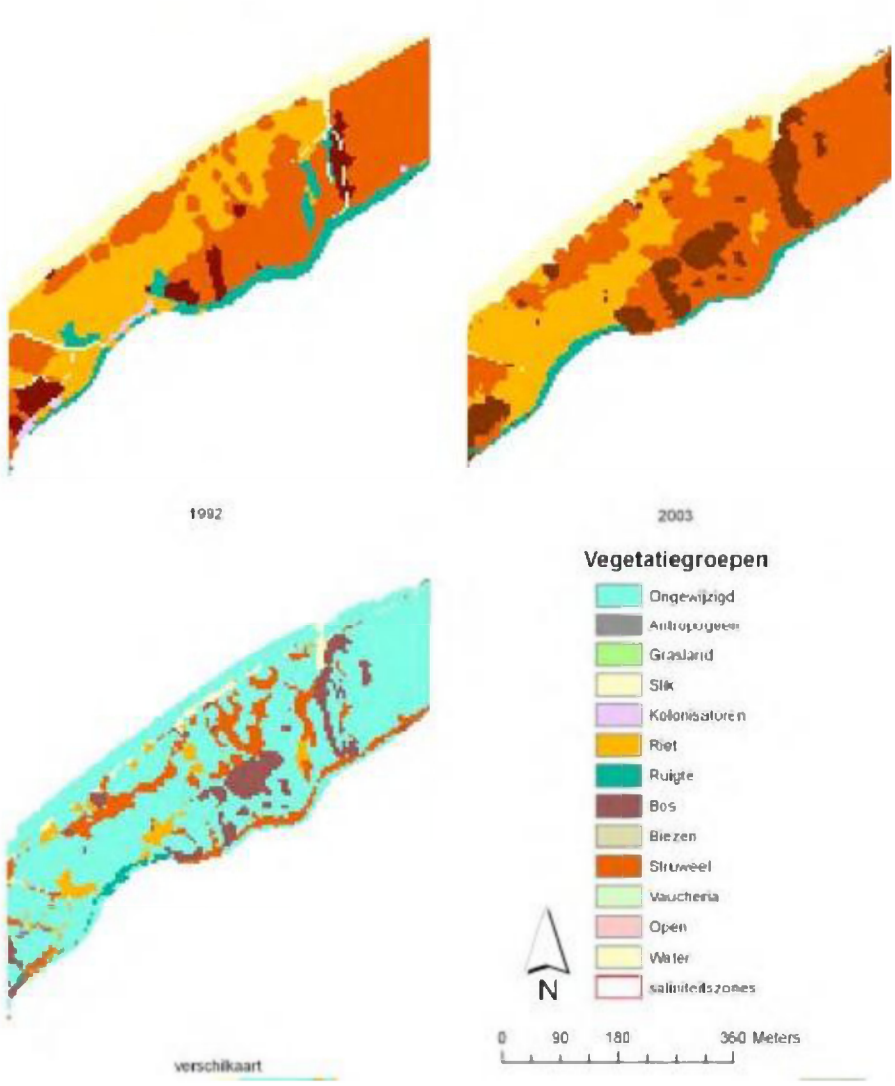
Figuur 4-11: Evoluties aan de Notelaar (Van Braeckel et al., 2006).



Figuur 4-12: Profiel van de Notelaer in 1930, 1960 en 2001 (Piesschaert et al., 2008).

De Notelaar wordt vandaag gekenmerkt door een uitgestrekt slikgebied met laagdynamische slibrijke zones en is een van met meest ecologisch waardevolle gebieden van de Boven-Zeeschelde (Plancke et al., 2009). Het gebied strekt zich uit over een lengte van 3,6 km en heeft een oppervlakte van 33 ha. Een wilgenvloedbos ontwikkelt zich op de hogere delen van de schorren. In het voorjaar bloeit hier de spindotterbloem, een variëteit die aangepast is aan de getijdenwerking. De talrijke wilgensoorten (kraakwilg, amandelwilg, schietwilg, katwilg ...) vormen samen een bijna ondoordringbaar struweel.

De vegetatie in de Notelaar kent een evolutie die relatief stabiel is met een groot aandeel houtige vegetatie (Figuur 4-13). De belangrijkste omzettingen die nog gebeuren zijn van riet en ruigte naar struweel en van struweel naar bos. Er is een duidelijke afkalvingszone zichtbaar (slik in de verschilkaart) (Van Braeckel et al., 2006).



Figuur 4-13: Evolutie van de vegetatie in de Notelaar tussen 1992 en 2003 (Van Braeckel et al., 2006).

4.6.2.2 Kijkverdriet

Het Kijkverdriet bestaat uit ca. 5 ha onbegroeide zoetwaterslikken en schorren begroeid met riet, ruigte en wilgenvloedbos (Figuur 4-14). Het rectangulair kavelnet is een restant van de eerste ontginningen in de 19de eeuw. De natuurwetenschappelijke waarde wordt voornamelijk bepaald door de aanwezigheid van (laag)veenvegetatie en natte heide in de centrale en vochtige depressie waar ook broekbos en hooiland voorkomen. Esthetisch is het landschap waardevol door de kleine niveauverschillen en door de afwisseling van het agrarisch gebied met de (broek)bossen. Door de getijdenwerking herbergt het gebied een unieke fauna en flora, zoals de Spindotterbloem, de Driekantige bies en de Oeverloofslak, die alleen in zoetwatergetijdegebieden voorkomen.

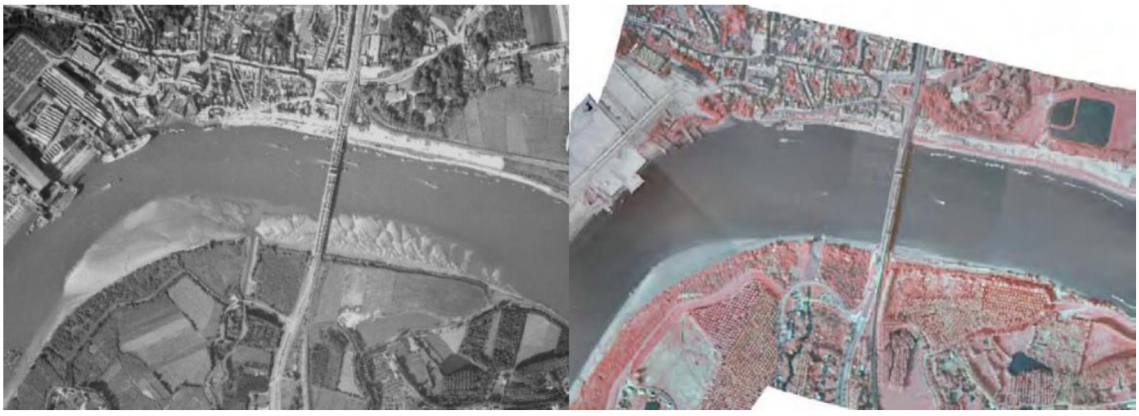


Figuur 4-14: Luchtfoto van het Kijkverdriet (www.natuurpuntwal.be)

4.6.2.3 Temsebrug

Temsebrug werd tijdens de Tweede Wereldoorlog opgeblazen en is pas in 1955 heraangelegd. De punt van de slikplaat stroomopwaarts van de sluis is op dat moment voorzien van een regelmatig ribbelpatroon met grote golflengte (20-25m). Stroomafwaarts van de sluis is het slik minder breed, maar met een gelijkaardig ribbelpatroon. In 1957 is het patroon van megaribbels is verdwenen, maar de bleke kleur wijst erop dat het nog steeds om een zeer zandige rug gaat. Ook stroomafwaarts van de sluis zijn de ribbels verdwenen (Piesschaert et al., 2008).

Op de foto's van 1969 is de situatie drastisch gewijzigd. Aan beide kanten van de sluis is het slik sterk aangegroeid. Vooral aan de stroomafwaartse zijde hebben zich sterk uitgesproken morfologische patronen ontwikkeld (onregelmatige ribbelpatronen met golflengtes tot 30 m met kleinere ribbelpatronen er bovenop en getijdepoelen) (Figuur 4-15). In het stroomopwaartse deel is een duidelijke differentiatie te zien tussen de bleke, zandige delen en donkere slibrijkere zones. Het is niet zeker dat het hier om een natuurlijke wijziging gaat. In deze periode werd aan de andere oever de Boelwerf uitgebreid ter hoogte van de aansluiting op het Tielrodebroek. Mogelijk werd er een tijdelijke zandstock aangelegd op het slik voor de ophoging van dit industrieterrein.



Figuur 4-15: Evolutie van de slikplaat aan Temsebrug van 1969 (links) tot 2004 (rechts) (Van Braeckel et al., 2006).

Op foto's uit 1977 is duidelijk te zien hoe aan de stroomopwaartse punt een nieuw ribbelpatroon ontstaan is. De kamlijnen zijn zeer onregelmatig en liggen relatief kort bij elkaar (5-15m). De situatie is gelijkaardig aan die van 1996, al is de gemiddelde golflengte in 1996 nog kleiner geworden (zelden meer dan 5m). In beide jaren komen talrijke poeltjes tussen de ribbels voor. In het tussenliggende jaar 1986 ligt de ribbelzone wat meer stroomafwaarts op de punt. Na 1996 is er helemaal geen ribbelvorming meer te zien. De punt van de plaat is sterk afgerond. Stroomopwaarts van Temsebrug is het slik gereduceerd tot een smalle band.



Figuur 4-16: Erosie van de slikgebieden aan de Temsebrug tussen 1992 en 2003 (Van Braeckel et al., 2006).

Deze evolutie toont aan dat de morfologie van een slikplaat op korte termijn heel sterk kan wijzigen, wat de interpretatie in termen van veranderende dynamiek heel moeilijk maakt. Globaal gezien stellen we een afname van de ribbeldimensies vast in de tijd, waarna ze uiteindelijk helemaal verdwijnen. De omvang van de plaat is ook duidelijk afgenomen (Piesschaert et al., 2008).

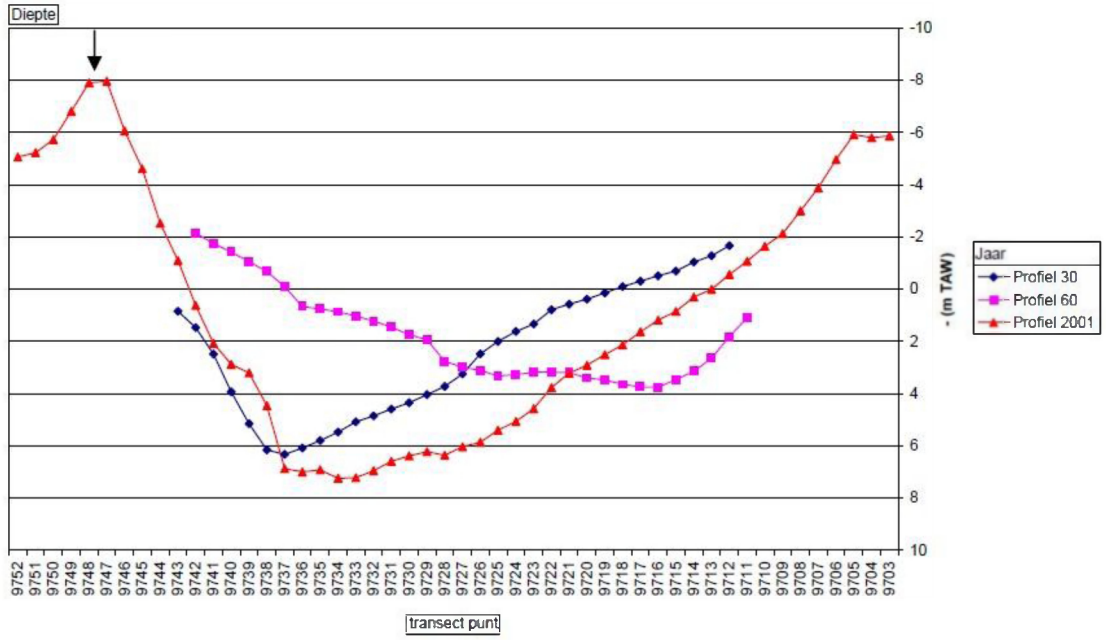
4.6.2.4 Schor aan Durmemonding

In dit gebied aan de Durmemonding komt een relatief grote oppervlakte aan zoetwaterschor voor (23 ha). In het gebied is een brede verscheidenheid aan schorvegetaties aanwezig, gaande van rietvegetaties over ruigtes tot verschillende struweeltypes. Met de uitvoering van het Sigmaplan krijgen de zoetwaterschorren opnieuw de ruimte langs de oevers van de Schelde en haar bijrivieren.

4.6.2.5 't Stort bij Weert

Het 't Stort van Weert is een schorgebied van ongeveer 17 ha.

In het traject tussen de Durmemonding en de Plaat aan Driegoten is de geul tussen 1930 en 1960 volledig verschoven van de linkeroever (buitenbocht) naar de rechteroever (Figuur 4-17). In 2001 ligt de geul terug aan de linkeroever. De oorzaak van deze tijdelijke verschuiving van de geul naar de binnenbocht van de rivier is nog onduidelijk (Piesschaert et al., 2008).



Figuur 4-17: Profiel van 't Stort bij Weert in 1930, 1960 en 2001 (Piesschaert et al., 2008).

4.6.2.6 Driegoten en Schor bij Branst

De Plaat te Driegoten (gelegen op de linkeroever tegenover het schor bij Branst) bestaat in 1893 nog uit een vrij breed Noordelijk deel, maar ten Zuiden van de knik in de dijk is het schor nog zeer smal (Figuur 4-18). In 1902-1904 is in Driegoten ook een rechttrekking uitgevoerd, wat leidde tot een verslechtering van de Durmemonding in hydraulisch opzicht. Tegen 1955 is het schor op het zuidelijke deel van de plaat veel breder geworden. Er ligt een brede slikplaat voor met een duidelijk vloedgeul. De hoofdgeul ligt dicht tegen de buitenbocht aan en het slik is daar zeer smal. De slikplaat is grotendeels verdwenen in 2004, waarschijnlijk door baggerwerken, en ook de vloedgeul is niet meer te zien. De hoofdgeul ligt centraler in de rivier waardoor het slik langs het schor bij Branst kon aangroeien tot de huidige oppervlakte van ca. 20 ha (Van Braeckel et al., 2006).van 1992 tot 2003.met 16.5 % per intergetijdengebied).



Figuur 4-18: Evolutie aan de Plaat van Driegoten en het Schor bij Branst. Boven: 1893, midden: 1955, onder: 2004 (Van Braeckel et al., 2006).

De drastische profielwijzigingen die plaatsvonden op de Plaat van Driegoten zijn weergegeven in Figuur 4-19. De vaargeul is veel wijder geworden en is ook duidelijk naar de linkeroever opgeschoven, waardoor de brede ondiepe plaat van 1930 en 1960 vrijwel volledig verdwenen is (Piesschaert et al., 2008). De vaargeul is in 1960 ook veel ondieper dan in 1930, iets wat elders in de Zeeschelde wel vaker voorkomt.



Figuur 4-19: Profiel aan de Plaat van Driegoten in 1930, 1960 en 2001 (Piesschaert et al., 2008).

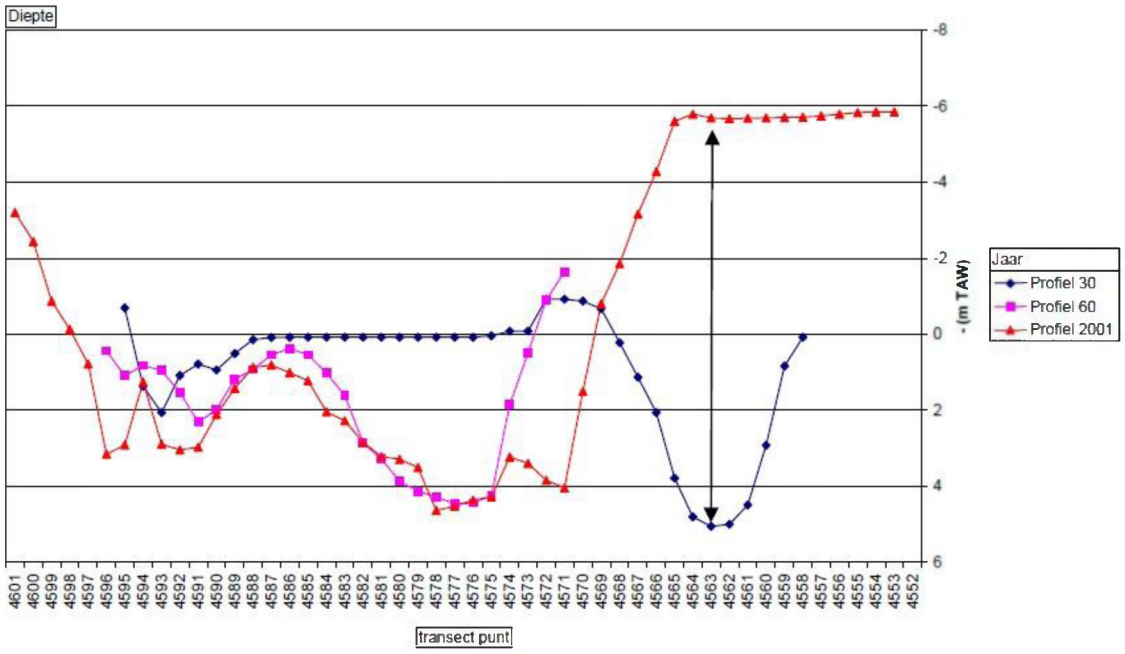
In 2006 werd het Lippenbroek, een gebied van 10 ha nabij Driegoten, in gebruik genomen als GOG - GGG, ter bescherming tegen extreme stormtij en om extra getijdennatuur te creëren. Zowel de werking van de in- en uitlaatsluis, als de evolutie van het gebied worden van dichtbij opgevolgd door wetenschappers. De Scheldedijk werd gedeeltelijk verlaagd en omgebouwd tot overloopdijk. Tot nu toe was geen enkel stormtij krachtig genoeg om de site te doen volstromen. Na amper een paar jaar ontwikkelde zich in het Lippenbroek al een slikken- en schorrengebied met geulen en kreken. De talrijke natuurdiensten van de Schelde zijn er al ruimschoots aangetoond: waterberging, maar ook waterzuivering en herstel van het ecosysteem.

4.6.2.7 Schor bij Gespoelde put

Geen gegevens gevonden.

4.6.2.8 Schor van Mariekerke

Rond 1850 was er rond Mariekerke nog een tweegeulenstelsel actief en was het schor ten westen van Mariekerke bijna dubbel zo breed. In een korte tijdspanne rond 1950 is de ebgeul van Mariekerke volledig toegeslibd. Dit zorgde voor een sterke fixatie van het gebied zowel voor het subtidaal, slik en schor. De periode van de verandering valt tevens samen met een verandering in de getijasymmetrie (Van Braeckel et al., 2006). Figuur 4-20 illustreert deze veranderingen in het profiel. In 1930 is de geul tegen de rechteroever nog veruit het best ontwikkeld. Vanaf 1960 is ze volledig dichtgeslibd en is een nieuwe geul ontstaan meer centraal in de rivier. De kleine geul tegen linkeroever is een vloedschaar in de plaat tegenover het Sint-Amandsschoor (Piesschaert et al., 2008).



Figuur 4-20: Profiel van het Schor van Mariekerke in 1930, 1960 en 2001 (Piesschaert et al., 2008).

4.6.2.9 St-Amandsschoor

Hoewel de Zeeschelde in essentie een ééngeulensysteem is, in tegenstelling tot het meergeulenstelsel van de Westerschelde, kunnen er lokaal echter kleine nevengeulen met bijhorend eiland gevormd worden. Sint-Amands is hier een goed gekende voorbeeld van. Deze nevengeul is ook het langst actief gebleven en is nog steeds goed herkenbaar in het landschap (Figuur 4-21). De verzanding van deze arm is waarschijnlijk op een zeer korte periode gebeurd. In 1930 wordt het nog altijd aangeduid als een volwaardige nevengeul en ook op de luchtfoto's van 1944 lijkt de situatie vrijwel onveranderd (Van Braeckel et al., 2006). Op de foto van 1949 is het begin van de verzanding te zien en in 1956 is het al een volledige sedimentvlakte geworden (Figuur 4-21).

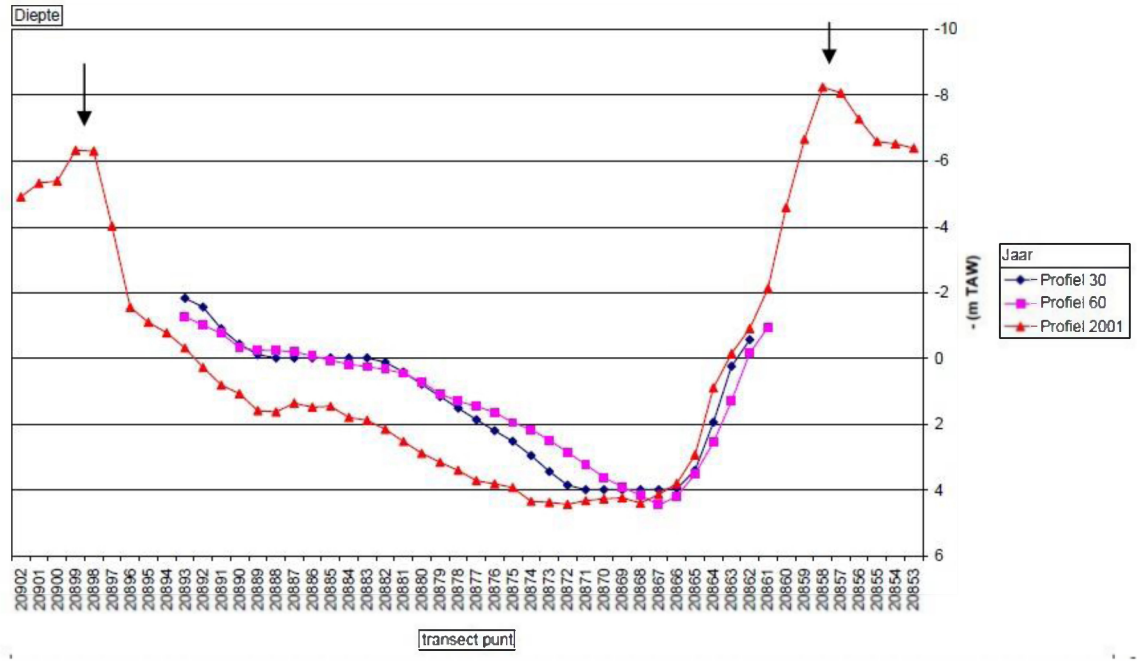


Figuur 4-21: De evolutie van de nevengeul ter hoogte van Sint-Amands: links in 1850, midden in 1956 en rechts in 2003 (Van Braeckel et al., 2006).

Het St-Amandsschoor ontstond vanaf 1700 en is tegenwoordig een vogelreservaat van ca. 8 ha groot.

4.6.2.10 Groot Schoor van Hamme en Schor van Vlassenbroek

Voor het Groot Schoor van Hamme is een ondiepe subtidale zone gelegen in 1930 en 1960 (Figuur 4-22). In 2001 is de vorm van de plaat nog wel vaag herkenbaar, maar ze ligt een stuk dieper en behoort nu tot de matig diepe zone (Piesschaert et al., 2008).



Figuur 4-22: Profiel aan het Groot Schoor van Hamme in 1930, 1960 en 2001 (Piesschaert et al., 2008).

In kader van het Sigmaplan wordt het Groot Schoor wordt samen met de Vlassenbroekse polder opnieuw ingericht als getijdennatuur met een totale oppervlakte van 416 ha. Meer specifiek wordt het noordelijk gedeelte van de Vlassenbroekse polder (102 ha), ingericht als een gecontroleerd overstromingsgebied (GOG), onder invloed gebracht van een gecontroleerd gereduceerd getij (GGG), waarin door de getijdendynamiek een systeem van slikken en schorren ontstaat (Figuur 4-23). Het zuidelijk gedeelte van de Vlassenbroekse polder (138 ha) en Wal-Zwijn (149 ha) worden omgevormd tot 'gecontroleerd overstromingsgebied' (GOG) en wetland. Dit gedeelte komt niet onder invloed van het dagelijks getij, maar zal slechts bij zeer hoge waterstanden overstromen, wanneer een springtij samenvalt met een extreme noordwesterstorm. De vlakke en laag gelegen polder van het Groot Schoor (26 ha) zal worden ontpolderd door het verlagen van de zomerdijk tussen Groot Schoor en de Schelde met lokaal een verlaging tot op schorniveau, en het volledig verwijderen van de zomerdijken tussen Groot Schoor en het bestaande schor. Het gebied komt hierdoor opnieuw onder invloed van het dagelijkse getij. Daarbij zal zich een krekenpatroon ontwikkelen, langs waar het water in- en uitstroomt.



Figuur 4-23: Overzicht van de Sigmawerken in het Groot Schoor van Hamme, Wal-Zwijn en de Vlassenbroekse Polder (www.sigmaplan.be)

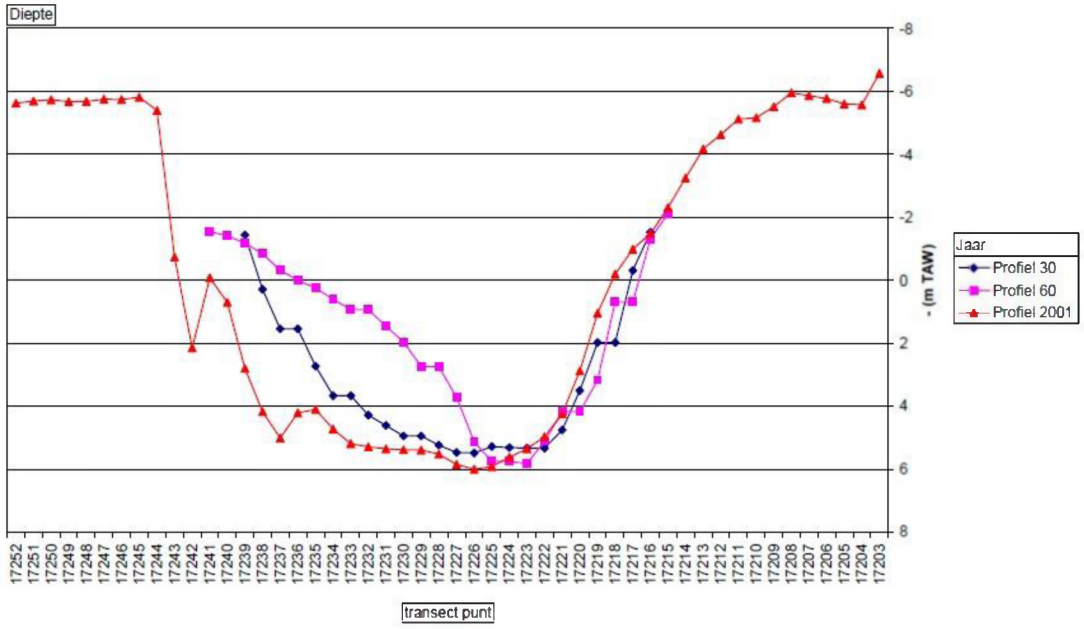
4.6.2.11 De Cramp

Natuurreservaat de Cramp (9 ha) vormt een landtong in de Schelde op de plaats waar zich de meest scherpe meander in de Schelde situeert. Door de scherpe bochten hebben scheepsgolven hier een impact op beide oevers.

4.6.2.12 Groot Schoor van Grembergen

Het Groot Schoor te Grembergen - 8.7 ha groot – is het best bekende en grootste schor in onze regio en gelegen in de Scheldebocht ter hoogte van Grembergen-Broek. Het Groot Schoor van Grembergen is 8,7 ha groot en is gelegen in de Scheldebocht ter hoogte van Grembergen-Broek.

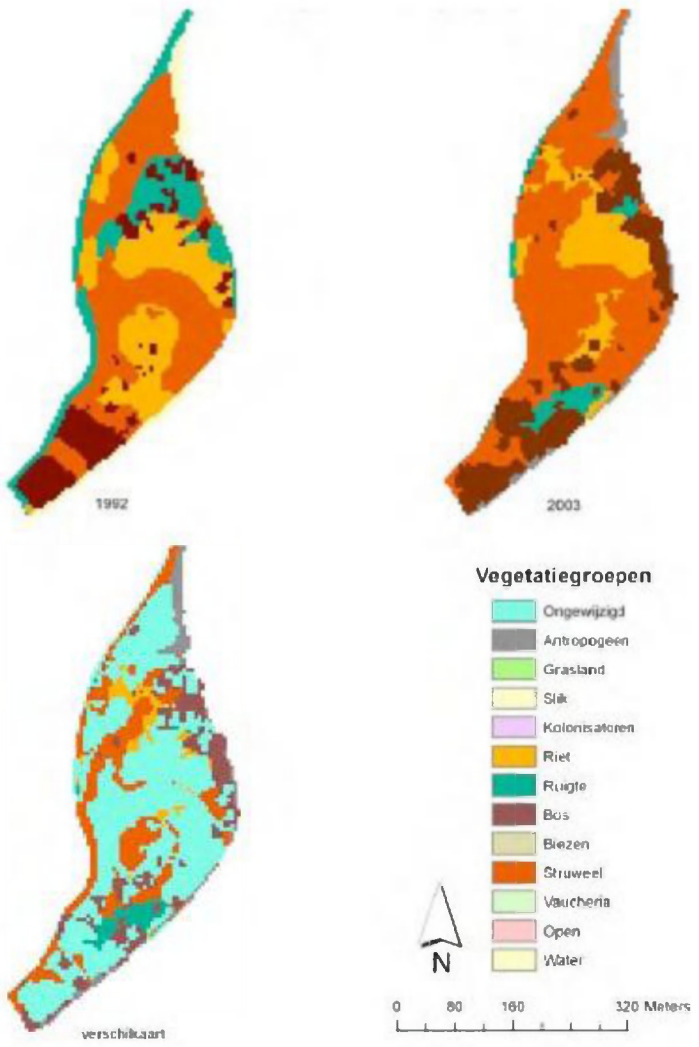
In 1930 is er nog geen plaat te zien in het Groot Schoor van Grembergen, in 1960 is er wel een duidelijke plaatontwikkeling, maar anno 2001 is deze opnieuw verdwenen ten gevolge van een globale profielverruiming (Figuur 4-24) (Piesschaert et al., 2008).



Figuur 4-24: Profiel aan het Groot Schoor van Grembergen in 1930, 1960 en 2001 (Piesschaert et al., 2008).

In het gebied zijn er drie vegetatietypes: riet, wilgenstruwelen en verruigd gebied met veelal brandnetel. Dit gebied wordt gedeeltelijk beheerd als rietschor, daarvoor wordt er regelmatig gemaaid. Op die manier krijgen de wilgen geen kans om uit te groeien en blijft het rietveld bewaard.

Schorren in de zoete zone met lange verblijftijd hebben de meest stabiele vegetatie, zoals hier geïllustreerd voor het Groot schoor van Grembergen. In tegenstelling tot de andere saliniteitszones neemt het aandeel riet af (Van Braekel et al., 2006).

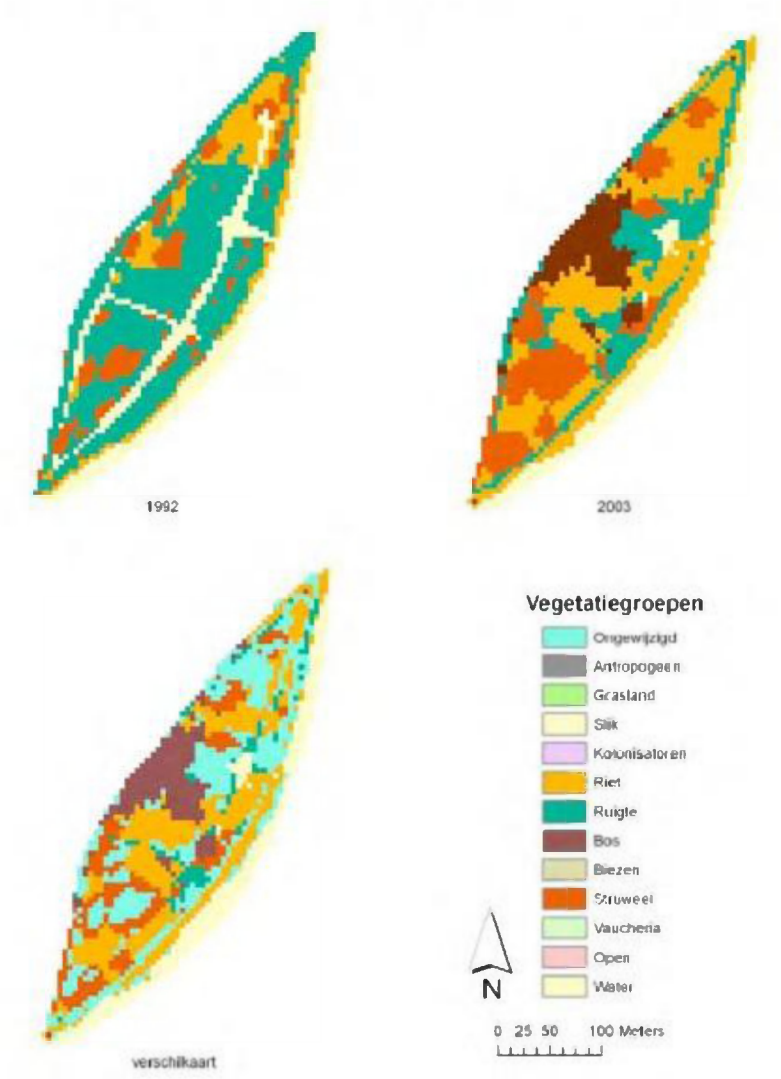


Figuur 4-25: Evolutie van de vegetatie in het Groot Schoor van Grembergen tussen 1992 en 2003 (Van Braeckel et al., 2006).

4.6.2.13 Pottelbergschor/Brede schoren/Konkelschoor

Het Pottelbergschor, gelegen net aan Dendermonding is ongeveer 6 ha groot. Dit zoetwaterschor komt bij hoogwater (tweemaal per dag) onder water en men vindt er dan ook een zeer specifieke vegetatie met riet, lisdodde en her en der verspreid wilgenstruiken. De dotterbloem is er nog zeer talrijk. Twee kleinere schorren namelijk de Brede Schoren en het Konkelschoor, samen ook ongeveer 6 ha, zijn gesitueerd aan de linkeroever van de rivier.

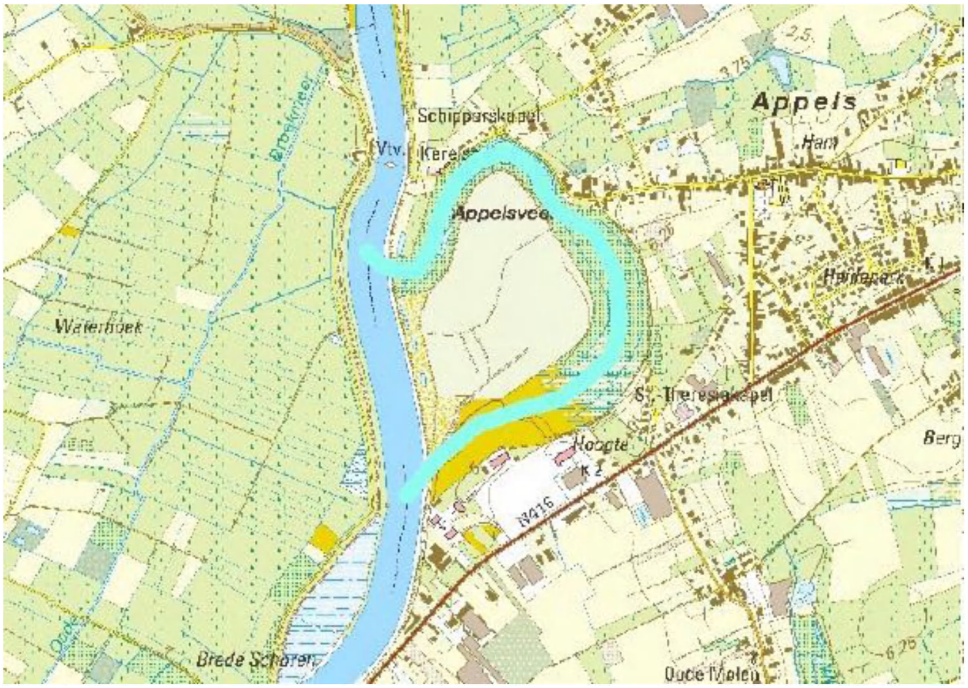
De Brede schoren kennen een groot vegetatieverloop met een belangrijk verlies van ruigte ten voordele van riet en een uitbreiding van de struweelkernen van 1992 in de ruigtezones (Figuur 4-26), twee frequente processen op schorren in de zoete zone met korte verblijftijd (Van Braeckel et al., 2006).



Figuur 4-26: Evolutie van de vegetatie in Brede Schoren tussen 1992 en 2003 (Van Braeckel et al., 2006).

4.6.2.14 Schor van Zele en Nieuw Schor van Appels

Aan het Nieuw Schor van Appels is er in het laatste kwart van de 19de eeuw een rechttrekking uitgevoerd met het verlies van 1417 m rivier tot gevolg (Figuur 4-27).



Figuur 4-27: Vroegere rivierloop aan het Nieuw Schor van Appels (Van Braeckel et al., 2006).

De vaargeul is er sinds 1930 duidelijk verschoven naar de linkeroever (Figuur 4-29), wat gepaard ging met erosie van de onverdedigde punt van het schor van Zele. Uit luchtfoto's van 1949 is te zien dat het Schor van Zele in gebruik is als hooi- of weiland terwijl van het Nieuw Schor van Appels nog niets te zien is (Figuur 4-28). In 1975 is het landgebruik op het schor van Zele gewijzigd naar populierenaanplanting. Aan de rechterzijde is een deel van het schor verdwenen, wellicht omdat de zomerdijken niet meer onderhouden werden. Er is nog steeds geen schorvorming te zien in de buitenbocht. Tegen 1995 is de punt van het schor van Zele verder weggeërodeerd. De populieren zijn verdwenen en er is spontane verbossing opgetreden. Het nieuw Schor van Appels is nu duidelijk zichtbaar in de buitenbocht. De eerste aanzet van het nieuwe schor werd zichtbaar halfweg de jaren 80. In 2004 is het nieuw schor van Appels nog wat verder aangegroeid, maar de situatie is veel stabieler. Veranderingen manifesteren zich nu vooral op het niveau van het successiestadium van de schorvegetatie (verbossing en verruiging) (Van Braeckel et al., 2006). Tegenwoordig bedraagt de oppervlakte van het Schor van Zele ca. 12 ha.

In de zone tussen het Nieuw Schor van Appels en Schoonaarde was in 1960 nog sprake van veel morfologische differentiatie met diepe buitenbochten en ondiepe platen aan de binnenbocht. Daar is vrijwel niets van overgebleven. In de profielfiguur ligt de eigenlijke vaargeul in 2001 nog verder naar de linkeroever (Figuur 4-29). In de luwte die zo aan de rechteroever ontstond heeft zich het nieuw schor van Appels kunnen ontwikkelen. Het hele traject bestaat nu uit een uniform, U-vormig profiel. De achteruitgang van de platen is vanzelfsprekend sterk gekoppeld aan de afname van het aandeel ondiep en matig diep water (Piesschaert et al., 2008).



Figuur 4-28: Evoluties aan het Schor van Zele (binnenbocht) en het Nieuw Schor van Appels (buitenbocht) (Van Braeckel et al., 2006).



Figuur 4-29: Profiel van het Nieuws Schor van Appels in 1930, 1960 en 2001 (Piesschaert et al., 2008).

4.6.2.15 Scheldeschoor

Geen gegevens gevonden

4.6.2.16 Appelschor

Geen gegevens gevonden

4.6.2.17 Paddebeek

Paddebeek situeert zich ter hoogte van Schoonaarde, tussen de Schoonaarde brug en de Paddebeek op de rechteroever van de Zeeschelde. In het kader van het Sigmaplan moesten de dijken in dit gebied op Sigmahoogte en -breedte gebracht worden. Omwille van de langgerekte vorm van het gebied in een sterk gekanaliseerde Zeeschelde werd geadviseerd om met terrassen te werken. Landwaarts werd een nieuwe Sigmadijk aangelegd. Deze werd niet verstevigd met breuksteen maar in plaats daarvan werden twee terrassen op hoog schorniveau aangelegd met perkoenpalen en wilgenbussels. Na afgraven van de oude dijk werden bovenop de schanskorven nog breukstenen aangebracht. De werken vingen aan in 2002 en werden in september 2003 opgeleverd (Figuur 4-30).

Door de landwaartse verschuiving van de dijk kon zich een intertidale zone ontwikkelen in een deel van de Zeeschelde waar slikken en schorren uiterst beperkt zijn. Door het gebruik van terrassen zijn geen breuksteenbestortingen nodig ter bescherming van de dijk. Helaas zijn de oude bestortingen van de vorige dijk slechts beperkt verwijderd. Achter de breukstenen ‘vooroever’ blijft zeer veel organisch materiaal, maar ook zwerfvuil liggen en worden ook de ontwatering en de kreeken vegetatieontwikkeling geremd. Een deel van de wilgenbussels tussen de perkoenpalen bestond uit levend plantenmateriaal dat na 3 jaar sterk uitgegroeid is en de verstruweling van het nieuwe schor versnelde. De hogere zones zijn begroeid met koloniserende pioniersvegetaties die vrij snel evolueren naar verdere successiestadia, ondanks de vrij beperkte sedimentatie. Het gebied wordt beperkt gebruikt door watervogels (Van den Neucker et al., 2007).



Figuur 4-30: Paddebeek met staalnamelocaties: a. situatie voor de herinrichting (2002) en b. na de herinrichting (2004) (Van den Neucker et al., 2007).

5. RUPEL

5.1 INLEIDING

In Bijlage A.4 is de overzichtskaart van de Rupel terug te vinden.

Het landgebruik langs de Rupel was in 1850 veel diverser dan langs de Durme. Tot aan de monding van de Vliet en langs de Vliet zelf lagen vooral schorren in cultuur. Verder stroomopwaarts vinden we ook bedijkte schorren en vloeisystemen met zomerdijk. De getij-invloed op de Vliet reikte tot Puurs. Met de afsluiting van de Vliet verdween een intergetijdengebied van ruim 50 hectare, wat overeenkomt met 1/3 van de totale hoeveelheid buitendijkse gebieden langs de Rupel.

Ook langs de Rupel zelf lagen in 1850 nog grote schorzones ter hoogte van Noeveren en Terhagen die nu verdwenen zijn. Op basis van de hoogteligging gaan we ervan uit dat dit gebied begrensd werd door een zomerdijk en dat het dus nog geregeld functioneerde als intergetijdengebied.

Het landschap van de Rupelstreek werd en wordt sterk bepaald door de mens. Op de rechteroever werd de klei van de Boomse cuesta reeds van in de 13e eeuw uitgegraven voor de baksteen industrie. Toen deze industrie in de jaren ’70 grotendeels teloor ging werden de achtergebleven kleiputten in de volgende decennia gebruikt als stort voor gips, asbest, vliegas en huisvuil. Op de linkeroever ontstonden kunstmatige plassen door turfwinning (Blaasveld broek), het roten van vlas (de Biezenweiden) en zandwinning voor het dichten van kleiputten in Boom (Hazewinkel en Broekhoven). Het Zeekanaal en de bijhorende chemische industrie drukken een zware stempel op het landschap. Door de aanleg van de sluis in Hingene verdween het schor aan de Rupel. De laatste jaren worden er echter inspanningen geleverd om deze sterk antropogeen beïnvloede uitgangssituatie ten goede te benutten.

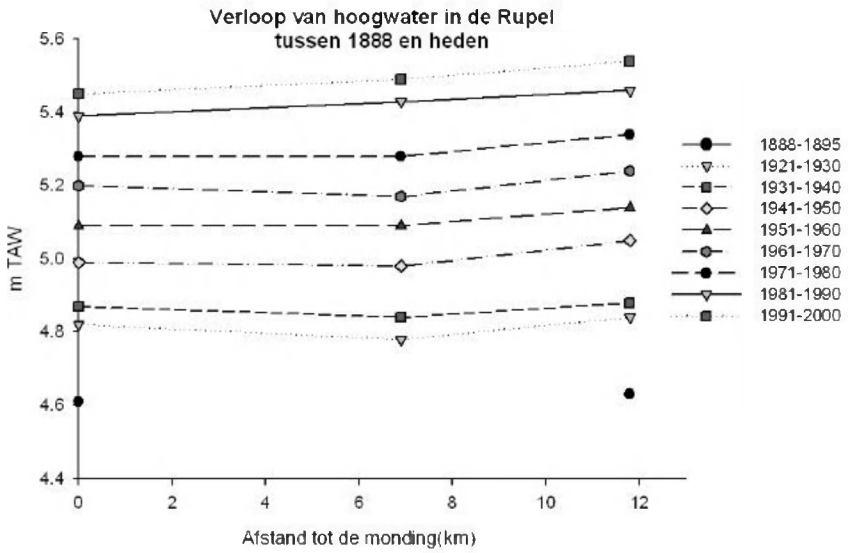
5.2 SLEUTELASPECTEN

De dalende lineaire trend van het jaargemiddelde laagwater die zich stroomopwaarts van Schelle voordoet, zet zich ook verder in de Rupel. De sterk stijgende trend van het jaargemiddelde hoogwater in de Zeeschelde blijft er echter hangen rond 60 à 70 cm/eeuw (Consortium T2009, 2012).

De belangrijkste morfologische veranderingen in de Rupel zijn het afsluiten van de Vliet in de jaren ’70 en de aanleg van het zeekanaal in de jaren ’90.

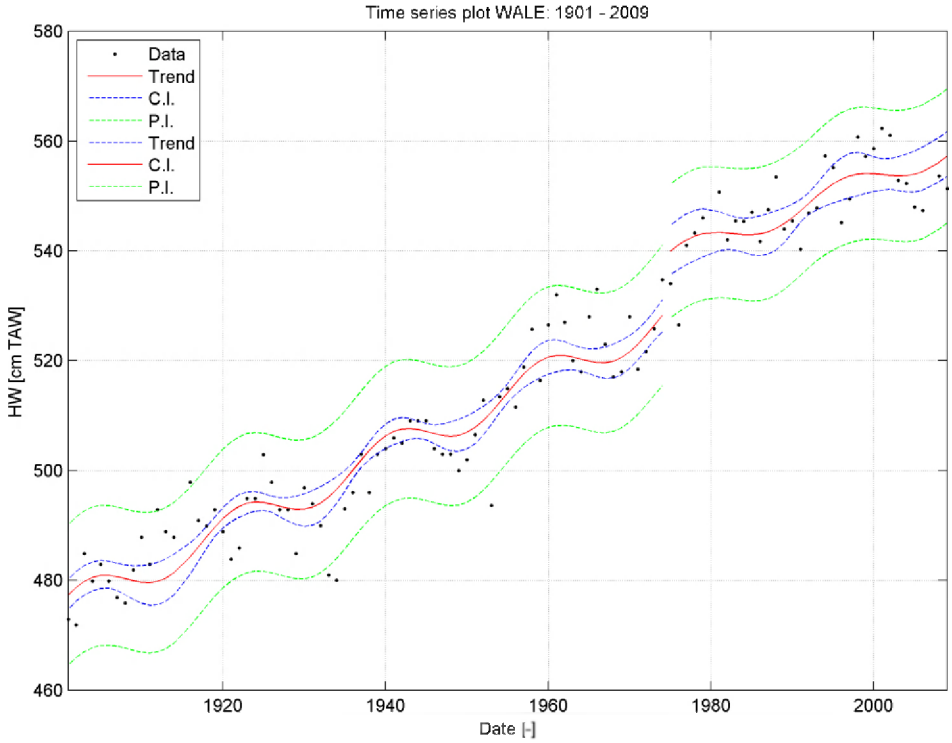
5.3 ONTWIKKELINGEN VAN HET GETIJ

Het ruimtelijk verloop van het GHW in de Rupel vertoont een constant verloop vanaf de Schelde tot Walem (±12 km) (Figuur 5-1). Het verloop van het 10-jarig GLW vertoont een stijgende trend in stroomopwaartse richting (Figuur 5-1). Vanaf 1931-1940 verloopt de stijging minder steil dan ervoor.



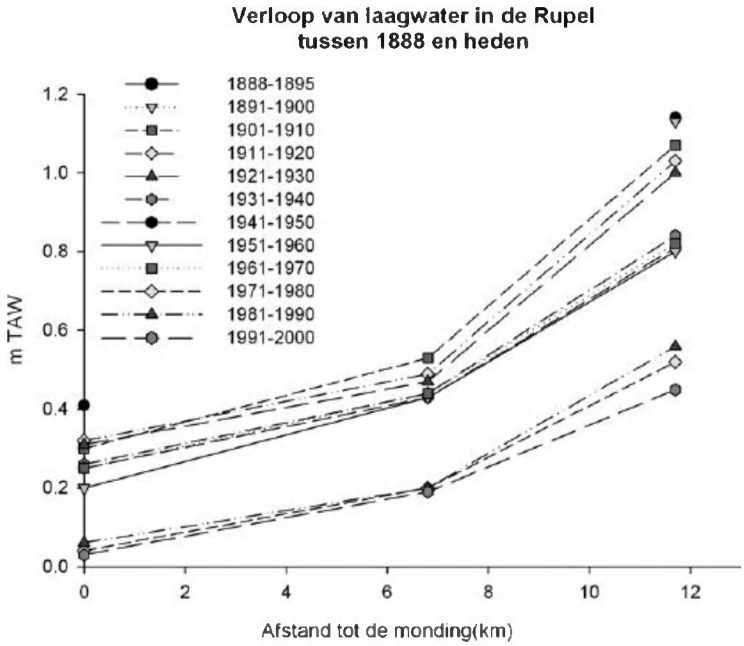
Figuur 5-1: Verloop van het gemiddeld hoogwater (links) en laagwater (rechts) in de Rupel tussen 1888 en 2000 (Piesschaert et al., 2008).

Figuur 5-4 toont het jaargemiddelde hoogwater ter hoogte van Walem waar de stijging rond de 60 cm/eeuw bedraagt (Consortium T2009, 2012).



Figuur 5-2: Regressiemodellen voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden van Walem gekalibreerd voor periodes 1901-1974 en 1975-2009 (=T2009) (Consortium T2009, 2012).

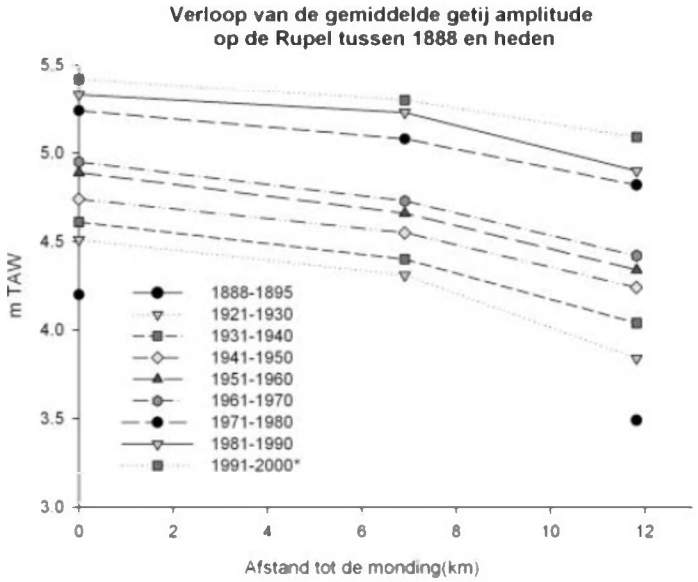
Na 1970 komt het gemiddeld laag water voor de volledige Rupel plots veel lager te liggen. We zien ook dat de meest recente curve minder steil verloopt dan de voorafgaande jaren.



Figuur 5-3: Verloop van het gemiddeld hoogwater (links) en laagwater (rechts) in de Rupel tussen 1888 en 2000 (Piesschaert et al., 2008).

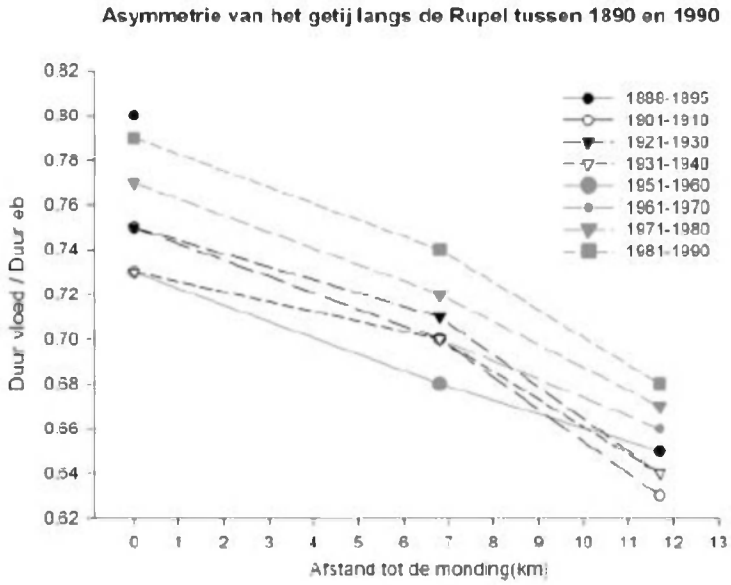
Uit resultaten van modelleringen blijkt dat getijwerking op de Vliet vooral zorgt voor een toename van het hydraulisch vermogen afwaarts van de aantakking. Tevens nemen de vloed- en ebvolumes opwaarts van de aantakking af. Deze toe- en afname in eb- en vloedvolumes resulteert in beperkte gemodelleerde peilwijzigingen orde +/- 1 cm. Het effect van de afsluiting van de Vliet op het gemiddeld laagwater is dus verwaarloosbaar, waardoor het waarschijnlijker wordt dat de eerste verdieping de plotselinge verlaging van het GLW heeft veroorzaakt (Piesschaert et al., 2008).

De curven van de 10-jarig gemiddelde amplitude in de Rupel wijzigen van een relatief steil naar een meer horizontaal verloop (Figuur 5-4). In de periode 1921-1930 bedraagt het verschil in getijamplitude tussen Hingene-Schelle en Walem ongeveer 70cm. Vanaf 1930 tot 1970 vermindert dit verschil tot gemiddeld 50cm en in de periode 1991-2000 bedraagt het nog 33 cm. De amplitude zelf neemt in de loop van de tijd in alle tijposten toe.



Figuur 5-4: Verloop van de gemiddelde getij amplitude op de Rupel tussen 1888 en 2000 (Van Braeckel et al., 2006).

De getijasymmetrie langs de Rupel wordt duidelijk groter in stroomopwaartse richting (Figuur 5-5). Vanaf 1950 is de kenmerkende knik in de curve ter hoogte van Boom grotendeels weggevallen. Door de tijd komt de curve in eerste instantie tot in 1950 lager te liggen, daarna daalt de getijasymmetrie opnieuw.

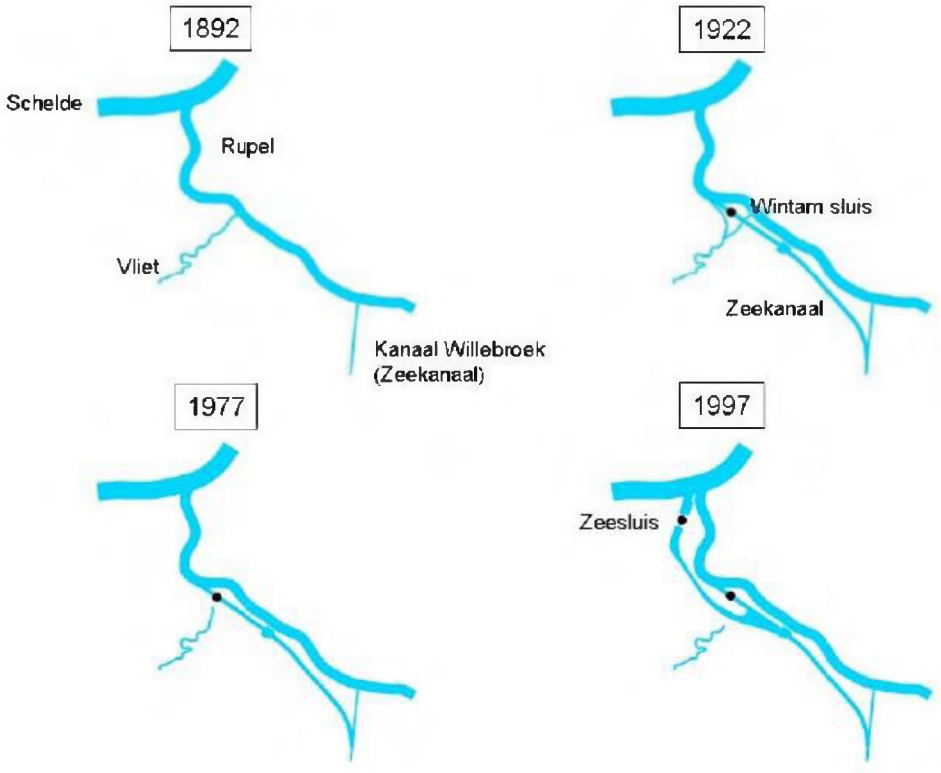


Figuur 5-5: Veranderingen in asymmetrie van het getij langs de Rupel tussen de periode 1888 en 1990 (Van Braeckel et al., 2006).

5.4 MENSELIJKE INGREPEN OP DE MORFOLOGIE

5.4.1 Evolutie aan de Rupelmonding en de monding van de Vliet

De Vliet, die uitmondt in de Rupel op de grens van Ruisbroek en Hingene, was één van de langste en belangrijkste getijbeken in het stroomgebied van de Schelde. De indijking van de Vliet dateert reeds van de 16e eeuw. Oorspronkelijk waren er alleen landinwaartse binnendijken, zodat de getijdenwerking vrij kon optreden. De vallei van de Vliet stroomafwaarts Puurs bestond uit al dan niet in cultuur gebrachte schorren en slikken. Inclusief de geul ging het om ongeveer 52 hectare getijdengebied. Later werd de Vliet zelf ingedijkt zodat de getijdenwerking teruggedrongen werd tot de rivier. In 1922 worden de monding van het Zeekanaal en monding van Vliet verlegd naar Wintam (Figuur 5-6). De oude monding van de Vliet in uiteindelijk verdwenen voor 1954. Kort na de grote overstromingen in 1976, waarbij ondermeer Ruisbroek onder water kwam, werd de Vliet afgesloten van het getij (in 1977). De getijamplitude aan de monding bedroeg op dat moment ongeveer 5 m. Het Vlietwater werd sindsdien met pompen in de Rupel en het Rupelkanaal geloosd. Het mondingsgebied van de Vliet is bij de aanleg van het zeekanaal volledig verdwenen. In combinatie met de eerste verdieping van de Schelde manifesteerde het effect van het afsluiten van de Vliet zich ondermeer in de plotselinge verlaging van het GLW in de Rupel. In 1997 werden de nieuwe Zeesluis aan de Rupelmonding en de bijhorende uitbreiding van het zeekanaal in gebruik genomen (Van Braeckel et al., 2006).



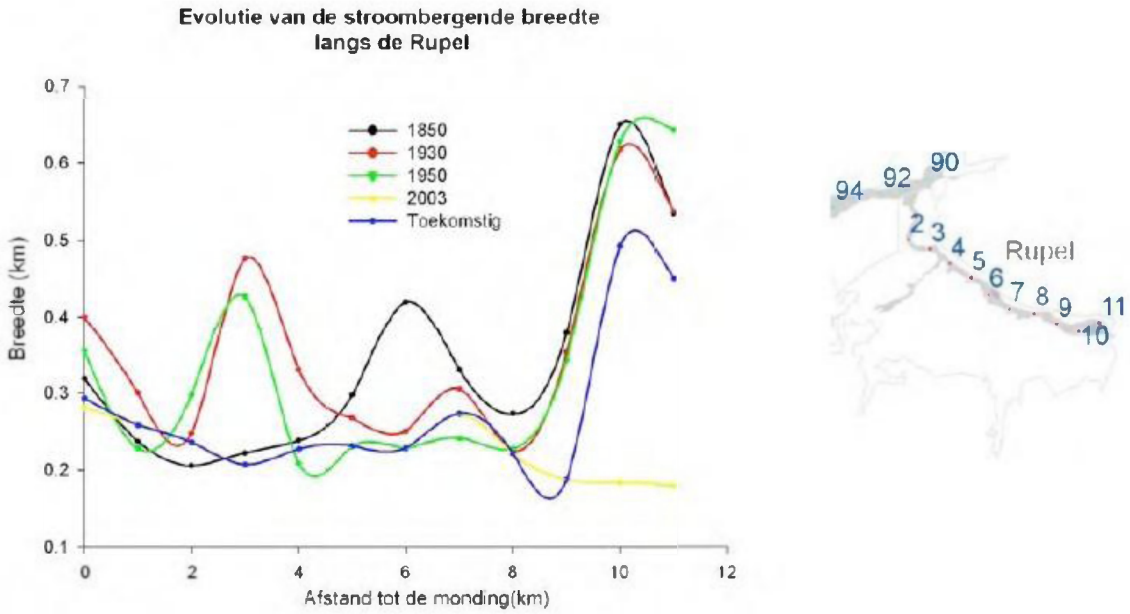
Figuur 5-6: Evolutie aan de Rupelmonding en de monding van de Vliet (Van Braeckel et al., 2006).



Figuur 5-7: Verlegging bij de monding van de Rupel (Van Braeckel et al., 2006).

5.4.2 Evolutie in stroombergende breedte

In het stroomafwaartse deel van de Rupel verschuift de zone met een maximale stroombergende breedte doorheen de jaren (Figuur 5-8). In 1850 (overigens berekend zonder de Vliet) ligt een piek ter hoogte van Boom (km 6), waar nog een klein vloeisysteem aanwezig was. In 1930 en 1950 ligt de piek rond km 3 waar een aantal ingrepen gebeurden rond de oude monding van de Vliet. In de volledige stroomafwaartse zone (km 0 tot 8) valt de stroomberging bijna volledig weg en worden geen herstelmaatregelen gepland. Stroomopwaarts blijft de stroombergende zone hoog tot 1950. De huidige smalle zone is ontoereikend bij de actuele hoge getijamplitude in deze zone. Bij uitvoering van alle geplande estuariene herstelprojecten langs de Rupel wordt de stroombergende breedte gedeeltelijk hersteld tot ongeveer drie kwart van de situatie voor 1950 (Van Braeckel et al., 2006).



Figuur 5-8: Evolutie van de stroombergende breedte langs de Rupel vanaf 1850 tot nu en het geplande meest wenselijk alternatief van het Sigmaplan. Rechts de aanduiding van de afstand tot de monding in kilometers (Van Braeckel et al., 2006).

5.5 ECOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

De gegevens over de oppervlakte schorren, slikken en subtidaal zijn schaarser dan voor de rest van de Zeeschelde (Tabel 5-1).

Tabel 5-1: Evolutie van de ecotopen schor, slik en subtidaal gebied voor de Rupel (Adriaensen et al., 2005 en Consortium T2009, 2012).

Jaar	Opp schor (ha)	Opp slik (ha)	Opp subtidaal (ha)
2010	36,73	45,92	150,08
2004	43,17	26,15?	204,18?
2001	37,40	44,65	151,50
1990	38,21	-	205,62?
1950	-	38,74	-
1850	-	38,74	-

6. DURME

6.1 INLEIDING

Bijlage A.3 toont een kaart van de Durme.

Ooit was de Durme een lange rivier, die ontsprong in West-Vlaanderen en ter hoogte van Hamme in de Schelde uitmondde. In de loop van de eeuwen is echter duchtig ingegrepen in de loop van de Durme, door rechttrekkingen en door afdamming. Nu zit er enkel nog getij op het stroomafwaartse gedeelte van de rivier. De Durme is de enige grotere zijrivier in het estuarium die nog een vrije open verbinding met de hoofdrivier heeft en tegelijkertijd niet ingericht is voor de scheepvaart.

6.2 SLEUTELASPECTEN

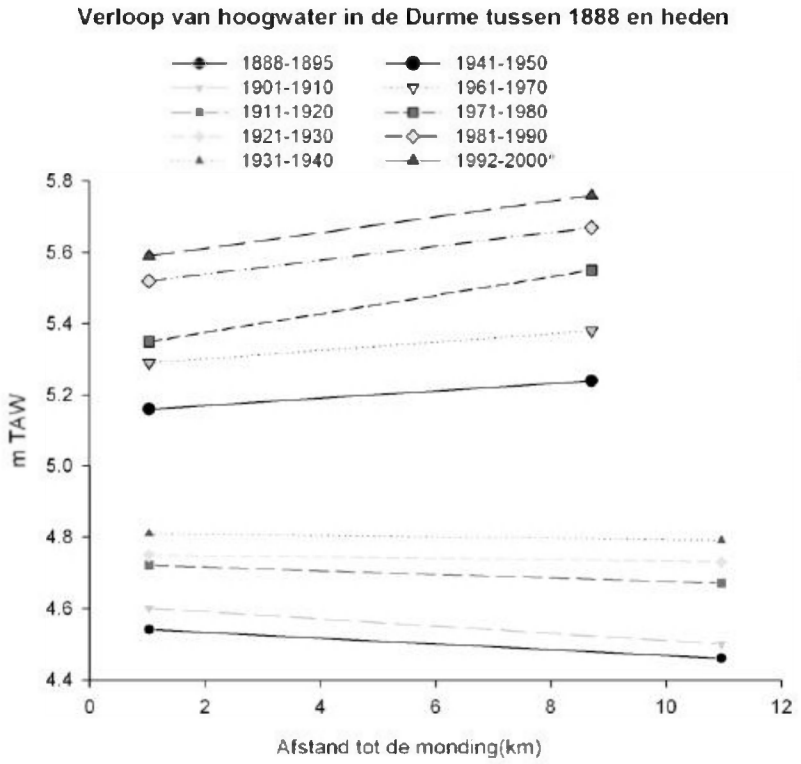
In de Durme stijgen de jaargemiddelde hoogwaters initieel tot 100 cm/eeuw in Tielrode waarna ze afnemen tot 50 cm/eeuw te Waasmunsterbrug. Wat betreft de jaargemiddelde laagwaterstanden wordt in tegenstelling tot de dalende trend in de Zeeschelde stroomwaarts van Schelle en in de Rupel, een uitermate sterke stijgingssnelheid opgetekend te Waasmunsterbrug (615 cm/eeuw). Het sterk afwijkend gedrag te Waasmunsterbrug kan verklaard worden door de vele menselijke ingrepen die zijn uitgevoerd in Durme in de 19de en 20ste eeuw (Consortium T2009, 2012).

De stijging van het jaargemiddelde laagwater houdt verband met de sedimentatie in de Durme. Deze sedimentatie is mede het gevolg van de aanleg van het kanaal Gent-Terneuzen in de 19de eeuw die de bovenafvoer zo goed als afsloot. Om de sedimentatie tegen te gaan werden in de jaren ’20 en ’30 rechttrekkingen en baggerwerken uitgevoerd. In de decennia hierna werden nog regelmatig baggerwerken uitgevoerd om de sedimentatie tegen te gaan (Consortium T2009, 2012).

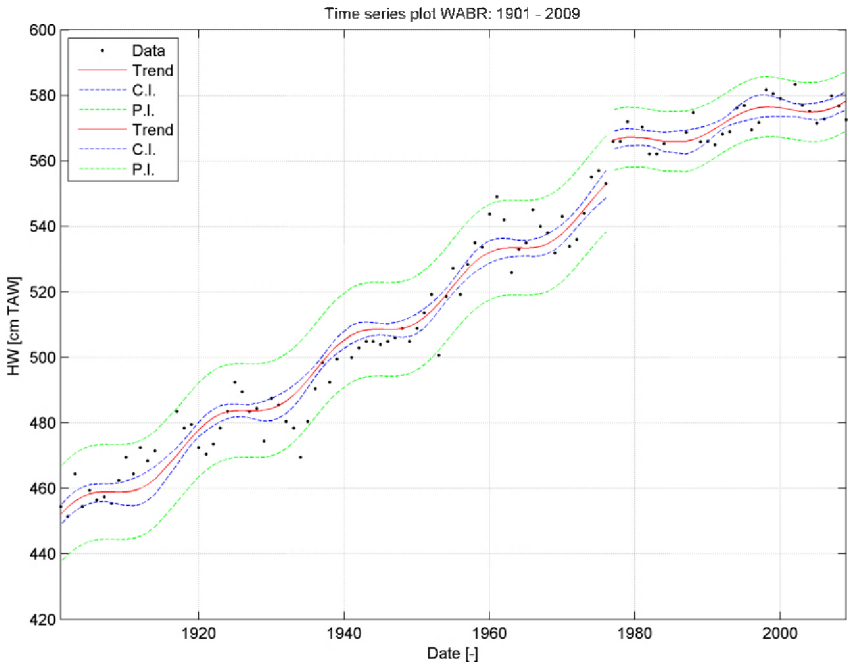
6.3 ONTWIKKELINGEN VAN HET GETIJ

Het ruimtelijk verloop van het 10-jarig gemiddeld hoog water vertoont tot 1940 nog een dalende trend in stroomopwaartse richting (~10cm) (Figuur 6-1). Tussen 1931-1940 en 1941-1950 buigt dit om in een licht stijgende trend in stroomopwaartse richting. De dalende trend tot 1940 kan te wijten zijn aan het vloedkom-effect doordat vloeiweiden langs de Durme veelvuldig aanwezig waren. Dit effect viel gedeeltelijk weg na de rechttrekkingen in de jaren ‘30 waardoor de vloeiweiden langsheen de oude Durme niet langer functioneel waren. De aanleg van de potpolders eind de jaren ’30 kon het effect van het verlies van vloeiweiden en de rechttrekkingen blijkbaar niet corrigeren. Ook in de jaren ‘70 is een vermindering van het vloedkom-effect zichtbaar in het hoogwater, wanneer de dam op Durme verplaatst wordt naar de grens met Zele. Hierdoor werden de dijken verhoogd en potpolders onbruikbaar waardoor de komberging nog sterker verminderde (Van Braeckel et al., 2006).

De tijdreeksen jaargemiddelde hoogwaterstanden voor Waasmunsterbrug is samen met de trendlijnen weergegeven in Figuur 6-2. In de Durme neemt ze initieel toe tot 100 cm/eeuw in Tielrode waarna ze afneemt tot 50 cm/eeuw te Waasmunsterbrug.

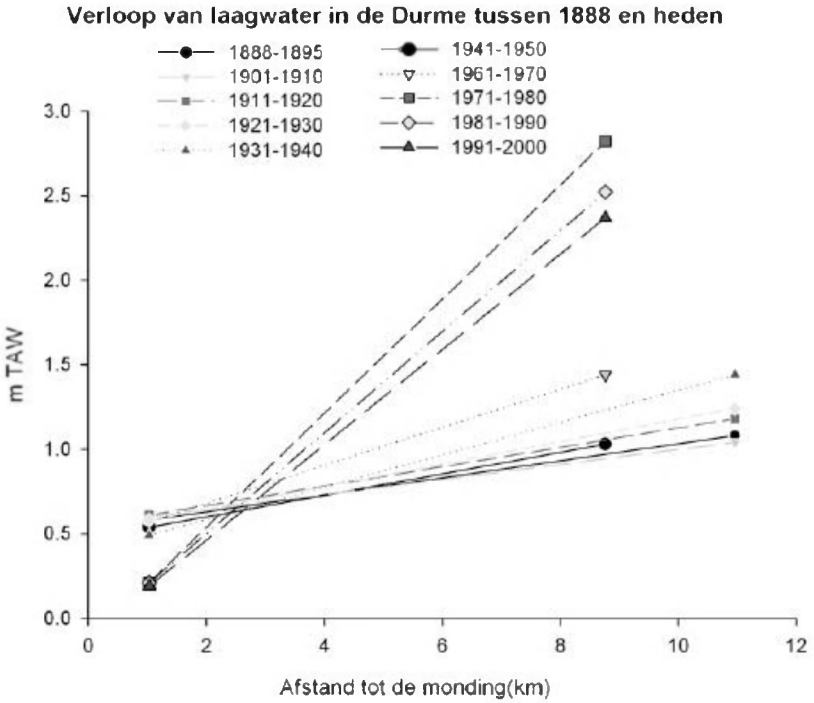


Figuur 6-1: Verloop van het gemiddeld hoogwater in de Durme tussen 1888 en 2000 (Van Braeckel et al., 2006).

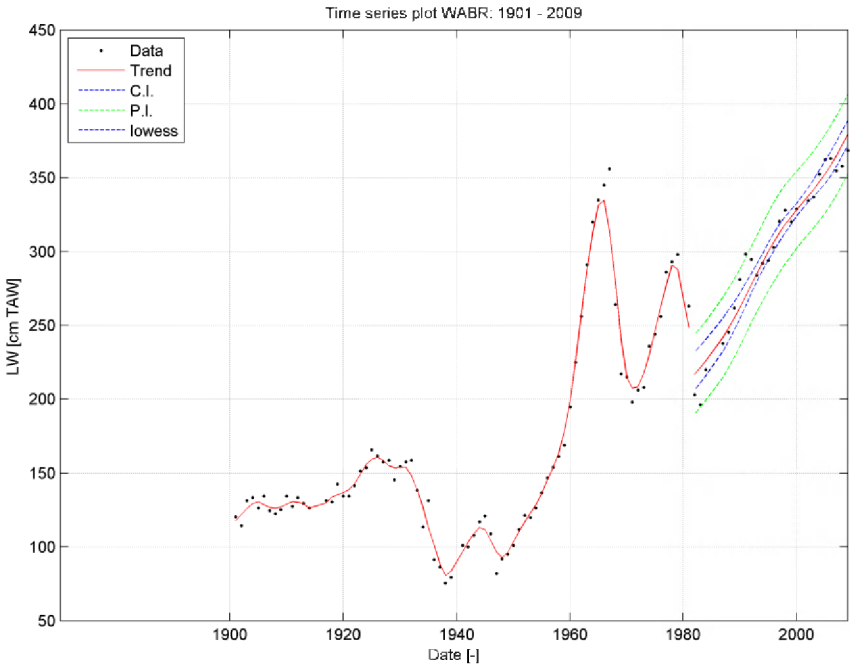


Figuur 6-2: Regressiemodellen voor de jaargemiddelde hoogwaterstanden van Waasmunsterbrug, gekalibreerd voor periodes 1901-1976 en 1977-2009 (=T2009) (Consortium T2009, 2012).

Het gemiddelde laagwater vertoont een stijgende trend in stroomopwaartse richting, in tegenstelling tot de Zeeschelde (Figuur 6-1). Tussen 1961-1970 en 1971-1980 zien we een opvallende sprong waarbij de curve plots veel sterker stijgt (Figuur 6-3 en Figuur 6-4). De sterke afname van het laagwater tussen '67 en '69 heeft te maken met baggerwerken in de Durme tijdens deze periode (Consortium T2009, 2012). De sedimentatie houdt echter aan wat de stijging van het laagwater tijdens de jaren '70 verklaart. De sterke afname begin jaren '80 houdt vermoedelijk ook verband met baggerwerken (Consortium T2009, 2012). Sedertdien neemt de hellingshoek terug af maar het blijft veel steiler dan vóór de sprong. Het verloop van het 10-jarig gemiddeld laagwater vertoont geen sterke veranderingen na de rechttrekkingen. De grootste sprong in het gemiddeld laag water is de eenzijdige stijging die plaats vindt tussen 1961-1970 en 1971-1980 door verzanding (Van Braeckel et al., 2006).

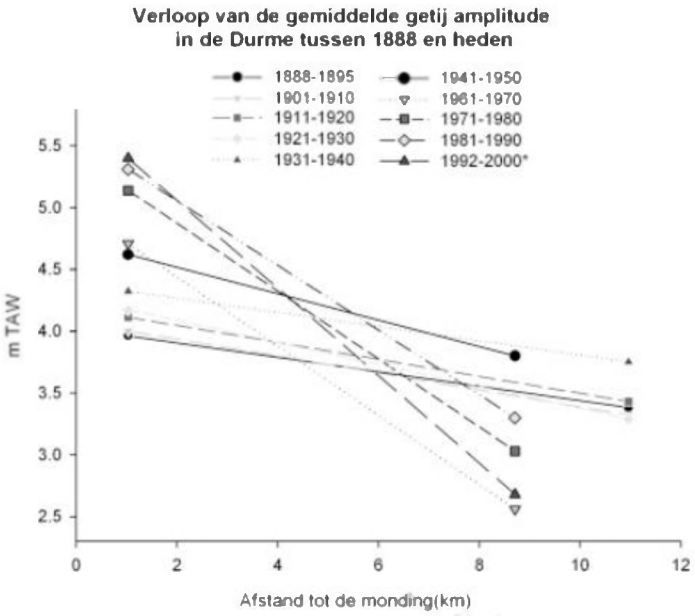


Figuur 6-3: Verloop van het gemiddeld laagwater in de Durme tussen 1888 en 2000 (Van Braeckel et al., 2006).



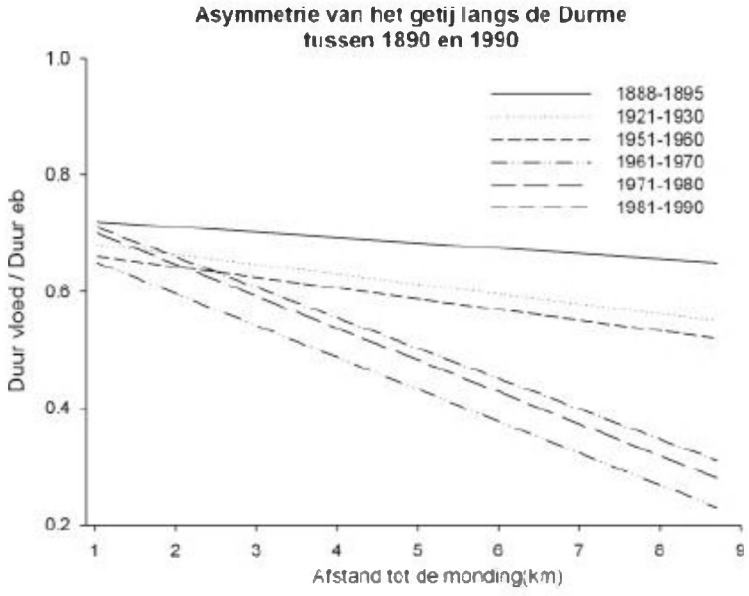
Figuur 6-4: Jaargemiddelde laagwaterstanden van het meetstations te Waasmunsterbrug. Lowess filter met spanwijdte 6 jaar voor periode 1901-1981 en regressiemodel 2 gekalibreerd voor periode 1982-2009: T2009 trendlijn (Consortium T2009, 2012).

In de Durme is het verloop van de gemiddelde getijamplitude sterk gewijzigd tussen 1888 en nu (Figuur 6-5). Vooral de helling is sterk veranderd met een verschil in amplitude tussen Waasmunster en Tielrode van slechts 58 cm in 1888 -1895 tot 200 cm in 1981-1990. Op 100 jaar tijd is het verschil dus toegenomen met 142cm. De grootste verandering in het stroomopwaartse deel vond plaats tussen 1941-1950 en 1961-1970, waarbij het verschil in amplitude plots veel groter wordt. Dit valt samen met de periode (1953-1955) waarin o.a. de bovenafvoer van de Durme wordt afgesneden. Nadien blijft het verschil stabiel, maar in het laatste 10 jarig gemiddelde is het opnieuw toegenomen.



Figuur 6-5: Verloop van de gemiddelde getij amplitude op de Durme tussen 1888 en 2000 (Van Braeckel et al., 2006).

Langs de Durme vertoont het verloop van de gemiddelde getijasymmetrie tussen de periode 1951- 1960 en 1961-1970 een verandering van een meer horizontale curve naar een sterk dalende curve. Door een sterke verlenging van de ebstroom t.o.v. de vloedstroom is een sterke verhoging van sedimentafzetting mogelijk. Dit valt samen met de afdamming van de Durme stroomafwaarts van het centrum van Lokeren (1953-1955). De getijasymmetrie aan de monding bleef redelijk stabiel, terwijl de asymmetrie aan de stroomopwaartse tijposten sterk is toegenomen (Van Braeckel et al., 2006).

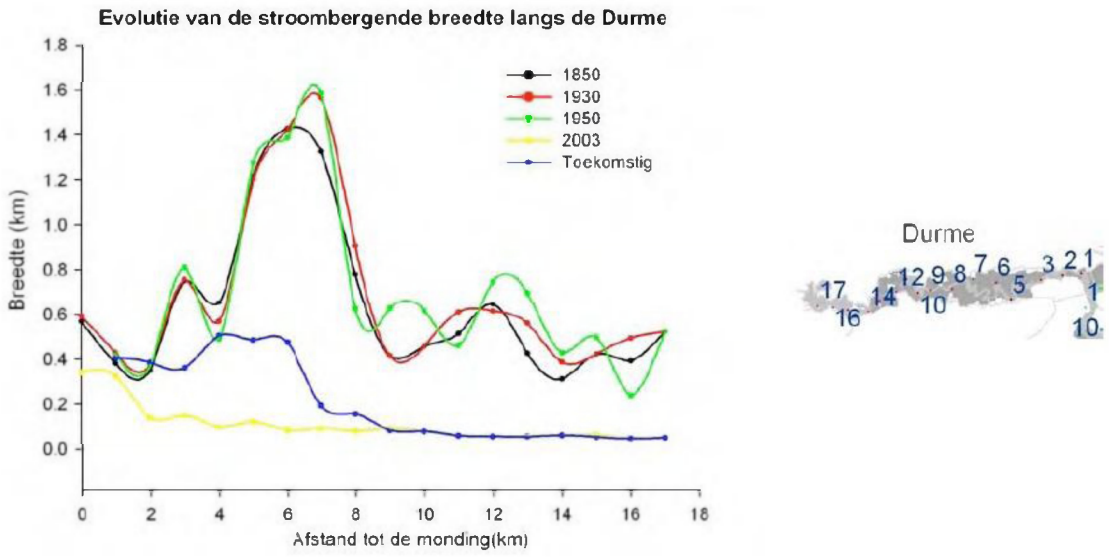


Figuur 6-6: Veranderingen in asymmetrie van het getij langs de Durme tussen de periode 1888 tot 1990 (Van Braeckel et al., 2006).

6.4 MENSELIJKE INGREPEN OP DE MORFOLOGIE

6.4.1 Evolutie in stroombergende breedte

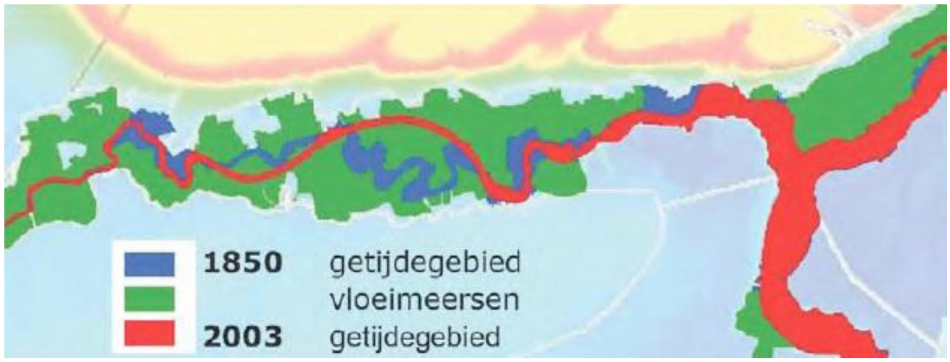
Langs de Durmevallei is door het stijgend hoogwater tussen 1850 en 1950 een kleine stijging van de bergende breedte zichtbaar (Figuur 6-7). De periode rond 1950 kan als het maximale bereik gezien worden, aangezien na 1950 de bevloeide oppervlakte langs de Durme sterk daalde door de rechttrekkingen, waardoor de vloeiweiden niet meer werden gebruikt. Een deel van de Durme werd tussen 1900 en 1950 met 1900 m verkort door rechttrekkingen over een oorspronkelijke lengte van 3400 m wat leidde tot een slik- en schorverlies van 2,38 ha. De stroombergende breedte in 2003 is slechts een zeer kleine fractie van wat ooit het stroombergend gebied van de Durme moet zijn geweest. Bij uitvoering van alle geplande ontpolderingen wordt een gedeelte van de stroomafwaartse oorspronkelijke bergende breedte hersteld (Van Braeckel et al., 2006).



Figuur 6-7: Evolutie van de stroombergende breedte langs de Durme vanaf 1850 tot het geplande herstel in het meest wenselijk alternatief van het Sigmaplan. Rechts een aanduiding van de afstand tot de monding in kilometer. (Van Braeckel et al., 2006).

De Durme is in 1850 bij uitstek een rivier met begeleidende vloeisystemen (Figuur 6-8). Ze maken bijna 90% uit van het buitendijkse landgebruik langs de Durme en ruim een derde van het totale vloeiweideareaal langs de Zeeschelde. Als we de vloeiweides met winterdijk en bovenafvoer niet meerekenen ligt zelfs meer dan de helft van het totale vloeiweide-areaal langs de Durme. De vloeimeersen langs de Durme waren onbedijkt tot ongeveer ter hoogte van de monding van de Lokerbeek. Verder stroomafwaarts hadden ze een zomerdijk.

In 1920 was er relatief weinig gewijzigd. Het vloeimeersenareaal was nog even uitgestrekt, maar de meersen stroomopwaarts van de Lokerbeek waren nu ook bedijkt. Met de rechttrekking en calibratie van de Durme in het begin van de jaren 30 werd het areaal supralitoraal gebied gedecimeerd. De verhouding riet-ruigte-verhout schor in 2003 langs de Durme is zeer vergelijkbaar met de verhoudingen in de zoete zone met korte verblijftijd, die ook qua historisch landgebruik opmerkelijke parallellen vertoont (Van Braeckel et al., 2006).



Figuur 6-8: Verlies aan stroombergende ruimte langs de Durme tussen 1850 en 2003 (Van Braeckel et al., 2006).

6.5 ECOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

6.5.1 Wijzigingen in ecotopen

Ook voor de Durme zijn er weinig historische gegevens over de oppervlaktes schor, slik en subtidaal (Tabel 6-1).

Tabel 6-1: Evolutie van de ecotopen schor, slik en subtidaal gebied voor de Durme (Adriaensen et al., 2005 en Consortium T2009, 2012).

Jaar	Opp schor (ha)	Opp slik (ha)	Opp subtidaal (ha)
2010	86,21	52,63	12,44
2004	100,32	24,67	56,57
2001	83,12	39,62	26,76?
1990	42,77?	34,63?	66,27

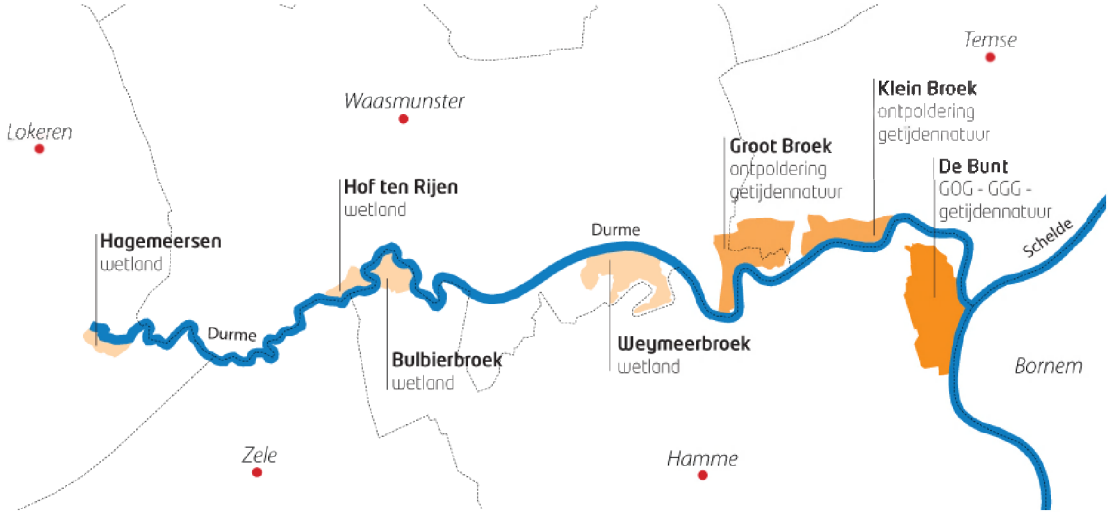
6.5.2 Ontwikkelingen in de schorgebieden

De Durme is relatief rijk en schorren en slikken. De twee schorgebieden aan de monding zijn zeer waardevol. De meer stroomopwaartse schorren tussen de Waasmunster brug en de E17 zijn echter zeer hoog opgeslibd en in sommige gebieden opgehoogd met baggerspecie, de smalle geul is begrensd door een zeer steile slikzone. Er is weinig schor dat nog regelmatig onderloopt en de meeste stukken zijn dan ook sterk verruigd.

De Bunt is gelegen op het grondgebied Hamme en situeert zich ter hoogte van de samenvloeiing Durme en Schelde (Figuur 6-9). In het noorden wordt het gebied begrensd door het natuurreservaat Schorren en de Durme, in het oosten door de Schelde.

In kader van het Sigmaplan worden de gebieden Groot en Klein Broek in 2012 ontpolderd en wordt het gebied De Bunt omgevormd tot gecontroleerd overstromingsgebied met gereduceerd getij (GOG/GGG). Dit laatste zal gebeuren in 2 fasen, waarbij in een eerste fase het zuidelijk deel tijdelijk zal functioneren als gewoon gecontroleerd overstromingsgebied. De ontpoldering van het Groot en Klein broek levert respectievelijk 64 en 33 ha op, de

ontpoldering van De Bunt 67 ha, met als doel een slikken- en schorrenecosysteem te creëren (Soresma, 2011).



Figuur 6-9: De Durme vallei met aanduiding van de projecten in kader van het Sigmaplan (www.simgaplan.be).

7. CONCLUSIE

Habitatwijzigingen in de Zeeschelde zijn het gevolg een hele reeks antropogene en natuurlijke ontwikkelingen. Hoewel ingreep-effecten relaties moeilijk te bepalen zijn (zie o.a.Van Braeckel e.a., 2012), wordt algemeen aanvaard dat de toename in getijslag het meest bijdraagt aan het indirect verlies van habitat. Hier wordt nog een kort overzicht gegeven van de directe en indirecte impacten op het leefgebied in het Schelde-estuarium.

Direct biotoopverlies is tussen 1850 en 1950 vooral het gevolg van inpolderingen en rechttrekkingen, terwijl na 1950 vooral infrastructuur en dijkwerken de oorzaak waren. Ook de diepte en het geulprofiel ondergaan voortdurend veranderingen door o.a. de verruiming van de vaargeul, zandwinning, de aanwezigheid van leidammen en onderhoudsbaggerwerken. Deze ingrepen kunnen naast rechtstreekse gevolgen ook zorgen voor een indirect verlies door de beïnvloeding van de getijvoortplantingsnelheid, het tijverschil en daarmee het kombergend volume. De daarmee gepaarde verhoging in getijamplitude en energie zorgen voor een bijkomstig indirect biotoopverlies.

Door de toename van de hoogwaterstanden wordt het niveauverschil in het slik steeds groter en door gebrek aan zijdelingse uitbreidingsruimte wordt de overgang tussen geul en schor steiler. Dit kan leiden tot afslag van schor, slik en ondiepe sublitorale zones, bijvoorbeeld door de toenemende stroomsnelheden. De sedimentatie/erosie cyclus kan echter niet opnieuw beginnen, de sterk toegenomen dynamiek en ruimtegebrek beletten sedimentatie, nieuwe vestiging van pioniersoorten en ontwikkeling van jong schor. De resterende schorren evolueren naar gesloten en eentonige climaxvegetaties. Bij verder toenemende hydrodynamiek zullen deze tenslotte ook verdwijnen door erosie, tenzij ze door schorrandverdediging gefixeerd worden, (Van Braeckel et al., 2006).

In dit rapport wordt geconcludeerd dat het stelselmatig verwijderen van het zand uit de Beneden-Zeeschelde de meest waarschijnlijke oorzaak is van de waargenomen verdieping opwaarts en de daaraan gekoppelde toename van de getijslag. Er wordt gesteld dat de versnelde toename van de getijslag tegelijkertijd een gevolg als een oorzaak is van de waargenomen opwaartse verdiepingen. De relatie tussen getijslag, netto sedimenttransport en de waargenomen verdiepingen zal door verder onderzoek moeten worden bevestigd.

Verdere toename van de getijslag is niet wenselijk vanuit deze optiek. Beheer en beleid gericht op het niet verder toe laten nemen van het getij is wenselijk. De sleutel hiervoor ligt voor een belangrijk deel in de verdere ontwikkeling van de geul. Natuurlijke dynamiek met voldoende ruimte voor de verjonging (nieuwvorming) van schorren vereist voldoende ruimte (rivierbreedte). Dit kan door in de Zeeschelde een aantal brede trajecten te herstellen zodat daar de volledige hoogtegradiënt van diep water tot hoog schor kan ontwikkelen. Bijkomend voordeel is een toename van de stroombergende breedte, met naar verwachting een positieve invloed op de ontwikkeling van het getij. De voorgestelde ontpolderingen, aantakkingen en GOG-GGG's in het kader van het Sigmaplan geven de veerkracht van het ecosysteem terug en beschermen de omliggende gebieden tegen overstromingen.

Met het oog op het voorkomen van een verdere toename van de getijslag lijkt tevens een alternatief nodig voor het storten en winnen van zand op de Schaar van Ouden Doel afkomstig uit de onderhoudsbaggerwerken van de vaargeul. Enerzijds betekent wellicht het (deels) terugstorten van zand in het systeem (opwaarts, dan wel afwaarts). Anderzijds kan gedacht worden aan het afvangen van het afwaarts transport of het opnieuw zandimporterend maken van de Zeeschelde.

8. REFERENTIES

Adriaensen et al. (2005). Instandhoudingsdoelstellingen Schelde-estuarium, Universiteit Antwerpen, Rapport Ecobe 05R-82, Antwerpen.

Afdeling Maritieme Toegang (1998). Westerschelde en Zeeschelde, Baggerwerken 1998.

Afdeling Maritieme Toegang (1999). Westerschelde en Zeeschelde, Baggerwerken 1999.

Afdeling Maritieme Toegang (2000). Westerschelde en Zeeschelde, Baggerwerken 2000.

Afdeling Maritieme Toegang (2001). Westerschelde en Zeeschelde, Baggerwerken 2001.

Afdeling Maritieme Toegang (2002). Westerschelde en Zeeschelde, Baggerwerken 2002.

Afdeling Maritieme Toegang (2003). Westerschelde en Zeeschelde, Baggerwerken 2003.

Afdeling Maritieme Toegang (2004). Westerschelde en Zeeschelde, Baggerwerken 2004.

Afdeling Maritieme Toegang (2005). Westerschelde en Zeeschelde, Baggerwerken 2005.

Afdeling Maritieme Toegang (2006). Westerschelde en Zeeschelde, Baggerwerken 2006.

Afdeling Maritieme Toegang (2007). Westerschelde en Zeeschelde, Baggerwerken 2007.

Afdeling Maritieme Toegang (2008). Westerschelde en Zeeschelde, Baggerwerken 2008.

Afdeling Maritieme Toegang (2009). Westerschelde en Zeeschelde, Baggerwerken 2009.

Afdeling Maritieme Toegang (2010). Westerschelde en Zeeschelde, Baggerwerken 2010.

Afdeling Maritieme Toegang (2011). Westerschelde en Zeeschelde, Baggerwerken 2011.

Belmans,H., (1988) Verdieping-en onderhoudsbaggerwerken in Wester-en Zeeschelde, Tijdschrift Water nr.43, november 1988, pp. 184-194.

Belmans, H. (1995), De verdieping van de Westerschelde. Water nr. 85, pp. 259-264.

Belmans, H., Claessens, J., Marain, J., Bernard, A. (1989), De baggerwerken in de Schelde en hun permanente optimalisatie, Water 49bis, pp. 239-254.

Coen, I. (2008). De eeuwige Schelde? Ontstaan en ontwikkeling van de Schelde. Waterbouwkundig Laboratorium 1933-2008.

Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis (2013a). Grootschalige hydromorfodynamiek van de Zeeschelde – Analyse bodemgegevens Zeeschelde. IMDC rapport: I/RA/11387/12.255/VBA

Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis (2013b). Tidal Phenomena in the Scheldt Estuary, part 2. I/RA/11387/12.102/GVH

Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis (2013c). Achtergrondsdocument Baggeren en Storten, Analyse van sedimenteigenschappen, baggerstatistiek, stortintensiteitskaarten en zandwinning in de Wester- en Beneden-Zeeschelde. IMDC rapport: I/RA/11387/12.333/JSN

Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis (2013d). Analyse stortlocaties Zeeschelde. IMDC rapport: I/RA/11387/13.094/VBA

Consortium Deltares-IMDC-Svasek-Arcadis (2013e). Response of tidal rivers to deepening and narrowing. I/RA/11387/12.292/GVH.

Consortium T2009 (2012). T2009-rapport Schelde-estuarium. In voorbereiding. Arcadis-IMDC-UA-NIOZ-IMARES.

Dronkers, J., 2005, Dynamics of coastal systems, Advanced Series of Ocean Engineering, Volume 25, World Scientific.

Haecon, 2006. Actualisatie van de zandbalans van de Zee- en Westerschelde

IMDC (2001). Studie in het kader van de habitat en –vogelrichtlijngebieden langs de Beneden –Zeeschelde. Evaluatiestudie m.b.t. het terugstorten van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. I/RA/11203/01.018/MSA.

IMDC (2004), Optimalisatie van de onderhoudsbaggerwerken Deurganckdok, Onderzoek naar de effecten op het milieu bij het terugstorten van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde, rapport I/RA/11239/04020/CMA.

IMDC, Belgroma, Soresma, Haecon, RA & Technum. (2005). Actualisatie van het Sigmaplan. Integrale verkenning Scheldebekken. Integrale Verkenning Rupelbekken. Planstudie rivierherstel Durme. Deelopdracht 3: hydrologsiche en hydraulische modellen. Volume 3c: scenarioanalyse Durmebekken. Versie 1.0 dd. 14/04/2005. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap/Departement LIN/Administratie Waterwegen en Zeewezen/Afdeling Zeeschelde.

IMDC (2007). Milieueffectrapport verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Basisrapport Zoutdynamiek. (uitgevoerd onder consortium ARCADIS-Technum in opdracht van Proses2010).

IMDC (2011). Hydraulisch, sedimentologisch en morfologisch onderzoek Saeftinghedok – Deelopdracht 3 – Systeembeschrijving Beneden Zeeschelde. I/RA/11352/10.057/MIM

IMDC (2012). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Deelopdracht 7: Analyse van stortingen in de diepe delen van de hoofdgeul. I/RA/11353/11.076/MIM

Jeuken, M.C.J.L., Z.B. Wang, D. Keiller, 2007, Impact of setbacks on the estuarine morphology, 5th IAHR Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics, RCEM 2007.

Hoste S., Loyen R. (2002), “Sauvons Anvers!” De maritieme toegangsweg van de haven van Antwerpen vanuit bedrijfshistorisch perspectief (1970-1940), NEHA jaarboek 2002.

Kornman, B., G.A. Liek en H. Schippers (2002), Baggeren en storten in de Westerschelde, een nieuwe kijk op onderhoudsbaggerwerk. Werkdocument RIKZ/AB/2002.840x. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.

Kuijper, C., Sas, M. & M.C.J.L. Jeuken. 2006. Systeembeschrijving Schelde-estuarium. Een visie op de morfologische ontwikkeling. Conceptrapport.

Meyvis, L. (1977), Indijkingen en waterbouwkundige werken langs de Westerschelde en de Zeeschelde, Deel I, Verslag AZ 77-12.

Peters, B.G.T.M., G.A. Liek, J.W.M. Wijsman, M.W.M. Kuijper en G.Th. van Eck (2003), Monitoring van de effecten van de verruiming 48’/43’. Een verruimde blik op waargenomen ontwikkelingen. MOVE Evaluatierapport 2003, MOVE-rapport 8, Deel B: Hoofdrapport.

Piesschaert, F., Dillen, J., Van Braeckel, A. en Van den Bergh E. (2008). Inventarisatie en historische analyse Zeeschelde habitats (vervolgstudie) Resultaten van het eerste jaar. INBO.IR.2008.29 Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Plancke, Y.; Ides, S.; Mostaert, F., (2009). Vervolgstudie inventarisatie en historische analyse van slikken en schorren langs de Zeeschelde: Vlottermetingen Ballooi en Notelaer Juni 2009. Versie 2_0. WL Rapporten, 713_21. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Plancke, Y., Maximova, T., Ides, S., Peeters, P., Taverniers, E. & Mostaert, F. (2012). Werkgroep O&M – Projectgroep Veiligheid: Sub project 1: Data analysis and hypothesis – Lower Sea Scheldt. Version 4.0. WL Rapporten, 756/05. Flanders Hydraulics Research: Antwerp, Belgium.

Scheldeschorren (2012). www.scheldeschorren.be, geraadpleegd op 5 oktober 2012.

Soresma (2011). Groot Broek, Klein Broek en De Bunt Deelopdracht 1: opmaak project-MER – definitief MER Bijlage 13 – Niet-technische samenvatting.

Stevens M., Van den Neucker T., Gelaude E., Baeyens R., Jacobs Y., Mouton A., Buysse D. & Coeck J. (2011). Onderzoek naar de trekvissoorten in het Schelde-estuarium. Voortplantings- en opgroeihabitat van rivierprik en fint. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2011 (14). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Taverniers, E. (1979). De afsluiting van de Durme. Afdamming? Stormvloedkering? “Open” Durme!. Ministerie van Openbare Werken. Dienst der Zeeschelde: Antwerpen..

Technische Scheldecommissie, Subcommissie Westerschelde (1984), Verdieping Westerschelde, Studierapport Programma 48’-43’, Middelburg-Antwerpen.

Vanallemeersch, R. Hoffmann, M. & Meire, P. 2000. Ontwerpbeheerplan voor het Vlaams natuurreservaat slikken en schorren van Schelde en Durme. Universiteit Gent – Instituut voor Natuurbehoud, IN-rapport 00.01 (draft versie).

Van Braeckel A., Piesschaert F., Van den Bergh E. (2006). Historische analyse van de Zeeschelde en haar getijgebonden zijrivieren (19de eeuw tot heden), INBO.R.2006.29, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel

Van Braeckel A., Vandevoorde B., Van den Bergh E. (2008). Schorecotopen van de Schelde. Aanzet tot de ontwikkeling van één schorecotopenstelsel voor Vlaanderen en Nederland. INBO.IR.2008.29, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Van Braeckel, A., Mikkelsen, J.H., Dillen, J., Piesschaert, F., Van den Bergh, E., Coen, L., De Mulder, T., Ides, S., Maximova, T., Peeters, P., Plancke, Y., Mostaert, F. (2009). Inventarisatie en historische analyse van Zeescheldehabitats: Vervolgstudie: resultaten van het tweede jaar. Interne rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, 2009,34. INBO: Brussel.

Van Braeckel, A.; Coen, L.;.Peeters P.; Plancke Y.; Mikkelsen J. en Van den Bergh, E. (2012). Historische evolutie van Zeescheldehabitats. Kwantitatieve en kwalitatieve analyse van invloedsfactoren. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2011 (INBO.R.2011. 57). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Van Damme, S.; Ysebaert, T.; Meire, P.; Van Den Bergh, E. (1999). Habitatstructuren, waterkwaliteit, en leefgemeenschappen in het Schelde-estuarium. Rapporten van het instituut voor natuurbehoud, 1999(24). IN: Brussel. 119 pp.

Van Den Bergh, E., T. Ysebaert, P. Meire & E. Kuijken (1998) Voorkomen van watervogels in de internationaal beschermde gebieden van de Beneden-Zeeschelde: trends 1980-1997. Rapport Instituut voor Natuurbehoud 98.18, Brussel.

Van den Bergh, E., Meire, P., Hoffmann, M. & Ysebaert T. (1999). Natuurherstelplan Zeeschelde: drie mogelijke inrichtingsvarianten. Rapport Instituut voor Natuurbehoud 99/18, Brussel.

Van den Neucker, T.; Vandevoorde, B.; Verbessem, I.; Van den Bergh, E. (2008). Nieuwe slikken en schorren langs de Zeeschelde, in: INBO (2008). INBO jaarboek 2007. pp. 10-11

Van den Neucker T., Verbessem I., Vandevoorde B., Van Braeckel A., Stevens M., Spanoghe G., Gyselings R., Soors J., De Regge N., De Belder W. & Van den Bergh E. (2007). Evaluatie van natuurontwikkelingsprojecten in het Schelde-estuarium. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2007 (INBO.R.2007.57). Instituut voor Natuur en Bosonderzoek, Brussel.

Van der Weck, A. (2007). Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde

Achtergronddocument Systeembeschrijving Schelde-estuarium. Een visie op de macro-morfologische ontwikkeling. Consortium ARCADIS – Technum.

Van Hove, D., Adriaensen, T. en Meire, P. (2004). Opstellen van instandhoudingsdoelstellingen voor speciale beschermingszones in het kader van de vogelrichtlijn 79/409/EEG, de habitatrichtlijn 92/43/EEG en eventuele watergebieden van internationale betekenis (Conventie van Ramsar) in de Zeehaven van Antwerpen, poort van Vlaanderen in het Ruimtelijk Structuurplan. Gebiedsspecifieke uitwerking vogelrichtlijngebied 'Beneden- Schelde: schorren en polders op rechter- en linkeroever': addendum deelgebied 'slikken en schorren' (SBZ-H). Notanummer: ECOBE 04-N14

Van Ryckegem et al., (2011). MONEOS – Geïntegreerd datarapport Toestand Zeeschelde tot 2009. Datarapportage ten behoeve van de VNSC voor het vastleggen van de uitgangssituatie anno 2009. Rapport INBO.R.2011.8. 77 pp. Instituut voor Natuur-en Bosonderzoek, Brussel.

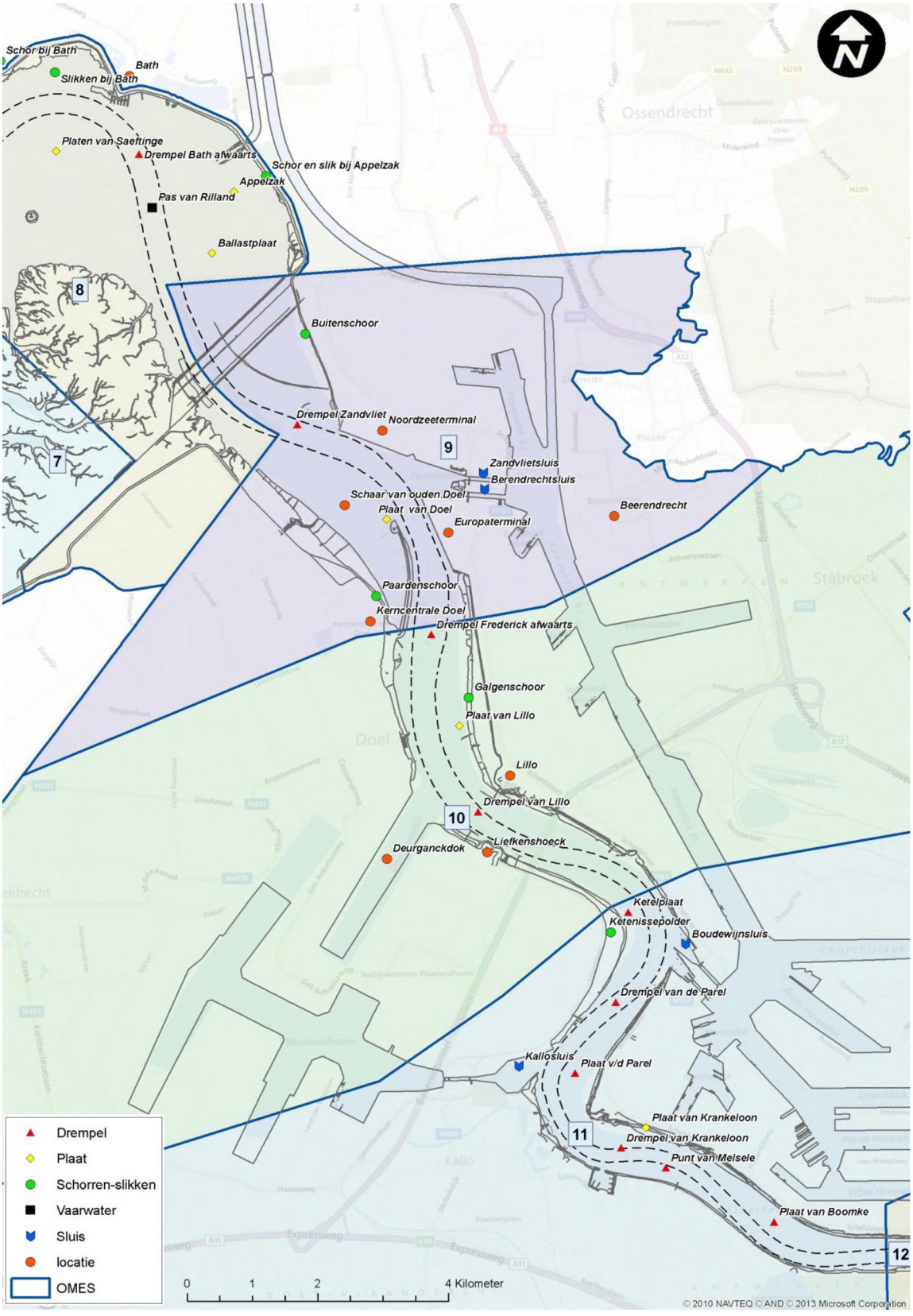
Verbessem, I.; Ysebaert, T.J.; Van den Bergh, E.; De Regge, N.; Soors, J.; Kuijken, E. (2002). 10 jaar monitoring op het Groot Buitenschoor. INBO Rapport IN 02/10. Instituut voor Natuurbehoud: Brussel.

www.natuurpuntwal.be, geraadpleegd in oktober 2012.

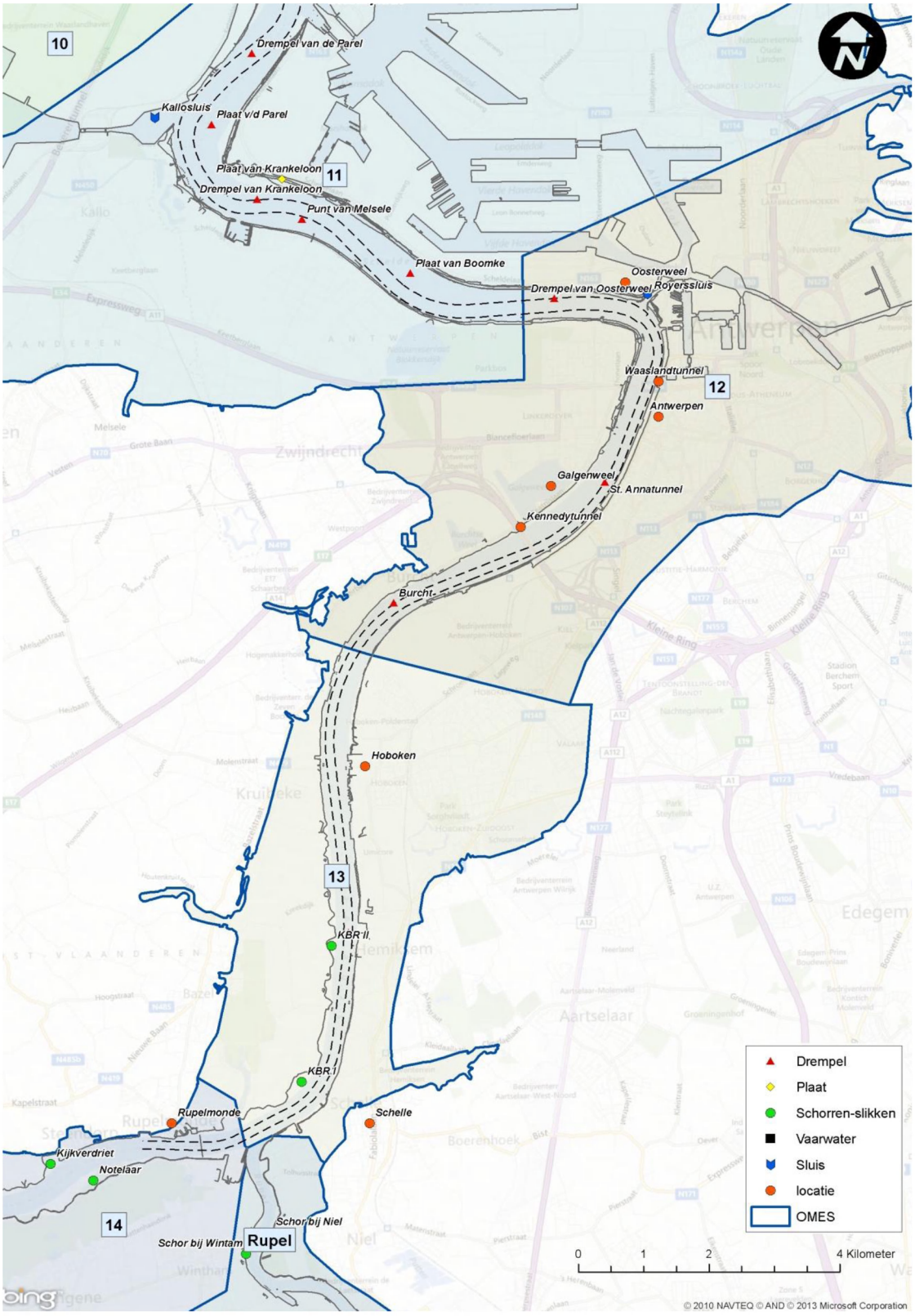
www.sigmaplan.be, geraadpleegd in oktober 2012.

Bijlage A Overzichtskaarten

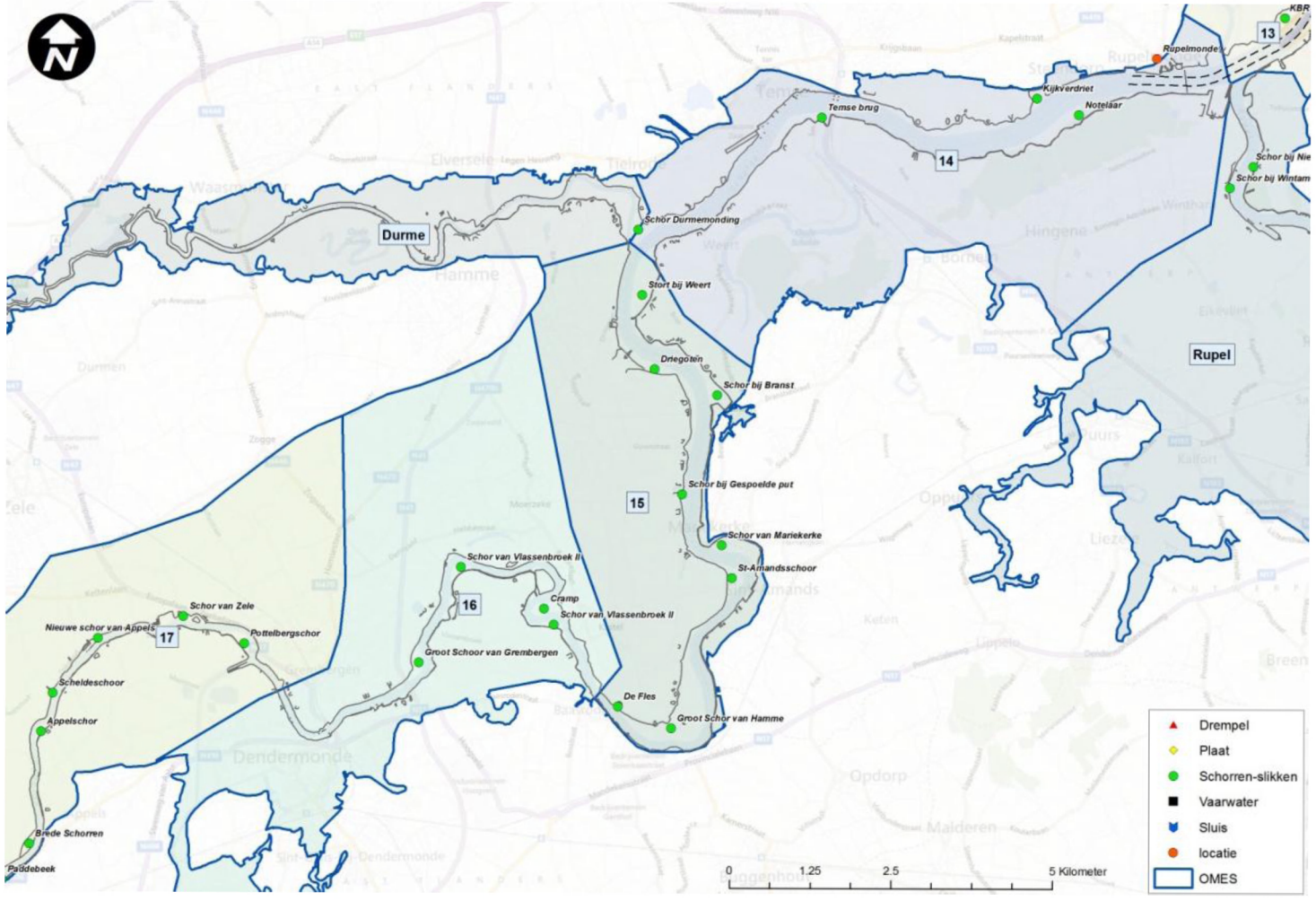
A.1 Beneden-Zeeschelde tot Antwerpen (Omes 9 -11)

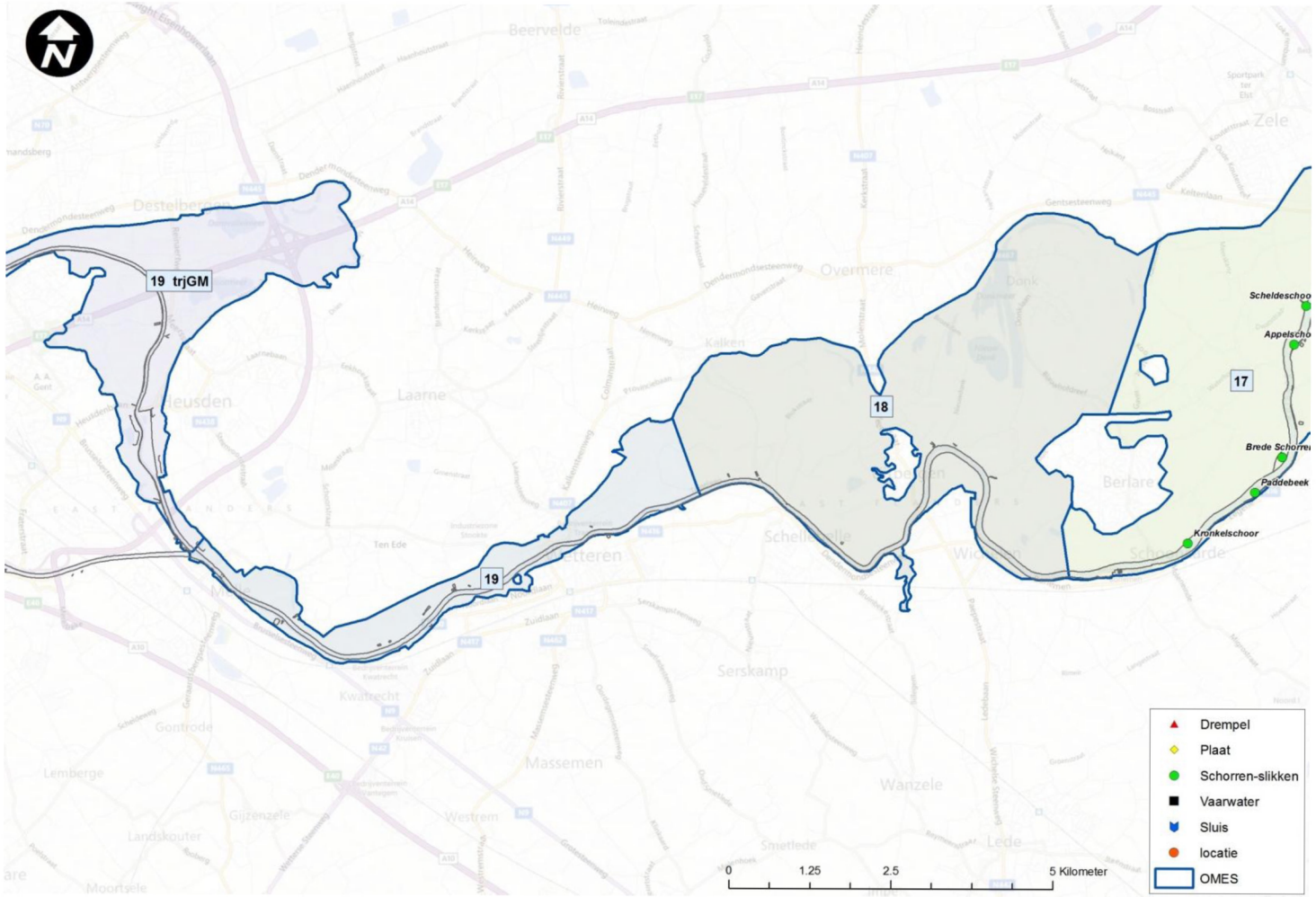


A.2 Beneden-Zeeschelde vanaf Antwerpen (Omes 12-13)

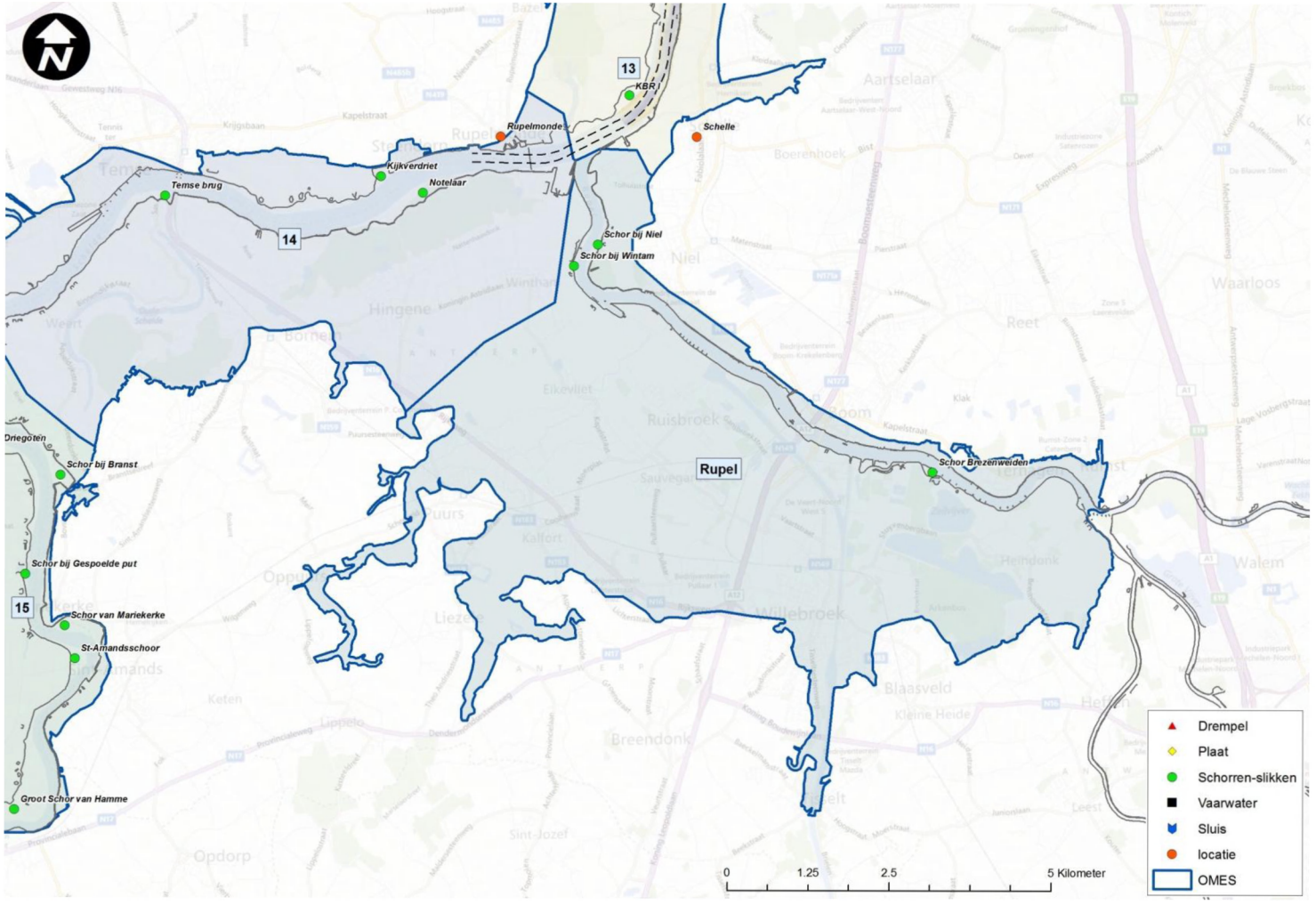


A.3 Boven-Zeeschelde + Durme (Omes 14-19)




19 trjGM
18
17
19
Scheldeschoo
Appelscho
Brede Schorre
Paddebeek
Kronkelschoor
Drempel
Plaat
Schorren-slikken
Vaarwater
Sluis
locatie
OMES
0
1.25
2.5
5 Kilometer

A.4 Rupel


13
KBR
Rupelmonde
Schelle
Kijkverdriet
Notelaar
Temse brug
14
Schor bij Niel
Schor bij Wintam
Rupel
Schor Brezenweiden
Driegoten
Schor bij Branst
Schor bij Gespoelde put
15
Schor van Mariekerke
St-Amandsschoor
Groot Schor van Hamme
Drempel
Plaat
Schorren-slikken
Vaarwater
Sluis
locatie
OMES
0
1.25
2.5
5 Kilometer