



Vlaanderen
is wetenschap

23_036_2
WL rapporten

Complex Project ECA

Extra Containercapaciteit Antwerpen

Deelrapport 2 – Toepassing van het multivariate model
ten behoeve van de inschatting van de verandering
in SSC voor de uitbreiding van de Noordzeeterminal

DEPARTEMENT
**MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN**

waterbouwkundiglaboratorium.be

Complex Project ECA – Extra Containercapaciteit Antwerpen

Deelrapport 2 – Toepassing van het multivariate model ten behoeve van de inschatting van de verandering in SSC voor de uitbreiding van de Noordzeeterminal

Plancke, Y.; De Maerschallck, B.; Stark, J.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.
De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.
Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2023
D/2023/3241/200

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Plancke, Y.; De Maerschalcck, B.; Stark, J. (2023). Complex Project ECA – Extra Containercapaciteit Antwerpen: Deelrapport 2 – Toepassing van het multivariate model ten behoeve van de inschatting van de verandering in SSC voor de uitbreiding van de Noordzeeterminal. Versie 3.0. WL Rapporten, 23_036_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen




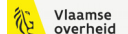
Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Port of Antwerp-Bruges	Ref.:	WL2023R23_036_2
Trefwoorden (3-5):	Sediment, Schelde-estuarium, scenario-analyse, CP ECA		
Kennisdomeinen:	Sediment > Cohesief sediment > Literatuur- en desktoponderzoek Sediment > Baggeren en storten > Literatuur- en desktoponderzoek		
Tekst (p.):	7	Bijlagen (p.):	4
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s):	Plancke, Y.
------------	-------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	De Maerschalcck, B.	Getekend door: Bart De Maerschalcck (Sig) Getekend op: 2023-10-18 14:00:33 +02:00 Reden: Ik keur dit document goed  
Projectleider:	Stark, J.	Getekend door: Jeroen Stark (Signature) Getekend op: 2023-10-23 09:16:17 +02:00 Reden: Ik keur dit document goed  

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door: Abdelkarim Bellafkih (Sig) Getekend op: 2023-10-18 14:52:13 +02:00 Reden: Ik keur dit document goed  
-----------------	---------------	--



Abstract

In het kader van het Complex project ECA dient het effect van de stortingen voor het onderhouden van de uitbreiding van de Noordzeeterminal ingeschat te worden. Om het effect op de primaire productie te kunnen inschatten, dient de verandering in de zwevende stof concentratie (SSC) langsheen het Schelde-estuarium gekend te zijn. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een multivariaat model (MVM), waarbij op basis van verklarende parameters de SSC wordt ingeschat.

In voorliggend rapport worden de resultaten van het toepassen van het multivariate model op basis van de continue metingen getoond. Aan de hand van de ingeschatte extra onderhoudsbagervolumes, kan de verandering in SSC langsheen het estuarium bepaald worden. Uit de berekening blijkt dat de verschillen in gemiddelde SSC berekend over de volledige periode 2009-2020 beperkt blijven tot $0,40\% \pm 0,16\%$, waarbij deze toename optreedt ter hoogte van de stortlocaties en afneemt naarmate men op- en afwaarts van de stortlocatie gaat. De toename in SSC is het grootst rond het einde van de zomer/begin van de herfst (i.e. na lange droge periode) tot 1,3% bij Oosterweel.

De resultaten zullen gebruikt worden om de ecologische effecten (primaire productie) voor de verschillende scenario's te begroten.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	IV
Lijst van de figuren	V
1 Inleiding	1
2 Multivariate model	2
3 Toepassing MVM	3
3.1 Temporele resolutie	3
3.2 Inrichtingsalternatieven	3
4 Resultaten.....	5
5 Conclusies	6
6 Referenties	7
Bijlage 1 Resultaten (maand) uitbreiding NZT	B1

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Inrichtingsalternatieven uitbreiding NZT (rood: variant 1, blauw: variant 1E)	3
Figuur 2 – Langsverloop verandering gemiddelde SSC langsheen het estuarium bij uitbreiding NZT (periode 2009-2014)	5
Figuur 3 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – UITBREIDING NZT	B1
Figuur 4 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2010 – UITBREIDING NZT	B1
Figuur 5 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2011 – UITBREIDING NZT	B1
Figuur 6 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2012 – UITBREIDING NZT	B2
Figuur 7 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2013 – UITBREIDING NZT	B2
Figuur 8 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2014 – UITBREIDING NZT	B2
Figuur 9 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2015 – UITBREIDING NZT	B3
Figuur 10 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2016 – UITBREIDING NZT	B3
Figuur 11 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2017 – UITBREIDING NZT	B3
Figuur 12 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2018 – UITBREIDING NZT	B4
Figuur 13 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2019 – UITBREIDING NZT	B4
Figuur 14 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2020 – UITBREIDING NZT	B4

1 Inleiding

Op 31 januari 2020 stelde de Vlaamse Regering het Voorkeursbesluit van het complex project ‘Realisatie van extra containerbehandelingscapaciteit in het havengebied Antwerpen’ (CP ECA) definitief vast en runde hiermee de onderzoeksfase conform het decreet complexe projecten af. Hiermee werden de locaties vastgelegd voor het bewerkstelligen van de extra containercapaciteit. Uiteraard is een essentieel onderdeel daarvan de Containercluster Linker Scheldeoever (CCL).

In de uitwerkingsfase (huidige fase) wordt het voorkeursbesluit verder geconcretiseerd tot realiseerbare en vergunbare projecten waarbij ook de uitvoeringswijze bepaald wordt. De projectonderzoeksnota (PON) (SHIP, 2020) vormt het startpunt van de uitwerkingsfase. In het afgelopen jaar werd door het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) een bijdrage geleverd aan het inschatten van de effecten van een 2^e getijdendok (2GTD) op de water- en sedimenthuishouding in het Schelde-estuarium en werd input geleverd om de ecologische effecten in te schatten.

Naast het 2GTD is er ook een uitbreiding voorzien van de containercapaciteit ter hoogte van de Noordzeeterminal (NZT). Voorliggend rapport beschrijft de resultaten van de toepassing van het multivariate model (MVM), opgemaakt op basis van de continue metingen (Plancke *et al.*, 2022), voor de uitbreiding van de NZT. De hier gepresenteerde veranderingen in SSC worden gebruikt om de ecologische effecten in te schatten.

2 Multivariate model

De extra sedimentatie ter hoogte van de uitbreiding van de NZT zal aanleiding geven tot bijkomende onderhoudsbaggerwerken. Met behulp van het multivariate model (MVM) wordt ingeschat hoe het terugstorten van het gebaggerde sediment in de Zeeschelde aanleiding kan geven tot veranderingen in de sedimentconcentratie doorheen het estuarium. Zowel International Marine and Dredging Consultants (2017) als Plancke *et al.* (2020) maken gebruik van een multivariate analyse om op basis van invloedsfactoren de veranderingen in SSC in de Schelde in te schatten. De drie belangrijkste verklarende factoren in deze studies zijn:

- Bovenafvoer (te Melle) of de verblijftijd
- Getijfactor
- Storthoeveelheden slib

In Plancke *et al.* (2022a) werd een bijkomende verklarende parameter beschouwd, met als doel het tijdafhankelijke effect van de stortingen op de SSC expliciet te kunnen beschouwen. Dit levert volgend, uitgebreid empirisch model:

$$SSC = \alpha_{stort} \cdot STORT(\text{instantaan}) + \alpha_{vBT} \cdot VERBLIJFTIJD + \alpha_{GF} \cdot GETIJFACTOR + \alpha_{stort_DT} \cdot STORT_DT(\text{tijdsvertraging}) + \delta \quad (1)$$

Met: SSC: de gemiddelde sedimentconcentratie over één getij [mg/l]

STORT(instantaan): de hoeveelheid slib gestort in de Beneden-Zeeschelde gedurende het betreffende getij [m³ V']

VERBLIJFTIJD: de verblijftijd van een waterdeeltje in de volledige Boven-Zeeschelde voorafgaand aan het betreffende getij [dagen]

GETIJFACTOR: de getijfactor voor het betreffende getij [-]

STORT_DT(tijdsvertraging): de hoeveelheid slib gestort in de Beneden-Zeeschelde die kan bijdragen aan de verandering in SSC rekening houdend met de tijdsvertraging [m³ V']

α_i : een lineaire coëfficiënt die de bijdrage van elke factor beschrijft

δ : residu

Dit multivariate model werd toegepast voor de locaties met beschikbare continue metingen (meetpaal Lillo, Oosterweel, Kruikeke, Weert, Schellebelle). Vertrekkende van de relatieve verandering in SSC per locatie, werd een ruimtelijke inter-/extrapolatie uitgevoerd om alzo een ruimtelijk dekkend beeld over het volledige estuarium te bekomen. Voor een uitgebreide beschrijving van het model alsook de ruimtelijke inter-/extrapolatie wordt verwezen naar Plancke *et al.* (2022a).

3 Toepassing MVM

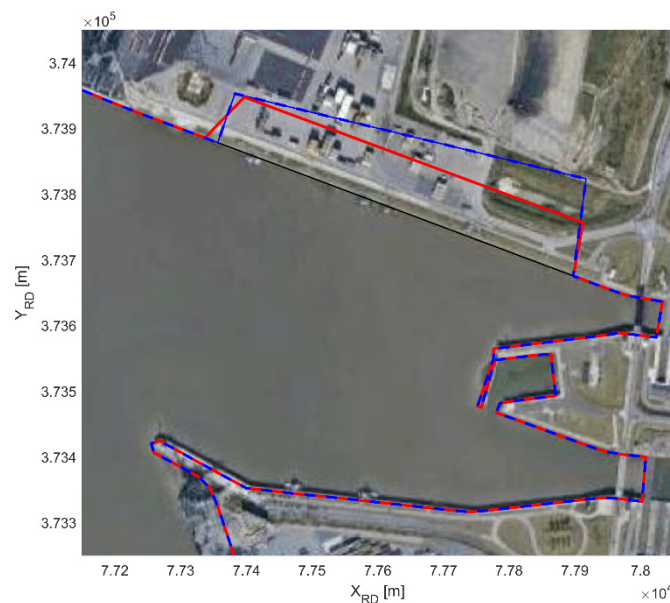
3.1 Temporele resolutie

Het MVM berekent de SSC ter hoogte van de locaties van de continue metingen voor elke dag. Deze dagwaarden worden gebruikt om de verandering tussen verschillende scenario's te berekenen. In volgende paragrafen worden de resultaten getoond voor de vergelijking tussen de referentie en de verschillende inrichtingsvarianten. Als invoer voor het MVM worden de opgetreden getijden, debieten/verblijftijden gebruikt in combinatie met de storthoeveelheden. Als referentie is de bestaande toestand met de uitbreiding waarbij het 2GTD gerealiseerd is (Plancke & De Maerschallck, 2022). In de scenario's worden het effect van de extra onderhoudsbaggerwerken ten gevolge van de uitbreiding van de NZT beschouwd.

Aangezien het ecologische model, dat door UAntwerpen ingezet wordt voor het inschatten van de veranderingen in primaire productie, gebruik maakt van maandelijkse gegevens, werden de dagelijkse veranderingen in SSC geaggregeerd op maandniveau. Door UAntwerpen wordt een simulatie periode aangehouden voor de periode 2009-2014. Het MVM is tevens voor de meer recentere jaren toegepast, zodat de resultaten van de verandering in SSC worden weergegeven in §4 voor de periode 2009-2020.

3.2 Inrichtingsalternatieven

Er zijn twee verschillende alternatieven gedefinieerd voor de uitbreiding van de Noordzeeterminal: Variant 1 en Variant 1 E. Beide varianten zijn weergegeven in Figuur 1, waarbij variant 1 in het rood is weergegeven en variant 1 E in het blauw. In voorliggend onderzoek worden de effecten op de sedimentconcentratie in het Schelde-estuarium voor de 2 varianten onderzocht.



Figuur 1 – Inrichtingsalternatieven uitbreiding NZT (rood: variant 1, blauw: variant 1E)

De 2 varianten onderscheiden zich qua vorm en hierdoor kan de sedimentatie per variant verschillend zijn. Door Witteveen+Bos (mail dd. 28 juli 2023) werd deze sedimentatie ingeschat en dit wordt als vertrekpunt in voorliggende berekeningen gehanteerd. Dit geeft volgende extra jaarlijkse sedimentatiehoeveelheden¹:

- Variant 1: 0,05 MTDS/jaar
- Variant 1 E: 0,05 MTDS/jaar

Beide varianten blijken dus aanleiding te geven tot dezelfde extra sedimentatiehoeveelheid. Het effect van beide varianten op de SSC in het estuarium zal dus identiek zijn.

Deze sedimentatiehoeveelheden werden voor het scenario omgerekend naar een extra dagelijkse storthoeveelheid (jaarlijkse extra onderhoudsvolume gedeeld door 365 dagen), wat toegevoegd werd aan de in het referentiescenario gestorte hoeveelheden. Door middel van het MVM wordt vervolgens de verandering in SSC per dag berekend over de simulatieperiode.

¹ MTDS: Miljoen Ton Droge Stof

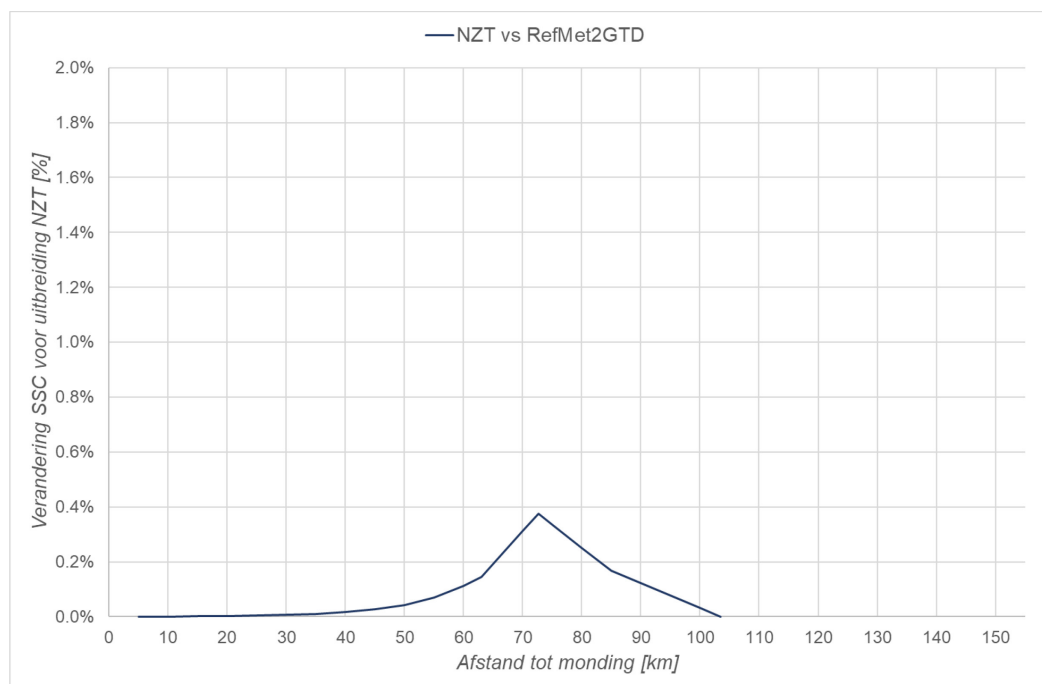
4 Resultaten

De maandelijkse veranderingen in SSC langsheen het volledige estuarium werden voor de uitbreiding van de NZT berekend door middel van het multivariate model op basis van de continue metingen. De resultaten per maand voor de verschillende jaren zijn terug te vinden in Bijlage 1. Figuur 2 toont het verloop van de relatieve toename over de periode 2009-2014, de periode die beschouwd wordt in de modellering van de primaire productie. De extra stortingen van onderhoudsspecie die afkomstig is van de uitbreiding van de NZT, wordt hierbij meegenomen door de hoeveelheid uniform te spreiden over het volledig jaar.

Ruimtelijk is de sterkste toename in SSC terug te vinden te hoogte van Oosterweel, de meetlocatie die in de onmiddellijke omgeving van de verschillende stortlocaties van slib is gelegen. Deze toename blijft gemiddeld over de periode 2009-2014 beperkt tot minder dan 0,4%. Naarmate dat men verder komt van de stortlocatie, neemt het effect af. Dit is eveneens het patroon dat verwacht wordt en dat bij de eerdere berekeningen is teruggevonden (Plancke & De Maerschallck, 2022).

Temporeel wordt de sterkste toename in SSC (variërend van +0,4% tot +1,3% ter hoogte van Oosterweel) waargenomen op het einde van de zomer en het begin van de herfst (augustus – november). Dit stemt overeen met het einde van de periode van lagere bovenafvoer, waarbij het sediment in het estuarium “gevangen” blijft (traag afwaarts of zelfs opwaarts transport). Merk op dat dit een relatieve toename is ten opzichte van de referentiesituatie. Doordat het estuarien turbiditeitsmaximum (ETM) onder invloed van de lage bovenafvoer typisch stroomopwaarts verschuift, kent de zone nabij Oosterweel op het einde van de zomer vaak een lagere achtergrondconcentratie dan in de winterperiode. Omwille van de lagere achtergrondconcentratie zal het effect van de extra stortingen dus relatief zwaarder doorwegen.

De kleinste toename in SSC (ca. 0,3% ter hoogte van Oosterweel) wordt waargenomen tijdens de wintermaanden (december - april). Dit stemt overeen met de periode van hogere bovenafvoer, waarbij het sediment uit het estuarium “uitgespoeld” wordt.



Figuur 2 – Langsverloop verandering gemiddelde SSC langsheen het estuarium bij uitbreiding NZT (periode 2009-2014)

5 Conclusies

In voorliggend rapport worden de resultaten van het toepassen van het multivariate model op basis van de continue metingen getoond. Aan de hand van de ingeschatte extra onderhoudsbaggervolumes, kan de verandering in SSC langsheen het estuarium bepaald worden. Het MVM laat toe zowel de ruimtelijke als temporele variatie in SSC te berekenen. Aangezien de verdeling in de tijd van de extra onderhoudsbaggerwerken niet gekend is, werd de totale jaarlijkse hoeveelheid uniform verdeeld over het jaar. In de realiteit zal echter gewerkt worden met een beperkt aantal campagnes, net zoals bij de bestaande baggerlocaties het geval is.

In dit rapport is de toepassing van het MVM gebeurd voor de verschillende varianten voor de uitbreiding van de NZT. Uit de inschatting van de extra onderhoudsbaggerwerken kwam naar voor dat beide varianten (1 en 1E) aanleiding geven tot dezelfde toename in de onderhoudsvolumes. Hierdoor zijn de resultaten van de veranderingen in SSC dan ook identiek voor beide varianten.

De maximale toename in SSC is ruimtelijk te vinden ter hoogte van Oosterweel (nabij de stortlocaties – $0,40\% \pm 0,16\%$ wanneer de volledige periode 2009-2020 beschouwd wordt). Zowel opwaarts (Kruibeke) als afwaarts (Lillo) van de stortlocaties neemt de relatieve verandering in SSC af (resp. $0,20\% \pm 0,08\%$ en $0,17\% \pm 0,06\%$).

Doorheen de verschillende jaren treedt de sterkste toename vooral op het einde van de zomer, terwijl de kleinste toename in SSC plaatsvindt tijdens de wintermaanden, wanneer het sediment uitgespoeld wordt door de hogere bovenafvoer.

6 Referenties

International Marine and Dredging Consultants. (2017). Multivariate analyse van de sedimentconcentraties in de Zeeschelde op basis van Omes oppervlakte stalen. 59 pp.

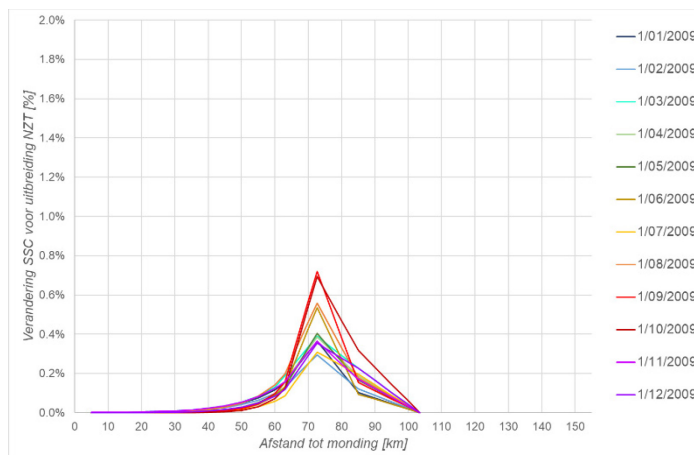
Plancke, Y.; De Maerschallck, B. (2022). Complex Project ECA – Extra Containercapaciteit Antwerpen: deelrapport 2. Toepassing van het multivariate model ten behoeve van de inschatting van de verandering in SSC. Versie 4.0. *WL Rapporten, 21_128_2*. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <https://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=361044>

Plancke, Y.; De Maerschallck, B.; Meire, D. (2022). Complex Project ECA – Extra Containercapaciteit Antwerpen: deelrapport 1. Inschatting van de verandering in SSC met behulp van een multivariaat model voor de continue meetstations. Versie 5.0. *WL Rapporten, 21_128_1*. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <https://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=361836>

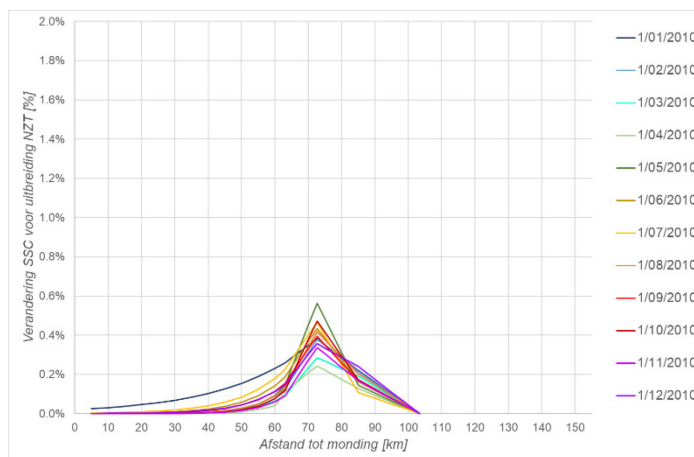
Plancke, Y.; Smolders, S.; Mostaert, F. (2020). Agenda v/d Toekomst – Sedimenttransport op verschillende tijdschalen: deelrapport 14. Data-analyse met behulp van een multivariaat model naar invloedsfactoren op de sedimentconcentratie in de Zeeschelde. versie 3.0. *WL Rapporten, 17_088_14*. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=325582>

SHIP. (2020). Complex project 'Realisatie van extra containerbehandelingscapaciteit in het havengebied Antwerpen' - Projectonderzoeksnota CCL. 655 pp.

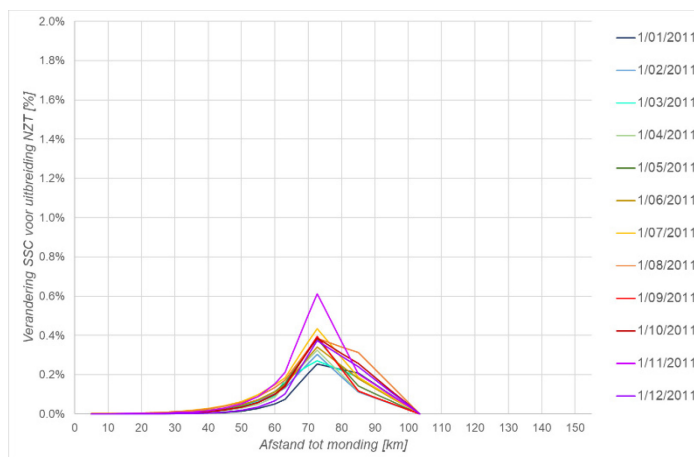
Bijlage 1 Resultaten (maand) uitbreiding NZT



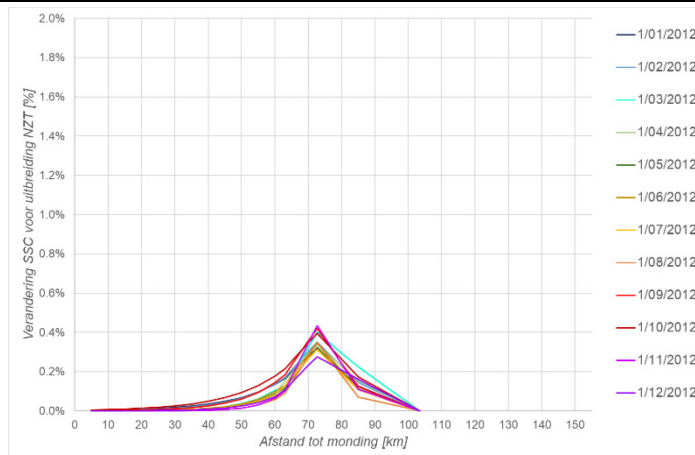
Figuur 3 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – UITBREIDING NZT



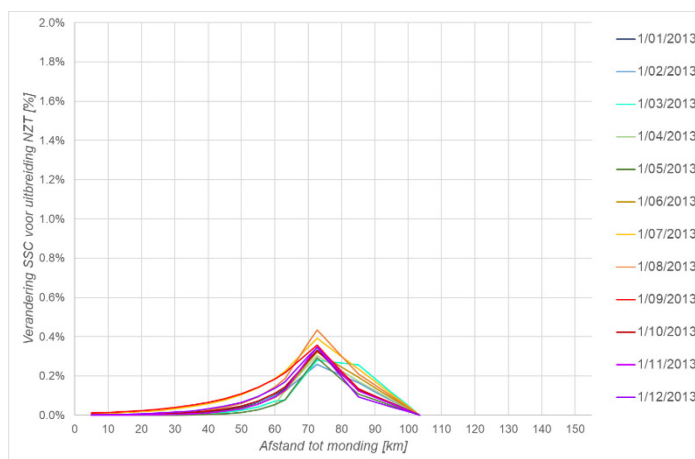
Figuur 4 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2010 – UITBREIDING NZT



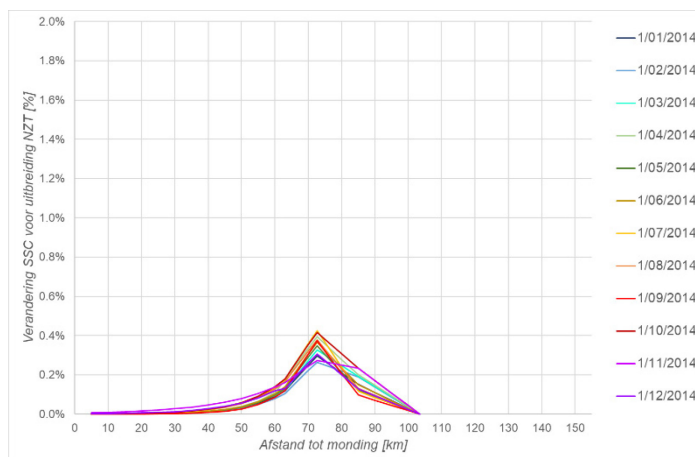
Figuur 5 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2011 – UITBREIDING NZT



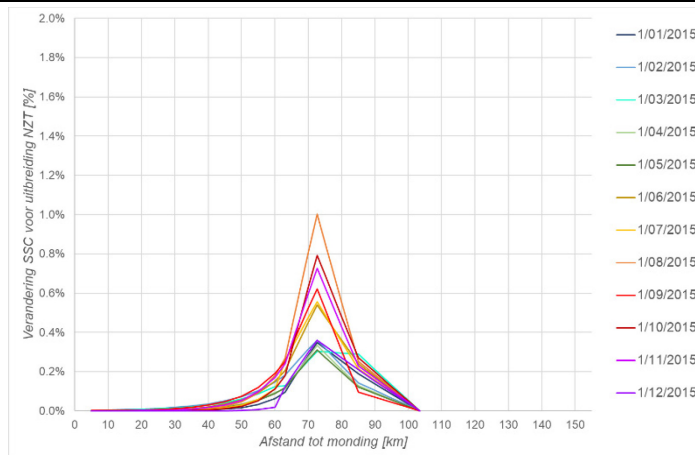
Figuur 6 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2012 – UITBREIDING NZT



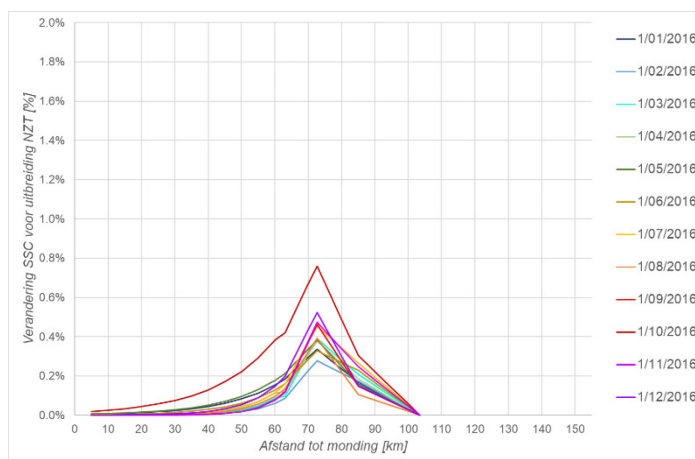
Figuur 7 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2013 – UITBREIDING NZT



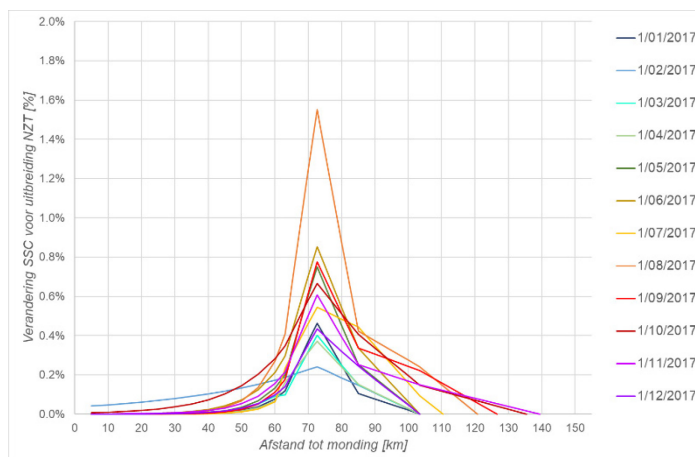
Figuur 8 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2014 – UITBREIDING NZT



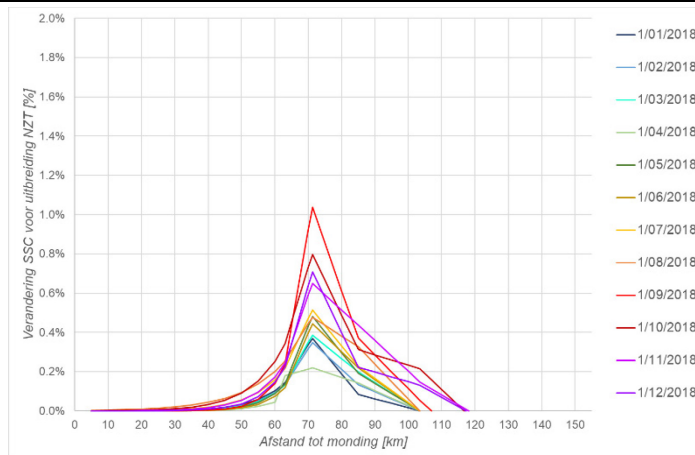
Figuur 9 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2015 – UITBREIDING NZT



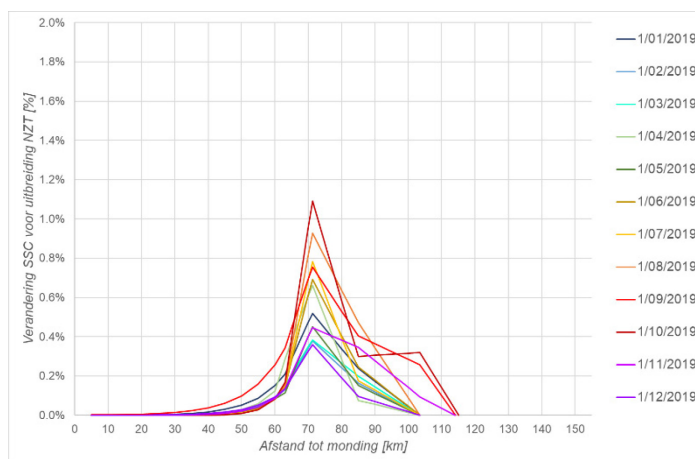
Figuur 10 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2016 – UITBREIDING NZT



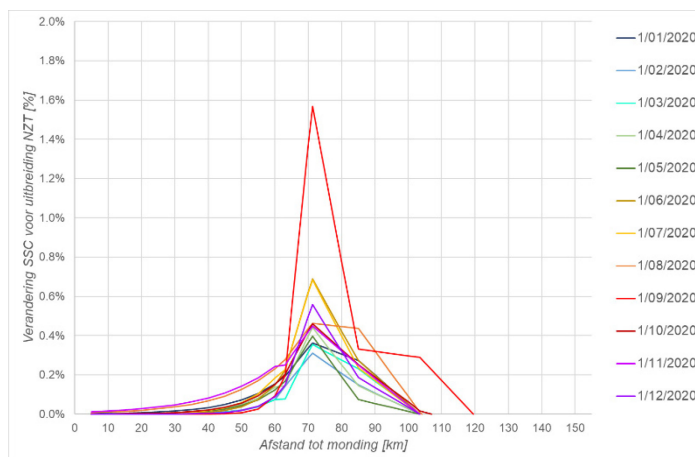
Figuur 11 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2017 – UITBREIDING NZT



Figuur 12 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2018 – UITBREIDING NZT



Figuur 13 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2019 – UITBREIDING NZT



Figuur 14 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2020 – UITBREIDING NZT

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be