

Hydrologische effecten van maatregelen genomen rond deKooibosjes, Visserplak en Mastenbroeken op Terschelling.

Hydrologisch onderzoek naar de effecten van maatregelen op de grondwaterstand
in de periode1996-2015

Provincie Fryslân
afdeling Ynformaasje
Bouwe Talsma
19 december 2016

Samenvatting

Het onderzoeksgebied: De Kooibosjes, Visserplak en Mastenbroeken zijn eigendom van Staatsbosbeheer. Het Visserplak en Mastenbroeken zijn in 1992 onttrokken aan de landbouw. Vervolgens is Visserplak geplagd. Mastenbroeken heeft zich ontwikkeld tot bloemrijk hooiland en dotterbloemhooiland. Ook is het een zeer rijk / weidevogelgebied. Het Visserplak ligt op de overgang van duinen naar polder. In de afgelopen jaren lijkt de grens waar o.a. gevlekte orchis voorkomt naar het noorden te zijn opgeschoven. Ook wordt holpijp (een kwelindicator) waargenomen in de lagere gedeelten van het Visserplak. De Kooibosjes zijn van oudsher een elzenbroekbosje voor het kappen van geriefhout. De Kooibosjes liggen aan de voet van het hoogste duin van Terschelling, het Arjensduin. In de Kooibosjes ligt een veenmosbult (hoogveenvorming), die nog steeds aangroeit. De verstuing van het Arjensduin heeft in de 19^e eeuw grote gebieden met dikke zandlagen bedekt, dit is ook te zien in de bodemopbouw (zand op veen) van het onderzoeksgebied. De verspreiding van het veen in de ondergrond wordt op de bodemkaart aangeduid als moerige gronden. In 1930 is het verstuing van het Arjensduin tot staan gebracht door het inplanten van helm en naaldbomen. In 2009 is een deel (circa 20ha) van dit bos op het Arjensduin gekapt.

In het onderzoeksgebied zijn 10 meetpunten met 2- 3 filters geplaatst welke, op een periode in 2009/2010 na, 2-maandelijks zijn opgenomen sinds 1996. De meetresultaten zijn opgeslagen in DINO. De diepste filters zijn geplaatst onder NAP in een grovere mariene zandlaag. De filters daarboven liggen in de stuifzand afzettingen. Aan de duinrand is het stijghoogteverschil tussen het diepst gelegen filter en de daarboven gelegen filters circa 2 meter. Op circa 170m van de duinrand is de stijghoogte van het freatisch en diepe grondwater gelijk, waarbij het de freatische stijghoogte nog wel uitschieters naar boven als onder het diepere niveau.

In het kader van GGOR is de waterhuishouding op Terschelling vanaf 2009 grondig aangepakt enerzijds om wateroverlast in de bewoonde delen van het duingebied te voorkomen en anderzijds om zoveel mogelijk aan het natuurbelang tegemoet te komen. Rond het onderzoeksgebied zijn een groot aantal maatregelen genomen waarvan nu wordt gevraagd wat het effect daarvan is geweest op de waterhuishouding en wat het potentieel is van het onderzoeksgebied voor de ontwikkeling van een aantal habitattypen.

De hydrologische effecten van de genomen maatregelen in en rond het onderzoeksgebied, zijn met behulp van regressieanalyse op de metingen van het neerslag overschot en de grondwaterstand verklaart. Namelijk de neerslag en de verdamping zijn de grootste sturende factoren in de grondwaterstand. Hoewel een regressie analyse niet de zelfde mate van nauwkeurigheid biedt als een tijdserie analyse, zoals met een programma Menyanthes, geeft het wel een goede indicatie. Ook zijn de GVG en GLG bepaald voor twee aansluitende perioden van 8 jaar.

Conclusies

Uit de regressieanalyses is gebleken dat de grondwaterstand in het onderzoeksgebied is toegenomen terwijl het neerslagoverschot, berekend volgens Makkinga, in dezelfde periode is gedaald. De GVG's zijn in alle buizen met gemiddeld 9cm hoger geworden en de GLG met 10cm.

De ontbossing van het Arjensduin heeft zeker bijgedragen aan het stijgen van de grondwaterstand door een grotere infiltratie van neerslag (circa 400mm per jaar extra) dit zal na verloop van tijd afnemen door begroeiing/vergrassing van het duinlandschap tot circa 160mm per jaar extra.

Dat de grondwaterstand is toegenomen is ook goed te zien in het Visserplak waar de grens met gevlekte orchis in de afgelopen jaren naar het noorden is verlegd. Aangezien dit gebied onder een helling staat, komt dit overeen met een strook van circa 15 m waarop de grondwa-

terstandsverhoging als gevolg van de maatregelen heeft geleid tot een goede grondwater-huishouding voor de gevlekte orchis.

Zowel de Mastenbroeken als Visserplak bieden mogelijkheden voor de ontwikkeling van meer grondwaterafhankelijke habitattypen. Een uitspraak is hierover gedaan aan de hand van de Waternood database.

De verdere ontwikkeling van het veenmoskussen in de Kooibosjes geeft aan dat het kwelwater afkomstig uit het intrekgebied van het Arjensduin mineraalarm is, wat belangrijk is voor het ontstaan van hoogveen. Er vindt dus hier geen aanrijking plaats door het grondwater uit diepere watervoerende pakket.

In het onderzoeksgebied vindt geen tot beperkt aanrijking plaats van kalkrijkwater uit de dieper gelegen watervoerende lagen. In het centrum van het duinmassief is het kalkgehalte met 65% afgenomen op een diepte 6-8 meter. Op 20-22 meter is dit gelijk gebleven. De kalktoevoer stagneert als gevolg van de begroeiing van de duinen, waardoor kalkrijk stuifzand uit zee wordt vastgehouden en zich niet meer over het eiland kan verspreiden.

Op 15 december 2016 is bijlage 4 toegevoegd met modelberekening met Menyanthes. De conclusies blijven onveranderd van kracht.

Aanleiding

De opdrachtgever Petra Wassenaar en ecooloog Jan Meijer willen inzicht krijgen in de effecten op de grondwaterstand als gevolg van de eerder genomen maatregelen (kappen naaldbos, dichten sloten, plaggen etc.) in en rond de Kooibosjes te Terschelling. Daarnaast willen zij ook een inschatting of bepaalde habitattypen zich kunnen ontwikkelen bij het gewijzigde grondwaterregime.

Doel

Met de hydrologische analyse wil de opdrachtgever:

1. Inzicht krijgen in de hydrologische omstandigheden van Kooibosjes en omgeving.
2. Inzicht krijgen in de grondwaterstanden over een langere reeks van jaren (plm. 20 à 30 jaar)
3. Inzicht krijgen in effecten op de grondwaterstanden van getroffen maatregelen in het gebied bij de Kooibosjes zelf en in het aangrenzende duingebied.
4. Inzicht krijgen in de kansrijkdom voor de ontwikkeling van soortenrijk schraalland (habitattypen: H2130C grijze duinen (heischraal), H2190C Vochtige duinvalleien (ontkalkt), H6230 Heischrale graslanden, H6410 blauwgraslanden).

Gevraagde hydrologische analyse

Gevraagd wordt een tijdreeks te presenteren en analyseren van de peilbuizen in en nabij de Kooibosjes. Daarnaast ook van een referentiebuiz binnen het duingebied in een zone waar geen maatregelen zijn getroffen.

Vragen

- Hoe is het grondwaterstandsverloop gedurende de reeks van jaren?
- Wat is de invloed van het weer? (Natte jaren, droge jaren)
- Wordt de grondwaterstand beïnvloed door maatregelen die in en nabij de Kooibosjes zijn getroffen? Het gaat om kappen van bos op het Arjens duin, verleggen van het fietspad, dempen van sloten en plaggen. Maak dit inzichtelijk.
- Wat is de GVG, GHG en GLG gerekend over 2014 en 2015?

Aanpak

De gestelde vragen kunnen in principe worden beantwoord door het analyseren van de beschikbare meetgegevens. Er zijn voldoende lange meetreeksen (1996-2015) voorhanden om hierover een uitspraak te doen. Helaas beschikt de Provincie Fryslân nog niet over Menyanthes. Dit is een applicatie om tijdreeksen te analyseren. Daarmee kunnen de gemeten grondwaterstanden worden genormaliseerd voor fluctuaties in het neerslagoverschot en kan ook exact bepaald worden vanaf welk moment de maatregelen effect hebben gehad.

Excel heeft een aantal functies om trendanalyses uit te voeren. Hiermee kan de trend in neerslagoverschot met de trend in de grondwaterstanden vergeleken worden over dezelfde periode. Indien daarbij ook een vergelijking wordt gemaakt met grondwaterstandsruizen waarop de genomen maatregelen geen effect hebben gehad, kan een uitspraak worden gedaan over het effect van de genomen maatregelen in en rond de Kooibosjes, Visserplak en Mastenbroeken. Dit is een grove indicatie en zal voldoen als er een duidelijke verandering optreedt als gevolg van de genomen maatregelen.

De volgende werkzaamheden worden/zijn uitgevoerd:

1. Deskanalyse van beschikbare openbare informatie bij het DINO-loket en het KNMI om trendanalyses uit te voeren. Bepaling van GVG, GHG, GLG.
2. Aan de hand van het AHN3 50x50cm in ArcGis bepalen welk deel van het gebied geschikt is voor de gewenste habitattypen.
3. Concept rapport gereed voor veldbezoek.
4. Veldbezoek 27 mei. Informatie inwinnen over waar en wanneer welke maatregelen zijn getroffen. Teken van een gewijzigde grondwaterstand ontdekken in de

gebieden waar een verhoogde grondwaterstand is gemeten. Relatie grondwater-regime leggen met voorkomende vegetatie typen.

5. Laatst conceptrapport bespreken met ecooloog J.Meijer.
6. Eindrapport klaar juli 2016.

Hydrologie duingebied en waterbeheer rond Kooibosjes, Visserplak en Mastenbroeken

Over de hydrologie van Terschelling en het onderzoeksgebied is voldoende informatie beschikbaar. Hieronder een beschrijving uit de verschillende rapporten.

Het duinsysteem:

De neerslag die in de duinen valt, zakt in de bodem. Zoet water is lichter dan zout water en onder het duingebied is dan ook een zoetwaterbel ontstaan die als het ware op het zoute grondwater drijft. Omdat het grondwaterpeil het reliëf volgt, ligt het niveau van het zoete grondwater ruim boven zeeniveau. Dit is belangrijk voor de vegetatie in het duingebied. In het duingebied is sprake van een dynamisch evenwicht: via neerslag wordt de zoetwaterbel aangevuld en via zijdelingse grondwaterstroming stroomt het zoet water vanuit de bel naar de polder, de Noordzee en de Waddenzee. Het evenwicht wordt beïnvloed door klimatologische ontwikkelingen, zoals veranderingen in het neerslagoverschot en de perioden waarin de neerslag valt, en door menselijke factoren. Allerlei ontwikkelingen (bebossing in de duinen, grondwaterwinning, verlaging van het polderpeil en de verbeterde detailontwatering) hebben geleid tot een grondwaterstanddaling in het duingebied van 0,5 meter tot 1,0 meter. Op sommige plekken zelfs tot meer dan 1,5 meter. Dit heeft zich afgespeeld in de laatste 100 jaar, maar met name na de Tweede Wereldoorlog. (Uit [bestemmingsplan buitengebied polder 2013](#))

Het onderzoeksgebied:

Sinds 1900 is de grondwaterstand in de binnenduinrand 25 tot 50cm (Bakker 1979) danwel 20 tot 40cm (Immerzeel 2002) gedaald. In 2002 stelt Immerzeel in de systeemanalyse, dat de verdroging en verzuring van de Kooibosjes vooral een gevolg is van lage peilen in de aangrenzende polder en in mindere mate een gevolg van verbossing en vergrassing van het aangrenzende duingebied. De waterwinning speelt hierbij geen rol van betekenis. (uit Kwel in de westelijke binnenrandduin van Terschelling, ing F. Sietzema 2004)

Voor meer gedetailleerde beschrijving van de hydrologie van het duingebied wordt verwezen naar het [Ontwerp beheerplan Terschelling \(2016\)](#) en de systeemanalyse uitgevoerd door Immerzeel (HASKoning) uit 2002.

De afstudeerscriptie van Femke Sietzema uit 2004 is specifiek gericht op het onderzoeksgebied en biedt veel onderzoeksresultaten over de vegetatie, hydrologie, hydrochemie en bodem.

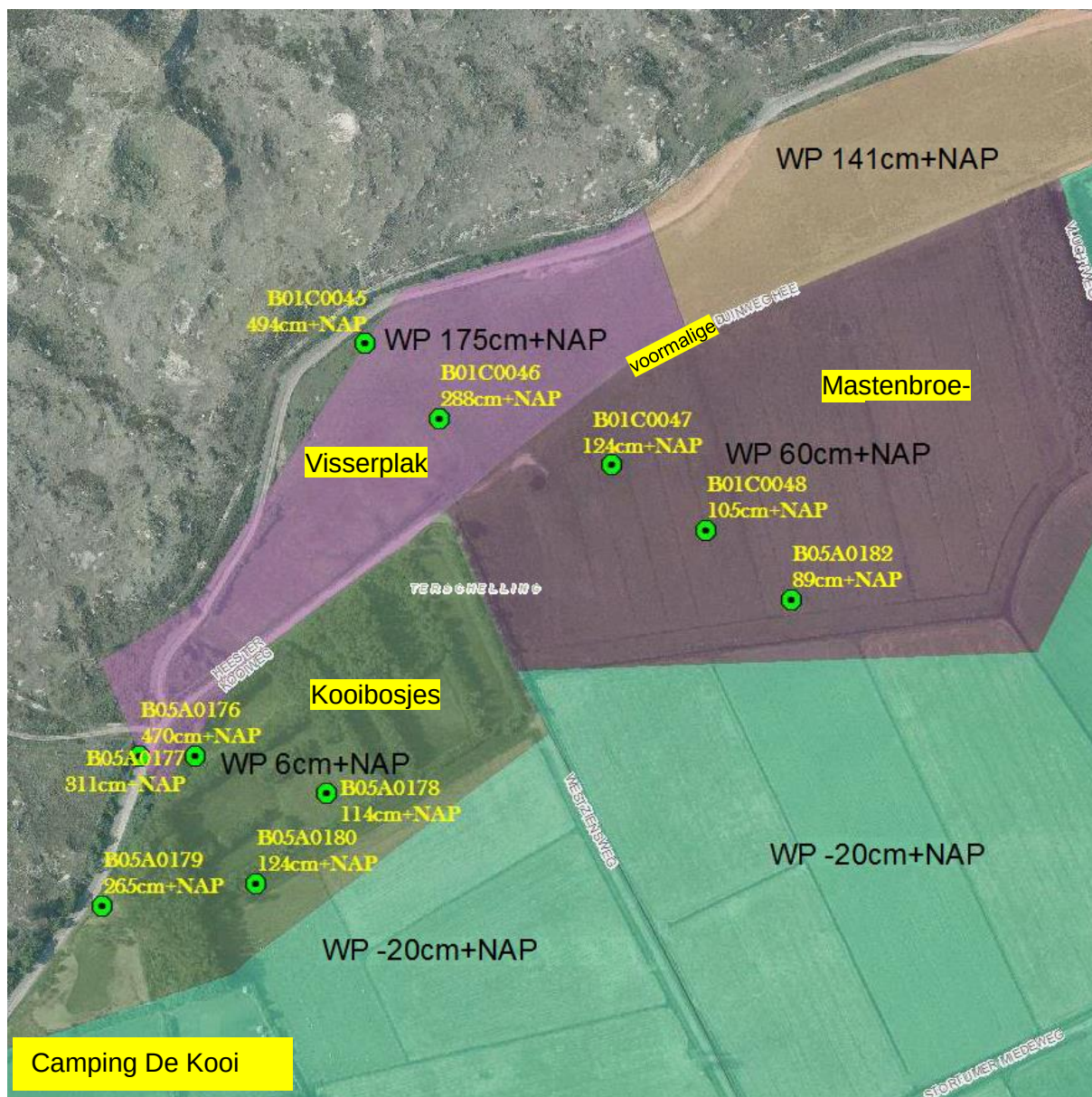
Figuur 1 toont het onderzoeksgebied met als ondergrond de peilenkaart uit 2015 en de ligging van de peilbuizen, die in het onderzoek zijn geanalyseerd.

Voor wat betreft de peilen kaart zijn er verschillen ontdekt tussen de genomen peilbesluiten en de vastlegging op de peilenkaart.

Hierbij de overeenkomsten en verschillen die verzameld zijn op basis van de beschikbare documentatie:

gebiedsnaam	Peilvakkenkaart 2015	Peilbesluit 2013	Aanpassing na:
Visserplak	+1.75	+1,95	PeilBesluit 2013 na dichten duiker
Mastenbroeken	+0,60	+0,60	Geen
Kooibosjes	+0,06	+0,95	Life 2009 door verplaatsing stuw TS-84 (zie fig2)
Polder ten zuiden Mastenbroeken	WP -0,20 ZP +0,10	WP -0,20 ZP +0,10	N.B. na Life 2009 ZP van -0,20 naar +0,10 om verdroging tegen te gaan
Polder ten zuiden van Kooibosjes	WP -0,20 ZP +0,10	WP +0,06 ZP +0,06	Ontwerp peilbesluit 2008 (zie fig 2)

N.B. als alle maatregelen zijn uitgevoerd wordt de peilenkaart aangepast aan het vigerend peilbesluit.



Figuur 1 Peilvakkenkaart 2015 (Gis-bestand provincie) + locaties peilbuizen(uit DINO-loket)

De waterhuishoudkundige maatregelen uit verschillende peilbesluiten en rapporten:

In het gebied Mastenbroeken wordt het waterpeil 20 cm verhoogd (van +1,75 naar +1,95 m NAP) om de kwelstromen beter te benutten voor de schraalgraslanden in het gebied. Gezien de afstand tot andere belangen (meer dan 100 meter) en de lokale aard van de ingreep, is er geen sprake van schade aan andere belangen.

TS – 84	I.	VP +0,16	VP +0,95	Door verplaatste stuw een hoger peil in Kooibosjes in Life duinherstel
---------	----	----------	----------	--

Uit: [peilbesluit 2013 N.B.peil besluit noemt Mastenbroeken maar bedoelt Visserplak.](#)

In Docbase (archief provincie) is slechts één besluit gearchiveerd met in het onderwerp ‘peilbesluit Terschelling’ waarin aandacht wordt gevraagd voor de peilen in de Kooibosjes.

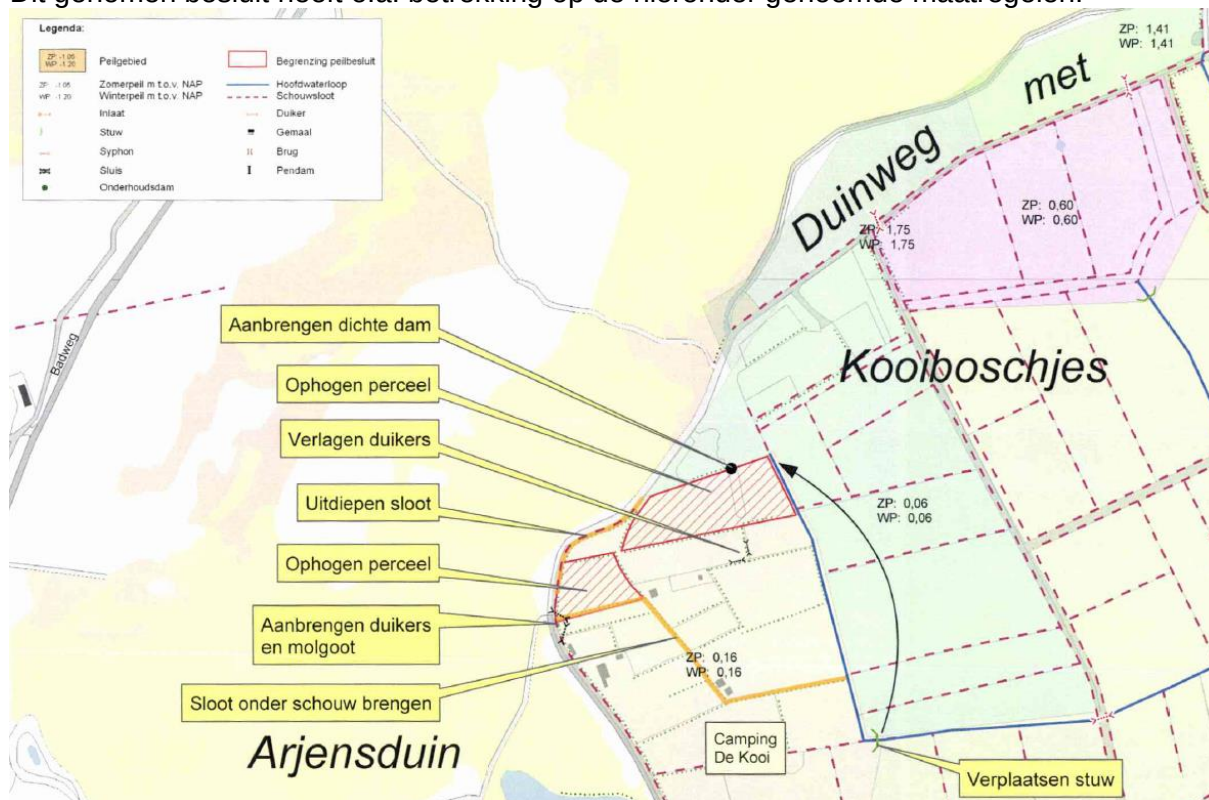
In het kader van de Provinciale Verordening op de Waterhuishouding heb ik op 2 juni het ontwerp-peilbesluit Terschelling ontvangen.

Hierbij deel ik mee dat wij kunnen instemmen met het ontwerp. Wij stellen het op prijs dat in het bijzonder aandacht is gegeven aan de peilen in het natuurgebied “Kooibosjes” en de directe omgeving. De Kooibosjes is uitermate bijzonder en waardevol vanwege het zich in dit gebied ontwikkelende hoogveen. Naar onze mening moet uiterst zorgvuldig met

deze waarden worden omgegaan. Het ontwerp-peilbesluit is onderdeel van een groter pakket waterhuishoudkundige veranderingen op Terschelling, die essentieel zijn voor de verdere ontwikkeling van natuurwaarden in de duinen. Gezien de waarden in de Kooibosjes vragen we wel enige terughoudendheid bij werkzaamheden direct grenzend aan de Kooibosjes. Mocht in de toekomst enige achteruitgang in de ontwikkeling van de natuurwaarden in de kooibosjes te merken zijn, die toe te rekenen is aan de geplande werkzaamheden en veranderingen dan rekenen wij op uw medewerking hiervoor een adequate oplossing te vinden.

[Provinciale beoordeling ontwerp-Peilbesluit 2008](#) met kenmerk 007801673 van 28-8-2008

Dit genomen besluit heeft o.a. betrekking op de hieronder genoemde maatregelen.



Figuur 2 Ontwerp Peilbesluit Duingebied (Wfn 0802175) van 26-5-2008

Zoals blijkt uit het maatregelen kaartje hierboven heeft het Waterschap in 2008 het voornemen om maatregelen te treffen voor de camping De Kooi, waarbij de grondwaterstand in Kooibosje zoveel mogelijk wordt ontzien en mogelijk verbeterd door een stuw (TS-84) te verplaatsen. De maatregelen voor de camping De Kooi waren nodig om de drooglegging in het voorjaar en bij hevige neerslag te verbeteren.

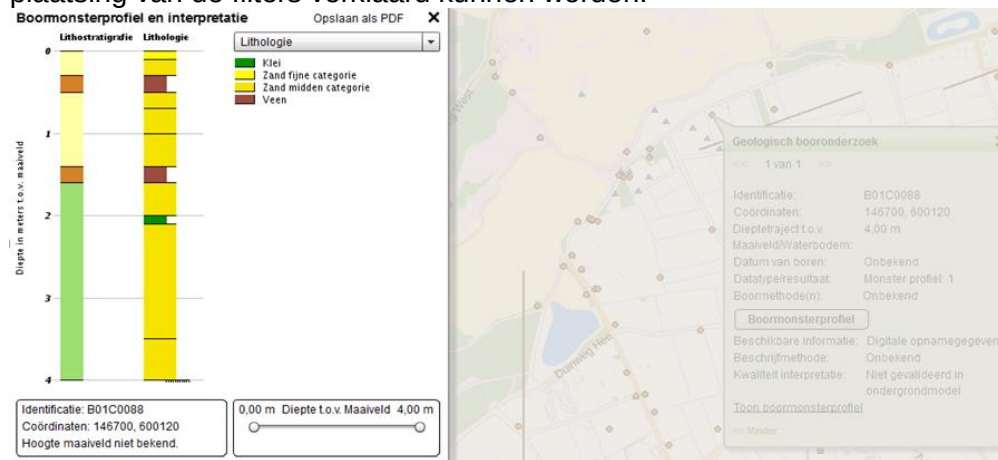
Ook de hydrologie van het Visserplak wordt verbeterd door dempen van sloten en een oppervlakkige begreppeling met de greppels in de Mastenbroeken.

26	Sloten nrd+zd Duinweg Vissersplak grotendeels dempen Slootbodem noordzijde ligt op +160 tot +190 De sloot aan de zuidzijde kent alleen aan de uiterste oost en westzijde nog enige afvoer. Middendeel heeft geen afvoer meer. Oppervlakkige begreppeling koppelen aan greppels Mastenbroeken; hierdoor ontstaan opnieuw zgn Seinen, historische halfnatuurlijke waterlopen Maaiveld ter hoogte van pad ligt op + 180 tot + 210 De afvoer uit de duinen naar de polder aan oost en westzijde blijft gehandhaafd		Aanlegverg Peilbesluit
----	--	--	---------------------------

Uit: Toelichting wijzigingen Peilbesluit Midden Terschelling ([A&W rapport 1062 uit 2008](#) docbase 766835)

De bodemopbouw

In de Kooibosje is sinds 1996 intensief gemeten. 6 van de 10 meetpunten in de Kooibosjes hebben 3 filters. Helaas ontbreken de boorbeschrijvingen bij deze meetpunten. In het DINO-loket is gezocht naar boringen in de buurt van deze grondwatermeetpunten, waarmee de plaatsing van de filters verklaard kunnen worden.



Figuur 4 bodemopbouw Kooibosjes

De hierboven afgebeelde boorbeschrijving uit DINO geeft een verklaring waarom eertijds 3 filters zijn geplaatst bij de meeste peilbuizen. In het gebied komen wisselend scheidende lagen voor van veen boven zeeniveau en klei rond en onder zeeniveau. Uit een 10 tal 4 meter diepe boringen in het gebied, kan echter geen homogeen beeld worden opgemaakt qua diepte en dikte van de scheidende lagen. In bijlage 1 is een raai opgenomen van diepe boringen langs de Duinweg Hee en de Heester Kooiweg.

De veenlagen geven aan dat in het verleden stagnatie van grondwater is geweest en moerasvorming heeft plaats gevonden, waarna dit weer met zand is overstoven afkomstig van het Arjansduin. Het lijkt er op dat het Arjensduin actieve periodes, met dikke afzettingen van stuifzand en inactieve periodes heeft gehad, waarin veenvorming plaats kon vinden.

In de kooibosjes, waar de eilanders in vroeger tijden geriefhout oogsten, vindt nog steeds veenvorming plaats als gevolg van de kwel die er lokaal uittreedt. Bij het veldbezoek op 27 mei lijkt de zuid/oost begrenzing van de veenmosbult een gevolg te zijn van gedempte sloten, die blijkbaar nog steeds een drainerende invloed hebben.

De bodemkaart hiernaast geeft aan dat er moerige gronden liggen in de polder. Het voorkomen van moerige gronden wijst op hoge grondwaterstanden en stagnerend water in het verleden in de polder.



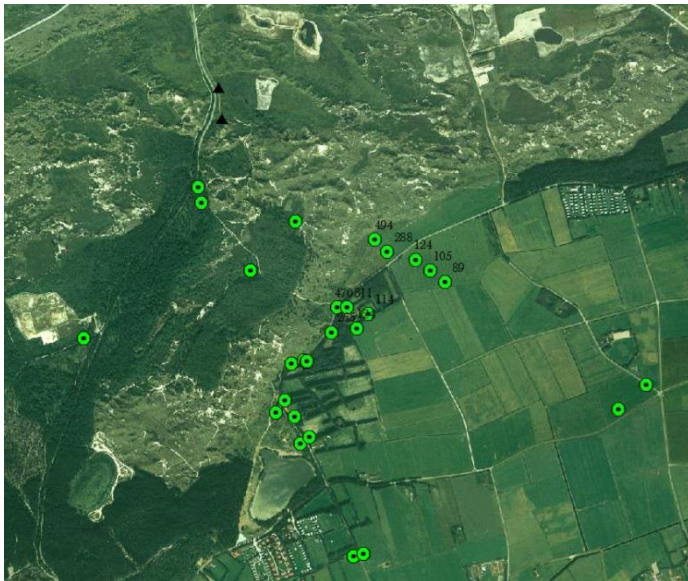
Conclusie bodemopbouw:

De dikte en aanwezigheid van de klei en veenlagen variëren in het gebied. De veenlagen zijn ontstaan als gevolg van uittredend en stagnerend kwelwater uit het duingebied waarna deze door duinzandverstuivingen (tot 1930) werden toegedekt. Het al dan niet voorkomen van kleilagen is een gevolg van mariene afzettingen en eroderende zeestroming in het Holoceen. De veenmosbult in de Kooibosjes is een mooi voorbeeld van het ontstaan van hoogveen, hoewel het veen niet door alleen regenwater maar ook door mineraalarm duinwater wordt gevoed.

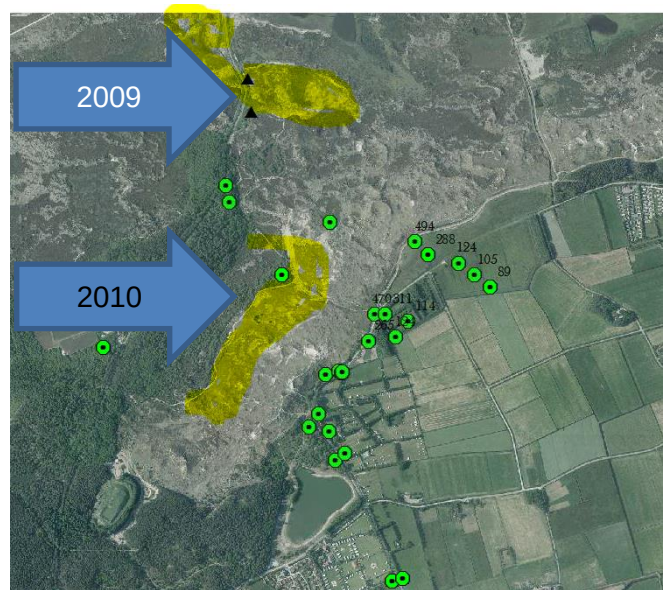
In het kader van het GGOR-project (Royal Haskoning, 2006) is de waterhuishouding op Terschelling in 2009 verbeterd, zowel voor de natuur (dempen, verondiepen van sloten) als voor de bebouwing. In de duinvalleien is de kruipwilgenopslag gekapt en is meer plasdras en openwater ontstaan (water vasthouden). Het overtollige water wordt via stuwen en sloten uit dit gebied afgevoerd naar de Waddenzee (zie figuur 4 hieronder).



- Waarschijnlijklijk is in 2009? een zuidelijker gelegen stuw (TS-84?) verplaatst naar de grens met de Kooibosje. Uit het peilbesluit 2013 is te achterhalen dat deze stuw een hoogte heeft van 0,95+NAP. Het officiële peil van de Kooibosjes staat echter nog 0,06+NAP. Verwacht effect: stuwing, meetbare verhoging van het freatisch grondwater.
- De duiker onder de (voormalige) Duinweg Hee is afgesloten met een ballon in 2010?. Het officiële peil is in 2013 voor het Visserplak gewijzigd van 1,75 naar 1,95+ NAP. Verwacht effect: Vasthouden opp. water, meetbare verhoging van de grondwaterstand.
- Uit het peilbesluit (figuur 2) is af te leiden dat ook ten zuiden de Kooibosjes een dichte dam is aangelegd; het perceel daarachter (camping De Kooi) is opgehoogd (in 2011). Verwacht effect: lichte grondwater verhoging in Kooibosjes.
- Volgens het ontwerp peilbesluit zou de polder direct onder de Kooibosjes een peil hebben van 0,06m+NAP. Qua drooglegging kan dit goed, maar de peilenkaart geeft nog een WP -0,20mNAP en ZP+0,10m+NAP aan. Verwacht effect: lichte opstuwing van het grondwater in de kooibosjes in de winterperiode.



Figuur 6 luchtfoto 1996



Figuur 7 Luchtfoto 2015

Hierboven luchtfoto's uit resp. 1996 en 2015. In de luchtfoto van 2015 is met geel het gebied aangegeven waar gekapt is in 2009 (8 ha kruip/schietwilg verwijderd uit plassen) in en 2010 (20 ha naaldbomen op Arjensduin). Verwacht effect: Meer infiltratie (circa 400mm) van regenwater in het ontboste gebied op het Arjensduin. In de Kooibosjes/Visserplak zal dit tot een hogere meetbare grondwaterstand leiden. De verwijdering van kruip/schietwilg in de plassen zal minder bijdragen aan de afname van de verdamping.

Het Arjensduin is het hoogste duin op Terschelling met een hoogte tot circa 22 meter. Het duin is in 1930 beplant vanwege zandverstuiving:

Vlakbij het duinmeertje van Hee op Terschelling bevindt zich het uitzichtpunt van Arjensduin. Deze duin is in de 19^e eeuw flink bezig geweest. Door verstuiving van Arjensduin worden een aantal gebieden van Terschelling bedekt met zand. In 1885 wordt boerderij De Kooi afgebroken om te voorkomen dat het geheel onder het zand komt te liggen. In 1930 wordt besloten op en rondom de duin bomen te planten om verstuiving te voorkomen. Inmiddels zijn de bomen weer gekapt en is Arjensduin begroeit met helmgras (uit: Terschellingtoer.nl).

In 1992-1993 zijn de cultuurgraslanden in de Mastenbroeken en de Vissersplak door SBB aangekocht en geplagd.

Ten zuiden van de centrale valleien ligt aan de binnenduinstrand het gebied van de Mastenbroeken en, Vissersplak en Kooibosjes. Dit gebied staat grotendeels onder invloed van sterke kwel uit het aangrenzende duingebied. De cultuurgraslanden in de Mastenbroeken en de Vissersplak zijn 1992-1993 deels geplagd en het gebied is vernat door oppervlakkige afvoer van kwelwater te beperken (aanleg dam, verondiepen sloten en opzetten van peilen). Dit heeft geleid tot vestiging van verschillende kwelgebonden plantensoorten, waaronder Holpijp en Gewone dotterbloem op plaatsen waar basenrijke kwel uittreedt en soorten van zure Kleine zeggevegetaties en natte heiden op plaatsen met een regenwaterlens op het grondwater. De Kooibosjes zijn reeds enkele decennia eerder geleidelijk vernat. Soorten van Dotterbloemhooiland, Blauwgrasland en Kleine zeggevegetaties zijn geleidelijk verschoven naar de rand van het gebied, terwijl het centrale deel verzuurde waarbij een 1 tot 2 meter dik veenmoskussen is ontstaan. Deze veenontwikkeling wordt in stand gehouden omdat de freatische waterstand permanent dicht bij het maaiveld zit. In de Kooibosjes komt ook goed ontwikkeld Elzenbroekbos voor.

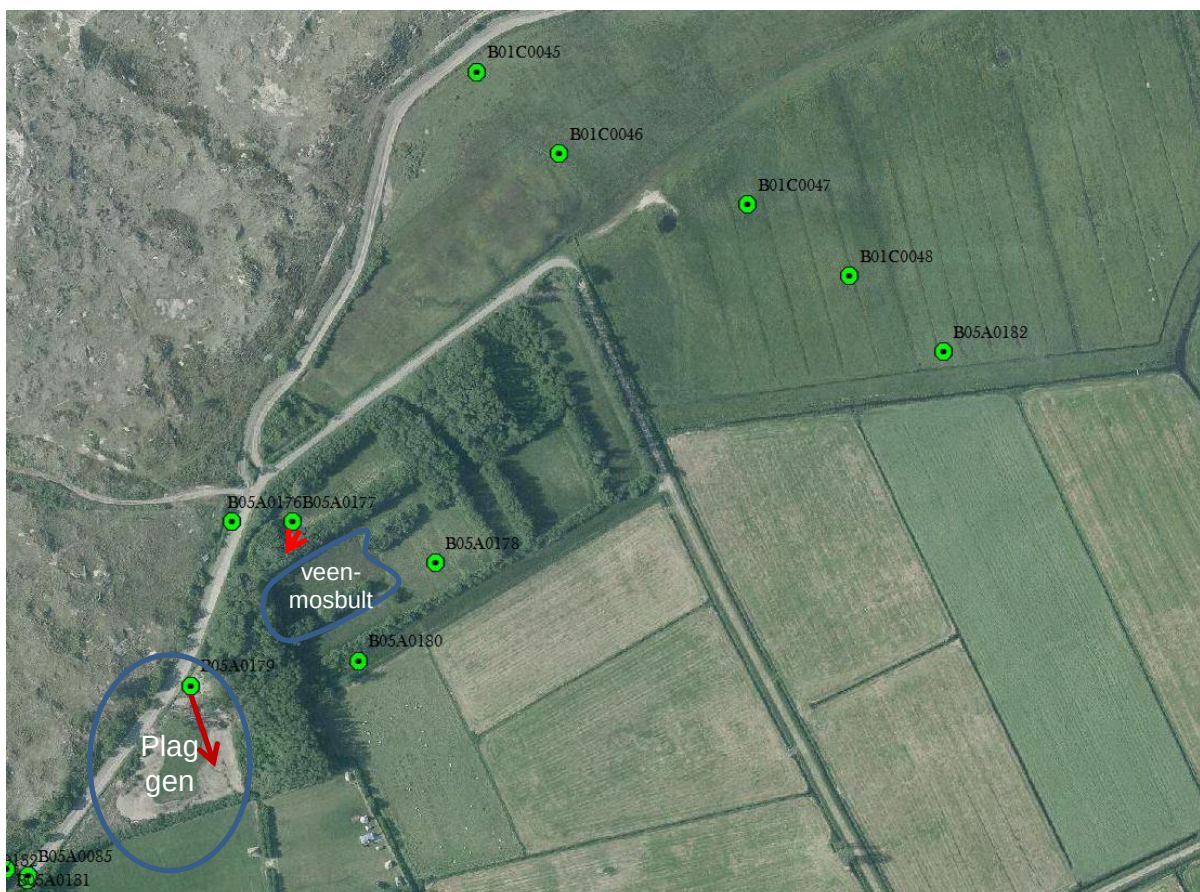
Uit: [knelpunten en kansanalyse \(2007\)](#)

Met een analyse van de beschikbare luchtfoto's zijn de jaren achterhaald waar in maatregelen hebben plaatsgevonden in en rond de Kooibosjes. Hieronder de luchtfoto's en een opsomming van de maatregelen en de verwachte effecten op de waterhuishouding.

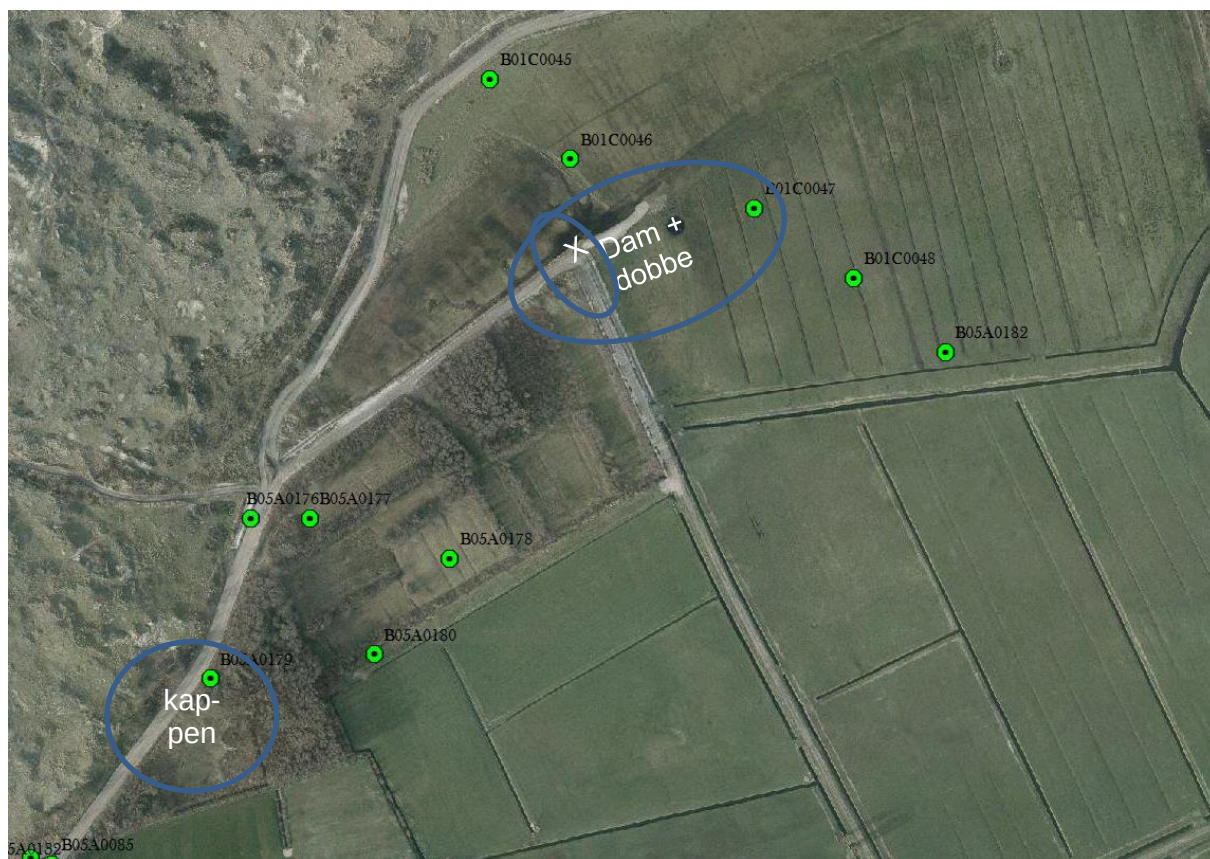
- Luchtfoto 1996: tussen 1970 en 1996 is een buffersloot aangelegd. De buffersloot heeft een peil van 0,6m +NAP (zie fig 1). De aangrenzende poldersloot heeft in de winter een peil van 0,2 en in de zomer 0,1 +NAP. Te verwachten effect: de grondwaterstand in de Mastenbroeken zal iets meer dalen.
- Luchtfoto 1996: te zien is dat het Visserplak deels geplagd. Het plaggen is gebeurd in 1992/93.
- Luchtfoto 2003: Aanleg fietspad langs duinrand in de periode 2000-2003. Hiervan zegt SBB, dat de verplaatsing van het fietspad tot een verhoging van de grondwaterspiegel heeft geleid. Te verwachten effect: geen

- Luchtfoto 2008: Visserplak is geplagd. Te verwachten effect: minder verdamping; maaiveld verlaging leidt tot verhoging van GVG/GLG/GHG.
- Luchtfoto 2010: Het oude fietspad inclusief de sloten zijn vlak geschoven. Te verwachten effect: Meetbaar effect want water wordt langer vastgehouden met grondwaterstand stijging in Visserplak en vlak daar onder in Mastenbroeken.
- Luchtfoto 2011: op deze foto is te zien, dat een deel van het elzenbosje is gekapt. Verwacht effect: minder verdamping lokaal hogere grondwaterstand in Kooibosjes.
- Luchtfoto 2012: De camping de Kooi is opgehoogd (0,5-0,8m) met een diepe ontwateringsloot dwars op het terrein.
- Luchtfoto 2014: in de westhoek van de Kooibosjes zijn elzen gekapt. Verwacht effect: minder verdamping, lokaal hogere grondwaterstand.
Dammetje gelegd. Verwacht effect: verhoging grondwaterstand als gevolg van verminderen van de oppervlakkige afstroming.
Dobbe uitgegraven. Verwacht effect: geen
- Luchtfoto 2015: op de plek waar in 2014 is gekapt zijn gedeelten geplagd. Verwacht effect: minder verdamping, verhoging grondwaterstand dan wel toename uittredende kwel aan de oppervlakte.

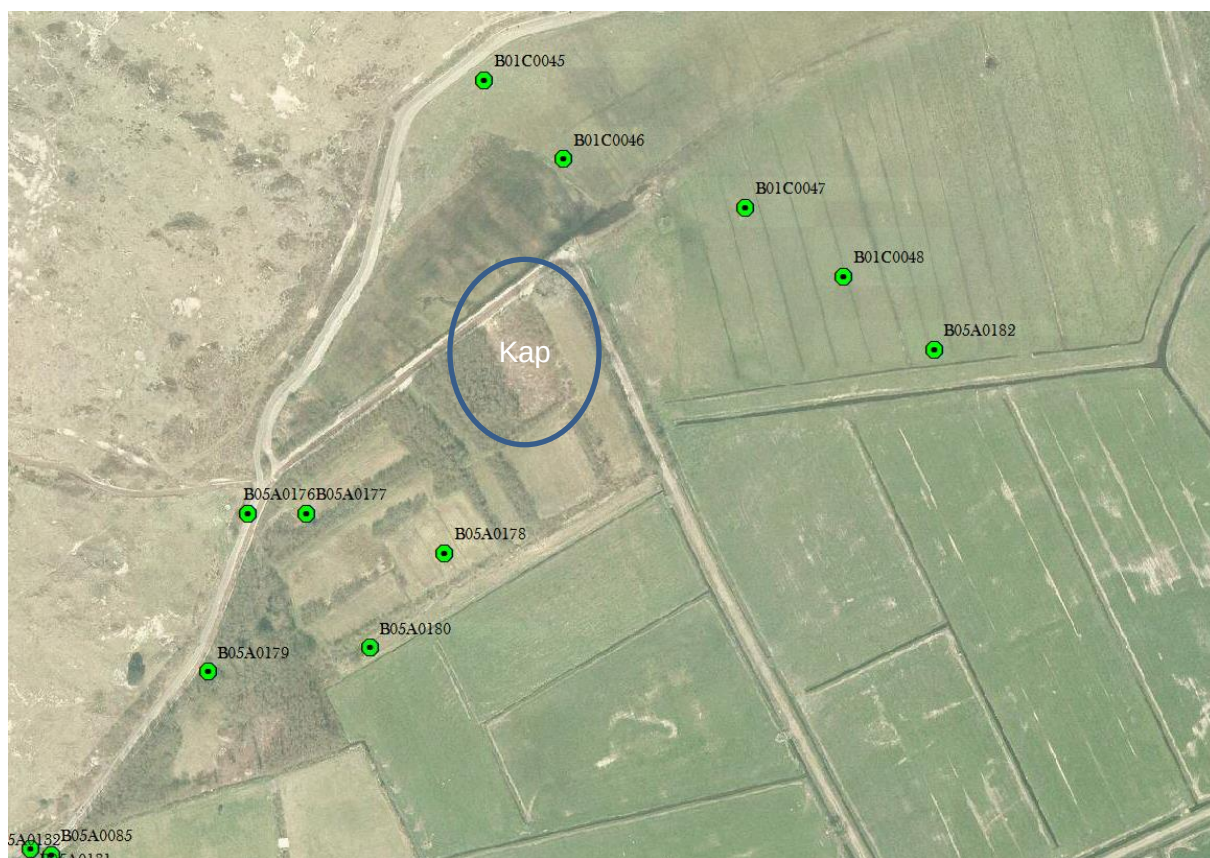
N.B. na het veldbezoek op 27 mei is geconstateerd dat de ligging van de peilbuizen niet overeenkomt zoals deze zijn afgebeeld op onderstaande luchtfoto's. Hierover is SBB ingelicht en zij zullen daar onderzoek naar verrichten.



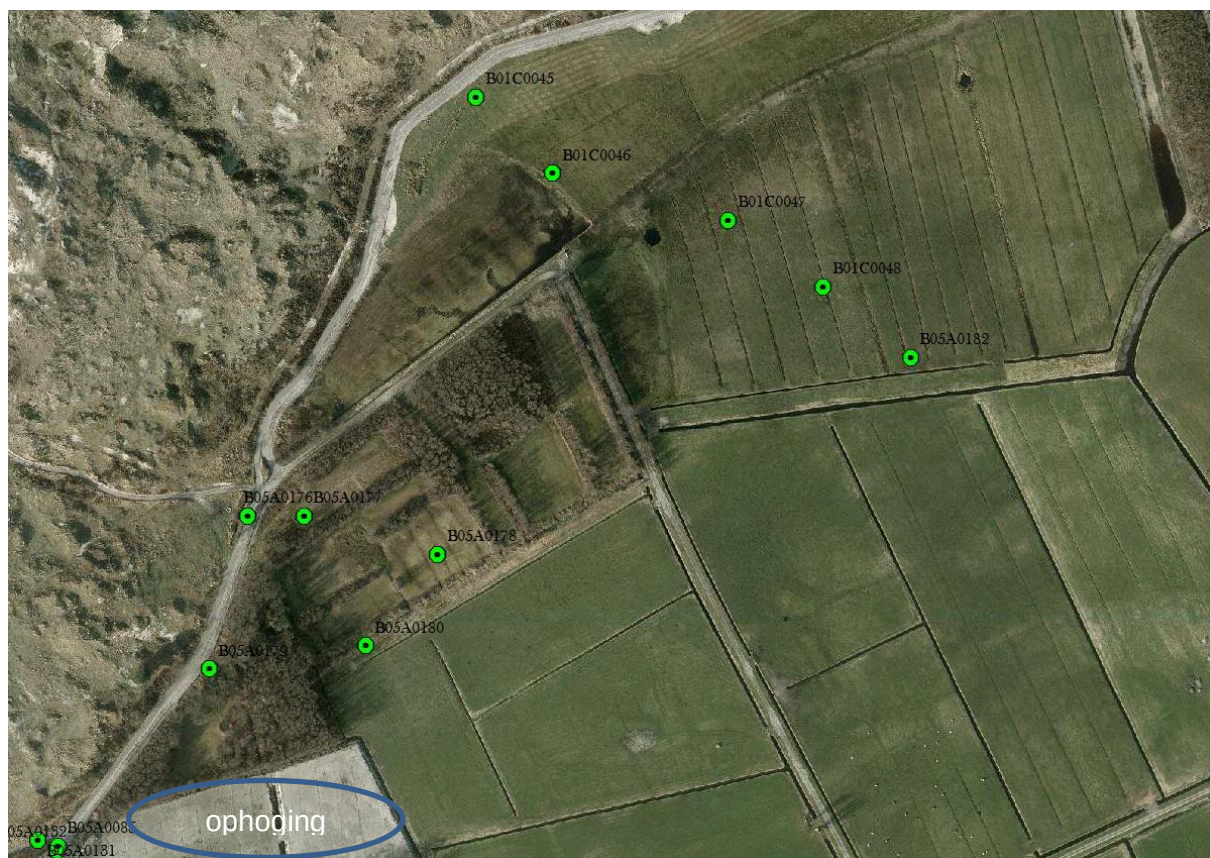
Figuur 8 Luchtfoto 2015 rode peilen geven de werkelijke locatie van de peilbuizen in het veld aan.



Figuur 9 Luchtfoto 2014



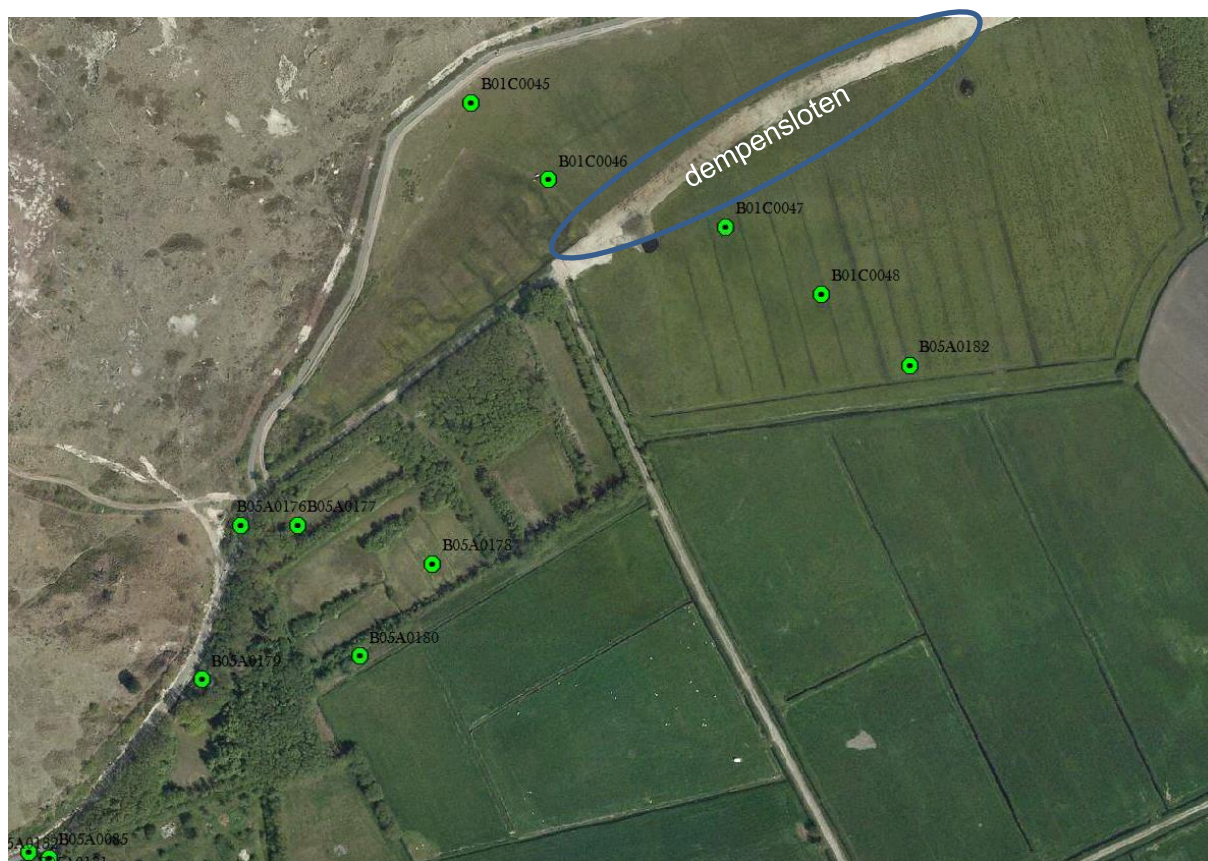
Figuur 10 Luchtfoto 2013



Figuur 11 Luchtfoto 2012



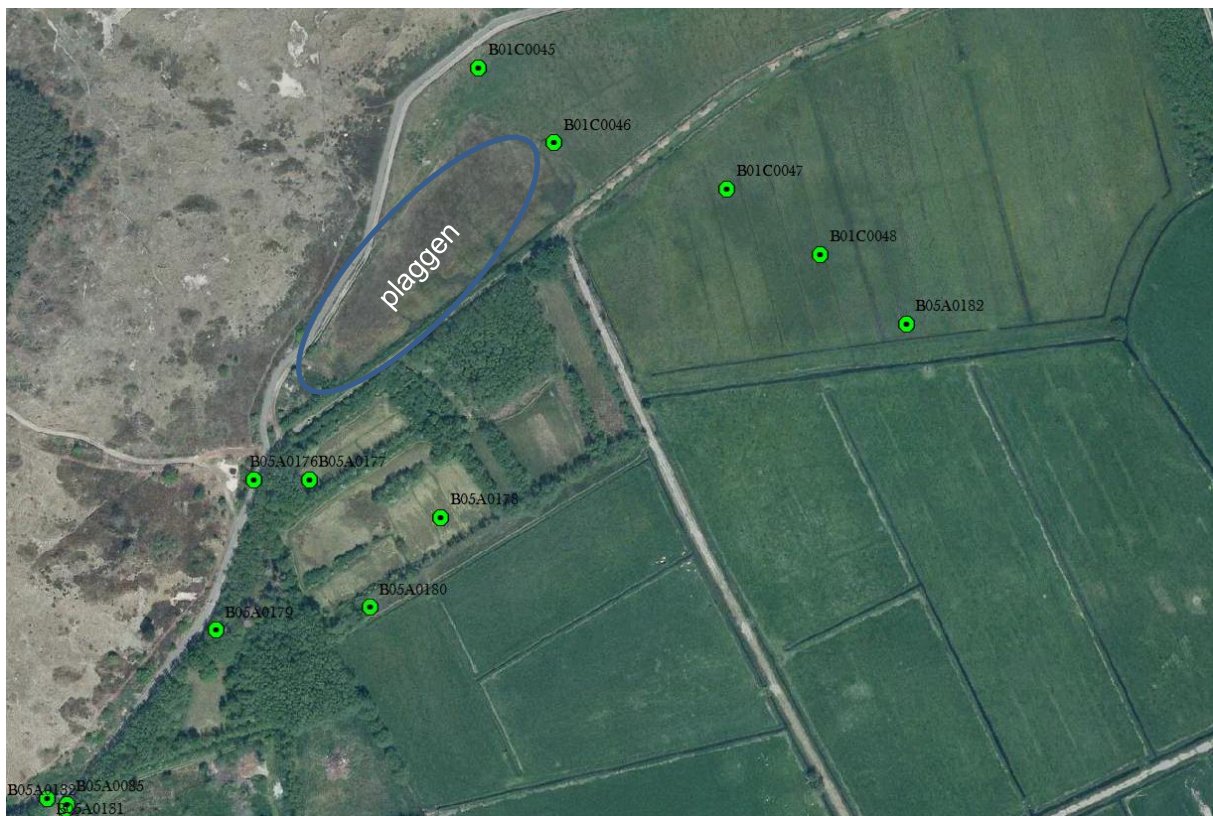
Figuur 12 Luchtfoto 2011



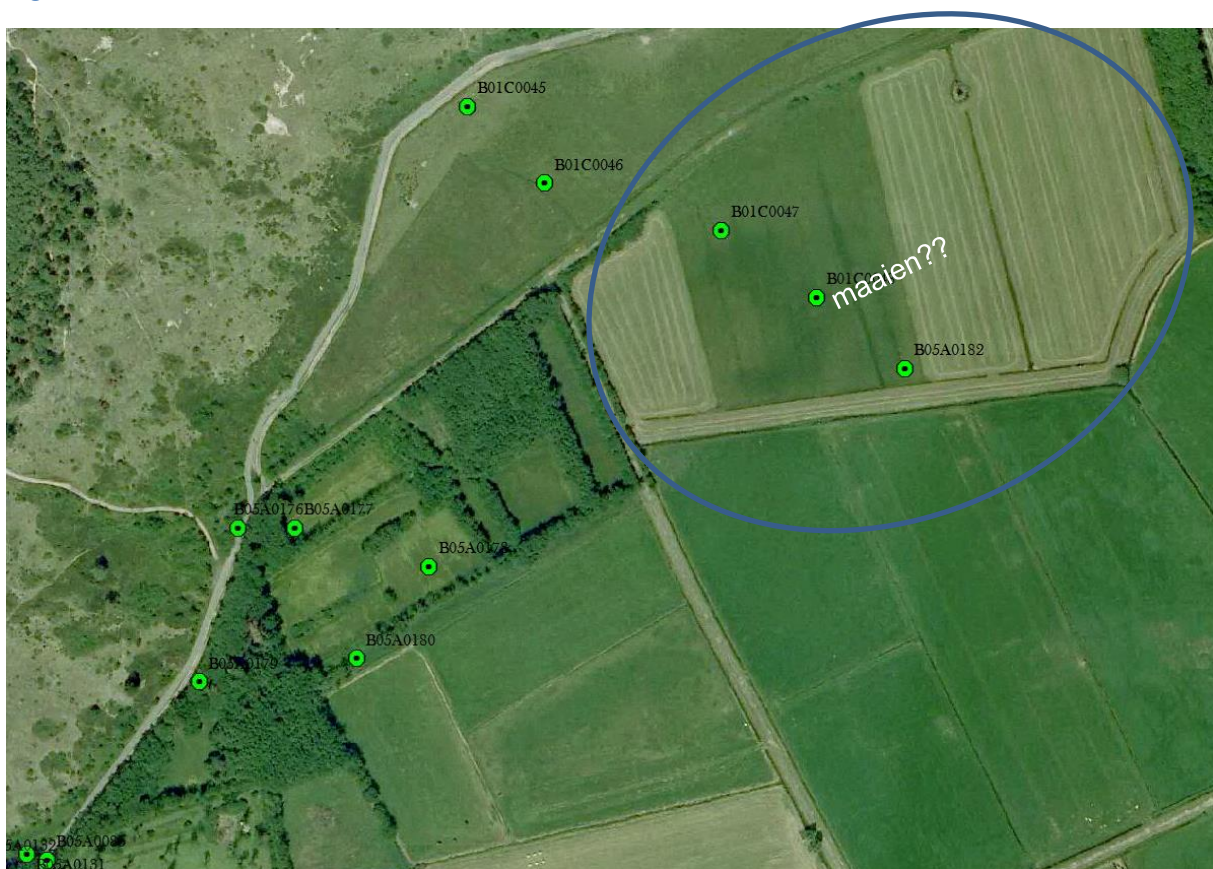
Figuur 13 Luchtfoto 2010



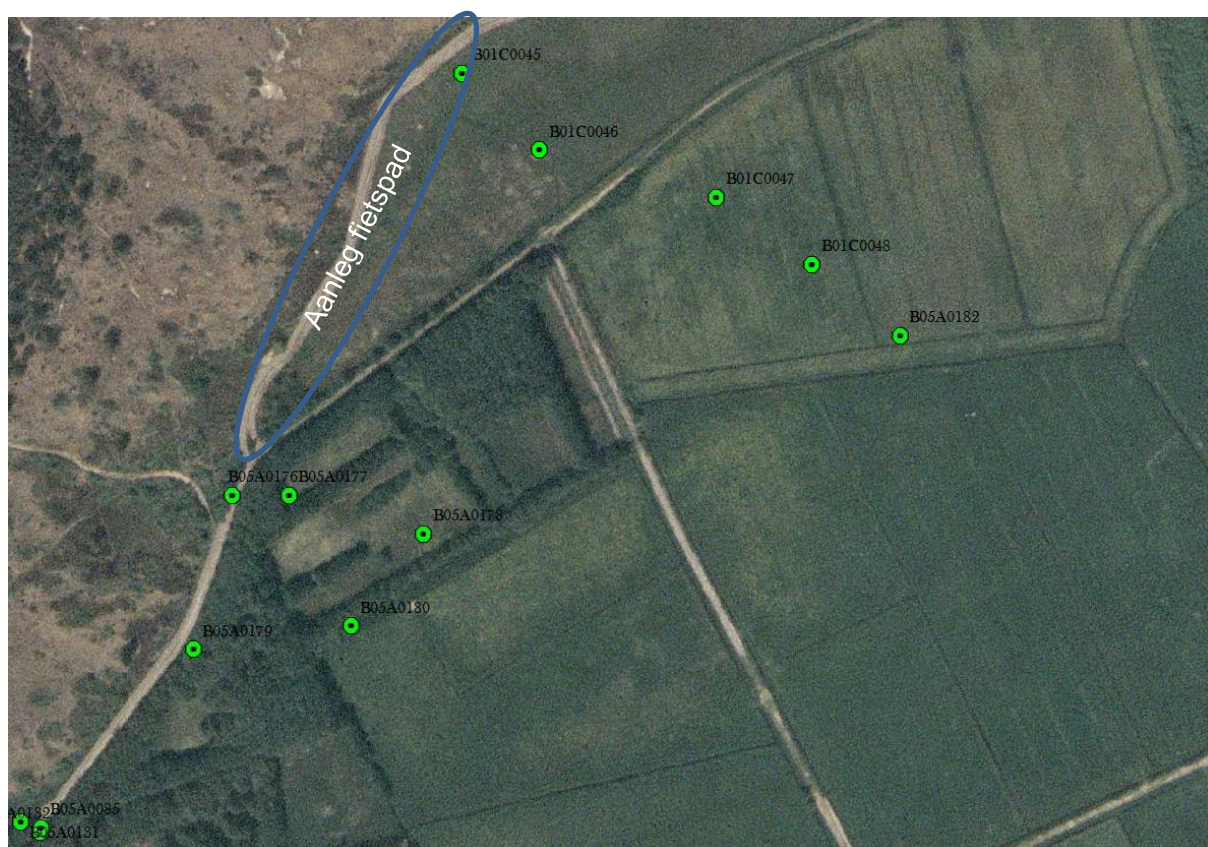
Figuur 14 Luchtfoto 2009



Figuur 15 Luchtfoto 2008



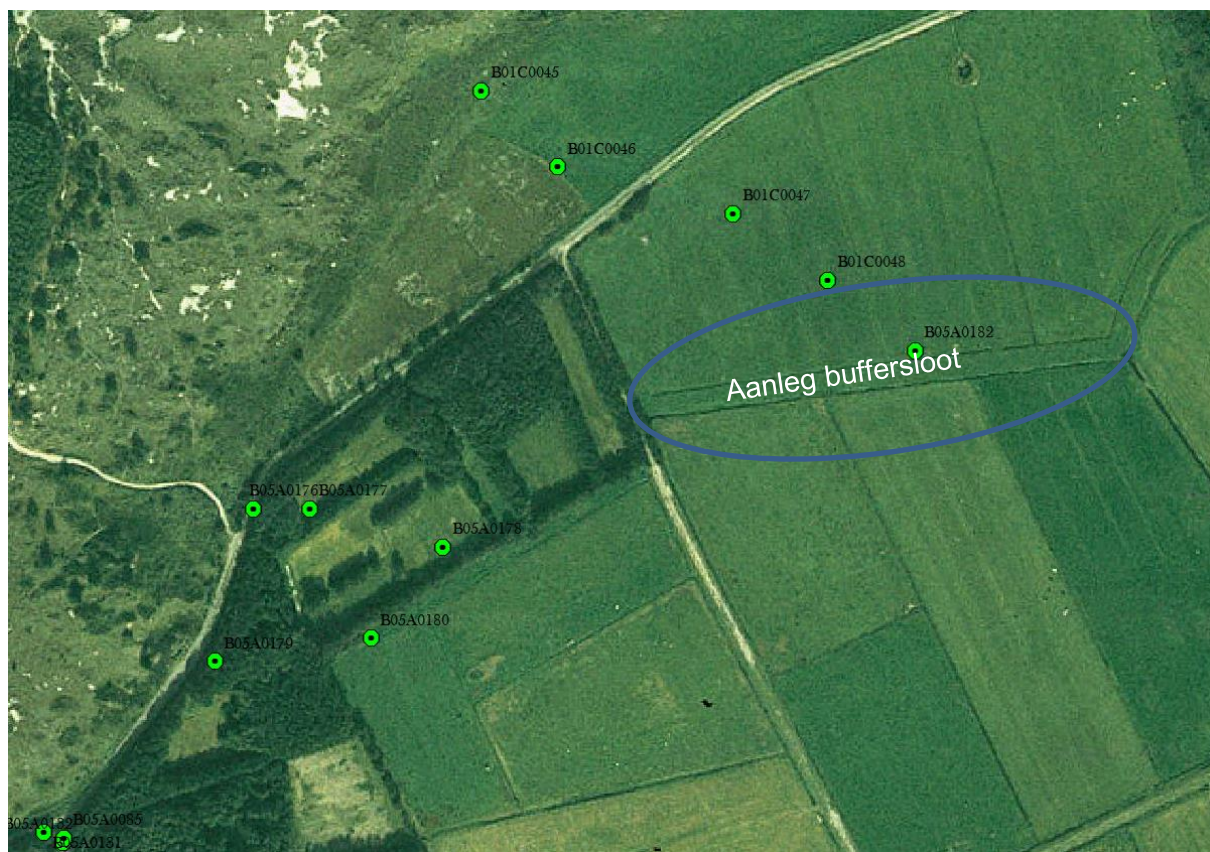
Figuur 16 Luchtfoto 2006



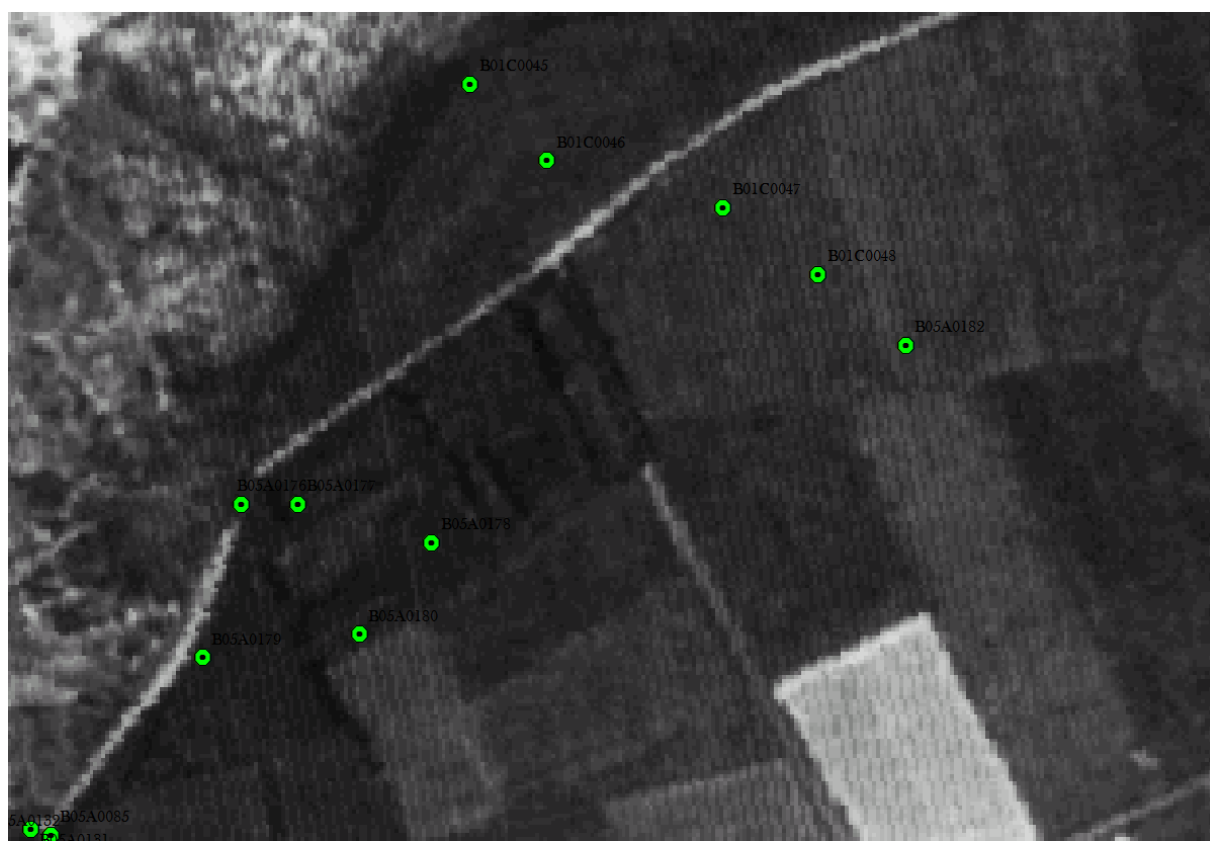
Figuur 17 Luchtfoto 2003



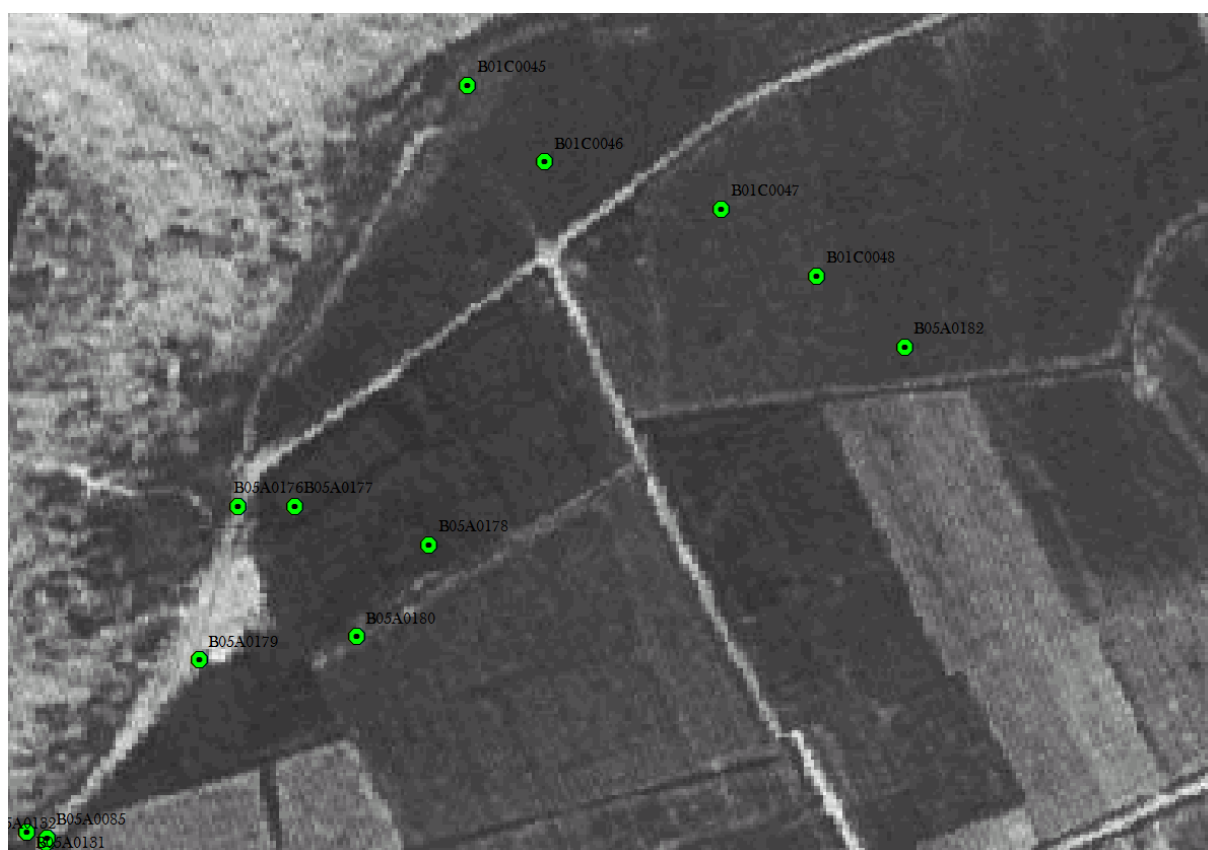
Figuur 18 Luchtfoto 2000



Figuur 19 Luchtfoto 1996



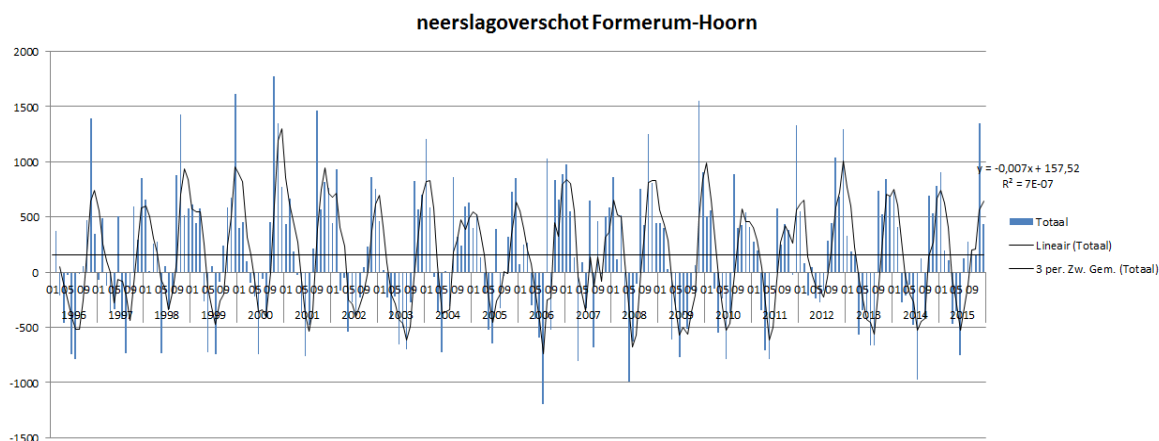
Figuur 20 Luchtfoto +/- 1970



Figuur 21 Luchtfoto 1950

Onderzoek meteo en relatie grondwaterfluctuatie

Neerslag en verdampingscijfers (Makkinga) voor Hoorn zijn gebruikt voor de periode 1996-2016 om het neerslagoverschot te berekenen. De dagelijkse waarnemingen zijn in Excel samengevoegd tot maandelijkse waarneming. Met de trendanalysefuncties van Excel is een lineaire trend en een moving average (3 maanden) uitgevoerd op het neerslagoverschot (zie de hier onderstaande figuur).



Figuur 22 Staaf: Maandelijks potentieel (N-EV-makkinga)neerslagoverschot Hoorn in 0,1mm; Sinus:Smoothing met een Moving Average van 3 maanden. Lijn op 15,8mm: Lineaire regressie

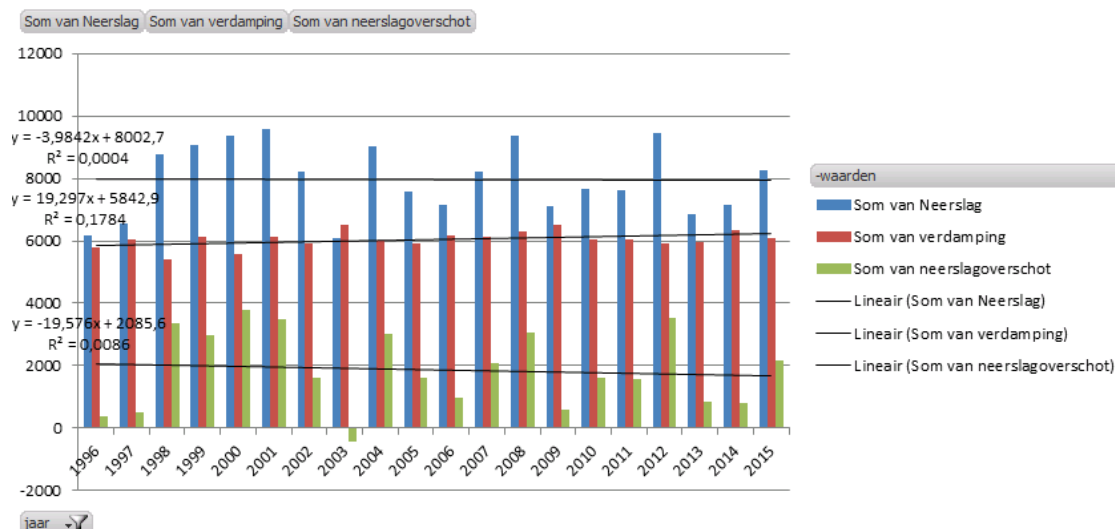
In de periode 1996-2016 is in de maandelijkse neerslagoverschotdata is een nauwelijks waarneembare trend aanwezig (trendlijn op 15,8 mm = het maandelijks gemiddelde overschot). Het potentieel neerslagoverschot bedraagt jaarlijks gemiddeld 190mm op Terschelling. Het werkelijke neerslag overschot wat bijdraagt aan de grondwateraanvulling is afhankelijk van de begroeiing (zie indicatiewaarden hiernaast).

Globale waarden van het neerslagoverschot in Nederland

vegetatie	neerslagoverschot(mm/jaar)
kale grond	600
mostapijt	475
heide	365
hoge grassen	325
akkerbouw	325
landbouwgrasland	300
hoogveen	250
loofbos	250
bebouwd gebied	225
licht naaldbos	200
open water	150
zwaar naaldbos	100

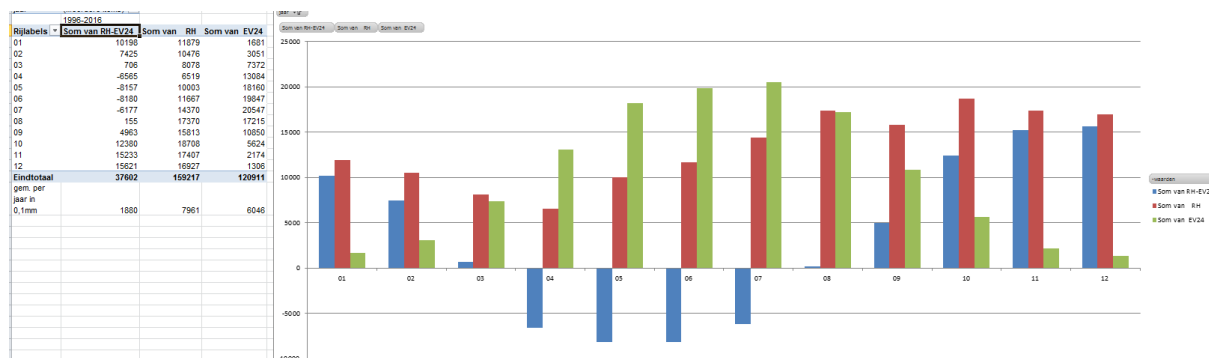
Op het Arjensduin, waar 20 ha (licht) naaldbos is gekapt in 2009/2010, wordt een grotere infiltratie van regenwater verwacht als gevolg van een groter neerslag overschot. De infiltratie zal in de eerste jaren mogelijk 400mm/jr (kale grond versus licht naaldbos) extra zijn waarna dit zal afnemen naar circa 125-165 mm/jr (hoge grassen en heide versus licht naaldbos). De kap van 8 ha kruip/schietwilg in de plassen boven het Visserplak zullen niet bijdragen aan een toename van het neerslagoverschot.

De grondwaterstanden in de freatische peilbuizen (zie de grondwaterstanden vanaf figuur 26 hieronder) volgen de smoothing met een moving average over 3 maanden. Dit is een indicatie dat we te maken hebben met een neerslagoverschot afhankelijk systeem, wat natuurlijk ook de verwachting was.



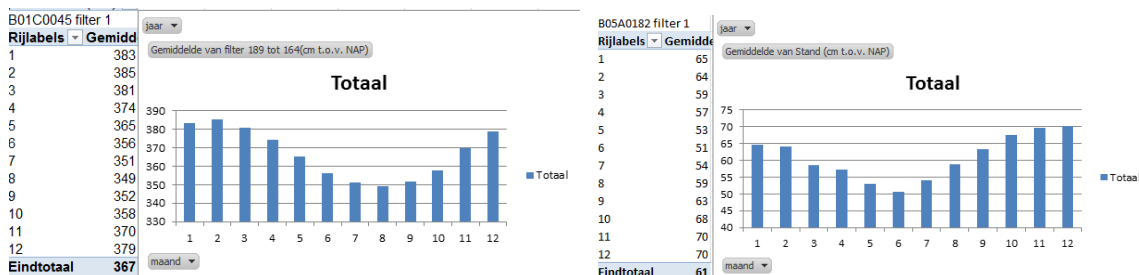
Figuur 23 Jaarlijkse totalen van neerslag, verdamping en het potentieel neerslagoverschot Formerum-Hoorn(in 0,1 mm)

Kijken we echter naar de jaarlijkse totalen van het potentieel neerslagoverschot, dan is er wel een trend te herkennen. Deze trend is niet een gevolg van afnemende neerslag maar van een verhoogde (potentiele)verdamping. In de verdamping zit weinig fluctuatie het slingert rond de 600mm per jaar. Het aantal waarneming (20 jaren) is echter te kort om hieraan een conclusie te verbinden. Deze jaarlijkse fluctuaties in het neerslagoverschot zijn terug te zien in de grondwaterstanden.



Figuur 24 gemiddeld maandelijks Neerslagoverschot (blauw), Neerslag (rood) en verdamping (groen)

Op Terschelling valt in de periode 1996-2015 in oktober de meeste neerslag. In juli is de potentiële verdamping het hoogst, in december is het neerslag overschot het hoogst en in mei en juni wordt het grootste neerslag tekort gemeten.

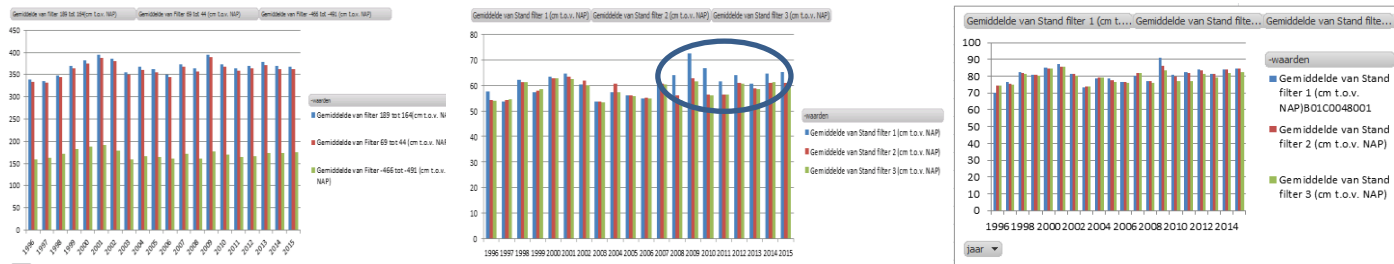


Figuur 25 gemiddeld maandelijks grondwaterstandsverloop in 2 peilbuizen

Hierboven twee grafieken van het maandelijks gemiddelde grondwaterstandverloop in twee peilbuizen in resp. Visserplak en de Mastenbroeken, B01C0045 (tegen de duinrand) en B05A0182 (aan polderkant).

Aan de polderkant wordt de hoogste grondwaterstand bereikt in november terwijl aan de duinrand dit pas in februari plaats vindt. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn:

- B01C0045 staat meer onder invloed van het neerslagoverschot (vanaf augustus neemt de grondwaterstand weer toe na een toename van het neerslagoverschot).
- B05A0182 wordt meer beïnvloed door het neerslagverloop namelijk de stijging van de freatische grondwaterspiegel neemt toe in juli wanneer de neerslag toeneemt.



Figuur 26 jaarlijkse gemiddelde stijghoogte in B01C0045 (duinrand), B05A0182 (buffersloot), B05C0048

Hierboven worden de jaarlijks gemiddelde stijghoogten getoond van resp B01C0045 (tegen de duinrand) en B05A0182 (aan polderkant nabij buffersloot). Het interessante is dat de buis aan de duinrand op het oog meer correleert met de jaarlijkse variatie van de neerslag en dat de buis aan de polderkant meer correleert met het neerslagoverschot. Dit is het tegenovergestelde wat in de maandwaarnemingen werd gevonden. Opvallend is ook dat in het freatisch filter van de buis nabij de buffersloot vanaf 2008 een sprong waarneembaar is, die niet direct te relateren is aan een genomen maatregel. N.B. in 2009 ontbreken veel waarnemingen.

In B01C0048, de peilbuis die 50 meter boven de buffersloot ligt, ontbreekt de sprong in de waarnemingen in het eerste filter.

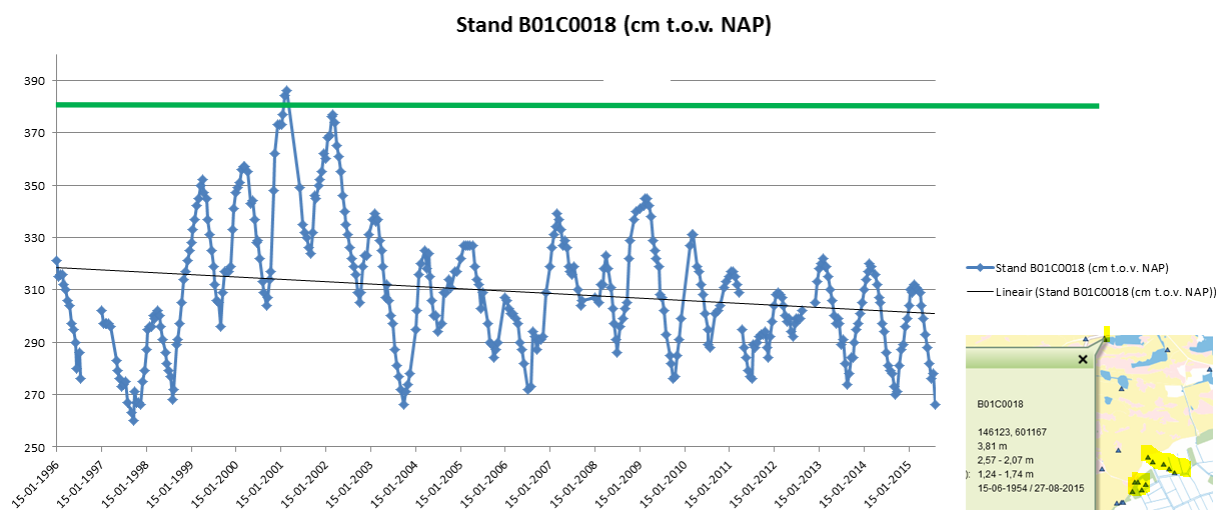
Conclusie meteo en relatie grondwaterstandsfluctuatie:

Met de jaarlijkse verschillen in het neerslagoverschot en de neerslag moet rekening worden gehouden bij het interpreteren van de grondwaterstanden. In de waarden van het jaarlijks neerslagoverschot is een dalende trend waarneembaar, als gevolg van de hogere verdamping (berekening volgens Makkinga). Het jaarlijkse neerslagoverschot heeft direct invloed op de vrij afstromende gebieden die minder direct beïnvloed worden door een polderpeil.

Met het aggregeren van data op maand en jaar basis komen andere karakteristieken naar voren, die niet altijd direct te verklaren zijn.

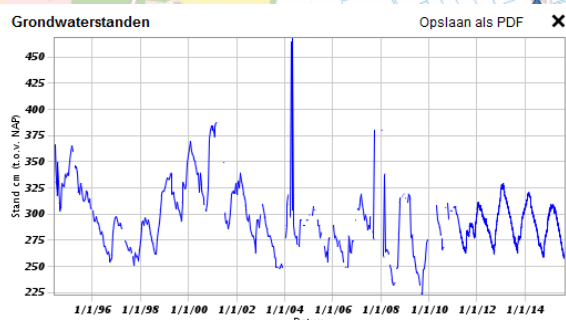
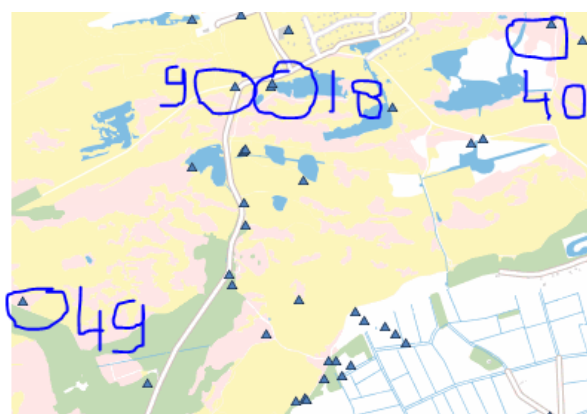
Onderzoek grondwaterstanden in duingebied onbeïnvloed door maatregelen.

Ter controle wordt ook een meetpunt gebruikt buiten het gebied (Kooibosjes/Mastenbroeken) waar geen maatregelen hebben plaatsgevonden. Hiervoor is meetpunt B01C0018 genomen. Dit meetpunt wordt al sinds 1954 bemeten. Voor de trendanalyse wordt echter alleen de periode 1996-2016 gebruikt, zodat een goede vergelijking gemaakt kan worden met het grondwaterstandsverloop van de meetpunten in de Kooibosjes en Mastenbroeken. Ter plaatse van meetpunt B01C0018 hebben overigens wel waterhuishoudkundige maatregelen plaats gevonden. Het meetpunt ligt in een vallei die in 2006 vrij gemaakt is van kruipwilg, hiermee is meer openwater gecreëerd en wordt meer water vastgehouden.

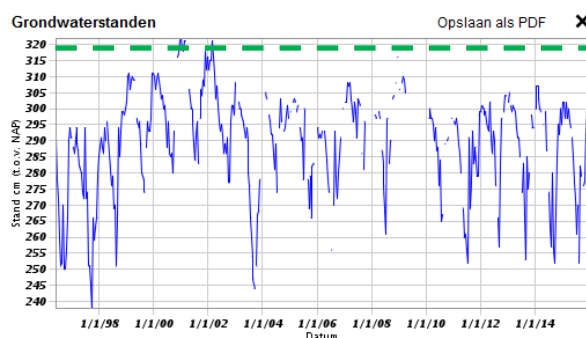


Figuur 27 B01C0018

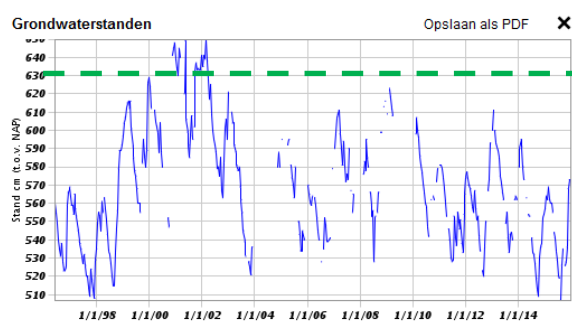
Het meetpunt B01C0018, dat niet beïnvloed wordt door de genomen maatregelen in en rond de Kooibosjes, Mastenbroeken en Visserplak, laat voor de periode 1996-2015 een dalende trend zien. Hieronder nog drie voorbeelden uit DINO-loket van grondwatermeetpunten waar in dezelfde periode is gemeten die allemaal een licht dalende trend laten zien.



Identificatie: B01C0009
Identificatie buis: B01C0009001
Coördinaten: 145959, 601157
Maaiveld: 7,35 m [t.o.v. NAP]



Identificatie: B01C0040
Identificatie buis: B01C0040001
Coördinaten: 147390, 601440
Maaiveld: 3,18 m [t.o.v. NAP]



Identificatie: B01C0049
Identificatie buis: B01C0049001
Coördinaten: 144996, 600191
Maaiveld: 6,31 m [t.o.v. NAP]

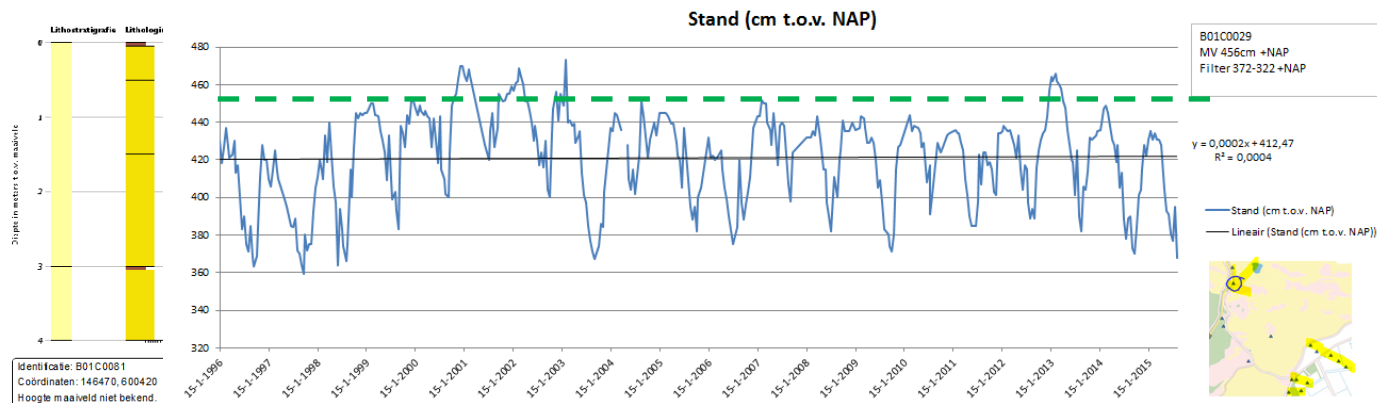
Conclusie niet beïnvloede grondwaterstanden:

De grondwaterstanden in gebieden waar geen maatregelen zijn genomen is een dalende trend waarneembaar. Of dit nu een gevolg is van een dalende trend in de jaarlijkse fluctuaties van het neerslagoverschot in de periode 1996-2015 of het resultaat van de genomen maatregelen in het kader van het GGOR-project, waaronder het voorkomen van wateroverlast voor de bebouwing. Dit laatste zou er toe bijgedragen, dat extreme grondwaterstanden niet meer voorkomen, omdat de oppervlaktewaterpeilen beter beheerst kunnen worden door een verbeterde afvoer (open water ipv kruipwiel-begroeiing).

Onderzoek grondwatermeetpunten in de Kooibosjes, Mastenbroeken en Vissersplak

In het gebied liggen drie raaien met resp. 5, 3 en 2 grondwaterstandsbuizen.

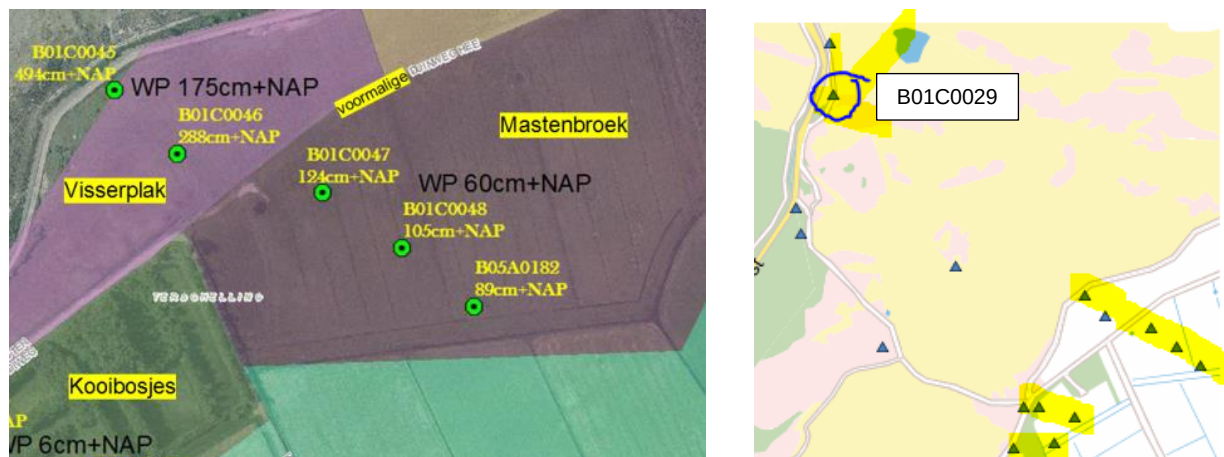
Alle 10 grondwaterstandsbuizen zijn in de periode 1996-2015 door SBB bemeten. In periode 14 april 2009- 28 januari 2010 ontbreken de metingen. Een enkele uitbijter is verwijderd of aangepast in de meetreeksen. Het omcirkelde driehoekje in het plaatje hieronder ligt in het duingebied waar het bos gekapt is. Dit is meetpunt B01C0029 uit het provinciaal primair grondwatermeetnet.



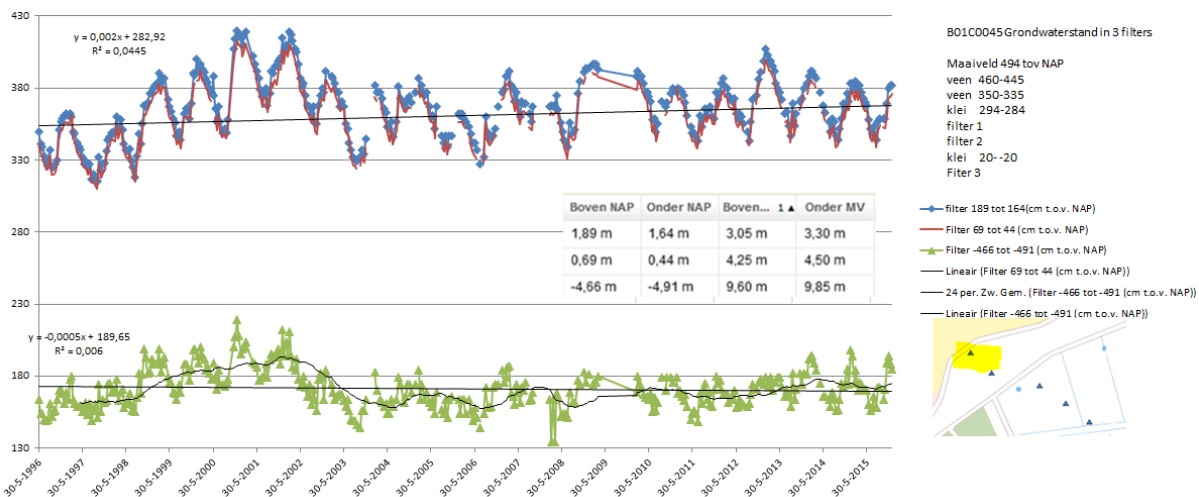
Figuur 28 grondwaterstand B01C0029 1996-2016

De trendlijn van B01C0029, in het duingebied, laat een lichte verhoging (<3cm) zien. Het lijkt er op dat het kappen van bos in 2009 het verder uitzakken van de grondwaterstand compenseert. Normaalgesproken zou de grondwaterstand immers dalen als gevolg van een dalende trend in het jaarlijks neerslagoverschot (zie figuur 5).

Analyse Peilbuizen Vissersplak/Mastenbroeken.



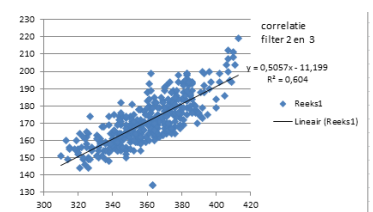
Figuur 29 Geanalyseerde peilbuizen Visserplak en Mastenbroeken (rechts kaartje DINOloket)

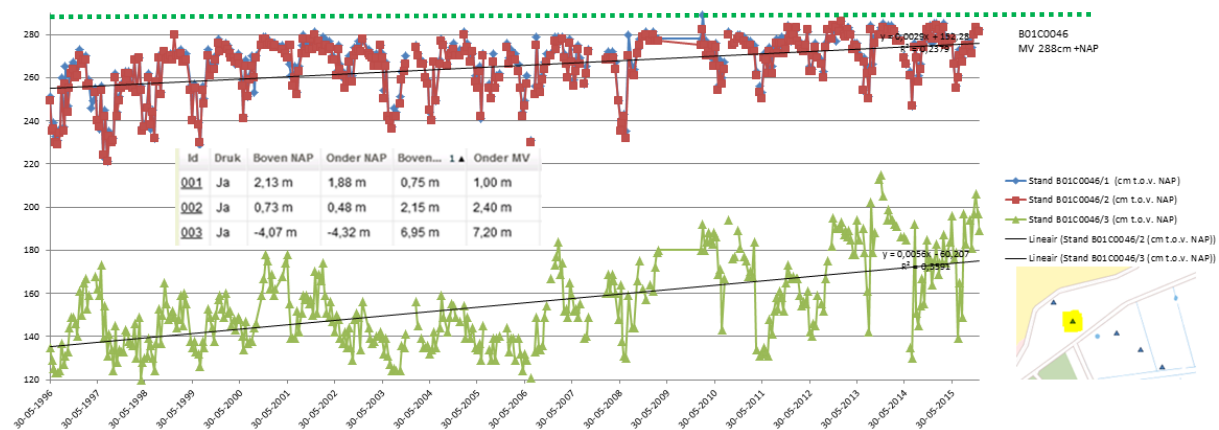


Figuur 30 grondwaterstand B01C0045 1996-2015

Het freatisch grondwater in het 1^e filter als ook het 2^e filter in B01C0045 vertoont in de periode 1996-2016 een stijgende trend (stijging circa 15cm). De waarnemingen van het onderste filter vertonen een lichte afnemende trend. Hoewel er geen boorbeschrijving beschikbaar is, is het aannemelijk dat er een 'scheidende' veenlaag ligt tussen het eerste en tweede filter. Door het discontinue karakter van de veenlaag is er nauwelijks verschil tussen de waterstanden in het eerste en tweede filter.

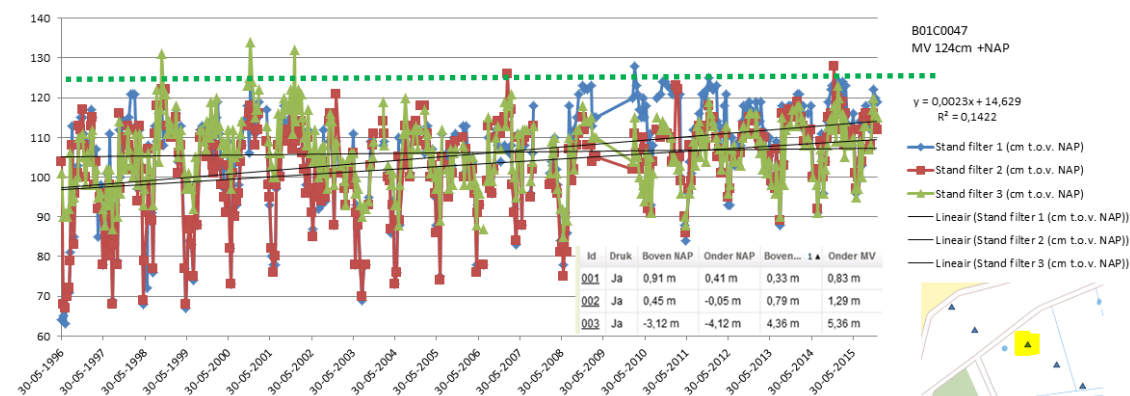
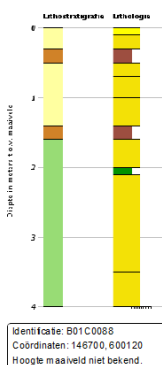
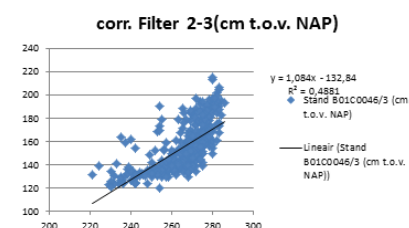
De standen in filters 2 en 3 vertonen een lichte correlatie als gevolg van een lichte afnemende trend in het derde filter en een minder sterke amplitude. Dit duidt er op dat de scheidende holocene kleilaag, het freatisch grondwater weinig beïnvloed. Er vindt in het Visserplak geen/nauwelijks infiltratie naar het watervoerende pakket onder de afsluitende laag. Het verschil in grondwaterstand tussen de bovenste filters en het onderste filter is circa 1,70m. Het verschil is waarschijnlijk te wijten aan een betere doorlatendheid van de zandlaag beneden NAP die van mariene oorsprong is, waardoor het potentiaal eerder weg zakt dan in het stuifzand waar her en der ook nog veenlaagjes in voorkomen. Volgens VES-meting W01C0015 ligt de zoet/zout grens hier op circa 45m -MV.





Figuur 31 grondwaterstand B01C0046 1996-2015

In alle drie filters van B01C0046 is sprake van een stijgende trendlijn (in filter 1 en 2 circa 20cm) en in het diepere grondwater onder de scheiden- de kleilaag (in filter 3 circa 40cm!). De correlatie tussen de metingen 2 en 3 is gewijzigd van lineair in B01C0045 naar exponentieel in B01C0046. Dit zou kunnen wijzen op een meetprobleem of een niet goed functionerend 3^e filter. Zowel in de hoger en de lager gelegen peilbuizen wordt eerder geen dan wel een lichte dalende trend van de grondwaterstand in het 3^e filter waargenomen. Dit filter is dus niet betrouwbaar.

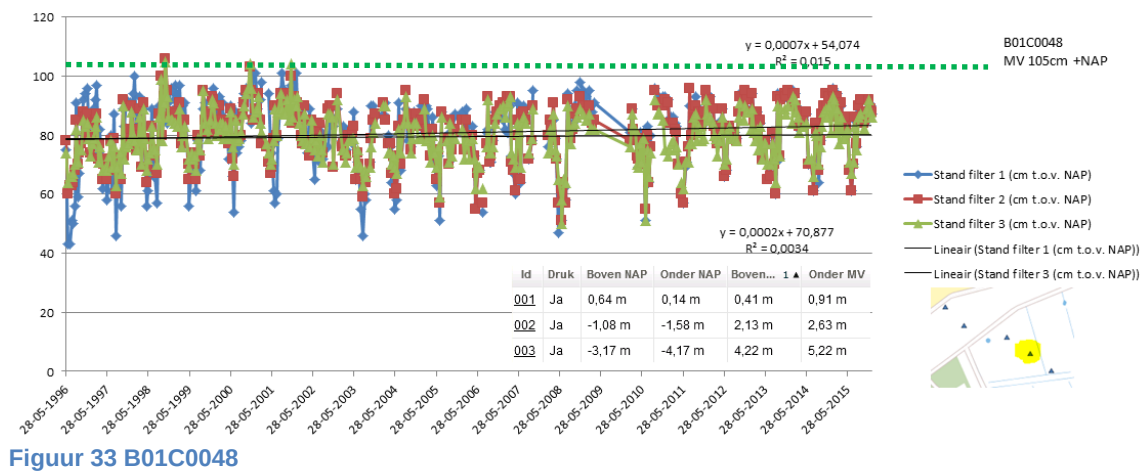


Figuur 32 B01C0047

Het bodemprofiel, wat circa 60m ten oosten van B01C0047 is gemaakt, komt niet overeen met de filterdieptes. Het filter 1 en 2 overlappen elkaar deels, wat mogelijk duidt op het voor- komen van een 'scheidende' veenlaag op circa 80cm-mv.

Wat opvalt in aan de gemeten grondwaterstanden in B01C0047 is dat de hoogste en de laagste grondwaterstanden na 2010 minder extreem worden. De GLG is minstens 16cm nat- ter geworden. De grondwaterstand in het diepe 3^e filter is tot 2008 vaak hoger dan de grondwaterstand in het eerste en tweede filter. Zowel in het eerste en tweede filter is duide- lijk een positieve trend waarneembaar de grondwaterstand. In het freatisch grondwater is de stijging circa 18cm.

Het dempen van de sloten langs de voormalige Duinweg Hee heeft duidelijk invloed gehad op een toename van de freatische grondwaterstand en afname van de dynamiek van de grondwaterstanden in het eerste en tweede filter. Na 2010 komt de grondwaterstand in het 3^e filter nauwelijks meer boven de gemeten waterstanden in het 1^e en 2^e filter. Mogelijk heeft in dit gebied voor 2010 aanrijking van het freatisch grondwater plaatsgevonden met het grond- water van onder de kleilaag.



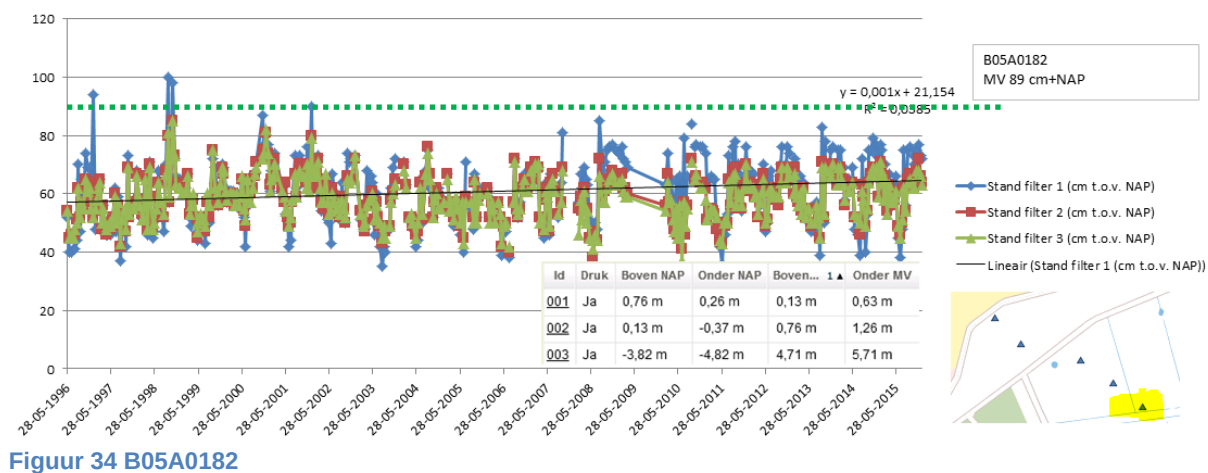
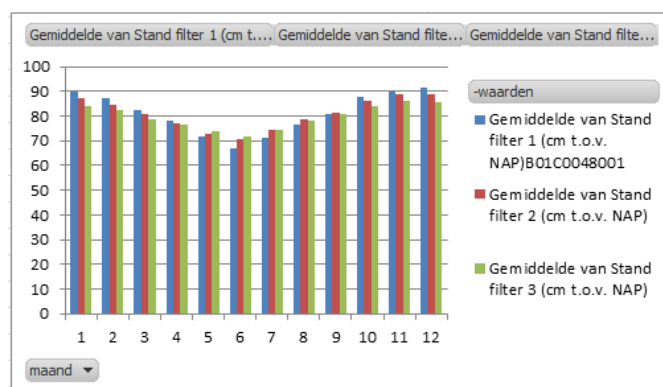
Figuur 33 B01C0048

In B01C0048 is de invloed van de genomen maatregelen na 2010 goed duidelijk met name in de lagere gemeten grondwaterstanden in het eerste filter, het freatisch grondwater zakt minder diep weg tot max het ingestelde peil (0,60m+NAP) van de buffersloot. De gemeten grondwaterstanden in filter 1 en 2 zijn na 2010 nagenoeg identiek.

De toename van de gemiddelde grondwaterstand bedraagt echter minder dan 5cm.

Mogelijk heeft ook hier voor 2010 aanrijking plaatsgevonden van het freatisch grondwater met grondwater van onder de (scheidende)kleilaag.

De grafiek met de gemiddeld stijghoogten laat zien dat in de maanden mei-augustus de grondwaterstand in het diepe filter gemiddeld een paar cm hoger staan dan in het eerste filter.



Figuur 34 B05A0182

In B05A0182 zijn de hoogste grondwaterstanden van het freatisch grondwater (filter 1) toegevoegd ten opzichte van de filters 2 en 3 na 2008 (zie ook B01C0047). De stijging van de regressielijn van het freatisch grondwater bedraagt minder dan 10cm. De stijging lijkt een sprong te maken in het freatisch grondwater in 2008, die ook in B01C0047 te zien is maar in B01C0048 weer niet....

De GVG is toegenomen met 12cm, maar de GLG is gelijk gebleven. De GLG wordt beïnvloed door het lagere peil in de polder van 0,2+NAP. Staat er nog water in de buffersloot in de zomer op 0,6+NAP?

De peilbuizen in de Mastenbroeken (0047, 0048 en 0182) liggen in een gebied met peil van 0,60m +NAP. Het duidelijke potentiaalverschil tussen de eerste twee filters met het derde filter is niet meer aanwezig zoals wel het geval was in de peilbuizen in Visserplak. Over 60 meter is er een potentiaalverschil in het freatisch grondwater van ruim 1,10m. Dit lijkt gelijke tred te houden met de daling (1,60m) van het maaiveld en het verschil (1,35m) in polderpeil. In het Visserplak is het polderpeil, volgens het peilbesluit 2013, nu 1,95+NAP. Dit wordt overigens niet gehandhaafd omdat de afvoerbuis met een ballon is afgedicht. Ten zuiden B05A0182 ligt de buffersloot op 0,60m+NAP en 12 meter verder ligt een polder-sloot met een peil ingesteld op 0,20m-NAP.

Conclusie grondwaterstanden in raai 1 Mastenbroeken/Visserplak

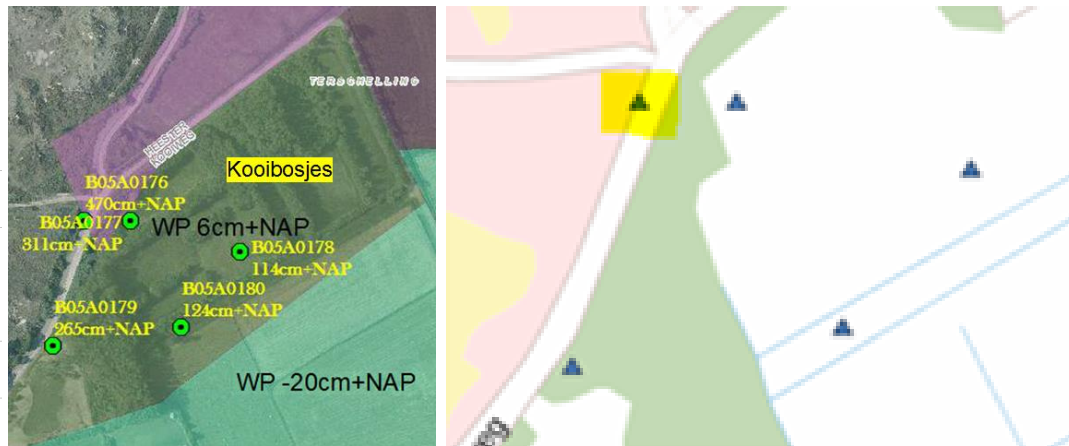
De toename van de hoogte van het freatisch grondwater ten noorden van de voormalige Duinweg Hee (Visserplak) heeft met name te maken met de toename van het neerslagoverschot als gevolg van het kappen van het naaldbos en het dempen van de sloot langs de voormalige Duinweg Hee.

De veranderingen in de grondwaterstand ter hoogte (noord en zuid) van de voormalige Duinweg Hee worden met name bepaald door de slootdemping. Dit effect is het duidelijkst te zien in de grondwaterstanden van buis B01C0046 en B01C0047.

Mogelijk heeft in de Mastenbroeken voor 2010 aanrijking plaatsgevonden van het freatisch grondwater met dieper en mogelijk calciumrijk grondwater. Na de getroffen maatregelen is dit niet meer het geval omdat het freatisch grondwater hoger staat dan het diepere grondwater.

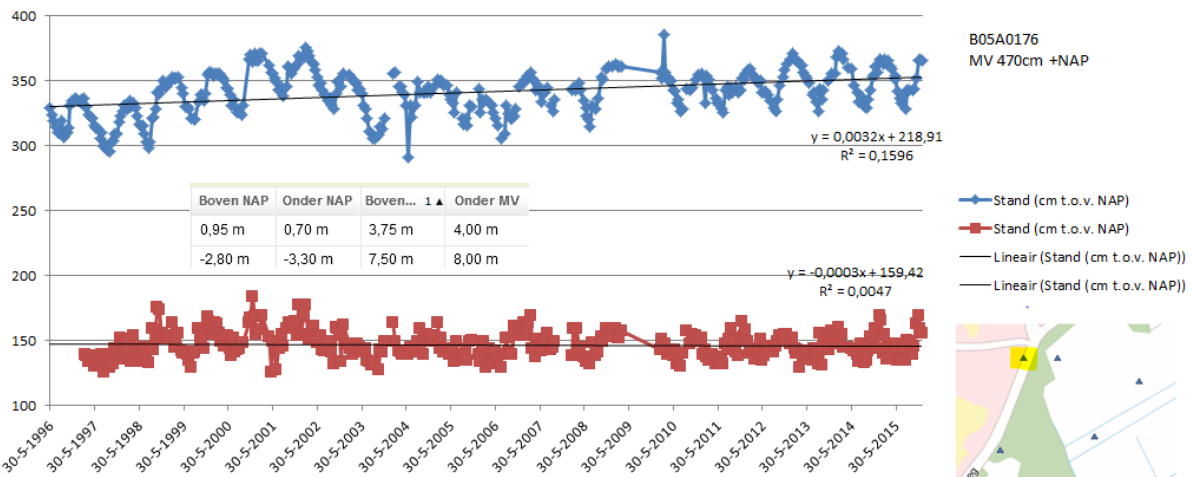
In bijlage 3 zijn de freatische en diepe filters samengevoegd in één grafiek.

Analyse Kooibosjes



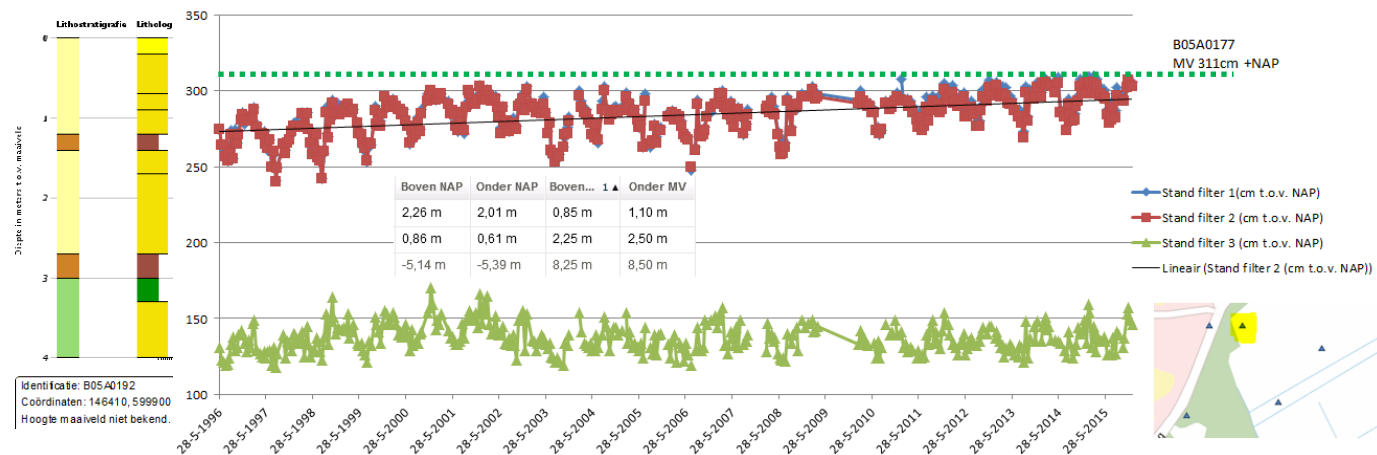
Figuur 35 5 geanalyseerde peilbuizen in de Kooibosjes (rechts representatie DINO-loket).

Identificatie: B05A0077
Coördinaten: 146375, 599905
Maaiveld: 4,00 m [t.o.v. NAP]



Figuur 36 B05A0176 Kooibosjes bij fietspad

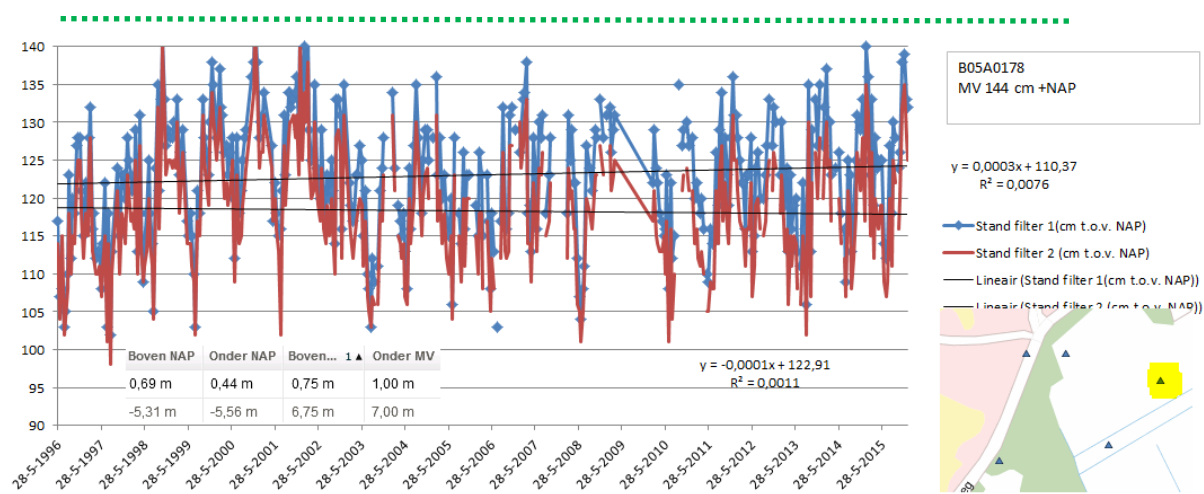
B05A0176 laat een positieve trend zien in de metingen van de freatische grondwaterstand (+0,25 m) als gevolg van het kappen van het bos op Arjansduin.



Figuur 37 B05A0177 Kooibosjes bij veenmosbult

Dit meetpunt staat nabij de veenmosbult. In dit gebied komt het freatisch grondwater net boven het maaiveld (wat in 1996 is ingemeten!). Van de nabij gelegen boring, kan worden afgeleid, dat eerder (in de laatste 200-1000? jaar) dikke pakketten veen zijn ontstaan en weer zijn

overstoven. De huidige bult zal zijn ontstaan na 1930 en heeft inmiddels een dikte van 1 à 2 meter (uit: [Knelpunten en kansenanalyse 2007 KIWA](#)). Naast de kap van bomen op het Arjansduin in 2010 zal ook het aangroeien van het veenmoskussen een grondwaterstand verhogend effect hebben gehad.



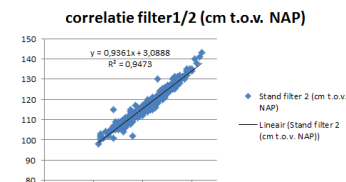
Figuur 38 B05A0178 Kooibosjes slootkant

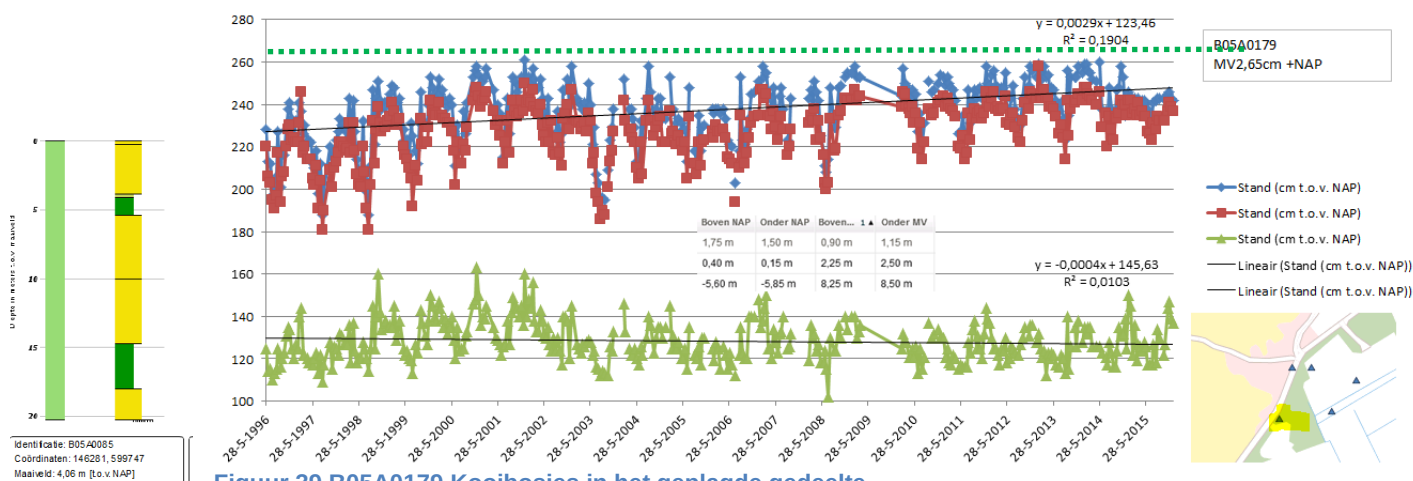
Het effect van het kappen van het bos op het Arjensduin is af te lezen aan de stijgende regressielijn van het 1^e filter. Het grondwater staat hier meer minder onder invloed van het lager gelegen polderpeil van 0,20m –NAP dan zou worden verwacht. Ook is het officiële peil in de Kooibosje van 0,06m+NAP niet terug te zien in de grondwater standen.

TS – 84	I.	VP +0,16	VP +0,95	Door verplaatste stuw een hoger peil in Kooibosjes in Life duinherstel
---------	----	----------	----------	--

Mogelijk is de stuw (TS-84) waarvan het PeilBesluit 2013 over spreekt al in 2013 geformaliseerd. Sinds er gemeten wordt in de kooibosjes zakt het peil al niet verder weg dan 0,95m+NAP.

Opvallend is dat de amplitude van de schommelingen in het eerste en tweede filter vrijwel gelijk zijn. Het correlogram laat zien dat er duidelijk een afhankelijkheid is tussen de gemeten grondwaterstanden in de twee filters. Mogelijk duidt dit op het ontbreken van de afsluitende kleilaag boven het tweede filter. Echter is in het tweede filter een neergaande trend zichtbaar terwijl in het eerste filter een opgaande trend te zien is.



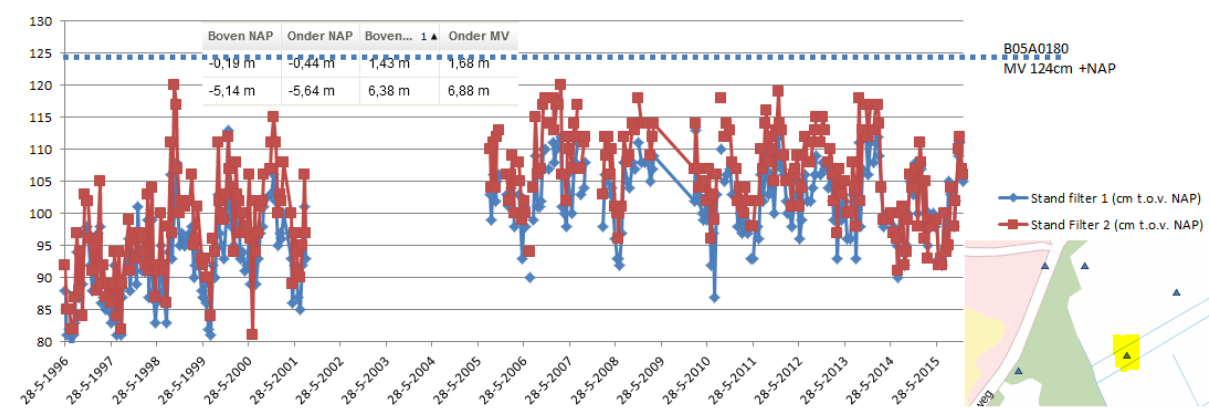


Figuur 39 B05A0179 Kooibosjes in het geplagde gedeelte

Vanaf 2010 lijkt de freatische grondwaterstand rond B05A0179 vaker dicht tot het maaiveld te komen. Vanaf eind 2014 is de freatische grondwaterstand plotseling met circa 15cm gedaald. De reden hiervan is dat in 2014 hier geplagd is. Tijdens het veldbezoek op 27 mei blijkt dat het grondwater nu tot aan het oppervlakte kwelt. De kwelintensiteit van het ondiepe grondwater is dus toegenomen, met als gevolg een verlaging van de grondwaterspiegel. De ligging van het grondwater meetpunt ligt midden in het geplagde gedeelte (zie luchtfoto 2015). N.B. De werkelijke ligging peilbuis en maaiveldhoogte komen niet overeen met de ligging en hoogte in het DINO-loket.

De laagste grondwaterstanden zakken minder verder uit dan in vergelijkbare jaren, dit kan toegeschreven worden aan het kappen van bos op het Arjensduin in 2010 en mogelijk door de verplaatsing van de stuw (hoogte?).

Er is nauwelijks een trend waarneembaar in het 3^e filter. Dit komt overeen met waarnemingen in de diepe peilbuizen in het Visserplak en Mastenbroeken.



Figuur 40 B05A0180 Kooibosjes nabij sloot

Dit meetpunt wijkt af van de andere meetpunten in de kooibosjes doordat er tussen september 2001 en september 2005 niet gemeten is. In maart 2014 zijn de filters opnieuw ingemeten en filter 1 en 2 zijn resp 5 en 10 cm (?) lager ingemeten dan voor die tijd. Dit verklaart de lagere grondwaterstand en het synchroon lopen van de 2 filters in 2014 en 2015. Het synchroon lopen van de grondwaterstand in het 1^e en 2^e filter zou er op kunnen duiden dat de afsluitende kleilaag ontbreekt, deze kleilaag is bij alle voorgaande peilbuizen met een 3^e filter wel aanwezig.

De hoogst gemeten grondwaterstanden liggen hier op 15cm onder maaiveld. Een trend analyse is niet zinvol vanwege het ontbreken van 4 jaar waarneming t.o.v. de voorgaande meetpunten.

Conclusie grondwater onderzoek in raai 2 en 3 in de Kooibosjes

In de Kooibosjes ten zuiden van de Duinweg Hee komen hoge grondwaterstanden voor die reiken tot in het maaiveld. Na 2009 zijn de perioden met hogere grondwaterstanden toegenomen, dit is toe te schrijven aan het kappen van het bos op Arjens Duin.

De verplaatsing van de stuw heeft slechts beperkt hieraan bijgedragen.

Het plaggen van locaties waar de grondwaterspiegel al tot het maaiveld reikt, kan leiden tot een (lokale) grondwaterstands daling en een intensivering van de (uittrekkende)kwel.

De sloot aan de zuidkant van de Kooibosjes zou wel eens door de afsluitende kleilaag gegraven kunnen zijn. De grondwaterstanden in peilbuizen nabij deze sloot wijzen op het ontbreken van de afsluitende kleilaag welke in de rest van de Kooibosjes wel aanwezig is.

In bijlage 3 zijn de freatische en diepe metingen samengevoegd in één grafiek.

GVG en GLG-onderzoek

Van de 10 freatische filters zijn voor elk jaar de GVG en GLG bepaald, die in hydrologische randvoorwaarden van Waternood bepalend zijn.

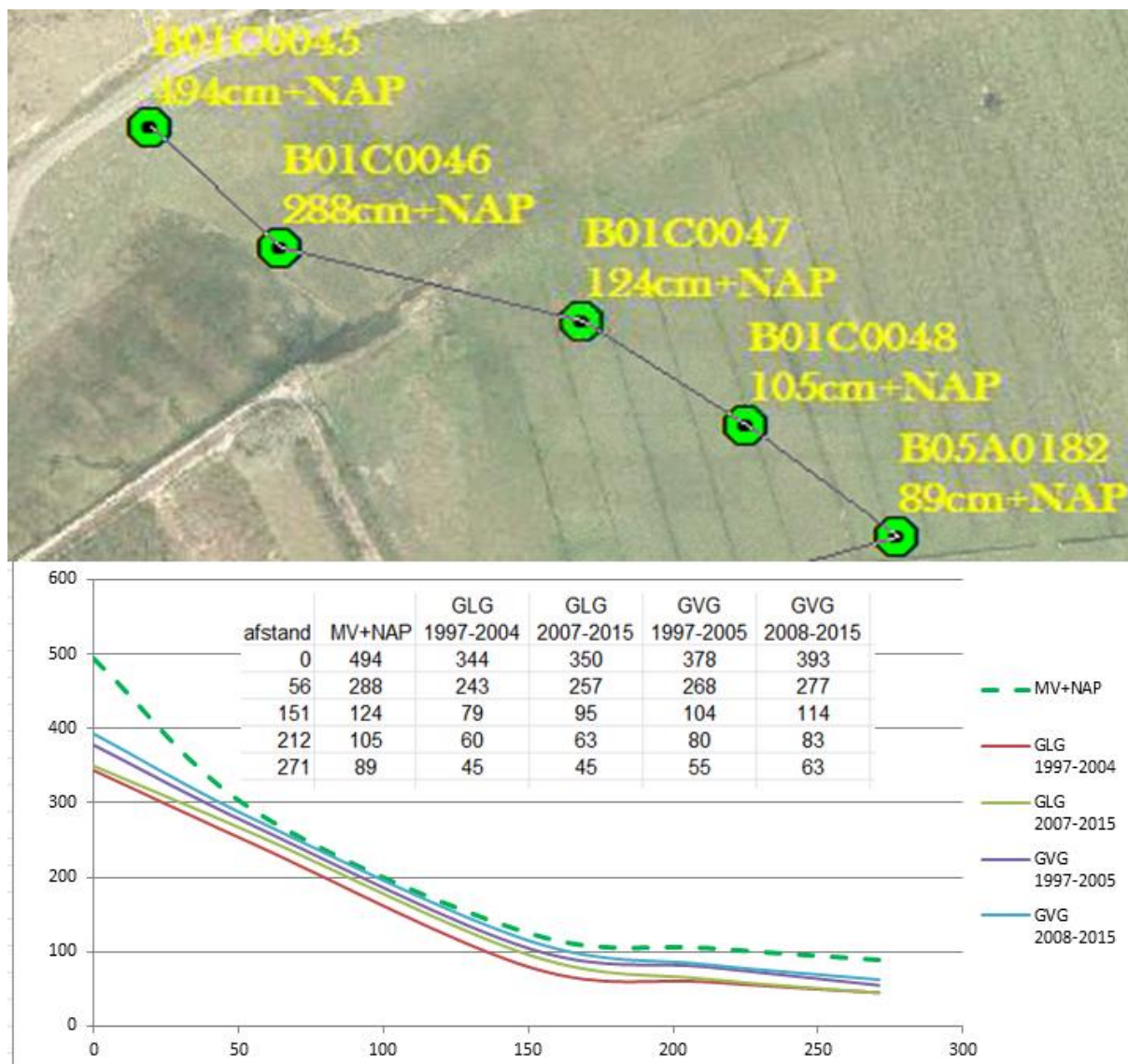
In de onderstaande tabellen zijn de **hoogste** en **laagste** grondwaterstanden gemarkeerd in gehele periode. Opvallend is dat de meeste laagste waarden vóór 2009 vallen en de meeste hoge waarden na 2009. 1996 en 1997 waren jaren met laag neerslagoverschot. 2009, 2013 en 2014 waren ook jaren met een gemiddeld neerslagoverschot terwijl in die jaren in sommige gevallen de hoogste waarden in de grondwaterstand zijn gemeten. Dit ondersteunt de conclusie dat de maatregelen effect hebben gehad. Ook de gemiddelden over 1997-2005 en 2008-2015 duiden, dat in de periode 2008-2015 zowel de GVG en de GLG zijn gestegen resp. met gemiddeld 9 en 10cm ten opzichte van 1997-2005. De GLG in de peilbuizen aan de polderkant zijn nagenoeg gelijk gebleven.

Buis	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	GVG 1997-2005	GVG 2008-2
B01C0045	147	137	108	107		82	115	119	115	139	109	124		125	118	108	99	115	120	116	101
B01C0046	36	27	18	17		11	17	20	15	19	16	17	10	12	17	13	5	8	6	20	11
B01C0047	29	17	14	16		22	26	22	18	21	23	19	9	4	7	16	10	9	7	21	10
B01C0048	32	21	28	19		25	28	27	24	25	25	23	15	27	26	26	21	20	20	26	22
B05A0182	37	28	37	30		32	34	38	36	35	33	23	19	27	26	32	27	26	30	34	26
B05A0176	142	137	118	118		101	121	124	122	135	117	125	109	97	123	118	106	101	107	123	111
B05A0177	35	28	23	22		15	22	23	21	27	18	19	14	17	19	16	10	6	7	24	14
B05A0178	-11	-10	-12	-15		-12	-5	-4	-10	-5	-11	-12	-16	-7	-4	-5	-6	-13	-10	-10	-9
B05A0179	39	28	24	23		15	25	27	31	28	17	21	11	17	19	18	10	13	23	27	17

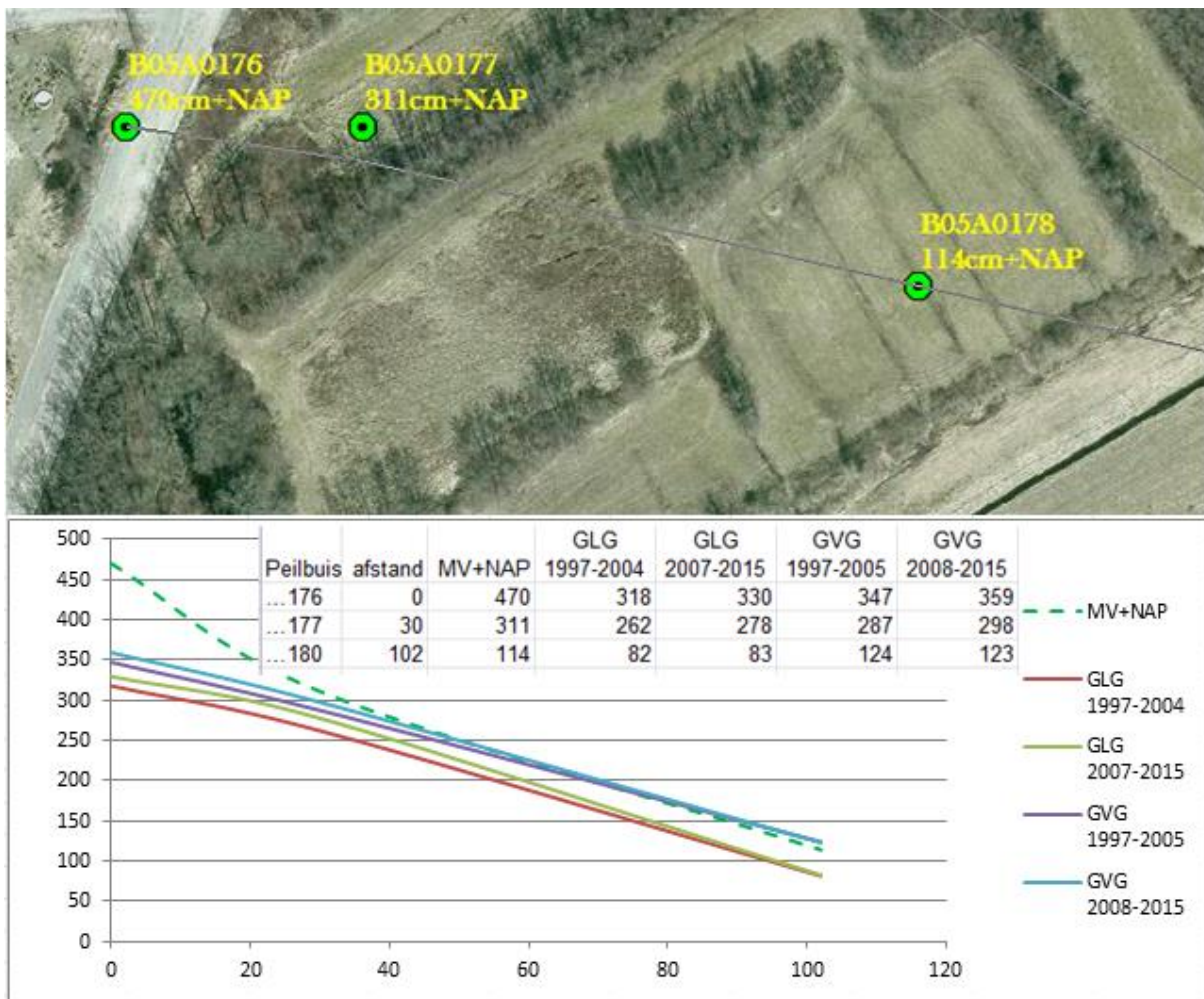
Figuur 41 GVG: Voor de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand worden jaarlijks de grondwaterstanden van 14 maart, 28 maart en 14 april gemiddeld, het gemiddelde van deze jaarlijkse waarden over een periode van tenminste 8 jaar, waarin geen ingrepen hebben plaatsgevonden.

Buis	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	GLG 1997-2005	GLG 2007-2015
B01C0045	169	177	170	147	144	121	136	163	144	151	162	134	152		140	148	145	142	147	146	150	144
B01C0046	54	64	53	52	39	30	28	48	43	39	39	26	49		27	31	24	31	31	27	45	31
B01C0047	60	44	52	50	42	45	35	49	46	40	35	39			21	35	28	29	28	25	45	29
B01C0048	32	52	47	44	41	46	36	52	46	43	45	40	54		44	43	34	41	40	38	46	42
B05A0182	49	47	43	44	39	44	42	50	44	44	48	41	42		37	48	47	44	47	47	44	44
B05A0176	161	173	169	149	145	128	139	163	152	152	157	139	151		140	141	140	137	139	137	152	141
B05A0177	56	64	61	52	43	36	37	56	42	47	51	35	48		38	32	28	31	29	26	49	33
B05A0178	39	38	35	35	27	28	27	38	32	32	36	27	38		31	33	28	34	31	30	33	32
B05A0179	65	70	68	50	49	41	41	69	48	50	51	37	54		38	40	31	32	33	29	55	37

Figuur 42 GLG: voor de gemiddeld laagste grondwaterstand worden jaarlijks de 3 laagste grondwaterstanden gemiddeld over de periode van 1 april tot en met 31 maart (hydrologisch jaar), het gemiddelde van deze jaarlijkse waarden over een periode van tenminste 8 jaar



Figuur 43 GVG en GLG in Visserplak en Mastenbroeken



Figuur 44 GVG en GLG in de Kooibosjes

Conclusie GVG en GLG

De GVG en GLG zijn voor twee opeenvolgende perioden van 8 jaar onderzocht. De gemiddelde GVG is met 9 cm hoger geworden en de gemiddeld GLG met 10cm in de afgelopen 8 jaren. Aan de duinrand zijn GVG en de GLG het meest toegenomen en aan de polderkant het minst. Dit duidt op een grotere toevoer van grondwater uit het duingebied.

Ontwikkelingsmogelijkheden Kooibosjes, Mastenbroeken en Vissersplak

De vraag is in hoeverre de hydrologische omstandigheden in en rond de Kooibosjes geschikt zijn voor habitattypen van vochtige tot natte omstandigheden. Het gaat daarbij om de volgende habitattypen met de hydrologische condities uit Waternood:

H2130C grijze duinen (heischraal),	GVG +25>; GLG geen; Dr.stress <15d
H2190C Vochtige duinvalleien (ontkalkt),	GVG:-15 tot +35; GLG +40; Dr.stress<10d
H6230 Heischrale graslanden,	GVG +15>; GLG geen ; Dr.stress <40d
H6410 blauwgraslanden.	GVG -10 tot +25; GLG geen; Dr.stress <5d

N.B. de negatieve waarden geven aan dat de vegetatie onder water mag staan in het voorjaar. Dit is met andere woorden een negatieve drooglegging. (GVG +25 = 25cm onder maaiveld en GVG – 15 = 15cm boven maaiveld).

Vegetatie ontwikkeling Visserplak:

Tijdens een veldbezoek op 27 mei is geconstateerd dat op het Visserplak de vegetatiegrens waarbinnen o.a. de gevlekte orchis voorkomt mogelijk naar het noorden is opgeschoven met circa 10-15 meter (dit is een indruk en is niet met feiten onderbouwd, J.E. Meijer, 2016). Dit komt overeen met de berekende verhoging van het GVG (9-14 cm) en GLG (6-14cm). Er lijkt dus een hydrologische samenhang met de veronderstelde verplaatsing van de gevlekte orchis.

Het Visserplak ligt op een glooiing aan de binnenduintrand. Door deze glooiing zal vegetatieontwikkeling in stroken op de gradiënt van hoog naar laag plaatsvinden. Ter plekke van B01C0046 is de GVG 11cm en de GLG 31cm. Over een strook van 570m x 70m tegen de voormalige Duinweg Hee komt de grondwaterstand overeen met de vereisten die de habitattypen H2190C Vochtige duinvallei (ontkalkt), H6230 Heischrale graslanden en H6410 Blauwgraslanden stellen. Dit is het rood gekleurde gebied op de AHN3 in bijlage 2 in het Visserplak. Onder de juiste omstandigheden kunnen deze habitattypen hier tot ontwikkeling komen. Dit hangt o.a. af van bodemcondities, grondwatersamenstelling en beheer.

In het gebied ten westen van deze peilbuis is in het midden en in het gele gebied een ontwikkeling van een veenmosrijke vochtige heidevegetatie te zien. Deze vegetatie kan tot habitatype H2190C Vochtige duinvalleien (ontkalkt) worden gerekend.

Boven deze strook tot aan het fietspad is op basis van de grondwaterstanden de ontwikkeling van H2130C Grijze duinen (heischraal) mogelijk. Dit is het grijze gebied op de AHN3 in bijlage 2 in het Visserplak. Door de beheerder is hier de afgelopen twee jaar vestiging van heischrale plantensoorten geconstateerd (mededeling A. Zonderland, boswachter monitoring, 2016). Dit wijst op een ontwikkeling naar heischrale grijze duinen of heischraal grasland. De beheerder wijt dit mede aan een aanpassing in het beheer. Er worden sinds 2014 geen pinken meer ingeschaard vanaf het voorjaar, maar het wordt in de zomer gehooïd. Daarna wordt het nageweïd.

Vegetatie ontwikkeling Mastenbroeken

De GVG is verlopen hier van 10cm tot 22cm van de voormalige Duinweg Hee in het noorden, tot aan de buffersloot in het zuiden. De GLG verlopen over hetzelfde traject van 29cm tot 44cm. Deze grondwaterstanden in de Mastenbroeken liggen binnen het bereik van de ecologische vereisten voor de ontwikkeling van habitattypen H2190 en H6410. Daarnaast zijn ook grondwatersamenstelling, bodemcondities en beheer bepalend. Op het ogenblik komt hier in het laagste deel een dotterbloemvegetatie voor. Deze vegetatie wijst op een mogelijk wat meer gebufferd waterniveau (kalk) en een wat rijkere bodem.

Geadviseerd wordt om de buffersloot te dempen als deze niet op peil wordt gehouden door aangevoerd water uit het duingebied in de zomer. Uit de grondwaterstand blijkt dat de buffersloot een negatief effect heeft. De grondwaterstand daalt nabij de buffersloot (peilbuis 182) in de zomer tot 20cm onder het ingestelde peil van 60cm+NAP. Deze buffersloot loopt parallel met de grenssloot in het zuiden en is midden 90er jaren aangelegd (Zie figuur 19).

Vegetatie ontwikkeling Kooibosjes

De habitattypen die nu voorkomen in de Kooibosjes zullen als gevolg van de gestegen grondwaterstand goed kunnen blijven ontwikkelen. De vastgestelde habitattypenkaart in het Natura 2000 beheerplan is gebaseerd op een vegetatiekartering uit 1998.



Figuur 45 Huidige habitattypen in de Kooibosjes volgens vastgestelde habitattypenkaart in Natura 2000 beheerplan duinen van Terschelling.

Destijds waren een aantal percelen recent geplagd en andere delen waren nog maar kort in beheer bij Staatsbosbeheer. Hier waren toen nog geen gekwalificeerde habitattypen aanwezig. Sindsdien heeft het gebied zich verder ontwikkeld. Binnen de Kooibosjes komt in de kern een natte soortenrijke vegetatie voor. Deze wordt gerekend tot de kleine zeggenvegetaties, natte duinheide en heischraal grasland (zie vegetatiekartering uit 2012 door Everts en de Vries). Vertaald naar habitattypen zou de gehele kern dan tot H2190C Vochtige duinvallei (ontkalkt) en H6230 Heischrale graslanden gerekend mogen worden. Dit is echter nog niet formeel in een habitattypenkaart vertaald en vastgesteld.

Interessant is de ontwikkeling van een veenmosbult in het westelijk deel van het gebied (zie figuur 8 voor de locatie). Everts en de Vries hebben deze getypeerd als natte duinheide. Op de habitattypenkaart echter is dit perceel niet gekwalificeerd als habitatype. Het vegetatietype dat hier in 1998 is onderscheiden kon blijkbaar niet tot een habitatype worden gerekend. Veenmos ontwikkelt zich als gevolg van mineraalarm water (regenwater), gezien de hoge

grondwaterstand ter plekke kan worden geconcludeerd dat er geen aanrijking plaats vindt van mineraalrijk water.

De motor achter het mineraliseren van het grondwater zijn de zandverstuivingen, die zorgen voor de aanvoer van mineralen uit zee, waaronder kalk. Het stuiven van de duinen is in vorige eeuw tot staan gebracht door bebossing en inplanten van helm. In het binnenduin zijn de duinen tot grote diepte ontkalkt, waardoor via het grondwater weinig tot geen kalk meer kan worden aangevoerd. Of het diepere grondwater nog kalk bevat is niet bekend. De peilbuisanalyses van de filters B05A0176, ..177, ..178 en ..197 laten zien dat het niveau van het grondwater in het diepste filter een stuk lager ligt dan in de ondiepe buis. Het diepere grondwater wordt dus niet naar omhoog gedrukt. Ook wegzijging van freatisch grondwater naar het diepere grondwater is niet aan de orde gezien de metingen in diepere grondwater nauwelijks een trend vertonen. De hoogte van het freatisch grondwater is dus toegenomen terwijl het diepe grondwater gelijk van niveau is gebleven. Eventuele aanrijking van het freatisch grondwater met dieper (en mogelijk kalkrijk) grondwater in de onderzochte gebieden is dus niet meer te verwachten. Wel wordt de groeiende veenmosbult begrensd door gedempte sloten, mogelijk is hier de afsluitende veenlaag doorgraven en zakt de grondwaterstand hier uit.

In de polder zal op plekken, daar waar de scheidend kleilaag ontbreekt, wel dieper grondwater kunnen mengen met het freatisch grondwater.

Ook het recent (in 2014) geplagde gedeelte aan de westkant van de Kooibosjes tegen het fietspad aan, kan nog niet tot een habitatype worden gerekend. Dit is een gebied dat door het jaar heen nat blijft (kwel). In 2016 is een pioniervegetatie met o.a. duinrus, zomprus en zilte greppelrus aangetroffen. Op de ongeplagde delen komt een vochtige heischrale vegetatie met veenpluis, zwartezegge, tormentil, dopheide, bosbes, reukgras en veldbies voor. Vertaald naar habitatypen zou dit stuk tot H6240 Heischrale graslanden, of H2130C grijze duinen (heischraal) gerekend mogen worden. De situatie en gemeten grondwaterstand in het geplagde deel wijst op een ontwikkeling tot habitatype H2190C vochtige duinvallei (ontkalkt). Op basis van de kartering uit 1998 is in de vastgestelde habitatypenkaart op het gehele vlak en de naaste omgeving habitatype H2180B duinbossen (vochtig) toegekend. De actuele werkelijkheid is dus anders (vergelijk figuur 19 en 8)

Slotconclusie en aanbevelingen

- De grondwaterstanden in de Kooibosjes, Visserplak en Mastenbroeken zijn in de afgelopen 10 jaar gestegen. Er is een duidelijk positief verband met de maatregelen die in en om het gebied zijn getroffen. Daarbij zijn belangrijkste maatregelen geweest: het kappen van een deel van het bos op Arjen's duin en het dempen / verondiepen van een aantal sloten.
- Sinds Staatsbosbeheer ook Vissersplak en Mastenbroeken in beheer heeft, is de oppervlakte soortenrijke bijzondere natte vegetaties van duin en binnenduingebied sterk toegenomen. Dit betekent ook dat in 2016 de oppervlakte Natura 2000 habitatypen is toegenomen ten opzichte van de vastgestelde habitatypenkaart in het beheerplan.
- Binnen de Kooibosjes, Visserplak en zelfs Mastenbroeken zijn de grondwaterstanden nu al gunstig voor de ontwikkeling van habitatypen waarvoor een instandhoudingsdoel, dan wel een verbeterdoel geldt. Dit zijn H2130C grijze duinen (heischraal), H2190C Vochtige duinvalleien (ontkalkt), H6230 Heischrale graslanden en H6410 blauwgraslanden.
- In het noordelijk en oostelijk deel van Visserplak (het niet geplagde stuk) lijken de omstandigheden het meest gunstig voor ontwikkeling van habitatype H2130C grijze duinen heischraal bij een maaibeheer en eventueel naweiden.
- In het zuidwestelijke deel van Visserplak (het natte, geplagde stuk) lijken de omstandigheden het meest gunstig voor een wat zuurdere natte heidevegetatie met veenmossen. Deze vegetatie kan tot het habitatype H2190C natte duinvalleien ontkalkt en mogelijk H6230 heischrale graslanden worden gerekend.

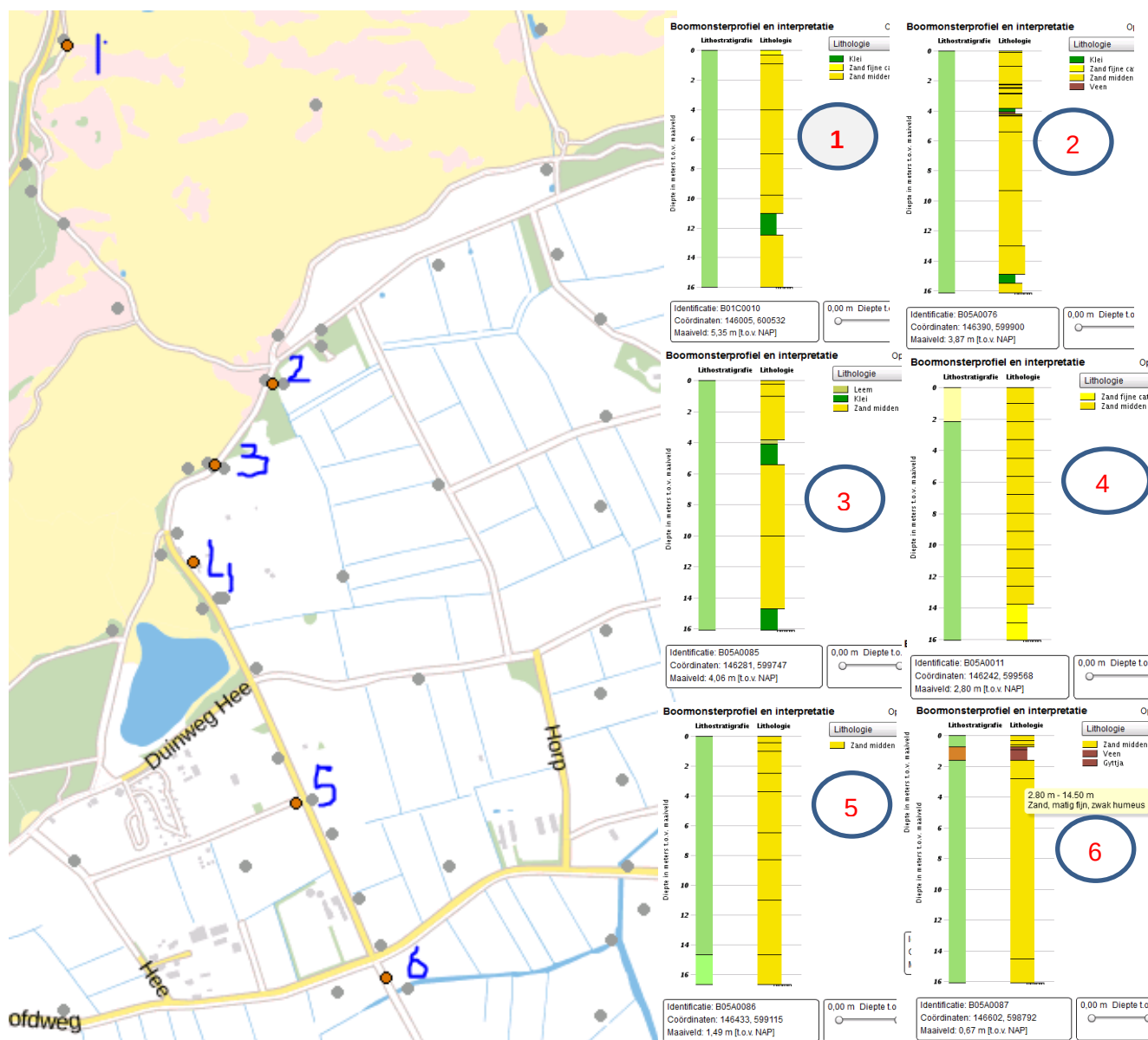
- In de Kooibosjes behoren de open delen tot de habitattypen H2190C natte duinvalleien ontkalkt, H6230 heischrale graslanden en H6410 Blauwgraslanden. De delen met bos zijn nu ook al vochtige duinbossen H2180B en zullen dat bij ongewijzigd beheer ook blijven.
- De vegetaties in Mastenbroeken behoren niet tot een Natura 2000 habitatype. Ze kunnen zich bij een hooilandbeheer verder ontwikkelen tot soortenrijke dotterbloemgraslanden met veel weidevogels (in 2016 broedden hier 45 paar kieviten).
- De zuidelijke buffersloot die parallel met de landbouwsloot is aangelegd kan beter worden gedempt. Ongewild draineert deze nu meer doordat het waterpeil in de zomer wegzakt.
- Binnen de Kooibosjes kan nog winst worden behaald door alle interne sloten te dempen en het herstellen van de oorspronkelijke afsluitende (veen)lagen.
- In overleg met de aanliggende grondeigenaar kan de zuidelijke grenssloot van de Kooibosjes liefst worden gedempt. Oplossingen voor de buurman kunnen zijn: a- een vergoeding, b- ophogen van het perceel, c- oppervlakkige intensieve drainage naar de oostelijke grenssloot.
- Een bufferzone buiten het Natura 2000 gebied lijkt nu niet noodzakelijk voor het realiseren van de instandhoudingsdoelen. Het gebied ten zuiden van de Mastenbroeken biedt mogelijkheden voor de ontwikkeling van kalkminnende vegetaties. Hier is de kans aanwezig op aanrijking van het freatisch grondwater met meer kalkrijk dieper grondwater. In dit gebied is de bodem variabel van opbouw, waar kleiafzettingen niet voorkomen in de ondergrond is de kans op kalkrijk grondwater het grootst.
- Hoewel het geen onderdeel van de onderzoeksvraag was, is ook gekeken naar het voorkomen van kalk (Ca^{2+}) in het duinwater (B05A0074). Sinds 1981 is het Ca^{2+} gehalte in de laag 4-6m-NAP met circa 65% afgenomen (tov 2010). In de laag 20-22m-NAP is het Ca^{2+} gehalte gelijk gebleven.



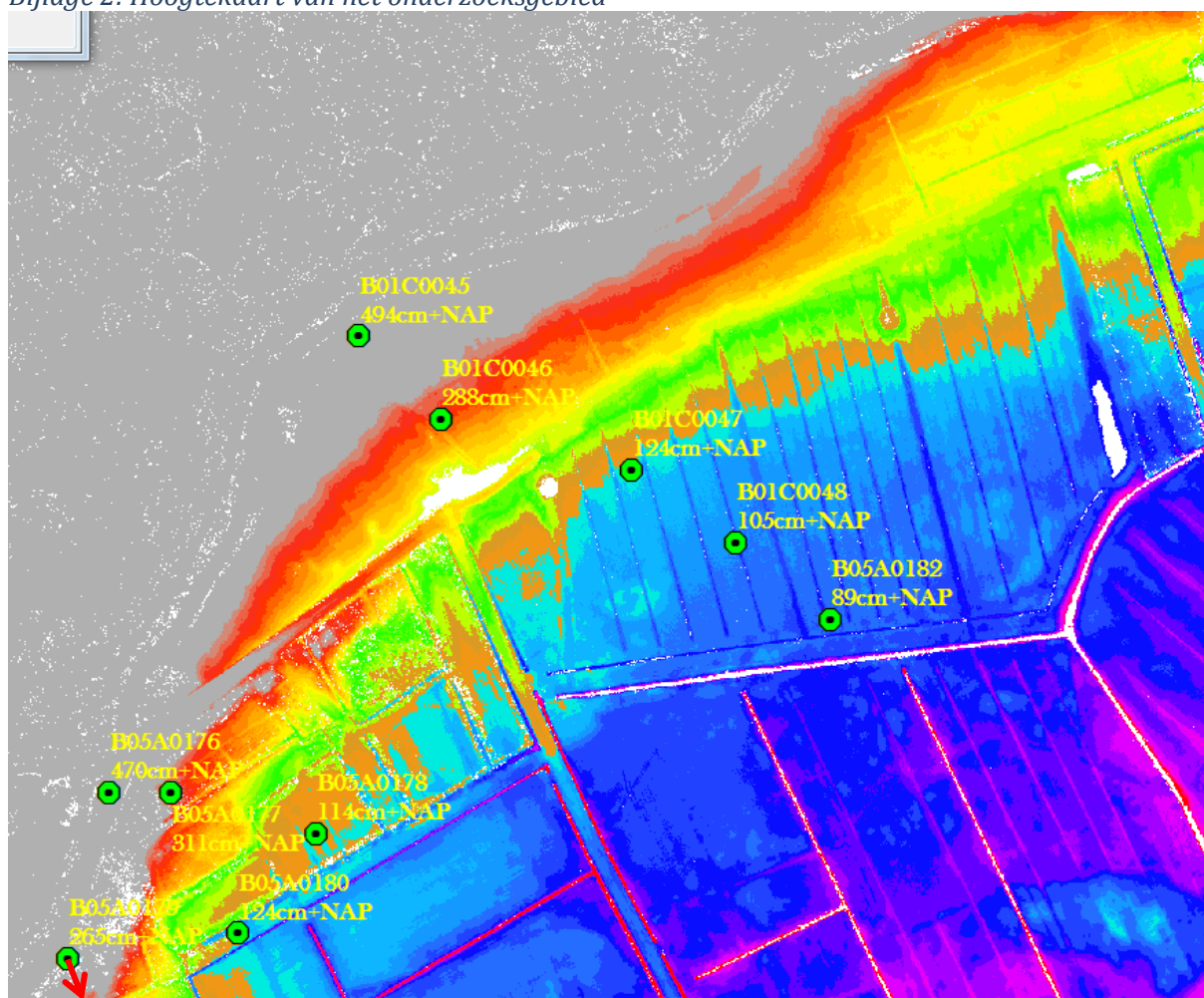
Hieruit zou geconcludeerd kunnen worden:

1. aanvoer van nieuw calciumrijk water vindt niet meer plaats. De depositie van kalk in het intrekgebied is onvoldoende. Er vindt vermenging plaats met kalkarm water in de laag 4-6m-NAP.
2. het grondwater op een diepte van 20-22m blijft redelijk op z'n plaats.
3. Eventuele aanrijking van kalkrijk water op plekken waar het diepe grondwater opkwelt zal geleidelijk afnemen.

Bijlage1: Bodemopbouw

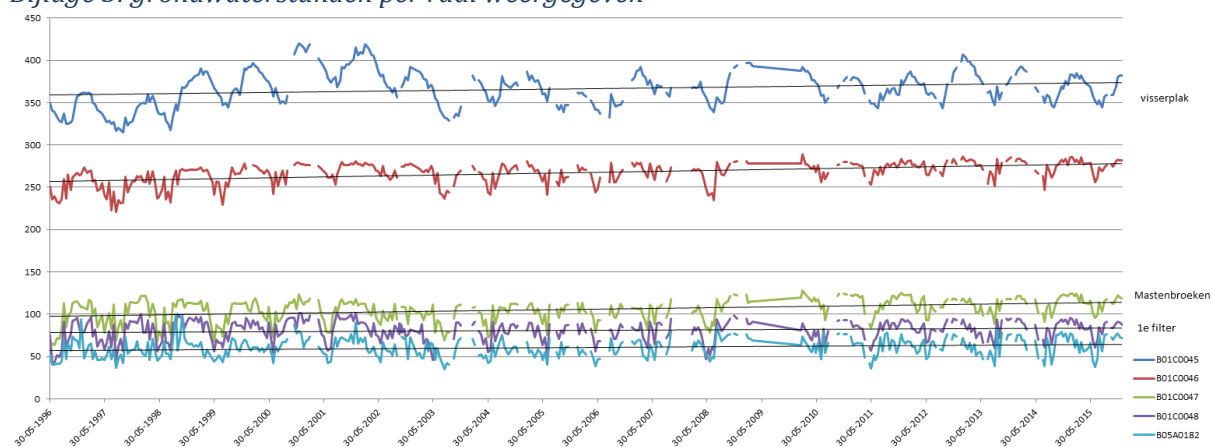


Bijlage 2: Hoogtekaart van het onderzoeksgebied

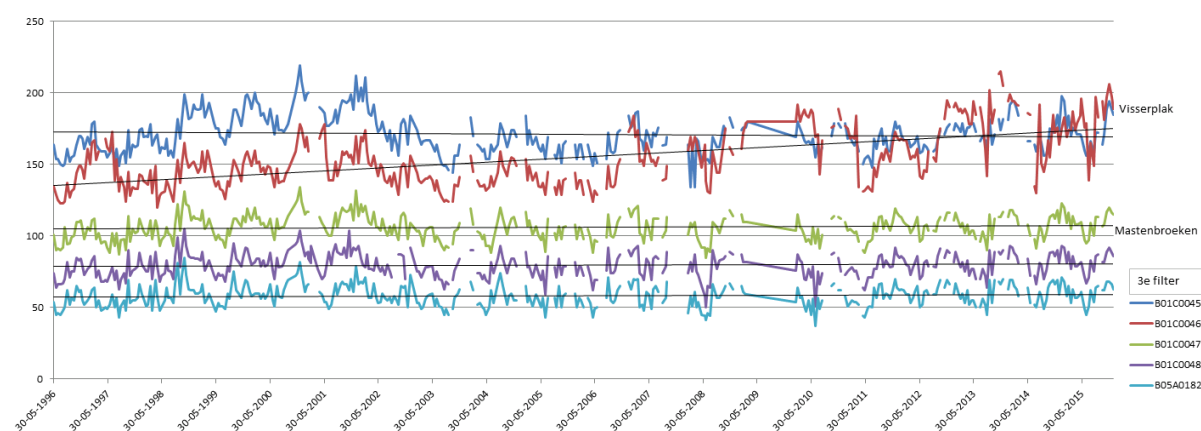


AHN3 50x50cm gefilterd zonder gebouwen

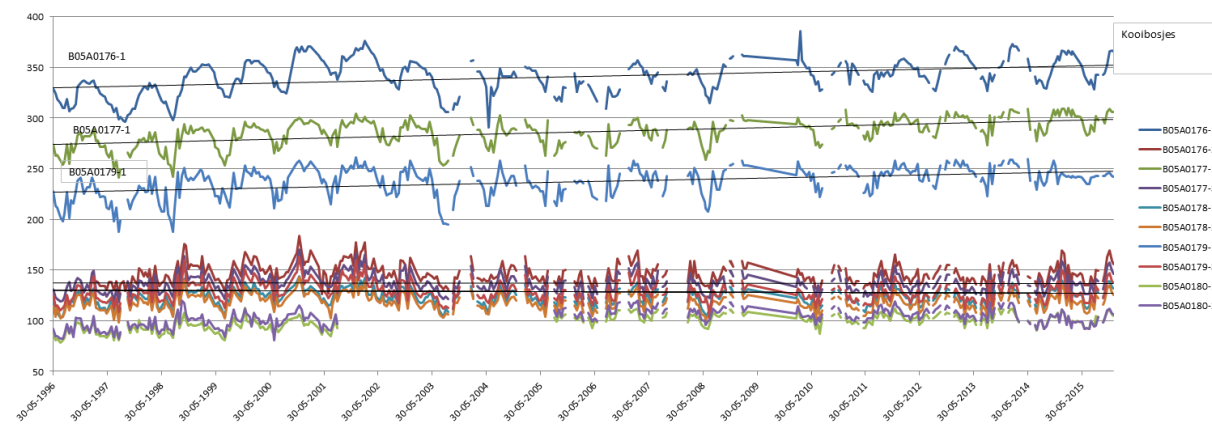
Bijlage 3: grondwaterstanden per raai weergegeven



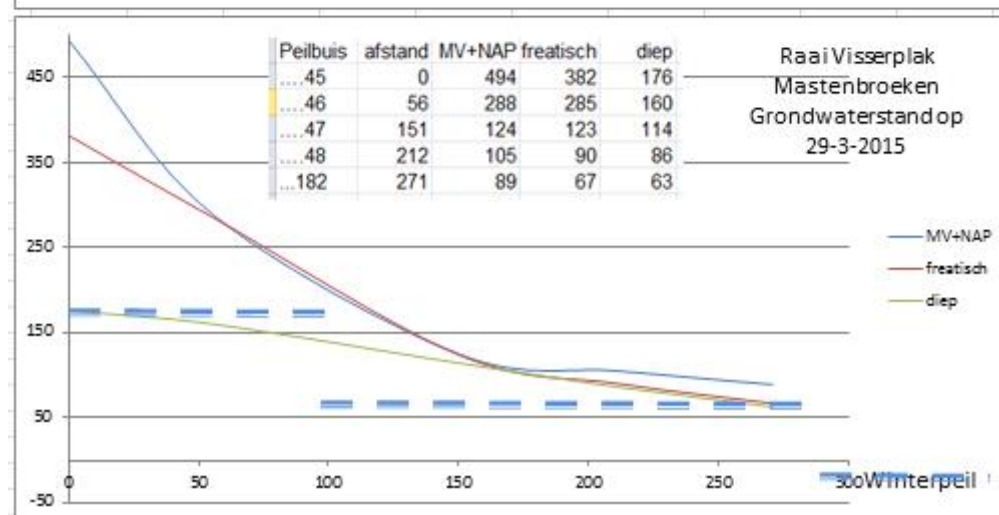
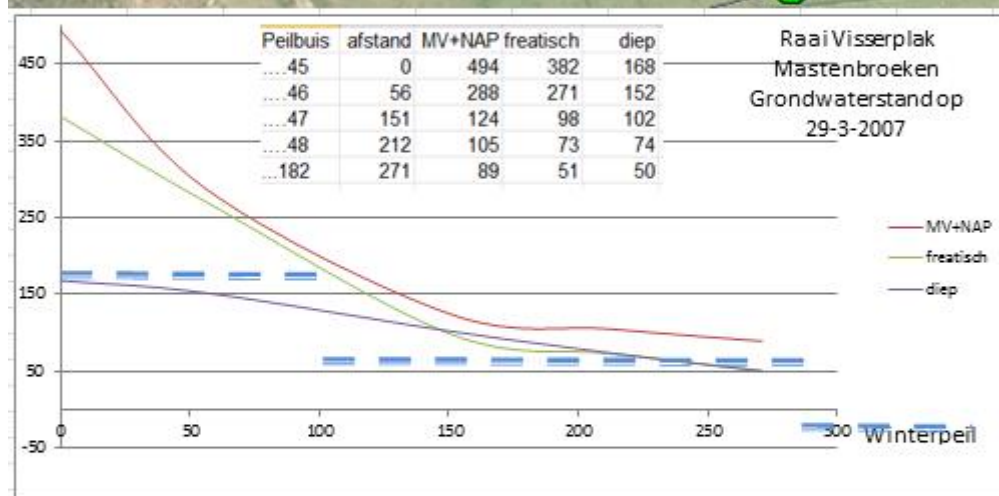
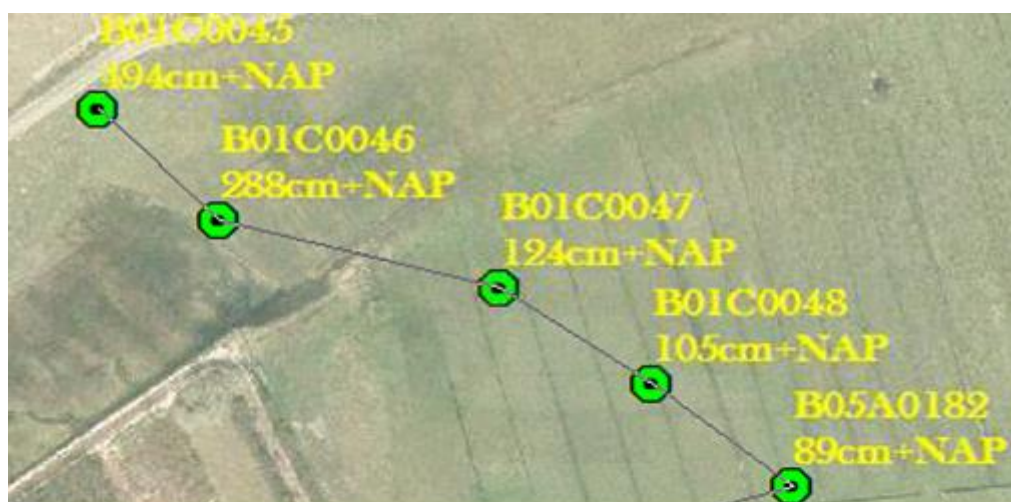
Figuur 46 Freatisch niveau in Visserplak en Mastenbroeken



Figuur 47 Diepe grondwater niveau in Visserplak en Mastenbroeken



Figuur 48 Freatisch en diepe niveaus in de Kooibosjes



Figuur 49 lengte profiel Visserplak/Mastenbroeken

Bijlage 4: resultaten Menyanthes

Deze bijlage is 15-12-2016 toegevoegd.

Uitleg Menyanthes:

Met Menyanthes is het mogelijk om een grondwatermodel te genereren met als input de neerslag en verdampingsdata, deze worden gecalibreerd/vergeleken met de werkelijke grondwaterstanden. Hoe hoger de waarde van de Explained Var (%) des te beter verklaart het model de werkelijk gemeten grondwaterstand. Als het percentage EV lager wordt dan 70% is het model niet meer betrouwbaar. Deze onbetrouwbaarheid is dan te wijten aan externe factoren en maatregelen die van invloed zijn op de grondwaterstand. De grafiek met de Residuals geeft aan in welke periode mogelijke externe invloeden/maatregelen hebben plaats gevonden.

Hieronder zijn de resultaten van de modelering van de freatische grondwaterstanden opgenomen.

Interpretatie resultaten Menyanthes:

In de getoonde diagrammen zijn alleen de freatische grondwaterstanden gemodelleerd.

Uit de residuen grafiek van de drie peilbuizen (45/46/47) is duidelijk een trendbreuk te zien vanaf 2009. De gemeten grondwaterstanden in peilbuis 45 voldoet het beste (EV=87%) aan het model. Een verklaring hiervoor is dat de afstand van de peilbuis tot sloten hier het grootst is en het grondwater niet tot in het maaiveld stijgt. De grafieken van de peilbuizen in de Mastenbroeken (48/182) laten een stijgende trend zien ook hier worden na 2009 vaker hogere grondwaterstanden gemeten dan op basis van het model te verwachten was.

In de Kooibosjes is de situatie omgekeerd, de lager gelegen peilbuizen (178/180) hebben EV>70%. In de residuen is alleen in peilbuis 178 een lichte stijgende trend te zien. Aan de residuen van peilbuis 180 is wel af te lezen dat vanaf 2014 een lagere grondwaterstand wordt gemeten (als gevolg van de nieuwe waterpassing?!).

Peilbuis 176 tegen het duin aan heeft ook een EV>70% hier zie je een duidelijke trendbreuk (stijgende grondwaterstanden) na 2009. De peilbuizen 177 en 179 hebben beide een lage EV. Te verwachten was dat het EV boven de 70% zou uitkomen, dit komt waarschijnlijk doordat het grondwater tot in het maaiveld stijgt. Vanaf eind 2014 zie je als gevolg van het plaggen rond peilbuis 179, dat de grondwaterstand de nieuwe maaiveldhoogte volgt.

