Vlaanderen
is wetenschap

21_128_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

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

Plancke, Y.; De Maerschalck, B.

Waterbouwkundig Laboratorium
Vlaanderen is wetenschap

Cover figuur © Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium

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 2022
D/2022/3241/209

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Plancke, Y.; De Maerschalck, 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

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

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Port of Antwerp-Bruges	Ref.:	WL2022R21_128_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.):	18	Bijlagen (p.):	16
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

Auteur(s):	Plancke, Y.

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	De Maerschalck, B.	Getekend door:Bart De Maerschalck (Sig Getekend op:2023-02-06 09:06:14 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed Bart De Maerschalck
Projectleider:	Plancke, Y.	Getekend door:Yves Plancke (Signature) Getekend op:2023-02-07 14:21:07 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed Yves Plancke

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door:Abdelkarim Bellafkih (Sign Getekend op:2023-02-06 09:20:38 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed Abdelkarim Bellafkih

Abstract

In het kader van het Complex project ECA dient het effect van de stortingen voor het onderhouden van het getijdendok 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 onderhoudsbaggervolumes, kan de verandering in SSC langsheen het estuarium bepaald worden. De toepassing van het MVM is gebeurd voor de 3 inrichtingsalternatieven (boemerang, winkelhaak, duplex), waarbij zowel de ruimtelijke als temporele variatie in SSC wordt berekend.

Daarnaast werden ook 2 mitigatie-scenario's doorgerekend. In deze scenario's werd gedurende 2 maanden een "stortstop" gehanteerd voor de extra stortingen uit het tweede getijdendok (2GTD): het eerste scenario had tot doel de primaire productie in de Boven-Zeeschelde minder te beïnvloeden, het tweede scenario had tot doel de primaire productie in de Westerschelde minder te beïnvloeden.

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

Inhoudstafel

Abstract III
Inhoudstafel V
Lijst van de figuren VI
1 Inleiding 8
2 Multivariate model 9
3 Toepassing MVM 10
3.1 Temporele resolutie 10
3.2 Inrichtingsalternatieven 10
3.3 Scenario's mitigatie 12
3.3.1 Mitigatie 1 12
3.3.2 Mitigatie 2 12
3.4 Resultaten - DUPLEX 13
3.5 Resultaten - WINKELHAAK 13
3.6 Resultaten - BOEMERANG 15
4 Conclusies 16
5 Referenties 17
Bijlage 1 Resultaten DUPLEX B1
Bijlage 2 Resultaten WINKELHAAK B5
Bijlage 3 Resultaten BOEMERANG B9
Bijlage 4 Resultaten mitigatie DUPLEX B13

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Inrichtingsalternatieven 2e getijdendok CCL 10
Figuur 2 – Waargenomen omgevingscondities: getijfactor (boven), verblijftijd (midden) en storthoeveelheid (onder) 11
Figuur 3 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 - DUPLEX 14
Figuur 4 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – WINKELHAAK 14
Figuur 5 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – BOEMERANG 15
Figuur 6 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – DUPLEX B1
Figuur 7 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2010 – DUPLEX B1
Figuur 8 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2011 – DUPLEX B1
Figuur 9 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2012 – DUPLEX B2
Figuur 10 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2013 – DUPLEX B2
Figuur 11 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2014 – DUPLEX B2
Figuur 12 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2015 – DUPLEX B3
Figuur 13 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2016 – DUPLEX B3
Figuur 14 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2017 – DUPLEX B3
Figuur 15 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2018 – DUPLEX B4
Figuur 16 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2019 – DUPLEX B4
Figuur 17 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2020 – DUPLEX B4
Figuur 18 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – WINKELHAAK B5
Figuur 19 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2010 – WINKELHAAK B5
Figuur 20 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2011 – WINKELHAAK B5
Figuur 21 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2012 – WINKELHAAK B6
Figuur 22 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2013 – WINKELHAAK B6
Figuur 23 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2014 – WINKELHAAK B6
Figuur 24 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – WINKELHAAK mitigatie 2 ..... B7
Figuur 25 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2010 – WINKELHAAK mitigatie 2 ..... B7
Figuur 26 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2011 – WINKELHAAK mitigatie 2 ..... B7
Figuur 27 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2012 – WINKELHAAK mitigatie 2 ..... B8
Figuur 28 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2013 – WINKELHAAK mitigatie 2 ..... B8
Figuur 29 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2014 – WINKELHAAK mitigatie 2 ..... B8
Figuur 30 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – BOEMERANG B9
Figuur 31 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2010 – BOEMERANG B9

Figuur 32 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2011 – BOEMERANG..... B9
Figuur 33 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2012 – BOEMERANG..... B10
Figuur 34 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2013 – BOEMERANG..... B10
Figuur 35 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2014 – BOEMERANG..... B10
Figuur 36 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – BOEMERANG mitigatie 2..... B11
Figuur 37 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2010 – BOEMERANG mitigatie 2..... B11
Figuur 38 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2011 – BOEMERANG mitigatie 2..... B11
Figuur 39 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2012 – BOEMERANG mitigatie 2..... B12
Figuur 40 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2013 – BOEMERANG mitigatie 2..... B12
Figuur 41 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2014 – BOEMERANG mitigatie 2..... B12
Figuur 42 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – DUPLEX mitigatie 1 ..... B13
Figuur 43 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2010 – DUPLEX mitigatie 1 ..... B13
Figuur 44 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2011 – DUPLEX mitigatie 1 ..... B13
Figuur 45 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2012 – DUPLEX mitigatie 1 ..... B14
Figuur 46 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2013 – DUPLEX mitigatie 1 ..... B14
Figuur 47 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2014 – DUPLEX mitigatie 1 ..... B14
Figuur 48 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – DUPLEX mitigatie 2 ..... B15
Figuur 49 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2010 – DUPLEX mitigatie 2 ..... B15
Figuur 50 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2011 – DUPLEX mitigatie 2 ..... B15
Figuur 51 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2012 – DUPLEX mitigatie 2 ..... B16
Figuur 52 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2013 – DUPLEX mitigatie 2 ..... B16
Figuur 53 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2014 – DUPLEX mitigatie 2 ..... B16

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 rondde 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 de afgelopen maanden 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 (uitgevoerd door UAntwerpen).

Voorliggend rapport beschrijft de resultaten van de toepassing van het multivariate model (MVM), opgemaakt op basis van de continue metingen (Plancke *et al.*, 2022). De hier gepresenteerde veranderingen in SSC worden gebruikt om de ecologische effecten in te schatten.

2 Multivariate model

De extra sedimentatie in het 2e getijdendok (2GTD) 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 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.* (2022) 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:

$$\boldsymbol{SSC = \alpha_{stort}.STORT(instantaan) + \alpha_{VBT}.VERBLIJFTIJD + \alpha_{GF}.GETIJFACTOR + \alpha_{stort_{DT}}.STORT_DT(tijdsvertraging) + \delta} \quad (\mathbf{2})$$

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, Kruibeke, 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.* (2022).

3 Toepassing MVM

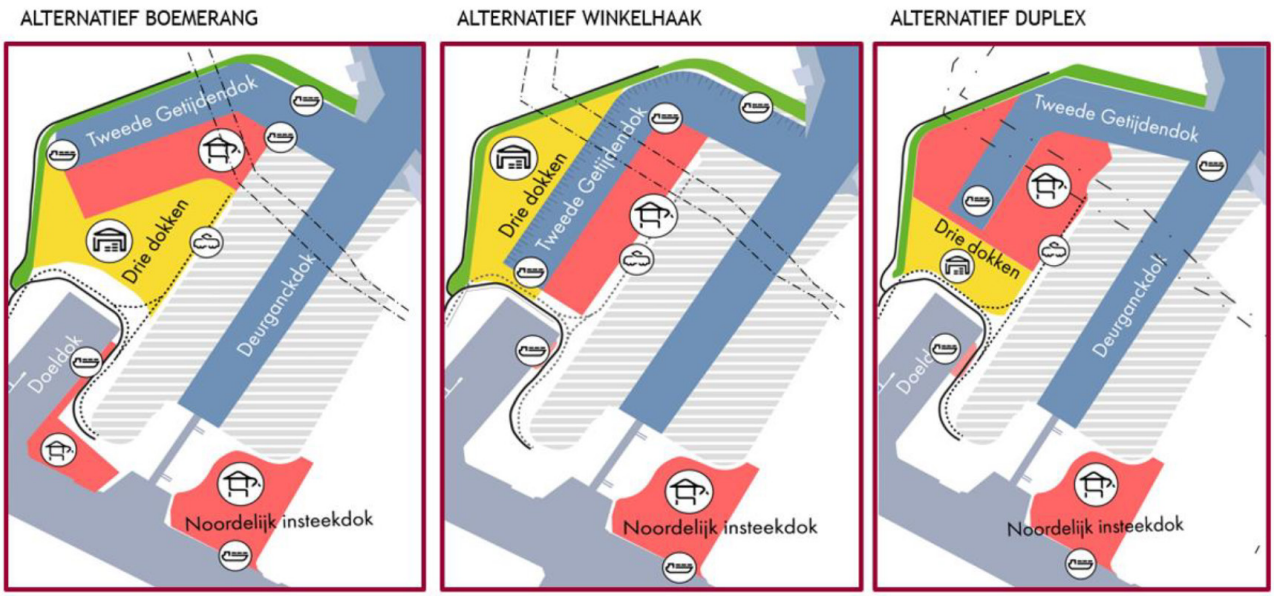
3.1 Temporele resolutie

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 (op basis van de opgetreden getijden, debieten/verblijftijden en stortingen – zie Figuur 2) en de verschillende inrichtingsvarianten. Als invoer voor het MVM worden de opgetreden getijden, debieten/verblijftijden gebruikt in combinatie met de gemeten (referentie) en verhoogde (varianten) storthoeveelheden.

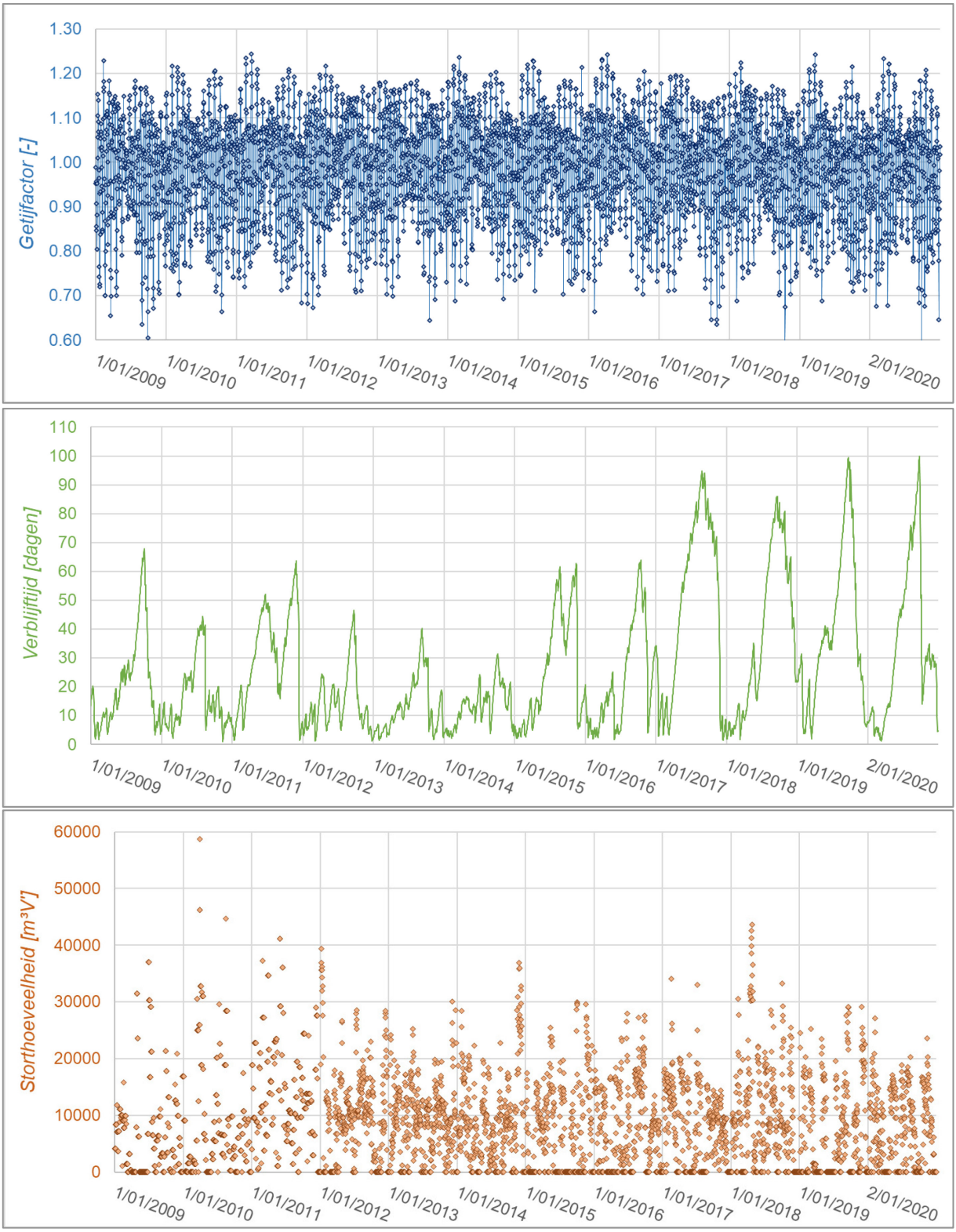
Aangezien het ecologische model, dat door UAntwerpen ingezet wordt voor het inschatten van de veranderingen in primaire productie, gebruik maakt van maandelijkse gegevens, werden de dagelijkse veranderingen in SSC geaggregeerd op maandniveau. Door UAntwerpen wordt een simulatie periode aangehouden voor 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 §3.4 voor de periode 2009-2020.

3.2 Inrichtingsalternatieven

De PON voor Containercluster Linkerscheldeoever van 2020 (SHIP, 2020) bevat twee inrichtings-alternatieven voor het Tweede Getijdendok: 'boemerang' en 'winkelhaak'. In 2021 werd een derde alternatief 'duplex' toegevoegd (DMOW *et al.*, 2021). In voorliggend onderzoek worden de effecten op de sedimentconcentratie in het Schelde-estuarium voor de 3 inrichtingsalternatieven (Figuur 1) onderzocht, zowel voor het basisscenario (i.e. continu storten doorheen het jaar) als voor één scenario waarin gedurende een periode niet gestort wordt omwille van ecologische redenen.



Figuur 1 – Inrichtingsalternatieven 2e getijdendok CCL



Figuur 2 – Waargenomen omgevingscondities: getijfactor (boven), verblijftijd (midden) en storthoeveelheid (onder)

De 3 inrichtingsalternatieven onderscheiden zich qua vorm en hierdoor zal de sedimentatie per alternatief verschillend zijn. Door Witteveen+Bos (mail dd. 27 juli 2021) werd deze sedimentatie ingeschat en dit wordt als vertrekpunt in voorliggende berekeningen gehanteerd. Dit geeft volgende jaarlijkse sedimentatie-hoeveelheden[1]:

- Boemerang: 0,571 MTDS/jaar
- Winkelhaak: 0,675 MTDS/jaar
- Duplex: 0,708 MTDS/jaar

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

3.3 Scenario's mitigatie

Naast de verschillende inrichtingsalternatieven, werden er ook 2 scenario doorgerekend waarbij gedurende een bepaalde periode in het jaar geen extra stortingen gerelateerd aan het onderhoud van het 2GTD worden uitgevoerd. Voor het onderhoud van de andere baggerlocaties worden geen wijzigingen uitgevoerd (reële bagger- en stortstrategie gehanteerd).

Op basis van een analyse van de onderhoudsbaggerwerken van het Deurganckdok (2011-2021), blijkt dat de tussentijd tussen 2 opeenvolgende baggercampagnes in 50% van de tijd groter is dan 8 weken. In de praktijk betekent dit dat bij een langere periode zonder onderhoudsbaggerwerken een impact kan zijn op de operaties omwille van een beperking van de nautische diepgang in het dok. Bij het definiëren van de mitigatie-scenario's is er dan ook van uitgegaan om een periode zonder stortingen van 2 maanden (~ 8 weken) te hanteren.

3.3.1 Mitigatie 1

Het eerste mitigatie-scenario is erop gericht de periode van bloei in de primaire productie in de Boven-Zeeschelde te ontzien. De bloei in de Boven-Zeeschelde wordt immers als zeer waardevol gezien. Door de beperkte diepte en hogere verhouding tussen de eufotische diepte en de mengdiepte in vergelijking met de Beneden-Zeeschelde, ligt de primaire productie van de algen hier hoger. Deze bloei vindt plaats in de zomermaanden, doch gelet op het ruimtelijk verschil tussen deze zone en de stortlocaties, zal er eveneens rekening gehouden worden met een tijdsvertraging tussen het moment van storten en het manifesteren van het effect in de Boven-Zeeschelde (in het MVM is dit meegenomen via de term "STORT_DT"). Op basis van een verkennende analyse is voor dit scenario gekozen om een "stortstop" voor het extra onderhoud uit het 2GTD in te voeren tussen 15 mei en 15 juli. Doordat in deze periode er dus niet gestort wordt, maar het jaarlijkse onderhoudsvolume wel gelijk moet blijven, zal de dagelijkse storthoeveelheid in de overige 10 maanden verhoogd worden (factor 365/304 want gedurende 61 dagen geen stortingen).

3.3.2 Mitigatie 2

Het tweede mitigatie-scenario is erop gericht de periode van bloei in de primaire productie in de Westerschelde te ontzien. Deze bloei vindt plaats in het voorjaar, doch gelet op het ruimtelijk verschil tussen deze zone en de stortlocaties, zal er eveneens rekening gehouden worden met een tijdsvertraging tussen het moment van storten en het manifesteren van het effect in de Westerschelde (in het MVM is dit meegenomen via de term "STORT_DT"). Op basis van een verkennende analyse is voor dit scenario gekozen om een "stortstop" voor het extra onderhoud uit het 2GTD in te voeren tussen 1 maart en 1 mei. Doordat in deze

[1] MTDS: Miljoen Ton Droge Stof

periode er dus niet gestort wordt, maar het jaarlijkse onderhoudsvolume wel gelijk moet blijven, zal de dagelijkse storthoeveel in de overige 10 maanden verhoogd worden (factor 365/304 want gedurende 61 dagen geen stortingen).

3.4 Resultaten - DUPLEX

De maandelijkse veranderingen in SSC langsheen het volledige estuarium werden voor de DUPLEX-variant berekend door middel van het multivariate model op basis van de continue metingen. De resultaten voor de verschillende jaren zijn terug te vinden in Bijlage 1 Resultaten DUPLEX. Figuur 3 toont het verloop van de relatieve toename in de verschillende maanden voor het jaar 2009.

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. Dit is eveneens het patroon dat verwacht wordt. Naarmate meer afwaarts van deze locatie gegaan, is er een afname van de verandering, die toegeschreven kan worden aan (1) de berekende respons met het MVM ter hoogte van meetpaal Lillo en (2) de toename in getijvolume naar afwaarts wat zorgt voor een “verdunning” van de gestorte sedimenten en hiermee een kleinere verandering in SSC. Naar opwaarts toe, is er eveneens een afname van de verandering. Dit patroon komt voort uit de berekende respons met het MVM ter hoogte van de stations Kruibeke en Weert. Voor 2017 blijft het effect van de extra stortingen beperkt tot het station Driegoten-Weert, vanaf 2017 kan er in bepaalde periodes ook een toename vastgesteld worden verder opwaarts (in oktober/november 2017 tot ca. KM 135). Dit is in belangrijke mate gerelateerd aan de langere droge periodes in deze jaren, wat zich vertaalt in verblijftijden van 70 tot zelfs 100 dagen (Figuur 2 - midden).

Temporeel wordt de sterkste toename in SSC (variërend van +6% tot +27% 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 huidige situatie. 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.

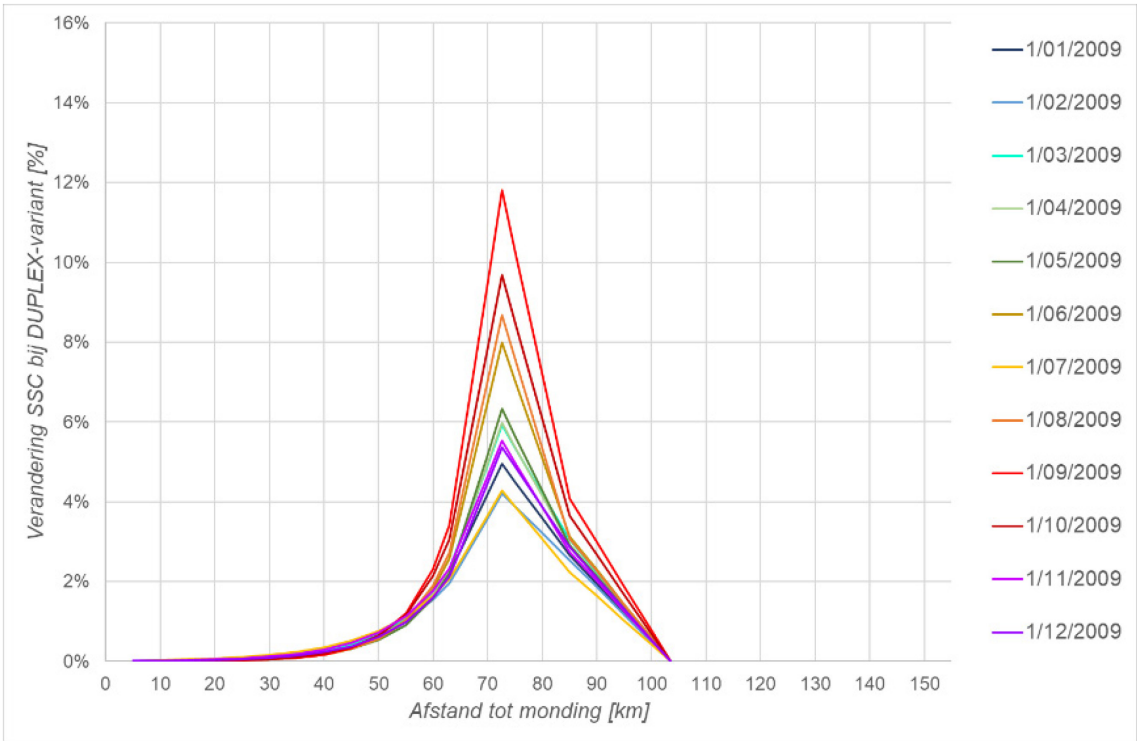
De kleinste toename in SSC (variërend van +3% tot +5% ter hoogte van Oosterweel) wordt waargenomen tijdens de wintermaanden (december - april). Dit stemt overeen met de periode van hogere bovenafvoer, waarbij het sediment uit het estuarium “uitgespoeld” wordt.

In Bijlage 4 Resultaten mitigatie DUPLEX worden de maandelijkse veranderingen in SSC langsheen het volledige estuarium getoond door middel van het multivariate model op basis van de continue metingen voor de twee mitigatie-scenario’s. Aangezien uit de ecologische doorrekening volgde dat het grootste effect gerealiseerd wordt bij mitigatie-scenario 2, zal enkel dit scenario doorgerekend worden bij de twee andere inrichtingsalternatieven.

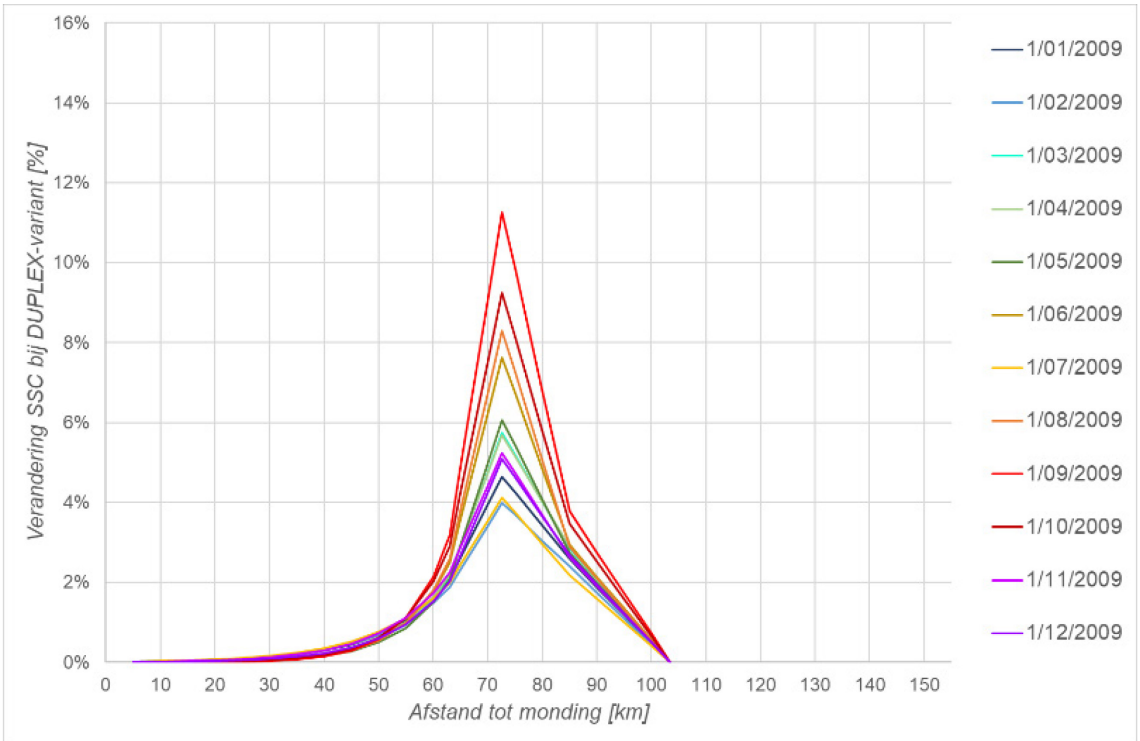
3.5 Resultaten - WINKELHAAK

De maandelijkse veranderingen in SSC langsheen het volledige estuarium werden voor de WINKELHAAK-variant berekend door middel van het multivariate model op basis van de continue metingen. De resultaten voor de verschillende jaren zijn terug te vinden in Bijlage 2 Resultaten WINKELHAAK, zowel voor het basisscenario als voor het 2^{e} mitigatie-scenario.

Figuur 4 toont het verloop van de relatieve toename in de verschillende maanden voor het jaar 2009. Het patroon is quasi identiek aan dit voor de DUPLEX-variant. De toename ligt echter ietwat lager, wat toe te schrijven is aan de kleinere sedimentatiehoeveelheden die horen bij deze inrichtingsvariant. Voor 2009 blijft dit verschil beperkt tot 0,5% (maand september).



Figuur 3 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 - DUPLEX

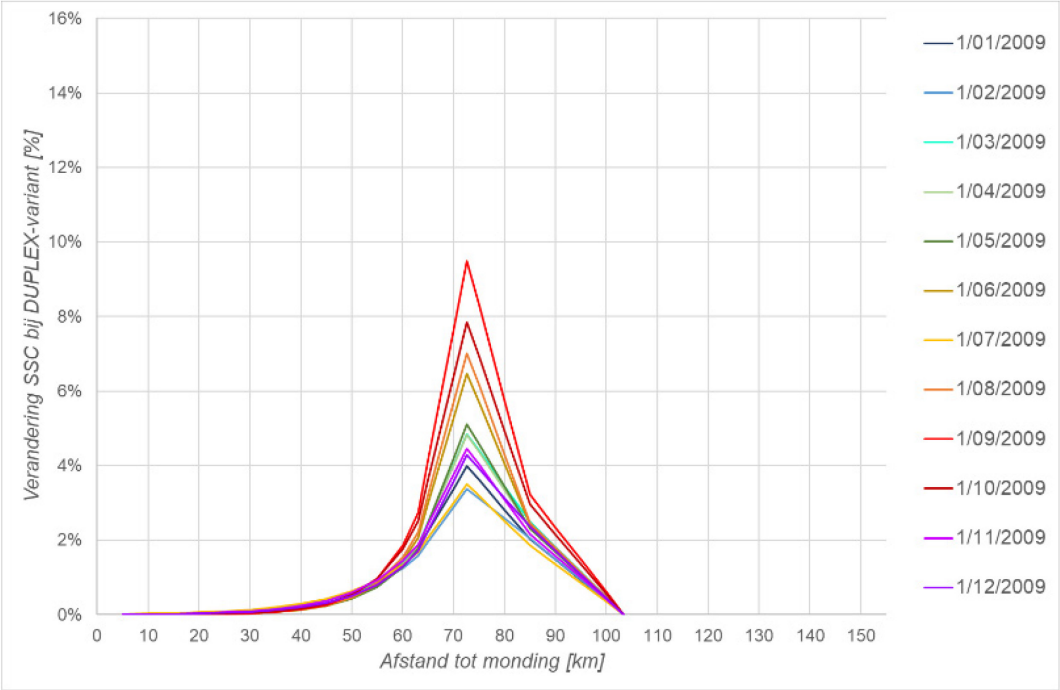


Figuur 4 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – WINKELHAAK

3.6 Resultaten - BOEMERANG

De maandelijkse veranderingen in SSC langsheen het volledige estuarium werden voor de BOEMERANG-variant berekend door middel van het multivariate model op basis van de continue metingen. De resultaten voor de verschillende jaren zijn terug te vinden in Bijlage 3 Resultaten BOEMERANG, zowel voor het basisscenario als voor het 2e mitigatie-scenario.

Figuur 5 toont het verloop van de relatieve toename in de verschillende maanden voor het jaar 2009. Het patroon is quasi identiek aan dit voor de andere varianten. De toename ligt echter ietwat lager, wat toe te schrijven is aan de kleinere sedimentatiehoeveelheden die horen bij deze inrichtingsvariant. Voor 2009 blijft dit verschil ten opzichte van de winkelhaak-variant beperkt tot 1,8% (maand september).



Figuur 5 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – BOEMERANG

4 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 onderhoudsbagger-werken niet gekend is, werd de totale jaarlijkse 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 3 verschillende inrichtingsalternatieven. Voor alle alternatieven is de maximale toename in SSC (1) ruimtelijk te vinden ter hoogte van Oosterweel (nabij de stortlocaties – 5,0 ± 1,2% voor duplex-variant wanneer alle maanden beschouwd worden) en (2) treedt vooral op het einde van de zomer (5,8 ± 1,5% te Oosterweel voor de maanden augustus-oktober). Zowel opwaarts (Kruibeke) als afwaarts (Lillo) van de stortlocaties neemt de relatieve verandering in SSC af (resp. 2,7 ± 0,3% en 2,2 ± 0,3%). Daarnaast wordt berekend dat de kleinste toename in SSC plaatsvindt tijdens de wintermaanden (4,4 ± 0,6% te Oosterweel voor de maanden januari-maart), wanneer het sediment uitgespoeld wordt door de hogere bovenafvoer. De verschillen tussen de verschillende inrichtings-alternatieven zijn eerder beperkt (resp. 4,1% ± 1,0% | 4,8% ± 1,1% | 5,0% ± 1,2% voor boemerang, winkelhaak en duplex te Oosterweel), waarbij het verschil in de ingeschatte onderhoudshoeveelheden de oorzaak zijn van de verschillen in SSC. Hierdoor zal bij het 'boemerang'-alternatief de toename het kleinst zijn, terwijl de 'winkelhaak' en de 'duplex' gelijkaardige toenames geven. Merk op dat de verschillen tussen de inrichtingsalternatieven een ordegrootte kleiner zijn dan de natuurlijke variabiliteit van het systeem.

Naast de basisscenario's werden ook 2 mitigatie-scenario's doorgerekend. In deze scenario's werd gedurende 2 maanden een "stortstop" voor de extra onderhoudsvolumes gerelateerd aan het 2GTD gehanteerd: het eerste scenario had tot doel de primaire productie in de Boven-Zeeschelde minder te beïnvloeden, het tweede scenario had tot doel de primaire productie in de Westerschelde minder te beïnvloeden. In beide scenario's is er logischerwijs quasi[2] geen verandering in SSC gedurende de stortstop, terwijl in de overige maanden een lichte toename is in de verandering in SSC. Het belang van deze wijzigingen in verandering van SSC op de ecologische parameters (met name primaire productie), zal in het ecologisch onderzoek beoordeeld worden.

[2] Doordat het MVM in het effect van de stortingen ook het tijdsvertragend effect meeneemt, kan er nog een toename in de SSC zijn gedurende de stortstop.

5 Referenties

DMOW; Port of Antwerp; Maatschappij LinkerScheldeOever. (2021). Tussennota voor CCL - Samenvatting

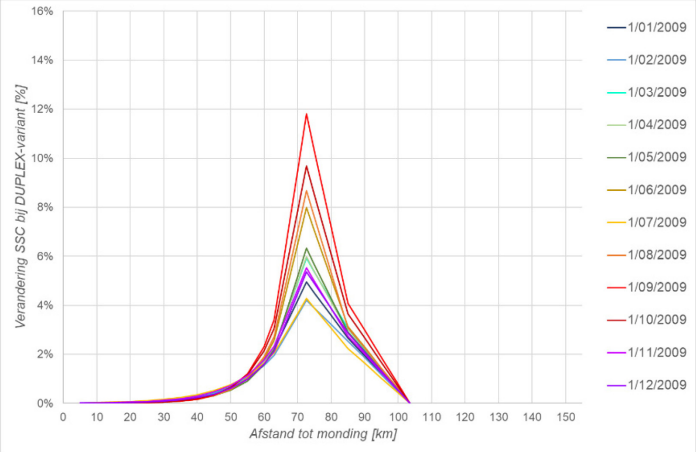
International Marine and Dredging Consultants. (2017). Multivariate analyse van de sedimentconcentraties in de Zeeschelde op basis van Omes oppervlakte stalen. 59 pp.

Plancke, Y.; De Maerschalck, 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. 25 pp.

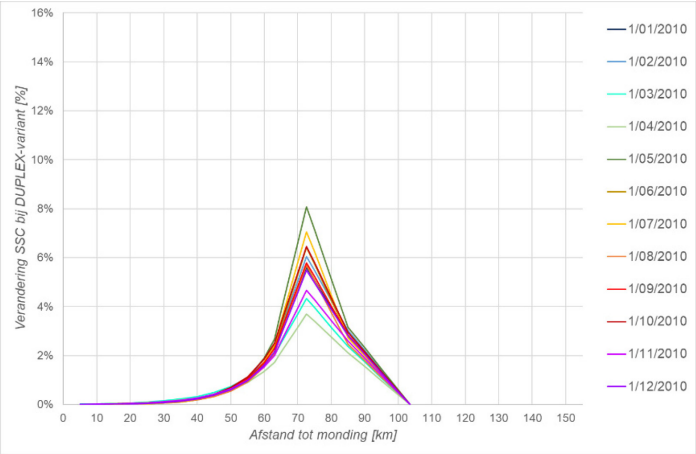
Plancke, Y.; Smolders, S.; Mostaert, F. (2020). Agenda v/d Toekomst – Sedimenttransport op verschillende tijdschalen: deelrapport 14. Data-analyse met behulp van een multivariaat model naar invloedsfactoren op de sedimentconcentratie in de Zeeschelde. versie 3.0. *WL Rapporten*, 17_088_14. Waterbouwkundig 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.

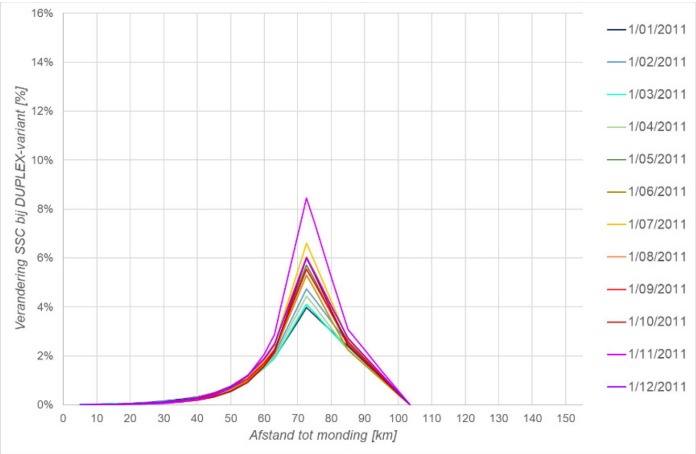
Bijlage 1 Resultaten DUPLEX



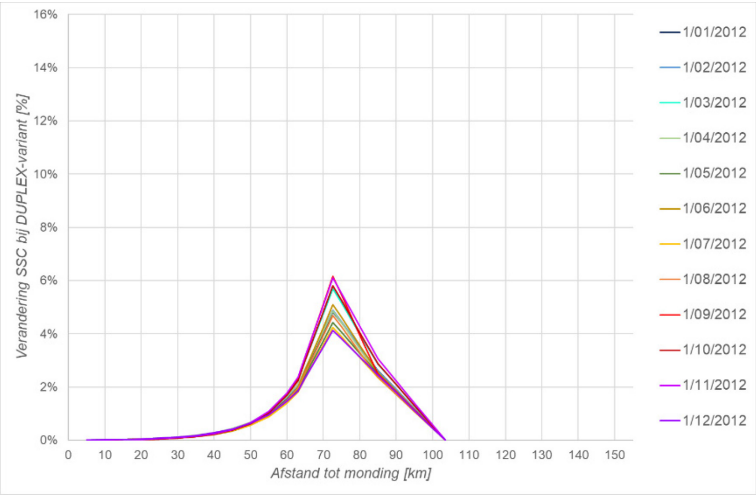
Figuur 6 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – DUPLEX



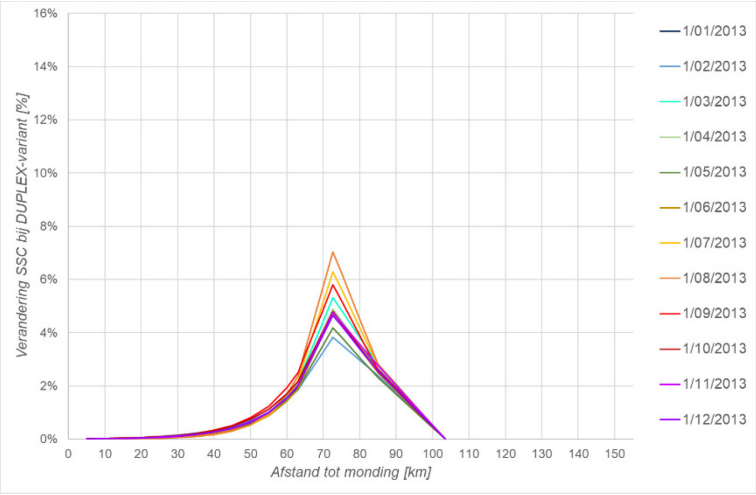
Figuur 7 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2010 – DUPLEX



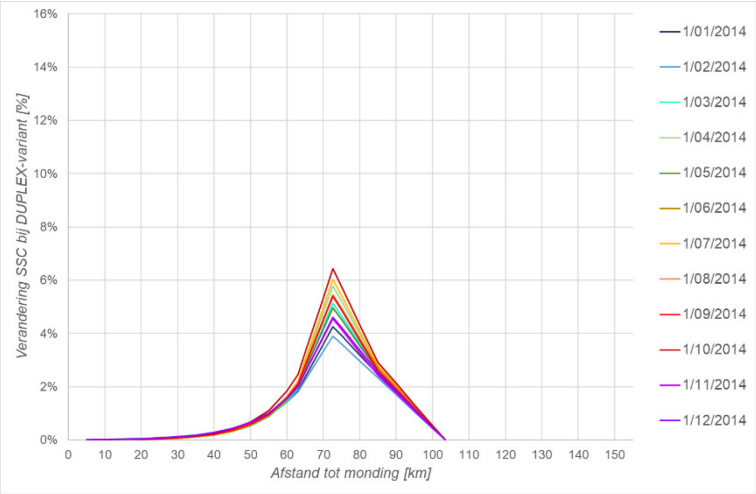
Figuur 8 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2011 – DUPLEX



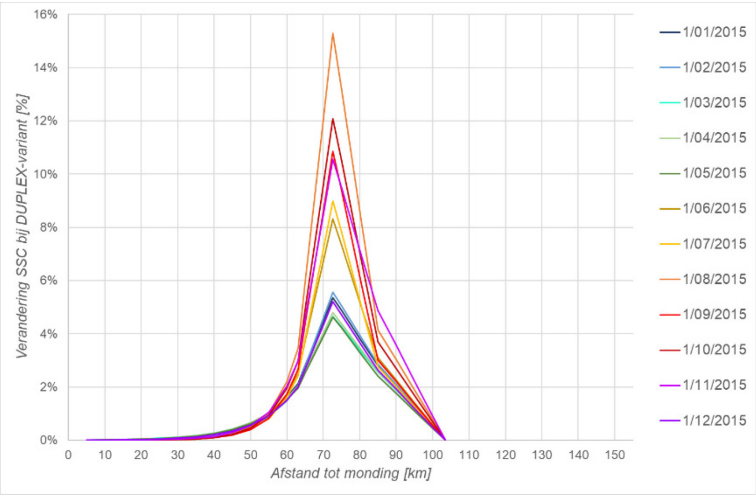
Figuur 9 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2012 – DUPLEX



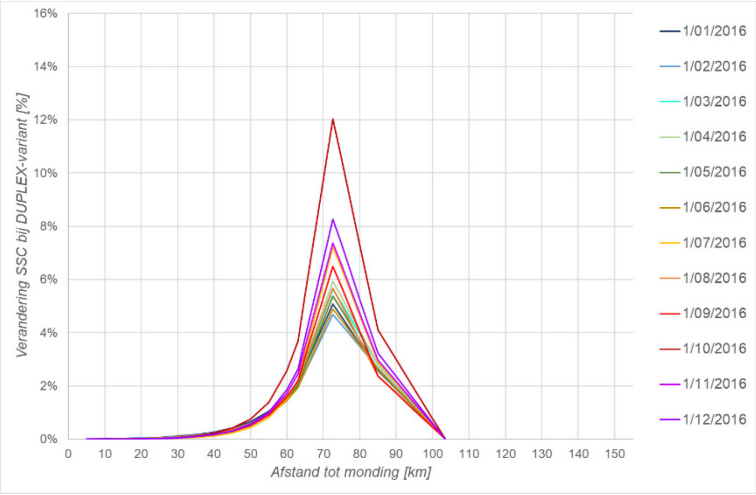
Figuur 10 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2013 – DUPLEX



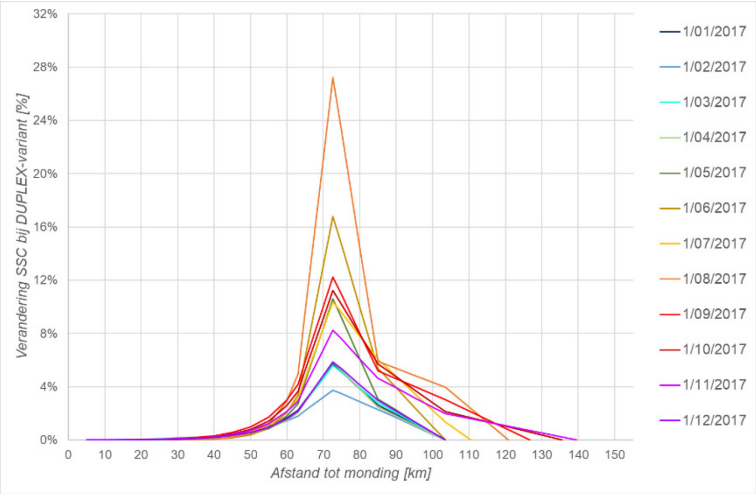
Figuur 11 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2014 – DUPLEX



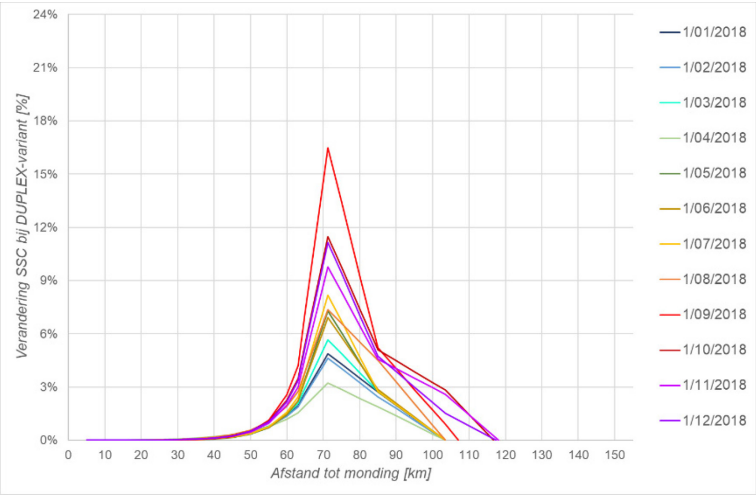
Figuur 12 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2015 – DUPLEX



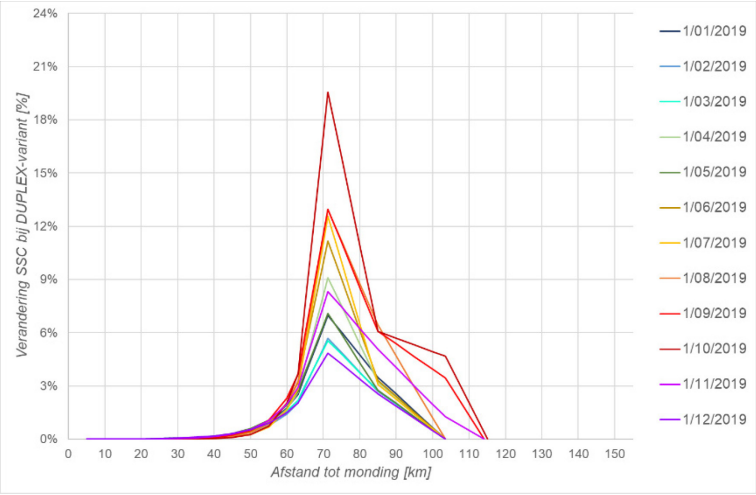
Figuur 13 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2016 – DUPLEX



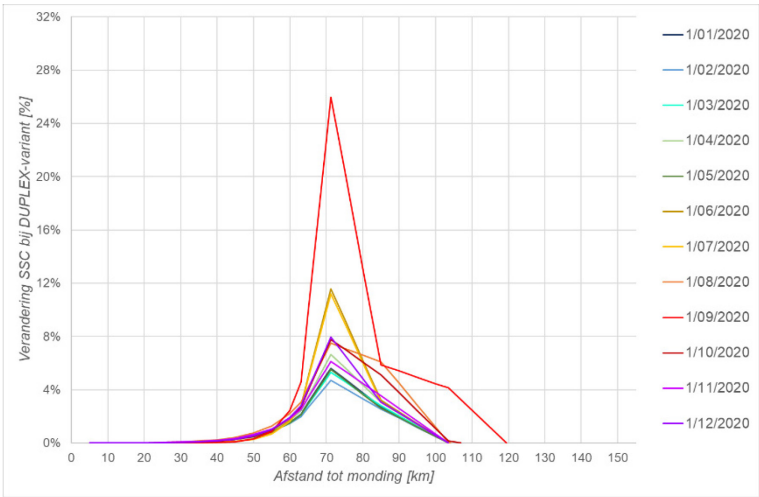
Figuur 14 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2017 – DUPLEX



Figuur 15 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2018 – DUPLEX

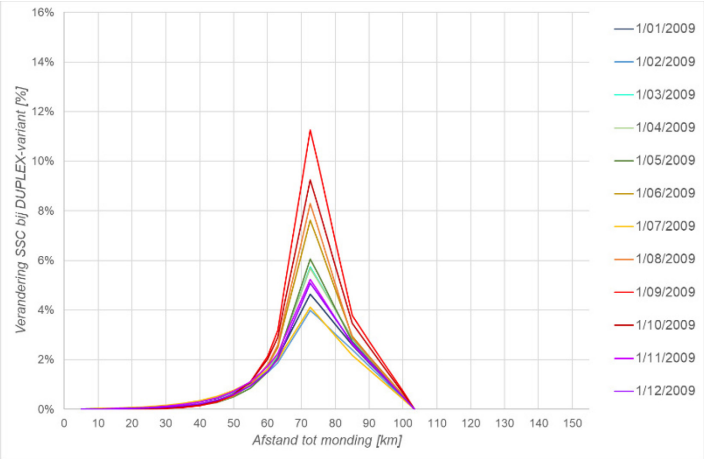


Figuur 16 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2019 – DUPLEX

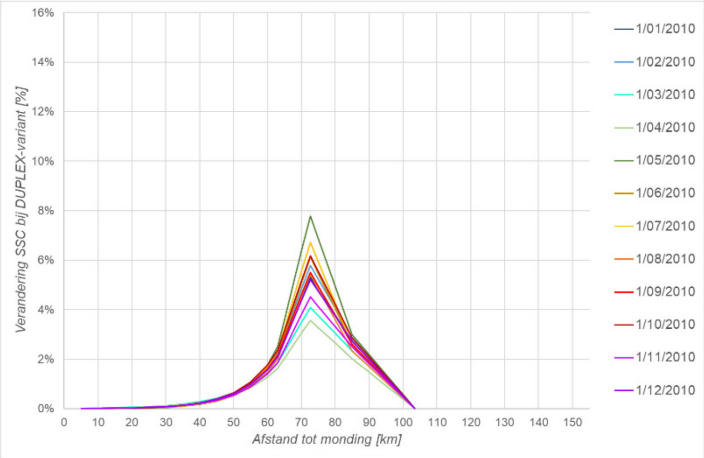


Figuur 17 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2020 – DUPLEX

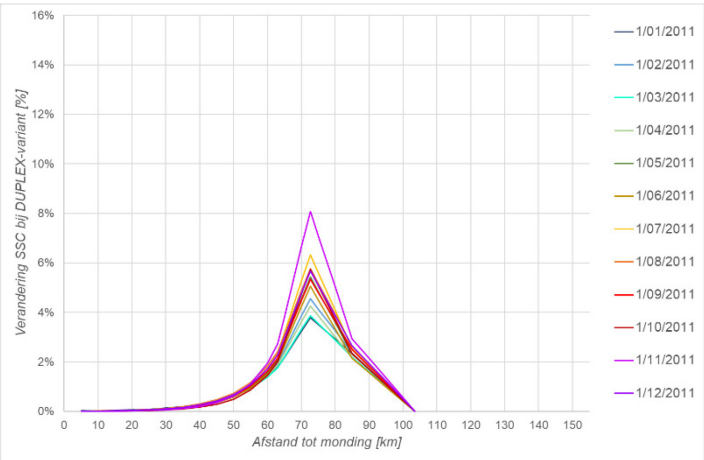
Bijlage 2 Resultaten WINKELHAAK



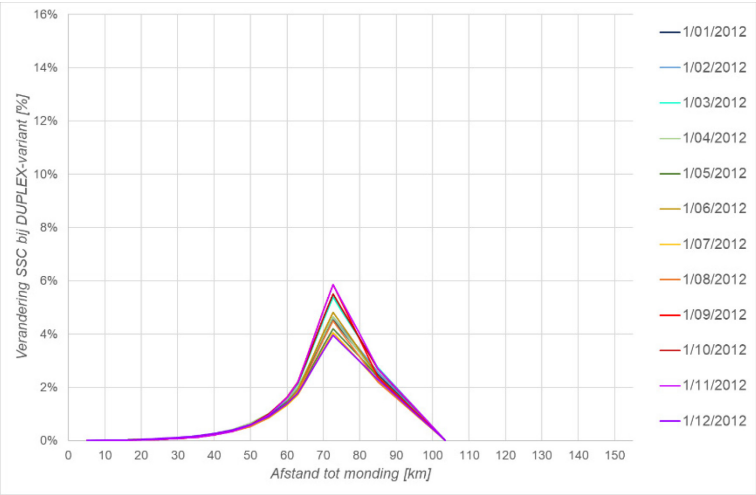
Figuur 18 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – WINKELHAAK



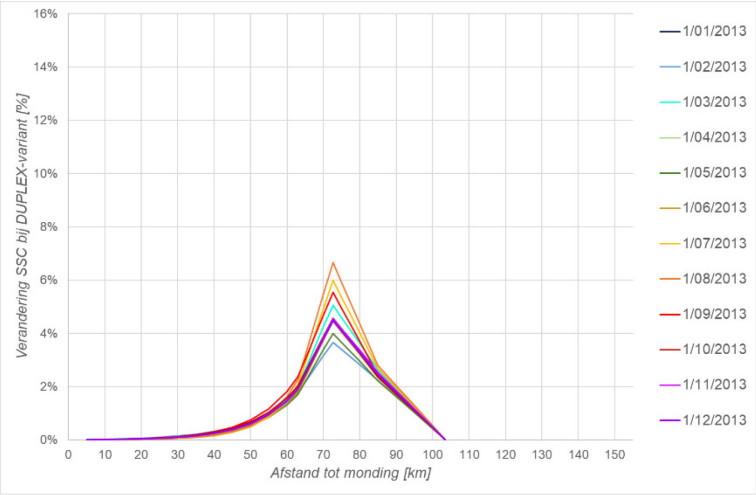
Figuur 19 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2010 – WINKELHAAK



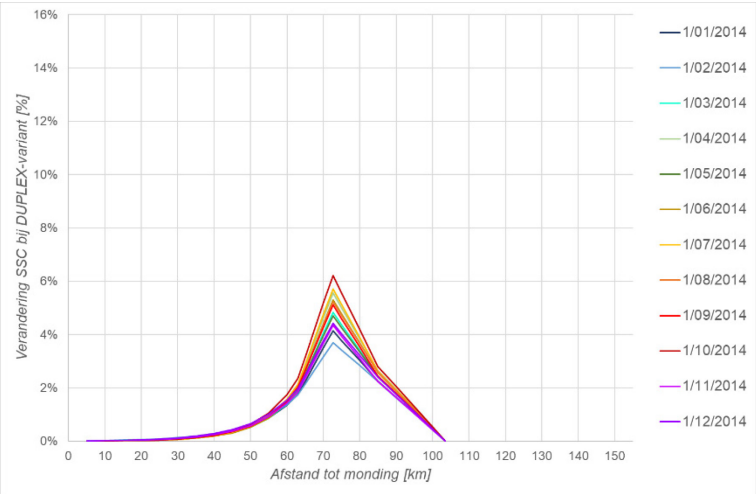
Figuur 20 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2011 – WINKELHAAK



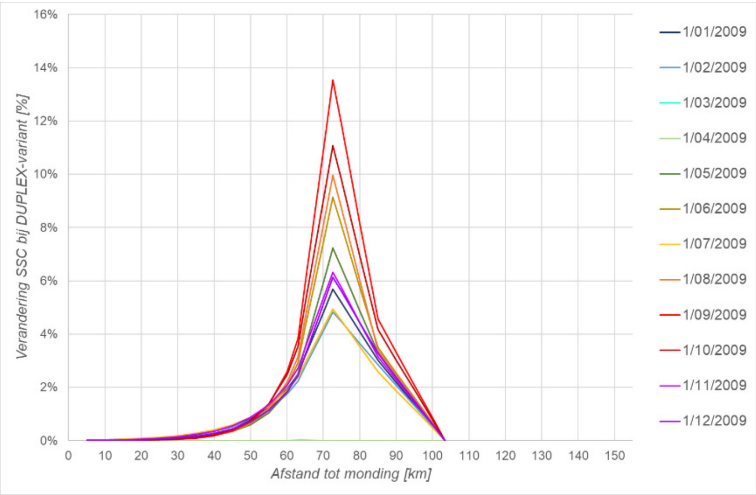
Figuur 21 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2012 – WINKELHAAK



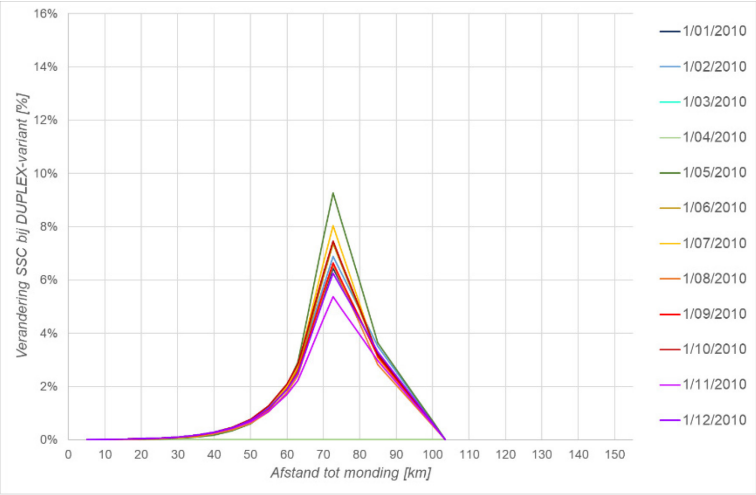
Figuur 22 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2013 – WINKELHAAK



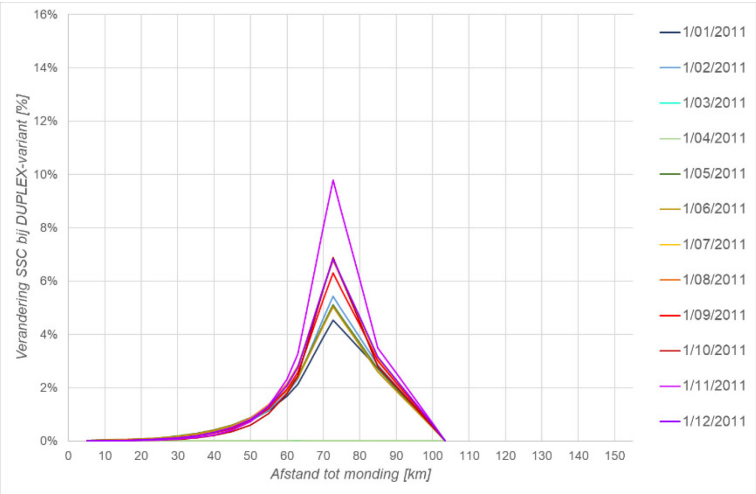
Figuur 23 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2014 – WINKELHAAK



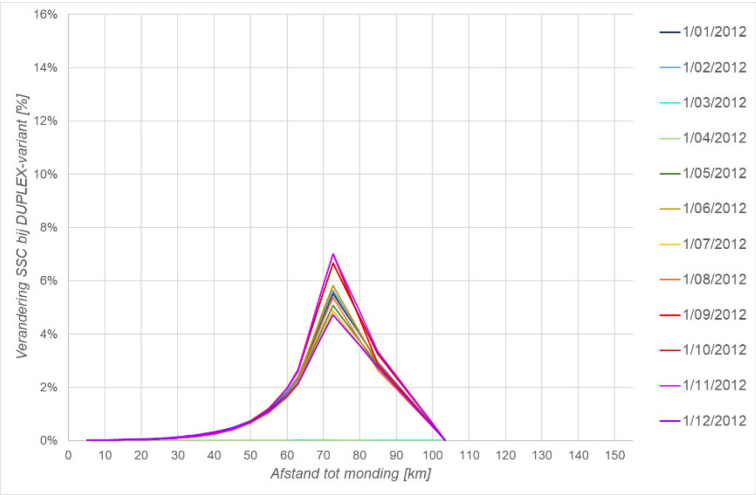
Figuur 24 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – WINKELHAAK mitigatie 2



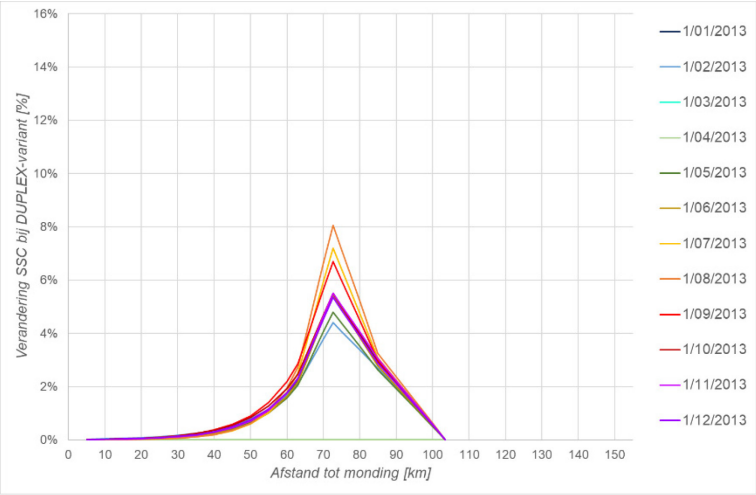
Figuur 25 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2010 – WINKELHAAK mitigatie 2



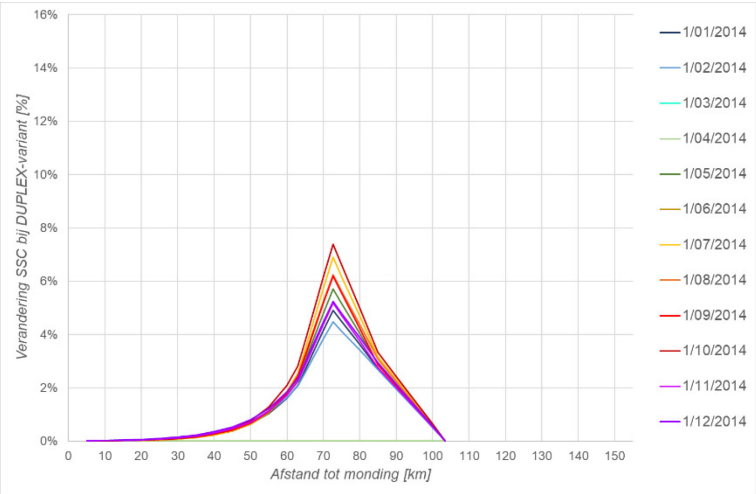
Figuur 26 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2011 – WINKELHAAK mitigatie 2



Figuur 27 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2012 – WINKELHAAK mitigatie 2

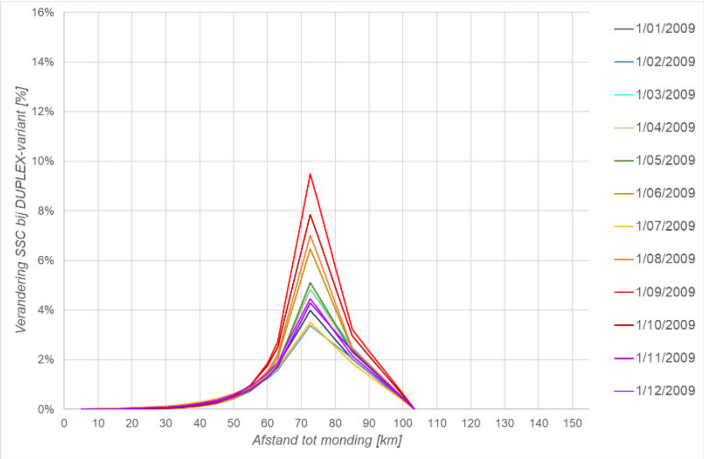


Figuur 28 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2013 – WINKELHAAK mitigatie 2

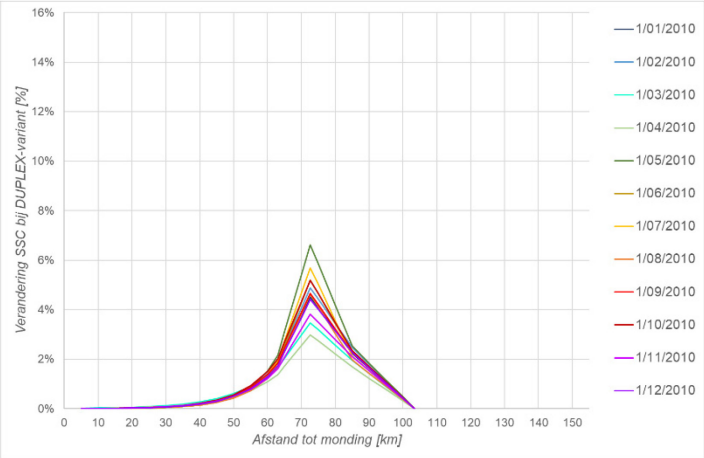


Figuur 29 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2014 – WINKELHAAK mitigatie 2

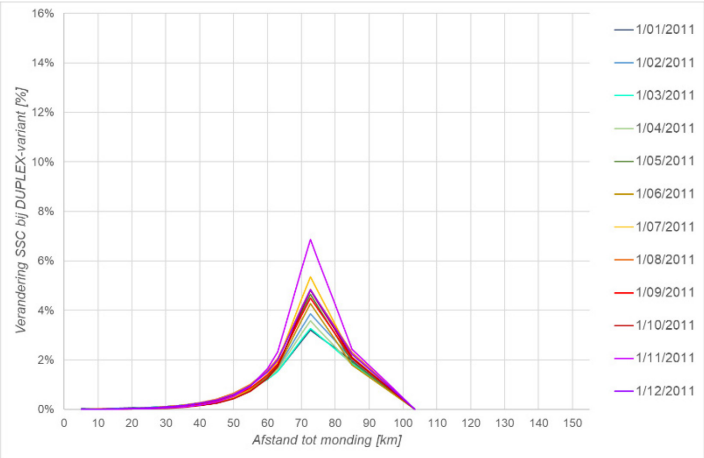
Bijlage 3 Resultaten BOEMERANG



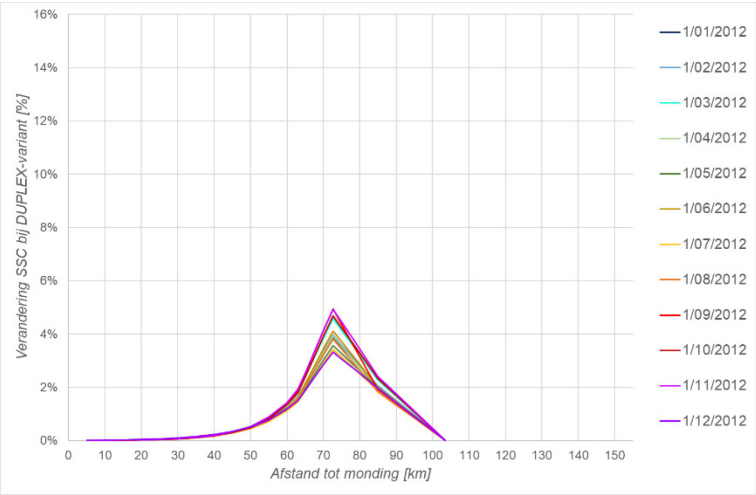
Figuur 30 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – BOEMERANG



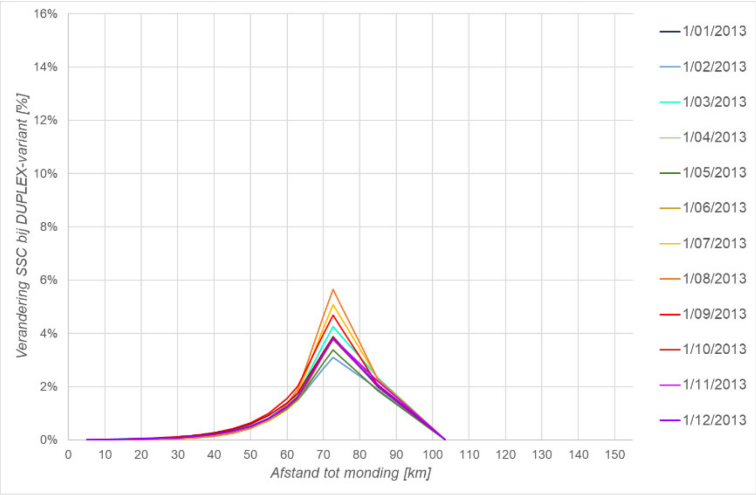
Figuur 31 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2010 – BOEMERANG



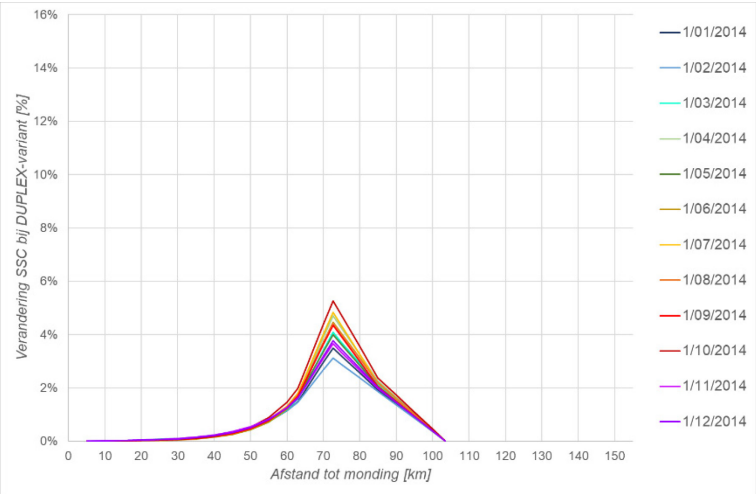
Figuur 32 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2011 – BOEMERANG



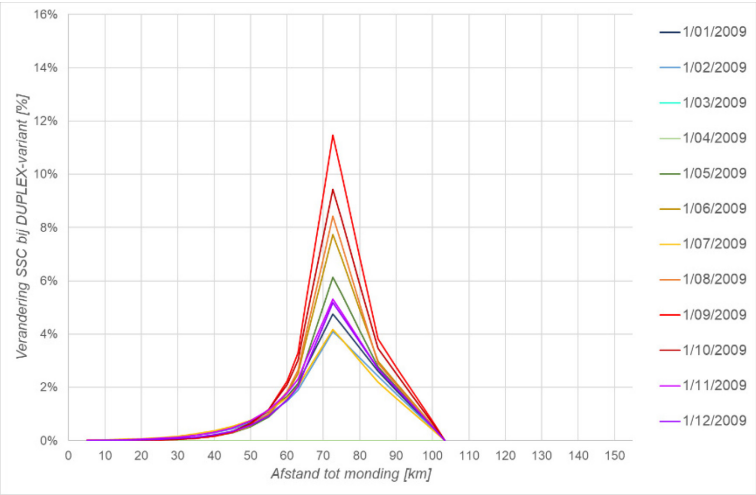
Figuur 33 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2012 – BOEMERANG



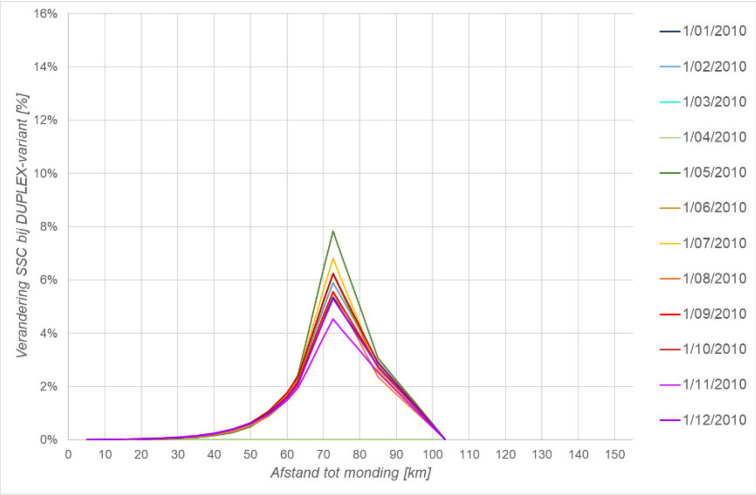
Figuur 34 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2013 – BOEMERANG



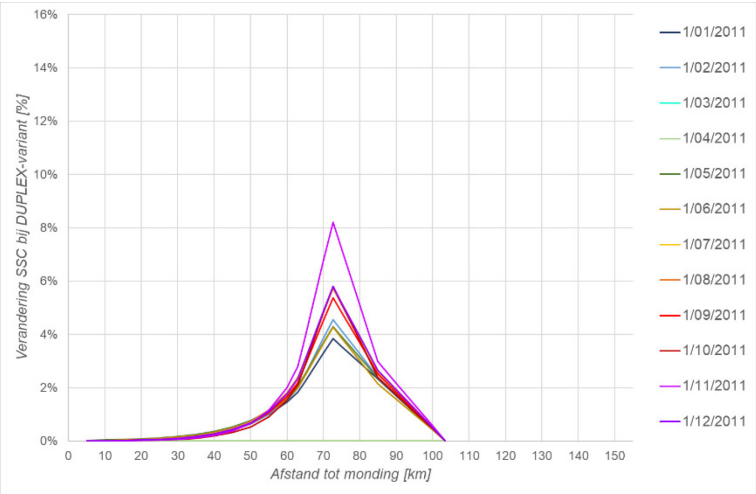
Figuur 35 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2014 – BOEMERANG



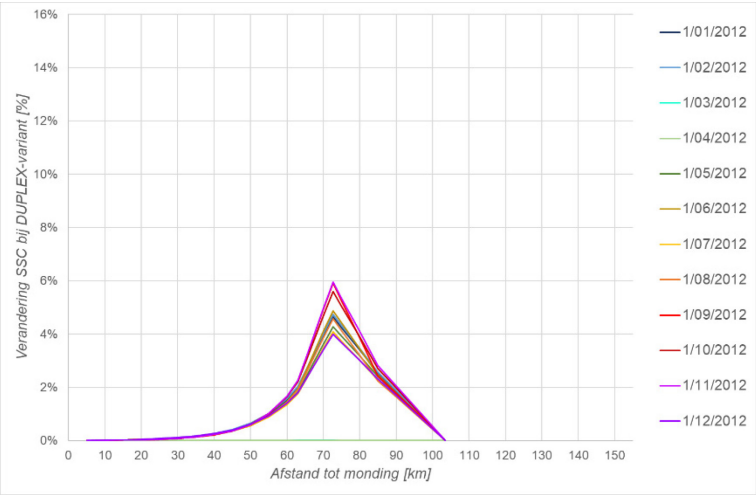
Figuur 36 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – BOEMERANG mitigatie 2



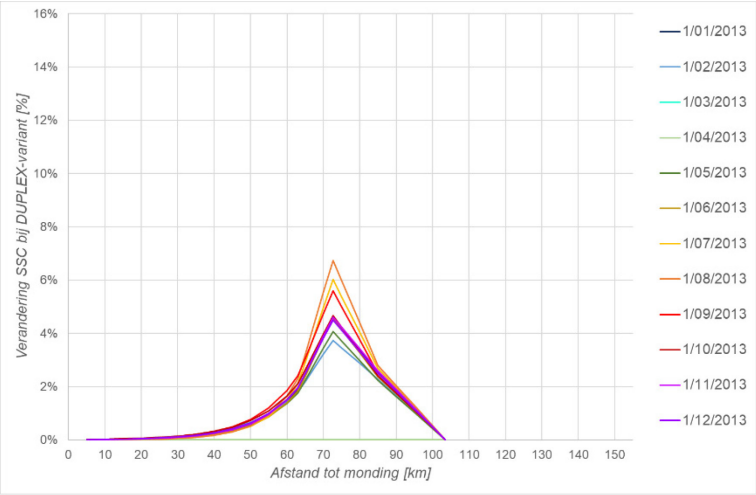
Figuur 37 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2010 – BOEMERANG mitigatie 2



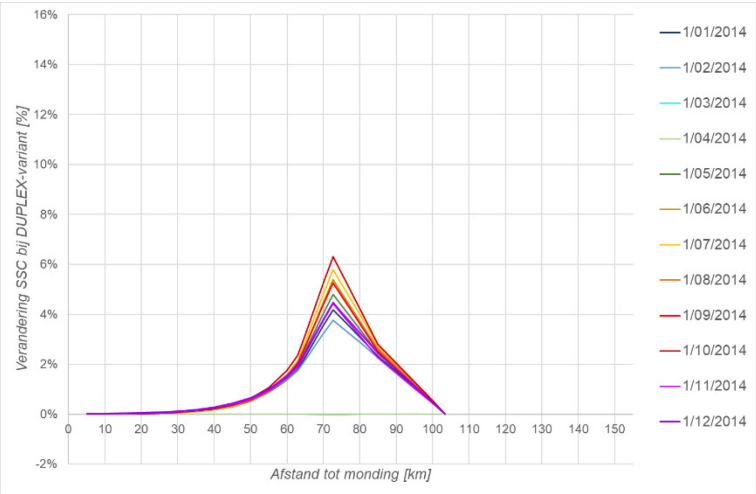
Figuur 38 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2011 – BOEMERANG mitigatie 2



Figuur 39 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2012 – BOEMERANG mitigatie 2

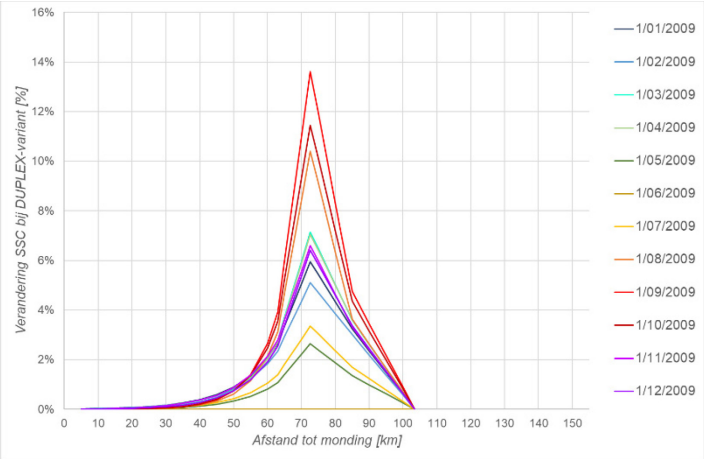


Figuur 40 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2013 – BOEMERANG mitigatie 2

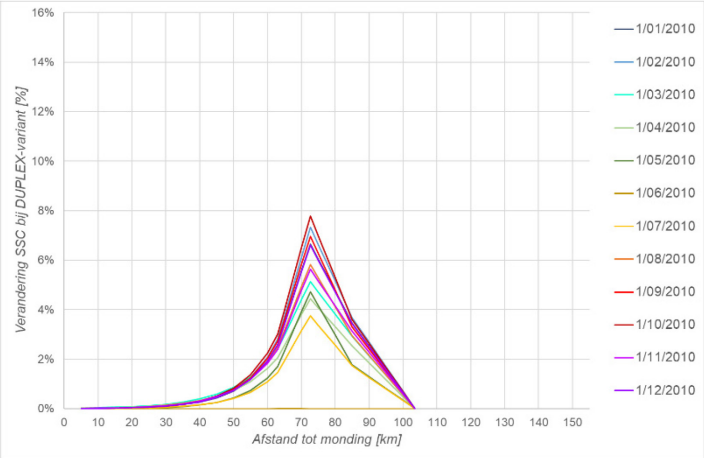


Figuur 41 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2014 – BOEMERANG mitigatie 2

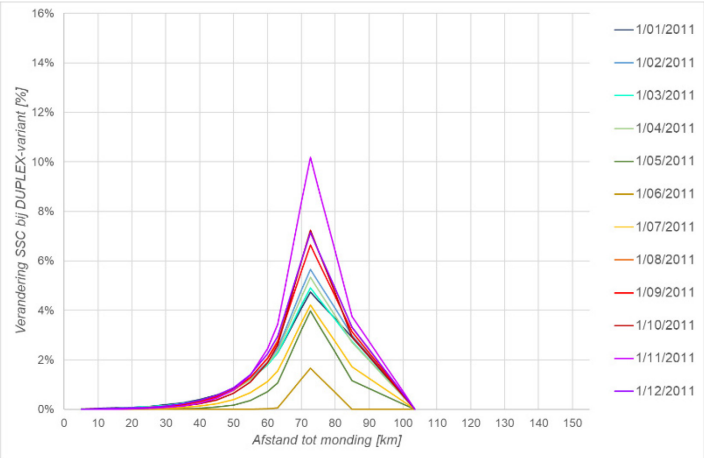
Bijlage 4 Resultaten mitigatie DUPLEX



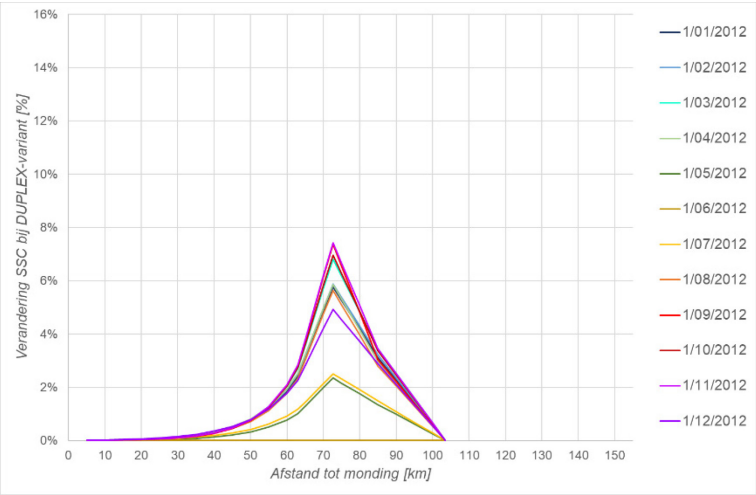
Figuur 42 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – DUPLEX mitigatie 1



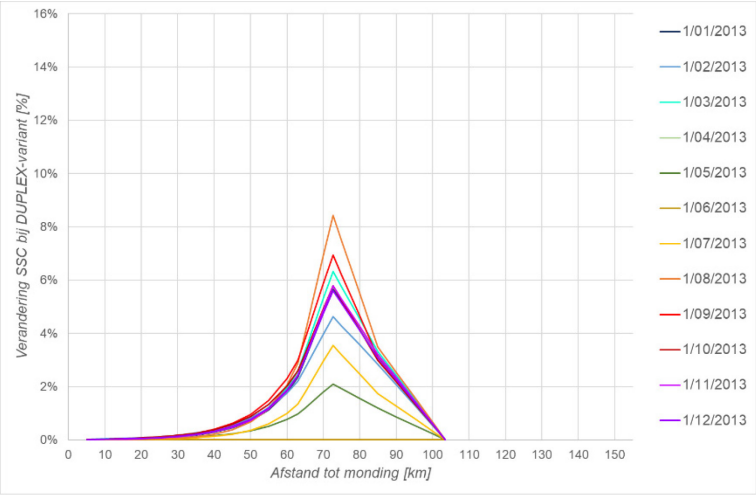
Figuur 43 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2010 – DUPLEX mitigatie 1



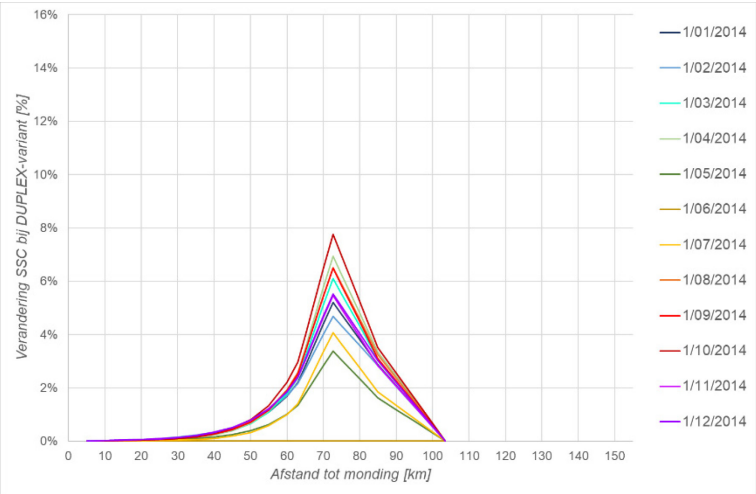
Figuur 44 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2011 – DUPLEX mitigatie 1



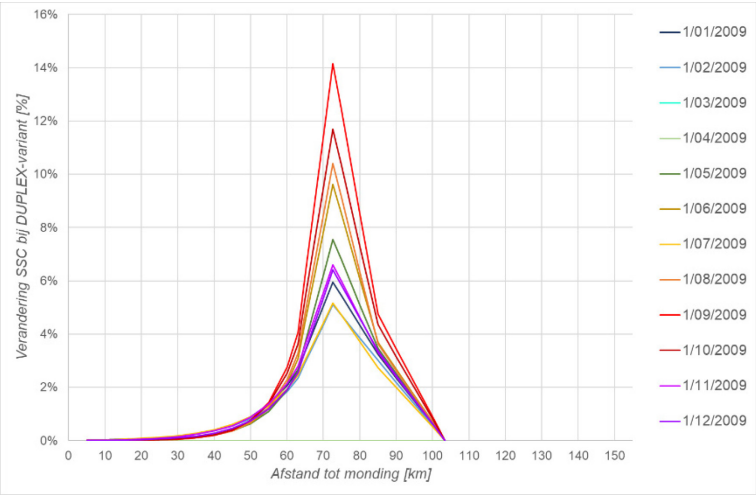
Figuur 45 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2012 – DUPLEX mitigatie 1



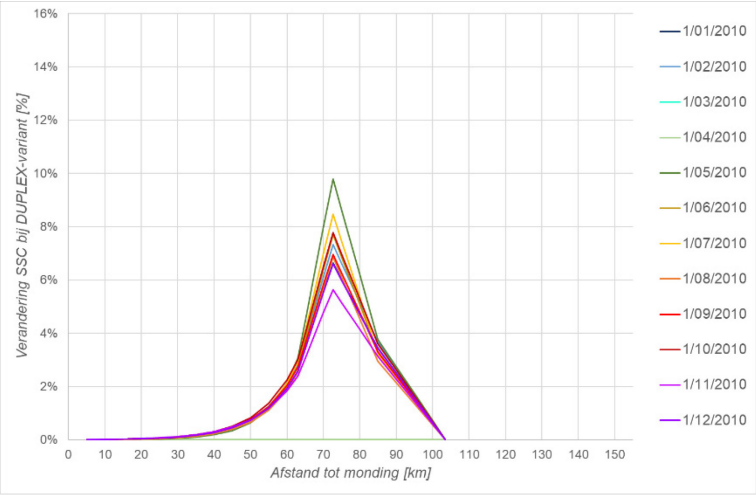
Figuur 46 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2013 – DUPLEX mitigatie 1



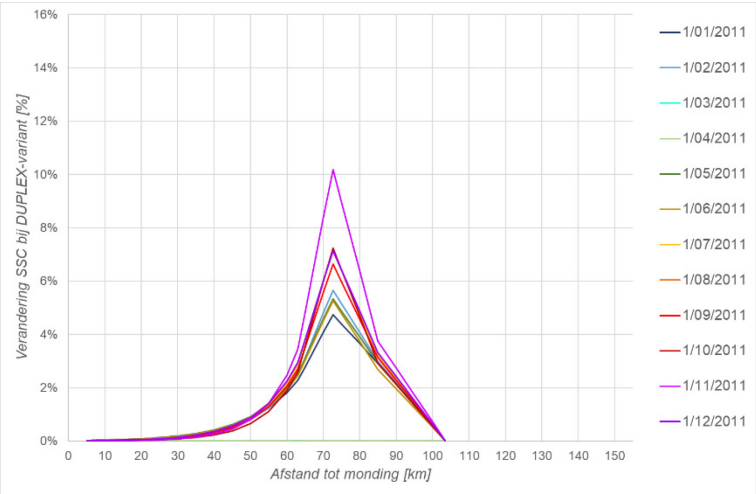
Figuur 47 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2014 – DUPLEX mitigatie 1



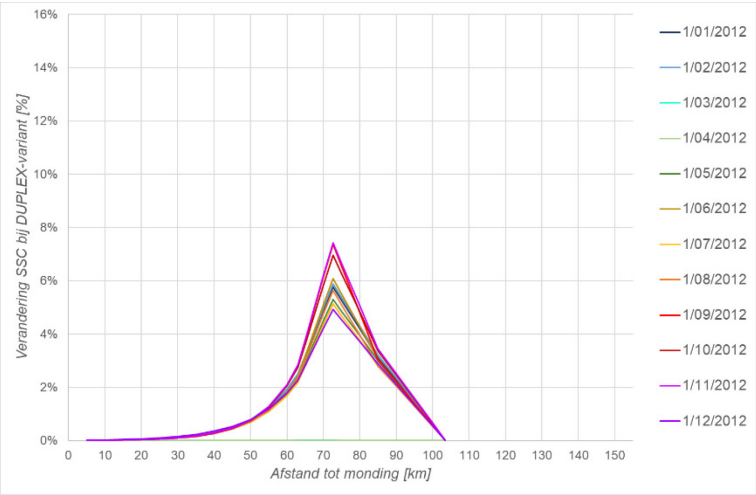
Figuur 48 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2009 – DUPLEX mitigatie 2



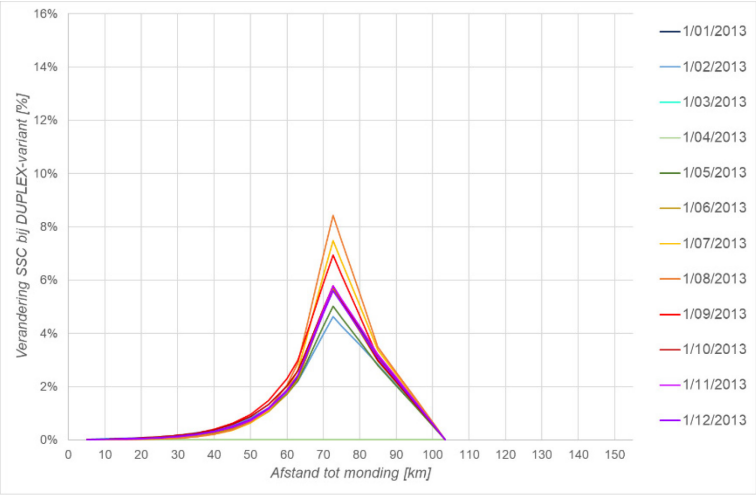
Figuur 49 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2010 – DUPLEX mitigatie 2



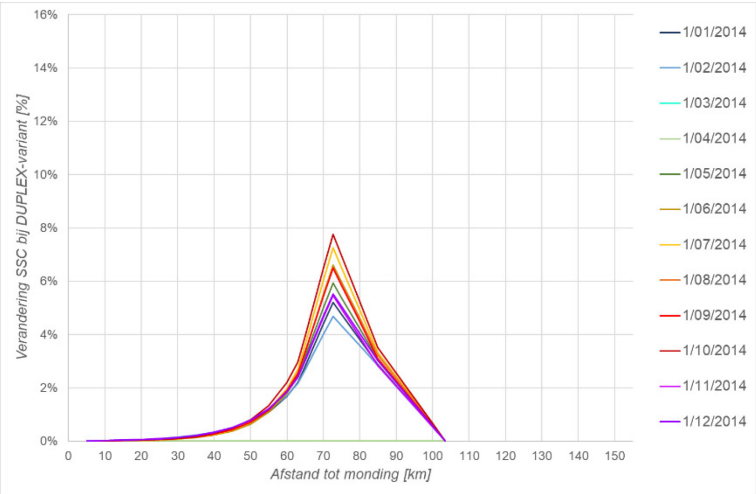
Figuur 50 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2011 – DUPLEX mitigatie 2



Figuur 51 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2012 – DUPLEX mitigatie 2



Figuur 52 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2013 – DUPLEX mitigatie 2



Figuur 53 – Verandering in SSC (maandelijks) voor het jaar 2014 – DUPLEX mitigatie 2

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