



# Monitoring Demonstratieproject Brede Groene Dijk 2023:

*vervolgmonitoring ontwateringsstelsel, kwelderafslag, opslibbing en  
vegetatie en kwelderherstel na verwijdering slibdepot*

**PUCCIMAR-rapport 28**

in opdracht van





# Monitoring Demonstratieproject Brede Groene Dijk 2023:

*vervolgmonitoring ontwateringsstelsel, opslibbing en vegetatie en  
kwelderherstel na verwijdering slibdepot*

PUCCIMAR rapport 28

P. Esselink  
K. Elschot  
M.E. Tolman  
W. Veenstra

---

## Voorplaat

Klutenplas met broedeiland, 3 maart 2023

(foto: Peter Esselink)

**P. Esselink<sup>\*)</sup>, K. Elschoot<sup>#)</sup>, M.E. Tolman<sup>S)</sup> & W. Veenstra<sup>†)</sup> 2024**

Monitoring Demonstratieproject Brede Groene Dijk 2023: vervolgmonitoring ontwateringsstelsel, opslibbing en vegetatie en kwelderherstel na verwijdering slibdepot. PUCCIMAR rapport 28.

PUCCIMAR Ecologisch Onderzoek & Advies, Vries

### Oprichters

**SWECO Nederland bv**  
Rozenburglaan 11  
9727 DL Groningen

**Waterschap Hunze & Aa's**  
Postbus 195  
9640 AD Veendam

### Uitvoerders

#### <sup>\*)</sup>PUCCIMAR

**Ecologisch Onderzoek & Advies**  
Boermarke 35  
9481 HD Vries  
Telefoon 0592 544172  
peter.puccimar@gmail.com

#### <sup>#)</sup>Wageningen Marine Research

Postbus 57  
1780 AG Den Helder  
Telefoon 0317 480900  
marine-research@wur.nl  
www.wur.nl/marine-research

#### <sup>S)</sup>EGG Consult

**Pranger & Tolman ecologen**  
Kleine Roozenstraat 11  
9912 TL Groningen  
Telefoon 050 3181337  
PenT.ecologen@eggconsult.nl

#### <sup>†)</sup>G2 Surveys

Potklei 22A  
9351 VS Leek  
Telefoon 0594 280145  
info@g2surveys.nl  
www.gtwee.nl

---

**Projectnummer**

2023/03

**Projectleider**

P. Esselink

**Status**

Definitief

---

**Datum**

28 mei 2024

© PUCCIMAR Ecologisch onderzoek en advies

Overname van gegevens uit dit rapport is toegestaan met bronvermelding.

PUCCIMAR is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van PUCCIMAR; opdrachtgever vrijwaart PUCCIMAR voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

# Inhoud

---

Voorwoord	6
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Achtergrond	9
1.2 Inrichting en fasering van het project	10
1.3 Doelstelling monitoringsplan	12
1.4 Leeswijzer	15
2 Beschrijving studiegebied	16
2.1 Kwelder	16
2.2 Klutenplas	17
2.3 Overstromingsregime studiegebied	18
3 Methoden	22
3.1 Ontwateringsstelsel	22
3.2 Kwelderafslag	22
3.3 Slibinvang Klutenplas	23
3.3.1 Hoogteontwikkeling Klutenplas	23
3.3.2 Sedimentbemonstering Klutenplas	24
3.3.3 Zetting	24
3.3.4 Referentiemetingen kwelder	25
3.4 Vegetatie	26
3.5 Kwelderherstel na verwijdering kleirijperij	27
3.5.1 Bodemonderzoek	27
3.5.2 Vegetatie	27
4 Resultaten	28
4.1 Ontwateringsstelsel	28
4.1.1 Ontwatering Klutenplas	28
4.1.2 Effecten ontwatering Kleirijperij	28
4.2 Opslibbing en slibbalans Klutenplas	31
4.2.1 Hoogteontwikkeling Klutenplas	31
4.2.2 Sedimentatie en slibinvang	37
4.2.3 Kwelder	41
4.2.4 Bulkdichtheid kwelderbodem	42
4.3 Vegetatieontwikkeling broedeiland	43
4.4 Kwelderherstel na verwijdering slibdepot	44
4.4.1 Compactie kwelderbodem	44
4.4.2 Vegetatieherstel	47
5 Literatuur	49
Bijlage I Ontwateringsstelsel: dwarsprofielen zwetten	51
Bijlage II Referentiemetingen bulkdichtheid kwelderbodem	54

## Voorwoord

---

Meerdere dijkvakken van de primaire waterkering moeten worden versterkt. Dat geldt ook voor de dijk rond de Dollard. In het Demonstratieproject Brede Groene Dijk – deel uitmakend van de zgn. *Project Overstijgende Verkenning Waddenzeedijken* – wordt door het Waterschap Hunze en Aa's onderzocht of de klei die voor de Brede Groene Dijk nodig is uit lokale bronnen kan worden gewonnen (kwelder, slib uit Polder Breebaart en baggerslib uit de haven van Delfzijl). In het demonstratieproject is in drie stappen of fases bijna één kilometer van de bestaande Dollarddijk omgevormd tot een brede groene dijk. De eerste fase betrof het ontgraven van klei uit de voorliggende kwelder waarbij een plas met een broedeiland werd aangelegd. Deze klei is gebruikt voor de aanleg van de kades van een tijdelijk slibdepot of kleirijperij aan de buitenzijde van de bestaande zeedijk (begin fase 2). In dit depot is slib uit Polder Breebaart in een periode van twee tot drie jaar tijd door rijping omgevormd tot klei die geschikt was om verwerkt te worden in de nieuwe zeedijk. Bij de aanleg van de brede groene dijk (fase 3, in 2022) is het slibdepot weer ontmanteld en is de klei uit zowel Polder Breebaart als uit de kwelder verwerkt in de nieuwe dijk.

Om de mogelijke effecten van de beoogde ingrepen op de natuur en op het gebruik van de kwelder te meten, en om in de toekomst te kunnen beoordelen in hoeverre herstel optreedt van de aanwezige natuurwaarden, is een monitoringsplan opgesteld. Volgens dat plan worden tijdens de voortgang van het project verschillende ontwikkelingen in het gebied gevolgd door middel van een uitgebreid meetprogramma. In 2017 is dit monitoringsprogramma opgestart met de documentatie van de uitgangssituatie in een zgn. nulmeting. In de jaren hierna is een vervolgmonitoring uitgevoerd.

Dit rapport geeft van de volgende deelonderwerpen een beknopt overzicht van de resultaten en ontwikkelingen t/m 2023:

- i) de ontwikkeling van het ontwateringsstelsel van de kwelder
- ii) de opslibbing van de Klutenplas en analoge referentiemetingen op de kwelder en
- iii) de vegetatieontwikkeling op het broedeiland met de vervolresultaten van de in 2021 gestarte beheerproef.
- iv) onderzoek naar mogelijke compactie van de kwelderbodem als gevolg van de aanwezigheid van het tijdelijke slibdepot op de kwelder
- v) vegetatieherstel na ontmanteling van het tijdelijke slibdepot op de kwelder

Op deze plek willen we graag een aantal personen en organisaties bedanken voor hun medewerking of ondersteuning bij de uitvoering van verschillende werkzaamheden. De Maatschappij tot Exploitatie van het onverdeelde Munnikeveen en de heer Huisman verleenden toestemming voor het betreden van hun terreinen voor de uitvoering van het veldwerk. Kees-Jan van der Made (Wiertsema en Partners) gaf advies over de inzet van Ackermann steekbussen in het onderzoek naar bodemcompactie. Medewerkers van Poelsema Veldwerk Bureau, Jan Berends (Wiertsema & Partners), Axel de Meijer (G2 Surveys), Rob Venderbos (Altenburg & Wymenga), Sjoerd Gardien (Kruisbestuiving) en Joan Looijen verleenden assistentie bij de uitvoering van het veldwerk. Martijn Keur en André Meijboom (beide WMR) hielpen ons bij de verwerking van sedimentmonsters in het laboratorium.

de auteurs  
Vries  
mei 2024

## Samenvatting

---

Dit rapport is onderdeel van de monitoring van het *Demonstratieproject Brede Groene Dijk* (BGD). In het kader van deze monitoring is in 2017 de uitgangssituatie vastgelegd door middel van een zogenaamde nulmeting. Voor de volgende aspecten wordt in dit rapport een overzicht gegeven van de in 2023 uitgevoerde monitoring, inclusief de resultaten en ontwikkelingen t/m 2022:

- i) het ontwateringsstelsel van de kwelder
- ii) de opslibbing van de Klutenplas en de kwelder
- iii) de vegetatieontwikkeling op het broedeiland nadat hier in 2021 een beheerproef is opgestart waarin de effecten van twee beheervormen met elkaar worden vergeleken en geëvalueerd,
- iv) onderzoek naar mogelijke compactie van de kwelderbodem als gevolg van de aanwezigheid van het tijdelijke slibdepot
- v) vegetatieherstel na ontmanteling van het tijdelijke slibdepot op de kwelder.

Dit rapport is primair bedoeld als datarapport. De in 2023 verzamelde gegevens zijn bewerkt tot het niveau dat ze konden worden opgenomen in de in voorgaande jaren opgezette tijdreeksen. Voor een duiding van de resultaten wordt verwezen naar de jaarrapporten van de voorgaande jaren en de geplande eindrapportage van het project in 2025.





# 1 Inleiding

---

## 1.1 Achtergrond

Meerdere dijkvakken van de primaire waterkering moeten worden versterkt. Dat geldt ook voor de dijken rond de Dollard. In het demonstratieproject Brede Groene Dijk (BGD) – deel uitmakend van de zgn. *Project Overstijgende Verkenning Waddenzeedijken* – onderzoekt het Waterschap Hunze en Aa's of de klei die voor een brede groene dijk nodig is uit lokale bronnen kan worden gewonnen (kwelder, slib uit Polder Breebaart en baggerslib uit de haven van Delfzijl). In het demonstratieproject wordt een 600 meter tot één kilometer lang traject van de bestaande Dollarddijk omgevormd tot een brede groene dijk. Het project bestaat uit verschillende onderdelen die nauw met elkaar samenhangen. In 2018 is met de uitvoering begonnen en enkele onderdelen zijn ondertussen afgerond, zoals de aanleg van de Klutenplas in de voor de dijk gelegen kwelder in april 2018 en de aanleg van een tijdelijk buitendijks slibdepot (de zgn. Kleirijperij) in de zomer van 2018. Hierbij is gebruik gemaakt van de gewonnen klei uit de Klutenplas. In de eerste maanden van 2020 is het slibdepot gevuld met slib uit Polder Breebaart. Dit slib moest in een periode van twee tot drie jaar door rijping geschikt worden gemaakt voor verwerking in de brede groene dijk. Na het rijpingsproces is het slibdepot opgeheven en is ook de 45 000 m<sup>3</sup> klei uit de Klutenplas in de nieuwe zeedijk verwerkt.

Behalve de vraag of het slib in de Kleirijperij succesvol kan worden omgezet in dijkenglei, moet in het demonstratieproject ook de vraag worden beantwoord of de aanleg van een brede groene dijk mogelijk is zonder negatieve effecten op de natuurlijke omgeving. De Dollardkwelders zijn namelijk onderdeel van het Natura 2000-gebied Waddenzee. Het slagen van het demonstratieproject is daarom mede afhankelijk van de mate waarin significant negatieve effecten op de instandhoudingsdoelen en natuurkwaliteiten van het gebied kunnen worden voorkomen, of dat zelfs een positieve bijdrage hieraan kan worden geleverd. Het demonstratieproject BGD richt zich daarom in het bijzonder ook op onderzoek naar mogelijke effecten van het project op het Natura 2000-gebied en de kwelder. Het werkgebied is tegelijkertijd particulier eigendom en het is ook van belang dat aan de eigenaren kan worden gerapporteerd over mogelijke effecten op hun bezittingen en het herstel hiervan.

Een bijkomend aspect is dat door een verhoogde troebelheid de waterkwaliteit in de Eems-Dollard de laatste decennia sterk is afgenomen (van Maren *et al.* 2016), waardoor het ecologisch functioneren van het estuarium sterk onder druk is komen te staan (de Jonge & Schückel 2019). Belangrijke factoren die verantwoordelijk worden gehouden voor de hoge troebelheid zijn vooral de verdieping van vaargeulen en afname van de bezink- of accommodatieruimte voor slib in het estuarium (Smit & Duimel 2020). Volgens de verwachtingen in het programmaplan ED2050 kan door het treffen van verschillende inrichtings- en beheermaatregelen de troebelheid belangrijk worden verlaagd (Dankers & Leuven 2020; van Es 2021). Eén van de eventuele maatregelen is om de capaciteit voor slibinvang langs de randen van het estuarium te verhogen. Dit kan worden gerealiseerd door bijvoorbeeld extra kweldervorming te stimuleren, uitdijking of de slibinvang op de bestaande kwelder te verhogen door deze gedeeltelijk af te graven. Voor deze laatste maatregel kan de Klutenplas als voorbeeldproject dienen.

Een eerste inschatting van de effecten van de ingrepen op (kwalificerende) natuurwaarden van het Natura 2000-gebied is uitgevoerd in een zogenaamde *Passende Beoordeling* (Brenninkmeijer *et al.* 2017). Het meten van de werkelijke effecten wordt echter als cruciaal beschouwd om tussentijds te kunnen bijsturen en om, bij een eventuele toekomstige opschaling van het dijkconcept langs de gehele

Dollard, een betere inschatting van de effecten te kunnen maken. Om deze reden is een uitgebreid monitoringsplan opgesteld met een adaptief karakter, zodat het monitoringsonderzoek eventueel tussentijds kan worden bijgesteld (Riemersma 2018). Met de geplande monitoring wordt tegelijkertijd invulling gegeven aan de voorwaarden uit de vergunningverlening voor het project in het kader van de wet natuurbescherming (Wnb).

## 1.2 Inrichting en fasering van het project

Voor de aanleg van de Kleirijperij is in het voorjaar van 2018 *ca.* 45 000 m<sup>3</sup> klei gewonnen op de voor de dijk liggende kwelder. Om een positieve bijdrage te leveren aan de instandhoudingsdoelstelling van het Natura 2000-gebied is deze kleiwinning gecombineerd met de aanleg van een tijdelijke "natuurplas" met in het midden een broedeiland voor Kluten (Riemersma & Esselink 2017; Fig. 1.1). Dit verklaart de naamgeving Klutenplas voor de kleiwinput. Het woord tijdelijk is hier gebruikt omdat de plas in de loop van de tijd zal dichtslibben en zich hierdoor op de plek van de plas op een gegeven moment weer een kweldervegetatie zal vestigen. De aanleg van de Klutenplas vormde fase 1 van het demonstratieproject BGD. De plas is ruim 4 ha groot; dit is inclusief het broedeiland van ongeveer 1 ha. Om het overstromingsrisico van nesten te beperken is het eiland gedeeltelijk opgehoogd. Hiervoor is een ontwerphoogte gehanteerd van NAP +2.3 m; ruim 0.4 meter boven de maaiveldhoogte van de kwelder in de uitgangssituatie (Esselink *et al.* 2018). Om de foerageermogelijkheden voor de Kluut te vergroten heeft het eiland een flauw aflopende oever gekregen. De plas is uitgegraven tot een gemiddelde diepte van NAP +0.27 m met een maximum van NAP -0.13 m. De gemiddelde diepte lag 1.6 meter onder de ingemeten hoogte van het maaiveld van de kwelder tijdens de nulmeting in 2017. Om de nesten op het broedeiland te beschermen tegen predatie door grondpredatoren, speciaal de Vos, is rond het eiland een voswerend raster aangebracht. Om dezelfde reden is in de monding van de plas een drempel aangebracht om te voorkomen dat de plas tijdens laagwater droog zou vallen. De drempel bestond uit met stenen verzwaarde zinkstukken. De bovenkant van de drempel lag aanvankelijk op een niveau van NAP + *ca.* 1.0 m. Om de getijdeninvloed in de Klutenplas te vergroten is de drempel op 29 november 2018 met ongeveer een decimeter verlaagd.

Door de aanleg van de Klutenplas is de komberging van de aangetakte hoofdduitwating (zwet) vergroot. Doordat hierdoor elke getijcyclus meer water door deze zwet stroomt is de verwachting dat deze zwet dieper wordt uitgeslepen en zich zal verbreden. Rond de monding kan dit van invloed zijn op de al bestaande langjarige ontwikkeling van een geleidelijk eroderende en terugschrijdende kwelderrand (vgl. Esselink *et al.* 2011). De Dollardkwelders zijn in het verleden uit landaanwinningswerken ontstaan. Nadat deze werken in 1953 werden stopgezet, neemt door afslag de omvang van de kwelders geleidelijk af (Esselink 2000; Esselink *et al.* 2011).

Fase 2 van het project omvat de aanleg van de Kleirijperij in de zomer van 2018 en de rijping van het slib uit Polder Breebaart in de jaren erna. Bij het graven van de Klutenplas in het voorjaar is de gewonnen klei eerst tijdelijk opgeslagen in een zogenaamd droogbed op de kwelder op de geplande locatie van de Kleirijperij. Hieraan voorafgaand is hier eerst de ongeveer 5 centimeter dikke toplaag of zode van de kwelder verwijderd. De aangelegde kade rond de slibdepots had een hoogte van ongeveer NAP +4.7 m wat ongeveer gelijk was aan een hoogte van 2.8 meter boven het maaiveld van de kwelder. Met enige vertraging zijn de slibdepots van de Kleirijperij uiteindelijk in de periode januari – maart 2020 gevuld met baggerspecie uit Polder Breebaart. In 2022 is de ingedroogde baggerspecie als bouwstof verwerkt in de aanleg van de brede groene dijk (fase 3). Hierbij is de

Kleirijperij weer van de kwelder verwijderd waarna de oorspronkelijke maaiveldhoogte van de kwelder, de begreppeling en overige oorspronkelijk aanwezige infrastructuur weer zijn hersteld.



**Figuur 1.1** Het demonstratieproject BGD: (A) globale ligging in de zuidelijke Dollard en (B) overzicht van de inrichtingsmaatregelen en activiteiten in het demonstratieproject BGD (naar Riemersma 2018).

De verwachting is dat na verwijdering van de slibdepots zich vrij snel een kweldervegetatie zal vestigen en ontwikkelen. De vraag is echter of deze vegetatie dezelfde soortensamenstelling zal hebben als de vegetatie in de uitgangssituatie (Brenninkmeijer *et al.* 2017). Door het gewicht van het slibdepot kan verdichting van de kwelderbodem optreden (Elschot & Baptist 2016). Dit kan effect hebben op de plantengroei en soortensamenstelling van de vegetatie.

### 1.3 Doelstelling monitoringsplan

Het doel van de monitoring is om als onderdeel van de uitvoering van het demonstratieproject BGD “het op gestructureerde wijze meten en verzamelen van gegevens waarmee de effecten en herstel van de binnen het demonstratieproject uit te voeren maatregelen en activiteiten meetbaar worden, en op basis waarvan:

- a) tussentijds kan worden ingegrepen en waar nodig bijgestuurd, en
- b) aan het einde van de planperiode het project kan worden geëvalueerd en conclusies en aanbevelingen kunnen worden getrokken over de mogelijkheden voor verdere opschaling”

(Riemersma 2018). Hiertoe is een inventarisatie van de informatiebehoefte uitgevoerd en zijn gerelateerd aan de inrichtingsmaatregelen, een groot aantal meetvragen geformuleerd (Tekstkader 1.1). Voor de beantwoording van een groot deel van deze vragen is in 2017 de uitgangssituatie vastgelegd door middel van de zgn. nulmeting (Bos *et al.* 2018a; Esselink *et al.* 2018). In 2018 is de nulmeting aangevuld met de aanleg en opname van meetpunten voor monitoring van de opslibbing in verband met beantwoording van vragen die betrekking hebben op de slibvangst door de Klutenplas en de vergelijking met de slibvangst door de kwelder (Esselink *et al.* 2019). De monitoring van het ontwateringsstelsel heeft betrekking op mogelijke effecten van de aanleg van zowel de Klutenplas als de kleirijperij.

Om het broedeiland geschikt te houden voor de Kluut wordt elk voorjaar de overgebleven vegetatie verwijderd. In 2019 werd daarbij ook de bovengrond bewerkt, terwijl in 2020 de vegetatie alleen werd gemaaid en verwijderd. Om de vraag te beantwoorden of bewerking van de bovengrond voor de Kluut een toegevoegde waarde heeft, is in 2021 een praktijkproef opgezet waarbij op één helft van het eiland de verwijdering van de vegetatie werd gecombineerd met een grondbewerking terwijl op de andere helft van het eiland alleen de vegetatie kort werd afgemaaid en verwijderd. Om de vraag te onderzoeken wat voor invloed de twee beheervormen hebben op de vegetatieontwikkeling van het broedeiland, is besloten de vegetatie op het eiland te blijven monitoren. De vragen naar de invloed van de grondbewerking op zowel de Kluut als de vegetatieontwikkeling zijn in de loop van het project ontstaan en ontbreken daarom in het oorspronkelijke monitoringsplan en worden derhalve niet genoemd in Tekstkader 1.1.

Voor een antwoord op de vraag of de aanleg van de Klutenplas mogelijk tot een verhoogde afslag van de kwelder zou leiden (vraag K12), is in de eerste drie jaar de ligging van de kwelderrand jaarlijks nauwkeurig in kaart gebracht. Omdat er geen effect is gevonden is besloten om de positie van de kwelderrand met ingang van 2021 niet meer jaarlijks te monitoren, maar eens in de twee jaar.

Voor de beantwoording van de vraag hoeveel sediment er wordt afgezet in de Klutenplas, is behalve de monitoring van de hoogteontwikkeling, ook kennis vereist over de dichtheid van het afgezette sediment en zo mogelijk ook de verandering in dichtheid in de loop van de tijd. De in de loop van de tijd veranderende omstandigheden kon niet jaarlijks worden vastgehouden aan dezelfde bemonsteringsapparatuur. Op basis van vergelijkend onderzoek in 2021 (Esselink *et al.* 2022),

### Tekstkader 1.1 Overzicht van de meetvragen zoals geformuleerd in het monitoringsplan

#### *Vragen gerelateerd aan de aanleg van de Klutenplas*

- K1) Wordt door de Klutenplas slib ingevangen en in welke mate?
- K2) Neemt de slibvangst in de loop der jaren af?
- K3) Hoelang duurt het voordat de plas weer geheel is dichtgeslibd en wat is de invloed van storm en seizoen op de slibhuishouding van de Klutenplas?
- K4) Vindt ook aanslibbing plaats van de verbindingen met zee en heeft de aanleg invloed op het afwateringspatroon van de kwelder (en in welke mate)?
- K5) Wordt er door koloniebroeders (Kluut) gebruik gemaakt van het broedeiland (en in welke mate)?
- K6) Wat is het broedsucces en wat zijn de oorzaken van verlies (bijv. predatie of overstroming)?
- K7) Welke bijdrage levert het broedeiland aan de instandhoudingsdoelstelling Natura2000 voor de Kluut?
- K8) Hoelang duurt het voor de isolatie van het eiland door aanslibbing weer is opgeheven (en deze weer bereikbaar is voor grondpredatoren)?
- K9) In hoeverre treedt gedurende de uitvoering verstoring op van broedvogels en zijn de te treffen voorzorgs- en mitigerende maatregelen effectief?
- K10) Heeft de aanleg van de plas invloed op de vegetatie op de omliggende kwelder?
- K11) Hoe verloopt de vegetatieontwikkeling van plas en eiland en treedt na verloop van tijd weer volledig herstel op van de oorspronkelijk aanwezige vegetatie/habitattypen?
- K12) In hoeverre leidt de aanleg en het gebruik van de Klutenplas tot een wijziging in het afwateringspatroon en verhoogde afslag van kwelders?
- K13) In hoeverre kan de beweiding en veeveiligheid worden gewaarborgd tijdens en na de aanleg?

#### *Vragen gerelateerd aan de aanleg en het gebruik van het tijdelijk slibdepot (kleirijperij)*

- S1) Vindt er tijdelijke verstoring plaats van broedvogels tijdens de bouw en het gebruik van het depot en neemt de druk van ganzen binnendijks toe?
- S2) Helpen de mitigerende maatregelen om effecten te voorkomen dan wel te verkleinen tot een acceptabel niveau te krijgen (incl. vervangend broedgebied in Polder Breebaart)?
- S3) In hoeverre vindt na realisatie en gebruik van zowel het droogbed als het tijdelijk slibdepot herstel plaats van de oorspronkelijk aanwezige vegetatie (en hoe verloopt de vegetatieontwikkeling in de tijd en hoelang duurt het herstelproces)?
- S4) In hoeverre maken vogels gebruik van het tijdelijk droogbed en het slibdepot (incl. kaden) als broedgebied (en wat is hiervan het succes)?
- S5) Wat is het effect van het dempen op de petsloot langs de buitenteen van de dijk op
  - a) het broedresultaat van vogels op de kwelder (neemt hierdoor de kans op predatie toe) en
  - b) de vegetatie (neemt hierdoor de kwaliteit van de vegetatie toe of af)?
- S6) Wat is het effect van de aanleg en gebruik van het depot op het foerageergedrag van ganzen?
- S7) In hoeverre leidt de aanleg en het gebruik van het depot tot een wijziging in het afwateringspatroon en verhoogde afslag van kwelders?
- S8) Heeft de aanleg en gebruik van het depot invloed op de vegetatieontwikkeling van de omringende kwelder?
- S9) Vindt er compactie en spoorvorming plaats als gevolg van de aanleg en het gebruik van het depot (en heeft deze invloed op het herstel)?
- S10) Is er sprake van uitspoeling van contaminanten vanuit het depotwater en treedt verandering op in de chemische samenstelling van de ondergrond?
- S11) In hoeverre kan de beweiding en veeveiligheid worden gewaarborgd tijdens en na de aanleg (incl. drinkwatervoorziening voor vee)?
- S12) Heeft de inrichting en het gebruik van het depot invloed op de verzilting van het binnendijks gelegen landbouwpercelen.

*Vragen gerelateerd aan de aanleg en het testen van de pilotdijk (fase 3)*

- D1) Vindt er verstoring plaats van broedvogels tijdens de bouw en het gebruik van de dijk en neemt de druk van ganzen binnendijks toe?
- D2) Helpen de mitigerende maatregelen om effecten te voorkomen dan wel te verkleinen tot een acceptabel niveau?
- D3a) Heeft het al dan niet dempen van de petsloot effect op (een toename van de kwaliteit) van de kweldervegetatie?
- D3b) Heeft het al dan niet dempen van de petsloot effect op het broedvogelsucces op de kwelder (neemt hierdoor de kans op predatie toe)?
- D4) In hoeverre leidt de aanleg van de pilotdijk tot een wijziging in  
 a) het afwateringspatroon van kwelders?  
 b) een verhoogde afslag van de kwelder?
- D5) Leidt het al dan niet dempen van de petsloot tot meer natte plekken op de kwelder als gevolg waarvan de gewasproductie wordt verminderd<sup>#)</sup>?
- D6) Leidt de aanleg van de pilotdijk tot  
 a) meer onveilige situaties voor het vee en  
 b) mogelijk verzilting binnendijks?

- #) Deze vraag is op voorhand lastig te beantwoorden aangezien de locatie waar de petsloot mogelijk wordt gedempt ook de locatie is waar de bodemdichtheid zal toenemen als gevolg van het depot. Beide kunnen een tegengesteld of juist versterkend effect hebben. Om de vraag te kunnen beantwoorden is meer dan 1 km aan petsloot dempen noodzakelijk (om een controle te hebben). Hiervoor is echter de toestemming en medewerking van de betreffende eigenaar noodzakelijk. Op basis van het definitieve ontwerp van de dijk zal binnen de adviesgroep kwelders de noodzaak hiervan te zijner tijd opnieuw worden bekeken en zal het gesprek met de eigenaren hierover worden gevoerd.

is er voor gekozen om voor de bemonstering van 2022 gebruik te maken van een Vrijwitboor met een voldoende werklengte. Ook in 2023 is van deze boor gebruik gemaakt.

Na de aanleg van het ruim 0.7-km lange proeftracé van de Brede Groene Dijk en de verwijdering van het tijdelijke slibdepot van op de kwelder in de nazomer van 2022, kan met ingang van 2023 ook onderzoek worden gedaan naar de mogelijke effecten van het tijdelijke slibdepot op de kwelder en het verwachte vegetatieherstel alsmede onderzoek gerelateerd aan de aanwezigheid van de pilotdijk en de gewijzigde aansluiting op de kwelder (Tekstkader 1.1). Het aan vogels gerelateerde monitorings- onderzoek wordt uitgevoerd door Bureau Altenburg & Wymenga, en hierover wordt apart gerapporteerd (Bos *et al.* 2018ab, 2020; Loonstra *et al.* 2021).

Samengevat wordt in dit rapport voor de volgende aspecten een overzicht gegeven van de resultaten en ontwikkelingen t/m 2023 van:

- het ontwateringsstelsel van de kwelder
- de opslibbing van de Klutenplas en de kwelder
- referentiemetingen aan de opbouw van de kwelderbodem rond de Klutenplas
- vegetatieontwikkeling op het broedeiland in de Klutenplas in het kader van de in 2021 opgestarte beheerproef
- onderzoek naar mogelijke compactie van de kwelderbodem als gevolg van de aanwezigheid van het tijdelijke slibdepot op de kwelder
- vegetatieherstel na ontmanteling van het tijdelijke slibdepot op de kwelder.

## 1.4 Leeswijzer

Dit rapport heeft als opzet om in tabellen en grafieken in het kort een overzicht te geven van de resultaten en ontwikkelingen in het monitoringsonderzoek t/m 2022. Dit rapport is hierbij bedoeld als datarapport. Voor een uitgebreide toelichting wordt verwezen naar voorgaande rapportages (Esselink *et al.* 2018 – 2023) en naar het verwachte eindrapport in 2025.

Het volgende hoofdstuk met een kort beschrijving van het studiegebied is vrijwel ongewijzigd overgenomen uit het rapport van 2022; alleen enkele figuren en tabellen zijn aangevuld met gegevens van 2023. De verantwoording van de gevolgde methoden (hdst. 3) is aangevuld met een beschrijving van het in 2023 uitgevoerde bodemonderzoek. In hoofdstuk 4 volgen in de vorm van tabellen en grafieken een presentatie van de tot en met 2023 verkregen resultaten. Voor een toelichting wordt verwezen naar het rapport over 2022, of het verwachte eindrapport in 2025.

## 2 Beschrijving studiegebied

---

### 2.1 Kwelder

Het proeftracé van de brede groene dijk ligt globaal tussen de hectometerpalen 5.4 en 6.4 van de Dollarddijk (Fig. 1.1). Dit geeft ook meteen de locatie aan van de Kleirijperij, terwijl de Klutenplas op de voorgelegen kwelder is uitgegraven. Omdat voor het beschrijven van de effecten van de inrichtingsmaatregelen ook gebruik wordt gemaakt van controlemeetpunten buiten het werkgebied, is het studiegebied groter dan het werkgebied en beslaat dit min of meer het gebied tussen hectometerpalen 4.9 en 7.0. Niet elke verandering in het werkgebied hoeft gerelateerd te zijn aan de inrichtingsmaatregelen of activiteiten van het demonstratieproject en controlemeetpunten kunnen een hulpmiddel zijn om een verandering aan te kunnen merken als zijnde een effect van het demonstratieproject, dan wel als gevolg van een andere oorzaak.

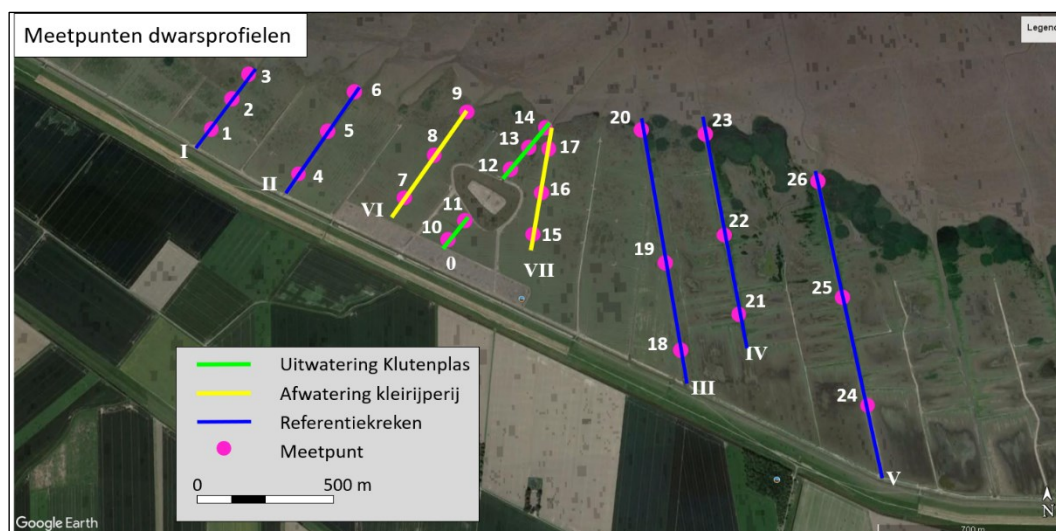
Voor de in dit rapport opgenomen onderwerpen is het studiegebied beperkt tot de kwelder (114 ha). De zeedijk ter plekke is in 1924 aangelegd toen de Carel Coenraadpolder werd ingepolderd. Bij deze inpoldering bleef er buitendijks nauwelijks kwelder over. De huidige kwelder is grotendeels ontstaan na 1945 (einde WOII), toen de landwinningswerken in de Dollard weer werden opgestart en in westelijke richting werden uitgebreid (Esselink 1998, 2000). Sinds de landaanwinningswerken in 1953 zijn verlaten, is er door afslag sprake van een geleidelijke afname van de kwelder. In de periode 1981 – 2009 bedroeg de totale afslag in de zuidelijke Dollard netto 26 ha (Esselink *et al.* 2011). Ook in het studiegebied nam de omvang van de kwelder in deze periode af. Alleen in de nauwelijks geëxponeerde ZW-hoek van de Dollard (ten westen van het studiegebied) was in deze jaren sprake van een netto aangroei van de kwelder.

Als overblijfsel van de vroegere landaanwinning wordt de kwelder doorsneden door hoofdduitwateringen (of zwetten) die met een onderlinge afstand van 400 meter van elkaar, loodrecht van de zeedijk naar het wad lopen. Midden tussen twee zwetten loopt een laan (vroegere dam) van de zeedijk in de richting van het wad. De kwelder is in de zomermaanden (ongeveer van half mei tot begin oktober) in gebruik als weidegrond (vroeger met schapen en rundvee, tegenwoordig overwegend met rundvee). In verband met de beweiding vindt er regelmatig onderhoud plaats aan het ontwateringsstelsel. Over bijna de gehele kwelder ligt een patroon van greppels met onderlinge afstand van ongeveer 10 meter. Deze greppels worden tegenwoordig eens per drie jaar geschoond (pers. meded. W. Huisman). Dit geldt op veel plaatsen niet voor het meest zeewaarts gelegen gedeelte van de kwelder waar geen onderhoud meer plaatsvindt.

#### *Kwelderbeheer tijdens de uitvoering van het demonstratieproject BGD*

In verband met de aanleg en exploitatie van de Kleirijperij is op een deel van de kwelder de jaarlijkse beweiding met rundvee tijdelijk onderbroken. Het gaat om het stuk kwelder tussen de Kleirijperij en het wad en tussen de zwetten II en VII in figuur 2.1. In 2018 en 2019 werd dit deel van de kwelder niet beweide. In 2019 is het westelijk deel (gelegen tussen de zwetten II en 0) van het onbeweide gebied gemaaid (Esselink *et al.* 2020). In 2020 en 2021 vond in het gebied tussen de zwetten II en VII, met wisselende dichtheden, een geparcelleerde beweiding met schapen plaats. Evenals in 2022 het geval was, werd in 2023 het gebied tussen zwet II en het pad naar de ZO-punt van de Klutenplas nauwelijks beweide, terwijl het gebied ten oosten van dit pad tot aan de dam tussen zwet VII en zwet III met schapen werd beweide.





**Figuur 2.1** Kaart van het studiegebied met opnamelocaties van de dwarsprofielen. De zwetten zijn met Romeinse cijfers genummerd met uitzondering van de zwet door de Klutenplas die het cijfer 0 heeft gekregen. De luchtfoto is genomen op 21 mei 2018 (© Google Earth). De Klutenplas is uitgegraven tussen punten 11 en 12; ten zuiden van punt 10 is de kleirijperij in aanleg te zien.

## 2.2 Klutenplas

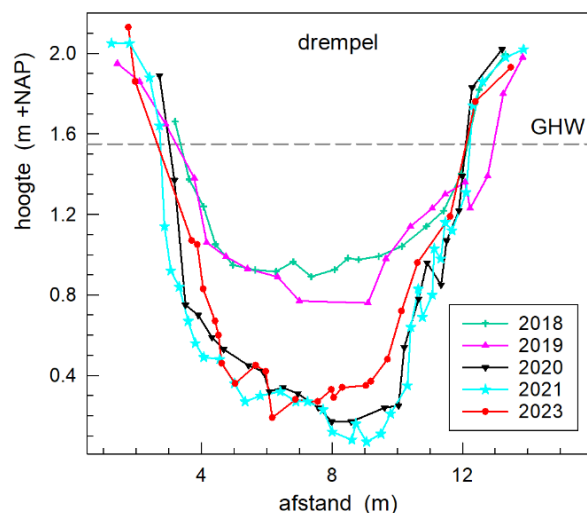
In hoofdstuk 1 (§ 1.2) is al een korte beschrijving van de Klutenplas gegeven. Door het weggraven van een tijdelijk dam werd de Klutenplas op 23 april 2018 onder invloed van het dagelijkse getij gebracht. Tabel 2.1 geeft een samenvatting van de belangrijkste ingrepen en gebeurtenissen die na aanleg van de Klutenplas hebben plaatsgevonden. Zoals in § 1.2 al is genoemd, moest een drempel in de in- en uitstroomopening ervoor zorgen dat het eiland ook bij laagwater door water werd omringd. Na installatie van een peilbuis op 31 augustus 2018 bleek dat deze drempel hoger was dan in de ontwerpfase van de Klutenplas was beoogd (niveau van de zwetbodem in de nulmeting: NAP + ca. 0.8 m). Naar aanleiding hiervan is de drempel op 29 november 2018 aangepast en met ongeveer een decimeter verlaagd. Bijna een jaar later (21 aug 2019) werd opgemerkt dat de drempel beschadigd was, mogelijk als gevolg van natuurlijk verval (Esselink *et al.* 2020). Figuur 2.2 laat zien dat als gevolg van onderloopsheid het verval van de drempel zich daarna heeft voortgezet. In september 2021 was de hoogte van de drempel afgenomen tot NAP +0.13 m. Door het verval van de drempel begonnen in het najaar van 2019 de laagwaterstanden in de plas geleidelijk te dalen totdat de plas rond eind oktober, anderhalf jaar na aanleg, bij laagwater begon droog te vallen (Esselink *et al.* 2020).

Om het broedeiland geschikt te houden voor de Kluut is het noodzakelijk om het eiland schaars begroeid te houden en de vegetatieontwikkeling af te remmen. In 2021 is een beheerproef van start gegaan om de effecten van twee beheervormen met elkaar te vergelijken, namelijk:

- het kort afmaaien en afvoeren van de vegetatie (door deze onder te werken in de voormalige zwet in het midden van het eiland). Dit beheer wordt sinds 2021 toegepast op de westelijke helft van het eiland.

- het kort afmaaien en afvoeren van de vegetatie als hierboven gevolgd omwerking van de bovengrond. Dit beheer werd in 2018 en 2019 op het hele eiland toegepast; sinds 2021 alleen op de oostelijke helft (Tabel 2.1).

Ten behoeve van het monitoringsonderzoek naar de opslibbing van de Klutenplas is in de NO-hoek van de plas een 30 meter lange meetbrug van steigerbuis gebouwd, die tot ongeveer halverwege het eiland reikt. De uitgangsposities van de hier aangebrachte sedimentatieplaten en meetveldjes zijn in het monitoringsrapport over 2018 gedocumenteerd (Esselink *et al.* 2019).



**Figuur 2.2** Ontwikkeling van het dwarsprofiel boven over de drempel in de monding van de Klutenplas in de eerste vier jaar na aanleg. De vier profielen zijn niet elk jaar langs precies dezelfde lijn opgenomen. In 2022 is de inmeting van het profiel niet succesvol verlopen. De foto rechtsboven is van 23 mei 2018, een maand nadat de Klutenplas werd blootgesteld aan de invloed van het getij. De foto rechtsonder is van 22 augustus 2022 en laat zien hoe de drempel in de loop der tijd door onderlooptheid is aangetast.

### 2.3 Overstromingsregime studiegebied

In de Dollard bedraagt het gemiddelde getijverschil of de getijslag ongeveer 3 meter. De jaargemiddelde hoogwaterstand (GHW) in Nieuwe Statenzijl (6.5 km ten O van het studiegebied) is vanaf 1900 gestegen met gemiddeld 2.2 mm per jaar (Esselink *et al.* 2011). Deze stijging had een onregelmatig verloop. Na 1983 vertoonde het GHW bijna 20 jaar lang nauwelijks een opgaande trend met een gemiddeld niveau van rond NAP+1.45 m (Fig. 2.3). De laatste jaren lag het jaargemiddelde GHW echter ruim boven dit niveau. In de laatste acht jaar (2015–2022) bedroeg het GHW NAP +1.57 m.

**Tabel 2.1** Tijdlijn van aanleg, beheermaatregelen en overige gebeurtenissen in de Klutenplas van aanleg tot eind 2023.

Datum	Omschrijving
mrt/apr/2018	Aanleg Klutenplas
19/apr/2018	Bouw meetbrug; aanbrengen sedimentatieplaten en markeerhorizonten
23/apr/2018	Blootstelling aan dagelijks getijdenregime
31/aug/2018	Installatie peilbuis met datalogger aan meetbrug (Fugro)
29/nov/2018	Verlaging drempel tot ca. NAP +0.9 m
27/mrt/2019	Beheer broedeiland: maaien vegetatie gevolgd grondbewerking (grondfrees)
21/aug/2019	Drempel beschadigd dan wel sporen van beginnend verval
eind okt 2019	Droogvallen peilbuis bij meetbrug tijdens laagwater
15/mrt/2020	Beheer broedeiland: maaien vegetatie; reparatie vossenraster en aanbrengen stroomdraad
27/mrt/2020	Aanpassing meetbrug en verplaatsing peilbuis naar de in/ en uitstroomopening
9/sept/2020	Aanbrengen tweede markeerhorizont met kaolienklei
febr/2021	Meetbrug II met peilbuis door ijsgang scheefgedrukt
22-24/febr/2021	Onderhoud broedeiland: start twee beheervormen
1/mrt/2021	Aanpassing meetbrug Elzingagroep vanaf meetbrug
3/mrt/2021	Verstoring kaolienveldjes geconstateerd
14/mrt/2021	Meetbrug II met peilbuis na storm onder water verdwenen
2/sept/2021	Herstel tweede markeerhorizont met kaolien na verstoring begin maart 2021
27/okt/2021	Herbouw meetbrug II
23/nov/2021	Installatie nieuw peilbuis aan meetbrug II
14-16/mrt/2022	onderhoud broedeiland
8/dec/2022	Laatste uitlezing en ontmanteling peilbuis
28/febr-1/mrt/2023	onderhoud broedeiland
6/apr/2023	Plaatsing mobiel raster broedeiland

Uit een vergelijking van de hoogwaterstanden in de Klutenplas met die van Nieuwe Statenzijl bleek dat de hoogwaterstand in de Klutenplas over het algemeen iets lager uitvalt dan de peilschaal van Rijkswaterstaat bij Nieuwe Statenzijl (Esselink *et al.* 2021). Bij de meest voorkomende hoogwaterstanden bedroeg het verschil 6 – 7 centimeter; bij hogere waterstanden (waterstanden waarbij de kwelder overstroomt) liep het verschil verder op tot 10 centimeter of meer. In 2022 zijn opnieuw de waterstanden in de Klutenplas gemonitord middels een peilbuis met CTD-diver. Deze gegevens zijn echter nog niet bewerkt. Daarom is voor het overstromingsregime van het studiegebied in 2023 gebruik gemaakt van de hoogwaterstanden in Nieuwe Statenzijl. Om rekening te houden met de lagere waterstanden in het studiegebied zijn op de waterstanden van Nieuwe Statenzijl dezelfde correcties toegepast als voor eerdere jaren door Esselink *et al.* (2022):

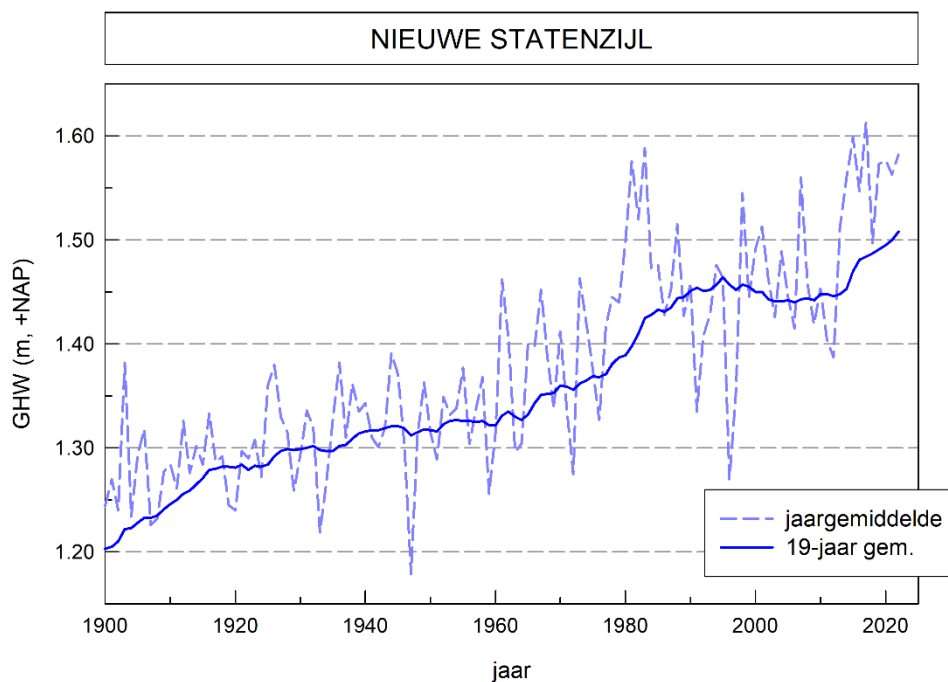
Voor hoogwaterstanden in Nieuwe Statenzijl lager dan NAP+2.0 m:

$$HW_{KLUTENPLAS} = HW_{NWSZL} - 0.05 \text{ m}$$

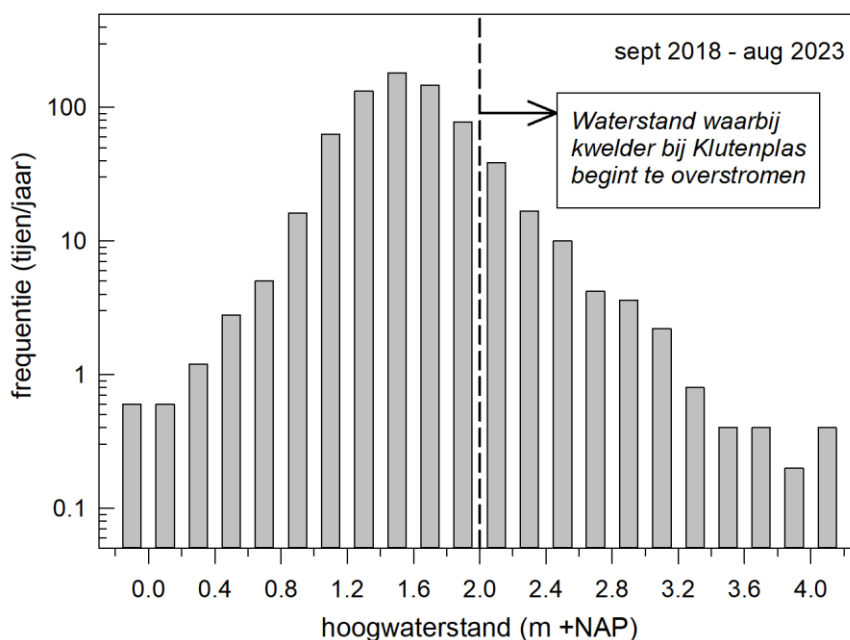
Voor de hoogwaterstanden in Nieuwe Statenzijl gelijk aan of hoger dan NAP+2.0 m:

$$HW_{KLUTENPLAS} = HW_{NWSZL} - 0.10 \text{ m}$$

In het studiegebied ligt het maaiveld van de kwelder, met uitzondering van de hogere ruggen of oeverwallen langs de hoofdduitwateringen, op ongeveer een hoogte van NAP+ 1.9 m (Esselink *et al.* 2018). Dit betekent dat de kwelder begint onder te lopen wanneer de vloed in Nieuwe Statenzijl het niveau van NAP+ 2.0 m overschrijdt (Fig. 2.4). In de periode september 2018 – augustus 2022 gebeurde dit gemiddeld 75 keer per jaar (Tabel 2.2).



**Figuur 2.3** Ontwikkeling van het jaarlijks gemiddeld hoogwater (GHW) in Nieuwe Statenzijl over de periode 1900 – 2022. Het 19-jarig lopend gemiddeld is uitgezet om te corrigeren voor een mogelijk effect van de Saros cyclus (een 18,6-jarige cyclus in de afstanden van de Maan en de Zon ten opzichte van de Aarde die van invloed zijn op het getij).



**Figuur 2.4** De frequentieverdeling van hoogwaterstanden in Nieuwe Statenzijl en de waterstanden waarbij de Klutenplas rond de Klutenplas overstroomt in de eerste vijf stormjaren (september 2018 – augustus 2023) na aanleg van de Klutenplas. Om visuele redenen is op de verticale as voor een logaritmische schaalverdeling gekozen. Het gemiddelde aantal hoogwaters per jaar bedroeg 706 (de hoogte van alle staafjes bij elkaar opgeteld). Tabel 2.2 geeft een specificatie van de hoogwaterstanden waarbij de kwelder rond de Klutenplas overstroomt.

In tabel 2.2 wordt een schatting gegeven van de overstromingsfrequentie per stormjaar, waarbij een stormjaar wordt gedefinieerd als de periode van 1 september t/m 31 augustus een jaar later. Een dergelijke periode sluit beter aan op zowel de monitoring van de opslibbing als de seizoensfluctuatie in hoogwaterstanden in vergelijking tot het gebruik van kalenderjaren (zie ook Esselink *et al.* 2015; Koppenaal *et al.* 2022).

Bij een grotere diepte van het overstromingswater boven de kwelder kan er in theorie een grotere hoeveelheid sediment worden afgezet. Om te beschrijven of een jaar een gunstig of minder gunstig opslibbingsjaar was, zijn in tabel 2.2 per jaar de berekende waterdieptes bij een kwelderhoogte van NAP +1.9 m bij elkaar opgeteld. De hoogte van deze denkbeeldige waterkolom boven de kwelder varieerde van 12.6 meter in het stormjaar 2020/21 tot 38.0 meter in 2021/22 (Tabel 2.2).

**Tabel 2.2** De frequentie van hoogwaterstanden  $\geq 2.0$  m +NAP bij Nieuwe Statenzijl per stormjaar (periode 1 sept – 31 aug), *i.e.* waterstanden in de Dollard waarbij de kwelder rond de Klutenplas begint te overstromen. De tabel geeft een specificatie van de rechterstaart van de frequentieverdeling in Fig. 2.4. De onderste regel geeft per stormjaar de som van alle waterstanden boven het niveau van 2.0 m +NAP uitgedrukt in de hoogte van een denkbeeldige waterkolom boven dit niveau.

Hoogwater (m +NAP)	Frequentie per stormjaar					Gemiddeld
	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22	2022/23	
2.1	35	54	29	28	46	38.4
2.3	15	19	11	18	21	16.8
2.5	16	11	6	4	13	10.0
2.7	3	5	2	6	5	4.2
2.9	5	5	1	7	0	3.6
3.1	2	2	1	6	0	2.2
3.3	0	1	0	3	0	0.8
3.5	0	0	0	2	0	0.4
3.7	0	1	0	1	0	0.4
3.9	0	1	0	0	0	0.2
4.1	1	0	0	1	0	0.4
Totaal	77	99	50	76	85	77.4
Gesommeerde hoogte waterkolom (m/jr)	26.9	31.7	12.6	38.0	20.9	20.9

## 3 Methoden

---

### 3.1 Ontwateringsstelsel

De monitoring van het ontwateringsstelsel richt zich op de ontwikkeling van doorstroom- of dwarsprofielen van de zwetten. Bij het opnemen van de dwarsprofielen zijn in 2022 dezelfde methodes gebruikt als in de voorgaande jaren: tijdens laagwater zijn de dwarsprofielen ingemeten met behulp van een Total Station zonder prisma. Hierbij is vanaf een van de oevers op basis van het reflectiesignaal de hoogte ingemeten van de drooggevalle bodem. Op plekken waar de bodem niet volledig was drooggevalle is in het veld de waterdiepte met het blote oog geschat (meestal een smalle reststroom van maximaal enkele centimeters diep). Bij elk dwarsprofiel is aan beide zijden van de zwet de begroeide oever en de hoogte van het maaiveld ingemeten met een behulp van een Total Station of een RTK GPS. Op meetpunten waar nog van een flinke ebstroom sprake was, is het diepste deel van het profiel eveneens met een Total Station opgenomen.

#### *Meetnet Klutenplas*

De Klutenplas staat via één uitwatering in verbinding met de Dollard. In deze verbinding zijn op drie locaties meetpunten voor een dwarsprofiel ingericht: Meetpunten 12, 13 en 14 in figuur 2.1. Om het effect van de aanleg van de Klutenplas te kunnen beoordelen zijn langs vijf zwetten controlemeetpunten ingericht: meetpunten 1 t/m 6 en 18 t/m 26 (drie per zwet; Fig. 2.2). Omdat de dwarsprofielen op deze meetpunten de afgelopen jaren weinig verandering lieten zien, is de opnamefrequentie van deze profielen na 2020 verlaagd naar eenmaal per twee jaar.

#### *Meetnet Kleirijperij*

Door de aanleg van een droogbed voor de klei uit de Klutenplas gevolgd door de aanleg van de Kleirijperij staat de zwet die door de Klutenplas heenloopt sinds het voorjaar van 2018 niet meer in verbinding met de dijksloot. Door het wegvallen van deze verbinding is het tussen de zeedijk en de Klutenplas gelegen deel van deze zwet overgedimensioneerd geraakt. De verwachting is dat als gevolg hiervan dit gedeelte van de zwet, in elk geval gedeeltelijk, zal dichtslibben. Om dit proces te volgen worden de dwarsprofielen op Meetpunten 10 en 11 gemonitord.

Ook de zwetten VI en VII kunnen door de aanleg van de Kleirijperij zijn beïnvloed. Weliswaar stonden deze zwetten voor de aanleg van de Kleirijperij niet in verbinding met de dijksloot, maar door de aanleg van de Kleirijperij is hun kombergingsgebied aan de voet van de dijk verkleind. Analoog aan de zwet door de Klutenplas kunnen deze zwetten door de aanleg van Kleirijperij landwaarts overgedimensioneerd zijn en de neiging vertonen om hier dicht te slibben. Van beide uitwateringen is op drie punten het dwarsprofiel opgenomen, resp. punten 7 – 9 en 15 – 17 (Fig. 2.2). De controlemeetpunten van de Klutenplas kunnen ook hier als referentiepunten worden gebruikt.

### 3.2 Kwelderafslag

De monitoring van de positie van de kwelderrand is na 2020 verlaagd naar eenmaal per twee jaar. Als gevolg hiervan is de positie van de kwelderrand in 2023 niet vastgelegd. Het voornemen is om in het kader van het monitoringsprogramma in 2024 een laatste kartering uit te voeren.

### 3.3 Slibinvang Klutenplas

#### 3.3.1 Hoogteontwikkeling Klutenplas

Vragen uit het monitoringsplan rond de slibhuishouding van de Klutenplas hebben ten minste twee aspecten, namelijk:

- a) veranderingen in bodemhoogte, die bijv. kan worden uitgedrukt in centimeters per jaar en
- b) de hoeveelheid ingevangen sediment en die bijv. kan worden uitgedrukt in  $\text{kg/m}^2/\text{jaar}$  of ton droge stof per jaar.

Vlak voor dat in april 2018 de Klutenplas werd aangesloten op de Dollard is voor de monitoring van zowel de bodemhoogte als de sedimentatie een meetbrug gebouwd waarlangs op vijf plekken een sedimentatieplaat ( $0.3 \times 0.3$  m) en een markeerhorizont van kaolienklei (in veldjes van  $0.5 \times 1.0$  m) zijn aangebracht (Tabel 2.1; Esselink *et al.* 2019). Om te kunnen verifiëren of de situatie bij de meetbrug representatief is voor de hele plas wordt ook de bodemhoogte in de hele plas gemonitord.

##### *Bodemhoogte Klutenplas*

Door de veranderende omstandigheden in de Klutenplas is voor de monitoring van de bodemhoogte van de Klutenplas noodgedwongen een aantal keer op een andere methode overgestapt (Esselink *et al.* 2022). Hierbij is in de eerste drie jaar de bodemhoogte van de plas twee keer per jaar gebiedsdekkend opgenomen. Daarna is de opnamefrequentie verlaagd naar eenmaal per jaar. In 2023 is net als in de jaren 2020 – 2022 met behulp van een rtk-drone een gebiedsdekkende hoogteopname uitgevoerd. Evenals tijdens de voorgaande metingen is tegelijkertijd met de dronevlucht met behulp van een Total Station de hoogte ingemeten van een aantal referentiepunten op de kwelder en in de Klutenplas, zodat de hoogtes geverifieerd en gecorrigeerd konden worden.

In overeenstemming met voorgaande jaren, is de analyse van de bodemverandering beperkt tot het deel van de plas met een min of meer vlakke bodem, *i.e.* het gedeelte tussen de onderinsteek van de buitenrand van de plas tot aan het vossenraaster (de onderinsteek is gedefinieerd als de knik tussen de vlakke bodem en het schuinoplopende deel van de oever of het talud). Voor de analyse van de verandering in bodemhoogte is gebruik gemaakt van het softwarepakket ET Surface 7.0 (<https://www.ian-ko.com/ETSurface.html>).

##### *Slibhoogte Meetbrug*

Sinds eind 2019 valt de Klutenplas praktisch elke laagwaterperiode droog. Dit maakte het relatief eenvoudig om de hoogte van het afgezette sediment boven de sedimentatieplaten te meten door de platen met een gekalibreerde meetstok aan te prikken en de lengte van het in het slib verdwenen deel van de stok af te lezen. Deze metingen zijn in 2023 met dezelfde frequentie voortgezet als in 2020 t/m 2022 (ongeveer eenmaal per twee maanden).

##### *Analyse relatie hoogteontwikkeling – getijdynamiek*

Voor beantwoording van de vraag uit het monitoringsplan wat de invloed is van storm en seizoen op de slibhuishouding in de Klutenplas (meetvraag K3 in tekstkader 1.1) zijn op basis van gegevens t/m augustus 2021 door Esselink *et al.* (2022) de relaties onderzocht tussen de hoogteontwikkeling van de Klutenplas en de overstromingsfrequentie en opgetreden waterdieptes. Aangevuld met de gegevens t/m augustus 2023 zijn deze analyses herhaald, zowel op basis van de gemiddelde verandering van de

bodemhoogte in de plas als op basis van de dikte van de geaccumuleerde sliblaag boven de sedimentatieplaten bij de meetbrug.

### 3.3.2 Sedimentbemonstering Klutenplas

Voor de meetreeks van het geaccumuleerde slib in de Klutenplas is in 2023 is opnieuw een sedimentbemonstering in de Klutenplas uitgevoerd. Deze is uitgevoerd met dezelfde Vrijwitboor als in 2022 (Fig. 3.1A; Esselink *et al.* 2023). Tijdens de bemonstering (4 sept 2023) had de sliblaag boven de sedimentatieplaten een gemiddelde dikte van bijna 122 centimeter bereikt. Dit is bij het nemen van de monsters als gewenste steekdiepte gehanteerd. Na het ophalen en openen van een volle boor zijn vanaf een diepte van 10 cm onder het oppervlak, met een h.o.h. afstand van 20 centimeter met behulp van Kopecky – of pF ringen (RVS-steekringen met een vast volume van 100 cc: Ø 5.05 cm en 5 cm hoog) deelmonsters verzameld (Fig. 3.1B). Onderaan de boor waren de pF-ringen te hoog en is met kleinere RVS-steekringen gewerkt met een inhoud van 62.92 cc (Ø 4.84 cm en 3.42 cm hoog). Langs de zuidzijde van de meetbrug zijn vijf boringen verricht; per boring zijn zes deelmonsters verzameld.

De monsters zijn in de steekringen verpakt naar het laboratorium vervoerd en daar binnen enkele dagen verder verwerkt. Voor de berekening van de natte en droge bulkdichtheid van het sediment is van alle monsters het nat- en drooggewicht bepaald met een nauwkeurigheid van 0.01 gram. Hiervoor is eerst het versgewicht van de monsters bepaald; vervolgens is het drooggewicht bepaald door de monsters te vriesdrogen (3 dagen bij -55 °C onder vacuüm condities) om daarna de monsters direct vanuit de excavator terug te wegen.



**Figuur 3.1** (A) Vrijwitboor met ongestoorde boorkern van 115 centimeter uit de Klutenplas na het verwijderen van de afsluitende schuif. (B) het nemen van deelmonsters met behulp van RVS-steekringen (foto's van 2022).

### 3.3.3 Zetting



In de loop van de tijd is in de vijf meetveldjes langs de meetbrug in totaal drie keer een markeerhorizont aangebracht, namelijk (Tabel 2.1):

- 1) in april 2018 voordat de Klutenplas werd blootgesteld aan de dagelijkse getijinvloed
- 2) in september 2020, en
- 3) in september 2021 vanwege verstoring in een aantal veldjes in het voorjaar van 2021.

Om de zetting in de afgezette sliblaag te onderzoeken is de positie van elke markeerhorizont onder het oppervlak gemeten. Hiervoor is in elke meetveldje een boring verricht tot onder de eerst aangebrachte horizont. Hierbij is gebruik gemaakt van een gutsboor met een werk lengte van twee meter. Van alle drie horizonten is de diepte van zowel de boven- als de ondergrens onder het oppervlak gemeten, zodat ook de onderlinge afstanden tussen de horizonten zijn vastgelegd. In de uitwerking is de markeerhorizont van september 2020 buiten beschouwing gelaten. Op basis van eventuele verandering in afstand tussen de eerste en derde horizont is het optreden van zetting in afgezette sliblaag onderzocht.

### 3.3.4 Referentiemetingen kwelder

#### *Opslibbing*

Om de slibbalans van de Klutenplas te kunnen vergelijken met die van de kwelder zijn in 2018 ook meetpunten ingericht op de kwelder. Hierbij zijn op 10 locaties sedimentatieplaten ingegraven en is de uitgangsdiepte ingemeten (Esselink *et al.* 2019). De opslibbing op de kwelder kan worden geanalyseerd door het monitoren van de diepte van de platen onder het maaiveld (Nolte *et al.* 2013). In 2023 is de diepte van de platen tweemaal opgenomen, namelijk op 3 maart en 1 september.

Het meten van de diepte van een plaat gebeurde door deze in een denkbeeldig raster negen keer met een dunne ijzeren pen aan te prikken om vervolgens de lengte van het in de bodem verdwenen deel van de pen langs een liniaal tot op één millimeter nauwkeurig te meten.

#### *Slibbalans*

Om het effect van de Klutenplas op slibhuishouding van de kwelder te kunnen evalueren zijn op 10 oktober 2023 op de kwelder rond de Klutenplas tot op een diepte van twee meter ongeroerde bodemmonsters gestoken en is van deze monsters de natte en droge dichtheid bepaald. Voor de boringen is gebruik gemaakt van een Ackermann steekapparaat. Bij een Ackerboring worden in principe ongestoorde boorkernen in opeenvolgende steekbussen uit een boorgat omhoog gebracht. Ackermann steekbussen hebben een effectieve hoogte van 40 cm en een binnendiameter van 67 mm, dus voor een boring tot een diepte van twee meter waren in principe vijf steekbussen nodig. De bodemmonsters zijn voor verdere verwerking vanuit het veld in de steekbussen naar het laboratorium getransporteerd. In het laboratorium zijn de monsters met behulp van een hydraulische pers voorzichtig uit de steekbussen gedrukt en op een ondersteunend ondervlak gelegd. Vervolgens zijn de bodemprofielen beschreven (Bos 2023) en zijn op tien verschillende dieptes volumedeelmonsters genomen met behulp van Kopecky steekringen van 50 cc (5, 15, 25, 35, 50, 70, 90, 110, 130, 150, 170, 190 cm diepte). Van deze volumemonsters zijn vervolgens het natgewicht en na droging door middel van vriesdroging (zie § 3.3.2) het drooggewicht bepaald.

De zes boringen zijn verricht vlak bij de referentie pq's van het vegetatie-onderzoek, in de vlakke delen van de kwelder rondom de Klutenplas. Het veldwerk is uitgevoerd Poelsema Veldwerk Bureau, de profielbeschrijvingen en het steken van de volumemonsters door het Geotechnisch Laboratorium van Wiertsema & Partners, terwijl de verdere verwerking heeft plaatsgevonden bij Wageningen Marine Research.

### 3.4 Vegetatie

Voor het monitoringsonderzoek naar de effecten van de verschillende ingrepen op de vegetatie zijn in en rond de Klutenplas drie groepen van elk tien pq's van 4 m × 4 m uitgezet (Esselink *et al.* 2018):

- a) pq's op het broedeiland in het midden van de plas
- b) pq's in de uitgegraven plas
- c) controle pq's op de kwelder welke niet door de inrichtingsmaatregelen beïnvloed zouden moeten worden.

In 2023 was langs de hoogste randen van de Klutenplas sprake van een ijle pioniervegetatie met soorten als zulte, gewoon kweldergras, Engels slijkgras en kort- en langjarige zeekraal. Door rondom de plas te lopen zijn de locaties van de pq's in de plas gecontroleerd op aanwezigheid van vegetatie. Deze pq's waren in 2023 nog volledig onbegroeid, en zijn om deze reden niet opgenomen. De controle pq's rondom de Klutenplas zijn in 2023 evenmin opgenomen.

Op het broedeiland was 2023 het derde jaar van een beheerexperiment waarin de effecten van twee beheervormen op de broedvogels (uitgevoerd door Jelle Loonstra van Altenburg & Wymenga) en de vegetatie worden onderzocht. Voor het vegetatieonderzoek gebeurt dit door het jaarlijks monitoren van de tien op het eiland gelegen pq's (vijf per beheerregime). In dit onderzoek wordt de vegetatie in de pq's beschreven op basis van de bedekking en abundantie van de aanwezige soorten volgens de decimale schaal van Londo (1976; Tabel 3.1), en waarbij de bedekking van de aanwezige plantensoorten op het oog wordt geschat. De vegetatieopnamen zijn met het programma TURBOVEG (Hennekes 1995) toegevoegd aan de database met de opnamen van de voorgaande jaren.

**Tabel 3.1** De decimale schaal van Londo (Londo 1976) waarmee de vegetatie van de pq's is opgenomen. Bij een bedekking van < 5% staat de decimale punt voor één van de aanvullende codes r, p, a of m. De grenzen die hierbij gehanteerd worden kunnen worden beïnvloed door de grootte van het pq. De laatste kolom geeft de grenzen die gehanteerd zijn voor de pq's van 4 × 4 m bij dit project.

Code	Bedekking (%)	Aanvullende code	Aantal exemplaren
. 1	< 1	r ( <i>raro</i> ) zeldzaam	= < 5
. 2	1 – 3	p ( <i>paululum</i> ) schaars	6 – 20
. 4	3 – 5	a ( <i>amplius</i> ) veel, talrijk	21 – 100
		m ( <i>multum</i> ) erg talrijk	> 100
1–	5 – 10		
1+	10 – 15		
2	15 – 25		
3	25 – 35		
4	35 – 45		
5	45 – 55		
6	55 – 65		
7	65 – 75		
8	75 – 85		
9	85 – 95		
10	> 95		

## 3.5 Kwelderherstel na verwijdering kleirijperij

### 3.5.1 Bodemonderzoek

Voor beantwoording van de meetvraag uit het monitoringsplan of de aanwezigheid van een tijdelijk slibdepot heeft geleid tot bodemverdichting op de kwelder (vraag S9 in tekstkader 1.1) is de dichtheid (soortelijk volume) bemonsterd op de locatie van het voormalige slibdepot en vergeleken met controlepunten buiten de locatie. Voor het verkrijgen van ongeroerde bodemmonsters is gebruik gemaakt van een Ackermann steekapparaat (zie ook § 3.3.4). Er is gekozen om te boren tot een diepte van 80 cm. Er zijn 24 boringen verricht: 12 op de locatie van het voormalige depot en 12 controlepunten. Na het beschrijven van de bodemprofielen (Bos 2023) zijn op drie dieptes volumedeelmonsters genomen met behulp van Kopecky steekringen van 50 cc: op ongeveer 10, 50 en 70 cm diepte. Van deze volumemonsters zijn vervolgens het natgewicht en na 24 uur drogen bij 105 °C het drooggewicht bepaald.

De bemonsteringspunten zijn gekozen aan de hand van de locaties van de vegetatie-pq's tijdens de nulmeting in 2017. De pq's op de locatie van het voormalige depot lagen op zes korte raaien van elk drie pq's loodrecht op de dijk, evenals dit het geval was bij de controle-pq's erbuiten. Van elke raai zijn vanaf de dijk geteld steeds het tweede en derde pq bemonsterd. Het veldwerk is uitgevoerd op 9 en 10 oktober 2023.

### 3.5.2 Vegetatie

Voor het monitoringsonderzoek naar het herstel van de kweldervegetatie na verwijdering van het tijdelijk slibdepot zijn tijdens de nulmeting 18 pq's uitgezet en is vegetatie van deze pq's beschreven met de opnameschaal van Londo (Tabel 3.1; Esselink *et al.* 2018). De 18 pq's (4 m × 4 m) waren verdeeld over zes korte raaien van elk drie pq's loodrecht op de dijk. De 18 controle pq's zijn in eenzelfde patroon uitgezet met drie raaien ten westen en drie raaien ten oosten van het tijdelijke depot.

De vegetatie van zowel de pq's op de locatie van het tijdelijke depot als de controle-pq's is in 2023 opnieuw opgenomen. De vegetatieopnamen zijn met het programma TURBOVEG (Hennekes 1995) toegevoegd aan de database met de opnamen van de nulmeting uit 2017.

## 4 Resultaten

### 4.1 Ontwateringsstelsel

#### 4.1.1 Ontwatering Klutenplas

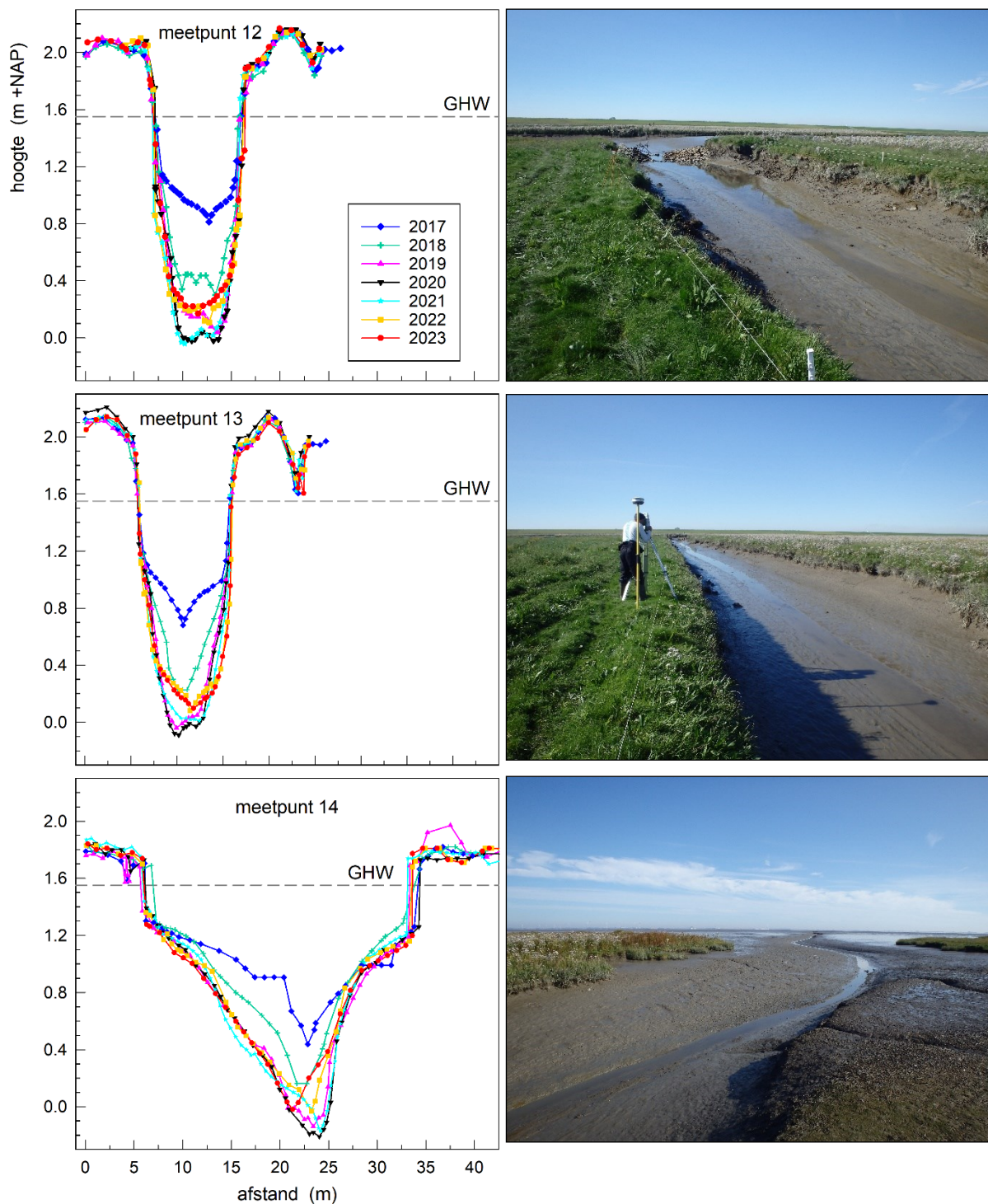
Figuur 4.1 geeft de ontwikkeling van de dwarsprofielen in de verbinding van de Klutenplas met de Dollard van de nulmeting in 2017 tot en met 2023; tabel 4.1 geeft de verschillen ten opzichte van de 2017. Figuur 4.2 geeft een vergelijking van de ontwikkeling van de bodemhoogte en de grootte van de dwarsprofielen in de verbinding van de Klutenplas met de Dollard met de controlezwetten.

**Tabel 4.1** Verschillen in de dwarsprofielen van de verbinding tussen de Klutenplas en de Dollard tussen september 2023 en de nulmeting in 2017. De dwarsdoorsnede geeft het verschil in de grootte van het dwarsprofiel onder het niveau van GHW. Zie ook figuur 4.1.

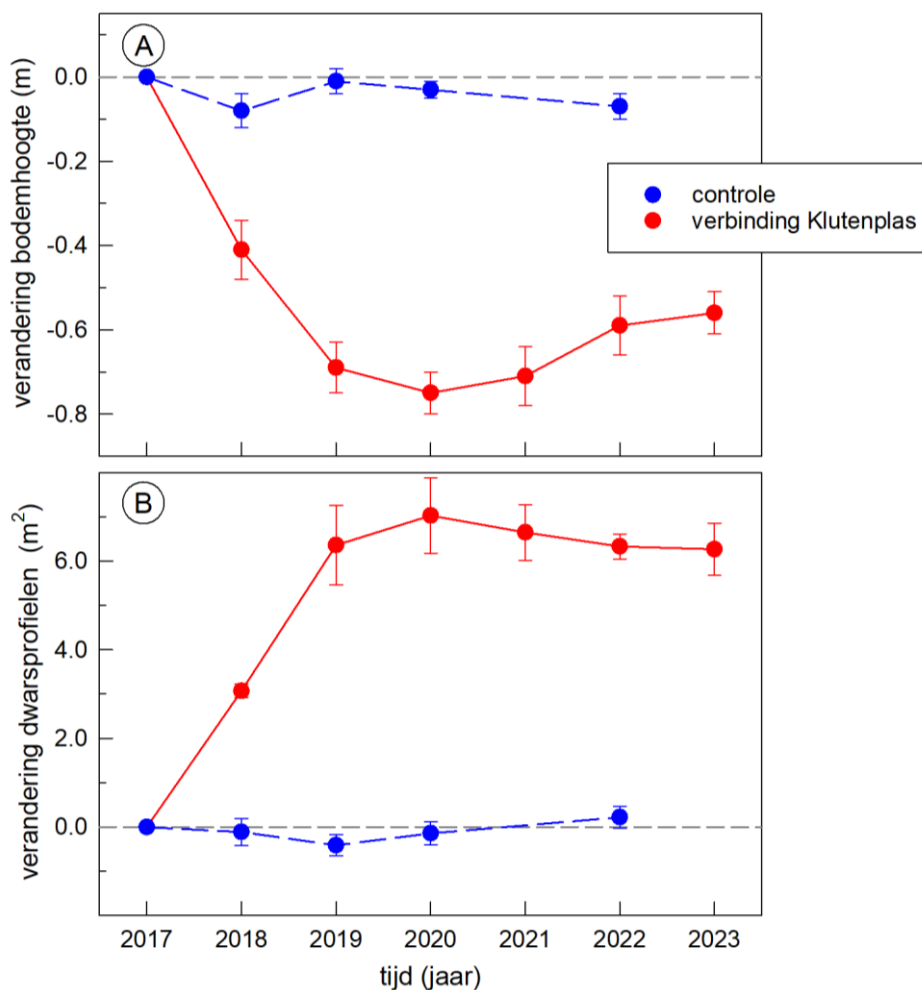
Meetpunt	Breedte (m)	Bodemhoogte (m)	Dwarsdoorsnede (<GHW)	
			(m <sup>2</sup> )	(%)
12	-0.3	-0.64	6.0	130
13	-0.1	-0.58	6.0	102
14	-0.8	-0.46	7.9	51
Gemiddeld	-0.4	-0.56	6.6	94

#### 4.1.2 Effecten ontwatering Kleirijperij

Figuur 4.3 geeft de ontwikkeling van de dwarsprofielen in het bovenstroomse deel van de zwet door de Klutenplas en de kleirijperij. Tabel 4.3 geeft voor deze profielen de verschillen in dimensies tussen 2023 en de nulmeting van 2017 en ook voor de twee zwetten die mogelijk eveneens door de aanleg van de kleirijperij zijn beïnvloed. Figuur 4.4 vergelijkt de verandering in bodemhoogte sinds de nulmeting in deze drie zwetten met de verandering in bodemhoogte van de controlezwetten.



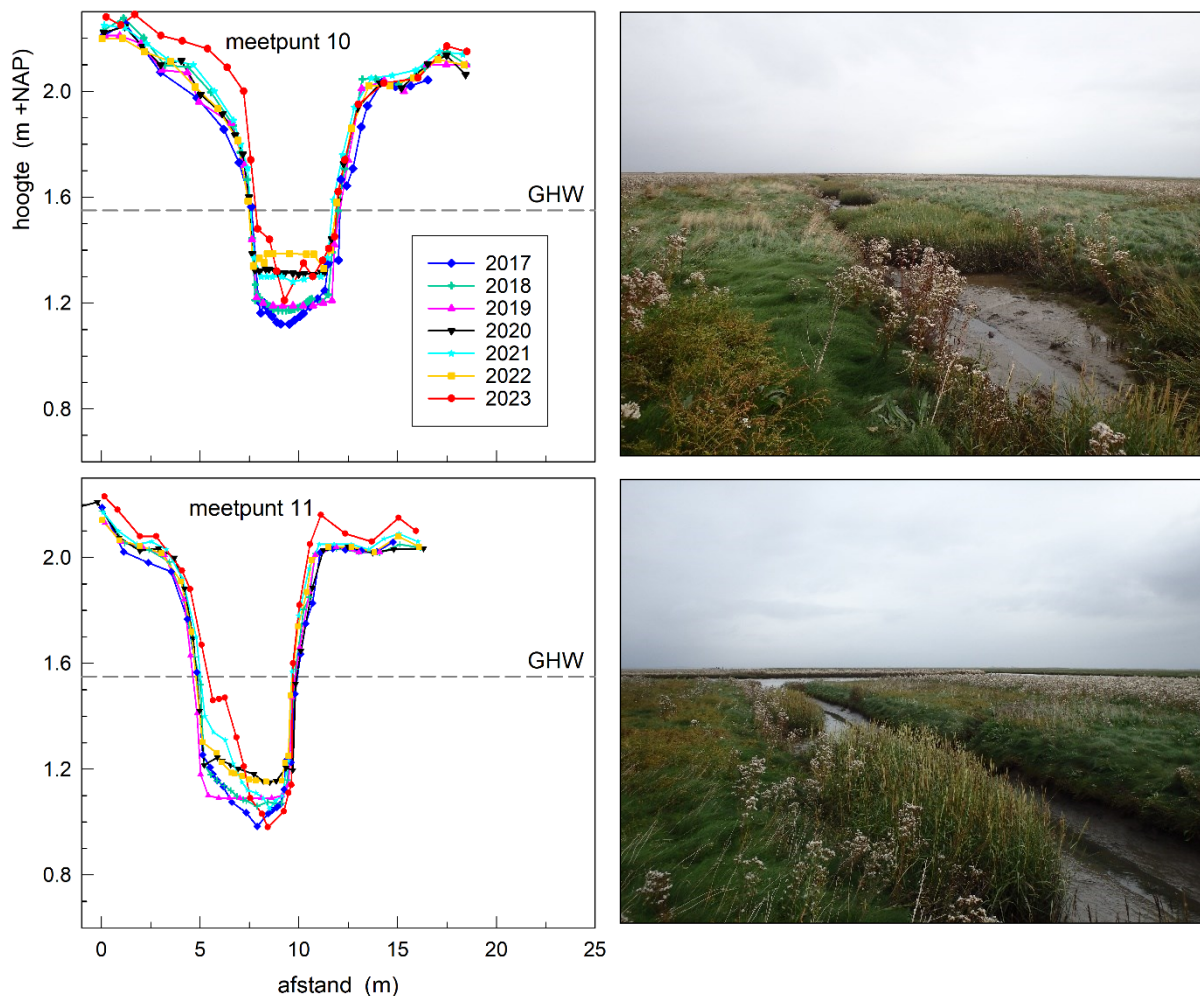
**Figuur 4.1** Ontwikkeling van de dwarsprofielen op de meetpunten 12 – 14 in de verbinding van de Klutenplas met de Dollard van voor de aanleg van de plas (2017) tot zes jaar erna. Als referentie is het niveau van het gemiddelde hoogwater (GHW) in Nieuwe Statenzijl over de jaren 2013 – 2018 aangegeven. De foto's rechts geven een beeld van de meetlocaties in de nazomer van 2023. Figuur 2.1 geeft een kaartje met de ligging van de meetpunten.



**Figuur 4.2** De cumulatieve veranderingen (gem.  $\pm$  standaardfout) van (A) de bodemhoogte en (B) de grootte van de dwarsprofielen onder het niveau van GHW ten opzichte van de Ausgangssituatie in de verbindingsswetten tussen Klutenplas en Dollard (meetpunten 12 – 14) in de periode 2017 – 2023 en in de controlezwetten (gemiddelde van alle meetpunten langs de zwetten I – V in fig. 2.2). In 2023 zijn de profielen van de controlezwetten niet opgenomen.

**Tabel 4.2** Verschillen in de dimensies van de dwarsprofielen tussen 2023 en de nulmeting van 2017 van de zwet die door de aanleg van het proeftracé van de Brede Groene Dijk de verbinding met de dijksloot heeft verloren (Zwet 0) en zwetten waarvan het kombergingsgebied door de aanleg van de kleirijperij tot na de metingen van 2022 tijdelijk was verkleind. De dwarsdoorsnede geeft de verandering van het dwarsprofiel onder het niveau van GHW aan. Bijlage I geeft voor zwetten VI en VII de ontwikkeling van de opgenomen profielen in de loop van de tijd met een foto van elk meetpunt in 2023. Figuur 2.1 geeft een kaartje met de ligging van alle meetpunten.

Zwet	Meetpunt	Breedte (m)	Bodemhoogte (m)	Dwarsdoorsnede (<GHW)	
				(m²)	(%)
0	10	-1.17	0.09	-0.7	-48
0	11	-1.47	0.00	-0.4	-24
VI	7	-2.21	0.17	0.0	
VI	8	-1.36	0.07	-0.1	-12
VI	9	3.94	-0.04	-0.6	-23
VII	15	-0.44	-0.16	0.6	22
VII	16	-0.22	-0.24	1.5	25
VII	17	0.12	-0.27	1.3	19



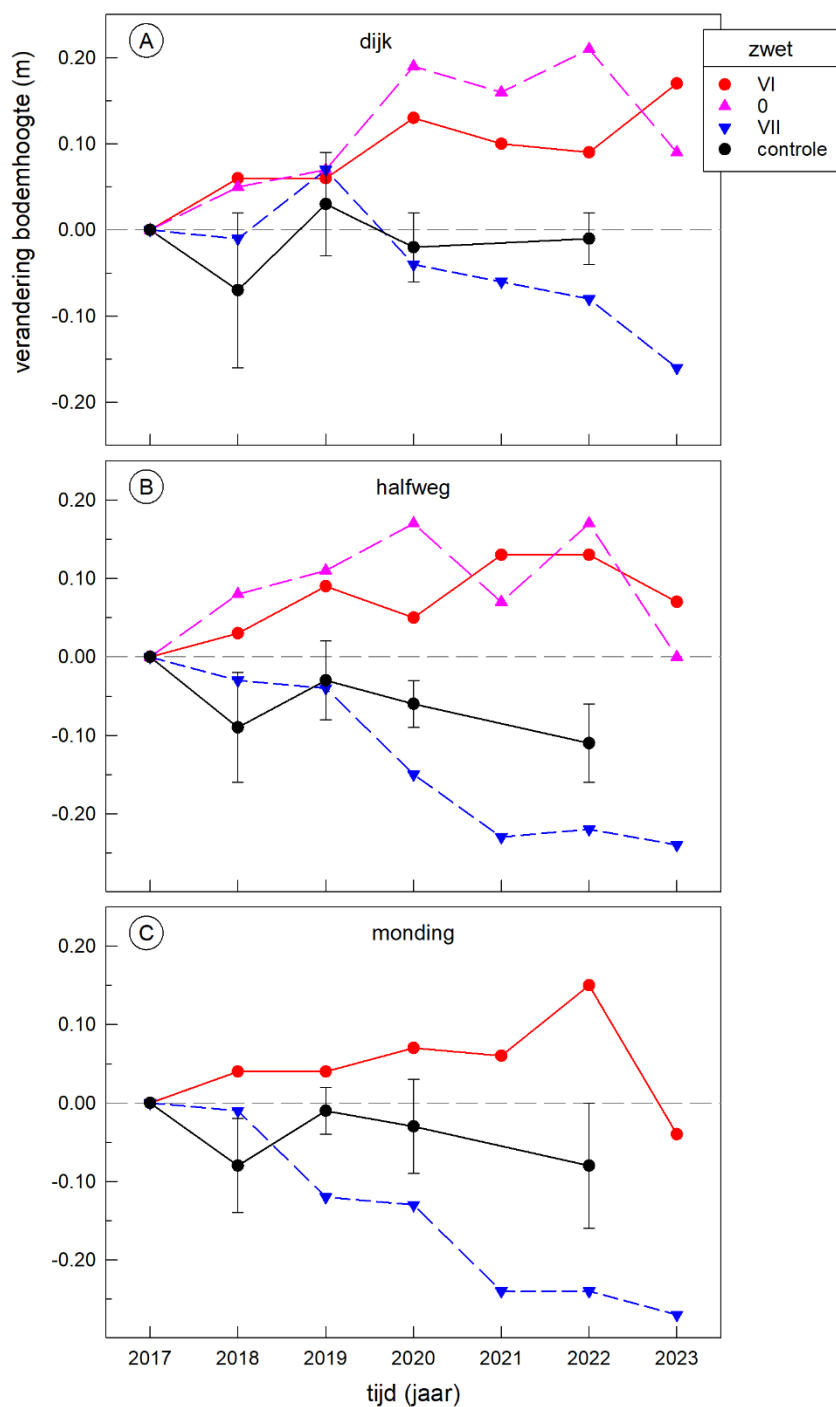
**Figuur 4.3** Ontwikkeling van de dwarsprofielen op de meetpunten 10 en 11 tussen de Klutenplas en de kleirijperij van het jaar voor de aanleg van de Klutenplas en kleirijperij (2017) tot zes jaar erna. Als referentie is het niveau van het gemiddelde hoogwater (GHW) in Nieuwe Statenzijl over de jaren 2013 – 2018 aangegeven. De foto's rechts geven een beeld van de meetlocaties in de nazomer van 2023. Figuur 2.1 geeft een kaartje met de ligging van de meetpunten.

## 4.2 Opslibbing en slibbalans Klutenplas

### 4.2.1 Hoogteontwikkeling Klutenplas

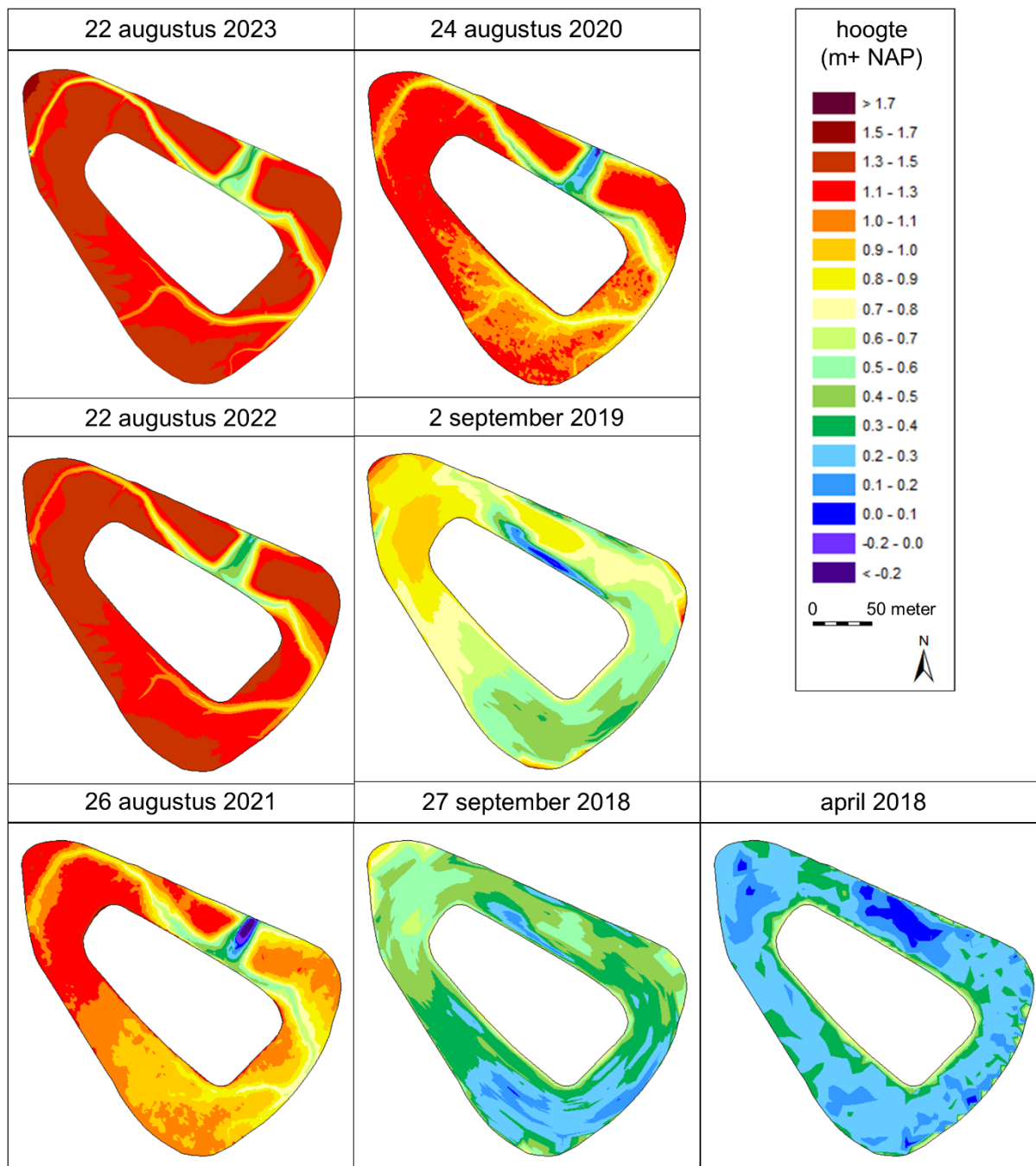
#### *Hoogteontwikkeling bodem*

Figuur 4.8 geeft de ontwikkeling van de bodemhoogte van april 2018 tot bijna 1 september 2023; figuur 4.9 geeft de verandering in bodemhoogte in het zomerhalfjaar van 2018 en vijf opeenvolgende jaren. Figuur 4.10 geeft een kaartje van de totale hoogteverandering over de gehele periode van april 2018 tot augustus 2022. Figuur 4.11 vergelijkt de cumulatieve hoogteverandering in de plas met de ontwikkeling van de dikte van de sliblaag bodem de sedimentatieplaten langs de meetbrug.

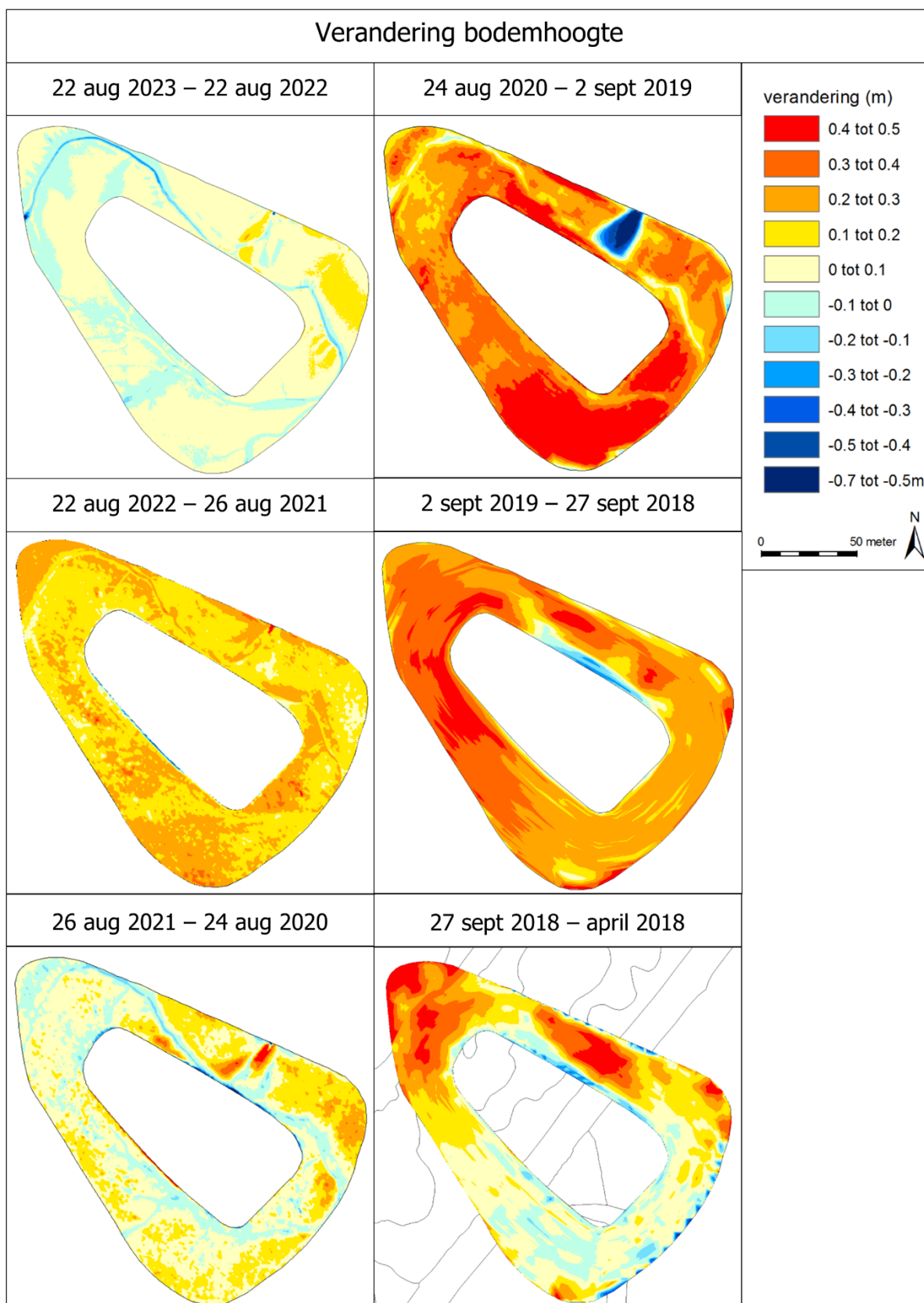


**Figuur 4.4** Vergelijking van de cumulatieve verandering in bodemhoogte van de drie zwetten die door aanleg van de kleirijperij de verbinding met de dijksloot hebben verloren (zwet 0 in Fig. 2.2) of waarvan het kombergingsgebied bij de dijkvoet door deze ingreep tot na de metingen van 2022 tijdelijk was verkleind (zwetten VI en VII) met de ontwikkeling van de bodemhoogte in de controlezwetten (gem.  $\pm$  standaardfout) voor (A) bij de dijk gelegen meetpunten, (B) ongeveer halverwege de kwelder gelegen meetpunten en (C) nabij de monding gelegen meetpunten. In 2023 zijn de profielen van de controlezwetten niet opgenomen.

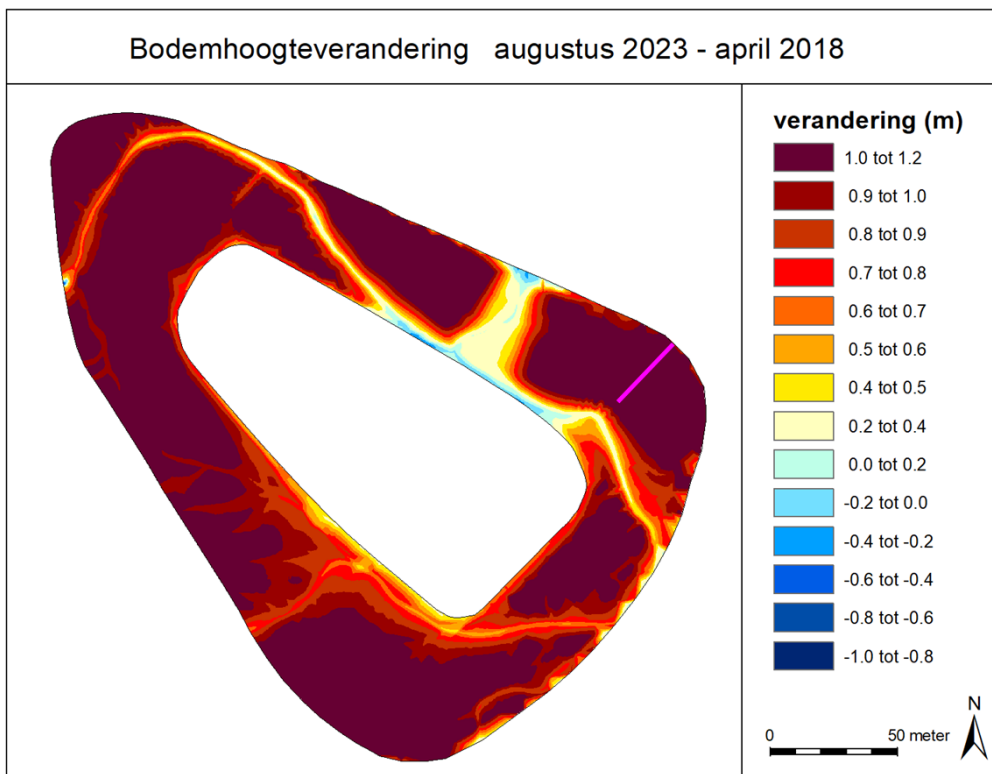




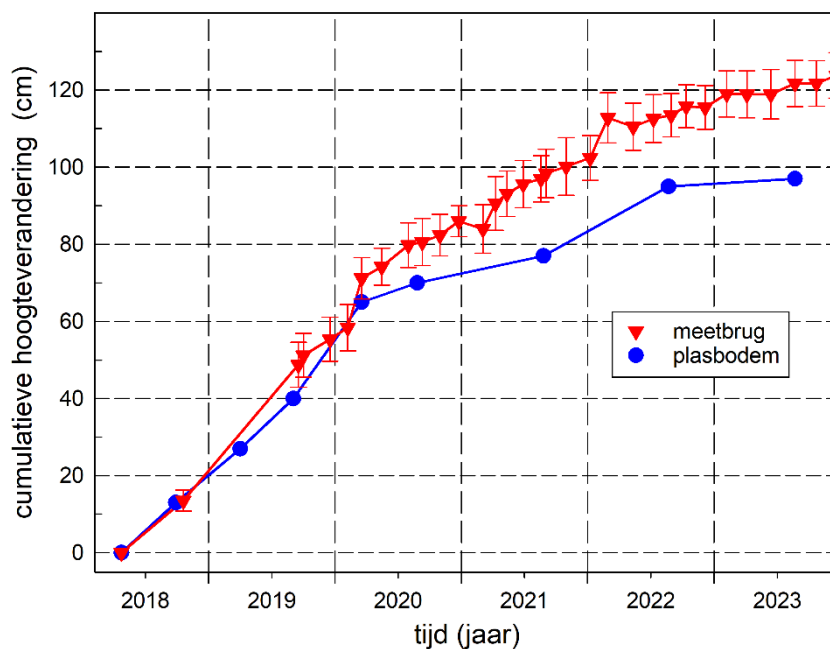
**Figuur 4.8** Ontwikkeling van de bodemhoogte in de Klutenplas vanaf de oplevering in april 2018 (rechtsonder) tot 22 augustus 2023. De buitengrens van de hoogtekaartjes wordt gevormd door de onderinsteek van de buitenoever bij aanleg; de binnengrens door het vossenraster van het broedeiland.



**Figuur 4.9** Verandering in bodemhoogte van de Klutenplas in de eerste bijna vijfeneenhalf jaar na oplevering van de plas in april 2018 uitgesplitst over het eerste half jaar (27 sept 2018 – april 2018) en gevolgd door vijf periodes van een jaar (sept 2018 – aug 2023).



**Figuur 4.10** Verandering in bodemhoogte van de Klutenplas in de eerste 40 maanden na blootstelling van de plas aan het getij (periode 23 april 2018 – 22 augustus 2023). De magenta lijn geeft de positie van de meetbrug

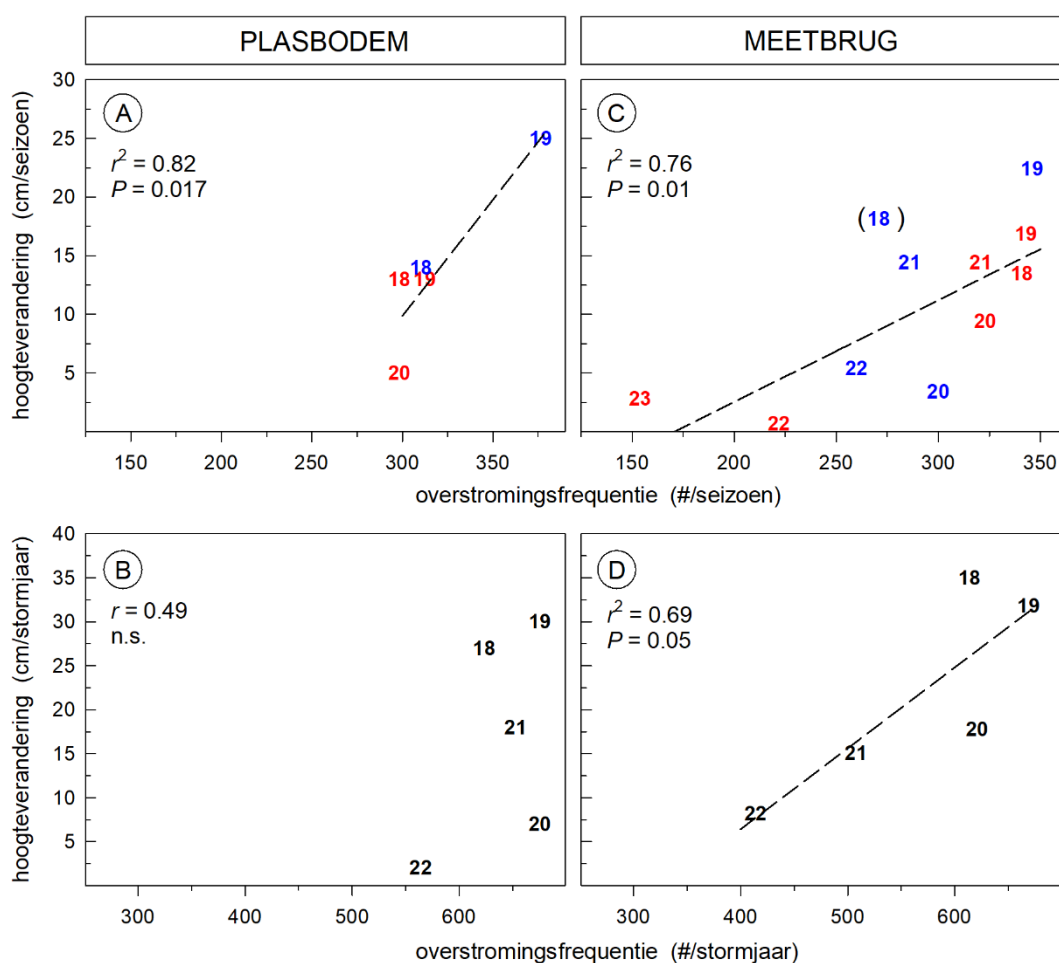


**Figuur 4.11** De cumulatieve hoogteverandering in de Klutenplas van april 2018 tot eind 2023. De blauwe lijn geeft de gemiddelde hoogteverandering in de hele plas; de rode lijn geeft de dikte van de sliblaag boven de sedimentatieplaten langs de meetbrug (gem. ± standaarddeviatie).

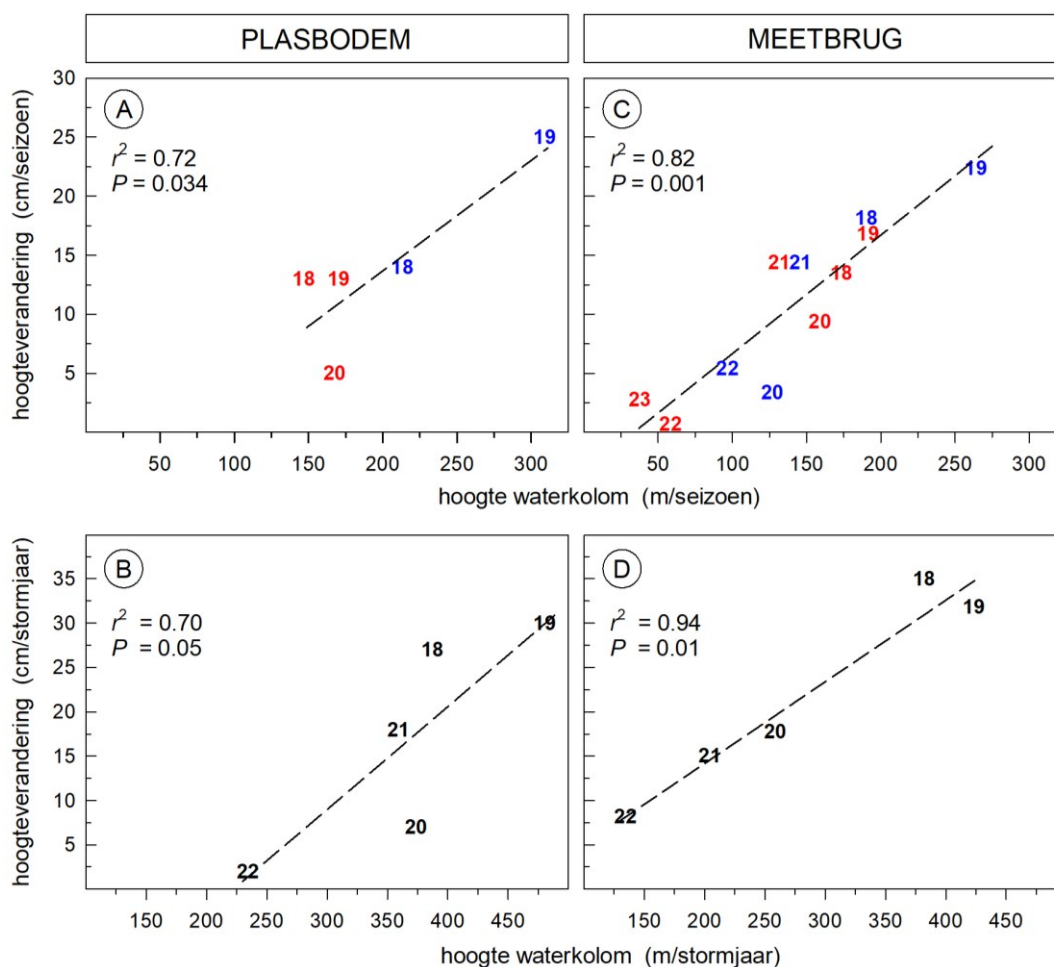
### Relatie hoogteontwikkeling – getijdynamiek

Figuren 4.12 geeft de hoogteverandering in de Klutenplas per zomer- of winterhalfjaar en per stormjaar in relatie tot de overstromingsfrequentie op basis van de gemiddelde hoogte in de hele plas (panelen AB) en op basis van de dikte van de geaccumuleerde sliblaag boven de sedimentatieplaten bij de meetbrug (panelen CD). Bij de meetbrug vormt de hoogteverandering in de winter van 2018/2019 een sterk afwijkende waarde in vergelijking tot de overige waarden en is dit punt daarom niet meegenomen in de regressieanalyse (Esselink *et al.* 2022).

Analoog aan figuur 4.12, geeft figuur 4.13 geeft de hoogteverandering in de Klutenplas als relatie van de gesommeerde hoogte van de waterkolom boven de plasbodem per zomer- of winterhalfjaar en per stormjaar.



**Figuur 4.12** De hoogteverandering in de Klutenplas in relatie tot de overstromingsfrequentie (A) in de hele plas in zomer- (rood) en winterhalfjaar (blauw) gecombineerd en (B) per stormjaar; (C) bij de meetbrug op basis van de dikte van de sliblaag boven de sedimentatieplaten in zomer en winter en (D) per stormjaar. Via de labels kunnen de veranderingen door de tijd worden gevolgd: Afhankelijk van de kleur geeft '18' de periode mrt 2018 t/m aug 2018, sept 2018 t/m febr 2019 of sept 2018 t/m aug 2019 voor respectievelijk zomerhalfjaar, winterhalfjaar en stormjaar, *etc.* Doordat met ingang van 2021 de plasbodem alleen nog in de nazomer wordt opgenomen geeft figuur A alleen de hoogteveranderingen over de periode april 2018 – augustus 2020.  $r$  = lineaire correlatiecoëfficiënt;  $P$  = kritische waarde van  $r$  in een éézijdige toets. Bij de meetbrug is de hoogteverandering in de winter van 2018 als uitbijter beschouwd en buiten de regressieanalyse gehouden (paneel C).



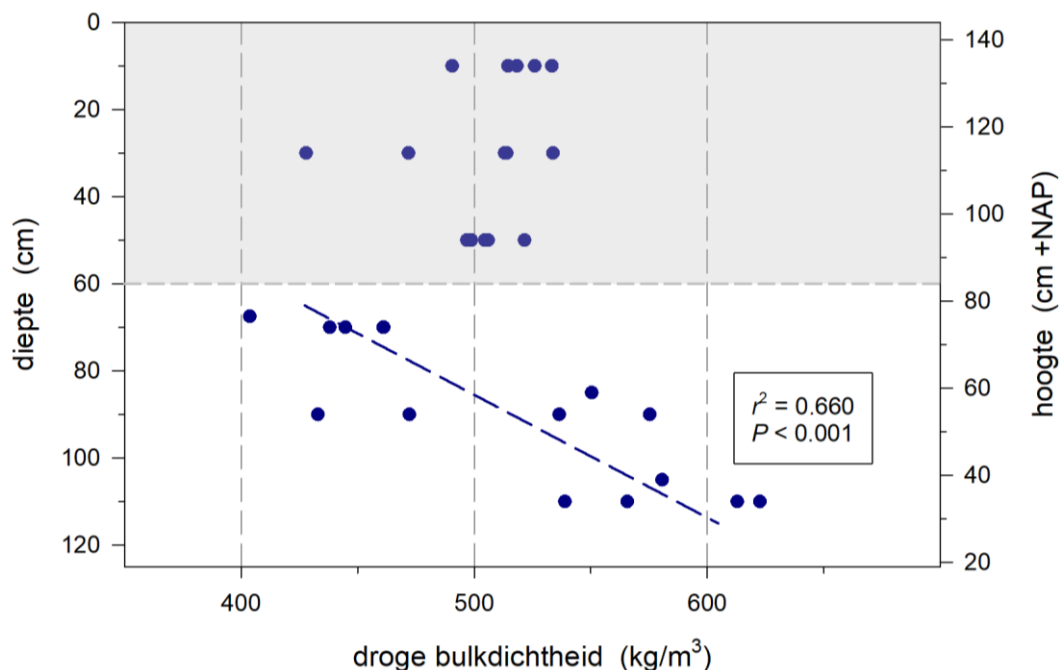
**Figuur 4.13** De hoogteverandering in de Klutenplas in relatie tot de cumulatieve hoogte van de waterkolom van de getijden boven het niveau van de drempel dan wel van de bodem van de plas na het verval van de drempel in het najaar van 2019 (A) per zomer- (rood) en winterhalfjaar (blauw) in de hele plas (B) per stormjaar in de hele plas; (C) langs de meetbrug op basis van de hoogte van de sliblaag boven de sedimentatieplaten in zomer en winter en (D) per stormjaar. Zie figuur 4.12 voor verdere toelichting.

## 4.2.2 Sedimentatie en slibvangst

### *Bulkdichtheid van het sediment en diepte*

Figuur 4.14 laat de relatie zien tussen de droge bulkdichtheid van de geaccumuleerde sliblaag en de diepte tijdens de monsternamen op 4 september 2023. Gebaseerd op het beeld uit 2022 lijkt de invloed van indroging van bovenaf sterk te zijn toegenomen.

Op basis van de deelmonsters langs het diepteprofiel, geeft tabel 4.3 de gemiddelde dichtheden (nat en droog) van de geaccumuleerde sliblaag in de Klutenplas in 2023. Tabel 4.4 geeft een samenvatting van de gemeten natte en droge bulkdichtheid in de jaren 2018 t/m 2023; figuur 4.15 laat op basis van deze cijfers hoe de droge bulkdichtheid in de loop van jaren geleidelijk is toegenomen. Door het verschil in omstandigheden en gebruikte bemonsteringsapparatuur kan een vergelijking tussen de verschillende jaren echter alleen met het nodige voorbehoud worden gemaakt (Tabel 4.4).



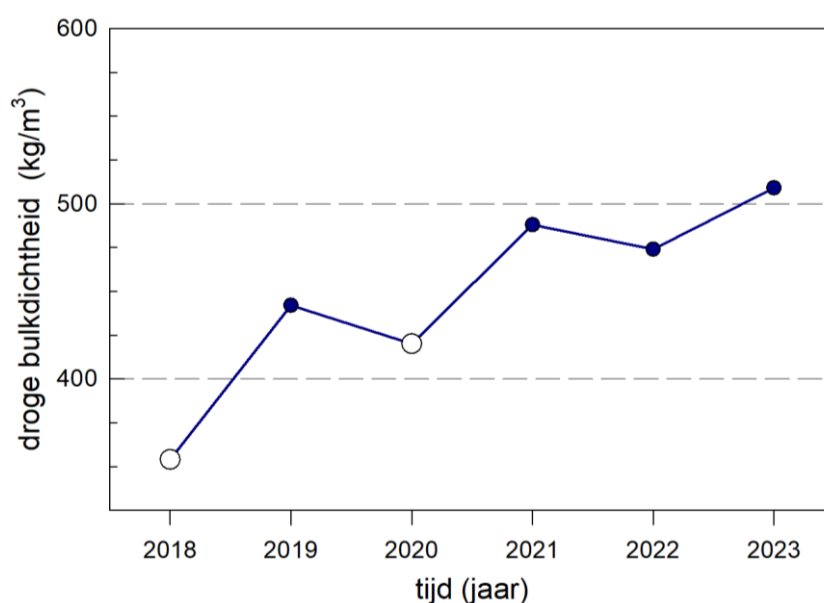
**Figuur 4.14** De droge bulkdichtheid (DBD) in de afgezette sliblaag van de Klutenplas tijdens de bemonstering van 4 september 2023 uitgezet tegen de bemonsteringsdiepte (linker Y-as) en de daarmee overeenkomende hoogte ten opzichte van NAP (rechter Y-as). De figuur is gebaseerd op met steekringen genomen deelmonsters uit boorkernen van een Vrijwitboor. In de bovenste 60 cm lijkt er geen correlatie tussen de DBD en diepte; dit in tegenstelling met de DBD op grotere diepte. Om grafische redenen is diepte als onafhankelijke variabele uitgezet langs de verticale as, terwijl de DBD als afhankelijke variabele is uitgezet langs de horizontale as.

**Tabel 4.3** Resultaten van de bemonstering in 2023 van de geaccumuleerde sliblaag rond de meetbrug buiten de vijf meetveldjes met markeerhorizont op basis van deelmonsters uit een boorkern van een Vrijwitboor ( $N=6$ ; vgl. Fig. 4.14). Aangenomen is dat deelmonsters tot op een diepte van 120 cm volledig afkomstig waren uit de geaccumuleerde sliblaag.  $SD$  = standaarddeviatie.

Boring (nr.)	Bulkdichtheid (kg/m <sup>3</sup> )				Vocht (%)	$N$
	nat		droog			
	gem.	$SD$	gem.	$SD$		
1	1274	42	482	43	62.2	6
2	1300	38	504	42	61.3	6
3	1309	44	520	42	60.3	6
4	1307	60	510	67	61.1	6
5	1311	63	527	71	59.9	6
Gemiddeld	1300	49	509	53	61.0	30
$SD$	15		17		0.89	

**Tabel 4.4** De ontwikkeling van de hoogte en de natte en droge bulkdichtheid (gemiddelde en standaarddeviatie (*SD*)) van het afgezette slib nabij de meetbrug in de eerste zes jaar na aanleg van de Klutenplas. Voor een verantwoording van gevolgde methoden in de voorgaande jaren wordt verwezen naar de betreffende jaarrapporten (Esselink *et al.* 2019 – 2023).

Jaar	Monster- apparatuur	Slib- hoogte (cm)	Bulkdichtheid (kg/m <sup>3</sup> )				<i>N</i>	Opmerking
			nat		droog			
			gem.	<i>SD</i>	gem.	<i>SD</i>		
2018	vacuüm cilinder	13.0	1086	23	354	9	3	onderwaterbodem
2019	Beekersampler	48.7	1229	35	442	16	3	
2020	Beekersampler	80.6	1158	40	420	19	5	gecorrigeerde waarden
2021	gutsboor	98.4	1343	36	487	19	10	
2022	Vrijwitboor	113.5	1284	6	474	8	5	
2023	Vrijwitboor	121.7	1300	15	509	17	5	



**Figuur 4.15** De ontwikkeling van de droge bulkdichtheid van het afgezette slib rond de meetbrug in de eerste zes jaar na aanleg van de Klutenplas. Open symbolen geven de jaren waarbij de bemonstering niet vlekkeloos verliep (Esselink *et al.* 2023). Zelfde gegevens als tabel 4.4.

**Tabel 4.5** De hoogteontwikkeling van de Klutenplas en een schatting van de hoeveelheid sediment dat de eerste zes jaar in de plas is afgezet, uitgedrukt in de netto volumeverandering per jaar en in ton droge stof per jaar. De schattingen voor de droge stof zijn gebaseerd op de gemiddelde DBD in de zes bemonsteringen (Tabel 4.4). De sedimentatie geeft de hoeveelheid sediment afgezet sediment per vierkante meter. Het stormjaar 2017/18 omvat alleen vijf zomermaanden van 2018 en is om die reden grijs gearceerd. De onderste regel geeft voor alle variabelen de totalen over de gehele periode sinds de blootstelling van de Klutenplas aan de dagelijkse getijdeninvloed (23 apr 2018 – 4 sept 2023).

Stormjaar	Hoogte- verandering (cm)	Slibinvang		Sedimentatie (kg/m <sup>2</sup> /jr)
		(m <sup>3</sup> /jr)	(ton/jr)	
2017/18	13	3749	1329	47
2018/19	27	7812	3781	132
2019/20	30	8544	3325	116
2020/21	7	1902	2312	81
2021/22	18	5222	2160	76
2022/23	2	583	1247	44
Totaal	97	27812	14153	496

### Zetting

Tabel 4.5 geeft de diepte van de eerste en derde aangebrachte kaolienhorizont in de Klutenplas begin september 2022 en 2023. In het tussenliggende jaar bleef de afstand tussen beide horizonten ongewijzigd.

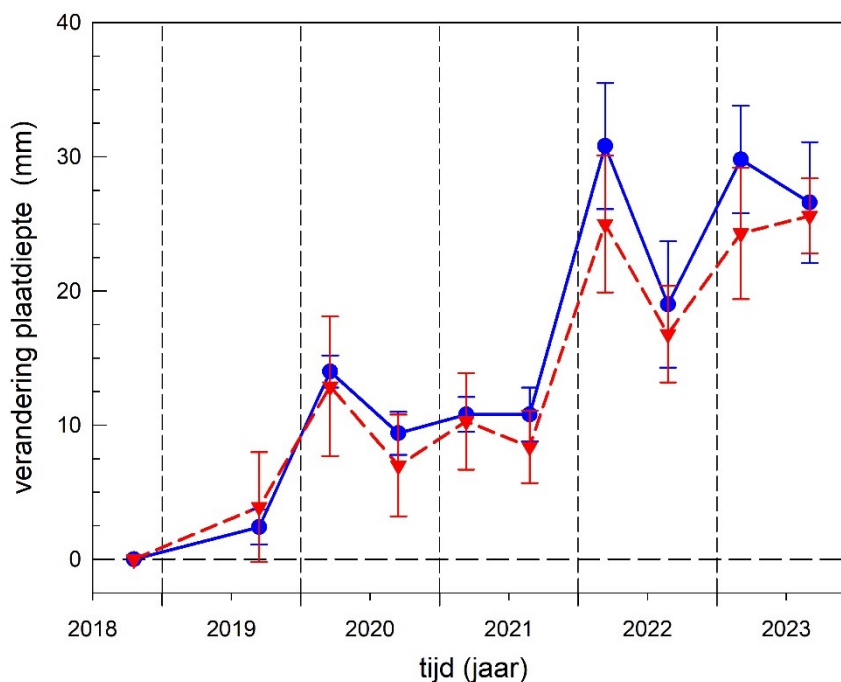
**Tabel 4.6** De diepte van sedimentatieplaten en de eerste - en derde kaolien-markeerhorizont en de afstand tussen de twee horizonten begin september 2022 en 2023. Onderste regels geven de toename in diepte (gem. + standaardfout) tussen de twee metingen. De gemeten afstand tussen de twee horizonten had in beide jaren vrijwel dezelfde waarde (rechterkolom). Dit laatste zou betekenen dat in de tussenliggende laag tussen de twee horizonten van 2022 op 2023 nauwelijks zetting is opgetreden.

Jaar	Plaat- diepte (cm)	Diepte eerste horizont (cm)			Diepte derde horizont (cm)			Afstand H1 – H3 (cm)
		ondergrens	bovengrens	gem.	ondergrens	bovengrens	gem.	
2022	113.5	111.6	110.2	110.9	19.4	17.7	18.6	92.4
2023	121.7	125.4	123.3	124.3	33.5	30.8	32.2	92.2
Vershil ( $\bar{x}$ )	8.2	13.8	13.1	13.4	14.1	13.1	13.6	-0.2
stand. fout	0.6			0.5			1.0	0.5



### 4.2.3 Kwelder

Op de kwelder rond de Klutenplas was de opslibbing in 202/23 minder hoog dan in het voorafgaande jaar (Fig. 4.15). Terwijl in maart 2023 de sedimentatieplaten minder diep onder het maaiveld lagen dan in maart 2022, lagen de platen als gevolg van de geringere krimp in de zomer van 2023 in augustus 2023 wel op groetere diepte dan in augustus 2022. Tabel 4.7 geeft de gemiddelde opslibbing over een periode van vijf jaar (okt 2018 – aug 2023).



**Figuur 4.16** De cumulatieve diepteverandering (gem.  $\pm$  standaardfout) van de sedimentatieplaten in de kweldebodem rond de Klutenplas ten opzichte van de ingraafdiepte in oktober 2018, opgesplitst in het vlakke lagere deel van de kwelder en de oeverwallen langs de zwet.

**Tabel 4.7** De gemiddelde opslibbing van de kwelder rond de Klutenplas over een periode van vijf jaar (oktober 2018 – augustus 2023) op basis van de toegenomen diepte van de aangebrachte sedimentatieplaten (Esselink *et al.* 2019).  $N$  = aantal platen,  $SD$  = standaarddeviatie.

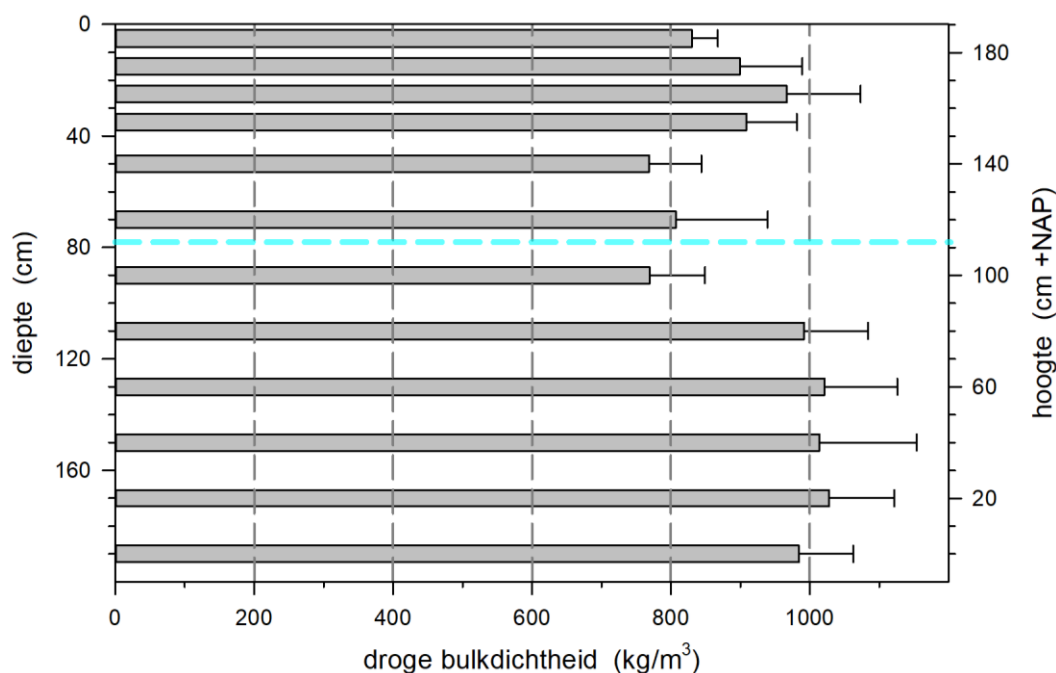
Kwelderdeel	Verandering plaatdiepte (mm/jaar)		$N$
	Gemiddelde	$SD$	
Vlak, laag	5.3	2.2	6
Oeverwal	5.1	1.1	4
Totaal	5.2	1.8	10

#### 4.2.4 Bulkdichtheid kwelderbodem

Tabel 4.8, figuur 4.17 en Bijlage II geven de resultaten van de referentiemetingen van de bulkdichtheid van de kwelderbodem rond de Klutenplas. Door de afwijkende lage waarden op wat grotere diepte in de boring op de locatie C08 (Bijlage II), zijn de resultaten van deze boring in de berekening van gemiddelde waarden voorlopig buiten beschouwing gelaten.

**Tabel 4.8** De natte en droge bulkdichtheid (gem. en standaarddeviatie (*SD*)) van de kwelderbodem tot een diepte van 2 meter rond de Klutenplas. De codering van de boorlocatie is afgeleid van de pq's van het vegetatieonderzoek. Op grotere diepte liet de C08 afwijkende waarden zien (Bijlage II) en zijn de resultaten van deze boring buiten beschouwing gelaten in de berekening van de gemiddelden.

Boorlocatie	Bulkdichtheid (kg/m <sup>3</sup> )				<i>N</i>
	nat		droog		
	gem.	<i>SD</i>	gem.	<i>SD</i>	
C01	1513	68	844	82	10
C02	1565	127	929	189	10
C03	1553	128	900	170	10
C08	1464	123	782	194	10
C09	1604	77	944	78	10
C10	1595	97	976	99	10
Gemiddeld	1566	104	919	134	5



**Figuur 4.17** De droge bulkdichtheid (gem. + *SD*) van de kwelderbodem rond de Klutenplas tot op een diepte van 200 cm onder het maaiveld. De kwelder is ontstaan uit landaanwinningswerken uitgevoerd in de periode 1946 – 1953. Op basis van het toenmalige GHW-niveau is de verwachte ondergrens van de kweldebegroeiing in deze periode aangegeven (onderbroken cyaankleurige lijn). Het sediment boven deze lijn is dan afgezet als kweldersediment; onder dit niveau als wadsediment. *N* = 5 door het buiten beschouwing laten boring C08 (zie ook tabel 4.8 en Bijlage II).

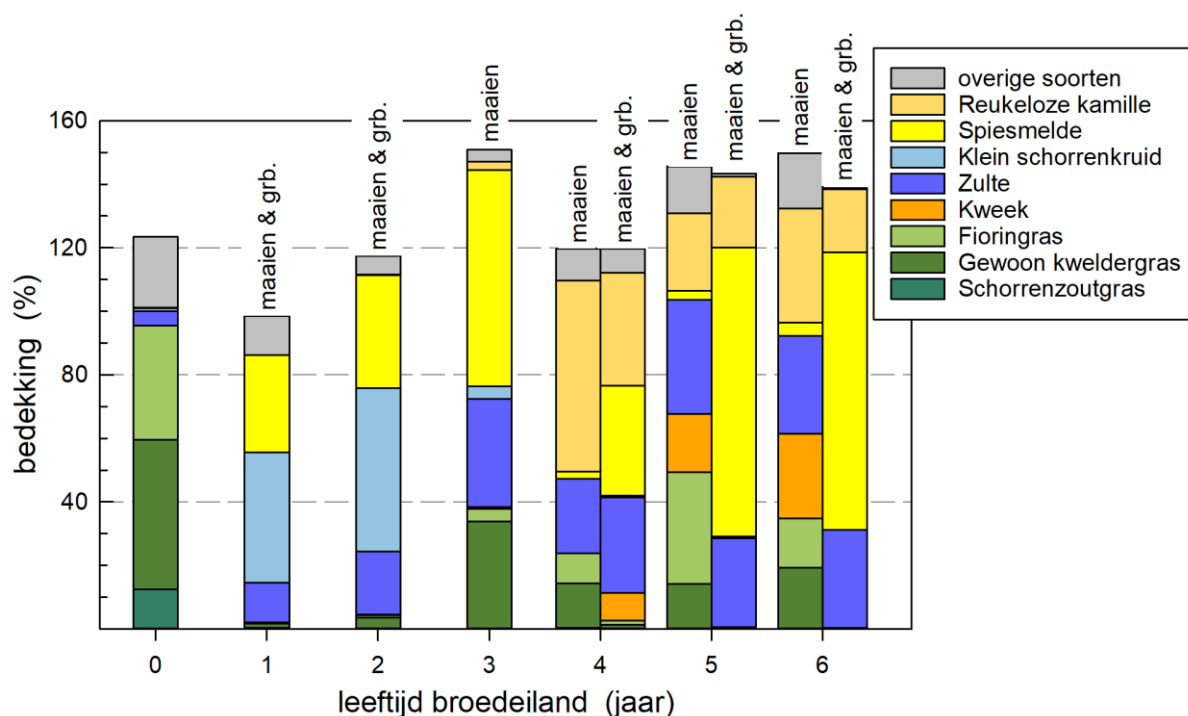
### 4.3 Vegetatieontwikkeling broedeiland

Tabel 4.9 geeft een vergelijking van de vegetatiesamenstelling tussen de twee beheerregimes in het derde jaar van de beheerproef en een vergelijking met de vegetatiesamenstelling in het jaar voordat de beheerproef van start ging. In het beheerregime met grondbewerking was het gemiddelde aantal plantensoorten per pq in 2023 opnieuw lager dan in voorgaande jaren en ook lager dan bij het beheer van alleen maaien en afvoeren. Bij de laatstgenoemde beheervorm bleef het aandeel van overblijvende soorten in de vegetatie min of meer ongewijzigd.

Figuur 4.16 geeft op basis van de belangrijkste soorten een grafische voorstelling van de vegetatieontwikkeling op het broedeiland vanaf het jaar van aanleg (jaar 1) inclusief een vergelijking van de vegetatiesamenstelling in de uitgangssituatie (2017; jaar 0).

**Tabel 4.9** Vergelijking van de vegetatiesamenstelling tussen de twee beheerregimes op het broedeiland in het derde jaar (2023) dat de twee regimes naast elkaar werden toegepast en een vergelijking met de vegetatiesamenstelling in het jaar voordat de proef werd ingevoerd (2020). De presentie geeft het percentage van de pq's waarin een soort werd aangetroffen; de volgende twee kolommen geven per soort de gemiddelde bedekking (gem.) met standaarddeviatie (SD). De onderste regel geeft de gemiddelde soortenrijkdom per pq. Eénjarige soorten zijn cursief gedrukt. Vetgedrukt zijn de soorten die bij hetzelfde beheerregime in alle pq's aanwezig waren en daar een relatief hoog aandeel in de vegetatie hadden (*i.e.* > 10% bedekking).

Soort	2020			2023					
	Maaien en afvoeren (N=10)			Maaien en afvoeren (N=5)			Maaien & grondbewerking (N=5)		
	Presentie (%)	Bedekking (%) gem.	SD	Presentie (%)	Bedekking (%) gem.	SD	Presentie (%)	Bedekking (%) gem.	SD
<i>Spiesmelde s.l.</i>	100	<b>68</b>	29	100	4.2	1.8	100	<b>87</b>	4
<i>Zulte</i>	100	<b>34</b>	15	100	<b>31</b>	21	100	<b>31</b>	13
Gewoon kweldergras	100	<b>34</b>	26	80	<b>19</b>	26	-	-	-
<i>Reukeloze kamille</i>	100	2.8	2.4	100	<b>36</b>	11	100	<b>20</b>	7
Fioringras	80	4.0	6.0	100	<b>16</b>	12	-	-	-
Zeeweegbree	70	1.3	1.3	60	0.8	0.8	-	-	-
<i>Klein schorrenkruid</i>	60	3.9	3.5	-	-	-	-	-	-
Gerande schijnspurrie	50	0.5	0.5	60	0.6	0.5	-	-	-
Rood zwenkgras <i>s.l.</i>	40	0.5	0.7	100	5.8	4.4	-	-	-
Melkkruid	40	0.4	0.5	40	0.4	0.5	-	-	-
Kweek	20	0.6	1.3	100	<b>27</b>	34	20	0.4	1.2
<i>Akkermelkdistel s.l.</i>	20	0.5	1.3	40	1.6	3.0	40	0.4	0.6
Zeekweek	20	0.2	0.4	40	2.6	5.3	-	-	-
Engels slijkgras	10	0.1	0.3	-	-	-	-	-	-
Schorrenzoutgras	10	0.1	0.3	-	-	-	-	-	-
<i>Gewoon varkensgras</i>	10	0.1	0.3	20	0.2	0.4	-	-	-
Akkerdistel	-	-	-	60	4.6	8.6	-	-	-
Zilverschoon	-	-	-	60	0.6	0.5	-	-	-
Ruw beemdgras	-	-	-	20	0.2	0.4	-	-	-
Aantal soorten / pq		8.3	1.6		10.8	3.3		3.6	1.0

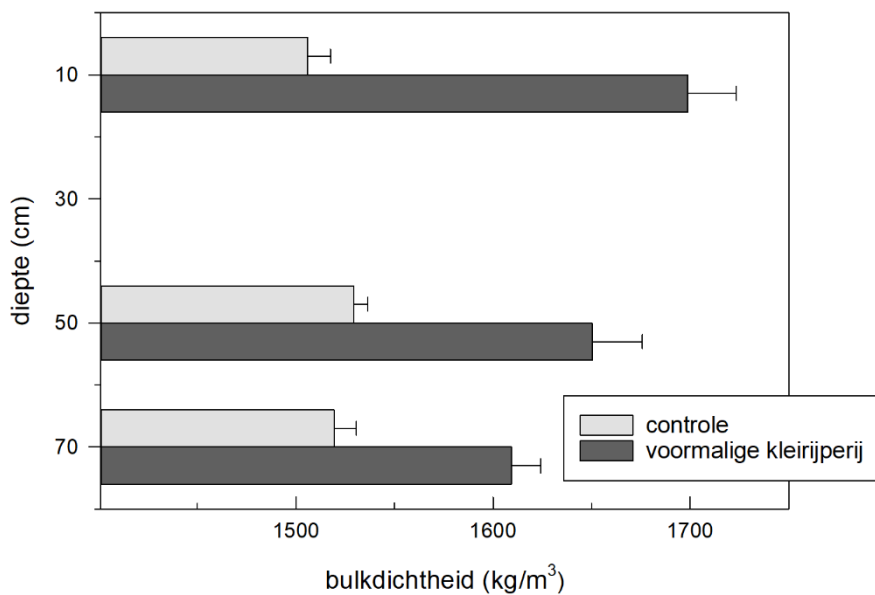


**Figuur 4.18** De vegetatieontwikkeling op het broedeiland op basis van de bedekking van de acht belangrijkste plantensoorten van het jaar voor de aanleg (jaar 0) t/m het derde jaar van het beheerexperiment in het zesde jaar na aanleg (2023). De acht geselecteerde soorten bereikten in minimaal één jaar een gemiddelde bedekking van >10%; de overige soorten voldeden niet aan dit criterium. grb. = grondbewerking.

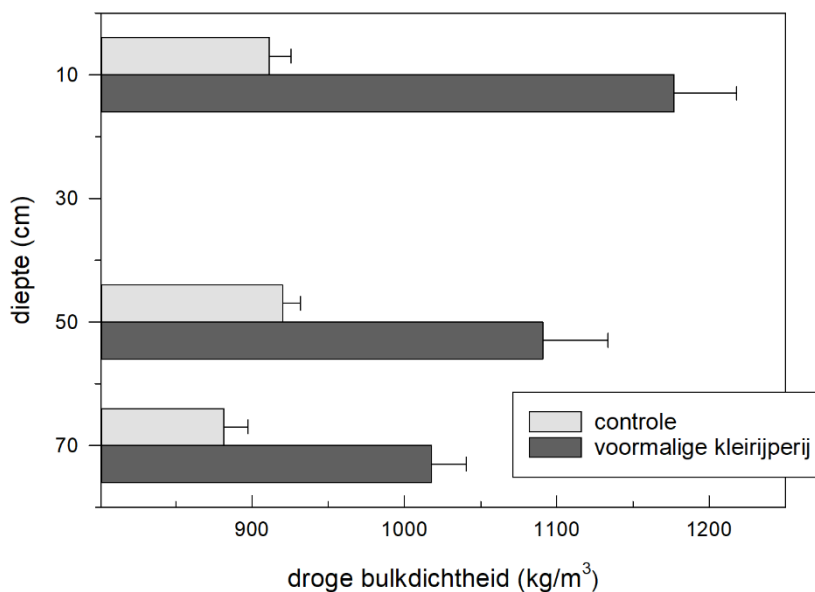
## 4.4 Kwelderherstel na verwijdering slibdepot

### 4.4.1 Compactie kwelderbodembodem

Op de locatie van het voormalige slibdepot lieten de natte en droge bulkdichtheid een omgekeerde relatie zien met de diepte (hoogste waarden boven in het bodemprofiel), terwijl in de controlesituatie een mogelijk verband tussen dichtheden en diepte ontbrak (Fig. 4.19 – 4.20; Tabel 4.10). Op alle drie gemonsterde dieptes was op de locatie van het voormalige depot sprake van significant hogere waarden vergeleken met de controlesituatie (Tabel 4.11 – 4.12).



**Figuur 4.19** De natte bulkdichtheid ( $\bar{x}$  + standaardfout) van de kwelderbodem tot een diepte van 80 cm een jaar na de verwijdering van de tijdelijke slibdepots van de kleirijperij in vergelijking met controlepunten op de beweide kwelder eromheen.



**Figuur 4.20** De droge bulkdichtheid ( $\bar{x}$  + standaardfout) van de kwelderbodem tot een diepte van 80 cm een jaar na de verwijdering van de tijdelijke slibdepots van de kleirijperij in vergelijking met controlepunten op de beweide kwelder eromheen.

**Tabel 4.10** Resultaten van 1-weg variantieanalyses om het verband te toetsen van zowel de natte als de droge bulkdichtheid van de kwelderbodem met de diepte op (A) de locatie van de voormalige slibdepots van de kleirijperij een jaar na de verwijdering van deze depots en (B) controlepunten op de beweide kwelder rondom de voormalige kleirijperij. In de bodem onder de voormalige slibdepots is zowel bij de natte als droge bulkdichtheid sprake van een significant negatief verband met diepte; in de controlesituatie was geen sprake een significant verband tussen bulkdichtheden en diepte (Fig. 4.19 – 4.20). *SS* = kwadratensom, *vg* = aantal vrijheidsgraden, *MS* = gemiddelde kwadraat; *F* = toetsgrootte, *P* = overschrijdingskans.

(A) kwelderbodem onder de voormalige kleirijperij										
Bron van variatie	Natte bulkdichtheid					Droge bulkdichtheid				
	<i>SS</i>	<i>vg</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>SS</i>	<i>vg</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Diepte	46219	2	23110	3.880	0.031	146131	2	73066	4.463	0.02
Residuals	190575	32	5955			523873	32	16371		

(B) bodem beweide controle kwelder										
Bron van variatie	Natte bulkdichtheid					Droge bulkdichtheid				
	<i>SS</i>	<i>vg</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>SS</i>	<i>vg</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Diepte	3247	2	23110	1.288	0.289	9800	2	4900	2.049	0.145
Residuals	41601	33	1261			78911	33	2391		

**Tabel 4.11** De natte bulkdichtheid (vers volumegewicht) van de kwelderbodem op de plek van de voormalige slibdepots van de kleirijperij tot op een diepte van 80 cm een jaar na de verwijdering van de depots en in de beweide kwelder eromheen als controle. Zie ook figuur 4.19. De Student *t* test geeft aan dat de dichtheid van de kwelderbodem op de plek van het voormalige depot op alle drie onderzochte dieptes significant hoger was dan in de beweide controlesituatie. *SD* = standardsituatie, *N* = steekproefgrootte, *vg* = aantal vrijheidsgraden, *P* = overschrijdingskans.

Diepte (cm)	Natte bulkdichtheid (kg/m <sup>3</sup> )						<i>Student t-test</i>		
	voormalige kleirijperij			beweide kwelder (controle)			<i>t</i>	<i>vg</i>	<i>P</i>
	gem.	<i>SD</i>	<i>N</i>	gem.	<i>SD</i>	<i>N</i>			
5 – 15	1699	86	12	1506	40	12	-7.073	22	0.0001
45 – 55	1650	88	12	1529	25	12	-4.574	22	0.0001
60 – 75	1609	50	11	1519	39	12	-4.853	21	0.001

**Tabel 4.12** De droge bulkdichtheid van de kwelderbodem op de plek van de voormalige slibdepots van de kleirijperij tot op een diepte van 75 centimeter een jaar na de verwijdering van de depots en in de beweide kwelder eromheen als controle. Zie tabel 4.11 voor verdere toelichting.

Diepte (cm)	Droge bulkdichtheid (kg/m <sup>3</sup> )						<i>Student t-test</i>		
	voormalige kleirijperij			beweide kwelder (controle)			<i>t</i>	<i>vg</i>	<i>P</i>
	gem.	<i>SD</i>	<i>N</i>	gem.	<i>SD</i>	<i>N</i>			
5 – 15	1177	143	12	911	50	12	-6.086	22	0.0001
45 – 55	1091	149	12	920	41	12	-3.842	22	0.001
60 – 75	1018	75	11	881	55	12	-4.992	21	0.0001

#### 4.4.2 Vegetatieherstel

Tabel 4.13 geeft een vergelijking van de vegetatiesamenstelling in de controle pq's in het jaar voor de aanleg van de kleirijperij met de vegetatiesamenstelling van dezelfde pq's in het eerste jaar na de verwijdering van de kleirijperij (2023). Tabel 4.14 geeft de vergelijking van de vegetatiesamenstelling van de pq's in 2018 onder de kleirijperij zijn verdwenen met de vegetatiesamenstelling van dezelfde pq's in het eerste jaar dat de kleirijperij weer van de kwelder is verwijderd.

**Tabel 4.13** De vegetatiesamenstelling van de 18 controle pq's rond de kleirijperij in het jaar van de nulmeting (2017) voordat de kleirijperij werd aangelegd en het eerste jaar nadat de kleirijperij weer van de kwelder was verwijderd (2023). De presentie geeft het percentage van de pq's waarin een soort werd aangetroffen; de overige waarden geven per soort achtereenvolgens de laagste -, de hoogste en de gemiddelde bedekking (gem.) met standaarddeviatie (*SD*). De onderste regel geeft het aantal aangetroffen soorten per pq.

Soort	2017					2023				
	Presentie (%)	Bedekking (%)				Presentie (%)	Bedekking (%)			
		minimum	maximum	gem.	<i>SD</i>		minimum	maximum	gem.	<i>SD</i>
Fioringras	100	1	30	15	10	100	7	90	38	23
Gewoon kweldergras	100	50	90	71	12	100	20	80	61	19
Schorrenzoutgras	100	2	50	21	13	100	1	50	20	14
Zeewegbree	100	7	30	18	7	100	1	20	11	6
Zulte	100	4	20	13	7	100	4	30	15	8
Gerande schijnspurrie	100	1	4	1.6	0.8	94	0	4	1.2	0.8
Schorrenkruid	100	1	2	1.5	0.5	100	1	2	1.1	0.3
Spiesmelde s.l.	89	0	4	1.2	1.1	83	0	2	0.9	0.5
Kortarige zeekraal	78	0	4	1.2	1.2	6	0	1	0.1	0.2
Rood zwenkgras s.s.	50	0	20	2.3	5.2	56	0	50	5	13
Melkkruid	28	0	1	0.3	0.5	83	0	7	1.6	1.6
Zilte schijnspurrie	56	0	1	0.6	0.5	-	-	-	-	-
Engels slijkgras	6	0	4	0.2	0.9	-	-	-	-	-
Langarige zeekraal	6	0	1	0.1	0.2	-	-	-	-	-
Aantal soorten / pq		8	12	10.1	1.1		8	10	9.2	0.7

**Tabel 4.14** De vegetatiesamenstelling van de 18 pq's die onder de kleirijperij hebben gelegen met in het linkerdeel van de tabel de vegetatiesamenstelling tijdens de nulmeting in het jaar voordat de kleirijperij werd aangelegd en rechts de vegetatiesamenstelling in het eerste jaar na verwijdering van de kleirijperij. De presentie geeft het percentage van de pq's waarin een soort is aangetroffen; de overige waarden geven per soort achtereenvolgens de laagste -, de hoogste en de gemiddelde bedekking (gem.) met standaarddeviatie (SD). De onderste regel geeft het aantal aangetroffen soorten per pq.

Soort	Uitgangssituatie (2017)					Eerste jaar na sanering van de kleirijperij (2023)				
	Presentie (%)	Bedekking (%)				Presentie (%)	Bedekking (%)			
		minimum	maximum	gem.	SD		minimum	maximum	gem.	SD
Fioringras	100	1	90	62	21	44	0	2	0.6	0.8
Gewoon kweldergras	100	30	80	51	17	94	0	20	3.6	5.0
Zeewegbree	100	12	30	22	7	94	0	2	1.0	0.3
Schorrenzoutgras	100	2	40	18	12	28	0	1	0.3	0.5
Zulte	100	2	20	10	6	100	1	7	2.2	1.6
Gerande schijnspurrie	100	1	2	1.3	0.5	72	0	1	0.7	0.5
Rood zwenkgras <i>s.l.</i>	78	0	20	3.5	5.4	11	0	1	0.1	0.3
Spiesmelde <i>s.l.</i>	78	0	2	0.8	0.5	100	4	30	13	8.4
Klein schorrenkruid	67	0	2	0.7	0.6	100	1	12	2.2	2.6
Kortarige zeekraal	39	0	2	0.4	0.6	94	0	2	1.1	0.4
Zilte schijnspurrie	39	0	1	0.4	0.5	100	2	60	23	16.3
Melkkruid	17	0	1	0.2	0.4	50	0	1	0.5	0.5
Stomp kweldergras	-	-	-	-	-	100	1	60	15	16.4
Gewoon varkensgras	-	-	-	-	-	72	0	12	2.2	3.3
Reukeloze kamille	-	-	-	-	-	67	0	4	0.9	1.0
Strandmelde	-	-	-	-	-	39	0	2	0.5	0.7
Akkerdistel	-	-	-	-	-	22	0	1	0.2	0.4
Kweek	-	-	-	-	-	22	0	1	0.2	0.4
Engels raaigras	-	-	-	-	-	11	0	1	0.1	0.3
Blaartrekkende boterbloem	-	-	-	-	-	11	0	1	0.1	0.3
Akkermelkdistel	-	-	-	-	-	11	0	1	0.1	0.3
Gekroesde melkdistel	-	-	-	-	-	11	0	1	0.1	0.3
Gewone melkdistel	-	-	-	-	-	11	0	1	0.1	0.3
Heen	-	-	-	-	-	6	0	1	0.1	0.2
Wegdistel	-	-	-	-	-	6	0	1	0.1	0.2
Veldbeemdgras	-	-	-	-	-	6	0	1	0.1	0.2
Ruw beemdgras	-	-	-	-	-	6	0	1	0.1	0.2
Klein kruiskruid	-	-	-	-	-	6	0	1	0.1	0.2
Aantal soorten / pq		8	12	9.2	1.2		7	21	12.9	3.5



## 5 Literatuur

---

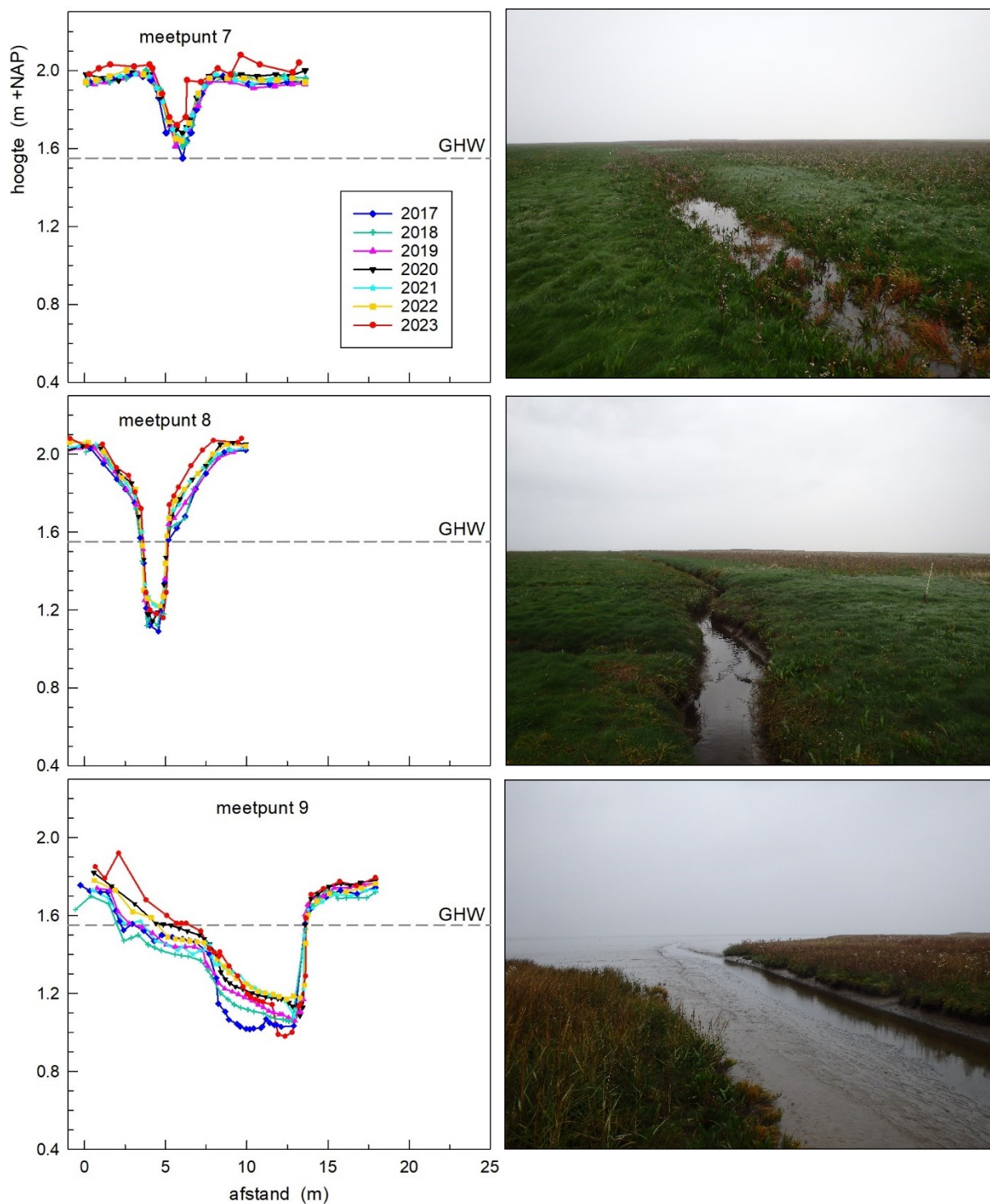
- Bos, D., R. Kleefstra, F. Hoekema & K. Koffijberg. 2018a. Broedvogel- en ganzenmonitoring op de Dollard in 2017. Nulmonitoring in 2017 i.r.t. de Brede Groene Dijk. *A&W-rapport 2415*. Altenburg & Wymenga Ecologisch Onderzoek, Feanwâlden. 23 pp.
- Bos, D., L. Bruinzeel, R. Kleefstra & K. Koffijberg. 2018b. Broedvogel- en ganzenmonitoring op de Dollard in 2018. Eerste jaar met Kleirijperij en broedeiland. *A&W-rapport 2506*. Altenburg & Wymenga Ecologisch Onderzoek, Feanwâlden. 31 pp.
- Bos, D., M. Pot, R. Kleefstra, K. Koffijberg & M. Bekkema. 2020. Broedvogel- en ganzenmonitoring op de Dollard in 2020. Derde jaar met kleirijperij en broedeiland. *A&W-rapport 20-039*. Altenburg & Wymenga Ecologisch Onderzoek, Feanwâlden. 37 pp.
- Bos, G.K. 2023. Geotechnisch onderzoek. Effect tijdelijk slibdepot op kwelderbodem Carel Coenraadpolder te Finsterwolde. *datarapport R92986*. Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V., Tolbert. 80 pp.
- Brenninkmeijer, A., W. Bijkerk, E. van der Zee, M. Kersten, L. Bruinzeel, E. van der Heijden & D. Bos. 2017. Ecologische Beoordeling Vitale Kust - Dollard. *A&W-rapport 2258*. Altenburg & Wymenga Ecologisch Onderzoek, Feanwâlden. 146 pp.
- Dankers, P. & J. Leuven. 2020. Kennisprogramma Hydromorfologie en Ecologie ED2050. ED2050 2021–2026. *rapport*. Royal HaskoningDHV Nederland B.V., Nijmegen. 26 pp.
- de Jonge, V.N. & U. Schückel. 2019. Exploring effects of dredging and organic waste on the functioning and the quantitative biomass structure of the Ems estuary food web by applying Input Method Balancing in Ecological Network Analysis. *Ocean and Coastal Management* 174: 38–55.
- Elschot, K. & M.J. Baptist. 2016. Pilot kleirijperij en klutenplas in de Dollardkwelders. Een verkenning van de lokale natuurwaarden, dimensies van de klutenplas en verwachte korte- en lange termijn effecten. *Rapport C101/16*. Wageningen Marine Research, Wageningen UR. 22 pp.
- Esselink, P. 1998. Van landaanwinning naar natuurbeheer: Recente ontwikkelingen op de Dollardkwelders. In: K. Essink & P. Esselink (red.). Het Eems-Dollard estuarium: interacties tussen menselijke beïnvloeding en natuurlijke dynamiek. *Rapport RIKZ-98-020*. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ, Haren. pp. 79–99.
- Esselink, P. 2000. Nature management of coastal salt marshes. interactions between anthropogenic influences and natural dynamics. *Proefschrift*, Rijksuniversiteit Groningen, Groningen. 256 pp.
- Esselink, P., D. Bos, A.P. Oost, K.S. Dijkema, R. Bakker & R. de Jong. 2011. Verkenning afslag Eems-Dollardkwelders. *PUCCIMAR rapport 02 / A&W rapport 1574*. PUCCIMAR Ecologisch Onderzoek & Advies, Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek. Vries, Veenwouden. 75 pp.
- Esselink, P., P. Daniels & W. Veenstra. 2018. Monitoring Demonstratieproject Brede Groene Dijk (fase 1 en 2): nulmeting ontwateringsstelsel, kwelderafslag en vegetatie (2017). *Datarapport. PUCCIMAR rapport 16*. PUCCIMAR Ecologisch Onderzoek & Advies, Vries. 44 pp.
- Esselink, P., K. Elschot, M. Tolman & W. Veenstra. 2019. Monitoring Demonstratieproject Brede Groene Dijk (fase 1 en 2): vervolgmonitoring ontwateringsstelsel, kwelderafslag, opslibbing en vegetatie (2018). *PUCCIMAR rapport 18*. PUCCIMAR Ecologisch Onderzoek & Advies, Vries. 55 pp.

- Esselink, P., K. Elschot, M. Tolman & W. Veenstra. 2020. Monitoring Demonstratieproject Brede Groene Dijk (fase 1 en 2): vervolgmonitoring ontwateringsstelsel, kwelderafslag, opslibbing en vegetatie (2019). *PUCCIMAR rapport 19*. PUCCIMAR Ecologisch Onderzoek & Advies, Vries. 55 pp.
- Esselink, P., K. Elschot, M. Tolman & W. Veenstra. 2021. Monitoring Demonstratieproject Brede Groene Dijk (fase 1 en 2): vervolgmonitoring ontwateringsstelsel, kwelderafslag, opslibbing en vegetatie (2020). *PUCCIMAR rapport 21*. PUCCIMAR Ecologisch Onderzoek & Advies, Vries. 72 pp.
- Esselink, P., K. Elschot, M. Tolman & W. Veenstra. 2022. Monitoring Demonstratieproject Brede Groene Dijk (fase 1 en 2): vervolgmonitoring ontwateringsstelsel, opslibbing en vegetatie (2021). *PUCCIMAR rapport 22*. PUCCIMAR Ecologisch Onderzoek & Advies, Vries. 67 pp.
- Esselink, P., K. Elschot, M.E. Tolman & W. Veenstra. 2023. Monitoring Demonstratieproject Brede Groene Dijk (fase 1 en 2): vervolgmonitoring ontwateringsstelsel, opslibbing en vegetatie (2022). *PUCCIMAR rapport 24*. PUCCIMAR Ecologisch Onderzoek & Advies, Vries. 56 pp.
- Hennekes, S.M. 1995. TURBO(VEG). Programmatuur voor invoer, verwerking en presentatie van vegetatiekundige gegevens. *Gebruikershandleiding*. IBN-DLO/Giesen en Geurts, Wageningen.
- Londo, G. 1976. The decimal scale for releves of permanent quadrats. *Vegetatio* 33: 61–64.
- Loonstra, A.H.J., J. van Assen, K. Koffijberg, S. Scholten, D. Bos. 2021. Broedvogelmonitoring op de Dollard in 2021. *A&W-rapport 20-485*. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden. 59 pp.
- Nolte, S., E.C. Koppenaal, P. Esselink, K.S. Dijkema, M. Schürch, A.V. de Groot, J.P. Bakker & S. Temmerman. 2013. Measuring sedimentation in tidal marshes: a review on methods and their applicability in bio-geomorphological studies. *Journal of Coastal Conservation* 17: 301–325.
- Riemersma, P. 2018. Monitoring Demonstratieproject Brede Groene Dijk (2017 – 2024); Monitoringsplan natuur en kwelder. *rapport*. SWECO / Waterschap Hunze & Aa's, Veendam.
- Riemersma, P. & P. Esselink. 2017. Ontwerp Slibvang Klutenplas. Ontwerp van een slibvang en natuurplan (incl. broedeiland) als onderdeel van het demonstratieproject Brede Groene Dijk. Fase 1 en 2. *rapport*. SWECO / Waterschap Hunze en Aa's, Veendam.
- Smit, H. & E. Duimel 2020. Actuele inzichten hydromorfologie en ecologie Eems-Dollard, met doorkijk naar strategieën en streefbeeld. Synthese naar aanleiding van de kennistafel hydromorfologie en ecologie van het project ED2050. Bureau Wing. 58 pp.
- van Es, K. 2021. Programmaplan Programma Eems-Dollard 2050 2021-2026. *rapport*. Programma ED2050, Groningen. 52 pp.
- van Maren, D.S., A.P. Oost, Z.B. Wang & P.C. Vos. 2016. The effect of land reclamations and sediment extraction on the suspended sediment concentration in the Ems Estuary. *Marine Geology* 376: 147–157.

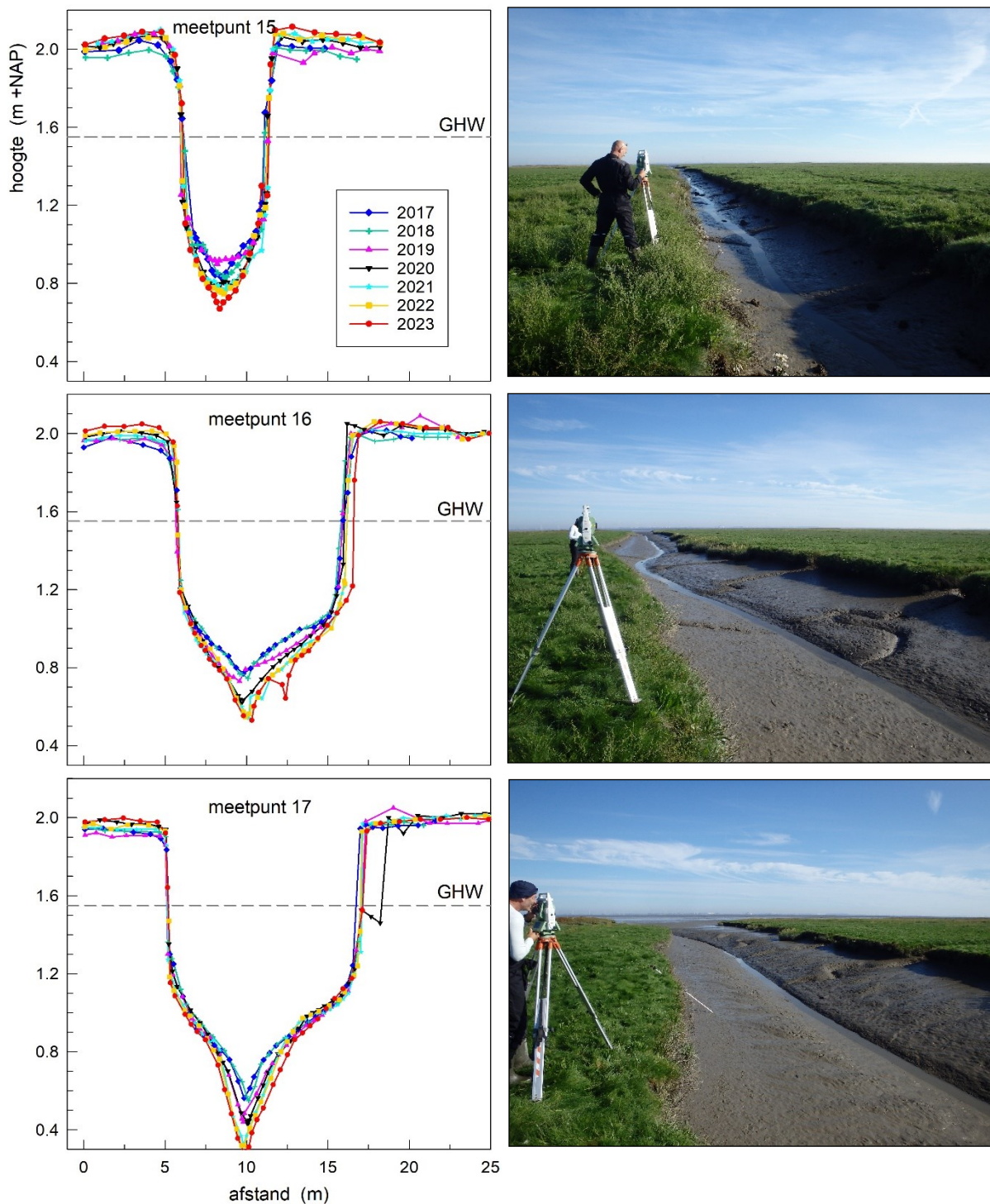
## **Bijlage I      Ontwateringsstelsel: dwarsprofielen zwetten**

---

De ontwikkeling van de dwarsprofielen van de zwet door de Klutenplas wordt gepresenteerd in hdst. 4 (§ 4.1). Deze bijlage geeft van west naar oost een grafische weergave van de ontwikkeling van de overige in 2023 opgenomen profielen.

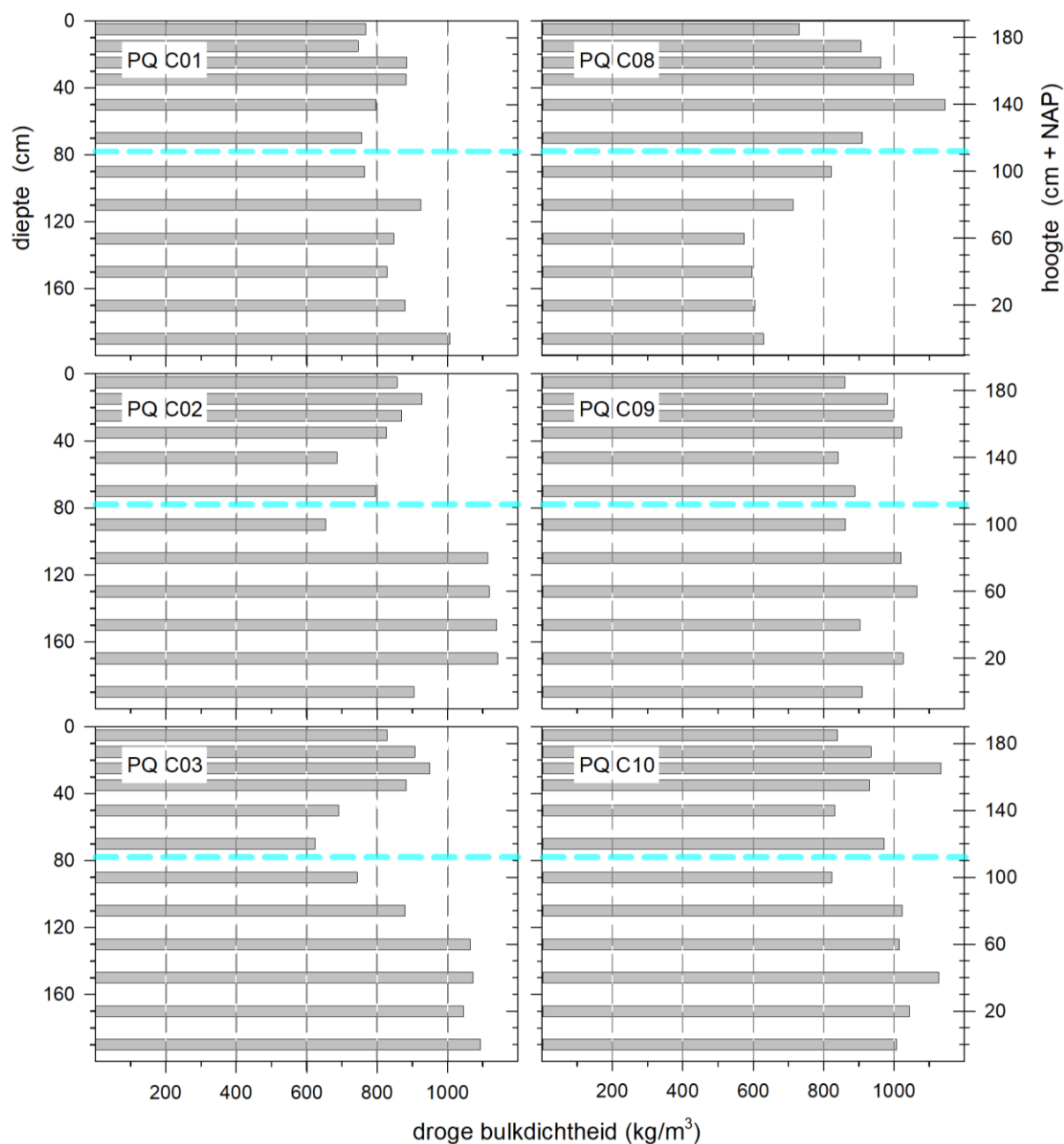


**Figuur I.1** De ontwikkeling van de dwarsprofielen op de meetpunten 7 – 9 langs zwet VI waarvan het landwaartse deel van het kombergingsgebied door de aanleg van de kleirijperij verkleind werd van het jaar voor de aanleg van de kleirijperij en de Klutenplas (nulmeting 2017) tot de eerste zes jaar erna. De foto's rechts geven een beeld van de meetpunten op 6 oktober 2023. Zie figuur I.1 voor verdere toelichting.



**Figuur I.2** De ontwikkeling van de dwarsprofielen op de meetpunten 15 – 17 langs zwet VII waarvan het landwaartse deel van het kombergingsgebied door de aanleg van de kleirijperij werd verkleind van het jaar voor de aanleg van de kleirijperij en de Klutenplas (2017) tot de eerste zes jaar erna. De foto's rechts geven een beeld van de meetpunten op 5 september 2023. Zie figuur I.1 voor verdere toelichting.

## Bijlage II Referentiemetingen bulkdichtheid kwelderbodem



**Figuur II.1** De droge bulkdichtheid van de kwelderbodem tot een diepte van 190 cm onder het maaiveld op zes boorlocaties rond de Klutenplas. De boorlocaties lagen elk vlak bij een pq uit het vegetatieonderzoek waarvan de locatiecodering is overgenomen. De kwelder op deze locaties (met uitzondering van pq C08) is ontstaan uit landaanwinningswerken uitgevoerd in de periode 1946 – 1953; pq C08 lag dichterbij de dijk op een deel van de kwelder dat al in de dertiger jaren van de vorige eeuw tot kwelder was ontwikkeld. Op basis van het toenmalige GHW-niveau is de verwachte ondergrens van de kwelderbegroeiing in deze periode aangegeven (onderbroken cyaankleurige lijn). Het sediment boven deze lijn is dan afgezet als kweldersediment; onder dit niveau als wadsediment.