

# Monitoring effecten van bodemdaling op vegetatie in de Lauwersmeer

## Vierde voortgangsrapportage (2010/2011)

A&W-rapport 1586



in opdracht van



# **Monitoring effecten van bodemdaling op vegetatie in de Lauwersmeer**

## Vierde voortgangsrapportage (2010/2011)

A&W rapport 1586

---

W. Bijkerk  
R. Bakker  
R. Bujs

#### Foto Voorplaat

De Zuidelijke Lob met massaal bloeiende Rode ogentroost, augustus 2010, foto Ronald Bakker (A&W)

#### W. Bijkerk, R. Bakker, R. Buijs 2010

Monitoring effecten van bodemdaling op vegetatie in de Lauwersmeer, A&W rapport 1586

Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

#### Opdrachtgevers

**Nederlandse Aardolie**

**Maatschappij**

Postbus 28000

9400 HH Assen

Telefoon(0592 36 91 11)

#### Uitvoerder

**Altenburg & Wymenga ecologisch  
onderzoek BV**

Postbus 32

9269 ZR Feanwâlden

Telefoon 0511 47 47 64

Fax 0511 47 27 40

info@altwym.nl

www.altwym.nl

**Buijs hydro-ecologisch onderzoek  
en advies**

Heetenseweg 24

8111 PZ Heeten

Telefoon 0572 38 27 92

bhydro@xs4all.nl

---

#### Projectnummer

1119

#### Projectleider

W. Bijkerk

#### Status

Concept

---

#### Autorisatie

#### Paraaf

#### Datum

29-3-2011



## Inhoud

---

Samenvatting	
<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2 Opzet meerjarig onderzoek</b>	<b>3</b>
2.1 Uitgangspunten	3
2.2 Onderzoeksgebied	3
2.3 Onderdelen van het onderzoek	4
2.4 Planning van de onderdelen	6
<b>3 Vegetatie</b>	<b>7</b>
3.1 Beheer	7
3.2 Permanente kwadranten	7
<b>4 Grond- en oppervlaktewater</b>	<b>25</b>
4.1 Geplaatste meetpunten grond- en oppervlaktewater	25
4.2 Resultaten meetperiode 23 oktober 2007 – 31 december 2010	26
4.3 Grondwaterregime en modellering	27
4.4 Grondwaterkwaliteit	28
<b>5 Literatuur</b>	<b>35</b>
<i>Bijlage 1</i>	<i>Permanente kwadranten 2007-2010</i>
<i>Bijlage 2</i>	<i>Waterstanden t/m 2010</i>
<i>Bijlage 3</i>	<i>GXG en duurlijnen</i>
<i>Bijlage 4</i>	<i>Neerslag en verdamping</i>
<i>Bijlage 5</i>	<i>Analyse grondwater</i>



## Samenvatting

---

In het kader van de gaswinning onder de Waddenzee vanuit de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen is een monitoringsprogramma opgesteld waarin voor de periode 2007-2012 verschillende abiotische en biotische parameters worden gevolgd in de Waddenzee en in de Lauwersmeer. In deze vierde voortgangsrapportage worden vooral de in 2010 verzamelde gegevens gepresenteerd, en geven we voor de langlopende reeksen een analyse van de veranderingen. De monitoring in de Lauwersmeer richt zich op vegetatieveranderingen en op sturende factoren daarop die onder invloed kunnen staan van bodemdaling als gevolg van gaswinning.

Wat vegetatie betreft, is de voornaamste aandacht bij de monitoring gericht op waardevolle vegetaties als basenminnende duinvalleivegetaties, zilte pioniervegetaties en soortenrijke overstromingsgraslanden. Ruimtelijke verschuivingen worden gevolgd aan de hand van een structuurkartering (habitatarealen) en middels een transectmonitoring van vegetatietypen en plantensoorten. Veranderingen op het niveau van de samenstelling van de vegetatie worden beschreven aan de hand van raaien met permanente kwadranten.

In de raaien met permanente kwadranten worden ook abiotische parameters gevolgd. Het betreft parameters die sturend zijn voor ontwikkelingen in de vegetatie van zoete en basenminnende duinvalleivegetaties en van zoutminnende pioniervegetaties. Zo worden grondwaterstanden en –kwaliteit alsmede bodemchemische parameters als kalk- en zoutprofiel, percentage organische stof, en basenverzadiging gevolgd.

Het beheer van de onderzochte terreinen is in de afgelopen vijf jaren niet veranderd. Ook de begrazingsintensiteit is, waar van toepassing, vrijwel gelijk gebleven.

### **Permanente kwadranten**

In 2007 is het meetnet van permanente kwadranten (pq's) ingericht en opgenomen. In totaal zijn 56 permanente kwadranten geplaatst in 2007, verdeeld over Bantswal, De Rug, het Terreintje van Juffrouw Alie, De Lasten en de Zuidelijke lob. In 2009 zijn hieraan tien nieuwe kwadranten toegevoegd en in 2010 zijn er 26 kwadranten aan toegevoegd. Van de in 2010 toegevoegde kwadranten dienen er op termijn 12 als vervanging van door vee verstoorte kwadranten. Met de uitbreiding van het aantal kwadranten is een evenwichtiger verdeling gerealiseerd over de bodemdalingsklassen, de (initiele) vegetatietypen en de indicatieve soortgroepen. In de (waardevolle) duinvalleivegetaties zijn bewust meer kwadranten geplaatst dan in de overige vegetatietypen. Elk jaar zijn alle kwadranten opgenomen.

De vegetaties van de permanente kwadranten zijn getypeerd als duinvalleivegetaties (35), zilte pioniervegetaties (16), overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver (21), overige overstromingsgraslanden (10) en overige graslandvegetaties (10). De getallen geven het aantal kwadranten per vegetatietype weer, inclusief kwadranten die als vervanging gaan dienen.

De bedekking van duinvalleisoorten en Kruiwilg verandert niet gedurende de gemeten periode van 2007 tot en met 2010. Bij de bedekkingen van kweldersoorten en Duinriet ligt de zaak iets gecompliceerder. Een variantieanalyse voor herhaalde metingen detecteert geen veranderingen. Het gevoeliger mixed effectsmodel laat hier wel (significante) veranderingen zien, maar de mate van verandering is zeer klein, resp: 0,06% en -0,11% per jaar. De veranderingen in bedekking van kweldersoorten liggen voor de hand omdat slechts enkele soorten dit aandeel bepalen. Als Zilte rus toeneemt van 1% naar 3% leidt dit meteen tot een grote percentuele verandering voor de gehele groep.

### **Grondwater**

In elke raai met permanente kwadranten zijn in 2007 grondwaterbuizen geplaatst. Veelal betreft het twee tot drie buizen per raai, een enkele keer kon met minder worden volstaan omdat de raai aansluit op bestaande buizen van Staatsbosbeheer. Over de meetperiode van oktober 2007 tot december 2010 blijken de grondwaterstanden tussen locaties en tussen raaien soms sterk te verschillen. Zowel wat betreft de mate van fluctuatie als de standen ten opzicht van maaiveld. Op de Bantswal is de peilfluctuatie het hoogst en deze bedraagt, afhankelijk van de locatie 149 tot 185 cm. Op De Rug en in het Terreintje van Juffrouw Alie is de peilfluctuatie geringer, tussen 98 en 137 cm. Opvallend is de vrij abrupte daling van de grondwaterstanden in de zomerperiode. Alleen op enkele lagere delen van de Rug, de Bantswal en de Zuidelijke lob is in de winterperiode sprake van een (overigens geringe) kweldruk. De grondwaterstanden laten zich goed modelleren op basis van neerslag en verdamping, met name wanneer daar een niet-lineaire component aan wordt toegevoegd die samenhangt met over het maaiveld afstromend water. Indien, bij lineaire modellering, een lineaire trend wordt toegevoegd in combinatie met het oppervlaktewaterpeil van het Lauwersmeer, dan leidt dit slechts in enkele gevallen (vier buizen in Juffrouw Alie, De Lasten en op De Rug) tot een iets beter model, maar de trend is niet éénduidig. Een relatie van die trend met bodemdaling is niet aannemelijk.

### **Grondwaterkwaliteit**

In 2010 zijn, net als in 2008, watermonsters genomen uit de grondwaterbuizen die vervolgens zijn geanalyseerd. De verschillen in gemeten chemische parameters in het grondwater verschillen slechts weinig tussen beide meetjaren (2008 en 2010). Wel lijken de chloridegehalten in 2010 iets hoger te zijn, maar dit is mogelijk een effect van het drogere jaar. Het chloridegehalte is in het ondiepere grondwater beduidend lager dan van het diepere grondwater. Het kalkgehalte van het grondwater is hoog, vermoedelijk als gevolg van het hoge kalkgehalte van de bodem. Met name op de Zuidelijke lob, langs de plaatrand van De Rug en op de Bantswal is ook het bicarbonaatgehalte relatief hoog. Dit bicarbonaatgehalte is in het diepere grondwater bij duinvalleivegetaties lager dan bij andere vegetaties. De voedselrijkdom is met name op de Bantswal en langs de plaatranden soms hoog. Het betreft hier vegetatietypen met zilte soorten (zilte pioniervegetaties en overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver).

### **Conclusies**

Concluderend kan worden gesteld dat zowel de vegetatie (op het niveau van bedekking van indicatieve soortgroepen), de grondwaterstanden (gecorrigeerd voor veranderingen in neerslag en verdamping) en de grondwaterkwaliteit sinds 2007 niet noemenswaardig zijn veranderd. Strikt genomen wil dat nog niet zeggen dat bodemdaling geen effect heeft: mogelijk zou er wel een verandering zijn geweest zonder bodemdaling, maar dit lijkt op grond van de gegevens niet waarschijnlijk. Als in 2012 bij de kwadranten en buizen de maaiveldhoogtes opnieuw worden ingemeten zal het effect van bodemdaling in de analyse worden meegenomen.



# 1 Inleiding

---

In het kader van de gaswinning onder de Waddenzee vanuit de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen is een monitoringsprogramma (Nederlandse Aardolie Maatschappij 2007) opgesteld waarin voor de periode 2007-2012 verschillende abiotische en biotische parameters worden gevolgd. Dit monitoringprogramma maakt deel uit van de vergunning in het kader van de Natuurbeschermingswet, die nodig is om de beoogde gaswinning uit te voeren. Monitoring van vegetatieveranderingen in de Lauwersmeer is één van de onderdelen van het monitoringsprogramma en wordt in dit rapport besproken.

Eventuele effecten van gaswinning zullen het eerst merkbaar zijn in de vorm van bodemdaling, al dan niet resulterend in een verandering in inundatieduur en –frequentie, het chloridegehalte van het grondwater en andere daaraan gerelateerde parameters. Naar verwachting zal de inundatiekans na bodemdaling toenemen, met name op de Bantswal, waar de verwachte bodemdaling het grootst is. Verzilting kan plaats vinden door een toename van zoute kwel (“dijkskwel”), maar ook doordat de zoet-zout grens langs plaatranden hoger in het bodemprofiel komt te liggen. Dit is een gevolg van veranderende lokale grondwaterstromingen vanaf de hoger gelegen plaatdelen, en is door Zoetendal *et al.* (2005) beschreven als “grondwaterkwel”. Daarnaast is de verwachting dat de zone waarin kalkrijk water uittreedt langs de plaatranden iets minder breed wordt.

## Globale effecten op de vegetatie

Op de vegetatie zijn zo drie effecten mogelijk, die met elkaar interfereren (zie Beemster & Bijkerk 2006):

- verschuiving van “nattere” vegetaties naar de hoger gelegen plaatdelen;
- toename van zouttolerante vegetaties; en,
- versterking van het natuurlijke proces van verzuring met daardoor versnelde afname van kalkminnende duinvalleivegetaties.

## Doel van de monitoring

Het doel van de monitoring in de Lauwersmeer is het beschrijven van de veranderingen in de vegetatie en het vaststellen of deze veranderingen een gevolg zijn van bodemdaling.

## Vierde voortgangsrapportage

Dit rapport is de vierde voortgangsrapportage. In de eerste voortgangsrapportage (Bijkerk *et al.* 2008) is de opzet van het onderzoek uitvoerig beschreven evenals de in 2007 uitgevoerde werkzaamheden en de resultaten ervan. In de tweede voortgangsrapportage (Bijkerk *et al.* 2009) zijn de werkzaamheden en de resultaten van 2008 beschreven. Ook is hierin een opzet uitgewerkt voor de wijze van toetsing en zijn voorstellen van de auditcommissie overgenomen tot aanpassing van het meetnet. In de derde voortgangsrapportage (Bijkerk *et al.* 2010) zijn kort de in 2009 uitgevoerde werkzaamheden en de resultaten hiervan beschreven. In deze rapportage is ook aangegeven waar en hoe het meetnet is aangepast.



## 2 Opzet meerjarig onderzoek

---

Dit hoofdstuk beschrijft de globale opzet van de monitoring van vegetatieveranderingen in de Lauwersmeer voor de gehele onderzoeksperiode. Dit hoofdstuk is een verkorte versie van hetgeen in het eerste voortgangsrapport (Bijkerk *et al.* 2008) is beschreven. In de volgende hoofdstukken wordt per onderdeel in meer detail de uitvoering van het onderzoek in 2010 beschreven, waarbij ook de resultaten van dat jaar worden gepresenteerd.

### 2.1 Uitgangspunten

De volgende uitgangspunten zijn bij de opzet van de monitoring gehanteerd:

- Het onderzoek richt zich op veranderingen in terreindelen met vegetaties die genoemd zijn in bijlage I van de Europese Habitatrichtlijn. (De Lauwersmeer is overigens niet als Habitatrichtlijngebied aangewezen.) Deze zijn:
  - Vochtige tot natte duinvalleivegetaties met Parnassia, Moeraswespenorchis en Knopbies (duinvalleivegetaties);
  - Vegetaties met Kortarige zeekraal en Schorrenkruid (zilte pioniervegetaties).
- De monitoring dient een vergelijking mogelijk te maken tussen delen die te maken krijgen met een relatief grote bodemdaling en delen met een relatief geringe bodemdaling. De hierboven genoemde vegetaties komen niet voor in terreindelen waar in het geheel geen bodemdaling verwacht wordt.
- De monitoring dient ook veranderingen in grondwaterkwaliteit in beeld te brengen, zoals aangegeven door de Commissie MER.
- Waar mogelijk zal het onderzoek aansluiten bij eerder of nog lopend onderzoek. Hierbij zijn van belang:
  - Bestaand meetnet grondwaterbuizen van Staatsbosbeheer.
  - Permanente kwadranten die deel uit maken van het Project Terreincondities (Beets *et al.* 2003).
  - Transectmonitoring Lauwersmeer (Tolman 2001).
  - Monitoringsplan Nationaal Park Lauwersmeer (de Leeuw & Bosma 2004) en nulmeting Nationaal Park Lauwersmeer (Beemster & Bijkerk 2006). Dit voor wat betreft de verspreiding van terreintypen (“habitatarealen”).
  - De te meten variabelen dienen direct of indirect beïnvloed te kunnen worden door bodemdaling.

### 2.2 Onderzoeksgebied

Op grond van bovengenoemde uitgangspunten ligt de nadruk op het noordelijke deel van het Nationaal Park Lauwersmeer. De zuidelijke kleiige platen en de Marnewaard vallen hier buiten en worden alleen meegenomen in de kartering van vegetatiestructuur. Het gebied wordt beheerd door Staatsbosbeheer, regio Noord.

## 2.3 Onderdelen van het onderzoek

We sluiten hier aan bij hetgeen is vastgelegd in het monitoringsprogramma 2007 – 2012 (Nederlandse Aardolie Maatschappij 2007). Waar nodig (bij het onderdeel vegetatieveranderingen), zijn de onderdelen verder gespecificeerd dan in het monitoringprogramma is beschreven.

### Vegetatieveranderingen

Voor het beschrijven van veranderingen in de vegetatie wordt op drie schaalniveaus onderzoek verricht:

- In het gehele onderzoeksgebied voor wat betreft vegetatiestructuur (habitatarealen);
- Binnen verschillende deelgebieden voor wat betreft ruimtelijke verschuivingen in plantengemeenschappen (transecten); en,
- Op standplaatsniveau met behulp van permanente kwadranten (pq's).

### Habitatarealen

In het monitoringsprogramma is ook voor de Lauwersmeer voorzien in het monitoren van habitatarealen. Hiermee wordt het areaal bedoeld van vegetatiestructuurtypen, waarmee in grote lijnen het effect van successie en beheer wordt vastgelegd. Dit is onderdeel is in 2008 en 2009 uitgevoerd (Bijkerk *et al.* 2009, 2010).

### Transectmonitoring

Karteren van de vegetatie en aandachtsoorten in een beperkt aantal trajecten, geeft inzicht in verschuivingen van ruimtelijke patronen. In tegenstelling tot een pq-meetnet, dat gedetailleerde informatie geeft over wat er in de vegetatie verandert, legt de transectmonitoring vast hoe veranderingen zich ruimtelijk manifesteren (afgemeten aan lokale vegetatietypen). Als bodemdaling tot verschuivingen in vegetatiepatronen leidt, zullen deze vooral loodrecht op de dalingscontouren zichtbaar zijn, en in de gekozen transecten kunnen worden gevolgd. Dit onderdeel is in 2008 uitgevoerd en in de tweede voortgangsrapportage (Bijkerk *et al.* 2009) beschreven.

### Pq-meetnet

Het pq-meetnet geeft informatie over kleinschalige veranderingen in de vegetatie op een bepaalde locatie, zoals veranderingen in het aandeel zilte soorten of soorten van duinvalleivegetaties. Door de pq's in raaien te plaatsen, zijn waargenomen veranderingen te koppelen aan de landschappelijke positie. Door abiotische metingen (zie daar) te verrichten in de nabijheid van pq's, is de koppeling met veranderende standplaatsfactoren mogelijk.

De pq's worden jaarlijks opgenomen, bij voorkeur eind juni-begin juli, maar dat laatste was in 2007 niet meer mogelijk zodat deze toen eind september zijn opgenomen. Op advies van de auditcommissie is het meetnet in 2009 aangepast door er tien kwadranten aan toe te voegen. Dit geeft een betere verdeling van de pq's over de verwachte bodemdaling en leidt tot meer pq's binnen de kwetsbare duinvalleivegetaties. In 2010 zijn, opnieuw op advies van de auditcommissie, wederom kwadranten aan het netwerk toegevoegd, 26 ditmaal. Het betreft pq's in verschillende vegetatietypen. Van deze nieuw gelegde pq's zijn er 12 in de buurt van pq's die te lijden hebben onder veeschade (vraat, vertrapping), omdat ze (te) dichtbij grondwaterbuizen zijn gelegen, die door het vee als schuurplek worden gebruikt. De locaties van de nieuwe pq's zijn een aantal meters verder van de grondwaterbuis gelegen, zodat de veeschade minder zal zijn. In tabel 3-3 is een overzicht gegeven van de in 2009 en 2010 aan het meetnet toegevoegde kwadranten.

### Grondwaterstanden

Ongeveer aan de uiteinden van elke pq-raai zijn grondwaterbuizen geplaatst, zodat eventuele vernatting als gevolg van bodemdaling kan worden geregistreerd. Bij langere raaien is ook in het midden van de raai een grondwaterbuis geplaatst. De buizen dienen om de stijghoogtes van het grondwater te meten. Per locatie zijn in 2007 twee buizen geplaatst, voor een uitgebreidere beschrijving verwijzen we naar de voorgaande rapportages. De locaties van de buizen zijn weergegeven in de figuren 3.2 tot en met 3.7 van het eerste voortgangsrapport (Bijkerk *et al.* 2008).

### Oppervlaktewaterpeil in het Lauwersmeer

De verwachting is dat het meerpeil van invloed is op de grondwaterstanden. Dit peil wordt door Waterschap Noorderzijlvest gemeten bij Lauwersoog en Zoutkamp. Omdat het peil als gevolg van opstuwung en windwerking kan variëren binnen het gebied, zijn drie peilschalen geplaatst in 2009 langs de door ons onderzochte platen. Deze zijn voorzien van een diver. In hoofdstuk 4 wordt hier nader op ingegaan.

### Grondwaterkwaliteit

De buizen worden ook gebruikt voor bemonstering van het grondwater ten behoeve van chemische analyses. Grondwaterkwaliteit is niet alleen direct sturend voor de vegetatie, maar geeft (vaak noodzakelijke) aanvullende informatie over het grondwaterregime en stromingspatronen. De buizen zijn in 2008 bemonsterd in juni en oktober. In 2009 heeft geen grondwaterbemonstering plaats gevonden. De buizen zijn in 2010 bemonsterd in juni en oktober. In 2012 wordt de grondwaterkwaliteit opnieuw bepaald.

### Bodemchemie

#### Toplaag

In de oorspronkelijke planning was het de bedoeling om bij elk pq-locatie in november 2007 en in 2012 monsters te nemen van de toplaag van de bodem (mengmonsters in drievoud). Hieraan worden de volgende parameters bepaald: pH-H<sub>2</sub>O, pH-KCL, NaCl, % organische stof en basenverzadiging. In 2008 is de monstername echter opnieuw uitgevoerd vanwege problemen met de chemische bepalingen die er toe hebben geleid dat in 2007 de spreiding van de monstername in de tijd te groot was (zie Bijkerk *et al.* 2009). Op aanraden van de auditcommissie is hiervan de bemonstering voor de organische stofgehalten in 2009 opnieuw uitgevoerd. Het gewichtsperscentage organische stof is namelijk een onnauwkeurige parameter voor de stapeling van organische stof. De stapeling kan beter worden afgeleid op basis van een vast volume grond (zie Bijkerk *et al.* 2010). In 2010 zijn volgens planning geen bodemmonsters van de toplaag genomen.

#### Profielen

Bij het plaatsen van de grondwaterbuizen (2007) zijn op verschillende dieptes bodemmonsters genomen en geanalyseerd. Deze dienen om het kalkprofiel (%CaCO<sub>3</sub>) en het zoutprofiel (Cl) in de bodem vast te stellen. In 2010 zijn volgens planning geen profielmetingen uitgevoerd. In 2012 worden de metingen van 2007 herhaald.

#### Hoogtemetingen

De NAP-hoogtes van buislocaties en permanente kwadranten worden drie keer gedurende de meetperiode opgemeten met behulp van GPS-RTK. Dit dient om de grondwaterstanden en de pq's te kunnen relateren aan absolute hoogte en te kunnen corrigeren voor veranderingen daarin. In maart 2008 zijn de metingen voor de eerste keer uitgevoerd. De wijze waarop dit is gedaan en de resultaten zijn uitvoerig beschreven in de eerste voortgangsrapportage zodat er hier niet meer op wordt ingegaan. De

voor 2010 door de NAM geplande hoogtemetingen zijn niet uitgevoerd. Dit zal in 2012 wel plaatsvinden. Wel is door de NAM op kilometerhokniveau een prognose van de bodemdaling tot en met 2012 voor het Lauwersmeer opgesteld. Door het ruimtelijk grove niveau is daar echter geen gebruik van gemaakt.

## 2.4 Planning van de onderdelen

De hierboven beschreven onderdelen van het onderzoek zijn in tabel 2-1 op een tijdas geplaatst, zodat inzichtelijk wordt wanneer welk onderdeel zal worden verwerkt.

Tabel 2-1 - Planning van inrichting en bemonstering van de meetnetonderdelen. Een kruis geeft een werkstap aan volgens de oorspronkelijke planning. Extra werkstappen zijn met een uitroepteken aangegeven. Niet uitgevoerde werkstappen zijn tussen haakjes geplaatst.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Habitatarealen		X				X
Inrichten pq-meetnet	X		!	!		
Opnemen pq's	X	X	X	X	X	X
Karteren transecten		X				X
Plaatsen grondwaterbuizen	X					
Plaatsen meetpunten oppervlaktewaterpeil			!			
Terreinhoogte		X		(X)		X
Controle en uitlezen buizen (elk kwartaal)	X	X	X	X	X	X
Bemonsteren en analyse grondwaterkwaliteit (voor- en najaar)		X		X		X
Bemonsteren en analyse toplaag bodem	X	!	!			X
Bemonsteren en analyse t.b.v. kalk en zoutprofielen	X					X
Beknopte voortgangsrapportage	X	X	X	X	X	X
Begin-, tussen- en eindrapportage	X			X		X

## 3 Vegetatie

### 3.1 Beheer

Zoals hiervoor al is aangegeven, is beheer een belangrijke factor voor de ontwikkeling van de vegetatie. Tijdens een interview met Jelle de Boer (opzichter SBB, Lauwersmeer) in 2009 is het beheer doorgesproken. Het gevoerde beheer is vermeld in tabel 3-1.

Tabel 3-1 - Gevoerd beheer binnen de verschillende deelgebieden van het onderzoeksgebied.

Deelgebied	Beheer
<b>Bantswal</b>	Begrazing. Jaarrond runderen; 's zomers worden paarden en pony's ingeschaard
<b>De Lasten</b>	Maaien en afvoeren
<b>Juffrouw Alie</b>	Maaien en afvoeren
<b>De Rug</b>	Begrazing. Jaarrond paarden en seizoensbeweiding met runderen
<b>Zuidelijke Lob</b>	Begrazing. Jaarrond paarden en seizoensbeweiding met runderen

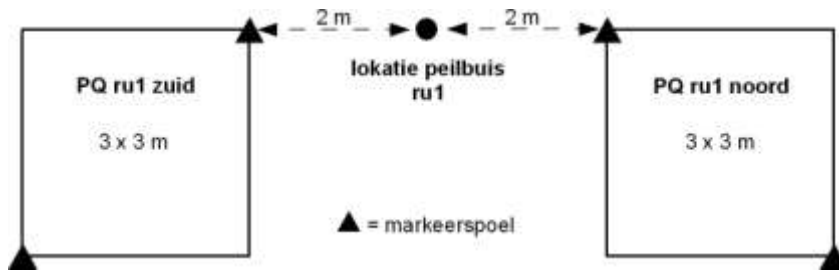
Het beheer is in de afgelopen zes jaren onveranderd gebleven. Dit geldt ook voor de begrazingsintensiteit. De Rug en de Zuidelijke Lob vormen samen met de Zuidelijke Ballastplaat één begrazingseenheid.

### 3.2 Permanente kwadranten

In totaal zijn in 2007 56 permanente kwadranten (pq's) uitgezet op 28 locaties in vier deelgebieden van het Lauwersmeer. Dit betekent dat er op elke locatie twee pq's zijn opgenomen op doorgaans 3-4 m van elkaar (figuur 3-1).

In een aantal gevallen liggen de pq's aan weerszijden van een grondwaterpeilbuis die speciaal voor dit project is geplaatst of een al bestaande grondwaterpeilbuis van Staatsbosbeheer. De pq's hebben een afmeting van drie bij drie meter. Elk pq is vastgelegd door middel van twee markeerspoelen, die op diagonaal tegenover elkaar gelegen hoekpunten onder het maaiveld geplaatst zijn. De vegetatie in de pq's is opgenomen met de decimale schaal van Londo (zie Schaminée *et al.* 1995).

In 2009 zijn 10 pq's bijgeplaatst en in 2010 nog eens 26 op advies van de Auditcommissie. Dit is voornamelijk gedaan om een evenwichtiger verdeling te krijgen van de pq-locaties over de verwachte bodemsdalingsklassen. In figuur 3-2 zijn de pq-locaties globaal weergegeven. De in 2009 en 2010 extra geplaatste pq's zijn in deze figuur als gele respectievelijk groene stippen aangegeven. Voor de verschillende deelgebieden zijn de locaties in meer detail weergegeven in figuren 3.3 t/m 3.7.



Figuur 3-1 - Plaatsing en markering duplo's per pq-locatie.

De extra bijgeplaatste pq's zijn als volgt over de deelgebieden en vegetatie-eenheden verdeeld:

### 2009

Bantswal: duinvalleivegetatie (4 pq's) en kweldervegetatie (2 pq's)

De Rug: duinvalleivegetatie (2 pq's) en kruipwilgstruweel (2 pq's)

**totaal 10 pq's**

### 2010

Bantswal: duinvalleivegetatie (2 pq's)

De Lasten duinvalleivegetatie/kruipwilgstruweel (4 pq's)

Zuidelijke Lob : duinrietvegetatie/kruipwilgstruweel (4 pq's)

De Rug: overstromingsgrasland zilte vorm (2 pq's) en duinrietvegetatie/kruipwilgstruweel (2 pq's)

**totaal 14 pq's**

Daarnaast zijn in 2010 twaalf pq's geplaatst als vervanging voor door vee verstoorde pq's. Dit is in tabel 3-3 weergegeven.

Het reeds eerder geconstateerde probleem van invloed van vee op pq's waartussen grondwaterbuizen zijn geplaatst, doet zich met name voor op de Bantswal en de Zuidelijke Lob, waar de begrazingsdruk hoger is dan op de Rug. Ondanks het aangebrachte prikkeldraad wordt de afrastering van de buis nog steeds als schuurplek gebruikt (figuur 3-2). Dit is de reden dat er in 2010 extra pq's zijn bijgeplaatst op pq-locaties waar grondwaterbuizen aanwezig zijn. Deze nieuwe pq's zijn een aantal meters verder van de grondwaterbuis gelegen dan de oude pq's. De verwachting is dat in deze nieuwe pq's de veeschade structureel minder zal zijn dan in de oude pq's. Voorlopig zullen zowel de oude als de nieuwe pq's elk jaar worden opgenomen; op termijn is het de bedoeling om de oude pq's, die vlakbij de grondwaterbuizen liggen, te laten vervallen. Op de Bantswal zijn wegens veeschade acht nieuwe pq's opgenomen, op de Zuidelijke Lob vier pq's.

In bijlage 1 zijn de opnamen van de pq's weergegeven voor de jaren 2007 t/m 2010. Hierin zijn alle in de pq's gevonden soorten vermeld, met hun bedekkingen. Verder zijn hier voor elk pq de opnamedatum, de totale bedekking van alle soorten, de bedekking van de kruidlaag en de bedekking van de moslaag aangegeven. De tabellen zijn grof geordend, waarbij soorten die typisch zijn voor bepaalde vegetatie-eenheden, zoals duinvalleivegetaties of overstromingsgraslanden, zijn gegroepeerd.

In 2007 zijn de pq's (noodgedwongen) pas opgenomen in september en begin oktober. In 2008 t/m 2010 zijn de pq's daarentegen tussen eind juni en begin augustus opgenomen. Dit leidde met name voor de pq's in de Lasten en het terreintje van Juffrouw Alie tot verschillen tussen het eerste en de



daaropvolgende opnamejaren, omdat dit de terreinen zijn die worden gemaaid. Ook de toekenning van een vegetatietype kan hierdoor worden beïnvloed. Om die reden is de opnameset voor 2007 licht aangepast voor soorten die door het maaien zijn gemist (zie ook Bijkerk *et al.* 2010).



Figuur 3-2 - Opnamelocatie BW9 op de Bantswal in 2010. Het aanwezige vee gebruikt de grondwaterbuis als schuurplek.

### 3.2.1 Vegetatiekundige variatie in de opnamenset

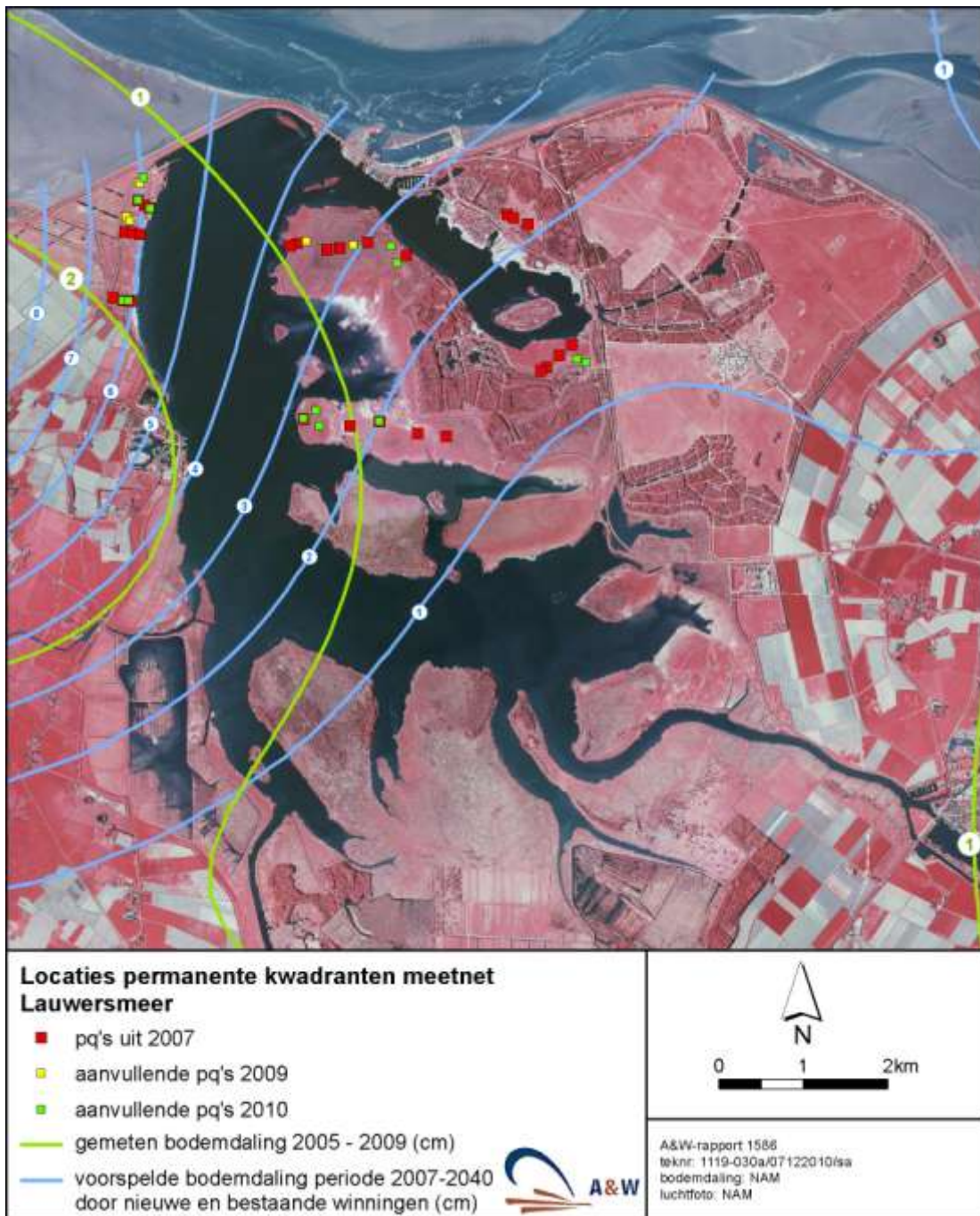
De pq's kunnen tot de volgende (groeve) typen worden gerekend:

- Duinvalleivegetaties (Dv). Op De Rug kenmerken deze zich door het voorkomen van Zeegroene zegge (*Carex flacca*), Parnassia (*Parnassia palustris*) en Knopbies (*Schoenus nigricans*). In het terreintje van Juffrouw Alie en De Lasten is Knopbies zeldzamer in de pq's en komt Moeraswespenorchis (*Epipactis palustris*) meer voor. Ook Vleeskleurige orchis (*Dactylorhiza incarnata*) en Rietorchis (*Dactylorhiza majalis* subsp. *praetermissa*) komen regelmatig voor (figuur 3-3). In de Bantswal zijn de duinvalleivegetaties fragmentair ontwikkeld.
- Zilte pioniervegetaties (Zp). Kortarige zeekraal (*Salicornia europaea*) en/of Gewoon kweldergras (*Puccinellia maritima*) kenmerken deze vegetaties. Een enkele keer ontbreken deze soorten, maar dan is er sprake van zeer open vegetaties waarin Melkkruid (*Glaux maritima*) en/of Zilte rus (*Juncus gerardii*) domineren.
- Overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver (*Trifolium fragiferum*) en Zilte zegge (*Carex distans*) (Oa). Indien Aardbeiklaver ontbreekt, hebben Zilte zegge, Melkkruid en Zilte rus nog een wezenlijk aandeel in de vegetatie. Soms zitten er overgangen bij naar de associatie van Zilte rus.

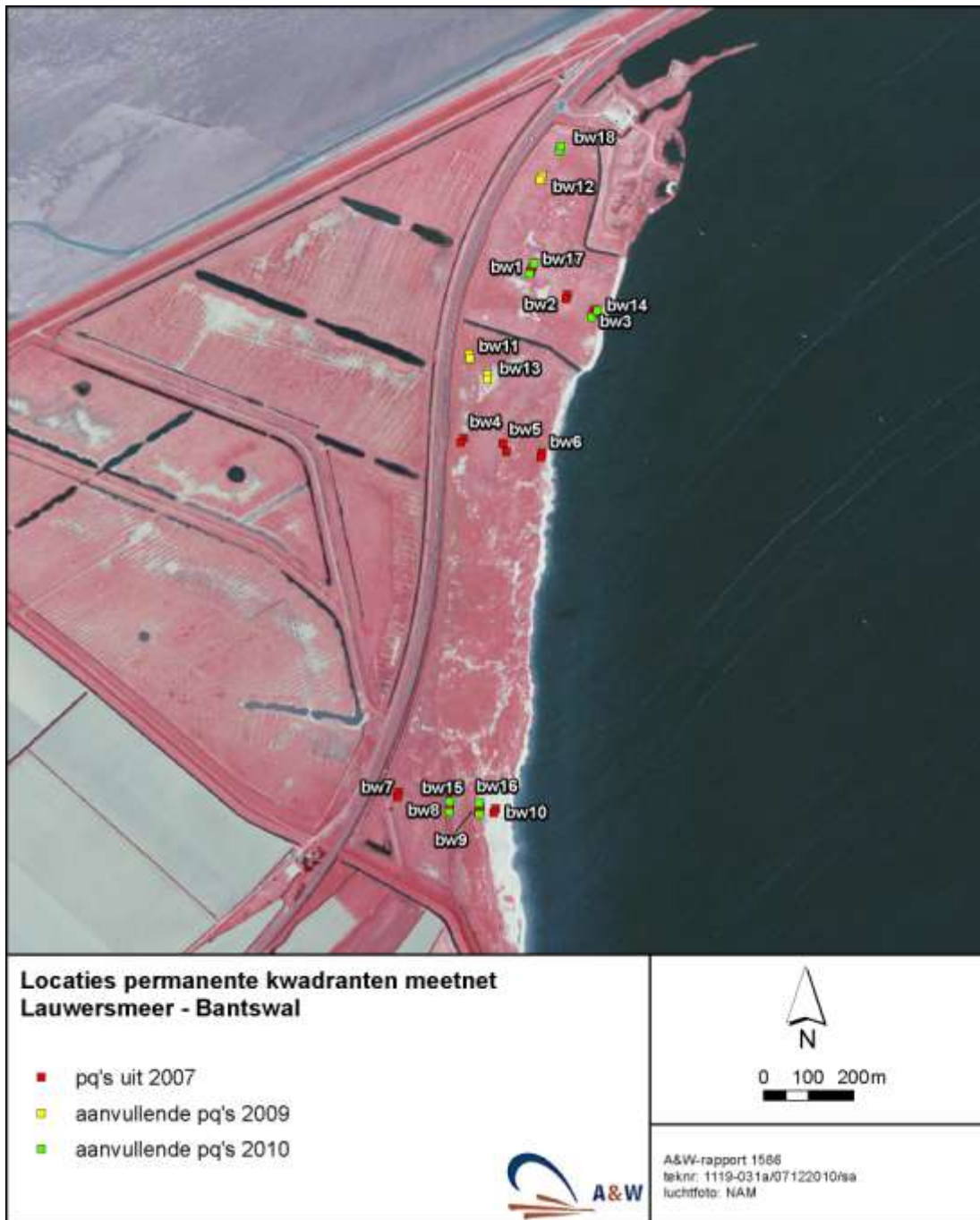
- Overige overstromingsgraslanden (Oo). Hierin ontbreken Aardbeiklaver en Zilte zegge. Melkkruid en Zilte rus kunnen voorkomen maar in lage bedekkingen.
- Overige graslanden (Go). Dit is een restgroep van pq's die moeilijk in bovengenoemde typen kunnen worden ingedeeld. Het betreft Kamgrasweiden, waar ook Zilte zegge in voor kan komen, en grasland met een aspect van Riet (*Phragmites australis*) en Duinriet (*Calamagrostis epigejos*).



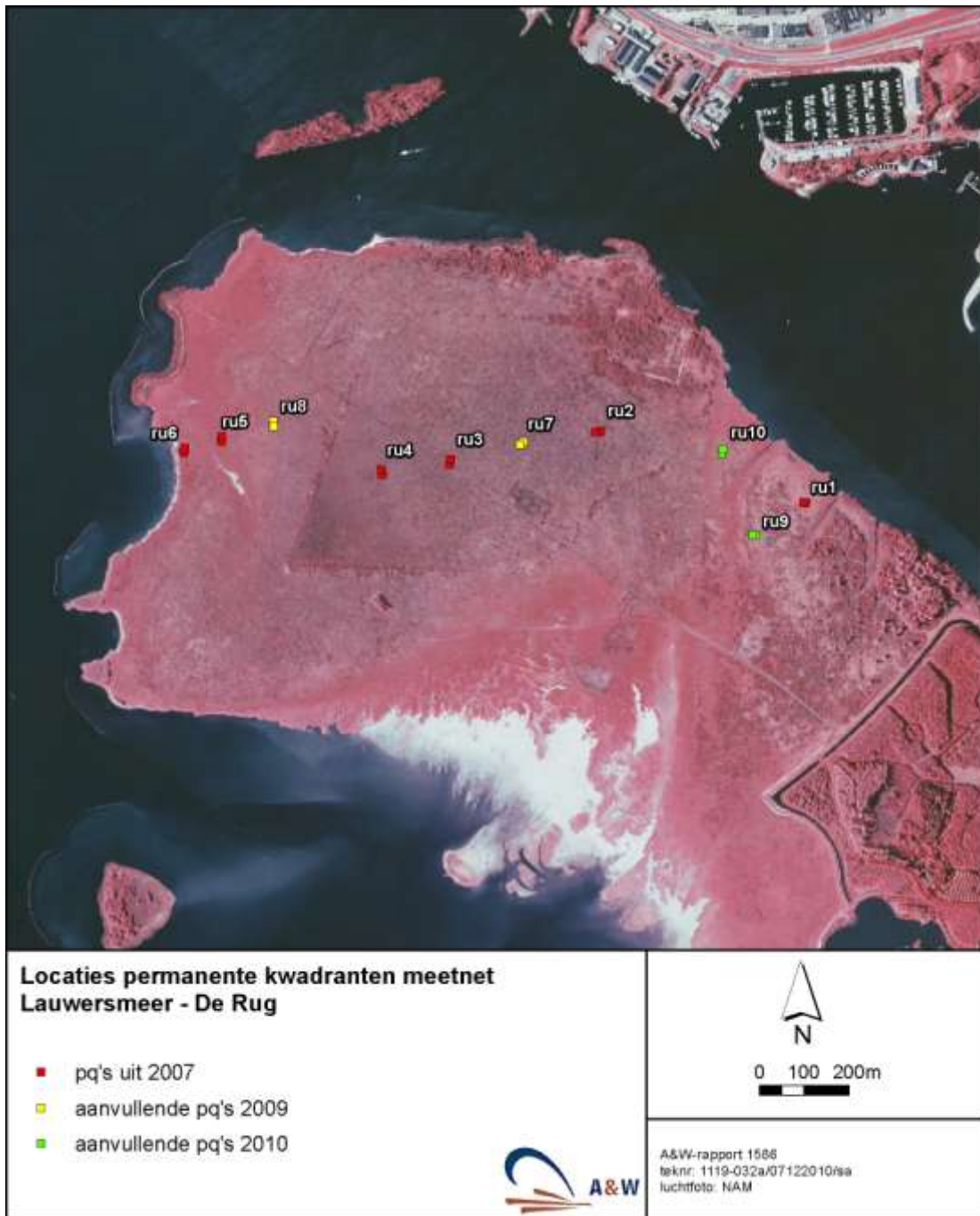
Figuur 3-3 - Rietorchis (links) en Vleeskleurige orchis (rechts) in opname LA10 (De Lasten) in juni 2010.



Figuur 3-4 - Locatie pq-raaien. De blauwe lijnen geven de voorspelde bodemdaling weer (in cm) voor de periode 2007 – 2040. De groene lijnen geven de actuele bodemdaling weer in voor de periode 2007 - 2009, gebaseerd op meetgegevens en het bodemdalingsmodel. (Bron voor de dalingscontouren: NAM).



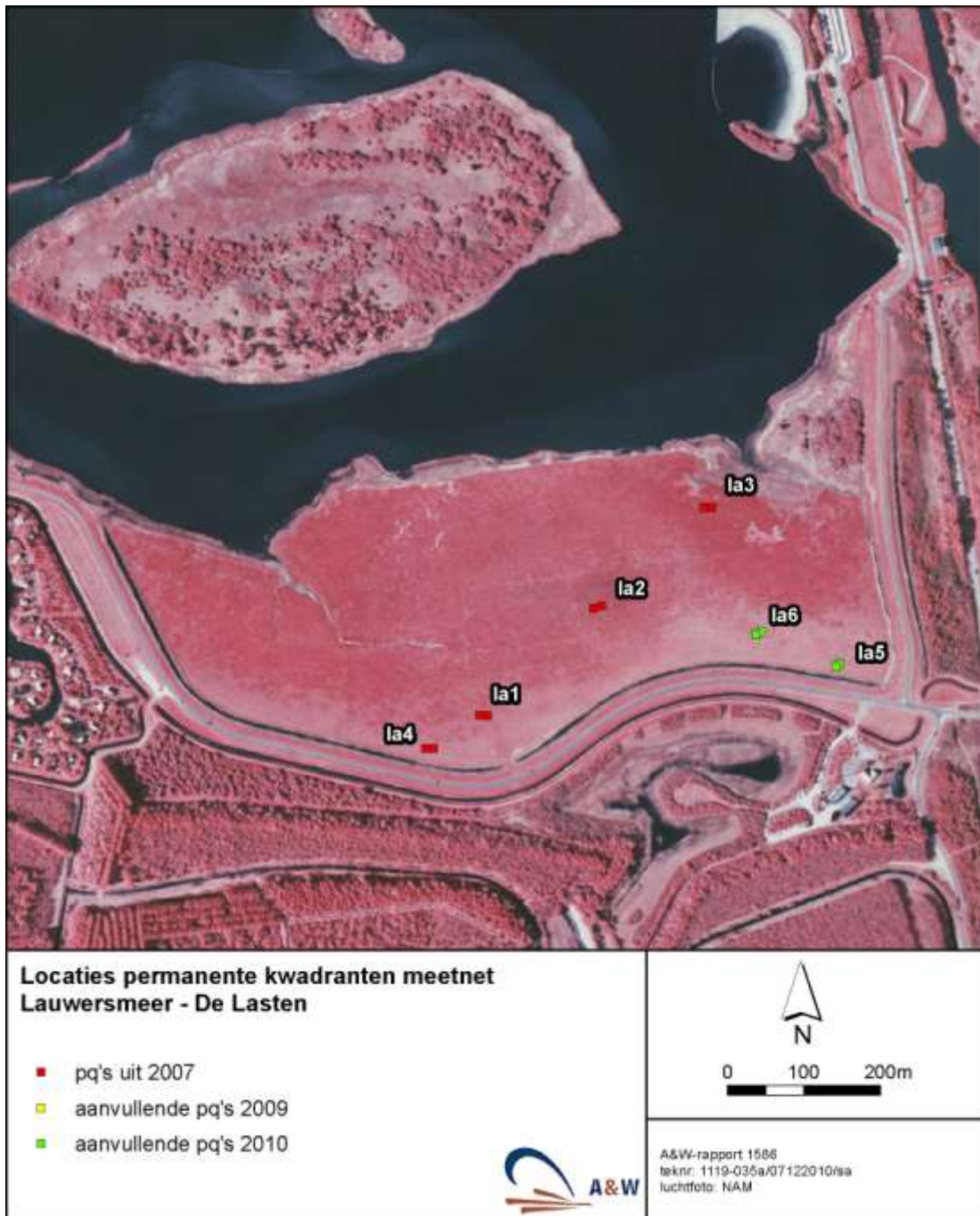
Figuur 3-5 - Pq-locaties Bantswal.



Figuur 3-6 - Pq-locaties De Rug.



Figuur 3-7 - Pq-locaties Zuidelijke Lob.



Figuur 3-8 - Pq-locaties De Lasten.



Figuur 3-9 - Pq-locaties terreintje van Juffrouw Alie.



De pq's zijn op basis van de soortensamenstelling in de eerste opnameronde als volgt te verdelen over de vegetatietypen en deelgebieden (tabel 3-2):

Tabel 3-2 - Verdeling van het totale aantal permanente kwadranten over de deelgebieden en de initiële vegetatietypen (tussen haakjes is het deel hiervan dat in 2009 en 2010 is uitgezet, vermeld).

Vegetatietype	Bantswal	De Lasten	De Rug	Juffr. Alie	Zuid. Lob	Totaal
Overig grasland	2	2	2		4(4)	10 (4)
Duinvalleivegetatie	12(8)	6(4)	11(5)	6		35 (17)
Overstromingsgrasland met Aardbeiklaver	8(2)	4	5(3)		4(1)	21 (6)
Overig overstromingsgrasland			2		8(3)	10 (3)
Zilte pioniervegetaties	14(6)				2	16 (6)
<b>Totaal</b>	<b>36 (16)</b>	<b>12 (4)</b>	<b>20 (8)</b>	<b>6</b>	<b>18 (8)</b>	<b>92 (36)</b>

De vegetatiekundige typering in deze tabel (en volgende tabellen) is iets aangepast ten opzichte van vergelijkbare tabellen uit de eerste twee voortgangsrapportages. Dit is gedaan op grond van correcties van het opnamemateriaal van 2007 wat betreft gemiste soorten door het late opnametijdstip in 2007.

In totaal bestaat het meetnet nu uit 92 permanente kwadranten, waarvan er 56 in 2007 zijn uitgezet en waaraan er in 2009 en 2010 36 zijn toegevoegd. Van de 36 toegevoegde pq's dienen op termijn 12 ter vervanging van verstoorde pq's. Dit is weergegeven in tabel 3-3.

Tabel 3-3 - In 2009 en 2010 toegevoegde locaties met permanente kwadranten. Op elke locatie zijn twee pq's geplaatst. Aangegeven is tevens welke hiervan als vervanging dienen voor verstoorde pq's die in 2007 zijn geplaatst.

pq-locatie	uitgezet in	vervangt	pq-locatie	uitgezet in	vervangt
BW11	2009		RU8	2009	
BW12	2009		RU9	2010	
BW13	2009		RU10	2010	
BW14	2010	BW3	ZL6	2010	ZL3
BW15	2010	BW8	ZL7	2010	ZL5
BW16	2010	BW9	ZL8	2010	
BW17	2010	BW1	ZL9	2010	
BW18	2010		LA5	2010	
RU7	2009		LA6	2010	

De verdeling van de opnamen is in tabel 3-4 uitgezet tegen de verwachte mate van bodemdaling in 2040 (zie figuur 3-4). De verwachte bodemdaling is gebaseerd op de prognoses aan de hand van de nieuwe winningen (Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen) plus de bestaande winning in Anjum. Door de extra pq's is de verdeling over de verwachte bodemdalingsklassen wat evenwichtiger geworden en tevens is het accent binnen de typen meer komen te liggen op de kwetsbare duinvalleivegetaties.

Dat in de dalingsklasse van 4 tot 5 cm geen kwadranten liggen, komt omdat deze klasse in het open water ligt. Ook een groot deel van de dalingsklasse van 5 tot 6 cm ligt in het open water.

Tabel 3-4 - Verdeling van het aantal permanente kwadranten over de verwachte bodemdalingsklassen (in cm) voor de periode 2007 - 2040 en de vegetatietypen (tussen haakjes is het deel hiervan dat in 2009 en 2010 is uitgezet, vermeld).

Vegetatietype	7 - 6	6 - 5	5 - 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	Totaal
Overig grasland	2				6(4)	2	10 (4)
Duinvalleivegetatie	8 (6)	4(2)		8 (4)	9(1)	6(4)	35 (17)
Overstromingsgrasland met Aardbeiklaver	6(2)	2		2	3(3)	8(1)	21 (6)
Overig overstromingsgrasland				2	4(2)	4(1)	10 (3)
Zilte pioniervegetaties	10 (4)	4(2)			2		16 (6)
<b>Totaal</b>	<b>26 (12)</b>	<b>10 (4)</b>	<b>0</b>	<b>12 (4)</b>	<b>24 (10)</b>	<b>20(6)</b>	<b>92 (36)</b>

### 3.2.2 Toe- en afname van indicatoren

Per opnamejaar is voor de duinvalleisoorten en de kweldersoorten het gesommeerde bedekkingspercentage bepaald. In bijlage 1 is weergegeven welke soorten tot deze groepen zijn gerekend. Dit is tevens gedaan voor de afzonderlijke soorten Kruiwilg (*Salix repens*) en Duinriet (*Calamagrostis epigejos*). In tabel 3-5 zijn de veranderingen van deze indicatoren weergegeven. Hierin zijn correcties verwerkt voor een aantal soorten die in 2007 waarschijnlijk zijn gemist door het late opnametijdstip. In deze tabel is gewerkt met de gemiddelden over alle pq's, ook die waar in geen enkel jaar de soort of soortgroep is aangetroffen.

Tabel 3-5 - Gemiddelde gesommeerde bedekkingspercentage van duinvalleisoorten, kweldersoorten, Kruiwilg en Duinriet per vegetatietype en jaar, uitgaande van alle in 2007 geplaatste pq's. Go=Overige graslanden; Dv=Duinvalleivegetaties; Oa=Overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromingsgraslanden; Zp=Zilte pioniervegetaties.

Vegtype:	Duinvalleisoorten					Kweldersoorten					Kruiwilg					Duinriet				
	Dv	Go	Oa	Oo	Zp	Dv	Go	Oa	Oo	Zp	Dv	Go	Oa	Oo	Zp	Dv	Go	Oa	Oo	Zp
<b>2007</b>	23,9	0,7	0,2	0,1	0,0	0,6	0,0	24,6	1,4	26,2	22,8	1,0	2,7	10,0	0,0	2,9	6,7	0,0	0,0	0,0
<b>2008</b>	21,7	1,3	0,5	0,3	0,0	1,9	0,7	30,1	6,0	22,3	30,7	1,8	3,3	10,0	0,0	1,4	6,7	0,0	0,0	0,0
<b>2009</b>	22,3	3,3	0,7	0,0	0,0	1,4	0,5	33,1	3,3	25,3	33,0	2,0	3,3	8,6	0,0	1,8	1,8	0,0	0,0	0,0
<b>2010</b>	22,2	3,2	0,5	0,0	0,0	0,8	0,7	34,5	6,9	24,7	33,5	4,2	4,7	8,6	0,0	1,3	1,8	0,0	0,0	0,0

Indien alleen wordt gekeken naar die pq's waarin in één van de opnamejaren de soort of soortgroep is aangetroffen (min of meer overeenkomend met de zogeheten "karakteristieke bedekking"), dan verschillen de gemiddelde bedekkingen enigszins van die uit tabel 3-5. Dit is in tabel 3-6 weergegeven.

Tabel 3-6 - Gemiddelde gesommeerde bedekkingspercentage van duinvalleisoorten, kweldersoorten, Kruiwilg en Duinriet per vegetatietype en jaar, van alleen die pq's waar de soort of soortgroep in één van de opnamejaren aanwezig is. Als superscript is het aantal pq's weergegeven waarin de soort of soortgroep voorkomt. TotAantal = Totaal aantal pq's (gelegd in 2007) binnen het vegetatietype. Go=Overige graslanden; Dv=Duinvalleivegetaties; Oa=Overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromingsgraslanden; Zp=Zilte pioniervegetaties.

Vegtype:	Duinvalleisoorten					Kweldersoorten					Kruiwilg					Duinriet	
	Dv	Go	Oa	Oo	Zp	Dv	Go	Oa	Oo	Zp	Dv	Go	Oa	Oo	Dv	Go	
<b>2007</b>	23,9 <sup>18</sup>	0,8 <sup>3</sup>	0,4 <sup>3</sup>	0,5 <sup>1</sup>		1,6 <sup>2</sup>	0,0 <sup>0</sup>	24,6 <sup>15</sup>	1,4 <sup>5</sup>	26,2 <sup>10</sup>	24,2 <sup>17</sup>	2,0 <sup>2</sup>	20,0 <sup>2</sup>	35,0 <sup>2</sup>	8,7 <sup>5</sup>	20,0 <sup>2</sup>	
<b>2008</b>	21,7 <sup>18</sup>	1,6 <sup>4</sup>	1,0 <sup>4</sup>	1,0 <sup>2</sup>		4,9 <sup>4</sup>	0,8 <sup>3</sup>	30,1 <sup>15</sup>	6,0 <sup>7</sup>	22,3 <sup>10</sup>	32,5 <sup>16</sup>	3,7 <sup>2</sup>	25,0 <sup>2</sup>	35,0 <sup>2</sup>	4,3 <sup>4</sup>	20,0 <sup>2</sup>	
<b>2009</b>	22,3 <sup>18</sup>	4,0 <sup>5</sup>	1,6 <sup>7</sup>	0,0 <sup>0</sup>		3,6 <sup>6</sup>	0,6 <sup>3</sup>	33,1 <sup>15</sup>	3,3 <sup>7</sup>	25,3 <sup>10</sup>	34,9 <sup>16</sup>	4,0 <sup>2</sup>	25,0 <sup>2</sup>	30,0 <sup>2</sup>	5,3 <sup>4</sup>	5,5 <sup>2</sup>	
<b>2010</b>	22,2 <sup>18</sup>	3,8 <sup>4</sup>	1,1 <sup>6</sup>	0,0 <sup>0</sup>		2,1 <sup>5</sup>	0,8 <sup>4</sup>	34,5 <sup>15</sup>	6,9 <sup>7</sup>	24,7 <sup>10</sup>	35,5 <sup>16</sup>	8,3 <sup>3</sup>	35,0 <sup>2</sup>	30,0 <sup>2</sup>	3,8 <sup>5</sup>	5,5 <sup>2</sup>	
<b>TotAantal</b>	18	6	15	7		18	6	15	7	10	18	6	15	7	18	6	

De reden om alleen met reeksen te werken waarbinnen in tenminste één van de opnamejaren de soortsgroep aanwezig is, ligt in de verdere statistische verwerking. Indien er met de volledige reeks wordt gewerkt, ontstaan er veel nulwaarden zodat er in het geheel geen sprake is van een normale verdeling van de responsvariabele (zie ook de derde voortgangsrapportage: Bijkerk *et al.* 2010).

#### **Statistische toetsing van veranderingen**

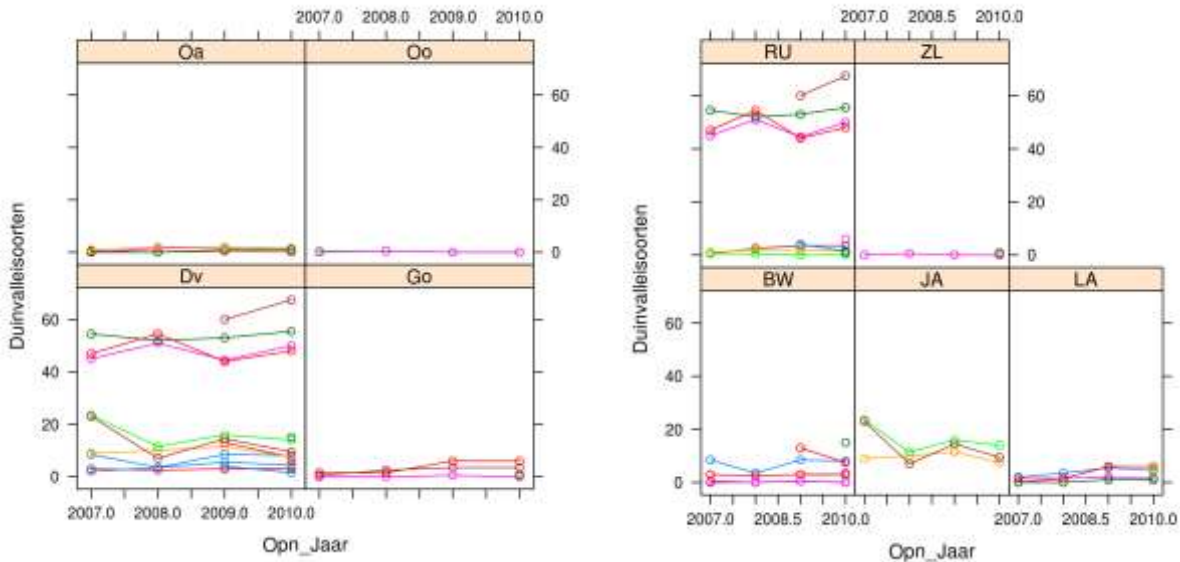
De toetsing is uitgevoerd met een (parametrische) variantieanalyse (ANOVA) en met een non-parametrische toets (Friedman-test), beiden voor herhaalde waarnemingen (Crawley 2002). In de variantieanalyse is getoetst op het jaareffect en op het effect van de initiële vegetatietypen en de interactie tussen beide. In de Friedman-test wordt alleen het jaareffect getoetst. Deze Friedman-test is uitgevoerd als controle omdat een aantal indicatoren, ook na transformatie, niet netjes normaal verdeeld blijken te zijn en dus formeel niet wordt voldaan aan één van de eisen van een variantieanalyse. Wat betreft jaareffecten wordt dan alleen getoetst of één van de jaren significant afwijkt van een gemiddeld jaar, of bij toetsing op het initiële vegetatietype of de bedekking in één van de typen significant afwijkt van het gemiddelde. Een trend wordt met deze toetsen niet getoetst. Voor dit laatste is gebruik gemaakt van een lineair mixed effect model (Zuur *et al.* 2009). In dat geval wordt getoetst of de gemodelleerde verandering (de richtingscoëfficiënt) gelijk is aan 0 (nul). Wijkt deze hier significant van af, dan is er sprake van een lineaire trend. In het mixed effectmodel is de bedekking van een soort(groep) gemodelleerd op basis van het opnamejaar (als fixed effect) en is de randomvariatie door het subject (c.q. de pq-locatie) binnen de initiële vegetatietypen van invloed op het snijpunt met de y-as (een zogeheten random intercept model).

Voor de statistische toetsingen is (vooralsnog) alleen gebruik gemaakt van die opnamen die in 2007 zijn gelegd. Tevens zijn de bedekkingen Arcsinus-wortel getransformeerd voorafgaand aan de toetsingen.

#### **Duinvalleisoorten**

In figuur 3-10 is per pq-locatie het verloop van de gesommeerde bedekking van duinvalleisoorten uitgezet tegen het opnamejaar. Alleen die pq-locaties zijn opgenomen waarin in enig jaar duinvalleisoorten zijn aangetroffen. Ook de locaties met duinvalleisoorten van pq's uitgezet in 2009 en 2010 zijn hierin opgenomen. De panelen geven het verloop aan binnen de initiële vegetatietypen (linkergrafiek en binnen de deelgebieden (rechtergrafiek).

Op basis van de tabellen 3-5 en 3-6 valt vooral de toename van duinvalleisoorten in de overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver (Oa) en in de overige graslanden (Go) op. In de grafieken blijkt dit, door de gebruikte schaal, minder. Voor een deel is die toename mogelijk te wijten aan een waarnemerseffect van de herhaalde opnamen. Bij herhalingen weet je wat je kunt verwachten en zullen er eerder meer soorten in de loop van de tijd worden waargenomen dan minder soorten. Dit blijkt ook uit de soortenrijkdom. Deze is in opnamen in duinvalleivegetaties opgelopen van 18,9 soorten per opname in 2007 naar 27,5 in 2010.



Figuur 3-10 - Verandering in gesommeerde bedekking van duinvalleisoorten (als procentuele bedekking) per opnamelocatie (gemiddeld over de twee pq's). In de linker grafieken zijn de opnamelocaties gegroepeerd naar vegetatietype (Go=Overige graslanden; Dv=Duinvalleivegetaties; Oa=Overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromingsgraslanden). In de rechter grafieken zijn de opnamelocaties gegroepeerd naar deelgebied (RU=De Rug; ZL=Zuidelijke lob; BW=Bantswal; JA=Terreintje van Juffrouw Alie; LA=De Lasten). Voor de grafieken is alleen gebruik gemaakt van opnamelocaties waarin in één van de jaren duinvalleisoorten zijn aangetroffen.

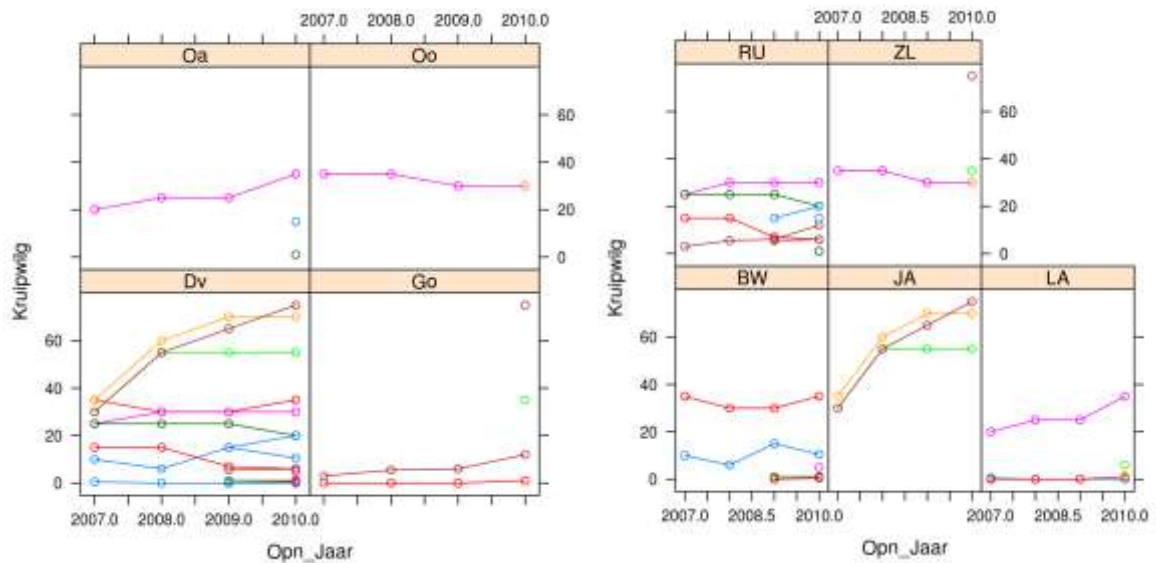
In het terreintje van Juffrouw Alie is de bedekking van duinvalleisoorten in 2007 wat hoger dan in de overige jaren. Dit komt echter voornamelijk voor rekening van een lagere bedekking van Zeegroene zegge (*Carex flacca*) na 2007. Mogelijk was de bedekking van deze soort in 2007 iets hoger door hergroei na het maaien waar andere soorten minder hergroei hadden.

De bedekking van duinvalleisoorten is het hoogst in de duinvalleivegetaties van De Rug en in het terreintje van Juffrouw Alie (figuur 3-10).

De bedekking van duinvalleisoorten verschilt natuurlijk significant tussen de vegetatietypen ( $F(3,14) = 5,290$ ,  $p = 0,012$ ), zoals blijkt uit de variantieanalyse omdat duinvalleivegetaties per definitie meer duinvalleisoorten hebben. Er is echter geen significant verschil tussen de jaren ( $p = 0,325$ ) en evenmin is er een significante interactie tussen opnamejaar en vegetatietype ( $p = 0,083$ ). Ook het gevoeliger mixed effectmodel laat geen significante trend zien in verandering in bedekkingen van duinvalleisoorten ( $p = 0,341$ ).

### Kruipwilg

In figuur 3-11 is per pq-locatie het verloop van de bedekking van Kruipwilg uitgezet tegen het opnamejaar. Alleen die pq-locaties zijn opgenomen waarin in enig jaar Kruipwilg is aangetroffen. Ook de locaties met Kruipwilg van pq's uitgezet in 2009 en 2010 zijn hierin opgenomen.



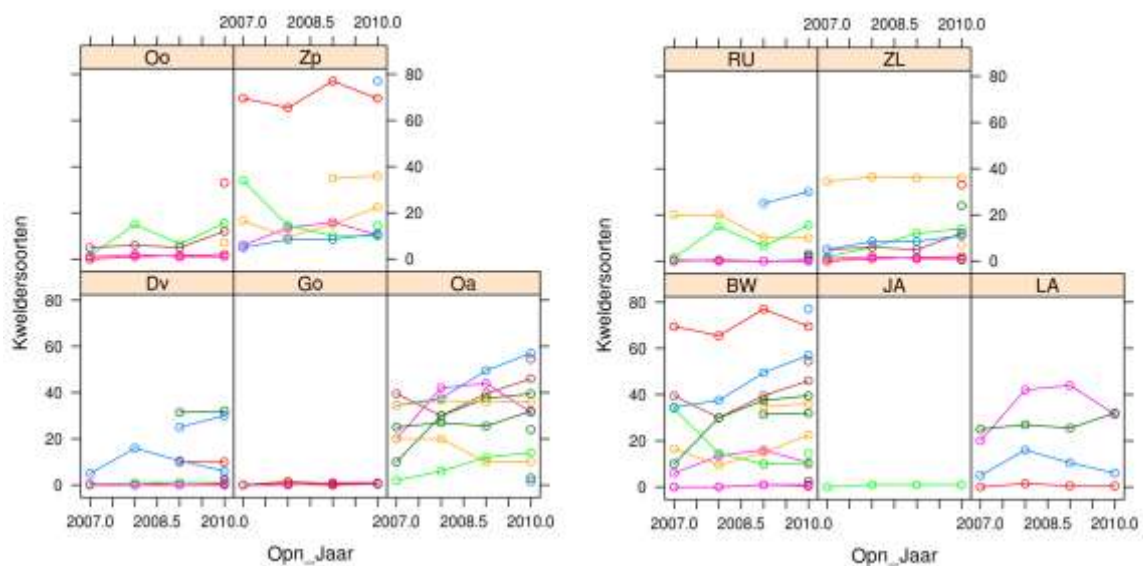
Figuur 3-11 - Verandering in de bedekking van Kruipwilg (als procentuele bedekking) per opnamelocatie (gemiddeld over de twee pq's). In de linker grafieken zijn de opnamelocaties gegroepeerd naar vegetatietype (Go=Overige graslanden; Dv=Duinvalleivegetaties; Oa=Overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromingsgraslanden). In de rechter grafieken zijn de opnamelocaties gegroepeerd naar deelgebied (RU=De Rug; ZL=Zuidelijke lob; BW=Bantswal; JA=Terreintje van Juffrouw Alie; LA=De Lasten). Voor de grafieken is alleen gebruik gemaakt van opnamelocaties waarin in één van de jaren Kruipwilg is aangetroffen.

Op grond van tabel 3-6 en figuur 3-11 lijkt de bedekking van Kruipwilg toe te nemen in alle vegetatietypen, met uitzondering van de overige overstromingsgraslanden. De lage bedekkingen van Kruipwilg in het Terreintje van Juffrouw Alie in 2007 berusten waarschijnlijk op een artefact veroorzaakt door het late opnametijdstip (na het maaien) in 2007. In de overige terreinen doet dit probleem zich niet voor omdat deze, met uitzondering van De Lasten, worden begraasd.

Uit de variantieanalyse blijkt de kruipwilgbedekking niet significant te verschillen tussen de vegetatietypen ( $p=0,331$ ) en evenmin verschilt de bedekking tussen de opnamejaren ( $p=0,098$ ). Ook is er geen significant interactie-effect aanwezig tussen de vegetatietypen en het opnamejaar ( $p=0,961$ ). Uit het linear mixed effectmodel blijkt echter dat de bedekking gedurende de opnameperiode significant verandert:  $F(1,35) = 1,784$ ,  $p = 0,008$ . Dit is echter inclusief de opnamen van 2007 uit het Terreintje van Juffrouw Alie. Als deze opnamen niet mee worden genomen bij de toetsing, dan blijkt ook uit het linear mixed effect model dat de verandering door de jaren heen niet significant is ( $p=0,190$ ).

### Kweldersoorten

In figuur 3-12 is per pq-locatie het verloop van de gesommeerde bedekking van kweldersoorten uitgezet tegen het opnamejaar. Alleen die pq-locaties zijn opgenomen waarin in enig jaar kweldersoorten zijn aangetroffen. Ook de locaties met kweldersoorten van pq's uitgezet in 2009 en 2010 zijn hierin opgenomen. De panelen geven het verloop aan binnen de initiële vegetatietypen (linkergrafiek) en binnen de deelgebieden (rechtergrafiek).



Figuur 3-12 - Verandering in gesommeerde bedekking van kweldersoorten (als procentuele bedekking) per opnamelocatie (gemiddeld over de twee pq's). In de linker grafieken zijn de opnamelocaties gegroepeerd naar vegetatietype (Go=Overige graslanden; Dv=Duinvalleivegetaties; Oa=Overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromingsgraslanden; Zp=Zilte pioniervegetaties). In de rechter grafieken zijn de opnamelocaties gegroepeerd naar deelgebied (RU=De Rug; ZL=Zuidelijke lob; BW=Bantswal; JA=Terreintje van Juffrouw Alie; LA=De Lasten). Voor de grafieken is alleen gebruik gemaakt van opnamelocaties waarin in één van de jaren kweldersoorten zijn aangetroffen.

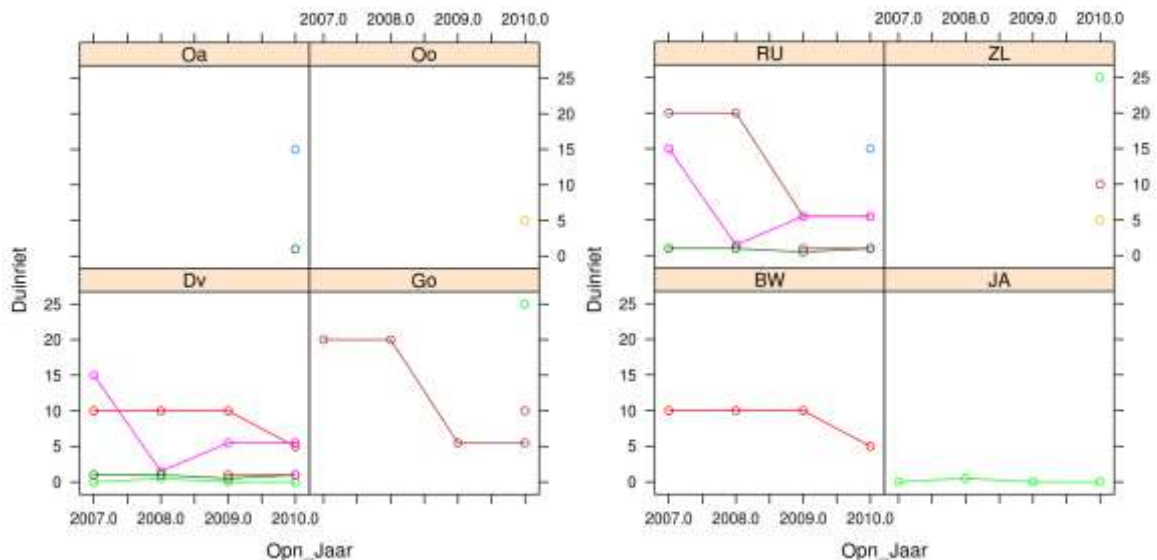
Uit tabel 3-6 lijkt de bedekking van kweldersoorten (met name Zilte rus) binnen de duinvalleivegetaties, de overige overstromingsgraslanden en de overige graslanden te fluctueren. Uit figuur 3-12 blijkt dat dit veelal fluctuaties binnen enkele pq-locaties betreft. Omdat binnen deze vegetatie-eenheden slechts enkele, licht brakke soorten voorkomen, vallen verschuivingen hier eerder op dan binnen de zilte pioniervegetaties en de overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver. De verschuivingen binnen een deelgebied en ook binnen een initieel vegetatietype zijn echter niet eenduidig, zo blijkt uit figuur 3-12.

De bedekking van kweldersoorten verschilt, zoals te verwachten, significant tussen de vegetatietypen ( $F(4,19) = 8,588$ ,  $p < 0,001$ ) omdat zilte pioniervegetaties en de overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver per definitie meer kweldersoorten hebben. Deze verschillen komen overeen met de gemeten chloridegehalten nabij enkele permanente kwadranten. Ook hierin blijkt (met name in de diepere buizen) het chloridegehalte bij pq's in overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver en in zilte pioniervegetaties aanmerkelijk hoger te zijn dan bij pq's in de overige vegetatietypen.

De bedekking verschilt significant tussen de opnamejaren ( $F(3,57) = 4,432$ ,  $p = 0,001$ ). Dit blijkt ook uit de Friedman-test (Friedman  $\chi^2 = 16,099$ ;  $df = 3$ ,  $p = 0,001$ ). De interactie tussen opnamejaar en het initiële vegetatietype is niet significant ( $p = 0,694$ ). Ook uit het linear mixed effectmodel blijkt dat de bedekkingen aan kweldersoorten significant verandert over de jaren ( $F(1,71) = 12,031$ ,  $p < 0,001$ ). De effectgrootte is echter minimaal: indien de arcsinus getransformeerde waarde wordt teruggetransformeerd, dan komt dit overeen met een toename van 0,06% per jaar.

### Duinriet

In figuur 3-13 is per pq-locatie het verloop van de bedekking van Duinriet uitgezet tegen het opnamejaar. Alleen die pq-locaties zijn opgenomen waarin in enig jaar Duinriet is aangetroffen. Ook de locaties met Duinriet van pq's uitgezet in 2009 en 2010 zijn hierin opgenomen.



Figuur 3-13 - Verandering in de bedekking van Duinriet (als procentuele bedekking) per opnamelocatie (gemiddeld over de twee pq's). In de linker grafieken zijn de opnamelocaties gegroepeerd naar vegetatietype (Go=Overige graslanden; Dv=Duinvalleivegetaties; Oa=Overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromingsgraslanden). In de rechter grafieken zijn de opnamelocaties gegroepeerd naar deelgebied (RU=De Rug; ZL=Zuidelijke lob; BW=Bantswal; JA=Terreintje van Juffrouw Alie). Voor de grafieken is alleen gebruik gemaakt van opnamelocaties waarin in één van de jaren Duinriet is aangetroffen.

Duinriet is slechts enkele keren aangetroffen binnen de in 2007 gelegde permanente kwadranten. In 2009 en vooral 2010 zijn nieuwe pq-locaties met Duinriet toegevoegd. Op drie pq-locaties is de bedekking aan Duinriet in 2010 afgenomen ten opzichte van 2007. Met name de locatie in een overig grasland op De Rug springt daarbij in het oog. Voor zover bekend heeft hier geen aanvullend maai-beheer plaatsgevonden in 2008.

Op basis van de variantieanalyse verschilt de bedekking van Duinriet niet significant tussen de (beide) vegetatietypen ( $p = 0,294$ ). De bedekking verschilt evenmin significant tussen de opnamejaren ( $p = 0,163$ ) en ook is er geen significant interactie-effect aanwezig tussen het vegetatietype en het opnamejaar ( $p = 0,136$ ). Het gevoeliger linear mixed effectsmodel laat echter wel een significante verandering zien: ( $F(1,14)=5,281$ ,  $p=0,038$ ). De voorspelde effectgrootte is hierbij, na terugtransformeren, echter zeer gering: 0,11 % afname per jaar.

### Conclusies

De bedekking van duinvalleisoorten en Kruidwilg verandert niet gedurende de gemeten periode van 2007 tot en met 2010. Bij de bedekkingen van kweldersoorten en Duinriet ligt de zaak gecompliceerder. Een variantieanalyse detecteert geen veranderingen. Het gevoeliger mixed effectsmodel laat hier wel (significante) veranderingen zien, maar de mate van verandering is zeer klein, resp: 0,06% en -0,11% per jaar.

De geconstateerde verschillen tussen de vegetatietypen liggen voor de hand: duinvalleivegetaties hebben meer duinvalleisoorten en zilte pioniervegetaties en overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver hebben meer kweldersoorten.



## 4 Grond- en oppervlaktewater

### 4.1 Geplaatste meetpunten grond- en oppervlaktewater

Om eventuele veranderingen in het grondwaterregime als gevolg van bodemdaling te kunnen registreren zijn in het kader van de monitoring op een 11-tal locaties, verspreid over het Lauwersmeergebied, peilbuizen geplaatst (zie Bijkerk *et al.* 2010, figuur 4-1). Deze peilbuizen zijn begin oktober 2007 geplaatst. Daarnaast worden in het onderzoek ook de meetgegevens betrokken van een aantal reeds bestaande peilbuizen van Staatsbosbeheer (SBB), die sinds november 2000 worden waargenomen.

Om in het verlengde van de peilbuistraaien ook de oppervlaktewaterstand van het Lauwersmeer te kunnen meten, zijn begin december 2009 een drietal oppervlaktemeetpunten geplaatst bij de Bantswal (zuidelijke raai), De Rug en de Zuidelijke Lob. Aanvullend worden ook de beschikbare meetgegevens gebruikt van twee oppervlaktewatermeetpunten van het waterschap Noorderzijlvest, bij de sluizen van Lauwersoog en in de Zoutkamperril bij de Brug van Zoutkamp. In tabel 4-1 is het aantal meetpunten per deelgebied weergegeven.

Tabel 4-1 - Verspreiding meetlocaties Lauwersmeer per deelgebied.

Deelgebied	Aantal peilbuislocaties		Aantal meetlocaties oppervlaktewater	
	Monitoring	SBB	Monitoring	Ws Noorderzijlvest
Bantswal (noord)	2			
Bantswal (midden)		1		
Bantswal (zuid)	2	1	1	
Juffrouw Alie	1	2		
De Lasten	1	1		
De Rug	3		1	
Zuidelijke Lob	2	1	1	
Brug Zoutkamp				1
Sluizen Lauwersoog				1
Totaal	11	6	3	2

De wijze waarop de buizen zijn geplaatst is beschreven in het eerste voortgangsrapport (Bijkerk *et al.* 2008). In het eerste voortgangsrapport zijn ook de technische gegevens van de buizen en de boorstaten opgenomen.

Op 23 november 2007 zijn de Divers in de peilbuizen geplaatst en is de meting van start gegaan. Elk kwartaal vindt een controleronde langs deze meetpunten plaats. Hierbij worden de geregistreerde meetgegevens verzameld en de dataloggers op functioneren gecontroleerd. Gedurende de meetperiode van nu ruim twee jaar hebben zich wel defecten aan enkele dataloggers voorgedaan. Het betreft de meetpunten LA3b, RU5a, BW8b en BW9b waar door uitval meetgegevens voor een korte of langere periode ontbreken. De defecte Divers zijn bij constatering voor herstel uitgenomen en na reparatie of vervanging weer zo snel mogelijk teruggeplaatst.

De verzamelde waterstandgegevens zijn weergegeven in bijlage 2. Hierin is het peilverloop van het grond- en oppervlaktewater per meetlocatie grafisch weergegeven. In 2009 zijn aanvullende oppervlaktewatermeetpunten in het Lauwersmeer zelf geplaatst. Deze zijn helaas samen met de

meetgegevens tijdens de strenge winter van 2009/2010 door kruierend ijs verloren gegaan. De oppervlaktewatermeetpunten zullen in de zomer van 2011 worden herplaatst.

#### 4.2 Resultaten meetperiode 23 oktober 2007 – 31 december 2010

Na een meetperiode van ruim drie jaar geeft het grondwaterstandverloop van de meetpunten te zien dat het karakter van het jaarlijkse fluctuatiepatroon nagenoeg dezelfde blijft. Wel vertoont het meetjaar 2010 een wat grilliger verloop van de waterstand in vergelijking met het voorgaande jaar. Binnen het Lauwersmeergebied worden per deelgebied en standplaats wel verschillen in peilverloop waargenomen. Zo wordt een relatief vlak peilverloop gevonden in de Bantswal (bij meetpunt BW8ab) en op De Rug (meetpunten RU3ab en RU5ab). Op de lagere delen van De Rug, de Zuidelijke Lob en het zuidoostelijk deel van de Bantswal is sprake van (geringe) kwel of van intermediaire omstandigheden. Met een gemeten stijghoogteverschil tussen het diepe en ondiepe filter van gemiddeld 8 cm is de overdruk bij meetpunt BW8ab, in de zuidelijk raai van de Bantswal, het grootst. Meer grillig en sterker fluctuerend is het peilverloop bij de meetpunten BW1ab, JA3ab en RU1ab. De invloed van getijdenwerking en de invloed van de Lauwerssluizen komt bij deze nabij voormalige kreken gelegen meetpunten het sterkst in het peilverloop tot uiting. Een relatief vlak verloop van de grondwaterstand met kortdurende, vrij forse peilstijgingen is waarneembaar bij de meetpunten BW9ab, LA3ab, ZL3ab en ZL5ab.

De opgetreden peilfluctuatie is door de uitzakking van de waterstand in het begin van de zomerperiode aanzienlijk, soms oplopend tot ruim 180 cm. Vanaf eind april en begin mei daalt de grondwaterstand bij alle meetpunten gestaag tot beneden 1 m onder maaiveldniveau. Dit heeft tot gevolg dat de ondiepe buisfilters tijdelijk droog vallen. Op het zuidelijk deel van de Bantswal zakt de waterstand het meest diep weg, tot 160 cm beneden maaiveld bij meetpunt BW8ab. In het midden van de Rug (meetpunt RU3ab) is de uitzakking het meest gering met een daling tot bijna 1 m beneden maaiveld. Vanaf begin juli is in het gehele gebied weer een vrij snelle stijging van de grondwaterstand waarneembaar tot nabij of aan maaiveldniveau. Later in het jaar vinden nog wel enkele tijdelijke dalingen plaats, maar die zijn doorgaans met een uitzakking van 50 tot 75 cm beneden maaiveld minder sterk en langdurig te noemen. Bij het terreintje van Juffrouw Alie, De Lasten en De Rug is het niveau van de maximale uitzakking voor 2010 licht toegenomen in vergelijking tot 2008 en 2009.

Het westelijk deel van De Rug (meetpunt RU5ab) laat over de jaren een dalende tendens van het diepere grondwater zien. In 2007 was er nog sprake van lichte kwel, anno 2010 is dit omgeslagen in een inzijgingssituatie.

Enkele kentallen van de tot nu toe verzamelde meetgegevens van de peilbuizen gebruikt voor monitoring zijn in tabel 4-2 weergegeven. Door droogval van de waterstand beneden een niveau van 60 cm –mv, ontbreken de waarden voor de ondiepe filters (A) in dit overzicht.

Tabel 4-2 - Overzicht kentallen meetreeksen monitoring peilbuizen Lauwersmeer (periode t/m eind december 2010).

peilbuis	BW1A	BW1B	BW3A	BW3B	BW6A	BW6B	BW9A	BW9B	JA3A	JA3B	LA3A	LA3B	RU1A	RU1B	RU3A	RU3B	RU5A	RU5B	ZL3A	ZL3B	ZL5A	ZL5B
gem. waterstand (cm NAP)	-	-23	-	-58	-	-37	-	-82	-	-77	-	-182	-	-72	-	-5	-	-44	-	-90	-	-72
gem. waterstand (cm -mv)	-	54	-	17	-	25	-	32	-	36	-	21	-	33	-	19	-	40	-	26	-	28
hoogste waterstand (cm NAP)	-	33	-	4	-	4	-	0	-	-41	-	-97	-	-3	-	18	-	-2	-	-3	-	-6
laagste waterstand (cm NAP)	-	-117	-	-153	-	-177	-	-184	-	-148	-	-283	-	-140	-	-79	-	-126	-	-187	-	-164
peilfluctuatie (cm)	-	150	-	149	-	181	-	185	-	107	-	186	-	137	-	98	-	124	-	184	-	158
type grondwaterbeweging	intermediair		inzijging		kwel		geringe kwel		intermediair		intermediair		intermediair		inzijging		inzijging		inzijging		intermediair	

Per meetlocatie zijn ook waarden voor de GXG's berekend, te weten de grondwaterstandkarakteristieken gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG). Hieruit is ook de bijbehorende grondwatertrap afgeleid. In tabel 4-3 zijn de waarden voor deze kentallen weergegeven zoals ze met behulp van het tijdreeksanalyseprogramma Menyanthes (Von Asmuth *et al.* 2005) zijn berekend. Deze waarden zijn zowel voor de monitoring-peilbuizen als reeds bestaande, aanvullende peilbuizen van Staatsbosbeheer berekend en weergegeven. In bijlage 3 worden de durlijnen van het grondwaterstandverloop van de meetpunten weergegeven.

Tabel 4-3 - Overzicht grondwaterkarakteristieken GXG voor 2010.

Meetreeks	BW1B	BW3B	B011B	B013B	BW8B	BW9B	B008	JA3B	B010	B003	LA3B	RU1B	RU3B	RU5B	B005	ZL3B	ZL5B
GHG (cm -mv)	2	-12	24	-	-8	-	3	6	4	0	-	0	-2	21	-	-11	-4
GVG (cm -mv)	38	-3	34	-	5	-	37	31	30	27	-	35	6	26	-	14	13
GLG (cm -mv)	123	83	120	-	129	-	92	66	66	100	-	72	64	95	-	96	91
Grondwatertrap	V	III	III	-	V	-	III	II	II	III	-	II	II	III	-	III	III

(Door hiaten in de meetreeksen ontbreken de gegevens van meetpunt B005, B013b, LA3b en BW9b)

De GXG-waarden laten zien dat zich op de Bantswal de grootste peilfluctuaties voordoen. Van alle deelgebieden heeft dit terrein tevens het sterkste hoogteverloop. Het terreintje van Juffrouw Alie en de De Rug laten de kleinste peilfluctuaties zien. De hoogste waterstanden en meest langdurige inundaties doen zich voor in de Zuidelijke Lob en de lager gelegen delen van de Bantswal. Dit is ook duidelijk te zien aan het verloop van de berekende durlijnen (bijlage 3). In vergelijking met voorgaande jaren was de de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) in 2010 over het algemeen (iets) lager en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) juist hoger.

#### 4.3 Grondwaterregime en modellering

Met behulp van tijdreeksanalyse (Menyanthes, zie: Asmuth *et al.* 2005) zijn de meetreeksen van de grondwaterstand per meetpunt doorgerekend. Voor alle grondwaterreeksen is een lineair tijdreeksmodel gemaakt met neerslag en verdamping (zie bijlage 4 voor overzicht jaargegevens) als verklarende factoren. Ook het peilverloop van het oppervlaktewater in het Lauwersmeer (meetpunten Brug Zoutkamp en Sluizen Lauwersoog) is aanvullend als verklarende factor gebruikt bij de uitgevoerde modellering. Doorgaans wordt er van uitgegaan dat bij een verklaarde variantie van meer dan 70% er is sprake van een redelijk tot goed geslaagde modellering.

Bij de gemodelleerde grondwatermeetreeksen van de meetpunten in het Lauwersmeergebied is de verklaarde variantie voldoende, gemiddeld 80 à 85%. In tabel 4-4 zijn de modelresultaten weergegeven. Het toevoegen van een factor voor niet-lineariteit vanwege oppervlakkige afstroming voor grondwaterstanden boven maaiveld, geeft voor de meeste meetpunten de beste modelresultaten met het hoogste percentage verklaarde variantie en de kleinste waarde voor de FPE (Final Prediction Error), een maat voor de modelkwaliteit volgens de theorie van Akaike. In vergelijking tot de voorgaande rapportage

is het percentage verklaarde variantie enigszins toegenomen met een paar procenten, waarbij de FPE in de regel ook iets kleiner is geworden. Dit komt door de langere meetreeks.

Tabel 4-4 - Overzicht resultaten modellering grondwatermeetreeksen in Menyanthes.

Verklaarde variantie (in %) en FPE (schuingedrukt) per meetpunt voor de gebruikte invloedsfactoren:

Meetreeks	BW1B	BW3B	B011B	B013B	BW8B	BW9B	B008	JA3B	B010
Prec + Evap	88,1 0,017	86,3 0,018	71,8 0,035	88,3 0,063	77,4 0,029	82,5 0,024	81,7 0,023	81,4 0,010	74,3 0,017
Prec + Evap + Niet Lineariteit	92,9 0,014	93,4 0,011	84,3 0,022	92,0 0,048	94,6 0,014	92,8 0,015	81,2 0,025	78,6 0,010	78,2 0,015
Prec + Evap + Opp.waterpeil	89,5 0,017	86,6 0,020	79,4 0,040	90,4 0,064	80,9 0,036	83,5 0,027	88,3 0,020	83,4 0,010	75,1 0,021
Prec + Evap + Opp.wp + Lin.trend	89,5 0,018	86,8 0,020	79,4 0,041	90,4 0,065	80,9 0,036	83,6 0,028	88,7 0,020	84,0 0,010	75,1 0,022

Meetreeks	B003	LA3B	RU1B	RU3B	RU5B	B005	ZL3B	ZL5B
Prec + Evap	77,5 0,031	71,8 0,027	87,2 0,010	79,5 0,013	78,2 0,013	61,9 0,043	81,3 0,026	86,0 0,017
Prec + Evap + Niet Lineariteit	84,7 0,023	88,9 0,012	80,1 0,014	89,4 0,007	92,4 0,006	80,1 0,025	87,1 0,022	91,8 0,013
Prec + Evap + Opp.waterpeil	85,6 0,031	70,9 0,030	88,3 0,010	80,0 0,012	78,6 0,014	74,0 0,057	82,2 0,029	86,8 0,018
Prec + Evap + Opp.wp + Lin.trend	85,3 0,032	71,0 0,031	88,7 0,010	80,3 0,012	82,1 0,014	74,6 0,058	82,2 0,029	86,8 0,018

Naar verwachting is het meerpeil van invloed op de grondwaterstanden. Bij bodemdaling kan worden verwacht dat - gecorrigeerd voor neerslag, verdamping en meerpeil - de grondwaterstand hoger wordt en er een (lineaire) trend aanwezig is. Om te vergelijken of toevoeging van het meerpeil en/of een lineaire trend als verklarende variabelen een beter model oplevert, kan in Menyanthes alleen met een lineair model worden gewerkt. Het model met de laagste FPE is van de drie lineaire modellen dan het beste (c.q. minimaal adequate) model. Uit tabel 4-4 blijkt dit doorgaans het model te zijn met alleen neerslag en verdamping als verklarende variabelen. Toevoeging van een lineaire trend (in combinatie met meerpeil) levert alleen bij B008, JA3b, RU1b en RU3b een iets beter model op zoals de vorige modellering (Bijkerk *et al.* 2010) ook al heeft aangetoond. De berekende lineaire trend is echter soms positief (B008 in De Lasten, JA3b) en soms negatief (RU1b, RU1a). Bovendien zijn dit net de gebiedsdelen zijn waar de bodemdaling het geringst is, zodat een relatie met bodemdaling niet waarschijnlijk is.

## Conclusies

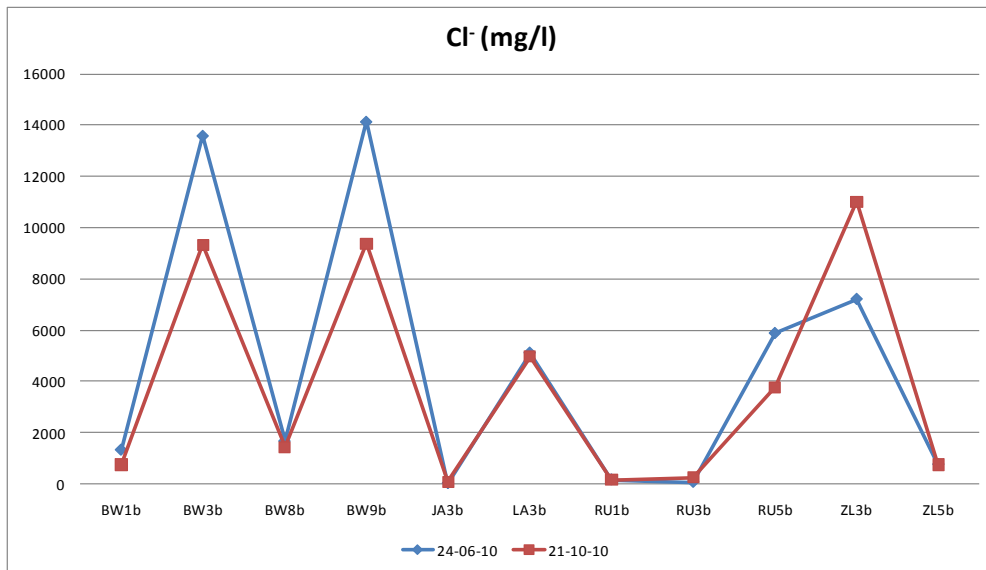
Het grondwaterstandsverloop wordt voornamelijk bepaald door neerslag en verdamping. In enkele gevallen levert toevoeging van een lineaire trend, in combinatie met het oppervlaktewaterpeil van het Lauwersmeer, een iets beter model op. Een relatie tussen grondwaterstandsverloop en bodemdaling is daardoor niet aannemelijk.

## 4.4 Grondwaterkwaliteit

Na 2008 is de waterkwaliteit van het grondwater in 2010 opnieuw op twee momenten bepaald. De 11 geplaatste grondwaterpeilbuizen zijn op 24 juni en 21 oktober bemonsterd en door de Radboud Universiteit Nijmegen (B-Ware) geanalyseerd op de belangrijkste chemische parameters. De analyseresultaten zijn in bijlage 5 in tabelvorm weergegeven. De bemonstering van oktober vond plaats in een relatief natte periode, de bemonstering van juni in een drogere periode waardoor de ondiepe buisfilters door droogval niet konden worden bemonsterd.

### 4.4.1 Variatie tussen zomer- en najaar

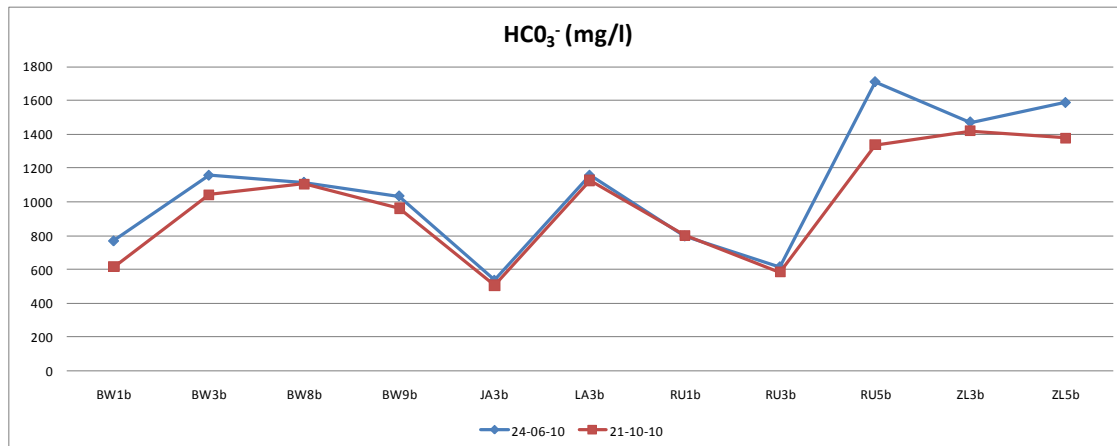
De analyseresultaten geven voor beide bemonsteringsdata vergelijkbare resultaten te zien. De chloridegehalten geven voor de bemonstering in juni iets hogere waarden te zien door het effect van indamping, hetgeen ook resulteert in een hogere waarde voor het elektrisch geleidend vermogen (EGV). Dit effect was in 2008 ook al merkbaar.



Figuur 4-1 - Chloride-gehalte per monsterlocatie voor bemonstering in juni en oktober 2010.

De aangetroffen chloridegehalten (figuur 4-2) zijn voor de meetpunten op de Bantswal het hoogst (tussen de 5.000 en 10.000 mg Cl<sup>-</sup> l<sup>-1</sup>). Met name bij de meetpuntlocaties BW3 en BW9 (beide vegetatietype Zp) is zowel het grondwater tot op 60 cm beneden maaiveld als tot op 200 cm beneden maaiveld geclassificeerd als matig brak (3.000 - 10.000 mg Cl<sup>-</sup> l<sup>-1</sup>), in de droge perioden toenemend tot sterk brak of zout (meer dan 10.000 mg Cl<sup>-</sup> l<sup>-1</sup>). Ook het wat diepere grondwater bij de Lasten (LA3, vegetatietype Dv) en het lager gelegen midden van de Zuidelijke lob (ZL3, vegetatietype Oa) is matig brak. De oktoberbemonstering laat bij dit meetpunt zelfs sterk brakke omstandigheden zien. Mogelijk is dit een fossiel bodemaspect, zoals ook uit het zoutprofiel van de bodem op deze locatie is op te maken (Bijkerk *et al.* 2008).

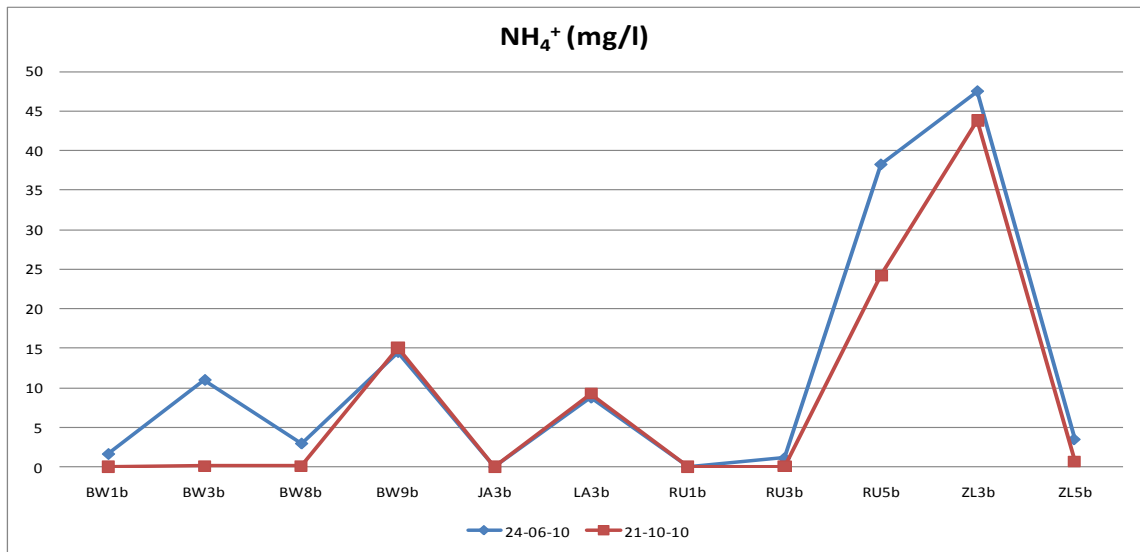
Licht brak (1.000 - 3.000 mg Cl<sup>-</sup> l<sup>-1</sup>) zijn de omstandigheden bij meetpunt LA3 (vegetatietype Dv) in de Lasten, midden zuidelijk op de Bantswal (BW8, vegetatietype Oa) en het diepe filter (b) bij meetpunt RU5 (eveneens vegetatietype Oa) in het laaggelegen westelijk deel van de Rug. Het wat diepere grondwater bij het meest westelijk op de Zuidelijke lob gelegen meetpunt ZL5 (vegetatietype Oo) is zwak brak (300 - 1.000 mg Cl<sup>-</sup> l<sup>-1</sup>), evenals het diepere grondwater op het hoog gelegen noordelijk deel van de Bantswal (meetpunt BW1, vegetatietype Dv). Bij de overige meetpunten op de Rug, de Zuidelijke lob en het Terreintje van Juffrouw Alie (zowel ondiep als iets dieper) is er sprake van zoet tot zeer zoet grondwater (< 300 mg Cl<sup>-</sup> l<sup>-1</sup>).



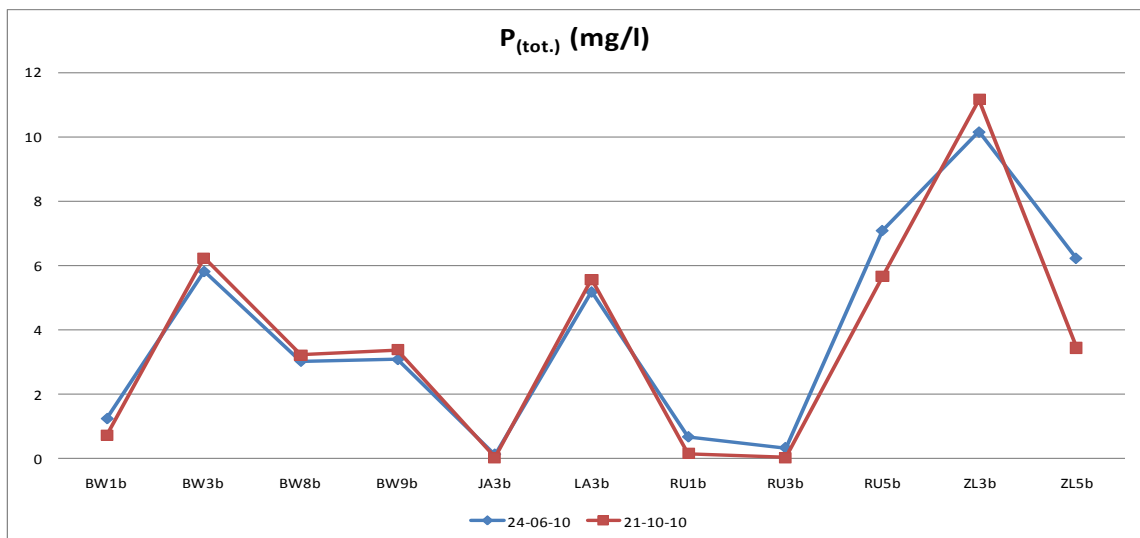
Figuur 4-2 - Bicarbonaat-gehalte per monsterlocatie voor bemonstering in juni en oktober.

In de gebiedsdelen Bantswal, de Rug en de Zuidelijke lob zijn relatief hoge waarden voor Calcium (200 tot meer dan 400 mg  $\text{Ca}^{2+}$  l<sup>-1</sup>) en bicarbonaat (variërend van 600 tot meer dan 1500 mg  $\text{HCO}_3^-$  l<sup>-1</sup>) gemeten. De in 2010 gemeten waarden zijn overeenkomstig, ook met de bepalingen uit 2008. Als deze worden vergeleken met de grondwaterkarakteristieken uit tabel 4-2, dan blijkt dit niet uitsluitend aan kwel gerelateerd te zijn. In de eerste voortgangsrapportage is op basis van kalkprofielen van de bodem geconcludeerd dat de bodem over het gehele profiel kalkrijk is (Bijkerk *et al.* 2008). De hoge kalkgehalten in het grondwater vinden waarschijnlijk in eerste instantie hun het kalkrijke moedermateriaal.

De trofiegraad blijft ook in 2010 over het algemeen matig hoog. Bij enkele monsterpunten, zoals op de Zuidelijke Lob bij meetpunt ZL3b (vegetatietype Oa) en op De Rug (RU5b, eveneens vegetatietype Oa), worden relatief hoge stikstofwaarden gevonden (10 - 50 mg  $\text{NH}_4^+$  l<sup>-1</sup>). Ook is het fosfaatgehalte hier vrij hoog (3 - 6 mg P l<sup>-1</sup>). Sterk eutrofe omstandigheden (hoge N- en P-waarden) worden aangetroffen bij de meetpunten Bantswal BW3ab, BW8b en BW9b (resp. vegetatietype Zp, Oa en Zp), maar ook op de Rug bij RU5b (vegetatietype Oa), op de Zuidelijke lob bij ZL3b (vegetatietype Oa) en de Lasten bij meetpunt LA3b (vegetatietype Dv). Op de Rug is het ondiep bemonsterde grondwater bij de meetpunten RU1a en RU3a (beide vegetatietype Dv) zwak eutroof te noemen, evenals het wat diepere grondwater bij meetpunt JA3b (Terreintje van Juffrouw Alie, vegetatietype Dv). Mesotrofe omstandigheden (N en P arm) zijn alleen gevonden voor het ondiepe grondwater van meetpunt JA3a (vegetatietype Dv).



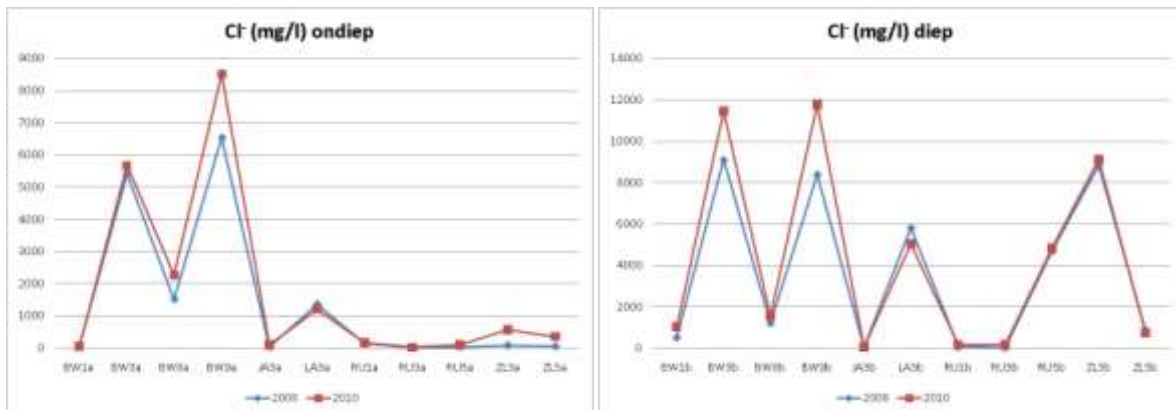
Figuur 4-3 - Ammoniumgehalte per monsterlocatie.



Figuur 4-4 – Totaal Fosfaatgehalte per monsterlocatie.

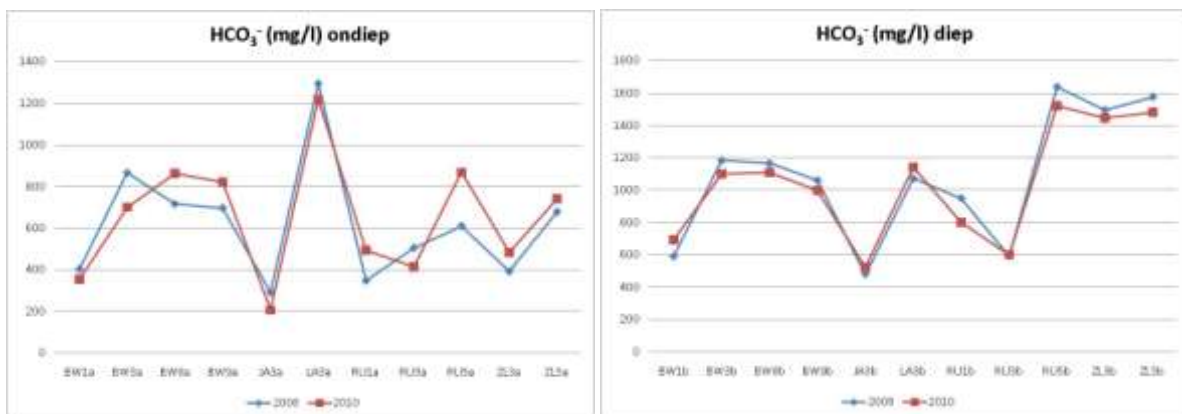
#### 4.4.2 Verschillen tussen 2008 en 2010

Uit bijlage 5 blijken de verschillen tussen 2008 en 2010 gering te zijn. In figuren 4-6 en 4-7 is voor de ondiepe en diepe buizen afzonderlijk grafisch een vergelijking tussen beide jaren gegeven voor de gehalten aan chloride en aan bicarbonaat.



Figuur 4-6 –Chloridegehalte van de monsterlocaties in 2008 en 2010 voor de ondiepe (links) en de diepere buizen (rechts).

Voorop de Bantswal lijkt het chloride gehalte licht toegenomen te zijn. Voor de diepere buizen is het verschil tussen beide jaren in de junireeks iets groter dan in de reeks van oktober (niet in de figuur weergegeven). Het neerslagoverschot is in 2010 echter ook geringer dan in 2008 (zie bijlage 4), hetgeen de verschillen mogelijk verklaard.

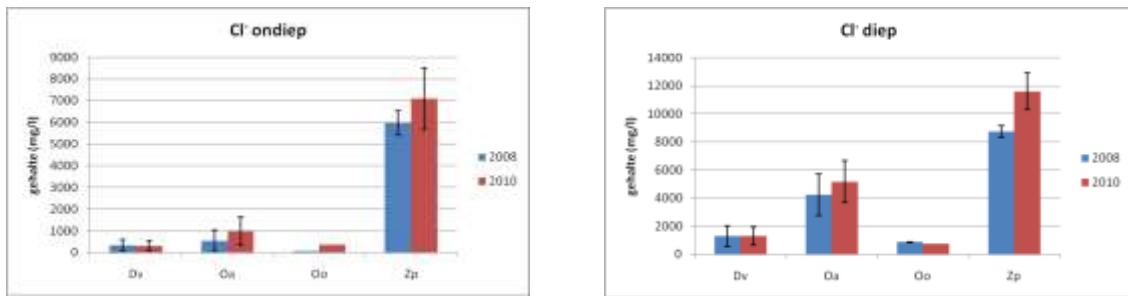


Figuur 4-7 –Gehaltes bicarbonaat van de monsterlocaties in 2008 en 2010 voor de ondiepe (links) en de diepere buizen (rechts).

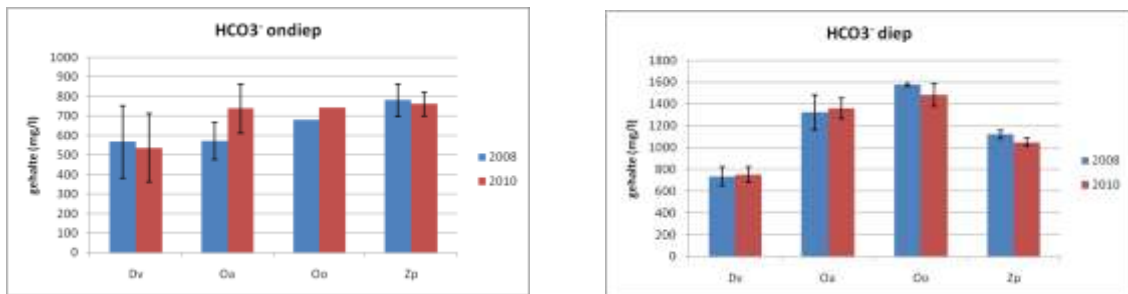
In de diepere buizen blijkt de het bicarbonaatgehalte in 2008 nauwelijks te verschillen van dat uit 2010. De ondiepere buizen laten wel een klein verschil zien, waarbij doorgaans het bicarbonaatgehalte in 2010 iets hoger is dan in 2008.

Indien we chloride en bicarbonaatgehaltes samen vatten per vegetatietype (figuren 4-8 en 4-9), dan vallen de verschillen tussen de vegetatietypen op evenals de verschillen tussen het ondiepe en diepere grondwater. Het diepere grondwater heeft beduidend hogere chloridegehaltes dan het ondiepe grondwater. Tussen de jaren is er wel enig verschil, maar deze is altijd kleiner dan 2 S.E. en daarmee waarschijnlijk niet significant (niet getoetst).





Figuur 4-8 –Chloridegehalte van de monsterlocaties in 2008 en 2010 voor de ondiepe (links) en de diepere buizen (rechts), samengevat per vegetatietype. Dv=Duinvalleivegetaties; Oa=Overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromingsgraslanden; Zp=Zilte pioniervegetaties. Foutenbalken komen overeen met 1 S.E. Let op de schaal van de y-as verschilt tussen linker- en rechterfiguur.



Figuur 4-9 –Bicarbonaatgehalte van de monsterlocaties in 2008 en 2010 voor de ondiepe (links) en de diepere buizen (rechts), samengevat per vegetatietype. Dv=Duinvalleivegetaties; Oa=Overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromingsgraslanden; Zp=Zilte pioniervegetaties. Foutenbalken komen overeen met 1 S.E. Let op de schaal van de y-as verschilt tussen linker- en rechterfiguur.

Het bicarbonaatgehalte van het ondiepe grondwater verschilt weinig tussen de vegetatietypen. In het diepere grondwater is het bicarbonaatgehalte van duinvalleivegetaties lager dan dat van de overige vegetatietypen. Ook hier geldt dat de verschillen tussen beide meetjaren gering zijn: minder dan 2 S.E. en daarmee waarschijnlijk niet significant (niet getoetst).

#### 4.4.3 Conclusies

De verschillen in gemeten chemische parameters in het grondwater verschillen slechts weinig tussen beide meetjaren (2008 en 2010). Wel lijken de chloridegehalten in 2010 iets hoger te zijn, maar dit is mogelijk een effect van het drogere jaar. Het chloridegehalte is in het ondiepere grondwater beduidend lager dan van het diepere grondwater. 's Zomers zal door capillaire opstijging zout naar ondiepere bodemlagen worden getransporteerd, vooral in de zavelige bodem van de Bantswal. Hier treffen we ook het merendeel van de zilte pioniervegetaties aan. Het kalkgehalte van het grondwater is hoog, vermoedelijk als gevolg van het hoge kalkgehalte van de bodem. Met name op de Zuidelijke lob, langs de plaatrand van De Rug en op de Bantswal is ook het bicarbonaatgehalte relatief hoog. Dit bicarbonaatgehalte is in het diepere grondwater bij duinvalleivegetaties lager dan bij andere vegetaties. De voedselrijkdom is met name op de Bantswal en langs de plaatranden soms hoog. Het betreft hier vegetatietypen met zilte soorten (zilte pioniervegetaties en overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver). Hier is echter geen sprake van productief ogende vegetaties, waarschijnlijk door het hogere zoutgehalte. Vreemd genoeg heeft echter ook het grondwater in de Lasten (La3; duinvalleivegetatie) een wat hoger totaal fosfaatgehalte.



## 5 Literatuur

---

- Asmuth, J.R. von, K. Maas en M. Knotters 2005. Handleiding Menyanthes versie 1.6. Kiwa projectnr. 305547050, KIWA water research, Nieuwegein.
- Beemster, N & W. Bijkerk 2006. Natuurwaarden in het Lauwersmeergebied en mogelijke effecten van bodemdaling door gaswinning. A&W-rapport 703. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Veenwouden.
- Bijkerk, W. 2007. Evaluatie hydrologisch meetnet De Mieden. A&W-rapport 932. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Veenwouden.
- Bijkerk, W., R. Bakker & R. Buijs 2008. Monitoring effecten bodemdaling in de Lauwersmeer. Eerste voortgangsrapportage (2007/2008). A&W-rapport 1123. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Veenwouden.
- Bijkerk, W., R. Buijs & R. Bakker 2009. Monitoring effecten bodemdaling op vegetatie in de Lauwersmeer. Tweede voortgangsrapportage (2008/2009). A&W-rapport 1241. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Veenwouden.
- Bijkerk, W., R. Buijs & J.E. Plantinga 2010. Monitoring effecten bodemdaling in de Lauwersmeer. Derde voortgangsrapportage (2009/2010). A&W-rapport 1451. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Veenwouden.
- Crawley M.J. 2002. Statistical computing. An introduction to Data Analysis using S-plus. 735 pp. Wiley & Sons, Chisester, UK.
- Dobben, H. van & P. Slim 2005. Evaluation of changes in the dunes and upper salt marsh at Ameland East. Ecological effects of gas extraction.
- Nederlandse Aardolie Maatschappij 2007. Winning Waddengas vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Monitoringsprogramma 2007 – 2012. NAM documentnr. EP20070101533. NAM, Assen.
- Schaminée, J. E.J. Weeda & V. Westhoff 1995. De vegetatie van Nederland. Deel 1. Inleiding tot de plantensociologie – grondslagen, methoden en toepassingen. Opulus Press. Leiden.
- Van der Veen K., W. Bijkerk & M. Brongers 2005. De Vegetatie van de Lauwersmeer in 2004. A&W-rapport 572. Altenburg & Wymenga, ecologisch onderzoek bv, Veenwouden



## **Bijlage 1    Permanente kwadranten 2007-2010**

---













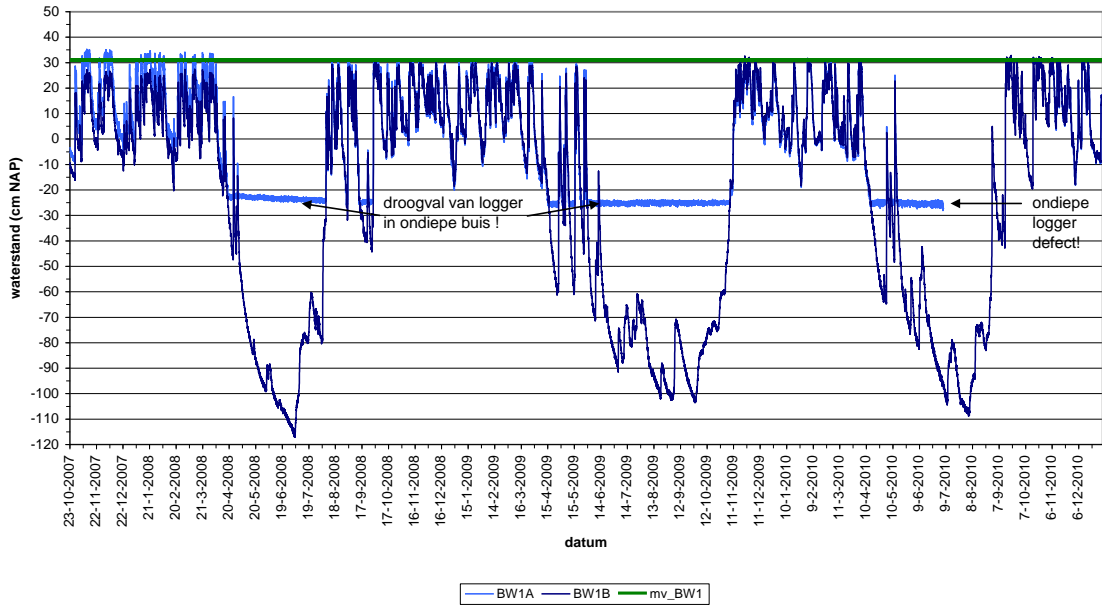




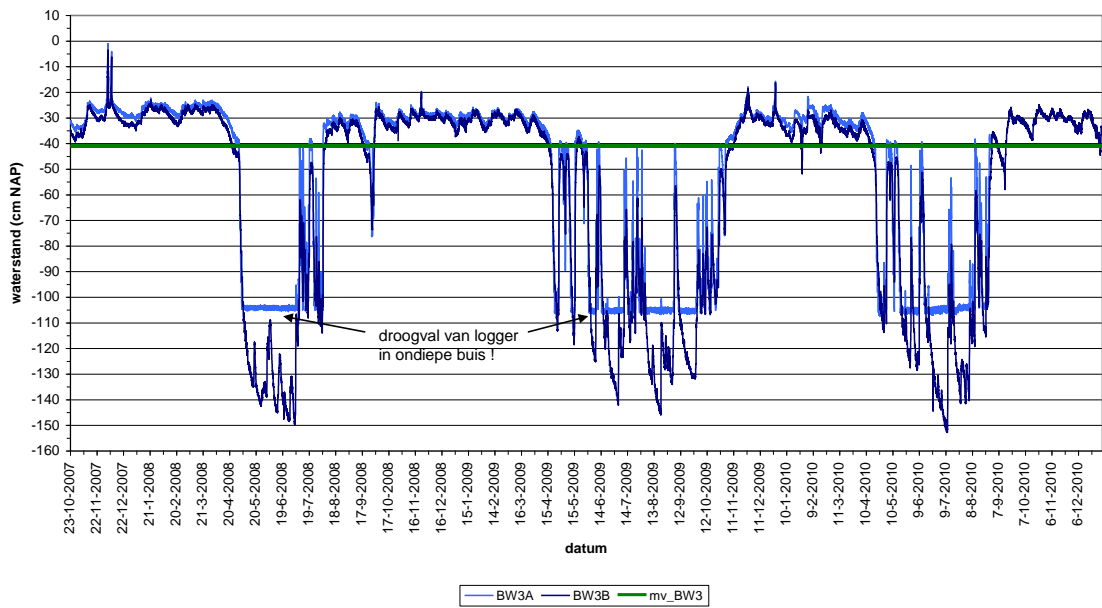


## Bijlage 2 Waterstanden t/m 2010

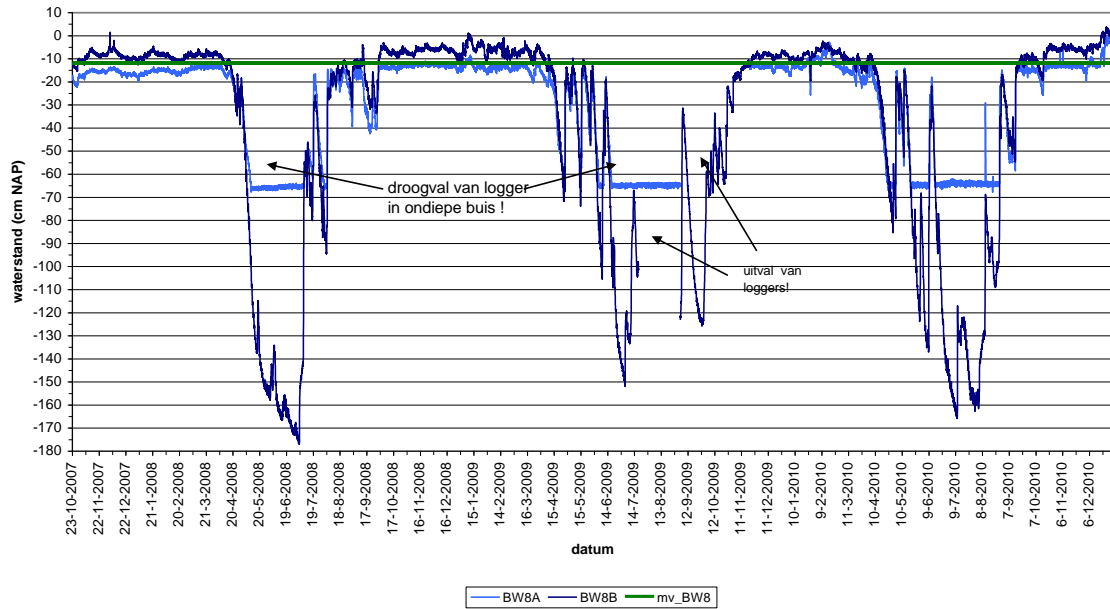
Lauwersmeer (Bantswal) - meetreeks in cm NAP



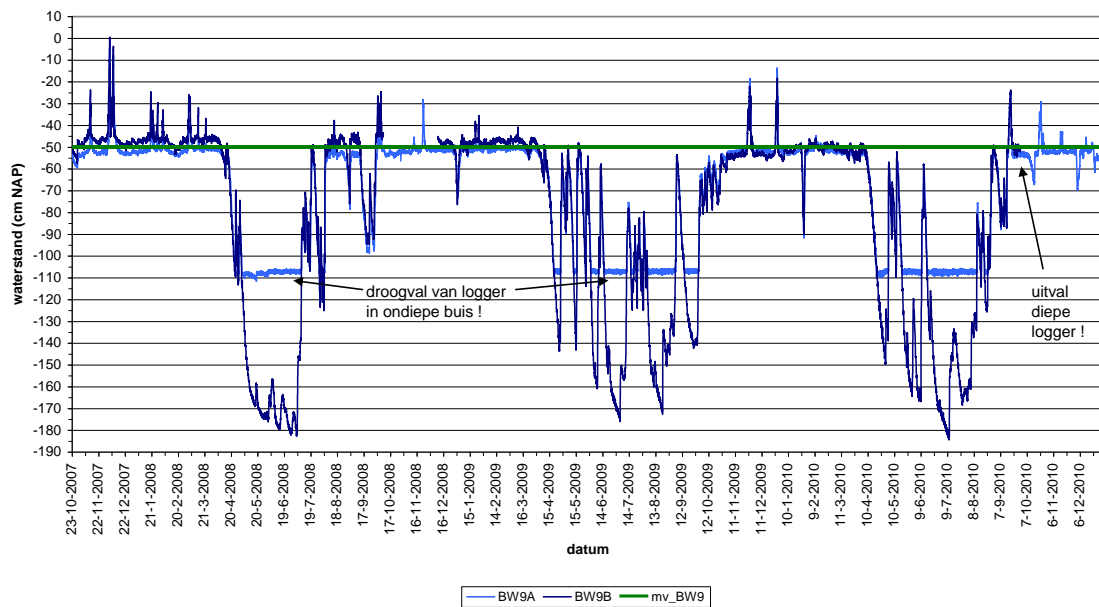
Lauwersmeer (Bantswal) - meetreeks in cm NAP



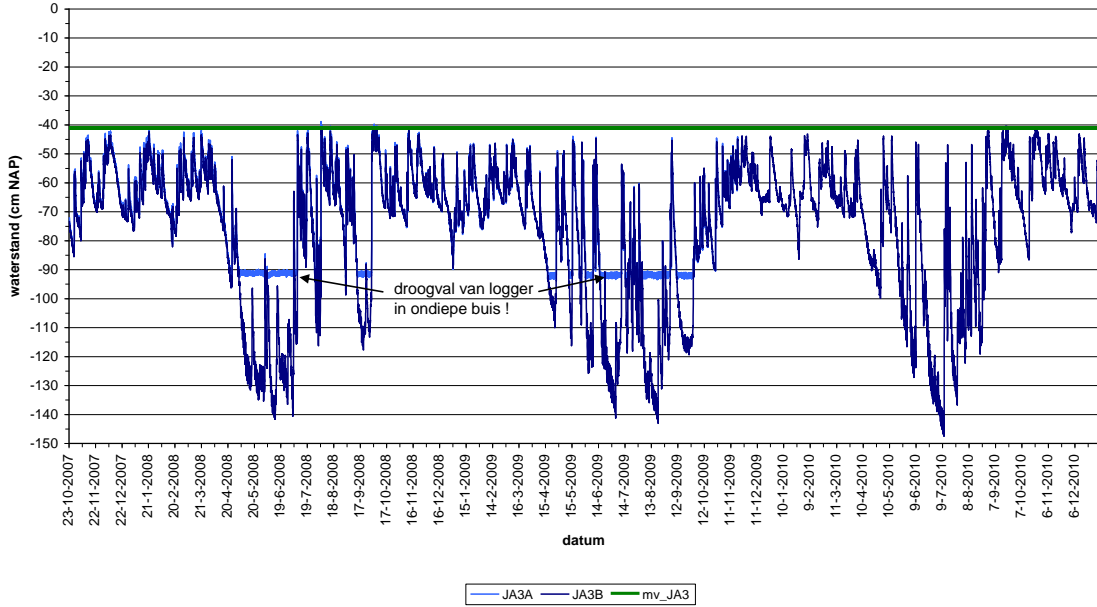
Lauwersmeer (Bantswal) - meetreeks in cm NAP



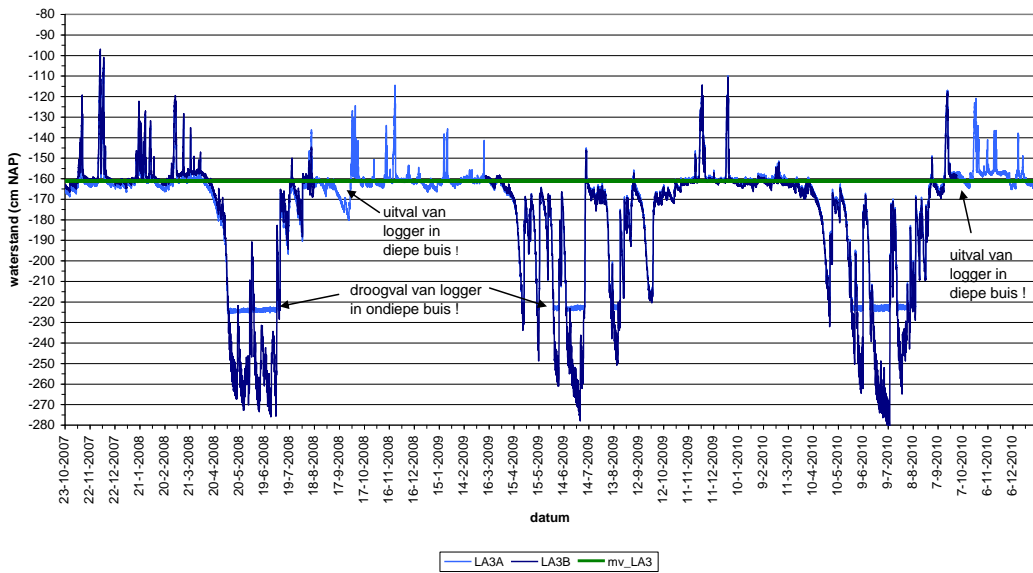
Lauwersmeer (Bantswal) - meetreeks in cm NAP



Lauwersmeer (terrein van Juffrouw Alie) - meetreeks in cm NAP

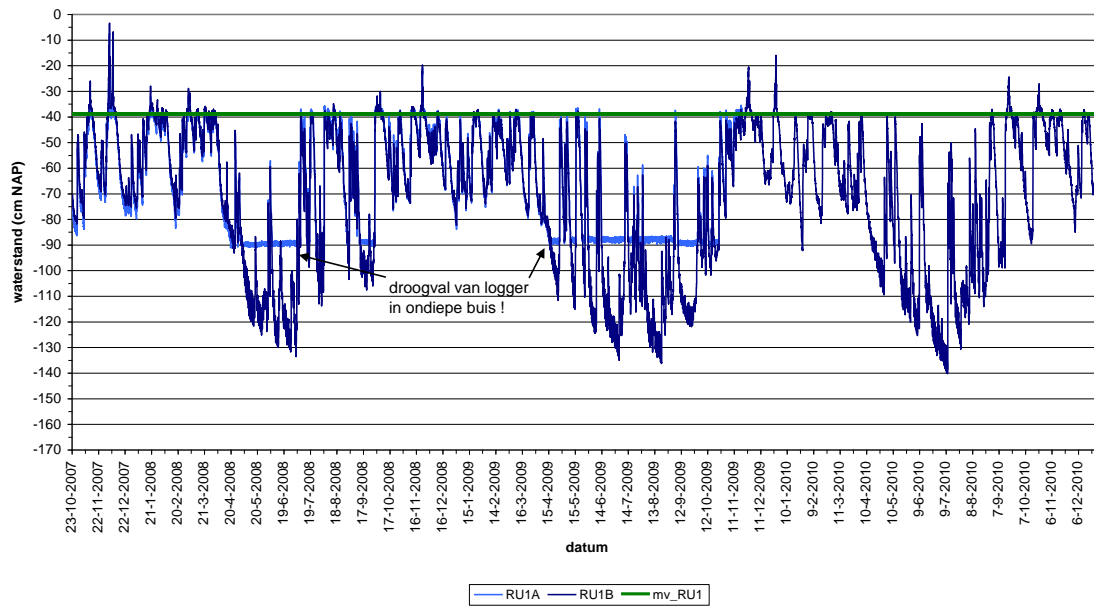


Lauwersmeer (De Lasten) - meetreeks in cm NAP

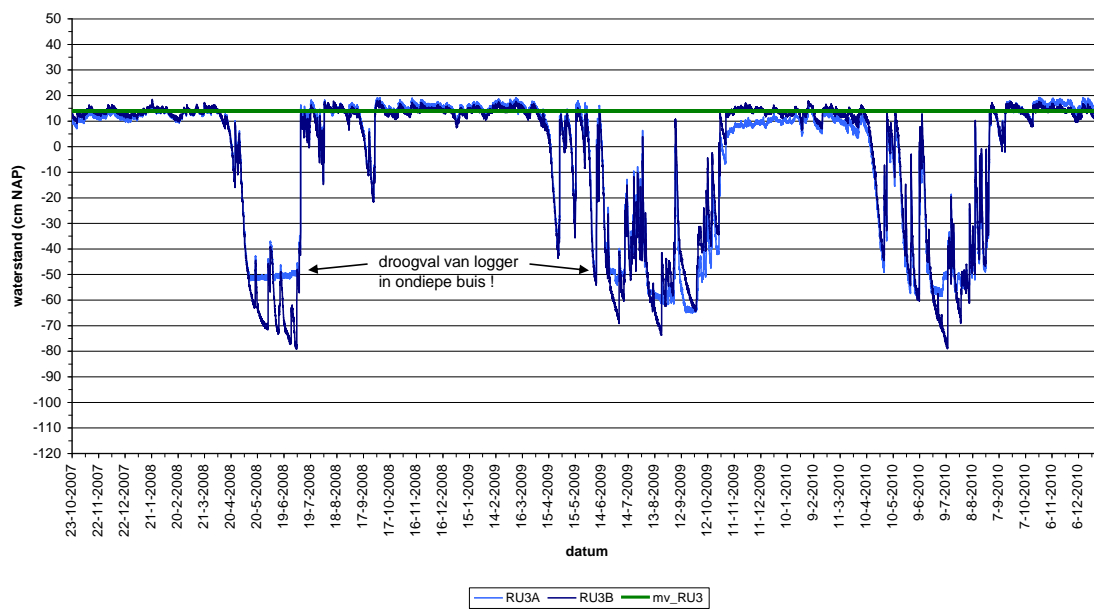




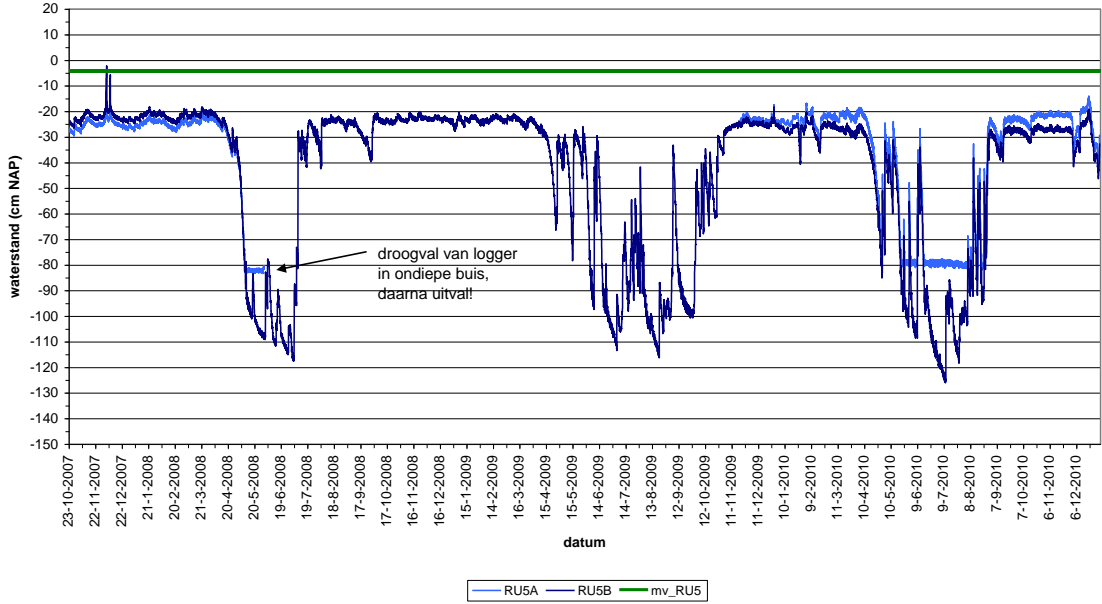
Lauwersmeer (De Rug) - meetreeks in cm NAP



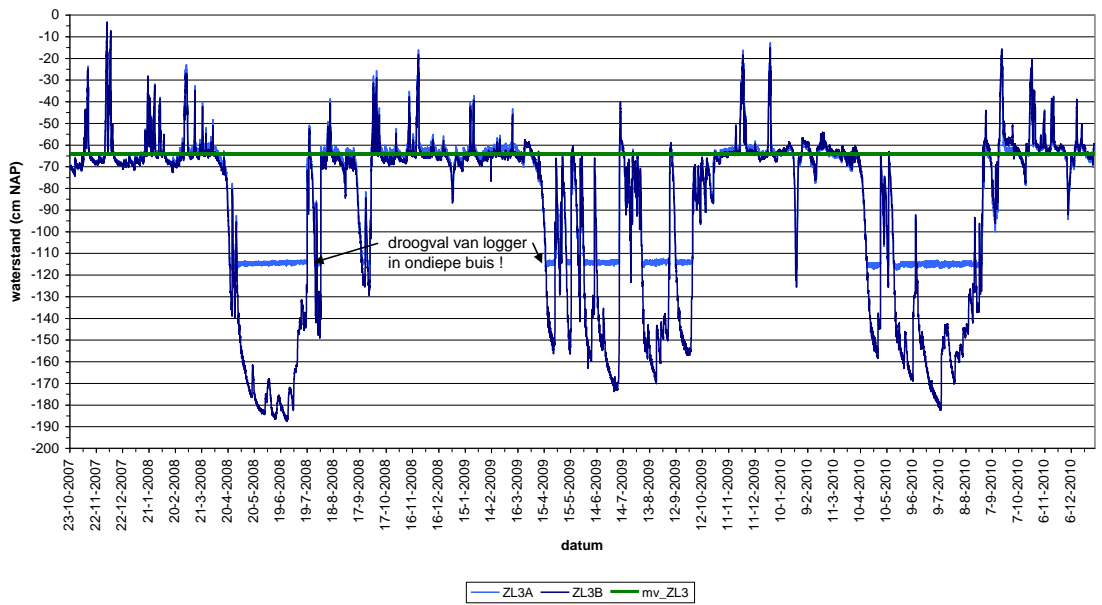
Lauwersmeer (De Rug) - meetreeks in cm NAP



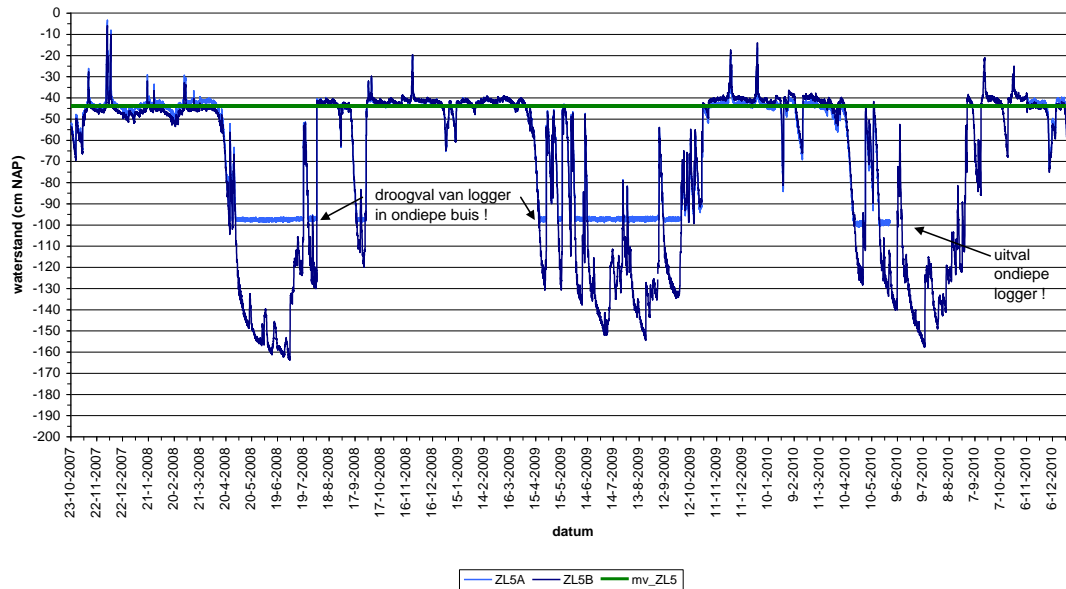
Lauwersmeer (De Rug) - meetreeks in cm NAP



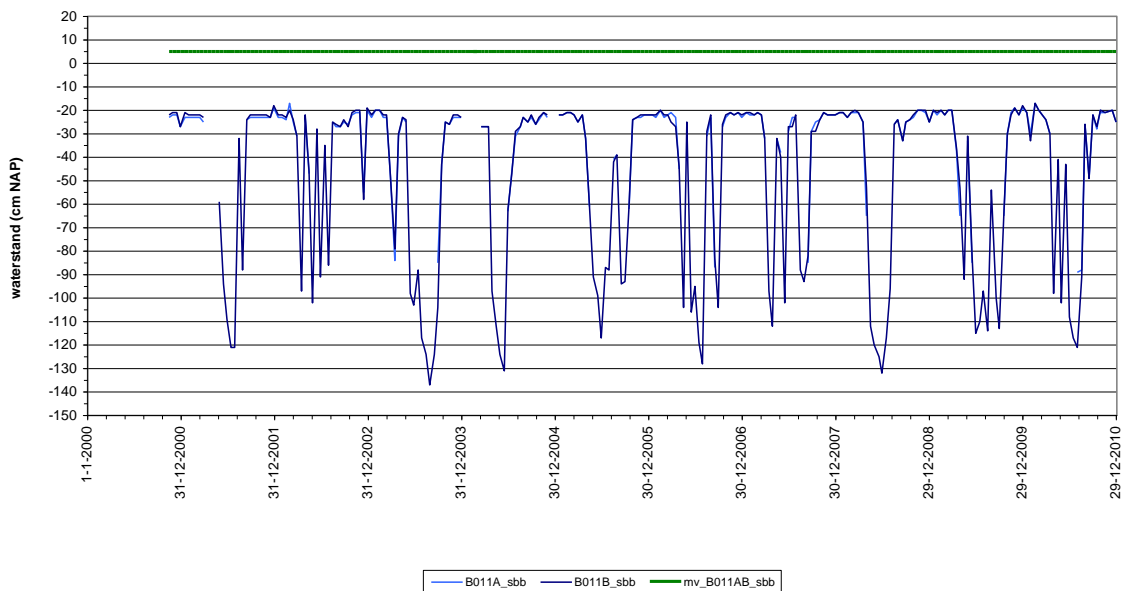
Lauwersmeer (Zuidelijke Lob) - meetreeks in cm NAP



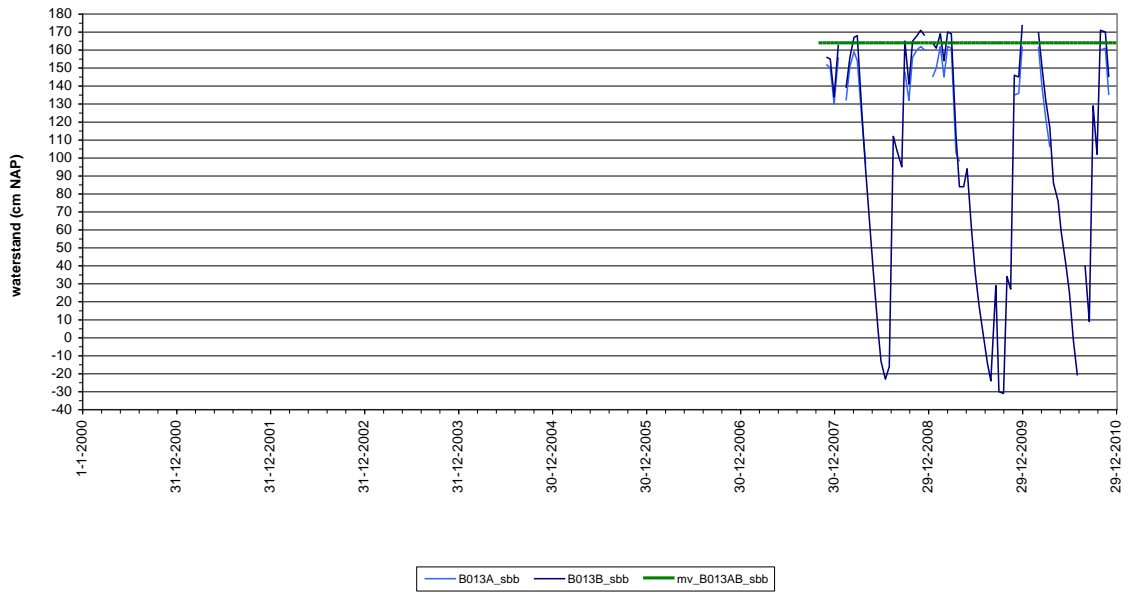
Lauwersmeer (Zuidelijke Lob) - meetreeks in cm NAP



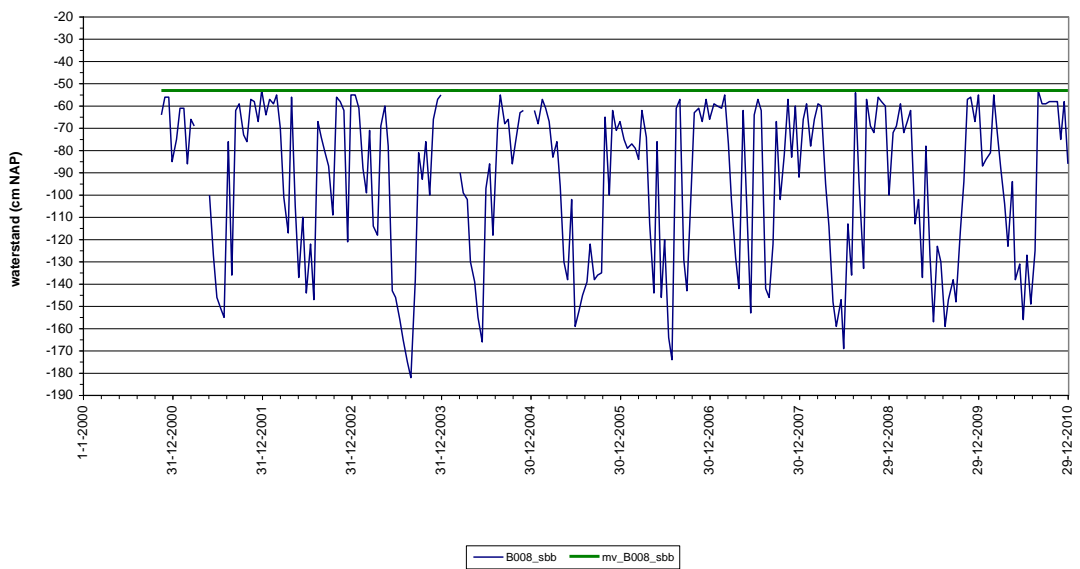
Lauwersmeer SBB (Bantswal) - meetreeks in cm NAP



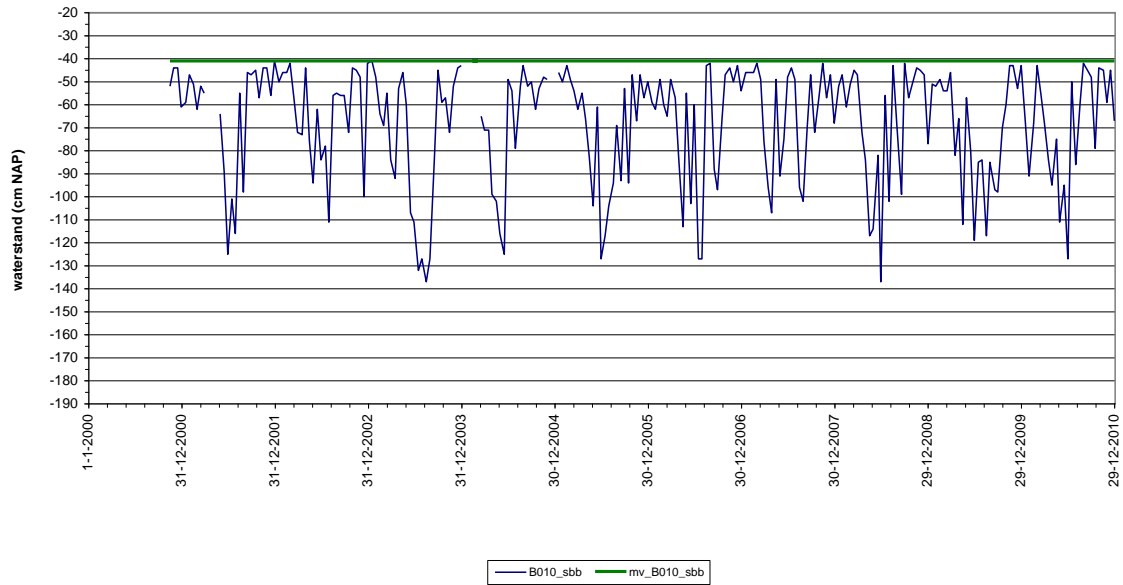
Lauwersmeer SBB (Bantswal) - meetreeks in cm NAP



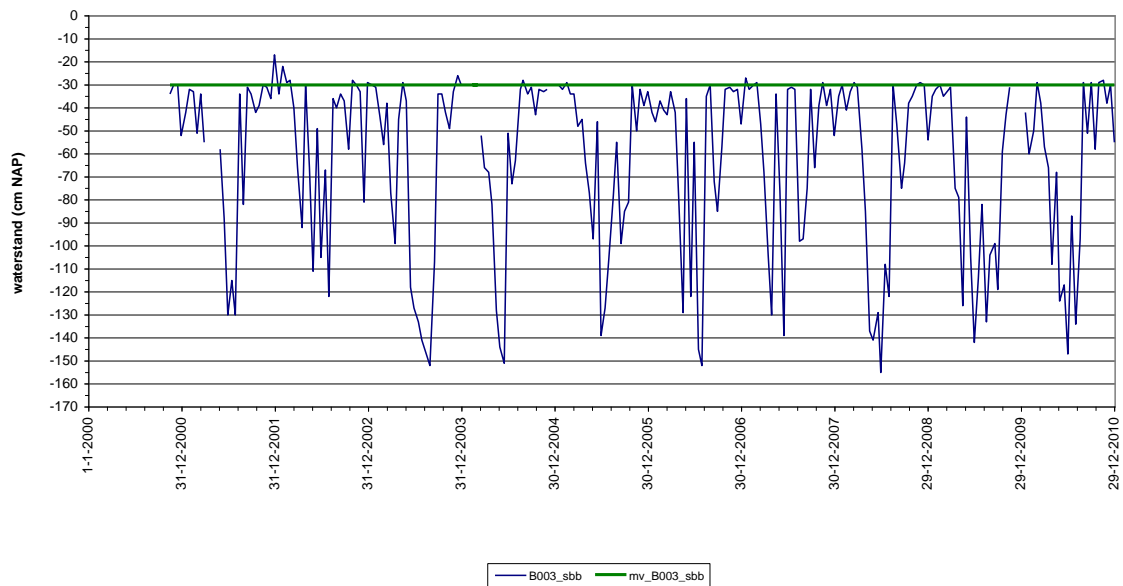
Lauwersmeer SBB (terrein van Juffrouw Alie) - meetreeks in cm NAP



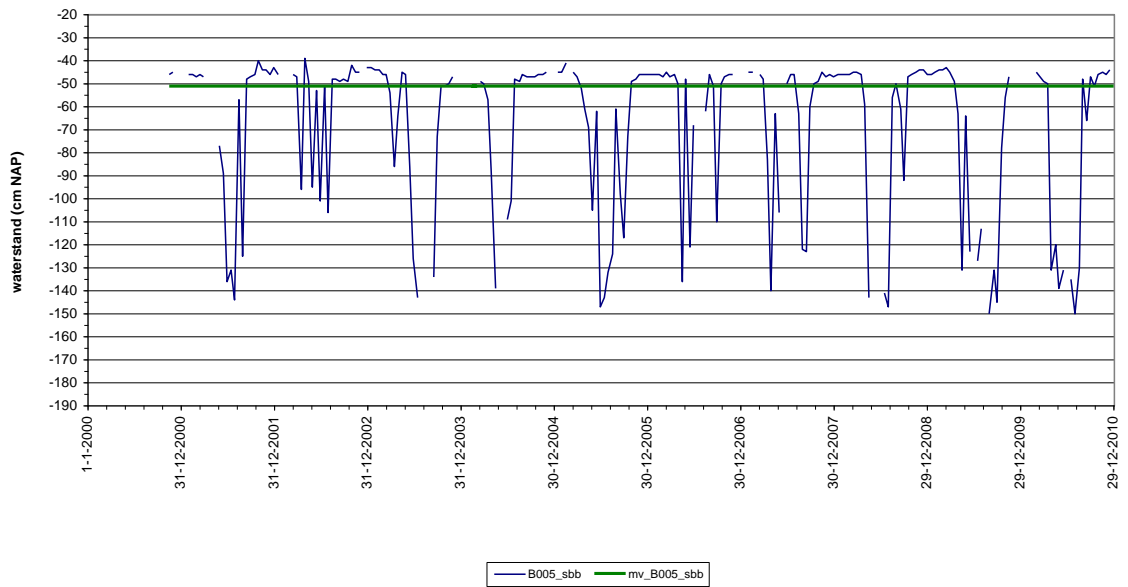
Lauwersmeer SBB (terrein van Juffrouw Alie) - meetreeks in cm NAP



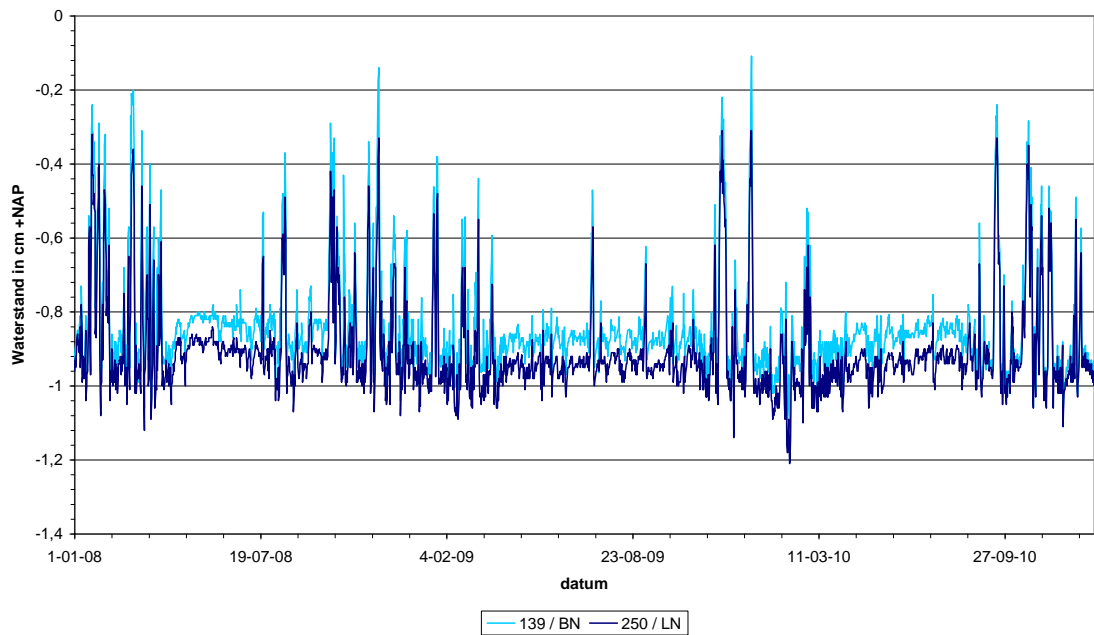
Lauwersmeer SBB (De Lasten) - meetreeks in cm NAP



Lauwersmeer SBB (Zuidelijke Lob) - meetreeks in cm NAP

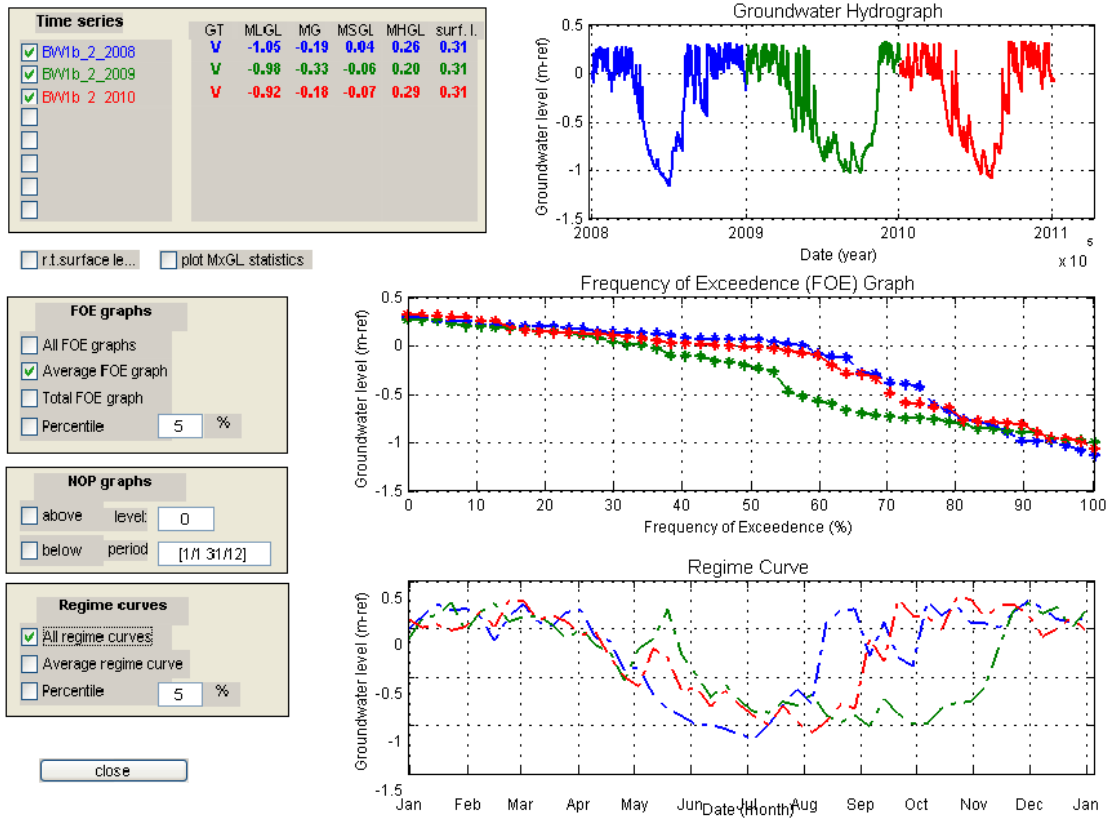


Lauwersmeer - peilverloop bij Brug Zoutkamp (139) en Sluizen Lauwersoog (250)





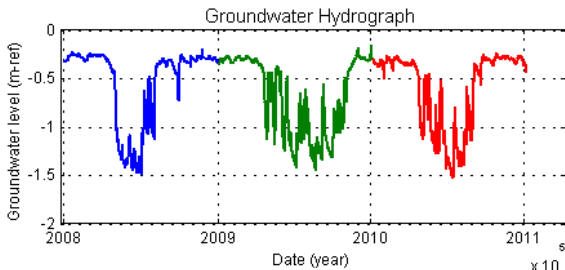
## Bijlage 3 GXG en duurlijnen





Time series		GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> BW3b_2_2008	III	-1.38	-0.55	-0.29	-0.26	-0.41	
<input checked="" type="checkbox"/> BW3b_2_2009	III	-1.35	-0.70	-0.33	-0.29	-0.41	
<input checked="" type="checkbox"/> BW3b_2_2010	III	-1.24	-0.56	-0.38	-0.29	-0.41	

r.t.surface le...  plot MxGL statistics



**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**NOP graphs**

above level:

below period:

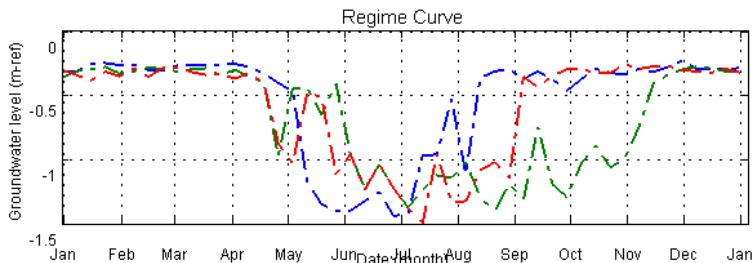
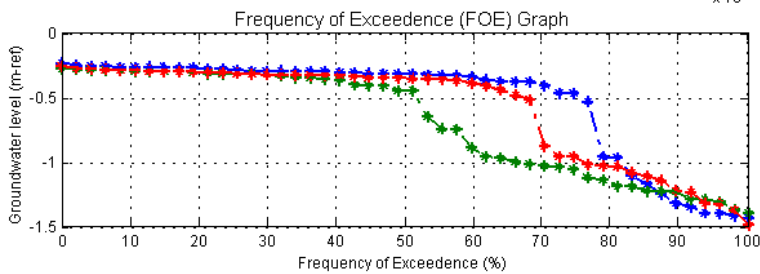
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

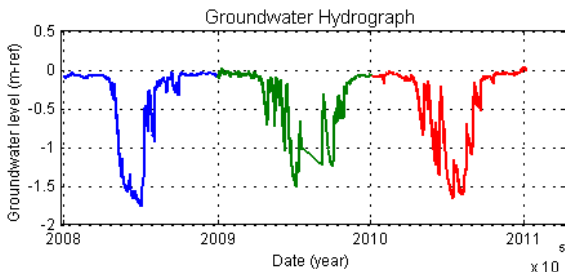
Percentile  %

close



Time series		GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> BW8b_2_2008	V	-1.63	-0.41	-0.09	-0.06	-0.12	
<input checked="" type="checkbox"/> BW8b_2_2009	III	-1.27	-0.46	-0.10	-0.05	-0.12	
<input checked="" type="checkbox"/> BW8b_2_2010	V	-1.41	-0.38	-0.17	-0.04	-0.12	

r.t.surface le...  plot MxGL statistics



**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**NOP graphs**

above level:

below period:

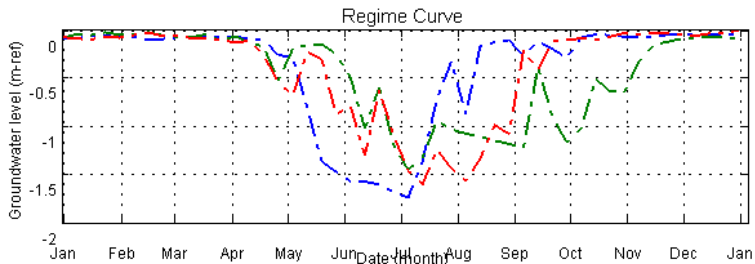
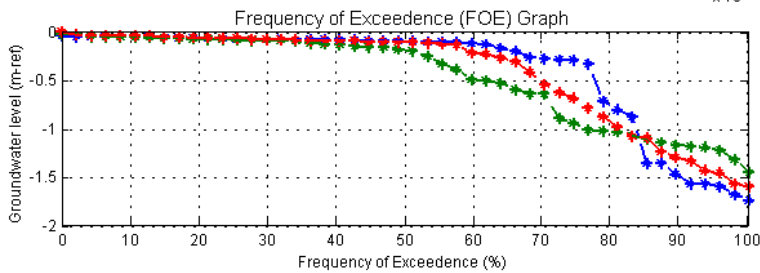
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

Percentile  %

close



Time series	GT	MLGL	MG	MSG	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> BW3b_2_2009	III	-1.55	-0.83	-0.57	-0.47	-0.50
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						

r.t.surface le...  plot MxGL statistics

**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**NOP graphs**

above level:

below period:

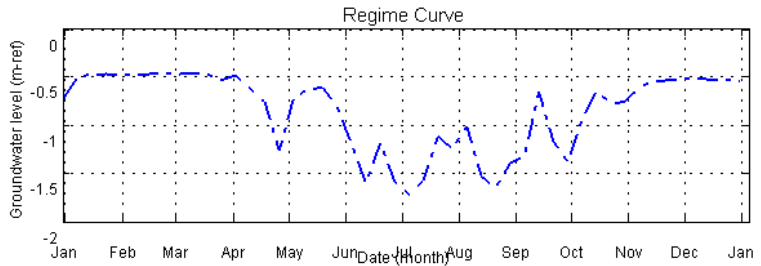
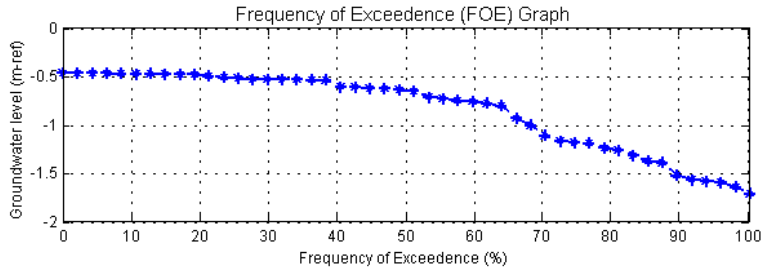
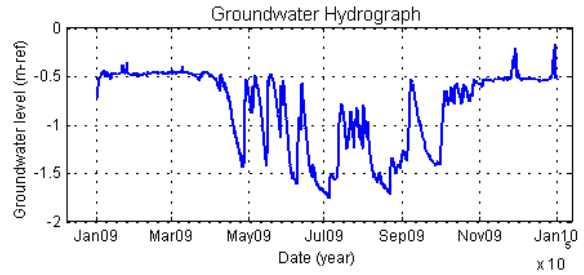
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

Percentile  %

close



Time series	GT	MLGL	MG	MSG	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> JA3b_2_2008	III	-1.27	-0.77	-0.64	-0.48	-0.41
<input checked="" type="checkbox"/> JA3b_2_2009	III	-1.27	-0.83	-0.72	-0.53	-0.41
<input checked="" type="checkbox"/> JA3b_2_2010	II	-1.07	-0.70	-0.72	-0.47	-0.41
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						

r.t.surface le...  plot MxGL statistics

**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**NOP graphs**

above level:

below period:

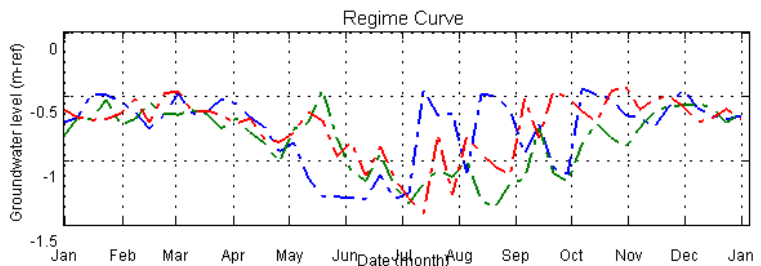
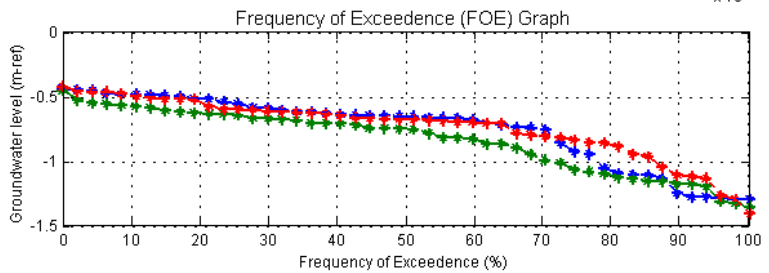
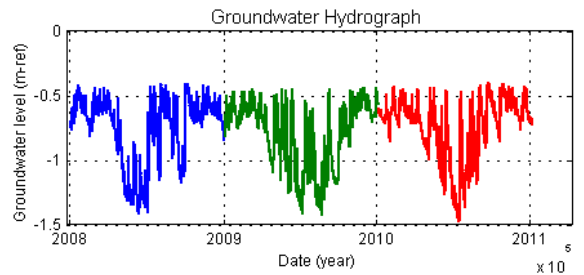
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

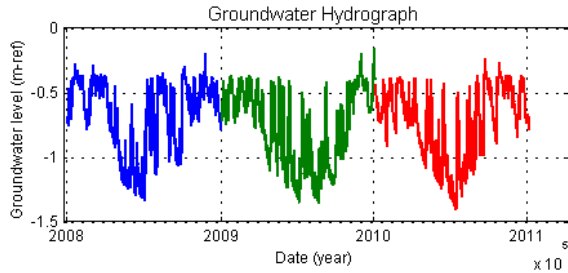
Percentile  %

close



Time series		GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/>	RU1b_2_2008	II	-1.17	-0.69	-0.53	-0.39	-0.39
<input checked="" type="checkbox"/>	RU1b_2_2009	III	-1.22	-0.81	-0.70	-0.41	-0.39
<input checked="" type="checkbox"/>	RU1b_2_2010	II	-1.11	-0.69	-0.74	-0.39	-0.39

r.t.surface le...  plot MxGL statistics



**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile 5 %

**NOP graphs**

above level: 0

below period: [1/1 31/12]

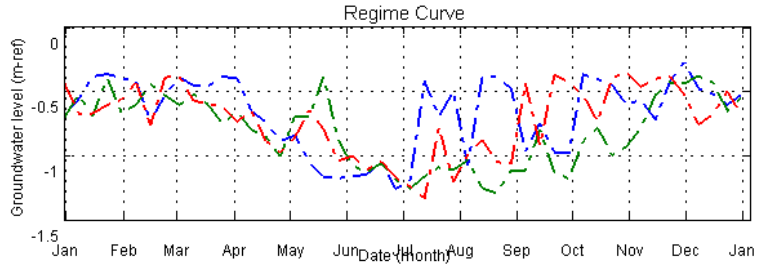
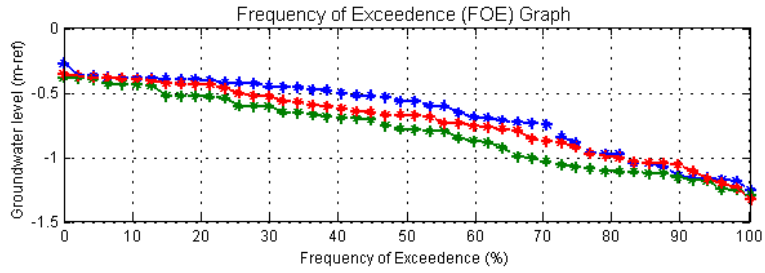
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

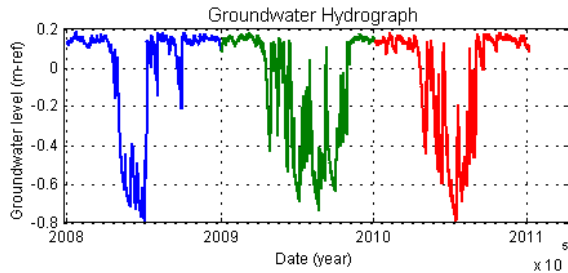
Percentile 5 %

close



Time series		GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/>	RU3b_2_2008	III	-0.68	-0.01	0.13	0.16	0.14
<input checked="" type="checkbox"/>	RU3b_2_2009	II	-0.62	-0.11	0.11	0.15	0.14
<input checked="" type="checkbox"/>	RU3b_2_2010	II	-0.50	-0.03	0.08	0.16	0.14

r.t.surface le...  plot MxGL statistics



**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile 5 %

**NOP graphs**

above level: 0

below period: [1/1 31/12]

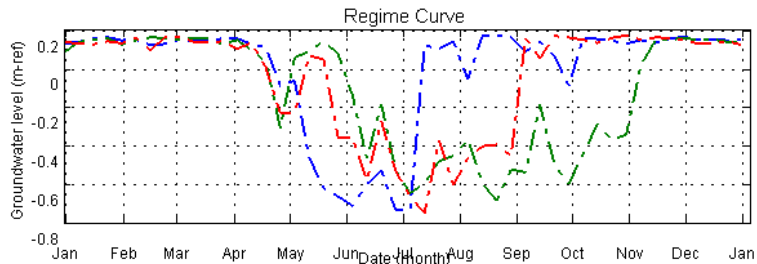
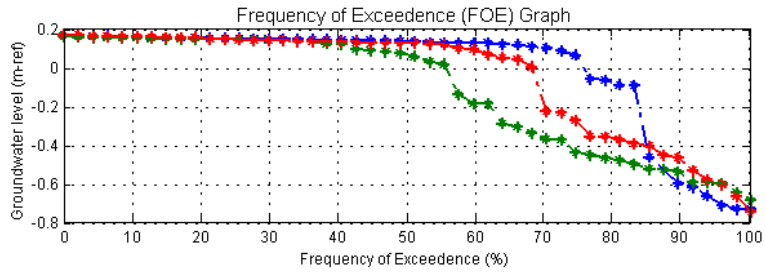
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

Percentile 5 %

close



Time series		GT	MLGL	MG	MSG	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/>	RU5b_2_2008	III	-1.06	-0.37	-0.22	-0.21	-0.04
<input checked="" type="checkbox"/>	RU5b_2_2009	III	-1.05	-0.50	-0.25	-0.23	-0.04
<input checked="" type="checkbox"/>	RU5b_2_2010	III	-0.99	-0.46	-0.30	-0.25	-0.04

r.t.surface le...  plot MxGL statistics

**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**NOP graphs**

above level:

below period:

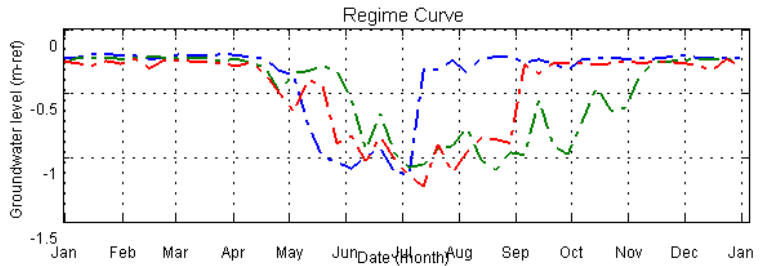
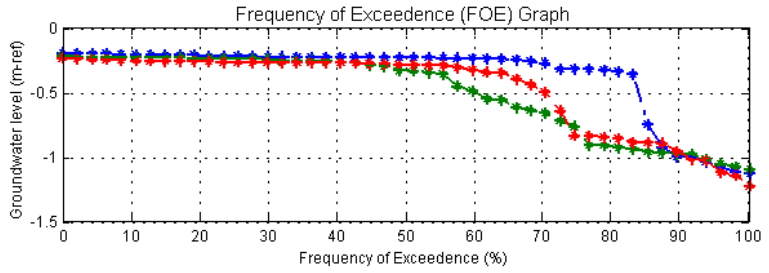
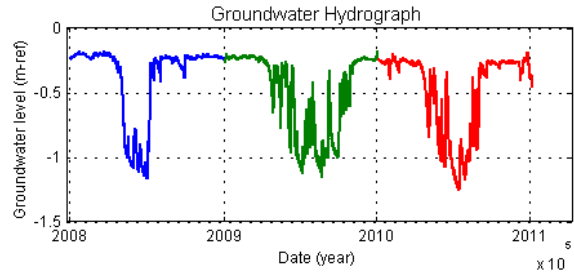
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

Percentile  %

close



Time series		GT	MLGL	MG	MSG	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/>	ZL3b_2_2008	III	-1.78	-0.95	-0.65	-0.63	-0.64
<input checked="" type="checkbox"/>	ZL3b_2_2009	III	-1.58	-0.94	-0.77	-0.61	-0.64
<input checked="" type="checkbox"/>	ZL3b_2_2010	III	-1.60	-0.90	-0.78	-0.53	-0.64

r.t.surface le...  plot MxGL statistics

**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**NOP graphs**

above level:

below period:

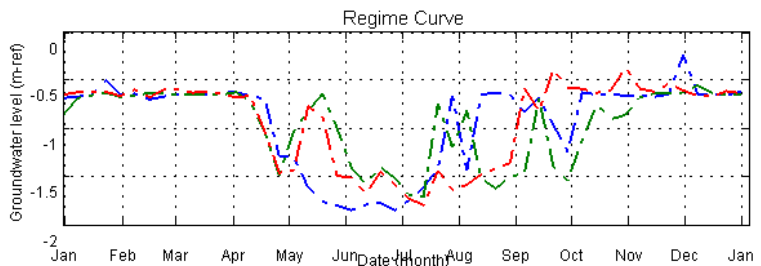
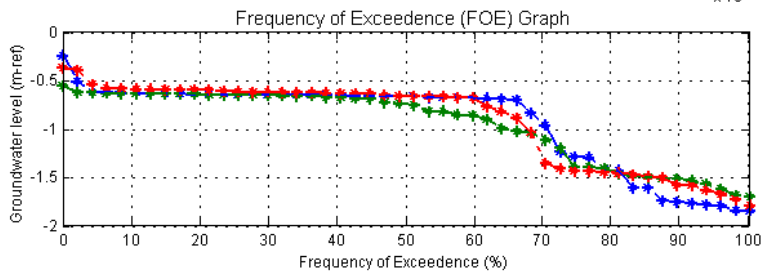
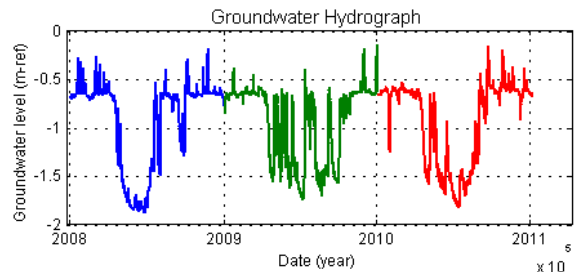
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

Percentile  %

close



Time series		GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/>	ZL5b_2_2008	III	-1.54	-0.73	-0.47	-0.41	-0.44
<input checked="" type="checkbox"/>	ZL5b_2_2009	III	-1.41	-0.79	-0.52	-0.40	-0.44
<input checked="" type="checkbox"/>	ZL5b_2_2010	III	-1.35	-0.69	-0.57	-0.40	-0.44
<input type="checkbox"/>							
<input type="checkbox"/>							
<input type="checkbox"/>							

r.t.surface le...  plot MxGL statistics

**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**NOP graphs**

above level:

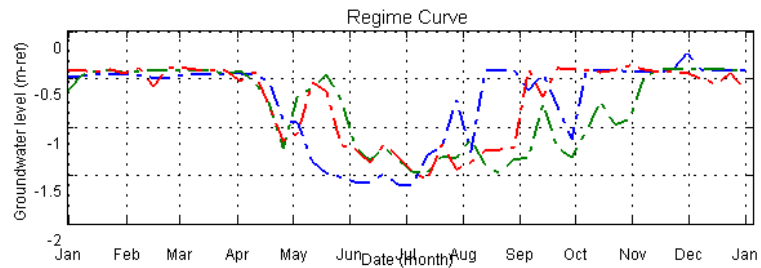
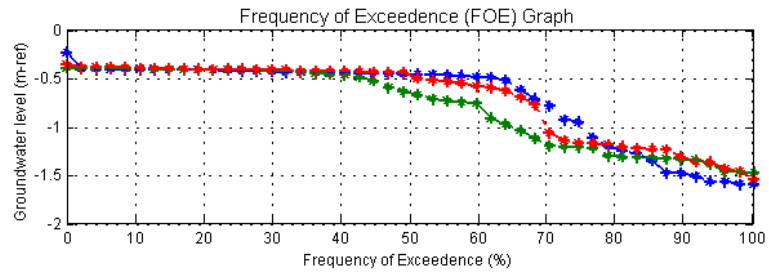
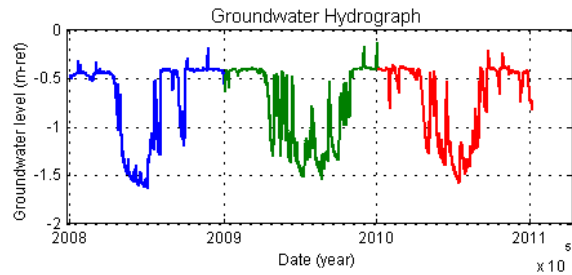
below period:

**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

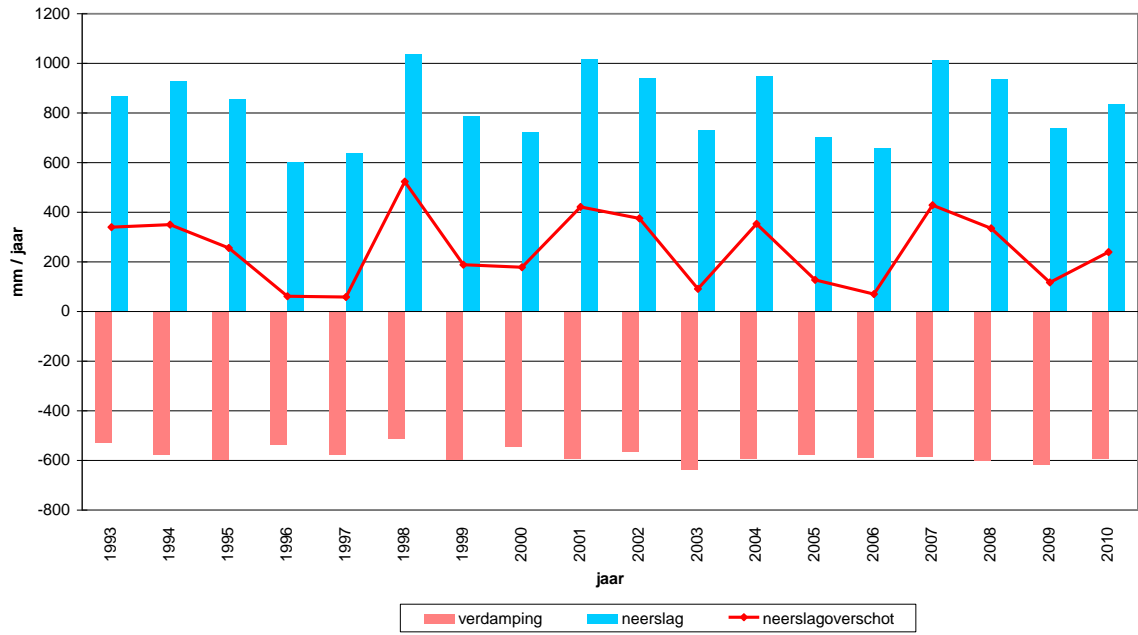
Percentile  %



Door hiaten in de meetreeks ontbreken de gegevens van meetpunt LA3b en de jaren 2008 en 2010 bij BW9b.

## Bijlage 4 Neerslag en verdamping

Jaarlijkse neerslag en verdamping (KNMI station Lauwersoog)














**Bezoekadres**

Suderwei 2  
9269 TZ Feanwâlden

**Postadres**

Postbus 32  
9269 ZR Feanwâlden  
Telefoon 0511 47 47 64  
Fax 0511 47 27 40  
[info@altwym.nl](mailto:info@altwym.nl)

[www.altwym.nl](http://www.altwym.nl)