Vlaamse overheid

Departement Mobiliteit en Openbare Werken

Afdeling Maritieme Toegang

# Monitoringprogramma Flexibel Storten



## Voortgangsrapportage 2014-2015: Syntheserapport

IMDC International Marine & Dredging Consultants

ECOSYSTEM MANAGEMENT RESEARCH GROUP

HWE onderzoek en advies in waterbeheer en ecologie

## Colofon

International Marine & Dredging Consultants

Adres: Van Immerseelstraat 66, 2018 Antwerp, Belgium

☎: + 32 3 270 92 95

🗐: + 32 3 235 67 11

Email: info@imdc.be

Website: www.imdc.be

## Document Identificatie

| | |
|---|---|
| Titel | Voortgangsrapportage 2014-2015: Syntheserapport |
| Project | Monitoringprogramma Flexibel Storten |
| Opdrachtgever | Vlaamse Overheid - Afdeling Maritieme Toegang |
| Besteknummer | Bestek nr. 16EF/2011/22 |
| Documentref | I/RA/11353/16117/THL |
| Documentnaam | K:\PROJECTS\11\11353 - Monitorprogramma flexibel storten\10-Rap\Periode 2\DO10 Voortgangsrapport 3\RA16117_Voortgangsrapport 3 - syntheserapport\RA16117_Voortgangsrapport 3 - syntheserapport_v3.0.docx |

## Revisies / Goedkeuring

| Versie | Datum | Omschrijving | Auteur | Nazicht | Goedgekeurd |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | 14/10/2016 | Concept t.b.v. Overleg Flexibel Storten | Zie auteurslijst | Zie revisorenlijst | GVH |
| 2.0 | 08/12/2016 | Verwerking commentaren OFS | Zie auteurslijst | Zie revisorenlijst | GVH |
| 3.0 | 28/04/2017 | Verwerking commentaren CMW | Zie auteurslijst | Zie revisorenlijst | DDP |

**Auteurs:** Goossens M., Lanckriet T., Pandelaers C., Depreiter D.

**Revisoren:** Depreiter, D., Heinis, F. (HWE), Meire, P. (ECOBE), Van Holland G.

## Verdeellijst

| | | |
|---|---|---|
| 30 | Analoog | Mevr. C. Martens, Maritieme Toegang, Vlaamse Overheid |
| 1 | Digitaal | |

## Contactpersoon IMDC

**Contactpersoon** Davy Depreiter
**Telefoonnummer** +32 3 270 23 51
**E-mail** davy.depreiter@imdc.be

## Abstract

Het Voortgangsrapport 2014-2015 brengt verslag over de monitoring uitgevoerd in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde in het kader van het MONEOS-T Uitvoeringsplan, aangevuld met analyse van zeehondentellingen, vogeltellingen en benthosgegevens voor de Westerschelde. De genoemde gegevens en de analyse ervan laten toe een evaluatie van de effecten van het project van de derde verruiming van de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde te maken en deze effecten af te toetsen tegen wat in het MER en/of andere beoordelingskaders als doelstelling of verwachting werd geformuleerd.

## Inhoudstafel

**1. INLEIDING ..... 1**
1.1 DE OPDRACHT ..... 1
1.2 ACHTERGROND ..... 1
1.3 DOEL VAN DE VOORTGANGSRAPPORTAGE ..... 2
1.4 OVERZICHT VAN DE VOORTGANGSRAPPORTAGE ..... 3
**2. SAMENVATTING DATA-ANALYSE ..... 5**
2.1 INGREPEN ..... 5
*2.1.1 Westerschelde ..... 5*
*2.1.2 Beneden-Zeeschelde ..... 10*
*2.1.3 Zandwinning ..... 13*
2.2 HYDRODYNAMIEK ..... 14
*2.2.1 Randvoorwaarden: meteorologie en rivierafvoer ..... 14*
*2.2.2 Hoog- en laagwaterstanden ..... 15*
*2.2.3 Getijslag ..... 18*
*2.2.4 Golven ..... 20*
*2.2.5 Stroomsnelheden Westerschelde ..... 20*
*2.2.6 Stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde ..... 21*
2.3 MORFOLOGIE EN LEEFOMGEVING ..... 21
*2.3.1 Recente morfologische veranderingen (grote schaal) ..... 21*
*2.3.2 Platen en plaatrandstortzones (Westerschelde) ..... 26*
*2.3.3 Slikken en schorren ..... 38*
*2.3.4 Watervolume in de nevengeulen ..... 40*
*2.3.5 Ecotopenarealen ..... 45*
2.4 FYSICOCHEMIE EN WATERBODEMKWALITEIT ..... 51
*2.4.1 Chemische kwaliteit van de waterbodem op de baggerlocaties ..... 51*
*2.4.2 Concentratie sediment in suspensie ..... 52*
*2.4.3 Lichtpenetratie ..... 59*
*2.4.4 Chlorofyl a gehalte ..... 62*
*2.4.5 Chloridegehalte ..... 64*
2.5 FAUNA ..... 67
*2.5.1 Macrozoöbenthos ..... 67*
*2.5.2 Vogels ..... 74*
*2.5.3 Zeehonden ..... 79*
*2.5.4 Conclusies ..... 81*
**3. INTEGRALE DISCUSSIE ..... 83**

3.1 VOORAF ..... 83
3.2 EFFECTEN VAN DE VERRUIMING ..... 84
3.3 EFFECTEN VAN DE STORTSTRATEGIE ..... 87
**4. ADVIEZEN ..... 94**
4.1 ADVIES STORTSTRATEGIE ..... 94
4.2 ADVIES MONITORING EN VERDER ONDERZOEK ..... 95
**5. REFERENTIES ..... 97**

## Bijlagen

**BIJLAGE A TOETSING KWALITEITSPARAMETERS ..... 101**
A.1 INLEIDING ..... 102
A.2 INSTANDHOUDING MEERGEULENSTELSEL ..... 104
*A.2.1 Het watervolume in de nevengeul ..... 104*
A.3 ECOLOGISCHE WINST PLAATRANDSTORTINGEN ..... 112
*A.3.1 Stabiliteit plaatrandstortingen ..... 112*
*A.3.2 Ontwikkeling laagdynamisch areaal ..... 114*
*A.3.3 Behoud van het oppervlak ecologisch waardevol gebied ..... 116*
*A.3.4 Hoogte slikken en platen ..... 116*
*A.3.5 Schorranderosie ..... 119*
*A.3.6 Ontwikkeling ecologisch waardevol areaal Westerschelde ..... 120*
**BIJLAGE B GESELECTEERD KAARTMATERIAAL ..... 123**

## Lijst van tabellen

TABEL 2-1: JAARLIJKS ONDERHOUDSVOLUME (EXCL. AANLEG) ZAND IN DE WESTERSCHELDE [MM³ IN SITU] PER KALENDERJAAR. ....6

TABEL 2-2: JAARLIJKS ONDERHOUDSVOLUME IN DE WESTERSCHELDE [MM³ IN SITU] PER VERGUNNINGSJAAR (VJ). ....6

TABEL 2-3: MAXIMAAL VERGUNDE STORTCAPACITEIT (MM³ IN SITU) VOOR DE EERSTE VERGUNNINGSPERIODE (2010-2015). ....8

TABEL 2-4: SAMENVATTING GESTORTE IN-SITU VOLUMES (IN M³) TUSSEN 12 FEBRUARI 2010 EN 11 FEBRUARI 2015 (VERGUNNINGSJAAR 1 TEM 5), PER MACROCEL. ....8

TABEL 2-5: MAXIMAAL VERGUNDE STORTCAPACITEIT (MM³ IN SITU) VOOR DE TWEEDE VERGUNNINGSPERIODE (2015 - 2022) ....8

TABEL 2-6: SAMENVATTING GESTORTE IN-SITU VOLUMES (IN M³) TUSSEN 12 FEBRUARI 2015 EN 30 JUNI 2016 (VERGUNNINGSJAAR 6 EN EEN DEEL VAN 7), PER MACROCEL. ....8

TABEL 2-7: STORTHOEVEELHEDEN VANUIT HAVENS IN DE WESTERSCHELDE. EEN AANTAL GEGEVENS ONTBREKEN, BV. TERNEUZEN AUTRICHEHAVEN (ZIE DATARAPPORT); DEZE ZIJN AANGEDUID MET "NB", NIET BESCHIKBAAR. BRON: RWS ZEE EN DELTA. ....10

TABEL 2-8: UITGEVOERDE BAGGERHOEVEELHEDEN VOOR HET JAARLIJKS ONDERHOUD (EN AANLEG VOOR ZAND) IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE [M³ IN BEUN VOOR ZAND EN M³ V' VOOR SLIB] ....11

TABEL 2-9: GEWENSTE HOEVEELHEDEN SPECIE PER JAAR NA BEËINDIGEN STORTEN VERDIEPINGSSPECIE (STABILITEIT PLAATRANDSTORTING). ....32

TABEL 2-10: TOETSWAARDEN STABILITEIT PLAATRANDSTORTINGEN VOOR HET JAAR 2014 TEN OPZICHTE VAN START VAN DE VERRUIMING. VOLUMES IN M³. ....33

TABEL 2-11: TOETSWAARDEN STABILITEIT PLAATRANDSTORTINGEN VOOR HET JAAR 2015 TEN OPZICHTE VAN BEGIN TWEEDE VERGUNNINGSPERIODE (HPW: T63; 5/02/2015; HPN: T64; 3/02/2015; PWA: T79; 16/01/2015; RVB: T47; 21/01/2015). VOLUMES IN M³. ....33

TABEL 2-12: SAMENVATTING WAARDEVOL LAAGDYNAMISCH AREAAL OP DE PLAATRANDEN (OPP. IN HA). ....46

TABEL 2-13: SAMENVATTING WAARDEVOL LAAGDYNAMISCH AREAAL OP DE PLAATRANDEN (OPP. IN HA). ....46

TABEL 2-14: ECOTOPEN ONTWIKKELING IN DE PERIODE 1996-2015 VOOR DE WESTERSCHELDE (IN HA). ....49

TABEL 2-15: EVOLUTIE VAN DE ECOTOPEN IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE TUSSEN 2010 EN 2014(IN HA) (INBO, 2016). ....51

TABEL 2-16: NIET-BROEDVOGELS EN BROEDVOGELS IN DE WESTERSCHELDE WAARVOOR EEN INSTANDHOUDINGSDOELSTELLING BESTAAT EN DIE AFHANKELIJK ZIJN VAN HET GEBIED (CONSORTIUM ARCADIS-TECHNUM, 2007F; MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN VAN NEDERLAND, 2014). ....74

TABEL 2-17: VERGELIJKING SEIZOENSGEMIDDELDES (JULI JAAR 1 – JUNI JAAR 2) VAN NIET-BROEDVOGELS IN DE WESTERSCHELDE PER JAAR MET NATURA 2000 IHD (ONDER DE NORM: ROOD; BOVEN DE NORM: GROEN) EN 1 %-NORM VAN RAMSAR. ....77

TABEL 2-18: TRENDS IN AANTALLEN BROEDPAREN IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 2010 EN 2015 (INCLUSIEF SAEFTINGHE).GROEN: WESTERSCHELDE STREEFDOEL GEHAALD; ROOD: NIET GEHAALD. ....79

BIJLAGE-TABEL A-1: GEWENSTE HOEVEELHEDEN SPECIE PER JAAR NA BEËINDIGEN STORTEN VERDIEPINGSSPECIE (STABILITEIT PLAATRANDSTORTING). ....112

BIJLAGE-TABEL A-2: SEDIMENTATIE- EN EROSIENORM PER HOOGTEKLASSE. ....117

BIJLAGE-TABEL A-3: ONTWIKKELING VAN DE ECOTOPENAREALEN MET AANDUIDING VAN HET LAAGDYNAMISCH, ECOLOGISCH WAARDEVOL AREAAL ....121

## Lijst van figuren

FIGUUR 2-1: BAGGERVOLUMES OP VERSCHILLENDE LOCATIES IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 1980 EN 2015. ELKE MACROCEL WORDT WEERGEGEVEN IN EEN VERSCHILLENDE KLEUR, EN DE VERSCHILLENDE BAGGERZONES BINNEN ELKE MACROCEL DOOR VERSCHILLENDE SCHAKERINGEN. ....6

FIGUUR 2-2: STORTVOLUMES (MM³ IN SITU) IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 1980 EN 2015. ELKE MACROCEL WORDT WEERGEGEVEN IN EEN VERSCHILLENDE KLEUR, EN DE VERSCHILLENDE STORTZONES BINNEN ELKE MACROCEL DOOR VERSCHILLENDE SCHAKERINGEN. ....7

FIGUUR 2-3: BAGGERVOLUME EN -LOCATIE VAN ZANDRIJKE SPECIE IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE TUSSEN 1981 EN 2015, INCLUSIEF AANLEG [M³ IN BEUN]. ....11

FIGUUR 2-4: BAGGERVOLUME EN –LOCATIE VAN SLIBRIJKE SPECIE IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE TUSSEN 1981 EN 2015. ....12

FIGUUR 2-5: STORTLOCATIES VOOR ZANDRIJKE SPECIE IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE TUSSEN 1981 EN 2015. ....12

FIGUUR 2-6: STORTLOCATIES VOOR SLIBRIJKE SPECIE IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE TUSSEN 1981 EN 2015. ....13

FIGUUR 2-7: VECTORIEEL JAARGEMIDDELDE WINDSNELHEID, COMPONENT T.O.V. 0° N, GEMETEN IN CADZAND EN DE VLAKTE VAN DE RAAN. ....14

FIGUUR 2-8: SPREIDINGSDIAGRAM VAN DE JAARGEMIDDELDE WINDSNELHEID CADZAND VS. DE RESIDU T.O.V. DE T2009 TREND VAN LAAGWATER (LINKS; $R^2 = 0,42$, $P < 10\text{-}3$) EN HOOGWATER (RECHTS; $R^2 = 0,33$, $P < 10\text{-}3$) IN VLISSINGEN. ....14

FIGUUR 2-9: JAAR- EN SEIZOENSGEMIDDELDE BOVENAFVOER IN SCHELLE ....15

FIGUUR 2-10: LINKS: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTAND TE VLISSINGEN, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. RECHTS: JAARGEMIDDELD HW RESIDU T.O.V. T2009 TREND, GECORRIGEERD VOOR LINEAIR VERBAND TUSSEN RESIDUEN EN OPZET. ....16

FIGUUR 2-11: LINKS: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTAND TE VLISSINGEN, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. RECHTS: JAARGEMIDDELD LW RESIDU T.O.V. T2009 TREND, GECORRIGEERD VOOR LINEAIR VERBAND TUSSEN RESIDUEN EN OPZET. ....16

FIGUUR 2-12: LINKS: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE HOOGWATERSTAND TE ANTWERPEN, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. RECHTS: JAARGEMIDDELD HW RESIDU T.O.V. T2009 TREND, GECORRIGEERD VOOR LINEAIR VERBAND TUSSEN RESIDUEN EN OPZET. ....17

FIGUUR 2-13: LINKS: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE LAAGWATERSTAND TE ANTWERPEN, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. RECHTS: JAARGEMIDDELD LW RESIDU T.O.V. T2009 TREND, GECORRIGEERD VOOR LINEAIR VERBAND TUSSEN RESIDUEN EN OPZET.....17

FIGUUR 2-14: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE ANTWERPEN. .....18

FIGUUR 2-15: LINKS: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE TERNEUZEN, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. RECHTS: OLS-CUSUM CONTROLEPLOT VAN DE RESIDUEN TEN OPZICHTE VAN DE T2009-TREND. .....18

FIGUUR 2-16: LINKS: ONTWIKKELING VAN DE ABSOLUTE GETIJSLAG TE SCHELLE, MET T2009 TRENDLIJN (EXTRAPOLATIE TOT 2020), 95 % BETROUWBAARHEIDS- EN VERWACHTINGSINTERVAL. RECHTS: OLS-CUSUM CONTROLEPLOT VAN DE RESIDUEN TEN OPZICHTE VAN DE T2009-TREND. .....19

FIGUUR 2-17: EVOLUTIE VAN DE JAARGEMIDDELDE GETIJSLAG TEN OPZICHTE VAN VLISSINGEN PER STATION IN HET ESTUARIUM (T.E.M. 2015) MET AANDUIDING VAN HET JAAR 2009 (GESTIPPELDE LIJN). .....19

FIGUUR 2-18: EMPIRISCHE CUMULATIEVE WAARSCHIJNLIJKHEIDSVERDELING VAN DE SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE OP DE LOCATIES WIELINGEN (LINKS), HANSWEERT (MIDDEN) EN BATH-2 (RECHTS).....20

FIGUUR 2-19: OVERZICHTSKAART WESTERSCHELDE. .....22

FIGUUR 2-20: OVERZICHTSKAART BENEDEN-ZEESCHELDE. .....25

FIGUUR 2-21: BATHYMETRIE TER HOOGTE VAN PLAATRANDSTORTVAK HOOGE PLATEN WEST OP 4/2/2010 EN 24/1/2016. PIJLEN WIJZEN NAAR HET PLAATJE VAN BREKSENS (ZIE TEKST). .....26

FIGUUR 2-22: LOCATIE (BLAUW OMLIJNDE VAKJES) VAN DE INITIËLE EN RECENTSTE PLAATRANDSTORTING IN STORTVAK HPW (TUSSEN 16/7/2010 EN 4/2/2010; RECHTS: TUSSEN 5/2/15 EN 4/1/16) .....26

FIGUUR 2-23: RTK-RAAI 2070 AAN DE HOOGE PLATEN WEST (BRON: JENTINK, 2015A) .....27

FIGUUR 2-24: VERSCHILKAART HOOGE PLATEN NOORD OP 22/9/2011. VAKJES MET BLAUWE CONTOUREN ZIJN DE GEBRUIKTE STORTVAKJES. BRON: (IMDC, 2012).....28

FIGUUR 2-25: RTK-RAAI 2080 AAN DE HOOGE PLATEN NOORD (BRON: (JENTINK, 2015B) .....28

FIGUUR 2-26: DIEPTEKAARTEN VAN PLAATRANDSTORTVAK PWA, OP 1/2/2010 (LINKS), 21/8/2010 (MIDDEN) EN 3/2/2016 (RECHTS). .....29

FIGUUR 2-27: RTK-RAAI 2560 AAN DE PLAAT VAN WALSOORDEN (BRON: (JENTINK, 2015C) .....30

FIGUUR 2-28: RTK-RAAI 2590 AAN DE PLAAT VAN WALSOORDEN (BRON: (JENTINK, 2015C) .....30

FIGUUR 2-29: BATHYMETRIE VAN PLAATRANDSTORTVAK RUG VAN BAARLAND (JANUARI 2016) EN DE VERSCHILKAART MET 2010. BLAUWE RECHTHOEKJES ZIJN DE INGEZETTE STORTVAKKEN. .....31

FIGUUR 2-30: VERLOOP VAN HET DAGELIJKS EN CUMULATIEF VOLUME GESTORT MATERIAAL ($M^3$) EN HET VOLUMEVERSCHIL OP BASIS VAN DE PEILINGEN (TEN OPZICHT VAN DE BEGINSITUATIE) ($M^3$) VOOR DE STORTZONE HOOGE PLATEN WEST. .....33

FIGUUR 2-31: VERLOOP VAN HET DAGELIJKS EN CUMULATIEF VOLUME GESTORT MATERIAAL EN HET VOLUMEVERSCHIL OP BASIS VAN DE PEILINGEN (TEN OPZICHT VAN DE BEGINSITUATIE) VOOR DE STORTZONE HOOGE PLATEN NOORD. .....34

FIGUUR 2-32: VERLOOP VAN HET DAGELIJKS EN CUMULATIEF VOLUME GESTORT MATERIAAL EN HET VOLUMEVERSCHIL OP BASIS VAN DE PEILINGEN (TEN OPZICHT VAN DE BEGINSITUATIE) VOOR DE STORTZONE AAN DE PLAAT VAN WALSOORDEN. ....35

FIGUUR 2-33: VERLOOP VAN HET DAGELIJKS EN CUMULATIEF VOLUME GESTORT MATERIAAL EN HET VOLUMEVERSCHIL OP BASIS VAN DE PEILINGEN (TEN OPZICHT VAN DE BEGINSITUATIE) VOOR DE COMPLETE STORTZONE AAN DE RUG VAN BAARLAND.....36

FIGUUR 2-34: SCHOR-SLIKPROFIEL 2790 VAN LAND VAN SAEFTINGE (BRON: (JENTINK ET AL., 2016).....39

FIGUUR 2-35: NETTO VOLUME VLOEDSCHAAR NEVENGEUL MACROCEL 1. BRON: (SCHRIJVER, 2015).....41

FIGUUR 2-36: NETTO VOLUME VLOEDSCHAAR NEVENGEUL MACROCEL 3 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....42

FIGUUR 2-37: NETTO VOLUME EBSCHAAR NEVENGEUL MACROCEL 4 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....43

FIGUUR 2-38: NETTO VOLUME VLOEDSCHAAR NEVENGEUL MACROCEL 5 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....44

FIGUUR 2-39: NETTO VOLUME VLOEDSCHAAR NEVENGEUL MACROCEL 6 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....44

FIGUUR 2-40: NETTO VOLUME VLOEDSCHAAR NEVENGEUL MACROCEL 7 (BRON: (SCHRIJVER, 2015).....45

FIGUUR 2-41: EVOLUTIE VAN HET WAARGENOMEN LAAGDYNAMISCH AREAAL TOV 2010 (T0) VS DE VERWACHTE TOENAME OP DE PLAATRANDEN VOLGENS HET PROTOCOL FLEXIBEL STORTEN. .....48

FIGUUR 2-42: JAAR- EN SEIZOENSGEMIDDELDE SEDIMENTCONCENTRATIE IN DE WESTERSCHELDE. .....52

FIGUUR 2-43: JAAR- EN SEIZOENSGEMIDDELDE VAN PERIODIEKE METINGEN SUSPENSIEGEHALTE IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE. .....54

FIGUUR 2-44: LANGSVERDELING VAN SEDIMENTCONCENTRATIES IN HET GEHELE SCHELDE-ESTUARIUM (NAAR COX ET AL., 2015). BREDE LIJN GEEFT HET GEMIDDELDE WEER; GEKLEURDE GEBIEDEN GEVEN DE 10E EN 90STE PERCENTIEL VAN DE JAARGEMIDDELDEN WEER OVER DE BESCHOUWDE PERIODE. .....55

FIGUUR 2-45: JAARGEMIDDELDE VERTICALE CONCENTRATIEGRADIËNT OP BASIS VAN DE DIEPTESTALEN. BREDE ZWARTE LIJN GEEFT EEN LOPEND GEMIDDELDE WEER DOOR ALLE MEETLOCATIES.....55

FIGUUR 2-46: CONTINUE METINGEN SEDIMENTCONCENTRATIE OOSTERWEEL. METINGEN IN BLAUW WERDEN GENOMEN MET HET SEAGUARD-500 TOESTEL. .....57

FIGUUR 2-47: CONTINUE METINGEN SUSPENSIEGEHALTE BOEI 84. METINGEN IN BLAUW WERDEN GENOMEN MET HET SEAGUARD-500 TOESTEL. .....58

FIGUUR 2-48: CONTINUE METINGEN SUSPENSIEGEHALTE DRIEGOTEN. METINGEN IN BLAUW WERDEN GENOMEN MET HET SEAGUARD-500 TOESTEL. .....58

FIGUUR 2-49: JAAR- EN SEIZOENSGEMIDDELDE LICHTEXTINCTIE IN DE WESTERSCHELDE.....60

FIGUUR 2-50: JAARGEMIDDELDE LICHTEXTINCTIE IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE.....61

FIGUUR 2-51: METINGEN CHLOROFYL A-GEHALTE IN OPPERVLAKTEWATER IN TERNEUZEN.....63

FIGUUR 2-52: METINGEN CHLOROFYL A-GEHALTE IN OPPERVLAKTEWATER IN SCHAAR VAN OUDEN DOEL. .....63

FIGUUR 2-53: METINGEN CHLOROFYL A-GEHALTE IN OPPERVLAKTEWATER IN LIEFKENSHOEK. ....63

FIGUUR 2-54: METINGEN CHLOROFYL A-GEHALTE IN OPPERVLAKTEWATER IN PUNT VAN MELSELE. ....63

FIGUUR 2-55: METINGEN CHLOROFYL A-GEHALTE IN OPPERVLAKTEWATER IN ANTWERPEN. ....64

FIGUUR 2-56: METINGEN CHLOROFYL A-GEHALTE IN OPPERVLAKTEWATER IN KRUIBEKE. ....64

FIGUUR 2-57: JAARGEMIDDELDE CHLORIDEGEHALTES IN DE WESTERSCHELDE. ....65

FIGUUR 2-58: JAAR-EN SEIZOENSGEMIDDELDE CHLORIDEGEHALTE BENEDEN-ZEESCHELDE. ....66

FIGUUR 2-59: JAARGEMIDDELD CHLORIDEGEHALTE IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE, GECORRIGEERD OP BASIS VAN EEN LINEAIRE RELATIE MET DE BOVENAFVOER. ....66

FIGUUR 2-60:TEMPORELE EVOLUTIE VAN DE TOTALE DENSITEIT (BLAUW) EN BIOMASSA (ORANJE) VAN CERASTODERMA EDULE IN DE GEHELE WESTERSCHELDE TUSSEN 1992 EN 2015. ....68

FIGUUR 2-61: TEMPORELE EVOLUTIE VAN DE TOTALE DENSITEIT (BLAUW) EN BIOMASSA (ORANJE) VAN MACOMA BALTHICA IN DE GEHELE WESTERSCHELDE TUSSEN 1992 EN 2015. ....68

FIGUUR 2-62: GEMIDDELDE DENSITEIT (BOVEN) EN BIOMASSA (VERSGEWICHT, ONDER) KOKKELS, OP BASIS VAN WOT KOKKELSURVEY, PER PLAAT EN JAAR. ....69

FIGUUR 2-63: GEMIDDELDE DENSITEIT (BOVEN) EN BIOMASSA (VERSGEWICHT, ONDER) NONNETJES, OP BASIS VAN WOT KOKKELSURVEY, PER PLAAT EN JAAR. ....70

FIGUUR 2-64: TEMPORELE EVOLUTIE PER ECOTOOP VAN GEMIDDELDE BIOMASSA PER DEELGEBIED VAN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 1992 EN 2014. BEMERK DE VERSCHILLENDE VERTICALE SCHAAL BIJ HET LAAGDYNAMISCH SUBLITTORAAL. ....72

FIGUUR 2-65: TEMPORELE EVOLUTIE PER ECOTOOP VAN DE GEMIDDELDE SOORTENRIJKDOM PER STAAL VOOR DE DRIE DEELGEBIEDEN VAN DE WESTERSCHELDE TUSSEN 1992 EN 2014. ....73

FIGUUR 2-66: SPATIOTEMPORELE EVOLUTIE VAN HET AANTAL VOLWASSEN GEWONE ZEEHONDEN, IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN JULI 2009 EN JUNI 2015 (W: WEST, M: MIDDEN, O: OOST). ....80

FIGUUR 2-67: SPATIOTEMPORELE EVOLUTIE VAN HET AANTAL VOLWASSEN GRIJZE ZEEHONDEN IN DE WESTERSCHELDE TUSSEN JULI 2009 EN JUNI 2015 (W: WEST; M: MIDDEN; O: OOST). ....81

FIGUUR 3-1: OVERZICHT VAN JAARLIJKSE STORTVOLUMES VAN FIJN SEDIMENT IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE (BOVEN), JAARGEMIDDELDE SEDIMENTCONCENTRATIES UIT CONTINUE METINGEN IN OOSTERWEEL (MIDDEN) EN UIT PERIODIEKE METINGEN VAN OPPERVLAKTESTALEN (ONDER). ....92

BIJLAGE-FIGUUR A-1: TOENAME ECOLOGISCH WAARDEVOL AREAAL PLAATRANDEN. RODE LIJNEN GEVEN DE GRENZEN VAN DE GEWENSTE ONTWIKKELING WEER. GROENE PUNTEN GEVEN DE TOT WAARGENOMEN ONTWIKKELINGEN WEER TOT 2012. ....115

## Afkortingen en acronymen

| | |
|---|---|
| ADCP | Acoustic Doppler Current Profiler |
| BIS | Bagger Informatie Systeem (van de Vlaamse Overheid) |
| HMCZ | Hydro Meteo Centrum Zeeland (Rijkswaterstaat) |
| HPN | Hooge Platen Noord (plaatrandstortvak) |
| HPN | Hooge Platen West (plaatrandstortvak) |
| HW | Hoogwater |
| INBO | Instituut voor Natuur en Bos Onderzoek |
| LAT | Lowest Astronomical Tide (laagste astronomisch getij) |
| LW | Laagwater |
| LTV | Lange Termijn Visie (voor het Schelde-estuarium in 2030) |
| MER | Milieueffectrapport |
| $Mm^3$ | Miljoen $m^3$ |
| MONEOS | Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets 2010 |
| MWTL | Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands |
| NAP | Nieuw Amsterdams Peil (Nederlands verticaal referentievlak) |
| OLS-CUSUM | Ordinary Least Squares - Cumulative Summation |
| PWA | Plaat van Walsoorden (plaatrandstortvak) |
| RVB | Rug van Baarland (plaatrandstortvak) |
| RTK | Real time kinematics (GPS correctie) |
| RWS | Rijkswaterstaat |
| SH(i,j) | Stortvak in de hoofdgeul, macrocel i, vak j |
| SN(i,j) | Stortvak in de nevengeul, macrocel i, vak j |
| TAW | Tweede Algemene Waterpassing (Belgisch verticaal referentievlak) |
| VLIZ | Vlaams Instituut voor de Zee |
| VNSC | Vlaams-Nederlandse Schelde Commissie |
| WL | Waterbouwkundig Laboratorium |
| WOT | Wettelijke Onderzoekstaken |

# 1. INLEIDING

## 1.1 DE OPDRACHT

Het Voortgangsrapport 2014-2015 is opgesteld door IMDC NV in samenwerking met Heinis Waterbeheer en Ecologie (HWE) en de Ecosystems Management Research Group (ECOBE, Universiteit Antwerpen) onder deelopdracht 10 van het 'Monitoringprogramma Flexibel Storten', in opdracht van afdeling Maritieme Toegang van de Vlaamse Overheid (bestek nummer 16EF/2011/22).

De overkoepelende opdracht voorziet in het leveren van analyses, inhoudelijke rapportering en opmaak van afgeleide producten op basis van de monitoringdata die gegenereerd worden in het kader van de effectmonitoring uit de Ontwikkelingsschets 2010 (OS2010) in het algemeen en het monitoringsprogramma Moneos-T in het bijzonder, gedurende 6 jaar.

## 1.2 ACHTERGROND

In 2005 werd door de Vlaamse Regering en het Koninkrijk Nederland beslist in een verdrag over de uitvoering van de Ontwikkelingsschets 2010 dat de Schelde zou verdiept worden. De Ontwikkelingsschets 2010 is een plan dat de nodige projecten, maatregelen en monitoringrichtlijnen om de Schelde te doen evolueren naar een staat zoals bepaald in de Lange Termijn Visie (in het jaar 2030), omschrijft. In het verdrag wordt onder andere gesteld dat zeeschepen tot een diepgang van 13,1 m op getij-onafhankelijke wijze de haven van Antwerpen dienen te kunnen bereiken.

Om dit doel te bereiken werd in 2010 de derde verruiming gerealiseerd. De eerste verdieping vond plaats in de jaren '70 van vorige eeuw: drempels werden 3 tot 4 meter verdiept. In 1997-1998 werd een tweede verdieping uitgevoerd waardoor schepen tot 11,6 m diepgang getij-onafhankelijk konden varen.

De baggerwerken die nodig waren om de derde verruiming uit te voeren in de Westerschelde omvatten 7,7 miljoen m³ aanlegbaggerwerk in de Westerschelde, zoals de verwachting vooropgesteld in het milieueffectrapport (Consortium Arcadis-Technum, 2007a). In de Westerschelde werden de aanlegbaggerwerken uitgevoerd in 2010. Hierop volgend werd – en wordt nog steeds – baggeronderhoud uitgevoerd, met een verwachte omvang van 11,7 miljoen m³ per jaar. Hierbij worden de drempels onderhouden op een gegarandeerde diepte van -14,5 m LAT. In de praktijk blijken de totale onderhoudsvolumes de afgelopen jaren iets lager te liggen.

De verwachting voor de verruiming in de Zeeschelde omvatte 6,35 Mm³ aanlegvolume (hoofdzakelijk zand, uitgevoerd in 2008-2010), en er werd een jaarlijks onderhoud voor zand verwacht van 2,1 Mm³. Voor het slib-onderhoud werd in totaal 6,8 Mm³ in beun (bulk densiteit 1,25 ton/m³) of 1,7 Mm³ V' (referentiedensiteit 2 ton/m³) verwacht (Consortium Arcadis-Technum, 2007b). In de praktijk blijken de zandvolumes lager, en de slibvolumes hoger te liggen.

In het verdrag wordt ook melding gemaakt van een flexibele stortstrategie die inhoudt dat, op basis van monitoring, de stortstrategie wordt aangepast om zo de fysieke kenmerken van het systeem binnen zijn natuurlijke dynamiek te bewaren. Deze stortstrategie is ook meegenomen in de milieueffectrapportage en de hierop volgende milieuvergunningen.

Het monitoringsprogramma dat in de vergunningen is vastgelegd is het MONEOS-T Uitvoeringsplan 2008-2018 (Schrijver en Plancke, 2008) en het MONEOS-T Uitvoeringsplan 2015-2022 (Schrijver en Plancke, 2015), met uitbreiding van de vogel- en zeehondentellingen voor de Westerschelde voor wat betreft de Natuurbeschermings-vergunning. Het MONEOS-T Uitvoeringsplan is gemeenschappelijk opgesteld door Nederland en Vlaanderen en beschrijft de metingen in de periode van 1 januari 2008 tot 1 januari 2023 die nodig zijn om de evaluatie van de effecten voor het thema toegankelijkheid, zoals opgelegd in de Ontwikkelingsschets Schelde-estuarium 2010, mogelijk te maken.

Het milieueffectrapport (Consortium Arcadis-Technum, 2007a) focust op verschillende stortstrategieën. De conclusie hierbij was dat de flexibele stortstrategie met plaatrandstortingen, waarbij er een mogelijkheid was dat bijkomend laagdynamisch intertidaal gebied (met hoog ecologisch potentieel) zou gecreëerd worden, de meest milieuvriendelijke aanpak zou zijn. Hierdoor zouden ook de nevengeulen minder sterk belast worden door stortingen, wat strookt met het wensbeeld uit de Lange Termijn Visie van het behoud van een meergeulensysteem.

De evaluatie van de stortstrategie is gebaseerd op een aantal parameters die gedefinieerd zijn in het “Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten – Kwaliteitsparameters”. De voorwaarden houden in dat bepaalde grenswaarden niet mogen overschreden worden zonder dat bijkomende maatregelen of onderzoek wordt opgestart. Om dit proces te bewaken en realiseren, werd binnen de werkgroep Onderzoek en Monitoring van de VNSC het Overleg Flexibel Storten opgericht als overlegplatform waaraan deskundigen van verschillende instanties deelnemen met als doel de monitoringgegevens vanuit de ecosysteemmonitoring op te volgen, de monitoringgegevens aan bovengenoemd Protocol te toetsen, de stortstrategie bij te sturen waar en wanneer nodig, bijkomend onderzoek op te dragen aan andere projectgroepen, en hierbij de Commissie Monitoring Westerschelde in te schakelen wanneer nodig.

## 1.3 DOEL VAN DE VOORTGANGSRAPPORTAGE

Afdeling Maritieme Toegang dient in het kader van de derde verruiming van de Schelde een tweejaarlijks Voortgangsrapport op te stellen. Deze voorwaarde is opgenomen in de vergunningen in het kader van de Wet beheer Rijkswaterstaatswerken (kenmerk 8500187272/D00994117 RWS-Zld), de Natuurbeschermingsvergunning (kenmerk DRZZ/2009-1236), en de milieuvergunningen afgeleverd door de provincie Antwerpen (MLAV1/0700000385/BV/AG) en de provincie Oost-Vlaanderen (082/46003/331/1/A/4/LDR/CL).

Uit de vergunningsaanvragen van Nederland is onderstaande tekst uit het Tracébesluit gekopieerd (Rijkswaterstaat, 2009):

> *"Op basis van de voortgang van de werkzaamheden, de uitkomsten van de integrale monitoring en de resultaten van studies en proefprojecten wordt onder verantwoordelijkheid van Afdeling Maritieme Toegang per 2 jaar, of zoveel eerder als vastgesteld door het 'Baggeroverleg', een Voortgangsrapport opgesteld.*
>
> *In het Voortgangsrapport wordt op basis van de waargenomen ontwikkelingen binnen de monitoring en resultaten van studies en proefprojecten aan de beheerder (i.c. Rijkswaterstaat) een voorstel gedaan voor eventuele aanpassing van de stortstrategie, de monitoring of het nader onderzoek."*

In de Vlaamse milieuvergunningen is sprake van een tweejaarlijks syntheserapport.

In de praktijk zijn beide rapporten bijeen gebracht in één grensoverschrijdend Voortgangsrapport. Omdat de effecten van het project van de derde verruiming in beeld gebracht dienen te worden, betekent dit voor de analyse dat in het rapport niet uitsluitend de data van 2014-2015 beschouwd wordt, maar dat de volledige periode vanaf de derde verruiming (2010) in rekening wordt gebracht. Ook een discussie en een advies met betrekking tot de strategie en de monitoring is in de rapportage opgenomen.

Alhoewel alle parameters in dit rapport gelijkwaardig worden beschouwd, is er wel degelijk een onderscheid tussen verschillende types. In het Overleg Flexibel Storten en de jaarlijkse toetsing van de toestand van de parameters, wordt in hoofdzaak naar de Kwaliteitsparameters uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten gekeken. In de deze rapportage is dit ruimer opgevat. In het Overleg Flexibel Storten komt ook enkel de Westerschelde aan bod; in deze rapportage wordt ook de toestand Beneden-Zeeschelde beschouwd. De toetsparameters uit het Protocol worden afzonderlijk en uitgebreid weergegeven in Bijlage A.

## 1.4 OVERZICHT VAN DE VOORTGANGSRAPPORTAGE

Het voortgangsrapport brengt verslag over de monitoring uitgevoerd in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde in het kader van het MONEOS-T Uitvoeringsplan, aangevuld met analyse van zeehondentellingen, vogeltellingen en benthosgegevens voor de Westerschelde. De genoemde gegevens en de analyse ervan laten toe een evaluatie van de effecten van het project van de derde verruiming van de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde te maken en deze effecten af te toetsen tegen wat in het MER als verwachting werd geformuleerd.

Dit voortgangsrapport volgt op twee eerdere voortgangsrapportages: Voortgangsrapport 2010-2011 (IMDC *et al.*, 2013b) en Voortgangsrapport 2012-2013 (IMDC, 2013a, 2014a).

Het derde voortgangsrapport bestaat uit twee deelrapporten. Om een goede leesbaarheid van de voortgangsrapportage te verzekeren, is gekozen om de uitgebreide analyse af te scheiden van een syntheserapport waarin resultaten op beknopte wijze worden besproken, en via een integrale discussie de evaluatie van de monitoring wordt belicht.

Een eerste deelrapport is het data- en analyserapport (IMDC, 2016a)**.** Het rapport bevat een weergave, beschrijving en waar mogelijk een verdere analyse van de verschillende parameters die in de Voortgangsrapportage dienen behandeld te worden. De bijlagen van het data- en analyserapport (IMDC, 2016a) zijn omwille van de omvang afzonderlijk gebundeld en digitaal beschikbaar.

**Dit tweede deelrapport is het syntheserapport.** Dit is een verhandeling waarin waarnemingen en analyseresultaten samengevat, en vervolgens in een breder kader geplaatst worden. Rekening houdend met inzichten uit recente studies gerelateerd aan het Schelde-estuarium en het evaluatiekader dat is opgezet in de T2009-rapportage (T2009 Consortium, 2013) en de verwachtingen van het MER, wordt voor de verschillende parameters geëvalueerd of de toestand (significant) beïnvloed of gewijzigd is en of dit veroorzaakt kan zijn door het proces van flexibel storten of de andere ingrepen in het estuarium – voor zover dit mogelijk is op basis van de uitgevoerde analyses. Het syntheserapport omvat verder ook een advies inzake stortstrategie, monitoring en onderzoek, en ook een afzonderlijke vermelding van de toestand van de Kwaliteitsparameters uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten (Bijlage A). Bijlage B bevat bathymetrische kaarten (2015) en verschilkaarten (2015-2009) van Westerschelde en Beneden-Zeeschelde.

Er wordt ook verwezen naar het lopend onderzoek dat nog wordt uitgevoerd in het kader van de Agenda van de Toekomst en buiten de focus van onderhavige rapportage valt.

De eerste conceptversie van het derde voortgangsrapport, (versie 1.0, dd. 14/10/2016), is opgemaakt ten behoeve van de projectgroep Flexibel Storten ter bespreking van de resultaten en geformuleerde adviezen.

De tweede versie van het rapport is opgemaakt na verwerking van commentaren van het Overleg Flexibel Storten (versie 2.0, dd. 08/12/2016) en wordt verspreid naar de vergunningverlenende instanties. Deze versie wordt ook voorgelegd aan de Commissie Monitoring Westerschelde.

De derde versie is het definitief rapport en is opgesteld na verwerking van de reactie en commentaar van de Comissie Monitoring Westerschelde (versie 3.0, dd. 28/04/2017).

# 2. SAMENVATTING DATA-ANALYSE

*Dit hoofdstuk bevat een uitgebreide samenvatting van het data-en analyserapport (IMDC, 2016a). De belangrijkste vaststellingen uit de data-analyse worden hier uiteengezet en geïllustreerd. In opeenvolgende paragrafen wordt ingegaan op:*

*1. Ingrepen*
*2. Hydrodynamica en randvoorwaarden*
*3. Morfologie en leefomgeving*
*4. Waterkwaliteit*
*5. Fauna*

## 2.1 INGREPEN

### 2.1.1 Westerschelde

Het jaarlijks **onderhoudsvolume**[1] van zandrijke specie op de Westerschelde wordt weergegeven in Tabel 2-1, samen met het verwachte jaarlijkse gemiddelde (11,7 Mm³) voor de eerste 7 jaar (vanaf 2010), zoals aangegeven in het MER (Consortium Arcadis-Technum, 2007c). Het volume voor 2010 is relatief laag omdat het aanlegvolume van 7,7 miljoen m³ hierbij niet is inbegrepen. Vanaf 2011 ligt het onderhoudsvolume hoger dan voorafgaand aan 2010, maar de totalen blijven wel ruim onder de verwachtingswaarde uit het MER (11,7 Mm³) en liggen rond de 9 à 10 Mm³. Per kalenderjaar lijken ze iets af te nemen, maar per vergunningsjaar[2] is dit minder duidelijk. Aangezien er eind juni 2016 5,2 Mm³ in situ gebaggerd is, wordt verwacht dat in het zesde jaar na de verruiming opnieuw ca. 9 à 10 Mm³ onderhoudsbaggerwerk zal uitgevoerd worden.

Sinds het begin van de derde verruiming (12/2/2010) lag het zwaartepunt van de baggerwerken (onderhoud en aanleg) in macrocel 5 (Drempel van Hansweert, Overloop van Valkenisse; ca. 25 Mm³ in situ).

[1] Opmerking: De bagger- en storthoeveelheden zijn in de baggerstatistiek (databank met baggergegevens) uitgedrukt in m³ in beun voor zand en in m³ equivalent (of gereduceerd) volume (V') voor slib. Voor de zandvolumes in de Westerschelde wordt in dit rapport echter gewerkt met in situ volumes, waarbij volgende omrekening gebruikt wordt: Vbeun / Vin situ = 1,12. De zandvolumes voor de Beneden-Zeeschelde zijn altijd in beun m³.

Het equivalent volume V' is het volume slib omgerekend naar een densiteit van 2 ton per m³ op basis van het waargenomen beunvolume en de beunmassa. Het voordeel van deze weergave t.o.v. beunvolumes is dat densiteitsverschillen ten gevolg van variërende waterinhoud geen rol spelen. Dit zijn eveneens de eenheden die gebruikt worden in de rapportages in het kader van diverse vergunningen. Daarnaast valt de ook de massa droge stof te berekenen, door het gereduceerde volume te vermenigvuldigen met 1,606 (Roose, 2008).

[2] Een vergunningsjaar start telkens op 12 februari.

Voor macrocel 3 (Put van Terneuzen, Pas van Terneuzen) betrof het baggervolume bijna 14 Mm³ in situ, terwijl er in macrocellen 4 (Overloop van Hansweert en Gat van Ossenisse), 6 (Drempel van Valkenisse, Nauw van Bath) en 7 (Drempel van Bath) respectievelijk ca. 10, 7 en 6 Mm³ in situ gebaggerd werd. Macrocel 1 (Drempel van Vlissingen en Drempel van Borssele) omvatte bijna 2 Mm³ in situ aan baggerwerken. Figuur 2-1 geeft de verdeling van de jaarlijkse baggervolumes weer op het niveau van de baggerzones.

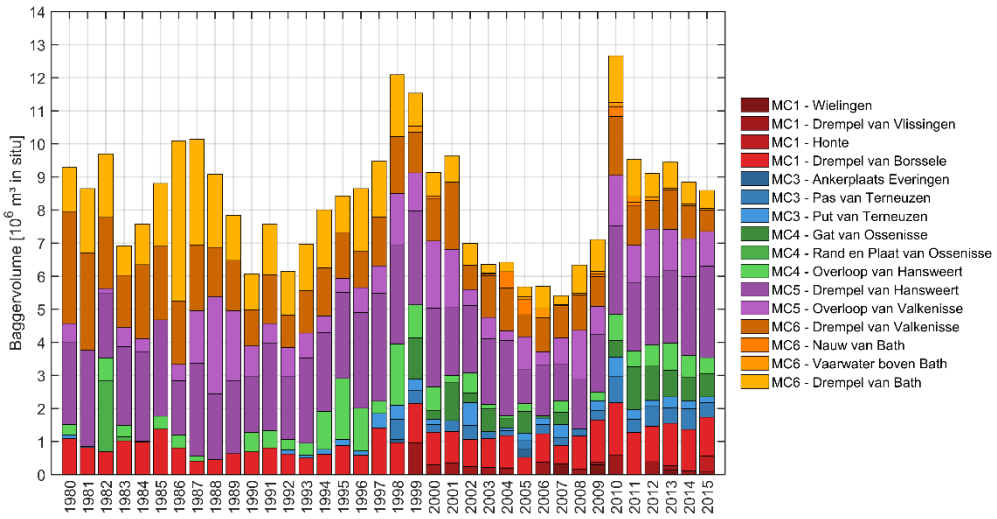
De belangrijkste individuele onderhoudszones zijn de Drempel van Hansweert (meer dan 16 Mm³ in situ), de Drempel van Borssele (ruim 8 Mm³), Overloop van Valkenisse (bijna 8 Mm³) en de Drempel van Valkenisse (ruim 7 Mm³). Alhoewel ze ruimtelijk beperkter in omvang zijn dan de westelijke drempels, leveren de oostelijke drempels duidelijk de grootste hoeveelheid onderhoudswerk.

*Tabel 2-1: Jaarlijks onderhoudsvolume (excl. aanleg) zand in de Westerschelde [Mm³ in situ] per kalenderjaar.*

| 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | *2016 tot 30/6* | Verwachting MER |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **5,7** | 9,5 | 9,1 | 9,3 | 8,9 | 8,8 | *5,2* | 11,7 |

*Tabel 2-2: Jaarlijks onderhoudsvolume in de Westerschelde [Mm³ in situ] per vergunningsjaar[3] (VJ).*

| VJ 1 | VJ 2 | VJ 3 | VJ4 | VJ 5 | VJ 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| **13,2** | 10,1 | 8,8 | 9,3 | 9,0 | 8,9 |

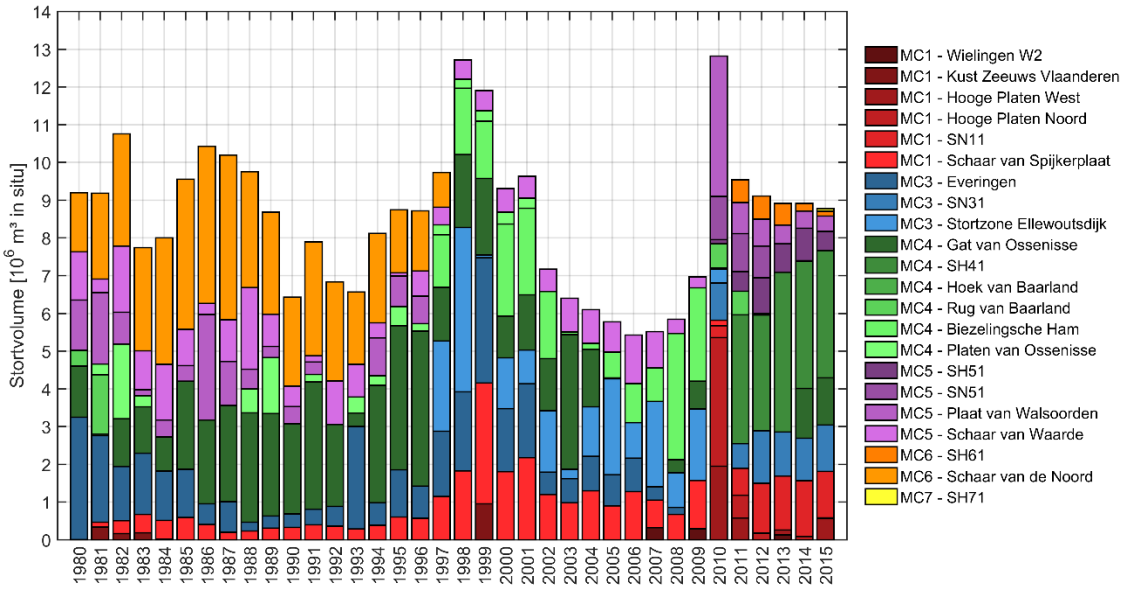



*Figuur 2-1: Baggervolumes op verschillende locaties in de Westerschelde tussen 1980 en 2015. Elke macrocel wordt weergegeven in een verschillende kleur, en de verschillende baggerzones binnen elke macrocel door verschillende schakeringen.*

[3] Een vergunningsjaar omvat de periode tussen 12 februari van een jaar tot en met 11 februari van het daaropvolgende jaar. Het eerste vergunningsjaar loopt van 12 februari 2010 tot en met 11 februari 2011.

De **maximaal vergunde stortcapaciteit** voor de eerste vergunningsperiode (12 februari 2010 t.e.m. 11 februari 2015) staat per stortzone weergegeven in Tabel 2-3; de werkelijk gestorte volumes zijn samengevat in Tabel 2-4. Maximaal vergunde stortvolumes voor de tweede vergunningsperiode staan weergegeven in Tabel 2-5, uitgevoerde volumes (tot 30/06/2016) in Tabel 2-6. Een overzicht van de ruimtelijke verdeling van stortvolumes is weergegeven in Figuur 2-2.

De vergunde hoeveelheid werd in geen enkele stortzone overschreden. Als bijkomende voorwaarde zijn de maximale storthoeveelheden in de nevengeulen ook per jaar beperkt; ook dit criterium is nooit overschreden.




*Figuur 2-2: Stortvolumes (Mm³ in situ) in de Westerschelde tussen 1980 en 2015. Elke macrocel wordt weergegeven in een verschillende kleur, en de verschillende stortzones binnen elke macrocel door verschillende schakeringen.*

Alle verdiepingsspecie en een deel van de onderhoudsspecie werd aangebracht op de **plaatranden**. Nadien werden bijkomende stortingen uitgevoerd om de beoogde doelstellingen in stand te houden of te versterken.

- Op de Hooge Platen West is bijkomend baggerspecie aangebracht op de diepe westelijke plaatpunt. De specie migreert opwaarts doorheen de vloedschaar aan het Plaatje van Breskens en voedt zo de groei van dit plaatje.
- Op de Hooge Platen Noord werden in mei en augustus 2014 en februari 2015 nog beperkte volumes aan stortingen uitgevoerd om erosie van de oostelijke zandtong te voorkomen.
- Vanaf het derde vergunningsjaar zijn geen verdere stortingen in de plaatrandstortzone Rug van Baarland uitgevoerd (in overeenkomst met de conclusies van het Overleg Flexibel Storten op 17/04/2012)
- Op de Plaat van Walsoorden werd de oorspronkelijk aangelegde megaduin uitgebreid en werden er stortingen aan de zuidelijke vloedschaar uitgevoerd om ook daar een verondieping te realiseren.

*Tabel 2-3: Maximaal vergunde stortcapaciteit (Mm³ in situ) voor de eerste vergunningsperiode (2010-2015).*

| Macrocel | Hoofdgeul | Nevengeul | Plaatrand(en) | Totaal |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 5 500 000 | 8 200 000 | **13 700 000** |
| 3 | 0 | 6 000 000 | 0 | **6 000 000** |
| 4 | 15 500 000 | 2 000 000 | 5 000 000 | **22 500 000** |
| 5 | 3 500 000 | 7 000 000 | 6 500 000 | **17 000 000** |
| 6 | 3 500 000 | 1 500 000 | 0 | **5 000 000** |
| 7 | 2 000 000 | 0 | 0 | **2 000 000** |
| **Totaal** | **24 500 000** | **22 000 000** | **19 700 000** | **66 200 000** |

*Tabel 2-4: Samenvatting gestorte in-situ volumes (in m³) tussen 12 februari 2010 en 11 februari 2015 (vergunningsjaar 1 tem 5), per macrocel.*

| 12-02-2010 tot en met 11-02-2015 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Macrocel** | **Hoofdgeul** | **Nevengeul** | **Plaatrand(en)** | **Totaal** |
| 1 | -- | 5 382 188 | 6 932 439 | **12 314 628** |
| 3 | -- | 5 463 487 | -- | **5 463 487** |
| 4 | 14 552 452 | 0 | 1 305 019 | **15 857 470** |
| 5 | 3 207 079 | 2 984 518 | 6 200 722 | **12 392 319** |
| 6 | 1 997 428 | 0 | -- | **1 997 428** |
| 7 | 0 | -- | -- | **0** |
| **Totaal** | **19 756 958** | **13 830 193** | **14 438 180** | **48 025 331** |

*Tabel 2-5: Maximaal vergunde stortcapaciteit (Mm³ in situ) voor de tweede vergunningsperiode (2015 - 2022)*

| Macrocel | Hoofdgeul | Nevengeul | Plaatrand(en) | Totaal |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 7 700 000 | 7 100 000 | **14 800 000** |
| 3 | 0 | 8 400 000 | 0 | **8 400 000** |
| 4 | 27 700 000 | 2 800 000 | 3 400 000 | **33 900 000** |
| 5 | 4 900 000 | 9 800 000 | 6 300 000 | **21 000 000** |
| 6 | 4 900 000 | 2 100 000 | 0 | **7 000 000** |
| 7 | 2 800 000 | 0 | 0 | **2 800 000** |
| **Totaal** | **40 300 000** | **30 800 000** | **16 800 000** | **87 900 000** |

*Tabel 2-6: Samenvatting gestorte in-situ volumes (in m³) tussen 12 februari 2015 en 30 juni 2016 (vergunningsjaar 6 en een deel van 7), per macrocel.*

| 12-02-2015 tot en met 30-06-2016 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Macrocel** | **Hoofdgeul** | **Nevengeul** | **Plaatrand(en)** | **Totaal** |
| 1 | -- | 1 296 653 | 796 229 | **2 092 881** |
| 3 | -- | 1 734 823 | -- | **1 734 823** |
| 4 | 3 250 422 | 0 | 0 | **3 250 422** |
| 5 | 766 631 | 0 | 1 003 661 | **1 770 292** |
| 6 | 178 237 | 0 | -- | **178 237** |
| 7 | 272 073 | -- | -- | **272 073** |
| **Totaal** | **4 467 363** | **3 031 476** | **799 889** | **9 298 729** |

De stortingen in de **hoofdgeul** gebeurden tijdens de eerste vergunningsperiode enkel in de macrocellen 4 (t.h.v. diepe put aan de Nol van Ossenisse), 5 (diepe zone t.h.v. Walswoorden) en 6 (diepe zone in de bocht van Bath) met een duidelijke nadruk op macrocel 4: bijna 18 Mm³ in situ. In de tweede vergunningsperiode wordt er ook voor het eerst een beperkt volume (270 000 m³) in de hoofdgeul in macrocel 7 (ten oosten van het Land van Saeftinghe) gestort.

Voor het storten in de **nevengeulen** wordt vooral gebruik gemaakt van de vakken SN11 (Schaar van de Spijkerplaat) en SN31 (Everingen). Omwille van te sterke verondieping wordt sinds mei 2012 niet meer gestort in SN51 (Schaar van Waarde).

Hoofdgeulstortvak SH41 (bijna 18 Mm³ in situ), plaatrandstortvak Plaat van Walsoorden (ruim 7 Mm³) en nevengeulstortvakken SN31 (ruim 7 Mm³ in situ) en SN11 (bijna 7 Mm³ in situ) zijn de meest intensief gebruikte stortvakken.

Enkele stortvakken werden nog **niet gebruikt** om specie te storten:

- In SN41 (Middelgat) werd niet gestort omwille van de reeds sterke autonome sedimentatie in het gebied. Bijkomend storten zou conflicteren met de Voorwaarde voor Flexibel Storten dat het watervolume in de nevengeul niet onder de grenswaarde mag afnemen (Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten).
- SN61 (Schaar van de Noord) is niet gebruikt omdat het praktisch onmogelijk is om met baggerschepen in het gebied te komen wegens beperkte diepgang.

### *Havenstortingen Westerscheldehavens*

Naast de werken voor het onderhoud en de verdieping van de vaargeul die hierboven zijn voorgesteld, worden in de Westerschelde ook baggerwerken uitgevoerd voor het onderhoud van de Westerscheldehavens (Tabel 2-7). Deze werken vallen niet onder de vergunning van de derde verruiming en het flexibel storten. Er werd geen informatie aangeleverd over het onderscheid tussen aanleg- en onderhoudsvolumes of de sedimentsamenstelling van de baggerspecie. In IMDC *et al.* (2013a) werd een zand-slibverhouding van 60 % zand, 40 % slib aangenomen.

In het Basisrapport Morfologie uit het MER Verruiming vaargeul (Consortium Arcadis-Technum, 2007d), werden geen negatieve effecten verwacht met betrekking tot de stabiliteit van het meergeulensysteem als gevolg van havenstortingen, omdat de stortvolumes betrekkelijk klein zijn en omdat voornamelijk in de buurt van de havens wordt teruggestort, wat de effecten op het niveau van de macrocellen beperkt.

De baggerspecie wordt dan wel relatief dicht bij de baggerzones teruggestort, maar de volumes zijn toch vrij beduidend (ca. 4-5 Mm$^3$ per jaar); dit is ongeveer de helft van het onderhoudsvolume van de vaargeul. De voorbije jaren lagen de baggervolumes ook iets hoger dan voordien, tot 5,7 Mm$^3$ in 2015.

### *Geulwandverdediging*

Sinds februari 2014 worden er op regelmatige basis geulwandstortingen uitgevoerd ter hoogte van het Gat van Ossenisse met het oog op de stabilisatie van de geulwand. Er wordt ca. 1 Mm$^3$ per jaar gestort; het totale aangebrachte volume bedraagt op 30/06/16 3,13 Mm³. De stortzone overlapt met SH41. De stortvolumes worden expliciet vermeld in de maandelijkse rapportages in het kader van de opvolging van de Plaatrandstortingen.

*Tabel 2-7: Storthoeveelheden vanuit havens in de Westerschelde. Een aantal gegevens ontbreken, bv. Terneuzen Autrichehaven (zie datarapport); deze zijn aangeduid met "NB", niet beschikbaar. Bron: RWS Zee en Delta.*

| Locatie | Stortvak | Macrocel | Stortvolume (Mm³ in situ) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| **Havens RWS Zee en Delta** | Meerdere | Meerdere | 1,22 | 1,25 | 1,04 | 1,23 | 1,23 | 1,68 | 2,39 | 2,76 |
| **Terneuzen Braakmanhaven** | W15H | 3 | 1,02 | 1,19 | 0,72 | 1,32 | 0,31 | 1,41 | 0,92 | 1,11 |
| **Terneuzen Autrichehaven** | W16 | 3 | *NB* | *NB* | *NB* | 0,27 | *NB* | *NB* | *NB* | *NB* |
| **Vlissingen Buitenhaven** | W09/W10 | 1 | 0,31 | 0,22 | 0,18 | 0,05 | 0,22 | 0,22 | 0,06 | 0,28 |
| **Vlissingen Oost havens** | W13 | 1 | 1,53 | 1,07 | 0,89 | 1,34 | 1,87 | 1,09 | 1,06 | 1,45 |
| **Hoedekenskerke Jachthaven** | W19 | 4 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| **Jetty steiger Braakmanhaven** | W15H | 3 | *NB* | *NB* | *NB* | 0,55 | *NB* | *NB* | *NB* | *NB* |
| **Vlissingen Sloehaven Scheldepoort werf** | W13 | 1 | *NB* | 0,11 | *NB* | *NB* | *NB* | *NB* | *NB* | *NB* |
| **EPZ Koelwaterinlaat Kerncentrale Borssele** | W20/W21 | 1 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,08 | 0,06 | 0,06 | 0,04 |
| **Breskens Jachthaven** | W17/W18 | 2 | *NB* | *NB* | *NB* | 0,04 | 0,03 | 0,07 | 0,07 | 0,05 |
| **Walsoorden Landbouwhaven** | W22 | 5 | *NB* | *NB* | *NB* | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| **TOTAAL** | | | **4,12** | **3,89** | **2,89** | **4,91** | **3,76** | **4,56** | **4,58** | **5,71** |

### 2.1.2 Beneden-Zeeschelde

De **verdiepingswerken** in de Beneden-Zeeschelde zijn uitgevoerd tussen 2008 en 2010. De verdieping vond hoofdzakelijk plaats ter hoogte van de Drempel van Frederik (bijna 2,5 Mm³ zand), op de Drempel van Lillo (ca. 1,8 Mm³ zand) en op de Drempel van Zandvliet (ca. 1,4 Mm³ zand).

De ruimtelijke verdeling van het totale baggervolume zand is weergegeven in Figuur 2-3; de verhoogde volumes tijdens de aanlegwerken (2008-2010) zijn hier duidelijk zichtbaar.

De jaarlijkse hoeveelheid onderhoudsspecie in de Beneden-Zeeschelde wordt weergegeven in Tabel 2-8, waarbij er een onderscheid wordt gemaakt tussen zand en slib.

Voor het **onderhoud zand** schommelt het volume sinds 2008 rond 1,5 Mm³ in beun per jaar. Het onderhoudsvolume voor zand overschrijdt nooit het geraamde jaarlijkse volume uit het MER (Consortium Arcadis-Technum, 2007c).

Sinds de derde verruiming concentreert het onderhoud zich voornamelijk op

- de Drempel van Zandvliet (gemiddeld jaarlijks 500 000 m³),
- de Drempel van Lillo (gemiddeld 300 000 m³ per jaar)
- de Drempel van Frederik (beiden gem. 300 000 m³ per jaar),
- de Drempel van De Parel (ca. 150 000 m³ per jaar)
- de Drempel van Krankeloon (ca. 75 000 m³ per jaar).

Sporadisch worden ook kleine onderhoudsvolumes zand gebaggerd ter hoogte van de Noordzeeterminal en de Rede van Antwerpen.

Het jaarlijkse **onderhoudsvolume voor slib** ligt boven het geraamde volume uit het MER, maar dat was ook reeds het geval in de jaren voor de verruiming (Tabel 2-8). In 2011 werd het onderhoudspeil in het Deurganckdok verlaagd, en dit leidde tot een piek in het onderhoudsvolume slib. Sinds 2011 daalde het onderhoudsvolume slib elk jaar; in 2015 bedroeg het onderhoudsvolume nog 2,4 Mm³. De baggervolumes slib liggen wel nog steeds hoger in de periode na 2011 dan in de periode voor 2011.

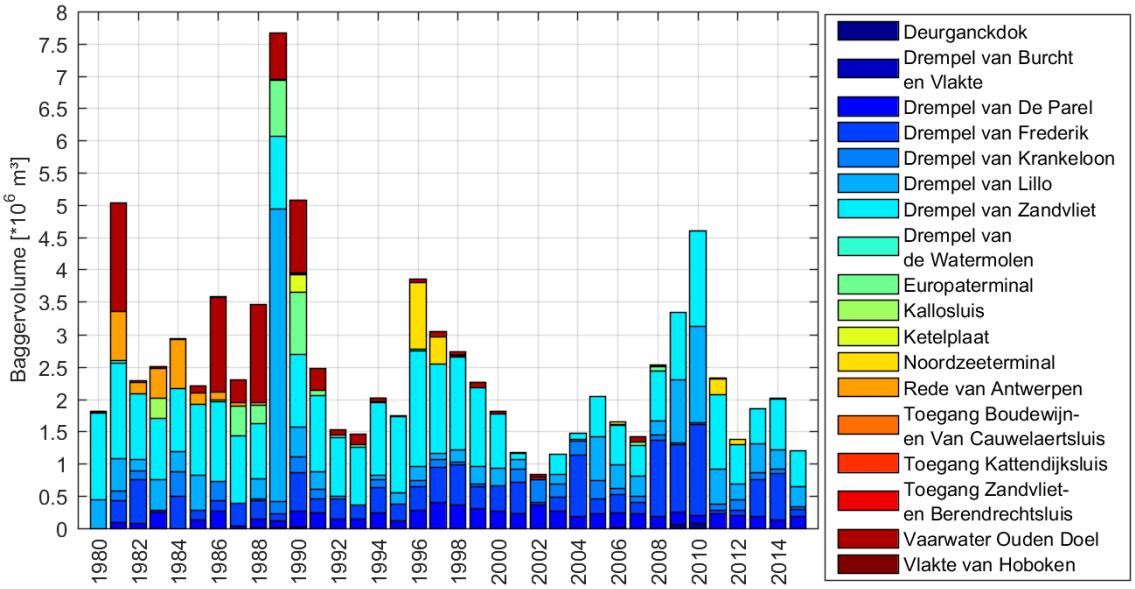
Het baggeren van slibrijk materiaal concentreert zich vanaf 2008 voornamelijk in het Deurganckdok. Na de verdieping in 2010 neemt het onderhoud op de Drempel van Frederik ook toe (Figuur 2-4). Zowel voor als na de verdieping blijven baggerwerken aan de toegangen van de sluizen naar de havendokken op rechter- en linkeroever belangrijke volumes baggerslib leveren.

In het MER (Consortium Arcadis-Technum, 2007e) werd enerzijds weergegeven dat er ten gevolge van de verruiming meer slib zou gaan sedimenteren aan de Drempel van Frederik en minder in het Deurganckdok. Anderzijds werd een toename van de aanslibbing verwacht op beide plaatsen als gevolg van de autonome ontwikkeling. De toegenomen aanslibbing ter hoogte van de Drempel van Frederik blijkt inderdaad op te treden, maar ook de baggerwerken van slib in het Deurganckdok zijn toegenomen.

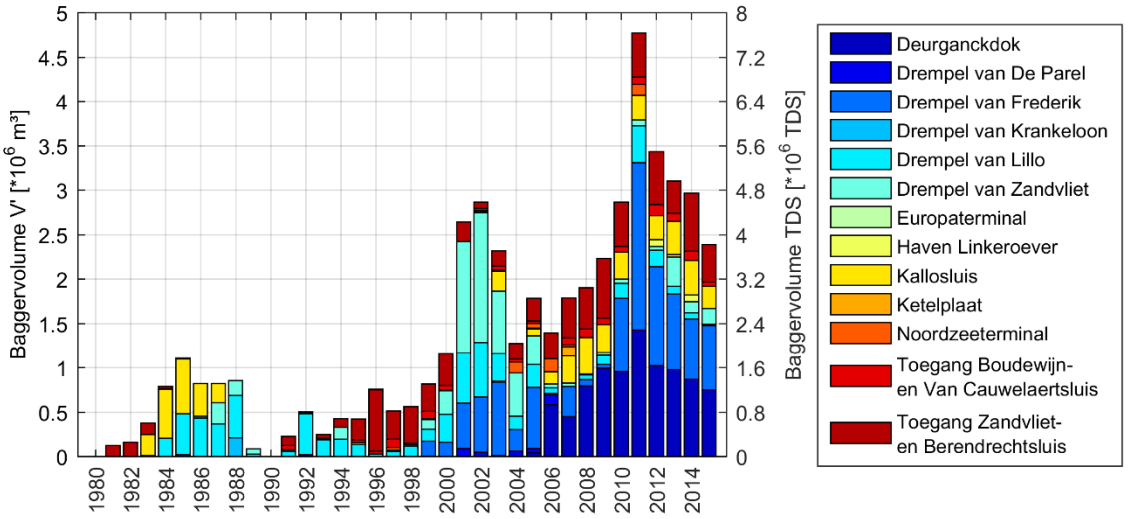
Er werd ook aangegeven dat het totale aanslibbingsvolume niet significant zou toenemen (er is sprake van een herverdeling, met afname in toegangsgeulen). De aanslibbing en de hieruit volgende onderhoudsvolumes vallen echter hoger uit dan wat in het MER werd voorzien.

*Tabel 2-8: Uitgevoerde baggerhoeveelheden voor het jaarlijks onderhoud (en aanleg voor zand) in de Beneden-Zeeschelde [m³ in beun voor zand en m³ V' voor slib]*

| Soort specie | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | MER |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Zand excl. aanleg** | 1,4 | 1,5 | 0,9 | 2,3 | 1,4 | 1,9 | 2,0 | 1,2 | **2,4** |
| **Zand incl. aanleg** | 2,5 | 3,3 | 4,6 | 2,3 | 1,4 | 1,9 | 2,0 | 1,2 | **-** |
| **Slib** | 1,9 | 2,2 | 2,8 | 4,8 | 3,4 | 3,1 | 2,9 | 2,4 | **1,7** |



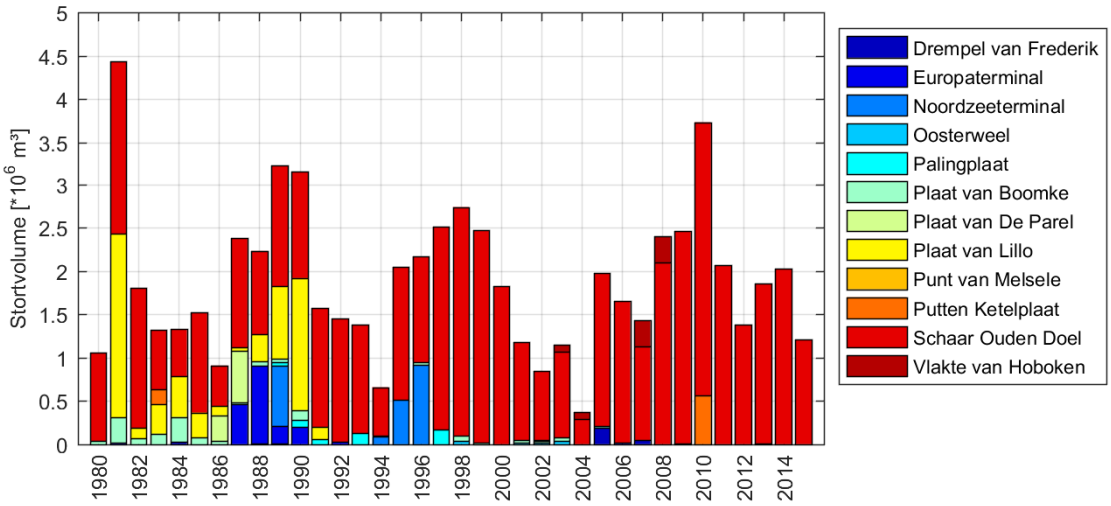

*Figuur 2-3: Baggervolume en -locatie van zandrijke specie in de Beneden-Zeeschelde tussen 1981 en 2015, inclusief aanleg [m³ in beun].*



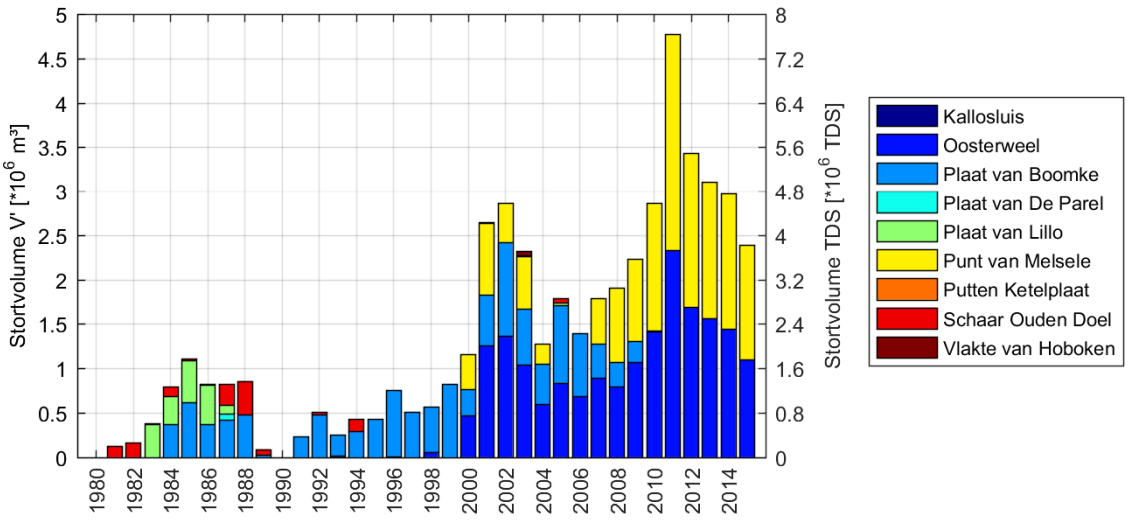

*Figuur 2-4: Baggervolume en –locatie van slibrijke specie in de Beneden-Zeeschelde tussen 1981 en 2015.*

De **stortlocatie voor zand** is de Schaar van Ouden Doel (ruim 15 Mm³ in situ sinds 2008, Figuur 2-5). Op deze locatie wordt ook zand gewonnen (zie verder). In 2010 werd ook eenmalig ruim 500 000 m³ zand gestort in de diepe ter hoogte van de Ketelplaat in het kader van een proefstorting (IMDC, 2011a). Opspuitingen zijn niet opgenomen in Figuur 2-5.

Slib wordt gestort in de zones Oosterweel (stortingen bij eb) en Punt van Melsele (stortingen bij vloed). De Plaat van Boomke werd in 2008 en 2009 voor het laatst gebruikt als stortlocatie (Figuur 2-6).




*Figuur 2-5: Stortlocaties voor zandrijke specie in de Beneden-Zeeschelde tussen 1981 en 2015.*




*Figuur 2-6: Stortlocaties voor slibrijke specie in de Beneden-Zeeschelde tussen 1981 en 2015.*

In de Passende Beoordeling uit het MER (Consortium Arcadis-Technum, 2007f) van de verruiming wordt een concrete uitwerking van de **natuurcompensatie** voor de verdiepingswerken vermeld (zie Hoofdstuk 6 in de Passende Beoordeling; 4 ha). Het gebied langs de Schelde tussen het Noordkasteel en Fort Filip (zone met een lengte van ongeveer 4,3 km) wordt hier als een zoekgebied voor de compensatie aangeduid. In combinatie met de dijkwerken van Sigmaproject 35 kan er door het afgraven een goede uitgangshoogte slik- en schorontwikkeling tot stand komen. De aanlegwerken voor slik en schor zijn beëindigd sinds half juli 2014. De totale oppervlakte van het slik en schor dat is gerealiseerd bedraagt 7 ha.

### 2.1.3 Zandwinning

Tot en met 2014 werd in de Westerschelde ca. 0,4 - 1,0 Mm³ (gemiddeld 0,65 Mm³) zand per jaar gewonnen, maar in 2015 werd de zandwinning nagenoeg volledig stopgezet.

Er is in 2015 gestart met een proefproject waarbij zand wordt gewonnen in het oostelijke deel van de Westerschelde, en hetzelfde volume zand wordt aangevoerd vanuit de zee en gestort in het westelijke deel van de Westerschelde. Hierdoor is netto geen onttrekking van zand uit de Westerschelde.

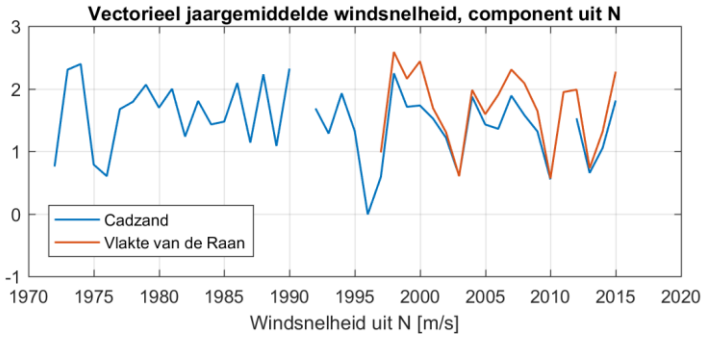
In de Beneden-Zeeschelde worden wel nog zand gewonnen op de zandwinningszone Schaar van Ouden Doel, met jaarlijkse zandvolumes van 1,2 - 2,0 Mm³ (gemiddeld 1,5 Mm³).

## 2.2 HYDRODYNAMIEK

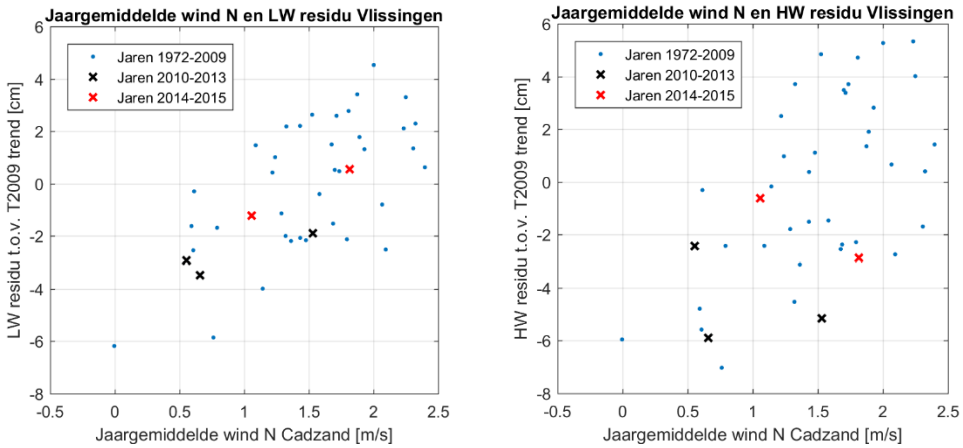
### 2.2.1 Randvoorwaarden: meteorologie en rivierafvoer

De meteorologie en rivierafvoer vormen belangrijke randvoorwaarden voor de proceswerking van de Schelde en kunnen daarom dienen als verklarende parameter voor evoluties in de waarnemingen. De elementen van de meteorologie die het meest relevant zijn als verklarende parameter, zijn de neerslag en de wind. De neerslag beïnvloedt de rivierafvoer en zit dus impliciet vervat in deze parameter.

De jaargemiddelde windsnelheid in noord-zuidrichting, gemeten in Cadzand, werd gebruikt als verklarende parameter voor de windopzet. De wind in Cadzand vertoont een significante correlatie met de residuen van hoog- en laagwaters in Vlissingen ten opzichte van de T2009-trend (Figuur 2-8). Een belangrijk deel van de jaarlijkse variatie in hoog- en laagwaters in de Schelde kan dus worden verklaard door de fluctuaties van de jaargemiddelde windopzet. De jaargemiddelde windsnelheid in Cadzand (Figuur 2-7) was relatief laag in 2010 en 2013, en relatief gemiddeld in 2011, 2012, 2014 en 2015. Tijdens de rapportageperiode waren er geen jaren met een uitzonderlijk sterke of zwakke windopzet.



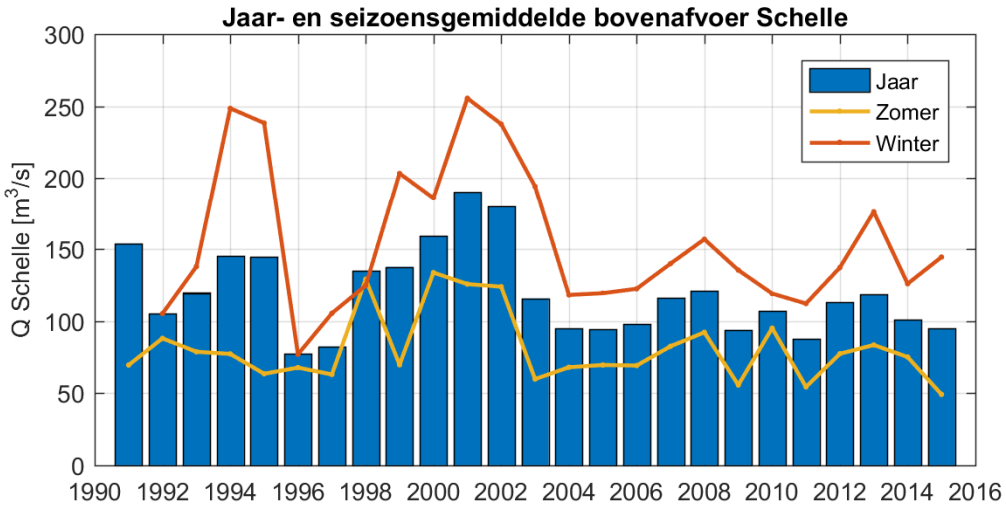

*Figuur 2-7: Vectorieel jaargemiddelde windsnelheid, component t.o.v. 0° N, gemeten in Cadzand en de Vlakte van de Raan.*




*Figuur 2-8: Spreidingsdiagram van de jaargemiddelde windsnelheid Cadzand vs. de residu t.o.v. de T2009 trend van laagwater (links; $r^2 = 0,42$, $p < 10\text{-}3$) en hoogwater (rechts; $r^2 = 0,33$, $p < 10\text{-}3$) in Vlissingen.*

Het jaargemiddelde afvoerdebiet in Schelle, de belangrijkste bovenafvoer voor de Beneden-Zeeschelde en Westerschelde, is weergegeven in Figuur 2-9. Tijdens de rapportageperiode van dit rapport lag de jaargemiddelde bovenafvoer meestal eerder laag; dit was voornamelijk het geval voor de jaren 2009, 2011, 2014 en 2015.

Ook de zomergemiddelde (juni-november) en wintergemiddelde (december-mei[4]) afvoer is weergegeven. 2014 en 2015 hadden een gelijkaardige jaargemiddelde bovenafvoer, maar 2015 had een drogere zomer en een nattere winter dan 2014. De jaargemiddelde afvoer in Schelle heeft een significante correlatie met de residuen van hoog- en laagwaters in de opwaartse stations zoals Schelle en Antwerpen. De variabiliteit in de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden in het opwaartse deel van het studiegebied worden met andere woorden deels veroorzaakt door fluctuaties in de bovenafvoer, als gevolg van de wisselende neerslaghoeveelheid.




*Figuur 2-9: Jaar- en seizoensgemiddelde bovenafvoer in Schelle*

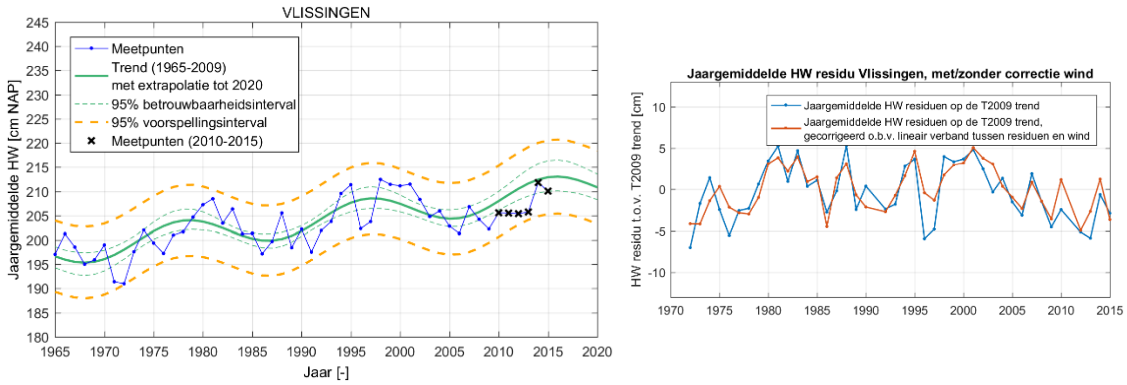
## 2.2.2 Hoog- en laagwaterstanden

In het T2009-rapport werden trends en 95 %-verwachtingsintervallen opgesteld voor de hoog-en laagwaterstanden op verschillende stations (T2009 Consortium, 2013). Voor dit rapport werden de hoog- en laagwaterstanden na 2009 geëvalueerd aan de hand van een vergelijking met de geëxtrapoleerde T2009-trend en zijn 95 %-verwachtingsinterval. Er werd statistisch getest op afwijkingen ten opzichte van de T2009-trend door middel van de OLS-CUSUM monitoring test volgens Zeileis et al. (2005) ; deze methode wordt verder toegelicht in Bijlage B van het data- en analyserapport (IMDC, 2016a). In het datarapport werd de analyse uitgevoerd voor acht verschillende getijstations (IMDC, 2016a); in deze samenvatting wordt enkel Vlissingen en Antwerpen weergegeven.

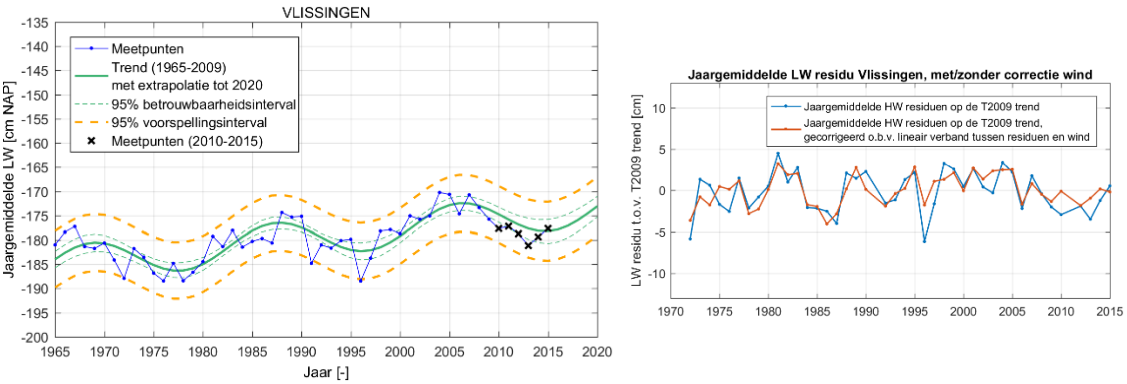
[4] Het wintergemiddelde voor een bepaald kalenderjaar wordt berekend over de periode van december van het voorgaande jaar, tot mei van het jaar zelf. Voorbeeld: het wintergemiddelde van 2005 wordt berekend over de periode december 2004 t.e.m. mei 2005.

Figuur 2-10 en Figuur 2-11 (links) tonen de evolutie van de jaargemiddelde hoog- en laagwaters in Vlissingen. Zowel de hoog- als de laagwaters liggen tijdens de rapportageperiode (2010-2015) meestal onder de verwachte waarde van de T2009-trend, maar nog steeds binnen het 95 %-voorspellingsinterval.

Zoals vermeld in §2.2.1 wordt een deel van de variatie in de hoog- en laagwaterstanden in Vlissingen verklaard door de wind in de Noordzee. Aan de rechterzijde van de Figuur 2-10 en Figuur 2-11 worden de residuen van de hoog- en laagwaters ten opzichte van de T2009-trend weergegeven, gecorrigeerd op basis van een lineaire relatie met de jaargemiddelde windsnelheid in Cadzand. De gecorrigeerde residuen liggen dichter bij nul dan de niet-gecorrigeerde, wat betekent dat de lage hoog- en laagwaterstanden tijdens de periode 2010-2015 deels zijn veroorzaakt door de wind.




*Figuur 2-10: Links: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Vlissingen, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval. Rechts: Jaargemiddeld HW residu t.o.v. T2009 trend, gecorrigeerd voor lineair verband tussen residuen en opzet.*

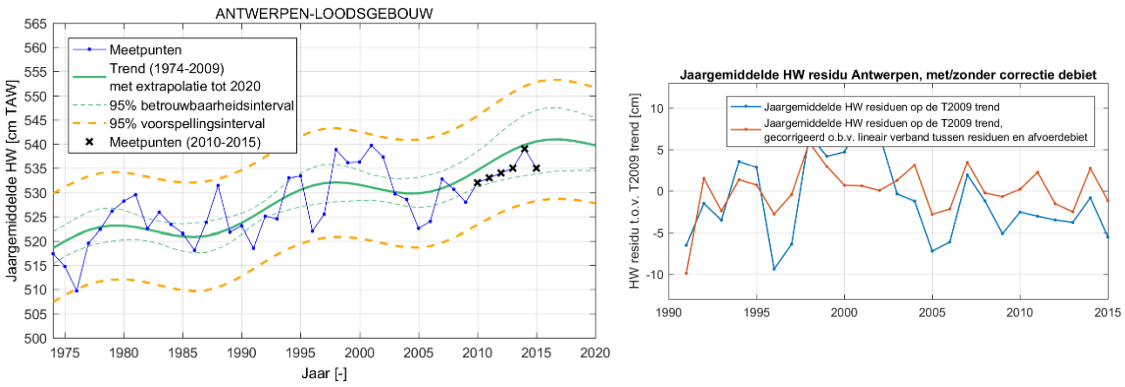



*Figuur 2-11: Links: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Vlissingen, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval. Rechts: Jaargemiddeld LW residu t.o.v. T2009 trend, gecorrigeerd voor lineair verband tussen residuen en opzet.*

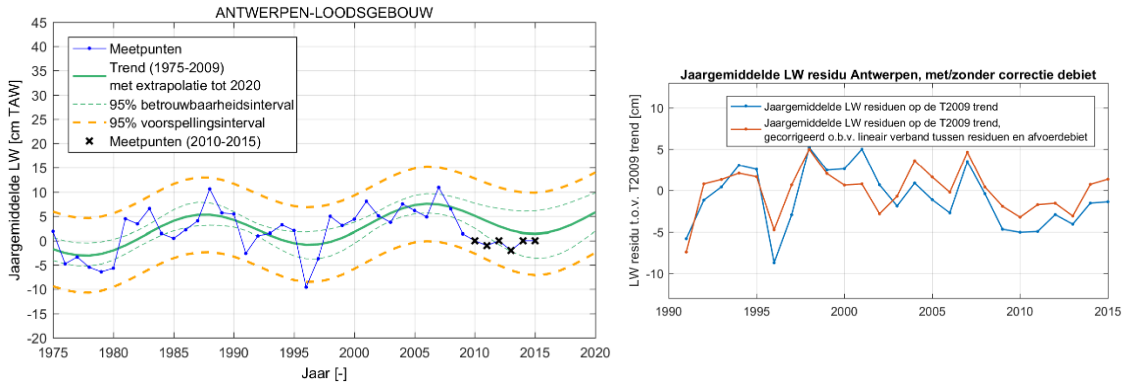
Figuur 2-12 en Figuur 2-13 toont de jaargemiddelde hoog- en laagwaters voor het getijstation Antwerpen, in het opwaartse deel van het rapportagegebied. Opnieuw liggen de waargenomen waterstanden lager dan de verwachte waarde op basis van de T2009-trend, maar nog steeds binnen het 95 %-voorspellingsinterval.

Analoog aan de correctie op basis van de windsnelheid in Figuur 2-10 en Figuur 2-11, worden in de rechterzijde van Figuur 2-12 en Figuur 2-13 de residuen ten opzichte van de T2009-trend weergegeven met een correctie op basis van het jaargemiddeld afvoerdebiet in Schelle. Ook hierbij liggen de residuen tijdens de rapportageperiode dicht bij nul, na de correctie op basis van het debiet. Dit geeft aan dat de relatief lage hoog- en laagwaterstanden in het opwaartse deel van het estuarium tijdens de rapportageperiode grotendeels werden veroorzaakt door de relatief lage jaargemiddelde bovenafvoer tijdens deze periode.

De conclusies voor de andere zes getijmeetstations zijn gelijkaardig aan deze van Antwerpen en Vlissingen. In alle stations zijn zowel de hoog- als de laagwaters tijdens de rapportageperiode lager dan de verwachte waarde, maar nog binnen het 95 %-voorspellingsinterval. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een combinatie van relatief lage windopzet in de Noordzee (benedenstrooms van het studiegebied) en relatief lage bovenafvoer (bovenstrooms van het studiegebied). Enkel op de stations Hansweert en Terneuzen zijn de laagwaters niet lager dan de T2009-trend; hier vallen de metingen bijna samen met de T2009-trend.



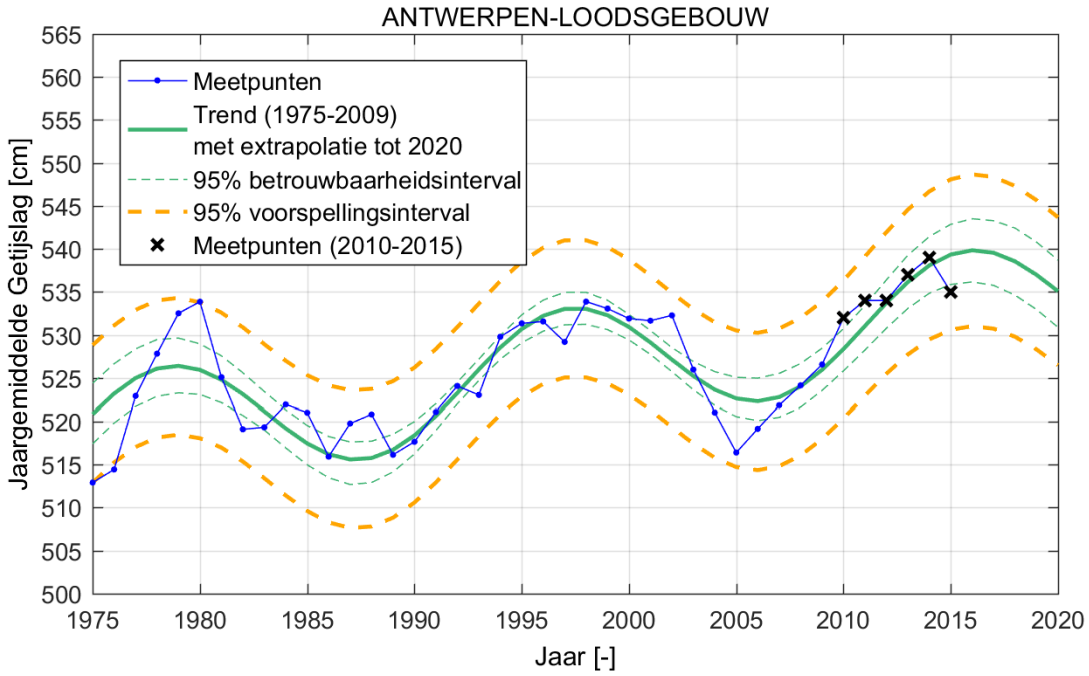

*Figuur 2-12: Links: Evolutie van de jaargemiddelde hoogwaterstand te Antwerpen, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval. Rechts: Jaargemiddeld HW residu t.o.v. T2009 trend, gecorrigeerd voor lineair verband tussen residuen en opzet*



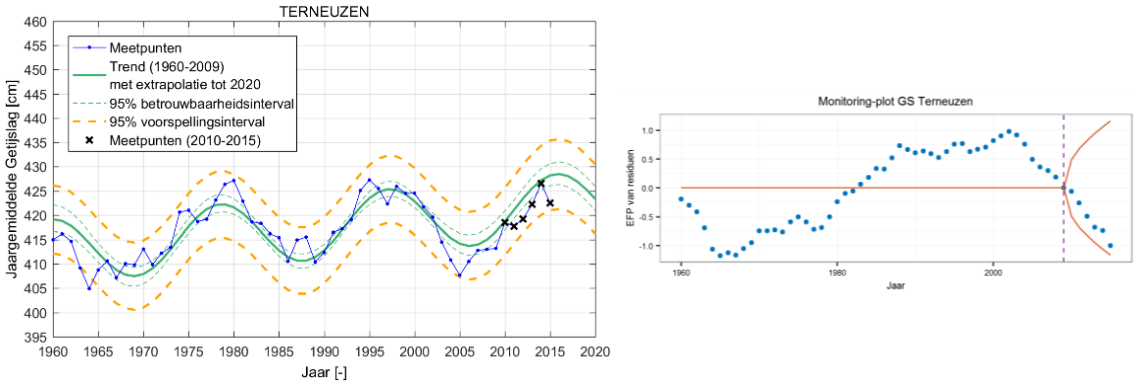

*Figuur 2-13: Links: Evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstand te Antwerpen, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval. Rechts: Jaargemiddeld LW residu t.o.v. T2009 trend, gecorrigeerd voor lineair verband tussen residuen en opzet*

### 2.2.3 Getijslag

Op de meeste locaties volgt de absolute getijslag de bestaande T2009-trend. Dit wordt geïllustreerd voor het getijstation Antwerpen in Figuur 2-14. In het getijstation Terneuzen is de getijslag echter bijna steeds iets kleiner dan de voorspelling van de T2009-trend, maar nog steeds binnen het 95 %-voorspellingsinterval (Figuur 2-15 links). Omdat de afwijking vrij consistent is over de periode 2010-2015, bereikt de controleplot van de residuen bijna de controlegrens voor trendbreuken (Figuur 2-15 rechts). De afwijking per jaar is vrij klein en is dus moeilijk te verklaren.

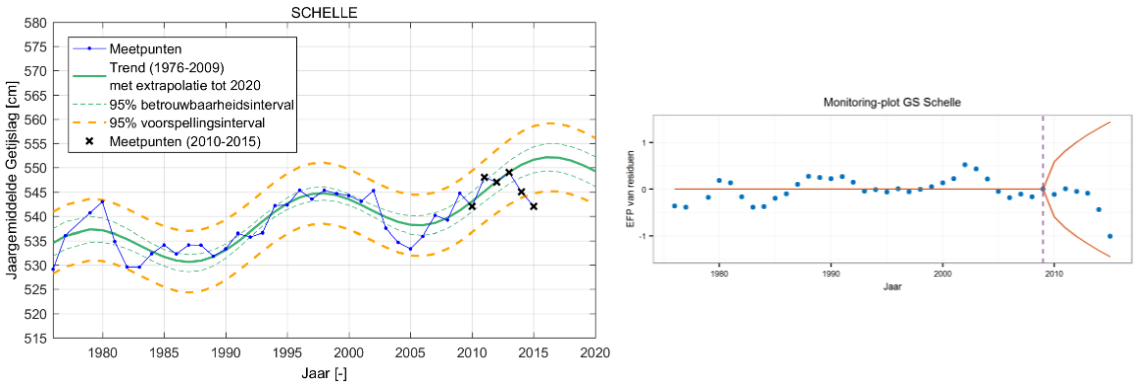



*Figuur 2-14: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Antwerpen.*



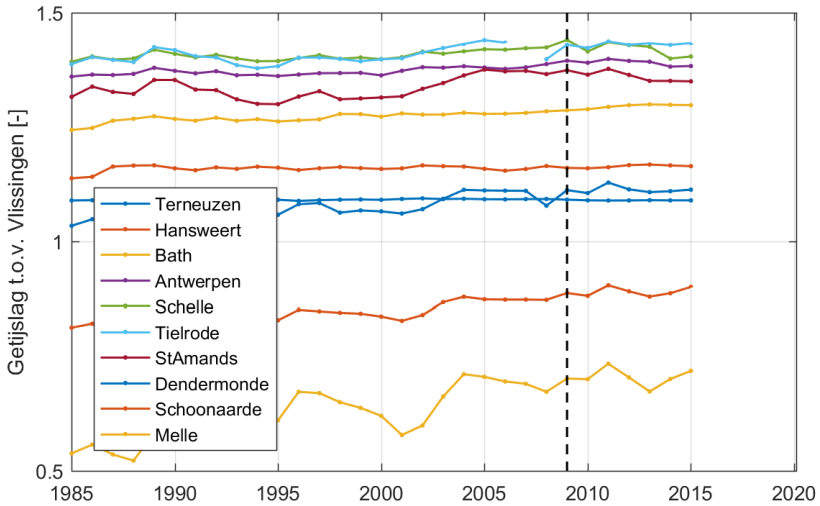

*Figuur 2-15: Links: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Terneuzen, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval. Rechts: OLS-CUSUM controleplot van de residuen ten opzichte van de T2009-trend.*

In Schelle ligt de getijslag in 2010-2013 nog dicht bij de bestaande T2009-trend, maar in 2014 en vooral 2015 is de getijslag beduidend kleiner dan de vooraf bestaande trend, en zelfs buiten het 95 %-voorspellingsinterval (Figuur 2-16). Waarschijnlijk is deze afname gerelateerd aan baggerwerken in de zone t.h.v. Rupelmonde in 2013-2014. In theorie zorgt ook het GGG-gebied (Gecontroleerd Gereduceerd Getij) in Kruibeke-Basel-Rupelmonde voor een demping van de getijgolf, maar het oppervlakte van het GGG-gebied dat in 2014 en 2015 werd opengesteld is waarschijnlijk te klein om de waargenomen afname in de getijslag te veroorzaken.




*Figuur 2-16: Links: Ontwikkeling van de absolute getijslag te Schelle, met T2009 trendlijn (extrapolatie tot 2020), 95 % betrouwbaarheids- en verwachtingsinterval. Rechts: OLS-CUSUM controleplot van de residuen ten opzichte van de T2009-trend.*

De jaargemiddelde relatieve getijslag (getijamplificatie ten opzichte van Vlissingen), bleef relatief constant in Terneuzen en Hansweert (Figuur 2-17). In Antwerpen en Schelle vertoont de relatieve getijslag een zeer lichte daling. Deze daling bedraagt slechts 1 % in Antwerpen en is dus nog te klein om als significant te worden beschouwd. De getijamplificatie binnen het estuarium (tussen Vlissingen en Antwerpen) is dus niet meer toegenomen in de laatste 5 jaar.



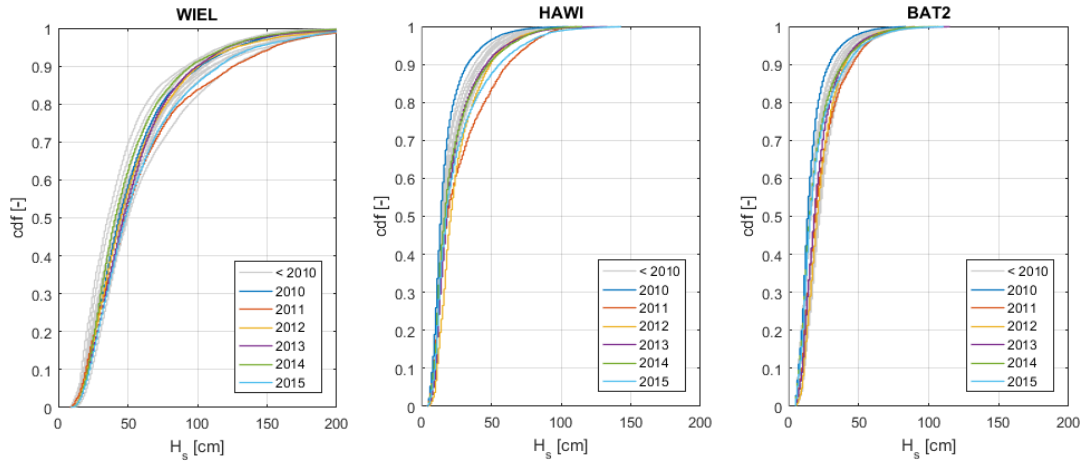

*Figuur 2-17: Evolutie van de jaargemiddelde getijslag ten opzichte van Vlissingen per station in het estuarium (t.e.m. 2015) met aanduiding van het jaar 2009 (gestippelde lijn).*

### 2.2.4 Golven

Net als in het tweede voortgangsrapport (IMDC, 2014a, 2014b) werden de golfhoogtes geanalyseerd op basis van de jaarlijkse cumulatieve distributiefunctie van de significante golfhoogte. De golfboeien maken geen onderscheid tussen wind- en scheepsgolven, terwijl deze twee types golven mogelijk wel een verschillend effect hebben op oevers en schorranden.

In het datarapport werden acht golfmeetboeien in en buiten het estuarium beschouwd; in dit syntheserapport worden drie representatieve boeien uitgelicht in Figuur 2-18. Over het algemeen zijn er geen sterke verschillen in de golfhoogtes van de jaren 2010-2015 ten opzichte van de periode daarvoor. Van de twee meest recente jaren lagen de golfhoogtes algemeen hoger in 2015 dan in 2014, maar meestal nog binnen de range van de voorgaande jaren.

Enkel op de meetlocatie Hansweert worden de laatste jaren licht verhoogde waarden waargenomen, nabij of boven het bereik van de jaren voorafgaand aan 2010. Een waarschijnlijke verklaring hiervoor is de stijging van het bodempeil met ca. 0,5 m ter hoogte van de golfmeetboei tussen 2010 en 2015. Het gaat hier met andere woorden om een plaatselijk effect ter hoogte van de meetlocatie waaruit weinig conclusies kunnen worden getrokken met betrekking tot het golfklimaat in het ruimere gebied.




*Figuur 2-18: Empirische cumulatieve waarschijnlijkheidsverdeling van de significante golfhoogte op de locaties Wielingen (links), Hansweert (midden) en Bath-2 (rechts).*

### 2.2.5 Stroomsnelheden Westerschelde

Op de plaatranden worden stroomsnelheidsmetingen uitgevoerd om na te gaan of er nieuw laagdynamisch gebied met lagere stroomsnelheden gecreëerd is. Sinds het voorgaande voortgangsrapport werden enkel nieuwe metingen uitgevoerd op Hooge Platen Noord en de Plaat van Walsoorden. Voor de andere locaties (Hooge Platen West, Rug van Baarland, Plaat van Valkenisse) is geen nieuwe data beschikbaar; deze worden in het huidige rapport dan ook niet verder beschouwd.

In het algemeen geven de stroomsnelheidsmetingen een gemengd beeld. Op de meerderheid van de meetpunten zijn de veranderingen t.o.v. de T0-meting kleiner dan de natuurlijke variatie in de metingen, er is er dus geen significante wijziging merkbaar ten opzichte van de referentiemeting. Op een beperkt aantal meetpunten wordt een daling van de stroomsnelheden gemeten; op een beperkt aantal andere meetpunten wordt een stijging van de stroomsnelheden gemeten.

Meer specifiek zijn op de Hooge Platen Noord op een aantal punten langsheen de oostelijke arm van de plaatrandstortingen de stroomsnelheden licht verlaagd. Op sommige punten in deze zone wordt ook een lichte daling van de vloedsnelheden en een lichte stijging van de ebsnelheden waargenomen. Op de Plaat van Walsoorden werden verlaagde stroomsnelheden waargenomen op de meer zuidelijke van de twee westelijke plaatpunten, en dit vooral tijdens de vloed. Verder zuidwaarts langs de plaatrand worden verhoogde eb- en vloedsnelheden waargenomen op het diepste punt van de meetraai.

### 2.2.6 Stroomsnelheden Beneden-Zeeschelde

De stroomsnelheden in de Beneden-Zeeschelde werden geëvalueerd aan de hand van een vergelijking van de maximale gemeten eb- en vloedsnelheden te Oosterweel ten opzichte van de magnitude van de waterstanddaling respectievelijk -stijging te Antwerpen. De waarden worden opgedeeld per deciel (per interval van 10 % van de stijging of daling) en zijn weergegeven in het data- en analyserapport (IMDC, 2016a).

Er bleek weinig verandering te zitten in de stroomsnelheden bij specifieke tijverschillen over de periode 2008-2015. In de jaren 2012 en 2014 waren de ebsnelheden iets hoger dan tijdens de andere jaren (ca. 5 cm/s in 2012, of ca. 6 %). Daarnaast liggen de laagste decielen (representatief voor doodtij-condities) sinds 2010 iets hoger, zowel voor de getijstijging of de getijdaling als voor de stroomsnelheid, en zowel tijdens eb- als vloedstroming.

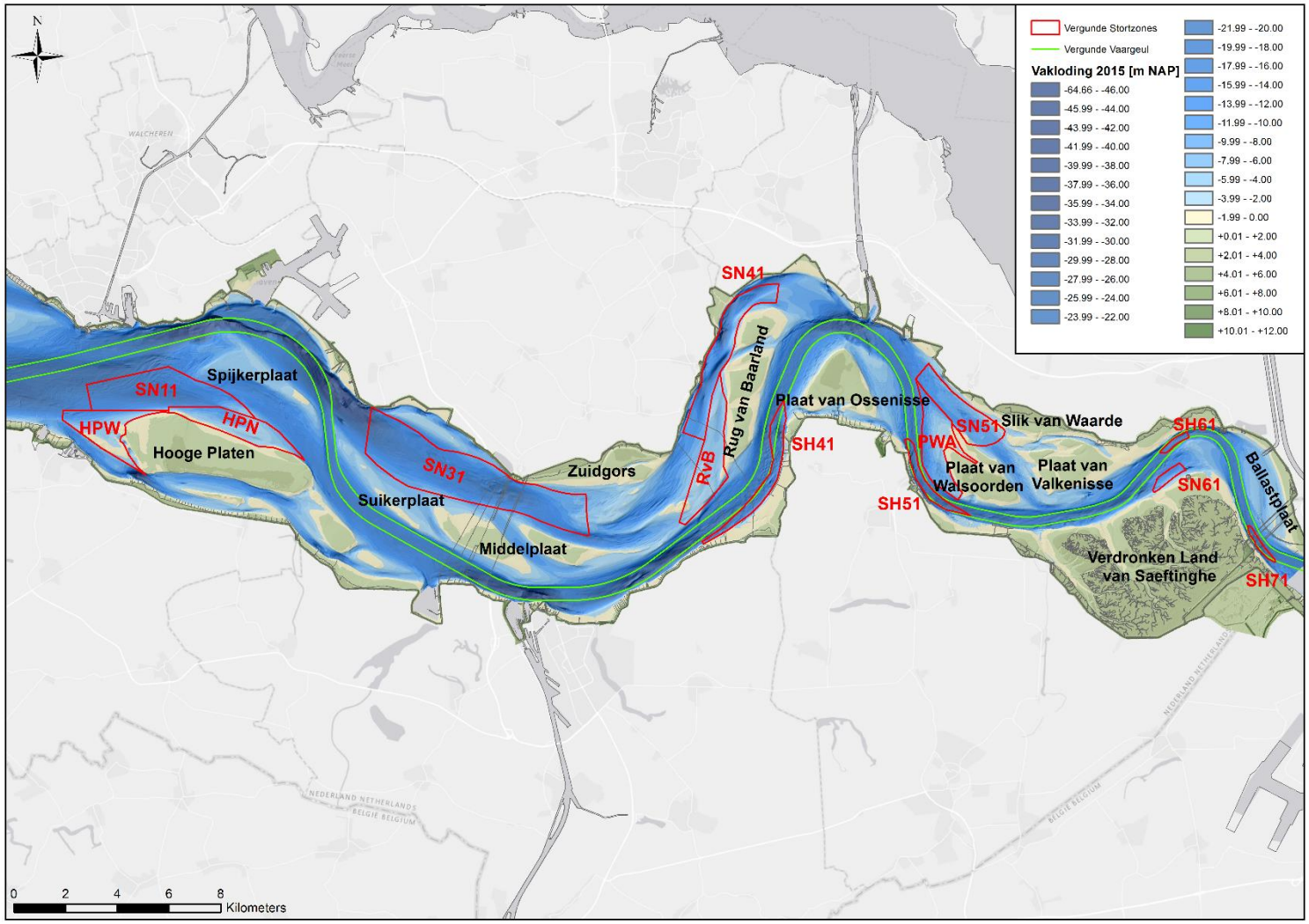
## 2.3 MORFOLOGIE EN LEEFOMGEVING

### 2.3.1 Recente morfologische veranderingen (grote schaal)

***Westerschelde***

*Op basis van de vaklodingskaarten van Rijkswaterstaat worden de grote schaal en langetermijn morfologische veranderingen beknopt samengevat. Voor een uitgebreide beschrijving en detailkaarten wordt naar het datarapport verwezen.*

In **macrocel 1 (incl. mesocel 2)** is een noordwaartse beweging aan de gang van de Spijkerplaat en de nevengeul tussen Spijkerplaat en Hooge Platen. De nevengeul wint hierdoor aan ruimte (alhoewel er ook intensief gestort wordt in het westelijk deel hiervan, wat lokaal ook tot verondieping leidt). Aan de noord- en westrand van Hooge Platen zijn plaatrandstortingen uitgevoerd en verondiepingen gerealiseerd (zie sectie 2.3.2). Aan de zuidzijde van de plaat wordt erosie waargenomen: het Vaarwater langs Hoofdplaat migreert noordwaarts, maar wordt ook ondieper. De plaat zelf kent uitgebreide zones van ophoging. De zuidelijke slikken ondervinden sedimentatie. Het gebied tussen Hoge en Lage Springer wordt ondieper, terwijl deze plaatjes ook noordwestwaarts migreren.




*Figuur 2-19: Overzichtskaart Westerschelde.*

In **macrocel 3** is het westelijk deel van de nevengeul Everingen dieper geworden. In het oostelijk deel van de Everingen bepaalt een drempeldynamiek met een quasi-cyclisch patroon de configuratie of ligging van de geulen. In dit gebied is intensief gestort, waardoor lokaal ook sedimentatiegebieden voorkomen. Het gedrag van de plaatjes langsheen de Everingen varieert: in het westen is erosie opgetreden, centraal is er meer stabiliteit (Suikerplaat, westelijke Middelplaat) en de oostelijke Middelplaat is wat opgehoogd. De geulen tussen de platen (Suikerplaat, Middelplaat) migreren westwaarts. Langs de noordrand van de macrocel is op vele plaatsen sedimentatie merkbaar; niet in het minst langs de slikken van Everingen en het Schor bij Baarland / Plaat van Baarland. De slikken aan de zuidzijde lijken meer aan erosie onderhevig te zijn (delen van de slikken van Terneuzen).

In **macrocel 4** gaat de erosie van de hoofdgeul verder, inclusief de erosie van de oost- en noordoostrand van de Rug van Baarland. Ook rand van de Plaat van Ossenisse kent erosie (zowel aan west- als oostzijde). In het Middelgat, de nevengeul, treedt in grote delen sedimentatie op, vooral nabij de drempelgebieden.

Een belangrijk stortvak is in de hoofdgeul gelegen: hoofdgeulstortvak SH41, waarin ca. 14,5 Mm³ sediment is gestort tijdens de eerste 5 jaar. Slechts een fractie is in situ aanwezig gebleven (15 à 20 %). Sedimentatie in de Schaar van Ossenisse, langs de Plaat van Ossenisse, de Put van Hansweert en verder op de Drempel van Hansweert is mogelijk het gevolg van deze stortingen.

Aan de teen van de geulwandverdediging is in de afgelopen jaren een erosiekuil ontstaan. Hierdoor ontstaan onder water steile taluds, die kunnen afschuiven in de vaargeul. Dit brengt mogelijk schade aan de geulwandverdediging met zich mee. Sinds het voorjaar van 2014 worden in deze erosiekuil regelmatig geulwandstortingen met onderhoudsbaggerspecie (op 30/06/2016 3,13 Mm³ in-situ)[5].

In **macrocel 5** is er een opmerkelijke ontwikkeling aan de gang ter hoogte van de Schaar van Valkenisse en de Schaar van Waarde: langs de noordrand van de Plaat van Walsoorden treedt sedimentatie op door sediment dat afkomstig is van de plaatrandstortingen aan de westzijde van de Plaat van Walsoorden. De Schaar van Waarde roteert tegen de wijzers van de klok in, en deze buigt verder zuidoostwaarts om. De Schaar van Valkenisse maakt de omgekeerde beweging waardoor de Plaat van Valkenisse uitbouwt en de Plaat van Walsoorden aan de zuidoostelijke punt reeds een groot areaal verloren heeft. Als de Schaar van Waarde verder noordwaarts gedrukt wordt, kan dit de druk op de Zimmermangeul en het slik bij Waarde vergroten. De hoofdgeul zelf wordt gedetermineerd door de baggerwerken, en vertoont duidelijk de verdieping ten opzichte van de oorspronkelijke situatie. Ter hoogte van de Plaat van Walsoorden zelf is een grote sedimentatie zone zichtbaar aan de noordwestpunt: dit is het gevolg van de plaatrandstortingen. De zuidrand van de plaat heeft in juli 2014 ook een zeer grote plaatval ondergaan, die alweer grotendeels is opgevuld met sedimenten.

**Macrocel 6 en macrocel 7** worden ook gekenmerkt door een verdieping van de hoofdgeul ten opzichte van voor de verruiming. Een uitzondering hierop is het hoofdgeulstortvak (SH61) waar door storten verondieping is opgetreden.

[5] Voor meer informatie over de geulwandverdedigingen wordt verwezen naar het data- en analyserapport van deze voortgangsrapportage (IMDC, 2016a).

Andere erosiezones worden aangetroffen voor de slikken bij Bath, voor het Konijnenschor en het nevengeulgebied Schaar van de Noord en de plaat van Saeftinghe. Bij deze laatste wordt door onderhoud van de bocht de plaatrand buiten de hoofdgeul gehouden, wat de uitbreiding van de plaat in noordelijke en oostelijke richting verhindert. Verder zuidwaarts, langs de oostrand van het Land van Saeftinghe treedt significante erosie op. Er is lopend onderzoek naar de rol van scheepsgolven bij dit proces.

### *Beneden-Zeeschelde*

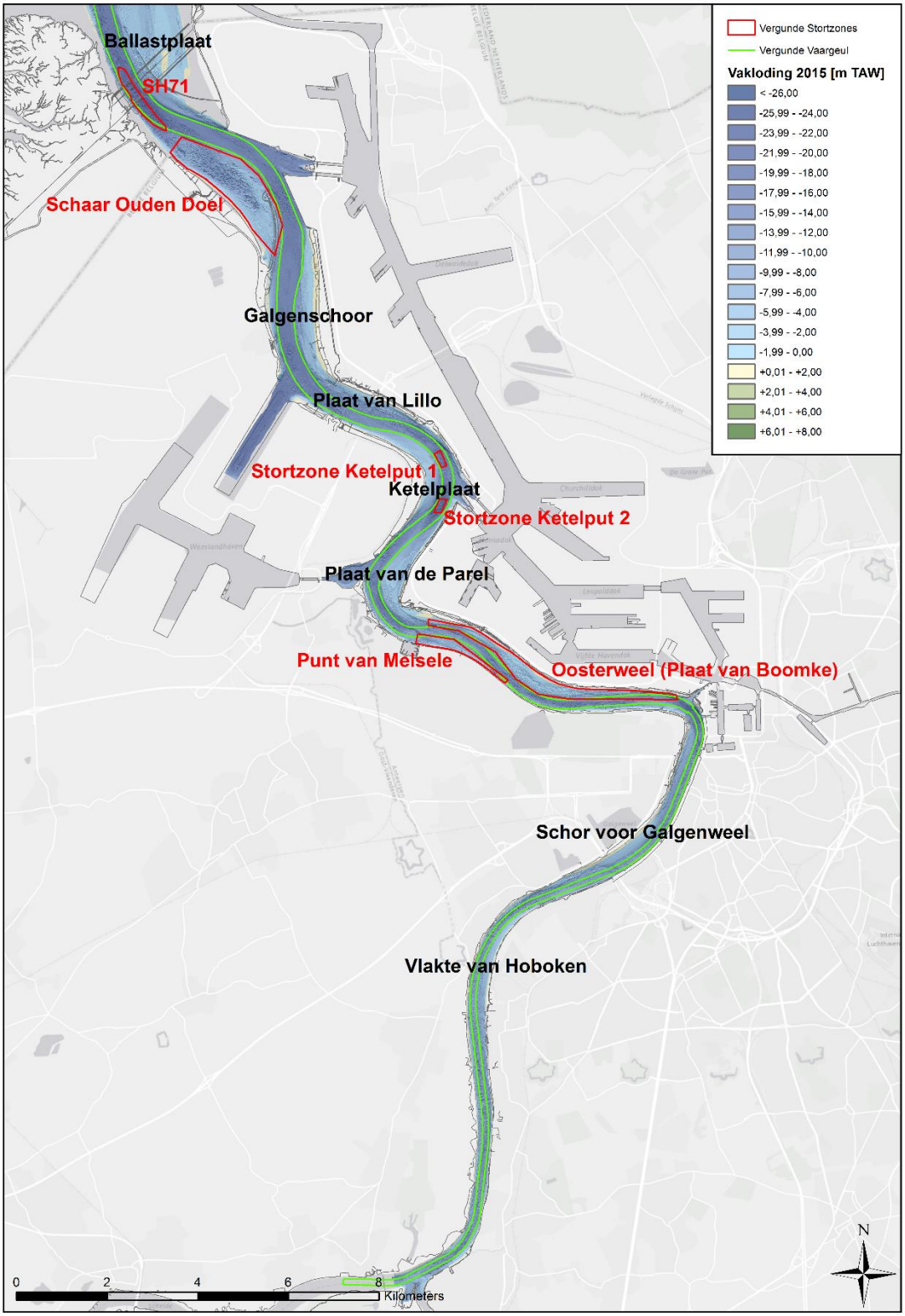
*Op basis van de bathymetrische opnames van de Beneden-Zeeschelde, opgenomen door Vlaamse Hydrografie, worden de grote schaal en langetermijn morfologische veranderingen beknopt samengevat. Voor een uitgebreide beschrijving en bijhorende kaarten wordt naar het datarapport verwezen.*

In het gebied **tussen Saeftinghe en Doel** is er een sterke verdieping van de vaargeul (vooral de drempels van Frederick en Zandvliet, maar ook tussen de twee drempels) en aan de sluistoegang naar de Zandvliet- en Berendrechtsluis. De zandwinningszone van Schaar van Ouden Doel is erg dynamisch doorheen de tijd door de stortings- en extractieactiviteiten. De rand van het Paardenschoor vertoont sedimentatie langs de noordelijke helft, en erosie langsheen de zuidelijke helft. Ten opzichte van 2009 trad aan de zuidelijke rand van het Buitenschoor lichte sedimentatie op, en erosie aan de strekdam. De sedimentatie aan de zuidelijke rand van het Buitenschoor (net op de rand van de vaargeul) is in de laatste twee jaar (2014 en 2015) nog verdergezet.

In de zone **Doel – Fort Filip** overheerst eveneens een beeld van verdieping en erosie. Hier is het Deurganckdok gelegen, een van de belangrijkste onderhoudszones van de Beneden-Zeeschelde. De naburige Drempels (Frederik, Lillo) alsook de sluistoegangen zijn sinds de verdieping duidelijk dieper. Langs de vaargeul treedt op lange termijn slechts op enkele plaatsen sedimentatie op: tussen Deurganckdok en Doel, de noordelijke en zuidelijke zone langs het Galgenschoor, ten zuidoosten van de Drempel van Lillo. Ter hoogte van de Ketelplaat zelf en het centrale deel van het Galgeschoor is erosie waargenomen.

Tussen **Fort Filip tot Oosterweel** is de sluistoegang van Kallo dieper geworden, maar wijzigde de laatste twee jaar niet meer significant. De plaat van de Parel vertoont afwisselende zones van erosie en sedimentatie. De plaat van Krankeloon, en Plaat van Boomke hebben ook wat sediment verloren. Aan de zuidrand van de Drempel van Oosterweel is dan weer sedimentatie zichtbaar, alsook aan de Punt van Melsele (stortlocatie).

Ter hoogte van **Antwerpen-Burcht** (sectie Rede van Antwerpen) is er erosie langs de binnenbocht (Palingplaat), maar buiten de bocht telkens sedimentatie langs de randen. Nabij de laagwaterlijn treedt ook erosie op. Ter hoogte van Burcht is een klassiek patroon van erosie in de buitenbocht (linkeroever) en sedimentatie in de binnenbocht (rechteroever) waarneembaar. De vaargeul in deze zone was vrij stabiel tussen 2009 en 2015. Dergelijke patronen worden ook verder opwaarts (**Burcht-Rupelmonde**) waargenomen, en ook de migratie van bodemvormen op de bodem van de vaargeul wordt vanaf hier zichtbaar.




*Figuur 2-20: Overzichtskaart Beneden-Zeeschelde.*

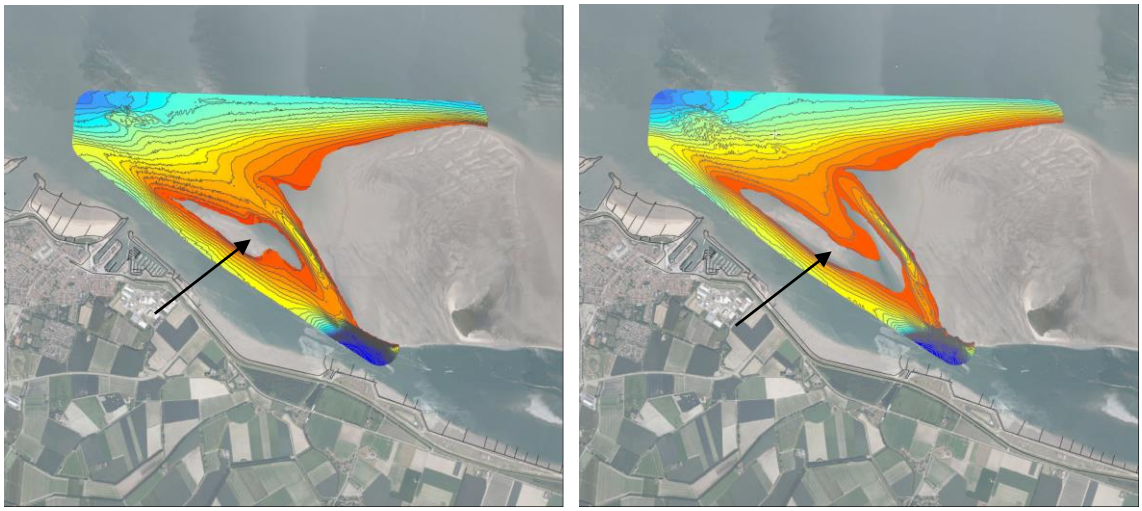
## 2.3.2 Platen en plaatrandstortzones (Westerschelde)

*In wat volgt wordt per plaatrand een beschrijving van de morfologische ontwikkeling gegeven in relatie tot de stortingen. Ook meetpunten en –raaien op de platen worden beschouwd. Uitgangspunt voor de analyse van de meetpunten is dat de specie die op plaatranden gestort wordt, niet teveel op de plaat zelf terecht mag komen.*

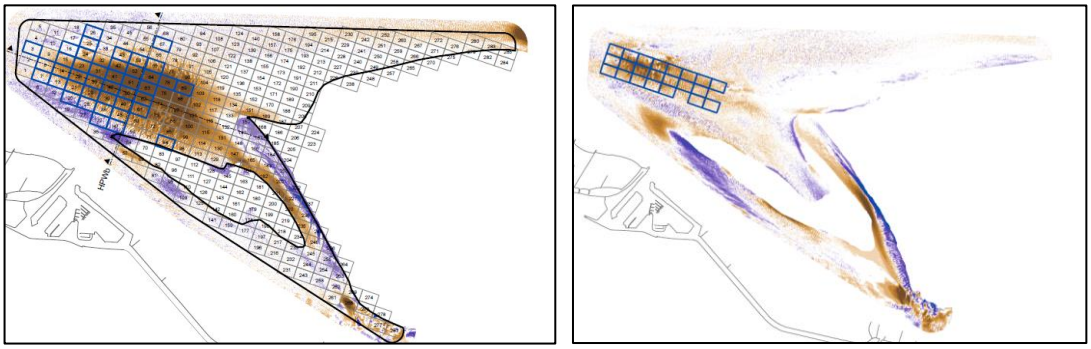
### *Hooge Platen West*

De plaatrandstortingen op Hooge Platen West (Figuur 2-21) zijn uitgevoerd aan de diepe punt van het stortvak (Figuur 2-22). De initiële plaatrandstorting bedroeg 2 Mm³ en werd in 2011 en 2013 aangevuld (ca. 0,5 Mm³, resp. 0,1 Mm³). Meer recent, vanaf midden 2015 is opnieuw intensiever gestort. De totale storthoeveelheid bedraagt midden 2016 ca. 3,5 Mm³.

Onder invloed van de vloedstroom is dit sediment grotendeels naar oostelijke en zuidoostelijke richting gemigreerd. Hierdoor is voor de plaatpunt een verondieping gerealiseerd. Tegelijk is de vorm van een klein plaatje (‘Plaatje van Breskens’, pijl in Figuur 2-21) gewijzigd en opgehoogd, terwijl een vloedgeultje naar het oosten is gemigreerd.



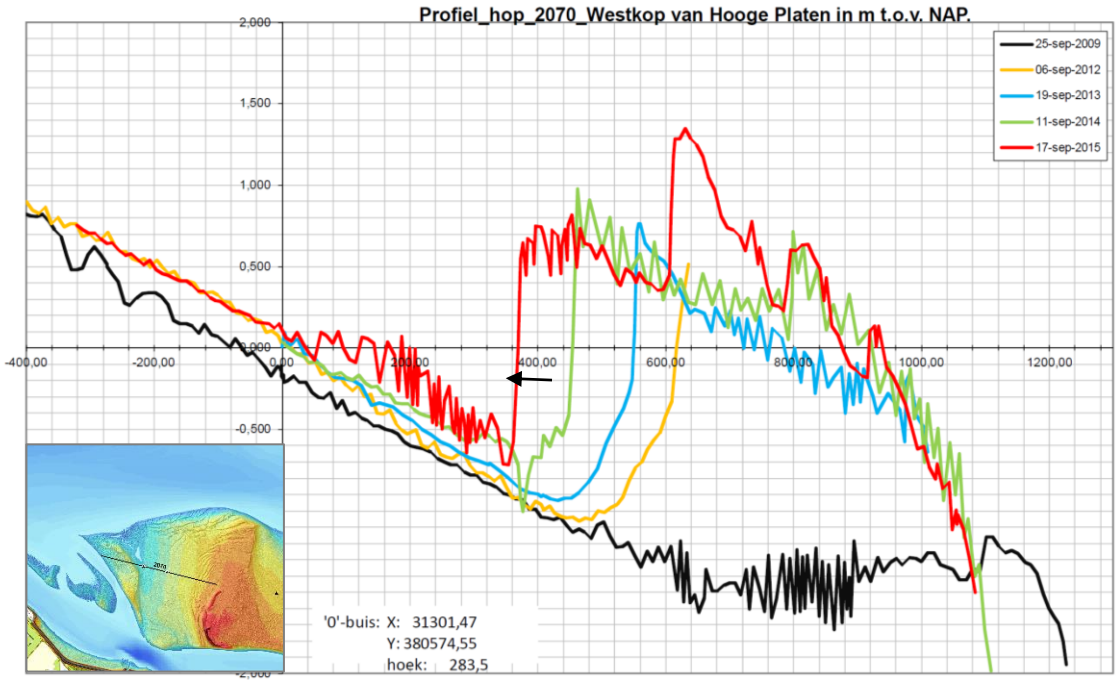
*Figuur 2-21: Bathymetrie ter hoogte van plaatrandstortvak Hooge Platen West op 4/2/2010 en 24/1/2016. Pijlen wijzen naar het Plaatje van Breksens (zie tekst).*



*Figuur 2-22: Locatie (blauw omlijnde vakjes) van de initiële en recentste plaatrandstorting in stortvak HPW (tussen 16/7/2010 en 4/2/2010; rechts: tussen 5/2/15 en 4/1/16)*

De RTK-raai 2070 (Figuur 2-23), dichter tegen de Bol, toont in de jaren volgend op de plaatrandstorting een algemene verhoging van het bodempeil als gevolg van een zandrug die zich ontwikkeld heeft en opwaarts (naar de Bol toe) beweegt. Tussen het geultje en het gebied tot tegen de Bol (een gebied van ca. 2,5 km²) is ongeveer 1 miljoen m³ sediment afgezet tussen 2010 en 2015. Dit is qua grootteorde een derde van de omvang van de plaatrandstorting op Hooge Platen West.

De RTK hoogtemeetpunten bevestigen dit beeld: de meetlocaties 931 en 932 vertonen een sedimentatie die sterker is dan wenselijk. In meetpunt 931 gebeurde dit voor het eerst in de maanden volgend op de plaatrandstortingen. Sinds midden 2014 is de sedimentatie opnieuw versneld.




*Figuur 2-23: RTK-raai 2070 aan de Hooge Platen West (bron: Jentink, 2015a)*

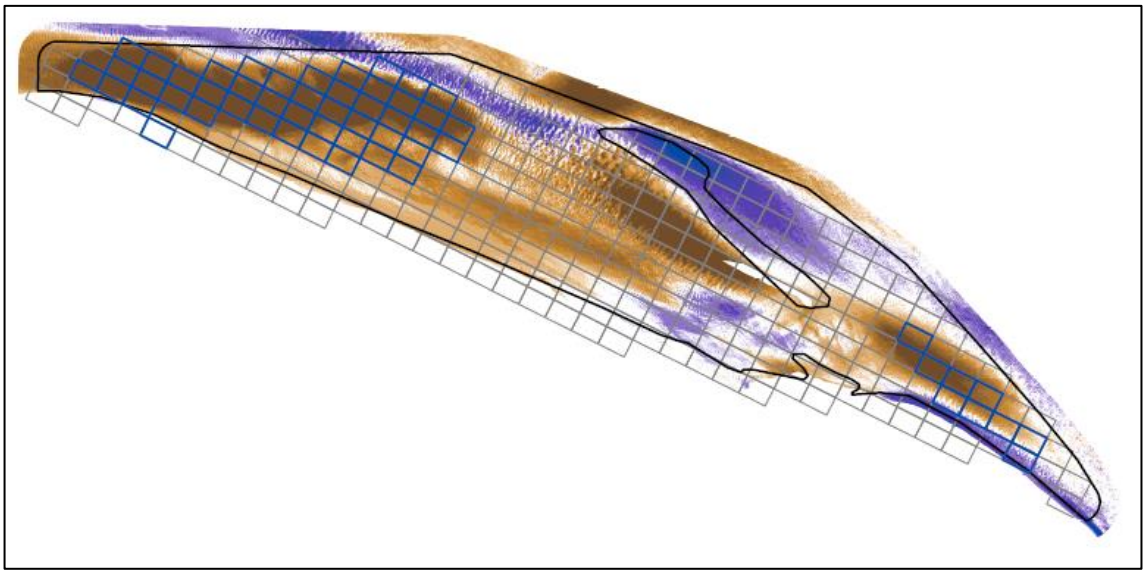
### *Hooge Platen Noord*

De plaatrandstortingen in het stortvak Hooge Platen Noord zijn voor het grootste deel uitgevoerd in een periode van anderhalf jaar na de start van de verruiming. In totaal is bijna 4,3 Mm³ zand geklept. Bij de aanleg is in het noordwestelijk en het zuidoostelijk gebied een zandtong gerealiseerd (Figuur 2-24) met als doel ertussen een luw, laagdynamisch gebied te creëren waarbinnen sedimentatie zou optreden. Dit is effectief opgetreden, onder meer door verspreiding van het sediment van de westelijke zandtong.

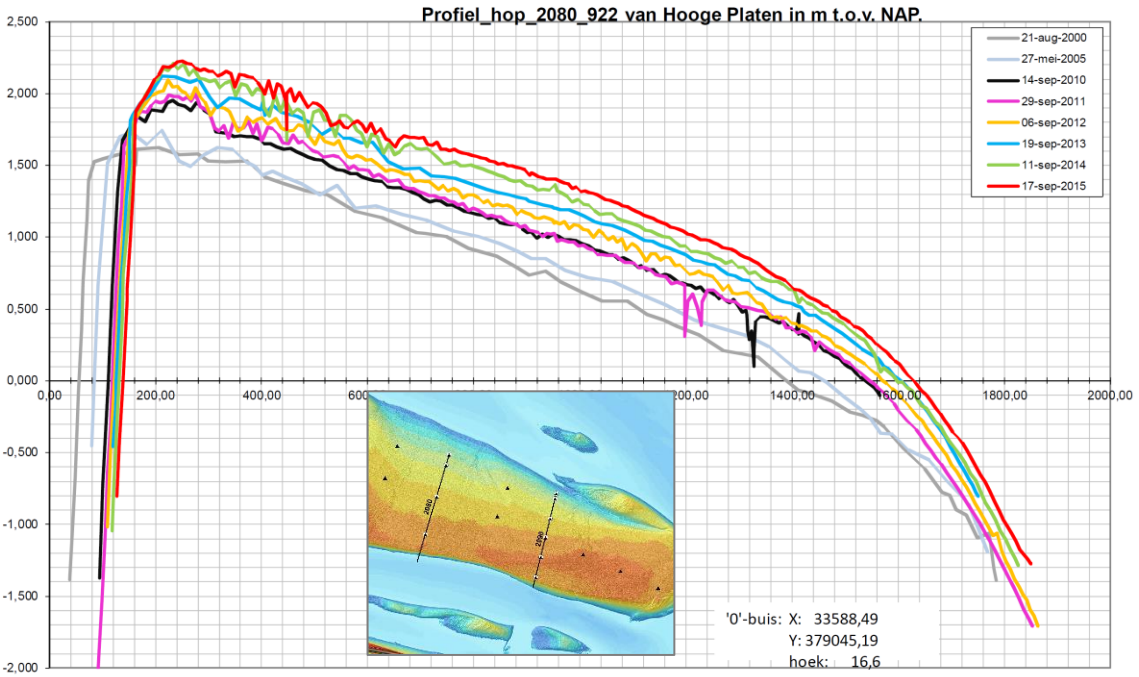
Single-beam raaien (bv. Figuur 2-25) illustreren deze verondieping voor de plaat, maar ze tonen ook dat hoger op de plaat, boven de laagwaterlijn, sedimentatie is opgetreden. Tussen de -2 en +2 m NAP lijn, ten oosten van de Bol, gaat het om ongeveer 1,9 miljoen m³ sediment. RTK raaien over de gehele plaat illustreren dit beeld nog beter: de gehele plaat is hoger geworden, en tegelijk steiler.

Deze ontwikkeling past enerzijds in de lange-termijn ontwikkeling van de Hooge Platen, maar anderzijds werd in een dieper gaande analyse (IMDC en Arcadis, 2013; IMDC, 2014c) besloten dat de areaalafnames van het intertidaal net ten oosten van de Bol mogelijk versterkt zijn door de stortingen in de nabijheid. Uit voorzorg werd door het Overleg Flexibel Storten beslist om in het westelijk deel van HPN niet meer te storten.

Bij de laatste evaluatie van de RTK meetpunten blijken nagenoeg alle meetpunten op Hooge Platen Noord indicatief voor de snelle ophoging, buiten de vooropgestelde norm. Er wordt naar het datarapport verwezen voor een verdere bespreking van deze meetpunten.



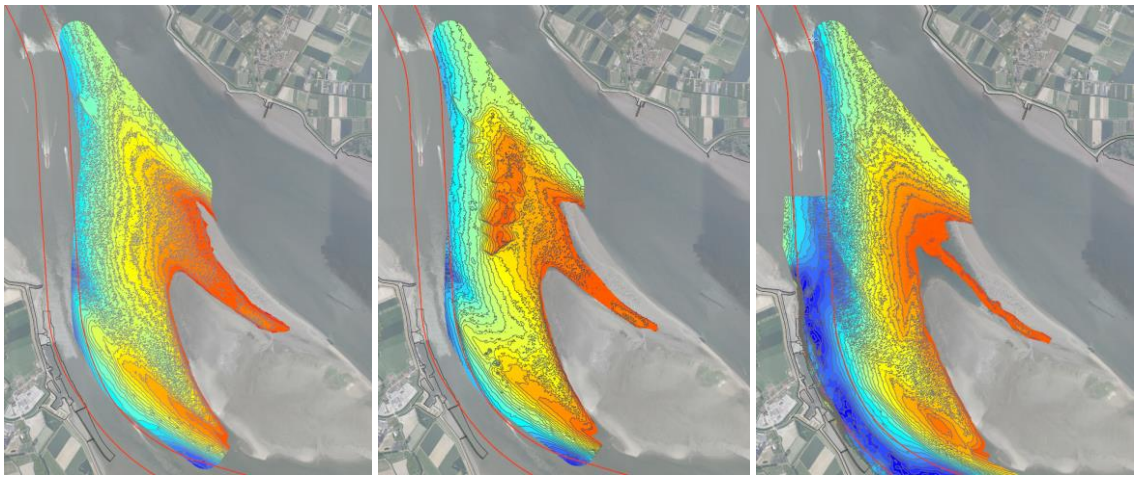
*Figuur 2-24: Verschilkaart Hooge Platen Noord op 22/9/2011. Vakjes met blauwe contouren zijn de gebruikte stortvakjes. Bron: (IMDC, 2012)*




*Figuur 2-25: RTK-raai 2080 aan de Hooge Platen Noord (bron: (Jentink, 2015b)*

### *Plaat van Walsoorden*

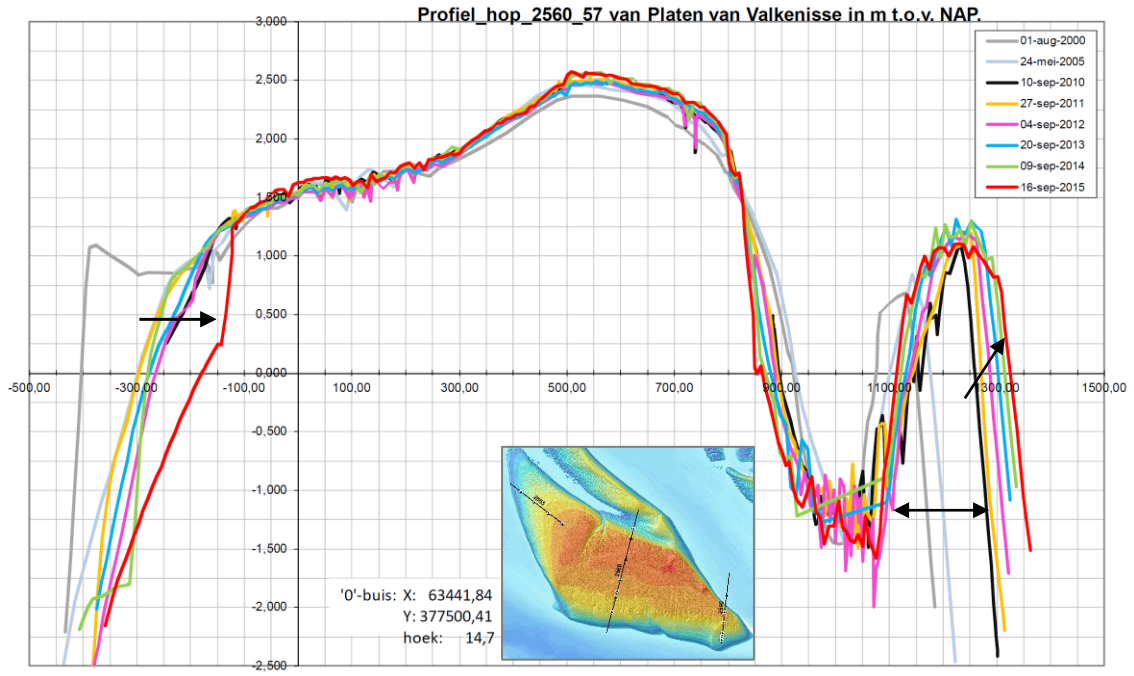
In 2010 is een grote megaduin aangelegd voor de westelijke plaatpunt van Walsoorden (bijna 4 Mm³). Sindsdien zijn jaarlijks bijkomende stortingen uitgevoerd van enkele 100 000'en m³, waardoor na de eerste vergunningsperiode in totaal 6,2 Mm³ sediment was gestort. Onder invloed van de vloedstroom is het gestorte sediment dichter naar en op de plaatpunt gebracht waardoor het plaatpuntgebied hoger komen te liggen is. Latere stortingen vonden ook meer zuidwaarts plaats met als doel meer sediment in de richting van de zuidelijke vloedschaar te laten migreren. Sedimentmigratie naar de zuidrand van de plaat, heeft in 2014 een grote plaatval teweeg gebracht.



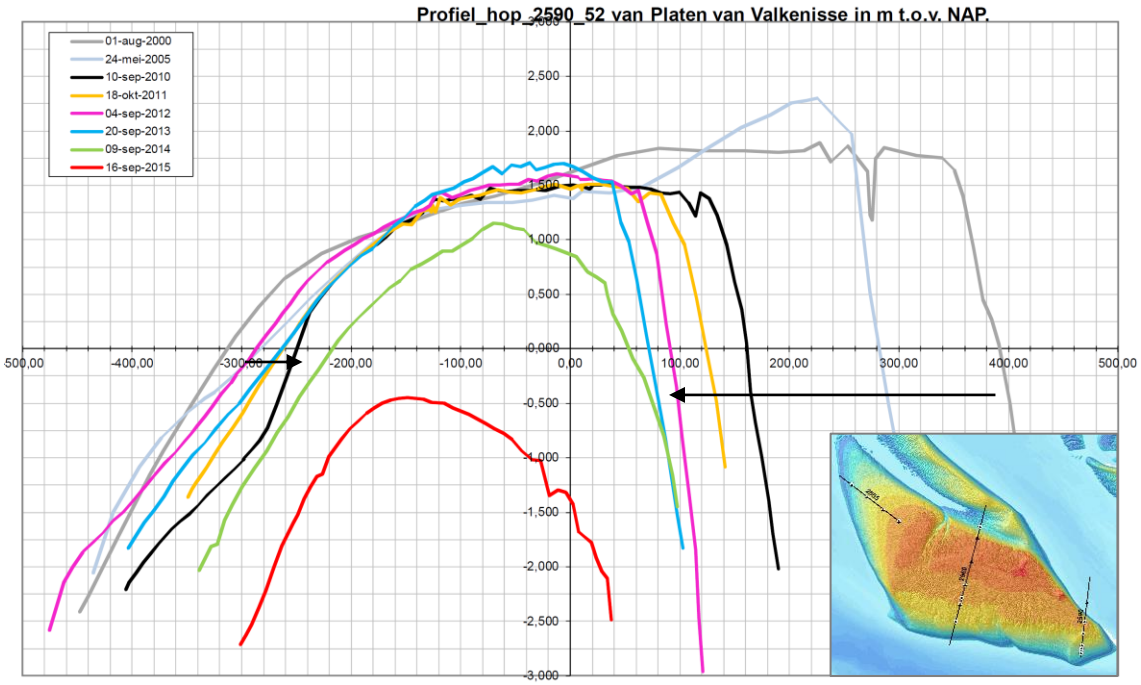
*Figuur 2-26: Dieptekaarten van plaatrandstortvak PWA, op 1/2/2010 (links), 21/8/2010 (midden) en 3/2/2016 (rechts).*

Een RTK raai (2560, Figuur 2-27) dwars op de plaat toont dat er ook een kleine ophoging van de plaat zelf plaatsvindt, vooral aan de lagere noordwestelijke delen. De raai toont sinds 2000 een terugwijkende zuidelijke plaatrand. Recent is ook het uitwaaierende effect van de plaatval van 2014 duidelijk te zien in het profiel. De noordelijke plaatrand wordt steiler en de vloedschaar lijkt te verbreden. De noordelijke zandtong wordt opgehoogd, wordt breder en verplaatst zich noordoostwaarts (Figuur 2-27).

Een raai aan de oostelijke plaatpunt brengt de erosie, door het uitbochten van de nevengeul, goed in beeld (Figuur 2-28). De RTK meetpunten bevestigen dit beeld.



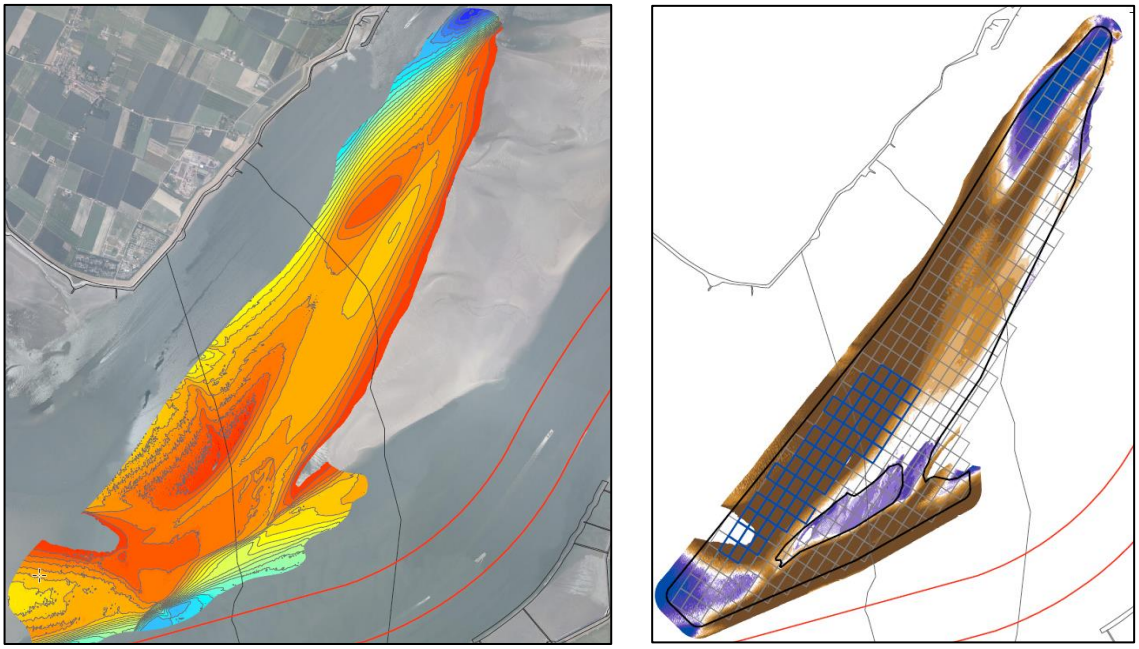

*Figuur 2-27: RTK-raai 2560 aan de Plaat van Walsoorden (bron: (Jentink, 2015c)*




*Figuur 2-28: RTK-raai 2590 aan de Plaat van Walsoorden (bron: (Jentink, 2015c)*

### *Rug van Baarland*

Het plaatrandstortvak Rug van Baarland is gelegen langs het Middelgat en werd enkel in de eerste twee vergunningsjaren als stortvak ingezet, totdat bezorgdheid over de autonome sedimentatie in het Middelgat leidde tot het stopzetten van de stortingen. De plaatrandstortingen worden wel in de maandelijkse rapportage voor het Overleg Flexibel Storten opgenomen, en tonen dat sinds het beëindigen van de stortingen de sedimentatie binnen het stortvak is doorgegaan. In de zone is 1,3 miljoen m³ gestort en bijna 9,5 miljoen m³ sedimentatie (status halfweg januari 2016) is opgetreden. De sedimentatie is het grootst in de diepere delen, aan de zijde van de nevengeul. Dichter naar de plaatrand is de sedimentatie zeer beperkt of zelfs afwezig. Lokaal is erosie zichtbaar, langs het Gat van Ossenisse en aan de buitenzijde van de noordelijke zandtong. De ontwikkeling wordt vooral gestuurd door de migratie van zandbanken vanuit het drempelgebied van de Everingen naar de zuidelijke delen van het Middelgat, om zo aansluiting te vinden tegen de Rug van Baarland.



*Figuur 2-29: Bathymetrie van plaatrandstortvak Rug van Baarland (januari 2016) en de verschilkaart met 2010. Blauwe rechthoekjes zijn de ingezette stortvakken.*

De erosie-sedimentatie patronen op de plaat zelf vertonen geen eenduidig beeld. De RTK meetpunten ondersteunen het gedifferentieerd beeld: op de zuidelijke helft is recent erosie zichtbaar nabij de laagwaterlijn (punten 804, 209, 811, 814, 815), terwijl op de hoogste punten verdere ophoging plaatsvindt (punten 801, 807, 8012) of hooguit beperkte verlaging (bv. punt 802). De ontwikkeling van de hoogtemetingen op de individuele punten toont veel ruimtelijke variatie. Op lange termijn zijn een aantal trends zichtbaar, met name de erosie in punt 804, en de centrale ophoging. Beide zijn trends die voor de derde verruiming zijn ingezet.

### *Stabiliteit van de plaatrandstortingen*

Baggerspecie die minder goed blijft liggen aan de plaatranden is ongewenst omdat door erosie van de baggerspecie niet de gewenste ecologische winst wordt bekomen. In Tabel 2-9 is opgenomen hoeveel procent van de gestorte specie vanaf de aanvang van de stortwerkzaamheden per jaar nog aanwezig dient te zijn. Deze waarden dienen vergeleken te worden met de grenswaarde zoals vastgelegd in het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten. In het protocol is beschreven dat het ongewenst is als de specie minder goed blijft liggen dan voorzien in Tabel 2-9.

Vanaf de tweede vergunningsperiode wordt de stabiliteit van de specie vanaf 11/02/2015 opnieuw geëvalueerd volgens dezelfde tabel (het criterium is dus opnieuw 80 % na 1 jaar).

*Tabel 2-9: Gewenste hoeveelheden specie per jaar na beëindigen storten verdiepingsspecie (stabiliteit plaatrandstorting).*

| Jaar | Percentage oorspronkelijk gestort materiaal |
|---|---|
| **0** | 100 % |
| **1** | 80 % |
| **2** | 70 % |
| **3** | 60 % |
| 4 | 50 % |
| **5** | 40 % |

Voor elk van de plaatrandstortzones worden hieronder resultaten weergegeven die het verloop van de stort- en peilvolumes tonen. De stabiliteit is bepaald als quotiënt van het gepeilde volume (= in situ bodemveranderingen) en het gestorte volume (= aangevoerde hoeveelheden, omgerekend naar in situ volume).

De T0 komt overeen met de start van de verdiepingsstortingen op 12 februari 2010. Vanaf dan wordt er gekeken hoe de stabiliteit van de plaatranden evolueert.

De toetswaarden voor de stabiliteit van de gestorte specie na zes jaar worden samengevat in Tabel 2-10. De stabiliteit berekend vanaf het begin van de tweede vergunningsperiode is weergegeven in Tabel 2-11.

De toetsing van de resultaten gebeurt door het Overleg flexibel storten en wordt in een toetsingsverslag gerapporteerd (Projectgroep Flexibel Storten, 2016). De toetsing wordt per plaatrandzone uitgevoerd, aangezien het geen zin heeft de verschillende zones op te tellen. De sedimentatie- en erosietrends verschillen immers sterk tussen de 4 zones.

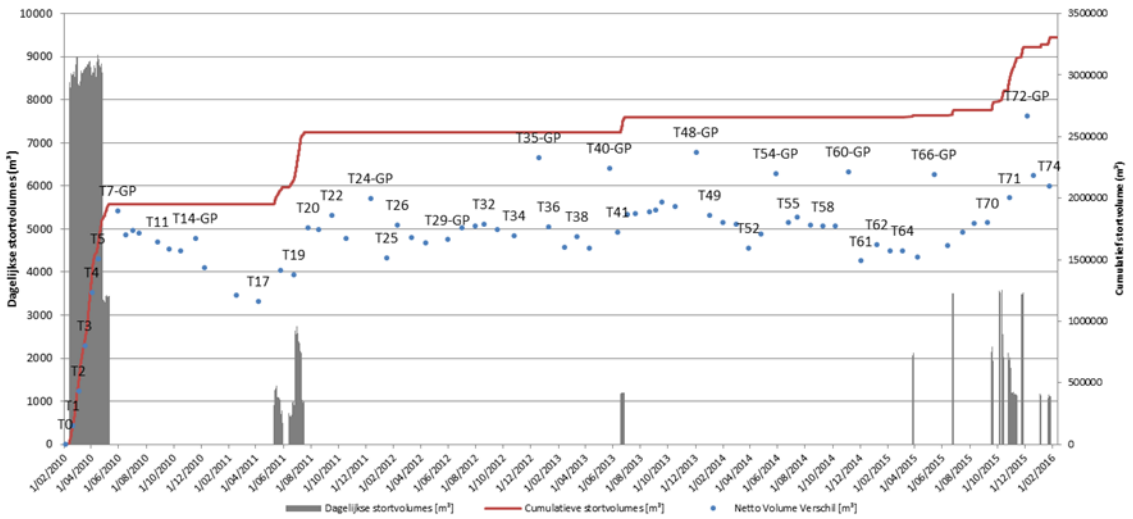
*Tabel 2-10: Toetswaarden stabiliteit plaatrandstortingen voor het jaar 2014 ten opzichte van start van de verruiming. Volumes in m³.*

| Stortzone | Tijdstip peiling | Peiling | Gepeild volume-verschil | Gestort volume | Stabiliteit t.o.v. start verruiming |
|---|---|---|---|---|---|
| **HPW** | 24/01/2016 | T74 | 2 099 818 | 3 280 757 | 64 % |
| **HPN** | 7/03/2016 | T71 | 3 619 251 | 4 290 725 | 84 % |
| **PWA** | 3/02/2016 | T89 | 2 533 047 | 6 805 113 | 37 % |
| **RVB** | 7/01/2016 | T50* | 9 439 865 | 1 305 019 | 723 % |

*Tabel 2-11: Toetswaarden stabiliteit plaatrandstortingen voor het jaar 2015 ten opzichte van begin tweede vergunningsperiode (HPW: T63; 5/02/2015; HPN: T64; 3/02/2015; PWA: T79; 16/01/2015; RVB: T47; 21/01/2015).*
*Volumes in m³.*

| Stortzone | Tijdstip peiling | Peiling | Gepeild volume-verschil | Gestort volume | Stabiliteit t.o.v. start tweede vergunningsperiode |
|---|---|---|---|---|---|
| **HPW** | 24/01/2016 | T74 | 589 029 | 620 710 | 95 % |
| **HPN** | 7/03/2016 | T71 | -534 625 | 18 333 | -2916 % |
| **PWA** | 3/02/2016 | T89 | 459 517 | 604 390 | 76% |
| **RVB** | 7/01/2016 | T50* | 1 532 578 | 0 | n.v.t. |
| **Grenswaarde conform Protocol** | | | | | 80 % |

### *Hooge Platen West (macrocel 1): 64/95 %*

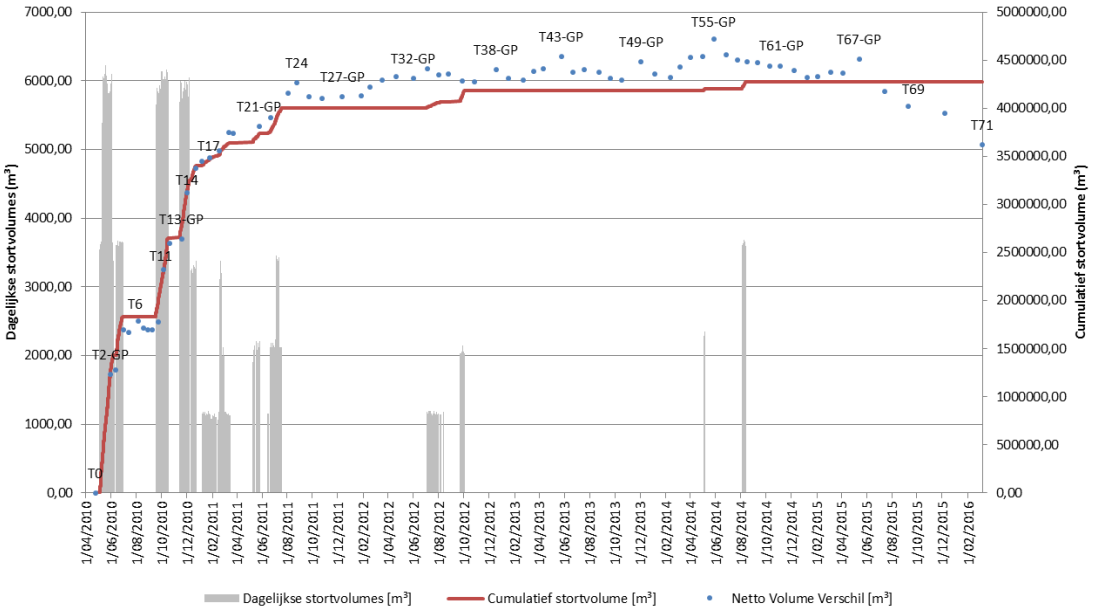



*Figuur 2-30: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal (m³) en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzicht van de beginsituatie) (m³) voor de stortzone Hooge Platen West.*

Netto 64 % van het gestorte materiaal is ter plekke gebleven ten opzichte van het begin van het storten. Van de stortingen uitgevoerd in de tweede vergunningsperiode is 95 % blijven liggen. Zes jaar na de start van de verruiming liggen deze waarden boven de vastgelegde waarde in het protocol.

De zone van het Plaatje van Breskens is te hoog gelegen voor de maandelijkse multibeamopname. Om het half jaar wordt echter een ruimere zone rondom de plaatrandstortzone gepeild, waarbij de multibeamopname tot een iets hoger niveau gebeurt (dit is te tijdrovend om maandelijks te doen). Deze zgn. grote peilingen geven voor HPW het inzicht dat een deel van de gestorte specie bij het Plaatje van Breskens is gesedimenteerd, wat doorgaans leidt tot hogere stabiliteitswaarden van het gestort materiaal bij de grote peilingen.

### *Hooge Platen Noord (macrocel 1): 84/-2816 %*




*Figuur 2-31: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzicht van de beginsituatie) voor de stortzone Hooge Platen Noord.*

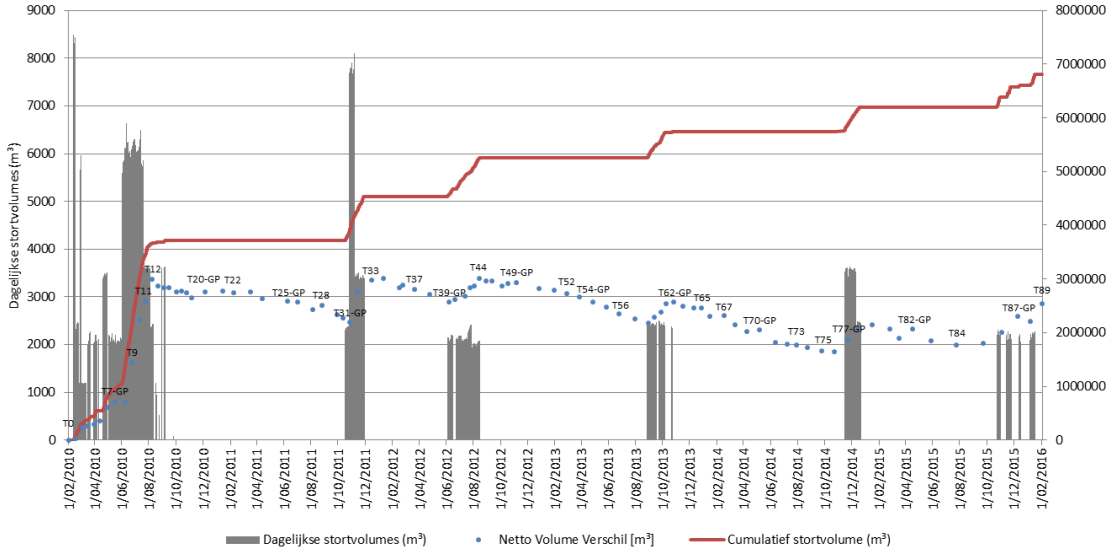
Netto 84 % van het sinds de aanvang van de stortingen gestorte materiaal is nog in de plaatrandstortzone aanwezig begin maart 2016. De stabiliteit van de specie is dus hoog; zeker in vergelijking met de drempelwaarde na zes jaar, die 40 % bedraagt (zie Tabel 2-9). In de tweede vergunningsperiode werd een zeer kleine hoeveelheid sediment gestort (18 000 m$^3$). Omdat het erosievolume in de tweede vergunningsperiode hoger ligt dan het stortvolume, is het stabiliteitspercentage zeer negatief (-2916 %). Strikt genomen wordt het criterium van de tweede vergunningsperiode dus niet gehaald, maar dit is relatief gezien het beperkte stortvolume in deze periode. Dit wordt daarom niet als een probleem beschouwd door het Overleg flexibel storten.

### *Plaat van Walsoorden (macrocel 5): 37/76 %*

Netto 37 % van het gestorte materiaal ligt in februari 2016 nog in de plaatrandstortzone. In de tweede vergunningsperiode ligt de stabiliteit van de stortingen lager (76 %) dan de gewenste 80 %.

Een belangrijke verklaring voor de sterkere afname van de sedimentvolumes is dat bij de initiële periode van storten in 2010 relatief veel erosie van de gestorte specie is opgetreden. Deze volumes zitten nog steeds vervat in deze 37 %. Daarnaast kent deze plaatrandzone een wat grotere erosieve trend dan de trend die vooropgesteld is in het protocol.

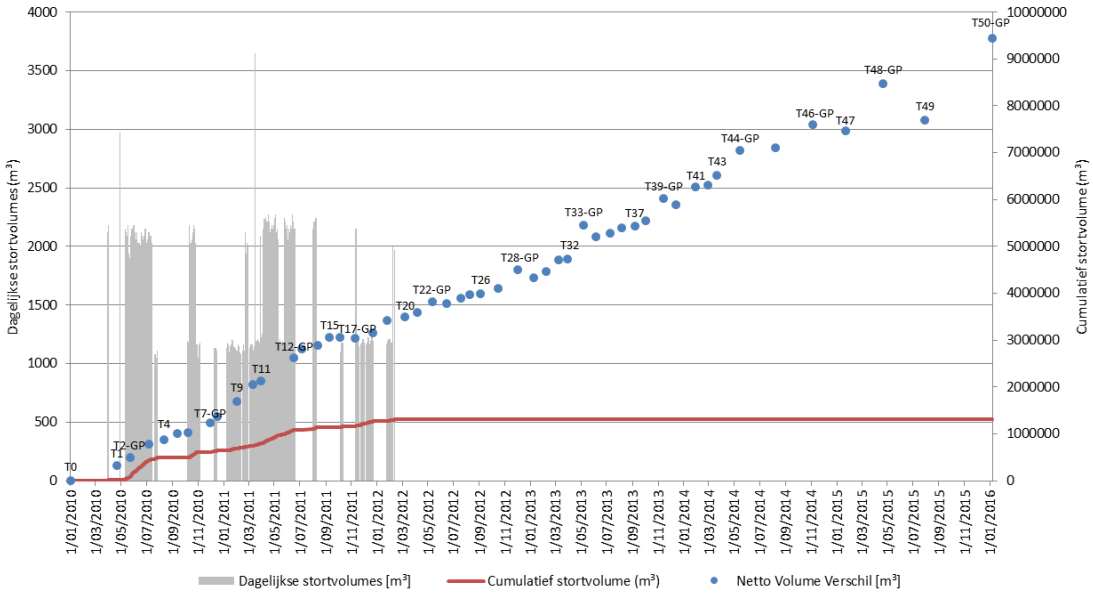
De erosie bevindt zich hoofdzakelijk langs de diepe westelijke en noordelijke rand van de plaatrandstortzone. Het centrale deel, voor de punt van de plaat, kent ten opzichte van 2010 een verdieping.




*Figuur 2-32: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzicht van de beginsituatie) voor de stortzone aan de Plaat van Walsoorden.*

### *Rug van Baarland (macrocel 4): 100 % + 623 %*

100 % van de gestorte specie ligt er begin januari 2016 nog, aangevuld met 623 % autonome aangroei. Het Overleg flexibel storten meent dat de Rug van Baarland niet vergelijkbaar is met de overige plaatrandstortgebieden omwille van deze autonome ontwikkeling. De zone heeft een aparte status. Rekening houdend met de sterke sedimenterende trend en de ligging grotendeels in het Middelgat, werd de voorbije jaren besloten niet meer ter hoogte van de Rug van Baarland te storten. Het lijkt daarom aangewezen dit gebied in de toekomst niet meer met de plaatrandstortzones te toetsen aan de criteria.




*Figuur 2-33: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzicht van de beginsituatie) voor de complete stortzone aan de Rug van Baarland.*

### *Kwalitatieve habitat beoordeling*

*Op basis van kwalitatieve beoordeling van de bodemeigenschappen van de RTK meetpunten, wordt een indruk verkregen van de omgeving en de habitateigenschappen. Deze informatie wordt in het datarapport uitgebreid beschreven. Hier worden de belangrijkste vaststellingen beknopt weergegegeven. De ontwikkelingen beschouwen de lange termijn.*

Ondanks de bodemstijging op de **Hooge Platen West**, bevinden de punten op de plaatrand zich eind 2015 in een hoogdynamische, zandige omgeving. De megaribbels geven aan dat er aanzienlijk bodemtransport plaatsvindt en dus worden de punten blootgesteld aan de dynamische omgeving. Dit kan ook voor een verklaring zorgen voor de daling van het bodemleven en het lutumgehalte in de meetpunten. Hier valt echter op te merken dat het bodempeil op de meeste meetpunten is verhoogd, en ook dit kan zorgen voor een daling van het bodemleven.

In het oosten en zuiden van de zone **Hooge Platen Noord** komt schorvegetatie voor. Dit bevordert de neerslag van fijner sediment en aldus sedimentatie van slibrijker materiaal. Met uitzondering van de continue bodemstijging is het milieu er vrij stabiel. Het bodemleven wordt echter minder rijk.

Over het algemeen wordt de bodem centraal op de Hooge Platen Noord hoger en slibrijker. Op de hoger gelegen punten gaat dit veelal gepaard met schorvorming. De evolutie naar een slibrijkere en hogere omgeving heeft een negatieve impact op het aantal wadpieren en kokkels die zandigere omstandigheden verkiezen. Ook het bodemleven in het algemeen wordt op de hoogst gelegen punten door schorvorming negatief beïnvloed. Meer noordelijk en westelijk is de omgeving stabieler, waardoor ook het bodemleven stabiel blijft.

Ook in het westen van de Hooge Platen Noord hoogt de plaat verder op. Hier geldt een stabiel laagdynamisch milieu, waar kleine variaties in sedimentsamenstelling nauw verbonden zijn met het aanwezige bodemleven, zowel Corophium als wadpieren komen meer voor tijdens periodes met een laag lutumgehalte. De ophoging van de zuidelijke rand gaat gepaard met (pionier-)schorvorming. Hierdoor stijgt ook het lutumgehalte, en wordt de bodem slibrijker. Door deze processen verdwijnt het bodemleven, inclusief kokkels, Corophium en wadpieren grotendeels.

De algemene trend ter hoogte van het zuidoosten van de **Plaat van Walsoorden** wordt beheerst door het uitruimen van de nevengeul waardoor de zuidoostelijke plaatpunt erodeert. Hierdoor belanden de punten in een hoogdynamische omgeving, wat op zijn beurt weer negatieve gevolgen heeft voor het bodemleven. De meest zuidelijke meetpunten behoren niet langer tot het litoraal, waardoor deze in 2015 niet langer opgemeten werden. Bodemleven is door de hoge dynamiek volledig afwezig.

Op de noordelijke punt komt bodemdaling voor door het breder worden van de noordelijke vloedschaar. De dynamiek in het meest noordelijke meetpunt op de centrale plaatrand wordt groter, waardoor het bodemleven er vermindert. Meer naar het midden van de Plaat van Walsoorden toe komt schorvegetatie voor. Deze vangt sediment met geringe verhoging van de bodemligging tot gevolg. Aan de zuidelijke plaatrand van het centrale deel wordt het schor vervangen door laagdynamisch litoraal. Deze overgang lijkt geen significant effect te hebben op het aanwezige bodemleven maar de hoeveelheid lutum daalt wel. Het meest zuidelijke meetpunt wordt beïnvloed door de gevolgen van een plaatval in 2014; de bodemligging daalt er plots. Hierdoor veranderen zowel het geomorfologisch type als het ecotoop van laagdynamisch naar hoogdynamisch; de gevolgen hiervan zijn dat zowel het lutumgehalte als het aanwezige bodemleven in hoeveelheid afnemen.

Ter hoogte van het westelijke deel van de Plaat van Walsoorden vindt plaatselijk (op basis van enkele stroommeetmeetpunten, zie het data- en analyserapport, IMDC (2016a)) een overgang plaats van een hoog- naar een laagenergetisch milieu. De plaatrandstortingen creëren hier een luwe zone. De jaarlijkse noodzaak aan stortcampagnes geven echter aan dat de duurzaamheid hiervan beperkt is. De aanwezigheid van fijn materiaal is beperkt; wadpieren, Corophium en het hoeveelheid bodemleven varen er wel bij. Op de hele Plaat van Walsoorden worden geen kokkels waargenomen (wegens te brak). Het meest westelijke meetpunt kent, ondanks de stijging van de bodemligging, in 2015 een terugval naar een hoogdynamisch milieu. Direct gevolg hiervan is het verdwijnen van de eerder aanwezige wadpieren en Corophium. Bodemleven blijft sporadisch voorkomen.

Op het zuidelijke deel van de **Rug van Baarland** heerst een overwegend laagdynamisch milieu. De variatie van de bodemligging is vrij beperkt en gebeurt geleidelijk aan. Op het oostelijke deel is de dynamiek iets hoger en is het bodemleven dan ook vrij beperkt. Centraal is de situatie stabieler en is het bodemleven rijker. Vooral wadpieren komen veel voor. Het lutumgehalte loopt op naarmate de staalname meer naar het westen toe is gebeurd.

In het meest westelijke punt op het zuidelijke deel van de Rug van Baarland loopt het lutumgehalte op tot 12 %, gevolg hiervan is dat het aantal kokkels en wadpieren afneemt. Het bodemleven blijft gemiddeld rijk aanwezig.

Noordelijker, op het centraal zuidelijke deel van de Rug van Baarland, is het centrale deel van de plaat relatief stabiel laagdynamisch. De verandering in hoogteligging is beperkt en er komt bijna geen fijnkorrelig materiaal voor. Het bodemleven is er gemiddeld rijk, vooral wadpieren komen veel voor. Het oostelijke meetpunt is gelegen in een dynamisch milieu en is onderhevig aan bodemdaling. Bodemleven met onder andere wadpieren komt sporadisch voor, kokkels en Corophium zijn afwezig. Aan het westelijke uiteinde van het zuid centrale deel komt ook bodemdaling voor. Echter hier heerst wel een laag dynamisch milieu. Lutum is beperkt aanwezig, het bodemleven is er gemiddeld en wadpieren komen sporadisch voor.

Op het noordelijke centrale deel heerst een laagdynamisch, stabiel milieu. Wadpieren komen hier *veel* voor en het lutumgehalte is zeer laag. Het westwaarts gelegen punt 823 lijkt sinds 2010 ook naar deze stabiele laagdynamische leefomgeving geëvolueerd te zijn. Vanaf dan wordt de wadpier en Corophium frequenter waargenomen en is het waargenomen bodemleven fors in aantal toegenomen.

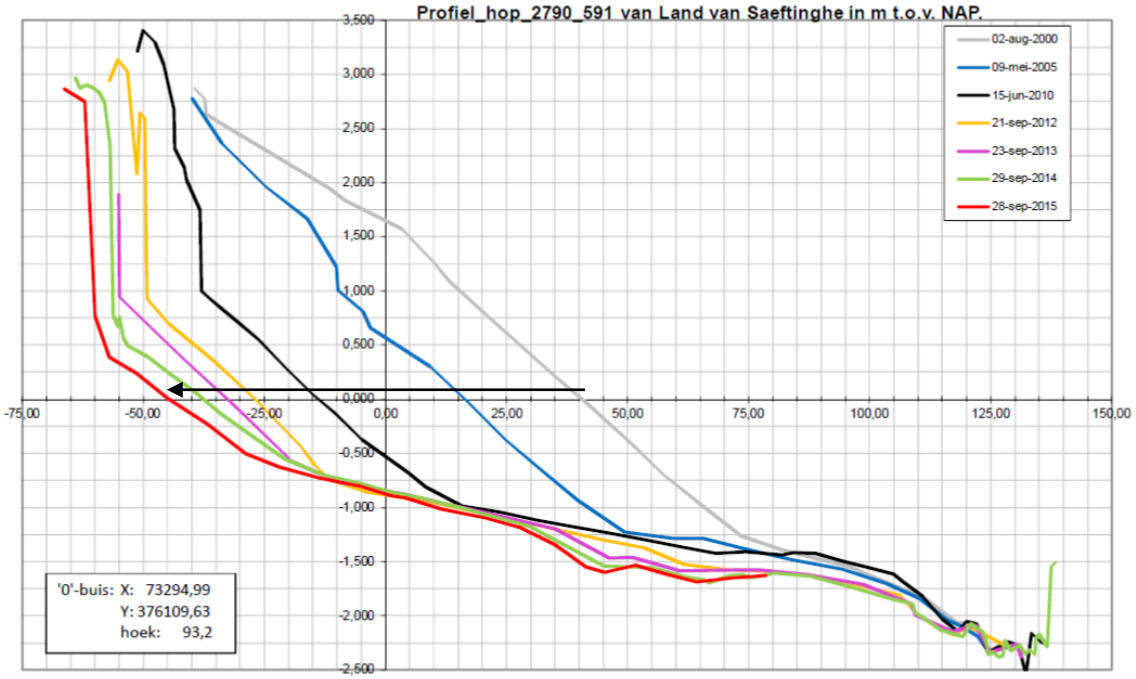
Op het noordelijke deel van de Rug van Baarland geldt ook een laagenergetische omgeving. Met uitzondering van het westelijk gelegen punt 833 - waar een hoogdynamisch klimaat heerst - komt de wadpier er veelvuldig voor. Het geringe lutumgehalte en de morfologische (sub-)klassen wijzen op een vrijwel ongewijzigde sedimentsamenstelling.

### 2.3.3 Slikken en schorren

De ontwikkelingen van slikken en schorren over langere periodes kunnen als volgt worden samengevat, van afwaarts naar opwaarts. In de Westerschelde:

- **Rammekenshoek** (bij Vlissingen): lichte erosie van een drempel op het slik; het schor is stabiel sinds ca. 2010.
- **Paulinapolder**: Erosie op het westelijk deel van het slik tot 2012, nadien stabiel. Centraal deel is stabiel en vertoont lichte verhoging van het voorland. Schorrand blijft stabiel sinds 2005.
- **Zuidgors**: sedimentatie van het voorland en plateauvorming op ca. 1,75 m NAP. Achteruitschrijden van de schorklif op sommige profielen. Erosie van het diepere deel aan de westzijde van het gebied.
- **Baarland** (ten oosten van Zuidgors): Erosie van de schorklif in het westelijk deel tot ca. 2012, nadien stabiel. Oostelijk deel vertoont sterke sedimentatie en uitbouw van een plateau op +2 m NAP.
- **Platen van Hulst:** Algemene verlaging van het slikkengebied; schorklif blijft stabiel.
- **Biezelingse Ham:** Algemene sedimentatie van het voorland, vooral tussen 0,5 en 1,5 m NAP. Het schor is hier nagenoeg verdwenen in de loop van de voorbije jaren.
- **Knuitershoek (Ossenisse):** Erosie is gestopt in ca. 2012-2013; vanaf 2014 is er lichte sedimentatie van de slikken. Ook het schor vertoont sedimentatie.

- **Slikken van Waarde:** Sedimentatie van het slik in het centrale deel. Teen van het slik wordt beïnvloed door de migratie van de geulen (o.a. geul van Zimmerman): westelijk deel vertoont ietwat sedimentatie (vooruitschrijden van het slik); oostelijk deel blijft eerder stabiel. Sinds enkele jaren komen er weer wel veenbanken tevoorschijn door erosie van het bovenliggende zand (pers. comm. D. de Jong).
- **Slikken bij Bath:** Zeer trage sedimentatie van het slik; zeer traag achteruitschrijden van de schorklif.
- **Appelzak:** Schorrand blijft stabiel; lichte sedimentatie op het slik.
- **Oostelijke rand Saeftinge:** Sterke erosie van het slikkengebied en terugschrijden van de schorrand, die in 2015 nog steeds aan de gang is (Figuur 2-34). Lokaal is de schorrand met meer dan 20 m achteruit geschreden tussen 2009 en 2015. Er is verlaging tot op de onderliggende veenlaag. Mede hierdoor snijden oostelijk uitmondende kreken heel diep in, waardoor er een versnelde ontwatering, en ontzilting optreedt langs deze kreken, waardoor er lokaal opslag van wilgen voorkomt (pers. comm. D. de Jong).




*Figuur 2-34: Schor-slikprofiel 2790 van Land van Saeftinge (bron: (Jentink* et al.*, 2016)*

In de Beneden-Zeeschelde (INBO, 2016):

- **Groot Buitenschoor:** Lichte sedimentatie op het hoog slik waardoor de overgang tussen hoog en laag slik steiler wordt, verder is het gebied vrij stabiel. Er wordt wel veel evolutie waargenomen in de geulen die door de raaien lopen.
- **Schor Ouden Doel**: Lichte daling van bodempeil op het schor; sedimentatie op het slik tot 2015. Meting van 2016 geeft aan dat sedimentatie op het slik in 2015 gestagneerd is.

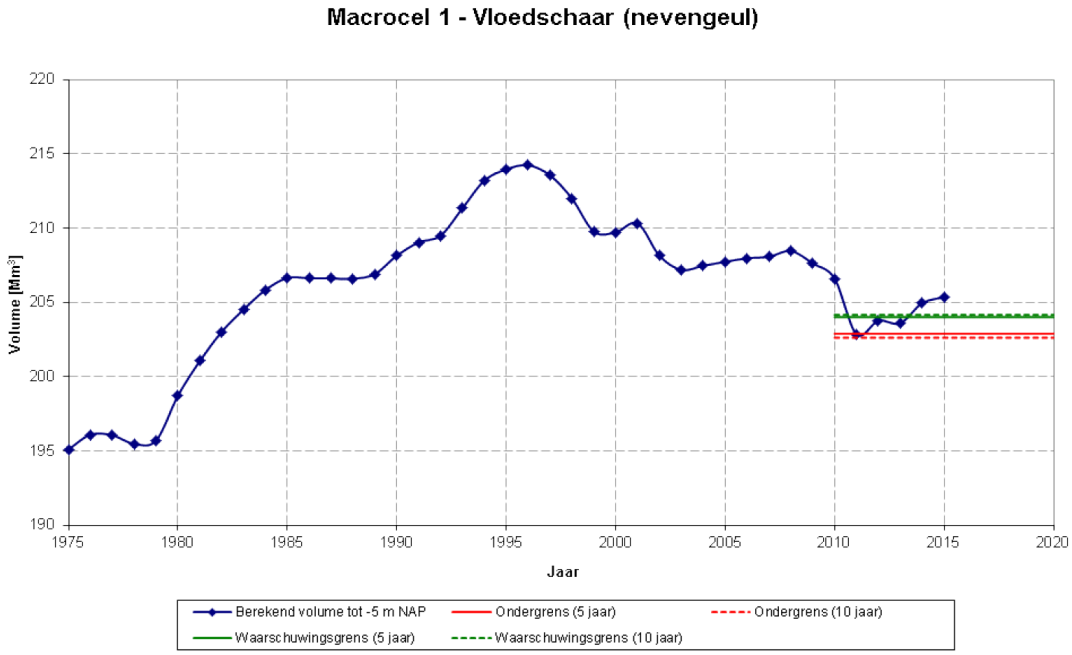
- **Paardeschoor**: Sedimentatie op het slik en het schor. Het laag slik vertoonde erosie tussen 2011-2013 en nadien terug sedimentatie.
- **Galgenschoor**: Lichte erosie van het laag slik. Op profiel GSc was er op het laagslik sedimentatie tot ca. 2013, nadien is dit omgebogen naar erosie.
- **Ketenisse**: Verhoging van het schor; achteruit schrijden van de schorklif en/of erosie van de teen van de schorklif en het slik.
- **Lillo-haven:** Sterke sedimentatie van het slik; sedimentatiesnelheid begon in 2013 te dalen.
- **Lillo-potpolder:** Sedimentatie van het middelhoog en hoog slik die is gestagneerd in 2015.
- **Boerenschans:** Erosie van laag slik. Middelhoog en hoog slik sedimenteerde tot 2015, nadien ook stabiel.
- **Fort Filip:** Verleggen van de dijk zorgde voor erosie van het schor, en sedimentatie van het slik.
- **Plaat van Boomke:** Landwaartse verplaatsing van een dijk zorgde voor het uitbreiden van het slik. Er is ook lichte sedimentatie van het middelhoog slik tussen 2014 en 2016.
- **Galgenweel:** Sedimentatie op het laag slik (tot 2014) en het middelhoogslik (tot op heden).
- **Hobookse polder:** Verlaging van het slik tot ca. 2011; nadien stabiel. Verhoging van het hoog slik die een soort schorklif begint te vormen.

### 2.3.4 Watervolume in de nevengeulen

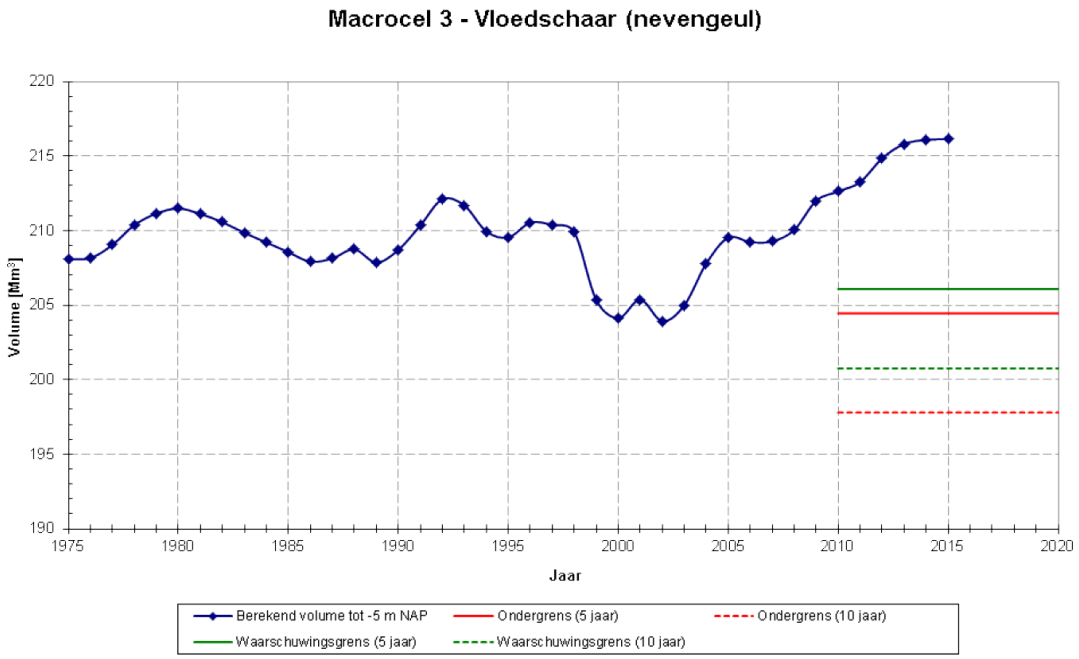
Het watervolume in de nevengeulen is één van de toetsparameters uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten (Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie, 2008, 2014; Schrijver, 2010). In het data- en analyserapport (IMDC, 2016a) worden naast nevengeulvolumes, ook hoofdgeulvolume, kantelindex (maat voor relatieve verhouding van de hoofd- en nevengeulvolumes) en de debietsverdelingen weergegeven.

Het nevengeulvolume in **macrocel 1** is in 2014 en 2015 toegenomen en ligt terug boven de waarschuwingsgrens (Figuur 2-35) na een periode waar het volume lager was (2011-2013) als gevolg van de stortingen in 2010 in de aangrenzende plaatrandstortvakken Hooge Platen West en Hooge Platen Noord. In de hoofdgeul is het watervolume ook toegenomen, maar dit kan niet door de ingrepen (baggerwerken) verklaard worden. De meest recente debietmeting ter hoogte van het Vaarwater langs Hoofdplaat (**mesocel 2**) toont zowel voor het procentueel eb- als vloedvolume een afname. Deze daling bevestigt de waarneming dat het Vaarwater langs Hoofdplaat ook na de verruiming te maken heeft met aanhoudende sedimentatie.

In 2014 en 2015 is het nevengeulvolume van **macrocel 3** stabiel gebleven en ligt ver boven de waarschuwingsgrens (Figuur 2-36). Ook de hoofdgeul is ruimer geworden van 2012 tot 2014. De nevengeul wordt relatief gezien ruimer tegenover de hoofdgeul (zie ontwikkeling kantelindex in het data- en analyserapport, IMDC (2016a)). Ook het getijvolume neemt in de Everingen toe tussen 2011 en 2014.

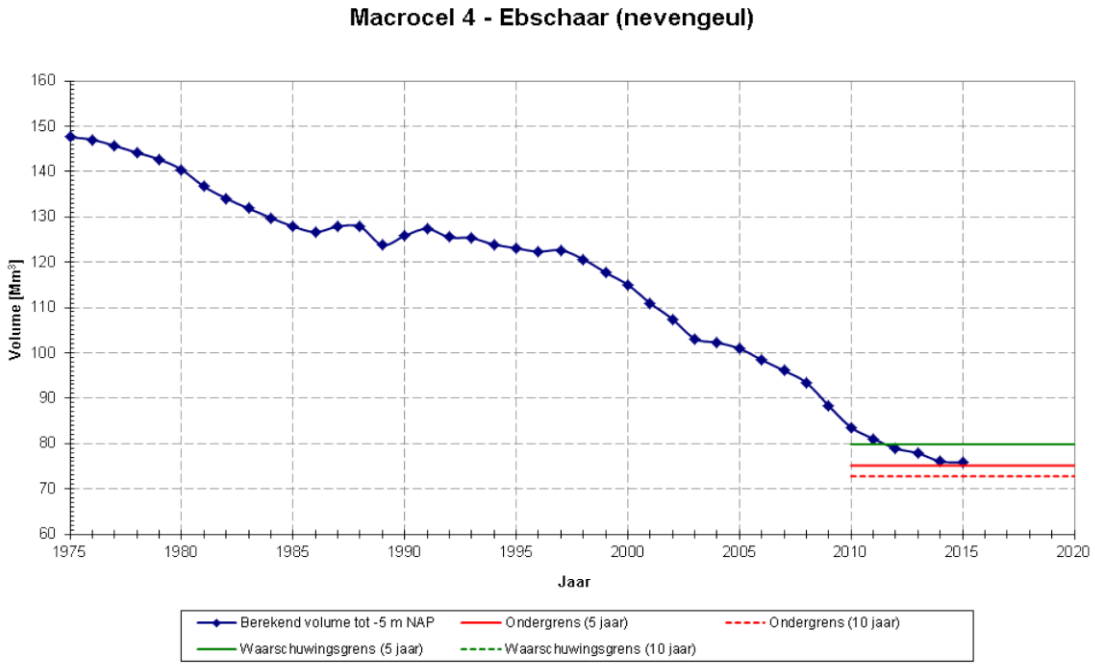



*Figuur 2-35: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 1. Bron: (Schrijver, 2015)*



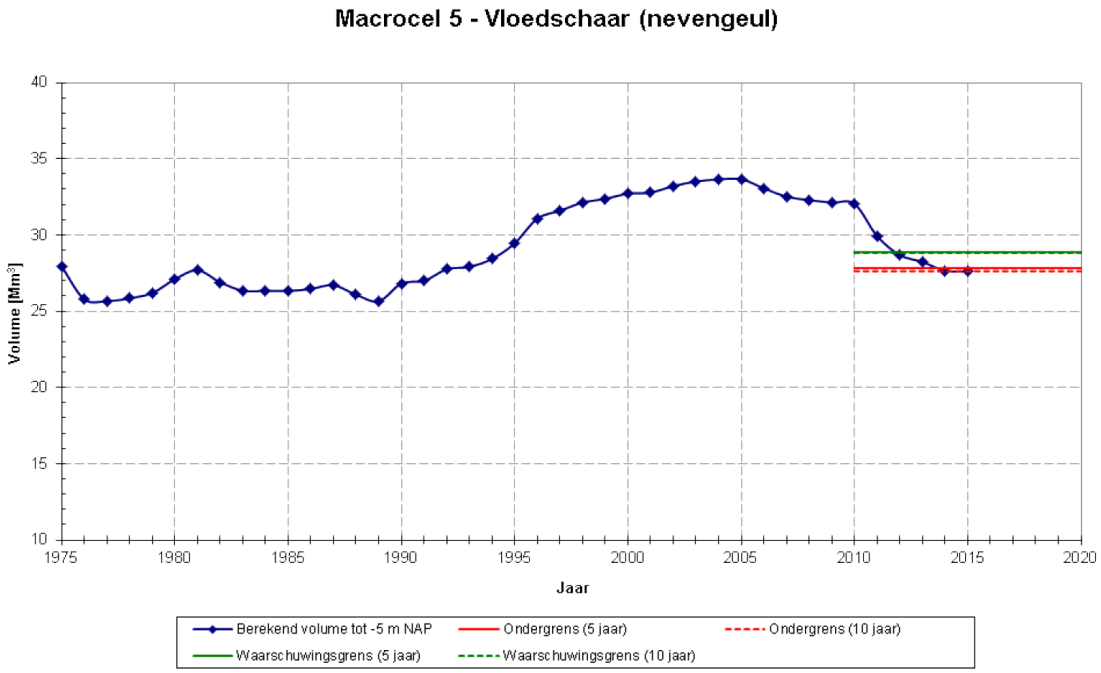

*Figuur 2-36: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 3 (bron: (Schrijver, 2015)*

De sedimentatietrend in het Middelgat (**macrocel 4**) zette zich in 2014 en 2015 verder, maar is het laatste jaar wel zwakker geworden zodat het volume bijna stabiel bleef (Figuur 2-37) en net boven de 5-jarige ondergrens bleef. Het berekende watervolume dreigt in de toekomst dus niet meer aan het opgelegde criterium uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten te voldoen, tenzij de stabilisatie zich doorzet. Het stopzetten van de stortingen kan hier aan bijgedragen. Ook het einde van de morfologische ontwikkeling waarbij een kleine zandplaat het gebied (rekenpolygoon) volledig is binnen gemigreerd, zorgt ervoor dat het volume niet meer zo snel toeneemt. Het hoofdgeulvolume is stabiel, maar hierbij dient opgemerkt te worden dat de intensieve stortingen in het hoofdgeulstortvak SH41 de uitruiming van de geul zelf maskeren. Uit de debietmetingen blijkt dat het Middelgat in het verleden zowel bij eb- als vloed steeds minder debiet verwerkte. Echter recent is het watervolume in het Middelgat bij vloed maar vooral bij eb opnieuw toegenomen, terwijl de modelberekeningen een verdere afname van het ebvolume voorspellen.



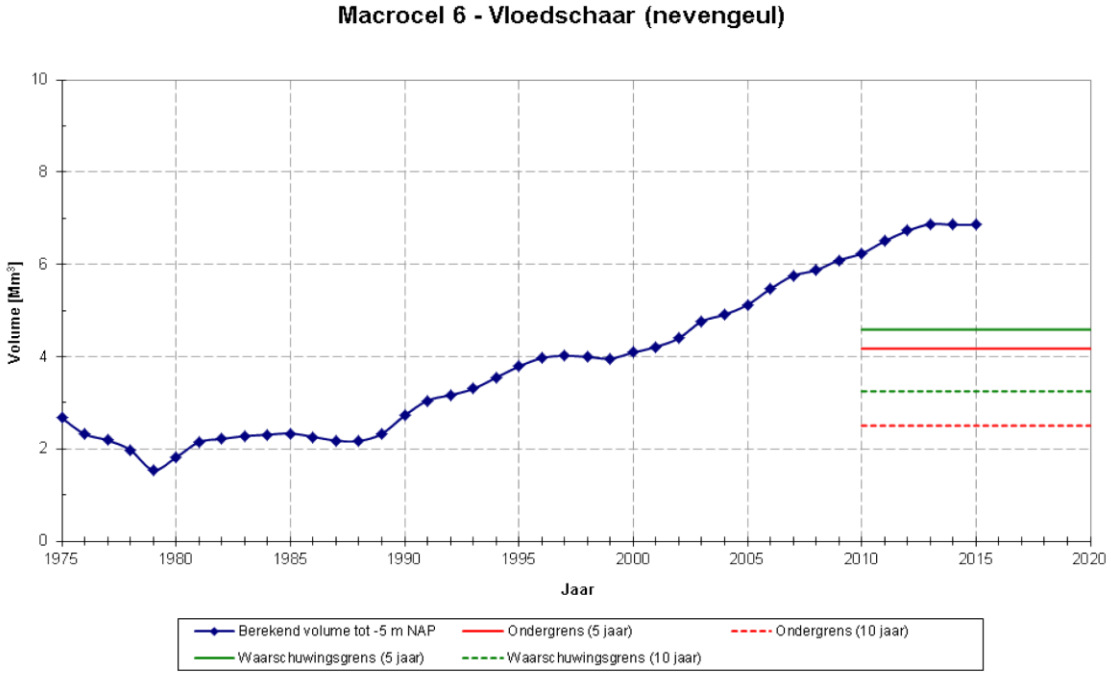

*Figuur 2-37: Netto volume ebschaar nevengeul macrocel 4 (bron: (Schrijver, 2015)*

Sinds de derde verruiming was de Schaar van Waarde (nevengeul in **macrocel 5**) onderhevig aan een sterke aanzanding (afname volume, Figuur 2-38), maar dit vertraagde in 2014 en het volume bleef stabiel in 2015. Het stoppen van de stortingen in de nevengeul (sinds april 2012) draagt hiertoe bij, maar ook de morfologische veranderingen van de Plaat van Walsoorden zelf spelen ook een rol bij de volumeberkeningen. Het geulvolume bevindt zich tussen de ondergrens na 5 jaar en de ondergrens na 10 jaar. De langzame stijging van het watervolume in de hoofdgeul is gestopt in 2013. Tussen 2013 en 2015 komt een lichte daling van het opgemeten volume voor. Mogelijk speelt een retourstroom van sediment van macrocel 4 (hoofdgeulstortvak SH41) naar macrocel 5 een rol. Zowel bij eb als bij vloed verwerkt de Schaar van Waarde minder debiet in de recentste metingen. Bij eb is de daling meer uitgesproken.



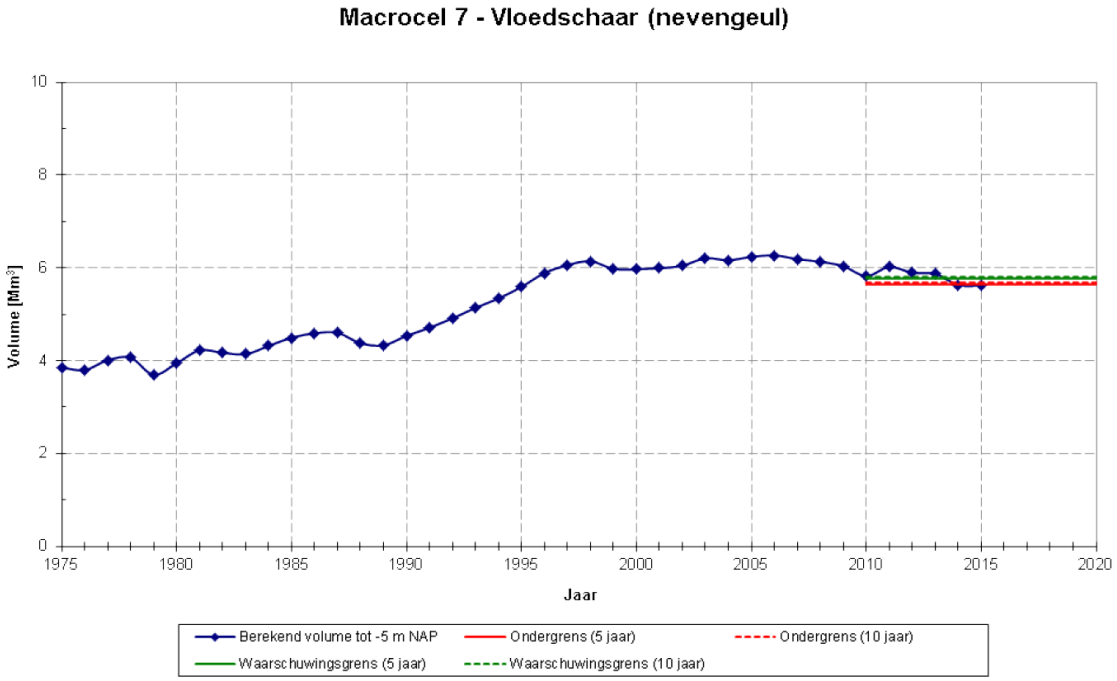

*Figuur 2-38: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 5 (bron: (Schrijver, 2015)*

In **macrocel 6** is de Schaar van de Noord (nevengeul) onderhevig aan erosie geweest tot 2013 en daar na stabieler gebleven. De oostelijke kant kent sedimentatie (en leidt in 2016 tot verleggen van de betonning). Het hoofdgeulvolume volgt het effect van storten in hoofdgeulstortvak 2016 (vooral in 2010-2011). De verruiming blijkt ook uit de debietsverdeling met een toename van het volume dat door de hoofdgeul gaat, en het totale getijvolume is tussen 2009 en 2012 (laatste debietsmeting) toegenomen.




*Figuur 2-39: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 6 (bron: (Schrijver, 2015)*

Na een lichte stijging tussen 2010-2011 van het nevengeulvolume (Appelzak) in **macrocel 7** door erosie aan de Ballastplaat, kent het watervolume terug een daling door sedimentatie van de Appelzak. Tussen 2013 en 2014 wordt zowel de waarschuwings- als de ondergrens onderschreden. De verdeling van het vloedvolume blijft vrij stabiel doorheen de tijd. Het aandeel van de nevengeul tijdens eb is gering en neemt recent nog verder af. Het volume in de nevengeul van macrocel 7 is steeds zeer klein. De stroomgeleidingsdam aan de Appelzak, gebouwd halfweg de jaren '60, is hier mede de oorzaak van. Het Overleg Flexibel stelt zich de vraag of er in de Appelzak in de toekomst een gericht morfologisch beheer wenselijk is; deze vraag wordt voorgelegd bij het onderzoeksprogramma 'Agenda voor de Toekomst' (Toetsverslag Flexibel Storten, 21/04/2015).




*Figuur 2-40: Netto volume vloedschaar nevengeul macrocel 7 (bron: (Schrijver, 2015)*

## 2.3.5 Ecotopenarealen

*In deze sectie wordt de ontwikkeling van de ecotopenarealen in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde besproken. Voor de Westerschelde in het algemeen en de plaatrandstortzones in het bijzonder is het areaal laagdynamisch ecologisch waardevol gebied een toetsparameter uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten.*

### *Westerschelde – Plaatranden*

*Als gewenste ontwikkeling wordt een geleidelijke toename van de oppervlakte laagdynamisch gebied met 114 hectare verwacht, 5 jaar na de start van de werkzaamheden. Na 5 jaar is het doel het behouden van deze oppervlakte, o.m. door aanvullende stortingen met onderhoudsspecie. De T0 waarde wordt bepaald op basis van de ecotopenkaart van 2010.*

*Tabel 2-12: Samenvatting waardevol laagdynamisch areaal op de plaatranden (opp. in ha).*

| | 1996 | 2001 | 2004 | 2008 | 2010 | 2011 | 2012 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Hooge Platen West** | | | | | | | | |
| **Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal** | - | - | - | - | - | - | 1 | 0 |
| **Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal** | - | 17 | 28 | 3 | 0 | 9 | 4 | 0 |
| **Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal** | - | 15 | 16 | 3 | 12 | 30 | 19 | 11 |
| ***Totaal waardevol laagdynamisch areaal*** | **0** | **32** | **43** | **6** | **12** | **39** | **24** | **11** |
| **Hooge Platen Noord** | | | | | | | | |
| **Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal** | 1 | 4 | 3 | - | 1 | 2 | 1 | 1 |
| **Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal** | 0 | 25 | 27 | 14 | 14 | 21 | 30 | 21 |
| **Laagdynamisch slibrijk laag litoraal** | 7 | 3 | 2 | 1 | 1 | 5 | 0 | 0 |
| **Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal** | 29 | 67 | 170 | 129 | 193 | 186 | 159 | 170 |
| **Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal** | 163 | 117 | 28 | 80 | 27 | 48 | 73 | 87 |
| **Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal** | 6 | 7 | 7 | 12 | 23 | 23 | 14 | 30 |
| **Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal** | 2 | 0 | 14 | - | - | 0 | 2 | 1 |
| ***Totaal waardevol laagdynamisch areaal*** | **208** | **224** | **252** | **236** | **259** | **286** | **280** | **309** |
| **Plaat van Walsoorden** | | | | | | | | |
| **Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal** | - | - | 1 | - | 0 | 0 | 0 | 6 |
| **Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal** | - | - | - | - | - | - | 2 | 1 |
| **Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal** | 35 | 26 | 24 | 40 | 34 | 50 | 54 | 53 |
| **Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal** | - | 8 | 18 | - | - | - | 1 | 0 |
| **Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal** | 65 | 43 | 34 | 40 | 33 | 41 | 35 | 38 |
| **Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal** | 0 | 10 | 21 | - | - | - | 0 | 4 |
| ***Totaal waardevol laagdynamisch areaal*** | **100** | **87** | **97** | **80** | **67** | **91** | **92** | **103** |
| **Rug van Baarland** | | | | | | | | |
| **Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal** | 2 | 5 | 6 | 32 | 31 | 48 | 45 | 48 |
| **Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal** | 2 | 1 | - | 0 | 0 | 1 | 2 | 10 |
| **Laagdynamisch slibrijk laag litoraal** | 0 | 1 | 1 | - | 0 | 0 | - | - |
| **Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal** | 39 | 11 | 40 | 10 | 27 | 40 | 51 | 75 |
| **Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal** | 14 | 1 | 1 | - | 0 | - | - | - |
| **Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal** | - | - | - | - | 1 | 1 | 0 | - |
| ***Totaal waardevol laagdynamisch areaal*** | **58** | **19** | **48** | **41** | **60** | **90** | **98** | **132** |

*Tabel 2-13: Samenvatting waardevol laagdynamisch areaal op de plaatranden (opp. in ha).*

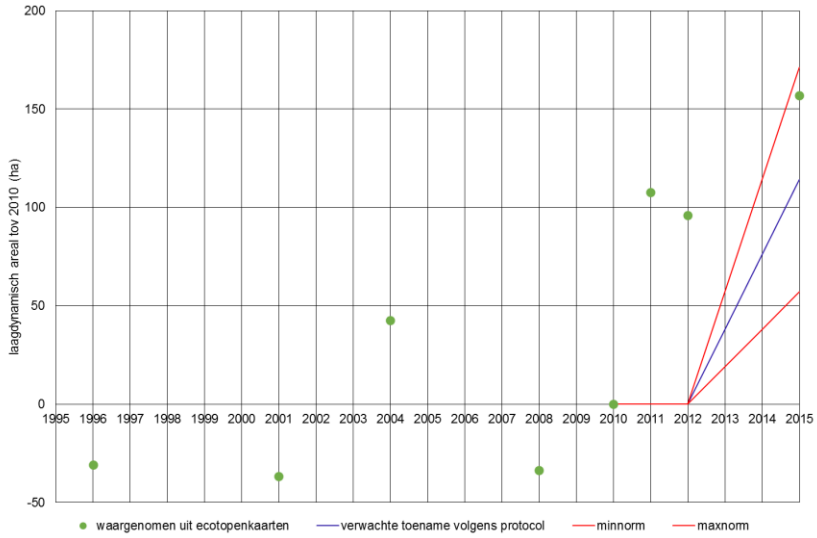
| ***Totaal waardevol laagdynamisch areaal*** | **1996** | **2001** | **2004** | **2008** | **2010** | **2011** | **2012** | **2015** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Hooge Platen West** | 0 | 32 | 43 | 6 | 12 | 39 | 24 | 11 |
| **Hooge Platen Noord** | 208 | 224 | 252 | 236 | 259 | 286 | 280 | 309 |
| **Plaat van Walsoorden** | 100 | 87 | 97 | 80 | 67 | 91 | 92 | 103 |
| **Rug van Baarland** | 58 | 19 | 48 | 41 | 60 | 90 | 98 | 132 |

Op **Hooge Platen West** is het totaal waardevol laagdynamisch areaal in 2015 afgenomen ten opzichte van de situatie in 2011 en 2012. Ook ten opzichte van de uitgangssituatie 2010 wordt nog een verlies van 1,6 ha opgetekend. De veranderingen ten opzichte van de referentiesituaties zijn in hoofdzaak veranderingen in oppervlakte van het middelhoog litoraal. Tussen 2011 en 2015 neemt zowel het aandeel laag als middelhoog litoraal af, alsook het totaal. Het areaal laag litoraal verdwijnt nagenoeg volledig in 2010. In 2011 en 2012 wordt dit matig hersteld, in 2015 is dit afwezig.

Op **Hooge Platen Noord** is het totaal waardevol laagdynamisch areaal ten opzichte van de referentiesituatie (2010) toegenomen (+50 ha). Na een stijging in 2011, volg een lichte daling in 2012 en opnieuw een stijging in 2015. Ten opzichte van 2010 is binnen het laagdynamisch areaal het fijnzandig type toegenomen, en het slibrijke licht afgenomen. Nu is het bodemtype vooral slibrijk, terwijl in 1996 vooral het zandig bodemtype voorkwam. Schorareaal verschijnt binnen de rekenpolygoon sinds 2012 (+2 ha t.o.v. 2010) en het pionierschor is eveneens verder toegenomen (+4 ha).

Het totaal waardevol laagdynamisch areaal op de **Plaat van Walsoorden** is in 2015 hoger dan de referentiesituatie 2010. Na een stijging tussen 2010 en 2011, neemt het areaal verder, maar minder snel toe tot 2015. De plaatrandstortingen vormen hier een waarschijnlijke verklaring voor het omkeren van de voorafgaande trend van afnemend areaal. Het ondiepe sublitoraal en laag litoraal zijn geheel of slechts in zeer geringe mate aanwezig, tot 2015, wanneer er een stijging in het ondiepe sublitoraal wordt geregistreerd.

Ter hoogte van de **Rug van Baarland** neemt het totaal waardevol laagdynamisch areaal toe sinds 2001, nadat het een terugval kende ten opzichte van de oppervlakte in 1996. Ook in 2011, 2012 en 2015 stijgt het areaal fors ten aanzien van de referentiesituatie 2010. De toename van het fijnzandig middelhoog litoraal is hier grotendeels voor verantwoordelijk. In 2011 zorgt ook de toename van het areaal laagdynamisch sublitoraal voor een stijgende trend. En in 2015 draagt ook de stijging van het areaal fijnzandig laag litoraal hier aan bij. Hoewel al in zeer beperkte mate aanwezig, wordt de slibrijke variant van het laag litoraal niet meer waargenomen in 2012 en 2015. Ten opzichte van 1996 valt het aandeel slibrijk middelhoog litoraal terug, sinds 2011 is dit niet langer aanwezig. Van 2010 tot 2012 werd ook - zij het in geringe mate - fijnzandig hoog litoraal gevormd, voordien was dit afwezig en ook in 2015 komt dit niet voor.




*Figuur 2-41: Evolutie van het waargenomen laagdynamisch areaal tov 2010 (T0) vs de verwachte toename op de plaatranden volgens het Protocol Flexibel Storten.*

De ontwikkeling van het laagdynamisch areaal is positief te noemen aangezien in het eerste en tweede jaar na de start van de verruiming volgens het MER nog geen toename werd verwacht. Streefdoel was om 5 jaar na de start van de verruiming 114 ha nieuw laagdynamisch ecologisch waardevol areaal gecreëerd te hebben met de plaatrandstortingen. Met een toename van ca. 157 ha na 5 jaar is het streefdoel gehaald. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat dit voor een belangrijk deel te wijten is aan de grotendeels autonome toename op de Rug van Baarland. Indien de doelstellingen en realisatie rond de Rug van Baarland niet worden mee beschouwd, dan voldoet de realisatie op de drie andere plaatranden ook.

Een bijkomende bemerking is dat wellicht een significant deel van de areaalwinst te maken heeft met de variatie van de hoog- en laagwaterstanden onder invloed van een 18,6 jarige cyclus (astronomisch gedreven). Tussen 2010 en 2016 nam de getijslag hierdoor toe (stijgende fase van de cyclus), wat een positief effect heeft op de berekende arealen tussen hoog- en laag water. In het data- en analyserapport (IMDC, 2016a) werd een afschattende berekening uitgevoerd die aantoont dat het effect van de getijslag effectief significant kan zijn. Het effect van de 18,6-jarige cyclus op de ecotooparealen is echter complex: niet enkel de hoog- en laagwaterstanden worden beïnvloed, maar ook de stroomsnelheden en mogelijk ook de sedimentatie op de plaatranden.

### *Westerschelde – laagdynamisch, ecologisch waardevol areaal in de Westerschelde*

*Het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten laat niet toe dat het volledige areaal laagdynamisch, ecologisch waardevol areaal in de gehele Westerschelde afneemt.*

De ontwikkelingen op slikken en platen leiden tot een toename van het laagdynamisch, ecologisch waardevol areaal van 163 ha over de gehele Westerschelde gerekend[6].

[6] Indien de ecotopenkaart niet aan de Belgisch-Nederlandse grens wordt afgeknipt, maar de volledige kartering omvat, is er zelfs sprake van 178 ha toename van laagdynamisch waardevol areaal (IMDC, 2016b).

*Tabel 2-14: Ecotopen ontwikkeling in de periode 1996-2015 voor de Westerschelde (in ha).*

| **Ecotoop** | **1996** | **2001** | **2004** | **2008** | **2010** | **2011** | **2012** | **2015** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Overig | 72 | 77 | 73 | 71 | 85 | 88 | 87 | 87 |
| Hard substraat steen | 132 | 144 | 151 | 169 | 166 | 168 | 168 | 180 |
| Hard substraat veen/klei | 208 | 176 | 104 | 101 | 119 | 123 | 129 | 137 |
| Hoogdynamisch sublitoraal | 19283 | 19369 | 19483 | 19355 | 19303 | 19134 | 19158 | 19158 |
| Laagdynamisch sublitoraal | 418 | 496 | 560 | 628 | 693 | 728 | 744 | 723 |
| Hoogdynamisch litoraal | 3882 | 3743 | 3451 | 3646 | 3316 | 3302 | 3292 | 3143 |
| Laagdynamisch laaglitoraal | 261 | 358 | 409 | 310 | 326 | 317 | 301 | 304 |
| Laagdynamisch middenlitoraal | 2671 | 2696 | 2882 | 2674 | 2866 | 2957 | 2982 | 3050 |
| Laagdynamisch hooglitoraal | 693 | 560 | 562 | 468 | 592 | 610 | 525 | 563 |
| Hoogdynamisch supralitoraal | 79 | 35 | 63 | 65 | 70 | 53 | 50 | 47 |
| Laagdynamisch supralitoraal | 246 | 195 | 171 | 116 | 167 | 155 | 131 | 159 |
| Pionierzone (potentieel schor) | 141 | 212 | 192 | 408 | 211 | 191 | 237 | 178 |
| Schor | 2672 | 2697 | 2657 | 2749 | 2842 | 2932 | 2953 | 3029 |
| **Totaal** | **30758** | **30758** | **30758** | **30758** | **30758** | **30758** | **30758** | **30758** |
| **Totaal Laag** | **4044** | **4110** | **4412** | **4080** | **4477** | **4612** | **4553** | **4640** |

### *Beneden-Zeeschelde*

De ontwikkeling van de ecotooparealen in de Beneden-Zeeschelde zijn in Tabel 2-15 weergegeven.

Hieruit kan men afleiden dat vooral het areaal van hoog en middelhoog slik met zacht substraat in belangrijke mate toeneemt (+20,4 ha resp. +11,9 ha) in de periode tussen 2010 en 2014. Het laag slik met hard natuurlijk substraat neemt in mindere mate toe (+4,8 ha). Tegelijk neemt het hoog supralitoraal en schor ook toe (+11,9 ha, resp. +9,1 ha). De grootste afname in areaal wordt opgemeten in het matig diep subtidaal (-10,7 ha). Kleinere areaalafnames komen voor in het ondiep subtidaal (-3,5 ha), het laag slik met zacht substraat (-2,4 ha) en in de potentiële pionierzone (-4 ha). De overige netto areaalveranderingen zijn zeer beperkt in oppervlakte.

Bij deze veranderingen dient opgemerkt te worden dat het totale oppervlakte van het buitendijkse gebied is toegenomen met 43,3 ha door ontpolderingen en dijkverleggingen met natuurontwikkeling als doel (INBO, 2016).

De turnover cijfers (zie het data- en analyserapport, IMDC (2016a)) tonen dat de ecotopen vooral overgaan naar aangrenzende hoogteklassen binnen de ecotopen, maar hierbij valt op dat aanzienlijke arealen laag slik met zacht substraat verloren gaan naar ecologisch minder interessante zones (ondiep subtidaal en laag slik met natuurlijk en antropogeen hard substraat). De schortoename heeft vooral te maken met omzetting van potentiële pionierzone maar ook hoog slik.

*Tabel 2-15: Evolutie van de ecotopen in de Beneden-Zeeschelde tussen 2010 en 2014(in ha) (INBO, 2016).*

| | Ecotoop | 2010 | 2012 | 2013 | 2014 | 2010-2014 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Subtidaal** | diep subtidaal | 1 964,6 | 1 967,1 | 1 962,9 | 1 965,8 | 1,2 |
| | matig diep subtidaal | 396,0 | 395,8 | 389,8 | 385,3 | -10,7 |
| | ondiep subtidaal | 242,3 | 250,8 | 248,5 | 238,8 | -3,5 |
| **Zacht substraat** | laag slik zacht substraat | 146,8 | 150,4 | 143,0 | 144,4 | -2,4 |
| | middelhoog slik zacht substraat | 210,7 | 194,1 | 215,4 | 222,6 | 11,9 |
| | hoog slik zacht substraat | 35,5 | 47,4 | 53,6 | 55,9 | 20,4 |
| **Natuurlijk hard substraat** | laag slik hard natuurlijk | 14,0 | 14,7 | 20,9 | 18,8 | 4,8 |
| | middelhoog slik hard natuurlijk | 3,5 | 2,6 | 1,8 | 2,5 | -1 |
| | hoog slik hard natuurlijk | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 |
| **Antropogeen hard substraat** | laag slik hard antropogeen | 15,5 | 19,9 | 20,6 | 20 | 4,5 |
| | middelhoog slik hard antropogeen | 48,8 | 46,8 | 47,9 | 49,8 | 1 |
| | hoog slik hard antropogeen | 10,8 | 10,9 | 9,2 | 10,3 | -0,5 |
| | supralitoraal hard antropogeen | 13,5 | 14,2 | 17,0 | 14,1 | 0,6 |
| **supralitoraal** | potentiële pionierzone | 22,9 | 18,9 | 17,0 | 18,9 | -4 |
| | schor | 215,5 | 223,3 | 226,9 | 224,6 | 9,1 |
| | getijdenplas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 |
| | hoog supralitoraal* | 9,1 | 9,8 | 18,1 | 21,0 | 11,9 |
| | antropogeen | 0,9 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 0,3 |
| **Totaal** | | **3 350,4** | **3 367,6** | **3 393,7** | **3 393,95** | **43,55** |

## 2.4 FYSICOCHEMIE EN WATERBODEMKWALITEIT

De fysicochemische toestand van het Scheldewater omvat parameters zoals het gehalte aan sediment in suspensie, het zoutgehalte, en het doorzicht. Samen met de waterbodemkwaliteit vormen deze parameters de link tussen de hydrodynamiek en sedimentdynamiek enerzijds, en de ecologische processen anderzijds. Ook het gehalte aan chlorofyl a, dat een maat is voor de biomassa van fytoplankton, wordt in dit deel besproken.

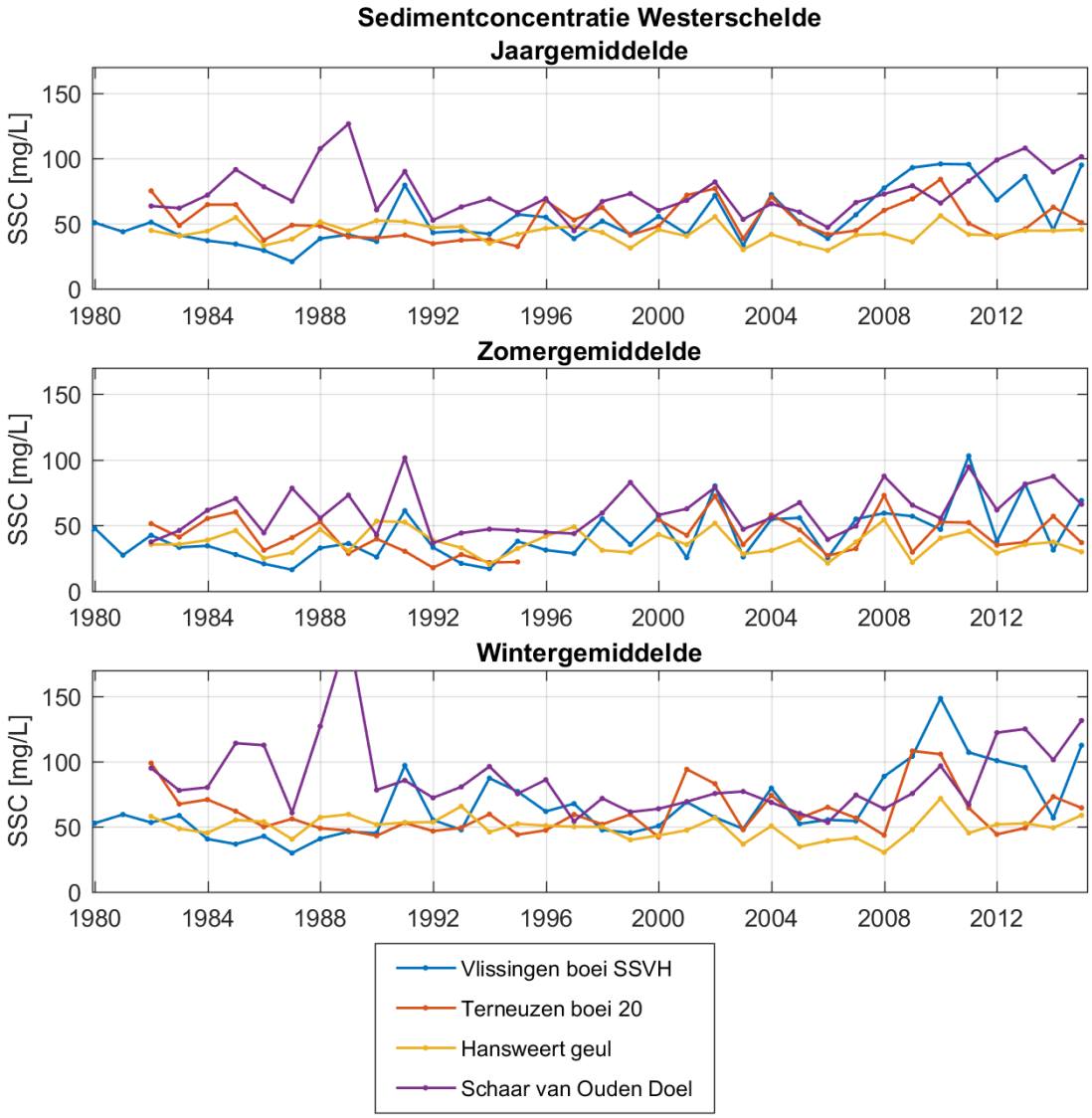
### 2.4.1 Chemische kwaliteit van de waterbodem op de baggerlocaties

Wat betreft verontreinigingsparameters zoals PCBs, zware metalen, organische parameters en extraheerbare halogeenverbindingen, worden in de Beneden-Zeeschelde tijdens de rapportageperiode 2010-2015 ongeveer evenveel normoverschrijdingen genoteerd als in de jaren daarvoor (VMM, 2015a).

Op de meetplaats Zeesluis Wintam – afwaarts (MT61) werd de norm voor PAK10 (poly-aromatische koolwaterstoffen) zowel in 2013, 2014 en 2015 overschreden. De hoogste overschrijding werd gemeten in 2013 (overschrijding van 515 %); in 2014 (171 %) en 2015 (80 %) werden telkens lagere concentraties gemeten. De overschrijdingen zijn mogelijk te wijten aan historisch vervuild slib dat is opgewoeld bij baggerwerken in de zone rond Rupelmonde-Wintam in ca. 2013-2014.

In de Westerschelde is sinds 2007 geen enkele overschrijding van de normen volgens de Zoute Baggertoets (ZBT) voorgekomen. De baggerspecie voldoet dus steeds aan de normen om teruggestort te worden (VMM, 2015b).

### 2.4.2 Concentratie sediment in suspensie




*Figuur 2-42: Jaar- en seizoensgemiddelde sedimentconcentratie in de Westerschelde.*

Periodieke metingen van de sedimentconcentratie in de waterkolom worden in de Westerschelde uitgevoerd tijdens laagwater op een diepte van 1 m onder het wateroppervlak. Jaargemiddelde waarden van het suspensiegehalte zijn weergegeven in Figuur 2-42, samen met het zomer- en wintergemiddelde.

- Op de meetlocatie Vlissingen vertoont de jaargemiddelde sedimentconcentratie een stijgende trend op langere termijn. Een breakpoint-analyse (zie bijlage R van het datarapport) geeft aan dat de sterkste toename in de sedimentconcentratie viel rond 2007.
- Op de meetlocaties Terneuzen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel worden geen significante trends of sprongen waargenomen in de jaargemiddelde sedimentconcentratie. Aan Schaar van Ouden Doel worden sinds ca. 2010 wel iets hogere waarden waargenomen, maar deze waarden wijzen niet op een significante trendbreuk en zijn nog steeds lager dan de historische waarden van 1988-1989.

In de Beneden-Schelde zijn er drie onafhankelijke datasets van sedimentconcentratie:

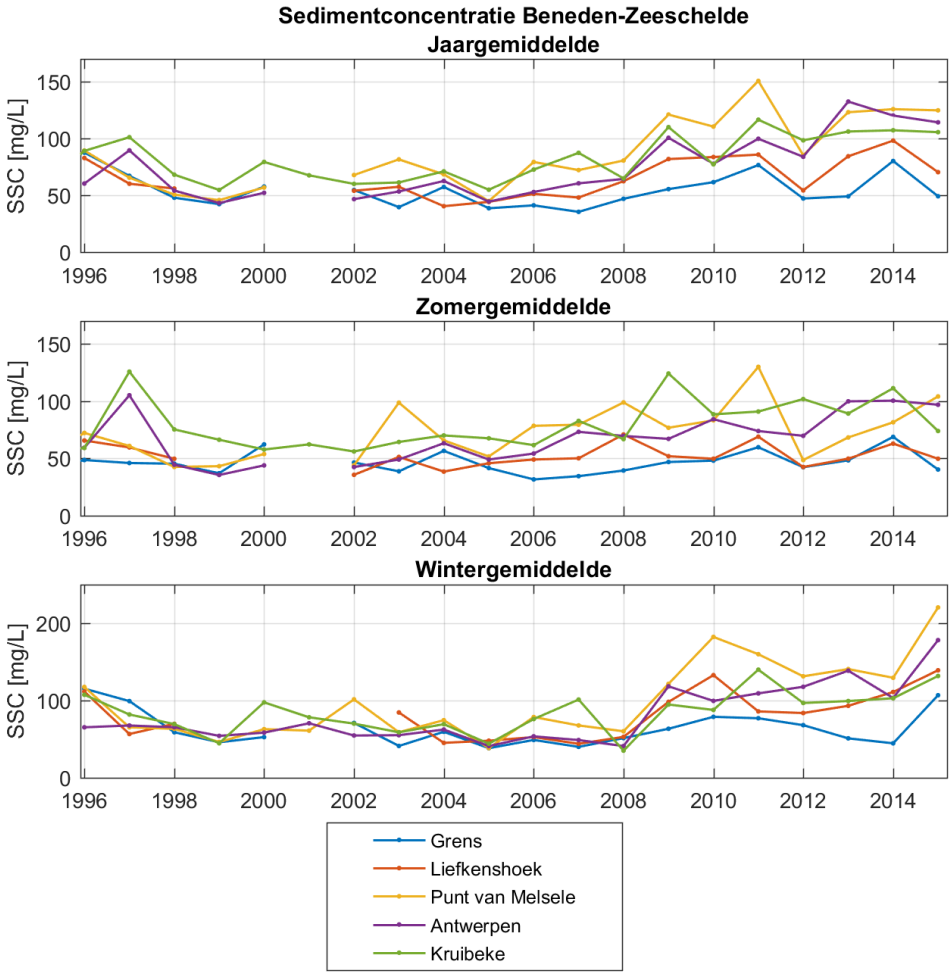
- De getijonafhankelijke metingen uit het OMES-meetprogramma van oppervlaktestalen. Van deze dataset werd onlangs een kwaliteitscontrole uitgevoerd door Universiteit Antwerpen (Cox *et al.*, 2016).
- De getijonafhankelijke metingen uit het OMES-meetprogramma van staalnames in de waterkolom (dieptestalen).
- Continue turbiditeitsmetingen met behulp van multiparametertoestellen, die via kallibratierelaties worden omgezet naar sedimentconcentratie.

Jaargemiddelde waarden van het suspensiegehalte uit de oppervlaktestalen in de Beneden-Zeeschelde zijn weergegeven in Figuur 2-43, samen met het zomer- en wintergemiddelde. Er wordt een toename in de sedimentconcentratie waargenomen op de meetlocaties Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen en Kruibeke, waarbij de sterkste toename rond 2009 viel.

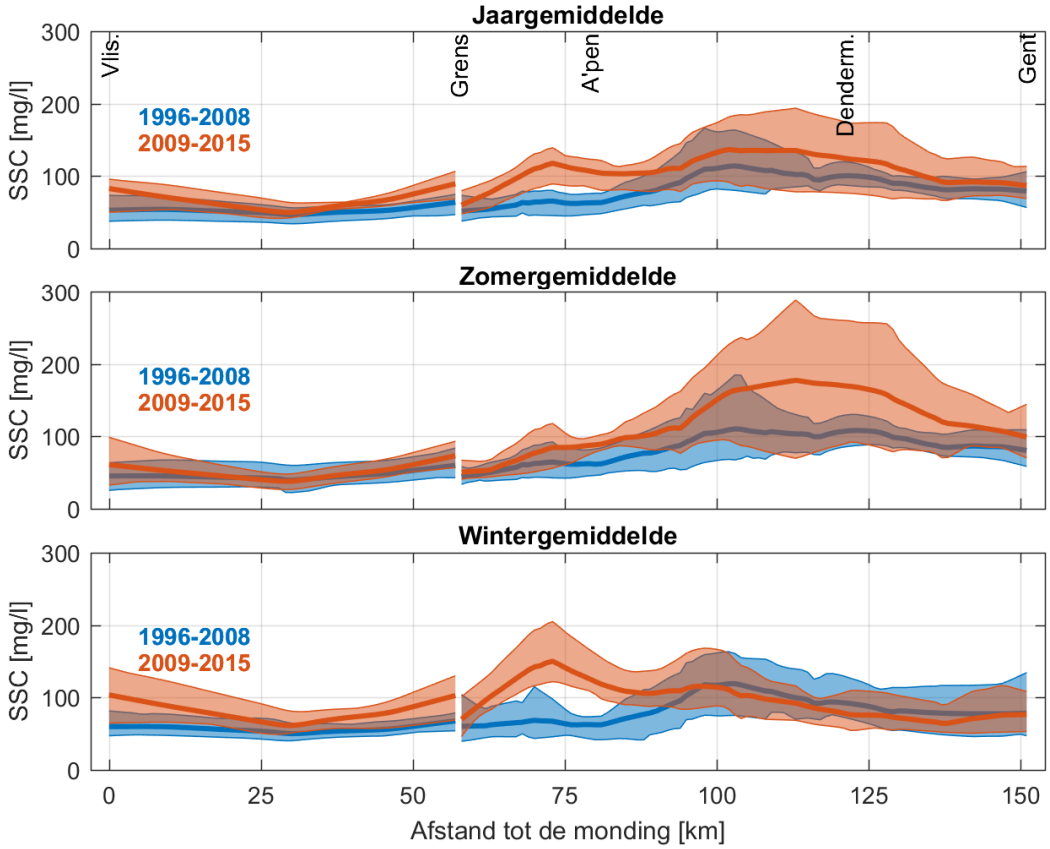
De wintergemiddelde sedimentconcentratie (uitgemiddeld over de maanden december-mei) vertoont een sterkere stijging dan de jaargemiddelden, en een nog meer uitgesproken kantelpunt in 2009. Een analyse van de metingen over het gehele Schelde-estuarium (inclusief de Boven-Zeeschelde) geeft aan dat er zich sinds 2009 een winter-turbiditeitsmaximum vormt in de zone tussen 60 en 80 km van de monding, d.w.z. ongeveer tussen Kruibeke en Liefkenshoek (Figuur 2-44). Op het meetpunt Grens wordt geen stijging waargenomen.

De metingen van sedimentconcentratie in de Beneden-Zeeschelde op basis van dieptestalen bevestigen de waarnemingen van de oppervlaktestalen: ook daar wordt een stijging waargenomen sinds 2009 en dit vooral tijdens de wintermaanden (zie datarapport). De dieptestalen geven verder ook aan dat de stijging van de sedimentconcentratie sterker is in de bovenste helft van de waterkolom dan in de onderste helft. De sedimentconcentratie in de Beneden-Zeeschelde is met andere woorden meer verticaal uniform geworden over de jaren heen. Figuur 2-45 illustreert dit aan de hand van de genormaliseerde verticale concentratiegradiënt $\frac{-1}{\overline{SSC}}\frac{\partial(SSC)}{\partial\left(\frac{z}{h}\right)}$, een maat voor het verschil in sedimentconcentratie tussen de bovenste en onderste delen van de waterkolom.

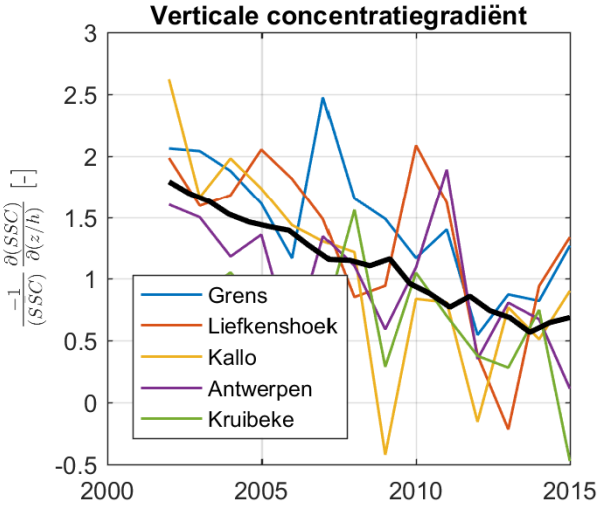
De verticale concentratiegradiënt is afgenomen over de periode 2002-2015, wat betekent dat de sedimentconcentratie meer verticaal uniform is geworden over deze periode.




*Figuur 2-43: Jaar- en seizoensgemiddelde van periodieke metingen suspensiegehalte in de Beneden-Zeeschelde.*




*Figuur 2-44: Langsverdeling van sedimentconcentraties in het gehele Schelde-estuarium (naar Cox* et al.*, 2015). Brede lijn geeft het gemiddelde weer; gekleurde gebieden geven de 10$^{e}$ en 90$^{ste}$ percentiel van de jaargemiddelden weer over de beschouwde periode.*



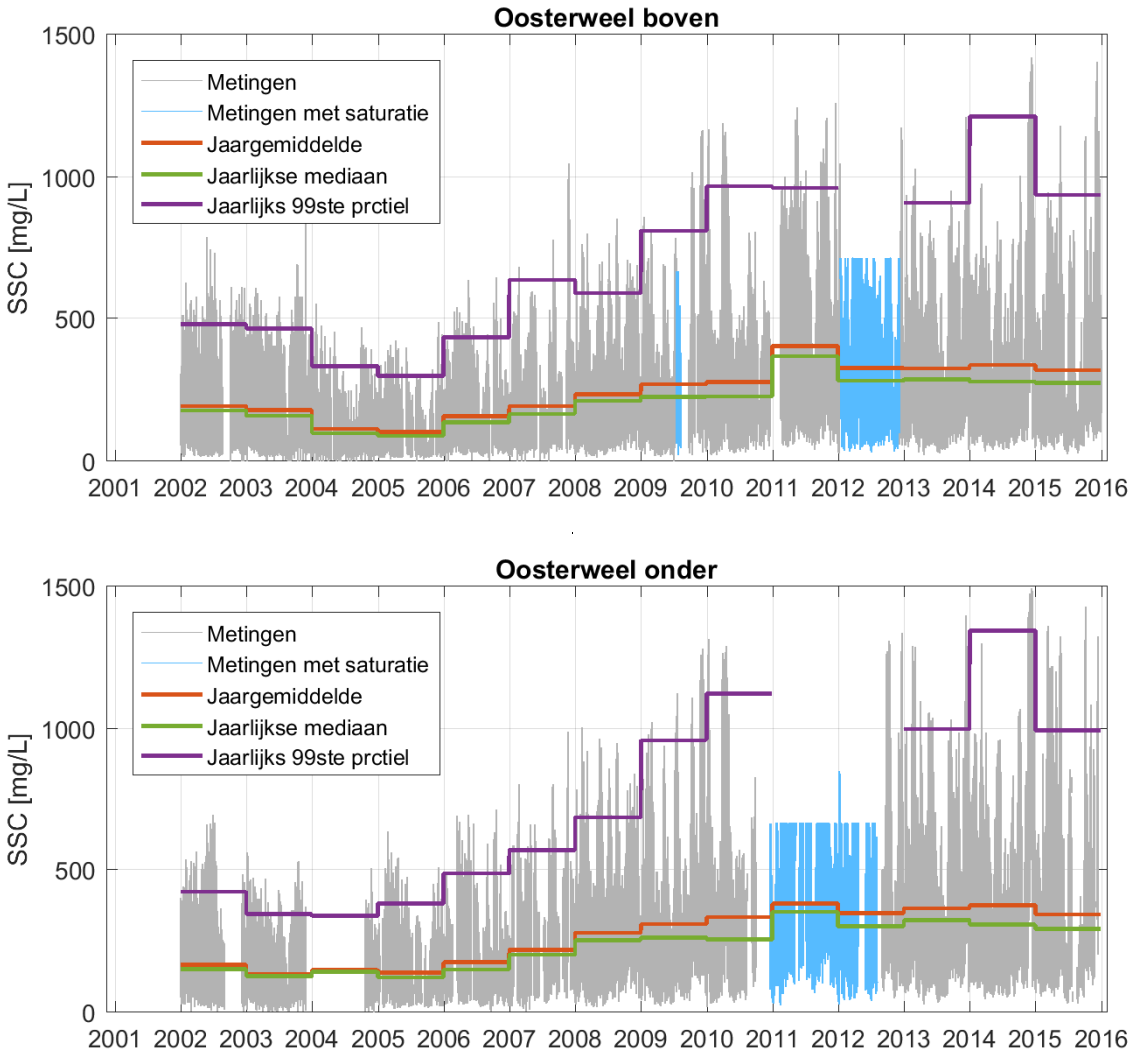

*Figuur 2-45: Jaargemiddelde verticale concentratiegradiënt op basis van de dieptestalen. Brede zwarte lijn geeft een lopend gemiddelde weer door alle meetlocaties.*

Ten slotte worden continue metingen uitgevoerd van turbiditeit, en omgezet naar sedimentconcentratie, op de locaties Oosterweel, Boei 84, en Driegoten. De metingen in Boei 84 werden eind september 2015 stopgezet en de meetinstrumenten werden verplaatst naar een nieuwe meetlocatie in Lillo.

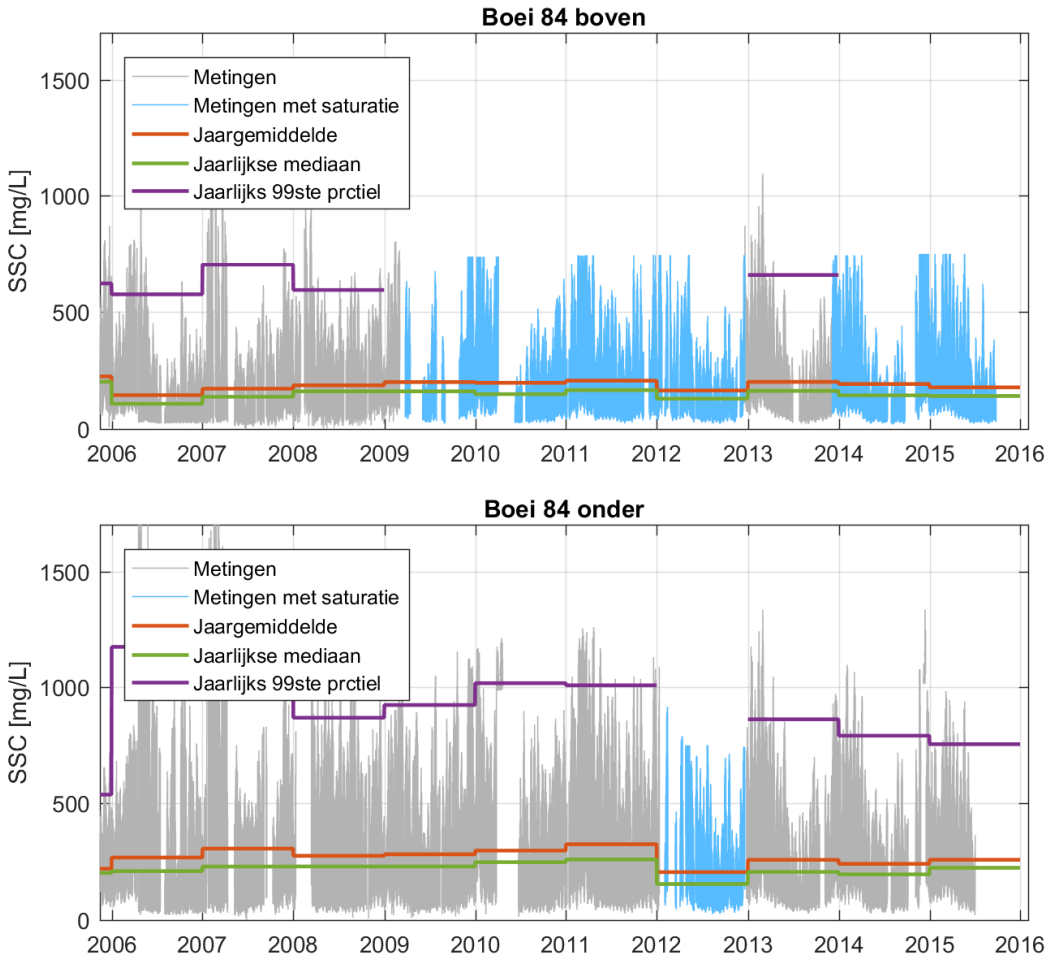
De meetlocatie Oosterweel ligt in de buurt van de stortzones voor slib in de Beneden-Zeeschelde (stortzones Punt van Melsele en Oosterweel, zie §2.1.2).De jaargemiddelde en jaarmediaan in Oosterweel namen toe tussen 2005 en 2011, en namen daarna terug af. Een multivariate regressieanalyse heeft aangetoond dat de sedimentconcentratie in Oosterweel een sterke correlatie vertoont met de stortingen van slib in de nabijgelegen stortzones (IMDC, 2016c). De jaarlijkse stortvolumes vertoonden ook een toename tot het piekjaar 2011, en daarna een afname. Tijdens de laatste twee jaar is het stortvolume van slib verder afgenomen, maar de jaargemiddelde sedimentconcentratie is (proportioneel) minder sterk afgenomen dan de stortvolumes. (zie §3).

De gemiddelde waarde van sedimentconcentratie in Oosterweel was het hoogst in 2011 (het jaar met de hoogste stortvolume aan slib), maar de 99$^{ste}$ percentiel was beduidend hoger in 2014 dan in 2011. In 2014 en 2015 lagen de maximale waarden (ca. 1400 mg/l) ook hoger dan in 2011 (ca. 1200 mg/l), en dit telkens in de eerste helft van december. Een mogelijke verklaring voor de hoge piekwaarden in december is de bagger- en stortplanning: de baggerwerken in de Beneden-Zeeschelde worden soms gedurende een aantal dagen of weken rond het eindejaar onderbroken, en dan wordt in de eerste helft van december extra gebaggerd om een voldoende buffer te hebben zodat het bodempeil onder het interventiepeil blijft tijdens de periode zonder baggeren. De hoge concentratiewaarden eind 2014 en 2015 zijn dus mogelijk het gevolg van de verhoogde bagger- en stortinspanningen rond de eindejaarsperiode.

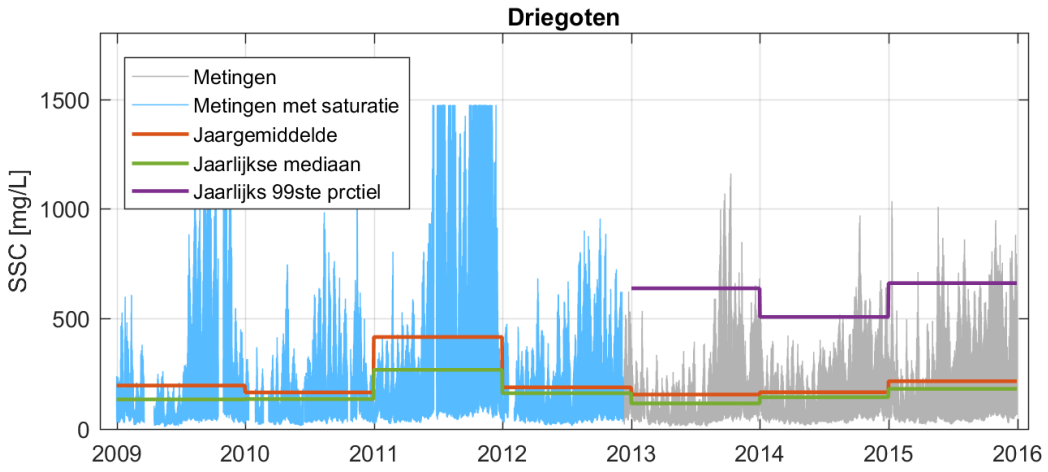
Op de meetlocatie Boei 84 (meettoestellen geplaatst op 0,8 m en 3,3 m boven de bodem, Figuur 2-47) en Driegoten (Figuur 2-48) worden geen significante trends waargenomen in de continue metingen. Ook op deze twee locaties lag de concentratie het hoogst in 2011, maar de gemiddelde waarden en de piekwaarden na 2011 liggen niet significant hoger of lager dan de waarden voor 2011.




*Figuur 2-46: Continue metingen sedimentconcentratie Oosterweel. Metingen in blauw werden genomen met het Seaguard-500 toestel.*




*Figuur 2-47: Continue metingen suspensiegehalte Boei 84.*
*Metingen in blauw werden genomen met het Seaguard-500 toestel.*




*Figuur 2-48: Continue metingen suspensiegehalte Driegoten.*
*Metingen in blauw werden genomen met het Seaguard-500 toestel.*

### 2.4.3 Lichtpenetratie

De lichtpenetratie geeft aan hoe diep het zonlicht binnendringt in het Scheldewater. Dit wordt beïnvloed door o.a. het gehalte aan sediment in suspensie en aan biomassa, en is een belangrijke limiterende factor voor de primaire productie in het Schelde-estuarium.

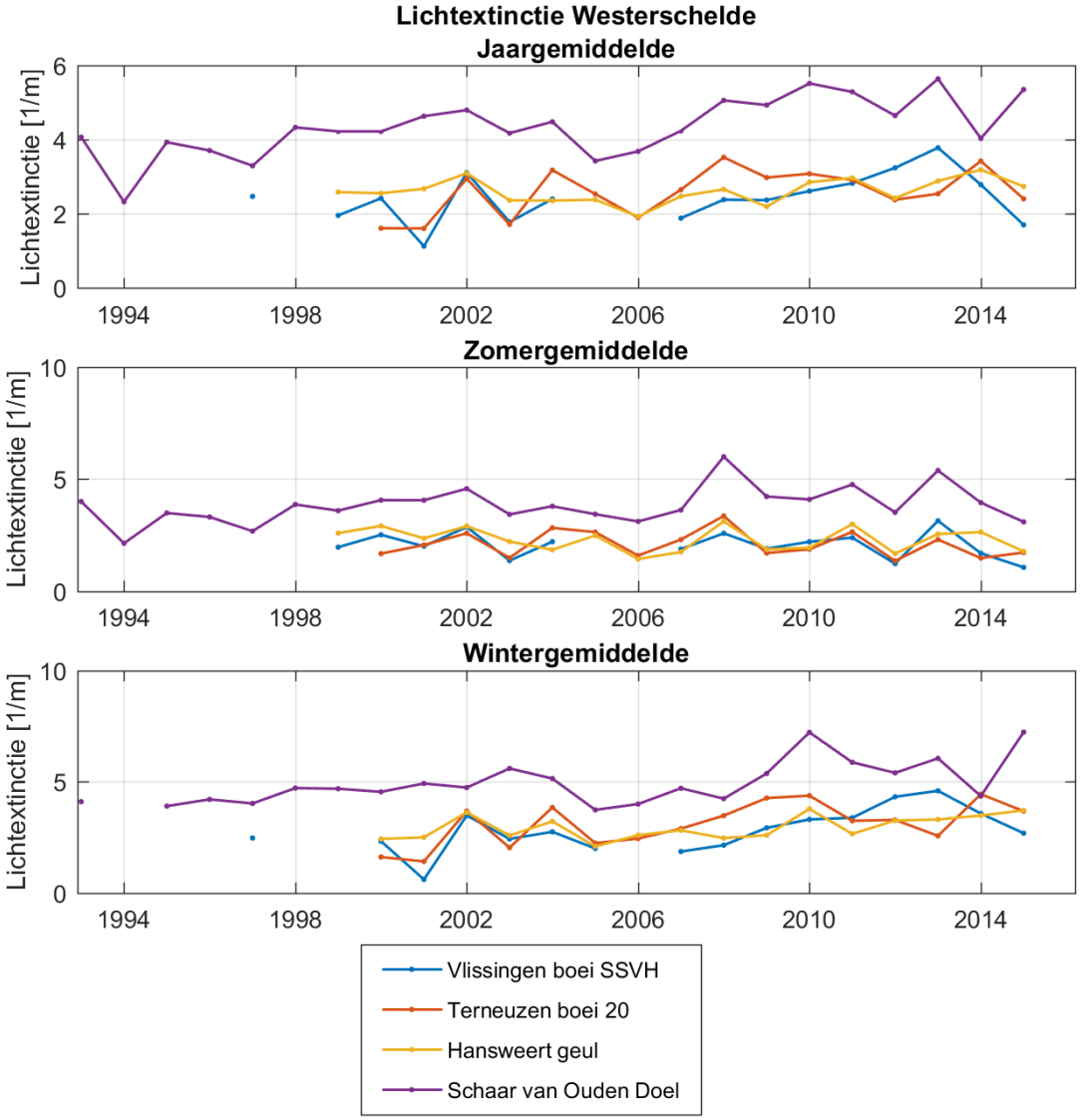
In dit rapport wordt de lichtpenetratie gekwantificeerd aan de hand van de lichtextinctiecoëfficiënt $k_d$ (in 1/m). Deze is gerelateerd aan de eufotische diepte $Z_{eu}$ (in m) volgens

$$\mathrm{Z_{eu}} = -\ln(0{,}01)/k_d$$

Merk op dat de lichtextinctiecoëfficiënt en de eufotische diepte invers proportioneel zijn: hoe groter de lichtextinctiecoëfficiënt, hoe kleiner de eufotische diepte of hoe minder licht in de waterkolom binnendringt. De lichtextinctiecoëfficiënt wordt op dezelfde tijdstippen gemeten als de sedimentconcentratie: tijdens laagwater in de Westerschelde, en getijonafhankelijk in de Beneden-Zeeschelde.

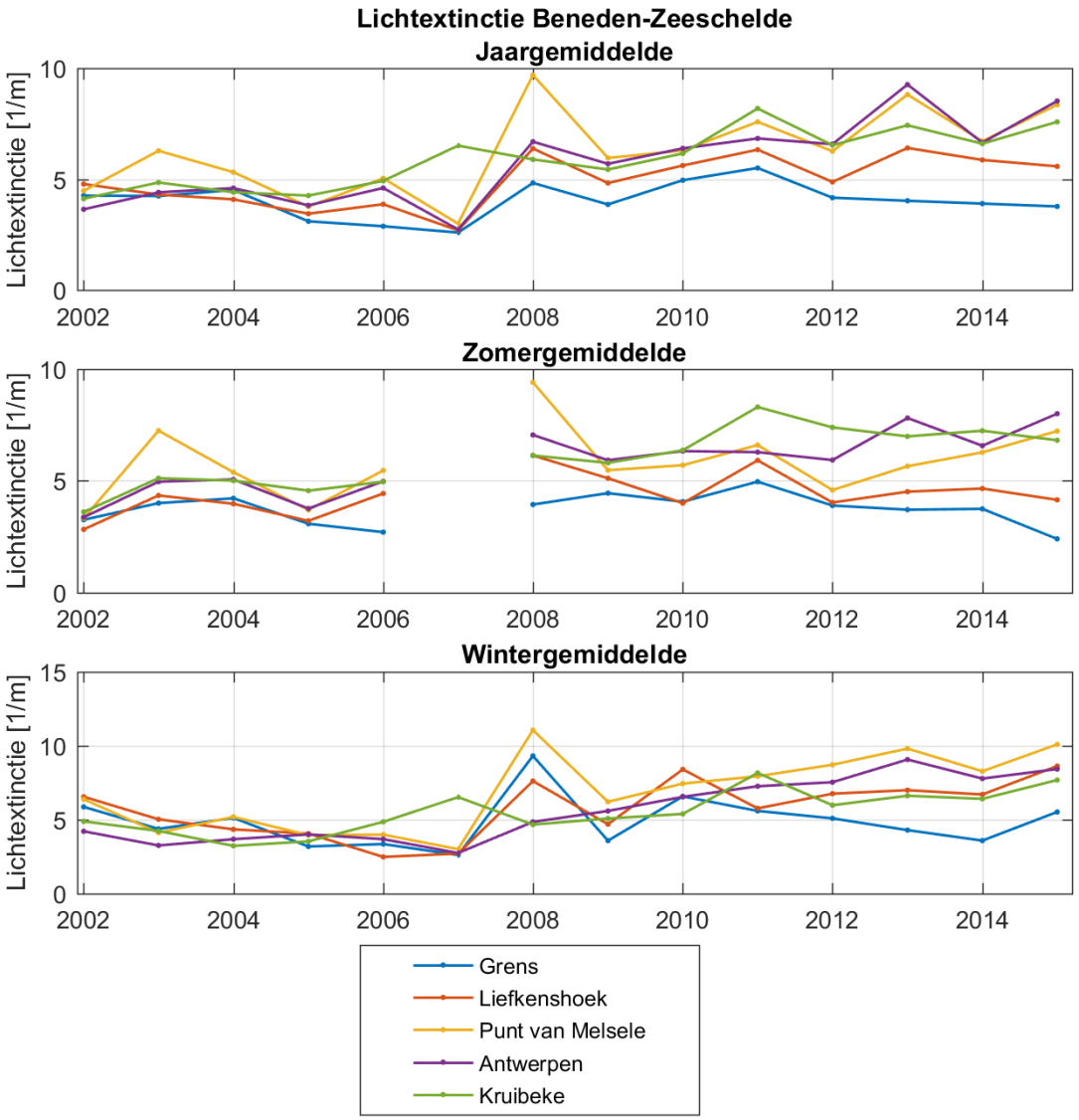
De jaar- en seizoensgemiddelde lichtextinctiecoëfficiënt in de Westerschelde is weergegeven in Figuur 2-49. In de meetlocaties Vlissingen, Terneuzen en Hansweert Geul worden geen significante wijzigingen of trends waargenomen. Aan Schaar van Ouden Doel wordt wel een significante toename van de lichtextinctiecoëfficiënt waargenomen. De toename was vrij gelijkmatig over de gehele meetperiode, maar de sterkste verhoging vond plaats tussen 2007 en 2008.

In Vlissingen werd wel een statistisch significante toename waargenomen van de sedimentconcentratie, maar niet van de lichtextinctie, terwijl sedimentconcentratie en lichtextinctie normaal gezien sterk gerelateerd zijn. Voor de periode waarin jaargemiddelden beschikbaar zijn van zowel sedimentconcentratie als lichtextinctie (2000-2015) vertoont de jaargemiddelde sedimentconcentratie een stijging van ca. 3,6 % per jaar, en de lichtextinctie ca. 2,2 % per jaar. De lichtextinctie in Vlissingen vertoont dus nog steeds een stijging, maar deze is iets kleiner dan de sedimentconcentratie. De metingen van sedimentconcentratie en lichtextinctie zijn dus consistent: beide vertonen een stijging, maar deze wordt als statistisch significant beoordeeld voor sedimentconcentratie, maar niet voor lichtextinctie. Gelijkaardig werd in Schaar van Ouden Doel een statistisch significante stijging van de lichtextinctie waargenomen, maar niet van de sedimentconcentratie. Ook hier vertonen beide parameters een stijging, maar deze werd wel als significant beoordeeld voor de lichtextinctie en niet voor de sedimentconcentratie.




*Figuur 2-49: Jaar- en seizoensgemiddelde lichtextinctie in de Westerschelde.*

In de Beneden-Zeeschelde vertonen de periodieke metingen van lichtextinctie een gelijkaardig gedrag als de oppervlaktemetingen van sedimentconcentratie (zie §2.4.2): op de meetlocatie Grens wordt er geen stijging van de lichtextinctie waargenomen, op de andere meetlocaties (Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen, Kruibeke) wordt wel een stijgende trend waargenomen. De verhoging is vooral zichtbaar in de wintergemiddeldes, en de verhoging is het sterkst rond 2008. De overeenkomst in de evolutie van de lichtextinctiecoëfficiënt en de sedimentconcentratie is geen toeval, aangezien de lichtextinctie in grote mate wordt bepaald door de sedimentconcentratie.




*Figuur 2-50: Jaargemiddelde lichtextinctie in de Beneden-Zeeschelde.*

### 2.4.4 Chlorofyl a gehalte

Metingen van het chlorofyl a-gehalte in de waterkolom, een maat voor de biomassa van fytoplankton, worden om de twee weken uitgevoerd bij laagwater in de Westerschelde. In de Beneden-Zeeschelde wordt het chlorofyl a-gehalte getijonafhankelijk gemeten. Tot en met 2008 werd in de Beneden-Zeeschelde één staalname per maand uitgevoerd, sinds 2009 worden tijdens de voorjaars- en zomermaanden (april-september) meestal twee staalnames per maand uitgevoerd. Het chlorofylgehalte vertoont een sterke seizoenale variatie met één of meerdere bloeiperiodes, waarvan de voorjaarsbloei de belangrijkste is.

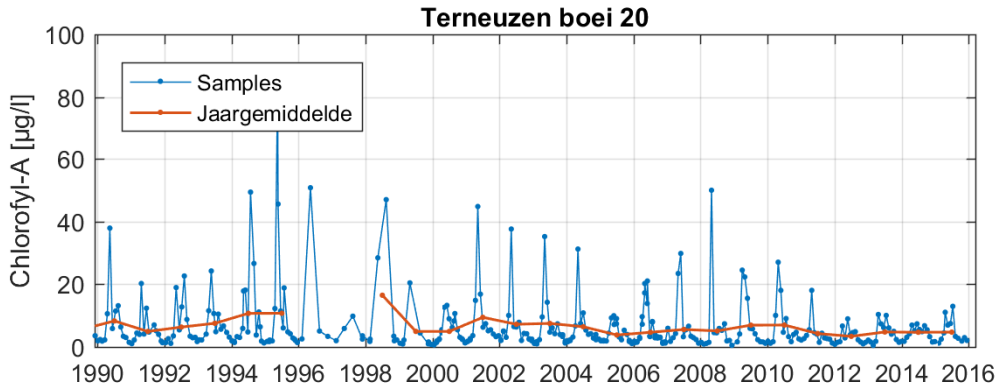
Het beoordelen van de langetermijntrend van chlorofyl a is moeilijk, omdat het jaargemiddelde sterk kan worden bepaald door de piekwaarden tijdens bloeiperiodes, en hoe veel stalen er tijdens deze bloeiperiodes werden genomen.

Het is zelfs mogelijk dat de bloeiperiode toevallig tussen twee staalnames in gebeurt, wat leidt tot een onderschatting van het jaargemiddelde. Om die reden worden in Figuur 2-51 t.e.m. Figuur 2-55 alle individuele meetwaarden getoond, samen met het jaargemiddelde.

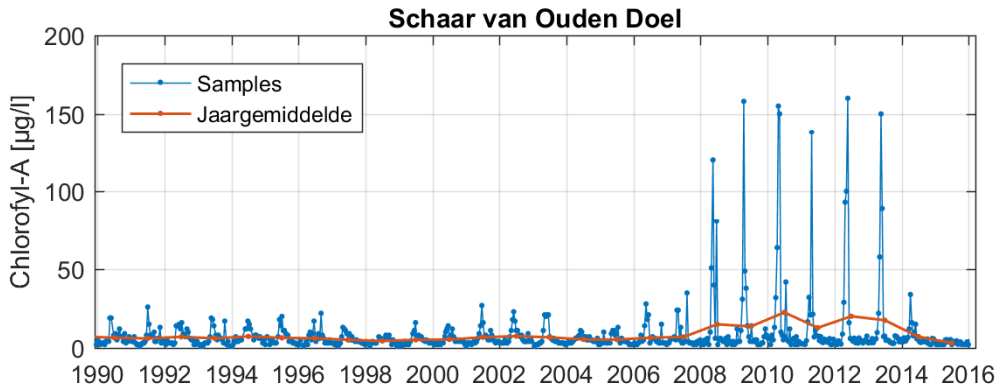
Historisch gezien was er een afname van het chlorofyl a-gehalte in de Westerschelde in de de jaren 1980; deze daling is gestagneerd rond 1990-2000 (zie T2009 Consortium, 2013 en het datarapport). In de periode 2006-2015 bleef het gehalte chlorofyl a vrij constant op de locaties Vlissingen, Terneuzen en Hansweert (zie bv. Figuur 2-51).

Op de meetlocaties tussen Schaar van Ouden Doel in de Westerschelde (Figuur 2-52) tot Liefkenshoek (Figuur 2-53) en Punt van Melsele (Figuur 2-54) werd tussen 2008 en 2014 een sterk verhoogde voorjaarsbloei waargenomen van de centrische diatomee *Thalassiosira nodulolineata* (Buyze *et al.*, 2015). De verhoogde voorjaarsbloei werd echter niet meer waargenomen in 2015. In 2015 werd zelfs bijna nergens een voorjaarsbloei waargenomen, ook niet in de stations waar ook voor 2008 een voorjaarsbloei werd waargenomen (bv. Antwerpen, Figuur 2-55); dit heeft mogelijk te maken met de begrazing door zoöplankton.

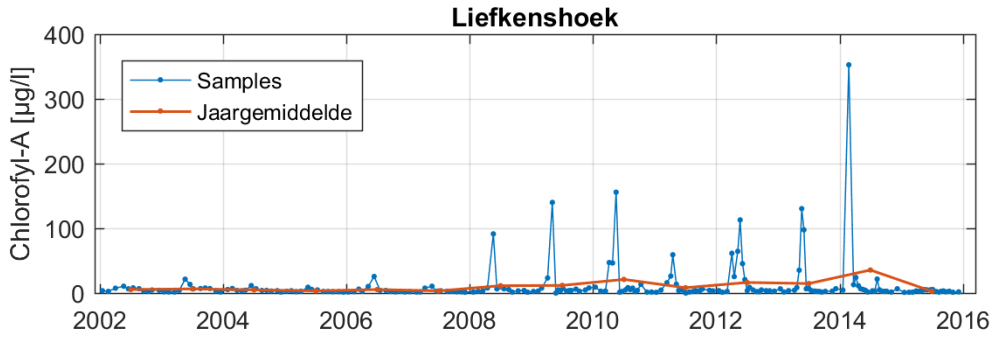
Op de meetlocaties Antwerpen (Figuur 2-55) en Kruibeke (Figuur 2-56) wordt ook een daling van de chlorofyl a-concentratie waargenomen. De daling in het chlorofyl a-gehalte in Antwerpen en Kruibeke heeft waarschijnlijk te maken met toegenomen begrazing door zoöplankton, dat in de voorbije jaren aan een opmars bezig is in de Schelde door het toegenomen zuurstofgehalte. Het valt echter niet uit te sluiten dat ook de toegenomen troebelheid in de zone een impact heeft op de biomassa aan fytoplankton.



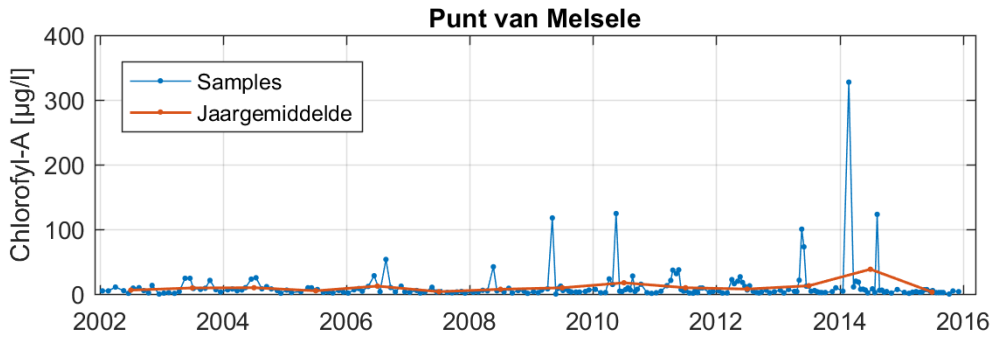

*Figuur 2-51: Metingen chlorofyl a-gehalte in oppervlaktewater in Terneuzen.*



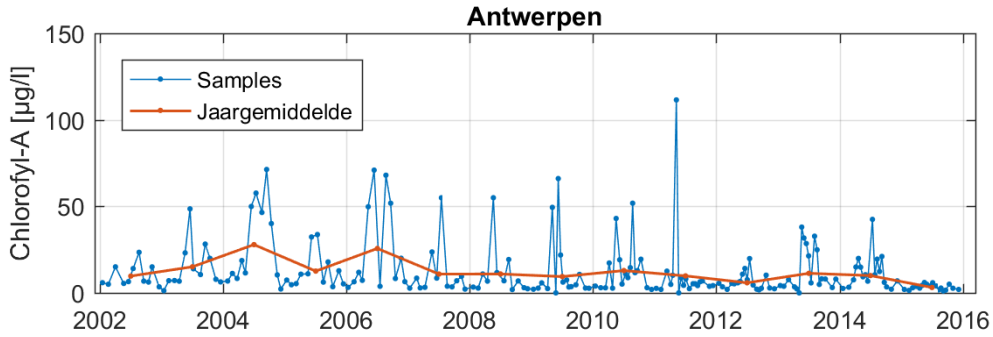

*Figuur 2-52: Metingen chlorofyl a-gehalte in oppervlaktewater in Schaar van Ouden Doel.*



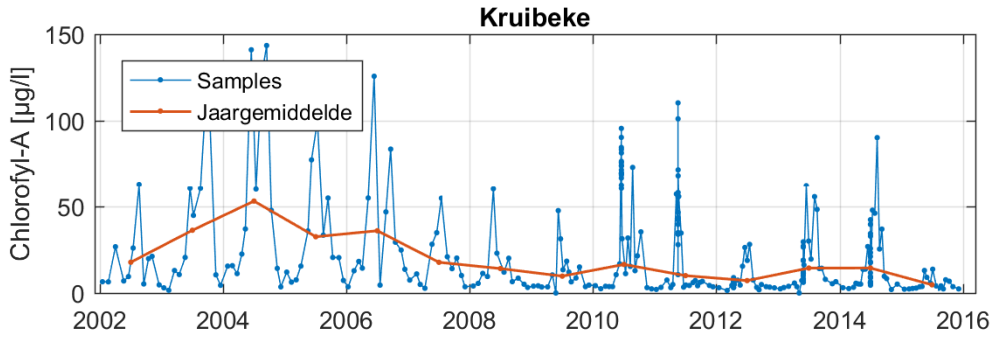

*Figuur 2-53: Metingen chlorofyl a-gehalte in oppervlaktewater in Liefkenshoek.*




*Figuur 2-54: Metingen chlorofyl a-gehalte in oppervlaktewater in Punt van Melsele.*




*Figuur 2-55: Metingen chlorofyl a-gehalte in oppervlaktewater in Antwerpen.*

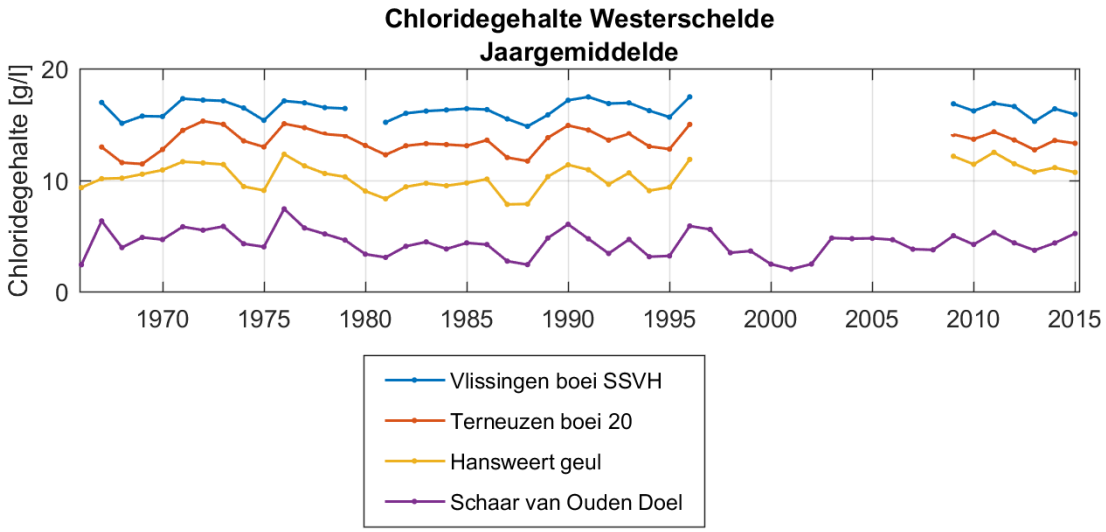



*Figuur 2-56: Metingen chlorofyl a-gehalte in oppervlaktewater in Kruibeke.*

### 2.4.5 Chloridegehalte

Het chloridegehalte is een maat voor de indringing van zout water in het estuarium. In de Westerschelde waren voor de meetlocaties Vlissingen, Terneuzen en Hansweert enkel meetgegevens beschikbaar tussen ca. 1965 en 1996 en tussen 2009 en 2014. De onderbreking van 13 jaar maakt het moeilijk om eventuele wijzigingen als gevolg van de derde verruiming nauwkeurig in te schatten, maar toch lijkt dat het chloridegehalte op deze drie locaties geen significante wijzigingen heeft ondergaan. Op de meetlocatie Schaar van Ouden Doel is er wel een ononderbroken tijdreeks beschikbaar. Ook op deze meetlocatie worden er geen significante wijzigingen in het chloridegehalte waargenomen.

Naast de periodieke metingen die zijn weergegeven in Figuur 2-57 werden ook continue metingen geanalyseerd op de locaties Vlakte van de Raan, Overloop van Hansweert en Baalhoek (zie §6.4.1.2 in het datarapport). Hiervan waren enkel kortere tijdreeksen beschikbaar (tussen 2012-2015), maar ook deze tijdreeksen geven geen indicatie voor een wijziging van het zoutgehalte in de Westerschelde.

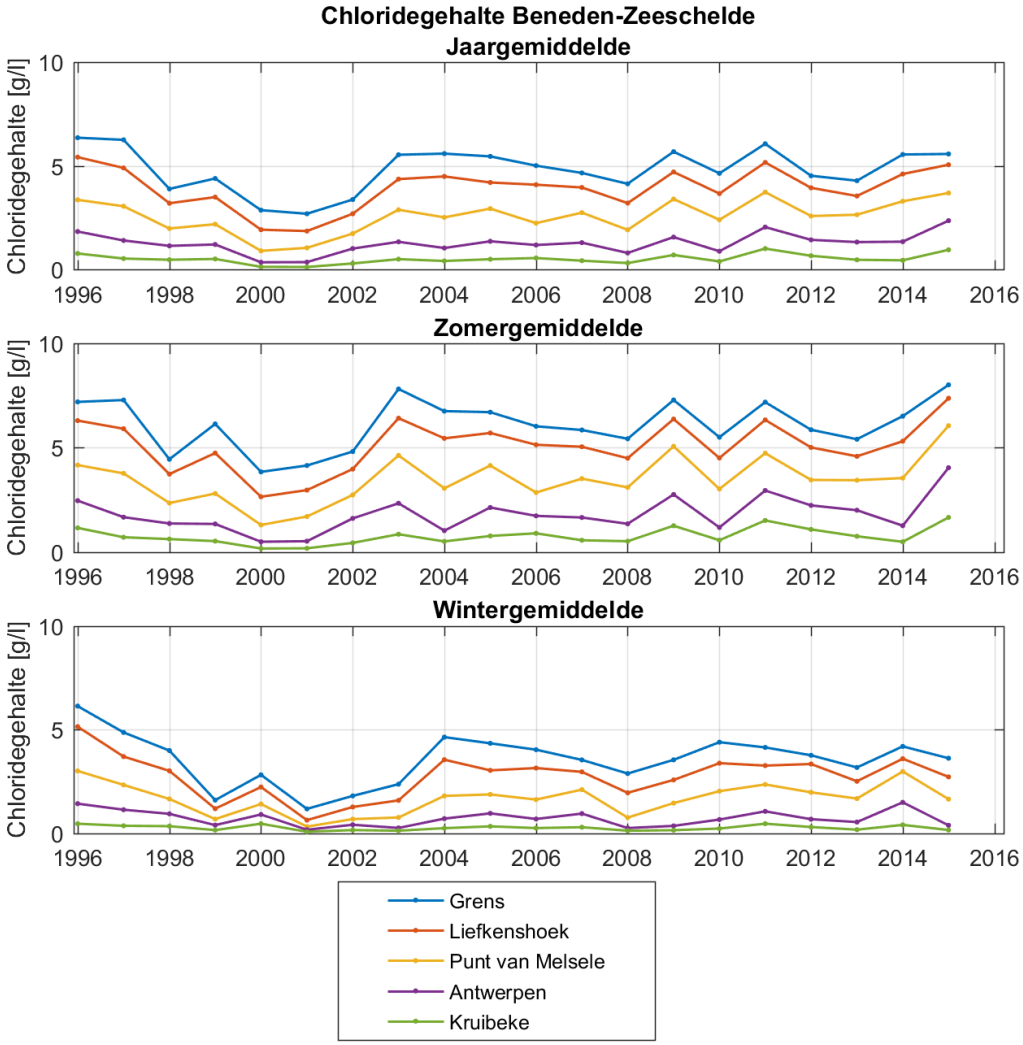



*Figuur 2-57: Jaargemiddelde chloridegehaltes in de Westerschelde.*

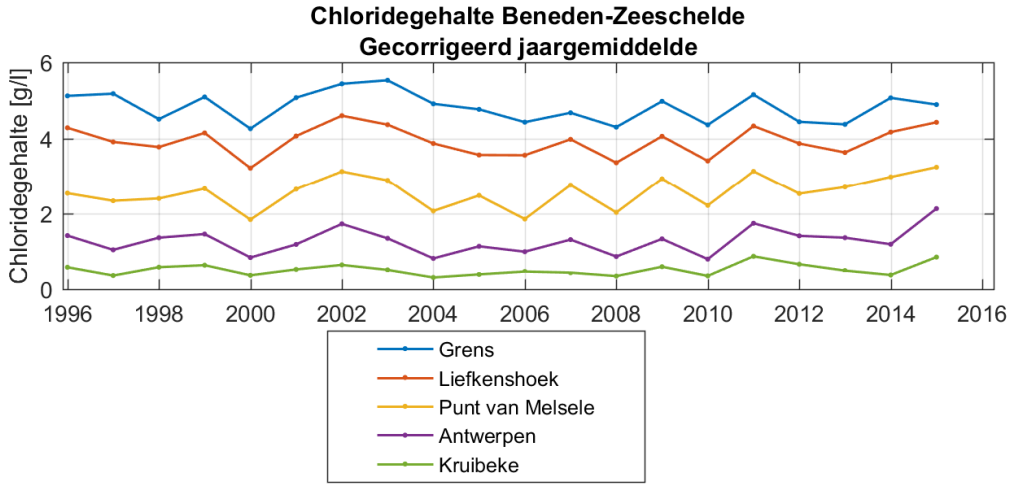
De jaar- en seizoensgemiddelde chlorideconcentraties in de Beneden-Zeeschelde zijn weergegeven in Figuur 2-58. Het chloridegehalte ligt lager tijdens de winterperiode dan tijdens de zomerperiode, door de hogere influx van zoet water uit het bekken tijdens de winter. Ook de jaar-op-jaarfluctuaties van chloridegehalte kunnen grotendeels worden verklaard door schommelingen in de jaargemiddelde bovenafvoer. Figuur 2-59 toont daarom het jaargemiddelde chloridegehalte, gecorrigeerd op basis van een lineaire relatie met het jaargemiddeld afvoerdebiet in Schelle.

Er worden licht verhoogde waarden van de het zoutgehalte waargenomen op de meetlocaties Punt van Melsele, Antwerpen en Kruibeke na 2011. Deze verhoging is net statistisch significant (p = 0,02 à 0,03). Deze waarden zijn echter niet gecorrigeerd voor de 18,6-jarige cyclus van het getij, die tussen 2007 en 2016 zorgde voor een toename van de getijslag (zie bv. Figuur 2-14). De hoogste zoutgehaltes worden waargenomen in 2015; deze verhoogde waarden kunnen niet volledig worden verklaard door de jaargemiddelde variatie van de bovenafvoer.

Verder opwaarts, rond Dendermonde, worden sinds ca. 2009 ook verhoogde piekwaarden van de zoutconcentratie waargenomen (Cox *et al.*, 2015). Het is niet zeker of de verhoogde piekwaarden rond Dendermonde verband houden met de verhoogde jaargemiddelde waarden die hier worden waargenomen voor het jaar 2015. Voor de meetpunten die in dit rapport worden beschouwd, werden immers geen verhoogde waarden waargenomen in 2009-2014, en de meetwaarden voor Dendermonde werden door Cox *et al.* (2015) slechts geanalyseerd tot en met 2014.




*Figuur 2-58: Jaar-en seizoensgemiddelde chloridegehalte Beneden-Zeeschelde.*




*Figuur 2-59: Jaargemiddeld chloridegehalte in de Beneden-Zeeschelde, gecorrigeerd op basis van een lineaire relatie met de bovenafvoer.*

## 2.5 FAUNA

In dit deel wordt de evolutie beschreven van de populaties macrobenthos, niet-broedvogels, broedvogels en zeehonden in de Westerschelde.

### 2.5.1 Macrozoöbenthos

#### *Inleiding*

Macrozoöbenthos is de verzamelnaam voor alle organismen die leven in de bodem van zoete, brakke en zoute wateren en groter zijn dan 1 mm waardoor deze organismen nog net waarneembaar zijn met het blote oog.

De voor de benthosanalyse beschikbare gegevens betreffen densiteit en biomassa (versgewicht)) van schelpdieren (WOT; 1992-2015) en totale benthos biomassa (asvrij drooggewicht) in de Westerschelde (MWTL; 1992-2014). Daarnaast worden de kwalitatieve Westerschelde data (voorkomen van wadpieren, kokkels, …) besproken in combinatie met geomorfologische en sedimentologische parameters in sectie 2.3.2.

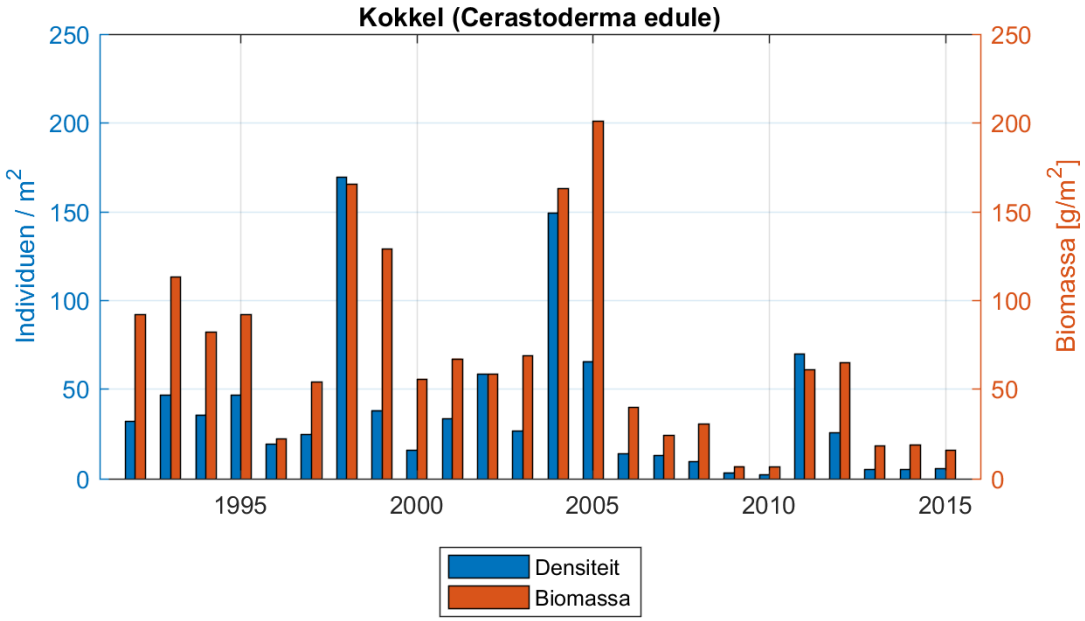
Voor de schelpdierdata is de analyse gefocust op de (gewone) kokkel *Cerastoderma edule* en het nonnetje *Macoma balthica.* De beoordeling gebeurde op niveau ‘plaatcomplex’ (Hooge Platen & Hooge Springer, Suikerplaat & Middelplaten, Rug van Baarland & Molenplaat, Plaat van Ossenisse, Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse.

De benthosdata (biomassa en soortenrijkdom) werd ook geanalyseerd per ecotoop en per zone (west, midden, oost).

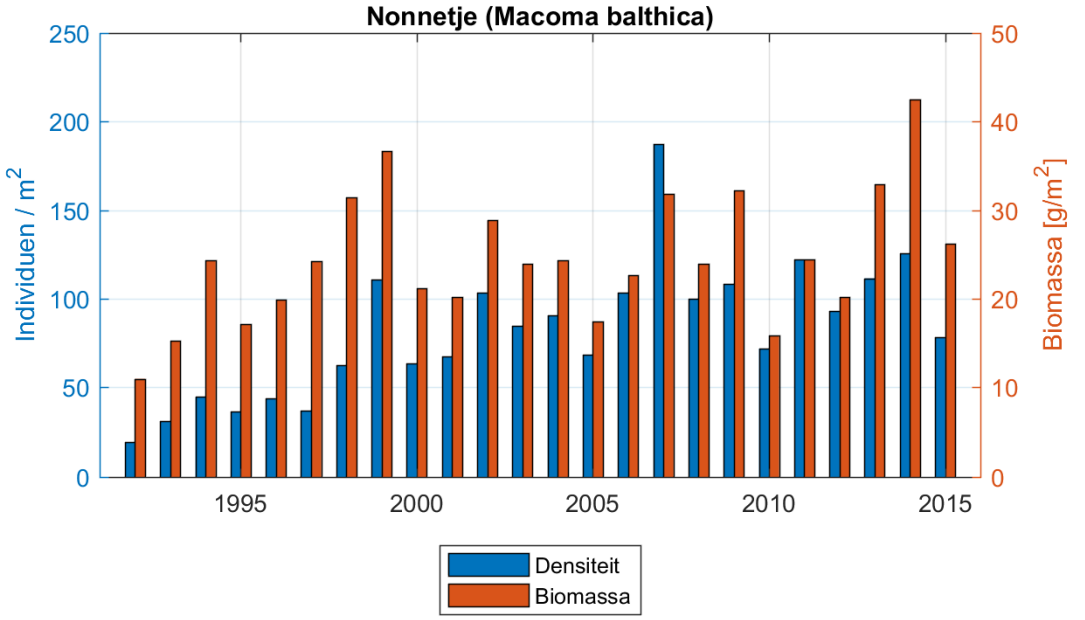
#### *Analyse schelpdierdata WOT (versgewicht)*

Sinds het begin van de waarnemingen in 1992 vertoont de kokkel een algemeen dalende trend, met enkele densiteits- en biomassapieken in 1998, 2004 en 2011, steeds gevolgd door een verdere gestage (maar significante) daling (Figuur 2-60). Kokkels zijn afwezig in het oosten van het estuarium (wat te maken heeft met de zoutcondities). Ook de afname van de gemiddelde densiteit en biomassa, met name op de Hooge Platen (de piekjaren van goede broedval niet mee beschouwd; Figuur 2-62) is opvallend.

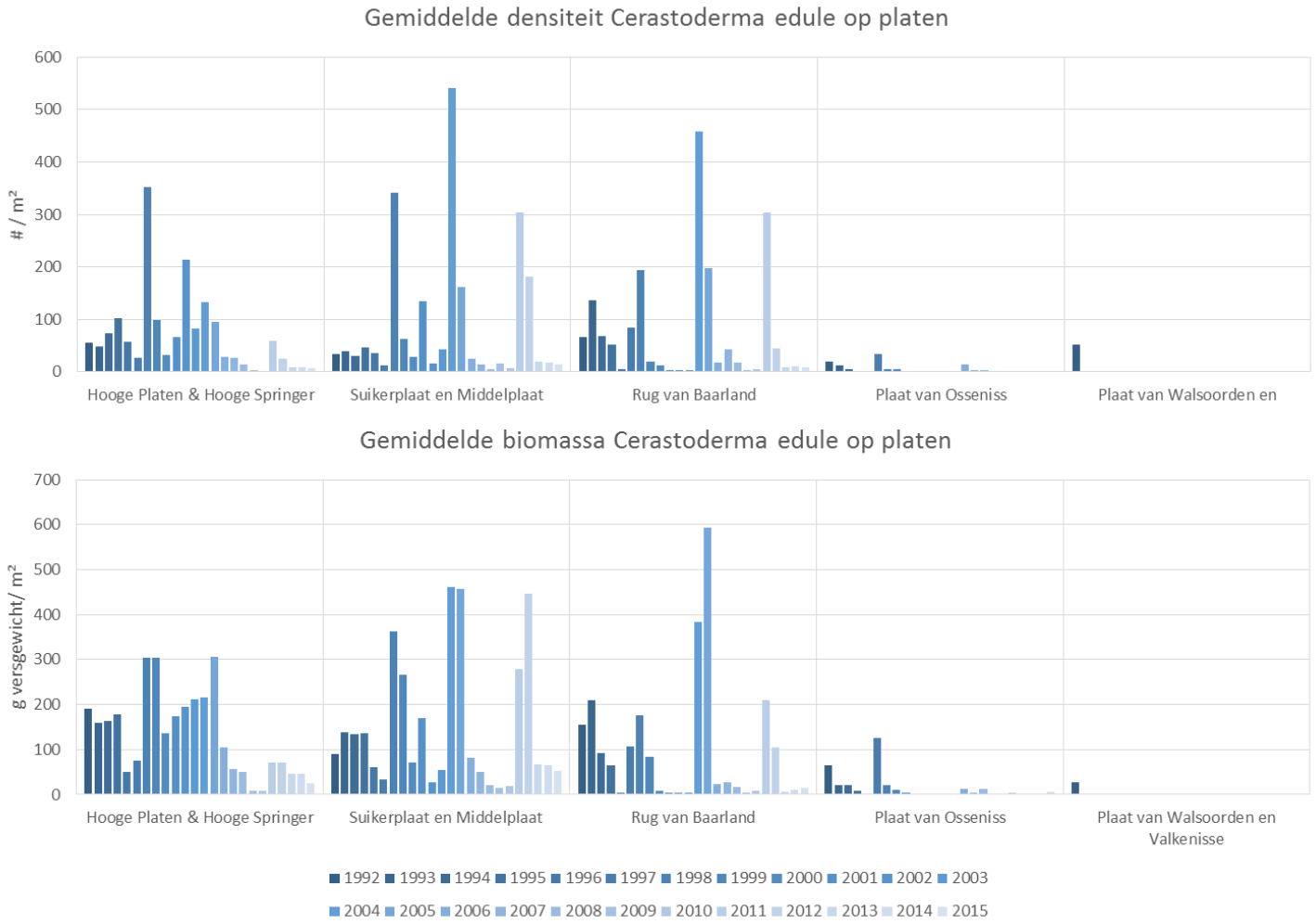
Het nonnetje toont een positieve populatietrend in de Westerschelde sinds 1992 (Figuur 2-61). Deze schelpdiersoort leeft een paar centimeter onder zandig of modderig oppervlak van de hoogste zones van het litoraal tot de laagste zones van het sublitoraal (zelden dieper dan 25 m). Echter, er werd voornamelijk een stijging in de densiteit van *Macoma* waargenomen terwijl de trend in de biomasssa zo goed als stabiel bleef. Dit wijst op de aanwezigheid van vele, maar kleine nonnetjes. De stijging van de densiteit treedt vooral voor 2003 op (Figuur 2-61, Figuur 2-63).



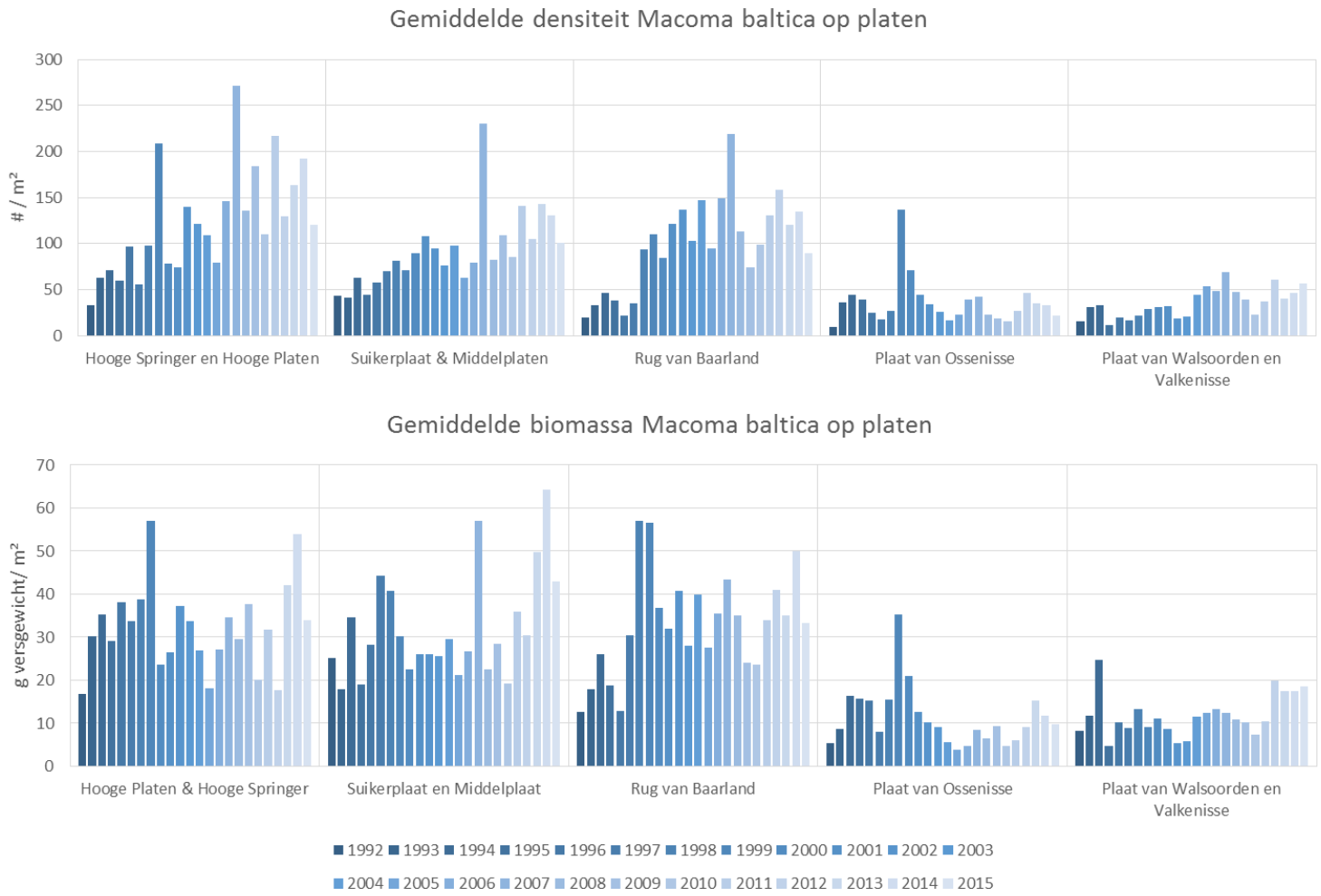

*Figuur 2-60:Temporele evolutie van de totale densiteit (blauw) en biomassa (oranje) van Cerastoderma edule in de gehele Westerschelde tussen 1992 en 2015.*




*Figuur 2-61: Temporele evolutie van de totale densiteit (blauw) en biomassa (oranje) van Macoma balthica in de gehele Westerschelde tussen 1992 en 2015.*




*Figuur 2-62: Gemiddelde densiteit (boven) en biomassa (versgewicht, onder) kokkels, op basis van WOT Kokkelsurvey, per plaat en jaar.*




*Figuur 2-63: Gemiddelde densiteit (boven) en biomassa (versgewicht, onder) nonnetjes, op basis van WOT Kokkelsurvey, per plaat en jaar.*

### *Benthosdata (MWTL 1992-2014)*

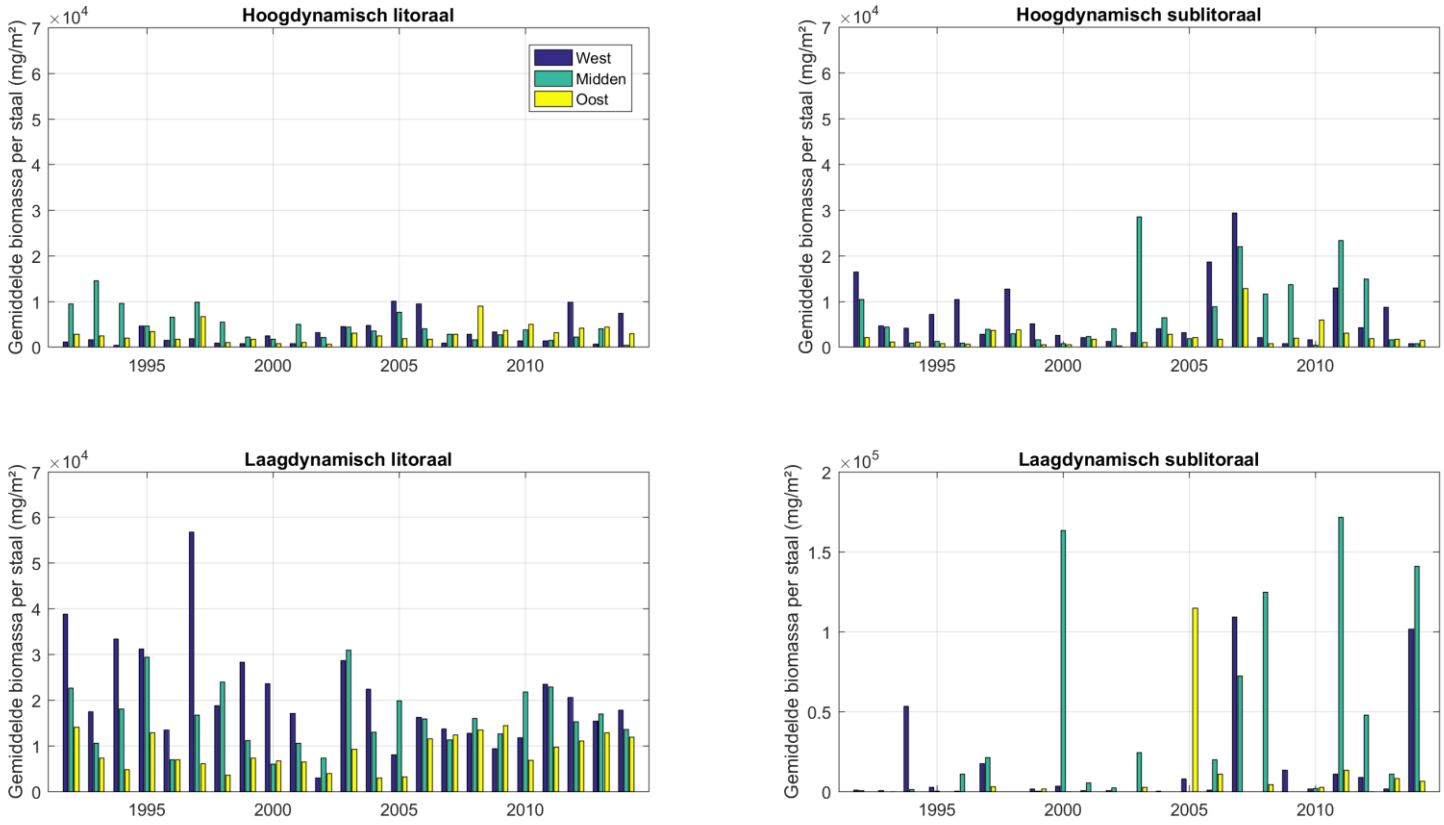
De meeste tijdreeksen (per ecotoop opgedeeld, en volgens de opdeling West – Midden – Oost, Figuur 2-64) vertonen geen significante trends. Enkel in het westen is er een significante maar kleine toename van de biomassa in het hoogdynamisch litoraal en een afname in het laagdynamisch litoraal.

Algemeen genomen wordt de grootste biomassa aangetroffen in het laagdynamisch litoraal. De biomassa is hoger in het westelijk deel van de Westerschelde, hoewel het verschil afneemt in de tijd. In het laagdynamisch sublitoraal is er een grote variatie zichtbaar tussen de gebieden en jaren, wat te wijten is aan het kleine aantal staalnamepunten in dit gebied

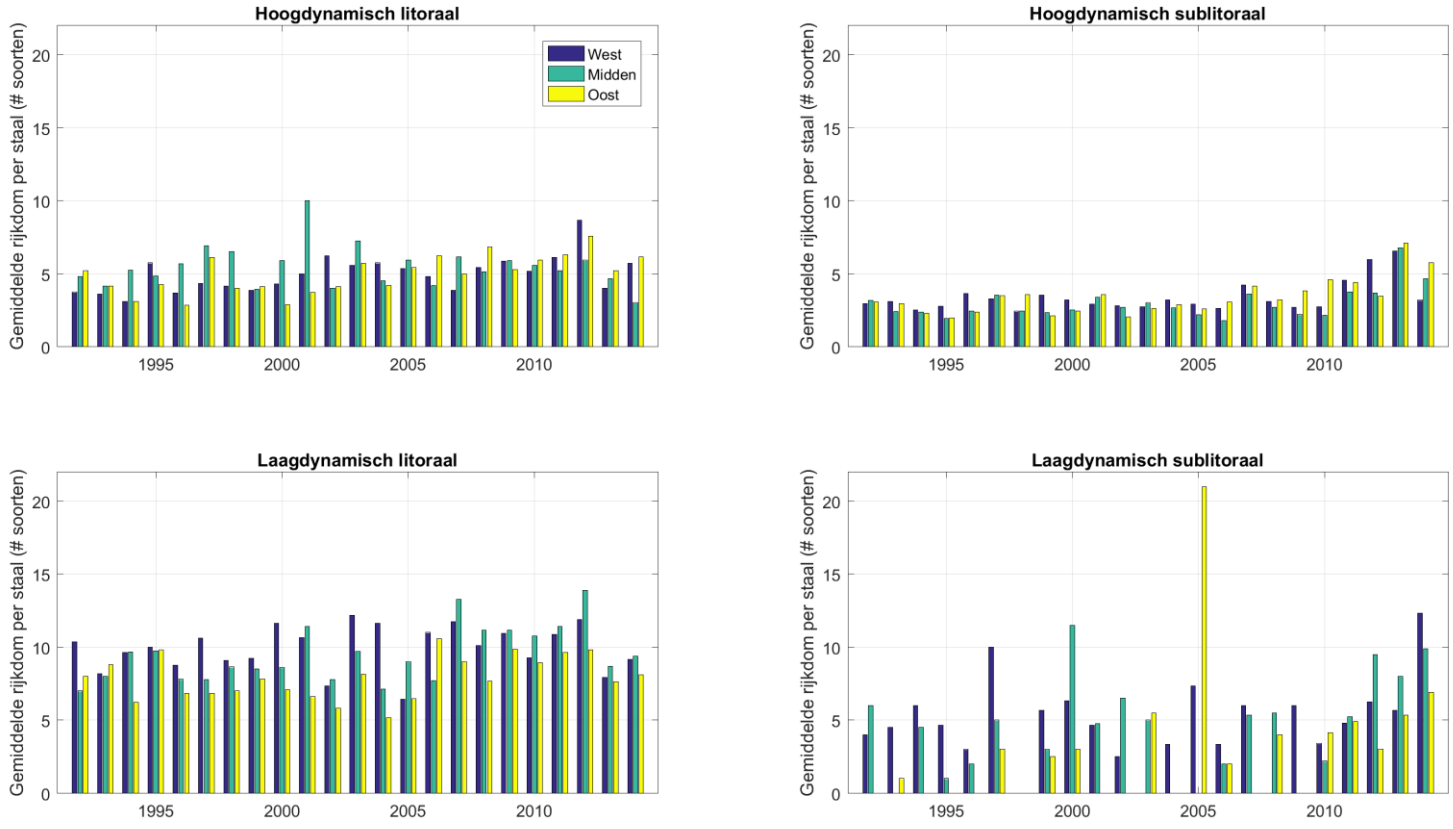
De gemiddelde soortenrijkdom (Figuur 2-65) is het hoogst in het laagdynamisch litoraal; ongeveer dubbel zo hoog als in het hoogdynamisch litoraal. In geen enkel ecotoop is er een duidelijk verschil te zien tussen de deelgebieden van de Westerschelde. Ook een significante trend in de tijd is er niet, het aantal soorten per staal is vrij stabiel gebleven sinds 1992.

### *Conclusie*

In het MER werd een lichte afname van de biomassa van het benthos verwacht als gevolg van de verruiming. Op basis van de beschikbare gegevens kan, zonder dieper gaande analyse, hierover nu echter geen uitspraak gedaan worden. Specifiek voor de kokkelbestanden werd gesteld dat de effecten klein zijn, en minimaal in vergelijking met de grote jaarlijkse variatie. Er zijn vrij sterke langetermijntrends aanwezig, die samen met de grote variabiliteit in de observaties ervoor zorgen dat het maken van onderbouwde uitspraken nog niet mogelijk is. Een verder doorgedreven analyse van de benthos gegevens, zoals aanbevolen door de CMW, wordt uitgevoerd in het kader van de studie Ecologische Validatie Plaatrandstortingen en in de volgende systeemevaluatie (T2015-rapport).




*Figuur 2-64: Temporele evolutie per ecotoop van gemiddelde biomassa per deelgebied van de Westerschelde tussen 1992 en 2014. Bemerk de verschillende verticale schaal bij het laagdynamisch sublittoraal.*




*Figuur 2-65: Temporele evolutie per ecotoop van de gemiddelde soortenrijkdom per staal voor de drie deelgebieden van de Westerschelde tussen 1992 en 2014.*

## 2.5.2 Vogels

### 2.5.2.1 Inleiding

Het Schelde-estuarium herbergt meer dan 150 000 watervogels tijdens de winter- en doortrekperiodes. Het is een gebied van internationaal belang, gezien er voor heel wat soorten meer dan 1 % van de populatie voorkomt (Ysebaert et al., 2000). In het mondingsgebied en de polyhaliene zone van de Westerschelde komen veel steltlopers voor, zoals scholekster, bonte strandloper, drieteenstrandloper en zilverplevier. In de mesohaliene zone speelt het Verdronken Land van Saeftinghe (ruim 3000 ha) een bijzondere rol voor eenden en ganzen als een uitgebreid foerageergebied en rustplaats. De smient is hier een algemene soort, net als de grauwe gans en pijlstaart.

Voor de watervogels is vanaf maart 2013 het MWTL telprogramma gewijzigd: in zes maanden van het jaar worden niet alle telgebieden meer geteld, maar alleen een aantal steekproefgebieden. Door een verschil in methodiek kan deze nieuwe data niet zomaar geëxtrapoleerd worden waardoor een vergelijking met de voorgaande jaren niet meer mogelijk is. Aangezien Sovon Vogelonderzoek Nederland wel al een vergaande analyse heeft gemaakt van deze vogelteldata, worden hun resultaten in dit rapport overgenomen. De MWTL tellingen van de broedvogels konden wel worden geanalyseerd.

Er is in hoofdzaak gekeken naar soorten waarvoor een instandhoudingsdoelstelling bestaat én die afhankelijk zijn van het estuarium (Tabel 2-16).

*Tabel 2-16: Niet-broedvogels en broedvogels in de Westerschelde waarvoor een instandhoudingsdoelstelling bestaat en die afhankelijk zijn van het gebied (Consortium Arcadis-Technum, 2007f; Ministerie van Economische Zaken van Nederland, 2014)*

| Niet-broedvogels | | | Broedvogels |
|---|---|---|---|
| **Bergeend** | Middelste zaagbek | | Blauwborst |
| **Bontbekplevier** | Pijlstaart | | Bontbekplevier |
| **Bonte strandloper** | Rosse grutto | | Bruine kiekendief |
| **Drieteenstrandloper** | Scholekster | | Dwergstern |
| **Fuut** | Slobeend | | Grote stern |
| **Goudplevier** | Smient | | Kluut |
| **Grauwe gans** | Steenloper | | Strandplevier |
| **Groenpootruiter** | Strandplevier | | Visdief |
| **Kanoet** | Tureluur | | Zwartkopmeeuw |
| **Kievit** | Wilde eend | | |
| **Kleine zilverreiger** | Wintertaling | | |
| **Kluut** | Wulp | | |
| **Kolgans** | Zilverplevier | | |
| **Krakeend** | Zwarte ruiter | | |
| **Lepelaar** | | | |

#### 2.5.2.2 Niet-broedvogels

***Temporele analyse maandgemiddeldes 1987-2014***

Voor de benthivore soorten blijkt dat enkel bergeend en wulp een langdurige positieve trend kennen terwijl er bijna voor alle andere soorten voornamelijk een afname van de populatie zichtbaar is. Voor enkele soorten bestond deze achteruitgang van de populatie reeds sinds de jaren ’80 of ’90 van vorige eeuw. Ook voor de meeste andere vogelsoorten is de negatieve trend reeds zichtbaar voor de derde verruiming waardoor er geen causale koppeling kan gemaakt worden op basis van deze gegevens.

Wat belangrijker is, zijn de recente afnames van drieteenstrandloper, kanoet, kievit en kluut daar waar verder terug in de tijd sprake was van een toename van de seizoensgemiddelden. Of de oorzaak van deze achteruitgang gekoppeld is aan de effecten van de recente ingrepen in de Westerschelde is echter niet zeker. De afname in de populatie is soms ook op landelijk niveau zichtbaar, zoals bij de kluut en kievit (Sovon, 2016).

Er bestaat een vermoeden dat de achteruitgang van het kokkelbestand een rol speelt in de achteruitgang van de scholekster alhoewel andere factoren zoals het verdwijnen van wadplaten en nestpredatie, ook een rol kunnen spelen (Sovon, 2016). Echter, er worden ook positieve tekenen herkend in de benthosgegevens (toename van de densiteit van nonnetjes) wat potentieel creëert voor het inzetten van een nieuwe positieve trend in de toekomst. De trend in de biomassa van de nonnetjes is echter stabiel gebleven, wat betekent dat er vooral veel kleine nonnetjes aanwezig zijn.

Voor de herbivore soorten, waaronder de ganzen en eenden, is in de seizoensgemiddelden een toename zichtbaar voor de krakeend en in mindere mate de pijlstaart. Voor de andere herbivore soorten is er echter reeds 15 jaar of meer een afname zichtbaar.

Bij de omnivore soorten gaan de populaties van de wintertaling (sinds 2005) en de slobeend (sinds 1995) er op vooruit, maar de steenloper blijft sinds de jaren ’80 achteruitgaan.

***Toetsing aan de Instandhoudingsdoelstellingen (IHD) en Ramsar normen***

Voor de IHD soorten van de Westerschelde zijn de seizoengemiddelden (juli jaar 1 – juni jaar 2) afgewogen ten opzichte van de Natura 2000 instandhoudingsdoelstelling. In Tabel 2-17 is weergegeven of de soorten al dan niet aan de IHD voldoen. Over de 4 jaren voldeden de bergeend, de kanoetstrandloper, de kleine zilverreiger, de krakeend, de lepelaar en de wulp aan de IHD norm. Tussen 2009 en 2013 voldeden de bergeend, de kanoet, de kleine zilverreiger, de krakeend, de lepelaar, de slobeend en de wulp aan de IHD norm. Van 2009 tot 2011 voldeden ook de drieteenstrandloper en de zilverplevier aan de norm terwijl de kolgans eraan voldoet van 2010, 2011 en 2013. De bontbekplevier voldeed in 2009 en 2011 aan de norm terwijl de groenpootruiter (2010), kluut (2010), rosse grutto (2009), pijlstaart (2013) en wintertaling (2012) slechts 1 jaar voldeden.

Onder de Ramsar Conventie (Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat) zijn naast twee criteria in algemene bewoordingen ook numerieke criteria geformuleerd voor een wetland van internationale betekenis. In Tabel 2-17 wordt gekeken of de trend in de seizoensgemiddeldes (juli jaar 1 – juni jaar 2) in de Westerschelde afwijkt van de trend in de internationale (West-Europese) 1 %-norm tussen 2006 en 2012. De volgende vogelsoorten voldeden aan de Ramsar norm: bergeend, lepelaar en pijlstaart.

Op basis van http://wpe.wetlands.org/ wordt ook vermeld wat de algemene internationale (West-Europese) trend was in de voorbije jaren. De betrouwbaarheid van deze trends variëren echter per soort en zijn niet actueel.

### *Discussie*

Voor de belangrijkste groep gerelateerd aan het estuarium (de benthivoren) wordt hoofdzakelijk een negatieve trend vastgesteld in de populatieomvang, maar dat deze voor een belangrijk deel reeds ingezet was voor de derde verruiming.

Diverse externe effecten hebben een belangrijke invloed op de waargenomen ontwikkelingen (trends op populatie niveau van de Europese populaties). Internationaal nemen de meeste populaties af, hoewel de evolutie van een heel aantal populaties onbekend is en in bepaalde regio's de populaties toenemen (Birdlife International, 2014).

Lokale veranderingen zullen de geschiktheid als leef- of foerageergebied echter ook in belangrijke mate beïnvloeden.

Ten eerste is het openstellen van buitendijkse wegen voor recreanten een gegeven dat voor veel verstoring (Arts *et al.*, 2015) van de vogels zorgt.

Ten tweede is zowel kwantiteit als kwaliteit bepalen voor de geschiktheid van de Westerschelde als leefgebied voor de watervogels, en dit kan per soort variëren. Zonder in te gaan op soortspecifieke verbanden, kunnen wel enkele ontwikkelingen aangewezen worden waarvan verwacht wordt dat ze de vogelpopulaties kunnen beïnvloeden. Het hoger worden van platen en steiler worden van hun randen zorgt voor een afname van het voor het foerageren van belang zijnde gebied met een droogvalduur tussen 30 % en 70 %. Ook wordt op verschillende slikken een versteiling waargenomen. De toename van het laagdynamisch areaal als geheel, maar ook ter hoogte van specifieke plaatranden, is dan weer een positieve ontwikkeling die er op wijst dat in totaal wel foerageergebied moet bijgekomen zijn (aangezien vooral het middenlitoraal in omvang toenam, 200 ha). De relatie tussen de plaatrandstortingen en ophogingen van platen is echter een aandachtspunt. Naar kwaliteit van de foerageergebieden is op te merken dat ophoging van de gebieden ook gepaard kan gaan met een afname van de benthos beschikbaarheid. Deze ontwikkelingen worden thans in detail bestudeerd binnen de opdracht Ecologische Validatie Plaatrandstortingen.

Ten slotte wordt ook de lage 'score' van de tellingen ten opzichte van de IHD doelstellingen als een negatieve toestand beoordeeld. Uit het T2009-rapport (T2009 Consortium, 2013) blijkt dat voorafgaand aan 2009 deze status ook al negatief was voor bontbekplevier, fuut, goudplevier, grauwe gans, middelste zaagbek, pijlstaart, rosse grutto, steenloper, strandplevier, tureluur en zwarte ruiter. Voor groenpootruiter, krakeend en wilde eend werd een positieve trend herkend terwijl in dit rapport voor de krakeend de IHD doelstelling gehaald wordt, alsook voor groenpootruiter in 2010.

Omdat er wellicht ook belangrijke veranderingen op breder populatieniveau zijn, die niet te achterhalen zijn uit deze analyse, wordt er voor een discussie van deze relaties vooral verwezen naar de 6-jaarlijkse systeemevaluatie van het Schelde-estuarium (T2015).

*Tabel 2-17: Vergelijking seizoensgemiddeldes (juli jaar 1 – juni jaar 2) van niet-broedvogels in de Westerschelde per jaar met Natura 2000 IHD (onder de norm: rood; boven de norm: groen) en 1 %-norm van Ramsar.*

| Soort | Natura2000 IHD | Seizoensgemiddelde juli-juni versus Natura 2000 IHD | | | | | Trend seizoens-gemiddelde Westerschelde 2009-2014 | Ramsar 1 %-norm (2012) | Trend 1 % norm (2006 – 2012) | Trend internationale populatie |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | '09/'10 | '10/'11 | '11/'12 | '12/'13 | '13/'14 | | | | |
| Bergeend | 4500 | 6 379 | 7 815 | 5 796 | 7 754 | 10 743 | Toename | 3000 | Stabiel | Toename |
| Bontbekplevier | 430 | 448 | 363 | 503 | 288 | 416 | Stabiel | 730 | Stabiel | Fluctuerend |
| Bonte strandloper | 15100 | 13 242 | 11 578 | 11 291 | 8 616 | 11 235 | Stabiel | 13300 | Afname | Stabiel |
| Drieteenstrandloper | 1000 | 1 519 | 1 256 | 1 353 | 812 | 564 | Afname | 1200 | Stabiel | Toename? |
| Fuut | 100 | 42 | 52 | 41 | 39 | 37 | Stabiel | 3500 | Afname | Afname? |
| Goudplevier | 1600 | 373 | 638 | 374 | 318 | 285 | Stabiel | 7100 | Afname | Toename |
| Grauwe gans | 16600 | 9 617 | 12 750 | 7 612 | 7 601 | 6 260 | Afname | 6100 | Toename | Toename |
| Groenpootruiter | 90 | 66 | 76 | 53 | 50 | 42 | Afname? | 2300 | Stabiel | Stabiel |
| Kanoet | 600 | 2 180 | 1 346 | 1 030 | 1 603 | 727 | Afname | 4500 | Stabiel | Niet gekend |
| Kievit | 4100 | 1 234 | 3 306 | 2 437 | 2 307 | 3 481 | Toename | 72300 | Toename | Stabiel |
| Kleine zilverreiger | 40 | 48 | 59 | 53 | 40 | 56 | Stabiel | 1300 | Stabiel | Toename |
| Kluut | 540 | 529 | 616 | 386 | 382 | 385 | Stabiel? | 730 | Stabiel | Stabiel? |
| Kolgans | 380 | 156 | 1 182 | 556 | 291 | 606 | Stabiel? | 12000 | Toename | Toename |
| Krakeend | 40 | 71 | 68 | 42 | 60 | 43 | Afname? | 600 | Toename | Toename |
| Lepelaar | 30 | 123 | 120 | 100 | 142 | 156 | Stabiel | 110 | Toename | Toename |
| Middelste zaagbek | 30 | 8 | 9 | 10 | 12 | 8 | Stabiel | 1700 | Stabiel | Niet gekend |
| Pijlstaart | 1400 | 493 | 821 | 812 | 894 | 1 524 | Toename | 600 | Afname | Toename |
| Rosse grutto | 1200 | 1 203 | 925 | 923 | 822 | 624 | Afname | 1200 | Stabiel | Toename |
| Scholekster | 7500 | 7 138 | 6 678 | 6 250 | 6 743 | 7 424 | Stabiel | 8200 | Afname | Afname |
| Slobeend | 70 | 72 | 93 | 83 | 70 | 86 | Stabiel | 400 | Stabiel | Toename |
| Smient | 16600 | 10 330 | 7 627 | 5 852 | 7 116 | 5 882 | Afname | 15000 | Toename | Stabiel |
| Steenloper | 230 | 152 | 151 | 139 | 139 | 111 | Afname? | 1400 | Afname | Toename? |
| Strandplevier | 80 | 13 | 12 | 10 | 11 | 10 | Stabiel | 660 | Stabiel | Niet gekend |
| Tureluur | 1100 | 1 013 | 866 | 624 | 553 | 622 | Afname | 2400 | Afname | Toename? |
| Wilde eend | 11700 | 7 854 | 7 613 | 6 550 | 9 019 | 6 789 | Stabiel | 45000 | Toename | Niet gekend |
| Wintertaling | 1100 | 631 | 811 | 715 | 1 181 | 876 | Stabiel | 5000 | Toename | Toename |
| Wulp | 2500 | 3 323 | 3 769 | 3 343 | 3 282 | 3 856 | Stabiel | 8400 | Afname | Afname |
| Zilverplevier | 1500 | 1 864 | 1 731 | 1 675 | 1 217 | 1 438 | Stabiel | 2500 | Toename | Afname? |
| Zwarte ruiter | 270 | 122 | 90 | 96 | 64 | 79 | Afname | 850 | Afname | Stabiel? |

#### 2.5.2.3 Broedvogels

Het aantal broedvogelparen toont een gemengde evolutie en de aantallen fluctueren sterk.

De grote stern komt voor in de Westerschelde sinds de jaren ’80, maar beperkt tot de Hooge Platen. De laatste 4 jaar is de populatie stabiel met een aantal van ruim 2000 koppels. De dwergstern heeft een variabel voorkomen met een dieptepunt rond 2010 – 2012, wat overeenkwam met hogere populatieaantallen op andere plaatsen (o.m. Maasvlakte). Sindsdien komen er jaarlijks ca. 100 à 150 broedparen voor. De visdief kent in de laatste jaren een dalende trend, en een belangrijk element hierbij is dat de visdief sinds 2014 niet meer waargenomen wordt in het Land van Saeftinghe.

De populatie van de kluut in de Westerschelde is maar een fractie van de Deltapopulatie, die in haar geheel ook afneemt. De strandplevier kent ook een sterke terugval. De bontbekplevier en kleine plevier hebben slechts kleine populaties die tussen 2000 en 2010 een sterke toename kenden, maar sindsdien ook weer terugvielen naar lagere populaties.

De belangrijkste elementen die Strucker et al. (2014, 2015) aanhalen voor de terugval van deze soorten, is een combinatie van afname in broedplaatsen langs dijken (verhoogde verstoring door recreatie en successie van vegetatie), en toenemende predatie door vossen. Anderzijds zijn er op platen kansen, bijvoorbeeld op Hooge Platen kan ophoging zorgen voor meer broedplaatsen, maar successie van de vegetatie kan ook het omgekeerde effect hebben voor bv. grote stern. Competitie voor broedplaatsen met meeuwen kan ook een reden zijn voor de afname. Positieve invloeden naar de toekomst toe zijn het creëren van broedplaatsen op platen en andere natuurontwikkelingsprojecten.

Er is niet altijd een verklaring waarom een broedplaats het ene jaar wel en het ander jaar niet of minder wordt bezocht (bv. dwergstern in 2011). Ook externe invloeden (grootschalige trends) spelen een grote rol. Onderzoek van dergelijke relaties valt buiten de opzet van deze rapportage.

De lHD’s voor de gehele ZW Delta (regiodoelen) worden in de Westerschelde niet gehaald, behalve voor de zwartkopmeeuw tot 2014. Het behalen van het streefdoel voor de Westerschelde verschilt van soort tot soort.

Een aandachtspunt voor de zichtjagende soorten is een stijgende jaargemiddelde sedimentconcentratie t.h.v. Vlissingen. Het doorzicht zelf vertoont echter geen significante trend te Vlissingen, maar wel t.h.v. Schaar Ouden Doel (nabij de grens). Het westen van de Westerschelde is voor o.m. de sternen een belangrijk foerageergebied waar doorzicht een kritieke factor is. De afname van het doorzicht lijkt wel meer tijdens de wintermaanden (december-mei) plaats te vinden dan tijdens de zomermaanden (Figuur 2-48), terwijl voor zichtjagers vooral het doorzicht tijdens de zomermaanden van belang is.

Zonder een diepgaande analyse van de trends, externe invloeden en interacties op de populaties in de Westerschelde, kunnen geen uitspraken over eventuele invloeden van de verruiming zelf gedaan worden. Een dergelijke analyse valt buiten het opzit van deze rapportage.

*Tabel 2-18: Trends in aantallen broedparen in de Westerschelde tussen 2010 en 2015 (inclusief Saeftinghe).Groen: Westerschelde streefdoel gehaald; Rood: niet gehaald.*

| IHD regiodoel | | | Aantal broedparen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Soort* | *Delta* | *WS* | *2010* | *2011* | *2012* | *2013* | *2014* | *2015* |
| Bontbekplevier | 100 | 10 | 38 | 26 | 22 | 12 | 8 | 10 |
| Dwergstern | 300 | 100 | 47 | 3 | 48 | 132 | 156 | 101 |
| Grote Stern | 6200 | - | 3700 | 705 | 2350 | 2277 | 2500 | 2100 |
| Kluut | 2000 | 150 | 254 | 242 | 216 | 191 | 93 | 141 |
| Strandplevier | 220 | 40 | 16 | 14 | ? | 12 | 18 | 9 |
| Visdief | 6500 | 1600 | 885 | 673 | ? | 1347 | 1187 | 1099 |
| Zwartkopmeeuw | 400 | 4 | 896 | 625 | ? | 1411 | 1220 | 260 |

## 2.5.3 Zeehonden

### 2.5.3.1 Inleiding

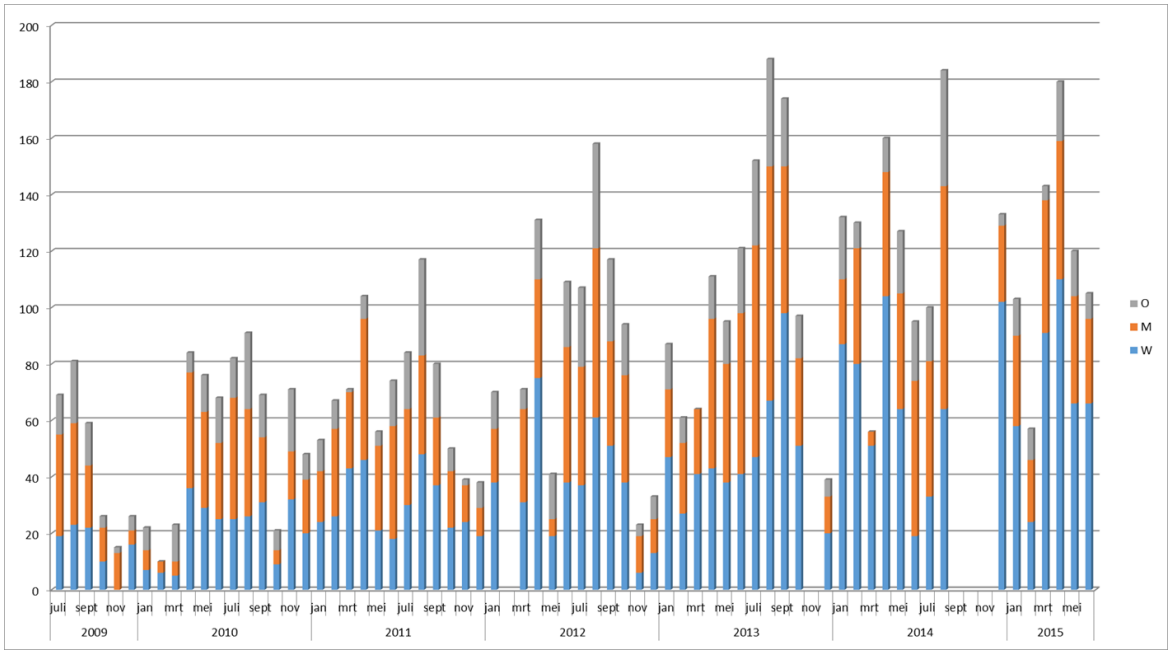
Zeehonden staan aan de top van de voedselketen en stellen belangrijke habitatvereisten. Het gedetailleerd opvolgen van de aantallen en het reproductiesucces van de zeehonden is daarom een belangrijke maat voor de algehele ecologische kwaliteit van het estuarium.

Gewone zeehonden *Phoca vitulina* zijn bij laagwater in de Westerschelde hoofdzakelijk te vinden op droogvallende zandplaten met een steile rand langs vrij diep water. Het aantalsverloop van gewone zeehonden in Nederland is redelijk goed gedocumenteerd, maar de populatie is nog steeds aangewezen op immigratie vanuit andere gebieden in de Noordzee (CLO, 2015). De grijze zeehond *Halichoerus grypus* geeft de voorkeur aan rotsige kusten bij open zee en dankzij een dikke speklaag is deze zeehond goed beschermd tegen het koude zeewater. De grijze zeehond is slechts recent teruggekeerd en wordt ook slechts sporadisch waargenomen in de Westerschelde.

In het kader van het MWTL meetplan (data 2009-2015) worden maandelijks tellingen van de zeehonden uitgevoerd in de Westerschelde. Telkens wordt een systematische vlucht binnen één getij gevlogen, waarbij het aantal jonge en volwassen individuen per locatie geteld worden. De data werden geanalyseerd per deelgebied (west, midden, oost). De tellingen van de Provincie Zeeland zijn stopgezet in juni 2013 en werden met ingang van seizoen 2013/2014 uitgevoerd in samenwerking met RWS.

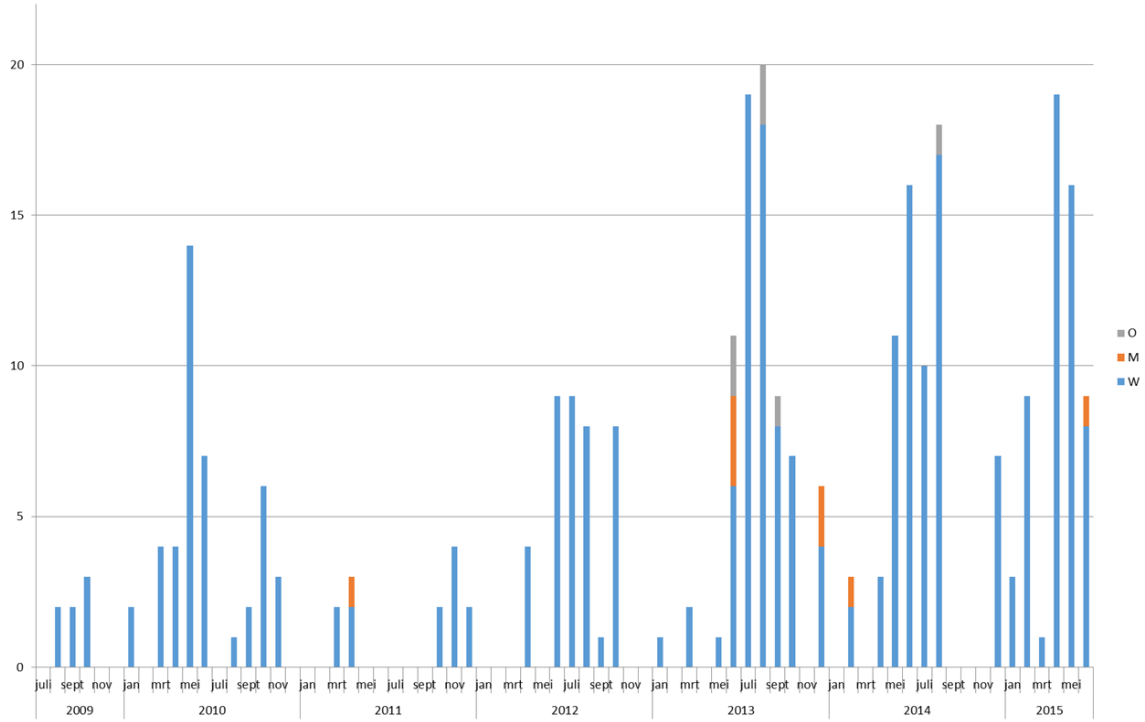
### 2.5.3.2 Analyse

Uit alle data in de Westerschelde, ook uit de augustustellingen, blijkt er een significante positieve trend te bestaan voor de populatie gewone zeehonden in alle deelgebieden van de Westerschelde (Figuur 2-66). Er wordt een trendmatige toename in het aantal gewone zeehonden geschat van 16 individuen per jaar. De volwassen individuen worden voornamelijk aangetroffen in het westen van de Westerschelde terwijl de jongere individuen dieper in het estuarium gevonden worden in de zomermaanden (juni-juli-augustus).




*Figuur 2-66: Spatiotemporele evolutie van het aantal volwassen gewone zeehonden, in de Westerschelde tussen juli 2009 en juni 2015 (W: west, M: midden, O: oost).*

Er worden beduidend minder grijze zeehonden dan gewone aangetroffen in de Westerschelde. Deze wordt ook minder verwacht aangezien grijze zeehonden een voorkeur hebben voor rotsige kusten. De volwassen dieren worden voornamelijk in het westelijk deel van de Westerschelde gespot (Figuur 2-67). Er werden slechts 2 jonge grijze zeehonden aangetroffen in de Westerschelde tussen 2009 en 2015, namelijk in februari 2014. Er is dus geen sprake van een populatie grijze zeehonden in de Westerschelde.




*Figuur 2-67: Spatiotemporele evolutie van het aantal volwassen grijze zeehonden in de Westerschelde tussen juli 2009 en juni 2015 (W: west; M: midden; O: oost).*

## 2.5.4 Conclusies

De hoogste benthosdensiteiten worden telkens aangetroffen in het laagdynamisch areaal. Op lange termijn (gegevens sinds jaren ’90) wordt een afname van kokkels waargenomen en een toename van de densiteit van het nonnetje. Deze laatste trend is echter niet merkbaar in de biomassa.

Een invloed van de recente ingrepen op de trends in de schelpdierdata valt niet onmiddellijk te herkennen. Een meer diepgaande detailanalyse op soortniveau lijkt wenselijk en wordt ook aangeraden door de Commissie Monitoring Westerschelde. Er wordt echter verwezen naar de studie Ecologische Validatie van de Plaatrandstortingen en de T2015 systeemevaluatie: hierin wordt namelijk dieper ingegaan op de totale macrobenthos biomassa in het bijzonder als verklarende parameter en het ecologisch functioneren in het algemeen (doorstroom doorheen het voedselweb).

Voor de benthivore watervogels blijkt dat heel wat soorten een negatieve populatieontwikkeling doormaken die reeds ingezet was voorafgaand aan de derde verruiming, in sommige gevallen van in de jaren ’80. Ook wat betreft het halen van de instandhoudingsdoelstellingen is er geen verbetering merkbaar ten opzichte van de periode voor 2009.

Er moet rekening gehouden worden met het feit dat de lokale populatie, naast de gehele ecosysteemtoestand, ook beïnvloed worden doortal van externe effecten waarnaar in het kader van deze rapportage geen verder onderzoek is gevoerd; hiervoor wordt naar de 6-jaarlijkse systeemevaluatie verwezen. In de Westerschelde is de kwantiteit van het laagdynamisch areaal toegenomen, wat potentieel leidt tot meer foerageergebied.

Een risico hierbij is de verhoging en versteiling van plaatranden en slikken. Op basis van de uitgevoerde analyses op de benthosgegevens kan niet eenduidig vastgesteld worden of de kwaliteit van het foerageergebied effectief verhoogd is. Ook hiervoor wordt naar andere studies (T2015, Ecologische Validatie Plaatrandstortingen) verwezen.

Het aantal broedvogelparen toont een gemengde evolutie en de aantallen fluctueren sterk.

Er wordt een trendmatige toename geschat van 16 individuen gewone zeehonden per jaar in de Westerschelde, maar deze populatie is nog steeds afhankelijk van de uitwisseling met populaties in het Deltagebied, de Waddenzee, Engeland en Frankrijk. Naar verwachting zullen de aantallen zeehonden verder groeien, bij het uitblijven van rampen zoals een virusepidemie. De mate waarin dit gebeurt, zal afhangen van de draagkracht van het gebied en dit wordt op zijn beurt beïnvloed door de beschikbaarheid van voedsel en ruimte (voornamelijk ligplaatsen op droogvallende zandplaten), verbetering van de waterkwaliteit en voldoende rust. De populatie gewone zeehonden laat alvast een gezonde reproductie zien, analoog aan de populatie in de Waddenzee. Er is geen sprake van een populatie grijze zeehonden in de Westerschelde en deze wordt ook niet verwacht gezien grijze zeehonden een voorkeur hebben voor rotsige kusten bij open zee.

# 3. INTEGRALE DISCUSSIE

## 3.1 VOORAF

In het voorgaande hoofdstuk van dit rapport werden de data die vallen binnen het kader van het monitoringprogramma Flexibel Storten beknopt voorgesteld en besproken. Er werd nagegaan of er eventuele trends of trendwijzigingen aanwezig zijn doorheen de tijd, en er werden verklaringen gezocht voor de waargenomen ontwikkelingen.

In dit hoofdstuk wordt op basis van recente monitoring en resultaten uit relevante onderzoeken, uitspraken gedaan omtrent de effecten van de derde verruiming en het Flexibel Storten. Hierbij dient rekening gehouden te worden met (gekende) ontwikkelingen die reeds aan de gang waren voorafgaand aan het jaar 2010. Er wordt dus niet puur naar de evoluties van de jaren 2014 en 2015 gekeken; hierbij vormt de Voortgangsrapportage die een tweejaarlijkse cyclus kent, een neerslag van voortschrijdend inzicht.

Een breed scala aan parameters zijn onderzocht en beschreven in het T2009 rapport (T2009-consortium, 2014). Dit levert ons een kader waarbinnen de recente ontwikkelingen dienen gezien te worden. Daarnaast is de kennis aangaande de systeemwerking van het Schelde-estuarium sterk toegenomen door het onderzoek dat uitgevoerd is in het kader van de LTV V&T-studie 'Instandhouding Vaarpassen' (diverse rapporten, consortium IMDC-Deltares-Arcadis-Svasek, 2013; zie http://www.vnsc.eu/organisatie/werkgroepen/onderzoek-en-monitoring/rapporten-v-t.html). Er is eveneens bijkomend onderzoek in uitvoering binnen het kader van de Agenda van de Toekomst.

### *Definitie van autonome ontwikkelingen*

Een aantal van de gekende ontwikkelingen wordt in wat volgt als '*autonoom'* omschreven. Er wordt op gewezen dat aan deze term niet de connotatie '*natuurlijk'* wordt gegeven. Het Schelde-estuarium is namelijk reeds decennia onderhevig aan menselijke ingrepen waarop het systeem als geheel reageert. De opeenvolgende menselijke ingrepen en hun effecten cumuleren doorheen de tijd, wat als gevolg heeft dat de veranderingen in het systeem niet meer te beschouwen zijn als natuurlijke ontwikkelingen, maar ook niet voor de volle 100 % gedetermineerd zijn door het menselijk ingrijpen. Door de cumulatie zijn de effecten ook niet noodzakelijk aan een individuele ingreep toe te wijzen. De ingrepen zijn door de mens gestuurd, maar de gevolgen ervan zijn het resultaat van processen die fysisch of ecologisch van aard zijn. Met andere woorden: *het systeem (re)ageert 'autonoom' binnen randvoorwaarden die door de mens zijn opgelegd*.

### *Significantie van de effecten, correlatie en causaliteit*

De derde verruiming is niet de eerste ingreep in het Schelde-estuarium. Zaken die vandaag worden waargenomen zijn het resultaat van een combinatie van langetermijn-ontwikkelingen die decennia geleden gestart zijn, andere veranderingen zijn dan weer instantaan.

Sommige ingrepen kunnen als duidelijk startpunt van bepaalde latere ontwikkelingen aangeduid worden, maar meestal ijlen deze ontwikkelingen na, of worden ze verstoord door andere processen. Hierdoor kan het voorkomen dat de waargenomen correlatie tussen parameters pas duidelijk wordt op de lange termijn.

Op basis van verder onderzoek komen dan onderliggende processen aan het licht, en kunnen causale verbanden gelegd worden tussen voorbije ingrepen en waarnemingen.

Ondanks de grote systeemkennis is het soms lastig om recente waarnemingen te relateren met een specifieke ingreep door de eerder genoemde cumulatie van effecten, maar ook omdat sommige onderliggende processen stochastisch van aard zijn. Men is dan vooral aangewezen op het vaststellen van correlatieve verbanden.

In dit rapport worden waar mogelijk, op basis van de gekende deterministische processen en expertenoordeel inzake andere processen, relaties met ingrepen gelegd. Deze zullen hoofdzakelijk correlatief van aard zijn met, waar dat redelijkerwijs kan, een aanduiding van potentiële causaliteit.

## 3.2 EFFECTEN VAN DE VERRUIMING

### *Baggerwerken*

#### *Aanleg en onderhoud*

De aanlegbaggerwerken voor de derde verruiming van de vaargeul van de Schelde werden grotendeels uitgevoerd in de periode 2008-2010 in de Beneden-Zeeschelde en in 2010 in de Westerschelde. Daarnaast worden ook onderhoudsbaggerwerken uitgevoerd om de drempeldieptes op het gewenste peil te houden.

In de Westerschelde werd in 2010 een aanlegvolume van ca. 7,7 Mm³ sediment opgebaggerd en hoofdzakelijk op de vier plaatrandstortlocaties afgezet. Datzelfde jaar werden voor 5,7 Mm³ onderhoudsbaggerwerken uitgevoerd. In de jaren na de verruiming (2011-2015) lag het onderhoudsvolume tussen 9,5 en 8,8 Mm³ per jaar; dit is hoger dan de onderhoudsvolumes voor de verruiming (ca. 5,5 à 7 Mm³) maar lager dan de verwachting in het MER (11,7 Mm³ per jaar). Het jaarlijks onderhoudsvolume nam wel af over de periode 2011-2015.

In de Beneden-Zeeschelde wordt onderscheid gemaakt tussen zandige specie en slib. De gebaggerde zandvolumes liggen meestal tussen 1,0 en 2,0 Mm³ per jaar, wat lager is dan wat in het MER werd verwacht. Na de jaren van de verruiming is er geen toename van de onderhoudsvolumes zand waargenomen. Voor slib is het beeld anders: de volumes liggen er beduidend hoger dan wat in de MER werd voorspeld. Tussen 2011 (piekjaar met 4,8 Mm³ V' slib gebaggerd) en 2015 is er wel een dalende trend aanwezig. Naast de verruiming van de vaargeul zelf speelt ook de baggerstrategie rond het Deurganckdok een belangrijke rol: vanaf 2011 werd tot op een lager bodempeil gebaggerd, waardoor op korte tijd heel veel slib werd opgebaggerd. Op de Drempel van Frederik vond ook een versterkte aanslibbing plaats volgend op de verruiming.

#### *Zandwinning*

Naast deze reguliere baggerwerken wordt ook zandwinning uitgevoerd. In de Westerschelde nam dit gradueel af, tot ca. 0,5 Mm³ per jaar. In 2015 is de zandwinning in de Westerschelde gestopt. In de Beneden-Zeeschelde wordt vanuit Schaar Ouden Doel gemiddeld 1,5 Mm³ zand gewonnen per jaar.

### *… en hun effect op de morfologie*

De morfologie van het estuarium is onderhevig aan een voortdurende dynamiek door een combinatie van autonome ontwikkelingen en menselijke ingrepen. Binnen deze combinatie werken de menselijke ingrepen soms in dezelfde richting als de autonome evoluties, en soms werken de ingrepen de autonome ontwikkelingen tegen.

Bij het beoordelen van de effecten van het flexibel storten is de vraag dan ook niet enkel “hoe ontwikkelt het systeem zich na de ingreep?” maar ook “hoe verschuift de autonome ontwikkeling van het systeem als gevolg van de ingreep?”.

Het evidente effect van een verruiming is dat de omvang van de vaargeul (de hoofdgeul) toeneemt. Het zwaartepunt van de verruiming en het hierop volgend onderhoud lag – en ligt nog steeds – in het oostelijk deel van de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde van de grens tot aan Deurganckdok. Een belangrijk verschil met bijvoorbeeld de eerste verruiming is dat de stortstrategie sterk verschillend is: het aanlegbaggervolume werd niet uit het systeem gehaald, maar teruggestort binnen het estuarium. Het effect hiervan is dat het netto volume sediment in het estuarium in principe niet verandert (met uitzondering van de fluxen aan de randen van het beschouwde gebied).

De zandwinning zorgt wel voor een afname van het sedimentvolume. Uit de baggervolumes zand en de zandwinning in de Beneden-Zeeschelde blijkt dat het gebaggerde zand (onderhoud) dat in Schaar Ouden Doel wordt teruggestort, vervolgens uit het systeem wordt gehaald.

### *… en hun effect op de hydrodynamica*

De morfologie kent een wisselwerking met de hydrodynamica. Bij de beoordeling van de morfologische ontwikkelingen en de impact van de derde verruiming is een belangrijk motief dat de morfologische evolutie niet mag leiden tot een verdere toename van de getijslag in de Schelde. De getijslag in de Schelde kende decennia lang een stijgende trend met de sterkste toename in de jaren ’70 (na de eerste verdieping), en dit is een ongewenste evolutie vanuit het oogpunt van zowel veiligheid, toegankelijkheid als natuurlijkheid.

De stijging van de relatieve getij-amplificatie, die hoofdzakelijk wordt bepaald door de morfologie van het estuarium, is in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde vertraagd en rond 2010 gestagneerd, al is het op basis van de beschikbare data nog te vroeg om al te spreken over een afbuigen of dalen van de getij-amplificatie (zie §2.2.3). Deze ontwikkeling is waarschijnlijk enerzijds het gevolg van autonome processen (de stijging in de jaren ’90 en 2000 was waarschijnlijk nog het gevolg van het doorwerken van de morfologische respons op de eerste en tweede verdieping), maar anderzijds zullen maatregelen zoals het stoppen van de zandextractie in de Westerschelde in 2015, en het storten met oog op het behoud van het meergeulenstelsel, hier een invloed hebben gehad (er wordt wel nog steeds aan zandwinning gedaan in de Beneden-Zeeschelde, zie §2.1.3). Er wordt opgemerkt dat de getijamplificatie verder opwaarts (bv. Dendermonde) momenteel wel nog verder toeneemt.

In de jaren sinds de derde verruiming lagen de absolute jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden algemeen lager dan de trendmatig voorspelde waarde, maar dit is hoofdzakelijk veroorzaakt door meteorologische invloeden, zoals een lagere windopzet en een aantal drogere jaren met lage bovenafvoer.

Zoutgehaltes in de Beneden-Zeeschelde (de meetlocaties Punt van Melsele, Antwerpen en Kruibeke) zijn mogelijk verhoogd sinds 2011, maar deze verandering was nog te klein om met volledige zekerheid vast te stellen (zie §2.4.5). Daarnaast werden in 2015 verhoogde zoutgehaltes waargenomen in de Beneden-Zeeschelde, die niet volledig konden worden verklaard door een (simpel) verband tussen jaargemiddeld zoutgehalte en jaargemiddelde bovenafvoer (zie Figuur 2-59). Het is ook niet duidelijk of deze verhoogde zoutgehaltes verband houden met de verhoogde piekwaarden van het zoutgehalte die verder opwaarts in de Boven-Zeeschelde zijn waargenomen (Cox *et al.*, 2015)

### *Interacties tussen morfologie en hydrodynamica*

#### *Geulen en platen*

De (relatieve) omvang van hoofd- en nevengeulen in de Westerschelde bepaalt de debietsverdeling rond de platen, en daarmee ook de morfologische ontwikkelingen op mesoschaal. Een verruiming van de hoofdgeul zal in principe de getijverdeling rond de platen beïnvloeden. Dit blijkt effectief op te treden vanaf 2010 in bijvoorbeeld Macrocel 5, met grote veranderingen in de Schaar van Waarde en de platen van Valkenisse: het Zuidergat trekt enkele procentpunten meer van het getij, wat zowel door metingen als modelberekeningen wordt ondersteund. In andere macrocellen is dit niet duidelijk vast te stellen (al dan niet omdat er reeds een voorafgaande trend aanwezig was). Een dergelijk proces kan echter bijdragen tot hogere dynamiek langs de platen, wat de versteiling van de plaatranden kan verklaren. Aan de oostzijde van de Rug van Baarland wordt dit waargenomen (ten minste deels een effect van de langetermijntrend): de hoofdgeul wordt er steeds ruimer terwijl het Middelgat verder aanzandt. De oostzijde van de Rug van Baarland is sterk aan erosie onderhevig, en de plaatrand versteilt.

#### *Slikken en schorren*

Uit de metingen van de slikken en schorren komt een gemengd beeld naar voor, waarbij sommige schorren erosie vertonen (bv. Platen van Hulst, Ketenisse), en andere sedimentatie (bv. Appelzak, Biezelingse Ham, Paardenschoor, Galgenweel). Diversiteit in processen hoort bij het normaal autonoom functioneren van het estuarium. Met uitzondering van de oostelijke rand van Saeftinghe (zie verder) zijn er dan ook geen indicaties dat er systematische problemen zijn met het morfologisch functioneren van de slik- en schorgebieden. De snelheid van verandering ten opzichte van de langetermijntrend kan wel een indicatie zijn van de aanpassing van slikken aan de veranderende morfologie van de geulen.

De ontwikkelingen in de individuele schorgebieden staan niet los van de grootschalige morfologische dynamiek van het geulsysteem, en van de menselijke activiteiten zoals sedimentstortingen. Twee voorbeelden:

- De bodemwijziging van de lagere delen van de slikken bij Waarde zijn waarschijnlijk gelinkt aan de migratie van de geulen ten noorden van de Plaat van Valkenisse (o.a. geul van Zimmerman), die op hun beurt beïnvloed worden door de rotatie van de vloedschaar van Waarde en van Valkenisse, en dus de volledige dynamiek in macrocel 5.
- De dynamiek van het slik van Knuitershoek (Ossenisse), waar sinds 2014-2015 sedimentatie voorkomt op het laag slik, wordt waarschijnlijk beïnvloed door de stortingen in de diepe put van Ossenisse.

Op de oostelijke rand van het verdronken land van Saeftinghe wordt significante erosie en terugschrijden van de schorklif waargenomen. Deze zone is dan ook een aandachtspunt, zoals ook werd aangehaald in het vorige voortgangsrapport (IMDC, 2014b). Mogelijk hebben scheepsgolven, gegenereerd door passerende vrachtschepen in de nabijgelegen vaargeul, een invloed op de schorklif. Hier wordt momenteel bijkomend onderzoek naar verricht. Er zijn echter ook andere processen die een rol kunnen spelen, zoals een natuurlijke cyclus van schorverhoging, ondergraving en herstel; de snelheid van het erosie-proces doet echter vermoeden dat hier de golfslag een belangrijkere rol speelt.

De slikken langs de Beneden-Zeeschelde vertonen ook een gemengd beeld. Het middelhoog tot hoog slik ondergaat op verschillende plaatsen sedimentatie, onder meer aan het Groot Buitenschoor, Schor Ouden Doel en Paardenschoor, t.h.v. Lillo en de Boerenschans en het Galgenweel. Nader onderzoek is nodig om te oordelen of de sedimentatietrends gewijzigd zijn, en of dit te correleren valt met de ontwikkeling van de slibconcentraties in de Zeeschelde (zie verder).

Een slik waar de effecten van de verruiming zelf mogelijk voelbaar zijn is het Galgenschoor: vooral aan het laag slik wordt erosie waargenomen. De verruiming van de vaargeul die hieraan grenst (incl. Drempel van Frederik) en de scheepvaartactiviteit kan leiden tot meer dynamische omstandigheden, met erosie tot gevolg. Dit was ook de reden (in het MER) om compensatie te voorzien, en is dus niet onverwacht.

## 3.3 EFFECTEN VAN DE STORTSTRATEGIE

### *Stortingen op diverse locaties*

De initiële plaatrandstortingen zijn uitgevoerd met het zand afkomstig van de verdieping van de drempels. Vervolgens zijn bijkomende stortingen uitgevoerd om de realisatie van laagdynamisch, waardevol ecologisch gebied, verder te sturen.

Aan Hooge Platen West is uitsluitend in het diepe deel van de plaatrandstortzone gestort, zodat het sediment onder invloed van de vloedstroom naar ondieper water zou migreren. Een vergelijkbare aanpak is uitgevoerd aan de Plaat van Walsoorden, waar een ‘megaduin’ is aangelegd, en nadien verschillende keren aangevuld. Aan Hooge Platen Noord werd een andere aanpak toegepast, waarbij de aanleg van twee zandtongen diende om tussenin een laagdynamische zone te creëren, waar autonome sedimentatie kon optreden. Plaatrandstortingen aan de Rug van Baarland hielden initieel ook de aanleg van een verondieping in, maar de stortingen zijn na verloop van tijd gestaakt om de sterke autonome sedimentatie in het Middelgat niet verder te versterken.

De ingrepen van de stortstrategie ‘flexibel storten’ grijpen op sommige locaties sterk in op de geulvolumes. De nevengeulen van macrocel 1 (Schaar van de Spijkerplaat) en macrocel 3 (Everingen) zijn intensief gebruikte stortlocaties. Andere nevengeulen worden de laatste jaren echter ontzien omwille van bezorgdheid over de te sterk afnemende geulvolumes. De projectgroep bewaakt deze toetsparameter (Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten). Er kan echter niet (uitsluitend) naar het baggeren en storten gewezen worden als oorzaak van deze evolutie; autonome ontwikkelingen dienen in rekening gebracht te worden. Zo is de sedimentatie in het Middelgat reeds decennia aan de gang en zijn de uitgevoerde stortingen slechts een fractie van de autonome sedimentatie. Dit neemt niet weg dat de waargenomen ontwikkelingen een effect hebben op het systeemfunctioneren.

In het kader van het onderzoeksprogramma Agenda van de Toekomst, wordt hier verder aandacht aan besteed binnen de projectgroep “Meergeulen en Storten”. Hierbinnen loopt thans onderzoek naar deze autonome processen en worden morfologische (beleids)doelstellingen gezocht.

In het oosten van macrocel 5 wordt de Schaar van Waarde naar het noorden gedwongen (als secundair gevolg van plaatrandstortingen), terwijl het verlengde, de Schaar van Valkenisse, zuidwaarts roteert en de oostelijke zijde van de Plaat van Walsoorden erodeert. Dit biedt tegelijk ruimte aan de Plaat van Valkenisse die oostwaarts aangroeit.

De diepe delen van hoofdgeulen worden in de stortstrategie ook als stortlocatie ingezet. Hierbij is de diepe put ter hoogte van de Nol van Ossenisse (macrocel 4) zeer intensief ingezet, terwijl het sediment op die locatie relatief snel hermobiliseert. Aangezien het risico bestaat op sterke retourstromen van sediment naar de Drempel van Hansweert (rond de Plaat van Ossenisse), bestaat het risico dat de vereiste baggerinspanningen op deze drempel verder gaan toenemen. Om die reden besliste het Overleg Flexibel Storten verder zuidwaarts in de stortzones te gaan storten. Andere diepe zones geven een stabieler beeld van de stortingen.

Er worden ook onderhoudsbaggerwerken uitgevoerd aan de havens in de Westerschelde. Het sediment wordt hier over kleinere afstanden verplaatst, maar toch gaat het hier om belangrijke volumes van 3 à 6 Mm³ per jaar, dus ongeveer de helft van het onderhoudsvolume van de vaargeul.

*… impact op de morfologie en leefomgeving op de platen*

Alle plaatrandstortingen hebben binnen de stortvakken geleid tot verondiepingen.

Aan Hooge Platen West is voor de plaatpunt bijkomend ondieper gebied gecreëerd, maar de morfologische stabiliteit is laag. Dit hoeft niet te verwonderen aangezien deze plaatpunt onder invloed staat van sterke stromingen en golfwerking. Ondanks de morfologische veranderingen, is het laagdynamisch areaal hier zelfs teruggelopen ten opzichte van eerdere realisaties. Sinds de uitvoering van de stortingen heeft zich ook een zandduin op de plaatpunt gevormd. In de luwte achter deze duin is de omgeving relatief laagdynamisch, en bijkomende stortingen bieden hier enerzijds mogelijk een potentieel bijkomend voordeel, maar anderzijds geeft de migratie van die zandrug in de richting van de Bol aan dat het een proces is waarbij ook de ophoging van de plaat kan versterkt worden.

Ter hoogte van Hooge Platen Noord is tussen de zandtongen effectief sedimentatie opgetreden. Het gebied is lange tijd zeer stabiel gebleven, en er is ook effectief 50 hectare waardevol laagdynamisch areaal gecreëerd. Recenter beginnen de zandtongen zelf onder druk te staan en eroderen ze versneld. Een negatief aspect aan de plaatrandstortingen op deze locatie is dat er versneld zand op de plaat zelf is terecht gekomen. Met name ten oosten van de Bol zijn er aanwijzingen dat de ophoging volgend op de plaatrandstortingen versneld werd. Het Overleg Flexibel Storten heeft de voorbije jaren beslist om niet te storten in de meest gevoelige gebieden om te voorkomen dat sediment op de plaat wordt gebracht.

Aan de Rug van Baarland zelf zijn de autonome ontwikkelingen zeer sterk, en lijken de plaatrandstortingen die destijds werden uitgevoerd, geen invloed te hebben op de ontwikkeling van de plaat zelf.

De Plaat van Walsoorden is een gebied waar de stortingen hebben geleid tot een sterke toename van ondiep water, waaronder een toename van 36 hectare laagdynamisch areaal. Achter de zandrug of 'megaduin' is een ondiep gebied ontstaan. Vooralsnog wordt dit in stand gehouden door jaarlijks bijkomend te storten. Een deel van de gestorte sedimenten migreert verder langs de plaat. Aan de zuidelijke rand heeft dit bijgedragen tot een versnelde sedimentatie op rand van de plaat, wat uiteindelijk aanleiding gaf tot het optreden van een grote plaatval. Aan de noordoostelijke zijde, aan de uitloop van de noordelijke vloedschaar, treedt ook sedimentatie op waardoor de Schaar van Waarde naar het noorden wordt gedwongen.

Op de Hooge Platen en op de Plaat van Walsoorden wordt een verdere verhoging en schoraangroei opgemerkt. Dit proces was reeds aan de gang voor de start van de plaatrandstortingen, en dus minstens gedeeltelijk een autonome ontwikkeling. Schorvorming is ook zelfversterkend, omdat het schor zorgt voor een daling van de stroomsnelheden en de captatie van sediment. Anderzijds hebben de plaatrandstortingen mogelijk gezorgd voor een versnelling van het proces, omdat meer sediment beschikbaar werd ter hoogte van de platen.

Verdere verschorring van de platen wordt doorgaans als een ongewenste evolutie beschouwd, maar er zijn ook positieve effecten mogelijk (alhoewel die dan wellicht slechts tijdelijk zijn). Zo bieden (de schorren op) de platen een mogelijke habitat voor vogels die niet toegankelijk is voor vossen (wegens volledig omringd door water), en dit kan een (gedeeltelijke) compensatie vormen voor de opkomst van de vos in andere gebieden zoals het Land van Saeftinghe, waar de vos een sterke impact heeft op het vogelbestand. In het algemeen wordt het echter als negatief beoordeeld omwille van de relatie met de sterkte van de getij-indringing en de ecologische en morfologische variabiliteit in het systeem.

*… impact op het ecologisch functioneren*

De toename van het laagdynamisch areaal ter hoogte van de plaatrandstortzones en de Westerschelde in het algemeen, creëert een potentiële toegevoegde ecologische waarde. Indien deze gebieden door benthos gekoloniseerd worden, vormen ze mogelijk nieuwe foerageergebieden voor vogels. Echter, er is op basis van de beschikbare data nog geen ommekeer vastgesteld in het voorkomen van de kokkel die onderhevig is aan een dalende trend. De dynamiek in de kokkeldensiteit wordt op dit ogenblik nog vooral gestuurd door het al dan niet succesvol zijn van de broedval, iets waarvan een verband met de ingrepen nog niet gesteld is. Ook in het MER werd gesteld dat er effect zou zijn op de kokkelbestanden. Het nonnetje maakt een positieve populatietrend mee. De Commissie Monitoring Westerschelde wijst op een mogelijke relatie met verhoogde concentraties gesuspendeerd materiaal in de meetreeksen ter hoogte van Vlissingen en Schaar Ouden Doel, en een lagere fytoplanktonproductie. Een toename van nonnetjes past in een scenario waarbij een evolutie plaatsvindt van minder pelagische naar meer benthische primaire productie (macrobenthos biomassa). Deze zijn mogelijke aanwijzingen van belangrijke systeemwijzigingen die nader onderzoek vergen.

Qua soortenrijkdom van het benthos is in het algemeen geen trend herkenbaar.

Een analyse die in het kader van deze rapportage niet is uitgevoerd is de doorrekening van de benthos gegevens naar de volledige biomassa (inclusief een schaling in functie van het areaal van de verschillende ecotopen).

Een toegenomen laagdynamisch areaal zou in principe, zelfs bij gelijk blijvende densiteiten of biomassa per m², meer kokkel(biomassa) in totaal moeten betekenen. Er wordt verwezen naar een studie in uitvoering inzake de ecologische validatie van de plaatrandstortingen.

Uit de beperkte analyse van de vogelteldata kan geen conclusie getrokken worden in relatie tot de verruiming of het flexibel storten. Er zijn sterke externe effecten en/of grootschalige ontwikkelingen (op het populatieniveau van de Delta of op Europees niveau) en random variaties dat die algemene uitspraken verhinderen zonder verdere analyse.

Het meest waardevol zijn de detailobservaties per soort en per locatie, om vast te stellen of het voorkomen van een soort stabiel is, waarbij over de grenzen van de Westerschelde wordt gekeken om variaties te verklaren, bv. het uitwijken van een kolonie broedvogels naar een andere broedlocatie gedurende één jaar. De realisatie van laagdynamisch areaal als foerageergebied voor de watervogels wordt thans nader onderzocht in het kader van de ecologische validatie van de plaatrandstortingen.

Verder dient gewaakt te worden over de verspreiding van vossen langs het estuarium. Voor kustbroedvogels worden de platen in de Westerschelde belangrijke nestgebieden.

Zeehonden ondervinden geen negatieve invloed van de derde verruiming, wat reeds werd voorspeld in de Passende Beoordeling van de verruiming.

### *Storten van slib in de Beneden-Zeeschelde*

#### *… impact op de slibdynamiek en de troebelheid*

De evolutie van de concentratie aan fijn sediment in suspensie in de Beneden-Zeeschelde is een aandachtspunt waar recent verschillende studies naar zijn uitgevoerd (Cox *et al.*, 2015, 2016; Vandenbruwaene, *et al.*, 2015; IMDC, 2016c). In dit voortgangsrapport is het niet de bedoeling om de definitieve analyse te geven van slibdynamiek en alle invloedsfactoren maar er wordt wel een overzicht gegeven van de resultaten van drie verschillende databronnen, en een actualisatie van de data tot en met 2015.

De drie databronnen van metingen in de Beneden-Zeeschelde die in dit rapport zijn voorgesteld zijn de periodieke metingen op basis van oppervlaktestalen, metingen op basis van dieptestalen, en de continue metingen met multiparametertoestellen. Deze datasets wijzen alle drie op een stijging van de sedimentconcentraties sinds 2009 in een bepaalde zone in de Beneden-Zeeschelde, tussen ca. 60 en 80 km van de monding (vanaf ca. Liefkenshoek tot ca. Kruibeke). Deze toename is het sterkst in de bovenste helft van de waterkolom (zo blijkt uit de dieptestalen), en tijdens de wintermaanden. In de winter wordt er in deze zone een nieuw turbiditeitsmaximum gevormd (zie Figuur 2-44). Het verticaal concentratieprofiel wordt ook meer uniform over de waterkolom.

Ten opzichte van de eerdere analyses en ten opzichte van het vorige voortgangsrapport (IMDC, 2014a, 2014b) zijn er een aantal elementen die de stelling dat er zich een stijging van de sedimentconcentraties voordoet, kracht bijzetten:

- Sinds het vorige voortgangsrapport en een aantal andere studies zijn twee bijkomende meetjaren (2014, 2015) beschikbaar. Dit geeft zes meetjaren sinds 2009 (de vermoedelijke start van de verhoogde sedimentconcentraties) in plaats van vier, waardoor de verhoogde sedimentconcentraties na 2009 statistisch duidelijker naar voor komen.

- In de recente kwaliteitscontrole van de oppervlaktestalen werden een aantal mogelijk foutieve waarden geïdentificeerd in de dataset (Cox *et al.*, 2016); deze worden hier niet in beschouwing genomen, wat zorgt voor een meer accurate dataset.
- De zone waar de stijging zich voordoet is beter afgelijnd: tot de zone tussen 60 en 80 km van de monding. Wanneer men het volledige gebied van de Beneden-Zeeschelde beschouwt (met inbegrip van de meetlocatie Grens, waar geen stijgende trend wordt waargenomen), is de stijging minder duidelijk waarneembaar.

### *Mogelijke gevolgen*

Een toename van de sedimentconcentratie in de Beneden-Zeeschelde wordt als een negatieve evolutie beschouwd om verschillende redenen. Ten eerste kan de verhoogde sedimentconcentratie zorgen voor een verhoogde aanslibbing in de onderhoudszones (dokken, sluistoegangen) van de haven van Antwerpen en op de slikken en schorren.

Een verhoogde sedimentconcentratie kan ook een verlaging van de bodemwrijving teweegbrengen door demping van de turbulentie, en daardoor een versterking van de getijindringing. Dit zou op termijn tot een feedback-reactie kunnen leiden en een systeemomslag naar een hyperturbide toestand (Winterwerp, 2013). De mechanismen van hyperturbiditeit en het reële risico van een systeemomslag in de Schelde zijn nog niet volledig gekend en zijn het voorwerp van lopend onderzoek. De waarnemingen van de voorbije twee jaar geven geen specifieke nieuwe informatie over de kans op een systeemomslag, behalve de hierboven vermelde vaststelling dat de sedimentconcentratie is toegenomen rond 2009.

Daarnaast zorgt de toegenomen sedimentconcentratie ook voor een afname van de lichtindringing, wat een impact kan hebben op de primaire productie. Tussen Kruibeke en Punt Van Melsele is de lichtindringing afgenomen (Figuur 2-50), in de meetlocaties Antwerpen en Kruibeke wordt een daling van het gehalte aan chlorofyl a (een maat voor de biomassa aan fytoplankton) waargenomen. Naast een impact van de afgenomen lichtpenetratie op het fytoplankton, kan de biomassa aan fytoplankton ook wordt beïnvloed door de begrazing door zoöplankton. Het OMES rapport 2015 (Maris en Meire, 2016) vermeldt dat de duur van de bloei nu eerder beperkt is in de tijd, wellicht ten gevolge van begrazing door de sterk toegenomen zoöplanktongemeenschap.

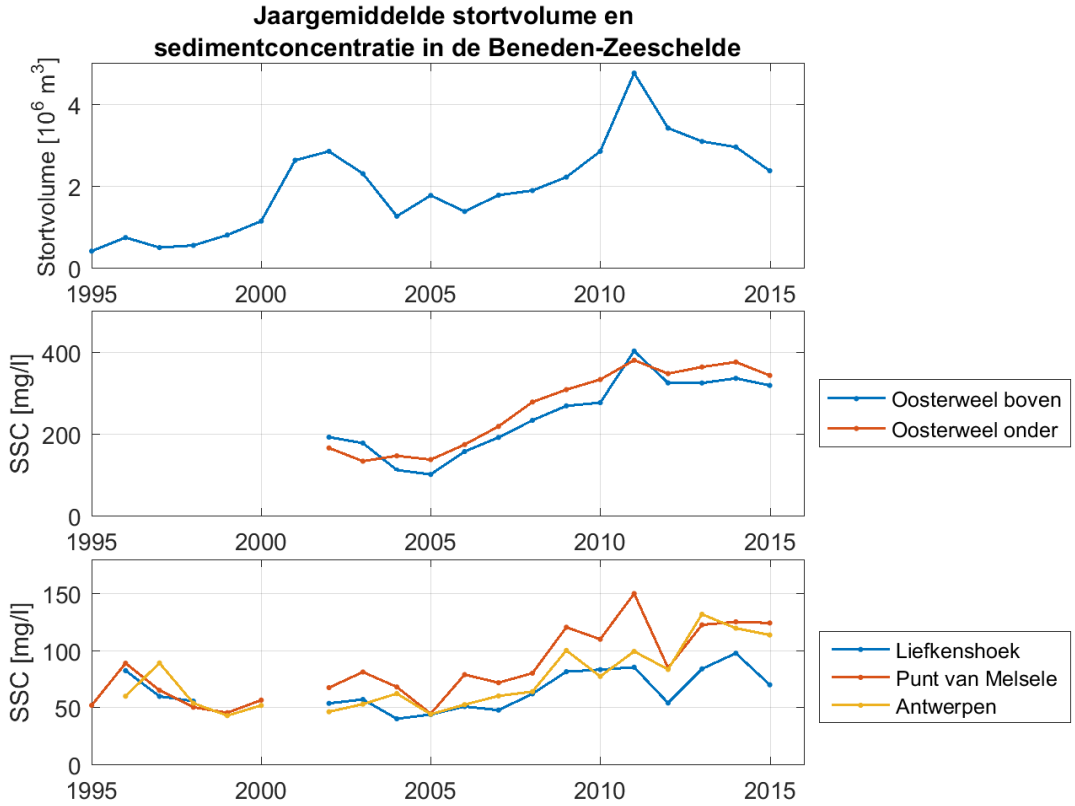
### *Mogelijke oorzaken en oplossingen*

Statistische analyses hebben aangetoond dat er een sterke relatie bestaat tussen de stortvolumes van slib in de Beneden-Zeeschelde en de gemeten sedimentconcentratie in Oosterweel (IMDC, 2016c). De hypothese is dat de bagger- en stortingswerken zorgen voor een kringloopproces, waarbij slib wordt opgebaggerd in de onderhoudszones en gestort in de stortzones; tijdens en na het storten gaat een deel van het slib in suspensie in de waterkolom, en bezinkt daarna in de onderhoudszones, waar het terug opgebaggerd wordt. Deze feedback-lus houdt fijn sediment vast in het systeem, en zou op termijn kunnen leiden tot hogere sedimentconcentraties.

Na 2011 zijn de stortvolumes van slib echter afgenomen (zie Figuur 3-1 en §2.1). De metingen van sedimentconcentratie vertonen na 2011 ook een afname, zij het proportioneel minder sterk dan de stortvolumes. Tussen 2011 en 2015 was er een reductie van 50 % in het jaarlijks stortvolume en een reductie van 10 % (bovenste sensor) à 20 % (onderste sensor) in de continue metingen van sedimentconcentratie.

In de periodieke metingen van sedimentconcentratie was er een reductie van 17 % in Punt van Melsele en Liefkenshoek, maar een toename van 15 % in Antwerpen.

Er is met andere woorden nog steeds een relatie tussen stortvolumes van fijn sediment en de sedimentconcentraties maar de relatie is complex, en het is niet meteen duidelijk waarom de jaargemiddelde sedimentconcentraties in 2015 hoger lagen dan bijvoorbeeld in 2010, terwijl het stortvolume in 2015 lager lag dan in 2010. Mogelijk heeft het systeem een responstijd van enkele jaren, en duurt het dus een zekere periode voor sediment dat zich in het systeem bevindt terug wordt verwijderd, bijvoorbeeld door berging op de slikken en schorren.




*Figuur 3-1: Overzicht van jaarlijkse stortvolumes van fijn sediment in de Beneden-Zeeschelde (boven), jaargemiddelde sedimentconcentraties uit continue metingen in Oosterweel (midden) en uit periodieke metingen van oppervlaktestalen (onder).*

In het verleden werden soms grote hoeveelheden slib rechtstreeks verwijderd uit de Zeeschelde. Zo werd tussen 1996 en 1999 ca. 300 000 m³ per jaar verwijderd uit de toegangsgeulen van de Kallosluis en geborgen in de Waaslandhaven (Taverniers, 2000; IMDC, 2013b) (bemerk dat sedimentconcentraties in Figuur 3-1 een lichte daling vertonen tussen 1996 en 1999). De laatste jaren wordt er geen slib meer rechtstreeks verwijderd uit de Zeeschelde, maar er wordt wel nog slib verwijderd uit de havendokken op rechteroever in de Amoras-installatie, en een deel van dit slib is mogelijk via de sluizen afkomstig uit de Schelde. Conceptueel gezien kan het verwijderen van slib uit het systeem een mogelijke oplossing vormen voor de toename in de sedimentconcentraties.

Een andere mogelijke maatregel is het meer afwaarts storten van slib dan de huidige stortlocaties Punt van Melsele en Oosterweel, door bijvoorbeeld een deel van het slib te storten in de diepe putten van de Ketelplaat of op de Schaar van Ouden Doel. Recent onderzoek geeft aan dat dit kan zorgen voor een daling van de sedimentconcentratie in de zone waar nu de concentraties het hoogst zijn (Plancke *et al.*, 2016). Anderzijds kan dit leiden tot een daling van de totale primaire productie (al hangt dit af van de grootte van het beschouwde studiegebied).

# 4. ADVIEZEN

## 4.1 ADVIES STORTSTRATEGIE

Uit wat vooraf ging, blijkt dat het Overleg Flexibel Storten werkt met het doel waarvoor het is opgericht: op basis van de monitoringgegevens vanuit MONEOS-T wordt bijgestuurd waar nodig in de bagger- en stortstrategie, binnen de randvoorwaarden van de vergunning; en er wordt bijkomend onderzoek gelast. Als resultaat hiervan zijn reeds positieve ontwikkelingen aan het gebeuren (bewaken van grenswaarden in het kader van de Kwaliteitsparameters, ontwikkeling van het laagdynamisch waardevol ecologisch areaal). Het eerste advies luidt dan ook om de stortstrategie “Flexibel Storten” in de toekomst verder door te zetten, alsook het bijhorende overlegproces.

Op korte termijn kan verder gewerkt worden met de huidige vergunde stortlocaties en volumes. Omdat er echter een aantal gebieden zijn waar onzekerheden of negatieve signalen over de ontwikkeling bestaan en waar dus voorzichtig mee wordt omgesprongen (bv. Rug van Baarland, Middelgat, Hooge Platen Noord, Schaar van Waarde), dient er op langere termijn oog te zijn voor nieuwe stortlocaties waar positieve ontwikkelingen mee te realiseren zijn. Op dit ogenblik worden proefstortingen op verschillende locatietypes uitgevoerd, en onderzoek hieromtrent is in uitvoering.

Twee studies zullen invloed hebben op het verloop van de stortstrategie in de toekomst. Voor specifieke adviezen naar aanpassingen van de stortstrategie is het aangewezen om te wachten op resultaten hiervan:

- Een Ecologische Validatie van de Plaatrandstortingen is in uitvoering. Resultaten van de studie worden in 2017 verwacht, en zullen onder meer inzicht geven in de ecologische kwaliteit van de met de plaatrandstortingen gerealiseerde laagdynamische (sub)litorale gebieden.
- In de loop van 2016 en 2017 worden proefstortingen uitgevoerd op verschillende (type-)locaties in de Westerschelde. Voor deze proefstortingen is adequate monitoring opgezet. De analyseresultaten zullen aangewend worden om voor toekomstige stortvergunningen, nieuwe of bijkomende stortzones te definiëren.

De Commissie Monitoring Westerschelde beveelt aan om na te denken over nieuwe (toekomstige) strategieën voor het storten; dit valt binnen het opzet van de projectgroep “Meergeulen en Storten” van de Agenda van de Toekomst.

## 4.2 ADVIES MONITORING EN VERDER ONDERZOEK

Het Schelde-estuarium is een complex, dynamisch, levend systeem waarvan de verschillende aspecten allemaal op elkaar inwerken. Net zoals het systeem zelf moet de monitoring ervan dan ook zoveel mogelijk op een integrale manier gebeuren.

Bij de **analyse van de morfologische ontwikkelingen** wordt daarom aanbevolen om ook verder inzicht te verwerven in de morfologische evoluties op lange termijn. De dynamiek in een macrocel kent soms een cyclisch gedrag met tijdschalen van decennia (bv. het vormen, migreren en samensmelten van platen of geulen, drempeldynamiek, …). Om de ontwikkelingen op een tijdsschaal van enkele jaren correct te beoordelen en de eventuele impact van het flexibel storten of de derde verruiming, is een inzicht in deze langetermijncycli van groot belang, zodat autonome ontwikkeling goed kunnen worden onderscheiden van projectgestuurde ontwikkelingen.

De waarnemingen van de **sedimentconcentraties in de Beneden-Zeeschelde** gaven eerder reeds het belang aan van verder onderzoek naar de slibbalans en de dominante transportmechanismen in dit gebied. De slibbalans was het onderwerp van verschillende recente en huidige onderzoeken (o.a. Plancke *et al.*, 2012, 2014, 2015; Van Hoestenberghe *et al.*, 2014; IMDC *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2015; Dams *et al.*, 2016; Vandenbruwaene *et al.*, 2016). Toch wordt aanbevolen om het onderzoek verder te zetten om de onzekerheidsmarges (die inherent breed zijn bij een sedimentbalans) verder te verkleinen. De historische ontwikkeling van de slibbalans is een belangrijk element in het begrip van de huidige ontwikkelingen. Ook de ontwikkeling van de zoutgradiënt is een aandachtspunt. Ook de relaties met de ontwikkelingen van de primaire productie vergen nader onderzoek.

Uit dit rapport komen nog een aantal andere specifieke onderzoeksvragen voort over de **sedimenthuishouding**:

- Er is relatief weinig data beschikbaar omtrent de **onderhoudsbaggerwerken in de havens** van de Westerschelde. De baggerwerken worden meestal als minder belangrijk beschouwd dan de werken in de vaargeul van de Westerschelde, o.a. omdat het sediment over kleinere afstanden wordt verplaatst. Toch geven de beschikbare data aan dat de verplaatste sedimentvolumes niet verwaarloosbaar zijn. Er wordt daarom aanbevolen om in meer detail te documenteren op welke locaties en tijdstippen wordt gebaggerd en gestort, zoals dit nu reeds gebeurt voor de Beneden-Zeeschelde en de vaargeul van de Westerschelde.
- Er wordt ook aanbevolen om meer metingen en analyse uit te voeren naar de **granulometrie van de baggerspecie**. De ruimtelijke variatie van de korrelgrootteverdeling en de verhouding tussen de zand- en slibfracties is immers sterk variabel, en momenteel zijn slechts beperkte en eerder ruwe schattingen van de zand-slibverhouding beschikbaar.
- In verband met de slibbalans in de Beneden-Zeeschelde wordt aanbevolen ook kennis te verwerven over hoeveel slib dat door de Amoras-installatie wordt verwerkt, afkomstig is vanuit de Zeeschelde via de **sluizen**. Dit vormt immers een verwijdering van fijn sediment uit het systeem.

Er dient gelet te worden op de **verderzetting en continuïteit van de monitoringinspanningen**. Een voorbeeld: het verplaatsen van de meetinstallatie voor de continue turbiditeitsmetingen van Boei 84 naar een meetpaal t.h.v. Lillo zorgt voor een discontinuïteit waardoor eventuele lange termijn veranderingen op die plaats niet meer nauwkeurig zullen kunnen vastgesteld worden. Wanneer het toch noodzakelijk is om een meetopstelling te verplaatsen (of om een ander meettoestel te gebruiken), wordt aanbevolen om een periode van overlappende metingen uit te voeren. Hiermee kan dan een verband worden opgesteld tussen de oude en de nieuwe meetlocatie. Ook de vogelmonitoring in de Westerschelde is minder intensief geworden, waarbij met steekproeven gewerkt wordt.

Ten slotte wordt ook aanbevolen om het **proces van datavalidatie en aggregatie** verder te stroomlijnen en data meer open te maken. Hoe sneller de validatie van de meetdata is afgerond, hoe meer tijd beschikbaar is om een diepgaande analyse uit te voeren. Wanneer de data eenvoudig en vrijelijk beschikbaar wordt gemaakt; wordt het voor de wetenschappelijke gemeenschap ook beter mogelijk om verbanden te ontdekken tussen verschillende processen.

# 5. REFERENTIES

Arts F.A., Lilipaly S. & Strucker R.C.W. (2015). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2013/2014.

Birdlife International (2014). BirdLife | Partnership for nature and people. Geraadpleegd 8 september 2014, http://www.birdlife.org/.

Bouma H., de Jong D.J., Twisk F. & Wolfstein F. (2005). Zoute wateren EcotopenStelsel (ZES.1) Voor het in kaart brengen van het potentiële voorkomen van levensgemeenschappen in zoute en brakke rijkswateren. (RIKZ/2005.024). Rijkswaterstaat.

Buyze E., Van Wichelen J., Dasseville R., Daveloose I., Verstraete T. & Vyverman W. (2015). Phytoplankton and phytobenthos dynamics in the Scheldt estuary in 2014. In: Maris Tom, Meire Patrick (red.) Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. Geïntegreerd eindverslag van het onderzoek verricht in 2014.

CLO (2015). Gewone en grijze zeehond in Waddenzee en Deltagebied, 1960 - 2014 | Compendium voor de Leefomgeving.

Consortium Arcadis-Technum (2007a). Hoofdrapport Milieueffectenrapport Verruiming vaargeul Beneden- Zeeschelde en Westerschelde. Consortium Arcadis-Technum.

Consortium Arcadis-Technum (2007b). Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Achtergronddocument Baggeren en storten. in opdracht van 00000.

Consortium Arcadis-Technum (2007c). Hoofdrapport Milieueffectenrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Consortium Arcadis-Technum.

Consortium Arcadis-Technum (2007d). Milieueffectenrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Basisrapport Overige Aspecten. Consortium Arcadis – Technum.

Consortium Arcadis-Technum (2007e). Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Basisrapport slibdynamiek.

Consortium Arcadis-Technum (2007f). Hoofdrapport Passende Beoordeling: verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Consortium Arcadis-Technum.

Cox T., Maris T. & Meire P. (2015). Wijzigingen in slib- en zoutconcentraties in de Boven-Zeeschelde sinds 2009. Universiteit Antwerpen, ECOBE015-R186.

Cox T., Maris T. & Van Engeland T. (2016). Kwaliteitscontrole oppervlakte SPM-data in de OMES-databank (presentatie).

Dams J., Vanlede J., Plancke Y., Verwaest T. & Mostaert F. (2016). Slibbalans-Zeeschelde: deelrapport 3.Literatuurstudie. Flanders Hydraulics Research.

IMDC (2011a). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Deelopdracht 2: Stortproef diepe putten Ketelplaat. I/RA/11353/10.089/RDS.

IMDC (2011b). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Implementatie van het Protocol voorwaarden voor flexibel storten - Kwaliteitsparameters. I/RA/11353/10.177/MSM.

IMDC (2012). Maandelijkse rapportage september - oktober 2011. Deelopdracht 8, Monitoringprogramma Flexibel Storten. I/RA/11353/11.137/DDP.

IMDC (2013a). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Deelopdracht 6: Voortgangsrapport data 2010-2011. I/RA/11353/12.197/DDP, in opdracht van afdeling Maritime Toegang.

IMDC (2013b). Instandhouding Vaarpassen Schelde Milieuvergunningen terugstorten baggerspecie LTV – Veiligheid en Toegankelijkheid. A-31. Baggeren en storten. Achtergrondrapport. I/RA/11387/12.333/JSN.

IMDC (2014a). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Deelopdracht 6: Voortgangsrapport data 2010-2013, data- en analyserapport. I/RA/11353/14.158/DDP.

IMDC (2014b). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Deelopdracht 6: Voortgangsrapport data 2010-2013, syntheserapport. I/RA/11353/14.159/DDP.

IMDC (2014c). Aanvulling hoogteontwikkeling Hooge Platen Noord – data 2013.

IMDC (2016a). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Voortgangsrapportage 2014-2015: Data- en analyserapport. I/RA/11353/16.073/DDP, in opdracht van K:DATAbibliotheekRAPPORTEN IMDCRA16073_11353_Voortgangsrapport 3 - Analyserapport Bijlagen.pdf.

IMDC (2016b). Monitoringprogramma flexibel storten. Deelopdracht 9: Statusrapport na start verdiepingsstorten - jaar 6. I/RA/11353/16.064/MGO.

IMDC (2016c). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Multivariate analyse van metingen van sedimentconcentratie in de Zeeschelde. I/RA/11353/15.228/THL.

IMDC & Arcadis (2013). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Areaalontwikkeling Hooge Platen Noord. International Marine & Dredging Consultants, I/NO/11353/13.217/DDP.

IMDC, ECOCHEM & ISOFYS (2015). Marien-fluviatiele slibverhouding in het Schelde-estuarium in het jaar 2013: analyserapport. Waterbouwkundig Laboratorium, I/RA/11428/14089/DDP.

IMDC, Svasek, Deltares & Arcadis (2013a). LTV Veiligheid en toegankelijkheid. Analyse havenstortvak W13. Basisrapport specifieke beheervragen B-21. I/RA/11387/12.108/GVH.

IMDC, UA & HWE (2013b). Derde Verruiming Schelde: Voortgangsrapport Data 2010-2011. IMDC NV., I/RA/11353/12.197/DDP.

INBO (2016). MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2015 - Monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten.

Jentink R. (2015a). Opvolging Effecten Flexibel Storten. Halfjaar rapportage Hoogeplaten West, tweede halfjaar 2015. Rapportnummer: 210A/KR-HPW-2-2015. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening, Inwinning en Gegevensanalyse, Regio Zuid, Middelburg.

Jentink R. (2015b). Opvolging Effecten Flexibel Storten. Halfjaar rapportage Hoogeplaten Noord, tweede halfjaar 2015. Rapportnummer: 7210A/KR-HPN-2-2015. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening, Inwinning en Gegevensanalyse, Regio Zuid, Middelburg.

Jentink R. (2015c). Opvolging Effecten Flexibel Storten. Halfjaar rapportage Plaat van Walsoorden, tweede halfjaar 2015. Rapportnummer: 7210A/KR-PVW-2-2015. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening, Inwinning en Gegevensanalyse, Regio Zuid, Middelburg.

Jentink R. (2015d). Opvolging Effecten Flexibel Storten. Halfjaar rapportage Rug van Baarland, tweede halfjaar 2015. Rapportnummer: 7210A/KR-RVB-2-2015. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening, Inwinning en Gegevensanalyse, Regio Zuid, Middelburg.

Jentink R., de Klerk J. & Schrijver M. (2016). Opvolging effecten Flexibel Storten, datarapportage 2015. Rapportnr. 7210A/DR-2016-01.

Maris T. & Meire P. (2016). OMES rapport 2015- Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. UAntwerpen ism VUB, IMDC, UGent, NIOZ, Ecolab en VLIZ, I/RA/11459/15.259/YDK, in opdracht van Vlaamse Overheid, Waterwegen & Zeekanalen – afdeling Zeeschelde.

Ministerie van Economische Zaken van Nederland (2014). Beschermde natuur in Nederland: soorten en gebieden in wetgeving en beleid. Geraadpleegd 16 oktober 2014, http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=10&id=n2k122&topic=introductie.

Plancke Y., Taverniers E., Vanlede J., Verwaest T. & Mostaert F. (2012). Slibbalans-Zeeschelde: deelrapport 1. Metingen halftij-eb Boven-Zeeschelde 2012. WL Rapporten, 00_029.

Plancke Y., Van Braeckel A., Cox T., Verwaest T. & Mostaert F. (2016). Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde: Deelrapport 8 – Samenvatting. Versie 4.0. Waterbouwkundig Laboratorium, Antea Group, INBO en Universiteit Antwerpen, WL Rapporten, 14_025.

Plancke Y., Vereecken H., Vanlede J., Verwaest T. & Mostaert F. (2014). Slibbalans-Zeeschelde: deelrapport 5. Metingen halftij-eb Boven-Zeeschelde 2013. Waterbouwkundig Laboratorium, WL Rapporten, 00_029.

Plancke Y., Vereecken H., Vanlede J., Verwaest T. & Mostaert F. (2015). Slibbalans-Zeeschelde: deelrapport 7. Metingen halftij-eb Boven-Zeeschelde 2014. WL Rapporten, 00_029.

Projectgroep Flexibel Storten (2016). Toetsing Kwaliteitsparameters 2016.

Roose F. (2008). Nota - Toelichting formaat BIS-gegevens (26 mei 2008). Maritieme Toegang, Departement MOW, Vlaamse Overheid.

Schrijver M. (2010). Monitoring meergeulensysteem Westerschelde - een overzicht van beschikbare data en methodieken. Rijkswaterstaat, 7210A/MMGW-2010-05.

Schrijver M. (2014). Monitoring meergeulensysteem Westerschelde, Toetsing criteria nevengeulen. Rijkswaterstaat Zeeland, 7210A/MMGW-2014-01.

Schrijver M. (2015). Monitoring meergeulensysteem Westerschelde - Toetsing criteria nevengeulen. Rijkswaterstaat, 7210A/MMGW-2015-01.

Schrijver M. (2016). Toelichting op de resultaten toetsing criterium sedimentatie/erosie plaathoogtes. Rijkswaterstaat Zee en Delta, Zeeland.

Schrijver M. & Plancke Y. (2008). Uitvoeringsplan MONEOS-T 2008-2018. Rijkswaterstaat Zeeland/Vlaamse Overheid. Departement voor Mobiliteit en Openbare Werken, MONEOS-T-2008-033 /WL2008R791-3_1ref1_0.

Schrijver M. & Plancke Y. (2015). Uitvoeringsplan MONEOS-T 2015-2022. Rijkswaterstaat Zeeland/Vlaamse Overheid. Departement voor Mobiliteit en Openbare Werken, MONEOS-T-2015-001 /WL2015R00_031_18.

T2009 Consortium (2013). T2009-rapport Schelde-estuarium. Arcadis Nederland, IMDC, Universiteit Antwerpen, IMARES en NIOZ.

Taverniers E. (2000). Beneden-Zeeschelde: slibbalans 1999. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Afdeling Maritieme Schelde, Verslag AMS, 2000.04.

Van Hoestenberghe T., Ferket B., De Boeck K., Vanlierde E., Vanlede J., Verwaest T. & Mostaert F. (2014). Slibbalans Zeeschelde: deelrapport 2. Sediment load for the river Scheldt and its main tributaries (1972 - 2009). Antea Group.

Vandenbruwaene W., Levy Y., Plancke Y., Vanlede J., Verwaest T. & Mostaert F. (2016). Integraal plan Boven-Zeeschelde. Deelrapport 3 – Sedimentbalans Zeeschelde, Rupel en Durme. WL2016R13_131_3.

Vandenbruwaene, W., Wildemeersch K., Vanlede J., Plancke Y., Verwaest T. & Mostaert F. (2015). Slibbalans Zeeschelde. Deelrapport 4 - Historische evolutie SPM. Flanders Hydraulics Reseach, WL Rapporten, WL2014R00_029_4.

Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie (2008). Protocol voorwaarden voor flexibel storten - Kwaliteitsparameters.

Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie (2014). Protocol voorwaarden voor flexibel storten - Kwaliteitsparameters.

VMM (2015a). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Beneden-Zeeschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Beneden-Zeeschelde. Campagne 2015.

VMM (2015b). Jaarlijks waterbodemonderzoek in de Westerschelde: chemische kwaliteit van baggerspecie in de Westerschelde. Campagne 2015.

Wang C., Temmerman S., Vanlede J., Vandenbruwaene W., Verwaest T. & Mostaert F. (2015). Mud balance Sea Scheldt: subreport 6 - Historical evolution (1930-2011) of mud deposition/erosion in the intertidal areas of the Scheldt estuary. Flanders Hydraulics Research.

Winterwerp J.C. (2013). Instandhouding vaarpassen Schelde Milieuvergunningen terugstorten baggerspecie LTV – Veiligheid en Toegankelijkheid. Response of tidal rivers to deepening and narrowing, Basisrapport grootschalige ontwikkeling G-14. International Marine & Dredging Consultants/Deltares/Svašek Hydraulics BV/ARCADIS Nederland BV, I/RA/11387/12.292/GVH.

Zeileis A., Leisch F., Kleiber C. & Hornik K. (2005). Monitoring structural change in dynamic econometric models. *J. Appl. Econom.*, 20(1), 99–121, doi: 10.1002/jae.776.

# Bijlage A Toetsing kwaliteitsparameters

# A.1 Inleiding

Het bijsturen van de stortstrategie en/of de monitoring en onderzoek naar de effecten van de verruiming van de vaargeul, wordt beslist op basis van criteria die zijn vastgelegd in het Protocol voorwaarden voor flexibel storten – Kwaliteitsparameters, een bijlage van de vergunning voor het storten van bodemmateriaal in de Westerschelde (Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie, 2008). Vertrekkende vanuit monitoringresultaten zoals vastgelegd in het MONEOS-T Uitvoeringsplan 2008-2018 (Schrijver en Plancke, 2008), wordt aan de hand van kwaliteitsparameters getoetst of de vastgelegde criteria nageleefd worden en hoe het flexibel storten in de Westerschelde eventueel moet bijgestuurd worden.

De criteria en kwaliteitsparameters kunnen als volgt worden samengevat:

1. ***De stortstrategie is gericht op de gewenste instandhouding van het meergeulenstelsel.*** Door analyse van het berekende watervolume van de nevengeulen (Kwaliteitsparameter 1) worden veranderingen hierin bepaald. Deze veranderingen worden uitgezet tegenover een vastgelegde maximale afwijking en een drempelwaarde die als waarschuwingscriterium geldt. Op basis van deze toetsing kunnen de stortvolumes jaarlijks herzien, de stortstrategie bijgestuurd, of het storten in de betreffende nevengeul gestopt worden.

2. ***De stortstrategie is gericht op realisering van de maximale ecologische winst van de plaatrandstortingen***, waarbij er sprake is van toename van de oppervlakte laagdynamisch ondiepwater en intergetijdengebied (Kwaliteitsparameter 2a). Uit de ecotopenkaart wordt afgeleid of de totale oppervlakte laagdynamisch gebied verandert nabij de plaatrandstortingen in de Westerschelde. Een geleidelijke toename van de oppervlakte laagdynamisch gebied met 114 ha binnen 5 jaar na start van de werkzaamheden is het gewenste gedrag, alsook een grote stabiliteit van de plaatrandstortingen (het volume specie die binnen het stortvak blijft). De stabiliteit van de gestorte baggerspecie wordt eveneens bepaald (Kwaliteitsparameter 2b). Een grote stabiliteit (volgens vastgelegde percentages) van de plaatrandstortingen is een gewenste evolutie.

   Bij afwijkingen van de gewenste ontwikkeling, kan worden overgegaan tot nader onderzoek voor het bijsturen van de stortstrategie. Zo kan bij ongewenste ontwikkelingen aanvullend of minder gestort worden, of kan uitgeweken worden naar alternatieve locaties binnen de vergunning.

3. ***De stortstrategie draagt bij aan het behoud van de oppervlakte ecologisch waardevol gebied in de Westerschelde.*** Veranderingen in de totale oppervlakte ecologisch waardevol gebied in de Westerschelde (Kwaliteitsparameter 3a) worden gemeten op basis van de ecotopenkaart. Ook de hoogteligging (Kwaliteitsparameter 3b) van platen en slikken en de sedimentsamenstelling (Kwaliteitsparameter 3c) op platen en slikken worden bepaald.

Bij ongewenste ontwikkelingen (vermindering waardevol areaal ten gunste van minder waardevol habitat, ongewenste slik/plaat-hoogteverandering, schorranderosie), dan wordt nagegaan welke corrigerende maatregelen in het kader van de stortstrategie kunnen uitgevoerd worden.

De toetsing van de kwaliteitsparameters wordt jaarlijks uitgevoerd door het Overleg flexibel storten, volgens de methode vastgesteld in het “Implementatie van het Protocol voorwaarden voor flexibel storten – Kwaliteitsparameters” (IMDC, 2011b). De meest recente “toetsing kwaliteitsparameters 2015” vond plaats op 19/04/2016 op basis van de monitoringresultaten verzameld in het “Statusrapport na start verdiepingsstorten – jaar” (IMDC, 2016b).

Daarnaast komt het grensoverschrijdend Overleg flexibel storten minstens tweemaandelijks bijeen om de recente monitoringresultaten te bespreken, en indien nodig de stortstrategie bij te sturen.

# A.2 Instandhouding meergeulenstelsel

*Het criterium Instandhouding Meergeulenstelsel omvat één kwaliteitsparameter: het watervolume in de nevengeul. De resultaten betreffende dit criterium staan in het rapport "Monitoring meergeulensysteem Westerschelde – Toetsing criteria nevengeulen" (Schrijver, 2014) die als aparte bijlage is toegevoegd aan het toetsingsverslag van 22 april 2014, opgesteld door het Overleg flexibel storten. Ter verduidelijking zijn een aantal van de figuren uit Schrijver (2014) in dit rapport overgenomen.*

*In de beschouwde rapportage (Schrijver, 2015) worden ook bijkomende variabelen berekend die trends of waarnemingen kunnen helpen verklaren: het watervolume in de hoofdgeul, de kantelindex, het getijvolume en het volume van ingrepen in de Westerschelde.*

## A.2.1 Het watervolume in de nevengeul

### Benodigde gegevens

De veranderingen van het berekende volume van de nevengeulen worden jaarlijks bepaald. Hiertoe zijn de volgende (meet)gegevens nodig:

- Jaarlijkse topo-bathymetrische opnames (RWS);
- Maximaal stortvolume per jaar per nevengeul zoals vastgelegd in de vergunningen.

In het Protocol Kwaliteitsparameters wordt het 'watervolume geulen' gedefinieerd als het watervolume van zowel de hoofd- als nevengeul beneden NAP -5 m. Het watervolume wordt berekend uit de bathymetrische opnames, gecorrigeerd naar 1 januari van het betreffende jaar. De oorsprong van dit NAP-referentieniveau sluit aan bij de vooropgestelde grens tussen ondiep en sublitoraal gebied in het Zoutwater Ecotopen Stelsel van Bouma et al. (Bouma *et al.*, 2005). Hierbij komt dat het gebied lager dan NAP -5m steeds vervat zit in de reguliere vaklodingen, zodat de bepaling van het watervolume niet afhankelijk is van de dekking van de bathymetrische opnames.

Het bepaalde geulvolume is dus afgeleid van de gemeten bodemligging die het resultaat is van zowel natuurlijke processen als antropogene ingrepen.

Het watervolume in een neven- of hoofdgeul wordt gesommeerd over de betreffende vakken in de geul. De ebscharen uit de macrocellen worden gerekend tot de hoofdgeul, de vloedscharen tot de nevengeulen. De uitzondering hierop is macrocel 4 waar het omgekeerde geldt. In de praktijk wordt het criterium ' watervolume geulen' vervangen door het criterium 'nevengeulen', omdat vooral het watervolume in de nevengeulen aandacht behoeft.

## Methodiek

De toegepaste methodiek is overgenomen uit Schrijver (2015).

In het *Protocol* is de maximaal toelaatbare afwijking in een nevengeul gedefinieerd als:

$$MC = \{\text{macrocel 1, macrocel 3, … , macrocel 7}\}$$

$$\forall i \in MC : V_{\text{max toelaatbaar}}(i) = V_{\text{max}}(i) - V_{\text{min}}(i) + NV(i) + V_{\text{max stort}}(i)$$

waarbij geldt:

| | | |
|---|---|---|
| $i$ | = | de macrocel. |
| $V_{max}$ | = | $\max(V_{2005} \ldots V_{2009})$, het maximale volume berekend over de periode 2005 tot en met 2009. |
| $V_{min}$ | = | $\min(V_{2005} \ldots V_{2009})$, het minimale volume berekend over de periode 2005 tot en met 2009. |
| $NV$ | = | $\text{stdev}(V_{2005} \ldots V_{2009})$, de standaarddeviatie berekend over de periode 2005 tot en met 2009. |
| $V_{max\ stort}$ | = | de maximaal jaarlijks te storten hoeveelheid in de geul. |

De periode waarover het minimum, het maximum en de standaarddeviatie worden bepaald is in het Protocol gedefinieerd als vijf jaar. Op de figuren worden ook grenzen gebaseerd op een berekening met een periode van 10 jaar weergegeven ter informatie omdat het Overleg Flexibel Storten inzicht wilde krijgen of het beschouwen van een langere termijn beter zou zijn.

Ondergrens (OG)

De ondergrens wordt bepaald door de maximaal toelaatbare afwijking ten opzichte van het grootste gemeten watervolume, ofwel:

$$\begin{aligned} \forall i \in MC : OG(i) &= V_{\text{max}}(i) - V_{\text{max toelaatbaar}}(i) \\ &= V_{\text{max}}(i) - (V_{\text{max}}(i) - V_{\text{min}}(i) + NV(i) + V_{\text{max stort}}(i)) \\ &= V_{\text{min}}(i) - NV(i) - V_{\text{max stort}}(i) \end{aligned}$$

Het minimale watervolume in een macrocel wordt dus bepaald door het minimale watervolume van de geul over de afgelopen vijf jaar min de standaardafwijking van het volume over de afgelopen vijf jaar en de maximaal te storten hoeveelheid per jaar.

Waarschuwingsgrens (WG)

Het waarschuwingsniveau is gedefinieerd als zijnde 80% van de maximaal toelaatbare afwijking:

$$\begin{aligned} \forall i \in MC : WG(i) &= V_{\text{max}}(i) - 0{,}8 * V_{\text{max toelaatbaar}}(i) \\ &= V_{\text{max}}(i) - 0{,}8 * (V_{\text{max}}(i) - V_{\text{min}}(i) + NV(i) + V_{\text{max stort}}(i)) \\ &= 0{,}2 * V_{\text{max}}(i) + 0{,}8 * (V_{\text{min}}(i) - NV(i) - V_{\text{max stort}}(i)) \end{aligned}$$

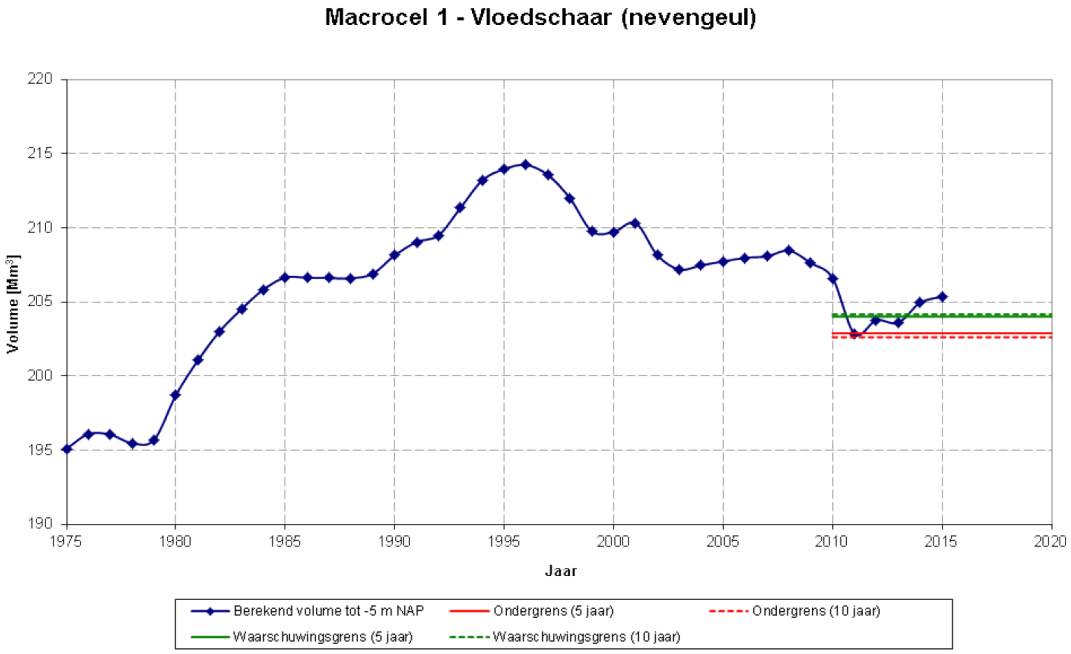
De waarschuwingsgrens bedraagt dus 20 % van het maximale volume opgeteld met 80 % van het volume dat is berekend als de ondergrens.

# Toetsing

*De toetsing van de resultaten is overgenomen van het toetsingsverslag van 19 april 2016.*

### Schaar van de Spijkerplaat (Macrocel 1)

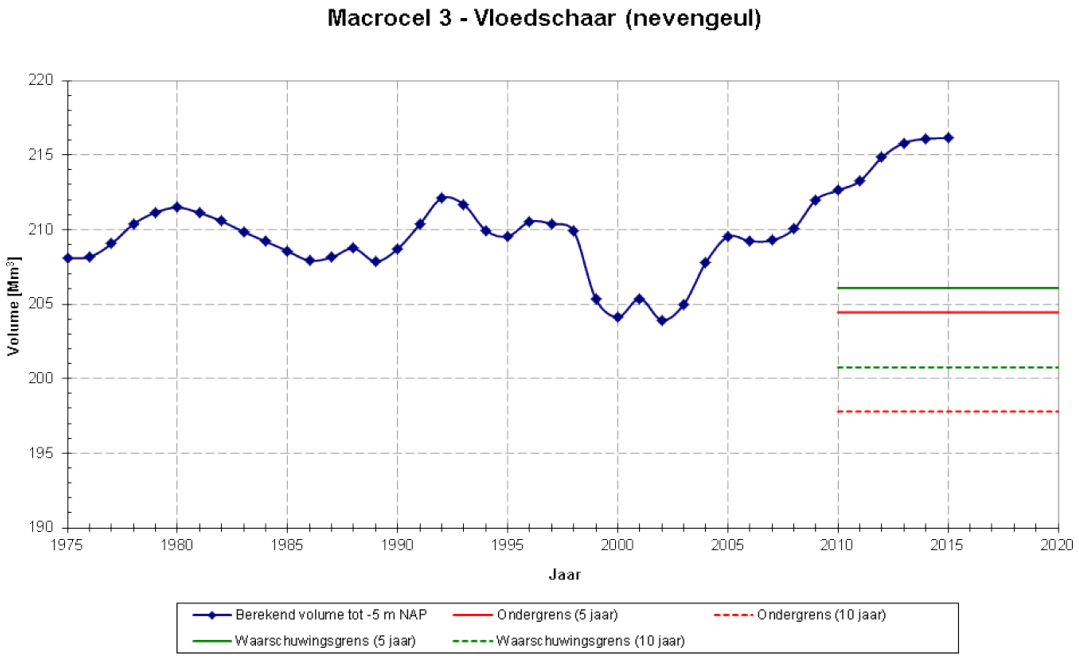
Het watervolume is wederom t.o.v. vorig jaar licht toegenomen en ligt boven de waarschuwingsgrens, er zijn geen acties nodig.



### Everingen (macrocel 3)

Het watervolume van de nevengeul is licht toegenomen t.o.v. vorig jaar. Hier is geen actie nodig maar er zal wel in de gaten gehouden worden dat het watervolume niet te ver stijgt. Het volume in de hoofdgeul is ook toegenomen, er kan hier in de toekomst mogelijk meer sediment gestort worden. Dit punt wordt ook meegenomen in het onderzoeksprogramma “Agenda voor de Toekomst”. In 2016 is een proefstorting gepland bij de Suikerplaat in de Everingen, die het Overleg flexibel storten zal opvolgen.

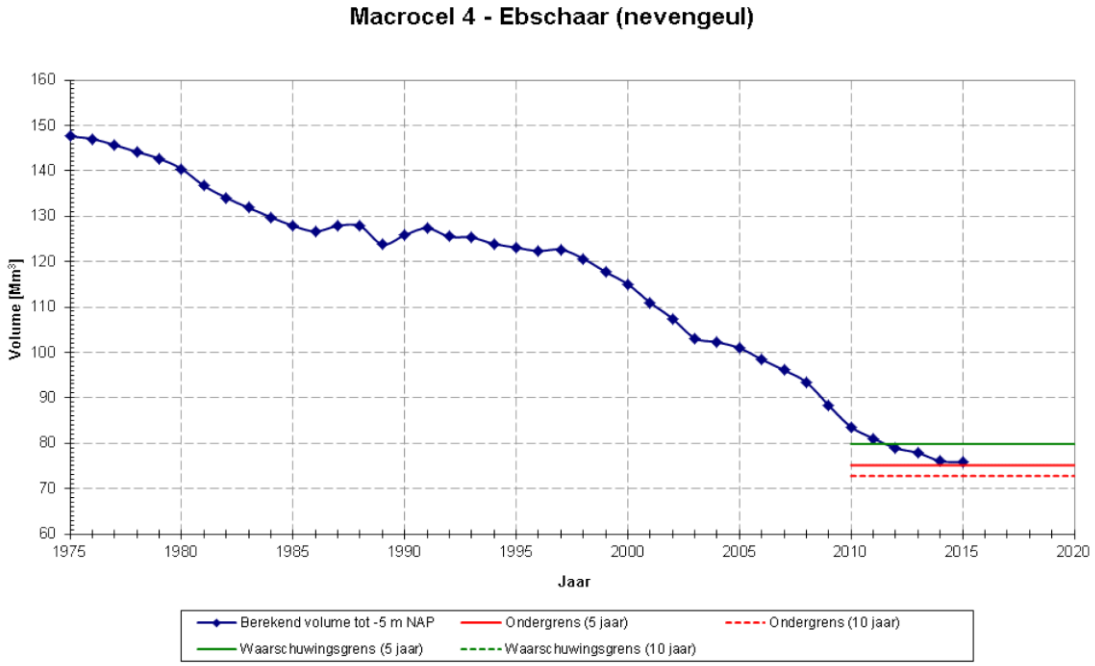
De jaarlijkse zandbalans toont aan dat er uit macrocel 3 geen export van zand uit de Westerschelde richting Noordzee bestaat. Deltares heeft in een advies aan het Overleg flexibel storten aangeraden niet teveel in de macrocel 1 te storten, maar dat meer storten in de Everingen aangewezen lijkt. Het Overleg besluit om nog eens goed naar de resultaten van de zandbalans te kijken om te bepalen waar precies er meer gestort kan worden in macrocel 3.



### Middelgat (macrocel 4)

Het watervolume is nog marginaal afgenomen afgelopen jaar, maar de trend lijkt om te buigen. Er wordt al jaren niet gestort in Middelgat en Rug van Baarland maar de afname in watervolume zet zich toch nog een beetje voort. Hier storten zou de afname in watervolume weer doen laten toenemen.

De instandhouding van het meergeulenstelsel zal de komende jaren verder bestudeerd worden in het onderzoeksprogramma “Agenda voor de Toekomst”, in de projectgroep Storten en Meergeulenstelsel.

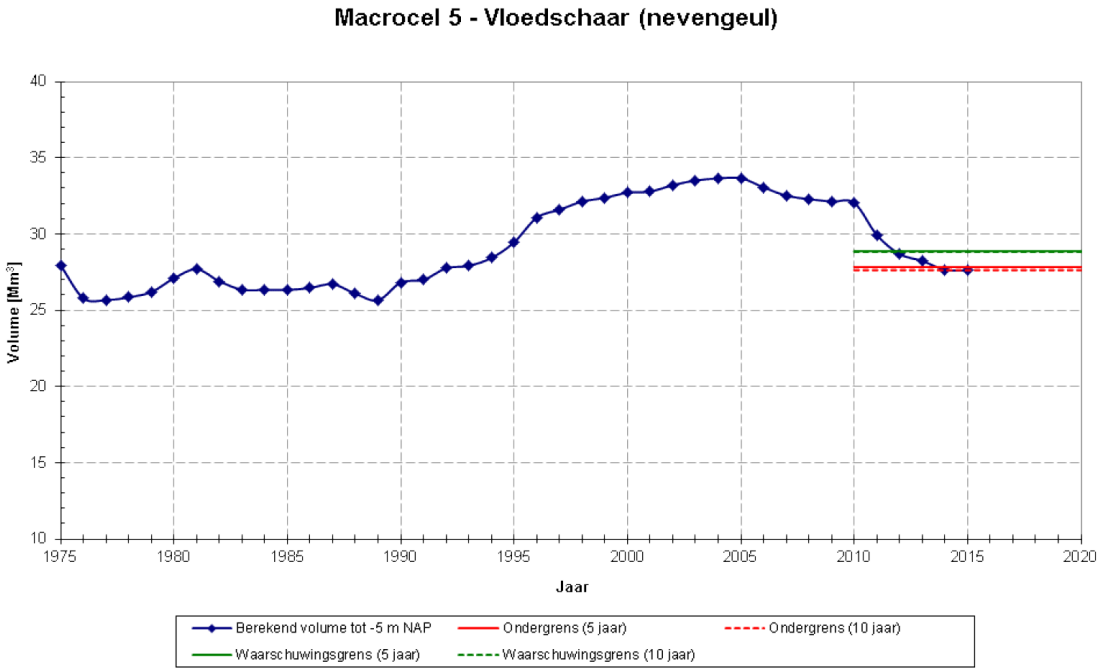



De grenswaarde van het protocol is net niet bereikt. Het Overleg flexibel storten besluit voorzichtig te blijven, en tevens het advies van de Commissie Monitoring Westerschelde te volgen. In het Middelgat en aan de Rug van Baarland wordt het komende jaar ook niet gestort.

### Schaar van Waarde (macrocel 5)

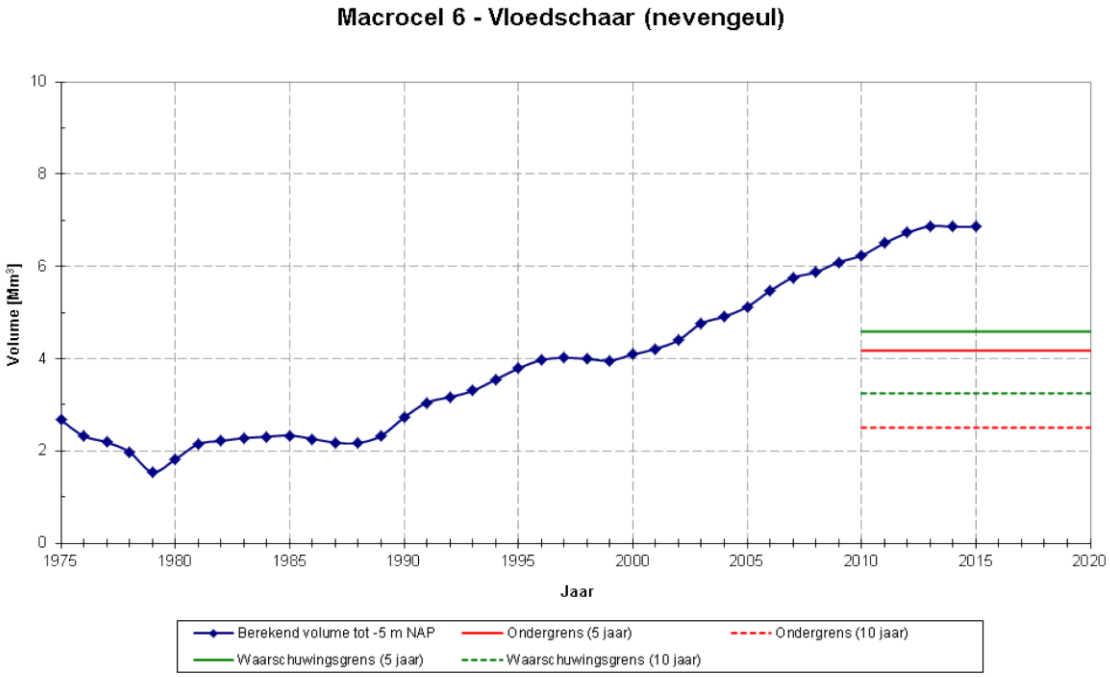
Het watervolume ligt nog steeds net onder de ondergrens, ongeveer zelfde waarde als in 2014. In 2013 t/m 2015 werd hier niet meer gestort, de verwachting was dat het effect daarvan nu zou te zien zijn en het volume neemt nu inderdaad niet verder af. De verschilkaart van de vaklodingen 2015-2014 toont geen duidelijke netto sedimentatie in het geuldeel van SN51, maar juist meer erosie.Vooral aan de noordelijke rand van PWA is er nog flinke sedimentatie. Het is dus niet zozeer de geul zelf maar vooral de uitbreiding van de plaatrand aan de noordelijke zijde die het watervolume van de nevengeul doet dalen.

Toch besluit het Overleg flexibel storten de Schaar van Waarde voorlopig nog niet terug te benutten om specie terug te storten. Er zal dit jaar meer in detail bekeken worden welke deelgebieden sedimenterend zijn, en welke eroderend.



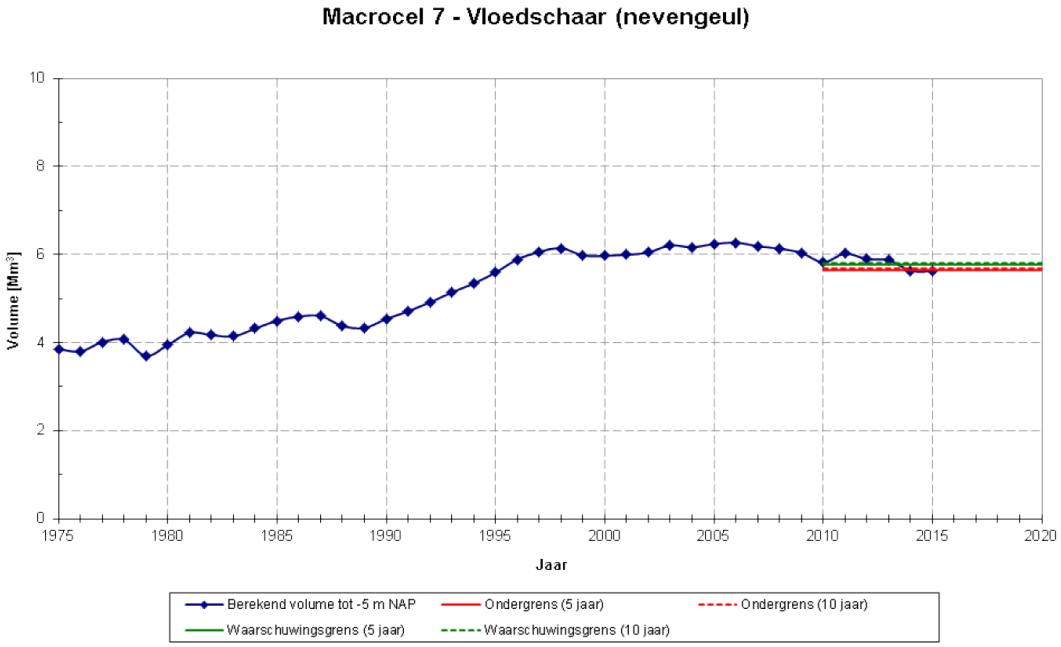
### Schaar van de Noord (macrocel 6)

Het watervolume is stabiel sinds 2013. Hier is geen actie nodig.



### Appelzak (macrocel 7)

Het watervolume ligt op hetzelfde niveau als vorig jaar, maar wel net onder de ongewenste grens. Dit is een nevengeul zonder stortzone. Vanuit het Overleg flexibel storten wordt deze geul wel mee opgevolgd analoog aan de grotere nevengeulen. Het Overleg besluit dat het verklaarbaar is wat in deze geul gebeurt: de geul vertoont wat variatie in volume, wat volgens verwachting is. We werken er niet dus we hebben geen rechtstreekse impact op het watervolume. Maar omdat het watervolume in de jaren voor 2009 opvallend stabiel was, ligt het toetscriterium zo dicht bij de beginwaarde. Het is niet nodig hiernaar verdere analyse uit te voeren. De ontwikkeling wordt verder in het Overleg flexibel storten opgevolgd.



# A.3 Ecologische winst plaatrandstortingen

*Het criterium Ecologische winst plaatrandstortingen wordt bepaald op basis van twee kwaliteitsparameters: de stabiliteit van de plaatrandstortingen en de ontwikkeling van het laagdynamisch gebied aan de plaatranden.*

## A.3.1 Stabiliteit plaatrandstortingen

Baggerspecie die minder goed blijft liggen dan voorzien is ongewenst. In Bijlage-Tabel A-1 is opgenomen hoeveel procent van de gestorte specie vanaf de aanvang van de stortwerkzaamheden per jaar volgens het protocol nog aanwezig dient te zijn. Indien een waarde afwijkt van de gewenste waarde, geldt dit als een ongewenste situatie. Vanaf de tweede vergunningsperiode wordt de stabiliteit van de specie vanaf 11/02/2015 opnieuw geëvalueerd volgens dezelfde tabel (het criterium is dus opnieuw 80 % na 1 jaar). Ook de lange-termijn stabiliteit (t.o.v. de start van de verruiming) van het sediment wordt nog gerapporteerd.

Door analyse van multibeam peilingen worden volumeveranderingen aan de plaatranden berekend. De waargenomen volumeveranderingen zijn een gevolg van de stortingen die er uitgevoerd worden en van natuurlijke sedimentatie- en erosieprocessen.

De volumeveranderingen in de peilingen worden berekend binnen ‘rekenpolygonen’ die gelijk zijn aan de stortzones inclusief een buffer van 100 m.

Deze volumeveranderingen worden vergeleken met de storthoeveelheden die door aMT geregistreerd werden.

Voor elk van de plaatrandstortzones worden hieronder resultaten weergegeven die het verloop van de stort- en peilvolumes tonen, en het verloop van de stabiliteit. De stabiliteit is bepaald als quotiënt van het gepeilde volume (= in situ bodemveranderingen) en het gestorte volume (= aangevoerde hoeveelheden, omgerekend naar in situ volume).

*Bijlage-Tabel A-1: Gewenste hoeveelheden specie per jaar na beëindigen storten verdiepingsspecie (stabiliteit plaatrandstorting).*

| Jaar | Percentage oorspronkelijk gestort materiaal |
|---|---|
| 0 | 100 % |
| 1 | 80 % |
| 2 | 70 % |
| 3 | 60 % |
| 4 | 50 % |
| 5 | 40 % |

## Toetsing

Op 1 maart 2011 heeft het Overleg flexibel storten besloten om voor dit criterium het totaal van de tot dan toe gedane stortingen van baggerspecie, te delen door het volumeverschil uit de multi-beampeilingen van T0 en T0+x jaar. Zodoende worden alle verliezen in de ganse periode vanaf de start van de verruiming meegenomen in de stabiliteitsberekening.

Er is met de nieuwe vergunning (per 12 februari 2015) ook een aangepast protocol voor-aarden voor flexibel storten in werking getreden, waarbij het criterium voor stabiliteit na 1 jaar (dus op 12/2/2016) opnieuw begint met de eis van 80 % stabiliteit.

Om de stabiliteit ook op langere termijn in de gaten te houden, besluit het overleg om twee manieren te bekijken: 1e de toetsing zoals het nieuwe protocol voorziet t.o.v. 12/2/2016, 2e is om naar de historie te kijken vanaf de start van de 3e verruiming in 2010.

In onderstaande tabel is de stabiliteit van de stortingen na het 1e jaar van de onderhoudsvergunning

| Stortzone | Tijdstip peiling | Peiling | Gepeild volume-verschil | Gestort volume | Stabiliteit t.o.v. actuele T0 (2015) |
|---|---|---|---|---|---|
| HPW | 24-01-16 | T74 | 589.029 $m^3$ | 620.710 $m^3$ | 95% |
| HPN | 7-12-15 | T70 | -382.775 $m^3$ | 18.333 $Mm^3$ | -2088% |
| RvB | 7-01-16 | T50 | 1,53 $Mm^3$ | 0 $Mm^3$ | n.v.t. |
| PWA | 3-02-16 | T89 | 459.517 $m^3$ | 604.390 $m^3$ | 76% |

*Stabiliteit plaatrandstortingen na 1e jaar van de onderhoudsvergunning.*

### Hooge Platen West (macrocel 1): 95 %

95 % van het gestorte materiaal is ter plekke gebleven. 1 jaar na de start van de nieuwe onderhoudsperiode ligt deze waarde boven de vastgelegde waarde in het protocol. In 2015 is er door het Overleg besloten opnieuw te storten in het westelijke deel van de stortzone.

### Hooge Platen Noord (macrocel 1): 0 % - 2088 %

0 % van het gestorte materiaal ligt er nog. Er is afgelopen jaar meer dan 300 000 $m^3$ geërodeerd, wat opmerkelijk is t.o.v. de voorbije jaren. Dit komt echter doordat de oostelijke arm naar het noorden verplaatst en nu buiten de rekenpolygoon valt. Dichter tegen de plaat is er nog wel steeds sedimentatie.

De Commissie Monitoring Westerschelde (CMW) gaf n.a.v. het Tweede Voortgangsrapport het advies om hier niet meer te storten. Recent stemde de CMW wel in met een gerichte proef om 250 000 $m^3$ te storten aan de oostarm m.b.v. rainbowen, met het oog op het opvullen van de geulaanzet tussen de plaat en de oostarm. Er mag vanaf 12 februari 2015 ook gerainbowd worden.

**Plaat van Walsoorden (macrocel 5): 76 %**

Ontwikkeling is heel gelijkaardig met wat we de voorbije jaren zagen.

Hier blijft de specie minder goed liggen dan in het protocol voorgeschreven is.

Bij de initiële stortperiode in 2010 is hier veel specie verloren gegaan. Deze afname blijft nu nog zichtbaar maar volgt wel de voorspelde trend. Wanneer men echter inzoomt op het gebied waar daadwerkelijk gestort werd, blijkt dat er een hoger percentage van de gestorte specie nog in de zone aanwezig is, maar door de sterke eroderende trend in het omliggende gebied, valt het stabiliteitscijfer voor de volledige stortzone lager uit.

Rekening houdend met de gunstige ontwikkelingen inzake lagere stroomsnelheden, werd er een nieuwe stortcampagne in het najaar van 2015-begin 2016 uitgevoerd. Deze zal met het oog op ongewenste plaatophoging goed opgevolgd worden, iets wat ook in het advies van de CMW wordt aangehaald.

Opgemerkt wordt dat de eroderende westelijke plaatpunt in het verleden een jaarlijkse erosie van ongeveer 0,6 Mm³ vertoonde. Door de jaarlijkse plaatrandstortcampagnes, houden we de stabiliteit op peil. Stabiliteit is op zich geen doel maar wordt in de gaten gehouden als snelle signaalparameter, het doel is creëren van ecologisch waardevol areaal. De oorzaak van deze eroderende plaatrandpunt bij de Plaat van Walsoorden is nog niet voldoende gekend , en wordt niet weggenomen. Het is dan ook te verwachten dat de erosie zich blijft verderzetten wanneer er niet meer gestort zou worden.

**Rug van Baarland (macrocel 4): n.v.t.**

Hier wordt niet meer gestort. Deze locatie wordt wel nog opgevolgd bij de andere toetscriteria.

## A.3.2 Ontwikkeling laagdynamisch areaal

### Benodigde gegevens

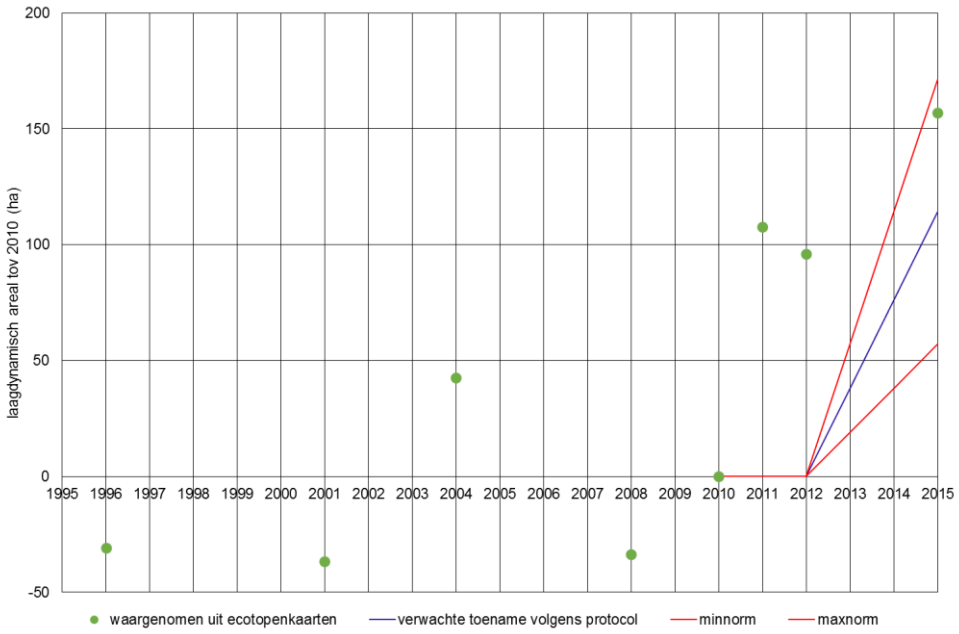
De ecotopenkaart 2015 is vorig jaar opgemeten. Voor de resultaten tot en met de ecotopenkaart 2012 wordt verwezen naar het Toetsverslag kwaliteitsparameters 2014.

### Methodiek

Op basis van de ecotopenkaart wordt de totale oppervlakte laagdynamisch gebied nabij de plaatranden bepaald. De laagdynamische ecotopen die samen het areaal laagdynamisch gebied vormen, zijn ondiep water en intergetijdengebied tot en met het hoog litoraal. Als gewenste ontwikkeling wordt een geleidelijke toename van de oppervlakte laagdynamisch gebied met 114 hectare verwacht, binnen 5 jaar na de start van de werkzaamheden. De berekende waarde wordt geplot in een grafiek (Bijlage-Figuur A-1) waarin ook grenzen zijn opgenomen.

De T0 wordt afgelezen op basis van de ecotopenkaarten van 2010.

Per jaar kan een geïnterpoleerde verwachting aangegeven worden – voorlopig is hiervoor een lineaire benadering toegepast (in blauw weergegeven). In de aanlegfase wordt geen achteruitgang verwacht (zoals het Milieu-effectrapport in het slechts mogelijke scenario aangeeft). Binnen de aangegeven bandbreedte (rood weergegeven) zal in de stabilisatiefase het laagdynamisch gebied toenemen. De ruimte tussen de rode ondergrens en de verwachte uitkomst (blauw) is de waarschuwingsfase.




*Bijlage-Figuur A-1: Toename ecologisch waardevol areaal plaatranden. Rode lijnen geven de grenzen van de gewenste ontwikkeling weer. Groene punten geven de tot waargenomen ontwikkelingen weer tot 2012.*

## Toetsing

*De toetsing is overgenomen van het toetsingsverslag van 19 april 2016.*

Het Overleg heeft bekeken welke veranderingen in hoog- en laagdynamische ecotopen t.o.v. 2010 en 2012 te zien zijn in de invloedzones van de plaatrandstortingen. In totaal is er 157 ha laagdynamisch areaal intergetijden en ondiep water extra ontstaat in 2015, in vergelijking met 2010. Ter hoogte van de Rug van Baarland zijn tijdens de jaren 2010 en 2011 slechts in beperkte mate hoeveelheden specie gestort, waardoor de sterke autonome sedimentatie het meest bepalend is voor de ontwikkeling van het gebied. Als we daarom de toename aan laagdynamisch areaal bij de Rug van Baarland buiten beschouwing laten, is er in totaal 70 ha laagdynamisch gebied bijgekomen (HP en PWA samen). In de Nota Plaatrandstortingen (WL, 2008) werd bepaald dat bij de Hooge Platen en Plaat van Walsoorden samen 50 ha laagdynamisch areaal te verwachten was ten gevolge van de plaatrandstortingen.

**Constateringen per plaatrandzone:**

Hooge Platen West: opgemerkt wordt dat in dit gebied het totale plaatareaal is afgenomen. In het westen blijft het hoogdynamisch.

Hooge Platen Noord: Ten zuiden van de oostelijke arm is er ongeveer 50 ha laagdynamisch areaal bijgekomen.

Rug Van Baarland: Er is voornamelijk veel laagdynamisch gebied bijgekomen aan de randen. Er is echter ook wat hoogdynamisch areaal ontstaan dat voorheen laagdynamisch was. Ook hier is er een totale afname van droogvallende plaat. Bij de Rug van Baarland is slechts een beperkte plaatrandstorting uitgevoerd, waardoor de ontwikkelingen als autonome ontwikkelingen zijn te beschouwen.

Plaat Van Walsoorden: Vooral de westelijke plaatpunt en zuidrand zijn terug hoogdynamisch geworden (was in 2012 laagdynamisch, maar de bescherming van de duin is nu weg), de randen aan de westelijke plaatpunt zijn laagdynamisch geworden. In totaal is hier ongeveer 20 ha laagdynamisch gebied bijgekomen.

Alhoewel de ontwikkelingen in laagdynamische arealen op het eerste zicht gunstig lijken in de ecotopenkaart 2015, is het overleg wel bezorgd om de hoogteontwikkelingen, en verschuivingen van slibrijker naar zandrijkere intergetijdengebieden. Of de plaatrandstortingen op langere termijn gunstige ontwikkelingen vertonen (zie 3c. In dit verslag), dient nog in breder perspectief afgewogen te worden, o.a. in Voortgangsrapporten, de studie Ecologische validatie plaatrandstortingen en het T2015-rapport Schelde-estuarium.

## A.3.3 Behoud van het oppervlak ecologisch waardevol gebied

## A.3.4 Hoogte slikken en platen

### Benodigde gegevens

Voor de beoordeling van de hoogte van slikken en platen zijn de volgende (meet)gegevens nodig:

- RTK-raai hoogtemeting op slikken en platen.
- RTK-punt hoogtemeting (sedimentatie/erosie).

De hoogte van de slikken en platen werd 4x maal per jaar bepaald. Vorig jaar besloot het overleg dat de meetfrequentie verlaagd kon worden tot twee rapportages per jaar omdat de ontwikkelingen de voorbije jaren al heel wat kennis opleverden (1e en 3e kwartaal wordt nu gemeten).

### Methodiek

Ecologisch waardevol gebied is ook laagdynamisch gebied aan de oevers van de Westerschelde, dus niet enkel aan de platen. Hiervan dienen de arealen bepaald te worden. Uitgangspunt is dat de oppervlakte laagdynamisch gebied niet mag afnemen. Hierbij geldt dat een ongewenste hoogteverandering een verandering van 5 centimeter of meer per jaar is. Deze grens geldt gemiddeld over de plaatrand. De actuele waarde wordt bepaald uit de afzonderlijke punten.

De RTK-raai hoogtemetingen worden per raai in een grafiek weergegeven, inclusief de gegevens van de voorgaande 10 jaren.

De RTK-punt hoogtemetingen worden in een grafiek weergegeven over een periode van de laatste 10 jaar indien de bijbehorende geomorfologische codering van het meetpunt is gewijzigd t.o.v. de vorige meting.

Voor de T0-rapportage wordt voor iedere raai en ieder meetpunt in grafiekvorm de meetwaarden gepresenteerd over de periode van de 10 voorgaande jaren.

Het Overleg flexibel storten past voorlopig een analysemethodiek toe om de hoogteveranderingen in het litoraal grafisch weer te geven, vertrekkende vanuit volgende idee:

Hoe lager een punt, hoe minder erosie toegestaan is omdat een plaat/slik dan onder de laagwaterlijn dreigt te verdwijnen. Hoe hoger een punt is gelegen, hoe meer erosie toegestaan is omdat de hoogte van het gebied dan meer naar de middelhoge en lagen slikken/platen gaat. In termen van sedimentatie geldt dat er op laaggelegen punten meer sedimentatie toegestaan is dan op hooggelegen punten. Naarmate een punt dus hoger komt te liggen, wordt de norm voor sedimentatie strenger. De eerder genoemde norm van 5 cm per jaar geldt daarom als een gemiddelde norm, die nader gespecificeerd is al naargelang de hoogteligging.

Voor deze indeling wordt gebruik gemaakt van 4 hoogteklassen op basis van droogvalduur (dvd) (zie Bijlage-Tabel A-2). De droogvalduur wordt gebruikt, omdat deze over de Westerschelde gelijk blijft, terwijl de bijbehorende hoogte varieert over het bekken.

De erosie/sedimentatieberekening gebeurt op basis van twee jaar, berekend met de gemiddelde bodemhoogte over het jaar voor de meetpunten. Getoetst wordt of deze berekende waarde voor een meetlocatie de norm overschrijdt en daarmee een negatieve ontwikkeling laat zien.

De ontwikkelde toetsmethode lijkt na 6 jaar nog steeds toepasbaar als signaalparameter. Wel is het in de praktijk mogelijk dat eenzelfde meetpunt het ene jaar een overschrijding vertoont die er het jaar daarna niet meer is. De interpretatie op iets grotere ruimtelijke schaal samen met andere metingen en visuele veldwaarnemingen is daarom belangrijk, evenals het beschouwen van een wat langere periode.

*Bijlage-Tabel A-2: Sedimentatie- en erosienorm per hoogteklasse.*

| Hoogteligging | Norm voor sedimentatie | Norm voor erosie |
|---|---|---|
| **GLWS – 25 % dvd** | max 10 cm / jaar | max 2 cm / jaar |
| **25 – 50 % dvd** | max 6 cm / jaar | max 4 cm / jaar |
| **50 – 75 % dvd** | max 4 cm / jaar | max 6 cm / jaar |
| **75 – 100 % dvd** | max 2 cm / jaar | max 10 cm / jaar |

## Resultaten

De resultaten worden per plaatrandzone (HPW, HPN, PWA en RVB) weergegeven in de kwartaalrapporten van RWS Dienst Zeeland, Meetadviesdienst (Jentink, 2015a, 2015b, 2015c, 2015d) en in de datarapportage Opvolging Effecten Flexibel Storten 2015 (Jentink *et al.*, 2016). In de nota 'Toelichting op de resultaten toetsing criterium sedimentatie/erosie plaathoogtes' (Schrijver, 2016) worden op de resultaten van de sedimentatie-erosie metingen verder besproken.

## Toetsing

Voor dit criterium werd een methode ontwikkeld om te kunnen evalueren of de RTK-puntmetingen een te snelle sedimentatie of erosie vertonen. De methode werd op alle meetpunten toegepast. De punten die de sedimentatie- of erosienorm overschrijden, zijn door het Overleg flexibel storten besproken om te bepalen of:

- de ontwikkeling verband houdt met de plaatrandstortingen, en
- de ontwikkeling een probleem vormt.

In de rapportage van de meetcampagne van september 2015 zijn de sedimentatie-erosiemetingen opgenomen, en werden de criteria getoetst (zie bijlage 4 a-d). In bijlage 4e zijn de punten die de sedimentatie- of erosienorm overschrijden opgelijst, samen met een overzicht van de relevante monitoringsgegevens.

De ontwikkelde toetsmethode lijkt na 6 jaar toepassen nog steeds werkbaar als signaalparameter. Wel is het in de praktijk mogelijk dat eenzelfde meetpunt het ene jaar een overschrijding vertoont die er het jaar daarna niet meer is. De interpretatie op iets grotere ruimtelijke schaal samen met andere metingen en visuele veldwaarnemingen is daarom belangrijk, evenals het beschouwen van een wat langere periode.

Vorig jaar besloot het overleg dat de meetfrequentie verlaagd kon worden tot twee rapportages per jaar omdat de ontwikkelingen de voorbije jaren al heel wat kennis opleverden (1$^{e}$ en 3$^{e}$ kwartaal wordt nu gemeten).

### Hooge Platen West (macrocel 1)

De opstaande rug die een achterliggend gebied luwer maakt, verplaatst zich naar het oosten, en het westelijk deel erodeert. Vooralsnog komt het zand nog niet de plaat op. Het gebied van de punten 922 t/m 909 is dusdanig opgehoogd dat het schor is geworden. Dit is al enige jaren een trend, dus niet een rechtstreeks gevolg van de plaatrandstortingen.

De punten langs de laagwaterlijn laten zien dat de plaat onder water ook naar het noorden uitbouwt. In veel punten is de trend van ophoging wel minder geworden t.o.v. vorig jaar.

De punten 926 en 927 liggen in de luwte van de gestorte hoop zand aan de westkant, en hogen ook geleidelijk op. In punt 932 is de extreme verhoging de zandrug die nu de plaat oploopt. Deze rug zorgt wel voor luwte.

Hoewel bijna voor alle meetpunten de ophoging boven de norm ligt, is er sinds 2009 geen duidelijke versnelling van de plaatverhoging zichtbaar.

#### Hooge Platen Noord (macrocel 1)

De Hooge Platen blijven ophogen. Er is een sterke sedimentatietrend waarneembaar op de noordelijke plaatrand, iets minder sterk in het westen t.o.v. 2014 maar iets meer in het midden en oosten. De sedimentatie is ook slibrijk.

#### Rug van Baarland (macrocel 4)

We zien dezelfde ontwikkeling als vorig jaar zich verderzetten. Er is wat minder erosie aan zowel de oostelijke als de westelijke plaatrand. Met name de plaatranden sedimenteren, wat goed zichtbaar is op de geomorfologische kaart.

#### Plaat van Walsoorden (macrocel 5)

Er is een geen erosie meer in de uitloop van de vloedschaar maar er is nog steeds een sterke erosie aan de oostelijke plaatpunt. De meetpunten hier zullen vervallen.

In meetpunt 536 is te sterke ophoging, ten gevolge van zand dat aan de plaatrand werd gestort. Er is echter ook een significante daling merkbaar in de stroomsnelheden ten opzichte van T0, zowel bij vloed als bij eb, wat een doel was van de plaatrandstortingen is, en daarmee positief wordt beoordeeld. De meetpunten in de luwte hogen (nog) niet te snel op.

## A.3.5 Schorranderosie

### Benodigde gegevens

De positie van de schorrand wordt één maal per jaar bepaald. Hiertoe zijn de volgende (meet)gegevens nodig:

- RTK-raai hoogtemeting op schorranden (1 maal per jaar).

### Methodiek

Jaarlijks wordt de positie van de schorranden ingemeten door Rijkswaterstaat. De meetresultaten worden gepresenteerd in grafieken waarin de profielen van iedere meting weergegeven worden. Op de x-as staat de afstand vanaf het raainulpunt en op de y-as de hoogte t.o.v. NAP. Voor de leesbaarheid van de grafiek is er voor gekozen om alleen de metingen vanaf 2000 te presenteren.

Bij locaties waar een duidelijk schorklif aanwezig is wordt nog een grafiek gepresenteerd. Hierin wordt de ligging van het schorklif t.o.v. het raainulpunt weergegeven. Uit iedere meting wordt bepaald wat de afstand van het raainulpunt is naar het klif en deze afstand wordt per jaar weergegeven in de grafiek. In het voorbeeld wordt de afstand vanaf het nulpunt tot de hoogte +1 m NAP bepaald. Hetzelfde wordt gedaan vanaf het nulpunt tot 0 m NAP. Daarna wordt het gemiddelde van beide bepalingen berekend; dit geeft de ligging weer van de zone tussen beide controlepunten (hier +1 m NAP en 0 m NAP). Dit is een maat voor de ontwikkeling van het voorland. In Jentink et al. (2014) worden de schor-slikprofielen van alle locaties op de Westerschelde gepresenteerd. De ligging van de profielen zijn hier ook in aangeduid.

## Toetsing

*De toetsing is overgenomen van het toetsingsverslag van 19 april 2016.*

De verschillende schorren werden door het Overleg flexibel storten beoordeeld. De meeste schorranden zijn stabiel. Op die schorranden waar een erosie zichtbaar is, was deze reeds gaande, en worden geen trendbreuken vastgesteld.

Er worden geen ontwikkelingen waargenomen die aanleiding geven tot nader onderzoek of actie.

Drie zaken die vermeldenswaardig zijn:

- de erosie van het slik aan de oostkant bij Saeftinghe gaat door. Deze is al langer gaande, maar wordt aangemerkt als een algemeen zorgpunt.
- De trend van sedimentatie bij het Zuidgors is omgezet in erosie in raaien 2210 en 2220. Dit is waarschijnlijk een na-ijlend effect van stortingen in de omgeving van het Zuidgors uit het verleden dat nu eindigt. Bij 2250 en 2270 zie je uitgroei van schor. Er is sinds vorig jaar in de nevengeulstortzones SN31 gestort worden in een aantal vakjes die naar verwachting terug aanleiding kan geven tot sedimentatie van het Zuidgors. Er zal dit jaar geëvalueerd worden hoe deze stortingen evolueren
- Bij het schor van Waarde vertoonde het voorbije jaar sterke ontwikkelingen: op de raai ten westen van de strekdam is erosie van het voorland zichtbaar en de schorrand is weggeslagen (eindigt in afwateringgeul), de raai tussen de dammen kent een forse uitbouw van het voorland (geen verhoging wel horizontale uitbouw). Oostelijk van de dam is er terug erosie van het voorland (t.g.v. verplaatsing Zimmermangeul).

# A.3.6 Ontwikkeling ecologisch waardevol areaal Westerschelde

## Benodigde gegevens en methodiek

Het totaal areaal ecologisch waardevol gebied wordt bepaald aan de hand van de ecotopenkaarten van de Westerschelde van de jaren 2010, 2011, 2012 en 2015. Ieder jaar wordt op basis van de ecotopenkaart het areaal ‘Ecologisch Waardevol Gebied’ bepaald. Dit gebied wordt samengesteld uit de arealen

- Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal
- Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal
- Laagdynamisch slibrijk laag litoraal
- Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal
- Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal
- Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal
- Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal

De evolutie wordt weergeven in een grafiek, waarbij de T0 situatie die als uitgangspunt dient vastgesteld is in 2010.

## Resultaten

De arealen van de hierboven genoemde gebieden zijn in onderstaande tabel weergegeven. De totalen en de verandering ten opzichte van 2010 worden weergegeven.

*Bijlage-Tabel A-3: Ontwikkeling van de ecotopenarealen met aanduiding van het laagdynamisch, ecologisch waardevol areaal*

| Ecotoop | 2010 | 2011 | 2012 | 2015 |
|---|---|---|---|---|
| **Hard substraat harde veen/klei in het litoraal** | 117 | 123 | 130 | 137 |
| **Hard substraat harde veen/klei in het supralitoraal** | 1 | 1 | 1 | 1 |
| **Hard substraat steen in het litoraal** | 179 | 180 | 181 | 195 |
| **Hoogdynamisch fijnzandig litoraal** | 3363 | 3362 | 3334 | 3177 |
| **Hoogdynamisch zacht substraat in het sublitoraal** | 19974 | 19800 | 19812 | 19810 |
| **Hoogdynamisch zacht substraat supralitoraal** | 70 | 53 | 51 | 47 |
| **Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal** | 313 | 335 | 298 | 316 |
| **Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal** | 213 | 210 | 203 | 206 |
| **Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal** | 1909 | 2061 | 2004 | 2174 |
| **Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal** | 302 | 297 | 247 | 267 |
| **Laagdynamisch slibrijk laag litoraal** | 134 | 125 | 118 | 119 |
| **Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal** | 1035 | 965 | 1060 | 969 |
| **Laagdynamisch zacht substraat in het diepe sublitoraal** | 310 | 339 | 347 | 324 |
| **Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal** | 432 | 441 | 465 | 463 |
| **Laagdynamisch zacht substraat in het supralitoraal** | 178 | 164 | 139 | 165 |
| **Overig** | 88 | 90 | 89 | 89 |
| **Pionierzone en pre-pionierzone** | 213 | 194 | 239 | 180 |
| **Schor / kwelder** | 2909 | 3001 | 3023 | 3101 |
| **Totaal** | **31741** | **31741** | **31741** | **31741** |
| **Totaal ecologisch waardevol areaal** | **4337** | **4433** | **4395** | **4515** |
| **Verschil t.o.v. 2010** | **0** | **+ 96** | **+ 58** | **+ 178** |

## Toetsing

De ontwikkelingen tot en met 2012 werden geanalyseerd i.k.v. de T2009-opdracht. Er is een kleine toename zichtbaar voor het laagdynamisch areaal en een afname voor het areaal intergetijdengebied (= hoogdynamisch areaal).

Op de ecotopenkaart 2015 is het totaal aan laagdynamisch gebied ook weer wat toegenomen (tussen 2010 en 2015 kwam er 178 ha laagdynamisch areaal bij).

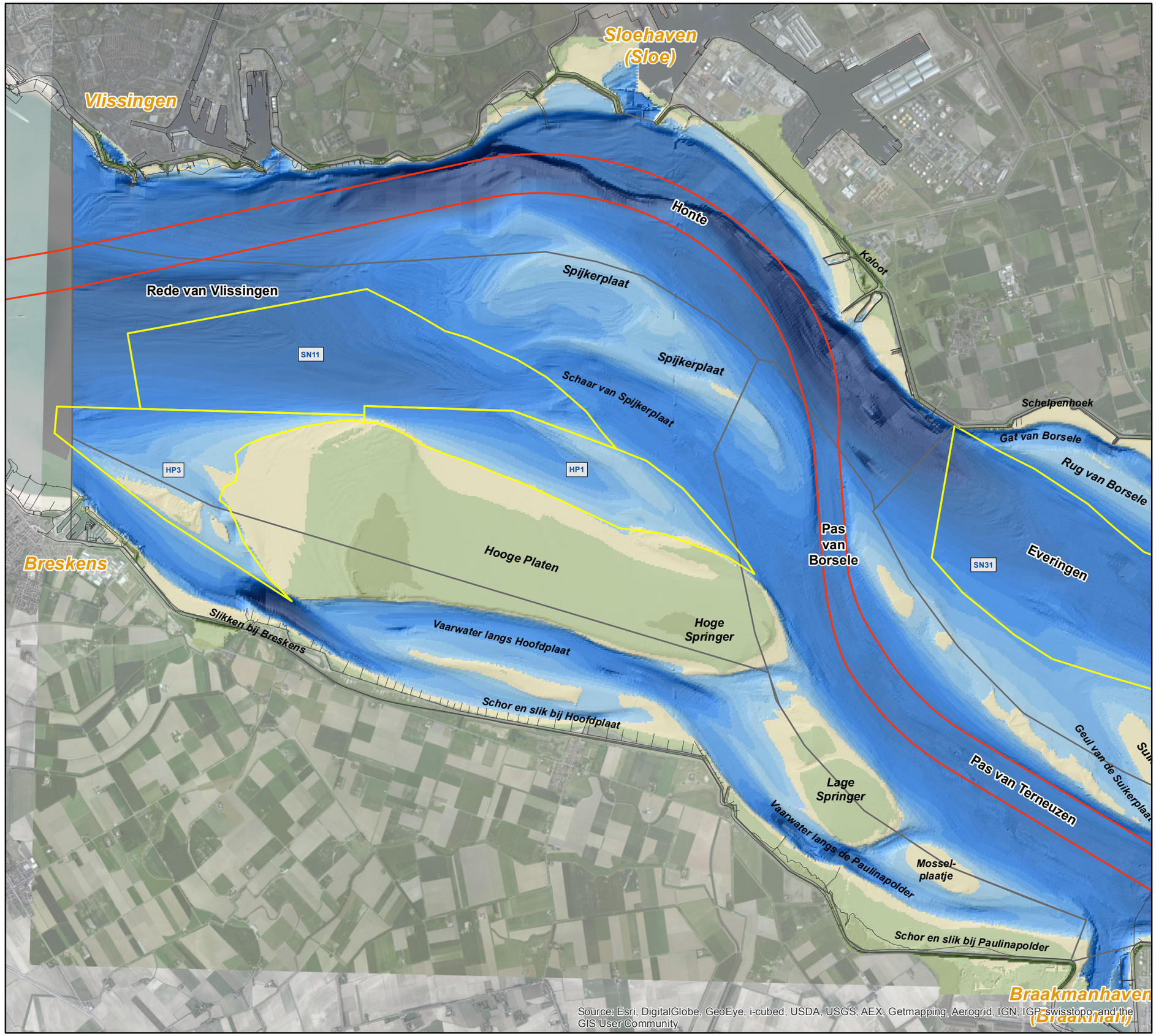
Op voorgaande toetsoverleggen is besloten om de nieuwe projecten die i.k.v. natuurherstel zijn aangelegd (zoals bijvoorbeeld Perkpolder), van de ecotopenkaart af te knippen, en niet in deze toetsing te beschouwen omdat we op die manier het effect van de verruiming zuiverder bekijken. Dit is nog niet aan de orde in de kaart van 2015.

Op een aantal platen is doorgaande ophoging zichtbaar (zie 3c. In dit verslag) en vergroot het areaal schor:

- Hooge Platen: Aan de zuidrand, op het hoogste deel van de plaat rukt schor op (vooral op de Bol en Hoge Springer).
- Plaat van Walsoorden: Bovenop de plaat is er schorvorming, maar ten gevolge van de erosie van de oostelijke punt neemt het totaal areaal af. Echter is op de westelijke droogvallende plaat procentueel meer schor dan voorheen.

Om de toekomstige stortstrategie te bepalen is het nodig om de winst inzake laagdynamisch areaal af te wegen t.o.v. ontwikkelingen elders in de Westerschelde, en de winst op langere termijn te beschouwen. Dit zal aan de orde komen i.k.v. de T2015-opdracht en de Agenda voor de Toekomst.

# Bijlage B Geselecteerd kaartmateriaal




**VLAAMSE OVERHEID**

Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

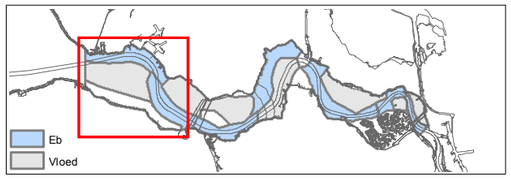
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Dieptekaart Westerschelde 2009 Macrocel 1 & 2*

11353_001_160330_B_WES2009_MC1-2 — Datum: 30/03/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 1




IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

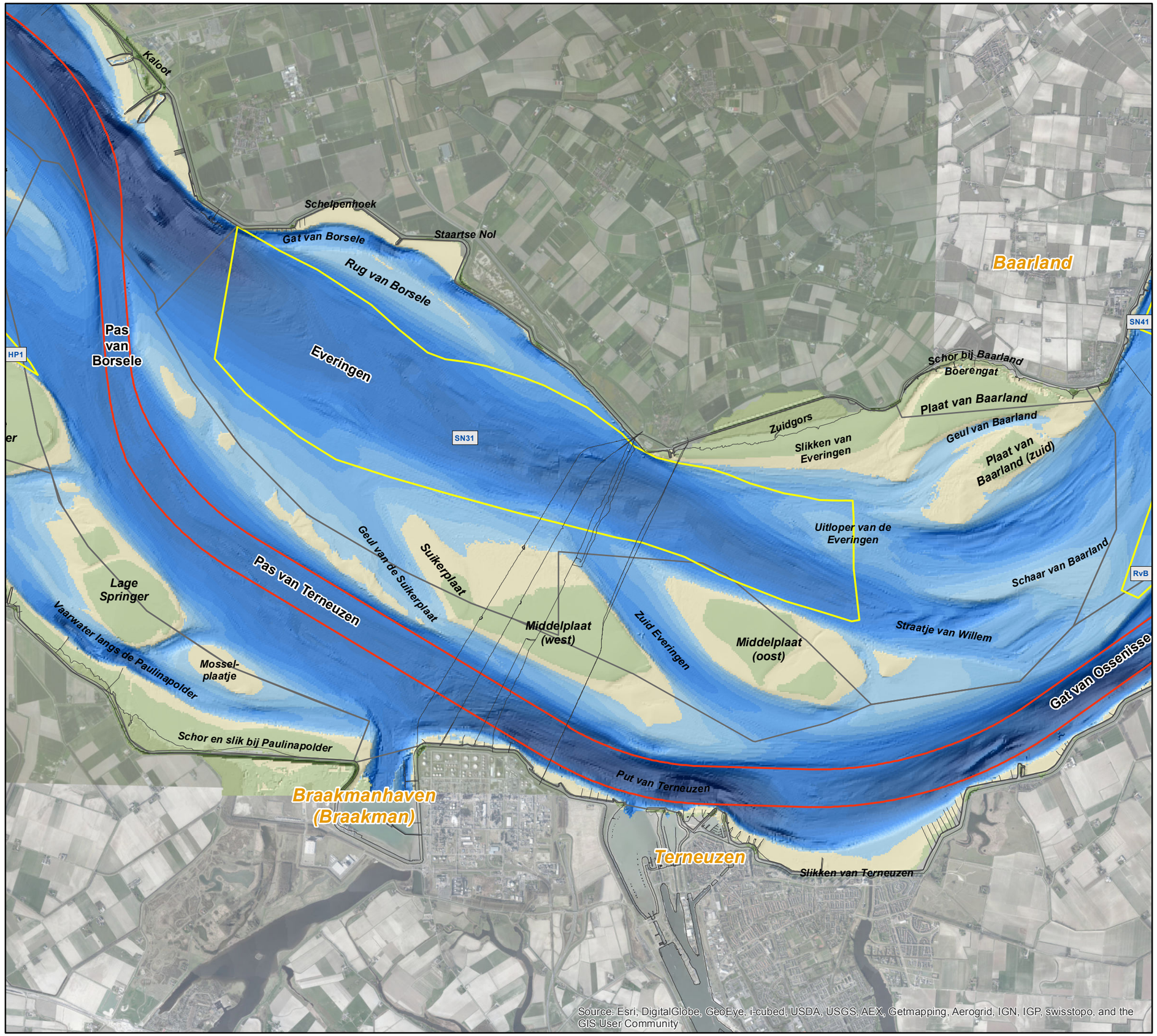
- -64.66 - -46.00
- -45.99 - -44.00
- -43.99 - -42.00
- -41.99 - -40.00
- -39.99 - -38.00
- -37.99 - -36.00
- -35.99 - -34.00
- -33.99 - -32.00
- -31.99 - -30.00
- -29.99 - -28.00
- -27.99 - -26.00
- -25.99 - -24.00
- -23.99 - -22.00
- -21.99 - -20.00
- -19.99 - -18.00
- -17.99 - -16.00
- -15.99 - -14.00
- -13.99 - -12.00
- -11.99 - -10.00
- -9.99 - -8.00
- -7.99 - -6.00
- -5.99 - -4.00
- -3.99 - -2.00
- -1.99 - 0.00
- +0.01 - +2.00
- +2.01 - +4.00
- +4.01 - +6.00
- +6.01 - +8.00
- +8.01 - +10.00
- +10.01 - +12.00

Diepte in m [NAP]

- RvB Stortzone
- Macrocellen
- Vaargeul

N
W E
S

0 0.5 1 1.5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Dieptekaart Westerschelde 2009 Macrocel 3*

11353_002_160330_B_WES2009_MC3 — Datum: 30/03/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 2




IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

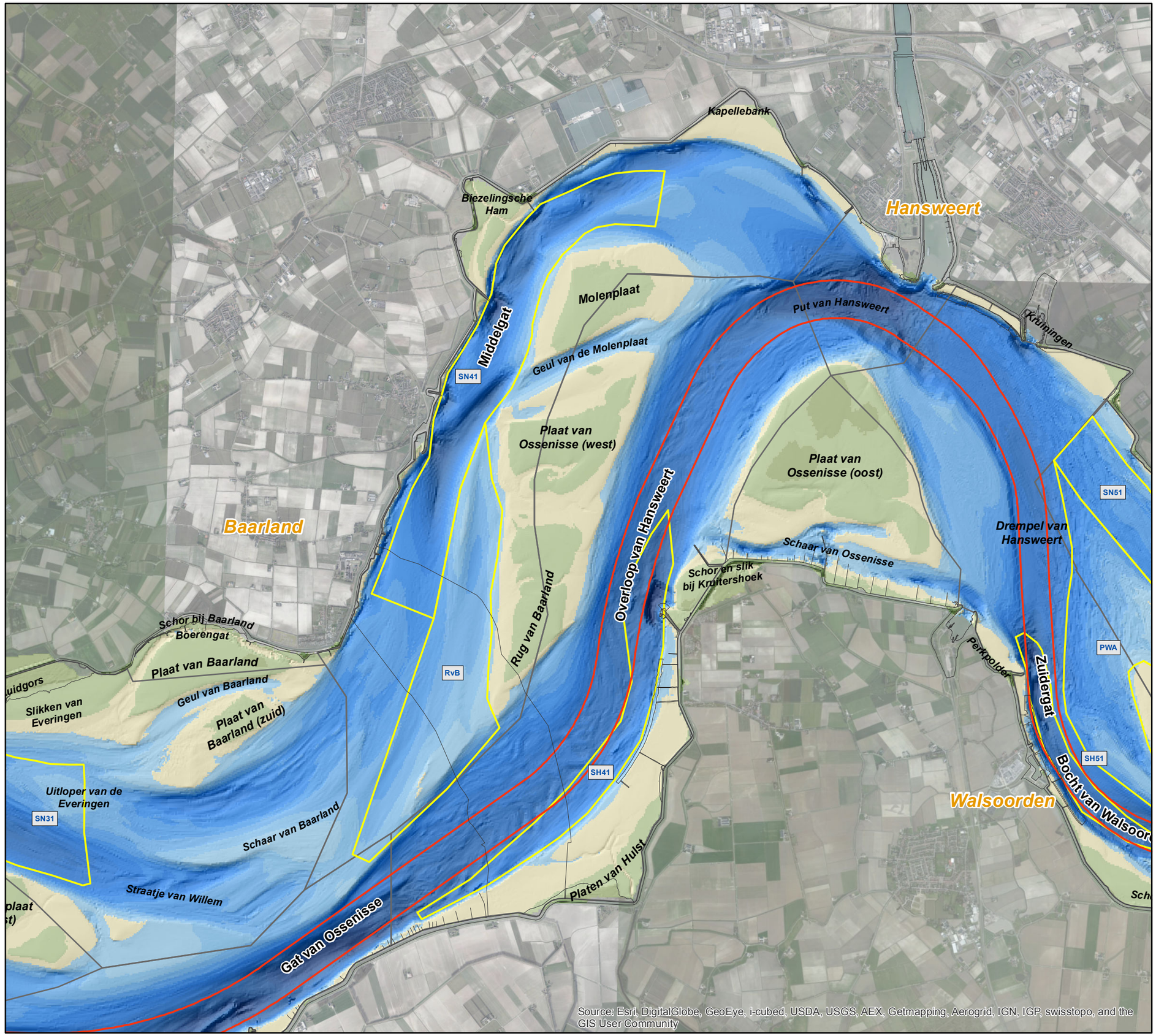
-64.66 - -46.00
-45.99 - -44.00
-43.99 - -42.00
-41.99 - -40.00
-39.99 - -38.00
-37.99 - -36.00
-35.99 - -34.00
-33.99 - -32.00
-31.99 - -30.00
-29.99 - -28.00
-27.99 - -26.00
-25.99 - -24.00
-23.99 - -22.00
-21.99 - -20.00
-19.99 - -18.00
-17.99 - -16.00
-15.99 - -14.00
-13.99 - -12.00
-11.99 - -10.00
-9.99 - -8.00
-7.99 - -6.00
-5.99 - -4.00
-3.99 - -2.00
-1.99 - 0.00
+0.01 - +2.00
+2.01 - +4.00
+4.01 - +6.00
+6.01 - +8.00
+8.01 - +10.00
+10.01 - +12.00

Diepte in m [NAP]

RvB Stortzone
Macrocellen
Vaargeul

N
W
E
S

0 0.5 1 1.5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

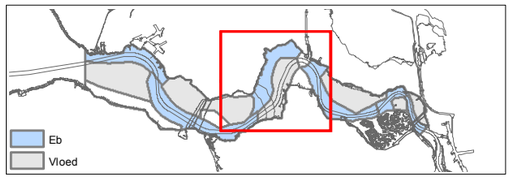
# Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## Dieptekaart Westerschelde 2009 Macrocel 4

11353_003_160330_B_WES2009_MC4 — Datum: 30/03/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 3




IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

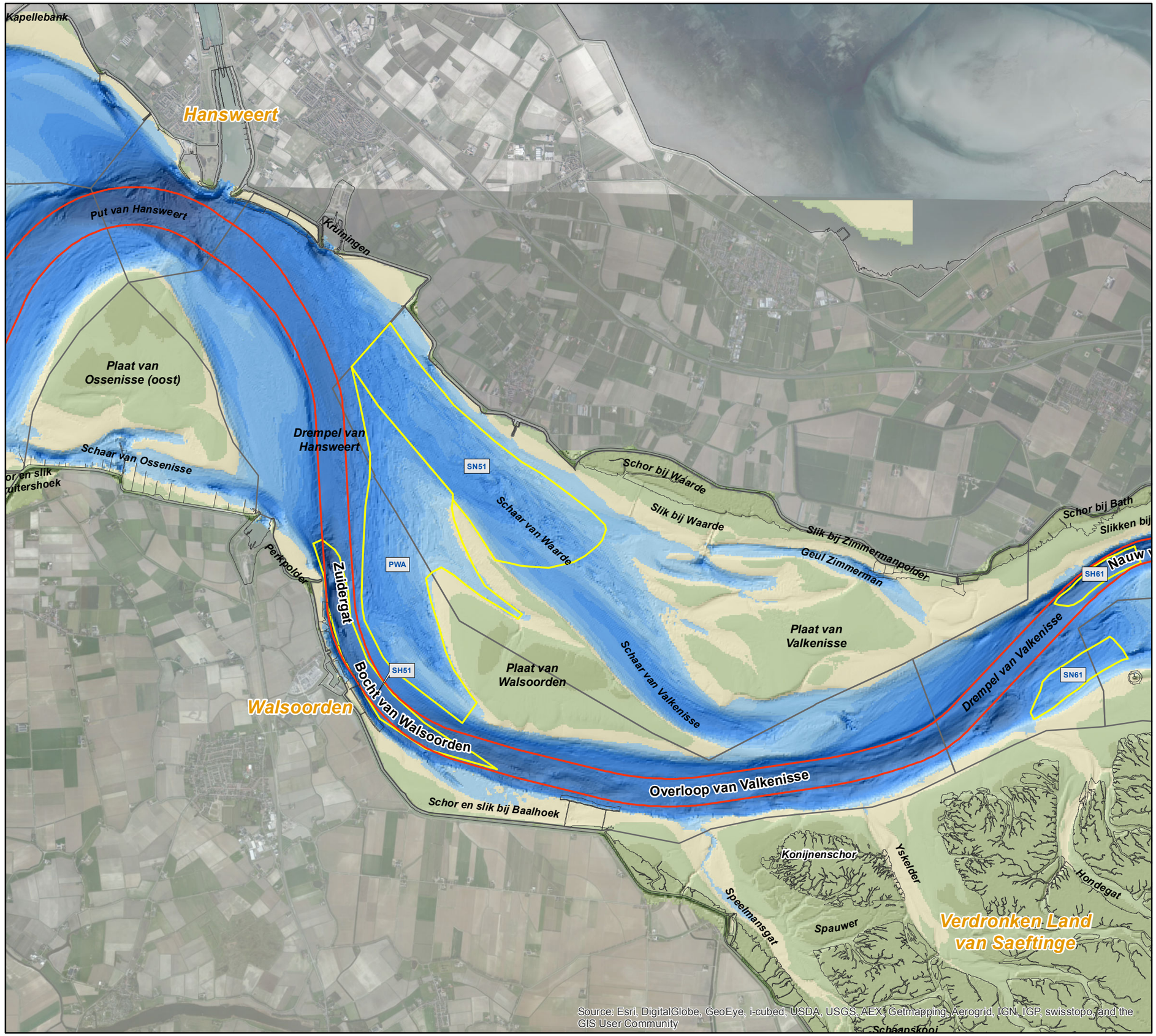
-64.66 - -46.00
-45.99 - -44.00
-43.99 - -42.00
-41.99 - -40.00
-39.99 - -38.00
-37.99 - -36.00
-35.99 - -34.00
-33.99 - -32.00
-31.99 - -30.00
-29.99 - -28.00
-27.99 - -26.00
-25.99 - -24.00
-23.99 - -22.00
-21.99 - -20.00
-19.99 - -18.00
-17.99 - -16.00
-15.99 - -14.00
-13.99 - -12.00
-11.99 - -10.00
-9.99 - -8.00
-7.99 - -6.00
-5.99 - -4.00
-3.99 - -2.00
-1.99 - 0.00
+0.01 - +2.00
+2.01 - +4.00
+4.01 - +6.00
+6.01 - +8.00
+8.01 - +10.00
+10.01 - +12.00

Diepte in m [NAP]

RvB Stortzone
Macrocellen
Vaargeul

N
W E
S

0 0.5 1 1.5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

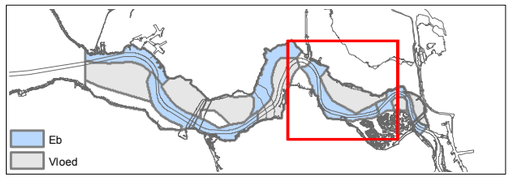
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Dieptekaart Westerschelde 2009 Macrocel 5*

11353_004_160330_B_WES2009_MC5 — Datum: 30/03/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 4




IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

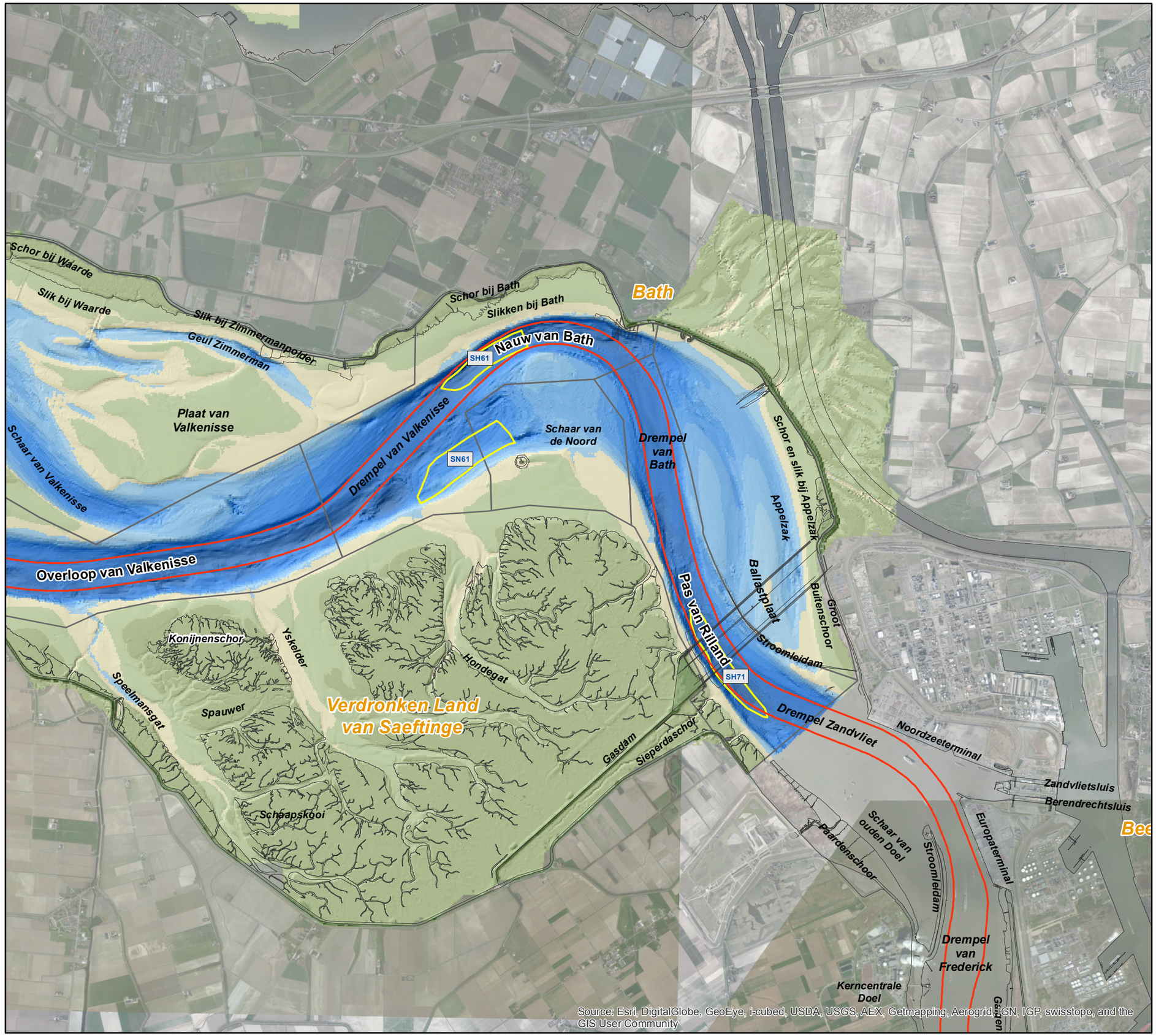
-64.66 - -46.00
-45.99 - -44.00
-43.99 - -42.00
-41.99 - -40.00
-39.99 - -38.00
-37.99 - -36.00
-35.99 - -34.00
-33.99 - -32.00
-31.99 - -30.00
-29.99 - -28.00
-27.99 - -26.00
-25.99 - -24.00
-23.99 - -22.00
-21.99 - -20.00
-19.99 - -18.00
-17.99 - -16.00
-15.99 - -14.00
-13.99 - -12.00
-11.99 - -10.00
-9.99 - -8.00
-7.99 - -6.00
-5.99 - -4.00
-3.99 - -2.00
-1.99 - 0.00
+0.01 - +2.00
+2.01 - +4.00
+4.01 - +6.00
+6.01 - +8.00
+8.01 - +10.00
+10.01 - +12.00

Diepte in m [NAP]

RvB Stortzone
Macrocellen
Vaargeul

N
W
E
S

0 0.5 1 1.5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

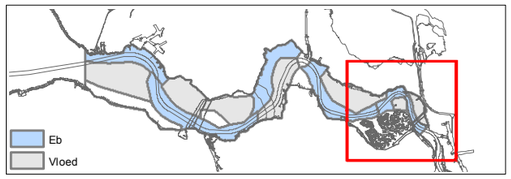
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Dieptekaart Westerschelde 2009 Macrocel 6 & 7*

11353_005_160330_B_WES2009_MC6-7 Datum: 30/03/2016
Rapport nr. 16.073 Figuur 5




IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

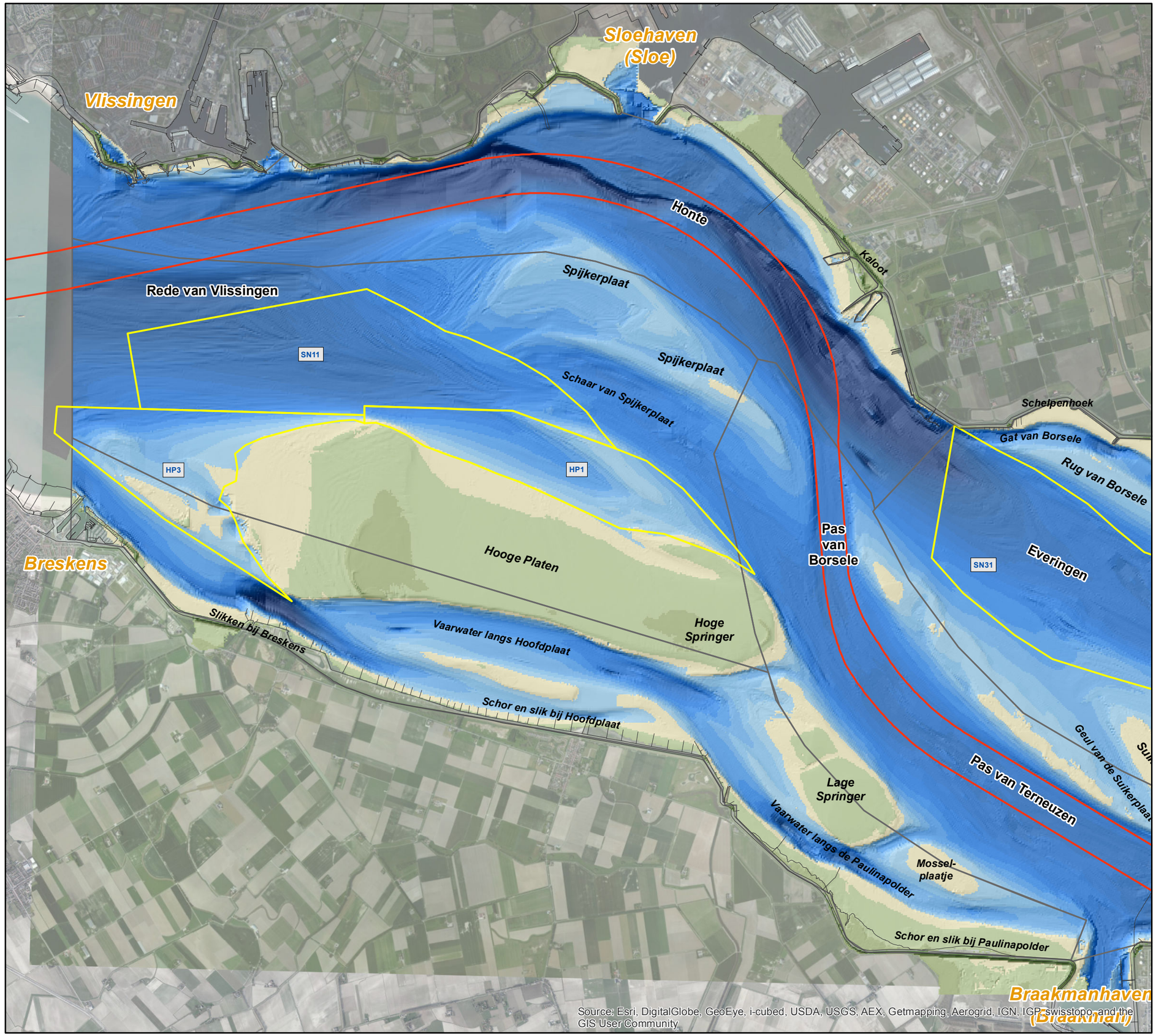
-64.66 - -46.00
-45.99 - -44.00
-43.99 - -42.00
-41.99 - -40.00
-39.99 - -38.00
-37.99 - -36.00
-35.99 - -34.00
-33.99 - -32.00
-31.99 - -30.00
-29.99 - -28.00
-27.99 - -26.00
-25.99 - -24.00
-23.99 - -22.00
-21.99 - -20.00
-19.99 - -18.00
-17.99 - -16.00
-15.99 - -14.00
-13.99 - -12.00
-11.99 - -10.00
-9.99 - -8.00
-7.99 - -6.00
-5.99 - -4.00
-3.99 - -2.00
-1.99 - 0.00
+0.01 - +2.00
+2.01 - +4.00
+4.01 - +6.00
+6.01 - +8.00
+8.01 - +10.00
+10.01 - +12.00

Diepte in m [NAP]

RvB Stortzone
Macrocellen
Vaargeul

N
W E
S

0 0.5 1 1.5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

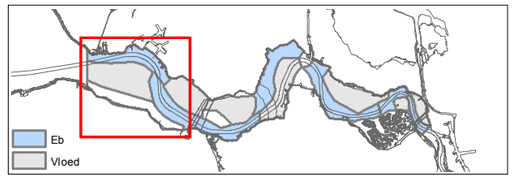
# Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## Dieptekaart Westerschelde 2010 Macrocel 1 & 2

11353_006_160330_B_WES2010_MC1-2 — Datum: 30/03/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 6




IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

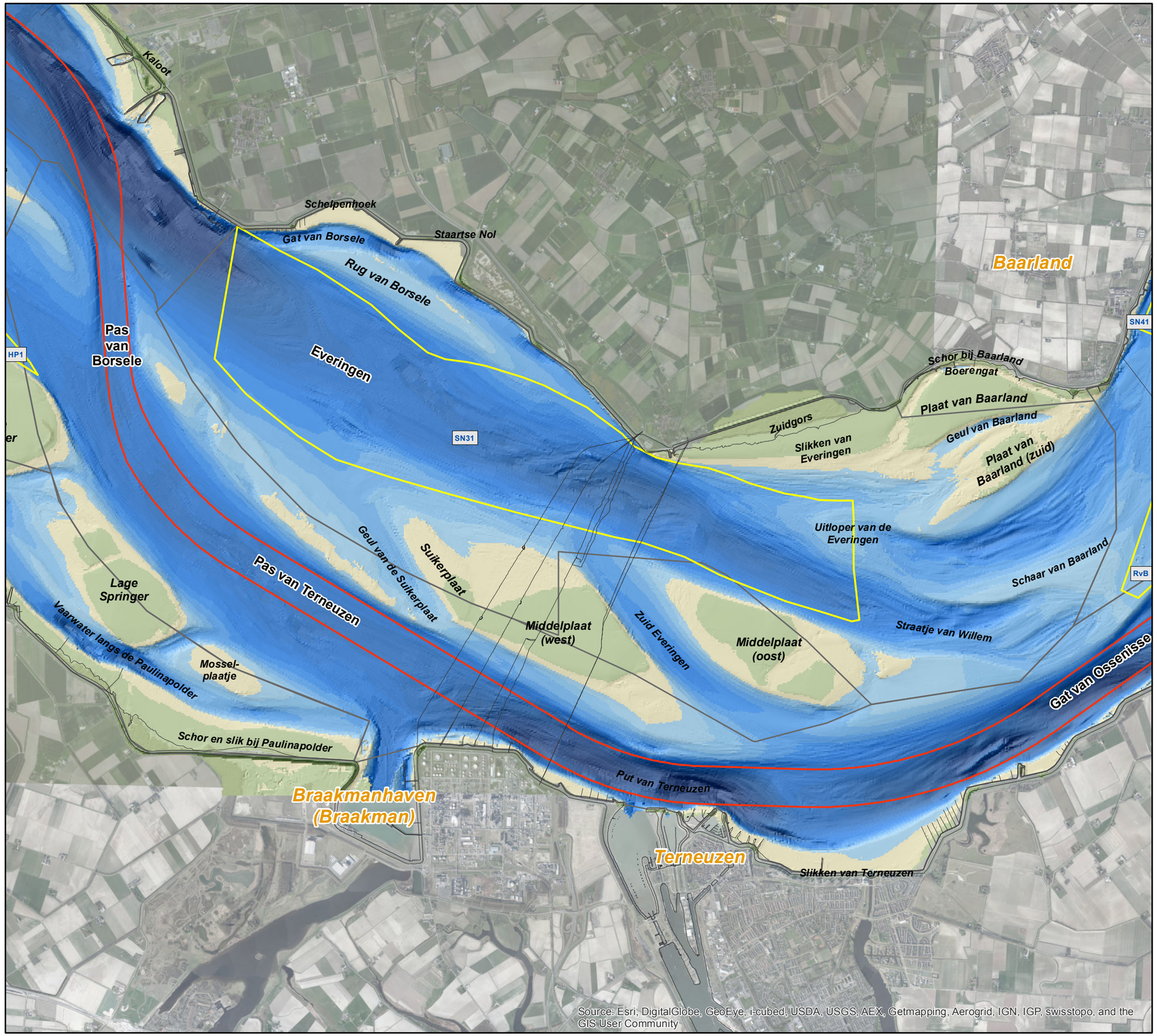
-64.66 - -46.00
-45.99 - -44.00
-43.99 - -42.00
-41.99 - -40.00
-39.99 - -38.00
-37.99 - -36.00
-35.99 - -34.00
-33.99 - -32.00
-31.99 - -30.00
-29.99 - -28.00
-27.99 - -26.00
-25.99 - -24.00
-23.99 - -22.00
-21.99 - -20.00
-19.99 - -18.00
-17.99 - -16.00
-15.99 - -14.00
-13.99 - -12.00
-11.99 - -10.00
-9.99 - -8.00
-7.99 - -6.00
-5.99 - -4.00
-3.99 - -2.00
-1.99 - 0.00
+0.01 - +2.00
+2.01 - +4.00
+4.01 - +6.00
+6.01 - +8.00
+8.01 - +10.00
+10.01 - +12.00

Diepte in m [NAP]

RvB Stortzone
Macrocellen
Vaargeul

N
W E
S

0 0.5 1 1.5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**

Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Dieptekaart Westerschelde 2010 Macrocel 3*

11353_007_160330_B_WES2010_MC3 — Datum: 30/03/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 7




IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

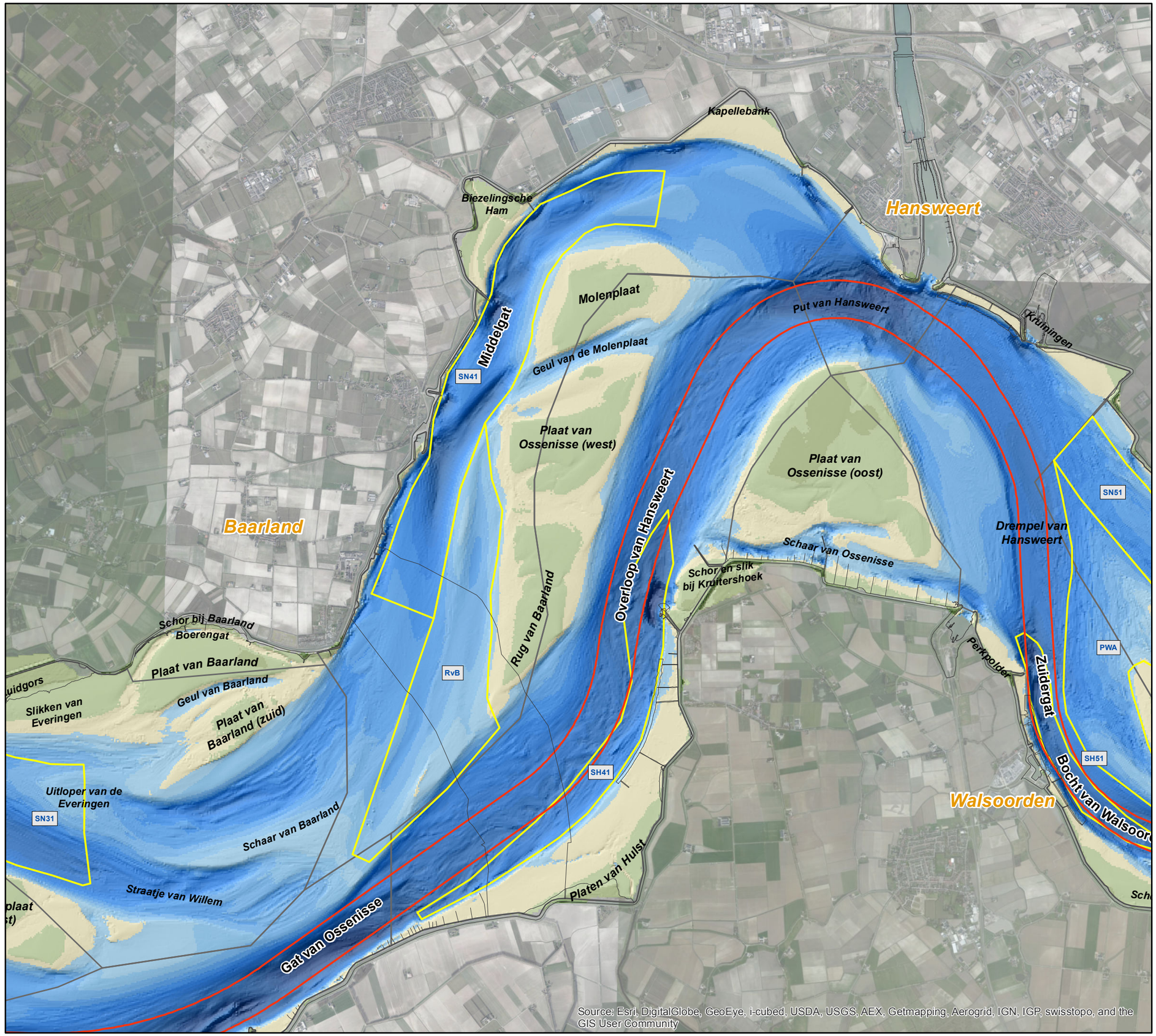
-64.66 - -46.00
-45.99 - -44.00
-43.99 - -42.00
-41.99 - -40.00
-39.99 - -38.00
-37.99 - -36.00
-35.99 - -34.00
-33.99 - -32.00
-31.99 - -30.00
-29.99 - -28.00
-27.99 - -26.00
-25.99 - -24.00
-23.99 - -22.00
-21.99 - -20.00
-19.99 - -18.00
-17.99 - -16.00
-15.99 - -14.00
-13.99 - -12.00
-11.99 - -10.00
-9.99 - -8.00
-7.99 - -6.00
-5.99 - -4.00
-3.99 - -2.00
-1.99 - 0.00
+0.01 - +2.00
+2.01 - +4.00
+4.01 - +6.00
+6.01 - +8.00
+8.01 - +10.00
+10.01 - +12.00

Diepte in m [NAP]

RvB Stortzone
Macrocellen
Vaargeul

N
W
E
S

0 0.5 1 1.5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

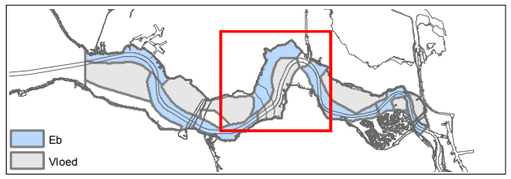
# Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## Dieptekaart Westerschelde 2010 Macrocel 4

11353_008_160330_B_WES2010_MC4 — Datum: 30/03/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 8




IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

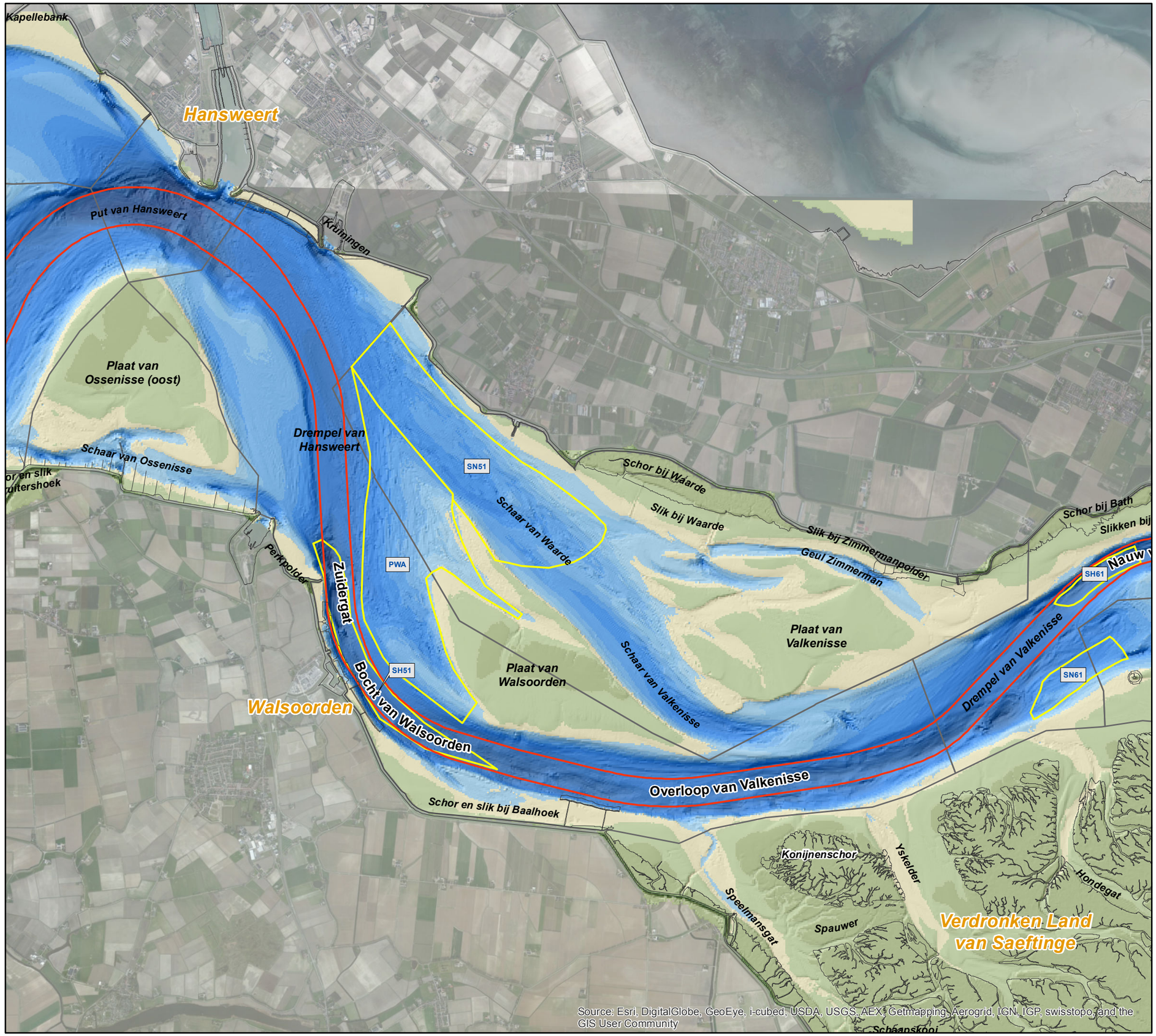
Diepte in m [NAP]

- -64.66 - -46.00
- -45.99 - -44.00
- -43.99 - -42.00
- -41.99 - -40.00
- -39.99 - -38.00
- -37.99 - -36.00
- -35.99 - -34.00
- -33.99 - -32.00
- -31.99 - -30.00
- -29.99 - -28.00
- -27.99 - -26.00
- -25.99 - -24.00
- -23.99 - -22.00
- -21.99 - -20.00
- -19.99 - -18.00
- -17.99 - -16.00
- -15.99 - -14.00
- -13.99 - -12.00
- -11.99 - -10.00
- -9.99 - -8.00
- -7.99 - -6.00
- -5.99 - -4.00
- -3.99 - -2.00
- -1.99 - 0.00
- +0.01 - +2.00
- +2.01 - +4.00
- +4.01 - +6.00
- +6.01 - +8.00
- +8.01 - +10.00
- +10.01 - +12.00

- RvB Stortzone
- Macrocellen
- Vaargeul

N W E S

0 0.5 1 1.5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**

Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

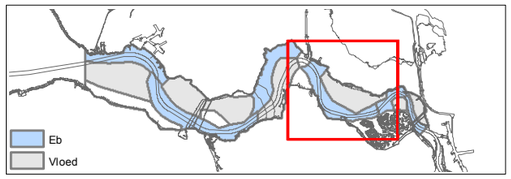
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Dieptekaart Westerschelde 2010 Macrocel 5*

11353_009_160330_B_WES2010_MC5 — Datum: 30/03/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 9




IMDC
International Marine & Dredging Consultants

Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

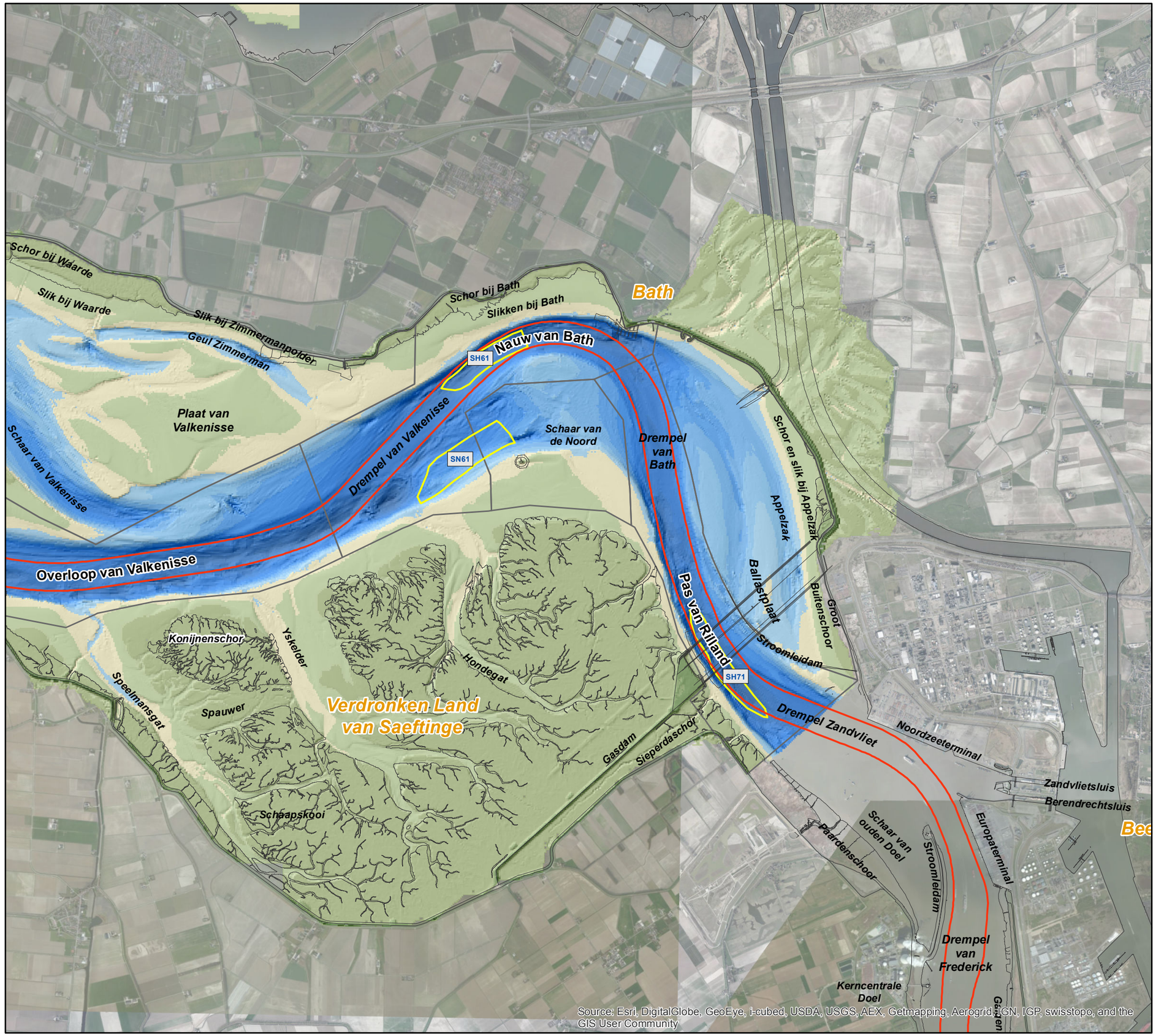
- -64.66 - -46.00
- -45.99 - -44.00
- -43.99 - -42.00
- -41.99 - -40.00
- -39.99 - -38.00
- -37.99 - -36.00
- -35.99 - -34.00
- -33.99 - -32.00
- -31.99 - -30.00
- -29.99 - -28.00
- -27.99 - -26.00
- -25.99 - -24.00
- -23.99 - -22.00
- -21.99 - -20.00
- -19.99 - -18.00
- -17.99 - -16.00
- -15.99 - -14.00
- -13.99 - -12.00
- -11.99 - -10.00
- -9.99 - -8.00
- -7.99 - -6.00
- -5.99 - -4.00
- -3.99 - -2.00
- -1.99 - 0.00
- +0.01 - +2.00
- +2.01 - +4.00
- +4.01 - +6.00
- +6.01 - +8.00
- +8.01 - +10.00
- +10.01 - +12.00

Diepte in m [NAP]

- RvB — Stortzone
- Macrocellen
- Vaargeul

N
W
E
S

0 0.5 1 1.5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

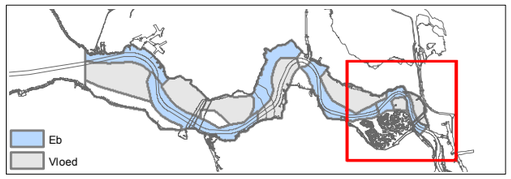
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Dieptekaart Westerschelde 2010 Macrocel 6 & 7*

11353_010_160330_B_WES2010_MC6-7 Datum: 30/03/2016
Rapport nr. 16.073 Figuur 10




IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

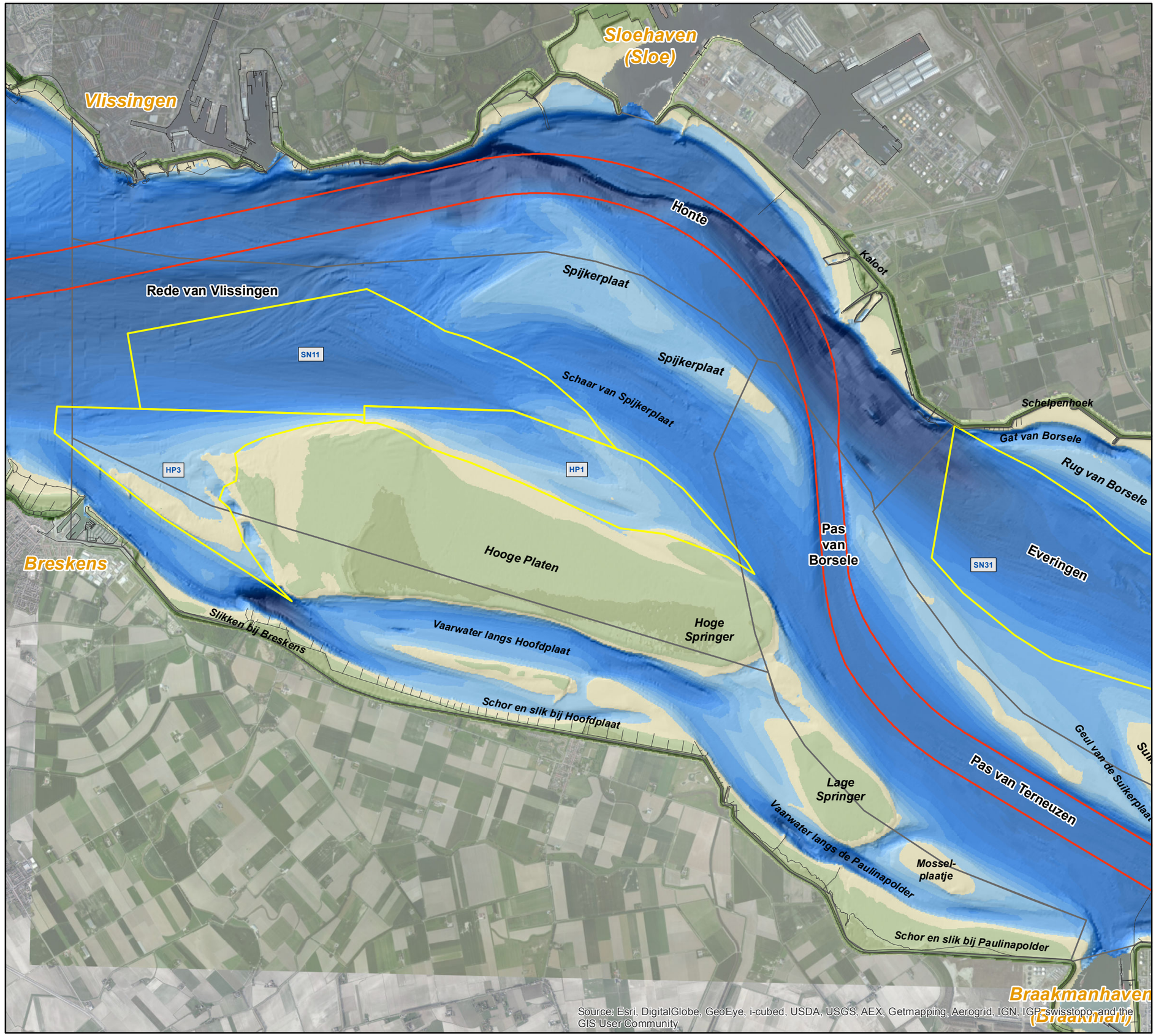
- -64.66 - -46.00
- -45.99 - -44.00
- -43.99 - -42.00
- -41.99 - -40.00
- -39.99 - -38.00
- -37.99 - -36.00
- -35.99 - -34.00
- -33.99 - -32.00
- -31.99 - -30.00
- -29.99 - -28.00
- -27.99 - -26.00
- -25.99 - -24.00
- -23.99 - -22.00
- -21.99 - -20.00
- -19.99 - -18.00
- -17.99 - -16.00
- -15.99 - -14.00
- -13.99 - -12.00
- -11.99 - -10.00
- -9.99 - -8.00
- -7.99 - -6.00
- -5.99 - -4.00
- -3.99 - -2.00
- -1.99 - 0.00
- +0.01 - +2.00
- +2.01 - +4.00
- +4.01 - +6.00
- +6.01 - +8.00
- +8.01 - +10.00
- +10.01 - +12.00

Diepte in m [NAP]

- RvB Stortzone
- Macrocellen
- Vaargeul

N
W E
S

0 0.5 1 1.5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

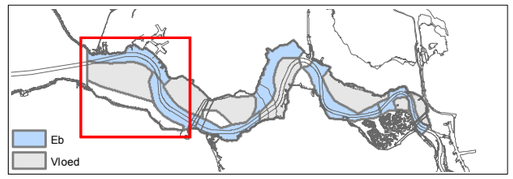
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Dieptekaart Westerschelde 2015 Macrocel 1 & 2*

11353_016_160330_B_WES2015_MC1-2 Datum: 30/03/2016
Rapport nr. 16.073 Figuur 16




IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

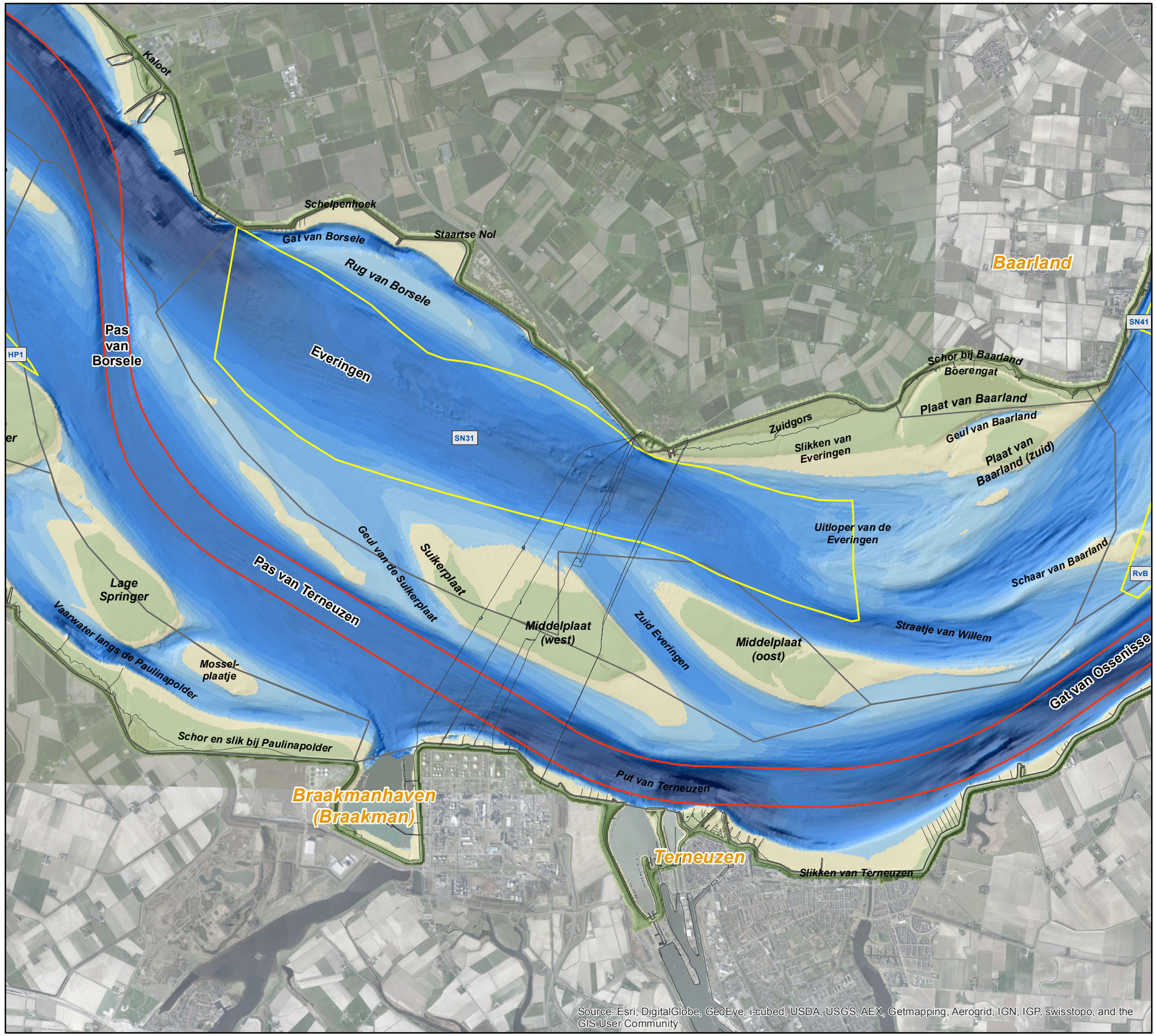
-64.66 - -46.00
-45.99 - -44.00
-43.99 - -42.00
-41.99 - -40.00
-39.99 - -38.00
-37.99 - -36.00
-35.99 - -34.00
-33.99 - -32.00
-31.99 - -30.00
-29.99 - -28.00
-27.99 - -26.00
-25.99 - -24.00
-23.99 - -22.00
-21.99 - -20.00
-19.99 - -18.00
-17.99 - -16.00
-15.99 - -14.00
-13.99 - -12.00
-11.99 - -10.00
-9.99 - -8.00
-7.99 - -6.00
-5.99 - -4.00
-3.99 - -2.00
-1.99 - 0.00
+0.01 - +2.00
+2.01 - +4.00
+4.01 - +6.00
+6.01 - +8.00
+8.01 - +10.00
+10.01 - +12.00

Diepte in m [NAP]

RvB Stortzone
Macrocellen
Vaargeul

N
W E
S

0 0.5 1 1.5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**

Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Dieptekaart Westerschelde 2015 Macrocel 3*

11353_017_160330_B_WES2015_MC3 — Datum: 30/03/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 17




IMDC
International Marine & Dredging Consultants

Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

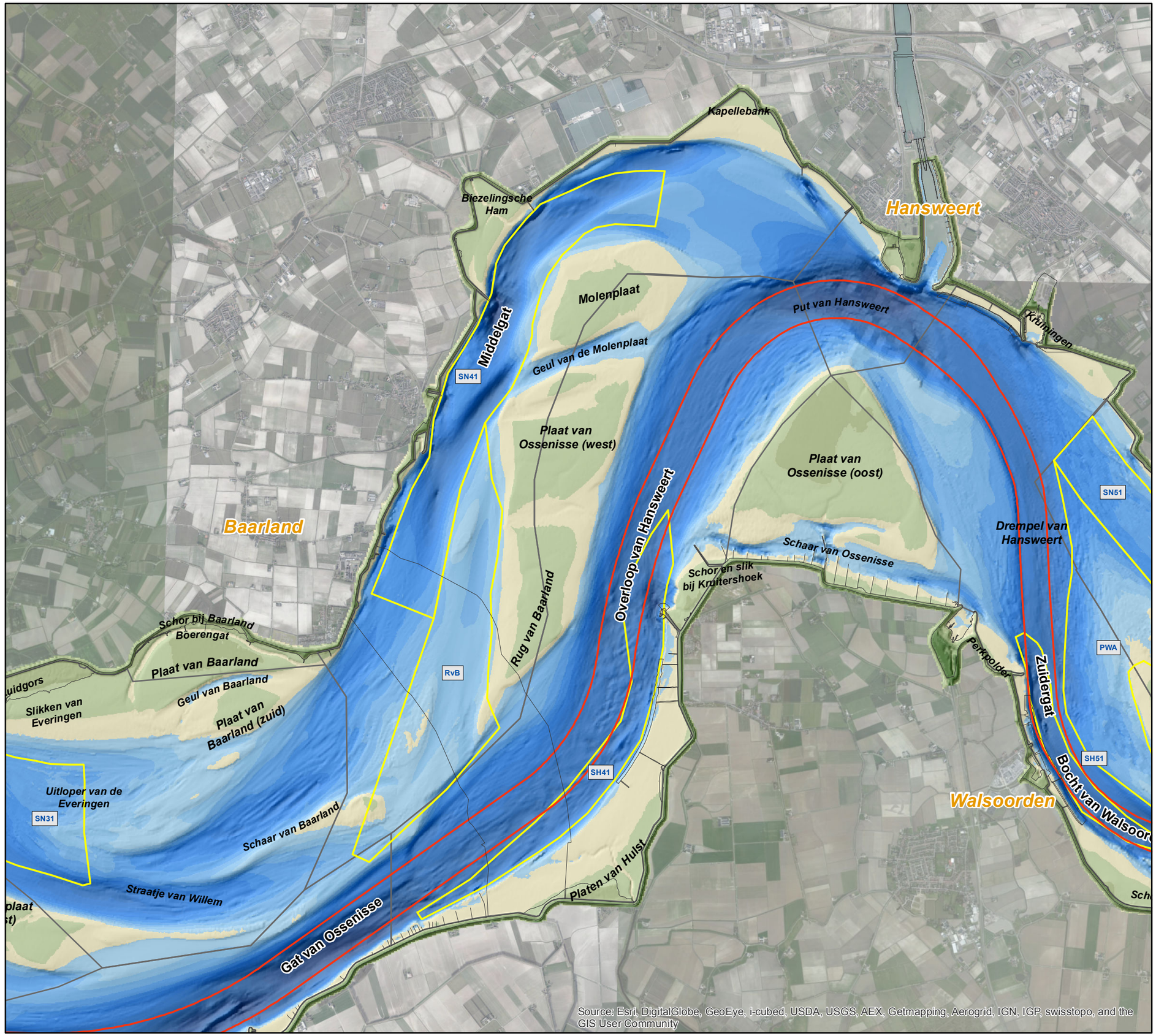
-64.66 - -46.00
-45.99 - -44.00
-43.99 - -42.00
-41.99 - -40.00
-39.99 - -38.00
-37.99 - -36.00
-35.99 - -34.00
-33.99 - -32.00
-31.99 - -30.00
-29.99 - -28.00
-27.99 - -26.00
-25.99 - -24.00
-23.99 - -22.00
-21.99 - -20.00
-19.99 - -18.00
-17.99 - -16.00
-15.99 - -14.00
-13.99 - -12.00
-11.99 - -10.00
-9.99 - -8.00
-7.99 - -6.00
-5.99 - -4.00
-3.99 - -2.00
-1.99 - 0.00
+0.01 - +2.00
+2.01 - +4.00
+4.01 - +6.00
+6.01 - +8.00
+8.01 - +10.00
+10.01 - +12.00

Diepte in m [NAP]

RvB Stortzone
Macrocellen
Vaargeul

N
W
E
S

0 0.5 1 1.5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**

Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

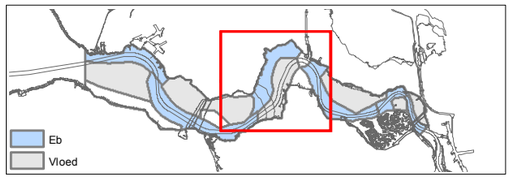
# Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## Dieptekaart Westerschelde 2015 Macrocel 4

11353_018_160330_B_WES2015_MC4 — Datum: 30/03/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 18




IMDC
International Marine & Dredging Consultants

Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

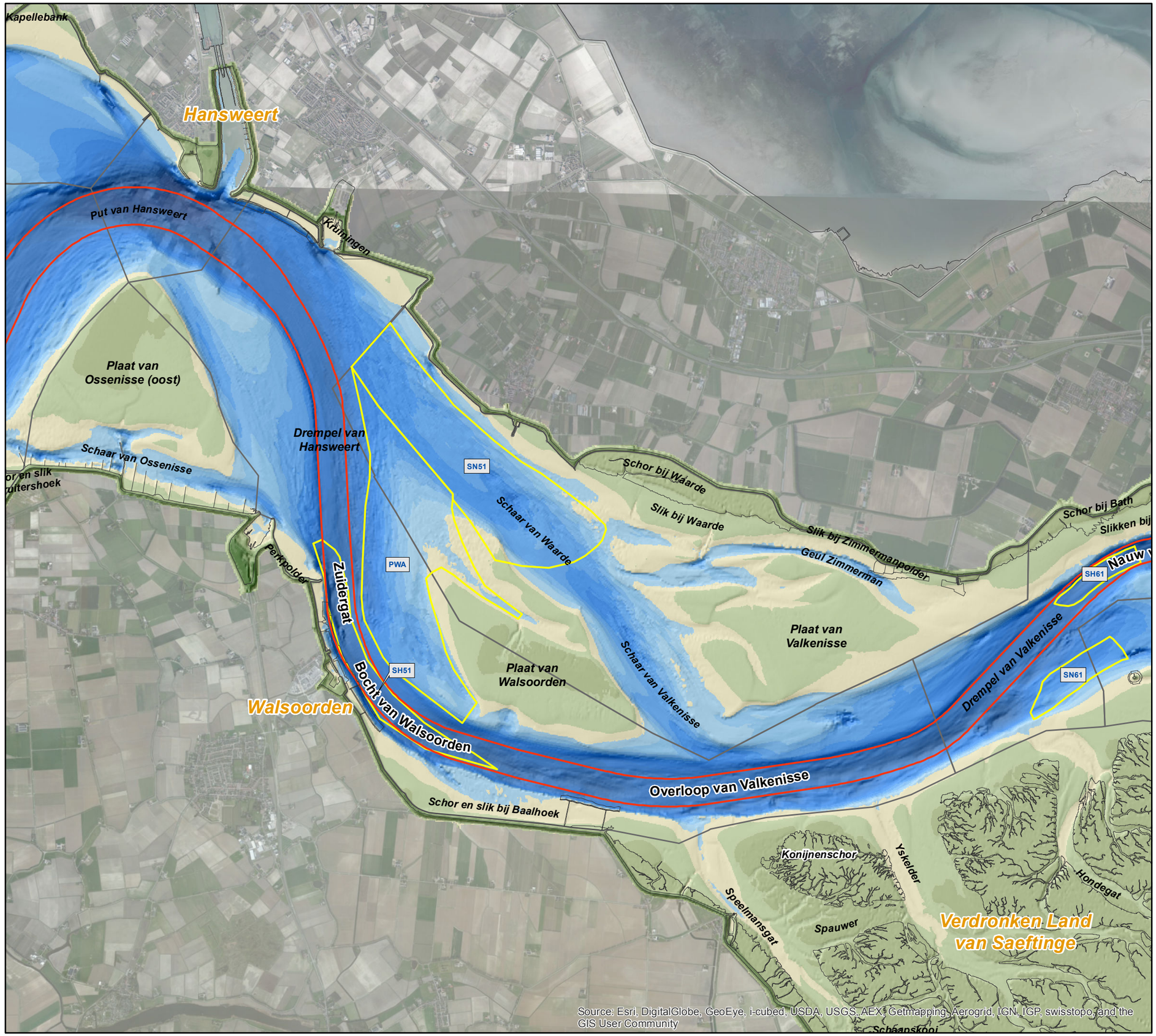
-64.66 - -46.00
-45.99 - -44.00
-43.99 - -42.00
-41.99 - -40.00
-39.99 - -38.00
-37.99 - -36.00
-35.99 - -34.00
-33.99 - -32.00
-31.99 - -30.00
-29.99 - -28.00
-27.99 - -26.00
-25.99 - -24.00
-23.99 - -22.00
-21.99 - -20.00
-19.99 - -18.00
-17.99 - -16.00
-15.99 - -14.00
-13.99 - -12.00
-11.99 - -10.00
-9.99 - -8.00
-7.99 - -6.00
-5.99 - -4.00
-3.99 - -2.00
-1.99 - 0.00
+0.01 - +2.00
+2.01 - +4.00
+4.01 - +6.00
+6.01 - +8.00
+8.01 - +10.00
+10.01 - +12.00

Diepte in m [NAP]

RvB Stortzone
Macrocellen
Vaargeul

N
W
E
S

0 0.5 1 1.5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**

Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

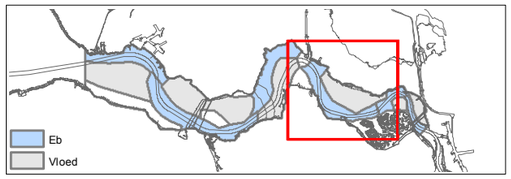
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Dieptekaart Westerschelde 2015 Macrocel 5*

11353_019_160330_B_WES2015_MC5 — Datum: 30/03/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 19




IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

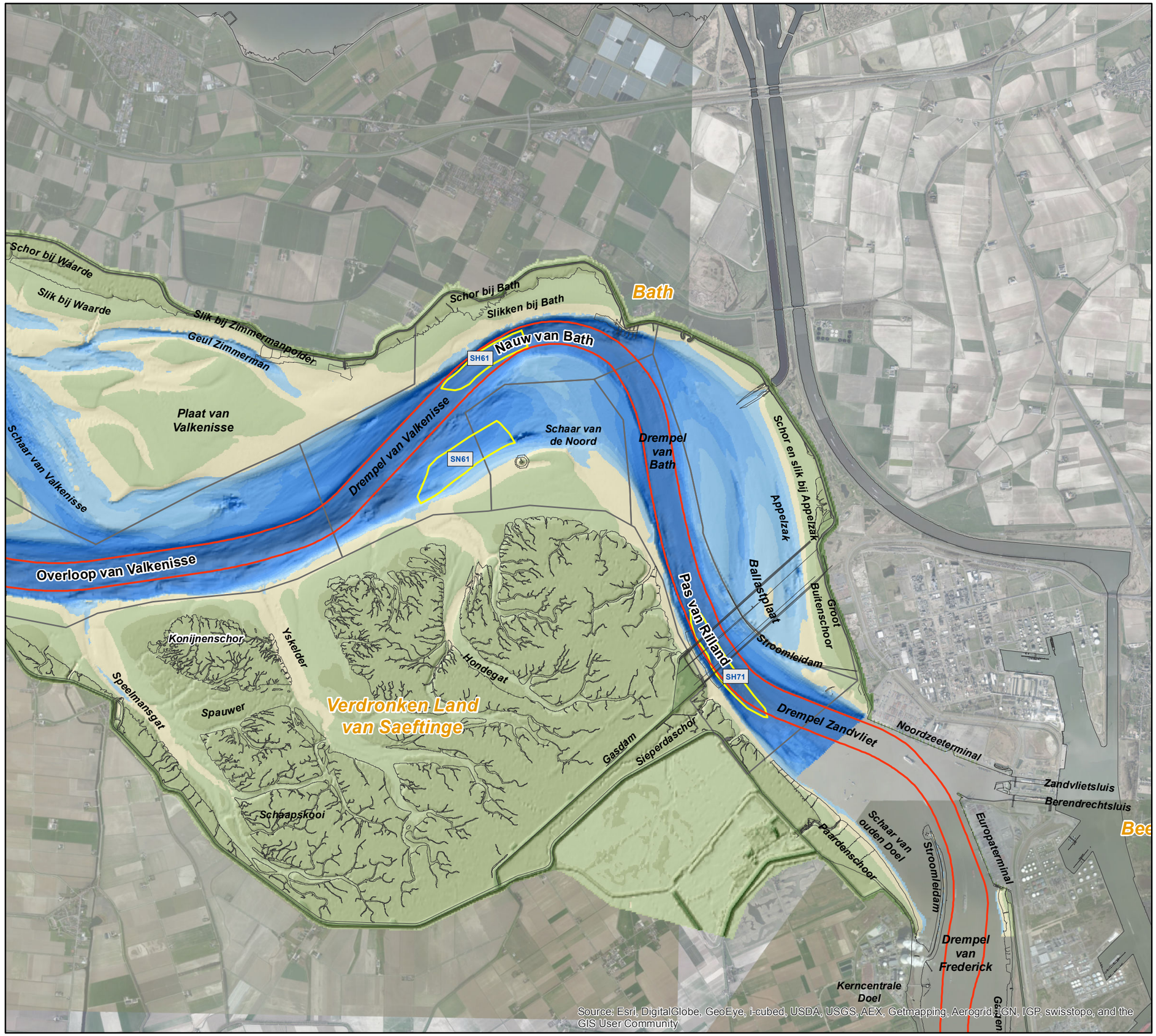
-64.66 - -46.00
-45.99 - -44.00
-43.99 - -42.00
-41.99 - -40.00
-39.99 - -38.00
-37.99 - -36.00
-35.99 - -34.00
-33.99 - -32.00
-31.99 - -30.00
-29.99 - -28.00
-27.99 - -26.00
-25.99 - -24.00
-23.99 - -22.00
-21.99 - -20.00
-19.99 - -18.00
-17.99 - -16.00
-15.99 - -14.00
-13.99 - -12.00
-11.99 - -10.00
-9.99 - -8.00
-7.99 - -6.00
-5.99 - -4.00
-3.99 - -2.00
-1.99 - 0.00
+0.01 - +2.00
+2.01 - +4.00
+4.01 - +6.00
+6.01 - +8.00
+8.01 - +10.00
+10.01 - +12.00

Diepte in m [NAP]

RvB Stortzone
Macrocellen
Vaargeul

N
W
E
S

0 0.5 1 1.5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

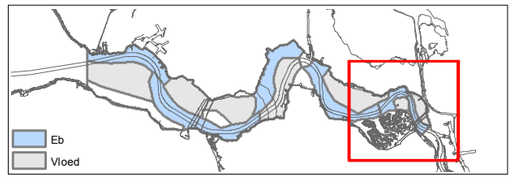
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Dieptekaart Westerschelde 2015 Macrocel 6 & 7*

11353_020_160330_B_WES2015_MC6-7 Datum: 30/03/2016
Rapport nr. 16.073 Figuur 20




IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

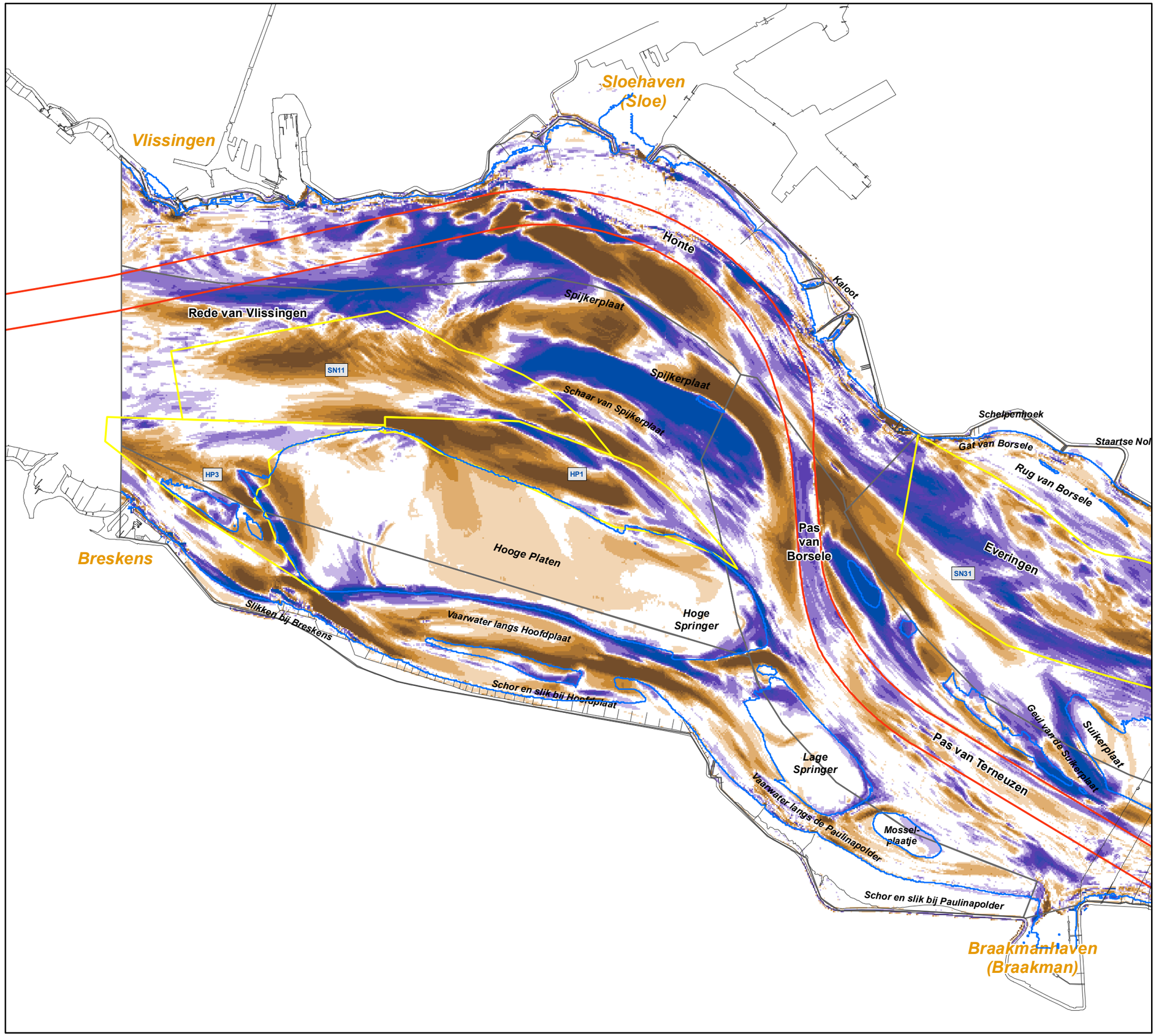
-64.66 - -46.00
-45.99 - -44.00
-43.99 - -42.00
-41.99 - -40.00
-39.99 - -38.00
-37.99 - -36.00
-35.99 - -34.00
-33.99 - -32.00
-31.99 - -30.00
-29.99 - -28.00
-27.99 - -26.00
-25.99 - -24.00
-23.99 - -22.00
-21.99 - -20.00
-19.99 - -18.00
-17.99 - -16.00
-15.99 - -14.00
-13.99 - -12.00
-11.99 - -10.00
-9.99 - -8.00
-7.99 - -6.00
-5.99 - -4.00
-3.99 - -2.00
-1.99 - 0.00
+0.01 - +2.00
+2.01 - +4.00
+4.01 - +6.00
+6.01 - +8.00
+8.01 - +10.00
+10.01 - +12.00

Diepte in m [NAP]

RvB Stortzone
Macrocellen
Vaargeul

N
W E
S

0 0.5 1 1.5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

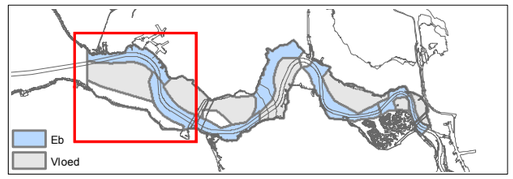
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Verschilkaart Westerschelde 2015 - 2009 Macrocel 1 & 2*

11353_021_160331_V_WES2015-2009_MC1-2 — Datum: 31/03/16
Rapport nr. 16.073 — Figuur 21




IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

## *Legende*

- RvB — Stortzone
- Macrocellen
- Vaargeul
- LW
- HW

**verschil 2015-2009 (m)**

- > +2.51
- +2.01 - +2.50
- +1.51 - +2.00
- +1.01 - +1.50
- +0.51 - +1.00
- +0.25 - +0.50

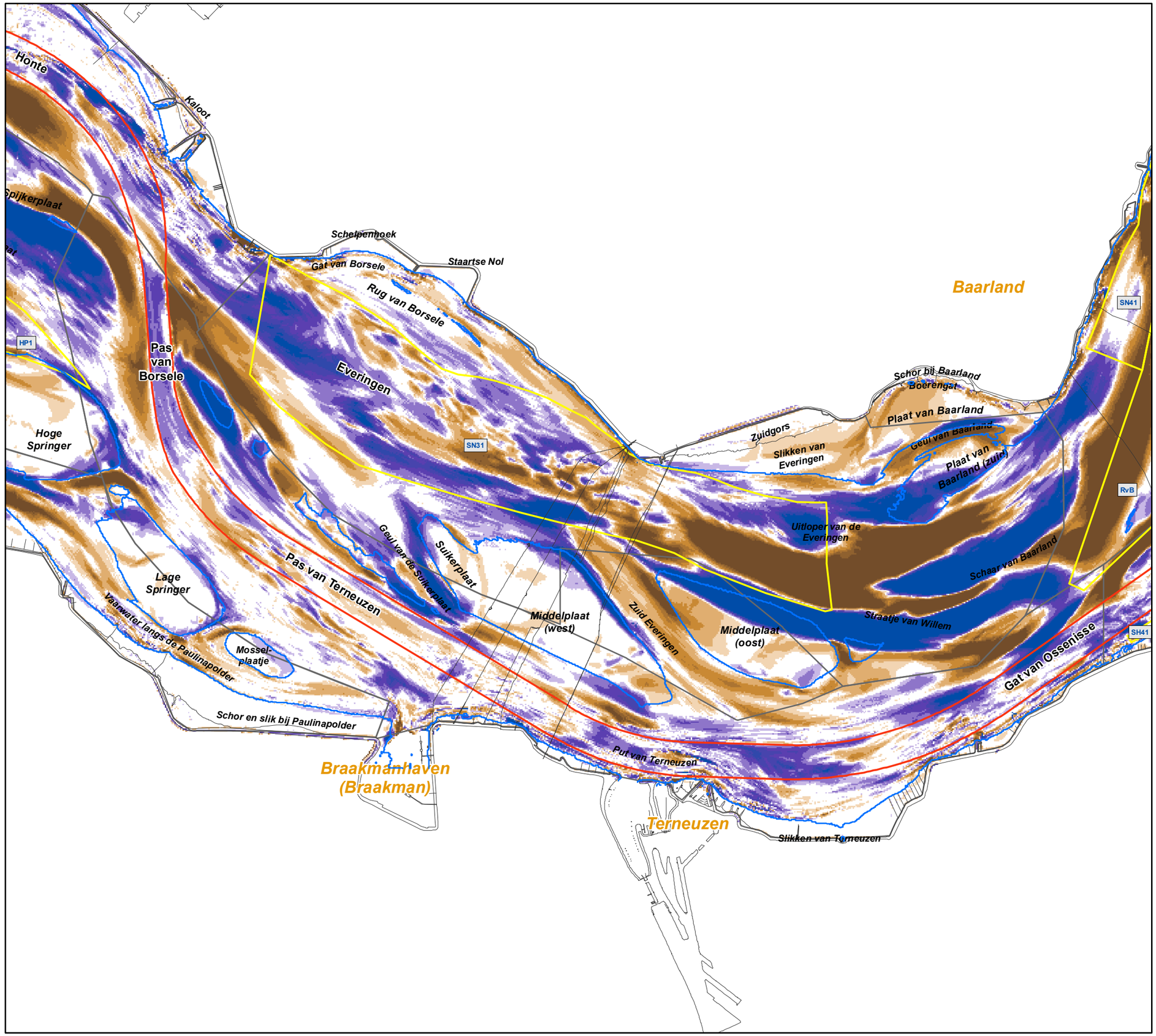
verondieping

- -0.25 - +0.25
- -0.49 - -0.25
- -0.99 - -0.50
- -1.49 - -1.00
- -1.99 - -1.50
- -2.49 - -2.00
- < -2.50

verdieping

N
W E
S

0 0.5 1 1.5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

# Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## Verschilkaart Westerschelde 2015 - 2009 Macrocel 3

11353_022_160331_V_WES2015-2009_MC3 — Datum: 31/03/16
Rapport nr. 16.073 — Figuur 22




IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

## Legende

- RvB — Stortzone
- Macrocellen
- Vaargeul
- LW
- HW

**verschil 2015-2009 (m)**

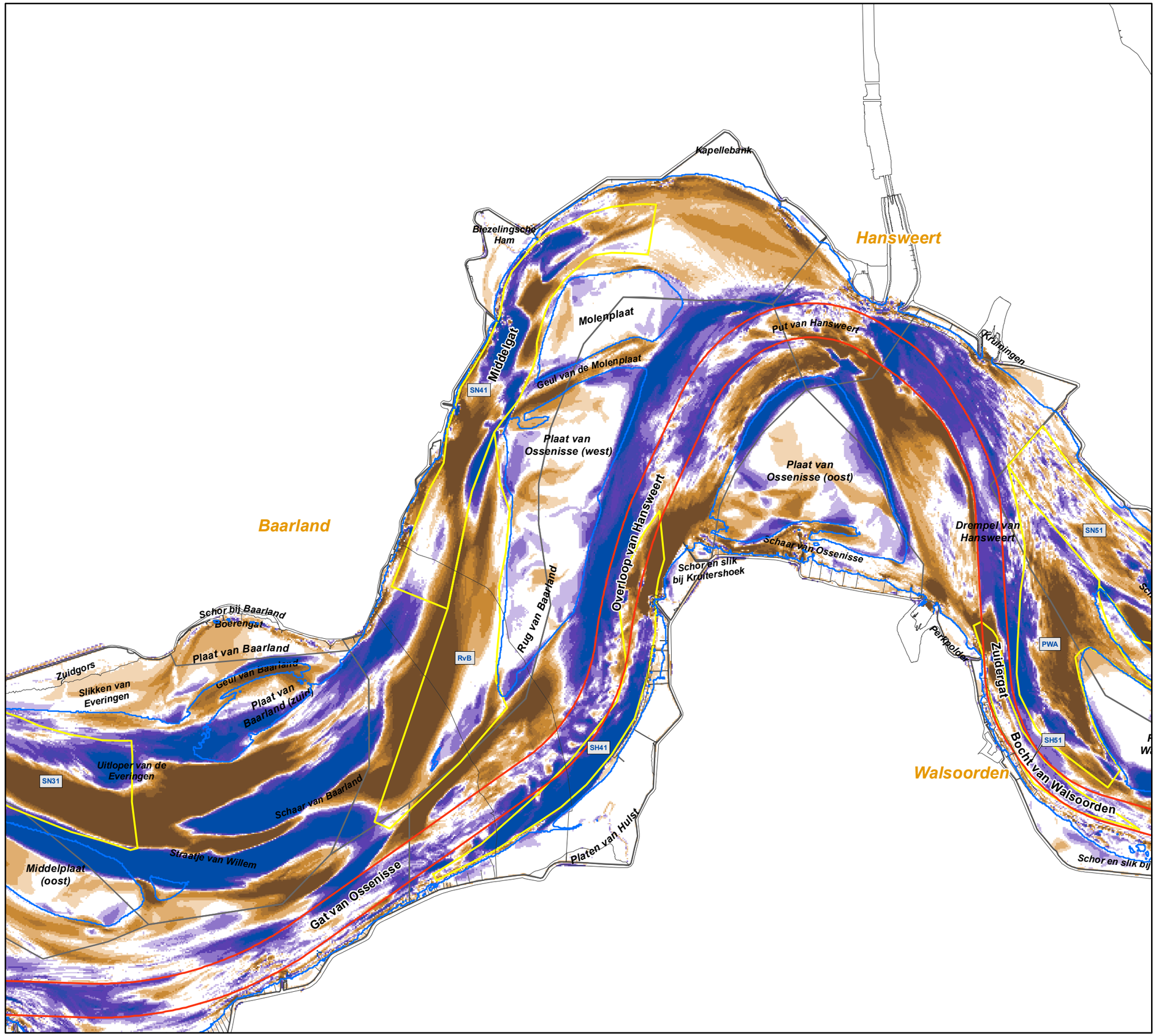
verondieping
- > +2.51
- +2.01 - +2.50
- +1.51 - +2.00
- +1.01 - +1.50
- +0.51 - +1.00
- +0.25 - +0.50

-0.25 - +0.25

verdieping
- -0.49 - -0.25
- -0.99 - -0.50
- -1.49 - -1.00
- -1.99 - -1.50
- -2.49 - -2.00
- < -2.50

N
W E
S

0 0.5 1 1.5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**

Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

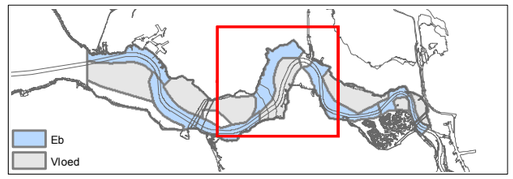
## *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Verschilkaart Westerschelde 2015 - 2009 Macrocel 4*

11353_023_160331_V_WES2015-2009_MC4 — Datum: 31/03/16
Rapport nr. 16.073 — Figuur 23




IMDC
International Marine & Dredging Consultants

Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

## Legende

- RvB — Stortzone
- Macrocellen
- Vaargeul
- LW
- HW

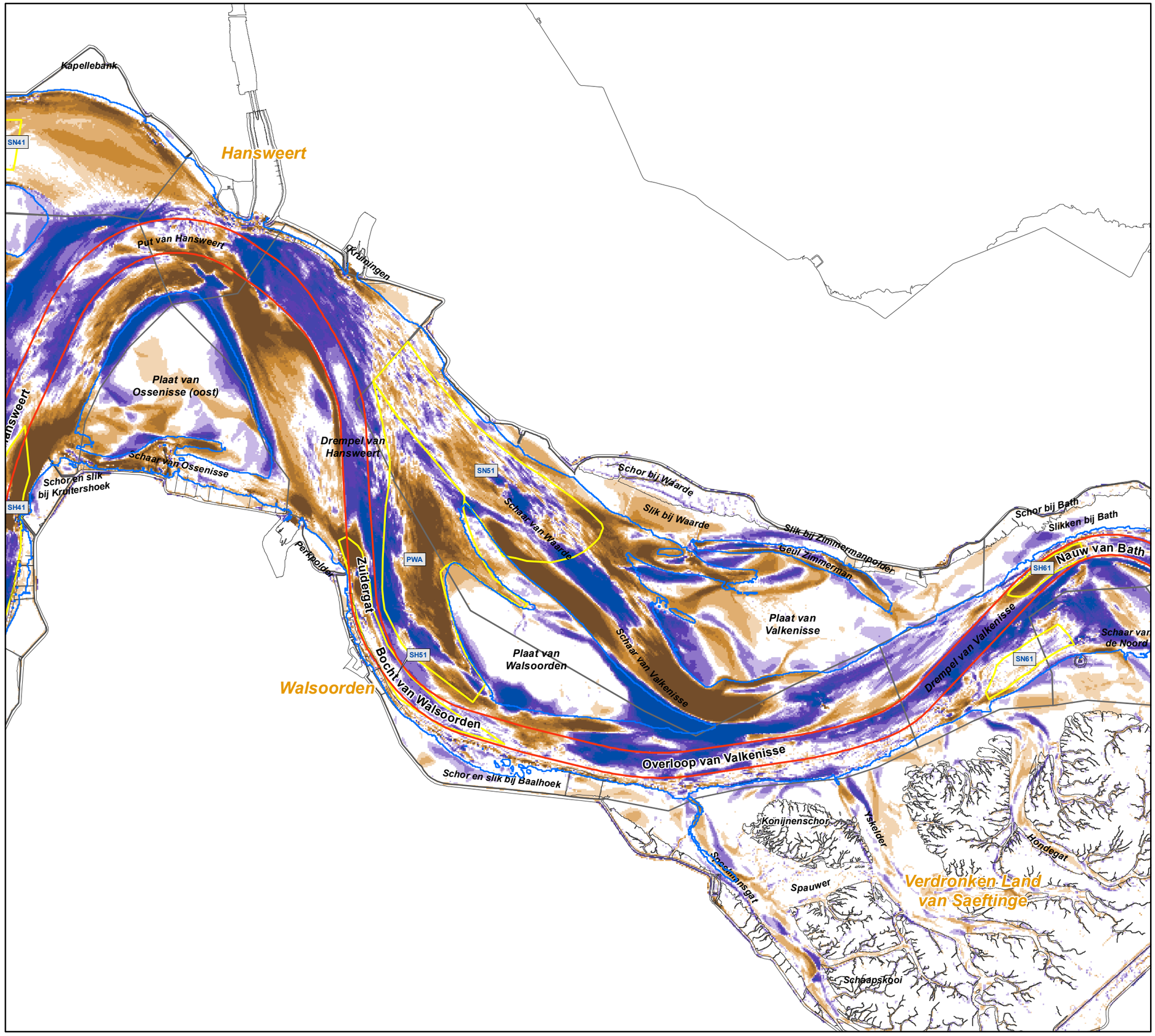
**verschil 2015-2009 (m)**

verondieping
- > +2.51
- +2.01 - +2.50
- +1.51 - +2.00
- +1.01 - +1.50
- +0.51 - +1.00
- +0.25 - +0.50
- -0.25 - +0.25

verdieping
- -0.49 - -0.25
- -0.99 - -0.50
- -1.49 - -1.00
- -1.99 - -1.50
- -2.49 - -2.00
- < -2.50

N
W E
S

0 0.5 1 1.5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

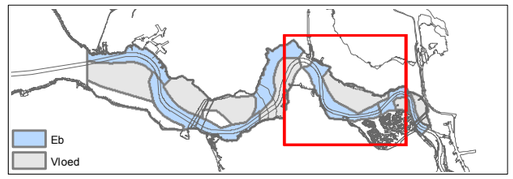
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Verschilkaart Westerschelde 2015 - 2009 Macrocel 5*

11353_024_160331_V_WES2015-2009_MC5 — Datum: 31/03/16
Rapport nr. 16.073 — Figuur 24




IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

## *Legende*

- RvB Stortzone
- Macrocellen
- Vaargeul
- LW
- HW

**verschil 2015-2009 (m)**

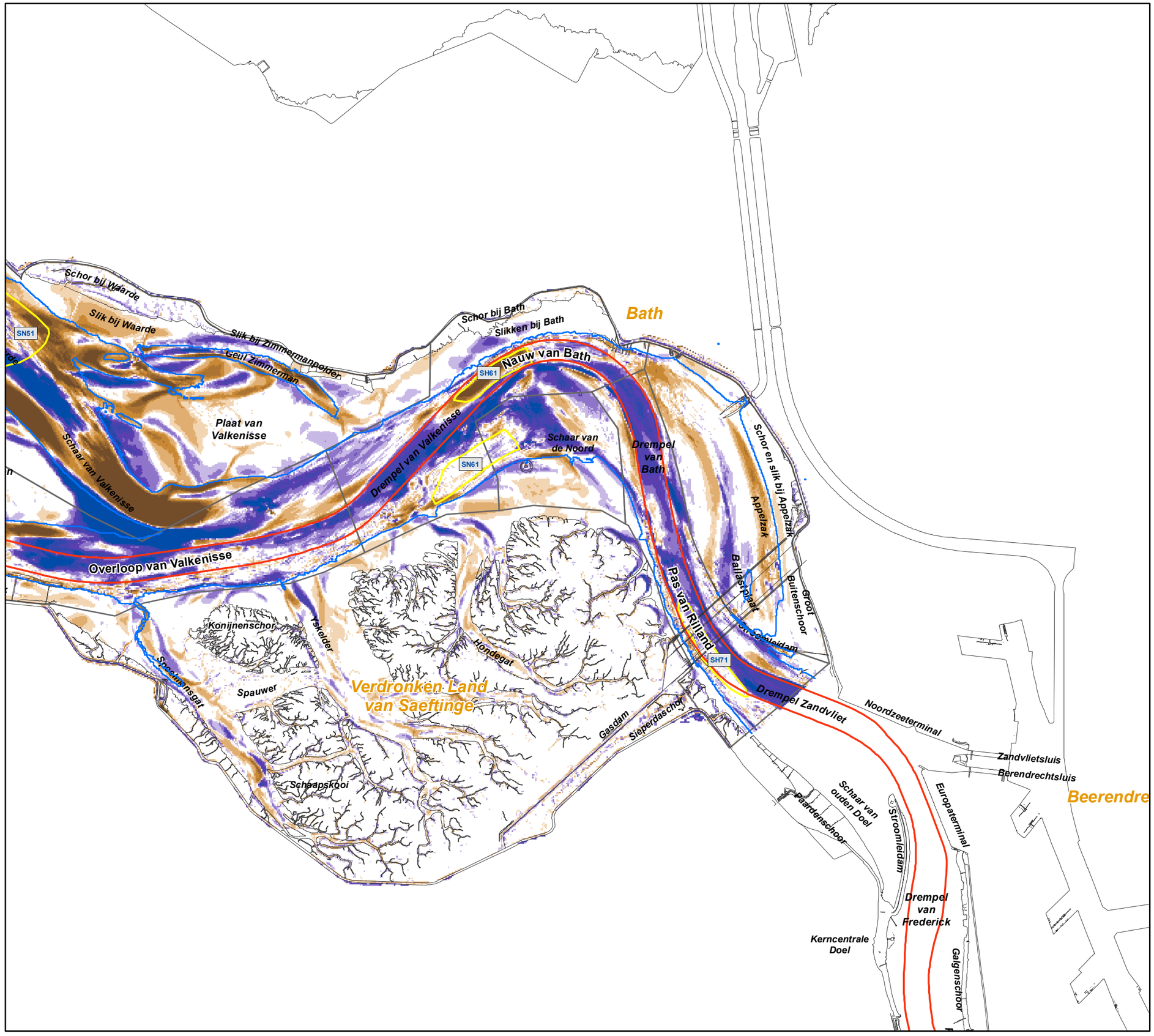
verondieping
- > +2.51
- +2.01 - +2.50
- +1.51 - +2.00
- +1.01 - +1.50
- +0.51 - +1.00
- +0.25 - +0.50

- -0.25 - +0.25

verdieping
- -0.49 - -0.25
- -0.99 - -0.50
- -1.49 - -1.00
- -1.99 - -1.50
- -2.49 - -2.00
- < -2.50

N
W E
S

0 0.5 1 1.5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**

Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Verschilkaart Westerschelde 2015 - 2009 Macrocel 6 & 7*

11353_025_160331_V_WES2015-2009_MC6-7 Datum: 31/03/16
Rapport nr. 16.073 Figuur 25




IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

## *Legende*

- RvB Stortzone
- Macrocellen
- Vaargeul
- LW
- HW

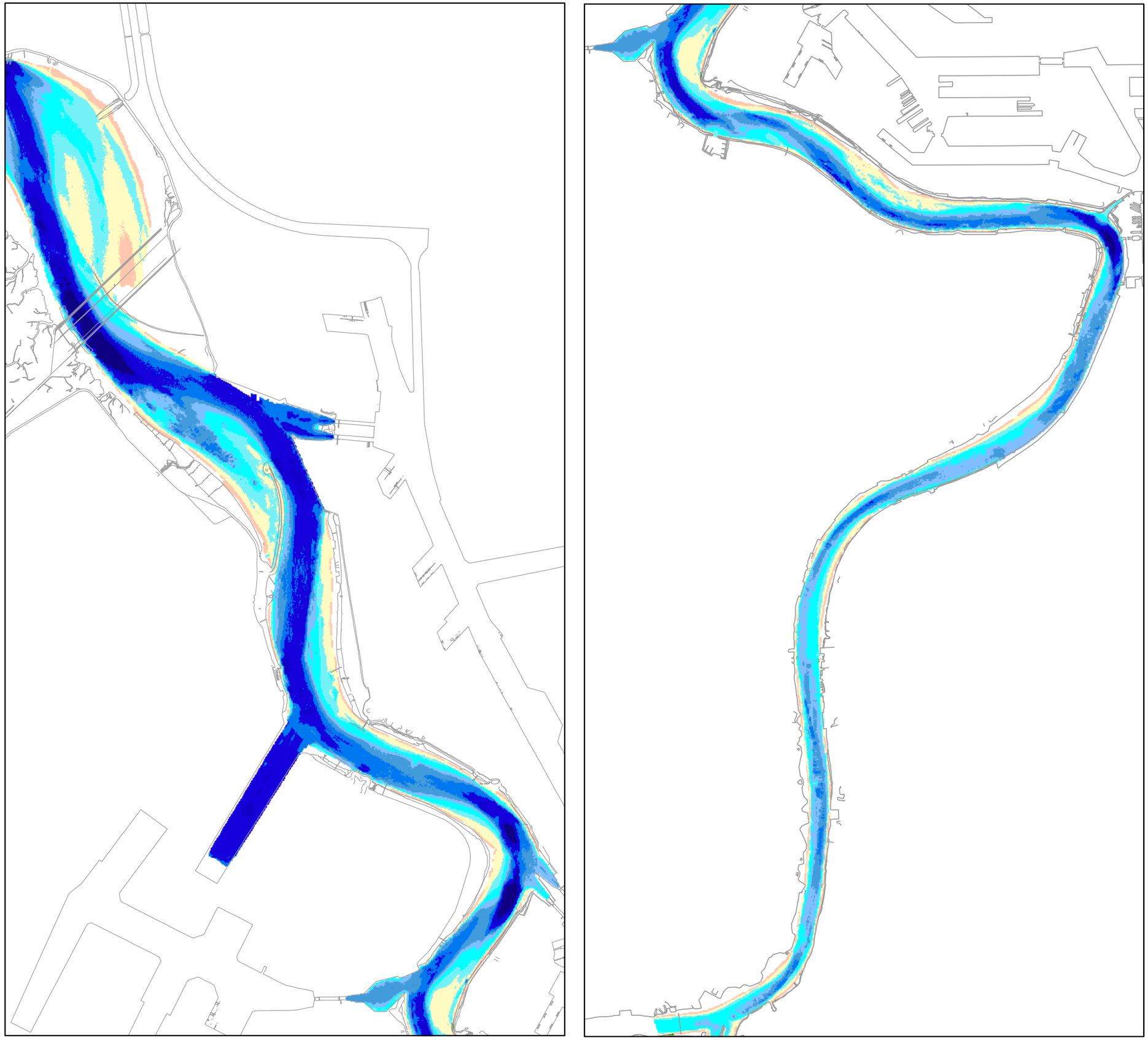
**verschil 2015-2009 (m)**

verondieping
- > +2.51
- +2.01 - +2.50
- +1.51 - +2.00
- +1.01 - +1.50
- +0.51 - +1.00
- +0.25 - +0.50

verdieping
- -0.25 - +0.25
- -0.49 - -0.25
- -0.99 - -0.50
- -1.49 - -1.00
- -1.99 - -1.50
- -2.49 - -2.00
- < -2.50

N W E S

0 0.5 1 1.5 2 km



**VLAAMSE OVERHEID**
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

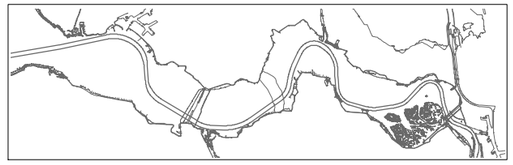
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 11 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2009/18

## *Dieptekaart Beneden - Zeeschelde 2009*

11353_001_120803_B_BEZ2009 Datum: 03/08/2012
Rapport nr. 11.138 Figuur 1



IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

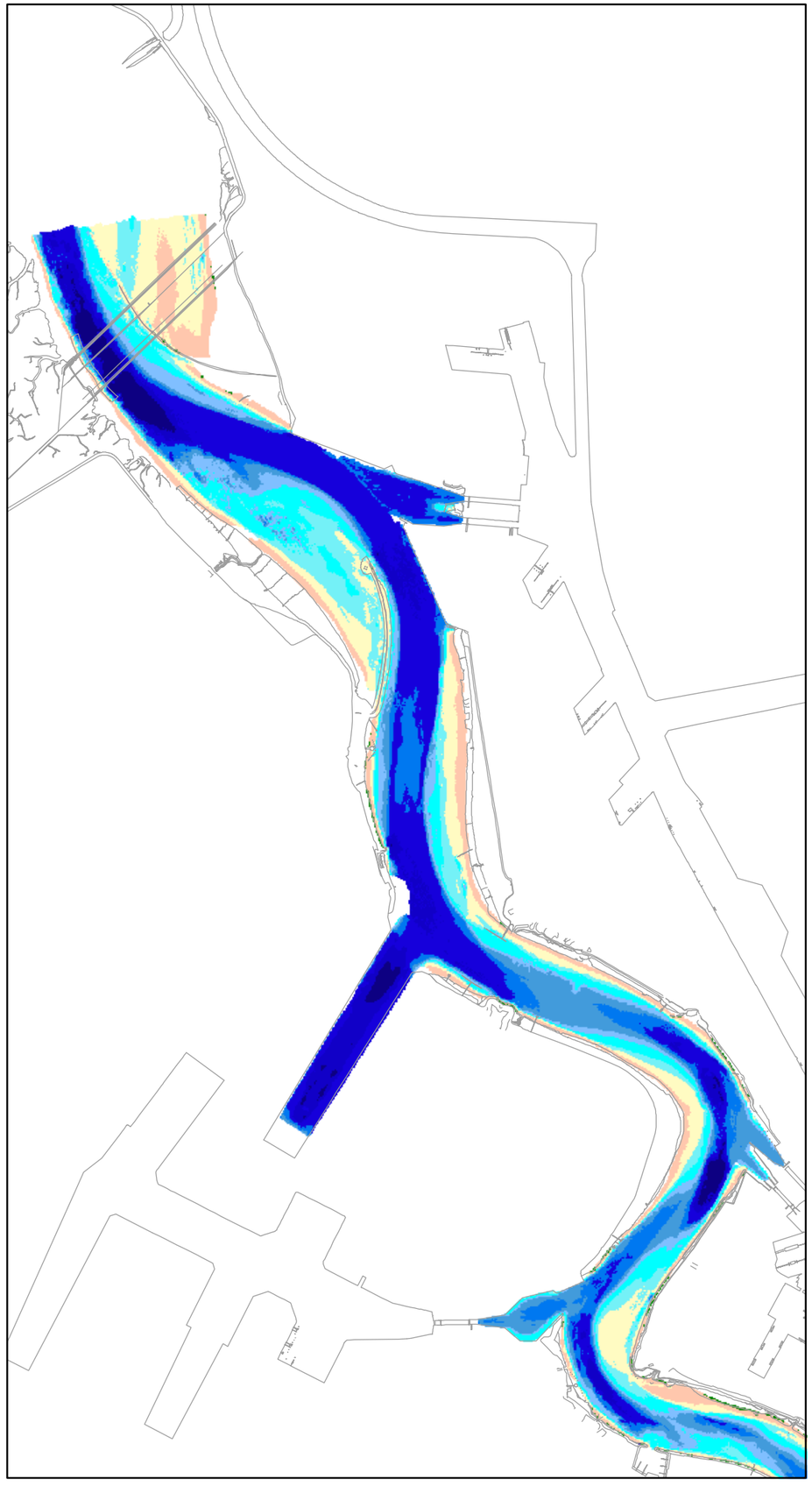
## *Legende*

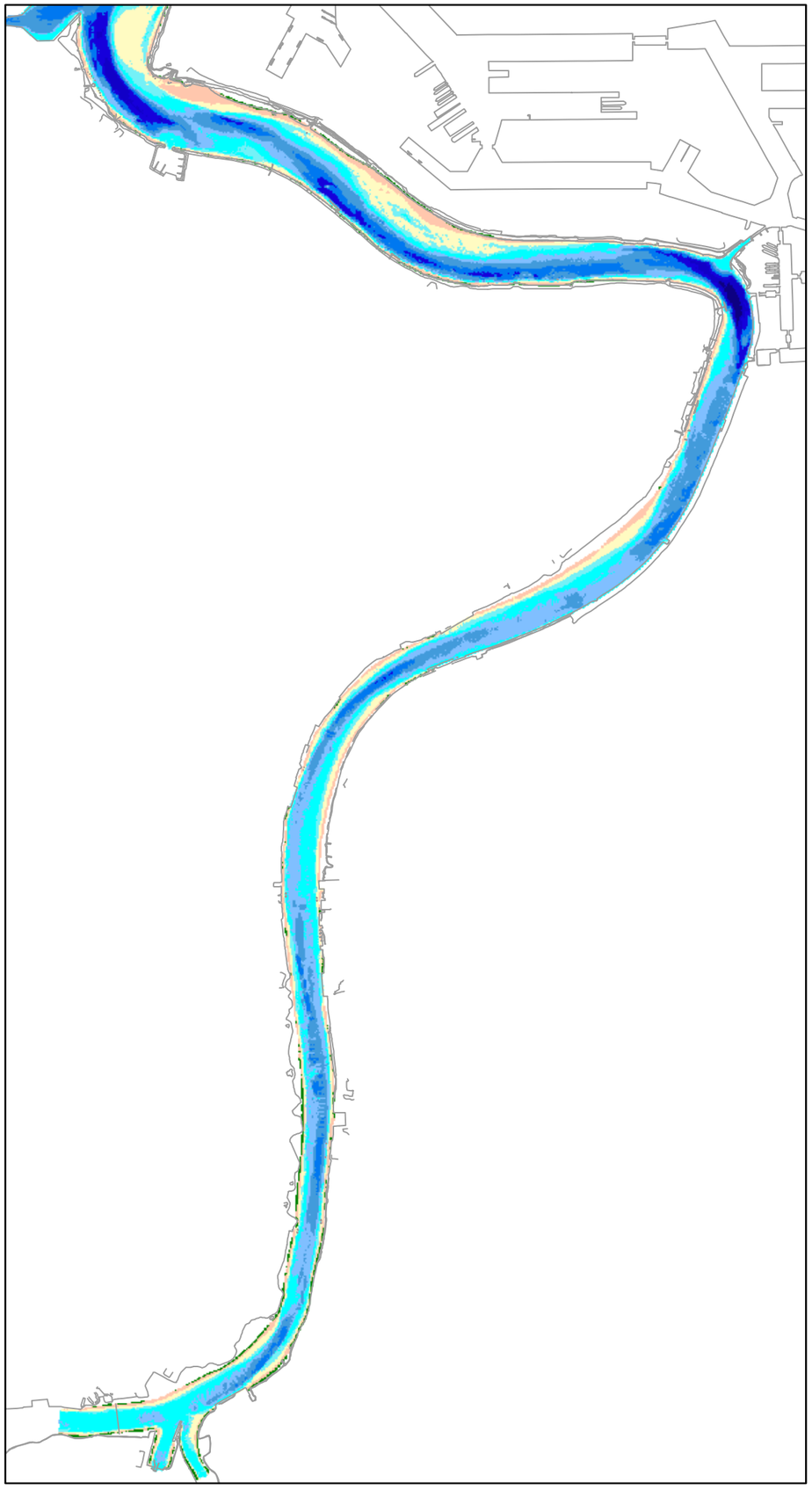
*bathymetrie 2009 [m LAT]*

- -4.00 - -2.00
- -2.00 - 0.00
- 0.00 - 3.00
- 3.00 - 5.00
- 5.00 - 8.00
- 8.00 - 10.00
- 10.00 - 12.00
- 12.00 - 14.00
- 14.00 - 16.00
- 16.00 - 18.00
- 18.00 - 23.00

N
W E
S

0 1 2 3 4 km





**VLAAMSE OVERHEID**
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

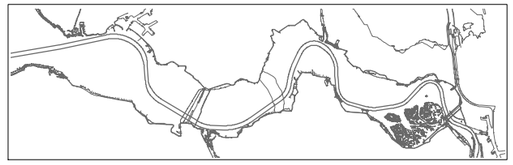
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 11 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2009/18

## *Dieptekaart Beneden - Zeeschelde 2010*

11353_002_120803_B_BEZ2010 Datum: 03/08/2012
Rapport nr. 11.138 Figuur 2



IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Coveliersstraat 15
2600 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

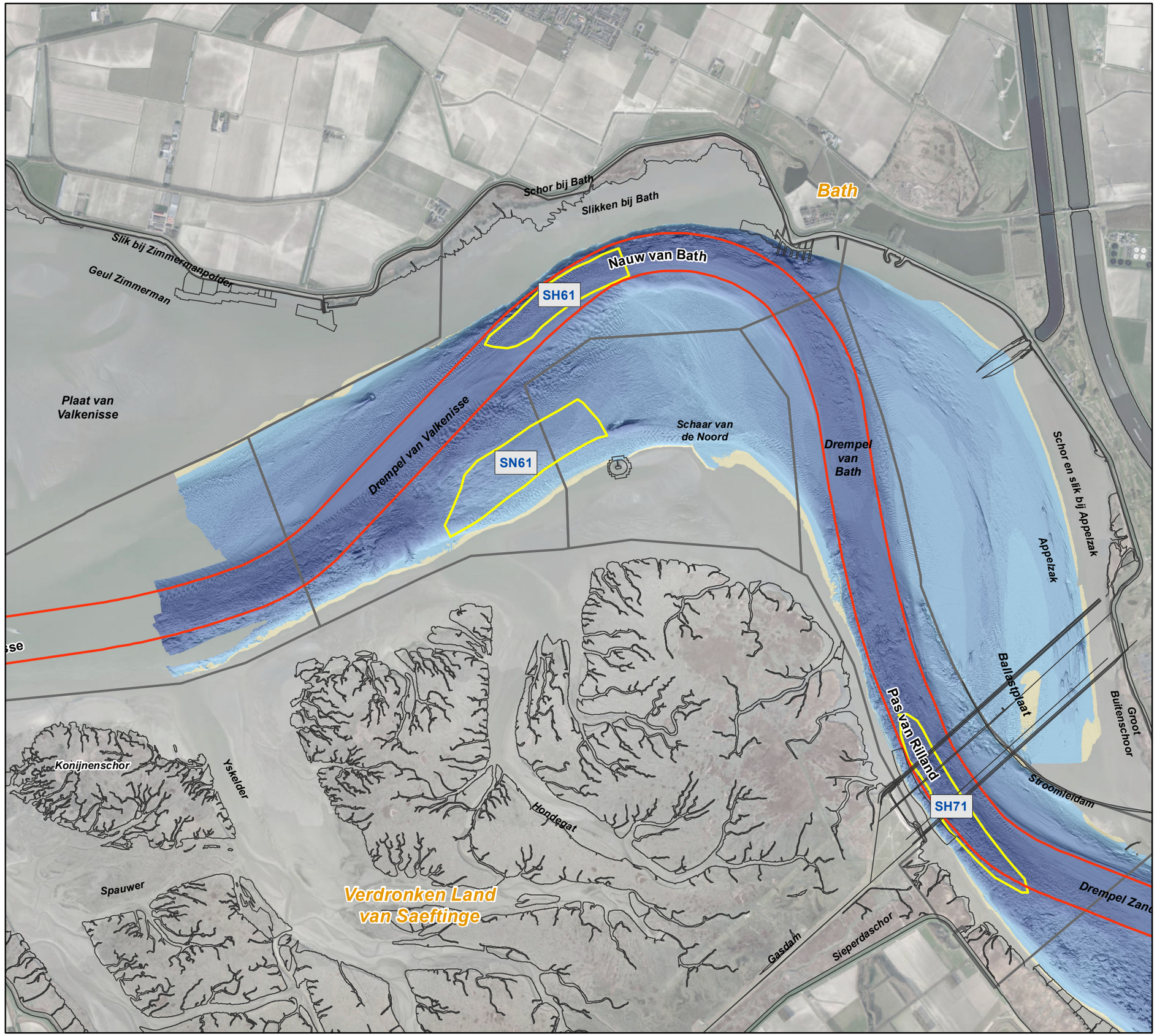
## *Legende*

*bathymetrie 2010 [m LAT]*

- -4.00 - -2.00
- -2.00 - 0.00
- 0.00 - 3.00
- 3.00 - 5.00
- 5.00 - 8.00
- 8.00 - 10.00
- 10.00 - 12.00
- 12.00 - 14.00
- 14.00 - 16.00
- 16.00 - 18.00
- 18.00 - 23.00

N
W E
S

0 1 2 3 4 km




**VLAAMSE OVERHEID**

Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

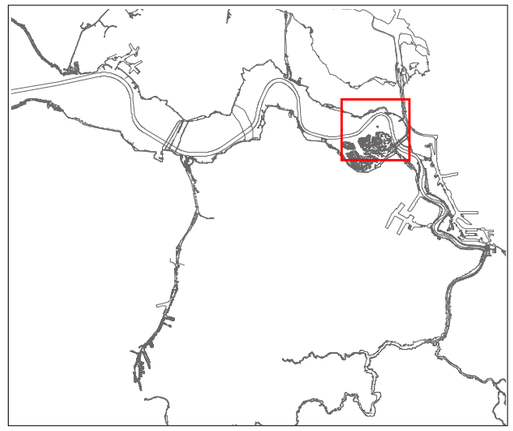
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Dieptekaart 2015 Beneden - Zeeschelde Bath - Saeftinge*

11353_092_160825_B_BEZ2015_S1 — Datum: 25/08/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 92



IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Van Immerseelstraat 66
2018 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

## *Legende*

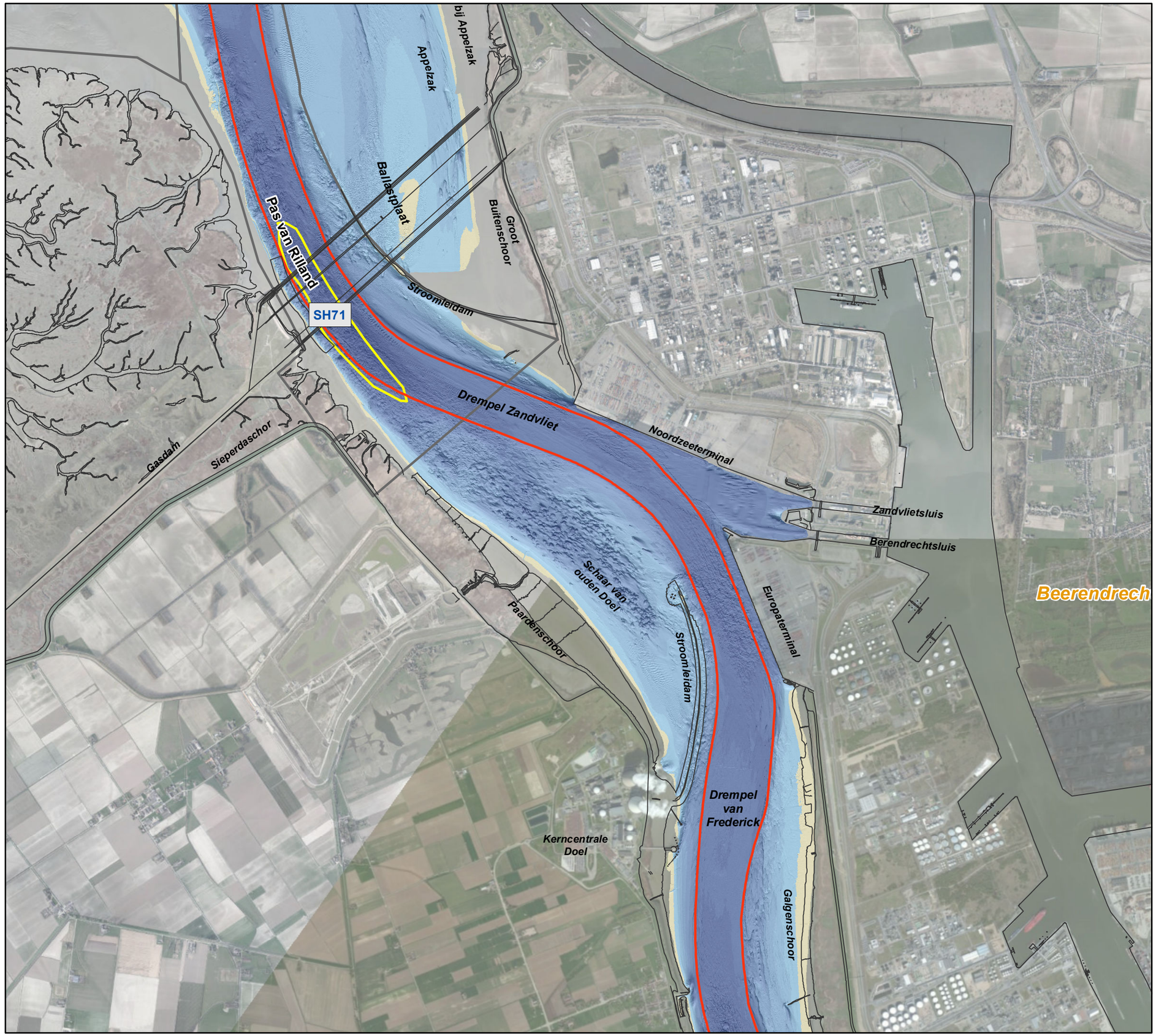
- < -26,00
- -25,99 - -24,00
- -23,99 - -22,00
- -21,99 - -20,00
- -19,99 - -18,00
- -17,99 - -16,00
- -15,99 - -14,00
- -13,99 - -12,00
- -11,99 - -10,00
- -9,99 - -8,00
- -7,99 - -6,00
- -5,99 - -4,00
- -3,99 - -2,00
- -1,99 - 0,00
- +0,01 - +2,00
- +2,01 - +4,00
- +4,01 - +6,00
- +6,01 - +8,00

RvB Stortzone
Vaargeul

Diepte in m [TAW]

N
W E
S

0 0,5 1 1,5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**

Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

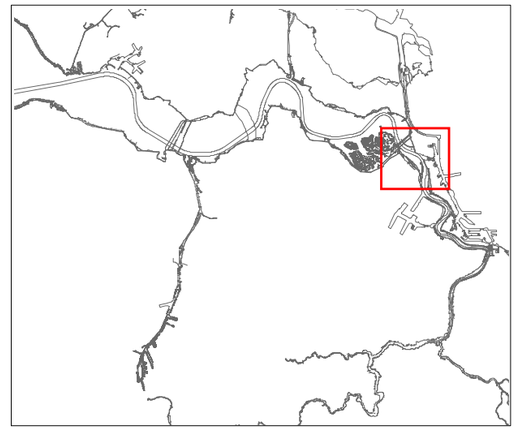
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Dieptekaart 2015 Beneden - Zeeschelde Saeftinge - Doel*

11353_093_160825_B_BEZ2015_S2 — Datum: 25/08/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 93



IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Van Immerseelstraat 66
2018 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

## *Legende*

- < -26,00
- -25,99 - -24,00
- -23,99 - -22,00
- -21,99 - -20,00
- -19,99 - -18,00
- -17,99 - -16,00
- -15,99 - -14,00
- -13,99 - -12,00
- -11,99 - -10,00
- -9,99 - -8,00
- -7,99 - -6,00
- -5,99 - -4,00
- -3,99 - -2,00
- -1,99 - 0,00
- +0,01 - +2,00
- +2,01 - +4,00
- +4,01 - +6,00
- +6,01 - +8,00

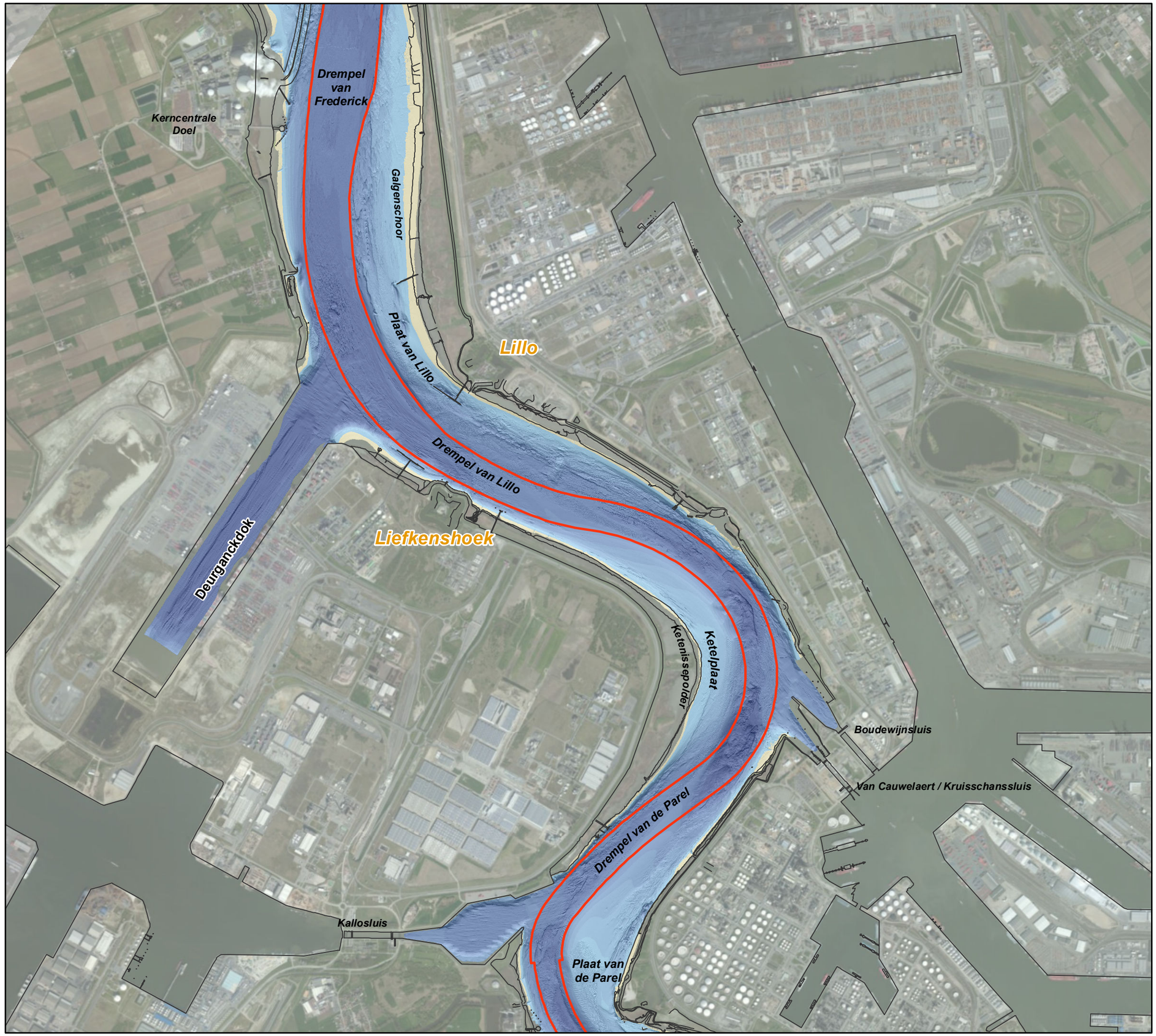
Diepte in m [TAW]

RvB Stortzone

Vaargeul

N W E S

0 0,5 1 1,5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**

Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

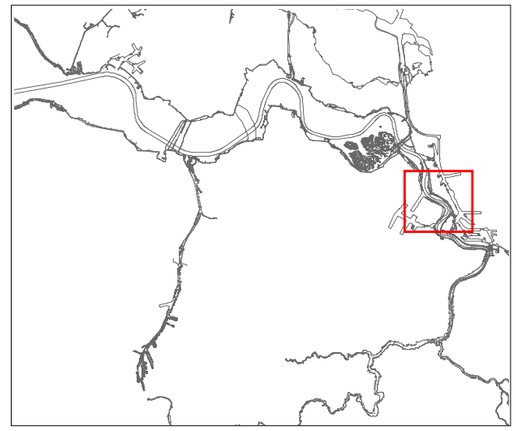
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Dieptekaart 2015 Beneden - Zeeschelde Doel - Filip*

11353_094_160825_B_BEZ2015_S3 — Datum: 25/08/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 94



IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Van Immerseelstraat 66
2018 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

## *Legende*

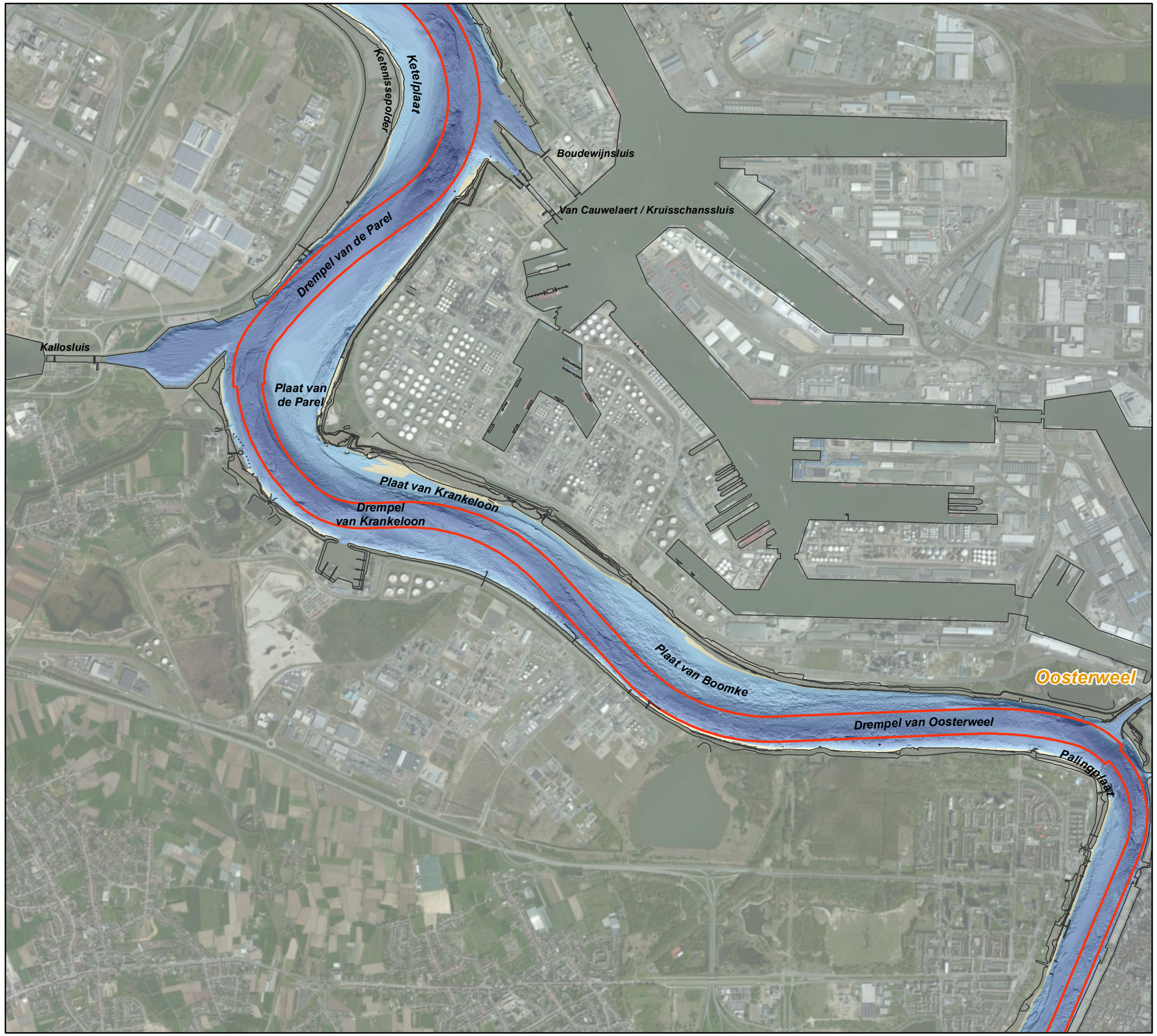
- < -26,00
- -25,99 - -24,00
- -23,99 - -22,00
- -21,99 - -20,00
- -19,99 - -18,00
- -17,99 - -16,00
- -15,99 - -14,00
- -13,99 - -12,00
- -11,99 - -10,00
- -9,99 - -8,00
- -7,99 - -6,00
- -5,99 - -4,00
- -3,99 - -2,00
- -1,99 - 0,00
- +0,01 - +2,00
- +2,01 - +4,00
- +4,01 - +6,00
- +6,01 - +8,00

Diepte in m [TAW]

RvB Stortzone
Vaargeul

N
W E
S

0 0,5 1 1,5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**

Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

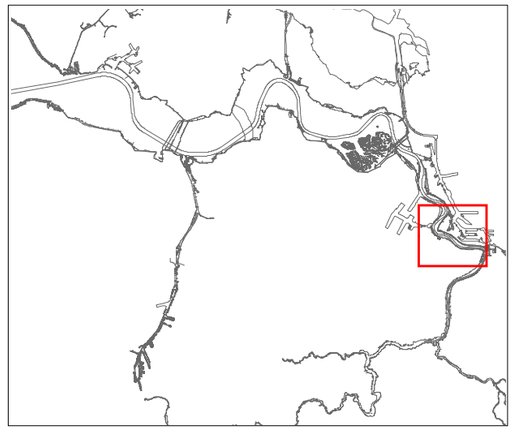
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Dieptekaart 2015 Beneden - Zeeschelde Filip - Oosterweel*

11353_095_160825_B_BEZ2015_S4 — Datum: 25/08/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 95



IMDC
International Marine & Dredging Consultants

Van Immerseelstraat 66
2018 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

## *Legende*

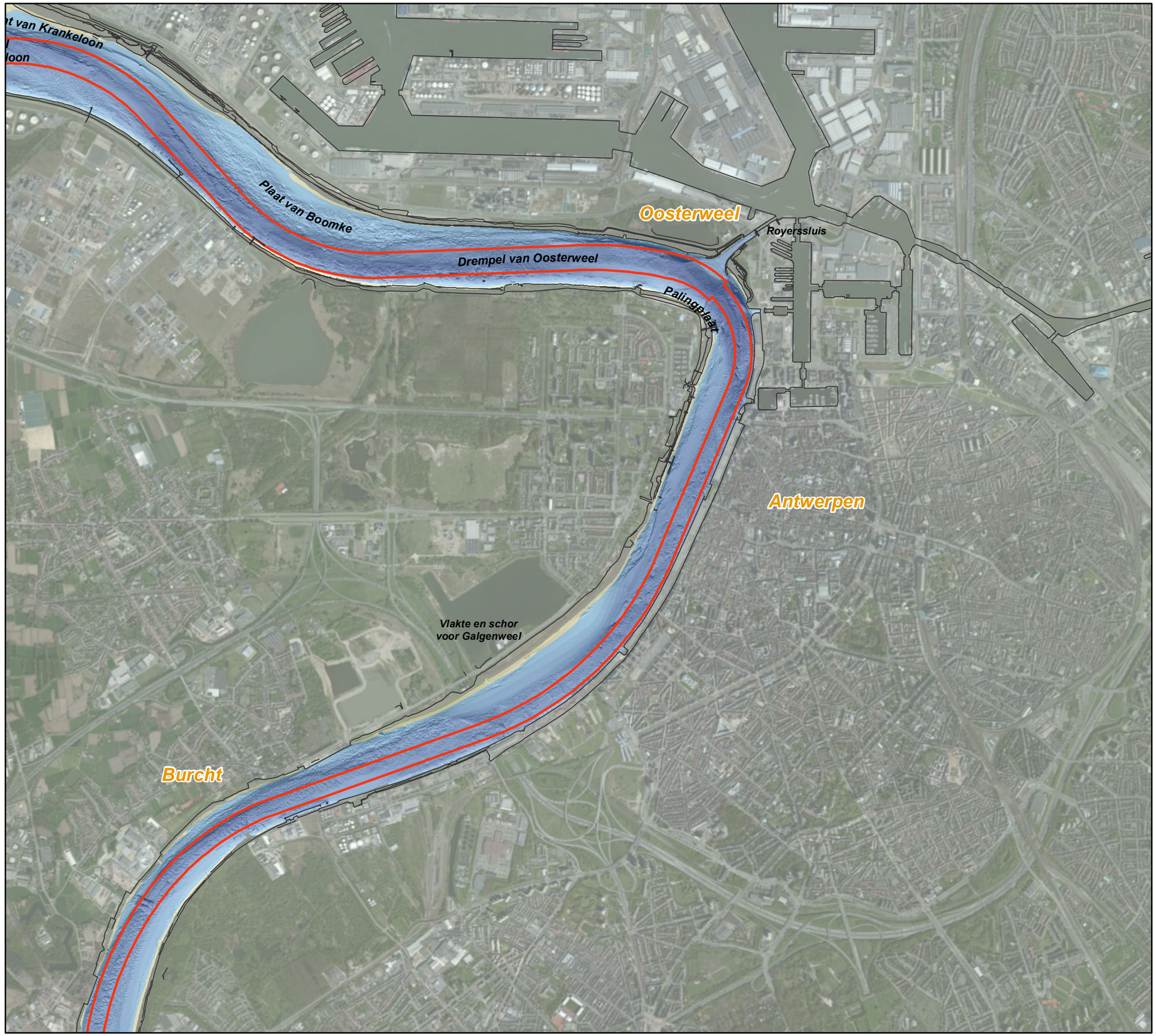
- < -26,00
- -25,99 - -24,00
- -23,99 - -22,00
- -21,99 - -20,00
- -19,99 - -18,00
- -17,99 - -16,00
- -15,99 - -14,00
- -13,99 - -12,00
- -11,99 - -10,00
- -9,99 - -8,00
- -7,99 - -6,00
- -5,99 - -4,00
- -3,99 - -2,00
- -1,99 - 0,00
- +0,01 - +2,00
- +2,01 - +4,00
- +4,01 - +6,00
- +6,01 - +8,00

Diepte in m [TAW]

RvB Stortzone
Vaargeul

N
W E
S

0 0,5 1 1,5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**

Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

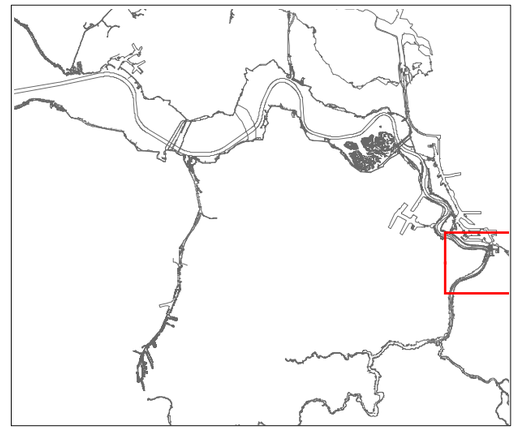
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Dieptekaart 2015 Beneden - Zeeschelde Rede van Antwerpen*

11353_096_160825_B_BEZ2015_S5 — Datum: 25/08/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 96



IMDC
International Marine & Dredging Consultants

Van Immerseelstraat 66
2018 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

## *Legende*

- < -26,00
- -25,99 - -24,00
- -23,99 - -22,00
- -21,99 - -20,00
- -19,99 - -18,00
- -17,99 - -16,00
- -15,99 - -14,00
- -13,99 - -12,00
- -11,99 - -10,00
- -9,99 - -8,00
- -7,99 - -6,00
- -5,99 - -4,00
- -3,99 - -2,00
- -1,99 - 0,00
- +0,01 - +2,00
- +2,01 - +4,00
- +4,01 - +6,00
- +6,01 - +8,00

Diepte in m [TAW]

RvB Stortzone
Vaargeul

N
W E
S

0 0,5 1 1,5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

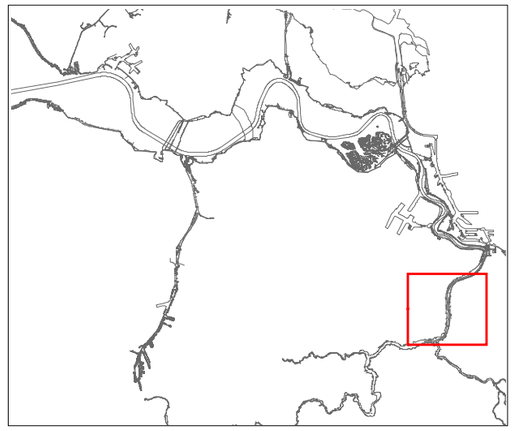
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Dieptekaart 2015 Beneden - Zeeschelde Burcht - Rupelmonde*

11353_097_160825_B_BEZ2015_S6 — Datum: 25/08/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 97



IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Van Immerseelstraat 66
2018 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

## *Legende*

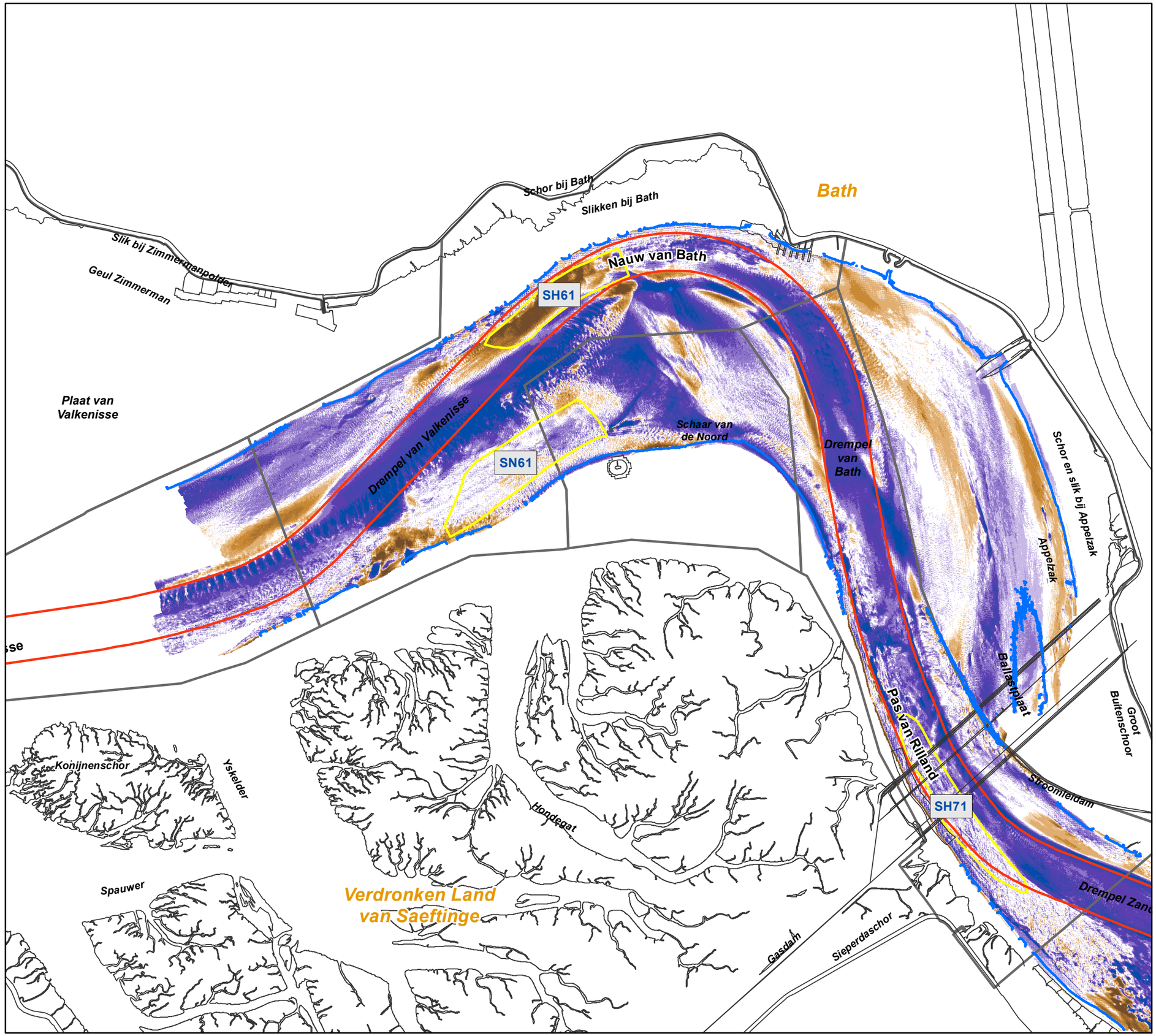
- < -26,00
- -25,99 - -24,00
- -23,99 - -22,00
- -21,99 - -20,00
- -19,99 - -18,00
- -17,99 - -16,00
- -15,99 - -14,00
- -13,99 - -12,00
- -11,99 - -10,00
- -9,99 - -8,00
- -7,99 - -6,00
- -5,99 - -4,00
- -3,99 - -2,00
- -1,99 - 0,00
- +0,01 - +2,00
- +2,01 - +4,00
- +4,01 - +6,00
- +6,01 - +8,00

RvB Stortzone
Vaargeul

Diepte in m [TAW]

N
W E
S

0 0,5 1 1,5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

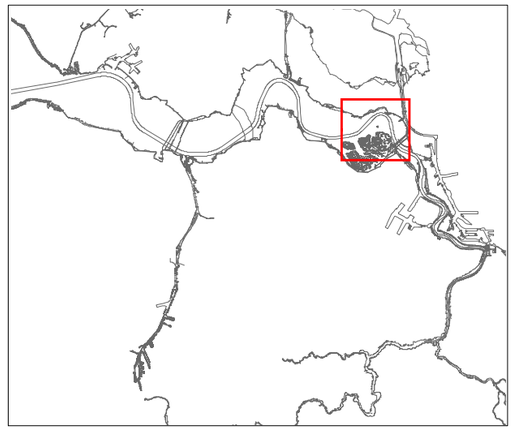
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Verschilkaart 2009-2015 Beneden - Zeeschelde Bath - Saeftinge*

11353_116_160825_V_BEZ2009-2015_S1 — Datum: 25/08/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 116



IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Van Immerseelstraat 66
2018 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

## *Legende*

RvB Stortzone
Vaargeul
LW

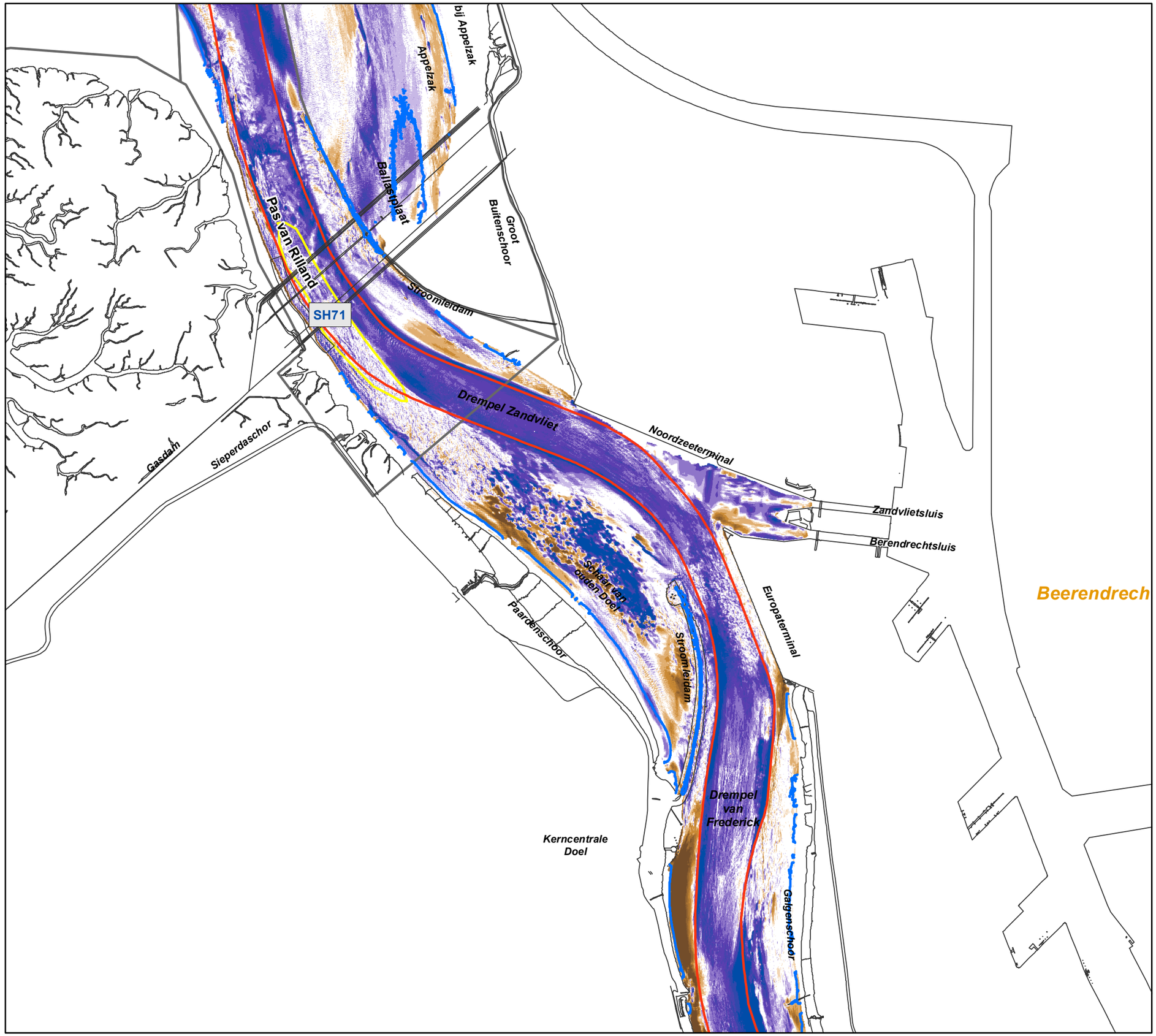
**Verschil 2015-2009 (m)**

verondieping
- > +2.51
- +2.01 - +2.50
- +1.51 - +2.00
- +1.01 - +1.50
- +0.51 - +1.00
- +0.25 - +0.50
- -0.25 - +0.25

verdieping
- -0.49 - -0.25
- -0.99 - -0.50
- -1.49 - -1.00
- -1.99 - -1.50
- -2.49 - -2.00
- < -2.50

N
W E
S

0 0,5 1 1,5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**

Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

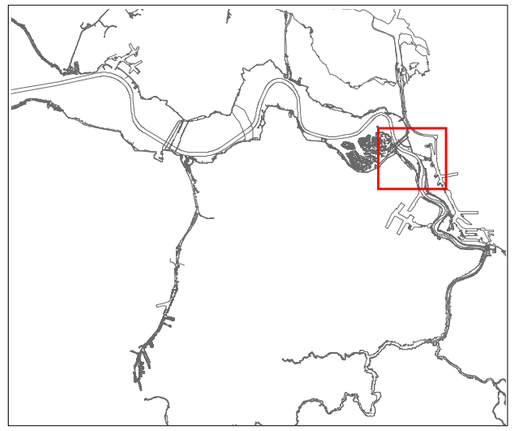
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Verschilkaart 2009-2015 Beneden - Zeeschelde Saeftinge - Doel*

11353_117_160825_V_BEZ2009-2015_S2 — Datum: 25/08/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 117



IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Van Immerseelstraat 66
2018 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

## *Legende*

RvB Stortzone
Vaargeul
LW

**Verschil 2015-2009 (m)**

- > +2.51
- +2.01 - +2.50
- +1.51 - +2.00
- +1.01 - +1.50
- +0.51 - +1.00
- +0.25 - +0.50

verondieping

- -0.25 - +0.25
- -0.49 - -0.25
- -0.99 - -0.50
- -1.49 - -1.00
- -1.99 - -1.50
- -2.49 - -2.00
- < -2.50

verdieping

N
W
E
S

0 0,5 1 1,5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**

Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

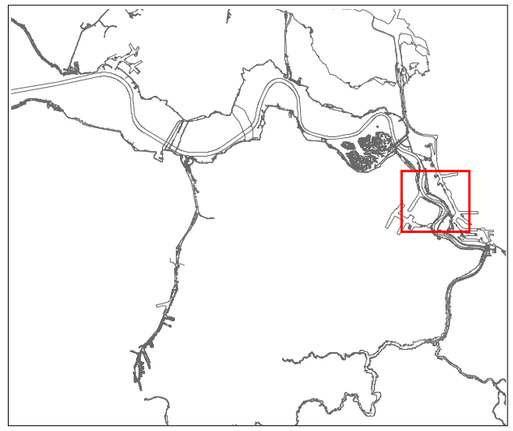
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Verschilkaart 2009-2015 Beneden - Zeeschelde Doel - Filip*

11353_118_160825_V_BEZ2009-2015_S3 — Datum: 25/08/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 118



IMDC
International Marine & Dredging Consultants

Van Immerseelstraat 66
2018 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

## *Legende*

RvB Stortzone
Vaargeul
LW

**Verschil 2015-2009 (m)**

- > +2.51
- +2.01 - +2.50
- +1.51 - +2.00
- +1.01 - +1.50
- +0.51 - +1.00
- +0.25 - +0.50

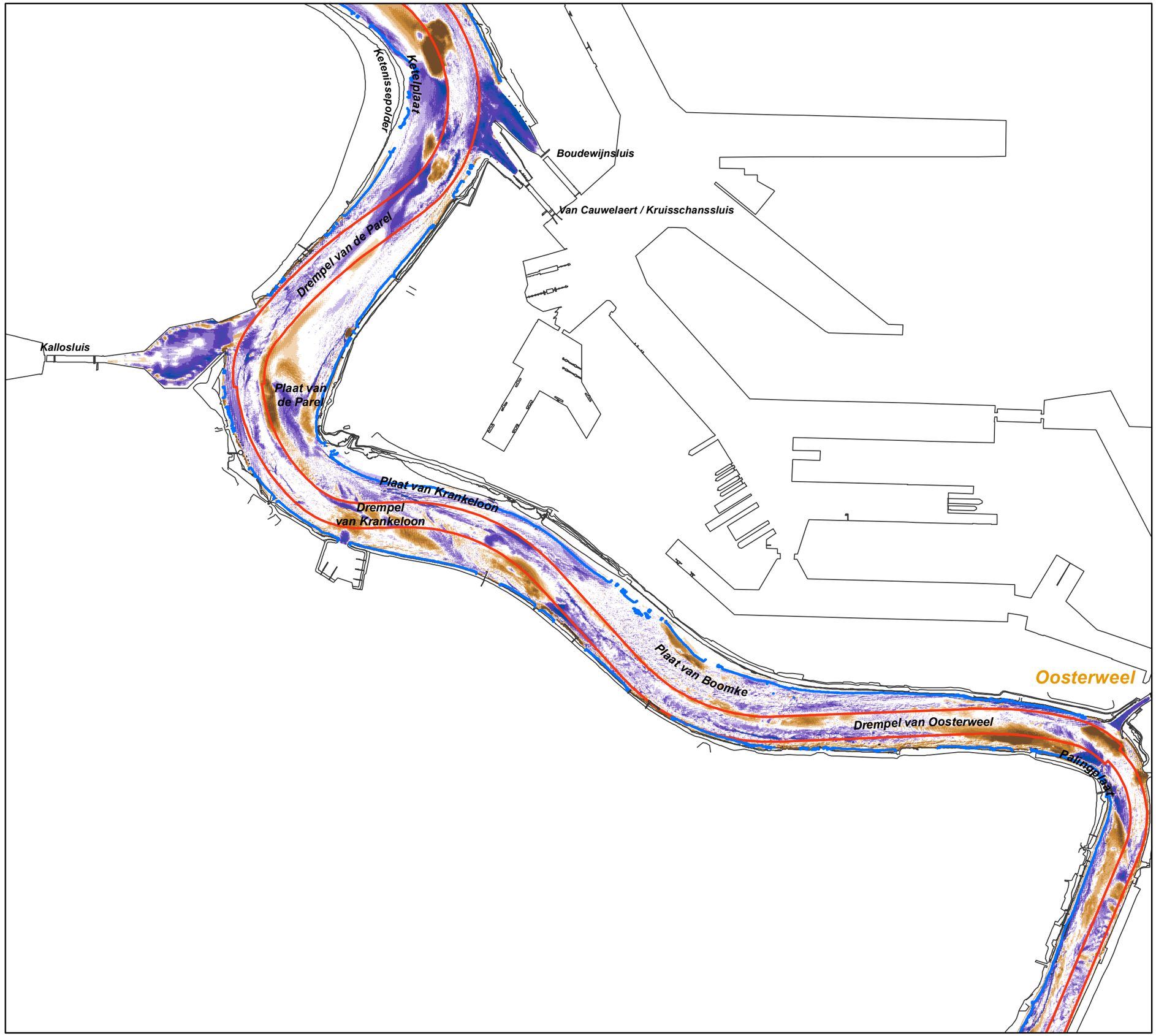
verondieping

- -0.25 - +0.25
- -0.49 - -0.25
- -0.99 - -0.50
- -1.49 - -1.00
- -1.99 - -1.50
- -2.49 - -2.00
- < -2.50

verdieping

N
W
E
S

0 0,5 1 1,5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**

Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

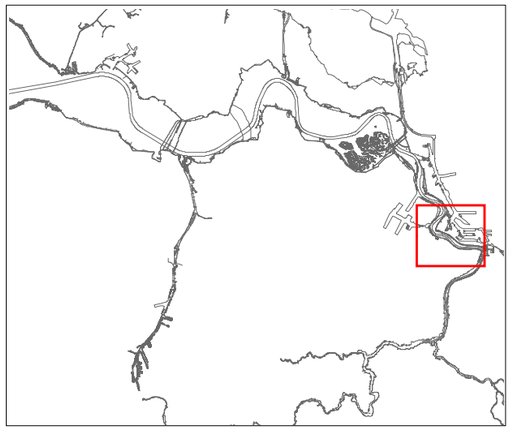
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Verschilkaart 2009-2015 Beneden - Zeeschelde Filip - Oosterweel*

11353_119_160825_V_BEZ2009-2015_S4 — Datum: 25/08/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 119



IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Van Immerseelstraat 66
2018 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

## *Legende*

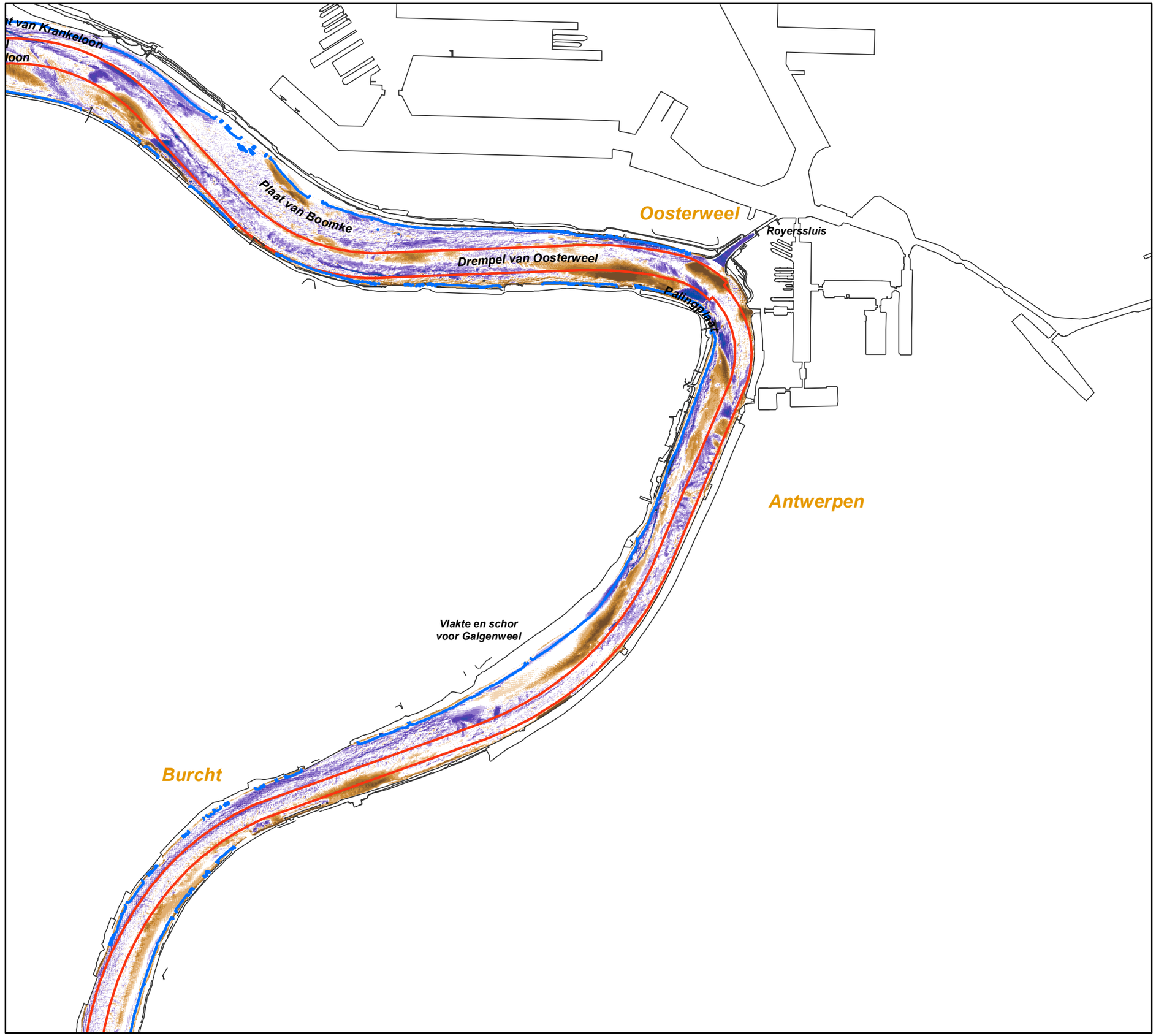
RvB Stortzone
LW
Vaargeul

**Verschil 2015-2009 (m)**

| | |
|---|---|
| > +2.51 | verondieping |
| +2.01 - +2.50 | |
| +1.51 - +2.00 | |
| +1.01 - +1.50 | |
| +0.51 - +1.00 | |
| +0.25 - +0.50 | |
| -0.25 - +0.25 | |
| -0.49 - -0.25 | verdieping |
| -0.99 - -0.50 | |
| -1.49 - -1.00 | |
| -1.99 - -1.50 | |
| -2.49 - -2.00 | |
| < -2.50 | |

N
W E
S

0 0,5 1 1,5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**

Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

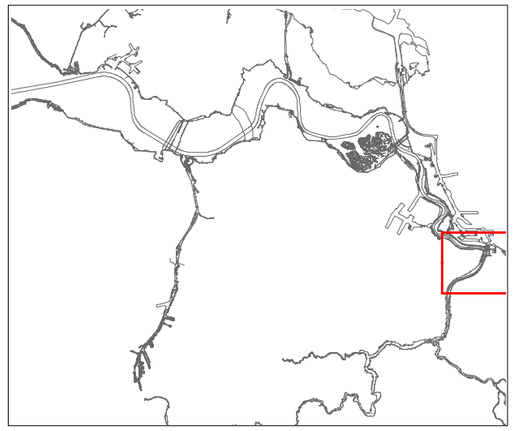
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Verschilkaart 2009-2015 Beneden - Zeeschelde Rede van Antwerpen*

11353_120_160825_V_BEZ2009-2015_S5 — Datum: 25/08/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 120



IMDC
International Marine & Dredging Consultants

Van Immerseelstraat 66
2018 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

## *Legende*

RvB Stortzone
Vaargeul
LW

**Verschil 2015-2009 (m)**

- > +2.51
- +2.01 - +2.50
- +1.51 - +2.00
- +1.01 - +1.50
- +0.51 - +1.00
- +0.25 - +0.50

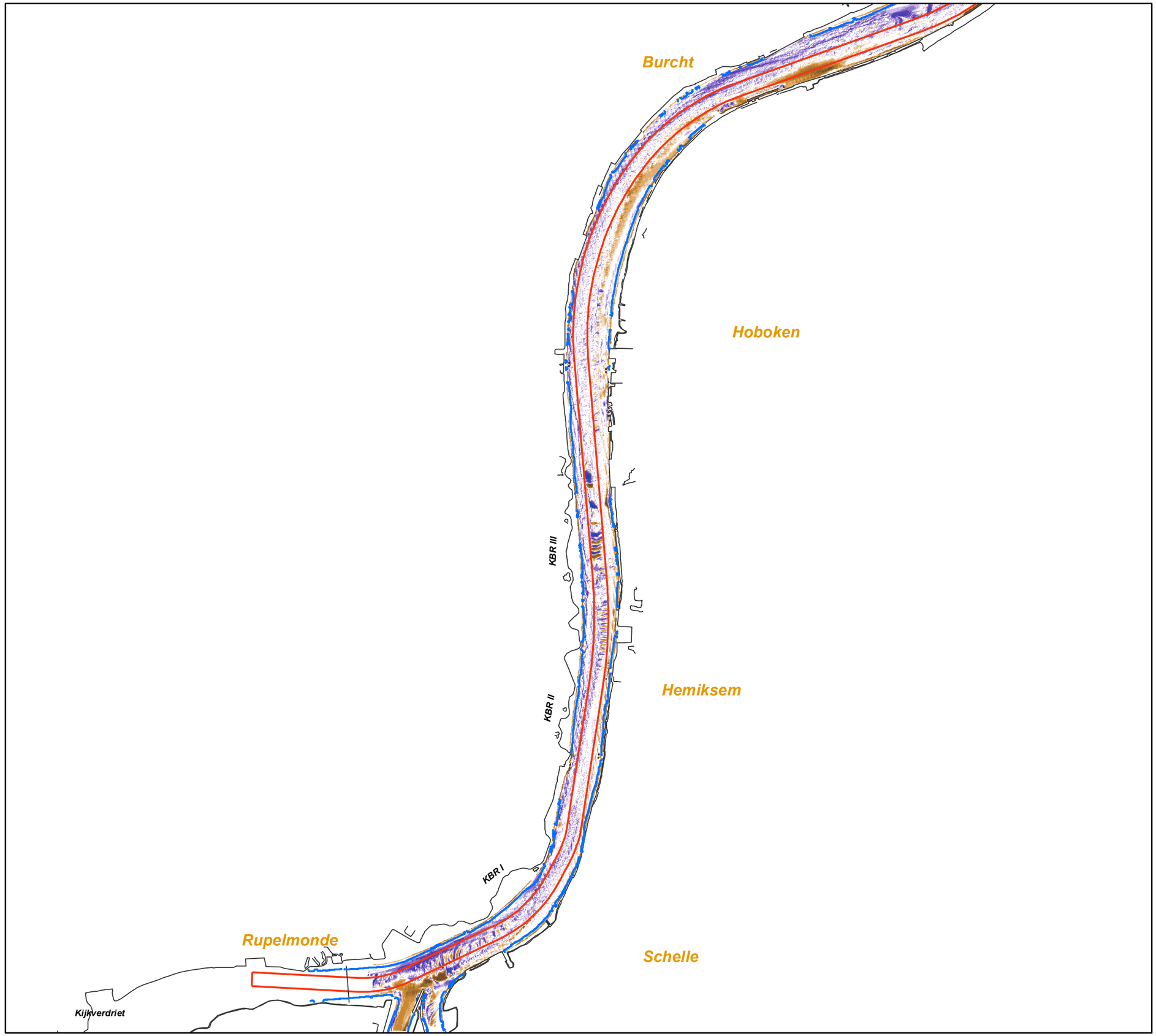
verondieping

- -0.25 - +0.25
- -0.49 - -0.25
- -0.99 - -0.50
- -1.49 - -1.00
- -1.99 - -1.50
- -2.49 - -2.00
- < -2.50

verdieping

N
W
E
S

0 0,5 1 1,5 2 km




**VLAAMSE OVERHEID**
Departement Mobiliteit en Openbare Werken
Afdeling Maritieme Toegang

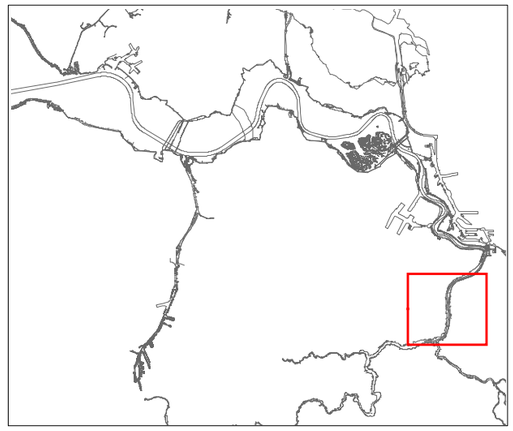
# *Morfologisch monitoringsprogramma plaatrandstortingen Westerschelde*

*deelopdracht 10 "flexibel storten"*

Bestek nr. 16EF/2011/22

## *Verschilkaart 2009-2015 Beneden - Zeeschelde Burcht - Rupelmonde*

11353_121_160825_V_BEZ2009-2015_S6 — Datum: 25/08/2016
Rapport nr. 16.073 — Figuur 121



IMDC
International Marine & Dredging Consultants
Van Immerseelstraat 66
2018 Antwerpen
Tel +32 3 270 92 20
Fax +32 3 235 67 11
E-mail: info@imdc.be

## *Legende*

RvB Stortzone
LW
Vaargeul

**Verschil 2015-2009 (m)**

- > +2.51
- +2.01 - +2.50
- +1.51 - +2.00
- +1.01 - +1.50
- +0.51 - +1.00
- +0.25 - +0.50

verondieping

- -0.25 - +0.25
- -0.49 - -0.25
- -0.99 - -0.50
- -1.49 - -1.00
- -1.99 - -1.50
- -2.49 - -2.00
- < -2.50

verdieping

N
W E
S

0 0,5 1 1,5 2 km