BIJLAGE 7 Tracékaarten (schaal 1:20.000)

75000
76000
77000
78000
79000
80000
383000
382000
381000
380000
379000
378000
377000
376000
N
35
36
37
38
39
40
Woensdrecht
'Marktje
Zuid polder van Woensdrecht
Oud- Woensdrecht
WOENSDRECHT
Gemeente
Van der Duijns polder
Nieuw Hinkelenoord en Hoogerwerf
Hinkelenoordpolder
Kreekrakpolder
Dames-
Völcker- polder
Völckerdorp
Dameshof
Agger
Sophiahoeve
Polderhuis
Völckerweg
REIMERSWAAL
Bathse Spuikanaal
SCHELDE- RIJNVERBINDING
(Kreekrak)
Plathoeve
Anna -Maria polder
Anna Mariaweg
Martinushoeve
Martinusweg
Fortweg
Sluishuis
Vijdt polder
Noord polder
Zuidpolder
Ossendrecht
De Driepolder
Oude Dijk
Calfvense Weg
Kabeljauwbeek
Chemische Fabriek
Ballastplaat
Het Rak
't Scheld
't Spanjooltje
Jachthuis
Noorddijk
Kreekraksweg
Nieuw trace A-667 48" leiding Wijngaarden-Zelzate
Bestaande leidingen
Toetsingsafstand 150m van nieuw trace A-667 (48")
Bebouwingsafstand 50m van nieuw trace A-667 (48") bij gebiedsklassen 3 & 4 (= 5m bij gebiedsklassen 1 & 2)
Vogelrichtlijn gebieden
Habitatrichtlijn gebieden
Natuurbeschermingswet gebieden
Ecologische hoofdstructuur
Toekomstige bebouwing
Gemeentegrenzen
Waterwingebied
Grondwaterbeschermingsgebied
Boringsvrije zone
0 125 250 500 750 1,000
Meters
© Eurosense BV DKLN 2006
Kaart ter informatie
Titel:
OVERZICHTSFOTOTRACEKAART 48" leiding WIJNGAARDEN-ZELZATE
Getekend door: J. Onderstal
Omschrijving wijziging: wijziging tracé
Getekend door: Alterra, Wageningen
Gecontroleerd door: J.K. Kleinbekman
Voor akkoord: J.K. Kleinbekman
Schaal: 1 : 20.000
Datum 1e uitgave: 18-09-05
Datum wijziging: 05-11-07
Projectnummer I.6256.01
Nummer: A-667-OFTK20-09
Wijz. Nr. 4
Formaat A3
Beheer& onderhoud Nee
gasunie

70000 71000 72000 73000 74000 75000

377000 376000 375000 374000 373000 372000 371000 370000

N

Verdronken land van Saeftinghe
(Natuurreservaat)

Marlemont-sche Plaat

Gemeente Hulst

Tweede Platte Plaat

Eerste Platte Plaat

Hondegat

Damnaat

de Noord

Oude Werkdam

Het Zomerverblijf

39

40

41

42

43

44

Hertogin-Hedwige polder

Prosper polder

Lydiastraat

Hedwigdijk

Hedwigstraat

Erikstraat

Prosperstraat

Lagestraat

Antoniushoeve

Josephushoeve

't Schuurke

Ouden Doel

Petrushoeve

HULST

Carolushoeve

Polderhuis

Prosperhoeve

Prosper

Ludmillahoeve

Muggenhoek

Nieuw-Arenbergpolder

Oude Sluis

Westzeehoeve

Vinkenhof

Parallelweg

Zeedijk

Zorgdijk

Vercauterenweg

Lange Straat

Engelbertusstraat

Schaar van Ouden

Nieuw trace A-667 48" leiding Wijngaarden-Zelzate
Bestaande leidingen
Toetsingsafstand 150m van nieuw trace A-667 (48")
Bebouwingsafstand 50m van nieuw trace A-667 (48") bij gebiedsklassen 3 & 4 (= 5m bij gebiedsklassen 1 & 2)
Vogelrichtlijn gebieden
Habitatrichtlijn gebieden
Natuurbeschermingswet gebieden
Ecologische hoofdstructuur
Toekomstige bebouwing
Gemeentegrenzen
Waterwingebied
Grondwaterbeschermingsgebied
Boringsvrije zone

0 125 250 500 750 1,000 Meters

© Eurosense BV DKLN-2006

Kaart ter informatie

Titel: OVERZICHTSFOTOTRACEKAART 48" leiding WIJNGAARDEN-ZELZATE

Getekend door: J. Onderstal	Omschrijving wijziging: wijziging tracé			Getekend door: Alterra, Wageningen
Gecontroleerd door: J.K. Kleinbekman Voor akkoord: J.K. Kleinbekman	Schaal: 1 : 20.000		Datum 1e uitgave: 18-09-05	Datum wijziging: 05-11-07
Projectnummer I.6256.01	Nummer: A-667-OFTK20-10	Wijz. Nr. 4	Formaat: A3	Beheer& onderhoud Nee

65000 66000 67000 68000 69000 70000

N

Weg
Paalse
Meloheuvel
Meloborgh
Graauw
Dijk
Middel
weg
Van Alstein-
Emma
Schelpkreek
Rottegat
Verdronken land va
Schaapskooi
Heuvel
Leeuwenstein
Parallelweg
Koningin
Bezoekerscentrum
Emmapolderdijk
Saeftinghe
Emmadorp
Koningin Emma polder
Mariahoeve
Koningin-Emmahoeve
Princessenweg
Koninginnestraat
Losannastraat
Vercauteren weg
Prosperweg
Aenberg
Louisa polder
Oude Louisahoeve
Louisa
HULST
Saeftingheweg
Scheepstraat
Saeftinge polder
Nieuw-Namen
Wilsen Hendrikhoeve
Straat
Kraek
Hof Leeuwenstein
Zuid
Hendriks polder
Mariahof
Edouardshoeve
Zandberge
Grauwsche
Nooit Gedacht
Zandberg
Straat
Krabbonhook
Voorm Fort Zandberg
Beerweg
Kreek
Vlaamsche
Rotte
Fort De Rape
Zandbergsche
Statenboomweg
Nieuw-Kieldrechtpolder
Hooge
Kleine
Pannekeet
Kielweg
De Schutterij
Groot-Statenboom
Zestig Voet
Vuilmuil
Woestijnestraat
N691
Kieldrecht polder
Halfeind
Blomweg
Voorm Fort Spinola
Nieuw
Kieldrechtdijk
Kieldrechtse
Molenstraat
Zwaluw
Nieuw-Au

43 44 45 46 47

K139-2 K140-1 K141-1 K142-1 K143-1 K143-2 K144-1 K145-1 K145-2 K146-1 K146-2 K146-3 K147-1
KR-140 KR-141 KR-142 KR-143 KR-144 KR-145 KR-146 KR-147

Nieuw trace A-667 48" leiding Wijngaarden-Zelzate
Bestaande leidingen
Toetsingsafstand 150m van nieuw trace A-667 (48")
Bebouwingsafstand 50m van nieuw trace A-667 (48") bij gebiedsklassen 3 & 4 (= 5m bij gebiedsklassen 1 & 2)
Vogelrichtlijn gebieden
Habitatrichtlijn gebieden
Natuurbeschermingswet gebieden
Ecologische hoofdstructuur
Toekomstige bebouwing
Gemeentegrenzen
Waterwingebied
Grondwaterbeschermingsgebied
Boringsvrije zone

0 125 250 500 750 1,000 Meters

© Eurosense BV DKLN-2006

Kaart ter informatie

Titel: OVERZICHTSFOTOTRACEKAART 48" leiding WIJNGAARDEN-ZELZATE				
Gasunie	Getekend door: J. Onderstal	Omschrijving wijziging: wijziging tracé		Getekend door: Alterra, Wageningen
	Gecontroleerd door: J.K. Kleinbekman Voor akkoord: J.K. Kleinbekman	Schaal: 1 : 20.000	Datum 1e uitgave: 18-09-05	Datum wijziging: 05-11-07
	Projectnummer I.6256.01	Nummer: A-667-OFTK20-11	Wijz. Nr. 4	Formaat: A3 / Beheer& onderhoud: Nee

372000 371000 370000 369000 368000 367000 366000

60000 61000 62000 63000 64000 65000

372000 371000 370000 369000 368000 367000 366000 365000

N

Lettenburg
Ser-Paulus
Trientjeshoeve
polder
Meerdijk
Oudeland-
polder
Hulstenweg
Havendijk
Grootmoedersdijk
Koelewal
Mariahoeve
Vitshoek
polder
Hoofd- en
straat
Koedam
Molenpolder
Stoof
Tervliet
De Koedam
Molenhoek
polder
Terhole
De Peereboom
De Kraai
Haven
polder
Groot
Haven-
dijk
Ossenhoek
N60
Cambronpolder
Straat
Cambronse
Straat
dijk
Rust wat
Overslag
La Bellangerie
Hulster-Nieuwland
49
Patrijzenhoek
Hooghuis
polder
Havik
polder
Hulster
Nieuwlandsdijk
Havikdijk
Hoge
Weg
Beneluxweg
Oude
Vaart
Opslag
Terra Nova
Weg
N250
Absdaalse
Hogeweg
Absdale-
polder
Buitenlust
Sint Jansteen
Eeckennisse
polder
Roverbergse
Graauwpolder
d'Ouwe Graauw
Vitshoekdijk
't Lammetje
Mispad
Scheldevaartshoek
Schenkeldijk
Bosvliet
Vlietdijk
polder
Polvisstraat
Graauwse
Dijk
Gemeente
Hulst
Scheldevaartshoek
Willem-Hend
Langendamse
Edouard
Notendijk
Zeedijk
Langendam
KR-150
K150-1
KR-149
K149-1
KR-148
K148-1
KR-147
K147-2
Zoute
K151-1
K151-2
KR-151
KR-152
K152-1
KR-153
K153-1
KR-154
K154-1
KR-155
K155-1
Kullaertpolder
polder
47
48
Schuddebeurs
HULST
Zandenburg
Veldstraat
Kwaadstraatje
Hentenisse
straat
Zeedijk
Zoute Straat
Linie-dijk
't Jagertje
Blaauwe Hoeve
Kleine-Kieldrecht
polder
Voorm Fort De Ra
Voorm Fort
Moerschans
De Moerschans
Hulst
Kool
straat
Berriekreek
Clingeweg
Buitenvest
N290
Kreekweg
Papaverweg
Waterstraat
Witteburgstraat
Grote
Tragel
Clinge
© Eurosense BV-DKLN-2006
Kaart ter informatie

Nieuw trace A-667 48" leiding Wijngaarden-Zelzate
Bestaande leidingen
Toetsingsafstand 150m van nieuw trace A-667 (48")
Bebouwingsafstand 50m van nieuw trace A-667 (48") bij gebiedsklassen 3 & 4 (= 5m bij gebiedsklassen 1 & 2)
Vogelrichtlijn gebieden
Habitatrichtlijn gebieden
Natuurbeschermingswet gebieden
Ecologische hoofdstructuur
Toekomstige bebouwing
Gemeentegrenzen
Waterwingebied
Grondwaterbeschermingsgebied
Boringsvrije zone

0 125 250 500 750 1,000 Meters

Titel: OVERZICHTSFOTOTRACEKAART 48" leiding WIJNGAARDEN-ZELZATE

Gasunie	Getekend door: J. Onderstal	Omschrijving wijziging: wijziging tracé		Getekend door: Alterra, Wageningen
	Gecontroleerd door: J.K. Kleinbekman Voor akkoord: J.K. Kleinbekman	Schaal: 1 : 20.000	Datum 1e uitgave: 18-09-05	Datum wijziging: 05-11-07
	Projectnummer I.6256.01	Nummer: A-667-OFTK20-12	Wijz. Nr. 4	Formaat: A3 / Beheer& onderhoud Nee

© Eurosense BV DKLN-2006

Kaart ter informatie

Titel: OVERZICHTSFOTOTRACEKAART 48" leiding WIJNGAARDEN-ZELZATE

Getekend door: J. Onderstal	Omschrijving wijziging: wijziging tracé			Getekend door: Alterra, Wageningen
Gecontroleerd door: J.K. Kleinbekman Voor akkoord: J.K. Kleinbekman	Schaal: 1 : 20.000	Datum 1e uitgave: 18-09-05		Datum wijziging: 05-11-07
Projectnummer I.6256.01	Nummer: A-667-OFTK20-13	Wijz. Nr. 4	Formaat: A3	Beheer& onderhoud Nee

49000 50000 51000 52000 53000 54000

371000 370000 369000 368000 367000 366000 365000 364000

N

Molenweg
Dijeweg
Reuzenhoekse Dijk
Kwakke
straat
Hoek van de Dijk
Aartsikse
Zaamslagse Dijk
Molenweg
amslagpolder
Zaamslag polder
Polder
't Vlaanderhof
Terneuzense Straat
N61
De Kraag
Kraagbrug
Weg
Zaamslagveer
Nieuwe Zorg
Hof Genderdijk
De Hoogte
Zaamslag
Kraagdijk
Hoeve de Punt
Tempelhof
Gruane
Dulper
Poolse Brug
Olde Zeedijk
Paviljoe
Kleine
Poolhoeve
N684
N685
Bronkreek
Otheensche Kreek
dijk
Straat
polder
Spui
Sparkspolder
Pauwvliet
Axelse
Steenovens
De Sluis
Gat van Pinte
Groote
Outer
Weg
Zaamslagse
Pouckedijk
Capelle_
Buitenlust
Zaamslag polder
Dijkzicht
Ferdinandushof
N685
N664
Zaamslagse Dijk
Nieuwe-
Magrette
Vaartwijk
TERNEUZEN
straat
Capelle
Boschkreek
52
53
Eglantier
Visschers-
polder
Middenhof
Zeldenrust
Steenbosch
N62
Oude-
Jansdijk
Tractaatweg
Graaf
Eglantierpolder
Vaartwijk
54
Zaaidijk
Zaaidijk
Zoutepand
't Val
't Jonge Bosch
Schapenbout
Doornhof
Nieuwendijk
Beoosten_ Blij_ beno
Straat
Bijlse
d' Hoogte
Buthweg
Beoosten
Buthpolder
55
Nooitgedacht
Noordpolder
Loose's Hof
Vroegtij
Lusthof
Axelse Sassing
Buthkreek
Eben Haëzer
Buthdijk
Axel
Axelsche Kreek
Bewesten
Bewesten-
Lage Weg
Carpe die
56
Ahrenbeeve
Justaasweg
De Woeste Kop
Blijpolder
Drieschouwen

Nieuw trace A-667 48" leiding Wijngaarden-Zelzate
Bestaande leidingen
Toetsingsafstand 150m van nieuw trace A-667 (48")
Bebouwingsafstand 50m van nieuw trace A-667 (48") bij gebiedsklassen 3 & 4 (= 5m bij gebiedsklassen 1 & 2)
Vogelrichtlijn gebieden
Habitatrichtlijn gebieden
Natuurbeschermingswet gebieden
Ecologische hoofdstructuur
Toekomstige bebouwing
Gemeentegrenzen
Waterwingebied
Grondwaterbeschermingsgebied
Boringsvrije zone

0 125 250 500 750 1,000 Meters

© Eurosense BV, DKLN-2006

Kaart ter informatie

Titel: OVERZICHTSFOTOTRACEKAART 48" leiding WIJNGAARDEN-ZELZATE				
	Getekend door: J. Onderstal	Omschrijving wijziging: wijziging tracé		Getekend door: Alterra, Wageningen
	Gecontroleerd door: J.K. Kleinbekman Voor akkoord: J.K. Kleinbekman	Schaal: 1 : 20.000	Datum 1e uitgave: 18-09-05	Datum wijziging: 05-11-07
	Projectnummer I.6256.01	Nummer: A-667-OFTK20-14	Wijz. Nr. 4	Formaat: A3 / Beheer& onderhoud: Nee

Terneuzen
Westdorpe
Zelzate
Zwartenhoek
TERNEUZEN
55
56
57
58
59
Canisvliet binnen polder
Autriche polder
Papeschorpolder
Smidsschorre polder
Bewesten Blijpolder
Canisvliet-buitenpolder
Zuiddorpepolder (Noorddeel)
St- Francispolder
Oude Polder
Oudenburgsesluis
Sluizen
Vette Gras
Fortje
Axelse Sassing
Zijkanaal C
Nieuw trace A-667 48" leiding Wijngaarden-Zelzate
Bestaande leidingen
Toetsingsafstand 150m van nieuw trace A-667 (48")
Bebouwingsafstand 50m van nieuw trace A-667 (48") bij gebiedsklassen 3 & 4 (= 5m bij gebiedsklassen 1 & 2)
Vogelrichtlijn gebieden
Habitatrichtlijn gebieden
Natuurbeschermingswet gebieden
Ecologische hoofdstructuur
Toekomstige bebouwing
Gemeentegrenzen
Waterwingebied
Grondwaterbeschermingsgebied
Boringsvrije zone
0 125 250 500 750 1,000 Meters
© Eurosense BV DKLN-2006
Kaart ter informatie
Titel:
OVERZICHTSFOTOTRACEKAART 48" leiding WIJNGAARDEN-ZELZATE
Getekend door: J. Onderstal
Omschrijving wijziging: wijziging tracé
Getekend door: Alterra, Wageningen
Gecontroleerd door: J.K. Kleinbekman
Voor akkoord: J.K. Kleinbekman
Schaal: 1 : 20.000
Datum 1e uitgave: 18-09-05
Datum wijziging: 05-11-07
Projectnummer I.6256.01
Nummer: A-667-OFTK20-15
Wijz. Nr. 4
Formaat: A3
Beheer& onderhoud Nee

BIJLAGE 8 Kaart Noord-Zuid project

Overzicht Noord-Zuid projecten (All in scope)

Titel: Externe Overzichtskaart N-Z Projecten maart 2007				
Getekend door: J. Onderstal	Omschrijving wijziging:			Getekend door: Alterra, Wageningen
Gecontroleerd door: S.H. Stratingh Voor akkoord: S.H. Stratingh	Schaal: 1 : 500.000	Datum 1e uitgave: 26-07-2006		Datum wijziging: 16-03-2007
Projectnummer: I.6256.01	Nummer: EOV-01	Wijz. Nr. 4	Formaat: A1	Beheer& onderhoud

BIJLAGE 9 Overzichtskaart van stedelijk, natuur- en veengebieden

Bebouwing
Natuur
Veengebieden
Middelburg
0 5 10 20 30 40 50
Kilometers

BIJLAGE 10 Figuren effectbeoordeling

De figuren die in hoofdstuk 5 zijn opgenomen zijn gerealiseerd op basis van de gegevens van het in deze bijlage opgenomen kaartmateriaal.

Paragraaf 5.2 Bodem en water:

Figuur 5.14 Invloedsgebied grondwaterstanddaling (Alterra kaart 1).
Figuur 5.15 Overzicht van maximale eindzetting (Alterra kaart 2).
Figuur 5.16 Overzicht doorsnijding afsluitende laag in % van totaal (Alterra kaart 3).
Figuur 5.17 Ligging gebouwen en infrastructuur (Alterra kaart 4).
Figuur 5.18 Overzicht watergangen die met een zinker worden gekruist (Alterra kaart 7).
Figuur 5.19 Overzicht kruisingen waarbij boorvloeistof wordt gebruikt (Alterra kaart 5).
Figuur 5.20 Overzicht van grondwater- en milieubeschermingsgebieden (Alterra kaart 6).
Figuur 5.21 (Voormalige) locaties van bodemverontreiniging (Alterra kaart 8).

Paragraaf 5.3 Natuur:

Figuur 5.22 Ligging van de aardgastransportleiding ten opzichte van beschermde gebieden (Alterra kaart 9).
Figuur 5.23 Locaties met beschermde soorten flora- en faunawet en / of Rode Lijst soorten (Alterra kaart 10).

Paragraaf 5.4 Geomorfologie, cultuurhistorie en visueel ruimtelijke kenmerken:

Figuur 5.24 Overzicht van GEA-objecten en overige geomorfologische vormen (Alterra kaart 11).
Figuur 5.25 Overzicht van cultuurhistorisch waardevolle landschapstypen van hoge en matig hoge waarde en cultuurhistorisch waardevolle patronen en structuren (Alterra kaart 12).

Paragraaf 5.5 Archeologie:

Figuur 5.26 Archeologische monumenten en potentieel archeologisch waardevol gebied (Alterra kaart 12)

Paragraaf 5.6 Ruimtelijke omgeving:

Figuur 5.27 Woon- en werkgebied, de recreatieve routes en gebieden (Alterra kaart 14)

Paragraaf 5.7.1 Externe veiligheid

Figuur 5.28 Overzicht bestaande leidingen (Alterra kaart 15)

46000 51000 56000 61000 66000 71000 76000

375000 370000 365000 360000

Ellewoutsdijk
BORSELE
REIMERSWAAL
WOENSDRECHT
Kloosterzande
TERNEUZEN
Vogelwaarde
Zaamslag
HULST
Nieuw-Namen
Sluiskil
Hulst
Axel
Sint Jansteen
Koewacht

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41

Titel: MER5b Ossendrecht - Zelzate kaart 1
Invloedsgebied grondwaterstanddaling

gasunie	Getekend door: J. Onderstal	Omschrijving wijziging:		Getekend door: Alterra Wageningen
	Gecontroleerd door: / Voor akkoord:	Schaal: 1:80000	Datum 1e uitgave: 22-01-2008	Datum wijziging: 28-01-2008
	Projectnummer 110623.000623OZ	Nummer: 1	Wijz. Nr.	Formaat: A3 / Beheer& onderhoud

Legenda

- Gemeentegrens met GEMEENTENAAM
- Tracé Ossendrecht - Zelzate met kilometrering
- Variant Zandberg met kilometrering
- spoorlijn
- weg
- water

N

0 1000 2000 3000 Meters

Invloedsgebied bemaling in meters (verandering grondwaterstand minimaal 5 cm)

- 50-150
- 150-250
- 250-350

46000 51000 56000 61000 66000 71000 76000

375000 370000 365000 360000

Ellewoutsdijk
BORSELE
REIMERSWAAL
WOENSDRECHT
Kloosterzande
TERNEUZEN
Vogelwaarde
Zaamslag
HULST
Nieuw-Namen
Sluiskil
Hulst
Axel
Sint Jansteen
Koewacht

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41

Titel: MER5b Ossendrecht - Zelzate kaart 2 Zettingsklassen				
gasunie	Getekend door: J. Onderstal	Omschrijving wijziging:		Getekend door: Alterra Wageningen
	Gecontroleerd door: Voor akkoord:	Schaal: 1:80000	Datum 1e uitgave: 16-01-2008	Datum wijziging: 28-01-2008
	Projectnummer 110623.000623OZ	Nummer: 2	Wijz. Nr.	Formaat: A3 / Beheer& onderhoud

Legenda

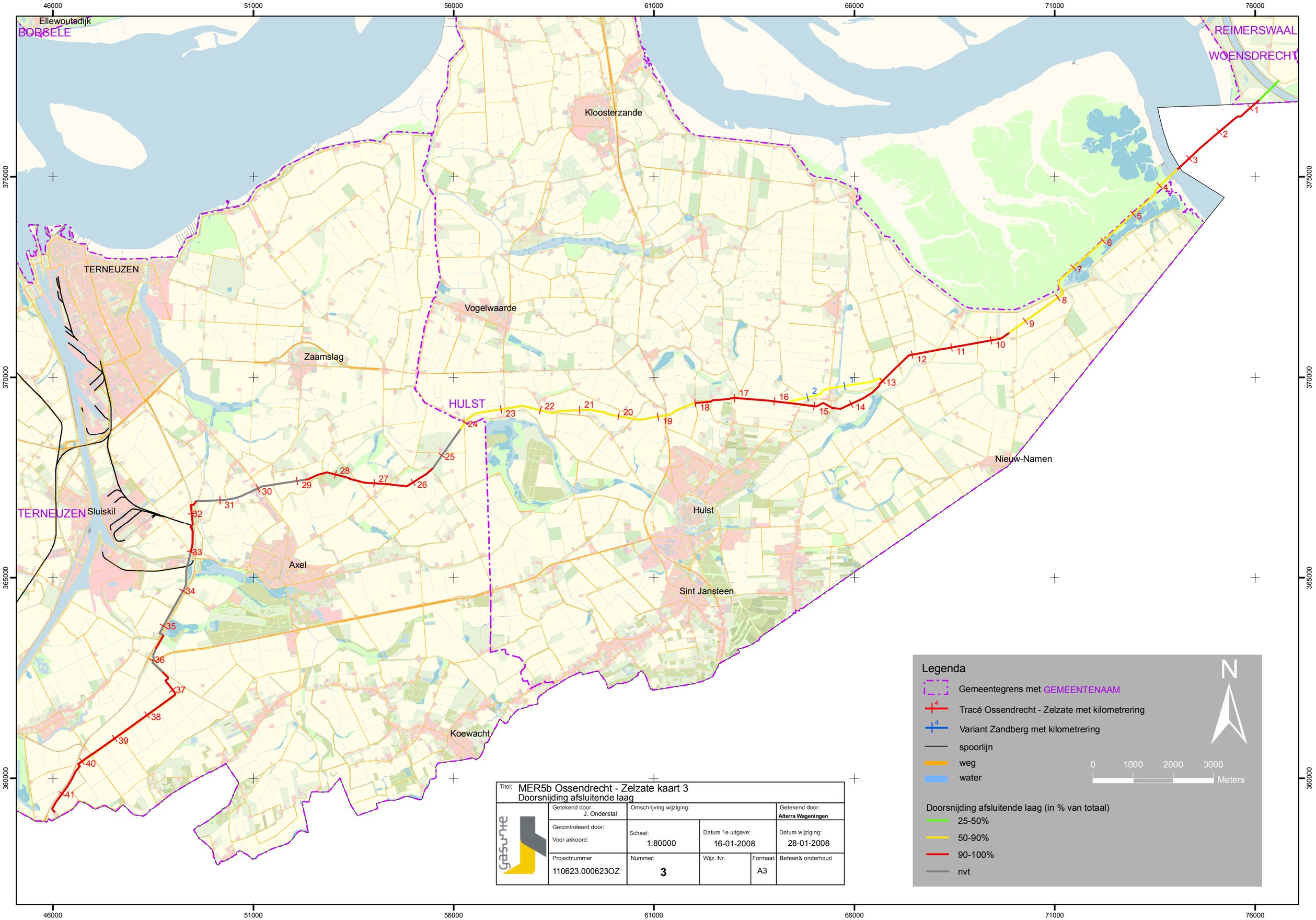
- Gemeentegrens met GEMEENTENAAM
- Tracé Ossendrecht - Zelzate met kilometrering
- Variant Zandberg met kilometrering
- spoorlijn
- weg
- water

N

0 1000 2000 3000 Meters

zetting in cm

- tot 5
- 5-10
- 10-20
- 20-30



Ellewoutsdijk
BORSELE
REIMERSWAAL
WOENSDRECHT
Kloosterzande
TERNEUZEN
Vogelwaarde
Zaamslag
HULST
Nieuw-Namen
TERNEUZEN
Sluiskil
Hulst
Axel
Sint Jansteen
Koewacht
Legenda
Gemeentegrens met GEMEENTENAAM
Tracé Ossendrecht - Zelzate met kilometrering
Variant Zandberg met kilometrering
spoorlijn
weg
water
Doorsnijding afsluitende laag (in % van totaal)
25-50%
50-90%
90-100%
nvt
N
0 1000 2000 3000
Meters
Titel: MER5b Ossendrecht - Zelzate kaart 3
Doorsnijding afsluitende laag
Getekend door: J. Onderstal
Omschrijving wijziging:
Getekend door: Alterra Wageningen
Gecontroleerd door:
Voor akkoord:
Schaal: 1:80000
Datum 1e uitgave: 16-01-2008
Datum wijziging: 28-01-2008
Projectnummer 110623.000623OZ
Nummer: 3
Wijz. Nr.
Formaat: A3
Beheer& onderhoud

46000 51000 56000 61000 66000 71000 76000

375000 370000 365000 360000

BORSELE

REIMERSWAAL

Kloosterzande

TERNEUZEN

Vogelwaarde

Zaamslag

HULST

Nieuw-Namen

Sluiskil

TERNEUZEN

Axel

Hulst

Sint Jansteen

Koewacht

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42

1 2

Legenda

- Gemeentegrens met GEMEENTENAAM
- Tracé Ossendrecht - Zelzate met kilometrering
- Tracé Ossendrecht - Variant Zandberg met kilometrering
- spoorlijn
- weg
- water

N

0 1000 2000 3000 Meters

invloed op infrastructuur

- bebouwing
- waterkering
- weg/ spoorlijn
- watergang

Titel: MER5b Ossendrecht - Zelzate kaart 4
Overzicht infrastructuur die beinvloed wordt

Getekend door: H.A. Gijsbertse	Omschrijving wijziging:			Getekend door: **Alterra Wageningen**
Gecontroleerd door: Voor akkoord:	Schaal: 1:80000	Datum 1e uitgave: 24-01-2008		Datum wijziging: 25-01-2008
Projectnummer 110623.000623OZ	Nummer: **4**	Wijz. Nr.	Formaat: A3	Beheer& onderhoud

46000 51000 56000 61000 66000 71000 76000

375000 370000 365000 360000

BORSELE
REIMERSWAAL
WOENSDRECHT
Kloosterzande
TERNEUZEN
Vogelwaarde
Zaamslag
HULST
Nieuw-Namen
Hulst
Axel
Sint Jansteen
Koewacht

K124-1 K126-1 K153-1 K154-1 K157-1 K159-1 K161-1 K163-1 K166-3 K170-1 K175-1 K179-1 K180-1

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41

Titel: MER5b Ossendrecht - Zelzate kaart 5
kruisingen waarbij boorvloeistof wordt gebruikt

Getekend door: H.A. Gijsbertse	Omschrijving wijziging:			Getekend door: Alterra Wageningen
Gecontroleerd door: Voor akkoord:	Schaal: 1:80000	Datum 1e uitgave: 20-08-2007		Datum wijziging: 29-01-2008
Projectnummer 110623.000623OZ	Nummer: 5	Wijz. Nr.	Formaat: A3	Beheer& onderhoud

Legenda

- Gemeentegrens met GEMEENTENAAM
- Tracé Ossendrecht - Zelzate met kilometrering
- Variant Zandberg met kilometrering
- spoorlijn
- weg
- water
- gesloten front boring (GFT)
- horizontaal gestuurde boring (HDD)

N

0 1000 2000 3000 Meters

46000 51000 56000 61000 66000 71000 76000

375000 370000 365000 360000

BORSELE
REIMERSWAAL
WOENSDRECHT
Kloosterzande
TERNEUZEN
Vogelwaarde
Zaamslag
HULST
Nieuw-Namen
Hulst
TERNEUZEN
Axel
Sint Jansteen
Koewacht

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41

2 11

Legenda

- Gemeentegrens met GEMEENTENAAM
- Tracé Ossendrecht - Zelzate met kilometrering
- Variant Zandberg met kilometrering
- spoorlijn
- weg
- water
- Bodembeschermingsgebieden
- Milieubeschermingsgebieden

N

0 1000 2000 3000 Meters

Titel: MER5b Ossendrecht - Zelzate kaart 6
overzicht grondwater- en milieubeschermingsgebieden

Getekend door: H.A. Gijsbertse	Omschrijving wijziging:			Getekend door: **Alterra Wageningen**
Gecontroleerd door: Voor akkoord:	Schaal: 1:80000	Datum 1e uitgave: 13-07-2007		Datum wijziging: 28-01-2008
Projectnummer 110623.000623OZ	Nummer: **6**	Wijz. Nr.	Formaat: A3	Beheer& onderhoud

46000 51000 56000 61000 66000 71000 76000

46000 51000 56000 61000 66000 71000 76000

375000 370000 365000 360000

BORSELE
REIMERSWAAL
WOENSDRECHT
Kloosterzande
TERNEUZEN
Vogelwaarde
Zaamslag
HULST
Nieuw-Namen
Hulst
Axel
Sint Jansteen
Koewacht

K146-1 K150-2 K145-2 K172-1 K166-2 K163-2 K179-2 K181-1 K183-1

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41

Titel: MER5b Ossendrecht - Zelzate kaart 7 ligging van kruisingen met zinkers				
gasunie	Getekend door: H.A. Gijsbertse	Omschrijving wijziging:		Getekend door: Alterra Wageningen
	Gecontroleerd door: Voor akkoord:	Schaal: 1:80000	Datum 1e uitgave: 22-08-2007	Datum wijziging: 28-01-2008
	Projectnummer 110623.000623OZ	Nummer: 7	Wijz. Nr.	Formaat: A3 / Beheer& onderhoud

Legenda

- Gemeentegrens met GEMEENTENAAM
- Tracé Ossendrecht - Zelzate met kilometrering
- Variant Zandberg met kilometrering
- spoorlijn
- weg
- water
- Zinker

N

0 1000 2000 3000 Meters

46000 51000 56000 61000 66000 71000 76000

375000 370000 365000 360000

BORSELE
REIMERSWAAL
WOENSDRECHT
Kloosterzande
TERNEUZEN
Vogelwaarde
Zaamslag
HULST
Nieuw-Namen
Sluiskil
TERNEUZEN
Axel
Hulst
Sint Jansteen
Koewacht

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41

Legenda

- Gemeentegrens met GEMEENTENAAM
- Tracé Ossendrecht - Zelzate met kilometrering
- Variant Zandberg met kilometrering
- spoorlijn
- weg
- water

N

0 1000 2000 3000 Meters

Aanduiding van locaties met (mogelijk) ernstige bodemverontreiniging en/of verdachte locaties

Titel: MER5b Ossendrecht - Zelzate kaart 8 Ligging bodemverontreinigingslocaties				
gasunie	Getekend door: H.A. Gijsberte	Omschrijving wijziging:		Getekend door: Alterra Wageningen
	Gecontroleerd door: Voor akkoord:	Schaal: 1:80000	Datum 1e uitgave: 24-01-2008	Datum wijziging: 10-04-2008
	Projectnummer 110623.000623OZ	Nummer: 8	Wijz. Nr.	Formaat: A3 / Beheer& onderhoud

46000 51000 56000 61000 66000 71000 76000

375000 370000 365000 360000

BORSELE
REIMERSWAAL
WOENSDRECHT
Kloosterzande
TERNEUZEN
Vogelwaarde
Zaamslag
HULST
Nieuw-Namen
Hulst
TERNEUZEN
Axel
Sint Jansteen
Koewacht

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41

2 1

Legenda

- Gemeentegrens met GEMEENTENAAM
- Tracé Ossendrecht - Zelzate met kilometrering
- Variant Zandberg met kilometrering
- spoorlijn
- weg
- water

N

0 1000 2000 3000 Meters

- NBwet
- Vogelrichtlijn gebieden
- Habitatrichtlijn gebieden
- Ecologische hoofdstructuur

Titel: MER5b Ossendrecht - Zelzate kaart 9
beschermde natuurgebieden VHR en EHS

gasunie	Getekend door: H.A. Gijsbertse	Omschrijving wijziging:		Getekend door: Alterra Wageningen
	Gecontroleerd door: Voor akkoord:	Schaal: 1:80000	Datum 1e uitgave: 13-07-2007	Datum wijziging: 28-01-2008
	Projectnummer 110623.000623OZ	Nummer: 9	Wijz. Nr.	Formaat: A3 / Beheer& onderhoud

46000 51000 56000 61000 66000 71000 76000

375000 370000 365000 360000

Ellewoutsdijk
BORSELE
REIMERSWAAL
WOENSDRECHT
Kloosterzande
TERNEUZEN
Vogelwaarde
Zaamslag
HULST
Nieuw-Namen
Hulst
Sluiskil
Axel
Sint Jansteen
Koewacht

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41

Titel: MER5b Ossendrecht - Zelzate kaart 10 locaties met beschermde soorten flora en fauna				
gasunie	Getekend door: J. Onderstal	Omschrijving wijziging:		Getekend door: Alterra Wageningen
	Gecontroleerd door: Voor akkoord:	Schaal: 1:80000	Datum 1e uitgave: 24-01-2008	Datum wijziging:
	Projectnummer 110623.000623OZ	Nummer: 10	Wijz. Nr.	Formaat: A3 / Beheer& onderhoud

Legenda

- Gemeentegrens met GEMEENTENAAM
- Tracé Ossendrecht - Zelzate met kilometrering
- Tracé Ossendrecht - Variant Zandberg met kilometrering
- spoorlijn
- weg
- water

N

0 1000 2000 3000 Meters

- locaties met beschermde fauna
- locaties met beschermde flora

46000 51000 56000 61000 66000 71000 76000

375000 370000 365000 360000

BORSELE

REIMERSWAAL

WOENSDRECHT

Geomorfologische vormen

Bebouwing	Smeltwaterafzettingen	Buitendijkse platen
Overig	Getijdevlakte	Veenvlakte
Plateaus	Kreek	Water
Dekzandreliëf	Kreekrug	Aardkundige waarden

Kloosterzande

TERNEUZEN

Vogelwaarde

Zaamslag

HULST

Nieuw-Namen

Hulst

TERNEUZEN

Axel

Sint Jansteen

Koewacht

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41

Titel:	MER5b Ossendrecht - Zelzate kaart 11 Geomorfologische vormen en GEA-objecten

Getekend door: H.A. Gijsbertse	Omschrijving wijziging:			Getekend door: **Alterra Wageningen**
Gecontroleerd door: Voor akkoord:	Schaal: 1:80000	Datum 1e uitgave: 13-07-2007		Datum wijziging: 28-01-2008
Projectnummer 110623.000623OZ	Nummer: **11**	Wijz. Nr.	Formaat: A3	Beheer& onderhoud

Legenda

- Gemeentegrens met GEMEENTENAAM
- Tracé Ossendrecht - Zelzate met kilometrering
- Variant Zandberg met kilometrering
- spoorlijn
- weg
- water

N

0 1000 2000 3000 Meters

46000 51000 56000 61000 66000 71000 76000

375000 370000 365000 360000

BORSELE
REIMERSWAAL
WOENSDRECHT
Kloosterzande
TERNEUZEN
Vogelwaarde
Zaamslag
HULST
Nieuw-Namen
Hulst
TERNEUZEN
Axel
Sint Jansteen
Koewacht

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41

1 2 3 4

Legenda

- Gemeentegrens met GEMEENTENAAM
- Tracé Ossendrecht - Zelzate met kilometrering
- Variant Zandberg met kilometrering
- spoorlijn
- weg
- water

N

0 1000 2000 3000 Meters

- Rijksmonumenten binnen 1000m
- Waardevolle cultuurgebieden

Cultuurhistorische lijnelementen
- hoog
- redelijk hoog
- zeer hoog

Cultuurhistorische vlakelementen
- hoog
- redelijk hoog
- zeer hoog

Titel: MER5b Ossendrecht - Zelzate kaart 12
Cultuurhistorische waardevolle landschapstypen, patronen en structuren

Getekend door: H.A. Gijsberte	Omschrijving wijziging:			Getekend door: Alterra Wageningen
Gecontroleerd door: Voor akkoord:	Schaal: 1:80000	Datum 1e uitgave: 13-07-2007		Datum wijziging: 28-01-2008
Projectnummer 110623.000623OZ	Nummer: 12	Wijz. Nr.	Formaat: A3	Beheer& onderhoud

46000 51000 56000 61000 66000 71000 76000

375000 370000 365000 360000

BORSELE
REIMERSWAAL
WOENSDRECHT
Kloosterzande
TERNEUZEN
Vogelwaarde
Zaamslag
HULST
Nieuw-Namen
Hulst
Axel
Sint Jansteen
Koewacht

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41

Legenda

- Gemeentegrens met GEMEENTENAAM
- Tracé Ossendrecht - Zelzate met kilometrering
- Variant Zandberg met kilometrering
- spoorlijn
- weg
- water

N

0 1000 2000 3000 Meters

ROB_AMK monumenten

- Terrein van hoge archeologische waarde

Aardkundige waarden

- hoge trefkans
- middelhoge trefkans
- lage trefkans

Titel: MER5b Ossendrecht - Zelzate kaart 13
Archeologische monumenten en potentieel arch. waardevol en zeer waardevol

Getekend door: H.A. Gijsbertse	Omschrijving wijziging:			Getekend door: Alterra Wageningen
Gecontroleerd door: Voor akkoord:	Schaal: 1:80000	Datum 1e uitgave: 16-08-2007		Datum wijziging: 28-01-2008
Projectnummer 110623.000623OZ	Nummer: 13	Wijz. Nr.	Formaat: A3	Beheer& onderhoud

gasunie

46000 51000 56000 61000 66000 71000 76000

375000 370000 365000 360000

BORSELE
REIMERSWAAL
WOENSDRECHT
Kloosterzande
TERNEUZEN
Vogelwaarde
Zaamslag
HULST
Nieuw-Namen
Hulst
Axel
Sint Jansteen
Koewacht
TERNEUZEN

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41

1 2

Legenda

- Gemeentegrens met GEMEENTENAAM
- Tracé Ossendrecht - Zelzate met kilometrering
- Variant Zandberg met kilometrering
- spoorlijn
- weg
- water
- wandelroutes
- fietsroutes
- bedrijventerrein (toekomstig)
- stedelijk gebruik (toekomstig)

N

0 1000 2000 3000 Meters

Titel: MER5b Ossendrecht - Zelzate kaart 14
woon- en werkgebieden en recreatieve routes en gebieden

gasunie	Getekend door: H.A. Gijsbertse	Omschrijving wijziging:		Getekend door: Alterra Wageningen
	Gecontroleerd door: Voor akkoord:	Schaal: 1:80000	Datum 1e uitgave: 13-07-2007	Datum wijziging: 29-01-2008
	Projectnummer 110623.000623OZ	Nummer: 14	Wijz. Nr.	Formaat: A3 / Beheer& onderhoud

46000 51000 56000 61000 66000 71000 76000

375000 370000 365000 360000

BORSELE
REIMERSWAAL
WOENSDRECHT
Kloosterzande
TERNEUZEN
Vogelwaarde
Zaamslag
HULST
Nieuw-Namen
Hulst
Axel
Sint Jansteen
Koewacht

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41

2 11

Legenda

- Gemeentegrens met GEMEENTENAAM
- Tracé Ossendrecht - Zelzate met kilometrering
- Variant Zandberg met kilometrering
- spoorlijn
- weg
- water

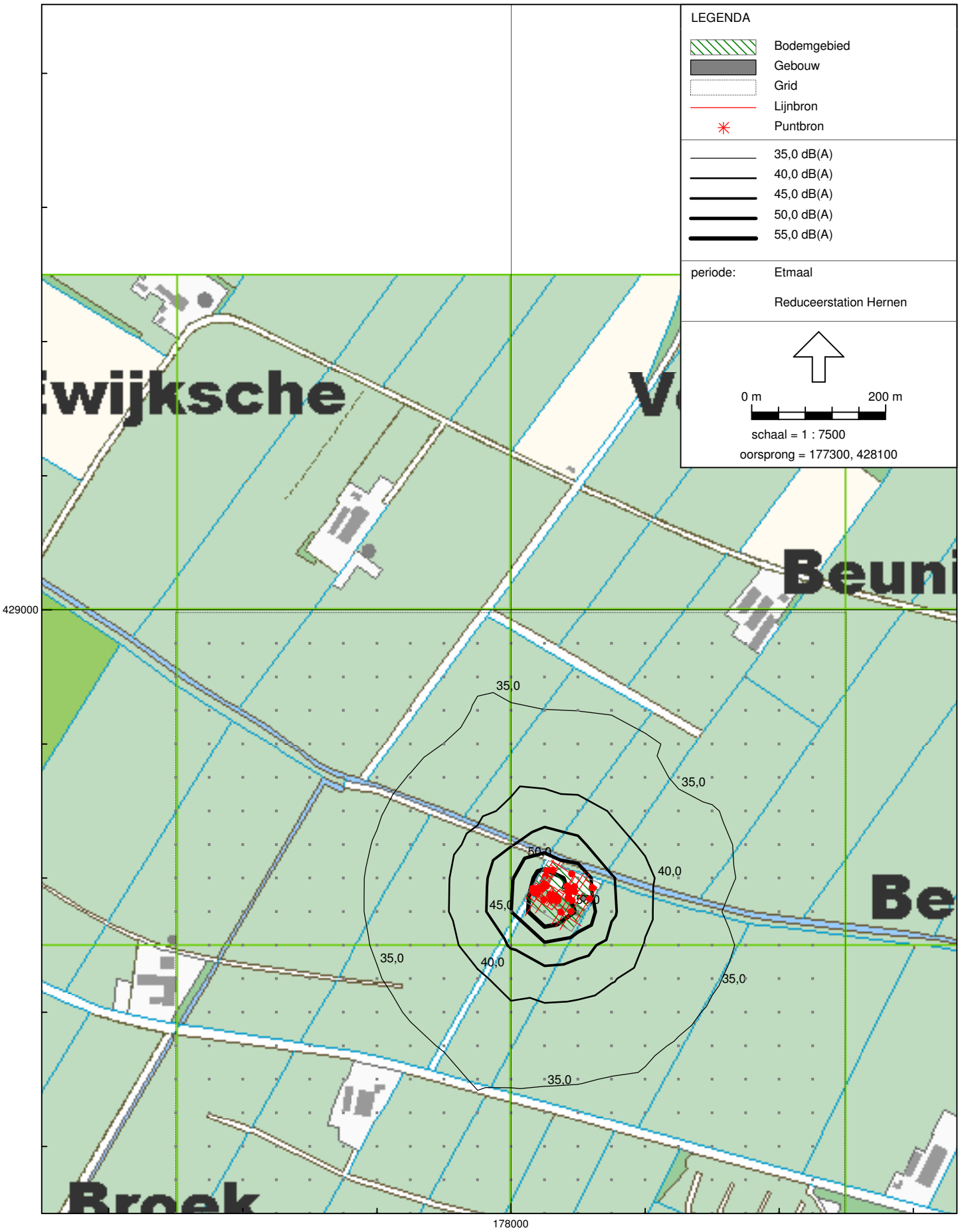
N

0 1000 2000 3000 Meters

- windmolens
- Bestaande leiding

Titel: MER5b Ossendrecht - Zelzate kaart 15 overzicht bestaande leidingen				
gasunie	Getekend door: H.A. Gijsbertse	Omschrijving wijziging:		Getekend door: Alterra Wageningen
	Gecontroleerd door: Voor akkoord:	Schaal: 1:80000	Datum 1e uitgave: 13-07-2007	Datum wijziging: 29-01-2008
	Projectnummer 110623.000623OZ	Nummer: 15	Wijz. Nr.	Formaat: A3 Beheer& onderhoud

BIJLAGE 11 Geluidscontour reduceerstation (voorbeeld)



Industrielawaai - IL, RS Hernen - versie van Reduceerstation Hernen - Reduceerstation Hernen [Y:\DE\GTP\05 GTP Projecten\T10368 Noord-Zuid route\Hernen\] , Geonoise V5.41

BIJLAGE 12 Archeologie: advies provincie Zeeland aan RAAP december 2006

Mail van M. Geerts op 19 december 2006 aan de heer Schiltmans (RAAP).
Hieronder een aantal voorwaarden voor het uitvoeren van onderzoek in de provincie Zeeland. Zoals ik al aangaf heeft de Gasunie een convenant met de Rijksdienst voor Archeologie Cultuurlandschap en Monumenten. Daarom is het niet uit te sluiten dat onderstaande voorwaarden afwijken van voorwaarden en adviezen die de RACM verstrekt.

KNA 3.1
Wij gaan op basis van de KNA 3.1 uit van een onderzoek dat start met een bureauonderzoek waarna een specifieke archeologische verwachting wordt gedefinieerd in relatie tot de voorgenomen ingrepen. Op basis hiervan dient een besluit genomen te worden over het vervolgonderzoek. Ik refereer hierbij graag aan het bureauonderzoek(Rietkerk 2005 , RAAP rapport 1239) dat in opdracht van DELTA voor het gasleidingentracé Zuid-Beveland is opgesteld. Er dient een duidelijke caesuur aanwezig te zijn tussen het bureauonderzoek en het eventuele veldonderzoek.

AMK – terreinen (in Zeeuws Vlaanderen zijn dit voornamelijk voormalige resten van forten van de Staats Spaanse Linies).
Het uitgangspunt voor terreinen van bekende archeologische waarde is behoud in situ. Waar mogelijk dient ervoor gekozen te worden dat deze terreinen in de grond onaangeroerd blijven.
Wanneer nieuwe leidingen worden aangelegd in deze terreinen van bekende archeologische waarde dient dit voorafgegaan te worden door een opgraving (def. Onderzoek) die het mogelijk maakt om de resten ex situ te behouden. Andere mogelijkheid is afhankelijk van de diepte van de vindplaats door technische oplossingen onder of boven het archeologisch niveau buisleidingen te leggen.
Wanneer het buisleidingentracé vlak naast een AMK-terrein loopt dienen werkzaamheden op dit tracé onder archeologische begeleiding plaats te vinden. (Conform de nieuwe KNA 3.1 gaat het daarbij om een archeologische begeleiding conform protocol opgraven).

IKAW
In principe dient voor gebieden met een lage tot zeer lage archeologische verwachtingswaarde op voorhand geen onderzoek gedaan te worden met het oog op bescherming en inpassing van eventueel aanwezige archeologische waarden. Het kan echter nuttig zijn om specifieke locaties door middel van een archeologische begeleiding nader te onderzoeken om meer inzicht te krijgen in de landschapsgenese van Zeeland.
In gebieden met middelhoge of hoge verwachtingswaarde dient in het kader van planvorming archeologisch vooronderzoek te worden uitgevoerd.
Wij hebben voor de provincie Zeeland een handleiding programma's van eisen opgesteld. Deze gaat op basis van de geomorfologie uit van een bepaald aantal boringen. Dit is een minimale vereiste en wijkt sterk af van de voorgestelde boringen iedere 50 meter.

Ik zou me ook kunnen voorstellen dat in dit geval aangezien het om een zeer beperkt stukje middelhoge verwachting gaat, dat er gekozen wordt voor een archeologische begeleiding vanuit het protocol proefsleuven.

Vindplaatsen ARCHIS en ZAA
Vindplaatsen geven aanleiding om met het oog op behoud en bescherming een vooronderzoek te verrichten. Het vooronderzoek dient meer inzicht te geven in de aanwezigheid, omvang en waarde van de vindplaats. Wanneer deze niet door planinpassing of planaanpassing kunnen worden behouden dienen zij door middel van een definitief onderzoek te worden onderzocht.

Bestaande leidingentracés
Wanneer bestaande leidingentracés slechts beperkt (met de breedte van 10 meter) wordt uitgebreid in gebieden van middelhoge of hoge verwachtingswaarde, AMK terrein en/of gebied waarin een vindplaats voorkomt, lijkt het mij niet noodzakelijk om vooronderzoek d.m.v. boringen uit te voeren. In dit geval kunnen de werken onder archeologische begeleiding plaatsvinden.

Nieuwe leidingentracés dienen te allen tijde onderzocht te worden op eventueel aanwezige vindplaatsen om deze eventueel te kunnen behouden.

Art. 47 Monumentenwet
Hoewel uit bureauonderzoek of veldonderzoek kan blijken dat er geen aanwijzingen zijn voor het de aanwezigheid van archeologische resten is de verdere aanwezigheid van archeologische resten niet uit te sluiten. Indien tijdens werkzaamheden archeologische resten worden aangetroffen dient zulks onverwijld gemeld te worden (conform art. 47 Monumentenwet 1988) aan de Stichting Cultureel Erfgoed Zeeland te Middelburg. Wij verwachten dat deze meldingsplicht bij de uitvoering in alle bestekken wordt opgenomen.

BIJLAGE 13 Hydrologisch-sedimentologisch onderzoek

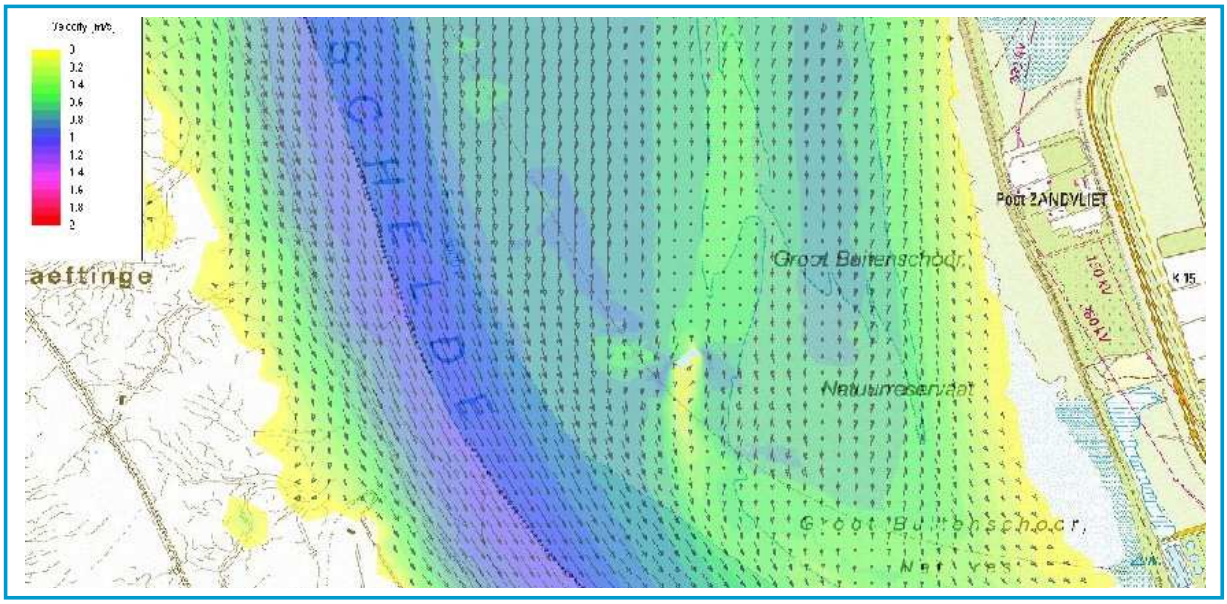
ARCADIS RUIMTE EN MILIEU BV

Beaulieustraat 22
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

MER Gasleiding: deelstudie Groot Buitenschoor

110623/CE7/OZ3/000623

Stroomsnelheid kaart bij Groot Buitenschoor tijdens de werken



Hydrologisch-sedimentologisch onderzoek

29 Nov 07
I/RA/12051/07.114/FTO

International Marine & Dredging Consultants N.V.
Wilrijkstraat 37-45 Bus 4 – 2140 – Antwerpen – België
Tel: +32.3.270.92.95 Fax: +32.3.235.67.11
E-mail: info@imdc.be Website: www.imdc.be

Documentcontroleblad

Document Identificatie

Titel:	Hydraulisch-sedimentologisch onderzoek
Project:	MER Gasleiding: deelstudie Groot Buitenschoor
Opdrachtgever	Arcadis Ruimte en Milieu BV
Documentref:	I/RA/12051/07.114/FTO
Documentnaam	K:\PROJECTS\12\12051 - Mer Gasleiding\10-Rap\RA07114_12051_HydrodynamischSedimentologisch\ RA07114_12051_HydraulischSedimentologish_V21.doc

Revisies

Versie	Datum	Auteur	Omschrijving
1.0	07/11/07	FTO, MSA	Draft
2.0	29.11.07	FTO, MSA	Eerste versie
2.1	01/02/08	FTO, MSA	Paragraaf 2.1

Verdeellijst

Naam	# ex.	Bedrijf/overheid	Functie m.b.t. het project
C. Morsman	1	Arcadis Ruimte en Milieu BV	Projectleider
J. Lammerant	1	Arcadis Gedas	MER studie

Goedkeuring

Versie	Datum	Auteur	Projectleider	Directie
2.1	29/11/07	FTO, MSA	FTO	MSA

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING 1
1.1. DE OPDRACHT 1
1.2. DOEL VAN DE STUDIE 1
1.3. OPBOUW VAN HET RAPPORT 1

2. VOORGENOMEN ACTIVITEIT 3
2.1. ALGEMENE BESCHRIJVING VAN DE VOORGENOMEN ACTIVITEIT 3
2.2. SPECIFIEKE BESCHRIJVING VAN DE VOORGENOMEN ACTIVITEITEN TER HOOGTE VAN HET GROOT BUITENSCHOOR 3

3. HUIDIGE TOESTAND 4
3.1. HYDRODYNAMICA 4
3.1.1. Waterstanden en getij 6
3.1.1.1. Karakteristieken 6
3.1.1.2. Zeespiegelstijging 8
3.1.2. Stromingen 8
3.1.3. Golfkarakteristieken 15
3.2. WATERKWALITEIT: TROEBELHEID 16
3.2.1. Troebelheid 16
3.2.2. Slibconcentratie 17
3.2.3. Maxima, minima en gemiddelden per eb/vloed 18
3.2.4. Doodtij-springtij variaties 19
3.2.5. Sediment transport 19
3.3. GEOMORFOLOGIE 20
3.3.1. Karakterisatie bodemsedimenten Groot Buitenschoor 20
3.3.2. Slibafzettingen in de vaargeul 22
3.3.3. Slibafzettingen op de slikken 22
3.3.4. Inschatting via numerieke modellering 22
3.3.4.1. Inschatting van slibafzetting 24
3.3.4.2. Inschatting van zand 25
3.4. PRIMAIRE WATERKERING 25
3.5. DE SCHEEPVAART 26

4. EFFECT VAN HET WERKEILAND 27
4.1. HYDRODYNAMICA 27
4.1.1. Waterstanden en getij 27

4.1.2. Stromingen ... 27
4.1.3. Golfkarakteristieken ... 33
4.2. WATERKWALITEIT: TROEBELHEID ... 33
4.3. GEOMORFOLOGIE ... 34
4.4. VEILIGHEID KRUISINGEN PRIMAIRE WATERKERING ... 34
4.4.1. Macrostabiliteit (afschuiving) ... 36
4.4.2. Erosie van het binnentalud ... 36
4.4.3. Erosie van het buitentalud ... 37
4.4.4. Zandmeevoerend wellen ... 37
4.4.5. Microstabiliteit ... 37
4.5. BELEMMERING VAN DE SCHEEPVAART ... 37
5. CONCLUSIES ... 38
6. REFERENTIES ... 39
BIJLAGE A. HYDRODYNAMIC AND SEDIMENT TRANSPORT NUMERICAL MODEL 42
A.1 SOFTWARE ... 43
A.2 HYDRODYNAMIC MODEL ... 44
A.2.1. Numerical model network ... 44
A.2.2. Bathymetry ... 45
A.2.3. Initial conditions ... 45
A.2.4. Boundary conditions ... 46
A.2.5. Numerical and physical coefficients ... 47
A.3 SEDIMENT TRANSPORT MODEL ... 47
A.3.1. Model set-up ... 47
A.3.2. Cohesive sediment ... 48
A.3.3. Non-cohesive sediment ... 49
A.4 REFERENCES ... 50

LIJST VAN TABELLEN

TABEL 3-1: VERANDERING VAN SOMMIGE PARAMETERS LANGS DE SCHELDE 4

TABEL 3-2: GEMIDDELD HW, LW (M TAW) EN TIJVERSCHIL (M) BIJ EEN GEMIDDELD DOODTIJ, GEMIDDELD TIJ EN GEMIDDELD SPRINGTIJ TE VLISSINGEN, BATH, PROSPERPOLDER EN ANTWERPEN VOOR DE PERIODE 1991-2000 (WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM, ONGEPUBLICEERD) 7

TABEL 3-3: DUUR VAN DE STIJGING EN DALING (H.MIN) BIJ EEN GEMIDDELD DOODTIJ, GEMIDDELD TIJ EN GEMIDDELD SPRINGTIJ TE VLISSINGEN, BATH, PROSPERPOLDER EN ANTWERPEN VOOR DE PERIODE 1991-2000 (WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM, ONGEPUBLICEERD) 7

TABEL 3-4: MAXIMALE SLIBCONCENTRATIES (MG/L) BIJ PROSPERPOLDER, PER MAAND EN PER MEETPOST 18

TABEL 3-5: SLIBTRANSPORT PER GETIJ 20

TABEL 3-6: KORRELGROOTTEVERDELING VAN HET SEDIMENT IN DE WINTERPERIODE. 21

TABEL 3-7: KORRELGROOTTEVERDELING VAN HET SEDIMENT IN DE ZOMERPERIODE. 21

TABEL 3-8: SCHEEPSBEWEGINGEN OP DE SCHELDE (BRON: CAT, 2007) 26

LIJST VAN FIGUREN

FIGUUR 1-1: GLOBAAL TRACÉ WESTERSCHELDE-OOST - ZELZATE (BRON: ARCADIS, 2006) 1

FIGUUR 3-1: PROJECTGEBIED 5

FIGUUR 3-2: DWARSDOORSNEDE WESTERSCHELDE KRUISING (BRON: ARCADIS, 2006) 5

FIGUUR 3-3: GEMIDDELDE GETIJKROMMEN TE PROSPERPOLDER VOOR DE PERIODE 1991-2000 (WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM, 2007) 6

FIGUUR 3-4: SNELHEIDSVECTOREN BIJ SPRINGTIJ, VIER UUR VOOR HW 10

FIGUUR 3-5: SNELHEIDSVECTOREN BIJ SPRINGTIJ, 1 UUR VOOR HW 11

FIGUUR 3-6: SNELHEIDSVECTOREN BIJ SPRINGTIJ, HW 12

FIGUUR 3-7: SNELHEIDSVECTOREN BIJ SPRINGTIJ, 1 UUR NA HW 13

FIGUUR 3-8: SNELHEIDSVECTOREN BIJ SPRINGTIJ, 4 UUR NA HW 14

FIGUUR 3-9: DIEPTEGEMIDDELDE SNELHEDEN VOLGENS DE AS VAN DE GASLEIDING. 15

FIGUUR 3-10: SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE IN HET STUDIEGEBIED 16

FIGUUR 3-11: BATHYMETRIE VAN HET STUDIEGEBIED 23

FIGUUR 3-12: SCHEMATISCHE VOORSTELLING FYSISCHE ENTITEITEN IN EEN DWARSPROFIEL 23

FIGUUR 3-13: SCHEMATISCHE VOORSTELLING FYSISCHE ENTITEITEN IN EEN PLANVIEW 24

FIGUUR 4-1: SNELHEIDSVECTOREN BIJ SPRINGTIJ, VIER UUR VOOR HW 28

FIGUUR 4-2: SNELHEIDSVECTOREN BIJ SPRINGTIJ, 1 UUR VOOR HW 29

FIGUUR 4-3: SNELHEIDSVECTOREN BIJ SPRINGTIJ, HW 30

FIGUUR 4-4: SNELHEIDSVECTOREN BIJ SPRINGTIJ, 1 UUR NA HW 31

FIGUUR 4-5: SNELHEIDSVECTOREN BIJ SPRINGTIJ, 4 UUR NA HW 32

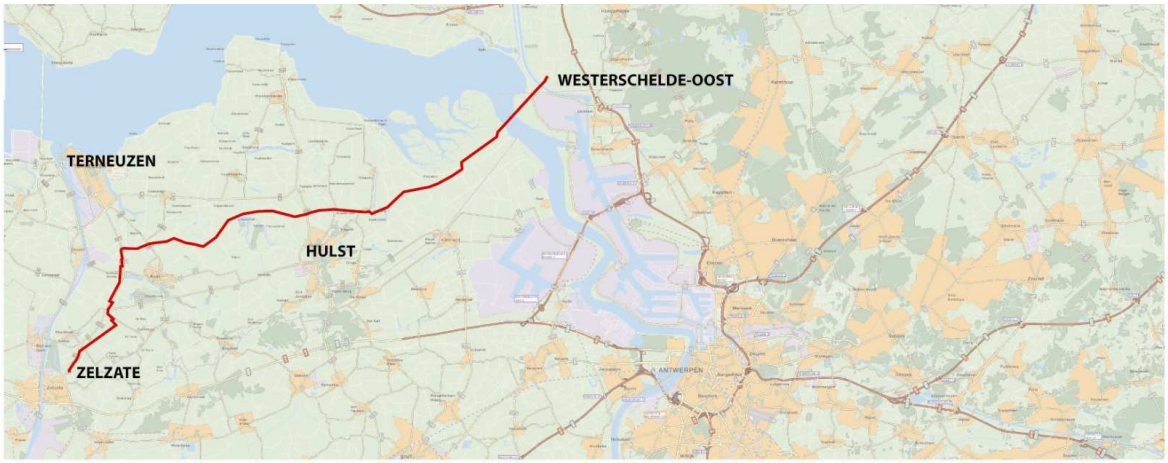
FIGUUR 4-6: DIEPTEGEMIDDELDE SNELHEDEN VOLGENS DE AS VAN DE GASLEIDING EN TIJDENS DE WERKEN. 33

FIGUUR 4-7: DE VEILIGHEID TEGEN OVERSTROMING WORDT BEPAALD DOOR EEN COMBINATIE VAN DE HYDRAULISCHE BELASTING EN DE STERKTE 35
FIGUUR 4-8: ENKELE GEOTECHNISCHE FAALMECHANISMEN VAN DIJKEN (BRON: VNK)..... 36

1. INLEIDING

1.1. De opdracht

Dit rapport bundelt de resultaten van een hydraulisch-sedimentologische studie ten behoeve van het MER ten behoeve van de aanleg van een gasleiding tussen Westerschelde-Oost en Zelzate (zie Figuur 1-1): het betreft de deelstudie van de kruising van de Schelde ter hoogte van het Groot Buitenschoor ter hoogte van de Belgisch-Nederlandse grens. Het onderzoek wordt uitgevoerd ten behoeve van de initiatiefnemer Gasunie. De globale opdracht voor de hydraulisch-sedimentologische studie werd uitgeschreven door Arcadis Ruimte en Milieu BV in het bestek 110623/CE7/0Z3/000623. Met de offerte I/OF/02000/07.032/MSA van 25.05.2007 werd door IMDC een conceptueel voorstel voor de uitvoering van de studie voorgesteld. Op 29.08.2007(brief met ref. 110623/7/12/000623) gaf Arcadis opdracht aan IMDC NV voor de aanvang van de studie.



Figuur 1-1: Globaal tracé Westerschelde-Oost - Zelzate (Bron: Arcadis, 2006)

1.2. Doel van de studie

Het doel is een hydraulische en sedimentologische studie voor de deelstudie Groot Buitenschoor van het MER Gasleiding.

De opdracht dient volgende aspecten te behandelen:

- Hydrodynamica;
- Geomorfologie;
- Waterkwaliteit;
- Veiligheid kruisingen primaire waterkeringen;
- Belemmering van de scheepvaart.

1.3. Opbouw van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de voorgenomen activiteiten. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 een algemene beschrijving gegeven van het Schelde-estuarium en een beschrijving van de huidige condities. Het bevat volgende aspecten: hydrodynamica, waterkwaliteit

(troebelheid), geomorfologie, waterkering en scheepvaart. Hoofdstuk 4 beschrijft de effecten van het werkeiland op deze aspecten tijdens de constructie. Conclusies zijn samengevat in Hoofdstuk 5.

2. VOORGENOMEN ACTIVITEIT

2.1. Algemene beschrijving van de voorgenomen activiteit

Een onderdeel van dit project is de kruising van de Westerschelde ter hoogte van de leidingendijk die ten zuiden van het Verdronken Land van Saeftinghe ligt.

De leiding kruist hier achtereenvolgens van noord naar zuid de Sceldedijk, het natuurgebied Groot Buitenschoor (de Ballastplaat), de Stroomleidam en de vaargeul van de Westerschelde (De pas van Rilland).

In het verleden zijn hier reeds enkele leidingkruisingen aangelegd. Het geplande tracé van deze leiding is min of meer parallel aan deze reeds gelegde leidingen.

De leiding wordt met de Horizontaal Gestuurde Boringen (HDD) methodé geïnstalleerd. Voor dit doel wordt in het midden van de kruising, iets ten oosten van de Leidam van de Ballastplaat, een werkeiland aangelegd. Dit werkeiland bestaat uit een kofferdam aangevuld met zand en aan beide kopse einden een werkplatform voor de booring.

De lengte van beide HDD kruisingen is elk ongeveer 1300 m. Aan de oostzijde van de Scheldedijk is de aansluiting, met de kruising onder de Schelde-Rijn kanaal op een diepte van ca. 5 m minus maaiveld. Hiervoor is een diepe droge damwandkuip noodzakelijk die tevens dient kan doen als perskuip.

Rond de bouwkuip, over een breedte variërend van ca. 10-15m, en tussen de palen van het werkplatform wordt breuksteen aangebracht ter bescherming van de bodem. Uit de voorlopige berekeningen is naar voorgekomen dat breuksteen 10/60 kg hiervoor gebruikt kan worden. De totale hoeveelheid breuksteen zal ongeveer 4000 ton zijn. Het gaat hierbij om gecertificeerde breuksteen. De breuksteen wordt met een kraanschip of steenstorter aangebracht met een productie van ongeveer 1000 ton/dag. Beunschepen of beunbakken verzorgen de aanvoer van de breuksteen.

2.2. Specifieke beschrijving van de voorgenomen activiteiten ter hoogte van het Groot Buitenschoor

Voor de beschrijving van de werken in Groot Buitenschoor baseren we ons op het rapport: “DN1200 Gastransportleiding Wijgaarden – Zelzate. Werkmethode omschrijving kruising Westerschelde ten behoeve van de MER rapportage” (Nederlands Gasunie BV, 2007).

3. HUIDIGE TOESTAND

3.1. Hydrodynamica

Het Schelde-estuarium is een van de zeldzame Noordwest-Europese riviermondingen waar het getij nog vrij kan doordringen. Door de grote dynamiek en afwisseling van diepe en ondiepe zones is er unieke natuur en bestaan uitgesproken natuurpotenties. Het tijgebonden deel van de Schelde omvat de Westerschelde en de Zeeschelde en bestaat uit een estuarium en een tijrivier.

De zout-, brak- en zoetwaterslikken, de platen en geulen vormen een unieke omgeving voor diverse leefgemeenschappen. Het bestaan van deze ecosystemen is het gevolg van de complexe interactie tussen verschillende fysische fenomenen zoals de hydrodynamica, de saliniteitsverdeling, het sedimenttransport (troebelheid), het gehalte aan opgeloste nutriënten en het zuurstofgehalte (Meire et al., 1995). Anderzijds heeft de Schelde een belangrijke economische functie als vestigingsplaats van havens en van industriegebieden.

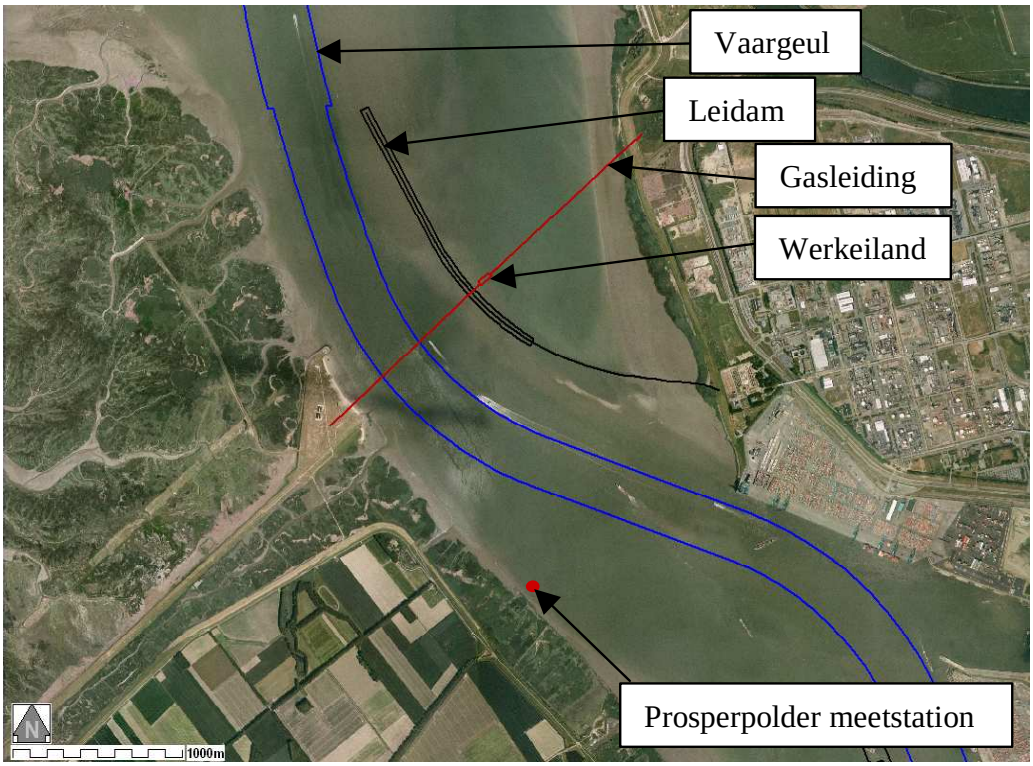
Het dominante systeemkenmerk van het Schelde-estuarium is dynamiek. Die dynamiek manifesteert zich door het getij, een voortdurend wijzigend (meer)geulenpatroon en wisselende zoutconcentraties. Hiermee samenhangend bestaan er talrijke fysische gradiënten (van droog naar nat, van zoet naar zout, van een stabiele naar een instabiele bodem) die ervoor zorgen dat er een grote diversiteit aan habitats en organismen (flora en fauna) aanwezig is (Arcadis en Technum, 2007a).

Het Schelde-estuarium heeft een totale oppervlakte van orde 370 km^2. De waterinhoud van het estuarium bedraagt vanaf de lijn Vlissingen Breskens op dit moment ongeveer 3,4 miljard m^3 onder gemiddeld zeeniveau. Enkele andere karakteristieke getallen voor een aantal locaties in het estuarium worden weergegeven in Tabel 3-1 (Meire et al [2005] en Vlaamse Overheid, Afdeling Kust [2007]), met Prosperpolder bij het projectgebied.

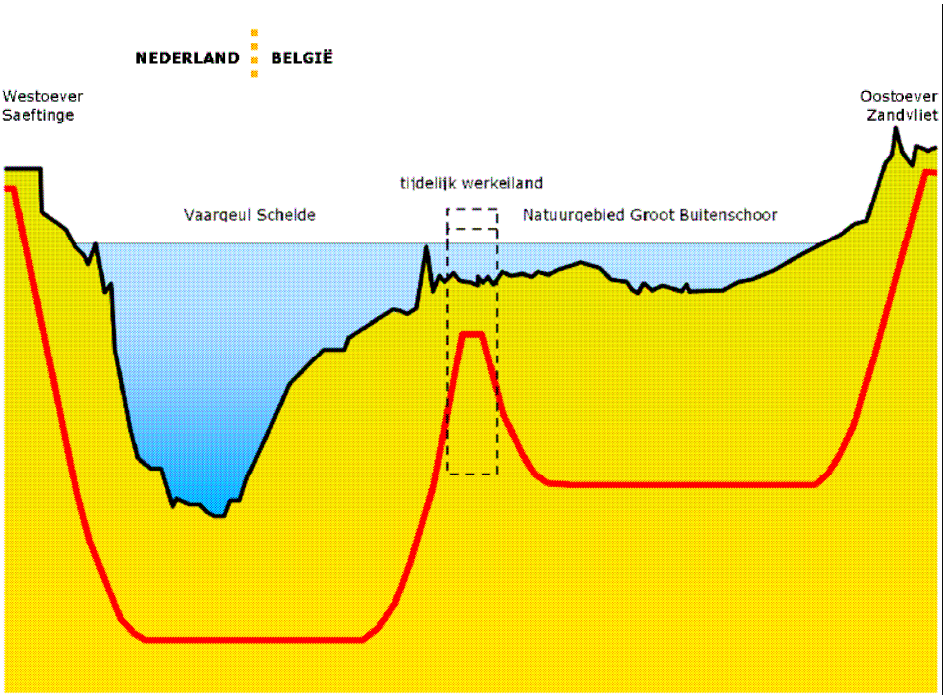
Figuur 3-1 toont het projectgebied, het Natuurreservaat Groot Buitenschoor, de leidam en de vaargeul. Figuur 3-2 toont een dwarsdoorsnede van de Westerschelde kruising.

Tabel 3-1: Verandering van sommige parameters langs de Schelde

	Vlissingen	Hansweert	Prosperpolder	Kruibeke	Dendermonde	Melle
Afstand van de monding (km)	0	36	61.5	82	120	154
Gemiddelde getijslag (m)	3.82	4.48	4.94	5.20	3.74	1.96
Gemiddelde diepte (m)	25	25	14	13	6	15
Breedte (m)	5000	4300	1800	350	100	50
Getijvolume (10^9 m^3)	1.04	0.40	0.15	0.04	0.006	0.006



Figuur 3-1: Projectgebied



Figuur 3-2: Dwarsdoorsnede Westerschelde kruising (Bron: Arcadis, 2006)

3.1.1. Waterstanden en getij

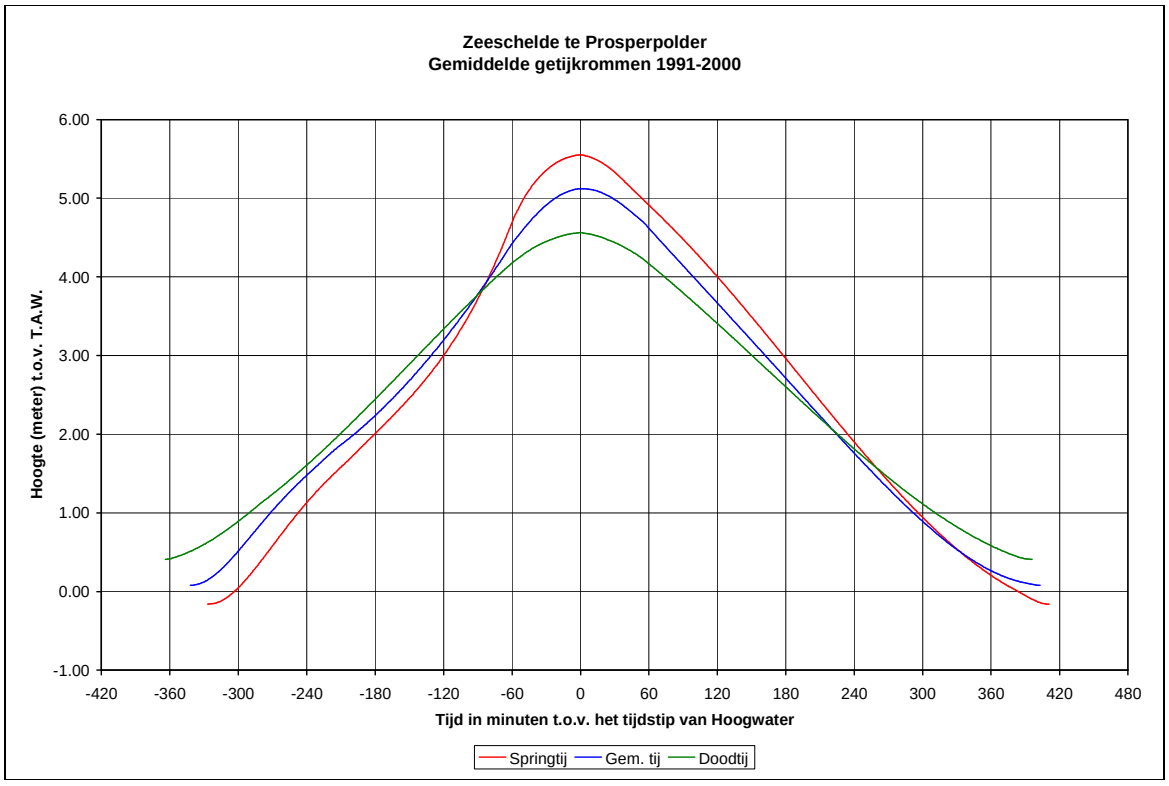
3.1.1.1. Karakteristieken

Het getij op de gehele Schelde is dominant dubbeldaags, met een geringe dagelijkse ongelijkheid. De gemiddelde getijslag (het verschil tussen hoog en laag water) loopt op van 3,86 m nabij Vlissingen, tot 4.9 m nabij Bath en ongeveer 5,20 meter te Schelle. Vervolgens neemt de waarde van de getijslag weer af, maar bedraagt bij Gent toch nog ruim 2 meter.

In het projectgebied (Groot Buitenschoor), is de gemiddelde getijslag 5.04 m (zie in Figuur 3-3 de gemiddelde tijkrommen bij Prosperpolder de meest nabije tijpost, gelegen ter hoogte van de Belgisch-Nederlandse grens langsheen de linkeroever).

De lengte van een volledige tijcyclus bedraagt gemiddeld 12 uur 25 minuten. Het astronomisch bepaalde tij op zee is symmetrisch (vloed duurt ongeveer even lang als eb), maar onder invloed van het doordringen in het estuarium verkrijgen de gemiddelde tijkrommen een asymmetrische vorm, waarbij eb langer duurt dan vloed. Men spreekt in dat geval van vloeddominantie. De verhouding tussen vloedduur en ebduur neemt af van 0,93 in Vlissingen tot 0,88 in Bath, 0,81 in Prosperpolder, 0,61 in Dendermonde en 0,49 in Merelbeke. Er is dus een duidelijke toename van de getijasymmetrie naarmate men zich meer stroomopwaarts in het estuarium begeeft (IMDC, 2004).

Het gemiddeld doodtij, gemiddeld tij en gemiddeld springtij (waterstanden en duur) over de periode 1991-2000 in de tijposten van Vlissingen, Bath, Prosperpolder en Antwerpen werd ontvangen vanwege het Waterbouwkundig Laboratorium en is bijeengebracht in Tabel 3-2 en Tabel 3-3.



Figuur 3-3: Gemiddelde getijkrommen te Prosperpolder voor de periode 1991-2000 (Waterbouwkundig Laboratorium, 2007)

Tabel 3-2: Gemiddeld HW, LW (m TAW) en tijverschil (m) bij een gemiddeld doodtij, gemiddeld tij en gemiddeld springtij te Vlissingen, Bath, Prosperpolder en Antwerpen voor de periode 1991-2000 (Waterbouwkundig Laboratorium, ongepubliceerd)

Tijdpost	Doodtij		Gemiddeld Tij		Springtij	
	HW (m TAW)	LW (m TAW)	HW (m TAW)	LW (m TAW)	HW (m TAW)	LW (m TAW)
Vlissingen	3.91	0.85	4.40	0.51	4.79	0.26
Bath	4.53	0.49	5.06	0.16	5.48	-0.07
Prosperpolder	4.56	0.41	5.12	0.08	5.55	-0.16
Antwerpen	4.77	0.34	5.29	0.00	5.72	-0.23

Tabel 3-3: Duur van de stijging en daling (h.min) bij een gemiddeld doodtij, gemiddeld tij en gemiddeld springtij te Vlissingen, Bath, Prosperpolder en Antwerpen voor de periode 1991-2000 (Waterbouwkundig Laboratorium, ongepubliceerd)

Tijdpost	Doodtij			Gemiddeld Tij			Springtij		
	Stijging	Daling	Totaal	Stijging	Daling	Totaal	Stijging	Daling	Totaal
Vlissingen	6h06	6h31	12h37	5h57	6h28	12h25	5h52	6h27	12h19
Bath	6h08	6h32	12h40	5h49	6h36	12h25	5h39	6h43	12h22
Prosperpolder	6h04	6h36	12h40	5h42	6h43	12h25	5h27	6h51	12h18
Antwerpen	5h55	6h44	12h39	5h25	7h01	12h26	5h01	7h18	12h19

De getijasymmetrie vindt haar oorsprong in het verschil in voortplantingsnelheid tijdens hoog- en laagwater. Door de grotere waterdiepte loopt het hoogwater immers sneller dan het laagwater, mits de kombergende breedte bij hoogwater niet veel groter is dan die bij laagwater.

De hoogte van het getij of hoogwater (HW) is het meest extreem bij nieuwe en bij volle maan. In die gevallen spreekt men van springtij. Hoogwater bij springtij ligt te Antwerpen gemiddeld tot een halve meter hoger dan gemiddeld.

Bovenop de astronomisch bepaalde peilen komt een “opzet” die het gevolg is van de vullingsgraad van de rivieren en het belang van de bovenaanvoer op dat moment. Ook de windrichting heeft een effect op de tijhoogten: westen-tot noordwestenwind op zee geeft een opstuwing, terwijl een sterke oostenwind juist tijverlagend werkt.

Het natuurgebied Groot Buitenschoor is gelegen tussen 4 en 5 m TAW. Het ligt relatief ‘hoog’ en wordt enkel gedurende een korte periode overstroomd, i.e. 0-2 uren gedurende een doodtij en 2-3 uren gedurende een springtij.

De extra waterstandsverhoging bij een west-noordwesten-storm op de Noordzee kan bij hoog water, al dan niet samen met springtij, aanleiding geven tot een stormvloed (overschrijding van het peil van 6,60 m te Antwerpen). Buitengewone stormvloeden (die gemiddeld meer dan eens om de vijf jaar voorkomen en waarbij het peil stijgt tot boven de 7 m te Antwerpen) worden gekenmerkt

door een “opzet“ van gemiddeld zo’n 1,5 meter boven het astronomisch getij. In 1953 bedroeg deze opzet in Antwerpen zelfs 2,79 m.

De frequentie van voorkomen van stormvloeden, en van buitengewone stormvloeden in het bijzonder, is de laatste decennia gevoelig toegenomen. De kans op voorkomen van een stormvloed van de grootte van die van 1953 was anno 1990 op de Zeeschelde zelfs 4,5 maal groter geworden dan het geval was in 1953.

3.1.1.2. Zeespiegelstijging

De ontwikkeling van de hoog- en laagwaterstanden in Vlissingen is volledig toe te schrijven aan de zeespiegelstijging (2,1 centimeter voor de periode 2005-2010, 2,5 centimeter voor de periode 2010-2015 en 9 centimeter voor de periode 2015-2030).

In 2010 vindt men de zeespiegelstijging van 2 centimeter in Vlissingen terug in eenzelfde stijging van de gemiddelde waterstand in de Westerschelde en Zeeschelde, tot Melle toe. Het getijbereik verandert dan ook niet (Arcadis en Technum, 2007a).

3.1.2. Stromingen

De stroming is sterk plaats- en tijdsafhankelijk. Zo concentreert de stroming zich bij eb vooral in de ebgeulen, bij vloed is de stroming meer gelijkmatig over de sectie verdeeld, met de maximale stroming op de vloedschaar. De leidammen in het studiegebied leggen belangrijke beperkingen op aan de stroming en dit vooral tijdens eb.

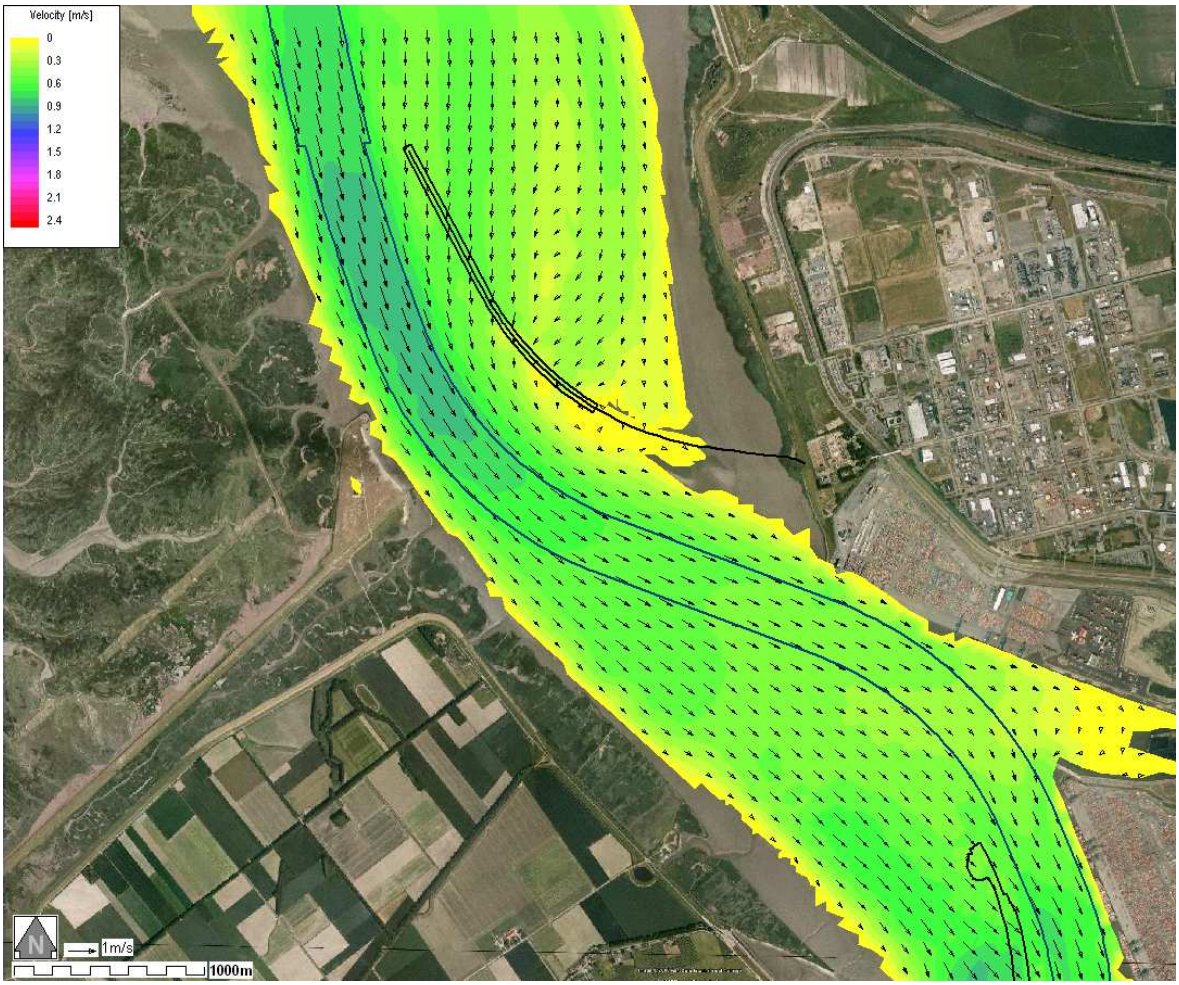
Het leidammenproject had in de zestiger jaren als doel om de ebstroom te concentreren en de vloedstroom in de scharen te beteugelen en om alzo door een groter uitschuringseffect grotere natuurlijke diepten in stand te houden en bovendien om (voor de scheepvaart) ongunstige natuurlijke geulevoluties te bestrijden. In de periode 1966/69 werd de eerste leidam aangelegd, met name de Leidam op de Plaat van Doel (Meyvis, 1977 en Technische Scheldecommissie, 1984). De dam werd aangelegd op de opwaartse zijde van de Plaat van Doel en is nagenoeg 2 km lang. Het kruinpeil aan de dijkaansluiting lag op TAW+5,9 m, snel afnemend naar TAW+0,9 m. Tussen 1968 en 1971 werd eveneens de leidam op de Ballastplaat aangelegd (waarachter ook het Groot Buitenschoor ligt). De totale lengte is nagenoeg 3 km, de aansluiting aan de dijk lag bij aanleg op TAW +7,6 m en de kop op TAW –0,1 m. De dam werd in afwijking van de modelproeven verlengd naar afwaarts en verplaatst naar het oosten (dus verder op de plaat). Bij de Leidam van de Ballastplaat werd een aanzienlijke aanzanding ten oosten van de leidam vastgesteld en werd aan het afwaartse einde belangrijke uitschuringen geconstateerd (Arcadis et al., 2007b).

Kentering is het ogenblik waarop de ebstroming overgaat in vloedstroming en omgekeerd, theoretisch komt dit overeen met het tijdstip waarop de snelheid gelijk is aan nul. Wegens het voorkomen van o.a. neren, secundaire stromingen, horizontale en verticale saliniteitsgradiënten is de snelheid in een punt nooit gelijk aan nul. Het blijkt ook uit de snelheidsgegevens dat zowel laagwater- als hoogwaterkentering vroeger optreden tijdens doodtij dan tijdens springtij en dat een vloed langer en een eb korter duurt bij doodtij dan bij springtij.

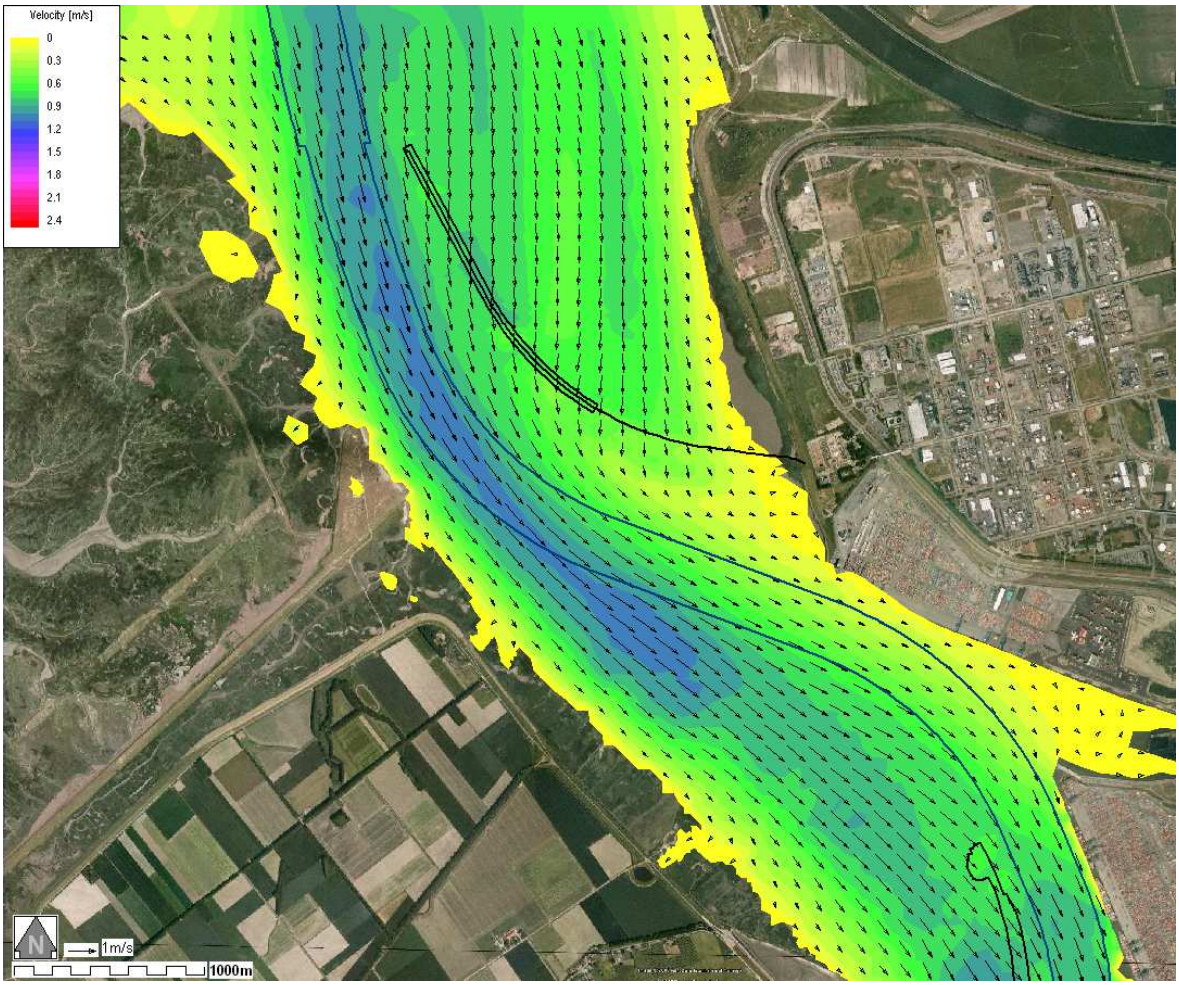
Metingen tonen aan dat de stroming heel geleidelijk van richting verandert en dat kentering dus een zekere tijd duurt (±1h00). Uit 13-uursmetingen blijkt verder dat laagwaterkentering op een verschillend tijdstip begint afhankelijk van de plaats van het meetpunt in de dwarssectie. De stroomrichting in de meetpunten gelegen op de ondiepere plaatsen verandert vroeger dan in de meetpunten gelegen in de vaargeul. Deze faseverschuiving in laagwaterkentering over een dwarssectie bedraagt ongeveer 1 uur ter hoogte van de Drempel van Zandvliet, die net opwaarts gesitueerd is van de leidam van de Ballastplaat. Hoogwaterkentering verloopt meer synchroon

over de breedte van de rivier. Deze verschillen in kenteringstijdstip/-periode zijn het gevolg van het feit dat de ebstroom de vaargeul volgt terwijl de vloedstroom haar maximum heeft in de vloedscharen. Een ander effect dat het tijdstip van kentering beïnvloedt zijn de verticale en horizontale saliniteitsgradiënten en de daaruit voortvloeiende verandering in het snelheidsprofiel. Uit de boven aangehaalde 13-uursmetingen blijkt dat tijdens eb en vloed de vorm van de snelheidsverticalen verschilt. Aan het oppervlak is een zeewaartse component en aan de bodem een landwaartse component waarneembaar. Dit resulteert in een afname van de snelheid aan de oppervlakte tijdens vloed en een toename ervan tijdens eb t.o.v. het theoretische logaritmische snelheidsprofiel. Tijdens kentering kan naargelang de grootte van de saliniteitsgradiënt een tweelagenstroming zich ontwikkelen.

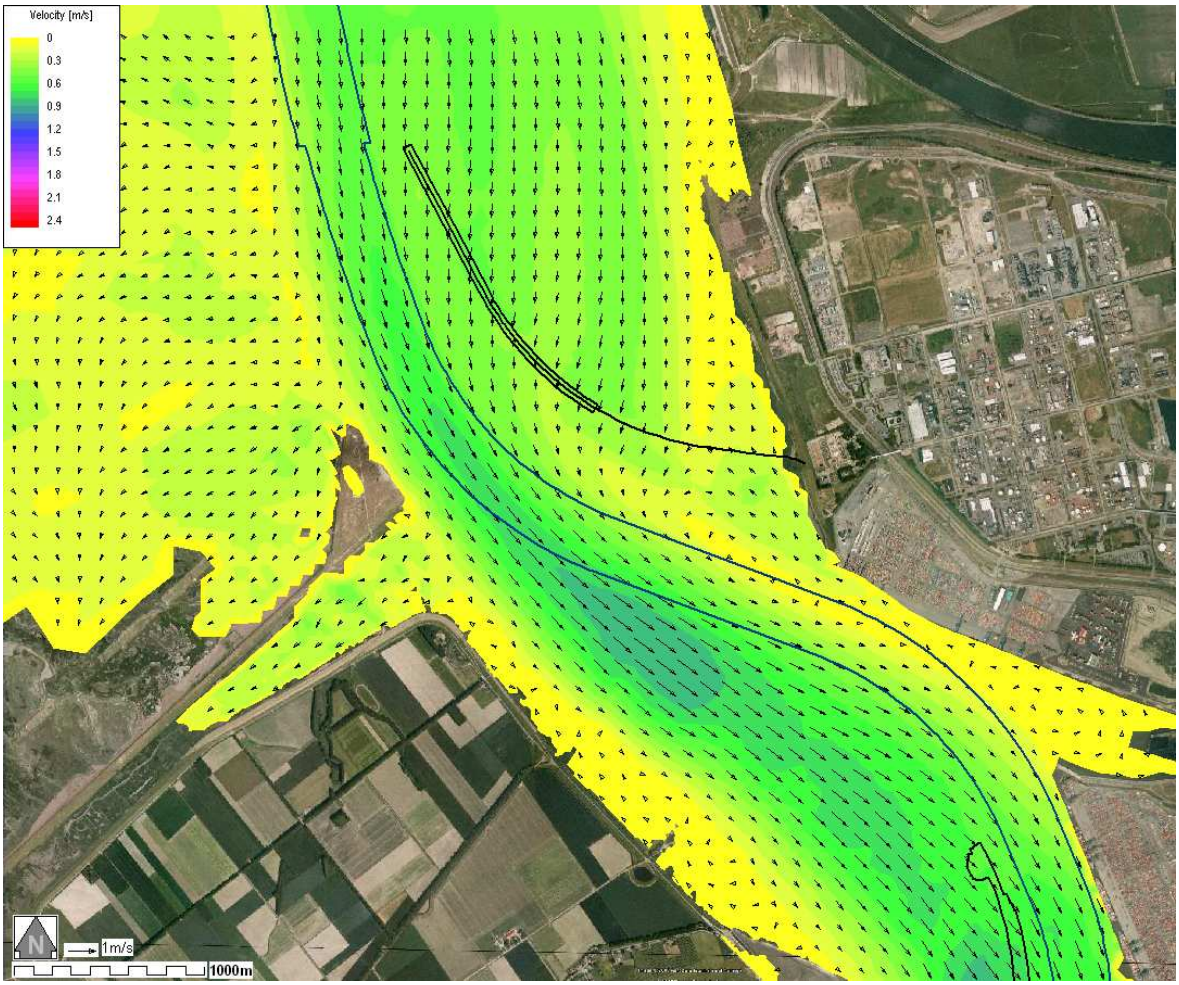
De verticaal gemiddelde snelheden in het studiegebied, berekend met het hydrodynamisch model (IMDC, 2006a en 2007) illustreren voor de belangrijkste tijdstippen in de getijcyclus het snelheidspatroon (Figuur 3-4 t.e.m. Figuur 3-8). Figuur 3-9 toont voor een dwarssectie volgens de as van de gasleiding de over de diepte gemiddelde snelheden bij springtij en dit 1 uur voor en 4 uur na hoogwater. Tijdens eb concentreert de stroming zich in de vaargeul en zijn de snelheden zeer laag in de ondiepe zone ten oosten van de leidam. Bij vloed is de stroming meer uniform verdeeld, maar nog steeds komen de hogere snelheden in de vaargeul voor en de lagere snelheden in de ondiepe zones.



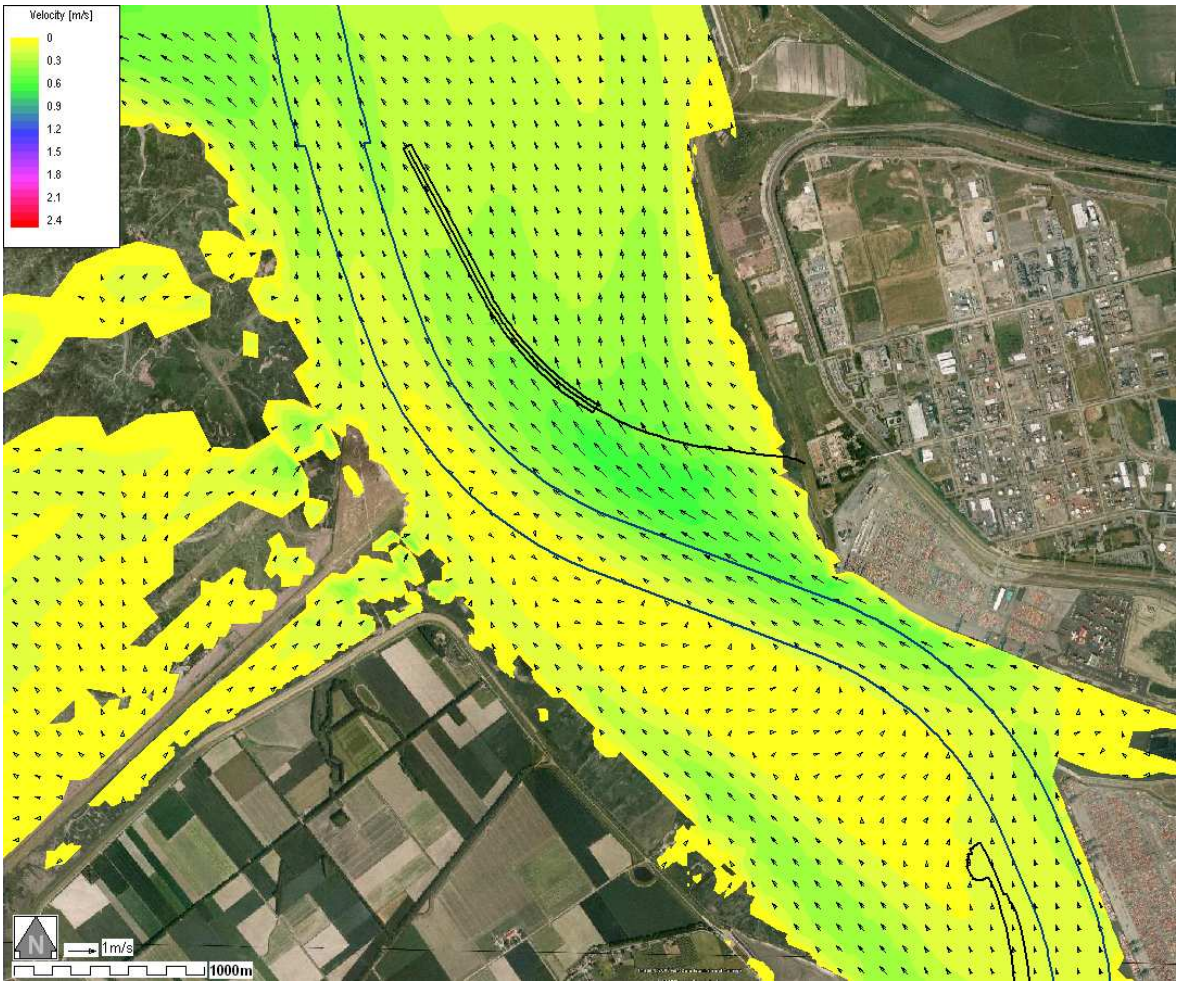
Figuur 3-4: Snelheidsvectoren bij springtij, vier uur voor HW



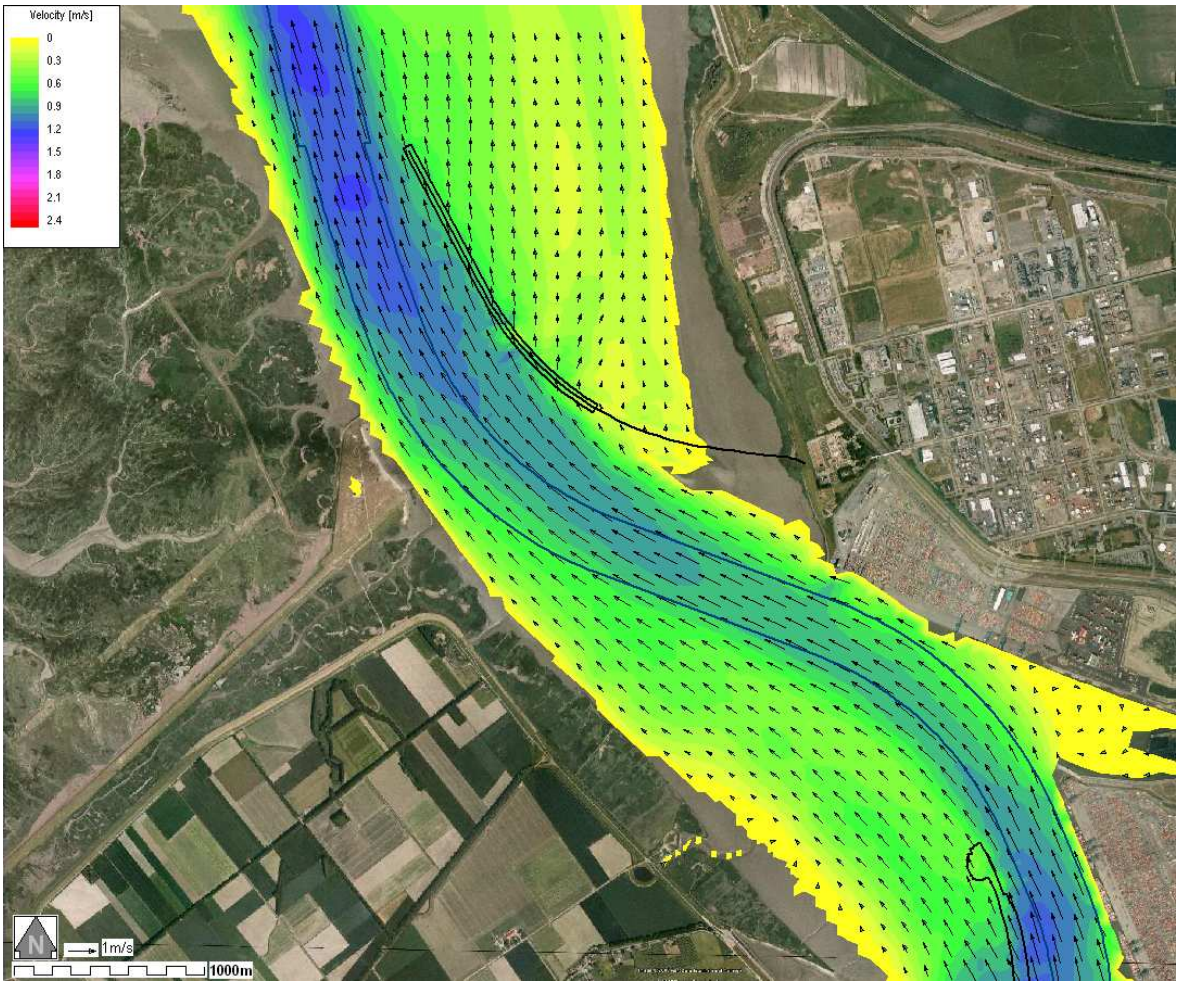
Figuur 3-5: Snelheidsvectoren bij springtij, 1 uur voor HW



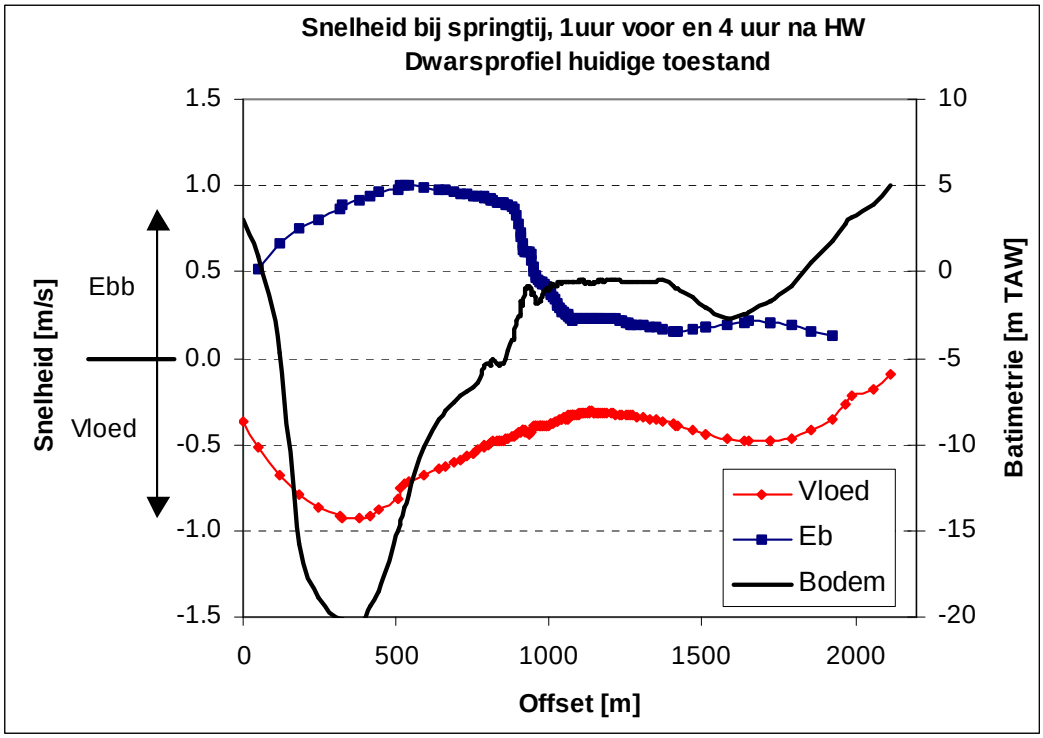
Figuur 3-6: Snelheidsvectoren bij springtij, HW



Figuur 3-7: Snelheidsvectoren bij springtij, 1 uur na HW



Figuur 3-8: snelheidsvectoren bij springtij, 4 uur na HW



Figuur 3-9: Dieptegemiddelde snelheden volgens de as van de gasleiding.

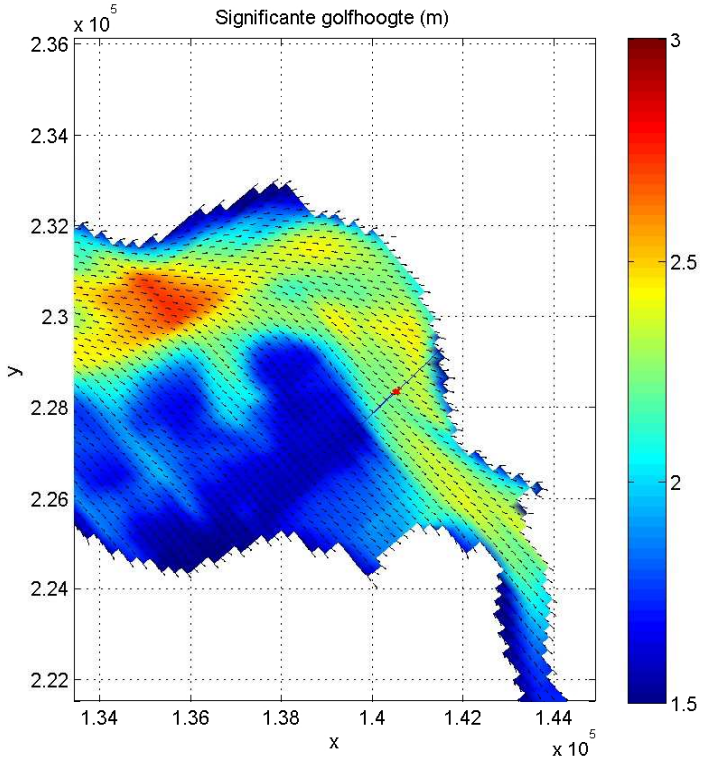
3.1.3. Golfkarakteristieken

De golfhoogte in de omgeving van het werkeiland wordt enerzijds bepaald door de wind, maar gezien de eerder beperkte diepte ook door de waterstand.

Op basis van metingen in Bath (door Rijkswaterstaat) en golfberekeningen (IMDC, 2006b) kan ingeschat worden dat de golfhoogte minstens 50% van de tijd kleiner is dan 25cm en slechts 1% van de tijd groter dan 75cm.

Uitzonderlijk, en dit tijdens extreme stormen die maatgevend zijn voor een dijkontwerp kan de golfhoogte stijgen tot 2 à 2.5m, onder meer doordat op dat moment ook de waterstand zeer hoog is. De waarschijnlijkheid dat een dergelijke storm zal voorkomen in de periode van het werkeiland is uitermate klein.

Het golfpatroon wordt geïllustreerd in Figuur 3-10: voor een storm met richting WNW (en windsnelheden van 30m/s) op het moment van HW.



Figuur 3-10: Significante golfhoogte in het studiegebied

3.2. Waterkwaliteit: Troebelheid

3.2.1. Troebelheid

Zoals gesteld door Wartel (Wartel en Van Eck, 2000) is slib in de rivierbodem en in de waterkolom de naam voor een zeer complexe waterige suspensie van diverse soorten organische stof en anorganische verbindingen met een breed scala aan afmetingen gaande van ruwweg colloïdaal organisch materiaal tot siltkorrels met een maximum doormeter van 63 μm. Grover materiaal kan voor enkele procenten aanwezig zijn.

In de waterkolom spreekt men van troebelheid of turbiditeit. Het optisch meten van de turbiditeit is gebaseerd op het meten van de verzwakking en reflectie van een uitgestuurd lichtsignaal in een vloeistof met zwevende sedimentdeeltjes. Deze verzwakking is afhankelijk van de concentratie, deeltjesgrootte van het zwevend sediment, vorm van de deeltjes, golflengte van het uitgestuurd licht, omgevingslicht, coloriteit van het water, ...

Omdat de turbiditeit afhankelijk is van het materiaal in suspensie en de vloeistof werd een internationale standaard bepaald om de turbiditeit weer te geven. Hiervoor wordt een oplossing van formazine ($C_2H_2N_4$) in water als referentieoplossing gebruikt en wordt uitgedrukt in:

FNU (Formazine Nephelometric Units)

FTU (Formazine Turbidity Units)

NTU (Nephelometric Turbidity Units).

Eenvoudig gesteld is turbiditeit een maat voor de troebelheid of de “donkerheid” van het water en het is bijgevolg evident dat er een verband is met het gehalte aan sediment in suspensie, meer bepaald met het gehalte fijne deeltjes en bijgevolg het slibgehalte. Om het verband tussen FTU en concentratie (mg/l) te kennen, dient een calibratie curve te worden opgesteld, die plaatsafhankelijk is.

3.2.2. Slibconcentratie

De fijne fractie van het suspensiemateriaal (i.e. het slib) is van een bijzonder belang in een estuarium. Door de estuariene processen (getijwerking, saliniteit, residuele stroming etc.) is de concentratie ervan sterk variabel in tijd en in plaats, wat zijn weerslag heeft op depositie, erosie en transport ervan, processen die uiteraard gekend moeten zijn bij o.a. de planning van baggerwerken of bij de aanleg van infrastructuur.

De concentratie van slib in suspensie is in de Beneden Zeeschelde meestal beperkt tot enkele honderden mg/l. Dicht tegen de bodem kunnen zich lagen met hoge slibconcentratie (enkele g/l tot 10-tallen g/l) vormen. Deze lagen zijn dikwijls weinig stabiel gedurende een getij. Zij worden gevormd tijdens kentering, wanneer de stroomsnelheid zodanig laag is dat de slibdeeltjes neerslaan. Gedurende de volgende fase van het getij kan deze laag terug in suspensie gebracht worden. Er kunnen echter ook delen van deze sliblaag ‘overleven’ en consolideren, dit zal eerder gebeuren gedurende dat deel van een doodtij-springtij cyclus wanneer het tijverschil vermindert en de stroomsnelheid afneemt.

Uit de resultaten van 13-uursmetingen te Zandvliet (IMDC-WLB, 1992; Fettweis et al., 1994) blijkt dat slib in suspensie een verschillend gedrag en dus concentratie vertoont tijdens eb en vloed. De gemiddelde slibconcentratie tijdens een springtij is te Prosperpolder 1.2 tot 1.7 keer groter dan tijdens een doodtij. Dit getal is groter tijdens vloed (1.4-1.7) en tijdens een zomer (1.3-1.7) dan tijdens eb (1.2-1.3) en een winter (1.2-1.4).

De slibconcentratie varieert ook sterk over de verticale. Uit de 13-uursmetingen op de Drempel van Zandvliet van 27/09/1990 en 04/10/1999 (IMDC-WLB, 1992; Fettweis et al, 1994) blijkt dat de bodemconcentratie gemiddeld tijdens doodtij 3.1 (eb) tot 3.5 (vloed) en tijdens springtij 2.9 (eb) tot 4.6 (vloed) keer groter is dan de oppervlakteconcentratie. De verticale variatie in slibconcentratie is uiteraard sterk variabel gedurende een getijcyclus en de verhouding bodem- t.o.v. oppervlakteconcentratie kan veel grotere waarde bereiken.

De analyse van de slibconcentratie geeft aan dat er een correlatie is van de slibconcentratie met de seizoenen. Hoge concentraties komen eerder tijdens de winter voor en lage concentraties eerder tijdens de zomer. Deze seizoensgebonden invloeden hebben echter geen invloed op de variaties die optreden tijdens een getijcyclus of tijdens een doodtij-springtijcyclus. De seizoensgebonden variaties kunnen toegeschreven worden aan een groot aantal processen, die dikwijls met elkaar verbonden zijn.

Zij kunnen als volgt gegroepeerd worden:

- bovendebiet (verschuiving van het turbiditeitsmaximum, grotere sedimenttoevoer vanuit het niet-getijgebonden deel van het bekken),
- temperatuur (biologische activiteit, klimatologische factoren, organische materiaal in suspensie en aggregatie/floccullatie van slibpartikels),
- stormvloeden,
- landerosie (terrestrische input van fijne sedimenten).

Voor een gedetailleerde discussie omtrent deze invloeden wordt verwezen naar (Fettweis et al., 1997 en 1998b).

De biologische effecten op de erosiegevoeligheid van slib, werden in het kader van de studie van het Deurganckdok onderzocht tijdens een in situ meetcampagne in enkele intertijdegebieden (Groot Buitenschoor, Paardenschor en Galgenschoor) in de Beneden Zeeschelde, de resultaten werden beschreven in deelrapport 3 (IMDC-IN, 1998) en ook in Fettweis et al. (1999) en Ysebaert et al. (1999).

Uit een lineaire correlatie blijkt dat gemiddeld de slibconcentratie ongeveer 50-100 mg/l hoger ligt tijdens perioden met lage temperaturen (5°C) dan tijdens perioden met hoge temperaturen (20°C). De soms lage correlatie tussen beide grootheden (of de hoge variabiliteit van de slibconcentratie) heeft zijn oorsprong enerzijds in de duidelijke doodtij-springtij variaties van vooral slibconcentratie en anderzijds in vooral effecten van variaties in bovendebiet (regenbuien), biologische activiteit op de schorren en de erosiegevoeligheid van het slib, aanwezigheid van organisch materiaal in suspensie en de invloed op flocculatie van slibdeeltjes en landerosie.

3.2.3. Maxima, minima en gemiddelden per eb/vloed

Tabel 3-4 geeft voor de meetpost Prosperpolder de maximale maandelijkse slibconcentraties bij eb en vloed voor een gemiddeld doodtij, gemiddeld tij en gemiddeld springtij.

Tabel 3-4: Maximale slibconcentraties (mg/l) bij Prosperpolder, per maand en per meetpost

		1997			1998											
		okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Vlottende Meetopstelling																
Bij eb																
Prosperpolder	doodtij	80	61	155	141	-	-	-	-	-	46	44	39	-	88	100
0 m opp.	gem tij	118	126	192	176	-	-	-	-	48	62	73	46	-	156	105
(-5 m TAW)	springtij	148	146	174	160	-	-	-	-	54	47	55	60	-	164	103
Bij Vloed																
Prosperpolder	doodtij	66	60	99	105	-	-	-	-	-	54	46	39	-	105	103
0 m opp.	gem tij	102	147	200	148	-	-	-	-	55	80	64	59	-	170	167
(-5 m TAW)	springtij	152	75	193	167	-	-	-	-	67	92	72	77	-	200	198
Vaste Meetopstelling																
Bij eb																
Prosperpolder	doodtij	177	145	181	208	194	229	-	-	-	75	611	598	-	-	-
1 m van bodem	gem tij	265	204	228	200	199	221	210	-	-	411	542	466	-	-	-
(-5 m TAW)	springtij	235	136	203	245	227	235	214	-	-	615	597	458			
Bij Vloed																
Prosperpolder	doodtij	287	193	227	214	226	257	-	-	-	139	637	629	-	-	-
1 m van bodem	gem tij	248	259	287	226	257	270	264	-	-	468	635	635	-	-	-
(-5 m TAW)	springtij	276	226	257	275	273	300	290	-	-	517	623	612	-	-	-

3.2.4. Doodtij-springtij variaties

Het snelheidsverloop tijdens een doodtij is verschillend van het verloop tijdens een springtij. Ook is de stroming tijdens vloed kwalitatief verschillend voor een springtij en een doodtij. Tijdens een springtij zijn de vloedsnelheden meer asymmetrisch en ze vertonen een uitgesproken dubbele piek. Tijdens een doodtij is het vloedverloop van de snelheid veel geleidelijker. Dit betekent dat tijdens een doodtij-springtijcyclus de piekvloedsnelheden relatief meer toenemen dan de piekebsnelheden, resulterend dus in een relatief hogere erosie van slib tijdens een springtij-vloed dan tijdens een doodtij-vloed. Op plaatsen die langs de vaargeul gelegen zijn of tegen leidammen (zie Noord Ballast) is het snelheidsverloop duidelijk verschillend en gelden bovengenoemde regels niet meer.

Te Prosperpolder zijn de gemiddelde concentraties tijdens een springtij 1.2 tot 1.7 keer groter dan tijdens een doodtij. Dit getal is groter tijdens vloed (1.4-1.7) en tijdens een zomer (1.3-1.7) dan tijdens eb (1.2-1.3) en een winter (1.2-1.4).

3.2.5. Sediment transport

In 1994 werd geschat dat jaarlijks 200.000 - 400.000 m^3 zand en slib werd aangevoerd vanuit het stroomgebied van de Schelde en haar zijrivieren naar het Schelde-estuarium. Ook vanuit zee worden bij vloed en stormtij grote netto hoeveelheden zand (tot 3 miljoen m^3 per jaar) aangevoerd en voortdurend herschikt. Als gevolg van indijkingen is het netto slibtransport naar het estuarium toegenomen. Vroeger werkten de overstromingsgebieden namelijk als slibvang, en die functie is sterk afgenomen. Het van bovenstrooms aangevoerd slib concentreert zich vooral in de Beneden-Zeeschelde, zowel in de waterkolom als op de bodem. De bodem, die in de Westerschelde uit nagenoeg alleen zand bestaat, is in de Beneden-Zeeschelde dan ook vermengd met slib. Een goede correlatie van concentraties aan gesuspendeerd materiaal met concentraties aan particulair organische koolstof wijst op het feit dat dit slib voor een niet onaanzienlijk deel van organische oorsprong is.

Ook het water in de Beneden-Zeeschelde is aanmerkelijk troebeler dan het water van de Westerschelde. Het turbiditeitsmaximum situeert zich tijdens droge periodes op een afstand van ongeveer 110 kilometer van de monding, en in natte periodes op ongeveer 50 km van de monding. Gemiddeld gezien ligt het ter hoogte van Antwerpen.

Het slib verblijft ongeveer 10 jaar in de Beneden-Zeeschelde, omdat het voortdurend opwervelt en weer bezinkt. Door de grote aanvoer en de lange verblijftijd neemt het totale slibgehalte in de Beneden-Zeeschelde alsmaar toe. Het slib dat uiteindelijk toch de Westerschelde bereikt slaat voornamelijk neer in het Verdronken Land van Saeftinghe, met als gevolg een geleidelijke ophoging van dit gebied.

Uit de verschillende sedimenttransportmetingen die in het verleden werden uitgevoerd (Bath, Zandvliet, Liefkenshoek, Meestoof, Oosterweel) werden telkens slibtransporten berekend door integratie van het product van de lokale ogenblikkelijke slibconcentratie en stroomsnelheid.

Zowel uit de metingen te Zandvliet als deze ter hoogte van Oosterweel blijkt dat het transport tijdens springtij ongeveer een factor 3 groter is dan tijdens doodtij. Op jaarbasis betekent dit dat door de getijwerking 10 tot 30 miljoen ton slib naar opwaarts getransporteerd wordt tijdens vloed en een vergelijkbare hoeveelheid naar afwaarts tijdens eb.

Tabel 3-5 geeft voor verschillende meetposten en meetcampagnes het gemeten slibtransport.

Tabel 3-5: Slibtransport per getij

Locatie	Datum	Aard van het getij	Slibtransport (ton/getij)	
			Eb	Vloed
Bath	23/04/1997	springtij	10369	11444
Zandvliet	27/09/90	doodtij	5255	5206
Zandvliet	04/10/90	springtij	13661	13418
Liefkenshoek	28/08/95	springtij	10176	-7961
Meestoof	23/04/1997	springtij	16155	15030
Oosterweel	24/11/1970	doodtij	17280	17280
Oosterweel	01/12/1970	springtij	41760	43380

3.3. Geomorfologie

Morfologische veranderingen kenmerken zich door een interactie tussen de waterbeweging, het sedimenttransport en de bathymetrie. De waterbeweging, welke in het Schelde-estuarium vooral wordt bepaald door het getij, heeft sedimenttransporten tot gevolg; gradiënten in deze transporten leiden tot bodemveranderingen. Deze bodemveranderingen zijn vervolgens weer van invloed op de getijvoortplanting. Uit de asymmetrie van het verticale getij (eb- versus vloedduur) kan worden afgeleid of sprake is van vloed- of ebdominantie. In geval van vloeddominantie is de maximale profielgemiddelde snelheid tijdens vloed groter dan die tijdens eb, wat een netto landwaarts gericht netto transport waarschijnlijk maakt. De vloed- en ebdominantie bepalen dus op megaschaal de morfologische ontwikkeling. De asymmetrie van het verticale getij is het directe gevolg van een verschil in voortplantingsnelheid tijdens hoog- en laagwater. Deze voortplantingsnelheid wordt mede bepaald door de hypsometrie ofwel de geometrische kenmerken van het systeem: de diepte van de geulen en de aanwezigheid van intergetijdengebieden. Een diep estuarium in verhouding tot de getijamplitude met een groot areaal intergetijdengebied, d.i. een grote waterberging buiten de geulen, resulteert in ebdominantie en kan leiden tot een exporterend systeem; bij een relatief ondiep estuarium in combinatie met een klein oppervlak van het intergetijdengebied (geringe waterberging) is sprake van vloeddominantie (Arcadis et al., 2007b).

Ook de asymmetrie van het horizontale getij heeft een invloed op het netto transport van fijn sediment. Er ontstaat een netto transport (import) ten gevolge van accumulatie van vooral fijn sediment in de intergetijdengebieden.

Hoewel de sedimenttransporten in de Westerschelde vooral worden bepaald door de getijbeweging hebben golven eveneens een invloed op de morfologie. Waar het getij in het algemeen zorgt voor het opbouwen van de platen, heeft de golfwerking een afbraak tot gevolg (Arcadis en Technum, 2007a).

3.3.1. Karakterisatie bodemsedimenten Groot Buitenschoor

Er zijn verscheidene studies uitgevoerd betreffende de karakteristieken van het sediment ter plaatse van het Groot Buitenschoor. De conclusies van deze studies aangaande het type sediment in de omgeving van het Groot Buitenschoor verschillen echter enigszins. De verschillen zijn vooral

toe te schrijven aan de natuurlijke variabiliteit van de bodemsedimenten, waarbij de plaat zandig is, de vloedschaar een meer gemengd (zand/slib) bodemsediment vertoont en het effectieve slik/schorgebied, dat kenmerkend is voor het “Groot Buitenschoor”, vooral slibrijk is.

In 1997 en 1998 werd door IMDC een meetcampagne uitgevoerd in Groot Buitenschoor voor een studie van het Containerdok West (IMDC, 1998). Het onderzoek was erop gericht om de resuspensie eigenschappen van de bovenste sliblaag te bepalen. Volgens deze studie varieert het type sediment met het seizoen. Tabel 3-6 en Tabel 3-7 vatten de eigenschappen van het sediment samen voor respectievelijk de winter- en zomerperiode. De dichtheid van de bovenste laag (0 – 0.3 cm) bedraagt 1.3 g/cm³ tijdens de winter en 1.5 g/cm³ tijdens de zomer.

Tabel 3-6: Korrelgrootteverdeling van het sediment in de winterperiode.

Laag	Mediaan D_{50} [µm]	Volume %		
		< 2 µm	< 63 µm (slib)	> 63 µm (zand)
0 – 0.3 cm	22	7.2	73.9	26.1
0 – 0.5 cm	20	7.6	83.1	16.9
0 – 10 cm	41		62.1	37.9

Tabel 3-7: Korrelgrootteverdeling van het sediment in de zomerperiode.

Laag	Mediaan D_{50} [µm]	Volume %		
		< 2 µm	< 63 µm (slib)	> 63 µm (zand)
0 – 0.3 cm	29	6.9	78.3	21.7
0 – 0.5 cm	34	6.8	71.8	28.2
0 – 10 cm	28		74.7	25.3

Voor de eerste laag (0 – 0.3 cm) verschillen de slibgehaltes tijdens de winter weinig (afwijkingen minder dan 10%) met deze van de zomer. De slibdensiteit tijdens de winter is ongeveer 15% lager dan tijdens de zomer. Voor de laag 0 – 0.5 cm kunnen er geen trends waargenomen worden wat betreft de D_{50} en het slibgehalte. In de bovenste 10 cm is de D_{50} kleiner in zomer en is er meer slib.

Tijdens een studie van IMDC in 2003 voor het Instituut voor Natuurbehoud (IMDC, 2003) is een volledige inventaris van de beschikbare data vanaf 1990 opgemaakt om onder andere de bodemveranderingen in het Groot Buitenschoor te bestuderen. Hoewel het moeilijk was om conclusies te maken omtrent deze bodemveranderingen door het gebrek aan informatie, bleek wel uit de verzamelde data dat er in het gebied van de huidige studie een type sediment met minder dan 35% zand en een D_{50} rond 20 µm voorkomt.

Anderzijds toont de meest recente studie van IMDC (IMDC et al., 2007) geen significante variaties in het type sediment in het Groot Buitenschoor tussen de zomer- en winterperiode. Bovendien werd in 2007 een significant hoger percentage zand dan in de vorige studie gevonden, namelijk 48%, en ligt de D_{50} rond de 62 µm.

Als conclusie kan gesteld worden dat het sediment in Groot Buitenschoor een lage D_{50} heeft en een hoge slibconcentratie. Deze conclusie is in lijn met de bevindingen van de 10 jaar monitoring op het Groot Buitenschoor dor het Instituut voor Natuurbehoud (Verbessem et al., 2002), waarin wordt gesteld dat 55% van alle bemonsteringspunten een mediane korrelgrootte D_{50} hadden

tussen 2 en 63 μm met een gemiddeld slibgehalte (jaarlijks voor alle meetpunten) tussen 40 en 56%.

3.3.2. Slibafzettingen in de vaargeul

De gemiddelde aanslibbing op de rivierbodem, berekend op basis van de gegevens bekomen uit de bodemkartering (Francken et al., 2000) is laag en bedraagt 2 mm per jaar. Dit geeft de jarenlange accumulatie van slib in de Scheldebodem weer en niet het dynamisch afzettingspatroon per getij.

3.3.3. Slibafzettingen op de slikken

Door Wartel (2000) werd de accumulatiesnelheid of de gemiddelde slibaangroei over een periode van 50 tot 100 jaar berekend op basis van het verloop in de diepte van de activiteit van het ^{210}Pb isotoop in het bodemsediment. Sedimenten van de schorren in de Westerschelde (Konijnenschor en Emanuelpolder, Zwolsman et al., 1993) en van de slikken tussen Tielrode en Zandvliet (Wartel et al., 1998) werden onderzocht.

De accumulatiesnelheid van het sediment varieert van 2.1 mm per jaar in de omgeving van Antwerpen tot 17 mm per jaar stroomafwaarts van de Belgisch-Nederlandse grens. De gemiddelde waarde bedraagt iets meer dan 6 mm per jaar. De metingen tonen aan dat er stroomopwaarts een daling van de accumulatiesnelheid waar te nemen is.

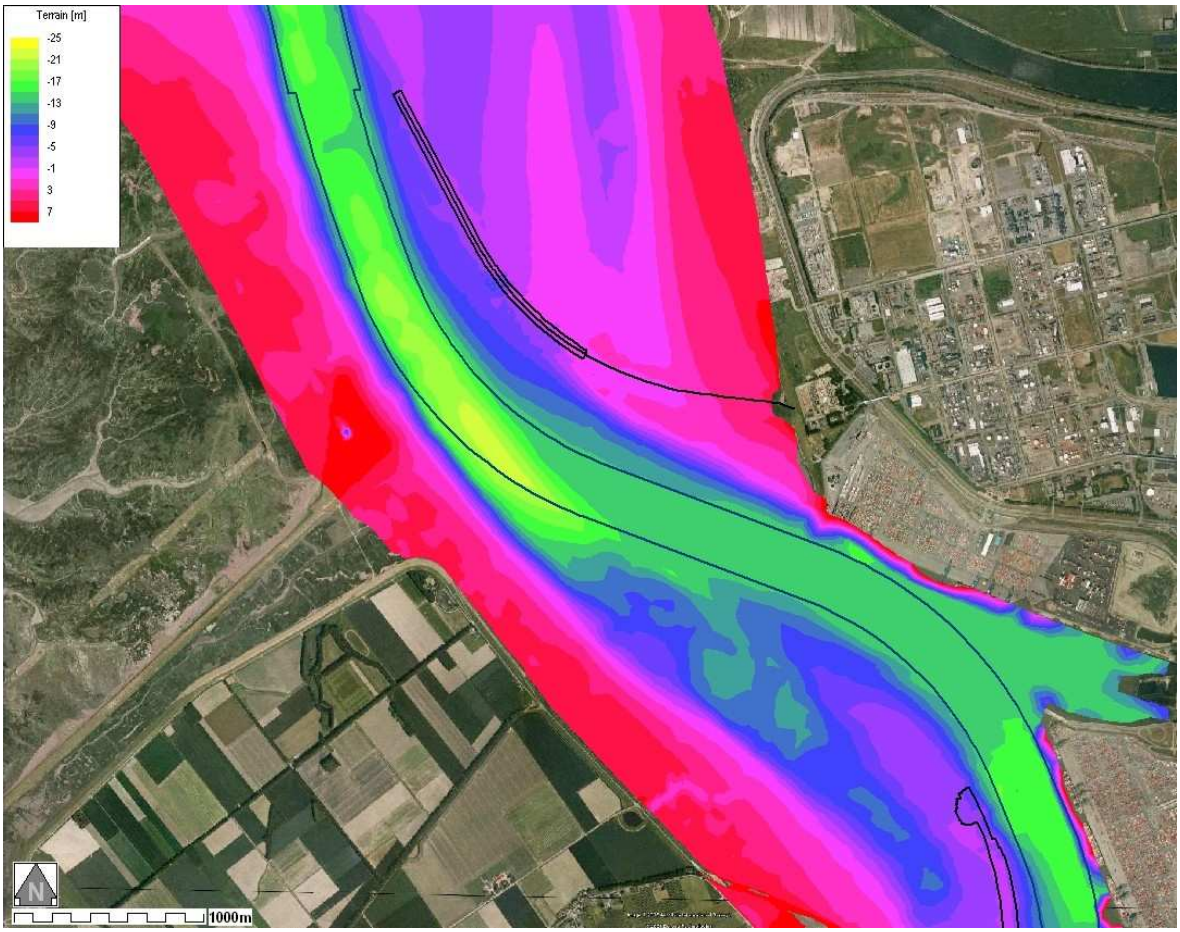
Door het Instituut voor Natuurbehoud werd de aanslibbing in het Groot Buitenschoor intensief opgevolgd sinds 1993. Gedurende deze periode werd in de omgeving de Noordelijke Containerkaai gebouwd. Uit de metingen blijkt dat er in het meest slibrijke gebied een aangroei van het slib is geweest over de beschouwde periode van circa 10cm, met een afnemende aangroei gedurende de laatste jaren (Verbessem et al., 2002),

3.3.4. Inschatting via numerieke modellering

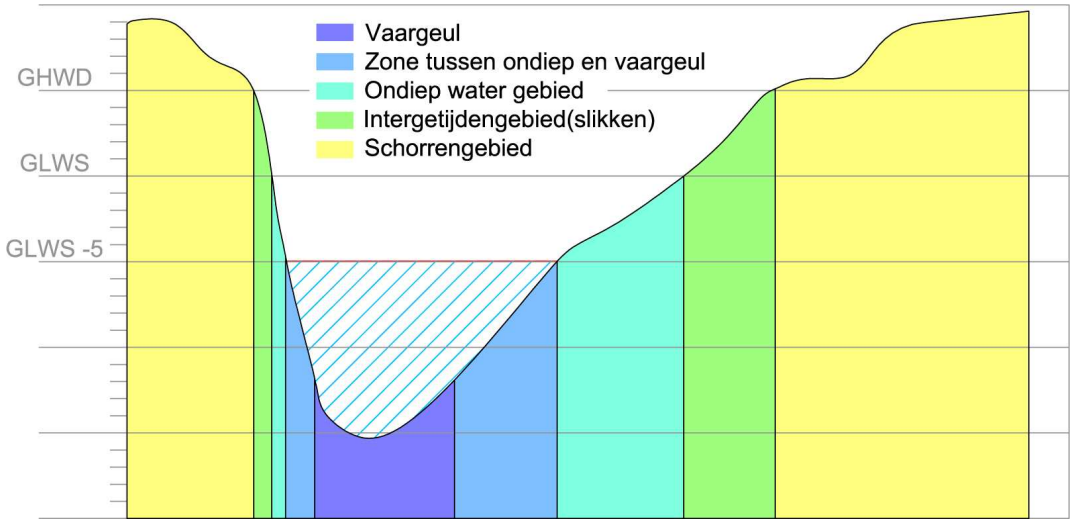
Het studiegebied is gesitueerd rond de Belgisch – Nederlandse grens. Een recente bathymetrie van het studiegebied (in mTAW) gebruikt in het numeriek model (IMDC, 2006a en 2007) wordt getoond in Figuur 3-11. Het stroom en slibtransport model is beschreven in BIJLAGE A.

Gelet op het belang van het studiegebied met betrekking tot de ecologie, aandacht is gegeven aan de karakterisatie van een aantal typische entiteiten in een dwarsprofiel, die maatgevend zijn voor de beschrijving van de fysiotopen (zie Figuur 3-12). De onderstaande aflijning van de gebieden in functie van de waterstand vormt een pragmatische benadering voor de definities van deze verschillende entiteiten.

- Het gebied boven GHWD (Gemiddeld Hoog Water Doodtij), dit is het schorrengebied welk slechts bij springtij onder water loopt;
- Het intergetijdengebied, tussen GHWD en GLWS (Gemiddeld Laag Water Springtij), meer bepaald de slikken komen twee maal per dag onder water;
- Het ondiepwatergebied tussen GLWS en GLWS-5m;
- De zone tussen het bovenvermelde ondiepwatergebied en de vaargeul, gekenmerkt door een variabele diepte ter hoogte van de vaargeulgrens en anderzijds begrensd door de GLWS–5m - lijn;
- De vaargeul.

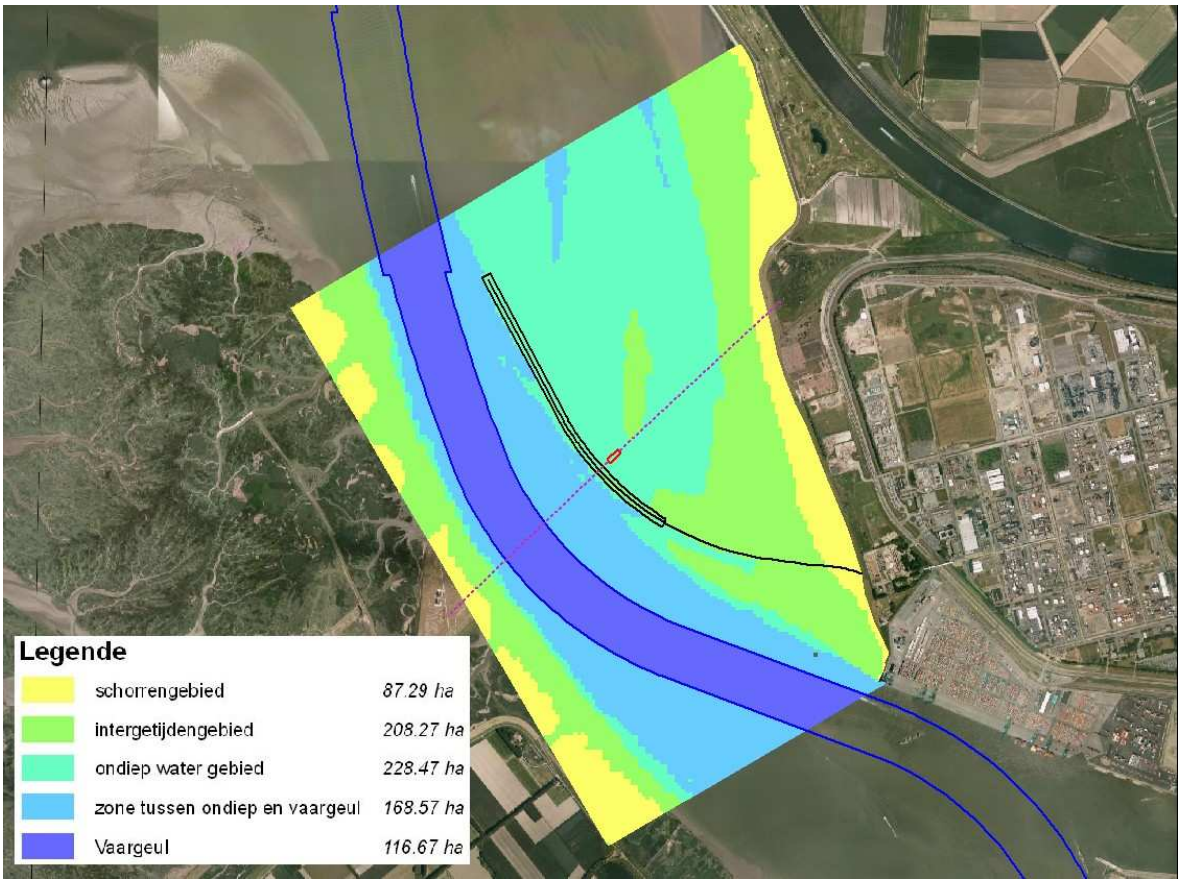


Figuur 3-11: Bathymetrie van het studiegebied.



Figuur 3-12: Schematische voorstelling fysische entiteiten in een dwarsprofiel

Voor de analyse van de resultaten bekomen met het numerieke model werden de arealen van deze entiteiten bepaald voor een rechthoek in de buurt van het tijdelijke werkeiland, zoals getoond in Figuur 3-13. De rechthoek werd groot genoeg gekozen (tot 1.7 km op- en afwaarts van het werkeiland) om het natuurgebied Groot Buitenschoor te dekken.



Figuur 3-13: Schematische voorstelling fysische entiteiten in een planview

3.3.4.1. Inschatting van slibafzetting

Met behulp van een slibtransportmodel, werd de verdeling van de sedimentatie- en erosiepatronen berekend voor het gebied in de Beneden Zeeschelde dat zich uitstrekt tussen Schelle en Waarde. Voor een beschrijving van het model zie IMDC (2004, 2007).

Uit de analyse van de berekeningen blijkt dat bij springtij respectievelijk doodtij circa 15% (16%) van de sedimentatie (van cohesief sediment) voorkomt in de toegangsgeulen, 53% (43%) op de slikken en schorren, 6% (11%) in de vaargeul en 25% (30%) in de zone tussen de vaargeul en 0m GLLWS.

Als men de erosiepatronen gaat bekijken, grijpt de erosie voor 28% (26%) plaats in de vaargeul, voor 17% (14%) op de slikken en schorren en 55% (60%) in de zone tussen de vaargeul en 0 GLLWS. In de toegangsgeulen wordt (zoals verwacht) geen beduidende erosie waargenomen, wat betekent dat het slib dat in een toegangsgeul sedimenteert, daar niet via natuurlijke weg uit verdwijnt. Bij het beschouwen van de netto sedimentatie, nemen de toegangsgeulen 33 % (30%)

voor hun rekening, de slikken en schorren 62% (63%). De vaargeul draagt niet substantieel bij tot de netto sedimentatie.

3.3.4.2. Inschatting van zand

In de Westerschelde is zand overheersend, terwijl de Beneden-Zeeschelde zowel zand als slib bevat. Ter plaatse van de Belgisch – Nederlandse grens én Saeftinge is voor de periode 1955-2004 gemiddeld een netto zandtransport vanuit de Westerschelde van 1,5 Mm^3/jaar opgetreden. Verondersteld wordt dat 0,3 Mm^3/jaar wordt getransporteerd naar Saeftinge, zodat de export vanuit de Westerschelde t.p.v. de grens 1,2 Mm^3/jaar bedraagt. Het netto transport ter plaatse van de grens lijkt sinds 1955 redelijk constant te zijn geweest (Arcadis en Technum, 2007b).

Voor onderhoudsbaggerwerken moet een duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen de Westerschelde, waar het onderhoudsvolume enkel uit zand bestaat, en de Beneden-Zeeschelde, waar het onderhoudsvolume zowel zand als slib bevat.

De voornaamste baggerlocaties zijn de drempels, waarvan de drempel van Zandvliet en de drempel van Frederik de belangrijkste zijn. De Drempel van Zandvliet situeert zich nabij het studiegebied, ten zuiden van de noordelijke containerkaai (dit is de Noordzeeterminal) en is volledig afgescheiden van het ondiepe gebied ter hoogte van het werkeiland door de leidam van de Ballastplaat. Het gemiddelde gebaggerde volume bedraagt er 1.1 Mm^3/jaar.

Anderzijds is er sinds tientallen jaren een gebied enkele kilometers stroomopwaarts, aan de linkeroever van de Schelde in de Schaar van Ouden Doel (beschermd door de Leidam van Doel) dat gebruikt wordt voor het terugstorten van zand van de onderhoudsbaggerwerken in de Beneden-Zeeschelde. Gemiddeld wordt er jaarlijks 1.4Mm^3 zand in de Schaar van Ouden Doel gestort.

Ter hoogte van de geplande leiding is de vaargeul erosief, vooral onder de linkeroever. Daarom dienen op geregelde tijdstippen steenbestortingen uitgevoerd te worden als geulwandverdediging en oeververdediging.

3.4. Primaire waterkering

Het grootste deel van de oevers van de Schelde bestaat uit door de mens aangelegde dijken, dicht langs de Schelde. In de toekomst zullen er op tal van plaatsen langs de Westerschelde dijkverbeteringen worden uitgevoerd. In Vlaanderen wordt het geactualiseerd Sigmaplan gerealiseerd, dat moet het Scheldebekken beschermen tegen hoogwaterstanden (IMDC, 2003).

Het hoofddoel van het Vlaamse Sigmaplan is de beveiliging van het Zeescheldebekken tegen stormvloeden. Het oorspronkelijke Sigmaplan werd opgesteld in 1977 naar aanleiding van een overstromingsramp in januari 1976.

Door de Vlaamse regering is in 2005 het herziene Sigmaplan goedgekeurd (RA - IMDC, 2005). Rekening houden met de besluiten van de Langetermijnvisie Schelde-estuarium is in het plan voorgesteld om voor wat de effectieve uitvoering betreft niet allen de verdere realisatie van het Sigmaplan van 1977 zonder stormvloedkering tot stand te brengen, maar ook een aantal deelprojecten prioritair op te starten. Bij de realisatie zal rekening worden gehouden met aangepaste streefwaarden voor de dijkhoogtes (11,00 meter TAW op de Zeeschelde tussen de Belgisch-Nederlandse grens en Oosterweel, 9,25 meter TAW op de Zeeschelde tussen Oosterweel en Hoboken, 8,35 meter TAW op de Zeeschelde tussen Hoboken en Temse en 8,00 meter TAW in de rest van het Zeescheldebekken stroomopwaarts van Temse). De prioritaire deelprojecten maken deel uit van het meest wenselijk alternatief (aangevuld met Roggeman ter compensatie omwille van het feit dat het GOG Grote Wal - Kleine Wal - Zwijn niet met estuariene

natuur ingevuld wordt maar met wetland) en werden op 1 juli 2005 opgestart. In het plan zijn ondermeer gecontroleerd overstromingsgebieden (GOG), gecontroleerd gereduceerd getijgebieden (GGG), ontpolderingen en wetlands voorzien (Arcadis et al., 2007b).

3.5. De scheepvaart

De Beneden-Zeeschelde en de Westerschelde verbinden de Scheldehavens met de open zee. The vaargeul situeert zich in het studiegebied tussen de twee leidammen aan de kant van de linkeroever zoals getoond wordt in Figuur 3-1. De vaargeul wordt, volgens de gemaakte afspraken in het Verruimingsverdrag van 1995, permanent op diepte gehouden voor de zeevaart. De haven van Antwerpen is daardoor altijd – of het nu hoogwater of laagwater is – toegankelijk voor schepen met een diepgang tot 11,85 meter. Door de aanwezigheid van plaatselijke ondiepten in de vaargeul is de toegang voor schepen met een grotere diepgang problematisch. De bereikbaarheid van de containerterminals (vóór de sluizen) is afhankelijk van het getij. Bij verdere schaalvergroting en meer diepgang in de containervaart ondervinden rederijen, verladers en ontvangers in toenemende mate hinder om goederen via de Antwerpse haven te laten verschepen.

Om de toegankelijkheid van de haven van Antwerpen te verbeteren, is gekozen voor de oplossing “verruiming van de vaargeul”: een verdieping van de vaargeul bij lokale ondiepten in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde tot 500 meter stroomopwaarts van het Deurganckdok én een verbreding van de vaargeul tot 370 meter in de Beneden-Zeeschelde op het traject van de Europaterminal tot 500 meter stroomopwaarts van het Deurganckdok.

De toegangsweg tot Antwerpen moet verdiept en verbreed worden. De noodzakelijke verdieping maakt het mogelijk dat schepen met een diepgang tot 13,10 meter op elk gewenst tijdstip naar en van Antwerpen kunnen varen. Hiervoor moeten meerdere ondiepten in de vaargeul dieper worden uitgebaggerd. De vaargeul zal in de Beneden-Zeeschelde voor een groot deel 370 meter breed worden.

In het kader van het MER voor de verruiming van de vaargeul in de Beneden-Zeeschelde en de Westerschelde worden de effecten van de verruiming op het milieu in kaart gebracht. Er is onderzoek verricht naar de scheepvaartontwikkeling in de Schelde tot het jaar 2030. In Tabel 3-8 worden de scheepsbewegingen op de Schelde weergegeven.

Tabel 3-8: Scheepsbewegingen op de Schelde (Bron: CAT, 2007)

	Niet containerschepen	***containerschepen***	***Totaal zeescheepvaart***	***binnenvaart***
2005	27.984	6.618	34.602	33.707
Geen verruiming 2015	20.715	8.296	29.011	34.362
Verruiming 2015	20.715	11.512	32.227	34.472
Geen verruiming 2030	19.632	9.624	29.256	34.762
Verruiming 2030	19.632	13.607	31.225	34.775

4. EFFECT VAN HET WERKEILAND

Figuur 3-1 toont het studiegebied van het project, de leidam, de vaargeul en de locatie van de constructiewerken (werkeiland en gasleiding). Het studiegebied situeert zich ter plaatse van de Belgisch – Nederlandse grens en de constructie van het eiland ten oosten van de Leidam.

4.1. Hydrodynamica

4.1.1. Waterstanden en getij

Het werkeiland is 80m lang en 30m breed en bevindt zich in een zone waarvoor de bathymetrie ongeveer –0.80 mTAW is. Omwille van de kleine afmetingen van het eiland t.o.v. de breedte van de Schelde en de omgeving (Leidam en schorren en slikken) worden er geen blijvende en tijdelijke effecten van het project verwacht op de waterstanden en het getij.

De verwachte zeepiegelstijging zal geen aantoonbaar effect hebben op de waterstanden, getijvoortplanting en de stromingen in de verwachte realisatieperiode van het tijdelijk werkeiland.

4.1.2. Stromingen

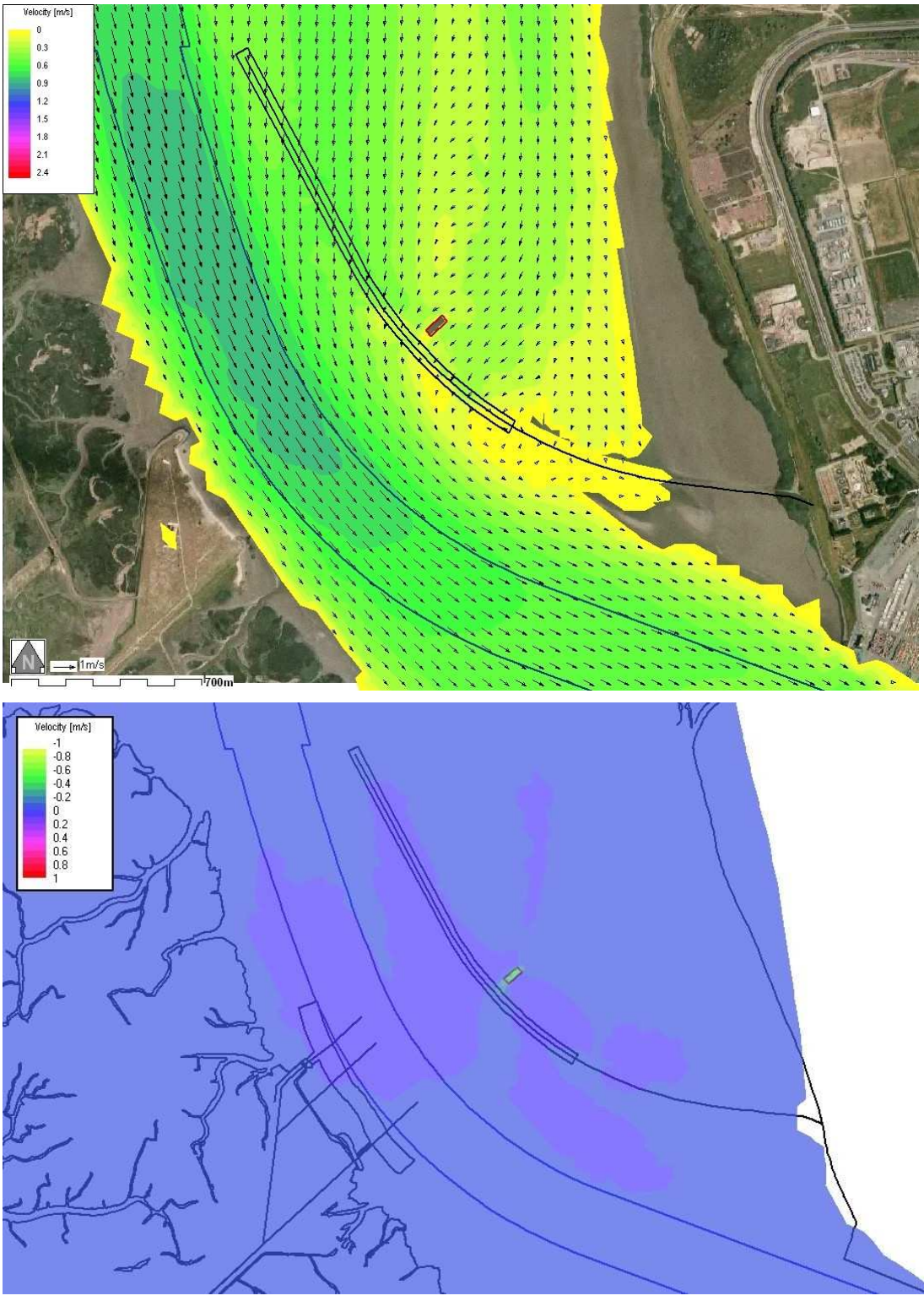
De stromingen in het studiegebied zijn onderhevig aan de aanwezigheid van de leidammen die tijdens eb ten westen van het werkeiland de stromingen naar de vaargeul sturen.

Bij springtij zijn de stromingssnelheden het grootste. Figuren 3.1 tot 3.5 tonen voor de meest representatieve momenten gedurende een springtij (zoals getoond in paragraaf 2.1.2 voor de huidige condities) de over de diepte gemiddelde snelheden berekend met het numeriek model en rekening houdend met het eiland. De figuren tonen ook de snelheidsverschillen tussen de situaties met en zonder eiland.

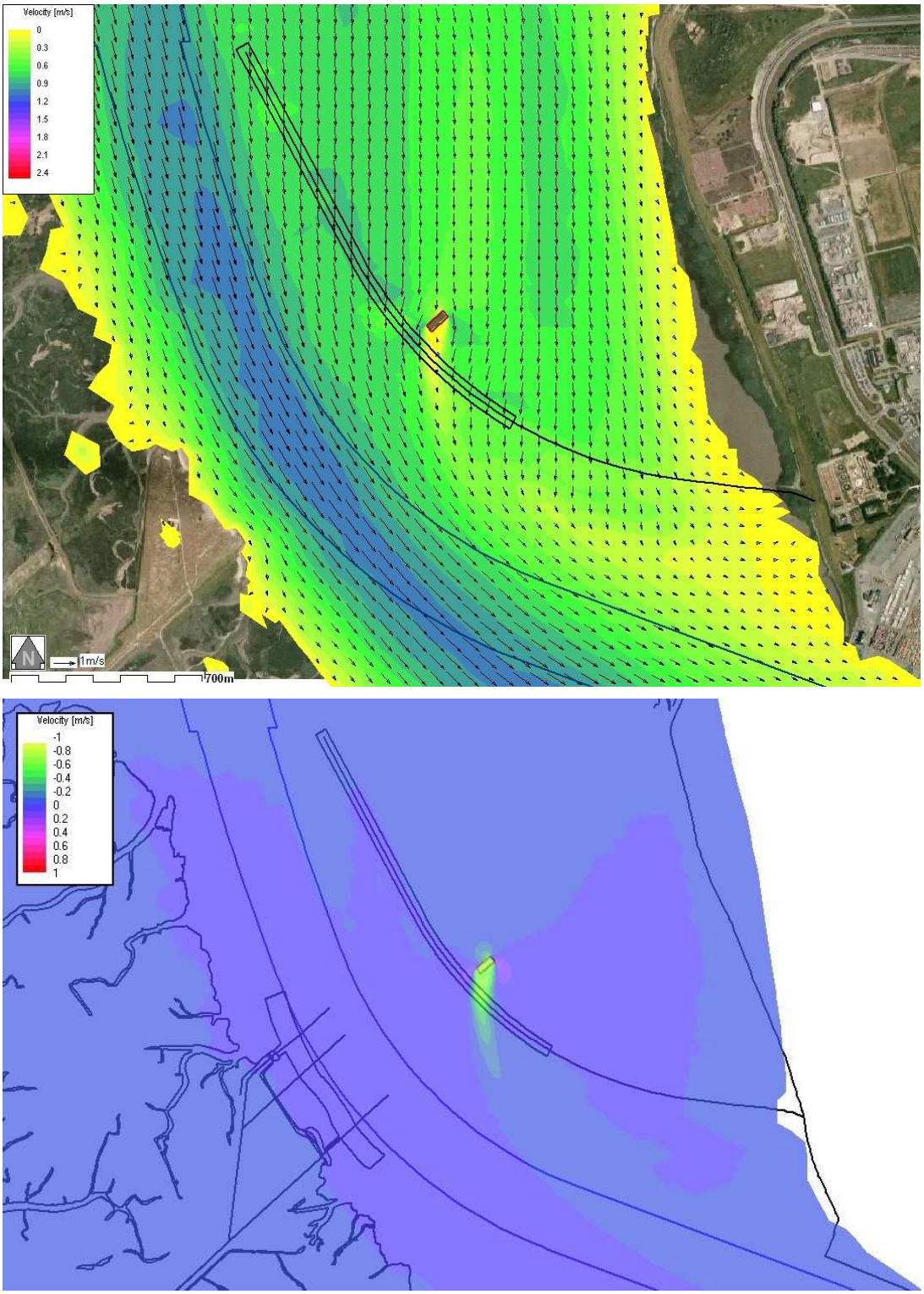
De grootste over de diepte gemiddelde snelheden in de zone van de werken bedragen voor de huidige condities 0.8 m/s tijdens vloed en 0.6 m/s tijdens eb. Gedurende de aanwezigheid van het werkeiland worden de stromingspatronen lichtjes onderbroken en kleine locale wijzigingen doen zich voor. Het water stroomt rond het werkeiland en de stromingssnelheden stijgen tot 1.0 m/s bij vloed en 0.7 m/s bij eb. Deze snelheidstoenames gebeuren nabij het werkeiland en vinden tijdelijk plaats (gedurende de opbouw van het eiland). De hogere snelheden zijn verantwoordelijk voor de erosie aan de teen van het eiland (paragraaf 3.3).

Figuur 4-6 toont de over de diepte gemiddelde snelheden voor een dwarssectie volgens de as van de gasleiding bij vloed (1 uur voor HW) en eb (4 uur na HW) en dit bij springtij. Zoals in de huidige situatie wordt dezelfde verdeling van de stroming met hogere snelheden in de vaargeul en lagere snelheden in de ondiepere zones waargenomen. Naast de discontinuïteit van de stroming ter plaatse van het eiland kan ook opgemerkt worden dat in de buurt van de rand van het eiland door wrijvingskrachten de snelheden gereduceerd worden met vlak aan de rand een kleine toename. De kleine snelheidsverschillen zijn niet verder dan 250 m van het eiland aanwezig en er worden enkel tijdelijke effecten verwacht.

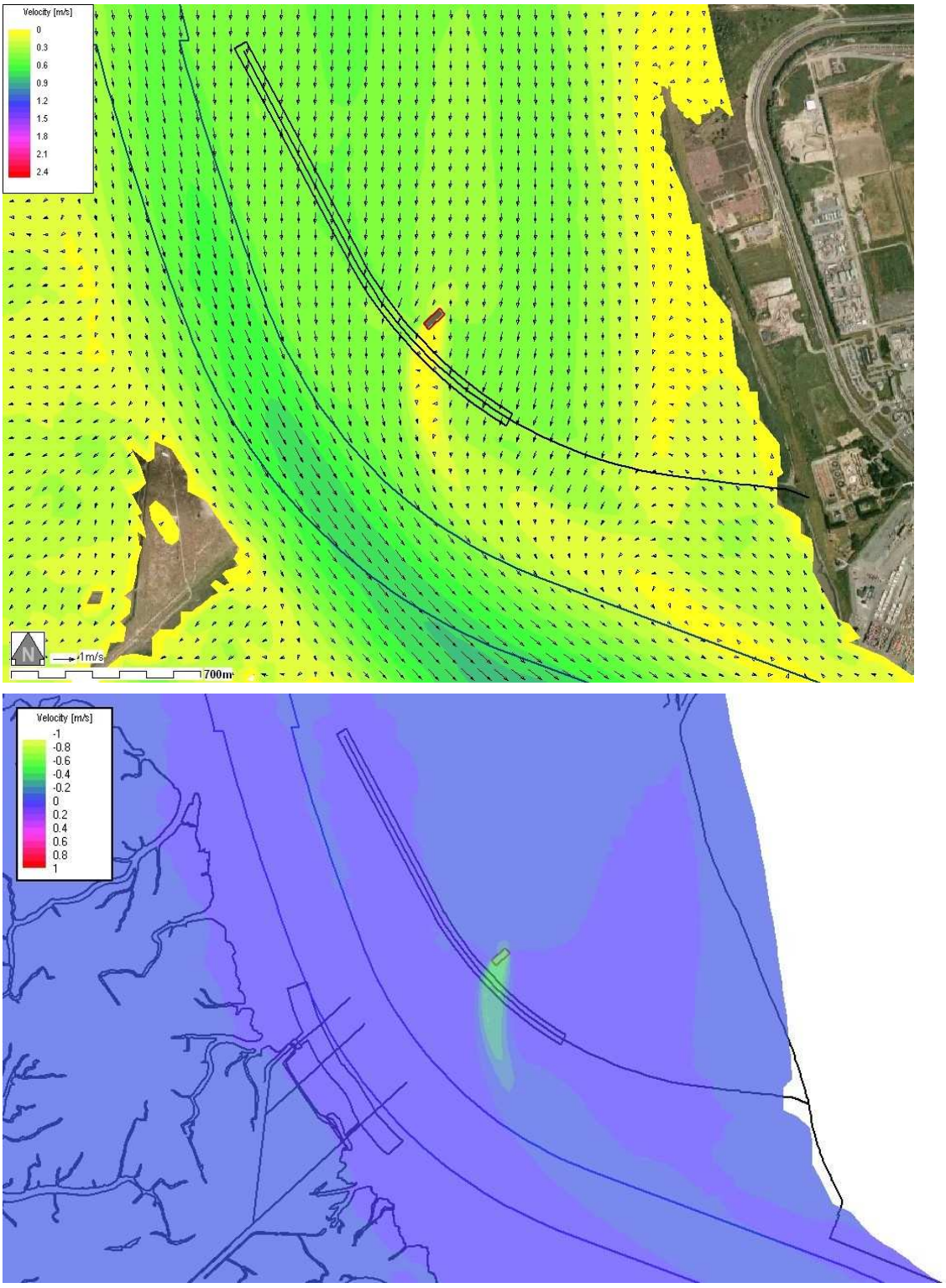
Meer specifiek en vooral met het oog op de evaluatie van mogelijke ontgronding (scour) rond het werkeiland, kan worden gesteld dat het werkeiland slechts heel lokaal het stromingsbeeld wijzigt en dat de wervelstraten (vortices) aan de beide randen van het werkeiland bepalend zullen zijn voor de uitschuring. Deze wervelstraten zijn veel minder intensief tijdens eb dan tijdens vloed, wat impliceert dat de effecten vooral voelbaar zullen zijn aan de stroomopwaartse kant van het werkeiland (IMDC-WLB, 1998).



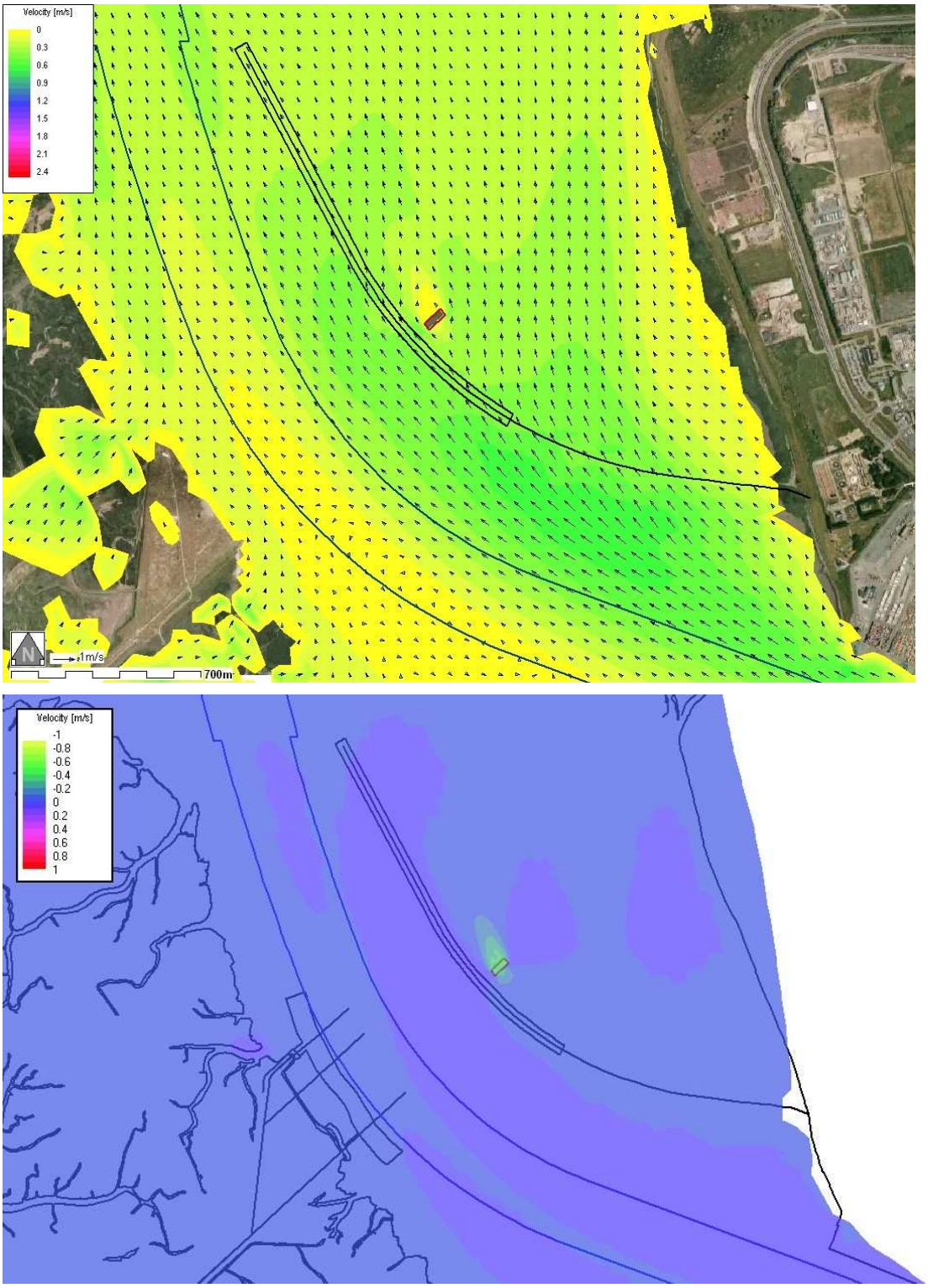
Figuur 4-1: Snelheidsvectoren bij springtij, vier uur voor HW



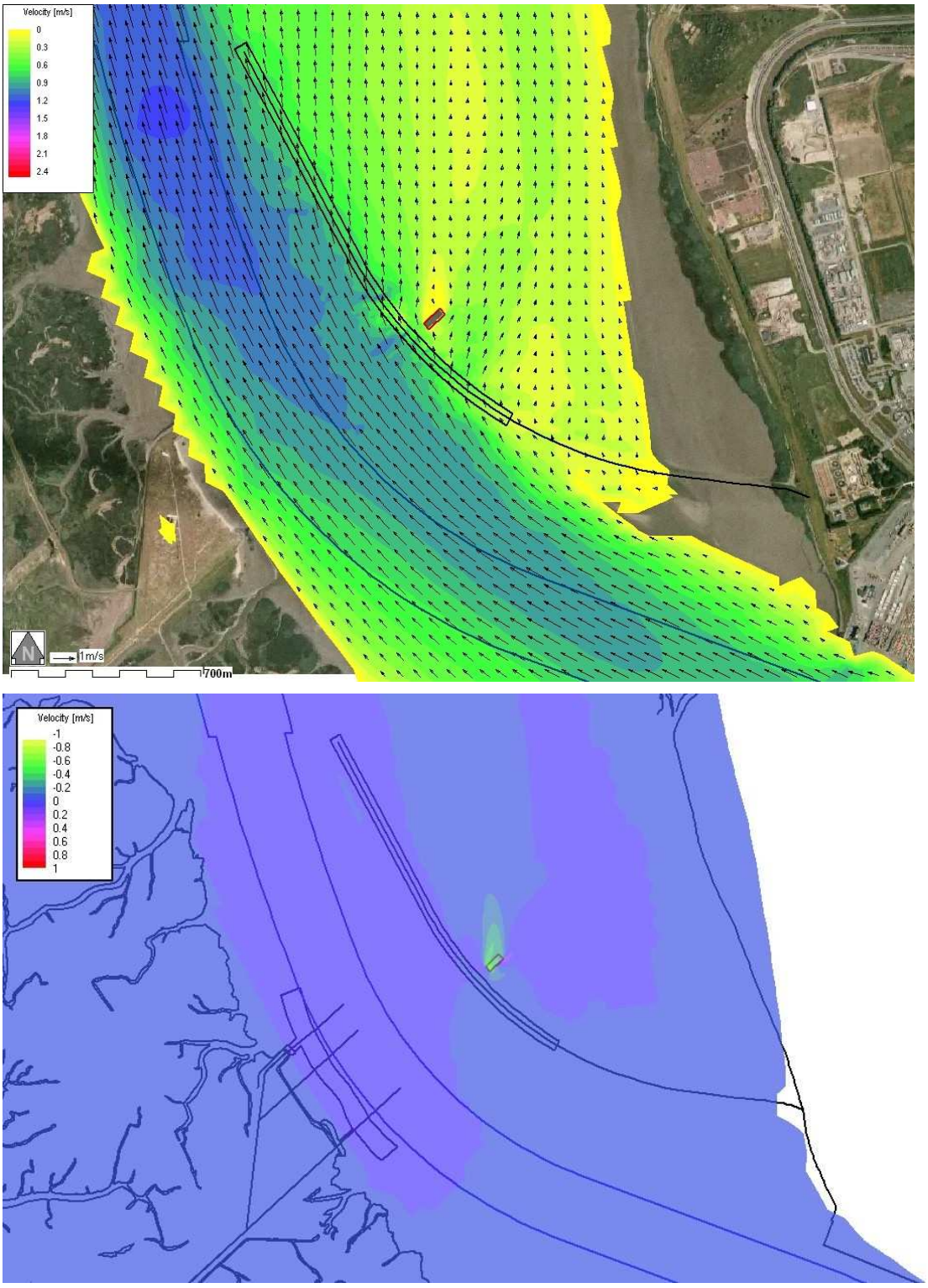
Figuur 4-2: Snelheidsvectoren bij springtij, 1 uur voor HW



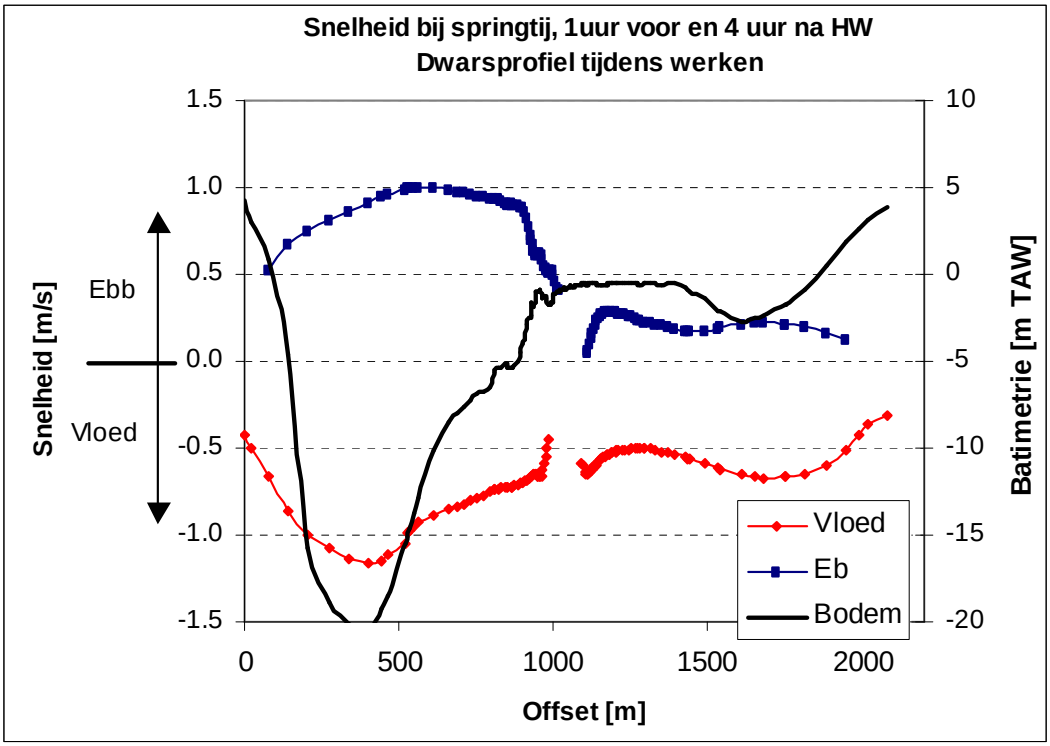
Figuur 4-3: Snelheidsvectoren bij springtij, HW



Figuur 4-4: Snelheidsvectoren bij springtij, 1 uur na HW



Figuur 4-5: snelheidsvectoren bij springtij, 4 uur na HW



Figuur 4-6: Dieptegemiddelde snelheden volgens de as van de gasleiding en tijdens de werken.

4.1.3. Golfkarakteristieken

De dimensies van het werkeiland zijn verwaarloosbaar t.o.v. de breedte van de Schelde, waardoor de verstoring van het golfklimaat globaal gesproken verwaarloosbaar is.

In de onmiddellijke buurt van het werkeiland (orde van grootte 5x de breedte van het eiland, dit is aan stroomafwaartse zijde bij wind uit het noorden) zal de golfhoogte enigermate stijgen door reflectie aan de kant waar de golven invallen en zal aan de andere kant een luwte ontstaan. Gelet op de zeer kleine golfhoogten in het gebied in normale omstandigheden is de resulterende verhoogde golfhoogte nog steeds klein.

4.2. Waterkwaliteit: Troebelheid

De concentratie van sedimenten en het sedimenttransport zijn sterk afhankelijk van het getij en de stromingscondities (zie paragraaf 3.2 voor een gedetailleerde bespreking). Het effect van het eiland op deze hydrodynamische parameters is tijdelijk, niet erg uitgesproken en bovendien slechts beperkt tot een zone dichtbij het eiland. Bijgevolg worden er geen significante veranderingen in patronen van gesuspendeerd sediment verwacht in het studiegebied.

Het numeriek model toont ook dat de fijne sedimenten die zouden vrijkomen ter hoogte van het werkeiland (als gevolg van eventuele uitschuring of als gevolg van eventuele verliezen tijdens het aan- en afvoeren van zand) zich niet ver van het eiland verplaatsen. Tijdens vloed zullen ze zich hoofdzakelijk naar de vaargeul verplaatsen, tijdens eb richting Ballastplaat (parallel aan de vaargeul). Er wordt geen laterale verspreiding richting de slikken en schorren van het Groot Buitenschoor verwacht.

Er zullen zich geen effecten op lange termijn voordoen en de patronen van het gesuspendeerde sediment zullen bijgevolg volledig hersteld worden zoals in de huidige toestand van zodra het eiland verwijderd wordt.

4.3. Geomorfologie

De erosie/afzetting patronen zijn globaal zeer weinig verschillend van de huidige condities. Wel is er een lichte neiging tot uitschuring aan de teen van het eiland te verwachten. Dergelijke uitschuring geeft klassiek aanleiding tot een erosiekuil. De vorming van een dergelijke erosiekuil is een dynamisch proces. De tijdsschaal waarop de ontgronding zich zal afspelen is niet exact vast te leggen, niettemin kan worden gesteld dat de geschatte erosiekuil (in afwezigheid van een bodembescherming) zich zou ontwikkelen in een termijn van 1 tot 2 maanden (IMDC-WLB, 1998).

Gelet evenwel op het feit dat de initiatiefnemer een bodembescherming heeft voorzien, mag worden verwacht dat de ontgrondingseffecten minimaal zullen zijn. Dit impliceert dat het vrijkomen (in suspensie gaan) van de lokale bodemsedimenten (zand en slib) beperkt zal zijn. De potentiële verspreiding van de sedimenten is reeds beschreven in bovenstaande paragraaf 4.2

4.4. Veiligheid kruisingen primaire waterkering

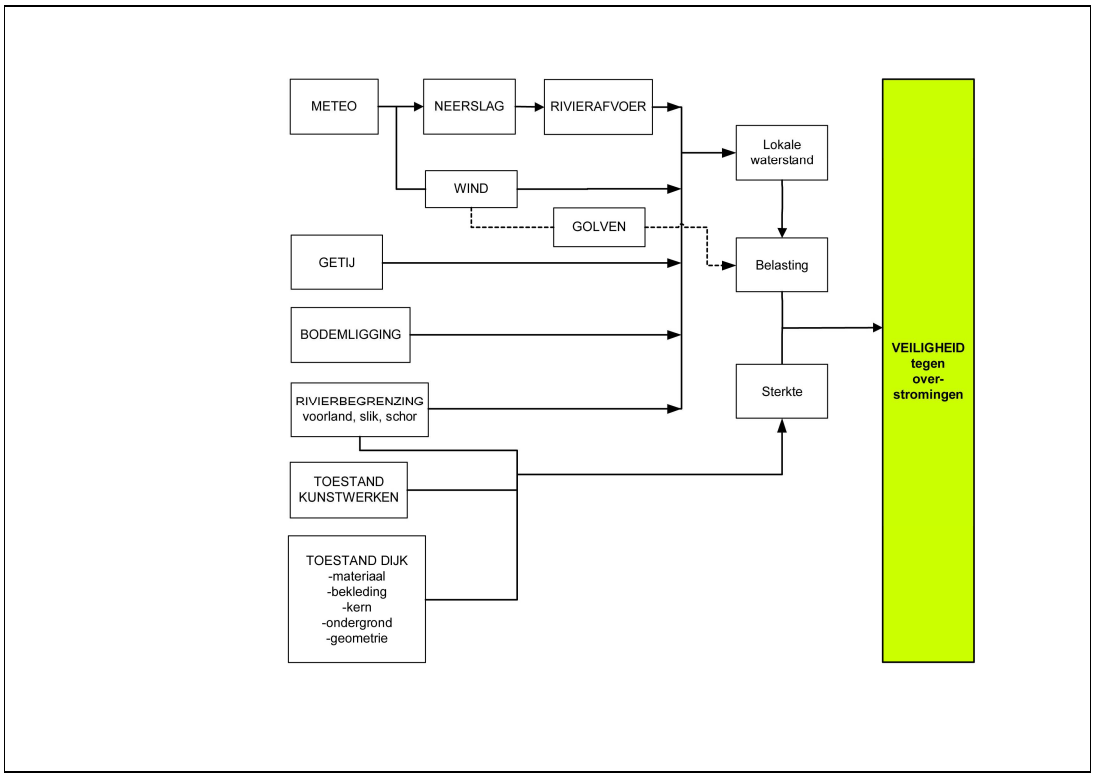
De gasleiding zal de rechteroever van de Schelde kruisen ter hoogte van de grens tussen Vlaanderen en Nederland. Met betrekking tot de veiligheid tegen overstromingen zijn dus twee beleidsintrumenten van belang: de Nederlandse Wet op de Waterkeringen en het Vlaamse Sigmaplan.

In Nederland geldt de Wet op de Waterkeringen waarin de veiligheidsnorm voor alle primaire waterkeringen vastgelegd wordt. De Westerschelde moet daarbij gegarandeerd veilig zijn bij een storm die eens in de 4.000 jaar voorkomt. (of anders gesteld tot een terugkeerperiode van 4.000 jaar).

Voor Vlaanderen geldt het Sigmaplan. Dit is een pakket van maatregelen dat de veiligheid tegen overstroming van bewoners in het Zeescheldebekken in Vlaanderen moet vergroten. Op 18 februari 1977 besloot de ministerraad om het Sigmaplan uit te voeren. Op 22 juli 2005 heeft de Vlaamse regering dit plan geactualiseerd: ‘het geactualiseerd Sigmaplan’. Naast bescherming tegen overstroming moet het plan ook zorgen dat natuurdoelstellingen in het Zeescheldegebied behaald worden. Het Sigmaplan gaat niet uit van een vooropgestelde terugkeerperiode, zoals in Nederland. De maatregelen zijn gebaseerd op de resultaten van een MKBA (een maatschappelijke kosten baten analyse).

Op basis van beide instrumenten werd de dijkhoogte ter hoogte van de kruising met de gasleiding vastgesteld op 11 m TAW.

De veiligheid tegen overstromen wordt bepaald door de belasting, namelijk het voorkomen van (hoog)waterstanden en golven en anderzijds de sterkte die de stabiliteit van de hoogwaterkering bepaalt. Eén en ander wordt samengevat in Figuur 4-7.



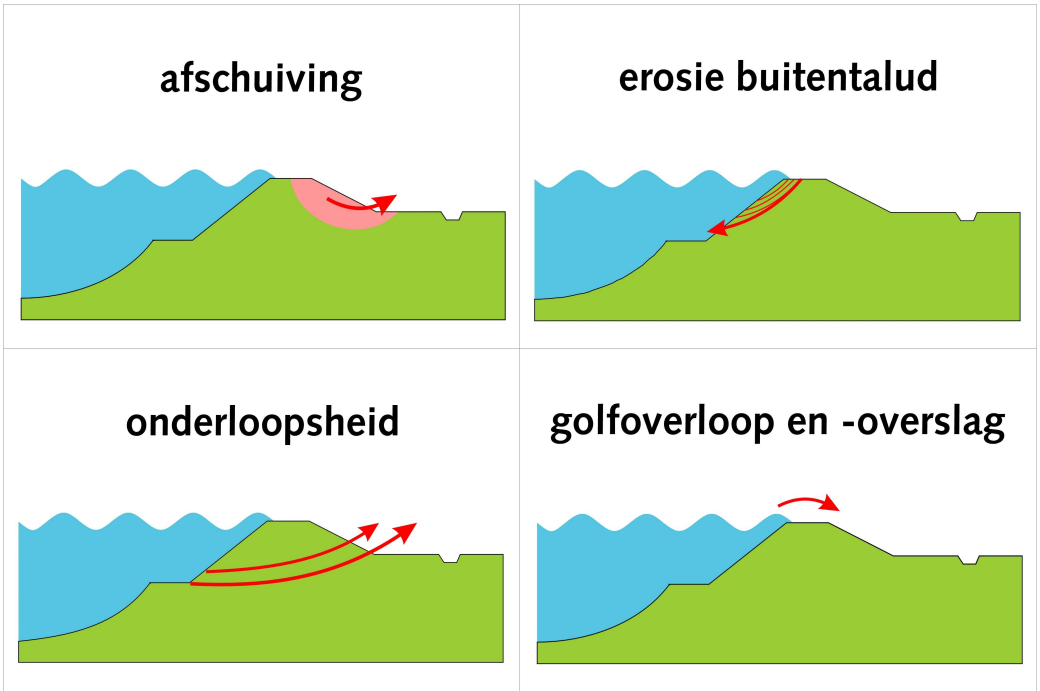
Figuur 4-7: De veiligheid tegen overstroming wordt bepaald door een combinatie van de hydraulische belasting en de sterkte

Waterstanden op de Schelde zijn het gevolg van de getijwerking, in combinatie met de bovenafvoer en de meteorologische omstandigheden. De wind (en de scheepvaart) zorgen bijkomend voor een golfbelasting. Het is duidelijk dat de nieuwe gasleiding, noch het werkeiland op deze belasting geen invloed uitoefent.

Aan de andere zijde is er de sterkte van de waterkering. Deze wordt enerzijds bepaald door de dijkhoogte (11 m TAW in dit geval). Deze hoogte moet voldoende zijn om wateroverloop (bij hoge waterpeilen) en golfoverslag (bij grote golven) te voorkomen. Anderzijds kan de dijk ook geotechnisch falen, zodat zich overstromingen kunnen voordoen ook als de combinatie waterpeil en golven de dijkkruin nog niet bereiken.

Globaal gesproken kunnen de volgende faalmechanismen worden onderscheiden (zie ook Figuur 4-8):

- macrostabiliteit: afschuiven van het buiten- of binnentalud;
- erosie van het binnentalud bij overloop of golfoverslag;
- erosie van het buitentalud door langstroming en golfwerking;
- zandmeevoerend wellen onder de dijk;
- microstabiliteit



Figuur 4-8: Enkele geotechnische faalmechanismen van dijken (Bron: VNK).

Hieronder wordt voor elk van deze faalmechanismen besproken welke parameters van belang zijn en of de aanleg van de nieuwe gasleiding hierop een invloed kan hebben.

Voor de benaming van de taluds geldt het volgende. Het buitentalud is het talud aan de rivierzijde. Het binnentalud is het talud aan landzijde.

4.4.1. Macrostabiliteit (afschuiving)

De bepalende parameters voor het faalmechanisme afschuiving zijn:

- helling van het binnentalud;
- helling van het buitentalud;
- doorlatendheid van de bekleding (en van de afdekkende kleilaag);
- de grootte van het voorland (schorren);
- grondeigenschappen dijkkern (cohesie en hoek van inwendige wrijving);
- grondeigenschappen ondergrond (cohesie en hoek van inwendige wrijving).

De gasleiding heeft geen interferentie met de taluds, de dijkkern en de bekleding. Enkel op de eigenschappen van de ondergrond kan de gasleiding een invloed hebben. Het aandeel van de ondergrond ingenomen door de gasleiding is echter dermate klein dat deze invloed verwaarloosd kan worden. De gasleiding gaat ook onder het schorgebied door en heeft geen invloed op de grootte ervan.

4.4.2. Erosie van het binnentalud

De bepalende parameters zijn:

- de helling van het binnentalud;

- de bekleding van het binnentalud.

De gasleiding heeft geen invloed op deze twee parameters.

4.4.3. Erosie van het buitentalud

De bepalende parameters zijn:

- de helling van het buitentalud;
- de bekleding van het buitentalud.

De gasleiding heeft geen invloed op deze twee parameters.

4.4.4. Zandmeevoerend wellen

De bepalende parameters zijn:

- de aanwezigheid van een doorlatende zandlaag onder de dijk;
- de dikte van deze zandlaag en van de afdekkende kleilaag.

De gasleiding heeft geen invloed op deze twee parameters.

4.4.5. Microstabiliteit

De bepalende parameters zijn:

- de helling van het buitentalud;
- de dikte van de bekleding;
- de dikte van de afdekkende kleilaag.

De gasleiding heeft geen invloed op deze parameters.

Samenvattend kan gesteld worden dat de veiligheid die een dijk biedt tegen overstromingen wordt bepaald door de belasting op de dijk en de sterkte van de dijk. De sterkte wordt bepaald door de geometrie van de dijk en de eigenschappen van de bekleding, de dijkkern en de ondergrond. De gasleiding heeft geen enkele invloed op de belasting op de dijk en de geometrie van de dijk. Ook interfereert ze niet met de dijkkern of de bekleding op de dijk. De enige interferentie die de gasleiding heeft is met de grond onder dijk. Op die manier zou de gasleiding theoretisch een invloed kunnen hebben op afschuivingen en dan enkel nog op die waarbij het afschuifvlak tot diep in de ondergrond reikt. De relatieve inname van de gasleiding in deze diepe ondergrond is echter dermate klein dat de invloed ervan verwaarloosbaar is.

4.5. Belemmering van de scheepvaart

Het werkeiland wordt gebouwd ten oosten van de Leidam van de Ballastplaat, die het vaarwater scheidt van het ondiepe gedeelte van de rivier (Figuur 3-1).

De locatie, het constructieproces en de latere operatie bij boringen van het eiland zullen niet interfereren met de scheepvaart op de Schelde.

5. CONCLUSIES

De Schelde is een estuaria met een halfdagelijks getijde. De stromingscondities en het sedimenttransport worden in dit estuarium hoofdzakelijk door het getij gedomineerd. Het werkeiland ligt beschermd ten oosten van de bestaande Leidam van de Ballastplaat ter plaatse van de Belgisch – Nederlandse grens. Deze leidam heeft een significant effect op de stromingspatronen, aangezien hierdoor de ebstroom afgeleid wordt naar de vaargeul en in het Groot Buitenschoor kleine snelheden voorkomen.

Uit het numeriek hydrodynamisch model blijkt dat er lichte wijzigingen qua stromingspatronen zullen voorkomen tijdens de operationele periode van het eiland.

Door de kleine afmetingen van het eiland zullen de hydrodynamische veranderingen (niveau van het wateroppervlak, snelheden) slechts aanleiding geven tot minimale wijzigingen in sedimenttransport (sedimentconcentraties) zijn en beperkt blijven tot een zone dichtbij het eiland.

In de onmiddellijke omgeving van het werkeiland is een bodembescherming voorzien die er voor zal zorgen dat de kans op ontgrondingskuilen als gevolg van wervelstraten beperkt is. Deze potentiële ontgronding zal groter zijn aan de stroomopwaartse kant van het werkeiland. Aanbevolen wordt om tijdens de bouw en de gebruiksperiode van het werkeiland frequent peilingen van de bodemligging uit te voeren, bij voorkeur met een multibeam, zodat gebiedsdekkende informatie bekomen wordt. Dit zal een kleine interlinie van de vaarraaien impliceren.

Omwille van de tijdelijke bestaansperiode van het eiland worden er bovendien geen effecten op lange termijn (wijzigingen in erosie- of afzettingspatronen, in morfologie) verwacht.

De technologie die gebruikt wordt bij de installatie van de nieuwe gasleiding zal geen effecten hebben op de dijken. Ten slotte kan gesteld worden dat door de locatie van het eiland buiten de vaargeul verzekerd wordt dat er geen interferentie met scheepvaart op de Schelde optreedt.

6. REFERENTIES

Adriaensen, F., S. Van Damme, E. Van den Bergh, D. Van Hove, R. Brys, T. Cox, S. Jacobs, P. Konings, J. Maes, T. Maris, W. Mertens, L. Nachtergale, E. Struyf, A. Van Braeckel & P. Meire (2005). *Instandhoudingsdoelstellingen Schelde-estuarium*. Rapportnummer: ECOBE 05-R82. Universiteit Antwerpen (ECOBE), Instituut voor Natuurbehoud, Vlaamse Gemeenschap (Afdeling natuur), KU Leuven (Laboratorium Aquatische Ecologie).

Arcadis, 2006. "*Startnotitie, aanleg aardgastransportleiding Ossendrecht-Zelzate (MER 6)*". Gasunie.

Arcadis en Technum (2007a). *Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Hoofdrapport MER*.

Arcadis en Technum (2007b). *Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Systeembeschrijving Schelde-estuarium. Een visie op de macro-morfologische ontwikkeling*.

Arcadis en Technum (2007c). *Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Achtergronddocument Baggeren en storten*.

Arcadis, Technum, Heinis Waterbeheer en Ecologie, Aeolus (2007a). *Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Basisrapport Natuur*.

Arcadis, Technum, WL Delft Hydraulics (2007b). *Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Basisrapport Morfologie*.

CAT, 2007. "Hoofdrapport update strategische milieueffectenrapport (S MER)".

Fettweis, M., T. Ysebaert, M. Sas & Meire P., (1999). *Sedimentologische en biologische processen en de erosiegevoeligheid van cohesieve sedimenten op enkele slikken in de Beneden Zeeschelde. te verschijnen*, in *Water*.

Fettweis M., M. Sas, J. Monbaliu & E. Taverniers (1997). *Langdurige meting van slibconcentratie, saliniteit en temperatuur te Prosperpolder (Beneden Zeeschelde)*. Water, Nr. *92,* 15-26.

Fettweis M. en M. Sas (1994). *De complexe stroming in de toegangsgeul van de Zandvliet- en Berendrechtsluis: Inzicht via metingen en modellering*. Water, Nr. 77, 109-116.

Fettweis M., M. Sas en L. Meyvis (1994). *Analyse van stroom- en sedimentmetingen ter hoogte van de Drempel van Zandvliet (Schelde)*. Water, Nr. 76, 88-99.

Francken,F., Wartel,S., Parker,R., (2000) *Bepaling van de hoeveelheid slib in de Beneden Zeeschelde*.

IMDC (2007). *"MER Gasleiding: Deelstudie Groot Buitenschoor, numerieke modellering"*, I/RN/12051/07.047/FTO.

IMDC (2006a). *"Case study Durmevallei en Prosperpolder, Deelopdracht 5: Procesondersteunende tools, Volume 3: Hydrodynamische en morfologische studies ontpoldering Noordelijke gebieden"*, I/RA/11258/06.042/FTO , in opdracht van Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Waterwegen en Zeekanaal NV, Afdeling Zeeschelde.

IMDC (2006b). *"Ontpoldering Hedwige- en Prosperpolder. Studie van het golfklimaat"*, I/RA/11293/06.055/SRI , in opdracht van Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Waterwegen en Zeekanaal NV, Afdeling Zeeschelde.

IMDC (2004). *Onderzoek naar de effecten op het milieu bij het terugstorten van baggerspecie in de beneden zeeschelde, Hoofdrapport*, I/RA/11239/04.020/CMA, in opdracht van Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Waterwegen en Zeewegen Afdeling Maritime Toegang, Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen.

IMDC (2003). *Omschrijving:Ondersteunend studiewerk voor het bepalen van de Hydraulisch-morfologische effecten van de constructie van de Noordzeecontainerterminal*, I/RA/11249/03.058/MSA, in opdracht van het Instituut voor Natuurbehoud.

IMDC (1999). *Containerdok West, hydraulisch-sedimentologisch onderzoek. Deelrapport 7a : Langdurige Stroom- en Sedimentmeting: ruwe data.en 7b Langdurige Stroom- en Sedimentmeting: Analyse van de resultaten*, I/RA/11128/99.001/FDK.

IMDC-IN (1998) *Containerdok West, Hydraulisch-sedimentologisch onderzoek Deelrapport 3: In situ metingen van de erosiegevoeligheid van slib in de Beneden Zeeschelde* , I/RA/11128/98.005/WFE.

IMDC-WLB (1992). *Containerkaai Noord, hydraulisch-sedimentologisch onderzoek. Deelrapport 2: Stroom- en sedimentmeting 04/10/1990*, IMDC rapport 1166-92.01.04-05.

IMDC-WLB (1998). Werkeiland Groot Buitenschoor. O*nderzoek naar de ontgrondingen.* IMDC rapport I/RA/19050/98.014.

IMDC, WL Delft Hydraulics en Gems International (2007). *Uitbreiding studie densiteitsstromingen in de Beneden Zeeschelde in het kader van LTV Meetcampagne naar hooggeconcentreerde slibsuspensies*, I/RA/11265/05.017/MSA, I/RA/11265/06.103/MSA, in opdracht van Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Waterwegen en Zeewegen Afdeling Waterbouwkundig laboratorium en hydrologisch onderzoek.

Meire P., M. Hoffmann en T. Ysebaert (Ed.) (1995). *De Schelde, een stroom natuurtalent*. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Ministerie voor Verkeer en Waterstaat en Zeeuwse Milieuefederatie.

Nedelards Gasunie, N.V. (2007). "*DN1200 Gastransportleiding Wijgaarden – Zelzate. Werkmethode omschrijving kruising Westerschelde ten behoeve van de MER rapportage*". Papendrecht, 28.08.2007. Document Nr: T779017-DOC-01, revisie 0.

RA - IMDC (2005). *Geactualiseerd Sigmaplan voor veiligheid en natuurlijkheid in het bekken van de Zeeschelde, Synthesenota*, in opdracht van Waterwegen en Zeekanaal NV, Afdeling Zeeschelde.

Van Leussen W. (1994). *Estuarine macroflocs and their role in fine-grained sediment transport.* PhD thesis, Universiteit Utrecht. 488p.

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

Vlaamse Overheid, Afdeling Kust (2007). *Getijtafels 2007.*

Vlaamse Waterbouwkundig Laboratorium (2007), ongepubliceerd getijgegevens.

VNK (2007). *Project VNK de Veiligheid van Nederland in Kaart*, www.projectvnk.nl

Wartel S., Francken F. (1998). *Sedimenttransport en sedimentatieprocessen in de Schelde tussen Zandvliet en Gent: sedimentatieprocessen op het schor*. Verslag AMIS DS6.1-7, volume III, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Brussel, 92 pp

Wartel,S., van Eck,M., (2000). *Slibhuishouding van het Schelde estuarium*, IN- RIKZ

Ysebaert T., M. Fettweis, P. Meire, M. Sas & H. Mitchener (1999). *Spatiotemporal variations in the physical and biological characteristics of intertidal, cohesive sediments in the mesohaline part of the Schelde estuary*. Int. Conf. on Intertidal Mudflats: Properties & Processes, 12-16/04/1999, Plymouth (UK), te verschijnen in Continental Shelf Research.

Ysebaert, T., K. Devos, A. Anselin, P. Meire & E. Kuijken (1999). *Watervogels langs de Zeeschelde 1996/97*. Rapport Instituut voor Natuurbehoud 99/10, Brussel.

Zwolsman,J.J.G., Berger,G.W., Van Eck,G.T.M., (1993). *Sediment accumulation rates, historical input, postdepositional mobility and retention of mayor elements and trace metals in salt marsh sediments of the Scheldt estuary*, SW Netherlands, Marine Chemistry 44: 73-94

BIJLAGE A. HYDRODYNAMIC AND SEDIMENT TRANSPORT NUMERICAL MODEL

Hydrodynamic and sediment transport Numerical model

The RMA numerical model of the Scheldt developed by IMDC has been adapted for this study (IMDC, 2004a, 2004b). This Annex describes the set-up and characteristics of this hydrodynamic and sediment transport numerical model.

A.1 Software

Hydrodynamic computations were done with the software RMA2 Version 7.3D (King, 2004). Grid generation and data preprocessing was also assisted with RMANet Version 1.84/5 (Patterson and Britton, 2004). Some other software tools for data pre and post processing were also used, such as: RMAPlot, RMAViewer, ArcView and MS Excel.

The RMA finite element models were originally developed with the support of the U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station (WES) for simulation of 1, 2, and 3-dimensional hydrodynamics, water quality and sediment transport in rivers, bays, and estuaries. These models form the basis of the Corps of Engineers' TABS modeling system.

RMA2 is a two-dimensional (depth averaged) finite element model for hydrodynamic systems. The full non-linear shallow water equations, depth averaged to two dimensions, together with the continuity equation, are used in this model. Turbulent energy is represented by an eddy viscosity analogy. Forces due to bottom friction, wind stress and Coriolis effects are also included.

The approach used is the finite element method, which represents the continuum as a series of discrete elements connected at nodes and develops a solution for the reduced system. Elements consist of curved quadrilaterals, triangles and line elements. An implicit time scheme is used for time dependent systems. Several iterations are required for each solution.

The primary features of RMA-2 are:

- The use of the shallow-water and hydrostatic assumptions with several options for turbulence closure.
- All non-linear terms are included.
- Direct solution of steady state problems and longer time steps with the implicit solution for dynamic problems.
- A capacity to include one-dimensional and two-dimensional elements within a single mesh as appropriate.
- Unstructured mesh form, so that extra detail can be applied in areas of special interest.
- The ability to represent irregular boundary configurations.
- No partial and full slip conditions can be applied at both lateral boundaries.
- Elements can be made wet and dry during a simulation.

The RMA11 software (King, 2004) was used for the sediment transport modeling. This model uses the model network and hydrodynamic model results of the RMA2 model. The sediment transport of cohesive and non-cohesive material are studied independently.

RMANet is a network setup facility for RMA finite element models and RMAViewer is a post-processing tool to visualize RMA model results and link it with GIS information.

A.2 Hydrodynamic model

A.2.1. Numerical model network

A complete model of the Scheldt is created from Vlissingen, at the entrance of the Estuary, to Ghent. The model also includes the tributaries Durme and Rupel basins where the tide effect is present. Figure annex A-1 shows the numerical model.

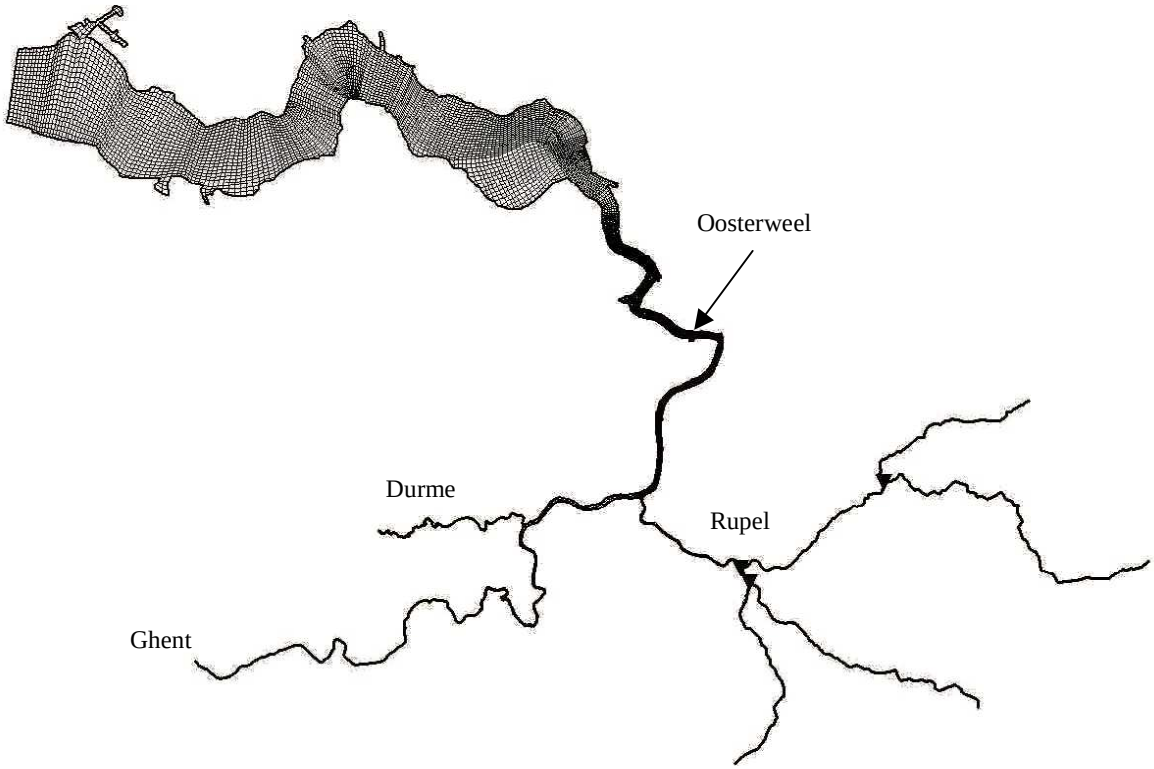


Figure annex A-1: Numerical model network

The model network was foreseen for the construction of the working island in Groot Buitenschoor, and has been refined at this location.

The model network includes 2D elements from Vlissingen to upstream of the confluence with the Durme (Hamme). The network elements follow the bathymetrical contours and navigation channels. The model is calibrated for the area with 2D elements; however, in order to have good results in this area of 2D elements, the model network includes the Durme and Rupel basins, and is extended up to Ghent with 1D elements. These 1D elements allow reproducing the tidal prism of water entering the estuary in flood and leaving the estuary in ebb. Using 1D elements at the peripheries of the model, where detailed results are not required, reduces the computation time and set the boundaries far enough from the area of the study. The numerical network has special join elements to link the 1D and 2D elements assuring momentum conservation during the solution of the equations. The width of the 1D elements was based on real bathymetry and generalized for sectors to simplify the model. 33000 nodes, 9000 2D elements and 2000 1D elements compose the model network.

A.2.2. Bathymetry

The bathymetry used in the model corresponds to recent surveys done for the Sigma project (2004). The resolution of the measurements is higher than the model network resolution, for which values at the model network nodes are interpolated from the in-situ measurements. Figure 2 shows the model network and bathymetry in m TAW.

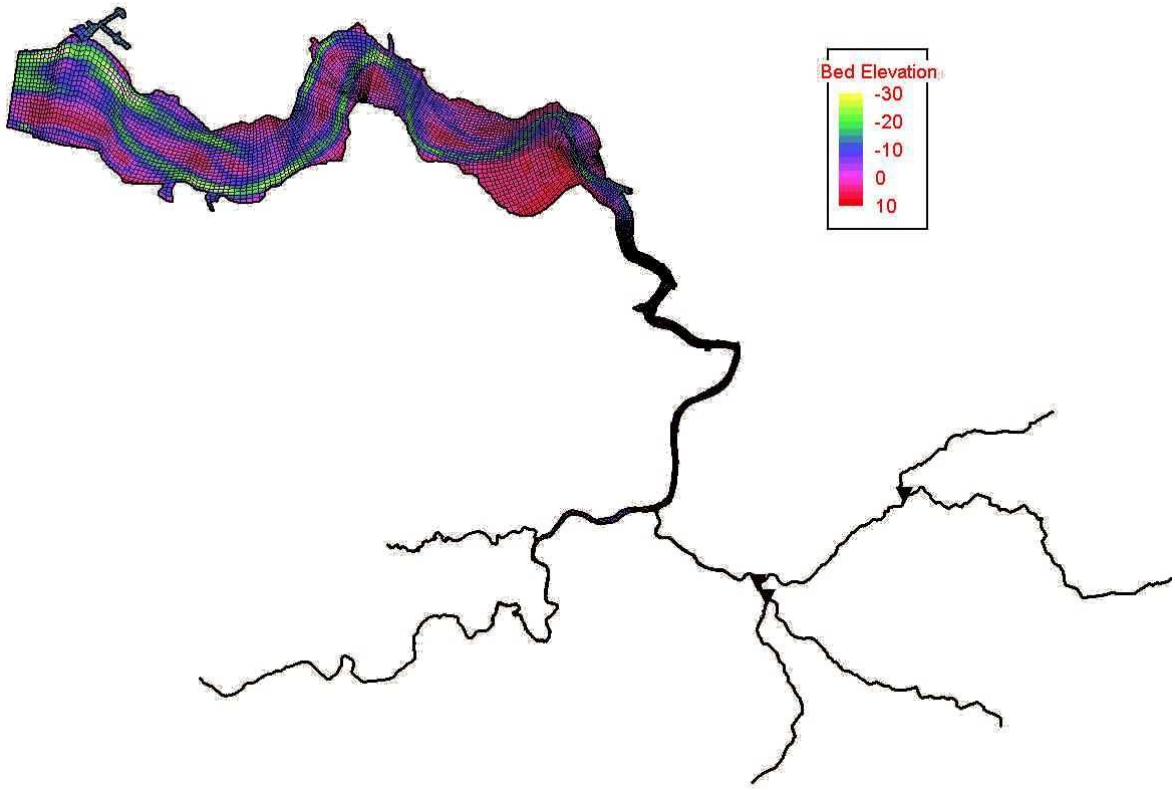


Figure annex A-2: Model network and bathymetry

A.2.3. Initial conditions

A cold start with a uniform initial water surface elevation is used. Due to the fact that the tide is the dominant factor in the estuary, the model is started at high water in Vlissingen, and this water surface elevation is used as initial condition.

This starting at high water also reduces considerably the “warming up” of the model. Once the model is calibrated, restart files are used to have a warm start of the model for the typical spring or ebb tide periods used in the sediment transport model.

The model was calibrated for June 2002 (June 5 during neap tide, and June 12 during spring tide), period in which there are ADCP measurements available.

A.2.4. Boundary conditions

Although the area of interest is Groot Buitenschoor, having the open boundaries of the model at Vlissingen and upstream in Ghent, the Durme and Rupel basins has the advantage that the boundary conditions can be easily defined and are more stable.

Figure annex A-3 shows the location of the open boundaries in the model. The estuary is tidal dominated and the dominant condition is the water level in Vlissingen. In all the upstream open boundaries, a discharge is imposed.

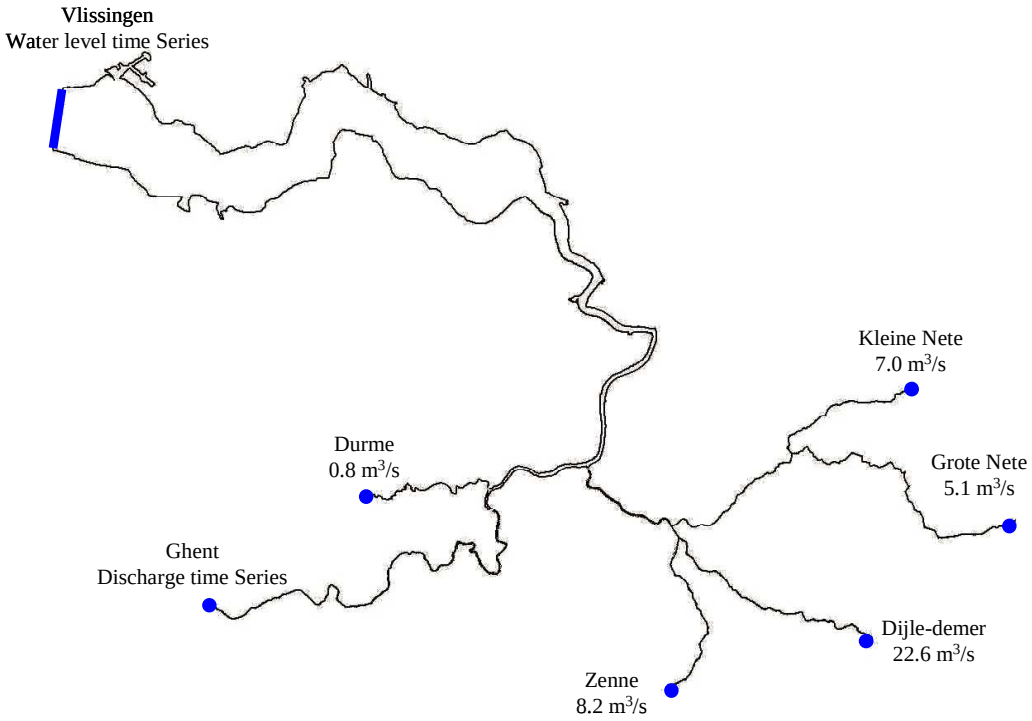


Figure annex A-3: Location of the boundary conditions

A time series with discharges in Ghent improves the model results in the area of the model upstream of Temse. This time series corresponds to the discharge passing the hydraulic structure that operates in Ghent and controls discharges from the Leie and the Bovenschelde. It is important to point out that using an average constant discharge (42.0 m^3/s) in Ghent as boundary condition, has no differences in the model results in the area of Groot Buitenschoor with respect to the model using a time series.

All the other upstream boundaries have less relevance in the hydrodynamics of the model and the model can be simplified with constant discharges upstream without compromise in the model results at Groot Buitenschoor.

Table annex A-1 summarizes the values at the different boundaries. These values were collected from previous studies in the Scheldt during the Sigma project and the documented experience of the set-up of the Scheldt 1D model developed by IMDC for the Sigma study (IMDC, 2003a).

Table annex A-1: Boundary conditions

Location	***Type of boundary***	***Value***
Vlissingen	Water level time series	Varies between 0.0 and 4.7 m TAW
Durme	Constant discharge	0.8 m3/s
Ghent	Discharge time series	Varies between 2 and 170 m3/s
Zenne	Constant discharge	8.2 m3/s
Dijle-Demer	Constant discharge	22.6 m3/s
Grote Nete	Constant discharge	5.1 m3/s
Kleine Nete	Constant discharge	7.0 m3/s

A.2.5. Numerical and physical coefficients

An initial sensitivity analysis of the model input data allowed to determine the sensitive variables that need to be calibrated. Bed roughness needed further analysis and was calibrated. For this study, waves, ice or wind conditions were not necessary to be considered. Table annex A-2 summarizes the selected numerical and physical parameters, which were chosen based on the sensitivity analysis of the model and the experience in previous studies in the same area of the project.

Table annex A-2: Coefficients used in the 2D hydrodynamic model

Coefficient	***Value***
Turbulence closure	Smagorinsky closure
Local latitude average	500
Iterations for dynamic solution	50
Convergence tolerance	0.01
Time Step	10 min
Units	SI
Under-relaxation factor	0.15

A.3 Sediment transport model

The RMA11 software (King, 2004) was used for the sediment transport modeling. This model uses the model network and hydrodynamic model results of the RMA2 model. The sediment transport of cohesive and non-cohesive material are studied independently. This chapter explains the set-up of the sediment transport models and the physical and numerical coefficients used in the simulations.

A.3.1. Model set-up

The sediment transport model uses a reduced model network of the hydrodynamic model from Vlissingen to Schelle (see Figure annex A-4). Two open boundary conditions are used for the sediment transport simulations: in Vlissingen an open boundary imposes concentration when flow is getting into the model, and is open to allow sediment leave the model when flow is

coming out of the model domain. The second boundary is in Schelle, where sediment concentration stays within a relative constant concentration and which is known from previous studies and measurements.

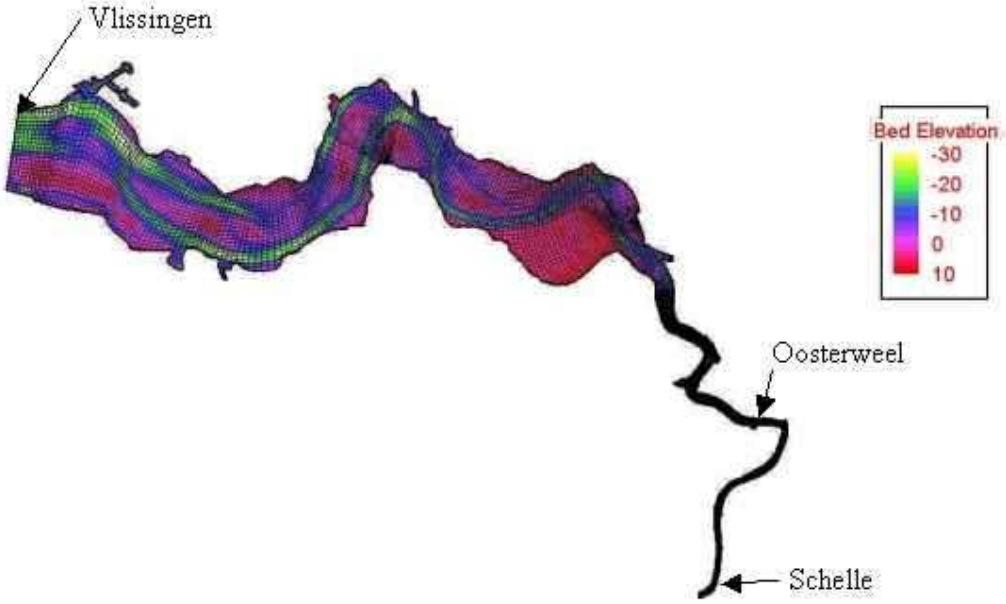


Figure annex A-4: Sediment transport network and initial bathymetry

A.3.2. Cohesive sediment

Suspended material in the Scheldt is composed by cohesive and non-cohesive material, with higher concentrations of cohesive material. Concentrations of 70 mg/l in Vlissingen and 140 mg/l in Schelle are used as boundary conditions for the simulation of cohesive sediments. These values are based on earlier studies (see Ebrahim [1994], Fettweis [1995], IMDC [1995], IMDC [1998], IMDC [2002], IMDC [2003b]).

A sensitivity analysis to determine the importance of the different physical and numerical parameters in the sediment transport simulation was carried out. From this sensitivity analysis, the relevant coefficients, such as the erosion rate coefficient and sediment shear stress were calibrated. The final parameters used in the model are summarized in Table annex A-3.

Table annex A-3: Parameters used in the cohesive sediment transport model

Parameter	***Value***
Boundary condition in Vlissingen	70 mg/l
Boundary condition in Schelle	140 mg/l
Initial concentration	100 mg/l
Settling velocity	0.002 m/s
Bed height roughness	0.0 m
Shear stress for deposition	0.2 Pa

Parameter	***Value***
Shear stress for erosion	0.4 Pa
Erosion rate constant of the bottom layer	5.00e-5 kg/(m2.s)
Bulk density of top layer	1150 kg/m3
Density of water	1010 kg/ m3
Computation time step	10 min
Von Karman's constant	0.4
Kinematic viscosity of suspended water	1.16e-6 m/s

A.3.3. Non-cohesive sediment

According to Jabbari (1994), around 30% of the total sediment concentration corresponds to sandy material and 70% to mud. Based on this, boundary concentrations of 30 mg/l in Vlissingen and 60 mg/l in Schelle were imposed in the model for sandy material. Table annex A-4 summarizes the used parameters in the model.

Table annex A-4: Parameters used in the non-cohesive sediment transport model

Parameter	***Value***
Boundary concentration in Vlissingen	30 mg/l
Boundary concentration in Schelle	60 mg/l
Minimum grain size	0.062 mm
Maximum grain size	0.180 mm
Fall velocity of the sediment	0.039 m/s
D35	0.110 mm
D50	0.131 mm
D90	0.189 mm
Computation time step	10 min
Transport model	Van Rijn 1984

A.4 References

- Ebrahim, Jabbari (1994). Modelling Estuarine Circulations. Ph.D. thesis, Catholic University of Leuven, Belgium.
- Fettweis, Michael (1995). Modelling currents and sediment transport phenomena in shelf seas and estuaries. Ph.D. thesis, Catholic University of Leuven, Belgium.
- IMDC (1995). Containerkaai-dok west orienterend hydraulisch-sedimentologisch onderzoek. Deelrapport 2: 3D modelonderzoek, I/R/PR11103/95.023/JMO, commended by Harbour of the city, Antwerpen.
- IMDC (1998). Containerdok west hydraulisch-sedimentologisch onderzoek. Deelrapport 5: Detailonderzoek tij dok, I/R/11128/97.040/MFE.
- IMDC (2002). Study of density currents in the framework of LTV Kallo long term NDP current measurement, I/RA/11216/02.039/CMA, commended by AWZ.
- IMDC (2003a). Actualisation of the Sigma Plan, Part 3: Hydrodynamic model. Volume 2a: Hydrodynamic model of the Scheldt Basin, I/RA/11199/03.003/SME, commended by AWZ.
- IMDC (2003b). Optimalisatie van de onderhoudsbaggerwerken Deurganckdok. Deelrapport 2: Sedimentologisch en morfologisch model onderzoek, I/RA/11239/03.067/CMA, commended by Port of Antwerp.
- IMDC (2004a). 2D Hydrodynamic Model of the Scheldt. Model Set-up and Calibration, 42SR S012FTO 2C. IMDC report I/RA/16044/04.054/FTO.
- IMDC (2004b). Sediment Transport Model. Set-up and Model Scenarios During the Construction of the Tunnel, 42SR S012FTO 2C. IMDC report: I/RA/16044/04.054/FTO.
- Patterson Britton & Partners (2004). RMANet Software Users Manual. Patterson Britton & Partners Pty Ltd., Sydney, Australia.
- King, Ian (2004). RMA2 Software Users Manual. Resource Modelling Associates Pty Ltd., Sydney, Australia.

COLOFON

AANLEG AARDGASTRANSPORTLEIDING OSSENDRECHT-ZELZATE

OPDRACHTGEVER:

GASUNIE

STATUS:

DEFINITIEF

AUTEUR:

N.J.H. van den Broek
S.C. Boland
C.M. Morsman
E.A.A. Bots
J. Lammerant (Arcadis België)
M. Deconinck (Arcadis België)
O. Sels (Arcadis België)

GECONTROLEERD DOOR:

L.J.M. van Loon

VRIJGEGEVEN DOOR:

B.P.W. Schlangen

11 april 2008
110623/CE8/0N2/000623

ARCADIS Ruimte & Milieu BV
Beaulieustraat 22
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Tel 026 3778 911
Fax 026 4457 549
www.arcadis.nl
Handelsregister 30134230

©ARCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.