



Vlaanderen
is wetenschap



22_097_1
WL rapporten

Sedimentatie Overloop Valkenisse

Sedimentatie ter hoogte van de Overloop van Valkenisse

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Sedimentatie Overloop Valkenisse

Sedimentatie ter hoogte van de Overloop van Valkenisse

Brackx, M.; Meire, D.; Plancke, Y.

Juridische kennisgeving

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

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2023
D/2023/3241/181

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Brackx, M.; Meire, D.; Plancke, Y. (2023). Sedimentatie Overloop Valkenisse: Sedimentatie ter hoogte van de Overloop van Valkenisse. Versie 3.0. WL Rapporten, 22_097_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

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

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Maritieme Toegang	Ref.:	WL2023R22_097_1
Trefwoorden (3-5):	Morfologie, baggeren, Westerschelde		
Kennisdomeinen:	Morfologie > Erosie/sedimentatie > In situ metingen Sediment > Baggeren en storten > Literatuur- en desktoponderzoek		
Tekst (p.):	24	Bijlagen (p.):	5
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s):	Brackx, M.; Plancke, Y.
------------	-------------------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Meire, D.	Getekend door:Dieter Meire (Signature) Getekend op:2023-06-16 21:32:17 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed <i>Dieter Meire</i>
Projectleider:	Plancke, Y.	Getekend door:Yves Plancke (Signature) Getekend op:2023-06-12 16:31:50 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed <i>Yves Plancke</i>

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door:Abdelkarim Bellafkih (Sig) Getekend op:2023-06-12 13:19:36 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed <i>Abdelkarim Bellafkih</i>
-----------------	---------------	---



Abstract

In het kader van de onderhoudsbaggerwerken van de hoofdvaargeul op de Westerschelde wordt in de periode 2019-2022 een aandacht wekkende toename vastgesteld van de baggeractiviteiten ter hoogte van de Overloop van Valkenisse.

In dit rapport worden de sedimentatiepatronen tijdens een aantal baggervrije periodes geëvalueerd, met als doel om inzicht te krijgen in eventuele wijzigingen of trends in de natuurlijke sedimentdynamiek en morfologische processen in de zone Overloop van Valkenisse. De methodiek maakt gebruik van de beschikbare multibeam-echosounder peilingen, voor het berekenen van gemiddelde sedimentatiesnelheden in de baggervrije periodes. Op basis van sedimentatie-erosiekaarten worden deelzones afgebakend, waarbinnen de evolutie van de sedimentatiesnelheid in de periode 2019-2022 wordt opgevolgd.

De voornaamste sedimentatiezones situeren zich langs de noordelijke rand van de vaargeul (1a en 1b). Hoewel de gevonden trends niet significant zijn, sluiten de resultaten ook niet uit dat de natuurlijke sedimentatie in zone 1a en 1b is toegenomen. Dit kan een verklaring vormen voor de toegenomen baggeractiviteit. Verder onderzoek is noodzakelijk om een bijdrage te leveren aan de toekomstige bagger- en stortstrategie.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	IV
Lijst van de tabellen.....	V
Lijst van de figuren	VI
1 Inleiding	1
1.1 Doelstelling.....	1
2 Studiegebied.....	2
3 Methodologie	4
3.1 Gebruikte data.....	4
3.1.1 Bathymetrische gegevens.....	4
3.1.2 Bagger- en stortgegevens	4
3.2 Methode.....	4
3.2.1 Baggervrije periodes.....	4
3.2.2 Verschilkaarten en sedimentatiesnelheden.....	4
3.2.3 Consistentiekaarten.....	5
3.2.4 Kwantitatieve analyse.....	5
4 Resultaten.....	7
4.1 Baggervolumes	7
4.2 Baggervrije periodes.....	8
4.3 Sedimentatie-erosiekaarten.....	10
4.4 Consistentiekaarten.....	14
4.5 Kwantitatieve analyse.....	15
4.5.1 Afbakening deelzones.....	15
4.6 Evolutie sedimentatiesnelheid	16
5 Grootschalige morfologische veranderingen	20
6 Conclusies en aanbevelingen	22
6.1 Conclusies.....	22
6.2 Aanbevelingen	23
7 Referenties	24
Bijlage 1 Consistentiekaarten per jaar	B1
Bijlage 2 Afbakening deelzones.....	B3

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Overzicht van de jaarlijkse baggervolumes in situ [m ³] in de Overloop van Valkenisse voor de periode 2019-2022.....	7
Tabel 2 – Overzicht van de start- en einddata van de geselecteerde baggervrije periodes	9
Tabel 3 – Trendlijnparameters per zone, met intercept (a) op 01/01/2019.....	18

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Overzicht van de jaarlijkse baggervolumes [Mm ³] in de Westerschelde voor de periode 2019-2022	1
Figuur 2 – Overzichtskaart van de baggerzones in de Westerschelde	2
Figuur 3 – Situering van het studiegebied en de platen en geulen in de omgeving van de Overloop van Valkenisse	3
Figuur 4 – Deelzones t.o.v. consistentiekaart gegeneraliseerd naar 20x20 m	6
Figuur 5 – Liggingsplan van de deelbaggerzones in de Overloop van Valkenisse	8
Figuur 6 – Tijdlijn van de baggerwerken en peilingen in 2019-2022, met aanduiding van de geselecteerde baggervrije periodes	9
Figuur 7 – Gemiddelde wekelijkse sedimentatie-erosiekaarten gedurende 14 baggervrije periodes (deel 1)	11
Figuur 8 – Gemiddelde wekelijkse sedimentatie-erosiekaarten gedurende 14 baggervrije periodes (deel 2)	12
Figuur 9 – Gemiddelde wekelijkse sedimentatie-erosiekaarten gedurende 14 baggervrije periodes (deel 3)	13
Figuur 10 – Consistentiekaart 2019-2022	14
Figuur 11 – Afbakening deelzones	15
Figuur 12 – Gemiddelde netto sedimentatiesnelheid [cm/week] per zone en per periode	16
Figuur 13 – Gemiddelde netto sedimentatiesnelheid [cm/week] per periode en per zone	16
Figuur 14 – Gemiddelde en percentielen van de sedimentatiesnelheid in de verschillende deelzones	17
Figuur 15 – Lineaire trendanalyse van de gemiddelde sedimentatiesnelheid in zone 1a	19
Figuur 16 – Lineaire trendanalyse van de gemiddelde sedimentatiesnelheid in zone 1b	19
Figuur 17 – Morfologische verandering in het mondingsgebied van de Schaar van Valkenisse <i>Bron: Arcadis & Deltares (2022)</i>	20
Figuur 18 – Studiegebied met polygoon (zwart) voor berekening hypsometrie	21
Figuur 19 – Hypsometrie voor polygoon mondingsgebied Schaar van Valkenisse over de periode 2010-2022, alsook ontwikkeling watervolume beneden -3 m NAP (barplot, rechtsonder)	21
Figuur 20 – Consistentiekaarten voor het kalenderjaar 2019 (boven) en 2020 (onder)	B1
Figuur 21 – Consistentiekaarten voor het kalenderjaar 2021 (boven) en 2022 (onder)	B2
Figuur 22 – Deelzones t.o.v. sedimentatieconsistentiekaart gegeneraliseerd naar 1x1 m	B3
Figuur 23 – Deelzones t.o.v. sedimentatieconsistentiekaart gegeneraliseerd naar 20x20 m	B3
Figuur 24 – Deelzones t.o.v. vaargeul en minimaal gepeilde zone (arcering)	B4
Figuur 25 – Deelzones t.o.v. van bodemdiepte (peiling 25/10/2022)	B4

Figuur 26 – Deelzones t.o.v. verschilkaart (verschilkaart 20210416-20210601) B4

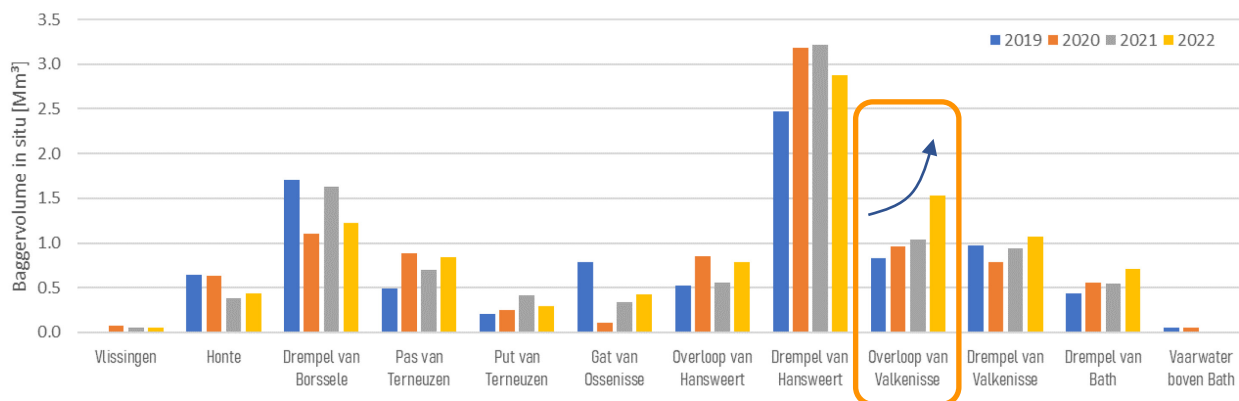
Figuur 27 – Deelzones t.o.v. bodemvormen (hillshade): westelijke (boven) en oostelijke (onder) deelzone van de studiegebied B5

1 Inleiding

De Westerschelde vormt een belangrijke maritieme toegangsweg die de Vlaamse Zeehavens met de Noordzee verbindt. Om de minimale diepgang van de vaarwegen op de Westerschelde in stand te houden, vinden quasi continu onderhoudsbaggerwerken plaats.

In de periode 2019-2022 werd een toename vastgesteld van de baggeractiviteiten ter hoogte van de Overloop van Valkenisse (Figuur 1). Gezien de hoge financiële kosten en de mogelijke impact op het systeemfunctioneren van deze werken, wenst Maritieme Toegang meer inzicht te verkrijgen in de heersende morfodynamische processen die de toenemende nood aan ingrepen kunnen verklaren. In dit rapport zal met behulp van data-analyse de sedimentdynamica ter hoogte van de Overloop van Valkenisse bestudeerd worden.

De methodiek is gebaseerd op een studie van Vos *et al.* (2017) naar de sedimentdynamica op enkele drempels in de Westerschelde, in het kader van het project Agenda voor de Toekomst.



Figuur 1 – Overzicht van de jaarlijkse bagger volumes [Mm³] in de Westerschelde voor de periode 2019-2022¹

1.1 Doelstelling

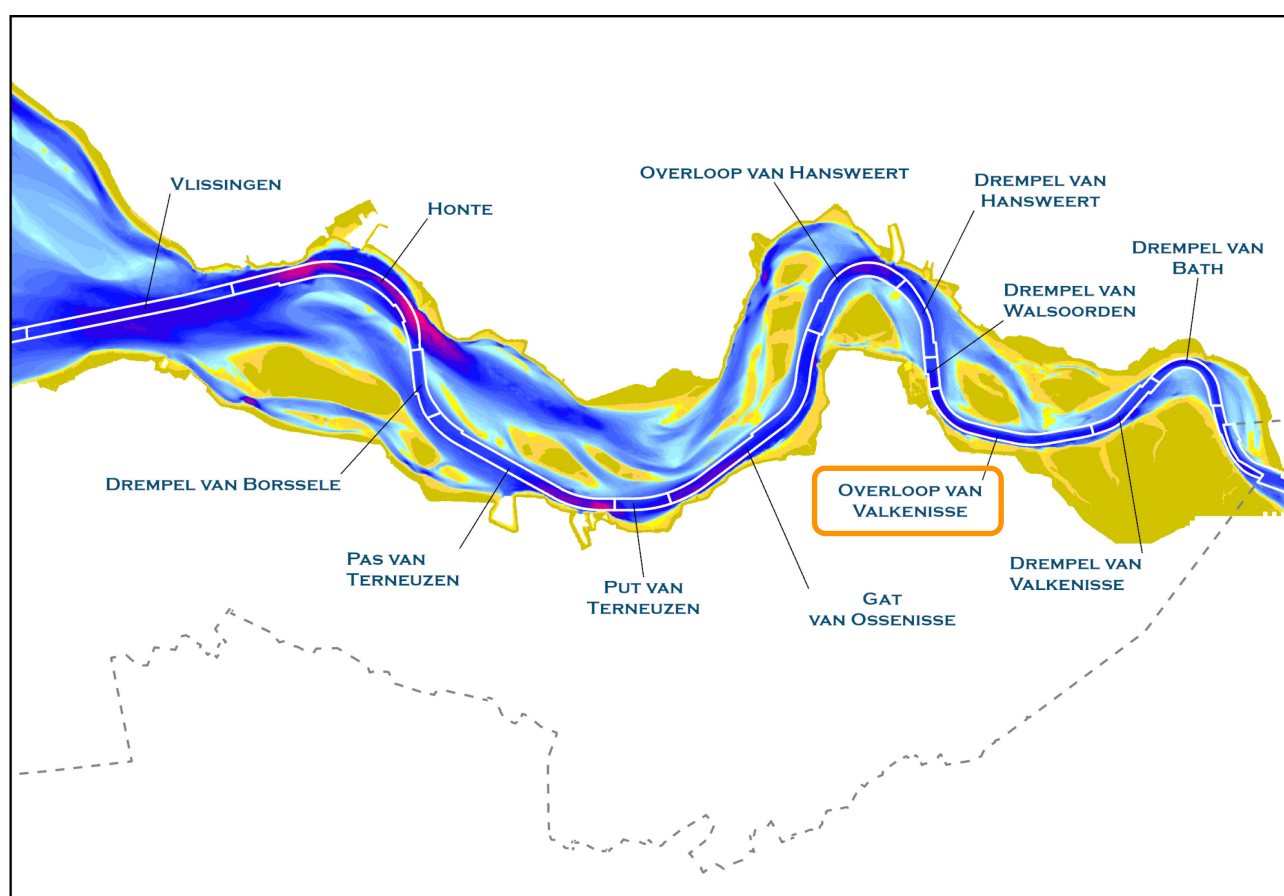
In dit rapport worden de sedimentatiepatronen tijdens een aantal baggerrijke periodes geëvalueerd, met als doel om inzicht te krijgen in eventuele wijzigingen of trends in de natuurlijke sedimentdynamiek en morfologische processen in de zone Overloop van Valkenisse. De methodiek maakt gebruik van de beschikbare multibeam-echosounder (MBES) peilingen, voor het berekenen van gemiddelde sedimentatiesnelheden in de baggerrijke periodes. De te verwerven inzichten binnen deze studie zullen toelaten een bijdrage te leveren aan de toekomstige bagger- en stortstrategie.

¹ De benamingen van de baggerzones zijn slechts indicatief omdat om praktische redenen een deel van een aangrenzende baggerzone meegenomen kan worden in een baggeropdracht. De aparte volumes zijn dan niet gekend. Drempel van Walsoorden zit bv. vervat in de volumes van Drempel van Hansweert en wordt daardoor niet apart gerapporteerd.

2 Studiegebied

De Westerschelde is onderdeel van het Schelde-estuarium en bestaat uit een aaneenschakeling van meanderende ebgeulen en parallel lopende rechte vloedscharen, met daartussen plaatcomplexen (van Veen, 1950). In het kader van de ontgrondingenwet voor het baggeren t.b.v. vaargeulonderhoud Westerschelde (Ref. RWSZ2021-00011250), wordt bepaald dat Maritieme Toegang in de hoofd(vaar)geul, baggerwerken mag uitvoeren.

Figuur 2 geeft een overzicht van de Westerschelde met de indeling in baggerzones zoals deze bij Maritieme Toegang in gebruik is. De baggerzone Overloop van Valkenisse is gelegen in de oostelijke helft van de Westerschelde, tussen de Drempel van Walsoorden en de Drempel van Valkenisse.

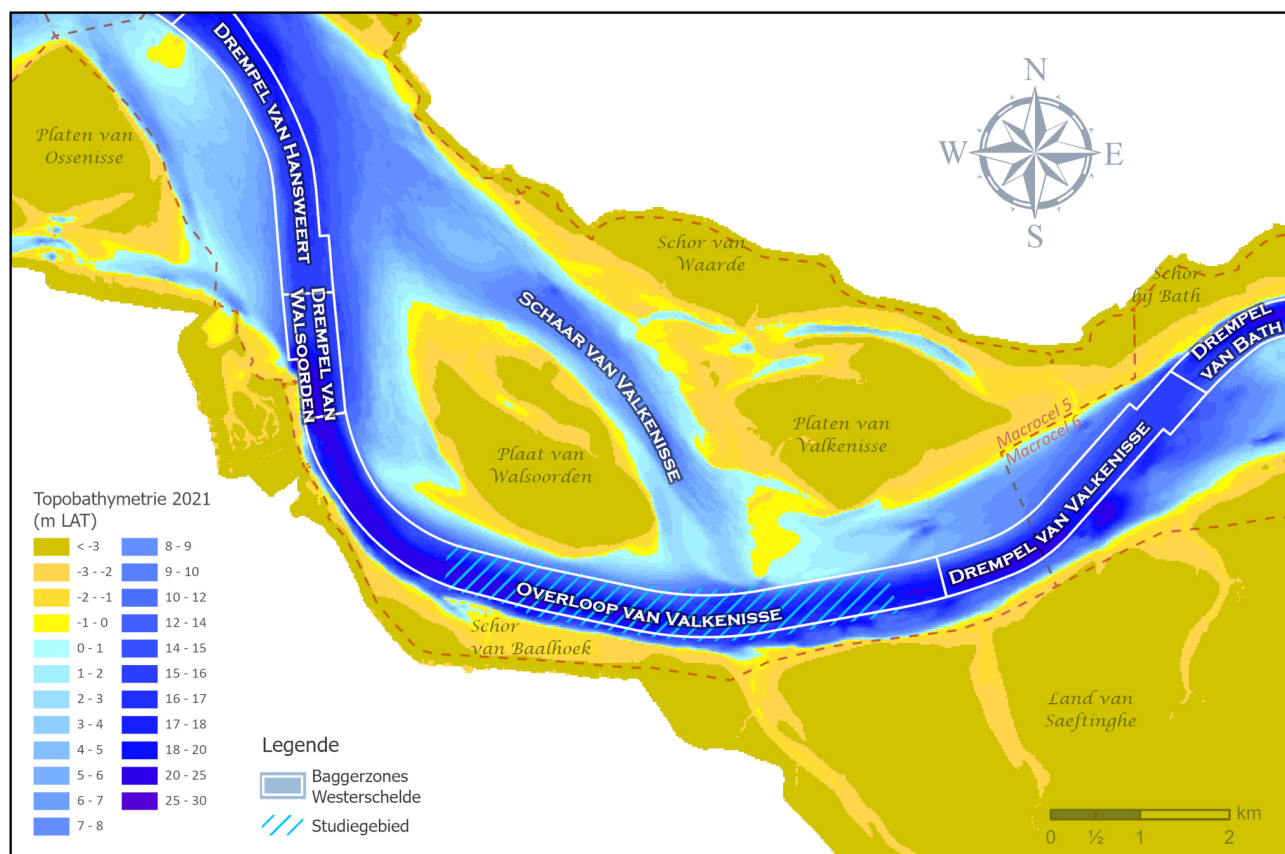


Figuur 2 – Overzichtskartaal van de baggerzones in de Westerschelde

Figuur 3 geeft een detail van de platen en geulen in de omgeving van de Overloop van Valkenisse. Centraal gelegen zijn de Plaat van Walsoorden en de Platen van Valkenisse. Ter hoogte van de Overloop van Valkenisse mondt de nevengeul Schaar van Valkenisse uit in de hoofdgeul.

Het meergeulensysteem is zeer dynamisch vanuit morfologisch standpunt, waarbij geulen kunnen migreren onder invloed van de uitbocht van kromme geulen en tussenliggende platen enerzijds geërodeerd worden door de geulen en anderzijds elders opnieuw kunnen opbouwen in stroomluwe zones.

In Figuur 3 is tevens het studiegebied gearceerd weergegeven. Merk op dat het studiegebied niet de gehele baggerzone Overloop van Valkenisse omvat, omdat het gebaseerd is op de peildata. De peilzone Overloop van Valkenisse betreft namelijk een beperkter deel van de vaargeul.



Figuur 3 – Situering van het studiegebied en de platen en geulen in de omgeving van de Overloop van Valkenisse

3 Methodologie

3.1 Gebruikte data

3.1.1 Bathymetrische gegevens

De zone Overloop van Valkenisse behoort tot de reguliere peilingen in het kader van de opvolging en aansturing van de onderhoudsbaggerwerken. De zone werd de voorbije jaren gemiddeld om de 4 à 5 weken gepeild met behulp van een multibeam echosounder (MBES).

Concreet worden voor voorliggend onderzoek alle beschikbare MBES-peilingen uit de Triton databank van de Vlaamse Hydrografie, voor de zone 'OVALK' in de periode 2019 – 2022 beschouwd. De gegevens zijn vergrid op een regelmatig rooster in het coördinatenstelsel ETRS89utm31N, de resolutie van de peilingen bedraagt 1x1 m en de gebruikte dieptereferentie is LAT. De bathymetrische gegevens worden in een GIS-omgeving (ArcGIS) geanalyseerd.

3.1.2 Bagger- en stortgegevens

De bagger- en stortgegevens op tripniveau werden verkregen uit de toepassing BMW (Beheer Maritieme Werken) van afdeling Maritieme Toegang. Uit de tripgegevens kunnen zowel de gebaggerde hoeveelheden als de exacte begin- en eindtijdstippen van de baggerwerken afgeleid worden. Deze tijdstippen zijn benodigd voor het afbakenen van baggervrije periodes.

3.2 Methode

3.2.1 Baggervrije periodes

Om de gemiddelde natuurlijke sedimentatiesnelheid over een bepaalde periode in beeld te brengen, is het belangrijk dat er geen baggerwerken plaatsvinden tussen de geanalyseerde peilingen. We selecteren alle baggervrije periodes waarin minstens twee peilingen beschikbaar zijn, waartussen de 'natuurlijke' ontwikkeling van de bodem opgevolgd kan worden. Voor meer informatie over de methode wordt verwezen naar Vos *et al.* (2017).

3.2.2 Verschilkaarten en sedimentatiesnelheden

De geselecteerde MBES-peilgegevens 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 in een baggervrije periode. Om de periodes onderling te kunnen vergelijken, wordt het verschil teruggebracht naar een erosie-/sedimentatiesnelheid per week (v_{sed}). Hierbij is erosie negatief in waarde en sedimentatie positief. Het bodemhoogteverschil (Δh) in cm tussen de twee peilingen wordt daartoe gedeeld door aantal tussenliggende dagen (Δt) en vermenigvuldigd met 7.

$$v_{sed} \left[\frac{cm}{week} \right] = \frac{\Delta h [cm]}{\Delta t [dag]} * 7 [dag/week]$$

Om de erosie-/sedimentatiesnelheden beter te kunnen interpreteren, kunnen we deze aftoetsen aan de met de in de Wbr-vergunning toegelaten overdiepte in de Westerschelde: “De overdiepte² mag per drempel niet meer dan 70 cm bedragen, met dien verstande dat de gemiddelde overdiepte van alle betreffende drempels tezamen niet meer dan 30 cm bedragen. De maximale tolerantie beneden de aldus bepaalde aanlegdiepte bedraagt 30 cm.”.

Op deze manier kan dus ingeschat worden hoe snel een bepaalde zone opnieuw gebaggerd zal moeten worden. Als de sedimentatie 5 cm/week bedraagt, zal, wanneer een overdiepte van 70 cm beneden het interventiepeil is gerealiseerd na een onderhoudscampagne, de drempel na 3 maanden opnieuw het interventiepeil bereiken.

3.2.3 Consistentiekaarten

Om een beeld te krijgen van de representativiteit van de erosie-sedimentatiepatronen afgeleid uit de verschilkaarten, worden ook consistentiekaarten opgemaakt. Dergelijke kaart geeft weer of een punt/gebied systematisch onderhevig is aan sedimentatie of erosie, of eerder gekenmerkt wordt door een afwisseling van erosie en sedimentatie. Een consistentiekaart wordt opgemaakt door de verschillende verschilkaarten onderling te vergelijken: per verschilkaart wordt een afgeleide kaart gemaakt waarbij de punten met erosie de waarde +1 toegekend wordt, die met sedimentatie -1. Door de som te maken van de verschillende afgeleide kaart ontstaat een consistentiekaart waarbij een punt dat “consistent” erodeert, resp. sedimenteert, een waarde +1 x aantal kaarten, dan wel -1 x aantal kaarten krijgt. Door de waarde te delen door het totaal aantal kaarten krijgt men een relatief beeld:

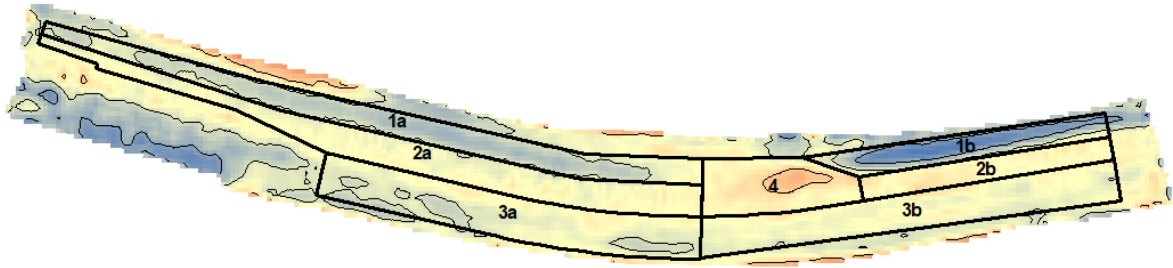
- +1: steeds erosie
-]+1, 0[: meer erosie dan sedimentatie
- 0: evenveel erosie dan sedimentatie
-]0, -1[: meer sedimentatie dan erosie
- -1: steeds sedimentatie

3.2.4 Kwantitatieve analyse

Om eventuele kwantitatieve veranderingen van de sedimentatiesnelheid in functie van de tijd op te sporen, wordt het studiegebied onderverdeeld in deelzones (Figuur 4). Voor elke deelzone worden vervolgens de statistieken van alle verschilkaarten berekend. De resultaten worden voor de aparte deelzones uitgezet tegenover de tijd voor een trendanalyse, die aangeeft hoe de erosie-/sedimentatiesnelheid in elke deelzone evolueert.

Het studiegebied voor de kwantitatieve analyse wordt beperkt tot de zone van overlap tussen alle verschilgrids. Op deze manier kunnen de statistieken van de verschillende periodes 1 op 1 met elkaar vergeleken worden. De deelzones worden ingetekend in GIS op basis van clusters in de consistentiekaarten, die worden bepaald met een contour algoritme (Figuur 4) en de geomorfologische kenmerken van de waterbodem (dieptelijnen en aanwezigheid van bodemvormen). Daarnaast wordt, waar mogelijk, de aslijn en contour van de vaargeul gevolgd bij het intekenen van de deelzones.

² De overdiepte is de extra diepte beneden de vergunde getij-onafhankelijke diepgang. Zo bedraagt na de 3^e verruiming het interventiepeil -147 dm LAT (i.e. 131 dm + 12,5% kielspeling), en mag dus, rekening gehouden met 7 dm overdiepte, maximaal tot -154 dm LAT gebaggerd worden.



Figuur 4 – Deelzones t.o.v. consistentiekaart gegeneraliseerd naar 20x20 m

4 Resultaten

4.1 Baggervolumes

Tabel 1 geeft een overzicht van de jaarlijkse baggervolumes in de Overloop van Valkenisse. Zowel het totaal als de volumes per deelbaggerzone zijn gegeven. Figuur 5 geeft de ligging van de deelbaggerzones weer.

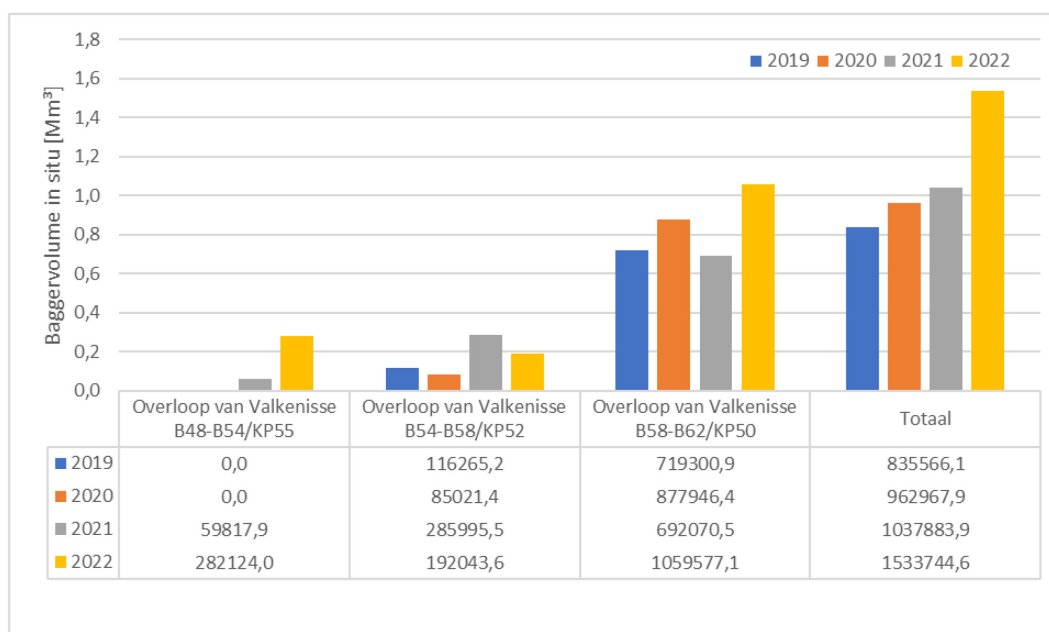
In totaal is er in 2022 ongeveer 1,5 Mm³ zand weggehaald, dat is ongeveer 50% meer dan in het jaar ervoor, 2021. Van 2019 naar 2021 gaat het totale baggervolume ook in stijgende lijn.

Wanneer we kijken naar de volumes per deelzone, is het duidelijk dat er hoofdzakelijk gebaggerd wordt in de oostelijke zone (Overloop van Valkenisse B58-B62/KP50). In 2022 is het volume ongeveer 20-50% hoger dan in de voorgaande jaren.

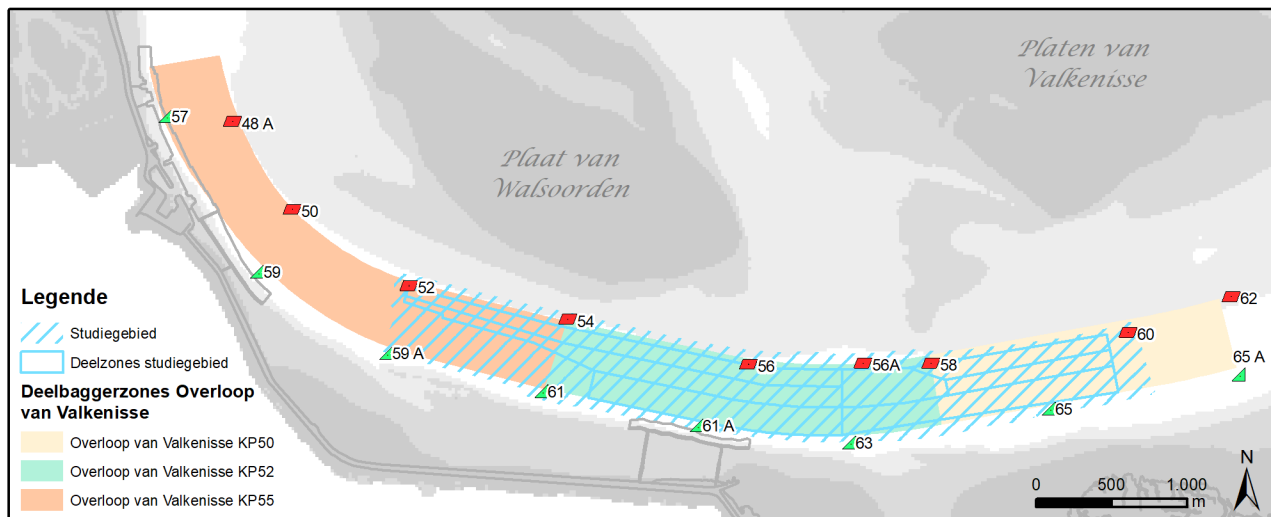
In de westelijke zone (Overloop van Valkenisse B48-B54/KP55) werd in 2019 en 2020 niet gericht gebaggerd, in 2021 en 2022 wel, dit zorgt voor een sterke stijging in het totale volume voor Overloop van Valkenisse.

We merken op dat zowel de oostelijke als de westelijke deelbaggerzone deels buiten het studiegebied gelegen zijn (Figuur 5).

Tabel 1 – Overzicht van de jaarlijkse baggervolumes in situ [m³] in de Overloop van Valkenisse voor de periode 2019-2022³



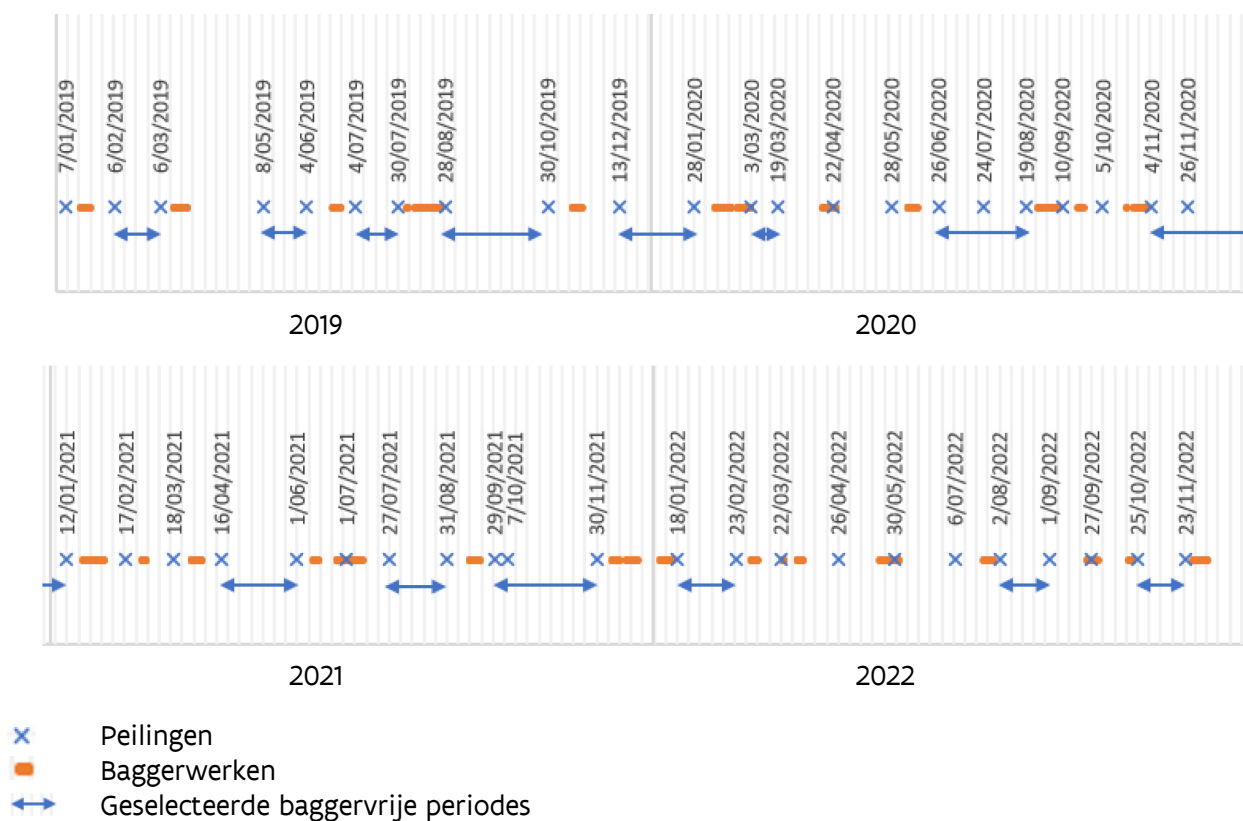
³ De benamingen en grenzen van de (deel)baggerzones zijn slechts indicatief omdat om praktische redenen een deel van de aangrenzende (deel)baggerzones meegenomen kan worden in een baggeropdracht. De aparte volumes zijn dan niet gekend.



Figuur 5 – Liggingsplan van de deelbaggerzones in de Overloop van Valkenisse³

4.2 Baggervrije periodes

Figuur 6 en Tabel 2 geven een overzicht van de geselecteerde baggervrije periodes die meegenomen worden in de analyse. Tabel 2 geeft bovendien het aantal baggervrije dagen, alsook de datum van opname van de eerste en de laatste peiling die binnen deze baggervrije periode gebeurde en het aantal dagen tussen deze peilingen. Het aantal dagen tussen de uiterste peilingen varieert van 16 tot 69 dagen. De duur van de geanalyseerde periodes ligt dus tussen de 2 en 10 weken.



Figuur 6 – Tijdslijn van de baggerwerken en peilingen in 2019-2022, met aanduiding van de geselecteerde bagger vrije periodes

Tabel 2 – Overzicht van de start- en einddata van de geselecteerde bagger vrije periodes

Volg-nummer	Startdatum Bagger vrije periode	Einddatum Bagger vrije periode	Aantal bagger vrije dagen	Datum eerste peiling	Datum laatste peiling	Aantal dagen tss. uiterste peilingen
1	21/01/2019	13/03/2019	51	6/02/2019	6/03/2019	28
2	22/03/2019	19/06/2019	89	8/05/2019	4/06/2019	27
3	24/06/2019	4/08/2019	41	4/07/2019	30/07/2019	26
4	24/08/2019	13/11/2019	81	28/08/2019	30/10/2019	63
5	19/11/2019	9/02/2020	82	13/12/2019	28/01/2020	46
6	2/03/2020	15/04/2020	44	3/03/2020	19/03/2020	16
7	13/06/2020	25/08/2020	73	26/06/2020	19/08/2020	54
8	31/10/2020	21/01/2021	82	4/11/2020	12/01/2021	69
9	3/04/2021	10/06/2021	68	16/04/2021	1/06/2021	46
10	10/07/2021	13/09/2021	65	27/07/2021	31/08/2021	25
11	19/09/2021	9/12/2021	81	29/09/2021	30/11/2021	62
12	14/01/2022	3/03/2022	48	18/01/2022	23/02/2022	36
13	28/07/2022	23/09/2022	57	2/08/2022	1/09/2022	30
14	21/10/2022	27/11/2022	37	25/10/2022	23/11/2022	29

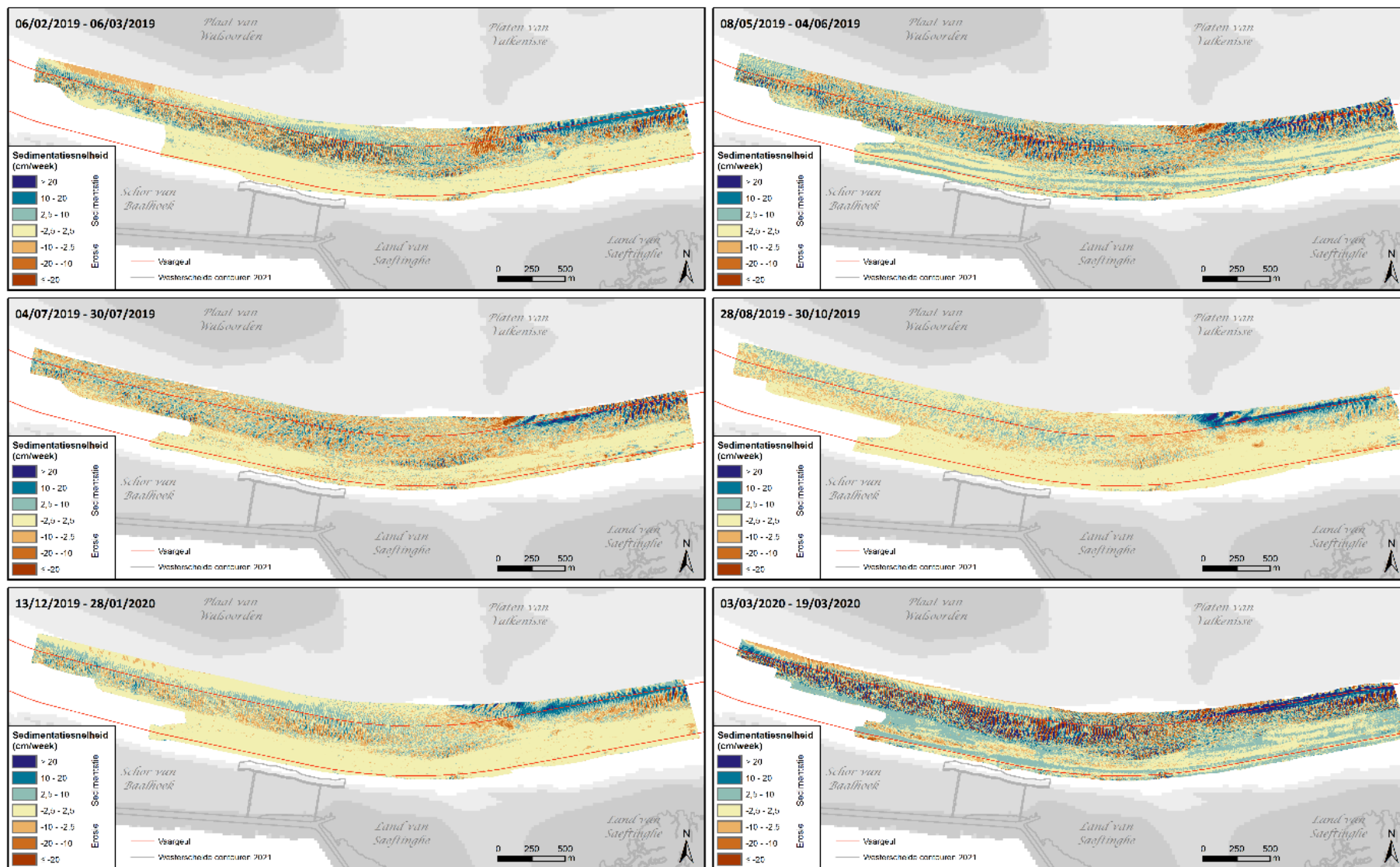
4.3 Sedimentatie-erosiekaarten

Figuur 7 tot en met Figuur 9 geven de sedimentatie-erosiekaarten weer voor de baggervrije periodes. Elke kaart geeft de gemiddelde sedimentatie- en erosiesnelheid weer per baggervrije periode, uitgedrukt in cm per week. Alle kaarten zijn ingekleurd volgens dezelfde kleurschaal, waarbij de blauwe tinten sedimentatie aanduiden en de rode tinten erosie.

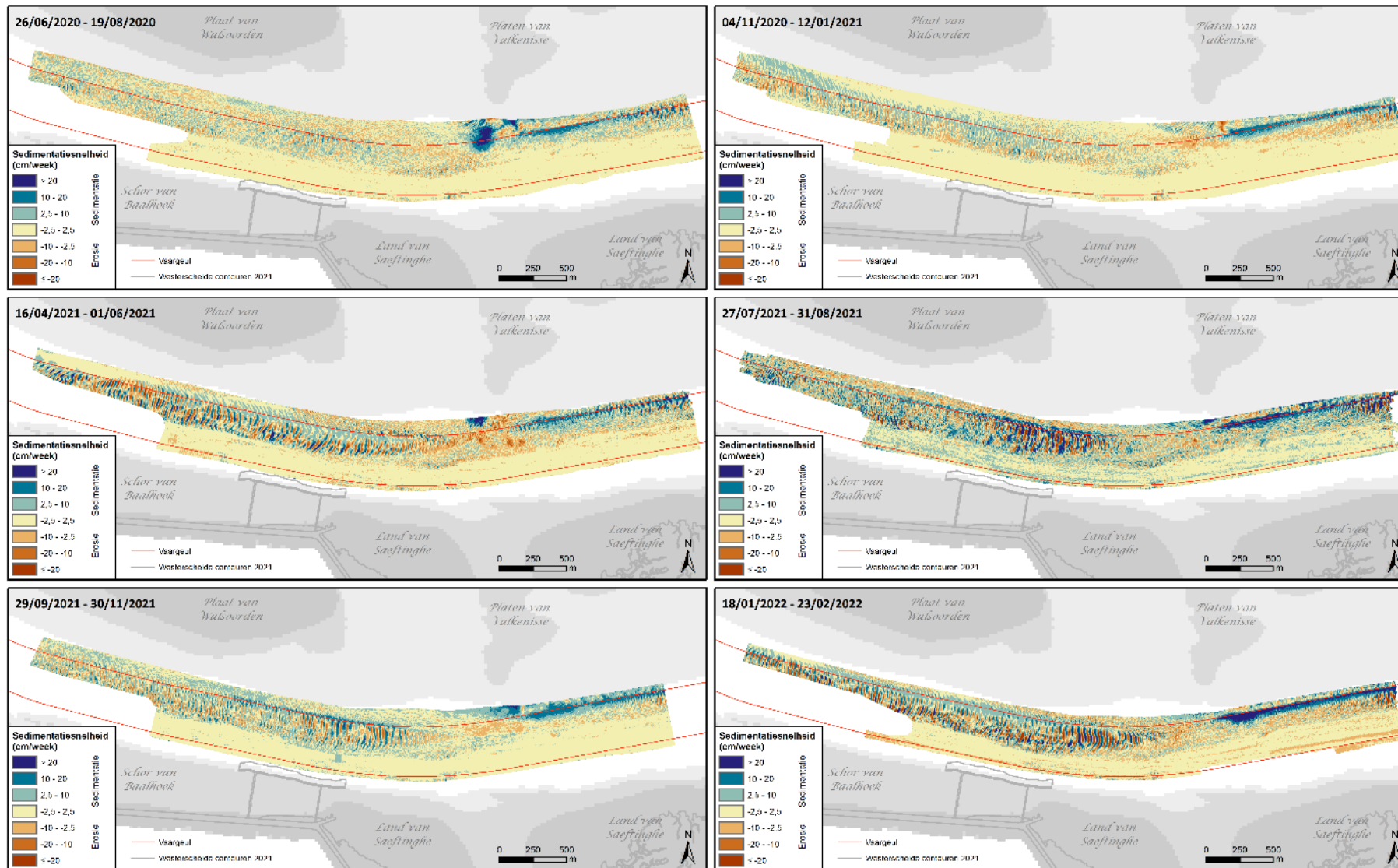
Het valt op dat sedimentatie en erosie voornamelijk in de noordelijke helft van de vaargeul optreden, met een duidelijke sedimentatie ter hoogte van de rand van de vaargeul in het oosten. Uit de sedimentatie-erosiekaart van de periode 26/06/2020 – 19/8/2020 (Figuur 8, linksboven) leiden we af dat er zich een plaatval heeft voorgedaan op de zuidelijke uitloper van de Platen van Valkenisse nabij de vaargeul.

Het valt op dat in enkele periodes (8/5/2019-4/6/2019, 3/3/2020-19/3/2020 en 27/7/2021-31/8/2021) de sedimentatie- en erosiesnelheden hoger liggen dan in de andere periodes. Mogelijke verklaringen daarvoor zijn:

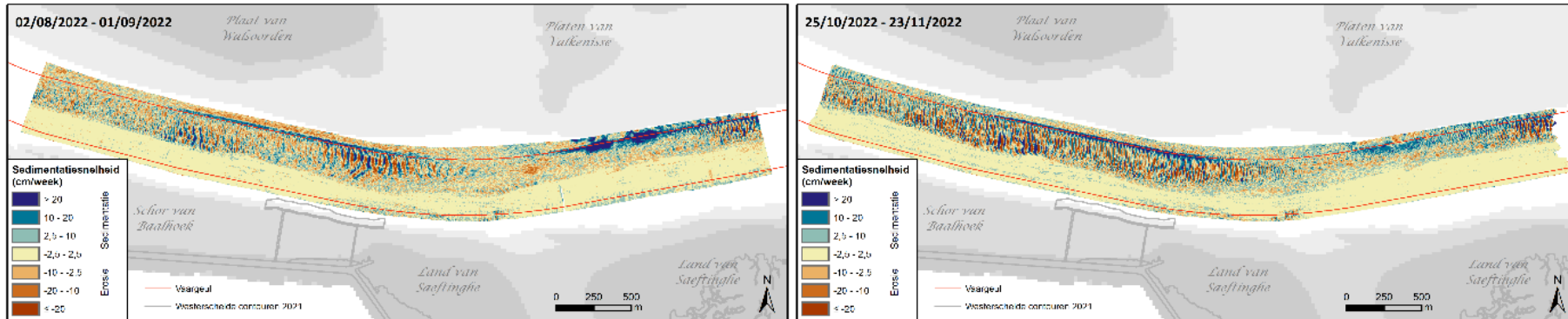
- De tijd tussen het begin van de baggervrije periode en de eerste peiling. In het geval van de periode 3/3/2020-19/3/2020, werd er nog gebaggerd daags voordien, waardoor we maximale dynamiek verwachten door zettingen van het nog in het systeem aanwezige sediment. We verwijzen ook naar de hypothese die o.a. door Allersma (1992) wordt geponeerd, dat een grotere overdiepte aanleiding geeft tot snellere sedimentatie.
- De duur van de analyseperiode. De periode 3/3/2020-19/3/2020 betreft de kortste periode van slechts 16 dagen. Aangezien de sedimentatiesnelheid als gemiddelde per week wordt uitgedrukt, worden de hoogteverschillen tussen de eerste en laatste peiling altijd gedeeld door de duur van de periode. Een langere periode zorgt dus voor meer uitmiddeling van de extremen, zoals die kunnen optreden door migrerende bodemvormen. Dit effect zou eventueel kunnen nagegaan worden door alle peilingen in de baggervrije periodes waarin meerdere peilingen beschikbaar zijn te analyseren en de sedimentatiesnelheden te vergelijken.
- Hydrodynamiek en klimatologische events zoals extremen van waterstanden en wind, die bv. door golfwerking de sedimentdynamiek kunnen beïnvloeden.



Figuur 7 – Gemiddelde wekelijkse sedimentatie-erosiekaarten gedurende 14 baggervrije periodes (deel 1)



Figuur 8 – Gemiddelde wekelijkse sedimentatie-erosiekaarten gedurende 14 baggervrije periodes (deel 2)

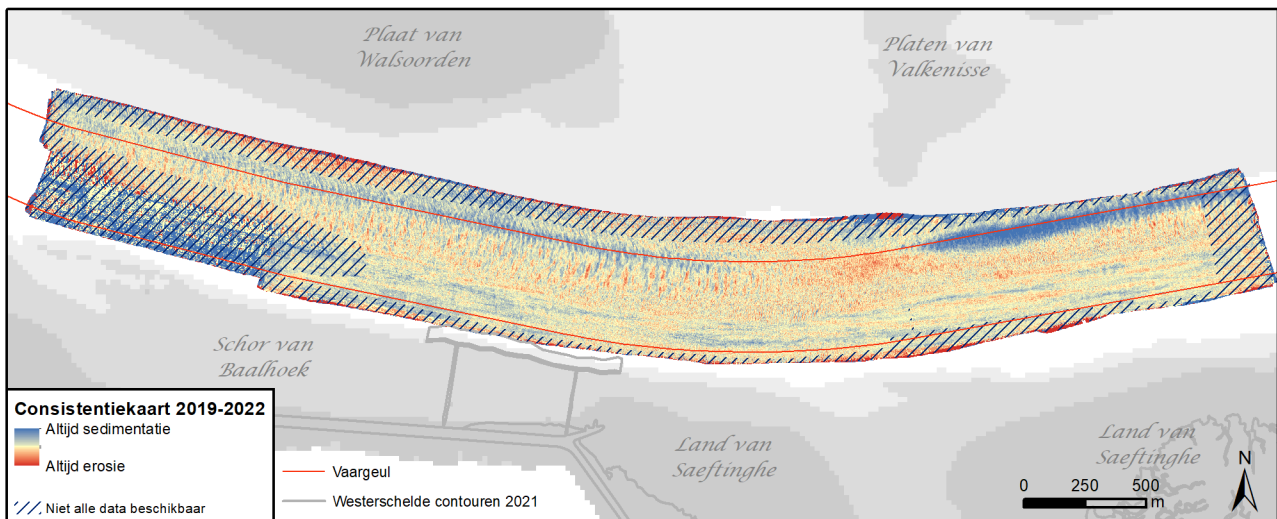


Figuur 9 – Gemiddelde wekelijkse sedimentatie-erosiekaarten gedurende 14 baggervrije periodes (deel 3)

4.4 Consistentiekaarten

Figuur 10 geeft de consistentiekaart weer voor de gehele periode 2019-2022. De zones met arcering dienen met de nodige omzichtigheid geïnterpreteerd worden, aangezien hiervoor slechts een beperkt aantal peilingen beschikbaar zijn. Hier geeft de consistentie mogelijk een vertekend beeld. In het gebied waarvoor wel voldoende peilingen beschikbaar zijn, is er vooral langs de rode boeienszijde (hier noordelijke zijde van vaargeul) een consistente sedimentatie terug te vinden. Deze is het meest uitgesproken in het oostelijke deelgebied van de drempel, maar ook centraal is langs de noordrand van de vaargeul systematisch (weliswaar in beperktere mate) sedimentatie terug te vinden. Tussen de oostelijke en centrale sedimentatiezone is er een klein gebied dat eerder erosief van karakter lijkt te zijn. Mogelijks hangt dit samen met baggerwerken die plaatsvinden in de zones met sedimentatie en hierdoor sediment “aanzuigen” van de aangrenzende zones.

De consistentiekaarten per jaar zijn opgenomen Bijlage 1 Consistentiekaarten per jaar, maar zijn minder betrouwbaar omwille van het beperkte aantal baggerrijke periodes in een jaar.



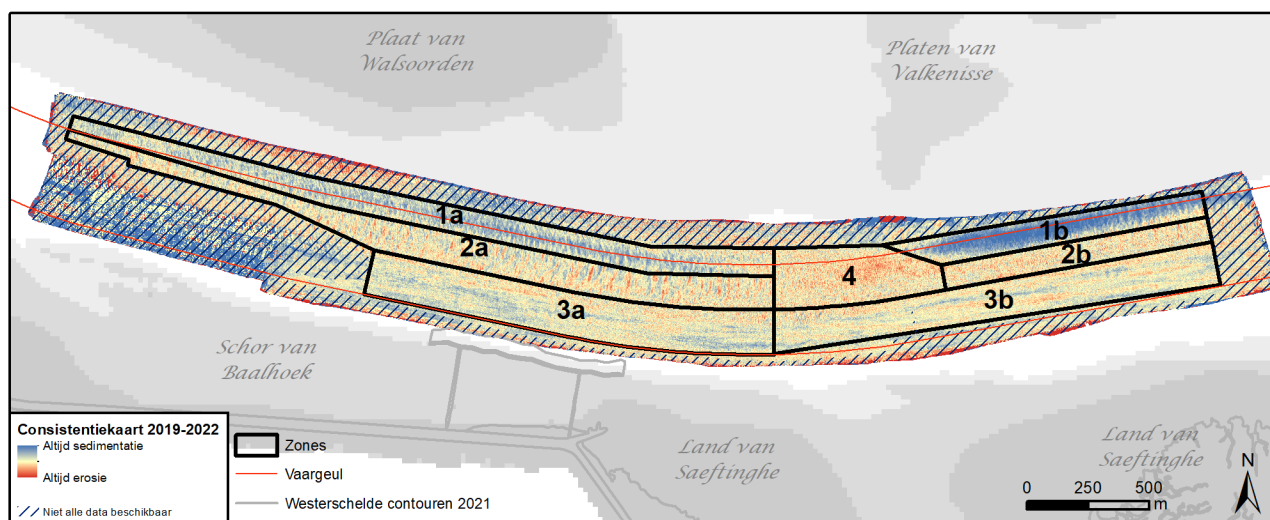
Figuur 10 – Consistentiekaart 2019-2022

4.5 Kwantitatieve analyse

4.5.1 Afbakening deelzones

Het studiegebied, waarvan de buitengrens bepaald wordt door de zone van overlap tussen alle geanalyseerde peilingen, wordt onderverdeeld in zeven deelgebieden. Figuur 11 geeft de deelzones weer, met als achtergrond de consistentiekaart 2019-2022, de overige kaarten die gebruikt werden voor het afbakenen van de zones zijn toegevoegd in Bijlage 2 Afbakening deelzones.

- Zone 1a en 1b bevinden zich langs de noordzijde van de vaargeul. Het zijn de zones die het meest aan sedimentatie onderhevig zijn. Ze vormen een smalle strook op de overgang tussen plaatrand en vaargeul, ter hoogte van respectievelijk de plaat van Walsoorden en de platen van Valkenisse. Richting het midden van de vaargeul, zien we dat zowel zone 1a als 1b bij benadering begrensd worden door de -16 m LAT dieptelijns.
- Zone 2a en 2b zijn twee smalle stroken die eveneens gelegen zijn in de noordelijke helft van de vaargeul. Zone 2a wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van migrerende bodemvormen (duinen), die een hoogte hebben tot 1 à 2 m; dit resulteert in hoge piek sedimentatie- en erosiesnelheden. Zone 2b wordt gekenmerkt door een fijnere textuur van bodemvormen. De zones liggen parallel aan respectievelijk zone 1a en 1b en de zuidelijke grens valt samen met de aslijn van de vaargeul.
- Zone 3a en 3b beslaan de zuidelijke helft van de vaargeul. De zones worden gekenmerkt door een stabielere, meer geconsolideerde bodemreliëf en de afwezigheid van bodemvormen. Processen van sedimentatie en erosie gaan er langzaam.
- Zone 4 is centraal gelegen in de noordelijke helft van de vaargeul, tussen zones 1a/2a en 1b/2b in. In deze zone primeert erosie. Het noordelijke talud van de hoofdvaargeul is er onderbroken door van de inloop van de nevengeul Schaar van Valkenisse.



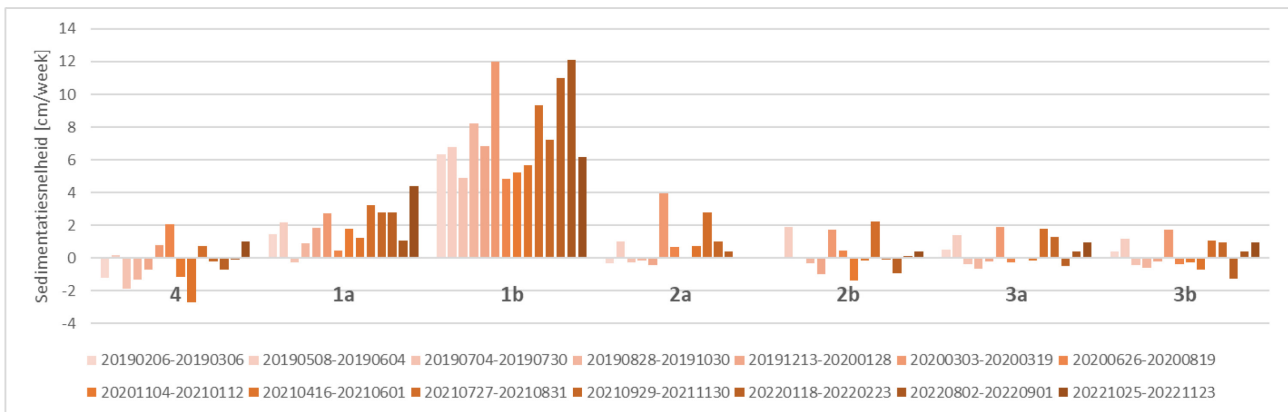
Figuur 11 – Afbakening deelzones

4.6 Evolutie sedimentatiesnelheid

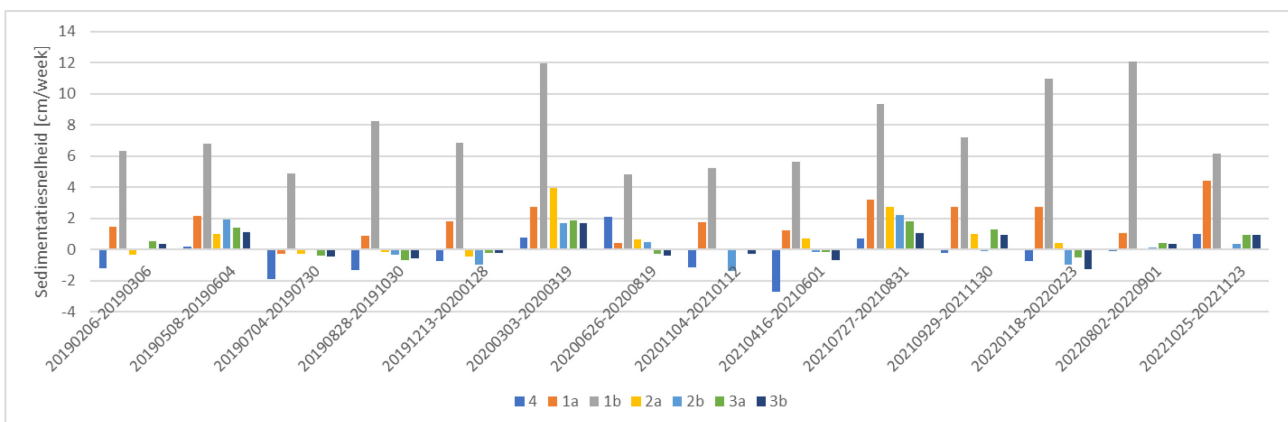
Voor elke periode wordt per deelzone de gemiddelde netto sedimentatie- en erosiesnelheid weergegeven in Figuur 12. Erosie is hierbij negatief, sedimentatie positief. In zone 1a en 1b treedt bijna altijd netto sedimentatie op. Voor de overige zones komen er ook periodes voor waar er sprake is van gemiddelde netto erosie, dit komt het vaakst voor in zone 4.

Figuur 13 geeft dezelfde gegevens weer als Figuur 12, maar geordend per baggervrije periode. Hieruit blijkt dat er tijdens sommige periodes over het algemeen meer sedimentatie optreedt dan in andere. Mogelijke verklaringen zijn effecten in de nasleep van de voorafgaande baggerwerken of toevallige morfologische/klimatologische events, zoals reeds besproken in sectie 4.3.

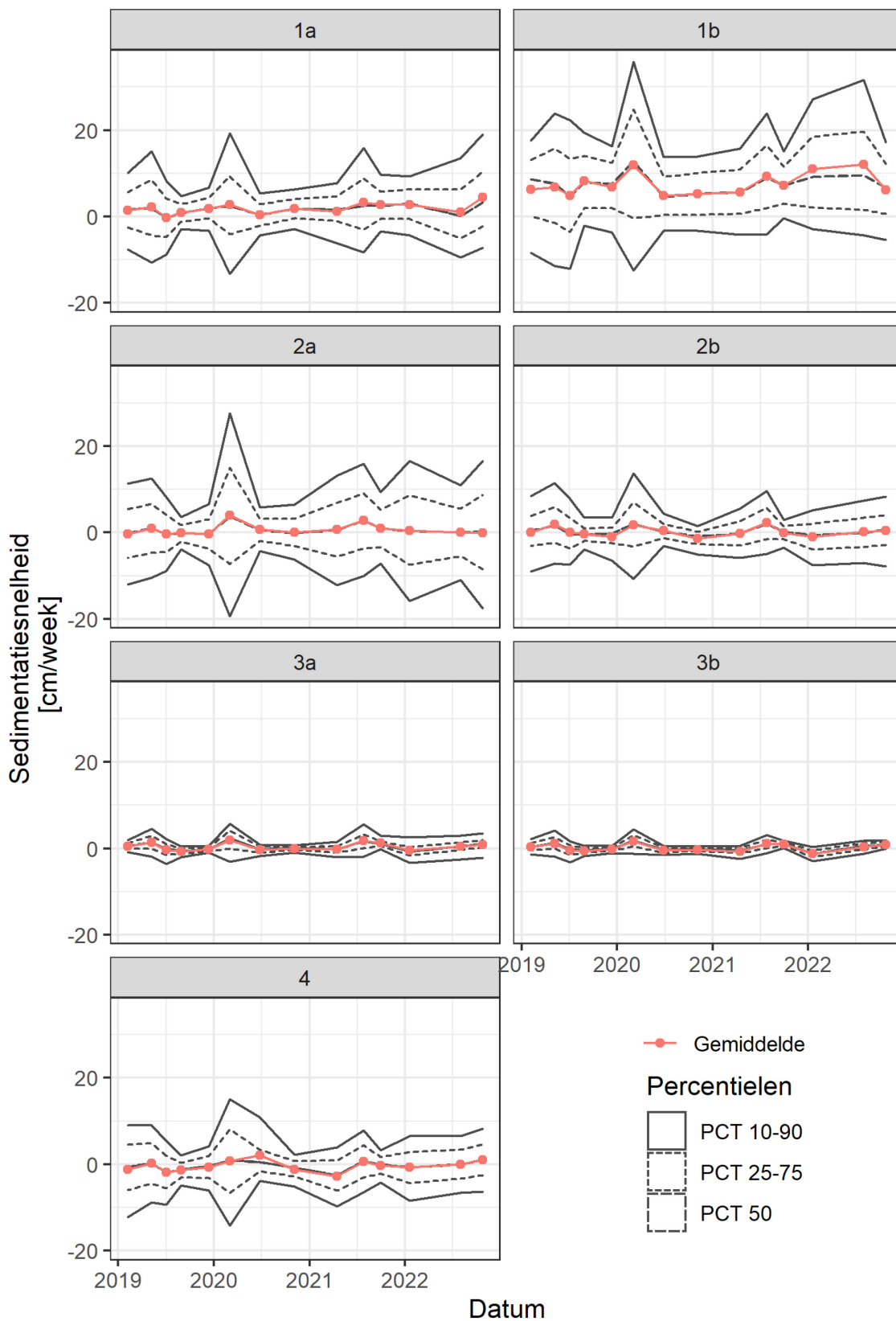
Figuur 14 geeft naast de gemiddelde sedimentatiesnelheid ook de percentielen weer voor elke zone. De percentielen geven aan hoe de verdeling is tussen sedimentatie en erosie binnen elke zone: hoe hoger het 90^{ste} en hoe lager het 10^{de} percentiel, hoe meer verschillen er zijn binnen één zone. Dit duidt op migratie van bodemvormen. Hoe langer de analyseperiode hoe meer het effect van migrerende bodemvormen wordt uitgemiddeld en hoe dichter de percentielen bij elkaar liggen.



Figuur 12 – Gemiddelde netto sedimentatiesnelheid [cm/week] per zone en per periode



Figuur 13 – Gemiddelde netto sedimentatiesnelheid [cm/week] per periode en per zone



Figuur 14 – Gemiddelde en percentielen van de sedimentatiesnelheid in de verschillende deelzones

Tabel 3 – Trendlijnparameters per zone, met intercept (a) op 01/01/2019

Zone	Trendlijn $y = a + bx$		R ²	p-waarde ⁴
	a [cm/week]	b [cm/week/jaar]		
1a	0,94	0,53	0,28	0,05
1b	6,33	0,72	0,12	0,22
2a	0,56	0,06	0,00	0,83
2b	0,36	-0,08	0,01	0,74
3a	0,26	0,10	0,02	0,63
3b	0,15	0,03	0,00	0,89
4	-0,84	0,26	0,06	0,38

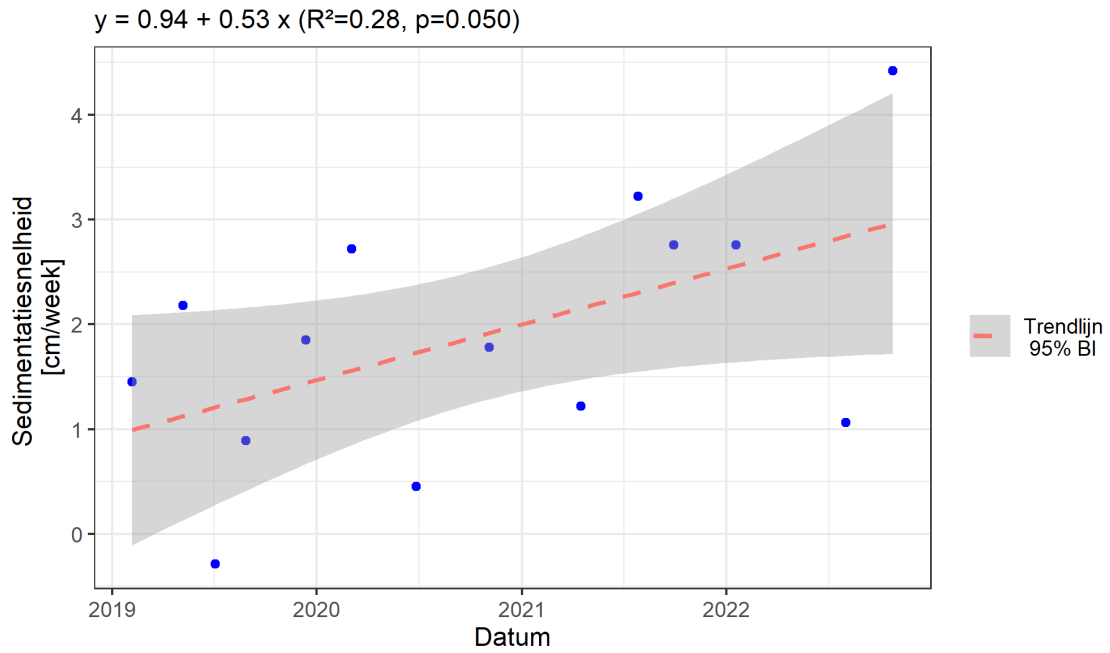
Voor elke zone werd een lineaire trendanalyse uitgevoerd, waarvan de resultaten worden weergegeven in Tabel 3. Er wordt uitgegaan van een lineaire relatie tussen 'y' de sedimentatiesnelheid, uitdrukt in cm per week, en 'x' het aantal jaren (= aantal dagen/365) vanaf 1/1/2019.

Voor zone 1a (Figuur 15) is de initiële sedimentatiesnelheid 0,94 cm/week en deze neemt vervolgens jaarlijks met 0,53 cm/week toe (tot 3,06 cm/week op 31/12/2022). Ook hier is de R²-waarde klein (0,28), terwijl de p-waarde (0,05) aangeeft dat het verband net significant is op het 95%-betrouwbaarheidsniveau. Er is dus mogelijk een toename van de sedimentatiesnelheid in de tijd in zone 1a, al zijn er zeker ook andere factoren die de gemiddelde sedimentatiesnelheid beïnvloeden.

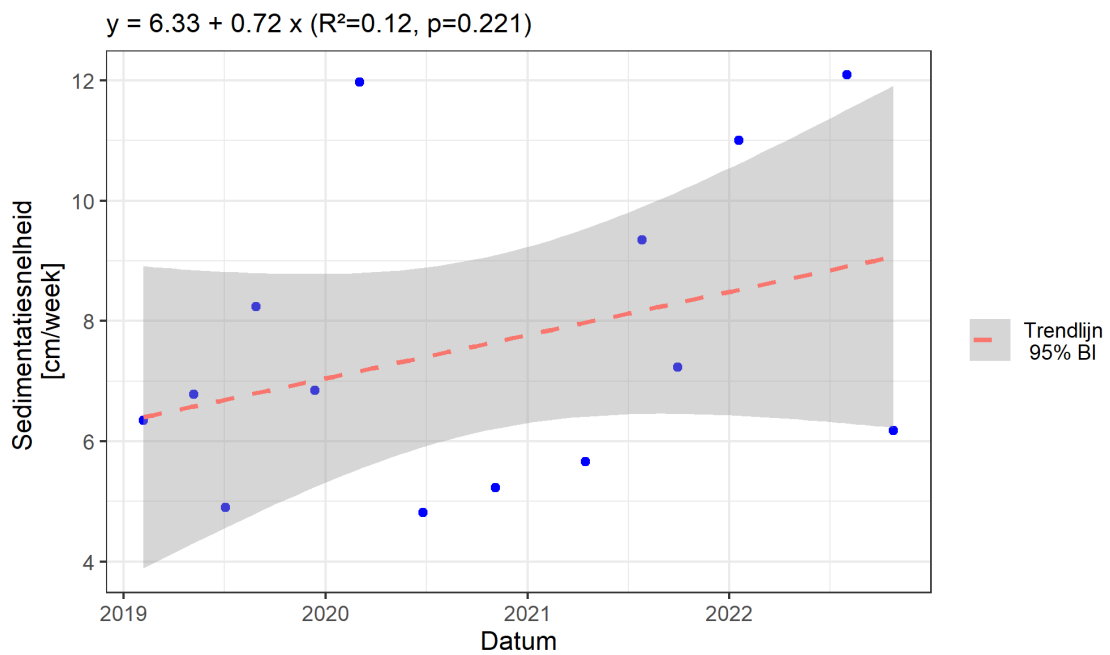
Voor zone 1b (Figuur 16) bedraagt de initiële sedimentatiesnelheid (op 1/1/2019) 6,33 cm/week en is deze jaarlijks met 0,72 cm/week toegenomen (tot 9,21 cm/week op 31/12/2022). De R²-waarde van 0,12 geeft aan dat de datumcomponent slechts 12% van de variantie tussen de verschillende periodes kan verklaren en de p-waarde van 0,22 geeft aan dat het verband niet significant is. Er is meer data nodig om de trend statistisch te kunnen aantonen op bv. het 95%-betrouwbaarheidsniveau. Momenteel is het niet duidelijk of er al dan niet een toename is van de sedimentatiesnelheid in zone 1b omdat andere factoren de sedimentatiesnelheid beïnvloeden.

Voor de overige deelgebieden is er geen significante (95%-betrouwbaarheid) lineaire relatie doorheen de tijd vast te stellen (R²-waarde < 0,06 en p-waarde > 0,38). De variatie die voor deze gebieden wordt vastgesteld is te wijten aan andere factoren hier niet beschouwd werden.

⁴ Alle p-waarden zijn groter 0,05, wat betekent dat geen enkele trendlijn significant is op het 95%-betrouwbaarheidsniveau



Figuur 15 – Lineaire trendanalyse⁵ van de gemiddelde sedimentatiesnelheid in zone 1a

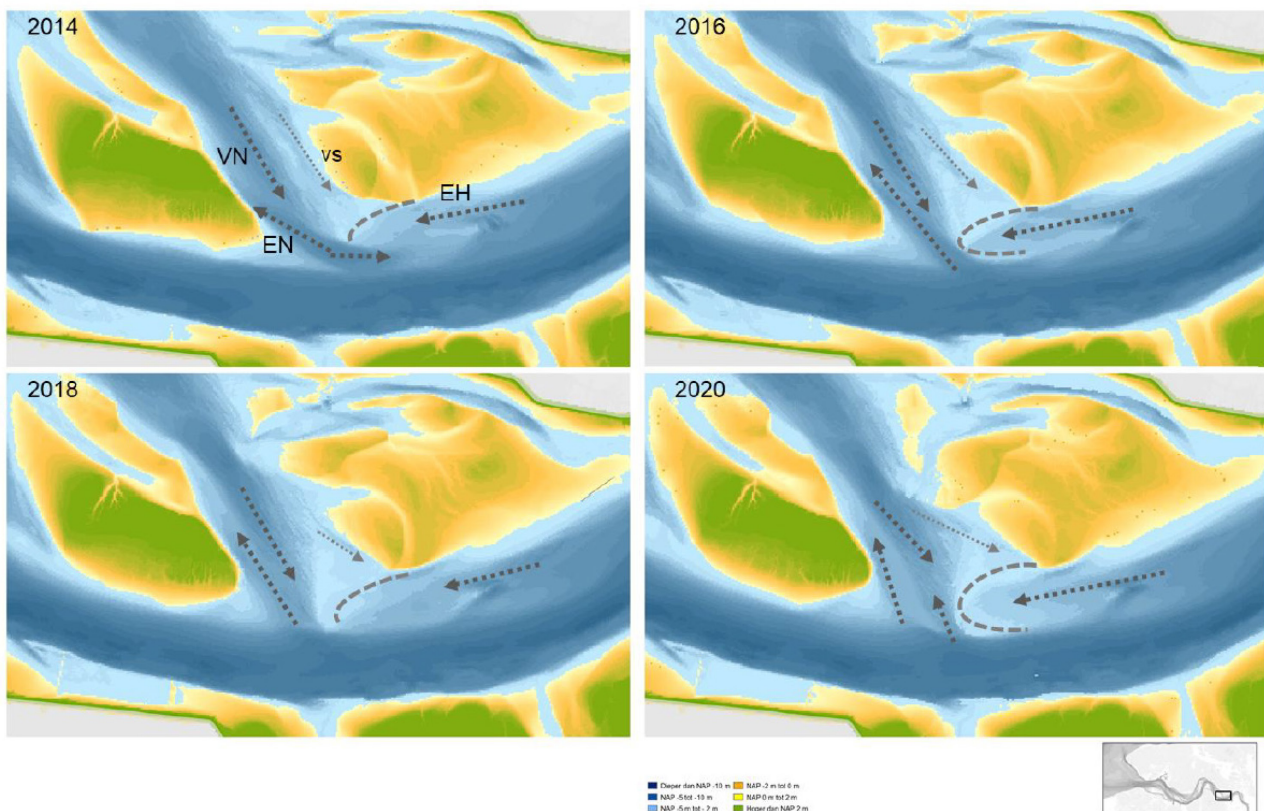


Figuur 16 – Lineaire trendanalyse⁵ van de gemiddelde sedimentatiesnelheid in zone 1b

⁵ 95% BI: het 95%-betrouwbaarheidsinterval geeft aan dat als de sedimentatiesnelheid een lineaire trend volgt, de reële trendlijn met 95% zekerheid binnen de grijze band ligt.

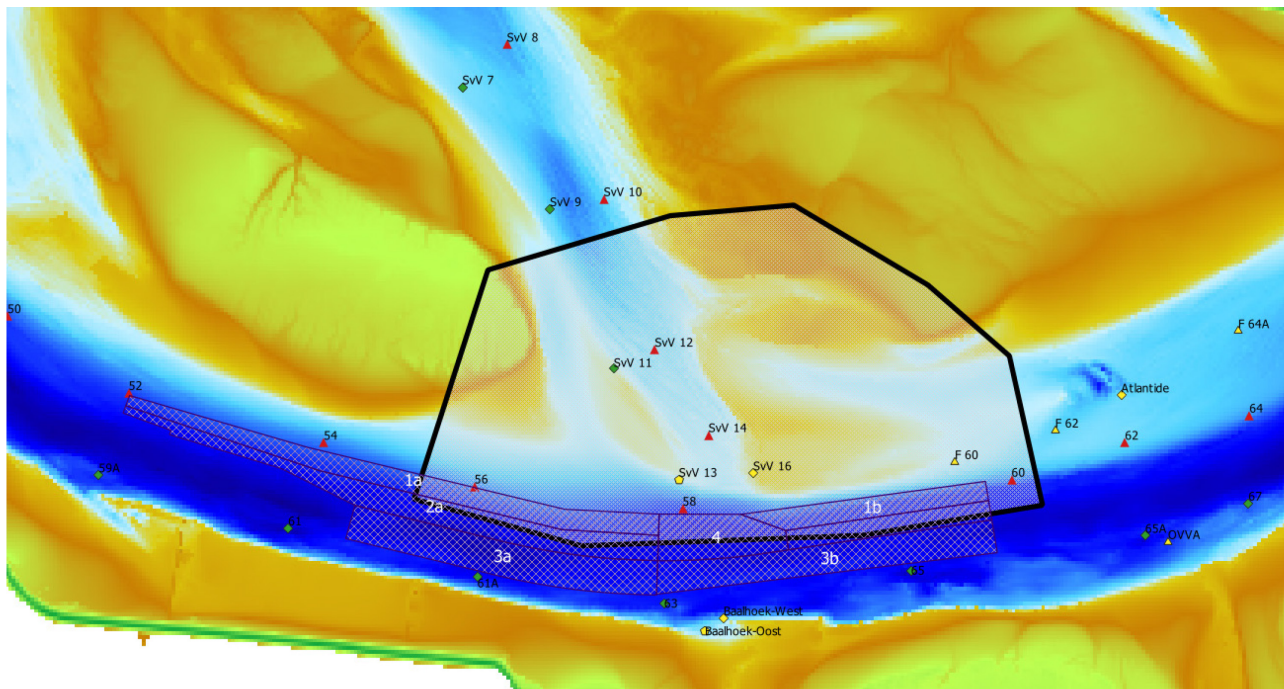
5 Grootschalige morfologische veranderingen

Arcadis & Deltares (2022) voerden in opdracht van de Vlaams-Nederlandse Schelde-Commissie (VNSC) onderzoek uit naar de veranderingen in stroming en de morfologie in de Schaar van Valkenisse. Deze nevengeul mondt uit in de hoofdgeul (Overloop van Valkenisse) nabij de deelgebieden waar de systematische sedimentatie wordt vastgesteld (zone 1a – zone 4 – zone 1b). Doorheen de tijd (2011-2021) migreert de aansluiting van de Schaar van Valkenisse op de Overloop van Valkenisse in westelijke richting (Figuur 17). In deze periode is de diepte in het mondingsgebied afgenomen, wat een knelpunt vormt voor de rol van Schaar als nevenvaarwater. Voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar bovenvermelde referentie.

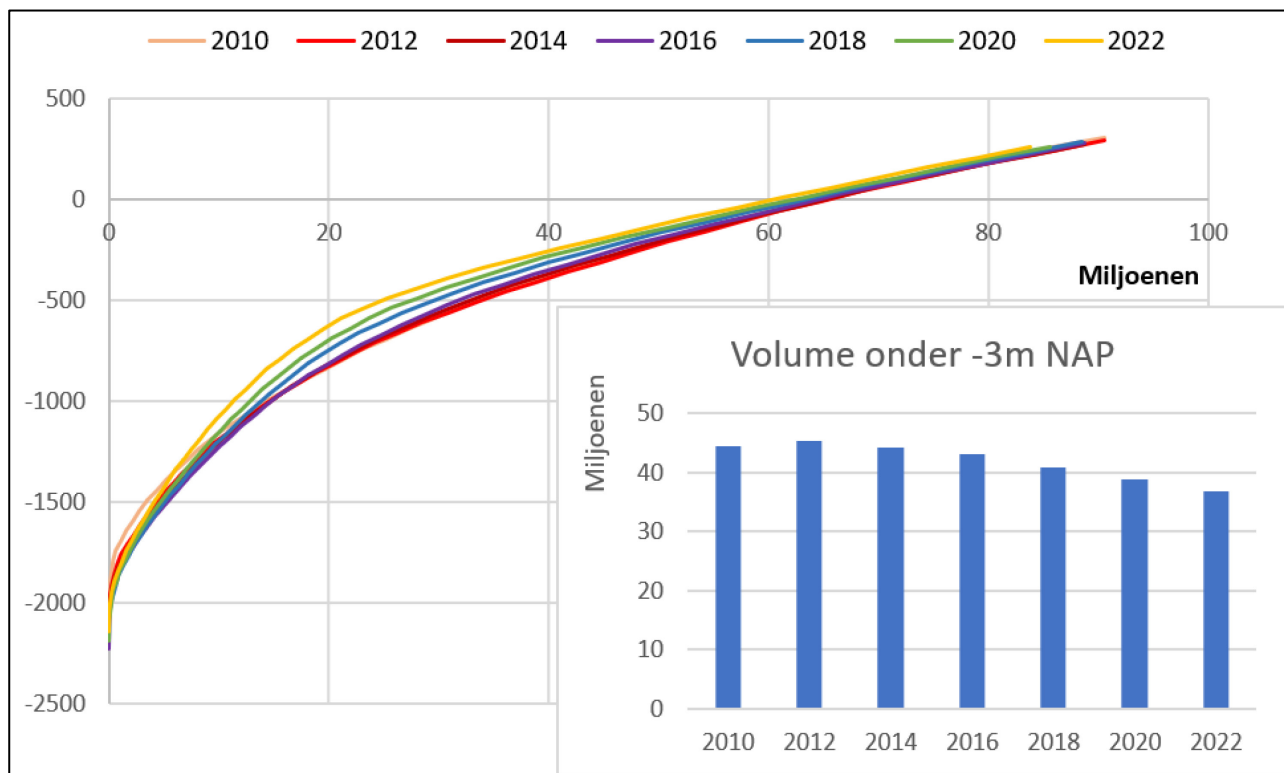


Figuur 17 – Morfologische verandering in het mondingsgebied van de Schaar van Valkenisse
Bron: Arcadis & Deltares (2022)

In aanvulling op deze studie, werd een bijkomende analyse uitgevoerd naar de hypsometrie in het mondingsgebied van de Schaar van Valkenisse. Binnen een polygoon (zie Figuur 18) werd de hypsometrie (i.e. watervolume onder referentievlak, waarbij dit vlak varieert van laagste tot hoogste punt binnen polygoon) bepaald voor verschillende topo-bathymetrieën (bron: vaklodingen Rijkswaterstaat) over de periode 2010-2022. De resultaten zijn terug te vinden in Figuur 19. Op de hypsometrie is een afname van het watervolume te zien doorheen de tijd. Dit is duidelijker zichtbaar wanneer het watervolume beneden - 3 m NAP wordt beschouwd: sinds 2012 is het watervolume afgenomen van ca. 45 Mm³ naar ca. 37 Mm³; logischerwijs betekent dit dat er ca. 8 Mm³ extra aan sediment in dit gebied aanwezig is. Een deel van dit sediment kan onder invloed van de vloedstroming richting de Overloop van Valkenisse getransporteerd worden. Over het exacte aandeel of de tijdschaal waarop dit kan gebeuren kan op basis van deze analyse geen uitspraak gedaan worden.



Figuur 18 – Studiegebied met polygoon (zwart) voor berekening hypsometrie



Figuur 19 – Hypsometrie voor polygoon mondingsgebied Schaar van Valkenisse over de periode 2010-2022, alsook ontwikkeling watervolume beneden -3 m NAP (barplot, rechtsonder)

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Uit de verschilkaarten en consistentiekaarten blijken een aantal vaste patronen van erosie en sedimentatie naar voor te komen. De belangrijkste sedimentatiezones bevinden zich ter hoogte van de noordelijke grens van de vaargeul (zone 1a en zone 1b). Dit zijn tevens stroken waar regelmatig gebaggerd wordt. Tussen zone 1a en 1b ligt een zone (zone 4) met netto erosie ter hoogte van de monding van de Schaar van Valkenisse. We zien geen duidelijke evoluties of verplaatsingen van de sedimentatie-zones in de tijd, die zouden wijzen op veranderingen in de morfodynamiek ter hoogte van de Overloop van Valkenisse.

Het waardenbereik van de sedimentatiesnelheidskaarten verschilt aanzienlijk tussen de geanalyseerde periodes. Een hoger waardenbereik wordt geassocieerd met de kortste analyseperiodes. In sommige verschilkaarten is duidelijk het effect van migrerende bodemvormen waar te nemen. Dit is te zien in de vorm van lokale patronen van afwisselende piekwaarden van erosie- en sedimentatiesnelheid. De migrerende bodemvormen bemoeilijken de detectie van systematische evoluties in de natuurlijk sedimentatiesnelheid. Door te werken met de gemiddelde sedimentatiesnelheid per deelzones, wordt het effect van bodemvormen grotendeels uitgemiddeld.

Uit de lineaire trendanalyse, blijkt dat voor zone 1a en 1b een stijgende trend kan vastgesteld worden in de sedimentatiesnelheid van respectievelijk 0,53 en 0,72 cm/week per jaar. Relatief komt dit neer op een stijging van ca. 200% in zone 1a en 50% in zone 1b over de periode 2019-2022. Deze percentages zouden de toegenomen baggervolumes in 2022 deels kunnen verklaren. Wel dient opgemerkt te worden dat er onvoldoende data beschikbaar is om deze trends significant te kunnen noemen.

Uit de grootschalige morfologische analyse blijkt dat het mondingsgebied van de Schaar van Valkenisse in de overloop van Valkenisse in de laatste 10 jaar sterke verandering heeft ondergaan. Op basis van een hypsometrische berekening blijkt dat ca. 8 Mm³ extra sediment in dit gebied is beschikbaar gekomen in de periode 2012-2022. Dit zal waarschijnlijk ook deels een verklaring vormen voor de vastgestelde toename in onderhoudsvolumes in de hoofdgeul in deze zone.

6.2 Aanbevelingen

De ter beschikking gestelde baggergegevens kunnen momenteel slechts indicatief gelinkt worden aan relatief grote baggerzones die de volledige breedte van de vaargeul omvatten en vaak meerdere kilometers lang zijn. Door meer info m.b.t. de exacte baggerlocaties ter beschikking te stellen, zouden analyses gerichter kunnen worden uitgevoerd: ingrepen en baggervrije periodes kunnen dan nauwkeurig worden afgebakend voor een bepaald studiegebied en effecten zoals we die verwachten van de tijd tot de voorgaande baggeringreep op de sedimentatiesnelheid kunnen in rekening gebracht worden (verondersteld wordt dat de dynamiek vlak na de ingreep maximaal is door zettingen van het aanwezige sediment). Het ter beschikking stellen van de GPS-baggertracks gekoppeld aan baggergegevens op tripniveau zou hiervoor noodzakelijk zijn, maar binnen voorliggende analyse waren deze gegevens niet voorhanden.

Daarnaast blijkt er een verschil te zijn tussen de “baggerzone” Overloop van Valkenisse, gehanteerd door Maritieme Toegang en de “peilzone” Overloop van Valkenisse (OVALK), gehanteerd door Vlaamse Hydrografie. Het betreft zowel de opwaartse als afwaartse grens, waarbij de peilzone minder ver doorloopt dan de baggerzone. Om misvattingen te voorkomen en om een beter vergelijk tussen verschilpeilingen en baggergegevens mogelijk te maken is het aangewezen om de zones te uniformiseren.

Binnen voorliggend rapport werd gefocust op de sedimentatie-erosiepatronen en -snelheden ter hoogte van de peilzone Overloop van Valkenisse. De baggergegevens wijzen er echter op dat er een toename is van baggeractiviteit in de op- en afwaartse gelegen deelbaggerzones, en niet in de middelste deelbaggerzone. Daarom is het wenselijk om de analyse te herhalen voor de op- en afwaarts gelegen peilzones (WALS, STWALS en VALK). Echter zal men daarbij rekening moeten houden met andere peildata en andere baggervrije periodes.

De analyse werd uitgevoerd op basis van beschikbare MBES-peilingen over de laatste 3 jaren. Deze geven een goed beeld van de sedimentatiepatronen, maar de oorzaak van de sedimentatie is hiermee echter nog niet bestudeerd. Het verdient dan ook de aanbeveling om hierop verder te werken, waarbij ook de interactie met de ontwikkelingen van de Schaar van Valkenisse een belangrijke aandachtspunt vormen.

7 Referenties

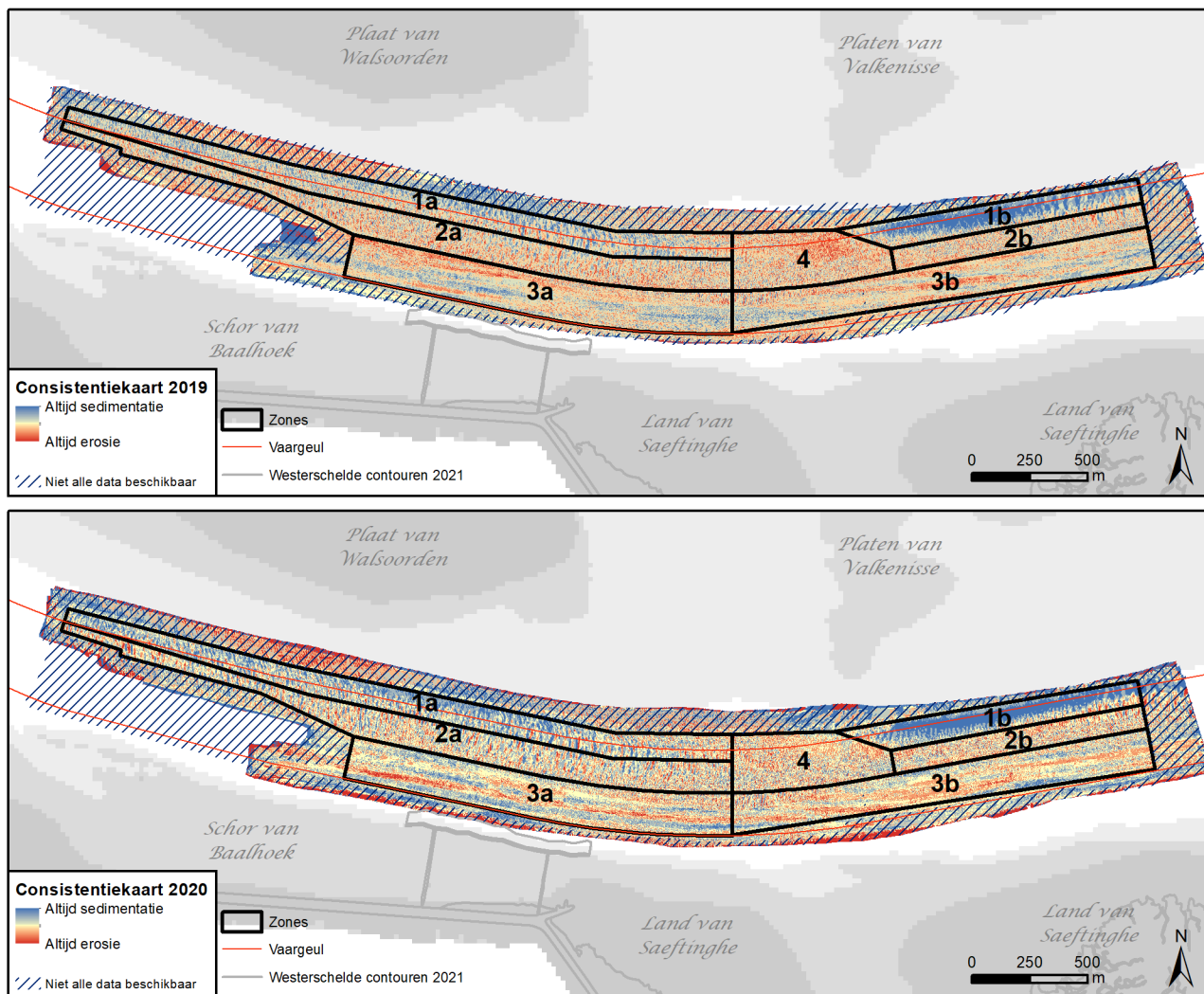
Allersma, E. (1992). Studie inrichting Oostelijk deel Westerschelde: Analyse van het fysische systeem. 81 pp.

Arcadis; Deltares. (2022). Morfologische ontwikkeling Schaar van Valkenisse. 60 pp.

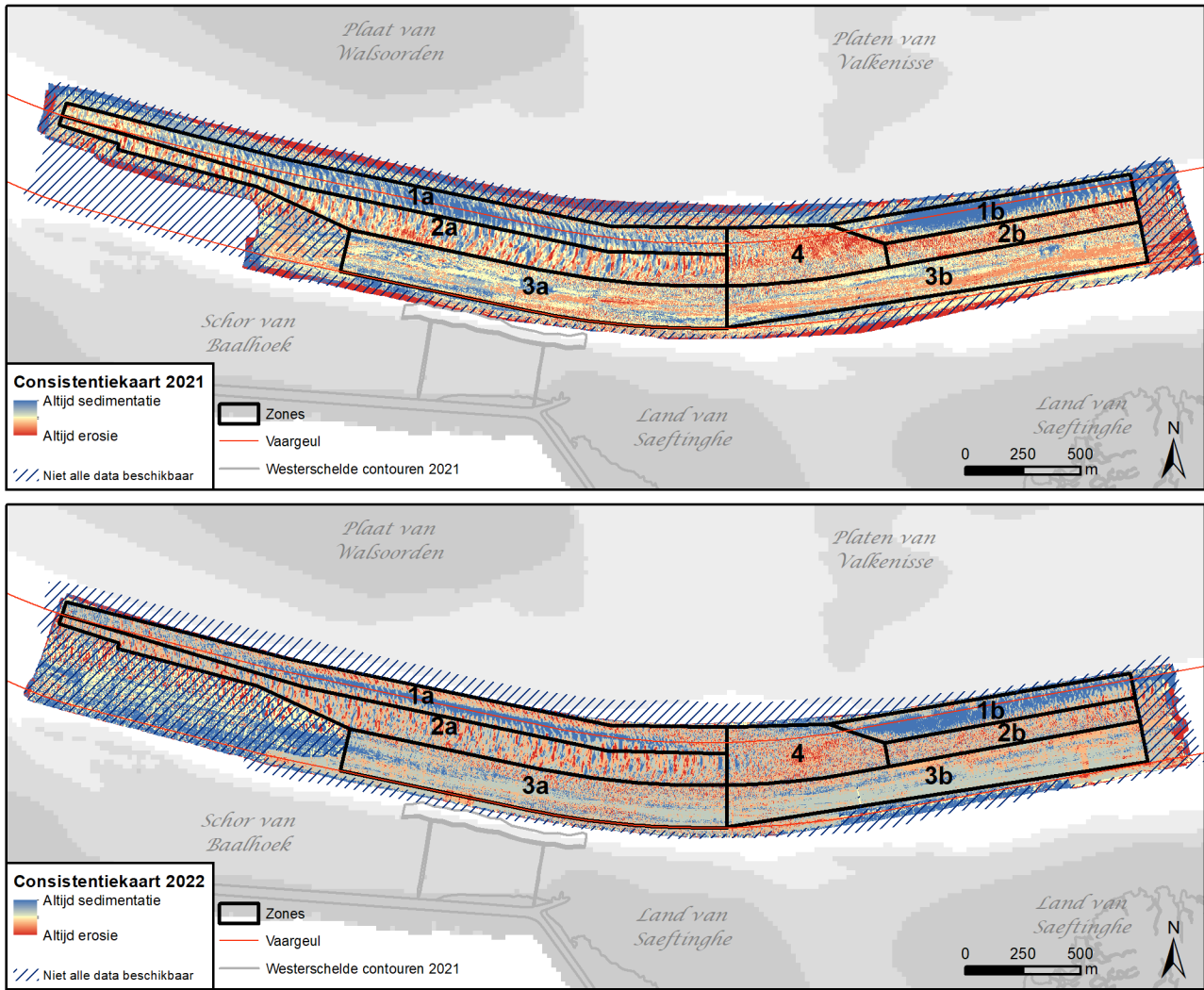
van Veen, J. (1950). Eb- en Vloedschaar Systemen in de Nederlandse Getijwateren. *Tijdschr. K. NEDERLANDSCH Aardrijkskd. Genoot.* 67: 303–325

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

Bijlage 1 Consistentiekaarten per jaar

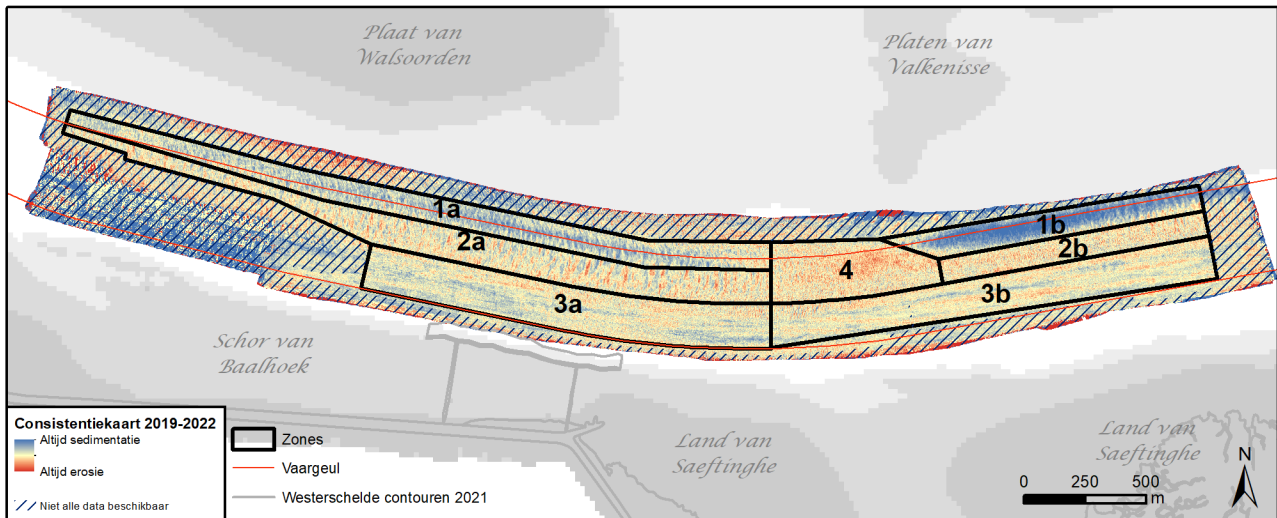


Figuur 20 – Consistentiekaarten voor het kalenderjaar 2019 (boven) en 2020 (onder)

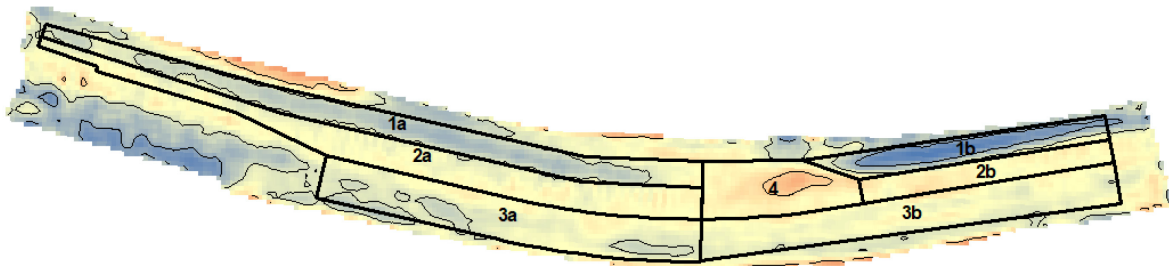


Figuur 21 – Consistentiekaarten voor het kalenderjaar 2021 (boven) en 2022 (onder)

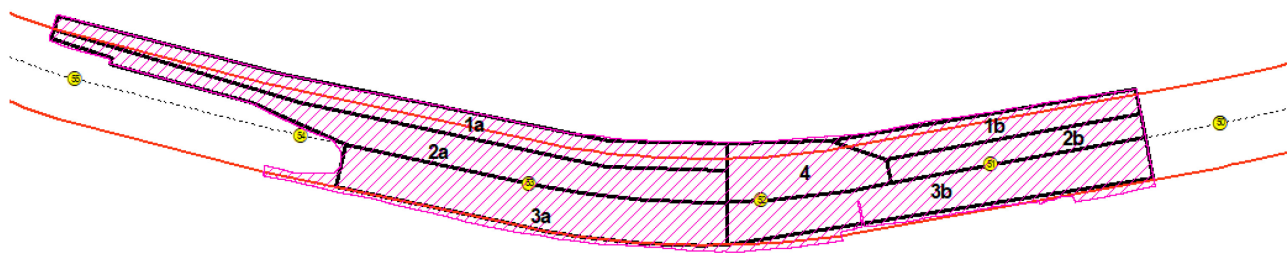
Bijlage 2 Afbakening deelzones



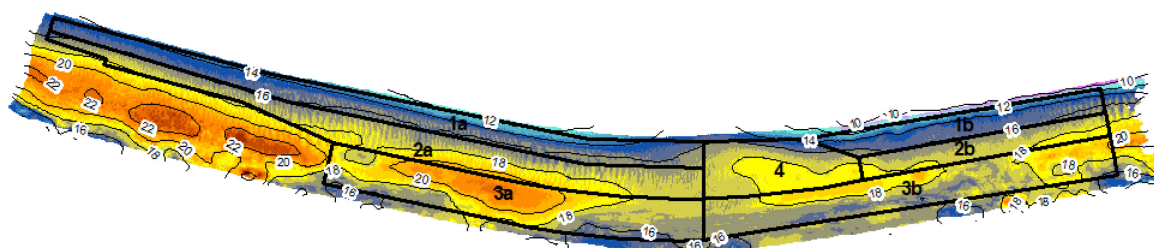
Figuur 22 – Deelzones t.o.v. sedimentatieconsistentiekaart gegeneraliseerd naar 1x1 m



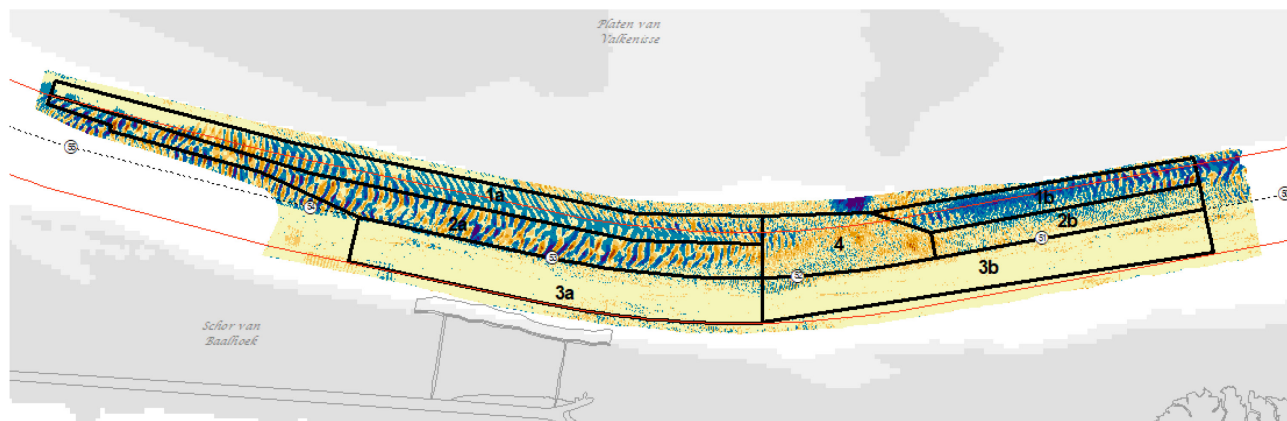
Figuur 23 – Deelzones t.o.v. sedimentatieconsistentiekaart gegeneraliseerd naar 20x20 m



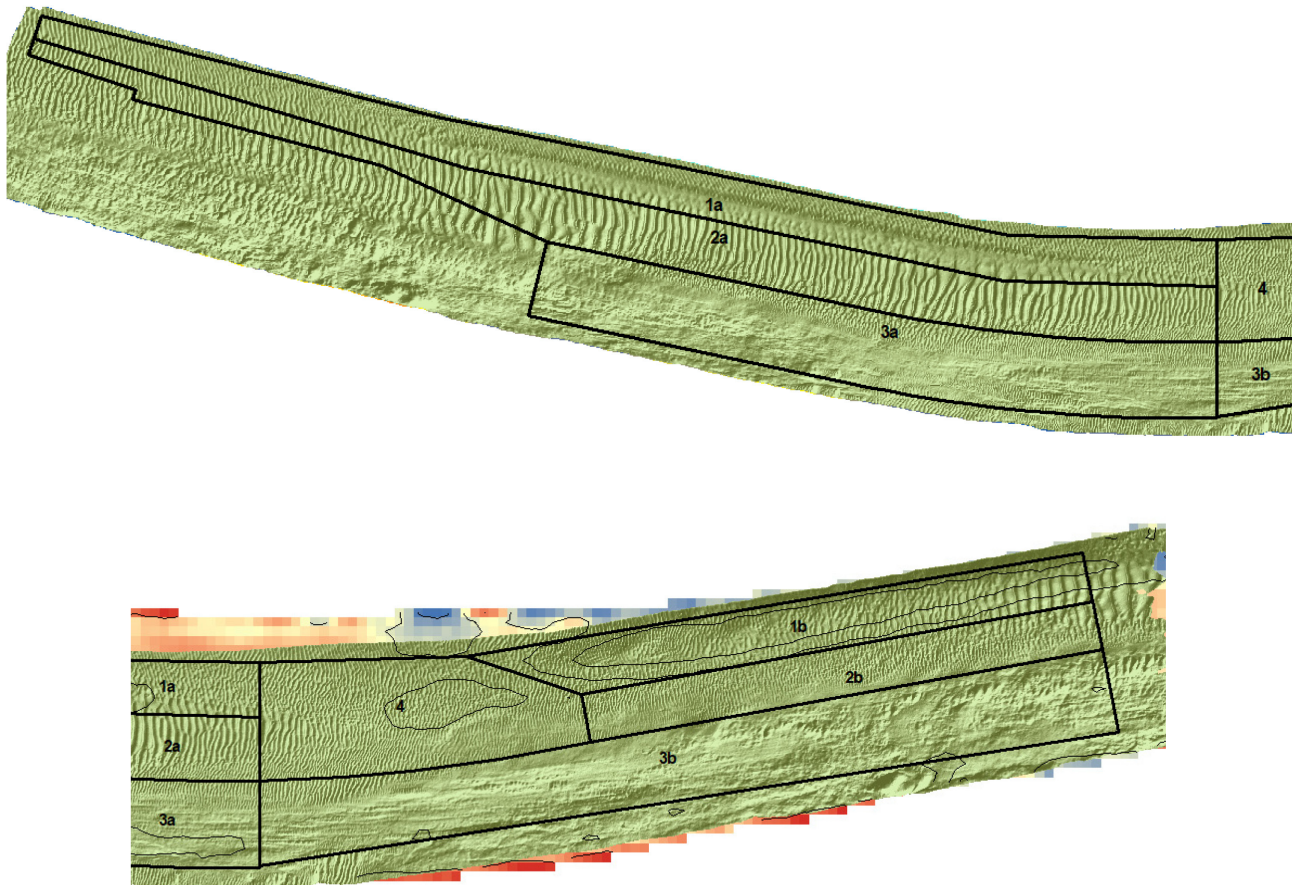
Figuur 24 – Deelzones t.o.v. vaargeul en minimaal gepeilde zone (arcing)



Figuur 25 – Deelzones t.o.v. van bodemdiepte (peiling 25/10/2022)



Figuur 26 – Deelzones t.o.v. verschilkaart (verschilkaart 20210416-20210601)



Figuur 27 – Deelzones t.o.v. bodemvormen (hillshade): westelijke (boven) en oostelijke (onder) deelzone van de studiegebied

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