

Jaarrapportage 2008: vegetatie en opslibbing in de Peazemerlanden en referentiegebied west-Groningen

W.E. van Duin, K.S. Dijkema & P.-W. van Leeuwen



Rapportnummer: C006/09
Publicatiedatum: januari 2009

Institute for Marine Resources and Ecosystem Studies

Wageningen **IMARES**

- Wageningen **IMARES** levert kennis die nodig is voor het duurzaam beschermen, oogsten en ruimte gebruik van zee- en zilte kustgebieden (Marine Living Resource Management).
- Wageningen **IMARES** is daarin de kennispartner voor overheden, bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties voor wie marine living resources van belang zijn.
- Wageningen **IMARES** doet daarvoor strategisch en toegepast ecologisch onderzoek in perspectief van ecologische en economische ontwikkelingen.

Wageningen IMARES is geregistreerd in het Handelsregister Amsterdam onder nr. 34135929, BTW nr. NL 811383696B04.

De Directie van Wageningen IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen IMARES; opdrachtgever vrijwaart Wageningen IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Niets van dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd, gefotokopieerd of op enige andere manier vermenigvuldigd worden zonder schriftelijke toestemming.

Inhoudsopgave

| | |
|--|----|
| Samenvatting..... | 4 |
| 1 Inleiding..... | 6 |
| 1.1. Achtergrond..... | 6 |
| 1.2. Keuze referentiegebied..... | 6 |
| 1.3. Metingen door derden..... | 8 |
| 2 Aanpak | 9 |
| 2.1. Globale werkwijze..... | 9 |
| 2.2. Methodes | 9 |
| 2.2.1 Peazemerlannen..... | 9 |
| 2.2.2 Monitoring referentiegebied west-Groningen | 11 |
| 2.3. Ervaring op basis van bodemdaling Ameland | 13 |
| 3 Resultaten | 14 |
| 3.1. Opslibbing (SEB)..... | 14 |
| 3.2. Vegetatie (pq's) | 16 |
| 3.3. Kliferosie | 20 |
| 3.4. Langjarige opslibbing en vegetatie meetvakken in west-Groningen..... | 22 |
| 3.5. Bepaling NAP-hoogte SEB-meetpunten | 24 |
| 3.6. Jaargemiddeld hoogwater | 24 |
| 3.7. Geplande statistiek in 2012..... | 25 |
| 4 Literatuur | 29 |
| Bijlage 1 VEGWOK-programma vegetatiekarteringen kwelders RWS..... | 30 |
| Bijlage 2 Vegetatie- en maaiveldhoogteontwikkeling in de Peazemerlannen bij pq 4-30..... | 31 |
| Bijlage 3 Vegetatieontwikkeling Peazemerlannen pq 31-48..... | 35 |
| Bijlage 4 Opslibbing afzonderlijke pq's Peazemerlannen | 36 |
| Bijlage 5 Vegetatie pq's referentiegebied Groningen | 38 |
| Bijlage 6 Opslibbing afzonderlijke pq's referentiegebied west-Groningen | 40 |
| Verantwoording..... | 42 |

Samenvatting

Deze tweede jaarrapportage betreffende de monitoring in het kader van de bodemdaling onder de kwelder de Peazemerlannen bevat een overzicht van de activiteiten en meetresultaten in de kwelder en zomerpolder van de Peazemerlannen en in het referentiegebied in de kwelderwerken in west-Groningen t/m 2008. Voor een betere vergelijking worden de meeste gegevens vanaf 2007 weergegeven, het startjaar van de gaswinning. Oudere data worden waar nuttig ook weergegeven en in andere gevallen wordt verwezen naar eerdere rapporten. Er wordt naar gestreefd om het jaarrapport van 2007 steeds verder uit te breiden met de gegevens van het meest recente gepasseerde jaar, zodat voor een overzicht van de beschikbare informatie in principe steeds alleen het laatste jaarrapport nodig is. Een uitgebreide analyse van de gegevens zal na 5 jaar plaatsvinden in 2012, omdat dan voldoende gegevens verzameld zijn om mogelijke trends in de ontwikkeling te ontdekken. De beoogde statistiek die hiervoor gebruikt zal gaan worden is dezelfde als voor de bodemdaling Ameland wordt toegepast.

Vaste meetpunten IMARES in de Peazemerlannen en het referentiegebied

In 2007 zijn in de Peazemerlannen 18 nieuwe meetpunten aangelegd naast de bestaande 30. Door de autonome ontwikkeling (opslibbing en vegetatiesuccessie) de afgelopen 12 jaar waren vooral de meetpunten in de meer kwetsbare lagergelegen vegetatiezones ondervertegenwoordigd. Er is voor gekozen alle reeds bestaande meetpunten ook te blijven volgen, hoewel het aantal punten in de middenkwelder daardoor nu misschien wat oververtegenwoordigd is. Door de bekende historie van deze punten kan echter mogelijk ook beter een eventueel optredende trendbreuk in opslibbing of vegetatieontwikkeling na 2007 ontdekt worden.

Verder zijn in 2007 in de west-Groninger kwelderwerken referentiemeetpunten uitgezet. In vijf meetvakken van Rijkswaterstaat (RWS) zijn, verdeeld over zes raaien van dijk naar wad, 29 vaste meetpunten gemaakt in de verschillende vegetatiezones, zoals in de Peazemerlannen.

Van alle meetpunten wordt in voor- en najaar een maaiveldhoogtebepaling met de Sedimentatie-Erosie-Balk (SEB) gedaan en in de nazomer wordt de vegetatie opgenomen in een permanent kwadraat (pq). De NAP-hoogte van alle meetpunten is in 2008 bepaald.

Aanvullende data RWS referentiegebied

De kwelderwerken van west-Groningen zijn de dichtstbijzijnde kwelders zonder bodemdaling en ze hebben de best vergelijkbare opslibbing met de Peazemerlannen. Daarnaast is er van dit gebied een meetreeks betreffende opslibbing en vegetatieontwikkeling beschikbaar die loopt van 1960 tot heden. Hierdoor zijn er naast de door IMARES uitgevoerde puntmetingen ook metingen van de dwarsraaien (elke honderd meter van dijk tot wad) beschikbaar.

Uit de bovengenoemde meetreeks van RWS blijkt dat de gemiddelde opslibbing over de periode 1992-2007 in het kwelderdeel van de 5 referentiemeetvakken 14 mm/j bedroeg en die in de pionierzone 4 mm/j. De vegetatieontwikkeling laat in de kwelder in die periode gemiddeld een successie zien naar het climaxstadium met Zeekweek. Deze autonome ontwikkeling hangt samen met de door opslibbing toenemende hoogte van het maaiveld en het ontbreken van beweiding in de meeste vakken.

Resultaten

Opslibbing Peazemerlannen

In de periode van augustus 2007 tot augustus 2008 is er een winter met sedimentaanvoerende stormtijden geweest, een droog warm voorjaar en een natte zomer met weinig inklink. De gemiddelde netto opslibbing lag na dit eerste volledige meetjaar sinds de start van de gaswinning in de verschillende vegetatiezones gemiddeld tussen ca. 10-30 mm. Ook in de zomerpolder is gemiddeld een positief resultaat van ca. 3 mm in de hogere delen en 10 mm in de lageregelegen delen gemeten. Het kale wad en de pre pionierzone zijn gemiddeld gelijk gebleven in hoogte. Tussen meetpunten in eenzelfde zone waren soms wel grote verschillen, vooral in de dynamische laaggelegen weinig begroeide pre pionierzone.

Opslibbing referentiegebied

In het referentiegebied, de meetvakken in west-Groningen, lag de gemiddelde opslibbing in het eerste meetjaar lager dan in de Peazemerlannen en varieerde tussen de 4 mm in de pionierzone en 9 in de midden kwelder. Het kale wad en de pre pionierzone vertoonden een erosie van ca. 17 mm. Net zoals bij de vegetatie geldt bij de opslibbing dat pas na metingen gedurende minimaal 5 jaar de trend zichtbaar wordt.

Vegetatie Peazemerlannen

Het warme en droge voorjaar/voorzomer van 2008 en de grote hoeveelheid neerslag in het groeiseizoen hebben voor de gebieden als geheel voor een aantal opvallende verschijnselen gezorgd die soms ook van invloed waren op de vegetatieopnames bij de pq's. Door het warme voorjaar is de mineralisatie in de bodem waarschijnlijk hoog geweest en de grote hoeveelheid regen heeft stress ten gevolge van de gewoonlijk zoute groeiomstandigheden verminderd. Bij sommige soorten heeft vermoedelijk hierdoor een erg hoge gewasgroei plaatsgevonden waardoor o.a. Zeeaster en Engels slijkgras zich hebben kunnen uitbreiden ten koste van Kweldergras. Andere soorten stonden massaal veel lager op de kwelder dan gebruikelijk (Spiesmelde tussen het Engels slijkgras). Andere effecten van de weersomstandigheden op de vegetatie in de pq's betreffen, net als in 2007, de komen met een matige tot slechte ontwatering. Hier heeft het Schorrenkruid zich gehandhaafd dat zich in 2007 ten koste van Kweldergras kon vestigen. Verder hebben zich geen opmerkelijke zoneoverschrijdende verschuivingen voorgedaan. Harde uitspraken over eventuele trends/verschuivingen kunnen overigens op zijn vroegst na ongeveer 5 jaar worden gedaan (vandaar dat dan ook de eerste evaluatie plaatsvindt). Nu kan hooguit iets gezegd worden over jaar-op-jaar schommelingen en de ervaringen in andere kwelders. Zo is op Ameland gebleken dat regressie door een slechte ontwatering meestal van tijdelijke aard is. Zodra de ontwatering weer op gang komt treedt vaak een snelle vegetatiesuccessie op.

Vegetatie referentiegebied

Naast met de Peazemerlannen vergelijkbare kleine verschuivingen veroorzaakt door de weersomstandigheden waren er in het referentiegebied verschillende pq's waar een uitbreiding van Zoutmelde ten koste van Kweldergras (of Engels slijkgras) heeft plaatsgevonden. Zoutmelde kan worden gezien als het "climaxstadium" van de lage onbeweide kwelder.

1 Inleiding

1.1. Achtergrond

Midden jaren 90 heeft de NAM door middel van proefboringen bij Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen 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 bodemdalingsnelheid door gaswinning niet groter mag worden dan de sedimentatiesnelheid, rekening houdend met de zeespiegelstijging en de natuurlijke bodemdaling alsmede het aanbod van sediment.

Begin 2007 heeft de NAM het genoemde gasveld op de landlocatie Moddergat in productie genomen. In dit deel van Friesland bevinden zich ook de Peazemerlannen, een natuurgebied bestaande uit een zomerpolder en een kwelder. De beschikbare meetgegevens van dit gebied tot en met 2006 betreffende de opslibbing en vegetatie 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 gaswinningsperiode jaarlijks 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

Na aanbevelingen van 2 audits betreffende het bodemdalingsonderzoek Ameland bleek voor NO-Friesland een 0-referentie zonder bodemdaling wenselijk. Wageningen IMARES (verder IMARES genoemd) had al een 0-meetserie met SEB- en pq-metingen van 1995-2006 in de Peazemerlannen zelf. Een tweede Peazemerlannen als 0-referentie is er niet. De (westelijke) meetvakken van Rijkswaterstaat (RWS) in de kwelderwerken van Groningen zijn echter zeer geschikt als referentie vanwege de lange reeks gegevens (1960-2008) en vanwege de goede overeenkomsten in opslibbing en vegetatie met NO-Friesland. De kwelderwerken in Friesland zijn bewust niet als referentie gekozen, omdat de opslibbing daar veel hoger is dan in de Peazemerlannen.

In de Groninger kwelderwerken liggen 13 meetvakken en in de Friese kwelderwerken 12. Elk RWS-meetvak bestaat uit één reeks bezinkvelden van de dijk naar het wad. De grootte per meetvak is ca. 50 ha en is representatief voor een kustgedeelte van ca. twee kilometer. Vanaf ca. 1960 tot heden is door het RWS Waterdistrict Waddenzee 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 in samenwerking met IMARES plaats. Een 6-jaarlijkse vegetatiekaart van RWS-DID (Data-ICT-Dienst, voorheen Adviesdienst Geo-Informatie) dient voor een vlakdekkende controle van de meetvakken-methode en voor het vaststellen van de kwaliteit van de vegetatie op het niveau van vegetatie-typen. Daarnaast bieden vegetatiekaarten de mogelijkheid te vergelijken met alle andere kwelders en schorren in Nederland.

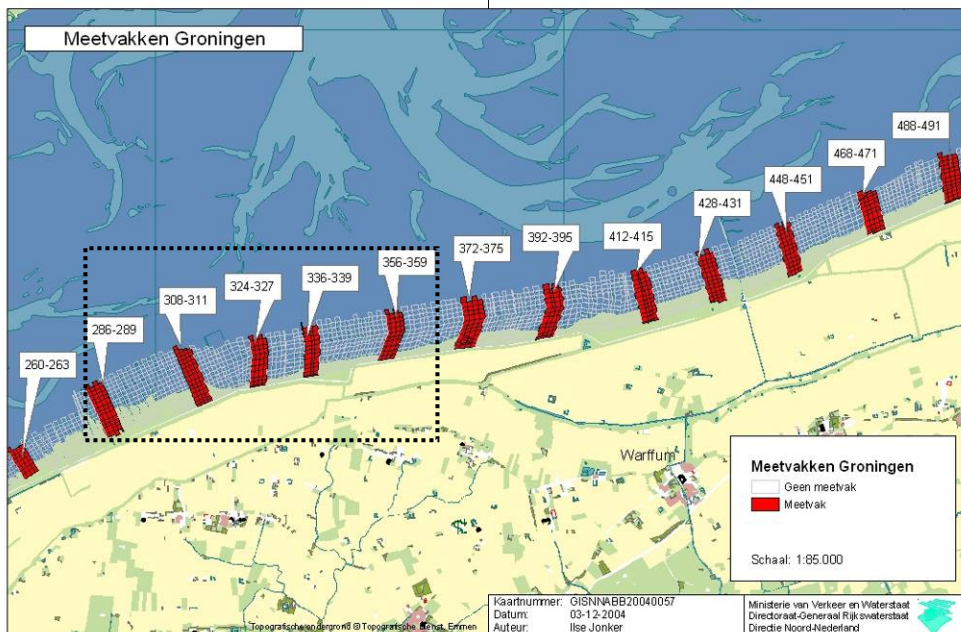


Foto 1.1 Ligging van de Peazemerlannen en de meetvakken in de Groninger kwelderwerken die als referentiegebied dienst doen.

De gegevens van de meetvakken zijn ondergebracht in het **WOK-databestand**. De vegetatiekaarten van RWS-DID en het WOK-databestand van het RWS Waterdistrict Waddenzee worden in samenwerking met IMARES als volgt gebruikt:

- Het rapporteren van de toestand van de kwelderwerken aan de beheerder Rijkswaterstaat en aan de gebruikers in de Stuurgroep Kwelderwerken.
- Trendanalyses over de autonome ontwikkeling en over de effecten van bestaand beheer en van nieuw beheer.
- Inbreng in de trilaterale (Deens-Duits-Nederlandse) Waddenzee-monitoring (TMAP) voor Wadden Sea Quality Status Reports.
- Studies naar de effecten van nieuwe gaswinning, waaronder de bodemdalingstudie van 1993 en de Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee van 1998.

Dit WOK-databestand heeft een belangrijke rol gespeeld in een studie (Hoeksema *et al.*, 2004) in opdracht van het kabinet naar de effecten van het Groningen veld (= "Slochteren").



Figuur 1.1 Nummering meetvakken Groninger kwelderwerken (:.....: = meetvakken die als referentie dienst doen).

1.3. Metingen door derden

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

- Berekeningen van de hoogte van de SEB-palen en de vaste punten t.o.v. NAP en van de bodemdaling worden per vijf jaar aangeleverd door de NAM. In geval van een verstoring zou een meting vervroegd kunnen worden. Belangrijk is om elke meting met dezelfde meettechniek en apparatuur uit te voeren. In de (na)zomer van 2008 is de bepaling van de hoogte van de SEB-palen in opdracht van de NAM uitgevoerd door Fugro-Inpark in samenwerking met IMARES. De hoogtes van de ijkpunten waaraan deze metingen moeten worden gekoppeld worden begin 2009 door RWS geleverd.
- Van de getijhoogtes levert RWS Waterdistrict Waddenzee jaarlijks de basisgegevens aan, zodat IMARES de overstromingsfrequenties kan bepalen. Deze gegevens zijn vanzelfsprekend pas na 31 december beschikbaar (meestal in januari), zodat ze niet in de betreffende jaarrapportage kunnen worden opgenomen, die eind december geleverd wordt.
- De vegetatie van de pionierzone (jaarlijks) en de hoogtemetingen van de meetvakken (vierjaarlijks) worden door RWS Waterdistrict Waddenzee en de vegetatiekaarten ca. vijfjaarlijks door de RWS-DID aangeleverd (zie Bijlage I voor het tijdschema).
- Met betrekking tot de jaarlijkse neerslag en verdamping zal gebruik worden gemaakt van de gegevens, die door Deltares voor het monitoringonderzoek bodemdaling Ameland worden geleverd aan IMARES.

2 Aanpak

2.1. Globale werkwijze

Jaarlijks worden door IMARES twee 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. In de Peazemerlannen wordt tevens de erosie van de kwelderrand bepaald. Aan het eind van het jaar worden de verzamelde gegevens uitgewerkt en verwerkt tot een jaarverslag. Een aantal basiszaken zullen elk jaar herhaald worden en er wordt naar gestreefd om het jaarrapport van 2007 steeds verder uit te breiden met de gegevens van het meest recente gepasseerde jaar, zodat voor een overzicht van de beschikbare informatie in principe steeds alleen het laatste jaarrapport nodig is.

Om de vergelijking tussen bodemdalingsgebied en referentiegebied te vergemakkelijken worden veel gegevens vanaf 2007 weergegeven, het startjaar van de gaswinning. Dit geldt ook voor de reeds langer bestaande meetpunten in de Peazemerlannen. Waar van direct belang worden oudere data ook weergegeven en in andere gevallen wordt verwezen naar van Duin *et al.*, 1997 en 2007.

2.2. Methodes

Voor het monitoringonderzoek in de Peazemerlannen en het referentiegebied wordt gebruik gemaakt van beproefde methodes.

2.2.1 Peazemerlannen

Het kwelderonderzoek bestaat uit het periodiek opnemen van opslibbing en vegetatie op twee schaalniveaus:

1. Puntmetingen (opslibbing en vegetatie)

- De 30 pq's (zomerpolder: 3 en kwelder 27) zijn uitgebreid naar 48 pq's (Figuur 2.2), waarvan 6 in de zomerpolder en 42 in de kwelder en pionierzone. 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. Door de autonome ontwikkeling (opslibbing en vegetatiesuccessie) de afgelopen 12 jaar waren vooral de meetpunten in deze meer kwetsbare lagergelegen vegetatiezones namelijk ondervertegenwoordigd. Er is voor gekozen alle reeds bestaande meetpunten ook 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. Ook in de (pre) pionierzone, die gevoelig zou kunnen zijn voor bodemdaling, zijn enkele meetpunten gelegd. Aangezien de zomerpolder mogelijk op niet al te lange termijn wordt uitgedijkt is daarmee bij de uitbreiding van het aantal pq's/SEB meetpunten vast rekening gehouden, zodat de zomerpolder bij deze 48 meetpunten ook goed vertegenwoordigd is. Van alle 48 pq's worden twee maal per jaar (in maart en augustus/september) metingen van de opslibbing/inklink¹ uitgevoerd met de SEB-

¹ Het bepalen van de balans tussen opslibbing, bodemdaling en veranderingen in GHW is in de lopende monitoringsprogramma's in de Groninger en Friese kwelderwerken (beheermetingen, RWS) en op Ameland (monitoring effecten van bodemdaling door gaswinning, IMARES) een beproefde methode. 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 van IMARES 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.

methode. Dergelijke SEB-metingen in de Peazemerlanden zijn al vanaf 1995 onderdeel van het SEB-meetnet van IMARES 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 en klink en krimp van de bodem in de zomer). **Resultaat:** SEB-grafiek met 2 punten per jaar, per pq en per zone (zie § 3.1).

- Op de kwelder (dus niet in de zomerpolder) zijn in 1995 en 1996 en daarna vanaf 2000 elk jaar vegetatieopnamen² volgens de schaal Londo gemaakt in de proefvakken (pq's van 2x2 m). De jaarlijkse frequentie en vegetatieopnamen in pq's volgens de gedetailleerde schaal van Londo zijn noodzakelijk om de effecten van bodemdaling en natuurlijke veranderingen van elkaar te kunnen scheiden. Door uitbreiding van het aantal SEB-meetpunten (zie eerste aandachtspunt) wordt automatisch het aantal vegetatie pq's uitgebreid. Van de nieuwe pq's zullen in ieder geval de kwelder-pq's worden geïnventariseerd en de zomerpolder-pq's alleen indien beweiding en vegetatie dat toelaat. **Resultaat:** vegetatietype volgens SALT97, plaatjes met de opslibbingsbalans en plaatjes met het procentuele aandeel van soortengroepen per 2 jaar (zie o.a. Dijkema *et al.*, 2005). Statistische bewerking met Canoco t.b.v. de rapportage volgt in 2012.



Foto 2.1 Overzicht Peazemerlanden met ligging van de 48 meetpunten. (Foto: Google Earth)

² De successierichting van de vegetatie is een belangrijk gegeven om zowel positieve als negatieve 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 wordt toegepast in b.v. de monitoring-programma's in de kwelderwerken (meetvakken t.b.v. 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.

2. Vlakdekkend (structuurkartering en vegetatiekartering)

Uit het WOK-databestand blijkt dat kwelders door de combinatie van een natuurlijke opslibbing en de plantengroei in staat zijn een eventuele versnelde zeespiegelstijging of bodemdaling te volgen. In publicaties is daarvoor 50 cm per eeuw (0,5 cm per jaar) voor de Waddeneilanden en 100 cm per eeuw (1 cm per jaar) voor de vastelandkust genoemd (Dijkema, 1997; Dijkema *et al.*, 1990). In de pionierzone kunnen echter problemen ontstaan, ook zonder zeespiegelstijging en bodemdaling. Door een geringe vegetatiebedekking en voornamelijk eenjarige planten is er in de pionierzone een geringe bescherming van het afgezette sediment, en daardoor netto meestal minder opslibbing. Uiteindelijk kan dat verschil in opslibbing tussen de pionierzone en de kwelder tot **kliferosie** van de kwelder leiden, d.w.z. de kwelder blijft in hoogte wel groeien, maar het areaal wordt vanaf de zeezijde door laterale erosie aangetast.

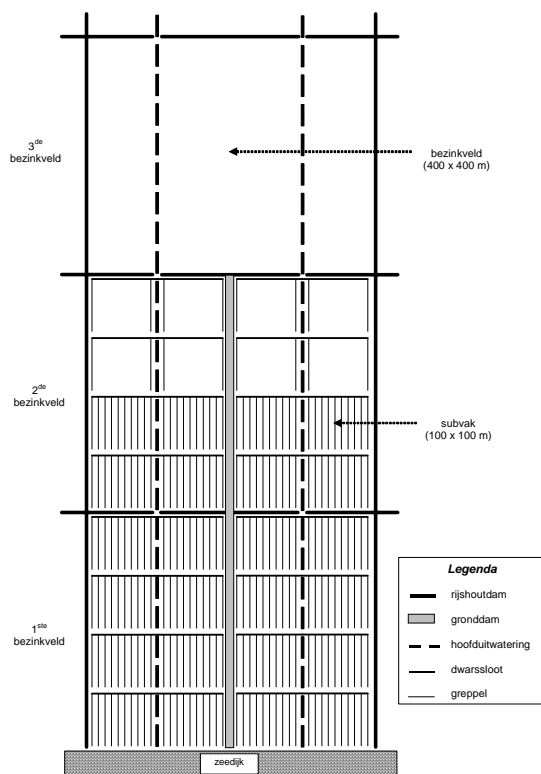
- Eventuele **erosie van de pionierzone** achter de verdwenen zomerdijk wordt eens per jaar vastgesteld d.m.v. inlopen met GPS van de grenzen van de pionierzones en lage kwelderzone (horizontale verschillen). Dit is een activiteit die jaarlijks vanaf 2007 wordt gedaan. De verticale veranderingen worden met de extra SEB-meetpunten vastgelegd (zie boven). **Resultaat:** GIS-kaartje met zonegrenzen.
- Vergelijken van de 5 –6 jaarlijkse **vegetatiekarteringen** van de RWS-DID, om het areaal van de verschillende kwelderzones te bewaken. Dit is een herhaling van de metingen in 1992, 1996 en 2002. **Resultaat:** zoneringskaarten en oppervlaktes van de zones (zie o.a. van Duin *et al.*, 2007).

2.2.2 Monitoring referentiegebied west-Groningen

RWS heeft in de kwelderwerken langs de Groningen noordkust 13 meetvakken met "pq-achtige" data van de periode 1960-2008. RWS Waterdistrict Waddenzee doet het veldwerk (de laatste jaren in samenwerking met IMARES) en het bestandbeheer. IMARES doet de uitwerking en de verslaglegging aan de Stuurgroep Kwelderwerken. Deze zeldzaam lange reeks met WOK-gegevens (=Werkgroep Onderzoek Kwelderwerken) heeft in de bodemdalingstudies 1993, 1999 en 2004 een grote rol voor de NAM gespeeld.

Per meetvak liggen in 4 replica **vegetatie-transecten** totaal ca. 50 subvakjes van 1 ha (Figuur 2.1):

- A. Daarvan ca. de helft subvakjes aan de **zeekant** (pionierzone + kweldergrens). De opname van deze vakjes is een jaarlijkse RWS-taak om het areaal kwelderwerken te kunnen vaststellen.
- B. De jaarlijkse opname van de vegetatie in de subvakjes aan de **dijkzijde** is in 2005 gestopt, omdat het geen RWS taak is (kwaliteit van de vegetatie = samenstelling kweldervegetatie, vergelijkbaar met pq's op Ameland). Om de WOK-opnamen in te zetten als een 0-referentie voor de Peazemerlannen zijn opnames van de volledige vegetatiesamenstelling van de subvakjes van wad tot dijk noodzakelijk. Vanwege de grote jaar-op-jaar variatie in met name de eenjarige planten is een jaarlijkse frequentie aan te raden. Daarom is er sinds 2007 een jaarlijkse opname opgenomen in het door de NAM gefinancierde monitoringprogramma dat door IMARES wordt uitgevoerd. Het betreft alleen de opname van de twee buitenste replica transecten (west- en oostzijde per meetvak), in elk van de 5 meetvakken die dienst doen als referentie (zie Figuur 1.2).



In een RWS-meetvak liggen 4 replica-transecten van dijk naar wad. Een transect bestaat uit een reeks aaneengesloten subvakjes van elk 1 ha.

De opname-methoden zijn:

- **Vegetatie:** Jaarlijks zijn per subvakje van 1 ha in de periode 1960-2007 de bedekkingspercentages van alle afzonderlijke plantensoorten door het RWS Waterdistrict Waddenzee opgenomen. **Deze methode is vanaf 2005 in het monitoringprogramma van RWS beperkt tot het vaststellen van het areaal van de pionierzones en de kwelderzones.**
- **Hoogte:** Per 4 jaar worden in de meetvakken vaste meetlijnen evenwijdig aan de kust door het RWS Waterdistrict Waddenzee gewaterpast.

Figuur 2.1 Schematische voorstelling van de opbouw van een meetvak.

Daarnaast doet RWS per subvak eens per 4 jaar zeer gedetailleerde **hoogtemetingen** (waterpassingen met 100 punten per ha), vanaf 2004 met RTK-GPS.

Samengevat houdt de monitoring van de 0-referentie in de meetvakken van de Groninger kwelderwerken in:

1. **Hoogtemetingen** op meetlijnen door **alle subvakjes**, meetcyclus voor alle meetvakken **4 jaar**. In 2004 van waterpassen naar RTK-GPS methode. Bestaand onderdeel van WOK-monitoring door RWS Waterdistrict Waddenzee; voor de komende jaren in principe uitvoering door RWS, maar geen garantie op voortzetting tot en met 2012.
2. **SEB-opslibingsmetingen** door IMARES t.b.v. vergelijking met de methode Ameland en Peazemerlannen. **In 5 meetvakken, 2x per jaar.**
3. **Vegetatie pionierzone** (zie A), jaarlijks, teruglopende tijdbesteding. Bestaand onderdeel van WOK-monitoring door RWS Waterdistrict Waddenzee, voor de komende jaren in principe uitvoering door RWS, maar geen garantie op voortzetting tot en met 2012.
4. **Vegetatie kwelderzone** (zie B), jaarlijks, door IMARES in 5 meetvakken aan de westkant van de Groninger kwelderwerken. Door RWS na 2004 gestopt, maar op grond van de audits Ameland waarin een **0-meetgebied** voor de Peazemerlannen noodzakelijk werd geacht hervat in 2007 voor de NAM.
5. **Vegetatiekaarten** om de 6 jaar dienen voor een vlakdekkende controle van de meetvakken-methode en voor de mogelijkheid de vegetatie te vergelijken met alle andere kwelders en schorren in Nederland. De recentste vegetatiekaart van de vastelandkwelders in Groningen en Friesland (incl. Peazemerlannen) is van 2003; de volgende vegetatiekaart wordt gemaakt in 2009, oplevering 2010. Bestaande goed vastgelegde monitoringsactiviteit door RWS-DID.

6. **WOK-bestandbeheer** van de punten 1, 3-4, jaarlijks, teruglopende tijdbesteding. Bestaand onderdeel van WOK-monitoring RWS Waterdistrict Waddenzee, voor de komende jaren in principe uitvoering door RWS, maar geen garantie op voortzetting tot en met 2012.

De puntmetingen liggen zoals op Ameland en in de Peazemerlannen: hoogte + vegetatie-pq's gecombineerd in transecten.

2.3. Ervaring op basis van bodemdaling Ameland

In de Integrale Bodemdalingsstudie Waddenzee (Oost *et al.*, 1998), uitgevoerd in het kader van de gaswinning onder Ameland, zijn 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 waterstand opschuiven (afgezien van eventuele opslibbing).
- Er treden geen effecten op van een tijdelijk en gering tekort in de opslibbingsbalans van 5 cm (= grenswaarde). Op Ameland blijkt tot nu toe dat deze redenering te voorzichtig is gesteld (Dijkema *et al.*, 2005).

Op grond van de monitoring van de bodemdaling op Ameland (Dijkema *et al.* 2005) zijn enkele **nieuwe** uitgangspunten toegevoegd:

- De afstand tot het wad of tot krekens (de bronnen van het sediment) blijkt minstens zo belangrijk te zijn voor de snelheid van opslibbing als de hoogteligging.
- De ontwatering blijkt voor de kwelderzonerings op Ameland, binnen onbekende marges, meer en in ieder geval sneller tot veranderingen in vegetatie te leiden dan de maaiveldhoogte.
- Bodemdaling lijkt de veroudering van kwelders op Ameland te remmen. Mogelijk zou zonder bodemdaling op de kwelders van Ameland-Oost meer successie (= verandering van de vegetatie van lagere naar hogere kwelderzones) zijn opgetreden.

Bij de monitoring in de Peazemerlannen zullen deze uitgangspunten ook gebruikt worden.

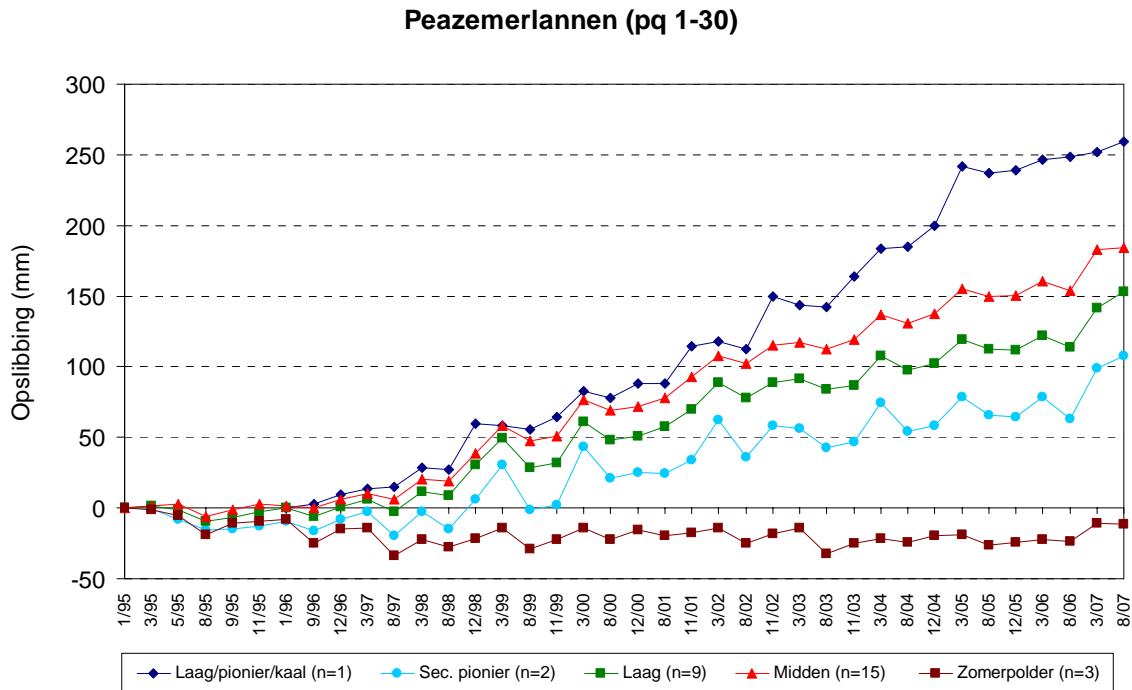
3 Resultaten

3.1. Opslibbing (SEB)

In maart en augustus/september 2008 is de opslibbing gemeten bij alle 48 punten in de Peazemerlannen en de 29 punten in het referentiegebied. Het jaar kenmerkte zich door een winter met wederom flinke sedimentaanvoerende stormtijden, een zeer droog voorjaar en een zeer natte zomer met weinig inklink. De waterpasmeting van de SEB-palen om de NAP-hoogte van de (nieuwe) meetpunten vast te stellen heeft in 2008 plaatsgevonden, maar de koppeling aan ijkpunten kan pas begin 2009 plaatsvinden als de waarde van de ijkpunten bekend is.

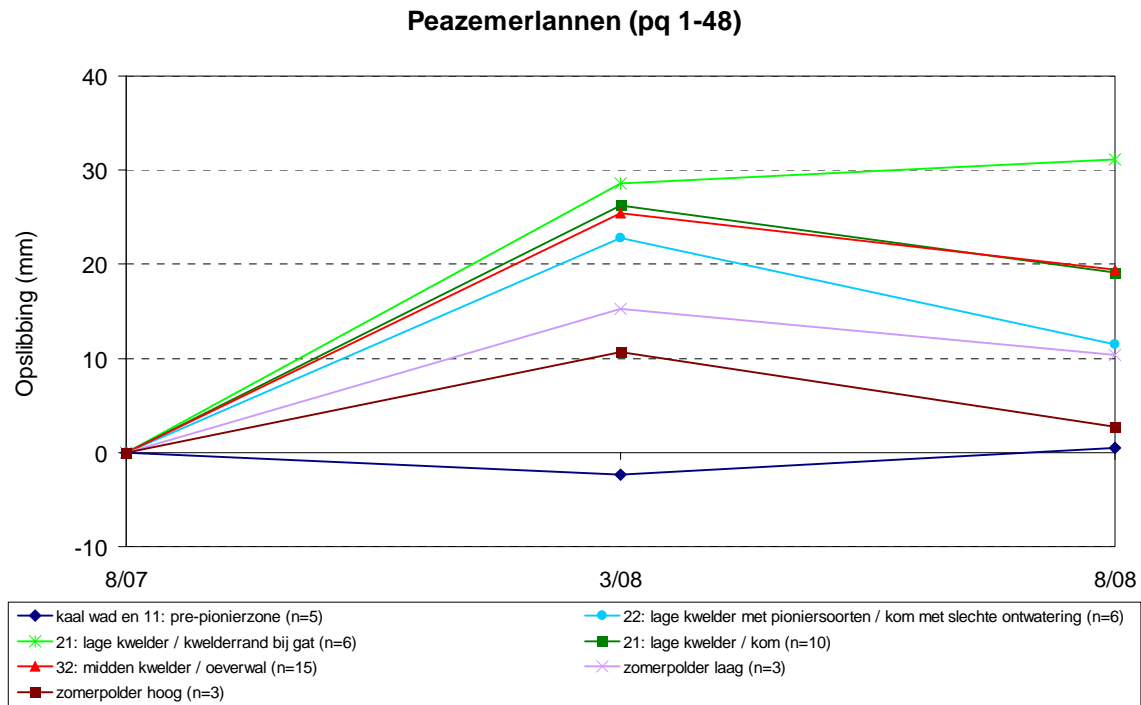
De meetpunten in de Peazemerlannen waren tot 2007 verdeeld over 5 groepen, gebaseerd op de belangrijkste vegetatiezones (Figuur 3.1). Na de uitbreiding van de meetpunten was binnen twee van deze zones (de zomerpolder en de lage kwelder) een duidelijk verschil tussen groepen punten aan te geven. Bij de zomerpolder worden daarom de hooggelegen westelijke punten en laaggelegen oostelijke punten apart weergegeven, ook omdat ze sterk in vegetatie verschillen. Bij de lage kwelder worden drie groepen onderscheiden: de "gewone" lage kwelder, de lage kwelder punten die in kommen liggen met een slechte ontwatering en lage kwelderpunten 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 meetgevoeligheid naar alle waarschijnlijkheid vergroot wordt en de oorzaak van eventuele veranderingen beter te achterhalen is (zie bijv. Foto 3.1).

Verder is er voor gekozen de metingen uit te zetten vanaf de nazomer-meting en ook gemiddelden over de jaren steeds te berekenen vanaf dit tijdstip, omdat het tijdens de winterstormen afgezette verse sediment dan ingeklonken is en de kans op overschatting van de opslibbing lager is.



Figuur 3.1 Maaiveldhoogteontwikkeling (mm) bij de 30 oorspronkelijke meetpunten in de pionierzone, lage en midden kwelder en zomerpolder van 1995-2007.

In de Peazemerlannen lag de gemiddelde netto opslibbing na het eerste volledige meetjaar in de verschillende vegetatiezones gemiddeld tussen ca. 10-30 mm. Ook in de zomerpolder is gemiddeld een positief resultaat van ca. 3 mm in de hogere delen en 10 mm in de lagere delen gemeten. Het kale wad en de pre pionierzone zijn gemiddeld gelijk gebleven in hoogte (Figuur 3.2). Tussen meetpunten in eenzelfde zone waren soms wel grote verschillen, vooral in de dynamische laaggelegen weinig begroeide pre pionierzone (zie ook Tabel 3.1). De opslibbing van alle afzonderlijke meetpunten is weergegeven in Bijlage 4.



Figuur 3.2 Maaiveldhoogteontwikkeling (mm+NAP) bij de oorspronkelijke en nieuwe meetpunten in de diverse kwelderzones (met SALT97 code) en zomerpolder van de Peazemerlannen van augustus 2007-augustus 2008.

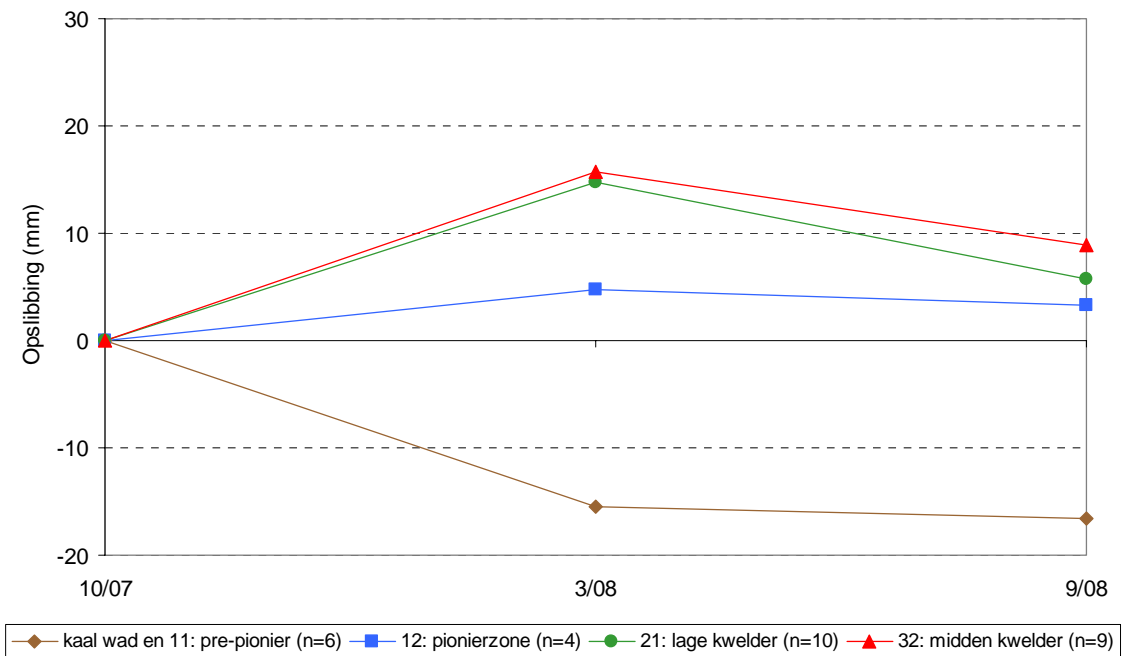
Doordat in de zomerpolder de meeste kleppen in de duikers verdwenen zijn lijkt er een evenwicht tussen inklink en zwel en/of opslibbing. Onder invloed van waterverlies en waterabsorptie kunnen oude (=gerijpte) kleiige bodems door krimp en zwellen een variatie in bodemhoogte vertonen van 3-4 cm (Veenstra, 1965; De Glopper, 1973). De mate van fluctuatie hangt sterk samen met de hoeveelheid neerslag en dus het vochtgehalte van de bodem.

Voor de kwelder van de Peazemerlannen wordt in Meesters *et al.* (2006; Figuren 4.2-4.5) de verwachting uitgesproken dat de opslibbingsbalans nauwelijks door de voorspelde bodemdaling zal worden beïnvloed. Er is hierbij ook rekening gehouden met een zeespiegelstijging van 2 mm/j. Zowel in de primaire pionierzone achter de stormdoorbraak, de kommen, de lage kwelder als op de oeverwallen zou de opslibbingsbalans positief blijven. Een bodemdaling van 12 cm in 32 jaar (Meesters *et al.*, 2006) betekent bij de huidige gemeten opslibbing (zie ook Tabel 3.1) namelijk dat de relatieve ophoging van de kwelder verder gaat, en daarmee ook de vegetatiesuccessie. De tijdelijke verlaging van de opslibbing door bodemdaling vertraagt de veroudering van de kweldervegetatie hooguit. Dat kan gezien worden als een positief neveneffect van gaswinning, maar de bodemdaling is niet groot genoeg om het verouderingsprobleem langdurig op te lossen.

De primaire pionierzone achter de doorbraak in de bitumen zomerkade werd in de bodemdalingstudies van 1993 en 1998 nog als een probleem gezien. Op grond van de recente SEB-metingen is dat niet meer het geval.

In het referentiegebied, de meetvakken in west-Groningen, lag de gemiddelde opslibbing in het eerste meetjaar lager dan in de Peazemerlanden en varieerde tussen de 4 mm in de pionierzone en 9 in de midden kwelder. Het kale wad en de pre pionierzone vertoonden een erosie van ca. 17 mm. Net zoals bij de vegetatie geldt bij de opslibbing dat pas na metingen gedurende minimaal 5 jaar een trend zichtbaar wordt (zie ook § 3.4, Tabel 3.4).

Meetvakken Groningen (29 pq's)



Figuur 3.3 Maaiveldhoogteontwikkeling (mm+NAP) bij de meetpunten in de onderscheiden kwelderzones (met SALT97 code) in het referentiegebied west-Groningen vanaf 2007.

3.2. Vegetatie (pq's)

Van alle pq's staat de ontwikkeling van de vegetatie berekend volgens SALT97 weergegeven in de bijlagen. Van de Peazemerlanden in Bijlage 2 en 3 en die van het referentiegebied in Bijlage 5.

In Tabel 3.1 wordt een samenvatting gegeven van de resultaten voor de Peazemerlanden en in Tabel 3.2 voor het referentiegebied. Voor alle meetpunten wordt de ontwikkeling van 2007 naar 2008 vermeld.

Het warme en droge voorjaar/voorzomer van 2008 en de grote hoeveelheid neerslag in het groeiseizoen hebben voor de gebieden als geheel voor een aantal opvallende verschijnselen gezorgd die soms ook van invloed waren op de vegetatieopnames bij de pq's. Door het warme voorjaar is de mineralisatie in de bodem waarschijnlijk hoog geweest en de grote hoeveelheid regen heeft stress ten gevolge van de gewoonlijk zoute groeiomstandigheden verminderd. Bij sommige soorten heeft vermoedelijk hierdoor een erg hoge gewasgroei plaatsgevonden waardoor o.a. Zeeaster en Engels

slijkgras zich hebben kunnen uitbreiden ten koste van Kweldergras. Andere soorten stonden massaal veel lager op de kwelder dan gebruikelijk (Spiesmelde tussen het Engels slijkgras). Andere effecten van de weersomstandigheden op de vegetatie in de pq's betreffen, net als in 2007, de kommen met een matige tot slechte ontwatering. Hier heeft het Schorrenkruid zich gehandhaafd dat zich in 2007 ten koste van Kweldergras kon vestigen. Bij verschillende pq's, vooral in het referentiegebied, heeft een uitbreiding van Zoutmelde ten koste van Kweldergras (of soms Engels slijkgras) plaatsgevonden. Zoutmelde kan worden gezien als het "climaxstadium" van de lage onbeweide kwelder (Dijkema, 1983; Westhoff *et al.*, 1998). Verder waren er geen opmerkelijke zone-overschrijdende verschuivingen.

Harde uitspraken over eventuele trends/verschuivingen kunnen overigens op zijn vroegst na ongeveer 5 jaar worden gedaan (vandaar dat dan ook de eerste evaluatie plaatsvindt). Nu kan hooguit iets gezegd worden over jaar-op-jaar schommelingen en de ervaringen in andere kwelders. Zo is op Ameland gebleken dat regressie door een slechte ontwatering meestal van tijdelijke aard is. Zodra de ontwatering weer op gang komt treedt vaak een snelle vegetatiesuccessie op.

De beweiding door schapen in het westelijke deel van de Peazemerlannen is eigenlijk niet de bedoeling, maar vindt elk jaar toch plaats, omdat de schapen onder het prikkeldraad doorkruipen. De beweiding van de zomerpolder met schapen en/of koeien en soms jongvee is wel zo bedoeld.

Tabel 3.1 Samenvatting gemiddelde opslibbing of erosie en vegetatieontwikkeling van de meetpunten in de Peazemerlannen van 2007-2008.

| <i>PQ</i> | <i>Vegetatie-type 2007</i> | <i>Vegetatiezone 2007 volgens SALT97</i> | <i>Gem. opslibbing 2007-2008 mm/j</i> | <i>Ontwikkeling vegetatie 2007->2008</i> | <i>Bijzonderheden</i> |
|-----------|----------------------------|--|---------------------------------------|---|---|
| 37 | kaal wad | kaal wad | 43,2 | Qq0: pre-pionierzone | |
| 38 | kaal wad | kaal wad | - 12,6 | Qq0: pre-pionierzone | |
| 32 | Qq0 | 11: pre-pionierzone | - 43,1 | Kaal | |
| 44 | Ss0 | 11: pre-pionierzone | 8,0 | Qq0: stabiel pre-pionierzone | |
| 45 | Qq0 | 11: pre-pionierzone | 6,8 | Qq0: stabiel | |
| 47 | Qq3 | 12: pionierzone | 10,8 | Qu: (22: lage kwelder met pioniersoorten) vooral Schorrenkruid | zomerpolder, beweiding divers |
| 4 | Qu | 22: lage kwelder met pioniersoorten | 9,9 | Qu: stabiel Schorrenkruid | beweiding schapen; slechte ontwatering |
| 5 | Qu | 22: lage kwelder met pioniersoorten | 18,6 | Qu: stabiel Schorrenkruid | beweiding schapen; slechte ontwatering |
| 6 | Qu | 22: lage kwelder met pioniersoorten | 6,8 | Qu: stabiel Schorrenkruid | beweiding schapen; slechte ontwatering |
| 8 | Qu | 22: lage kwelder met pioniersoorten | 19,0 | Qu: stabiel Schorrenkruid | beweiding schapen; slechte ontwatering |
| 12 | Qu | 22: lage kwelder met pioniersoorten | 17,0 | Pp-u: successie -> 21: lage kwelder (Kweldergras naast Schorrenkruid) | slechte ontwatering |
| 46 | Qu | 22: lage kwelder met pioniersoorten | 10,4 | Qu: stabiel Schorrenkruid | zomerpolder, beweiding divers |
| 48 | Qu | 22: lage kwelder met pioniersoorten | 9,8 | Qu: stabiel Schorrenkruid | zomerpolder, beweiding divers |
| 14 | Pp | 21: lage kwelder | 13,3 | Pp-u: stabiel Kweldergras | |
| 17 | kaal | (oorspr. lage kwelder) | - 2.1 | Qq0: pre-pionierzone | stagnant water |
| 19 | Pp | 21: lage kwelder | 28,9 | Ppa: stabiel/successie Kweldergras -> Rood zwenkgras Ph5: stabiel Kweldergras en Zoutmelde | Waarschijnlijk heeft regen rol gespeeld |
| 21 | Ph3 | 21: lage kwelder | 14,9 | | |
| 24 | Pp | 21: lage kwelder | 23,3 | Ppa: Zeeaster bij Kweldergras | |
| 25 | Pp | 21: lage kwelder | 18,2 | Pps: Engels slijkgras bij Kweldergras | slechte ontwatering |
| 29 | Pp-b | 21: lage kwelder | 13,7 | Pp-b: stabiel Kweldergras | slechte ontwatering |

| <i>PQ</i> | <i>Vegetatie- type 2007</i> | <i>Vegetatiezone 2007 volgens SALT97</i> | <i>Gem. opslibbing 2007-2008 mm/j</i> | <i>Ontwikkeling vegetatie 2007->2008</i> | <i>Bijzonderheden</i> |
|-----------|---------------------------------|--|---|--|----------------------------------|
| 31 | Pp-u | 21: lage kwelder | 9,2 | Pp: stabiel Kweldergras | |
| 33 | Pp | 21: lage kwelder | 8,2 | Pp: stabiel Kweldergras | |
| 34 | Pp | 21: lage kwelder | 53,0 | Ppa: Zeeaster bij Kweldergras Ppu: stabiel Kweldergras met Schorrenkruid | |
| 35 | Pp | 21: lage kwelder | 17,7 | | |
| 36 | Pp | 21: lage kwelder | 48,6 | Ppa: Zeeaster bij Kweldergras | |
| 39 | P | 21: lage kwelder | 26,9 | Pp: stabiel Kweldergras | |
| 40 | P | 21: lage kwelder | 7,5 | P: stabiel Kweldergras | |
| 41 | Pp | 21: lage kwelder | 19,5 | Pp: stabiel Kweldergras | |
| 42 | Pp | 21: lage kwelder | 28,7 | P: regressie -> ijle begroeiing | stagnant water |
| 43 | Ppa | 21: lage kwelder | 22,5 | Ppa: stabiel Kweldergras/Zeeaster | |
| 7 | Xy5 | 32: midden kwelder | 27,5 | Xy5: stabiel Zeekweek | beweiding schapen |
| 9 | Xy5 | 32: midden kwelder | 14,8 | Xy5: stabiel Zeekweek | beweiding schapen |
| 10 | Xy5 | 32: midden kwelder | 23,0 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 11 | Xy5 | 32: midden kwelder | 31,7 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 13 | Xy5 | 32: midden kwelder | 15,6 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 15 | Xx5 | 32: midden kwelder | 21,4 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 16 | Xy5 | 32: midden kwelder | 14,8 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 18 | Xy5 | 32: midden kwelder | 18,4 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 20 | Xy5 | 32: midden kwelder | 12,1 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 22 | Xy5 | 32: midden kwelder | 11,0 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 23 | Xy5 | 32: midden kwelder | 19,7 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 26 | Xy5 | 32: midden kwelder | 10,7 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 27 | Xy5 | 32: midden kwelder | 17,8 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 28 | Xy5 | 32: midden kwelder | 35,4 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 30 | Xy5 | 32: midden kwelder | 17,1 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 1 | | | 3,9 | | zomerpolder, beweiding divers |
| 2 | | | 2,8 | | zomerpolder, beweiding divers |
| 3 | | | 1,5 | | zomerpolder, beweiding divers |

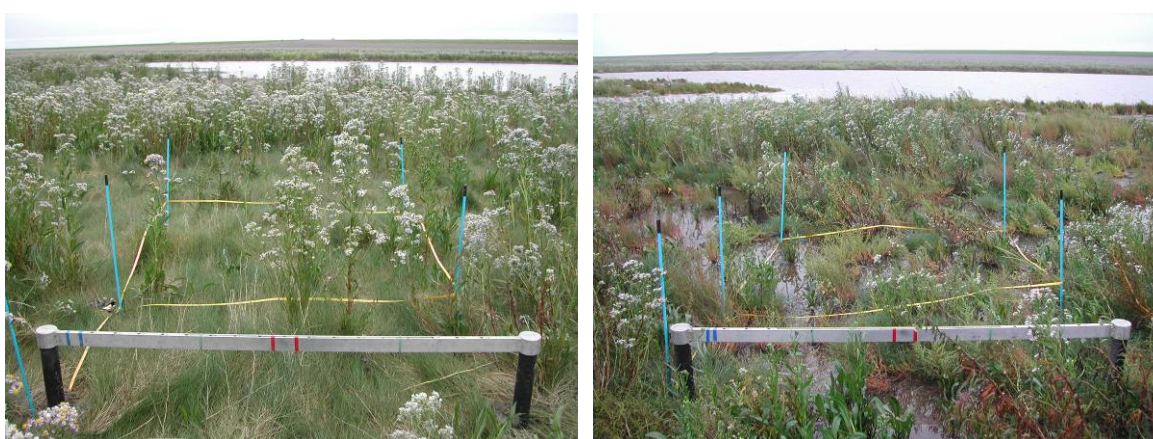


Foto 3.1 Effect stagnerend water: links volledig begroeide pq 42 in de droge zomer van 2007 en rechts de situatie in 2008 waar 85% van de vegetatie is verdwenen door de natte zomer en het stagnerende water in de kom.

Tabel 3.2 Samenvatting uitgangssituatie vegetatie van de meetpunten in het referentiegebied in 2007 en de ontwikkelingen tot 2008.

| <i>PQ</i> | <i>Vegetatie-type 2007</i> | <i>Vegetatiezone 2007</i> | <i>Gem. opslibbing 2007-2008 mm/j</i> | <i>Ontwikkeling vegetatie 2007->2008</i> | <i>Bijzonderheden</i> |
|-------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|--|---|
| 286C | Ppa | 21: lage kwelder | 4,5 | Ppa: stabiel Kweldergras | |
| 286D | Xy5 | 32: midden kwelder | 2,4 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 286F | Xy5 | 32: midden kwelder | 11,5 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 286H | Xy5 | 32: midden kwelder | 10,7 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 286I | Ph5 | 21: lage kwelder | 6,4 | Ph5: stabiel Zoutmelde | |
| 286K | Kaal | - | 9,2 | Kaal: stabiel | |
| 311G | Xy5 | 32: midden kwelder | 13,9 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 311I | Xx5 | 32: midden kwelder | 12,8 | Xy5: stabiel Spiesmelde/Zeekweek | |
| 311K | Xy5 | 32: midden kwelder | 10,2 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 311L | Ph5 | 21: lage kwelder | 8,4 | Ph5: stabiel Zoutmelde | |
| 311M | Ph3 | 21: lage kwelder | 0,9 | Ph3: stabiel Kweldergras/Zoutmelde | |
| 311N | Kaal | - | - 22,8 | Kaal: stabiel | |
| 324G | Xy5 | 32: midden kwelder | 15,9 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 324H | Pp | 21: lage kwelder | 12,6 | Ph3: lichte successie Kweldergras->Zoutmelde | |
| 324I | Pps | 21: lage kwelder | 8,8 | Ph5: lichte successie Kweldergras/Engels slijkgras ->Zoutmelde | |
| 324K | Kaal | - | 0,2 | Qqo: lichte successie | |
| 339D | — | | 0,7 | | beweid; te kort afgegraasd voor goede opname; verder zijn door de hoge ligging soorten aanwezig die niet in het classificatieprogramma voorkomen. |
| 339F | Ph3 | 21: lage kwelder | 0,2 | Ph3: stabiel Kweldergras/Zoutmelde | beweid |
| 339H | Pp | 21: lage kwelder | 2,9 | Pp: stabiel Kweldergras | beweid |
| 339I | Ss3 | 12: pionierzone | - 4,4 | Qq3: lichte regressie | beweid |
| 339K | Sso | 11: pre-pionierzone | - 24,4 | Kaal * | |
| 356F | Ss5 | 12: pionierzone | 3,2 | Ph3: successie Engels slijkgras->Zoutmelde | |
| 356G | Pp/Ph3 | 21: lage kwelder | 3,4 | Ph5: lichte successie Zoutmelde | |
| 356H | Ss5 | 32: midden kwelder | 5,9 | Ss5: stabiel Engels slijkgras | |
| 356I | Qqo | 11: pre-pionierzone | - 23,6 | Kaal * | |
| 359F | Xy5 | 32: midden kwelder | 2,2 | Xy5: stabiel Zeekweek | |
| 359G | Ph5 | 21: lage kwelder | 9,2 | Ph5: stabiel Zoutmelde | |
| 359H | Ss3 | 12: pionierzone | 8,3 | Ss5: stabiel Engels slijkgras | |
| 359I | Kaal | - | - 38,4 | Kaal: stabiel | |

* Van een enkele Zeekraal naar onbegroeid.

De successierichting van de vegetatie is een belangrijk gegeven om zowel positieve als negatieve effecten van natuurlijke veranderingen, van beheersmaatregelen en van bodemdaling door gaswinning te kunnen beoordelen. Het onderzoek aan de vegetatie in de Peazemerlannen en op Ameland in het verleden heeft het volgende geleerd:

Uit een vergelijking van de theoretische ondergrenzen van de vegetatiezones (Tabel 3.3) met de gemeten gemiddelde ondergrenzen in de Peazemerlannen in 2007 blijkt dat de vegetatie >30 cm boven de betreffende ondergrens groeit. De uitkomsten van de kweldermonitoring op Ameland hebben de vraag opgeroepen of de huidige theorie over de sterke rol van de maaiveldhoogte in de kwelderzoning houdbaar is. De mate van ontwatering en de beweiding zijn eveneens van belang; binnen marges zijn de effecten daarvan misschien wel groter. Voor de Peazemerlannen is dit van duidelijk belang voor de kommen. De vegetatie groeit daar ruim boven de ondergrens, maar toch is daar bij diverse pq's regressie opgetreden (zie bijv. Foto 3.1). 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 echter 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).

Tabel 3.3 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

3.3. Kliferosie

Bij het inmeten van de klifrand op de grens van pionierzone en kwelder bij het "grote gat" in de buitenste zomerkade in het midden van het gebied is onderscheid gemaakt tussen de buitenste rand met pionierbegroeiing en de klifrand. Door de aanwezigheid van zeer veel poeltjes in dit grensgebied (zie Foto 3.1) is er niet altijd één duidelijke klifrand aanwezig. De daar aanwezige poeltjes groter dan 1x1m zijn ook met de GPS vastgelegd om te voorkomen dat in de toekomst de klifrand erg verschoven lijkt te zijn, terwijl dit veroorzaakt is door het doorbreken van de rand die een poeltje omringt.

Met gebruik van een GPS zijn 3 tracks gelopen:

1. De klifgrens - deze komt ongeveer overeen met de Kweldergras-grens. Gehanteerde voorwaarden: er moet $\geq 50\%$ bedekking zijn met vegetatie, er moet een klifje zijn van ca. 10 cm en losse plukken van < 1x1m worden niet meegenomen. Tracksnelheid is 2 sec.

2. De pioniervegetatiegrens – deze komt ongeveer overeen met de Zeekraal-grens in het oosten en midden en met de Engels slijkgras-grens aan westkant. Gehanteerde voorwaarden: Aan de westkant met voornamelijk Engels slijkgras is ook de “ $\geq 1\text{m}^2$ regel” toegepast (kleinere pollen worden niet meegenomen); ook geulen smaller dan 1 m worden niet ingelopen; de grond moet ook zichtbaar stevig zijn en dat komt eigenlijk altijd overeen met een iets hoger ruggetje. Tracksnelheid is 2 sec.
3. De plasjes/poeltjes ($\geq 1\text{m}^2$) tussen de klifrand en kwelder. Tracksnelheid op 1 sec.

De tracks voor het vaststellen van de klif en pioniergrens lopen van de oostzijde tegenover het muurtje op de kop van de bitumen zomerkade tot langs de geul bij pq 20 (zie Foto 3.2). De poeltjes bevinden zich voornamelijk in het middelste deel van het gebied.



Foto 3.1 Poeltjes in grensgebied pionierzone en lage kwelder.



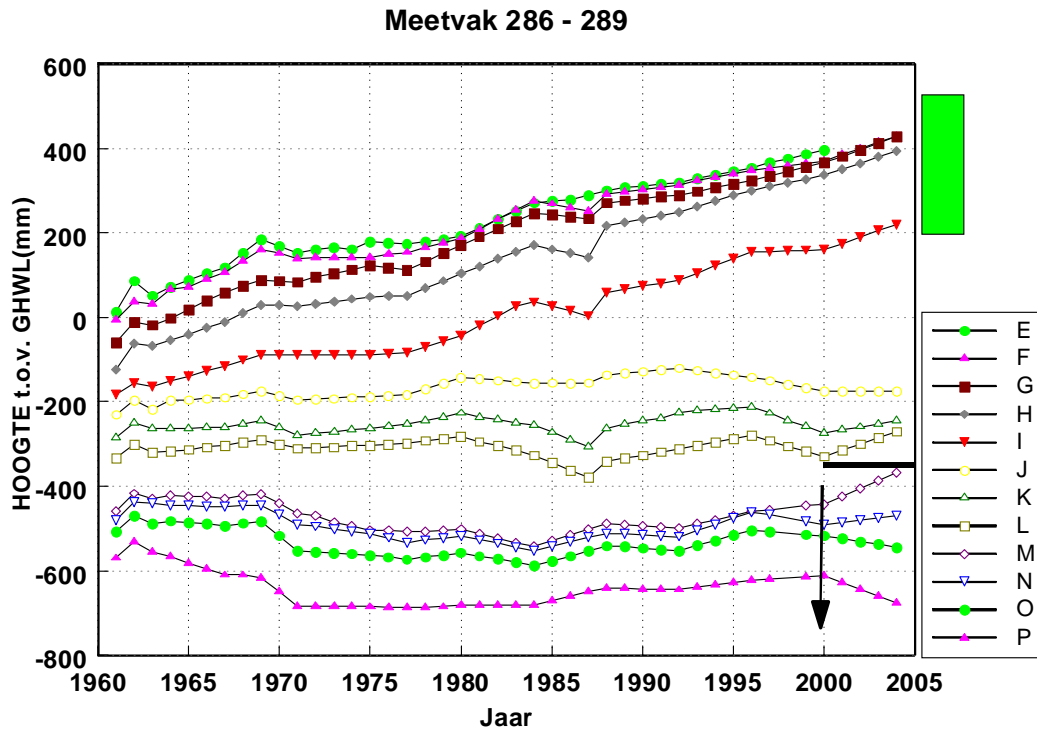
Foto 3.2 Start en eindpunt GPS-tracks klif en pioniervegetatie. (Luchtfoto Google Earth)

3.4. Langjarige opslibbing en vegetatie meetvakken in west-Groningen

Van de historische dataset van RWS met opslibbing en vegetatieontwikkeling in de meetvakken worden in deze jaarrapportage slechts enkele voorbeelden gegeven ter illustratie. Voor uitgebreide informatie wordt verwezen naar Dijkema *et al.* (2001 en 2008).

Opslibbing

In Figuur 3.4 staat de gemiddelde hoogteontwikkeling vanaf 1960 vanaf de dijk (subvak E) tot aan het kale wad (subvak P) in meetvak 286-289. De kweldervakken E t/m I laten een duidelijk stijgende lijn zien. Vanaf 2000 wordt, na een beleidskeuze, de buitenste dwarsdam (=evenwijdig aan de kust) niet meer onderhouden. De gevolgen hiervan zijn terug te vinden in de erosie van de buitenste subvakken. De nieuwe dwarsdam tussen de subvakken L en M uit 2000 heeft direct een toename van de opslibbing tot gevolg. Beide ingrepen laten zien hoe beheermaatregelen een snel en direct effect op de hoogteontwikkeling kunnen hebben.



Figuur 3.4 Voorbeeld van data betreffende hoogteontwikkeling in een van de meetvakken behorend tot het referentiegebied west-Groningen. De groene balk rechtsboven geeft de kweldervakken aan. De pijl geeft aan dat in 2000 het onderhoud aan de buitenste dwarsdam is gestopt. De horizontale vette balk geeft aan dat in 2000 een nieuwe dwarsdam is aangelegd tussen vak L en M.

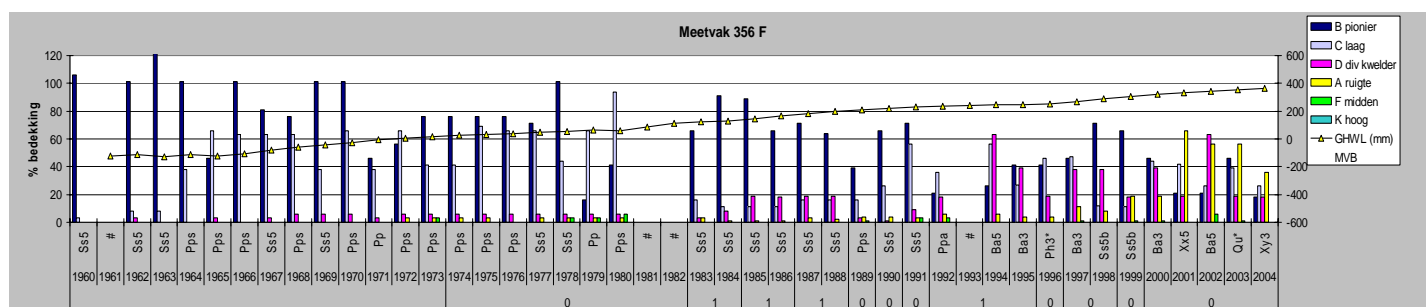
De gemiddelde opslibbing over de afgelopen 15 jaar in alle 5 referentie-meetvakken per (vegetatie)zone staat vermeld in Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Gemiddelde opslibbing in de 5 westelijke Groninger referentie-meetvakken over de periode 1992-2007.

| | 3 ^e bezinkveld onbegroeid | 2 ^e bezinkveld onbegroeid | 2 ^e bezinkveld pionierzone | 1 ^e bezinkveld kwelderzone |
|--|---|---|--|--|
| 5 Referentie-meetvakken Groningen gemiddeld 1992-2007 | - 4 mm/j | 3 mm/j | 4 mm/j | 14 mm/j |

Vegetatie

In Figuur 3.5 staat de vegetatie- en hoogteontwikkeling van 1960 tot 2004 in één van de 100x100 m subvakjes uit referentiemeetvak 356. In principe is van elk van de subvakken een vergelijkbare figuur te maken, als de gegevens beschikbaar zijn. In de laatste jaren is duidelijk de toenemende successie/veroudering van de vegetatie te zien. Uiteindelijk leidt een toenemende hoogte van het maaiveld vrijwel altijd tot een soortenarme climaxvegetatie waarin Zeekweek en Spiesmelle domineren. Alleen beweiding en/of een slechte ontwatering kunnen deze ontwikkeling tegengaan of vertragen. In Tabel 3.5 is de vegetatieontwikkeling samengevat voor de 5 referentiemeetvakken.



Figuur 3.5 Voorbeeld van vegetatieontwikkeling en hoogteligging van 1960-2004 in een van de meetvakken behorend tot het referentiegebied west-Groningen.

Tabel 3.5 Samenvatting vegetatieontwikkeling in de 5 referentiemeetvakken.

| Meetvak | 1960-1970 | 1970-1980 | 1980-1985 | 1985-1990 | 1990-1995 | 1995-2000 | 2000-2007 |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 286-289 | | | | | | | |
| 308-311 | | | | | | | |
| 324-327 | | | | | | | |
| 336-338 | | | | | | | |
| 356-359 | | | | | | | |

Salt97 soortengroepen:

Pionierplanten

Zeekraal
Engels slijkgras

Lage kwelderplanten

Gewoon kweldergras
Gewone zoutmelde

Diverse zones (= Asteretea)

Zeester
Gerande schijnspurrie
Lamsoor
Zeewegbree

Climaxplanten (= "voedselrijk")

Zeekweek
Spiesmelle
Strandmelde

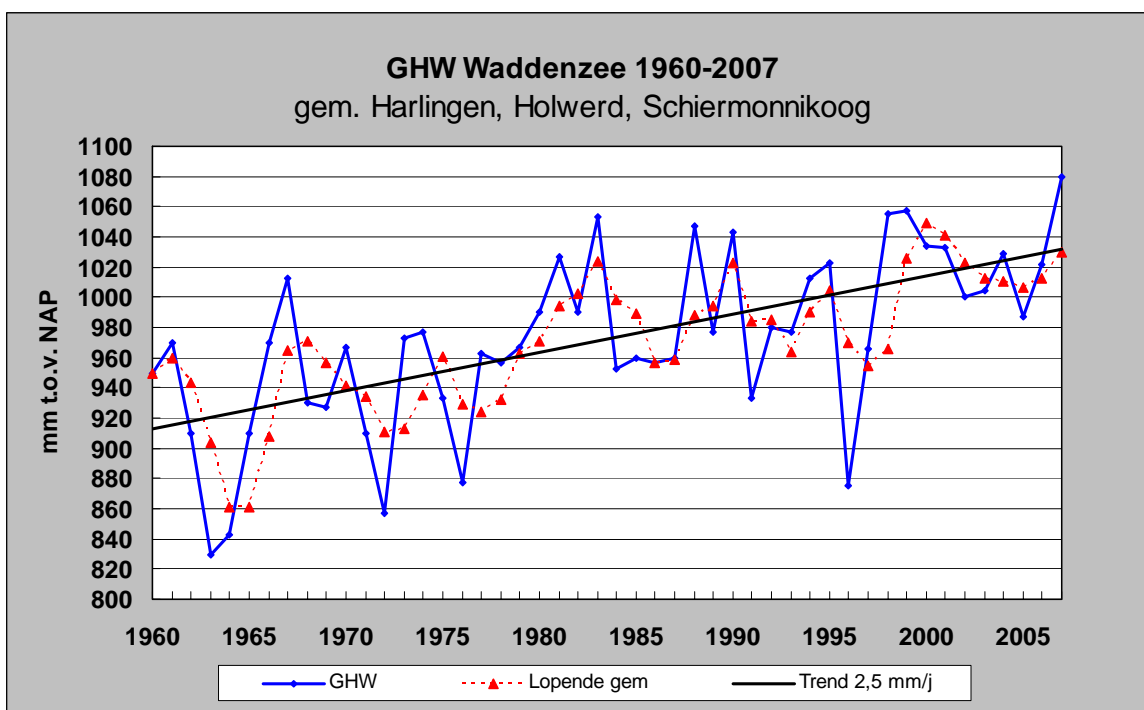
3.5. Bepaling NAP-hoogte SEB-meetpunten

In de zomer van 2008 zijn in opdracht van de NAM door Fugro-Inpark in samenwerking met IMARES de voorlopige NAP-hoogtes van alle SEB-palen in de Peazemerlannen en het referentiegebied bepaald. In 2009 komen de nieuwe data beschikbaar betreffende de NAP-hoogtes van de ijkpunten/referentiepunten die in 2008 door RWS zijn bepaald. Op basis daarvan kunnen de definitieve hoogtes van SEB-palen en daaraan gekoppelde maaiveldhoogtes berekend worden. Om mogelijke verwarring te voorkomen is in overleg met de NAM besloten in dit rapport niet de voorlopige NAP-hoogtes te geven, maar te wachten tot de jaarrapportage van 2009, zodat de definitieve hoogtes gegeven kunnen worden.

3.6. Jaargemiddeld hoogwater

Het jaargemiddelde hoogwater van 2007 was met NAP + 1080 mm de hoogste in de meetreeks. De jaargemiddelde GHW-lijn voor de Waddenzee wordt grotendeels bepaald door de windrichting, windkracht en barometerstand (Bossinade *et al.*, 1993). Deze hoge waarde over 2007 lijkt een gevolg van het weerpatroon, met name de langdurige westcirculaties in de periode januari-februari en vanaf medio juni tot en met medio december.

De gegevens over 2008 komen begin 2009 en zijn hier dus nog niet opgenomen.



Figuur 3.6 Jaargemiddelde hoogwaters voor de kwelderwerken van 1960-2007. (Op basis van RWS-data)

3.7. Geplande statistiek in 2012

Voor de statistiek, zoals die voorzien is voor de eerste evaluatie in 2012, wordt verwezen naar de methode die zich reeds bewezen heeft bij de monitoring van de effecten van bodemdaling sinds 1986 op Ameland. De beschrijving van de daar gebruikte methode is in de box hieronder integraal overgenomen uit Dijkema *et al.*, 2005 (§§ 6.1 en 6.2: p. 51-54). Mocht in de toekomst blijken dat er een nog betere methode bestaat of ontwikkeld is, zou die toegepast kunnen worden.

6. Statistische analyse van de kwelder pq's Ameland

6.1. Inleiding

De statistische analyse van de kwelder pq's heeft betrekking op (1) de relatie tussen de vegetatie en abiotische variabelen, (2) de verandering van de vegetatie in de loop van de tijd, en (3) de mogelijke oorzaken van deze verandering. Evenals in Van Dobben & Slim (2005) is de analyse grotendeels gebaseerd op multivariate technieken; de reden hiervoor is vooral dat een analyse per soort ondoenlijk is door het grote aantal soorten. Er zijn vijf indicatoren gebruikt voor de toestand van de vegetatie: de 'sample scores' langs de eerste drie assen van een DCA (Jongman *et al.* 1995), de 'natuurbehoudswaarde' NBW (in Van Dobben & Slim (2005) aangeduid als 'CCV'), en het aantal soorten per plot. De NBW kan gezien worden als een schatting van de kans op het aantreffen van Rode Lijst soorten (Wamelink *et al.* 2003).

Een deel van de bewerkingen is uitgevoerd voor de vier zones die ook elders in deze studie zijn gebruikt (tabel 3.2). In een aantal gevallen heeft de bewerking plaatsgevonden voor het Nieuwlandsrijd en De Hon apart. Omdat op de kwelders grondwaterstand waarschijnlijk geen belangrijke rol speelt, is die hier niet als abiotische variabele gebruikt. Ook zijn geen bodemanalyses verricht. Wel is het belang van opslibbing voor de vegetatie nagegaan, en wel op twee wijzen: (1) als bron van nutriënten, deze is voor elk opnamejaar geschat als de opslibbing per jaar in de voorafgaande periode, en (2) als compensatie voor bodemdaling, deze is geschat als totale opslibbing sinds het begin van de monitoring. Verder is de overvloedingsfrequentie als abiotische variabele gebruikt. Het effect van deze abiotische variabelen op de vegetatie is globaal vastgesteld met behulp van multivariate statistiek.

Het effect van bodemdaling is vastgesteld middels een multi-pele regressie van de indicatoren voor de toestand van de vegetatie op (1) de hoogte in 1986, (2) de bodemdaling, (3) de opslibbing en (4) de overvloedingsfrequentie. Zoals beschreven in Van Dobben & Slim (2005) bestaat hierbij het risico dat iedere monotone trend ten onrechte aan bodemdaling (en in dit geval mogelijk ook aan opslibbing) wordt toegeschreven. Daarom is een controle uitgevoerd op de grootte van de regressiecoëfficiënten. Dit is gedaan door na te gaan of de temporele verandering in de vegetatie consistent is met (a) de verandering in hoogteligging en (b) het ruimtelijk patroon van vegetatie en hoogteligging in 1986. Of, in andere woorden, de hypothese is getoetst dat als in een pq de hoogteligging verandert van Z_0 in 1986 naar Z_t in jaar t , de vegetatie verandert in die van een ander pq dat in 1986 als op hoogte Z_t lag. In de praktijk kan alleen het omgekeerde van deze hypothese getoetst worden. Dit betekent dat uit de verandering van de vegetatie sinds het begin van de monitoring, de bodemdaling en opslibbing zijn berekend die nodig waren om deze verandering te bewerkstelligen, gegeven het verband tussen vegetatie en hoogteligging zoals dat in 1986 was. Hierbij is rekening gehouden met veranderingen in zeespiegelregime. Vervolgens zijn de 'berekende' en de 'werkelijke' bodemdaling en opslibbing met elkaar vergeleken. Wanneer deze niet met elkaar in overeenstemming waren is geconcludeerd dat de verandering in de vegetatie niet of niet uitsluitend door bodemdaling veroorzaakt kan zijn. Hierbij is ervan uitgegaan dat het effect van een verandering in hoogteligging op de vegetatie zonder tijdsvertraging tot stand komt. In werkelijkheid treedt deze tijdsvertraging waarschijnlijk wel op, voor methoden om deze op te sporen (hier niet gebruikt) en de consequenties daarvan wordt verwezen naar Van Dobben & Slim (2005).

6.2. Materiaal en methode

6.2.1. Data

De **hoogteligging** is bepaald uit de gemeten hoogte in 1986, en de bodemdaling en opslibbing die sindsdien hebben plaatsgevonden:

$$Z_t = Z_0 + dZ_t + S_t \quad [1]$$

met: Z : hoogteligging (in m +NAP), dZ : bodemdaling sinds 1986, S : opslibbing sinds 1986; subscript: jaar (0 = 1986) (let er op dat dZ altijd een negatief getal is).

De **overvloedingsfrequentie** (FF) is voor elk opnamejaar t bepaald als de som van het aantal overvloedingen over de jaren $t-2$ tot en met t (dit in tegenstelling tot Van Dobben & Slim (2005) waar de overvloedingsfrequentie is bepaald als som over $t-2$ tot en met $t-1$). Het aantal overvloedingen is voor elk jaar en elke hoogteligging direct bepaald uit overvloedingskrommen voor de haven van Nes. Het 'zeespiegelregime' is voor elk jaar gekarakteriseerd als de overvloedingsfrequentie op 1,2 m +NAP voor dat jaar (aangeduid als FF12).

Ontwatering en **beweidingsintensiteit** zijn elk geschat in vier klassen (0 = geen, 3 = hoogste intensiteit).

De **opslibbing** is per opnametijdstip berekend als

$$dS_{t_2} = (S_{t_2} - S_{t_1}) / (t_2 - t_1)$$

[2]

met: t_2 : opnamejaar, t_1 = jaar van de vorige opname.

Een aantal pq's is om verschillende redenen beschouwd als verstoord. Deze pq's zijn bij de analyse buiten beschouwing gelaten.

6.2.2. Multivariate methoden

Evenals in Van Dobben & Slim (2005) is voor het karakteriseren van de vegetatie gebruik gemaakt van de sample scores langs de eerste drie assen van een DCA op alle data (dat wil zeggen alle pq / jaar combinaties), waarbij de verstoorde pq's passief gemaakt zijn, dat wil zeggen zij hebben geen invloed op de ordening van de soorten. Voor het vaststellen van het relatieve belang van de abiotische variabelen is gebruik gemaakt van voorwaartse selectie en permutatie in CCA; voor details over deze techniek wordt verwezen naar Ter Braak & Smilauer (2002) en Jongman et al. (1995). Een globaal beeld van de relatie door de tijd tussen pq's, soorten, abiotische variabelen, NBW en aantal soorten is verkregen door het projecteren van al deze variabelen op de eerste drie DCA assen. Hiervan zijn plots gemaakt voor de eerste tegen de tweede, en de eerste tegen de derde as. Getracht is de DCA assen te interpreteren met behulp van de ecologie van de soorten (cf. Heukels, Weeda ecoflora) en van Ellenberg's (1991) ecologische indicatiewaarden. Hiertoe is de correlatie bepaald van de sample scores op elke as met de (ongewogen) gemiddelde Ellenbergwaarden per opname. Voor de interpretatie van de plots wordt verwezen naar Ter Braak & Smilauer (2002) en Jongman et al. (1995); globaal is deze als volgt:

Alle plots kunnen in gelijke schaling op elkaar geprojecteerd worden. Zij hebben in dit geval een 'afstand interpretatie': hoe dichter twee soorten bij elkaar staan, hoe meer ze samen voorkomen (diagonaal tegenover elkaar staande soorten sluiten elkaar uit). Dit geldt ook voor de opnames ('samples'): hoe dichter ze bij elkaar staan, hoe meer ze op elkaar lijken (let er op dat elk 'sample' in dit geval één opname van een pq vertegenwoordigt). Wanneer het sample plot en het soorten plot over elkaar geprojecteerd worden, is de afstand tussen elke soort en elke opname een maat voor de waarschijnlijkheid om die soort in die opname aan te treffen.

Let er op dat de weergave van het soortenplot wat minder nauwkeurig kan zijn; in principe is het midden van elke soortnaam de positie van die soort, maar de soortnamen zijn soms wat verschoven omdat anders over elkaar vallende namen het plot onleesbaar zouden maken.

De weergave van de abiotische variabelen kan op twee manieren gebeuren. De **kwantitatieve** variabelen zijn als pijlen weergegeven, deze geven de richting van variatie aan. De projectie van een opname op zo'n pijl geeft een schatting van de verwachtingswaarde van die abiotische variabele in die opname (met basis van de pijl = gemiddelde over alle opnamen, punt van de pijl = gemiddelde plus één standaarddeviatie, punt van de pijl gespiegeld ten opzichte van de oorsprong = gemiddelde min één standaarddeviatie). De projectie van een soort op zo'n pijl geeft op dezelfde wijze de verwachtingswaarde van het optimum van die soort ten opzichte van die abiotische variabele. De **kwalitatieve** variabelen (klassen) zijn weergegeven als het centroid (gemiddelde op elke as) van alle samples die tot deze klasse behoren (de zones en de transecten [Nieuwlandsrijd en De Hon] zijn op dezelfde wijze weergegeven, in sommige gevallen per opnamejaar). De isolijnen plots voor NBW en aantal soorten geven de verwachtingswaarde van deze twee grootheden voor ieder punt van het plot, berekend door middel van lineaire regressie op de sample scores (tweede-orde polynoom).

6.2.3. Univariate methoden

De **veranderingen** in de tijd zijn geanalyseerd met behulp van univariate ANOVA en lineaire regressie op de sample scores op de eerste drie assen, de NBW en het aantal soorten. De bepaling van de significantie van de temporele effecten heeft op twee manieren plaatsgevonden: met ANOVA is bepaald of er überhaupt significante verschillen tussen de jaren zijn, en met lineaire regressie is bepaald of er een significante temporele trend is. De veranderingen in de tijd zijn zichtbaar gemaakt door de gemiddelde sample scores per zone per opnametijdstip in het DCA plot te projecteren. Hierbij

is elk pq toegekend aan de zone waartoe het in 1986 behoorde (dit is ook gebeurd bij het bepalen van de significantie van de verschillen tussen de zones).

De bepaling van het **effect van bodemdaling** heeft als volgt plaatsgevonden:

de hypothese is getoetst dat veranderingen in de vegetatie uitsluitend het gevolg zijn van veranderingen in overvloedingsfrequentie, die op hun beurt het gevolg zijn van veranderingen in hoogteligging en in zeespiegelregime. Daartoe is elke vegetatiekarakteristiek Y gemodelleerd als functie van overvloedingsfrequentie:

$$Y = a_0 + a_1FF + \text{fout} \quad [3]$$

met: Y: sample score op de eerste, tweede of derde as, NBW of aantal soorten, FF: overvloedingsfrequentie.

De overvloedingsfrequentie is gemodelleerd als functie van hoogteligging en zeespiegelregime:

$$FF = b_0 + b_1Z + b_2FF_{12} + \text{fout} \quad [4]$$

met: FF: overvloedingsfrequentie, Z: hoogteligging, FF_{12} : overvloedingsfrequentie op 1.2 m +NAP.

Deze lineaire vergelijking is gevalideerd op de met behulp van overvloedingskrommen geschatte overvloedingsfrequenties. De hoogteligging is gemodelleerd als som van de hoogteligging in 1986, de bodemdaling en de opslibbing (vergelijking [1]).

Vervolgens is de bodemdaling gemodelleerd als een lineaire functie van het jaartal en de afstand tot het diepste punt van de bodemdalingsschotel (dit model is identiek aan dat gebruikt door Slim & Van Dobben (2005), maar de parametrisatie is opnieuw uitgevoerd). Hierbij is er vanuit gegaan dat de bodemdalingsschotel de vorm heeft van een omgekeerde kegel, waarvan de diepte elk jaar evenveel toeneemt. Dit model is gevalideerd op de met het NAM model gesimuleerde bodemdaling. Eerst werd de straal van de bodemdalingsschotel geschat door middel van extrapolatie op grond van de data uit 2003:

$$Z_{2003} - Z_{1986} = d_0 + d_1D + \text{fout} \quad [5]$$

met: Z_t : hoogteligging in jaar t, D: afstand tot het diepste punt van de bodemdalingsschotel.

Uit vergelijking [5] volgt dat

$$D_0 \approx -d_0 / d_1 \quad [6]$$

met: D_0 : straal van de bodemdalingsschotel.

Nu kan de bodemdaling lineair gemodelleerd worden:

$$dZ_t = v(J_t - J_0)(D_0 - D) + \text{fout} \quad [7]$$

met: Z_t : hoogteligging in jaar t (0, in 1986; 1, in 1987; etc), J_t : jaartal ($J_0 = 1986$), D: afstand tot het diepste punt van de bodemdalingsschotel ($D_0 =$ straal van de bodemdalingsschotel), v: bodemdaling per jaar per meter afstand tot de rand van de bodemdalingsschotel.

Vergelijkingen [1], [3], [4] en [7] kunnen worden gecombineerd tot:

$$Y = a_0 + a_1b_0 + b_1Z_0 + b_1v(J - J_0)(D_0 - D) + b_1S + a_1b_2FF_{12} + \text{fout} \quad [8]$$

Deze vergelijking kan gefit worden met behulp van multipele regressie:

$$Y = c_0 + c_1Z_0 + c_2(J - J_0)(D_0 - D) + c_3S + c_4FF_{12} \quad [9]$$

met:

$$c_0 = a_0 + a_1b_0$$

$$c_1 = b_1$$

$$c_2 = b_1v$$

$$c_3 = b_1$$

$$c_4 = a_1b_2$$

Dit levert twee toetsbare hypothesen:

$$c_2 = c_1v \text{ of } c_2 / c_1 = v \text{ of } (c_2 / c_1) / v = 1 \quad [10]$$

(want vergelijking [9] en vergelijking [7] leveren twee onafhankelijke schattingen van v)

en

$$c_3 = c_1 \text{ of } c_3 / c_1 = 1 \quad [11]$$

Om deze hypothesen te toetsen is het noodzakelijk de onzekerheid in de quotiënten van de regressiecoëfficiënten te kennen; deze is bepaald met de stelling van Fieller (cf. Finney 1971 p. 78). Hiermee is het 99% betrouwbaarheidsinterval van de quotiënten c_2/c_1 en c_3/c_1 bepaald, en vervolgens is gekeken of de 'werkelijke' waarde van deze quotiënten (in het eerste geval v bepaald uit vergelijking [7], in het tweede geval gelijk aan 1) zich in dit interval bevindt. Alle multivariate berekeningen zijn uitgevoerd met de programma's CANOCO en CanoDraw (Ter Braak & Smilauer 2002), de univariate met het programma GENSTAT version 7.2 (Payne et al. 2003). Alle data zijn ongetransformeerd gebruikt, behalve de overvloedingsfrequenties en de abundanties van de soorten, die gelogaritmiseerd zijn.

Literatuur

- Ellenberg, H, Weber, H E, Düll, R, Wirth, V, Werner, W, Pauliszen D. 1991. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica 18:1-248.*
- Finney, D.J. 1971. Probit Analysis (third edition). Cambridge University Press, Cambridge.*
- Jongman, R H G, Ter Braak, C J F, Van Tongeren, O F R. 1995. Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press.*
- Payne, R, Murray, D, Harding, S, Baird, D, Soutar D, Lane P. 2003. GenStat for Windows™ (7th Edition) Introduction. Lawes Agricultural Trust, Rothamsted.*
- Ter Braak, C J F, Smilauer, P. 2002. CANOCO reference manual and Canodraw for windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca USA, 500 p.*
- Van Dobben, H F, Slim, P A. 2005. Evaluation of changes in permanent plots in the dunes and upper salt marsh at Ameland East: Ecological effects of gas extraction. In: Begeleidingscommissie Monitoring Ameland, Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 18 jaar gaswinning.. CD (met alle deelrapporten) en samenvatting. 96 p.*
- Wamelink, G W W, Ter Braak, C J F, Van Dobben, H F. 2003. Changes in large-scale patterns of plant biodiversity predicted from environmental economic scenarios. Landscape Ecology 18: 513-527.*

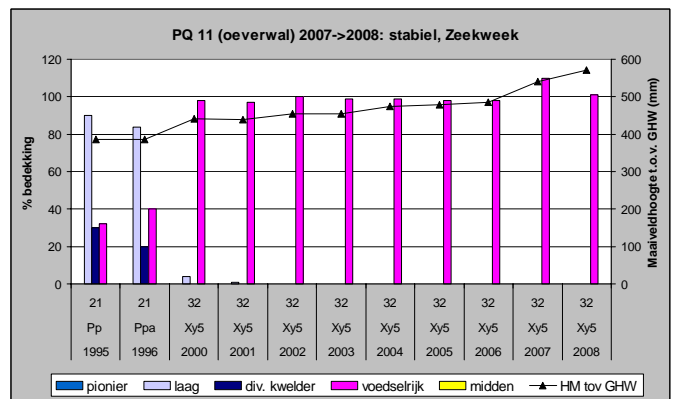
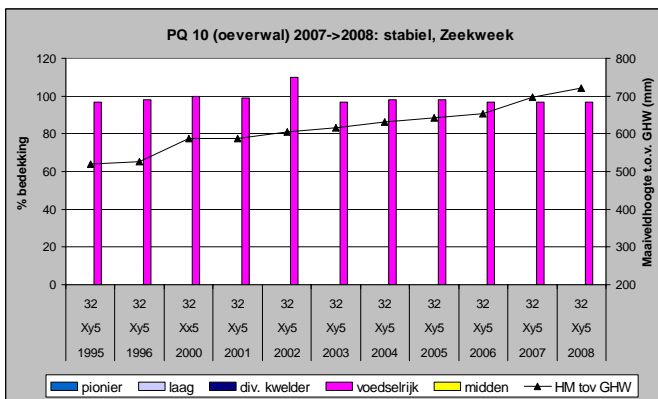
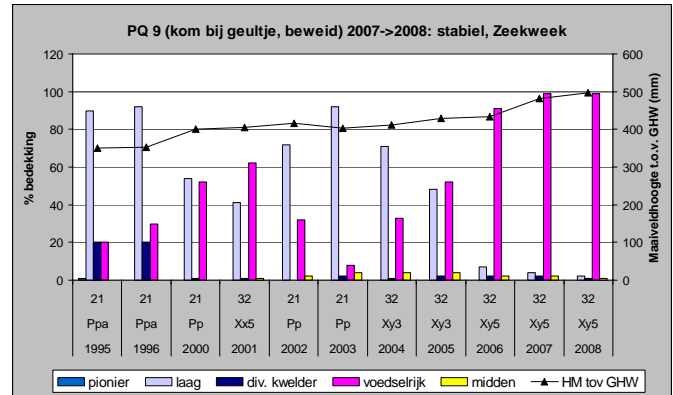
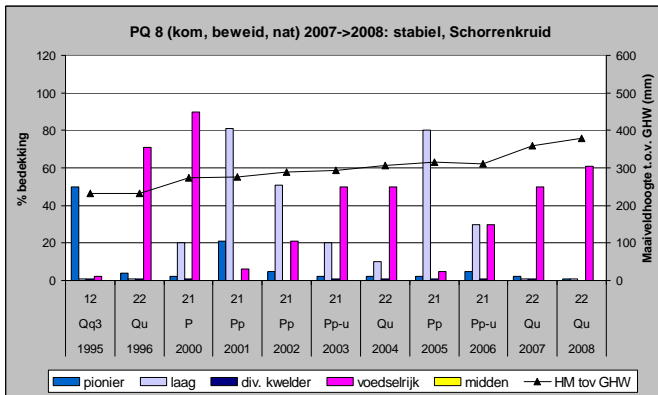
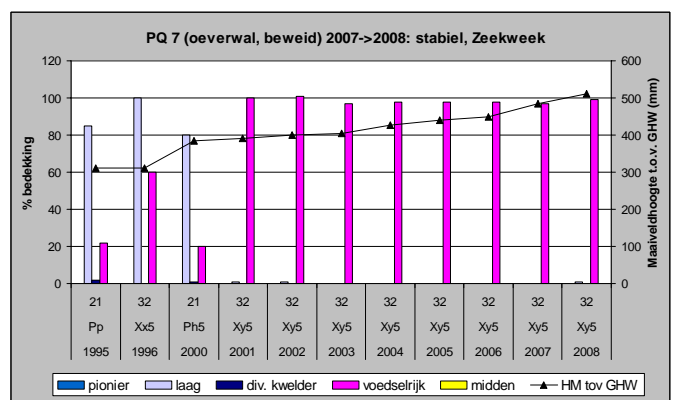
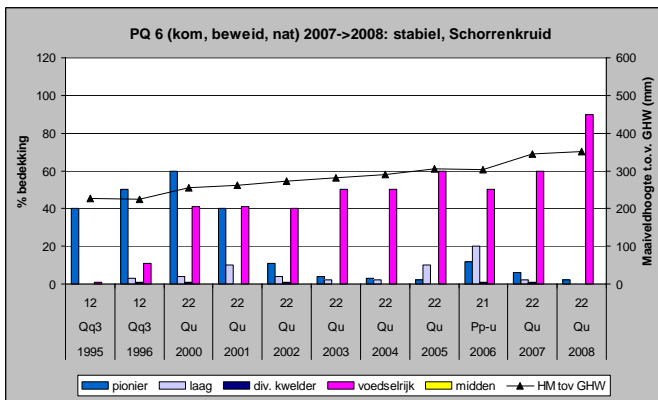
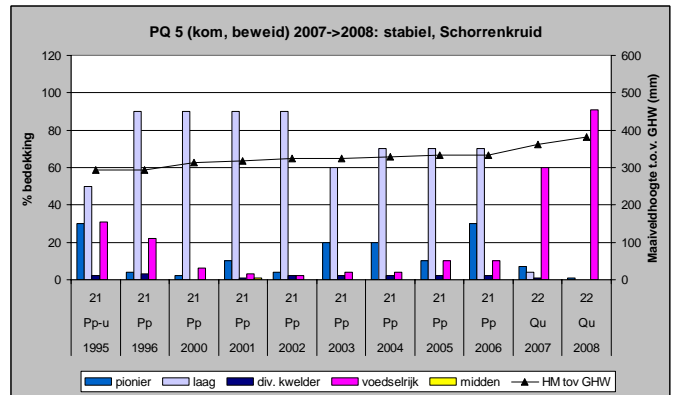
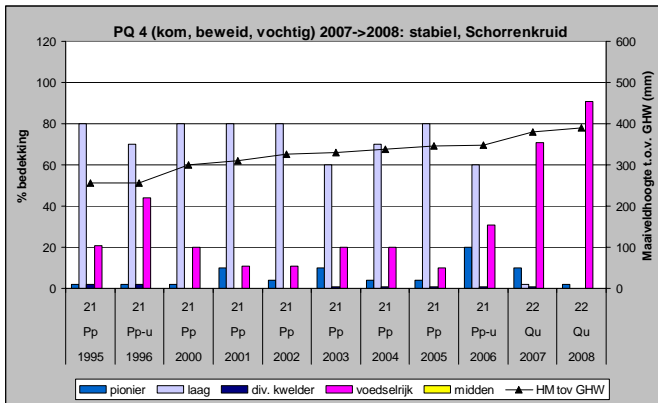
4 Literatuur

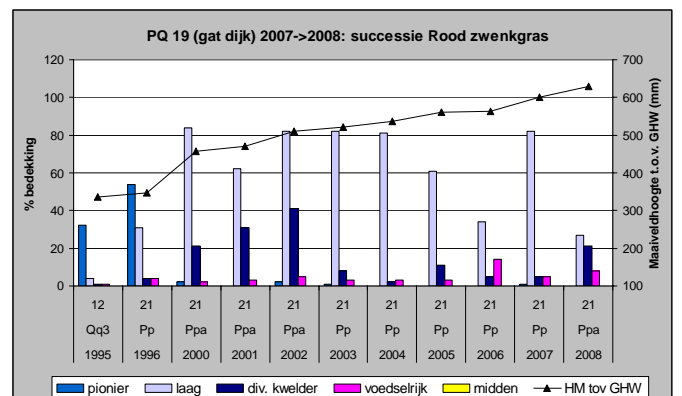
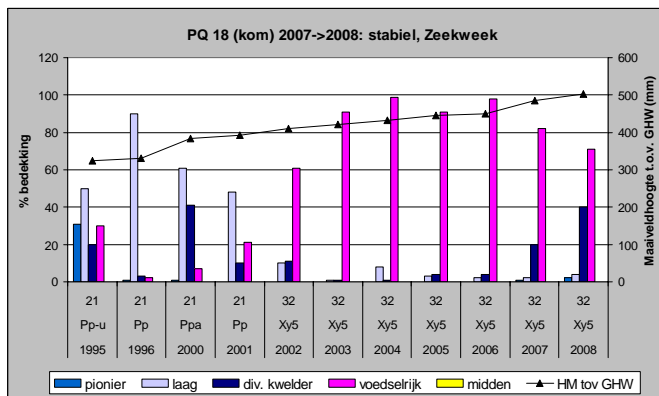
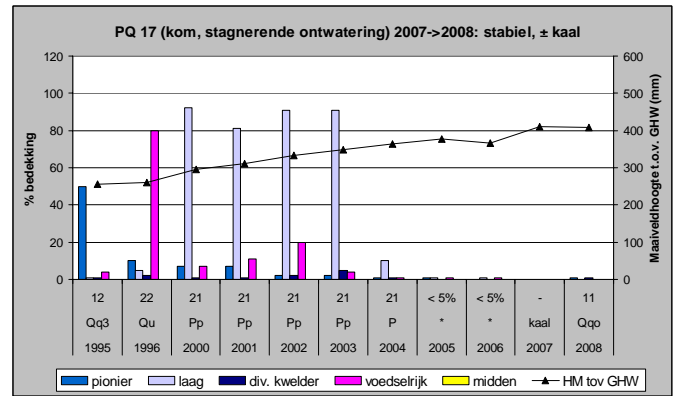
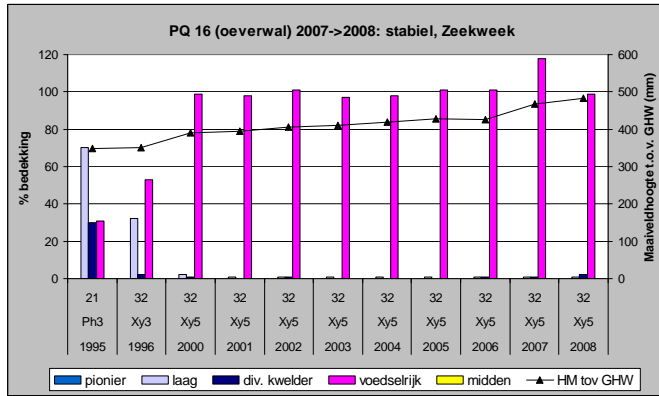
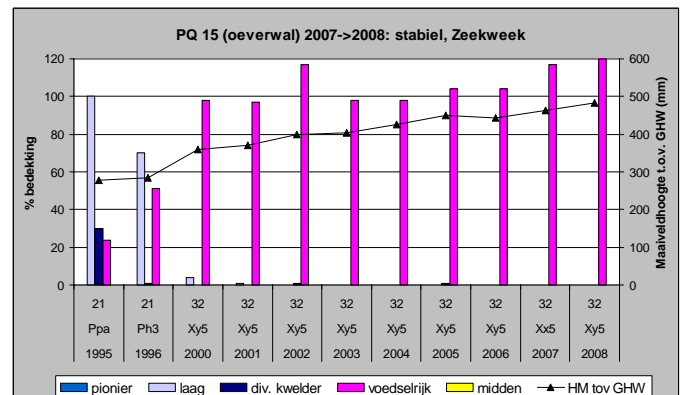
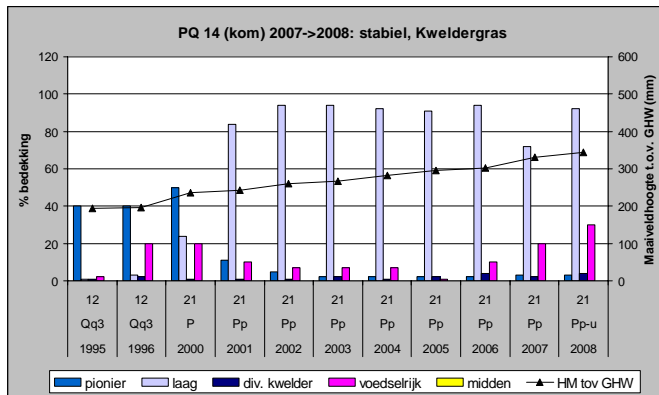
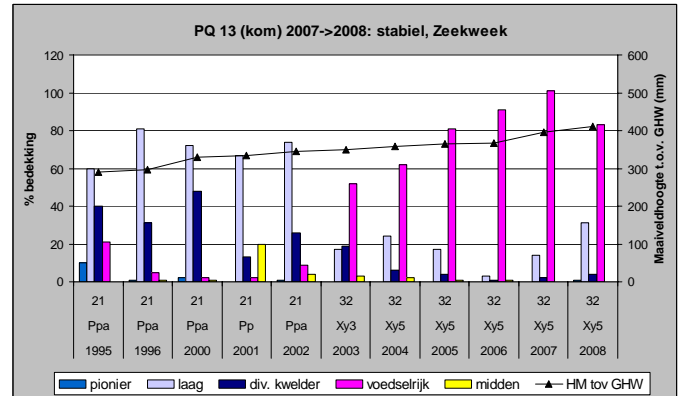
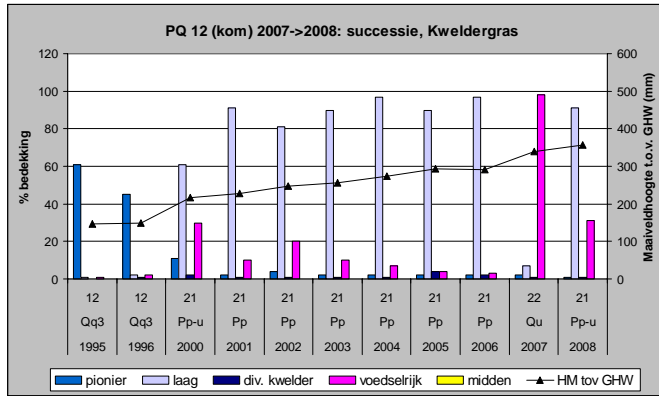
- Bossinade, J.H., van den Bergs, J. & Dijkema, K.S., 1993. De invloed van de wind op het jaargemiddelde hoogwater langs de Friese en Groninger waddenkust. Rijkswaterstaat Directie Groningen/DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Texel. 22 p.
- De Glopper, R.J., 1973. Subsidence after drainage of the deposits in the former Zuyder Zee and in the brackish and marine forelands in The Netherlands. Van Zee tot Land 50, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, 's-Gravenhage. 205 p.
- 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. Stichting Veth tot Steun aan Waddenonderzoek, Leiden: 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 (4): 1294-1304.
- Dijkema, K.S., J.H. Bossinade, P. Bouwsema & R.J. de Glopper 1990. Salt marshes in the Netherlands Wadden Sea: rising high tide levels and accretion enhancement. In: J.J. Beukema, W.J. Wolff & J.J.W.M. Brouns (eds), Expected effects of climatic change on marine coastal ecosystems. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht; 173-188.
- Dijkema, K.S., A. Nicolai, J. de Vlas, C.J. Smit, H. Jongerius & H. Nauta, 2001. Van landaanwinning naar kwelderwerken. Leeuwarden, Rijkswaterstaat dir Noord-Nederland en Texel, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. 68 p.
- Dijkema, K.S., W.E. van Duin & H.F. van Dobben, 2005. Kweldervegetatie op Ameland: effecten van veranderingen in de maaiveldhoogte van Nieuwlandsrijd en De Hon. In: Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 18 jaar gaswinning. Begeleidingscommissie Monitoring Ameland. 97 p.
- Dijkema, K.S., W.E. van Duin, A. Nicolai, J. Frankes. H. Jongerius & J. Swierstra, 2008. Monitoring en beheer van de kwelderwerken in Friesland en Groningen 1960-2007. Werkgroep Onderzoek Kwelderwerken (WOK), Jaarverslag voor de Stuurgroep Kwelderwerken augustus 2007-juli 2008. Wageningen IMARES; Rijkswaterstaat. 65 p. + bijlagen. WOT IN serie in prep.
- Esselink, P., 2000. Nature management of coastal salt marshes. Interactions between anthropogenic influences and natural dynamics. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen. 256 p.
- Eysink, W.D., K.S. Dijkema & W.E. van Duin, 2000. Effecten van bodemdaling door gaswinning op de Peazemerlannen. WL/Delft Hydraulics en Alterra. 35 p. + bijlagen.
- 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.
- Janssen, J. A. M., 2001. Monitoring of salt-marsh vegetation by sequential mapping. Proefschrift, Universiteit Amsterdam.
- 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.
- 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.
- Storm, K., 1999. Slinkend Onland. Over de omvang van zeeuwse schorren; ontwikkelingen, oorzaken en mogelijke beheersmaatregelen. Rijkswaterstaat Directie Zeeland. Nota AX-99.007. 68 p.
- van Duin, W.E., K.S. Dijkema & J. Zegers, 1997. Veranderingen in bodemhoogte (opslibbing, erosie en inklink) in de Peazemerlannen. IBN-rapport 326. 104 p.
- 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, Baflo.
- Westhoff, V., J.H.J. Schaminee & K.S. Dijkema, 1998. 26. Asteretea tripolii. In: J.H.J. Schaminee, E.J. Weeda & V. Westhoff (eds). De vegetatie van Nederland. Deel 4. Plantengemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieus. Opulus Press, Uppsala, Leiden. 89-130.

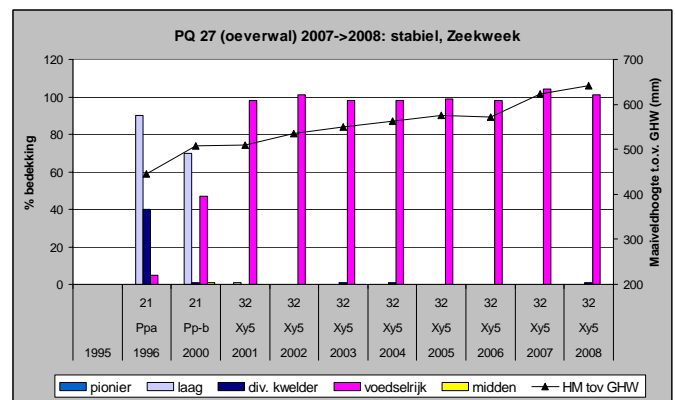
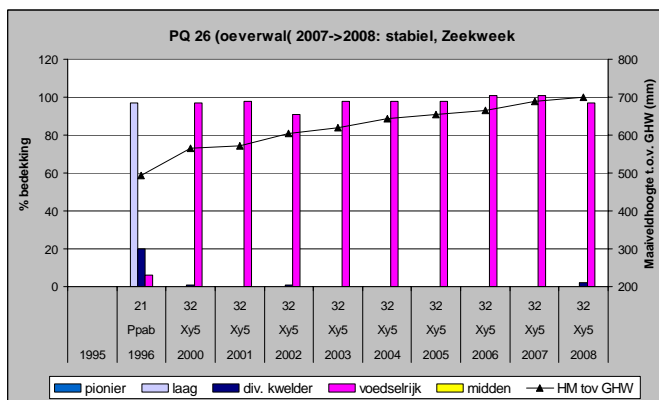
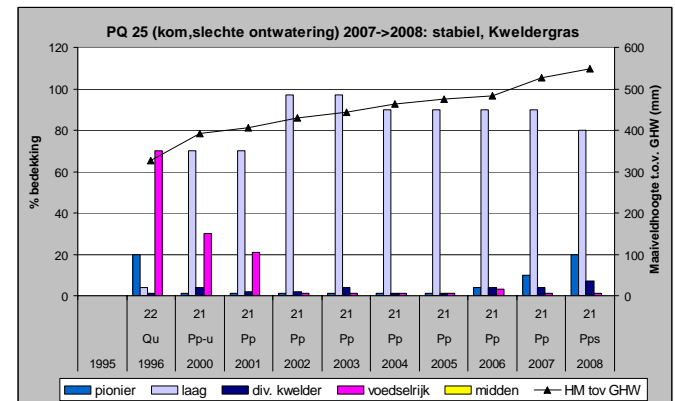
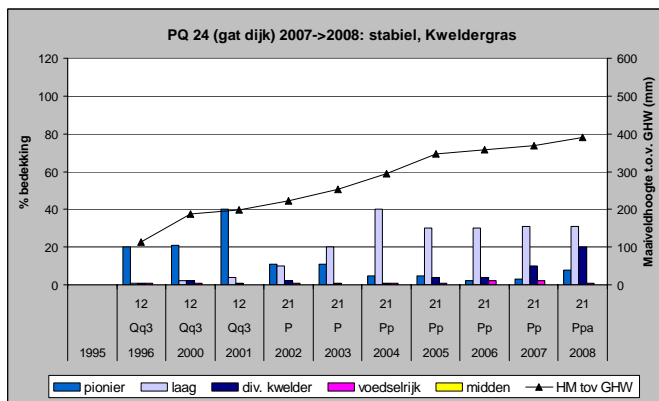
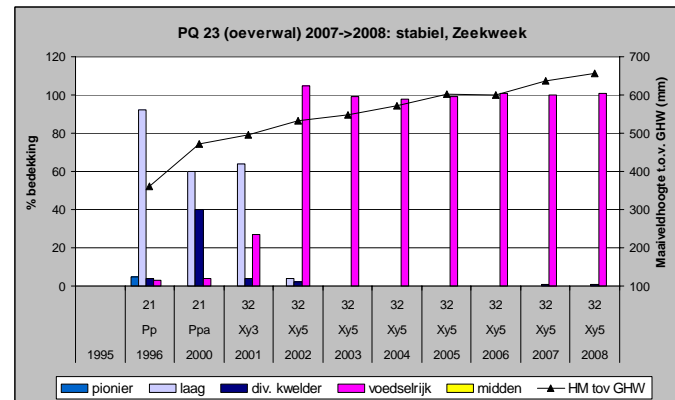
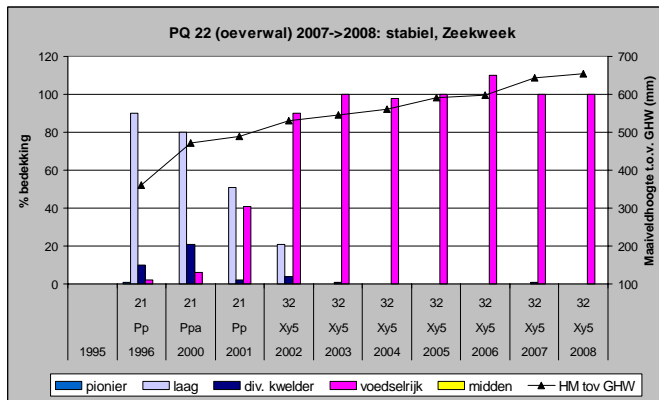
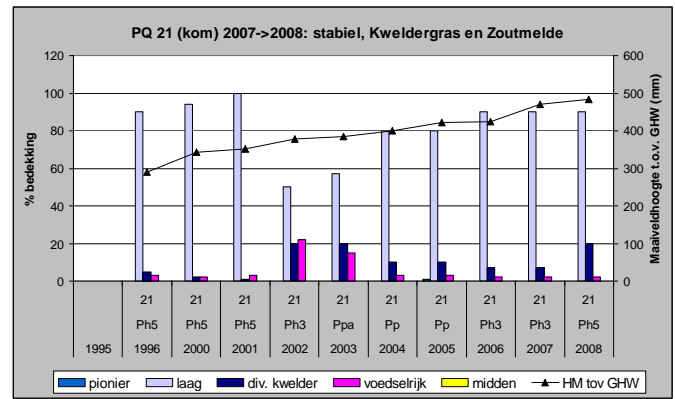
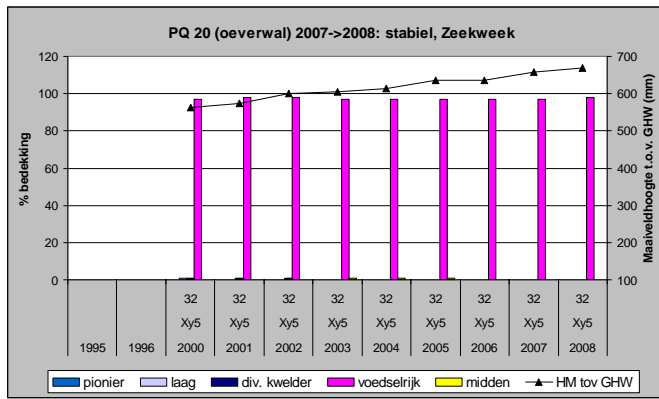
Bijlage 1 VEGWOK-programma vegetatiekarteringen kwelders RWS

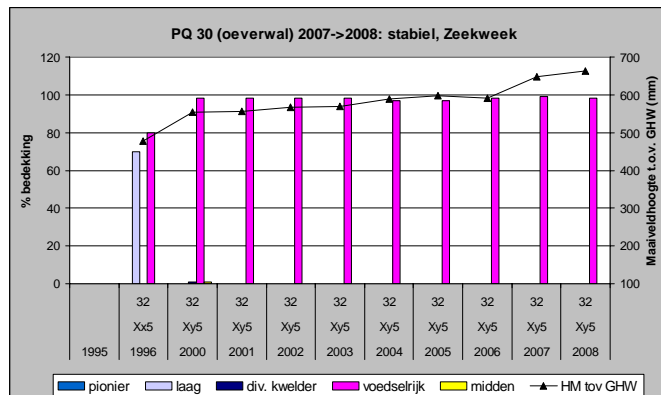
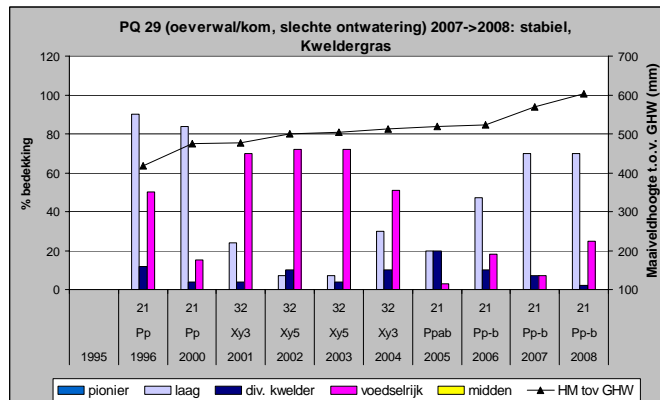
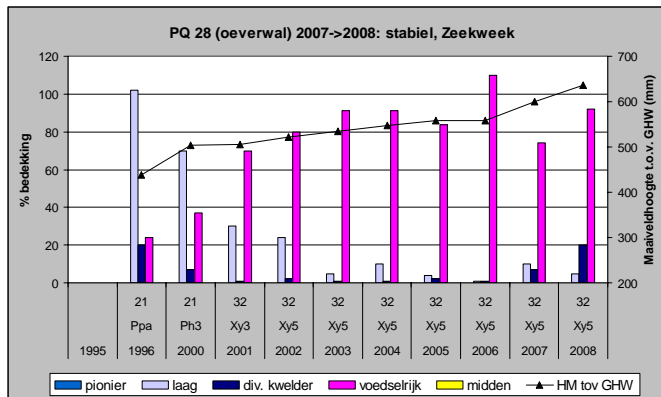
| Karteringen: | recentste fotovlucht | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|---|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Kwelders Noord-Holland | 2005 | fotovlucht | uitwerking | afronding | | | | fotovlucht | uitwerking | afronding |
| Kwelders Texel | 2005 | fotovlucht | uitwerking | afronding | | | | fotovlucht | uitwerking | afronding |
| Slufter Texel | 2005 | fotovlucht | uitwerking | afronding | | | | fotovlucht | uitwerking | afronding |
| Boschplaat Terschelling | 1999 | | fotovlucht | uitwerking | afronding | | | | fotovlucht | uitwerking |
| Dollard | 1999 | | fotovlucht | uitwerking | afronding | | | | fotovlucht | uitwerking |
| Griend | 1999 | | fotovlucht | uitwerking | afronding | | | | fotovlucht | uitwerking |
| Kroonspolders (+Westerveld) Vlieland | 2003 | afronding | | | | fotovlucht | uitwerking | afronding | | |
| Noordvaarder + Groene Strand Terschelling | 2003 | afronding | | | | fotovlucht | uitwerking | afronding | | |
| Oosterschelde | 2001 | | | fotovlucht | uitwerking | afronding | | | | fotovlucht |
| Westerschelde-mond | 2001 | | | fotovlucht | uitwerking | afronding | | | | fotovlucht |
| Kwelderwerken Groningen/Friesland | 2002 | | | | fotovlucht | uitwerking | afronding | | | |
| Ameland | 2002 | | | | fotovlucht | uitwerking | afronding | | | |
| Schiermonnikoog | 2004 | uitwerking | afronding | | | | fotovlucht | uitwerking | afronding | |
| Rottum | 2004 | uitwerking | afronding | | | | fotovlucht | uitwerking | afronding | |
| Westerschelde | 2004 | uitwerking | afronding | | | | fotovlucht | uitwerking | afronding | |
| Haringvliet-monding | 2000 | | fotovlucht | uitwerking | afronding | | | | fotovlucht | uitwerking |

Bijlage 2 Vegetatie- en maaiveldhoogteontwikkeling in de Peazemerlanden bij pq 4-30

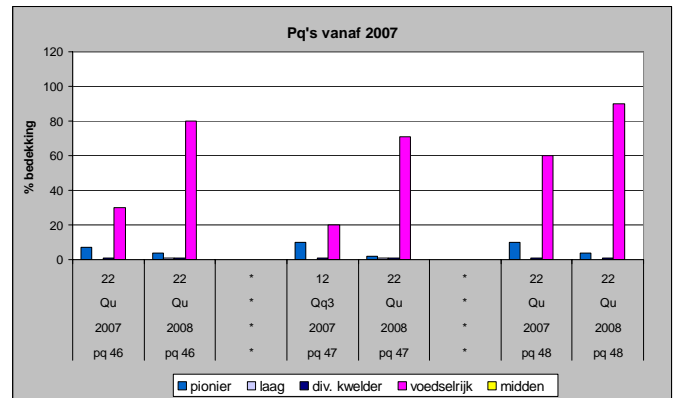
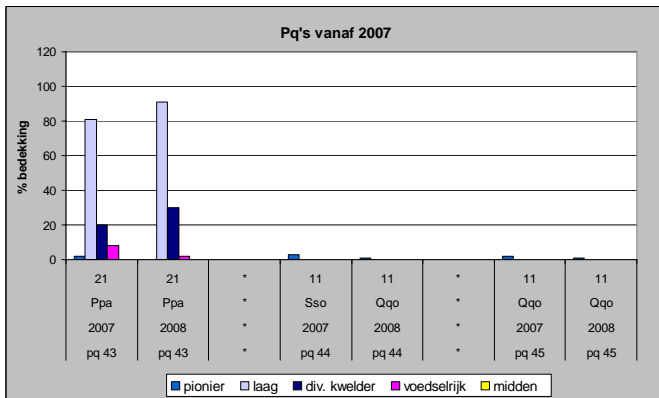
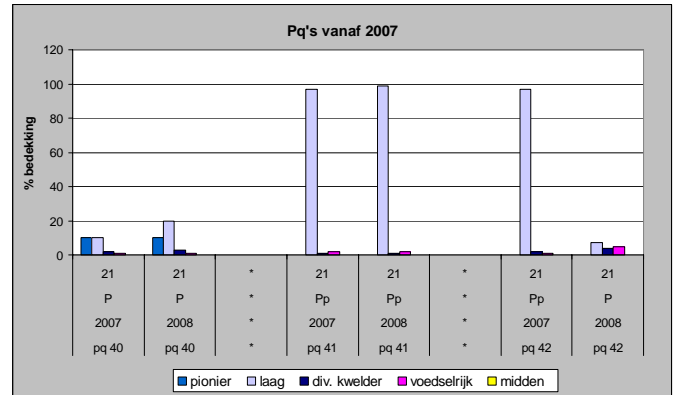
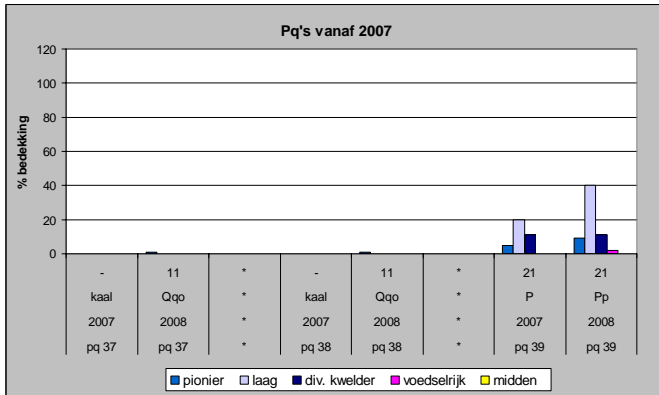
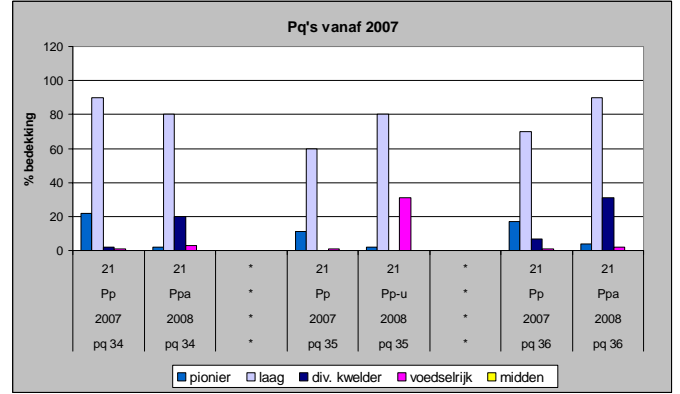
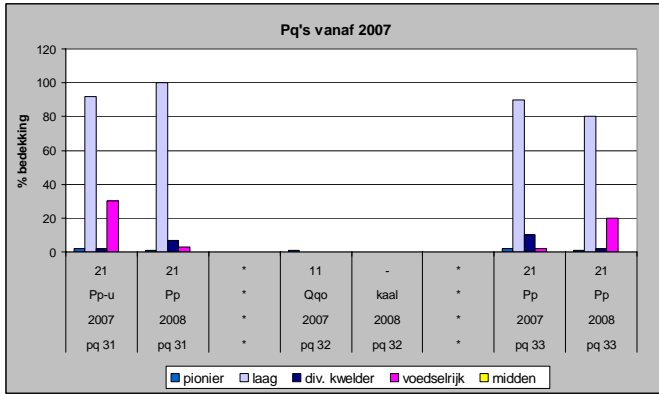






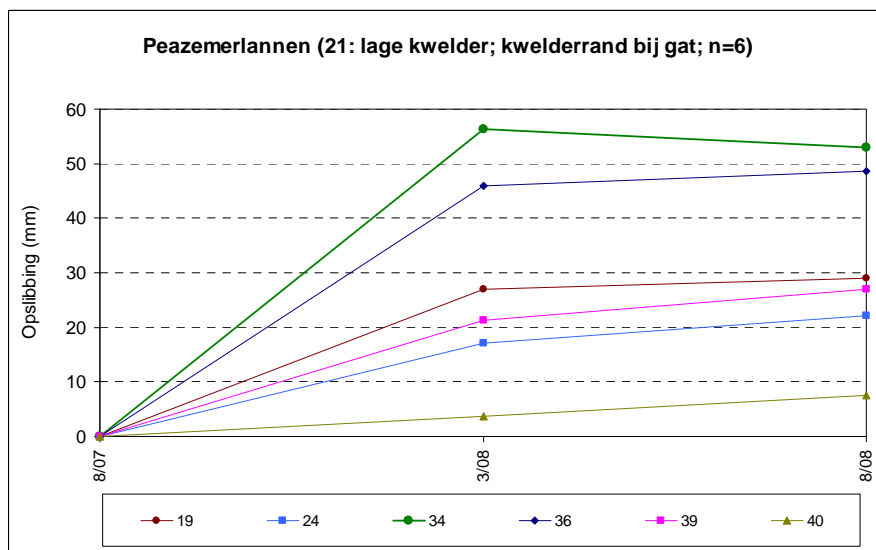
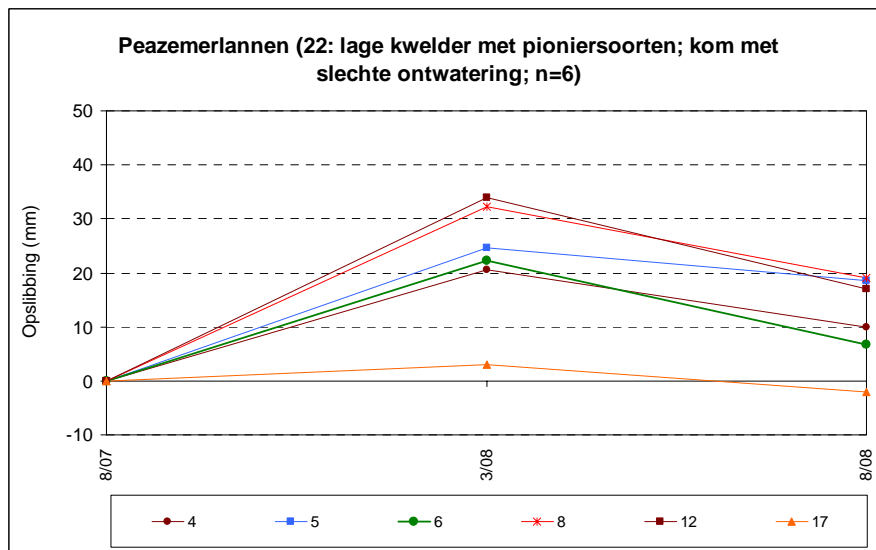
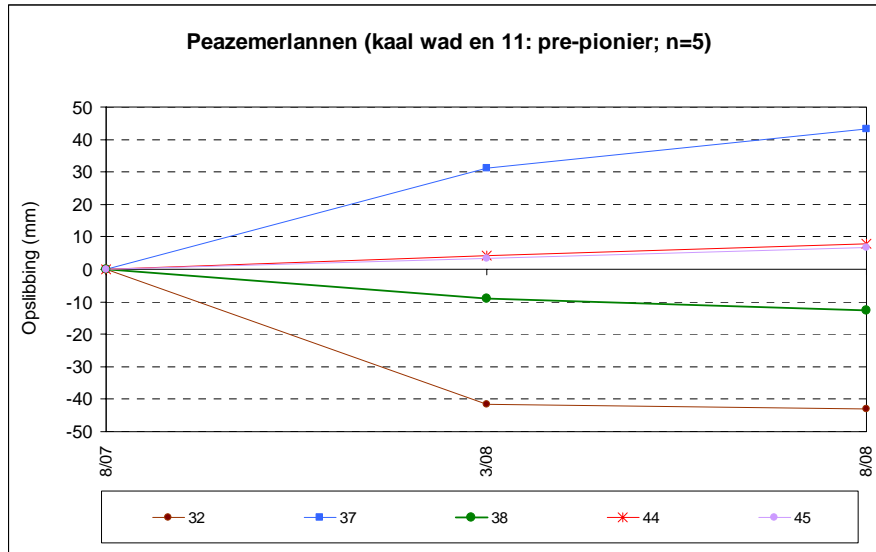


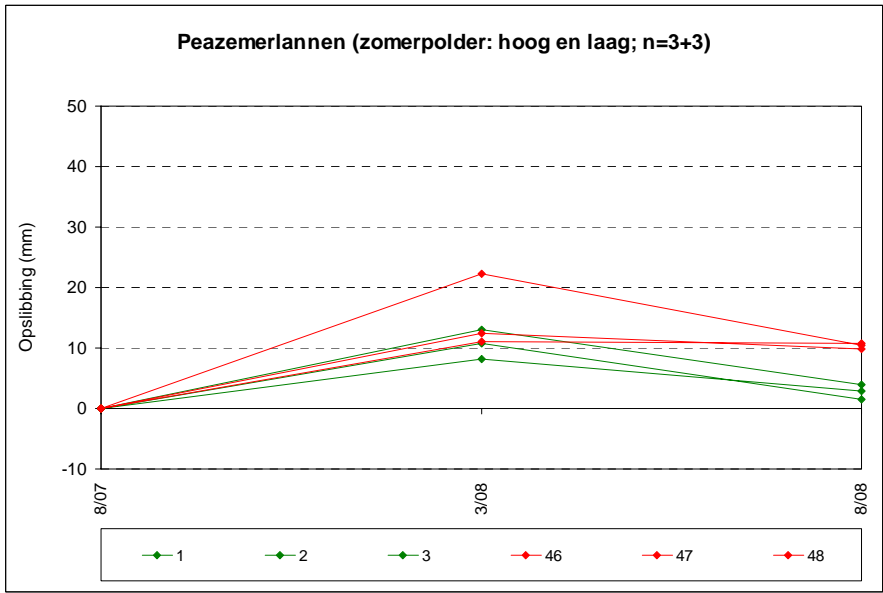
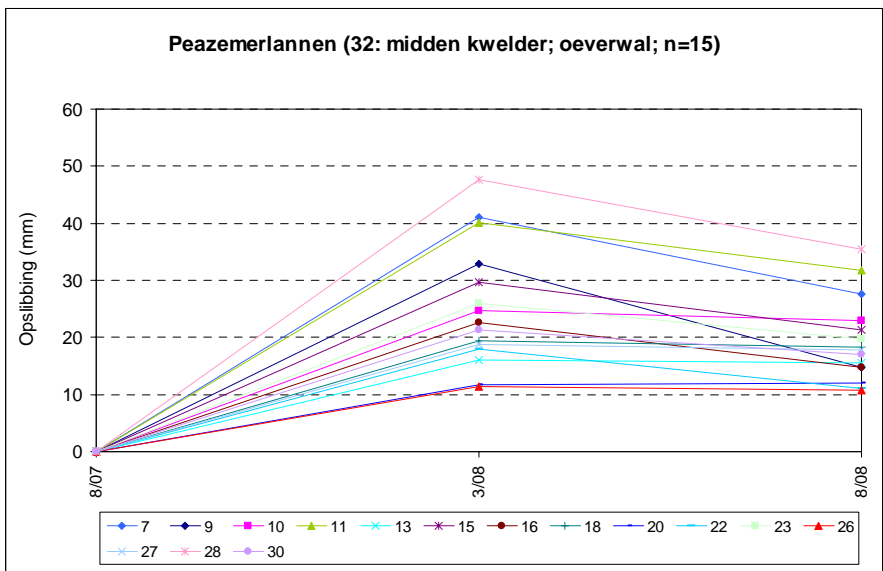
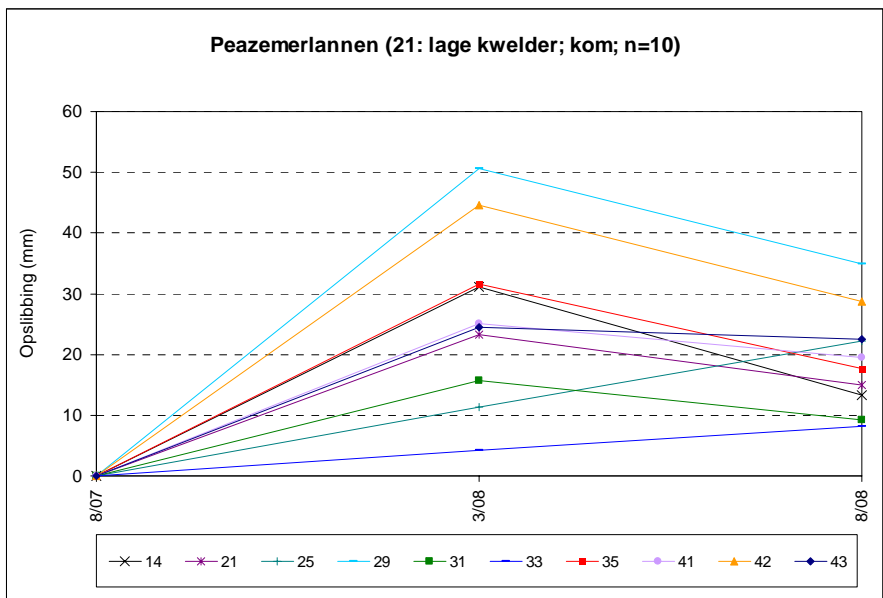
Bijlage 3 Vegetatieontwikkeling Peazemerlannen pq 31-48



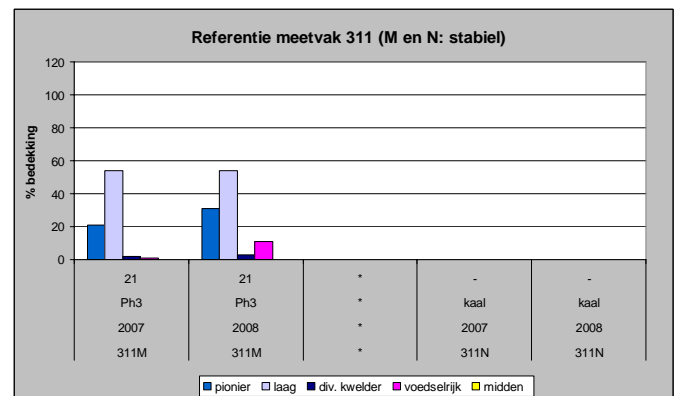
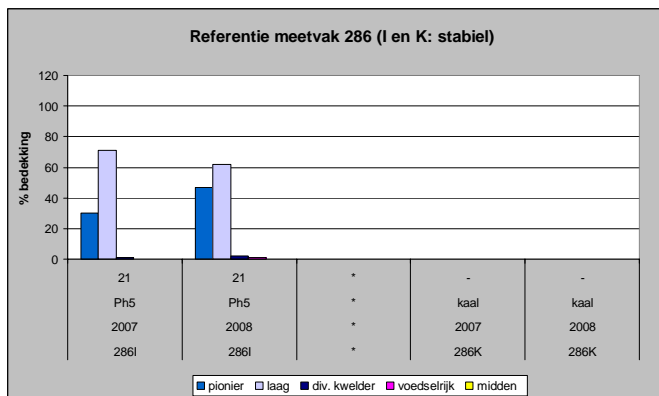
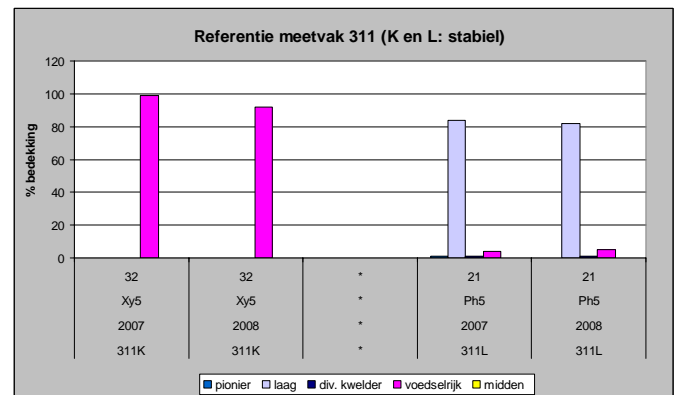
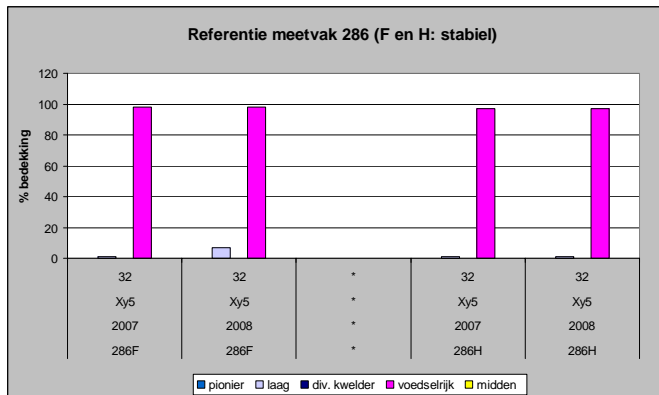
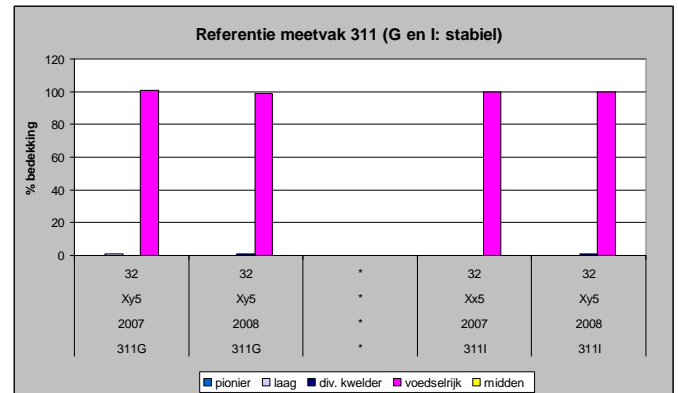
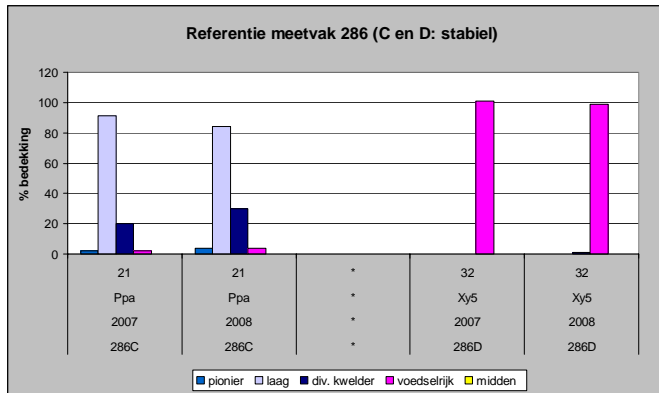
Aangezien de juiste hoogteligging t.o.v. NAP van deze pq's begin 2009 beschikbaar komt kan de maaiveldhoogte t.o.v. GHW nog niet in de figuren weergegeven worden.

Bijlage 4 Opslibbing afzonderlijke pq's Peazemerlannen

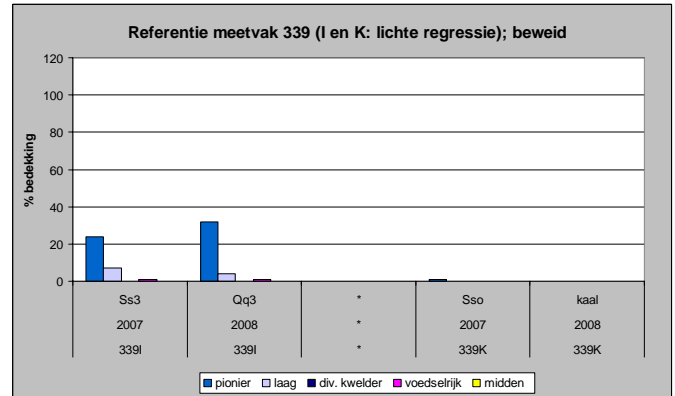
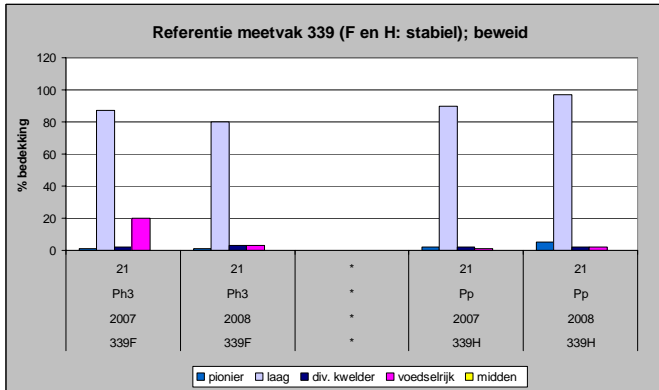
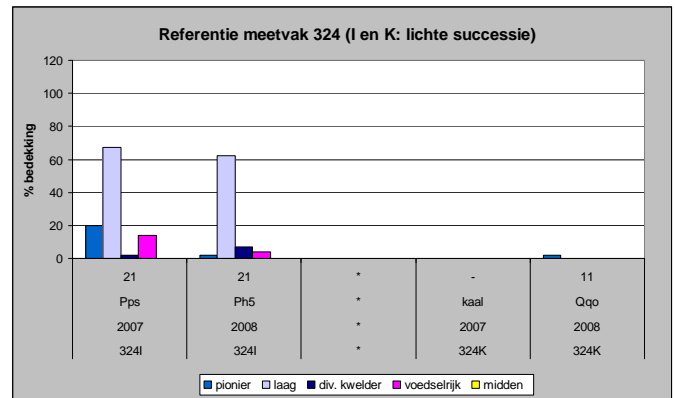
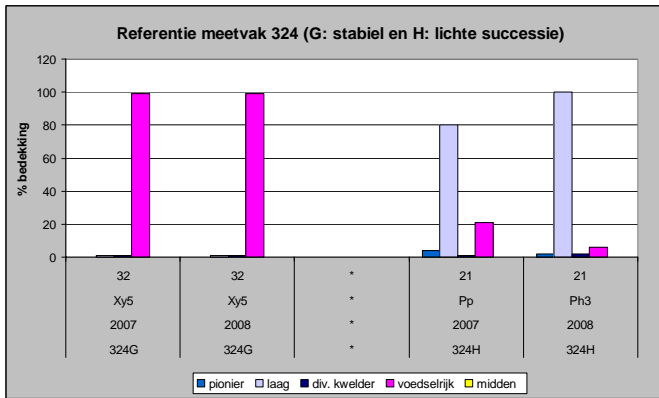




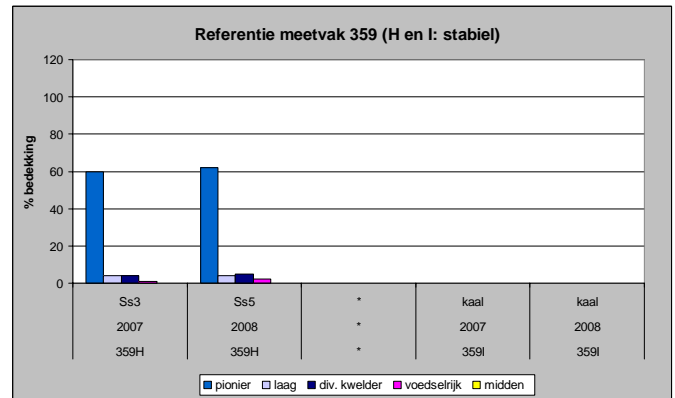
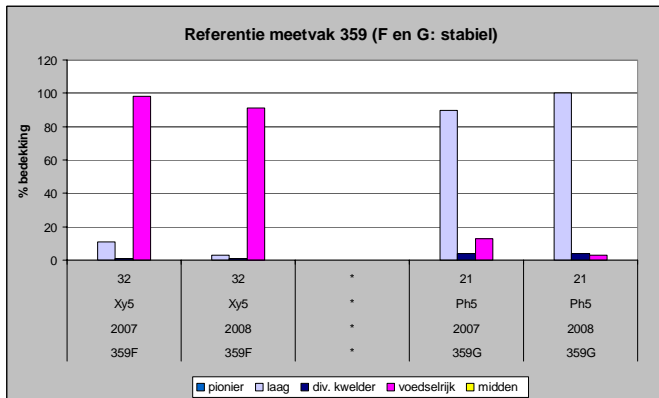
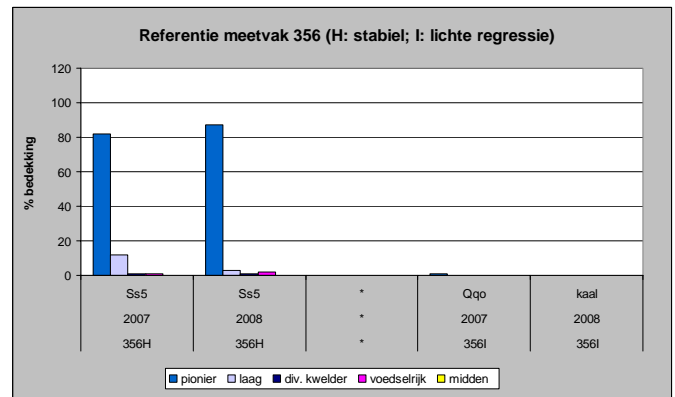
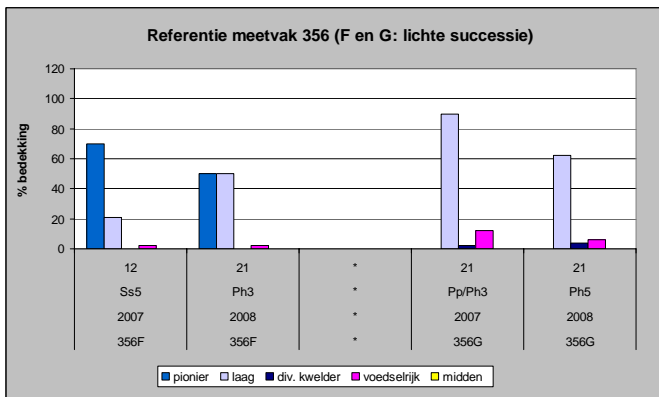
Bijlage 5 Vegetatie pq's referentiegebied Groningen



Aangezien de juiste hoogteligging t.o.v. NAP van deze pq's begin 2009 beschikbaar komt kon de daaraan gerelateerde maaiveldhoogte t.o.v. GHW niet in de figuren weergegeven worden. Voor de opslibbing zie Bijlage 5.

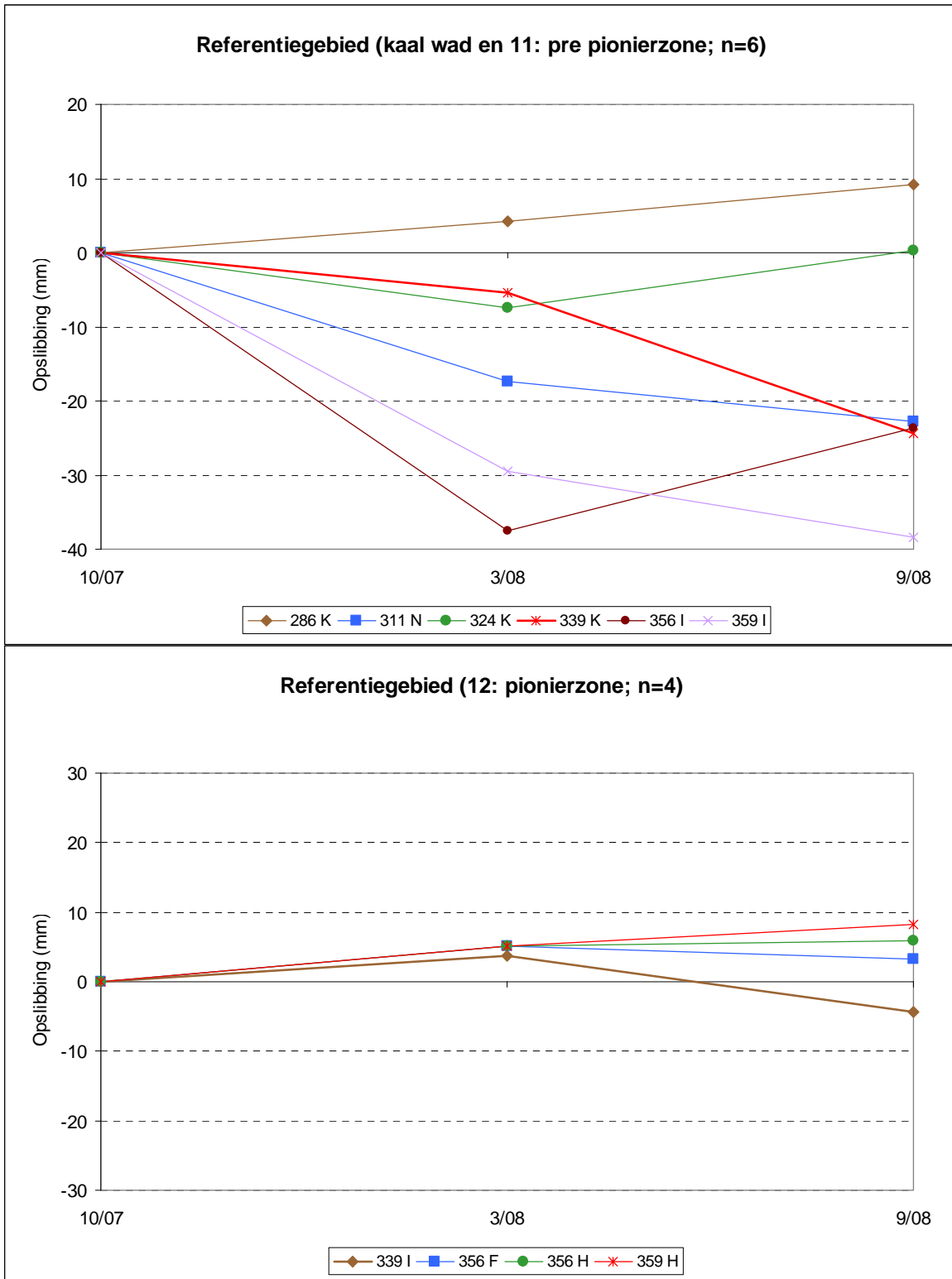


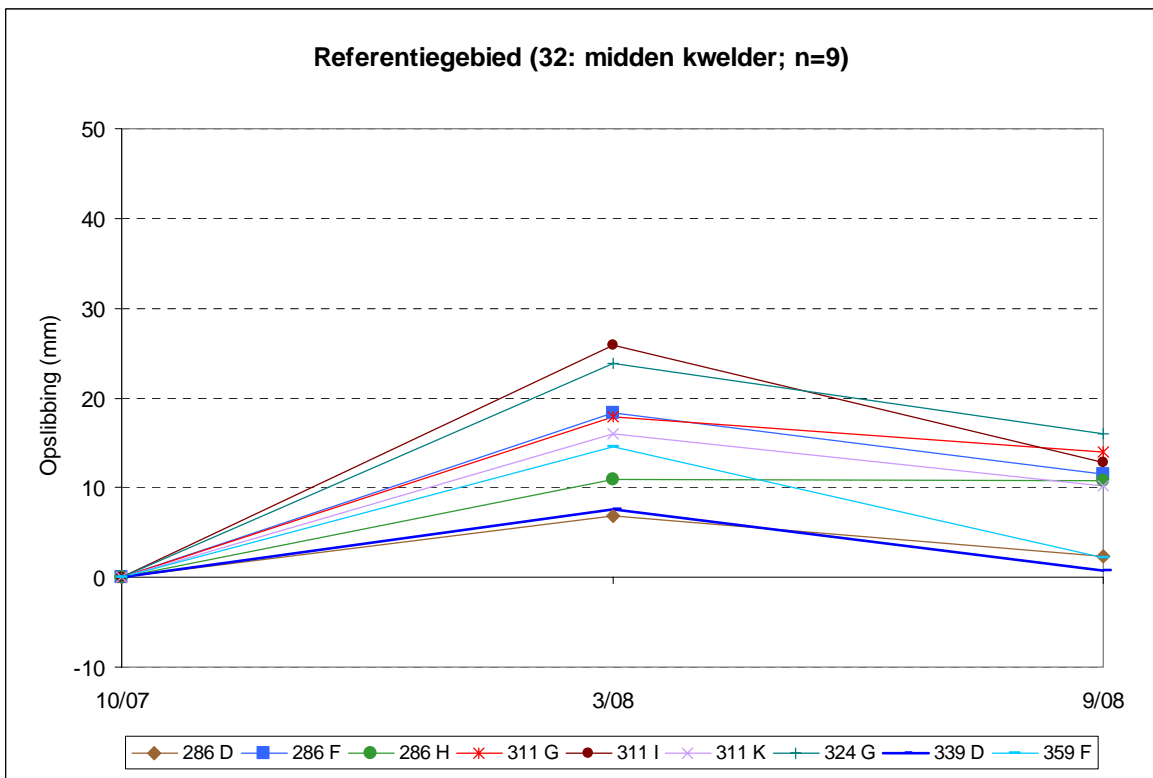
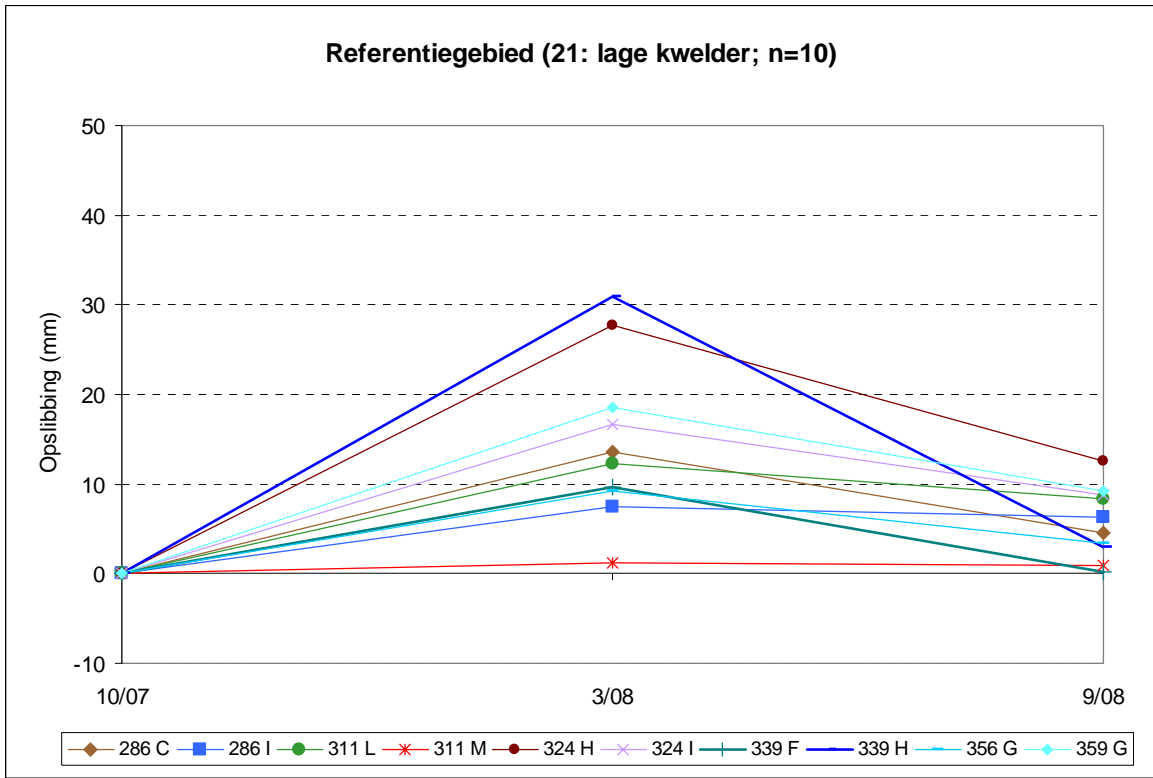
PQ 339D ligt in de hoge boerenkwelder en was zowel in 2007 als 2008 zeer kort afgegrast. De vegetatie bleek door de soortensamenstelling niet met SALT97 te benoemen. In 2007 werd de bedekking geschat op 65% grassen en 20% kruiden. In 2008 waren Gewoon struisgras en Rood zwenkgras met ca. 60% en Zilver schoon met ca. 40% bedekking de hoofdsoorten.



Aangezien de juiste hoogteligging t.o.v. NAP van deze pq's begin 2009 beschikbaar komt kon de daaraan gerelateerde maaiveldhoogte t.o.v. GHW niet in de figuren weergegeven worden. Voor de opslibbing zie Bijlage 6.

Bijlage 6 Opslibbing afzonderlijke pq's referentiegebied west-Groningen






Verantwoording

Rapportnummer: C006/09
Projectnummer: 439.61087-03
Opdrachtgever: Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
Postbus 28000
9400 HH Assen

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en beoordeeld door of namens het Wetenschapsteam van Wageningen IMARES.

Akkoord: Dr. N.M.J.A. Dankers
Senior onderzoeker

Handtekening: 

Datum: 20 januari 2009

Akkoord: Drs. F.C. Groenendijk
Afdelingshoofd

Handtekening: 

Datum: 20 januari 2009

Aantal exemplaren: alleen als digitaal bestand
Aantal pagina's: 41
Aantal tabellen: 5
Aantal figuren: 8
Aantal foto's: 6
Aantal bijlagen: 6