

Kweldermonitoring in de Peazemerlannen
en het referentiegebied West-Groningen:
Evaluatierapport 2007-2018



W.E. van Duin



Artemisia- rapport 2019-02

Colofon

Opdrachtgever: Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
Postbus 28000
9400 HH Assen

Projectnummer: 2016-03/2018

Publicatiedatum: 15 april 2019

Foto voorkant: Aangrenzende wad met Zeekraal noordwest van pq 40 in de Peazemerlannen (augustus 2018).

Referentie: W.E. van Duin, 2019. Kweldermonitoring in de Peazemerlannen en het referentiegebied West-Groningen: Evaluatierapport 2007-2018. *Artemisia*-rapport 2019-02, *Artemisia*-kwelderonderzoek, Den Helder. 79 p.

© *Artemisia*



Artemisia - kwelderonderzoek

Adres: Graaf Willem II straat 258
1785 KL Den Helder

Telefoon: 0223-637176

E-mail: willem.vanduin@kpnmail.nl

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
1. Inleiding	13
1.1 Achtergrond.....	13
1.2 Keuze referentiegebied	13
1.3 Metingen door derden	15
1.4 Ervaring op basis van bodemdalingsonderzoek Ameland	17
1.4.1 Opslibbingsbalans en zonehypothese	17
1.4.2 Huidige uitgangspunten	18
2. Methodes.....	19
2.1 Globale werkwijze	19
2.2 Monitoring.....	19
2.2.1 Peazemerlannen	19
2.2.2 Referentiegebied West-Groningen	20
2.2.3 Aanvullende meetpunten (ter referentie)	21
2.3 Keuze ligging pq's	21
2.3.1 Peazemerlannen	21
2.3.2 Meetpunten referentiegebied	23
2.3.3 Aanvullende meetpunten (ter referentie)	24
2.4 Opslibbing (SEB-meting bij pq's).....	24
2.5 Vegetatie (pq's)	24
2.6 Bepaling maaiveldhoogte t.o.v. NAP bij de SEB-meetpunten in 2008	26
3. Resultaten en discussie.....	27
3.1 Maaiveldhoogteverandering (SEB-metingen)	27
3.1.1 Peazemerlannen	27
3.1.2 Referentiegebied.....	32
3.1.3 Aanvullende meetpunten (ter referentie)	33
3.2 Bepaling maaiveldhoogte t.o.v. NAP bij de SEB-meetpunten	34
3.3 Vegetatie (pq's)	35
3.3.1 Peazemerlannen	35
3.3.2 Referentiegebied.....	39
3.3.3 Aanvullende meetpunten (ter referentie)	42
3.4 Vegetatiekaarten RWS (vlakdekkend)	42
3.4.1 Peazemerlannen	42
3.4.2 Referentiegebied.....	44
3.5 Opslibbing en vegetatieontwikkeling RWS-meetvakken West-Groningen	45
3.6 Jaargemiddeld hoogwater	49
3.7 Neerslag en verdamping.....	50
4. Conclusies	51
4.1 Peazemerlannen	51

4.2	Referentiegebied	52
4.3	Aanvullende meetpunten (ter referentie).....	53
4.4	Omgaan met veranderingen in het beheer	53
4.5	Samenvatting conclusies	53
4.6	Aanvullende monitoring.....	54
5.	Referenties.....	55
	BIJLAGEN	58
A.	Programma vegetatiekarteringen kwelders RWS (VEGWAD).....	59
B.	Cumulatieve netto-opslibbing Peazemerlannen per pq	59
C.	Cumulatieve netto-opslibbing referentiegebied West-Groningen: afzonderlijke pq's.....	62
D.	Vertrappingsschade bij SEB-meting per pq en jaar in referentiegebied West-Groningen	64
E.	Vegetatie- en maaiveldhoogteontwikkeling Peazemerlannen: pq 4-30	66
F.	Vegetatie- en maaiveldhoogteontwikkeling Peazemerlannen: pq 31-48	70
G.	Vegetatie- en maaiveldhoogteontwikkeling pq's referentiegebied Groningen	73
H.	Hoogteontwikkeling RWS-metvakken referentiegebied West-Groningen.....	77
I.	Gegevens aanvullende meetpunten (ter referentie)	78

Samenvatting

Deze rapportage beschrijft de monitoring in het kader van de bodemdaling onder de kwelder de Peazemerlannen, gelegen aan de Friese noordoostkust. In deze tweede evaluatie wordt een overzicht gegeven van de activiteiten en meetresultaten in de kwelder en zomerpolder van de Peazemerlannen en het referentiegebied in de kwelderwerken in West-Groningen gedurende de jaren 2007 t/m 2018. De meeste gegevens worden weergegeven vanaf 2007, het startjaar van de gaswinning. Oudere data worden, waar nuttig, ook weergegeven of er wordt verwezen naar eerdere rapporten. Algemene en achtergrond-informatie wordt in elke jaarrapportage opgenomen, zodat het meest recente jaarrapport in principe alle nodige informatie bevat.

Puntmetingen in de Peazemerlannen en het referentiegebied

In 1995/1996 zijn 30 meetpunten uitgezet in de Peazemerlannen. Door de autonome ontwikkeling (maaiveldhoogteverandering, in dit rapport ook wel opslibbing genoemd, en vegetatiesuccessie) in de periode 1995-2007, die als nulmeting gezien kan worden, raakten vooral de meetpunten in de lagergelegen vegetatiezones ondervertegenwoordigd. Daarom zijn in 2007, vooral in die zones, 18 extra meetpunten aangelegd, waarmee het totale aantal meetpunten op 48 is gekomen.

Verder zijn in 2007 in de West-Groninger kwelderwerken 29 referentiemeetpunten uitgezet in vegetatiezones vergelijkbaar met die in de Peazemerlannen. De meetpunten zijn verdeeld over zes raaien van dijk naar wad in vijf meetvakken van Rijkswaterstaat (RWS).

Vanwege toenemende beweiding en daardoor veroorzaakte vertrapping in het referentiegebied tijdens de monitoringperiode zijn in dit evaluatierapport ook gegevens opgenomen van onbeweide en niet (tot nauwelijks) vertrapte "alternatieve" referentiepunten in vastelandskwelders van Friesland en Groningen.

Van alle meetpunten wordt jaarlijks in voor- en najaar de opslibbing en daarmee ook de maaiveldhoogte bepaald met de Sedimentatie-Erosie-Balk (SEB). In de nazomer wordt jaarlijks de vegetatie opgenomen in permanente kwadraten (pq's) bij de SEB-meetpunten. Van alle meetpunten is de maaiveldhoogte t.o.v. NAP bekend.

Transectmetingen in meetvakken referentiegebied door RWS

De kwelderwerken van West-Groningen zijn de vastelandskwelders zonder bodemdaling die dichtstbij de Peazemerlannen liggen. Daarnaast is van dit gebied een meetreeks van RWS beschikbaar betreffende de opslibbing en vegetatieontwikkeling van 1960 tot heden in 25 vaste meetvakken (400 m breed en van dijk tot wad). De hoogteontwikkeling wordt driejaarlijks bepaald via transectmetingen in dwarsraaien evenwijdig aan de dijk (elke honderd meter van dijk tot wad). De vegetatie wordt jaarlijks in alle meetvakken opgenomen. Deze transectmetingen vormen een tweede schaalniveau en zijn daarmee een waardevolle toevoeging aan de door *Artemisia* uitgevoerde puntmetingen aan de opslibbing en vegetatie.

Vlakdekkende vegetatiekaarten door RWS

De biodiversiteit van de kweldervegetatie wordt door Rijkswaterstaat 6-jaarlijks gemeten met vlakdekkende vegetatiekaarten, inclusief de boerenkwelders en soms zomerpolders. Van de vastelandskwelders langs de Friese en Groninger kust is eind 2016 de RWS VEGWAD-vegetatiekaart van 2014 beschikbaar gekomen (op basis van de luchtfoto uit 2014 en veldwerk uit 2015). Deze wordt vergeleken met de kaarten uit 2002 en 2008.

Resultaten puntmetingen 2007-2018

Opslibbing pq's

Met de SEB-metingen wordt de verandering van de maaiveldhoogte gemeten. Dit is de resultante van sedimentatie, erosie, compactie (klink door uitdroging of rijping en vertrapping), bioturbatie en organische componenten, zoals plantenwortels. Bodemdaling is er niet in verrekend. De maaiveldhoogteverandering wordt in de verdere tekst meestal aangeduid met (netto-)opslibbing.

Peazemerlannen

In de Peazemerlannen was er over de periode 2007-2018 bij alle pq's gemiddeld een toename van de maaiveldhoogte. De gemiddelde jaarlijkse netto-opslibbing in de pionierzone en de verschillende vegetatiezones van de kwelder lag tussen 7-15 mm/j. De gemiddelde bodemdaling in deze zelfde periode was 3,6 mm/j en de GHW-stijging 1 mm/j (Trend Lauwersoog 1988-2018).

In de zomerpolder is gemiddeld een opslibbing gemeten van 8 mm/j in de lage delen aan de oostkant en 2 mm/j in de kortgegrasde hoger gelegen delen aan de westkant. Op het kale wad en in de pre-pionierzone is een gemiddelde toename in hoogte gemeten van 15 mm/j. Tussen meetpunten in dezelfde vegetatiezone waren soms wel grote verschillen, vooral in de dynamische laaggelegen en weinig begroeide pre-pionierzone.

Er zijn zeven meetpunten die over de afgelopen 11 jaar een gemiddelde opslibbing hebben $\leq 4,6$ mm/j, de waarde die op dit moment wordt aangehouden om de combinatie van GHW-stijging en bodemdaling minimaal te kunnen compenseren. Daarnaast zijn er vijf met een gemiddelde opslibbing die daar net daarboven ligt (<6 mm/j opslibbing). Het betreft naast dezelfde punten als in eerdere rapportages ook enkele punten die voor het eerst dicht bij deze grenswaarde liggen. De eerste categorie betreft drie pq's in de zomerpolder en een in een poel, een vlak bij een poel en twee ver weg van het wad en sediment aanvoerende geulen. Tot de tweede categorie behoren een op het wad drie ver weg van het wad en sediment aanvoerende geulen en een vlak bij een poel. Wat bij deze toename in aantal pq's met een beperkte opslibbing een rol gespeeld kan hebben is dat 2018 bijzonder droog was, er zeer weinig sediment aanvoerende hoge tijen zijn geweest en er voor het eerst op grote schaal schapenbeweiding heeft plaatsgevonden in een deel van de westelijke kwelder.

Er is een vergelijking gemaakt van de opslibbing van dicht bij elkaar liggende wadsedimentatie-meetpunten van Natuurcentrum Ameland (NCA) en SEB-meetpunten van *Artemisia* in de dynamische pre-pionierzone. Bij NCA-metingen worden de veranderingen aan het wadoppervlak gemeten ten opzichte van een ondergronds vast punt (grondanker), terwijl bij de SEB-metingen de bovenkant van de SEB-palen het vaste punt vormen. De uitgangshoogte van beide groepen meetpunten was verschillend. Er zijn duidelijk overeenkomsten in de ontwikkeling van de maaiveldhoogte bij sommige metingen, maar langzamerhand lijkt de trend in hoogteontwikkeling tussen de hoger en lager gelegen punten wat uiteen te gaan lopen. Mogelijk wordt dit mede veroorzaakt door de toenemende vegetatiebedekking bij hogergelegen punten, waardoor sediment daar eerder bezinkt. De gemiddelde opslibbing van de punten bedraagt 14 mm/j.

Referentiegebied

In het referentiegebied, de meetvakken in West-Groningen, ligt de gemiddelde jaarlijkse opslibbing gemeten met de SEB in de periode 2007-2018 lager dan in de Peazemerlannen en komt op 2 mm/j in de lage kwelder en op 5 mm/j in de pionierzone. Het kale wad en de pre-pionierzone vertoonden gemiddeld een erosie van 1 mm/j en de middenkwelder 2 mm/j. Tussen meetpunten in eenzelfde zone waren ook in het referentiegebied soms grote verschillen, niet alleen in de dynamische laaggelegen, weinig begroeide pre-pionierzone, maar ook in de beweide en onbeweide kwelder.

Er zijn enkele duidelijke verklaringen te geven voor de lagere opslibbing. Aanvankelijk werd er met name gemiddeld erosie (een verlaging van het maaiveld) gemeten bij de meetpunten op het dynamische wad en in de schaars begroeide pre-pionierzone. In de loop der jaren betreft het aantal pq's waarvan het maaiveld lager ligt dan in 2007 bijna 60% van het totale aantal. De oorzaak van de

erosie ligt bij de meeste meetpunten echter niet aan wegspoelen van sediment of afgenomen opslibbing, maar aan een verlaging van het maaiveld door vertrapping en inklink veroorzaakt door beweiding die sinds 2013, ongeveer na voltooiing van de inrichtingswerkzaamheden voor het Kwelderherstelplan Groningen, op verschillende locaties is gestart of is toegenomen.

Aanvullende referentiepunten

De gemiddelde jaarlijkse opslibbing gemeten met de SEB in de periode 2007-2018 in aanvullende meetpunten komt voor de meeste vegetatiezones vrij goed overeen met die in de Peazemerlannen. De lagere opslibbing bij de aanvullende meetpunten in de middenkwelder zou er mee te maken kunnen hebben dat de afstand tot het wad (als sedimentbron) bij deze punten groter is dan in de Peazemerlannen.

Er is echter wel een verschil tussen de drie gebruikte aanvullende locaties. De opslibbing in de Groninger Julianapolder ligt lager dan die in de twee Friese deelgebieden. Dit is op zich niet verrassend, omdat het wad voor de Friese kust erg slibrijk is en de kwelder bij Holwerd-oost bovendien in de luwte van de pier ligt en tegenover een wantij.

De resultaten van Julianapolder liggen aardig in lijn met die van de referentiepunten en de transectmetingen in de meetvakken, wat tevens inhoudt dat de opslibbing in verhouding tot die in de Peazemerlannen wat lager is.

De resultaten van Noord-Friesland Buitendijks en Holwerd-oost komen vrij goed overeen met die van de Peazemerlannen.

Vegetatie pq's

Peazemerlannen

De drie hooggelegen zomerpolder pq's niet mee gerekend was de vegetatie in 26 kwelder-pq's in de Peazemerlannen stabiel ten opzichte van het beginjaar 2007. Verder heeft er in dertien pq's successie plaatsgevonden naar een andere vegetatiezone en in vier pq's successie binnen dezelfde vegetatiezone (veroudering). Twee pq's vallen op basis van het verloop in vegetatietype, net als in eerdere jaren, onder de categorie regressie. Dit zijn beide pq's die dicht bij de doorbraak in de noordelijke zomerkade, op de grens van lage kwelder en pionierzone liggen. De oorzaak van de regressie ligt bij deze pq's vooral in het feit dat er een uitbreiding van Engels slijkgras heeft plaatsgevonden, die voor een klein deel ten koste is gegaan van Gewoon kweldergras, maar vooral 'ten koste van' onbegroeide delen. In dat opzicht is dus eigenlijk sprake van een vorm van successie, maar voor het vegetatietype betreffende de gehele pq betekent het regressie. Deze ontwikkeling staat echter los van een slechtere ontwatering of bodemdaling.

Ondanks een lichte verbetering t.o.v. vorige jaren blijft pq 17 zowel in vegetatiebedekking als in opslibbing achter bij de andere pq's. De reden hiervan is echter bekend: de pq ligt al sinds 2004 op de rand van een slecht ontwaterende poel waardoor de vegetatie soms minimaal is en de bodem verweekt in natte jaren en inklinkt in droge jaren. De verwachting bij deze pq is dat zowel de opslibbing als vegetatieontwikkeling weer op gang komt als een dichtbijzijnde kreek door terugschrijdende erosie aansluiting maakt op de poel en de drainage en sedimentaanvoer herstelt.

Referentiegebied

Ook in het referentiegebied was de vegetatie in de meeste pq's stabiel (22, waarvan twee met lichte verjonging binnen dezelfde vegetatiezone). Bij vijf pq's was sprake van (lichte) successie en bij twee pq's van regressie. Bij de regressie was de oorzaak vertrapping.

Aanvullende referentiepunten

Omdat de vegetatieontwikkeling bij de aanvullende meetpunten dezelfde variatie in ontwikkeling laat zien (met name stabiel of successie en in een enkel geval regressie door slechte ontwatering),

wat gezien de overeenkomsten in opslibbing met de Peazemerlannen te verwachten valt, is daar geen nadere aandacht aan besteedt.

Resultaten transectmetingen RWS-meetvakken

Opslibbing

Uit de meetreeks van RWS blijkt dat de gemiddelde opslibbing in de vijf referentiemeetvakken in West-Groningen over de periode 2000-2008 in de pionierzone 4 mm/j bedroeg en in de kwelder 13 mm/j. In de periode 2008-2018 is de opslibbing in de pionierzone afgenomen naar 1 mm/j en die in de kwelder naar een gemiddelde van 4 mm/j.

Vegetatie

De vegetatieontwikkeling in de transecten van de kwelderwerken laat de laatste decennia over het geheel genomen een successie zien van een gevarieerde (lage) kwelder naar het climaxstadium met Zeekweek, behalve in intensief beweide of laaggelegen delen. Deze autonome ontwikkeling hangt samen met de door opslibbing toenemende hoogte van het maaiveld. Tot 2013 ontbrak beweiding in de meeste meetvakken die als referentie gebruikt worden. De vanaf dat jaar breder ingezette beweiding zal de komende jaren een steeds duidelijker effect op de vegetatie krijgen, zoals nu al te zien is in MV 356-359, waar de Zeekweek is verdrongen door lage kwelder soorten.

Resultaten vlakdekkende vegetatiekaarten RWS

Peazemerlannen

Op de drie opeenvolgende vegetatiekaarten van de Peazemerlannen is de voortgaande successie/veroudering naar de middenkwelder met Zeekweek duidelijk zichtbaar. Dit is een natuurlijke ontwikkeling als gevolg van opslibbing in combinatie met afwezige (of zeer extensieve) beweiding. Daarnaast is de uitbreiding van de (pre)pionierzone op het aangrenzende wad opvallend. Deze uitbreiding is rond 1992 gestart en de opslibbing die de laatste jaren op het wad heeft plaatsgevonden zou deze uitbreiding kunnen helpen verklaren.

In de zomerpolder heeft zich in de loop der jaren een verschuiving voorgedaan van de hoge kwelderzone naar een gevarieerde mix van zones. De toegenomen invloed van zout water door het geleidelijkaan verdwijnen van de klepduikers tussen kwelder en zomerpolder heeft hieraan bijgedragen.

Referentiegebied

Op de vegetatiekaarten over de periode 2002-2014 is ook in de kwelderwerken van Groningen-west de successie/veroudering van de vegetatie te zien, ondanks de afgenomen gemiddelde opslibbing.

Aan de andere kant valt het teruglopende oppervlak van de (pre-)pionierzone op. Dit komt deels door successie, maar ook omdat de uitbreiding richting wad afgenomen is. De beschermende werking van de dammen is tegenwoordig veel beperkter dan vroeger in deze zone door het afbouwen van onderhoud aan de rijshoutdammen in het derde bezinkveld om ruimte voor dynamiek en natuurlijke kwelderontwikkeling mogelijk te maken.

Conclusies

Peazemerlannen

Opslibbing pq's

- De gemiddelde gemeten maaiveldverandering over 2007-2018 in de Peazemerlannen was bij alle pq's positief en bij de meeste pq's voldoende om de gemeten bodemdaling over deze periode (3,6 mm/j) en een Gemiddeld Hoogwater-stijging van 1 mm/j (trend Lauwersoog 1988-2018) bij te houden. De verschillen tussen pq's kunnen echter groot zijn.
- Er zijn echter zeven pq's die, over de hele meetperiode van 11 jaar genomen, een gemiddelde opslibbing hebben van $\leq 4,6$ mm/j. Daarvan liggen er drie in de zomerpolder, allen in het hooggelegen, beweide westelijke deel. De vierde ligt in een vrijwel kale, afwisselend natte en droge poel waardoor verweking/erosie en inklink bepalend zijn voor de hoogteligging. Zodra de poel weer gedraineerd wordt door aansluiting op een kreek via terugschrijdende erosie zal ook de sedimentaanvoer en vegetatieontwikkeling op gang komen. De pq die naast een poel ligt is vaak vochtig waardoor de bodem niet goed consolideert. Tot slot zijn er nog twee pq's die ver weg van het wad en sedimentaanvoerende geulen liggen en die andere jaren nog net boven de benodigde gemiddelde opslibbing lagen, maar door het droge jaar 2018 hier net onder zijn gekomen.
- Daarnaast zijn er ook nog vijf pq's met een opslibbing die maar net boven de benodigde 4.6 mm/j ligt. Het betreft enkele punten waarvoor in eerdere rapportages ook al een lage opslibbing werd gemeld, vooral vanwege een grote afstand tot een sedimentbron (wad of kreek) en in één geval vanwege aanvankelijke erosie. Bij één pq uit deze categorie heeft vertrapping door onverwachte beweiding ook nog een rol gespeeld.
- In de westelijke zomerpolder was vroeger inklink het bepalende proces. Nu wordt er gemiddeld een opslibbing van 2 mm/j gemeten. Dat is genoeg om de GHW-stijging bij te houden, maar niet de daar bijkomende bodemdaling. De beperkte aanvoer van sediment (o.a. door zomerkade(s) en/of (gedeeltelijk) door sediment en/of vegetatie geblokkeerde duikers) en de vrij hoge ligging van de pq's zorgen voor deze, in verhouding tot de kwelder, lage opslibbing. Daarnaast is in sommige delen van de zomerpolder de drainage beperkt, omdat de oorspronkelijke greppels deels zijn dichtgeslibd en/of dichtgegroeid met vegetatie. Daardoor is de waterafvoer na een hoog tij trager en kan er langer water blijven staan waardoor vegetatie kan afsterven. Sedimentatie en drainage in de zomerpolder verdienen daarom extra aandacht. Verder heeft compactie door de beweiding (vertrapping) ook invloed op de maaiveldhoogte en drainage in de zomerpolder. In droge jaren kan daar nog inklink door uitdroging aan worden toegevoegd.
- Uit zowel de metingen op het wad van zowel Natuurcentrum Ameland als *Artemisia* blijkt dat de opslibbing lokaal grote verschillen kan vertonen, niet alleen per locatie, maar ook per jaar. Zowel de spijker- als SEB-metingen laten echter een toename in maaiveldhoogte zien over de meetperiode. Deze toename in maaiveldhoogte lijkt wat sterker bij de hoger gelegen punten. Mogelijk wordt dit mede veroorzaakt door de toenemende vegetatiebedekking bij deze punten, waardoor sediment makkelijker bezinkt.

Vegetatieontwikkeling pq's

- De vegetatie bij de meeste pq's is stabiel of vertoont successie t.o.v. de situatie in 2007, wat verwacht kan worden bij de waargenomen positieve opslibningsbalans. Dit laat verder zien dat er als gevolg van bodemdaling geen kritische grens is overschreden. Gezien de huidige snelheid van bodemdaling past dat bij de verwachting. Daarnaast liggen de pq's allemaal ver boven de theoretische ondergrens van hun vegetatiezone, waardoor ook niet te verwachten is dat er snel regressie van de vegetatie zal optreden door bodemdaling. Bij de monitoring van de bodemdaling op Ameland is gebleken dat zelfs een opslibbingsachterstand van ruim 15 cm vaak nog geen regressie van de vegetatie tot gevolg had.
- De twee pq's, die op basis van het vegetatietype, net zoals in eerdere jaren, een regressie lieten zien, lagen op de grens van lage kwelder en pionierzone dicht bij de doorbraak in het midden van de zomerkade. Bij deze pq's heeft er een vrij sterke uitbreiding van Engels slijkgras plaatsgevonden die vooral ten koste is gegaan van onbegroeide delen (poeltjes) en voor een klein deel ten koste van Gewoon kweldergras. Door het toegenomen bedekkingspercentage in

de pq's is dus eigenlijk sprake van successie, maar doordat Engels slijkgras hierdoor de overhand heeft gekregen betekent dit voor het vegetatietype een regressie. Deze ontwikkeling van uitbreidend Engels slijkgras is ook in het referentiegebied waargenomen (buiten de pq's).

Vlakdekkende vegetatieontwikkeling

- De trend die op basis van de vegetatiekaarten waargenomen kan worden is er een van natuurlijke successie/veroudering en uitbreiding van het areaal, met name (pre-) pionierzone, die ook na de start van de gaswinning is doorgegaan. Hierbij moet wel rekening gehouden worden met het feit dat de meest recente kaart uit 2014 is en dat de bodemdaling toen nog zeer beperkt was. Aan de andere kant laten de waarnemingen tijdens de veldbezoeken zien dat de uitbreiding van de (pre-)pionierzone ook na 2014 is doorgegaan.

Referentiegebied

Opslibbing en vegetatieontwikkeling pq's

De meetpunten in het referentiegebied vertoonden, ondanks een lagere gemiddelde opslibbing (deels veroorzaakt door vertrapping/compactie door beweiding), een vergelijkbaar beeld: een stabiele vegetatie bij de meeste pq's en soms een (lichte) successie. Beweiding is de meest waarschijnlijke oorzaak van de regressie bij de twee pq's. Regressie door beweiding kan komen door het wegeten van soorten, maar ook door vertrapping van vegetatie en bodem. Daarnaast wordt door verdichting van de bodem en/of sporen waar water in blijft staan de drainage beïnvloed wat ook grote gevolgen voor de vegetatiesamenstelling kan hebben. De verschuiving van Zoutmelde naar een grotere bedekking door Kweldergras in een aantal pq's is mogelijk ook veroorzaakt door beweiding.

Vlakdekkende vegetatieontwikkeling

Ook in het referentiegebied is de waargenomen trend op basis van de vegetatiekaarten over de periode 2002-2014 een van natuurlijke successie/veroudering. Successie is ook een reden voor het afgenomen areaal aan pioniervegetatie. Omdat de beschermende werking van de dammen aan de wadkant tegenwoordig ontbreekt, heeft er geen aangroei kunnen plaatsvinden van de pioniervegetatie richting wad.

Aanvullende meetpunten (ter referentie)

De drie gebieden, waar meetpunten zijn geselecteerd om als alternatieve referentie te dienen, verschillen onderling wel en hebben hun eigen bijzonderheden. Hoewel "een tweede Peazemerlannen" natuurlijk het meest ideaal zou zijn als referentiegebied, lijken deze drie gebieden toch een aardig beeld te kunnen geven van de opslibbing (en vegetatie-ontwikkeling) in de vastelandskwelders. Zodoende kunnen ze vergelijkingsmateriaal bieden voor de Peazemerlannen, als de bestaande referentiepunten onbruikbaar zijn door beweiding. Er kan misschien nog wel een nadere selectie plaatsvinden binnen de nu gebruikte grote verzameling meetpunten.

Omgaan met veranderingen in het beheer

Beweiding referentiegebied

De sinds 2013 toegenomen beweiding in het referentiegebied vormt een knelpunt voor de bruikbaarheid van met name de pq-gegevens als referentiewaarden, zowel voor de opslibbing als de vegetatieontwikkeling. Het aangepaste beweidingsbeheer heeft/krijgt een effect op de ontwikkeling van de hoogteligging (door vertrapping en compactie) en de vegetatie (vertrapping, verjonging/regressie) en lokaal ook op de drainage. Dit is nu al waargenomen bij sommige meetpunten.

Het gebruiken van aanvullende onbeweide meetpunten ter referentie, zoals in het voorliggende rapport is gedaan, lijkt een goede optie. Bij die meetpunten is echter ook geen garantie te geven dat ze niet ook ooit door beweiding onbruikbaar zullen raken.

Beheer Peazemerlannen

It Fryske Gea is bezig een nieuw beheerplan op te stellen voor de Peazemerlannen. Het is nog niet duidelijk of misschien een deel van de kwelder beweid gaat worden in de toekomst en of (een deel van) de zomerpolder verkwelderd gaat worden en of dit gevolgen gaat hebben voor de monitoring in de Peazemerlannen.

Samenvatting conclusies

Om de effecten van de gaswinning en de hieruit voortkomende bodemdaling op de Peazemerlannen in kaart te brengen moeten de volgende vragen beantwoord worden:

1. Wat is de verandering van maaiveldhoogte (bodemdaling + opslibbing) en hoe verhoudt deze zich tot de streefwaarde (bodemdaling + zeespiegelstijging) en grenswaarde (10-15 cm onder de ondergrens van een vegetatiezone) voor maaiveld daling voor de vegetatiesamenstelling?
2. Wat zijn de veranderingen in vegetatie (successierichting) en areaal van de vegetatiezones, en welke factoren, incl. opslibbingbalans, ontwatering, beweiding, veranderingen in GHW, kunnen de verandering verklaren? Hierbij moet ook aandacht zijn voor eventuele cumulatie van effecten veroorzaakt door deze factoren.

Hoewel de streefwaarde (bodemdaling + zeespiegelstijging) niet bij alle meetpunten gecompenseerd wordt door de opslibbing, heeft dit geen regressie van de vegetatie tot gevolg gehad. Ook uit de vlakdekkende vegetatiekaarten komt een beeld naar voren van successie. Hoewel de meest recente vegetatiekaart uit 2014 is, en er sinds toen nog ca. 1,5 cm bodemdaling heeft plaatsgevonden, correspondeert de waarneming van de zich uitbreidende en dichter begroeide pionierzone en het opslibbende voorliggende wad nog steeds met dat beeld.

Waar, lokaal, vegetatie (lichte) regressie vertoont, is dat toe te schrijven aan een verminderde of stagnerende ontwatering meestal rond in het gebied aanwezige poelen.

Een vertraagde netto-ophoging van het maaiveld tijdens de bodemdalingsperiode zou op den duur lokaal de veroudering van de kweldervegetatie mogelijk iets kunnen vertragen. Aangezien veroudering de trend is in de Peazemerlannen (en de meeste andere vastelandskwelders) zou dit gezien kunnen worden als een tijdelijk positief neveneffect van gaswinning, maar de verwachte bodemdaling is niet groot genoeg om het 'verouderingsprobleem' grootschalig en langdurig tegen te gaan.

De conclusies die getrokken kunnen worden na 11 jaar monitoring wijken hiermee weinig af van die in het vorige jaarrapport (Van Duin, 2018) en de evaluatie na 5 jaar monitoring (Van Duin *et al.*, 2013).

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

Midden jaren '90 heeft de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) door middel van proefboringen gas ontdekt in zeven velden, waaronder Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Deze gasvelden maken deel uit van de vigerende winningvergunningen en liggen geheel of gedeeltelijk onder de Waddenzee net ten noorden van het Lauwersmeer, in het noordoosten van Friesland en het noordwesten van Groningen. Moddergat is aangeboord vanaf de locatie Moddergat, de drie Lauwersoog-velden vanaf de locatie Lauwersoog en de velden Vierhuizen-Oost en -West vanaf de locatie Vierhuizen. Na de proefboringen zijn de exploratieputten, in afwachting van de productieplannen, veiliggesteld.

In overeenstemming met het advies van de Adviesgroep Waddenzeebeleid heeft de overheid geconcludeerd dat er geen ecologische gronden zijn voor het afzien van winning gebonden aan strikte natuurgrenzen. In dit kader wordt gesproken over het principe van 'hand aan de kraan'. Dit houdt in dat de winning van gas wordt afgestemd op de draagkracht van de min of meer zelfstandige ecologische eenheden binnen het waddensysteem (i.e. de kombergingsgebieden). In de praktijk betekent dit dat in een kombergingsgebied de bodemdalingssnelheid door gaswinning niet groter mag worden dan de sedimentatiesnelheid, rekening houdend met de zeespiegelstijging, de natuurlijke bodemdaling en het aanbod van sediment.

Begin 2007 heeft de NAM het genoemde gasveld op de landlocatie Moddergat in productie genomen. In dit noordoostelijke deel van Friesland bevindt zich ook de Peazemerlannen, een natuurgebied bestaande uit een grotendeels beweide zomerpolder en een onbeweide kwelder. De beschikbare meetgegevens van de opslibbing en vegetatie van dit gebied tot en met 2006 zijn vastgelegd in een rapport met de uitgangssituatie (Van Duin *et al.*, 2007). Om eventuele veranderingen in opslibbing en vegetatieontwikkeling in de Peazemerlannen te kunnen waarnemen worden tijdens de gaswinningperiode jaarlijks op strategische punten metingen gedaan in het gebied zelf en in een nabijgelegen referentiegebied (zie § 1.2). Doel is eventuele effecten van bodemdaling door gaswinning waar te nemen zodat, indien noodzakelijk, passende maatregelen genomen kunnen worden. De kweldermonitoring levert daarmee een bijdrage aan het veel bredere monitoringprogramma dat wordt uitgevoerd in het kader van de gaswinning bij Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen.

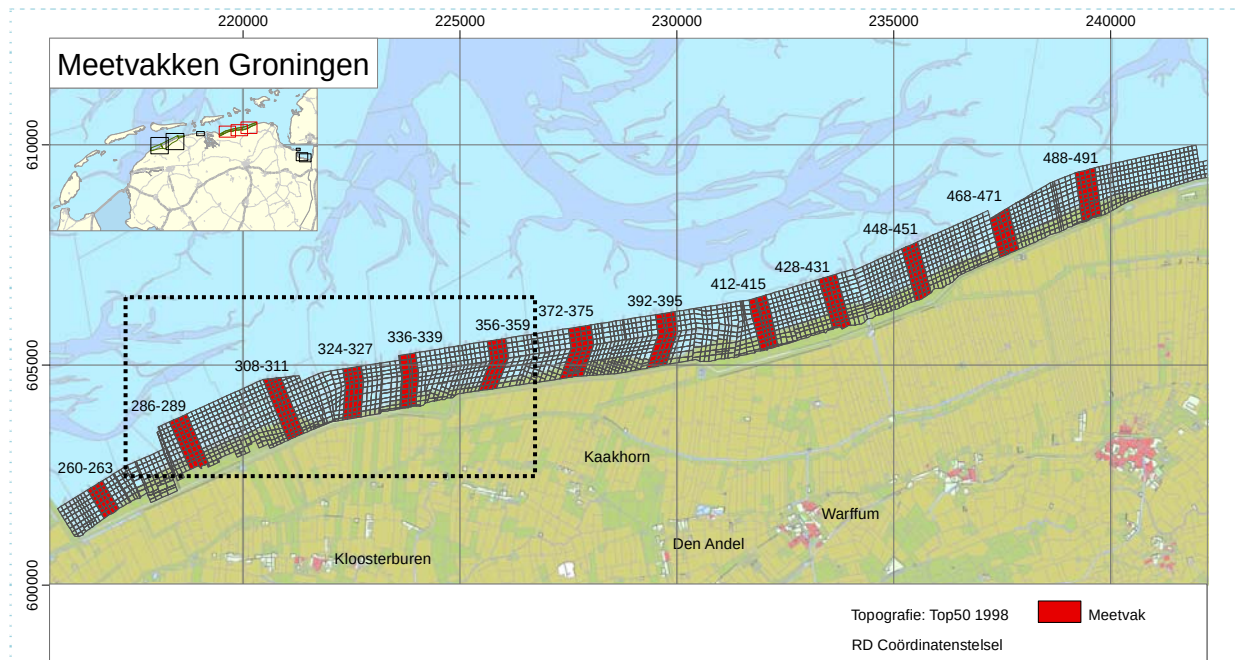
1.2 Keuze referentiegebied

Voor NO-Friesland was al een nul-meetserie met Sedimentatie-Erosie-Balk (SEB)-metingen voor de opslibbing en permanent kwadraat (pq)-metingen voor de vegetatieontwikkeling van 1995-2006 in de Peazemerlannen opgebouwd door het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en Alterra- Texel. Na aanbevelingen van 2 audits betreffende het bodemdalingonderzoek Ameland bleek een nul-referentie zonder bodemdaling echter ook wenselijk.

In de Groninger kwelderwerken liggen dertien zogenaamde Rijkswaterstaat-meetvakken (*Figuur 1.1*). Elk meetvak (MV) bestaat uit één reeks bezinkvelden (begrensd door rijshoutdammen) van de dijk naar het wad. De grootte per meetvak is circa 50 ha en een meetvak is representatief voor een kustgedeelte van circa twee kilometer.

Vanaf circa 1960 tot heden is door Rijkswaterstaat Noord-Nederland (RWS) hetzelfde monitoringsysteem toegepast: gedetailleerde metingen aan hoogte en vegetatie per meetvak, aangevuld met gegevens over beweiding, ontwatering en het beheer. Vanaf 1982 vindt de monitoring plaats in samenwerking met het Rijksinstituut voor Natuuronderzoek (RIN) op Texel en daaruit door fusies, afsplitsingen of naamswijzigingen ontstane 'vervolg-instituten' (IBN, Alterra,

Imares en Wageningen Marine Research) en *Artemisia*. Een 6-jaarlijkse vegetatiekaart van RWS-CIV (Centrale Informatievoorziening) dient voor een vlakdekkende controle van de meetvakkenmethode en voor het vaststellen van de kwaliteit van de vegetatie op het niveau van vegetatietypen. Daarnaast bieden vegetatiekaarten de mogelijkheid een vergelijking te maken met andere kwelders en schorren in Nederland.



Figuur 1.1 Nummering meetvakken Rijkswaterstaat in de Groninger kwelderwerken (Van Duin et al., 2016).
..... = meetvakken die als referentie dienst doen.



Figuur 1.2 Ligging van de Peazemerlannen en de globale ligging van de vijf meetvakken in de Groninger kwelderwerken die als referentiegebied dienst doen.

De gegevens van de meetvakken zijn ondergebracht in het WOK-databestand. De vegetatiekaarten en het WOK-databestand van RWS zijn onder meer gebruikt bij eerdere studies naar mogelijke effecten van gaswinning, waaronder de bodemdalingstudie van 1993 (Oost & Dijkema, 1993) en de Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee (Oost *et al.*, 1998). Het WOK-databestand heeft ook een belangrijke rol gespeeld in een studie (Hoeksema *et al.*, 2004) in opdracht van het kabinet naar de effecten van het Groningen gasveld (= "Slochteren").

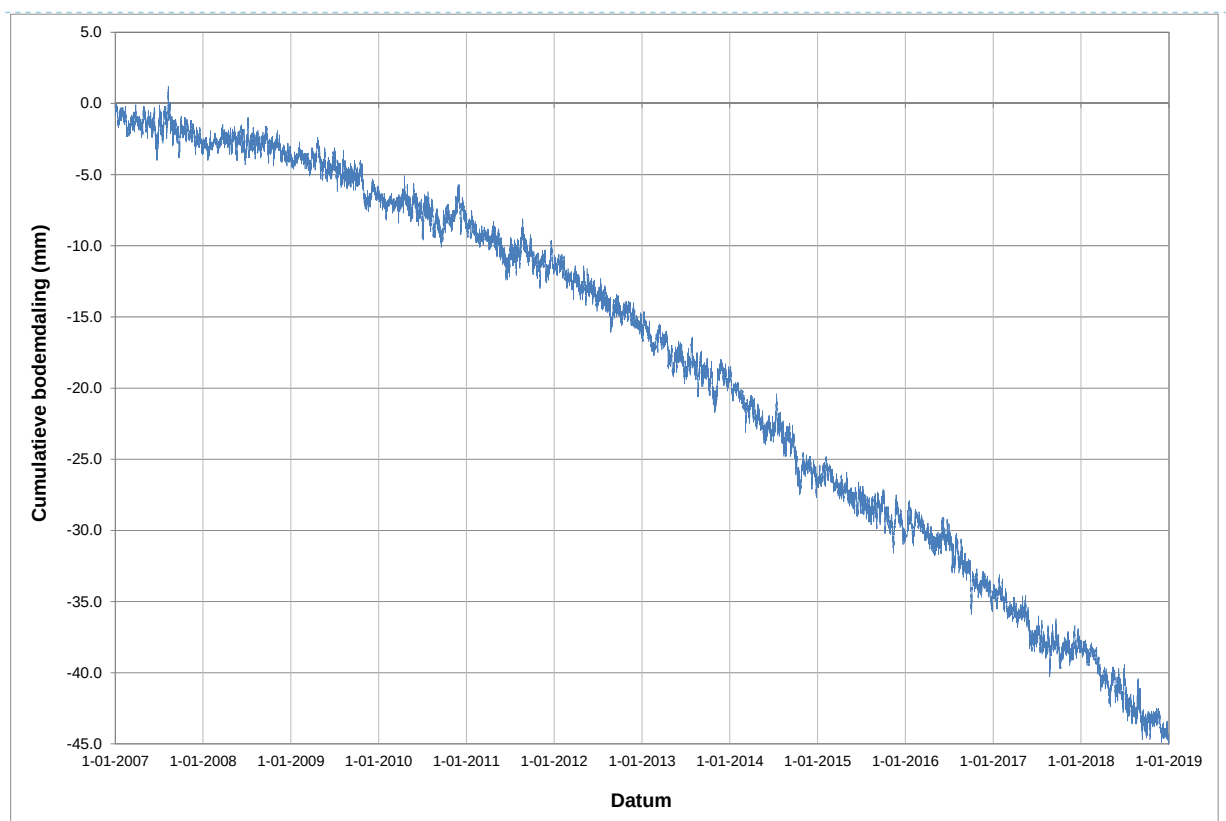
Vijf van de aan de westkant gelegen meetvakken van Rijkswaterstaat (RWS) in de kwelderwerken van Groningen zijn bij de start van de monitoring gekozen als referentie voor de Peazemerlannen (*Figuur 1.2*) vanwege de lange reeks beschikbare gegevens (1960-heden) betreffende opslibbing en vegetatie-ontwikkeling en vanwege de overeenkomsten met de Peazemerlannen.

Door een veranderd beweidingsbeheer in het referentiegebied, met gevolgen voor vegetatie-ontwikkeling en maaiveldverandering bij een deel van de meetpunten, is in overleg met de auditcommissie besloten om gegevens van opslibbing en vegetatie-ontwikkeling van enkele onbeweide andere locaties waarvan een meerjarige meetreeks bestaat, aanvullend/als back-up te verzamelen. Deze gegevens worden in dit evaluatierapport ook behandeld.

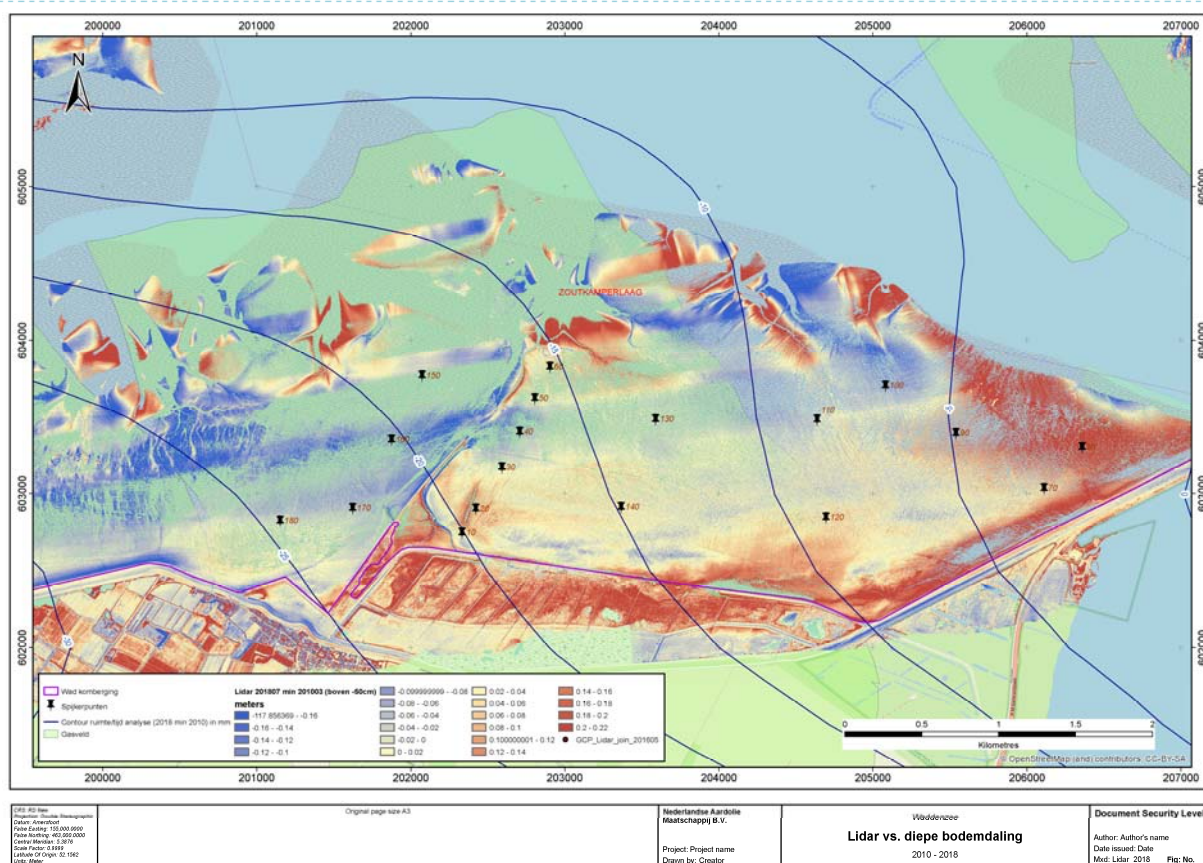
1.3 Metingen door derden

Sommige metingen die van belang zijn voor het projectresultaat worden niet door *Artemisia* zelf verricht:

- Data met betrekking tot de bodemdaling worden geleverd door de NAM (*Figuur 1.3 en 1.4*).



Figuur 1.3 De door gaswinning veroorzaakte diepe bodemdaling (mm) gemeten met behulp van de continue GPS-logger van de locatie Moddergat (NAM, 2019). Op basis van deze metingen is in dit rapport over de monitoringperiode van 2007-2018 een gemiddelde daling van 3,6 mm/j aangehouden.



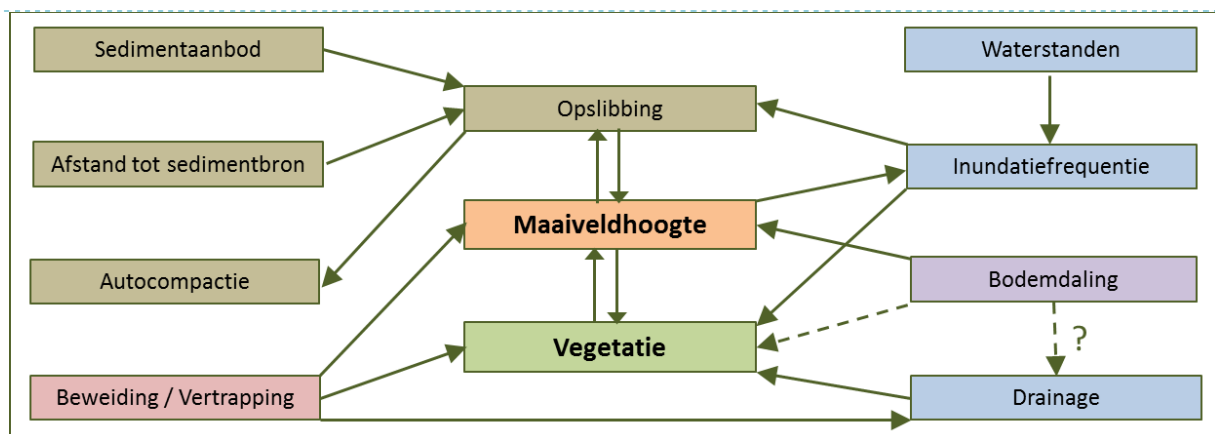
Figuur 1.4 Kleurenkaart met het verschil van de Lidaropnamen van zomer 2018 min voorjaar 2010 (in meters) en de contouren van de gemeten bodemdaling (blauwe lijnen), verwerkt in een ruimte/tijd analyse (in mm), tussen 2010 en 2018. De gasvelden zijn in groen aangegeven. Data en kaart: H. Piening (NAM).

- Berekeningen van de hoogte van de SEB-palen en de vaste punten t.o.v. NAP en van de bodemdaling worden eens per ca. vijf jaar aangeleverd door de NAM. In geval van een verstoring zou een meting vervroegd kunnen worden. In de (na)zomer van 2008 en voorjaar van 2013 is de bepaling van de hoogte van de SEB-palen in opdracht van de NAM uitgevoerd door Fugro-Inpark. De hoogtes van de ijkpunten waaraan deze metingen worden gekoppeld zijn in 2009 door RWS aan de NAM geleverd.
- Van de getijhoogtes levert RWS Noord-Nederland jaarlijks de basisgegevens (10-minuten-waarden) aan of ze worden via <http://waterinfo.rws.nl> aangevraagd, zodat de gemiddeld hoogwaters en overstromingsfrequenties bepaald kunnen worden. Deze gegevens komen meestal in de loop van januari van het opvolgende jaar beschikbaar.
- De vegetatie van de pionierzone (jaarlijks) en de hoogtemetingen van de meetvakken (vanaf 2013 driejaarlijks i.p.v. vierjaarlijks) worden door RWS Noord-Nederland aangeleverd en de vegetatiekaarten circa zesjaarlijks door RWS-CIV (zie *Bijlage A* voor het VEGWAD-tijdschema).
- Voor de jaarlijkse neerslag en verdamping (gewasverdamping volgens Makkink) wordt gebruik gemaakt van de KNMI-gegevens voor Lauwersoog (station 277).
- Gegevens betreffende opslibbing op het wad ('spijkermetingen') worden geleverd door Natuurcentrum Ameland (NCA).

Waar van belang worden de door derden gebruikte methodes in hoofdstuk 2 toegelicht.

1.4 Ervaring op basis van bodemdalingsonderzoek Ameland

De opslibbingssnelheid en samenstelling van de kweldervegetatie zijn onder andere afhankelijk van de overvloedingsfrequentie (de regelmaat waarin het gebied onder water staat), die op haar beurt in belangrijke mate wordt bepaald door de hoogte van het maaiveld. Aangezien de bodemdaling direct de hoogte van het maaiveld beïnvloedt, kan bodemdaling consequenties hebben voor zowel de vegetatiesamenstelling als de opslibbingssnelheid. De terugkoppeling tussen hoogteligging en opslibbingssnelheid kan er echter voor zorgen dat de opslibbing de bodemdaling compenseert, wanneer sedimentbeschikbaarheid en transportcapaciteit voldoende zijn (Figuur 1.5). Daarnaast zijn de afstand tot het wad of tot kreken (de bronnen van het sediment) zeer belangrijk voor de snelheid van opslibbing (Stoddart *et al.*, 1989; Van Duin *et al.*, 1997; Esselink, 2000), vaak zelfs van groter belang dan de hoogteligging. Stormen spelen een grote rol bij de variatie van de opslibbing in de ruimte en in de tijd (Kamps, 1956, 1962; Van Duin *et al.*, 1997).



Figuur 1.5 Factoren die een rol spelen bij de maaiveldhoogte- en vegetatie-ontwikkeling op vastelandskwelders.

1.4.1 Opslibbingsbalans en zonehypothese ¹

In de Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee (Oost *et al.*, 1998), uitgevoerd in het kader van de gaswinning onder Ameland, waren de volgende uitgangspunten geformuleerd om de effecten van zeespiegelstijging en/of bodemdaling op kwelders te kunnen voorspellen (zie ook Meesters *et al.*, 2006):

- Er treden geen veranderingen van de vegetatie op indien de opslibbing in balans is met de som van de bodemdaling en de zeespiegelstijging. Reden hiervoor is dat de kweldervegetatie in nauwkeurig vastgelegde zones ten opzichte van GHW groeit (Dijkema, 1997). De vegetatiezones zullen uiteindelijk parallel aan de trend in de jaargemiddelde waterstand, opslibbing en bodemdaling opschuiven.
- Er treden geen effecten op van een tijdelijk en gering tekort in de opslibbingsbalans van 5 cm (= grenswaarde). Dit wil zeggen dat er verwacht wordt dat er geen effecten op de vegetatie zullen zijn indien de maaiveldhoogte tijdelijk met maximaal 5 cm meer afneemt (door bijvoorbeeld bodemdaling of inklink) dan er opslibbing is. Redenen daarvoor zijn: 1) Binnen een termijn van

¹ De opslibbingbalans is het verschil tussen de gemeten opslibbing (inclusief autocompactie en vertrapping, in geval van beweiding) en bodemdaling. Bij onvoldoende compensatie van de bodemdaling door opslibbing daalt het maaiveld en is de opslibbingbalans negatief.

De zonehypothese, die in 1986 is opgesteld voor Ameland om de mogelijke effecten van bodemdaling op de vegetatie te helpen verklaren, gaat uit van effecten van bodemdaling op de kweldervegetatie indien de maaiveldhoogte daalt, d.w.z. indien de opslibbingbalans negatief is.

tien jaar zijn de jaar-op- jaar-veranderingen in GHW van meer belang; 2) De planten groeien lang niet altijd op de ondergrens van hun zone (Van Duin *et al.*, 1997).

1.4.2 Huidige uitgangspunten

De resultaten van 30 jaar monitoring op Ameland (Dijkema *et al.*, 2005; Dijkema *et al.*, 2011; Elschot *et al.*, 2017) hebben echter tot een aantal nieuwe of bijgestelde uitgangspunten geleid:

- Bij het interpreteren van de opslibningsbalans en de maaiveldhoogte zijn in 2011 nieuwe grenswaarden voor de zonehypothese vastgesteld:
 - De balans tussen opslibbing en bodemdaling kent geen grenswaarde meer (was -5 cm) voor veranderingen in de vegetatie.
 - De vegetatie verandert indien het maaiveld onder een grenswaarde van 10-15 cm beneden de theoretische ondergrens van een vegetatiezone zakt. In 2017 bleek echter dat zelfs een dergelijk opslibbingstekort niet altijd een regressie van de vegetatie tot gevolg heeft (zie volgende punt).
- De ontwatering blijkt voor de kwelderzonering op Ameland, binnen onbekende marges, meer en in ieder geval sneller tot veranderingen in vegetatie te leiden dan de maaiveldhoogte. In kommen wordt daarom geen grenswaarde voor maaiveldhoogte gebruikt, niet in positieve en niet in negatieve zin. De opslibbing en de ontwikkeling van de vegetatie in de kommen hangt namelijk vooral af van eventuele drainage door kreken.
- Op hooggelegen delen van de kwelder wordt de vegetatiezonering, behalve door drainage, ook bepaald door het zoutgehalte van de bodem en concurrentie tussen de plantensoorten.
- De afstand tot het wad of tot kreken (de bronnen van het sediment) blijkt minstens zo belangrijk te zijn voor de snelheid van opslibbing als de hoogteligging.
- Er treedt soms lokaal regressie van de vegetatie op, maar die is niet per definitie negatief.

Bij de monitoring in de Peazemerlannen worden deze uitgangspunten ook gebruikt. Om de effecten van de gaswinning en de hieruit voortkomende bodemdaling op de Peazemerlannen in kaart te brengen resulteert dat in de volgende te beantwoorden vragen:

1. Wat is de verandering van maaiveldhoogte (bodemdaling + opslibbing) en hoe verhoudt deze zich tot de streefwaarde (bodemdaling + zeespiegelstijging) en grenswaarde (10-15 cm onder de ondergrens van een vegetatiezone) voor maaiveldddaling voor de vegetatiesamenstelling?
2. Wat zijn de veranderingen in vegetatie (successierichting) en areaal van de vegetatiezones, en welke factoren, incl. opslibbingbalans, ontwatering, beweiding, veranderingen in GHW, kunnen de verandering verklaren? Hierbij moet ook aandacht zijn voor eventuele cumulatie van effecten veroorzaakt door deze factoren.

2. Methodes

2.1 Globale werkwijze

Voor het monitoringonderzoek in de Peazemerlannen en het referentiegebied wordt gebruik gemaakt van beproefde methodes die in de paragrafen hieronder uitgebreid worden toegelicht.

Jaarlijks worden twee Sedimentatie-Erosie-Balk (SEB)-metingen uitgevoerd (eind maart en in augustus/september) en worden vegetatieopnames gemaakt (pq's) bij de kwelder SEB-meetpunten in de Peazemerlannen en het referentiegebied. Aan het eind van het jaar worden de verzamelde gegevens uitgewerkt en verwerkt tot een jaarverslag of evaluatierapport (ca. om de 5-6 jaar).

Het eerste jaarrapport uit 2007 wordt jaarlijks uitgebreid met de meest recente gegevens en een aantal basiszaken wordt in elk vervolrapport opgenomen, zodat voor een overzicht van de beschikbare informatie steeds alleen het laatste jaarrapport of evaluatierapport nodig is.

Om de vergelijking tussen het bodemdalinggebied en referentiegebied te vergemakkelijken worden de gegevens meestal vanaf 2007 weergegeven, het startjaar van de gaswinning. Dit geldt ook voor de reeds langer bestaande meetpunten in de Peazemerlannen. Waar van belang of nut, bv. om een langjariger trend te tonen, worden oudere data ook weergegeven. Voor aanvullende informatie en een korte historische beschrijving van het gebied wordt verwezen naar van Duin *et al.*, 1997 en 2007.

2.2 Monitoring

2.2.1 Peazemerlannen

Het monitoringonderzoek bestaat uit het periodiek opnemen van opslibbing en vegetatie (zie § 2.4 en 2.5 voor beschrijving gebruikte methodes) op twee schaalniveaus:

1. Puntmetingen: SEB-opslibbingsmeting gecombineerd met een vegetatie(pq)-meting.

- De metingen van de opslibbing/inklink² op de 48 meetpunten uitgevoerd met de SEB-methode in de Peazemerlannen zijn al vanaf 1995 onderdeel van het SEB-meetnet van Wageningen Marine Research (vanaf 2016 i.s.m. *Artemisia*) in de Waddenzee. De opnamefrequentie van minimaal twee maal per jaar is noodzakelijk voor een inzicht in de processen achter de opslibbing ('events' in de opslibbing in de winter, klink en krimp van de bodem in de zomer en compactie of vertrapping in het beweidingseizoen).
- De vegetatieopnames zijn in 1995 en 1996 en daarna vanaf 2000 elk jaar volgens de Schaal van Londo gemaakt in de pq's van 2 x 2 m.

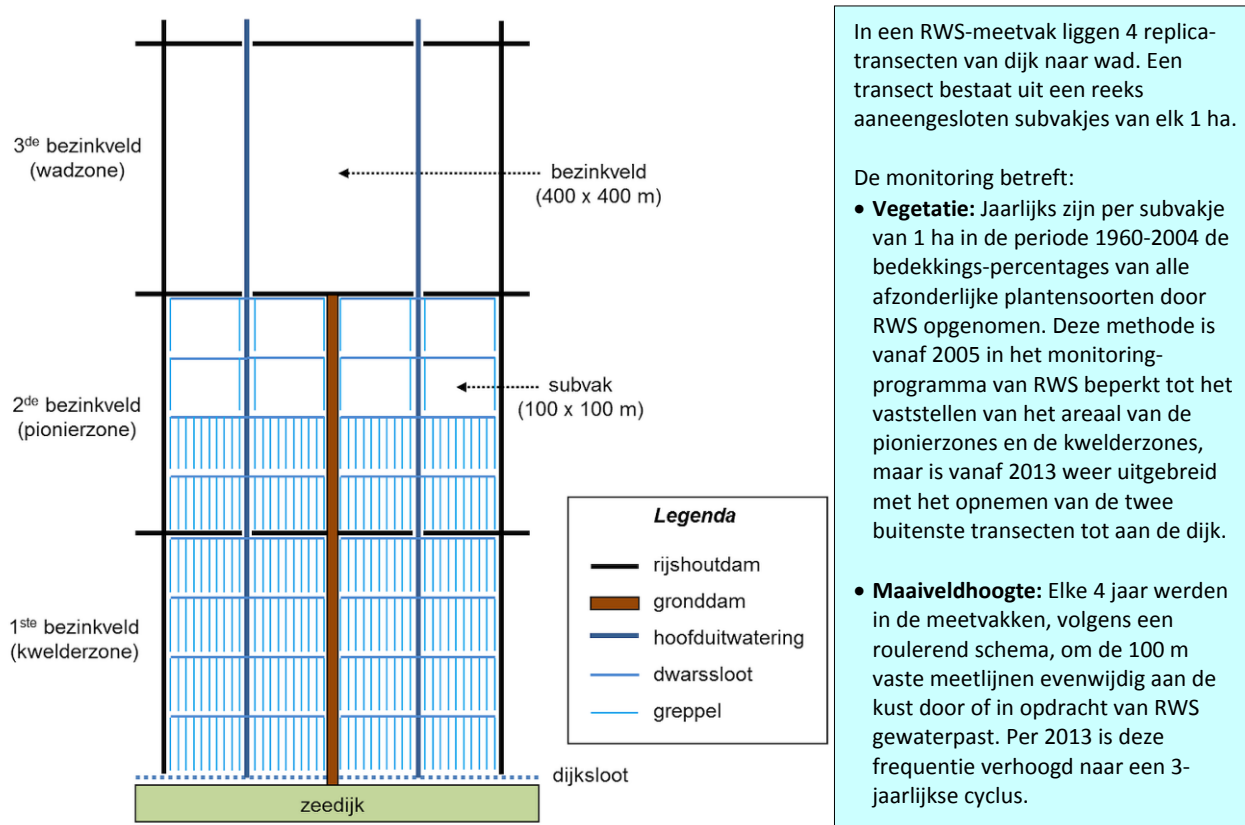
2. Vlakdekkende meting: vegetatiekartering. Vegetatiekaarten worden door RWS om de 6 jaar gemaakt en bieden, naast het waarnemen van trends in de ontwikkeling, de mogelijkheid de vegetatie te vergelijken met alle andere kwelders en schorren in Nederland om te zien of die een zelfde trend doorlopen. De meest recente vegetatiekaart van de vastelandkwelders in Groningen en Friesland (incl. Peazemerlannen) is van 2014 (opgeleverd eind 2016). Dit is een bestaande, structureel vastgelegde monitoringactiviteit door RWS (VEGWAD-programma).

² Het bepalen van de balans tussen opslibbing, bodemdaling en veranderingen in GHW is een beproefde methode in de lopende monitoringsprogramma's in de Groninger en Friese kwelderwerken (beheermetingen) en op Ameland (monitoring effecten van bodemdaling door gaswinning). De methode wordt o.a. aanbevolen door de Raad voor de Natuur in haar advies over bodemdaling door gaswinning. De methode is gebaseerd op opslibbing/inklinkmetingen gekoppeld aan de pq's. Het SEB-meetnet in o.a. de Peazemerlannen, in verschillende delen van de kwelderwerken en op Ameland is een betrouwbare basis voor interpretatie van de waargenomen processen op één bepaalde locatie.

2.2.2 Referentiegebied West-Groningen

Naast puntmetingen en vlakdekkende metingen zoals in de Peazemerlannen worden in het referentiegebied ook nog metingen op een intermediair schaalniveau gedaan: transecten. RWS heeft in de kwelderwerken langs de Groningen noordkust 13 meetvakken met transect-data over de periode 1960-2016. Hiervan worden er vijf gebruikt als referentie voor de Peazemerlannen. Per meetvak liggen in 4 replica vegetatie-transecten totaal circa 50 subvakjes van 1 ha (*Figuur 2.1*).

Sinds 2013 heeft RWS het veldwerk voor de monitoring uitbesteedt via de aannemer die het onderhoud aan de rijshoutdammen doet. RWS doet het bestandbeheer. De uitwerking en de verslaglegging wordt gedaan in samenwerking met de Werk- en Stuurgroep Kwelderwerken. Deze lange reeks met WOK-gegevens (=Werkgroep Onderzoek Kwelderwerken) heeft in de bodemdalingstudies 1993, 1999 en 2004 een grote rol voor de NAM gespeeld.



Figuur 2.1 Schematische voorstelling van de opbouw van een meetvak.

Samengevat houdt de monitoring van het referentiegebied in de meetvakken van de Groninger kwelderwerken in:

1. **Puntmetingen: SEB-opslibbingsmetingen** gecombineerd met **vegetatie(pq)-metingen** in 5 RWS-meetvakken t.b.v. vergelijking met de methode Ameland en Peazemerlannen. In de naamgeving van de meetpunten zit een koppeling met het subvakje van het RWS-meetvak waarin het meetpunt ligt. Zie voor beschrijving methode § 2.4 en 2.5.
2. **Transectmeting: Hoogtemetingen RWS-meetvakken** op meetlijnen (transecten met 100 punten per hectare) door alle subvakjes, meetcyclus voor alle meetvakken was 4 jaar, maar dit is per 2013 elke 3 jaar geworden. In 2004 van waterpassen naar RTK-GPS-methode overgegaan. Dit is een bestand onderdeel van de WOK-monitoring door RWS Noord-Nederland.
3. **Transectmeting: Vegetatie RWS-meetvakken.** De helft van de circa 50 subvakjes ligt aan de wadkant. De opname van deze vakjes gebeurt jaarlijks om het areaal van de kwelderwerken

(pionierzone en kweldergrens) te kunnen vaststellen. De jaarlijkse opname van de vegetatie in de overige subvakjes tot aan de dijkzijde is in 2005 gestopt, omdat het geen RWS-taak is de vegetatie-kwaliteit (biodiversiteit) in de kwelderwerken te meten. Om de WOK-opnamen in te zetten als referentie voor de Peazemerlannen zijn van 2006-2012 de subvakjes van de twee buitenste transecten jaarlijks door Imares weer tot aan de dijk opgenomen binnen het door de NAM gefinancierde monitoringprogramma. Vanaf 2013 zijn dit west- en oost-transect vanaf dijk tot wad weer in de standaard WOK-monitoring door RWS opgenomen.

4. **Vlakdekkende meting: Vegetatiekaarten** worden door RWS in het kader van de VEGWAD-monitoring om de 6 jaar gemaakt. Ze kunnen worden gebruikt voor een vlakdekkende controle van de meetvakkenmethode en bieden de mogelijkheid de vegetatie te vergelijken met andere kwelders en schorren in Nederland. De meest recente vegetatiekaart van de vastelandkwelders in Groningen en Friesland, incl. Peazemerlannen, is van 2014 (opgeleverd eind 2016; *Bijlage A*).

2.2.3 Aanvullende meetpunten (ter referentie)

In het referentiegebied is de laatste jaren steeds meer beweiding gekomen na uitvoering van het Groninger kwelderherstelplan. Hierdoor is er echter in toenemende mate vertrapping opgetreden bij diverse pq's. Dit maakte het steeds moeilijker om een goede vergelijking met de Peazemerlannen te maken. Aanpassing of uitbreiding van het aantal meetpunten in het referentiegebied zou dit probleem niet oplossen. Als alternatief zijn gegevens gebruikt afkomstig van meetpunten uit het SEB-meetnet, dat vanaf 1993 is opgebouwd en via verschillende projecten steeds verder is uitgebreid met nieuwe locaties. Van de locaties Noord-Friesland Buitendijks (drie deelgebieden in de Friese kwelderwerken tussen Hallum en Ferwerd), Holwerd (oostelijk van de pier naar de veerboot naar Ameland) en Julianapolder (ligt binnen de kwelderwerken van west-Groningen) zijn gegevens over de periode 2007-2018 van opslibbings- en vegetatiemeetpunten, die de afgelopen jaren onbeweid en/of niet vertrapt zijn, gebruikt als aanvulling op (of eventueel ter vervanging van) de gegevens van de referentiemeetpunten.

2.3 Keuze ligging pq's

2.3.1 Peazemerlannen

De meetpunten in de Peazemerlannen waren van 1995 tot 2007 verdeeld over vijf groepen gebaseerd op de belangrijkste vegetatiezones. Deze 30 permanente kwadraten (verder pq's genoemd) in de Peazemerlannen, drie in zomerpolder en 27 in kwelder, zijn uitgebreid naar 48 pq's (*Tabel 2.1* en *Figuur 2.2*), zodat er vanaf 2007 zes in de zomerpolder liggen en 42 in de kwelder en pionierzone.

Tabel 2.1 Verdeling van de pq's over de verschillende vegetatiezones (anno 2007) in de Peazemerlannen en het referentiegebied Groningen.

Vegetatiezone volgens SALT97	Aantal pq's Peazemerlannen	Aantal pq's referentiegebied
Kaal wad	2	4
11: pre-pionierzone	3	2
12: pionierzone	-	4
22: lage kwelder met pionierssoorten	6	-
21: lage kwelder (bij doorbraak en/of in kom)	16 (6+10)	10
32: midden kwelder	15	8
Zomerpolder hoog/Boerenkwelder	3	1
Zomerpolder laag (12: pionierzone en 22: lage kwelder met pionierssoorten)	3	-
Totaal	48	29

Deze uitbreiding was noodzakelijk om replica's te hebben op potentieel voor bodemdaling gevoelige plaatsen (langs de klifrand en in de kommen) en om onderbelichte zones beter te vertegenwoordigen.

De verdeling van de pq's over de vegetatiezones anno 2007 is weergegeven in *Tabel 2.1*. De keuze voor deze verdeling is niet random, maar onder andere gebaseerd op de ligging in het veld en de kwetsbaarheid van bepaalde vegetatiezones voor eventuele bodemdaling en/of zeespiegelstijging. De kwelder in de Peazemerlannen is in principe onbeweid, dus daar hoefde geen rekening mee gehouden worden bij de ligging van de pq's.

Per zone wordt kort ingegaan op de belangrijkste karakteristieken en hun kwetsbaarheid en/of het belang om zones op te nemen in de monitoring. Daarna wordt op de aantallen pq's per zone ingegaan:

- **Kaal wad en pre-pionierzone:** vormen de opmaat voor de (pre-) pionierzone. De vegetatiebedekking is nul of laag (<5% Zeekraal). Bij een te steile hellingshoek, te lage ligging t.o.v. NAP of te grote golfenergie is er geen kans voor de vegetatie om zich te vestigen en/of uit te breiden (bij verder gunstige omstandigheden) en daarmee door te groeien naar de pionierzone. In deze dynamische zones met relatief hoge stroomsnelheden leiden bovengrondse obstakels vaak tot uitspoeling van de omringende grond. Daarom worden in deze zones de opslibingsmetingen voornamelijk via "spijkermetingen" verricht door Natuurcentrum Ameland (zie § 3.1). Om een indicatie te krijgen van de vegetatieontwikkeling en omdat er nauwelijks pionierzone is in de Peazemerlannen (zie hieronder) zijn er toch pq's uitgezet, zij het een beperkt aantal, met daaraan gekoppelde SEB-metingen.
- **De pionierzone:** de meest dynamische en daardoor ook de meest kwetsbare begroeide zone, zowel wat vegetatiebedekking als sedimentatie/erosie betreft. Er staat o.a. eenjarige vegetatie, met name Zeekraal, die grote jaar-op-jaar schommelingen kan vertonen wat bedekking betreft. Daarnaast wordt Engels slijkgras vaak aangetroffen en soms is Gewoon kweldergras in een lage bedekking (<5%) aanwezig. Bij het verdwijnen van de pionierzone neemt de kans voor horizontale uitbreiding van de lage kwelder af en kan op klifvorming en regressie van de lage kwelder optreden. In de Peazemerlannen is de pionierzone nauwelijks aanwezig, wat te maken heeft met de historie van het gebied (Van Duin *et al.*, 1997).
- **Lage kwelder:** de zone waar de overblijvende vegetatie, waaronder kweldergras, voor stabiliteit en vastlegging van het sediment zorgt en de biodiversiteit een piek bereikt. In het bodemdalingsonderzoek op Ameland is de lage kwelder geen echt kwetsbare zone gebleken. Zelfs na daling van het maaiveld onder de zonegrens bleek de zone niet meteen over te gaan in pionierzone. Echter, aangezien het onwenselijk is dat de stabiele lage kwelder door regressie wel overgaat in onstabiele pionierzone is het van groot belang dat deze zone optimaal aandacht krijgt in de monitoring. Om deze reden liggen hier ook de meeste pq's. Potentieel voor bodemdaling extra gevoelige plaatsen (langs de klifrand en in de kommen) hebben hierbij extra aandacht gekregen. Bij de lage kwelder worden drie groepen meetpunten onderscheiden: de punten in de "gewone" lage kwelder, punten die in kommen liggen met een slechte ontwatering en de punten die langs de klifrand liggen. De keus om deze drie groepen te onderscheiden is van tevoren gemaakt op basis van de ligging en omdat door deze opsplitsing de oorzaak van eventuele veranderingen beter te achterhalen is.
- **Midden kwelder:** een vrij hooggelegen zone waarin de biodiversiteit steeds verder terugloopt tot een climaxstadium met vrijwel uitsluitend Zeekweek. Hoewel deze zone niet direct gevoelig is voor zeespiegelstijging of bodemdaling liggen er toch veel pq's. Door de autonome ontwikkeling (opslibing en vegetatiesuccessie) sinds de start van de metingen in 1995/1996 zijn veel van deze pq's van de lage kwelder in middenkwelder pq's komen te liggen. Er is voor gekozen deze reeds bestaande meetpunten ook vanaf 2007 te blijven volgen hoewel het aantal punten in de middenkwelder daardoor nu misschien wat oververtegenwoordigd is. Een reden voor deze keuze is dat de meerjarige ontwikkeling van deze meetpunten bekend is en daardoor

een eventueel optredende trendbreuk in opslibbing of vegetatieontwikkeling na 2007 eerder ontdekt kan worden.

- **Zomerpolder/boerenkwelder:** een door een zomerkade beschermde of zeer hooggelegen zone met incidentele overvloedingen, waardoor de opslibbing meestal lager is dan de inklink. Door een negatieve opslibbingsbalans kan het verschil in maaiveldhoogte met de aangrenzende, normaal opslibbende kwelder toenemen. Zeespiegelstijging of bodemdaling zou dit verschil mogelijk kunnen vergroten. In de vegetatie hebben brakke soorten de overhand, soms in combinatie met “zoete soorten” (glycofyten). De soortencombinaties zorgen er daardoor voor dat er vaak geen vegetatietype benoemd kan worden m.b.v. het classificatieprogramma SALT97. In het Groninger referentiegebied zijn geen zomerpolders, maar wel boerenkwelders, die door hun hoge ligging de zomerpoldersituatie het meest benaderen. Aangezien de kans bestaat dat (het oostelijke deel van) de zomerpolder in de Peazemerlannen op niet al te lange termijn wordt uitgedijkt, is daar bij het uitzetten van de pq's/SEB-meetpunten rekening mee gehouden. De zomerpolder in het oostelijke deel is daardoor nu ook vertegenwoordigd, zij het met een beperkt aantal meetpunten.



Figuur 2.2 Overzicht Peazemerlannen en ligging van de 48 SEB- en vegetatiemeetpunten. (Foto: Google Earth)

2.3.2 Meetpunten referentiegebied

De verdeling van de pq's over de vegetatiezones anno 2007 voor het referentiegebied is weergegeven in *Tabel 2.1*. De keuze voor deze verdeling is met name gekoppeld aan de vegetatiezones die in de Peazemerlannen worden onderzocht.

Na een veldbezoek aan de Peazemerlannen en het referentiegebied op 1 sept 2015 met drie leden van de auditcommissie en de NAM, is besloten om de bestaande referentiemeetpunten te blijven gebruiken, maar daarnaast ook het volgende te doen:

- SEB-palen in beweide delen van het referentiegebied dieper in de grond te slaan om te kijken of de aantrekkingskracht op het vee en daarmee de vertrappingsschade vermindert. Als test is dit in het najaar van 2015 meteen uitgevoerd in meetvak 311, maar dat heeft niet voldoende het gewenste effect gehad.
- De vertrapingsintensiteit blijven vastleggen en in een aparte tabel opnemen in de rapportages (zie Bijlage D).
- Onbeweide meetpunten uit het SEB-meetnet van *Artemisia* en Wageningen Marine Research indien nodig toevoegen aan de rapporten als alternatieve referentiepunten. Dit is in het voorliggende rapport gedaan (zie § 2.3.3).

2.3.3 Aanvullende meetpunten (ter referentie)

Net zoals bij de meetpunten in West-Groningen is bij de meetpunten, die ter aanvullende/vervangende referentie ingezet worden, met name gekeken naar pq's met een ligging (rond 2007) in een met de Peazemerlannen vergelijkbare vegetatiezone. Er zijn uit drie gebieden in totaal 74 pq's geselecteerd waar van 2007-2018 geen beweiding (of extensieve beweiding met weinig tot geen effect op de meetpunten) heeft plaatsgevonden (Tabel 2.2).

Bij deze aanvullende meetpunten ligt de nadruk op de resultaten betreffende de opslibbing en minder op de vegetatieontwikkeling.

Tabel 2.2 Verdeling van de meetpunten die ter aanvulling van de referentiemeetpunten zijn gebruikt over de verschillende vegetatiezones (anno 2007) per deelgebied.

Vegetatiezone volgens SALT97	Aantal pq's Noord-Friesland Buitendijks	Aantal pq's Holwerd (Fr.)	Aantal pq's Julianapolder (Gr.)
Kaal wad	-	-	1
11: pre-pionierzone	5	1	-
12: pionierzone	3	4	3
22: lage kwelder met pioniersoorten	3	-	-
21: lage kwelder (en/of in kom)	7	25	5
32: midden kwelder (met Zeekweek)	-	13	4
Totaal	18	43	13

2.4 Opslibbing (SEB-meting bij pq's)

Twee maal per jaar (in maart en augustus/september) is van 2007-2018 de opslibbing gemeten met de Sedimentatie-Erosie-Balk (Van Duin *et al.*, 2007) bij alle 48 punten in de Peazemerlannen en de 29 punten in het referentiegebied. Deze metingen zijn gekoppeld aan de vegetatie-opnames in de pq's.

De metingen worden in § 3.1 in grafieken gepresenteerd vanaf de nazomer-meting. Ook worden de gemiddelden over de jaren steeds berekend vanaf dit tijdstip. Daarvoor is gekozen, omdat vers sediment, dat tijdens de winterstormen afgezet kan zijn, dan de tijd heeft gehad in te klinken waardoor de schatting van de gemiddelde jaarlijkse opslibbing nauwkeuriger wordt (door minder kans op overschatting).

2.5 Vegetatie (pq's)

De vegetatie-opnames in de pq's, volgens Schaal van Londo, worden gemaakt in augustus/september, gelijk met de aan de pq gekoppelde SEB-meting. Van alle kwelder-pq's is de

ontwikkeling van de vegetatie bepaald met behulp van de vegetatietypologie SALT97 (De Jong et al., 1998). Door de gecombineerde opslibbings- en vegetatiemeting kan het vegetatietype volgens SALT97, het procentuele aandeel van soortengroepen per jaar (zie o.a. Dijkema *et al.*, 2005) in figuren gecombineerd worden met de cumulatieve maaiveldverandering.

Door de hoge ligging bestaat de vegetatie in sommige pq's in de zomerpolder en boerenkwelder vaak uit soortencombinaties die niet door SALT97 herkend worden. Een tweede factor die vegetatieopnames in deze pq's soms bemoeilijkt is de zeer korte vegetatie door beweiding.

Als successie wordt verschuiving naar een ouder stadium gezien en als regressie verschuiving naar een jonger successiestadium. De successierichting van de vegetatie is een belangrijk gegeven om effecten van natuurlijke veranderingen, van beheersmaatregelen en van bodemdaling door gaswinning te kunnen beoordelen. In vaste proefvakken (pq's) wordt de bedekking van de afzonderlijke plantensoorten elk jaar of elke paar jaar opgenomen. De pq-methode is in de vegetatiekunde een standaardmethode en wordt toegepast in bijvoorbeeld de monitoringprogramma's in de kwelderwerken (meetvakken ten behoeve van het beheer) en op Ameland (pq's voor de bodemdaling). De gegevens van de pq's worden verwerkt tot op het niveau van soortengroepen, en beoordeeld op successie/regressie en/of veroudering/verjonging (Eysink *et al.*, 2000). Bij de verwerking wordt tevens aandacht besteed aan de cumulatie van effecten van beheersmaatregelen (waaronder beweiding), bodemdaling en natuurlijke veranderingen, zoals weersomstandigheden en het jaargemiddelde hoogwaterpeil. De jaarlijkse frequentie en vegetatieopnamen in pq's volgens de gedetailleerde Schaal van Londo zijn noodzakelijk om de effecten van bodemdaling, beheer en die van andere oorzaken en natuurlijke veranderingen van elkaar te kunnen scheiden.

Uit het onderzoek aan de vegetatie in de Peazemerlannen en op Ameland in het verleden is het volgende reeds geleerd:

- Uit een vergelijking van de theoretische ondergrenzen van de vegetatiezones (*Tabel 2.3*) met de gemeten gemiddelde ondergrenzen in de Peazemerlannen in 2007 blijkt dat de vegetatiezones >30 cm boven de betreffende ondergrens liggen. De uitkomsten van de kweldermonitoring op Ameland hebben echter de vraag opgeroepen of de huidige theorie over de sterke rol van de maaiveldhoogte in de kwelderzoning nog wel houdbaar is.

Tabel 2.3 Theoretische ondergrens vegetatiezones in een aantal Waddenzeekwelders ($m+NAP$) gecorrigeerd voor de GHW-trend en de gemiddelde gemeten hoogteligging van de 27 kwelder-pq's in 2007.
Puc=Puccinellia (Gewoon kweldergras); Sal = Salicornia (Zeekraal).

Vegetatiezone	Bedekking	Ameland ¹	Friesland midden ²	Groningen west ²	Peazemerlannen ³	Peazemerlannen meting 2007
Midden kwelder		1,46 (beweid) 1,36(onbeweid)	1,35	1,36	1,29	1,62 (n=15)
Lage kwelder	Puc > 5%	1,21	1,22	1,14	1,16	1,48 (n=9)
Pre-laag	Puc < 5%	1,12	1,12	1,04	1,06	
Pionierzone	Sal > 5%	0,86	0,90	0,80	0,84	1,41 (n=3)
Pre-pionier	Sal < 5%	0,82	0,64	0,59	0,58	

¹⁾ Tabel 5.3 in Eysink *et al.* (1995)

²⁾ Tabel 4.6 en 4.7 in Dijkema *et al.* (1991)

³⁾ Berekend uit 2) en gecorrigeerd voor 6 cm lager GHW

- De mate van ontwatering en de beweiding zijn eveneens van belang en beiden hebben een effect op de zonering. In de kommen van de Peazemerlannen is dit duidelijk waargenomen. De vegetatie groeit daar ruim boven de ondergrens, maar toch kan daar bij diverse pq's eenvoudig regressie optreden. De bepalende factor voor het type vegetatie in de kommen is de ontwatering en niet de hoogteligging. Door terugschrijdende erosie in kleine kreekjes vindt in de kommen natuurlijke kreekvorming plaats. Zodra een kom daardoor ontwaterd wordt, zal weer zeer snel successie van de pionierzone naar de lage kwelderzone plaatsvinden. Een voorbeeld is de plas van 2.4 ha op de westzijde van De Hon in het hart van de bodemdaling Ameland, die na kreekvorming in enkele jaren vrijwel volledig is begroeid (Dijkema *et al.*, 2005).

2.6 Bepaling maaiveldhoogte t.o.v. NAP bij de SEB-meetpunten in 2008

In de zomer van 2008 zijn in opdracht van de NAM door Fugro-Inpark de hoogtes van alle SEB-palen in de Peazemerlannen en het referentiegebied bepaald t.o.v. referentiepunten met behulp van doorgaande waterpassingen. In 2009 zijn de NAP-hoogtes van de ijkpunten beschikbaar gekomen die in 2008 door RWS zijn bepaald. Door koppeling van die ijkpunten aan de referentiepunten en de eerste SEB-meting is de maaiveldhoogte van alle meetpunten bepaald.

Afgesproken is om ongeveer elke 5 jaar de koppen van alle palen te meten om een extra controle te hebben en om de juiste hoogtes te hebben van palen die vervangen zijn na bv. schade/verstoring door ijsgang of onderslibbing. In maart 2013 heeft Fugro daarom wederom de hoogte van de SEB-palen bepaald, met nog een kleine aanvulling en controle begin mei. Hoewel doorgaande waterpassingen, zoals gebruikt in 2008, zeer precies zijn, zijn ze ook tijdrovend en sterk afhankelijk van de weersomstandigheden (met name wind). In overleg is daarom besloten de metingen nu met een RTK-DGPS uit te voeren.

De SEB-palen zijn in kleine kringen gemeten. Het voordeel hiervan is dat er geen of nauwelijks verstoring ontstaat door wijziging van ontvangst van het aantal satellieten. De nauwkeurigheid in Z wordt vast gesteld in ± 2 cm (verschil tussen starthoogte te meten kring en sluithoogte).

De uitgangspunten vielen allemaal ruim binnen de afgesproken tolerantie van 2 cm. Wel waren er een aantal bijzonderheden gedurende de metingen. Een aantal NAP-bouten zijn niet gebruikt vanwege zichtbare verstoringen. In de Peazemerlannen bleek het grondanker van NAP-bout 2G0090 los te zitten en is daarom niet gebruikt. Een andere NAP-bout (2G0103) zat oorspronkelijk in een hekpaal, maar deze paal is vervangen waardoor de bout is verdwenen. Voor deze twee NAP-bouten zijn alternatieven genomen. Verder waren sommige punten niet met de GPS-Rover te meten, omdat de NAP-bout in de gevel zat. Dit is opgelost door hier in de buurt een spijker te slaan en deze vanaf de NAP-bout te waterpassen. Het gaat hier om 1002 bij 3C0109 bij Pieterburen en 1006 bij 2G0091 en 2G0098 in het gebied bij Peazemerlannen.

De GPS-Basis is in het gebied bij Pieterburen ongeveer 2 meter vanaf NAP-bout 3C0113 gezet op punt 1001. Vanaf dit punt kon het hele gebied gemeten worden. In Peazemerlannen is de GPS-Basis in de buurt van 2G0091 gezet (op punt 1003). Hierbij is gelijk ook een spijker 1004 meegemeten, zodat er een goede controle van de GPS-Basis/Rover was. Daarnaast lag dit punt 1003 ook mooi midden in het projectgebied, zodat het toestel maar één keer per dag opgesteld hoefde te worden, wat de kans op eventuele fouten beperkt. Ook is elke meetronde of meetdag geëindigd op hetzelfde punt als waar begonnen was. Dit om te controleren of de GPS-Basis gedurende de dag niet omhoog/omlaag is gekomen.

Binnenkort moet besloten worden of en wanneer de volgende controlemeting gaat plaatsvinden.

3. Resultaten en discussie

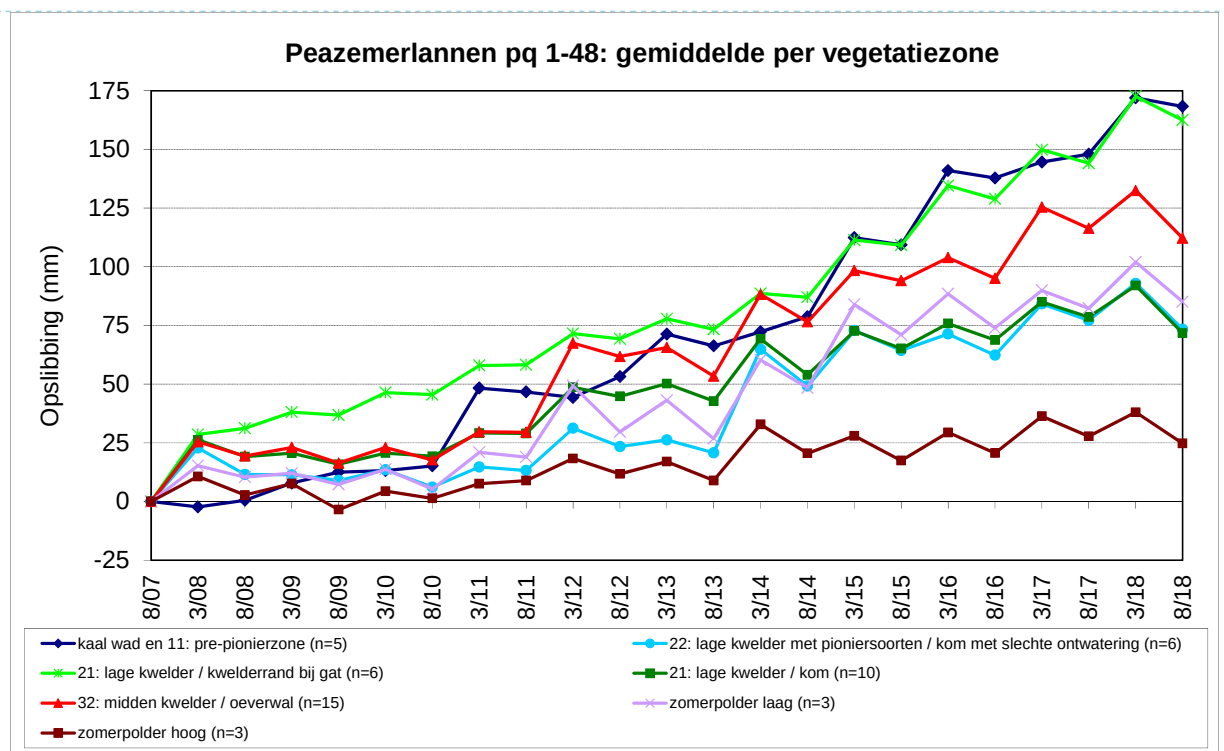
3.1 Maaiveldhoogteverandering (SEB-metingen)

3.1.1 Peazemerlannen

Met de SEB-metingen wordt de verandering van de maaiveldhoogte tussen opeenvolgende metingen gemeten. Het betreft de resultante van sedimentatie, erosie, compactie (klink van de kleilaag door uitdroging of rijping en vertrapping), bioturbatie en groei en afbraak van organische componenten, zoals plantenwortels. Bodemdaling is er niet in verrekend. De maaiveldhoogteverandering wordt in de verdere tekst meestal aangeduid met (netto-) opslibbing.

In de Peazemerlannen was er over de periode 2007-2018 bij alle pq's gemiddeld een toename van de maaiveldhoogte. De gemiddelde jaarlijkse netto-opslibbing in de pionierzone en de verschillende vegetatiezones van de kwelder lag tussen 7-15 mm/j (*Figuur 3.1*). De gemiddelde bodemdaling in deze zelfde periode was 3,6 mm/j (*Figuur 1.3*) en de GHW-stijging 1 mm/j (Trend Lauwersoog 1988-2018; *Figuur 3.13*).

In de zomerpolder is gemiddeld een opslibbing gemeten van 8 mm/j in de lage delen aan de oostkant en 2 mm/j in de kortgegrasde hoger gelegen delen aan de westkant. Op het kale wad en in de pre-pionierzone is een gemiddelde toename in hoogte gemeten van 15 mm/j (*Figuur 3.1*). Tussen meetpunten in dezelfde vegetatiezone waren soms wel grote verschillen, vooral in de dynamische laaggelegen en weinig begroeide pre-pionierzone (zie ook *Tabel 3.1*). De opslibbing van alle afzonderlijke meetpunten is weergegeven in *Bijlage B*.

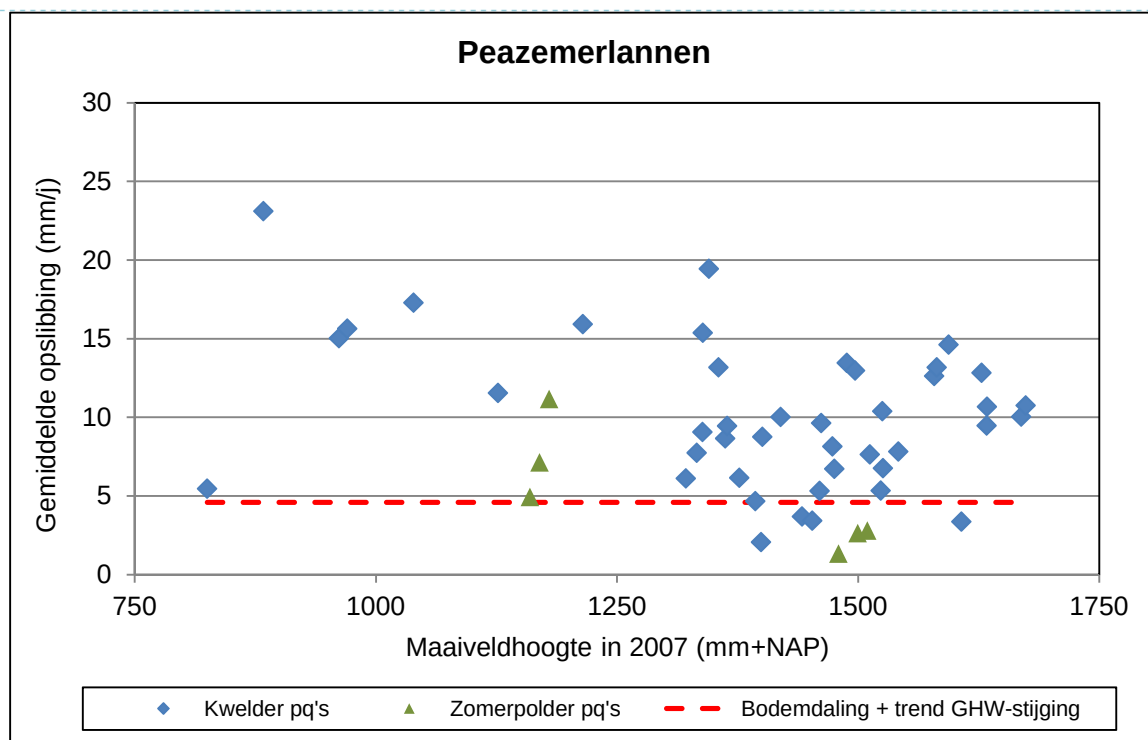


Figuur 3.1 Gemiddelde cumulatieve netto-opslibbing (mm) per vegetatiezone (met SALT97 code) in de kwelder en deelgebied in de zomerpolder op basis van SEB-metingen in de Peazemerlannen van augustus 2007-augustus 2018.

Er zijn zeven meetpunten die over de afgelopen 11 jaar een gemiddelde opslibbing hebben $\leq 4,6$ mm/j, de waarde die op dit moment wordt aangehouden om de combinatie van GHW-stijging en bodemdaling minimaal te kunnen compenseren (*Figuur 3.2*). Daarnaast zijn er nog vijf met een

gemiddelde opslibbing die daar maar net daarboven ligt (<6 mm/j opslibbing). Het betreft naast dezelfde punten als in eerdere rapportages ook enkele punten die voor het eerst dicht bij deze grenswaarde liggen. De eerste categorie betreft drie pq's in de zomerpolder (pq 1, 2 en 3) en een in een poel (pq 17; afwisselend verweking en uitdroging), een vlak bij een poel (pq 33; vaak vrij vochtig) en twee ver weg van het wad en sediment aanvoerende geulen (pq 21, 30). Tot de tweede categorie behoren een op het wad (pq 32; tot 2010 erosie, maar vervolgens enkele jaren een sterke opslibbing), drie ver weg van het wad en sediment aanvoerende geulen (pq 4 en 16 in de kwelder en pq 48 in het oostelijke deel van de zomerpolder) en een vlak bij een poel (pq 43; vaak vrij vochtig). Wat bij deze toename in aantal pq's met een beperkte opslibbing een rol gespeeld kan hebben is dat 2018 bijzonder droog was wat inklink door uitdroging veroorzaakt kan hebben. Daarnaast zijn er zeer weinig sediment aanvoerende hoge tijen geweest in 2018. Als laatste oorzaak wordt gewezen op de schapenbeweiding die in 2018 voor het eerst op grote schaal heeft plaatsgevonden in een deel van de westelijke kwelder, waardoor met name pq 4 vertrapt is.

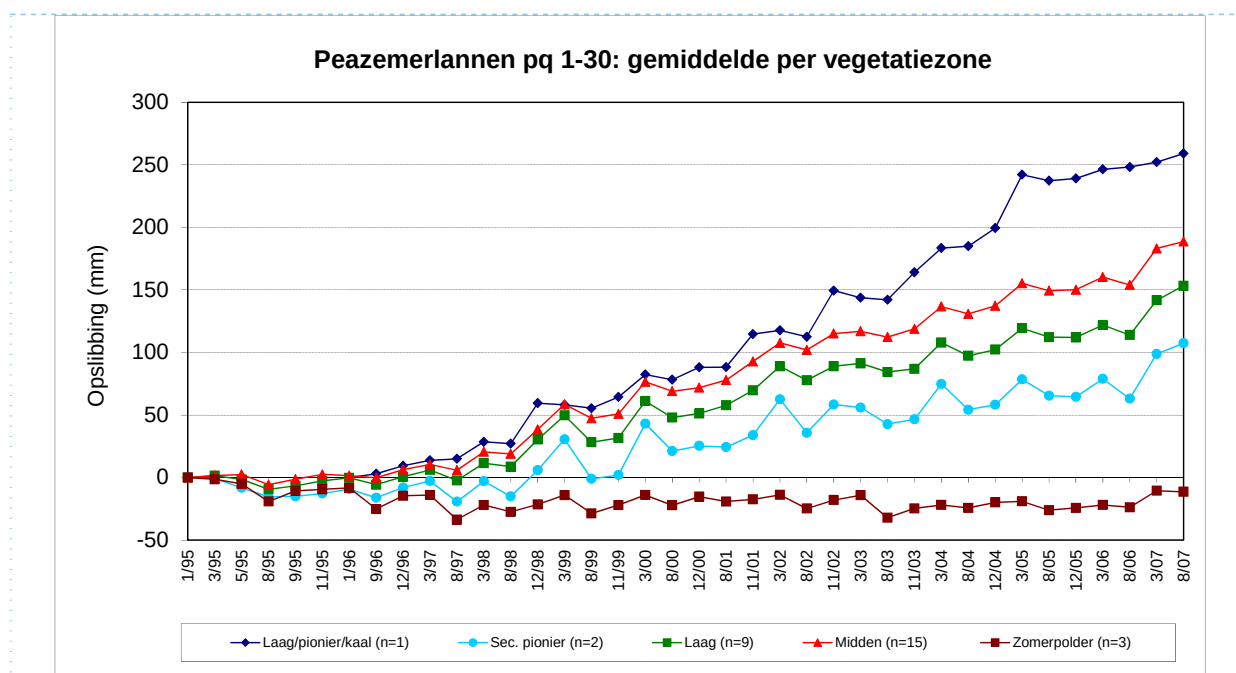
In sommige gevallen kan een aanvankelijke achterstand echter in één of enkele jaren worden ingelopen. Na stormen in het herfst/winterseizoen kunnen grote hoeveelheden sediment, tijdens de zomer op het voorliggende wad opgehoopt, verplaatst worden naar de kwelder. Dit is te zien aan de hoge opslibbing gemeten in de meeste vegetatiezones die in maart na stormen wordt gemeten. Bij de metingen in augustus blijkt wel vaak dat dit sediment door uitdroging sterk is ingeklonken waardoor een deel van de ophoging uit maart teniet is gedaan.



Figuur 3.2 Gemiddelde netto-opslibbing in mm/j per pq over de periode 2007-2018 in de Peazemerlannen. De rode stippellijn geeft de gemiddelde jaarlijkse bodemdaling over de periode 2007 t/m 2018 van 3,6 mm/j (NAM, 2018; zie ook Figuur 1.3) + de trend in GHW-stijging van 1 mm berekend voor Lauwersoog over de periode 1988 t/m 2018 (zie Figuur 3.13).

Doordat in de zomerpolder in de Peazemerlannen de meeste kleppen in de duikers in de loop der jaren verdwenen zijn, en de zomerpolder dus vaker onder water komt te staan waardoor ook meer sediment aangevoerd kan worden, lijkt er nu een beter evenwicht tussen inklink en zwel en/of opslibbing te zijn ontstaan. Gemiddeld over de periode 1995-2007 was er in de hooggelegen westelijke zomerpolder nog een gemiddelde jaarlijkse afname van 2 mm, terwijl er van 2007-2018

een gemiddelde toename in maaiveldhoogte van 2 mm/j gemeten is. Onder invloed van waterverlies en waterabsorptie kunnen oude (=gerijpte) kleiige bodems door krimp en zwelling een variatie in bodemhoogte vertonen van 3-4 cm (Veenstra, 1965; De Glopper, 1973). De mate van fluctuatie hangt sterk samen met de hoeveelheid neerslag en dus het vochtgehalte van de bodem. De zomerpolder blijft echter wel de zone die met de huidige opslibbing niet de zeespiegelstijging kan bijhouden. In combinatie met bodemdaling zou het opslibbingstekort versterkt kunnen worden. Het feit dat de meetpunten aan de westkant van de zomerpolder hooggelegen zijn zorgt er aan één kant voor dat de opslibbing laag is, maar geeft daardoor ook ruimte voor een tijdelijke opslibbingsachterstand zonder directe gevolgen. De drainage moet dan echter niet minder worden, want dat kan snelle gevolgen voor de vegetatie hebben (bv. afsterven van soorten waardoor kale plekken ontstaan).



Figuur 3.3 Gemiddelde cumulatieve netto-opslibbing (mm) van 1995-2007 per vegetatiezone op basis van SEB-metingen bij de 30 aanvankelijke meetpunten in de pionierzone, lage en midden kwelder en zomerpolder.

Een exacte vergelijking met de opslibbing per vegetatiezone van 1995-2007 is lastig, omdat het aantal pq's en de indeling van de pq's in de vegetatiezones door successie veranderd is (zie *Figuur 3.3*).

Vergelijking SEB-metingen met spijkermetingen NCA

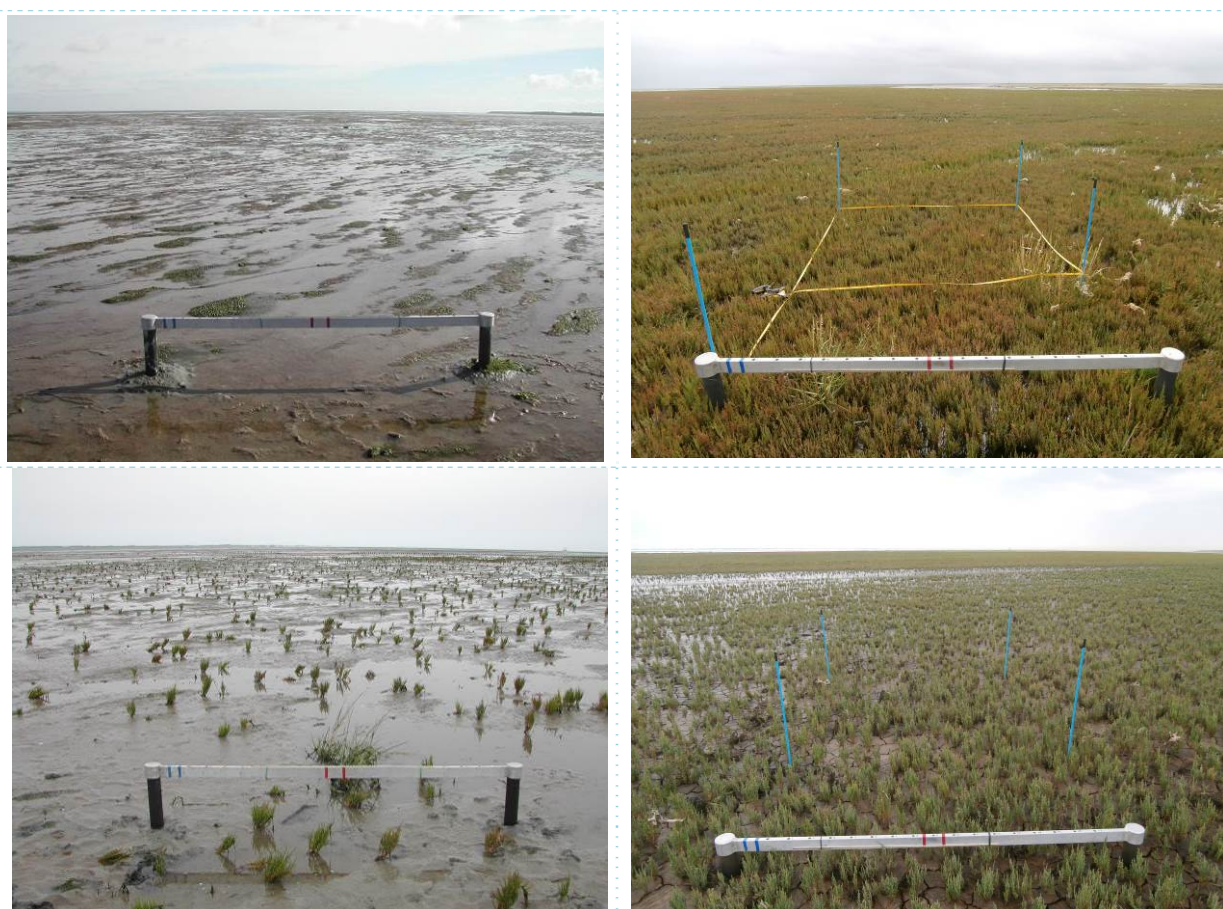
Het Natuurcentrum Ameland (NCA) voert in het kader van hetzelfde monitoringonderzoek betreffende de gaswinning bij Moddergat-Lauwersoog wadsedimentatiemetingen bij de Paesens uit. Bij deze metingen (voor een uitgebreide beschrijving zie Krol, 2019) worden de veranderingen aan het wadoppervlak gemeten ten opzichte van een ondergronds vast punt (grondanker), terwijl bij de SEB-metingen de bovenkant van de SEB-palen het vaste punt vormen.

Uit de meetstations van het NCA en *Artemisia* die op de overgang van de kwelder naar het wad liggen zijn drie groepjes van drie stations gekozen die het dichtste bij elkaar in de buurt liggen om de opslibbingstrend te vergelijken. Omdat de meetreeks van *Artemisia* (en aanvankelijk Imares) vanaf augustus 2007 t/m augustus 2018 loopt, zijn de al langer lopende metingen van NCA ook over deze zelfde periode berekend (zie *Tabel 3.1*). De data zijn ook op een kaartbeeld weergegeven in *Figuur 3.5a*.

De meeste meetpunten laten een opslibbing zien die ruim voldoende is om 3,6 mm bodemdaling en 1 mm GHW-stijging per jaar te compenseren, op P32 na die maar net boven deze grens zit. Dit lijkt vooral te komen door de erosie die bij dit meetpunt bij de start van de metingen is opgetreden, want de laatste jaren neemt de maaiveldhoogte geleidelijk toe. De gemiddelde sedimentatie van alle meetpunten samen is 14 mm/j. Deze opslibbing en de daardoor toegenomen maaiveldhoogte sluiten goed aan bij de waarneming dat het kale wad voor de Peazemerlannen de laatste jaren in het midden en oosten voor een deel is veranderd in een met Zeekraal begroeide (pre)pionierzone, soms met lokaal een Engels slijkgras pol (zie bv. *Figuur 3.4* en § 3.4.1).

Tabel 3.1. Vergelijking van de sedimentatiemetingen van NCA en *Artemisia* op de overgang van kwelder naar wad. Er zijn drie groepjes onderscheiden van drie redelijk dicht bij elkaar liggende punten (zie ook *Figuur 3.5a*).

Meetpunt/Station	aug 2007-aug 2018 (mm/j)
P10 (NCA)	10
P20 (NCA)	14
P32 (<i>Artemisia</i>)	6
P140 (NCA)	9
P37 (<i>Artemisia</i>)	17
P38 (<i>Artemisia</i>)	16
P120 (NCA)	15
P44 (<i>Artemisia</i>)	15
P45 (<i>Artemisia</i>)	23
Gemiddeld	14

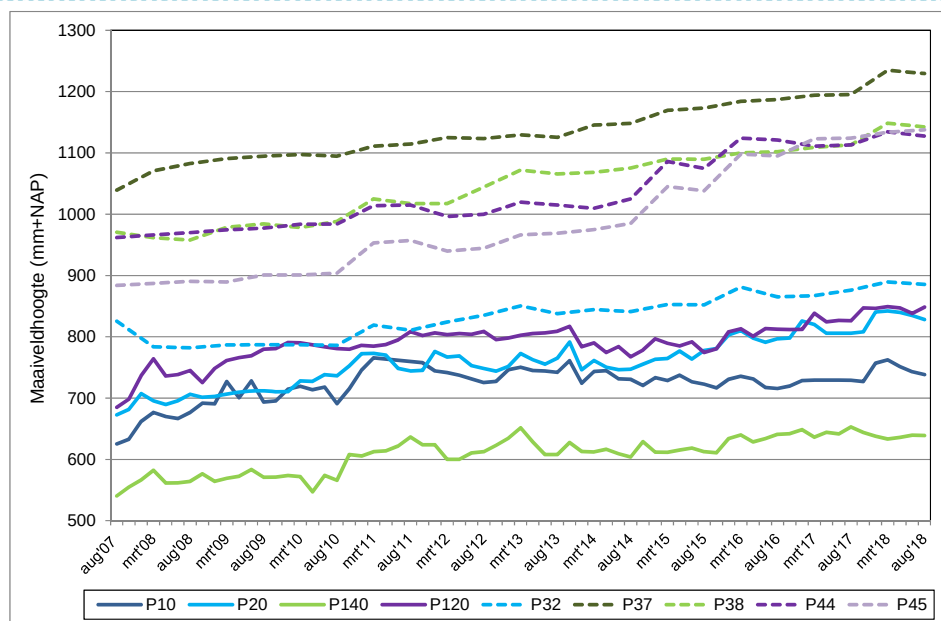


Figuur 3.4. Ontwikkeling (pre-)pionierzone met voornamelijk Zeekraal en (sporadisch) Engels slijkgras bij pq 38 (boven) en pq 44 (onder). Links situatie in 2007 en rechts die in 2018.

a.



b.



Figuur 3.5a. Vergelijking van de opslibbingsmetingen van NCA en Artemisia op de overgang van wad naar kwelder bij de Peazemerlannen over periode aug 2007- aug 2018. De P met nummer betreft het meetpunt en het getal achter de stip de opslibbing in mm/j (Kaart gemaakt door Johan Krol; zie ook Krol, 2019);
b. De ontwikkeling van de maaiveldhoogte (mm+NAP) bij de meetpunten van aug 2007-aug 2018. De doorgetrokken lijnen betreffen de NCA-meetpunten en de gestippelde lijnen de Artemisia-meetpunten. De meetpunten die bij elkaar in de buurt liggen hebben vergelijkbare kleuren.

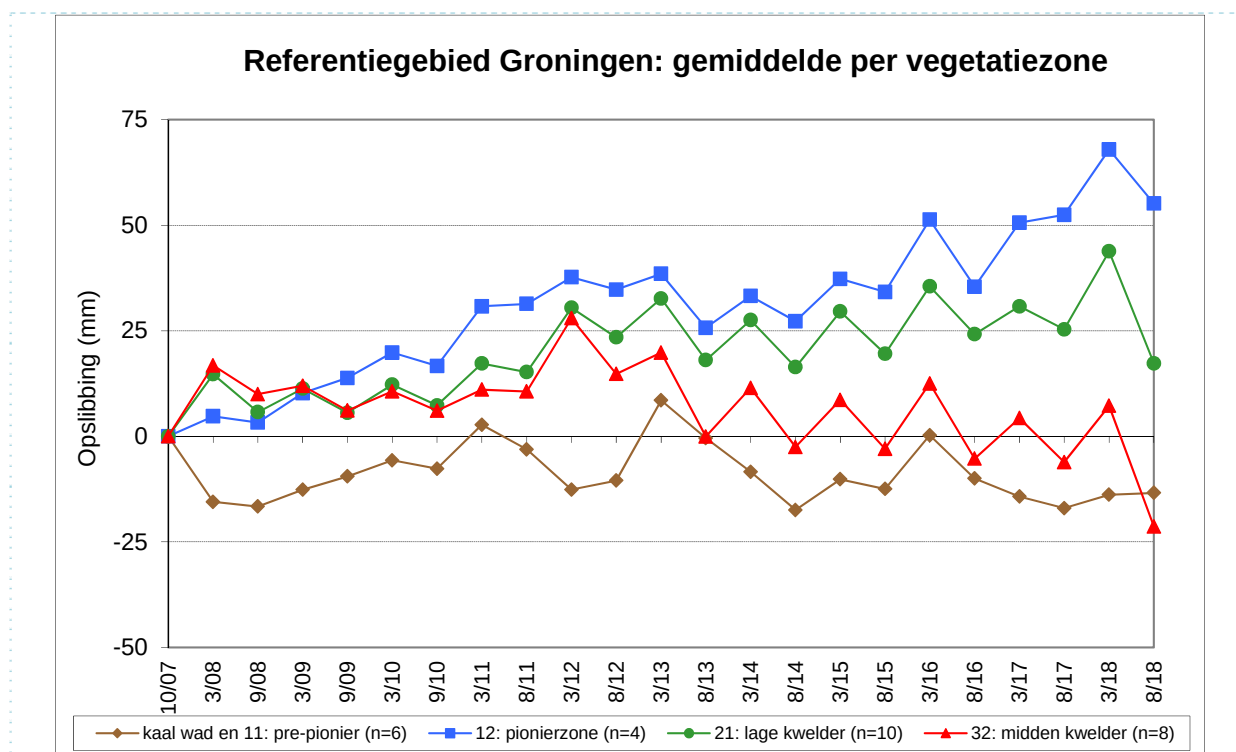
In *Figuur 3.5b* is de verandering in maaiveldhoogte van alle meetpunten in de tijd uitgezet. Ondanks de verschillende methodes, het feit dat ze niet als ‘replica-meetpunten’ zijn uitgezet en de grote dynamiek in deze zone zijn er vergelijkbare patronen waar te nemen, vooral bij sterke opslibbingsperioden. Verder valt op dat de uitgangshoogte van de *Artemisia*-meetpunten hoger was dan de NCA-meetpunten. Dit is te verklaren doordat ze dicht tegen kwelder of zomerkade aan liggen. Bij alle punten is de hoogteligging van 2007-2018 toegenomen. Het beeld bij de laaggelegen punten is echter wel wat grilliger, omdat perioden met opslibbing, erosie en stabiliteit elkaar afwisselen. De aan- of afwezigheid van vegetatie, die op deze plek in de Waddenzee vanaf circa 0,84 m+NAP met een bedekking van >5% aanwezig kan zijn kan een rol spelen bij de opslibbing. Hoewel de aangetroffen vegetatie vrijwel uitsluitend uit de eenjarige Zeekraal bestaat, blijven er de laatste winters bij vier van de vijf *Artemisia*-meetpunten veel vrij dichte concentraties dode planten

staan, die mogelijk luwte creëren waardoor sediment eerder bezinkt en beter blijft liggen. Wanneer de Zeekraal-bedekking beperkt is tot enkele planten is de gevoeligheid voor wind en waterbeweging groot wat tot ronddraaiende bewegingen kan leiden met uitschuring en erosie tot gevolg. De hoogte- en vegetatieontwikkeling in deze dynamische en daardoor ook kwetsbare zone is een interessante graadmeter voor de toestand van het gebied tijdens de gaswinningsperiode.

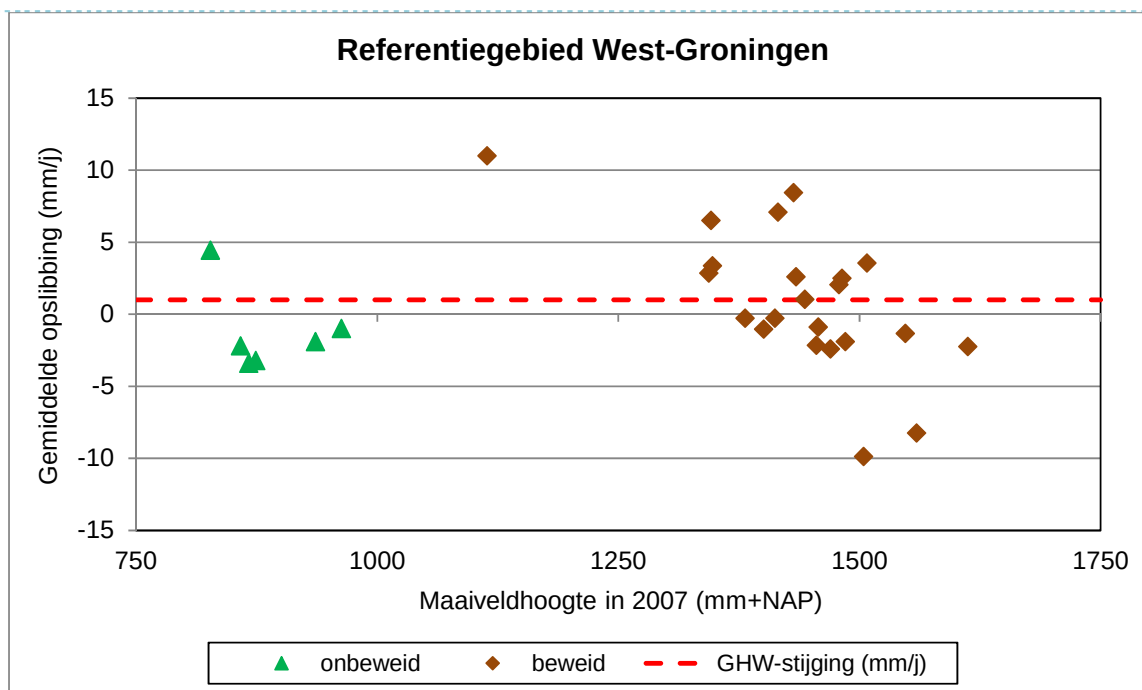
3.1.2 Referentiegebied

In het referentiegebied, de meetvakken in West-Groningen, ligt de gemiddelde jaarlijkse opslibbing gemeten met de SEB in de periode 2007-2018 lager dan in de Peazemerlannen en komt op 2 mm/j in de lage kwelder en op 5 mm/j in de pionierzone (*Figuur 3.6*). Het kale wad en de pre-pionierzone vertoonden gemiddeld een erosie van 1 mm/j en de middenkwelder 2 mm/j. Tussen meetpunten in eenzelfde zone waren ook in het referentiegebied soms grote verschillen, niet alleen in de dynamische laaggelegen, weinig begroeide pre-pionierzone, maar ook in de beweede en onbeweede kwelder (zie ook § 3.3.2). De opslibbing van de afzonderlijke meetpunten is weergegeven in *Bijlage C*.

Er zijn enkele duidelijke verklaringen te geven voor de lagere opslibbing. Aanvankelijk werd er met name gemiddeld erosie (een verlaging van het maaiveld) gemeten bij de meetpunten op het dynamische wad en in de schaars begroeide pre-pionierzone. In de loop der jaren betreft het aantal pq's waarvan het maaiveld lager ligt dan in 2007 bijna 60% van het totale aantal (*Figuur 3.7*). De oorzaak van de erosie ligt bij de meeste meetpunten echter niet aan wegspoelen van sediment of afgenomen opslibbing, maar aan een verlaging van het maaiveld door vertrapping en inklink veroorzaakt door beweiding die sinds 2013, ongeveer na voltooiing van de inrichtingswerkzaamheden voor het Kwelderherstelplan Groningen (Oranjewoud, 2010), op verschillende locaties is gestart of is toegenomen (*Bijlage D*).



Figuur 3.6 Gemiddelde cumulatieve netto-opslibbing (mm) per vegetatiezone (met SALT97 code) op basis van de SEB-metingen in het referentiegebied West-Groningen vanaf 2007-augustus 2018.



Figuur 3.7 Gemiddelde netto-opslibbing in mm/j per kwelder-pq (inclusief pq's in de pionierzone) over de periode 2007-2018 in het referentiegebied West-Groningen. De rode stippellijn geeft de gemiddelde trend in GHW-stijging van 1 mm berekend voor Lauwersoog over de periode 1988 t/m 2018 (zie Figuur 3.13). In 2018 waren alleen de onbegroeide pq's op het wad nog onbeweid, want ook de laatste vijf vanaf 2007 permanent onbeweide kwelder-pq's in meetvak 286 waren in 2018 beweid.

3.1.3 Aanvullende meetpunten (ter referentie)

De gemiddelde jaarlijkse opslibbing gemeten met de SEB in de periode 2007-2018 in aanvullende meetpunten komt voor de meeste vegetatiezones vrij goed overeen met die in de Peazemerlannen (Tabel 3.2 en Bijlage I). De lagere opslibbing bij de aanvullende meetpunten in de middenkwelder zou er mee te maken kunnen hebben dat de afstand tot het wad (als sedimentbron) bij deze punten groter is dan in de Peazemerlannen.

Tabel 3.2 Gemiddelde opslibbing per jaar over de periode 2007-2018 in de verschillende vegetatiezones (anno 2007) bij de meetpunten die ter aanvulling van de referentiemeetpunten zijn gebruikt. Ter vergelijking zijn de gegevens betreffende de Peazemerlannen in de laatste kolom toegevoegd.

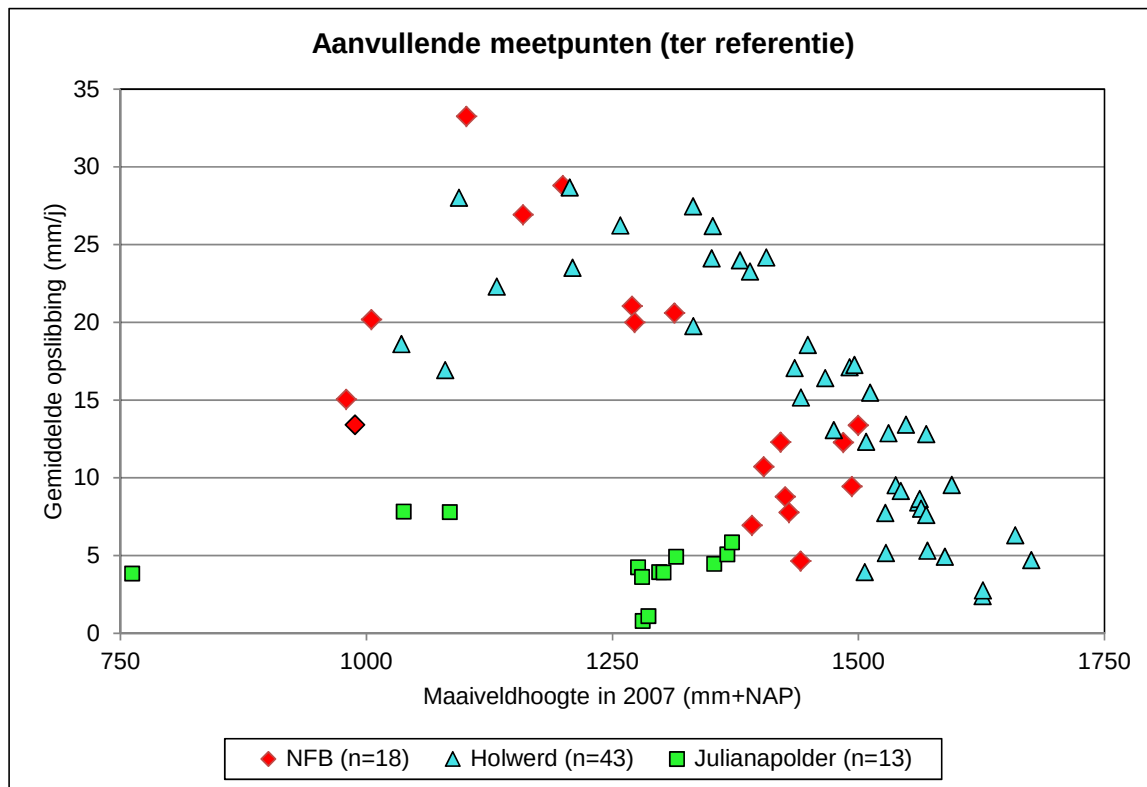
Vegetatiezone volgens SALT97	Aantal pq's per zone (2007)	Gem. opslibbing 2007-2018 (mm/j)	Gem. opslibbing Peazemerlannen 2007-2018 (mm/j)
Kaal wad	1	3,8	16,5
11: pre-pionierzone	6	22,7	14,5
12: pionierzone	10	17,1	-
22: lage kwelder met pioniersoorten	3	14,4	6,7
21: lage kwelder (en/of in kom)	37	8,0	10,6
32: midden kwelder (met Zeekweek)	17	5,8	10,2
Totaal	74		

Er is echter wel een verschil tussen de drie gebruikte aanvullende locaties (Figuur 3.8). De opslibbing in de Groninger Julianapolder ligt lager dan die in de twee Friese deelgebieden. Dit is op zich niet

verrassend, omdat het wad voor de Friese kust erg slibrijk is en de kwelder bij Holwerd-oost bovendien in de luwte van de pier ligt en tegenover een wantij.

De resultaten van Julianapolder liggen aardig in lijn met die van de referentiepunten en de transectmetingen in de meetvakken, wat tevens inhoudt dat de opslibbing in verhouding tot die in de Peazemerlannen wat lager is.

De resultaten van Noord-Friesland Buitendijks en Holwerd-oost komen vrij goed overeen met die van de Peazemerlannen (zie bv. *Figuur 3.2*).



Figuur 3.8 Gemiddelde netto-opslibbing in mm/j per kwelder-pq (inclusief pq's in de pionierzone) over de periode 2007-2018 in de aanvullende meetpunten ter referentie in de deelgebieden Noord-Friesland Buitendijks (NFB), Holwerd (Fr.) en Julianapolder (Gr.).

3.2 Bepaling maaiveldhoogte t.o.v. NAP bij de SEB-meetpunten

De meeste palen waarbij grote verschillen zijn gemeten tussen 2008 en 2013 betrof palen die vervangen zijn na schade door ijsgang in een van de drie winters waarin dit voorkwam, of palen die vervangen/herplaatst zijn na verstoring door inrichtingswerkzaamheden voor het Groninger kwelderherstelplan, of na onderslibbing. Alleen het vrij constante verschil van circa 5 cm tussen de metingen van 2008 en 2013 voor de SEB-palen in meetvak 339 kon niet verklaard worden. Daarom is deze meting op 1 mei 2013 herhaald door Fugro. Aangezien deze meting zeer goed overeenkwam met de meting uit maart 2013 is geconcludeerd dat er waarschijnlijk bij de meting uit 2008 iets niet goed is gegaan. Besloten is de gemeten NAP-hoogtes uit 2008 te vervangen door die van 2013. Hierdoor wijken sommige getallen en figuren voor de metingen in meetvak 339 vanaf jaarrapport 2013 iets af van die uit eerdere rapporten.

3.3 Vegetatie (pq's)

3.3.1 Peazemerlannen

De hele kwelder in de Peazemerlannen is in principe onbeweid. In het westelijke kwelderdeel vindt vrijwel elk jaar toch beweiding plaats op beperkte schaal, omdat er schapen onder het prikkeldraad door kruipen. Bovendien was de afscheiding tussen de kwelder en de zomerkade, met paaltjes en prikkeldraad, op veel plekken in zeer slechte staat. In 2018 bleek een deel van het westelijke kwelderdeel echter ingericht voor schapenbeweiding: het prikkeldraad tussen kwelder en zomerkade lag plat en in de kwelder was langs diepe kreken schrikdraad aangebracht. Hierdoor waren er ca. 100 schapen aanwezig in het deel waarin pq 4-6 zich bevinden.

De zomerpolder wordt elk jaar beweid met schapen en/of koeien en soms jongvee in wisselende dichtheden. Hierdoor varieert de beweiding tussen extensief en matig tot (lokaal) intensief. In het laaggelegen oostelijke deel van de zomerpolder concentreert het vee zich op de meer grazige stukken waardoor de delen met vooral Zeekraal en Schorrenkruid minder bezocht worden. Het meest oostelijke deel van dit gebied (bij de poel en pq 48) is soms afgezet met schrikdraad, zodat er helemaal geen vee kan komen.

In *Tabel 3.3* wordt een samenvatting gegeven van de resultaten voor de Peazemerlannen. Voor alle meetpunten wordt de uitgangssituatie vermeld en de ontwikkeling van 2007 naar 2018. Van alle kwelder-pq's is de ontwikkeling van de vegetatie, zoals bepaald met behulp van SALT97, weergegeven in *Bijlage E-F*.

De drie hooggelegen zomerpolder pq's niet mee gerekend was de vegetatie in 26 kwelder-pq's in de Peazemerlannen stabiel ten opzichte van het beginjaar 2007. Verder heeft er in dertien pq's successie plaatsgevonden naar een andere vegetatiezone en in vier pq's successie binnen dezelfde vegetatiezone (veroudering). Pq 24 en 39 vallen op basis van het verloop in vegetatietype, net als in eerdere jaren, onder de categorie regressie. Dit zijn beide pq's die dicht bij de doorbraak in de noordelijke zomerkade, op de grens van lage kwelder en pionierzone liggen. De oorzaak van de regressie ligt bij deze pq's vooral in het feit dat er een uitbreiding van Engels slijkgras heeft plaatsgevonden, die voor een klein deel ten koste is gegaan van Gewoon kweldergras, maar vooral 'ten koste van' onbegroeide delen. In dat opzicht is dus eigenlijk sprake van een vorm van successie, maar voor het vegetatietype betreffende de gehele pq betekent het regressie. Deze ontwikkeling staat echter los van een slechtere ontwatering of bodemdaling.

Ondanks een lichte verbetering t.o.v. vorige jaren blijft pq 17 zowel in vegetatiebedekking als in opslibbing achter bij de andere pq's. De reden hiervan is echter bekend: de pq ligt al sinds 2004 op de rand van een slecht ontwaterende poel waardoor de vegetatie soms minimaal is en de bodem verweekt in natte jaren en inklinkt in droge jaren. De verwachting bij deze pq is dat zowel de opslibbing als vegetatieontwikkeling weer op gang komt als een dichtbijzijnde kreek door terugschrijdende erosie aansluiting maakt op de poel en de drainage en sedimentaanvoer herstelt.

Tabel 3.3 Vegetatiekarakterisering bij start gaswinning in 2007 en samenvatting van de gemiddelde jaarlijkse maaiveldhoogteverandering (opslibbing of erosie) en vegetatieontwikkeling van de meetpunten in de Peazemerlannen van 2007-2018.

PQ	Vegetatie- type 2007	Vegetatiezone 2007 (SALT97)	Maaiveld 2007 (m+NAP)	Gem. opslibbing 2007-2018 mm/j	Ontwikkeling vegetatie 2007->2018	Bijzonderheden 2007-2018
37	kaal wad	kaal wad	1,04	17,3	Qq3: 12 pionierzone; successie, toenemende Zeekraal bedekking	
38	kaal wad	kaal wad	0,97	15,6	Qq3: 12 pionierzone; successie, toenemende Zeekraal bedekking	

PQ	Vegetatie- type 2007	Vegetatiezone 2007 (SALT97)	Maaiveld 2007 (m+NAP)	Gem. opslibbing 2007-2018 mm/j	Ontwikkeling vegetatie 2007->2018	Bijzonderheden 2007-2018
32	Qq0	11: pre-pionierzone	0,83	5,5	Kaal: stabiel, wisselend kaal tot zeer lage bedekking Zeekraal of Engels slijkgras	
44	Ss0	11: pre-pionierzone	0,96	15,0	Qq3: 12 pionierzone; vrij stabiel, Zeekraal (in lage bedekking)	
45	Qq0	11: pre-pionierzone	0,88	23,1	Qq3: 12 pionierzone; vrij stabiel, Zeekraal (in lage bedekking)	
47	Qq3	12: pionierzone (zomerpolder laag)	1,17	7,1	Qu: 22 lage kwelder met pioniersoorten; stabiel tot lichte successie, Zeekraal/Schorrenkruid	Extensieve of geen beweiding (schapen en/of pinken); matige vertrapping
4	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten	1,39	4,7	Qu: 22: lage kwelder met pioniersoorten; vrij stabiel, Schorrenkruid naar Schorrenkruid met Zeeaster	Aanvankelijke successie na beweiding met schapen in 2018 teniet gedaan
5	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten	1,38	6,2	Pp-u: 21 lage kwelder; lichte successie, Schorrenkruid naar Schorrenkruid met Kweldergras	In 2018 uitgebreide beweiding met schapen
6	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten	1,36	8,6	Pp-u: 21 lage kwelder; lichte successie, Schorrenkruid naar Schorrenkruid met Kweldergras	In 2018 uitgebreide beweiding met schapen
8	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten	1,36	9,4	Ppa: 21 lage kwelder; successie, Schorrenkruid naar Kweldergras met o.a Zeeaster, Zoutmelde en Zeekweek	
12	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten	1,34	9,1	Ppa: 21 lage kwelder; successie Schorrenkruid naar Kweldergras met Zeeaster	
46	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten (zomerpolder laag)	1,18	11,2	Qu; stabiel (wel hogere bedekking), Zeekraal en Schorrenkruid	Extensieve of geen beweiding (schapen en/of pinken); lichte vertrapping
48	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten (zomerpolder laag)	1,16	4,9	Pp-u: 21 lage kwelder; lichte successie, Zeekraal/Schorrenkruid nu ook met Kweldergras	Afgeschermd met schrikdraad: onbeweid
14	Pp	21: lage kwelder	1,33	7,7	Pp: 21: lage kwelder; stabiel, Kweldergras	
17	kaal	(oorspronkelijk lage kwelder)	1,40	2,1	Qu: 22 lage kwelder met pioniersoorten; lichte successie, Schorrenkruid en enige Zeekraal	Op rand droge of natte poel -> heeft effect op vegetatie

<i>PQ</i>	<i>Vegetatie- type 2007</i>	<i>Vegetatiezone 2007 (SALT97)</i>	<i>Maaiveld 2007 (m+NAP)</i>	<i>Gem. opslibbing 2007-2018 mm/j</i>	<i>Ontwikkeling vegetatie 2007->2018</i>	<i>Bijzonderheden 2007-2018</i>
19	Pp	21: lage kwelder	1,58	13,2	Xy5: 32 midden kwelder; successie, Kweldergras naar Zeekweek (met Spiesmelde)	
21	Ph3	21: lage kwelder	1,45	3,4	Ppa: 21 lage kwelder; stabiel tot lichte successie, Zoutmelde en Kweldergras nu ook met Zeekweek en Spiesmelde	
24	Pp	21: lage kwelder	1,36	13,2	Ss5: 12 pionierzone; regressie is eigenlijk ook soort successie, omdat kaal begroeid is geraakt met Engels slijkgras	
25	Pp	21: lage kwelder	1,48	6,7	Xx5: 32 midden kwelder; successie, Kweldergras naar Zeekweek met Spiesmelde	
29	Pp-b	21: lage kwelder	1,54	7,8	Xy5: 32 midden kwelder; successie, Kweldergras naar Zeekweek (met Spiesmelde)	
31	Pp-u	21: lage kwelder	1,32	6,1	Pp: 21 lage kwelder; stabiel, Kweldergras (met Zeeaster)	
33	Pp	21: lage kwelder	1,44	3,7	Ppa: 21 lage kwelder; stabiel, Kweldergras (met Zeeaster)	
34	Pp	21: lage kwelder	1,35	19,4	Xy5: 32 midden kwelder; successie, Kweldergras naar Zeekweek (en Rood Zwenkgras)	
35	Pp	21: lage kwelder	1,42	10,0	Xy5: 32 midden kwelder; successie, Kweldergras naar Zeekweek en Spiesmelde	
36	Pp	21: lage kwelder	1,34	15,4	Bt: 42 restgroep; lichte successie, Kweldergras naar grote diversiteit (o.a. Schorrezoutgras en Zeeweegbree)	
39	P	21: lage kwelder	1,22	15,9	Ss5: 12 lage kwelder met pioniersoorten; regressie, Kweldergras naar Engels slijkgras, maar met toenemende bedekking	
40	P	21: lage kwelder	1,13	11,5	Pp: 21 lage kwelder; stabiel, Kweldergras met toenemende bedekking en ook andere soorten	

PQ	Vegetatie- type 2007	Vegetatiezone 2007 (SALT97)	Maaiveld 2007 (m+NAP)	Gem. opslibbing 2007-2018 mm/j	Ontwikkeling vegetatie 2007->2018	Bijzonderheden 2007-2018
41	Pp	21: lage kwelder	1,53	6,8	Xx5: 32 restgroep midden kwelder met hoge kweldersoorten; successie, Kweldergras naar Spiesmelde en Zilte rus	
42	Pp	21: lage kwelder	1,51	7,6	Xy3: 32 midden kwelder; successie, Kweldergras nu met Zeeaster, Zeekweek en Spiesmelde	
43	Ppa	21: lage kwelder	1,52	5,3	Xy5: 32 midden kwelder, successie, Kweldergras met Zeeaster naar Zeekweek	
7	Xy5	32: midden kwelder	1,49	13,5	Xy5: stabiel, Zeekweek (met Spiesmelde)	
9	Xy5	32: midden kwelder	1,50	13,0	Xx5: stabiel, Zeekweek (met veel Spiesmelde)	
10	Xy5	32: midden kwelder	1,67	10,0	Xy5: stabiel Zeekweek	
11	Xy5	32: midden kwelder	1,53	10,4	Xy3: stabiel, Zeekweek (+ Spies- /Strandmelde)	
13	Xy5	32: midden kwelder	1,40	8,8	Xy3: stabiel, Zeekweek (+ Spies- /Strandmelde)	
15	Xx5	32: midden kwelder	1,46	9,6	Xx5: stabiel, Zeekweek (met zeer veel Strand- en Spiesmelde)	
16	Xy5	32: midden kwelder	1,46	5,3	Xy3: stabiel, Zeekweek (met Spiesmelde)	
18	Xy5	32: midden kwelder	1,47	8,1	Xy5: stabiel, Zeekweek	
20	Xy5	32: midden kwelder	1,63	10,7	Xx5: stabiel, Zeekweek (met Spiesmelde)	
22	Xy5	32: midden kwelder	1,63	9,5	Xy5: stabiel, Zeekweek (met Spiesmelde)	
23	Xy5	32: midden kwelder	1,63	12,8	Xy5: stabiel, Zeekweek (met Spiesmelde)	
26	Xy5	32: midden kwelder	1,67	10,7	Xy5: stabiel, Zeekweek (met Spiesmelde)	
27	Xy5	32: midden kwelder	1,59	14,6	Xy5: stabiel, Zeekweek (met Spiesmelde)	
28	Xy5	32: midden kwelder	1,58	12,6	Xy5: stabiel, Zeekweek (met Spiesmelde)	
30	Xy5	32: midden kwelder	1,61	3,4	Xy5: stabiel Zeekweek	
1		(zomerpolder hoog)	1,50	2,6		Meestal matig tot intensief beweid met schapen en/of pinken/koeien
2		(zomerpolder hoog)	1,51	2,8		Zie PQ 1
3		(zomerpolder hoog)	1,48	1,3		Zie PQ 1

3.3.2 Referentiegebied

Ook in het referentiegebied was de vegetatie in de meeste pq's stabiel (22, waarvan twee met lichte verjonging binnen dezelfde vegetatiezone). Bij vijf pq's was sprake van (lichte) successie (286I, 311L, 339I, 356F en 356H) en bij twee pq's van regressie (286C en 359F). Bij de regressie was de oorzaak vertrapping.

Met betrekking tot de beweiding in het referentiegebied heeft zich sinds de start van de monitoring in 2007 een ongeplande verandering voorgedaan door het Groninger kwelderherstelplan. Hiervoor zijn tussen 2012-2014 inrichtingswerkzaamheden uitgevoerd, die onder meer tot doel hadden dat er op meer locaties en regelmatig/langer beweiding zou kunnen plaatsvinden in de kwelder. De locaties waar vee ingezet wordt, het type vee en de duur en intensiteit ligt niet vast, maar wordt door de beheerder grotendeels door de situatie van het moment bepaald (o.a. vegetatiesamenstelling, beschikbaarheid vee en beheervergoeding). Op verzoek van diverse partijen, die de effecten van de toegepaste beweiding op de vegetatie graag willen kunnen beoordelen, streven de beheerders/eigenaren er naar om de beweidingsgegevens te gaan bijhouden en de gegevens desgewenst beschikbaar te stellen aan derden.

Het sinds de aanpassingen inderdaad veranderde beweidingsbeheer heeft een effect op de ontwikkeling van de hoogteligging (vertrapping en compactie) en de vegetatie (vertrapping, verjonging/regressie) en lokaal ook op de drainage. Dit is waargenomen bij sommige pq's vanaf 2013 (zie *Bijlage D* voor vertrappingsschade en veedichtheden en –samenstelling tijdens de pq-metingen) en het effect van beweiding is ook uitgebreid beschreven in vele artikelen en rapporten (zie o.a. Esselink *et al.*, 2002 en 2019).

Gedurende de monitoringperiode vanaf 2007 was tot en met 2017 alleen MV 286 steeds geheel onbeweid gebleven, net zoals (het grootste deel van) de kwelder van de Peazemerlannen, maar in 2018 is ook MV 286 beweid. De overige vier RWS-meetvakken waarin de SEB- en vegetatie-metingen worden gedaan zijn in vrijwel alle of sommige jaren beweid geweest, terwijl er bij de start van de metingen in 2007 alleen sprake was van jaarlijks extensieve beweiding in MV 339.

Omdat de invloed van de toegenomen beweiding soms een duidelijk effect heeft op de metingen, zijn sommige delen van het referentiegebied door deze beheereffecten niet meer goed bruikbaar. Vandaar dat vanaf de huidige rapportage ook over de ontwikkeling van maaiveldhoogte en vegetatie zal worden gerapporteerd van een aantal onbeweide alternatieve meetpunten waar al minimaal sinds 2007 wordt gemeten.

In *Tabel 3.4* wordt een samenvatting gegeven van de resultaten voor de pq's in het referentiegebied. Voor alle meetpunten wordt de uitgangssituatie vermeld en de ontwikkeling van 2007 naar 2018. In *Bijlage G* is van alle pq's de ontwikkeling van de vegetatie, zoals bepaald met behulp van SALT97, weergegeven.

Tabel 3.4 Vegetatiekarakterisering uitgangssituatie in 2007 en samenvatting van de gemiddelde jaarlijkse maaiveldhoogteverandering (positieve waarde betreft opslibbing en negatieve erosie) en vegetatieontwikkeling van de meetpunten in het referentiegebied van 2007-2018. * Bij meetpunten in vak 339 is voor de bepaling van de maaiveldhoogte uit 2007 de NAP-meting van de paalkoppen uit 2013 gebruikt (zie ook § 3.2).

PQ	Vegetatie-type 2007	Vegetatiezone 2007 (SALT97)	Maaiveld 2007 (m+NAP)	Gem. opslibbing 2007-2018 mm/j	Ontwikkeling vegetatie 2007->2018	Bijzonderheden
286K	Kaal	-	0,83	4,4	Stabiel, kaal	
311N	Kaal	-	0,87	-3,4	Qq0: 11 pre-pionierzone, stabiel, (vrijwel) kaal	
324K	Kaal	-	0,96	-1,0	Qq0: 11 pre-pionierzone, stabiel, (vrijwel) kaal	

<i>PQ</i>	<i>Vegetatie- type 2007</i>	<i>Vegetatiezone 2007 (SALT97)</i>	<i>Maaiveld 2007 (m+NAP)</i>	<i>Gem. opslibbing 2007-2018 mm/j</i>	<i>Ontwikkeling vegetatie 2007->2018</i>	<i>Bijzonderheden</i>
359I	Kaal	-	0,87	-3,2	Qq0: 11 pre-pionierzone, stabiel, (vrijwel) kaal	
339K	Sso	11: pre-pionierzone	0,94 *	-1,9	Kaal: stabiel, (vrijwel) kaal	
356I	Qqo	11: pre-pionierzone	0,86	-2,2	Qq0: 11 pre-pionierzone, stabiel, (vrijwel) kaal	
339I	Ss3	12: pionierzone	1,34 *	2,8	P: 21 lage kwelder, stabiel tot lichte successie; Engels slijkgras -> Kweldergras, maar lage bedekking	Vrijwel alle jaren beweid en vertrapping
356F	Ss5	12: pionierzone	1,38	-0,3	Pps: 21 lage kwelder; successie; Engels slijkgras -> Kweldergras met Engels slijkgras	Vanaf 2011 vaak beweid en vertrapping
356H	Ss5	12: pionierzone	1,35	6,5	Pps: 21 lage kwelder; successie; Engels slijkgras -> Kweldergras met Engels slijkgras	Vanaf 2011 vaak beweid en vertrapping
359H	Ss3	12: pionierzone	1,11	11,0	Ss5: 12 pionierzone, stabiel, Engels slijkgras (met uitbreidend Kweldergras)	Vanaf 2010 vaak beweid en vertrapping
286C	Ppa	21: lage kwelder	1,46	-2,2	Ss3: 12 pionierzone; regressie, Kweldergras met Zeeaster naar Engels slijkgras met Zeeaster	Regressie door vernatting en vertrapping (in 2018 eerste keer beweid)
286I	Ph5	21: lage kwelder	1,42	7,1	Xy3: 32 midden kwelder; successie van Zoutmelde naar Zeekweek en Speismelde, maar ook Engels slijkgras aanwezig	In 2018 eerste keer beweid en matige vertrapping
311L	Ph5	21: lage kwelder	1,46	-0,9	Xy3: 32 midden kwelder; successie, Zoutmelde naar Zeekweek	Terugkeer lage kweldersoorten (Kweldergras) door beweiding vanaf 2012
311M	Ph3	21: lage kwelder	1,40	-1,0	Pp: 21 lage kwelder; stabiel/verjonging, verschuiving van Zoutmelde naar Kweldergras	Effect beweiding vanaf 2012
324H	Pp	21: lage kwelder	1,41	-0,3	Pp: 21 lage kwelder; stabiel, Kweldergras met beetje Zeekweek	In 2009 en 2018 lage bedekking -> vertrapping
324I	Pps	21: lage kwelder	1,43	2,6	Pps: 21 lage kwelder; vrij stabiel, Kweldergras/ Engels slijkgras/ Zoutmelde	In 2009 en vanaf 2014 beweid
339F	Ph3	21: lage kwelder	1,35 *	3,4	Ph3: 21 lage kwelder; vrij stabiel, Zoutmelde met Kweldergras en	Vrijwel alle jaren beweid, maar weinig

<i>PQ</i>	<i>Vegetatie- type 2007</i>	<i>Vegetatiezone 2007 (SALT97)</i>	<i>Maaiveld 2007 (m+NAP)</i>	<i>Gem. opslibbing 2007-2018 mm/j</i>	<i>Ontwikkeling vegetatie 2007->2018</i>	<i>Bijzonderheden</i>
					Schorrenkruid	vertrapping
339H	Pp	21: lage kwelder	1,43 *	8,4	Pp: 21 lage kwelder; stabiel, Kweldergras	Vrijwel alle jaren beweid, maar weinig vertrapping
356G	Pp/Ph3	21: lage kwelder	1,47	-2,4	Ppa: 21 lage kwelder; stabiel, Kweldergras (met Zeeaster)	Na successie (Zeekweek) door beweiding -> Kweldergras (met Zeeaster)
359G	Ph5	21: lage kwelder	1,44	1,0	Ppa: 21 lage kwelder; stabiel/verjonging, verschuiving Zoutmelde naar Kweldergras (met Zeeaster)	Successie naar Zeekweek door beweiding teruggedraaid
286D	Xy5	32: midden kwelder	1,55	-1,3	Xy3: stabiel, Zeekweek (met Spiesmelde)	In 2018 eerste keer beweid en matige vertrapping
286F	Xy5	32: midden kwelder	1,48	2,0	Xy5: stabiel, Zeekweek	In 2018 eerste keer beweid en matige vertrapping
286H	Xy5	32: midden kwelder	1,51	3,5	Xy5: stabiel, Zeekweek	In 2018 eerste keer beweid
311G	Xy5	32: midden kwelder	1,50	-9,9	Xx5: stabiel, Zeekweek (met Spiesmelde)	Door beweiding Kweldergras
311I	Xx5	32: midden kwelder	1,56	-8,2	Xx5: stabiel, Zeekweek (met Spiesmelde)	Vanaf 2011 beweid en vertrapping
311K	Xy5	32: midden kwelder	1,61	-2,2	Xy5: stabiel, Zeekweek	Vanaf 2011 beweid en vertrapping
324G	Xy5	32: midden kwelder	1,48	2,5	Xx5: stabiel, Zeekweek (met Spiesmelde)	In 2009 en vanaf 2012 beweid en soms vertrapping
359F	Xy5	32: midden kwelder	1,49	-1,9	Pp: 21 lage kwelder; regressie, Zeekweek -> Kweldergras, Zeeaster en Schorrenkruid	Regressie door beweiding en vertrapping vanaf 2010
339D	-----	Soortensamen- stelling niet in SALT97; zie tekst	1,98 *			Vervallen als pq (zie tekst)

Pq 339D in de hoge boerenkwelder was in 2007 toegevoegd aan de meetpunten ter vergelijking met de zomerpolder in de Peazemerlannen. Vanaf 2012 werd er regelmatig gemaaid, vooral ter bestrijding van distels en andere ruigtesoorten die in de boerenkwelder voor kunnen komen. Nadat daarbij verschillende keren één of beide SEB-palen beschadigd of zelfs helemaal afgemaaid waren, is besloten deze pq te laten vervallen.

3.3.3 Aanvullende meetpunten (ter referentie)

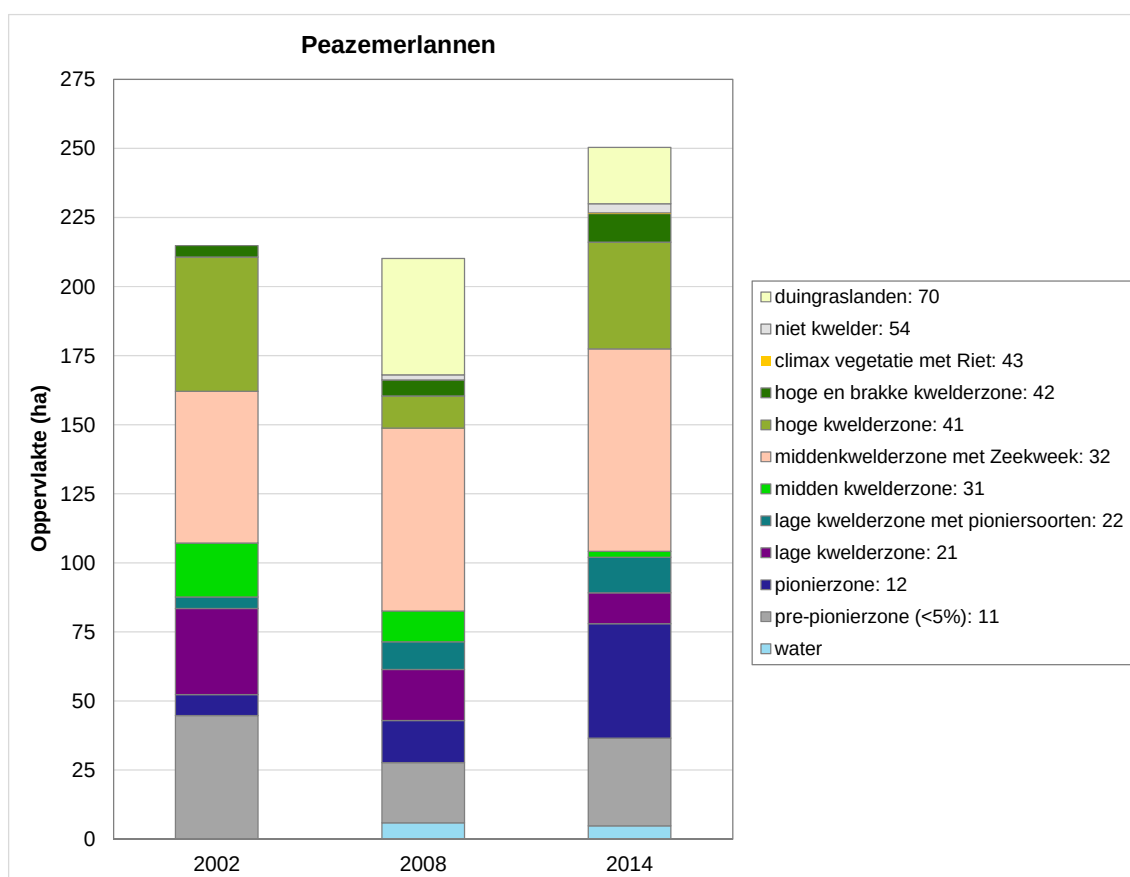
Omdat de vegetatieontwikkeling bij de aanvullende meetpunten dezelfde variatie in ontwikkeling laat zien (met name stabiel of successie en in een enkel geval regressie door slechte ontwatering), wat gezien de overeenkomsten in opslibbing met de Peazemerlanden te verwachten valt, wordt daar geen nadere aandacht aan besteedt.

3.4 Vegetatiekaarten RWS (vlakdekkend)

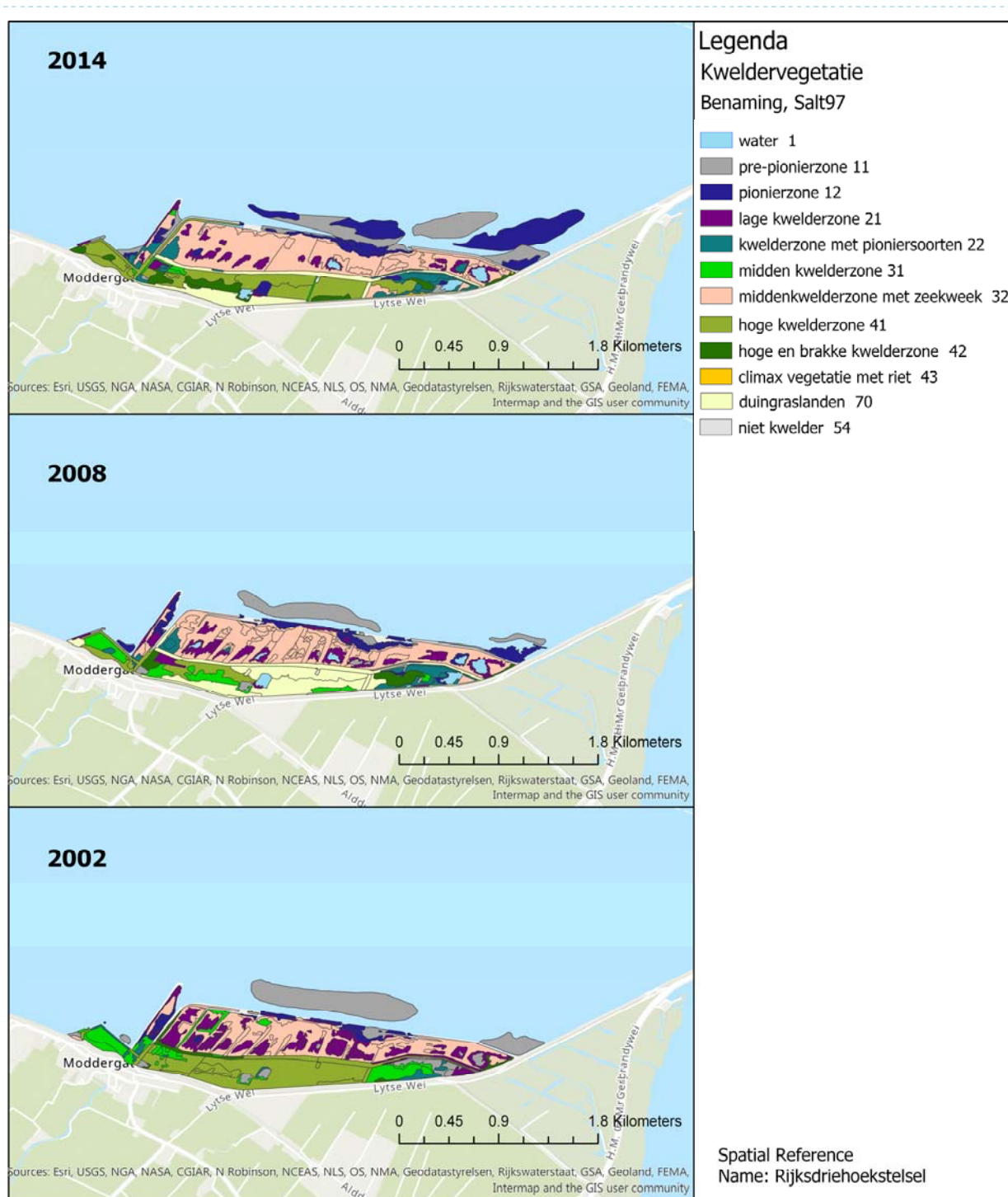
3.4.1 Peazemerlanden

De biodiversiteit van de kweldervegetatie wordt door RWS 6-jarlijks gemeten met vlakdekkende vegetatiekaarten, inclusief de boerenkwelders en soms zomerpolders. Van de vastelandskwelders langs de Friese en Groninger kust is eind 2016 de RWS VEGWAD-vegetatiekaart van 2014 beschikbaar gekomen (op basis van de luchtfoto uit 2014 en veldwerk uit 2015). Aangezien er door RWS veranderingen in de wijze van uitwerken van de vegetatiekaarten zijn doorgevoerd moesten ook de kaarten uit eerdere jaren worden aangepast om een vergelijking mogelijk te maken.

In dit rapport zijn (met dank aan Wageningen Marine Research) de van de vegetatiekaarten uit 2002, 2008 en 2014 afgeleide vereenvoudigde zoneringskaarten van de Peazemerlanden opgenomen om een beeld te geven van de vegetatieontwikkeling van vóór en na de start van de gaswinning.



Figuur 3.9 Ontwikkeling vegetatiezones in de Peazemerlanden van 2002-2014. Gebaseerd op gegevens van Wageningen Marine Research berekend uit de VEGWAD-vegetatiekarteringen door RWS.



Figuur 3.10 Zoneringskaarten van de vegetatie in de Peazemerlannen in 2002, 2008 en 2014. Kaarten door Wageningen Marine Research op basis van de gegevens van de VEGWAD-vegetatiekarteringen door RWS. Onder 'niet kwelder' vallen o.a. de bitumen zomerkade en bestrating in het gebied.

In *Figuur 3.9*, waar de verschuivingen in de vegetatiezones in de Peazemerlannen zijn samengevat en op de zoneringskaarten (*Figuur 3.10*), is de voortgaande successie/veroudering naar de middenkwelder met Zeekweek duidelijk zichtbaar. Dit is een natuurlijke ontwikkeling als gevolg van opslibbing in combinatie met afwezig (of zeer extensieve) beweiding. Daarnaast is de uitbreiding van de (pre-)pionierzone op het aangrenzende wad opvallend. Deze uitbreiding is rond 1992 gestart en de opslibbing die de laatste jaren op het wad heeft plaatsgevonden (zie § 3.1) zou deze uitbreiding kunnen helpen verklaren.

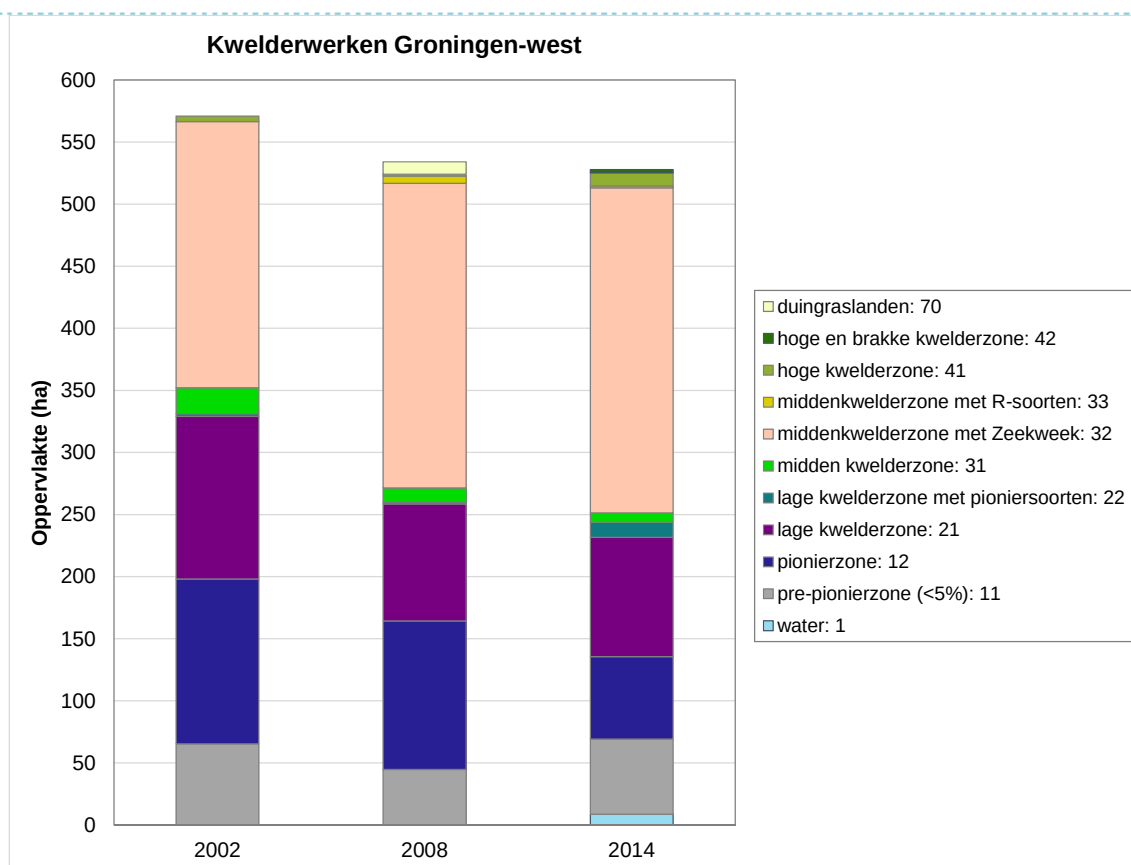
In de zomerpolder heeft zich in de loop der jaren een verschuiving voorgedaan van de hoge kwelderzone naar een gevarieerde mix van zones. De toegenomen invloed van zout water door het geleidelijkaan verdwijnen van de klepduikers tussen kwelder en zomerpolder heeft hieraan bijgedragen. In de analyses is een deel van de grazige vegetatie om nog niet geheel duidelijke reden onder de categorie duingraslanden komen te vallen. Dit wordt nader onderzocht.

3.4.2 Referentiegebied

Op de vegetatiekaarten over de periode 2002-2014 is ook in de kwelderwerken van Groningen-west de successie/veroudering van de vegetatie te zien (*Figuur 3.11*; Reitsma *et al.*, 2010; Reitsma & De Jong, 2016), ondanks de afgenomen gemiddelde opslibbing.

Aan de andere kant valt ook het teruglopende oppervlak van de (pre-)pionierzone op. Dit komt deels door successie, maar ook omdat de uitbreiding richting wad afgenomen is. De beschermende werking van de dammen is nu veel beperkter dan vroeger in deze zone door het afbouwen van onderhoud aan de rijshoutdammen in het derde bezinkveld om ruimte voor dynamiek en natuurlijke kwelderontwikkeling mogelijk te maken. Het systeem is daardoor momenteel nog op weg naar een nieuw evenwicht.

Uiteindelijk leidt een toenemende hoogte van het maaiveld vrijwel altijd tot een soortenarme climaxvegetatie waarin Zeekweek en Spiesmelde domineren (of Riet onder brakke omstandigheden). Alleen beweiding en/of een slechte ontwatering kan deze ontwikkeling tegen gaan of vertragen. Gezien de toegenomen beweiding de laatste jaren wordt verwacht dat in de volgende vegetatiekaart van 2020 (verschijningsdatum 2022) het effect daarvan ook te zien zal zijn.



Figuur 3.11 Ontwikkeling vegetatiezones in de de kwelderwerken van Groningen-west van 2002-2014. Gebaseerd op gegevens van Wageningen Marine Research berekend uit de VEGWAD-vegetatiekarteringen door RWS.

3.5 Opslibbing en vegetatieontwikkeling RWS-meetvakken West-Groningen

De opslibbing en vegetatieontwikkeling in de RWS-meetvakken geven de trends aan op transectniveau en vormen daardoor een aanvulling op de puntmetingen van SEB met bijbehorende vegetatie-pq en de vlakdekkende vegetatiekaarten. Daarnaast zijn door de lange tijdserie verschillende trends reeds beschreven die als achtergrondinformatie kunnen dienen voor het bodemdalingsonderzoek.

Van deze dataset van RWS worden in deze rapportage slechts enkele voorbeelden gegeven ter illustratie. Voor uitgebreide en aanvullende informatie wordt verwezen naar Dijkema *et al.*, 2001 en 2013 en Van Duin *et al.*, 2016.

Opslibbing

Uit de transecthoogtemetingen van RWS (*Tabel 3.5*) blijkt, net zoals uit de SEB-metingen (§ 3.1), dat de opslibbing in het referentiegebied over de periode 2008-2018 lager is dan in de Peazemerlannen.

Tabel 3.5 Gemiddelde opslibbing (mm/j) in de 5 Groninger referentie-meetvakken over de periodes 2000-2008 (vóór de start van de gaswinning) en 2008-2018 (tijdens gaswinning in de Peazemerlannen) op basis van de transecthoogtemetingen van RWS.

Tijdvak	3 ^e bezinkveld onbegroeid	2 ^e bezinkveld onbegroeid	2 ^e bezinkveld pionierzone	1 ^e bezinkveld kwelderzone
2000-2008	- 12 mm/j	1 mm/j	4 mm/j	13 mm/j
2008-2018	- 8 mm/j	-1 mm/j	1 mm/j	4 mm/j

In *Bijlage H* is de hoogteontwikkeling van de vijf referentiemeetvakken weergegeven. De maaiveldhoogte van dijk naar wad voor de jaren 2000, 2007 en het meest recente gemeten jaar wordt getoond. De maaiveldhoogte van een meetvak wordt elke drie jaar gemeten en in de tussenliggende jaren wordt de hoogte geïnterpoleerd. Doordat deze meetcyclus van drie jaar verschilt tussen groepen meetvakken, lopen de grafieken van verschillende meetvakken niet altijd tot hetzelfde eindjaar.

Als voorbeeld worden van meetvak 324 de ontwikkelingen beschreven (*Figuur 3.12*). De trend per meetvak kan iets verschillen, bv. door uitgangshoogte, breedte of een ander (beweidings)beheer.

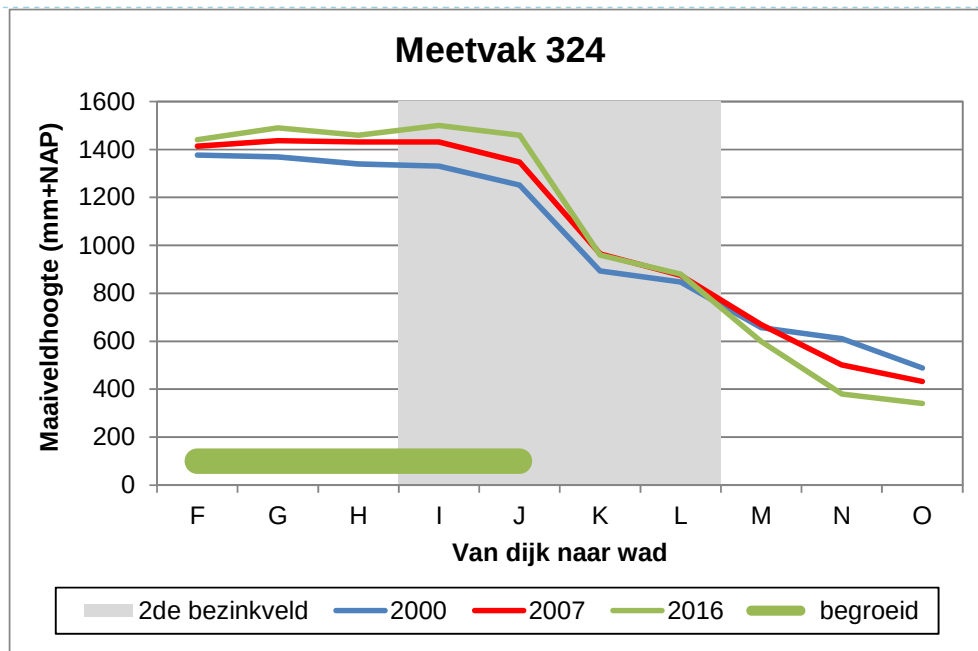
In de begroeide vakken (324 F-J) is de trend een toename in hoogte. Waar de begroeiing beperkt is of ontbreekt (vanaf vak 324 K), is niet alleen de maaiveldhoogte veel lager, maar ook de opslibbing beperkter.

De laatste jaren is in sommige vakken echter een afvlakking of zelfs verlaging van het maaiveld te zien (zie ook *Tabel 3.5*). Hiervoor zijn verschillende mogelijke oorzaken aan te dragen:

- Door de toenemende hoogteligging neemt het aantal overvloedingen af en daardoor de hoeveelheid sediment die afgezet kan worden.
- Hoe breder een kwelder is/wordt hoe moeilijker het sediment de delen dicht bij de dijk kan bereiken. Bovendien bezinken de zwaardere (zand)deeltjes meestal al dicht bij het wad waardoor er daar een hogere zone kan ontstaan die ook weer sediment afvangt.
- In beweide vakken kan nog meespelen dat het maaiveld niet ophoogd of zelfs wordt verlaagd door vertrapping/compactie. Bij de Groninger referentiemeetvakken kan de toegenomen inzet van beweiding als beheermaatregel, na aanpassingen in de kwelder in het kader van het Groninger kwelderherstelplan, daar nog aan toegevoegd worden.

Vanaf 2000 wordt, na een beleidskeuze, van het derde bezinkveld de buitenste dwarsdam (=evenwijdig aan de kust) niet meer onderhouden. De gevolgen hiervan zijn terug te vinden in de erosie van de buitenste subvakken (vanaf 324 M; zie ook *Tabel 3.5*). Daarnaast is hierdoor een groot areaal waar fijn sediment kon bezinken en dat vervolgens tijdens hoge tijen afgezet kon worden op de kwelder, in de loop der jaren verdwenen.

Beheermaatregelen of ingrepen kunnen soms zeer snel een effect op de hoogteontwikkeling hebben, zowel richting opslibbing (bv. plaatsen rijshoutdam) als richting erosie (bv. inzet van beweiding in een nooit eerder beweide gebied waar de bodem relatief luchtig is).



Figuur 3.12 Maaiveldhoogte referentie-meetvak 324 in 2000, 2007 en 2016. Gebaseerd op gegevens van RWS.

Vegetatie

De verandering van de biodiversiteit van de kweldervegetatie als gevolg van mate van beweidingsintensiteit werd in vorige jaarrapporten ook in beeld gebracht voor de 5 meetvakken. De laatste jaren is de beweidingsintensiteit in veel meetvakken echter nogal veranderd, soms door een verminderd vee-aanbod en soms juist door intensivering van beweiding, zoals bv. mogelijk gemaakt door het Groninger kwelderherstelplan. Hierdoor zijn de voorheen gebruikte beweidingsklassen (onbeweid, extensief en intensief beweide) in de meeste gevallen niet meer, zoals vroeger, eenduidig van toepassing op de betreffende meetvakken. Bovendien varieert de beweiding tussen jaren sterker dan vroeger. Daardoor kunnen de effecten van beweiding hier niet meer op dezelfde wijze worden gepresenteerd zoals vroeger (zie bv. *Tabel 4.1* in *Dijkema et al.*, 2013).

Om toch het effect van beweiding als beheermaatregel op de vegetatieontwikkeling te kunnen illustreren zijn de resultaten van de vegetatie-opnamen in de RWS-meetvakken in de Groninger kwelderwerken, die als referentie dienen voor de Peazemerlannen, weergegeven voor alle subvakken voor de periode 2007-2018 (*Tabel 3.6*). Per pandje van 100x100 m, waarin ook een vegetatieopname in een pq van 2x2 m wordt gemaakt en opslibingsmetingen worden gedaan, wordt voor elk jaar sinds de start van de gaswinning het vegetatietype vermeld op basis van SALT97 (*De Jong et al.* 1998). Op basis van het vegetatietype kan de ontwikkeling per pandje gevolgd worden en de vastgestelde beweiding (zie *Bijlage D*) geeft een indicatie over een eventueel effect van de beweiding op het vegetatietype.

Tabel 3.6 Vegetatietype per jaar over de periode 2007-2018 per meetvakpandje (100x100 m) in de Groninger kwelderwerken waarin ook pq-opnames (2x2 m) en SEB-metingen worden uitgevoerd. De pandjes (C-N) zijn per meetvak (MV) gerangschikt van dijk naar wad. In de legenda is alleen de hoofdvegetatiezone aangegeven. De jaren met beweiding zijn per meetvak aangegeven met 'bew'. NA=geen data beschikbaar. Data RWS.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
MV 286	bew											
C	Xy5	Xy3	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy3	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5
D	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5
F	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5
H	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Pps	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5
I	Ss5b	Ss5b	Ss5b	Ss5b	Ss5b	Ss5b	Pps	Ss5b	Ss5b	Ss5b	Ss5b	Ss5b
K	kaal	kaal	Sso	Ss3	Qqo	Ss3	Qz	Qz	Qz	Qz	Qz	Qz
MV 311	bew bew bew bew bew bew bew											
G	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xx5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	NA	NA
I	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5
K	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5
L	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5
M	Ss5	Ss5	Ss5b	Ss5b	Pps	Ss3b	Ss3b	Pps	Ss3b	Ss3b	Pps	Pps
N	Sso	Ss3	Ss3	Ss3	Ss3	Ss3	Ss3	Ss3	Ss0	Ss0	Ss3	Ss3
MV 324	bew bew bew bew bew bew bew											
G	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy3	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5
H	Xy3	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy3	Xy5
I	Xy5	Xy5	Xy5	Xy5	Xy3	Xy3	Xy5	Xy3	Xy5	Xy5	Xy3	Xy5
K	Qqo	Qq3	Qq3	Qq3	Qq3	Qq3	Qq3	Ss3	Ss3	Ss3	Ss3	Ss3
MV 339	bew	bew	bew	bew	bew		bew	bew	bew	bew	bew	bew
F	Pp	Qu*	Ppa	Pp	Pp	Pp	Pp	Pp	Pp	Pp-u	Pp-u	Ppa
H	Ph5	Pp	Ph5	Pp	Pp	Pp	Pp	Pp	Pp	Pp	Ppa	Ph3*
I	Ss5	Qq3	P	Qq3	P	P	P	Pp	Pp	Pp	Pp	Pp
K	Ss0	Ss3	Qqo	Ss3	Qqo	Qqo	Qqo	Qqo	Ss3	Qqo	Qqo	Ss3
MV 356	bew bew bew bew bew bew bew											
F	Ss5b	Ss5b	Xy3	Ss5b	Xy5	Pp-u	Pps	Pps	Pps	Ppa	Ppa	Ppa
G	Xy3	Xy3	Xy3	Xy5	Xy5	Xy3	Ppa	Pp	Pp	Ppa	Ppa	Pps
H	Ss5	Ss3	Ss3	Ss3b	Ss3b	Ss5	Ss3	Pps	Ss3	Pps	Pps	Ss5b
I	Qqo	Qqo	Qqo	Qqo	Qqo	Qqo	Qqo	Qqo	Ss3	Qqo	Qqo	Ss3
MV 359	bew bew bew bew bew bew bew											
F	Xy5	Xy3	Xy3	Xy5	Xy3	Ba5	Xy5	Ppa	Ppa	Ppa	Ppa	Ppa
G	Xy3	Ss5b	Xy3	Xy5	Ppa	Xy5	Xy5	Xy3	Ppa	Ppa	Ppa	Xy3
H	Ss3	Ss3	Ss3	Ss3	Ss3	Ss3	Ss3	Pps	Pps	Ss3b	Ss3	Ss3
I	Qqo	Ss3	Qqo	Ss3	Qqo	Ss3	Qqo	kaal	Qqo	Qqo	Ss3	Ss3

X	midden kwelder met Zeekweek
B	lage kwelder met Zeeaster
P	lage kwelder met Kweldergras
S	(pre) pionierzone met Engels slijkgras
Q	(pre) pionierzone met Zeekraal

In het t/m 2017 onbeweide MV 286 heeft de natuurlijke successie in 2007 al het stadium met dominantie van Zeekweek bereikt in alle pandjes aan de dijkzijde. Meestal bereikt pioniervegetatie, in een onbeweide situatie, door successie na circa 25 jaar dit climax-stadium met Zeekweek. Hoewel de biodiversiteit in vegetatiekundig opzicht laag is, hoort deze Zeekweekzone thuis in het volledige spectrum en biedt het een leefomgeving aan een deels eigen fauna (bv. arthropoden, woelmuizen en

velduilen). De specifieke bodemeigenschappen spelen daarbij ook een rol (zie onder bij intensieve beweiding). In brede (van dijk tot wad gerekend) delen van de kwelderwerken wordt aan de dijkzijde soms regressie van Zeekweek naar bv. Engels slijkgras waargenomen. De grote afstand tot het wad (belangrijke sedimentbron) en/of verminderde ontwatering spelen hierbij een rol.

In MV 311 en MV 324 blijkt dat de extensieve beweiding, die met name de laatste jaren standaard plaatsvindt, de Zeekweek niet heeft kunnen terugdringen. Dit is echter ook niet waarschijnlijk, omdat dit allen bij intensieven beweiding mogelijk is (Esselink *et al.*, 2019).

In het bijna alle jaren extensief beweidde MV 339 houdt de lage kwelder met Kweldergras stand en wordt successie naar de middenkwelder met Zeekweek als dominante soort nog vertraagd/voorkomen.

In MV 356 en 359 heeft de extensieve beweiding van de laatste jaren een veel duidelijker effect op de vegetatie: Zeekweek is verdrongen door Kweldergras als dominante soort. Daarbij heeft echter ook een rol gespeeld dat de kwelder van dijk tot wad niet erg breed is en het maaiveld iets lager is dan bij de andere meetvakken. Daardoor is het aantal overvloedingen wat hoger en kunnen er makkelijker sporen van het vee ontstaan waar water in kan blijven staan, omstandigheden waar Zeekweek minder tegen kan dan Kweldergras en Zeeaster.

Een ander belangrijk punt bij (intensieve) beweiding is dat een door vee verstoorde bodem andere abiotische eigenschappen heeft (bv. grotere compactie, lagere zuurstof- en waterdoorlaatbaarheid, wat leidt tot een andere mineralisatie en nutriëntensamenstelling). Dit heeft directe gevolgen voor flora en fauna (Van Klink *et al.*, 2015ab).

Om een idee te krijgen hoeveel vee beheerders inzetten op de kwelder wordt verwezen naar *Tabel 3.7*. Deze tabel vat de getallen voor onbemeste vastelandskwelders samen voor de situatie in de internationale Waddenzee rond 1980. Aangezien er toen nog volop werd begreppeld zijn deze getallen aan de hoge kant. De getallen in het beheerplan van It Fryske Gea voor de kwelders in Noard Fryslân Bûtendyks wijzen daar ook op (Jager & Rintjema, 2003). Kleyer *et al.* (2003) noemen 0,6 runderen per ha op GrootVeeEenheid (GVE)-basis optimaal voor de biodiversiteit van de vegetatie. Dit komt overeen met 1,2 pinken per ha en betreft een extensieve tot matige beweiding. De meest geschikte veebezetting bij een gewenste vegetatiestructuur is trouwens ook afhankelijk van de ontwatering, het kleigehalte, het weer en de maaiveldhoogte (zie ook Esselink *et al.*, 2019).

Tabel 3.7 Beweidingsklassen in de internationale Waddenzee (Dijkema, 1983) en in het IFG-beheerplan voor Noard Fryslân Bûtendyks (Jager & Rintjema, 2003).

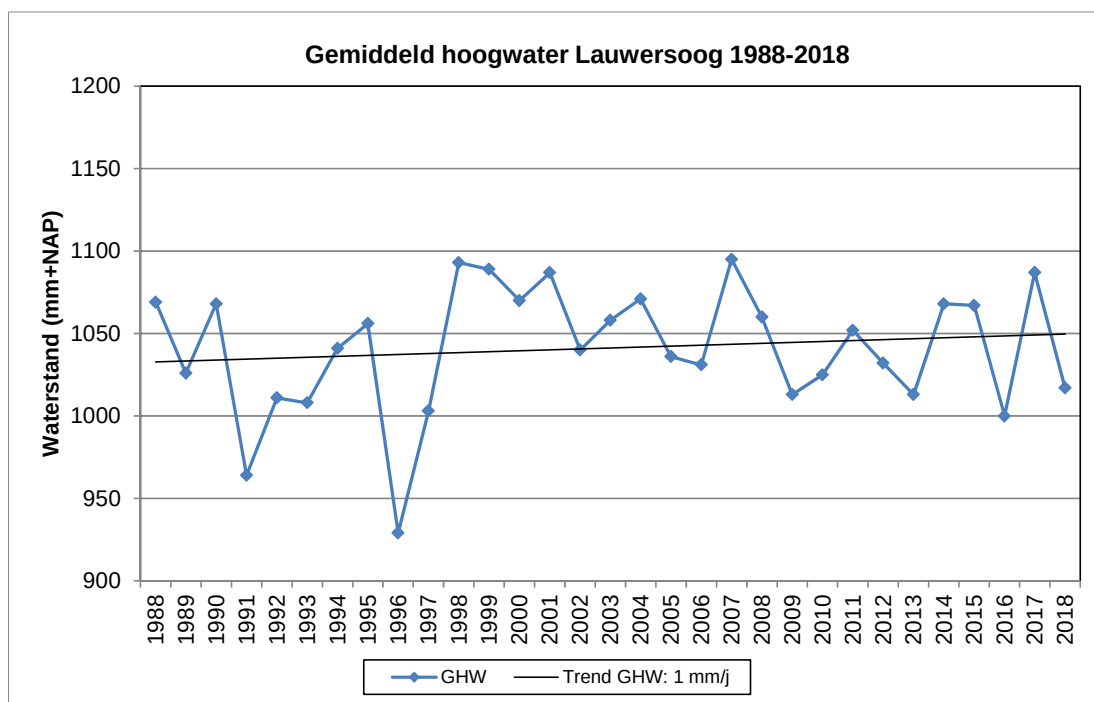
Beweidings-intensiteit	Vegetatiestructuur (Dijkema, 1983)	Schapen incl. lam. (per ha)	Jongvee (per ha)	Grootvee (GVE per ha)	Noard Fryslân (GVE per ha)
Zeer extensief }	Patroon van kort en lang				< 0,4
Extensief }	gewas	2 - 3	0,7 - 1	0,3 - 0,5	0,4 - 0,7
Matig	Productie bijna verwijderd	5 - 6	1 - 1,5	0,5 - 0,8	
Intensief	Kort gewas < 10 cm	9 - 10	2 - 2,5	1 - 1,3	max. 0,75
Zeer intensief (zomerpolder)	Zeer korte grasmat ("biljartlaken")				1,5 - 2

Door de Trilaterale (TMAP) kwelderexpertgroep is de intensiteit van de beweiding overigens gedefinieerd op basis van de structuur van de vegetatie (Bakker *et al.*, 2005):

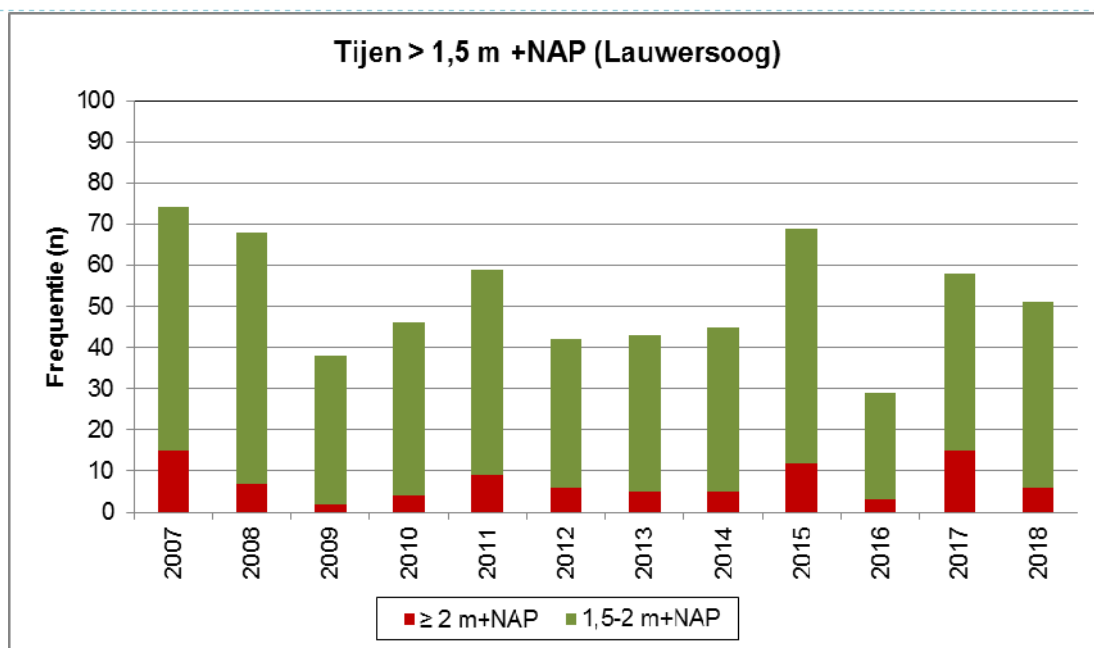
- intensieve beweiding = uniforme korte grasmat;
- matige beweiding = patroon van korte grasmat en langer gewas;
- geen beweiding = uniform langer gewas.

3.6 Jaargemiddeld hoogwater

Het jaargemiddelde hoogwater van 1988-2018 voor Lauwersoog is weergegeven in *Figuur 3.13*. Het jaargemiddelde hoogwater wordt grotendeels bepaald door de windrichting, windkracht en barometerstand (Bossinade *et al.*, 1993). De trend voor toename van het gemiddeld hoogwater (GHW) voor Lauwersoog over de weergegeven periode is 1 mm/j. Het GHW over de periode 2007-2018 (1040 mm+NAP) is vrijwel gelijk aan dat over de langere periode 1988-2018 (1041 mm+NAP).



Figuur 3.13 Jaargemiddelde hoogwater van 1988-2018 op basis van hoogwater-data van Rijkswaterstaat voor Lauwersoog.



Figuur 3.14 Aantal tijen >1,5 m +NAP voor Lauwersoog van 2007-2018 op basis van RWS-data.

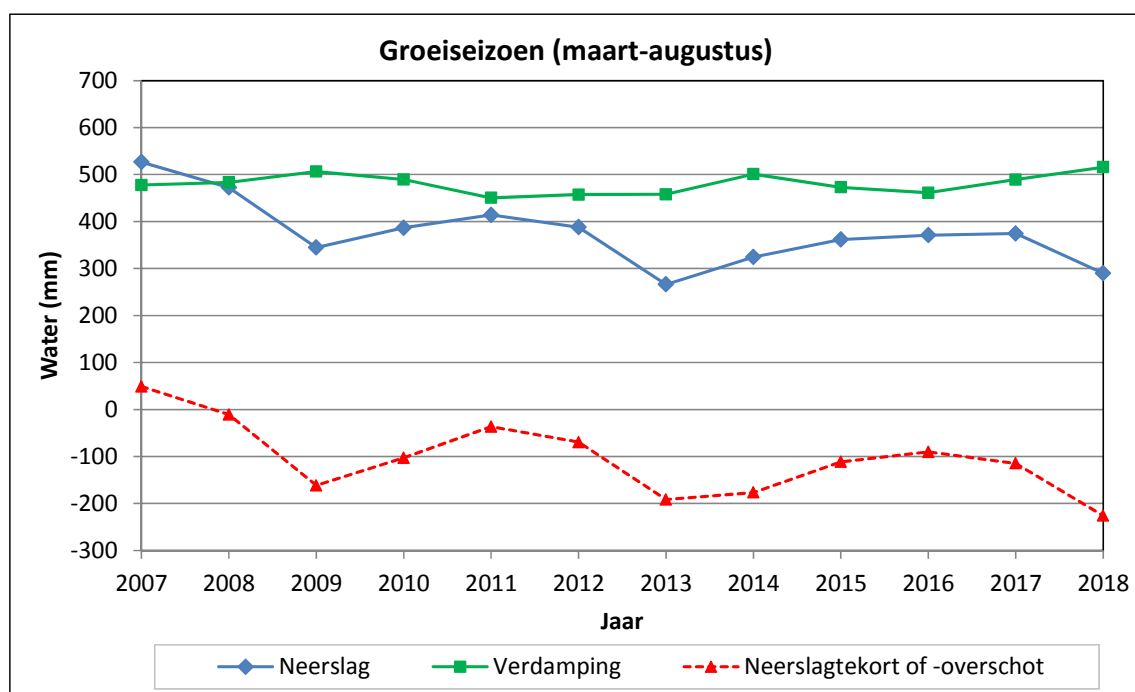
In *Figuur 3.14* zijn de hoogwaters ≥ 1500 mm+NAP voor meetstation Lauwersoog weergegeven. Een groot deel van de kwelder ligt onder water bij een waterstand van 1500 mm+NAP en rond 1800 mm ligt vrijwel de gehele kwelder onder water. Bij hogere waterstanden komt ook de zomerpolder (deels) onder water te staan. De water aan- en afvoer gaat aanvankelijk alleen via de duikers in de zomerkade tussen kwelder en zomerpolder, maar bij waterstanden $> 2,25$ m+NAP stroomt het water ook over de zomerkade.

Een groter aantal hoge tijen hoeft niet per se te betekenen dat er daardoor meer opslibbing plaatsvindt, omdat niet alleen het aantal overvloedingen, maar ook met name het sedimentaanbod bij een hoog tij bepalend kan zijn. Een enkel hoog tij kan daardoor soms verantwoordelijk zijn voor vrijwel de gehele opslibbing in een jaar.

3.7 Neerslag en verdamping

Gegevens van neerslag en verdamping (Lauwersoog, station 277) zijn verzameld van de KNMI-website. Het neerslagtekort of -overschot voor het groeiseizoen (maart-augustus) in de periode 2007-2018 is bepaald door de potentiële verdamping af te trekken van de neerslag in diezelfde periode (*Figuur 3.15*). Natte jaren waren: 2007-2008 en 2011-2012. Vrij droge jaren waren: 2009, 2013 en 2018.

Een neerslagtekort of overschot gedurende het groeiseizoen speelt een rol bij de soortensamenstelling en biomassa van de kweldervegetatie in de midden en hoge kwelderzones (De Leeuw *et al.*, 1990). Natte jaren kunnen leiden tot de vestiging van of een verschuiving richting brakke kwelderplantensoorten of zelfs glycofyten ("zoete" soorten). Deze kunnen na een droge periode waardoor de saliniteit toeneemt echter weer verdwijnen ten gunste van de oorspronkelijke halofyten.



Figuur 3.15 Neerslag, verdamping en neerslagtekort in het groeiseizoen (maart t/m augustus) voor Lauwersoog (station 277) op basis van KNMI-gegevens.

4. Conclusies

Om de effecten van de gaswinning en de hieruit voortkomende bodemdaling op de Peazemerlannen in kaart te brengen moeten de volgende vragen beantwoord worden:

3. Wat is de verandering van maaiveldhoogte (bodemdaling + opslibbing) en hoe verhoudt deze zich tot de streefwaarde (bodemdaling + zeespiegelstijging) en grenswaarde (10-15 cm onder de ondergrens van een vegetatiezone) voor maaiveldddaling voor de vegetatiesamenstelling?
4. Wat zijn de veranderingen in vegetatie (successierichting) en areaal van de vegetatiezones, en welke factoren, incl. opslibbingbalans, ontwatering, beweiding, veranderingen in GHW, kunnen de verandering verklaren? Hierbij moet ook aandacht zijn voor eventuele cumulatie van effecten veroorzaakt door deze factoren.

4.1 Peazemerlannen

Opslibbing pq's

- De gemiddelde gemeten maaiveldverandering over 2007-2018 in de Peazemerlannen was bij alle pq's positief en bij de meeste pq's voldoende om de gemeten bodemdaling over deze periode (3,6 mm/j) en een Gemiddeld Hoogwater-stijging van 1 mm/j (trend Lauwersoog 1988-2018) bij te houden. De verschillen tussen pq's kunnen echter groot zijn.
- Er zijn echter zeven pq's die, over de hele meetperiode van 11 jaar genomen, een gemiddelde opslibbing hebben van $\leq 4,6$ mm/j. Daarvan liggen er drie in de zomerpolder, allen in het hooggelegen, beweide westelijke deel. De vierde ligt in een vrijwel kale, afwisselend natte en droge poel waardoor verweking/erosie en inklink bepalend zijn voor de hoogteligging. Zodra de poel weer gedraineerd wordt door aansluiting op een kreek via terugschrijdende erosie zal ook de sedimentaanvoer en vegetatieontwikkeling op gang komen. De pq die naast een poel ligt is vaak vochtig waardoor de bodem niet goed consolideert. Tot slot zijn er nog twee pq's die ver weg van het wad en sedimentaanvoerende geulen liggen en die andere jaren nog net boven de benodigde gemiddelde opslibbing lagen, maar door het droge jaar 2018 hier net onder zijn gekomen.
- Daarnaast zijn er ook nog vijf pq's met een opslibbing die maar net boven de benodigde 4.6 mm/j ligt. Het betreft enkele punten waarvoor in eerdere rapportages ook al een lage opslibbing werd gemeld, vooral vanwege een grote afstand tot een sedimentbron (wad of kreek) en in één geval vanwege aanvankelijke erosie. Bij één pq uit deze categorie heeft vertrapping door onverwachte beweiding ook nog een rol gespeeld.
- In de westelijke zomerpolder was vroeger inklink het bepalende proces. Nu wordt er gemiddeld een opslibbing van 2 mm/j gemeten. Dat is genoeg om de GHW-stijging bij te houden, maar niet de daar bijkomende bodemdaling. De beperkte aanvoer van sediment (o.a. door zomerkade(s) en/of (gedeeltelijk) door sediment en/of vegetatie geblokkeerde duikers) en de vrij hoge ligging van de pq's zorgen voor deze, in verhouding tot de kwelder, lage opslibbing. Daarnaast is in sommige delen van de zomerpolder de drainage beperkt, omdat de oorspronkelijke greppels deels zijn dichtgeslibd en/of dichtgegroeid met vegetatie. Daardoor is de waterafvoer na een hoog tij trager en kan er langer water blijven staan waardoor vegetatie kan afsterven. Sedimentatie en drainage in de zomerpolder verdienen daarom extra aandacht. Verder heeft compactie door de beweiding (vertrapping) ook invloed op de maaiveldhoogte en drainage in de zomerpolder. In droge jaren kan daar nog inklink door uitdroging aan worden toegevoegd.
- Uit zowel de metingen op het wad van zowel Natuurcentrum Ameland als *Artemisia* blijkt dat de opslibbing lokaal grote verschillen kan vertonen, niet alleen per locatie, maar ook per jaar. Zowel de spijker- als SEB-metingen laten echter een toename in maaiveldhoogte zien over de meetperiode. Deze toename in maaiveldhoogte lijkt wat sterker bij de hoger gelegen punten.

Mogelijk wordt dit mede veroorzaakt door de toenemende vegetatiebedekking bij deze punten, waardoor sediment makkelijker bezinkt.

Vegetatieontwikkeling pq's

- De vegetatie bij de meeste pq's is stabiel of vertoont successie t.o.v. de situatie in 2007, wat verwacht kan worden bij de waargenomen positieve opslibningsbalans. Dit laat verder zien dat er als gevolg van bodemdaling geen kritische grens is overschreden. Gezien de huidige snelheid van bodemdaling past dat bij de verwachting. Daarnaast liggen de pq's allemaal ver boven de theoretische ondergrens van hun vegetatiezone, waardoor ook niet te verwachten is dat er snel regressie van de vegetatie zal optreden door bodemdaling. Bij de monitoring van de bodemdaling op Ameland is gebleken dat zelfs een opslibningsachterstand van ruim 15 cm vaak nog geen regressie van de vegetatie tot gevolg had.
- De twee pq's, die op basis van het vegetatietype, net zoals in eerdere jaren, een regressie lieten zien, lagen op de grens van lage kwelder en pionierzone dicht bij de doorbraak in het midden van de zomerkade. Bij deze pq's heeft er een vrij sterke uitbreiding van Engels slijkgras plaatsgevonden die vooral ten koste is gegaan van onbegroeide delen (poeltjes) en voor een klein deel ten koste van Gewoon kweldergras. Door het toegenomen bedekkingspercentage in de pq's is dus eigenlijk sprake van successie, maar doordat Engels slijkgras hierdoor de overhand heeft gekregen betekent dit voor het vegetatietype een regressie. Deze ontwikkeling van uitbreidend Engels slijkgras is ook in het referentiegebied waargenomen (buiten de pq's).

Vlakdekkende vegetatieontwikkeling

- De trend die op basis van de vegetatiekaarten waargenomen kan worden is er een van natuurlijke successie/veroudering en uitbreiding van het areaal, met name (pre-) pionierzone, die ook na de start van de gaswinning is doorgegaan. Hierbij moet wel rekening gehouden worden met het feit dat de meest recente kaart uit 2014 is en dat de bodemdaling toen nog zeer beperkt was. Aan de andere kant laten de waarnemingen tijdens de veldbezoeken zien dat de uitbreiding van de (pre-)pionierzone ook na 2014 is doorgegaan.

4.2 Referentiegebied

Opslibbing en vegetatieontwikkeling pq's

De meetpunten in het referentiegebied vertoonden, ondanks een lagere gemiddelde opslibbing (deels veroorzaakt door vertrapping/compactie door beweiding), een vergelijkbaar beeld: een stabiele vegetatie bij de meeste pq's en soms een (lichte) successie. Beweiding is de meest waarschijnlijke oorzaak van de regressie bij de twee pq's. Regressie door beweiding kan komen door het wegeten van soorten, maar ook door vertrapping van vegetatie en bodem. Daarnaast wordt door verdichting van de bodem en/of sporen waar water in blijft staan de drainage beïnvloed wat ook grote gevolgen voor de vegetatiesamenstelling kan hebben. De verschuiving van Zoutmelde naar een grotere bedekking door Kweldergras in een aantal pq's is mogelijk ook veroorzaakt door beweiding.

Vlakdekkende vegetatieontwikkeling

Ook in het referentiegebied is de waargenomen trend op basis van de vegetatiekaarten over de periode 2002-2014 een van natuurlijke successie/veroudering. Successie is ook een reden voor het afgenomen areaal aan pioniervegetatie. Omdat de beschermende werking van de dammen aan de wadkant tegenwoordig ontbreekt, heeft er geen aangroei kunnen plaatsvinden van de pioniervegetatie richting wad.

4.3 Aanvullende meetpunten (ter referentie)

De drie gebieden, waar meetpunten zijn geselecteerd om als alternatieve referentie te dienen, verschillen onderling wel en hebben hun eigen bijzonderheden. Hoewel “een tweede Peazemerlannen” natuurlijk het meest ideaal zou zijn als referentiegebied, lijken deze drie gebieden toch een aardig beeld te kunnen geven van de opslibbing (en vegetatie-ontwikkeling) in de vastelandskwelders. Zodoende kunnen ze vergelijkingsmateriaal bieden voor de Peazemerlannen, als de bestaande referentiepunten onbruikbaar zijn door beweiding. Er kan misschien nog wel een nadere selectie plaatsvinden binnen de nu gebruikte grote verzameling meetpunten.

4.4 Omgaan met veranderingen in het beheer

Beweiding referentiegebied

In 2018 is ook het laatste van de vijf deelgebieden in het referentiegebied beweide. De overige vier gebieden zijn sinds 2007 alle of sommige jaren beweide geweest. De sinds 2013 toegenomen beweiding in het referentiegebied vormt een knelpunt voor de bruikbaarheid van met name de pq-gegevens als referentiewaarden, zowel voor de opslibbing als de vegetatieontwikkeling. Het aangepaste beweidingsbeheer heeft/krijgt een effect op de ontwikkeling van de hoogteligging (door vertrapping en compactie) en de vegetatie (vertrapping, verjonging/regressie) en lokaal ook op de drainage. Dit is nu al waargenomen bij sommige meetpunten en het is ook uitgebreid beschreven in vele artikelen (zie o.a. Esselink *et al.*, 2002 en Esselink *et al.*, 2019).

Aangezien de locaties waar vee ingezet gaat worden, het type vee en de duur en intensiteit niet vast liggen, maar grotendeels door de situatie van het moment worden bepaald (o.a. afhankelijk van de vegetatiesamenstelling ter plekke, beschikbaarheid vee en beheervergoeding), is het moeilijk te voorspellen hoe groot het effect in de toekomst eventueel zal zijn op de bruikbaarheid van de meetpunten in West-Groningen als referentie. Het uitrasteren van de afzonderlijke pq's in combinatie met een weideklok (schrikdraad) is een arbeidsintensieve en daardoor te kostbare optie om de referentiemeetpunten te beschermen tegen eventuele beweidingseffecten en ze zodoende te kunnen blijven gebruiken.

Het gebruiken van de aanvullende meetpunten ter referentie lijkt een goede optie. Bij die meetpunten is echter ook geen garantie te geven dat ze niet ook ooit door beweiding onbruikbaar zullen raken.

Beheer Peazemerlannen

In 2017 heeft It Fryske Gea verschillende veldbezoeken georganiseerd, onder meer naar de Peazemerlannen, om het beheer van de afgelopen jaren te evalueren betreffende drie thema's: Natuurbeheer, Beleving en Water en Cultuurhistorie. Hiervoor waren vele partijen uitgenodigd, waaronder *Artemisia*, die belangen in en/of wensen/ideeën met betrekking tot de (beheer)gebieden van IFG hebben. Daarbij zijn onder andere de mogelijkheden besproken hoe eventuele beweiding van (een deel) van de kwelder of verkwelleren van (een deel van) de zomerpolder te combineren zou zijn met de monitoringactiviteiten in de Peazemerlannen. Op basis van de bevindingen en adviezen tijdens deze veldbezoeken heeft IFG een intern startdocument opgesteld als uitgangspunt voor de beheerplannen voor de komende jaren. Of, en zo ja, welke gevolgen dat voor de monitoring zal hebben is nog niet duidelijk.

4.5 Samenvatting conclusies

Hoewel de streefwaarde (bodemdaling + zeespiegelstijging) niet bij alle meetpunten gecompenseerd wordt door de opslibbing, heeft dit geen regressie van de vegetatie tot gevolg gehad. Ook uit de

vlakdekkende vegetatiekaarten komt een beeld naar voren van successie. Hoewel de meest recente vegetatiekaart uit 2014 is, en er sinds toen nog ca. 1,5 cm bodemdaling heeft plaatsgevonden, correspondeert de waarneming van de zich uitbreidende en dichter begroeide pionierzone en het opslibbende voorliggende wad nog steeds met dat beeld.

Waar, lokaal, vegetatie (lichte) regressie vertoont, is dat toe te schrijven aan een verminderde of stagnerende ontwatering meestal rond in het gebied aanwezige poelen.

Een vertraagde netto-ophoging van het maaiveld tijdens de bodemdalingsperiode zou op den duur lokaal de veroudering van de kweldervegetatie mogelijk iets kunnen vertragen. Aangezien veroudering de trend is in de Peazemerlanden (en de meeste andere vastelandskwelders) zou dit gezien kunnen worden als een tijdelijk positief neveneffect van gaswinning, maar de verwachte bodemdaling is niet groot genoeg om het 'verouderingsprobleem' grootschalig en langdurig tegen te gaan.

De conclusies die getrokken kunnen worden na 11 jaar monitoring wijken hiermee weinig af van die in het vorige jaarrapport (Van Duin, 2018) en de evaluatie na 5 jaar monitoring (Van Duin *et al.*, 2013).

4.6 Aanvullende monitoring

De hoogte- en vegetatie-ontwikkeling op het voorliggende wad (ten oosten van de strekdam) wijst op een netto-opslibbing op een groot deel van het wad. De vegetatie bestaat daar momenteel voornamelijk uit Zeekraal en lokaal enig Engels slijkgras en Kweldergras. Zeekraal is eenjarig en kan grote jaar-op-jaar veranderingen in de bedekking laten zien. Dit kan bv. komen door erosie waarbij zowel zaden als sediment wegspoelen, of door opslibbing, indien de zaden door een te dikke laag sediment worden bedekt, zodat kieming niet mogelijk is. Het blijven staan van de dode Zeekraal door het ontbreken van winterstormen de laatste paar jaar verschaft luwte en biedt daardoor mogelijk ook kansen voor vestiging van vegetatie en opslibbing. Het volgen van de vegetatiebedekking in combinatie met de hoogteligging (bv. via RTK-DGPS-meting) op dit voorliggende wad zou een waardevolle aanvulling op de huidige monitoring kunnen zijn, mede vanwege het op die wijze bestrijken van een groot oppervlak.

5. Referenties

- Bakker, J.P., J. Bunje, K.S. Dijkema, J. Frikke, N. Hecker, B. Kers, P. Körber, J. Kohlus & M. Stock, 2005. 7. Salt Marshes. In: K. Essink, C. Dettmann, H. Farke, K. Laursen, G. Lüerssen, H. Marencic & W. Wiersinga (eds). *Wadden Sea Quality Status Report 2004. Wadden Sea Ecosystem No. 19. Trilateral Monitoring and Assessment Group, Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany*, 163-179.
- Bossinade, J.H., J. van den Bergs & K.S. Dijkema, 1993. *De invloed van de wind op het jaargemiddelde hoogwater langs de Friese en Groninger waddenkust. Rijkswaterstaat Directie Groningen/DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Texel*. 22 p.
- De Leeuw, J., H. Olff & J.P. Bakker, 1990. Year-to-year variation in peak above-ground biomass of six salt marsh angiosperm communities as related to rainfall deficit and inundation frequency. *Aquatic Botany* 36: 139-151.
- Dijkema, K.S. 1983. The salt-marsh vegetation of the mainland coast, estuaries and Halligen. In: K.S. Dijkema & W.J. Wolff (eds), *Flora and vegetation of the Wadden Sea island and coastal areas. Balkema, Rotterdam*, 185-220.
- Dijkema, K.S., 1997. Impact prognosis for salt marshes from subsidence by gas extraction in the Wadden Sea. *Journal of Coastal Research* 13: 1294-1304.
- Dijkema, K.S., J.H. Bossinade, J. van den Bergs & T.A.G. Kroeze, 1991. *Natuurtechnisch beheer van kwelderwerken in de Friese en Groninger Waddenzee: greppelonderhoud en overig grondwerk. Nota GRAN 1991-2002/RIN-rapport 91/10. Rijkswaterstaat Directie Groningen/Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Groningen/Texel*. 156 p.
- Dijkema, K.S., A. Nicolai, J. de Vlas, C.J. Smit, H. Jongerius & H. Nauta, 2001. *Van landaanwinning naar kwelderwerken. Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland, Leeuwarden en Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Texel*. 68 p.
- Dijkema, K.S., W.E. van Duin & H.F. van Dobben, 2005. Kweldervegetatie op Ameland: effecten van veranderingen in de maaiveldhoogte van Nieuwlandsdijk en De Hon. In: *Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 18 jaar gaswinning. Begeleidingscommissie Monitoring Ameland*. 97 p.
- Dijkema, K.S., H.F. van Dobben, E.C. Koppelaar, E.M. Dijkman & W.E. van Duin, 2011. Kweldervegetatie Ameland 1986-2010: effecten van bodemdaling en opslibbing op Neerlands Reid en De Hon. In: *Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost; Evaluatie na 23 jaar gaswinning. Deel 2, hoofdstuk 3.1: 1-150*.
- Dijkema, K.S., W.E. van Duin, E.M. Dijkman, A. Nicolai, H. Jongerius, H. Keegstra, H.J. Venema & J.J. de Jong, 2013. *Monitoring en beheer van de kwelderwerken in Friesland en Groningen 1960-2010. Werkgroep Onderzoek Kwelderwerken (WOK), Jaarverslag voor de Stuurgroep Kwelderwerken augustus 2008-juli 2010. Wettelijke Onderzoekstaken WOt-rapport 122. Imares, Texel; Rijkswaterstaat, Leeuwarden/Buitenpost*. 124 p.
- Van Duin, W.E., K.S. Dijkema & J. Zegers, 1997. Veranderingen in bodemhoogte (opslibbing, erosie en inklink) in de Peazemerlannen. *Rapport 326, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Texel*. 104 p.
- Van Duin, W.E., K.S. Dijkema & P.-W. van Leeuwen, 2007. *Uitgangssituatie maaiveldhoogte en kweldervegetatie in de Peazemerlannen (2006). Rapport C128/07, Wageningen Imares, Texel*. 79 p.
- Van Duin, W.E., K.S. Dijkema, P.-W. van Leeuwen & C. Sonneveld, 2013. *Vegetatie en opslibbing in de Peazemerlannen en het referentiegebied West-Groningen: Evaluatie 2007-2012. Rapport C082/13, Imares Wageningen UR, Texel*. 59 p.
- Van Duin, W.E., 2018. *Vegetatie en opslibbing in de Peazemerlannen en het referentiegebied West-Groningen: Jaarrapport 2017. Artemisia-rapport 2017-03, Artemisia-kwelderonderzoek, Den Helder*. 74 p.

- Van Duin, W. E., H. Jongerius, A. Nicolai, J.J. Jongsma, A. Hendriks & C. Sonneveld, 2016. *Friese en Groninger kwelderwerken: Monitoring en beheer 1960-2014*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen University & Research, WOt-technical report 68, Den Helder. 91 p.
- Elschot, K., de Groot, A., Dijkema, K., Sonneveld, C., van der Wal, J.T., de Vries, P., Brinkman, A.G., Van Duin, W., Molenaar, W., Krol, J., Kuiters, A.T., De Vries, D., Wegman, R.M.A., Slim, P.A., Koppenaar, E.C. & De Vlas, J., 2017. Hoofdstuk 4. Ontwikkeling kwelder Ameland-Oost: Evaluatie bodemdalingsonderzoek 1986-2016. In: J. de Vlas (ed.), *Monitoring effecten van bodemdaling op Oost-Ameland*: 185-328.
- Esselink, P., 2000. *Nature management of coastal salt marshes. Interactions between anthropogenic influences and natural dynamics*. Thesis University of Groningen. 253 p.
- Esselink, P., L.F.M. Fresco & K.S. Dijkema, 2002. *Vegetation change in a man-made salt marsh affected by a reduction in both grazing and drainage*. *Applied Vegetation Science* 5: 17-32.
- Esselink, P., H. Jager, W.E. van Duin & A. Wielemaker, 2019. *Variatie op de kwelder door beweiding: een handreiking aan natuurbeheerders*. PUCCIMAR-rapport 15. PUCCIMAR Ecologisch Onderzoek & Advies, Vries.
- Eysink, W.D., K.S. Dijkema & W.E. van Duin, 2000. *Effecten van bodemdaling door gaswinning op de Peazemerlannen*. Rapport H3740, WL/Delft Hydraulics en Alterra. 35 p.+ bijlagen.
- De Glopper, R.J., 1973. *Subsidence after drainage of the deposits in the former Zuider Zee and in the brackish and marine forelands in The Netherlands*. *Van Zee tot Land* 50, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, 's-Gravenhage. 205 p.
- Hoeksema, H.J., H.P.J. Mulder, M.C. Rommel, J.G. de Ronde & J. de Vlas, 2004. *Bodemdalingstudie Waddenzee 2004. Vragen en onzekerheden opnieuw beschouwd*. Rapport RIKZ/2004.025, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Haren. 138 p.
- Jager, H.J. & S. Rintjema, 2003. *Beheerplan Noard-Fryslân Bûtendyks*. Werkdocument 2003-2028. It Fryske Gea, Olterterp. 66 p. + bijlagen
- De Jong, D.J., K.S. Dijkema, J.H. Bossinade & J.A.M. Janssen, 1998. *SALT97. Classificatieprogramma voor kweldervegetaties*. Rijkswaterstaat RIKZ, Dir. Noord-Nederland, Meetkundige Dienst; Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Texel.
- Kamps, L.F., 1956. *Slibhuishouding en landaanwinning in het oostelijk waddengebied*. Rijkswaterstaat Directie Landaanwinning, Baflo, 93 p.
- Kamps, L.F., 1962. *Mud distribution and land reclamation in eastern wadden shallows*. *Rijkswaterstaat Communications* 4: 1-73.
- Kleyer, M., H. Feddersen & R. Bockholt, 2003. *Secondary succession on a high salt marsh at different grazing intensities*. *Journal of Coastal Conservation* 9: 123-134.
- Van Klink, R., M. Schrama, S. Nolte, J.P. Bakker, M.F. WallisDeVries & M.P. Berg, 2015a. *Defoliation and soil compaction jointly drive large-herbivore grazing effects on plants and soil arthropods on clay soil*. *Ecosystems* 18: 671-685.
- Van Klink, R., F. van der Plas, C.G.E. van Noordwijk, M.F. WallisDeVries & H. Olff, 2015b. *Effects of large herbivores on grassland arthropod diversity*. *Biological Reviews* 90: 347-366.
- Krol, J., 2019. *Wadsedimentatiemetingen Ameland, Piet Scheveplaat, Engelsmanplaat, Paesens en Schiermonnikoog 2007-2018*. Natuurcentrum Ameland, Nes. 39 p.
- Meesters, H.W.G., K.S. Dijkema, W.E. van Duin, C.J. Smit, N. Dankers, P.J.H. Reijnders, R.K.H. Kats & M.L. de Jong, 2006. *Natuurwaarden in de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag en mogelijke effecten van bodemdaling door gaswinning*. Alterra-rapport 1310, Alterra-Texel. 191 p.
- NAM, 2019. *Continue GPS hoogtemetingen NAM Waddenzee. Rapportage december 2018 (EP201901202357)*. 7 p.
- Oost, A.P. & K.S. Dijkema, 1993. *Effecten van bodemdaling door gaswinning in de Waddenzee*. IBN-rapport 025. Universiteit Utrecht, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Texel. 133 p.+ bijlagen
- Oost, A.P., B.J. Ens, A.G. Brinkman, K.S. Dijkema, W.D. Eysink, J.J. Beukema, H.J. Gussinklo, B.M.J. Verboom & J.J. Verburgh, 1998. *Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee*. Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V., Assen. 372 p.

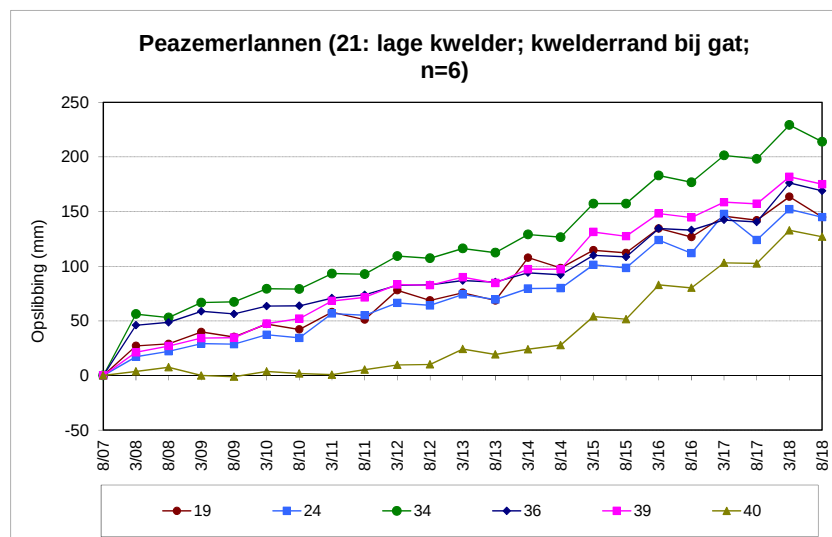
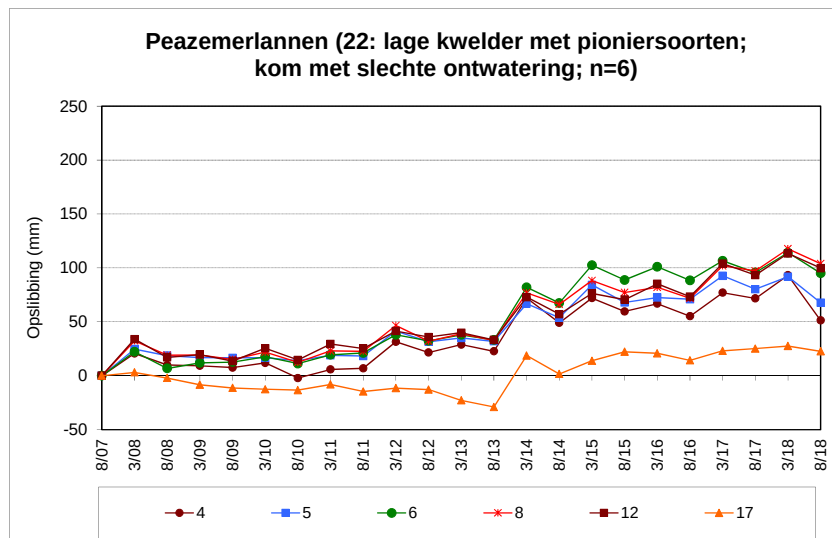
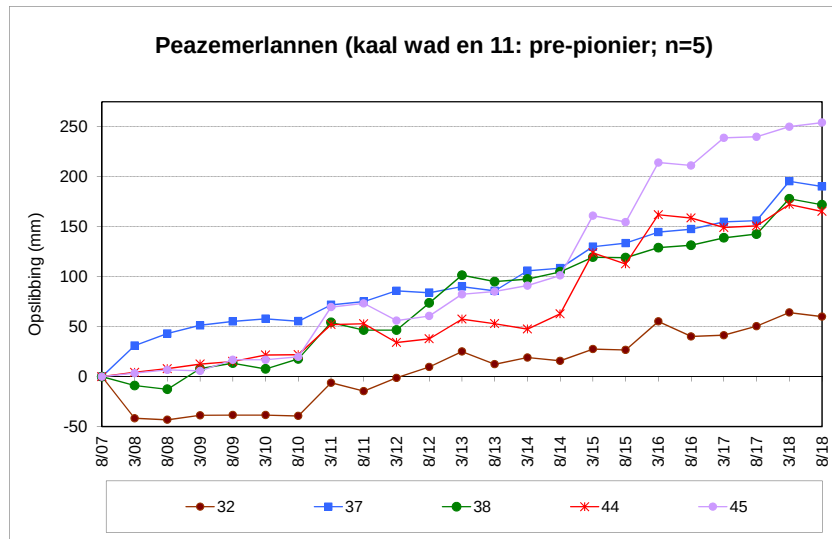
- Oranjewoud, 2010. Beheer- en inrichtingsplan Kwelders Groninger Noordkust en Dollard. 80 p. + bijlagen*
- Reitsma, J.M., G. Hoefsloot & L.S.A. Anema, 2010. Toelichting bij de Vegetatiekartering Kwelderwerken Friesland & Groningen 2008. Op basis van false colour-luchtfoto's 1:10.000. RWS-DID, Servicedesk Geo-informatie, Delft. 96 p. + bijlagen*
- Reitsma, J.M. & J. de Jong, 2016. Toelichting bij de Vegetatiekartering Kwelderwerken Friesland & Groningen 2014. Op basis van false colour-luchtfoto's 1:10.000. RWS-CIV, Servicedesk Geo-informatie, Delft. 102 p. + bijlagen*
- Stoddart, D.R., D.J. Reed & J.R. French, 1989. Understanding salt marsh accretion, Scolt Head Island, Norfolk, England. Estuaries 12: 228-236.*
- Veenstra, K., 1965. De invloed van het vochtgehalte van de grond op de hoogte van het maaiveld bij een zware vaste kleigrond. Intern rapport Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Kampen.*

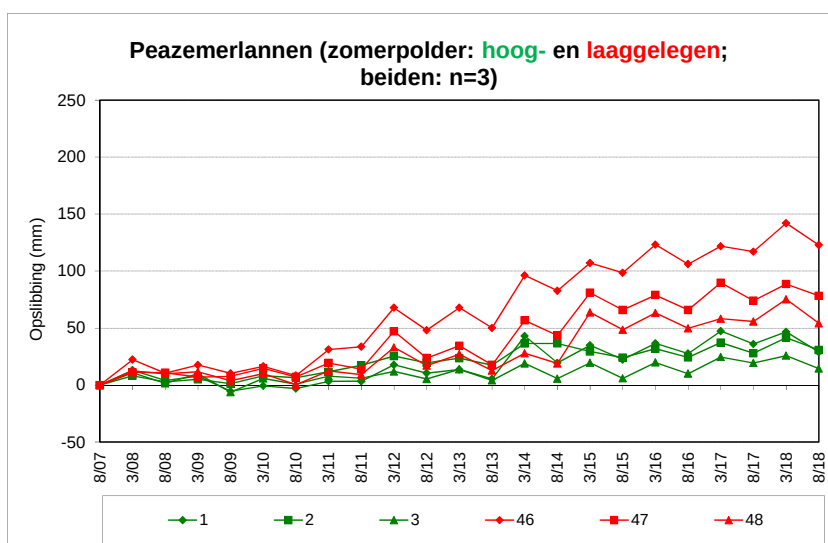
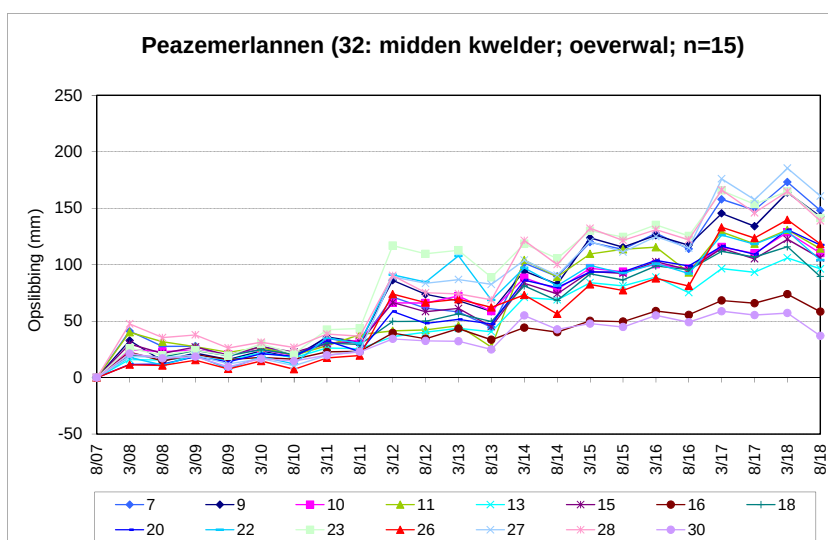
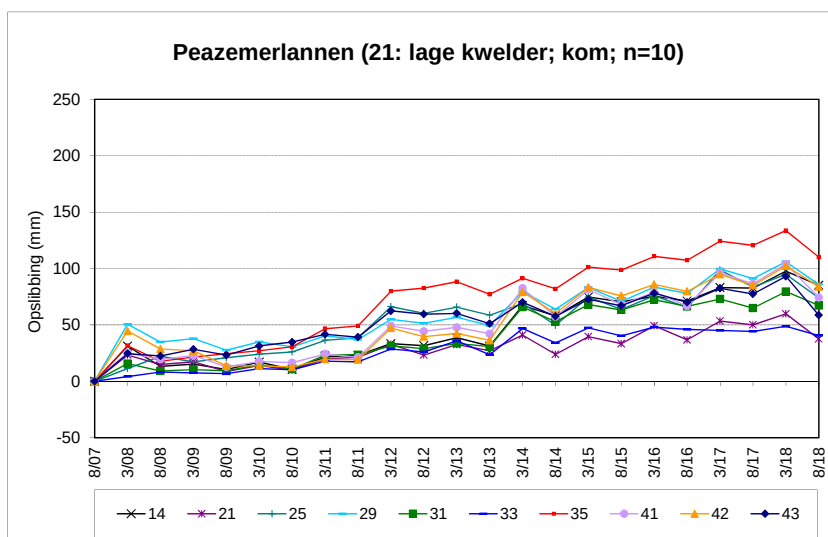
BIJLAGEN

A. Programma vegetatiekarteringen kwelders RWS (VEGWAD)

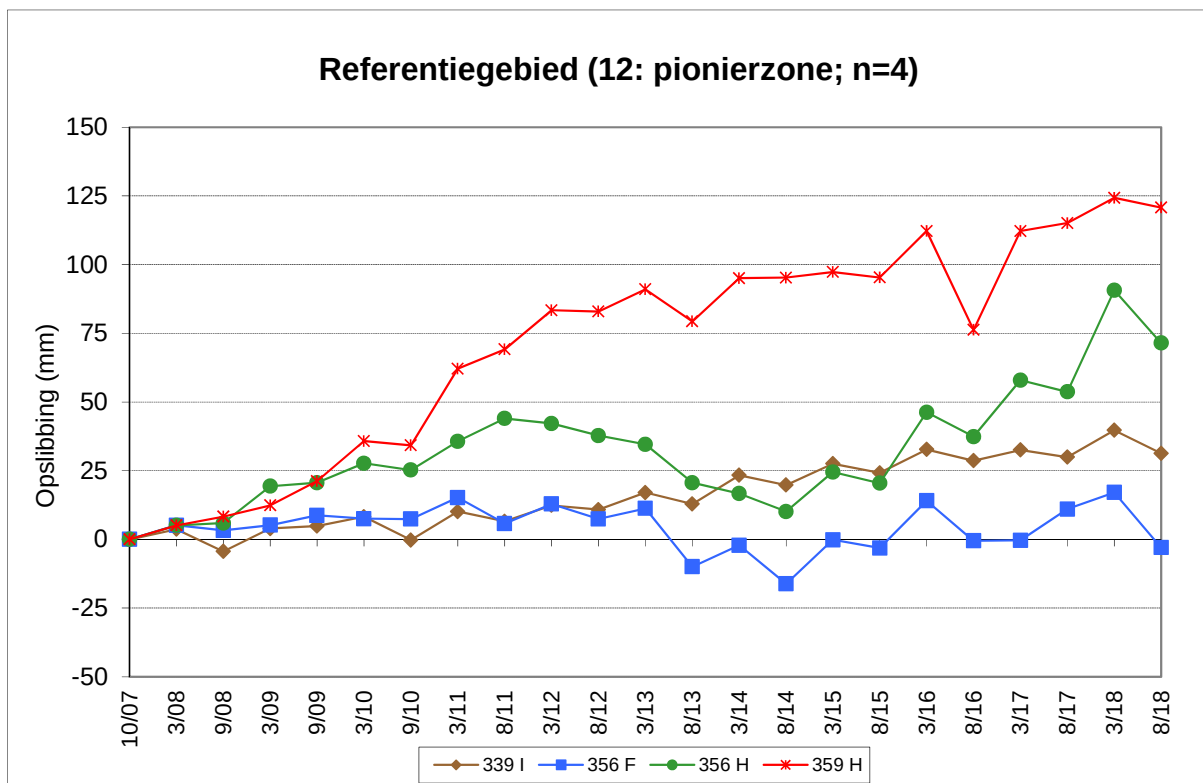
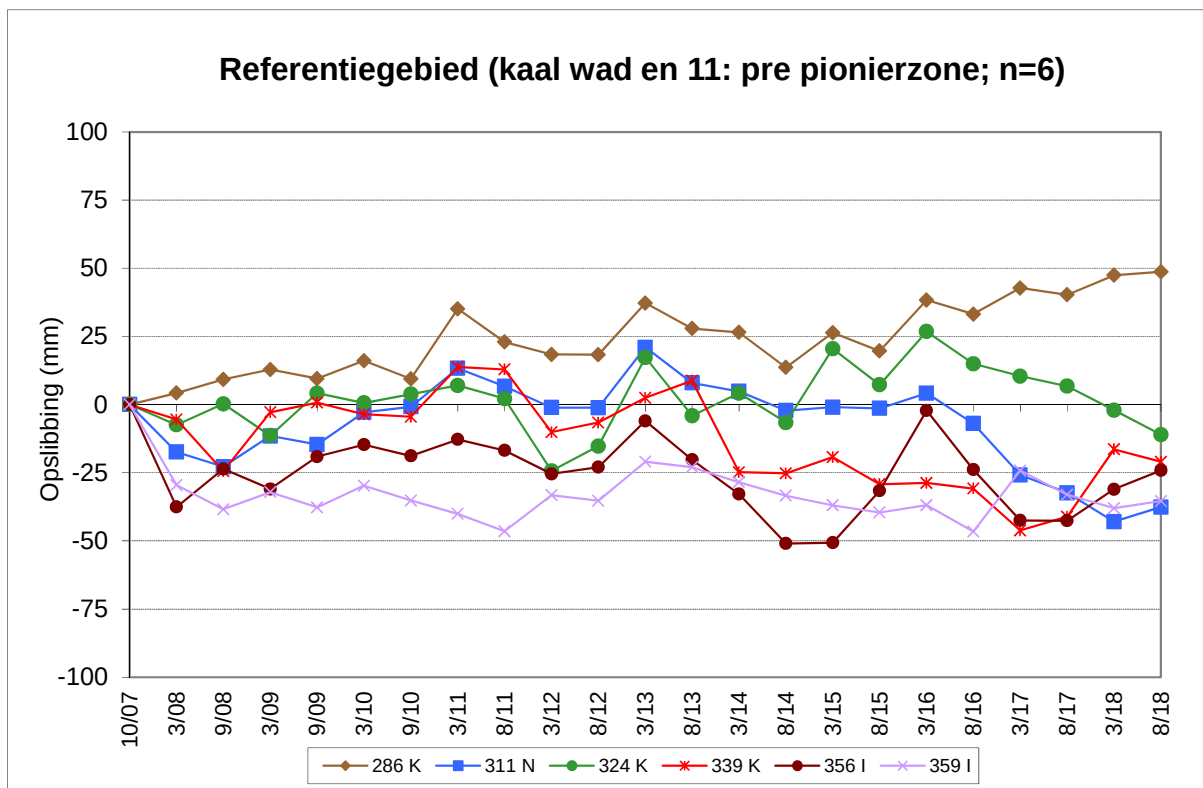
	Meest recente		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
	VEGWAD	fotovlucht	uitwerking	af ronding	uitwerking	af ronding	uitwerking	af ronding	uitwerking	af ronding	uitwerking	af ronding	uitwerking
Oosterschelde	2013		uitwerking	af ronding				fotovlucht	uitwerking	af ronding			
Westerschelde-mond	2013		uitwerking	af ronding				fotovlucht	uitwerking	af ronding			
Kweldenwerken Friesland + Groningen	2014		fotovlucht	uitwerking	af ronding				fotovlucht	uitwerking	af ronding		
Ameland	2014		fotovlucht	uitwerking	af ronding				fotovlucht	uitwerking	af ronding		
Kroonspolders (+Westerveld) Vlieland	2015			fotovlucht	uitwerking	af ronding				fotovlucht	uitwerking	af ronding	
Noordvaarder + Groen strand Terschelling	2015			fotovlucht	uitwerking	af ronding				fotovlucht	uitwerking	af ronding	
Schiermonnikoog	2016				fotovlucht	uitwerking	af ronding				fotovlucht	uitwerking	af ronding
Rottum	2016				fotovlucht	uitwerking	af ronding				fotovlucht	uitwerking	af ronding
Westerschelde	2016				fotovlucht	uitwerking	af ronding				fotovlucht	uitwerking	af ronding
Kwelders Noord-Holland	2017					fotovlucht	uitwerking	af ronding				fotovlucht	uitwerking
Kwelders Texel	2017					fotovlucht	uitwerking	af ronding				fotovlucht	uitwerking
Slufter Texel	2017					fotovlucht	uitwerking	af ronding				fotovlucht	uitwerking
Boschplaat Terschelling	2012		af ronding				fotovlucht	uitwerking	af ronding				fotovlucht
Dollard + Punt van Reide	2012		af ronding				fotovlucht	uitwerking	af ronding				fotovlucht
Griend	2012		af ronding				fotovlucht	uitwerking	af ronding				fotovlucht
Haringvliet-monding	2012		af ronding				fotovlucht	uitwerking	af ronding				fotovlucht

B. Cumulatieve netto-opslibbing Peazemerlannen per pq

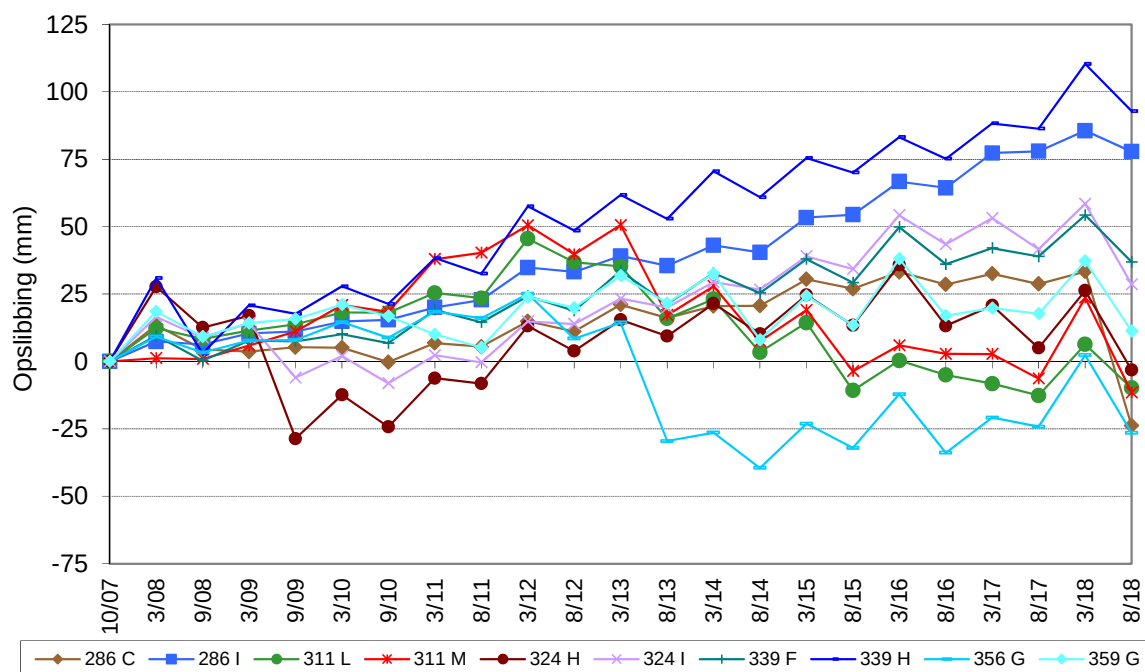




C. Cumulatieve netto-opslibbing referentiegebied West-Groningen: afzonderlijke pq's

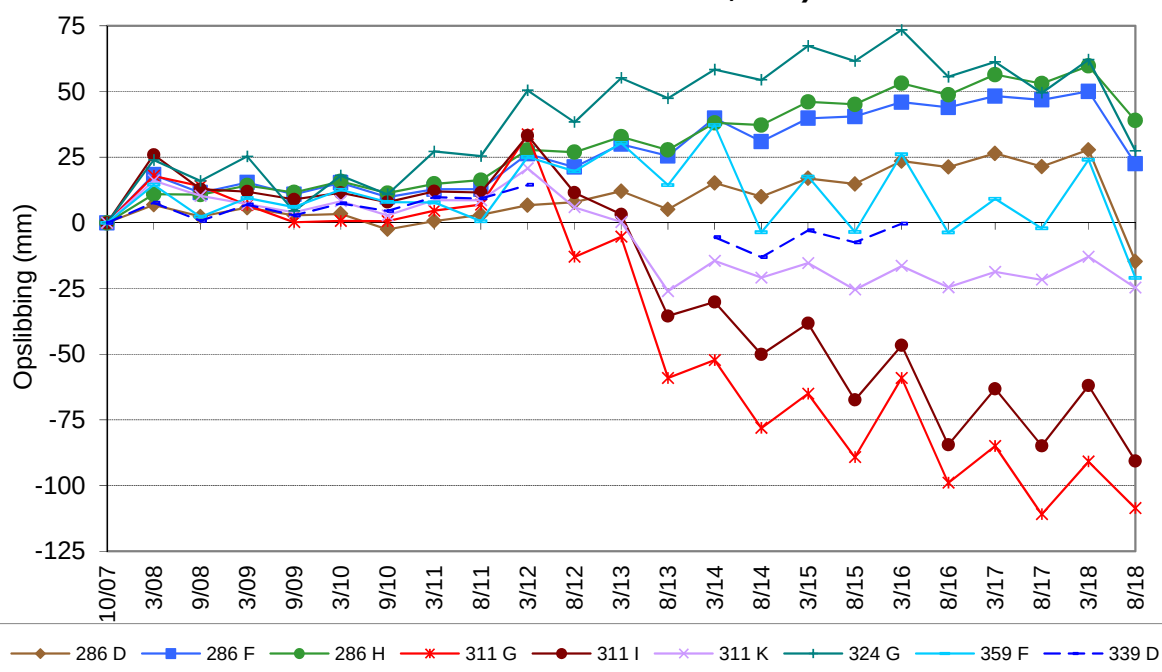


Referentiegebied (21: lage kwelder; n=10)



286 vanaf 2018 beweide, de overige meetpunten in sommige of (vrijwel) alle jaren beweide (zie ook Bijlage D).

Referentiegebied (32: midden kwelder; n=8 en boerenkwelder; n=1)



286 vanaf 2018 beweide, de overige meetpunten in sommige of (vrijwel) alle jaren beweide (zie ook Bijlage D).

Wegens herhaaldelijk afmaaien van SEB-palen ontbreken datapunten voor 339D (boerenkwelder). De PQ is uiteindelijk geschrapt als meetpunt.

D. Vertrappingschade bij SEB-meting per pq en jaar in referentiegebied West-Groningen

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
286 C												+
286 D												±
286 F												±
286 H												-
286 I												±
(286 K)												n.v.t.
311 G						-	+	++	++	++	+	++
311 I						-	+	+	++	+	+	+
311 K						-	±	-	+	±	-	-
311 L						-	±	+	++	+	+	+
311 M						+	+	+	++	+	+	++
(311 N)						n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
324 G			+					0	0	-	+	+
324 H			++					0	0	+	+	+
324 I			+					0	0	-	+	+
(324 K)			n.v.t.					n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
339 D	0	0	-	0	0		0	0	0			
339 F	0	0	-	-	0		-	±	-	0	0	0
339 H	±	0	-	-	-		-	-	±	0	-	0
339 I	+	±	-	0	+		+	+	-	-	+	-
(339 K)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.		n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
356 F					±		+	+	+		±	-
356 G					±		+	+	+		±	+
356 H					+		++	+	+		+	±
(356 I)					n.v.t.		n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.		n.v.t.	n.v.t.
359 F				+			±	+	++	+	+	+
359 G				+			-	+	+	+	+	+
359 H				±			±	±	0	0	+	0
(359 I)				n.v.t.			n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

= geen beweiding; 0= geen vertrappingschade; - = licht (een enkel spoor, nauwelijks kaal);
 ± = matig (meer sporen en kleine kale plekken); + = zwaar (kale stukken, vaak met duidelijke sporen);
 ++ = zeer zwaar (vrijwel kaal en diepe sporen waar soms water in staat).

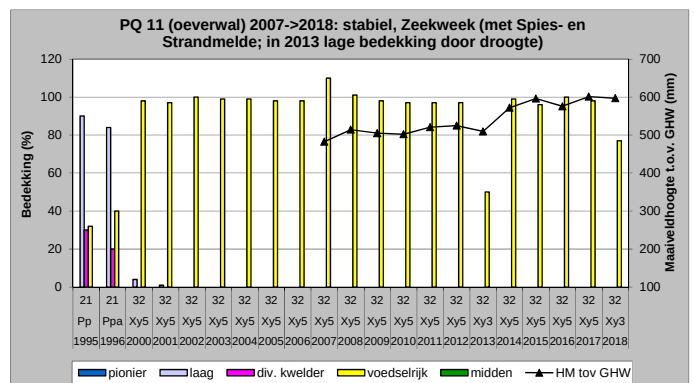
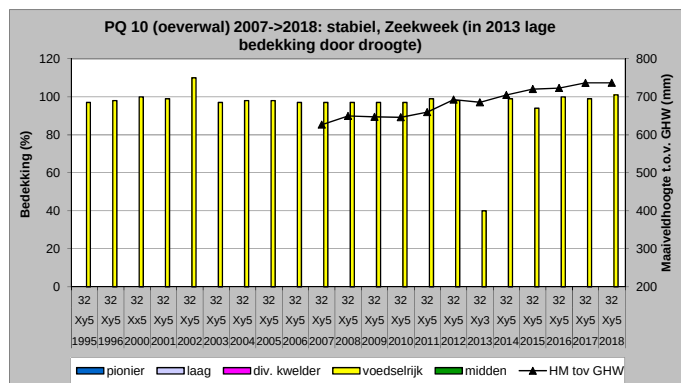
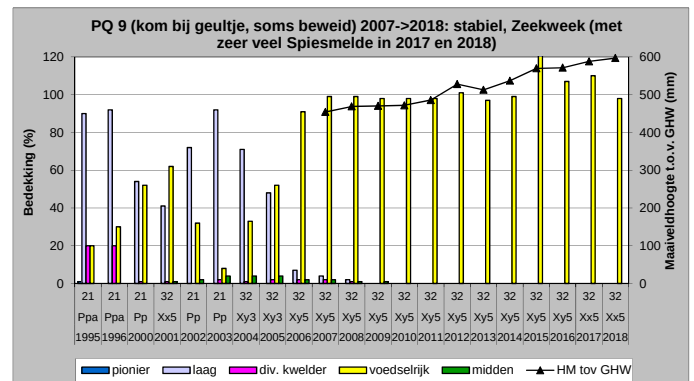
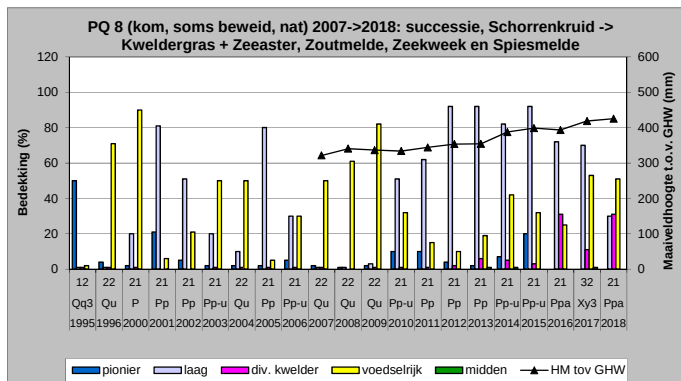
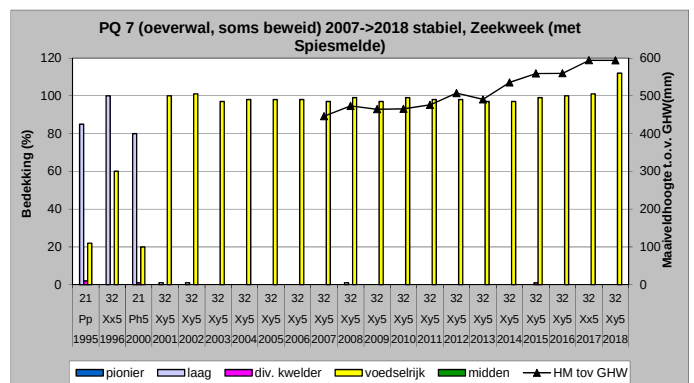
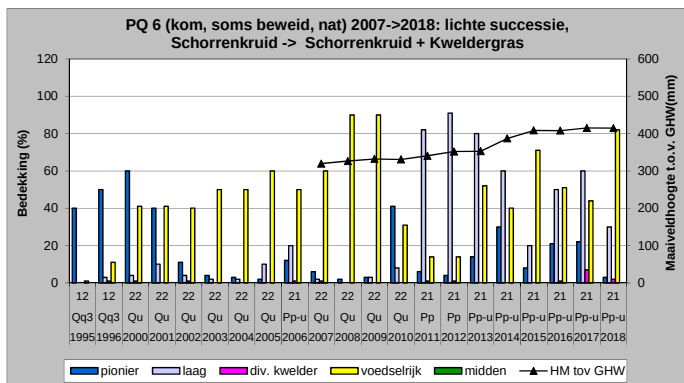
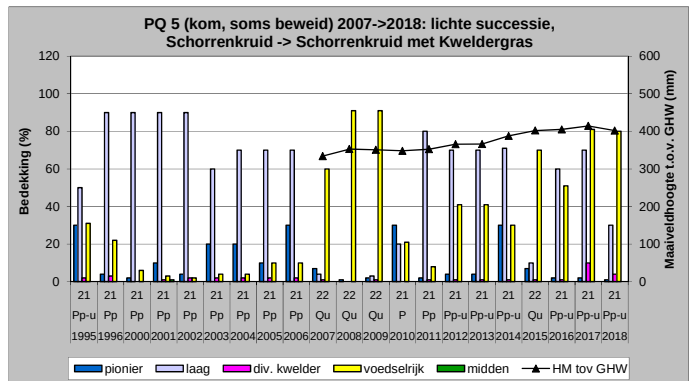
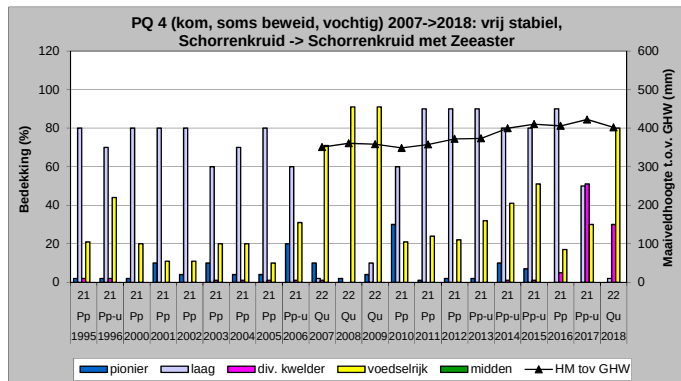
n.v.t.= de pq's op het (vrijwel) kale wad staan tussen haakjes, omdat het vee daar normaal gesproken niet komt en er daarom ook geen vertrapping optreedt.

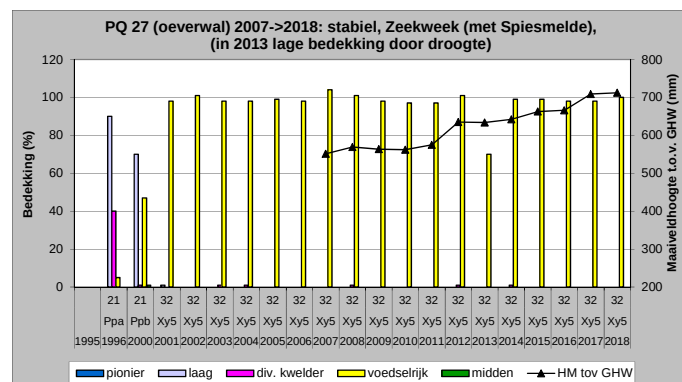
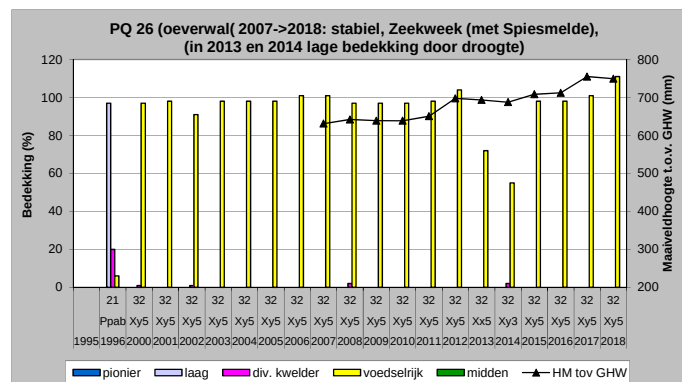
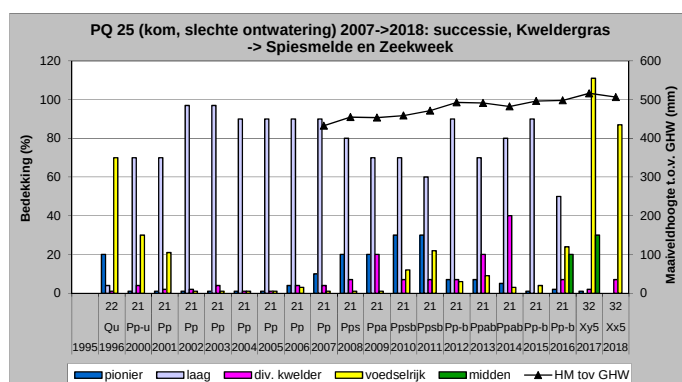
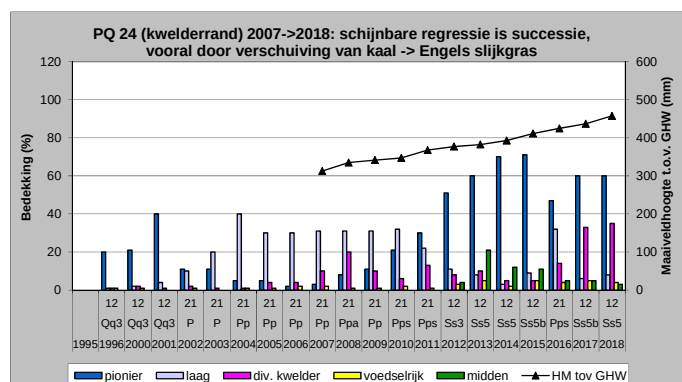
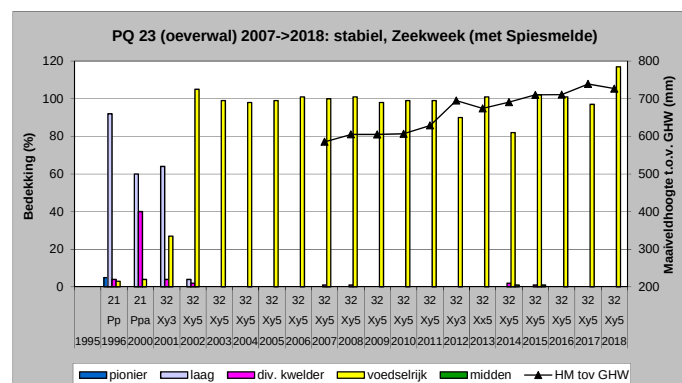
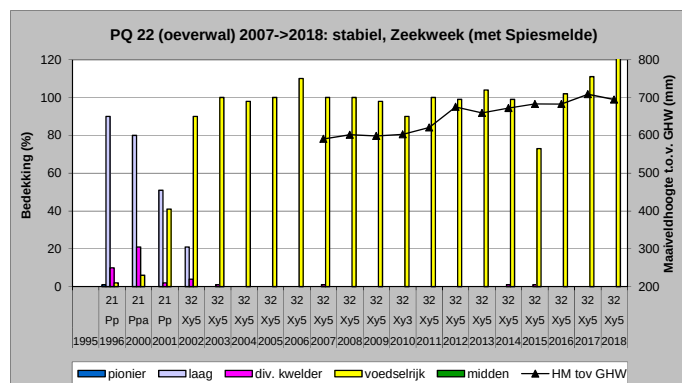
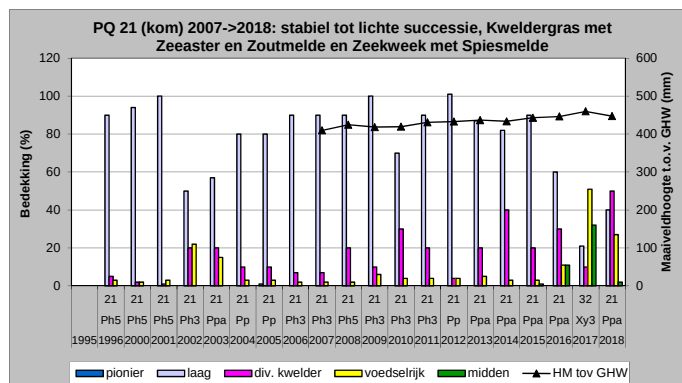
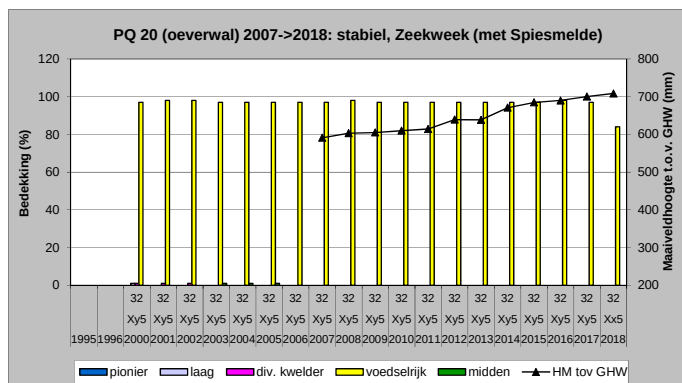
De waarnemingen betreffen alleen 'verse' vertrappingschade die is aangericht tijdens het beweidingseizoen in het meetjaar. Eventuele schade aangericht in eerdere jaren valt niet onder de score. PQ 339 D is komen te vervallen wegens regelmatig afmaaien van de pq-palen.

De veesamenstelling in de beweide meetvakken van 2007-2018:

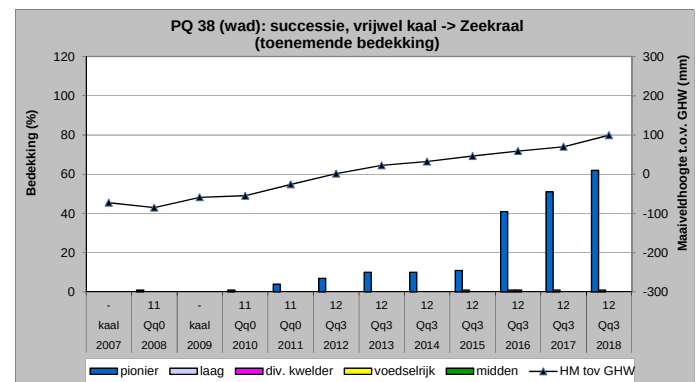
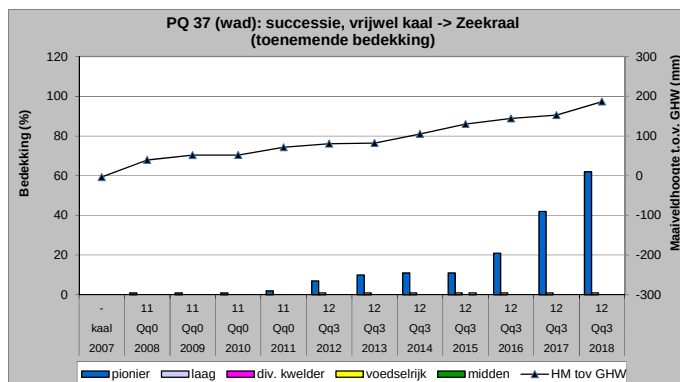
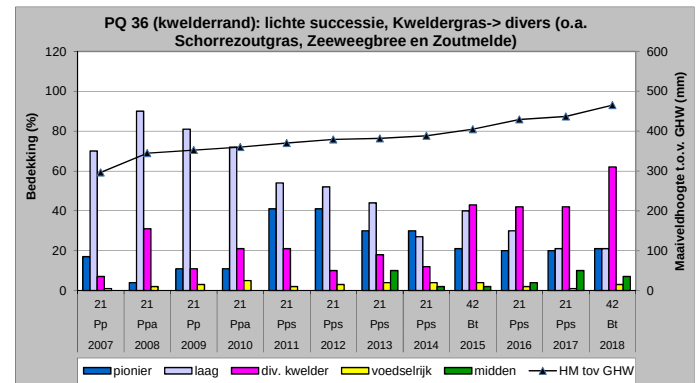
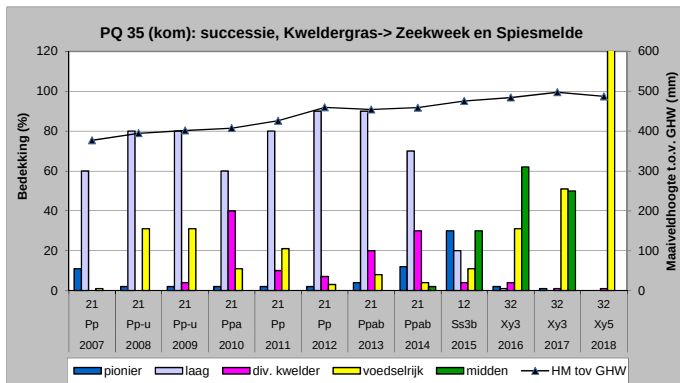
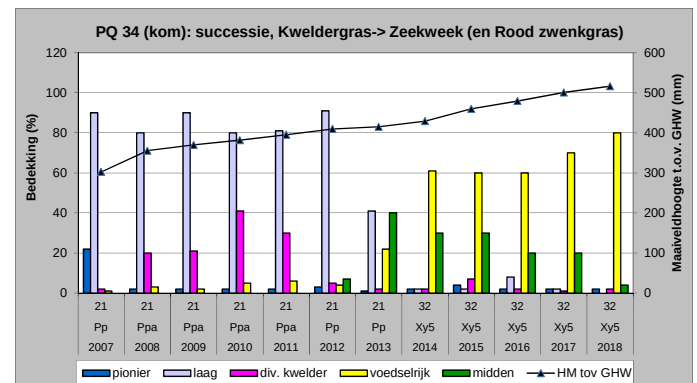
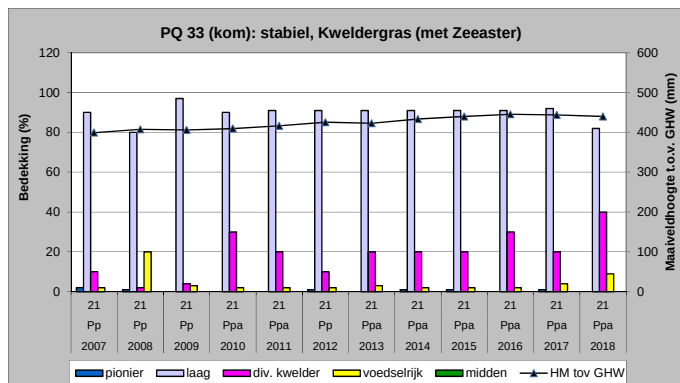
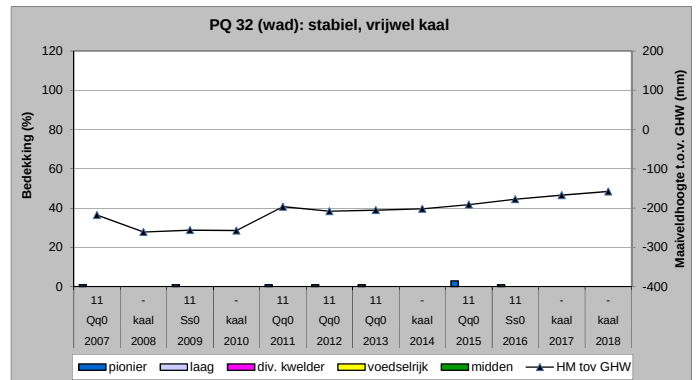
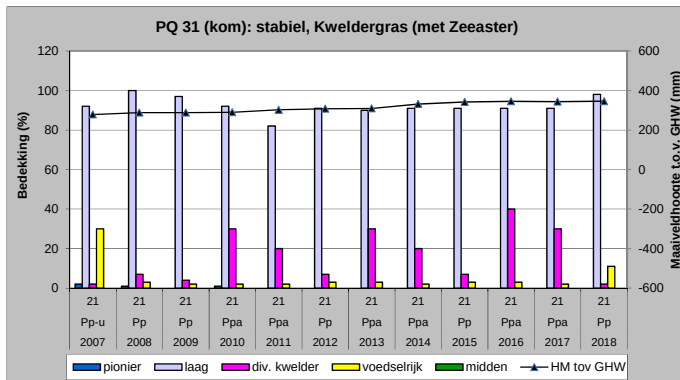
- Van 2007-2011 was MV 339 (in combinatie met het naastliggende vak 340) beweide met 10-13 paarden.
- In 2009 heeft eenmalige beweiding door paarden in MV 324 voor flinke vertrapping gezorgd waardoor tijdelijk kale plekken zijn ontstaan bij de pq's.
- In 2010 zijn de pq's in meetvak 359 van circa juni tot 21 oktober beweide geweest door zes vleeskoeien (Blonde d'Aquitaine) met kalveren.
- In 2011 werd MV 356 beweide met zes stieren, ook weer tot na de formele einddatum van 15 oktober. De opslibbings- en vegetatieopnames hebben daardoor toen pas vrij laat kunnen plaatsvinden.
- In 2012 hebben er dertien pinken in MV 311 gelopen.
- In 2013 liepen in MV 339 twee paarden en 30 schapen, in MV 311 zijn een deel van het beweidsseizoen 30 koeien geweest en in MV 356/359 tien koeien en vier paarden.
- In 2014 liep er in MV 311 en MV 324 geen vee tijdens de opname, maar er waren wel sporen te zien. In MV 339 liepen vijf paarden en in MV 356 liepen dertien koeien, die waarschijnlijk waren omgeweid uit MV 359 waar wel sporen te zien waren, maar geen vee meer liep.
- In 2015 liepen er 30 stuks jongvee in MV 311, werd MV 324 extensief beweide met schapen, liepen er 125 schapen in MV 339 en geen paarden. In MV 356 liepen negen stuks jongvee en in MV 359 was geen vee, maar wel verse sporen die vermoedelijk waren veroorzaakt door het vee dat tijdens de metingen in MV 356 liep.
- In 2016 liepen er in MV 311 tijdens de metingen 20 koeien in het naburige vak, maar die waren, gezien de aanwezige verse sporen, waarschijnlijk omgeweid uit vak 311. In vak 324 liepen dertien pony's en in vak 339 stonden vijf paarden en twee koeien. In MV 356 stond geen vee tijdens de metingen, maar er waren wel diepe (ogenschijnlijk oude) sporen met water. In MV 359 stonden zes koeien/pinken.
- In 2017 liepen er in MV 311 negentien pinken en een vervelende stier. In MV 324 liepen 15 pony's/paarden en in MV 339 liepen 3 paarden. In MV 356 stond tijdens de najaarsmeting geen vee, maar aan de sporen te zien had er waarschijnlijk het vee gestaan (10 pinken) dat omgeweid was naar MV 359.
- In 2018 liepen er in MV 286 20 paarden (voor het eerst beweide!), in MV 311 25 runderen. In MV 324 liepen 11 pony's/paarden en in MV 339 liepen 6 paarden. In MV 356 stonden 14 pinken, die waarschijnlijk waren omgeweid uit MV 359 (daar tijdens de meting namelijk geen vee, maar wel vrij verse sundersporen te zien).

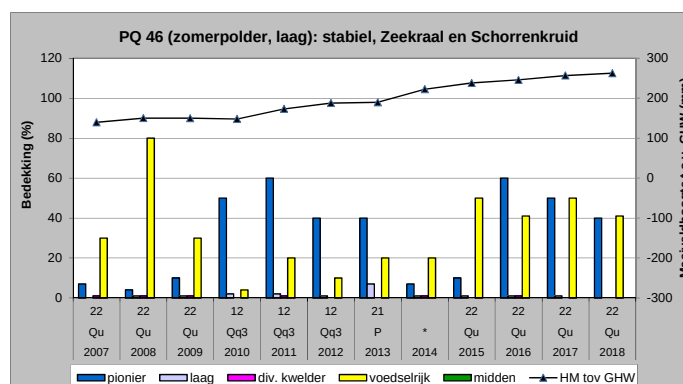
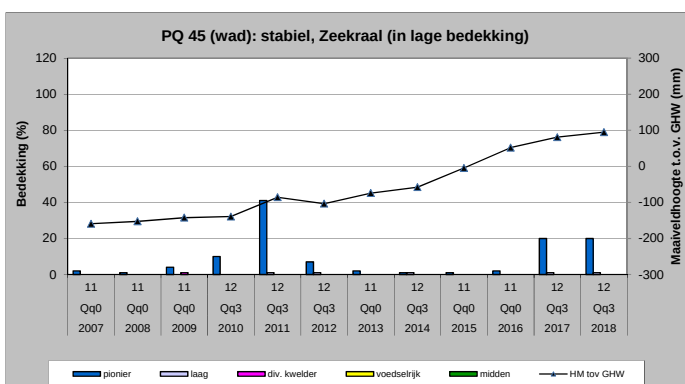
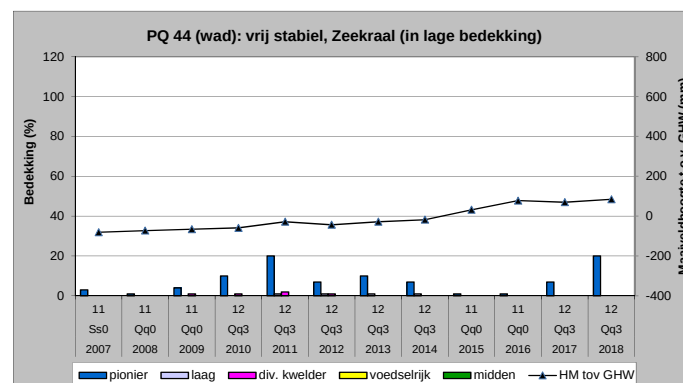
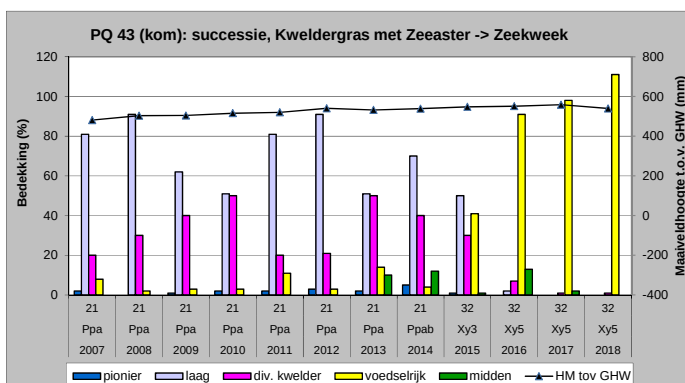
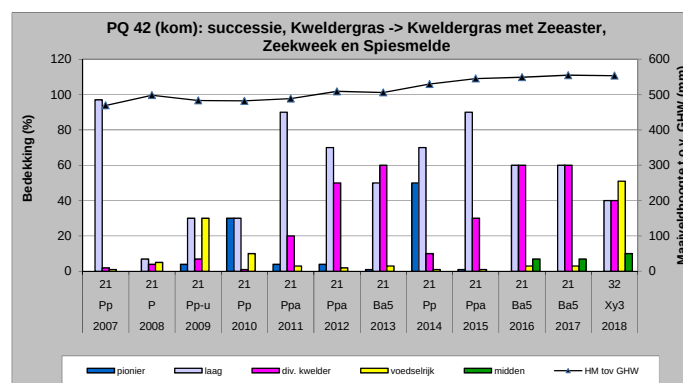
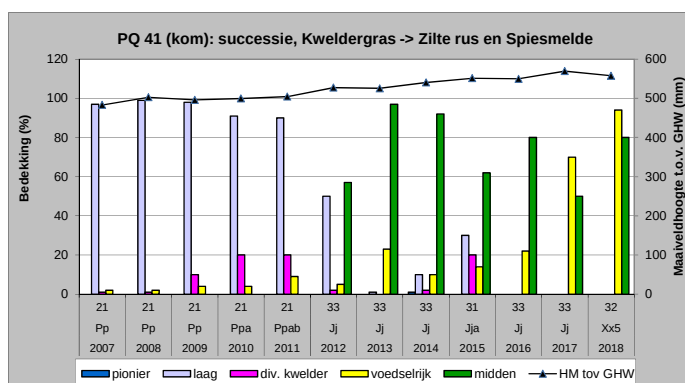
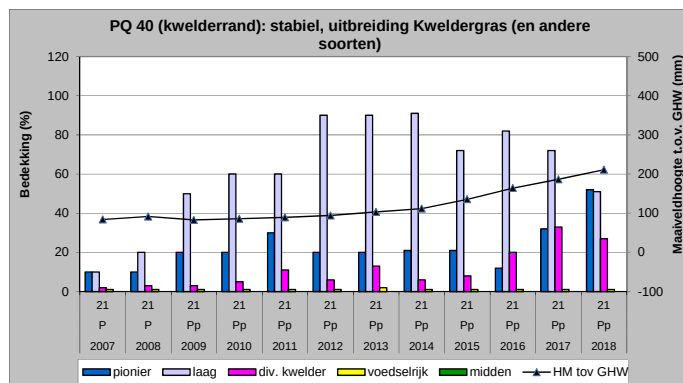
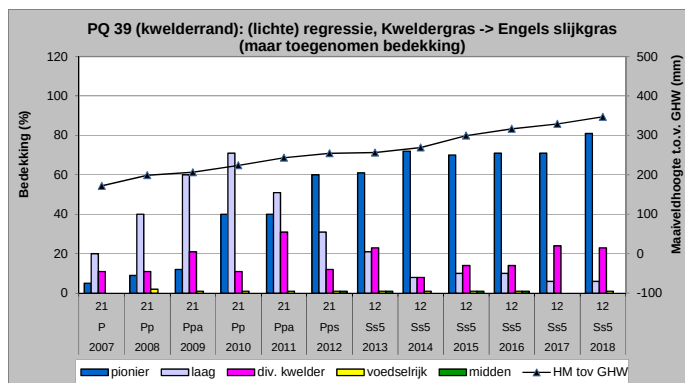
E. Vegetatie- en maaiveldhoogteontwikkeling Peazemerlannen: pq 4-30

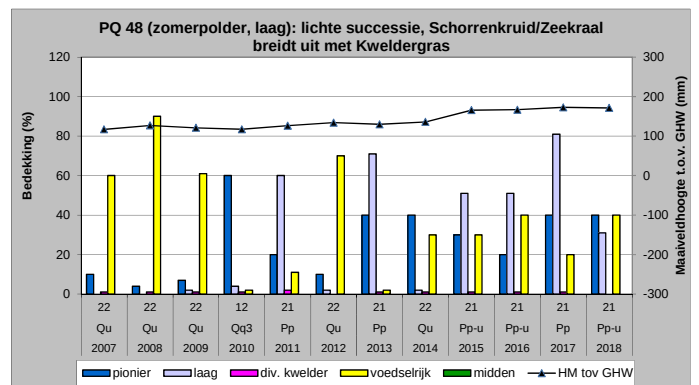
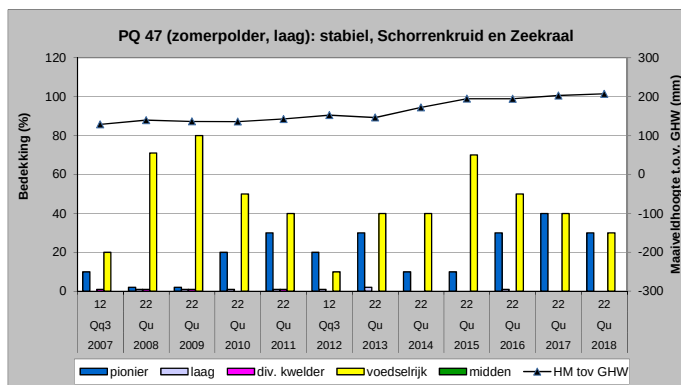




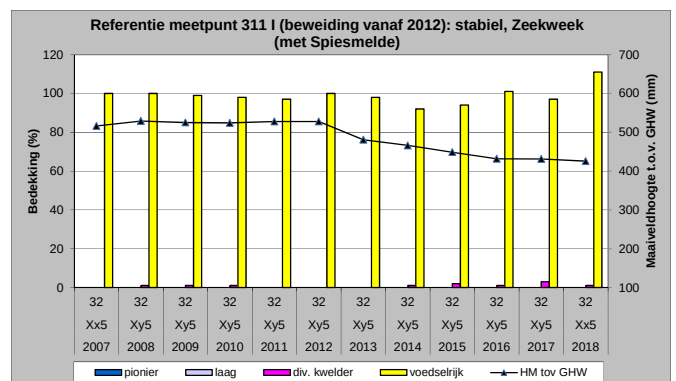
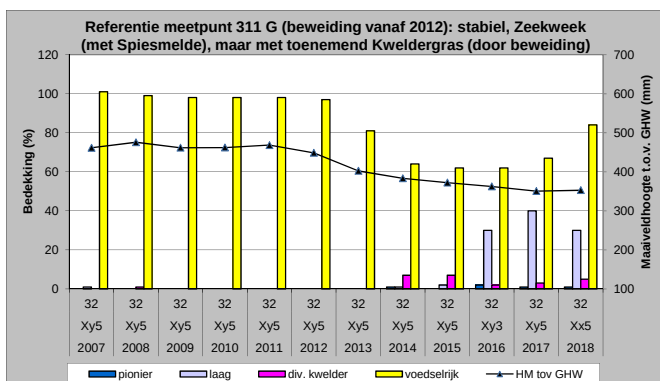
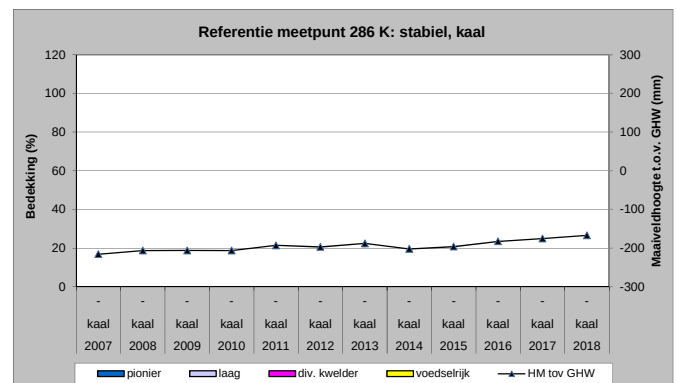
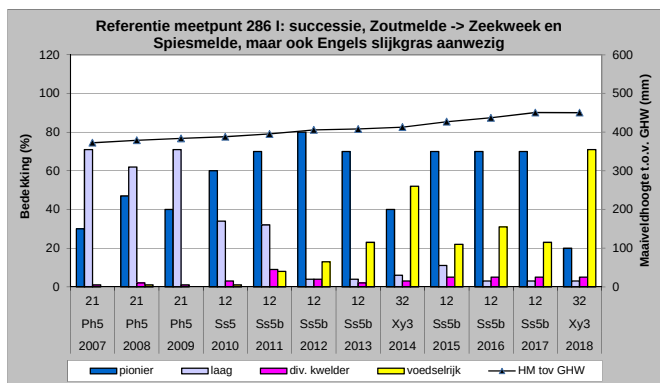
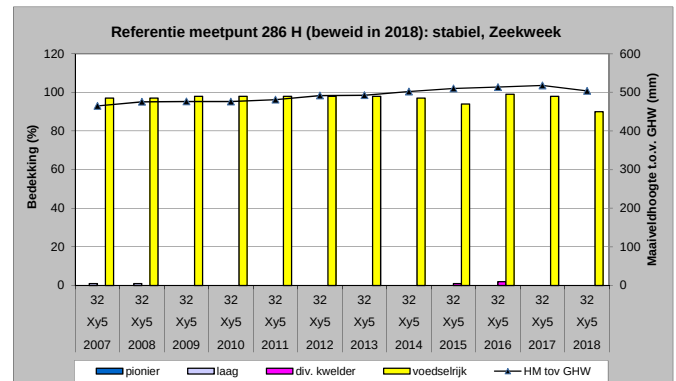
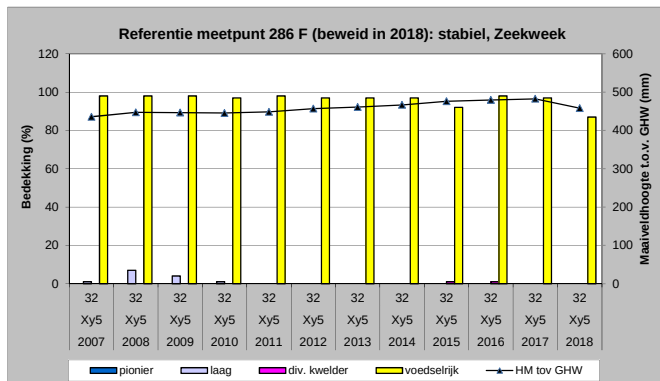
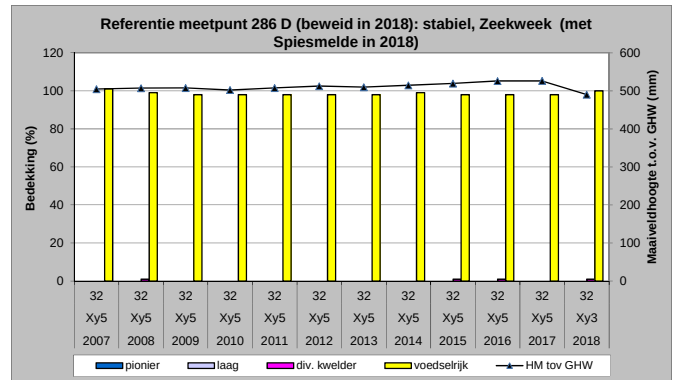
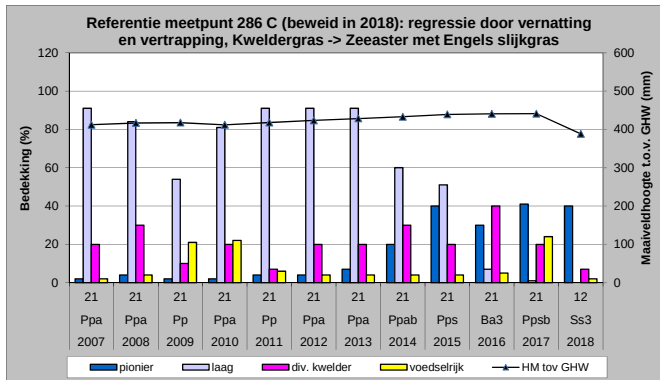
F. Vegetatie- en maaiveldhoogteontwikkeling Peazemerlanden: pq 31-48

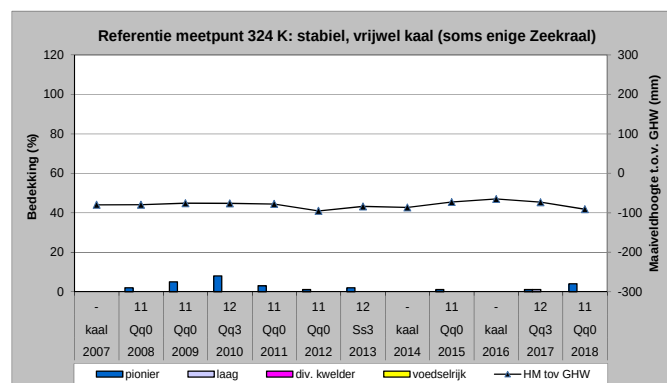
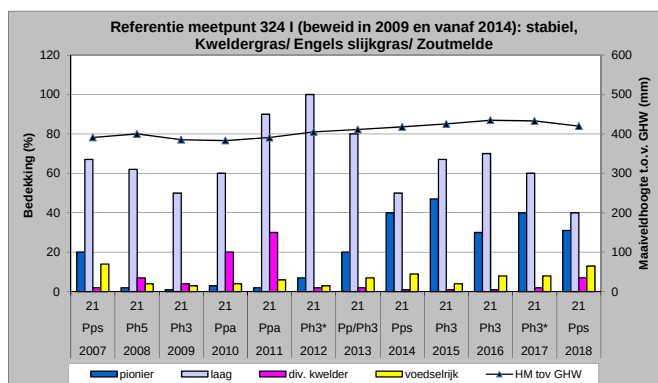
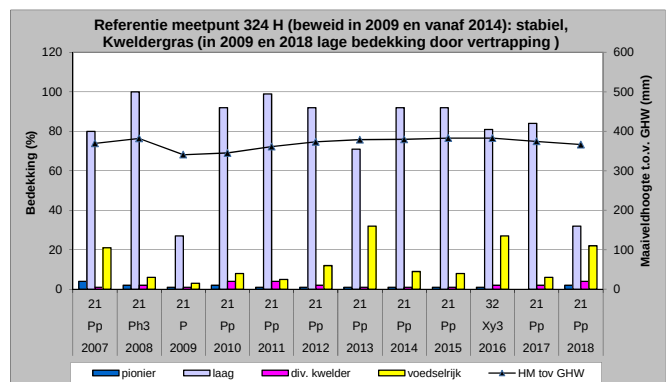
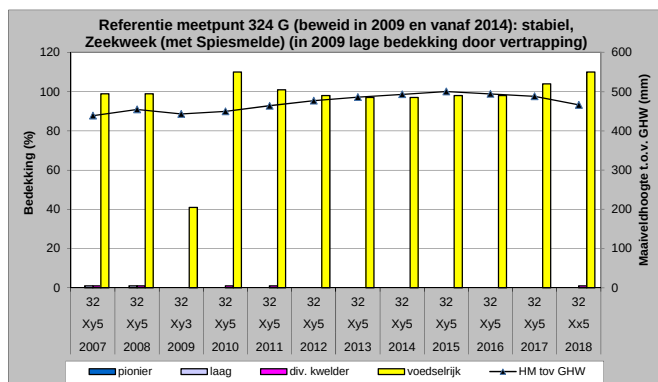
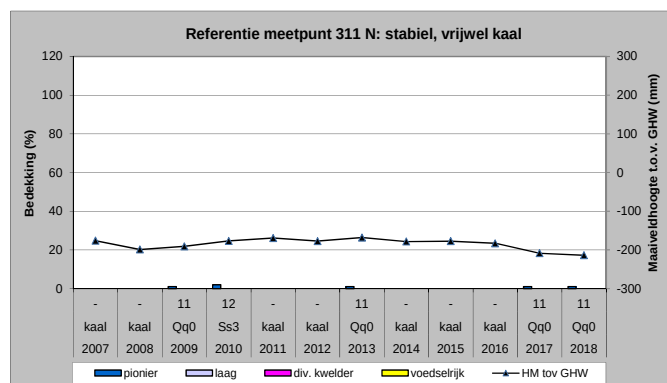
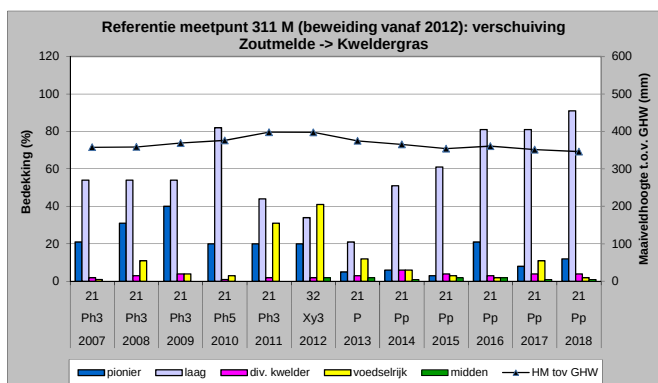
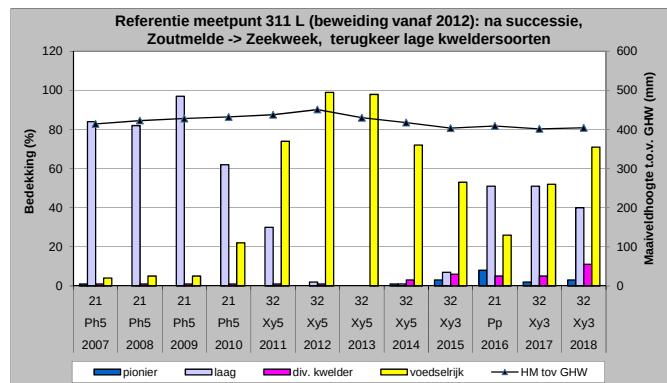
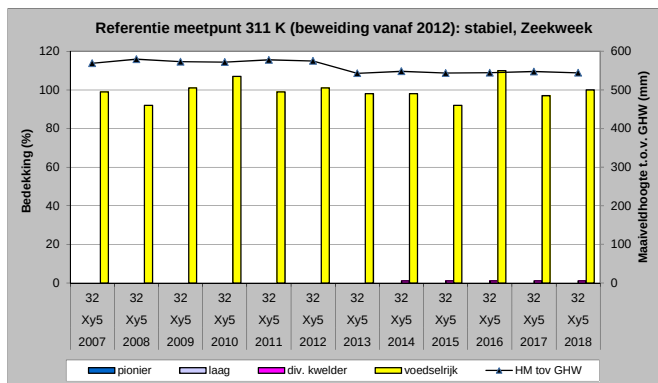


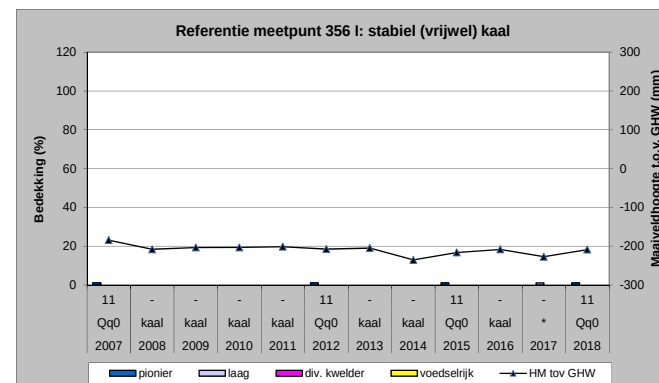
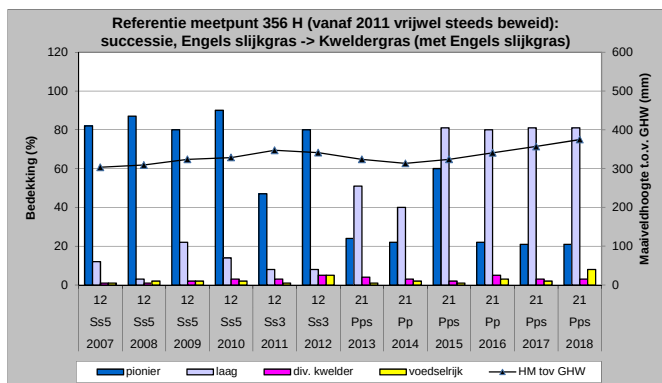
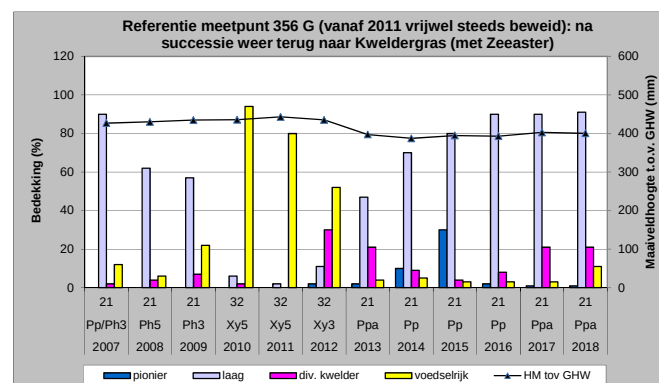
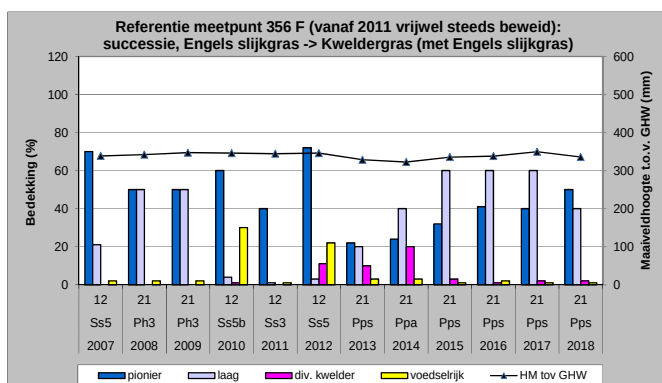
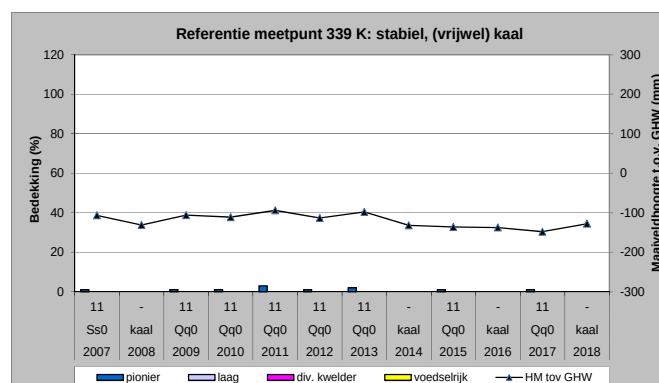
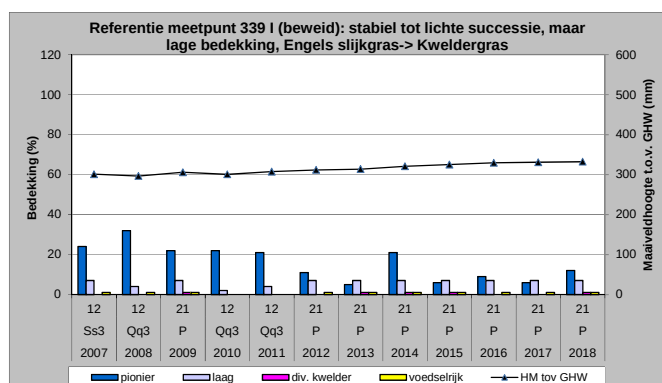
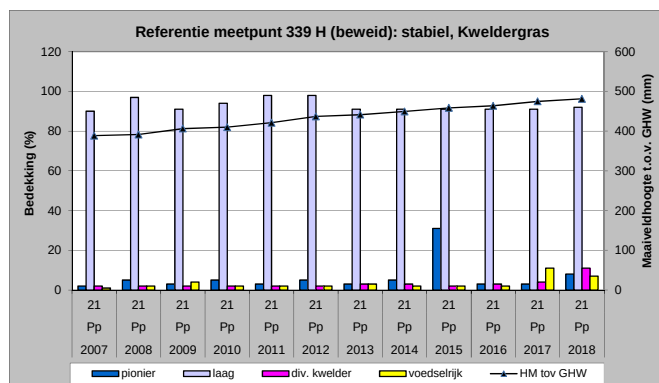
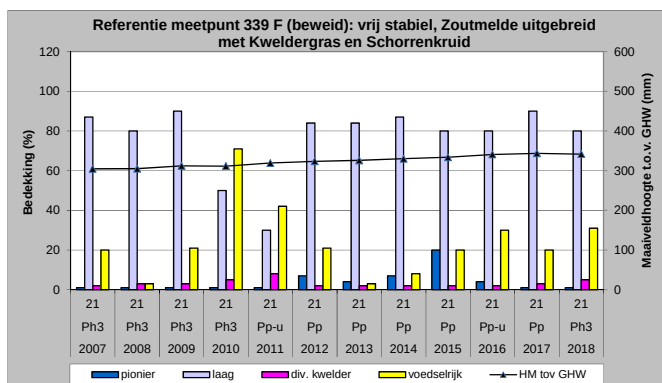


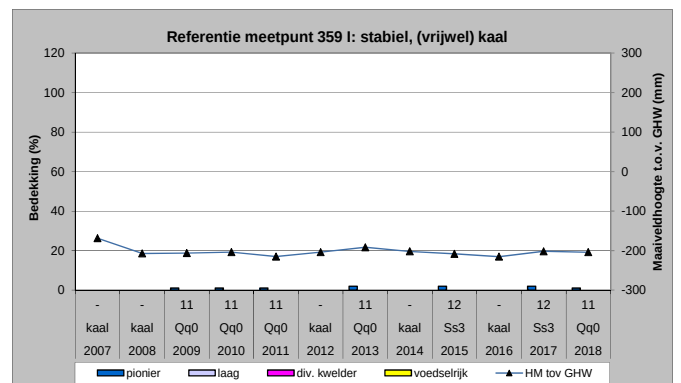
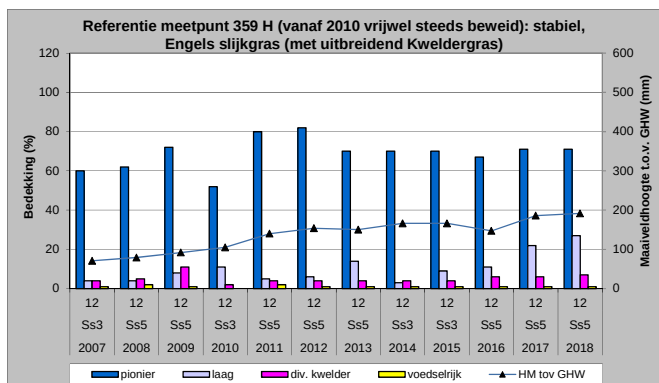
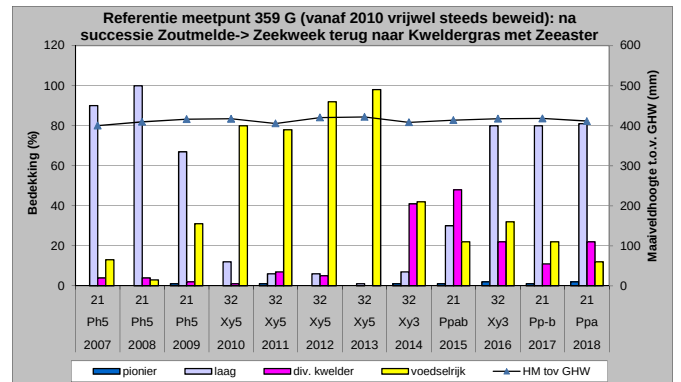
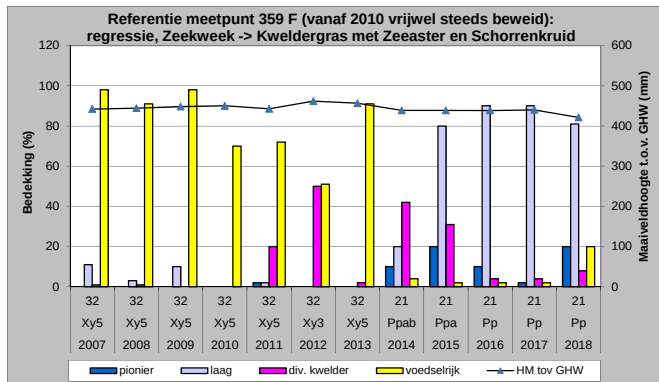


G. Vegetatie- en maaiveldhoogteontwikkeling pq's referentiegebied Groningen

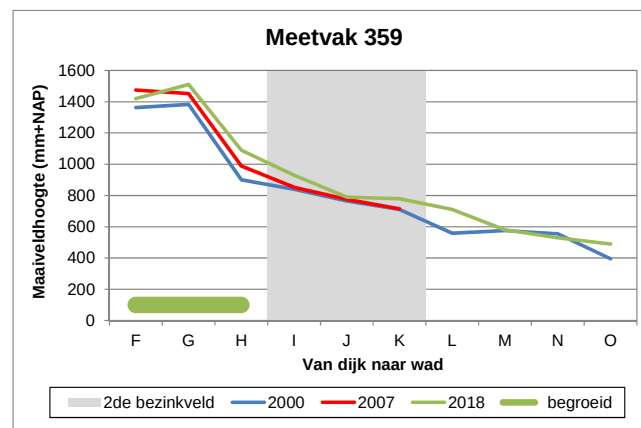
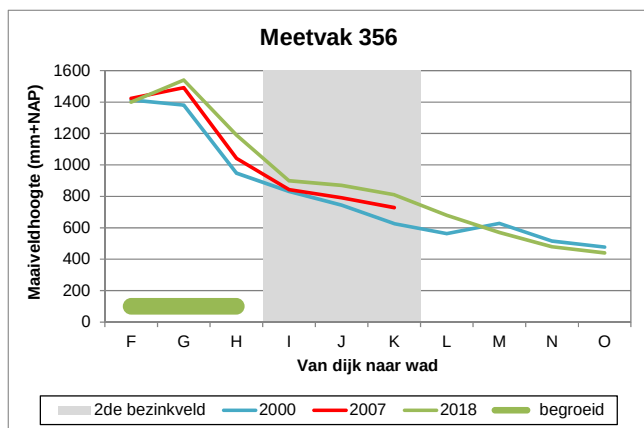
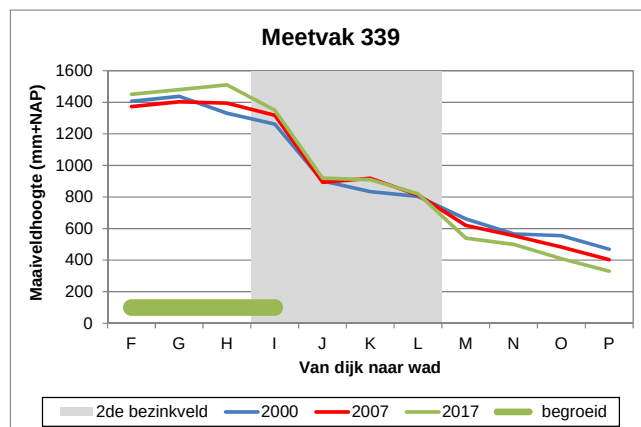
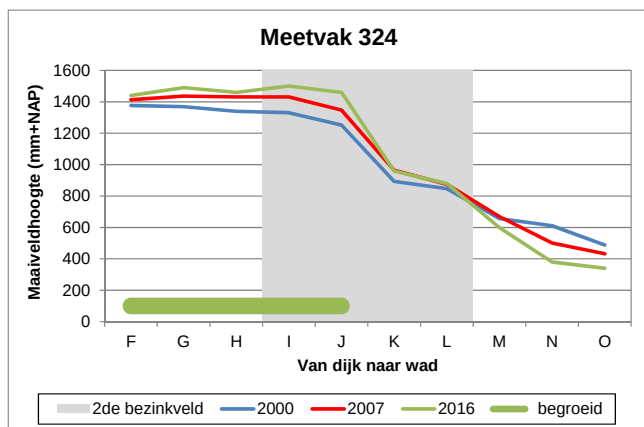
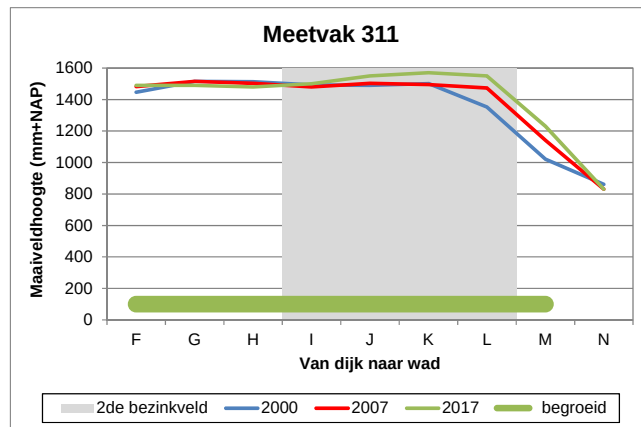
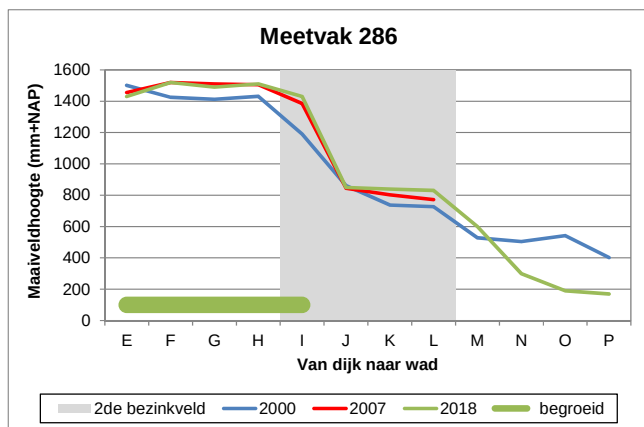








H. Hoogteontwikkeling RWS-meetvakken referentiegebied West-Groningen



De maaiveldhoogte van een meetvak wordt elke drie jaar gemeten en in de tussenliggende jaren wordt de hoogte geïnterpoleerd. Door deze meetcyclus van drie jaar lopen de grafieken van verschillende meetvakken niet altijd tot hetzelfde eindjaar.

I. Gegevens aanvullende meetpunten (ter referentie)

NFB = Noord-Friesland Buitendijks

Locatie	PQ-nr.	Vegetatiezone in 2007 (NFB: 2005)	Vegetatiezone 2007 SALT97-code	Maaiveldhoogte 2007 mm+NAP	Gem. opslibbing aug '07-aug'18 mm/j	Gem. opslibbing per zone aug '07-aug'18 mm/j
Julianapolder	6	Kaal	-	762	3.8	3.8
NFB	26-1	Pre-pionierzone	11	1200	28.8	
NFB	26-2	Pre-pionierzone	11	1102	33.2	
NFB	26-3	Pre-pionierzone	11	1159	26.9	
NFB	29-1	Pre-pionierzone	11	988	13.4	
NFB	29-2	Pre-pionierzone	11	980	15.0	
Holwerd	46	Pre-pionierzone	11	1036	18.6	22.7
NFB	23-1	Pionierzone	12	1270	21.0	
NFB	23-2	Pionierzone	12	1273	20.0	
NFB	29-3	Pionierzone	12	1005	20.2	
Holwerd	20	Pionierzone	12	1258	26.2	
Holwerd	36	Pionierzone	12	1133	22.3	
Holwerd	40	Pionierzone	12	1080	16.9	
Holwerd	45	Pionierzone	12	1094	28.0	
Julianapolder	9	Pionierzone	12	1038	7.8	
Julianapolder	10	Pionierzone	12	1085	7.8	
Julianapolder	20	Pionierzone	12	1287	1.1	17.1
NFB	22-2	Lage kwelder	21	1429	7.8	
NFB	22-3	Lage kwelder	21	1392	6.9	
NFB	23-3	Lage kwelder	21	1313	20.6	
NFB	25-1	Lage kwelder	21	1421	12.3	
NFB	28-1	Lage kwelder	21	1485	12.3	
NFB	28-2	Lage kwelder	21	1493	9.4	
NFB	28-3	Lage kwelder	21	1500	13.4	
Holwerd	8	Lage kwelder	21	1475	13.1	
Holwerd	16	Lage kwelder	21	1435	17.1	
Holwerd	28	Lage kwelder	21	1333	19.8	
Holwerd	38	Lage kwelder	21	1564	8.0	
Holwerd	39	Lage kwelder	21	1210	23.5	
Holwerd	44	Lage kwelder	21	1380	24.0	
Holwerd	49	Lage kwelder	21	1442	15.1	
Holwerd	50	Lage kwelder	21	1531	12.9	
Holwerd	55	Lage kwelder	21	1491	17.1	
Holwerd	56	Lage kwelder	21	1352	26.2	
Holwerd	59	Lage kwelder	21	1508	12.3	

Holwerd	60	Lage kwelder	21	1390	23.3	
Holwerd	61	Lage kwelder	21	1449	18.5	
Holwerd	62	Lage kwelder	21	1351	24.1	
Holwerd	63	Lage kwelder	21	1588	4.9	
Holwerd	65	Lage kwelder	21	1562	8.6	
Holwerd	66	Lage kwelder	21	1569	12.8	
Holwerd	67	Lage kwelder	21	1512	15.5	
Holwerd	68	Lage kwelder	21	1538	9.5	
Holwerd	69	Lage kwelder	21	1548	13.4	
Holwerd	70	Lage kwelder	21	1496	17.2	
Holwerd	71	Lage kwelder	21	1407	24.2	
Holwerd	72	Lage kwelder	21	1466	16.4	
Holwerd	73	Lage kwelder	21	1332	27.5	
Holwerd	74	Lage kwelder	21	1207	28.7	
Julianapolder	15	Lage kwelder	21	1280	3.6	
Julianapolder	16	Lage kwelder	21	1298	3.9	
Julianapolder	17	Lage kwelder	21	1315	4.9	
Julianapolder	18	Lage kwelder	21	1276	4.2	
Julianapolder	19	Lage kwelder	21	1281	0.8	14.4
NFB	22-1	Lage kwelder met pionierssoorten	22	1441	4.6	
NFB	25-2	Lage kwelder met pionierssoorten	22	1404	10.7	
NFB	25-3	Lage kwelder met pionierssoorten	22	1426	8.8	8.0
Holwerd	2	Middenkwelder	32	1507	3.9	
Holwerd	3	Middenkwelder	32	1528	5.2	
Holwerd	5	Middenkwelder	32	1676	4.7	
Holwerd	6	Middenkwelder	32	1570	5.3	
Holwerd	7	Middenkwelder	32	1660	6.3	
Holwerd	10	Middenkwelder	32	1528	7.7	
Holwerd	11	Middenkwelder	32	1569	7.6	
Holwerd	12	Middenkwelder	32	1769	5.6	
Holwerd	14	Middenkwelder	32	1561	8.4	
Holwerd	15	Middenkwelder	32	1595	9.5	
Holwerd	57	Middenkwelder	32	1627	2.8	
Holwerd	58	Middenkwelder	32	1627	2.4	
Holwerd	64	Middenkwelder	32	1543	9.1	
Julianapolder	11	Middenkwelder	32	1372	5.8	
Julianapolder	12	Middenkwelder	32	1367	5.1	
Julianapolder	13	Middenkwelder	32	1302	3.9	
Julianapolder	14	Middenkwelder	32	1354	4.5	5.8