



Monitoring Demonstratieproject Brede Groene Dijk (fase 1 en 2):

*vervolgmonitoring ontwateringsstelsel, kwelderafslag, opslibbing en
vegetatie (2019)*

PUCCIMAR-rapport 19

in opdracht van


WATERSCHAP
Hunze en Aa's

SWECO 

Monitoring Demonstratieproject Brede Groene Dijk (fase 1 en 2):

*vervolgmonitoring ontwateringsstelsel, kwelderafslag, opslibbing en
vegetatie (2019)*

PUCCIMAR rapport 19

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

Voorplaat

Jonge kreek in droogvallende Klutenplas, 7 februari 2020.
(foto: Peter Esselink)

P. Esselink^{*)}, 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

Opdrachtgevers

SWECO Nederland bv
Rozenburglaan 11
9727 DL Groningen

Waterschap Hunze & Aa's
Postbus 195
9640 AD Veendam

Uitvoerders

^{*)}PUCCIMAR

**Ecologisch Onderzoek &
Advies**

Boermarke 35
9481 HD Vries
Telefoon 0592 544172
peter.puccimar@gmail.com

^{##)}Wageningen Marine Research

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

^{§)}EGG Consult

Pranger & Tolman ecologen

Kleine Roozenstraat 11
9912 TL Groningen
Telefoon 050 3181337
PenT.ecologen@eggconsult.nl

^{†)}G2 Surveys

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

Projectnummer	Projectleider	Status
2019/03	P. Esselink	Definitief
		Datum
		11 juni 2020

© PUCCIMAR Ecologisch onderzoek en advies

Overname van gegevens uit dit rapport is toegestaan met bronvermelding.

PUCCIMAR is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede schade welke voortvloeit uit toepassingen van resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van PUCCIMAR; opdrachtgevers vrijwaren 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	14
2 Beschrijving studiegebied	15
2.1 Kwelder	15
2.2 Klutenplas	16
3 Methoden	19
3.1 Ontwateringsstelsel	19
3.2 Kwelderafslag	19
3.3 Slibinvang Klutenplas	20
3.3.1 Getijdynamiek Klutenplas	20
3.3.2 Slibinvang Klutenplas	21
3.3.3 Referentiemetingen kwelder	23
3.4 Vegetatie	24
4 Bespreking resultaten	25
4.1 Ontwateringsstelsel	25
4.1.1 Ontwatering Klutenplas	25
4.1.2 Effecten ontwatering Kleirijperij	28
4.2 Kwelderafslag	30
4.3 Getijdendynamiek Klutenplas	34
4.4 Opslibbing	39
4.4.1 Klutenplas	39
4.4.2 Kwelder	45
4.5 Vegetatie	45
4.5.1 Vegetatieontwikkeling broedeiland	45
4.5.2 Vegetatieontwikkeling in de controle PQ's	47
5 Conclusies en Aanbevelingen	49
5.1 Conclusies	49
5.2 Aanbevelingen	51
6 Literatuur	53
Bijlage I Ontwateringsstelsel: dwarsprofielen zwetten	55

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 wordt in drie stappen of fases één kilometer van de bestaande Dollarddijk omgevormd tot een brede groene dijk. De eerste fase betrof het onttrekken van klei uit de kwelder door middel van de aanleg van een plas met een broedeiland. Deze klei is benut voor de aanleg van kades van een tijdelijk slibdepot aan de buitenzijde van de bestaande dijk (begin fase 2). In dit depot zal slib uit Polder Breebaart in een periode van twee tot drie jaar tijd door rijping worden omgezet in klei die geschikt is om verwerkt te worden in de nieuwe zeedijk. Daarna zal worden overgegaan tot de aanleg van de brede groene dijk (fase 3) waarbij het slibdepot weer wordt ontmanteld.

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 zullen tijdens de voortgang van het project verschillende ontwikkelingen in het gebied worden gevolgd door middel van een uitgebreid meetprogramma. In 2017 is dit monitoringsprogramma opgestart met de vastlegging van de uitgangssituatie in een zgn. nulmeting. In 2018 en 2019 is daarna een vervolgmonitoring uitgevoerd. Dit rapport geeft voor de volgende aspecten een overzicht van de resultaten en ontwikkelingen t/m 2019: *i)* ontwikkeling van het ontwateringssysteem van de kwelder, *ii)* de kwelderafslag, *iii)* opslibbing van de Klutenplas en vergelijkbare metingen op de kwelder en *iv)* vegetatieontwikkeling op het broedeiland en rond de Klutenplas op basis van permanente kwadranten.

Op deze plek willen we graag een aantal personen en organisaties bedanken voor hun medewerking of ondersteuning bij de uitvoering van de werkzaamheden. De Maatschappij tot Exploitatie van het onverdeelde Munnekeveen en de heer Huisman verleenden toestemming voor het betreden van hun terreinen voor de uitvoering van het veldwerk. De Stichting Het Groninger Landschap verleende vergunning voor het opnemen van controleprofielen van uitwateringen in haar kwelder. Jelle Aitink (Buro Bakker), Harry Hovekamp en Teunis van der Sluijs (beide van Wiertsema & Partners) verleenden assistentie bij het veldwerk. Jannes Donker (Fugro) verzorgde het beheer van de peilschrijver in de Klutenplas en leverde de data van de waterstanden in de plas aan.

de auteurs

Vries

11 juni 2020

Samenvatting

Dit rapport is onderdeel van de monitoring van fase 1 en 2 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 2019 uitgevoerde monitoring, alsmede van de resultaten en ontwikkelingen t/m 2019: *i*) het ontwateringsstelsel van de kwelder, *ii*) de kwelderafslag, *iii*) de waterstanden en de getijdendynamiek in de Klutenplas, *iv*) de opslibbing van de Klutenplas en de kwelder en *v*) vegetatieontwikkeling op het broedeiland en rond de Klutenplas.

Dit rapport heeft twee functies. Aan de ene kant is dit rapport bedoeld als datarapport, dat wil zeggen dat primair een overzicht wordt gegeven van de verzamelde gegevens. Om echter ook tegemoet te komen aan het adaptieve karakter van het monitoringsplan, wordt bij zoveel mogelijke onderwerpen ook een eerste analyse van de gegevens gepresenteerd.

Bij de opzet van de monitoring is ervoor gekozen dat in de loop van het monitoringsonderzoek een vergelijking kan worden gemaakt tussen ontwikkelingen binnen en buiten het werkgebied van het demonstratieproject BGD. Meetpunten buiten het werkgebied dienen aan de ene kant als referentie of controle om het herstelproces van de kwelder in het werkgebied te kunnen evalueren; aan de andere kant vormen deze extra meetpunten een hulpmiddel om een verandering aan te kunnen merken als zijnde een effect van het demonstratieproject, dan wel als een verandering door een andere oorzaak.

Ontwateringsstelsel

De aanleg van de Klutenplas heeft in de eerste 16 maanden na blootstelling aan de dagelijkse getijdeninvloed geleid tot het over de gehele lengte dieper uitslijten van de verbinding tussen de Klutenplas en de Dollard, in totaal met 0.6 – 0.8 m. Het dwarsprofiel (gemeten onder het niveau van gemiddeld hoogwater (GHW)) werd hierbij met ruim 6 m² vergroot. Dergelijke grote veranderingen deden zich niet voor bij controlemeetpunten langs andere hoofdduitwateringen of zwetten. Erosie vond ook plaats voorbij de monding van de Klutenplas buiten de kwelder, maar hier zijn geen meetpunten aangelegd en ontbreken gegevens.

Drie zwetten hebben door de aanleg van de Kleirijperij geen verbinding meer met de dijksloot. Bij alle drie zwetten heeft dit dicht bij de dijk tot een verondieping geleid, tot en met 2019 met gemiddeld 7 cm.

Kwelderafslag

De omvang van de aanwezige kwelder in het werkgebied van het Demonstratieproject vertoont als gevolg van erosie al enkele tientallen jaren een achteruitgang. Voor beantwoording van de vraag of de aanleg van de Klutenplas tot een verhoogde afslag leidt is de periode 2009 – 2017, kort voorafgaande aan het Demonstratieproject, als referentieperiode gekozen. Na de aansluiting van de Klutenplas op de Dollard was de periode september 2018 – september 2019 het eerste volledige meetjaar waarover de afslag is gemeten. Vergeleken met de genoemde referentieperiode en ook met het meetjaar 2017/2018 was de afslag in het studiegebied bijzonder laag. De afslag rond de monding van de Klutenplas verschilde hierbij niet met de rest van het studiegebied.

Getijdendynamiek Klutenplas

In de periode tussen de aansluiting van de Klutenplas in april 2018 tot eind 2019 is de invloed van het getij in de plas door verschillende oorzaken toegenomen. In november 2018 is het niveau van de

drempel met 0.1 m naar beneden gebracht wat resulteerde in een zelfde verlaging van de laagwaterstand. Als gevolg van natuurlijk verval van de drempel lieten de laagwaterstanden in het vierde kwartaal van 2019 een verdere daling zien. Door het bij eb droogvallen van de peilbuis konden hierna geen laagwaterstanden meer worden geregistreerd.

Naast de afname van de laagwaterstand, lieten de hoogwaterstanden in de plas een geleidelijk stijging zien ten opzichte van de hoogwaterpeilen in Nieuwe Statenzijl. De enige mogelijke verklaring hiervoor is de verminderde vervorming van de vloedgolf bij het bereiken van de plas als gevolg van de afgenomen weerstand tussen de Dollard en de Klutenplas (lagere drempel en het vergrote dwarsprofiel van de verbinding tussen Dollard en Klutenplas).

Opslibbing Klutenplas

In de eerste 16 maanden na de blootstelling van de Klutenplas is een laag van 40 cm slib afgezet, overeenkomend met een volume van 11 400 kubieke meter. Omgerekend per tijdseenheid bedroeg de opslibbingssnelheid 29 cm/jaar. De opslibbing liet geen seizoenspatroon zien en had hierdoor een opvallend constant verloop. Wel was er sprake van een ruimtelijk patroon van een opschuivend opslibbingsmaximum op steeds grotere afstand van de in- en uitstroomopening. Deze patronen zijn mogelijk mede bepaald doordat de Klutenplas door de aanwezigheid van de drempel een permanent waterlichaam was.

De droge bulkdichtheid van de afgezette sliblaag bedroeg 420 kg/m³. Dit is voor een onderwaterbodem een normale waarde; voor een kwelder is het echter een extreem lage waarde.

Opslibbing kwelder

De referentiemetingen over het eerste meetjaar op de kwelder lieten een gemiddelde opslibbing zien van 3 millimeter.

Vegetatie

De vegetatie op het broedeiland liet weinig verandering zien: de eenjarige begroeiing van Klein schorrenkruid en Spiesmelde aangevuld met Zulte wist zich in 2019 goed te handhaven, terwijl meerjarige soorten geen toename van enige betekenis lieten zien. Het stabiele vegetatiebeeld wordt toegeschreven aan het gevoerde beheer, met name het in het voorjaar uitgevoerde freeswerk als grondbewerking.

Door de tijdelijke onderbreking van de beweiding op de kwelder rond de Klutenplas hebben zich enkele veranderingen voorgedaan in de dominantieverhoudingen tussen plantensoorten. Het aantal plantensoorten per PQ bleef daarbij vrijwel ongewijzigd.

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* – gaat het Waterschap Hunze en Aa's onderzoeken of de klei die voor een brede groene dijk nodig is in de omgeving kan worden gewonnen (kwelder, slib uit Polder Breebaart en baggerslib uit de haven van Delfzijl). In het demonstratieproject wordt een één kilometer lang traject van de bestaande Dollarddijk omgevormd tot een brede groene dijk. Dit 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 op de voor de dijk gelegen kwelder in april 2018 en de aanleg van een tijdelijk buitendijks slibdepot (de zgn. Kleirijperij) in de zomer van hetzelfde jaar. 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 moet in een periode van twee à drie jaar door rijping geschikt worden gemaakt voor verwerking in de brede groene dijk. Als het rijpingsproces klaar is wordt het slibdepot opgeheven en zal ook de 45 000 m³ klei uit de Klutenplas in de nieuwe zeedijk worden verwerkt.

Behalve de vraag of het slib in de Kleirijperij succesvol kan worden omgezet in dijkklei, 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 uit 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 verschillende ontwikkelingen de waterkwaliteit in de Eems-Dollard de laatste decennia sterk is afgenomen door een verhoging van het zwevend stofgehalte (van Maren *et al.* 2016; de Jonge & Schückel 2019). In het programma ED 2050 wordt ervan uitgegaan dat hierin een verbetering kan worden bereikt als langs de randen van het estuarium de capaciteit voor slibinvang wordt verhoogd (Anonymus 2016). Door de kleiwinning op de kwelder in de vorm van de aanleg van de Klutenplas wordt de capaciteit van de kwelder om slib in te vangen vergroot en is het in principe mogelijk dat het slibgehalte in het estuarium door projecten als het demonstratieproject BGD kan worden verlaagd.

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, dat 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 m³ 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 een broedeiland voor Kluten (Riemersma & Esselink 2017; Fig. 1.1). Dit verklaart de naamgeving Klutenplas voor de kleiwinning. Het woord tijdelijk is hier gebruikt om dat de plas in de loop van de tijd zal dichtslibben en hierdoor zich op de plek van de plas op een gegeven moment weer een kweldervegetatie kan vestigen. De aanleg van de Klutenplas vormt fase 1 van het demonstratieproject BGD. De plas is ongeveer 4 ha groot; dit is inclusief het broedeiland van ongeveer 1 ha. Om het overstromingsrisico van nesten te beperken is het eiland gedeeltelijk opgehoogd. Hierbij is een ontwerphoogte gehanteerd van NAP +2.3 m; ruim 0.4 m boven de gemeten 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 tot NAP -0.13 m. De gemiddelde diepte ligt 1.6 m onder de ingemeten maaiveldhoogte 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 bestaat uit met stenen verzwaarde zinkstukken. De bovenkant van de drempel lag op een niveau van NAP + *ca.* 1.0 m. Om de getijdeninvloed in de Klutenplas te vergroten is de drempel op 29 november 2018 ongeveer een decimeter verlaagd.

De aanleg van de Klutenplas betekent dat de komberging van de aangetakte hoofdduitwatering (zwet) wordt vergroot. Doordat hierdoor elke getijcyclus meer water door deze zwet in- en uitstroomt 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 plek van de Kleirijperij. Voorafgaande hieraan is de ongeveer 5 centimeter dikke toplaag of zode van de kwelder hier verwijderd. De aangelegde kade rond de slibdepots heeft een hoogte van *ca.* NAP +4.7 m wat neerkomt op een hoogte van 2.8 m boven het maaiveld van de kwelder. Naar verwachting zal het rijpingsproces twee of drie jaar duren. Daarna kan naar verwachting de klei worden verwerkt in de brede groene dijk (fase 3) en wordt de Kleirijperij weer van de kwelder verwijderd. Hierbij zal de oorspronkelijke maaiveldhoogte worden hersteld.

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 zetting van de kwelderbodem optreden. De kwelderbodem wordt hierbij verdicht (gecompacteerd; Elschot & Baptist 2016). Nadat het slibdepot is verwijderd kan dit effect hebben op de plantengroei en soortensamenstelling van de vegetatie.



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).

Pilot Kleirijperij

Eén van de vragen waar het demonstratieproject BGD antwoord op moet geven is de vraag of een brede groene dijk kan worden gebouwd met lokaal aanwezig en te winnen slib en klei die voldoet aan de veiligheidseisen. De pilot Kleirijperij vormt hierbij een apart deelproject met als doel het onderzoeken met welke innovatieve methoden slib op het land nuttig en rendabel kan worden omgezet in geschikte klei voor dijken. Hiermee zou een economische basis kunnen worden gelegd onder de gewenste slibonttrekking uit de Eems-Dollard. Dit onderzoek maakt geen deel uit van het monitoringsplan Demonstratieproject Brede Groene Dijk, maar wordt uitgevoerd door *Ecoshape*, een consortium van publieke en private partijen (zie voor meer informatie: <https://www.ecoshape.org/nl/projecten/kleirijperij/>). Ook worden de effecten van de aanleg en het gebruik van de kleirijperij op de omgeving en natuur gemeten.

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” (Riemersma 2018):

- 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.

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.* 2017; 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 slibinvang door de Klutenplas en de vergelijking met de slibinvang door de kwelder (Esselink *et al.* 2019).

Voor de volgende aspecten wordt in dit rapport een overzicht gegeven van de in 2019 uitgevoerde monitoring, alsmede van de resultaten en ontwikkelingen t/m 2019:

- het ontwateringsstelsel van de kwelder
- de kwelderafslag
- de waterstanden en de getijdendynamiek in de Klutenplas
- de opslibbing van de Klutenplas en de kwelder
- vegetatieontwikkeling op het broedeiland en rond de Klutenplas

De monitoring van het ontwateringsstelsel heeft betrekking op mogelijke effecten van de aanleg van zowel de Klutenplas als de kleirijperij. Afhankelijk van het definitieve ontwerp van de 1 km lange pilotdijk zal daarbij in latere jaren ook de effecten van de aanleg van de Brede Groene Dijk in worden meegenomen. Voortzetting van het monitoringsonderzoek naar mogelijke effecten van de Kleirijperij op het herstel van de kweldervegetatie is pas aan de orde op het moment als de Kleirijperij weer van de kwelder is verwijderd. Het aan vogels gerelateerde monitoringsonderzoek wordt uitgevoerd door Bureau Altenburg & Wymenga, en hierover wordt apart gerapporteerd (Bos *et al.* 2017, 2018).

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 slibinvang in de loop der jaren af?
- K3) Hoe lang 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) Hoe lang 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 het depot 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 hoe lang 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^{#)}?
- 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

1.4 Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk wordt eerst een korte beschrijving gegeven van het studiegebied, waarna in de rest van het hoofdstuk een verantwoording wordt gegeven van de gebruikte methoden. In hoofdstuk 3 volgt een presentatie van de in 2019 verzamelde gegevens met, voor zover mogelijk een bespreking van de veranderingen ten opzichte van de nulmeting. In het kader van de vervolgmonitoring was het hierbij niet mogelijk om de verkregen resultaten voor alle onderwerpen al tot op hetzelfde detailniveau uit te werken. Het rapport heeft daardoor een hybride karakter: bij sommige onderwerpen geeft het niet meer dan een presentatie van de verzamelde gegevens als in een datarapport, terwijl bij andere onderwerpen al een verdergaande analyse wordt gegeven.

2 Beschrijving studiegebied

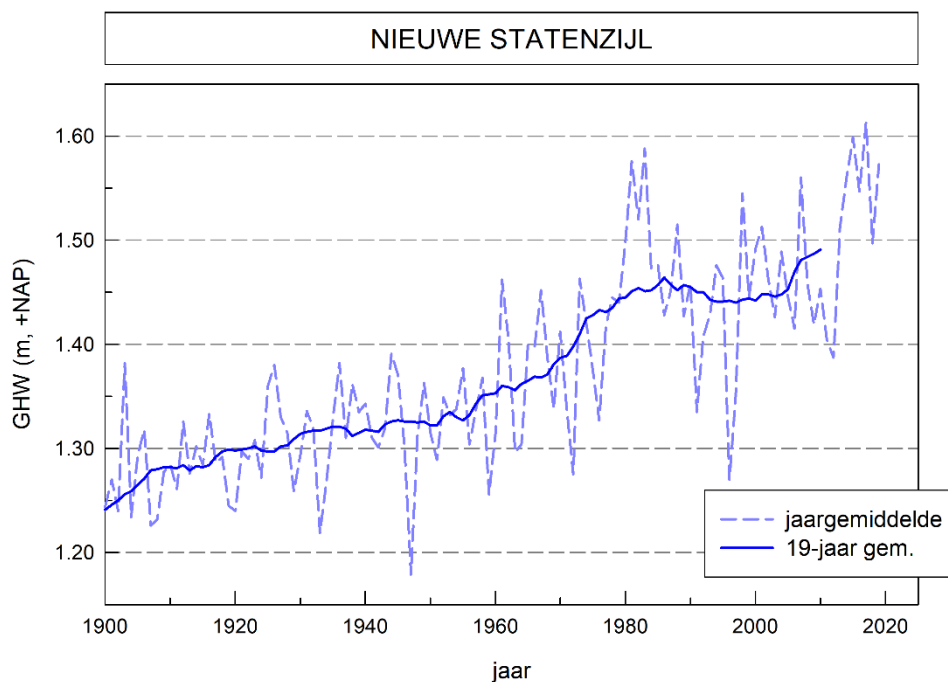
2.1 Kwelder

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 een verandering door 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 bij de inpoldering van de Carel Coenraadpolder. Bij deze inpoldering bleef er buitendijks nauwelijks kwelder over. De huidige kwelder is pas ontstaan na 1945 (einde WOII), toen de landwinningswerken in de Dollard weer werden opgestart en in westelijke richting werden uitgebreid (Esselink 1998, 2000a). 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 alleen nog 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. med. W. Huisman), met uitzondering van de meest zeewaarts gelegen zone van de kwelder waar geen onderhoud meer plaatsvindt.

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 gemiddelde waarde rond het niveau van NAP+1.45 m. De laatste jaren lag het jaargemiddelde GHW hier elk jaar ruim boven (Fig. 2.1). Over de laatste zeven jaar (2013–2019) bedroeg het GHW NAP +1.56 m.



Figuur 2.1 Ontwikkeling van het jaarlijks gemiddeld hoogwater (GHW) in Nieuwe Statenzijl over de periode 1900 – 2019. De waarde van 2019 is gebaseerd op een voorlopige waarde. 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).

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 tijdelijk onderbroken. Het gaat om het stuk kwelder tussen de Kleirijperij en het wad en tussen de zwetten II en VII in figuur 2.2. In 2018 en 2019 werd dit deel van de kwelder niet beweide. In juli 2019 is de vegetatie in een deel van het onbeweide gebied gemaaid, nl. het gebied tussen de zwetten II en 0 met uitzondering van een relatief smalle zone langs de kwelderrand. Het gedeelte tussen de zwetten 0 en VII werd in 2019 geheel ongemoeid gelaten. Naar verwachting zal ook de komende jaren, tot dat de kleirijperij weer is opgeheven, delen van de uit beweiding genomen kwelder worden gemaaid.

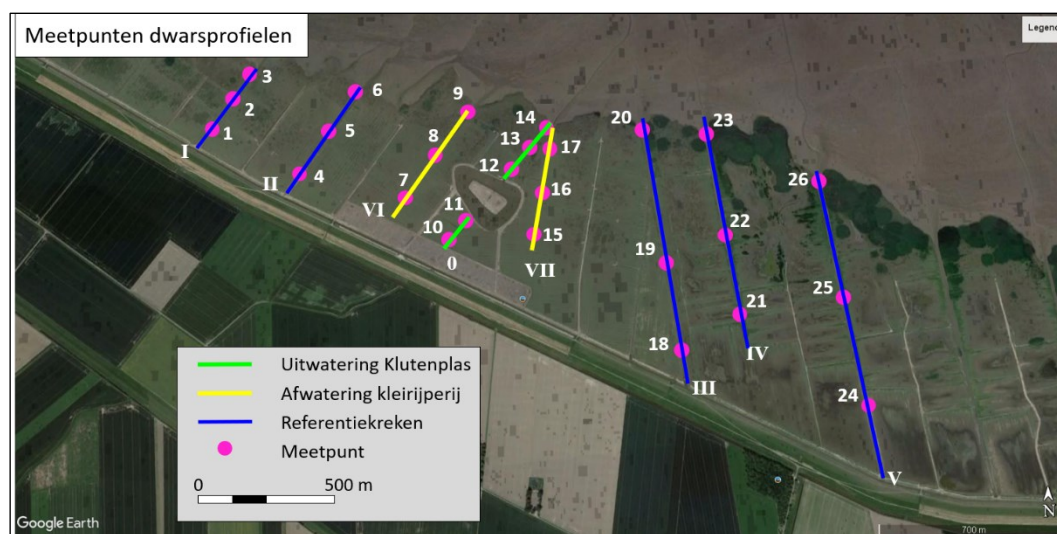
2.2 Klutenplas

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. Na installatie van een peilbuis op 31 augustus 2018 bleek dat drempel hoger was dan in de ontwerpfase van de Klutenplas was beoogd (niveau van de zwetbodemp 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. Op 21 augustus 2019 werd opgemerkt dat de drempel was beschadigd en dat één van de wiepen niet meer met stenen was bedekt (Fig. 2.2). Het is onduidelijk of de beschadiging van de drempel een menselijke oorzaak had, of dat er sprake was van een natuurlijk verval. Door de projectleiding is besloten om de drempel niet te

repareren, maar het proces van verval zijn gang te laten gaan. In maart 2020 had de drempel op een laagste punt nog een hoogte van NAP +0.28 m.

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. Daartoe is eind maart 2019 de vegetatie gemaaid en in de voormalige uitwatering (zwet) in het midden van eiland onder de grond gewerkt. Nadat de biomassa op deze manier was verwijderd, is nog een grondbewerking met een éénassige grondfrees uitgevoerd.

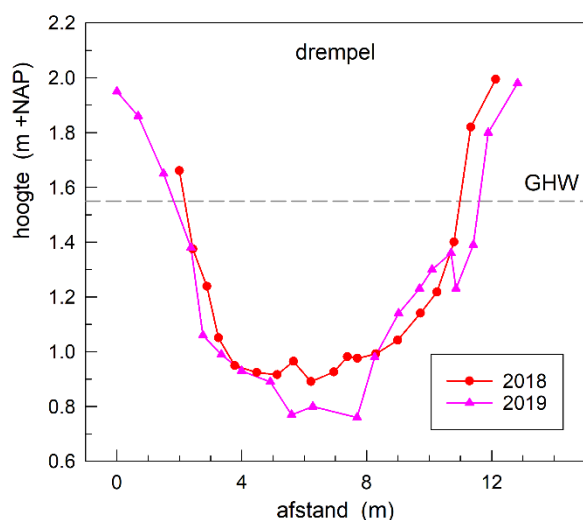
Ten behoeve van het monitoringsonderzoek naar de opslibbing van de Klutenplas is in de NO-hoek van de plas een 30 m lange meetbrug van steigerbuis gebouwd, die tot ongeveer halverwege het eiland reikt. De uitgangsposities van de hier aangebrachte sedimentatieplaten en meetveldjes zijn in het vorige monitoringsrapport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



Figuur 2.2 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.

Tabel 2.1 Tijdlijn van aanleg, beheermaatregelen en overige gebeurtenissen in de Klutenplas tot eind 2019.

Datum	Omschrijving
mrt/april 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 diver en 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 en in staat van beginnend verval



Figuur 2.3 (Boven) Vergelijking van het dwarsprofiel boven over de drempel in de monding van de Klutenplas op 5 september 2018 en 21 augustus 2019. De twee profielen zijn niet langs precies dezelfde lijn opgenomen. 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 21 augustus 2019 en laat het beginnende verval van de drempel zien.



3 Methoden

3.1 Ontwateringsstelsel

De monitoring van het ontwateringsstelsel richt zich op de ontwikkeling van doorstroom- of dwarsprofielen van de zwetten. De detailontwatering door de greppels wordt sterk beïnvloed door het onderhoudsbeheer (zie hierboven) en zal meer kwalitatief met behulp van foto's worden gemonitord. Bij de monitoring van de vegetatieontwikkeling worden mede hiertoe de permanente kwadraten jaarlijks gefotografeerd.

Bij het opnemen van de dwarsprofielen is van dezelfde methodes gebruik gemaakt als in 2017 en 2018. 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 drooggevalen bodem. Op plekken waar de bodem niet volledig was drooggevalen is in het veld de waterdiepte met het blote oog geschat (vaak enkele centimeters). 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. In 2019 was dit vooral het geval op de meetpunten in de verbinding tussen de Klutenplas en de Dollard.

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 2.2. Als gevolg van de aanleg van het kleidroogbed en de Kleirijperij staat het gedeelte van de zwet tussen de zeedijk en de Klutenplas sinds het voorjaar van 2018 niet meer verbinding met de dijksloot. Van dit gedeelte zijn dwarsprofielen opgenomen op Meetpunten 10 en 11. Om in de toekomst 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).

Meetnet Kleirijperij

De afwatering van de Kleirijperij verloopt via de dijksloot en twee hoofduitwateringen van de kwelder (Zwet VI en VII in Fig. 2.2). Van beide uitwateringen is op drie punten het dwarsprofiel opgenomen, resp. punten 7 – 9 en 15 – 17 (Fig. 2.2). Tijdens het veldwerk in 2018 was de Kleirijperij nog in aanleg. Door het droogbed van de klei uit de Klutenplas stonden deze zwetten ook in 2018 al niet meer in verbinding met de dijksloot. De controlemeetpunten van de Klutenplas kunnen ook hier als referentie worden gebruikt.

3.2 Kwelderafslag

Om de omvang van de kwelder te volgen, is op 5 en 6 september 2019 opnieuw in het hele studiegebied de positie van de kwelderrand ingemeten met behulp van een DGPS (met een nauwkeurigheid van 0.1 m). Hierbij is de grens van aanwezige overjarige begroeiing als grens van de kwelder beschouwd. Langs het grootste deel van de kwelder werd deze grens gevormd door de bovenkant van de afslagrand (klif) van de kwelder. De begrenzing van eventueel aanwezige

pioniervegetatie buiten de kweldergrens is afzonderlijk gekarteerd. Hierbij zijn alle begroeiingen die ogenschijnlijk het verder onbegroeide slik voor de kwelderrand koloniseerden als pioniervegetatie aangemerkt. In 2019 ging het hierbij om begroeiingen van zeekraal, uitstoelende eerstejaars planten van Engels slijkgras en ijl Riet dat door middel van zowel ondergrondse - als bovengrondse uitlopers (zgn. *Legehalmen*) op één plek vanuit een pol op de kwelder het wad opgroeide.

De mogelijke invloed van de aanleg van de Klutenplas kan worden geëvalueerd door de verandering in de positie van de kwelderrand te vergelijken tussen a) voor – en na aanleg van de Klutenplas en b) vlakbij - en op grotere afstand van de Klutenplas (Esselink *et al.* 2019). Als referentieperiode voor de aanleg van de Klutenplas is gekozen voor de periode 2009–2017 (Esselink *et al.* 2018). In 2017 is de positie van de kwelderrand in het kader van de nulmeting ingemeten en deze kon hiervoor worden vergeleken met de gegevens van 2009 uit een eerder uitgevoerde studie (Esselink *et al.* 2011). Naast de omvang (oppervlakte) van de kwelder, is ook de afstand waarover de kwelderrand is opgeschoven onderzocht.

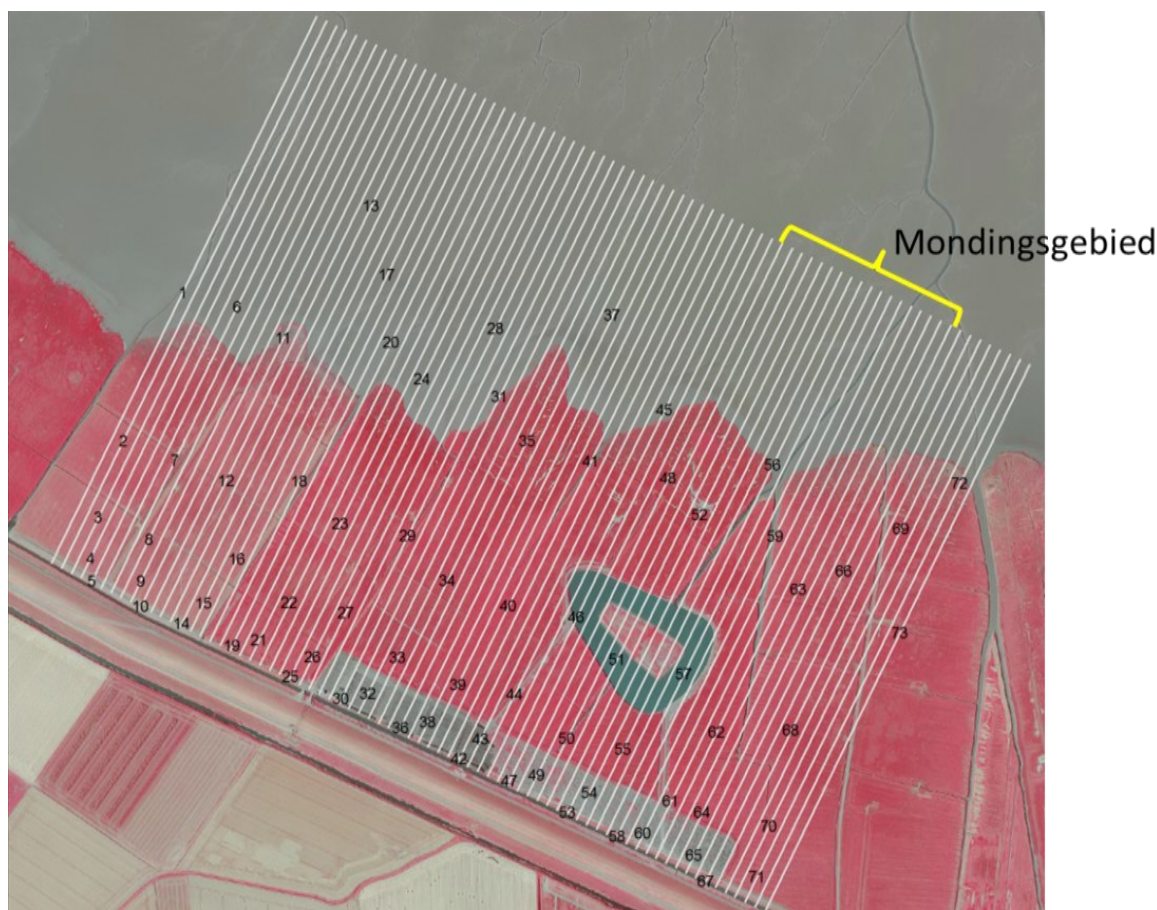
Om de kwelderontwikkeling in het studiegebied te analyseren zijn dezelfde methoden gekozen als in het laatstgenoemde onderzoek (Esselink *et al.* 2019). Voor de omvang van de kwelder is uitgegaan van de oppervlakte van het gehele voorland tussen de teen van de dijk en de kwelderrand inclusief de inliggende watergangen (zwetten of krekken). Om te onderzoeken over welke afstand de kwelderrand eventueel is verschoven, zijn loodrecht op de dijk op een onderlinge afstand van 20 m in totaal 73 raaien over het studiegebied geprojecteerd (Fig. 3.1). Op elke raai is de afslag of aangroei van de kwelder tussen twee tijdstippen gemeten als het verschil in positie van de kwelderrand op beide tijdstippen.

Om de eventuele invloed van de aanleg van de Klutenplas te onderzoeken zijn de raaien opgedeeld in twee deelgebieden, namelijk: het mondingsgebied met raaien op relatief korte afstand van de monding (< 200 m) en een controle-of referentiegebied met raaien die verder van de monding lagen (Fig. 3.1). Drie raaien die min of meer over de monding van een zwet liepen zijn buiten beschouwing gelaten, zodat uiteindelijk 70 raaien overbleven voor een analyse.

3.3 Slibinvang Klutenplas

3.3.1 Getijdynamiek Klutenplas

Door middel van de geplaatste peilbuis met diver (Tabel 2.1) vindt elke 10 minuten een registratie van de waterstand in de Klutenplas plaats. De diver bestaat ondermeer uit een drukmeter, een geheugen om de metingen in op te slaan en een batterij. De meetwaarden zijn afhankelijk van de druk van de waterkolom boven de diver plus de luchtdruk. Door koppeling van de meetresultaten aan die van een baro-diver wordt de invloed van de luchtdruk op de metingen verwijderd. Om de getijdynamiek van de Klutenplas te beschrijven en de invloed van de drempel in monding hierop zullen waterstanden in de Klutenplas worden vergeleken met de waterstanden van Rijkswaterstaat in Nieuwe Statenzijl. Deze vergelijking zou ook een eerste aanzet kunnen geven voor een inschatting van de waterstanden in de Klutenplas over de periode eind april – 31 augustus 2018, *i.e.* de periode dat nog geen peilschaal in de Klutenplas aanwezig was (Tabel 2.1).



Figuur 3.1 Kaart met de over het studiegebied geprojecteerde loodrecht op de dijk staande raaien ten behoeve van de monitoring van de kwelderrand. De raainummers 48 t/m 65 liggen op < 200 m van de monding van de Klutenplas en zijn aangegeven als mondingsgebied. De achtergrond is een false-colour luchtfoto van 2018.

3.3.2 Slibinvang 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 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 ($0.3 \times 0.3 \text{ m}$) en een markeerhorizont van kaolienklei (in veldjes van $0.5 \times 1.0 \text{ m}$) zijn aangebracht (Esselink *et al.* 2019). Om te kunnen verifiëren of de situatie bij de meetbrug representatief is voor de hele plas wordt ook de bodemhoogte vlakdekkend in de hele plas gemonitord.

Slibhoogte Klutenplas

Voor het in kaart brengen van de hoogteligging van een onderwaterbodembodem is *single-beam* echoloding de meest aangewezen methode. Er is voor gekozen deze methode de eerste tijd ook in de Klutenplas

toe te passen. Op het moment waarop bij hoogwater de waterdiepte onvoldoende is om de methode nog toe te kunnen passen zal op een andere methode overgestapt moeten worden. In september 2018 is door *G2 Surveys* een eerste echoloding uitgevoerd (Esselink *et al.* 2019). Deze heeft in 2019 een vervolg gekregen met een tweede en derde opname op respectievelijk 20 maart en 2 september. De echoloding is uitgevoerd met een frequentie van 200 kHz. Bij de echolodgingen zijn steeds dezelfde 28 raaien ingemeten. Bij elke echoloding is de bodemhoogte op meer dan 1100 punten opgenomen. Er zijn geen metingen verricht binnen het vossenraster rondom het eiland.

Om de veranderingen in bodemhoogte te kunnen evalueren over de gehele periode dat de Klutenplas onder invloed staat van het getij, is de zogenaamde uitmeting van de aannemer in april 2018 als nulmeting beschouwd. De uitgevoerde analyse van de bodemverandering is 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 vossenraster (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

Tot in het najaar van 2019 lag de bodem van de Klutenplas permanent onder water terwijl het door het slechte doorzicht niet mogelijk was de diepte van de waterlaag te meten. In het najaar van 2018 is daarom gebruik gemaakt van een zogenaamde slibschijf om de dikte van de afgezette sliblaag boven de sedimentatieplaten te meten (Esselink *et al.* 2019). Een slibschijf bestaat uit een ronde kunststofschijs die langs een maatstok op en neer kan schuiven. Terwijl de stok op de sedimentatieplaat wordt gezet, blijft de schijf op de bovenkant van de sliblaag liggen. Als de maatstok omhoog wordt bewogen, kan een klik of weerstand worden gevoeld op het moment dat de verbrede onderkant van de stok de schijf raakt. Het niveauverschil langs de maatstok tussen de momenten dat de stok nog op de sedimentatieplaat staat en de schijf raakt geeft de dikte van de sliblaag. Op 17 september is de meting met de slibschijf herhaald, terwijl een meetpoging in maart is mislukt. Vanaf 17 september was bij laagwater nog maar sprake van geringe waterlaag boven het slib, waardoor vanaf dat moment de dikte van de sliblaag kon worden opgenomen door de sedimentatieplaten aan te prikken met een gekalibreerde meetstok en de lengte van het in het slib verdwenen deel van de stok direct af te lezen.

Sedimentatie Meetbrug

Om te onderzoeken hoeveel slib er in de Klutenplas was afgezet is op 2 oktober 2019 in drie meetveldjes het sediment boven drie meetveldjes met een markeerhorizont bemonsterd. Hierbij is gebruik gemaakt van een “sediment steekmonsternemer, type Beeker” (kortweg Beekersampler) van de firma Eijkelkamp. Een Beekersampler kan worden omschreven als een soort zuigerboor waarmee met behulp van 1.0 m – of 1.5 m lange monsterbuizen ongestoorde of ongeroerde monsters van onderwaterbodems kunnen worden genomen (Anonymus 2002). Bij de bemonstering is erop toegezien dat de bemonsteringsdiepte voldoende was om door de markeerhorizont heen te prikken. Omdat de bemonsteringsbuizen (met een binnendiameter van 57 mm) een doorzichtige kunststofwand hebben, was de markeerhorizont zichtbaar in de bemonsteringbuis en kon de dikte van de sliblaag boven de horizont meteen in het veld worden gemeten (Fig. 3.2). Door deze waarde te vergelijken met de dikte van de sliblaag boven de bijbehorende sedimentatieplaat kan worden vastgesteld of er sprake is van een zogenaamd booreffect. Met een booreffect wordt hier bedoeld dat bij het in het sediment duwen van de sampler, het monster binnenin de buis door wandwrijving kan worden samengedrukt.

Monsters gestoken met een Beekersampler zouden een samendrukking hebben van maximaal 4–5 % (Anonymus 2002).

De monsters zijn in afgesloten toestand in de monsterbuizen naar het laboratorium vervoerd om daar verder te worden verwerkt. Door het monster eerst in te vriezen en daarna bij ontdooiing uit de monsterbuis te duwen, kon het slib boven de markeerhorizont worden gescheiden van de kaolienklei en de rest van het monster. Van het slib boven de kaolienklei is zowel het nat - als het drooggewicht bepaald. Voor de bepaling van het drooggewicht zijn de monsters 24 uur lang gedroogd bij 105°C waarbij na nog eens 24 uur een tweede weging is uitgevoerd om te controleren of het drogingsproces was voltooid. Voor een berekening van de bulkdichtheid van het slib (zowel nat als droog) is het volume van het slibmonsters berekend op basis van de in het veld gemeten dikte van de sliblaag boven de markeerhorizont in de monsterbuizen.



Figuur 3.2 Foto van een slibmonster uit de Klutenplas met witte markeerhorizont van kaolienklei die de grens markeert tussen de oorspronkelijke bodem van de Klutenplas en het nieuw afgezette slib na de aansluiting van de plas op de Dollard.

3.3.3 Referentiemetingen kwelder

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 2019 is de diepte opgenomen op 13 of 17 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.

3.4 Vegetatie

In 2017 is in het kader van de nulmeting een vegetatiekaart van het studiegebied gemaakt (Esselink *et al.* 2018). In het monitoringsplan staat een volgende vegetatiekartering gepland voor 2024. Om de effecten van de verschillende ingrepen op de vegetatie te monitoren voorziet het monitoringsplan daarnaast in een meer frequente monitoring van de vegetatie in permanente kwadraten (PQ's).

Voor onderzoek naar mogelijke effecten van de aanleg van zowel de Kleirijperij als de Klutenplas zijn in 2017 PQ's van 4×4 m uitgezet en voor het eerst opgenomen. Voortzetting van de monitoring van de PQ's van de Kleirijperij is pas mogelijk als de depots van de Kleirijperij weer van de kwelder zijn verwijderd. Evenals in 2018, zijn daarom in 2019 alleen de PQ's van de Klutenplas opnieuw opgenomen. Hierbij gaat het hierbij om drie groepen van elk 10 PQ's (Esselink *et al.* 2018):

- PQ's op het broedeiland in het midden van de plas
- PQ's in de uitgegraven plas
- controle PQ's op de kwelder welke niet door de inrichtingsmaatregelen beïnvloed zouden moeten worden.

Bij het uitzetten van de PQ's in 2017 is onderscheid gemaakt tussen de twee oeverwallen van de aanwezige zwet (4 PQ's per groep) en het lagergelegen vlakke deel van de kwelder (6 PQ's per groep). Omdat de PQ's in de plas in 2019 nog geheel onbegroeid waren, zijn in 2019 alleen de PQ's op het broedeiland en de controle PQ's opgenomen. Bij een opname wordt de vegetatie beschreven op basis van de bedekking en abundantie van de aanwezige soorten. Hierbij is gebruik gemaakt van de decimale schaal van Londo (Tabel 3.1; Londo 1976). In 2019 zijn de vegetatieopnames uitgevoerd tussen 29 augustus en 18 september. De vegetatie in de helft van de PQ's was toen al gemaaid (zie § 2.1). De vegetatieopnamen zijn met het programma TURBOVEG (Hennekes 1995) toegevoegd aan de database met de opnamen uit 2017 en 2018.

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>amplus</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		

4 Bespreking resultaten

4.1 Ontwateringsstelsel

4.1.1 Ontwatering Klutenplas

Als gevolg van de aansluiting van de Klutenplas op de Dollard heeft de uitwatering of zwet die de verbinding tussen de Klutenplas en Dollard vormt, zich aanzienlijk verdiept (Fig 4.1; Tabel 4.1). Deze ontwikkeling deed zich al in 2018 voor en heeft zich daarna voortgezet. Zoals in de rapportage over 2018 is beargumenteerd zullen de verschillen in de dwarsprofielen grotendeels tot stand zijn gekomen in de periode van 4½ maand tussen aansluiting van de Klutenplas op de Dollard (23 april 2018) en het inmeten van de profielen in september 2018. Als hier rekening mee wordt gehouden kan geconcludeerd worden dat de veranderingen in deze eerste periode veel sneller zijn gegaan dan de veranderingen van 2018 op 2019.

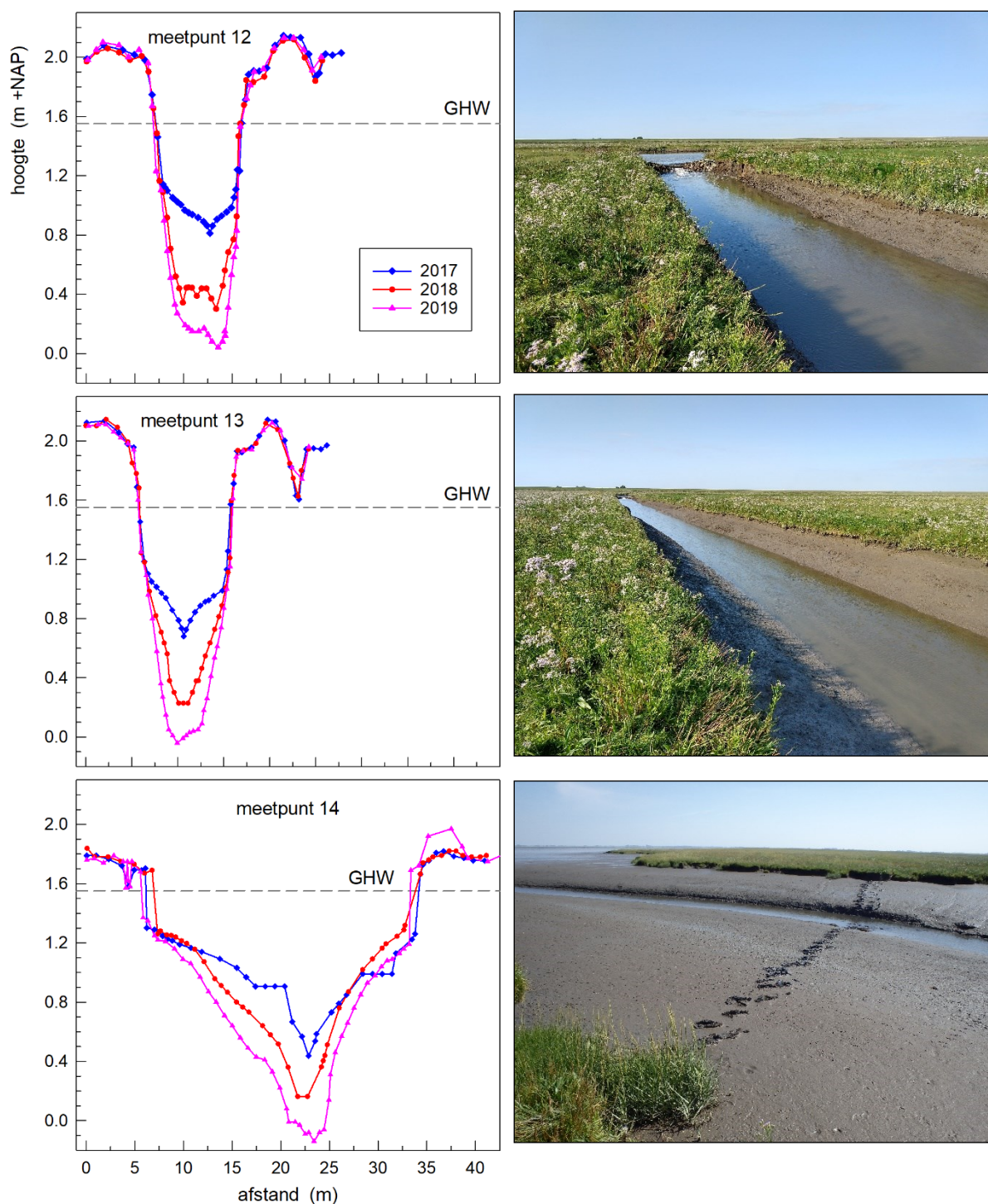
Evenals in 2018 het geval was, was in 2019 de verdieping ten opzichte van de nulmeting vlak achter de drempel het grootst (0.77 m op Meetpunt 12). Gemiddeld over de drie meetpunten bedroeg de verdieping bijna 0.7 m, waarvan al ruim de helft zich al in 2018 had voltrokken. (Fig 4.2). De veranderingen in de breedte van de profielen op maaiveldhoogte waren relatief gering (Fig 4.1; Tabel 4.1). Hierbij moet worden gerealiseerd dat de breedte op maaiveldhoogte een minder nauwkeurige parameter is van het dwarsprofiel. Deze breedte is namelijk afhankelijk van welk punt precies als bovenrand van de zwet wordt gekozen en is alleen goed te vergelijken wanneer een profiel elk jaar over exact dezelfde lijn is ingemeten. Dit kon niet altijd worden gerealiseerd en dit vormt ook de verklaring voor de gevonden afname in breedte op Meetpunten 13 en 14 (Tabel 4.1).

Om de veranderingen in de grootte van de dwarsdoorsnede (oppervlakte van het dwarsprofiel) minder gevoelig te maken voor de onnauwkeurigheid in de breedte op maaiveldhoogte, is in de rapportage over 2018 ervoor gekozen om de veranderingen van de dwarsdoorsnede te beschrijven ten opzichte van een lager niveau, namelijk NAP +1.55 m, overeenkomend met het gemiddeld hoogwaterniveau te Nieuwe Statenzijl over de jaren 2013 – 2018 (Esselink et al. 2019; zie ook Fig. 4.1). In vergelijking met de nulmeting in 2017 was de toename van de dwarsdoorsnede in 2019 in absolute termen het grootst in de monding van de zwet (Meetpunt 14; Tabel 4.1), terwijl in relatief opzicht de dwarsdoorsnede vlak achter de drempel (Meetpunt 12) de grootste verandering liet zien.

De erosie van de verbinding tussen Klutenplas en de Dollard zal voornamelijk worden veroorzaakt door de ebstroom. In kwelderkreken is over het algemeen de maximum stroomsnelheid van de ebstroom groter dan van de vloedstroom (Allen 2000). In de verbinding tussen Klutenplas en de Dollard zal de aanwezigheid van de drempel dit verschil nog hebben versterkt. Door het watervolume in de Klutenplas bleef tijdens laagwater een relatief krachtige ebstroom in de zwet staan (zie foto's in Fig. 4.1), terwijl de controlezwetten tijdens laagwater nauwelijks water voerden en vaak droogvielen. Dit verklaart mede het verschil in ontwikkeling van verbindingszwet tussen Klutenplas en Dollard en de controlezwetten (Fig. 4.2). Als de Klutenplas in de loop van de tijd dichtslibt, zou de ontwikkeling van de dimensies van de verbindingszwet zich moeten ombuigen in de richting van de lijn van de controlezwetten en terug naar de uitgangssituatie.

In de groep van vijf controlezwetten, bleven de dimensies van de dwarsprofielen in de afgelopen drie jaar gemiddeld genomen nagenoeg onveranderd (Fig. 4.2; Tabel 4.2). Ten opzichte van de nulmeting liet Zwet I uit deze groep in 2019 weliswaar een verdieping zien alsmede een toename van

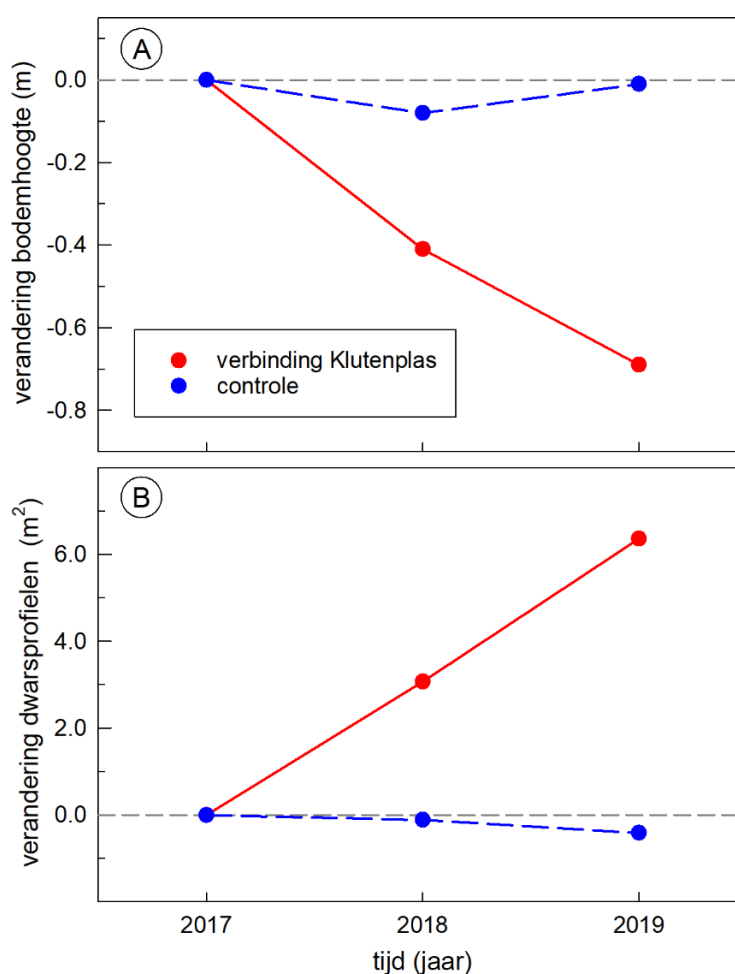
de dwarsdoorsnede (Tabel 4.2), maar deze verschillen waren alweer kleiner dan in 2018. Geen van de meetpunten langs de controlezwellen lieten een overtuigende trendmatige verandering zien. Daarvoor is de meetreeks nu ook nog te kort.



Figuur 4.1 Vergelijking van de dwarsprofielen op de meetpunten 12 – 14 in de verbinding tussen de Klutenplas en de Dollard in de eerste twee jaar na aanleg van de plas met de nulmeting in 2017 (voor aanleg van de plas). 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 augustus 2019. Figuur 2.2 geeft een kaartje met de ligging van de meetpunten.

Tabel 4.1 Veranderingen in de dwarsprofielen van de verbindingszwet tussen de Klutenplas en de Dollard in augustus 2019 ten opzichte van de nulmeting in 2017. Een positieve waarde geeft een toename van de betreffende dimensie, een negatieve waarde een afname. De dwarsdoorsnede geeft de verandering van het dwarsprofiel onder het niveau van GHW aan. Zie ook figuur 4.1.

Meetpunt	Breedte (m)	Diepte (m)	Dwarsdoorsnede (<GHW)	
			(m ²)	(%)
12	0.3	0.77	5.6	122
13	-0.1	0.72	5.3	90
14	-0.7	0.58	8.1	52



Figuur 4.2 De cumulatieve veranderingen van (a) de bodemhoogte en (B) de grootte van de dwarsprofielen onder het niveau van GHW ten opzichte van de nulmeting van 2017 in de verbindingszwet tussen Klutenplas en Dollard (gemiddelde van de meetpunten 12 – 14) en de controlezwetten (gemiddelde van alle meetpunten langs de zwetten I – V).

In het vorige rapportage is de aanbeveling gedaan om de toestand van stuwen in de aansluiting van controlezwetten met de dijksloot op te nemen (Esselink *et al.* 2019). Hier is in 2019 een begin mee gemaakt, maar deze gegevens zijn nog niet bewerkt.

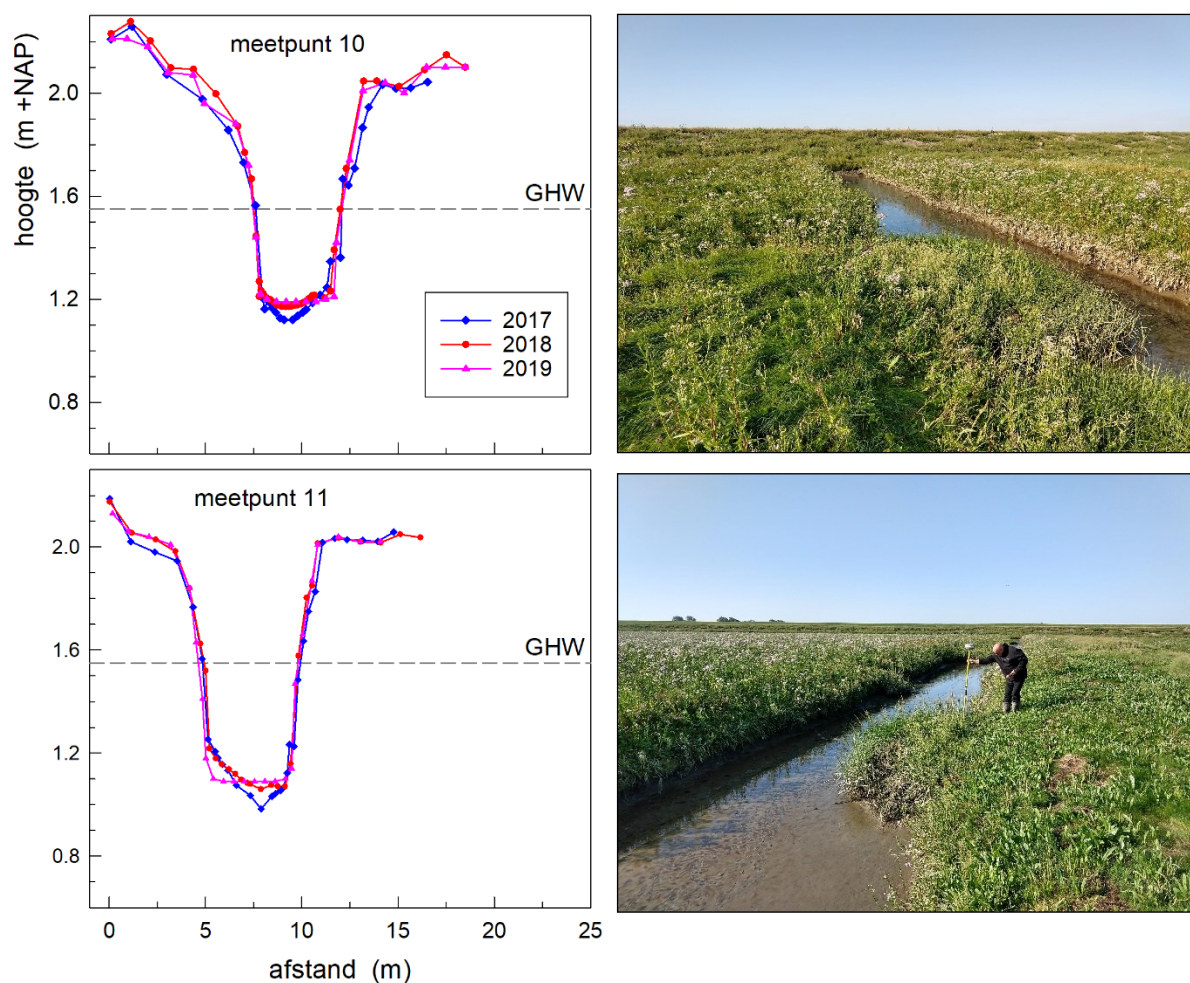
Tabel 4.2 Veranderingen in de dwarsprofielen van de controlezwetten in augustus 2019 ten opzichte van de nulmeting in 2017. Een positieve waarde geeft een toename van de betreffende dimensie, een negatieve waarde een afname. De dwarsdoorsnede geeft de verandering van het dwarsprofiel onder het niveau van GHW aan. In Bijlage I worden alle profielen grafisch met elkaar vergeleken. Figuur 2.2 geeft een kaartje met de locatie van alle meetpunten.

Zwet	Meetpunt	Breedte (m)	Diepte (m)	Dwarsdoorsnede (<GHW)	
				(m ²)	(%)
I	1	0.3	0.18	0.6	34
I	2	1.1	0.15	0.5	17
I	3	-0.7	-0.05	-0.6	-16
II	4	-0.2	-0.11	-0.6	-51
II	5	2.0	-0.05	0.0	1
II	6	0.8	-0.05	-0.2	-7
III	18	-0.8	-0.14	-1.3	-30
III	19	1.0	-0.07	-1.0	-14
III	20	3.0	-0.05	-0.7	-4
IV	21	0.2	-0.04	-0.2	-4
IV	22	0.7	0.16	0.3	2
IV	23	-0.2	0.07	-3.2	-16
V	24	-0.1	-0.01	0.3	7
V	25	0.0	-0.01	0.0	0
V	26	1.8	0.10	-0.1	-1
Gemiddeld	dijkwaarts	-0.1	-0.03	-0.2	-9
	midden	1.0	0.03	0.0	1
	monding	1.0	0.01	-1.0	-9

4.1.2 Effecten ontwatering Kleirijperij

Door de opslag van de klei uit de Klutenplas in een droogbed als voorbereiding op de aanleg van de Kleirijperij verloren drie zwetten hun verbinding met de dijksloot. Behalve het bovenstroomse deel van de zwet door de Klutenplas (Zwet 0) gaat het hierbij om de zwetten VI en VII in figuur 2.2. Door het wegvallen van de verbinding met de dijksloot zijn deze watergangen overgedimensioneerd, waardoor mag worden verwacht dat deze de neiging zullen krijgen om dicht te slibben, te beginnen in de landwaarts gelegen uiteinden. Door de toenemende invloed van stroomsnelheden (vooral die van de ebstroom) zal de opvulling in zeewaartse richting veel langzamer verlopen.

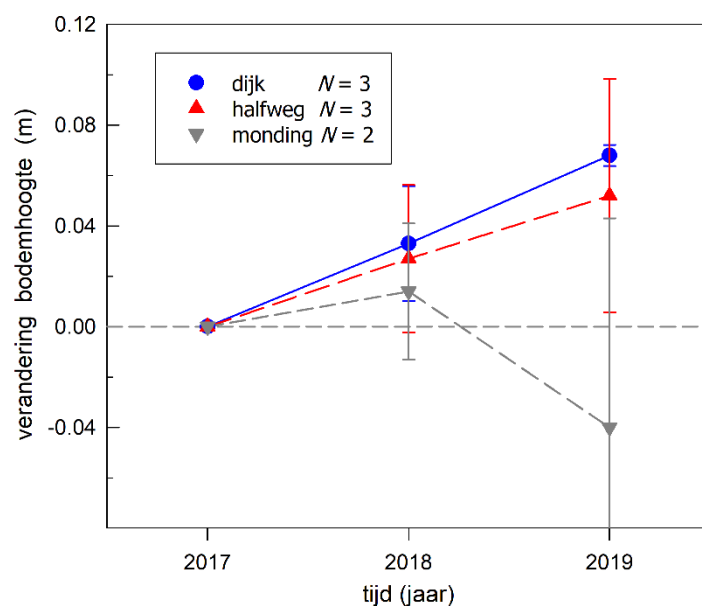
De zwet tussen Klutenplas en de kleirijperij laat inderdaad op beide meetpunten een geleidelijke verondieping zien die in 2019 op Meetpunt 11 was opgelopen tot 11 centimeter ten opzichte van de uitgangssituatie (Fig 4.3; Tabel 4.3). Ook in Zwet VI was sprake van een geringe afname in diepte (Fig. I.6 in Bijlage I), terwijl in Zwet VII alleen het meest landwaarts gelegen meetpunt een afname in diepte liet zien (Meetpunt 15). Figuur 4.4 geeft een samenvatting van de ontwikkeling van de drie beïnvloede zwetten. Hoewel de spreiding nog erg hoog is en het maar een korte waarnemingsreeks betreft, komt het verandering in bodemhoogte voorlopig overeen met de verwachting. Gemiddeld gesproken is de bodemhoogte van de zwetten duidelijk toegenomen op de meest landwaarts gelegen meetpunten terwijl de meetpunten bij de monding meer variatie lieten zien.



Figuur 4.3 Vergelijking van de dwarsprofielen op de meetpunten 10 en 11 tussen de Klutenplas en de kleirijperij in 2017, het jaar voor aanleg van de kleirijperij en de Klutenplas en de eerste twee jaar erna. Op beide foto's is op de achtergrond de kade van de kleirijperij te zien. Zie figuur 4.1 voor verdere toelichting.

Tabel 4.3 Verschil tussen augustus 2019 en de nulmeting in 2017 in dimensies van de dwarsprofielen van de zwetten die door de aanleg van de kleirijperij de verbinding met de dijksloot hebben verloren. Een positieve waarde geeft een toename van de betreffende dimensie, een negatieve waarde een afname. De dwarsdoorsnede geeft de verandering van het dwarsprofiel onder het niveau van GHW aan. In Bijlage I worden alle profielen grafisch met elkaar vergeleken. Figuur 3.1 geeft een kaartje met de locatie van alle meetpunten.

Zwet	Meetpunt	Breedte (m)	Diepte (m)	Dwarsdoorsnede (<GHW)	
				(m ²)	(%)
0	10	-1.7	-0.07	0.0	3
0	11	0.1	-0.11	0.2	11
VI	7	-0.3	-0.06	0.0	
VI	8	-0.2	-0.09	0.0	-1
VI	9	-0.5	-0.04	-0.1	-3
VII	15	-0.2	-0.07	0.1	3
VII	16	-0.8	0.04	-0.2	-3
VII	17	0.1	0.12	0.4	6



Figuur 4.4 De cumulatieve verandering in bodemhoogte (gem. $\pm$ standaardfout) in de zwetten die door aanleg van de kleirijperij hun verbinding met de dijksloot hebben verloren (zwet 0, VI en VII in Fig. 2.2). De meetpunten zijn afhankelijk van hun ligging ingedeeld in de volgende drie groepen: *i*) bij de dijk gelegen (meetpunten 7, 10 en 15), *ii*) in de monding (meetpunten 9 en 17) en *iii*) ergens halverwege (meetpunten 8, 11 en 16).

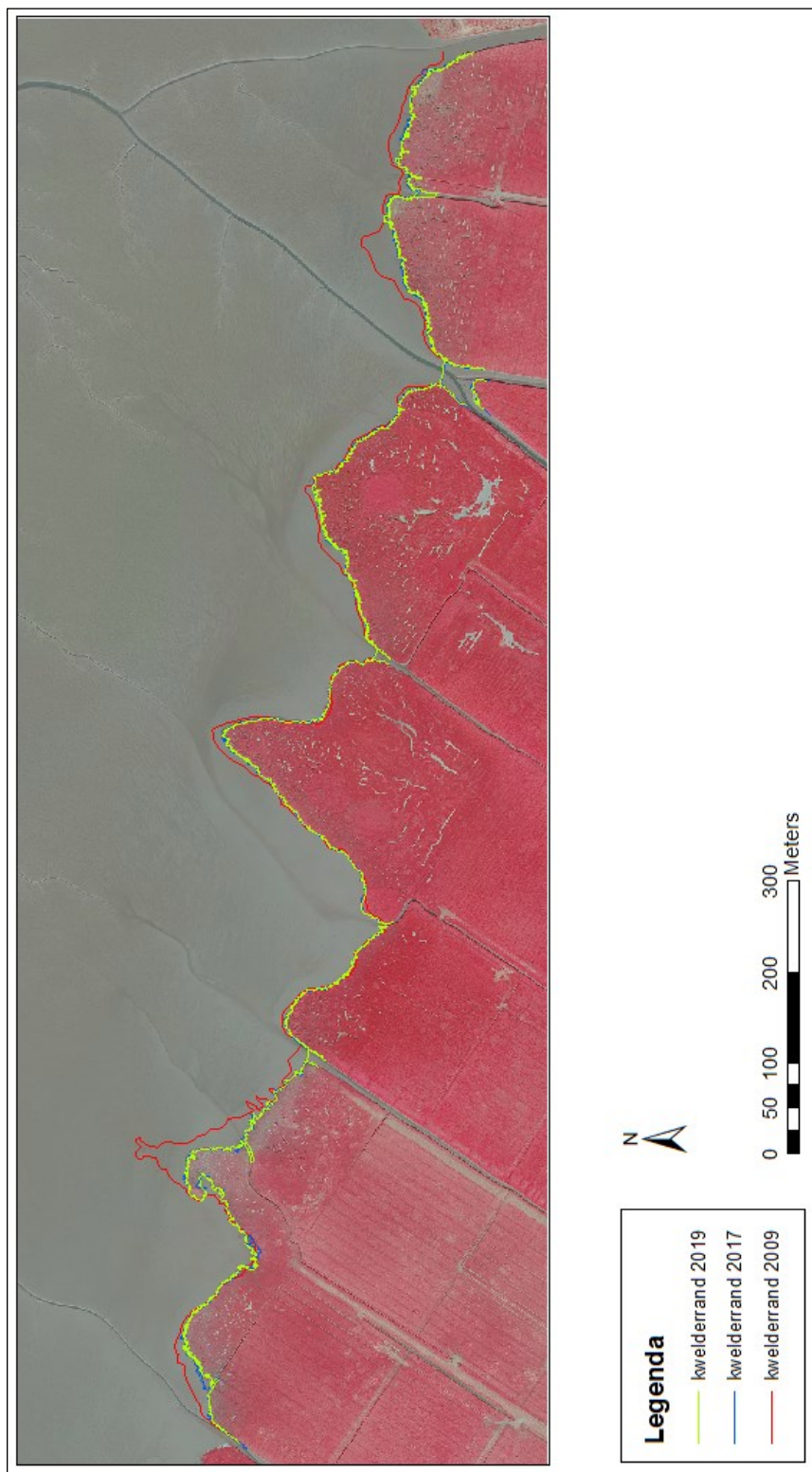
4.2 Kwelderafslag

Omvang pionierzone in 2019

Evenals in 2018 het geval was, was ook in 2019 langs een deel van de kwelderrand een smalle pionierzone aanwezig (Fig. 4.5). In 2019 bedroeg de totale oppervlakte hiervan slechts 0.37 ha, bijna de helft minder dan in 2018 (Esselink *et al.* 2019). Tijdens de nulmeting in 2017 was nauwelijks een pionierzone aanwezig en deze is toen niet gekarteerd. Conform de benadering in 2018 is bij het classificeren van de pioniervegetatie niet uitgegaan van de soortensamenstelling van de vegetatie, maar meer van de vegetatiestructuur, *i.e.* een ijle begroeiing met een lage bedekking op het verder onbegroeide wad (zie § 3.2). Net als in 2018 werd een belangrijk deel van de pionierzone gevormd door een ijle vegetatie van jonge planten van Engels slijkgras. Zoals besproken in het voorgaande monitoringsrapport is de inschatting dat deze begroeiing doorgaans in de loop van de herfst door ganzenvraat verdwijnt (Esselink *et al.* 2019). Voor het overige deel bestond de pionierzone uit een éénjarige begroeiing van zeekraal, terwijl op één plek ook ijl Riet dat door middel van zowel ondergrondse - als bovengrondse uitlopers (zgn. *Legehalmen*) vanuit een pol op de kwelder het wad opgroeide tot de pionierzone is gerekend.



Figuur 4.5 Het voorkomen van pioniervegetatie voorlangs de kwelderrand in 2019. De achtergrond is een false-colour luchtfoto uit 2018.



Figuur 4.6 De ligging van de kwelderrand in 2009, 2017 en 2019. De achtergrond is een false-colour luchtfoto uit 2018. Uit visuele overwegingen is de kwelderrand van 2018 niet weergegeven.

Afslag

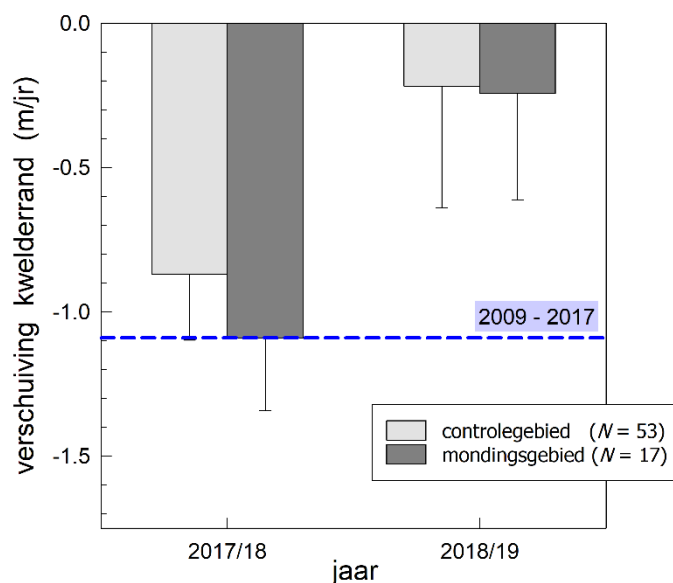
Van 2018 op 2019 is de omvang van de kwelder in het studiegebied nauwelijks veranderd. De netto achteruitgang was nagenoeg nul en was daarmee beduidend lager dan in voorgaande jaren (Tabel 4.4). Figuur 4.6 geeft een vergelijking van de ligging van de kwelderrand in 2009, 2017 en 2019. Hoewel we nu pas beschikken over de ontwikkeling in twee afzonderlijke jaren, kan geconcludeerd worden dat de kwelder afslag aan grote jaarlijkse fluctuaties onderhevig is. Het jaar 2018/19 (periode sept 2018 – sept 2019) is pas het eerste volledige monitoringsjaar na aanleg van de Klutenplas. Het is dan ook nog te vroeg om eventuele conclusies te kunnen trekken over een mogelijke invloed van de Klutenplas op de afslag.

Het golfklimaat in de Dollard speelt waarschijnlijk een grote rol in de erosie van de kwelder. Verschil in stormactiviteit tussen jaren zou daarbij een belangrijke verklaring kunnen vormen voor de jaarlijkse variatie in afslag. De afslag zou dan vooral in het winterhalfjaar plaatsvinden. Tot nu toe is de kartering van de kwelderrand in september 2017 als nulmeting voor de aanleg van de Klutenplas beschouwd. De Klutenplas is echter pas op 23 april 2018 geopend (Tabel 2.1). Het is niet aannemelijk dat de van 2017 op 2018 waargenomen veranderingen van de kwelderrand na deze datum hebben plaatsgevonden. Dit betekent dat in een uiteindelijke evaluatie het jaar 2017/2018 het beste als een overgangsjaar kan worden beschouwd.

Op de over het studiegebied heen geprojecteerde raaen is de kwelderrand van 2018 op 2019 gemiddeld met 0.2 meter opgeschoven in de richting van de dijk (Fig. 4.7). In lijn met de veranderingen in oppervlakte van de kwelder, is dit veel minder dan in voorgaande jaren. Van 2018 op 2019 was nauwelijks sprake van enig verschil in achteruitgang tussen het mondingsgebied van de Klutenplas en het controlegebied.

Tabel 4.4 Verandering in de omvang van de kwelder (excl. pionierzone) in het studiegebied in een periode voorafgaande aan de aanleg van de Klutenplas (2009 – 2017), het jaar van aanleg (2017 – 2018) en het eerste volledige jaar erna (2018 – 2019).

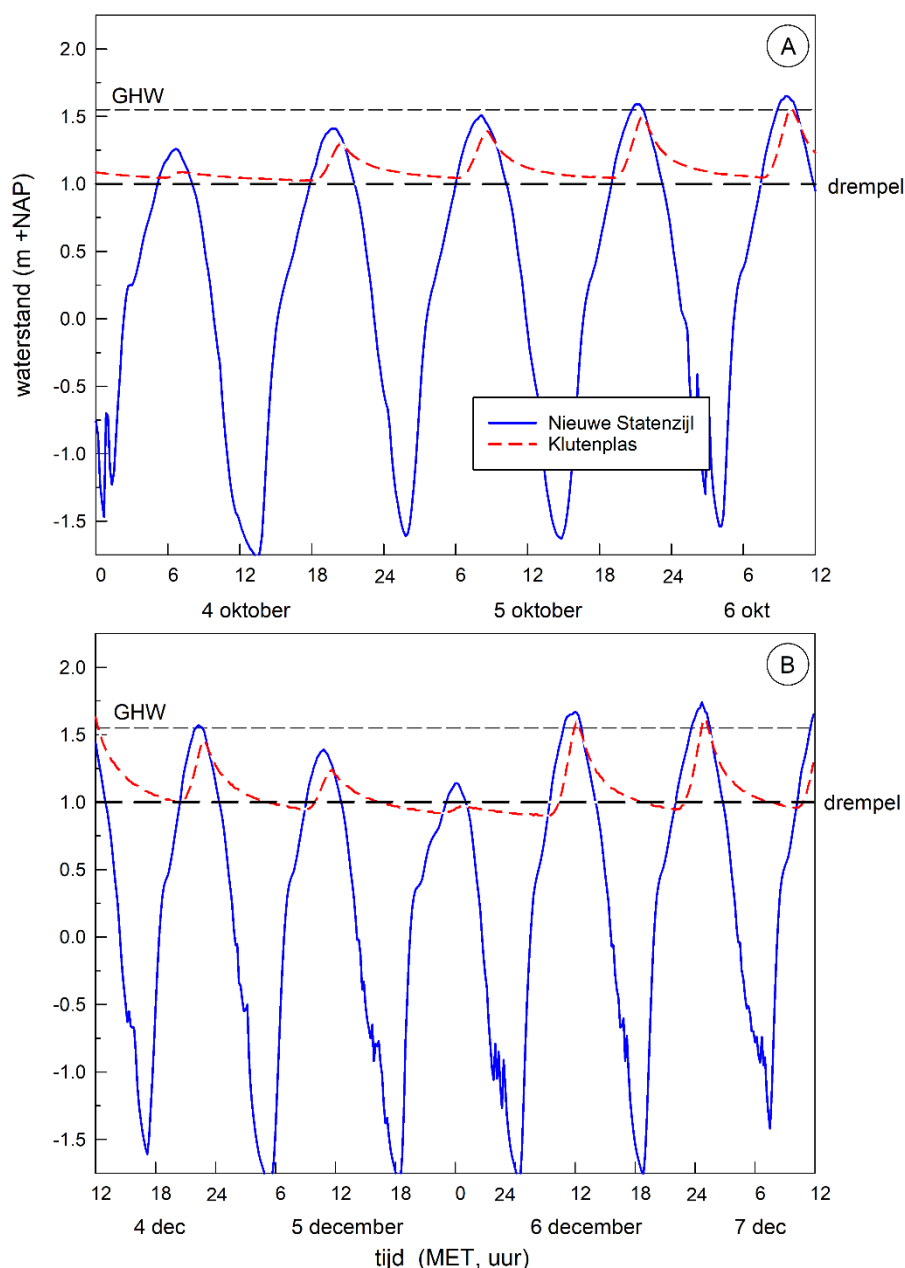
Periode	Aanwas (ha)	Afslag (ha)	Netto verandering	
			totaal (ha)	per jaar (ha/jr)
2009 – 2017	0.07	1.21	-1.14	-0.14
2017 – 2018	0.02	0.11	-0.09	-0.09
2018 – 2019	0.07	0.07	-0.00	-0.00



Figuur 4.7 De verschuiving (gemiddelde met standaardfout) van de kwelderrand op vaste raaien loodrecht op de dijk in het controle- en het mondingsgebied van de Klutenplas in de eerste twee jaar na de nulmeting. De onderbroken blauwe lijn geeft de gemiddelde afslag in het studiegebied over de periode 2009 – 2017. Het mondingsgebied is omschreven als het gebied tot 200 m ten westen en ten oosten van de monding van de klutenplas (raaien 48 – 65 in Fig. 3.1); het controlegebied omvat de rest van het studiegebied. De verschillen tussen de twee deelgebieden zijn statistisch niet significant. N = aantal raaien per deelgebied.

4.3 Getijdendynamiek Klutenplas

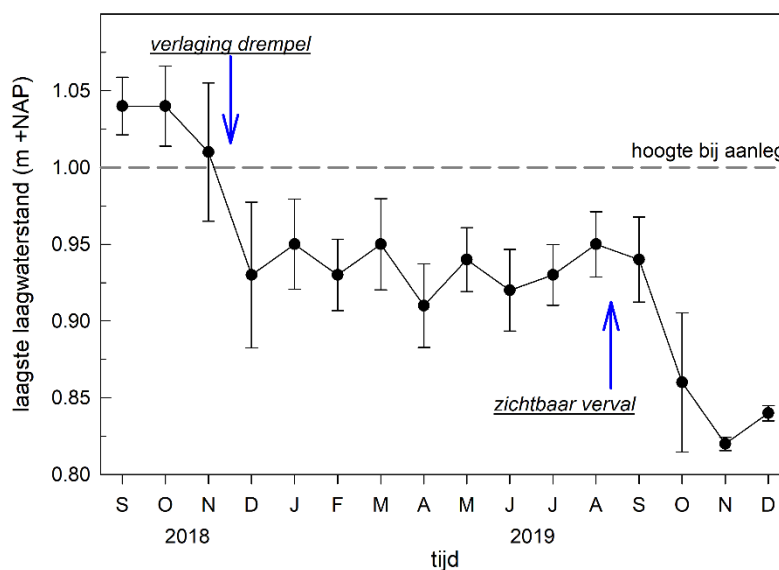
De getijdendynamiek in de Klutenplas is van grote invloed op de sedimentatie in de Klutenplas en daarmee op het herstelproces tot kwelder. Als tijdens opkomend water, de vloedgolf via krekken (in het geval van de Dollardkwelders de zwetten) de kwelder binnendringt treedt als gevolg van de weerstand een vervorming van de vloedgolf op, waardoor waterstanden tijdens de vloed in de kwelder lager zijn voor de kwelder (van der Molen 1997; Allen 2000). Dit geldt vooral voor vloedgolven die binnen de krekken blijven en waarbij de kwelder niet via de kwelderrand overstroomt raakt. In het geval van de Klutenplas is nog een extra weerstand aangebracht in de vorm van de aangelegde drempel in de in- en uitstroomopening van de plas (Fig. 2.3). De drempel heeft bij aanleg een hoger niveau gekregen dan oorspronkelijk beoogd. Om de uitwisselingsprocessen tussen de Klutenplas en de Dollard te bevorderen is besloten om de drempel eind 2018 te verlagen (Tabel 2.1). In de nazomer van 2019 bleek de drempel beschadigd en onderhevig aan erosie. Ook is door erosie de verbindingsszwet tussen de Klutenplas en de Dollard vergroot (Tabel 4.1), waardoor in theorie de vloedgolf de Klutenplas makkelijker (met minder weerstand) zou kunnen bereiken. In deze paragraaf zal daarom de ontwikkeling van de waterstanden in de Klutenplas nader worden geanalyseerd.



Figuur 4.8 Effect van de drempelverlaging in de monding van de Klutenplas op de waterstanden in de plas. Figuur A geeft voor een periode van 72 uur een vergelijking van het verloop van de waterstanden in de Klutenplas en bij Nieuwe Statenzijl voordat de verlaging werd doorgevoerd. Figuur B geeft eenzelfde vergelijking 4 – 7 dagen na het verlagen van de drempel op 29 november 2018. Als referentie zijn in beide panelen het oorspronkelijke niveau van de drempel en het niveau van gemiddeld hoogwater (GHW) in Nieuwe Statenzijl over de jaren 2013 – 2018 aangegeven.

Laagwaterstanden

Door het aanpassen van de drempel eind november 2018 werd de laagwaterstand in de Klutenplas met ongeveer 10 centimeter verlaagd (Fig. 4.8, 4.9). Bij de aanleg van de drempel is een ontwerphoogte van NAP +1.0 m gehanteerd. Deze hoogte betrof de bovenkant van de stenen waarmee de wiepen in de drempel waren verzwaard. Voordat de drempel werd verlaagd kon bij laagwater het waterpeil in de plas nog verder uitzakken doordat er tussen de stenen door een reststroom over de drempel bleef staan. Tijdens een normale getijcyclus werd dit echter voorkomen doordat – voordat het peil in de plas



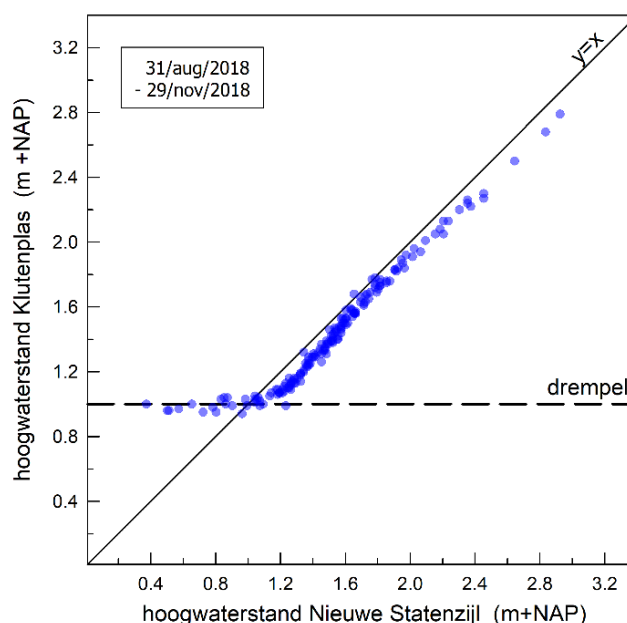
Figuur 4.9 Verloop van de dagelijkse laagste laagwaterstand (gem. per maand $\pm$ standaarddeviatie) vanaf de start van de registratie van de waterstanden tot eind 2019. Grafiek toont het effect van de verlaging van de drempel op 29 nov 2018 en het geleidelijk verval van de drempel vanaf aug 2019.

tot het niveau van de drempel was gezakt – het water in de plas alweer werd aangevuld met water van de volgende vloedgolf. Na de verlaging van de drempel is op een *ca.* 0.1 m lager niveau hetzelfde patroon te zien (Fig. 4.8). Figuur 4.8A geeft voor een representatieve periode van 72 uur uit de tijd van voor de verlaging van de drempel het verloop van de waterstanden in Nieuwe Statenzijl en de Klutenplas (Fig. 4.8). Tijdens alle vijf getoonde ebfases bleef de waterstand in de Klutenplas boven het niveau van de drempel, waarbij het laagste laagwater (NAP +1.02 m) volgde na het laagste hoogwater in deze 72-uurs periode (de eerste vloedgolf van 4 okt. 2018). Figuur 4.8B geeft het verloop van de waterstanden van de twee locaties over eenzelfde periode vlak na de verlaging van de drempel. Tijdens de zes ebfases in deze periode liepen de laagwaterstanden in de Klutenplas terug tot NAP +0.95 m. Ook nu leek de laagwaterstand weer te correleren met het vulniveau van de plas tijdens de voorgaande hoogwaterperiode. Het laagste laagwater (NAP +0.90 m) volgde namelijk na het laagste hoogwater in de periode (de tweede vloed van 5 dec 2018), terwijl het hoogste laagwater (NAP + 1.0 m) volgde na de overstroming van de kwelder in de ochtend van 4 december 2018 net voorafgaande aan de getoonde 72-uurs periode in figuur 4.8B. De relatie tussen de laagwaterstand in de Klutenplas met het vulniveau tijdens het voorgaande hoogwater is echter niet verder onderzocht.

Na de verlaging van de drempel bleven de laagwaterstanden in de Klutenplas gedurende langere tijd op vrijwel constant niveau, totdat in oktober 2019 een verval intrad (Fig. 4.9). Omdat de laagwaters niet eenvoudig uit de 10-minutenregistraties waren te extraheren, is in figuur 4.9 gebruik gemaakt van de laagste waterstand per dag in plaats van per laagwaterperiode. Dit heeft geen invloed op het getoonde verloop van de gemiddelde laagwaterstanden in de Klutenplas en mogelijke conclusies daarover. Omdat de gemiddelde laagwaterstand in augustus en september 2019 op een vergelijkbaar niveau bleef als in de voorafgaande maanden, heeft de opgemerkte schade aan de drempel in augustus 2019 blijkbaar niet meteen tot lagere waterstanden in de Klutenplas geleid. Bij de afname van de laagwaterstanden in oktober was geen specifiek moment aan te wijzen waarop deze plaats vond, maar leek meer sprake te zijn van een geleidelijk verloop. Dit was anders dan aan het eind van diezelfde maand. Na het optreden van drie opeenvolgende hoogwaters met een sterk verhoogde waterstand tot boven NAP + 2.25 m op 27 en 28 oktober was wel sprake van een grotere daling van ten minste 5 centimeter tot een niveau van NAP +0.81 m. Na deze gebeurtenis viel de

dagelijkse variatie in laagwaterstanden helemaal weg (standaarddeviatie vrijwel nul; Fig. 4.9). Dit kan niet anders worden verklaard dan dat de peilbuis vanaf dat moment dagelijks droogviel en er geen laagwaterstand meer kon worden geregistreerd. In totaal is daarmee de laagwaterstand in de Klutenplas in minder dan een jaar tijd met minimaal 0.2 meter afgenomen.

De stijging van het "laagwaterpeil" tussen november en december 2019 is waarschijnlijk een afspiegeling van de opslibbing in deze periode.

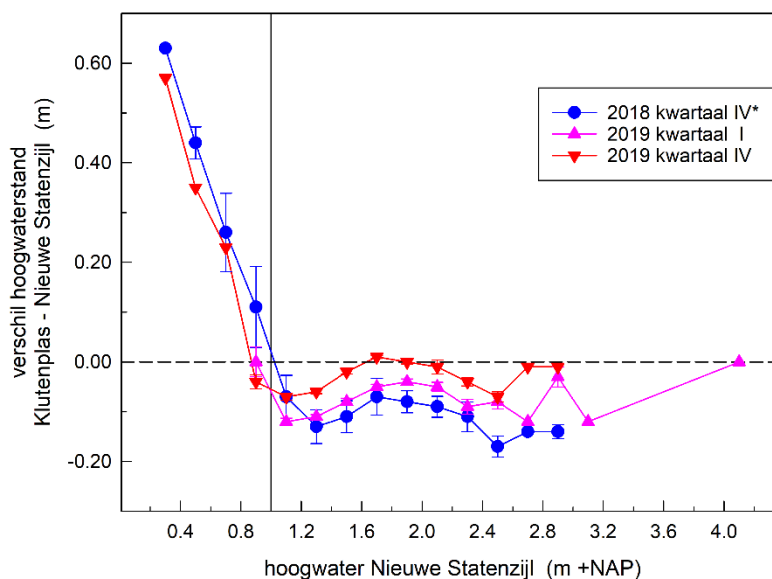


Figuur 4.10 Vergelijking tussen de hoogwaterstanden in de Klutenplas en bij Nieuwe Statenzijl tussen 31 augustus 2018 (plaatsing peilbuis) en 29 november 2018 (verlaging drempel). De grafiek laat zien dat het hoogwater in de Klutenplas in deze periode op een systematisch lager niveau lag dan bij Nieuwe Statenzijl, behalve bij lage hoogwaters wanneer de floodgolf niet boven de drempel uitkwam en deze daardoor niet in de Klutenplas kon doordringen. Het waterpeil in de Klutenplas is dan meer een afspiegeling tot welk niveau het water in de plas kon uitzakken.

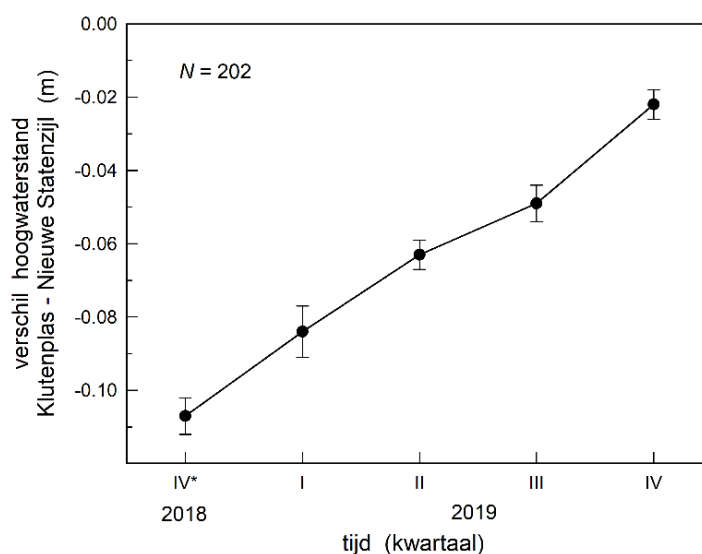
Hoogwaterstanden

In het voorgaande monitoringsrapport werd al geconcludeerd dat de hoogwaterstanden in de Klutenplas systematisch op een lager niveau lagen dan bij Nieuwe Statenzijl, ten minste voor hoogwaters waarbij de floodgolf boven de drempel uitkwam (Esselink *et al.* 2019). In de periode vóór dat de drempel werd verlaagd (31 aug 2018 – 29 nov 2018) lagen de hoogwaters in de Klutenplas die boven de drempel uitstegen gemiddeld 10 cm onder het niveau van Nieuwe Statenzijl (Fig. 4.10).

Om te onderzoeken of de verlaging van de drempel effect heeft gehad op de hoogwaterstanden in de Klutenplas is het niveauverschil in hoogwaterstanden tussen Klutenplas en Nieuwe Statenzijl uit figuur 4.10 in figuur 4.11 uitgezet als functie van de hoogwaterstand in Nieuwe Statenzijl en vergeleken met het verschil in hoogwaterstand tussen de twee locaties in het eerste kwartaal van 2019 (i.e. 2 – 4 maand na de drempelverlaging). Boven de oude hoogte van de drempel liet het verschil in hoogwater tussen de twee locaties op alle niveaus een afname zien. Bij een modale waterstand (NAP + 1.40 – 1.60 m bij Nieuwe Statenzijl) bedroeg de afname 2.3 centimeter (Fig. 4.12).



Figuur 4.11 Het verschil in hoogwaterstanden in de Klutenplas en bij Nieuwe Statenzijl (gem. $\pm$ standaardfout) als functie van de hoogwaterstanden bij Nieuwe Statenzijl in de periode 31 aug 2018 – 29 nov 2018 (aangeduid met kwartaal IV*; vgl. ook Fig. 4.10) en het eerste en laatste kwartaal van 2019. Boven het niveau van NAP + 1.0 m is het verschil in de loop van de tijd afgenomen.



Figuur 4.12 De ontwikkeling van het verschil in hoogwaterstand (gem. $\pm$ standaardfout) in de Klutenplas en bij Nieuwe Statenzijl tussen 31 augustus 2018 en eind 2019 voor de meest voorkomende (modale) hoogwaterstanden (NAP + 1.40 – 1.60 m). Evenals in figuren 4.10 en 4.11 is de periode tussen de installatie van de peilbuis en verlaging van de drempel (31 aug – 29 nov) als vierde kwartaal van 2018 (IV*) genomen. N = aantal hoogwaters.

Opmerkelijk is dat het verschil in hoogwaterstand tussen de Klutenplas en Nieuwe Statenzijl ook daarna gedurende de rest van 2019 bleef afnemen (Fig. 4.11 en 4.12). Dit lijkt een bevestiging van de suggestie genoemd aan het begin van deze paragraaf, dat door een combinatie van de verlaging en verval van de drempel en de verruiming van de verbindingsswzwet de weerstand voor een vloedgolf om de Klutenplas te bereiken geleidelijk is afgenomen. Bij hoogwaters waarbij ook de hoogste delen van de kwelder (*i.e.* $>$ NAP + 2.2 m) onderliepen leek eveneens sprake te zijn van een niveauverschil

tussen Klutenplas en Nieuwe Statenzijl (Fig. 4.10 en 4.11). Dit verschil laat zich niet verklaren door een mogelijke vervorming van de vloedgolf in de kwelder (zie boven) en moeten andere factoren zoals opwaaiing in het spel zijn.

In de omzetting van de gemeten waterdruk in de peilbuis naar waterstand is een dichtheid van het water aangehouden van 1000 kg/m^3 . Dit is de dichtheid van zoet (en schoon) water. Zout en zwevend stof hebben een verhogend effect op de dichtheid van water. Voor deze effecten is niet gecorrigeerd, waardoor de hier gerapporteerde waterstanden voor de Klutenplas te hoog kunnen zijn. Bij de hoogste waterstanden gaat het mogelijke om enkele centimeters. Voor de zekerheid wordt aanbevolen om in de toekomst een foutenberekening te doen op basis van gemeten waarden van saliniteit en zwevend stof. Bij een eventuele correctie zal het verschil in hoogwaterstanden tussen de Klutenplas en Nieuwe Statenzijl nog iets worden vergroot. Door een eventuele correctie zal de afname van het verschil in hoogwaterstanden tussen Klutenplas en Nieuwe Statenzijl in de loop van de tijd (Fig. 4.12) niet verdwijnen.

Door toename van de bodemhoogte is ook de komberging van de Klutenplas afgenomen. De grootste verandering in bodemhoogte in de hierboven beschouwde periode was echter onder het niveau van de drempel. Toename in bodemhoogte lijkt daardoor nauwelijks of geen effect te hebben gehad op het getijvolume van de plas en daarmee evenmin op de verandering in hoogwaterstanden in de plas.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat in de periode van augustus 2018 tot eind 2019 naast de verlaging van de drempel, ook het verval van de drempel en de erosie in de verbinding tussen de Klutenplas en de Dollard een rol hebben gespeeld in de toename van de getijslag in de Klutenplas. Deze toename bedroeg minimaal 0.3 meter door een afname van de laagwaterstand van ten minste 0.2 meter en een toename van een deel van de hoogwaters met ongeveer 0.1 meter.

Doordat bij de berekening van de waterstanden in de Klutenplas geen rekening is gehouden met de invloed van saliniteit en zwevend stofgehalte op de dichtheid van het water, zijn de gebruikte waterstanden wat hoger dan ze in werkelijk waren. Dit is niet van invloed op de in deze paragraaf getrokken conclusies.

4.4 Opslibbing

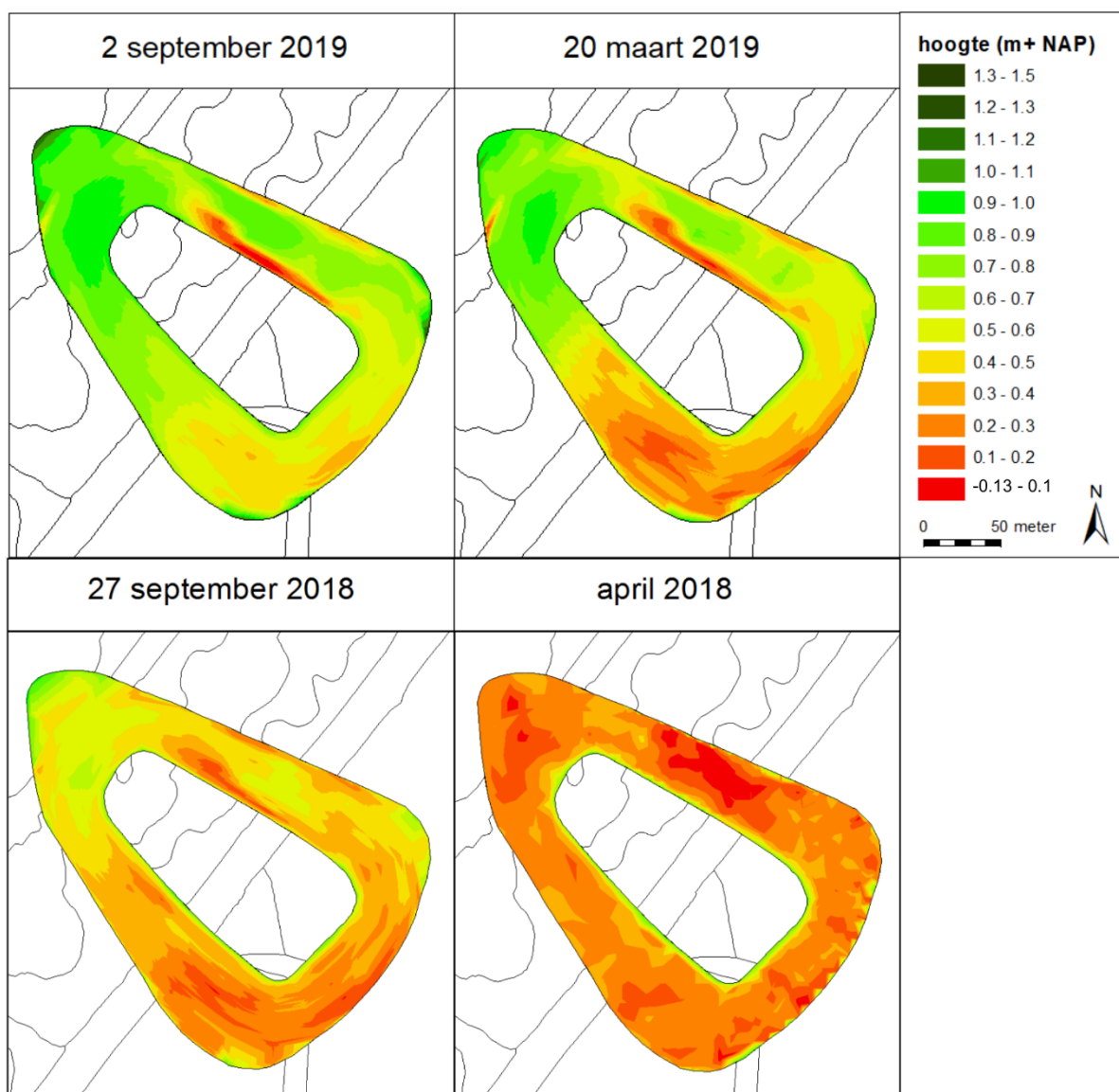
4.4.1 Klutenplas

Hoogteontwikkeling bodem

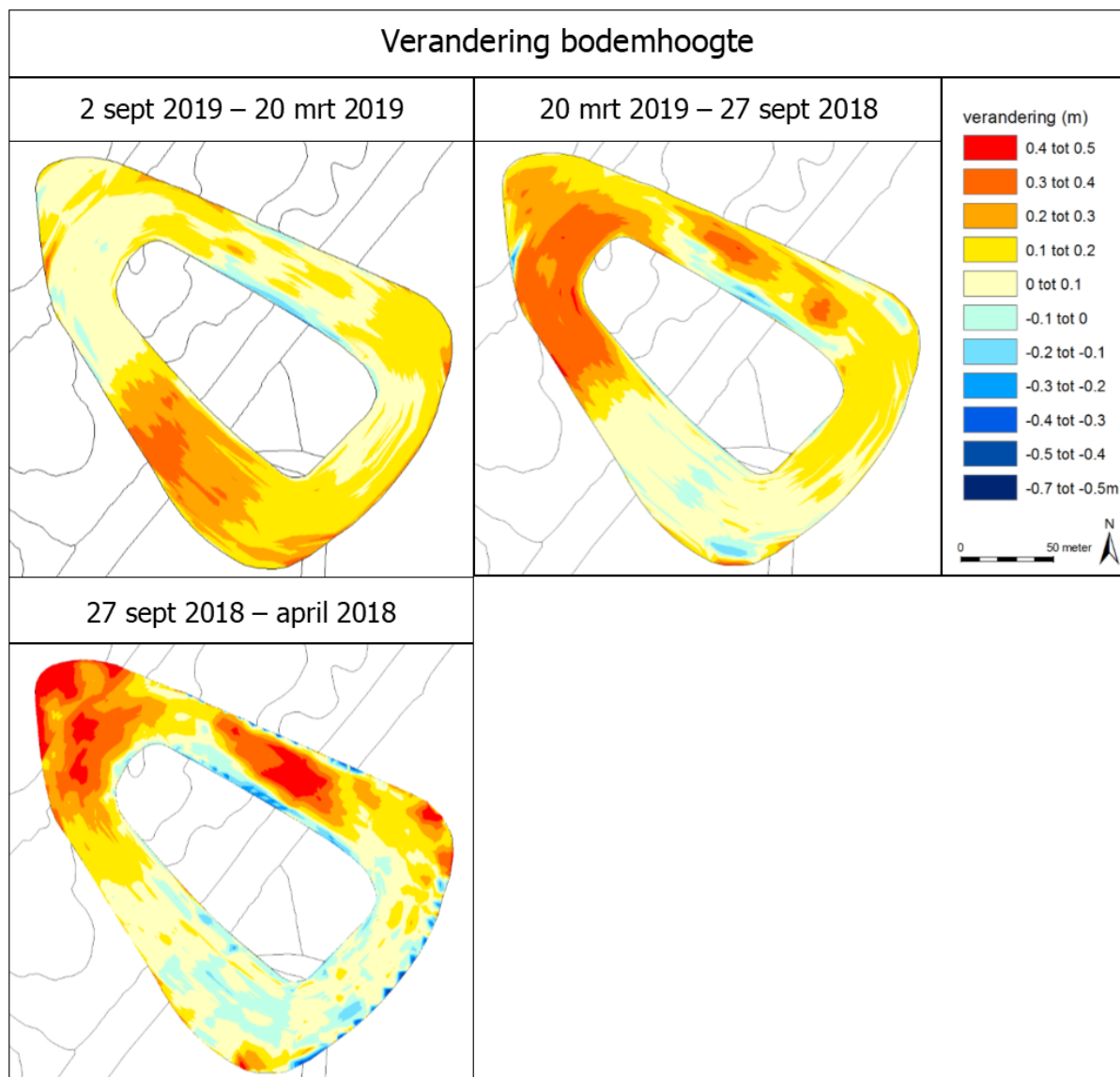
In ruwweg de eerste 16 maanden dat het getij toegang had tot de Klutenplas is de bodemhoogte van de plas als gevolg van de afzetting van slib toegenomen met gemiddeld 0.40 meter (Fig. 4.13 – 4.16). In figuren 4.13 en 4.14 kan deze ontwikkeling via hoogte- en verschilkaarten in stappen van ongeveer 6 maanden worden gevolgd. In de eerste periode waren twee plekken aan te wijzen waar de bodemhoogte het sterkst was gestegen, namelijk: *i*) een diep uitgegraven plek (tot NAP -0.13 m) gelegen half voor de in- en uitstroomopening en *ii*) de westpunt van de plas (Esselink *et al.* 2019). Behalve dat de laatstgenoemde plek wat dieper was uitgegraven dan gemiddeld, vormt deze punt waarschijnlijk ook de meest luwe hoek van de plas, waardoor de omstandigheden voor bezinking van slibdeeltjes hier het gunstigste zullen zijn geweest. In de tweede periode leek de plek met de hoogste opslibbing zich vanuit de westpunt naar het zuiden uit te breiden. De hoogtekaart van 20 maart 2019 toont vlak ten westen van het eiland een plek met een hoogte van NAP $+0.9 - 1.0 \text{ m}$. Dit was de eerste

plek waar de bodem bij laagwater droogviel (waarneming op 23 febr 2019). Op plekken waar in voorgaande periodes sprake was van een sterke toename in bodemhoogte, was in de derde periode (20 mrt 2019 – 2 sept 2019) nog maar sprake van een relatieve geringe toename en was het gebied met de hoogste opslibbing verder opgeschoven naar het zuiden.

Op één locatie was in alle drie periodes sprake van erosie, namelijk langs de noordrand van het eiland tegenover de in- en uitstroomopening (Fig. 4.14). De instromende vloed werd hier door het eiland gekeerd en in noordwestelijke richting afgebogen. Op 2 september 2019 had deze locatie zich tot diepste plek van de plas ontwikkeld (Fig. 4.13).

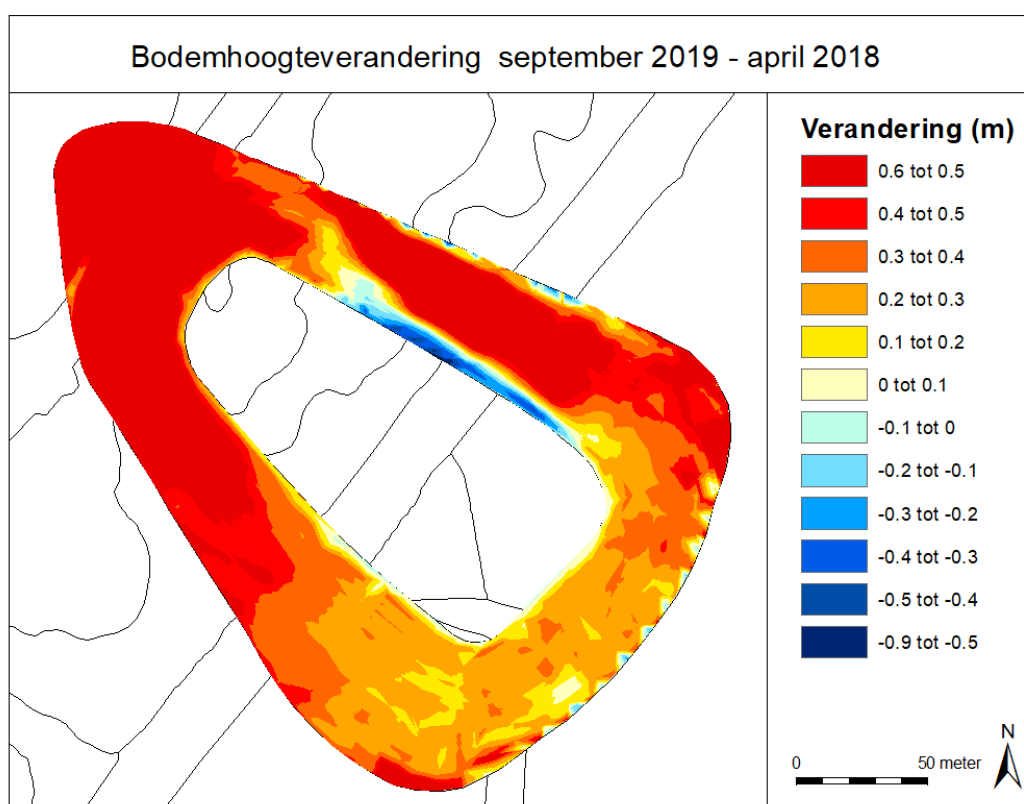


Figuur 4.13 Ontwikkeling van de bodemhoogte in de Klutenplas van oplevering in april 2018 (rechtsonder) tot begin september 2019. De buitengrens van de hoogtekaartjes wordt gevormd door de onderinsteek van de buitenoever bij aanleg; de binnengrens door het vossenraster van het broedeiland (§ 3.3.2). Als achtergrond is de vegetatiekaart van 2017 gebruikt. Ter vergelijking: de hoogte van de omliggende kwelder is ongeveer NAP + 1.9 m (Esselink *et al.* 2018).



Figuur 4.14 Verandering van de bodemhoogte in de Klutenplas op basis van verschilkaarten in stappen van ruwweg een half jaar met links de zomerhalfjaren van 2018 en 2019 en rechts het winterhalfjaar van 2018/2019.

Na 16 maanden was in een groot deel van de plas een sliblaag van 0.5 – 0.6 meter afgezet (Fig. 4.15). Alleen in de zuidoostelijke hoek was tot september 2019 een dunnere laag afgezet. Ondanks deze ruimtelijke variatie, liet de gemiddelde bodemhoogte een verrassende constante toename zien (Fig. 4.16). Hierbij was geen verschil te detecteren tussen de twee zomerse periodes van 2018 en 2019 aan de ene kant en het winterhalfjaar van 2018/2019 aan de andere kant (Fig. 4.16). Ook de verlaging van de drempel in november 2018 heeft niet geleid tot een versnelling van de hoogteontwikkeling. Door de aanwezigheid van de drempel is tot september 2019 vrijwel alle slib in een sublitorale omgeving afgezet. Door het verval van de drempel en de lagere laagwaterstanden plus de toename in bodemhoogte valt de plas sinds eind 2019 elke laagwaterperiode droog. Hierdoor kunnen alleen nog bij overstromingen tijdens hoogwater slibdeeltjes bezinken. Daarmee wordt de opslibbing meer afhankelijk van de getijdendynamiek en zal naar verwachting ook de invloed van het seizoen op de opslibbing toenemen.



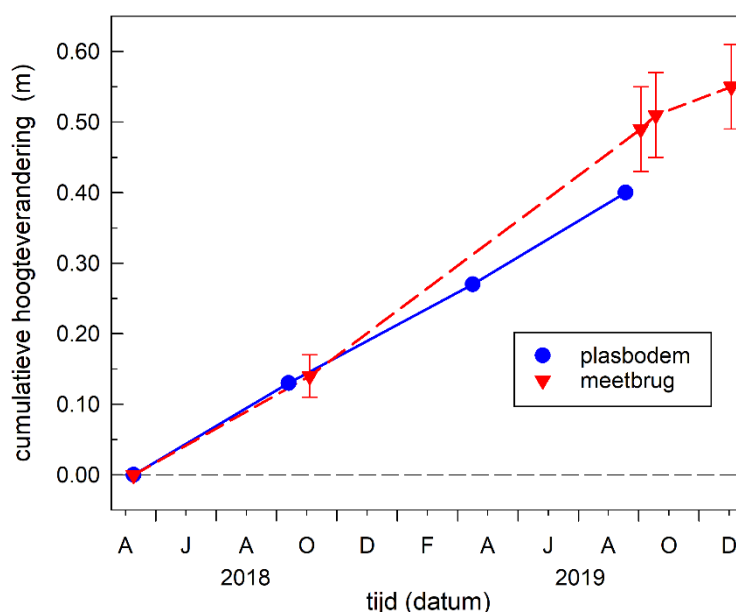
Figuur 4.15 Verschilkaart van de bodemhoogte in de Klutenplas over ruwweg de eerste 16 maanden na blootstelling van de plas aan het getij (periode 23 apr 2018 – 2 sept 2019).

Opslibbing meetbrug

De opslibbing boven de sedimentatieplaten bij de meetbrug verliep iets sneller dan de gemiddelde opslibbing in de hele plas (Fig. 4.16). Omdat bij de openstelling van de Klutenplas voor het getij de gemiddelde hoogte van de plasbodem en platen niet hetzelfde waren is in figuur 4.16 voor beide meetseries de uitgangshoogte op nul gezet, waardoor de twee meetseries direct vergelijkbaar zijn. De gemiddelde uitgangshoogte van de plasbodem was NAP + 0.27 m; van de sedimentatieplaten NAP + 0.23 m. De metingen in de plas en bij de meetbrug konden niet op hetzelfde moment worden uitgevoerd. Omgerekend per tijdseenheid bedroeg de opslibbing over de periode april 2018 –

september 2019 boven de sedimentatieplaten 9.5 cm/100 dagen tegenover een gemiddelde over de hele plas van 8.0 cm/100 dagen, of resp. 35 en 29 cm/jaar.

In het voorjaar van 2019 is het niet gelukt de slibdikte boven de platen te meten (§ 3.3.2). In het najaar was bij laagwater de waterdiepte zover afgenomen dat het slechte doorzicht van het water geen belemmering meer vormde om metingen op zicht uit te kunnen voeren. Dit gaf ook de mogelijkheid om vaker een meting uit te voeren. Tijdens de metingen van september en oktober 2019 was het slib beide malen nog met water bedekt. Door de daling van de laagwaterstanden in de plas als gevolg van het verval van de drempel, kon de laatste meting worden uitgevoerd in het droogvallende slik. Toen was de hoogte van de sliblaag boven de platen opgelopen tot 55 centimeter (Fig. 4.16). Ervan uitgaande dat de platen hun uitgangspositie hebben behouden is dit omgerekend gelijk aan een niveau van NAP + 0.78 m.



Figuur 4.16 De cumulatieve hoogteverandering in de Klutenplas van april 2018 tot eind 2019. De blauwe lijn geeft op basis van de echolodingen het gemiddelde over de hele plas; de rode lijn geeft de dikte van de sliblaag boven de sedimentatieplaten langs de meetbrug (gem. $\pm$ standaarddeviatie).

Sedimentatie en slibvangst

De afgezette sliblaag had in het najaar van 2019 een natte bulkdichtheid van gemiddeld 1229 kg/m^3 en een droge bulkdichtheid (DBD) van 442 kg/m^3 (Tabel 4.5). Wanneer wordt aangenomen dat kan worden gecorrigeerd voor een mogelijk booreffect door middel van een vergelijking van de hoogte van het slibmonster boven de kaolienhorizont in de monsterbuis met de hoogte van de sliblaag boven de sedimentatieplaten vallen beide dichtheden 5% lager uit. De bulkdichtheden lagen op een iets hoger niveau in vergelijking met de resultaten van de eerste bemonstering in 2018 toen een DBD werd gemeten van 372 kg/m^3 (Esselink *et al.* 2019). In 2019 is gewerkt volgens een gewijzigde en verbeterde bemonsteringsprocedure waardoor de waarden uit beide jaren niet goed vergelijkbaar zijn.

Tabel 4.5 Samenvatting van de bemonstering van de afgezette sliblaag bij de meetbrug op 2 oktober 2019. Onder de slibhoogte wordt de hoogte van de sliblaag boven de kaolienhorizont in de monsterbuis vergeleken met de gemeten sliblaag boven de sedimentatieplaat naast het bemonsterde kaolienveldje. Het booreffect is de mate waarin het monster tijdens de bemonstering mogelijk ineengedrukt is (§ 3.3.2). De bulkdichtheid geeft de voor het booreffect gecorrigeerde – en niet gecorrigeerde waarden. De meting van de sliblaag plaatnummer 3 werd niet vertrouwd. De gecorrigeerde bulkdichtheden voor dit monster zijn berekend op basis van het gemiddelde booreffect in de andere twee monsters. De laatste kolom geeft het watergehalte van het slib (gewichtsperscentage).

Monster (plaatnr.)	Slibhoogte		Booreffect (%)	Bulkdichtheid (kg/m³)				Vocht (%)
	(cm)			niet gecorrigeerd		gecorrigeerd		
	monster	plaat		nat	droog	nat	droog	
1	42.5	46	7.6	1190	434	1099	401	63.5
3	40.5	-		1258	460	1196	438	63.4
5	43.0	44	2.3	1238	431	1210	422	65.2
Gemiddeld	42.0	45	4.9	1229	442	1169	420	64.0
SD	1.3	1.4	3.8	35	16	61	18	1.0

In het kader van de voorbereiding van de kleiwinning uit de Klutenplas is een waterbodemonderzoek op de kwelder verricht (Wiertsema & Partners 2016; van Zoest & de Vries 2018). Op basis van de onderzochte monsters uit dit onderzoek is door Richard Marijnissen een schatting gemaakt van de DBD (Marijnissen *et al.* 2020). Bij de onderzochte monsters zaten ook enkele monsters die afkomstig waren uit de zwet en de dijksloot. De DBD van de monsters uit de Klutenplas was van vergelijkbare orde van grootte als de laagste waarden uit de laatstgenoemde groep monsters.

In kweldebodems neemt de DBD in het algemeen toe met diepte (Bartholdy *et al.* 2010). Dit komt door de druk van de bovenliggende lagen. De DBD in de Klutenplas lag in 2019 ongeveer 50% onder de door Marijnissen *et al.* (2020) berekende uitgangswaarde van de kwelder. Onderzoek in kleiwinputten in de kwelder van de Jadebusen (Duitsland) laat zien dat de DBD van het sediment in deze putten zich niet of maar zeer langzaam herstelt naar de waarde van de omliggende kwelder (Karle & Bartholomä 2008). Zo lag bijvoorbeeld de DBD van het sediment in een 40-jaar oude kleiwinput in de Jadebusen nog steeds onder de waarde van de omliggende kwelder. Omdat daarmee ook een herstel van de sedimentdichtheid in de Klutenplas naar de uitgangssituatie niet vanzelfsprekend is, zal in het vervolg van het monitoringsonderzoek meer aandacht aan het proces van autocompactie worden besteed. Dit gebeurt langs twee verschillende elkaar aanvullende wegen, namelijk via beschrijvend monitoringsonderzoek en een meer experimentele benadering. In het beschrijvende deel zal de DBD langs het diepteprofiel worden bemonsterd en gemonitord. In de meer experimentele benadering zal in 2020 een tweede kaolienhorizont bovenop de bestaande meetveldjes worden aangebracht. Door het monitoren van de afstand tussen de twee markeerhorizonten kan de mate waarin autocompactie optreedt de komende jaren worden gemonitord.

Uit de gecombineerde resultaten van de hoogteontwikkeling van de Klutenplas en de sedimentbemonstering kan een schatting worden gemaakt van de hoeveelheid slib die tussen april 2018 en september 2019 in de Klutenplas is afgezet (Fig. 4.14 – 4.16; Tabel 4.5). In deze periode is in totaal 11 420 kubieke meter slib afgezet. Met een gemiddelde DBD van 420 kg/m³ zou dit neerkomen op 4 800 ton slib (op droge stof basis). Omgerekend naar jaarbasis bedragen deze getallen respectievelijk 8390 kubieke meter slib en 3520 ton slib.

Het is nog te vroeg om stil te staan bij de vraag wat deze slibinvang in de Klutenplas eventueel bijdraagt aan het verlichten van de slibproblematiek in het estuarium. Voor beantwoording van deze

vraag zou namelijk ook rekening moeten worden gehouden met mobilisatie van sediment als gevolg van door de aanleg van de Klutenplas veroorzaakte erosie. Het dwarsprofiel van de verbindingszwet tussen de Klutenplas en de Dollard is als gevolg van de erosie met meer dan 6 m² toegenomen (Fig. 4.2B). Hierdoor is 1800 kubieke meter sediment uit de kwelder verdwenen. Buiten de kwelder heeft de in het verlengde van de zwet liggende kreek heeft zich eveneens verdiept en verbreed, maar hier zijn geen cijfers van beschikbaar. In het geval hier dezelfde mate van erosie heeft plaatsgevonden dan zou er ruwweg 10 000 kubieke meter sediment zijn gemobiliseerd. Aangenomen mag worden dat zowel de zwet als de kreek in een dynamisch evenwicht zijn met de hoeveelheid water die wordt afgevoerd. Pas als de Klutenplas verder is opgevuld en de kreek en de zwet weer min of meer hun oorspronkelijke dimensies hebben, kan de balans worden opgemaakt van de mate waarmee door middel van de aanleg van klutenplassen of soortgelijke projecten, een verhoogde slibvang in de kwelder kan bijdragen aan de vermindering van de troebelheid in het estuarium.

4.4.2 Kwelder

Op basis van de toegenomen diepte van de sedimentatieplaten bedroeg de opslibbing op de kwelder rond de Klutenplas tussen oktober 2018 en september 2019 gemiddeld 3.0 mm (Tabel 4.6). Dit is een relatief lage waarde. Het betreft echter de eerste meting van de vervolgmonitoring en de verwachting is dat voortzetting van de meetreeks een hogere gemiddelde waarde zal opleveren. Ook zijn de verschillen tussen de verschillende delen van de kwelder nu nog te gering om veel betekenis aan te hechten of verder uit te werken.

Tabel 4.6 De opslibbing op de kwelder rond de Klutenplas tussen oktober 2018 en september 2019 op basis van de toegenomen diepte van de aangebrachte sedimentatieplaten (Esselink *et al.* 2019). *SD* = standaarddeviatie, *N* = aantal platen.

Kwelderdeel	Verandering plaatdiepte (mm)		<i>N</i>
	Gemiddelde	<i>SD</i>	
Vlak, laag	2.4	3.3	6
Oeverwal	3.9	8.2	4
Totaal	3.0	5.4	10

4.5 Vegetatie

4.5.1 Vegetatieontwikkeling broedeiland

Door de ophoging van het broedeiland in het voorjaar van 2018 met naar schatting 0.4–0.5 m klei, is de oorspronkelijke grazige vegetatie er vervangen door een pionierbegroeiing gedomineerd door Klein schorrenkruid en Spiesmelde (beide eenjarig) aangevuld met Zulte (Tabel 4.7, 4.8; Esselink *et al.* 2019). Hierbij kan worden opgemerkt dat Zulte bekend staat als tweejarig, maar afhankelijk van de omstandigheden ook als eenjarige kan optreden. In 2018 was dit laatste ook het geval op het broedeiland (Esselink *et al.* 2019). In 2019 hebben Klein schorrenkruid, Spiesmelde en Zulte hun dominantie weten te behouden. Dit komt overeen met het beoogde effect van de uitgevoerde groundbewerking in het voorjaar, namelijk de instandhouding van de pioniersituatie op het eiland als broedgelegenheid voor de Kluut. Op broedeilanden voor kustbroedvogels waar geen beheer wordt gevoerd, vormt vegetatiesuccessie vaak een knelpunt en is dan vaak de oorzaak waarom deze eilanden

Tabel 4.7 De vegetatiesamenstelling in een deel van de PQ's op het broedeiland in de eerste twee jaar na aanleg van het eiland in vergelijking met de vegetatiesamenstelling van dezelfde PQ's in de uitgangssituatie. De tabel geeft de PQ's die voor de aanleg van het eiland in het vlakke (lagere) deel van de kwelder lagen ($N=6$). De presentie geeft het percentage van de PQ's waarin een soort is aangetroffen; de volgende twee kolommen geven per soort de gemiddelde bedekking (gem.) met standaarddeviatie (SD). De onderste regel geeft de gemiddelde soortenrijkdom per PQ. Vetgedrukt zijn de soorten die in alle PQ's aanwezig waren en een relatief hoog aandeel in de vegetatie hadden (*i.e.* > 10% bedekking).

Soort	Uitgangssituatie (2017)			2018			2019		
	Presentie	Bedekking (%)		Presentie	Bedekking (%)		Presentie	Bedekking (%)	
	(%)	gem.	SD	(%)	gem.	SD	(%)	gem.	SD
Gewoon kweldergras	100	77	12	100	1.0	0.0	100	5	3
Schorrenzoutgras	100	21	13	17	0.2	0.4	-	-	-
Fioringras	100	18	21	17	0.2	0.4	50	0.5	0.5
Zeeweegebree	100	10	6	100	1.0	0.0	100	1.0	-
Zulte	100	7	4	100	13	15	100	16	9
Kortarige zeekraal	100	2.7	2.4	100	10	3	67	0.7	0.5
Klein schorrenkruid	100	1.7	0.5	100	55	18	100	72	10
Gerande schijnspurrie	100	1.2	0.4	83	2.0	2.5	100	2.5	2.3
Melkkruid	17	0.5	0.5	33	0.3	0.5	83	0.8	0.4
Rood zwenkgras <i>s.l.</i>	50	5	12	-	-	-	-	-	-
Engels slijkgras	33	0.3	0.5	33	0.3	0.5	33	0.3	0.5
Zilte schijnspurrie	33	0.3	0.5	100	2.3	1.4	33	1.0	1.7
Spiesmelde <i>s.l.</i>	33	0.2	0.4	100	6	12	100	11	5
Akkermelkdistel <i>s.l.</i>	17	0.2	0.4	-	-	-	-	-	-
Langarige zeekraal	-	-	-	33	0.3	0.5	-	-	-
Reukloze kamille	-	-	-	-	-	-	33	0.3	0.5
Aantal soorten / PQ		9.8	1.0		9.2	0.8		9.0	1.3

Tabel 4.8 De vegetatiesamenstelling in een deel van de PQ's op het broedeiland in de eerste twee jaar na ophoging van het eiland in vergelijking met de vegetatiesamenstelling van dezelfde PQ's in de uitgangssituatie. De tabel geeft de PQ's die voor de ophoging van het eiland op de hogergelegen ruggen (oeverwallen) langs de zwet lagen ($N=4$). Zie Tabel 4.7 voor verdere toelichting.

Soort	Uitgangssituatie (2017)			2018			2019		
	Presentie	Bedekking (%)		Presentie	Bedekking (%)		Presentie	Bedekking (%)	
	(%)	gem.	SD	(%)	gem.	SD	(%)	gem.	SD
Fioringras	100	63	26	75	0.8	0.5	100	1.0	0.0
Rood zwenkgras <i>s.l.</i>	100	14	14	25	0.3	0.5	25	0.3	0.5
Akkerdistel	100	6	10	-	-	-	-	-	-
Akkermelkdistel <i>s.l.</i>	75	1.0	0.8	25	0.3	0.5	50	2.0	3.4
Gerande schijnspurrie	75	0.8	0.5	100	1.3	0.5	100	1.3	0.5
Gewoon kweldergras	50	2.8	3.4	100	1.5	0.6	75	1.0	0.8
Zeeweegebree	50	1.3	1.9	100	1.3	0.5	100	1.0	0.0
Zilte schijnspurrie	50	0.8	1.0	100	1.8	0.5	25	0.3	0.5
Zulte	50	0.5	0.6	100	13	5	100	25	6
Engels raai gras	50	0.5	0.6	-	-	-	-	-	-
Stomp kweldergras	50	0.5	0.6	-	-	-	-	-	-
Spiesmelde <i>s.l.</i>	25	0.3	0.5	100	68	22	100	73	29
Melkkruid	25	0.3	0.5	75	1.0	0.8	25	0.3	0.5
Grote weegbree <i>s.l.</i>	25	0.3	0.5	-	-	-	-	-	-
Klein schorrenkruid	-	-	-	100	20	15	100	22	27
Kortarige zeekraal	-	-	-	100	1.5	0.6	-	-	-
Schorrenzoutgras	-	-	-	75	0.8	0.5	-	-	-
Kweek	-	-	-	-	-	-	50	0.5	0.6
Aantal soorten / PQ		8.3	4.3		10.8	1.0		8.5	1.7

door de Kluut of andere grondbroedende kolonievogels worden verlaten (Arts *et al.* 2000; Meininger & Graveland 2002). Aangenomen mag worden dat zonder grondbewerking meerjarige soorten in 2019 een belangrijke toename zouden hebben laten zien. Nu was dit bij geen van de meerjarige soorten het geval.

Opvallend is het verschil in voorkomen van Klein Schorrenkruid en Spiesmelde tussen de twee onderscheiden PQ-groepen. In de PQ's die voor de ophoging van het eiland in het vlakke lagere deel van de kwelder lagen was Klein schorrenkruid, zowel in 2018 als in 2019, verreweg de meest dominante soort (Tabel 4.7); in de PQ's die voor de ophoging op de oeverwallen naast de zwet lagen was Spiesmelde in beide jaren de dominante soort (Tabel 4.8).

Door de opslibbing van de Klutenplas zal hier mogelijk binnen één of twee jaar de vegetatieontwikkeling op gang komen. Hierdoor zal de geïsoleerde ligging van het eiland geleidelijk verloren gaan. Voor zolang men de functie van broedeiland voor de Kluut wil behouden, wordt geadviseerd het in 2019 toegepaste beheer voort te zetten: in het voorjaar de nog aanwezige vegetatie verwijderen en de bodem om te werken door te ploegen of te frezen.

4.5.2 Vegetatieontwikkeling in de controle PQ's

In verband met de aanwezigheid van de kleirijperij bleef de kwelder rond de Klutenplas in 2019 voor het tweede achtereenvolgende jaar onbeweid. Om het ontbreken van de beweiding te compenseren is het gebied direct ten westen van de Klutenplas in juli 2019 gemaaid, maar werd het gebied oostelijk van de plas ongemoeid gelaten (§ 2.1). De vegetatieopnamen van vijf van de tien controle PQ's zijn in 2019 beïnvloed door het maaien. Het maaien zal vooral effect hebben gehad op de abundantie van soorten, maar minder op de aanwezigheid (presentie) van soorten. De invloed van het beheer op de soortensamenstelling van kweldervegetatie of een PQ komt vaak pas in de loop van meerdere jaren tot expressie (Bakker 2014). In afwachting van hoe de twee kwelderdelen komende jaren beheerd gaan worden, geven tabellen 4.9 en 4.10 de gemiddelde vegetatiesamenstelling voor resp. de controle PQ's in het vlakke lage deel van de kwelder en de controle PQ's op de oeverwallen langs de zwet tijdens de nulmeting van 2017 toen de kwelder nog werd beweide en de twee jaar erna.

Het aantal soorten op het lage deel van de kwelder was in alle drie de jaren lager dan op de oeverwallen. Dit komt overeen met het algemene patroon dat (beweide) hoge kwelders soortenrijker zijn dan lage kwelders (o.a. Bakker 2014; Lagendijk *et al.* 2017). In de laaggelegen PQ's is het aantal soorten per PQ in de drie jaar vrijwel constant gebleven. Wel hebben zich enkele opvallende verschuivingen in abundantie voorgedaan. Zo is de bedekking van Gewoon kweldergras ongeveer gehalveerd, terwijl Schorrenzoutgras, Zulte, Klein Schorrenkruid en Fioringras een forse toename in bedekking lieten zien.

Op de oeverwallen lijkt na wegvallen van de beweiding het aantal soorten per PQ licht te zijn toegenomen (Tabel 4.10). Dit zal slechts een tijdelijk effect zijn. Onderzoek op andere kwelders heeft laten zien dat op de iets langere termijn de soortenrijkdom per PQ zowel bij maaien als bij "niets doen" lager uitvalt dan bij beweiding. Ook in de PQ's op de oeverwallen liet de meest dominante soort van de uitgangssituatie, in dit geval Fioringras, in de twee jaren erna een opvallende afname zien. Tegelijkertijd namen Rood zwenkgras, Zulte, Spiesmelde en Kweek belangrijk toe in bedekking.

Tabel 4.9 De vegetatiesamenstelling in de controle PQ's in het vlakke (laaggelegen) deel van de kwelder rond de Klutenplas ($N=6$) tijdens de nulmeting in 2017 en de eerste jaar twee jaar na aanleg van de plas ($N=6$). Zie Tabel 4.7 voor verdere toelichting.

Soort	Uitgangssituatie (2017)			2018			2019		
	Presentie	Bedekking (%)		Presentie	Bedekking (%)		Presentie	Bedekking (%)	
	(%)	gem.	SD	(%)	gem.	SD	(%)	gem.	SD
Gewoon kweldergras	100	82	20	100	78	8	100	44	26
Schorrenzoutgras	100	14	7	100	27	15	100	32	21
Zulte	100	11	5	100	19	7	100	35	15
Zeewegbree	100	8	6	100	19	13	100	3.2	1.3
Kortarige zeekraal	100	5	2	100	7	5	67	1.7	2.7
Klein schorrenkruid	100	2.3	2.3	100	4	2	83	12	14
Gerande schijnspurrie	100	1.2	0.4	100	1.5	0.5	100	2.8	2.0
Fioringras	67	11	20	83	4	5	83	22	30
Melkkruid	67	0.8	0.8	67	9	12	83	1.3	1.4
Engels slijkgras	50	0.8	1.0	50	0.5	0.5	33	0.3	0.5
Rood zwenkgras s./.	33	0.8	1.6	17	0.2	0.4	17	0.3	0.8
Spiesmelde s./.	17	0.2	0.4	67	6	12	100	1.0	0.0
Zilte schijnspurrie	17	0.2	0.4	50	0.5	0.5	-	-	-
Langarige zeekraal	-	-	-	-	-	-	17	0.2	0.4
Aantal soorten / PQ		9.5	1.8		10.3	0.8		9.8	1.0

Tabel 4.10 De vegetatiesamenstelling in de hogergelegen controle PQ's op de oeverwallen van de zwet die door de Klutenplas loopt, in het jaar voor de aanleg van de plas (2017) en de eerste twee jaar na aanleg van de plas ($N=4$). Zie Tabel 4.7 voor verdere toelichting.

Soort	Uitgangssituatie (2017)			2018			2019		
	Presentie	Bedekking (%)		Presentie	Bedekking (%)		Presentie	Bedekking (%)	
	(%)	gem.	SD	(%)	gem.	(%)	(%)	gem.	SD
Fioringras	100	86	18	100	70	22	100	48	33
Rood zwenkgras s./.	100	8	3	100	16	5	100	31	28
Gewoon kweldergras	100	6	2	100	15	6	100	7	5
Akkerdistel	100	4.3	5.2	100	6	2	100	5	5
Zeewegbree	75	1.0	0.8	75	1.3	1.0	75	2.3	3.2
Gerande schijnspurrie	75	0.8	0.5	100	1.0	0.0	100	1.3	0.5
Zulte	75	0.8	0.5	75	0.8	0.5	100	12	7
Kweek	50	1.3	1.9	25	3.0	6.0	50	15	30
Zilte schijnspurrie	50	0.5	0.6	100	1.8	1.5	-	-	-
Spiesmelde s./.	50	0.5	0.6	100	1.3	0.5	100	14	24
Melkkruid	50	0.5	0.6	75	1.5	1.7	25	0.5	1.0
Gekroesde melkdistel	50	0.5	0.6	50	0.5	0.6	-	-	-
Gewoon varkensgras	50	0.5	0.6	25	0.5	1.0	25	3.0	6.0
Aktermelkdistel s./.	25	0.3	0.5	100	1.0	0.0	100	1.3	0.5
Schorrenzoutgras	25	0.3	0.5	50	0.5	0.6	25	0.3	0.5
Engels raai gras	25	0.3	0.5	25	0.3	0.5	-	-	-
Stomp kweldergras	25	0.3	0.5	25	0.3	0.5	-	-	-
Gewone melkdistel	25	0.3	0.5	-	-	-	25	0.3	0.5
Kortarige zeekraal	-	-	-	50	0.5	0.6	25	0.3	0.5
Klein schorrenkruid	-	-	-	50	0.5	0.6	100	1.3	0.5
Reukloze kamille	-	-	-	25	0.3	0.5	50	0.8	1.0
Aantal soorten / PQ		10.5	3.4		13.5	1.3		12.0	1.2

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Ontwateringsstelsel

- In het tweede jaar na het toelaten van de dagelijkse getijdeninvloed in de Klutenplas is de verbinding tussen de Klutenplas en de Dollard verder uitgesleten. Ten opzichte van de uitgangssituatie is de diepte er gemiddeld met 0.7 m toegenomen, terwijl de breedte van de zwet nog nauwelijks verandering heeft laten zien. Door deze erosie is naar schatting 1800 kubieke meter sediment uit de kwelder verdwenen (Fig. 4.2). De dimensies van de controlezwellen zijn in dezelfde tijd vrijwel onveranderd gebleven.
- Door de aanleg van het droogbed voor de klei uit de Klutenplas en de latere aanleg van de Kleirijperij hebben drie zwetten hun verbinding met de dijksloot verloren. Ten opzichte van de uitgangssituatie heeft dit vlakbij bij de dijk in alle drie zwetten geleid tot een gemiddelde verondieping van 0.07 m. In de monding deed zich geen uniforme ontwikkeling in de drie zwetten voor.

Kwelderafslag

- In het studiegebied neemt de kwelder als gevolg van erosie bijna jaarlijks in omvang af. In de referentieperiode (2009 – 2017) voorafgaande aan de aanleg van de Klutenplas bedroeg de gemiddelde afname 0.14 ha per jaar. Dit ging gepaard met een verplaatsing van de kwelderrand richting dijk met 1.1 m per jaar. Het jaar 2018/2019 was het eerste volledige jaar na de aansluiting van de Klutenplas op de Dollard waarover de afslag is gemeten. Vergeleken met de voorgaande jaren was dit jaar sprake van een veel lagere afslag met een netto afname van de kwelder met minder dan 0.01 ha, terwijl tegelijkertijd de rand van de kwelder met 0.2 m in de richting van de dijk is opgeschoven.
- Over het meetjaar 2018/2019 had de afslag van de kwelderrand rond de monding van de Klutenplas vrijwel dezelfde waarde als in de rest van het studiegebied.

Getijdendynamiek Klutenplas

- Sinds de aansluiting van de Klutenplas op de Dollard is de getijdendynamiek in de plas in de loop van de tijd toegenomen, zowel kunstmatig door een aanpassing van de drempel, als langs een meer natuurlijke weg. Doordat de drempel in de in- en uitstroomopening van de plas hoger was aangelegd dan oorspronkelijk beoogd, is de drempel in november 2018 met 0.1 m verlaagd. Hierdoor werden de laagwaterstanden in de plas met ongeveer dezelfde waarde verlaagd (Fig. 4.9). Als gevolg van natuurlijk verval van de drempel lieten de laagwaterstanden bijna een jaar later, in oktober 2019, een verdere daling zien waarna de laagwaterstanden door het droogvallen van de peilbuis niet meer geregistreerd konden worden.
- Naast de verlaging van de laagwaterstanden is het niveau van de hoogwaters in de Klutenplas geleidelijk iets toegenomen. In de eerste maanden dat er waterstanden werden geregistreerd in de Klutenplas lagen de hoogwaters die boven de drempel uitkwamen gemiddeld 10 cm onder het niveau van de hoogwaters in Nieuwe Statenzijl (Fig. 4.10). Dit verschil is in de loop van de tijd geleidelijk afgenomen; voor modale hoogwaterstanden van 10.7 cm voor de drempelverlaging naar 2.2 cm in het laatste kwartaal van 2019 (Fig. 4.11). Als meest aannemelijke verklaring voor de

toename van de hoogwaterstanden in de Klutenplas wordt genoemd dat zowel door de verruiming van de verbindingszwet tussen Dollard en Klutenplas als de verlaging en het verval van de drempel een vloedgolf makkelijker toegang heeft tot de Klutenplas en daardoor minder vervormt.

Opslibbing Klutenplas

- In de eerste 16 maanden na de blootstelling van de Klutenplas aan de getijdeninvloed is er een laag van 40 centimeter slib in de Klutenplas afgezet. Omgerekend per tijdseenheid bedroeg de opslibbingssnelheid 29 cm/jaar. Opgedeeld in kleinere tijdstappen had de opslibbing in deze periode een opvallend constant verloop zonder een indicatie voor een seizoensvariatie. Tegelijkertijd was er wel sprake van een ruimtelijke variatie, waarbij het gebied met de hoogste opslibbing zich verplaatste en zich op steeds grotere afstand van de in- en uitstroomopening bevond (Fig.4.14).
- Door de aanwezigheid van de drempel werd tot het najaar van 2019 het meeste slib in een onderwatermilieu afgezet. Door de opslibbing én het verval van de drempel valt de Klutenplas sindsdien elke laagwaterperiode droog. Naar verwachting zal de opslibbing hierdoor in zowel ruimte als tijd een ander patroon gaan laten zien.
- De droge bulkdichtheid (DBD) van de afgezette sliblaag bedroeg 420 kg/m^3 na correctie voor een mogelijk booreffect. Voor een onderwaterbodem is dit een normale waarde. Voor een kwelderbodem is dit echter een extreem lage waarde. Op basis van literatuur wordt geconcludeerd dat herstel van de dichtheid via autocompactie naar de uitgangswaarde een langdurig proces kan zijn.
- De 40 cm slib is omgerekend gelijk aan een volume van afgerond 11 400 kubieke meter. Met de hierboven genoemde DBD van 420 kg/m^3 is dit op droge stof basis gelijk aan 4 800 ton slib.

Opslibbing kwelder

- Het eerste meetjaar van referentiemetingen op de kwelder liet een gemiddelde opslibbing van 3 millimeter zien. Dit is een relatief lage waarde. Op basis van een enkel meetjaar kunnen echter nog geen algemene conclusies worden getrokken.

Vegetatie

- Op het broedeiland heeft de eenjarige pionierbegroeiing van Klein schorrenkruid en Spiesmelde aangevuld met Zulte zich in 2019 goed gehandhaafd. Meerjarige soorten lieten geen toename van enige betekenis zien. Dit stabiele beeld wordt toegeschreven aan het gevoerde beheer op het eiland, met name de grondbewerking in het voorjaar.
- Door de tijdelijke verandering in het beheer van de kwelder rond de Klutenplas van beweiding naar maaien of de vegetatie ongemoeid laten, hebben zich enkele verschuivingen voor gedaan in de dominantieverhoudingen tussen soorten. Het aantal plantensoorten per PQ bleef daarbij vooralsnog vrijwel ongewijzigd.

5.2 Aanbevelingen

Met de tot nu toe uitgevoerde monitoring kunnen de vragen uit het monitoringsplan (Tekstkader 1.1) nog niet, of op zijn hoogst pas ten dele worden beantwoord. Voor een goede beantwoording van veel vragen wordt een voorlopige voortzetting van de monitoring als een voorwaarde gezien.

Ontwateringsstelsel

- De ontwikkeling van de zwetten, en daarmee ook van de controlemeetpunten, is waarschijnlijk mede afhankelijk van de onderhoudstoestand van de stuw in de verbinding tussen dijksloot en zwet. In december 2019 is de stuw in de meest westelijke controle zwet (zwet I) vernieuwd. Dergelijk onderhoudsbeheer kan effect hebben op de resultaten van de monitoring. Aanbevolen wordt om dit type onderhoud pas uit te voeren nadat hier melding van is gemaakt in de kwelderadviesgroep van het Demonstratieproject BGD.

Getijdendynamiek Klutenplas

- Bij de berekening van de waterstanden in de Klutenplas is geen rekening gehouden met de invloed van saliniteit en zwevend stofgehalte op de dichtheid van water, waardoor sprake is van een lichte overschatting van deze waterstanden. Aanbevolen wordt een foutenberekening uit te voeren, zodat in de toekomst eventueel alsnog een correctie kan worden uitgevoerd.

Saliniteit Klutenplas

- Er is gemeten met een CTD-diver. Deze diver meet naast het niveau en temperatuur, ook de elektrische geleidbaarheid van water. Op basis van de geleidbaarheid kan de saliniteit worden berekend. Van deze gegevens is geen gebruik gemaakt, omdat positie van de peilbuis aan de meetbrug hiervoor niet geschikt was: de inhoud van de peilbuis werd hier namelijk onvoldoende ververst. In het voorjaar van 2020 is de peilbuis verplaatst naar een plek vlakbij de in- en uitstroomopening. Hier kan de geleidbaarheid wel op een betrouwbare wijze worden gemeten. Aanbevolen wordt om met de metingen de saliniteit in de Klutenplas vast te leggen. De resultaten kunnen worden gebruikt in de hierboven genoemde foutenberekening. Verder is de saliniteit een belangrijke ecologische parameter bij de vestiging en herstel van de vegetatie in de Klutenplas.

Opslibbing

- In het monitoringsplan wordt geen expliciete aandacht besteed aan fysische eigenschappen van het afgezette slib in de Klutenplas, zoals de bulkdichtheid. Wel is er de algemene doelstelling voor de Klutenplas van een herstel naar de uitgangssituatie. Het afgezette slib in de Klutenplas heeft een duidelijk lagere dichtheid dan de uitgangswaarde van de kwelder en dit kan het beoogde herstel in de weg staan. Aanbevolen wordt daarom om de bulkdichtheid te blijven monitoren nu een succesvolle bemonsteringsstrategie voor het slib is gevonden. De dichtheid van het slib in de Klutenplas zou moeten toenemen door het proces van autocompactie. Aanbevolen wordt het proces van autocompactie eveneens te monitoren door het aanbrengen van een tweede markeerhorizont bovenop de bestaande meetveldjes en de dikte van de sliblaag tussen de twee horizonten de komende jaren te volgen.
- Als pluspunt voor een project als de Klutenplas wordt vaak genoemd dat de slibinvang door de kwelder hierdoor wordt vergroot, waardoor een bijdrage wordt geleverd aan het verlichten van de slibproblematiek in het estuarium. Hierbij wordt mogelijk niet voldoende stil gestaan bij het feit dat vergroting van de komberging in de kwelder, buiten de kwelder tot erosie en mobilisatie van

slib kan leiden. Mogelijk kan dit in het geval van de Klutenplas op basis van satellietbeelden of luchtfoto's kwantitatief worden onderzocht aan de hand van veranderingen van de kreekdimensies buiten de monding van de Klutenplas. Dit zou een belangrijke aanvulling kunnen zijn in het eventueel documenteren van de Klutenplas als *case study* en bij een mogelijke opschaling.

Beheer broedeiland

- Teneinde de komende jaren de gunstige omstandigheden op het broedeiland voor de Kluut te behouden, is het advies om er in het voorjaar jaarlijks de resterende vegetatie van het voorgaande seizoen te verwijderen en om meerjarige plantensoorten te onderdrukken, een grondbewerking uit te voeren, bijvoorbeeld met een grondfrees.

6 Literatuur

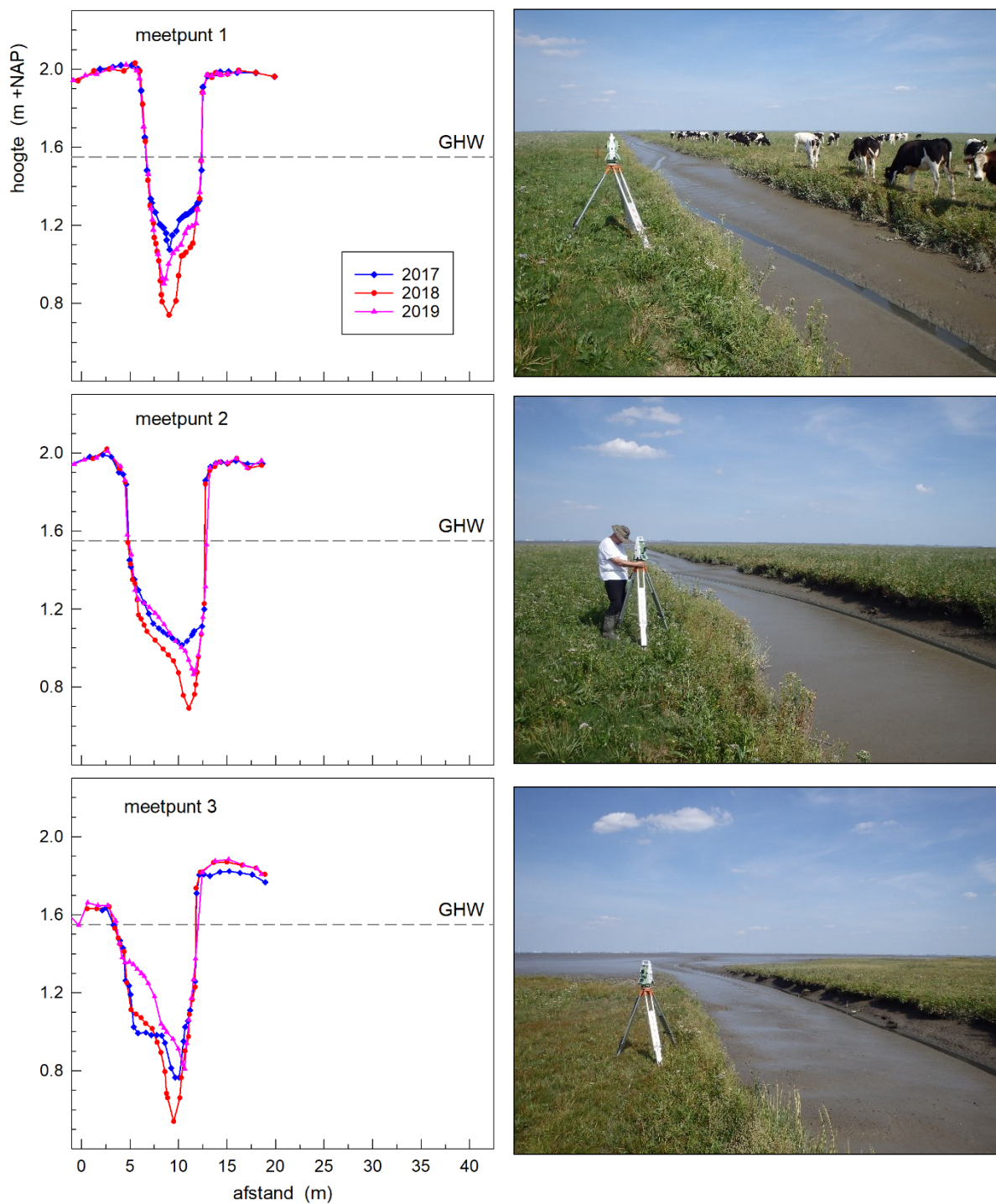
- Anonymus. 2002. Onderwaterbodem onderzoek met de Beekersampler. *Geijkt Nieuws* 9: 2-2. Nieuwsbrief Eijkelkamp Agrisearch Equipment.
- Anonymus. 2016. Werkplan programma 'Vitale kust Eems-Dollard' 2016 – 2017. Eerste fase kustontwikkeling Eems-Dollard. 67 pp.
- Arts, F.A., J. Graveland & P.L. Meininger. 2000. Kustbroedvogels, vegetatiesuccessie en natuurontwikkeling: implicaties voor toekomstig beheer van kustgebieden. *Limosa* 73: 17-28.
- Bakker, J.P. 2014. Ecology of salt marshes. 40 years of research in the Wadden Sea. *Lecture series 5*. Wadden Academie, Leeuwarden. 99 pp.
- Bartholdy, J., J.B.T. Pedersen & A.T. Bartholdy. 2010. Autocompaction of shallow silty salt marsh clay. *Sedimentary Geology* 223: 310–319.
- Bos, D., R. Kleefstra, F. Hoekema & K. Koffijberg. 2018. 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. 2018. 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.
- 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.
- 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.
- Hennekes, S.M. 1995. TURBO(VEG). Programmatuur voor invoer, verwerking en presentatie van vegetatiekundige gegevens. *Gebruikershandleiding*. IBN-DLO/Giesen en Geurts, Wageningen.
- Karle, M. & A. Bartholomä. 2008. Salt marsh sediments as natural resources for dike construction - sediment recycling in clay pits. *Senckenbergiana maritima* 38: 83-92.
- Legendijk, D.D.G., R.A. Howison, P. Esselink, R. Ubels & C. Smit. 2017. Rotation grazing as a conservation management tool: Vegetation changes after six years of application in a salt marsh ecosystem. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 246: 361–366.
- Londo, G. 1976. The decimal scale for releves of permanent quadrats. *Vegetatio* 33: 61–64.
- Marijnissen, R., P. Esselink, M. Kok, C. Kroeze, J. van Loon-Steensma. 2020. How natural processes contribute to flood protection - a sustainable adaptation scheme for a wide green dike. *Science of the Total Environment* (in druk).
- Meininger, P.L. & J. Graveland. 2002. Leidraad ecologische herstelmaatregelen voor kustbroedvogels. Balanceren tussen natuurlijke processen en ingrijpen. *rapport RIKZ 2001-146*, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg. 64 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.
- van der Molen, J. 1997. Tidal distortion and spatial differences in surface flooding characteristics in a salt marsh: implications for sea-level reconstruction. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 45: 221–233.
- 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.
- van Zoest, R. & M. de Vries. 2018. Grondstromenplan demonstratieproject Brede Groene Dijk. Fase 1 en 2. *rapport*. SWECO / Waterschap Hunze en Aa's, Veendam.
- Wiertsema & Partners. 2016. Onderzoek naar de samenstelling van klei te Nieuwe Statenzijl en de mogelijkheden voor de toepassing in een dijk. *rapport*. Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V., Tolbert. 37 pp.

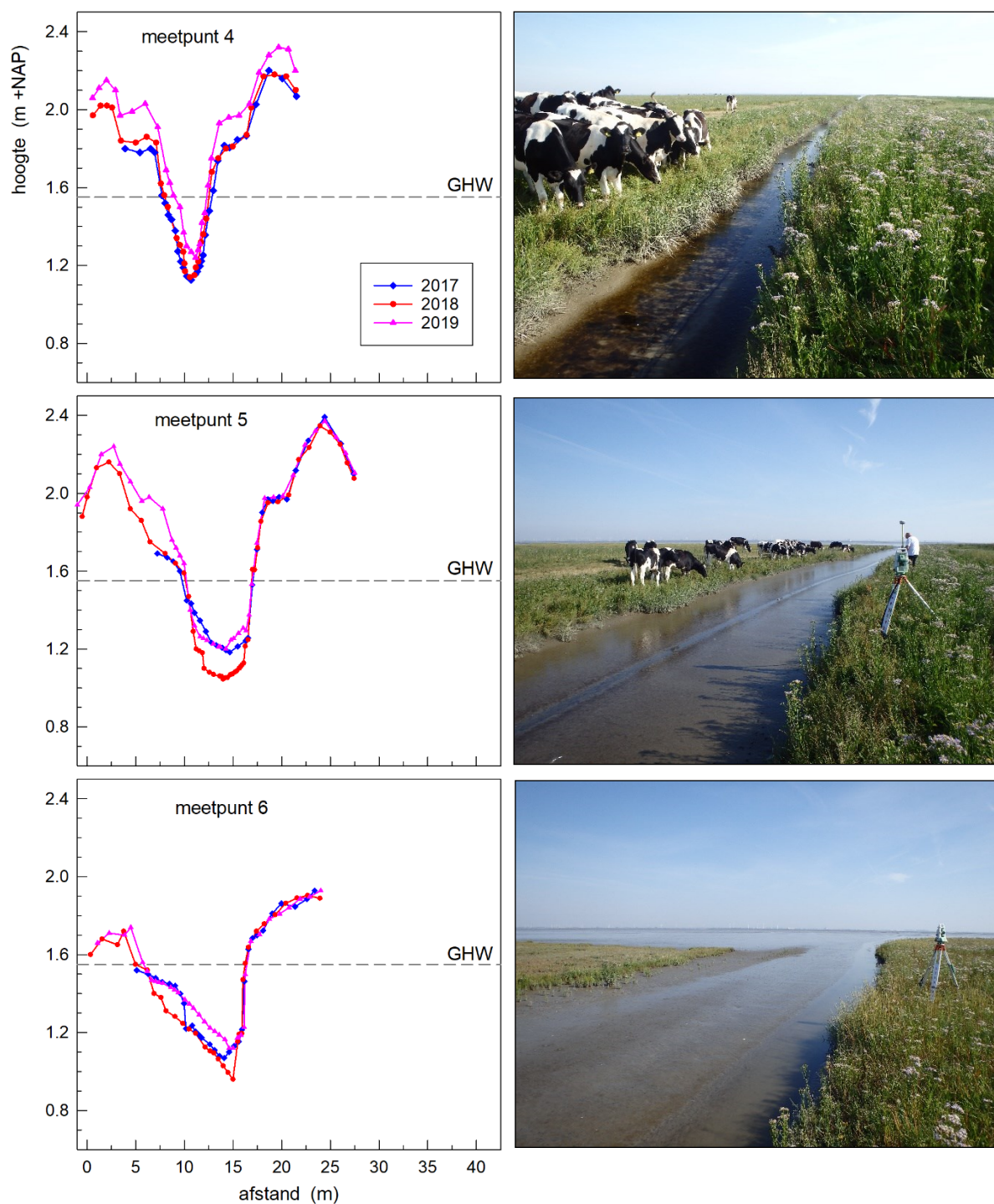
Bijlage I Ontwateringsstelsel: dwarsprofielen zwetten

De ontwikkeling van de dwarsprofielen van de zwet die de verbinding vormt tussen de Klutenplas en de Dollard wordt gepresenteerd in hdst. 4 (§ 4.1.1). De eerste vijf figuren in deze bijlage geven een grafische weergave van de ontwikkeling van de dwarsprofielen langs de vijf controle zwetten (Fig. I.1 – I.5).

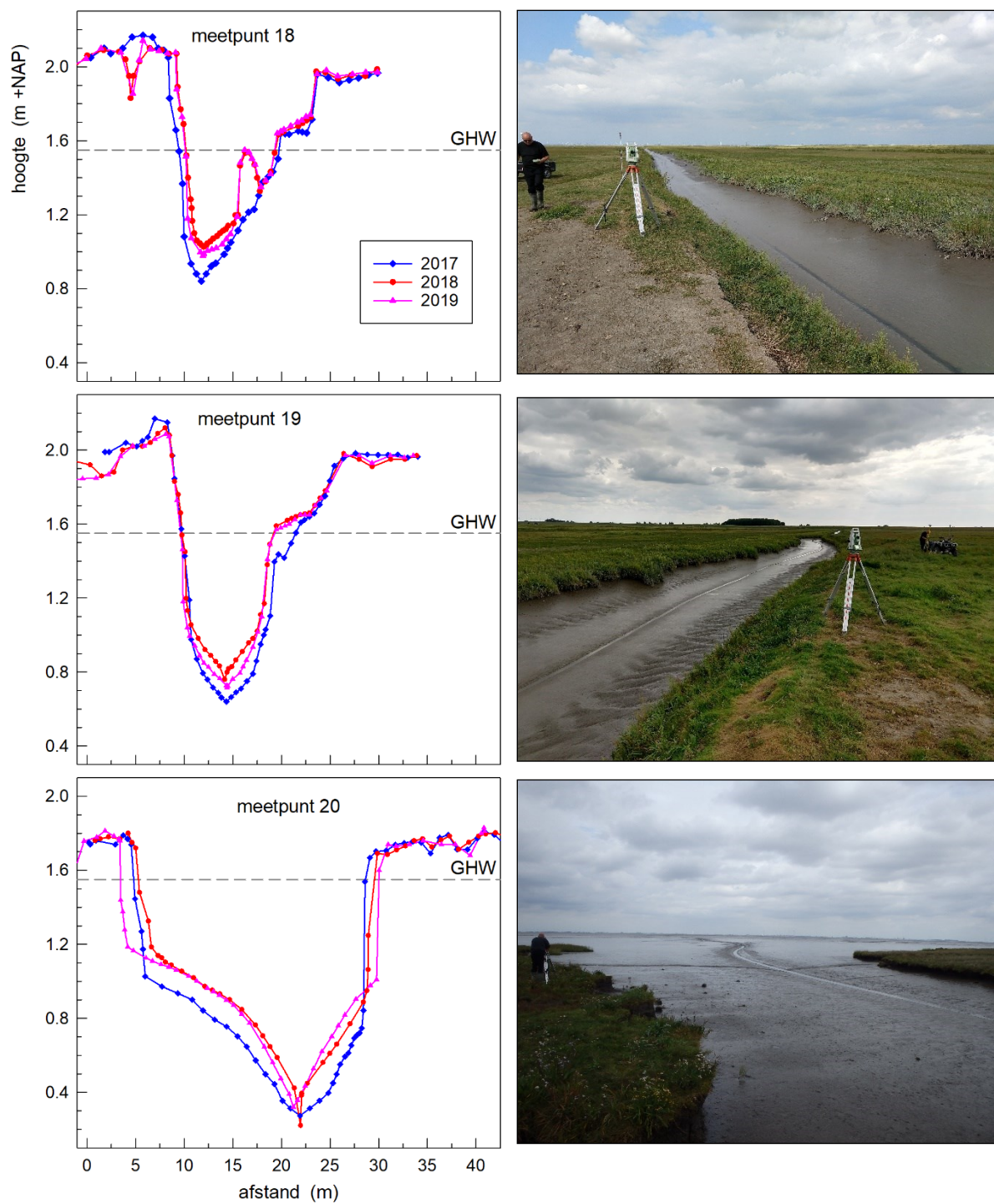
In § 4.1.2 wordt de ontwikkeling gepresenteerd van de dwarsprofielen van de zwet tussen de Kleirijperij en de Klutenplas. Deze zwet heeft door de aanleg van de Kleirijperij de verbinding met de dijksloot verloren. Figuren I.6 en I.7 van deze bijlage geven een grafische weergave van de ontwikkeling van de dwarsprofielen langs de twee overige zwetten die door de aanleg van de Kleirijperij de verbinding met de dijksloot hebben verloren.



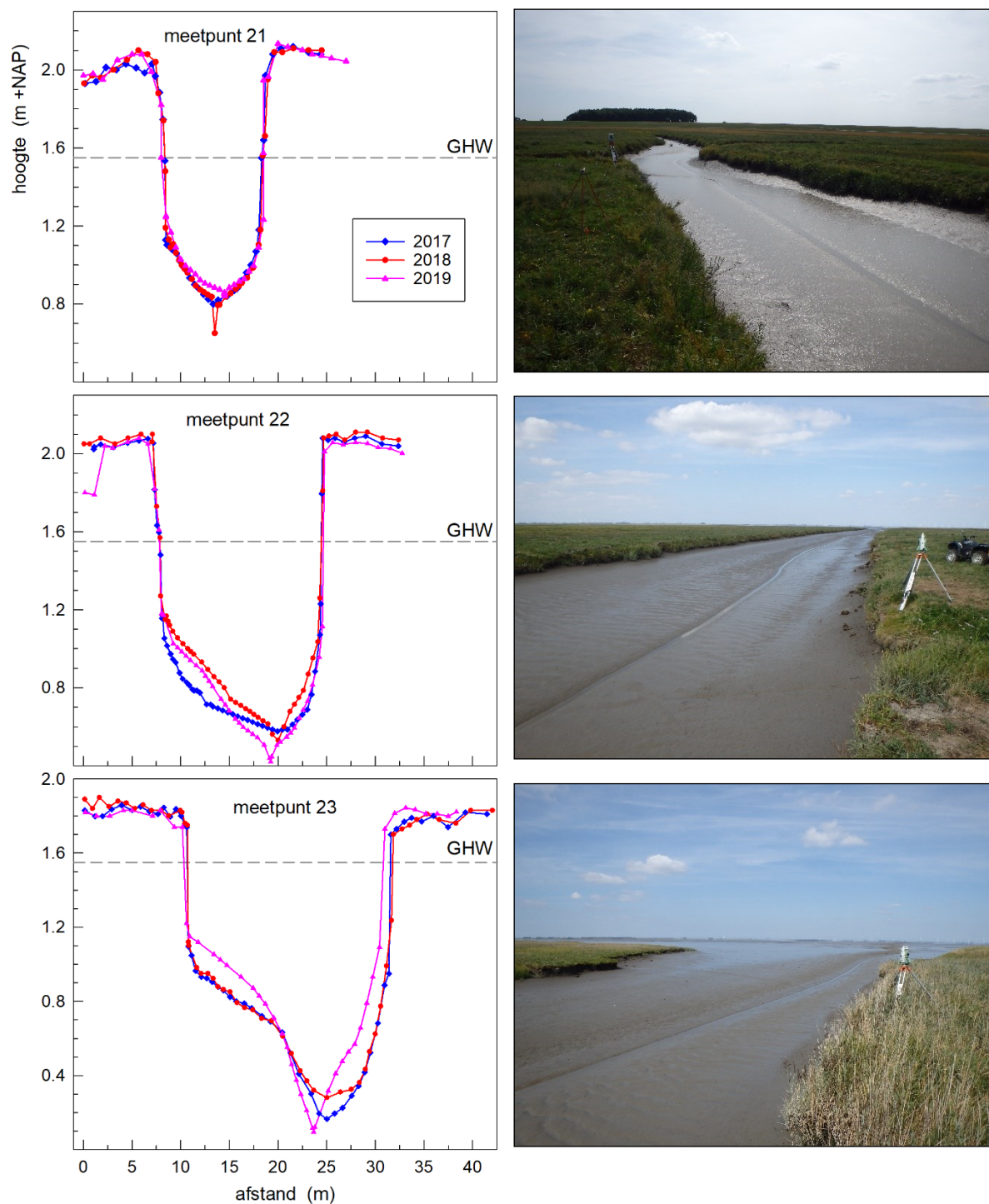
Figuur I.1 De ontwikkeling van de dwarsprofielen op de meetpunten 1 – 3 langs controle zwet I van het jaar voor aanleg van de Klutenplas (2017) tot twee jaar erna. Als referentie is het niveau van het gemiddelde hoogwater in Nieuwe Statenzijl over de jaren 2013 – 2018 aangegeven. De foto's rechts geven een beeld van de meetpunten in augustus 2019. Figuur 3.1 geeft een kaartje met de ligging van de meetpunten.



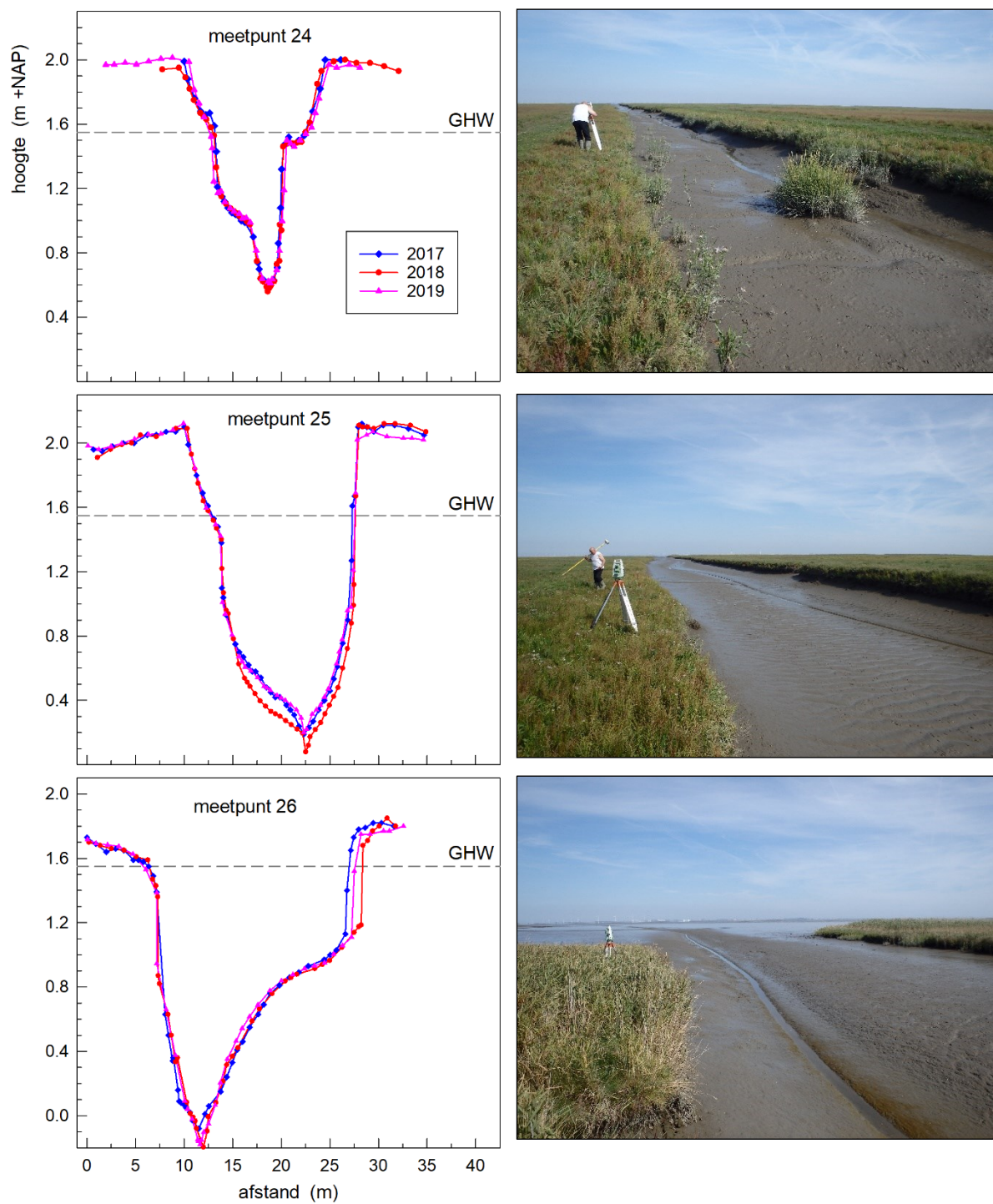
Figuur I.2 De ontwikkeling van de dwarsprofielen op de meetpunten 4 – 6 langs controle zwet II van het jaar voor aanleg van de Klutenplas (2017) tot twee jaar erna. Zie figuur I.1 voor verdere toelichting.



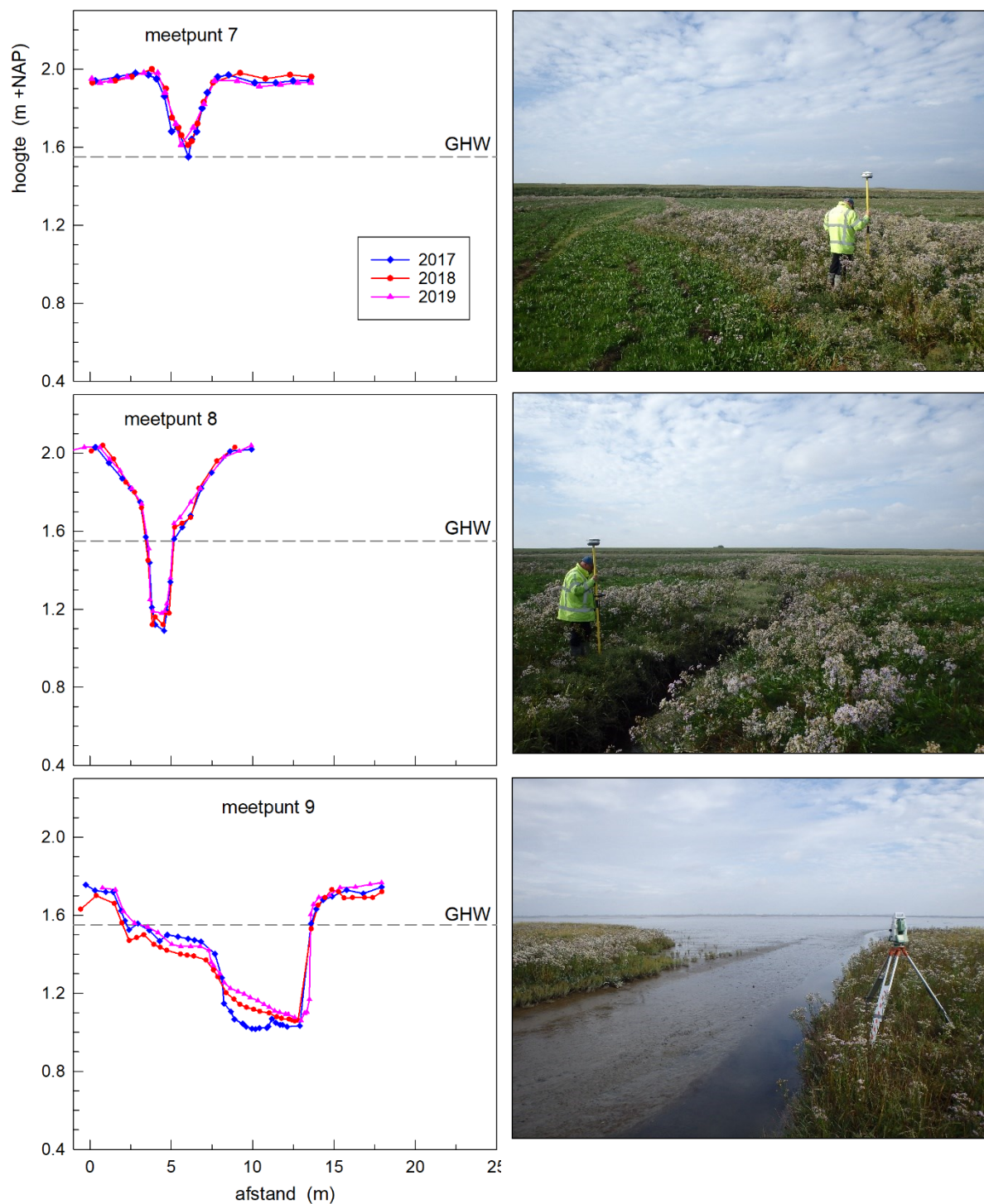
Figuur I.3 De ontwikkeling van de dwarsprofielen op de meetpunten 18 – 20 langs controle zwet III van het jaar voor aanleg van de Klutenplas (2017) tot twee jaar erna. Zie figuur I.1 voor verdere toelichting.



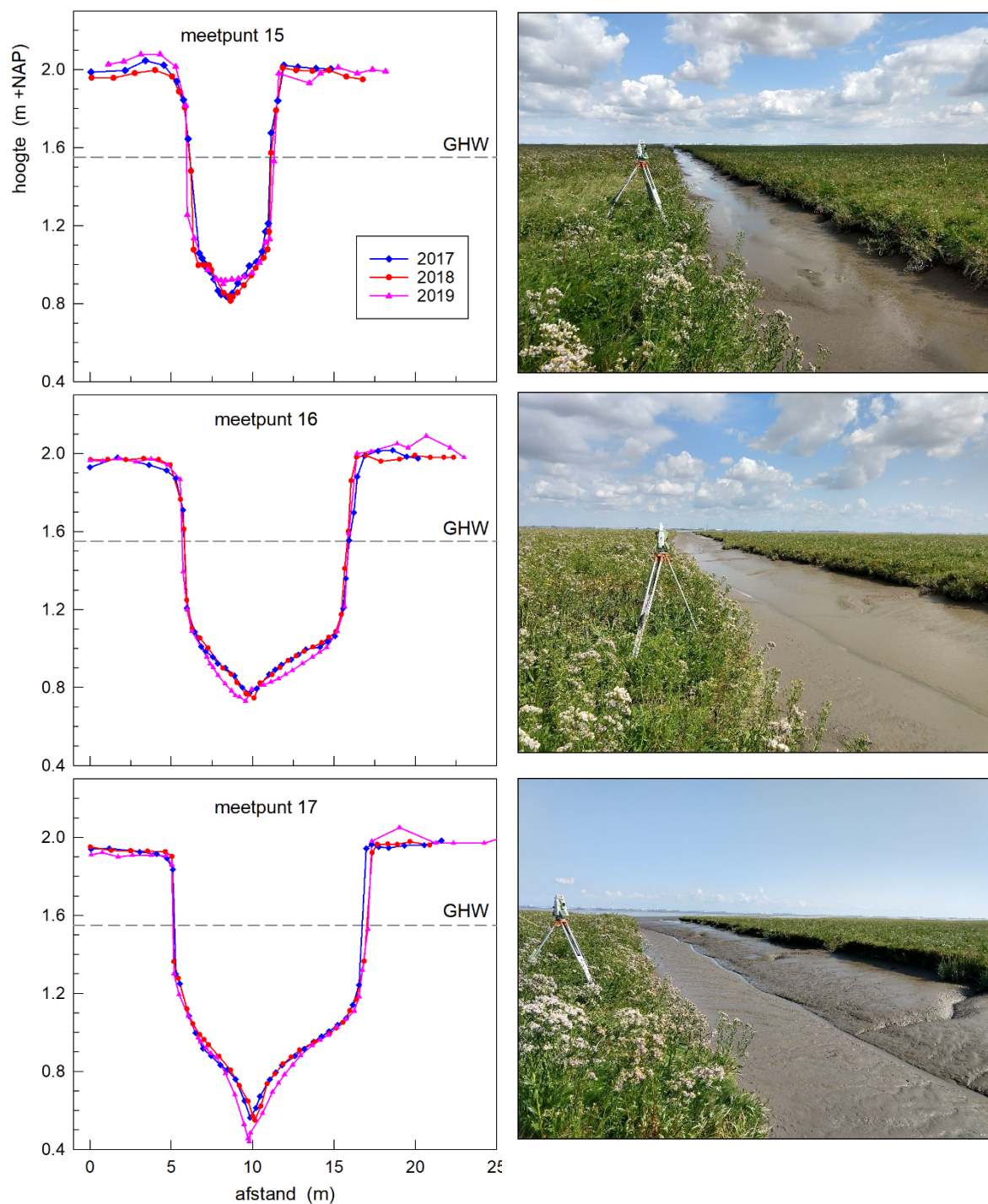
Figuur I.4 De ontwikkeling van de dwarsprofielen op de meetpunten 21 – 23 langs controle zwet IV van het jaar voor aanleg van de Klutenplas (2017) tot twee jaar erna. Zie figuur I.1 voor verdere toelichting.



Figuur I.5 De ontwikkeling van de dwarsprofielen op de meetpunten 24 – 26 langs controle zwet V van het jaar voor aanleg van de Klutenplas (2017) tot twee jaar erna. Zie figuur I.1 voor verdere toelichting.



Figuur I.6 De ontwikkeling van de dwarsprofielen op de meetpunten 7 – 9 langs de westelijke uitwatering van de kleirijperij van het jaar voor aanleg van de kleirijperij en de Klutenplas (nulmeting 2017) en de eerste twee jaar erna. Zie figuur I.1 voor verdere toelichting.



Figuur I.7 De ontwikkeling van de dwarsprofielen op de meetpunten 7 – 9 langs de oostelijke uitwatering van de kleirijperij van de kleirijperij van het jaar voor aanleg van de kleirijperij en de Klutenplas (2017) en de eerste twee jaar erna. Zie figuur I.1 voor verdere toelichting.