

# Monitoring effecten van bodemdaling op vegetatie in de Lauwersmeer

## Verslag monitoringsperiode 2007 t/m 2012



A&W-rapport 1885

in opdracht van



**NAM** Bron van energie



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

## **Verslag monitoringsperiode 2007 t/m 2012**

A&W-rapport 1885

---

W. Bijkerk  
R. Bakker  
R. Buijs

**Foto Voorplaat**

Parnassia en Moeraswespenorchis op het Terreintje van Juffrouw Alie, foto Ronald Bakker (A&W)

**Bijkerk, W., R. Bakker & R. Buijs 2013**

Monitoring effecten van bodemdaling op vegetatie in de Lauwersmeer, Verslag monitoringsperiode 2007 t/m 2012.  
A&W-rapport 1885. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

**Opdrachtgever**

**Nederlandse Aardolie  
Maatschappij**  
Postbus 28000  
9400 HH Assen  
Telefoon 0592 36 91 11

**Uitvoerders**

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

**Buijs Hydro-ecologisch onderzoek  
en advies**  
Heetenseweg 24  
8111 PZ Heeten  
Telefoon 0572 38 27 92  
buhydro@xs4all.nl

---

**Projectnummer**  
1119lav

**Projectleider**  
W. Bijkerk

**Status**  
Eindrapport

---

**Autorisatie**  
Goedgekeurd

**Paraaf**  
M. Brongers

**Datum**  
17 mei 2013



# Inhoud

---

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>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</b>	<b>Vegetatie</b>	<b>7</b>
3.1	Beheer	7
3.2	Habitatarealen	7
3.3	Transectmonitoring	11
3.4	Permanente kwadraten	13
<b>4</b>	<b>Grond- en oppervlaktewater</b>	<b>29</b>
4.1	Geplaatste meetpunten grond- en oppervlaktewater	29
4.2	Resultaten meetperiode 23 oktober 2007 – 31 december 2012	29
4.3	Grondwaterregime en modellering	31
4.4	Inundatiekans	33
4.5	Grondwaterkwaliteit	35
<b>5</b>	<b>Bodem</b>	<b>41</b>
5.1	Maaiveldhoogte	41
5.2	Profielen	42
5.3	Toplaag	43
5.4	Organische stof in de toplaag	46
<b>6</b>	<b>Evaluatie methodiek</b>	<b>49</b>
6.1	Gegevensverzameling	49
6.2	Meetopzet en analyse	51
6.3	Aanpassingen van het meetnet	52
	<b>Literatuur</b>	<b>53</b>
	<i>Bijlage 1 Permanente kwadraten 2007-2012</i>	<i>55</i>
	<i>Bijlage 1.1 Locaties permanente kwadraten</i>	<i>55</i>
	<i>Bijlage 1.2 Gegevens permanente kwadraten 2007-2012</i>	<i>61</i>
	<i>Bijlage 2 Waterstanden tot en met 2012</i>	<i>63</i>
	<i>Bijlage 3 GXG en duurlijnen</i>	<i>73</i>
	<i>Bijlage 4 Overzicht neerslag en verdamping</i>	<i>83</i>
	<i>Bijlage 5 Chemische analyse grondwater</i>	<i>85</i>
	<i>Bijlage 6 Verspreiding vegetatietypen transecten</i>	<i>87</i>
	<i>Bijlage 7 Gegevens bodemprofielen</i>	<i>91</i>
	<i>Bijlage 8 Gegevens toplaag bodem</i>	<i>93</i>
	<i>Bijlage 9 Gegevens organische stof in toplaag bodem</i>	<i>95</i>
	<i>Bijlage 10 Hoogtemetingen pq's 2008 en 2012</i>	<i>97</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 rapportage presenteren we de gegevens van de Lauwersmeer van de afgelopen monitoringsperiode en geven we voor de langlopende reeksen een analyse van de veranderingen. De monitoring in de Lauwersmeer richt zich op vegetatieveranderingen en op de sturende factoren 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 kwadraten.

In de raaien met permanente kwadraten 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 weinig veranderd. Ook de begrazingsintensiteit is, waar van toepassing, vrijwel gelijk gebleven. Wel zijn sinds eind 2010 gedurende de winterperiode geen Hooglanders meer ingeschaard, wat daarvoor wel gebeurde.

### **Bodemdaling en maaiveldhoogteverandering**

De berekende diepe bodemdaling over de periode 2007 t/m 2012 bedraagt maximaal circa 4,5 cm rond Anjum. Op de meetlocaties bij het vegetatieonderzoek is de berekende bodemdaling maximaal circa 2,5 cm, maar grotendeels minder dan 1,5 cm. De hier gemeten maaiveldhoogteverandering varieert tussen 6 cm stijging en 5 cm daling. Deze grote verschillen komen deels door de onnauwkeurigheid in de maaiveldhoogtemetingen en het feit dat deze alleen aan het begin en eind van de meetperiode zijn bepaald. Er is geen aantoonbaar Door deze range in maaiveldverandering is er geen verband aanwezig tussen de berekende diepe bodemdaling en de maaiveldverandering.

### **Grondwater**

In elke raai met permanente kwadraten 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 2012 blijken de grondwaterstanden tussen locaties en tussen raaien soms sterk te verschillen. Dat betreft zowel 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, 150 tot 216 cm. Op De Rug en in het Terreintje van Juffrouw Alie is de peilfluctuatie geringer, tussen 102 en 161 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. Als wordt gecorrigeerd voor neerslag, verdamping en meerpeil zal bodemdaling een verhogend effect moeten hebben op de grondwaterstanden. Dit is modelmatig getoetst door het meerpeil en een lineaire trend toe

te voegen aan het model. Dit complexere model is slechts in enkele gevallen beter dan het model gebaseerd op alleen neerslag en verdamping. Door de lineaire trend zou verwacht worden dat het complexere model beter is in delen waar een grotere bodemdaling is berekend, maar dat blijkt juist niet zo te zijn. Een effect van bodemdaling op de grondwaterstand in de periode 2007 t/m 2012 kan daarom niet worden vastgesteld.

De gemeten chemische parameters in het grondwater verschillen slechts weinig tussen de meetjaren 2008, 2010 en 2012. Wel lijken de chloridegehalten voor de ondiepe peilbuizen licht te zijn gestegen. Met name in 2010 worden in de diepere buizen iets hogere waarden gevonden, 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, 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. In het ondiepe grondwater is er een duidelijke stijging waarneembaar van het bicarbonaatgehalte.

De voedselrijkdom van het grondwater is met name op de Bantswal en langs de plaatranden soms hoog. Hier groeien vegetatietypen met zilte soorten (zilte pioniervegetaties en overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver). Het zijn geen productief ogende vegetaties, waarschijnlijk door het hogere zoutgehalte. Ook het grondwater in de Lasten heeft een wat hoger totaal fosfaatgehalte, mogelijk door toedoen van optredende periodieke overstroming in het winterhalfjaar vanuit het Lauwersmeer.

## **Bodem**

Het kalkgehalte van de bodems is vrijwel overal van 20 tot 150 cm beneden maaiveld hoog, waarmee de bodem als kalkrijk is aan te merken. Ontkalking van de bodem door verzuring is dan ook nog niet aan de orde. De zoutprofielen wisselen sterk per deelgebied. Op de Bantswal, waar ook de meeste zilte (pionier)vegetaties zijn aangetroffen, is deze het hoogst. Vooral op de lagere terreindelen is deze hoog. Daar treedt in de zomer capillaire opstijging van het brakke grondwater op, waarna dit vervolgens indamppt. Verschillen in het zoutprofiel tussen 2007 en 2012 zijn doorgaans gering en als die er al zijn, dan zit hierin geen gemeenschappelijke lijn.

In de toplaag valt op dat de pH op De Rug en in Juffrouw Alie tussen 2008 en 2012 met circa 0,5 is afgenomen. Het organisch stofgehalte in Juffrouw Alie is toegenomen, hetgeen de afname van pH kan verklaren. In Juffrouw Alie draagt het maaibeheer er toe bij dat vooral een soort als Kruiwilg meer wortelbiomassa produceert en zo bijdraagt aan een hoger organisch stofgehalte. Op De Rug zien we juist een afname van het organisch stofgehalte. Mogelijk wordt hier toch intensiever gegraasd zodat de aanvoer van strooisel minder is geworden terwijl door de kalkrijke omstandigheden de afbraak van organische stof wel op peil blijft. Met name in het vlakke middendeel van De Rug blijft in depressies vaak regenwater staan, hetgeen leidt tot oppervlakkige verzuring. Dat zien we ook in de toename van soorten als Veenpluis en Zwarte zegge.

## **Vegetatie**

In 2008 en in 2012 zijn in vijf transecten vegetatiekarteringen uitgevoerd. Deze transecten waren eerder gekarteerd in 2000 en 2004. In 2007 is het meetnet van permanente kwadraten (pq's) ingericht en vervolgens jaarlijks opgenomen. In 2009 en 2010 zijn aanvullende pq's gelegd. In totaal bestaat het meetnet uit 92 pq's verdeeld over 46 locaties in de Bantswal, De Rug, het Terreintje van Juffrouw Alie, De Lasten en de Zuidelijke Lob. Het doel van de uitbreiding was te komen tot een evenwichtiger verdeling van het aantal kwadraten over de bodemdalingsklassen, de (initiële) vegetatietypen en de indicatieve



soortgroepen. Omdat uit de nieuwste bodemdalingsberekeningen blijkt dat de dalingspatronen iets anders lopen dan was voorzien, is er thans geen sprake meer van een evenwichtige verdeling over de bodemdalingsklassen. In de (waardevolle) duinvalleivegetaties zijn bewust meer kwadraten geplaatst dan in de overige vegetatietypen. Door de aangepaste dalingspatronen liggen deze bijna volledig in delen met een geringe bodemdaling zodat invloed van bodemdaling op duinvalleivegetaties moeilijk is vast te stellen. De vegetaties van de permanente kwadraten zijn getypeerd als duinvalleivegetaties, zilte (pionier)vegetaties, overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver, overige overstromingsgraslanden en overige graslandvegetaties.

Hoewel er geen open verbinding met de Waddenzee meer is, komen kweldervegetaties nog op enkele plekken in de Lauwersmeer voor, met name op de Bantswal. Binnen deze kweldervegetaties is in de meetperiode een verschuiving te zien van lage kweldergemeenschappen (met pioniersoorten als Kortarige zeekraal, Schorrenkruid en Gewoon kweldergras) naar gemeenschappen van de middelhoge kwelder met Zilte rus. Dit duidt op de voortschrijdende verzoeting. Ook binnen de pq's zien we een toename van Zilte rus maar dat gaat daar niet ten koste van de zilte pioniersoorten. De bedekking van kweldersoorten (als groep) is in de pq's significant toegenomen ( $p = 0,003$ ), met name op de Bantswal. Net ten zuiden hiervan ligt ook het centrum van de bodemdaling, maar een verband tussen de toename van kweldersoorten en bodemdaling lijkt onwaarschijnlijk. Het streefpeil van het meer is niet veranderd en bodemdaling leidt bij gelijkblijvend meerpeil aan de randen van de Bantswal tot een grotere invloed van het zoete Lauwersmeerwater.

Duinvalleivegetaties komen vooral op De Rug en het terreintje van Juffrouw Alie voor. Daarnaast met een geringer oppervlak ook op de Bantswal en in De Lasten. De transectkartering laat zien dat het areaal in Juffrouw Alie gelijk is gebleven en in de transecten van De Lasten en De Rug lijkt te zijn afgenomen. Op De Rug is dat deels ten gunste van het Kruiwilgstruweel, maar dit blijkt niet uit de pq's. De bedekking van duinvalleisoorten (als groep) binnen de pq's vertoont geen significante trend gedurende de meetperiode periode, ondanks de afgenomen pH in de toplaag in Juffrouw Alie en op De Rug.

Soortenrijke overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver zijn in de transecten toegenomen. Soms zijn ze ontstaan vanuit vegetaties van nog ziltere standplaatsen, duidend op voortschrijdende verzoeting die plaats heeft sinds de afsluiting van de Lauwerszee. In Juffrouw Alie is een klein oppervlak van deze vegetaties door verzoeting en verschraling overgegaan in duinvalleivegetaties.

Volgens de transectkartering lijkt het op De Rug veel voorkomend open kruiwilgstruweel iets dichter te zijn geworden ten koste van de hiermee in complex voorkomende duinvalleivegetaties. Maar deze verschuiving is ons inziens gering. Bij de grovere transectkartering worden de oppervlakteaandelen van vegetaties in enkele klassen genoteerd, zodat een geringe verschuiving over de klassegrens een groot effect in het kaartbeeld laat zien. Op de fijnere schaal van de pq's zien we de toename van Kruiwilg niet terug. Op De Rug is de bedekking van Kruiwilg gemiddeld gelijk gebleven en op de Zuidelijke Lob is deze afgenomen. In het Terreintje van Juffrouw Alie zien we wel een sterke toename van de hier -door maaien zeer laagblijvende- Kruiwilg. Daarom is er geen overall significante trend voor Kruiwilg gedurende de meetperiode. Wel is er in de tijd een duidelijk verschil tussen de verschillende beheertypen ( $p < 0,0001$ ). Dit komt omdat in het Terreintje van Juffrouw Alie, dat integraal jaarlijks wordt gemaaid, Kruiwilg sterk is toegenomen. In dit terrein neemt de pH van de toplaag af en neemt het organisch stofpercentage toe. Kruiwilg profiteert hiervan en versterkt op haar beurt de toename van het organisch stof en daarmee verlaging van de pH. In de pq's hebben duinvalleisoorten vooralsnog niet te lijden onder deze oppervlakkige verzuring want de bedekking daarvan blijft stabiel. Een relatie tussen verzuring en bodemdaling is hier niet aan de orde, al was het maar omdat deze daling bij Juffrouw Alie het geringst is.

Duinriet is gedurende de meetperiode sterk afgenomen ( $p = 0,008$ ). Duinriet komt binnen de pq's alleen voor in de begraasde terreinen (De Rug, Zuidelijke Lob en Bantswal). Kennelijk is de graasdruk voldoende hoog om deze verruiger in bedekking te laten afnemen.

De bedekking van de indicatorsoorten is soms significant gecorreleerd aan het beheertype en het vegetatietype bij aanvang van de meetreeks. Dit is logisch omdat duinvalleivegetaties en zilte pioniervegetaties juist zijn gedefinieerd door de aanwezigheid van duinvalleisoorten resp. kweldersoorten. Beheer is sterk gekoppeld aan de deelgebieden en de deelgebieden verschillen onderling sterk wat betreft vegetatiesamenstelling. De bedekking van de indicatorsoorten wordt ook sterk bepaald door de maaiveldhoogteligging, maar vanwege de onnauwkeurigheid in de maaiveldhoogtemetingen is dit niet nader onderzocht.

### **Conclusies**

Geconcludeerd kan worden dat er in de vegetatie geringe verschuivingen optreden als gevolg van de voortschrijdende ontzilting van het gebied en oppervlakkige verzuring op De Rug. In de permanente kwadraten leidt dit nog niet tot een afname van de kalkminnende duinvalleisoorten. Ondanks de ontzilting nemen de kweldersoorten in de pq's toe, maar dat is voornamelijk een gevolg van de toename van Zilte rus. De grondwaterstanden zijn (gecorrigeerd voor veranderingen in neerslag en verdamping) sinds 2007 niet noemenswaardig veranderd. Enige relatie tussen de (geringe) veranderingen in vegetatie en berekende bodemdaling kan nog niet worden vastgesteld. Ook de grondwaterstanden laten nog geen verband zien met de berekende bodemdaling.

# 1 Inleiding

---

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 (Nederlandse Aardolie Maatschappij 2007). 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 (Beemster & Bijkerk 2006a). Verzilting kan plaatsvinden 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 2006a):

- 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.

## Monitoringsperiode 2007 - 2012

Dit rapport beschrijft de vegetatieveranderingen en de veranderingen in de sturende factoren hiervan voor de periode 2007 t/m 2012. Dit omvat daarmee de gehele monitoringsperiode van het monitoringsprogramma 2007 – 2012 (Nederlandse Aardolie Maatschappij 2007). Of, en in welke vorm, de monitoring na 2012 wordt voortgezet is op het moment van het opstellen van deze rapportage nog onbekend. Eerder zijn verschillende voortgangsrapportages opgesteld. 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, vierde en vijfde voortgangsrapportage (Bijkerk *et al.* 2010, 2011 en 2012) zijn de in 2009, 2010 en 2011 uitgevoerde werkzaamheden en de resultaten hiervan kort beschreven. Tevens is 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 2012 beschreven, waarbij ook de resultaten van dat jaar worden gepresenteerd.

### 2.1 Uitgangspunten

Voor het beschrijven van de veranderingen in de vegetatie en het achterhalen van het effect hierop door bodemdaling, zijn de volgende uitgangspunten 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 Habitatrictlijn. (De Lauwersmeer is overigens niet als Habitatrictlijngebied 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 echter 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 kwadraten die deel uit maken van het Project Terreincondities van Staatsbosbeheer;
  - Transectmonitoring Lauwersmeer (Tolman 2001);
  - Monitoringsplan Nationaal Park Lauwersmeer (de Leeuw & Bosma 2004) en nulmeting Nationaal Park Lauwersmeer (Beemster & Bijkerk 2006b). Dit voor wat betreft de verspreiding van terreintypen ("habitatarealen"); en
  - 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 bij de monitoring 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). 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 kwadraten (pq's).

### Habitatarealen

In het monitoringsprogramma is 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 onderdeel is in 2008/2009 uitgevoerd (Bijkerk *et al.* 2009, 2010), en opnieuw in 2012.

### 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 (Bijkerk *et al.* 2009) en opnieuw in 2012.

### 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. Dat laatste was in 2007 niet meer mogelijk zodat toen eind september is opgenomen. Op advies van de auditcommissie is het meetnet in 2009 aangepast door er tien kwadraten 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, kwadraten aan het netwerk toegevoegd, 26 ditmaal. Het betreft pq's in verschillende vegetatietypen. Van deze nieuw gelegde pq's liggen er 12 in de buurt van pq's die te lijden hebben onder veeschade (vraat, vertrapping), omdat ze (te) dicht bij grondwaterbuizen zijn gelegen, die door het vee als schuurplek worden gebruikt. De locaties van de nieuwe pq's liggen een aantal meters verder van de grondwaterbuis, zodat de veeschade minder zal zijn. In tabel 3-3 is een overzicht gegeven van de in 2009 en 2010 aan het meetnet toegevoegde kwadraten.

### 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. Het streefpeil ligt jaarrond op -93 cm NAP, maar het werkelijke peil fluctueert hieromheen sterk. De werkelijke peilen worden door Waterschap Noorderzijlvest gemeten bij Lauwersoog en Zoutkamp. Omdat het peil als gevolg van opstuwning en windwerking kan variëren binnen het gebied, zijn in 2009 drie peilschalen geplaatst langs de door ons onderzochte platen. Deze zijn voorzien van een diver. Deze meetpunten zijn door ijsgang in de winter van 2009-2010 verloren gegaan en vervolgens in november 2011 herplaatst. 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 ook informatie over het grondwaterregime en stromingspatronen. De buizen zijn in de maanden juni en oktober bemonsterd in de jaren 2008, 2010 en 2012.

### **Bodemchemie**

#### Toplaag

In de oorspronkelijke planning was het de bedoeling om bij elke 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 2007 bleek vanwege problemen met de chemische bepalingen de spreiding van de monsternamen in de tijd te groot te zijn (zie Bijkerk *et al.* 2009). Daarom is de monsternamen in 2008 opnieuw uitgevoerd. Op aanraden van de auditcommissie is de bemonstering voor de organische stofgehalten opnieuw uitgevoerd in 2009. Het gewichtspercentage 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, en dat is in 2009 bepaald (zie Bijkerk *et al.* 2010). In 2010 en 2011 zijn volgens planning geen bodemmonsters van de toplaag genomen. In 2012 zijn de monsternamen van de toplaag uit 2008 (pH-H<sub>2</sub>O, pH-KCL, NaCl en basenverzadiging) en 2009 (bepaling gehalte organische stof op basis van vast volume) opnieuw uitgevoerd.

#### 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 en 2011 zijn volgens planning geen profielmetingen uitgevoerd. In 2012 zijn de metingen van 2007 herhaald.

### **Hoogtemetingen**

De NAP-hoogtes van buislocaties en permanente kwadraten zijn twee 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. De opzet was dit tweejaarlijks te herhalen (2010 en 2012), maar de voor 2010 door de NAM geplande hoogtemetingen zijn niet uitgevoerd.

## 2.4 Planning van de onderdelen

De onderdelen van het onderzoek zijn in tabel 2-1 op een tijdas geplaatst, zodat inzichtelijk wordt wanneer welk onderdeel is gepland en uitgevoerd.

*Tabel 2-1 - Planning en uitvoering van inrichting en bemonstering van de meetnetonderdelen. Een kruis geeft een werkstap aan die is uitgevoerd 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

Het beheer is een belangrijke factor voor de ontwikkeling van de vegetatie. Het gevoerde beheer is vermeld in tabel 3-1, aan de hand van gegevens verstrekt door Jelle de Boer (opzichter SBB, Lauwersmeer). Het beheer en de veebezetting in geval van begrazing is in de afgelopen jaren weinig veranderd. Het 's winters inscharen van Hooglanders op De Rug en Zuidelijke Lob heeft in de winters van 2010-2011 en van 2011-2012 niet plaatsgevonden, in de overige winters wel.

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

Deelgebied	Beheer
Bantswal	Begrazing. 's Winters runderen (20-30 stuks), met uitzondering van winter 2012-2013, 's zomers paarden en pony's
De Lasten	Maaien en afvoeren. Er vindt gefaseerd maaibeheer plaats, waarbij jaarlijks 5% van het oppervlak niet wordt gemaaid. Het volgende jaar wordt deze 5% wel weer gemaaid, en wordt een ander deel ongemoeid gelaten.
Juffrouw Alie	Maaien en afvoeren
De Rug	Begrazing. Jaarrond paarden en 's zomers runderen. 's Winters begrazing met Hooglanders, uitgezonderd de winters 2010-2011 en 2011-2012.
Zuidelijke Lob	Begrazing. Jaarrond paarden en 's zomers runderen. 's Winters begrazing met Hooglanders, uitgezonderd de winters 2010-2011 en 2011-2012.

De Rug en de Zuidelijke Lob vormen samen met de Zuidelijke Ballastplaat één begrazingseenheid.

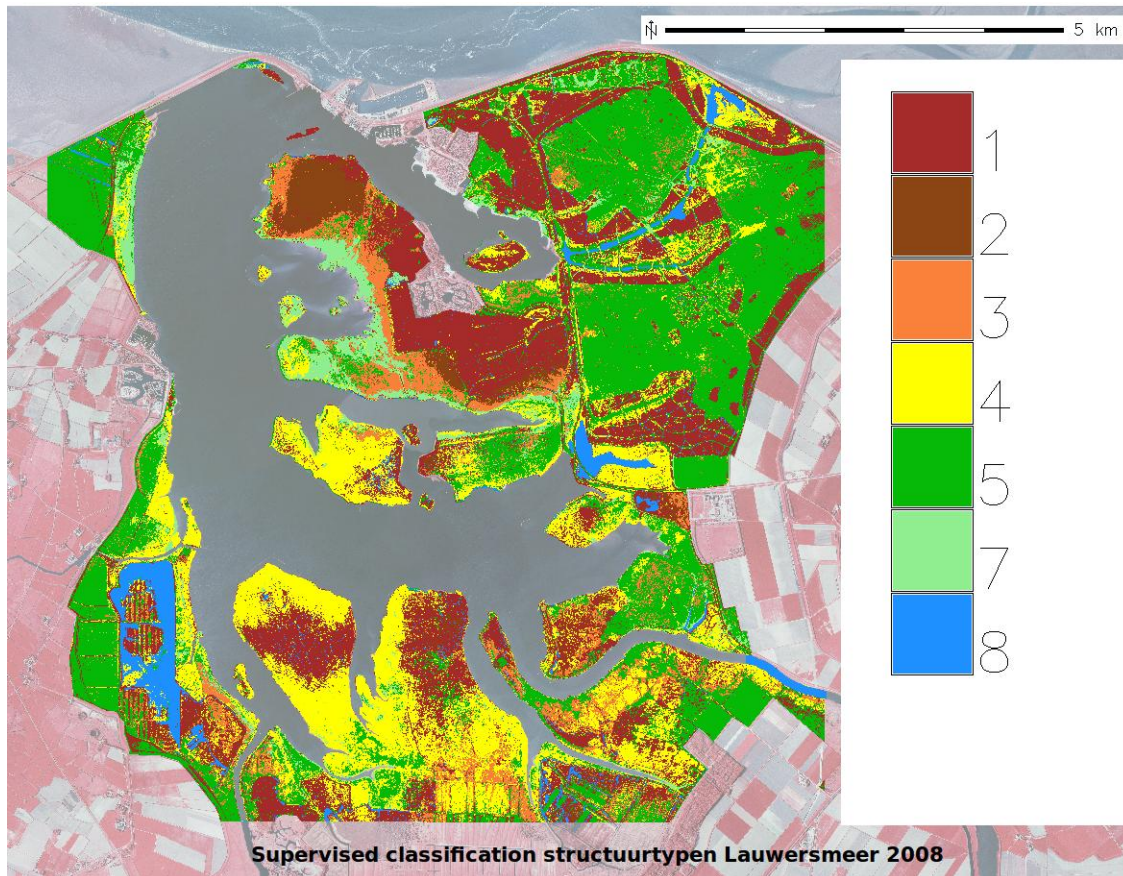
### 3.2 Habitatarealen

In navolging van de overige rapportages met betrekking tot bodemdaling, is dit onderdeel aangeduid als monitoring habitatarealen. Maar om verwarring met habitattypen in het kader van Natura2000 te voorkomen, is het beter te spreken over structuurtypen. In 2008 zijn de structuurtypen bepaald aan de hand van een semi-automatische classificatie van luchtfotobeelden in combinatie met de hoogtekkaart (zie Bijkerk *et al.* 2010). Als structuurtypen zijn toen onderscheiden:

- **Opgaand bos.** Dit omvat voornamelijk bosaanplant en hoger opgaande begroeiingen van Schietwilg.
- **Dicht struweel.** Hiertoe zijn de dichte kruipwilgstruwelen en de struwelen van smalbladige wilgen gerekend. Ook het soms voorkomend duindoornstruweel valt hierbinnen.
- **(Zeer) open struweel.** Dat zijn voornamelijk complexen van kruipwilgstruwelen met schrale graslandvegetaties en complexen van grauwe wilgstruwelen of struweel met smalbladige wilgen met rietruigten of vochtige voedselrijke graslanden.
- **Rietvegetaties en rietruigten.** Dit zijn voornamelijk vochtige ruigten met een aspect van Riet, deels rietvegetaties uit de moerasreeks en deels vochtige graslanden met een aspect van Riet.
- **Open grasland.** Tot het open grasland behoren zowel de schralere graslanden als de voedselrijkere graslanden. Tot deze laatste zijn ook vochtige tot natte overstromingsgraslanden gerekend.
- **Zilte (pionier)vegetaties.** Het doel was om hiertoe alleen de zoute pioniervegetaties met Zeekraal, Schorrekruid en Gewoon kweldergras te rekenen. Maar ook andere graslanden met veel open grond en vegetaties met Zilte rus zijn door de classificatie hiertoe gerekend.
- **Klein open water.** Dit bevat kleinere oppervlakten open water en eventuele waterplantenvegetaties.

Problemen bij de automatische classificatie van 2008 deden zich vooral voor bij de klassen:

- Dicht struweel (dat regelmatig als opgaand bos werd geïnclassificeerd), en
- (Zeer) open struweel (dat regelmatig als grasland werd geïnclassificeerd).

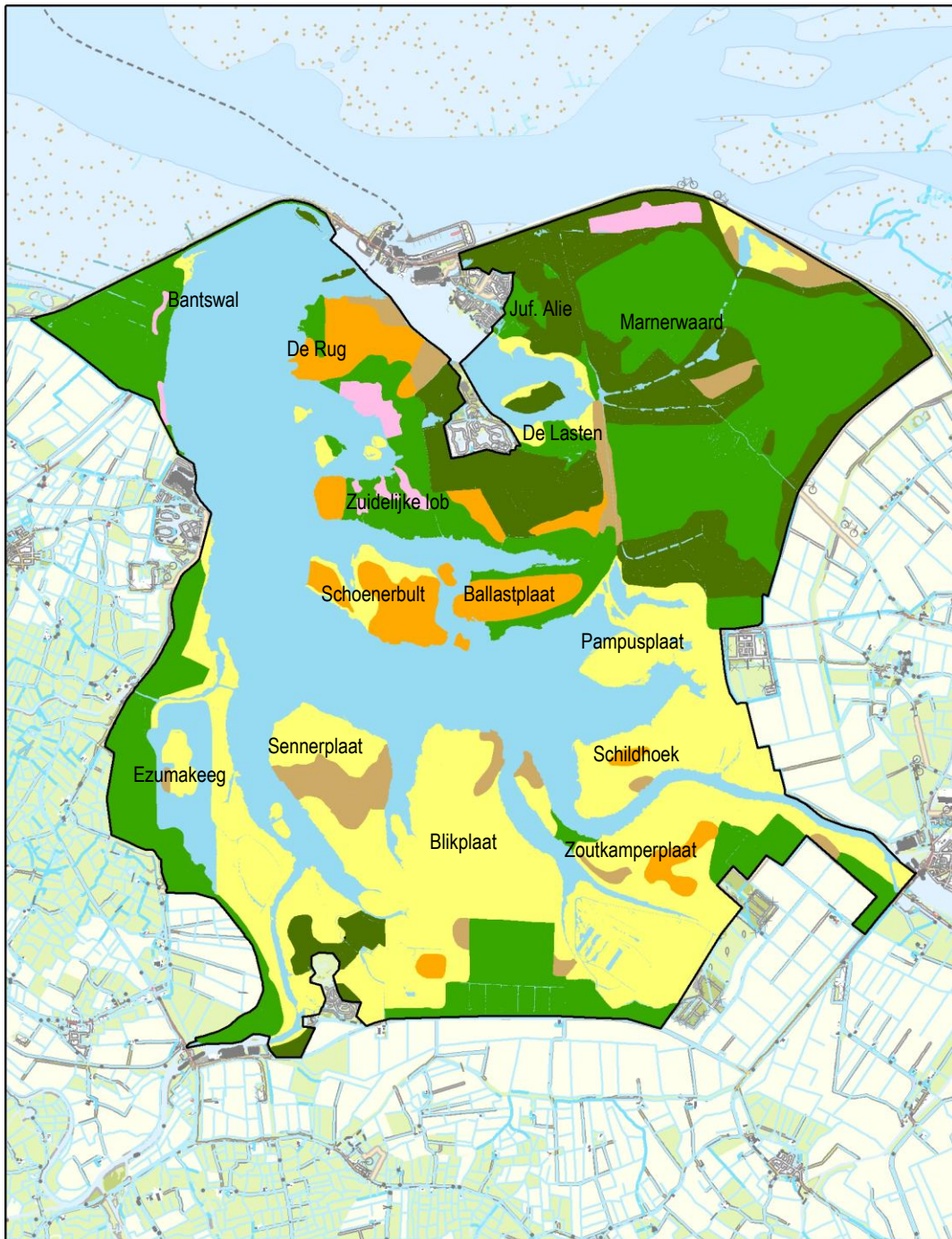


*Figuur 3-1. Resultaat supervised classificatie structuurtypen Lauwersmeer 2008. 1: Opgaand bos, 2: Dicht struweel, 3: (Zeer) open struweel, 4: Rietruigte, rietmoeras en riet-aspect binnen grasland; 5: Open grasland, 7: Zilte (pionier)vegetaties, 8: Klein open water (bron: Bijkerk et al. 2010).*

Beide misclassificaties goed te verklaren. Dicht struweel verschilt qua textuur en reflectie slechts in geringe mate van opgaand bos; het zeer open struweel bestaat vaak uit grasland met verspreid staande kruipwilgen. Daarnaast overschatte de classificatie uit 2008 de zilte pioniervegetaties ten koste van het grasland. De structuurkaart van 2008 is weergegeven in figuur 3-1.

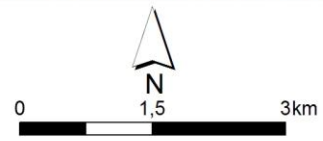
Vanwege de matige betrouwbaarheid van de semi-automatische classificatie is er voor de herhaling gekozen voor een andere methode. In 2012 is de structuurkaart vervaardigd op basis van luchtfoto-interpretatie van een false-colour luchtfoto uit 2012, gecombineerd met gebiedswaarnemingen in het noordelijk deel van de Lauwersmeer. De structuurkaart van 2012 is weergegeven in figuur 3-2.

In grote lijnen zijn de veranderingen tussen 2008 en 2012 op dit detailniveau gering. Enkele opvallende verschillen en overeenkomsten worden hieronder besproken. Bij de vergelijking wordt ook de structuurkaart van de Lauwersmeer uit 2005 betrokken (figuur 2.1 in Beemster & Bijkerk 2006b). Vanaf de Bantswal bespreken we de deelgebieden met de klok mee.



**Structuurtypenkaart 2012**

- opgaand bos
- dicht struweel
- open struweel
- rietruigte, rietmoeras en rietaspect binnen grasland
- open grasland
- zilte pioniervegetaties
- water
- onderzoeksgebied



teknr. 1119\_050a/20032013/ld  
topografie: Kadaster (februari 2013)

*Figuur 3-2 Resultaat classificatie structuurtypen Lauwersmeer 2012.*

**Bantswal** In 2008 is hier een groot deel geclassificeerd als rietvegetatie en in 2012 niet. Ook op de structuurkaart van 2005 was het oppervlak rietvegetatie gering, dus het betreft een overschatting van deze eenheid in 2008. In 2012 is de rietvegetatie, mogelijk als gevolg van de begrazing grotendeels verdwenen.

**De Rug** In 2005 en 2008 is het grootste deel gekarteerd als dicht struweel. In 2012 is vooral open struweel gekarteerd. Mogelijk is de vegetatie door begrazing iets opener geworden.

**Juffrouw Alie en De Lasten** Deze gebieden zijn nauwelijks veranderd ten opzicht van 2008. Het open struweel dat in 2008 was aangegeven voor De Lasten berust op een misclassificatie. Wel lijkt op basis van de pq-gegevens en veldwaarnemingen riet zich in 2012 plaatselijk wat te hebben uitgebreid, mogelijk als gevolg van gefaseerd maaien, maar dat is op de structuurkaart niet waarneembaar.

**Marnewaard** De kleinere delen met rietaspecten uit 2008 zijn bij de structuurkartering van 2012 niet onderscheiden. Het oppervlak zilte pioniers in het zoute kwelgebied lijkt zich te hebben uitgebreid, maar dit berust op de andere karteringswijze. De grote oppervlakte open grasland is ongewijzigd gebleven.

**Zuidelijke Lob** In 2008 is hier meer zilte pioniervegetatie gekarteerd dan in werkelijkheid aanwezig was. De Zuidelijke Lob bestaat voor het grootste deel uit grasland. Op de westelijke punt van de Zuidelijke lob lijkt open struweel te zijn ontstaan. Dit wordt echter niet waargenomen bij de transectkartering. Ook de pq's laten geen toename van Kruiplwilg zien.

**Ballastplaat** Net als in 2005 bestaat het centrale deel uit open struweel en is aan de randen open grasland aanwezig. De vegetatiestructuur in het centrale deel vertoont hier overeenkomsten met die op De Rug: Kruiplwilgstruwelen met daartussen grasland.

**Schoenerbult** In vergelijking met de vorige karteringen (2005 en 2008) is open struweel in 2012 toegenomen.

**Pampusplaat** Het rietaspect is hier gelijk gebleven, zo blijkt uit vergelijking van 2005 en 2012. Het in 2008 in het oostelijk deel geclassificeerde struweel en bos berust op een misclassificatie.

**Schildhoek** In het oostelijk deel van de Schildhoek lijkt het rietaspect binnen het grasland te zijn toegenomen.

**Zoutkamperplaat** De vegetatiestructuur op de Zoutkamperplaat is weinig veranderd en bestaat net als bij de vorige structuurkarteringen voornamelijk uit rietruigten met verspreid daarbinnen enkele bos- en struweelkernen. Aan de oostzijde komt open grasland voor.

**Blikplaat** Net als in 2005 bestaat deze plaat voornamelijk uit rietvegetaties en rietruigten met langs de oostkant dicht struweel en deels bos. In 2008 is deze struweel en boszone te breed geclassificeerd.

**Sennerplaat** Deze is wat betreft structuur weinig veranderd in vergelijking tot 2005 en 2008.

**Ezumakeeg moerasontwikkeling.** Het moerasontwikkelingsgedeelte is vrijwel onveranderd gebleven ten opzichte van 2005 en bestaat voornamelijk uit rietvegetaties. Wel is in 2005 het geïnundeerde deel gekarteerd als pioniervegetatie terwijl dit nu toch voornamelijk open water lijkt te zijn. Dat kan echter een gevolg zijn van het moment van de fotovlucht. Het hierbinnen gelegen eiland is in 2008 gekarteerd als opgaand bos, maar dat blijkt een misclassificatie te zijn.

**Ezumakeeg graslanden** De westelijk in de Ezumakeeg gelegen graslanden zijn onveranderd gebleven.

### Conclusie

De veranderingen in vegetatiestructuur tussen 2008 en 2012 zijn gering. Bij de interpretatie van de veranderingen moet rekening worden gehouden met de verschillen waarop beide structuurkaarten tot stand zijn gekomen. Waar al verschuivingen optreden zijn deze gerelateerd aan beheer: het opener worden van struweel en soms riet onder begrazingsbeheer, dan wel een lichte toename van struweel op platen waar zowel begrazings- en maai-beheer afwezig is.

### 3.3 Transectmonitoring

In 2012 zijn conform het monitoringsschema (tabel 2-1) vijf transecten opgenomen. Deze transecten liggen in de noordelijke helft van de Lauwersmeer, in de gebieden De Rug, Zuidelijke Lob, De Lasten, Bantswal en Juffrouw Alie. De in 2012 verzamelde gegevens worden vergeleken met die van 2008 (Bijkerk *et al.* 2008). Waar dit bijvoorbeeld in verband met het vaststellen van een trend van belang is, kunnen de gegevens van 2004 (Van der Veen *et al.* 2005) aangehaald worden.

De opzet en indeling van de gebruikte vegetatietypologie en de beschrijving van vegetatietypen is uitgewerkt in de vegetatiekartering van het Lauwersmeer van 2004 (Van der Veen *et al.* 2005). Deze typologie is in alle drie de meetjaren toegepast.

In bijlage 6 is de verspreiding van de vegetatietypen in de transecten voor de drie meetjaren weergegeven.

Hieronder volgt per transect een beknopte bespreking van eventuele veranderingen in de patronen van vegetaties. Daarbij gaat het hier niet om een nauwkeurige analyse van meetgegevens, maar om het vaststellen van min of meer opvallende veranderingen in de vegetatie, op grond van een visuele vergelijking van de ingekleurde vegetatievlakken.

#### **Bantswal (transect 10)**

Enkele ruige vegetaties met Akkerdistel en Harig wilgenroosje, en een graslandtype met Engels raaigras en hooilandsoorten, zijn verdwenen door afkalving van de oeverzone. De oppervlakte open water is in gelijke orde van grootte toegenomen.

De oppervlakte aan vegetaties van het meest brakke milieu, namelijk die met Kortarige zeekraal, is afgenomen. De Zilte rusvegetaties zijn iets toegenomen, waarbij een vorm met Rood zwenkgras duidelijk is toegenomen ten koste van de typische vorm. In deze vegetaties is meer Dunstaart aangetroffen, maar dat kan bij deze onopvallende soort een waarnemingseffect zijn. De vorm van Zilte rusvegetaties met Kwelderzegge is iets toegenomen, wat samenhangt met de aanleg van een pijpleiding in 2008, toen een oppervlakte van het 'Kwelderzeggeareaal' verloren is gegaan. Deze heeft zich ter plaatse goed hersteld.

De oppervlakte aan overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver, van de vorm met Fraai duizendguldenkruid en Zilte zegge, is licht toegenomen.

#### Conclusie

Er is een lichte afname van zoute pioniervegetaties zichtbaar. Andere zoutminnende vegetaties zijn hierdoor toegenomen.

#### **De Lasten**

De zone met rietvegetaties is qua oppervlak nagenoeg gelijk gebleven. Daarbinnen is wel een verschuiving opgetreden naar ruige rietvegetaties met Koninginnekruid, voornamelijk vanuit rietvegetaties met nog sterkere storingsindicatoren. Binnen de groep van rietvegetaties zonder storingssoorten zijn weinig verschuivingen, wel is de vorm met Heen en Ruwe bies licht toegenomen.

Nabij de weg heeft zich in het transect sinds 2008 duidelijk meer Parnassia gevestigd. De vegetatie met Parnassia is gerekend tot het Type van Parnassia en Knopbies, hoewel Knopbies zelf hier niet is aangetroffen. Ten opzichte van 2004 is het areaal met dit type overigens afgenomen. Verder het terrein in komen occasional Rietorchis of Moeraswespenorchis voor. De vegetaties waarin ze spaarzaam optreden zijn in 2012 gerekend tot overstromingsgraslanden, onder andere met Zilte rus. Vegetaties met Kamgras hebben zich uitgebreid.

Van een vegetatie met Gewoon kweldergras in het meest brakke slenkje dat het transect doorkruist zijn nog slechts enkele vierkante meters over. Kortarige zeekraal is niet meer aangetroffen. Ook kweldervegetaties met Zilte rus zijn afgenomen, waarbij de typische vorm ook nog voor een deel overgegaan is in de vorm met Rood zwenkgras. Vegetaties met Zilte rus van echt brak milieu zijn overgegaan in overstromingsgraslanden met Fioringras en Aardbeiklaver, van de vorm met Zilte rus.

### Conclusie

De al weinig aanwezige kweldervegetaties zijn verder afgenomen. Overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver zijn toegenomen in het laaggelegen middendeel. Dit duidt op voortschrijdende ontzilting. Uit de pq's blijkt overigens geen afname van kweldersoorten. Het chloridegehalte van met name het diepe grondwater is licht afgenomen, hetgeen de ontzilting staft. Bij de weg zijn graslanden met Kamgras algemener geworden. Over de gehele raai is Parnassia in 2012 meer gevonden dan in 2008.

### **De Rug**

In het zuidoostelijke transectdeel met bos en struweel neemt het aandeel van de meest robuuste houtige gewassen toe. In het deel met Schietwilg heeft deze soort Grauwe wilg teruggedrongen. Grauwe wilg heeft in andere terreindelen Duindoorn voor een deel overgroeid, terwijl binnen het resterende Duindoornstruweel de vorm met Gewone vlier is toegenomen. Dat laatste is wellicht het gevolg van de ontwikkeling van gemengd Duindoorn-vlierstruweel uit 'ruig rietvegetaties', waarvan veel kleine enclaves zijn dichtgegroeid.

In tegenstelling tot het terreindeel met veel bos, lijkt de vegetatie in het open deel van het transect juist wat aan massa te hebben ingeboet. Hier zijn vegetaties met Duinriet en rietvegetaties met moeraskruiden verdwenen ten gunste van diverse graslandtypen, waarvan overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver, Zilte zegge, Fraai duizendguldenkruid en Zilte rus opmerkelijk goed scoren. Omdat ook de aanwezigheid van Kamgras is toegenomen moet de verklaring van deze verschuiving wellicht gezocht worden in een hogere begrazingsdruk.

Hoewel veel grasland juist korter wordt afgevreten is Kruiwilg toch gestaag aan een opmars bezig. Het betreft hier overwegend knie- tot heuphoog struweel, waarbinnen Rondbladig wintergroen zich duidelijk heeft uitgebreid. Waarschijnlijk heeft het Kruiwilgstruweel vooral terrein gewonnen op gemeenschappen met Parnassia en Moeraswespenorchis, maar mogelijk ook op wat minder nat overstromingsgrasland, namelijk dat van de vorm met veel Rood zwenkgras.

Fraaie duinvegetaties met Parnassia, Moeraswespenorchis en eventueel Vleeskleurige orchis of Knopbies zijn in 2012 duidelijk minder aangetroffen, hoewel de Vleeskleurige orchis mogelijk meer voorkomt dan ten tijde van de kartering vastgesteld kon worden. De achteruitgang van deze vegetaties kan ook verband houden met oppervlakkige verzuring van vooral vlakke terreindelen in het midden van het transect, waar zich in perioden met veel regen plassen vormen. In deze natte terreindelen is Veenpluis plaatselijk sterk in opmars.

### Conclusie

Duinvalleivegetaties zijn enigszins afgenomen, wat mogelijk veroorzaakt wordt door toenemende verzuring. Aan de andere kant nemen overstromingsgraslanden toe ten koste van rietvegetaties en struweel. Dit lijkt een effect van begrazing.

### **Juffrouw Alie**

Hier zijn de veranderingen in vegetaties gering. Duinvalleivegetaties met Parnassia en Moeraswespenorchis zijn nog iets toegenomen ten koste van overstromingsgrasland met Aardbeiklaver, Zilte zegge en Fraai duizendguldenkruid.

### Conclusie

Er zijn weinig veranderingen in de vegetatie opgetreden.

#### **Zuidelijke Lob**

In de lage terreindelen met overstromingsgraslanden zijn vormen met Zilte rus in oppervlakte toegenomen, vooral binnen het relatief soortenrijke overstromingsgrasland met Aardbeiklaver. Binnen deze groep overstromingsgraslanden is ook de vorm met Zilte zegge vooruitgegaan, waarbij naast Zilte zegge een sterke toename is te zien van Fraai duizendguldenkruid.

De oppervlakte aan pioniervegetaties is gering, maar op één plaats is hierin wel voor het eerst Slijkgroen gevonden, terwijl ook Goudknopje wat meer is aangetroffen. De pioniervegetaties van brakke omstandigheden geven een vooruitgang te zien. Bij de sterke vooruitgang van vegetatie met Kortarige zeekraal moet wel aangetekend worden dat de verhouding tussen dit type en het aandeel 'kale droogvallende bodem' van jaar tot jaar sterk kan verschillen. Niettemin is ook de oppervlakte aan Gewoon kweldergras in de randen van zilte laagtes procentueel sterk toegenomen, hoewel de absolute oppervlakte vrij gering is.

De oppervlaktes aan Kruiwilg- en Duindoornvegetaties zijn niet substantieel veranderd. Een bescheiden groeiplek met Rondbladig wintergroen in het Kruiwilgstruweel aan de oostkant in het transect is in 2012 teruggevonden. De uitbreiding van Geelgroene zegge in dit terreindeel vindt vooral plaats in kleine open plekken, zoals paadjes van het vee. Ook de oppervlakte aan Kamgrasvegetaties is in dit deel van het transect licht toegenomen, maar de grootste toename van Kamgras hangt samen met de ontwikkeling op de dijk.

### Conclusie

Zilte overstromingsgraslanden zijn toegenomen ten koste van niet-zilte overstromingsgraslanden. Dit wordt veroorzaakt door een grote toename van Zilte rus, mogelijk onder invloed van begrazing.

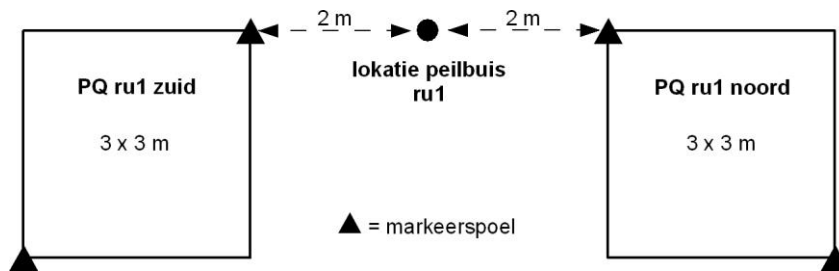
## **3.4 Permanente kwadraten**

In totaal zijn in 2007 56 pq's uitgezet op 28 locaties in vier deelgebieden van de 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 van 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 (zie figuur 3-1). 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 bodemdalingklassen volgens de toenmalige prognoses van de NAM. In figuur 3-4 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 bijlage 1.1.

In tabel 3-2 is weergegeven hoe de pq's zijn verdeeld over de deelgebieden en de vegetatietypen. Ook is hierin aangegeven hoeveel van deze pq's zijn geplaatst vanaf 2009. Daarnaast zijn in 2010 twaalf pq's geplaatst als vervanging voor door vee verstoorde pq's. Dit is in tabel 3-3 weergegeven.



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

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 afstering van de buis nog steeds als schuurplek gebruikt. Dit is de reden dat er in 2010 extra pq's zijn bijgeplaatst op pq-locaties waar grondwaterbuizen aanwezig zijn. Deze nieuwe pq's liggen een aantal meters verder van de grondwaterbuis dan de oude pq's in de verwachting dat in deze nieuwe pq's de veeschade structureel minder zal zijn. Tot nu toe zijn zowel de oude als de nieuwe pq's elk jaar opgenomen; bij een volgende meetronde kunnen de vertrapte pq's vervallen die vlakbij de grondwaterbuizen liggen. Op de Bantswal zijn wegens veeschade acht nieuwe pq's opgenomen, op de Zuidelijke Lob vier pq's.

In bijlage 1.2 zijn de opnamen van de pq's weergegeven voor de jaren 2007 t/m 2012. 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 pas opgenomen in september en begin oktober. In 2008 t/m 2012 zijn de pq's 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 waarschijnlijk zijn gemist.





*Figuur 3-2 - Opnamelocatie LA3W in De Lasten in juni 2012. Op deze locatie is niet elk jaar gemaaid, waardoor robuustere graslandsoorten steeds meer de overhand krijgen.*

### 3.4.1 Vegetatiekundige variatie in de opnamenset

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

- Duinvalleivegetaties (Dv). Op De Rug kenmerken deze zich door het voorkomen van Zeegroene zegge, Parnassia en Knopbies. In het Terreintje van Juffrouw Alie en De Lasten is Knopbies zeldzamer in de pq's en komt Moeraswespenorchis meer voor. Ook Vleeskleurige orchis en Rietorchis komen regelmatig voor. In de Bantswal zijn de duinvalleivegetaties fragmentair ontwikkeld.
- Zilte pioniervegetaties (Zp). Kortarige zeekraal en/of Gewoon kweldergras kenmerken deze vegetaties. Een enkele keer ontbreken deze soorten, maar dan is er sprake van zeer open vegetaties waarin Melkkruid en/of Zilte rus domineren.
- Overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver en Zilte zegge (Oa). Indien Aardbeiklaver ontbreekt, hebben Zilte zegge, Melkkruid en Zilte rus nog een wezenlijk aandeel in de vegetatie. Soms is sprake van overgangen 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 en Duinriet.

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 pq's over de deelgebieden en de initiële vegetatietypen. Tussen haakjes staat het deel hiervan dat in 2009 en 2010 is uitgezet.

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 in het opnamemateriaal van 2007 vanwege soorten die in 2007 zijn gemist door het late opnametijdstip.



Figuur 3-3 – Armbloemige waterbies in opname RU2W in juli 2012.

In totaal bestaat het meetnet nu uit 92 pq's, waarvan er 56 in 2007 zijn uitgezet en waaraan er in 2009 en 2010 samen 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.

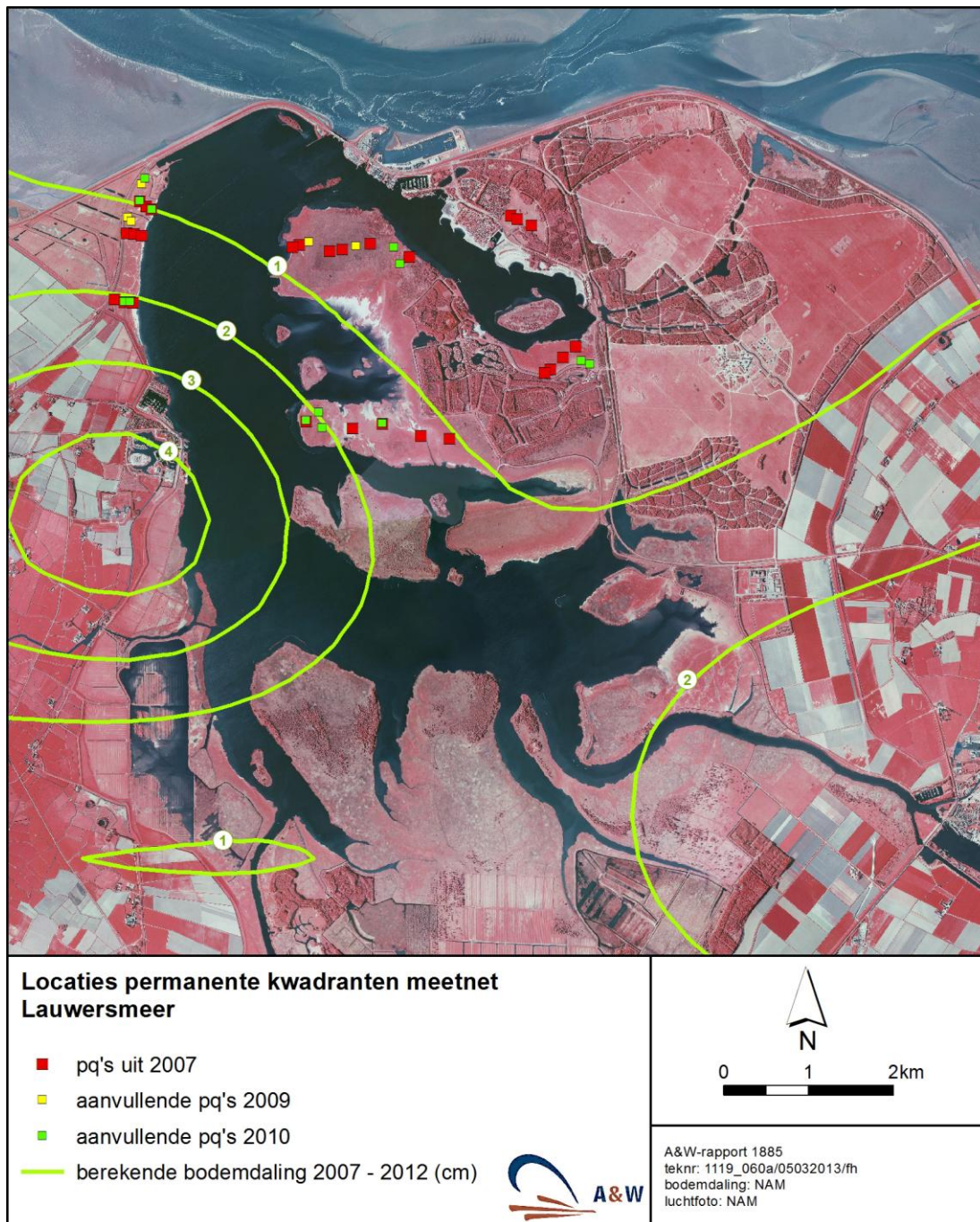
Tabel 3-3 - In 2009 en 2010 toegevoegde locaties met pq's. Op elke locatie zijn twee pq's geplaatst. Aangegeven is welke hiervan als vervanging dienen voor in 2007 geplaatste, verstoorte pq's.

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 geplande verdeling van de permanente kwadraten over vegetatie en bodemdalingsklassen is gebaseerd op de mogelijkheden (want niet elk vegetatietype komt overal voor) en op de voorspelde dalingscontouren van 2007 tot 2040 van de nieuwe winningen (Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen) plus de bestaande winning in Anjum (NAM 2010). Op advies van de auditcommissie, in 2009 en 2010 pq's bijgeplaatst, zodat elke bodemdalingsklasse min of meer gelijk was vertegenwoordigd in het pq-netwerk. De berekende dalingscontouren tussen 2007 en 2012 (figuur 3-4) wijken qua patroon af van die van de prognoses 2007-2040. Het gevolg daarvan is dat de verdeling van de pq's over de bodemdalingsklassen minder gunstig is geworden (tabel 3-4): bijvoorbeeld de pq's in duinvalleivegetaties liggen op grond van deze laatste berekeningen bijna geheel in de klasse < 1 cm, terwijl de pq's van zilte pioniervegetaties en overig overstromingsgrasland voornamelijk in de klassen liggen met een bodemdaling  $\geq 1$  cm. Aan de andere kant zijn er ook voordelen: in de begraasde terreinen (met name de Bantswal) is de variatie aan bodemdaling groter dan op basis de eerdere prognoses werd aangenomen. Binnen de gemaaide terreinen (De Lasten, terreintje van Juffrouw Alie) was en is de variatie beperkt: deze liggen in het deel met < 1 cm bodemdaling (figuur 3-4).

Tabel 3-4 - Verdeling van het aantal permanente kwadraten over de berekende bodemdalingsklassen (in cm) voor de periode 2007 - 2012 en de vegetatietypen. Tussen haakjes staat het deel hiervan dat in 2009 en 2010 is uitgezet.

Bodemdaling (cm)	Gering (< 1 cm)	Matig (1-2 cm)	Sterk (> 2-3 cm)	Totaal
<b>Vegetatietype</b>				
Duinvalleivegetatie	33(15)	2(2)	-	35 (17)
Overig grasland	4	2(2)	4(2)	10 (4)
Overstromingsgrasland met Aardbeiklaver	9(3)	9(2)	4(2)	22 (7)
Overig overstromingsgrasland	2	3	4(2)	9 (2)
Zilte pioniervegetaties	4(2)	6(2)	6(2)	16 (6)
<b>Totaal</b>	<b>52(20)</b>	<b>22(6)</b>	<b>18(8)</b>	<b>92 (36)</b>



Figuur 3-4 - Locatie pq-raaien. De groene lijnen geven de berekende bodemdaling weer voor de periode 2007 - 2012, gebaseerd op meetgegevens en het bodemdalingsmodel. (Bron voor de dalingscontouren: NAM 2012)

### 3.4.2 Toe- en afname van indicatoren

Per opnamejaar is per pq het gesommeerde bedekkingspercentage bepaald voor de duinvalleisoorten respectievelijk de kweldersoorten. In bijlage 1 is weergegeven welke soorten tot deze groepen zijn gerekend. Dit is tevens gedaan voor Kruidwilg (*Salix repens*) en Duinriet (*Calamagrostis epigejos*). In tabel 3-5 zijn deze indicatoren weergegeven voor de periode 2007-2012. 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 waarin de soort of soortgroep niet 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. Dv=Duinvalleivegetaties; Go=Overige graslanden; 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
2007	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
2008	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
2009	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
2010	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
2011	24,4	2,8	0,5	0,4	0,0	0,9	0,5	37,1	10,1	26,7	31,9	5,2	3,3	10,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0
2012	26,8	2,7	0,4	0,3	0,0	0,6	0,5	38,9	10,0	29,2	35,2	5,0	3,3	5,7	0,0	1,1	0,3	0,0	0,0	0,0

In tabel 3-5 zijn de gemiddelde bedekkingen berekend over alle pq's van een initieel vegetatietype en opnamejaar. Als een soort(groep) niet aanwezig is, dan is de bedekking op 0 gesteld. Hierdoor ontstaan er veel nulwaarden, zeker bij langlopende meetreeksen, zodat er in het geheel geen sprake is van een normale verdeling van de responsvariabele (zie ook de vierde voortgangsrapportage: Bijkerk *et al.* 2011). Voor de analyse van veranderingen is toe- of afname van meer belang dan te weten of een soort binnen een bepaalde pq nooit aanwezig is geweest. Daarom is een filtering toegepast om een deel van deze nulwaarden weg te filteren. Daarbij wordt een pq alleen meegenomen in de analyse indien:

- er minimaal twee waarnemingen van de soort binnen de meetjaren zijn gedaan (de mate van bedekking door de soort speelt dan geen rol), of
- er slechts één waarneming is gedaan binnen de meetjaren, maar de bedekking groter was dan 1%.

Op die wijze worden meetreeksen van een pq waarbij een soortgroep niet voorkwam of hooguit één keer met zeer geringe bedekking (overeenkomend met de Londo-schaal r1) er uit gefilterd. Dit geeft iets andere gemiddelde bedekkingen, die in vegetatiekundige termen vrijwel overeenkomen met de "karakteristieke bedekking". De gemiddelde bedekkingswaarden op basis van deze filtering zijn weergegeven in tabellen 3-6 t/m 3-8. In tabel 3-5 en 3-6 zijn alleen gegevens vermeld van pq's die in 2007 zijn gelegd en tussen 2007 en 2012 elk jaar zijn opgenomen.

Tabel 3-6 - Gemiddelde gesommeerde bedekkingspercentage van duinvalleisoorten, kweldersoorten, Kruiwilg en Duinriet per vegetatietype en jaar, van alleen die pq's die in 2007 zijn gelegd en waar de soort(groep) in tenminste één van de opnamejaren aanwezig is. Als superscript is het aantal pq's weergegeven waarin de soort(groep) voorkomt. Totaal = Totaal aantal pq's (gelegd in 2007) binnen het vegetatietype.

Vegtype:	Duinvalleisoorten					Kweldersoorten					Kruiwilg					Duinriet	
	Dv	Go	Oa	Oo	Zp	Dv	Go	Oa	Oo	Zp	Dv	Go	Oa	Oo	Dv	Go	
2007	23,9 <sup>18</sup>	0,8 <sup>3</sup>	0,4 <sup>3</sup>	0,5 <sup>1</sup>		1,3 <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>	6,5 <sup>5</sup>	20,0 <sup>2</sup>	
2008	21,7 <sup>18</sup>	1,6 <sup>4</sup>	1,0 <sup>4</sup>	1,0 <sup>2</sup>		4,3 <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>	3,3 <sup>6</sup>	20,0 <sup>2</sup>	
2009	22,3 <sup>18</sup>	4,0 <sup>5</sup>	1,6 <sup>7</sup>	0,0 <sup>0</sup>		3,1 <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>	4,0 <sup>4</sup>	5,5 <sup>2</sup>	
2010	22,2 <sup>18</sup>	3,8 <sup>4</sup>	1,1 <sup>6</sup>	0,0 <sup>0</sup>		1,5 <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>	2,9 <sup>5</sup>	5,5 <sup>2</sup>	
2011	24,4 <sup>18</sup>	3,4 <sup>4</sup>	1,0 <sup>5</sup>	1,0 <sup>3</sup>		2,1 <sup>7</sup>	0,6 <sup>3</sup>	37,1 <sup>15</sup>	10,1 <sup>7</sup>	26,7 <sup>10</sup>	33,8 <sup>16</sup>	10,3 <sup>3</sup>	25,0 <sup>2</sup>	35,0 <sup>2</sup>	4,5 <sup>7</sup>	6,0 <sup>2</sup>	
2012	26,8 <sup>18</sup>	3,2 <sup>4</sup>	0,8 <sup>6</sup>	0,7 <sup>2</sup>		1,9 <sup>6</sup>	0,6 <sup>2</sup>	38,9 <sup>15</sup>	10,0 <sup>7</sup>	29,2 <sup>10</sup>	37,3 <sup>16</sup>	10,0 <sup>2</sup>	25,0 <sup>2</sup>	20,0 <sup>2</sup>	2,4 <sup>7</sup>	1,0 <sup>2</sup>	
Totaal	18	6	15	7		18	6	15	7	10	18	6	15	7	18	6	

Er is echter in 2009 en 2010 nog een groot aantal extra pq's gelegd en opgenomen (zie tabel 3-3). Deze data kunnen niet onverkort aan de gemiddelde bedekkingswaarden van tabellen 3-5 en 3-6 worden toegevoegd. Tabel 3-7 betreft de ontwikkelingen in pq's die zijn gelegd in 2009, tabel 3-8 laat de ontwikkeling zien van de pq's gelegd in 2010.

*Tabel 3-7 - Gemiddelde gesommeerde bedekkingspercentage van duinvalleisoorten, kweldersoorten, Kruiwilg en Duinriet per vegetatietype en jaar, van alleen die pq's die in 2009 zijn gelegd en waar de soort(groep) in tenminste één van de opnamejaren aanwezig is. Als superscript is het aantal pq's weergegeven waarin de soort(groep) voorkomt. Totaal = Totaal aantal pq's (gelegd in 2009) binnen het vegetatietype.*

Vegtype:	Duinvalleisoorten		Kweldersoorten		Kruiwilg		Duinriet	
	Dv	Zp	Dv	Zp	Dv	Zp	Dv	Zp
<b>2009</b>	20,0 <sup>8</sup>	-	16,6 <sup>6</sup>	35,0 <sup>2</sup>	7,2 <sup>5</sup>	-	1,0 <sup>2</sup>	5,5 <sup>2</sup>
<b>2010</b>	19,9 <sup>8</sup>	-	18,0 <sup>6</sup>	36,0 <sup>2</sup>	9,2 <sup>5</sup>	-	1,0 <sup>2</sup>	5,5 <sup>2</sup>
<b>2011</b>	20,3 <sup>8</sup>	-	16,8 <sup>6</sup>	32,5 <sup>2</sup>	6,3 <sup>5</sup>	-	1,0 <sup>2</sup>	6,0 <sup>2</sup>
<b>2012</b>	26,6 <sup>8</sup>	-	19,1 <sup>6</sup>	57,5 <sup>2</sup>	2,5 <sup>5</sup>	-	1,0 <sup>2</sup>	1,0 <sup>2</sup>
<b>Totaal</b>	8	2	8	2	8	2	8	2

*Tabel 3-8 - Gemiddelde gesommeerde bedekkingspercentage van duinvalleisoorten, kweldersoorten, Kruiwilg en Duinriet per vegetatietype en jaar, van alleen die pq's die in 2010 zijn gelegd en waar de soort(groep) in tenminste één van de opnamejaren aanwezig is. Als superscript is het aantal pq's weergegeven waarin de soort of soortgroep voorkomt. Totaal = Totaal aantal pq's (gelegd in 2010) binnen het vegetatietype.*

Vegtype:	Duinvalleisoorten				Kweldersoorten					Kruiwilg				Duinriet			
	Dv	Go	Oa	Oo	Dv	Go	Oa	Oo	Zp	Dv	Go	Oa	Oo	Dv	Go	Oa	Oo
<b>2010</b>	6,8 <sup>9</sup>	1,5 <sup>2</sup>	1,0 <sup>3</sup>	0,0 <sup>0</sup>	2,3 <sup>4</sup>	0,7 <sup>2</sup>	24,6 <sup>7</sup>	7,0 <sup>2</sup>	45,8 <sup>4</sup>	4,3 <sup>6</sup>	55,0 <sup>4</sup>	10,3 <sup>3</sup>	30,0 <sup>2</sup>	1,0 <sup>1</sup>	17,5 <sup>4</sup>	10,3 <sup>3</sup>	10,0 <sup>1</sup>
<b>2011</b>	6,2 <sup>9</sup>	0,5 <sup>1</sup>	1,7 <sup>3</sup>	0,0 <sup>0</sup>	1,3 <sup>3</sup>	0,7 <sup>2</sup>	23,3 <sup>7</sup>	7,0 <sup>2</sup>	42,5 <sup>4</sup>	6,0 <sup>6</sup>	52,5 <sup>4</sup>	7,0 <sup>3</sup>	30,0 <sup>2</sup>	1,0 <sup>1</sup>	15,0 <sup>4</sup>	4,3 <sup>3</sup>	4,0 <sup>1</sup>
<b>2012</b>	6,3 <sup>9</sup>	2,0 <sup>2</sup>	2,3 <sup>3</sup>	1,0 <sup>1</sup>	1,3 <sup>2</sup>	0,7 <sup>1</sup>	31,0 <sup>7</sup>	7,5 <sup>2</sup>	58,8 <sup>4</sup>	7,3 <sup>6</sup>	47,5 <sup>4</sup>	3,0 <sup>3</sup>	15,0 <sup>2</sup>	0,0 <sup>1</sup>	6,5 <sup>4</sup>	0,7 <sup>2</sup>	0,0 <sup>0</sup>
<b>Totaal</b>	9	4	7	2	9	4	7	2	4	9	4	7	2	9	4	7	2

Op grond van alleen deze gemiddelde bedekkingen zijn de veranderingen lastig te interpreteren, te meer daar het gemiddelde soms sterk wordt beïnvloed door enkele pq's. Daar doorheen spelen de verschillende startdata van de pq's. Hieronder worden de veranderingen per indicator besproken op basis van:

- panelplots die per pq-locatie (dus telkens twee pq's) de bedekkingsveranderingen van de indicatoren weergeven. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen panelplots per vegetatietype - zoals bij het startjaar vastgesteld - en per deelgebied,
- de tabellen 3-6 t/m 3-8,
- statistische toetsing van de veranderingen.

### Statistische toetsing verandering indicatoren

Voor de statistische analyse van de veranderingen is gebruikt gemaakt van een lineair model in het statistische pakket R (Zuur *et al.* 2009).

Hierbij zijn twee hoofdgroepen van modellen vergeleken, namelijk een Linear Mixed Effects Model (lme) en een Generalised Least Squares Model (gls). Beiden kunnen corrigeren voor herhaalde metingen en de autocorrelatie die hierdoor binnen een tijdreeks ontstaat. De verschillen zijn dat binnen een lme er van uit wordt gegaan dat de metingen van een tijdreeks (opnames in de verschillende jaren van een pq-locatie) allen dezelfde autocorrelatie hebben (zogenoeten compound symmetry model). Binnen een gls kan er voor worden gekozen om de autocorrelatie binnen een reeks af te laten nemen als de metingen verder in de tijd van elkaar verwijderd zijn (autoregressief model). Dat laatste ligt ecologisch gezien meer voor de hand. Daarentegen kan een mixed model een voordeel hebben omdat vegetatie ook als random variabele in het model kan worden ingebracht. Beide modellen kunnen eveneens corrigeren voor heterogeniteit indien de variantie van een indicator verschilt tussen bijvoorbeeld verschillende beheertypen.

Het gevolgde protocol om te komen tot een minimaal adequaat model is globaal als volgt:

- Eerst is de meest passende random structuur dan wel autocorrelatiestructuur bepaald. Dit is gedaan met een uitgebreide set aan verklarende variabelen. De meest passende structuur is die met de laagste waarde voor het AIC (Akaike's Information Criterion).
- Vervolgens zijn best passende lme en gls met elkaar vergeleken en is gekozen voor één van beide benaderingen.
- Met het gekozen model is ten slotte een modelselectie uitgevoerd om te komen tot het minimaal adequate model. Daarbij zijn stapsgewijs niet-significante variabelen verwijderd en wordt, aan hand van het AIC, bepaald wat het beste model is.
- Daarna is er een visuele modelvalidatie toegepast. Die kan er toe leiden dat nog een correctie wordt ingebracht voor heterogeniteit.

Op basis van dit minimaal adequate model is de significantie van de verklarende variabelen bepaald.

Uit het eerste deel van het protocol blijkt een gls met een autoregressieve correlatiestructuur het beste model op te leveren. Dit is alleen getoetst voor de indicator Kruiwilgbedekking, maar omdat we voor alle analyses met hetzelfde basismodel wilden werken is dit ook als basis genomen voor de analyse van de andere indicatoren.

Als basis voor de modellering is het volgende model gebruikt:

$$AS\_indicator \sim Opn\_Jaar + Vegtype\_InstJr + Bodemdalingsklasse\_0712 + Beheer + Opn\_Jaar:Bodemdalingsklasse\_0712 + Opn\_Jaar:Beheer.$$

- AS\_indicator: de te modelleren variabele (Bedekking duinvalleisoorten, bedekking Kruiwilg, bedekking kweldersoorten en bedekking Duinriet). De indicatorsoorten en –soortgroepen zijn vooraf arc-sinus wortel getransformeerd.
- Opn\_Jaar: Het jaar van de vegetatieopname
- Vegtype\_InstJr: Het vegetatietype tijdens het begin van de meetreeks van de afzonderlijke pq's
- Bodemdalingsklasse\_0712: Dit is een factor waarbij 3 klassen zijn onderscheiden voor de mate van bodemdaling, namelijk: gering (< 1cm daling tussen 2007 en 2012); matig (1-2 cm daling tussen 2007 en 2012); en sterk (> 2cm daling tussen 2007 en 2012).
- Beheer: Hierbij zijn vier beheerclassen onderscheiden namelijk: integraal jaarlijks maaien en afvoeren (Juffrouw Alie); gefaseerd maaien (De Lasten); begrazing1 (Bantswal); en begrazing2 (De Rug en Zuidelijke lob)

- *Opn\_Jaar: Bodemdalingsklasse\_0712*: De interactie van jaar gegeven de bodemdalingsklasse. Deze interactie kan informatie geven of de verandering in de tijd afhangt van de bodemdalingsklasse.
- *Opn\_Jaar: Beheer*: De interactie van jaar gegeven het beheer. Deze interactie kan informatie geven of de verandering in de tijd afhangt van het beheer.

Er is overwogen ook maaiveldhoogte in het model in te brengen. Voor alle *pq*'s is alleen de maaiveldhoogte uit 2012 beschikbaar. Hierom en vanwege de ruis die inherent in de maaiveldhoogtemetingen aanwezig is (zie §5.1), is besloten dit niet te doen.

Bij de interpretatie van de interacties moet wel worden bedacht dat bodemdalingsklasse sterk is gerelateerd aan het deelgebied en daarmee ook aan beheer en het initieel vegetatietype.

### Duinvalleisoorten

Op basis van tabellen 3-6 t/m 3-8 en figuur 3-5 lijken duinvalleisoorten toe te nemen in duinvalleivegetaties op De Rug. Uit de statistische analyse bleef na modelselectie het volgende model over als minimaal adequaat:

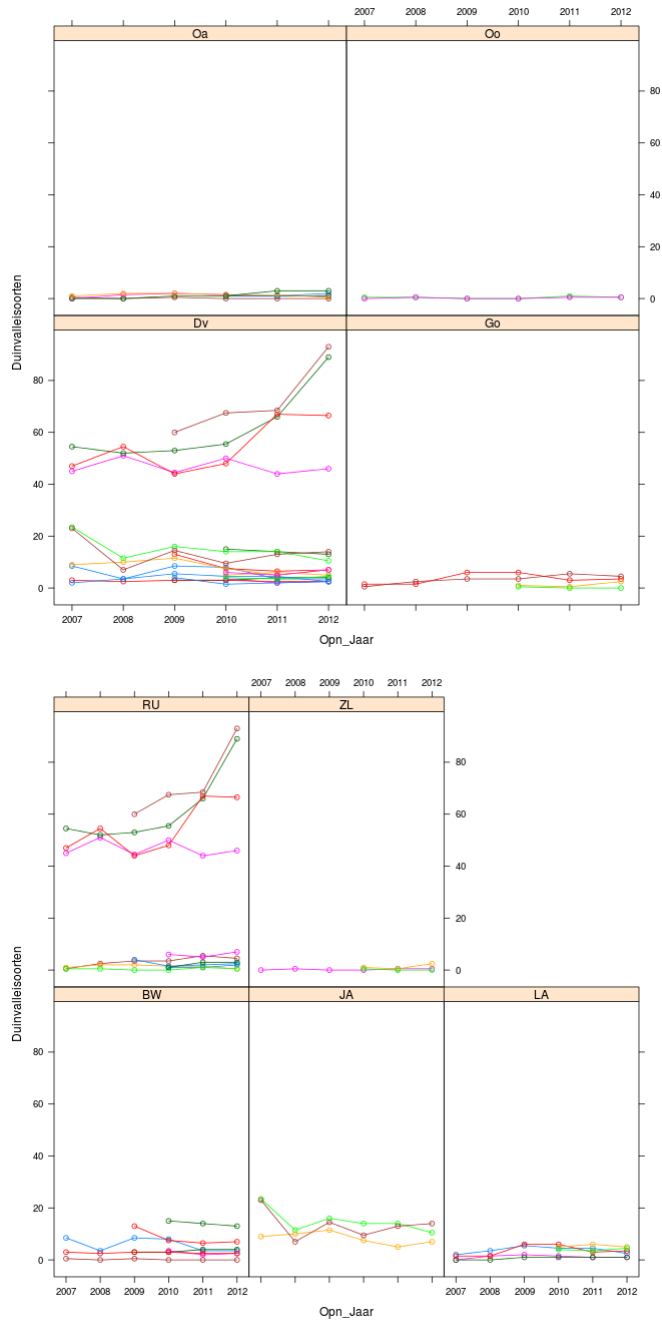
*ASDuinvalleisoorten ~ Opn\_Jaar + Vegtype\_InstJr + Beheer + Opn\_Jr:Beheer*

De volgende variabelen hiervan zijn significant:

- Beheer ( $F(3, 134) = 4,304, p = 0,006$ )
- VegType\_InstJr ( $F(3, 134) = 6,093, p = 0,0006$ )

Het verwijderen van de overige niet-significante variabelen leverde geen modelverbetering op. Dat Duinvalleisoorten vooral voorkomen in het vegetatietype Duinvallei is vanzelfsprekend. Daarom is het vegetatietype in het installatiejaar ook significant. Hoge bedekkingen met duinvalleisoorten vinden we op De Rug en in mindere mate in Juffrouw Alie. De deelgebieden zijn sterk gecorreleerd met beheer en dus komt beheer ook significant uit het model. Opvallend is dat in de *pq*'s een toename van duinvalleisoorten in De Rug is te zien, terwijl uit de transectkartering blijkt dat het areaal duinvalleivegetaties hier is afgenomen. De toename die we in de tabellen en in enkele *pq*'s op De Rug zien (figuur 3-5), blijkt niet significant te zijn.





Figuur 3-5 - Gesommeerd bedekkingspercentage van duinvalleisoorten per opnamelocatie (gemiddeld over de twee pq's). In de bovenste grafieken zijn de opnamelocaties gegroepeerd naar vegetatietype (Go=Overige graslanden; Dv=Duinvalleivegetaties; Oa=Overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromingsgraslanden). In de onderste 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 tenminste één van de jaren duinvalleisoorten zijn aangetroffen.

### Kruipwilg

Op grond van tabel 3-6 t/m 3.8 en figuur 3-6 lijkt de bedekking van Kruipwilg toe te nemen in de duinvalleivegetaties van voornamelijk Juffrouw Alie. Na modelselectie bleef het volgende model over als minimaal adequaat:

*ASKruipwilg~Opn\_Jr+Beheer+Opn\_Jr:Beheer*

De volgende variabelen zijn hierin significant:

- Beheer ( $F(3, 103) = 4,912, p = 0,003$ )
- Interactie van beheer en opnamejaar ( $F(3, 103) = 8,773, p < 0,0001$ )

Op zich is dit goed te verklaren, want de bedekking van Kruipwilg ligt met name in het Terreintje van Juffrouw Alie, waar integraal wordt gemaaid, hoger dan in de andere deelgebieden en in Juffrouw Alie zien we ook een toename van Kruipwilg. Door het maaien neemt in Juffrouw Alie de wortelmassa van Kruipwilg toe (veldwaarneming, niet gemeten) en daarmee de organische stofopbouw (zie § 5.4). Dit gaat gepaard met een afnemende pH (zie § 5.3.2). Ondanks het jaarlijks maaien en afvoeren kan Kruipwilg hierdoor toenemen. Overigens betreft het, door het maaien, zeer lage dwergstruiken Kruipwilg.

### Kweldersoorten

Uit tabellen 3.6 t/m 3.8 en figuur 3.7 blijkt dat kweldersoorten toenemen, met name binnen de zilte pioniervegetaties en overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver. Ook dit laatste vegetatietype geeft binnen de Lauwersmeer de wat brakker omstandigheden aan. Uit de opnametabellen blijkt dat met name Zilte rus (*Juncus gerardii*) het vaakst een toename en een soms een sterke toename laat zien. Soorten als Kortarige zeekraal (*Salicornia europea*), Schorrekruid (*Suaeda maritima*) en Gewoon kweldergras (*Puccinellia maritima*), die nog sterker aan zilte omstandigheden zijn gebonden, veranderen nauwelijks in bedekking.

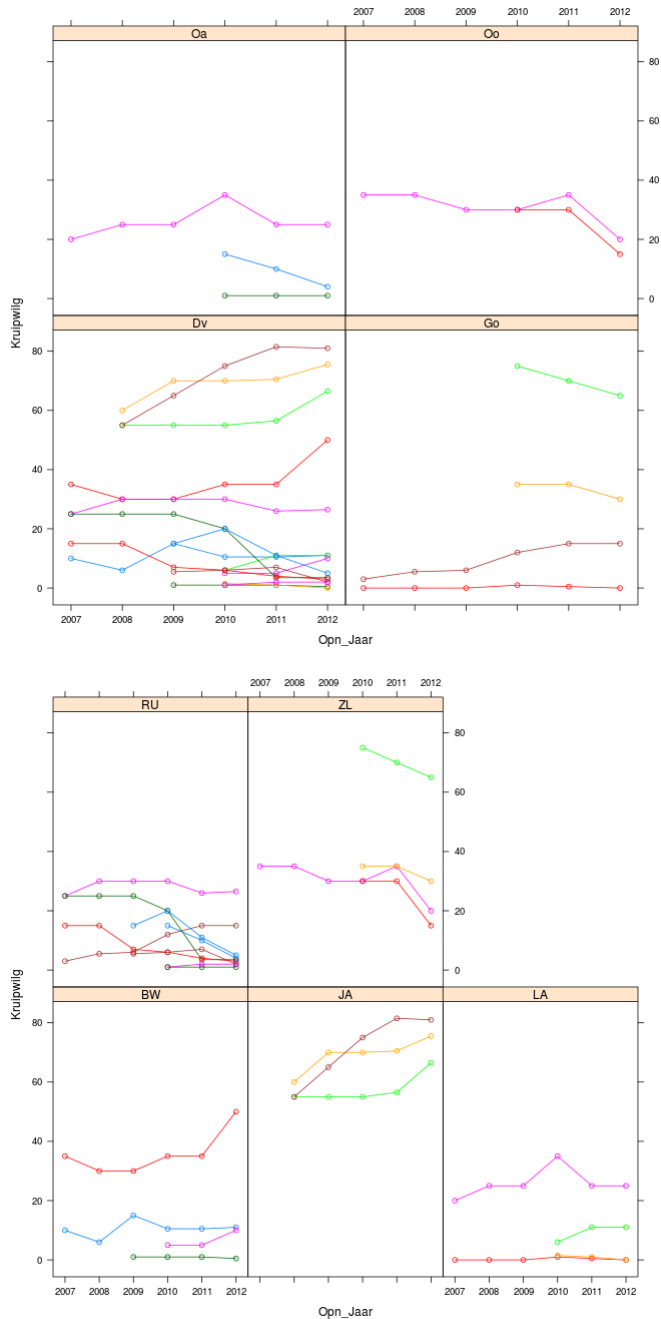
Na modelselectie bleef het volgende model over als minimaal adequaat:

*ASKweldersoorten~ Opn\_Jaar + Vegtype\_InstJr + Bodemdalingsklasse + Beheer+ Opn\_Jaar: Bodemdalingsklasse*

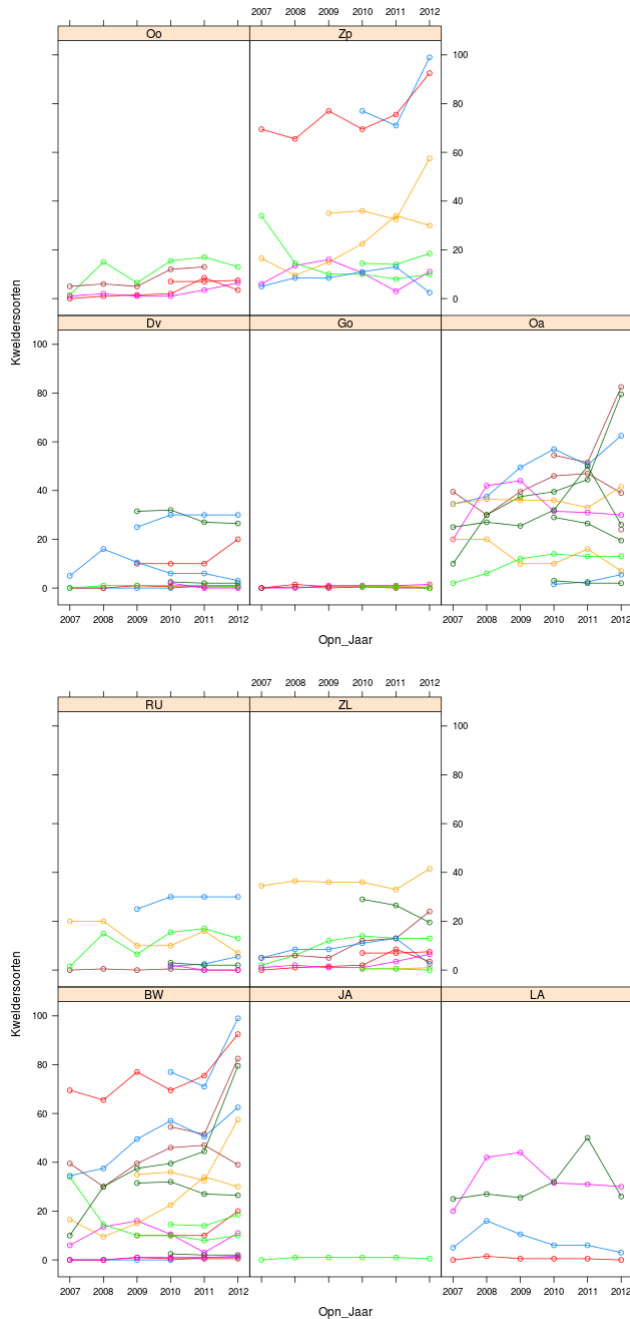
De volgende factoren zijn hierin significant:

- Opn\_Jaar ( $F(1, 180) = 9,361, p < 0,003$ )
- VegType\_InstJr ( $F(4, 180) = 11,082, p < 0,0001$ )
- Bodemdalingsklasse\_0712 ( $F(2, 180) = 5,112, p = 0,007$ )
- Opn\_Jaar: Bodemdalingsklasse ( $F(2, 180) = 4,977, p = 0,008$ )

De resultaten laten zien dat er in de tijd een significante toename is van kweldersoorten, waaraan Zilte rus de grootste bijdrage levert. Dat de bodemdalingsklasse mede de bedekking van kweldersoorten bepaalt is niet vreemd, want het gebied met de sterkste berekende bodemdaling is de Bantswal. Dat is ook het gebied binnen de Lauwersmeer waar de kweldervegetaties al sinds lange tijd het meest voorkomen. Binnen dit deelgebied (en dus het gebied met de grootste bodemdaling) is de toename significant groter dan in andere deelgebieden. Dat laatste wil overigens niet zeggen dat bodemdaling hiervan de oorzaak is. In dit geval betreft het een complex geheel. Een rol speelt de voortschrijdende ontzilting sinds de afsluiting van de Lauwerszee die leidde tot het vrijwel verdwijnen van zilte pioniervegetaties (Beemster & Bijkerk 2006b). Ook in de transectmonitoring zien we dit terug doordat, op de Bantswal, zoute pioniervegetaties plaats maken voor vegetaties van minder zoute omstandigheden (c.q. overstromingsgraslanden met Zilte rus). Enerzijds verwacht je dat door bodemdaling en bij een gelijkblijvend meerpeil, langs de plaatranden de invloed van het zoetere (maar nog steeds bijna licht brakke) oppervlaktewater toeneemt en daarmee de ontzilting wordt versterkt.



Figuur 3-6 - Bedekkingspercentage van Kruiwilg per opnamelocatie (gemiddeld over de twee pq's). In de bovenste grafieken zijn de opnamelocaties gegroepeerd naar vegetatietype (Go=Overige graslanden; Dv=Duinvalleivegetaties; Oa=Overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromingsgraslanden). In de onderste 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 tenminste één van de jaren Kruiwilg is aangetroffen. De pq's uit 2007 binnen het Terreintje van Juffrouw Alie zijn niet weergegeven, aangezien deze op het late opnametijdstip reeds gemaaid waren en daarbij vooral voor Kruiwilg sterk afwijken van de overige jaren.



Figuur 3-7 - Gesommeerd bedekkingspercentage van kweldersoorten per opnamelocatie (gemiddeld over de twee pq's). In de bovenste grafieken zijn de opnamelocaties gegroepeerd naar vegetatietype (Go=Overige graslanden; Dv=Duinvalleivegetaties; Oa=Overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromingsgraslanden; Zp=Zilte pioniervegetaties). In de onderste 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 tenminste één van de jaren kweldersoorten zijn aangetroffen.

Een toename van brakke kwel vanuit de Waddenzee, zoals bij bodemdaling in polders langs de zeedijk optreedt, is op de Bantswal onwaarschijnlijk. Wel is geopperd dat het dieper liggende zoute grondwater bij de Bantswal omhoog wordt geduwd door kwelstromen vanaf de hoger liggende gronden in het westen (Tolman 2001). In dat geval verwacht je bij bodemdaling en gelijkblijvend meerpeil dat dit zoute grondwater hoger in het bodemprofiel komt en dus de voortschrijdende ontzilting wordt afgeremd. De

toename van kweldersoorten komt voor rekening van Zilte rus en gaat in de pq's (nog?) niet gepaard met een afname van de echte zoute soorten als Kortarige zeekraal, Gewoon kweldergras en Schorrenkruid. In het ondiepe grondwater zien wel een toename, hoewel niet significant, van chloride (§4.5). Het natriumgehalte in de toplaag van de bodem (§5.3) is daarentegen nauwelijks toegenomen op de Bantswal. De zoutprofielen laten wel enkele veranderingen zien. Soms is in de diepere ondergrond het zoutgehalte toegenomen, maar dit correspondeert zelden met een toename van kweldersoorten op die locatie. Soms is het zoutgehalte hoger in het profiel afgenomen, maar zien we toch een sterke toename van kweldersoorten (zoals in BW3 en in BW9). Waarschijnlijk speelt variatie in neerslagoverschot (droge en natte zomers) een grote rol omdat in de zomer zouten via capillaire werking hoger in bodemprofiel terechtkomen, daar vervolgens door indamping accumuleren en in natte perioden weer uitspoelen.

### Duinriet

Figuur 3-8 en de tabellen 3-6 t/m 3-8 laten een duidelijke afname zien van Duinriet. Ook uit de statistische analyse komt dit naar voren.

Na modelselectie bleef het volgende model over als minimaal adequaat:

*ASDuinriet* ~ *Opn\_Jaar* + *Vegtype\_InstJr* + *Bodemdalingsklasse* + *Beheer* + *Opn\_Jaar*:  
*Bodemdalingsklasse*

Van dit model zijn alleen de volgende variabelen significant:

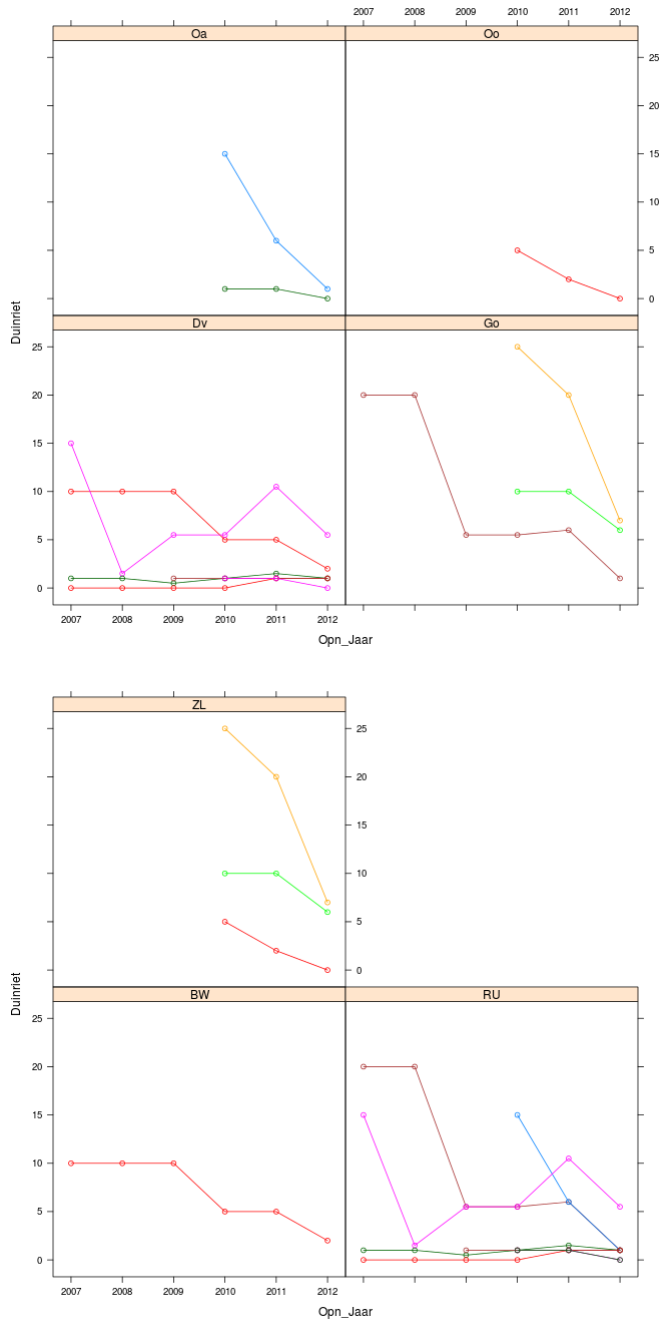
- *Opn\_Jaar* ( $F(1, 42) = 7,784, p < 0,008$ )
- *VegType\_InstJr* ( $F(3, 42) = 3,503, p < 0,023$ )

Indien de overblijvende niet-significante variabelen uit het model werden verwijderd, leverde dat een hogere AIC en dus een slechter model op. Dus hoewel niet statistisch significant, leveren deze variabelen wel een belangrijke bijdrage aan het model.

De bovenstaande analyse laat zien dat de bedekking van Duinriet significant afneemt in de tijd en dat de bedekking van Duinriet in sommige vegetatietypen hoger is dan in andere (vooral in de Overige graslanden).

### Conclusies vanuit de pq-reeks

- De bedekking van duinvalleisoorten laat geen overall trend in de tijd zien, hoewel in enkele pq's op De Rug sprake is van een toename. Een relatie met de afstand tot het centrum van de bodemdaling is niet aanwezig.
- De bedekking van Kruiwilg kent evenmin een overall trend in de tijd. Wel is de bedekking hoger in het Terreintje van Juffrouw Alie (maaibeheer) en daar zien we een toename in de tijd, wat dit deelgebied onderscheid van de andere onderzochte terreinen. Een relatie tussen Kruiwilgbedekking en de afstand tot het centrum van de bodemdaling is niet aanwezig.
- De bedekking van kweldersoorten neemt in de tijd significant toe. Dat is vooral toe te schrijven aan de toegenomen bedekking van Zilte rus, met name op de Bantswal en op de Zuidelijke lob in zoute pioniervegetaties en in overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver. In hoeverre bodemdaling hier bijdraagt aan het versnellen dan wel afremmen van het proces van ontzilting dat sinds de afsluiting van de Lauwerszee plaats vindt, kan nog niet worden vastgesteld, maar lijkt vooralsnog onwaarschijnlijk.
- Duinriet is in de loop van de monitoringsperiode duidelijk in bedekking afgenomen. Waarschijnlijk als gevolg van begrazing. In de gemaaide terreindelen is Duinriet vrijwel niet aanwezig en binnen de pq's ook niet aangetroffen.



Figuur 3-8 - Bedekkingspercentage van Duinriet per opnamelocatie (gemiddeld over de twee pq's). In de bovenste grafieken zijn de opnamelocaties gegroepeerd naar vegetatietype (Go=Overige graslanden; Dv=Duinvalleivegetaties; Oa=Overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromingsgraslanden). In de onderste 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 tenminste één van de jaren Duinriet is aangetroffen.

## 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 11 locaties, verspreid over het Lauwersmeergebied, peilbuizen geplaatst (zie Bijkerk *et al.* 2012, figuur 4-1). Deze peilbuizen zijn begin oktober 2007 geplaatst. Daarnaast worden in het onderzoek ook de meetgegevens betrokken van een aantal bestaande peilbuizen van Staatsbosbeheer (SBB), die sinds november 2000 worden waargenomen.

Om in het verlengde van de peilbuisraaien ook de oppervlaktewaterstand van het Lauwersmeer te kunnen meten, zijn begin december 2009 drie oppervlakte meetpunten geplaatst bij de Bantswal, De Rug en de Zuidelijke Lob. Aanvullend worden ook 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		1	
Bantswal (midden)		1		
Bantswal (zuid)	2	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). Daarin 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 vijf jaar hebben zich aan enkele dataloggers defecten voorgedaan. Het betreft de meetpunten LA3b, RU5a, BW1a, BW8b, BW9b en ZL5B, 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 zijn in november 2011 herplaatst.

### 4.2 Resultaten meetperiode 23 oktober 2007 – 31 december 2012

Na een meetperiode van ruim vier jaar geeft het grondwaterstandverloop van de meetpunten te zien dat het jaarlijkse fluctuatieptraan nagenoeg hetzelfde blijft. Het jaar 2012 geeft een wat grilliger verloop van

de waterstanden te zien in vergelijking met voorgaande jaren. Binnen het Lauwersmeergebied worden per deelgebied en standplaats ook 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 krekken 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.

Het jaar 2012 is een vrij nat jaar geweest, vergelijkbaar met 2007 (zie overzicht Neerslag en Verdamping in bijlage 4). Er was sprake van een nat voorjaar en aan het eind van het jaar waren ook veel perioden met neerslag. De maand maart was opvallend droog en de maand juli was erg koel en nat. Het verloop van de grondwaterstanden in het Lauwersmeergebied laat daardoor een vrij grillig fluctuatiepatteroon zien, met een flinke piek in het begin van januari 2012 (zie bijlage 2). Doordat de Cleveringsluizen bij Lauwersoog door weersomstandigheden niet konden spuien, liep het waterpeil in het Lauwersmeer tijdelijk hoog op. De uitzakking van de waterstand in het begin van de zomerperiode is beduidend minder groot dan in voorgaande jaren, gemiddeld 30 cm minder uitzakking. Normaal gesproken daalt vanaf eind april de grondwaterstand bij de meeste meetpunten gestaag tot beneden 1 m onder maaiveldniveau. Door een droge periode in het voorjaar begon de grondwaterstanddaling in 2012 al in maart, net als in het voorgaande jaar. Maar door de aanzienlijke hoeveelheid neerslag in april en mei stijgt het grondwaterpeil in deze maanden met regelmaat tot aan of nabij maaiveld voor de meeste peilbuislocaties. De meer diepere uitzakking van de grondwaterstand in de maanden juni en augustus heeft tot gevolg dat de ondiepe buisfilters tijdelijk droog vallen. In de grafieken van het grondwaterstandverloop is dit te zien aan het horizontale verloop van de ondiepe peilbuisfilters (licht blauwe lijn).

Op het zuidelijk deel van de Bantswal zakt de grondwaterstand het diepst weg, tot 110 cm beneden maaiveld bij de meetpunten BW8ab en BW9ab. In het midden van De Rug (meetpunt RU3ab) en in de Lasten (meetpunt LA3ab) is de uitzakking het geringst met een daling tot circa 70 cm beneden maaiveld. Vanaf eind september is in het gehele gebied weer een vrij snelle stijging van de grondwaterstand waarneembaar tot aan of boven maaiveldniveau. Door toedoen van aanhoudend regenachtig weer vindt er in het resterende deel van 2012 geen noemenswaardige daling van het grondwaterpeil meer plaats.

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

Tabel 4-2 - Overzicht kengetallen meetreeksen monitoring peilbuizen Lauwersmeer (periode t/m eind december 2012).

peilbuis	BW1A	BW1B	BW3A	BW3B	BW8A	BW8B	BW9A	BW9B	JA3A	JA3B	LA3A	LA3B	RU1A	RU1B	RU3A	RU3B	RU5A	RU5B	ZL3A	ZL3B	ZL5A	ZL5B
gem. waterstand (cm NAP)	-	-18	-	-55	-	-34	-	-75	-	-74	-	-81	-	-71	-	-2	-	-41	-	-90	-	-70
gem. waterstand (cm -mv)	-	49	-	14	-	22	-	25	-	33	-	15	-	32	-	16	-	37	-	26	-	26
hoogste waterstand (cm NAP)	-	33	-	24	-	31	-	27	-	40	-	24	-	21	-	22	-	23	-	25	-	25
laagste waterstand (cm NAP)	-	-117	-	-153	-	-177	-	-189	-	-148	-	-188	-	-140	-	-79	-	-126	-	-187	-	-164
peilfluctuatie (cm)	-	150	-	177	-	208	-	216	-	107	-	212	-	161	-	102	-	149	-	212	-	189
type grondwaterbeweging	intermediair		inzijging		kwel		geringe kwel		intermediair		intermediair		intermediair		inzijging		inzijging		inzijging		intermediair	

Per meetlocatie zijn ook de GXG's berekend: 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 kengetallen 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 duurlijnen van het grondwaterstandverloop van de meetpunten weergegeven.

Tabel 4-3 - Overzicht grondwaterkarakteristieken GXG voor 2012. Negatieve waarden zijn standen boven maaiveld..

Meetreeks	BW1B	BW3B	B011B	B013B	BW8B	BW9B	B008	JA3B	B010	B003	LA3B	RU1B	RU3B	RU5B	B005	ZL3B	ZL5B
GHG (cm -mv)	5	-15	24	-4	-7	-2	3	9	3	-2	-11	5	-2	16	-6	2	-2
GVG (cm -mv)	58	22	37	55	13	29	46	41	34	29	13	51	18	31	3	41	35
GLG (cm -mv)	88	53	85	115	50	64	87	60	60	75	23	65	27	44	64	78	67
Grondwatertrap	III	II	III	III	II	II	III	II	II	II	I	II	I	I	II	II	II

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 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 berekende duurlijnen (bijlage 3).

In vergelijking met voorgaande jaren is de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) in 2012 voor de meeste meetpunten hoger. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) is in 2012 verder afgenomen.

#### 4.3 Grondwaterregime en modellering

Met behulp van tijdreeksanalyse (Menyanthes, zie: Von 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 sprake is van een redelijk tot goed geslaagde modellering. De 3 eigen meetpunten voor registratie van de oppervlaktewaterstand tonen onderling grote overeenkomst en ook met het langjarig waargenomen meetpunt bij de Cleveringsluizen. De meetreeksen van de eigen meetpunten zijn nog wel te kort om deze in de tijdreeksanalyse te kunnen gebruiken.

Tabel 4-4 - Overzicht resultaten modellering grondwatermeetreeksen in Menyanthes. Prec = Neerslag, Evap = Verdamping.

Verklaarde variantie (in %) en FPE (schuingedrukt) per meetpunt voor de gebruikte invloedsfactoren:																		
Meetreeks	BW1B		BW3B		B011B		B013B		BW8B		BW9B		B008		JA3B		B010	
Prec + Evap	82,9	0,020	79,8	0,022	68,6	0,034	84,9	0,056	70,3	0,032	75,7	0,030	81,4	0,022	75,6	0,012	73,7	0,016
Prec + Evap + Niet Lineariteit	91,5	0,014	90,4	0,013	83,4	0,021	91,4	0,039	91,7	0,017	89,6	0,018	81,3	0,021	74,7	0,011	77,9	0,013
Prec + Evap + Opp.waterpeil	84,4	0,020	81,5	0,023	71,0	0,041	85,8	0,060	72,7	0,036	76,4	0,031	83,9	0,022	77,7	0,011	72,8	0,017
Prec + Evap + Opp.wp + Lin.trend	84,6	0,020	81,7	0,023	72,7	0,040	85,8	0,061	73,2	0,036	76,5	0,032	83,9	0,022	78,5	0,011	73,0	0,017
Meetreeks	B003		LA3B		RU1B		RU3B		RU5B		B005		ZL3B		ZL5B			
Prec + Evap	76,5	0,030	66,8	0,025	83,1	0,012	70,6	0,015	71,0	0,015	60,1	0,040	78,1	0,031	78,8	0,024		
Prec + Evap + Niet Lineariteit	84,4	0,022	85,8	0,014	80,5	0,014	84,9	0,009	89,8	0,008	79,8	0,023	86,0	0,023	87,4	0,018		
Prec + Evap + Opp.waterpeil	79,1	0,033	66,7	0,027	83,9	0,012	70,9	0,015	71,1	0,015	64,3	0,049	78,7	0,031	79,6	0,025		
Prec + Evap + Opp.wp + Lin.trend	79,9	0,033	67,2	0,027	84,0	0,012	71,2	0,015	71,1	0,015	65,3	0,049	78,7	0,032	79,6	0,025		

Bij de gemodelleerde grondwatermeetreeksen van de meetpunten in het Lauwersmeergebied is de verklaarde variantie voldoende, gemiddeld 75%. 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 gebaseerd op het Akaiques Information Criterium (AIC). In vergelijking tot de voorgaande rapportage is het percentage verklaarde variantie voor de meeste meetpunten niet toegenomen, maar juist met een paar procenten afgenomen. De FPE is in de regel ook groter geworden. Normaal gesproken wordt de modelvoorspelling beter naarmate de beschikbare meetreeksen langer worden.

De verwachting is dat het meerpeil van invloed is op de grondwaterstanden. Bij bodemdaling kan ook 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 de meetpunten in het noordelijke deel van de Bantswal, in het terreintje van Juffrouw Alie, de Rug en de Zuidelijke Lob een zeer gering beter model op, bij een gelijkblijvende FPE. Dit lijkt in enkele gevallen overeen te komen met de maaiveld daling die bij enkele peilbuizen is vastgesteld, bij een door de NAM in 2012 uitgevoerde hoogtemeting (zie de onderstaande tabel 4.5). Van en duidelijke samenhang is echter geen sprake.

Tabel 4-5 - Overzicht resultaten uitgevoerde hoogtemeting bij onderzoeksmeetpunten door NAM in 2008 en 2012:

ID	MEETPUNT	X_COORD	Y_COORD	HOOGTE(m NAP)_2012	HOOGTE(m NAP)_2008	Hoogteverschil (m)
627000	PB_BW7	205833	601097	1,633	1,644	-0,011
627010	PB_BW8	205943	601067	0,214	0,233	-0,019
627023	PB_BW9	206009	601063	-0,245	-0,191	-0,054
627061	PB_BW5	206068	601870	0,208	0,228	-0,020
627094	OPPBW	206439	602571	-0,577	-	
627128	PB_BW1	206124	602258	0,636	0,694	-0,058
627145	PB_BW_3	206262	602162	-0,015	0,022	-0,037
627158	PB_RU1	209314	601598	0,095	0,090	0,005
627195	PB_RU3	208521	601689	0,610	0,586	0,024
	PB_RU5	208013	601738	niet gemeten	0,101	
627228	OPPRU	207905	602079	-0,400	-	
628009	PB_ZL1	209784	599444	0,086	0,101	-0,015
628033	PE_ZL3	208993	599629	-0,305	-0,267	-0,038
628059	PB_ZL5	208091	599655	-0,125	-0,078	-0,047
628076	OPPZL	208091	599915	-0,233	-	
628085	PB_LA1	210978	600272	0,152	0,141	0,011
628109	PB_LA3	211271	600545	-0,317	-0,262	-0,055
628134	PB_JA3	210755	601970	-0,050	-0,019	-0,031
628151	PB_JA1	210510	602090	-0,047	-0,041	-0,006

Door het te geringe percentage verklaarde variantie bij de meeste meetpunten, wordt een relatie met bodemdaling in de modeluitkomsten van de geanalyseerde grondwater-meetreeksen onvoldoende aangetoond.

## Conclusies

Het grondwaterstandsverloop wordt voornamelijk bepaald door neerslag en verdamping en oppervlakkige afstroming. In de deelgebieden Bantswal (noordelijk deel), terreintje van Juffrouw Alie, de Rug en Zuidelijke Lob levert toevoeging van een lineaire trend, in combinatie met het oppervlaktewaterpeil van het Lauwersmeer, slechts bij enkele meetpunten een zeer gering beter model op. Een duidelijke relatie tussen grondwaterstandsverloop en bodemdaling blijkt vooralsnog niet uit de gegevens.

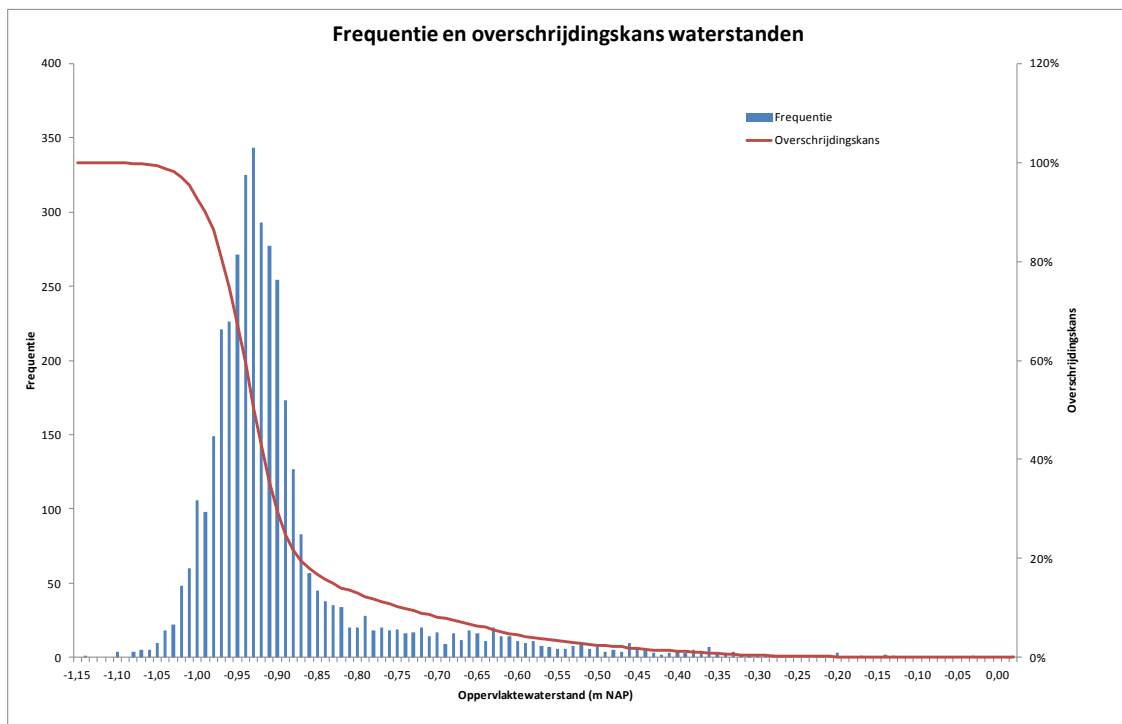
#### 4.4 Inundatiekans

In 2006 is een inundatiekanskaart opgesteld (Beemster & Bijkerk 2006a) voor het Lauwersmeergebied, gebaseerd op oppervlaktewaterstanden van 2003 en 2004 en het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN). Inmiddels zijn oppervlaktewaterstanden beschikbaar voor de periode april 2002 t/m november 2012. Ook is de AHN verbeterd en kan het AHN2 bestand gebruik worden (van juni 2012).

Op basis van de langere meetreeks en de nauwkeuriger AHN kan een beduidend beter beeld geschetst worden van de inundatiekans door oppervlaktewater in de Lauwersmeer.

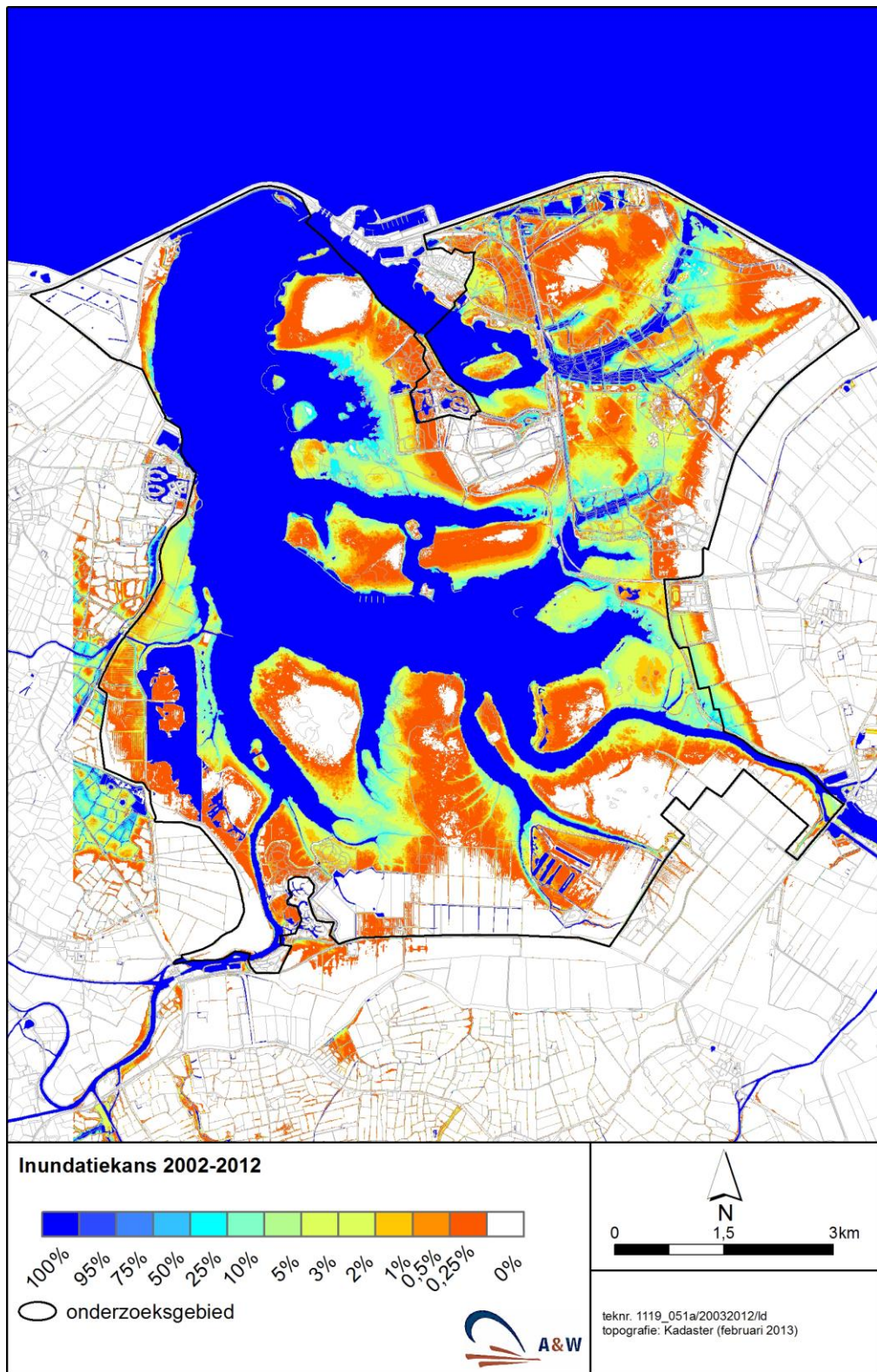
##### Overschrijdingskans oppervlaktewaterstand

Op basis van de bij de Cleveringasluzen gemeten dagmaxima van de oppervlaktewaterstand zijn de overschrijdingskansen berekend. In figuur 4-1 is de frequentie van de oppervlaktewaterstanden evenals de overschrijdingskans uitgezet. Deze overschrijdingskans is de kans op een waterstand hoger dan of gelijk aan een bepaalde waarde.



*Figuur 4-1 - Frequentie en overschrijdingskans oppervlaktewaterstanden Lauwersmeer, gebaseerd op dagmaxima van 2 april 2002 t/m 21 november 2012 gemeten bij de Cleveringasluzen (bron: Waterschap Noorderzijlvest). De frequentie (linker verticale as) geeft het aantal dagen weer uit deze periode dat een bepaald dagmaximum is bereikt. De overschrijdingskans (rechter verticale as) geeft de kans weer dat het dagmaximum hoger is dan de corresponderende oppervlaktewaterstand op de horizontale as. Het streefpeil in het Lauwersmeer is -0,93 m NAP.*

Uit de grafiek is af te leiden dat de laagste gemeten oppervlaktewaterstand 114 cm -NAP is. Terreinen lager dan deze stand zullen, mits het oppervlaktewater daar toegang toe heeft, altijd geïnundeerd zijn. De hoogst gemeten stand is 2 cm +NAP. Op grond van deze reeks is de kans dat een terrein geïnundeerd raakt dat hoger ligt dan 2 cm +NAP niet aanwezig (0%). Het hoogste maximumpeil dat ooit is gemeten is 23 cm + NAP (gemeten op 30 oktober 1998).



Figuur 4-2 - Inundatiekans gedurende het gehele jaar in de huidige situatie. Gebaseerd op de dagelijkse maximale standen van het Lauwersmeer gemeten bij de Cleveringasluisen in de periode april 2002 t/m november 2012 en de maaiveldhoogte afgeleid van het AHN2 bestand van juni 2012. In deze kaart is geen rekening gehouden met aanwezigheid van waterkerende dijken.

### Overschrijdingskansenkaart

Op basis van de overschrijdingskans is het AHN2-bestand geherclassificeerd. Dat geeft een ruimtelijk beeld van de kans op inundatie (figuur 4-2). In deze figuur is het percentage (van dagen per jaar) weergegeven dat een terreindeel kans loopt om te worden overstroomd. 1% komt daarbij overeen met 3,65 dagen. De invloed die bodemdaling heeft op de inundatiekans kan op basis van deze figuur niet worden afgeleid. Wel laat figuur 4-1 zien dat de overschrijdingskans sterk verandert in de range tussen -1,00 en -0,90 m NAP. Dit houdt in dat vooral die terreindelen die een maaiveldhoogte hebben in deze range gevoelig zijn voor toename van inundatie door bodemdaling.

Op dezelfde manier is ook de kans bepaald dat tijdens het broedseizoen (april t/m juli) overstroming optreedt. De overstromingskansenkaart voor het broedseizoen is niet in deze rapportage opgenomen, maar is vermeld in Roodbergen (2013).

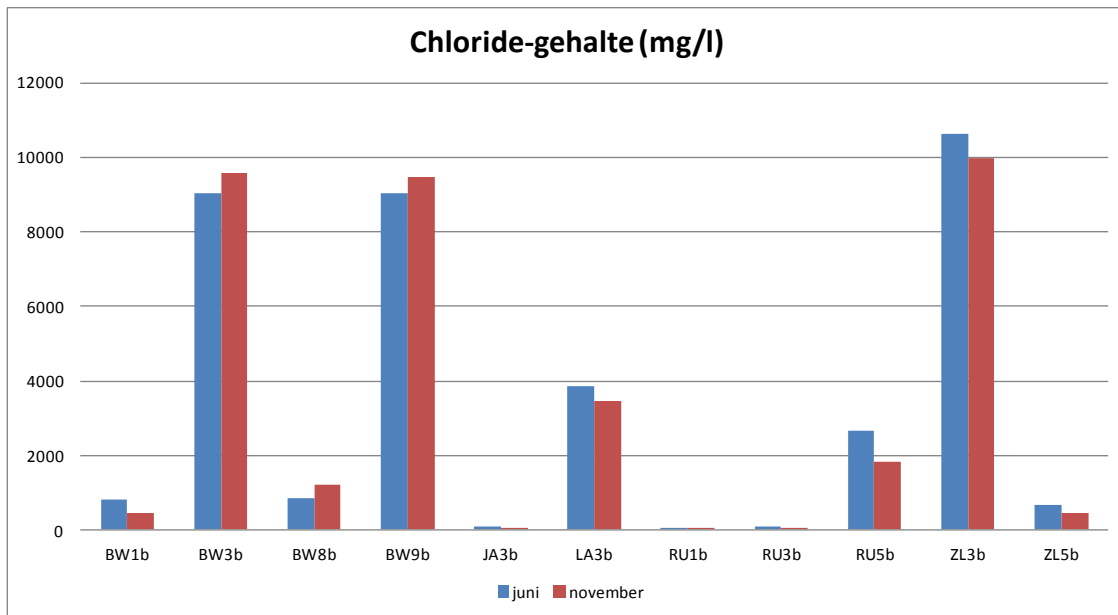
## 4.5 Grondwaterkwaliteit

Na 2008 en 2010 is de waterkwaliteit van het grondwater in 2012 opnieuw op twee momenten bepaald. De 11 geplaatste grondwaterpeilbuizen zijn op 27 juni en 7 november 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 begin november vond plaats in een relatief natte periode; als gevolg van hoog water is de Zuidelijke Lob een week later bemonsterd. De bemonstering van juni in een drogere periode waardoor de ondiepe buisfilters door droogval niet konden worden bemonsterd.

### 4.5.1 Variatie tussen zomer en najaar

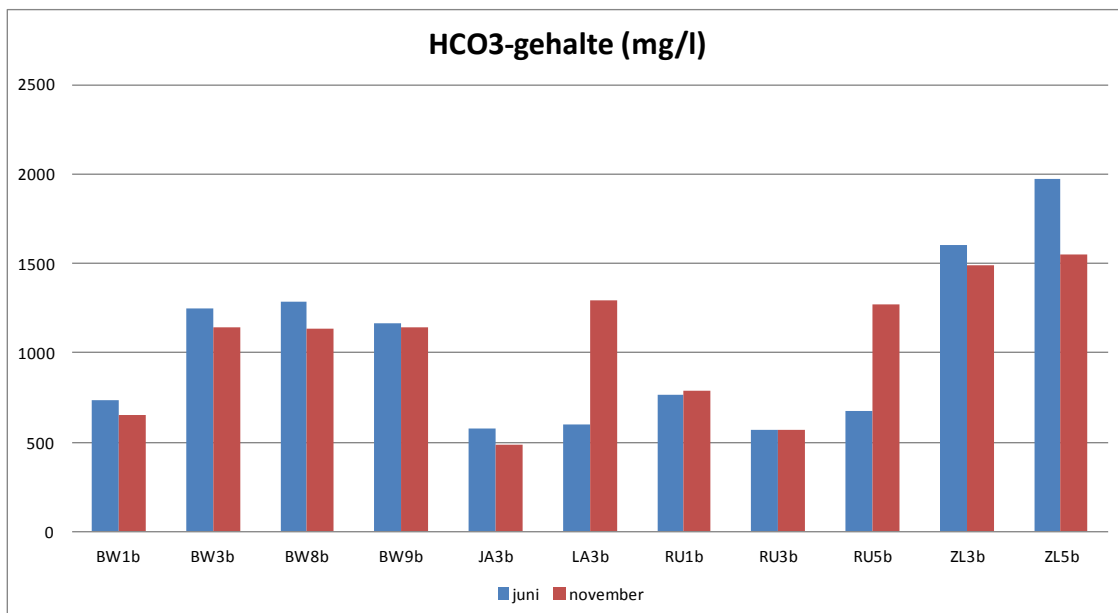
De analyseresultaten geven voor beide bemonsteringsdata nagenoeg vergelijkbare resultaten te zien. De chloridegehalten geven voor de bemonstering in juni iets hogere waarden te zien door het effect van indamping bij enkele relatief hoger gelegen monsterlocaties, hetgeen ook resulteert in een hogere waarde voor het elektrisch geleidend vermogen (EGV). Dit effect was in 2008 en 2010 ook al merkbaar.

De chloridegehalten (figuur 4-3) 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.



Figuur 4-3 - Chloride-gehalte per monsterlocatie voor bemonstering in juni en november 2012 in de diepere buizen.

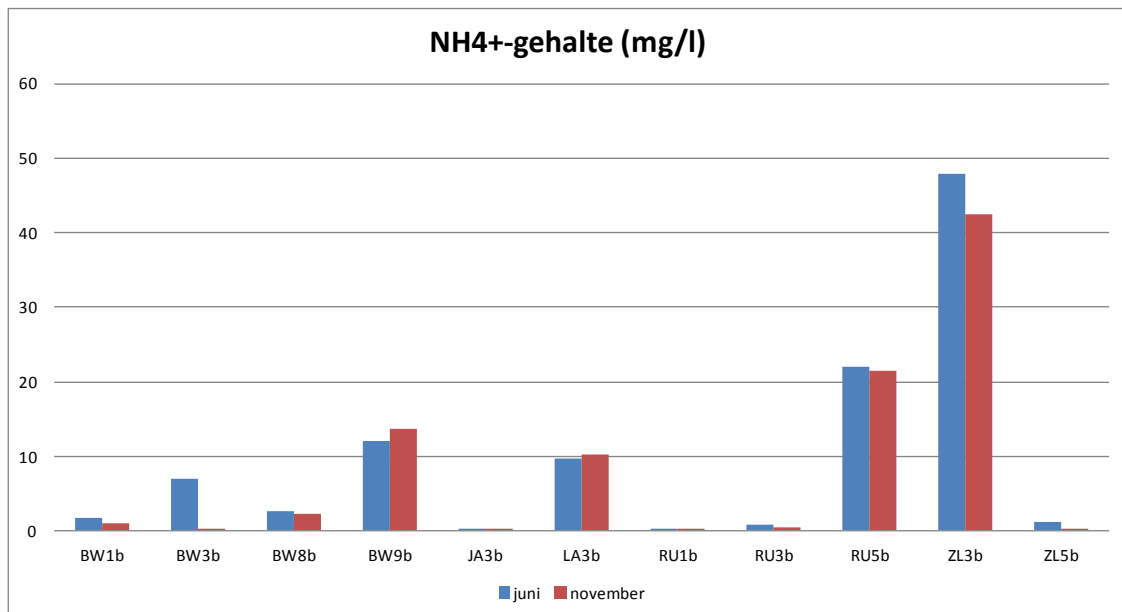
Licht brak ( $1.000 - 3.000 \text{ mg Cl}^- \text{ l}^{-1}$ ) zijn de omstandigheden bij meetpunt LA3 (vegetatietype Dv) in de Lasten, midden zuidelijk op de Bantswal (BW8, vegetatietype Oa) en het diepe filter (b) bij meetpunt RU5 (eveneens vegetatietype Oa) in het laaggelegen westelijk deel van de Rug. Het wat diepere grondwater bij het meest westelijk op de Zuidelijke lob gelegen meetpunt ZL5 (vegetatietype Oo) is zwak brak ( $300 - 1.000 \text{ mg Cl}^- \text{ l}^{-1}$ ), 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 ( $< 300 \text{ mg Cl}^- \text{ l}^{-1}$ ).



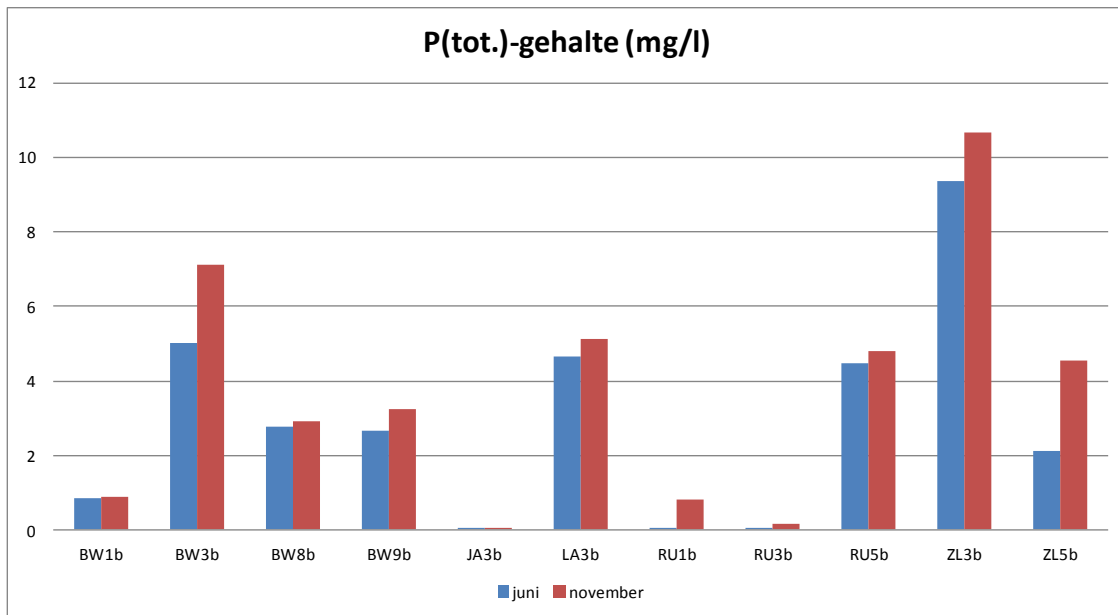
Figuur 4-4 - Bicarbonaat-gehalte per monsterlocatie voor bemonstering in juni en november in 2012 in de diepere buizen.

In de gebiedsdelen Bantswal, de Rug en de Zuidelijke lob zijn relatief hoge waarden voor Calcium (200 tot meer dan 400 mg  $\text{Ca}^{2+} \text{l}^{-1}$ ) en bicarbonaat (variërend van 600 tot meer dan 1500 mg  $\text{HCO}_3^- \text{l}^{-1}$ ) gemeten. De in 2012 gemeten waarden komen overeen met de bepalingen uit 2008 en 2010. Als deze worden vergeleken met de grondwaterkarakteristieken uit tabel 4-2, dan blijkt dit niet uitsluitend aan kwel gerelateerd te zijn. De bodem is over het gehele profiel kalkrijk (§5.2). De hoge kalkgehaltenes in het grondwater vinden waarschijnlijk hun herkomst in het kalkrijke moedermateriaal.

De trofiegraad is ook in 2012 over het algemeen matig hoog, net als in de eerdere bemonsteringsjaren 2008 en 2010. 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  $\text{NH}_4^+ \text{l}^{-1}$ ). Ook is het fosfaatgehalte hier vrij hoog (3 - 6 mg  $\text{P l}^{-1}$ ). 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 (relatief arm aan N en P) zijn alleen gevonden voor het ondiepe grondwater van meetpunt JA3a (vegetatietype Dv). Concluderend vinden we de (zeer) eutrofe situaties dus vooral in de zoutminnende duinvalleivegetaties en overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver. Bij een geringere invloed van zout zouden zich hieruit overige overstromingsgraslanden ontwikkelen. Het grondwater bij duinvalleivegetaties is zwak eutroof tot mesotroof.



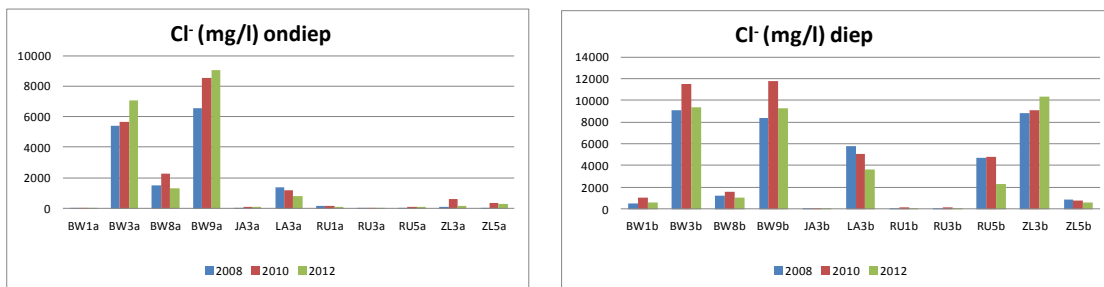
Figuur 4-5 - Ammoniumgehalte per monsterlocatie in juni en november 2012 in de diepere buizen.



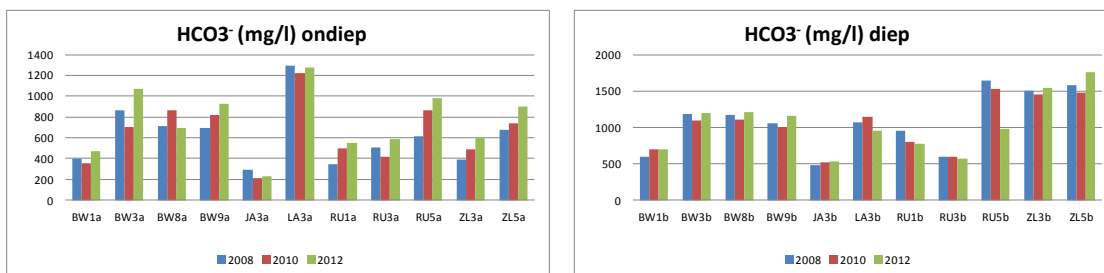
Figuur 4-6 – Totaal fosfaatgehalte per monsterlocatie in juni en november 2012 in de diepere buizen.

#### 4.5.2 Verschillen tussen 2008, 2010 en 2012

Uit bijlage 5 blijken de onderlinge verschillen tussen de bemonsteringsjaren 2008, 2010 en 2012 gering te zijn. In figuur 4-7 en 4-8 is voor de ondiepe en diepe buizen afzonderlijk grafisch een vergelijking tussen beide jaren gegeven voor de gehalten aan chloride en aan bicarbonaat.



Figuur 4-7 – Chloridegehalte van de monsterlocaties in 2008, 2010 en 2012 voor de ondiepe (links) en de diepere buizen (rechts).



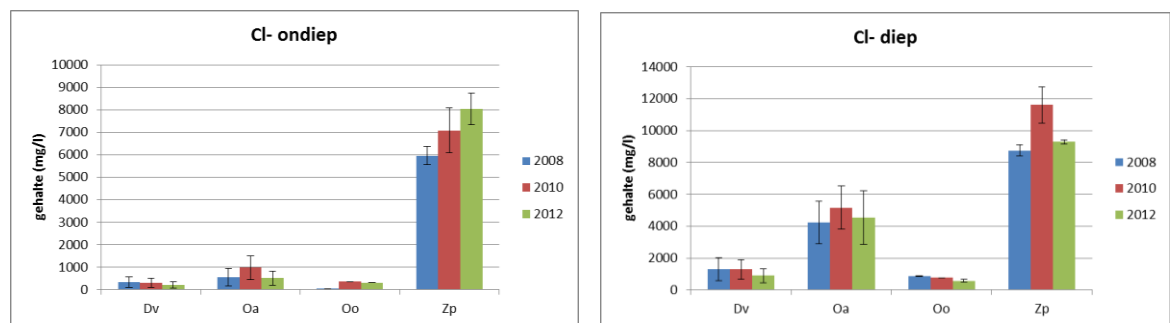
Figuur 4-8 – Gehaltes bicarbonaat van de monsterlocaties in 2008, 2010 en 2012 voor de ondiepe (links) en de diepere buizen (rechts).



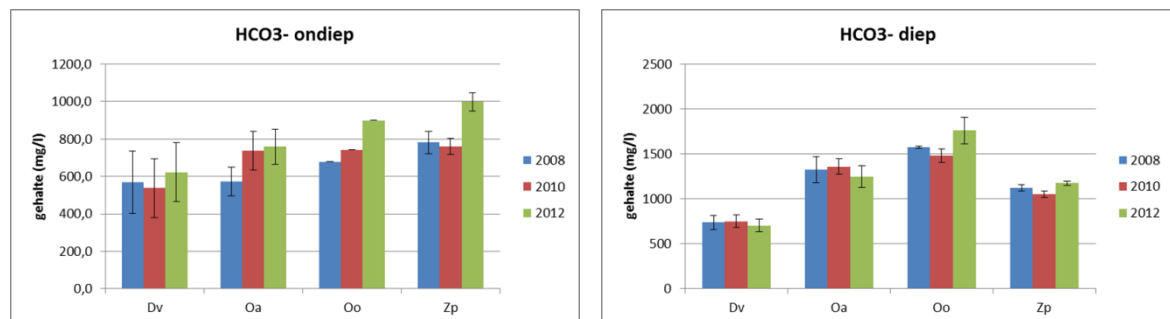
Vooraf op de lager gelegen delen van de Bantswal lijkt het chloride-gehalte licht toegenomen te zijn bij de ondiepe peilbuizen. Voor de diepere buizen is het verschil tussen de jaren nagenoeg niet veranderd, met uitzondering van de iets hogere chloridegehalten in 2010 voor de Bantswal (BW3b en BW9b). Het neerslagoverschot is in 2010 echter ook geringer dan in 2008 en 2012 (zie bijlage 4), hetgeen de verschillen mogelijk verklaart.

In de diepere buizen blijkt het bicarbonaatgehalte met de jaren nauwelijks toe te nemen, bij de Rug RU5b is in 2012 een opvallend lagere waarde gemeten in vergelijking tot 2008 en 2010. De ondiepere buizen laten een lichte stijging zien met de voorgaande bemonsteringsjaren, dit is met name het geval bij de lagere gelegen monsterlocaties van de Bantswal (BW3a en BW9a), de Rug (RU5a) en de Zuidelijke Lob (ZL5a en ook ZL3a).

Indien we chloride en bicarbonaatgehalten samenvatten per vegetatietype (figuren 4-9 en 4-10), dan vallen de verschillen tussen de vegetatietypen op evenals de verschillen tussen het ondiepe en diepere grondwater. Het diepere grondwater heeft beduidend hogere chloridegehalten dan het ondiepe grondwater, hetgeen consistent is met de hogere chloridewaarden dieper in het profiel op de Bantswal en Zuidelijke lob (§ 5.2). Tussen de jaren is er wel enig verschil, maar dit is altijd kleiner dan 2 S.E. en daarmee waarschijnlijk niet significant.



Figuur 4-9 – Chloridegehalten van de monsterlocaties in 2008, 2010 en 2012 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 4-10 – Bicarbonaatgehalten van de monsterlocaties in 2008, 2010 en 2012 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 de drie meetjaren gering zijn: minder dan 2 S.E. en daarmee waarschijnlijk niet significant. Ten opzichte van voorgaande jaren is bij de Zilte pioniervegetaties voor 2012 sprake van een significante stijging van het ondiepe bicarbonaatgehalte.

#### 4.5.3 Conclusies

De gemeten chemische parameters in het grondwater verschillen slechts weinig tussen de meetjaren 2008, 2010 en 2012. Wel lijken de chloridegehalten voor de ondiepe peilbuizen licht te zijn gestegen binnen de buizen binnen zilte pioniervegetaties op de Bantswal. Met name in 2010 worden iets hogere waarden gevonden, maar dit is mogelijk een effect van het drogere jaar. Het chloridegehalte is in het ondiepere grondwater beduidend lager dan in 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 bicarbonaatgehalte 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. Met name in het ondiepe grondwater is er een duidelijke stijging waarneembaar van het bicarbonaatgehalte hetgeen ook samenvalt met het toegenomen areaal aan Zilte pioniervegetatie over de jaren. Het bicarbonaatgehalte is in het diepere grondwater bij duinvalleivegetaties opvallend lager dan bij andere vegetaties.

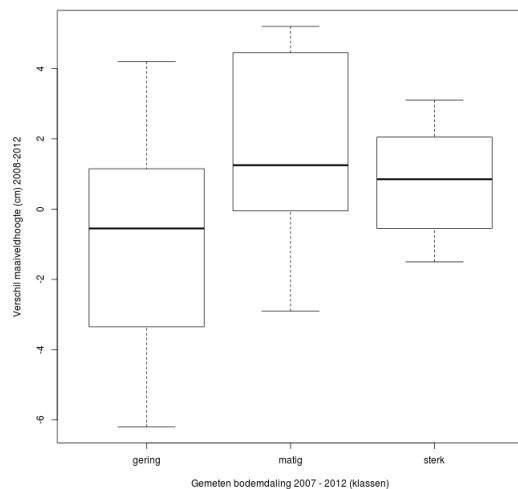
De voedselrijkdom is met name op de Bantswal en langs de plaatranden soms hoog. Het betreft hier vegetatietypen met zilte soorten (zilte pioniervegetaties en overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver). Hier is echter geen sprake van productieve vegetaties, waarschijnlijk door het hogere zoutgehalte. Ook het grondwater in de Lasten (LA3; duinvalleivegetatie) heeft een wat hoger totaal fosfaatgehalte. Dit is mogelijk te verklaren door toedoen van optredende periodieke overstroming in het winterhalfjaar vanuit het Lauwersmeer, waardoor enige aanrijking plaatsvindt.

## 5 Bodem

### 5.1 Maaiveldhoogte

In 2008 en in 2012 zijn door de NAM maaiveldhoogtemetingen uitgevoerd bij de pq's en bij de geplaatste buizen. De resultaten van beide metingen zijn vermeld in bijlage 10, evenals het verschil tussen beide jaren. In figuur 3-4 is de door de NAM berekende diepe bodemdaling weergegeven voor de periode 2007 t/m 2012.

Een relatie tussen de maaiveldverandering bij de pq's en de diepe bodemdaling is (nog) niet waarneembaar. In figuur 5-1 is de maaiveldverandering als boxplot afgezet tegenover de diepe bodemdaling. De maaiveldverandering is maaiveldhoogte(2008) – maaiveldhoogte(2012). N.B.: Dit betekent dat een positieve maaiveldverandering overeenkomt met een maaivelddaling! De diepe bodemdaling is op grond van figuur 3-4 geclassificeerd in de klassen gering (< 1 cm diepe bodemdaling), matig (1-2 cm diepe bodemdaling) en sterk (2-3 cm diepe bodemdaling). Uit de figuur blijkt dat de spreiding in maaiveldverandering erg groot is en dat ook de mediane waarden geen trend vertonen die in overeenstemming is met de bodemdalingsklassen.



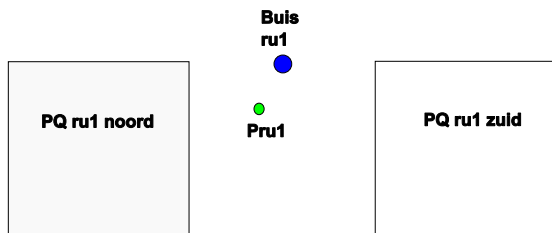
Figuur 5-1 – Boxplot maaiveldverandering bij de pq's ten opzichte van de berekende diepe bodemdaling 2007 – 2012. Zie tekst voor uitleg.

Een belangrijke oorzaak van het ontbreken van dit verband ligt in de nauwkeurigheid van de maaiveldhoogtemetingen. Deze zijn tot 2 cm nauwkeurig en bij het verschil van 2 metingen kan de onnauwkeurig tot 4 cm oplopen. Daarbij is de berekende diepe bodemdaling bij een groot deel van de pq's nog zo gering dat er ook nog geen verband te verwachten is.

Omdat bij de berekende bodemdalingscontouren geen 0 cm contour is bepaald, kan geen nauwkeuriger inschatting van de diepe bodemdaling worden berekend voor het grote aantal pq's dat in de bodemdalingsklasse < 1 cm valt.

## 5.2 Profielen

Op locaties waar grondwaterbuizen zijn geplaatst, zijn op dieptes van 20-30, 40-50, 60-70, 100-110 en 150-160 cm beneden maaiveld in 2007 en in 2012 bodemmonsters genomen (zie figuur 5-2). Van de bodemmonsters is het percentage kalk (%CaCO<sub>3</sub>) en het zoutgehalte (in mg Cl-/100 g droge grond) bepaald, om de ontkalkingsdiepte en variatie in het zoutgehalte te bepalen.



Figuur 5-2 – Locatie profielbemonstering bij locatie 1 op De Rug.

De chemische analyses zijn voor de monsters uit 2007 uitgevoerd door het Bedrijfslaboratorium voor grond en gewas (Blgg) te Oosterbeek. In 2012 zijn de chemische analyses uitgevoerd door het Waterlaboratorium Noord (WLN) te Glimmen. De resultaten van de analyses zijn als grafieken weergegeven in bijlage 7.

### 5.2.1 Kalkprofiel

In alle gevallen zijn de gemeten kalkpercentages hoog, variërend tussen 1,9 en 15,3% CaCO<sub>3</sub> in 2007 en tussen 0,7 en 13,1% in 2012. Grootjans *et al.* (1995) hanteren voor de Waddeneilanden 0,2% CaCO<sub>3</sub> als grens tussen ontcalcite en kalkhoudende grond. Vanaf 20 cm beneden maaiveld is de bodem in de onderzochte raaien dus nergens ontcalcit. Het kalkgehalte varieert met het lutumgehalte van de bodem. In 1971 liep het kalkgehalte op van 2 à 3% bij zeer lage lutumgehalten tot 11 à 13% bij lutumgehalten boven de 20% (van Rooij & Drost 1996). Ook zijn hier en daar schelpenbankjes aangetroffen die het hoge kalkgehalte kunnen veroorzaken.

Over het algemeen verschillen de profielen weinig tussen 2007 en 2012. Alleen op meetpunt BW5 lijkt het kalkgehalte vanaf 60 cm beneden maaiveld sterk te zijn gedaald. Ontkalking treedt doorgaans juist op in de bovenste bodemlaag en breidt zich naar beneden uit. De vreemde verschuiving bij BW5 is daarmee dus niet te verklaren. Bij RU1 en RU5 zijn de kalkgehalten op 20 cm beneden maaiveld toegenomen, terwijl dieper in het profiel geen verandering heeft plaatsgevonden. Een toename van het kalkgehalte is zonder nieuwe aanvoer van kalkrijk materiaal onwaarschijnlijk.

### 5.2.2 Zoutprofiel

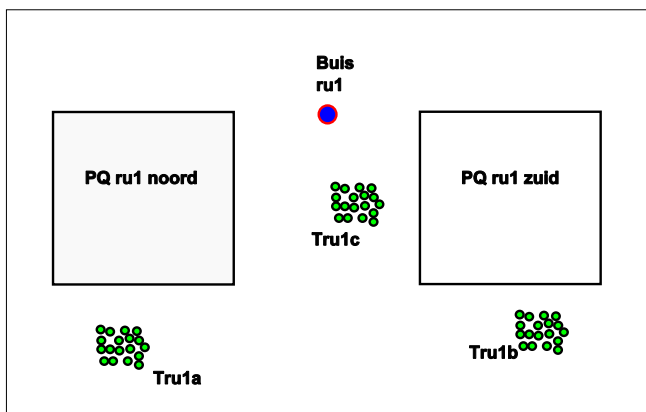
De chloridegehalten in het bodemprofiel verschillen sterk tussen de verschillende deelgebieden. Op de Bantswal, waar ook de meeste zilte pioniervegetaties zijn aangetroffen, zijn de waarden veelal hoger dan in de andere terreindelen. Binnen de Bantswal vinden we hogere chloridegehalten (> 100 mg/100 g) op de laagste terreindelen. Hier zijn zoutminnende pioniervegetaties (Zp) en overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver (Oa) aangetroffen. In het Terreintje van Juffrouw Alie en op De Rug – met uitzondering van de laagste locatie - zijn tot 160 cm beneden maaiveld alle waarden minder dan 10 mg Cl- per 100 g droge grond. De Zuidelijke lob en De Lasten zijn intermediair. In de Zuidelijke lob zijn de gehalten op grotere dieptes wel weer hoog, maar in tegenstelling tot de Bantswal heeft de laagst gelegen locatie (ZL5) hier juist een laag chloridegehalte.

In enkele gevallen is er sprake van een opvallend verschil tussen 2007 en 2012. Zo lijkt op grotere diepte (vanaf 100 cm beneden maaiveld) het chloridegehalte te zijn toegenomen bij BW1 en BW3 en bij LA1. Bij RU5 is op grotere diepte juist een afname te zien van het chloridegehalte. Voor BW3 komt dit overeen met een toename van kweldersoorten, maar in BW1 is daar geen sprake van. Bij LA1 is er juist sprake van een daling van kweldersoorten. Voor de vegetatie zijn de chloridegehalten hoger in het profiel van groter belang. Van een opvallende toename is alleen sprake bij BW7, LA2, LA3 en ZL1. De bedekking van kweldersoorten is hier gedurende de meetperiode eerst toegenomen en vervolgens weer afgenomen tot iets boven de waarde van 2007. Omdat de profielbepalingen alleen in 2007 en in 2012 zijn uitgevoerd, is er geen inzicht in de jaarlijkse variatie. Het zou kunnen dat de vegetatie met enige vertraging reageert op veranderingen in het zoutgehalte van de hogere bodemlaag.

### 5.3 Toplaag

#### 5.3.1 Algemeen

Bij alle permanente kwadraten zijn in 2008 en in 2012 bodemmonsters genomen van de toplaag. Per locatie zijn op drie sublocaties monsters gestoken. De sublocaties liggen naast beide pq's en er tussenin (zie figuur 5-3). Door Blgg (2008) en WLN (2012) zijn van elke sublocatie de volgende parameters bepaald: pH-KCL, pH-water, kationen uitwisselingscapaciteit van de klei en het humuscomplex (CEC), percentage basenbezetting van Calcium, Magnesium, Natrium en Kalium, de totale basenverzadiging en het gehalte aan Natrium (mg/kg grond). De monsters zijn gestoken met behulp van een edelmanboor (door Blgg rassenkeuzeboor genoemd). Deze boor met een diameter van 2,5 centimeter wordt ongeveer 5 cm diep in de grond gestoken, vervolgens enkele malen rondgedraaid en er dan weer eruit getrokken. Na ongeveer 25 van deze monsternames per sublocatie is er genoeg materiaal verzameld voor de analyse. Door gebruik te maken van drie sublocaties per monsterlocatie is het mogelijk om een uitspraak te doen over de variatie op zeer korte afstand. Voor sommige parameters kan deze aanzienlijk zijn. De resultaten van alle afzonderlijke bepalingen staan in bijlage 8.

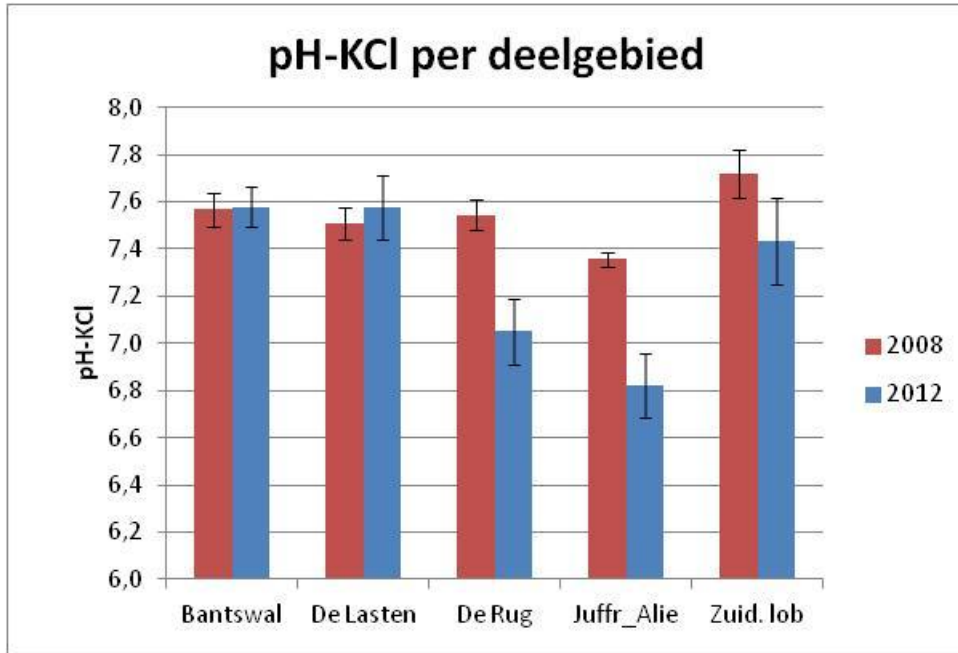


Figuur 5-3 - Werkwijze toplaagbemonstering (Tru1) bij locatie 1 op De Rug. Groene stippen zijn afzonderlijke monstertjes met de edelmanboor die zijn samengevoegd tot één submonster.

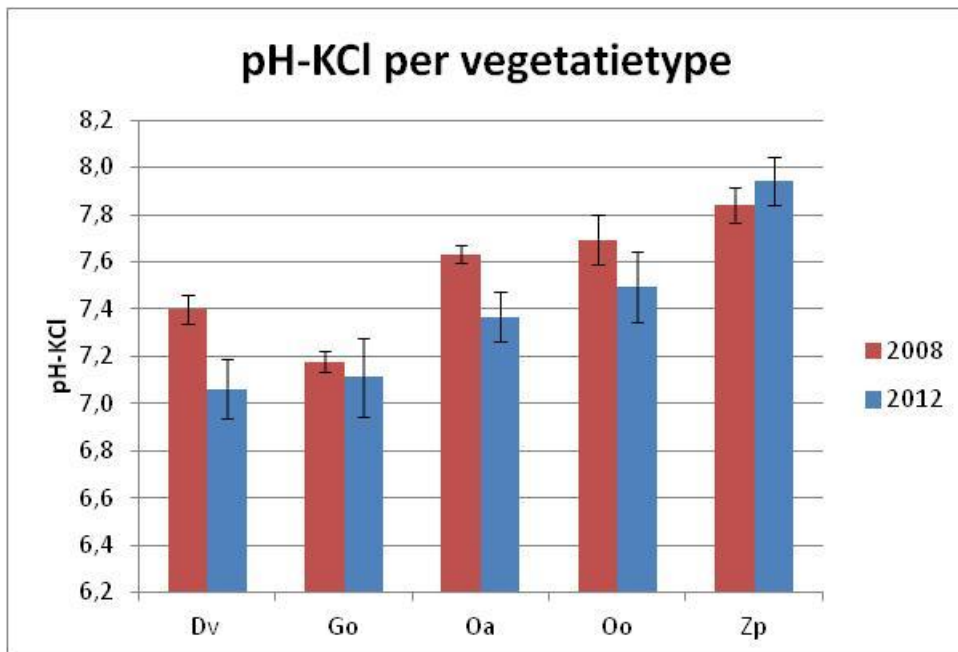
#### 5.3.2 Zuurgraad

Een vergelijking tussen de pH-KCl-waarden van 2008 en 2012 per deelgebied is weergegeven in figuur 5-4. Op de Bantswal, De Lasten en de Zuidelijke Lob is de pH-KCl niet significant veranderd. Op De Rug en het terreintje van Juffrouw Alie is de pH-KCl in 2012 significant lager dan in 2008, duidend op een toenemende verzuring in deze deelgebieden. Dit correspondeert met veranderingen in de vegetatie, met name lokaal een toename van zure soorten als Veenpluis en Zwarte zegge en voor Juffrouw Alie ook de toename van Kruiwilg (zie hoofdstuk 3). Voor Juffrouw Alie ligt een verband met de toename van het

volumepercentage organische stof voor de hand. Op de Rug is juist sprake van een afname van het organisch stofgehalte, zodat dit geen verklaring is. Ook is de bodem in alle deelgebieden kalkrijk, in ieder geval vanaf 20 cm diep. De pH van het ondiepe grondwater ligt in 2012 op De Rug op het niveau van dat in 2008, evenals het calciumgehalte in het grondwater.



Figuur 5-4 - De pH-KCl per deelgebied, gemeten in 2008 en 2012. De foutenbalk geeft de standaardfout weer. Als de balken van de standaardfouten van 2008 en 2012 elkaar niet overlappen, is er sprake van een significant verschil in pH-KCl tussen beide jaren.



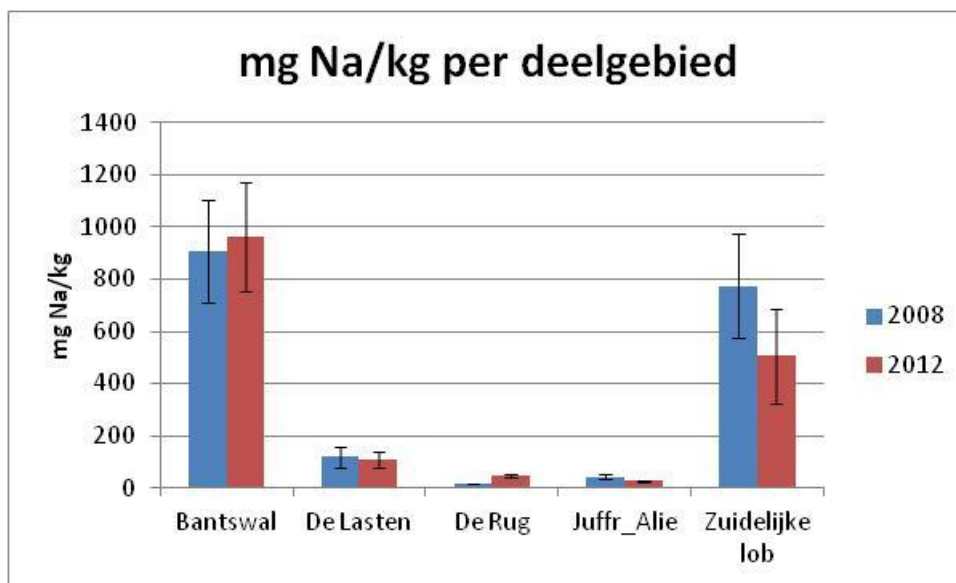
Figuur 5-5 - De pH-KCl per vegetatietype, gemeten in 2008 en 2012. De foutenbalk geeft de standaardfout weer. Als de balken van de standaardfouten van 2008 en 2012 elkaar niet overlappen, is er sprake van een significant verschil in pH-KCl tussen beide jaren. Dv=Duinvalleivegetaties; Go=Overig grasland; Oa=Overstromingsgrasland met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromingsgraslanden; Zp=Zilte pioniervegetaties.

Een verklaring zou kunnen liggen in het feit dat de De Rug en Juffrouw Alie gebieden zijn die ook 's winters (voor het grootste deel) niet door boezemwater worden overstroomd, waardoor het natuurlijke proces van oppervlakkige verzuring hier niet wordt gebufferd vanuit het oppervlaktewater. Als we kijken naar het verloop van de pH-KCl per vegetatietype (figuur 5-5), dan zien we dat bij duinvalleivegetaties (Dv) en overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver (Oa) de pH-KCl significant is gedaald tussen 2008 en 2012. Deels is dit gecorreleerd aan de deelgebieden De Rug en Juffrouw Alie waar het merendeel van de duinvalleivegetaties aanwezig is.

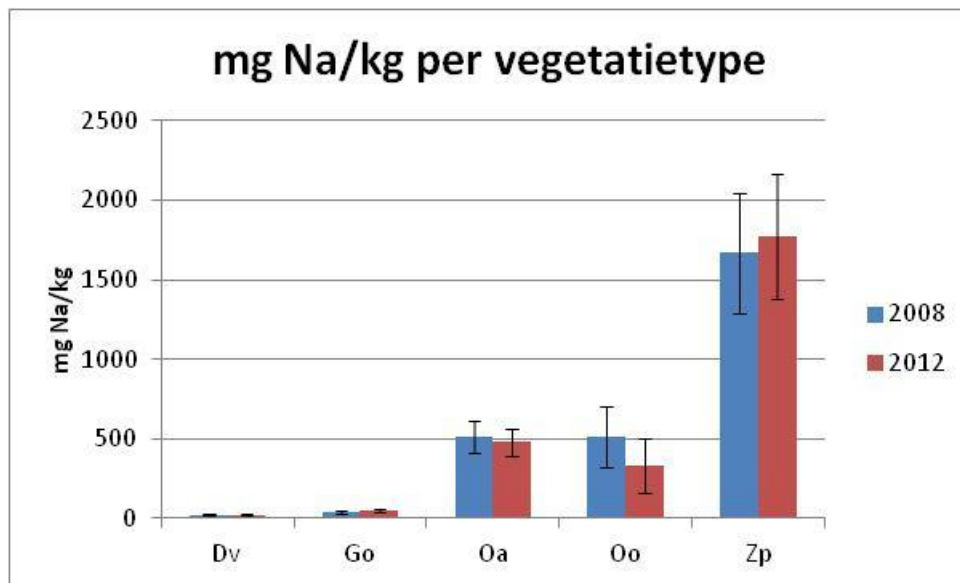
### 5.3.3 Natrium

Een vergelijking tussen de natriumwaarden van 2008 en 2012 per deelgebied is weergegeven in figuur 5-6. Op de Bantswal en de Zuidelijke Lob zijn de natriumwaarden hoog door hun (grotendeels) lage ligging. Door capillaire opstijging kan hier brak grondwater naar het maaiveld worden getransporteerd en zich daar concentreren door indamping in de zomer. Tussen beide meetjaren zijn de verschillen klein en niet significant.

Zoals te verwachten was, is de hoeveelheid natrium in de toplaag het hoogst bij de kweldervegetaties (figuur 5-7). Ook binnen de vegetatietypen is het verschil tussen beide meetjaren klein en niet significant. Het minste natrium is gevonden in de toplaag van duinvalleivegetaties (Dv) en overige graslanden (Go).



Figuur 5-6 - Het natriumgehalte per deelgebied, gemeten in 2008 en 2012. De foutenbalk geeft de standaardfout weer. Als de balken van de standaardfouten van 2008 en 2012 elkaar niet overlappen, is er sprake van een significant verschil in natriumgehalte tussen beide jaren.



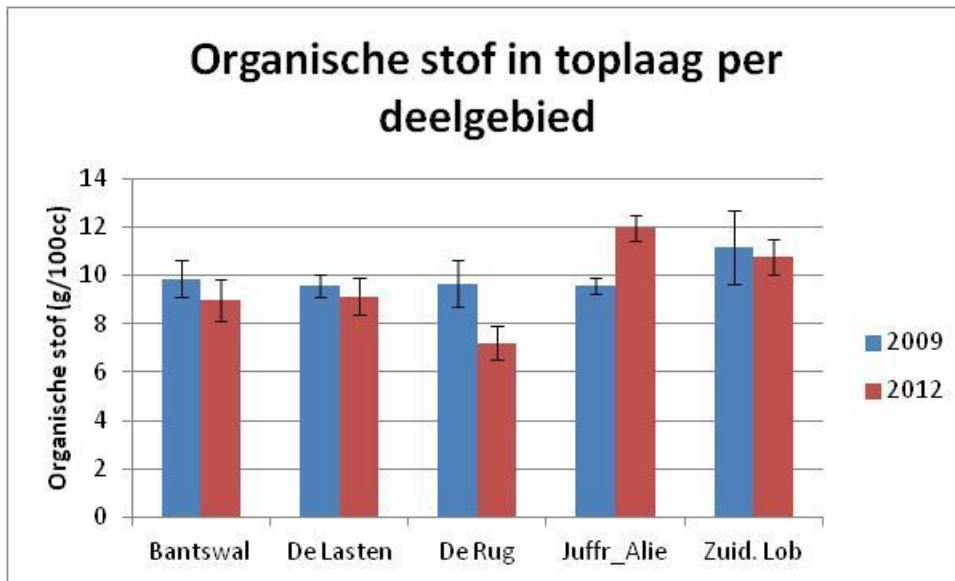
Figuur 5-7 - Het natriumgehalte per vegetatietype, gemeten in 2008 en 2012. De foutenbalk geeft de standaardfout weer. Als de balken van de standaardfouten van 2008 en 2012 elkaar niet overlappen, is er sprake van een significant verschil in natriumgehalte tussen beide jaren. Dv=Duinvalleivegetaties; Go=Overig grasland; Oa=Overstromingsgrasland met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromings-graslanden; Zp=Zilte pioniervegetaties.

#### 5.4 Organische stof in de toplaag

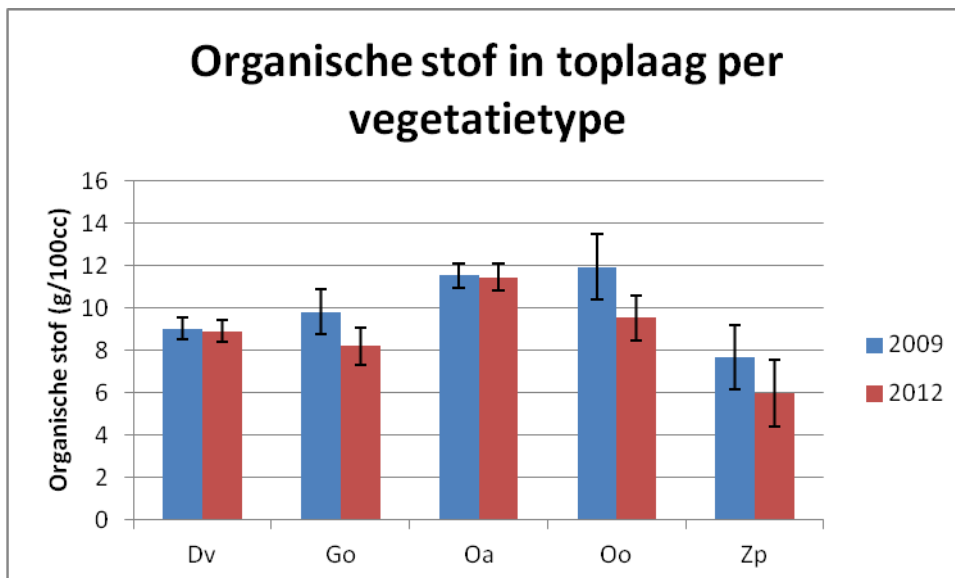
Voor de bepaling van de hoeveelheid organische stof is gebruik gemaakt van pf-ringen met een constante inhoud van 100 ml. De gebruikte pf-ringen zijn 5,1 cm hoog. Aan de bovenzijde van de pf-ringen is los liggend strooisel verwijderd. Per pq-locatie zijn twee pf-ringen gestoken, zodat in totaal 66 monsters zijn genomen. Monsternaam heeft plaatsgevonden in 2009 en in 2012. De monsters van 2009 zijn door het laboratorium van de vakgroep Plantenoecologie van de RUG (te Haren) geanalyseerd, die van 2012 door het WLN. Van alle monsters zijn bulkdensity en organisch stofgehalte bepaald. Voor de laatste bepaling zijn de monsters gedroogd op zowel 500 °C als op 850 °C. Gezien de soms hoge kalkgehalten, en daardoor optredend gewichtsverlies via koolzuurgas, is besloten om het gloeiverlies bij 500 °C te gebruiken als maat voor het organisch stofgehalte. De verkregen waarden zijn, analoog aan Lammerts (1999), omgerekend naar kg organische stof per vierkante meter (in de bovenste 5 cm van de bodem).

De resultaten van de afzonderlijke bepalingen zijn weergegeven in bijlage 9. Een vergelijking tussen de hoeveelheden organische stof in de toplaag van 2009 en 2012 per deelgebied is weergegeven in figuur 5-8. Het terreintje van Juffrouw Alie laat een significante toename zien van de hoeveelheid organische stof. Dit betreft met zekerheid een toename van wortels van Kruidwilt die als gevolg van maaibeheer meer investeert in zijn ondergrondse delen. Een toename van Kruidwilt op het terreintje van Juffrouw Alie is ook te zien in de vegetatiegegevens (zie hoofdstuk 3). In de andere deelgebieden neemt de hoeveelheid organische stof af, maar de afname is alleen op De Rug significant. Een afname van organische stof in de toplaag zou hier veroorzaakt kunnen zijn door toenemende graasdruk van grote herbivoren, waardoor de afbraak van organische stof (gezien de kalkrijke ondergrond) groter is dan de toevoer uit afgestorven plantenmateriaal.





Figuur 5-8 - Het organische stofgehalte in de toplaag per deelgebied, gemeten in 2009 en 2012. De foutenbalk geeft de standaardfout weer. Als de balken van de standaardfouten van 2009 en 2012 elkaar niet overlappen, is er sprake van een significant verschil in organisch stofgehalte tussen beide jaren.



Figuur 5-9 - Het organische stofgehalte in de toplaag per vegetatietype, gemeten in 2009 en 2012. De foutenbalk geeft de standaardfout weer. Als de balken van de standaardfouten van 2009 en 2012 elkaar niet overlappen, is er sprake van een significant verschil in organisch stofgehalte tussen beide jaren. Dv=Duinvalleivegetaties; Go=Overig grasland; Oa=Overstromingsgrasland met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromings-graslanden; Zp=Zilte pioniervegetaties

Uit de vergelijking tussen de hoeveelheden organische stof in de toplaag van 2008 en 2012 per vegetatietype (figuur 5-9) blijkt dat in kweldervegetaties (Zp) het organische stofgehalte het laagst is. Hier is een humuslaag nagenoeg afwezig en bestaat de toplaag grotendeels uit zand. De hoogste organische stofgehalten laten overstromingsgraslanden (Oo en Oa) zien. Dit wordt verklaard door de aanwezigheid van dichte wortelmatten van Fioringras en Zilte rus. De veranderingen tussen 2009 en 2012 zijn voor geen enkel vegetatietype significant.



## 6 Evaluatie methodiek

---

Door de auditcommissie is gevraagd om een evaluatie van de gehanteerde methodiek. Voor de signaleringsmetingen, waarvan de monitoring vegetatieveranderingen Lauwersmeer deel uit maakt, heeft de auditcommissie hiertoe enkele vragen geformuleerd in het Advies over de opzet van de eerste evaluatie van het monitoringsprogramma. Hieronder gaan we in op deze vragen. De hoofdvragen zijn:

- Zijn de meest relevante parameters daadwerkelijk gemeten of zijn er nog belangrijke omissies?
- Kunnen in de toekomst metingen worden geschrapt?
- Is de kwaliteit van de metingen voldoende betrouwbaar en representatief?
- Zijn de databestanden van de gemeten parameters onderling consistent zodat een analyse van de effectketens mogelijk is?

In hoofdstuk 2 van de rapportage is de globale opzet beschreven van het meerjarig onderzoek. Waar relevant zijn de beschrijvingen van wat en hoe er is gemeten verder toegelicht in de hoofdstukken over vegetatie, grond- en oppervlaktewater (standen en chemische parameters) en bodem (maaiveldhoogte, bodemchemische parameters). In de rapportage is er bewust voor gekozen om de methode per onderdeel toe te lichten. In dit hoofdstuk gaan we in op de evaluatie van de methode.

### 6.1 Gegevensverzameling

#### Frequentie van meten

De beoogde frequentie is bij vrijwel alle te meten parameters gehaald. Uitzonderingen hierop zijn:

- Maaiveldhoogtemetingen bij de permanente kwadraten. De opzet was om deze in 2008, 2010 en in 2012 te meten. In 2010 zijn deze niet uitgevoerd. De reden daarvoor was dat er van werd uitgegaan dat de maaiveldhoogteveranderingen als gevolg van bodemdaling nog zeer gering zouden zijn ten opzichte van de metingen in 2008. De onnauwkeurigheid in de maaiveldhoogtemetingen ( $\pm 2$  cm) zou niet uitkomen boven de voorspelde bodemdaling. Ook voor de maaiveldhoogtemetingen in 2012 speelde dit een rol, maar toen is besloten de metingen wel uit te voeren. Achteraf is het spijtig dat de metingen in 2010 niet zijn uitgevoerd. Door de ruis in de maaiveldhoogtemetingen is op basis van maar twee metingen in de tijd nauwelijks een indruk te krijgen van de werkelijke maaivelddaling indien we ons bedenken dat in deze maaiveldverandering 4 cm ruis (2 keer  $\pm 2$  cm) besloten kan zijn.
- De metingen van de oppervlaktewaterstanden in het Lauwersmeer in het verlengde van de raaien met grondwaterbuizen. Op advies van de auditcommissie zijn deze na 2009 toegevoegd aan de metingen om daarmee een beter beeld te krijgen van de ruimtelijke en temporele variatie in deze standen en de invloed daarvan op het grondwaterregime. Door ijsgang zijn de meetpunten in de winter 2009/2010 verloren gegaan. Na overleg met de NAM zijn de punten eind 2011 herplaatst. Daarmee is 2012 het eerste jaar dat een volledige meetreeks van oppervlaktewaterstanden bij Bantswal, De Rug en de Zuidelijke lob zijn opgenomen. Dit is te kort om de metingen te relateren aan de grondwaterstanden. Wel kon voor dit jaar worden vastgesteld dat de langjarige reeks van oppervlaktewatermetingen bij de Cleveringasluisen, gemeten door Waterschap Noorderzijlvest, voldoende bruikbaar is voor de hydrologische modellering.

#### Ruimtelijke dekking

De ruimtelijke dekking van de locaties met meetpunten voor het meetnet grondwaterstand, grondwaterkwaliteit en bodemchemie is ons inziens voldoende, aangezien op raaien is gewerkt min of meer loodrecht op de eerste bodemdalingcontouren en deze zijn goed gespreid over de deelgebieden en maaiveldhoogte. Een probleem dat zich voordoet is dat het patroon van de eerste bodemdalingcontouren

(prognoses voorspelde bodemdaling periode 2007 – 2040, zie o.a. Bijkerk *et al.* 2012) afwijkt van de meest recente contouren (2007 t/m 2012, zie figuur 3-4 uit deze rapportage). De oude contouren gaven vanaf Moddergat in oostelijke richting de meeste daling. De nieuwe contouren laten over de meetraaien een afname van bodemdaling zien vanaf Anjum in noordoostelijke richting. Voor de ruimtelijke dekking van grondwater en bodemchemische meetpunten is dit geen groot probleem. Wel doet zich een probleem voor met betrekking tot de spreiding van het vegetatietype van de pq's over de bodemdalingklassen. Op advies van de auditcommissie zijn in 2009 en 2010 pq's bijgeplaatst om een betere verdeling te krijgen van vegetaties over de bodemdalingklassen. Op basis van de nieuwe contouren blijkt deze verdeling niet optimaal te zijn: vrijwel alle pq's binnen de duinvalleivegetaties liggen nu in de klasse met een geringe bodemdaling. Veel mogelijkheden om dit alsnog aan te passen zijn er overigens niet. Zoute pioniervegetaties liggen vooral op de Bantswal en voor deze groep is de spreiding over de dalingsklassen juist verbeterd. Duinvalleivegetaties zijn behalve op De Rug, Juffrouw Alie en De lasten) aanwezig in het noordelijk deel van de Bantswal. Voor dit vegetatietype geldt daarmee dat het bijna alleen aanwezig is binnen de delen met relatief geringe bodemdaling.

### Tijdigheid van inwinning

Vrijwel alle parameters konden volgens planning worden gemeten. Uitzonderingen zijn:

- In 2007 noopte de late gunning tot relatief laat veldwerk. Dat leidde ertoe dat de pq's in het Terreintje van Juffrouw Alie zijn opgenomen na het maaien.
- Het organisch stofgehalte is, als volumepercentage, niet in 2008 bepaald maar in 2009. Dit levert voor de interpretatie geen probleem op.
- De oppervlaktewaterstanden van het Lauwersmeer zijn pas in 2012 gedurende een geheel jaar gemeten (zie onder frequentie van meting).

### Beoogde nauwkeurigheid

Alleen bij de structuurkartering is de beoogde nauwkeurigheid niet gehaald. De supervised classification van de luchtfoto-beelden (Bijkerk *et al.* 2010) gaf een grote onnauwkeurigheid in classificatie. Dit is middels gebiedskennis visueel deels gecorrigeerd, maar uit de validatie op basis van een onafhankelijke trainingset blijkt de nauwkeurigheid rond de 50% te liggen. Deels heeft dit zijn oorzaak in de ruimtelijk fijne schaal van de supervised classification (0,5 \* 0,5 m). Daarom is in 2012 besloten tot een andere, ruimtelijke grovere werkwijze. Deze is niet naderhand getoetst. We stellen voor om de structuurkartering in de vervolgmonitoring niet meer op te nemen. Het niveau waarop uitspraken gedaan moeten worden, kan ook middels de transectkartering worden gerealiseerd.

### Overige problemen

De bodemchemische bepalingen leverden soms problemen op bij de chemische analyse. Van de eerste ronde moest een deel van de bodemonsters opnieuw worden gestoken. Bij de tweede ronde (2012) zijn er nog problemen met de bepaling van de basenverzadiging. Deze lijkt onwaarschijnlijk hoog. Dit probleem is nog niet opgelost.

Vertrapping door vee. Op enkele pq-locaties waarbij grondwaterbuizen zijn geplaatst is vastgesteld dat deze door vee worden vertrapt omdat het vee de afrastering van de buizen gebruikt als schuurplek. In 2009 en 2010 zijn hier extra pq's bijgeplaatst op iets grotere afstand van de buis. Deze nieuwe pq's zullen als vervanging dienen voor de vertrapte pq's.

### Consistentie dataset

Voor de meeste parameters is een consistente dataset verkregen. Uitzonderingen zijn:

- De basenverzadiging van de toplaag.
- De maaiveldhoogtemetingen bij de pq's. Hiervan ontbreken voor de eerste ronde de maaiveldhoogten van de in 2009 en 2010 bijgeplaatste pq's.

- De oppervlaktewaterstanden van het Lauwersmeer. Als langjarige reeks zijn alleen de metingen van het Waterschap Noorderzijlvest bij de Cleveringasluzen te gebruiken. Het lijkt er overigens op dat deze reeks voldoende bruikbaar is voor het noordelijk deel van het Lauwersmeer.

## 6.2 Meetopzet en analyse

### Gebruik nulmetingen en referentie

In de meetopzet kon niet worden voorzien in een echte nulmeting omdat voor het merendeel van de parameters geldt dat de metingen zijn gestart in 2007, het startjaar van de winningen. Ook is in overleg met de auditcommissie ervoor gekozen om geen referentiegebied te selecteren. Dit omdat een dergelijk referentiegebied niet voorhanden is.

De meetopzet is van dien aard dat een vergelijking mogelijk is van de (vegetatie)ontwikkelingen in delen met weinig, matige en relatief sterke berekende (diepe) bodemdaling. Een complicerende factor hierbij is dat belangrijke covariaten (beheer, initieel vegetatietype, aanwezigheid brak grondwater in relatie tot maaiveldhoogte en bodemtextuur) niet evenredig over deze drie dalingsklassen zijn verdeeld. De aanpak is daarom om vegetatieveranderingen middels enkele eenvoudige indicatoren te analyseren. Indien zich hierin veranderingen voordoen, wordt vervolgens op landschaps- en op standplaatsniveau geanalyseerd of deze veranderingen een verband (kunnen) houden met de bodemdaling.

### Analyse van effectketens

Een belangrijke verbindende schakel tussen diepe bodemdaling, landschappelijke veranderingen, standplaatsveranderingen en uiteindelijk vegetatieveranderingen is de maaiveldhoogte. Op basis van de huidige dataset is het niet mogelijk om veranderingen van maaiveldhoogte te correleren aan diepe bodemdaling. De maaiveldhoogteveranderingen zijn daarvoor te onnauwkeurig en de diepe bodemdaling is (nog) te gering. Daarom is er in de analyse van de vegetatieveranderingen vooralsnog voor gekozen om diepe bodemdaling (in drie klassen) in te brengen als mogelijk verklarende variabele. Een significant effect van deze variabele moet echter wel kritisch worden beoordeeld gezien de correlatie tussen de ligging van de deelgebieden (en daarmee ook beheer, (ontbreken van) inundatie, etc.) en de dalingsklassen. In de toekomst zal bij toenemende diepe bodemdaling en herhaling van de maaiveldhoogtemetingen het verband tussen diepe bodemdaling en maaiveldhoogte naar verwachting sterker worden. Dan kan (verandering van) maaiveldhoogte als verklarende variabele worden gebruikt.

### Statistische power van de analyses

In Bijkerk *et al.* (2010) is middels een poweranalyse bepaald dat per indicator er circa 20 pq-locaties gewenst zijn om een matig effect (dwz. 25% verandering) vast te kunnen stellen bij een meetreeks van vijf jaren. Dit was echter een indirecte afleiding omdat er voor mixed effectmodels geen powertoetsen zijn ontwikkeld. Op basis van de huidige resultaten kunnen we kijken welke mate van verandering als statistisch significant wordt aangemerkt. Zo is een significant overall effect van opnamejaar vastgesteld op de bedekking door kweldersoorten ( $p=0,003$ ). Dit is gedaan voor een periode van zes jaren en is gebaseerd op in totaal 38 opnamelocaties waarin gedurende enig jaar kweldersoorten meer dan 1% bedekten. Van deze 38 pq's zijn er 14 pas vanaf 2009 opgenomen.

De berekende coëfficiënt van opnamejaar op wortel arcsinus getransformeerde bedekking is 0,01. Na terugtransformatie komt dit neer op een toename van kweldersoorten van minder dan 1% per jaar, maar dat is nauwkeuriger dan in het veld is bepaald met behulp van de opnameschaal van Londo. Dus de analyse heeft voor deze indicator voldoende power om de geringe toename vast te stellen.

### 6.3 Aanpassingen van het meetnet

#### Metingen die bij een vervolg kunnen vervallen

Indien wordt besloten tot een vervolg van de meetreeks, stellen we voor om de volgende onderdelen te laten vervallen:

- De structuurkartering. Deze levert ten opzichte van de transectkartering weinig extra informatie op ten aanzien van de grotere structuurveranderingen als gevolg van beheer.
- De pq's waarvan in het verleden is vastgesteld dat deze zo dicht bij de buizen liggen dat ze door vee, dat de afrastering van de buizen gebruikt als schuurplek, worden vertrapt.
- De oppervlaktewaterpeilen van het Lauwersmeer gemeten in het verlengde van de raaien op De Rug, Zuidelijke lob en Bantswal. De ruimtelijke ruimtelijke variatie in oppervlaktewaterpeil lijkt gering en de temporele nauwkeurigheid van de langjarige metingen bij de Cleveringasluizen (gemeten door Waterschap Noorderzijlvest) is voldoende. Deze drie metingen voegen derhalve weinig toe.

#### Metingen die bij een vervolg kunnen worden geïntensiveerd

Bij voortzetting van het meetnet stellen we voor om de volgende metingen te intensiveren:

- De metingen van maaiveldhoogte bij de pq's en de buizen. Op basis van de huidige twee metingen en de geringe bodemdaling is er geen relatie vast te stellen tussen bodemdaling en maaiveldhoogte. We stellen voor deze metingen iedere twee jaar te herhalen.
- Vanwege de veranderde bodemdalingscontouren is de verdeling van de pq's over de verschillende bodemdalingsklassen niet meer in evenwicht. Dit geldt vooral voor pq's met duinvalleivegetaties. We stellen daarom voor om het pq-netwerk uit te breiden met pq's met duinvalleivegetaties in het middendeel van de Bantswal en op de westelijke punt van de Ballastplaat.

## Literatuur

---

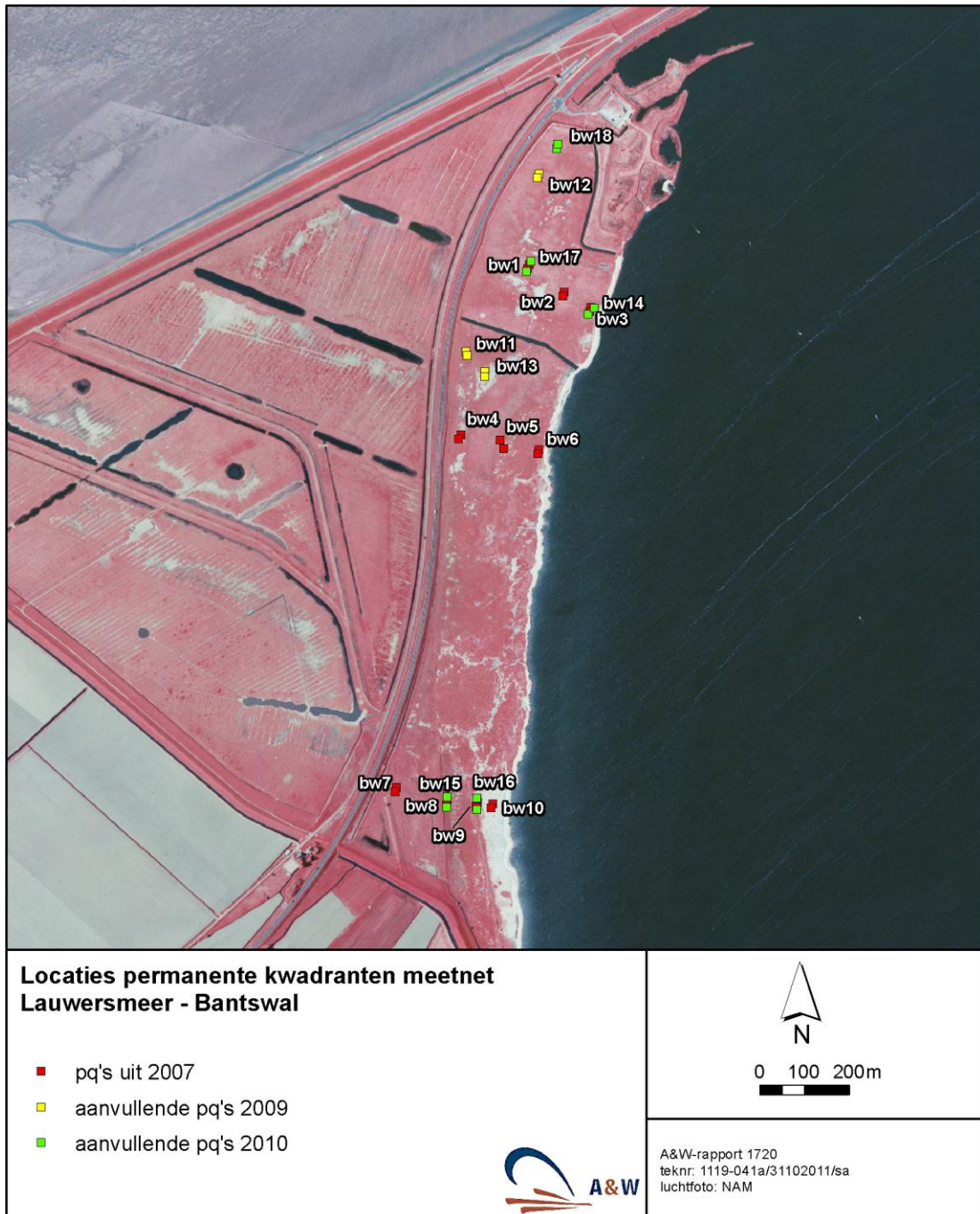
- Asmuth, J.R. von, K. Maas en M. Knotters 2005. Handleiding Menyanthes versie 1.6. Kiwa projectnr. 305547050, KIWA water research, Nieuwegein.
- Beemster, N & W. Bijkerk 2006a. Natuurwaarden in het Lauwersmeergebied en mogelijke effecten van bodemdaling door gaswinning. A&W-rapport 703. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Veenwouden.
- Beemster, N. & W. Bijkerk 2006b. Nulmeting Nationaal Park Lauwersmeer 2005. A&W-rapport 747. Altenburg & Wymenga bv, 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.
- Bijkerk, W., R. Bakker & R. Buijs 2011. Monitoring effecten bodemdaling in de Lauwersmeer. Vierde voortgangsrapportage (2010/2011). A&W-rapport 1586. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Veenwouden.
- Bijkerk, W., R. Bakker & R. Buijs 2012. Monitoring effecten bodemdaling in de Lauwersmeer. Vijfde voortgangsrapportage (2011/2012). A&W-rapport 1720. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Veenwouden.
- Grootjans, A.P., E.J. Lammerts & F. van Beusekom 1995. Kalkrijke duinvalleien op de Waddeneilanden. Ecologie en regeneratiemogelijkheden. Stichting Uitgeverij KNNV, Utrecht. ISBN: 90-5011-084-3/CIP.
- Lammerts E.J. 1999. Basiphilous pioneer vegetation in dune slacks on the Dutch Wadden Sea islands. Proefschrift Rijks Universiteit Groningen, Groningen. ISBN: 90 367 1120 7.
- Leeuw, C.C. de, & J. Bosma 2004. Monitoring- en evaluatieplan Nationaal Park Lauwersmeer. A&W-rapport 468 Altenburg & Wymenga, Veenwouden en Bureau Vandertuuk BV, Beetsterzwaag.
- Nederlandse Aardolie Maatschappij 2007. Winning Waddengas vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Monitoringsprogramma 2007 – 2012. NAM documentnr. EP20070101533. NAM, Assen.
- Nederlandse Aardolie Maatschappij 2010. Bodemdaling door aardgaswinning. NAM-gasvelden in Groningen, Friesland en het noorden van Drenthe. Statusrapport 2010 en prognose tot het jaar 2070. NAM documentnr. EP201006302236. NAM, Assen.
- Roodbergen, M. 2013. Effecten van de gaswinning bij Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen op de broed- en watervogels in het Lauwersmeer (concept). SOVON-Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- Rooij, S.A.M. van & H.J. Drost (red.) 1996. Het Lauwersmeergebied: 25 jaar onderzoek ten dienste van natuurontwikkeling en beheer. Flevobericht nr. 387. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad.
- Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & V. Westhoff 1995. De vegetatie van Nederland. Deel 1. Inleiding tot de plantensociologie – grondslagen, methoden en toepassingen. Opulus press, Uppsala, Leiden.
- Tolman, M.E. 2001. Transectmonitoring Lauwersmeer. Rapportnr. EV 0003.0.330. Everts & De Vries e.a. Ecologisch advies- en onderzoeksbureau, Groningen.
- Veen, K. van der, W. Bijkerk & M. Brongers 2005. De Vegetatie van de Lauwersmeer in 2004. A&W-rapport 572. Altenburg & Wymenga, ecologisch onderzoek bv, Veenwouden
- Zoetendal, J.R., Y. de Leeuw & N. Zwaanswijk. 2005. Effectenstudie aardgaswinningen Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Grontmij, Drachten.

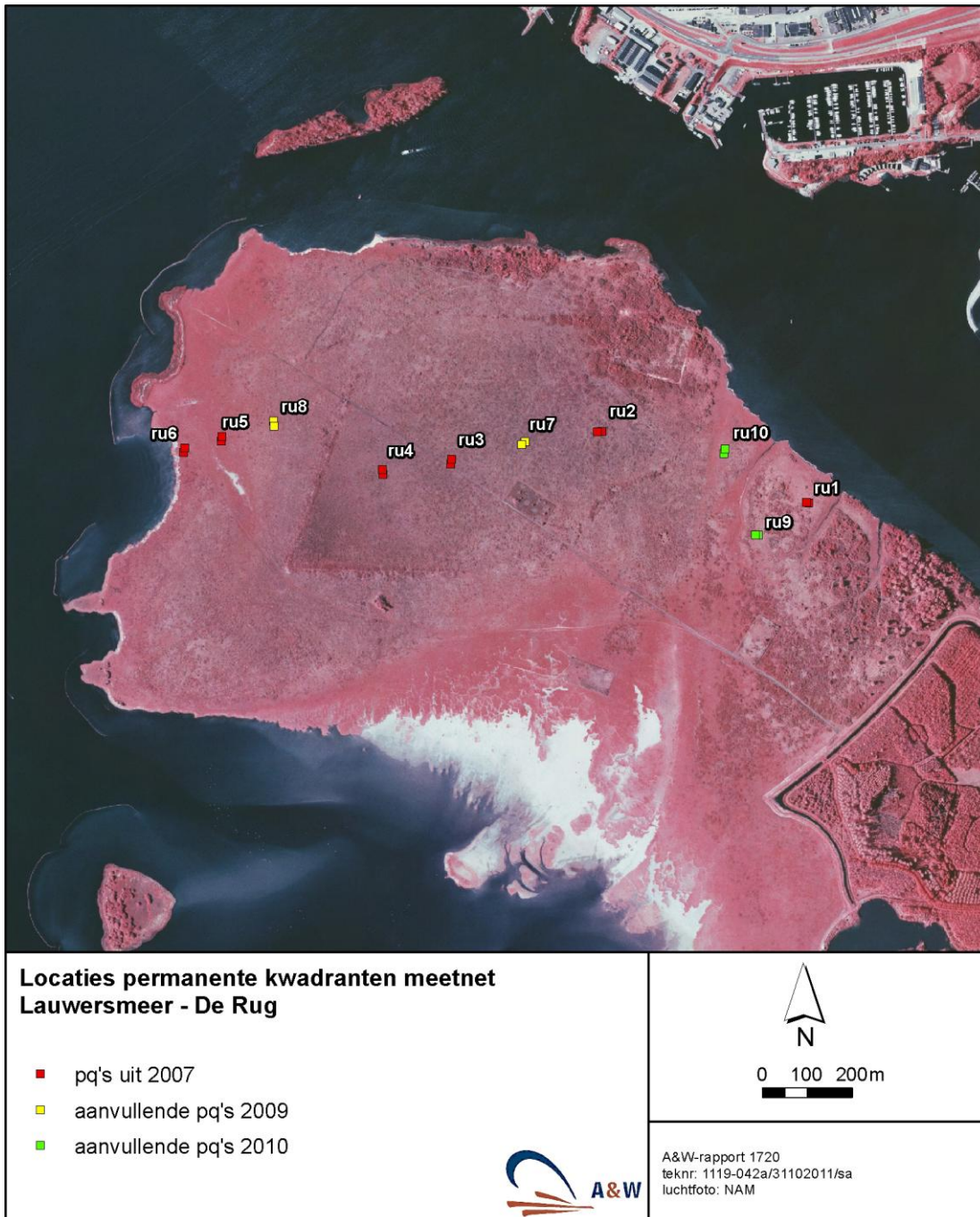
Zuur, A.F., E.N. Ieno, N.J. Walker, A.A. Saveliev & G.M. Smith 2009. Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R. Springer Science + Business Media, New York, USA. ISBN: 978-0-387-87457-9.



## Bijlage 1 Permanente kwadraten 2007-2012

### Bijlage 1.1 Locaties permanente kwadraten

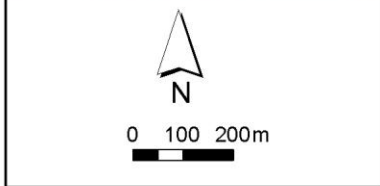






**Locaties permanente kwadranten meetnet  
Lauwersmeer - Zuidelijke Lob**

- pq's uit 2007
- aanvullende pq's 2009
- aanvullende pq's 2010



A&W-rapport 1720  
teknr: 1119-043a/31102011/sa  
luchtfoto: NAM





**Locaties permanente kwadranten meetnet  
Lauwersmeer - Juffrouw Alie**

- pq's uit 2007
- aanvullende pq's 2009
- aanvullende pq's 2010



0 100 200m



A&W-rapport 1720  
teknr: 1119-044a/31102011/sa  
luchtfoto: NAM



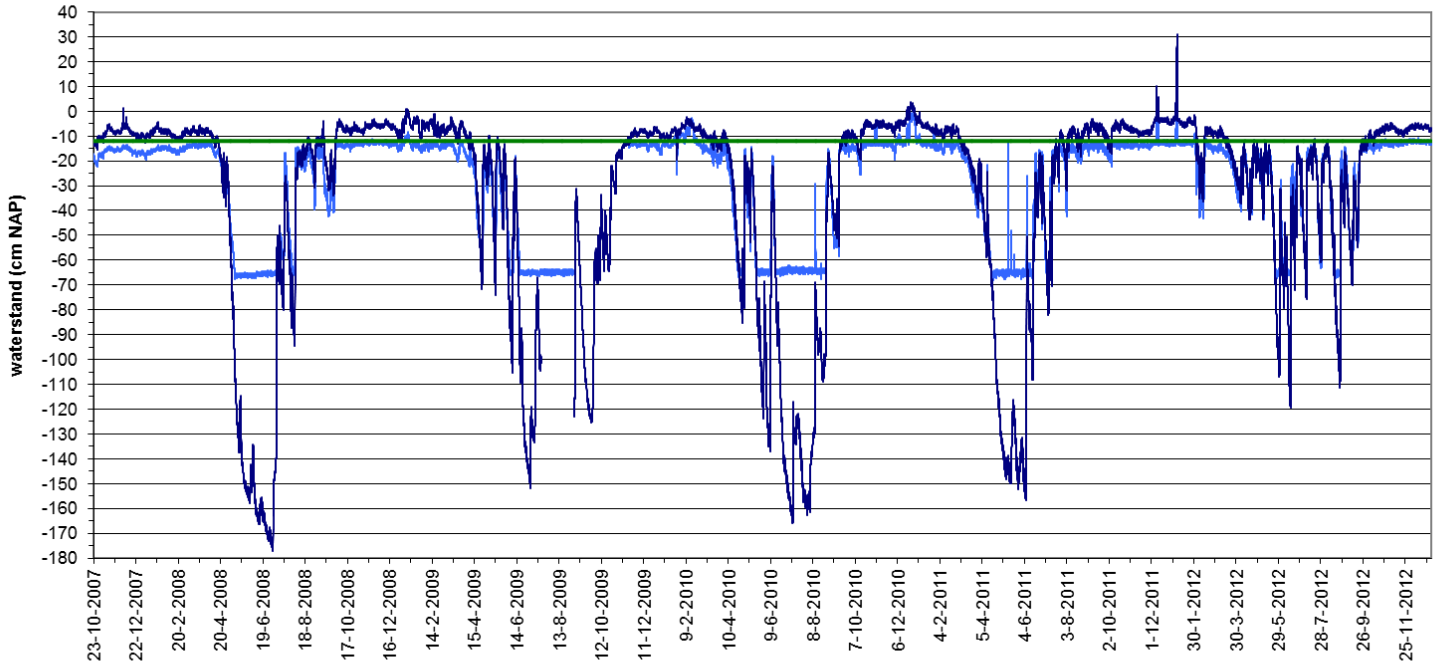
**Bijlage 1.2      Gegevens permanente kwadraten 2007-2012**





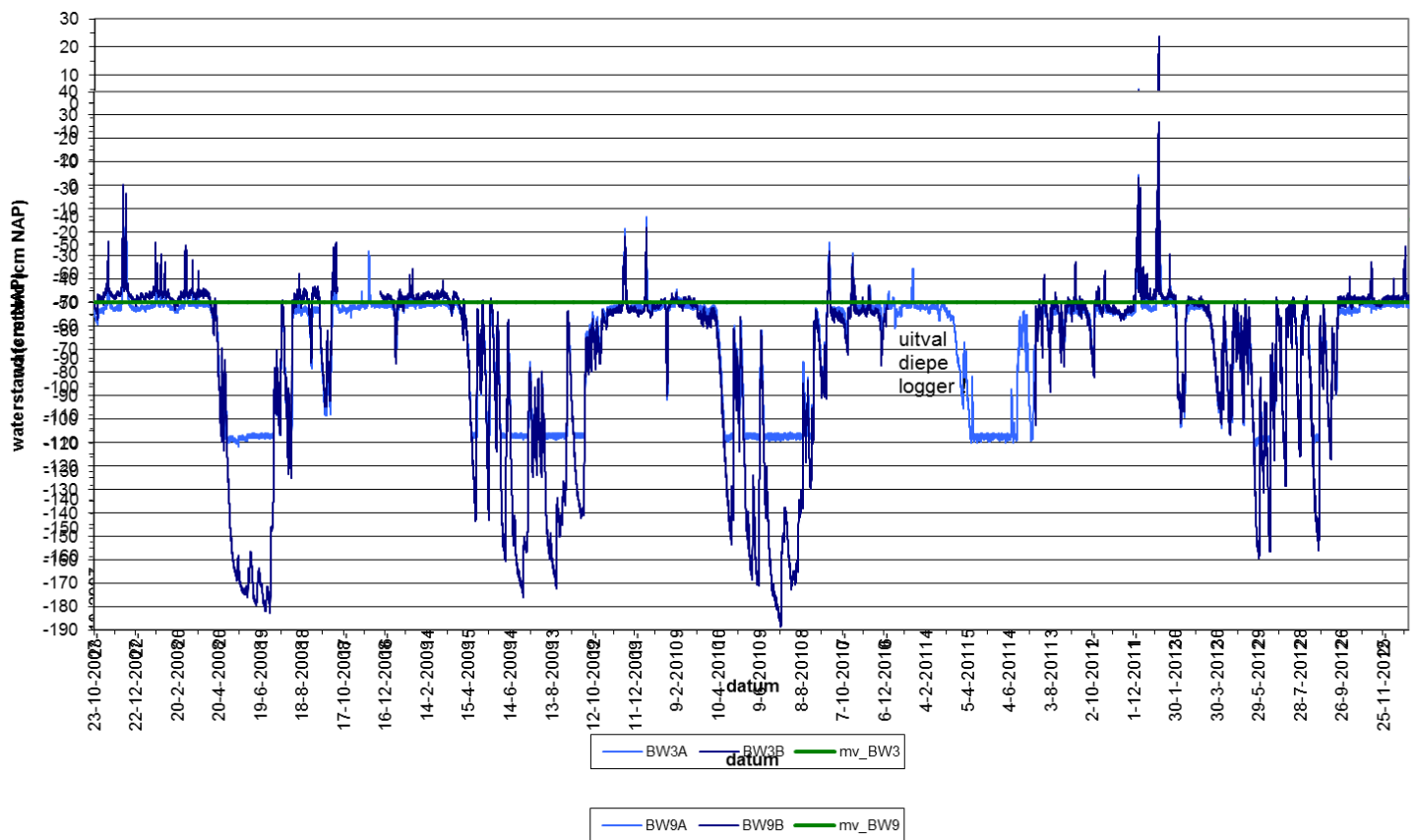
## Bijlage 2 Waterstanden tot en met 2012

Lauwersmeer (Bantswal) - meetreeks in cm NAP

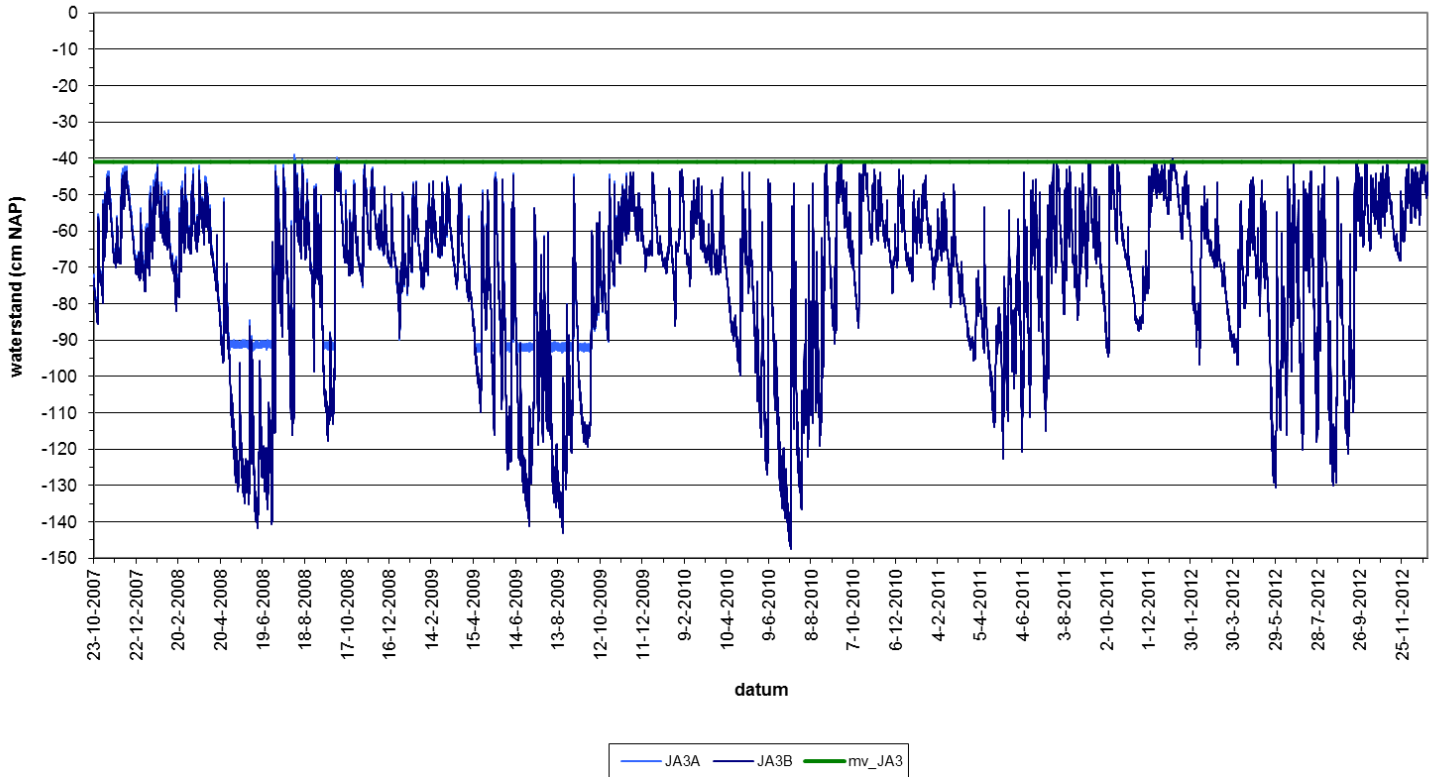


Lauwersmeer (Bantswal) - meetreeks in cm NAP

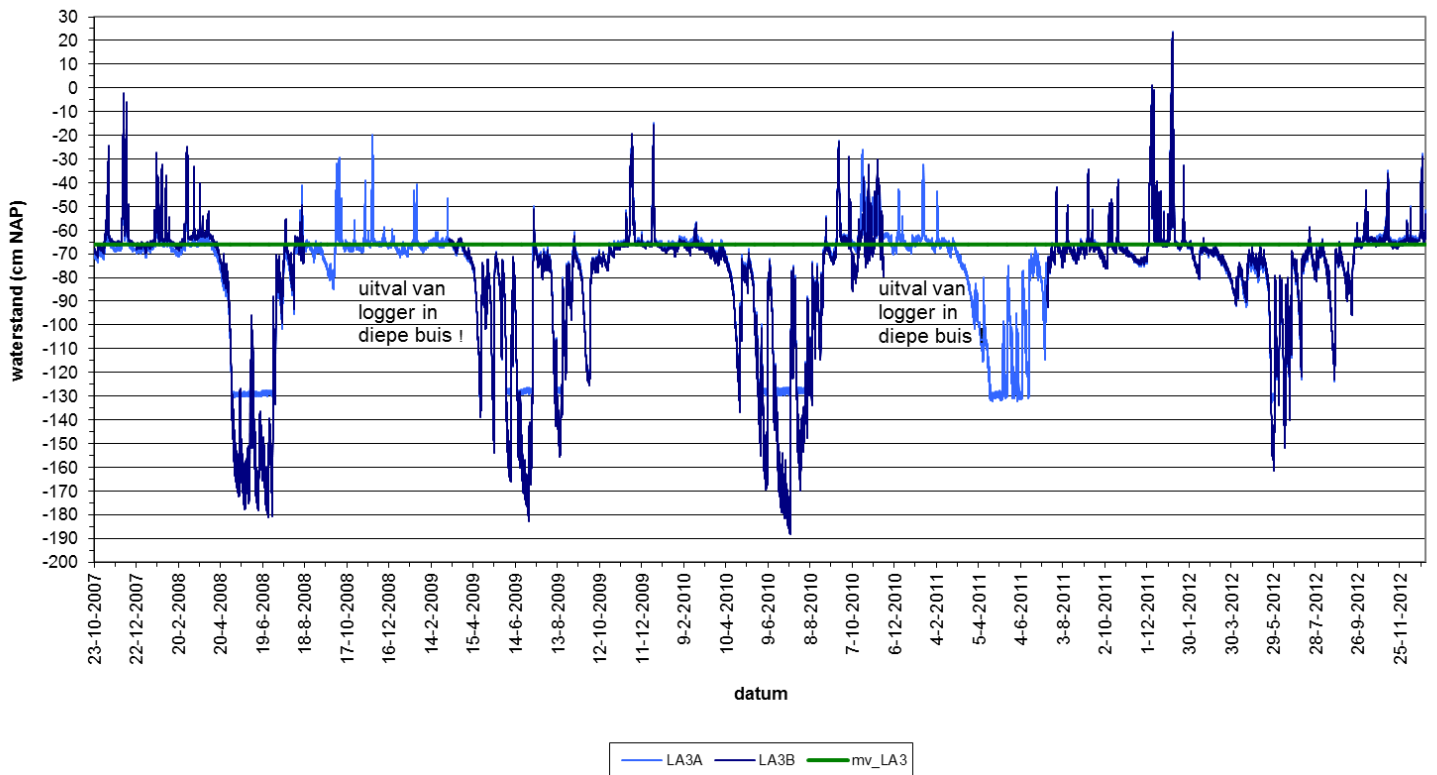
Lauwersmeer (Bantswal) - meetreeks in cm NAP



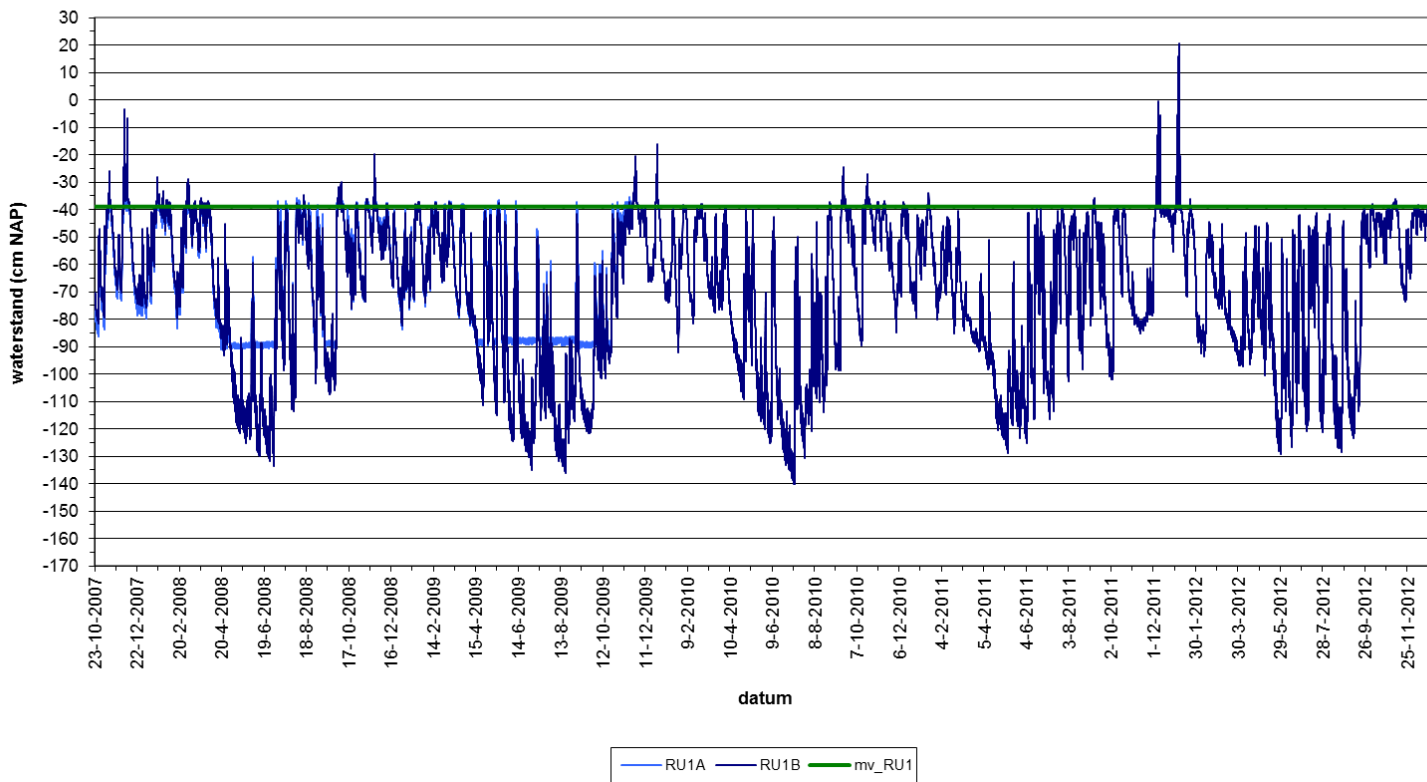
Lauwersmeer (terrein van Juffrouw Alie) - meetreeks in cm NAP



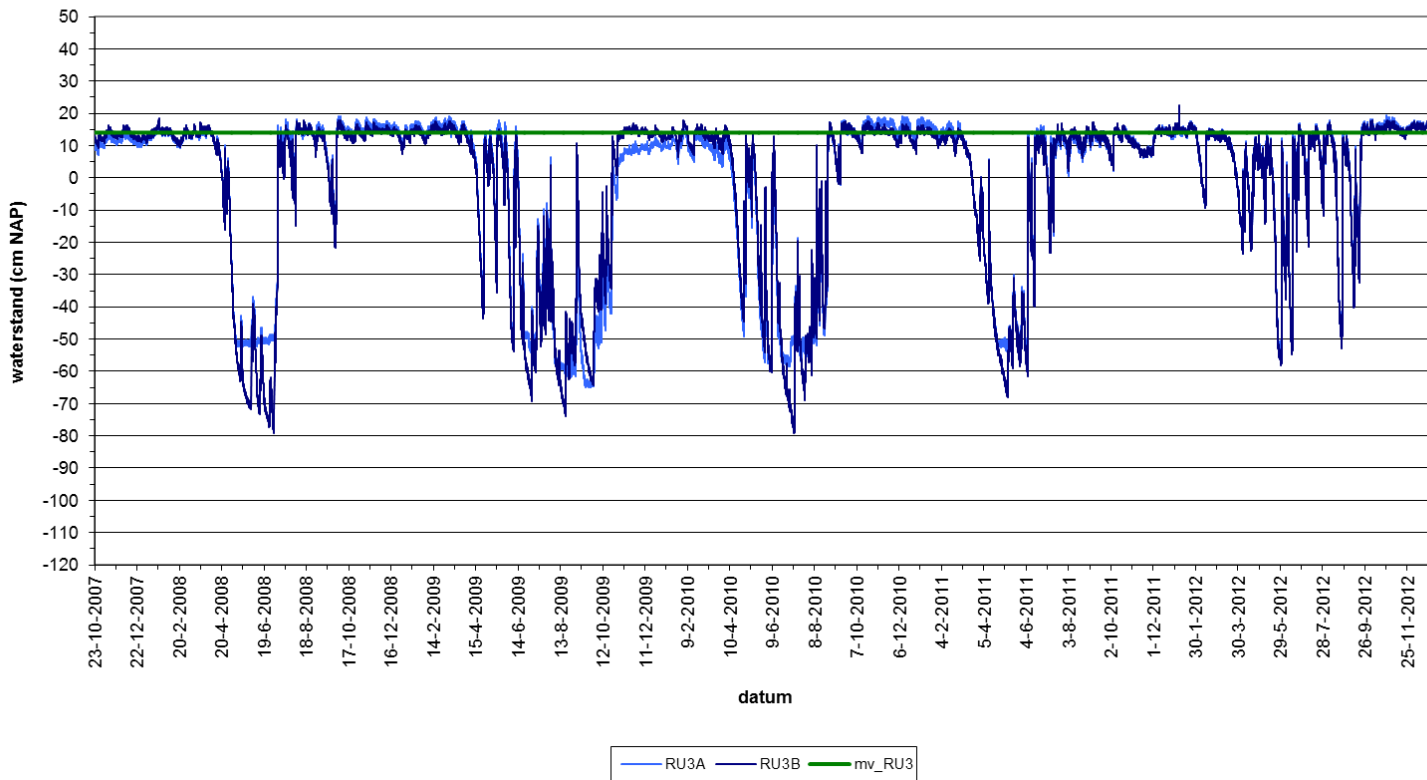
Lauwersmeer (De Lasten) - meetreeks in cm NAP



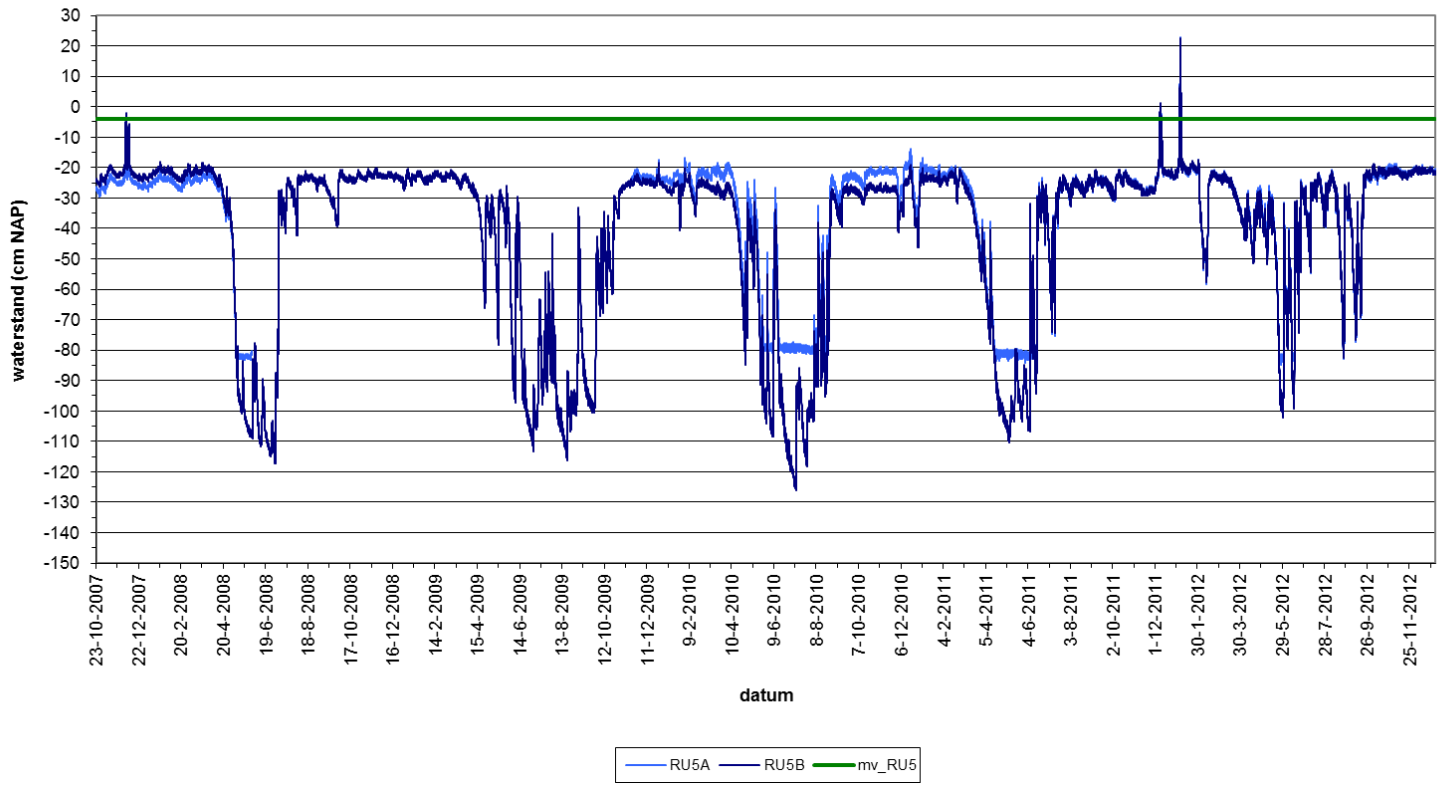
Lauwersmeer (De Rug) - meetreeks in cm NAP



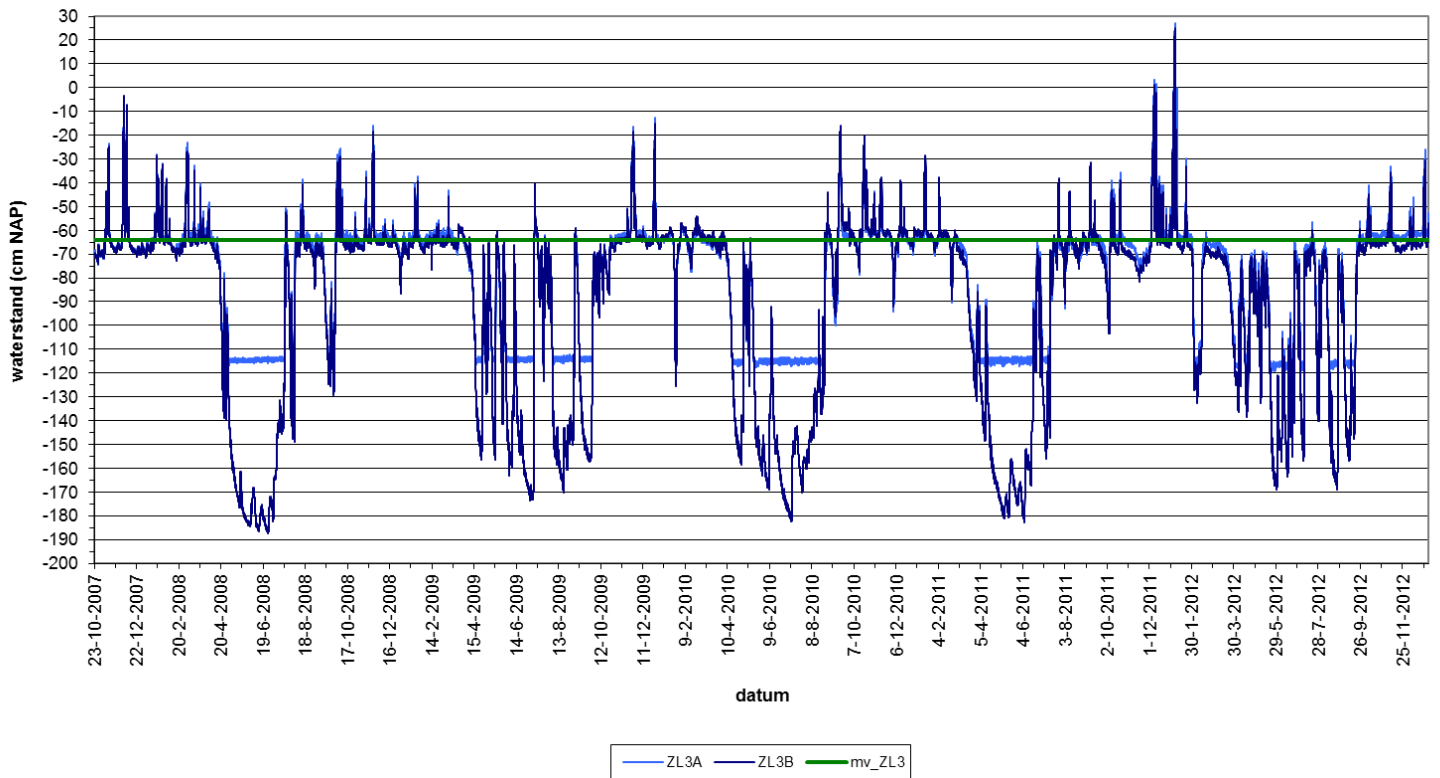
Lauwersmeer (De Rug) - meetreeks in cm NAP



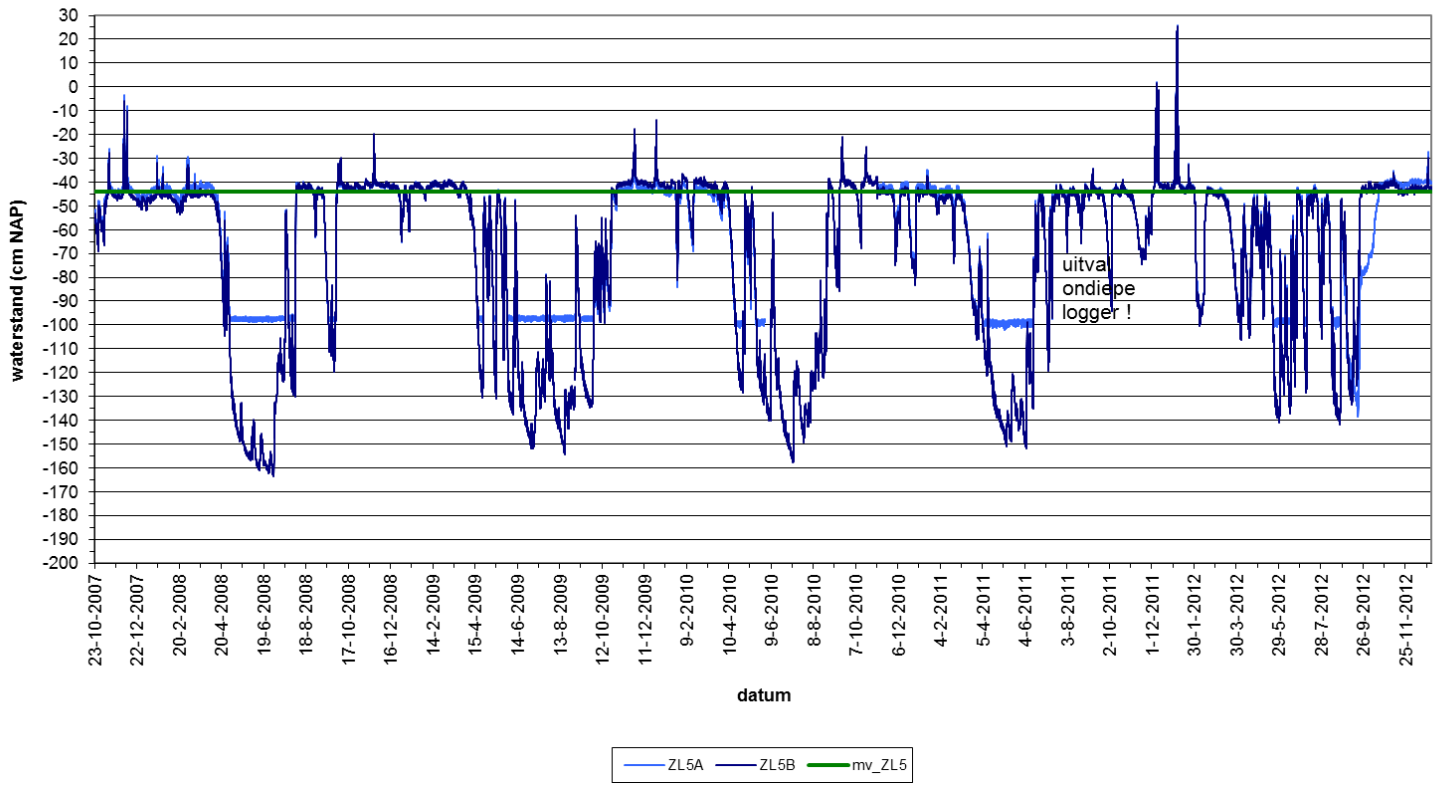
Lauwersmeer (De Rug) - meetreeks in cm NAP



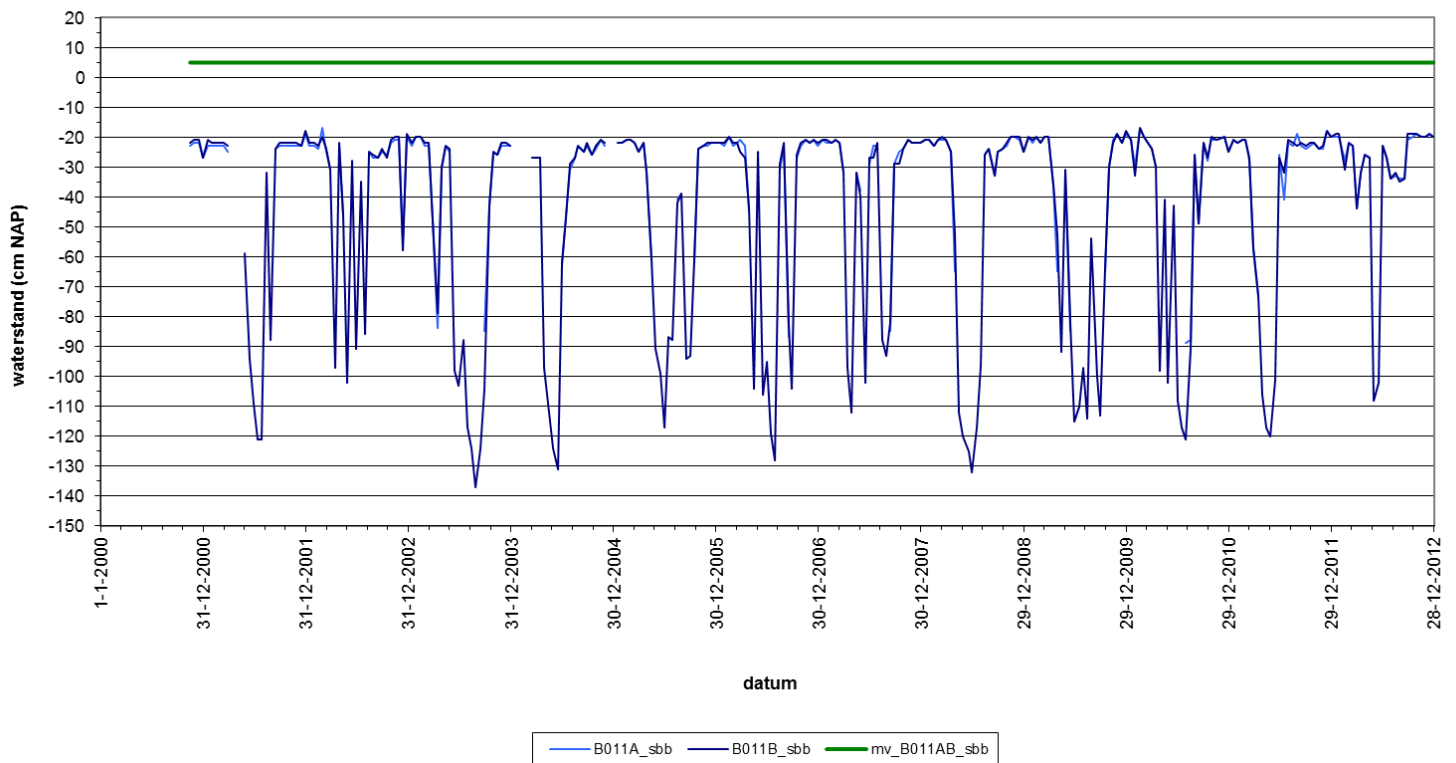
Lauwersmeer (Zuidelijke Lob) - meetreeks in cm NAP



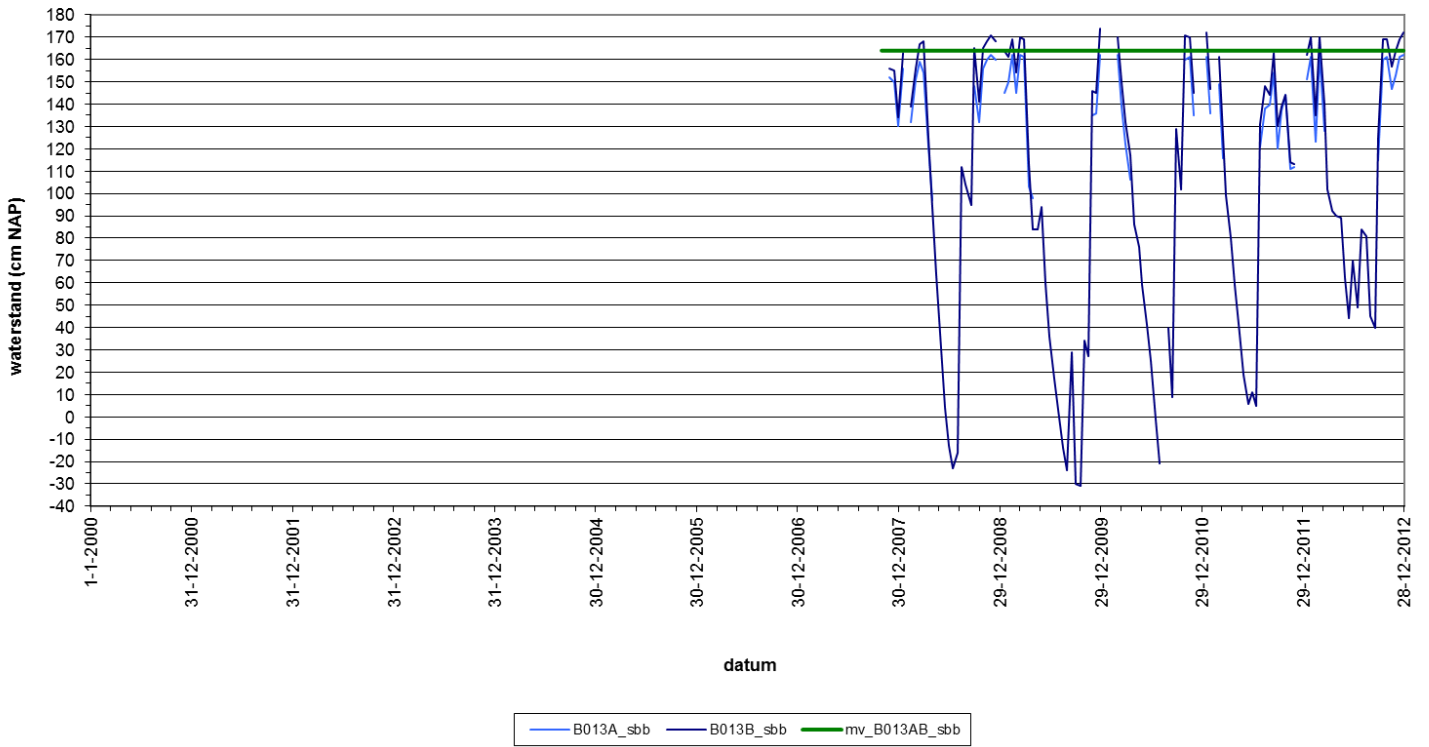
Lauwersmeer (Zuidelijke Lob) - meetreeks in cm NAP



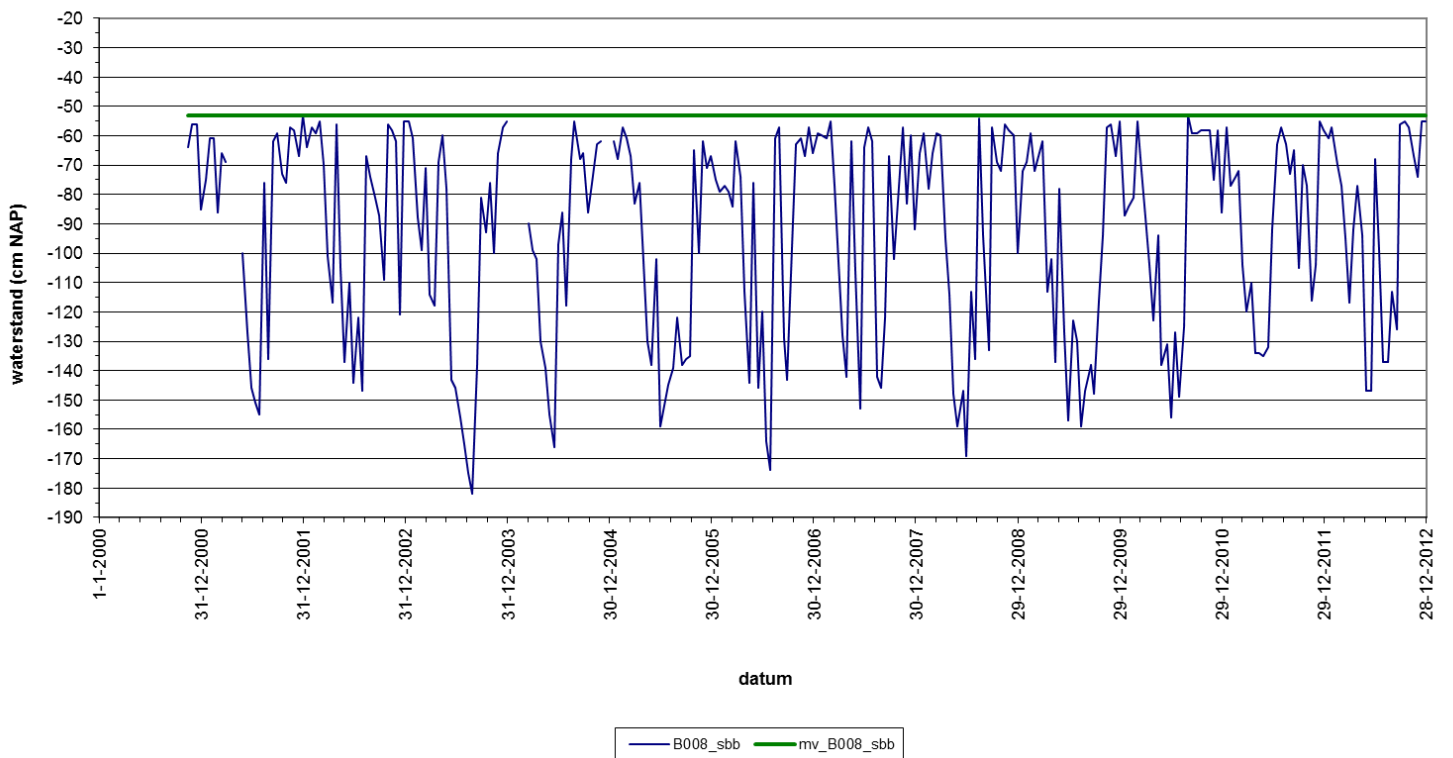
Lauwersmeer SBB (Bantswal) - meetreeks in cm NAP



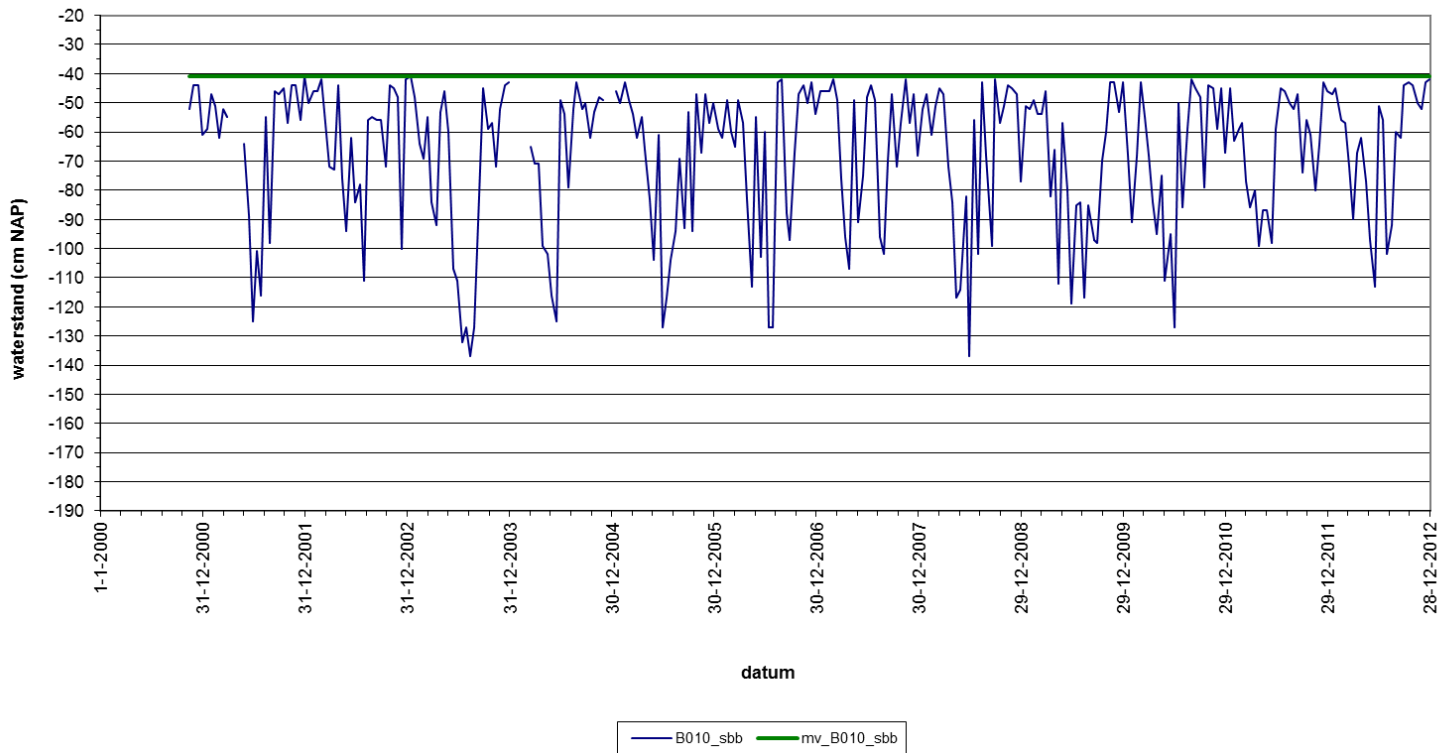
Lauwersmeer SBB (Bantswal) - meetreeks in cm NAP



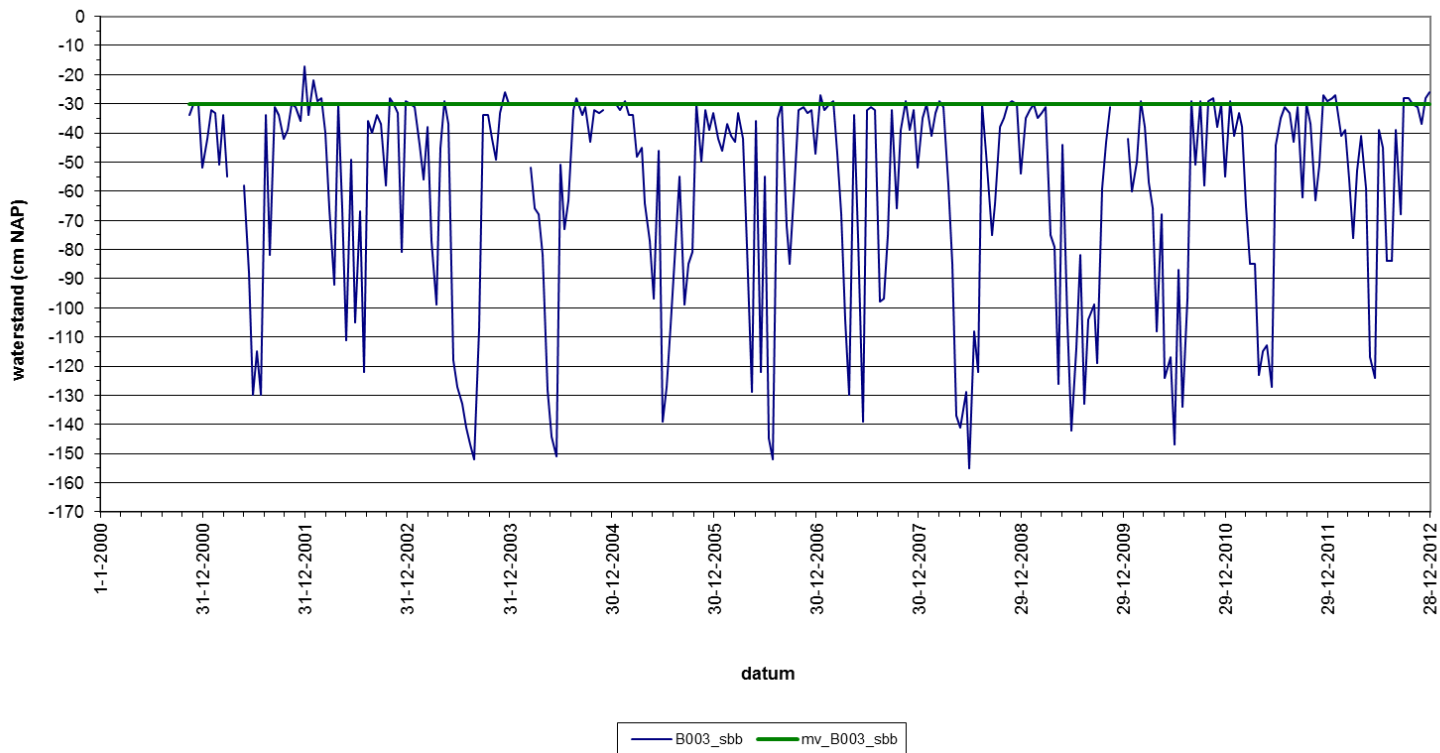
Lauwersmeer SBB (terrein van Juffrouw Alie) - meetreeks in cm NAP



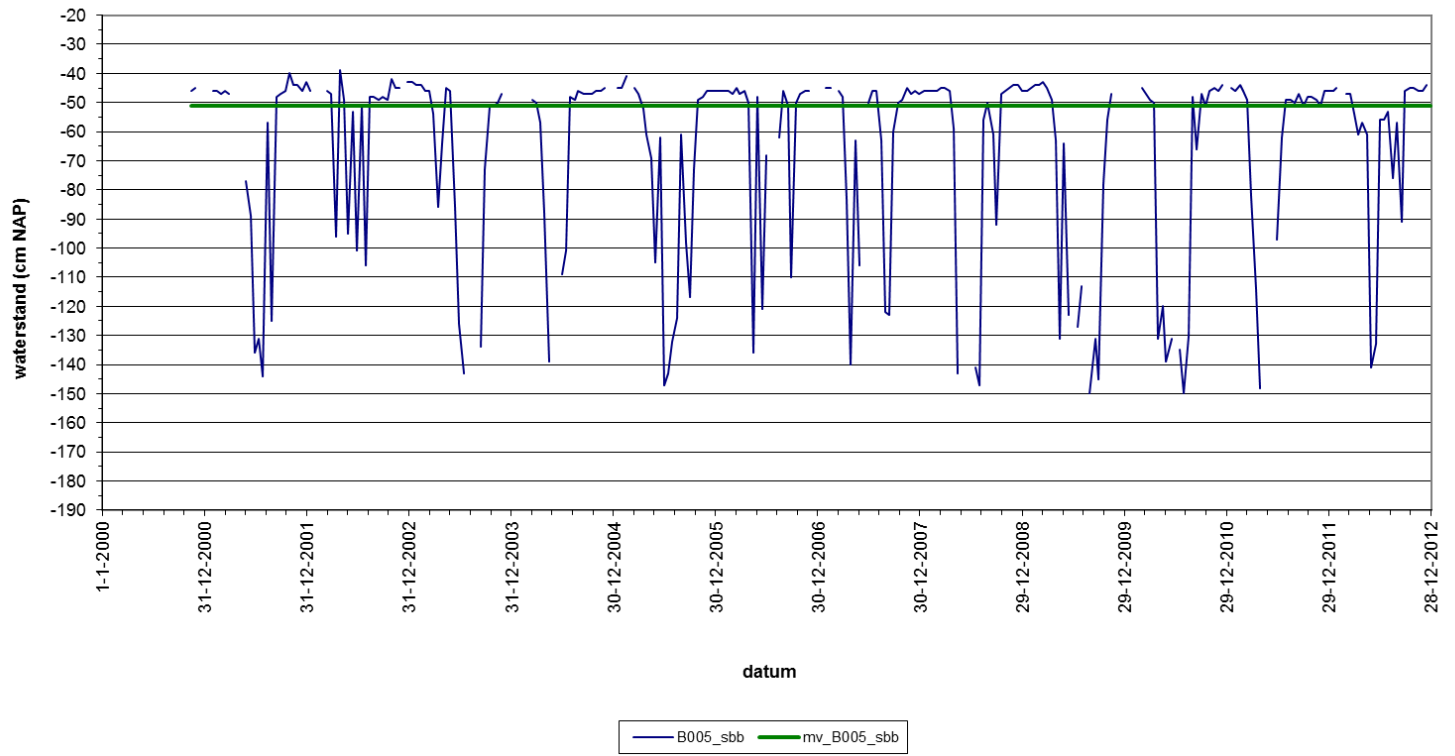
Lauwersmeer SBB (terrein van Juffrouw Alie) - meetreeks in cm NAP



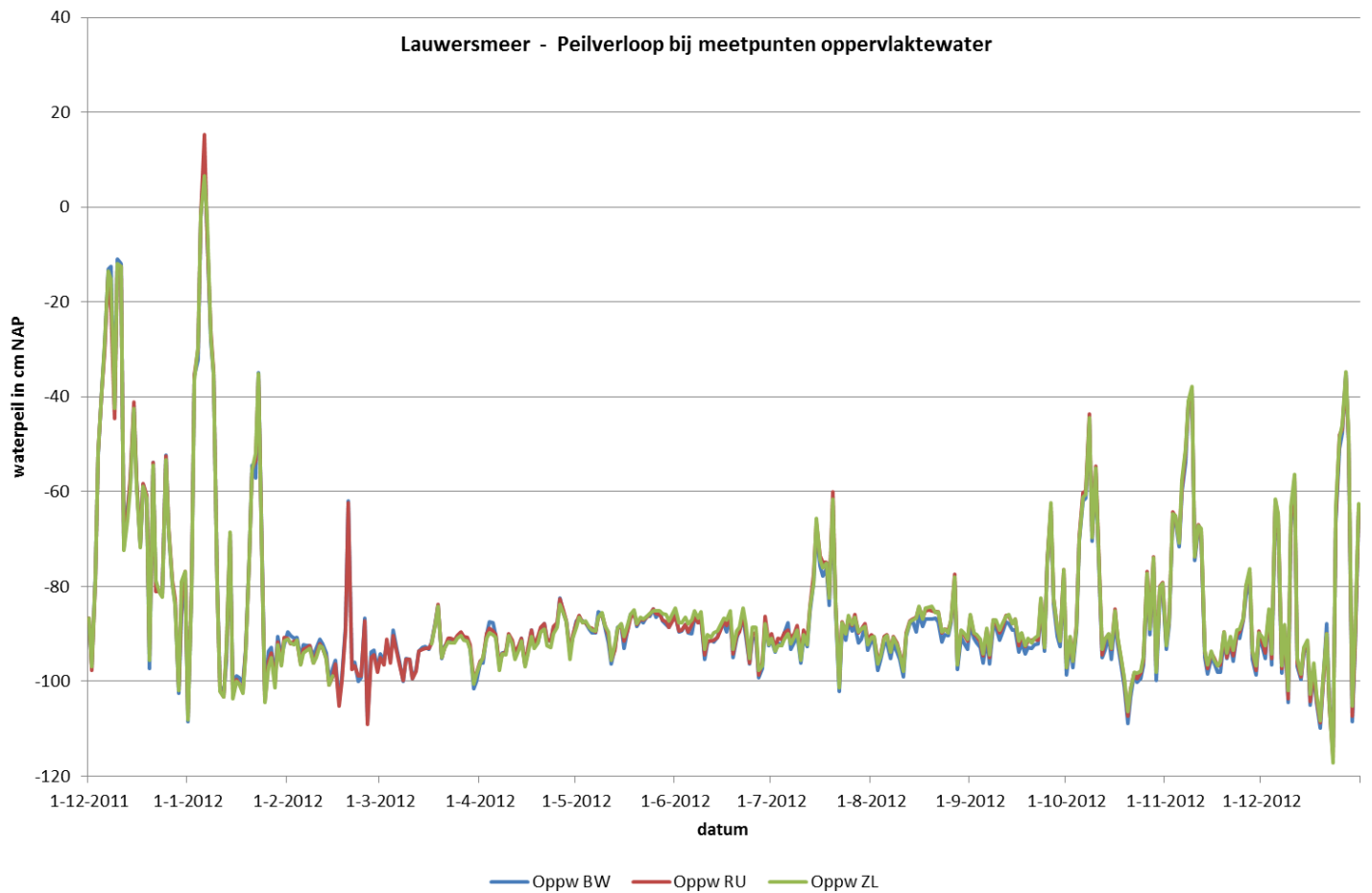
Lauwersmeer SBB (De Lasten) - meetreeks in cm NAP



Lauwersmeer SBB (Zuidelijke Lob) - meetreeks in cm NAP

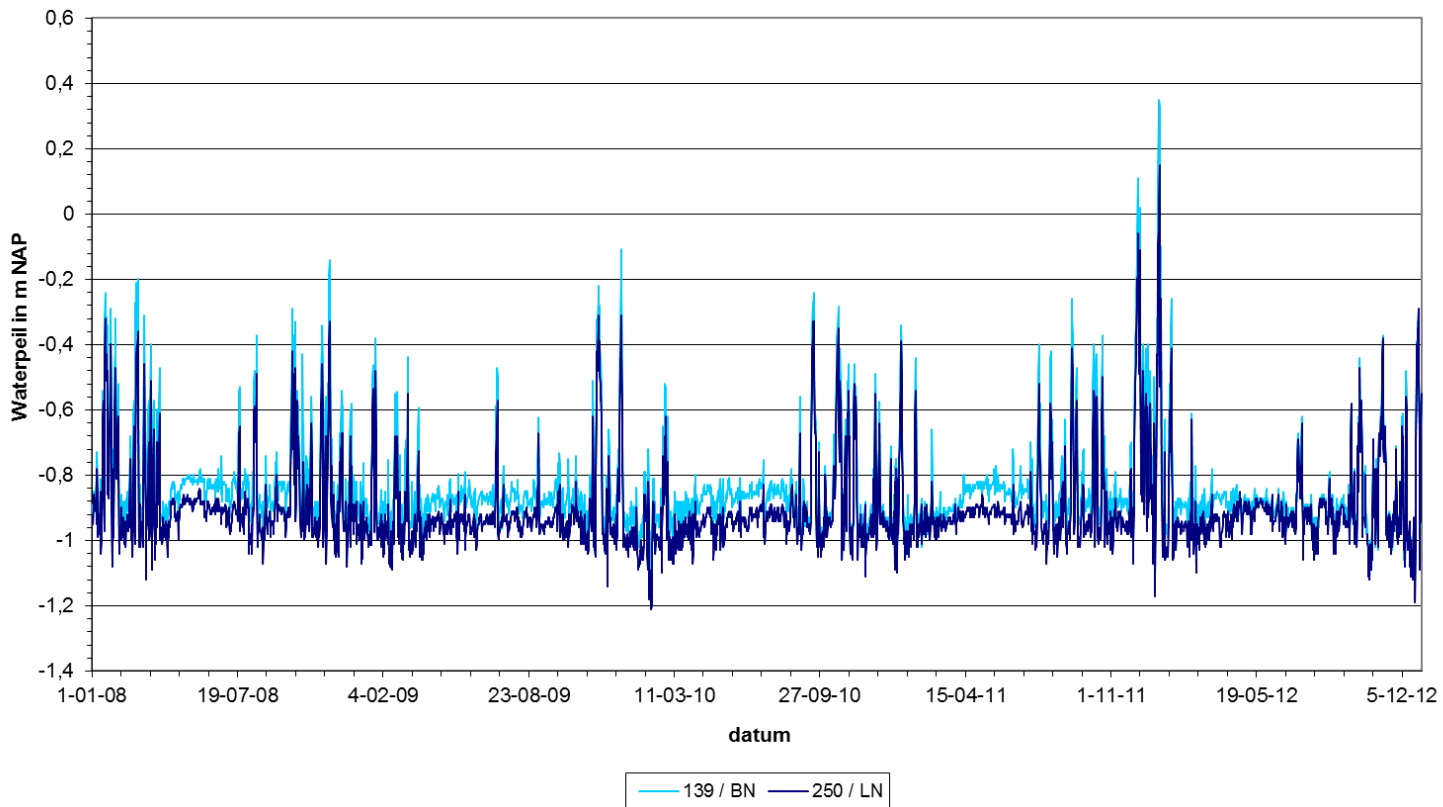


Lauwersmeer - Peilverloop bij meetpunten oppervlaktewater





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





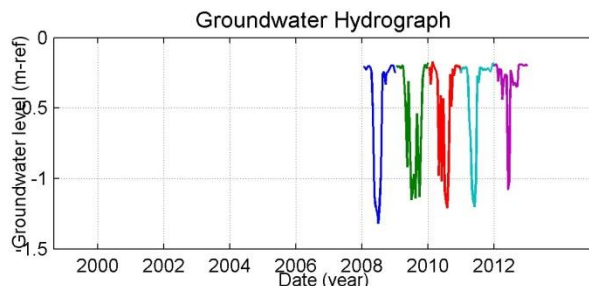
## **Bijlage 3 GXG en duurlijnen**

---



Time series	GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> B011B_2_2008	V	-1.25	-0.48	-0.24	-0.20	0.05
<input checked="" type="checkbox"/> B011B_2_2009	III	-1.09	-0.55	-0.28	-0.20	0.05
<input checked="" type="checkbox"/> B011B_2_2010	III	-1.15	-0.46	-0.29	-0.19	0.05
<input checked="" type="checkbox"/> B011B_2_2011	III	-1.14	-0.41	-0.57	-0.20	0.05
<input checked="" type="checkbox"/> B011B_2_2012	III	-0.80	-0.32	-0.32	-0.19	0.05

r.t. surface level  plot MxOL statistics



**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**NOP graphs**

above level

below period

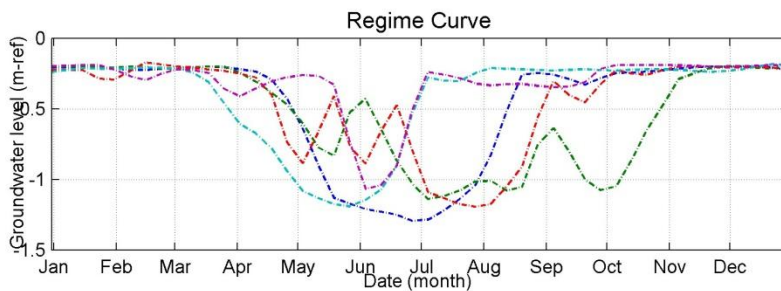
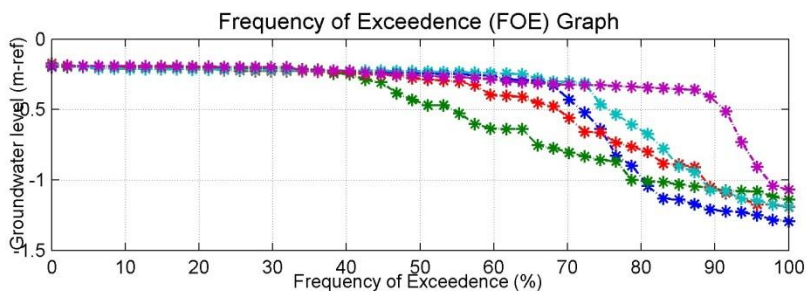
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

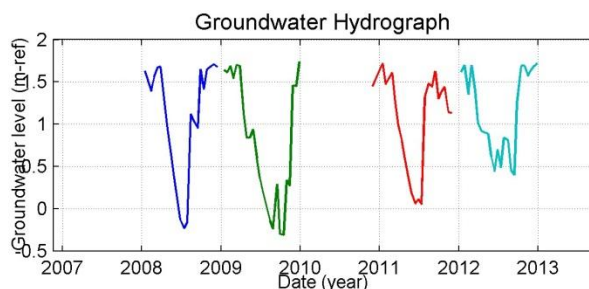
Percentile  %

close



Time series	GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> B013B_2_2008	V	-0.11	1.11	1.48	1.69	1.64
<input checked="" type="checkbox"/> B013B_2_2009	V	-0.25	0.80	1.44	1.66	1.64
<input checked="" type="checkbox"/> B013B_2_2011	V	0.11	1.07	0.90	1.62	1.64
<input checked="" type="checkbox"/> B013B_2_2012	III	0.49	1.15	1.09	1.68	1.64

r.t. surface level  plot MxOL statistics



**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**NOP graphs**

above level

below period

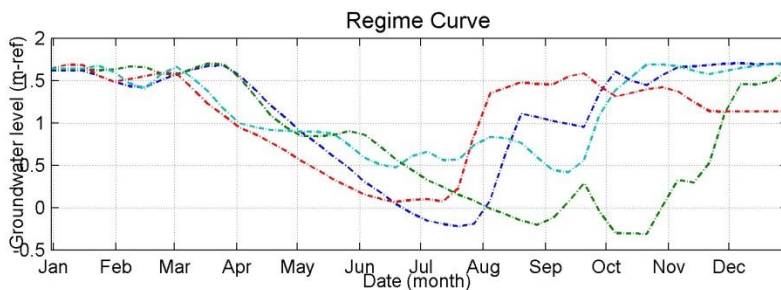
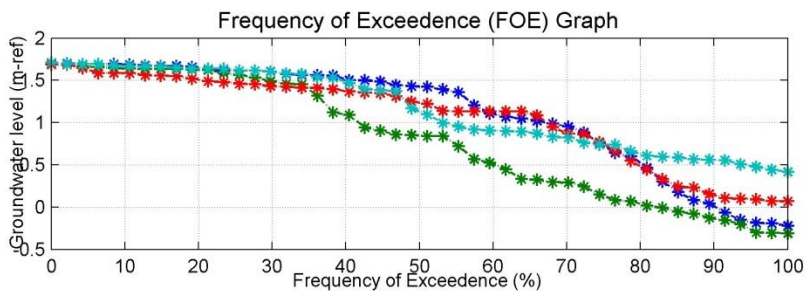
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

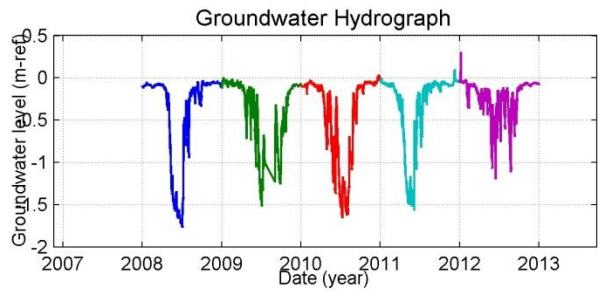
Percentile  %

close



Time series	GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> BNVb_2_2008	V	-1.63	-0.41	-0.09	-0.06	-0.12
<input checked="" type="checkbox"/> BNVb_2_2009	III	-1.27	-0.46	-0.10	-0.05	-0.12
<input checked="" type="checkbox"/> BNVb_2_2010	V	-1.41	-0.30	-0.17	-0.04	-0.12
<input checked="" type="checkbox"/> BNVb_2_2011	V	-1.36	-0.33	-0.32	-0.04	-0.12
<input checked="" type="checkbox"/> BNVb_2_2012	II	-0.62	-0.20	-0.25	-0.05	-0.12

r.l. surface level  plot MixGL statistics



**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**HOP graphs**

above level

below period

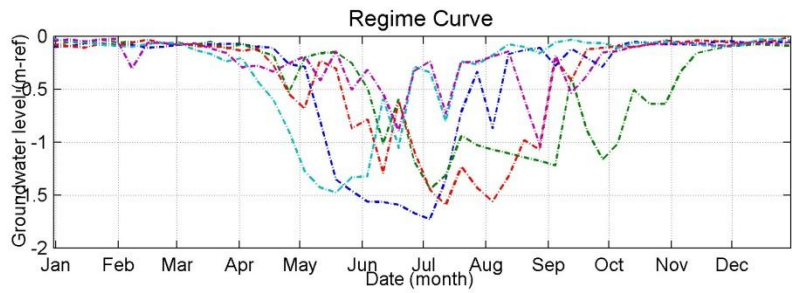
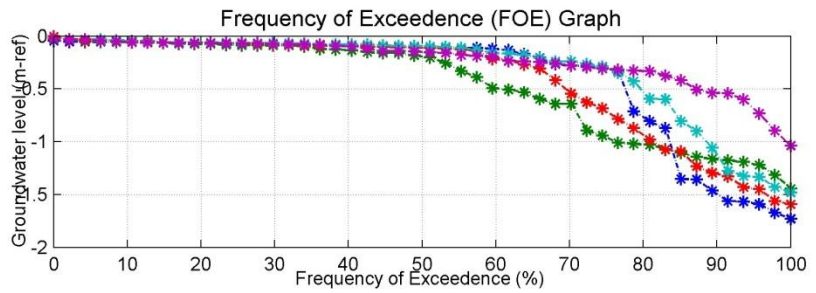
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

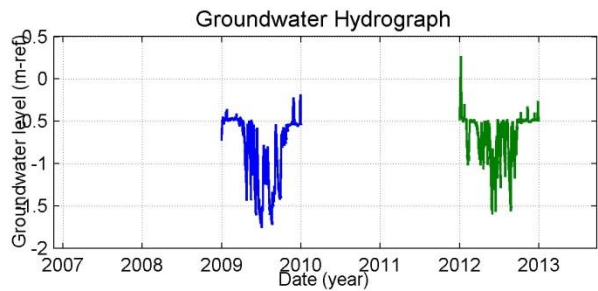
Percentile  %

close



Time series	GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> BNVb_2_2009	III	-1.55	-0.83	-0.57	-0.47	-0.50
<input checked="" type="checkbox"/> BNVb_2_2012	II	-1.14	-0.65	-0.79	-0.48	-0.50

r.l. surface level  plot MixGL statistics



**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**HOP graphs**

above level

below period

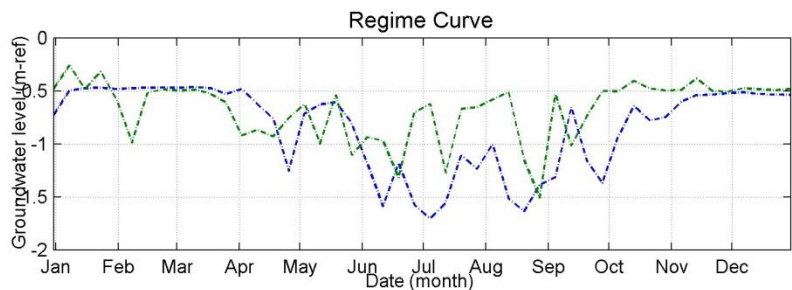
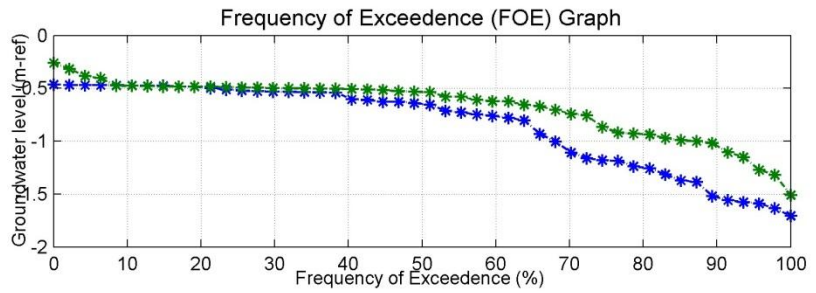
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

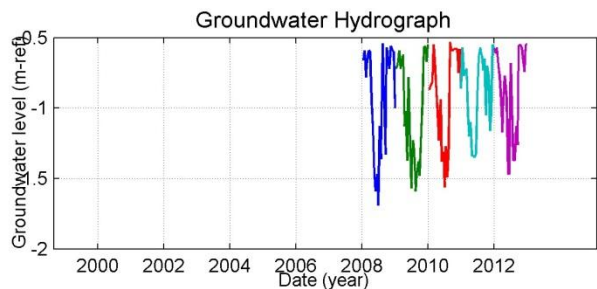
Percentile  %

close



Time series	GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> B008_1_2008	III	-1.54	-0.92	-0.76	-0.58	-0.53
<input checked="" type="checkbox"/> B008_1_2009	III	-1.51	-1.01	-0.85	-0.61	-0.53
<input checked="" type="checkbox"/> B008_1_2010	III	-1.45	-0.91	-0.90	-0.56	-0.53
<input checked="" type="checkbox"/> B008_1_2011	III	-1.34	-0.90	-1.12	-0.59	-0.53
<input checked="" type="checkbox"/> B008_1_2012	III	-1.40	-0.89	-0.99	-0.56	-0.53

plot surface level  plot MxGL statistics



**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**NOP graphs**

above level

below period

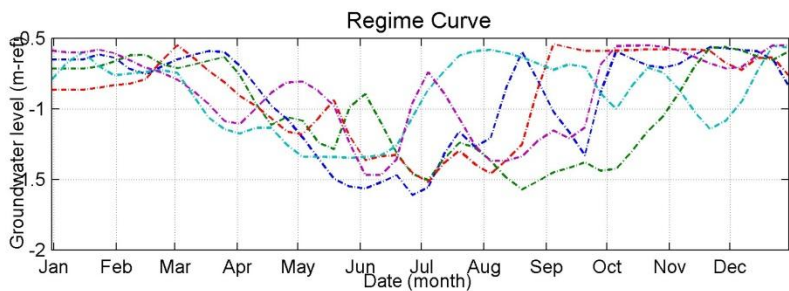
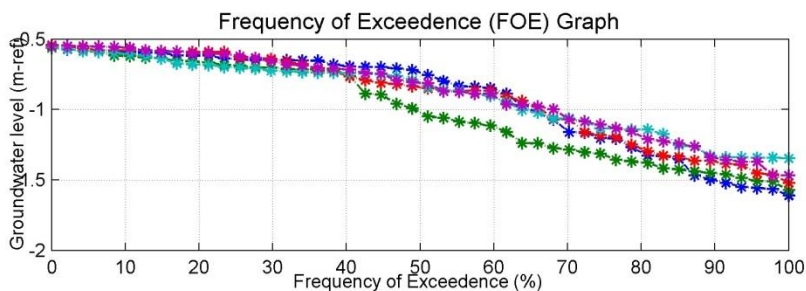
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

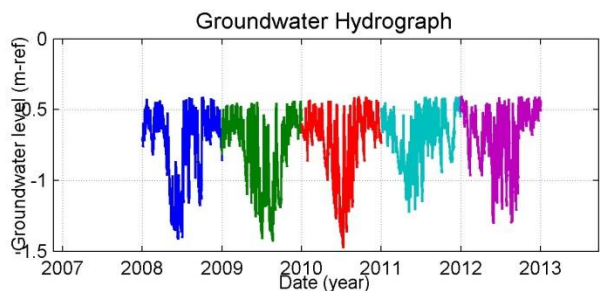
Percentile  %

close



Time series	GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> 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	III	-1.07	-0.70	-0.72	-0.47	-0.41
<input checked="" type="checkbox"/> JA3b_2_2011	III	-1.01	-0.72	-0.83	-0.51	-0.41
<input checked="" type="checkbox"/> JA3b_2_2012	III	-1.01	-0.66	-0.82	-0.50	-0.41

plot surface level  plot MxGL statistics



**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**NOP graphs**

above level

below period

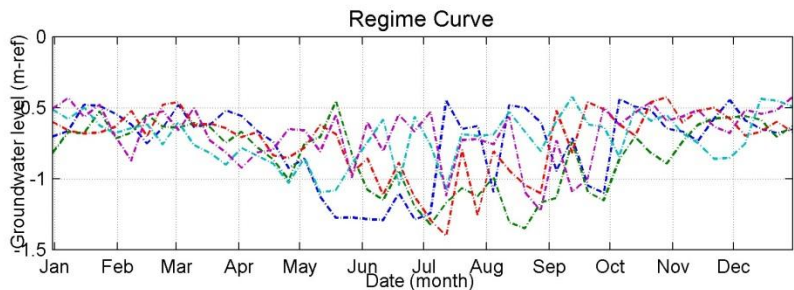
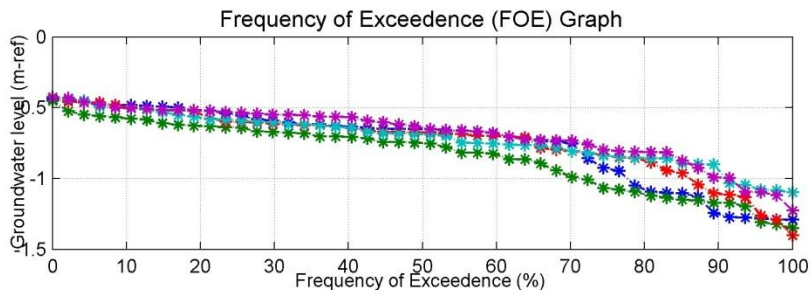
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

Percentile  %

close



Time series	GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> B010_1_2008	II	-1.14	-0.67	-0.58	-0.45	-0.41
<input checked="" type="checkbox"/> B010_1_2009	III	-1.18	-0.72	-0.63	-0.47	-0.41
<input checked="" type="checkbox"/> B010_1_2010	II	-1.07	-0.69	-0.71	-0.44	-0.41
<input checked="" type="checkbox"/> B010_1_2011	II	-0.93	-0.66	-0.82	-0.46	-0.41
<input checked="" type="checkbox"/> B010_1_2012	II	-1.01	-0.64	-0.75	-0.44	-0.41

r1.surface level  plot MxGL statistics

**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**HOP graphs**

above level

below period

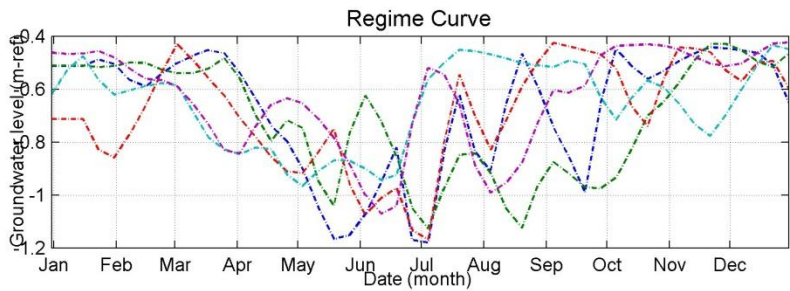
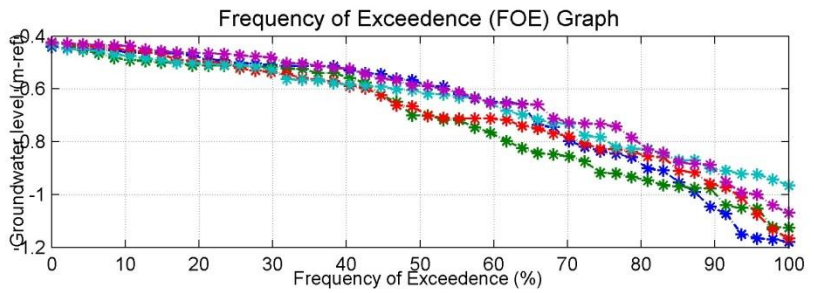
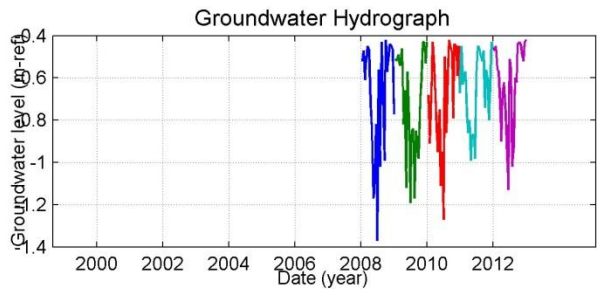
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

Percentile  %

close



Time series	GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> B003_1_2008	III	-1.40	-0.64	-0.43	-0.30	-0.30
<input checked="" type="checkbox"/> B003_1_2009	III	-1.27	-0.69	-0.50	-0.31	-0.30
<input checked="" type="checkbox"/> B003_1_2010	III	-1.30	-0.65	-0.57	-0.30	-0.30
<input checked="" type="checkbox"/> B003_1_2011	III	-1.18	-0.57	-0.81	-0.30	-0.30
<input checked="" type="checkbox"/> B003_1_2012	II	-1.05	-0.51	-0.59	-0.28	-0.30

r1.surface level  plot MxGL statistics

**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**HOP graphs**

above level

below period

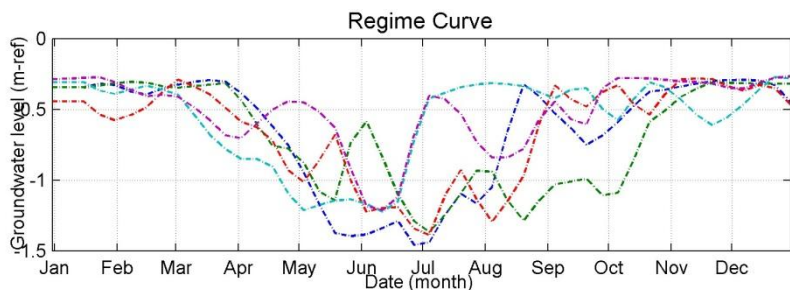
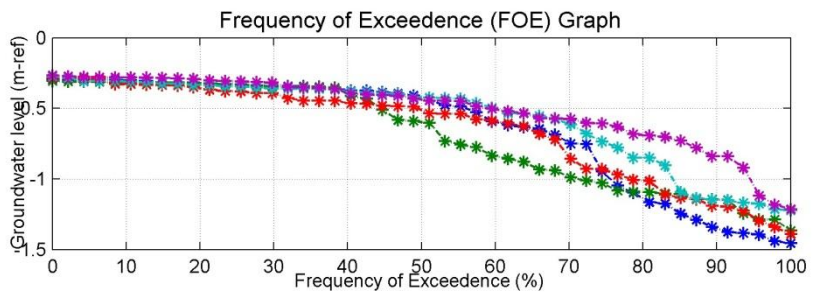
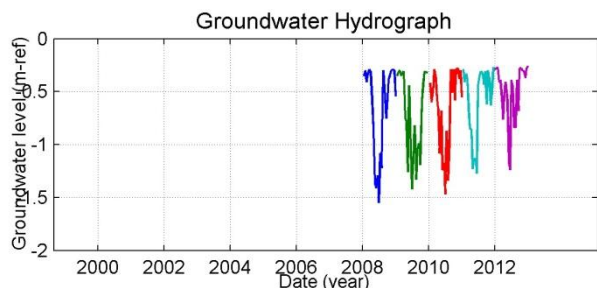
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

Percentile  %

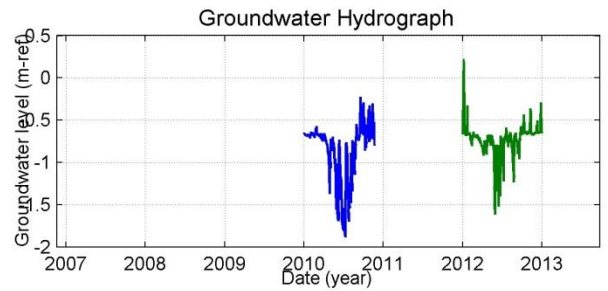
close





Time series	GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> LA3b_2_2010	■	-1.36	-0.81	-0.72	-0.58	-0.66
<input checked="" type="checkbox"/> LA3b_2_2012	■	-0.89	-0.70	-0.79	-0.55	-0.66
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						

plot surface level  plot MxQL statistics



**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**NOP graphs**

above level

below period

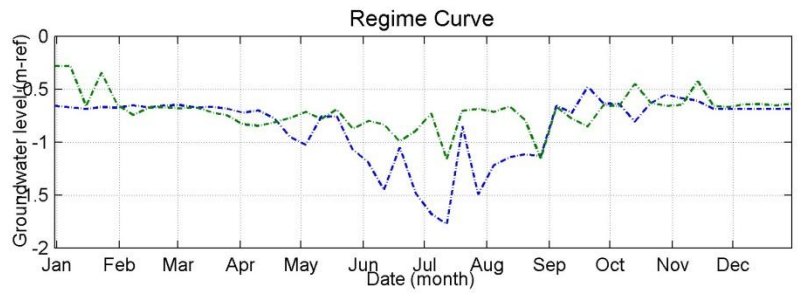
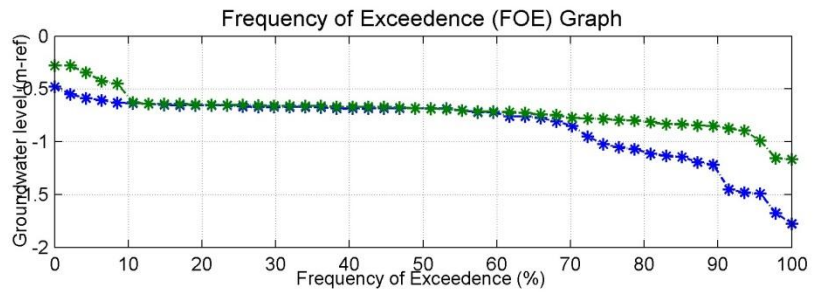
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

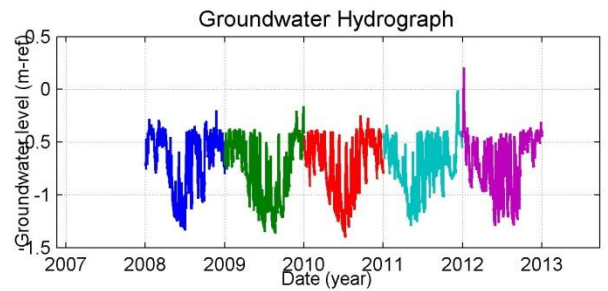
Percentile  %

close



Time series	GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> RU1b_2_2008	■	-1.17	-0.69	-0.53	-0.39	-0.39
<input checked="" type="checkbox"/> RU1b_2_2009	■	-1.22	-0.81	-0.70	-0.41	-0.39
<input checked="" type="checkbox"/> RU1b_2_2010	■	-1.11	-0.69	-0.74	-0.39	-0.39
<input checked="" type="checkbox"/> RU1b_2_2011	■	-1.15	-0.75	-0.82	-0.43	-0.39
<input checked="" type="checkbox"/> RU1b_2_2012	■	-1.04	-0.68	-0.90	-0.44	-0.39
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						

plot surface level  plot MxQL statistics



**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**NOP graphs**

above level

below period

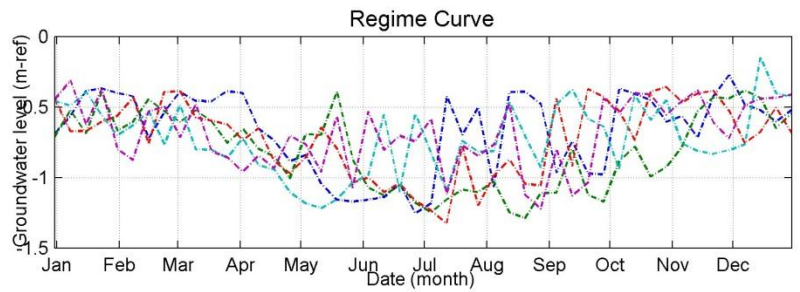
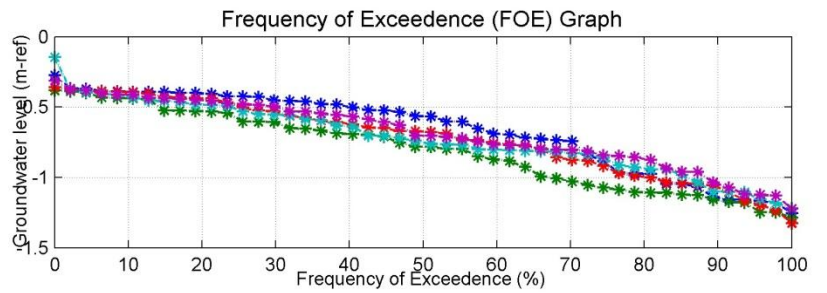
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

Percentile  %

close



Time series	GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> RU3b_2_2008	III	-0.68	-0.01	0.13	0.16	0.14
<input checked="" type="checkbox"/> RU3b_2_2009	III	-0.62	-0.11	0.11	0.15	0.14
<input checked="" type="checkbox"/> RU3b_2_2010	II	-0.50	-0.02	0.00	0.16	0.14
<input checked="" type="checkbox"/> RU3b_2_2011	II	-0.52	-0.01	-0.11	0.15	0.14
<input checked="" type="checkbox"/> RU3b_2_2012	I	-0.13	0.09	-0.04	0.16	0.14

r.l. surface level  plot MxGL statistics

**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**HOP graphs**

above level

below period

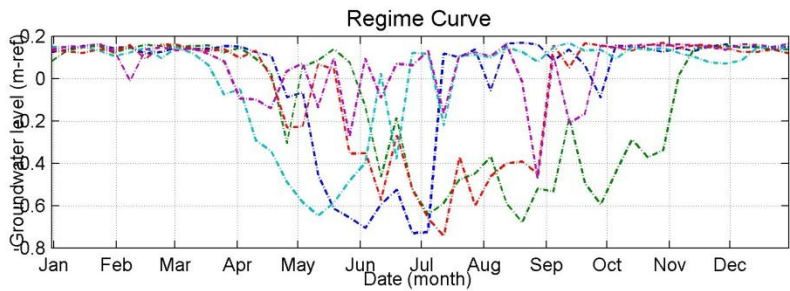
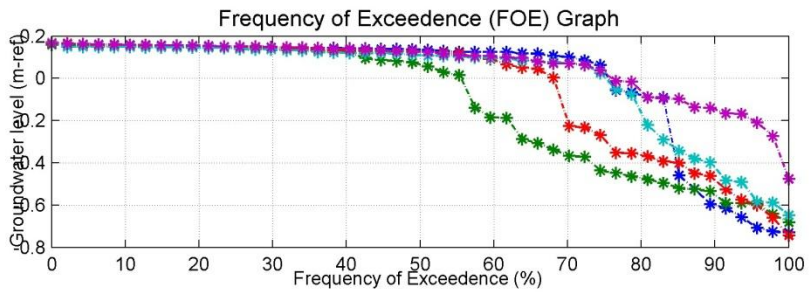
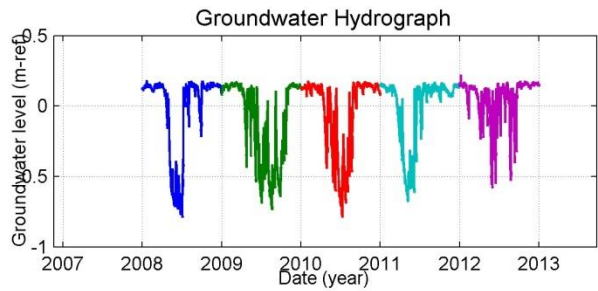
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

Percentile  %

close



Time series	GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> 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
<input checked="" type="checkbox"/> RU5b_2_2011	III	-0.98	-0.41	-0.50	-0.22	-0.04
<input checked="" type="checkbox"/> RU5b_2_2012	I	-0.48	-0.29	-0.35	-0.20	-0.04

r.l. surface level  plot MxGL statistics

**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**HOP graphs**

above level

below period

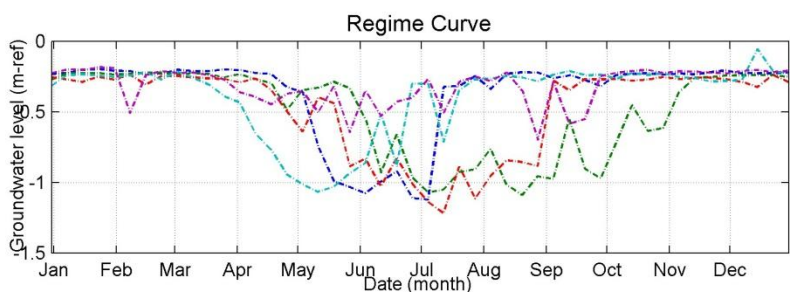
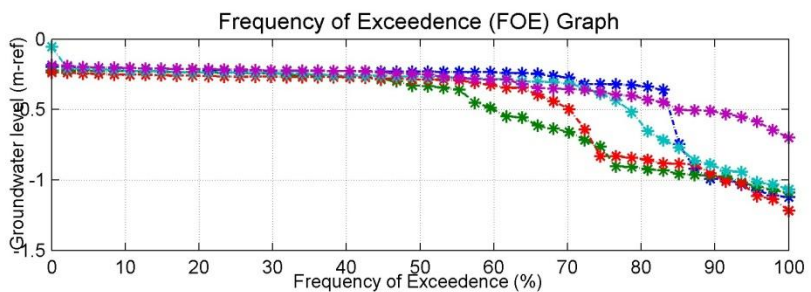
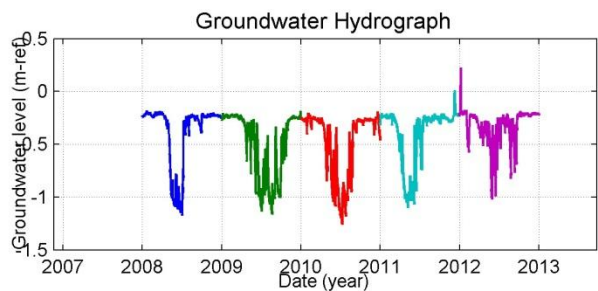
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

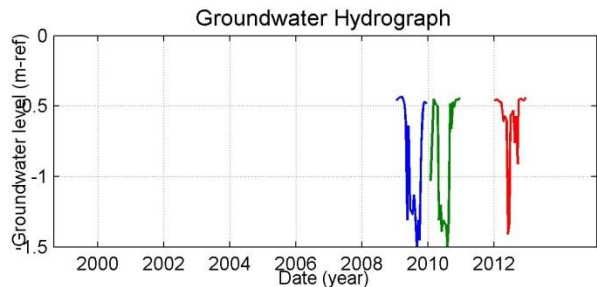
Percentile  %

close



Time series	GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> B005_1_2009	III	-1.39	-0.81	-0.47	-0.44	-0.51
<input checked="" type="checkbox"/> B005_1_2010	III	-1.41	-0.84	-0.53	-0.45	-0.51
<input checked="" type="checkbox"/> B005_1_2012	III	-1.15	-0.69	-0.54	-0.45	-0.51
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						

plot surface level  plot MxOL statistics



**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**NOP graphs**

above level

below period

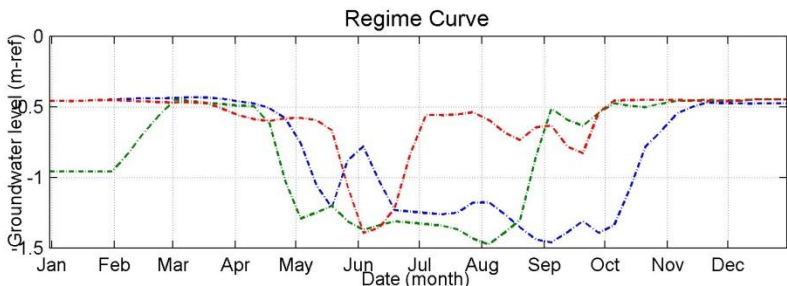
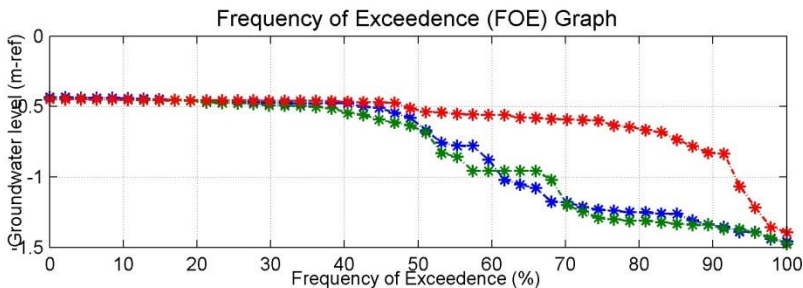
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

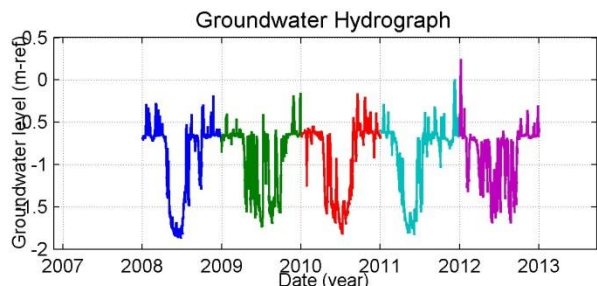
Percentile  %

close



Time series	GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> 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	-1.69	-0.99	-0.78	-0.53	-0.64
<input checked="" type="checkbox"/> ZL3b_2_2011	III	-1.72	-0.89	-1.09	-0.56	-0.64
<input checked="" type="checkbox"/> ZL3b_2_2012	III	-1.42	-0.88	-1.05	-0.66	-0.64
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						

plot surface level  plot MxOL statistics



**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**NOP graphs**

above level

below period

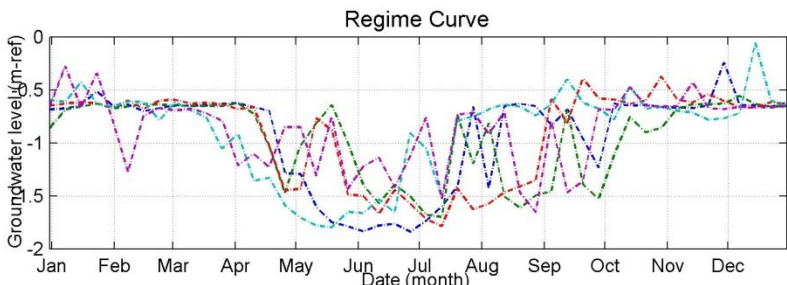
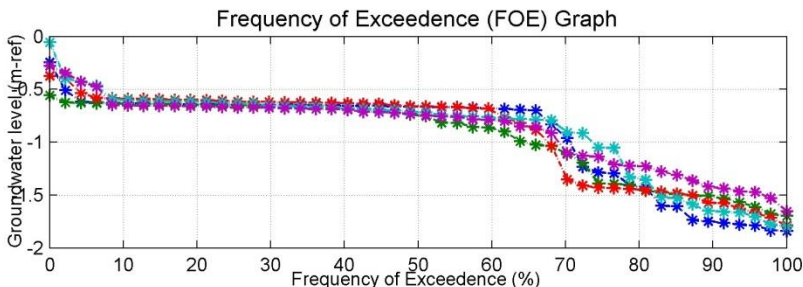
**Regime curves**

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 checked="" type="checkbox"/> ZL5b_2_2011	III	-1.48	-0.69	-0.85	-0.43	-0.44
<input checked="" type="checkbox"/> ZL5b_2_2012	II	-1.11	-0.61	-0.79	-0.42	-0.44
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						

r.l. surface level  plot MxGL statistics

**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**HOP graphs**

above level

below period

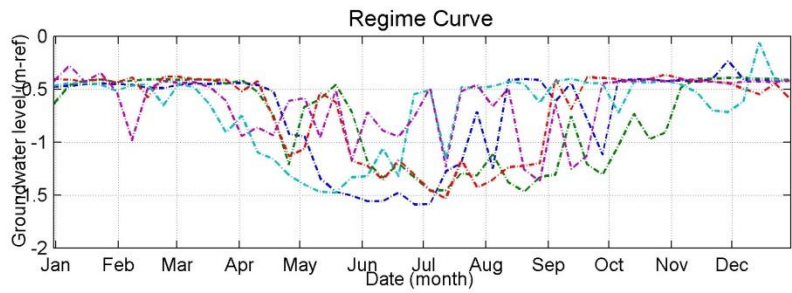
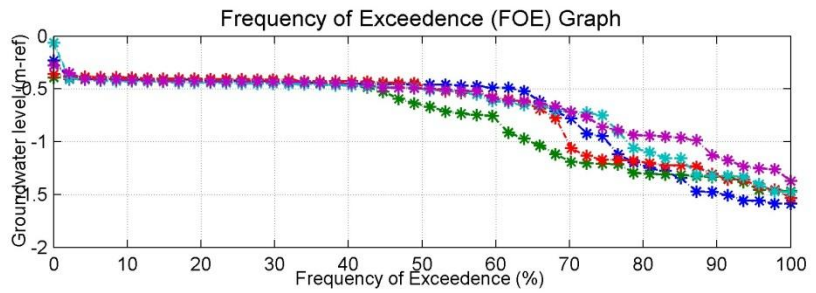
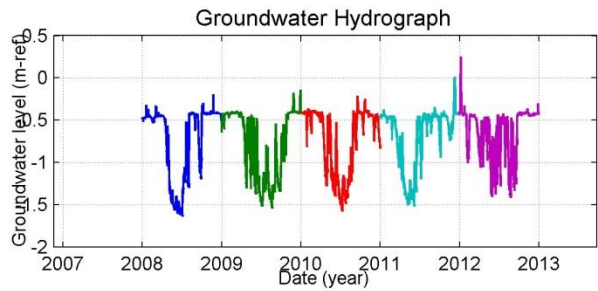
**Regime curves**

All regime curves

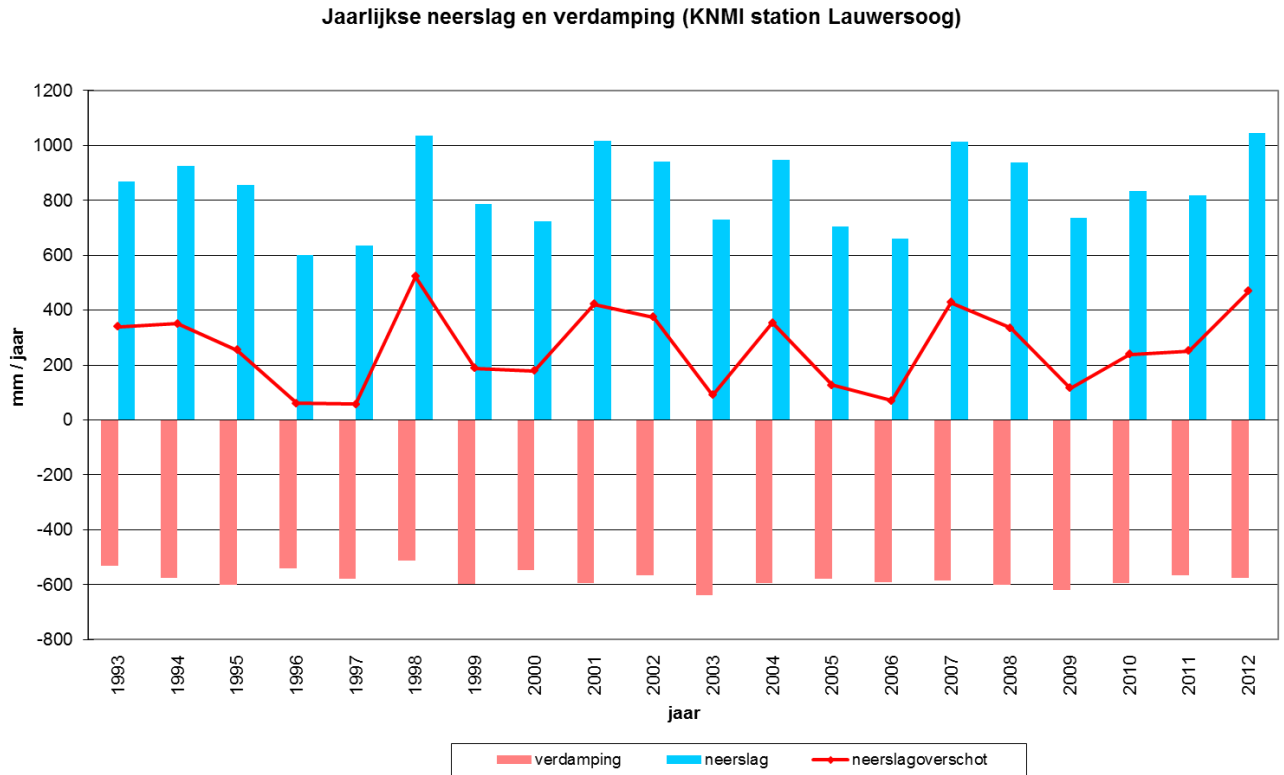
Average regime curve

Percentile  %

close



## Bijlage 4 Overzicht neerslag en verdamping







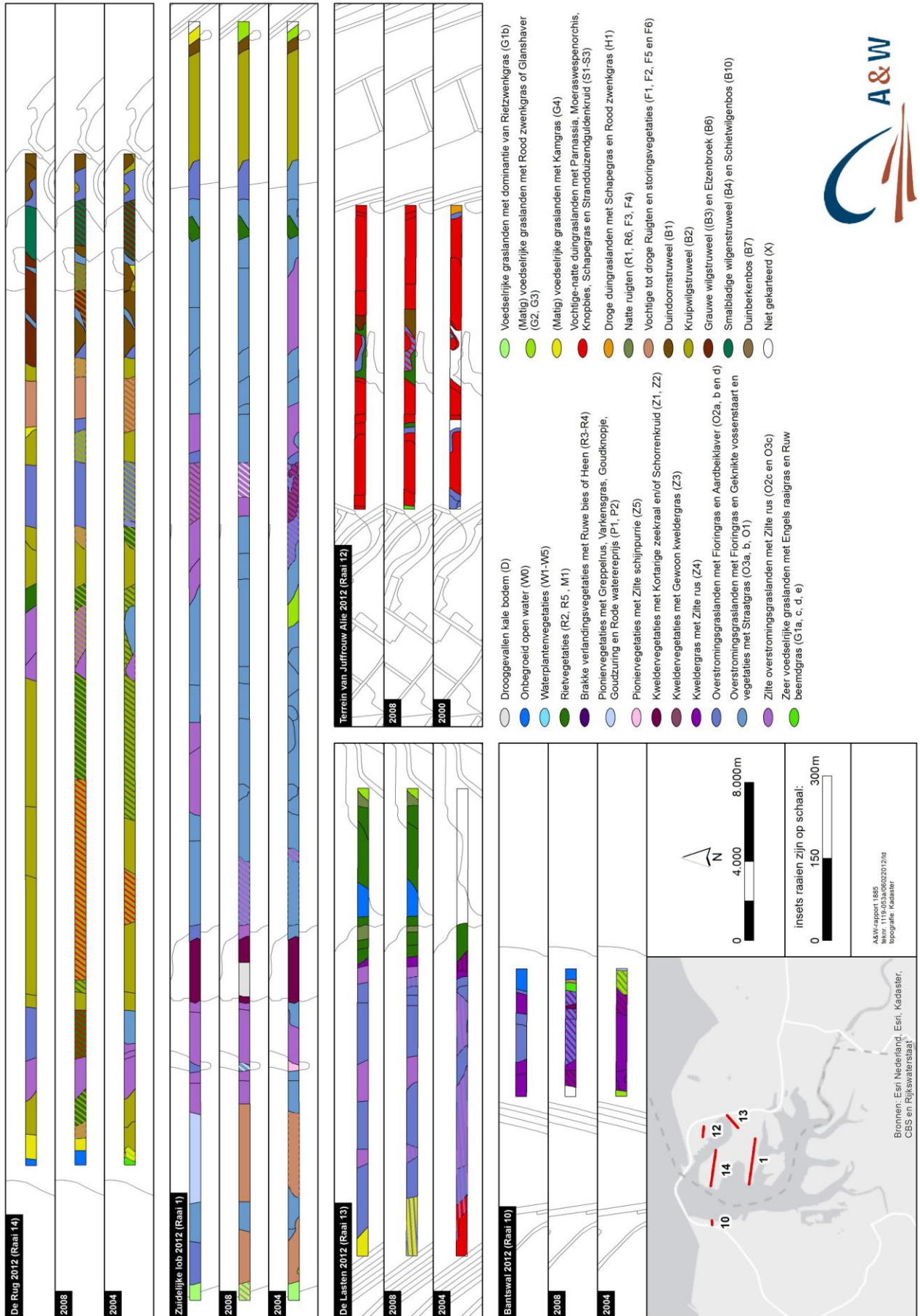




## **Bijlage 6    Verspreiding vegetatietypen transecten**

---

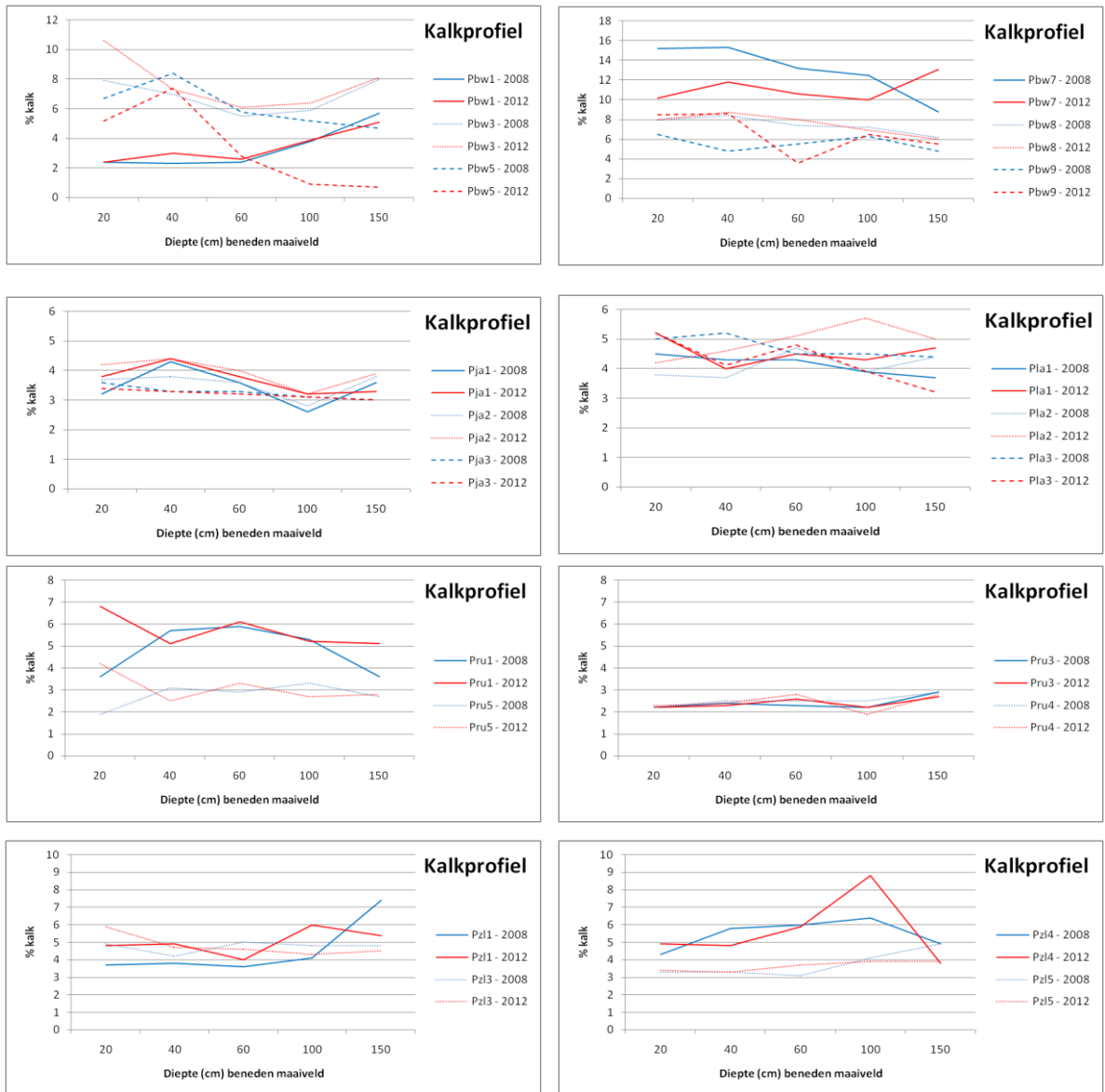


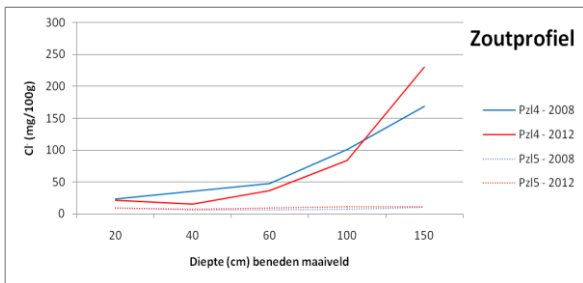
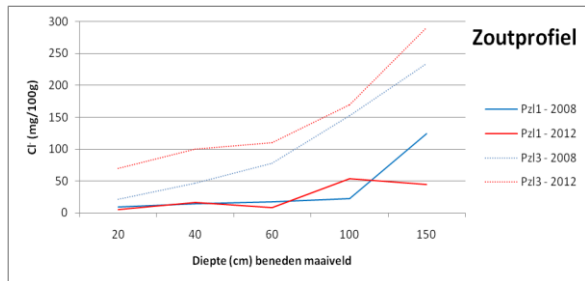
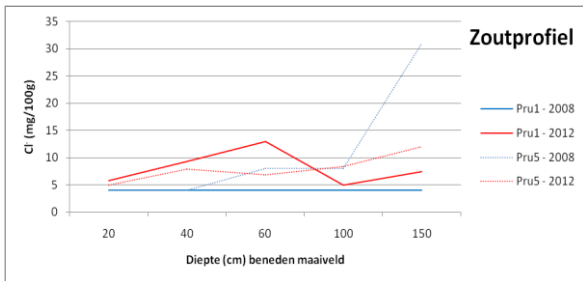
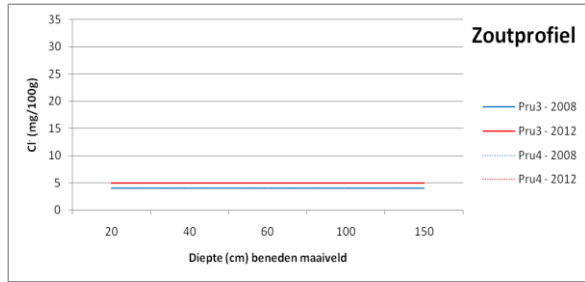
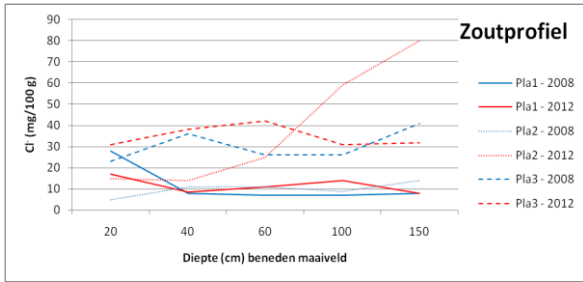
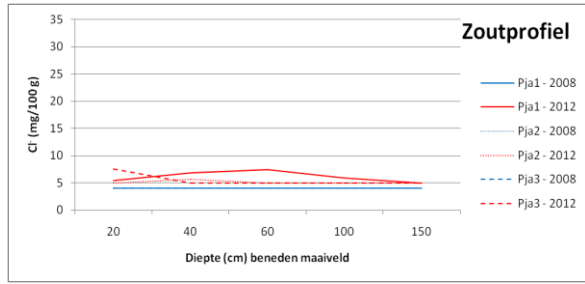
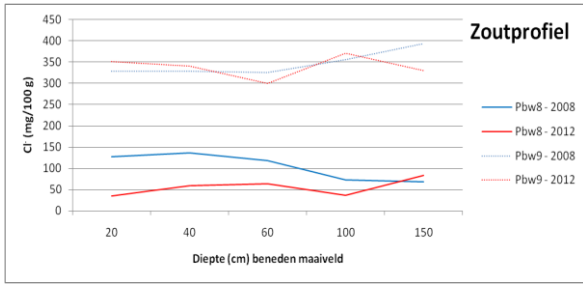
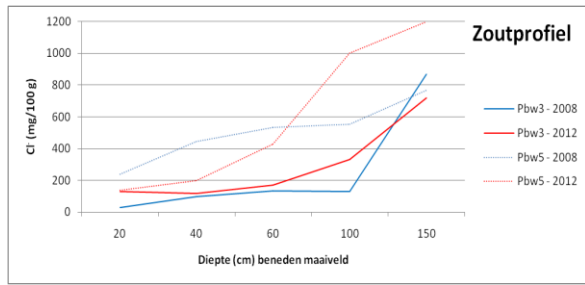
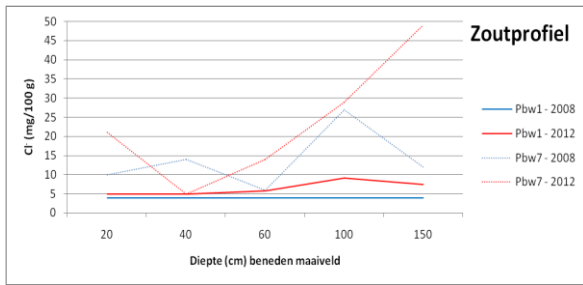




## Bijlage 7 Gegevens bodemprofielen

De monsters zijn genomen op de volgende dieptes beneden maaiveld: 20-30 cm, 40-50 cm, 60-70 cm, 100-110 cm en 150-160 cm. Gezien de variatie in kalk- en vooral chloridegehalte verschillen de y-assen in bereik.











## Bijlage 9 Gegevens organische stof in toplaag bodem

jaar	datum	locatie	opmerkingen	bulk density g dr-gr/cm <sup>3</sup>	% vocht	% gloeivries gem. 550° C	org. stof (g/100cc)	org. stof (kg/m <sup>2</sup> )
2012	21-nov	BW 1A	ten W van 1N	0,82	41,1	13,4	10,98	5,14
2012	21-nov	BW 1B	ten W van 1Z	0,99	34,1	10,3	10,19	4,77
2012	26-nov	BW 2A	ten W van 2N	0,73	45,2	12,3	8,98	4,20
2012	26-nov	BW10A	ten W van 10N	1,38	22	3,1	4,26	2,00
2012	26-nov	BW10B	ten W van 10Z	1,39	21,9	2,7	3,74	1,75
2012	26-nov	BW11A	ten ZW van BW11N	0,46	60	22,9	10,56	4,95
2012	26-nov	BW11B	ten ZW van BW11Z	0,74	45,2	10	7,37	3,45
2012	26-nov	BW12A	ten W van BW12N	0,62	49,6	13,8	8,50	3,98
2012	26-nov	BW12B	ten W van BW12Z	0,56	49,7	15,1	8,45	3,96
2012	26-nov	BW13A	ten W van BW13N	1,10	30,6	8,6	9,48	4,44
2012	26-nov	BW13B	ten W van BW13Z	1,35	23,7	2,1	2,83	1,32
2012	26-nov	BW2B	ten W van 2Z	0,99	35,6	6,7	6,64	3,11
2012	21-nov	BW3A	ten W van 3N	1,46	20,8	1,5	2,18	1,02
2012	21-nov	BW3B	ten W van 3Z	1,15	26,2	2,2	2,54	1,19
2012	26-nov	BW4A	ten W van 4N	1,26	24,9	2,3	2,90	1,36
2012	26-nov	BW4B	ten W van 4Z	1,31	22,3	1,6	2,09	0,98
2012	26-nov	BW5A	ten W van 5N	0,54	58,1	21,7	11,61	5,44
2012	26-nov	BW5B	ten W van 5Z	0,70	49,8	23,1	16,27	7,62
2012	26-nov	BW6A	ten W van 6N	0,19	80	63,9	12,27	5,74
2012	26-nov	BW6B	ten W van 6Z	0,53	59,9	23,2	12,37	5,79
2012	26-nov	BW7A	ten W van 7N	0,67	49,5	17,3	11,58	5,42
2012	26-nov	BW7B	ten W van 7Z	0,90	35,9	10,4	9,39	4,40
2012	26-nov	BW8A	ten W van 8N	0,24	75,6	60,7	14,37	6,73
2012	26-nov	BW8B	ten W van 8Z	0,28	72,8	52,2	14,41	6,75
2012	26-nov	BW9A	ten W van 9N	0,26	74,2	57,2	14,78	6,92
2012	26-nov	BW9B	ten W van 9Z	0,26	74	58,1	15,12	7,08
2012	21-nov	JA1A	ten N van JA1W	0,61	50,3	17,4	10,64	4,98
2012	21-nov	JA1B	ten N van JA2O	0,56	56,6	25,3	14,19	6,64
2012	21-nov	JA2A	ten N van JA2W	0,53	58,1	24,3	12,93	6,05
2012	21-nov	JA2B	ten N van JA2O	0,55	54,4	19,3	10,60	4,96
2012	21-nov	JA3A	ten O van JA3N	0,40	61,9	31,1	12,32	5,77
2012	21-nov	JA3B	ten O van JA3Z	0,41	62	26,8	10,95	5,13
2012	21-nov	LA1A	ten N van LA1W	0,59	49,9	14	8,30	3,89
2012	21-nov	LA1B	ten N van LA1O	0,68	46,1	11,5	7,78	3,64
2012	21-nov	LA2A	ten N van LA2W	0,56	47	12,2	6,79	3,18
2012	21-nov	LA2B	ten N van LA2O	0,42	62,7	25,2	10,50	4,92
2012	15-nov	LA3B	ten N van LA3W	0,36	59,2	38,6	13,92	6,52
2012	15-nov	LA3A	ten N van LA3O	0,14	81,7	54,9	7,93	3,71
2012	21-nov	LA4A	ten N van LA4W	0,59	52,9	17	10,10	4,73
2012	21-nov	LA4B	ten N van LA4O	0,68	44	11,2	7,62	3,57
2012	22-nov	RU1A	ten O van RU1N	0,79	41,6	10	7,85	3,68
2012	22-nov	RU1B	ten O van RU1Z	0,97	30	4,4	4,27	2,00
2012	22-nov	RU2A	ten N van RU2W	1,39	22	3	4,18	1,96
2012	22-nov	RU2B	ten N van RU2O	0,90	36,6	7,1	6,38	2,99
2012	22-nov	RU3A	ten W van RU3N	0,98	36,8	7,4	7,22	3,38
2012	22-nov	RU3B	ten W van RU3Z	0,93	37,1	6,5	6,07	2,84
2012	22-nov	RU4A	ten W van RU4N	0,60	51	13,8	8,34	3,90
2012	22-nov	RU4B	ten W van RU4Z	0,66	47,9	10,9	7,15	3,35
2012	22-nov	RU5A	ten W van RU5N	0,18	81,1	71,1	12,64	5,92
2012	22-nov	RU5B	ten W van RU5Z	0,14	84,5	79,2	11,31	5,29
2012	22-nov	RU6A	ten W van RU6N	0,88	37,1	6,2	5,47	2,56
2012	22-nov	RU6B	ten W van RU6Z	1,09	28,4	3,2	3,47	1,63
2012	22-nov	RU7A	ten NW van RU7N	1,21	29,6	3,4	4,10	1,92
2012	22-nov	RU7B	ten NW van RU7Z	1,06	33,9	6,1	6,44	3,01
2012	22-nov	RU8A	ten ZW van RU8N	0,25	74,3	35,7	8,83	4,14
2012	22-nov	RU8B	ten ZW van RU8Z	0,21	78	55	11,58	5,42
2012	15-nov	ZL1B	ten W van ZL1N	0,14	82,8	66	9,42	4,41
2012	15-nov	ZL1A	ten W van ZL1Z	0,15	82,8	68,1	10,52	4,93
2012	15-nov	ZL2B	ten W van ZL2N	0,24	76,9	46	11,27	5,28
2012	15-nov	ZL2A	ten W van ZL2Z	0,33	68,2	30,1	9,93	4,65
2012	15-nov	ZL3B	ten W van ZL3N	0,38	67,2	35	13,16	6,16
2012	15-nov	ZL3A	ten W van ZL3Z	0,36	68,6	39,4	14,34	6,72
2012	15-nov	ZL4B	ten W van ZL4N	0,61	53,6	12,8	7,76	3,63
2012	15-nov	ZL4A	ten W van ZL4Z	0,72	45,5	10,2	7,37	3,45
2012	15-nov	ZL5B	ten W van ZL5N	0,30	71,2	44,8	13,52	6,33
2012	15-nov	ZL5A	ten W van ZL5Z	0,26	73	39,7	10,21	4,78

jaar	datum	locatie	opmerkingen	bulk density g dr/gr/cm <sup>3</sup>	% vocht	% humus gem. 500 C	% opbelevites gem. 950° C	org. stof (g / 100cc)	org. stof (kg/m <sup>2</sup> )
2009	27-okt	BW 1A	ten W van 1N	1,00	27,6	7,93	8,34	7,91	3,70
2009	27-okt	BW 1B	ten W van 1Z	1,07	26,3	10,20	10,42	10,95	5,13
2009	27-okt	BW 2A	ten W van 2N	1,08	22,4	7,49	7,78	8,10	3,79
2009	27-okt	BW10A	ten W van 10N	1,75	19,6	2,72	7,04	4,77	2,23
2009	27-okt	BW10B	ten W van 10Z	1,74	19,7	3,43	8,50	5,96	2,79
2009	26-nov	BW11A	ten ZW van BW11N	0,63	53,7	18,66	19,06	11,68	5,47
2009	26-nov	BW11B	ten ZW van BW11Z	0,72	48,5	13,63	14,26	9,80	4,59
2009	26-nov	BW12A	ten W van BW12N	0,78	46,1	12,62	12,78	9,84	4,61
2009	26-nov	BW12B	ten W van BW12Z	0,78	45,8	13,67	13,88	10,71	5,01
2009	26-nov	BW13A	ten W van BW13N	0,95	40,7	8,28	9,32	7,90	3,70
2009	26-nov	BW13B	ten W van BW13Z	1,29	30,3	4,94	6,69	6,39	2,99
2009	27-okt	BW2B	ten W van 2Z	1,38	18,7	4,78	5,06	6,58	3,08
2009	27-okt	BW3A	ten W van 3N	1,54	23,8	3,32	7,46	5,10	2,39
2009	27-okt	BW3B	ten W van 3Z	1,47	26,2	3,09	5,21	4,54	2,13
2009	27-okt	BW4A	ten W van 4N	1,14	29,4	4,64	7,21	5,28	2,47
2009	27-okt	BW4B	ten W van 4Z	1,52	22,4	2,17	6,34	3,29	1,54
2009	27-okt	BW5A	ten W van 5N	0,75	46,9	14,68	17,30	11,02	5,16
2009	27-okt	BW5B	ten W van 5Z	0,61	50,7	20,04	21,83	12,27	5,74
2009	27-okt	BW6A	ten W van 6N	0,42	64,1	34,47	35,50	14,40	6,74
2009	27-okt	BW6B	ten W van 6Z	0,82	44,8	13,93	18,39	11,39	5,33
2009	27-okt	BW7A	ten W van 7N	0,86	41,2	15,71	19,45	13,59	6,36
2009	27-okt	BW7B	ten W van 7Z	1,08	35,8	12,26	14,78	13,18	6,17
2009	27-okt	BW8A	ten W van 8N	0,54	59,9	23,00	29,13	12,42	5,82
2009	27-okt	BW8B	ten W van 8Z	0,50	61,5	30,92	35,26	15,60	7,31
2009	27-okt	BW9A	ten W van 9N	0,82	48,9	19,24	23,92	15,86	7,42
2009	27-okt	BW9B	ten W van 9Z	0,50	63,9	35,00	39,52	17,67	8,27
2009	27-okt	JA1A	ten N van JA1W	0,76	47,0	10,92	11,03	8,31	3,89
2009	27-okt	JA1B	ten N van JA2O	0,59	55,7	16,17	16,40	9,57	4,48
2009	27-okt	JA2A	ten N van JA2W	0,49	58,9	20,57	20,75	10,17	4,76
2009	27-okt	JA2B	ten N van JA2O	0,75	48,8	11,72	12,62	8,78	4,11
2009	27-okt	JA3A	ten O van JA3N	0,55	54,9	19,16	19,33	10,52	4,93
2009	27-okt	JA3B	ten O van JA3Z	0,55	54,6	18,34	18,68	10,03	4,70
2009	28-okt	LA1A	ten N van LA1W	0,87	41,2	8,57	8,69	7,48	3,50
2009	28-okt	LA1B	ten N van LA1O	0,82	45,4	11,03	11,23	9,07	4,25
2009	28-okt	LA2A	ten N van LA2W	0,78	46,9	11,43	11,61	8,86	4,15
2009	28-okt	LA2B	ten N van LA2O	0,92	41,0	10,70	10,88	9,82	4,60
2009	28-okt	LA3A	ten N van LA3W	0,22	78,4	50,93	53,04	11,11	5,20
2009	28-okt	LA3B	ten N van LA3O	0,24	77,2	50,16	50,61	11,94	5,59
2009	28-okt	LA4A	ten N van LA4W	0,90	43,3	10,24	10,53	9,26	4,34
2009	28-okt	LA4B	ten N van LA4O	0,87	43,7	10,16	10,36	8,80	4,12
2009	28-okt	RU1A	ten O van RU1N	1,00	37,7	7,75	8,14	7,75	3,63
2009	28-okt	RU1B	ten O van RU1Z	1,04	38,4	7,40	7,82	7,73	3,62
2009	28-okt	RU2A	ten N van RU2W	0,37	78,6	5,47	5,84	2,03	0,95
2009	28-okt	RU2B	ten N van RU2O	1,16	26,8	7,32	7,60	8,49	3,97
2009	26-nov	RU3A	ten W van RU3N	0,72	51,1	17,21	17,50	12,42	5,81
2009	26-nov	RU3B	ten W van RU3Z	1,10	34,6	6,87	7,05	7,56	3,54
2009	26-nov	RU4A	ten W van RU4N	0,88	42,4	7,42	7,62	6,55	3,07
2009	26-nov	RU4B	ten W van RU4Z	0,81	46,8	12,68	12,96	10,25	4,80
2009	26-nov	RU5A	ten W van RU5N	0,53	60,4	28,73	29,02	15,19	7,11
2009	26-nov	RU5B	ten W van RU5Z	0,27	74,8	43,07	43,39	11,42	5,34
2009	26-nov	RU6A	ten W van RU6N	0,30	74,6	52,70	53,15	15,65	7,33
2009	26-nov	RU6B	ten W van RU6Z	0,41	65,7	31,75	32,11	12,94	6,06
2009	26-nov	RU7A	ten NW van RU7N	1,25	31,5	4,37	4,75	5,44	2,55
2009	26-nov	RU7B	ten NW van RU7Z	1,16	33,7	4,11	4,31	4,78	2,24
2009	26-nov	RU8A	ten ZW van RU8N	0,48	64,3	29,18	29,64	13,94	6,53
2009	26-nov	RU8B	ten ZW van RU8Z	0,39	66,3	31,98	32,36	12,39	5,80
2009	28-okt	ZL1A	ten W van ZL1N	0,50	62,2	24,55	24,77	12,21	5,72
2009	28-okt	ZL1B	ten W van ZL1Z	0,43	67,4	41,18	41,35	17,61	8,24
2009	28-okt	ZL2A	ten W van ZL2N	0,97	43,0	7,87	8,87	7,66	3,58
2009	28-okt	ZL2B	ten W van ZL2Z	0,62	57,1	21,23	21,83	13,22	6,19
2009	28-okt	ZL3A	ten W van ZL3N	0,47	64,2	28,71	29,03	13,59	6,36
2009	28-okt	ZL3B	ten W van ZL3Z	0,40	67,5	34,06	36,20	13,76	6,44
2009	28-okt	ZL4A	ten W van ZL4N	1,68	17,9	1,68	3,90	2,84	1,33
2009	28-okt	ZL4B	ten W van ZL4Z	1,77	17,7	1,52	5,14	2,68	1,25
2009	28-okt	ZL5A	ten W van ZL5N	0,45	65,2	32,21	32,37	14,54	6,81
2009	28-okt	ZL5B	ten W van ZL5Z	0,48	63,1	28,11	28,40	13,56	6,35

## **Bijlage 10 Hoogtemetingen pq's 2008 en 2012**

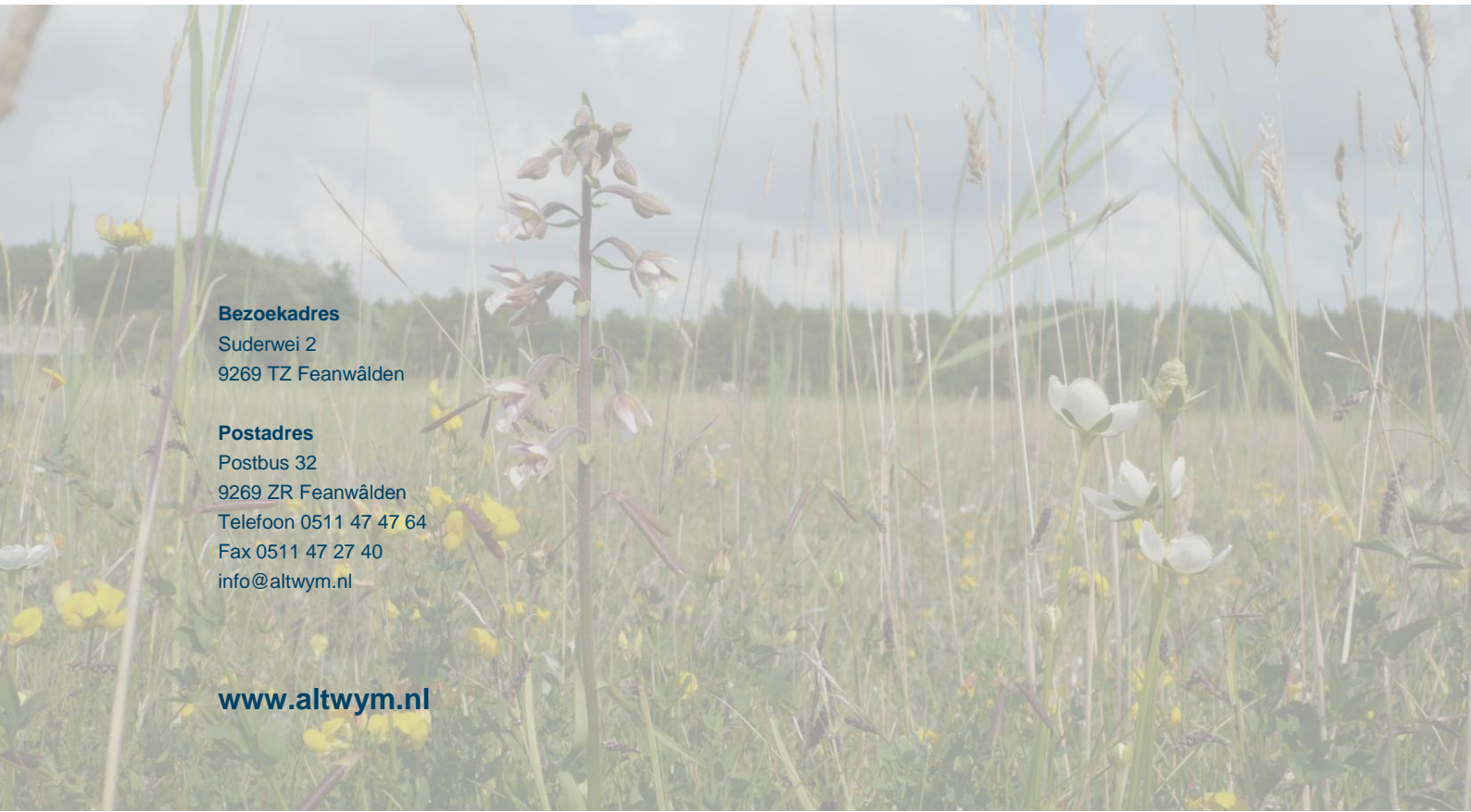
---

In de tweede en derde kolom staan de hoogtemetingen van de pq's in 2008 en 2012. Van de na 2008 gelegde pq's zijn er geen hoogtegegevens uit 2008. In de vierde kolom is het verschil tussen de hoogte in 2008 en die in 2012 in cm weergegeven. Als de waarde van 2008 hoger is dan die van 2012 (maaiveldaling) is deze waarde dus positief; als de waarde van 2008 lager is dan die van 2012 (maaiveldstijging) is deze waarde negatief.

pq	hoogte 2008 (m)	hoogte 2012 (m)	verschil (cm)	pq	hoogte 2008 (m)	hoogte 2012 (m)	verschil (cm)
BW1N	0,349	0,345	0,4	LA3O	-0,685	-0,706	2,1
BW1Z	0,298	0,307	-0,9	LA3W	-0,658	-0,638	-1,9
BW2N	0,164	0,143	2,1	LA4O	-0,350	-0,358	0,8
BW2Z	0,168	0,154	1,4	LA4W	-0,355	-0,347	-0,8
BW3N	-0,431	-0,442	1,1	LA5O		-0,411	
BW3Z	-0,441	-0,441	0,0	LA5W		-0,406	
BW4N	-0,029	-0,020	-0,9	LA6O		-0,388	
BW4Z	-0,035	-0,035	0,0	LA6W		-0,388	
BW5N	-0,205	-0,213	0,8	RU 1N	-0,378	-0,338	-4,0
BW5Z	-0,266	-0,283	1,7	RU 1Z	-0,386	-0,375	-1,1
BW6N		-0,520		RU 2O	0,144	0,186	-4,3
BW6Z		-0,525		RU 2W	0,156	0,194	-3,8
BW7N	1,656	1,625	3,1	RU 3N	0,122	0,152	-3,1
BW7Z	1,723	1,694	2,9	RU 3Z	0,116	0,162	-4,5
BW8N	-0,141	-0,125	-1,5	RU 4N	0,058	0,094	-3,6
BW8Z	-0,149	-0,155	0,6	RU 4Z	0,045	0,102	-5,7
BW9N	-0,558	-0,556	-0,3	RU 5N	-0,256	-0,248	-0,8
BW9Z	-0,542	-0,533	-0,8	RU 5Z	-0,266	-0,244	-2,2
BW10N		-0,718		RU 6N	-0,378	-0,315	-6,2
BW10Z		-0,714		RU 6Z	-0,367	-0,310	-5,7
BW11N		0,060		RU 7N		0,218	
BW11Z		0,042		RU 7Z		0,224	
BW12N		0,212		RU 8O		-0,106	
BW12Z		0,223		RU 8W		-0,106	
BW13N		-0,108		RU 9O		-0,361	
BW13Z		-0,108		RU 9W		-0,348	
BW14N		-0,460		RU 10N		-0,365	
BW14Z		-0,428		RU 10Z		-0,328	
BW15N		-0,084		ZL 1N	-0,420	-0,464	4,5
BW15Z		-0,140		ZL 1Z	-0,419	-0,465	4,6
BW16N		-0,526		ZL 2N	-0,721	-0,692	-2,9
BW16Z		-0,557		ZL 2Z	-0,665	-0,664	-0,1
BW17N		0,394		ZL 3N	-0,656	-0,700	4,4
BW17Z		0,236		ZL 3Z	-0,643	-0,695	5,2
BW18N		0,083		ZL 4N	-0,763	-0,780	1,7
BW18Z		0,107		ZL 4Z	-0,763	-0,765	0,2
JA 1O	-0,457	-0,480	2,3	ZL 5N	-0,443	-0,454	1,1
JA 1W	-0,447	-0,481	3,4	ZL 5Z	-0,450	-0,462	1,2
JA 2O	-0,413	-0,445	3,2	ZL 6N		-0,723	
JA 2W	-0,417	-0,459	4,2	ZL 6Z		-0,668	
JA 3N	-0,434	-0,428	-0,7	ZL 7N		-0,443	
JA 3Z	-0,424	-0,425	0,2	ZL 7Z		-0,426	
LA 1O	-0,334	-0,336	0,2	ZL 8N		-0,441	
LA 1W	-0,334	-0,330	-0,4	ZL 8Z		-0,437	
LA 2O	-0,385	-0,387	0,2	ZL 9N		-0,446	
LA 2W	-0,378	-0,390	1,2	ZL 9Z		-0,418	







**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

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