



Vlaanderen
is wetenschap



24_052_1
WL rapporten

Baggeroverleg Westerschelde

Analyse van de sedimentatie ter hoogte van
de drempel van Hansweert

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Baggeroverleg Westerschelde

Analyse van de sedimentatie ter hoogte van de drempel van Hansweert

Plancke, Y.; Meire, D.

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 2025
D/2025/3241/228

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Plancke, Y.; Meire, D. (2025). Baggeroverleg Westerschelde: Analyse van de sedimentatie ter hoogte van de drempel van Hansweert. Versie 4.0. WL Rapporten, 24_052_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

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

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Maritieme Toegang	Ref.:	WL2025R24_052_1
Keywords (3-5):	Morfologie, sedimentatie/erosie, baggeren, Westerschelde		
Kennisdomeinen	Sediment > Niet-cohesief > in situ metingen Morfologie > Erosie/sedimentatie > in situ metingen Morfologie > Baggeren en storten > in situ metingen		
Tekst (p.):	25	Bijlagen (p.):	34
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

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

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Meire, D.	Signed by:Dieter Meire (Signature) Signed at:2025-08-19 14:34:52 +02:00 Reason:Ik keur dit document goed  
Projectleider:	Plancke, Y.	Signed by:Yves Plancke (Signature) Signed at:2025-08-22 13:17:13 +02:00 Reason:Ik keur dit document goed  

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door:Bellafkih Abdelkarim Getekend op:2025-07-28 12:07:47 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed  
-----------------	---------------	--

Abstract

In het kader van het onderzoeksprogramma Agenda voor de Toekomst en eveneens in het kader van de huidige stortstrategie, werd een analyse uitgevoerd van de sedimentatie ter hoogte van de drempel van Hansweert voor de periode 2007-2016 en 2016-2019.

In dit rapport worden de eerdere analyses uitgebreid in de tijd voor de periode 2020-2024. Hiervoor werden eerst de baggervrije periodes geselecteerd waarvoor bathymetrische (MBES) opnames beschikbaar zijn. Op deze manier kunnen de natuurlijke sedimentatieprocessen vastgesteld worden. Vervolgens werd een analyse uitgevoerd waarbij enerzijds de sedimentatiesnelheden voor verschillende deelvakken werden berekend en waarbij anderzijds onderzocht welke parameters een verklaring kunnen bieden voor de variatie in sedimentatiesnelheid.

Voor de afwaartse vakken langsheen de groene boeienzijde (vak 1-3) is het patroon gelijkaardig: de sedimentatiesnelheden vertonen hier een stijging in de periode 2015-2016, waarbij de sedimentatiesnelheid toeneemt van ca. 5 cm/week (voor 2015) tot ca. 20 cm/week (na 2016). Voor de opwaartse vakken langsheen de groene boeienzijde (vak 4-5) is er ook een toename, maar deze treedt geleidelijk op over de volledige periode van deze analyse (2007-2024). De vakken centraal op de drempel en langs de rode boeienzijde kennen een minder uitgesproken sedimentatie.

Aan de hand van een multivariaat statistisch model is getracht een inschatting te maken van welke aspecten (waterbeweging, morfologie, stortingen) een significante bijdrage leveren aan de sedimentsnelheid ter hoogte van de drempel van Hansweert. Uit de analyse blijkt dat vooral de morfologie een verklarende rol speelt. Belangrijk hierbij is de positie (helling, afstand tot vaargeul) van het talud tussen het plateau langs de oostrand van de Platen van Ossensisse en de vaargeul. Ook voor enkele stortzones bleek er een significante bijdrage gevonden te worden, met name stortzone SH51 voor de opwaartse vakken van de drempel en DPHW voor de afwaartse vakken. Wel dient hierbij opgemerkt te worden dat deze analyse bijzonder moeilijk in uitvoering is, omwille van de onzekerheid rond de snelheid van retourstroom van het gestorte sediment. Hiervoor werd uiteindelijk een snelheid gekozen die representatief is voor de migratie van bodemvormen en het bodemtransport.

Tenslotte concludeert dit onderzoek dat de huidige ligging van de vaargeul niet optimaal is in relatie tot de huidige morfologie nabij de drempel van Hansweert.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	IV
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VII
1 Inleiding	1
2 Methodologie	2
2.1 Studiegebied	2
2.2 Gebruikte data	3
2.2.1 Topo-bathymetrische gegevens	3
2.2.2 Bagger- en stortgegevens	3
2.3 Methode.....	4
2.3.1 Baggervrije periodes	4
2.3.2 Verschilkaarten	4
2.3.3 Sedimentatiesnelheden	4
3 Resultaten.....	7
3.1 Baggerhoeveelheden	7
3.2 Storthoeveelheden	8
3.3 Verschilkaarten	10
3.4 Sedimentatiesnelheid	11
4 Verklarende parameters.....	13
4.1 Methodologie.....	13
4.1.1 Waterbeweging	13
4.1.2 Morfologie	14
4.1.3 Stortingen	15
4.2 Resultaten	17
4.2.1 Invloed van snelheid retourstroming stortingen	17
4.2.2 Multivariate analyse	18
4.3 Discussie.....	19
4.3.1 Sedimentatiesnelheid op korte termijn.....	19
4.3.2 Morfologie	20
5 Conclusies	23
6 Referenties	24

Bijlage 1	Overzicht baggervrije periodes.....	B1
Bijlage 2	Verschilkaarten baggervrije periodes	B3
Bijlage 3	Sedimentatiesnelheden per deelgebied	B22
Bijlage 4	Bathymetrische kaarten studiegebied.....	B27
Bijlage 5	Hoogteligging dwarsraaien	B30
Bijlage 6	Afgeleide parameters dwarsraaien	B33

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Overzicht van de start- en einddata van de geselecteerde baggervrije periodes voor de drempel van Hansweert	5
Tabel 2 – Verklarende parameters per vak meegenomen in de analyse [donker groen = p-waarde < 0,05 licht groen = p-waarde < 0,10 geel = p-waarde < 0,20]	18
Tabel 3 – Overzicht van de start- en einddata van de geselecteerde baggervrije periodes voor de drempel van Hansweert bron Vos <i>et al.</i> (2017).....	B1
Tabel 4 – Overzicht van de start- en einddata van de geselecteerde baggervrije periodes voor de drempel van Hansweert bron Plancke <i>et al.</i> (2020)	B2

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Overzicht studiegebied.....	2
Figuur 2 – Afbakening detailgebieden voor berekening van de sedimentatiesnelheid op de drempel van Hansweert	6
Figuur 3 – Overzicht jaarlijkse baggerhoeveelheid drempel van Hansweert.....	7
Figuur 4 – Ligging stortzones Westerschelde gebruikt voor dit onderzoek (MC4 en MC5).....	8
Figuur 5 – Overzicht jaarlijkse storthoeveelheden (SH31, SH41, DPHW, SH51)	9
Figuur 6 – Verschilkaart baggervrije periode	10
Figuur 7 – Variatie in de tijd van de sedimentatiesnelheid langsheen groene boeierzijde (vakken 1-5) Verschillende kleuren geven verschillende studies weer	11
Figuur 8 – Variatie in de tijd van de mediaan van de sedimentatiesnelheid centraal en langsheen rode boeierzijde Verschillende kleuren geven verschillende studies weer	12
Figuur 9 – Parameters voor de beschrijving van de lokale morfologie langs de oostrand van Platen van Ossensisse	14
Figuur 10 – Ligging van de geselecteerde dwarsraaien voor de morfologische analyse In het wit zijn de vakken van de analyse weergegeven, in het zwart de vaargeul en de groene bol geeft het snijpunt weer van de dwarsraai en de vaargeul	15
Figuur 11 – P-waarde uit multivariaat model voor verschillende snelheden retourstroom gestort sediment Oranje lijnen geven grens (x-as) weer tussen verschillende retoursnelheden	17
Figuur 12 – Variatie van sedimentatiesnelheid en -volume binnen baggervrije periode	19
Figuur 13 – Verschilkaart op basis van vaklodingen periode 2010-2023 groen (+) = sedimentatie, rood (-) = erosie	21
Figuur 14 – Ruimtelijke afbakening (in donker rood) van gebieden beneden streefpeil (-145 dm LAT) en topobathymetrie voor de jaren 2012 (boven) en 2023 (onder) – witte contour geeft ligging vaargeul weer (identiek voor beide jaren)	22
Figuur 15 – Verschilkaart baggervrije periode 1	B3
Figuur 16 – Verschilkaart baggervrije periode 2	B4
Figuur 17 – Verschilkaart baggervrije periode 3	B5
Figuur 18 – Verschilkaart baggervrije periode 4	B6
Figuur 19 – Verschilkaart baggervrije periode 5	B7
Figuur 20 – Verschilkaart baggervrije periode 6	B8
Figuur 21 – Verschilkaart baggervrije periode 7	B9
Figuur 22 – Verschilkaart baggervrije periode 8	B10
Figuur 23 – Verschilkaart baggervrije periode 9	B11
Figuur 24 – Verschilkaart baggervrije periode 10	B12
Figuur 25 – Verschilkaart baggervrije periode 11	B13
Figuur 26 – Verschilkaart baggervrije periode 12	B14

Figuur 27 – Verschilkaart baggervrije periode 13	B15
Figuur 28 – Verschilkaart baggervrije periode 14	B16
Figuur 29 – Verschilkaart baggervrije periode 15	B17
Figuur 30 – Verschilkaart baggervrije periode 16	B18
Figuur 31 – Verschilkaart baggervrije periode 17	B19
Figuur 32 – Verschilkaart baggervrije periode 18	B20
Figuur 33 – Verschilkaart baggervrije periode 19	B21
Figuur 34 – Verloop in de tijd (2007-2024) van de sedimentatiesnelheid voor detailgebied 1.....	B22
Figuur 35 – Verloop in de tijd (2007-2024) van de sedimentatiesnelheid voor detailgebied 2.....	B23
Figuur 36 – Verloop in de tijd (2007-2024) van de sedimentatiesnelheid voor detailgebied 3.....	B23
Figuur 37 – Verloop in de tijd (2007-2024) van de sedimentatiesnelheid voor detailgebied 4.....	B24
Figuur 38 – Verloop in de tijd (2007-2024) van de sedimentatiesnelheid voor detailgebied 5.....	B24
Figuur 39 – Verloop in de tijd (2007-2024) van de sedimentatiesnelheid voor detailgebied 6.....	B25
Figuur 40 – Verloop in de tijd (2007-2024) van de sedimentatiesnelheid voor detailgebied 7.....	B25
Figuur 41 – Verloop in de tijd (2007-2024) van de sedimentatiesnelheid voor detailgebied 8.....	B26
Figuur 42 – Verloop in de tijd (2007-2024) van de sedimentatiesnelheid voor detailgebied 9.....	B26
Figuur 43 – Bathymetrie (vakloding) studiegebied 2007	B27
Figuur 44 – Bathymetrie (vakloding) studiegebied 2012	B28
Figuur 45 – Bathymetrie (vakloding) studiegebied 2017	B28
Figuur 46 – Bathymetrie (vakloding) studiegebied 2022	B29
Figuur 47 – Hoogteligging dwarsraai 78 (vak 1) voor de vaklodingen uit verschillende jaren.....	B30
Figuur 48 – Hoogteligging dwarsraai 80 (vak 2) voor de vaklodingen uit verschillende jaren.....	B30
Figuur 49 – Hoogteligging dwarsraai 83 (vak 3) voor de vaklodingen uit verschillende jaren.....	B31
Figuur 50 – Hoogteligging dwarsraai 86 (vak 4) voor de vaklodingen uit verschillende jaren.....	B31
Figuur 51 – Hoogteligging dwarsraai 88 (vak 5) voor de vaklodingen uit verschillende jaren.....	B32
Figuur 52 – Gemiddelde hoogteligging plateau langs de oostrand Platen van Ossenissee voor verschillende jaren.....	B33
Figuur 53 – Afstand van de teen van het talud tot de vaargeul voor verschillende jaren	B34
Figuur 54 – Gemiddelde helling van het talud voor verschillende jaren.....	B34

1 Inleiding

Om de vergunde diepgang van de hoofdvaargeul in de Westerschelde en de Beneden Zeeschelde te garanderen, worden er quasi continu onderhoudsbaggerwerken uitgevoerd. Voor het terugstorten van het sediment wordt een stortstrategie gehanteerd waarbij de onderhoudsspecie deels in de hoofdgeulen, deels in de nevengeulen en deels langs een aantal plaatranden wordt teruggestort.

Van de verschillende drempels waar onderhoudsbaggerwerken nodig zijn, is het onderhoudsvolume het grootst voor de drempel van Hansweert. Reeds in de jaren 1990's werd uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar deze drempel (Tank, 1996a; b). Tevens werd voor deze drempel reeds in het kader van de Agenda voor de Toekomst (Vos *et al.*, 2017) en nadien in het kader van de voorbereidende studie van de huidige stortstrategie (Plancke *et al.*, 2020) onderzoek uitgevoerd. Hierbij werden de sedimentatiepatronen en -snelheden op deze drempel geanalyseerd. In recente jaren blijft de baggerinspanning groot op deze drempel, en door wijzigingen in de bagger- en stortstrategie rijst de vraag of (1) de sedimentatie op de drempel gewijzigd is en (2) de stortingen in de nabij gelegen stortzone een significante invloed hebben op de sedimentatie op de drempel.

Deze studie richt zich dan ook op (1) de sedimentatie ter hoogte van de drempel van Hansweert sinds 2020 – ter aanvulling op eerdere analyses – en (2) de potentiële invloedsfactoren die de sedimentatie op de drempel beïnvloeden. Voor dit laatste aspect wordt de analyse uitgevoerd op de volledige periode (sinds 2007) aangezien dit in eerdere rapporten nog niet beschouwd werd.

Bij het uitvoeren van analyses van metingen zijn verschillende partijen betrokken die niet op de voorgrond verschijnen. Vandaar een woord van dank aan de betrokken partijen (DAB Vloot, MDK-Vlaamse Hydrografie, Maritieme Toegang) die ervoor gezorgd hebben dat de benodigde gegevens voorhanden waren.

2 Methodologie

2.1 Studiegebied

De drempel van Hansweert is gelegen in macrocel 5 en vormt, met een jaarlijkse baggerhoeveelheid van ca. 3 Mm³/jaar, de belangrijkste baggerlocatie in de Westerschelde. De hoofdgeul is er relatief breed en ondiep. De drempel bevindt zich op een recht stuk tussen twee bochten – bij diepe put van Hansweert en in het Zuidergat bij Walsoorden – die niet perfect op elkaar aansluiten (de geul uit het noorden loopt als het ware ‘langs’ die uit het zuiden). Er is een aftakking naar de Schaar van Waarde in het verlengde van de hoofdgeul en een aftakking naar de Schaar van Ossenissee in het zuidelijke deel van het drempelgebied. Dergelijke drempel wordt omschreven (Fargue, 1868) als het ‘ontwijkende geulen’ type.



Figuur 1 – Overzicht studiegebied

2.2 Gebruikte data

2.2.1 Topo-bathymetrische gegevens

Voor het uitvoeren van dit onderzoek is gebruik gemaakt van de beschikbare bathymetrische gegevens van de drempel van Hansweert sinds 2020. De bathymetrische data zijn afkomstig van multibeam echosounder (MBES) peilingen die gebruikt worden om de baggerwerken aan te sturen. De data is beschikbaar met een tussenperiode van enkele weken en heeft een ruimtelijke resolutie van 1x1m.

Voor de analyse van de sedimentatiepatronen en -snelheden worden enkel gegevens gebruikt van de laatste 5 jaar (2020-2024). Voor de relatie met potentiële verklarende parameters worden ook de oudere meetgegevens gebruikt. Deze zijn voor de periode voor 2016 overgenomen uit Vos *et al.* (2017), terwijl de gegevens uit de periode 2016-2020 afkomstig zijn uit Plancke *et al.* (2020).

2.2.2 Bagger- en stortgegevens

In de databank “Beheer Maritieme Werken” (BMW) van afdeling Maritieme Toegang worden de bagger- en stortdata opgeslagen. Deze informatie (geaggregeerd tot op week-niveau) wordt via de baggerstatistiek-tool uitgevoerd, waarna deze gegevens gebruikt worden voor het afbakenen van baggervrije periodes. Deze “baggervrije” periodes worden geselecteerd om de ‘natuurlijke’ ontwikkeling van de drempel te analyseren.

2.3 Methode

2.3.1 Baggervrije periodes

Om de sedimentatie op de drempel in beeld te brengen is het belangrijk dat de invloed van menselijke activiteiten minimaal is. Hiervoor wordt in een eerste stap op basis van de BMW-gegevens de periodes geselecteerd waarin minstens 4 weken niet gebaggerd werd. Dergelijke “baggervrije” periode geeft een onverstoorde beeld van de natuurlijke sedimentatiepatronen ter hoogte van de drempel. Vervolgens worden uit de beschikbare multibeam gegevens die opnames geselecteerd die binnen deze gedefinieerde ‘baggervrije periodes’ vallen. Deze methodiek is identiek aan de eerdere werkwijze beschreven in Vos *et al.* (2017).

In de eerdere studies werden respectievelijk 20 (periode 2007-2016) en 15 (periode 2016-2020) baggervrije periodes weerhouden voor de analyse (zie Bijlage 1 Overzicht baggervrije periodes). In deze uitbreiding werden sinds 2020 18 nieuwe baggervrije periodes weerhouden voor voorliggende analyse (Tabel 1).

2.3.2 Verschilkaarten

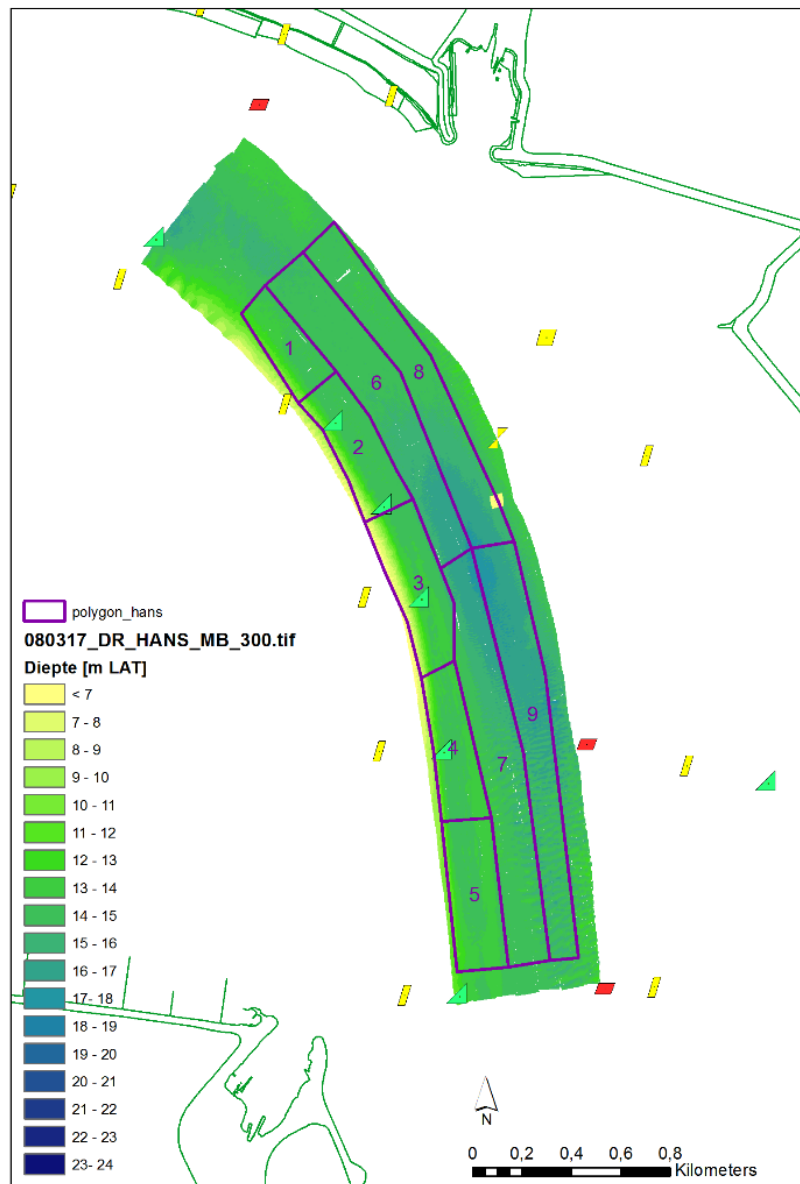
De geselecteerde MBES-peilingen in een baggervrije periode worden vervolgens gebruikt voor het aanmaken van verschilkaarten. Bij het aanmaken van de verschilkaarten wordt telkens een verschil gemaakt tussen de eerste en de laatste peiling van de periode. Om de verschillen vergelijkbaar te maken, wordt het verschil teruggebracht naar een erosie-/sedimentatiehoeveelheid per week (volumeverandering tussen twee peilingen wordt gedeeld door aantal tussenliggende dagen en vermenigvuldigd met 7).

2.3.3 Sedimentatiesnelheden

De sedimentatiesnelheden worden op dezelfde manier geanalyseerd als in de voorgaande studie. Deze wijkt af van de initiële studie, maar de verschillen in de resultaten blijven beperkt. De sedimentatiesnelheid wordt afgeleid uit de verschilkaarten, waarbij per detailgebied (identiek aan eerdere studies, zie (Plancke *et al.*, 2020) de hypsometrie van de sedimentatie en erosie wordt berekend (via QGIS-tool “hypsometrische curves”). Vervolgens wordt (Matlab-script) de verdeling van louter de sedimentatie weerhouden uit de hypsometrie (deze bevat ook de erosie, maar deze is hier niet relevant). Hierop wordt de 50-percentiel waarde berekend als maat voor de karakteristieke sedimentatiesnelheid binnen het deelgebied van de drempel.

Tabel 1 – Overzicht van de start- en einddata van de geselecteerde baggervrije periodes voor de drempel van Hansweert

Startdatum Baggervrij	Einddatum Baggervrij	Aantal dagen “baggervrij”	Datum eerste peiling	Datum laatste peiling	Aantal dagen tss. peilingen
1/04/2020	9/05/2020	38	6/04/2020	30/04/2020	24
14/06/2020	7/09/2020	85	18/06/2020	1/09/2020	75
8/02/2021	14/03/2021	34	11/02/2021	25/02/2021	14
21/03/2021	23/04/2021	33	29/03/2021	16/04/2021	18
6/06/2021	15/07/2021	39	14/06/2021	6/07/2021	22
14/08/2021	30/09/2021	47	26/08/2021	27/09/2021	32
9/11/2021	16/01/2022	68	23/11/2021	4/01/2022	42
3/02/2022	9/03/2022	34	8/02/2022	9/03/2022	29
12/05/2022	8/06/2022	27	18/05/2022	1/06/2022	14
6/07/2022	19/09/2022	75	12/07/2022	8/09/2022	58
17/10/2022	16/11/2022	30	18/10/2022	3/11/2022	16
21/11/2022	19/12/2022	28	28/11/2022	13/12/2022	15
9/03/2023	8/04/2023	30	13/03/2023	5/04/2023	23
19/04/2023	20/05/2023	31	26/04/2023	15/05/2023	19
28/05/2023	24/06/2023	27	9/06/2023	22/06/2023	13
7/08/2023	8/09/2023	33	9/08/2023	29/08/2023	20
16/09/2023	1/11/2023	47	3/10/2023	25/10/2023	22
22/12/2023	22/02/2024	62	5/01/2024	14/02/2024	40
29/02/2024	6/04/2024	37	29/02/2024	2/04/2024	33



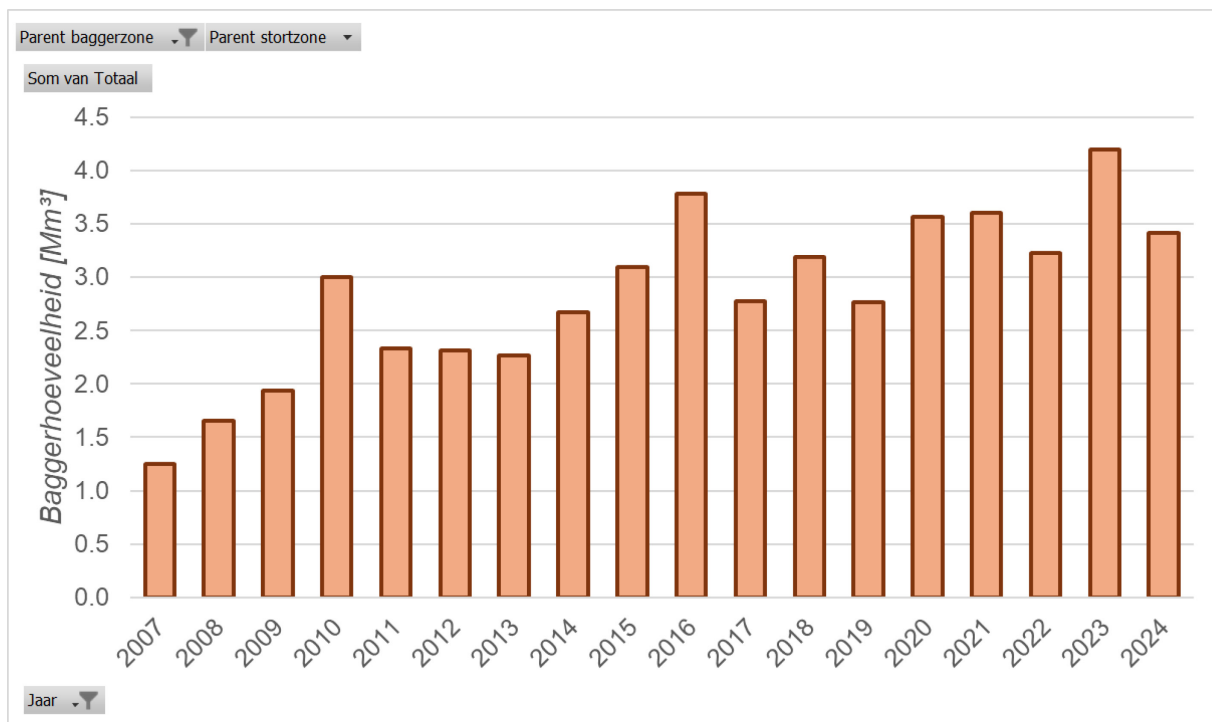
Figuur 2 – Afbakening detailgebieden voor berekening van de sedimentatiesnelheid op de drempel van Hansweert

3 Resultaten

3.1 Baggerhoeveelheden

In Plancke *et al.*, (2018) werd voor de verschillende drempels in de Westerschelde een analyse uitgevoerd van de maandelijkse baggerhoeveelheden. Hierbij wordt voor de periode 2000-2016 aan de hand van een boxplot de variatie in de maandelijkse baggerhoeveelheid geanalyseerd. Deze analyse werd uitgebreid op basis van de meeste recente gegevens (Plancke *et al.*, 2020). Hieruit blijkt dat op de drempel van Hansweert quasi continu onderhoudsbaggerwerken plaatsvinden.

In de jaren voor de verruiming (2007-2010) neemt de onderhoudshoeveelheid toe van ca. 1,3 Mm³/jaar (2007) naar ca. 2,0 Mm³/jaar (2009). Na de verruiming in 2010 (3,0 Mm³ maar incl. aanlegbaggerspecie) varieert de jaarlijkse baggerhoeveelheid rond 2,3 Mm³/jaar. Vanaf 2013 neemt de hoeveelheid geleidelijk toe tot 3,8 Mm³ in 2016. Nadien fluctueert de hoeveelheid veelal tussen 2,7 Mm³ en 3,6 Mm³, met in 2023 een uitschieter tot 4,2 Mm³ (Figuur 3).



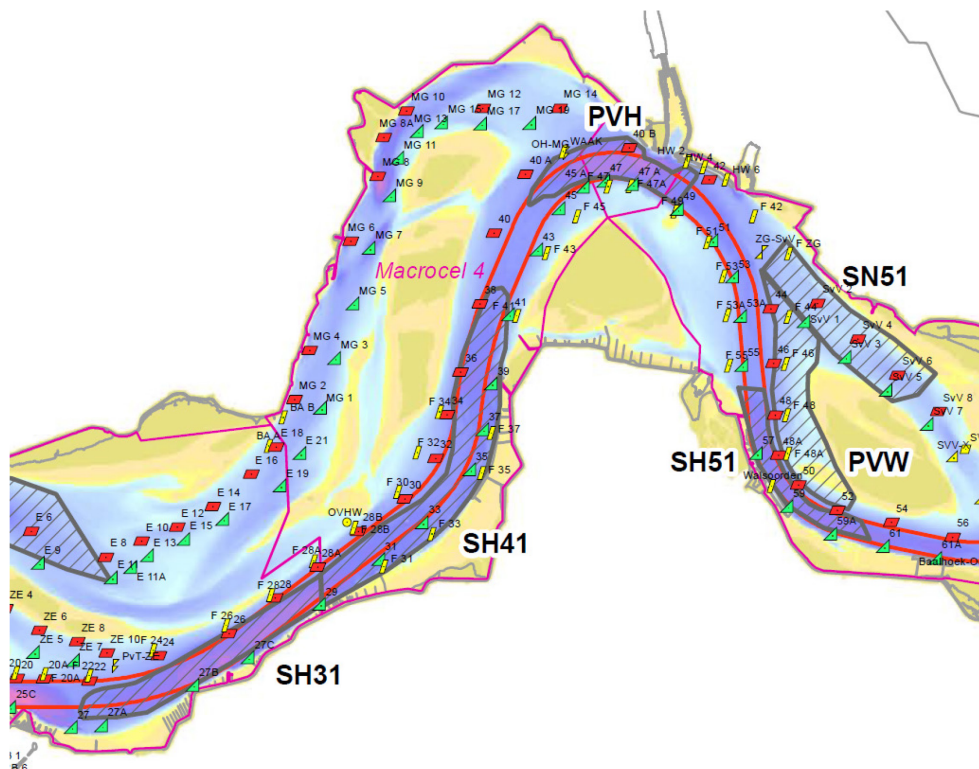
Figuur 3 – Overzicht jaarlijkse baggerhoeveelheid drempel van Hansweert

3.2 Storthoeveelheden

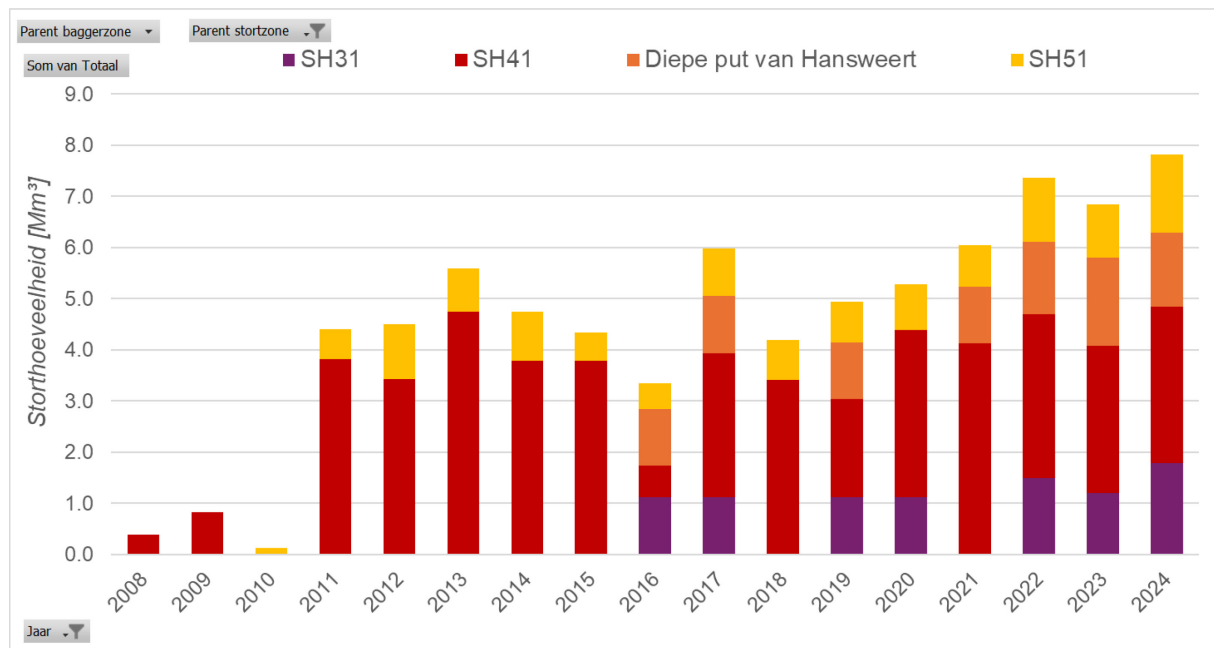
De jaarlijkse storthoeveelheden worden getoond in Figuur 5. De stortlocaties die hier beschouwd worden zijn deze in de nabijheid van de drempel van Hansweert, waarbij op basis van het residueel sedimenttransport (Stark *et al.*, 2022) ter hoogte van de stortlocatie kan verwacht worden dat een retourstroming naar de drempel van Hansweert mogelijk kan zijn. Dit levert volgende stortzones (Figuur 4) die meegenomen worden in de analyse:

- SH31: hoofdgeul in macrocel 3, waarbij in 2016-2017 en 2019-2020 proefstortingen werden uitgevoerd van telkens 1 Mm³/jaar en dat sinds 2022 deel uitmaakt van de vergunde stortzones;
- SH41: hoofdgeul in macrocel 4, en belangrijkste stortzone (gemiddeld 3,5 Mm³/jaar) in de Westerschelde; voor 2010 werd ook reeds in deze omgeving gestort (toen onder de naam Gat van Ossensisse), maar sinds 2010 intensief gebruikt als stortzone;
- DPHW (of PVH): diepe put Hansweert, in de hoofdgeul tussen macrocel 4 en 5, waarbij in 2016-2017 en 2019 en 2021 proefstortingen werden uitgevoerd van telkens 1 Mm³/jaar en die sinds 2022 deel uitmaakt van de vergunde stortzones;
- SH51: hoofdgeul in macrocel 5, in gebruik sinds 2010 met een gemiddelde storthoeveelheid van 0,9 Mm³/jaar (tot 2022), in de laatste 3 jaren gemiddeld 1,2 Mm³/jaar;

Opgemerkt kan worden dat de Plaat van Walsoorden (PWA of PVW) hier niet meegenomen wordt. Deze stortzone wordt enerzijds gekenmerkt door een aanzienlijk hogere stabiliteit van de gestorte specie (ca. 45% voor PWA (IMDC, 2024) vs 10-20% in de hoofdgeul (Plancke *et al.*, 2019b)), maar kent anderzijds ook een complexer patroon in verspreiding van gestorte specie, waarbij een deel richting Schaar van Waarde en een deel richting Zuidergat (eerst opwaarts getransporteerd, dan afwaarts) getransporteerd wordt, waardoor het nog moeilijker is de tijdschaal van de retourstroming in te schatten. Ook Schaar van Waarde (SN51) is niet meegenomen in de analyse aangezien hier sinds 2012 niet meer gestort wordt.



Figuur 4 – Ligging stortzones Westerschelde gebruikt voor dit onderzoek (MC4 en MC5)



Figuur 5 – Overzicht jaarlijkse storthoeveelheden (SH31, SH41, DPHW, SH51)

- Langs de oostrand van de Platen van Ossensisse vindt sedimentatie plaats in een smalle strook ter hoogte van de groene boeienzijde (vakken 1-5);
- In het zuidwestelijk deel van de drempel (vak 5) en het midden van de oostelijke zijde (overgang vak 8 en 9) treedt een afwisselend patroon van erosie en sedimentatie op, wat overeenkomt met de migratie van bodemvormen;
- In de overige gebieden blijven de veranderingen beperkt tot minder dan 20 cm/week

[illegible]

Definitieve versie

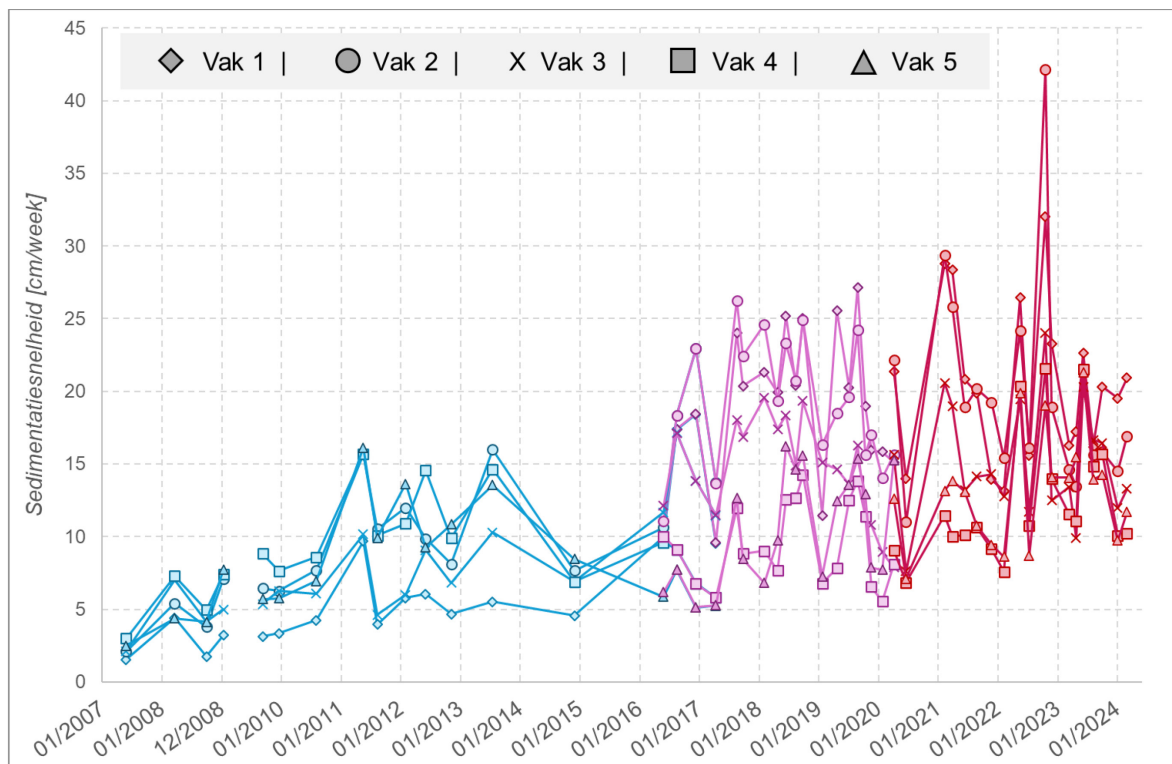
3.4 Sedimentatiesnelheid

In Bijlage 3 Sedimentatiesnelheden wordt per deelgebied en per baggervrije periode de variatie in de tijd van de sedimentatiesnelheid weergegeven.

Figuur 7 toont de ontwikkeling in de tijd voor de 5 vakken gelegen langs de groene boeienzijde (ostrand van de Platen van Ossensisse, vak 1 t.e.m. 5). Deze vakken zijn geselecteerd omwille van de uitgesproken sedimentatiezone die in deze deelgebieden vastgesteld kan worden in de verschilkaarten. Voor de deelgebieden langs de groene boeienzijde van de vaargeul kan een eerder plotse toename (rond 2015-2017) in de sedimentatiesnelheid vastgesteld worden over de beschouwde periode (2007-2024). Hierbij dient opgemerkt te worden dat in 2011 een verlegging van de groene boeien (B51 – B53A) heeft plaatsgevonden wat initieel geleid zal hebben tot een verlaagde baggerinspanning. In Plancke *et al.* (2011) is aangegeven dat het effect van de voorgestelde aanpassingen van de groene boeienlijn slechts een tijdelijke oplossing zou zijn en dat verder onderzoek nodig was om oplossing op de langere termijn te zoeken. Mogelijks is het effect van de verplaatsing van de groene boeien in 2015 grotendeels te niet gedaan door de lokale morfologische veranderingen, met een toename in de sedimentatiesnelheid tot gevolg.

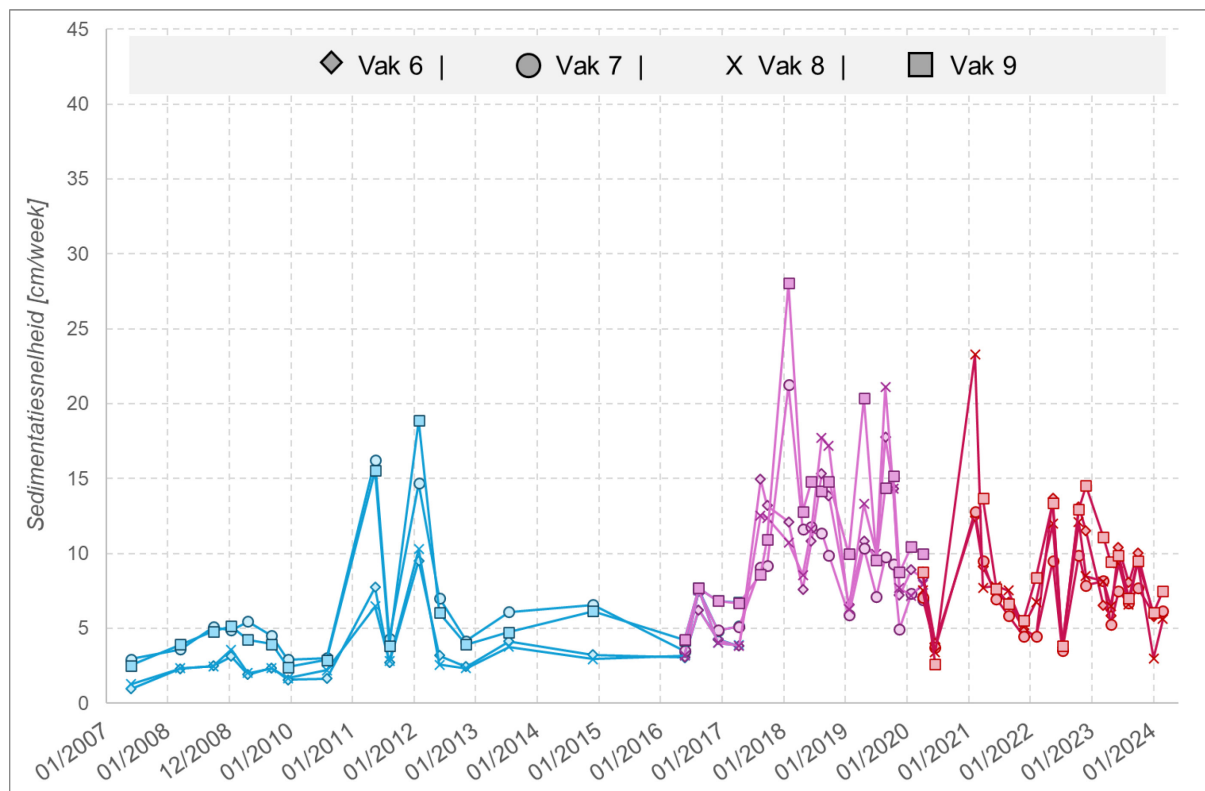
Daar waar voor de 3^e verruiming van de vaargeul (2007-2009) en de eerste jaren na de verruiming (2010-2015) de sedimentatiesnelheid schommelde tussen 2 en 15 cm/week, is er vanaf 2016 een duidelijke toename in de sedimentatiesnelheid. Voor vak 1 neemt de sedimentatiesnelheid toe van 5 cm/week voor 2016 naar 10 cm/week in 2016 om vanaf 2017 te schommelen tussen 15 en 30 cm/week. Dit beeld is gelijkaardig in de 4 andere deelgebied langs de groene boeienzijde. Tevens kan vastgesteld worden dat de variatie tussen de 5 vakken ook is toegenomen in de tijd.

Daar waar de sedimentatiesnelheid sterk toeneemt tussen 2015 en 2017, neemt de baggerhoeveelheid minder sterk toe (Figuur 3). Dit kan erop wijzen dat de oppervlakte waar sedimentatie optreedt afgenomen is en er dus vooral lokaal (rand van de vaargeul nabij Platen van Ossensisse) een verhoging in de sedimentatiesnelheid optreedt.



Figuur 7 – Variatie in de tijd van de sedimentatiesnelheid langsheen groene boeienzijde (vakken 1-5)
Verschillende kleuren geven verschillende studies weer

De overige deelgebieden (vak 6-9) worden eerder gekenmerkt door migratie van bodemvormen en de daarbij horende erosie-sedimentatiepatronen. De variatie van de sedimentatiesnelheid is hier minder uitgesproken (Figuur 8): in de eerste jaren (2007-2017) varieert deze tussen 2 en 7 cm/week, met een uitschieter in 2011-2012 tot ca. 15 cm/week. In 2017 zien we ook hier een toename in sedimentatiesnelheid, met waarden die voornamelijk variëren tussen 10 en 20 cm/week. Vanaf 2020 treedt er echter een afname in de sedimentatiesnelheid op, met waarden die variëren tussen 5 en 15 cm/week.



Figuur 8 – Variatie in de tijd van de mediaan van de sedimentatiesnelheid centraal en langsheen rode boeizijde
Verschillende kleuren geven verschillende studies weer

4 Verklarende parameters

4.1 Methodologie

Om de variatie in sedimentatiesnelheid te verklaren, wordt onderzocht in welke mate bepaalde aspecten een verklaring kunnen geven voor de variatie in sedimentatiesnelheid op de drempel van Hansweert. Deze aspecten kunnen ingedeeld in volgende hoofdklassen:

- Waterbeweging
- Morfologie
- Stortingen

Voor deze hoofdaspecten werden vervolgens één of meerdere deelaspecten gedefinieerd waarvoor onderzocht is of deze een verklaring kunnen bieden voor de variatie in sedimentatiesnelheid.

4.1.1 Waterbeweging

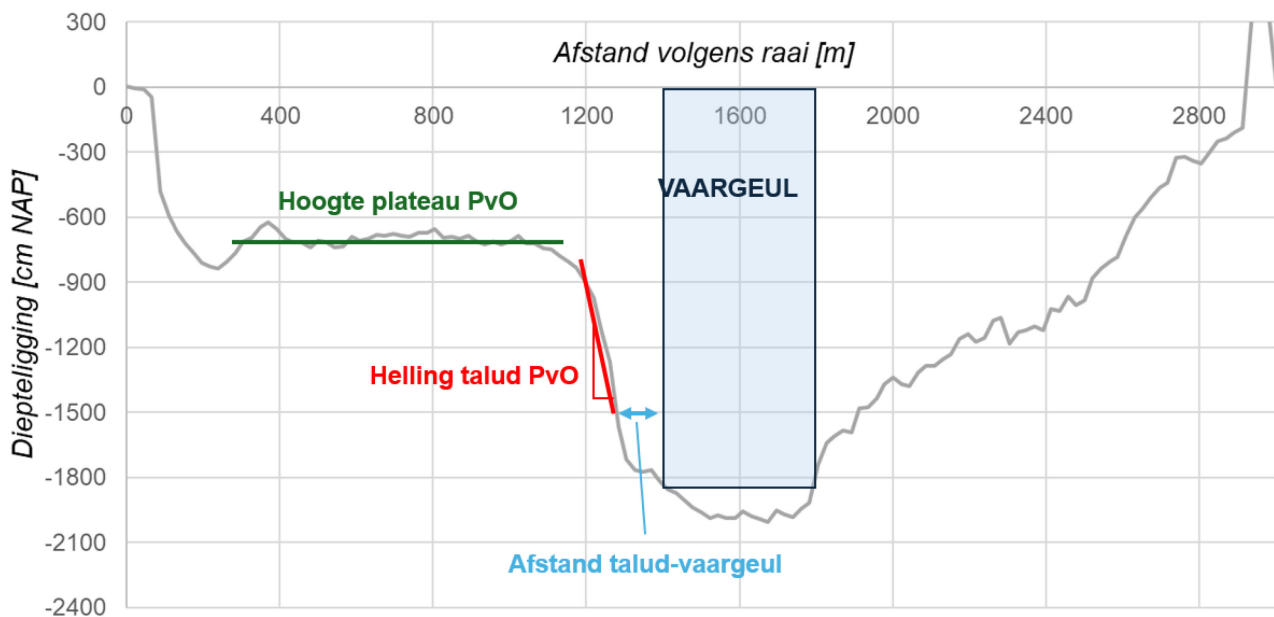
De invloed van de waterbeweging wordt onderzocht op basis van de getijfactor. Dit geeft de verhouding weer van het getijverschil van een individueel getij en het langjarige getijverschil. Voor deze analyse is gebruik gemaakt van de tijdreeks van hoog- en laagwater van het station Antwerpen-Loodsgebouw. Deze keuze is gemaakt omwille van de directe beschikbaarheid van meetgegevens en de afwezigheid van onderbrekingen in de data. Tevens mag verondersteld worden dat de getijfactor gelijkaardig is voor de verschillende stations in het Schelde-estuarium, toch zeker voor deze die niet beïnvloed worden door variatie in de bovenafvoer (wat het geval is voor Hansweert en Antwerpen-Loodsgebouw). De getijfactor kan gezien worden als een benadering voor de sterkte van de eb- en vloedstroming, die op zijn beurt weer bepalend is voor het sedimenttransport en alzo de potentiële aan- en afvoer van sediment naar de drempel van Hansweert.

Voor elke baggervrije periode werd de getijfactor van elk getij binnen deze periode beschouwd en werden een aantal karakteristieke waarden beschouwd. Uiteindelijk is geopteerd om de mediane waarde van de getijfactor in de baggervrije periode als parameter te beschouwen.

4.1.2 Morfologie

De drempel van Hansweert is gelegen in een morfologisch actief deel van de Westerschelde met sterke sedimenttransporten. Door de stortingen in de onmiddellijke omgeving is de sedimentbeschikbaarheid hier dan ook groot. Aangezien de sedimentatie van de drempel vooral plaatsvindt langs de oostrand van de Platen van Ossensisse, wordt gekozen om een beperkt aantal morfologische parameters mee te nemen in de analyse. Uit de lokale morfologie blijkt dat vooral het plateau langs de oostrand van de Platen van Ossensisse een belangrijke rol kan spelen in de sedimentatieprocessen van de drempel. Daarom worden volgende parameters gedefinieerd om deze morfologie te beschrijven (Figuur 9):

- Hoogte van het plateau aanwezig langs de oostrand van de Platen van Ossensisse
- Helling van het talud tussen het plateau langs de oostrand van de Platen van Ossensisse en de vaargeul
- Afstand vanaf de teen van het talud op -15m NAP en de contour van de vaargeul



Figuur 9 – Parameters voor de beschrijving van de lokale morfologie langs de oostrand van Platen van Ossensisse

Om deze parameters te kunnen bepalen werden 5 dwarsprofielen (1 per vak langs de groene kant) geselecteerd uit de set van dwarsprofielen (Figuur 10) die ook in eerdere studies is gebruikt (Plancke *et al.*, 2022):

- Vak 1 – profiel 78
- Vak 2 – profiel 80
- Vak 3 – profiel 83
- Vak 4 – profiel 86
- Vak 5 – profiel 88

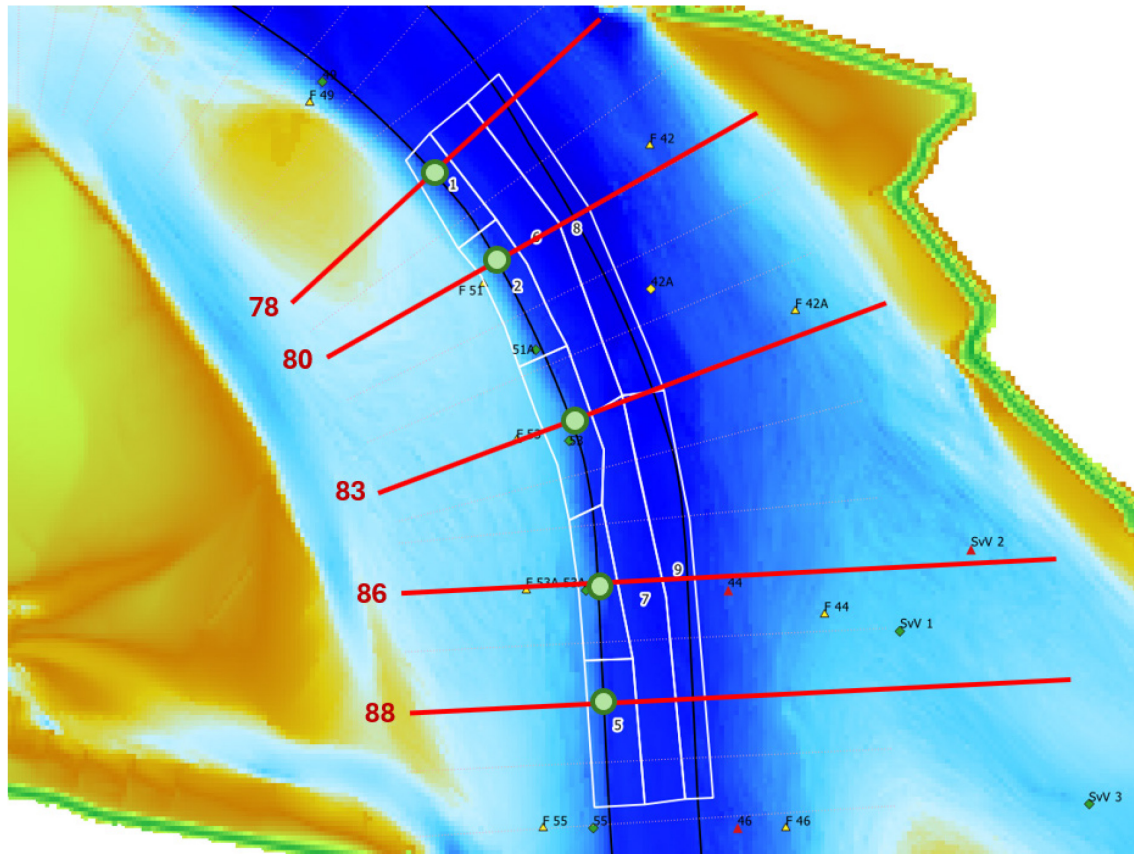
Voor deze profielen werd de hoogteligging geëxporteerd voor de vaklodingen van de jaren 2007, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2020 en 2023. De resultaten zijn terug te vinden in Bijlage 5 Hoogteligging dwarsraaien.

Vervolgens werd op basis van de hoogteligging de helling langsheen het profiel afgeleid. Het plateau werd gedefinieerd als het breedst aaneengesloten gebied ten westen van de vaargeul waarvoor de helling kleiner blijft dan 1 cm/m.

Vervolgens werd ook de helling van het talud tussen het plateau en de vaargeul berekend. Hiervoor werd de helling bepaald over het deel van het talud tussen enerzijds de oostelijke rand van het plateau en anderzijds -15 m NAP.¹ Tenslotte werd ook de afstand berekend tussen de positie van het talud op een diepte van -15 m NAP en de contour van de vaargeul (groene kant).

De resultaten van deze analyse is opgenomen in Bijlage 6 Afgeleide parameters dwarsraaien.

Voor elke baggervrije periode werd vervolgens de waarde bovenstaande parameters bepaald op basis van het jaartal van de baggervrije periode.



Figuur 10 – Ligging van de geselecteerde dwarsraaien voor de morfologische analyse
In het wit zijn de vakken van de analyse weergegeven, in het zwart de vaargeul
en de groene bol geeft het snijpunt weer van de dwarsraai en de vaargeul

4.1.3 Stortingen

In § 3.2 is aangegeven voor welke stortzones een retourstroom van sediment verwacht wordt naar de drempel van Hansweert. Een belangrijke bijkomende parameter is de snelheid waarmee het sediment verwacht wordt terug getransporteerd te worden van de stortzone naar de drempel. In eerder onderzoek (Plancke *et al.*, 2018b, 2019a; Plancke & Meire, 2022) werd het sedimenttransport nabij de drempel van Hansweert gemeten. Hierbij werd zowel gebruik gemaakt van directe meettechnieken (bv. Delftse fles) als migratie van bodemvormen op basis van bathymetrische opnames.

¹ Aangezien een aantal periodes gesitueerd is voor de 3^e verruiming van de vaargeul, is gekozen om met een vast peil te werken in plaats van de diepte van vaargeul.

In Plancke *et al.* (2019) is een inschatting gemaakt van de netto verplaatsing van sediment over één getijcyclus. Deze inschatting varieert van 5 m/getij (migratie van bodemvormen) tot 4000 m/getij (nabij bodem transport), waardoor een goede inschatting van de snelheid van retourstroming zeer moeilijk te maken is. De stortzone SH41 bestrijkt ongeveer een langsafstand van 7000 m en ligt zo op een afstand (bepaald langsheen de thalweg) van 7 tot 14 km van de drempel van Hansweert. Op basis van bovenvermelde netto transportafstand, zal sediment gestort in SH41 er in het snelste geval 2 à 4 dagen over doen om terug naar de drempel te stromen, terwijl dit in het traagste geval 4 tot 8 jaar is! Deze variatie maakt het zeer moeilijk een goede inschatting te maken van welke stortingen door retourstroming een bijdrage kunnen leveren aan de sedimentatie op de drempel van Hansweert. Omwille van deze variatie is ervoor gekozen om in de analyse verschillende snelheden in retourstroming mee te nemen:

- 4 m/dag: representatief voor de gemeten migratiesnelheid van bodemvormen
- 40 m/dag: tussenliggende snelheid die eerder aansluit bij migratie van bodemvormen en illustratief kan beschouwd worden voor bodemtransport
- 400 m/dag: tussenliggende snelheid die illustratief kan beschouwd worden voor suspensief transport nabij de bodem
- 4000 m/dag: representatief voor het suspensietransport

Voor elke stortzone werd de gemiddelde afstand bepaald langsheen de thalweg waarbij de afstand berekend werd voor zowel de opwaartse en afwaartse rand van de stortzone ten opzicht van het midden van de drempel van Hansweert. Dit levert de volgende afstanden:

- SH31: 14,2 tot 17,7 km
- SH41: 7,2 tot 14,1 km
- DPHW: 2,3 tot 4,2 km
- SH51: 2,2 tot 6,1 km

Voor elke snelheid van retourstroming is het volume bepaald dat teruggestort werd in de betreffende stortzone (resp. SH31, SH41, DPHW, SH51), rekening houdend met de periode (gemiddelde afstand tussen stortzone en drempel gedeeld door snelheid van retourstroming) waarvoor het sediment van de stortzone terug naar de drempel zou kunnen getransporteerd worden. Dit geeft volgende periodes (aantal dagen voorafgaand aan de baggervrije periode):

- SH31: 3550 tot 4433 dagen (4 m/d) | 3,6 tot 4,4 dagen (4000 m/d)
- SH41: 1788 tot 3533 dagen (4 m/d) | 1,8 tot 3,5 dagen (4000 m/d)
- DPHW: 593 tot 1038 dagen (4 m/d) | 0,6 tot 1,0 dagen (4000 m/d)
- SH51: 545 tot 1518 dagen (4 m/d) | 0,5 tot 1,5 dagen (4000 m/d)

Aan de hand van een multivariaat model dat de verschillende retoursnelheden beschouwd, zal onderzocht worden welke van deze potentiële retoursnelheden voor de verschillende stortzones een verklaring biedt voor de sedimentatiesnelheid op de drempel van Hansweert.

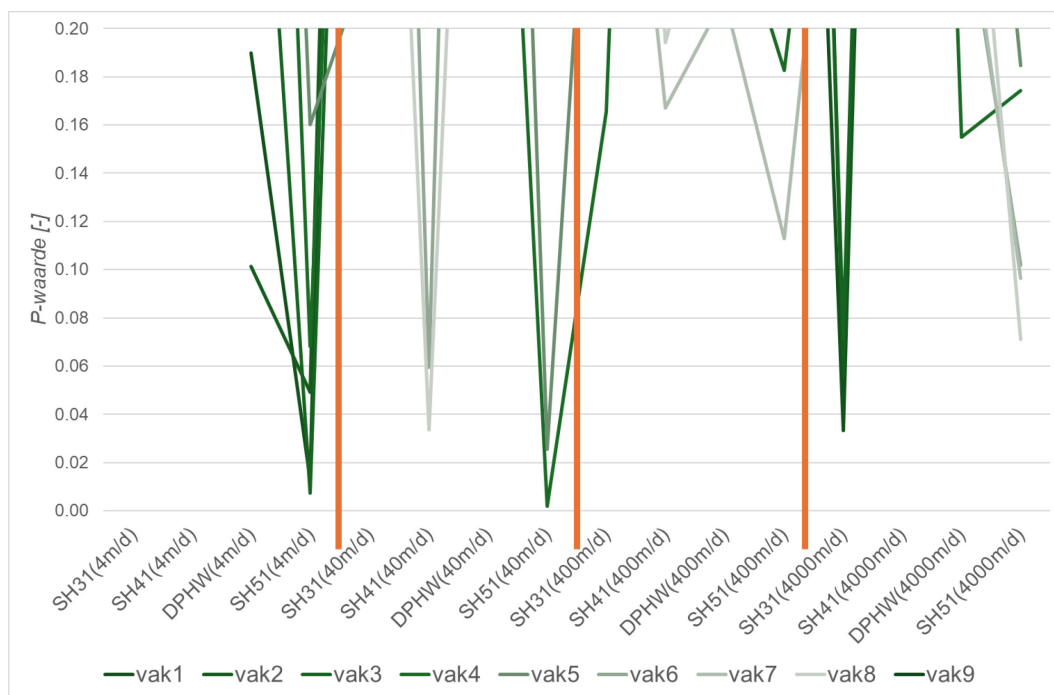
Doorheen de beschouwde periode werd in verschillende deelzones van de verschillende stortzones gestort. De keuze van deze deelzones gebeurde op basis van de adviezen die binnen het Overleg Flexibel Storten, later Baggeroverleg Westerschelde werden voorgesteld (zie <https://vnsc.eu/projecten/flexibel-storten/>). Dit ruimtelijke detail werd voor voorliggende analyse niet beschouwd. De storthoeveelheden werden enkel beschouwd op het niveau van de totale stortzone, waarbij de variatie in retoursnelheid (zie hierboven) wel rekening houdt met de uitgestrektheid van de stortzone.

4.2 Resultaten

4.2.1 Invloed van snelheid retourstroming stortingen

Een eerste analyse richt zich op de mogelijke bijdrage van de stortingen door middel van retourstroom van het gestorte materiaal naar de drempel. Hierdoor zou de sedimentatiesnelheid kunnen toenemen. Gelet op de grote potentiële variatie in de snelheid van de retourstroom, is in eerste instantie een verkenning uitgevoerd van welke snelheid van de retourstroom van de stortingen een bijdrage levert als verklarende parameter voor de sedimentatiesnelheid. Figuur 11 geeft de p-waarde² weer voor de verschillende vakken (1 tem. 9 in groentint) voor de verschillende stortzones en de verschillende snelheden in retourstroom (x-as). Indien er uitgegaan wordt van een p-waarde < 0,05 om te kunnen spreken van een significante bijdrage, is er enkel een significante bijdrage voor stortzone SH51 (3 vakken bij 4 m/d, 2 vakken bij 40 m/d), stortzone SH41 (1 vak bij 40 m/d) en stortzone SH31 (2 vakken bij 4000 m/d). Bij een hogere p-waarde zijn er enkele bijkomende significante bijdragen, maar algemeen gezien is de significante bijdrage van de stortingen zeer beperkt.

Omwille van deze beperkte respons van de stortingen in relatie tot de sedimentatiesnelheid, is ervoor gekozen in het vervolg van de analyse enkel de snelheden 4 m/d en 40 m/d mee te nemen in de analyse. Aangezien het merendeel van het gestort sediment (ca. 80-90%) initieel op de bodem terechtkomt, is de verwachting dat het sediment zich voornamelijk als bodemtransport zal verspreiden. Daartoe is een snelheid van 4 m/d in overeenstemming met de netto migratiesnelheid van bodemvormen, en is 40 m/d een snelheid die eerder met bodemtransport overeenkomt.



Figuur 11 – P-waarde uit multivariaat model voor verschillende snelheden retourstroom gestort sediment
Oranje lijnen geven grens (x-as) weer tussen verschillende retoursnelheden

² De p-waarde geeft informatie over de statistische significantie van een resultaat. In de meeste onderzoeken wordt een p-waarde van 0,05 of minder als statistisch significant beschouwd.

4.2.2 Multivariate analyse

Om na te gaan welke aspecten een mogelijke bijdrage leveren aan de variatie in sedimentatiesnelheid op de drempel van Hansweert, werd een multivariaat statistisch model gebruikt, waarbij volgende aspecten meegenomen werden:

- Waterbeweging: getijfactor
- Morfologie: helling (talud plateau-vaargeul), afstand teen talud tot vaargeul en hoogte plateau
- Stortingen: retourstroom (4 en 40 m/d) van stortzones SH31, SH41, DPHW, SH51

Tabel 2 geeft een overzicht per vak van welke aspecten een significante bijdrage leveren aan de verklaring in variatie van de sedimentatiesnelheid van de drempel van Hansweert.

Tabel 2 – Verklarende parameters per vak meegenomen in de analyse
 [donker groen = p-waarde < 0,05 | licht groen = p-waarde < 0,10 | geel = p-waarde < 0,20]

	HD	Morfologie			Stortingen			
	GF	Helling	Afstand	Hoogte	SH31	SH41	DPHW	SH51
Vak 1								
Vak 2								
Vak 3								
Vak 4								
Vak 5								
Vak 6		Omwille van grotere afstand van deze vakken tot het talud, is deze relatie niet onderzocht						
Vak 7								
Vak 8								
Vak 9								

Voor vakken 3 en 4 blijkt de getijfactor een significante bijdrage te leveren; voor de andere vakken is dit niet het geval.

De bijdrage van de morfologie is enkel onderzocht voor de vakken 1-5, gelegen langs de groene kant en dus grenzend aan het oostelijke rand van de Platen van Ossensisse. Hier blijkt dat voor 4 van de 5 vakken een significantie wordt gevonden, met vooral de steilheid van de helling (3/5) en de afstand van de teen van het talud tot de vaargeul (3/5) als belangrijkste parameters.

Op vlak van stortingen is er enkel een significante ($p < 0,05$) bijdrage van de stortzone SH51 (vak 3-5) en DPHW (vak 1). Deze bijdrage volgt de verwachtingen, aangezien SH51 opwaarts van de drempel is gelegen en dus dichtste bij vak 5, terwijl DPHW net afwaarts van de drempel ligt en dus dichtst bij vak 1. Wanneer de significantiegrens wordt verlaagd ($p < 0,20$) neemt de bijdrage van stortzone DPHW toe naar 6 van de 9 vakken, terwijl ook voor SH41 en SH31 een bijdrage wordt teruggevonden in enkele vakken.

4.3 Discussie

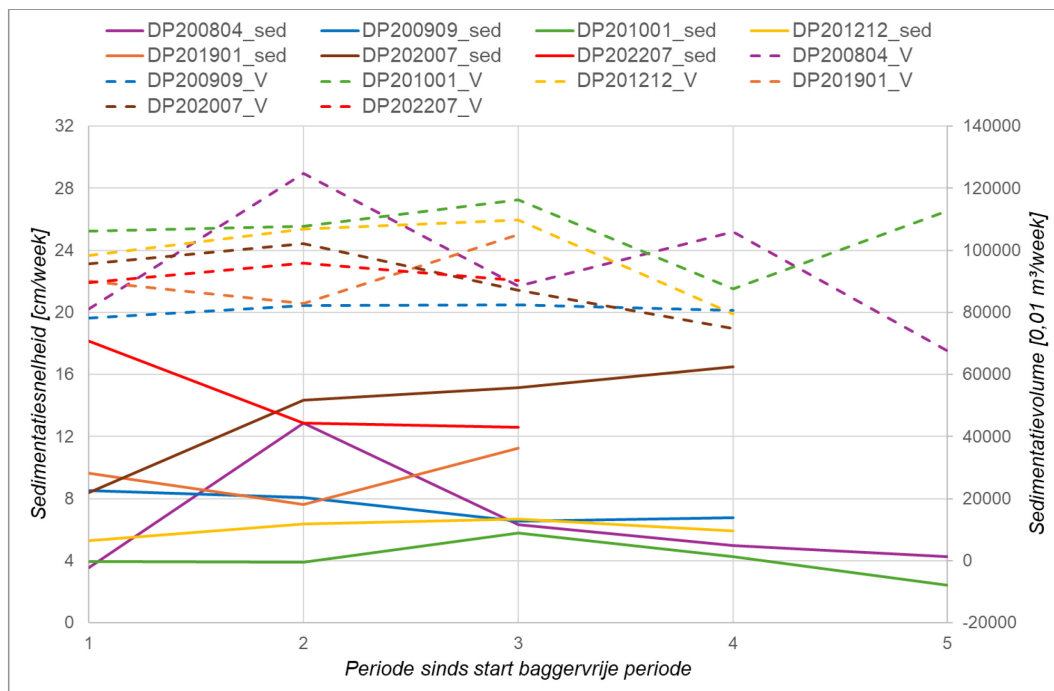
Naar aanleiding van de resultaten beschreven in § 4.2, kan besloten worden dat de lokale topo-bathymetrie een belangrijke bijdrage levert aan de variatie in sedimentatiesnelheid ter hoogte van de drempel van Hansweert, terwijl de bijdrage via retourstroom van stortingen complexer lijkt. Gelet op het belang van de lokale morfologie, wordt hier in § 4.3.2 nog dieper op ingegaan.

Uit de analyse blijkt dat de beschouwde baggervrije periodes aanzienlijk kunnen verschillen in lengte (van 27 dagen tot 85 dagen). Hieruit rijst de vraag in welke mate de sedimentatiesnelheid varieert in een baggervrije periode. Hiertoe is een bijkomende analyse uitgevoerd voor baggervrije periodes waarvoor minstens 4 MBES-peilingen (dus 3 periodes) beschikbaar zijn. Dit aspect wordt behandeld in § 4.3.1.

4.3.1 Sedimentatiesnelheid op korte termijn

Om de variatie in sedimentatiesnelheid binnen een baggervrije periode te kunnen onderzoeken, is een selectie gemaakt van baggervrije periodes waarin minstens 4 MBES-peilingen beschikbaar zijn. De selectie is uitgevoerd op de volledige dataset van baggervrije periodes (2007-2024) aangezien deze eerder beperkt zijn in aantal. In totaal bleken 7 baggervrije periodes beschikbaar te zijn voor deze analyse.

Figuur 12 geeft de sedimentatiesnelheid weer per deelperiode (ie. 2 opeenvolgende MBES-peilingen) voor de verschillende (7) baggervrije periodes waarin minstens 4 MBES-peilingen beschikbaar zijn (vak 1, resultaten gelijkaardig voor andere vakken). Noch voor de sedimentatiesnelheid, noch voor de sedimentatievolumes is er een consequent verloop terug te vinden. Bepaalde periodes (202207 en 200909) vertonen een verloop waarbij de sedimentatiesnelheid geleidelijk afneemt binnen de baggervrije periode, maar andere periodes (202007 en 201212) laten een toename zien in de tijd, terwijl in andere periodes geen echte trend is waar te nemen (200804, 201001 en 201901). De sedimentatiesnelheid is dus niet te relateren aan de lokale “verstoring” (door baggeren), die bij het begin van de periode groter is dan naar het einde toe. De sedimentatiesnelheid zal dus bepaald worden door andere factoren, waarbij eerder gedacht wordt aan de aanvoer van sediment en de morfologie op grotere schaal.



Figuur 12 – Variatie van sedimentatiesnelheid en -volume binnen baggervrije periode

4.3.2 Morfologie

Zoals eerder al aangegeven bevindt de drempel van Hansweert zich in een morfologisch dynamisch gebied, wat geïllustreerd wordt door de verschilkaart over de periode 2010-2023 (Figuur 13). Hierbij vallen 3 grootschalige ontwikkelingen op:

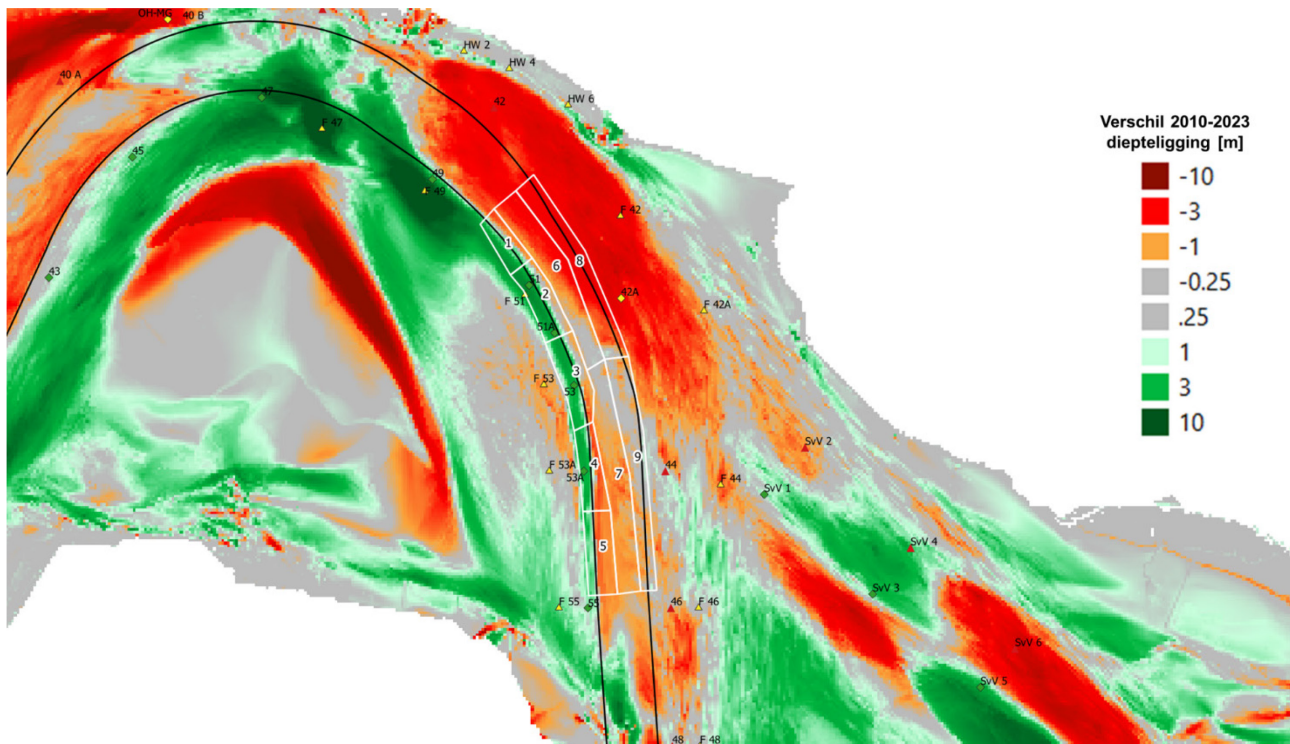
1. Een sterke erosie van de NO-N-NW-rand van de Platen van Ossensisse in de intergetijdengebied van deze plaat.
2. Een sterke sedimentatie langsheen de volledige rand van de Platen van Ossensisse in het subtidaal langs deze plaat.
3. Een sterke erosie opwaarts van de diepe put van Hansweert ter hoogte van de noordelijke zone van de drempel van Hansweert (vakken 6 en 8).

Een mogelijke verklaring van deze ontwikkelingen, die vermoedelijk onderling gerelateerd zijn, is te zoeken in de verhoogde sedimentbeschikbaarheid in deze zone. Hierbij wordt gedacht dat de stortingen³ in dit gebied zich onder invloed van de dominante vloedstroom in opwaartse richting verspreiden. Dit biedt een verklaring voor de sterke sedimentatie langs de rand van de Platen van Ossensisse. Deze morfologische ontwikkelingen initiëren op hun beurt een morfologische reactie met erosie van de plaat (intratidaal) en de geul als gevolg. Met name dit laatste manifesteert zich sterk ter hoogte van de afwaartse rand van de drempel van Hansweert: in de periode 2012 – 2023 (Figuur 14) vormt zich een nieuw plaatje langs de NO-rand van de Platen van Ossensisse; hierbij moet opgemerkt worden dat deze ontwikkeling ook al eerder aan de gang was (maar ook toen vonden stortingen plaats in het Gat van Ossensisse). De vorming van het nieuwe plaatje “forceert” het water naar andere stukken in de dwarssectie. De erosie langs de kant van de vaargeul is vermoedelijk toe te schrijven aan de vloedstroming, die in de bocht zich concentreert aan de buitenzijde van de bocht (“uitbochten”) en na de bocht van Hansweert richting Schaar van Waarde georiënteerd is en door het plaatje meer “weggedrukt” wordt van de Platen van Ossensisse. De erosie op de Platen van Ossensisse lijkt dan weer eerder gedreven door de ebstroming, die bij dalende waterstand de kortste weg kiest en zich concentreert (deels want merendeel gaat door vaargeul) in het geultje tussen de Platen van Ossensisse en het nieuwe plaatje. Tevens treedt de maximale stroming in de ebfase op bij een lagere waterstand dan de maximale vloedstroming, wat de uitschuring langs de plaatrand kan stimuleren.

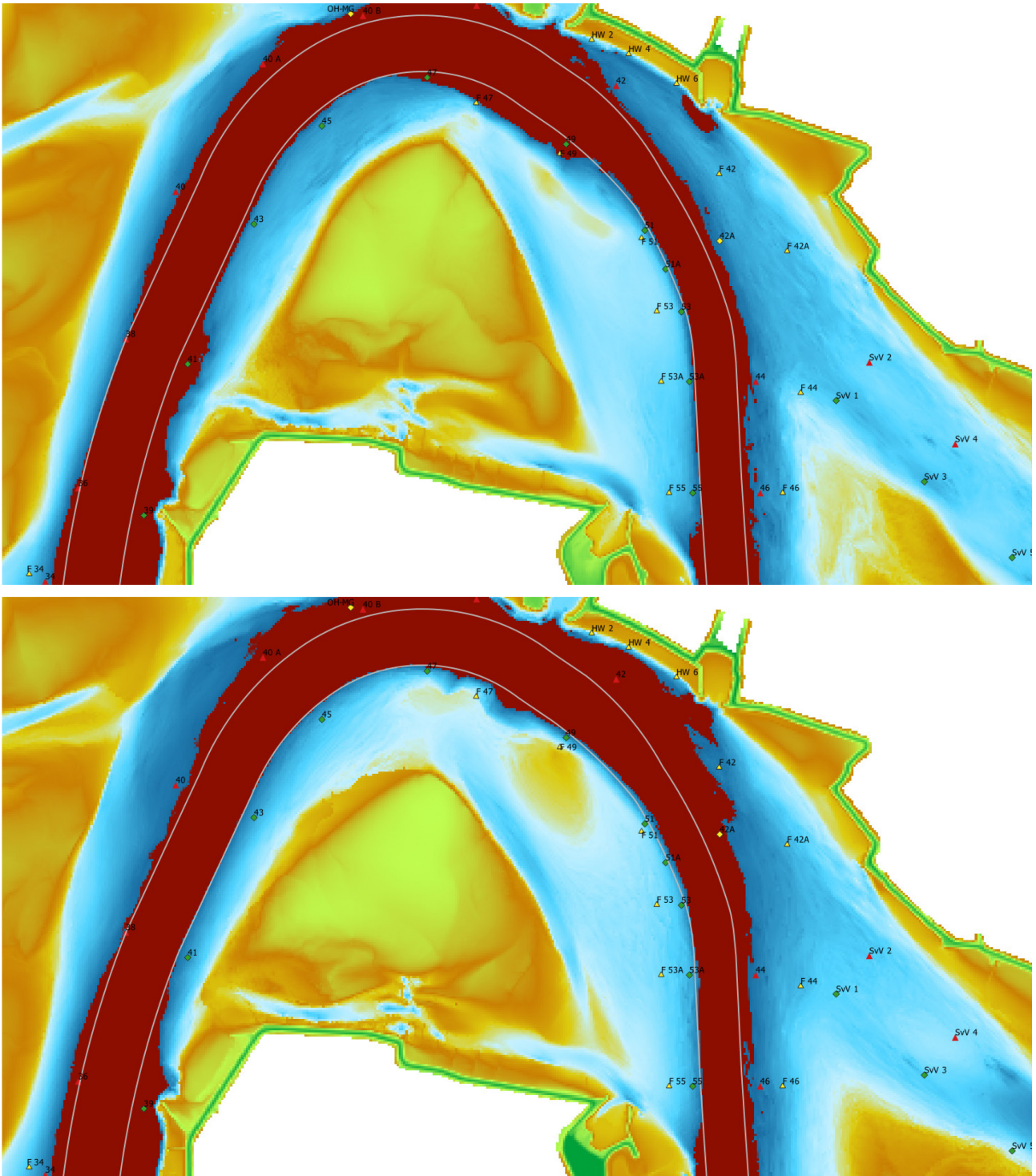
De morfologische ontwikkelingen zorgen ervoor dat de positie van de vaargeul (witte contour in Figuur 14) niet meer optimaal (in relatie tot het onderhoudsbaggerwerk) ligt in de huidige morfologische toestand van dit gebied. Wanneer de ligging van de vaargeulcontour in 2012 vergeleken wordt met de beschikbare diepte ten opzichte van het nautisch streefpeil voor het hoofdvaarwater (-145 mLAT), dan vallen deze grotendeels samen. Wanneer dezelfde vergelijking gemaakt wordt voor de toestand 2023, dan valt het op dat ter hoogte van de rode boeien beschikbare diepte ook buiten het hoofdwater groter is dan het streefpeil. Dit in combinatie met de verhoogde sedimentatiesnelheid in de vakken langsheen de groene kant, geven aan dat de vaargeul-contour aangepast kan worden aan de huidige morfologische toestand. Aan de opwaartse zijde van de drempel (B46 – B44) is de verschuiving eerder beperkt (50 m nabij B46, 100 m nabij B44), maar meer afwaarts neemt deze toe tot ca. 200 m (nabij B42A en B42), terwijl tussen B42A en B42 er een verschuiving van 250 m mogelijk is.

De exacte verschuiving van de vaargeul moet verder in detail onderzocht worden, waarbij ook rekening moet gehouden worden met de juridische en nautische aspecten (bochtstraal, roer-schroef-gebruik, risico van hinderlijke dwarsstroming), maar mogelijk zal de verschuiving van vaargeul ook voor deze aspecten resulteren in een verbetering.

³ Hoewel uit de statische analyse naar voren komt dat de relatie met de stortingen eerder beperkt was – zie Tabel 2 – wordt verwacht dat de stortingen vanuit stortzone SH41 toch een rol spelen. Dit is toe te schrijven aan het vloed-dominante karakter van deze stortzone en de kleine stabiliteit (10-20%) van de gestorte specie in deze stortzone.



Figuur 13 – Verschilkaart op basis van vaklodingen periode 2010-2023
groen (+) = sedimentatie, rood (-) = erosie



Figuur 14 – Ruimtelijke afbakening (in donker rood) van gebieden beneden streefpeil (-145 dm LAT) en topo-bathymetrie voor de jaren 2012 (boven) en 2023 (onder) – witte contour geeft ligging vaargeul weer (identiek voor beide jaren)

5 Conclusies

In het kader van het onderzoeksprogramma Agenda voor de Toekomst werd reeds een analyse uitgevoerd van de sedimentatie ter hoogte van de drempel van Hansweert voor de periode 2007-2016. Nadien werd deze analyse uitgebreid tot 2019. Voorliggend rapport presenteert de resultaten van deze analyse voor de periode 2020-2024.

Op basis van de baggergegevens werden periodes geïdentificeerd waarin er geen baggerwerken plaatsvonden ter hoogte van de drempel van Hansweert. Voor deze “baggervrije” periodes werden de beschikbare bathymetrische (MBES) opnames geselecteerd om de natuurlijke sedimentatieprocessen te kunnen vaststellen.

Uit de analyse van de verschilkaarten blijkt dat de sedimentatiepatronen in de laatste jaren gelijkaardig zijn aan de eerder vastgestelde patronen: met name langs de groene boeierzijde, ter hoogte van de oostrand van de Platen van Ossenissee kan een uitgesproken zone met sedimentatie vastgesteld worden.

Voor de afwaartse vakken langs de groene boeierzijde (vak 1-3) is het patroon gelijkaardig: de sedimentatiesnelheden vertonen hier een stijging in de periode 2015-2016. Voor vak 1 neemt de sedimentatiesnelheid toe van ca. 5 cm/week (voor 2015) tot ca. 20 cm/week (na 2016). Voor de opwaartse vakken langs de groene boeierzijde (vak 4-5) is er ook een toename, maar deze treedt geleidelijk op over de volledige periode van deze analyse (2007-2024). De vakken centraal op de drempel en langs de rode boeierzijde kennen een minder uitgesproken sedimentatie. Ook hier zien we een toename in de tijd: geleidelijk voor de opwaartse vakken (vak 7 en 9), met een sprong in 2015-2016 voor de afwaartse vakken (vak 6 en 8).

Een verdere analyse voor de langste baggervrije periodes toont geen systematisch patroon voor de verschillende deelperiodes van de baggervrije periode: het concept dat de sedimentatiesnelheid gerelateerd is met de “overdiepte” (zie o.a. (Kornman *et al.*, 2002)) wordt hierbij dus niet bevestigd. Dit komt overeen met eerdere bevindingen (WL | Delft Hydraulics, 1996). Dit wijst erop dat de sedimentatiesnelheid vooral bepaald wordt door het sedimenttransport naar de drempel toe.

Tenslotte werd binnen voorliggende studie een multivariaat statistisch model opgesteld om een inschatting te maken van welke aspecten (waterbeweging, morfologie, stortingen) een significante bijdrage leveren aan de sedimentsnelheid ter hoogte van de drempel van Hansweert. Uit de analyse blijkt dat vooral de morfologie een verklarende rol speelt. Belangrijk hierbij is de positie (helling, afstand tot vaargeul) van het talud tussen het plateau langs de oostrand van de Platen van Ossenissee en de vaargeul. Ook voor enkele stortzones bleek er een significante bijdrage gevonden te worden, met name stortzone SH51 voor de opwaartse vakken van de drempel en DPHW voor de afwaartse vakken. Wel dient hierbij opgemerkt te worden dat deze analyse bijzonder moeilijk in uitvoering is, omwille van de onzekerheid rond de snelheid van retourstroom van het gestorte sediment. Hiervoor werd uiteindelijk een snelheid gekozen die representatief is voor de migratie van bodemvormen en het bodemtransport.

Een belangrijke conclusie uit dit onderzoek is dat de huidige ligging van de vaargeul niet optimaal is in relatie tot de huidige morfologie nabij de drempel van Hansweert. Deze vaststelling dient verder onderzocht te worden, maar lijkt wel een belangrijke invloed te kunnen hebben op de sedimentatiesnelheid en de onderhoudsbaggerhoeveelheden ter hoogte van de drempel.

6 Referenties

Fargue, M. (1868). Étude sur la corrélation entre la configuration du lit et la profondeur d'eau dans les rivières à fond mobile. *Ann. ponts Chaussées Tome I*: 34–92

IMDC. (2024). Flexibel Storten Vergunningsjaar 2023 Analyse monitoring stortactiviteiten onderhoudsbaggerwerken vaargeul Westerschelde: periode januari - december 2023. 314 pp.

Kornman, B.; Liek, G.J.; Schippers, H. (2002). Baggeren en storten in de Westerschelde, een nieuwe kijk op het onderhoudsbaggerwerk

Plancke, Y.; Vos, G.; Meire, D. (2022). Stortstrategie Westerschelde: Deelrapport 1 – Geschiktheid van stortvakken op basis van een multi-criteria beoordeling. 41 pp.

Plancke, Y.; Aragones, E.; Vos, G.; Mostaert, F. (2020). Proefstortingen Westerschelde: deelrapport 3. Analyse van de sedimentatie ter hoogte van de drempel van Hansweert. Versie 3.0. *WL Rapporten*, 19_079_3. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=328054>

Plancke, Y.; Goossens, M.; Mostaert, F. (2018a). Overleg flexibel Storten: deelrapport 28. Analyse van baggerhoeveelheden in de Westerschelde sinds 2000. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 00_031_28. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=303630>

Plancke, Y.; Meire, D. (2022). Proefstortingen Westerschelde: deelrapport 5. Stromings- en sedimenttransport metingen ter hoogte van de diepe put van Hansweert – proefstorting 2021. Versie 3.0. *WL Rapporten*, 19_079_5. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <https://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=356469>

Plancke, Y.; Meire, D.; Mostaert, F. (2018b). Agenda voor de toekomst - Morfologie Mesoschaal: deelrapport 14. Bodemtransport nabij de Platen van Ossensisse op basis van een analyse van bodemvormen. Versie 3.0. *WL Rapporten*, 14_024_14. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=301861>

Plancke, Y.; Meire, D.; Mostaert, F. (2019a). Overleg flexibel storten: deelrapport 31. Stromings- en sedimenttransport metingen ter hoogte van de diepe put van Hansweert. Versie 3.0. *WL Rapporten*, 00_031_31. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=317491>

Plancke, Y.; Verwilligen, J.; Vanlede, J.; Taverniers, E.; Mostaert, F. (2011). Beheersbaarheid groene boeienzijde: synthesesrapport. *WL Rapporten*, 753_14. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Plancke, Y.; Wouters, K.; Meire, D.; Mostaert, F. (2019b). Morfologie mesoschaal - data-analyse stortingen: deelrapport 5. Data-analyse sedimentdynamica ter hoogte van stortingen. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 14_024_5. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=317260>

Plancke, Yves; Vos, G.; Mostaert, F. (2020). Overleg Flexibel Storten: Deelrapport 36 – Analyse van baggerhoeveelheden in de Westerschelde: periode 2000-2019. 19 pp.

Stark, J.; De Maerschalck, B.; Plancke, Y.; Meire, D. (2022). Evaluatiemethodiek Sedimenttransportcapaciteit: deelrapport 1. Methodiek. Versie 3.0. *WL Rapporten*, 21_106_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <https://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=355580>

Tank, F.T.G. (1996a). Het gedrag van drempels in de Westerschelde. Literatuurstudie en hypothesen

Tank, F.T.G. (1996b). Het gedrag van drempels in de Westerschelde. Parametrisatie.

Vos, G.; Wouters, K.; Deleu, J.; Meire, D.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2017). Agenda voor de toekomst – Stroming en sedimenttransport op de mesoschaal in het Schelde-estuarium: deelrapport 1. Data-analyse sedimentdynamica ter hoogte van drempels. Versie 2.0. *WL Rapporten*, 14_024_1. Antea Group: Antwerpen

WL | Delft Hydraulics. (1996). Kwaliteitstoets Oost-West. 52 pp.

Bijlage 1 Overzicht baggervrije periodes

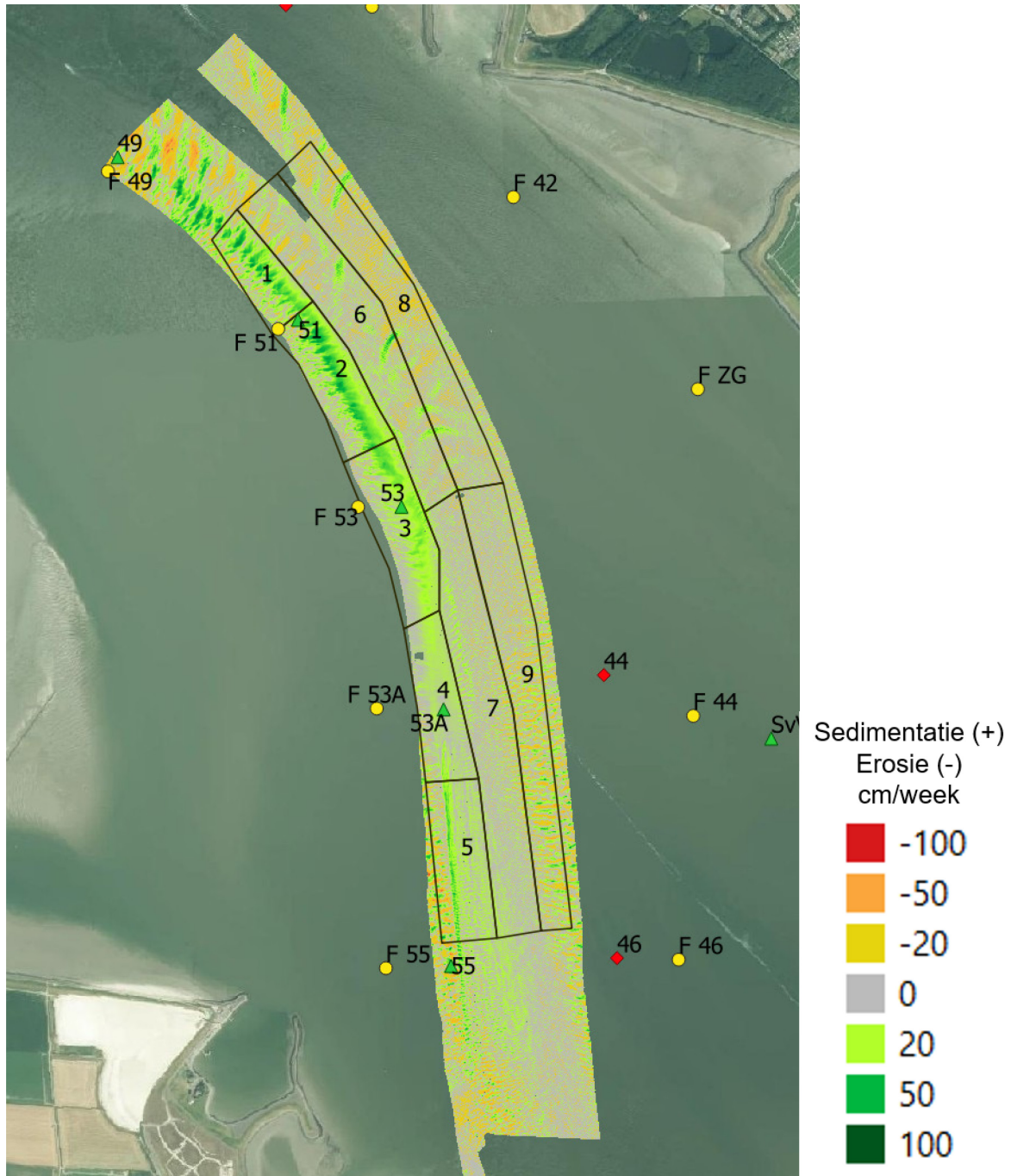
Tabel 3 – Overzicht van de start- en einddata van de geselecteerde baggervrije periodes voor de drempel van Hansweert
bron Vos *et al.* (2017)

Startdatum Baggervrije periode	Einddatum Baggervrije periode	Aantal baggervrije weken	Datum eerste peiling	Datum laatste peiling	Aantal weken tss. uiterste peilingen
10/03/2007	05/05/2007	8	02/04/2007	30/04/2007	4
05/05/2007	28/07/2007	12	27/05/2007	23/07/2007	8
09/03/2008	01/06/2008	12	17/03/2008	27/05/2008	10
28/09/2008	16/11/2008	7	29/09/2008	10/11/2008	6
07/12/2008	02/03/2009	12	12/01/2009	23/02/2009	6
20/04/2009	08/06/2009	7	20/04/2009	16/06/2009	8
24/08/2009	09/11/2009	11	08/09/2009	03/11/2009	8
07/12/2009	23/03/2010	15	15/12/2009	29/03/2010	15
Uitvoering verruiming vaargeul tot 43' getij-onafhankelijk vaart					
27/07/2010	28/09/2010	9	02/08/2010	05/10/2010	9
04/05/2011	15/06/2011	6	16/05/2011	30/05/2011	2
10/08/2011	05/10/2011	8	10/08/2011	04/10/2011	8
12/01/2012	01/03/2012	7	31/01/2012	10/02/2012	1,5
17/05/2012	12/07/2012	8	31/05/2012	02/07/2012	5
01/11/2012	18/01/2013	11	05/11/2012	15/01/2013	10
05/07/2013	23/08/2013	7	16/07/2013	26/08/2013	6
15/11/2014	04/01/2015	7	28/11/2014	08/01/2015	6
22/05/2016	27/07/2016	10	25/05/2016	20/07/2016	8
08/08/2016	26/09/2016	7	16/08/2016	12/09/2016	4
07/12/2016	26/01/2017	7	09/12/2016	19/01/2017	6
04/04/2017	28/05/2017	8	12/04/2017	24/05/2017	6

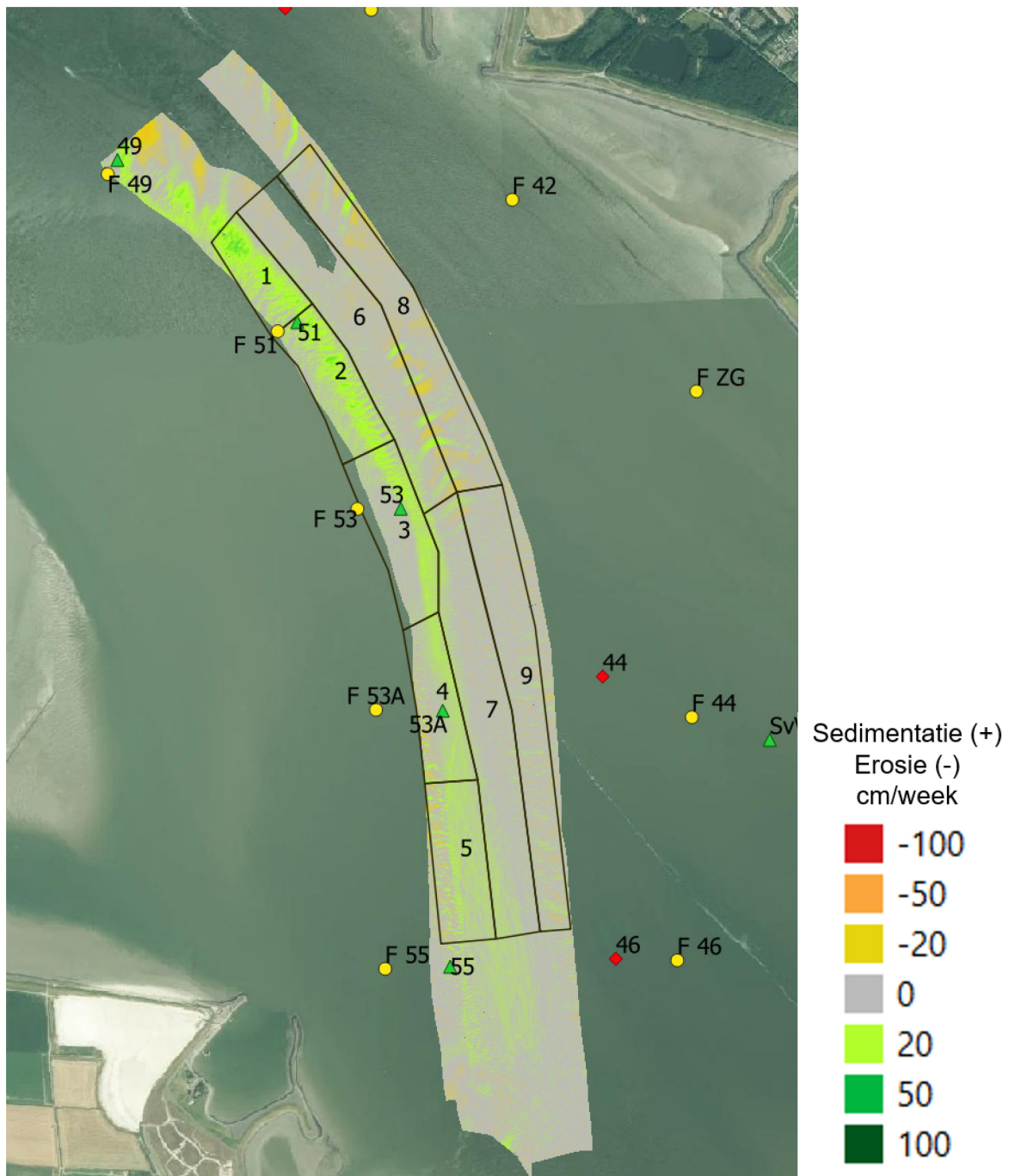
Tabel 4 – Overzicht van de start- en einddata van de geselecteerde baggervrije periodes voor de drempel van Hansweert
bron Plancke *et al.* (2020)

Startdatum Baggervrije periode	Einddatum Baggervrije periode	Aantal baggervrije weken	Datum eerste peiling	Datum laatste peiling	Aantal weken tss. uiterste peilingen
4/04/2017	28/05/2017	7,7	12/04/2017	24/05/2017	6,0
1/08/2017	14/09/2017	6,3	18/08/2017	11/09/2017	3,4
24/09/2017	2/11/2017	5,6	26/09/2017	23/10/2017	3,9
26/01/2018	26/02/2018	4,4	1/02/2018	26/02/2018	3,6
14/04/2018	20/05/2018	5,2	26/04/2018	18/05/2018	3,1
8/06/2018	11/07/2018	4,8	15/06/2018	29/06/2018	2,0
1/08/2018	3/09/2018	4,7	14/08/2018	27/08/2018	1,9
14/09/2018	20/10/2018	5,1	25/09/2018	10/10/2018	2,1
12/01/2019	6/03/2019	7,6	23/01/2019	26/02/2019	4,9
8/04/2019	20/05/2019	6,0	23/04/2019	6/05/2019	1,9
3/07/2019	29/07/2019	3,7	5/07/2019	23/07/2019	2,6
9/08/2019	23/09/2019	6,5	29/08/2019	11/09/2019	1,9
2/10/2019	28/10/2019	3,7	15/10/2019	29/10/2019	2,0
13/11/2019	6/01/2020	7,7	18/11/2019	17/12/2019	4,1
3/02/2020	2/03/2020	4,0	27/01/2020	24/02/2020	4,0
1/04/2020	9/05/2020	5,5	6/04/2020	30/04/2020	3,4

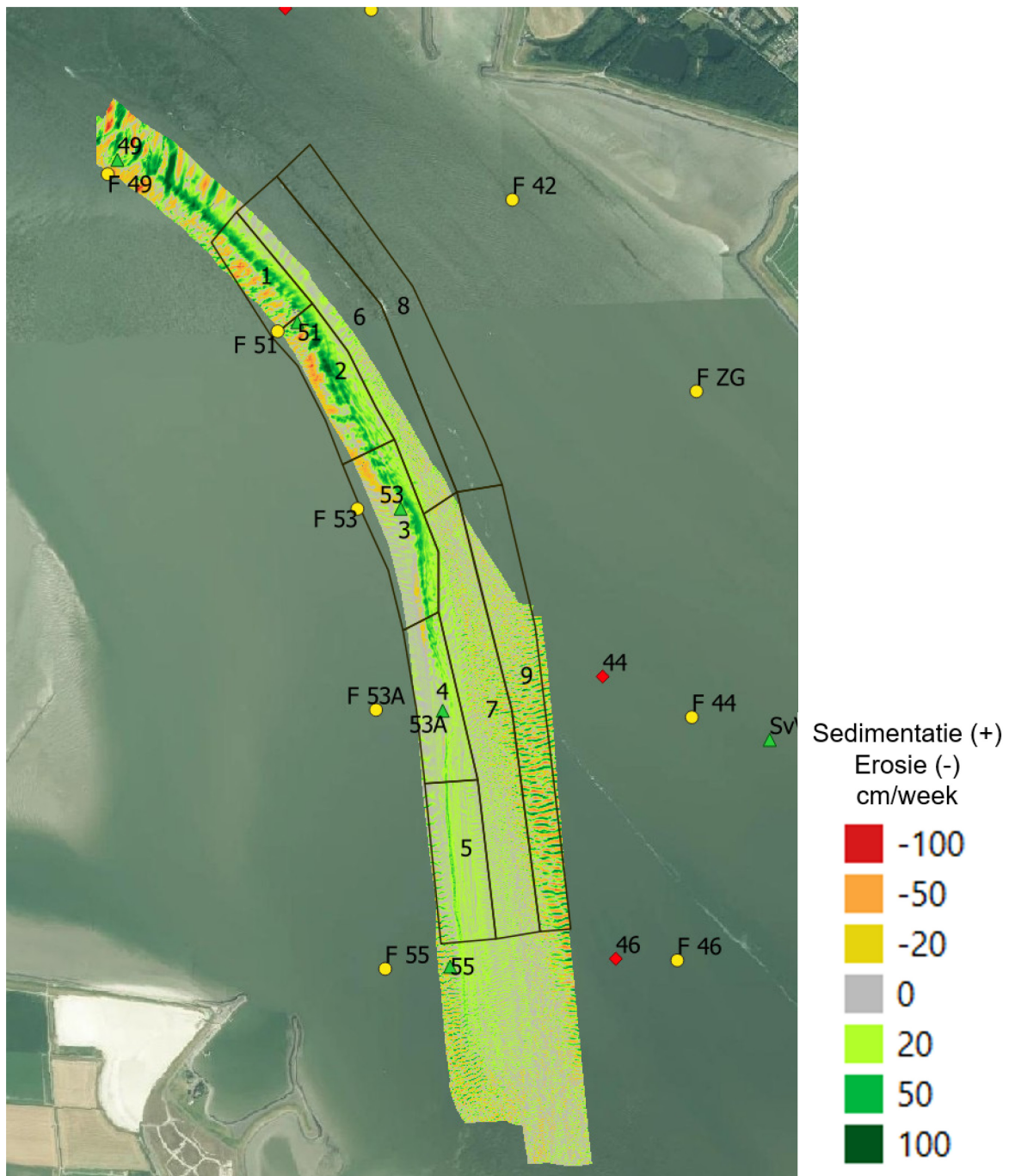
Bijlage 2 Verschilkaarten baggervrije periodes



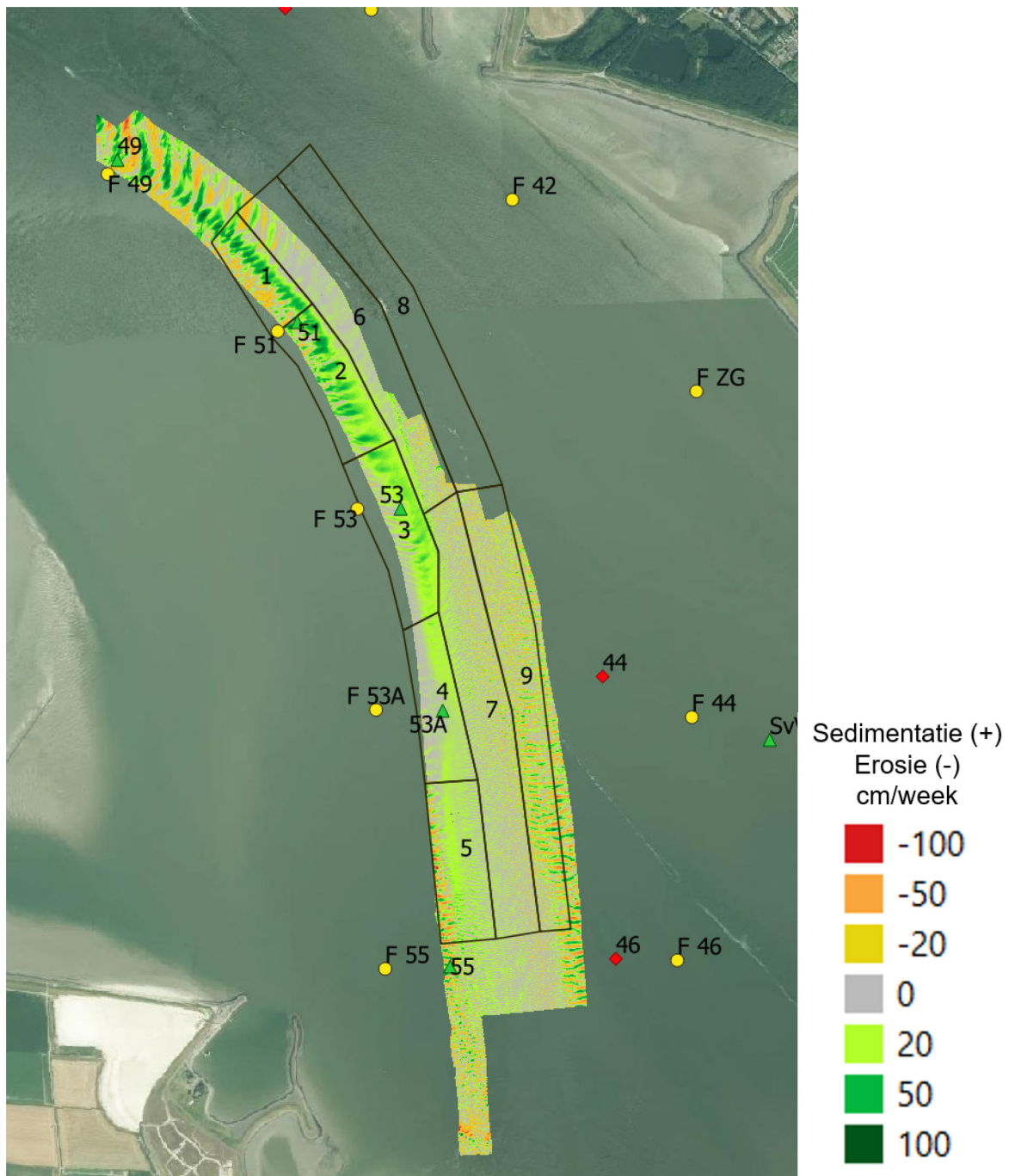
Figuur 15 – Verschilkaart baggervrije periode 1



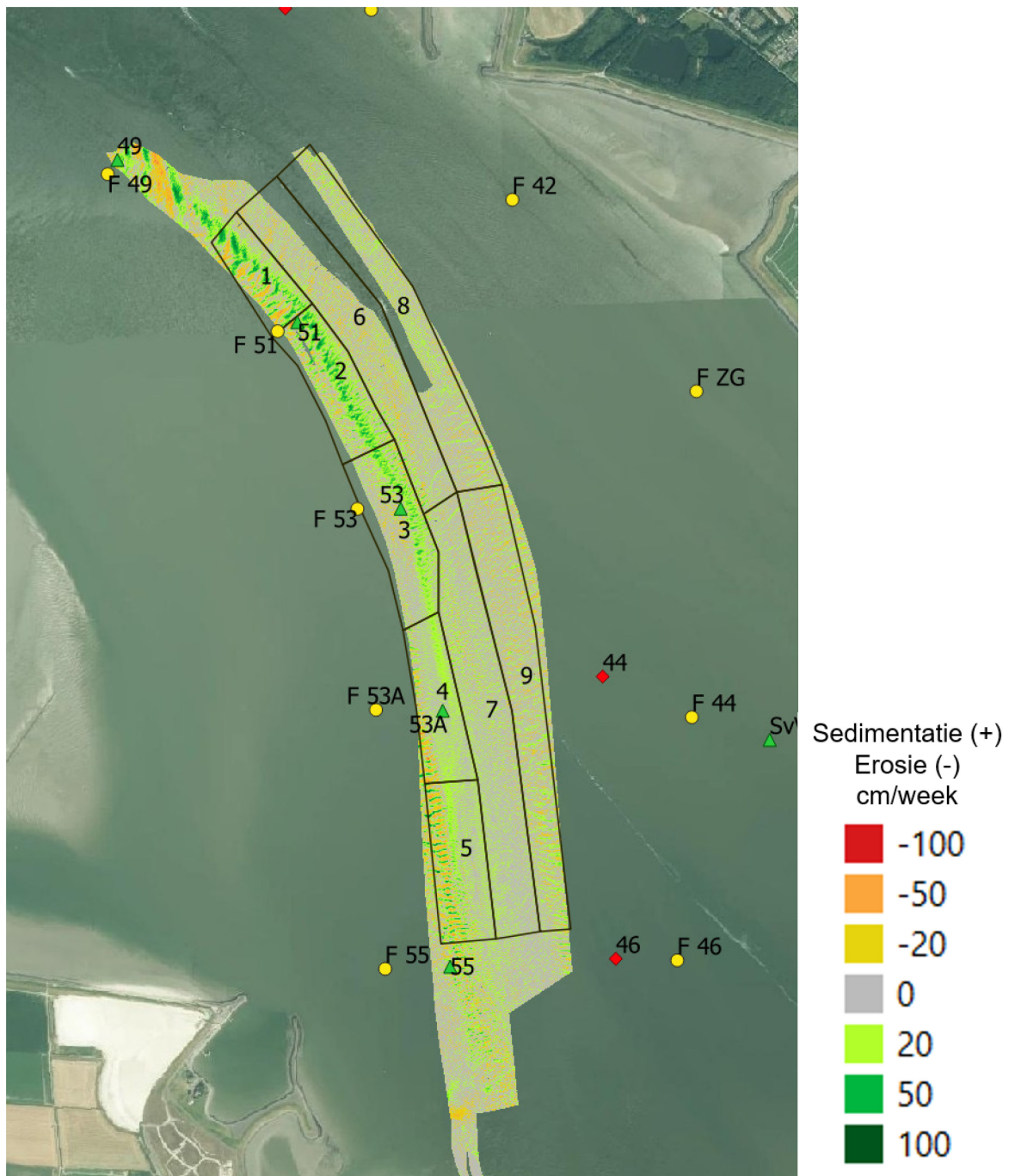
Figuur 16 – Verschilkaart baggervrije periode 2



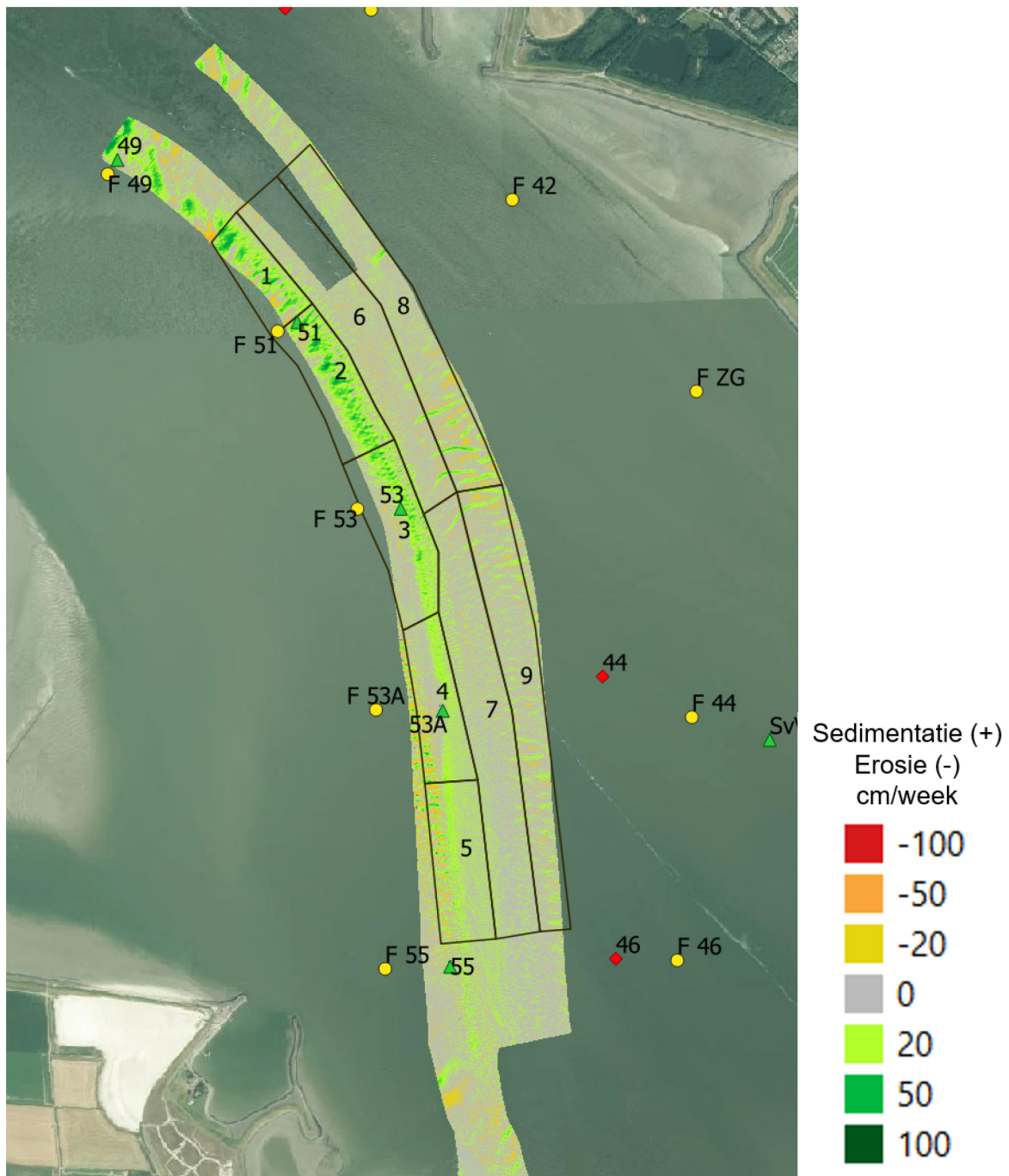
Figuur 17 – Verschilkaart baggervrije periode 3



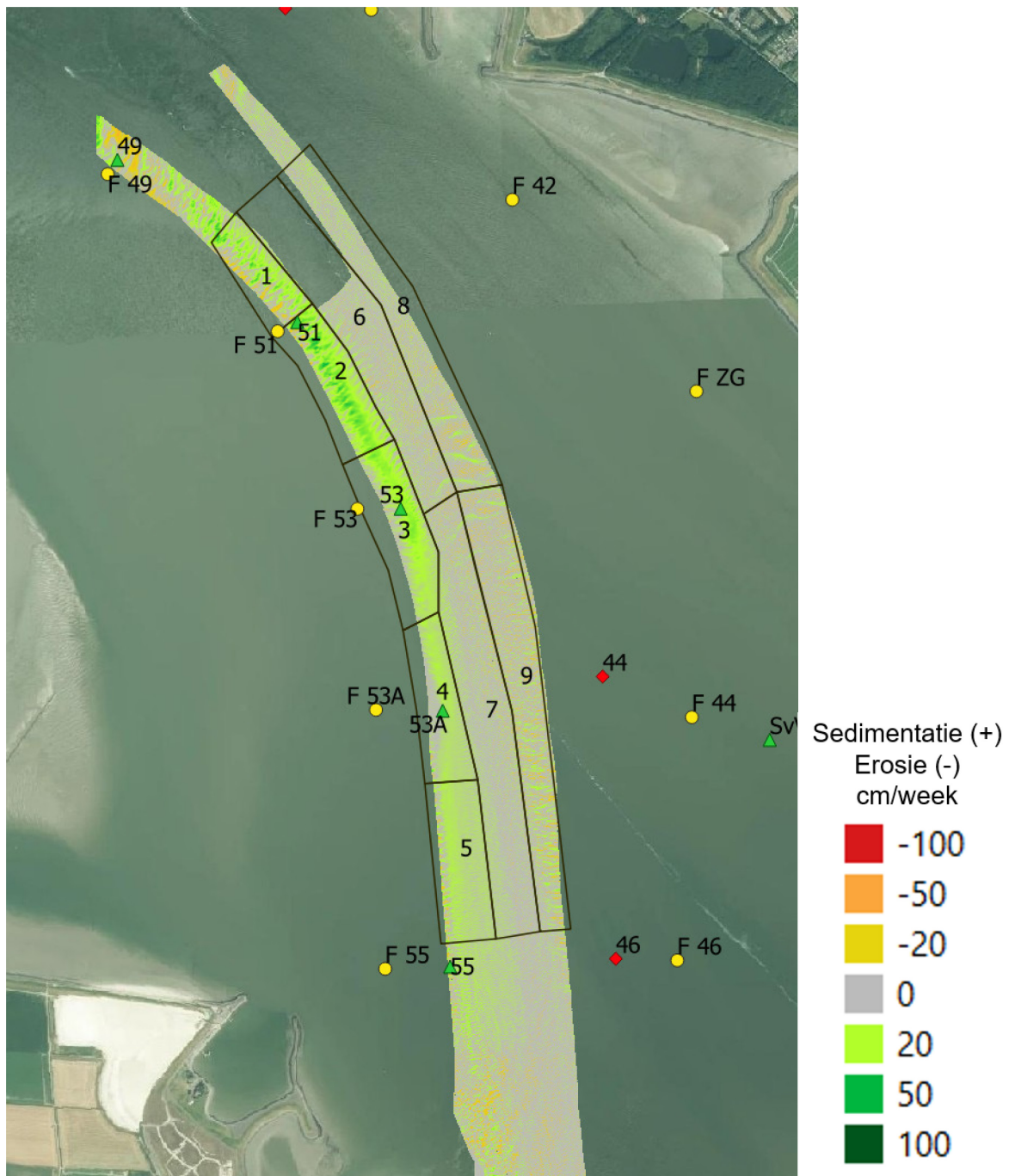
Figuur 18 – Verschilkaart baggervrije periode 4



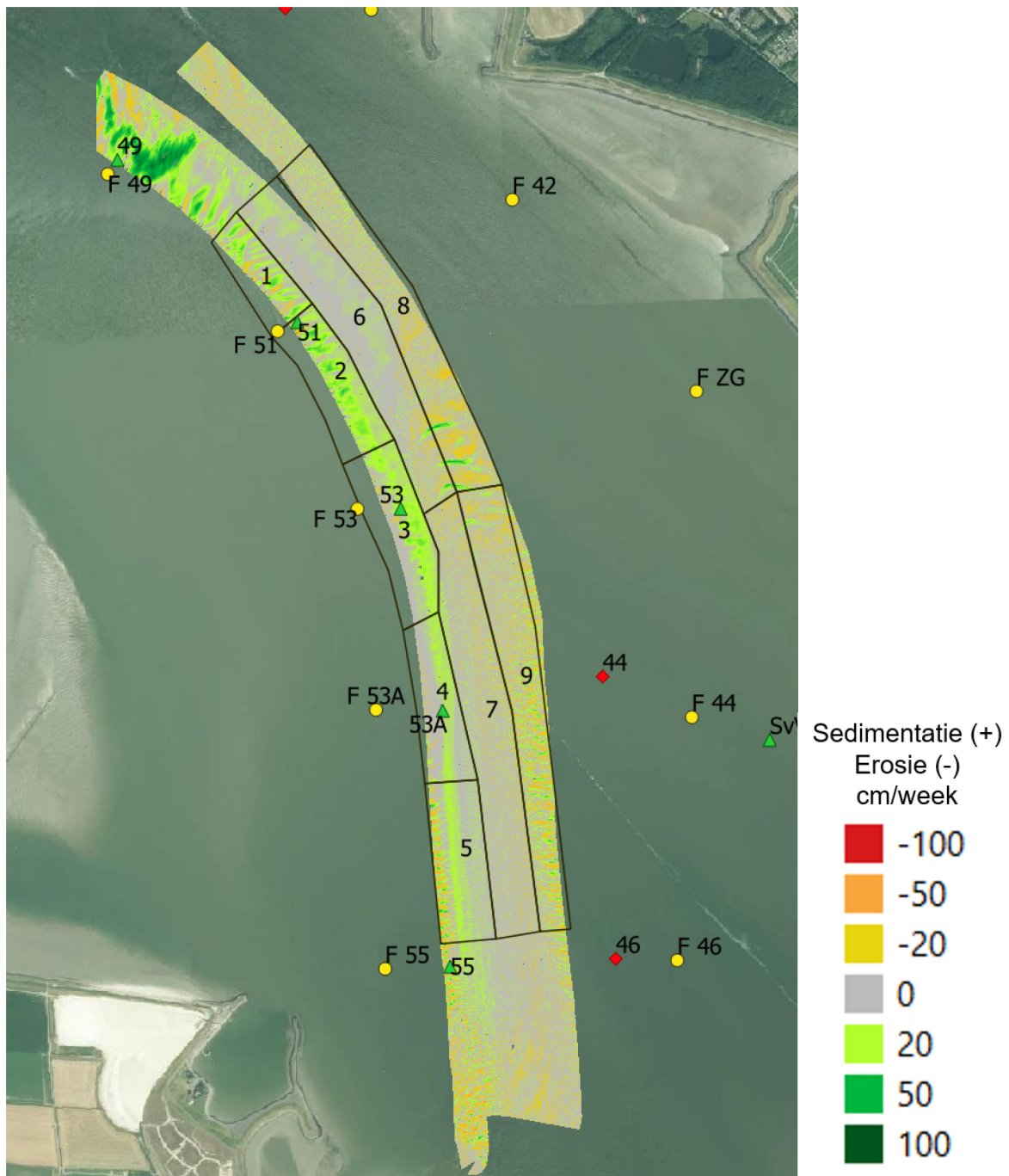
Figuur 19 – Verschilkaart baggervrije periode 5



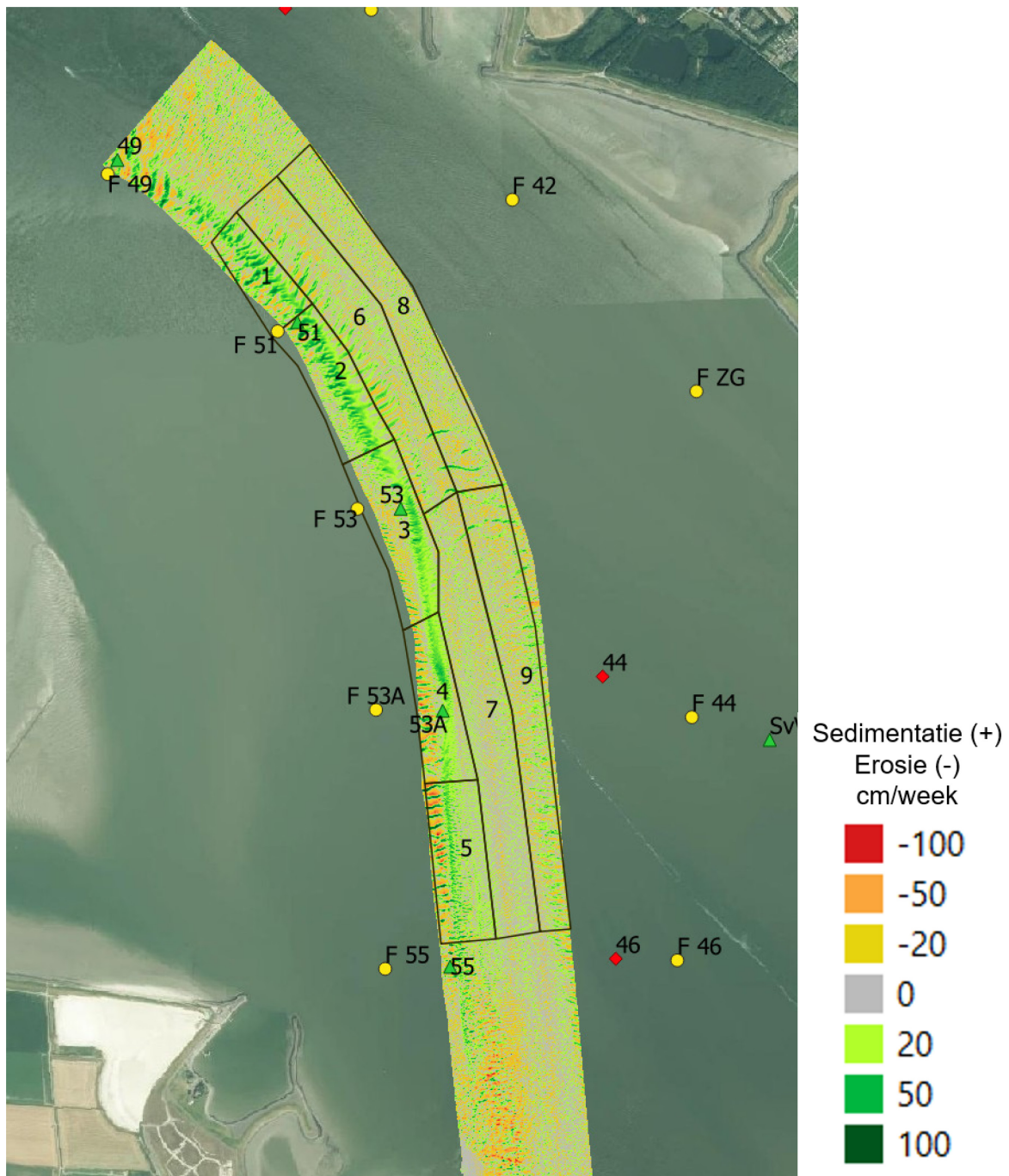
Figuur 20 – Verschilkaart baggervrije periode 6



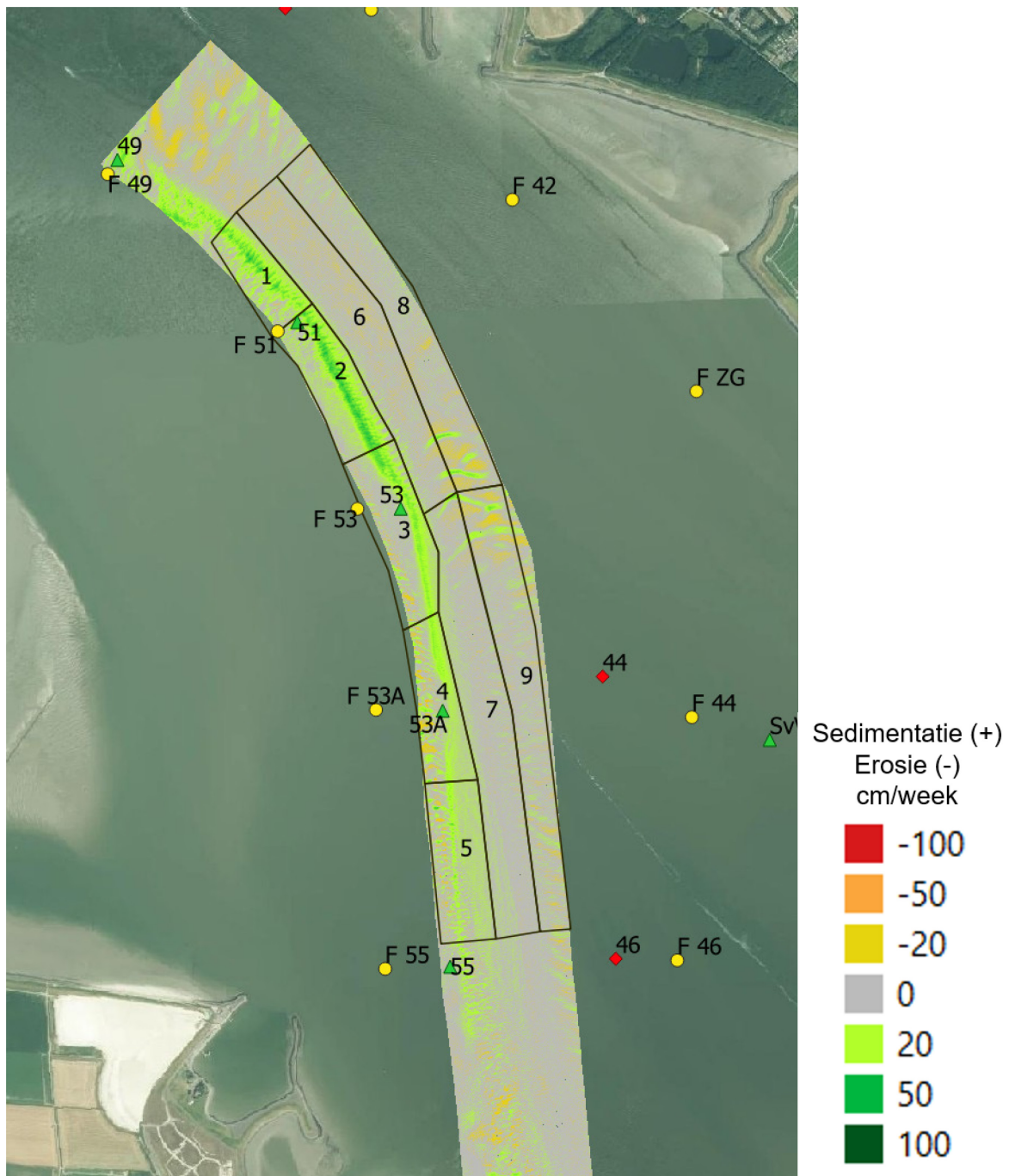
Figuur 21 – Verschilkaart baggervrije periode 7



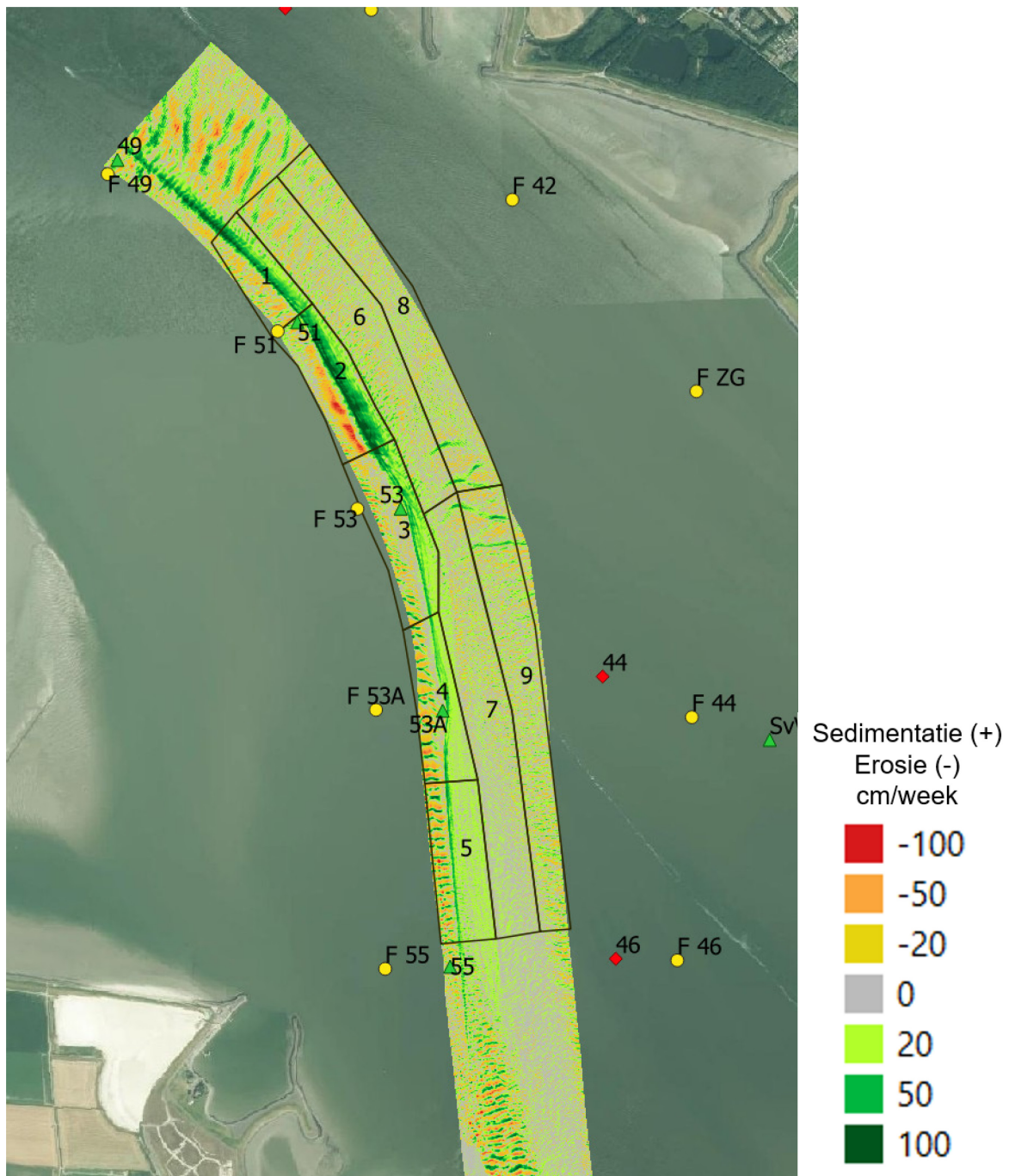
Figuur 22 – Verschilkaart baggervrije periode 8



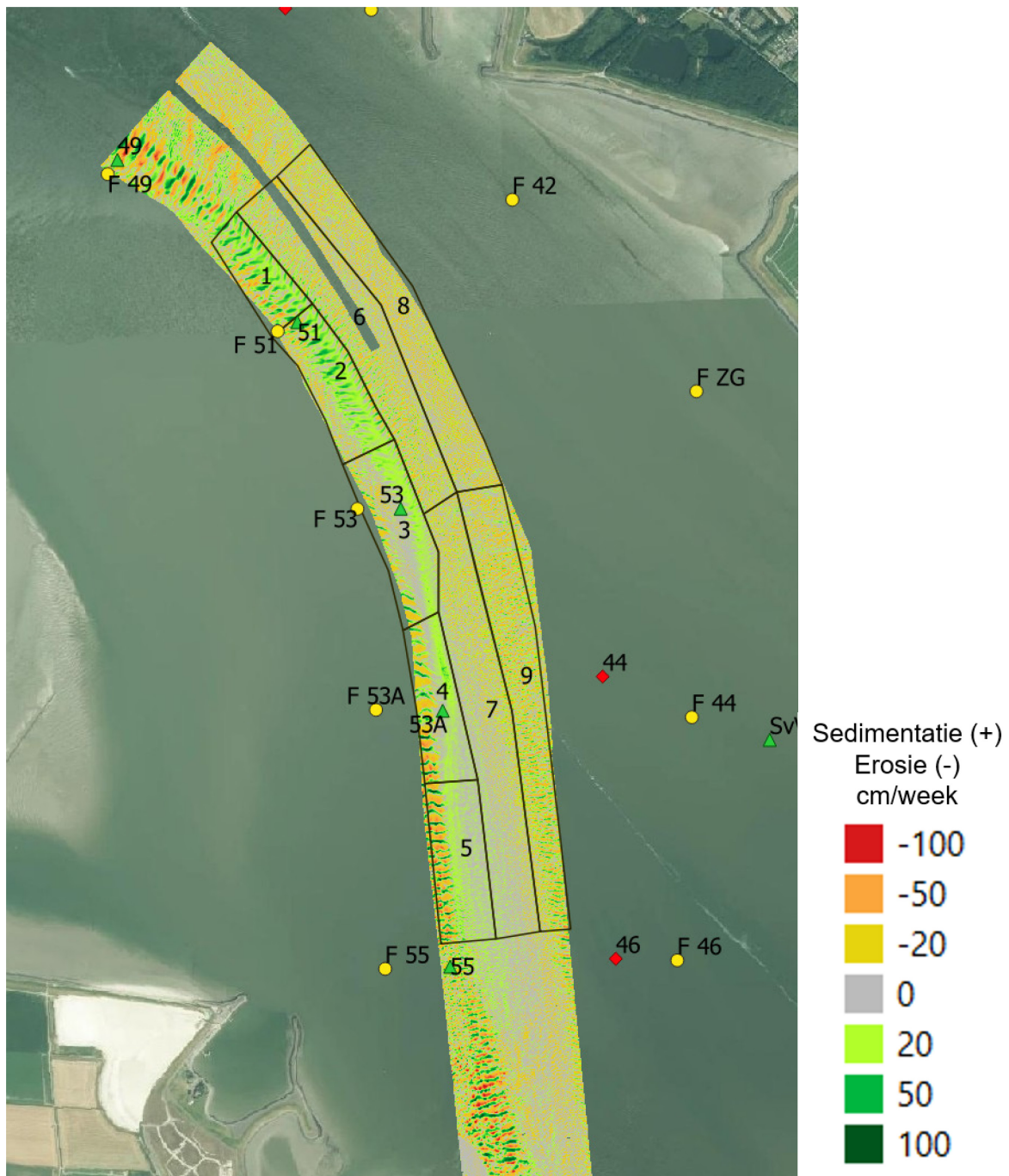
Figuur 23 – Verschilkaart baggervrije periode 9



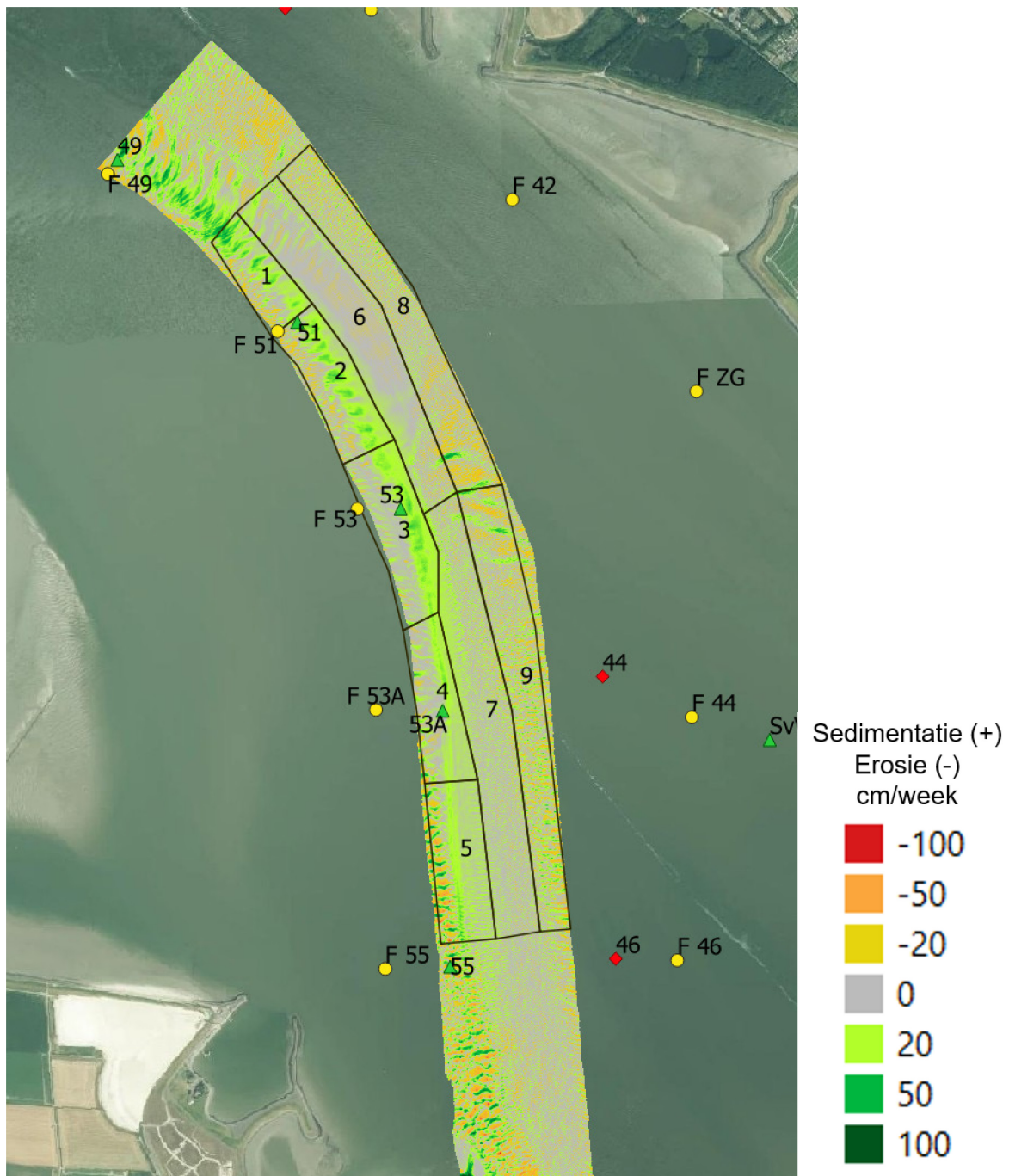
Figuur 24 – Verschilkaart baggervrije periode 10



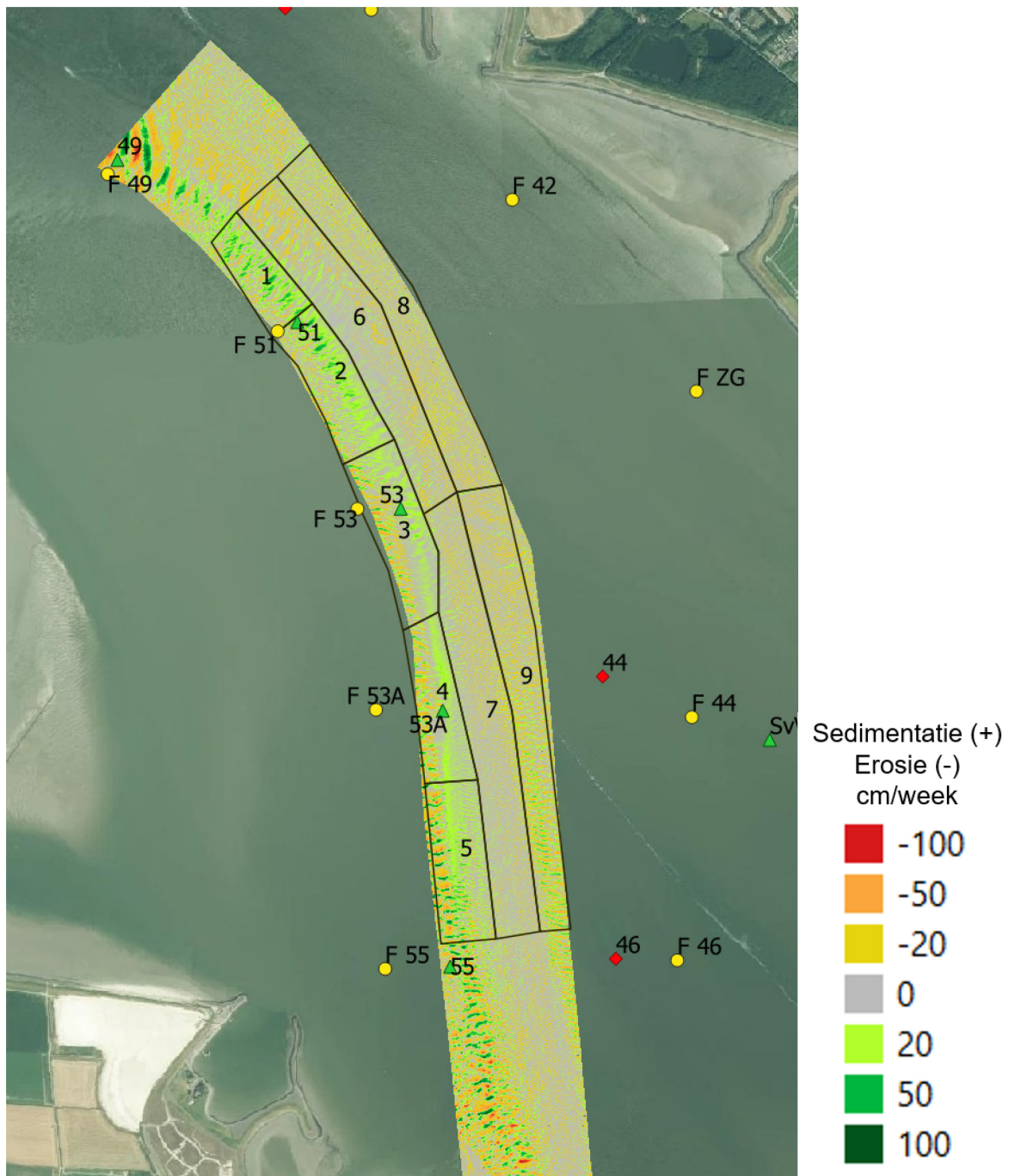
Figuur 25 – Verschilkaart baggervrije periode 11



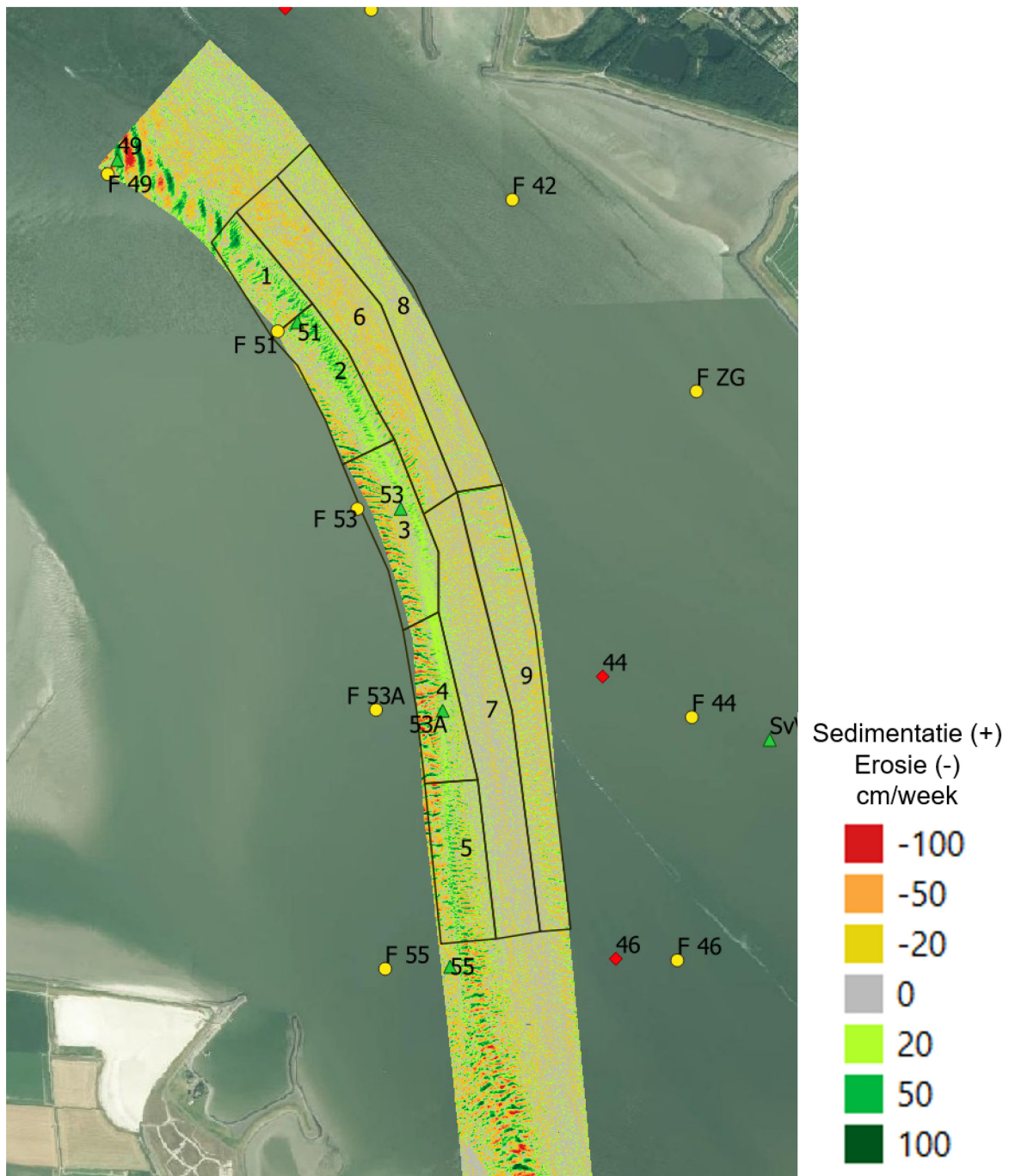
Figuur 26 – Verschilkaart baggervrije periode 12



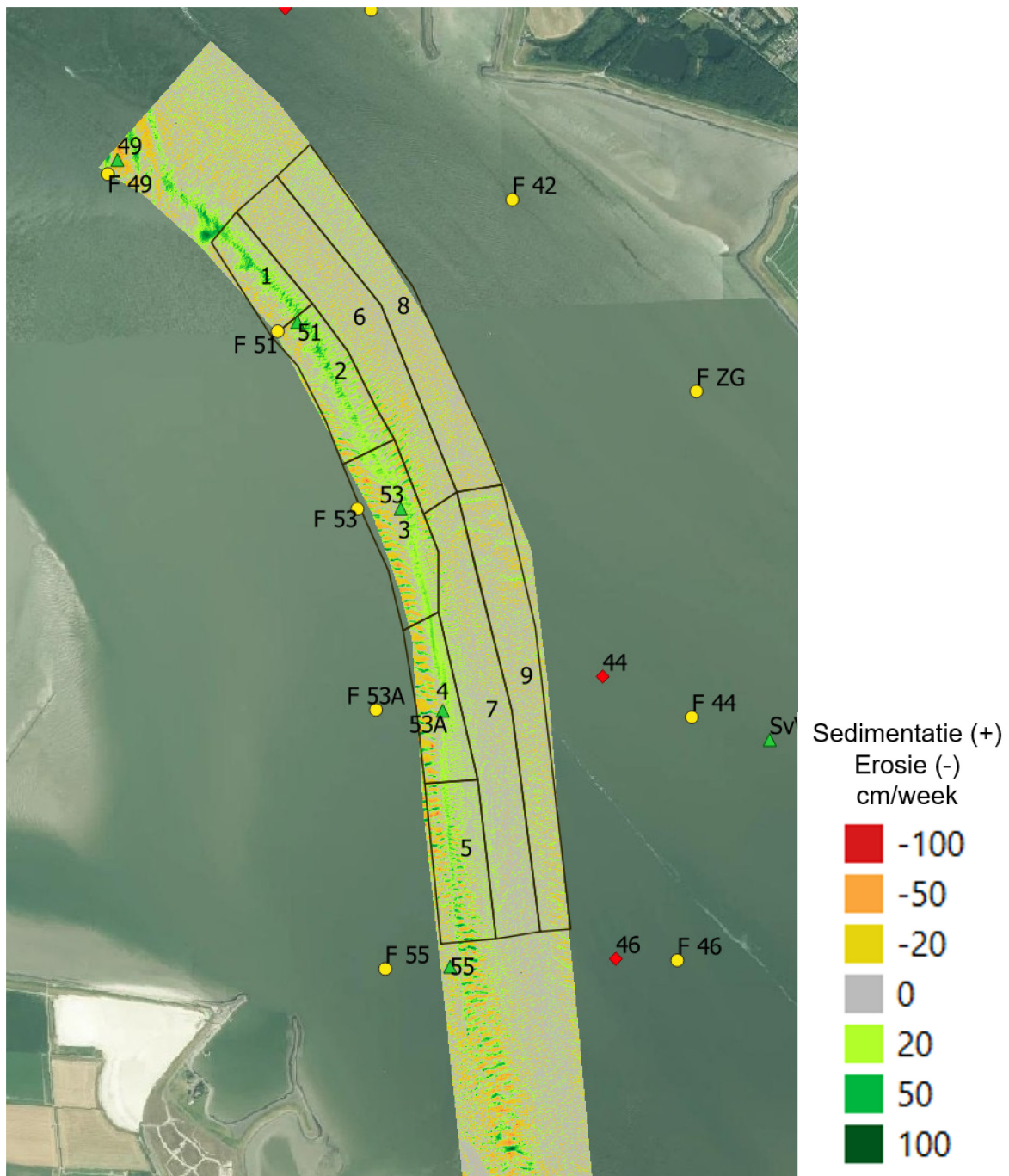
Figuur 27 – Verschilkaart baggervrije periode 13



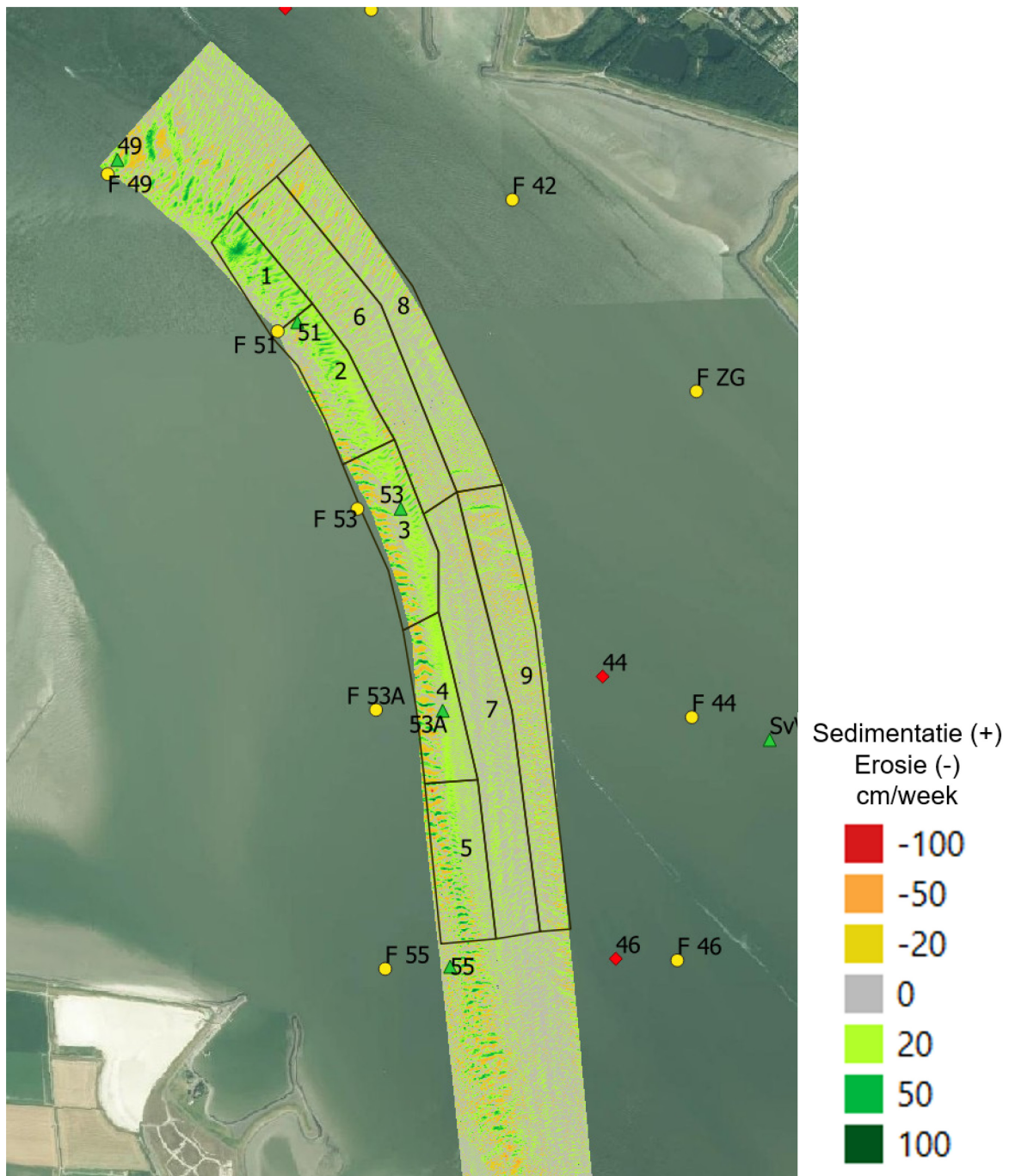
Figuur 28 – Verschilkaart baggervrije periode 14



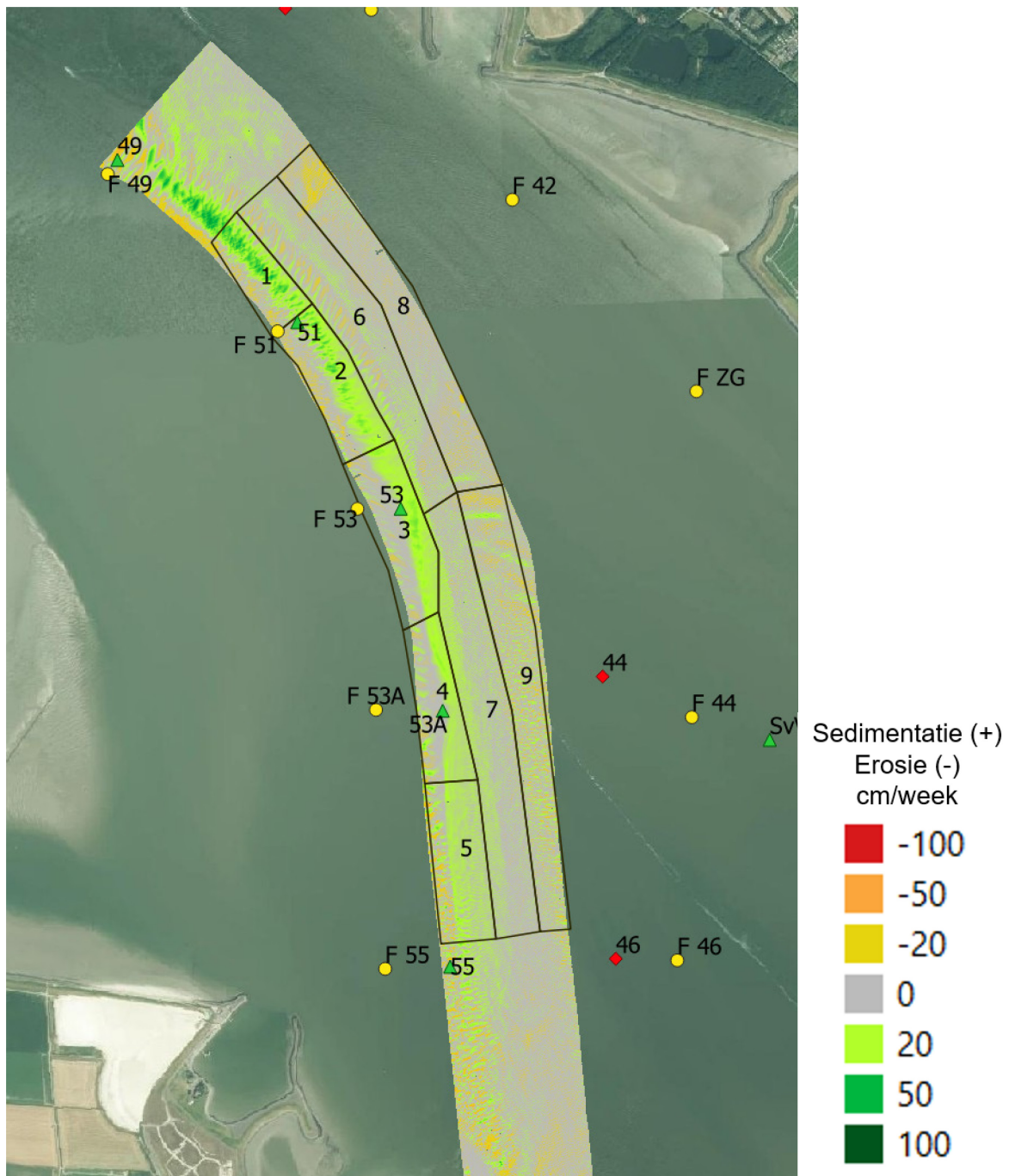
Figuur 29 – Verschilkaart baggervrije periode 15



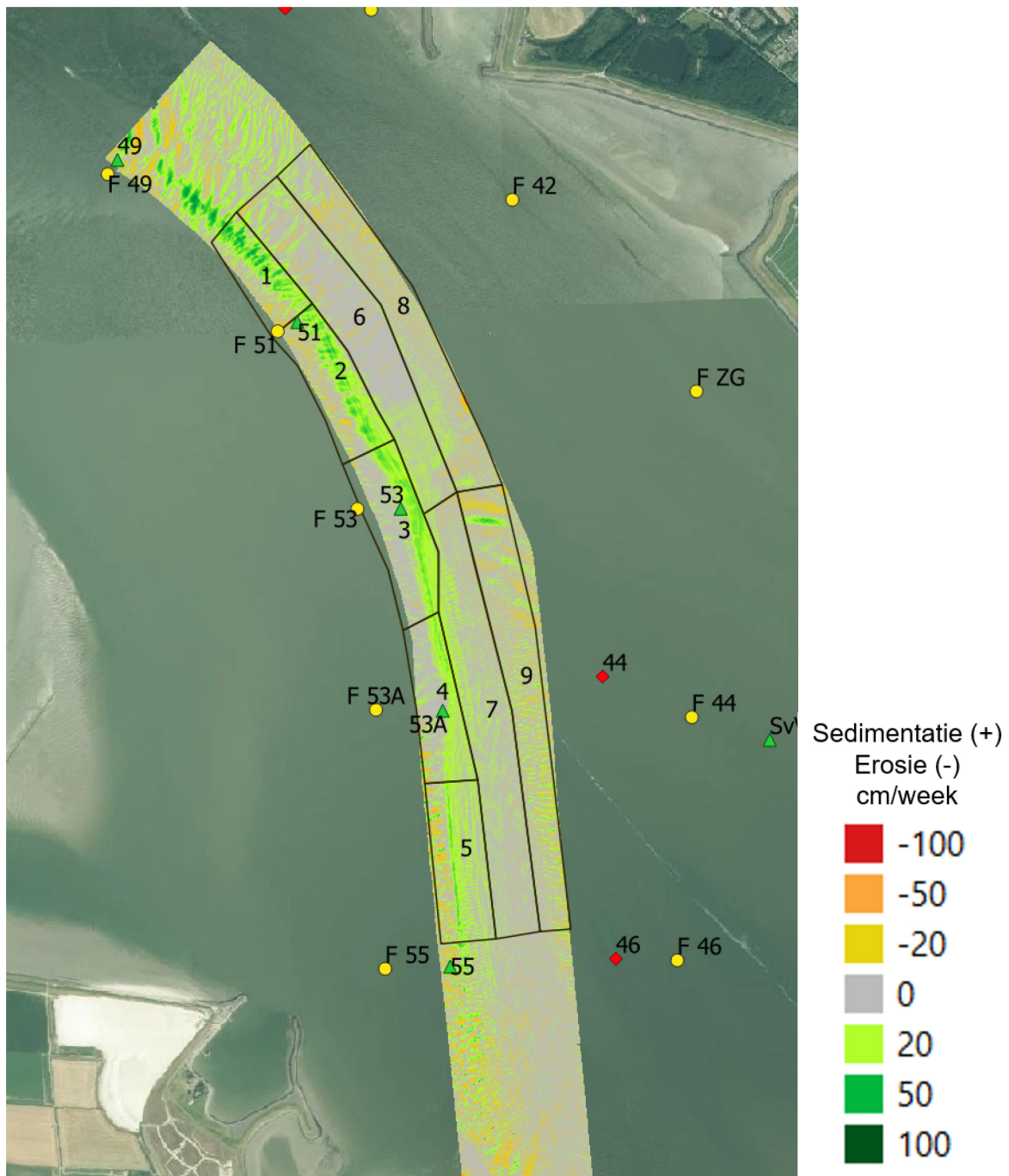
Figuur 30 – Verschilkaart baggervrije periode 16



Figuur 31 – Verschilkaart baggervrije periode 17

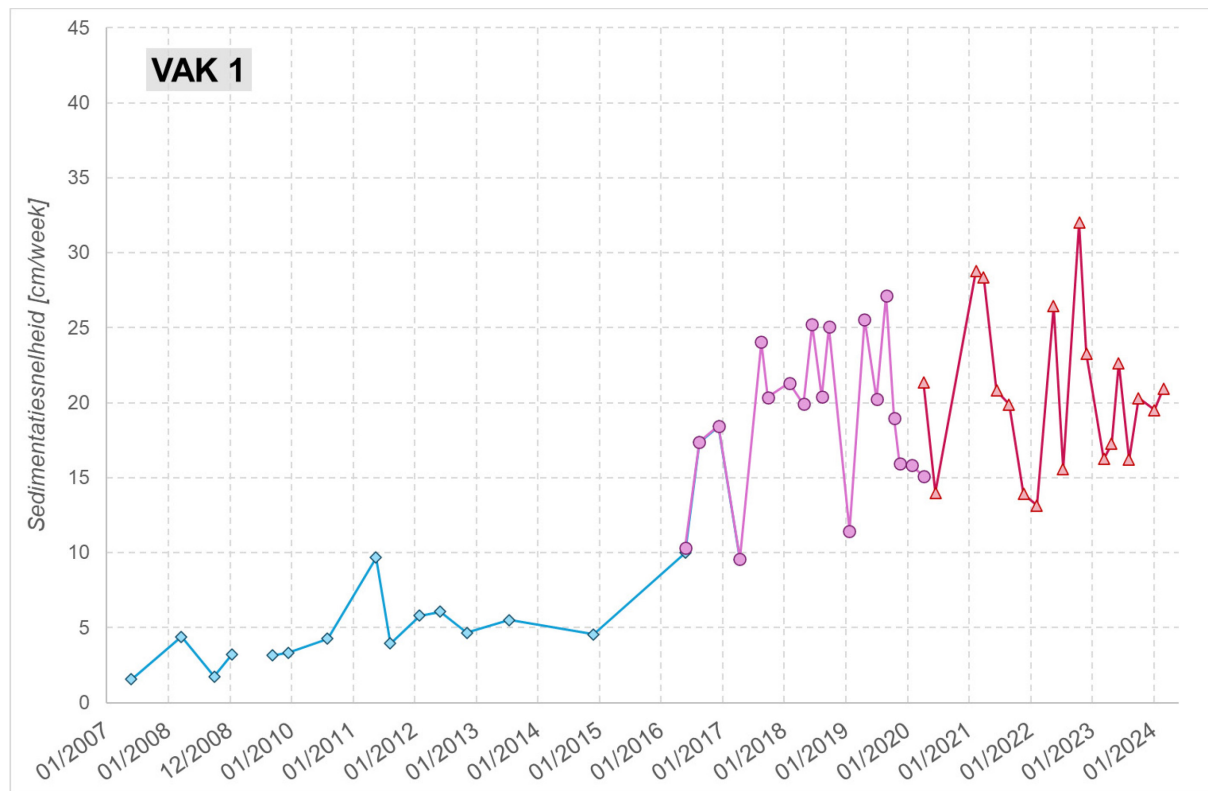


Figuur 32 – Verschilkaart baggervrije periode 18

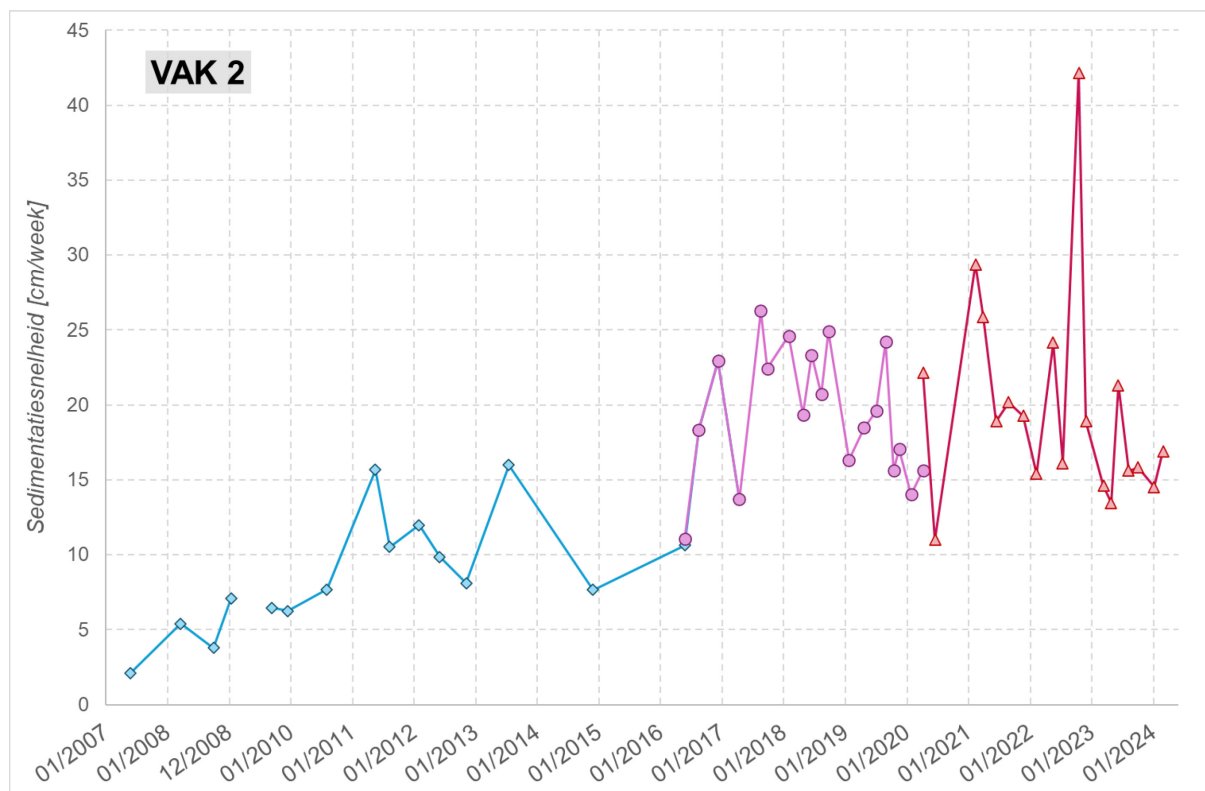


Figuur 33 – Verschilkaart baggervrije periode 19

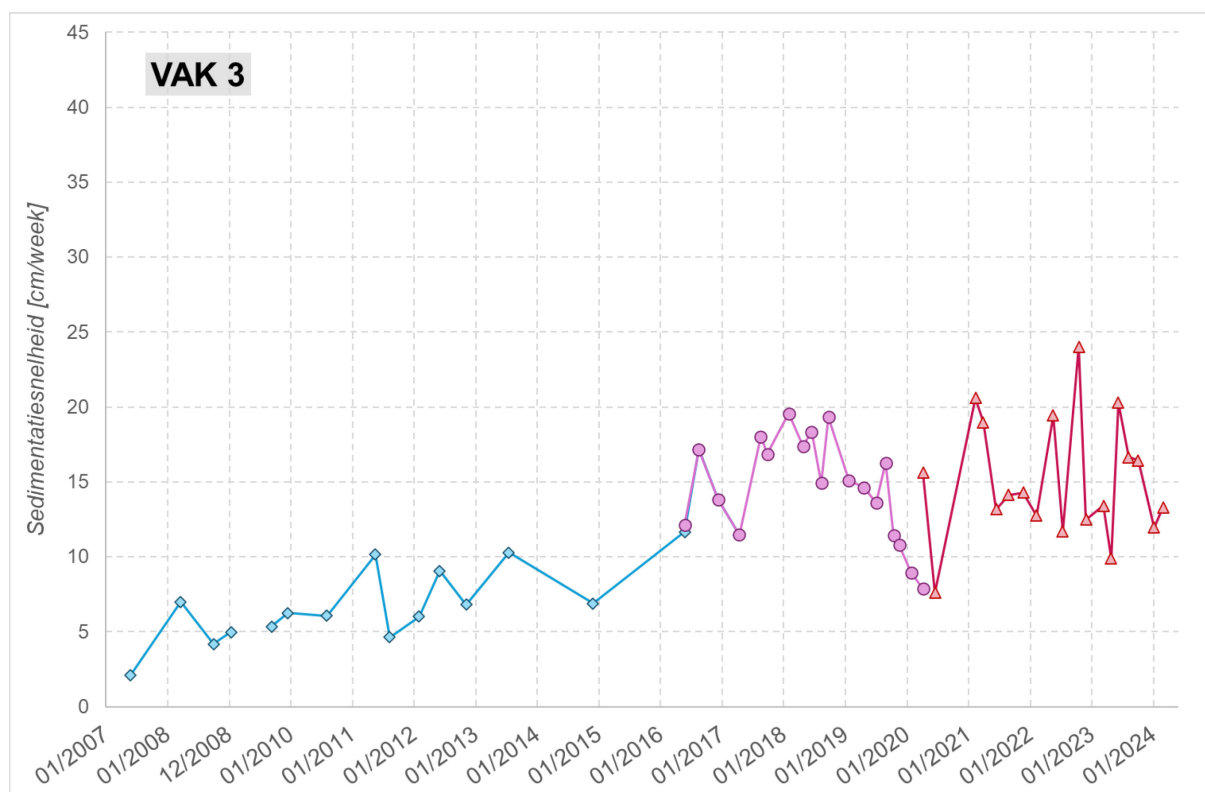
Bijlage 3 Sedimentatiesnelheden per deelgebied



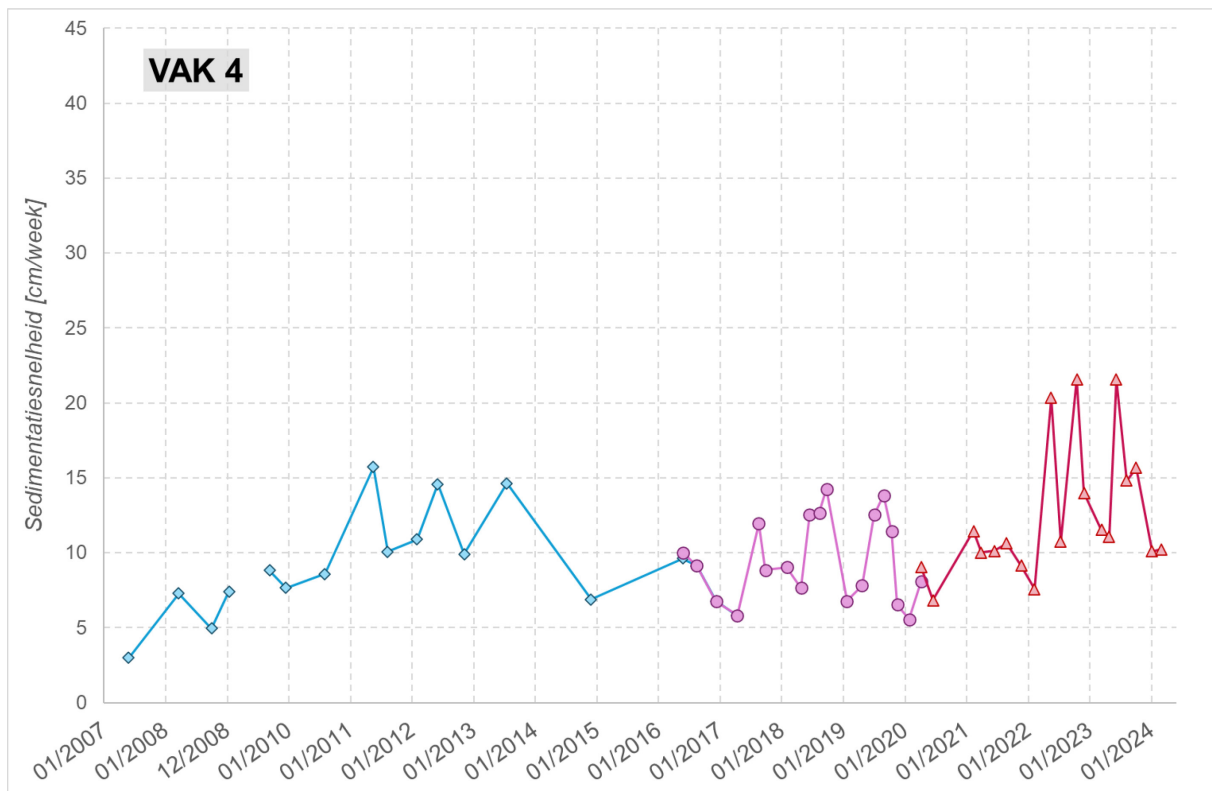
Figuur 34 – Verloop in de tijd (2007-2024) van de sedimentatiesnelheid voor detailgebied 1



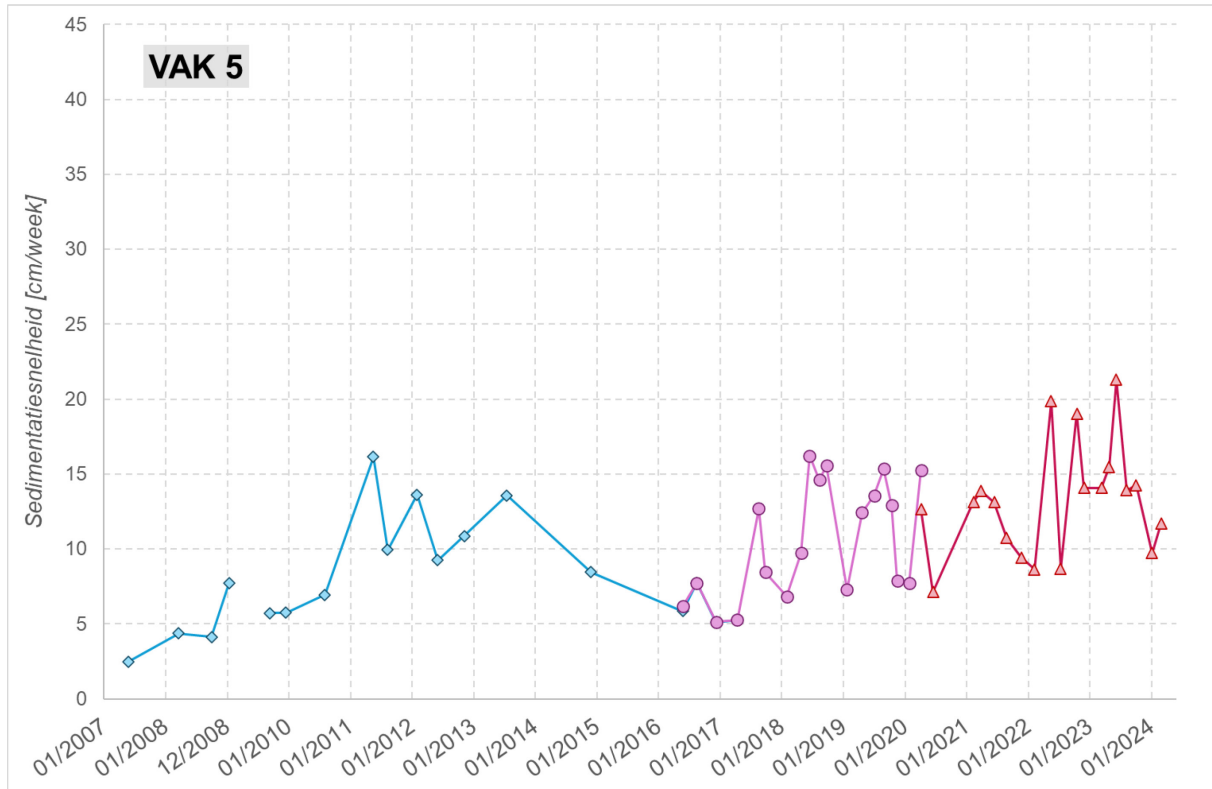
Figuur 35 – Verloop in de tijd (2007-2024) van de sedimentatiesnelheid voor detailgebied 2



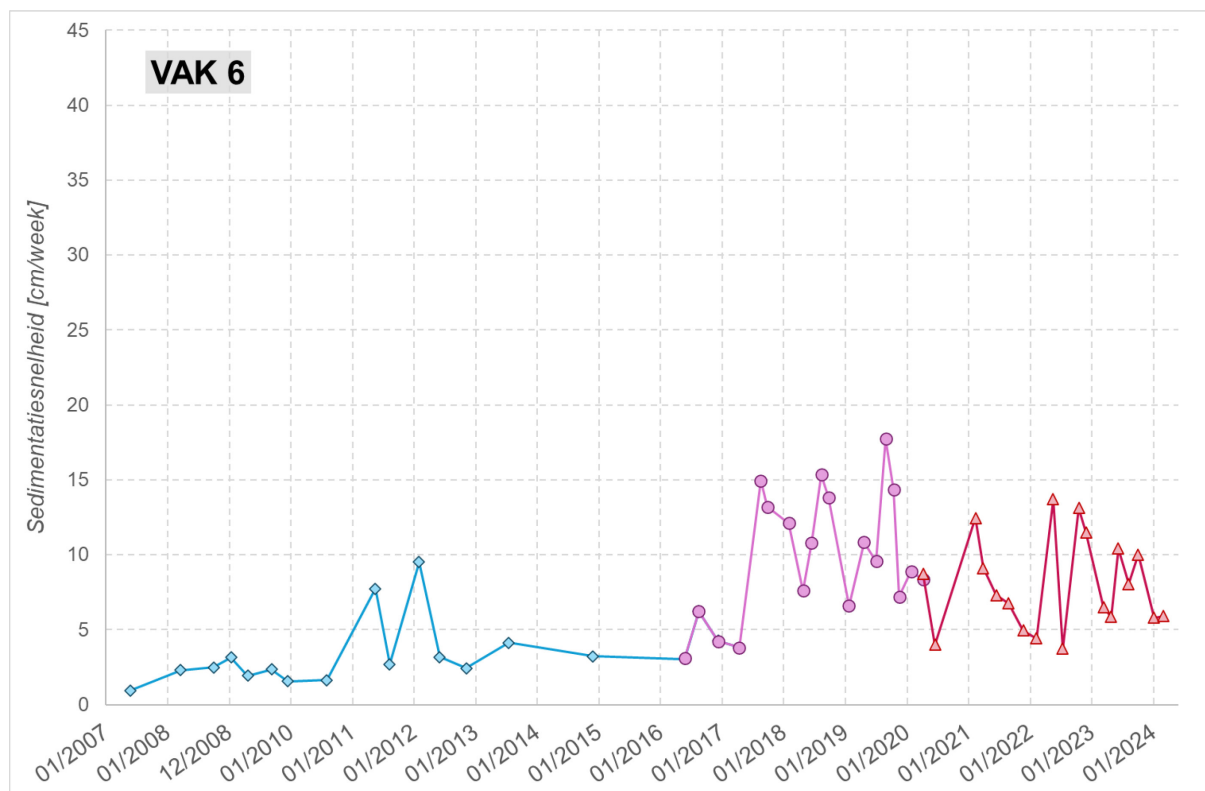
Figuur 36 – Verloop in de tijd (2007-2024) van de sedimentatiesnelheid voor detailgebied 3



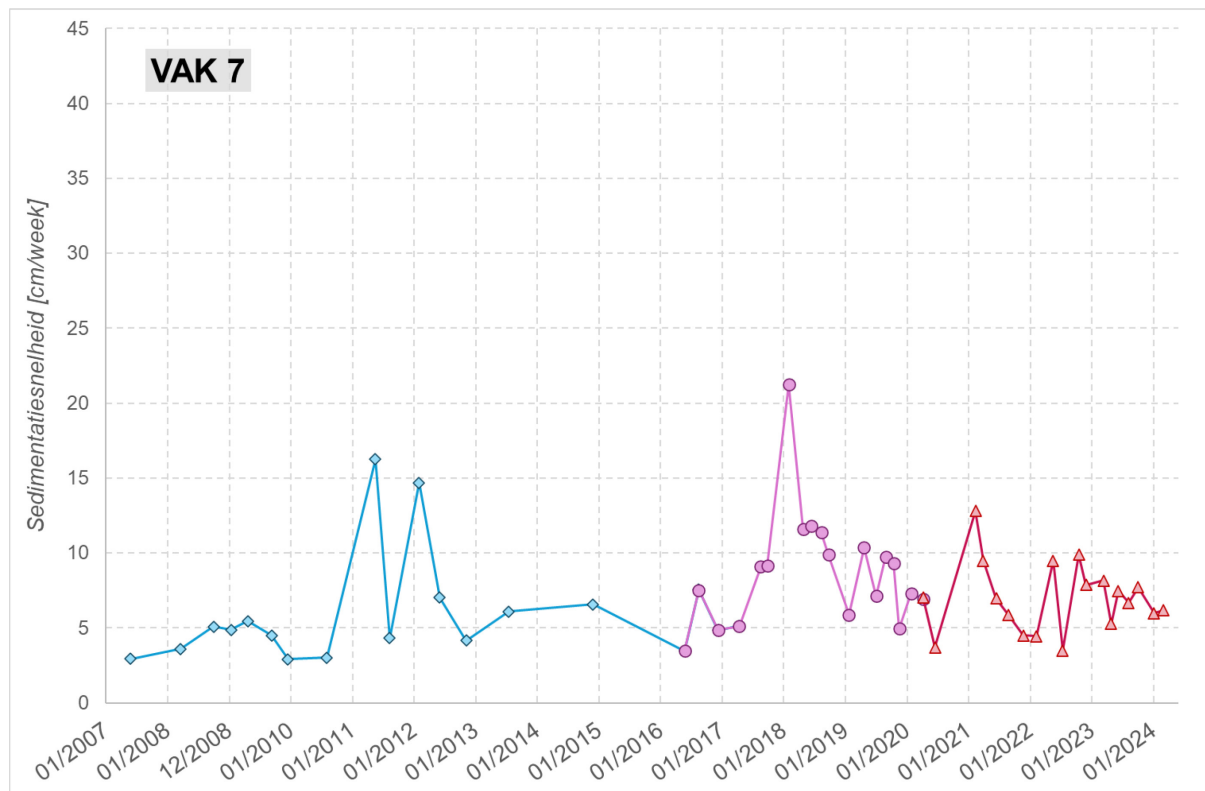
Figuur 37 – Verloop in de tijd (2007-2024) van de sedimentatiesnelheid voor detailgebied 4



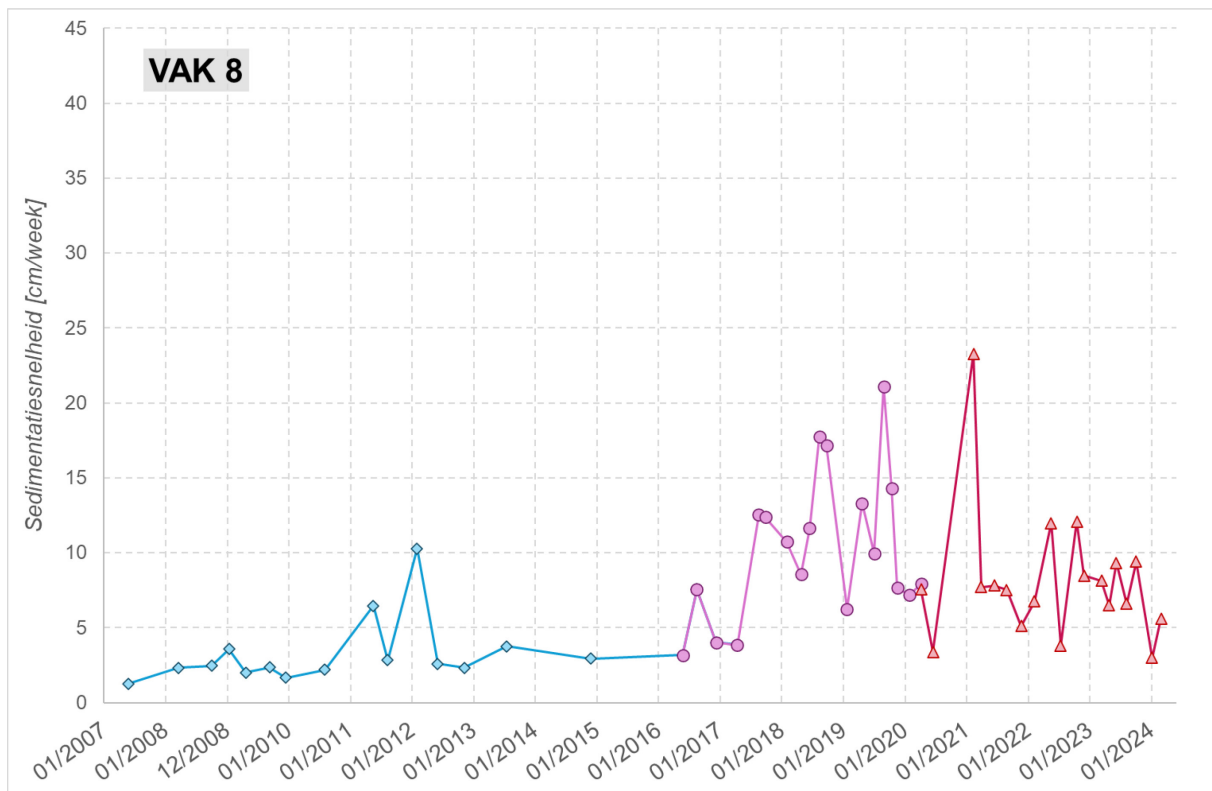
Figuur 38 – Verloop in de tijd (2007-2024) van de sedimentatiesnelheid voor detailgebied 5



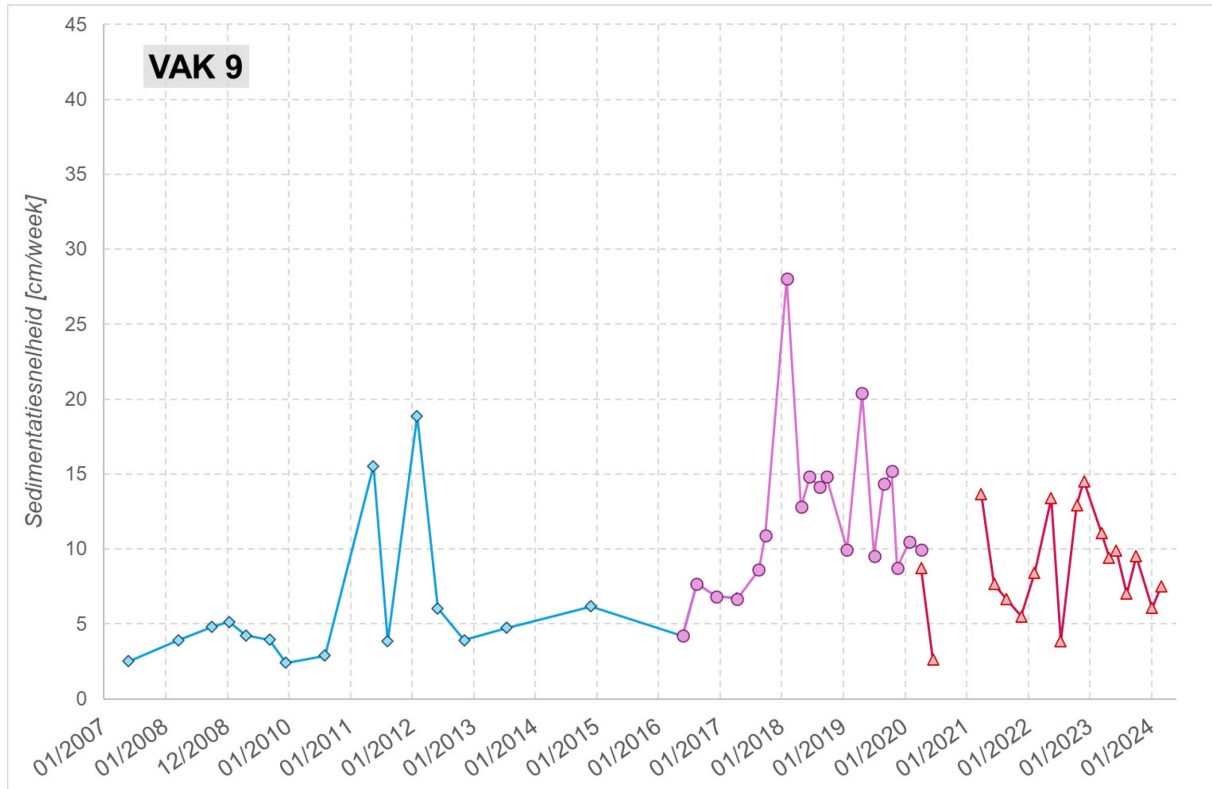
Figuur 39 – Verloop in de tijd (2007-2024) van de sedimentatiesnelheid voor detailgebied 6



Figuur 40 – Verloop in de tijd (2007-2024) van de sedimentatiesnelheid voor detailgebied 7



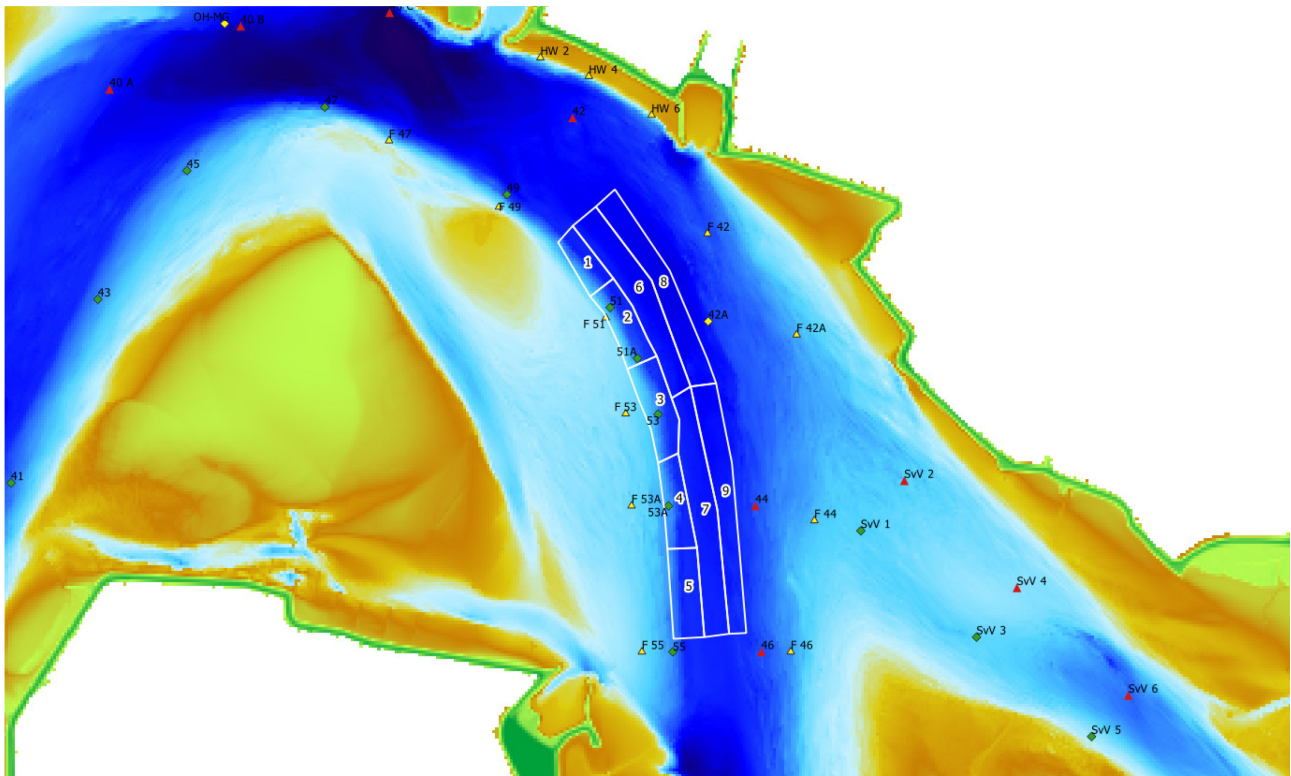
Figuur 41 – Verloop in de tijd (2007-2024) van de sedimentatiesnelheid voor detailgebied 8



Figuur 42 – Verloop in de tijd (2007-2024) van de sedimentatiesnelheid voor detailgebied 9

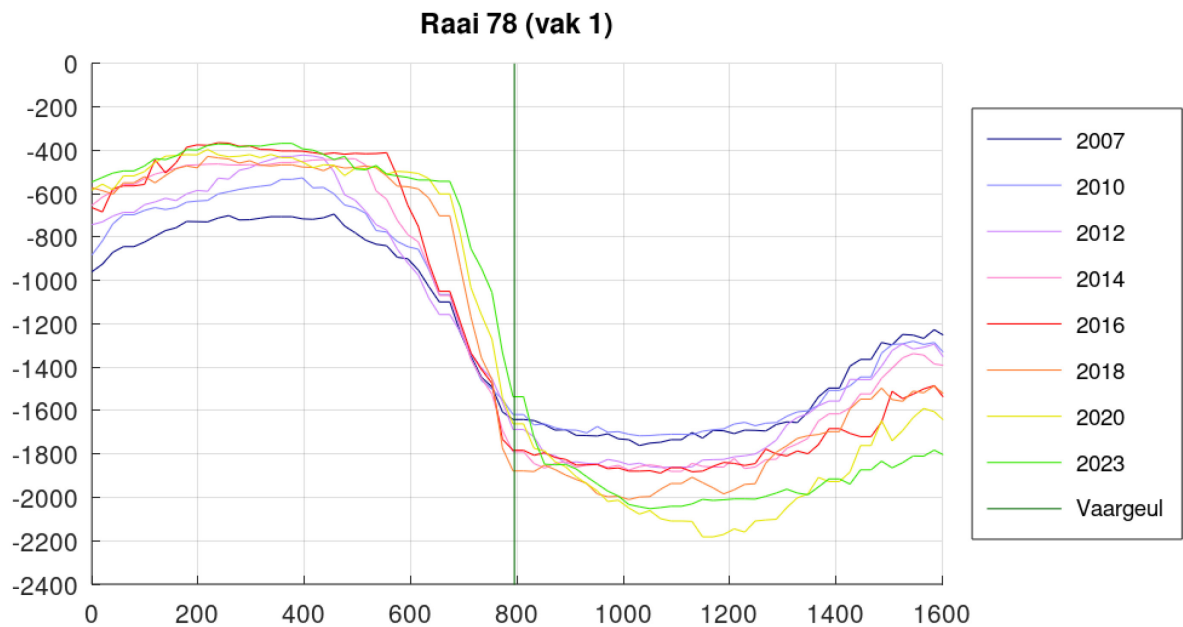
The map shows a coastal area with bathymetry indicated by color (blue for deep, yellow/green for shallow). A white box highlights a specific area in the center. Various sampling stations are marked with numbers and letters, including OH-MG, 40 A, 40 B, 47, F 47, 49, F 49, 42, HW 2, HW 4, HW 6, F 42, 42A, F 42A, F 51, 51A, F 53, 53A, F 53A, 53A, F 55, 55, 46, F 46, SW 2, SW 1, SW 4, SW 3, SW 6, and SW 5.

Definitieve versie

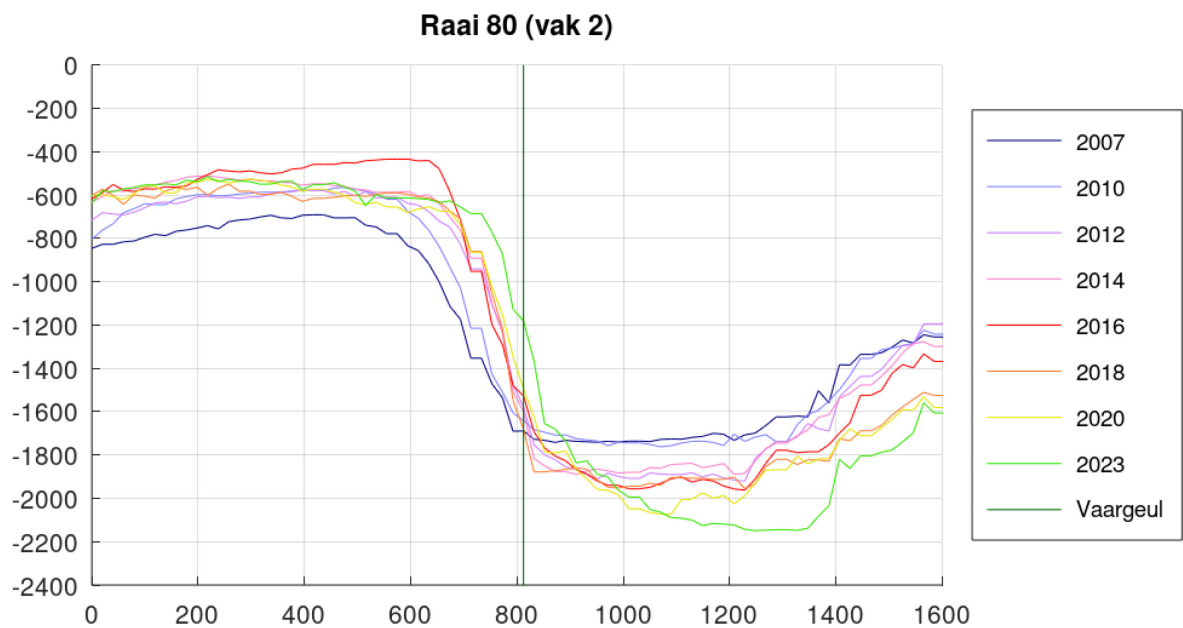


Figuur 46 – Bathymetrie (vakloding) studiegebied 2022

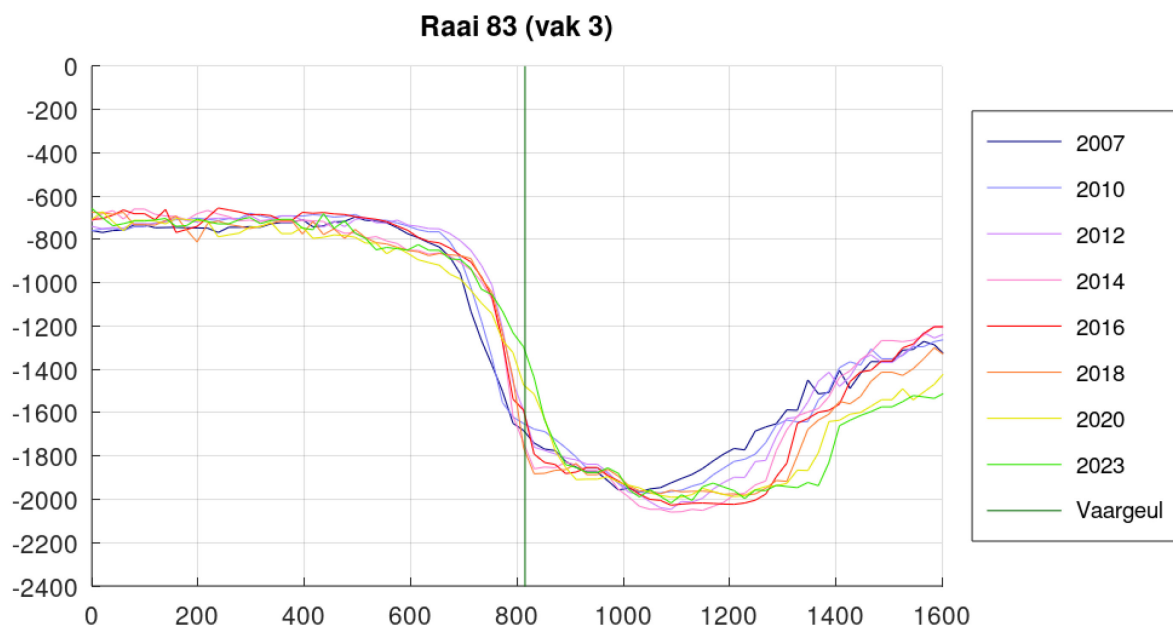
Bijlage 5 Hoogteligging dwarsraaien



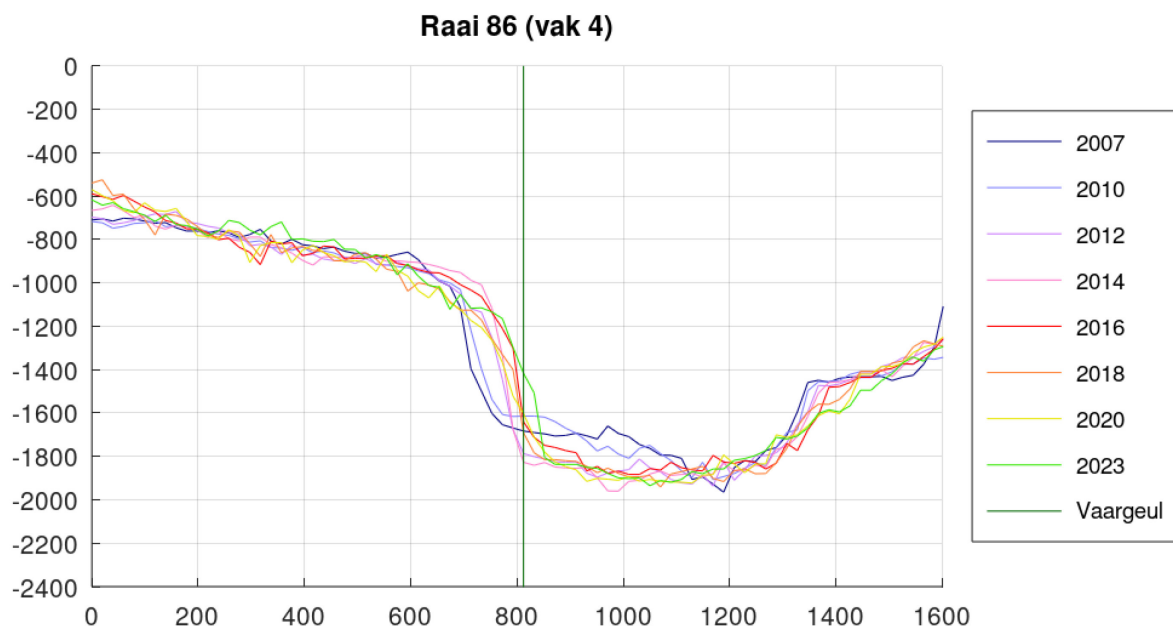
Figuur 47 – Hoogteligging dwarsraai 78 (vak 1) voor de vaklodingen uit verschillende jaren



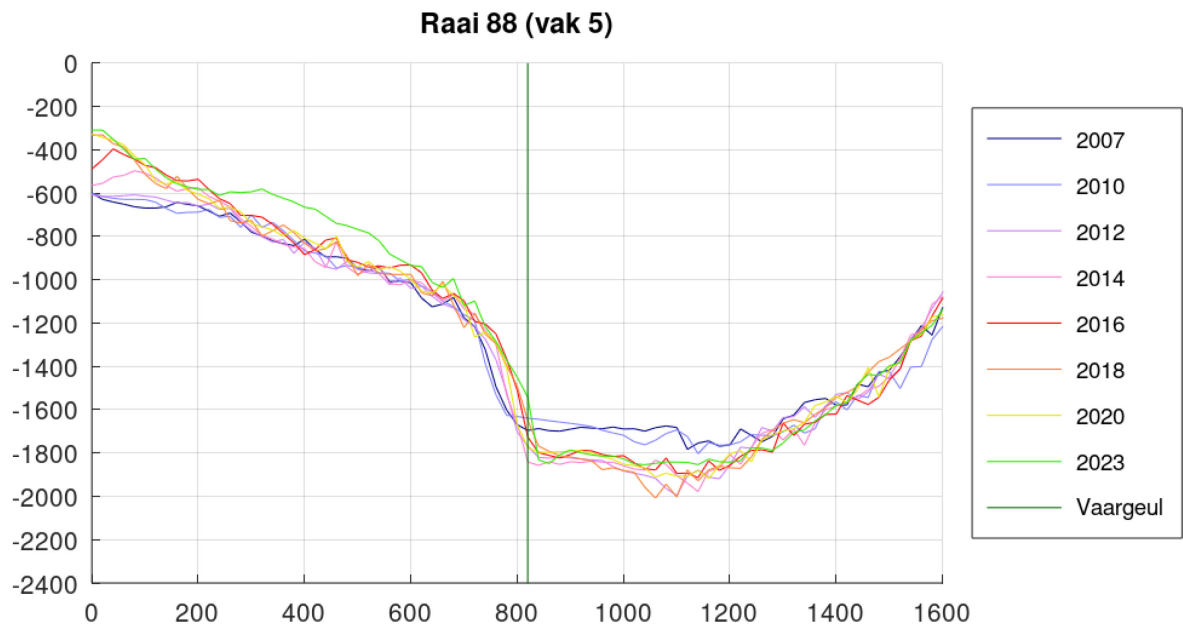
Figuur 48 – Hoogteligging dwarsraai 80 (vak 2) voor de vaklodingen uit verschillende jaren



Figuur 49 – Hoogteligging dwarsraai 83 (vak 3) voor de vaklodingen uit verschillende jaren

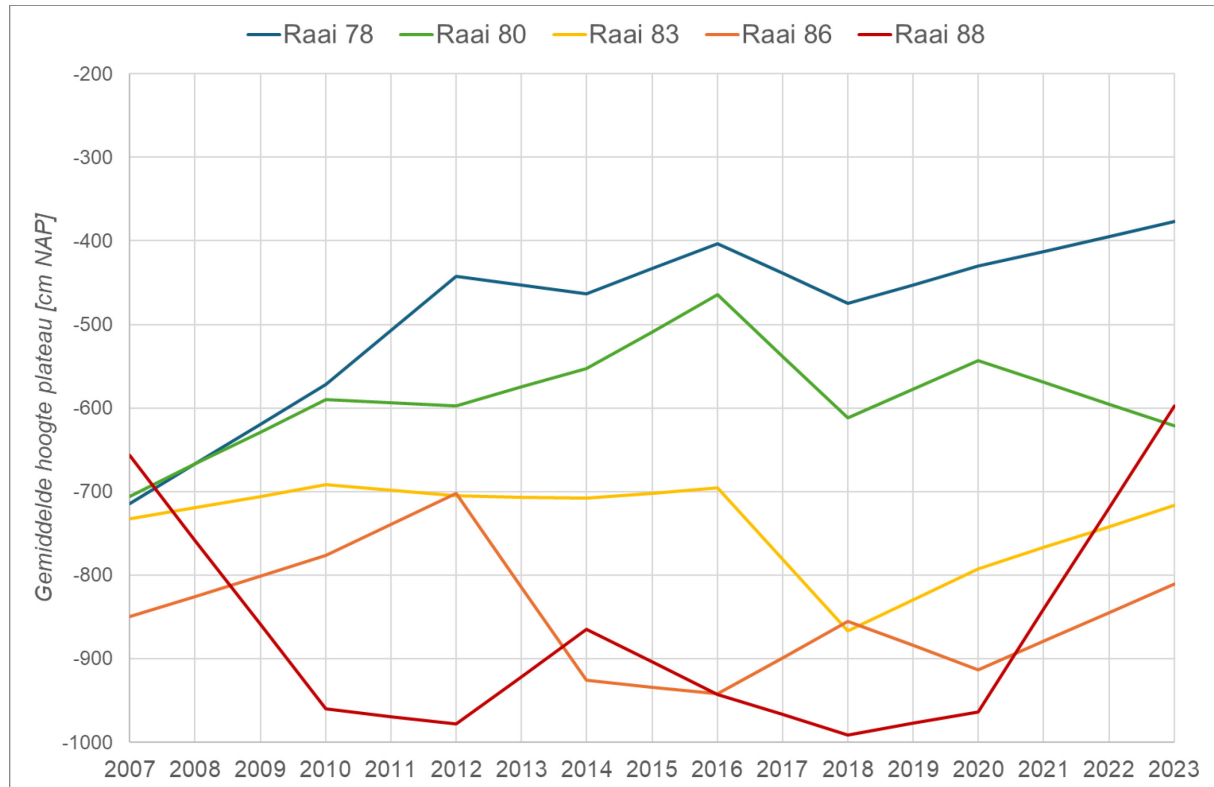


Figuur 50 – Hoogteligging dwarsraai 86 (vak 4) voor de vaklodingen uit verschillende jaren

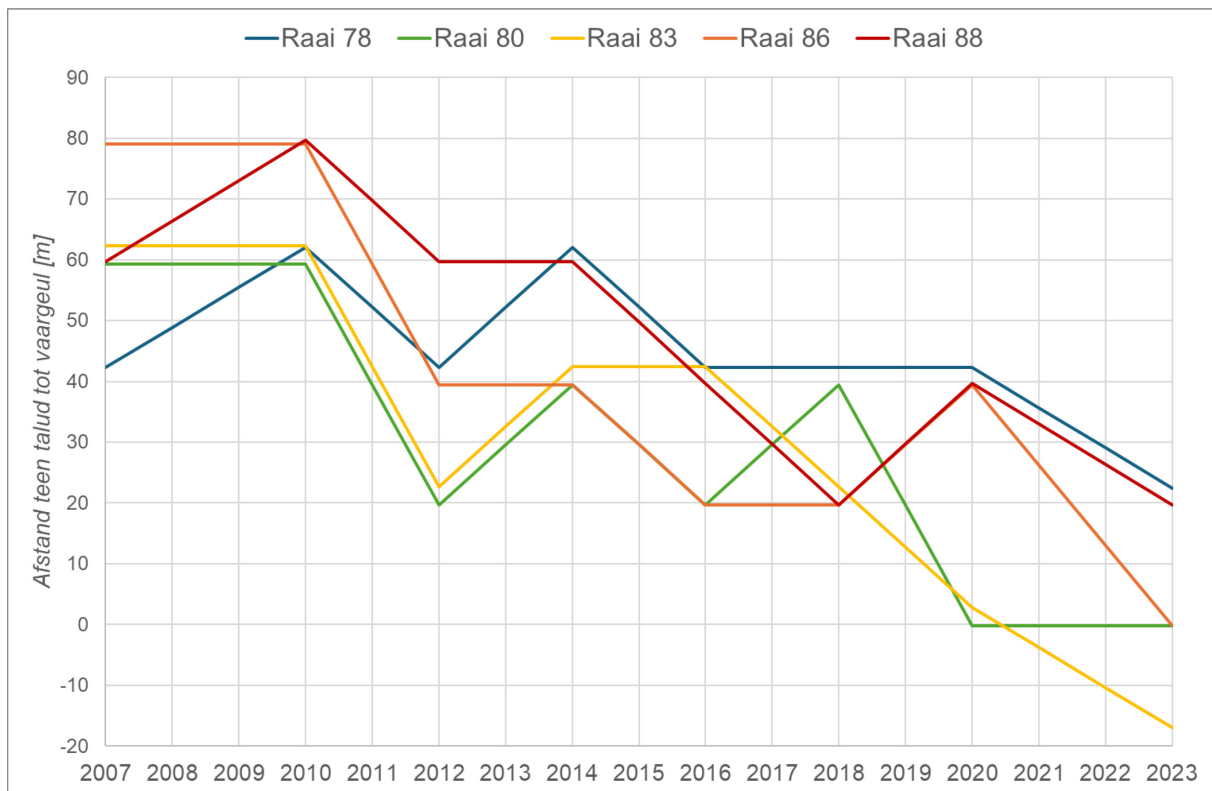


Figuur 51 – Hoogteligging dwarsraai 88 (vak 5) voor de vaklodingen uit verschillende jaren

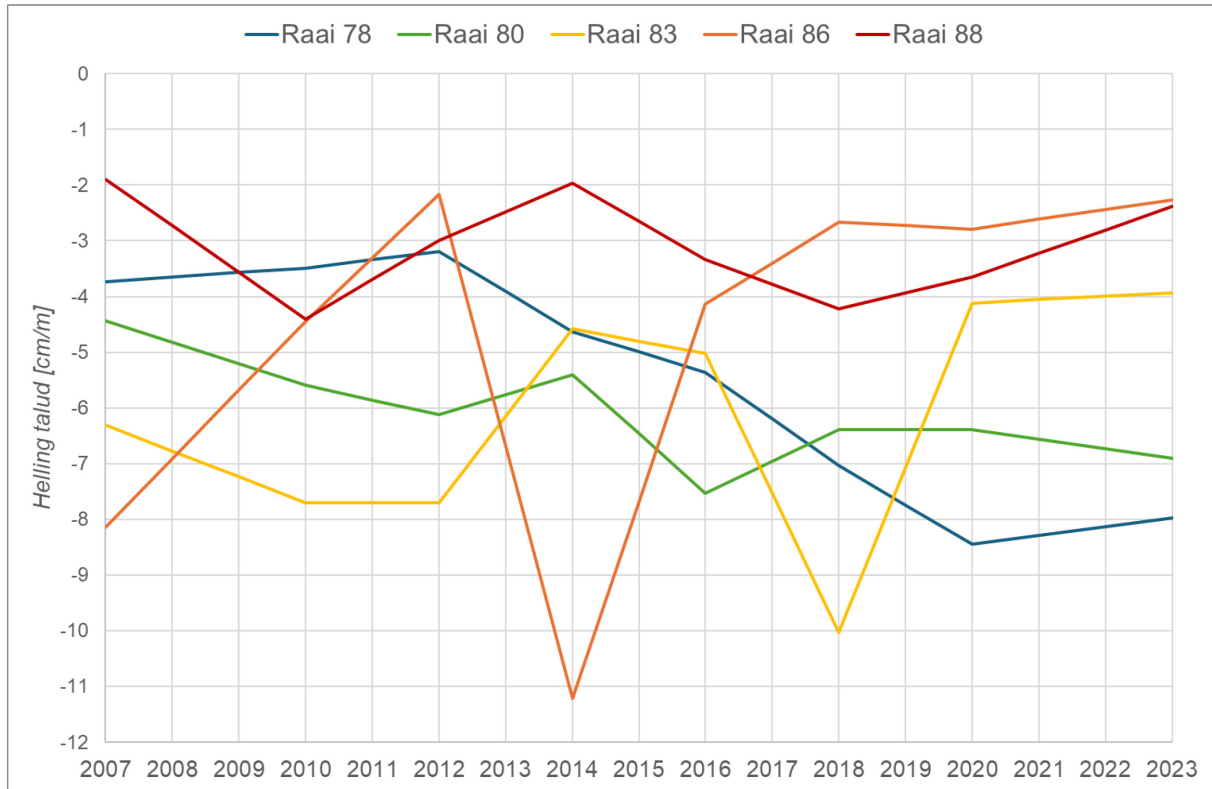
Bijlage 6 Afgeleide parameters dwarsraaien



Figuur 52 – Gemiddelde hoogteligging plateau langs de ooststrand Platen van Ossensisse voor verschillende jaren



Figuur 53 – Afstand van de teen van het talud tot de vaargeul voor verschillende jaren



Figuur 54 – Gemiddelde helling van het talud voor verschillende jaren

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