



**Vlaanderen**  
is wetenschap

# Ontpoldering van Lillo's potpolder

## Vergelijking van twee inrichtingsvarianten

Wim Mertens, Oberon Geunens, Hug Van Beek, Alexander Van Braeckel, Gunther Van Ryckegem, Bart Vandevoorde, Frederic Van Lierop, Thomas Terrie, Geert Spanoghe en Erika Van den Bergh

INSTITUUT  
NATUUR- EN BOSONDERZOEK

**Auteurs:**

Wim Mertens, Oberon Geunens, Hug Van Beek, Alexander Van Braeckel, Gunther Van Ryckegem, Bart Vandevoorde, Frederic Van Lierop, Thomas Terrie, Geert Spanoghe en Erika Van den Bergh  
*Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek*

**Reviewers:**

Amber Mertens

Het INBO is het onafhankelijk onderzoeksinstituut van de Vlaamse overheid dat via toegepast wetenschappelijk onderzoek, data- en kennisontsluiting het biodiversiteitsbeleid en -beheer onderbouwt en evalueert.

**Vestiging:**

Herman Teirlinckgebouw  
INBO Brussel  
Havenlaan 88 bus 73, 1000 Brussel  
[vlaanderen.be/inbo](http://vlaanderen.be/inbo)

**e-mail:**

[wim.mertens@inbo.be](mailto:wim.mertens@inbo.be)

**Wijze van citeren:**

Mertens W., Geunens, O., Van Beek H., Van Braeckel, A., Van Ryckegem, G., Vandevoorde, B., Van Lierop, F., Terrie, T., Spanoghe, G., Van den Bergh, E.(2024). Ontpoldering van Lillo's potpolder. Vergelijking van twee inrichtingsvarianten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2024 (69). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.  
DOI: [doi.org/10.21436/inbor.116393830](https://doi.org/10.21436/inbor.116393830)

**D/2024/3241/481**

**Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2024 (69)**

**ISSN: 1782-9054**

**Verantwoordelijke uitgever:**

Hilde Eggermont

**Foto cover:**

Potpolder van Lillo in augustus 2022 (foto Y. Adams i.o.v. de Vlaamse Waterweg)

**Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van:**

de Vlaamse Waterweg



Dit werk valt onder een [Creative Commons Naamsvermelding-GelijkDelen 4.0 Internationaal-licentie](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

## ONTPOLDERING VAN LILLO'S POTPOLDER Vergelijking van twee inrichtingsvarianten

Wim Mertens, Oberon Geunens, Hug Van Beek, Alexander Van Braeckel,  
Gunther Van Ryckegem, Bart Vandevoorde, Frederic Van Lierop, Thomas Terrie,  
Geert Spanoghe en Erika Van den Bergh

[doi.org/10.21436/inbor.116393830](https://doi.org/10.21436/inbor.116393830)

## Dankwoord/Voorwoord

We bedanken de opdrachtgevers, De Vlaamse Waterweg en het Agentschap voor Natuur en Bos, voor het financieren van dit onderzoek.

Het verzamelen van veldgegevens is een tijdrovende taak die vaak uitdagend is, vooral in een studiegebied dat onder invloed staat van getijden. Hug, enorm bedankt voor je inzet om al die jaren, weer of geen weer, maandelijks data te verzamelen!

Daarnaast willen we al onze collega's bedanken die hebben bijgedragen aan het tot stand komen van dit rapport. Hun inzet en medewerking waren essentieel voor dit project.



## Samenvatting

Om het Zeeschelde-ecosysteem te herstellen wordt in het geactualiseerde Sigmaphan 2000 ha nieuwe estuariene natuur ontwikkeld. In dit kader werd de Potpolder van Lillo ontpolderd in september 2012. Het ontpolderde gebied werd afgewerkt tot een uitgangshoogte tussen 4 en 4,5 m TAW, wat betekent dat het 0,5 tot 1 m onder gemiddeld hoogwater (GHW) lag. Het gebied werd opgedeeld in twee compartimenten met daartussen een schiereiland.

In het oostelijke, stroomopwaartse compartiment (Lillo-Oost) werd een dijkrelict van 5,5 m TAW met een bres behouden, een halve meter boven GHW. Water stroomt voornamelijk door de bres in het gebied en overspoelt het dijkrelict enkel bij hoog springtij. In het westelijke, stroomafwaartse compartiment (Lillo-West) werd de dijk helemaal afgegraven tot op hoog slikniveau. Water stroomt bijna elk getij over de volledige oeverlengte het gebied in. In beide compartimenten werd een kreekaanzet van 1 à 1,5 m diep uitgegraven om de ontwikkeling van een dendritisch krekensysteem te initiëren.

De sedimentatiesnelheid, vegetatieontwikkeling, de dichtheid van twee dominante macrozoöbenthos soorten, het wadkreeftje (*Corophium volutator*) en de veelkleurige zeeduizendpoot (*Hediste diversicolor*), en het aantal broedparen of broedplaatsen van respectievelijk broedvogels en koloniebroeders werden tot 10 jaar na de ontpoldering opgevolgd. De kreekontwikkeling werd op basis van luchtfoto's en LiDAR-data gereconstrueerd.

In het eerste jaar na inrichting ontstaat een dendritisch krekensysteem in het slik. De sedimentatiesnelheid is het hoogst in de eerste jaren na de ontpoldering. Enkele jaren na de vestiging van pioniersvegetatie stijgt de sedimentatie opnieuw als gevolg van de feedback van sedimentvangst en bodemverankering.

Bij de vegetatievestiging onderscheiden we twee processen van successie. Het eerste proces is klonale kolonisatie. Klonale soorten kunnen abiotisch ongunstige leefgebieden koloniseren via hun wortelstokken die verbonden blijven met de moederplanten die groeien in een gunstig habitat. Enkele soorten zoals riet (*Phragmites australis*) en zeebies (*Bolboschoenus maritimus*) vestigen zich eerst in de luwere, van wind en golfslag afgeschermden delen van de hoger gelegen breuksteenzone. Van hieruit breiden ze zich klonaal uit in het slik. Het tweede proces is kieming tijdens kansrijke momenten ("Window of Opportunity"). Wanneer de overstromingsfrequentie afneemt door een toenemende hoogteligging vestigen pioniersplanten zich op de beter gedraineerde kreekruigen. De kreekruigen raken eerst begroeid met nopjeswier (*Vaucheria*). Nadien kiemen zeeasterzaadjes in deze Vaucheriapatches.

De benthossoorten zeeduizendpoot en wadkreeftje koloniseren het gebied snel en vertonen duidelijke seizoenale fluctuaties. Het schiereiland en het voorliggend dijkrelict trokken de eerste jaren een groot aantal kolonievormende broedvogels aan. Door verrijging en wellicht ook door het opduiken van grondpredatoren neemt het aantal nesten doorheen de jaren snel af.

De estuariene habitatontwikkelingsprocessen verlopen sneller in het westelijke compartiment, waar de oude dijk volledig is afgegraven en een naadloze overgang is gecreëerd tussen ontpolderde gebied en bestaande slik. Deze maximalisatie van de getijuitwisseling leidt tot versnelde sedimentatie en een hogere kreekdichtheid. Kortom, tot een snellere evolutie van onbegroeid slik naar begroeid schor. Ontpolderen door middel van een bres in een dijk zorgt in



dit geval voor een lagere initiële sedimentatiesnelheid en een lagere kreekdensiteit. Pioniersvegetatie vestigt zich gelijktijdig in beide compartimenten. Door de hogere sedimentatie en grotere kreekdensiteit in het compartiment zonder voordijk breiden patches van pioniersvegetatie zich hier sneller uit.

De case benadrukt dat het ontpolderen van binnendijkse gebieden een waardevolle manier is voor het herstel van estuariene natuur. Daarnaast benadrukt het de noodzaak en de waarde van monitoring om criteria voor toekomstige estuariene herstelprojecten te onderbouwen.



## Aanbevelingen voor beheer en/of beleid

### Estuariene natuurontwikkeling

Het geactualiseerde Sigmaplan realiseert 2000 ha nieuwe estuariene natuur in het Schelde-estuarium. Ontpolderen is daartoe een efficiënte maar moeilijk bijstuurbare maatregel. Goed onderbouwde inrichtingscriteria kunnen de kans op succes gevoelig vergroten. In de potpolder van Lillo worden de ontwikkelingen na ontpoldering vergeleken voor twee verschillende varianten van getij-uitwisseling, terwijl de andere sleutelfactoren nagenoeg dezelfde zijn.

### Ontpoldering van de potpolder van Lillo

- Twee ontpolderingsmethoden in twee compartimenten gescheiden door een **schiereiland**:
  - **bres in een (verlaagde) dijk.**
  - **volledige dijkverwijdering** (dijk + dijkvoet) aansluitend aan het voorliggend slik
- Uitgangshoogte ontpolderd gebied: 0,5 tot 1m onder het gemiddeld hoog water (GHW) met geleidelijke helling naar de dijk.
- **Kreekaanzetten** aan landzijde, 1 tot 1,5 m dieper dan de bres.

### Resultaten

- Beide inrichtingsvarianten ontwikkelen tot een functioneel estuarien habitat met een dendritisch krekensysteem.
- Volledige dijkverwijdering resulteert in een snellere estuariene ontwikkeling met een hogere netto **sedimentatiesnelheid**, grotere **kreekdensiteit** en een snellere **vegetatieontwikkeling**.
- Vegetatie vestigt zich sneller in het deelgebied met volledige dijkverwijdering. In beide gevallen treedt vegetatie op twee manieren op. Enerzijds verschijnt ze snel op luwe zones in de hoger gelegen (GHW-niveau) zone aan de rand. Van hieruit koloniseren klonale soorten de waterverzadigde slikbodems. Anderzijds is er kieming van hogere planten op de kreekranden.
- Het aanvankelijk schaars begroeide schiereiland en dijkrelict vormen de eerste jaren na inrichting een **broedplaats** voor in kolonie broedende pioniervogels. Door vegetatieontwikkeling/verruiging worden deze zones snel ongeschikt als broedplaats. Bovendien zorgt sedimentatie op korte termijn ook voor een betere bereikbaarheid voor grondpredatoren van deze relatief geïsoleerde zones.

### Aanbevelingen

- In een sedimentrijk estuarium met een getijamplitude van 5m is een uitgangshoogte van 0,5 tot 1 m onder GHW geschikt voor ontpolderen. Dit leidt op korte termijn tot de ontwikkeling van een dik estuarien bodempakket waarin een dendritisch krekensysteem ontwikkelt en vegetatie zich relatief snel ( $\geq 5$  jaar) vestigt.



- De inrichting van een ontpoldering stuurt mee de fysische en ecologische ontwikkeling. In deze casestudie leidt een volledig open verbinding tussen estuarium en ontpolderd gebied tot een snellere estuariene ontwikkeling, m.a.w. een snellere evolutie van slik naar schor. Ontpolderen door middel van het uitgraven van een bres in een dijk leidt in deze case tot een tragere estuariene ontwikkeling, met een langer durende slikfase. Op basis van deze resultaten opteert men best voor een maximale getijuitwisseling met geleidelijke overgang tussen slik en ontpoldering (volledige dijk, incl. dijkvoet, verwijderen) indien een snelle schorontwikkeling gewenst is of voor een meer beperkte uitwisseling (bres in een dijk) als een langduriger slikfase nagestreefd wordt.
- Het aanleggen van hooggelegen zones (niveau GHW) in luwe delen van een ontpoldering leidt tot een snelle vegetatievestiging en via vegetatieve uitbreiding tot een versnelde kolonisatie van voor hogere planten ongeschikte milieus (waterverzadigd slik). Het spreekt voor zich dat op deze hooggelegen zones een minder dik estuarien bodempakket zal worden afgezet en dat de ligging van dergelijke zones de kreekontwikkeling beïnvloedt.
- Monitoring van ecologische processen in ontpolderingen verdiept onze inzichten in estuariene herstelprocessen en levert onderbouwde inrichtingscriteria voor toekomstige projecten. Naast de Potpolder van Lillo zijn er ondertussen nieuwe ontpolderingen uitgevoerd waaruit veel kan worden geleerd. Bij de ontpoldering van de Hedwige- en Prosperpolder zijn min of meer dezelfde inrichtingsvarianten toegepast als in de Potpolder van Lillo: een bres in de Prosperpolder (met schor Ouden Doel als voorliggende dijk) en een volledig open ontpoldering in de Hedwigepolder (verwijdering van dijk en voorliggend schor). Toekomstige monitoringsgegevens van deze ontpoldering zullen uitwijzen of hier een gelijkaardige ontwikkeling gaat optreden. Verder stroomopwaarts op de Schelde kan ook geleerd worden uit de ontpolderingen van het Klein Broek (bressen), Groot Schoor Hamme (volledige dijkverwijdering wel met behoud van dijkvoet) en Wijmeers (bres/nevengeul).
- Een verfijning van het 3D hydrodynamische SCALDIS-model voor verschillende ontwikkelingsfasen van de Potpolder van Lillo kan bijkomende inzichten opleveren over de ontwikkeling van de stroomsnelheden in een ontpolderd gebied en de impact ervan op sedimentatie- en erosieprocessen.

Aanvankelijk zijn onbegroeide, boven het getij uitstekende, terreindelen (eilanden, schiereilanden) aantrekkingspolen voor pioniervogels (o.a. kluut, visdief, zwartkopmeeuw, etc.). Maar zoals het pioniersituaties betaamt, verdwijnen de geschikte omstandigheden snel. Terrestrische vegetatie vestigt zich en leidt tot verruiging. Bovendien worden kolonies van pioniersoorten, als ze bereikbaar zijn, snel ontdekt door grondpredatoren. De bereikbaarheid over de grond verbetert sowieso door de ontwikkeling van slik naar schor. Bij de inrichting moet men zich bewust zijn dat dergelijke gebieden slechts gedurende een korte periode functioneel broedgebied vormen. Met intensief beheer en bijkomende beschermende maatregelen (predatorwerende rasters, etc.) kan de functionele periode verlengd worden.



## English abstract

To restore the Scheldt estuary ecosystem, 2000 hectares of new estuarine nature are being developed as part of the Sigma Plan. In this context, the Potpolder of Lillo was depoldered in September 2012. The depoldered area was leveled to an initial elevation of 4 to 4.5 meters TAW, which means it was 0.5 to 1 meter below mean high water (MHW). The area was divided into two compartments separated by a peninsula.

In the eastern, upstream compartment (Lillo-East), a 5.5 m TAW dyke remnant with an opening was retained, standing half a meter above mean high water (MHW). Water primarily flows into this area through the opening and only overtops the dyke remnant during high spring tides. In the western, downstream compartment (Lillo-West), the dyke was completely removed down to the high mudflat level. Here, water flows into the area almost every tide along the entire shoreline. In both compartments, a creek system was initiated by excavating creek channels 1 to 1.5 meters deep to promote the development of a dendritic creek network.

The sedimentation rate, vegetation development, the density of two dominant macrozoobenthos species (the mud shrimp *Corophium volutator* and the ragworm *Hediste diversicolor*), and the number of breeding pairs or nests of ground-nesting and colony-breeding birds were monitored for up to 10 years after the depoldering. Creek development was reconstructed using aerial photographs and LiDAR data.

In the first year after implementation, a dendritic creek network developed in the mudflats. Sedimentation rates were highest in the initial years after depoldering. A few years after the establishment of pioneer vegetation, sedimentation increased again due to feedback from sediment trapping and soil stabilization.

Two succession processes were identified during vegetation establishment. The first process is clonal colonization. Clonal species can colonize abiotic, unfavourable habitats through rhizomes that remain connected to mother plants growing in favourable areas. Some species, such as common reed (*Phragmites australis*) and sea clubrush (*Bolboschoenus maritimus*), initially established in sheltered, higher-elevation areas of the riprap zone, protected from wind and wave action. From there, they expanded clonally into the mudflats. The second process is germination during favourable “windows of opportunity”. As flooding frequency decreases due to rising elevations, pioneer plants establish on the better-drained creek ridges. These ridges are initially colonized by the filamentous alga *Vaucheria*, after which sea aster (*Aster tripolium*) seeds germinate within the *Vaucheria* patches.

The benthic species ragworm and mud shrimp rapidly colonized the area and exhibited clear seasonal fluctuations. The peninsula and the remnant dyke initially attracted many colony-breeding birds. However, over time, the number of nests declined rapidly due to habitat overgrowth and, likely, the emergence of ground predators.

Estuarine habitat development processes progressed more rapidly in the western compartment, where the old dyke was completely removed, and a seamless transition was established between the depoldered area and the existing mudflats. This maximized tidal exchange, leading to accelerated sedimentation and higher creek density, and ultimately to a faster evolution from unvegetated mudflats to vegetated salt marshes. In contrast, depoldering with a breach in the dyke resulted in lower initial sedimentation rates and lower creek density. Pioneer vegetation established simultaneously in both compartments. However,



due to higher sedimentation rates and greater creek density in the compartment without a foredyke, patches of pioneer vegetation expanded more rapidly there.

This case illustrates that depoldering of diked areas is a valuable approach for restoring estuarine ecosystems. Additionally, it emphasizes the importance and value of monitoring to establish criteria for future estuarine restoration projects.



## Inhoudstafel

Dankwoord/Voorwoord .....	2
Samenvatting .....	3
Aanbevelingen voor beheer en/of beleid .....	5
English abstract.....	7
Lijst van figuren.....	11
Lijst van foto's.....	13
Lijst van tabellen .....	13
1 Inleiding .....	14
1.1 Geschiedenis .....	15
1.2 Inrichting ontpoldering .....	15
1.3 Gebiedsontwikkeling en sleutelfactoren .....	17
1.4 Doelstelling .....	20
2 Methode .....	21
2.1 Geomorfologie – Reliëf en hoogteligging .....	21
2.1.1 LiDAR-data .....	21
2.1.2 Raaien met vaste sedimentie-erosiepunten (SEP).....	22
2.1.3 RTK-GNSS raaien.....	23
2.2 Geomorfologie-kreekontwikkeling.....	24
2.2.1 Vertakkingspatroon krekken.....	24
2.2.2 Talweg van de krekken in het voorliggend slik.....	24
2.3 Fysiotopenkaart .....	25
2.4 Vegetatie.....	25
2.5 Twee Macrozoöbenthossoorten onder de loep ( <i>Corophium</i> en <i>Hediste</i> ) .....	26
2.6 Broed- en Watervogels .....	27
2.7 Analyses.....	27
3 Resultaten .....	28
3.1 Geomorfologie-reliëf en hoogteligging.....	28
3.1.1 Ontwikkeling in de ontpoldering .....	28
3.1.1.1 Uitgangssituatie .....	28
3.1.1.2 Algemeen .....	29
3.1.1.3 Vergelijking tussen de compartimenten .....	30
3.1.1.4 Seizoenaliteit.....	31
3.1.1.5 Mesomorfologie.....	31
3.1.2 Ontwikkelingen van het voorliggend slik en de uitwateringskrekken.....	32
3.1.2.1 Uitgangssituatie .....	32



3.1.2.2	Evolutie .....	33
3.1.3	Dwarse MONEOS-slikschorraai .....	35
3.2	Geomorfologie- Kreekontwikkeling.....	35
3.3	Fysiotopenkaart .....	37
3.4	Vegetatie.....	38
3.4.1	Evolutie van de vegetatie - vegetatiekartering.....	38
3.4.2	Veranderingen in soortensamenstelling – vegetatieopnames .....	40
3.5	Macrozoöbenthossoorten onder de loop.....	42
3.6	Broed- en Watervogels .....	46
3.6.1	Broedvogels .....	46
3.6.2	Overwinterende watervogels.....	48
4	Discussie .....	51
4.1	Algemene ontwikkeling.....	51
4.2	Verschil in inrichting.....	54
5	Conclusie.....	59
	Referenties .....	61
6	Bijlage .....	67
6.1	Bijlage 1: Details inrichtingsfase .....	67
6.2	Bijlage 2: Data sedimentatie.....	69
6.2.1	LiDAR .....	69
6.2.2	RTK-GNSS raaien.....	72
6.2.3	Vaste punten (Sediment Erosion Points).....	75



## Lijst van figuren

Figuur 1-1: Situering van de Potpolder van Lillo in de Beneden-Zeeschelde.....	14
Figuur 1-2: Overzicht van de inrichting van de Potpolder. ....	17
Figuur 2-1: Situering van de meetlocaties in en voor de potpolder. Het studiegebied van de compartimenten bevindt zich binnen de zwarte omlijning.....	21
Figuur 2-2: Situering van de staalnamelocaties van benthos op het Groot Buitenschoor en in de Potpolder van Lillo. ....	26
Figuur 3-1: Situering van de vaste sedimentraaien in de Potpolder. ....	28
Figuur 3-2: Evolutie van de hoogteligging van de Potpolder en de hoogste delen van het voorliggend slik op basis van de LiDAR data. De volle lijn in de compartimenten duidt de zone aan die gebruikt wordt voor de kwantitatieve vergelijkingen tussen de compartimenten. De LiDAR-data van 2020 wordt weggelaten wegens afwijking in de data rond de Potpolder van Lillo. ....	29
Figuur 3-3: LOES-regressiecurve op basis van het mediane hoogteverschil per compartiment ten opzichte van de eerste meting (september 2012 voor RTK, januari 2013 voor SEP en maart 2013 voor LiDAR) voor de raai van vaste RTK-punten, de SEP-raaien en de gebiedsdekkende LiDAR-data. De spanwijdte voor de RTK- & SEP-data is 0,5. Voor de LiDAR is de spanwijdte 0,75.....	30
Figuur 3-4: Sedimentatiesnelheid (cm/jaar) berekend voor de verschillende methodes. De snelheid voor de RTK- en SEP-methodes wordt berekend op basis van de hoogtemetingen in oktober (de periode 2012-2013 is voor RTK berekend met data van september 2012 en oktober 2013, voor SEP met data van januari 2013 en oktober 2013), de snelheid voor LiDAR-methode wordt berekend op basis van de hoogteligging in maart/april.....	31
Figuur 3-5: Evolutie van de topografie op de RTK-raaien in beide compartimenten. Ter hoogte van de stippellijn ligt de tussendijk van het schiereiland. ....	32
Figuur 3-6: Topografie van het voorliggend slik net voor en één week na de ontpoldering. Tussen de stippellijnen ligt het schiereiland.....	33
Figuur 3-7: Topografie op basis van de RTK-metingen op het voorliggend slik. Ter hoogte van de stippellijn is het schiereiland aanwezig. ....	34
Figuur 3-8: Hoogte van de talweg van de hoofdkreek in elk compartiment net na, en enkele maanden na, het bressen. ....	34
Figuur 3-9: Hoogteveranderingen langsheen de MONEOS-slik-schorraai LP in het oostelijke compartiment. ....	35
Figuur 3-10: Situering van het krekensysteem voor 2013 - 2023 op basis van de hydrology-tool. De volle lijn in de compartimenten duidt het studiegebied aan. ....	36
Figuur 3-11: Evolutie (2013 – 2023) van de totale kreekdensiteit per compartiment. ....	37
Figuur 3-12: Evolutie van de relatieve oppervlakte per fysiotoopklasse in de compartimenten voor 2013 – 2021.....	37
Figuur 3-13: Overzicht van de fysiotoop classificatie in het gebied met voorliggend slik. De volle lijn in de compartimenten duidt het studiegebied aan. ....	38
Figuur 3-14: Vegetatiekartering van 2013 - 2020. De rode lijn onderscheidt de zone waar de vegetatie toegeschreven wordt aan een specifiek succesiestype. Tussen de breuksteenzone en de rode lijn is dit klonale kolonisatie. Binnen de rode lijn is dit successie door kieming. De zwarte lijn in de compartimenten duidt het studiegebied aan. ....	39



Figuur 3-15: Procentueel oppervlakte aandeel per vegetatiegroep 2013-2020 met een onderscheid in de zone voor kieming en klonale kolonisatie.....	40
Figuur 3-16: Aandeel van proefvlakken met aanwezigheid van hogere planten in de periode 2013-2021.....	41
Figuur 3-17: Gemiddelde bedekking van de hogere plantensoorten in de permanente kwadraten in 2013-2021.....	41
Figuur 3-18: De gemiddelde bedekking per vegetatie-groep in de permanente kwadraten voor 2013-2021.....	42
Figuur 3-19: Sedimentkarakteristieken en hoogteligging ter hoogte van de benthosmeetpunten in de potpolder voor 2019 - 2021.....	43
Figuur 3-20: De evolutie (januari 2013 – december 2019) van de gemiddelde maandelijkse populatiedensiteit van het wadkreeftje ( <i>Corophium volutator</i> ) ter hoogte van de Potpolder en de meetlocaties op de slikvlakte van het Groot Buitenschoor. In het voorjaar van 2013 is er missende data in de Potpolder omdat de bodem bevroren was.....	44
Figuur 3-21: De evolutie (januari 2005 – december 2019) van de gemiddelde maandelijkse populatiedensiteit van het wadkreeftje ( <i>Corophium volutator</i> ) in de Potpolder van Lillo en op het Groot Buitenschoor. In het voorjaar van 2013 is er missende data in de Potpolder omdat de bodem bevroren was. ....	44
Figuur 3-22: Jaargemiddelde densiteit van <i>Corophium volutator</i> en <i>Hediste diversicolor</i> in de Potpolder van Lillo. ....	45
Figuur 3-23: De evolutie (januari 2013 – december 2019) van de gemiddelde maandelijkse populatiedensiteit van de zeeduizendpoot ( <i>Hediste diversicolor</i> ) ter hoogte van de Potpolder en de meetlocaties op de slikvlakte van het Groot Buitenschoor. In het voorjaar van 2013 is er missende data in de Potpolder omdat de bodem bevroren was. ....	45
Figuur 3-24: De evolutie (januari 2005 – december 2019) van de gemiddelde maandelijkse populatiedensiteit van de zeeduizendpoot ( <i>Hediste diversicolor</i> ) in de Potpolder van Lillo (twee compartimenten samen) en op het Groot Buitenschoor. In het voorjaar van 2013 is er missende data in de Potpolder omdat de bodem bevroren was.....	46
Figuur 3-25: Aantal broedplaatsen per koloniebroeder voor 2012 – 2022 in de Potpolder. .	47
Figuur 3-26: Aantal territoria per broedvogel voor 2012 – 2022 in de Potpolder. ....	48
Figuur 3-27: Wintergemiddelde van de watervogels die minstens 2-maal gemiddeld 5 of meer keer voorkomen ter hoogte van de Potpolder. ....	49
Figuur 3-28: Wintermaximum van de watervogels die minstens 2-maal een maximum van 25 of meer hebben ter hoogte van de Potpolder.....	50
Figuur 4-1: Gemodelleerde maximale stroomsnelheid bij vloed door het SCALDIS model voor 2013 en 2019.....	55
Figuur 4-2: Evolutie van het verschil in hoogteligging in beide compartimenten (links, mediaan $\pm$ IQR) en de spreiding op de hoogteligging (rechts, IQR). Het referentiejaar is 2013.....	57
Figuur 6-1: Boxplots van de LiDAR-data voor 2013-2023. Per meetdatum wordt (A) het hoogteverschil tegenover de eerste meetdatum en (B) het hoogteverschil tegenover de vorige meetdatum weergegeven. ....	71
Figuur 6-2: Boxplots van de vaste RTK-metingen voor 2012-2021. Per meetdatum wordt (A) het hoogteverschil tegenover de eerste meetdatum en (B) het hoogteverschil tegenover de vorige meetdatum weergegeven. Met compartiment “S” wordt het voorliggend slik aangeduid.....	74



Figuur 6-3: Boxplots van de SEP-metingen voor 2013-2021. Per meetdatum wordt (A) het hoogteverschil tegenover de eerste meetdatum en (B) het hoogteverschil tegenover de vorige meetdatum weergegeven. ....	78
---	----

## Lijst van foto's

Afbeelding 1-1: Foto's van de aanleg van de dijk (links) en de afgewerkte dijk (rechts) rond het westelijke compartiment. ....	15
Afbeelding 2-1: SEP-meetraai (links) en adapter voor het meten van de maaiveldhoogte ten opzichte van de top van de buis (rechts) (Foto's H. Van Beek). ....	23
Afbeelding 3-1: Rozetten van zeeaster in de Potpolder van Lillo in 2013 (Foto H. Van Beek). ....	39
Afbeelding 4-1: Luchtfoto's van de twee compartimenten (Links Lillo-West, rechts Lillo-Oost) in augustus 2022 (Yves Adams-Vildaphoto ©). ....	57
Afbeelding 6-1: Links: Gevlochten systeem van ondiepe kreekjes voor Lillo-Oost na bresproef in mei 2012. Rechts: Smalle diepe geul voor Lillo-West na bresproef in mei 2012 (foto's P. Peeters, WL). ....	67
Afbeelding 6-2: Links: Aanleg van de bres in Lillo-Oost op 14/09/2012. Rechts: Lage dijk voor Lillo-Oost (foto's W. Mertens 20/9/2012). ....	68

## Lijst van tabellen

Tabel 1-1: Sleutelfactoren voor estuariene herstelmaatregelen voor de compartimenten van de Potpolder van Lillo. ....	20
Tabel 6-1 LiDAR mediane hoogte (m TAW), eerste en derde kwartiel, en interkwartielrange (IQR). ....	69
Tabel 6-2: LiDAR mediane hoogteverschil (m), eerste en derde kwartiel, en interkwartielrange (IQR) ten opzichte van januari 2013. ....	69
Tabel 6-3: LiDAR mediane hoogteverschil (m), eerste en derde kwartiel, en interkwartielrange (IQR) ten opzichte van voorgaande meetdatum. ....	70
Tabel 6-4: De vaste punten op de RTK-GNSS raaien met mediane hoogte (m TAW), eerste en derde kwartiel, en interkwartielrange (IQR). ....	72
Tabel 6-5: De vaste punten op de RTK-GNSS raaien met mediane hoogteverschil (m), eerste en derde kwartiel, en interkwartielrange (IQR) ten opzichte van september 2012. ....	72
Tabel 6-6: De vaste punten op de RTK-GNSS raaien met mediane hoogteverschil (m), eerste en derde kwartiel, en interkwartielrange (IQR) ten opzichte van voorgaande meetdatum. ....	73
Tabel 6-7: SEP-punten met mediane hoogte (m TAW), eerste en derde kwartiel, en interkwartielrange (IQR). ....	75
Tabel 6-8: SEP-punten mediane hoogteverschil (m), eerste en derde kwartiel, en interkwartielrange (IQR) ten opzichte van januari 2013. ....	76
Tabel 6-9: SEP-punten mediane hoogteverschil (m), eerste en derde kwartiel, en interkwartielrange (IQR) ten opzichte van voorgaande meetdatum. ....	77



# 1 INLEIDING

Het geactualiseerde Sigmplan omvat doelstellingen voor overstromingsrisicobeheer en voor ecologisch herstel, met daarbij flankerende maatregelen voor landbouw en plattelandsrecreatie (Waterwegen en Zeekanaal, 2005; Waterwegen en Zeekanaal, 2009). Om het Zeeschelde-ecosysteem te herstellen is de ontwikkeling van 2000 ha nieuwe estuariene natuur voorzien. Binnen dit kader werd de Potpolder van Lillo ontpolderd in 2012 (Figuur 1-1).

Een getijderivier zoals de Zeeschelde wordt gekenmerkt door natuurlijke gradiënten. Zout water gaat geleidelijk over in brak en verder stroomopwaarts in zoet water. Diep water gaat over in ondiepe zones en vervolgens in slik en schor. Op sommige plaatsen stroomt het water snel, op andere traag. Het complexe estuariene voedselweb is verweven met deze gradiënten. Inpolderingen en rechte trekkingen in het verleden en de steeds verdergaande verruiming van de vaargeul hebben de gradiënten en het voedselweb grondig verstoord. Doordat de rivier steeds minder ruimte kreeg en er tegelijkertijd steeds meer water door stroomde kwam de veiligheid in het gedrang. Bovendien verandert het klimaat waardoor de zeespiegel stijgt en de kans op stormen en bijgevolg op overstromingen vergroot (Van den Bergh et al., 2005).

De inrichting van de Potpolder als getijdengebied heeft als doel om het estuarium opnieuw meer ruimte te geven en een goede uitgangssituatie te creëren voor de ontwikkeling van functioneel slik en schor dat bijdraagt aan de estuariene processen van de Zeeschelde (Van den Bergh, 2010). De werken aan de Potpolder werden in het najaar van 2012 afgerond (Waterwegen en Zeekanaal, 2013).



Figuur 1-1: Situering van de Potpolder van Lillo in de Beneden-Zeeschelde.



## 1.1 GESCHIEDENIS

De Potpolder, net stroomopwaarts het Fort van Lillo, ontstond ooit door een dijkdoorbraak tijdens de Nederlandse bezetting van Lillo en kende sindsdien een bewogen geschiedenis. Voor een gedetailleerde beschrijving van de geschiedenis van de Potpolder verwijzen we naar de [website van Natuurpunt Antwerpen-Noord](#) (Natuurpunt, n.d.).

Het gebied werd in het begin van de jaren 1960 met een verhoogde zomerdijk van de Schelde afgesloten en opgespoten met zand. Eind jaren 1980 fungeerde de Potpolder als tijdelijke zandstock bij de aanleg van de Liefkenshoektunnel (Van den Bergh, 2010). In 1998 besliste de Vlaamse overheid om de Potpolder te ontpolderen als compensatie voor het Ramsar- en vogelrichtlijngebied dat bij de bouw van de Europaterminal verdween aan de noordzijde van het Galgenschoor (Ministerie van de Vlaamse gemeenschap, 1998). Een totaalplan om de ontpoldering en de herwaardering van Fort Lillo en van de jachthaven te combineren met dijkwerken tegen overstromingen bleek te complex. In het begin van de 21e eeuw werd de Potpolder opnieuw gebruikt als gronddepot bij de aanleg van de nieuwe Sigmadijk en de ontpoldering belandde als apart project in het Meest Wenselijke Alternatief van het geactualiseerde Sigmaplan (Van den Bergh, 2010).

## 1.2 INRICHTING ONTPOLDERING

Midden augustus 2010 werd er gestart met de werken. Het gebied werd afgegraven tot een niveau tussen 4 en 4,5 m TAW, of 0,5 tot 1 m onder gemiddeld hoogwater (GHW) en omgeven door een volwaardige Sigmadijk (op 11 m TAW). De voormalige Scheldedijk werd verwijderd samen met breuksteen aan de rivierzijde (Afbeelding 1-1). De dijkvoet van de nieuwe Sigmadijk bestond uit een vijf meter brede, vlakke breuksteenzone op 5 m TAW (laag schorniveau).



Afbeelding 1-1: Foto's van de aanleg van de dijk (links) en de afgewerkte dijk (rechts) rond het westelijke compartiment.

Een deel van de Scheldedijk bleef behouden als schiereiland met een gemiddelde hoogte van 10 m TAW. Via een landbrug op 8 m TAW zouden bezoekers de ontwikkeling van slikken en schorren midden in het gebied kunnen bewonderen: een toegevoegde waarde voor de toeristische attractiepool Fort Lillo en een kans om het draagvlak voor estuariene natuur te

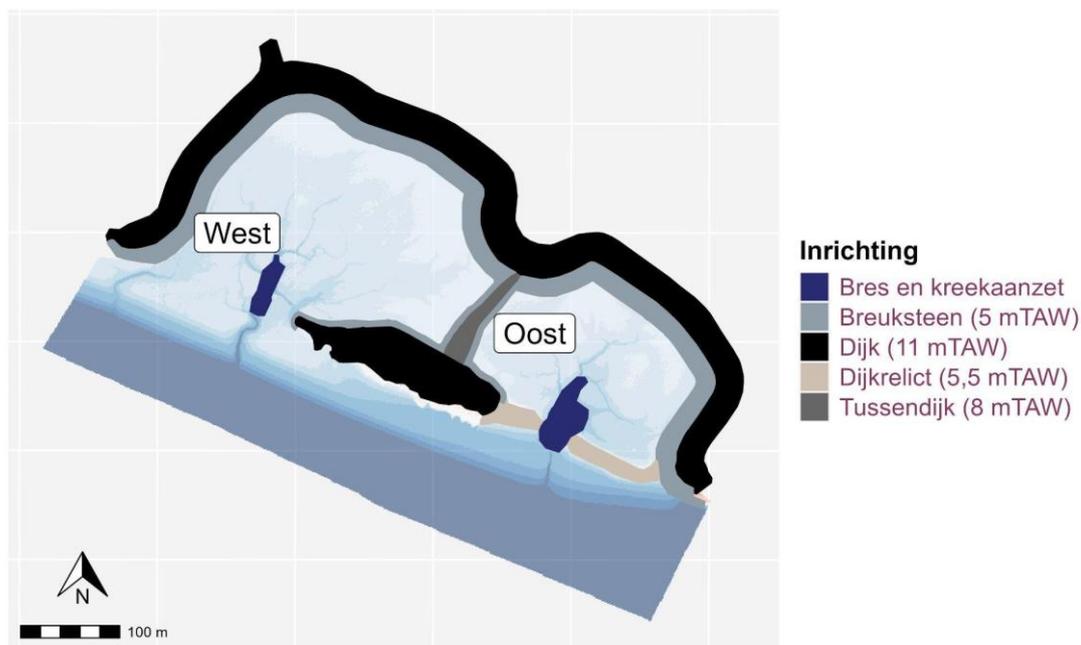


vergroten. Door erosie van de landbrug, de hoge onderhoudskosten en het beperkt recreatief medegebruik werd het schiereiland na inrichting al snel afgesloten.

De landbrug splitst het getijdengebied in twee delen. De twee compartimenten werden op een verschillende manier ontpolderd met als bedoeling om de verschillen in estuariene ontwikkeling op te volgen en de kennis van estuariene herstelprocessen te vergroten. Het oostelijke, stroomopwaarts deel heeft een oppervlakte van 3 hectare (Lillo-Oost). Het westelijke, stroomafwaarts deel is 5,2 hectare groot (Lillo-West). In beide delen werd over de breedte van de voormalige dijk een bres gegraven die aansluit op een dieper uitgegraven zone aan de landzijde (kreekaanzet). Het maaiveld in de compartimenten werd aangelegd met een helling van 4,5 m TAW aan de rand naar 4 m TAW in het midden (hoog slikniveau). Het westelijke compartiment werd volledig ontpolderd, de voorliggende dijk werd helemaal verwijderd tot het niveau van het voorliggend slik (4,1 – 4,4 m TAW). Het water kan bij vloed vanaf dit peil over de gehele breedte instromen en bij eb tot dit peil ook weer uitstromen. Het oostelijke compartiment werd ontpolderd met een bres en de bestaande dijk werd afgegraven tot 5,5 à 5,6 m TAW. De in- en uitstroom van het water wordt zo gedurende de hele tijcyclus door de bres gedwongen. Enkel bij hoog springtij (> 5,5 - 5,6 m TAW) kan water gedurende een korte periode over het dijkrelict in- en uitstromen (Figuur 1-2).

De werken waren voltooid midden september 2012. Het gebied staat sindsdien onder dagelijks getij. Op 7 september was de dijk voor Lillo-West al grotendeels afgegraven en werd er tussen de voorliggende kreek, die was ontstaan na een bresproef, en de overdiepte aan de landzijde een verbinding uitgegraven. Er stroomde toen al enkele dagen Scheldewater in en uit het westelijke compartiment langs een grote kreek in het noordwesten van het compartiment, die op het voorliggend slik was ontstaan door het lozen van bemalingswater van de werf. Deze kreek sloot, in tegenstelling tot de zuidelijke kreek, niet aan op een kreekaanzet aan landzijde. Instromend Scheldewater moest over de drempel van de afgegraven dijk. Op 14 september werd de dijk voor het oostelijke compartiment verlaagd en de eigenlijke bres tussen het voorliggend slik en de dieper uitgegraven kreekaanzet aan landzijde uitgegraven. Voor Lillo-Oost was er op dit moment geen kreek aanwezig, maar het slik lag er wel een meter lager dan voor Lillo-West. Meer details over de inrichtingsfase worden gegeven in Bijlage 1: Details inrichtingsfase.





Figuur 1-2: Overzicht van de inrichting van de Potpolder.

Na de initiële inrichting wordt de verdere ontwikkeling van het getijdengebied volledig overgelaten aan spontane estuariene processen (sedimentatie/erosie, kreekvorming, vestiging fauna en flora, etc.). Er wordt verwacht dat een dynamisch systeem zal ontstaan waar verschillende ecotopen (kreeken, slik en verschillende schorsuccessiestadia) in tijd en ruimte zullen afwisselen. Om de ontwikkeling in het nieuwe getijdengebied te documenteren is een beperkt monitoringsprogramma opgestart. Dit wordt uitgevoerd door het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, het Agentschap voor Natuur en Bos en de Schorrenwerkgroep van Natuurpunt. Sedimentatie- en erosieprocessen, kolonisatie en successie van vegetatie en vestiging van bodemdieren (macrozoöbenthos) en broedvogels worden opgevolgd. Specifieke aandacht gaat naar eventuele verschillen in de ontwikkeling van de twee compartimenten als gevolg van het verschil in de getij-uitwisseling.

### 1.3 GEBIEDSONTWIKKELING EN SLEUTELFACTOREN

Bij een ontpoldering wordt de waterkering landinwaarts verplaatst waardoor het ontpolderde gebied terug onder de invloed van het getij komt te staan. Het is een belangrijke herstelmaatregel in estuaria. Het is een ingrijpende maatregel voor het lokale landschap, het vooraf gedegen inschatten van de effecten van de ontpoldering is dan ook belangrijk (Van Oevelen et al., 2000). Een belangrijke factor voor de estuariene ontwikkeling van een gebied na een ontpoldering is de geografische positie binnen het estuarium. De getijamplitude verandert met de afstand tot de monding en gebieden verder van de monding zijn doorgaans meer beschermt tegen wind en golven (Burd et al., 1994). De afstand tot de monding bepaalt ook het zoutgehalte van het water, wat op zijn beurt een grote invloed heeft op de biotische ontwikkelingen in het gebied. Andere belangrijke factoren die invloed hebben op de gebiedsontwikkeling zijn de periode van inpoldering, het voormalige landgebruik en de



vegetatiestructuur op het moment van de ontpoldering. Deze factoren beïnvloeden de mate van inklinking, de verandering van bodemsamenstelling en de potentiële kreekontwikkeling (Van Oevelen et al., 2000; Van den Neucker et al., 2007).

Twee fundamentele processen die de morfologische ontwikkeling van een ontpolderd gebied bepalen zijn sedimentatie en erosie. Het nieuw afgezette sediment is doorgaans rijk aan organisch materiaal en voedingsstoffen, wat op zijn beurt de opbouw van het voedselweb en de vegetatievestiging beïnvloedt. De sleutelfactoren die bepalen welk morfologisch proces het meeste invloed zal hebben, zijn de initiële hoogteligging in het getijdenvenster, de oppervlakte van het gebied onder invloed van het getij en de bresdimensies en -ligging. Deze factoren bepalen het overstromingsregime, de droog-nat cyclus, de saliniteit en de aanvoer van sedimenten en nutriënten. Een andere belangrijke factor is de kracht waarmee water het gebied in- en uitstroomt. Dit wordt bepaald door de som van de getij-, wind- en golfenergie. De dynamiek van het in- en uitstromend water bepaalt de erosieve krachten die inwerken op de bodem en vegetatie (Van Oevelen et al., 2000; Van den Neucker et al., 2007). Een ontpolderd gebied is gevoeliger voor erosie als het lager gelegen is. Door het grotere volume binnenstromend water is er meer erosie-energie aanwezig (Burd et al., 1994; Haltiner et al., 1996; Reed et al., 1999). Een positieve helling naar landzijde verhoogt de draineringssnelheid wat een belangrijke factor is voor de vegetatievestiging en -ontwikkeling (Van den Neucker et al., 2007).

De sedimentatiesnelheid is afhankelijk van het beschikbare sediment in het estuarium. Het sediment wordt via het krekensysteem en oppervlakkige stroming verspreid over het gebied (Van Oevelen et al., 2000; Weinstein et al., 2001). Indien sedimentatie de overhand heeft over erosie, hoogt de bodem in het nieuwe gebied op. Doordat de bodem hoger komt te liggen, nemen de overspoelingsfrequentie en -duur geleidelijk af en daarmee ook de sedimentatiesnelheid (Weinstein et al., 2001).

Een natuurlijk krekensysteem zorgt voor de aan- en afvoer van water, nutriënten en sedimenten en dispersie van energie (Van Oevelen et al., 2000; Van den Neucker et al., 2007). Hoe meer het krekensysteem vertakt, hoe beter sediment en nutriënten verspreid kunnen worden over het gebied. Het krekensysteem heeft ook een belangrijke drainerende functie. Als het gebied voldoende gedraineerd wordt, kan het aangevoerde sediment consolideren en is er minder kans op resuspensie bij de volgende overstroming (Crooks et al., 2002).

Het krekensysteem ontstaat door uitschuring en ophoging. Daar waar hoogtegradiënten de geomorfologische processen in fluviatiele systemen bepalen, bepalen energiegradiënten de kreekvorming in getijdengebieden (Marani et al., 2003). Kreeken kunnen ontstaan door de aanvoer en afzetting van sediment. De vloedstroom voert sediment aan waardoor het gebied ophoogt. Door erosie gedurende de ebstroom ontstaan in het nieuwe sediment embryonale kreekjes. Ook tijdens de vloedstroom kunnen hoge stroomsnelheden zorgen voor erosie. Het gebied hoogt op als de netto-toevoer van sediment gedurende vloed groter is dan de netto-afvoer door erosie gedurende eb. Naarmate het proces evolueert en het gebied hoger komt te liggen, vermindert de sedimentatie en wordt uitschuring het belangrijkste kreekvormende proces (Weinstein et al., 2001; Hughes et al., 2012). In een natuurlijk krekensysteem neemt de energie af met de afstand tot de hoofdgeul waardoor de stroomsnelheid en de erosieve kracht afnemen dieper in het gebied (Van Oevelen et al., 2000). De ontwikkeling van een krekensysteem is sterk afhankelijk van de erosiegevoeligheid van het substraattype (Hughes, 2012). Naast substraattype is de aanwezigheid van vegetatie een belangrijke factor. Vegetatie stabiliseert namelijk de ligging van de meanderende kreeken (Vandenbruwaene et al., 2012).



De belangrijkste parameters voor vegetatievestiging zijn de hoogteligging, welke de overstromingsfrequentie bepaalt (Callaway et al., 1990; Janousek et al., 2019), en de draineringscapaciteit van het substraat (Zedler & Callaway, 2001; Gyselings et al., 2011). Als een locatie boven een bepaalde kritische hoogte komt te liggen, een hoogte waarop de periode tussen de opeenvolgende overstromingen lang genoeg is, kan vegetatie zich vestigen. Deze vegetatieontwikkeling zorgt voor een positieve feedback met sedimentatie, erosiepreventie en kreekstabilisatie (Vandenbruwaene et al., 2012). Vegetatie stimuleert sedimentatie door het afremmen van de stroming en het capteren van strooisel en sediment. De vorming van een wortelsysteem stabiliseert de bodem wat de stabilisatie van kreken in de hand werkt (Crooks et al., 2002; Hughes, 2012). Zaadbanken in de oorspronkelijke bodem hebben weinig of geen bijdrage aan de vegetatieontwikkeling. Vegetatievestiging gebeurt voornamelijk door het aanvoeren van zaden en vegetatieve plantendelen met het getij vanuit naburige schorvegetaties (Bakker et al., 2002).

Van den Neucker et al. (2007) beschrijven de relevante sleutelfactoren voor estuariene herstelmaatregelen. Primaire sleutelfactoren zijn op zichzelf staande gebiedskenmerken, terwijl de eigenschappen of waarden van secundaire sleutelfactoren beïnvloed kunnen worden door aanpassing van een of meerdere primaire sleutelfactoren. Tabel 1-1 toont de sleutelfactoren waarvoor direct beschikbare data zijn, evenals de factoren die relevant zijn voor de ontpoldering van Lillo, voor beide compartimenten. De gegevens over de saliniteit en getijamplitude zijn afkomstig uit Plancke et al. (2023), terwijl de informatie over de inpolderingsperiode en het voormalige landgebruik is gebaseerd op het webartikel van Natuurpunt (n.d.). Voor de bespreking en relevantie van de sleutelfactoren wordt er verwezen naar Van den Neucker et al., 2007.



Tabel 1-1: Sleutelfactoren voor estuariene herstelmaatregelen voor de compartimenten van de Potpolder van Lillo.

	Lillo-West	Lillo-Oost
<b>Primaire Sleutelfactoren</b>		
Afstand tot de monding (km)	75,75	76,10
Saliniteit (‰)	Kentering hoog water (KHW): 12,2 ± 4 Kentering laag water (KLW): 9,6 ± 4	
Getijamplitude (Gemiddeld hoog hoogwater - Gemiddeld Laag laagwater in m)	Ter hoogte van Kallosluis: 5,35	
Externe golfenergie	260	180
Tijd sinds herstel (jaar)	10 (2012-2021)	
Periode van inpoldering (jaar)	106 (1906 - 2012)	
Voormalig landgebruik	Zandstock sinds eind jaren '80	
Oppervlakte (ha)	5,2	3
Vormingsindex (-)	1,87	1,58
Oriëntatie t.o.v. kust (5 windroosklassen tussen 0° en 90°)	1	
Absolute dimensies doorbraak (m)	136,7	35,5
Relatieve dimensies doorbraak (m/ha)	26,3	11,8
Initiële Hoogteligging (mTAW)	4 m TAW in het midden & 4,5 m TAW aan de rand	
Helling (%)	~ 0,27	~ 0,35
Drainering (m overdiepte/ha)	12,7	28
<b>Secundaire Sleutelfactoren</b>		
Getijuiwisseling (%)	100	
Max. afstand tot doorbraak (m)	260	153

## 1.4 DOELSTELLING

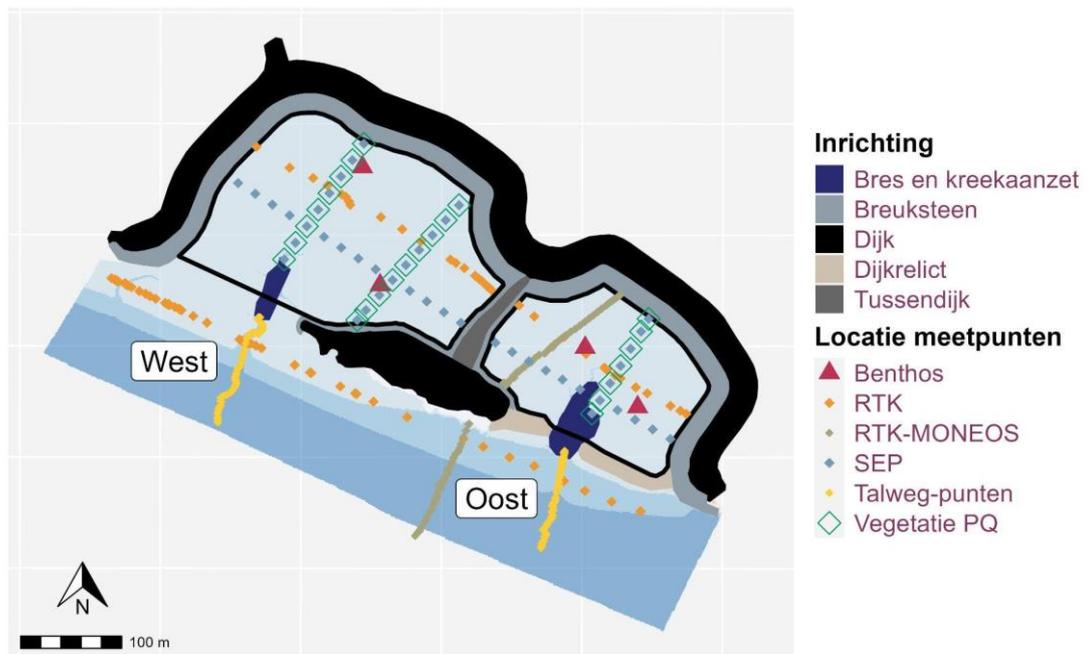
Dit rapport beschrijft de resultaten van de monitoring van het estuarien herstelproject. De monitoring is in de eerste plaats gericht op het vaststellen van verschillen in de ecologische respons bij twee verschillende ontpolderingsmethoden. Hiertoe volgden we erosie en sedimentatie, reliëfontwikkeling, kreekvorming, ontwikkeling van de benthospopulaties, vegetatievestiging en -ontwikkeling en de broedvogelpopulatie op in een ontpoldering met volledige verwijdering van de dijk en één waarbij een bres in de dijk werd aangebracht. Andere sleutelfactoren waren nagenoeg dezelfde in de uitgangssituatie (Tabel 1-1).

Door het vergroten van de kennis en het inzicht in de sturende factoren voor estuariene natuurontwikkeling hopen we toekomstige inrichtingsadviezen beter te kunnen onderbouwen. Het uitgraven van een bres of het volledig afgraven van een dijk is bij ontpolderingen namelijk een keuze met belangrijke financiële implicaties.



## 2 METHODE

Na de ontpoldering werden de sedimentatie- en erosiesnelheid, de kreekontwikkeling, de vegetatieontwikkeling, de densiteit van twee macrozoöbenthossoorten en de broedvogelpopulaties gedurende 10 jaar opgevolgd (Figuur 2-1).



Figuur 2-1: Situering van de meetlocaties in en voor de potpolder. Het studiegebied van de compartimenten bevindt zich binnen de zwarte omlijning.

### 2.1 GEOMORFOLOGIE – RELIËF EN HOOGTELIKKING

Wijzigingen in reliëf werden opgevolgd door het meten van de hoogteligging van punten op een raai met behulp van een RTK-GNSS (2.1.3 RTK-GNSS raaien). Om verandering in maaiveldhoogte te evalueren gebruikten we drie methodes: vergelijking van vaste punten op de RTK GNSS-raaien, sedimentatie-erosie punten (2.1.2) en LiDAR-gegevens (2.1.1).

#### 2.1.1 LiDAR-data

LiDAR-data laten toe om een gebiedsdekkend beeld te krijgen van sedimentatie en erosie. De hoogtebepaling is echter minder nauwkeurig dan bij de twee andere technieken, zeker als er veel vegetatie of strooisel aanwezig is. Voor de Beneden-Zeeschelde worden in het kader van

MONEOS jaarlijks digitale hoogtemodellen (resolutie: 1mx1m) gemaakt op basis van LiDAR-data. Deze taak wordt uitgevoerd door het Agentschap Digitaal Vlaanderen in opdracht van de Vlaamse Waterweg nv (DVW). De LiDAR-meting gebeurt telkens in het voorjaar tussen maart en mei.

LiDAR of Light Detection and Ranging is een technologie die gebruikt wordt om de hoogteligging van het landschap in hoge resolutie op te meten. LiDAR-data worden verzameld vanuit een luchtvaartuig dat gebruik maakt van sensoren om reflecties van uitgezonden gepulste infraroodstralen te detecteren. Deze reflecties worden opgeslagen als een wolk van miljoenen individuele punten, die samen een driedimensionaal beeld van het gescande landschap representeren. Uit de puntenwolk wordt een raster gegenereerd met een resolutie van 1x1 m met een correctie voor eventueel aanwezige vegetatie. Dit raster vormt de basis voor onze berekeningen.

Een belangrijk voordeel van de LiDAR-methode is dat de hoogteligging van het gehele gebied in rekening kan worden gebracht, wat niet mogelijk is met de andere technieken waarbij steekproefsgewijs puntdata wordt verzameld.

Uit een test op een nabijgelegen referentiesite rond de molen van Lillo, waar de topografie in de periode 2012 en 2020 niet wijzigde, bleek dat de LiDAR-data van 2020 systematisch afweken van de andere jaren. De LiDAR-data van 2020 werden bijgevolg niet gebruikt.

### 2.1.2 Raaien met vaste sedimentie-erosiepunten (SEP)

De tweede methode gebruikt vaste meetpunten. Het is een steekproefsgewijze aanpak om de veranderingen in hoogteligging van het ontpolderde gebied op kwantitatieve wijze te bepalen. De hoogtebepaling is veel preciezer dan bij de LiDAR-data, maar het aantal punten is veel lager.

Harde PVC-buizen met een lengte van 1 m werden in de oorspronkelijke bodem vastgezet in één langsraai en drie dwarsraaien. De afstand tussen de buizen is nagenoeg constant, ca. 20 m. De locaties zijn dus gekozen onafhankelijk van het aanwezige reliëf. De maaiveldhoogte werd ten opzichte van de top van de buis gemeten, op 25 cm ten oosten van de buis met behulp van een adapter (Afbeelding 2-1). De hoogte van de top van de buizen werden tweemaal ingemeten met een RTK-GNNS-ontvanger (Trimble 5800 en Trimble R6) met een tussenpauze van drie maanden. Hieruit bleek dat de hoogte van de buizen stabiel was (gemiddelde hoogteverschil van -1 cm met een standaardafwijking van 8 cm). Deze methode benadert de werkwijze van een Sedimentation Erosion Table (SET, Boumans & Day 1993). Gezien er slechts één puntmeting in één windrichting werd gemeten, wordt er naar deze methode verwezen als Sedimentation Erosion Point (SEP). In elk compartiment ligt een raai evenwijdig met de rivier-as. Daarnaast liggen er drie raaien loodrecht op de rivier-as, twee in Lillo-West en één in Lillo-Oost. In totaal zijn er 46 SEP's: 29 in het westelijke compartiment en 17 in het oostelijke compartiment. Deze raaien werden gemeten vanaf januari 2013. In 2013 werd (bijna) maandelijks de hoogte gemeten. In 2014 en 2015 trimestrieel, en van 2016 tot en met 2021 halfjaarlijks.





Afbeelding 2-1: SEP-meetraai (links) en adapter voor het meten van de maaiveldhoogte ten opzichte van de top van de buis (rechts) (Foto's H. Van Beek).

### 2.1.3 RTK-GNSS raaien

De derde methode bestaat uit het inmeten van punten op een raai met een RTK-GNSS-toestel (Trimble 5800 en Trimble R6, verticale nauwkeurigheid  $\pm 2$  cm). Met een RTK-GNSS worden punten op raaien opgemeten. Minstens bij elke opvallende wijziging in het reliëf wordt een punt gemeten. Een aantal punten van de eerste meting op 9 september 2012 werden nadien telkens opnieuw ingemeten (vaste punten). In Lillo-Oost liggen 17 vaste punten in een langsraai en in Lillo-West 22. Op het voorliggend slik, tussen de vaargeul en het projectgebied, werd een langsraai met 55 vaste punten opgevolgd. Bij latere metingen werden op basis van het nieuw ontstane reliëf bijkomende punten ingemeten. Van 2012 tot en met 2015 werden de raaien trimestrieel gemeten. In 2016 werd dit halfjaarlijks gemeten, en vanaf 2017 jaarlijks tot en met 2021. Er werd geen RTK-meting uitgevoerd in 2020.

*In se* is deze methode bedoeld om veranderingen in reliëf te documenteren. Een kwantitatieve analyse van de wijzigingen in hoogteligging is minder betrouwbaar omdat de meetpunten niet onafhankelijk zijn gekozen.

In en voor het oostelijke compartiment ligt ook een RTK-GNSS-dwarsraai, van de dijkvoet tot aan de laagwaterlijn, die op dezelfde wijze wordt opgevolgd in het kader van MONEOS, een langlopend monitoring- en onderzoeksprogramma ter ondersteuning van de grensoverschrijdende samenwerking bij beleid en beheer in het Schelde-estuarium. We gebruiken ook deze data om de wijzigingen in topografie te evalueren (Van Braeckel et al., 2020).

Alle data van de hoogteveranderingen worden zowel in tabellen als in grafieken (boxplots) weergegeven. Voor elke methode is per meetdatum het hoogteverschil met de eerste meting en het hoogteverschil met de vorige meting berekend (Bijlage 2: Data sedimentatie). Als spreiding rond de mediaan gebruiken we het eerste (Q1) en derde (Q3) kwartiel.



## 2.2 GEOMORFOLOGIE-KREEKONTWIKKELING

### 2.2.1 Vertakkingspatroon krekken

De eerste maanden na de ontpoldering werd getracht om de nieuwgevormde krekken en kreekjes in te meten met een RTK-GNSS. Als snel werd duidelijk dat de operationele middelen ontoereikend waren om dit op regelmatige basis in het volledige ontpolderde gebied uit te voeren. Evaluatie van de kreekontwikkeling gebeurt op basis van de LiDAR-digitale hoogtemodellen.

De vertakkingsgraad en densiteit van de krekken werden berekend op basis van de LiDAR-data (rasterdata met resolutie 1x1 m) met behulp van de Hydrology-toolset van Esri ArcGIS (Esri, n.d.). Missende datapunten in de rasters werden voor het gebruik van de Hydrology toolset berekend met behulp van een 'Focal Statistics' door het gemiddelde te nemen van de vijf omliggende cellen. Volgende stappen werden in chronologische volgorde uitgevoerd in de Hydrology toolset: Eerst werd de 'Fill'-tool toegepast om cellen die lager liggen dan alle omliggende cellen (sinks) op te vullen. Hierdoor zijn imperfecties in de data verwijderd en is een glad oppervlak gecreëerd voor verdere analyse. Nadien werd de 'Flow Direction'-tool toegepast om de stroomrichting te berekenen, waarbij de richting van de stroming naar de laagste naburige cel wordt toegekend. De stromingsaccumulatie werd berekend met de 'Flow Accumulation'-tool. Deze tool berekent voor elke cel het aantal cellen van waaruit water toestroomt. Met behulp van de 'Raster Calculator' wordt de grootte van het netwerk bepaald. Een cel wordt pas als een onderdeel van een kreek beschouwd indien er een in te voeren aantal andere cellen uitkomen in deze cel. Op basis van handmatige metingen met behulp van een RTK-GPS van de kreeklocaties in januari 2013 werd een netwerk grootte van 500 als meest passend geïdentificeerd. De stroomorde werd bepaald met behulp van de Strahler-methode. De kleinste vertakkingen hebben een waarde van één. Als twee krekken met eenzelfde orde samenkomen, dan wordt aan het volgende segment een ordenummer van plus één toegewezen. Als twee segmenten met een verschillend ordenummer samenkomen, dan blijft het grootste ordenummer behouden voor het volgende segment. Ten slotte werden de kreekpunten (rastercellen) omgezet naar lijn-features met de 'Stream to Feature'-tool zodat de lengte en de densiteit berekend konden worden in R. Er werd vanuit gegaan dat het stroomgebied voor elk compartiment de volledige oppervlakte van het compartiment beslaat.

### 2.2.2 Talweg van de krekken in het voorliggend slik

Op 14 en 20 september 2012, onmiddellijk na de aanleg van de bressen, en op 14 januari 2013 werd de talweg van de uitwateringskrekken in het voorliggende slik ingemeten met de RTK-GNSS (Real Time Kinematic Global Navigation Satellite System). Op basis van de ingemeten punten werden met de 'Points to line' tool van Esri ArcMap (Data management tools) lijnenkaarten aangemaakt. Deze werden op hun beurt omgezet naar een puntenkaart met een regelmatige tussenafstand van 1 m met behulp van de 'Generate Points Along Lines'-tool (sampling). Het startpunt van deze afstandkaarten wordt gevormd door het hoogste punt van de talweg, net voor de gegraven overdiepte in de ontpoldering (spillover point). Vervolgens werden de overige ingemeten punten toegekend aan hun overeenkomstige afstand langs de as van de kreek.



## 2.3 FYSIOTOPENKAART

De ecotopenkaart en haar basiskaarten, de fysiotoopenkaart en geomorfologische kaart, vormen een belangrijk instrument om de evolutie van de diversiteit van estuariene habitats in de Zeeschelde op te volgen. Deze kaarten worden jaarlijks gemaakt op basis van topografische data verkregen door bathymetrie en LiDAR. De verhouding tussen overspoelingsduur en overspoelingsvrije periode bepaalt de fysiotoopen. Deze verhouding is belangrijk voor ecologische processen zoals bijvoorbeeld vegetatievestiging en -ontwikkeling (Gyselings et al., 2011). Voor een bespreking van de methode verwijzen we naar Van Braeckel & Elsen (2020). Van Braeckel & Mertens (2021) geven een gedetailleerde beschrijving van de gebruikte ecotopen en fysiotoopen. Het betreft rasterdata met een resolutie van 1x1 m.

## 2.4 VEGETATIE

De vegetatieontwikkeling werd opgevolgd door gebiedsdekkende vegetatiekarteringen en vegetatieopnamen in 24 permanente kwadraten (PQ) van 4x4 m (zeven in het oostelijke compartiment en zeventien in het westelijke compartiment). Deze PQ's liggen op raaien loodrecht op de rivieras.

Gebiedsdekkende vegetatiekarteringen vonden jaarlijks plaats van 2013 tot en met 2020. Hierbij werden homogene vegetaties afgebakend. Aan elk van deze afgebakende eenheden werd een vegetatieformatie toegekend. Een formatie is een vegetatie-eenheid die wordt gekenmerkt door een bepaalde fysiognomie of uiterlijke verschijningsvorm, waarin vaak één of meerdere groeivormen overheersen (Schaminée et al. 1995). De onderscheiden formaties zijn in toenemende verticale structuurcomplexiteit: (onbegroeid slik), vaucheriavlekken (nopjeswier), biezenvegetaties, pioniervegetaties, (zilte) graslanden, rietlanden, ruigtes, struwelen en bossen. Individuele bomen of struiken met een opvallende positie binnen een andere vegetatie-eenheid worden apart onderscheiden. Bij de vegetatiekartering is enkel de bovenste vegetatielaag in kaart gebracht, gaande van boomlaag over struiklaag tot kruidlaag (Vandevoorde & Van Lierop, 2020).

Per eenheid werd er een schatting gemaakt van de abundantie van de aanwezige soorten met hun bedekkingsklasse. Alle plantensoorten die 10% of meer bedekken met hun verticale projectie werden behouden. De volgende bedekkingsklassen voor verticale projectie werden gehanteerd: 10%, 30%, 50%, 70%, 90% en 100% (Vandevoorde & Van Lierop, 2020).

Gedurende de monitoringsperiode namen we twee processen van vegetatieontwikkeling waar. De eerste planten (met als voornaamste soorten riet, zeeaster en zeebies) vestigden zich in de hoger gelegen breuksteenzone (5 m TAW) aan de voet van de dijk. Soorten met klonale groei (riet en zeebies) groeiden de daaropvolgende jaren vanuit deze breuksteenzone het aanpalende onbegroeide slik in. Daarnaast kiemden pioniersoorten (vnl. zeeaster) op de met nopjeswier begroeide kreekruggen. De daaropvolgende jaren breidde deze pioniervegetatie zich verder uit. Aangezien deze soorten geen klonale groei vertonen, gebeurt deze uitbreiding uitsluitend via kieming. Om een onderscheid te maken tussen beide processen werden beide compartimenten opgedeeld in twee zones. In een zone tot op 10 m van de ondertussen ondergesedimenteerde breuksteenzone veronderstellen we dat de vegetatie uitbreiding voornamelijk vegetatief gebeurde. In de rest van het gebied vestigde en ontwikkelde de vegetatie zich voornamelijk door kieming.



De permanente kwadraten werden jaarlijks opgenomen tussen 2013 en 2021 met uitzondering van 2020 (Figuur 2-1). Bij de vegetatieopname wordt de vegetatie die rechtstreeks in contact staat met de bodem onderverdeeld in verschillende lagen (boomlaag, struiklaag, kruidlaag, moslaag, algenlaag). Een procentuele totale bedekking en een procentuele bedekking per vegetatielaag wordt ingeschat. Vervolgens wordt per laag een volledige soortenlijst gemaakt en de dominante fenologie per vaatplant genoteerd (Vandevoorde & Van Lierop, 2017). De bedekkingsgraad wordt voor elke soort ingeschat met de schaal van Londo (1976).

## 2.5 TWEE MACROZOÖBENTHOSSOORTEN ONDER DE LOEP (COROPHIUM EN HEDISTE)

Vanaf januari 2013 werden in elk compartiment op twee vaste locaties maandelijks macrozoöbenthosstalen genomen. Per meetpunt werd een steekstaal genomen met een diameter van 46 cm<sup>2</sup> en een diepte van 15 cm. De stalen werden gezeefd op een maasgrootte van 250 µm, waarna het aantal individuen van zeeduizendpoot (*Hediste diversicolor*) en wadkreeftje (*Corophium volutator*) werden geteld. Het stroomopwaarts gelegen natuurgebied Groot Buitenschoor diende voor benthos als referentiesite. De referentiepunten bevinden zich ±7 km stroomafwaarts op de rechter Scheldeoever ter hoogte van Zandvliet. Maandelijks werden er hier op drie locaties stalen genomen (Figuur 2-2).



Figuur 2-2: Situering van de staalnamelocaties van benthos op het Groot Buitenschoor en in de Potpolder van Lillo.

Ter hoogte van de benthos-staalnamelocaties werden er in de periode 2019 - 2021 sedimentstalen genomen waarop de mediane korrelgrootte, het slibgehalte (als percentage van het staal met een korrelgrootte kleiner 63 µm) en organisch stofgehalte (gloeiverlies bij

550 °C) werden bepaald. Voor een verdere bespreking van de methode wordt verwezen naar Van Ryckegem et al., 2020.

## 2.6 BROED- EN WATERVOGELS

Het aantal territoria of broedparen van broedvogels werd jaarlijks gebiedsdekkend geteld in de gehele Potpolder, inclusief het schiereiland. De inventarisatie van de broedvogels gebeurde door een uitgebreide territoriumkartering zoals beschreven in Gyselings *et al.* (2014). De watervogels werden midmaandelijks geteld van oktober tot en met maart.

## 2.7 ANALYSES

De berekeningen en visualisaties werden uitgevoerd in R (versie 4.2.1). De Hydrology-toolset werd uitgevoerd in Esri ArcGIS (versie 10.8.1).

Om verschillen in hoogteverandering tussen de compartimenten te onderzoeken, werd een LOESS-regressie gefit met 95% betrouwbaarheidsinterval. LOESS staat voor local regression smoother en is een lokale polynomiale regressie die een curve fit tussen twee variabelen. De optimale spanwijdte voor de LOESS-regressiecurve werd bekomen door een kruisvalidatie toe te passen op de data met spanwijdtes 0,1 tot en met 1, met tussenstappen van 0,1. De spanwijdte met de laagst gemiddelde kwadratische fout wordt gezien als meest optimaal (Zuur et al., 2009).

Om ruimtelijke autocorrelatie uit te sluiten, werd de mediaan van het hoogteverschil per meetdatum gebruikt. Namelijk, als er met de individuele punten in de regressie gewerkt zou worden, dan zou er niet voldaan zijn aan de basisassumptie van onafhankelijkheid. Hierdoor zou de fout te klein worden ingeschat.



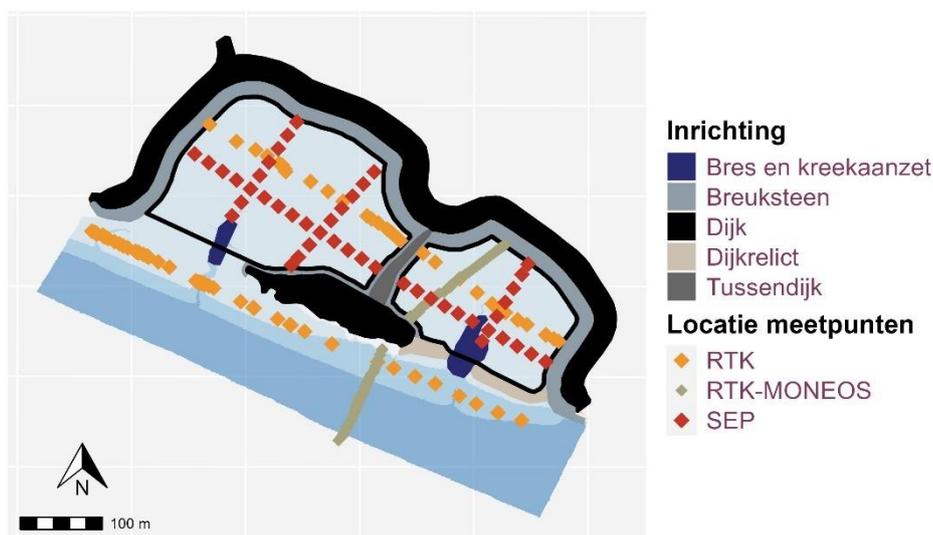
## 3 RESULTATEN

### 3.1 GEOMORFOLOGIE-RELIËF EN HOOGTELISSING

#### 3.1.1 Ontwikkeling in de ontpoldering

##### 3.1.1.1 Uitgangssituatie

De uitgangssituatie (september 2012) is enkel door de RTK-metingen gedocumenteerd. De SEP-raaien worden pas gemeten vanaf januari 2013 en de eerste bruikbare LiDAR-gegevens dateren van maart 2013 (Figuur 3-1). In januari 2013 ligt de mediane hoogte van de RTK-punten in de ontpoldering 14 cm (12 – 20) hoger dan in de uitgangssituatie (17 cm in Lillo-Oost en 14 cm in Lillo-West) (Tabel 6-5 in Bijlage 2: Data sedimentatie).



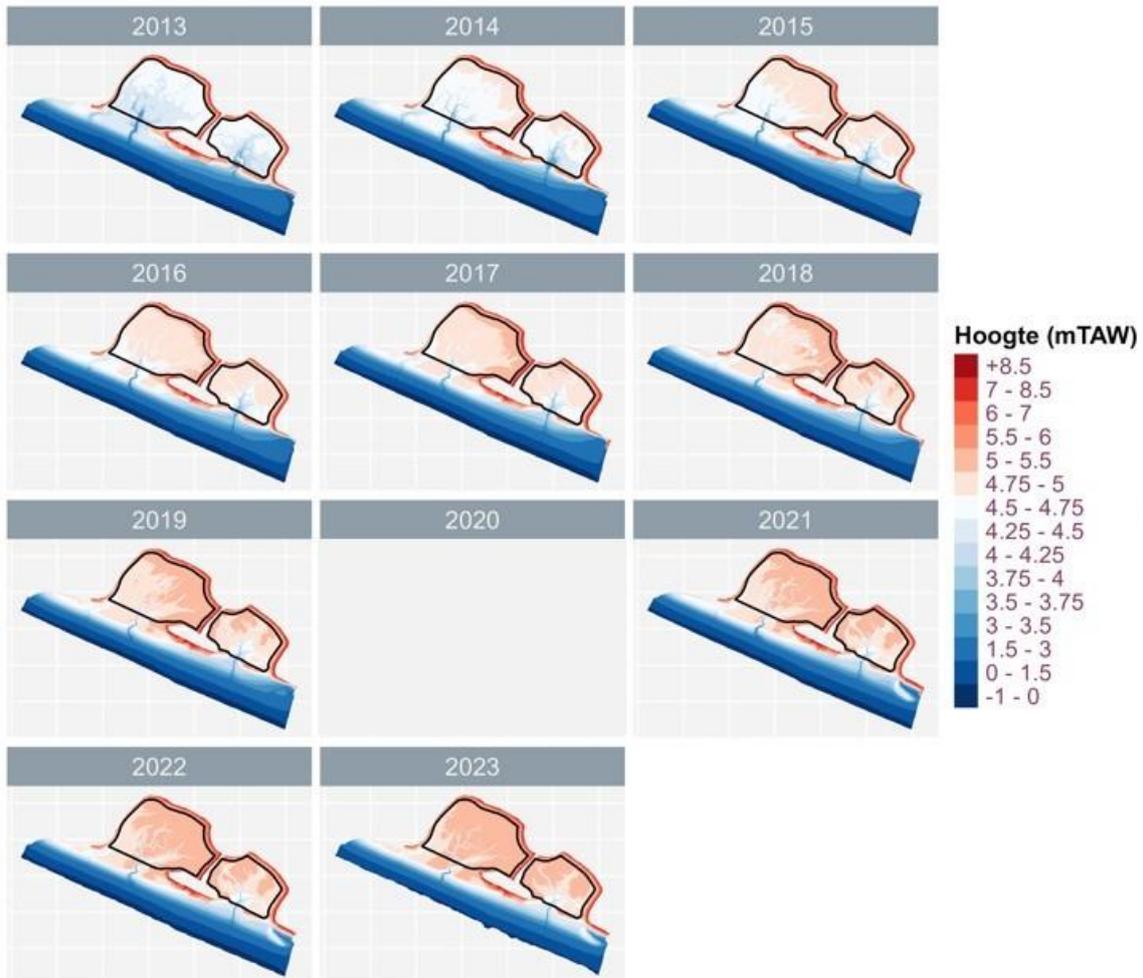
Figuur 3-1: Situering van de vaste sedimenttraaien in de Potpolder.

Drie maanden na de ontpoldering (januari 2013) is de mediane hoogte van de vaste RTK-punten (4,53 m TAW; 4,39 – 4,61) hoger dan de mediane hoogte van SEP-punten (4,43 m TAW; 4,28- 4,48). Dit is vooral het gevolg van het feit dat er relatief gezien meer SEP-meetpunten in de dieper uitgegraven centrale delen van de compartimenten liggen.

Beide compartimenten liggen in de uitgangssituatie ongeveer even hoog. De mediane hoogte van de RTK-raai is in de uitgangssituatie (september 2013) in het oostelijke compartiment 4,34 m TAW (4,16 - 4,36), en in het westelijke compartiment 4,41 m TAW (4,30 - 4,47). De mediane hoogte in de SEP-raaien ligt drie maanden na ontpoldering (januari 2014) op 4,29 m TAW (4,23 - 4,45) in het oostelijke compartiment en 4,44 m TAW (4,35 - 4,52) in het westelijke compartiment. In het voorjaar (maart-april) van 2013, een half jaar na de ontpoldering, hadden beide compartimenten op basis van de gebiedsdekkende LiDAR-data een gelijkaardige mediane hoogte (Lillo-Oost: 4,52 m TAW (4,35 - 4,60) en Lillo-West: 4,51 m TAW (4,40 - 4,60)).

### 3.1.1.2 Algemeen

Het afgraven van de volledige dijk voor Lillo-West leidde tot een geleidelijke overgang tussen de ontpoldering en het voorliggend slik. De hoogteligging evolueert in deze zone gedurende de daaropvolgende jaren als één geheel. Voor Lillo-Oost blijft het steile voorliggende slik duidelijk afgescheiden van het compartiment door het dijkrelict. De hoogteligging evolueert aan beide zijden van het dijkrelict verschillend, met sedimentatie in het compartiment en weinig verandering aan de Scheldezijde (Figuur 3-2).



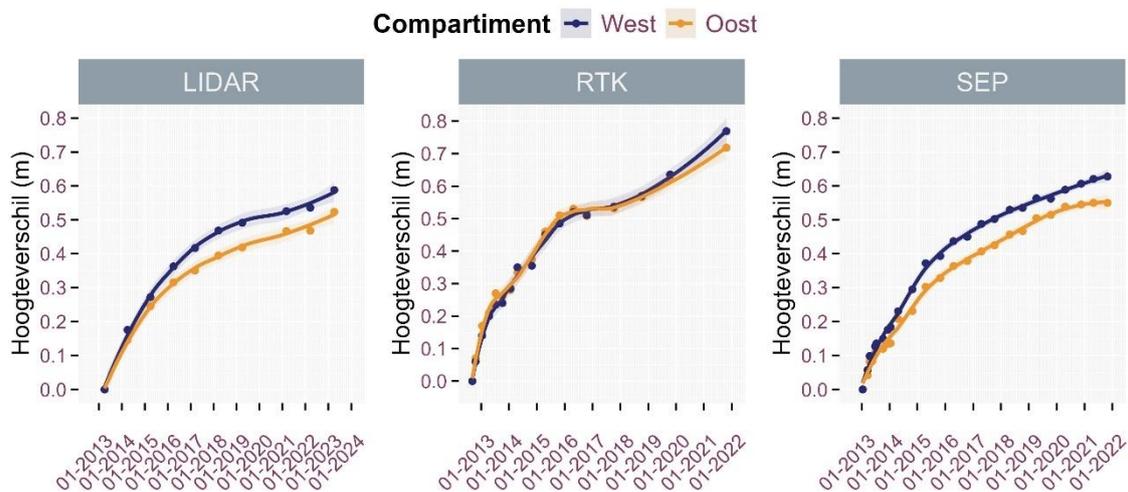
Figuur 3-2: Evolutie van de hoogteligging van de Potpolder en de hoogste delen van het voorliggend slik op basis van de LiDAR data. De volle lijn in de compartimenten duidt de zone aan die gebruikt wordt voor de kwantitatieve vergelijkingen tussen de compartimenten. De LiDAR-data van 2020 wordt weggelaten wegens afwijking in de data rond de Potpolder van Lillo.

Opvallend is dat bij het ontpolderen met een voordijk (oostelijke compartiment) de zone rond de kreekmonding dieper blijft dan bij het volledig verwijderen van de dijk (westelijke compartiment) waar de zone onmiddellijk naast de hoofdkreek ophoogt tot dezelfde hoogte als de omliggende slikvlakte. Opvallend zijn ook de ruimtelijke verschillen in ophoging tussen de twee compartimenten. In Lillo-Oost treedt de ophoging vooral op tussen vertakkingen van de belangrijkste krekken, loodrecht op de rivier startend vanuit de bres. In Lillo-West hoogt de oostelijke en het verst van de rivieras gelegen zone sneller en homogener op (Figuur 3-2).

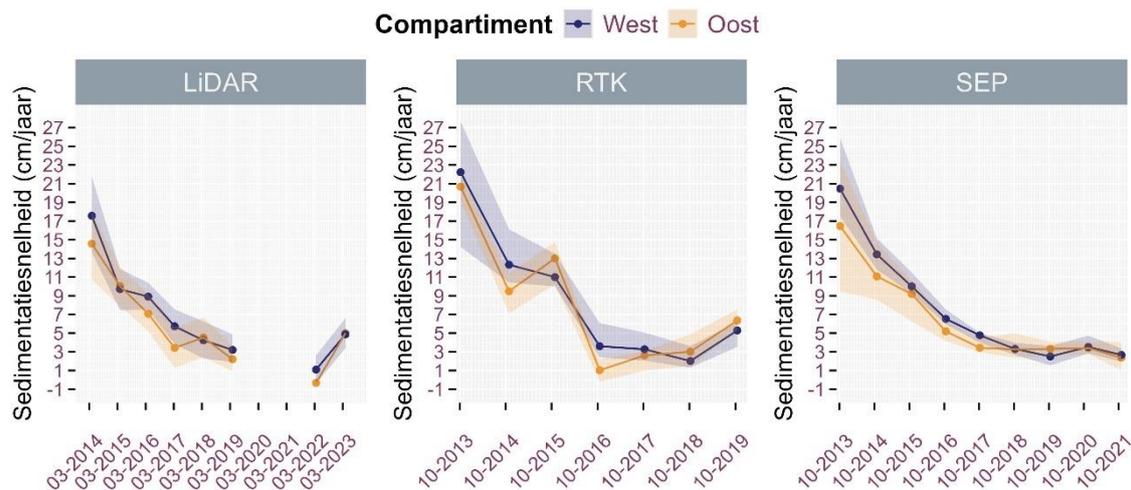
Een jaar na de ontpoldering ligt de RTK-raai 23 cm hoger dan in de uitgangssituatie. De snelheid van ophoging ligt de twee daaropvolgende jaren *grosso modo* tussen 10 en 15 cm/jaar. In de periode tussen 4 en 6 jaar na ontpolderen daalt de snelheid van 10 cm/jaar naar minder dan 5 cm/jaar om ook de volgende drie jaar lager dan 5 cm/jaar te blijven (LiDAR en SEP). Op de hoger gelegen RTK-raai neemt de ophogingssnelheid vanaf jaar 7 opnieuw toe tot waarden tussen 5 en 7 cm/jaar. Deze stijging valt samen met het verschijnen van de eerste vegetatie ter hoogte van een aantal meetpunten. In de LiDAR-data neemt de ophogingssnelheid 10 jaar na ontpolderen (periode 2022-2023) opnieuw toe.

### 3.1.1.3 Vergelijking tussen de compartimenten

Lillo-West, de “open” ontpoldering, hoogt sneller op dan het “gebreste” Lillo-Oost. De snelheid van ophoging ligt er in drie van de eerste vier meetjaren hoger. Dit wordt duidelijk uit zowel de gebiedsdekkende LiDAR-data als de homogene steekproef van de SEP-punten (Figuur 3-3). De ophoging lijkt zich iets langer door te zetten in Lillo-Oost met een licht hogere ophogingssnelheid in de periode 2018 – 2020 (7 tot 10 jaar na ontpolderen) (Figuur 3-4). Op de hoger gelegen RTK-raai, het verst van de vaargeul verwijderd, is er tot 2018 weinig of geen verschil in ophoging tussen de compartimenten. Vanaf 2019 lijkt er wel een verschil op te treden (Figuur 3-5).



Figuur 3-3: LOES-regressiecurve op basis van het mediane hoogteverschil per compartiment ten opzichte van de eerste meting (september 2012 voor RTK, januari 2013 voor SEP en maart 2013 voor LiDAR) voor de raai van vaste RTK-punten, de SEP-raaien en de gebiedsdekkende LiDAR-data. De spanwijdte voor de RTK- & SEP-data is 0,5. Voor de LiDAR is de spanwijdte 0,75.



Figuur 3-4: Sedimentatiesnelheid (cm/jaar) berekend voor de verschillende methodes. De snelheid voor de RTK- en SEP-methodes wordt berekend op basis van de hoogtemetingen in oktober (de periode 2012-2013 is voor RTK berekend met data van september 2012 en oktober 2013, voor SEP met data van januari 2013 en oktober 2013), de snelheid voor LiDAR-methode wordt berekend op basis van de hoogteligging in maart/april<sup>1</sup>.

Onafhankelijk van de methode is de mediane hoogtetoename het grootst in Lillo-West. De mediane hoogtetoename tussen september 2012 en oktober 2021 voor de noordelijke RTK-raai is voor Lillo-Oost 71,8 (64,0 - 83,1) cm en voor Lillo-West 76,9 (70,2 - 83,5) cm. Het verschil ontstaat in deze raai pas na 2018. In de SEP-raaien is de hoogtetoename tussen januari 2013 en oktober 2021 55,0 (49,3 - 60,9) cm in het oostelijke compartiment en 62,8 (60,2 - 72,4) cm in het westelijke compartiment. Voor gebiedsdekkende LiDAR-data is de hoogtetoename tussen het voorjaar van 2013 en het voorjaar 2021 46,7 (41,0 - 52,7) cm in het oostelijke compartiment en 52,6 (46,1 - 59,9) cm in het westelijke compartiment.

### 3.1.1.4 Seizoenaliteit

De hoogtetoename is geen continu proces (Figuur 6-2 en Figuur 6-3 in Bijlage 2: Data sedimentatie). De mediane ophoging is hoger in het winterhalfjaar dan in het zomerhalfjaar. Zowel op de RTK-raai als op de SEP-raaien was er (vanaf 2015) een grotere hoogtetoename tussen oktober en april dan in de daaropvolgende periode april - oktober. In 2016 is er zelfs een mediane oppervlakverlaging van 1,2 (2,3 - 0,3) cm tussen april en oktober.

### 3.1.1.5 Mesomorfolgie

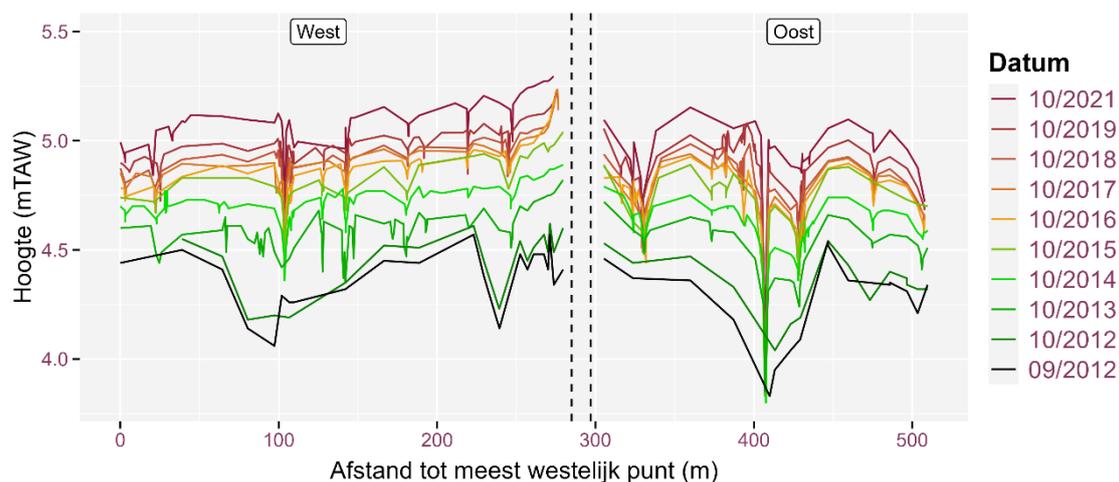
Een nauwkeurigere blik op de hoogteveranderingen in de noordelijke RTK-raai toont een uitvlakking van het reliëf in beide compartimenten over de jaren (Figuur 3-5). Al één jaar na ontpoldering zijn de laagstgelegen delen grotendeels opgevuld. In het vlakke reliëf ontstaan tal van kleine ondiepe geultjes. In het tweede jaar na ontpoldering liggen er op de meetraai een groot aantal embryonale kreekjes, waarvan de meeste de daaropvolgende jaren opgevuld

<sup>1</sup> Door de verschillen in eerste meetdatum is de sedimentatiesnelheid in de eerste periode het hoogst voor de RTK-methode, intermediair voor de SEP-methode en het laagst voor de LiDAR-methode. De eerste maanden treedt de sterkste sedimentatie op. De SEP-methode mist de eerste vier maanden, de LiDAR-methode de eerste zeven maanden.



raken. Slechts enkele ervan zijn in 2020 nog aanwezig en uitgegroeid tot prominente en diep uitgesneden krekken.

Op negen jaar tijd is het maaiveld in het ontpolderde gebied 70 tot 80 cm opgehoogd (zie ook Bijlage 2: Data sedimentatie). De oostzijde van het westelijke compartiment hoogt sterker op dan de rest van het compartiment. Het oostelijke compartiment hoogt ter hoogte van de RTK-raai gelijkmatiger op en er ontstaat een eerder vlak, met krekken doorsneden gebied (Figuur 3-5).



Figuur 3-5: Evolutie van de topografie op de RTK-raaien in beide compartimenten. Ter hoogte van de stippellijn ligt de tussendijk van het schiereiland.

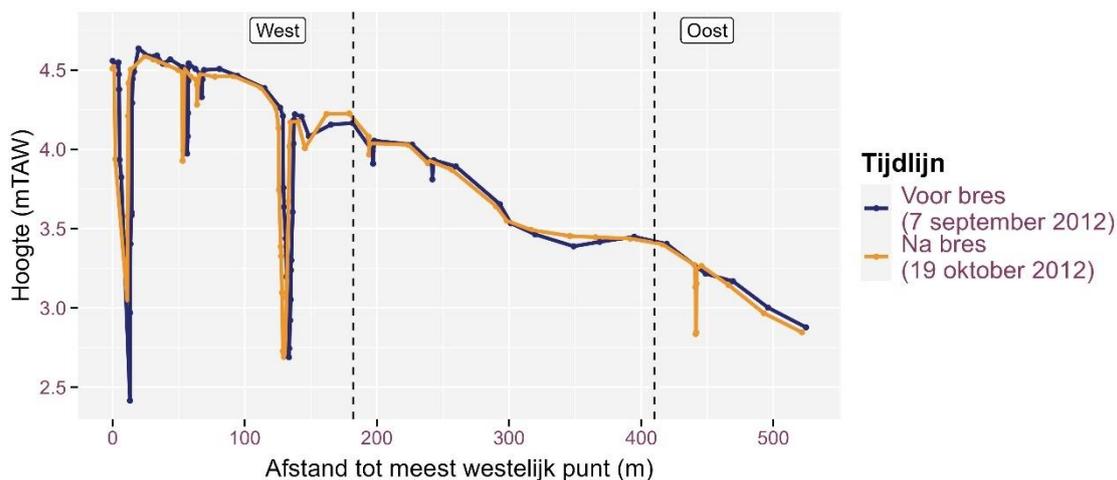
### 3.1.2 Ontwikkelingen van het voorliggend slik en de uitwateringskrekken

#### 3.1.2.1 Uitgangssituatie

In de uitgangssituatie toont de parallelle raai, evenwijdig met de vaargeul en de vroegere dijk, dat het voorliggend slik voor Lillo-West op die afstand 0,5 - 1 m hoger ligt (4 – 4,5 m TAW) dan het steile slik voor Lillo-Oost (3 – 3,5 m TAW) (Figuur 3-6). Voor het westelijke compartiment waren twee grote krekken aanwezig. De meest stroomafwaartse kreek (rond afstand 20 m in Figuur 3-6) was het resultaat van bemaling tijdens de inrichtingswerken. Ter hoogte van deze kreek werden bij de inrichting geen ingrepen uitgevoerd. De tweede kreek (op afstand 125 m in Figuur 3-6) was ontstaan bij bresproeven kort voor de effectieve ontpoldering. Deze kreek is bij de inrichting via een bres (tot 3,15 m TAW) aangesloten op een overdiepte aan landzijde.

Voor het oostelijke compartiment was er in de uitgangssituatie geen kreek aanwezig.





Figuur 3-6: Topografie van het voorliggend slik net voor en één week na de ontpoldering. Tussen de stippellijnen ligt het schiereiland.

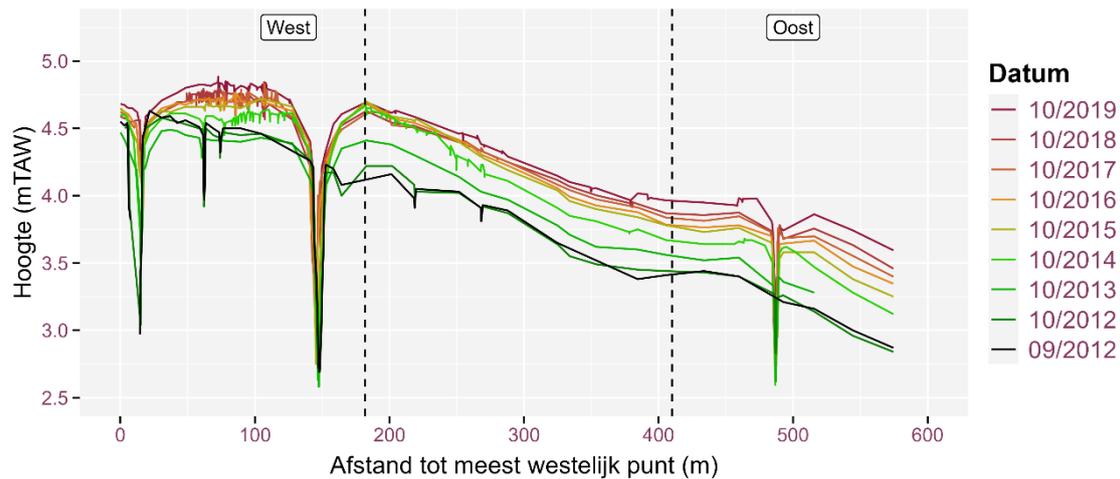
### 3.1.2.2 Evolutie

Op het voorliggend slik hoogt het maaiveld ter hoogte van de RTK-raai tussen september 2012 en oktober 2019 op met 35,2 cm (15,0 - 52,2 cm). Dit is duidelijk minder dan in het ontpolderde gebied (63,4 cm (57,6 - 71,7 cm)). De grote spreiding geeft aan dat de sedimentatie op het voorliggend slik niet homogeen verloopt over de raai. De sedimentatie is duidelijk hoger stroomopwaarts.

De sedimentatie op het voorliggend slik verloopt niet synchroon met de sedimentatie in het ontpolderde gebied (Bijlage 2: Data sedimentatie, Tabel 6-4). In de eerste maanden na de ontpoldering treedt hier namelijk vooral erosie op. De mediane hoogtetoename is de jaren nadien van een gelijkaardige grootteorde als in de ontpoldering.

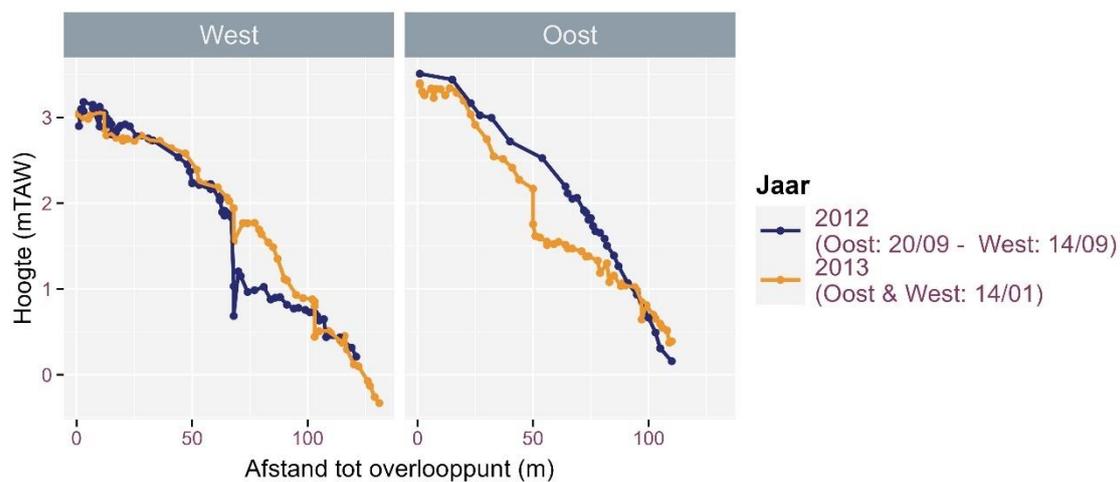
De niet aangesloten kreek voor Lillo-West vulde zich snel gedeeltelijk op met sediment, wat al na een maand duidelijk zichtbaar was (Figuur 3-6 en Figuur 3-7). Ook een aantal niet aangesloten kleinere kreekjes zijn na twee jaar volledig opgevuld. De tweede grote kreek voor het westelijke compartiment, welke aansluit op de overdiepte in de ontpolderde zone, behoudt zijn diepte (Figuur 3-6 en Figuur 3-7).





Figuur 3-7: Topografie op basis van de RTK-metingen op het voorliggend slik. Ter hoogte van de stippellijn is het schiereiland aanwezig.

Een put, die aan de rivierzijde van een harde dagzomende kleilaag was ontstaan bij de bresproeven, vulde zich snel op (Figuur 3-8). Na de inrichting ontstaat in het oostelijke compartiment onmiddellijk een kreek ter hoogte van de bres (Figuur 3-6 en Figuur 3-7). Het bovenste deel van deze kreek wordt in de eerste maanden na de ontpoldering relatief beschermd tegen erosie door een harde kleilaag die dagzoomt op 50 m van de bres. Aan landzijde van de kleilaag erodeert de kreek tot een diepte van 10 à 30 cm. Aan de rivierzijde van de kleilaag was de kreek de eerste maanden na de ontpoldering lokaal onderhevig aan veel sterkere erosie (tot maximaal 75 cm) (Figuur 3-8). Uiteindelijk schuurt de kreek voor Lillo-Oost zich ter hoogte van de RTK-raai even diep uit als de uitwateringskreek voor Lillo-West (Figuur 3-7).

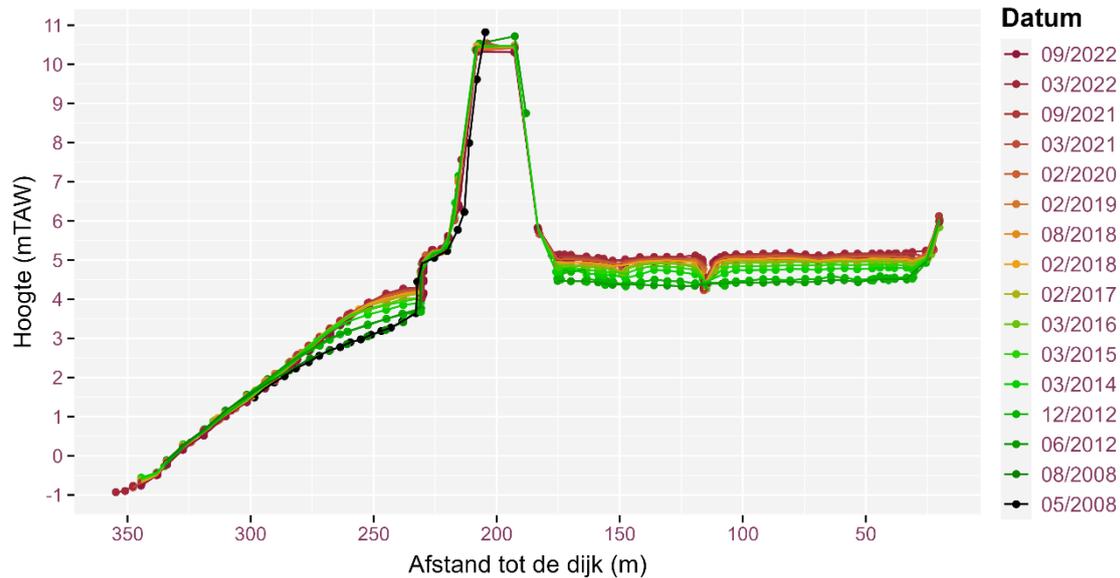


Figuur 3-8: Hoogte van de talweg van de hoofdkreek in elk compartiment net na, en enkele maanden na, het brespen.



### 3.1.3 Dwarse MONEOS-slikschorraai

De metingen van de MONEOS-raai Lillo Potpolder (Figuur 3-1 en Figuur 3-9) in Lillo-Oost tonen eenzelfde uitvlakking van het reliëf en netto sedimentatie van dezelfde grootteorde als binnen de compartimenten. De sedimentatie op het voorliggend slik is ook hier opvallend, maar deze was al aan de gang vóór de ontpoldering. Sinds de eerste MONEOS-meting in 2008 vertoont de hogere slikzone een aanzienlijke ophoging.



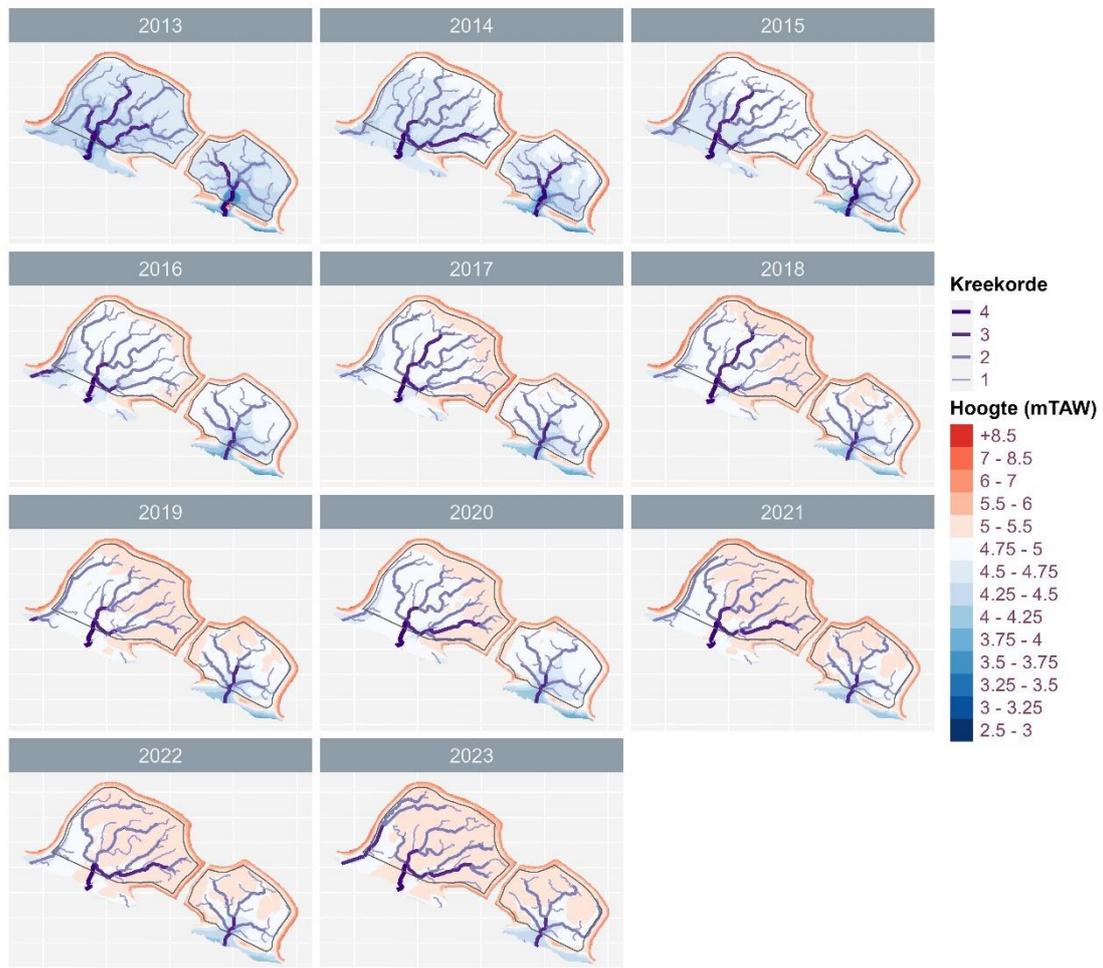
Figuur 3-9: Hoogteveranderingen langsheen de MONEOS-slik-schorraai LP in het oostelijke compartiment.

## 3.2 GEOMORFOLOGIE- KREEKONTWIKKELING

De kreekontwikkeling is berekend op basis van de LiDAR-data. Het voor deze zone afwijkende DTM van 2020 is in deze berekening wel gebruikt omdat de afwijking van de absolute hoogteligging geen implicaties heeft op de berekening van de kreekligging en -densiteit. Deze worden berekend op basis van de relatieve hoogteverschillen tussen de rastercellen van het DTM, waarvan kan verondersteld worden dat deze wel correct zijn.

Het krekensysteem vertakt zich tot de 4<sup>de</sup> orde. De lagere orde krekentakken min of meer loodrecht aan op de hogere orde krekentakken (Figuur 3-10). In Lillo-West is het krekennetwerk verspreid over het gehele gebied, terwijl het in het oostelijk deel van Lillo-Oost minder ontwikkeld is. Langs de oostelijke dijkteen van het oostelijke compartiment ligt een onvertakte kreek, die zich ontwikkelde uit een vrachtwagenspoor. De laterale afwateringskreek in het westelijk deel van het westelijke compartiment situeert zich ook langs de dijkteen en vertoont ook weinig vertakkingen.

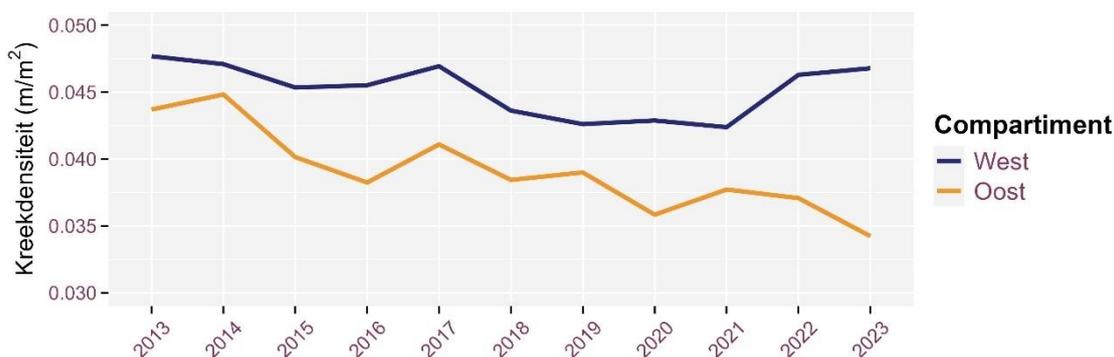




Figuur 3-10: Situering van het kreekstelsel voor 2013 - 2023 op basis van de hydrology-tool. De volle lijn in de compartimenten duidt het studiegebied aan.

De berekende kreekdensiteit neemt in beide compartimenten af tot in 2021. De densiteit was steeds hoger in Lillo-West. In dit compartiment neemt de berekende kreekdensiteit opnieuw toe in 2022 en 2023, terwijl de densiteit in Lillo-Oost blijft afnemen (Figuur 3-11).

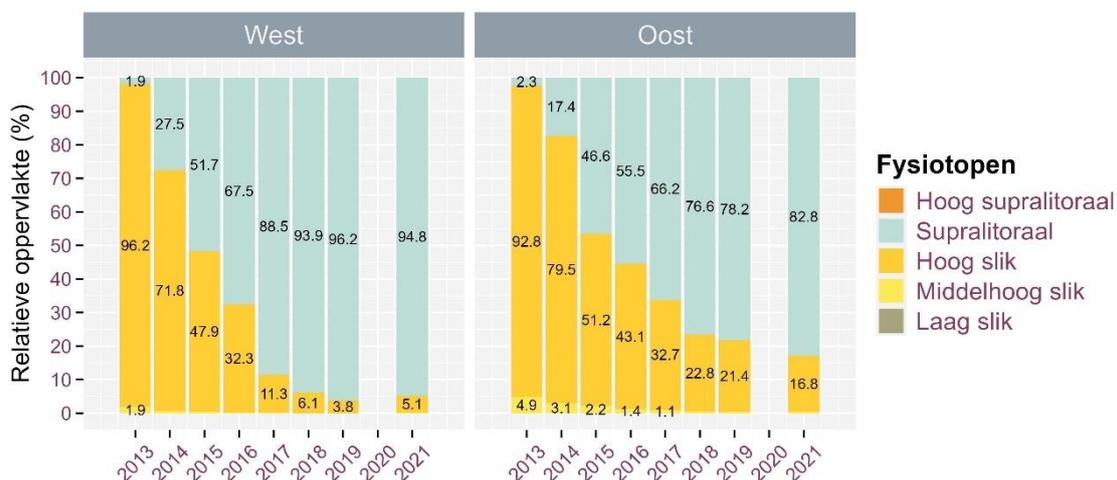




Figuur 3-11: Evolutie (2013 – 2023) van de totale kreekdensiteit per compartiment.

### 3.3 FYSIOTOPENKAART

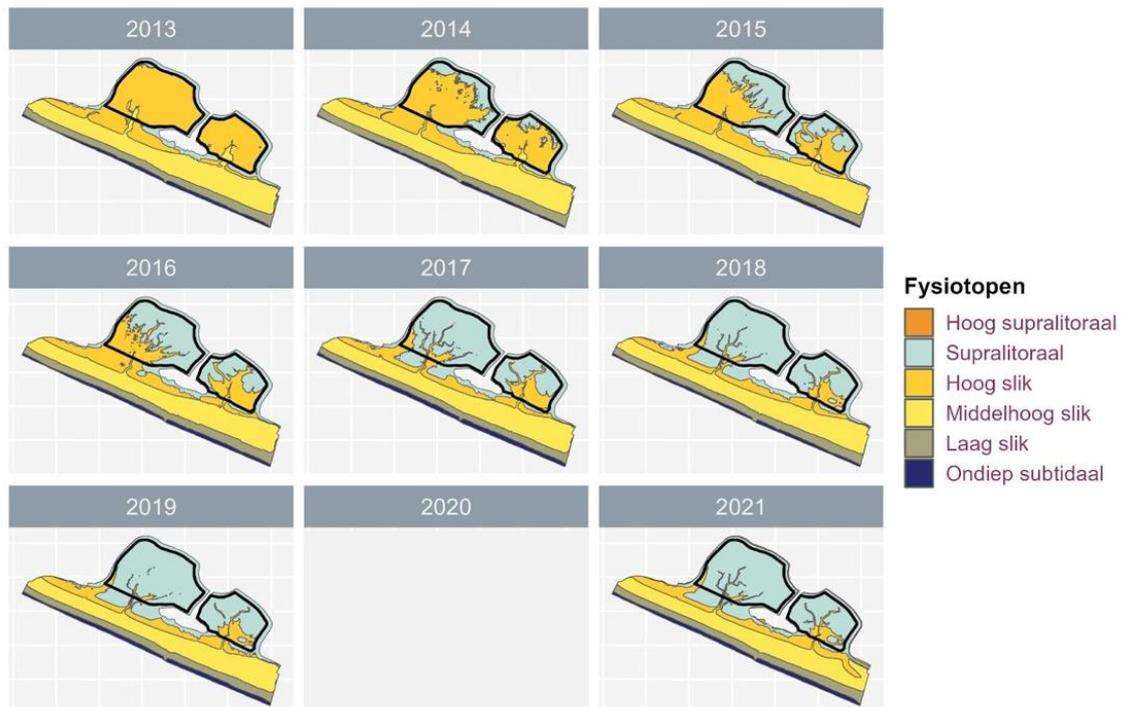
In 2013 bestaan beide compartimenten nagenoeg integraal uit hoog slik. Enkel de laagstgelegen delen in de kreekaanzetten zijn middelhoog slik. Als gevolg van bodemophoging neemt het aandeel supralitoraal geleidelijk toe. In 2021 wordt de grootste oppervlakte ingenomen door dit fysiotoop (82,8% in Lillo-Oost en 94,8% in Lillo-West) (Figuur 3-12). Hoog slik komt enkel nog voor in de kreken, in een kleine zone aan de westzijde van het westelijke compartiment en in een redelijk uitgebreide zone in het zuidoosten van het oostelijke compartiment (Figuur 3-13). Middelhoog slik komt in 2021 bijna niet meer voor (< 1%). Tussen 2019 en 2021 zien we in het westelijke compartiment opnieuw een lichte toename van hoog slik ten koste van supralitoraal. De evolutie van hoog slik naar supralitoraal verloopt sneller in Lillo-West dan in Lillo-Oost (Figuur 3-12).



Figuur 3-12: Evolutie van de relatieve oppervlakte per fysiotoopklasse in de compartimenten voor 2013 – 2021.

In de uitgangssituatie lag voor het westelijke compartiment een brede zone hoog slik. Voor het oostelijke compartiment lag er slechts een zeer smalle zone hoog slik. Sedimentatie leidt tot een uitbreiding van het hoog slik en voor Lillo-West zelfs tot de ontwikkeling van een aanzienlijke supralitorale zone (Figuur 3-8).



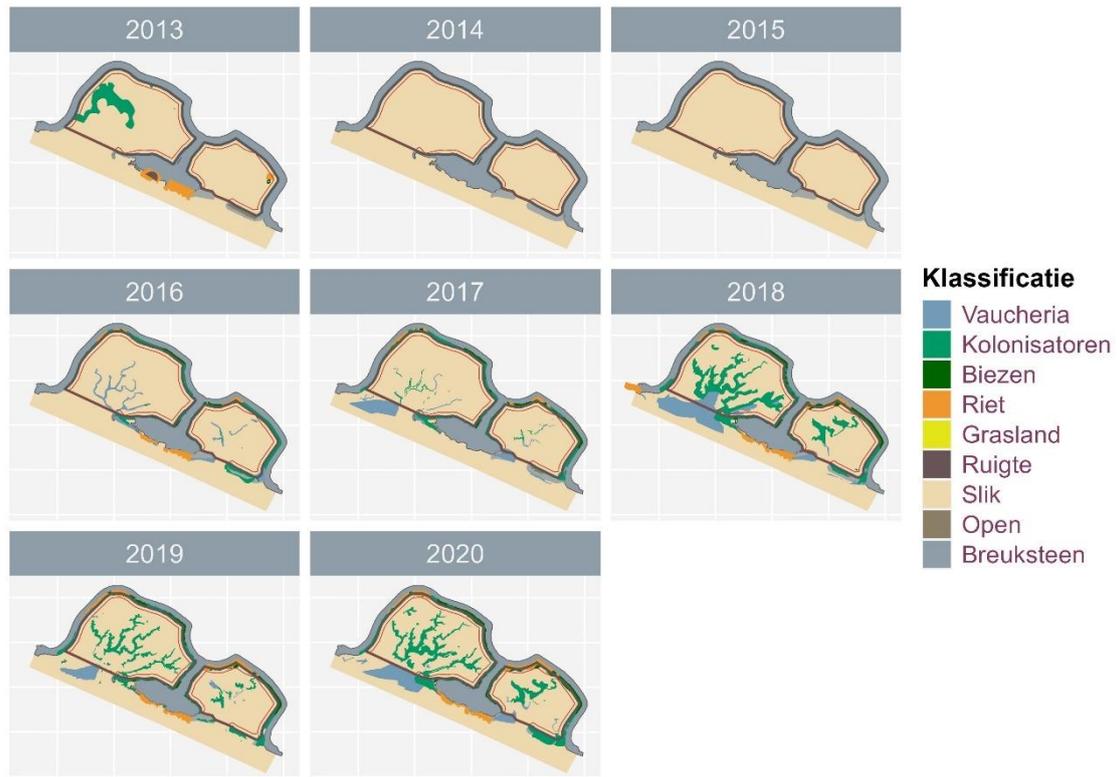


Figuur 3-13: Overzicht van de fysiotoop classificatie in het gebied met voorliggend slik. De volle lijn in de compartimenten duidt het studiegebied aan.

## 3.4 VEGETATIE

### 3.4.1 Evolutie van de vegetatie - vegetatiekartering

De in 2013 aanwezige vegetatievlekken zijn restanten van de vegetatie die zich ontwikkelde tijdens de inrichtingsfase vóór september 2012 (Figuur 3-14). De rozetten van zeeaster (een tweejarige soort) groeiden in 2013 in Lillo-West uit tot zeer forse planten die massa's zaad produceerden (Afbeelding 3-1). In Lillo-Oost overleefden kleine pollen riet en zeebies. Al deze vegetaties verdwenen nadien volledig. In 2014 en 2015 is er geen vegetatie aanwezig, met uitzondering van *Vaucheria* (nopjeswier), maar dat werd niet toen niet gekarteerd. In de vlakke breuksteenzone aan de dijkvoet vestigen zich in 2016 riet en biezen. In datzelfde jaar zijn de kreekkruggetjes vooral in het westelijke compartiment begroeid met nopjeswier waartussen de eerste kolonisorsoorten zich vestigen. Vanuit de breuksteenrand groeien de riet- en biezenvegetaties de volgende jaren klonaal het slik in. Deze ontwikkeling treedt voornamelijk op in de luwere noordwestelijke hoeken van elk compartiment. Ook de pioniervegetatie op de kreekranden neemt jaar na jaar een grotere oppervlakte in (Figuur 3-15).



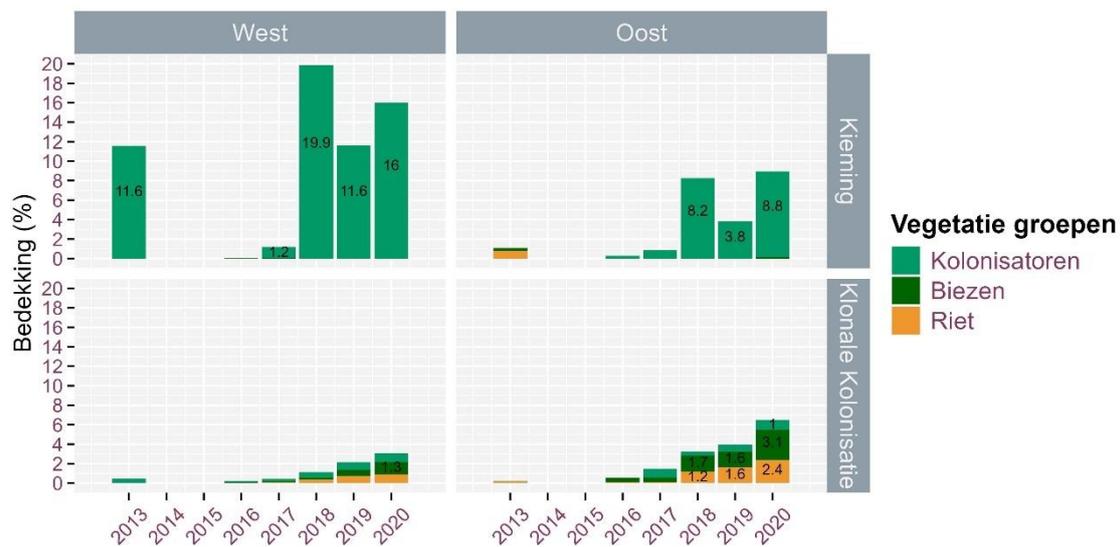
Figuur 3-14: Vegetatiekartering van 2013 - 2020. De rode lijn onderscheidt de zone waar de vegetatie toegeschreven wordt aan een specifiek succesiestype. Tussen de breuksteenzone en de rode lijn is dit klonale kolonisatie. Binnen de rode lijn is dit successie door kieming. De zwarte lijn in de compartimenten duidt het studiegebied aan.



Afbeelding 3-1: Rozetten van zeeaster in de Potpolder van Lillo in 2013 (Foto H. Van Beek).

De grote oppervlakte kolonisatoren in 2018 (figuur 3-15) geeft een vertekend beeld. De bedekking van de koloniserende soorten binnen de ruim ingetekende polygoon is in 2018 veel lager (10%) dan de bedekking in de daaropvolgende jaren. Bij de kartering in 2018 was het niet werkbaar om de vele individuele planten en kleine patches als aparte polygonen in te tekenen.

Vanaf 2017 is het oppervlakteaandeel ingenomen door kolonisatoren hoger in het westelijke compartiment. Het oppervlakteaandeel van soorten die vanuit de omliggende breuksteenzone het slik ingroeien is sinds 2017 daarentegen hoger in het oostelijke compartiment (Figuur 3-15).



Figuur 3-15: Procentueel oppervlakte aandeel per vegetatiegroep 2013-2020 met een onderscheid in de zone voor kieming en klonale kolonisatie<sup>2</sup>.

### 3.4.2 Veranderingen in soortensamenstelling – vegetatieopnames

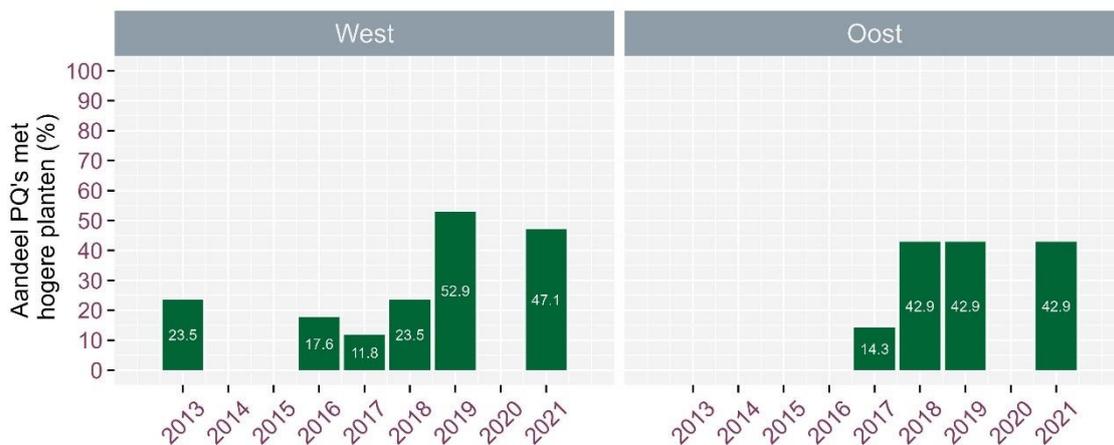
In Lillo-Oost worden opnames gemaakt in 7 permanente kwadraten (PQ's) en in Lillo-West in 17.

In 2013 waren hogere planten aanwezig in 4 PQ's (23,5%) van het westelijke compartiment. De PQ's lagen in de zone waar zeeasters (*Atriplex prostrata*) zich het jaar voorafgaand aan de inrichting hadden gevestigd. Deze tweejarige planten stierven na de bloei af. In 2014 en 2015 werd geen hogere planten aangetroffen in de proefvlakken. Pas in 2016 werden in 3 proefvlakken opnieuw hogere planten aangetroffen, telkens een andere soort (zeeaster (*Aster tripolium*), zeebies (*Bolboschoenus maritimus*) en zilte rus (*Juncus gerardii*) met een lage bedekking (0-1 %). De daaropvolgende jaren neemt het aantal proefvlakken met aanwezigheid van hogere planten langzaam toe, alhoewel de pionierssoorten in sommige proefvlakken soms terug verdwijnen. In 2019 zijn 10 van de 17 proefvlakken begroeid met hogere planten, bijna uitsluitend zeeaster in lage bedekking. Slechts in één proefvlak komt ook kortarige zeekraal (*Salicornia europaea*) voor, een andere pionierssoort. In 2021 komen hogere planten voor in 8

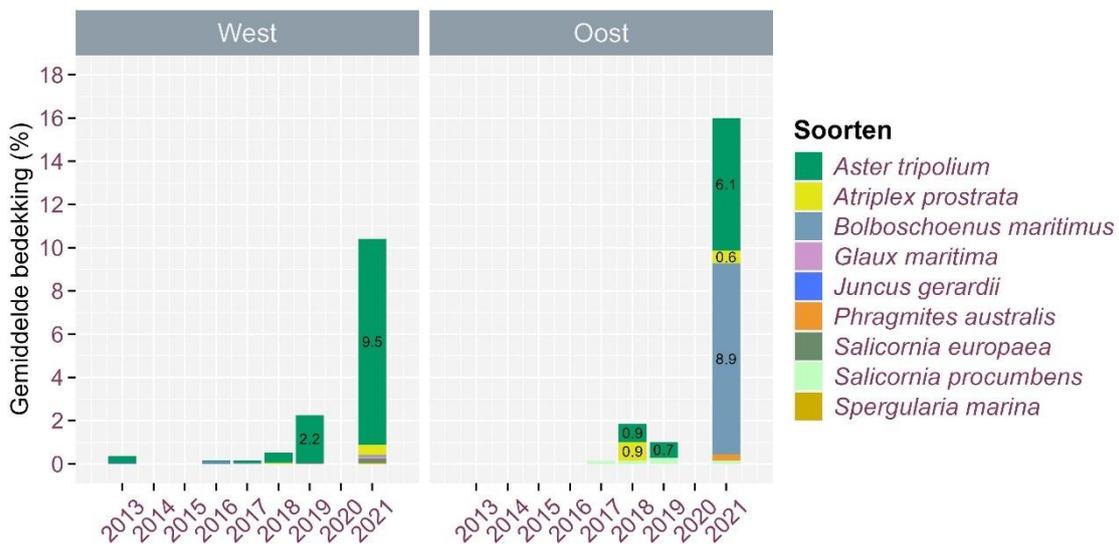
<sup>2</sup> De oppervlakte *Vaucheria*-vegetatie (algen) laten we in deze figuur buiten beschouwing omdat die te sterk beïnvloed wordt door de weersomstandigheden voorafgaand aan de kartering (tijdens een storm kunnen bijvoorbeeld grote stukken weggeslagen worden).

proefvlakken, maar de bedekking en het aantal soorten per proefvlak zijn duidelijk toegenomen (Figuur 3-16 en Figuur 3-17).

In het oostelijke compartiment werden in 2017 een eerste keer hogere planten (langarige zeekraal (*Salicornia procumbens*) aangetroffen in één PQ. Vanaf 2018 tot 2021 staan in de drie meest noordelijke en hoogstgelegen proefvlakken hogere planten. Tot en met 2020 waren dat enkel pioniersoorten (kolonisatoren) als zeeaster, spiesmelde (*Atriplex prostrata*) en langarige zeekraal. In 2021 wordt de vegetatie van het meest noordelijke proefvlak gedomineerd door zeebies en riet (*Phragmites australis*). Deze soorten hebben zich klonaal vanuit de rand uitgebreid tot in het proefvlak. Hierdoor neemt de gemiddelde bedekking in de PQ's van Lillo-Oost sterk toe. In Lillo-West hebben de klonaal groeiende soorten (zeebies en riet) de PQ's nog niet bereikt (Figuur 3-16 en Figuur 3-17).

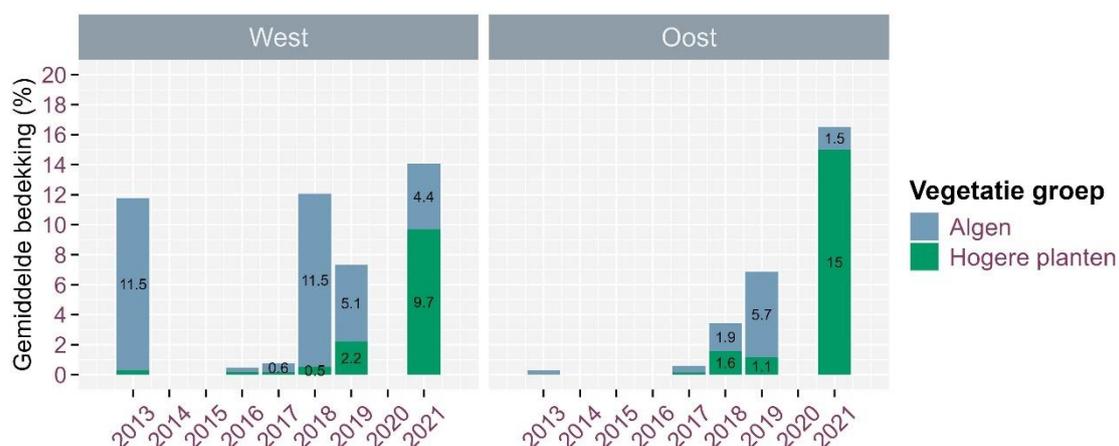


Figuur 3-16: Aandeel van proefvlakken met aanwezigheid van hogere planten in de periode 2013-2021.



Figuur 3-17: Gemiddelde bedekking van de hogere plantensoorten in de permanente kwadraten in 2013-2021.

Nopjeswier (*Vaucheria* spec.) koloniseert het ontpolderde gebied al in het eerste jaar na de ontpoldering (Figuur 3-18). Omdat in er 2014 en 2015 geen hogere planten aanwezig waren, werden er geen vegetatieopnames gemaakt en zijn er ook geen gegevens over bedekking van *Vaucheria*.



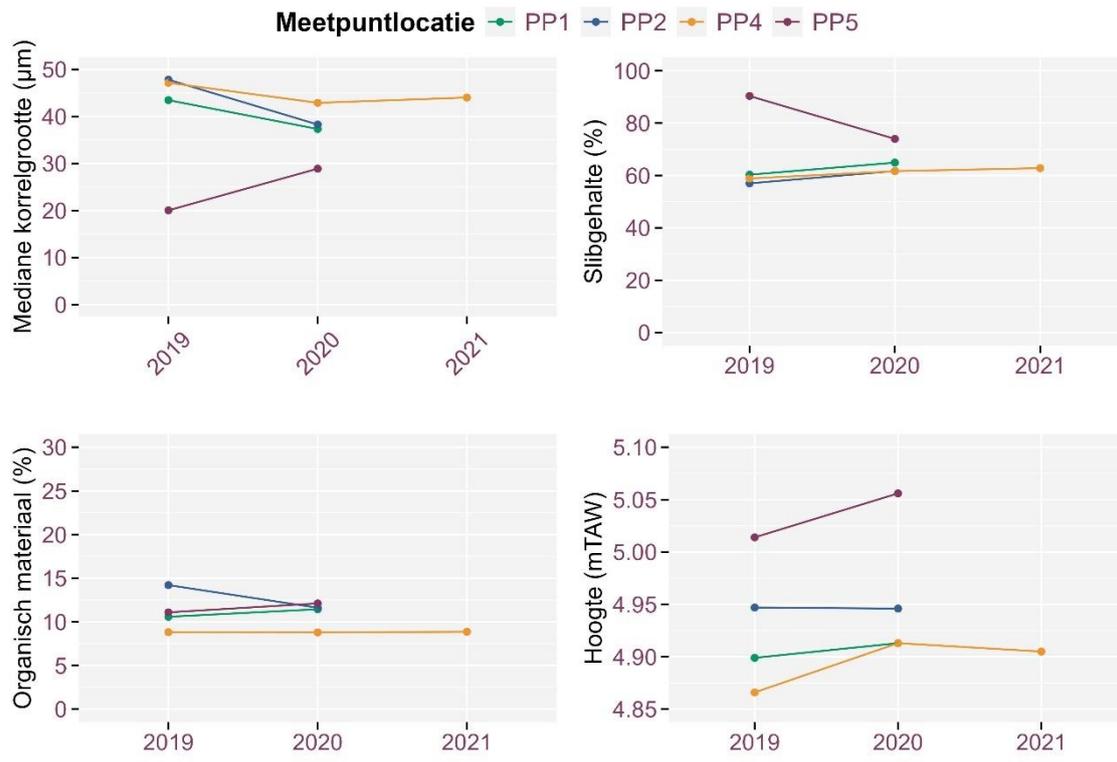
Figuur 3-18: De gemiddelde bedekking per vegetatie-groep in de permanente kwadraten voor 2013-2021.

### 3.5 MACROZOËBENTHOSSOORTEN ONDER DE LOEP

De bodemorganismen staan onderaan in de voedselpiramide van de slikbiotoop. Daardoor is hun dichtheid (en ook hun biomassa) een goede indicator voor het functioneren van het estuariene ecosysteem. We vergelijken de evolutie van de dichtheid in de potpolder van Lillo met een referentiesite Groot Buitenschoor.

De staalnamelocaties in Lillo-Oost zijn PP1 en PP2, de staalnamelocaties in Lillo-West zijn PP4 en PP5 (Figuur 2-2). Vanaf 2019 werden bij de staalnamelocaties in de potpolder ook sedimentstalen genomen. Het sediment is slibrijk (slibgehalte  $\geq 60\%$ ), heeft een kleine mediane korrelgrootte ( $< 50 \mu\text{m}$ ) en is rijk aan organisch materiaal (9-15%). Op de hoger gelegen staalnamelocatie PP5 wordt, zeker in 2019, een lagere mediane korrelgrootte en een hoger slibgehalte gemeten dan op de drie andere locaties waar deze factoren nagenoeg gelijk zijn. Het organisch stofgehalte is het laagst bij PP4 (ca. 9%), maar het verschilt niet veel van de andere locaties (11-14%) (Figuur 3-19).





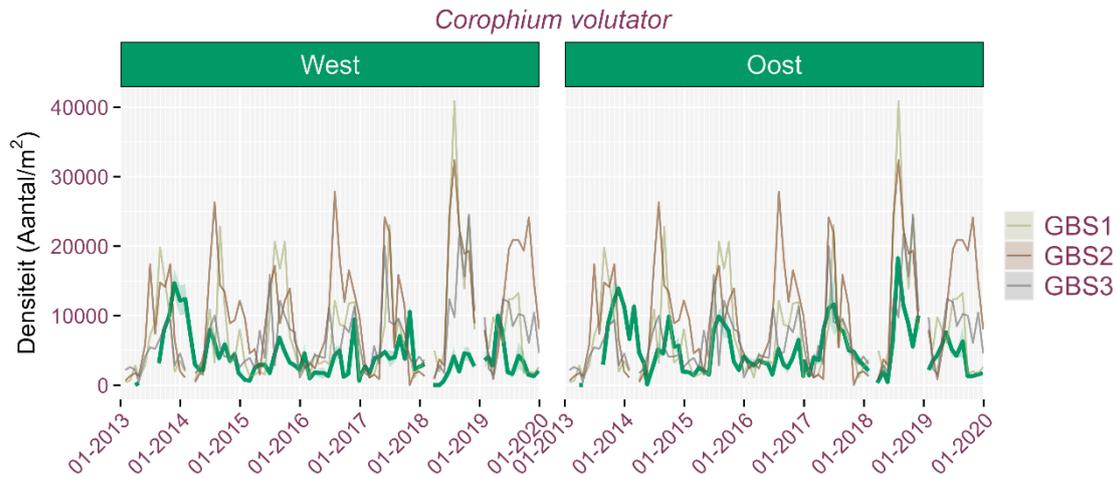
Figuur 3-19: Sedimentkarakteristieken en hoogteligging ter hoogte van de benthos-meetpunten in de potpolder voor 2019 - 2021.

Als referentie voor de densiteiten van deze twee soorten zijn 3 staalnamelocaties op het Groot Buitenschoor ook meegenomen in de analyse (Figuur 2-2). Ze vertonen volgende standplaatscondities (overstromingsdynamiek, bodemsamenstelling): Staalnamelocatie 1 bevindt zich vrij hoog op het litoraal en bevat meer fijn zand. Staalnamelocatie 2 bevindt zich op middelhoog slik nabij de glooiing van het slikplateau naar de Schelde toe met een meer slibbige bodem. Staalnamelocatie 3 ligt op middelhoog slik en bevat een meer kleiige bodem en is minder dynamisch.

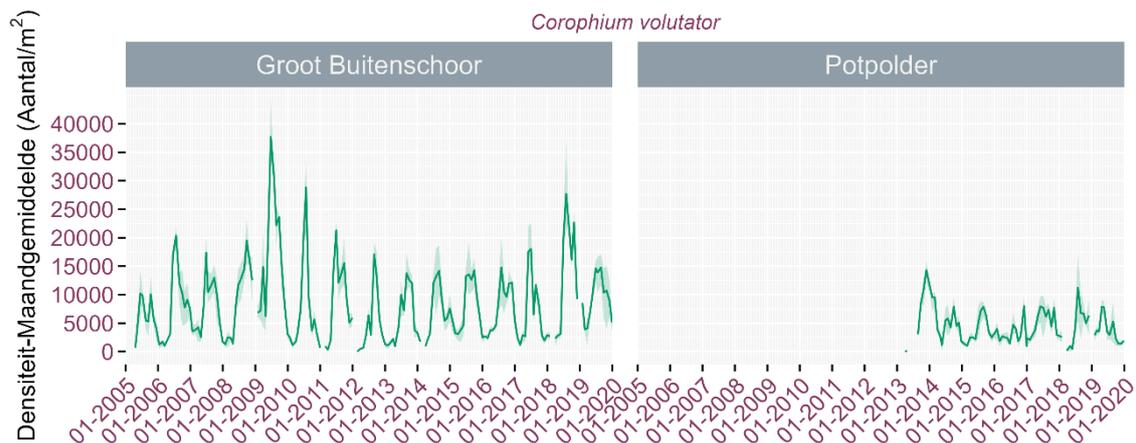
De densiteiten van beide onderzochte bodemdiersoorten vertonen een sterke seizoenseffect (Figuur 3-20 en Figuur 3-22). Over het algemeen neemt het aantal wadkreeftjes sterk toe in de vroege zomer, daalt het aantal in de late zomer en neemt het opnieuw licht toe in de herfst. In de winter daalt de populatiedensiteit sterk.

Het wadkreeftje (*Corophium volutator*) koloniseert het ontpolderd gebied snel, met in de eerste zomer gelijkaardige densiteiten als op de referentiesite. De densiteitspiek ligt in de potpolder in 2013 later dan in het Groot Buitenschoor, en de hoge aantallen houden ook langer in het jaar aan. Vanaf 2014 verloopt de populatieontwikkeling meer synchroon met deze in het Groot Buitenschoor, is de densiteit is duidelijk lager dan op het Groot Buitenschoor en ook lager dan het eerste jaar in de Potpolder (Figuur 3-20 en Figuur 3-21).



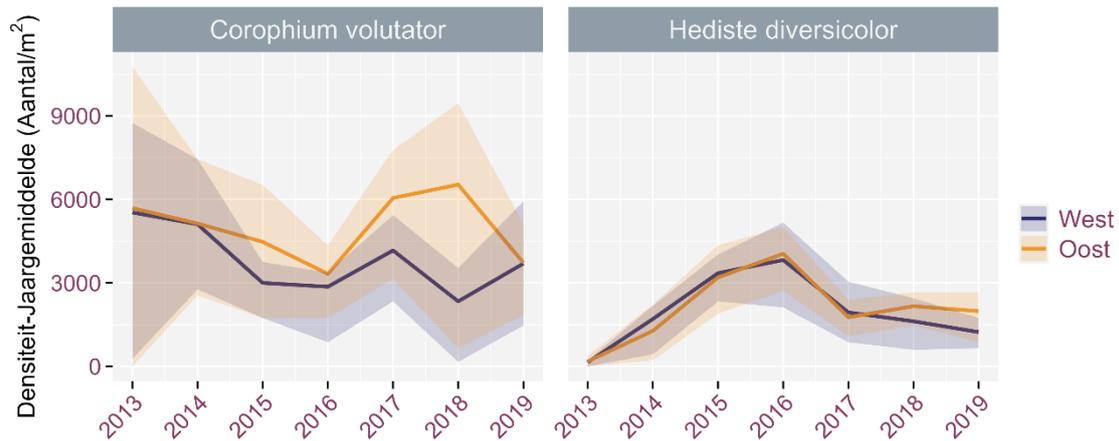


Figuur 3-20: De evolutie (januari 2013 – december 2019) van de gemiddelde maandelijkse populatiedensiteit van het wadkreeftje (*Corophium volutator*) ter hoogte van de Potpolder en de meetlocaties op de slikvlakte van het Groot Buitenschoor. In het voorjaar van 2013 is er missende data in de Potpolder omdat de bodem bevroren was.



Figuur 3-21: De evolutie (januari 2005 – december 2019) van de gemiddelde maandelijkse populatiedensiteit van het wadkreeftje (*Corophium volutator*) in de Potpolder van Lillo en op het Groot Buitenschoor. In het voorjaar van 2013 is er missende data in de Potpolder omdat de bodem bevroren was.

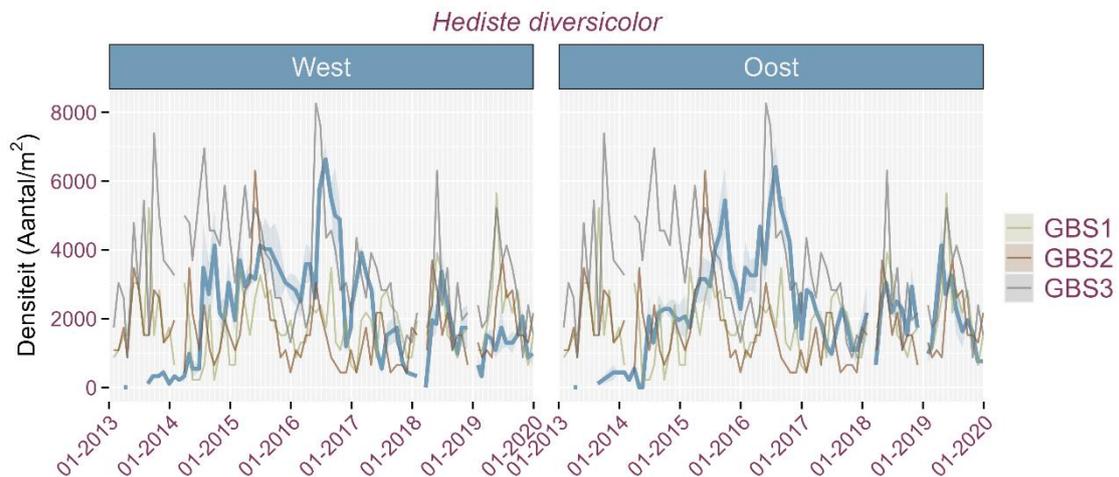
Over de volledige meetperiode heen is de densiteit van *C. volutator* hoger in het oostelijke compartiment dan in het westelijke compartiment (Friedman test  $X^2 = 6.87$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0.009$ ). Dit is meer uitgesproken in de jaren 2015, 2017 en 2018. Door het lage aantal staalnamelocaties (2) is dit effect echter statistisch niet aantoonbaar op jaarbasis (Figuur 3-22).



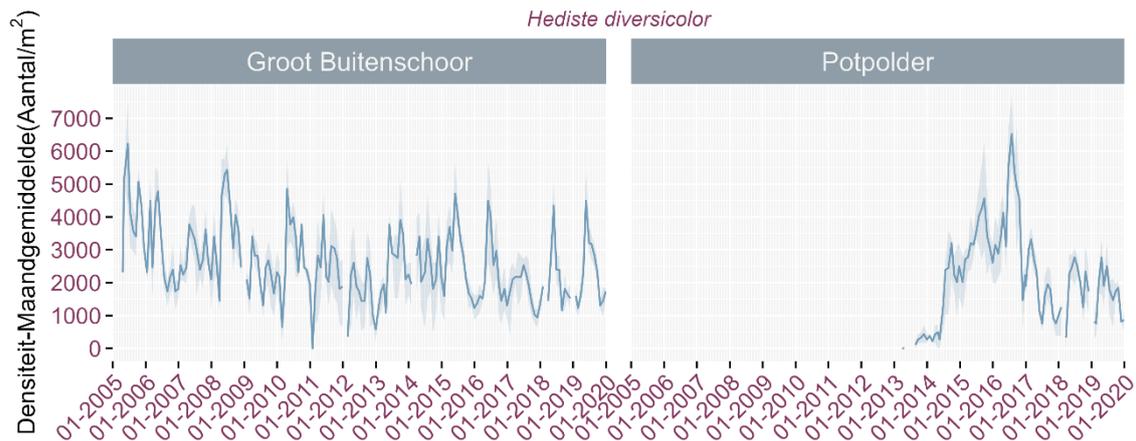
Figuur 3-22: Jaargemiddelde densiteit van *Corophium volutator* en *Hediste diversicolor* in de Potpolder van Lillo.

De populatieontwikkeling van de veelkleurige zeeduizendpoot (*Hediste diversicolor*) vertoont ook een seizoensaliteit met een piek in de lente/zomer en daling in de winter. De populatieontwikkeling van de veelkleurige zeeduizendpoot komt in het ontpolderde gebied trager op gang dan deze van het wadkreeftje. Pas in het derde jaar wordt een maximum densiteit bereikt die in dezelfde grootteorde ligt als op het Groot Buitenschoor. Vanaf het vijfde jaar liggen de densiteiten in de Potpolder een beetje lager dan in het referentiegebied (Figuur 3-23 en Figuur 3-24)

De populatiedichtheid van *H. diversicolor* ontwikkelt nagenoeg identiek in het oostelijke en westelijke compartiment. Vanaf 2018 liggen de aantallen mogelijk iets hoger in Lillo-Oost dan in Lillo-West (Wilcoxon signed-rank test voor 2019,  $p = 0.07$ ) (Figuur 3-23).



Figuur 3-23: De evolutie (januari 2013 – december 2019) van de gemiddelde maandelijkse populatiedensiteit van de zeeduizendpoot (*Hediste diversicolor*) ter hoogte van de Potpolder en de meetlocaties op de slikvlakte van het Groot Buitenschoor. In het voorjaar van 2013 is er missende data in de Potpolder omdat de bodem bevroren was.



Figuur 3-24: De evolutie (januari 2005 – december 2019) van de gemiddelde maandelijkse populatiedensiteit van de zeeduizendpoot (*Hediste diversicolor*) in de Potpolder van Lillo (twee compartimenten samen) en op het Groot Buitenschoor. In het voorjaar van 2013 is er missende data in de Potpolder omdat de bodem bevroren was.

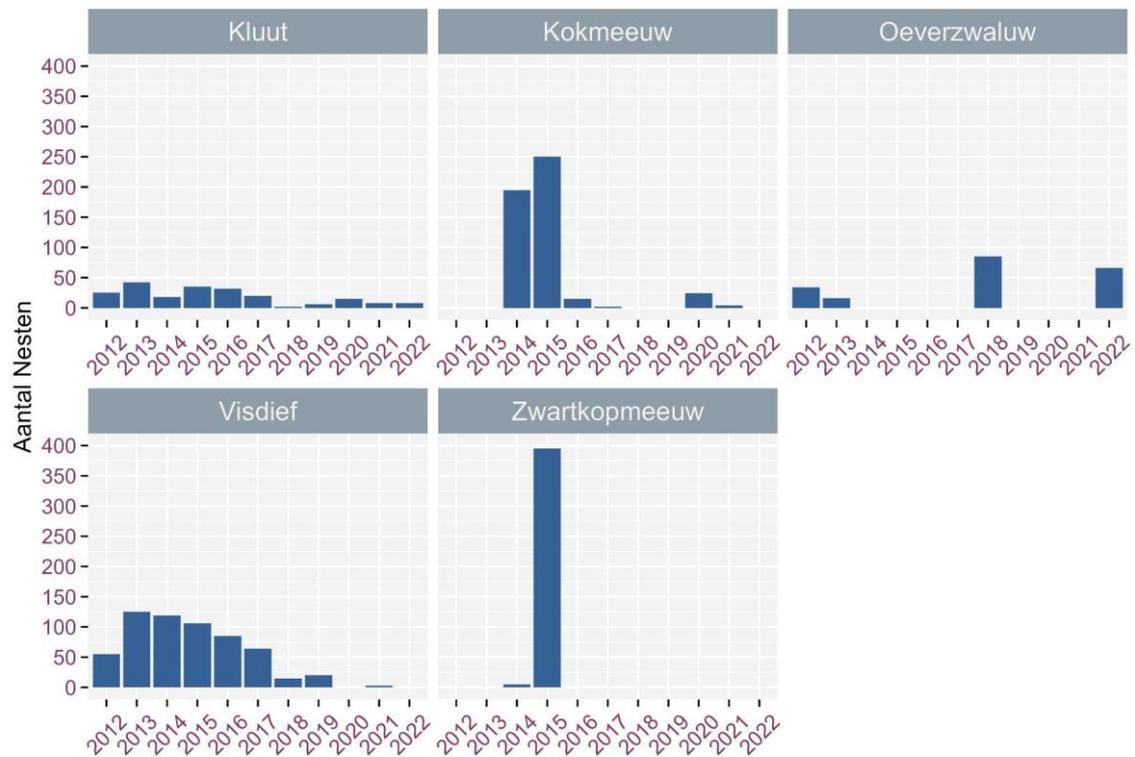
### 3.6 BROED- EN WATERVOGELS

#### 3.6.1 Broedvogels

In 2012 vestigden in kolonies broedende pioniersoorten als kluut en visdief zich op de inrichtingswerf van de ontpoldering. In 2013 nam het aantal nesten van deze soorten sterk toe, ze vestigden zich toen vooral op het nog onbegroeide schiereiland en in mindere mate op de nieuwe dijken met open begroeiing. Het aantal nesten nam de daaropvolgende jaren geleidelijk af. Sinds 2018 broedt de kluut enkel nog op het strandje dat aan de zijde van het schiereiland ontstond op het dijkrelict voor Lillo-Oost. Op één territorium in 2021 na broedde visdief niet meer na 2019. In 2014 en 2015 zat er een kleine kokmeeuwenkolonie (200-250 nesten) op het schiereiland, die in 2015 werd aangevuld met 400 nesten van zwartkopmeeuw (Figuur 3-25).

Ook oeverwaluw was al aanwezig in de inrichtingsfase. Ze hebben nesten uitgegraven in een steile, aan erosie onderhevige wand aan de Scheldezijde van het schiereiland. Het aantal bezette nesten varieert tussen de jaren (Figuur 3-25).

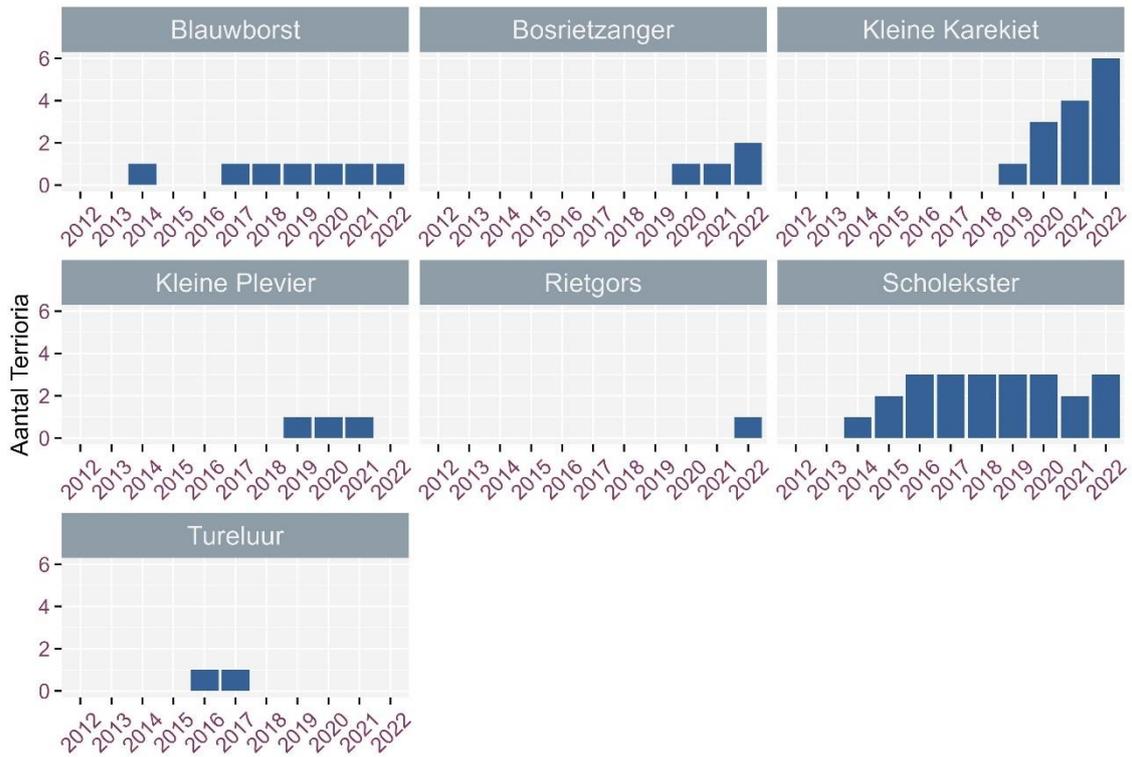




Figuur 3-25: Aantal broedplaatsen per koloniebroeder voor 2012 – 2022 in de Potpolder.

Andere niet kolonievormende pioniersoorten als kleine plevier en scholeksters vonden geschikte broedgelegenheden in het ontpolderde gebied. Kleine plevier met één territorium in 2019, 2020 en 2021. Sinds 2014 broeden jaarlijks 1 tot 3 koppels scholekster. De zich ontwikkelende ruigte- en rietvegetaties trekken sinds 2019 stilletjes aan rietvogels als blauwborst, bosrietzanger, kleine karekiet en rietgors aan (Figuur 3-26).



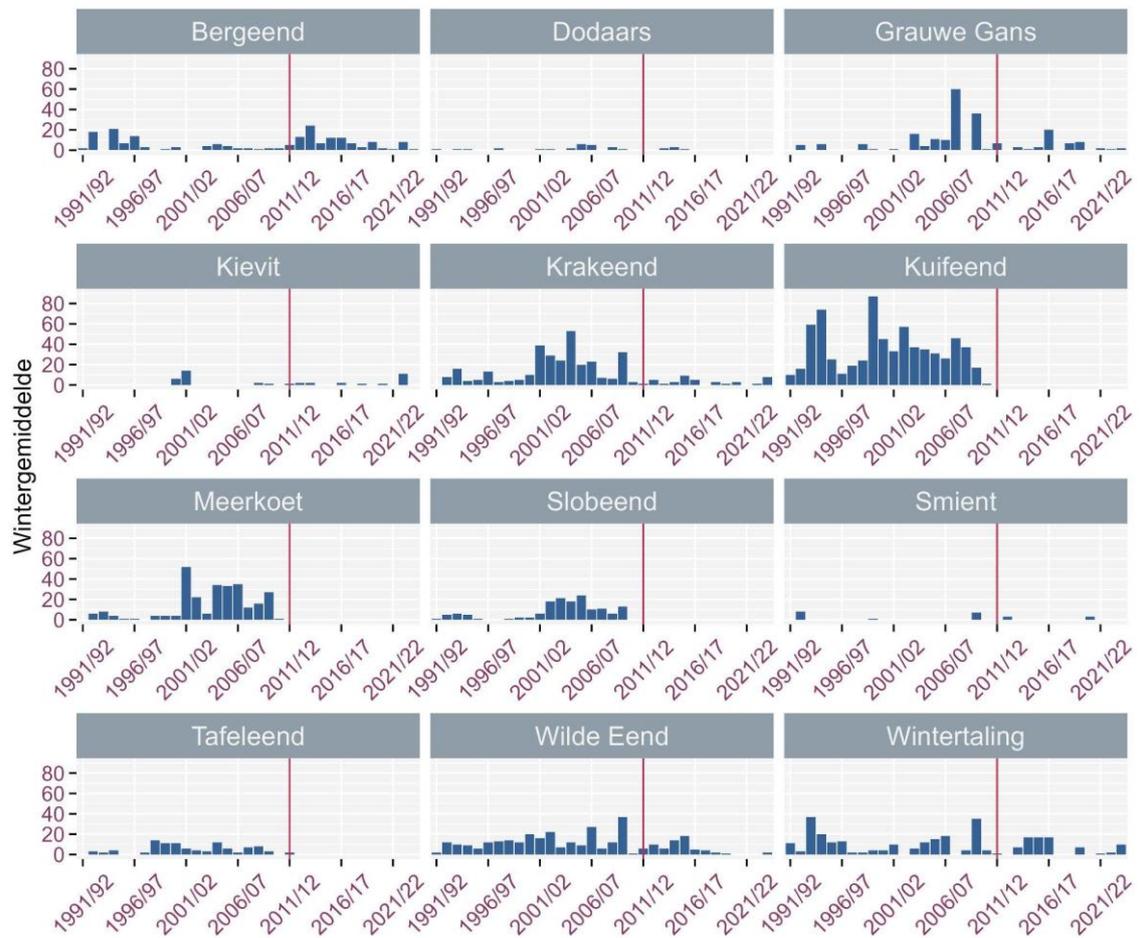


Figuur 3-26: Aantal territoria per broedvogel voor 2012 – 2022 in de Potpolder.

### 3.6.2 Overwinterende watervogels

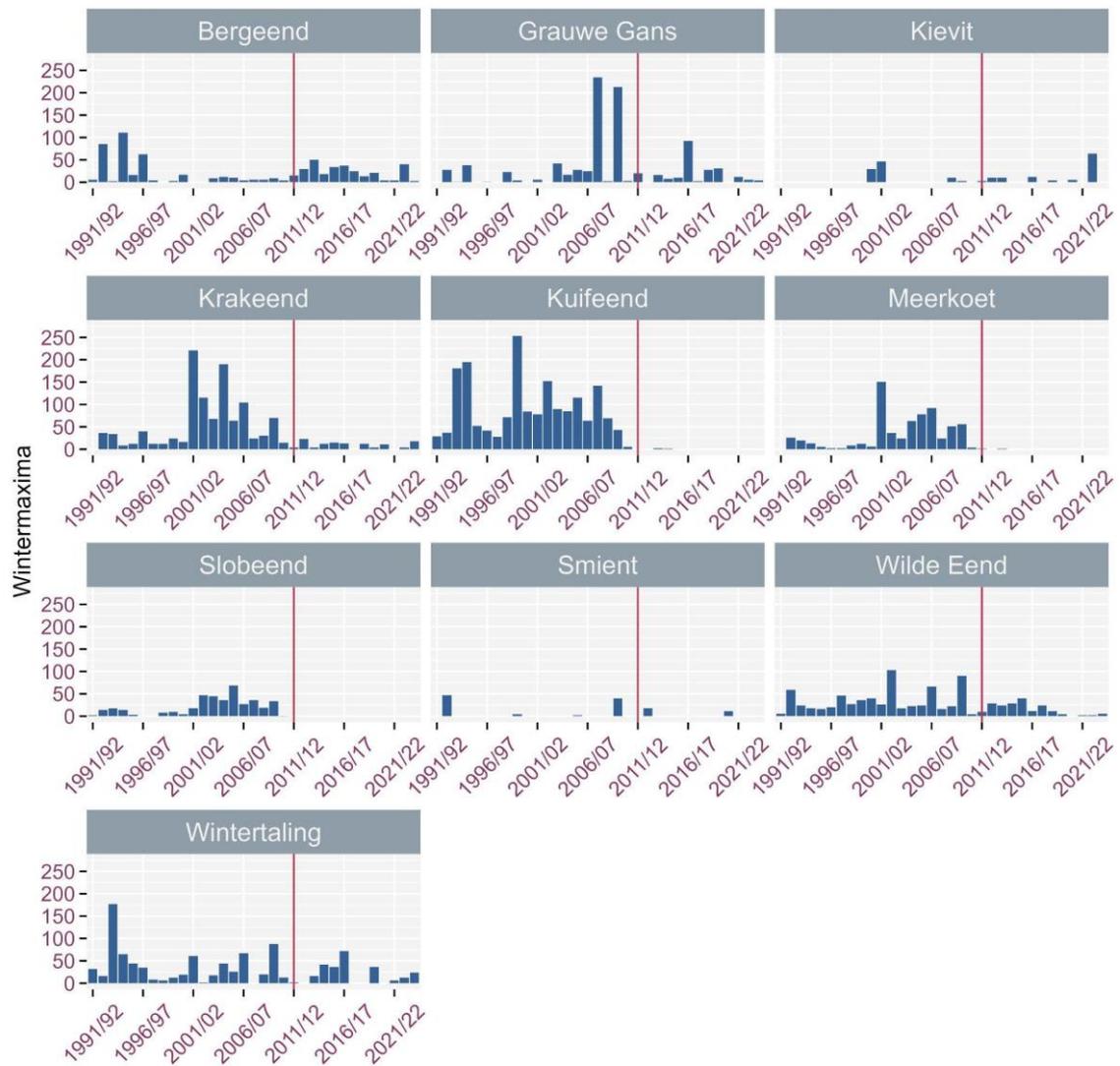
Voor de ontpoldering lagen er in de Potpolder twee grote plassen die redelijk wat watervogels aantrokken. Vogelsoorten als meerkoet, kuifeend, tafeleend en slobbeend kwamen toen frequent voor en verdwenen na de ontpoldering. Dodaars, grauwe gans, krakeend en wilde eend waren voor de ontpoldering talrijker dan erna. Wintertaling is voor en na ontpolderen in gelijkaardige aantallen geteld. Bergeend en kievit komen na ontpolderen meer voor dan ervoor (Figuur 3-27 en Figuur 3-28).





Figuur 3-27: Wintergemiddelde van de watervogels die minstens 2-maal gemiddeld 5 of meer keer voorkomen ter hoogte van de Potpolder.





Figuur 3-28: Wintermaximum van de watervogels die minstens 2-maal een maximum van 25 of meer hebben ter hoogte van de Potpolder.

## 4 DISCUSSIE

### 4.1 ALGEMENE ONTWIKKELING

De Potpolder van Lillo evolueerde in tien jaar van een kale slikvlakte naar een mozaïek van pionierschor en hoog slik. Deze ontwikkeling volgt de kenmerkende ontwikkelingsstadia van intergetijdengebieden (Vandenbruwaene, 2011). Meer dan waarschijnlijk ontwikkelt het gebied de komende jaren verder tot een gevarieerd schorbiotoop met een dendritisch krekensstelsel.

De sedimentvrucht van het estuarium, de initiële hoogteligging in het getijdenvenster en de overstromingsfrequentie zijn sleutelfactoren voor estuariene herstelprojecten in het algemeen en ontpolderingen in het bijzonder (Van Oevelen et al., 2000; Thomsen et al., 2022). In estuaria met beperkte aanvoer van sediment leidt een laag initieel maaiveld tot een langdurig openwater- of slikstadium en is het onzeker of uiteindelijk een gevarieerd intergetijdengebied met schorren ontstaat. In het Schelde-estuarium is het hoge zwevende stofgehalte dermate hoog dat risico hierop nagenoeg onbestaande is (Van den Neuker et al., 2007).

In niet sediment-gelimiteerde estuaria, zoals de Zeeschelde, leidt een hoge overspoelingsfrequentie aanvankelijk tot sedimentatie, die afneemt naarmate het maaiveld het hoogwaterniveau benadert. Bij een hoge uitgangshoogte blijft de nieuw opgebouwde estuariene bodem dun. De doorgaans harde, erosiebestendige (en door de werkzaamheden veelal verdichte) oorspronkelijke bodem verhindert dan het inschuren van krekens, waardoor ook de ontwikkeling van een krekensstelsel wordt beperkt. Bij een lagere uitgangsligging leidt sedimentatie tot de opbouw van een dikker estuarien bodempakket. Hierin schuren nieuwe krekens zich makkelijker uit en ontstaat een vertakt krekensstelsel (Van Oevelen et al., 2000; Vandebrouwaene et al., 2012). Naarmate het gebied hoger komt te liggen in het getijdenvenster, neemt de sedimentatiesnelheid af (Janousek et al., 2021).

Het maaiveld in de potpolder werd afgewerkt op 0,5 en 1 m onder het gemiddeld hoogwaterpeil (4 – 4,5 m TAW). Op tien jaar tijd ontstond een estuariene bodem met een gemiddelde dikte van 60 à 70 cm. De sedimentatiesnelheid was het hoogst in het eerste jaar na de inrichting (> 20 cm/jaar). In het tweede en derde jaar hoogde het maaiveld nog gemiddeld 10 tot 15 cm op. Vanaf het vierde jaar daalde de sedimentatiesnelheid tot minder dan 5 cm/jaar.

Grote delen van het gebied evolueren van dagelijks overstromde slikken naar bij doortijd droogvallende supralitorale zones. In deze zones kan pioniervegetatie zich vestigen, als de periodes van droogvallen voldoende lang zijn en de omstandigheden gunstig (Schwarz et al., 2014 & 2018). De vestiging van schorvegetatie leidt opnieuw tot sterkere sedimentatie doordat de stroomsnelheden afnemen tussen de planten en minder erosie plaatsvindt omdat wortels de bodem vastleggen (Chapman, 1942). Daarnaast beïnvloedt de vegetatie ook de kreekvorming. Krekens komen meer vast te liggen en diepen uit doordat de meer geconcentreerde stroming hogere stroomsnelheden veroorzaakt (Bouma et al. 2013). Diepere krekens verbeteren de drainage, waardoor de vestigingsmogelijkheden voor vegetatie verder verbeteren. De vegetatievestiging leidt in de Potpolder van Lillo opnieuw tot een lichte toename van de sedimentatiesnelheid, in de RTK-raai sinds 2019 en in de LiDAR data vanaf 2023. Dit proces is in de SEP-raai nog niet waarneembaar. Deze raai ligt als gevolg van de



inrichting lager waardoor de vegetatie zich er later vestigt. De eerste tekenen van uitdieping van de krekken tussen de vegetaties laten zich ook al zien in de opmeting van de topografie, vooral in het westelijke compartiment (Figuur 3-5).

De spontane ontwikkeling van een krekkenstelsel direct na de ontpoldering suggereert dat de initiële uitgangspositie van de potpolder geschikt was voor de ontwikkeling van een natuurlijk krekkenstelsel. Typisch voor een gebied gelegen op slikniveau bestaat het netwerk overwegend uit kleine krekken van de 1e- en 2e-orde, en weinig vertakkende krekken van hogere orde die grotendeels constant zijn (Van Oevelen et al., 2000; Hughes 2012). De 1e orde krekken zijn verbonden met een hoek van 90° met de hogere kreekorde. Hogere kreekorders verbinden met een lagere hoek. Deze hoek wordt veroorzaakt door de getijdenstroom waarbij de 1e-orde krekken een hogere getijdenasymmetrie ondervinden tegenover grotere krekken met een meer gebalanceerde eb- en vloedstroom (Eisma, 1998). Op slikken vindt voornamelijk oppervlaktestroming plaats ("sheet-flow"). Bij het ontstaan van vegetatiepatches zal de stroming zich beginnen concentreren tussen de patches en zich beginnen begrenzen tot krekken die zich diep in de begroeide schorren insnijden (Hughes, 2012). Als het estuarium over voldoende sediment beschikt, hangt de sedimentatie van het gebied af van hoe goed het sediment verspreid wordt doorheen het krekkenstelsel en oppervlaktestroming (Van Oevelen et al., 2000; Weinstein et al., 2001). Door de verschuiving van oppervlaktestroming naar geconcentreerde stroming hebben schorren een hogere kreekdensiteit dan slikvlaktes (Vandenbruwaene, 2011). In de Potpolder van Lillo is een afname van de kreekdensiteit geobserveerd doorheen de jaren. De hogere kreekdensiteit in de eerste jaren weerspiegelt de vorming van embryonale kreekjes die uitgeschuurd worden door de ebstroom in het zachte sliksubstraat. In deze slikfase variëren de krekken vaak in ruimte en tijd en is nog veel microreliëf aanwezig. Door sedimentatie en stabiliserende factoren zoals algen en vegetatie zwakt het microreliëf af en komen minder krekken vaster te liggen. Wellicht zal bij verdere vegetatieontwikkeling de kreekdensiteit opnieuw toenemen.

De inschatting van de kreekdensiteit aan de hand van Esri Arcgis hydrology-tool op basis van huidige 1x1m LiDAR-raster blijkt een objectieve benadering tegenover het handmatig digitaliseren van krekken op basis van luchtfoto's, LiDAR of inmeten op het veld. De Esri tool reduceert namelijk de kans op menselijke interpretatiefouten van waar een kreek voorkomt, begint of eindigt. Wel is een voldoende hoge resolutie van de LiDAR-rasters vereist om tot een goed resultaat te komen.

De vegetatiesuccessie waargenomen in de Potpolder komt overeen met andere herstelde brakke getijdengebieden in de Schelde (Vandevoorde et al., 2011). In de uitgangssituatie waren de omstandigheden niet geschikt voor hogere planten. Een deel van de planten (zeeaster, zeebies en riet) die zich gevestigd hadden tijdens de werfperiode overleefde het eerste jaar van overspoeling en sedimentatie, maar verdwenen nadien volledig. Op het nieuw ontstane slik vestigt zich eerst de alg *Vaucheria*. Dit is een draadvormige macro-alg die lokaal de sedimentatie bevordert en erosie verhindert (van de Vijssel et al. 2021). Vanaf het vierde vegetatieseizoen vestigden zich hogere planten. Nadien ontwikkelde de vegetatie zich via twee verschillende successiepatronen:

1. Kieming op kansrijke momenten ("Window of Opportunity"). Wanneer het gebied een bepaalde hoogte bereikt door sedimentatie, zullen bepaalde delen minder overstroomd bij lagere hoogwaterstanden. Als deze periodes voldoende lang zijn en gunstig, dan zullen pioniersoorten zich vestigen. De belangrijkste pioniersoort in de potpolder is zeeaster (*Aster tripolium*), maar ook zeekraalsoorten (*Salicornia spec.*) en spiesmelde (*Atriplex prostrata*) vestigen zich snel maar in kleinere aantallen. Bij verdere



sedimentatie en successie zullen soorten als zeebies (*Bolboschoenus maritimus*) en riet (*Phragmites australis*) de dominerende rol overnemen. Uiteindelijk zal de vegetatie evolueren naar een climaxvegetatie van riet (Van Braeckel et al. 2008, Gyselings et al., 2011; Balke et al., 2011 & 2014; Schwarz et al., 2014 & 2018).

2. Fysiologische of klonale kolonisatie: Laterale uitgroei van klonale plantensoorten zoals riet en zeebies. Vanuit de (schor)rand kunnen wortelstokken van klonale soorten het slik ingroeien (Van Ryckegem et al., 2021). Doordat deze klonale planten via wortelstokken een netwerk vormen waarmee de stengels met elkaar in verbinding staan, kunnen ze delen koloniseren die abiotisch ongeschikte standplaatsen vormen wegens te nat, anoxisch of te hoge gehalten aan toxische stoffen (Amsberry et al., 2000; Mueller et al., 2021). De stengeldensiteit is de eerste jaren laag, maar neemt gaandeweg door de jaren toe.

Een belangrijke factor voor de vestiging van pioniersvegetatie is de aanwezigheid van een krekensysteem. Nutriënten en sediment worden aangevoerd en verspreid over het gebied door het krekensysteem en het voert water en afvalproducten af. Gebieden met een goed ontwikkeld krekensysteem zijn beter gedraineerd en hebben minder waterverzadigde bodems waardoor vegetatie zich makkelijker vestigt (Zedler & Callaway, 2001). In de literatuur zijn er meerdere factoren geïdentificeerd die de snellere vegetatievestiging langs krekensystemen beïnvloeden. Deze factoren zijn een grotere zaadafzetting (Hopkins & Parker, 1984), betere drainering (Schile et al. 2001; Chapple & Dronova 2017), lagere zoutstress en lagere sulfide accumulatie (King et al., 1982). De bodems rond krekensystemen die vaak onderstromen kunnen mogelijk ook een snellere ontwikkeling hebben van de microbiële bodemgemeenschap, wat een voorloper kan zijn voor vegetatieontwikkeling (Lynum et al., 2020). Voornamelijk een betere drainering en aeratie van de bodem wordt beschouwd als een belangrijke parameter. Door de natuurlijke sedimentatie wordt er meer zandig sediment afgezet nabij de kreekranden, en meer slibrijk en moeilijker te ontwateren sediment in de kommen tussen de krekensystemen (Gyselings et al., 2011). Een andere factor die de vegetatieontwikkeling kan belemmeren, is predatie. Onderzoek heeft aangetoond dat zeeduizendpoten (*Hediste diversicolor*) grazen op jonge kiemplanten en daardoor de kolonisatie van planten vertragen (Zhu et al., 2016). De invloed van golfslag, breuksteen en helling in het gebied zijn ook bepalend voor de ontwikkelingskansen van vegetatie (Gyselings et al., 2011).

In overeenstemming met de bevindingen van van de Vijssel et al. (2021) kiemden pioniersoorten, vnl zeeaster, uitsluitend in de Vaucheriabegroeiingen op de kreekruigen. Dit wier vangt extra sediment en stabiliseert de nieuwe bodem door haar wortelstructuren, met een versnelde ophoging en betere drainage als gevolg (van de Vijssel et al. 2021). De eerste vestiging van zeeaster werd in het vierde vegetatiejaar na ontpoldering vastgesteld. De oppervlakte van deze pioniervegetaties, waarin ook soorten als spiesmelde en zeekraal regelmatig opduiken, breidde jaar na jaar uit. In elk compartiment vestigden zich na vier jaar ook schorplanten in de luwe noordwestelijke zones van de brede breuksteenstrook aan de voet van de dijk. Deze strook was aangelegd op het niveau van gemiddeld hoogwaterpeil bij springtij (schorniveau). Na vier jaar was er tussen de stenen al veel sediment afgezet. De klonale soorten riet en zeebies koloniseerden vanuit deze strook, via hun wortelstokken, het waterverzadigde aanpalende slik, een omgeving die anders niet geschikt zou zijn voor plantengroei.

De basis van het estuariene voedselweb is het organisch materiaal in de bodem. De dichtheid van macrozoöbenthos in het gebied wordt naast organisch stofgehalte beïnvloed door verschillende bodemeigenschappen, porositeit, zuurstofgehalte en korrelgrootteverdeling voor habitatgeschiktheid (Little, 2000). Het nieuwe afgezette sediment in de ontpoldering is net als



recent afgezet sediment op het hoog slik van de brakke zone van de Zeeschelde slibrijk (Van de Meutter et al., 2022; Van Ryckegem, 2024). Het organisch stofgehalte ligt iets hoger dan het door Van de Meutter et al. (2022) gevonden organisch stofgehalte in de brakke zone van de Zeeschelde. Net als bij andere gebieden die terug onder de getijdeninvloed gesteld worden, zien we in de potpolder een snelle kolonisatie door bodemorganismen vanaf het eerste jaar (Sacco et al., 1994; Levin et al., 1996; Speybroeck et al., 2007). In deze gebieden behoren wadkreeftje (*Corophium volutator*) en zeeduizendpoot (*Hediste diversicolor*) tot de meest abundante soorten, samen met enkele oligochaeten (Eertman et al., 2002; Speybroeck et al., 2007; Walles et al., 2019). Net als in andere herstelde zones in de brakke gebieden van de Zeeschelde, koloniseerden mobiele taxa zoals het wadkreeftje en de zeeduizendpoot het herstelde gebied snel (Van den Neucker et al., 2007).

De resultaten van het onderzoek naar benthossoorten in het nabijgelegen Galgenschoor laten zien dat de bodemdiergemeenschappen in de meso-oligohaliene overgangszone gedurende het jaar grote variaties vertonen in termen van soortensamenstelling, aantallen en biomassa. De soortensamenstelling evolueert niet verder dan wadkreeftje, zeeduizendpoot en oligochaeten. Het wadkreeftje en de zeeduizendpoot vertonen een duidelijke seizoenale variatie met een piekdensiteit in de lente/zomer. Wadkreeftje is een van de meest abundante organismen in estuariene slikken. Het is ook de meest voorkomende soort op het dichtbijgelegen Galgenschoor (gelegen tussen de Potpolder en het Groot Buitenschoor op dezelfde oever). Wadkreeftje heeft vaak twee generaties per jaar, wat de tweede piek in de herfst verklaart. Namelijk, een langer levende overwinterende generatie en een korter levende lente-zomergeneratie (Verbesssem et al., 2002).

Het dijkrelict en het schiereiland, de eerste jaren kaal en schaars begroeid, trokken onmiddellijk na de ontpoldering een groot aantal koloniebroedende vogels aan, zoals visdief, kluut, kokmeeuw en zwartkopmeeuw. Door verruiging van de vegetatie neemt de oppervlakte geschikt broedhabitat gradueel af. Mogelijk ontdekten ook grondpredatoren de kolonies, wat kan geleid hebben tot predatiemijding en uiteindelijk het verdwijnen van de kolonies.

## 4.2 VERSCHIL IN INRICHTING

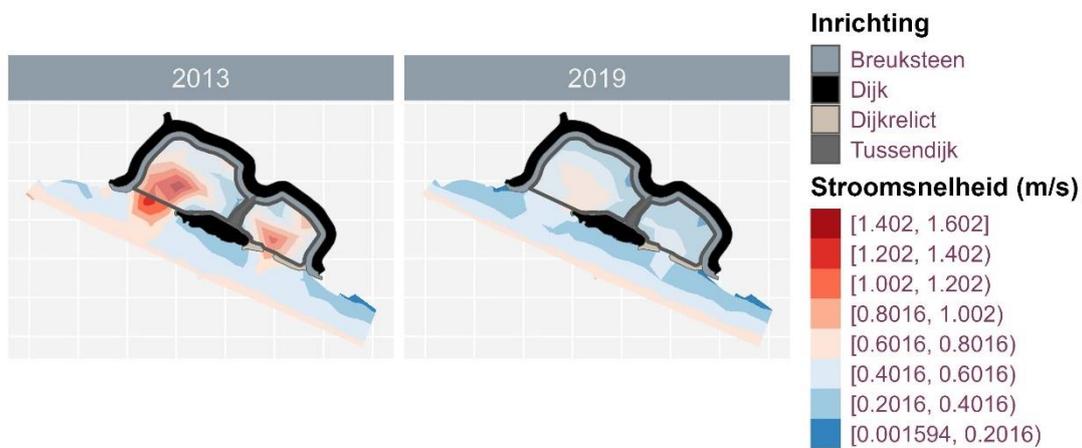
De ontpoldering van de Potpolder van Lillo vormt een uniek veldexperiment waarbij twee verschillende manieren van ontpolderen met elkaar worden vergeleken. Twee afzonderlijke compartimenten kregen een verschillende inrichting. In één compartiment (Lillo-Oost) is een dijkrelict behouden tussen het ontpolderde gebied en de vaargeul waarin een bres werd uitgegraven. In het andere compartiment (Lillo-West) is de volledige dijk afgegraven tot op het niveau van het slik langs de vaargeul. Vele sleutelfactoren die bepalend zijn voor het resultaat van een ontpoldering (Van Oevelen et al., 2000; Van den Neucker et al., 2007) zijn gelijk of nagenoeg gelijk voor de twee compartimenten (Tabel 1-1). In beide compartimenten is een kreek aanzet uitgegraven in de voormalige dijk die aansluit op een dieper uitgegraven zone aan landzijde (overdiepte). Het is bij ons weten de eerste keer dat een dergelijk experiment uitgevoerd en opgevolgd wordt.

Na 10 jaar monitoring stellen we vast dat de estuariene ontwikkeling sneller verloopt in het compartiment waarvan de dijk volledig is verwijderd (Lillo-West). De initiële sedimentatiesnelheid en de kreekdensiteit zijn er hoger. De kreekdensiteit neemt in beide compartimenten geleidelijk af, maar neemt in het westelijke compartiment vanaf jaar 9 toe, terwijl in het oostelijke compartiment de dalende trend zich voortzet tot minstens 11 jaar na



ontpolderen. Hogere planten vestigden zich in beide compartimenten in het vierde vegetatie seizoen, maar de vegetatie breidde zich in westelijke compartiment sneller uit, waardoor er na 10 jaar een grotere oppervlakte begroeid is dan in het oostelijke compartiment.

De initieel snellere sedimentatie of ophoging van het maaiveld in Lillo-West kan worden verklaard doordat de oppervlakkige vloedstroom ("sheet-flow") plaatsvond over de volledige breedte van de ontpoldering, en bovendien vroeger in het getijdenster begon. In Lillo-Oost moet het vloedwater eerst door de bres en treedt sheet-flow enkel op vanuit de gegraven overdiepte en, later, vanuit de nieuw ontwikkelde kreek. Via deze sheet-flow wordt sediment aangevoerd dat onder de luwe omstandigheden in het compartiment kan neerslaan (Vandenbruwaene, 2011; Hughes, 2012). Een grotere oppervlaktestroom zorgt dus voor een grotere aanvoer van sediment en bijgevolg een snellere ophoging. De resultaten van het bestaande SCALDIS-model, een 3D-hydrodynamisch model van het volledige Schelde-estuarium (Vanlede et al., 2020), suggereren bovendien een hogere stroomsnelheid tijdens de vloed in het westelijke compartiment dan in het oostelijke compartiment (Figuur 4-1). De zone met stroomsnelheden hoger dan 0,8m/s is in 2013 veel groter in Lillo-West dan in Lillo-Oost. Hierdoor kan het aandeel zand in het aangevoerde sediment toenemen t.o.v. de fijnere slibfractie. Een hoger aandeel zand in het afgezette sediment leidt op zijn beurt tot minder inklinking en dus tot minder bodemdaling en tot een groter oeverwal-komgrondcontrast. Het SCALDIS-model is in het gebied van de potpolder enkel richtinggevend door de beperkte detaillering van de bathymetrie/topografie. Een verfijnd deelmodel zou bijkomende inzichten kunnen opleveren voor de waargenomen verschillen in stroomsnelheid en de verwachte sedimentatiesnelheid.



Figuur 4-1: Gemodelleerde maximale stroomsnelheid bij vloed door het SCALDIS model voor 2013 en 2019.

Er zijn nog enkele verschillen in aanleg die het verschil in initiële sedimentatiesnelheid mee beïnvloed kunnen hebben. Omdat in de beginjaren als slikgebied sheetflow de belangrijkste sturende variabele is (Vanbruwaene et al., 2015), zal het aandeel van deze verschillen eerder beperkt zijn. Zo was er een verschil in initiële diepte van de gegraven hoofdkreeken ter hoogte van de gebreste of afgegraven dijk. In Lillo-West lag dit in 2012 lager (3,15 m TAW) dan in Lillo-Oost (3,50 m TAW later geërodeerd tot 3,34 m TAW). Dit betekent dat de vloedstroom in het westelijke compartiment ook vroeger de kreek in kon stromen. Mogelijk is ook op deze wijze meer sediment aangevoerd. De uitgegraven kreekaanzet net achter de bres of overdiepte nam

relatief gezien een grotere oppervlakte in van het oostelijke compartiment. Bij een gelijke diepte (deze zijn echter nooit opgemeten) zou in Lillo-Oost relatief meer sediment in de overdiepte terecht kunnen komen, wat kan bijdragen tot de tragere sedimentatie op de hogere delen.

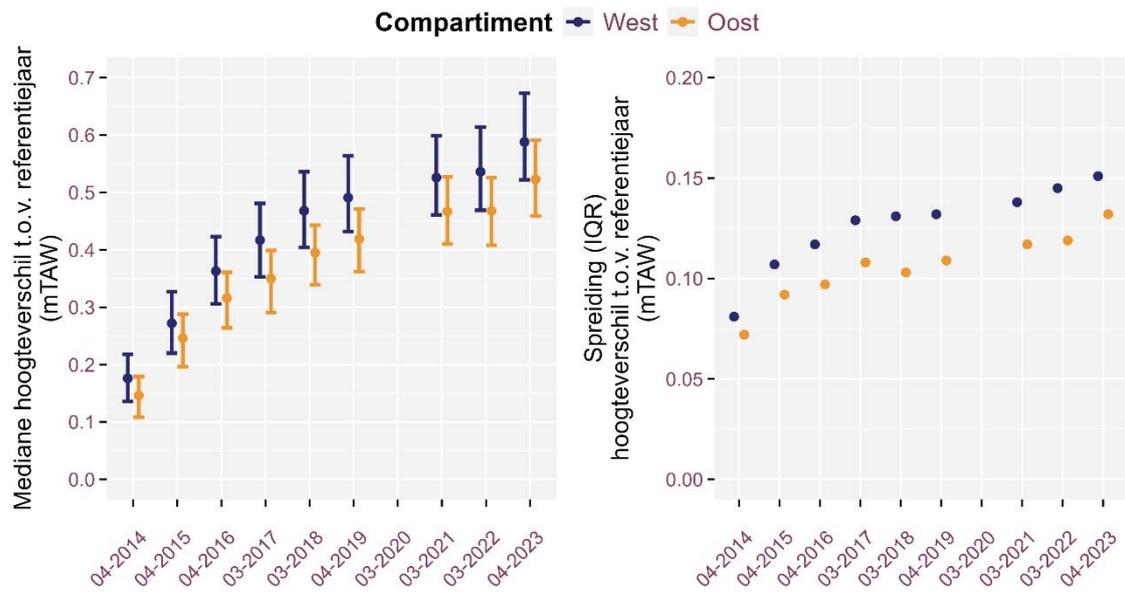
Een rechtstreekse open verbinding tussen de rivier en het ontpolderd gebied veroorzaakt mogelijk ook morfologische veranderingen later in de ontwikkeling. Zo treedt in Lillo-West opnieuw een stijging op van de kreekdensiteit, wellicht mede een gevolg van het actiever worden van de westelijke hoofdkreek die een deel van het afwateringsgebied overneemt van de oostelijke hoofdkreek. Dit wordt deels beïnvloed door neervorming bij de hogere stroomsnelheden net voor en na hoogwater richting de dijk in het westelijk gedeelte (Stark et al., 2021). Hierdoor blijft de dynamiek lokaal hoog en vertraagt de vegetatievorming het westelijk deel van Lillo-West.

De sneller stijgende hoogteligging, meer topografische variatie en de betere drainering als gevolg van de hogere kreekdensiteit resulteerden in een snellere kolonisatie van nopjeswier (*Vaucheria*) in Lillo-West in de eerste plaats op de kreekruggetjes (Figuur 3-14). Al deze factoren verklaren mogelijk de snellere vegetatieontwikkeling in het westelijke compartiment. De overstromingsfrequentie op de hogere kreekruggen neemt er sneller af dan in het oostelijke compartiment. Als gevolg neemt de aeratie van de bodem sneller toe, waardoor er sneller geschikte omstandigheden ontstaan voor de vestiging en groei van pionierplanten (Gyselings et al., 2011; Schwarz et al., 2014 & 2018). Bovendien zorgt de snellere ontwikkeling van nopjeswier mogelijk voor een betere bescherming van de kiemplanten tegen predatie door de veelkleurige zeeduizendpoot (Van Belzen et al., 2016).

De vastgestelde dichtheden van het wadkreeftje (*Corophium volutator*), dat uitsluitend voorkomt op slik, liggen tussen de drie en zeven jaren na ontpoldering hoger in het minder geconsolideerde gebreeste Lillo-Oost. Dit is in overeenstemming met een tragere evolutie naar schor. De populatie van de veelkleurige zeeduizendpoot is zeer gelijklopend in beide compartimenten. De mogelijk hogere dichtheid van deze soort in het oostelijke compartiment vanaf jaar 6 zou de tragere ontwikkeling van de pioniervegetatie mee kunnen verklaren. De zeeduizendpoot is namelijk in staat de kieming van pionier van zeeaster te verhinderen door begrazing van de kiemplanten (Van Belzen et al., 2016).

Om het groter oeverwal komgrond-contrast in het compartiment met de volledige dijkafraving (Lillo-West) ten opzichte van het gebreeste compartiment met het dijkrelict (Lillo-Oost) te illustreren, kan ook gekeken worden naar de variatie op de bodemstijging op basis van de DTM's. In Lillo-West is de variatie op de bodemstijging na een half jaar al groter dan in het gebreeste compartiment (Lillo-Oost) en neemt de variatie nadien sneller toe (Figuur 4-2). Dit kan wijzen op een heterogenere sedimentatie en compactatie wat samengaat met een grotere kreekdiversiteit en mogelijk een grotere sedimentdiversiteit (niet bepaald in deze studie). Uiteindelijk kan dit resulteren in een snellere vegetatievestiging (Fivash et al., 2023) en grotere habitatdiversiteit (Figuur 3-13 en Afbeelding 4-1).





Figuur 4-2: Evolutie van het verschil in hoogteligging in beide compartimenten (links, mediaan ±IQR) en de spreiding op de hoogteligging (rechts, IQR). Het referentiejaar is 2013.



Afbeelding 4-1: Luchtfoto's van de twee compartimenten (Links Lillo-West, rechts Lillo-Oost) in augustus 2022 (Yves Adams-Vildaphoto ©).

In 2022-2023 werd iets verder stroomafwaarts op de linker Scheldeoever de grensoverschrijdende en veel grootschaligere ontpoldering van de Hedwige- en Prosperpolder (450 ha) voltooid. Aan Belgische zijde werd een deel van de Prosperpolder ontpolderd door middel van een bres. Het bestaande Schor Ouden Doel vormt als het ware een dijk tussen de rivier en de ontpoldering. Aan Nederlandse zijde werd het bestaande schor volledig afgegraven met als resultaat een volledig open verbinding tussen de rivier en de voormalige Hedwigepolder. Zo ontstaat daar een gelijkaardige situatie als in Lillo, zij het op veel grotere schaal. Helemaal vergelijkbaar is de situatie niet. Zo zijn de Prosper- en Hedwigepolder niet van elkaar gescheiden door een tussendijk en zijn er verschillen in uitgangshoogte en inrichting (aanleg kreken, broedeilanden, etc.) tussen beide polders. Toch wordt het bijzonder interessant om de komende jaren na te gaan of de ontwikkelingen in de Hedwige- en Prosperpolder onze waarnemingen in de Potpolder van Lillo al dan niet bevestigen. Als dat het geval is, zal de ontwikkeling naar schor sneller verlopen in de Hedwigepolder dan in de

Prosperpolder. De bedoeling was echter om in de Hedwigepolder een langer durende slikfase te creëren als nieuw foerageergebied voor waadvogels en in de Prosperpolder een snellere schorontwikkeling als potentieel broedgebied voor broedvogels.



## 5 CONCLUSIE

Tien jaar na jaar de ontpoldering bevindt de Potpolder van Lillo zich in een overgangsstadium van slik naar schor. Deze ontwikkeling bevestigt dat als bij een ontpoldering in de Zeeschelde voldoende ruimte gecreëerd wordt voor spontane fysische processen (bodenvorming, verandering hoogteligging, kreekvorming, etc.), ecologische functionaliteit (het ontstaan van een aan het getij aangepaste levensgemeenschap) een kwestie van tijd is. De initiële hoogteligging ten opzichte van de getijdencurve is één van de belangrijkste parameters voor sedimentatie, de ontwikkeling van een natuurlijk krekensysteem, en bijgevolg de evolutie van slik naar een ecologisch goed functionerend schor. De in deze ontpoldering gekozen uitgangshoogte van 0,5 tot 1 m onder gemiddeld hoogwater leidt in de Zeeschelde na 10 jaar tot de vorming van een estuariene bodem met een dikte van 0,6 tot 0,7 m. In het nieuw afgezette sediment ontstaat een nieuw dendritisch krekensysteem. Verwacht wordt dat in het uiteindelijke schorstadium de dikte van de estuariene bodem nog zal toenemen en het dendritisch krekensysteem zich verder zal ontwikkelen, waardoor een goed functionerend schorecosysteem ontstaat.

De sedimentatiesnelheid is het hoogst in de eerste jaren na de ontpoldering. Enkele jaren na de vestiging van pioniersvegetatie stijgt de sedimentatie opnieuw als gevolg van de feedback van sedimentvangst en bodemverankering.

We onderscheiden twee processen van vegetatiesuccessie in de Potpolder. Het eerste proces is klonale kolonisatie. Klonale soorten kunnen abiotisch ongunstige leefgebieden koloniseren via hun wortelstokken die verbonden blijven met de moederplanten die groeien in een gunstig habitat. Enkele soorten zoals riet (*Phragmites australis*) en zeebies (*Bolboschoenus maritimus*) vestigen zich eerst in de luwere, van wind en golfslag afgeschermden delen van de hoger gelegen breuksteenzone. Van hieruit breiden ze zich klonaal uit in het slik. Het tweede proces is kieming tijdens kansrijke momenten ("Window of Opportunity"). Wanneer de overstromingsfrequentie afneemt door een toenemende hoogteligging vestigen pioniersplanten zich op de beter gedraineerde kreekkruggen. De kreekkruggen raken eerst begroeid met nopjeswier (*Vaucheria*). Nadien kiemen zeeasterzaadjes in deze Vaucheriapatches.

De benthosoorten zeeduizendpoot en wadkreeftje koloniseren het gebied snel en vertonen duidelijke seizoenale fluctuaties. Het schiereiland en het voorliggend dijkrelict trokken de eerste jaren een groot aantal kolonievormende broedvogels aan. Door verruiging en wellicht ook door het opduiken van grondpredatoren neemt het aantal nesten doorheen de jaren snel af.

In dit unieke veldexperiment waarbij twee verschillende manieren van ontpolderen met elkaar worden vergeleken, verloopt de estuariene ontwikkeling sneller in het gebied waarvan de dijk volledig verwijderd is en er een naadloze overgang is gecreëerd tussen ontpolderd gebied en bestaand slik. Deze maximalisatie van de getijuitwisseling leidt tot snellere sedimentatie, een hogere kreekdensiteit en snellere vegetatieontwikkeling. Kortom, tot een snellere evolutie van onbegroeid slik naar begroeid schor.

Ontpolderen door middel van een bres in een dijk zorgt in deze case voor een lagere initiële sedimentatiesnelheid en een lagere kreekdensiteit. Pioniersvegetatie vestigt zich gelijktijdig in



beide compartimenten. Door de hogere sedimentatie en hogere kreekdensiteit in het compartiment zonder voordijk breiden patches van pioniersvegetatie zich hier sneller uit.

De case benadrukt dat het ontpolderen van binnendijkse gebieden een waardevolle manier is om estuariene natuur te herstellen. Het benadrukt ook de nood en de waarde van monitoring om de criteria te onderbouwen voor toekomstige estuariene herstelprojecten.



## Referenties

- Amsberry, L., Baker, M. A., Ewanchuk, P. J., & Bertness, M. D. (2000). Clonal integration and the expansion of *Phragmites australis*. *Ecological applications*, 10(4), 1110-1118.
- Balke T., Bouma T.J., Horstman E.M., Webb E.L., Erftemeijer P.L.A. & Herman P.M.J. (2011). Windows of opportunity: thresholds to mangrove seedling establishment on tidal flats. *Marine Ecology Progress Series* 440: 1-9.
- Balke T., Herman P.M.J. & Bouma T.J. (2014). Critical transitions in disturbance-driven ecosystems: identifying Windows of Opportunity for recovery. *Journal of Ecology* 102: 700-708.
- Bouma, T.J., Temmerman, S., van Duren, L.A., Martini, E., Vandenbruwaene, W., Callaghan, D.P., Balke, T., Biermans, G., Klaassen, P.C., van Steeg, P., Dekker, F., van de Koppel, J., de Vries, M.B., Herman, P.M.J. (2013). Organism traits determine the strength of scale-dependent bio-geomorphic feedbacks: A flume study on three intertidal plant species. *Geomorphology*, volumes 180–181, pages 57-65, ISSN 0169-555X,
- Boumans, R. M., & Day, J. W. (1993). High precision measurements of sediment elevation in shallow coastal areas using a sedimentation-erosion table. *Estuaries*, 16(2), 375-380.
- Burd, F., Clifton, J., & Murphy, B. (1994). Sites of historical sea defence failure. Phase II study. *Institute of Estuarine and Coastal Studies, University of Hull. Report to English Nature Z038-94-F ed.*
- Bakker, J. P., Esselink, P., Dijkema, K. S., Van Duin, W. E., & De Jong, D. J. (2002). Restoration of salt marshes in the Netherlands. *Hydrobiologia*, 478, 29-51.
- Callaway, R. M., Jones, S., Ferren Jr, W. R., & Parikh, A. (1990). Ecology of a mediterranean-climate estuarine wetland at Carpinteria, California: plant distributions and soil salinity in the upper marsh. *Canadian Journal of Botany*, 68(5), 1139-1146.
- Chapman, V.J., (1942). Studies in salt marsh ecology. Section VIII. *Journal of Ecology* 29, 69-82.
- Chapple, D., & Dronova, I. (2017). Vegetation development in a tidal marsh restoration project during a historic drought: a remote sensing approach. *Frontiers in Marine Science*, 4, 243.
- Crooks, S., Schutten, J., Sheern, G. D., Pye, K., & Davy, A. J. (2002). Drainage and elevation as factors in the restoration of salt marsh in Britain. *Restoration ecology*, 10(3), 591-602.
- Eertman, R. H., Kornman, B. A., Stikvoort, E., & Verbeek, H. (2002). Restoration of the Sieperda tidal marsh in the Scheldt estuary, the Netherlands. *Restoration Ecology*, 10(3), 438-449.
- Eisma, D. (1998) Intertidal deposits: river mouths tidal flats & coastal lagoons. CRC Press, New York
- Esri., (n.d.). An overview of the Hydrology toolset. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/an-overview-of-the-hydrology-tools.htm>
- Fivash G.S., Temmerman S., Kleinhans, M.G., Heuner M., van derHeide T. & Bouma T.J. (2023). Early indicators of tidal ecosystem shifts in estuaries. *Nature communications* 14:1911.











Walles, B., Brummelhuis, E., van der Pool, J., & Ysebaert, T. (2019). *Development of the benthic macrofauna community after tidal restoration at Rammegors* (No. C042/19). Wageningen Marine Research.

Waterwegen en Zeekanaal. (2009) "Ontmoet de Schelde: naar een vitaal Scheldegebied met het Sigmoplan" [BROCHURE].

Waterwegen en Zeekanaal. (2013) "Ontmoet de Schelde: naar een vitaal Scheldegebied met het Sigmoplan" [BROCHURE].

Weinstein, M. P., Teal, J. M., Balletto, J. H., & Strait, K. A. (2001). Restoration principles emerging from one of the world's largest tidal marsh restoration projects. *Wetlands Ecology and Management*, 9, 387-407.

Zedler, J. B., & Callaway, J. C. (2001). Tidal wetland functioning. *Journal of Coastal Research*, 38-64.

Zhu, Z., van Belzen, J., Hong, T., Kunihiro, T., Ysebaert, T., Herman, P. M., & Bouma, T. J. (2016). Sprouting as a gardening strategy to obtain superior supplementary food: Evidence from a seed-caching marine worm. *Ecology*, 97(12), 3278-3284.

Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N. J., Saveliev, A. A., & Smith, G. M. (2009). *Mixed effects models and extensions in ecology with R* (Vol. 574, p. 574). New York: springer.



## 6 BIJLAGE

### 6.1 BIJLAGE 1: DETAILS INRICHTINGSFASE

Tijdens de werkzaamheden werd Lillo-West van het projectgebied bemaald. Het bemalingswater werd over de dijk gepompt aan de meest westelijke kant van het projectgebied waardoor een kreek ontstond (kreek 1). Deze bemaling was noodzakelijk in het westelijke compartiment omdat via pijpleidingrestanten Scheldewater doordrong in het gebied (mondelinge mededeling P. Peeters).

Op 6 en 7 mei 2012 werden in het projectgebied bresproeven uitgevoerd. Lillo-West overstroomde gedurende 4 hoogwaters, Lillo-Oost gedurende 2. Voor het oostelijke compartiment (brede bres, 20 m) ontstond een gevlochten systeem van ondiepe kreekjes (Afbeelding 6-1-links). Voor het westelijke compartiment ontstond een smalle, diepe geul in het voorliggende slik (Afbeelding 6-1-rechts). Voordien waren hier geen of slechts zeer ondiepe, smalle en min of meer rechte kreekjes aanwezig. (gegevens P. Peeters, WL). Op 7 mei werden de bressen terug dicht gemaakt. Nadien werden de omliggende Sigmadijken verder afgewerkt.



Afbeelding 6-1: Links: Gevlochten systeem van ondiepe kreekjes voor Lillo-Oost na bresproef in mei 2012. Rechts: Smalle diepe geul voor Lillo-West na bresproef in mei 2012 (foto's P. Peeters, WL).

Definitieve afgraving van de dijk voor het westelijke compartiment werd gestart op 04/09/2012 (dag 1 ontpoldering). Er werd gewerkt van NW naar ZO. Op 07/09/2012 werd de dijk weggegraven ter hoogte van de kreekaanzet (gegraven overdiepte aan de landzijde). Op exact dezelfde plek werd in het voorjaar de bresproef uitgevoerd. De smalle diepe kreek die hierdoor aan de rivierzijde ontstond was nog aanwezig. De dijk werd hier dieper weggegraven om de kreekaanzet te verbinden met de voorliggende kreek. De specie van de afgegraven dijk werd gestort in een gegraven overdiepte in het oostelijke compartiment en nadien genivelleerd tot 4 – 4,5 m TAW. De dijk voor Lillo-Oost werd de daaropvolgende week afgegraven. Daar waar de dijk van Lillo-West over de gehele lengte werd verwijderd (tot onder schorhoogte,  $\pm 4,5$  m TAW), is in het oostelijke compartiment, op vraag van INBO, een dijkje blijven staan (top 5,5 m TAW) (Afbeelding 6-2-links). De ca. 30 m bres werd aangelegd op 14/09/2012 (Afbeelding 6-2-rechts). Ook hier werd de kreekaanzet over een korte afstand (bereik van de grijpparm van de kraan) uitgegraven in het voorliggende slik (Figuur 33). Nadien werd aan de uiterst zuidoostelijke punt van Lillo-Oost het dijkje tijdelijk afgegraven om de voet van de Sigmadijk te verstevigen met stortstenen. Nadien werd het dijkje terug hersteld.





Afbeelding 6-2: Links: Aanleg van de bres in Lillo-Oost op 14/09/2012. Rechts: Lage dijk voor Lillo-Oost (foto's W. Mertens 20/9/2012).



## 6.2 BIJLAGE 2: DATA SEDIMENTATIE

Bij de RTK- en SEP-metingen zijn niet alle vaste punten gedurende alle meetdatums opgemeten. Als gevolg kan er een klein verschil ontstaan tussen de berekeningen van het hoogteverschil tegenover respectievelijk de eerste datum en de voorgaande meetdatum gezien de mediaan en de kwartielen berekend werden met een verschillend aantal metingen.

### 6.2.1 LiDAR

Tabel 6-1 LiDAR mediane hoogte (m TAW), eerste en derde kwartiel, en interkwartielrange (IQR).

Hoogte (mTAW)	Compartiment Oost				Compartiment West				Totaal compartimenten			
	Datum	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3
04-2013	4.517	4.354	4.600	0.246	4.513	4.401	4.602	0.201	4.515	4.389	4.601	0.213
04-2014	4.669	4.498	4.743	0.245	4.694	4.590	4.768	0.178	4.685	4.567	4.758	0.190
04-2015	4.770	4.593	4.846	0.253	4.786	4.690	4.864	0.174	4.781	4.667	4.855	0.189
04-2016	4.842	4.665	4.915	0.251	4.869	4.782	4.947	0.165	4.861	4.754	4.933	0.179
03-2017	4.867	4.703	4.945	0.242	4.921	4.837	4.999	0.162	4.904	4.800	4.977	0.177
03-2018	4.910	4.754	4.981	0.227	4.961	4.873	5.045	0.172	4.942	4.837	5.015	0.178
04-2019	4.937	4.778	5.005	0.227	5.000	4.939	5.064	0.125	4.982	4.892	5.043	0.151
03-2020												
03-2021	4.981	4.827	5.050	0.222	5.040	4.960	5.108	0.147	5.020	4.915	5.087	0.172
03-2022	4.977	4.826	5.051	0.225	5.055	4.977	5.121	0.143	5.030	4.922	5.098	0.176
04-2023	5.030	4.881	5.105	0.224	5.112	5.030	5.176	0.146	5.085	4.974	5.157	0.183

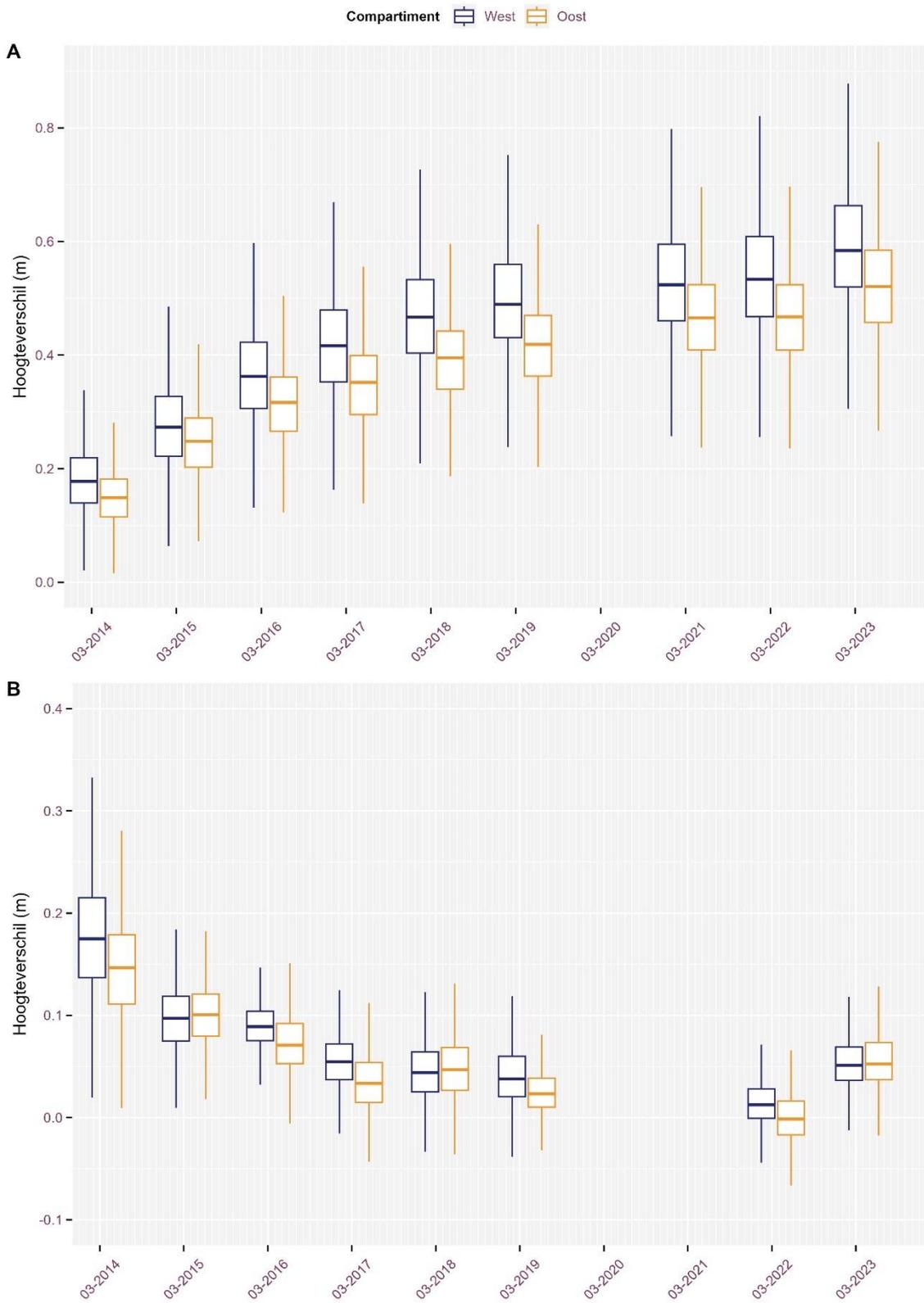
Tabel 6-2: LiDAR mediane hoogteverschil (m), eerste en derde kwartiel, en interkwartielrange (IQR) ten opzichte van januari 2013.

Hoogteverschil (m)	Compartiment Oost				Compartiment West				Totaal compartimenten			
	Datum	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3
04-2013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
04-2014	0.146	0.108	0.179	0.072	0.176	0.136	0.218	0.081	0.164	0.125	0.205	0.080
04-2015	0.246	0.196	0.288	0.092	0.272	0.220	0.327	0.107	0.262	0.212	0.313	0.101
04-2016	0.316	0.264	0.361	0.097	0.363	0.306	0.423	0.117	0.343	0.289	0.404	0.115
03-2017	0.350	0.291	0.399	0.108	0.417	0.353	0.481	0.129	0.389	0.327	0.458	0.131
03-2018	0.395	0.339	0.443	0.103	0.468	0.404	0.536	0.131	0.435	0.373	0.507	0.134
04-2019	0.419	0.362	0.471	0.109	0.491	0.432	0.564	0.132	0.463	0.402	0.537	0.135
03-2020												
03-2021	0.467	0.410	0.527	0.117	0.526	0.461	0.599	0.138	0.503	0.438	0.577	0.139
03-2022	0.468	0.408	0.526	0.119	0.536	0.469	0.614	0.145	0.510	0.440	0.587	0.147
04-2023	0.523	0.459	0.591	0.132	0.588	0.522	0.673	0.151	0.565	0.493	0.647	0.153

Tabel 6-3: LiDAR mediane hoogteverschil (m), eerste en derde kwartiel, en interkwartielrange (IQR) ten opzichte van voorgaande meetdatum.

Hoogteverschil (m)	Compartiment Oost				Compartiment West				Totaal compartimenten				
	Datum	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3	IQR
04-2013													
04-2014		0.146	0.108	0.179	0.072	0.176	0.136	0.218	0.081	0.164	0.125	0.205	0.080
04-2015		0.100	0.079	0.121	0.042	0.097	0.075	0.119	0.044	0.098	0.076	0.119	0.043
04-2016		0.071	0.052	0.092	0.040	0.089	0.075	0.104	0.029	0.084	0.067	0.101	0.035
03-2017		0.032	0.012	0.053	0.041	0.054	0.036	0.072	0.036	0.047	0.026	0.067	0.042
03-2018		0.046	0.025	0.068	0.044	0.043	0.023	0.064	0.040	0.044	0.024	0.066	0.042
04-2019		0.023	0.010	0.038	0.029	0.038	0.020	0.060	0.040	0.031	0.016	0.053	0.038
03-2020													
03-2021													
03-2022		-0.003	-0.023	0.014	0.038	0.011	-0.004	0.027	0.031	0.007	-0.012	0.024	0.036
04-2023		0.052	0.036	0.074	0.038	0.051	0.035	0.069	0.033	0.051	0.036	0.071	0.035





Figuur 6-1: Boxplots van de LiDAR-data voor 2013-2023. Per meetdatum wordt (A) het hoogteverschil tegenover de eerste meetdatum en (B) het hoogteverschil tegenover de vorige meetdatum weergegeven.



## 6.2.2 RTK-GNSS raaien

Tabel 6-4: De vaste punten op de RTK-GNSS raaien met mediane hoogte (m TAW), eerste en derde kwartiel, en interkwartielrange (IQR).

Hoogte (mTAW)	Compartment Oost				Compartment West				Totaal compartimenten				Voorliggend slik			
Datum	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3	IQR
09-2012	4.340	4.157	4.363	0.205	4.410	4.298	4.473	0.175	4.360	4.260	4.448	0.188	4.030	3.408	4.442	1.035
10-2012	4.340	4.320	4.440	0.120	4.490	4.400	4.545	0.145	4.450	4.320	4.522	0.202	4.005	3.407	4.445	1.038
01-2013	4.440	4.330	4.520	0.190	4.590	4.397	4.617	0.220	4.530	4.390	4.610	0.220	4.170	3.900	4.400	0.500
04-2013	4.510	4.348	4.577	0.230	4.630	4.492	4.680	0.188	4.560	4.438	4.647	0.210	4.235	3.837	4.372	0.535
07-2013	4.570	4.410	4.625	0.215	4.650	4.550	4.700	0.150	4.615	4.508	4.683	0.175	4.320	4.000	4.430	0.430
10-2013	4.570	4.510	4.640	0.130	4.620	4.550	4.720	0.170	4.590	4.512	4.688	0.175	4.080	3.540	4.390	0.850
01-2014	4.570	4.430	4.638	0.208	4.700	4.617	4.758	0.140	4.640	4.552	4.728	0.175	4.285	3.830	4.410	0.580
04-2014	4.630	4.510	4.697	0.188	4.760	4.670	4.810	0.140	4.690	4.620	4.765	0.145	4.370	3.965	4.500	0.535
10-2014	4.630	4.527	4.730	0.203	4.785	4.703	4.838	0.135	4.715	4.647	4.790	0.143	4.470	4.027	4.570	0.543
04-2015	4.710	4.627	4.800	0.173	4.865	4.795	4.928	0.133	4.810	4.745	4.900	0.155	4.395	3.820	4.607	0.787
10-2015	4.720	4.678	4.865	0.188	4.900	4.800	4.948	0.147	4.840	4.740	4.922	0.182	4.540	4.062	4.650	0.588
04-2016	4.720	4.680	4.870	0.190	4.950	4.860	5.000	0.140	4.875	4.802	4.970	0.168	4.570	4.200	4.700	0.500
10-2016	4.790	4.691	4.848	0.157	4.907	4.838	4.968	0.130	4.849	4.783	4.927	0.144	4.423	3.896	4.673	0.777
10-2017	4.793	4.701	4.887	0.186	4.955	4.882	5.014	0.132	4.895	4.841	4.976	0.135	4.397	4.047	4.650	0.603
10-2018	4.804	4.721	4.907	0.186	4.979	4.914	5.036	0.122	4.924	4.860	4.998	0.139	4.520	4.109	4.718	0.608
10-2019	4.873	4.816	4.968	0.152	5.020	4.969	5.097	0.128	4.979	4.899	5.033	0.134	4.531	4.017	4.764	0.747
10-2020																
10-2021	4.970	4.878	5.057	0.179	5.155	5.091	5.242	0.151	5.095	4.972	5.165	0.193				

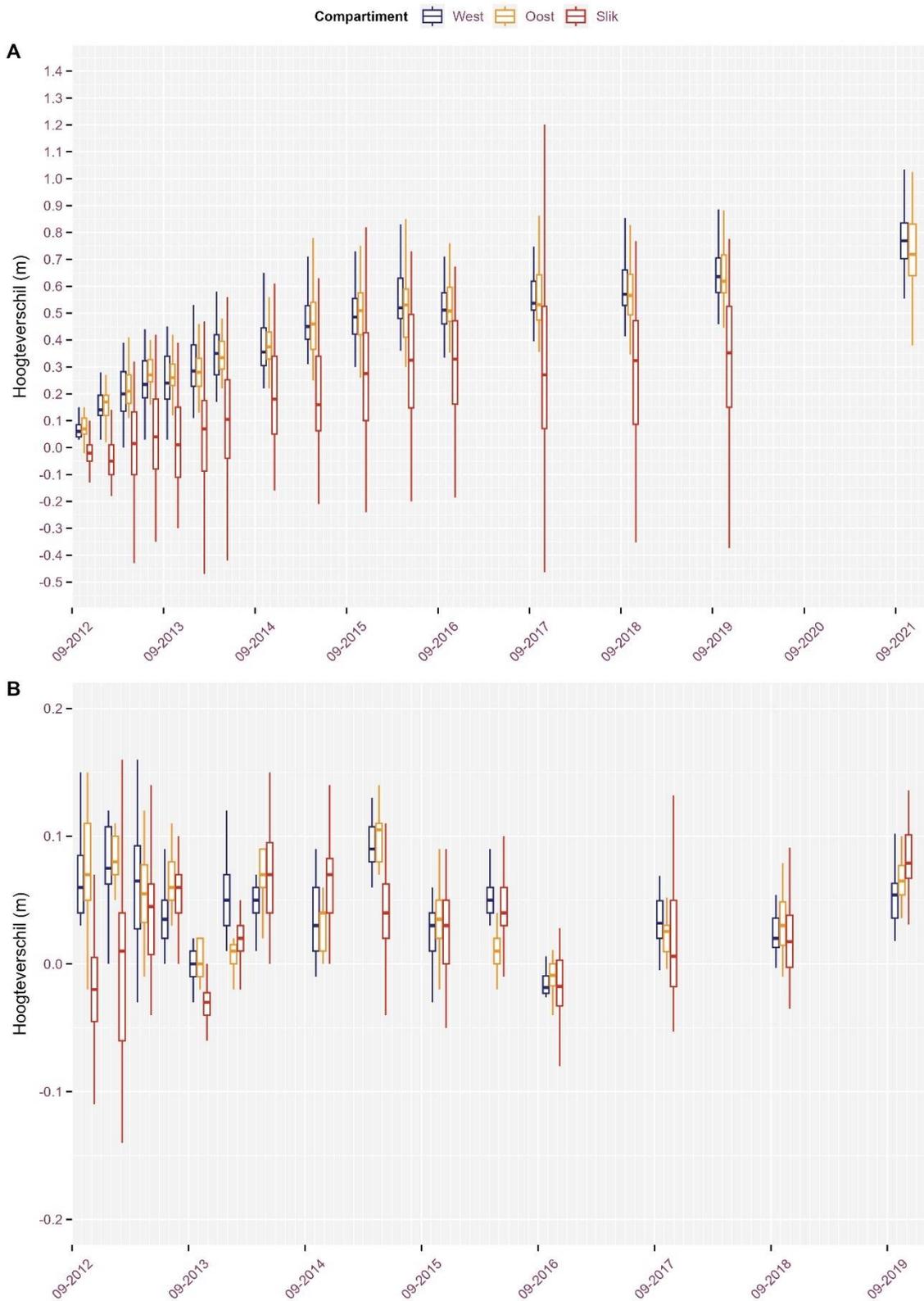
Tabel 6-5: De vaste punten op de RTK-GNSS raaien met mediane hoogteverschil (m), eerste en derde kwartiel, en interkwartielrange (IQR) ten opzichte van september 2012.

Hoogteverschil (m)	Compartment Oost				Compartment West				Totaal compartimenten				Voorliggend slik			
Datum	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3	IQR
09-2012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-2012	0.070	0.050	0.110	0.060	0.060	0.040	0.085	0.045	0.070	0.040	0.093	0.053	-0.020	-0.050	0.010	0.060
01-2013	0.170	0.120	0.195	0.075	0.140	0.120	0.195	0.075	0.140	0.120	0.200	0.080	-0.050	-0.100	0.010	0.110
04-2013	0.210	0.165	0.270	0.105	0.200	0.135	0.283	0.148	0.200	0.140	0.278	0.138	0.015	-0.100	0.133	0.232
07-2013	0.270	0.245	0.328	0.082	0.235	0.185	0.323	0.138	0.260	0.208	0.340	0.133	0.040	-0.080	0.180	0.260
10-2013	0.260	0.230	0.310	0.080	0.240	0.180	0.340	0.160	0.250	0.185	0.318	0.133	0.010	-0.110	0.150	0.260
01-2014	0.280	0.228	0.333	0.105	0.285	0.228	0.382	0.155	0.280	0.223	0.365	0.142	0.070	-0.087	0.175	0.262
04-2014	0.335	0.293	0.395	0.102	0.350	0.270	0.420	0.150	0.340	0.275	0.415	0.140	0.105	-0.040	0.252	0.292
10-2014	0.375	0.330	0.430	0.100	0.355	0.305	0.445	0.140	0.365	0.315	0.442	0.128	0.180	0.050	0.340	0.290
04-2015	0.460	0.365	0.540	0.175	0.450	0.402	0.528	0.125	0.450	0.397	0.535	0.138	0.160	0.062	0.340	0.278
10-2015	0.510	0.420	0.575	0.155	0.485	0.422	0.555	0.133	0.495	0.420	0.568	0.148	0.275	0.100	0.427	0.327
04-2016	0.530	0.410	0.590	0.180	0.520	0.480	0.630	0.150	0.525	0.472	0.620	0.148	0.310	0.140	0.490	0.350
10-2016	0.508	0.469	0.596	0.127	0.511	0.460	0.576	0.116	0.509	0.460	0.584	0.124	0.324	0.132	0.469	0.337
10-2017	0.531	0.474	0.643	0.169	0.537	0.511	0.619	0.108	0.537	0.494	0.625	0.131	0.253	0.064	0.524	0.460
10-2018	0.566	0.494	0.644	0.150	0.570	0.529	0.661	0.132	0.568	0.519	0.657	0.138	0.297	0.069	0.471	0.402
10-2019	0.619	0.576	0.717	0.141	0.635	0.577	0.705	0.128	0.634	0.576	0.717	0.141	0.352	0.150	0.525	0.375
10-2020																
10-2021	0.718	0.640	0.831	0.191	0.769	0.702	0.835	0.133	0.738	0.659	0.839	0.181				

Tabel 6-6: De vaste punten op de RTK-GNSS raaien met mediane hoogteverschil (m), eerste en derde kwartiel, en interkwartielrange (IQR) ten opzichte van voorgaande meetdatum.

Hoogteverschil (m)	Compartiment Oost				Compartiment West				Totaal compartimenten				Voorliggend slik			
	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3	IQR
09-2012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-2012	0.070	0.050	0.110	0.060	0.060	0.040	0.085	0.045	0.070	0.040	0.093	0.053	-0.020	-0.050	0.010	0.060
01-2013	0.080	0.070	0.100	0.030	0.080	0.065	0.110	0.045	0.080	0.067	0.103	0.035	-0.010	-0.070	0.040	0.110
04-2013	0.055	0.032	0.077	0.045	0.065	0.028	0.093	0.065	0.060	0.030	0.090	0.060	0.050	-0.007	0.087	0.095
07-2013	0.060	0.050	0.080	0.030	0.035	0.020	0.050	0.030	0.050	0.030	0.068	0.038	0.060	0.040	0.070	0.030
10-2013	0.000	-0.010	0.020	0.030	0.000	-0.010	0.010	0.020	0.000	-0.010	0.020	0.030	-0.030	-0.040	-0.023	0.017
01-2014	0.010	0.000	0.015	0.015	0.050	0.030	0.070	0.040	0.030	0.010	0.057	0.047	0.020	0.010	0.030	0.020
04-2014	0.070	0.060	0.090	0.030	0.050	0.040	0.060	0.020	0.060	0.040	0.070	0.030	0.070	0.040	0.100	0.060
10-2014	0.040	0.010	0.040	0.030	0.030	0.010	0.060	0.050	0.030	0.010	0.055	0.045	0.070	0.040	0.080	0.040
04-2015	0.105	0.080	0.110	0.030	0.090	0.080	0.107	0.027	0.090	0.080	0.110	0.030	0.040	0.020	0.063	0.042
10-2015	0.035	0.020	0.050	0.030	0.030	0.010	0.040	0.030	0.030	0.010	0.042	0.033	0.030	0.000	0.050	0.050
04-2016	0.010	0.000	0.020	0.020	0.050	0.040	0.060	0.020	0.040	0.020	0.060	0.040	0.040	0.030	0.060	0.030
10-2016	-0.009	-0.017	0.000	0.017	-0.018	-0.023	-0.009	0.014	-0.012	-0.023	-0.003	0.020	-0.017	-0.033	0.003	0.036
10-2017	0.026	0.010	0.030	0.020	0.032	0.020	0.050	0.030	0.029	0.015	0.042	0.027	0.006	-0.018	0.050	0.067
10-2018	0.030	0.015	0.049	0.034	0.020	0.013	0.036	0.023	0.021	0.013	0.039	0.026	0.017	-0.004	0.038	0.042
10-2019	0.065	0.054	0.077	0.023	0.054	0.036	0.063	0.027	0.058	0.041	0.069	0.028	0.082	0.068	0.106	0.038
10-2020																
10-2021																





Figuur 6-2: Boxplots van de vaste RTK-metingen voor 2012-2021. Per meetdatum wordt (A) het hoogteverschil tegenover de eerste meetdatum en (B) het hoogteverschil tegenover de vorige meetdatum weergegeven. Met compartiment "S" wordt het voorliggend slik aangeduid.



### 6.2.3 Vaste punten (Sediment Erosion Points)

Tabel 6-7: SEP-punten met mediane hoogte (m TAW), eerste en derde kwartiel, en interkwartielrange (IQR).

Hoogte (mTAW)	Compartiment Oost				Compartiment West				Totaal compartimenten			
Datum	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3	IQR
01-2013	4.290	4.230	4.450	0.220	4.440	4.350	4.520	0.170	4.425	4.282	4.478	0.195
03-2013	4.346	4.229	4.497	0.268	4.502	4.417	4.529	0.111	4.441	4.346	4.516	0.170
04-2013	4.388	4.265	4.519	0.254	4.532	4.470	4.606	0.136	4.492	4.393	4.563	0.170
05-2013	4.394	4.292	4.522	0.230	4.543	4.476	4.612	0.135	4.495	4.397	4.570	0.173
06-2013	4.427	4.318	4.540	0.222	4.566	4.507	4.650	0.144	4.528	4.428	4.616	0.188
07-2013	4.434	4.332	4.553	0.221	4.574	4.508	4.658	0.150	4.530	4.435	4.625	0.190
10-2013	4.447	4.330	4.565	0.235	4.586	4.547	4.676	0.129	4.553	4.465	4.656	0.191
12-2013	4.471	4.352	4.603	0.251	4.615	4.582	4.711	0.129	4.589	4.488	4.680	0.192
01-2014	4.481	4.348	4.593	0.245	4.628	4.590	4.721	0.131	4.596	4.482	4.691	0.209
04-2014	4.546	4.422	4.672	0.250	4.691	4.643	4.789	0.146	4.657	4.564	4.742	0.178
10-2014	4.586	4.438	4.737	0.299	4.723	4.702	4.818	0.116	4.715	4.622	4.777	0.155
04-2015	4.653	4.532	4.769	0.236	4.806	4.757	4.890	0.133	4.779	4.690	4.861	0.171
10-2015	4.675	4.554	4.804	0.250	4.836	4.785	4.909	0.124	4.809	4.725	4.873	0.148
04-2016	4.706	4.590	4.833	0.243	4.878	4.831	4.966	0.135	4.856	4.766	4.924	0.158
10-2016	4.721	4.609	4.848	0.238	4.907	4.850	4.973	0.123	4.874	4.786	4.948	0.162
04-2017	4.745	4.642	4.877	0.235	4.929	4.888	5.018	0.130	4.910	4.825	4.966	0.141
10-2017	4.797	4.656	4.886	0.230	4.951	4.920	5.018	0.098	4.924	4.824	4.986	0.162
04-2018	4.807	4.708	4.904	0.196	4.991	4.955	5.057	0.102	4.957	4.848	5.042	0.194
10-2018	4.833	4.680	4.915	0.236	4.990	4.955	5.055	0.100	4.962	4.855	5.028	0.173
04-2019	4.863	4.702	4.962	0.260	5.021	4.980	5.080	0.100	4.983	4.888	5.059	0.171
10-2019	4.887	4.693	4.951	0.258	5.028	4.983	5.089	0.106	4.985	4.894	5.062	0.168
04-2020	4.895	4.712	4.974	0.263	5.052	5.009	5.099	0.090	5.011	4.910	5.076	0.166
11-2020	4.918	4.724	4.998	0.274	5.070	5.031	5.120	0.090	5.031	4.932	5.080	0.148
04-2021	4.945	4.751	5.019	0.268	5.090	5.051	5.131	0.081	5.053	4.948	5.105	0.157
10-2021	4.894	4.757	5.023	0.266	5.100	5.065	5.145	0.080	5.067	4.952	5.116	0.164



Tabel 6-8: SEP-punten mediane hoogteverschil (m), eerste en derde kwartiel, en interkwartielrange (IQR) ten opzichte van januari 2013.

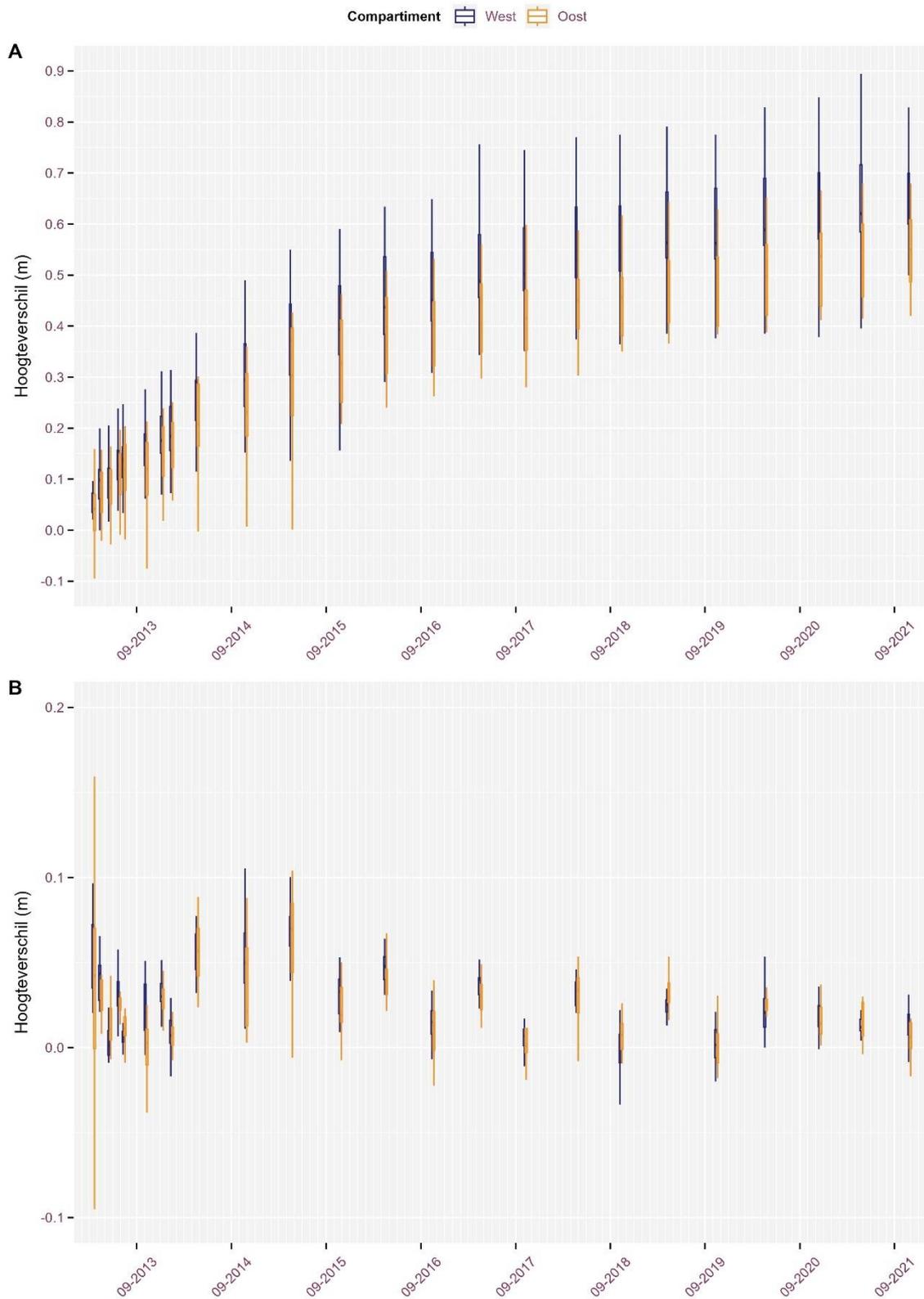
Hoogteverschil (m)	Compartiment Oost				Compartiment West				Totaal compartimenten				
	Datum	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3	IQR
01-2013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
03-2013	0.042	-0.001	0.070	0.071	0.057	0.033	0.072	0.039	0.055	0.022	0.072	0.050	
04-2013	0.082	0.035	0.113	0.078	0.098	0.062	0.119	0.057	0.086	0.050	0.117	0.066	
05-2013	0.083	0.052	0.119	0.067	0.095	0.064	0.121	0.058	0.088	0.063	0.119	0.056	
06-2013	0.109	0.070	0.150	0.080	0.127	0.099	0.157	0.058	0.124	0.089	0.154	0.064	
07-2013	0.118	0.078	0.168	0.090	0.136	0.103	0.163	0.060	0.134	0.102	0.167	0.065	
10-2013	0.120	0.069	0.171	0.102	0.149	0.128	0.189	0.061	0.145	0.095	0.185	0.090	
12-2013	0.135	0.106	0.202	0.095	0.176	0.151	0.223	0.072	0.172	0.125	0.216	0.091	
01-2014	0.136	0.123	0.211	0.088	0.183	0.151	0.240	0.089	0.172	0.133	0.229	0.096	
04-2014	0.208	0.165	0.286	0.121	0.231	0.209	0.292	0.083	0.227	0.178	0.289	0.111	
10-2014	0.231	0.185	0.307	0.122	0.295	0.243	0.365	0.122	0.275	0.215	0.327	0.112	
04-2015	0.303	0.225	0.396	0.171	0.372	0.304	0.443	0.139	0.330	0.286	0.420	0.134	
10-2015	0.329	0.251	0.412	0.161	0.393	0.344	0.479	0.135	0.373	0.298	0.445	0.147	
04-2016	0.364	0.308	0.456	0.148	0.437	0.384	0.536	0.152	0.416	0.348	0.496	0.148	
10-2016	0.379	0.323	0.447	0.125	0.450	0.410	0.544	0.134	0.429	0.349	0.513	0.164	
04-2017	0.407	0.350	0.482	0.133	0.488	0.456	0.579	0.123	0.480	0.400	0.561	0.161	
10-2017	0.425	0.366	0.487	0.121	0.502	0.470	0.592	0.123	0.483	0.417	0.560	0.143	
04-2018	0.457	0.411	0.519	0.108	0.530	0.495	0.633	0.138	0.515	0.445	0.615	0.170	
10-2018	0.467	0.390	0.514	0.124	0.535	0.508	0.635	0.128	0.520	0.446	0.606	0.160	
04-2019	0.505	0.412	0.538	0.126	0.564	0.534	0.662	0.128	0.545	0.499	0.633	0.134	
10-2019	0.514	0.403	0.544	0.141	0.562	0.532	0.670	0.138	0.543	0.481	0.626	0.145	
04-2020	0.539	0.422	0.579	0.157	0.589	0.558	0.690	0.131	0.567	0.504	0.643	0.139	
11-2020	0.545	0.441	0.598	0.157	0.607	0.571	0.700	0.129	0.589	0.520	0.660	0.140	
04-2021	0.550	0.461	0.607	0.146	0.621	0.584	0.716	0.132	0.602	0.532	0.671	0.139	
10-2021	0.550	0.493	0.609	0.116	0.628	0.602	0.724	0.122	0.610	0.545	0.679	0.134	



Tabel 6-9: SEP-punten mediane hoogteverschil (m), eerste en derde kwartiel, en interkwartielrange (IQR) ten opzichte van voorgaande meetdatum.

Hoogteverschil (m) Datum	Compartiment Oost				Compartiment West				Totaal compartimenten			
	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3	IQR	Mediaan	Q1	Q3	IQR
01-2013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
03-2013	0.042	-0.001	0.070	0.071	0.057	0.033	0.072	0.039	0.055	0.022	0.072	0.050
04-2013	0.032	0.022	0.040	0.018	0.043	0.028	0.048	0.021	0.039	0.026	0.047	0.021
05-2013	0.011	0.005	0.023	0.019	0.002	-0.005	0.010	0.014	0.006	-0.001	0.013	0.014
06-2013	0.026	0.022	0.029	0.007	0.033	0.025	0.039	0.014	0.030	0.024	0.036	0.012
07-2013	0.011	0.007	0.018	0.011	0.007	0.003	0.009	0.006	0.008	0.003	0.012	0.009
10-2013	0.003	-0.010	0.011	0.021	0.020	0.010	0.037	0.027	0.013	0.000	0.030	0.029
12-2013	0.025	0.023	0.034	0.011	0.030	0.027	0.038	0.010	0.028	0.025	0.036	0.012
01-2014	0.008	0.002	0.012	0.010	0.007	0.001	0.016	0.015	0.007	0.002	0.014	0.012
04-2014	0.057	0.042	0.070	0.028	0.059	0.046	0.067	0.021	0.059	0.043	0.068	0.024
10-2014	0.021	0.013	0.059	0.046	0.050	0.038	0.067	0.029	0.046	0.021	0.062	0.041
04-2015	0.069	0.044	0.085	0.040	0.070	0.060	0.077	0.017	0.070	0.060	0.079	0.019
10-2015	0.019	0.015	0.035	0.020	0.033	0.020	0.040	0.020	0.029	0.019	0.038	0.019
04-2016	0.039	0.031	0.046	0.015	0.048	0.040	0.054	0.014	0.046	0.038	0.053	0.015
10-2016	0.013	-0.002	0.021	0.023	0.015	0.008	0.021	0.013	0.015	0.007	0.021	0.014
04-2017	0.031	0.022	0.037	0.015	0.040	0.032	0.041	0.009	0.037	0.028	0.041	0.013
10-2017	0.001	-0.003	0.011	0.014	0.007	0.001	0.011	0.010	0.006	-0.000	0.011	0.011
04-2018	0.034	0.021	0.041	0.021	0.033	0.025	0.039	0.014	0.034	0.024	0.040	0.016
10-2018	0.008	-0.001	0.014	0.015	0.001	-0.009	0.008	0.017	0.003	-0.006	0.010	0.015
04-2019	0.034	0.027	0.038	0.011	0.025	0.021	0.028	0.007	0.027	0.022	0.033	0.011
10-2019	0.000	-0.009	0.008	0.017	0.002	-0.006	0.010	0.016	0.000	-0.009	0.010	0.019
04-2020	0.024	0.019	0.028	0.009	0.020	0.012	0.029	0.017	0.023	0.016	0.028	0.013
11-2020	0.014	0.008	0.024	0.016	0.020	0.012	0.025	0.012	0.019	0.008	0.024	0.016
04-2021	0.013	0.007	0.027	0.020	0.012	0.010	0.017	0.007	0.012	0.008	0.020	0.012
10-2021	0.006	-0.000	0.015	0.015	0.012	0.008	0.020	0.012	0.010	0.005	0.017	0.013





Figuur 6-3: Boxplots van de SEP-metingen voor 2013-2021. Per meetdatum wordt (A) het hoogteverschil tegenover de eerste meetdatum en (B) het hoogteverschil tegenover de vorige meetdatum weergegeven.

