

Systeemanalyse
Grote Maarsseveense Plas en
Maarsseveense Zodden
tbv. WGP Noorderpark

J.M. Stroom



*Het noordwestelijke deel van de Grote Maarsseveense Plas met
daarboven de Maarsseveense Zodden (Vernooij, n.d.).*

Korte Ouderkerkerdijk 7
Amsterdam
Postbus 94370
1090 GJ Amsterdam
T 0900 93 94 (lokaal tarief)
F 020 608 39 00
KvK 41216593

www.waternet.nl

27 augustus 2014

Colofon

Opdrachtgever

Bedrijf	Waternet
Sector	Watersysteem
Afdeling	Waterplannen en Besturing
Projectleider	Winnie Rip

Opdrachtnemer

Sector	Techniek, Onderzoek & Projecten
Afdeling	Onderzoek en Advies
Projectleider	Jasper Stroom
Kwaliteitsborger	Renske Diek
Projectnummer	00.8129

Rapport

Rapporteur	Jasper Stroom
Versie	Definitief
Rapportnummer	14.079819
Sleutelwoorden	waterbeheer; grondwater; (geo)hydrologie; oppervlaktewater; Vechtplassen; waterbodem; Maarsseveense Plassen; Maarsseveense Zodden; grondwatergestuurd peilbeheer; flexibel peilbeheer; oppervlaktewaterkwaliteit; watersysteem; waterbalans; fosforbelasting; flexibel peilbeheer; watersysteemanalyse; watergebiedsplan Noorderpark; vraat; quaggamossel; driehoeksmossel; zebramossel, visstand; submerse vegetatie; kwel; infiltratie; waterbodem verdichten; infiltratiemeting; debietmeting; kreeft; visstand; brasem; karper

Samenvatting en maatregelen

De Grote Maarsseveense Plas, de Maarsseveense Zodden en de Kleine Maarsseveense Plas staan in open verbinding met elkaar en vormen samen het peilvak de Maarsseveense Plassen in het Noorderpark. De Grote en de Kleine Plas zijn diepe zandwinputten en de Zodden is een laagveengebied met petgaten en legakkers. Het peilbeheer voor dit peilvak wordt uitgevoerd met twee stuwen in de Kleine Plas. Het inlaatwater is afkomstig uit de Vecht (zie Figuur 2-8). De goede waterkwaliteit in de Grote Plas lijkt te verslechteren en de waterkwaliteit in de Zodden is niet goed.

Het doel van deze systeemanalyse is om de (geo)hydrologie en de chemische waterkwaliteit van de Grote Maarsseveense Plas en de Maarsseveense Zodden te begrijpen en suggesties te geven voor maatregelen ter verbetering van de waterhuishouding en het waterbeheer (1.1). De Kleine Plas maakt geen deel uit van dit onderzoek.

Het systeemfunctioneren van de Grote Maarsseveense Plas is duidelijk geworden (0.1.2). De opgedane kennis van de Maarsseveense Zodden is minder helder uitgekristalliseerd (0.1.3). Voorgesteld zijn maatregelen die de waterkwaliteit kunnen consolideren en/of verbeteren en daarbij het watersysteem robuuster maken (0.2.1). Daarnaast is een aantal onderzoeksmaatregelen voorgesteld (0.2.2).

0.1 Conclusies

0.1.1 (Geo)hydrologie en waterbeheer

Het streefpeil voor het gehele peilvak van de Maarsseveense Plassen is -1.25 m NAP. In de praktijk varieert het peil tussen -1.3 en -1.2 m NAP. Vooral de diepe Kleine en Grote Plas hebben een zeer goede uitwisseling met het grondwater in het eerste watervoerende pakket (wvp1). De stijghoogte in het wvp1 varieert binnen een jaar met enkele decimeters en heeft een gradiënt van oost (hoog; kwel in Grote Plas) naar west (laag; infiltratie uit Zodden, Kleine Plas en het westelijk deel Grote Plas). Zie Figuur 2-5.

Het strakke oppervlaktewaterbeheer is vooral in de zomer inefficiënt en belastend voor het watersysteem, omdat hierdoor meer hoogbelast Vechtwater wordt ingelaten dan nodig is (2.5). Voor strak oppervlaktewaterpeilbeheer is altijd meer suppletiewater nodig dan voor flexibeler peilbeheer. De grondwaterstand in het wvp1 zal in droge perioden lager worden dan het streefpeil. De "open" verbinding van de diepe plassen met het grondwater zorgt ervoor dat het grondwater dan wordt aangevuld met oppervlaktewater uit vooral de Grote en de Kleine Plas. Dat oppervlaktewater moet vervolgens worden aangevuld met extra suppletiewater om het oppervlaktewaterpeil bij het streefpeil te houden. Dat kost Vechtwater en leidt tot extra externe (nutriënten)belasting van het peilvak. Bovendien wordt in de

praktijk niet alleen gesuppleerd om een peildaling te doen stoppen, maar ook om het peil omhoog te brengen tot streefpeil¹. Deze peilopzet vindt plaats via de stuw in de Kleine Plas. Een deel van dat suppletiewater infiltreert naar het grondwater en een deel kan via de Kleine Plas de Zodden instromen. Een deel zal ook hier infiltreren. Aangezien de Grote Plas netto kwelt zal alleen in het geval van een grote en snelle peilopzet zoddenwater naar de Grote Plas stromen (0.1.2).

Indien de oppervlaktewaterpeilen in droge perioden de daling van de grondwaterpeilen in wvp1 zouden mogen volgen zou minder suppletiewater nodig zijn (2.6). In dit meer grondwatergestuurde peilbeheer hebben de peilen van het oppervlaktewater en het grondwater dan dezelfde dynamiek, al zal het grondwaterpeil een grotere amplitude hebben. Vanwege de porositeit van de bodem zal het grondwater bij neerslag namelijk sneller stijgen dan het oppervlaktewater. De combinatie van grond- en oppervlaktewater is een dempend systeem, waarbij lagere oppervlaktewaterpeilen bij droogte verdere oppervlaktewaterpeildaling doen afremmen. Dit komt onder andere doordat bij een lager oppervlaktewaterpeil kwel toeneemt (waaronder uit Molenpolder Natuur) en infiltratie afneemt. De suppletiebehoefte uit de Vecht wordt zo minder en er is een grotere marge om piekbuien op te vangen. De te verwachten autonome minimale oppervlaktewaterpeilen zijn niet berekend in scenarioberekeningen. Er zijn wel aanwijzingen dat het oppervlaktewaterpeil niet (veel) verder zal zakken dan -1.4 m NAP (box in 2.5). Zie voor een praktische uitwerking van grondwatergestuurd peilbeheer in 0.2.1.

0.1.2 Grote Maarsseveense Plas

(Geo)hydrologie

De waterbalans is gebaseerd op gemeten uitwisselingsdebieten met de Maarsseveense Zodden. Volgens de waterbalans bestaat de Grote Plas voor ongeveer 70% uit grondwater (3.3). De kwel is afkomstig van ondiep grondwater uit de omringende hoger gelegen polders en van dieper grondwater (2.1). De berekende gemiddelde bruto kwel is 6 mm/d. Aan de westzijde wordt 1 mm/d infiltratie berekend (3.3). De berekende bruto kwel is hoger dan in andere studies op basis van grondwatermodellen (2.2). Er is een aantal argumenten dat deze grotere hoeveelheid kwel aannemelijk maakt (3.3). Minder kwel naar de plas zou periodiek een stromingsrichting van de Zodden naar de Grote Plas moeten genereren vanwege het verdampingsoverschot. Dit lijkt ook in warme en droge omstandigheden vrijwel nooit het geval te zijn. Dit is gebaseerd op de metingen van (1) de uitwisselingsdebieten en (2) de waterkwaliteit (inclusief ionenratio's). Bij het meetpunt in de Zodden² wordt vrijwel nooit – en in de Plasgracht³ nooit – Kleine Plaswater aangetroffen. Indien een lagere grondwaterinflux wordt verondersteld, neemt bovendien de geloofwaardigheid van de chloridecalibratie van de waterbalans af (3.3).

¹ Dit is inherent aan handbediend peilbeheer. Bij laagwater wordt normaliter aangevuld tot het streefpeil.

² Hierbij de kanttekening dat het meetpunt in de Zodden dicht bij de Grote Plas ligt en ver van de Kleine Plas. Over de Zodden is vaak een grote gradiënt in waterkwaliteit aanwezig. Nabij de Bethunepolder en de Kleine Plas is regelmatig Kleine Plaswater (en dus Vechtwater) aanwezig (6.1).

³ De Plasgracht verbindt de Grote Plas met de Zodden.

Er is een tweetal uitzonderingen op de continue stroming uit de Grote Plas:

- Indien bij lage waterstanden Vechtwater wordt ingelaten en het streefpeil binnen enkele weken wordt hersteld, wordt meer suppletiewater aangevoerd (ook na de infiltratieverliezen uit de Kleine Plas en de Zodden) dan de Grote Plas levert aan kwel. Dit komt zelden voor (2.7.1).
- Op een tijdschaal van uren tot dagen kan ook wind Zodden- en Plasgrachtwater de Grote Plas in brengen, of vice versa (2.7.3). De wind moet dan over de lengterichting van de Plasgracht liggen (noordwest – zuidoost). Het betreft dan een klots: zodra de wind afneemt stroomt het water weer terug.

Waterkwaliteit

Omdat de stroming dominant de Grote Plas uit gaat (tijdschaal dagen), zal bij het tijdelijk omdraaien van de stromingsrichting (tijdschaal uren) veelal datzelfde Grote Plaswater terug de plas in stromen. Doorgaans zal dat niet lang genoeg duren om Kleine Plaswater de Grote Plas te laten bereiken (o.a. 4.1.1). Het retourwater naar de Grote Plas heeft in de Zodden en wellicht ook al in de Plasgracht een slechtere waterkwaliteit gekregen (0.1.3).

De Grote Plas is laag belast en zit daardoor zowel wat betreft fosfor, chlorofyl-a als doorzicht tussen oligo- en mesotroof in (4.1). De plas is fosforgelimiteerd en de algengroei wordt bepaald door de actuele fosforbelasting in het groeiseizoen (4.1.3). De belangrijkste potentiële fosfaatbronnen – kwel en de diepe onderwaterbodem – zijn waarschijnlijk inactief vanwege een goed functionerende ijzervel (5.1). In het kwel- en poriewater van het sediment is afdoende ijzer aanwezig. De zuurstofconcentraties worden niet heel laag in een groot volume, waardoor het fosfaat over het algemeen goed aan het ijzer kan binden (4.2, 4.3.1). Als vrij orthofosfaat aanwezig is kan dit waarschijnlijk iets hoger in de (wat zuurstofrijkere) waterkolom weer aan ijzer worden gebonden en/of later in de tijd na destratificatie. Het is niet bekend of de waterbodem in de winter extra fosfaat uit de waterkolom kan vastleggen (netto retentie).

De zomerse fosforbelasting is berekend op 0.2-0.6 mg/m²/d (3.4). Dat is lager dan de belasting van 0.7 mg/m²/d waarboven (blauw)algenbloeien kansrijker worden. Ondanks het geringe areaal heeft de uit- en afspoeling van percelen potentieel een groot aandeel in de totale fosforbelasting. Dat heeft te maken met de grote onzekerheidsmarge van de fosforconcentraties in uit- en afspoelwater.

Aangetoond is dat rond 1980 het areaal ondergedoken waterplanten binnen zeven jaar sterk is afgenomen, wat vrijwel zeker veroorzaakt is door benthivore vis⁴. De huidige totale en benthivore visstand per vierkante meter totaal plasoppervlak is – vergeleken met overige diepe plassen – laag en ook lager dan in 1980. Ten opzichte van het voor vis foerageerbare areaal en de kennis in ondiepe wateren is de visstand minder laag. Wel is de brasemstand afgenomen en waarschijnlijk dalend. De submerse vegetatie is toegenomen van 10%-15% (2007) naar 19% (2013) ten opzichte van het begroeibaar geachte areaal (10% van het plasoppervlak) (5.2). Om vegetatie in de Grote Plas te houden of te laten

⁴ Vissen die slib opwoelen en waterplanten ontwortelen, wat ten koste gaat van vegetatie en lichtklimaat.

toenemen is de visstand van vooral brasem en in mindere mate karper en de aanwezigheid van kreeften (bv. de rode Amerikaanse rivierkreeft) van belang. Hier missen recente kwantitatieve gegevens en ook de populatie van zoetwatermossels met een grote filtreercapaciteit is niet bekend. Het is daarom niet duidelijk of deze factoren in de Grote Plas in de huidige situatie daadwerkelijk de vegetatie en het lichtklimaat beïnvloeden (5.3, 5.4). Zie de onderzoeksmaatregelen in 0.2.2.

Voor de trends in de waterkwaliteit geldt dat de plas zich vooralsnog in een stabiele heldere toestand lijkt te bevinden. Onzeker hierbij is dat het grondwater sterk - en in de tijd wisselend - vervuild is geraakt met oppervlaktewater (4.1.2, 4.3). De historische grondwaterkwaliteitsmetingen en de grootte van de kwelstromen zijn niet tot een betrouwbare berekende stofvracht te herleiden, vanwege de variatie zowel in de tijd als in de ruimte (horizontaal en verticaal). Daarnaast is de effectiviteit van de ijzerval in een periodiek zuurstofloze diepe plas inherent onzeker en zou de (kans op) fosfaatnalevering kunnen toenemen (5.1).

0.1.3 Maarsseveense Zodden

Een goede bathymetrie⁵ en een representatief waterkwaliteitsmeetpunt zijn niet beschikbaar. In- en uitlaatgegevens en uitwisselingsdebieten tussen de Zodden en de Kleine Plas zijn onbekend. De aanzienlijke hoeveelheid infiltratie uit de Zodden richting Bethunepolder is daarom berekend op basis van modelinput met een vrij grote onzekerheidsmarge. Er valt wel een globaal beeld te schetsen.

(Geo)hydrologie

In de Zodden is een sterke gradiënt aanwezig van aan de oostzijde "vers" Grote Plaswater (kwel, neerslag) en aan de westzijde "oud" Grote Plaswater, dat door de passage in de Zodden is opgeladen met nutriënten. Aan de westzijde zal ook periodiek Kleine Plaswater aanwezig zijn (6.1). Het zoddengebied infiltreert sterk richting de Bethunepolder. In meteorologisch gemiddelde omstandigheden zal de kwelgevoede aanvoer vanuit de Grote Plas altijd afdoende zijn om de infiltratie uit de Zodden volledig te kunnen compenseren. Water uit de Kleine Plas komt dan niet in de Zodden. Bij een sterk verdampingoverschot zal Vechtwater via de Kleine Plas worden gesuppleerd om het gehele watersysteem op peil te houden. Dit aandeel suppletiewater in de Zodden kan veel groter worden als op dat moment ook het oppervlaktewaterpeil in de Kleine Plas toeneemt als gevolg van extra suppletie (om lage waterpeilen te verhogen naar streefpeil). De combinatie van veel neerslag met zuidoostenwind kan een grote hoeveelheid stroming uit de Grote Plas naar de Zodden opwekken, waardoor een aanzienlijk deel (berekend is een kwart) van het zoddenwater wordt vervangen door Grote Plaswater. De waterbalans van de Grote Plas en de Zodden samen is bij gebrek aan betrouwbare gegevens niet goed te kwantificeren. Hoe vaak en onder welke omstandigheden Kleine Plaswater in de Zodden komt kan daarom niet gekwantificeerd worden.

Waterkwaliteit

De waterkwaliteit in de Zodden is grotendeels onbekend gebleven. Het waterkwaliteitsmeetpunt in de Zodden ligt zeer onder invloed van de Grote Plas en is daarom niet representatief. De waterkwaliteit bij dat meetpunt is, net als in de Plasgracht,

⁵ Vorm en diepte van de plas, gebaseerd op vlakdekkende dieptepeilingen.

beduidend slechter dan de waterkwaliteit in de Grote Plas (4.1). Het water afkomstig uit de Grote Plas is helder en van een goede kwaliteit, maar met hoge bicarbonaatconcentraties en pH. Gezien de waterbodemsamenstelling (P/Fe/S) in de Zodden zal er sprake zijn van afbraak van organisch materiaal en nutriëntennalevering (6.1). Dit kan de hogere fosfor- en chlorofyl-a-concentraties verklaren die in de Plasgracht en in de Zodden worden gevonden. Het is opvallend dat halverwege de Plasgracht de fosforconcentraties al toenemen. Het is niet duidelijk of dit lokale bronnen op de Plasgracht (waterbodem, percelen) betreft, of transport vanuit de Zodden (4.1.3).

Het water dat vanuit de westzijde (uit de Kleine Plas) de Zodden belast, is op alle vlakken van een chemisch mindere kwaliteit, heeft een hogere extinctie, en bevat meer (blauw)algen (4.1). Het is zaak om het aandeel Kleine Plaswater in de Zodden te minimaliseren. Er wordt in 0.2 onder andere ingegaan op waterhuishoudkundige maatregelen om dit te realiseren. Maar meer detailkennis van het systeemfunctioneren van de Zodden is gewenst en kan tot aanvullende effectieve maatregelen leiden, zie onderzoeksmaatregelen (0.2.2).

0.2 Maatregelen

Aanbevolen wordt om ten opzichte van de huidige situatie (1) een tweetal (programmeerbare) stuwen te plaatsen, (2) de inlaatstuw bij de Kleine Plas te automatiseren, (3) de Grote Plas als waterbuffer te laten fungeren en (4) in de Zodden het waterpeil in de zomer verder te laten uitzakken. Daarnaast is een aantal onderzoeksmaatregelen geformuleerd.

Aanbevolen wordt de hieronder benoemde maatregelen:

- 1, 2, 3.a en 3.b.i nader uit te werken met het oogmerk ze uit te voeren,
- 5, 6, 7 en 8 nader te onderzoeken en afhankelijk van de resultaten (1) niet, (2) als proefproject of (3) op grotere schaal uit te voeren,
- 3.b.ii en 4 in reserve te houden.

0.2.1 Verbeteren waterkwaliteit en robuustheid watersysteem

1. Aanbevolen wordt het peilbeheer in de Zodden en de Grote Plas flexibeler uit te voeren dan nu het geval is en te werken met een meer grondwatergestuurd peilbeheer. Laat het peil indien nodig uitzakken tot -1.40 m NAP of lager. Dit vergt een nadere uitwerking van mogelijke neveneffecten op funderingen, veen en geohydrologie. Een eerste screening van deze aspecten laat niet op voorhand onoverkomelijkheden zien (2.6.1). In de winter wordt aanbevolen het huidige streefpeil van -1.25 m NAP te handhaven. Waarom? Flexibeler peilbeheer vermindert de externe nutriëntenbelasting sterk en wellicht ook de hoogwateroverlast in de percelen bij de Zodden (bij zomerse piekbuien).
2. Aanbevolen wordt het waterpeil in de Zodden nooit te laten stijgen als gevolg van het suppleren van water uit de Vecht. Suppleer louter om het peil niet verder te laten uitzakken dan gewenst. Dit vereist automatisering van het inlaatwerk bij de Kleine Plas op basis van actuele oppervlaktewaterwaterpeilen⁶. Waarom? Dit vermindert de externe

⁶ Indien maatregel 3.b geautomatiseerd wordt uitgevoerd vervalt de noodzaak de inlaatstuw bij de Kleine Plas te automatiseren.

nutriëntenbelasting in de Zodden en de Kleine Plas en in mindere mate in de Grote Plas.

3. Aanbevolen wordt het peilvak te compartimenteren op een zodanige wijze dat de inlaatbehoefte afneemt en de robuustheid van het watersysteem wordt gewaarborgd of verbeterd⁷. De Grote Plas fungeert dan als waterbuffer.
 - a. Tussen de Grote Plas en de Plasgracht wordt een (geautomatiseerde) beweegbare stuw met een verdrongen terugslagklep geplaatst. De dimensionering is zodanig dat de plas doorgaans het peil van de Zodden kan volgen maar piekbelastingen niet snel kan afvoeren. Het water kan beneden het stuwpeil de Grote Plas wel uit, maar niet in. De dimensionering moet er voor zorgdragen dat bij hoogwater in de plas wel afdoende kan worden afgevoerd zodat geen onaanvaardbare oppervlaktewaterpeilen in de Grote Plas zullen optreden. Dit vergt onderzoek naar de gebruiksfuncties. Er worden niet op voorhand al problemen verwacht, gezien de geïsoleerde ligging van de plas. Dit heeft drie aspecten die het ontwerp bepalen op basis van nog te maken hydraulische berekeningen:
 - i. De stuw is in hoogte verstelbaar. Het Grote Plaspeil wordt in de winter verhoogd tot -1.10 m NAP. In die periode wordt de terugslagklep gesloten, zodat de stuw alleen als overlaat fungeert. In de zomer gaat de klep + stuw in bedrijf en vermindert zo de eerste waterbehoefte vanuit de Vecht. Het streefpeil in de (kwellende) Grote Plas volgt in de zomer het Zoddenpeil via de terugslagklep. Bij (zomerse) buien echter zal het peil in de Grote Plas sneller/langduriger kunnen stijgen dan in de Zodden (zie 0.1.2). De beperkte dimensies en (geautomatiseerde) bediening van de terugslagklep zorgen er dan voor dat de Grote Plas dit wateroverschot niet snel en/of met een tijdvertraging kan leveren aan de Zodden. De Zodden krijgen bij piekbuien zo een geringere peilverhoging te verwerken en kunnen sneller die peilverhoging afvoeren. Daarnaast zal de watervraag vanuit de Vecht verminderen omdat de Grote Plas nog een periode na de bui extra water zal suppleren aan de Zodden. Waarom? De Grote Plas fungeert als buffer (en vervolgens als primaire inlaat) om in het voorjaar en na zomerse buien de inlaat van Kleine Plaswater naar de Zodden te minimaliseren. Het vermindert bovendien zomerse hoogwaterpieken in de Zodden en dat maakt het watersysteem robuuster.
 - ii. De terugslagklep voorkomt dat peilbeheer en wind een stromingsrichting van de Zodden naar de Grote Plas kan bewerkstelligen. Waarom? Dit minimaliseert de externe belasting op de Grote Plas.
 - b. Tussen de Zodden en de Kleine Plas wordt ook een (programmeerbare) beweegbare stuw met een verdrongen terugslagklep geplaatst. Het water kan beneden het stuwpeil de Zodden wel uit (naar de Kleine Plas), maar niet in. Omdat er perioden met watervraag van de Zodden kunnen zijn, moet er wel gesuppleerd kunnen worden. De beweegbare stuw met

⁷ Er kan gedacht worden aan voorzieningen om de beoogde stuwen voor kano's doorvaarbaar te maken bij minimale wateruitwisseling of een overstapplaats aan te leggen. Gezien het geringe peilverschil kan gedacht worden aan een rollerbaan waarbij de kano over de stuw getrokken wordt zonder uit te hoeven stappen.

terugslagklep wordt ingesteld net boven het laagste zomerpeil (zie item 1). Dat gaat ongewenste wateruitwisseling effectief tegen, maar als het laagste zomerstreefpeil wordt bereikt, kan vanuit de Kleine Plas worden gesuppleerd. De dimensionering en (geautomatiseerde) bediening op deze locatie is zodanig dat het water in de Zodden bij hoogwater snel kan afdalen. Waarom? De invloed van Kleine Plaswater op de Zodden wordt geminimaliseerd, terwijl hoogwatersituaties snel via de Kleine Plas kunnen worden afgevoerd.

De waterscheiding met stuw kan op twee locaties:

- i. Direct ten zuiden van de Zodden bij het aan- en afvoerkanaal richting de Kleine Plas.
 - ii. Ten oosten van de sterkst infiltrerende gebieden in de Zodden. Waar de grenzen van dit gebied precies moeten liggen dient nader onderzocht te worden. Ingeschat wordt dat dit de noord-west-rand en het diepe deel in het westen betreft. Deze variant is effectiever om de Grote Plas + Zodden een netto kwelgebied te maken zonder enige suppletiebehoefte. Wat uitvoering betreft kan dit lastig, kostbaar en te ingrijpend blijken te zijn, omdat een lange fysieke waterscheiding moet worden aangelegd. Bovendien krijgt het deel van de Zodden een slechtere waterkwaliteit.
4. Het water in de Nedereindse Vaart (in de zomer gevoed door de Breukeleveense plas) is van betere kwaliteit dan het Vechtwater. Als alternatief voor Vechtwater kan ook water uit de Nedereindse Vaart worden ingezet als suppletiewater, hetzij alleen voor de Zodden, hetzij voor de Zodden en de Kleine Plas samen. Suppletie komt dan uit de door de Nedereindse Vaart te voeden Plasgracht in plaats van uit de Kleine Plas/Vecht. Hiervoor dient een inlaatwerk te worden aangelegd. Aanbevolen wordt uit te zoeken hoeveel extra inlaat het betreft en wat de neveneffecten daarvan zijn, vooral op de hoeveelheid extra water die bij Loosdrecht moet worden ingelaten. Dit is ingrijpend, gaat ten koste van water uit de Breukelenveense plas en zou alleen een optie moeten zijn als het minimaliseren van suppletie uit de Kleine Plas afvalt (zie items 1, 2 en 3). Waarom? Het suppletiewater in de Zodden wordt van een betere kwaliteit dan Kleine Plaswater.

0.2.2 Overige onderzoeksmaatregelen

5. Aanbevolen wordt te onderzoeken of lokaal de (water)bodem kan worden verdicht. Dit om infiltratieverlies (1) vanuit de Molenpolder Natuur naar de Grote Plas te beperken (gedacht vanuit het beperken van suppletiebehoefte naar Molenpolder Natuur), en (2) vanuit de Zodden naar de Bethunepolder te beperken (gedacht vanuit het beperken van inlaat vanuit de Vecht). Hiertoe dienen de bestaande waterbodems te worden gekarteerd, infiltratiemetingen⁸ te worden uitgevoerd en technieken/materialen te worden verkend. Daarbij verdient het aanbeveling om op meerdere locaties in de Zodden peilfilters in het wvp1 te plaatsen – zowel in de petgaten met en zonder deklaag als onder de legakkers – om te analyseren waar verdichten het meest effectief is en of het op de meest effectieve locaties ook uitvoerbaar is. Gestreefd dient te

⁸ Waternet heeft een infiltratiemeter ontwikkeld die in de zomer van 2014 getest wordt.

worden naar een methode die vestigingskansen voor vegetatie niet verstoren (bijvoorbeeld verdichting *in* in plaats van *op* de bodem). Dit zou na vooronderzoek als proefproject in het gebied kunnen worden uitgevoerd. Waarom? Verdichten kan een zeer goed uitvoerbare en kosteneffectieve geen-spijtmaatregel blijken te zijn met ook potenties in andere watersystemen.

6. De waterkwaliteit in de Zodden is niet goed bekend vanwege het ontbreken van gegevens. Aanbevolen wordt om na een meetcampagne een systeemanalyse van de Zodden te maken. Dit kan aanvullende maatwerkmaatregelen opleveren. Hiervoor is minimaal nodig:
 - a. Het verplaatsen/toevoegen van één of – beter – meerdere centraal gelegen meetpunt(en) in de Zodden.
 - b. Het installeren van een debietmeter tussen de Zodden en de Kleine Plas. Daarbij zouden EC-loggers in het traject tussen de Grote en de Kleine Plas kunnen worden opgehangen, om te achterhalen welk water onder welke omstandigheden waar terecht komt. Dit is nodig om een sluitende en gevalideerde waterbalans te kunnen maken. Het alternatief is om de Kleine Plas tijdelijk af te sluiten van de Zodden, om de waterbalans van de twee deelgebieden (Grote Plas en Zodden) samen te monitoren. Dit kent praktische bezwaren omdat (1) de afsluiting snel ongedaan moet kunnen worden gemaakt bij hoogwater en (2) het gedurende meerdere perioden moet worden uitgevoerd omdat de waterbalans in de tijd sterk varieert.
 - c. Het plaatsen van peilfilters in wvp1 (zie ook item 5).
 - d. Het meten van infiltratiesnelheden op meerdere locaties.
 - e. Het uitvoeren van ecologische inventarisaties (zie ook item 7 en 8).
 - f. Het nader uitwerken van de hydrologische en ecologische metingen om het systeemfunctioneren en de sturende factoren in de Zodden te kunnen achterhalen.
7. Aanbevolen wordt te onderzoeken of bodemopwoeling en/of vraat door vooral brasem en kreeften een relevante beperkende factor is voor de ontwikkeling van submerse vegetatie en zo de waterkwaliteit negatief beïnvloeden. Deze aspecten kunnen van belang blijken in zowel de Grote Plas als in de Zodden. Hiervoor is het nodig voor de Grote Plas (en wellicht voor diepe plassen in het algemeen) zo kwantitatief mogelijk te onderzoeken (literatuurstudie en zonodig met een kooiexperiment) wat de invloed is van benthivore vis en kreeft op de submerse vegetatie.
8. Aanbevolen wordt de invloed van mossels op de waterkwaliteit te kwantificeren. Hiertoe dienen mosselinventarisaties tot op grote dieptes uitgevoerd te worden in de Grote Plas en de Zodden. De gegevens worden getoetst aan beschikbare literatuur wat betreft filtreercapaciteit en voedselvoorkeuren. De quaggamossel is sterk in opkomst en er is veel literatuur over een (zeer) grote positieve invloed van vooral quagga's op de helderheid van meren en plassen. Het is nodig de invloed van de mossels in te kunnen schatten, ook in diepe plassen die een relatief groot volume ten opzichte van het bodemoppervlak hebben. Daarnaast is het nodig om te onderzoeken in hoeverre de verschillende mogelijke dominanties van mossels blauwalgenbloeien kunnen voorkomen of juist stimuleren.

Inhoud

	Samenvatting en maatregelen	3
0.1	Conclusies	3
0.1.1	(Geo)hydrologie en waterbeheer	3
0.1.2	Grote Maarsseveense Plas	4
0.1.3	Maarsseveense Zodden	6
0.2	Maatregelen	7
0.2.1	Verbeteren waterkwaliteit en robuustheid watersysteem	7
0.2.2	Overige onderzoeksmaatregelen	9
1	Inleiding	13
1.1	Doel	13
1.2	Aanpak en afbakening	14
1.3	Gebiedsbeschrijving	14
2	(Geo)hydrologie	16
2.1	Geohydrologie kort	16
2.2	Kwel en infiltratie	17
2.3	Hydrologie	18
2.4	(Historische) grond- en oppervlaktepeilen	22
2.5	Peilbeheer vs. grondwateruitwisseling	23
2.6	Grondwatergestuurd peilbeheer	24
2.6.1	Implicaties lager zomerpeil	25
2.7	Uitwisseling Maarsseveense Zodden met Grote Maarsseveense Plas	26
2.7.1	24/7-3/9 2013	26
2.7.2	8/2-3/3 2014	28
2.7.3	Wind	28
3	Waterbalans chloride- en fosforbelasting Grote Plas	29
3.1	Balansposten waterbalans	29
3.1.1	Berging	29
3.1.2	In- en uitlaat en grondwateruitwisseling	29
3.1.3	Overig	29
3.2	Chloride en fosfor	30
3.3	Kalibratie op basis van chlorideconcentraties grondwater	30
3.4	Resultaten waterbalans en fosforbelasting	33
4	Waterkwaliteit	35
4.1	Langjarige reeksen	35
4.1.1	Chloride, calcium, EGV	35
4.1.2	Ionenratio's	35
4.1.3	Fosfor	37
4.1.4	Stikstof	39
4.1.5	IJzer, sulfaat, bicarbonaat en pH	39
4.1.6	Chlorofyl-a, doorzicht	40
4.1.7	Extinctie, DOC, TOC	40
4.2	Verticaalmetingen Grote Plas	41

4.3	Grondwater	42
4.3.1	Peilfilters 2014	42
4.3.2	Chloride historisch	43
5	Overig systeemfunctioneren Grote Maarsseveense Plas	45
5.1	Interne eutrofiëring	45
5.2	Submerse vegetatie	45
5.3	Vis en kreeft	46
5.4	Mossels	47
5.5	Conclusie	48
6	Overig systeemfunctioneren Maarsseveense Zodden	50
6.1	Interne eutrofiëring	50
6.2	Uitwisseling Grote Plas – Zodden – Kleine Plas	51
	Referenties	52
	Bijlagen	57
Bijlage A	Diepten Maarsseveense Zodden	58
Bijlage B	Historische grondwaterstanden	59
Bijlage C	Waterstanden oppervlakte- en grondwater	60
Bijlage D	Kwelkaart 1989	62
Bijlage E	Historische peilenkaart	63
Bijlage F	Waterstanden en meteo 8/2 – 3/3 2014	64
Bijlage G	Validatie debietmeetstation	65
Bijlage H	Debieten Grote Plas (10 min.) en wind	66
Bijlage I	Waterbalans Grote Plas	68
Bijlage J	Fosforbelasting Grote Plas	69
Bijlage K	Verwisseling monsterpunten PMW040 & 041	70
Bijlage L	Ionenratio's	73
Bijlage M	Chloride, calcium, EGV	77
Bijlage N	Fosfor	79
Bijlage O	Stikstof	82
Bijlage P	IJzer, sulfaat, bicarbonaat, pH	85
Bijlage Q	Chlorofyl-a, doorzicht	87
Bijlage R	Extinctie, DOC, TOC	91
Bijlage S	Verticaalmetingen	93
Bijlage T	Upwelling	99
Bijlage U	Analyses waterbodem 2013	100
Bijlage V	Visstand diepe plassen 2006 en 2013	101

1 Inleiding

Conclusies en aanbevelingen voor maatregelen staan uitgewerkt in de Samenvatting en maatregelen op pagina 3.

De Grote Maarsseveense Plas is één van de helderste plassen in het beheergebied van AGV. Dit lijkt aan verandering onderhevig, omdat in de periode 2005-2008 onverwachte en onverklaarbare pieken in de fosforconcentraties optraden. Daarnaast signaleren gebruikers (de duikvereniging) dat het doorzicht in de plas afneemt. Zandwinplassen zoals de Grote Plas hebben vanwege hun diepte een grote draagkracht en zijn vaak vlak na de aanleg zeer helder. Echter de diepe plassen in west-Nederland slaan vaak om naar een door blauwalgen gedomineerd watersysteem. Het is daarom van belang om het hydrologisch en ecologisch functioneren van het watersysteem goed te begrijpen om te kunnen inschatten of de Grote Maarsseveense Plas ook die kant op gaat of zich juist in een stabiele toestand bevindt.

Voor het watergebiedsplan Noorderpark is een uitgebreide systeemanalyse gemaakt (Schep, 2011). Hieruit kwam onder andere naar voren dat het systeem-functioneren van de Grote Maarsseveense Plas nog niet afdoende wordt begrepen. Daarnaast blijkt dat onder andere in de Maarsseveense Zodden de waterkwaliteit achteruitgaat. Dit zoddengebied staat in open verbinding met de Kleine en de Grote Maarsseveense Plas. In het watergebiedsplan wordt voorgesorteerd op aanpassingen in de waterhuishouding die zijn gericht op het vasthouden van water, om zo effectief mogelijk om te gaan met beschikbare bronnen van schoon water in het Noorderpark. Ook is in de Zodden sprake van wateroverlast bij piekbuien. Dit rapport legt de focus op het systeemfunctioneren van de Grote Maarsseveense Plas en de Maarsseveense Zodden en gaat in op waterhuishoudkundige maatregelen om de waterkwaliteit te kunnen consolideren of te verbeteren.

1.1 Doel

Het doel van de systeemanalyse is om:

1. de hydrologie en de chemische waterkwaliteit (het systeemfunctioneren) van de Grote Maarsseveense Plas en de Maarsseveense Zodden te begrijpen
2. gebaseerd op de chemische waterkwaliteit en het hydrologisch functioneren maatregelen aan te dragen in de waterhuishouding en het waterbeheer om de waterkwaliteit te consolideren of te verbeteren (in relatie tot het Utrechtse deel van het Natura-2000-gebied Oostelijke Vechtplassen en de Grote Maarsseveense Plas).

1.2 Aanpak en afbakening

In dit rapport wordt voornamelijk ingegaan op de Grote Maarsseveense Plas en de Maarsseveense Zodden. Louter wat betreft de voorgestelde maatregelen wordt kort ingegaan op de mogelijke effecten van die maatregelen op de wateroverlast. Al decennia wordt onderzocht en gerapporteerd over verschillende delen van het Noorderpark. Ook voor het watergebiedsplan Noorderpark zijn weer uitgebreide analyses en beschrijvingen van het watersysteem gemaakt, die kunnen worden gebruikt als inleiding. Deze voorkennis kan nodig blijken te zijn om dit rapport te kunnen begrijpen (Cals and Roelofs, 1989; Schep, 2011; Wassen et al., 1989)⁹.

In dit onderzoek is een waterbalans van de Grote Maarsseveense Plas opgesteld waarbij vooral aandacht is besteed aan de rol van het grondwater en aan de uitwisseling tussen de Grote Plas en de Maarsseveense Zodden. Vanuit de analyse van de waterbalans, de fosforbelasting en de historische waterkwaliteit is systeembegrip opgedaan. Op basis daarvan is een overzicht van mogelijke maatregelen opgesteld.

Er is veldwerk uitgevoerd:

- De waterkwaliteit van de plas is over de verticaal bemeaten (2012 - 2013).
- Er is een debietmeter geïnstalleerd die de uitwisseling tussen plas en Zodden vastlegt (augustus 2013-december 2013).
- Middels een puls boring tot 70 meter zijn vier peilfilters geïnstalleerd op een locatie waar grondwater de plas in kwelt. De grondwaterpeilen en de grondwatersamenstelling zijn hier bepaald, (november 2013 en januari 2014).
- Rondom de plas zijn drie ondiepe filters in het eerste watervoerende pakket geplaatst, waarbij de grondwaterstanden zijn gemeten (januari 2014).

1.3 Gebiedsbeschrijving

Voor een uitgebreide gebiedsbeschrijving zie *Watersysteemanalyse Noorderpark ten behoeve van Watergebiedsplan en Beheerplan Natura 2000* (Schep, 2011)¹⁰, en voor gegevens uit de tabellen zie excelsheets¹¹. De Kleine en de Grote Maarsseveense Plas zijn in 1961 en 1962 ontstaan door zandwinning (Adamse, 2012). De Grote Plas is daarbij maximaal 32 meter diep geworden, met aan de noord-westzijde een ondieper deel (zie Figuur 1-1). De Kleine Plas is maximaal 25

Tabel 1-1. Kenmerken Grote Maarsseveense Plas.

oppervlak	648465	m ²
volume	7965641	m ³
diepte gem.	12.8	m
diepte max.	30.6	m
omtrek	5019	m
onverhard	499803	m

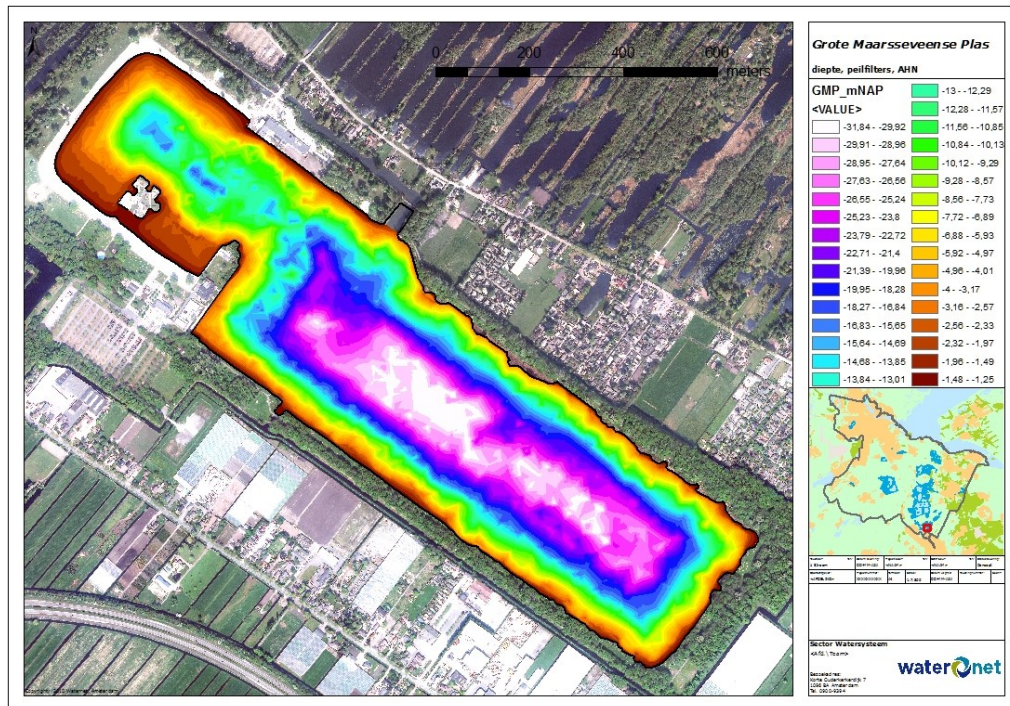
Tabel 1-2. Kenmerken Maarsseveense Zodden.

onverhard (percelen)	948189	m ²
onverhard (Zodden)	237047	m ²
water (percelen)	28180	m ²
water (Zodden)	253620	m ²
water (totaal)	281800	m ²
water (totaal)	329705	m ³

⁹ Wassen et al. gepubliceerd in (van Liere et al., 1989), hoofdstuk 22.

¹⁰ Hoofdstuk 2

¹¹ Grote Maarsseveense Plas: Balans GMP EvapAVG 10mrt2014 GW als restpost.xlsx, Maarsseveense Zodden: PMW_Maarsseveenseplassen_balans.xls.



2 (Geo)hydrologie

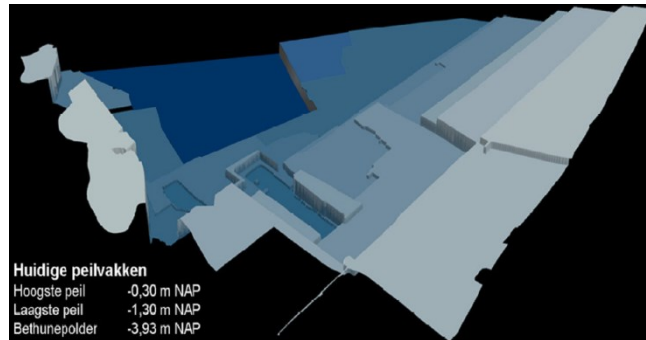
2.1 Geohydrologie kort

Voor een uitgebreide geohydrologische beschrijving en modelberekeningen zie (Schip, 2011)¹³. Hier een samenvatting van die resultaten, aangevuld met de resultaten van het veldwerk 2013/2014 en updates van de grondwatermodelberekeningen (Beemster, 2014).

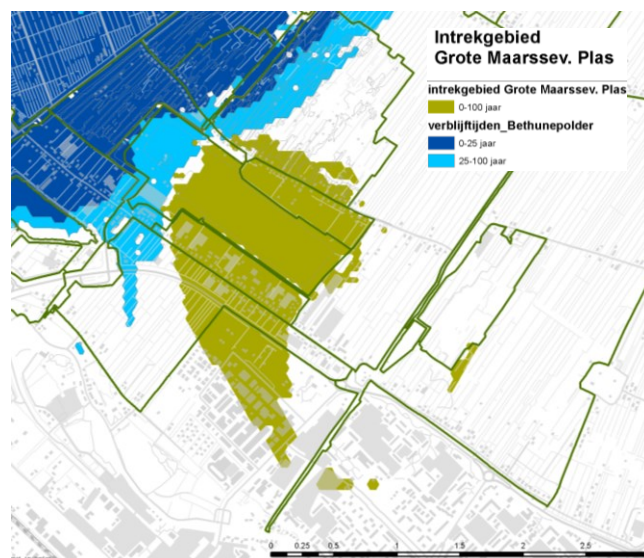
De maaiveldhoogten en grondwaterstanden lopen regionaal van het hoger gelegen zuidoosten naar beneden naar het noordwesten. Het laagste punt is de Bethunepolder. Ten oosten van de Grote Plas liggen meerdere van deze terrassen met steeds hogere peilen.

De grootste kwelflux komt van het zuiden en noorden van de plas (zie Figuur 2-2). Aan de westzijde infiltreert de plas naar de Bethunepolder. De Maarsseveense Zodden en de Kleine Plas infiltreren ook naar de Bethunepolder. Vanuit de hoger gelegen Molenpolder Natuur vindt lokaal infiltratie naar de Grote Maarsseveense Plas plaats.

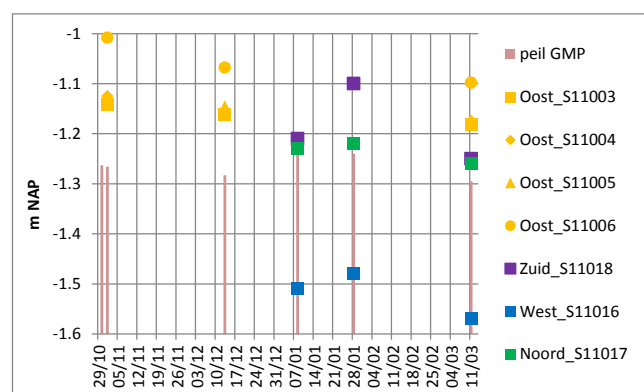
Eind 2013 zijn in een diepe



Figuur 2-1. Relatieve hoogteligging van streefpeilen. De Grote Maarsseveense Plas ligt midden-onder, en de Bethunepolder is in donkerblauw weergegeven (Schip 2011).



Figuur 2-2. Intrekgebied grondwater rond de Grote Plas.

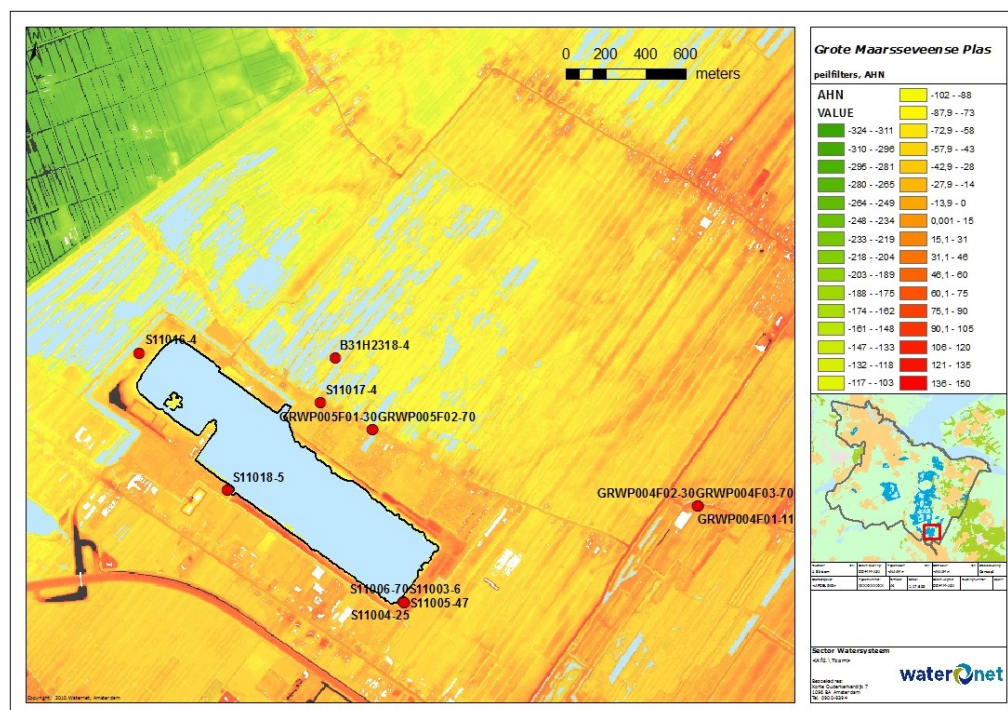


Figuur 2-3. Peilen in eerste watervoerende pakket (ongeveer - 5 m NAP) rondom de plas (vierkanten), gerelateerd aan actueel plaspeil (staven). De oostelijke boring (geel) heeft filters op achtereenvolgens -5, -26, -47 en -70 m NAP. Het diepste filter S11006 wijkt af van de overige drie.

¹³ Hoofdstuk 4

boring vier filters geplaatst aan de zuidoostzijde van de plas om de grondwater-samenstelling en -peilen te kunnen bepalen (zie 2.7). Aan de overige zijden van de plas zijn in 2014 met handboringen filters in het eerste watervoerende pakket geplaatst. In Figuur 2-4 worden de locaties weergegeven. De grondwaterstanden bevestigen het berekende beeld. Aan de westzijde is een groot peilverschil richting de Bethunepolder.

Ook valt op dat het diepe filter op -70 m NAP (Oost_S11006) een hogere stijghoogte heeft dan de ondiepere filters op die plek. Dit impliceert dat de aangetroffen kleiige lagen op -55 en -63 m NAP, beide van ruim een meter dikte, ("Boorstaat puls boring S11-6-2," 2013) slecht doorlatend zijn.



Figuur 2-4. Overzicht van de voor deze studie extra gebruikte peilbuisgegevens. De naam eindigt met de filterdiepte in meters. De noordelijk gelegen B31 betreft een buis van Staatsbosbeheer, de twee GRWP-buizen zijn van Vitens, en de S11 buizen zijn voor deze studie geplaatst. In de figuur staan ook de hoogtemetingen van AHN2010 (5x5 m grid).

2.2 Kwel en infiltratie

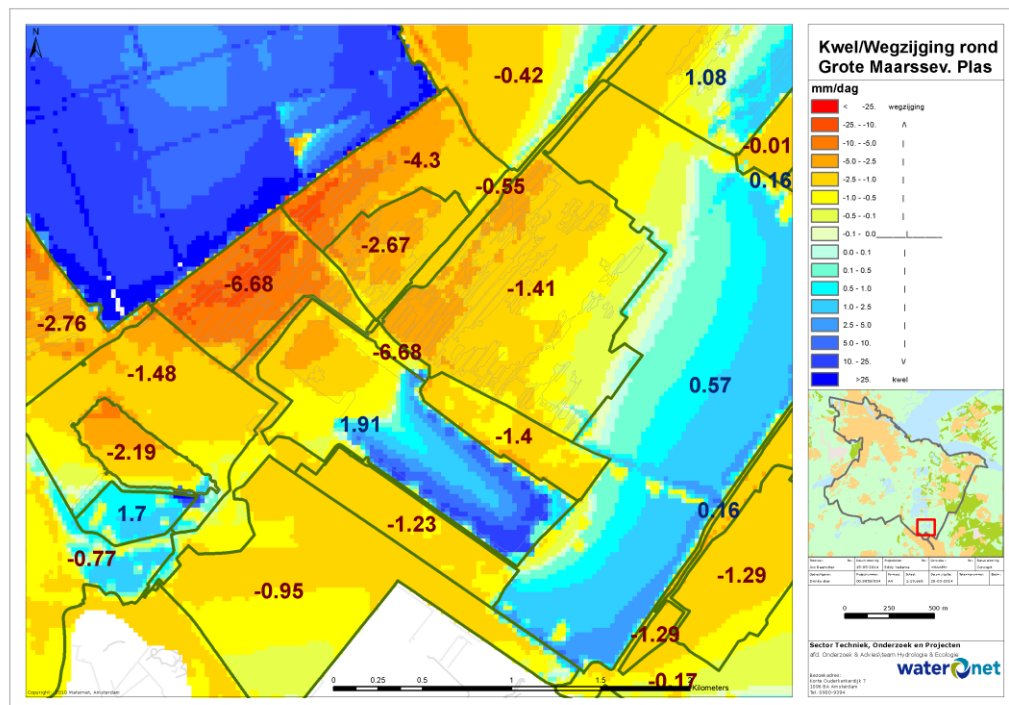
Verschillende geohydrologische onderzoeken zijn op een rij gezet in Tabel 2-1.

- I, II, III. Resultaten van een onderzoek waarbij zowel met een grondwatermodel als een waterbalansaanpak gerekend is (Wit et al., 1987). Zie Bijlage D voor een kaart.
- IV: In april 2011 is de aan- en afvoersloot tijdens het vervangen van een brug van de plas tijdelijk afgesloten geweest. In die periode is op uurbasis een waterbalans gemaakt met grondwateruitwisseling als restpost (Schep, 2011)¹⁴.
- V: Betreffen de resultaten van het grondwatermodel dat gebruikt wordt voor het watergebiedsplan (Beemster, 2014).

¹⁴ Hoofdstuk 10.2

Tabel 2-1. Berekende kwel- (>0) en infiltratieflexen (<0) van verschillende deelgebieden. Onder III verw.waarde wordt de verwachtingswaarde op basis van 95% betrouwbaarheidsinterval bedoeld. Zie Figuur 2-7 voor de bijbehorende namen.

gebied	I 1987 GWmod.	II 1987 balans	III 1987 verw.- waarde	IV 2011 balans	V 2014 GWmod.	opmerking
Grote Plas	1.4		1.17	2.4	1.9	I: 2.4 mm/d bruto kwel#
Zodden	-5.83		-4.40		-6.7	
Kleine Plas	-2.94		-2.17		-2.2 -1.5 1.7	V: resp. KMP, ten noorden en ten zuiden van KMP
Grote Plas + Zodden					-1.1	gewogen over areaal
totaal	-1.18	-0.74	-0.82		-1.2	gewogen over areaal
Molenpolder West/Klein	-3.74	-2.60	-2.79		-4.3 -2.7	V: resp West en Klein



Figuur 2-5. Gemiddelde grondwaterfluxen uit het grondwatermodel Noorderpark (Beemster, 2014)

De resultaten uit 1987, 2011 en 2014 geven een consistent beeld van netto ruim 1 mm/d infiltratie in het peilvak van de twee plassen en de Maarsseveense Zodden.

2.3 Hydrologie

Het huidige peilvak met de Kleine en de Grote Plas en de Maarsseveense Zodden is in het verleden anders beheerd geweest dan nu het geval is. Op een kaart uit 1978 staat een groter peilvak weergegeven dat op -1.25 (zomer) en -1.40 (winter) m NAP werd beheerd (zie Bijlage E). Molenpolder Klein en Molenpolder West werden ook op dit peil gehouden, en de Grote Plas had een vast peil op -1.25

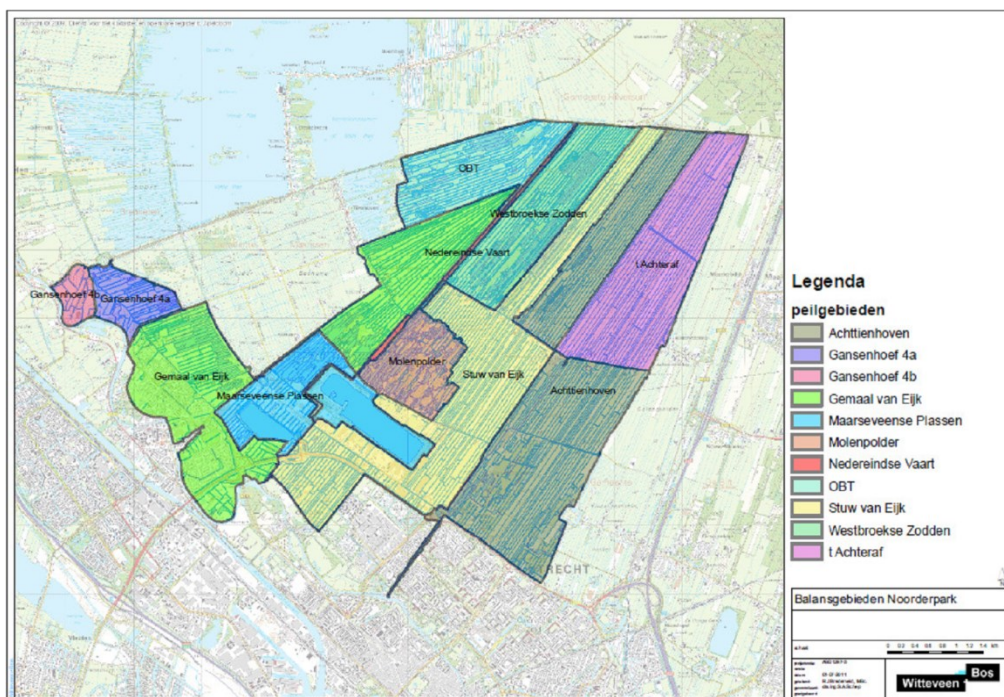
m NAP. Om het gelijke peilbeheer tussen Zodden en de Molenpolders te krijgen zou een duiker aan de noordwestoever van de Zodden naar de Molenpolder West aanwezig zijn. De duiker is vermoedelijk aangetroffen onder het perceel van Oudedijk 8 (zie Bijlage E). De uitstroomopeningen zijn niet zichtbaar en begraven. We gaan er in de analyse van uit dat hierdoor geen relevant lekverlies richting Molenpolder West optreedt. Er is niet onderzocht wanneer is overgegaan op het vigerende peilbeheer.

De Zodden en de Grote Plas waren dus niet in open verbinding. Gezien de kwelsituatie in de Grote Plas en een winters neerslagoverschot zou een vaste stuw op -1.25 m NAP tussen Grote Plas en Zodden afdoende zijn geweest. Dit zou een minimale uitwisseling tussen plas en Zodden impliceren. Hoe het beheer verliep en wanneer de peilvakindeling is aangepast is niet onderzocht.

De brug bij Nedereindse Vaart/Elzenpad ligt in de verbinding tussen de Maarsseveense Zodden en de Grote Maarsseveense Plas, in dit rapport verder Plasgracht genoemd¹⁵. Van oudsher stond er over de volledige breedte van het kanaal (11 meter breed)¹⁶ een houten brug op twee palenrijen. Op 22 januari 2010 is deze vervangen door een duiker (ongeveer diameter



Figuur 2-6. Tijdelijke duiker (foto Theo van Schie, Recreatieschap Stichtse Groenlanden).



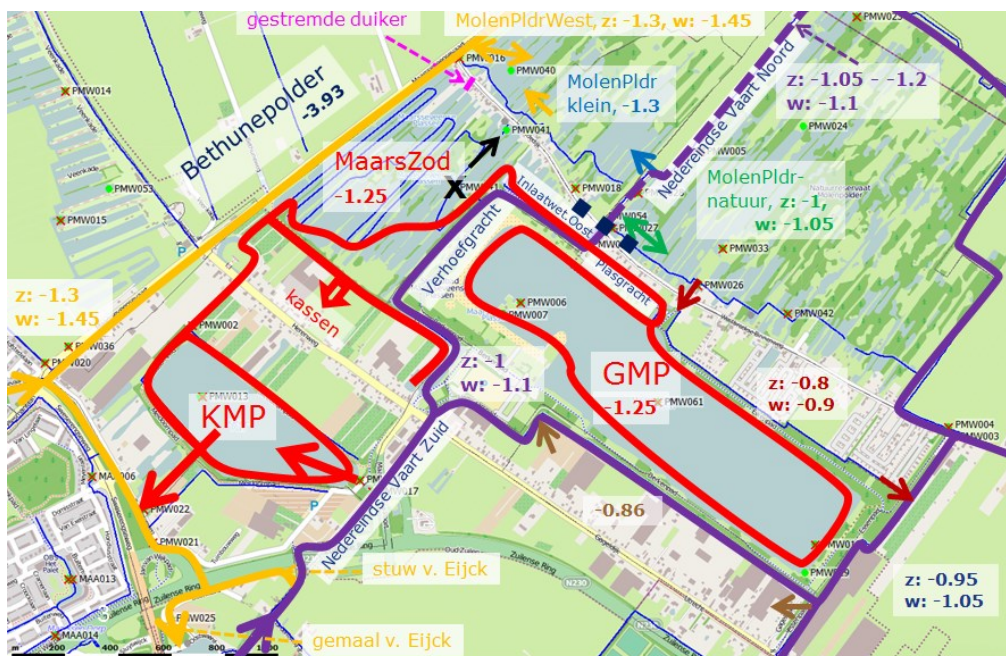
Figuur 2-7. Balansgebieden Noorderpark. In blauw/midden de Grote Maarsseveense Plas, Maarsseveense Zodden en de Kleine Maarsseveense Plas.

¹⁵ Nedereindse Vaart/Elzenpad, waar de Plasgracht over gaat in de Inlaatwetering Oost, KBR06958, KBR_ID 16494.

¹⁶ GIS 10/3/2014

1.0 m, half verdrongen, Figuur 2-6) in verband met de bouw van een saunacentrum. Op 6 april 2011 is de duiker vervangen door de huidige betonconstructie van drie meter breed en één meter diep (Mol, 2013).

Figuur 2-7 geeft de peilgebieden binnen het Noorderpark weer (Schip, 2011)¹⁷.
Figuur 2-8 geeft het watersysteem schematisch weer.



Figuur 2-8. Overzichtskartaal van de watersystemen van de Grote Maarsseveense Plas (GMP), de Maarsseveense Zodden (MaarsZod), de Kleine Maarsseveense Plas (KMP) en hun directe omgeving. Het zwarte kruis betreft een in FEWS geregistreerde foutieve locatie van monsterpunt PMW041. Deze locatie wordt altijd bemonsterd van af de met de zwarte pijl aangegeven locatie.

• Rood (-1.25 m NAP)¹⁸

Het beheer van de Grote Maarsseveense Plas en Maarsseveense Zodden vindt plaats via twee handbediende stuwen aan de Kleine Maarsseveense Plas. De verbinding tussen de Kleine Plas en de Zodden is in de jaren '60 aangelegd om in de zomer het uitzakken van de Grote Plas te kunnen tegengaan met inlaat uit de Vecht. Hierbij is niet bekend welke streefpeilen en marges werden gehanteerd, en dus ook niet bij welke peildalingen water werd ingelaten (Bangma and van der Wal, 1978). Handmatige registratie van de inlaat vindt plaats vanaf 2014. Deze informatie is in dit onderzoek niet meegenomen. De praktijk is dat in droge perioden in lente of zomer water wordt ingelaten. Een inlaat kan dan meerdere weken achter elkaar plaatsvinden om ongeveer 5 cm waterschijf aan te vullen. Onder gemiddelde omstandigheden is het in de lente/zomer niet nodig om water in te laten. Na zomerse hoosbuien wordt afgelaten, waarbij de stuw soms ver onder streefpeil wordt gezet om het waterbezwaar te verwerken en eventuele windopstuwing te compenseren. Het waterbeheer is adaptief aan de weersvoorspellingen. Op basis van de voorspelde droogte kan bijvoorbeeld besloten

¹⁷ Figuur 5.1

¹⁸ Info van watersysteembediener Peter de Jong, 4/3/2014.

worden bij een hoog peil toch nog niet af te laten, om te voorkomen dat snel weer Vechtwater moet worden ingelaten. Er is sprake van wateroverlast aan de Oudedijk (noordzijde Zodden) na hevige buien.

In de Maarsseveense Zodden staat in blauw de hoofdwatgang ingetekend. Deze lange route door de Zodden – het "waterzuiveringstransekt" – is aangelegd om de waterkwaliteit onderweg naar de Grote Plas te verbeteren (Bangma and van der Wal, 1978). Vanaf een onbekende datum is een kortgesloten verbinding mogelijk via de rood ingetekende route (Rutgrink, 2010). Een onbekende hoeveelheid water wordt afgelaten naar het kassengebied.

- **Paars (zomer -1, winter -1.1 m NAP)**

Dit peil is altijd hoger dan het peil van de Maarsseveense Plassen. Tot oktober 2010 stond de noordzijde van de Nedereindse Vaart (paars gestippeld) in open verbinding met de Breukeleveense plas (onderdeel Loosdrechtse plassen, niet in Figuur 2-8). De Breukeleveense plas was de aan-en afvoerroute voor het noordelijke deel van dit peilgebied, omdat de kering in de Oudedijk (zwart gestippeld) altijd dicht stond. Vanaf het moment dat in de Loosdrechtse plassen een flexibeler peil wordt gehandhaafd wordt de Nedereindse Vaart in de winter afgekoppeld van dit peilvak. Als gevolg van het flexibelere peilbeheer kan bij waterbezwaar uit het Noorderpark niet altijd worden afgevoerd richting de Breukeleveense plas. Daarom wordt vanaf oktober 2011 in de winter (normaliter oktober – maart) de duiker aan de noordzijde (Nedereindse Vaart – Tienhovenskanaal) dichtgezet, terwijl de stuw aan de Oudedijk (zwart gestippeld) geopend wordt. De afvoer van het (niet-gestippelde) paarse gebied kan dan alleen via de sifon (diameter 1.2 m, onder het kanaal tussen de Zodden en de plas) naar de Verhoefgracht en vervolgens naar de Vecht. In de zomersituatie staat de stuw Oudedijk dicht en staat de duiker naar de Breukeleveense plas open.

Om de Nedereindse Vaart op peil te houden kan aan de zuidzijde van de Nedereindse Vaart water uit de Vecht worden ingelaten met een automatische inlaat. De Nedereindse Vaart kan via Stuw van Eijck afdalen naar het bemalen (oranje) peilvak. De stuw Oudedijk functioneert goed met naar verwachting minimale lekverliezen.

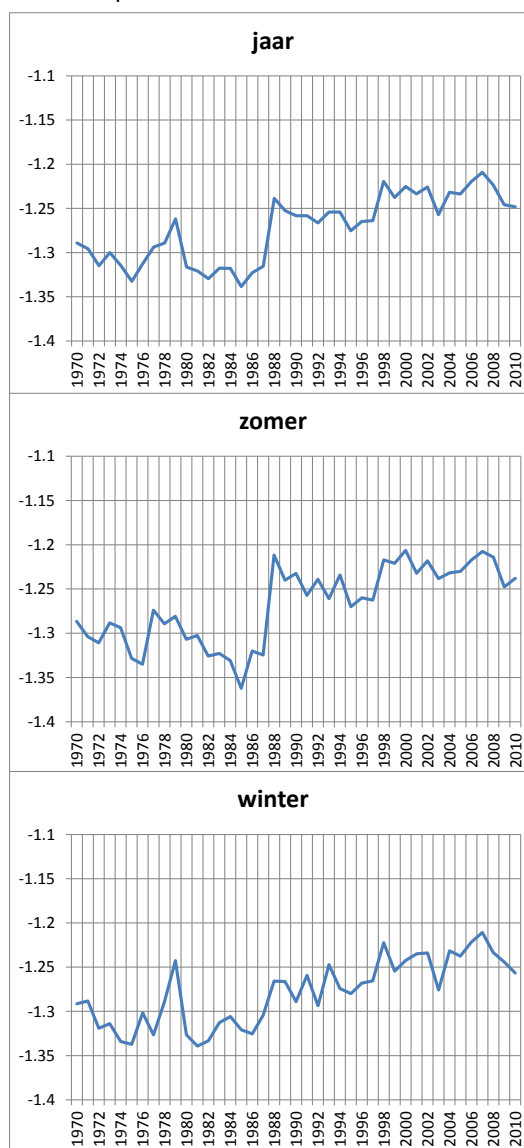
- **Oranje (zomer -1.3, winter -1.45 m NAP)**

De Molenpolder West staat in open verbinding met dit lage peilvak. Afvoer vindt plaats via gemaal van Eijck naar de Vecht, en de aanvoer komt handbediend ook uit de Vecht (uit Maarssen). De Molenpolder West krijgt ook water vanuit de Molenpolder Klein via een stuw. En Molenpolder Klein wordt voorzien van water uit de Nedereindse Vaart via een vlotterbediende duiker zodat alleen bij een te laag peil water ingelaten wordt. Rond 2010 is dit systeem defect geraakt en in februari 2014 gerepareerd. In de tussenliggende periode heeft de beheerder de duiker in de zomer normaliter open staan (behalve bij zware neerslag) en in de winter gesloten¹⁹. Dat leverde extra doorspoeling en impliceert dat in die periode ook Molenpolder West in de zomer minder Vechtwater en meer Nedereindse Vaartwater uit de Breukeleveense plas heeft ontvangen.

¹⁹ Info van watersysteembediener Peter de Jong, 20/2/2014.

2.4 (Historische) grond- en oppervlaktepeilen

De Grote en de Kleine Plas steken vrijwel volledig in het eerste watervoerende pakket (wvp1). De uitwisseling tussen grond- en oppervlaktewater is daarom goed. Actief peilbeheer van het oppervlaktewater stuurt de omringende grondwaterstanden in het wvp1 en vice versa zal de autonome beweging van het omringende grondwater de plaswaterstanden beïnvloeden. Vitens meet sinds 1970 tweewekelijks de grondwaterstanden direct ten noorden van de plas aan de Westbroekse Binnenweg (Figuur 2-4, GRWP005) vanwege de grondwateronttrekking bij Groenekan voor de drinkwaterbereiding. De waterstanden in de peilbuis kunnen ook worden beïnvloed door de oppervlaktewaterstanden in de Molenpolder Natuur, maar die is ondiep en communiceert veel slechter met het wvp1 dan de Grote Plas. Wel is er een systematische *offset* tussen de Grote Plas en de peilbuis die de kwel vanuit de noordzijde veroorzaakt. De stijghoogten in de peilbuis hebben een overlap in de tijd met de peilopnemer die in de Grote Plas geïnstalleerd is. Die overlap is gebruikt om de *offset* te bepalen. Deze komt uit op 0.1 meter (zie Figuur B-1). In Figuur 2-9 staat weergegeven wat de historische waterstanden op basis van deze reconstructie kunnen zijn geweest. Vooral in de zomer is duidelijk zichtbaar dat het gemiddelde peil zich tot medio jaren 80 rond -1.32 m NAP heeft bevonden. Vanaf de jaren 90 wordt het peil rond -1.23 m NAP gehouden. In de winter is dit ook zichtbaar, maar zonder de snelle overgang eind jaren 80. Merk op dat in 2010, na de aanleg van een logger, de peilen structureel 10 cm hoger uitvallen. De hypothese is dat dit met een waterpassing te maken heeft. Als de waterpassing in het verleden ook correct is geweest maar met de tijd is verlopen, dan zou dat betekenen dat de gemiddelde historische waterstanden niet 9 cm maar 19 cm lager zijn geweest. Dit komt overeen met een TNO-grondwaterkaart waarin het winterpeil op -1.40 m NAP wordt weergegeven (van der Gun, 1978). In Figuur B-2 staan de ruwe data van verscheidene peilbuizen weergegeven.



Figuur 2-9. Voorstelling van historische oppervlaktewaterpeilen op basis van verschoven grondwaterpeilen van GRWP005 met een filter op -29 m NAP (data Vitens).

Over de periode 7/9/2009-2013 is een meetreeks met oppervlaktewaterstanden beschikbaar. Deze reeks is niet compleet. Ontbrekende data zijn aangevuld met, in volgorde, de waterstanden die de debietmeter genereert en de grondwaterstanden die op dagbasis worden gemeten in de Molenpolder (H2318). In beide gevallen wordt rekening gehouden met een vaste afwijking tussen het plaspeil en de gebruikte alternatieve meetdata. In de figuren in Bijlage C staan de resultaten.

2.5 Peilbeheer vs. grondwateruitwisseling

Aangezien de Grote Plas dwars door het eerste watervoerende pakket steekt is actief peilbeheer met weinig peilmarge per definitie niet efficiënt. Elke afwijking van de autonome grondwaterstand naast de plas betekent immers uitwisseling van water dat actief moet worden ingelaten of uitgelaten. Het oppervlaktewaterpeil varieerde in de periode 2010-2013 normaliter tussen -1.2 en -1.3 m NAP. In de zomers van 2010-2013 zakte het peil driemaal uit naar -1.35 m NAP. In natte perioden liep het peil kortstondig op naar -1.1 m NAP. Met statistiek is een aantal relaties onderzocht, en daaruit blijkt (Janse, 2014a):

- De grondwaterstanden ten noorden van de plas (GRWP005 en H2318) kunnen goed uit neerslag worden verklaard.
- Het plaspeil kan matig uit uitsluitend neerslag worden verklaard. Er is geen enkele relatie met de onttrekkingsdebieten van Groenekan. De oppervlaktewaterpeilen zijn dus ook deels neerslag- en grondwatergestuurd, maar de relatie is slechter omdat actief peilbeheer wordt uitgevoerd.
- De grondwaterstanden verder ten oosten van de plas (GRWP004) kunnen goed worden verklaard uit neerslag, aannahme van een zomer- en een winterpeil, onttrekking Groenekan en verdamping.

Suppletie bij lage waterstanden zal het watersysteem belasten met Vechtwater. Een deel van het suppletiewater zal worden gebruikt om de omringende grondwaterpeilen in het wvp1 aan te vullen. Door dat waterverlies dient extra water ingelaten te worden. Op bijvoorbeeld 27/3/2013 is waarschijnlijk bij -1.3 m NAP veel water ingelaten (peilstijging zonder neerslag). Dit leverde een incidentele peilstijging op in de Grote Plas, waarna het peil weer uitzakte naar -1.3 m NAP. Het is de vraag in hoeverre het waterpeil verder onder de -1.3 m NAP gezakt zou zijn indien geen water was ingelaten. Zie het kader, waarin betoogd wordt dat er reden is om aan te nemen dat in droge zomers geen grote autonome grond-

Autonome grondwaterpeilen(wvp1)

De gemeten debietreeksen (zie 2.7) en de waterkwaliteitsgegevens (zie 4.1.1) geven beide aan dat behoudens extreme inlaat of extreme wind de daggemiddelde stroming altijd de plas af is. Dat impliceert dat de autonome ontwikkeling van de grondwaterstanden rondom de plas ook in droge situaties niet veel verder wil uitzakken dan nu het geval is. Was dat namelijk wel zo (grondwaterstand zakt verder), dan is het onvermijdelijk dat dit aangevuld zou worden vanuit de Grote Plas, die immers kunstmatig op peil wordt gehouden. En de Grote Plas zou dan aangevuld moeten worden vanuit de Zodden. De Plasgracht zou zich dan vullen met zoddenwater, en dan zou bij droogte de vingerafdruk van de Kleine Plas in de Zodden en in de Plasgracht zichtbaar moeten zijn. Dat gebeurt niet of nauwelijks en dat is een indicatie dat de autonome evenwichtsgrondwaterstand tijdens droge zomers niet heel veel lager dan -1.3 m NAP zal liggen.

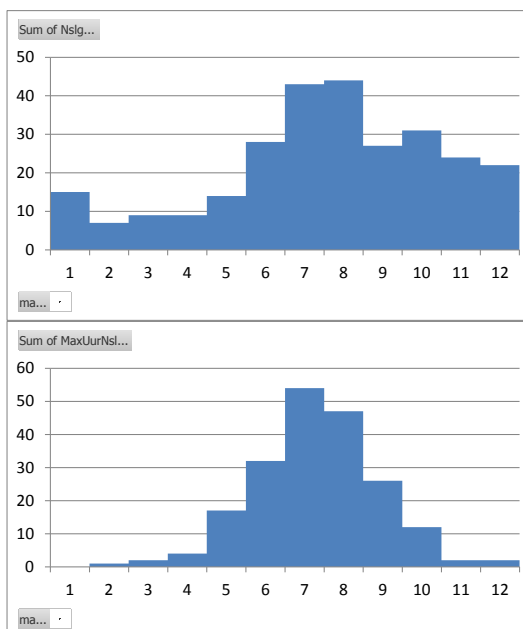
waterdaling valt te verwachten. Wel is duidelijk dat de suppletie een nutriëntenbelasting oplevert en dus zoveel mogelijk vermeden dient te worden.

2.6 Grondwatergestuurd peilbeheer

Om onnodige externe belasting te voorkomen kan een zomerstreefpeil worden ingesteld dat verder mag uitzakken dan in het vigerend beheer het geval is. Dergelijk meer *grondwatergestuurd peilbeheer* is ook voorgesteld voor de Ouderkerkerplas (Stroom et al., 2010) en het is de facto de manier waarop de Noorder IJplas functioneert (Stroom and Pelsma, 2013). Toestaan dat de oppervlaktewaterpeilen bij droogte wat verder uitzakken met het grondwater levert een dempend systeem op: bij lagere waterstanden zal de kwel in de Grote Plas toenemen en de infiltratie uit de Zodden afnemen. Als de lagere waterstanden ook effect hebben op de freatische grondwaterstanden kan vanuit de percelen verdampingsreductie optreden waardoor de

waterstands daling ook afneemt. Bij neerslag stijgt de grondwaterstand sneller dan de oppervlaktewaterstand vanwege de porositeit van de bodem. Dat wordt bevestigd door de metingen en impliceert dat bij neerslag vanwege de goede uitwisseling tussen plas- en grondwater de peilen in de Grote Plas ook weer sneller zullen oplopen dan het neerslagoverschot direct op het open water.

Ook om hoogwateroverlast te beperken is een flexibeler peil een logische aanpak. Door de geringe weerstand tussen grond- en oppervlaktewater kent een diepe plas snelle peilstijgingen bij piekbuien. Immers, de snellere peilstijgingen in het grondwater (porositeit) worden deels afgewenteld op de plas. En in dit geval ook op de Zodden, omdat deze in hetzelfde peilvak liggen. Indien een strak peil wordt gehandhaafd zal de (grond)waterstand bij een forse bui vanaf -1.25 m NAP²⁰ oplopen. De meest intensieve buien zijn de zomerse buien (juni-september, Figuur 2-10). De waterstand zal bij een lager toegestaan peil in de zomer vaak naar verwachting ook lager zijn dan -1.25 m NAP. Daardoor zal er meer marge zijn om de intensieve bui op te vangen. Door een slimme compartimentering kunnen peilstijgingen in de Zodden worden geminimaliseerd (zie aanbevelingen in 0.2.1).



Figuur 2-10. Neerslag per maand De Bilt 1951 – 2013. Boven: aantal dagen neerslag > 20 mm. Onder: aantal dagen met een maximale uursom neerslag > 8 mm.

²⁰ Betreft streefpeil. In de praktijk zakt het peil in de zomer uit tot -1.30 m NAP en bij uitzondering tot -1.35 m NAP.

Het is overigens niet bekend in hoeverre het aftoppen van tijdelijk hogere waterstanden ook de wateroverlast in de bebouwde percelen rondom de Zodden verminderd, omdat deze wateroverlast de freatische grondwaterstanden betreft. Niet onderzocht is hoe de freatische grondwaterstanden gerelateerd zijn aan de peilen in wvp1.

2.6.1 Implicaties lager zomerpeil

Aanbevolen wordt nader te onderzoeken of het zomerse peilbeheer flexibeler kan worden gemaakt (verder te laten uitzakken) om inefficiënte suppletie te minimaliseren. Dit zal nader onderzoek vergen naar historische waterstanden, funderingen, veen en infiltratie om het gewenste laagste oppervlaktewaterpeil te bepalen. Vooralsnog worden geen onoverkomelijkheden gezien bij een streefpeil van -1.4 m NAP. Hieronder volgt een beknopte uitleg van die aspecten om rekening mee te houden, uitgaande van het verder laten uitzakken van het zomerpeil dan nu het geval is (bijvoorbeeld -1.40 m NAP). Het winterstreefpeil blijft dan -1.25 m NAP.

Voor de **funderingen** van bouwwerken is het van belang dat door droogstand geen paalrot optreedt. Voor houten paalkoppen is bij aanleg vereist dat ze ten hoogste op 40 cm onder de laagste waterstanden worden geplaatst. Niet uitgezocht is wat destijds als referentiepeil hiervoor is aangehouden. Naar verwachting zal dat lager zijn geweest dan - 1.25 m NAP. Wel is bekend dat het winterstreefpeil al -1.40 m NAP is geweest (van der Gun, 1978). Dat is 5 cm lager dan de laagste peilen die in 2010-2013 driemaal zijn voorgekomen. De uit grondwaterpeilen (wvp1) gereconstrueerde oppervlaktewaterpeilen en kaartmateriaal uit 1978 suggereren dat tot medio jaren 80 de oppervlaktewaterpeilen hebben gelegen tussen -1.3 en -1.4 m NAP (zie 2.4). Een voorgestelde daling van het oppervlaktewater is in het verleden al is voorgekomen. Dat impliceert doorgaans dat bouwwerken die er destijds al stonden al last hebben van paalrot, tenzij de paalkoppen diep genoeg hebben gestaan. Dat laatste is het meest waarschijnlijk omdat de marge die voor houten fundering wordt aangehouden meerdere decimeters onder de laagste grondwaterstand zal zijn. Voor bouwwerken die "op staal" zijn gebouwd leidt een incidenteel lagere waterstand tot een hogere draagkracht vanwege toenemende korrelspanning.

Vanaf februari 2014 wordt op meerdere locaties bij percelen ten noorden van de Zodden onder andere de freatische grondwaterstand continue gemonitord met loggers. Een eerste statistische analyse van deze metingen in het freatisch pakket geven aan dat er geen verband is tussen de freatische peilen en oppervlaktewaterpeilen in de Zodden (nog niet gerapporteerd). Aanbevolen wordt de resultaten van de definitieve analyse te gebruiken bij de inschatting van mogelijke funderingsproblemen bij lagere grondwaterstanden in de zomer

Veenafbraak vormt een risico bij het aanpassen van oppervlaktewaterpeilen. Zolang de gemiddelde grondwaterstand niet daalt wordt geen versnelde veenafbraak verwacht maar eerder een verminderde afbraak in de waterbodem (Schep et al., 2012; Smolders et al., 2006). Desalniettemin dient dit aspect nader onderzocht te worden.

De Molenpolder Natuur levert een (niet gekwantificeerd) aandeel van de kwel naar de Grote Plas. Een peilverlaging in de Grote Plas zal deze **infiltratie** uit de

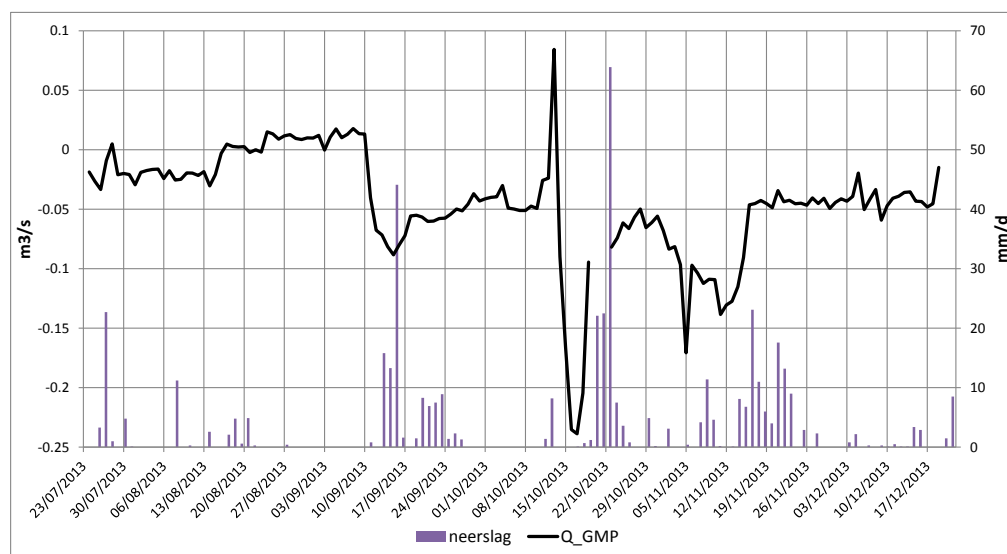
Molenpolder Natuur doen toenemen. Gekwantificeerd dient te worden hoeveel extra inlaatbehoefte dit genereert voor de Molenpolder Natuur. Op basis daarvan kan worden overwogen of dit acceptabel is en of maatregelen noodzakelijk en zo ja mogelijk zijn. Hierbij kan worden gedacht aan het verdichten van de waterbodem met bijvoorbeeld granulaat, slib, silt of klei ("Soil & Aquifer Properties and Their Effect on Groundwater," n.d.). Hetzelfde principe kan worden overwogen voor de Maarsseveense Zodden. Hiervan is grofweg bekend dat er deels nog een veenpakket ligt, maar er zijn twee locaties bekend waar de waterbodem direct op het zand ligt (wvp1) (zie Bijlage A). Verdichten levert minder waterverlies op uit de Molenpolder en minder verlies naar de Bethunepolder.

2.7 Uitwisseling Maarsseveense Zodden met Grote Maarsseveense Plas

Eind juli 2013 is een debietmeter geplaatst onder de brug van de Plasgracht. De debietmeter is via eenmalige uitgevoerde referentiemetingen gevalideerd (zie Bijlage G). Op basis van de beschikbare data²¹ blijkt dat de Grote Maarsseveense Plas nagenoeg altijd water afvoert richting Zodden (Tabel 2-2, Figuur 2-11).

Tabel 2-2. Gemiddeld debiet van (<0) en naar (>0) de Grote Plas gedurende de zomer- (24/7-30/9) en winterperiode (1/10 – 19/12) in 2013.

	zomer		winter	
	mm/d	m ³ /s	mm/d	m ³ /s
Q_in	0.4	0.003	0.1	0.001
Q_uit	-3	-0.02	-9	-0.07
netto	-3	-0.02	-9	-0.07



Figuur 2-11. Daggemiddelde debieten de Grote Plas in (>0) en uit (<0), en neerslag De Bilt.

2.7.1 24/7-3/9 2013

De droge periode van juli en augustus 2013 is maar deels geregistreerd door de debietmeter. In eerste instantie stroomt water de Grote Plas uit (24/7-16/8: 0.020 m³/s). In die periode heeft de inlaatstuw in de Kleine Plas een vrij contante

²¹ 24/7 – 19/12 2013

3-5 cm overstorthoogte²². De stuw is 1.9 m breed en levert onder die omstandigheden een berekend debiet van 0.026 m³/s (Naudin-Ten Cate et al., 2000)²³. Bij een totaal nat areaal van het peilvak van 1.3 Mm² leidt dat tot een suppletie van 1.7 mm/d.

Nadat de beheerder terug was van vakantie (19/8/2013) is het lage peil van het peilvak aangevuld²⁴. Opvallend is dat zowel de debieten als de waterpeilen aangeven dat de suppletie al vanaf 16/8 plaatsvindt. Vanaf 19/8 nemen zowel de waterstandsstijging als het debiet zelfs af ipv. de te verwachten toename. Hier is geen verklaring voor gevonden. Er is nauwelijks neerslag en de wind is niet gunstig voor peilbeïnvloeding (zuid-zuidwest, 1-5 m/s).

Door het suppleren neemt eerst het debiet af en vervolgens draait de stroomrichting om, naar de plas toe. Zo is vanaf 17/8 t/m 3/9²⁵ zoddenwater de plas in gestroomd, met 0.007 m³/s. Over de gehele periode 24/7-3/9 is sprake van een gemiddelde afvoer van 0.008 m³/s (1.1 mm/d, gerekend met plasoppervlak). De plas is op 3/9 weer op het peil van 24/7. De gemiddelde berekende openwaterverdamping (Grote Plas) in die periode bedraagt 3.9 mm/d, bij 1.4 mm/d neerslag. Deze sigarendoosbenadering suggereert dat in deze periode netto 4.2²⁶ mm/d kwel is op de plas, terwijl al die tijd water wordt gesuppleerd ten behoeve van het gehele peilgebied.

Dat suppletiewater komt nooit in de Grote Maarsseveense Plas terecht, maar wordt louter gebruikt voor de Kleine Plas en wellicht ook de Zodden.

In deze sigarendoosbenadering is geen rekening gehouden met grondwaterstanden. In de betreffende periode zijn alleen grondwaterstanden van de Molenpolder Natuur beschikbaar. Zowel het oppervlaktewater als het grondwater is in die periode constant gebleven en niet met de plas mee gedaald. Vermoedelijk dicteert het oppervlaktewaterbeheer in de Molenpolder Natuur in die periode de lokale grondwaterstand. Of de grondwaterstand regionaal met de plas mee is

Zoddenwater in de Grote Plas?

De Plasgracht tussen plas en Zodden is 650 m lang. Ervan uitgaande dat de netto flux de plas uit is, is die gracht doorgaans gevuld met plaswater. Dit komt ook overeen met de waterkwaliteitsmetingen in de Plasgracht. Grofweg bevat de Plasgracht 6500 m³ water. Dat wil zeggen dat als een stroming naar de plas op gang komt, er pas vanaf 6500 m³ zoddenwater in de Grote Plas terechtkomt (uitgaande van propstroom). De toestroom van water naar de Grote Plas duurt 25 dagen: van 17/8 t/m 10/9. Er komt zo 18.500 m³ op de Grote Plas. Hiervan is dus 12.000 m³ daadwerkelijk water uit de Maarsseveense Zodden. Dat is voor de plas 0.7 mm/d, oftewel gedurende 25 dagen een fosforbelasting van 0.07 mg/m²/d (bij 0.1 mg/l concentratie uit de Zodden). In deze periode is in de metingen van 21/8 en 13/9 geen Kleine Plaswater in de Plasgracht aangetroffen.

²² Info van watersysteembediener Peter de Jong, 11/3/2014. Waterstand uit FEWS geeft aan dat het peil in de Nedereindse Vaart dat de overstorthoogte bepaalt vrijwel constant is gebleven op -1.1 m NAP.

²³ blz. 656.

²⁴ Watersysteembediener Peter de Jong had vakantie in de periode 25/7-18/8 2013, info per mail 13/2/2014.

²⁵ Het inlaten gaat door t/m vermoedelijk 11/9 maar op 3/9 is hetzelfde plaspeil bereikt als op 24/7.

²⁶ 1.4 mm neerslag, -3.9 mm verdamping, -1.7 mm afvoer.

uitgezakt (of vice versa) in deze periode is niet bekend, maar dat ligt wel voor de hand.

2.7.2 8/2-3/3 2014

(zie Figuur F-1).

Deze periode betreft het eind van een extreem zachte winter. Er is geen water in- of uitgelaten (op basis van 1 tot 2 keer per week locatiebezoek)²⁷. Er is gemiddeld 1.2 mm/d neerslag gevallen (De Bilt per uur, FEWS) en de verdamping is gemiddeld 0.7 mm/d. Er is grofweg een neerslagoverschot van 0.5 mm/d. Het peil in de Kleine en de Grote Maarsseveense Plas (gemiddeld) daalt 1.1 mm/d. In deze sigarendoosberekening infiltreert het peilvak vanuit het oppervlaktewater netto 1.6 mm/d.

De grondwaterpeilen direct rondom de plas dalen in die periode ook met 1.6 mm/d. De berekeningen aan de grondwateruitwisseling uit 1987 en 2014 geven aan dat er enkele mm's per dag netto infiltratie moet zijn over het hele peilvak (zie Tabel 2-1) en deze waarden komen goed overeen.

2.7.3 Wind

(zie Bijlage H).

De ruwe meetreeks van de debietmeter geeft elke 10 minuten een gemiddeld debiet door (Figuur H-1). Het blijkt dat de debieten in de Plasgracht zeer wind- en neerslaggevoelig zijn. Bij veel neerslag neemt de hoeveelheid afvoer van de Grote Plas naar de Zodden toe. Bij noordwestenwind kan water de plas in worden geblazen. Bij zuidoostenwind neemt het debiet, dat normaliter al richting de Zodden gaat, verder toe. In de weinig voorkomende (en niet onderzochte) gevallen dat vanwege peilopzet water de Grote Plas op gaat zal zuidoostenwind dit debiet doen afnemen. De hoeveelheden water die de plas in kunnen komen zijn echter gering. In de meetset van 2013 (24/7-19/12) wordt nooit méér dan het volume van de Plasgracht de Grote Plas in geblazen, wat impliceert dat als gevolg van wind nooit zoddenwater in de plas komt. Wel wordt het Grote Plaswater waarschijnlijk al in de Plasgracht opgeladen met fosfor (zie 4.1.3). Andersom kan wel: bij de juiste windrichting en bij veel neerslag wordt in één week (13/10/2013) 27% van het zoddenwater vervangen door plaswater.

²⁷ Info van watersysteembediener Peter de Jong, 11/3/2014

3 Waterbalans chloride- en fosforbelasting Grote Plas

De meeste modelinstellingen zijn overgenomen uit de gekalibreerde waterbalans van de Noorder IJplas (Stroom and Pelsma, 2013). De belangrijkste aanpassingen worden hier beschreven. Voor de dimensies van het balansgebied zie Tabel 1-1. Meer details staan in de rekenbladen (Stroom, 2014a).

3.1 Balansposten waterbalans

3.1.1 Berging

De balans berekent met de gemeten/gereconstrueerde waterpeilen de actuele daggemiddelde oppervlaktewaterstanden de berging in de plas. Er is geen gebruik gemaakt van de langjarige reconstructie van het oppervlaktewaterpeil op basis van GRWP005, wel van de reconstructie 7/9/2009-2013 (zie 2.4) met een marge van ± 1 mm. Als helemaal geen gegevens beschikbaar zijn, rekent de balans met een laagwaterpeil van -1.3 m NAP en een hoogwaterpeil van -1.2 m NAP. Als het plaspeil daarbuiten raakt wordt dit gecorrigeerd met een grondwaterflux.

3.1.2 In- en uitlaat en grondwateruitwisseling

Voor de in- en uitlaat (uitwisseling Plasgracht) is gebruikgemaakt van de gevalideerde ADCP-debietmeter die is opgehangen onder de brug van de Plasgracht bij de Oudedijk (zie 2.7). Beschikbaar is een meetreeks van 24/7 t/m 19/12. Voor de periode dat geen meetreeks beschikbaar is, zijn uit de daggemiddelde waarden een zomer- en een wintergemiddelde afgeleid. Kanttekeningen hierbij:

- Het zomerdeel van de meetreeks valt in een bovengemiddelde warme en droge periode. Dat zou de influx van Plasgracht naar de Grote Plas in de balans waarschijnlijk groter maken dan in een gemiddelde zomer.
- Er is gerekend met over een dag gemiddelde debieten. De uitwisseling is in werkelijkheid dynamischer, ook ten gevolge van bijvoorbeeld wind (2.7). Dit zou de influx naar de Grote Plas in de balans waarschijnlijk kleiner maken dan werkelijk het geval is.
- Daarnaast is in die droge periode het oppervlaktewaterpeil gedurende de vakantie van de beheerder gezakt en later aangevuld. Dit is niet representatief voor een gemiddeld jaar.

Ondanks deze kanttekeningen zijn de gemiddelde zomer- en winterfluxen gebruikt in de balansen. De uitflux is vele malen groter dan de influx (Tabel 3-1).

De uitwisseling met het grondwater wordt op dagbasis als restpost berekend.

Tabel 3-1. Gemiddelde gemeten zomer- en winterfluxen Plasgracht.

	Q_in	Q_uit	netto	
zomer	0.003	-0.02	-0.02	m3/s
winter	0.001	-0.07	-0.07	m3/s
zomer	0.4	-3	-3	mm/d
winter	0.1	-9	-9	mm/d

3.1.3 Overig

Voor neerslag zijn dagwaarden van KNMI-station De Bilt gebruikt. Verdamping is berekend als gemiddelde van een aantal methoden (Stroom et al., 2010) op basis van meetreeksen van De Bilt.

Voor de post uit- en afspoeling van het onverharde areaal aan percelen is aangenomen dat 50% van het gebied op de plas afwatert. Overigens is het areaal niet heel groot en heeft het weinig invloed op de kalibratie van de waterbalans.

3.2 Chloride en fosfor

Soms komt Plasgrachtwater, en bij uitzondering zoddenwater, op de plas (zie 2.7). Echter, vanwege de overwegende stroming de Grote Plas uit, zal dit water nog steeds de plasconcentratie hebben. Dit blijkt ook uit de metingen in de Plasgracht (4.1.1). Het inlaatwater heeft daarom de jaargemiddelde chlorideconcentratie van de plas opgelegd gekregen.

Voor fosfor ligt dat anders. De fosforconcentraties nemen al in de Plasgracht toe (4.1.3). Het water dat de plas uit stroomt wordt al in de Plasgracht opgeladen met fosfor. In de berekeningen heeft inlaatwater een concentratie van 0.01 mg/l met een increment²⁸ van 0.10 mg/l. Om de invloed van de fosforpieken in 2005-2007 (zie 4.1.3) te illustreren wordt voor die jaren gerekend met 0.03 mg/l en een increment van 0.3 mg/l.

Voor de chlorideconcentraties in het grondwater zie 3.3. Voor fosfor wordt gerekend met 0.0 mg/l en een increment van 0.2 mg/l. Het is namelijk goed mogelijk dat vanuit de waterbodem geen nalevering plaatsvindt en dat ook het fosfaat uit kwel wordt gebonden (zie 5.1). De incrementwaarde is gebaseerd op metingen in het grondwater van Waternet en Vitens (zie 4.3.1).

Voor neerslag is een chlorideconcentratie van 4 mg/l gebruikt (Boogaard and Lemmen, 2007). De fosforconcentraties zijn 0.04 mg/l, met een increment van 0.04 (Boogaard and Lemmen, 2007; Stolk, 2001).

Voor uit- en afspoeling zijn de chlorideconcentraties 70 mg/l. Van vergelijkbare gebieden zijn weinig metingen beschikbaar. Daarom is de mediaan van metingen gebruikt in het Sloterpark (n=19) (Tomassen and Smolders, 2012).

De gemeten fosforconcentraties van af- en uitspoeling zijn zeer divers: 0.1-3 mg/l (Stroom, 2014b). De mediaan in het Sloterpark bedraagt 0.7 mg/l (Tomassen and Smolders, 2012). In de balans wordt gerekend met 0.5 mg/l en een increment van 1.5 mg/l.

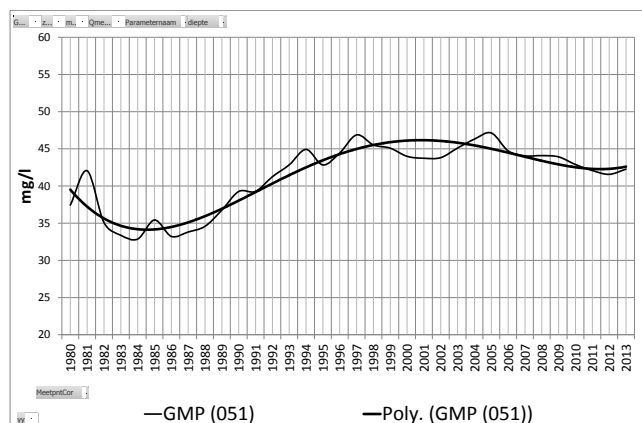
3.3 Kalibratie op basis van chlorideconcentraties grondwater

De Grote Plas is een moeilijk watersysteem om op chloride te kalibreren. De concentraties van de verschillende bronnen niet zijnde grondwater variëren van 4 mg/l tot 60 mg/l. De concentraties van inlaatwater zijn gelijk aan die van het plaswater. De concentraties van af- en uitspoeling en neerslag zijn constant in de

²⁸ Met de incrementen wordt bedoeld de marge op de minimale belasting. De minimale belasting betreft de beste inschatting van wat de minimale belasting per bron zal zijn. De minimale + de incrementbelasting leiden tot de maximale belasting per bron.

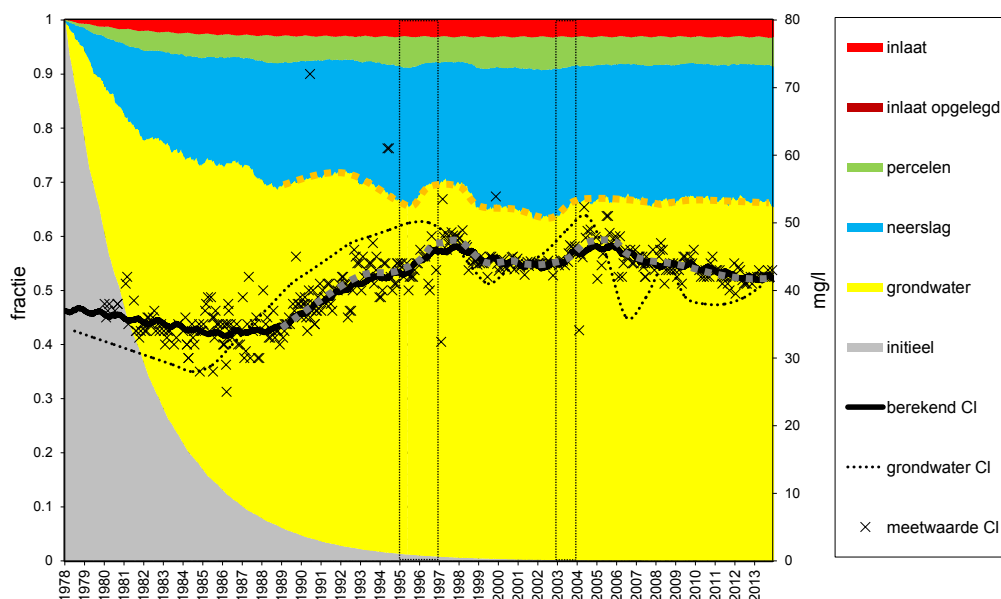
tijd. Dat impliceert dat op basis van deze bronnen nauwelijks enige dynamiek te verwachten is. Een exponentiële of lineaire trend (verzoeten, verbrakken) met wat variatie voor droge en natte jaren levert een zekerder kalibratieresultaat op. Dit blijkt echter niet het geval. De plasconcentraties hebben wel een variatie voor de verschillende jaren, en de langjarige trend is een golf (zie Figuur 3-1. Bovendien bedraagt het verschil tussen de hoogste en de laagste waarde slechts 14 mg/l). Tussen de meteorologie en de chlorideconcentraties in de plas bestaat geen relatie (Janse, 2014b).

De enige bron die de golf kan veroorzaken is het grondwater. De influx is berekend uit de balans. Van de chlorideconcentraties in grondwater zijn enige historische reeksen beschikbaar. Zowel ruimtelijk (verticaal en horizontaal) als temporeel is van de metingen en de kennis van de geohydrologie geen plausibele invoerreeks van te maken gezien de grote variaties (zie 4.3).



Figuur 3-1. Jaargemiddelde chlorideconcentraties in de Grote Plas met een trendlijn (4^{de} orde polynoom).

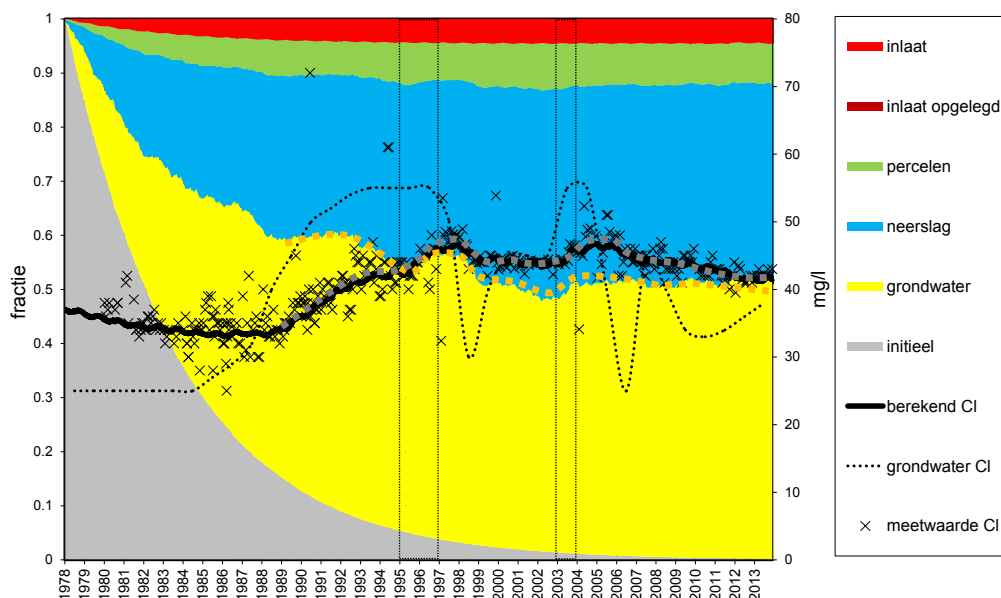
Om het chlorideverloop in de plas te kunnen simuleren zijn per jaar chlorideconcentraties aan het grondwater toegekend. Daarbij is alleen gekeken naar het kalibratieresultaat van chloride. Zie Figuur 4-2 waarin de gemeten chlorideconcentraties in de omgeving van de Grote Plas en de geconstrueerde chlorideconcentratie worden getoond.



Figuur 3-2. Fractiesom van de waterbalans (ongekalibreerd) en het kalibratieresultaat van de chlorideconcentraties in de Grote Plas. Zwart gestippeld de jaargemiddelde (opgelegde) chlorideconcentraties in het grondwater. De grijze vierkantjes geven de gemiddelde gemeten chlorideconcentratie in de plas weer, de oranje blokjes het aandeel grondwater (zie tekst).

Een op deze wijze gekalibreerde waterbalans blijft een grote onzekerheid kennen, omdat eenvoudig naar een goed resultaat kan worden gerekend. Opvallend (zie Figuur 3-2):

1. De dynamiek is zeer beperkt, de chlorideconcentraties van zowel grond- als oppervlaktewater liggen tussen 30 en 50 mg/l.
2. In de twee recentste droge en warme zomers (1995/1996 en 2003, zie de gestippelde blokken) wordt gerekend met verhoogde chlorideconcentraties. Dit is verklaarbaar vanwege meer verdamping en minder aanvulling door neerslag in droge warme zomers. Die verhoogde waarden worden het jaar/de jaren daarop in de plas gemeten. In het oppervlaktewater van de Molenpolder Natuur (die een deel levert van de kwel naar de Grote Plas) wordt in 1995-1996 gemiddeld 71 mg/l, en vanaf 2004 gemiddeld 22 mg/l gemeten.
3. In de met geblokte lijnen gemarkeerde periode loopt het aandeel grondwater (oranje) synchroon met het verloop van de gemeten chlorideconcentraties (grijs). De jaren direct na de droge perioden zijn zowel herkenbaar in de fractie grondwater als in de chlorideconcentraties. De gelijkenis tussen het aandeel grondwater en de gemeten chlorideconcentratie is treffend.
4. Bij een lagere grondwaterinflux moet de variatie in de chlorideconcentraties in het grondwater veel groter zijn om de kalibratieresultaten van chloride in de plas gelijk te doen zijn aan de oorspronkelijke balans (vergelijk Figuur 3-3 met Figuur 3-2).



Figuur 3-3. Kalibratieresultaat indien de grondwaterinflux gehalveerd wordt. In de balans is dit gedaan door de uitflux via de plasgracht op 50% van de op metingen gebaseerde waarde te houden. De berekende grondwaterinflux daalt dan van 6.3 naar 3.3 mm/d.

Ondanks het feit dat de chloridekalibratie zonder gemeten chlorideconcentraties in het grondwater is uitgevoerd, wijzen bovenstaande argumenten op een realistische waterbalans, waarvan de geloofwaardigheid afneemt als de bruto en netto influx²⁹ van grondwater lager wordt verondersteld.

²⁹ De bruto influx is de kwel, de netto influx is de kwel minus de infiltratie.

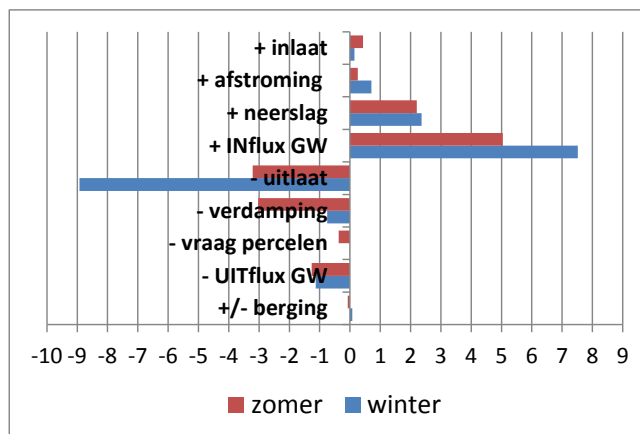
Deze analyse vanuit de hydrologie en de oppervlaktewaterkwaliteit berekent meer kwel dan vanuit de geohydrologie wordt berekend (zie 2.2). In de balans worden de grondwaterfluxen als 6.3 mm/d (in) en 1.2 mm/d (uit) berekend, dus 5.1 mm/d netto kwel. Merk op:

- De oppervlakte waar het grondwatermodel mee rekt³⁰ is ongeveer 1.6 maal de plasoppervlakte waar de balans mee rekt. Als de berekende (netto) kwel in de plas wordt verdeeld over het gehele oppervlak van het grondwatermodel (EAG) betreft het 3.2 mm/d kwel (tegen 1.9 mm/d berekend met grondwatermodel, zie 2.2).
- Als de grondwaterflux relevant lager zou zijn, dan zou de – door de installateur op verzoek extra gevalideerde debietmeter (zie 2.7) – een consequent tweemaal te hoog debiet weergeven. Minder kwel zou in droge warme perioden de stroming consequent moeten laten omdraaien richting plas. Dit blijkt niet uit de meetreeksen en zou dus door de debietmeter gemist moeten zijn. In deze systeemanalyse wordt ervan uitgegaan dat de debietmetingen die aan de basis liggen van deze rekenmethode correct zijn.

De verblijftijd (op basis van quotiënt plasvolume en influx per jaar) in de Grote Plas bedraagt 4.0 jaar. Dat wil zeggen dat de werkelijk gemiddelde verblijftijd van een druppel water ongeveer 12 jaar bedraagt, rekening houdend met het jaarlijks mengen van het gehele plasvolume (Hoes, 2009).

3.4 Resultaten waterbalans en fosforbelasting

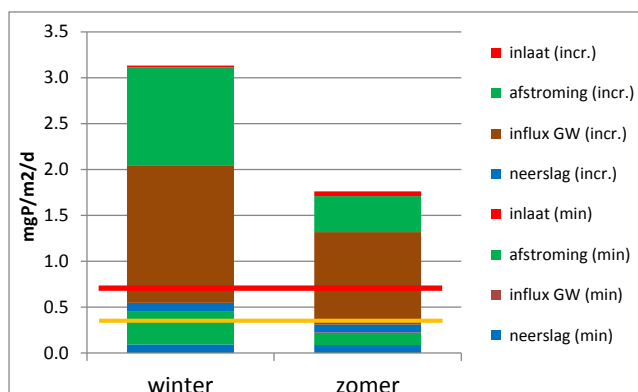
De waterbalans van de Grote Plas wordt qua belasting sterk gedomineerd door de influx van grondwater (63%-70%), zoals blijkt uit Figuur 3-2 en Figuur 3-4. Deze influx is in de winter hoger dan in de zomer. Dat kan worden verklaard doordat er dan sprake zal zijn van een hogere grondwaterstand in de omgeving, terwijl de plas op streefpeil wordt gehouden. Daarnaast is (in)direct regenwater (29%-31%) een grote post. De afvoer betreft in de winter vrijwel geheel de uitlaat via de Plasgracht (82%). In de zomer halveert de uitlaat (41%) vanwege verdamping (38%).



Figuur 3-4. Gemiddelde waterbalans 1978 – 2013 Grote Maarsseveense Plas.

³⁰ Betreft een EAG: Ecologisch AfwateringsGebied in Waternet KRW-terminologie.

De berekende fosforbelasting bedraagt in de winter 0.5-3 mg/m²/d, en 0.2-2 mg/m²/d in de zomer. De toelaatbare en de excessieve belasting bedragen respectievelijk 0.4 en 0.7 mg/m²/d (Osté et al., 2010; Stroom, 2014c). De praktijk leert dat een plas, bij een lagere belasting dan de excessieve belasting al helder kan zijn zonder blauwalgenbloeien, en de toelaatbare belasting betreft een zeer veilige ondergrens (Stroom and Pelsma, 2013). De belasting in het groeiseizoen in combinatie met de voorjaarsconcentraties is bij een diepe plas doorslaggevend.



Figuur 3-5. Fosforbelasting op de Grote Plas. Minimaal en totaal inclusief incrementen. In oranje de berekende toelaatbare en in rood de excessieve belasting.

Welke marge voor de berekende belasting moet worden aangenomen hangt vooral af van fosfaat(na)levering uit kwelwater en sediment en in mindere mate van uit- en afstroming van percelen. In 5.1 wordt betoogd dat in de Grote Maarsseveense Plas alle fosfaat in het sediment wordt gebonden en dat de ijzerval vooralsnog goed functioneert. Voor uit- en afspoeling is bij gebrek aan metingen een vrij grote marge aangenomen voor de mogelijke concentraties. In het scenario dat de waterbodem geen fosfaat nalevert, impliceert dat een zomerse belasting van 0.2 - 0.6 mgP/m²/d. Dat verklaart dat de plas helder en oligotroof/mesotroof is (zie 4.1).

4 Waterkwaliteit

4.1 Langjarige reeksen

4.1.1 Chloride, calcium, EGV

Zie Bijlage M.

De Kleine Plas is sterk verzoet in de jaren 90, waarschijnlijk als gevolg van verzoetend Vechtwater (verminderde zoutlozingen van de kalimijnen op de Rijn). Wat betreft chloride en EGV is dat een duidelijke trend. In de calciumconcentraties zit geen dalende trend. De Grote Plas is sinds de eerste metingen uit 1980 zoet, met een licht stijgende chloridetrend en vanaf ongeveer 1997 stabiel rond 45 mg/l chloride.

In de periode 2008-2013 varieerden in de Kleine Plas chlorideconcentraties van 50 mg/l (voorjaar) tot 60 mg/l en bij uitzondering 70 mg/l (2011) in de zomer. De Molenpolders Natuur en Klein hebben altijd dezelfde concentraties als de Nedereindse Vaart. Dit komt overeen met de ionenratio's en het feit dat de polders infiltreren en dus relatief veel suppletiewater nodig hebben. De chlorideconcentraties liggen tussen 20 en 30 mg/l. Van belang voor de kalibratie van de waterbalans (zie 3.3) is dat de chlorideconcentraties van de Molenpolder Natuur in 1995-1996 veel hoger zijn geweest (20-120 mg/l) dan in de meetset 2004-2013. In juni 1995 is 200 mg/l gemeten.

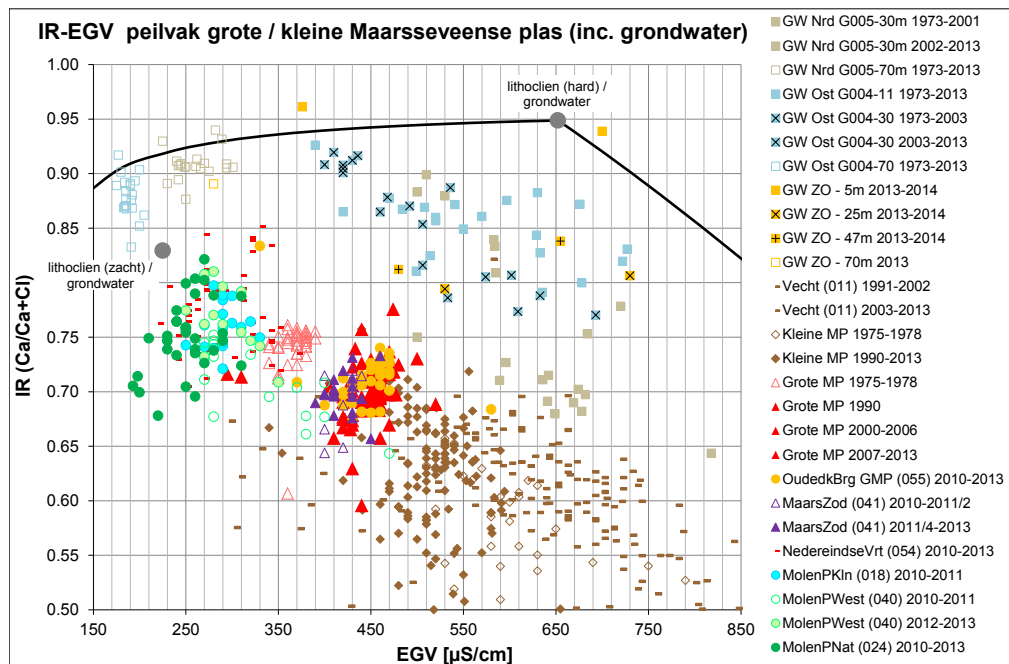
De chlorideconcentraties in de Molenpolder West waren in 2012-2013 vrijwel gelijk aan die in het Nedereindse-Vaartwater. Vóór die tijd schommelde chloride periodiek van Vechtwater (zomer) naar Nedereindse-Vaartwater (winter).

Het EGV is vergelijkbaar met chloride. Wel is het EGV in de Zodden duidelijk lager dan in de Grote Plas, terwijl tussen Grote Plas en Zodden wat betreft chloride nauwelijks verschillen worden gemeten. Het verschil is verklaarbaar doordat chloride een goede tracer is, terwijl EGV de som is van veel meer ionen die door allerlei processen in de Zodden kunnen worden gevormd en vooral onttrokken.

Calcium kent een andere dynamiek. Tot 2006 waren de calciumconcentraties van de Kleine en de Grote Plas vrijwel gelijk. Er is geen scherpe overgang, maar vanaf 2010 heeft de Grote Plas altijd een hogere calciumconcentratie dan de Kleine Plas, vooral in de winter. In de Grote Plas liggen de concentraties tussen 50 (zomer) en 65 (winter) mg/l. De hogere winterconcentraties kunnen het gevolg zijn van een relatief grote aanvoer van kalkrijk grondwater in het hypolimnion (4.2, 4.3.1). De concentraties in de Kleine Plas en de Zodden liggen 5-10 mg/l lager. De Nedereindse Vaart en de Molenpolders hebben lagere calciumconcentraties en de dynamiek is het tegenovergestelde van de Grote en de Kleine Plas: 45 (zomer) en 30 (winter).

4.1.2 Ionenratio's

De ionenratio's van de plassen, de Zodden en de Molenpolders zijn geïnterpreteerd (zie Figuur 4-1 en Bijlage L voor een uitgebreidere beschrijving).



Figuur 4-1. Het aangepaste (want lineaire x-as) van Wirdum-diagram voor grond- en oppervlaktewater rond de Grote Maarsseveense Plas. Zie Bijlage L voor gedetailleerdere en dus overzichtelijker figuren.

Grondwater

1. Het grondwater een kilometer ten oosten van de Grote Plas heeft in de recente periode 2003-2013 steeds meer humane invloeden (brakker en kalkarmer) gekregen ten opzichte van de periode 1973-2002. Direct ten oosten van de plas is dit beeld vergelijkbaar in de enkele analyses die in 2013/2014 zijn gedaan. Direct ten noorden van de Grote Plas werd (op -29 m NAP) in 2003-2013 water aangetroffen dat zelfs bestempeld kan worden als (kalkrijk) Vechtwater. Dit komt overeen met de stelling dat minimaal 30% van het gewonnen grondwater bij de waterwinning Groenekan feitelijk bestaat uit geïnfiltreerd oppervlaktewater. En dat terwijl het water diep onttrokken wordt (tweede watervoerende pakket, 60-115 m) (*Gebiedsdossier waterwinning Groenekan*, 2010).
2. Het grondwater is zowel in de tijd als in de ruimte instabiel van kwaliteit. De grote grondwaterfluxen kunnen de kwaliteit binnen korte perioden blijkbaar snel beïnvloeden. Het komt ook overeen met de veronderstelling van veel humane invloeden van infiltrerend oppervlaktewater naar het grondwater. De samenstelling van oppervlaktewater is dynamisch en dat wordt teruggevonden in het grondwater. Meer over de grondwaterkwaliteit in 4.3. Dit is vooral voor de kalibratie van de waterbalans van belang (zie 3.3).

Oppervlaktewater

3. De Grote Plas heeft een opvallende verschuiving van samenstelling ondergaan. In 1975-1978 had de samenstelling een duidelijk grondwaterkarakter dat nadien niet meer voorkomt. In 1990 nam het EGV toe en werd de IR lager, en dat zette door in 2000-2006. In de periode 2007-2013 is die verschuiving gestopt of zelfs een beetje teruggedraaid. Dit komt overeen met de bevindingen in het grondwater.
4. In de Plasgracht tussen Zodden en Grote Plas wordt op een uitzondering na louter Grote Maarsseveense Plaswater gevonden. Dit komt overeen met de

debietmetingen waaruit blijkt dat er vrijwel altijd een netto uitstroom uit de plas is (2.7).

5. Het Maarsseveense-zoddenwater lijkt ook veel op met neerslag of grondwater verdund water uit de Grote Plas (2010-2013). Opvallend is dat in de oude meetsets ook al met enige regelmaat "kwel" werd aangetekend bij zoete metingen (Dorgelo, 1992). Een extra belasting door grondwater is geohydrologisch gezien zeer onwaarschijnlijk. Extra invloed van neerslag valt te verklaren, omdat de Zodden ondieper zijn dan de Grote Plas. Ook bij stratificatie zal neerslag in de Grote Plas voor minder verdunning zorgen dan neerslag in de ondiepe Zodden. De Maarsseveense Zodden hadden, van de eerste chloride-metingen in 2005 tot medio-eind 2009, een chlorideconcentratie die regelmatig 30% lager was dan die van water uit de Kleine of de Grote Plas. Naast neerslag zijn de twee plassen de enige bekende waterbronnen voor de Zodden. Neerslag kan nooit de oorzaak zijn van een dergelijke verdunning. Het zuidelijke deel van de Verhoevracht heeft sterk geïnfiltreerd direct ten zuiden van de Zodden³¹. Dat deel van de Verhoevracht heeft in die periode alleen onder invloed van Vechtwater gestaan vanwege de (in die periode continu) gesloten kering in de Oudedijk. Het kan wel zijn dat een deel van de (zoete) kwel uit de Molenpolder Natuur direct via de Plasgracht naar de Zodden getransporteerd wordt. Wellicht betreft het oppervlakkige monsternamen na veel neerslag. Deze opties kunnen niet verklaren waarom dit fenomeen in 2010-2013 niet meer optrad. Het is ook mogelijk dat het een tijdelijk verwisselen van monsterpuntlocaties (zie Bijlage K) betreft. Er is geen sluitende verklaring voorhanden voor de lage chlorideconcentraties.
6. Voor de Maarsseveense Zodden is het niet aannemelijk dat de duiker die tijdelijk (2010-4/2011) de brug heeft vervangen een relevante invloed heeft gehad op de waterkwaliteit in de Zodden.
7. Water uit de Kleine Plas wordt nauwelijks op het meetpunt in de Zodden gevonden. Vanwege de ligging van het meetpunt (noordzijde vanaf een steiger tegen de Oudedijk en dicht bij de Grote Plas, Figuur 2-8) sluit dit niet uit dat er geen water uit de Kleine Plas in de Zodden komt.
8. De Molenpolder Klein ontvangt water uit de Nedereindse Vaart en dat komt overeen met de gemeten ionenratio, waaruit de volledige dominantie van de Nedereindse Vaart blijkt.
9. De Molenpolder West ontvangt water uit de Vecht en/of water uit de Molenpolder Klein (= Nedereindse Vaart). In 2010 en 2011 heeft het water inderdaad die wisselende samenstelling. In 2012 en 2013 is Nedereindse-Vaartwater altijd (en tot vrijwel volledig) dominant. Dit komt overeen met de defecte inlaat van de Nedereindse Vaart naar de Molenpolder Klein, waardoor blijkbaar in die zomers veel water is afgelaten van de Molenpolder Klein naar de Molenpolder West (zie 0).

4.1.3 Fosfor

Zie Bijlage N.

De Grote Plas is sinds de aanleg waarschijnlijk oligotroof geweest, gebaseerd op analyse van diatomeeën in het sediment (Kirilova et al., 2010). In de Grote Plas was jaarrond in de jaren 90 enig orthofosfaat aanwezig. Vanaf ongeveer 1998 was

³¹ Betrof een slechte kadewand die hersteld is.

orthofosfaat vrijwel altijd op de rapportagegrens. De totaal-fosforconcentraties zijn sinds de jaren 80 stabiel rond 0.02 mg/l. Hierbij werd veelal op de rapportagegrens van 0.03 mg/l (1998-2009) en 0.01 mg/l (2010-2013) gemeten. In die jaren was de plas oligotroof of mesotroof wat fosfor betreft (Carlson and Simpson, 1996). Toch werden ook hogere totaal-fosforconcentraties gemeten (0.14 mg/l): 1998, 1999, 2005 t/m 2008, 2010 (zie kader). Daarbij werd geen verhoging van chlorofyl-a gemeten (zie 4.1.6). Meetfouten/misinterpretaties kunnen niet altijd worden uitgesloten. Bijvoorbeeld in 2010 werd na destratificatie een enkele hoge waarde gemeten die in een dergelijk groot volume niet representatief kan zijn geweest, omdat de volgende meting zeer laag uitpakte. Destratificatie heeft geen effect op de fosforconcentraties (zie 4.2).

Totaal-fosforpieken Grote Plas 2005-2008

De metingen suggereren dat er een fosforbron is geweest van grote omvang. Het zou kunnen dat deze belasting aan het eind van de zomer van 2005 heeft plaatsgevonden. Vervolgens werd in de zomer het fosfaat in het epilimnion opgesoupeerd door algen die bezinken. Er werden dan wel lage waarden gemeten maar de fosforvoorraad was wel groter geworden. Elke winter (2006-2007, 2007-2008) werden op enig moment na opmenging vervolgens weer hoge waarden gevonden die in de lente of zomer weer afnamen. Vanaf 2008-2009 kwamen de hoge concentraties niet meer voor. Dit kan het gevolg zijn van binding aan het sediment (zie 5.1).

Er is een aantal hypothesen die de hoge waarden zou kunnen verklaren, maar er is geen uitsluitend over te geven:

- *Gezien de dynamiek in de grondwaterkwaliteit kan een ondiepe of diepe grondwater-influx hoge fosforconcentraties hebben ingebracht. Wat diep grondwater betreft is veel ijzer in het poriewater aanwezig (zie 4.3.1), waardoor de verwachting is dat een groot deel van het opgeloste fosfaat gebonden zal worden op het moment dat het zuurstof-rijkere oppervlaktewater wordt bereikt.
Wat ondiep grondwater betreft zijn de fosforconcentraties in de Molenpolder Natuur soms hoog (2007 en 2008) en vormen daarom een potentiële bron. Het betreft echter geen orthofosfaat. De ijzerconcentraties zijn laag (0.1-0.4 mg/l).*
- *De dynamiek bij fosfor is groot: ook binnen een jaargetijde wisselen hoge en lage waarden elkaar af.*
 - *Er zou een blauwalgenpopulatie aanwezig kunnen zijn die als verticale nutriënten-pomp fungeert. Een dergelijke populatie van enige relevante omvang is echter niet gemonitord of anderszins in de zwemwatertoetsingen waargenomen.*
 - *Foute monsternames. Op het moment dat niet midden op de plas bemonsterd wordt maar vanaf de kant kan bijvoorbeeld meer organisch materiaal aanwezig zijn. Ook de invloed van afspoeling is dan aanwezig, wat dynamiek als gevolg van de meteorologie meebrengt.*
- *Er komt via upwelling hypolimnionwater in het epilimnion terecht. Wind zal een circulaire stroming op gang brengen in het epilimnion, die wordt overgenomen door het hypolimnion. Normaliter zal het hypolimnion een tegengestelde draairichting overnemen, waardoor er nog steeds geen noemenswaardige uitwisseling zal plaatsvinden tussen hypolimnion en epilimnion. Het water benedenstrooms is koeler en wellicht zuurstofarmer, maar het betreft dan nog steeds dieper epilimnionwater dat aan de oppervlakte komt. Het lijkt theoretisch niet waarschijnlijk te zijn dat upwelling een relevante rol kan spelen in de plas (zie toelichting in Bijlage T). Daarbij komt dat de verticaalprofielen aangeven dat de fysische waterkwaliteit in het hypolimnion meestal vergelijkbaar is met de kwaliteit in het epilimnion (zie 4.2). Dat blijkt ook uit de meetreeksen waarin normaliter na de jaarlijkse volledige menging geen afwijkende waterkwaliteit wordt gevonden. Die volledige menging zou in de data ongeveer hetzelfde effect moeten genereren als een eventuele upwelling. Dus als er toch relevante upwelling voorkomt dan zal dat geen relevante fosforbron opleveren.*

De plas is fosfor-gelimiteerd. Dat blijkt ook uit het feit dat vaak wel opgelost stikstof fracties beschikbaar blijven gedurende de zomer (zie 4.1.4). In de Plasgracht zijn de fosforconcentraties regelmatig hoger (0.1 mg/l) dan in de Grote Plas. Het is onzeker of dit uit de waterbodem komt, maar de uit- en afspoeling van percelen lijkt ter plaatse een logische bron van belasting. Dat impliceert dat, hoewel de windgedreven klots geen zoddenwater de plas op zal krijgen, er wel degelijk een fosforbelasting vanuit de Plasgracht op de plas zal komen.

In de Maarsseveense Zodden wordt vanaf 2007 fosfor gemeten. In 2007 en 2008 worden regelmatig orthofosfaatwaarden tot 0.08 mg/l gemeten, vanaf die tijd worden alleen waarden onder de rapportagegrens gemeten. Voor totaal fosfor geldt dat ook. Echter, in 2012 worden ook hogere waarden gemeten. Dit gebonden fosfor kan niet worden gelinkt aan de werkzaamheden in 2010-2011. Fosfor is in de Kleine Plas en de Molenpolder Klein vanaf 1980 gedecimeerd. Opvallend is dat vanaf 2009 de fosforconcentraties in de Kleine Plas lager zijn dan voorheen. Wel is altijd orthofosfaat aanwezig.

4.1.4 Stikstof

Zie Bijlage O.

Totaal stikstof is in de Grote Plas vrij stabiel rond 1.0 mg/l en kent nauwelijks seizoensdynamiek. Ook de bij fosfor gerapporteerde perioden met hogere waarden ontbreken. De langjarige trend is vlak, met uitzondering van de recente periode vanaf 2009, waarin de stikstofconcentraties niet meer boven 1.0 mg/l komen. Er wordt ongeveer 0.8 mg/l Kjeldahl en 0.3 mg/l nitraat en nitriet gemeten. Vanaf juli of augustus worden ammonium en nitraat/nitriet onder de rapportagegrens gemeten.

In de Plasgracht treedt niet hetzelfde fenomeen op als bij fosfor het geval is: de concentraties zijn gelijk aan de Grote Plas.

In de Zodden treedt ook niet hetzelfde fenomeen op als bij totaal fosfor het geval is: wat hogere waarden komen alleen in 2011 en 2013 niet voor. Alle hoge waarden betreft organisch-N.

In de Kleine Plas is in de zomer nauwelijks stikstof beschikbaar (en veel orthofosfaat). De algengroei zal gelimiteerd worden door de actuele inlaat aan stikstof hetzij door afbraak, externe bronnen, of stikstoffixatie door blauwalgen.

4.1.5 IJzer, sulfaat, bicarbonaat en pH

Zie Bijlage P.

De ijzerconcentraties zijn alleen gemeten in de Molenpolders en de Grote Plas. In de Grote Plas zijn de concentraties het laagst met 0.05-0.4 mg/l, en in de Molenpolders ligt de ondergrens wat hoger met 0.1-0.4 mg/l. In beide gevallen worden de hoogste waarden in de winter gemeten. Zie 6.1 voor de rol van ijzer bij interne eutrofiëring.

De sulfaatconcentraties zijn decennia licht dalend en liggen tussen 10-20 mg/l. Uitzondering hierop zijn de Kleine Plas en de Molenpolder West, waar de concentraties 30-40 mg/l bedragen. Zie 6.1 voor de rol van sulfaat bij interne eutrofiëring.

De concentraties bicarbonaat zijn in de Grote Plas het hoogst (150-190 mg/l $\approx$ 2.8 meq/l)³². In de Kleine Plas zijn ze een fractie lager. Er is sprake van een duidelijke seizoensdynamiek waarbij de concentraties in de zomer afnemen en in de winter toenemen. De Zodden volgen dit patroon, maar de concentraties zijn lager dan in de Grote Plas. In de Nedereindse Vaart en de Molenpolders zijn de concentraties weer een stap lager (80-130 mg/l). Zie 6.1 voor de rol van bicarbonaat bij interne eutrofiëring.

De pH in de Grote Plas ligt doorgaans tussen 8 en 8.5. In de Plasgracht en de Zodden echter is de pH veelal structureel lager (7.5-8.0). Dit valt te verklaren door de afbraak van veenbodems en/of de aanvoer vanuit percelen, maar het is wel opvallend dat de pH op zo'n korte afstand van de Grote Plas al afneemt. In de Kleine Plas is de variatie groter (7-9). De hogere pH's zijn waarschijnlijk gerelateerd aan (blauw)algenbloeien.

4.1.6 Chlorofyl-a, doorzicht

Zie Bijlage Q.

In de Grote Plas worden sinds 2003 in oktober alle chlorofyl-a-concentraties hoger dan 10 µg/l (2007, 2008, 2010, 2012) gemeten. De verschillen per seizoen in het doorzicht zijn gering. Het doorzicht is sinds 1980 sterk toegenomen. Tot 1996 was het doorzicht nooit meer dan 2.5 meter, vervolgens tot 2002 nooit meer dan 3 meter, en vervolgens varieerde het doorzicht tussen de 2.5 en de 7 meter. Het meer is oligotroof of mesotroof, wat chlorofyl-a en doorzicht betreft (Carlson and Simpson, 1996). De data suggereren dat de Secchi-diepte gemaximaliseerd is geweest, maar ook de minimale waarden (1 m) die later nooit meer voorkomen geven aan dat de plas tot eind jaren 90 wel degelijk een veel lager doorzicht heeft gehad dan nadien. Gemiddeld is het doorzicht in de winter wat hoger, maar de hoogste doorzichten zijn gemeten in de zomer. De oktober-pieken in chlorofyl-a zijn niet terug te vinden in het doorzicht.

In de Plasgracht, waar altijd plaswater wordt aangetroffen (ook in 2013), zijn in de droge en warme zomer van 2013 de chlorofyl-a-concentraties beduidend hoger. Dit duidt op lokale productie door het opheffen van de fosforlimitatie in een productiegedomineerde omgeving (in tegenstelling tot transportgedomineerd).

In de Zodden wordt in 2007-2009 regelmatig 20 µg/l gemeten en in de periode 2010-2013 blijft chlorofyl-a altijd lager dan 10 µg/l. Dat is doorgaans (behalve in 2013) hoger dan in de Plasgracht. Zowel voor de Zodden als de Plasgracht geldt dat vrijwel altijd bodemzicht van meer dan één meter wordt gemeten.

In de Kleine Plas zijn de chlorofyl-a-concentraties het hoogst in de omgeving met regelmatig waarden > 40 µg/l, die pas rond de jaarwisseling laag worden. Het doorzicht is navenant variabel tussen 1.5 en 4.5 m.

4.1.7 Extinctie, DOC, TOC

Zie Bijlage R.

³² Overigens is binnen het project Baggernut ook geanalyseerd, waarbij onverklaarbaar lage waarden voor het oppervlaktewater zijn gerapporteerd (Poelen et al., 2012; M. D. M. Poelen et al., 2011). Deze worden als fout beschouwd.

De extinctie op 380 nm (humuszuren) en 440 nm (algen) volgt een vergelijkbaar patroon. In de Grote Plas wordt ongeveer 1.0 en 0.3 /m gemeten. In de Zodden en de Kleine Plas is de extinctie hoger met 2.0 en 0.7 /m. De extinctie in de Plasgracht varieert tussen beide niveaus.

Opgelost (DOC) en totaal (TOC) organisch koolstof is alleen in 2009 gemeten en ligt tussen 8 en 18 mg/l. Opvallend is dat de waarden van de Grote Plas slechts weinig lager of zelfs hoger zijn dan in de Kleine Plas. Op dat moment zijn de chlorofyl-a-concentraties in de Grote Plas, zoals te verwachten veel, lager dan in de Kleine Plas.

4.2 Verticaalmetingen Grote Plas

Zie Bijlage S.

In 2012 en 2013 zijn verticaalprofielen gemeten. De voor stratificatie belangrijke meteorologische variabelen in de periode juni-augustus/september zijn in 2012 anders dan in 2013. In 2012 was er meer wind en waren de temperatuur en de instraling lager dan in 2013. Een aantal mogelijke uitbijters op 30 m vertroebelt de conclusies die te trekken zijn. Alle variabelen zijn uit hetzelfde monster geanalyseerd, maar niet alle variabelen zijn (even) gevoelig voor een foute monsternamen (slib meebemonsteren).

De **temperatuurs**stratificatie start zowel in 2012 als 2013 in mei. De spronglaag formeert zich tussen 5 en 10 meter diepte. De meting in juli 2013 geeft een sterk afwijkend beeld op 20 m, vermoedelijk een foutieve meting. In oktober 2012 respectievelijk november 2013 is de plas geheel gedestratificeerd.

In de database van Waternet zijn geen historische verticaalprofielen van **zuurstof**. Wel zou de Grote Plas in de periode 1977-1979 zuurstofloos (< 1) zijn geweest vanaf 17-19 meter diepte (Swain et al., 1987). Dat is 15-17 jaar na de realisatie van de plas. In de hoger belaste Ouderkerkerplas begon zuurstofloosheid veertien jaar na aanleg (Stroom et al., 2010). Ook zijn zeer lage zuurstofconcentraties (laagste: 0.4 mg/l) gevonden rond het metalimnion (10 m) in 1976-1978 (Ringelberg, 1980).

In 1985 worden, vanaf 1 juli, lage (< 3 mg/l) zuurstofconcentraties gemeten vanaf 25 m diepte. Dit loopt op tot zeer lage zuurstofconcentraties (< 1 mg/l) vanaf 12 m diepte op 1 november (Swain et al., 1987). Bij concentraties lager dan 2 mg/l is al sprake van nalevering als gevolg van reductie van ijzer (van den Berg et al., 2012).

In de recente meetsets daalt de zuurstofconcentratie vanaf mei, en is de concentratie nabij de bodem vanaf augustus 2012 respectievelijk oktober 2013 lager dan 3 mg/l.

De **extinctie** op 380 nm (humuszuren) is ongeveer 1 /m, en neemt op 30 m licht toe vanaf augustus 2013. Op 440 nm (algen) is de extinctie ongeveer 0.4 /m. In 2013 wordt in april in het epilimnion 2.8 en 0.7 /m (op 380 en 440 nm) gemeten. Vervolgens daalt de extinctie gedurende de zomer in het epilimnion naar 0.8 en 0.2 /m, terwijl de extinctie op 30 m juist toeneemt tot maximaal 2.0 en 0.8.

In 2012 worden twee extreem hoge waarden gemeten op 30 m. Dit lijkt het gevolg van verstoring van sediment tijdens de monsternamen. De meting van november en december 2012 beschouwen we als fout.

De concentratie **zwevende stof** (alleen 013 gemeten) is ook op 30 m hoger (10 mg/l) dan in de rest van de waterkolom (4 mg/l). September (40 mg/l) beschouwen we als fout. Dit komt overeen met ijzer- en fosformetingen die in dezelfde maand ook zeer hoog zijn.

In beide jaren wordt alleen in november 2012 (0.01 mg/l) **orthofosfaat** boven de rapportagegrens (0.005 mg/l) gemeten. **Totaal fosfor** schommelt tussen 0.01 en 0.08 mg/l (plus een uitbijter in juni 2012). Wel worden de hoogste waarden gemeten op 30 m diepte, maar met een onverklaarbaar dynamisch verloop. De combinatie van geen orthofosfaat, maar wel (laag) totaal fosfor suggereert aan organisch en anorganisch materiaal gebonden fosfor. Er is een duidelijk verband met **ijzer** (alleen in 2013 gemeten). De ijzerconcentraties op 30 m nemen toe vanaf mei tot 1.5 mg/l (plus een uitbijter in september) en zijn weer laag zonder verticaalgradiënt in december. Ook **calcium** neemt op 30 m toe vanaf mei, maar in mindere mate dan bij ijzer het geval is. De gemeten concentraties liggen rond 60 mg/l. Er is geen dichtheidsstratificatie (**chloride**). Wel valt op dat de plas in januari 2012 zoeter is dan in de overige metingen.

Stikstof is tijdens de stratificatie in het hypolimnion hoger (1.2 mg/l) dan in het epilimnion (0.8 mg/l). Het betreft vooral een toename van **nitraat** en **nitriet**. Op 30 m neemt dit juist af en neemt **ammonium** toe. Het grootste aandeel wordt gevormd door organisch stikstof (**Kjeldahl** min ammonium).

De **sulfaat**concentraties liggen tussen 10 en 20 mg/l. Er is geen waarneembare trend in de tijd. De **pH** is in de gedestratificeerde situatie 7.6-8.2. In de zomer stijgt de pH met maximaal 0.5 in het epilimnion en daalt net zoveel in het hypolimnion. **Bicarbonaat** neemt gedurende de stratificatie af in het epilimnion en juist toe in het hypolimnion. De concentraties liggen tussen 150 en 220 mg/l.

4.3 Grondwater

4.3.1 Peilfilters 2014

De grondwaterkwaliteit is gemeten in de peilbuizen ten zuidoosten van de plas (zie Tabel 4-1). Er is ruim voldoende ijzer voorhanden om alle fosfaat te kunnen binden op het moment dat het grondwater de zuurstofrijkere plas intreedt. De concentraties ijzer en fosfor zijn hoger in het grondwater dan in de plas. Dit geldt ook voor veel van de overige variabelen. Het grondwater is zuurder en bevat meer calcium en bicarbonaat dan het plaswater. De verschillen tussen ondiep (-5 m) en dieper (-25 en -47 m) grondwater zijn op chloride en bromide na gering. In het grondwater op mv -70 m NAP worden beduidend lagere concentraties gevonden dan in het ondiepere grondwater, behoudens silicium en een aantal zware metalen.

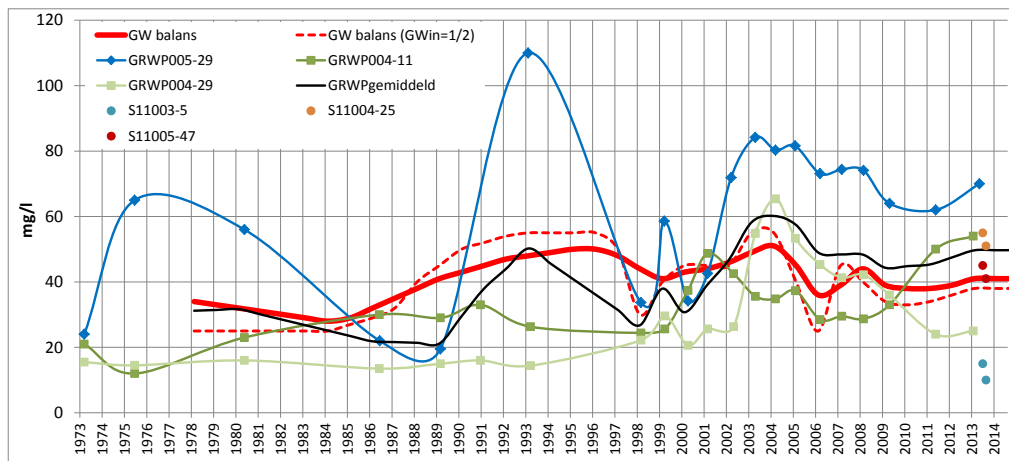
Vitens meet tussen 1986 en 2003 een stabiele 0.20 mg/l orthofosfaat in het grondwater van GRWP004 en GRWP005. Bicarbonaat en vooral sulfaat laten wisselende waarden zien.

Tabel 4-1. Gemiddelde en standaarddeviatie meetwaarden van een aantal waterkwaliteitsvariabelen op 1/1/2014 in de peilbuizen S11003 (-5 m), S11004 (-25 m), en S11005 (-47 m). In de laatste kolom S11006 (-70 m). Cursief staan waarden waarbij ook onder de rapportagegrens is gemeten. Deze zijn gehalveerd.

variabele		gemidd.	stdev.	-5 m	-25 m	-47 m	-70 m
geleidendheid (veld)	mS/m	58.7	18.7	37.6	73.0	65.5	28.0
pH (veld)	-	6.9	0.2	6.8	7.0	7.0	7.0
onopgeloste bestanddelen	mg/l	7.3	5.3	1.6	12.0	8.4	
ijzer (Fe)	mg/l	6.8	3.2	8.7	8.6	3.1	3.1#
calcium (Ca)	mg/l	127	12	140	120	120	
silicium (Si)	mg/l	9.3	0.7	10.0	9.2	8.6	8.5
ammonium als N	mg N/l	2.8	1.7	4.8	2.2	1.5	
chloride (Cl)	mg/l	32	24	5	51	41	5
totaal stikstof als N	mg N/l	3.7	2.1	6.1	2.9	2.1	1.0
totaal fosfaat als P	mg P/l	0.12	0.02	0.14	0.12	0.10	0.03
bicarbonaat (HCO ₃)	mg/l	383	67	460	340	350	
oplosbaar bromide (Br)	mg/l	0.09	0.04	0.05	0.12	0.11	0.05
sulfaat (SO ₄)	mg/l	21	11	15	34	15	15

Betreft een factor 100 omhoog-gecorrigeerde waarde. Eerdere metingen (direct en kort na plaatsing filters) gaven nl. wel waarden aan in dezelfde orde grootte als de rest van de filters.

4.3.2 Chloride historisch



Figuur 4-2. Historisch chlorideverloop in verschillende peilfilters nabij de Grote Maarsseveense Plas. De invoerreeks voor de chloridebalans is rood gemarkeerd (zie 3.3). Voor locaties zie Figuur 2-4.

Ten noorden van de Grote Plas is één peilfilter GRWP005 op -29 m NAP, dat representatief zou kunnen zijn voor kwelwater de plas in. Daarnaast zijn ten zuidwesten van de plas nieuwe filters geplaatst die ook representatief zijn, maar slechts tweemaal bemonsterd zijn (S1100x). Ten oosten van de plas, dichtbij waterwinning Groenekan, is een langjarige reeks op twee voor de plas relevante diepten beschikbaar. Er zijn te weinig filters aanwezig om ruimtelijk een goed beeld te schetsen van de grondwaterkwaliteit die de plas in gaat. Daarnaast zijn de geme-

ten chlorideconcentraties zeer dynamisch in de tijd (zie Figuur 4-2). Dit is het gevolg van de infiltratiegebieden ten oosten van de Grote Plas waar oppervlaktewater infiltreert (4.1.2). De winning van Groenekan versterkt de mate van infiltratie. Ook in de verticaal zijn niet genoeg gegevens voorhanden. Verwacht mag worden dat naast diepere kwel ook veel water uit de Molenpolder Natuur infiltreert richting de plas. Het aandeel hiervan is echter niet bekend. De gemeten concentraties variëren tussen 20 en 100 mg/l en vanuit de geohydrologie is er geen plausibele equidistante reeks van te maken als representatieve grondwaterkwaliteit die de plas in gaat.

5 Overig systeemfunctioneren Grote Maarsseveense Plas

5.1 Interne eutrofiëring

De hypothese is dat er nalevering is van orthofosfaat uit het sediment en het grondwater. De zuurstofconcentraties daar zijn onbekend, maar kunnen veel lager zijn dan gemeten op 30 m. Daarbij komt ook ijzer in oplossing en op enige diepte, waar wat meer zuurstof beschikbaar is, vindt weer complexvorming plaats, waardoor het fosfaat niet ver de waterkolom in komt maar weer neerslaat. En op het moment dat destratificatie plaatsvindt en de zuurstofconcentratie bij en in het sediment verder toeneemt kan het eventueel aanwezige fosfaat ook weer aan ijzer precipiteren. Zie ook (Kleeberg et al., 2013, 2012), waarin gesuggereerd wordt dat in diepe plassen de "ijzerval" wel degelijk goed kan functioneren vanwege dit fenomeen. Gezien de lage concentraties en zeer voordelige (molaire) gemeten verhouding $\text{Fe/P} \approx 10$ (peilfilters S11003/4/5), zou dat voor de Grote Maarsseveense Plas een plausible verklaring kunnen zijn voor het schijnbaar ontbreken van nalevering van fosfaten uit kwel en/of de waterbodem. In het epilimnion wordt immers ook nooit enig effect van destratificatie op de concentraties gemeten (zie 4.1.3). Wel zijn de sulfaatconcentraties een risico. Op het moment dat het sulfaat in anaerobe omstandigheden wordt gereduceerd, kan het onoplosbaar-ijzersulfides vormen, waardoor de nu gemeten hoge ijzerconcentraties in de waterkolom wellicht niet meer beschikbaar zullen zijn om fosfaten te binden (Smolders et al., 2006). Aangezien niet duidelijk is in hoeverre zuurstofloosheid optreedt dichtbij het sediment valt dit risico niet in te schatten. Daar tegenover staat dat het kwelwater een continue bron van ijzer vormt (3-9 mg/l, zie 4.2). De gevonden concentraties in de in 2013 bemonsterde waterbodems in de Grote Plas bevestigen het bovenstaande (zie Bijlage U).

De conclusie is daarom dat fosfaattnalevering in de Grote Plas niet aan de orde is en dat fosfor uit kwelwater goed aan ijzer gebonden lijkt te worden. Nalevering kan wel aan de orde komen als de zuurstofloosheid nabij de waterbodem een groter watervolume gaat treffen en langduriger gaat aanhouden, als de instabiele grondwaterkwaliteit verslechtert, of als de slibaanwas een groter bodemareaal gaat bezetten.

5.2 Submerse vegetatie

Beschreven is dat de Grote Plas tussen 1976 en 1979 voor 25% van het totale areaal tot 11 meter diepte (Best, 1984) bedekt was met ondergedoken macrofyten (Ten Winkel and Meulemans, 1987). Tot die diepte dekt ongeveer de helft van de plasoppervlakte (in 2007, zie 1.3). In 1983 was het aandeel waterplanten (vooral de kranswieren) significant afgenomen. Vooral het diepere areaal waterplanten was verdwenen. Daarnaast waren de overgebleven soorten vooral sterkranswier en fonteinkruiden, en dat kan wijzen op een verslechterende waterkwaliteit (Best, 1984). Nadat kooien waren geplaatst die vissen (en ook watervogels en kreeften) buiten houden, herstelde de vegetatie zeer snel (binnen één tot enkele weken), zowel ondiep als op tien meter. Na het weghalen van de kooien verdween de

vegetatie weer (Ten Winkel and Meulemans, 1987). Het bovenstaande suggereert een doorslaggevende rol van bodemwoelende vis (waarschijnlijk vooral brasem en in mindere mate karper) op de bedekking van submerse waterplanten. Vraat door watervogels speelt gezien de diepte waarschijnlijk nauwelijks een rol. Ook wordt geschat dat de kreeftenpopulatie in die jaren niet doorslaggevend is. De reactie van de vegetatie is beide kanten op getoetst (het opkomen maar ook het weer verdwijnen binnen enkele weken). Vooral het snelle opkomen van vegetatie, als woelen en vraat wordt buitengesloten, geeft aan dat overige veranderende externe omstandigheden zoals waterkwaliteit of licht geen remmende invloed hebben. Een dergelijk resultaat is ook geobserveerd in de Vecht (Specken, 2006) en in de laagveenplas Terra Nova (van de Haterd and ter Heerdt, 2007). Los van het ontwortelen, kan ook alleen opwoeling zoveel vertroebeling opwekken dat waterplanten slecht tot ontwikkeling kunnen komen (van den Berg et al., 2012).

In 2007 en 2013 zijn ook vegetatieopnamen gedaan. In 2007 bleek het begroeibare areaal tot 3.0 of 4.5 meter³³ 10.5% (Nat and Huls, 2007) en tot 3.0 meter 14.7% (Leurs and Zuyderduyn, 2007) begroeid te zijn met submerse vegetatie. Het verschil zit waarschijnlijk in de betreffende diepte of het betreffende tijdstip van bemonstering. Beschreven wordt dat slechts de smalle ondiepe oeverzones waterplanten herbergen, maar ook dat fonteinkruiden zijn aangetroffen op een locatie waar het op de kaart 10 meter diep is (ten westen van verbinding Plasgracht) (Nat and Huls, 2007). Dominant zijn groot nimfkruid, kranswieren (waaronder een zeldzame soort) en fonteinkruiden.

Het begroeibare areaal is 10%. Het werkelijk begroeide areaal ten opzichte van de totale plasoppervlakte is berekend op 1%³⁴ (Nat and Huls, 2007). Dit zal zeker niet alleen aan de visstand hebben gelegen, aangezien een grote relatief ondiepe zone (maximaal 9-12 meter diep), waarvan bekend is dat deze grotendeels was begroeid, in de tussentijd is afgegraven tot maximaal 16 meter diep (zie 1.3). Dat vermindert het begroeibare areaal sterk. In 2013 is de submerse vegetatie toegenomen naar 19.1 % van het begroeibare areaal (Nat, 2014). De soorten-samenstelling is verschoven, waarschijnlijk als gevolg van de langdurig koude lente in 2013. De emerse zone is flink afgenomen, net als de bedekking van de emerse laag.

5.3 Vis en kreeft

In de jaren 80 is geen gekwantificeerde visstand gevonden, maar verondersteld wordt dat brasem en blankvoorn het grootste aandeel hebben, naast onder andere ruisvoorn en karper(achtigen) (alle cyprinidae) (Ten Winkel et al., 1987). Bij een visstandsopname in 2006 is 5.7 kg/ha vis gevonden (Beers, 2007). In 2013 is 12.1 kg/ha vis (154 stuks) van voornamelijk eurytope soorten waargenomen (Koole, 2014). Hiervan wordt 8.9 kg/ha gerekend tot de benthivore soorten

³³ Niet eenduidig in de rapportage, maar waarschijnlijk 4.5 meter.

³⁴ Het is niet duidelijk of de vegetatie, die blijkbaar ook aanwezig is op 10 meter diepte, is meegenomen in die berekening. Normaliter zal de begroeiing bij toenemende diepte overigens afnemen, zodat de invloed op de eindconclusie dat er veel minder vegetatie is dan voorheen, wordt verwaarloosd.

(meest brasem, blankvoorn, karper, zeelt). De Maarsseveense Plas heeft in vergelijking met andere diepe plassen een lage visstand (zie Bijlage V). Tijdens visopnames worden de dichtheden van karpers onderschat, omdat deze zich op locaties ophouden die minder goed bereikbaar zijn met de gebruikte technieken. Beschreven is dat na aanleg van de plas de (benthivore) visstand door de jaren heen zal zijn toegenomen, omdat een met zandbodem opgeleverde zandwinplas steeds productiever wordt (Ten Winkel and Meulemans, 1987). Dit wordt onderbouwd weersproken door HSV Maarssen³⁵:

- Na de aanleg van de plas is hij direct gekoppeld aan (de visstand van) de Zodden. In de jaren 70 en 80 is jaarlijks veel (jonge) karper uitgezet door beroepsvisserij. De karperstand telde daardoor honderden exemplaren. Deze zijn door ouderdom en massale sterfte (virus) in 2006 vrijwel verdwenen.
- De laatste uitzettingen zijn van 2005 en 2013. Geschat wordt dat sindsdien 14 kg/ha karper in de plas aanwezig is.
- Er is in de jaren 80 een veel hogere brasemstand geweest dan in 2013. De plas is dermate helder dat jonge aanwas van karper en brasem niet overleeft door predatie (snoek, baars, paling, aalscholver, kreeft³⁶). Ook de aalscholvers zijn sinds ongeveer 2003 veel meer aanwezig. De autonome ontwikkeling van karper en brasem is dan een afnemende populatie: nog wel oudere exemplaren, maar weinig aanwas.

Ongeveer de helft van het areaal van de diepere waterbodem heeft al decennia voor vis lage zuurstofconcentraties in de zomer. Voor in de waterbodem foeragerende vis is dat deel nauwelijks beschikbaar. De effectieve biomassa kan dan het dubbele bedragen voor de plas. Uitgaande van de meting in 2013 heeft één vis dan 16 m² zuurstofrijk tot zijn beschikking. Voor ondiepe meren kan worden gesteld dat 25 kg/ha de bovengrens is voor de hoeveelheid benthivore vis (Meijer et al., 1998; ter Heerdt and Hootsmans, 2007). Dat wil zeggen dat de populatie benthivore vis op de Grote Plas langs die maatlat niet heel laag is.

De Amerikaanse rivierkreeft neemt sinds 1985 in Nederland sterk in populatie toe (Vis and Spierts, 2012). Deze soorten kunnen een significant negatieve invloed hebben op waterplanten en waterkwaliteit vanwege vraat en opwoeling (Roessink et al., 2010), maar dat is niet altijd het geval. De rode rivierkreeft wordt ook in grote hoeveelheden aangetroffen in gebieden met dichte bedekking van bijvoorbeeld kranswier. Bovendien zijn ze primair carnivoor. Dat maakt de rol van kreeft op vegetatie onduidelijk.

5.4 Mossels

Door duikers is aangegeven dat het doorzicht in de diepte relevant minder is geworden, en dat er sprake is van een wittige kleuring³⁷. Op basis van de metingen kan dit niet worden bevestigd, ontkracht, of verklaard. Specifiek onderzoek om een verklaring voor de genoemde fenomenen te vinden is niet uitgevoerd. Wel kan wind, bioturbatie door vis en opwerveling door duikers voor een vertroebeling

³⁵ Mail Eric Adamse 15/5/2014 en 19/5/2014.

³⁶ De Amerikaanse rivierkreeft is in de Zodden en de Grote Plas steeds meer aanwezig.

³⁷ Overleg met duikcentrum Maarsseveen op 14/3/2012

zorgen, maar dat zou eerder een gele tot bruine verkleuring (humuszuren) moeten opleveren. De vermindering van doorzicht (vergeleken met "kraakheldere voor-jaren" eind jaren 90) kan niet worden bevestigd. Bovenin gemeten is het doorzicht juist toegenomen in de periode 1990-2013. Het lagere doorzicht op diepte kan het gevolg zijn van een verminderde bedekking van submerse vegetatie (zie 5.4). Een vermindering van waterfilteraars zoals zoetwatermossels (*Dreissenidae*) kan ook het doorzicht doen afnemen. Volgens de duikers is de populatie afgenomen. Dat zou kunnen worden verklaard door de niet te voorkomen toename van de sliblaag (immers, het uitgangspunt na aanleg betreft een zandbodem). Aan de andere kant is de quagga-mossel (*Dreissena bugensis*) in opkomst vanaf 2006 (bij de Vaate and Jansen, 2007). Niet alleen in Amsterdam ("Quagga-mossel domineert Amsterdamse grachten," 2013), maar de mossel wordt op veel plaatsen in toenemende mate gesignaleerd. De quagga verspreidt zich met 120 km per jaar door Europa, en in vrijwel heel Nederland komt men de soort tegen (van Emmerik, 2014). Deze soort is toleranter dan de driehoeksmossel (*D. polymorpha*) wat betreft leefmilieu en heeft daardoor een concurrentievoordeel ("Species at a glance; Zebra and Quagga Mussels," 2010), naar verwachting vooral ook in diepe plassen. Het effect op de helderheid kan zeer groot zijn (Nalepa and Schloesser, 2014). Effecten op blauwalgen zijn tegenstrijdig. De meeste publicaties gaan uit van selectieve begrazing, waarbij blauwalgen omzeild of levensvatbaar met de pseudofaeces worden uitgescheiden, waardoor blauwalgbloeien kansrijker worden (Vanderploeg et al., 2014). Toch kan niet worden uitgesloten dat ook blauwalgpopulaties worden begraasd (Waaen, G.W.A.M. et al., unknown). Er zijn geen recente gegevens bekend van mosselinventarisaties. Dit aspect zou nader onderzocht moeten worden (Stroom, 2014d).

5.5 Conclusie

Aangenomen wordt de waterbodem in de Grote Plas een geringe rol speelt in het op jaarbasis netto naleveren of binden van fosfaten.

Waarschijnlijk heeft de in 1987 gedocumenteerde afname van de submerse vegetatie doorgezet, maar is ook weer herstellende. Een bodembedekking van 25% (ten opzichte van de totale plasoppervlakte) die grotendeels verdwijnt is dermate relevant dat dit een merkbaar negatief effect zal hebben op het aquatische ecosysteem, van macrofauna tot visstand. Het doorzicht op diepte kan lager zijn, evenals de KRW-scores. Het aandeel submerse vegetatie is wel aan het toenemen. Het betreft een verdubbeling in de periode 2007-2013 tot 19% (ten opzichte van het begroeibare areaal). Er is tussen 1987 en 2007 een relevante afname van het begroeibare areaal vanwege een lokale verdieping.

De kooiexperimenten die gedaan zijn wijzen op een doorslaggevende rol van bodemwoelende vis in de vroege jaren '80. De experimenten zijn gedaan in een periode dat er waarschijnlijk meer bodemwoelende vis en minder kreeft aanwezig was dan in 2006 en 2013. Wellicht is daarom de invloed vele malen geringer, maar kennis op dit vlak ontbreekt. Aanbevolen wordt de kwantitatieve relatie tussen de benthivore visstand/kreeften en submerse vegetatie te bepalen in de Grote Plas en/of meer algemeen in diepe plassen. De vooralsnog toelaatbaar geachte visstand is gebaseerd op ondiepe wateren. Wellicht dat dit in diepe wateren anders ligt. Mocht er aanleiding toe zijn, dan verdient het aanbeveling om

de visstand en kreeften te betrekken in maatregelen om meer vegetatie in de Grote Plas te krijgen.

Daarbij verdient het aanbeveling de rol van zoetwatermossels te onderzoeken, omdat deze een relevante filtreercapaciteit hebben. Vooral de invasieve quaggamossel (*Dreissena bugensis*) is in opmars en kan veel invloed uitoefenen op de helderheid en algensamenstelling van een plas.

6 Overig systeemfunctioneren Maarsseveense Zodden

6.1 Interne eutrofiëring

De pH is in het hele gebied hoger dan neutraal en neemt, meer richting de Kleine Plas, toe. Buffering door hoge bicarbonaatconcentraties bij hoge pH kunnen resulteren in versnelde afbraak van organisch materiaal, nutriëntennalevering en productie van sulfiden. Dit komt doordat het bij decompositie geproduceerde zuur wordt gebufferd. In het verleden is dit beschreven als een groot potentieel probleem, ook voor laagveen (Lamers et al., 2010; Roelofs, 1991; Smolders et al., 2006). Als maatregel is het verzuren met zoutzuur van het Grote Plaswater geopperd om voor de Zodden "gebiedseigen" zwak gebufferd water te creëren (Cals and Roelofs, 1989). Het onderzoek is gebaseerd op een specifiek gebied in de Weerribben, waar dit een dominant proces is. Er zijn recentere onderzoeken die dit fenomeen niet waarnemen, omdat de onderwaterbodem zelf al goed gebufferd is. Bovendien komt bij anaerobe afbraak bicarbonaat vrij dat de verzuring, onafhankelijk van omgevingswater, buffert (van den Berg et al., 2012; van der Wijngaart et al., 2012). In de Maarsseveense Zodden is weliswaar sprake van relevante infiltratie, maar de inschatting is vooralsnog dat het transport van eventueel beschikbaar bicarbonaatarm water niet de afbraaksnelheid, en dus de nalevering van nutriënten, kan verminderen. Voor laagveen wordt ervan uitgegaan dat (het gebrek aan) bicarbonaat geen relevante invloed heeft op decompositie. Los van de waterbodempromessen zou de inlaat van zwak gebufferd water overigens niet wenselijk zijn voor veen³⁸.

De anearobe omstandigheden in de waterbodem kunnen ervoor zorgen dat ijzerfosfaatcomplexen worden verbroken, met nalevering van fosfaten tot gevolg (Lamers et al., 2013; van der Wijngaart et al., 2012). Voor de KRW zijn in 2013 waterbodemonsters genomen, waaronder in de Zodden. De meetresultaten zijn verwerkt volgens de Quicksan van Baggernut (M. Poelen et al., 2011). De resultaten geven aan dat de fosfaattalevering in de Zodden groot is (zie Bijlage U). Hoewel de sulfaatconcentraties uit de Grote Plas en ook in de Zodden niet heel hoog zijn, is er in de Zodden een groot gebrek aan ijzer om fosfaat te kunnen binden.

Kortom, de rol van bicarbonaat is in de Zodden niet relevant, maar de waterbodem levert veel interne eutrofiëring. Blijkbaar is dit historisch gezien niet altijd het geval geweest: "*Kortom: Verbetering van de waterkwaliteit van het natuurgebied de Molenpolder mag niet ten koste gaan van het Zoddengebied, dat nu nog een (redelijk) schoon karakter heeft en beschouwd kan worden als één van de laatste verveningsgebieden in ons land die nog niet door de toenemende vervuiling ten gronde zijn gegaan.*" (Bangma and van der Wal, 1978)³⁹. Gezien de beperkte kennis van de Zodden wordt aanbevolen nader onderzoek te doen naar het chemisch en ecologisch functioneren van de Zodden, om mogelijk aanvullende maatregelen te kunnen formuleren voor het verbeteren van de waterkwaliteit.

³⁸ Inschatting naar aanleiding van overleg met Casper Cusell 13/5/2014, Witteveen+Bos.

³⁹ Deel 2, blz 17, blz. 109 van de pdf.

6.2 Uitwisseling Grote Plas – Zodden – Kleine Plas

Om te verifiëren wat uit de metingen blijkt wat betreft hydrologie en waterkwaliteit in de Zodden is teruggegrepen op studies uit de jaren 80 en op meetreeksen uit die periode. In de periode 1984-1991 is een groot aantal keren gevaren over de Zodden, waarbij op min of meer vaste plekken chloride en EGV zijn bepaald (Dorgelo, 1992). EGV is geen goede tracer, omdat een aantal ionen in de Zodden zal worden gebonden of juist vrijkomt. Hier wordt alleen chloride beschouwd. Het is opvallend dat alle varianten voorkomen: van gehele Zodden laag chloride (4x) tot al verhoging chloride in het grotere open areaal aan de oostzijde⁴⁰ (1x), en van alles er tussenin (6x). In de paar gevallen dat beide parameters zijn gemeten neemt EGV beduidend sneller toe dan chloride. In 2010 zijn opnieuw dergelijke raaien gevaren, waarbij het EGV is bepaald, maar ook verschillende ionen met de Hydrion (Rutgrink, 2010). Het beeld dat EGV geen goede tracer is, wordt bevestigd doordat de laagste waarden midden in de Zodden worden gevonden. De chlorideconcentraties van de Hydrion blijken niet de gevraagde resolutie te halen, In de Grote Plas wordt 60 mg/l gemeten en dat is hoger dan de werkelijke waarden. De Hydrion is buiten beschouwing gelaten, ook wat betreft de overige variabelen die hij kan meten. In studies uit 1974, 1975 en 1978 is opgemerkt dat alleen in de twee meest westelijk gelegen petgaten Vechtinvoer merkbaar is (Bangma and van der Wal, 1978). Dit klopt in grote lijnen met de recentere bevindingen in het veld, die hierboven zijn beschreven.

⁴⁰ Nabij de foutieve locatie PMW041 (zwart kruis in Figuur 2-8).

Referenties

- Adamse, E., 2012. Maarsseveense Plassen; Hydrologische en Hydrochemische verkenning.
- Bangma, A.-H., van der Wal, H., 1978. Een onderzoek naar de waterkwaliteit in de Molenpolder en de Maarsseveense Zodden aan de hand van fytoplankton en chemische en fysische gegevens (No. L. en N. verslag no. 16). Provinciale Waterstaat van Utrecht / Rijks Universiteit Utrecht, Utrecht.
- Beemster, J.G.R., 2014. Grondwatersysteem Bethunepolder en omgeving; CONCEPT 8/5. Waternet, Amsterdam.
- Beers, M.C., 2007. KRW-visstandbemonstering waterlichamen Waternet 2006 (No. 20060379). AquaTerra Water en Bodem b.v., Geldermalsen.
- Best, E.P.H., 1984. Veranderingen in de ondergedoken oevervegetatie van de Grote Maarseveense Plas van 1978-'79 en 1983. Limnologisch Instituut, Nieuwersluis.
- Bij de Vaate, A., Jansen, E.A., 2007. Onderscheid tussen de driehoeksmossel en de quaggamossel = Distinction between zebra mussels and quagga mussels. *Spirula* 78-81.
- Boogaard, F.C., Lemmen, G.B., 2007. De feiten over de kwaliteit van afstromend regenwater; handleiding (No. 2007-21, ISBN 978.90.5773.374.1). Stowa, Utrecht.
- Boorstaat puls boring S11-6-2, 2013.
- Cals, M.J.R., Roelofs, J.G.M., 1989. Effectvoorspelling van wijzigingen in de hydrologische situatie op de water- en oevervegetatie.
- Carlson, R.E., Simpson, J., 1996. A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods. North Am. Lake Manag. Soc. 96.
- Csanady, G.T., 1977. Intermittent "full" upwelling in Lake Ontario. *J. Geophys. Res.* 82, 397-419. doi:10.1029/JC082i003p00397
- Dorgelo, J., 1992. Chloride- en EC-metingen Maarsseveense zodden vanaf 1984, steeds in sep./okt.
- Gebiedsdossier waterwinning Groenekan, 2010. . provincie Utrecht, Utrecht.
- Hoes, O., 2009. Zwemwaterproblematiek Ouderkerkerplas (No. J0137). Nelen & Schuurmans, Utrecht.
- Horn, D.A., Imberger, J., Ivey, G.N., 2001. The degeneration of large-scale interfacial gravity waves in lakes. *J. Fluid Mech.* 181-207. doi:10.1017/S0022112001003536
- Janse, T.A.H.M., 2014a. Tijddreksmodellering Maarseveense Plas.
- Janse, T.A.H.M., 2014b. Relatie chloride met meteo in Maarsseveenseplas?
- Kirilova, E.P., Cremer, H., Heiri, O., Lotter, A.F., 2010. Eutrophication of moderately deep Dutch lakes during the past century: flaws in the expectations of water management? *Hydrobiologia* 637, 157-171.
- Kleeberg, A., Herzog, C., Hupfer, M., 2013. Redox sensitivity of iron in phosphorus binding does not impede lake restoration. *Water Res.* 47, 1491-1502. doi:10.1016/j.watres.2012.12.014
- Kleeberg, A., Köhler, A., Hupfer, M., 2012. How effectively does a single or continuous iron supply affect the phosphorus budget of aerated lakes? *J. Soils Sediments* 12, 1593-1603. doi:10.1007/s11368-012-0590-1

- Koole, M., 2014. Visstandonderzoek gebieden Waternet 2013; CONCEPT (No. 20130362/rap01). ATKB.
- Lamers, L.P.M., Poelen, M.D.M., van den Berg, L., Geurts, J.J.M., Roelofs, J.G.M., Smolders, A.J.P., 2013. Waternatuur in een veranderend klimaat. *Levende Nat.* 114, 152–156.
- Lamers, L., Sarneel, J., Geurts, J., Dionisio Pires, M., Remke, E., van Kleef, H., Christianen, M., Bakker, Mulderij, G., Schouwenaars, J., Klinge, M., Jaarsma, N., van der Wielen, S., Soons, M., Verhoeven, J., Ibelings, B., van Donk, E., Verberk, W., Esselink, H., Roelofs, J., 2010. Onderzoek ten behoeve van het herstel en beheer van Nederlandse laagveenwateren. Eindrapportage 2006-2009 (Fase 2) (No. DKI nr. 2010/dk134-O). Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- Leurs, W., Zuyderduyn, C., 2007. Macrofytenonderzoek van 14 polders en de Grote Maarsseveense plas in 2007.pdf (No. 200700192). Waterproef, Amsterdam.
- MacIntyre, S., 2008. Describing fluxes within lakes using temperature arrays and surface meteorology. *Verhandlungen Int. Ver. Für Theor. Angew. Limnol.* 30, 339.
- MacIntyre, S., Jellison, R., 2001. Nutrient fluxes from upwelling and enhanced turbulence at the top of the pycnocline in Mono Lake, California. *Hydrobiologia* 466, 13–29. doi:10.1023/A:1014563914112
- MacIntyre, S., Sickman, J.O., Goldthwait, S.A., Kling, G.W., 2006. Physical pathways of nutrient supply in a small, ultraoligotrophic arctic lake during summer stratification. *Limnol. Oceanogr.* 51, 1107–1124.
- Meijer, M.L., De Boois, I., Portielje, R., 1998. Actief Biologisch Beheer: de meest effectieve maatregel? *H2O* 23–26.
- Mol, J.-W., 2013. Documentatie debietmeetstation; Locatie Maarssen (No. AV_DOC_130144). Aquavision, Utrecht.
- Nalepa, T.F., Schloesser, D.W., 2014. Quagga and zebra mussels: biology, impacts and control. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Nat, E., 2014. De inventarisatie van de waterplanten en emerse vegetatie van drie diepe plassen in het beheergebied van Waterschap Amstel- Gooi- en Vechtstreek in 2013; CONCEPT (No. 201400064). Waterproef, Edam.
- Nat, E., Huls, J.S., 2007. Inventarisatie van de water- en oevervegetatie van de Grote Maarsseveense Plas, Ouderkerkerplas, Gaasperplas en Botshol in 2007. Landelijk Informatiecentrum voor Kranswieren (LIK), Leiden.
- Naudin-Ten Cate, R., Tjooitink, T., Wentink, M., 2000. Cultuurtechnisch Vademecum; handboek voor inrichting en beheer van land, water en milieu. Elsevier bedrijfsinformatie, Doetinchem.
- Osté, A., Jaarsma, N., van Oosterhout, F., 2010. Een heldere kijk op diepe plassen. Kennisdocument diepe meren en plassen: ecologische systeemanalyse, diagnose en maatregelen. STOWA, Amersfoort.
- Pannard, A., Beisner, B.E., Bird, D.F., Braun, J., Planas, D., Bormans, M., 2011. Recurrent internal waves in a small lake: Potential ecological consequences for metalimnetic phytoplankton populations. *Limnol. Oceanogr. Fluids Environ.* 1, 91–109. doi:10.1215/21573698-1303296
- Plattner, S., Mason, D.M., Leshkevich, G.A., Schwab, D.J., Rutherford, E.S., 2006. Classifying and Forecasting Coastal Upwellings in Lake Michigan Using Satellite Derived Temperature Images and Buoy Data. *J. Gt. Lakes Res.* 32, 63–76. doi:10.3394/0380-1330(2006)32[63:CAFCUI]2.0.CO;2

- Poelen, M.D.M., van den Berg, L.J.L., Smolders, A.J.P., Jaarsma, N.G., Lamers, L.P.M., 2011. Maatregelen Baggeren en Nutriënten (BaggerNut); Metingen Interne Nutriëntenmobilisatie en Decompositie. (MIND-BaggerNut); Tussenrapportage 2011 (No. 2011-17). B-Ware Research Centre, Nijmegen.
- Poelen, M.D.M., van den Berg, L.J.L., ter Heerdt, G.N.J., Bakkum, R., Smolders, A.J.P., Jaarsma, N.G., Brederveld, B., Lamers, L.P.M., 2012. Maatregelen Baggeren en Nutriënten (BaggerNut); Metingen Interne Nutriëntenmobilisatie en Decompositie. (MIND-BaggerNut); Eindrapportage 2012 (No. 2012-18). B-Ware Research Centre, Nijmegen.
- Poelen, M., van den Berg, L., Bakkum, R., Lamers, L., 2011. Quickscan voor inschatting interne nutriëntenmobilisatie. H2O 22, 39–42.
- Quagga-mossel domineert Amsterdamse grachten [WWW Document], 2013. URL http://www.youtube.com/watch?v=zjnPGtPH0jU&feature=youtube_gdata_player (accessed 6.16.14).
- Ringelberg, J. (Ed.), 1980. Limnological research in the Maarsseveen lakes; 1975-1980. University of Amsterdam, Department of Aquatic Ecology, Amsterdam.
- Roelofs, J.G.M., 1991. Inlet of alkaline river water into peaty lowlands: effects on water quality and *Stratiotes aloides* L. stands. *Aquat. Bot.* 39, 267–293.
- Roessink, I., van Giels, J., Boerkamp, A., Ottburg, F.G.W.A., 2010. Effecten van rode- en geknobbelde Amerikaanse rivierkreeften op waterplanten en waterkwaliteit (No. 2052, ISSN 1566-7197). Alterra, Wageningen.
- Rutgrink, G.A.M., 2010. KMP - zodden - GMP - Concept.
- Schep, S.A., 2011. Watersysteemanalyse Noorderpark ten behoeve van Watergebiedsplan en Beheerplan Natura 2000 (No. ASD1297-4/strg/010). Witteveen+Bos, Deventer.
- Schep, S.A., von Meijenfildt, N., Rip, W.J., 2012. Flexibel peil, van denken naar doen; Flexibel peilbeheer als maatregel ter verbetering van de waterkwaliteit en bevordering van de oevervegetatie en verlanding (No. Stowa 2012-41, ISBN 978.90.5773.572.1). Stowa, Amersfoort.
- Smolders, A.J.P., Lamers, L.P.M., Lucassen, E.C.H.E.T., van der Velde, G., Roelofs, J.G.M., 2006. Internal eutrophication: How it works and what to do about it - a review. *Chem. Ecol.* 22, 93–111.
- Soil & Aquifer Properties and Their Effect on Groundwater [WWW Document], n.d. URL <http://www.co.portage.wi.us/groundwater/undrstnd/soil.htm#Specific%20Yield>
- Species at a glance; Zebra and Quagga Mussels, 2010.
- Specken, B., 2006. Verslag bezoek inplantlocaties langs de Vecht.
- Steissberg, T.E., Hook, S.J., Schladow, S.G., 2005. Characterizing partial upwellings and surface circulation at Lake Tahoe, California–Nevada, USA with thermal infrared images. *Remote Sens. Environ.* 99, 2–15. doi:10.1016/j.rse.2005.06.011
- Stolk, A.P., 2001. Landelijk Meetnet regenwatersamenstelling; Meetresultaten 2000 (No. RIVM Rapport 723101 057). RIVM, Bilthoven.
- Stroom, J.M., 2014a. Balans GMP EvapAVG 9mei2014 GW als restpost.xlsx.
- Stroom, J.M., 2014b. Beating the Blues Factsheet: af- en uitspoeling.
- Stroom, J.M., 2014c. Beating the Blues Factsheet: systeemanalyse (-> bronnen).

- Stroom, J.M., 2014d. Onderzoeksvoorstel: Impact mosselen op oppervlaktwateren AGV.
- Stroom, J.M., Pelsma, T.A.H.M., 2013. Systeemanalyse Noorder IJplas (No. 13.021926). Waternet, Amsterdam.
- Stroom, J.M., Pelsma, T.A.H.M., Beemster, J.G.R., Stoffels, J., Hogenes, C.A.G., 2010. Ouderkerkerplas: systeemanalyse en onderzoek flexibel peil. Waternet, Amsterdam.
- Swain, W.R., Lingeman, R., Heinis, F., 1987. A characterization and description of the Maarsseveen Lake system. *Hydrobiol. Bull.* 21, 5–16.
- Ten Winkel, E.H., Foekema, E., Timmermans, K.R., 1987. The impact of cyprinid fish on the benthos of the sandy littoral zone of Lake Maarseveen, in: ten Winkel, E.H. (Ed.), *Chironomid Larvae and Their Foodweb Relations in the Littoral Zone of Lake Maarseveen*. University of Amsterdam, Amsterdam.
- Ten Winkel, E.H., Meulemans, J.T., 1987. Effects of cyprinid fish upon submerged vegetation, in: ten Winkel, E.H. (Ed.), *Chironomid Larvae and Their Foodweb Relations in the Littoral Zone of Lake Maarseveen*. University of Amsterdam, Amsterdam.
- Ter Heerdt, G.N.J., Hootsmans, M., 2007. Why biomanipulation can be effective in peaty lakes. *Hydrobiologia* 585, 305–316.
- Tomassen, H., Smolders, F., 2012. Bijdrage van het Sloterpark aan de nutriëntenbelasting van de Sloterplas (No. 2012.01). B-Ware, Nijmegen.
- Van de Haterd, R.J.W., ter Heerdt, G.N.J., 2007. Potential for the development of submerged macrophytes in eutrophicated shallow lakes after restoration measures. *Hydrobiologia* 584, 277–290. doi:10.1007/s10750-007-0593-x
- Van den Berg, L.J.L., Poelen, M.D.M., Jaarsma, N.G., Geurts, J.J.M., Brederveld, R.J., Lamers, L.P.M., 2012. WaterBODEMbeheer in Nederland: Maatregelen Baggeren en Nutriënten (BAGGERNUT) - De rol van vissen, planten, zuurstof en temperatuur bij de nalevering van nutriënten. Resultaten experimenten RUN en B-Ware (No. PR-10.036). Radboud Universiteit Nijmegen / B-ware, Nijmegen.
- Van der Gun, J.A.M., 1978. Grondwaterkaart van Nederland: Utrecht; 31 Oost, 32 West, 38 Oost, 39 West (ten noorden van Lek en Neder-Rijn). Dienst Grondwaterverkenning TNO.
- Vanderploeg, H.A., Wilson, A.E., Johengen, T.H., Bressie, J.D., Sarnelle, O., Liebig, J.R., Robinson, S.D., Horst, G.P., 2014. Role of Selective Grazing by Dreissenid Mussels in promoting Toxic Microcystis Blooms and Other Changes in Phytoplankton Composition in the Great Lakes, in: *Quagga and Zebra Mussels; Biology, Impacts and Control*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Van der Wijngaart, T., ter Heerdt, G., Bakkum, R., van den berg, L., Brederveld, B., Geurts, J., Jaarsma, N., Lamers, N., Osté, L., Poelen, M., Smolders, F., van de Weerd, H., 2012. BaggerNut, maatregelen baggeren en nutriënten. Overkoepelend rapport. (No. STOWA 2012-40). STOWA, Amersfoort.
- Van Emmerik, W.A.M., 2014. Factsheet quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis* Andrusov, 1897) (No. KI201401). Sportvisserij Nederland, Bilthoven.
- Van Liere, L., Roijackers, R.M.M., Verstraelen, P.J.T., 1989. Integraal waterbeheer in het Goois/Utrechts stuwwallen- en plassengebied. Commissie voor Hydrologisch Onderzoek, 's-Gravenhage.
- van Wirdum Diagram - Deltares Public Wiki [WWW Document], n.d. URL <https://publicwiki.deltares.nl/display/VWD/Home> (accessed 3.5.14).

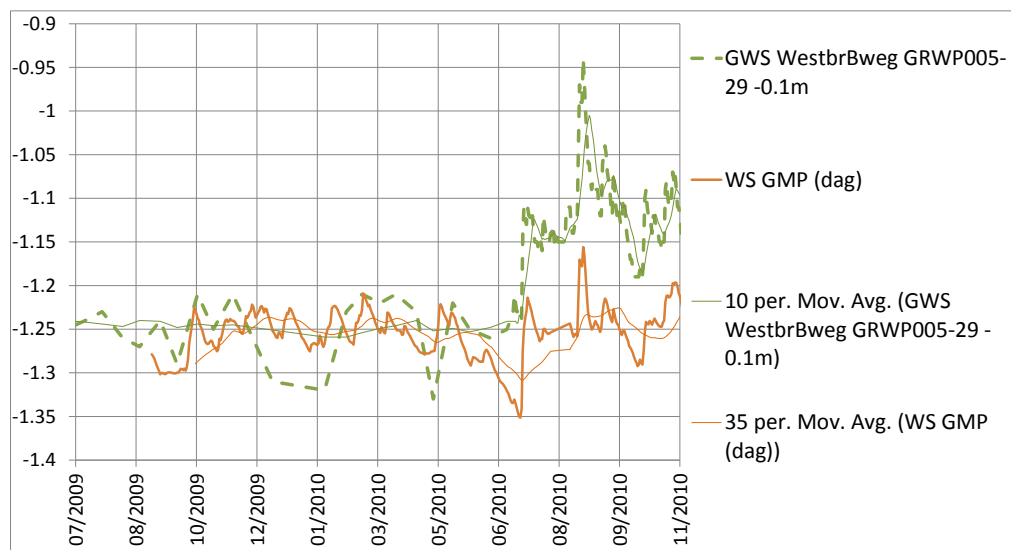
- Van Wirdum, G., 1990. Vegetation and hydrology of floating rich-fens. Universiteit van Amsterdam, Maastricht, Datawyse.
- Vis, H., Spierts, I.L.Y., 2012. Pilot ontwikkeling selectieve vangtuigen voor wolhandkrabben en uitheemse rivierkreeften (No. VA2010_31). VisAdvies BV, Nieuwegein.
- Waajen, G.W.A.M., N., V.B., Dionisio Pires, L.M., Lengkeek, W., Lürling, M., unknown. Biomanipulation with quagga mussels (*Dreissena bugensis*) to control harmful algal blooms: results of an enclosure experiment in a hypertrophic urban pond. unknown.
- Wassen, M.J., van Donk, E., Koerselman, W., den Hartogh, G.A., 1989. Ecologische effecten van alternatieve vormen van waterbeheer voor het Noorderpark, in: Integraal waterbeheer in het Goois/Utrechts stuwwallen- en plassen gebied. Commissie voor Hydrologisch Onderzoek, pp. 280–299.
- Waternet waterbodembemonstering 2013; KRW-waterlichamen; QuickScan v1.03, 2014.
- Wind Driven Surface Currents: Upwelling and Downwelling Background [WWW Document], n.d. URL <http://oceanmotion.org/html/background/upwelling-and-downwelling.htm>
- Wit, K.E., Massop, H.T.L., Wijnsma, M., te Beest, J.G., 1987. Waterbalansonderzoek Maarsseveense Plassen (No. ICW nota 1775). Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.
- www.natuurkennis.nl [WWW Document], n.d. URL <http://www.natuurkennis.nl/index.php?hoofdgroep=6&niveau=3&id=6> (accessed 3.6.14).

Bijlagen

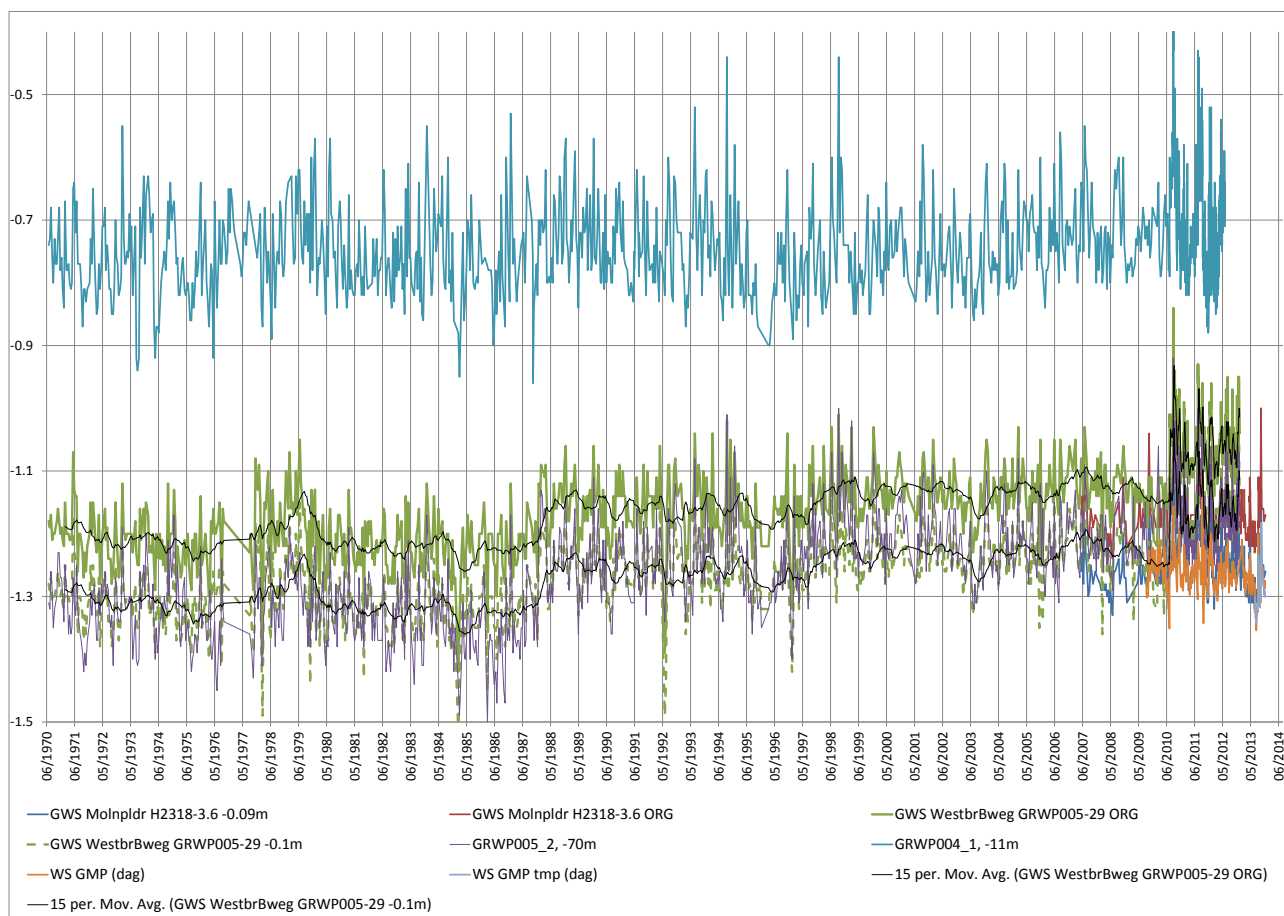
Bijlage A Diepten Maarsseveense Zodden



Bijlage B Historische grondwaterstanden

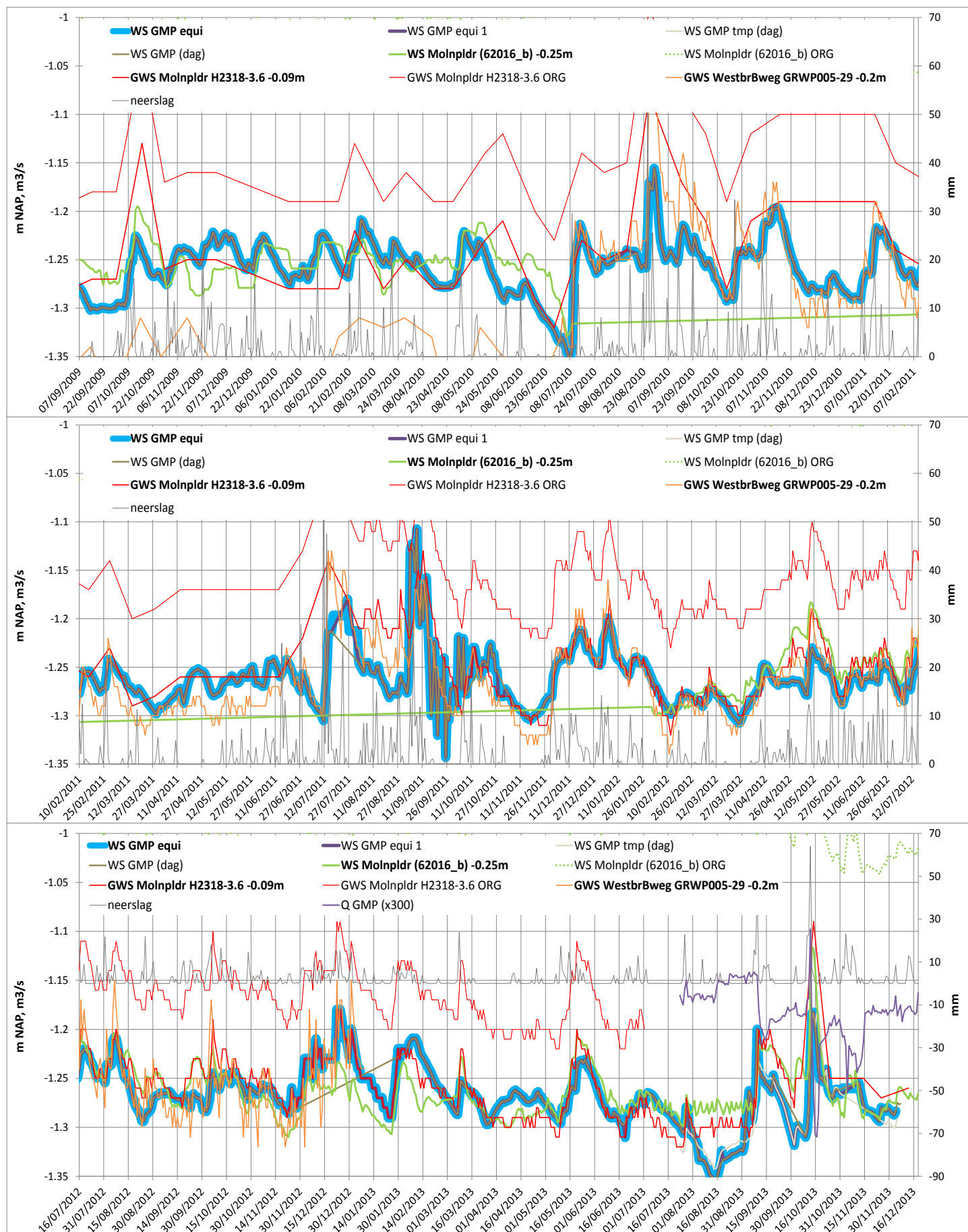


Figuur B-1. Overlappende waterstanden van de met 10 cm aangepaste waarden van de peilbuis (groen, GRWP005) en de gemeten oppervlaktewaterstanden (bruin). Vanaf juli 2010 worden op dagbasis de waterstanden gelogd, en vanaf datzelfde moment zijn de waterstanden structureel 10 cm hoger, mogelijk als gevolg van een waterpassing.

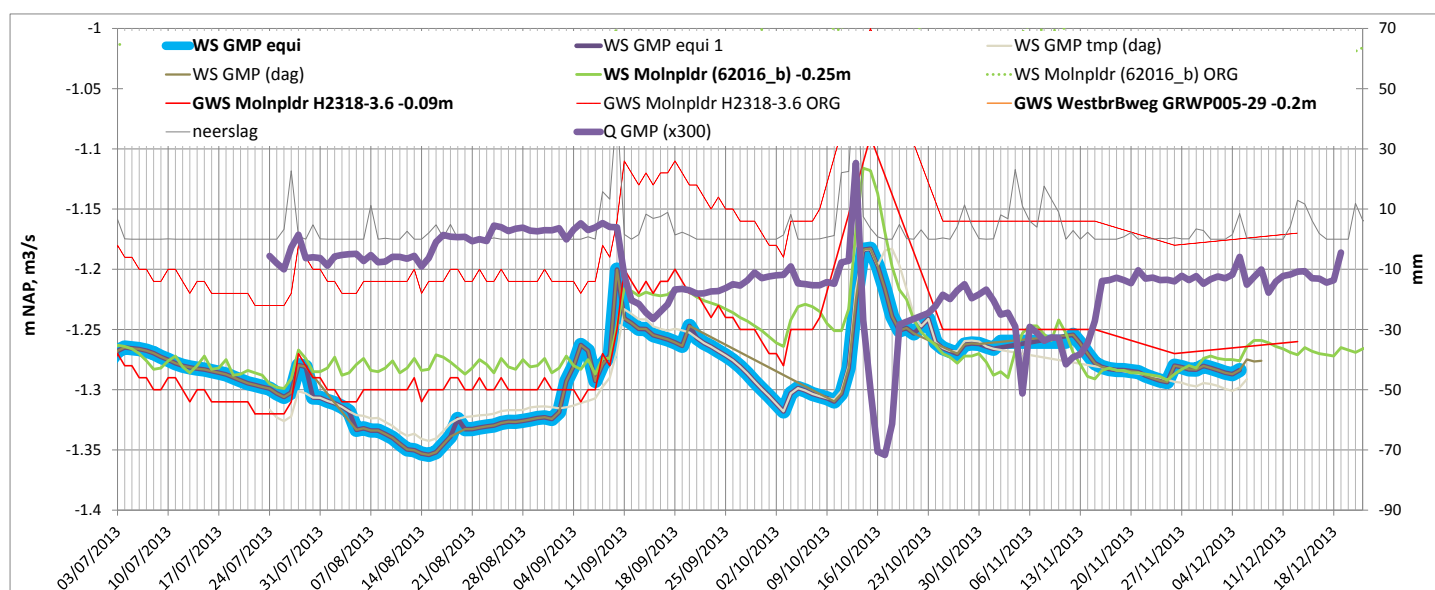


Figuur B-2. Diverse reeksen van grond- en oppervlaktewaterstanden.

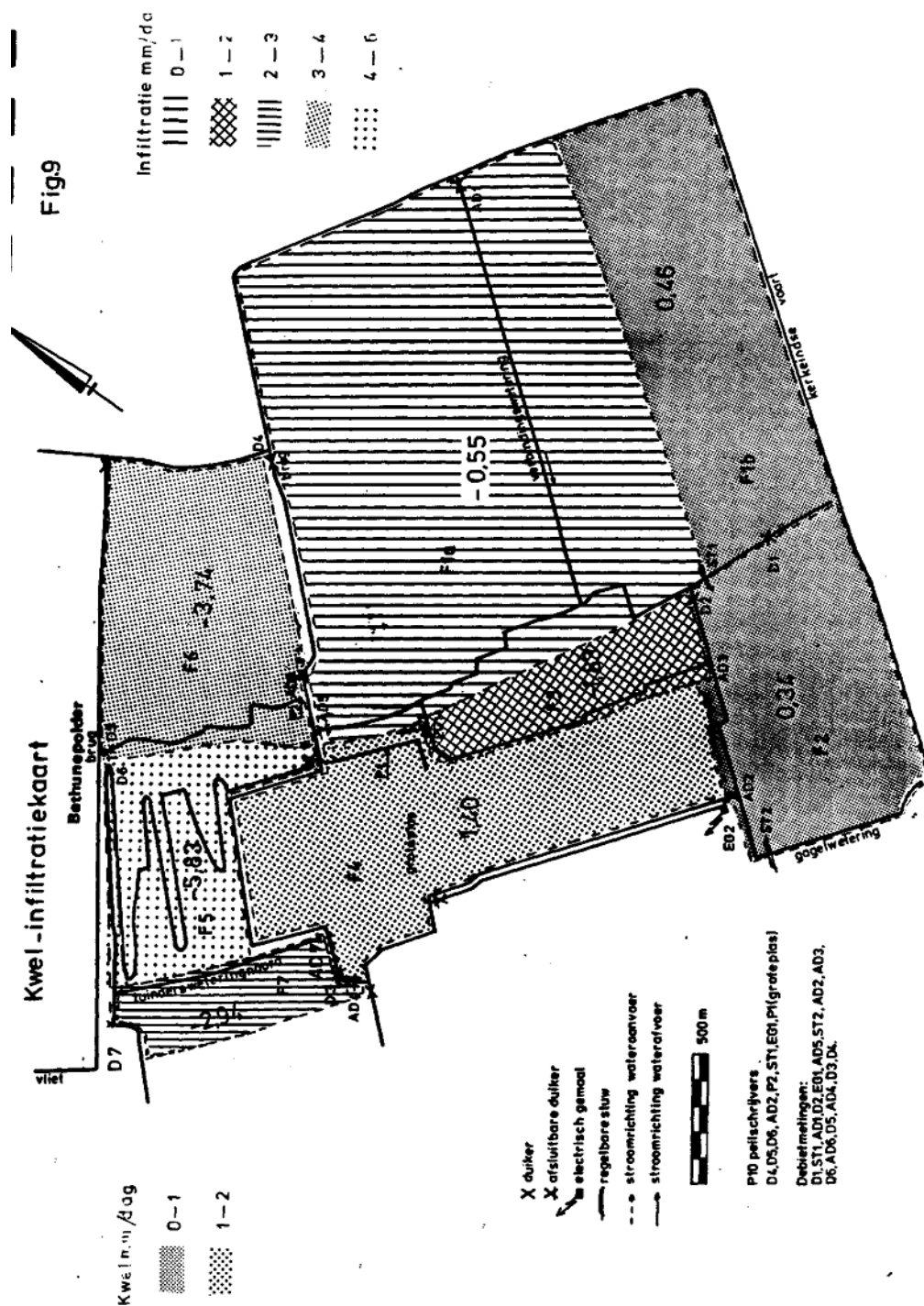
Bijlage C Waterstanden oppervlakte- en grondwater



WS GMP Equi	Equidistante gegenereerde reeks uit (1) WS peilopnemer Grote Plas, (2) WS debietmeter Plasracht, GWS Molenpolder Natuur H2318 (op -3.6 m, gecorrigeerd met -0.09 m). Evt. ontbrekende waarden handmatig aangevuld (gemiddelden)
WS GMP Equi 1	WS GMP Equi, maar zonder de handmatige aanpassingen
WS GMP tmp (dag)	Peilopnemer debietmeter (gecorrigeerd)
WS GMP (dag)	Vaste peilopnemer Grote Maarsseveense Plas
WS Molnpldr (62016_b) -0.25m en ORG	Originele en verschoven oppervlaktewaterpeilen Molenpolder Natuur
GWS Molnpldr H2318-3.6 -0.09 en ORG	Originele en verschoven grondwaterpeilen Molenpolder Natuur
GWS WestbrBweg GRWP005-29 -0.2m	Verschoven grondwaterpeilen Westbroekse Binnenweg (Vitens)
neerslag	Dagneerslag De Bilt (rechter y-as)
Q GMP (x300)	Dagdebiet Plasracht x 300 (rechter y-as)

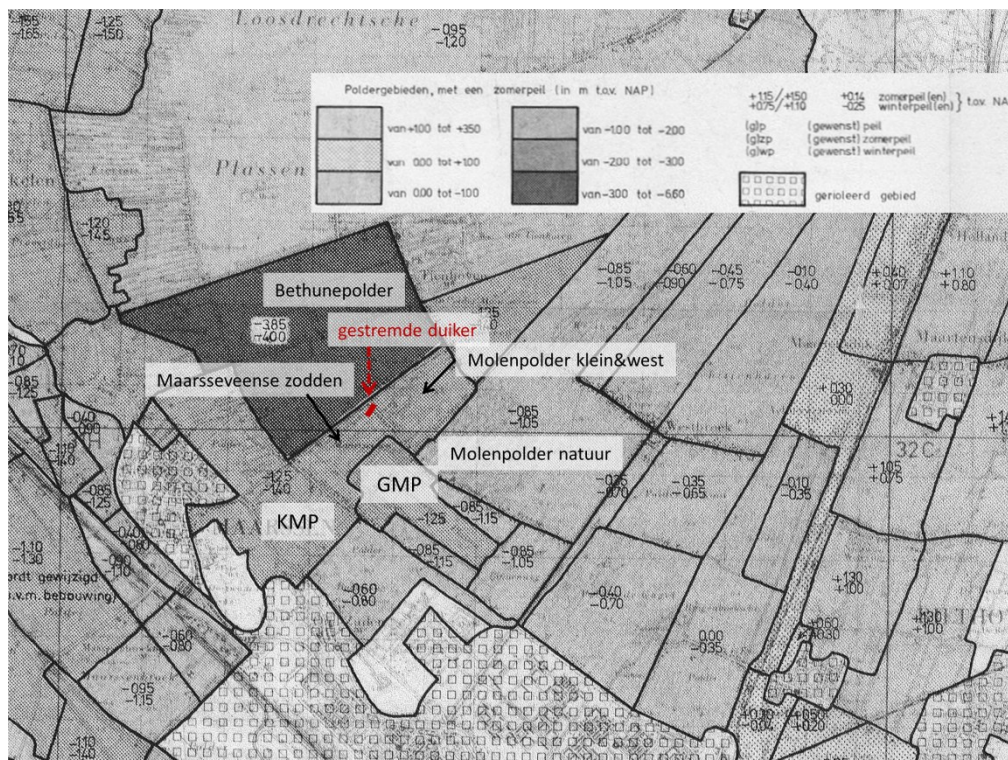


Figuur C-1



Uit: (Wit et al., 1987)

Bijlage E Historische peilenkaart

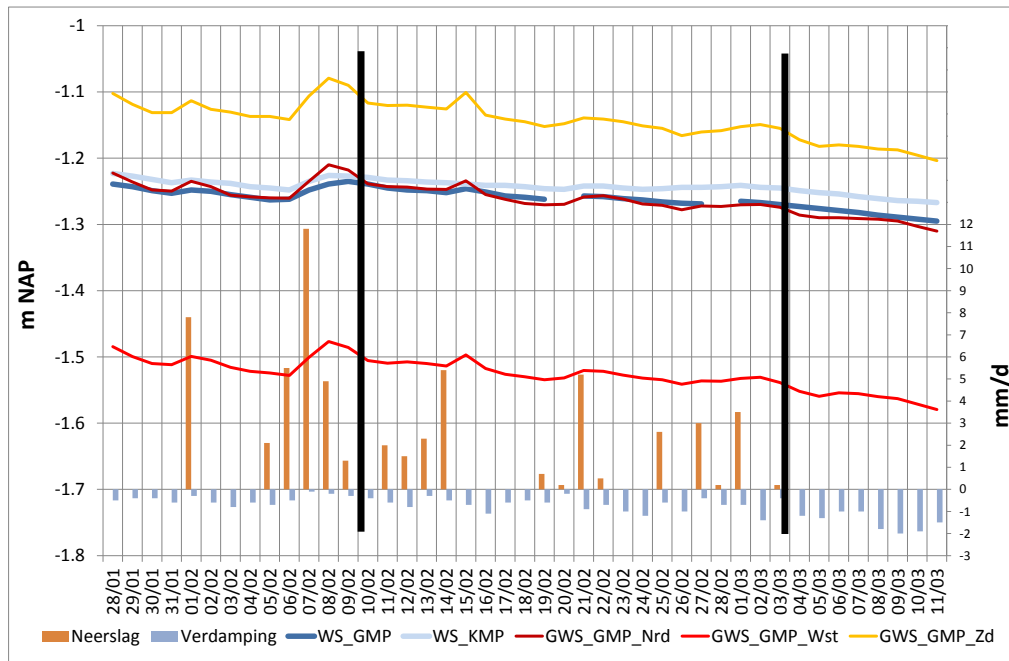


Figuur E-1. Poldergebieden met bijbehorende peilen in 1978 (van der Gun, 1978). Zie 2.3.

Aan de noordwestoever van de Maarsseveense Zodden zou een duiker naar de Molenpolder West aanwezig zijn, en dat komt overeen met het feit dat beide gebieden hetzelfde peilbeheer kenden. De duiker is op basis van informatie van een buurtbewoner vermoedelijk aangetroffen (met een prikstok) onder het perceel van Oudedijk 8, aan de Molenpolder-zijde (in magenta in Figuur 2-8). Aan de Maarsseveense-Zodden-zijde is de duiker niet aangetroffen⁴¹. Volgens de buurtbewoner betreft het een betonnen duiker van ongeveer 50 cm diameter. Aan beide zijden is het perceel enkele meters verbreed, waardoor de uitstroomopeningen niet zichtbaar en begraven zijn.

⁴¹ Info watersysteembienier Peter de Jong.

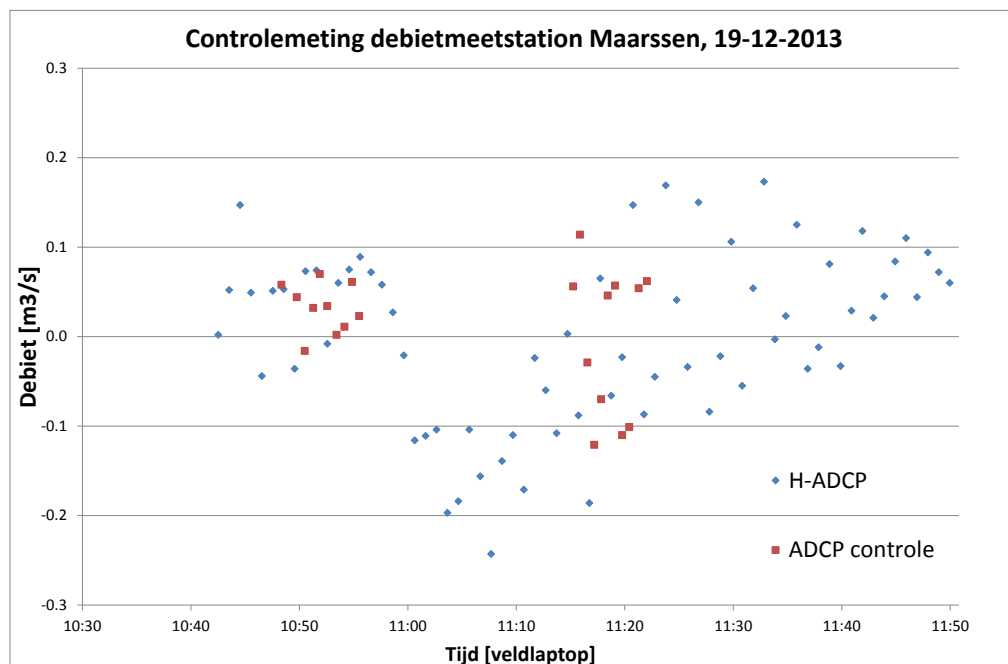
Bijlage F Waterstanden en meteo 8/2 – 3/3 2014



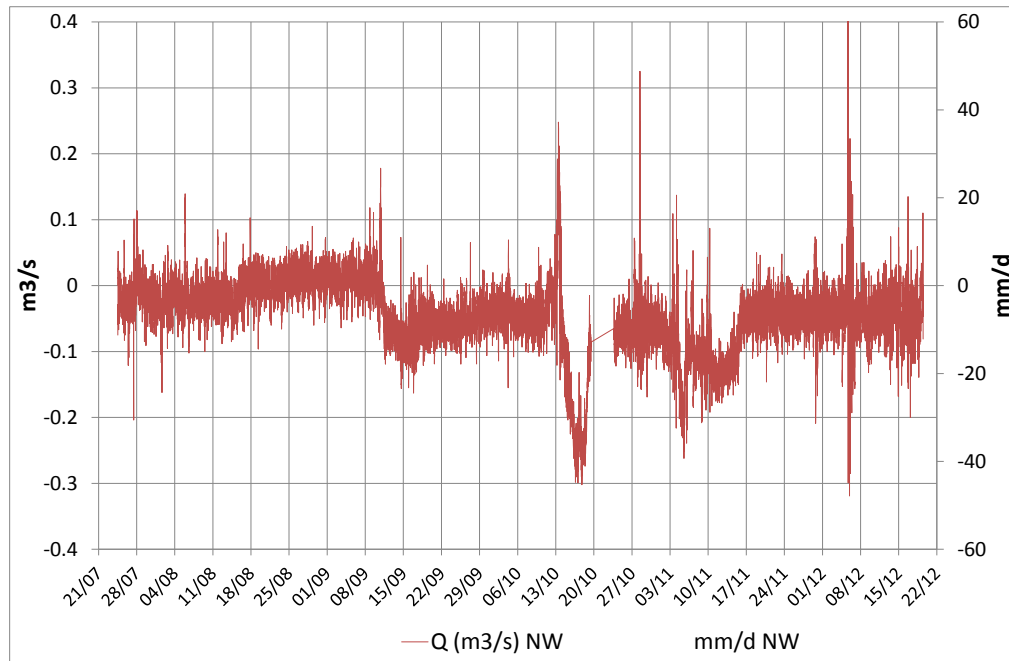
Figuur F-1. Neerslag, verdamping, waterstanden Grote en Kleine Plas, en grondwaterstanden rondom de Grote Plas.

Bijlage G Validatie debietmeetstation

De debietmeter is een belangrijke post voor de waterbalans. De gemeten debieten na installatie leken te hoog vanwege een verkeerd ingesteld meetbereik in de ADCP. De firma Aquavision heeft dit na ADCP-referentiemetingen op 19 december ontdekt en gevalideerde reeksen verstuurd. In de onderstaande figuur staan de validatieresultaten.



Bijlage H Debieten Grote Plas (10 min.) en wind



Figuur H-1. Debieten (10 min. gemiddeld) de Grote Plas in (>0) en uit (<0) in 2013. In de linkeras uitgedrukt in m^3/s , en in de rechteras uitgedrukt in mm/d plaspeil. De pieken zijn alle te verklaren vanwege wind.

13 oktober 2013

Wind draait van zacht uit het oosten naar toenemend via noord (12/10 18:00u, 2 m/s) naar zuid-zuidwest (13/10 21:00, 1.5 m/s) naar zuid (13/10 0:00u, 5 m/s). Daarbij is ook (extreem) veel neerslag gevallen, waardoor het waterpeil 13 cm oploopt in 24 uur. Waarschijnlijk heeft de periode waarin de wind enkele uren noordelijk en westelijk was, de initiële piek de plas in veroorzaakt. Hierbij is ongeveer $3500 m^3$ de plas in gekomen. Dat is 5 mm/d (plasoppervlak), en $0.5 mg/m^2/d$ (gerekend met een conservatieve 0.1 mg/l).

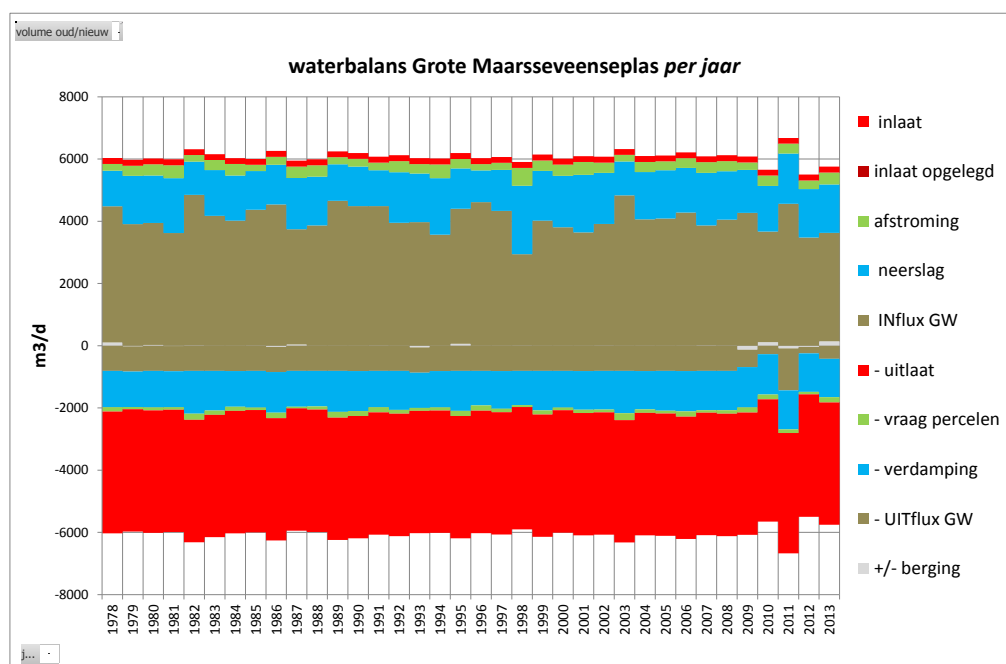
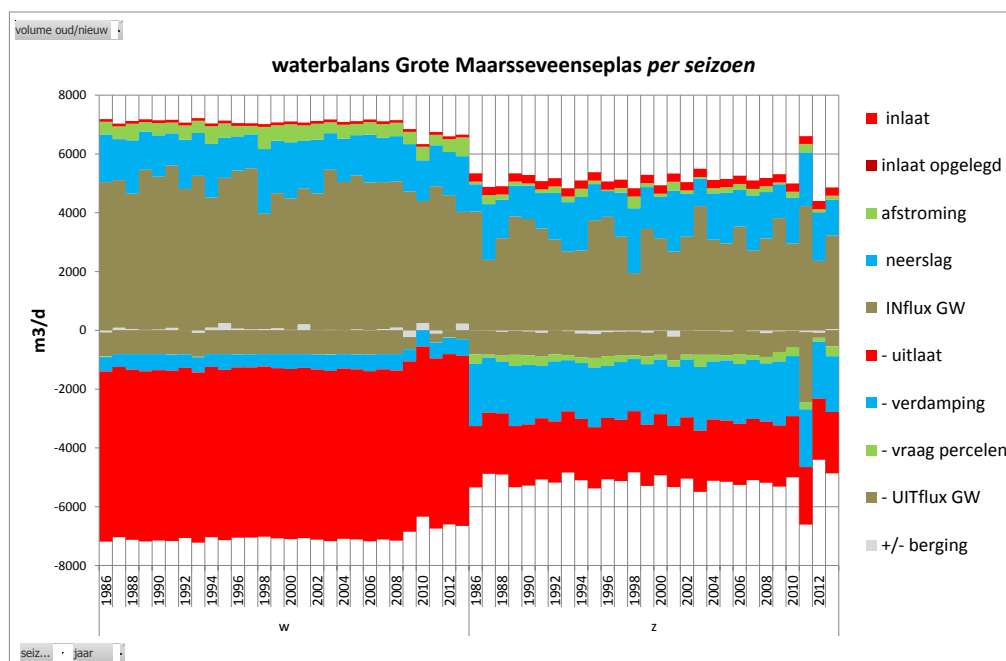
Vervolgens is er gedurende de hele dag (13/10) een zuidoostelijke storm (10 m/s) die de Plasgracht opstuwt richting Maarsseveense Zodden. Als de wind gaat liggen gedurende de nacht van 14/10 neemt de stroming af, maar blijft nog t/m 19/10 sneller dan gemiddeld de plas af gaan. Niet gemonitord, maar logischerwijs zal er ook bij de Kleine Maarsseveense Plas water zijn afgelaten waardoor de stroming van de Grote Plas blijft komen. In de gehele periode is $90.000 m^3$ plaswater de Zodden in gestroomd. Dat impliceert dat 27% van het zoddenwater door plaswater wordt vervangen.

5 december 2013

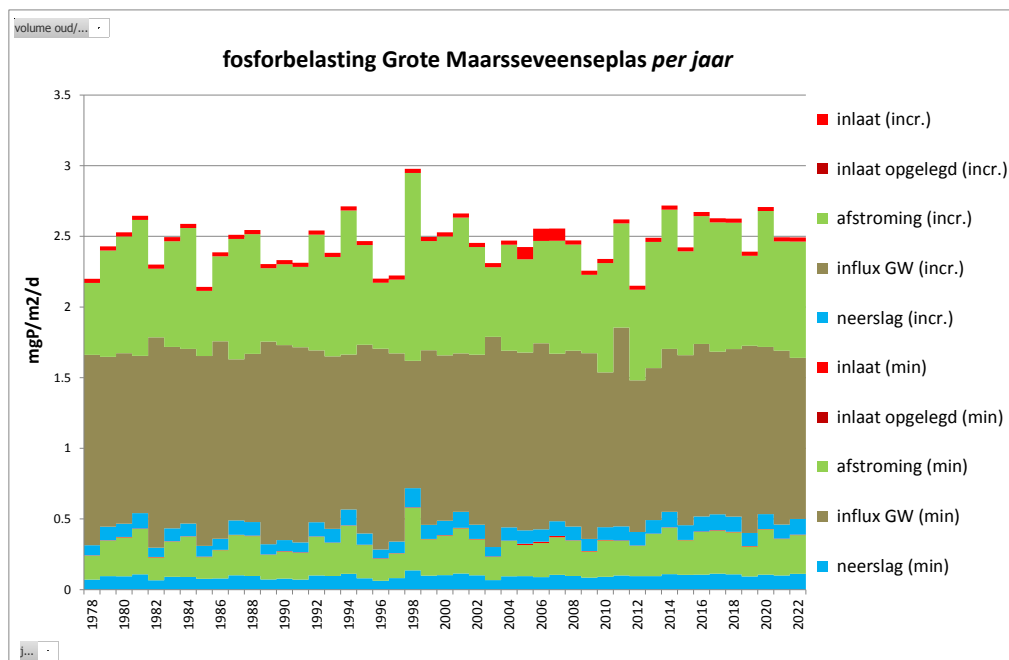
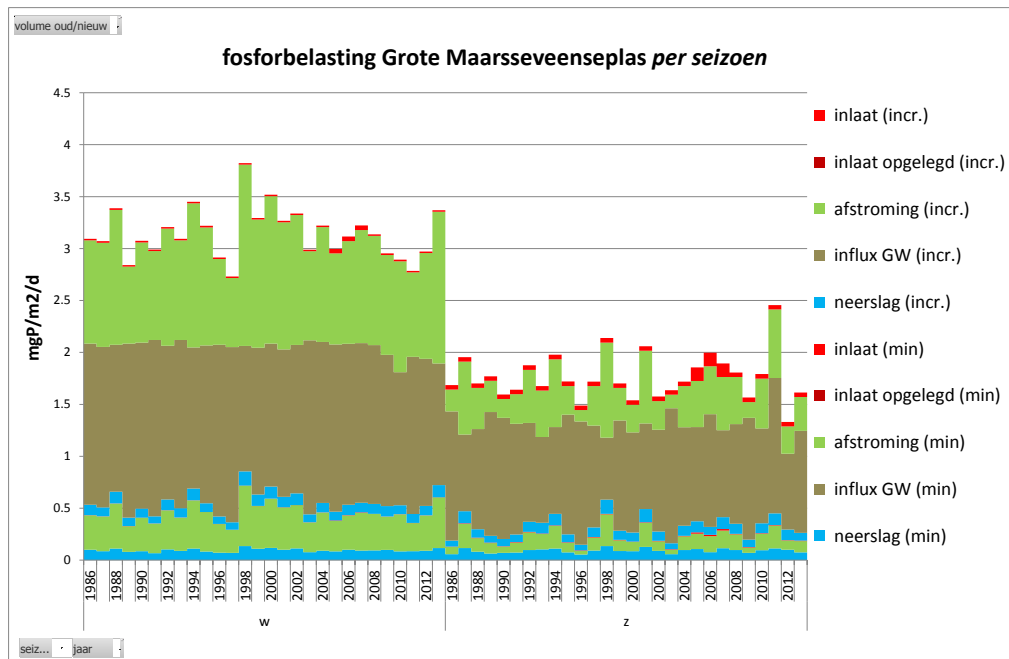
Neerslag speelt geen rol. Er is overdag overwegend een zuid-zuidwestenwind die toeneemt naar 10 m/s. De wind piekt om 17:00u (12 m/s) en is gedraaid naar west-noordwest. Vanaf 16:50u piekt er gedurende 45 min. een debiet de plas in ($500 m^3$). Twee uur later komt de wind uit dezelfde noordwestelijke hoek, maar is veel zwakker (5 m/s). Resultaat is dat de stroming in eerste instantie

terugstroomt vanuit de plas en op ongeveer uurbasis heen en weer gaat jutteren. Het heen en weer stromen verplaatst elke keer 500 m³, dus grofweg 50 meter Plasgracht. Om 22:00u en 23:00u trekt de wind aan (8 m/s) uit dezelfde noordwestelijke hoek. Dit genereert een stroming de plas in die tot 00:30 uur aanhoudt. Dan wordt in totaal 1500 m³ de plas op getransporteerd.

Bijlage I Waterbalans Grote Plas



Bijlage J Fosforbelasting Grote Plas



Bijlage K Verwisseling monsterpunten PMW040 & 041

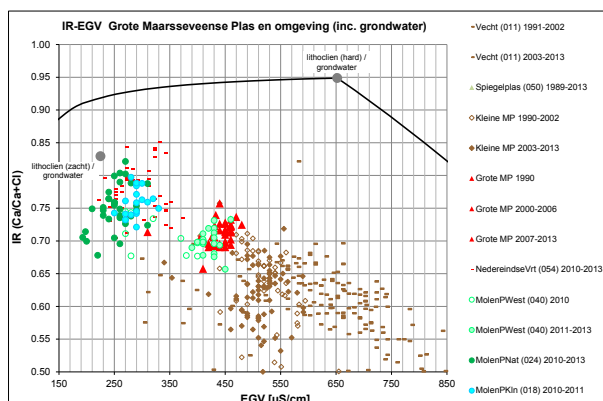
Vanaf 13/1/2011 zijn vermoedelijk zeer consequent PMW040 (Molenpolder West) en PMW041 (Maarsseveense Zodden) omgewisseld in de monsternamen⁴². Deze fout werd laat ontdekt, doordat in eerste instantie vanuit de waterkwaliteitsgegevens de verwisseling van 040 naar 041 'verklaard' leek te worden door gewijzigd waterbeheer i.c.m. aanname van infiltratie uit de Verhoefgracht. De bijbehorende verwisseling van 041 naar 040 kon echter niet worden verklaard. Pas later bleek ook hier een tijdelijke wijziging van het waterbeheer aan de orde te zijn geweest, waardoor het verwisselen van de monsterpunten zeer waarschijnlijk is.

Bovendien werd duidelijk dat het monsterpunt PMW041 altijd op een andere plaats heeft gelegen dan in FEWS staat (zie Figuur 2-8).

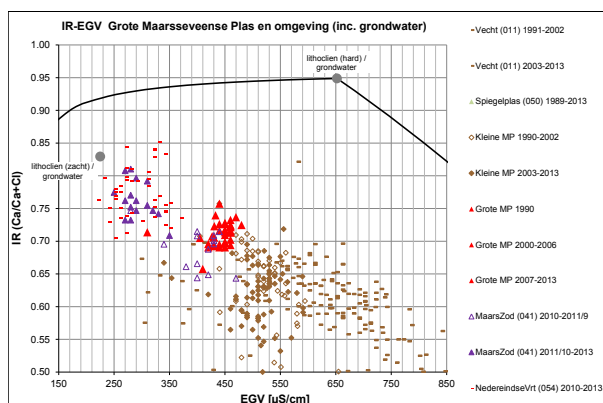
Hier de **foute figuren** en **de foute analyse** van de ionenratio's die in de rapportage verder **niet gebruikt** zijn. Deze bijlage dient alleen als onderbouwing van het feit dat in de analyse de meetpunten vanaf 2011 zijn omgewisseld.

- Molenpolder West-water heeft in 2010 het karakter van de Nedereindse Vaart of de Grote Plas. Vanaf 2011 lijkt het altijd sterk op de Grote Plas.
- Molenpolder Klein-water lijkt zeer sterk op water uit de Nedereindse Vaart.
- Molenpolder Natuur-water lijkt op een met regenwater verdunde variant van de Nedereindse Vaart.

Tot en met september 2011 lijkt het zoddenwater soms op verdund (met neerslag en/of Nedereindse Vaartwater) Vechtwater, soms op water uit de Grote Plas. Vanaf oktober 2011 echter lijkt het zoddenwater altijd en zeer sterk op Nedereindse Vaartwater.

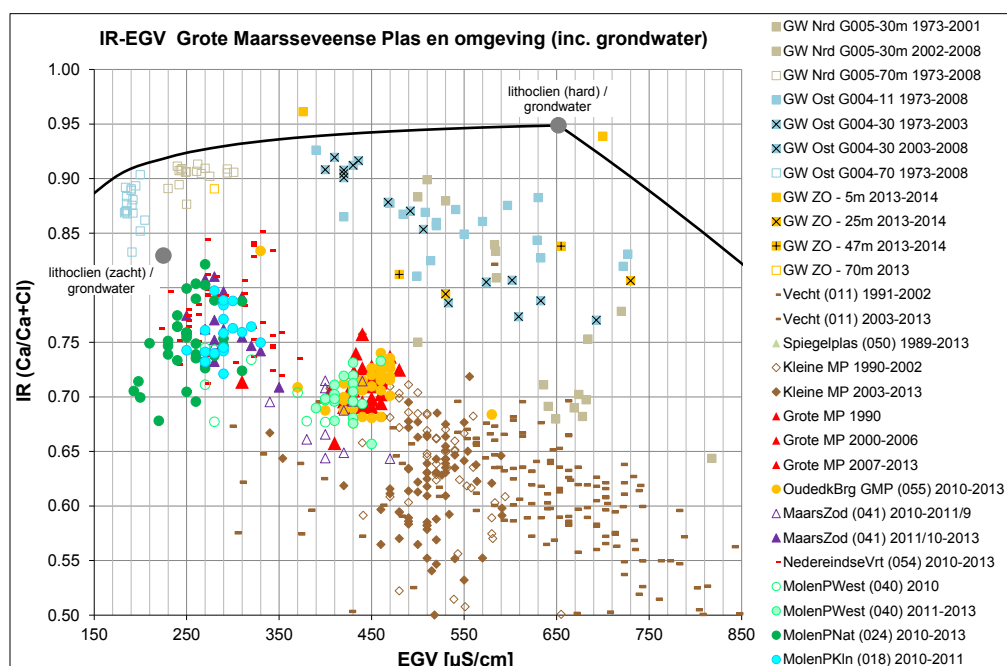


Figuur K-1. Ionenratio Kleine en Grote Maarsseveense Plas, Vecht, Nedereindse Vaart en Molenpolders.



Figuur K-2. Ionenratio Kleine en Grote Maarsseveense Plas, Vecht, Nedereindse Vaart en Maarsseveense Zodden.

⁴² Mail Frank Kenter Waterproef aan Joost Stoffels Waternet, 24/3/2014.



Figuur K-3. Het aangepaste (want lineaire x-as) van Wirdum-diagram voor grond- en oppervlaktewater rond de Grote Maarsseveense Plas.

De (foute) conclusies obv. ionenratio's

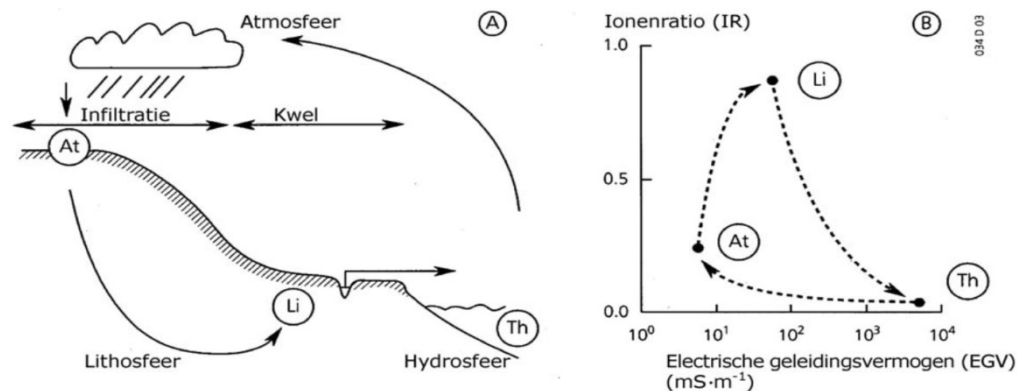
1. Vanaf exact het moment dat voor het eerst de kering in de Oudedijk in de Nedereindse Vaart in de winter wordt opengezet (= oktober 2011), wordt in de Maarsseveense Zodden louter Nedereindse Vaartwater waargenomen. Vóór die tijd lijkt het zoddenwater sterk op Kleine Maarsseveense Plaswater verdund met Nedereindse-Vaartwater. En soms lijkt het op Grote Maarsseveense Plaswater. De scherpe verandering van samenstelling op exact dit tijdstip lijkt alleen mogelijk indien de Verhoefgracht sterk infiltreert naar de Maarsseveense Zodden. Echter: waarom wordt in de zomer – wanneer de kering Oudedijk gesloten is en Vechtwater in de Verhoefgracht dominant moet zijn – ook geen Vechtwater in de Zodden aangetroffen? Een verklaring kan zijn dat in de winter bij afvoersituaties en een geopende kering Oudedijk, de Verhoefgracht snel wordt gevuld met Nedereindse-Vaartwater. Na sluiting van de kering in de zomer wordt de Verhoefgracht stagnant, waardoor Vechtwater maar langzaam ter plekke komt. Strijdig hieraan is dat als het lang duurt om Vechtwater in de Verhoefgracht te krijgen het blijkbaar traag infiltreert. En als het traag infiltreert waarom is de vingerafdruk in de winter dan zo duidelijk die van Nedereindse-Vaartwater?
2. In de Maarsseveense Zodden wordt echter nauwelijks en vanaf eind 2011 nooit Grote Maarsseveense Plaswater gevonden. Gezien de ligging van het meetpunt (PMW041), dichtbij de Grote Maarsseveense Plas, is dit vreemd.
3. De Molenpolder Klein ontvangt water uit de Nedereindse Vaart en dat komt overeen met de gemeten ionenratio.
4. De Molenpolder West ontvangt water uit de Vecht en/of water uit de Molenpolder Klein (= Nedereindse-Vaartwater). In 2010 lijkt het op water van de Nedereindse Vaart, maar in 2011 – 2013 lijkt het vooral op water van de Grote Maarsseveense Plas. Hydrologisch gezien kan het geen plaswater zijn.

Waarschijnlijker lijkt het vanaf 2011 Vechtwater dominant is en dat het een mengsel van Vechtwater en Nedereindse-Vaartwater betreft. Qua ionensamenstelling kan dat op Grote Maarsseveense Plaswater lijken.

De eindconclusie is dat vanaf 2011 040 en 041 verwisseld zijn. Bij de Molenpolder Klein is immers de vlotterbediende inlaat sinds ongeveer 2011 stuk (gerepareerd februari 2014), waardoor de beheerder in de zomer de inlaat vast openzette. Dit water loopt over naar de Molenpolder West. De reguliere en te verwachten vingerafdruk van de Vecht is zo in die zomers vervangen door de vingerafdruk uit de Nedereindse Vaart.

Bijlage L Ionenratio's

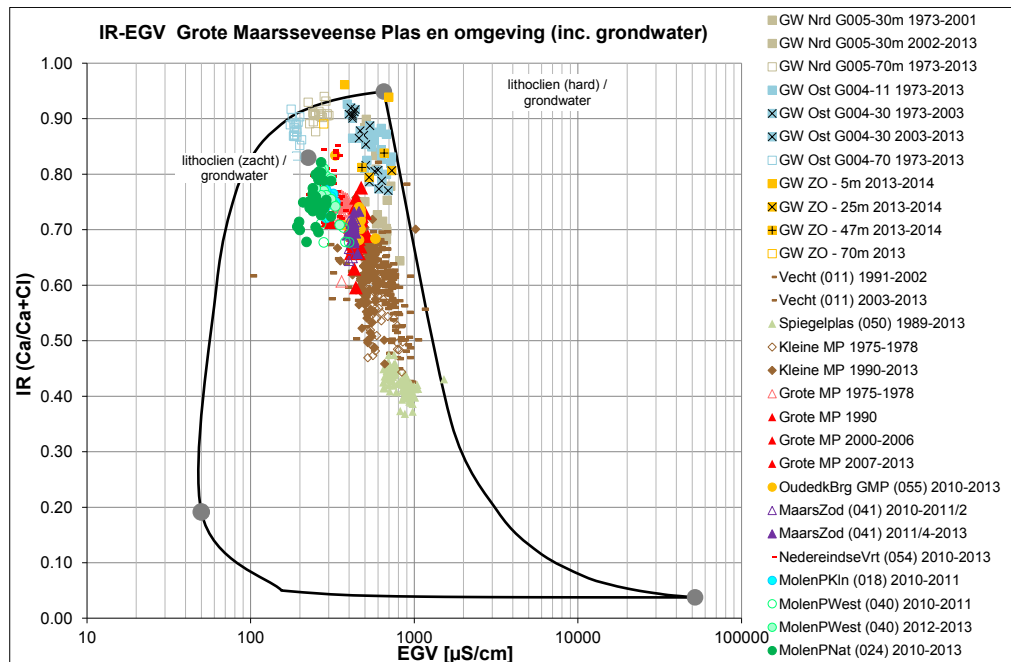
De ionenratio ("van Wirdum Diagram - Deltares Public Wiki," n.d.; van Wirdum, 1990) geeft op basis van calcium (Ca), chloride (Cl) en elektrisch geleidingsvermogen (EGV) een vingerafdruk van een water. De ionenratio (IR) wordt als volgt berekend op basis van molgewicht: $IR = [Ca^{2+}] / ([Ca^{2+}] + [Cl^-])$. Het impliceert dat een hoge IR overeen komt met een door bodempassage gerijpt kalk- en bicarbonaatrijk water (lithoclien). Een lage IR in combinatie met een laag EGV lijkt op regenwater (atmoclien), en een zeer lage IR met een hoge EGV lijkt op zeewater (thallassoclien) ("www.natuurkennis.nl," n.d.).



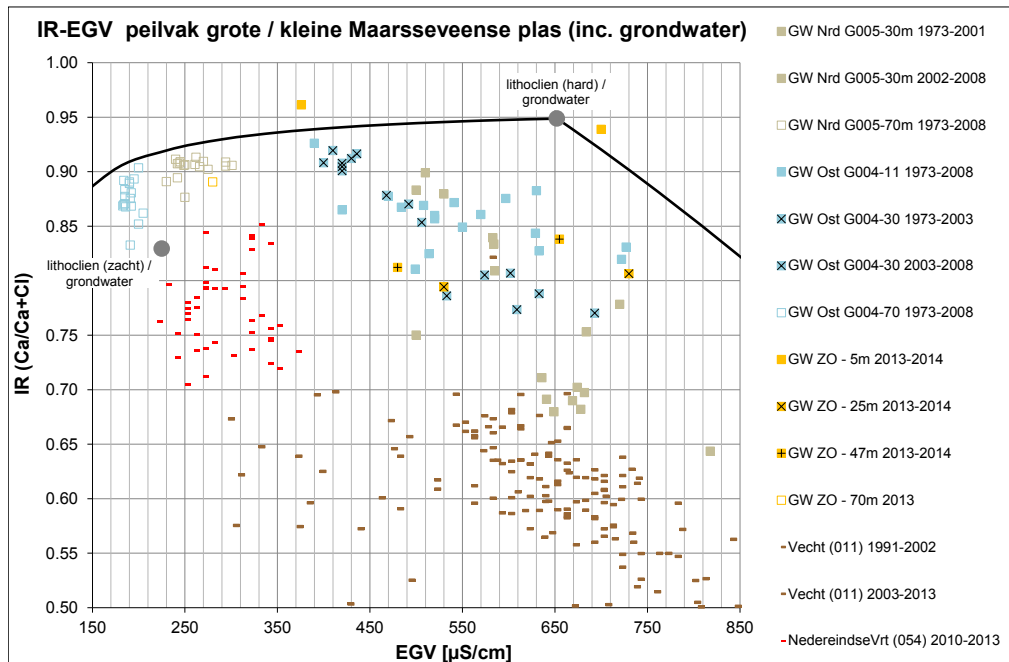
Figuur L-1. Samenhang tussen de kringloop en de chemische samenstelling van het water, weergegeven in Van Wirdum's EGV-IR-diagram (www.natuurkennis.nl)

Interpretatie ionenratio's

In deze bijlage staan figuren en beschrijvingen. Zie voor interpretaties 2.7.

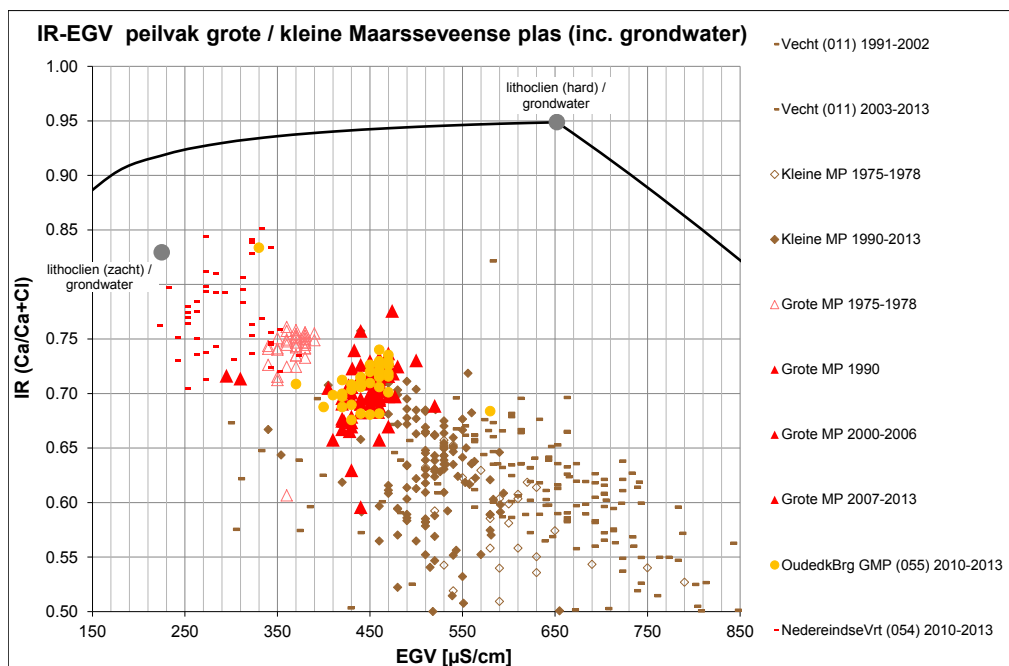


Figuur L-2. Het van Wirdum-diagram voor grond- en oppervlaktewater rond de Grote Maarsseveense Plas.



Figuur L-3. Ionenratio grondwater, Vecht en Nedereindse Vaart. Zie voor locaties van de grondwaterfilters Figuur 2-4.

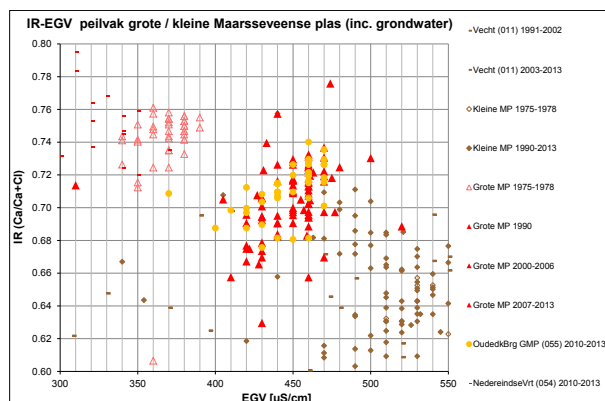
- De filters in het eerste watervoerende pakket (wvp1) geven een vrij consistent beeld te zien van kalkrijk grondwater.
- Het ondiepe filter in het wvp1 (GW ZO – 5m, oranje) is zeer kalkrijk.
- Aan de noordzijde van de plas (GW Nrd, grijs) is in de recente periode 2002-2008 het EGV toegenomen en de IR sterk afgenomen. Het water heeft de kenmerken gekregen van Vechtwater (bruine streepjes). Op ruim een kilometer ten oosten van de plas (GW Ost op 30 m diepte, blauw), en direct ten zuidwesten van de plas (GW ZO op 25 en 47 m, oranje) is in mindere mate hetzelfde fenomeen aan de orde.



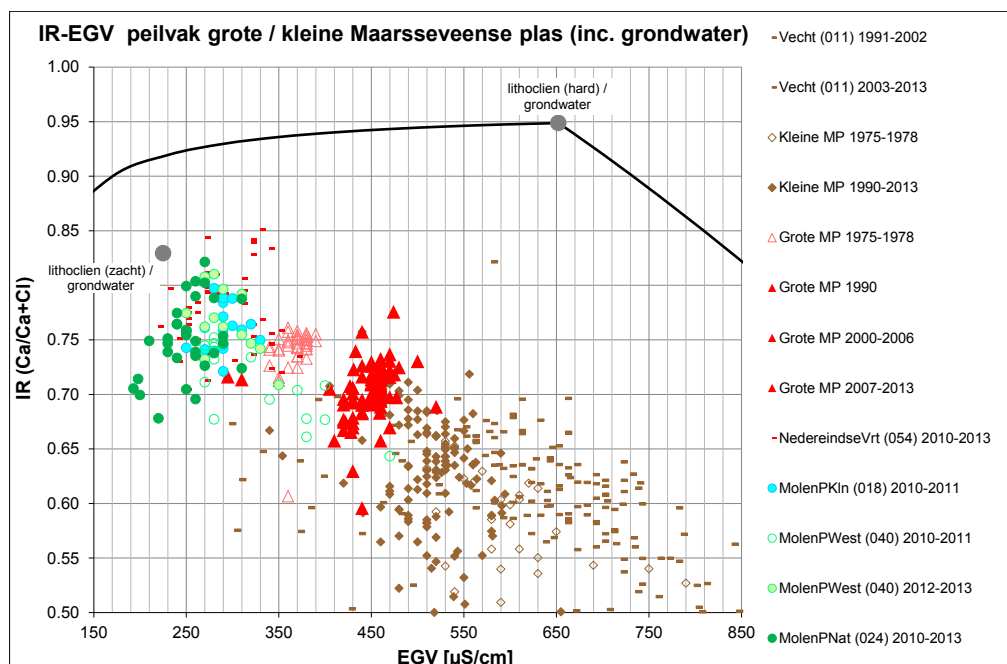
Figuur L-4. Ionenratio Kleine en Grote Maarsseveense Plas, Vecht, en Nedereindse Vaart.

- Op 70 m diepte (open vierkantjes) was en is het water consistent zoeter.
- Het Vechtwater heeft een vingerafdruk die dicht in de buurt van Rijnwater ligt (niet in de figuur).
- Het Nedereindse-Vaartwater heeft veel kenmerken van zacht grondwater.

- Het water in de Kleine Maarsseveense Plas (Kleine MP) lijkt sterk op ionenarm Vechtwater.
- Het water in de Grote Maarsseveense Plas (Grote MP) is zeer constant en lijkt meer op grondwater.
- De Grote Plas heeft in 1973-1975⁴³ een veel duidelijker grondwaterafdrruk dan daarna. Het water in de Grote Plas lijkt vanaf 2007 weer meer het karakter van grondwater te hebben dan in de periode tussen 2000 en 2006.
- In het verbindingskanaal tussen Zodden en Grote Plas wordt, op een uitzondering na, louter Grote Maarsseveense Plaswater gevonden.



Figuur L-5. Zoom van Figuur L-4.

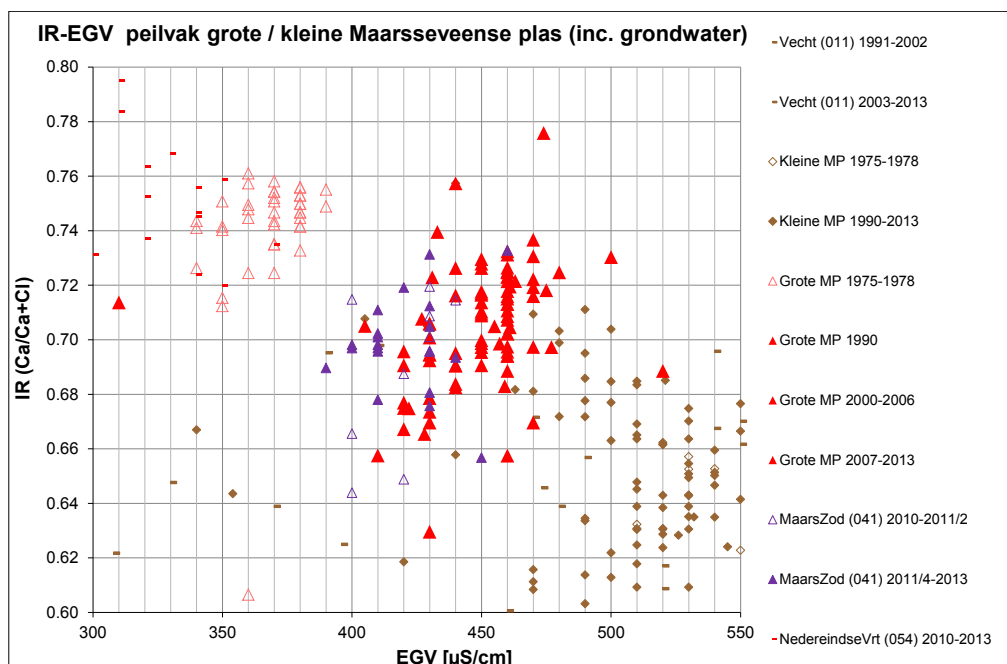


Figuur L-6. Ionenratio Kleine en Grote Maarsseveense Plas, Vecht, Nedereindse Vaart en Molenpolders.

- Het water in de Molenpolder Klein (018) en de Molenpolder Natuur (024) heeft altijd de vingerafdruk van water van de Nedereindse Vaart.

⁴³ Data uit (Ringelberg, 1980, p. 198).

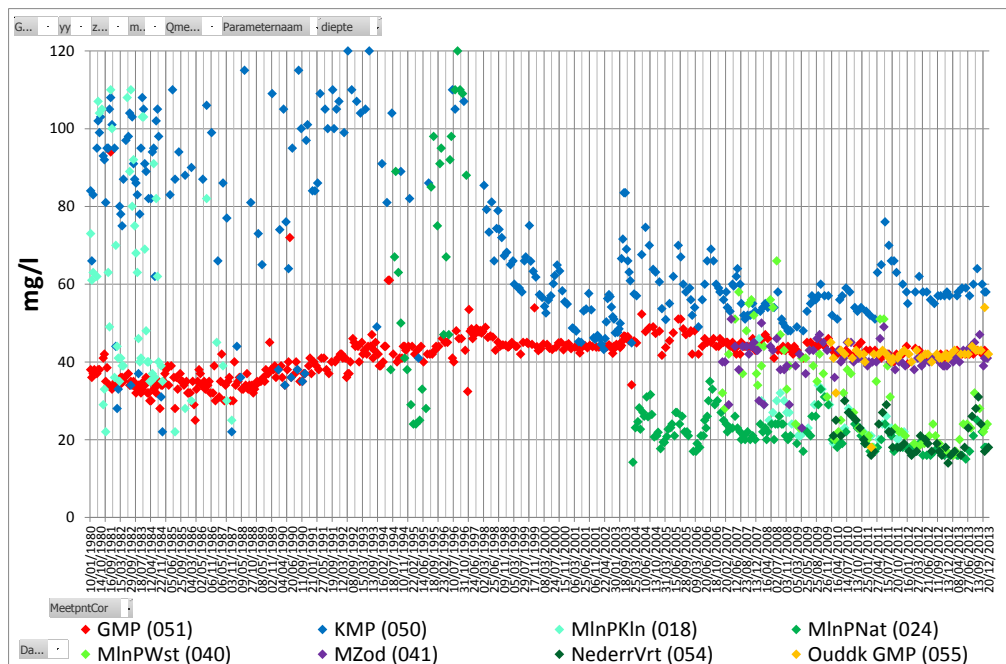
- Molenpolder-Westwater (040) lijkt in de periode 2010-2011 soms op dat van de Nedereindse Vaart, en soms meer op Vechtwater. Vanaf 4/2011 lijkt het water in de Molenpolder-West altijd op Nedereindse-Vaartwater.



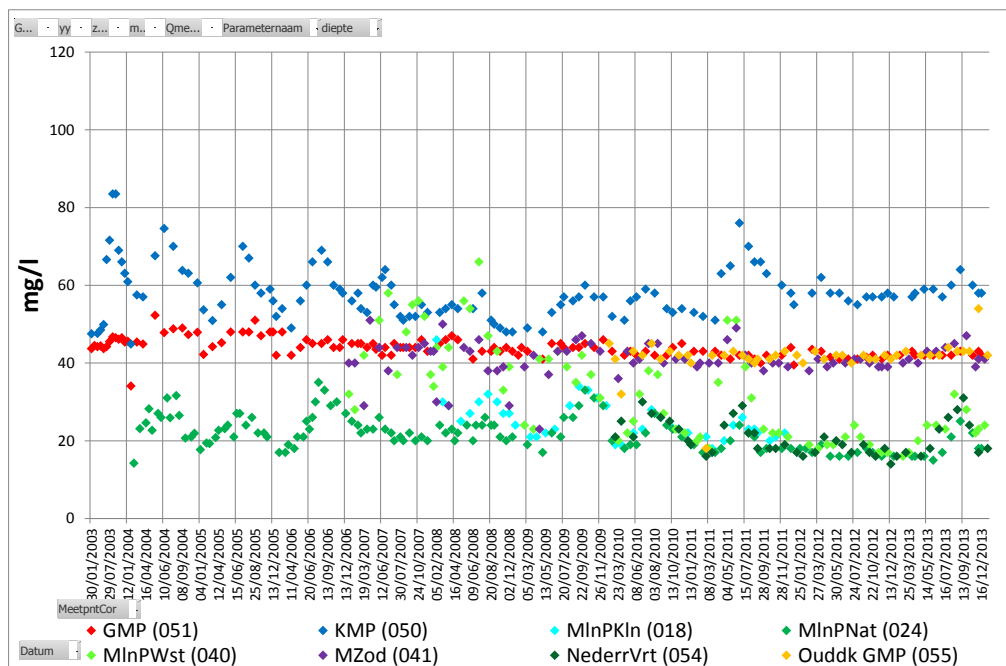
Figuur L-7. Zoom van de ionenratio Kleine en Grote Maarsseveense Plas, Vecht, Nedereindse Vaart en Maarsseveense Zodden.

- Het water in de Maarsseveense Zodden lijkt vrijwel altijd op water uit de Grote Plas (met een wat lagere EGV). De laagste IR valt in de periode dat de brug tijdelijk vervangen is door de duiker (2010-2/2011). Over die gehele periode genomen zijn de verschillen niet relevant.

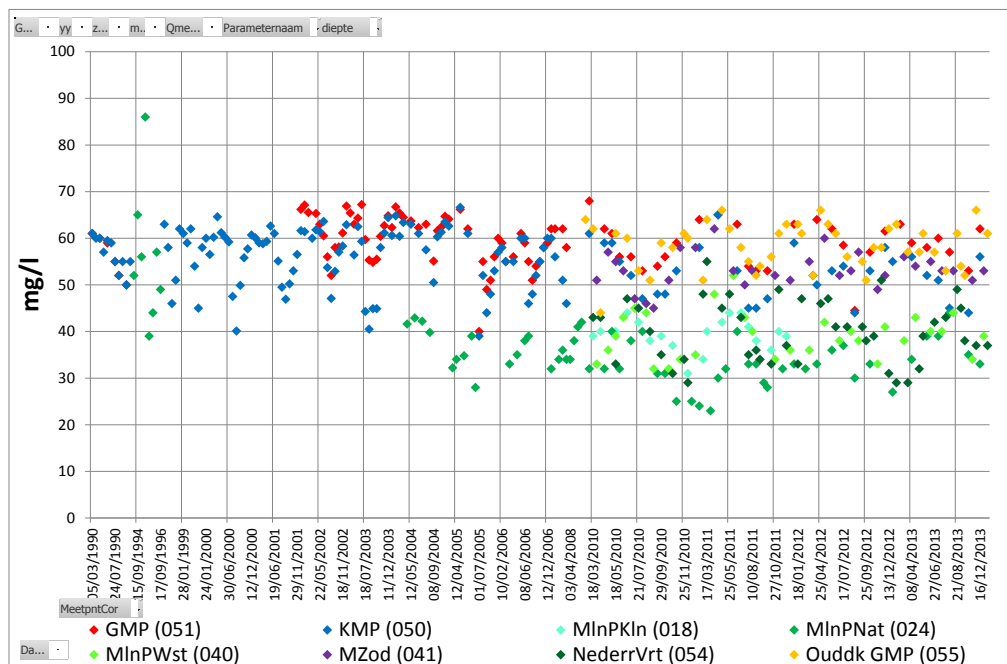
Bijlage M Chloride, calcium, EGV



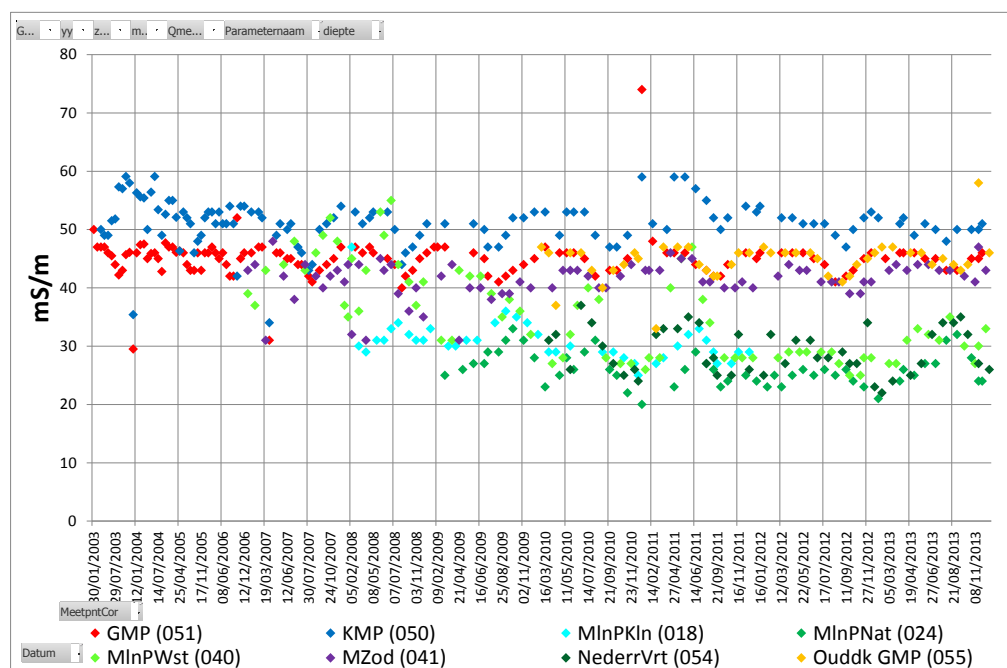
Figuur M-1. Chloride 1980-2013



Figuur M-2. Chloride 2003-2013

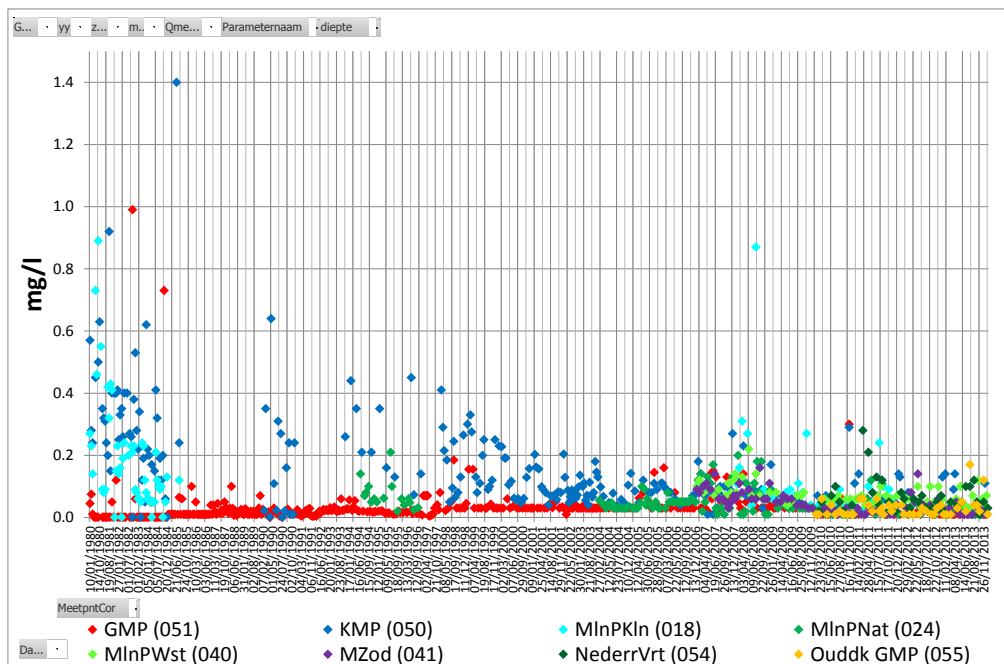


Figuur M-3. Calcium 1990-2013

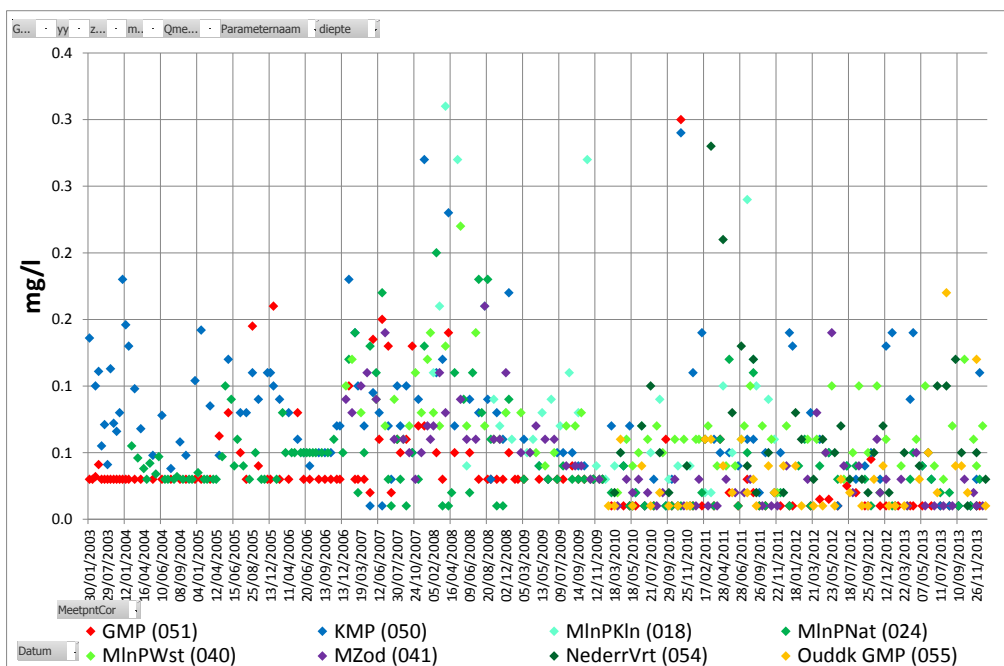


Figuur M-4. EGV 2003-2013

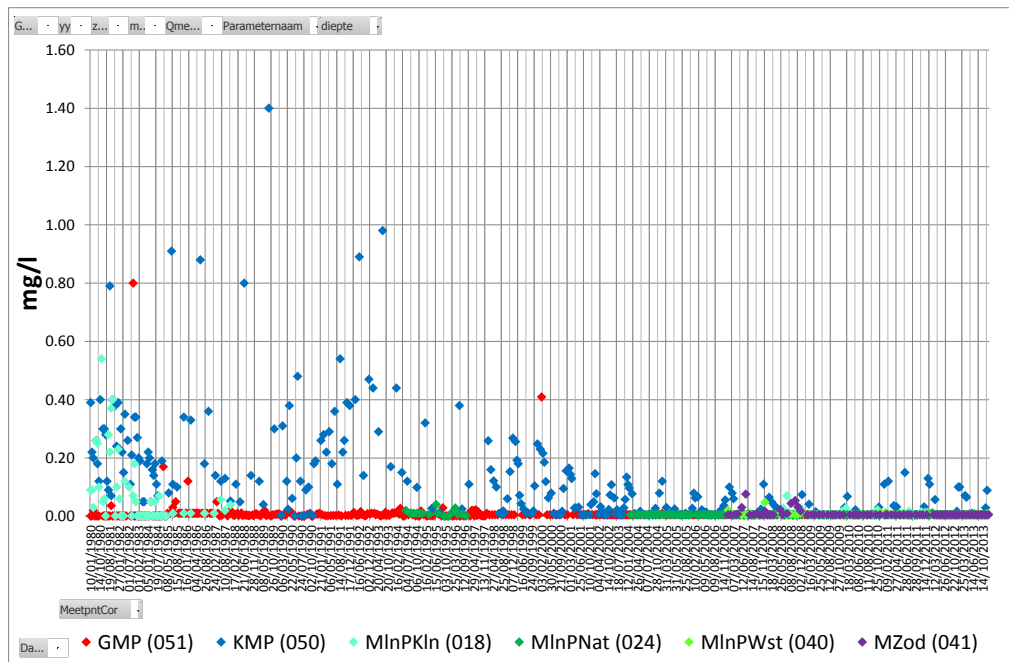
Bijlage N Fosfor



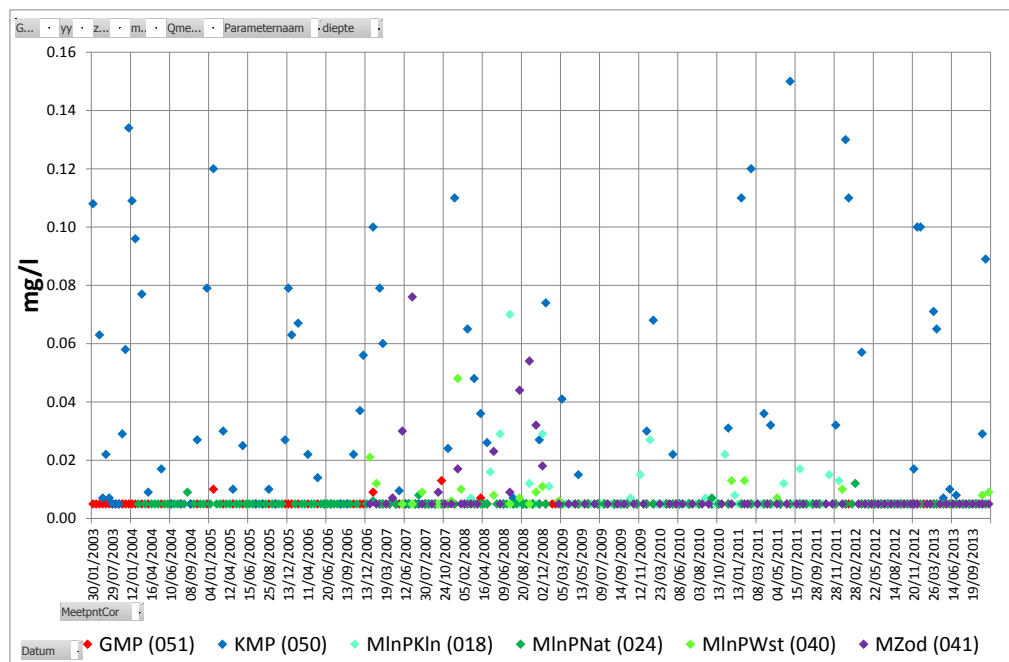
Figuur N-1. Fosfor 1980-2013



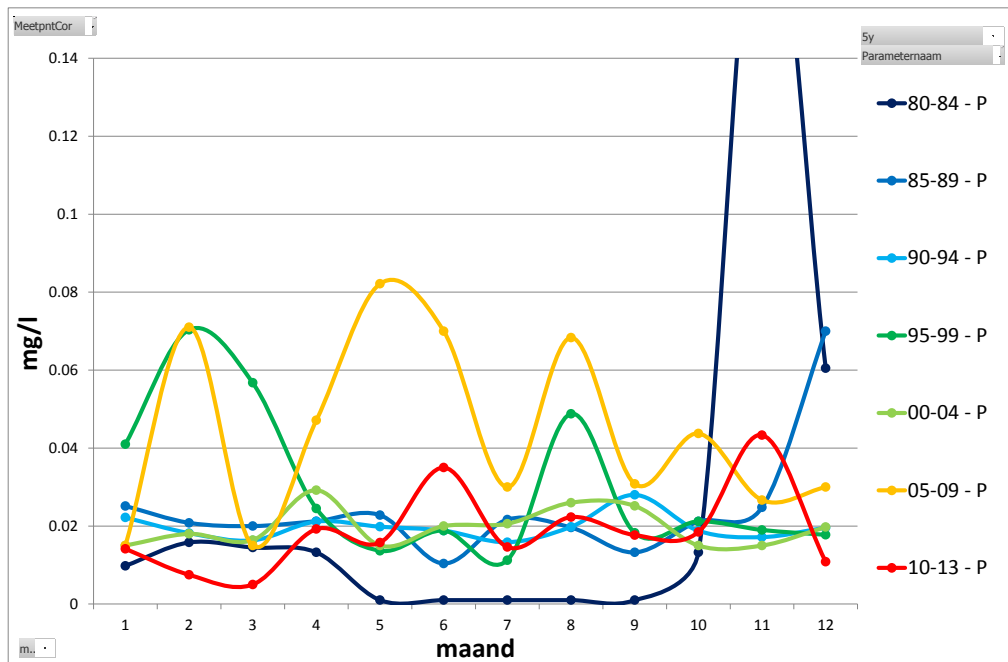
Figuur N-2. Fosfor 2003-2013



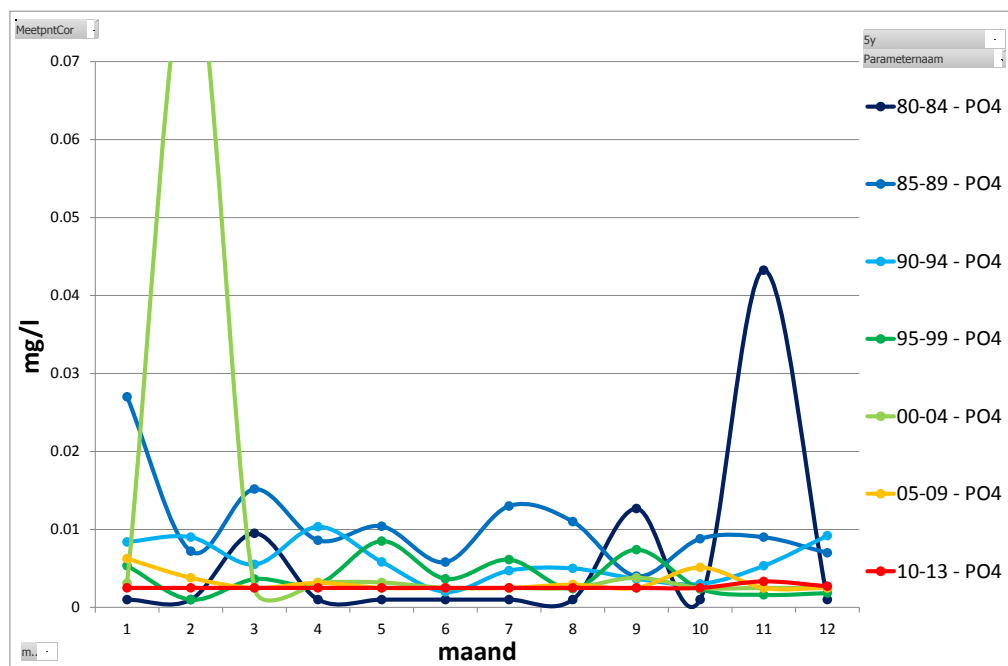
Figuur N-3. Fosfaat 1980-2013



Figuur N-4. Fosfaat 2003-2013

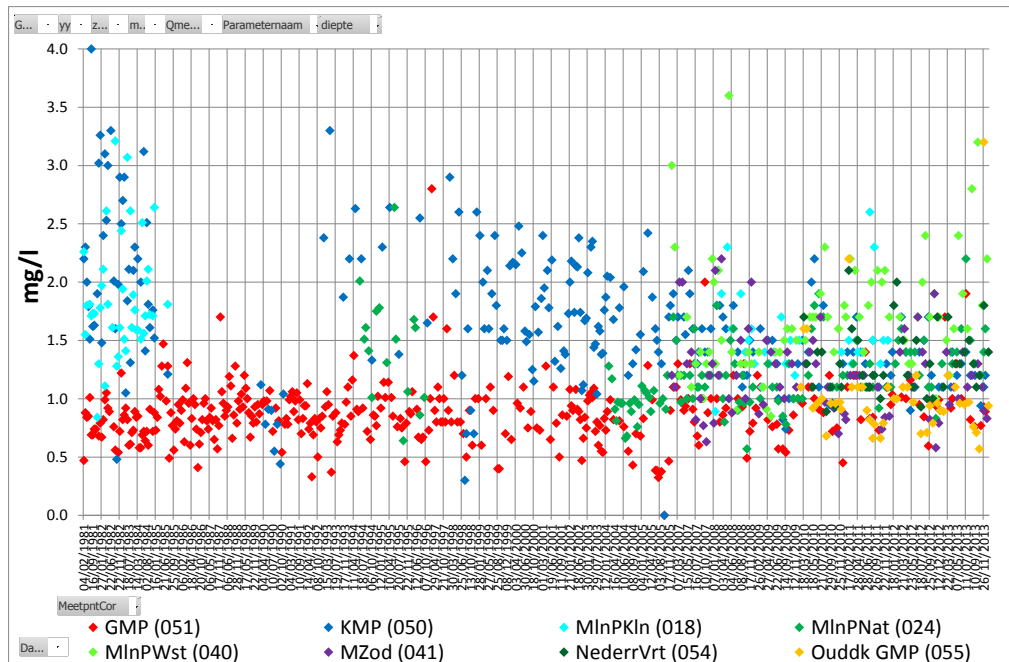


Figuur N-5. Fosfor gemiddeld per maand per vijf jaar.

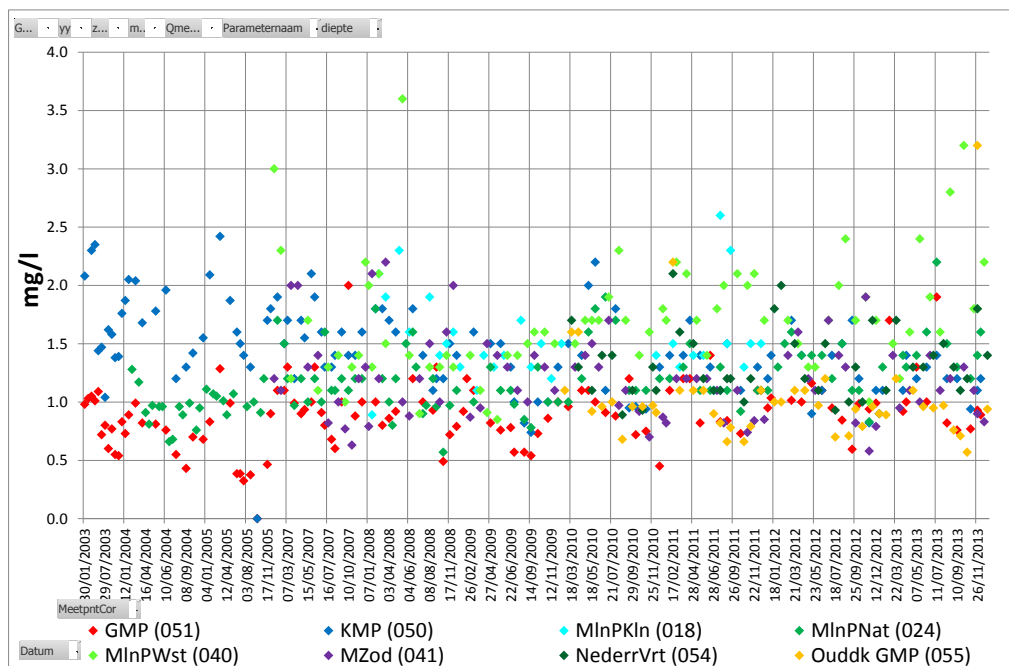


Figuur N-6. Fosfaat gemiddeld per maand per vijf jaar.

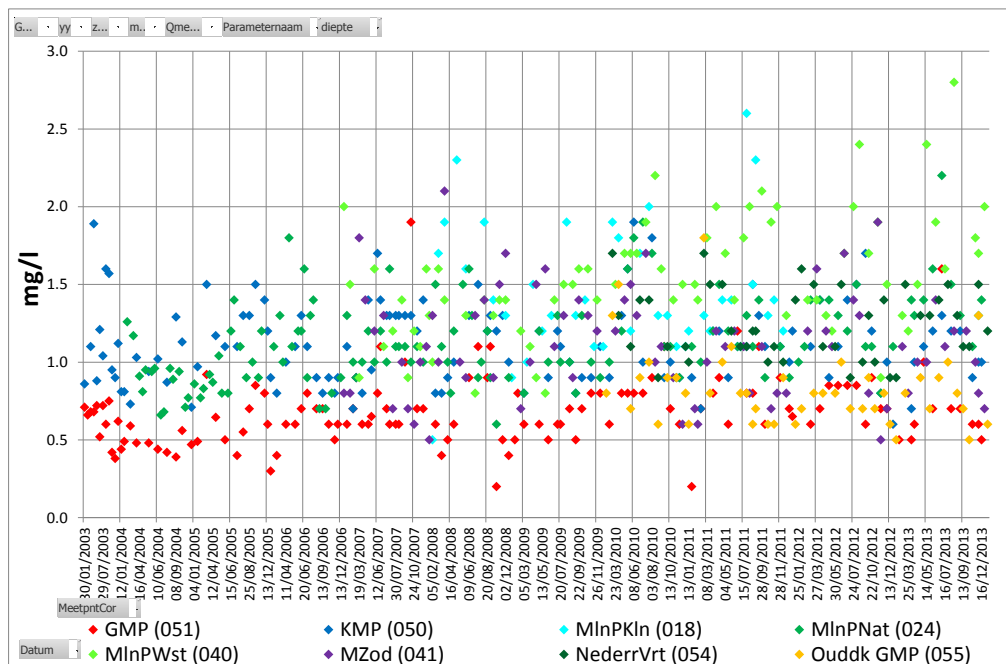
Bijlage O Stikstof



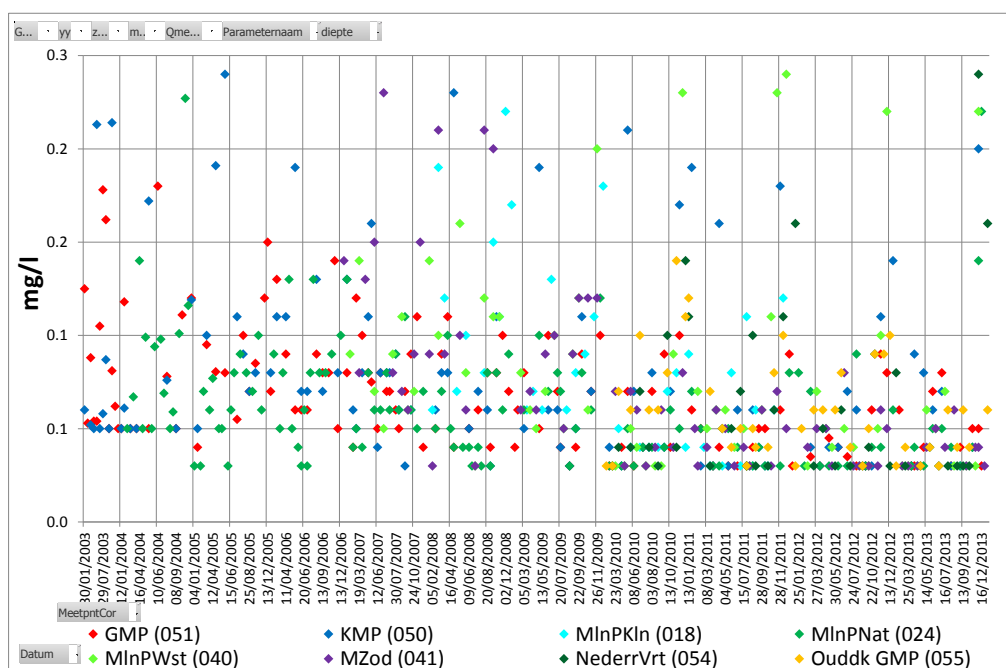
Figuur O-1. Stikstof (1981-2013)



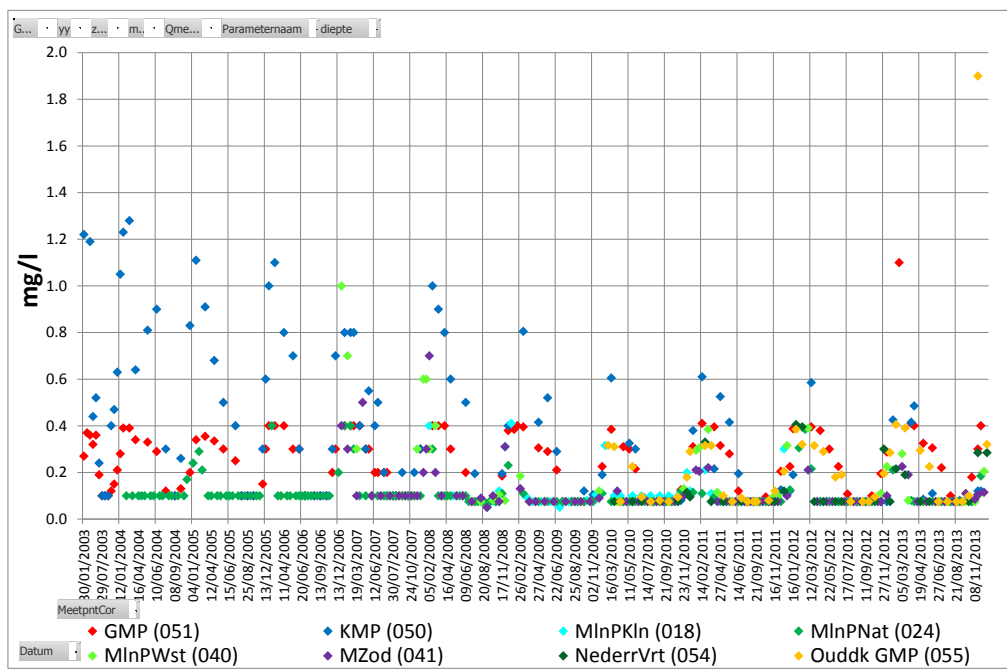
Figuur O-2. Stikstof (2003-2013)



Figuur O-3. Stikstof Kjeldahl

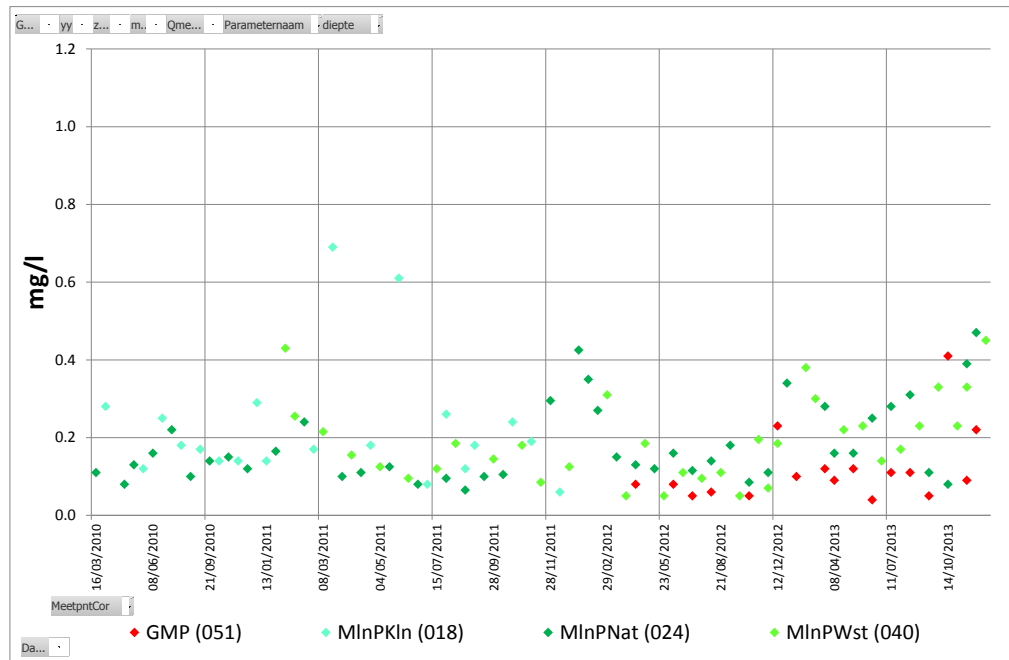


Figuur O-4. Stikstof ammonium

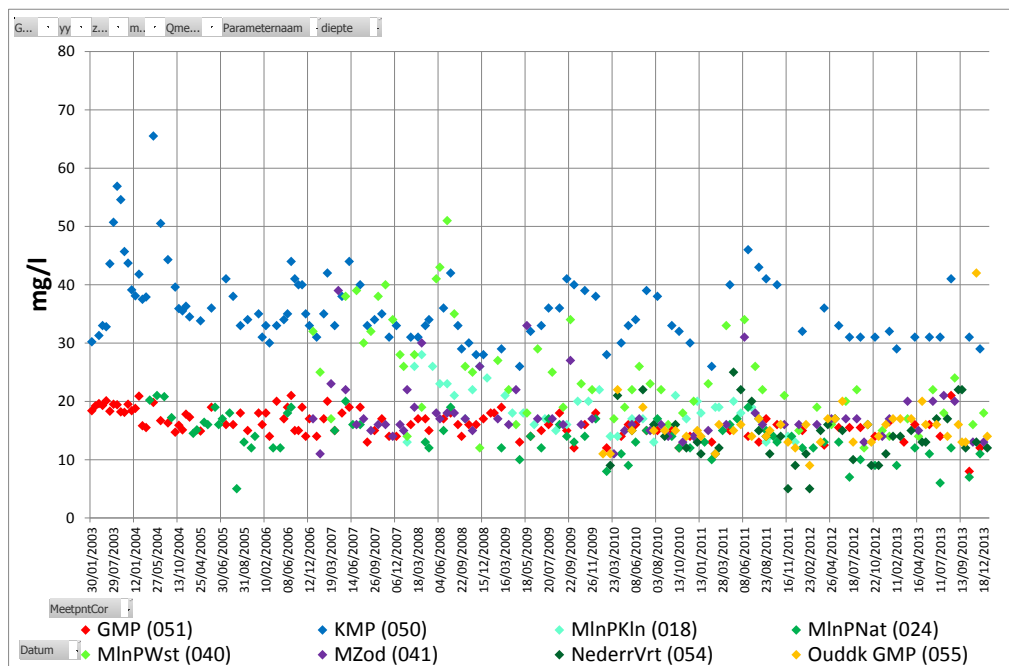


Figuur O-5. Stikstof nitraat + nitriet

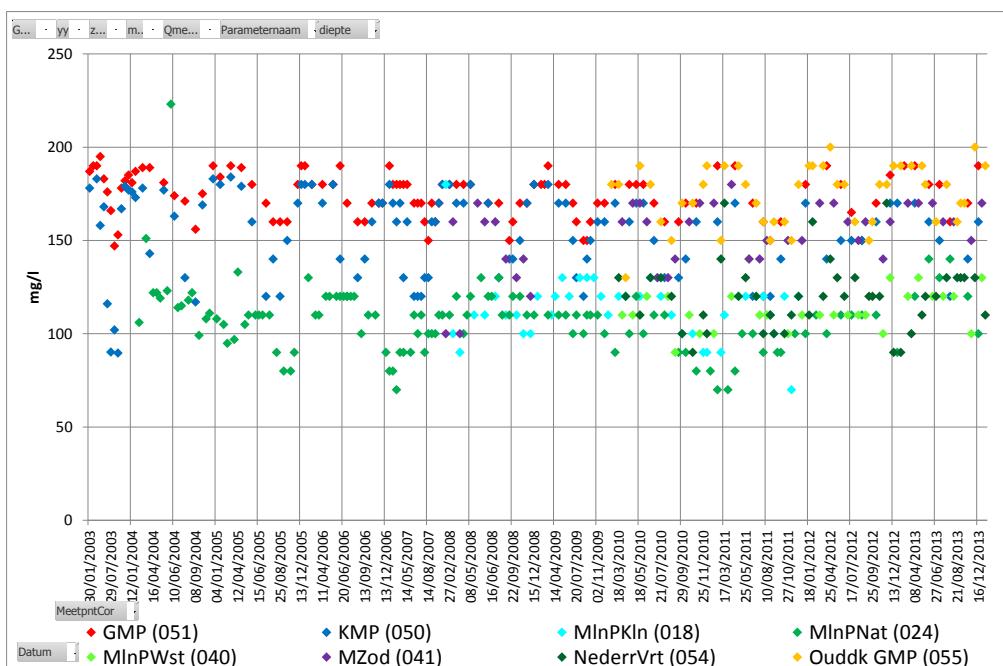
Bijlage P IJzer, sulfaat, bicarbonaat, pH



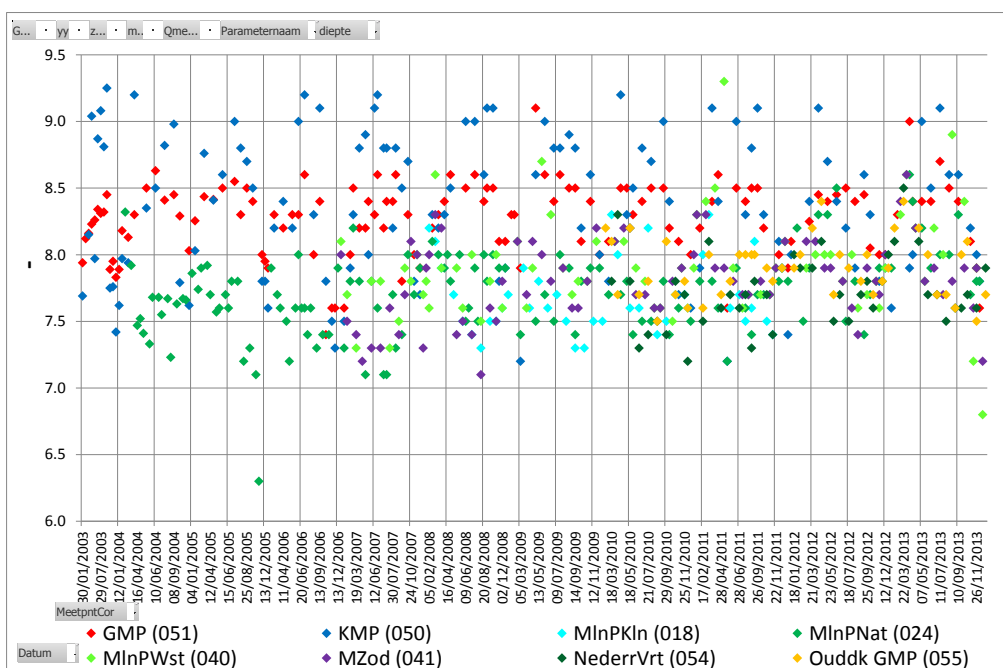
Figuur P-1. IJzer



Figuur P-2. Sulfaat

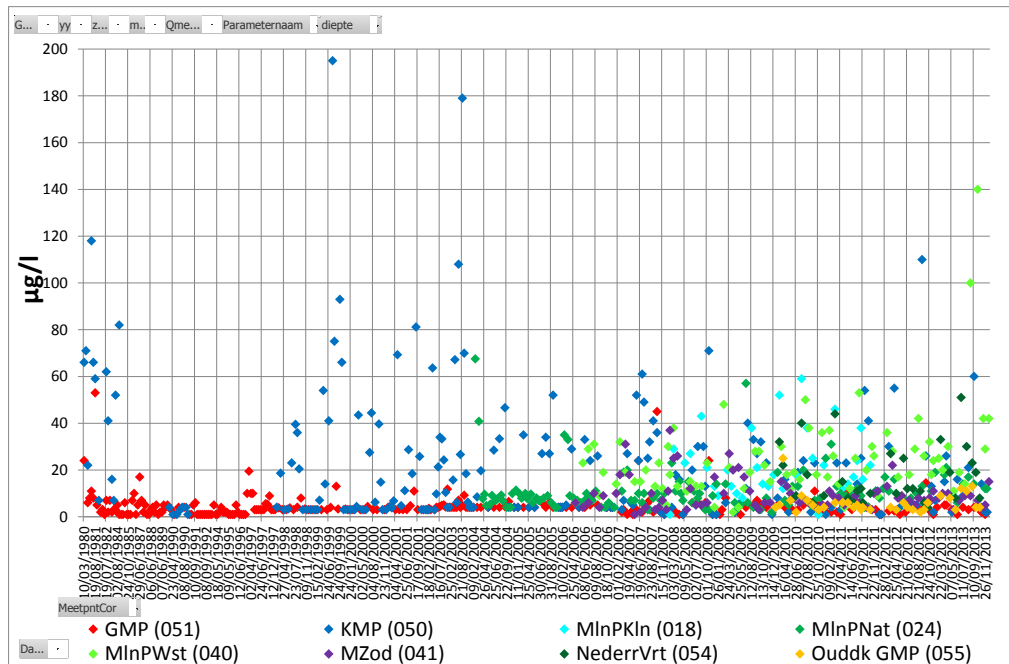


Figuur P-3. Bicarbonaat (HCO_3^-)

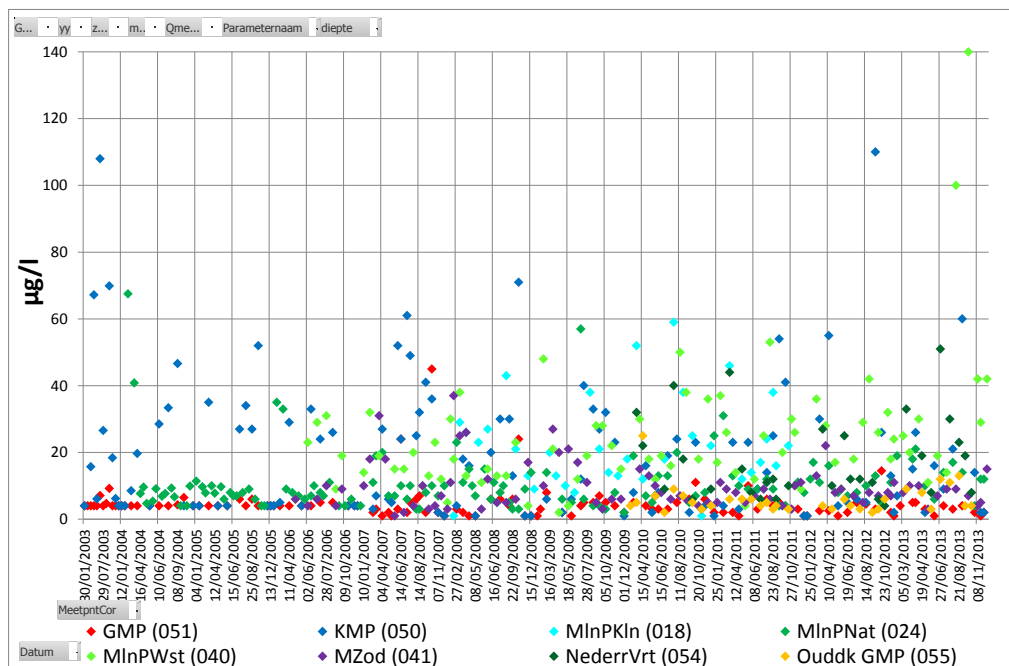


Figuur P-4. pH

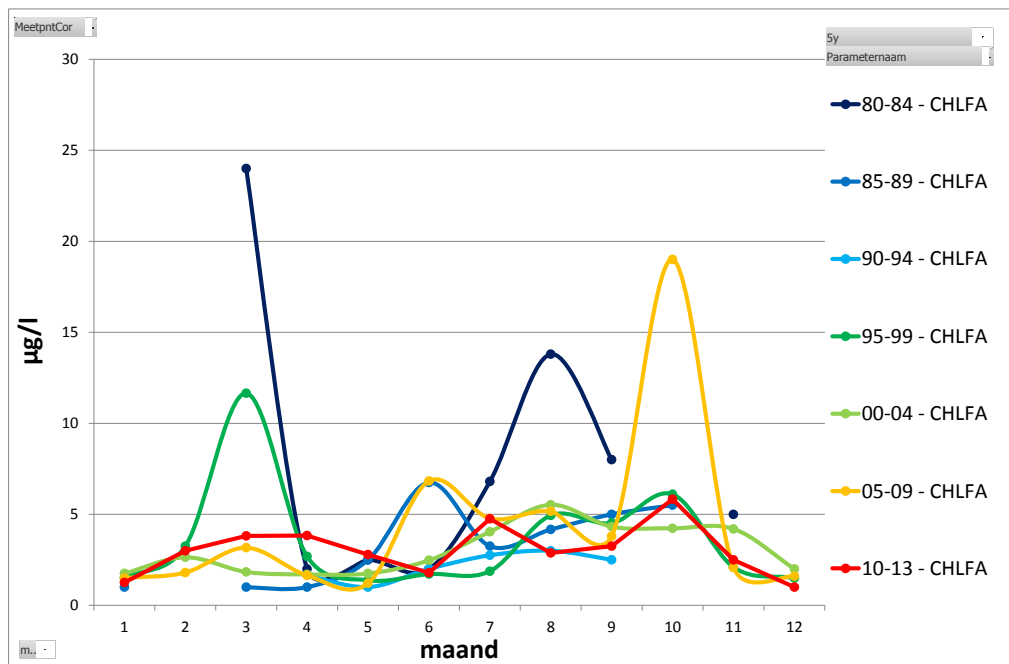
Bijlage Q Chlorofyl-a, doorzicht



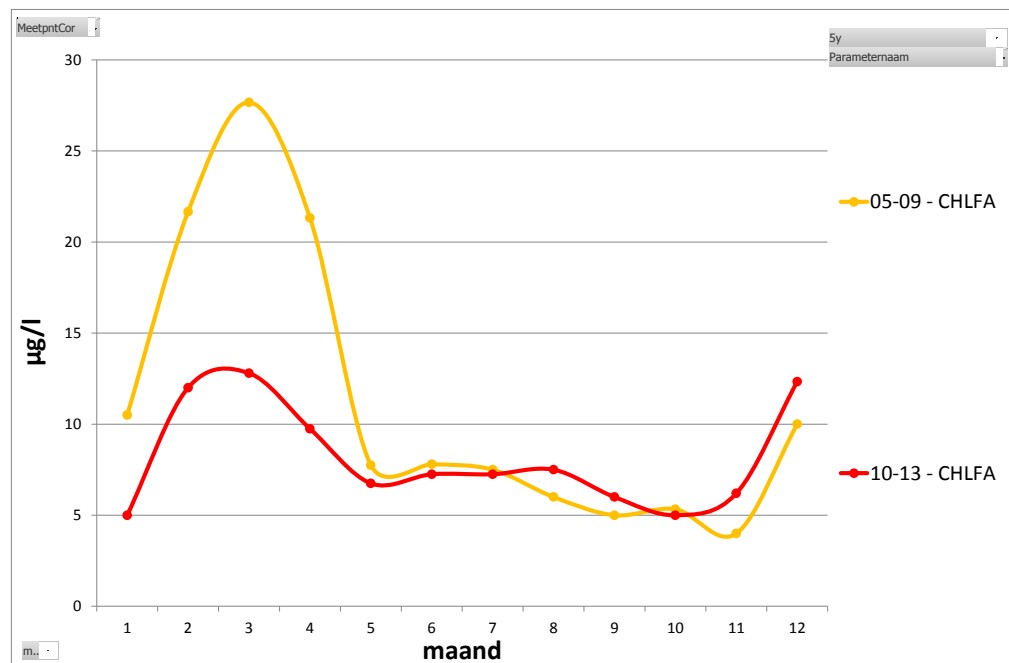
Figuur Q-1. Chlorofyl-a 1980-2013.



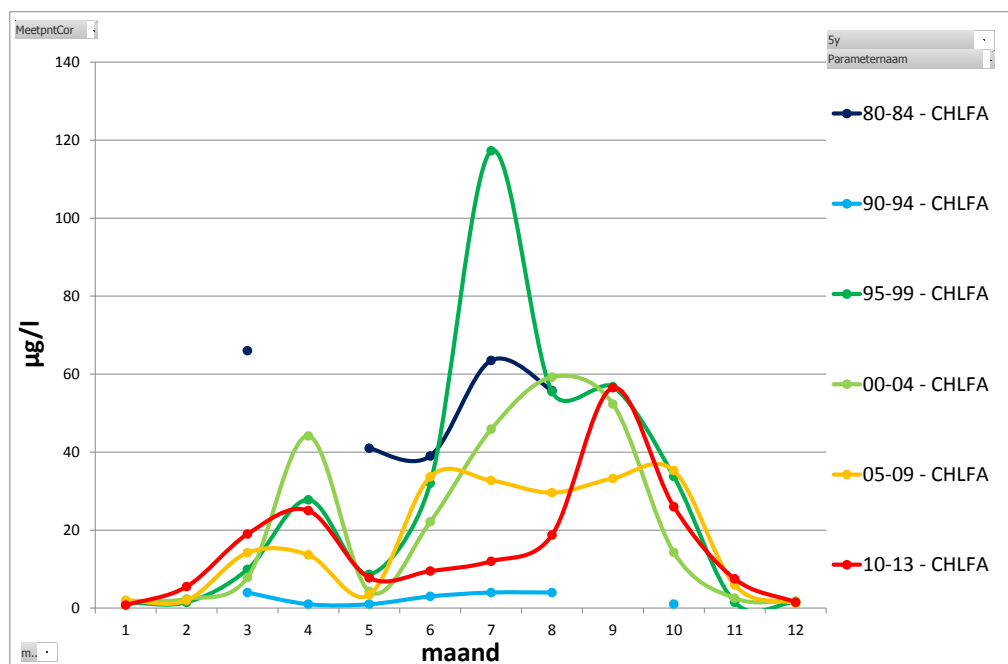
Figuur Q-2. Chlorofyl-a 2003-2013.



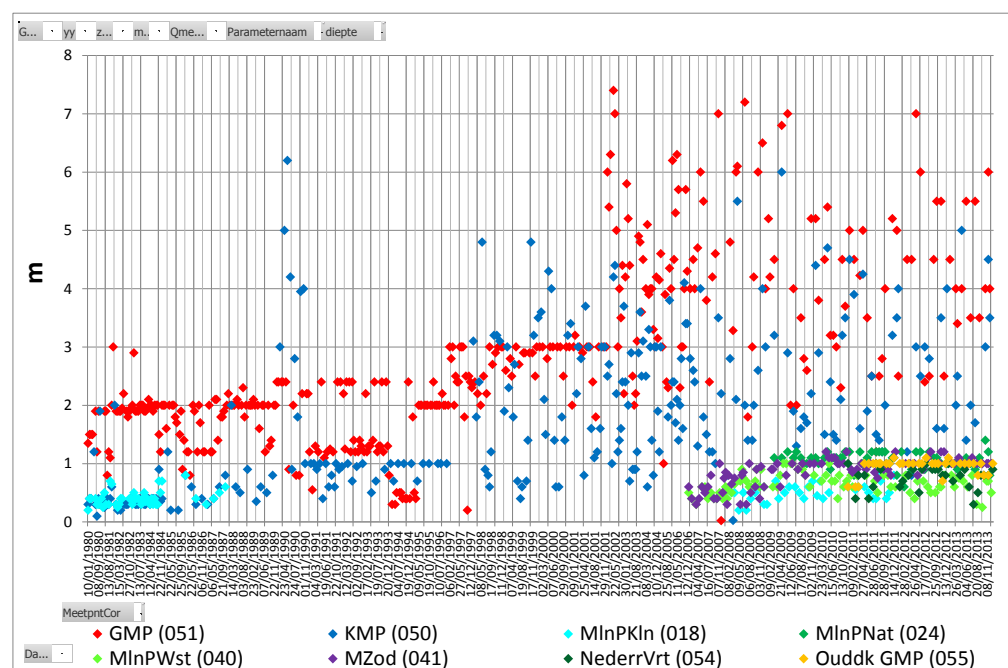
Figuur Q-3. Chlorofyl-a **Grote Plas** gemiddeld per maand per vijf jaar.



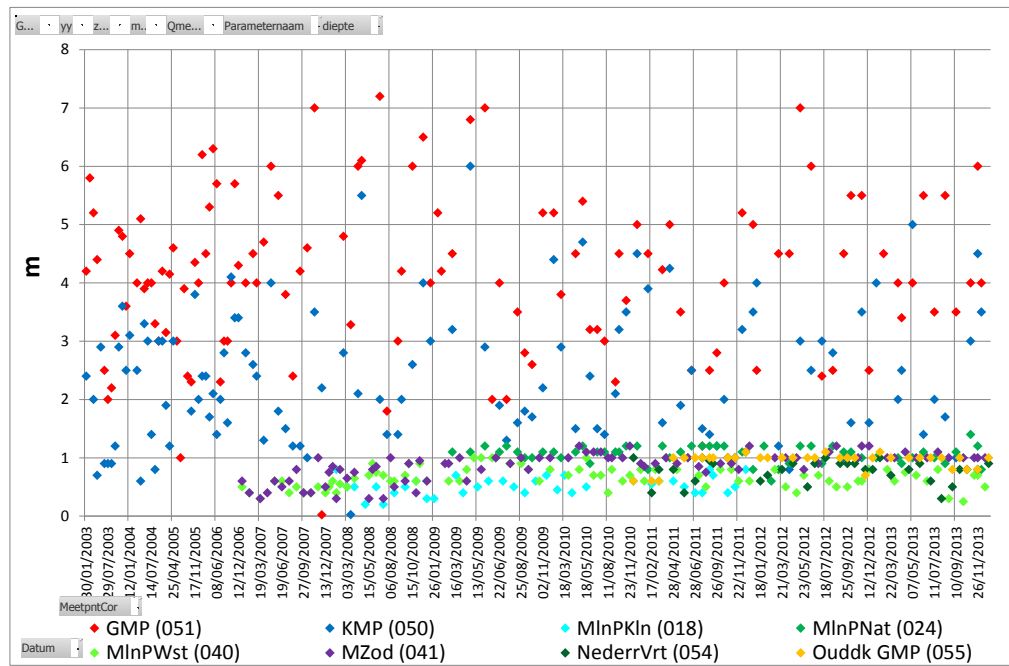
Figuur Q-4. Chlorofyl-a **Zodden** gemiddeld per maand per vijf jaar.



Figuur Q-5. Chlorofyl-a **Kleine Plas** gemiddeld per maand per vijf jaar.

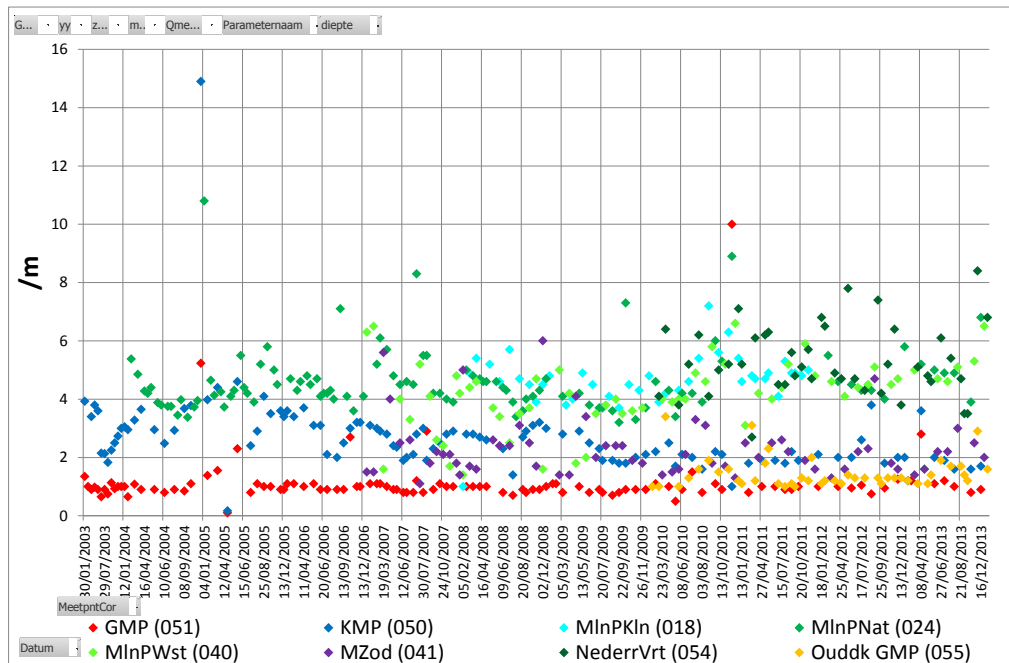


Figuur Q-6. Doorzicht 1980-2013.

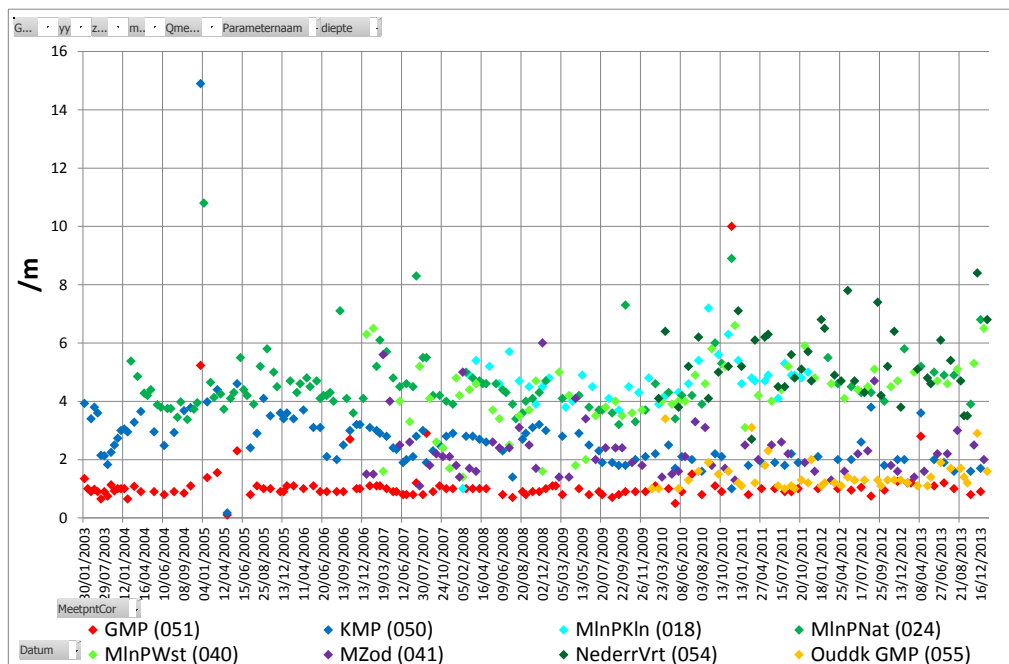


Figuur Q-7. Doorzicht 2003-2013.

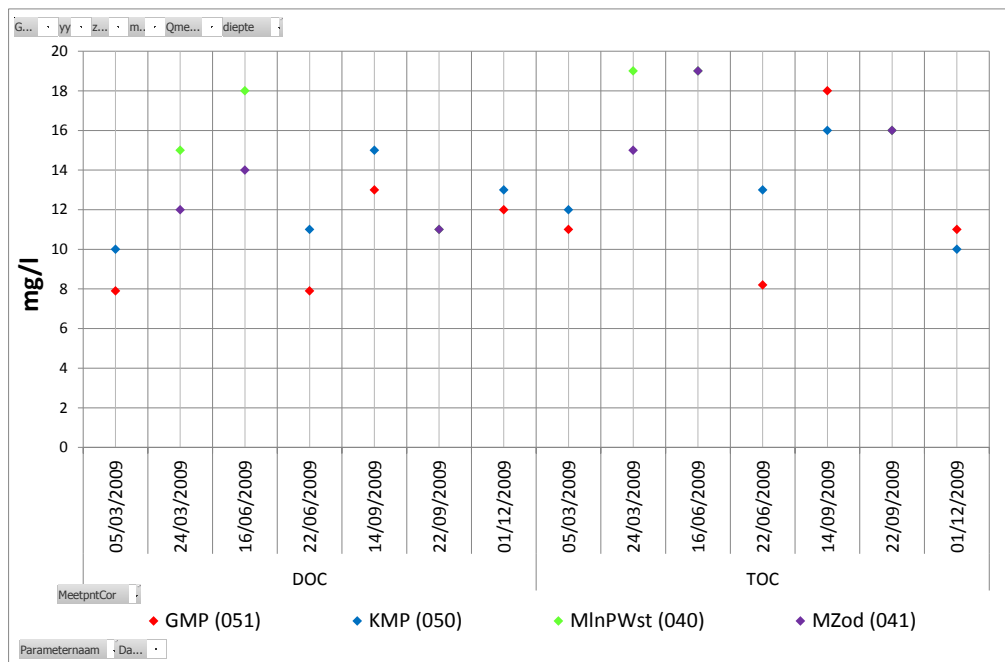
Bijlage R Extinctie, DOC, TOC



Figuur R-1. Extinctie 380 nm.

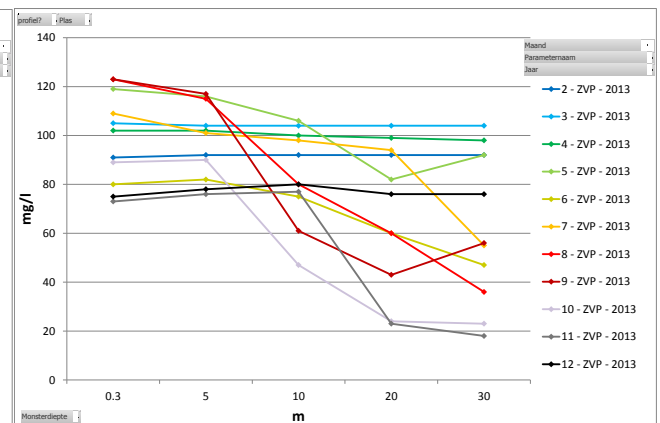
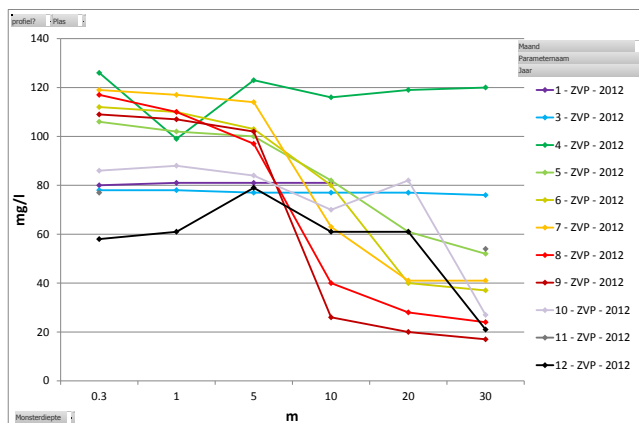
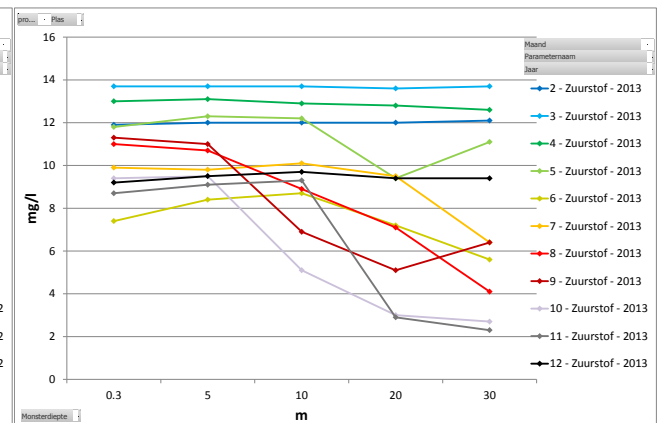
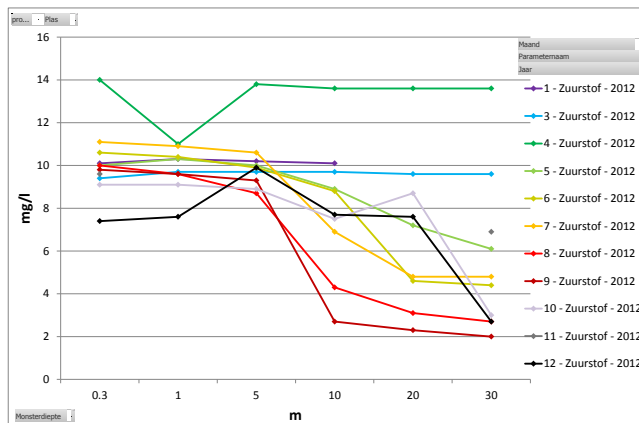
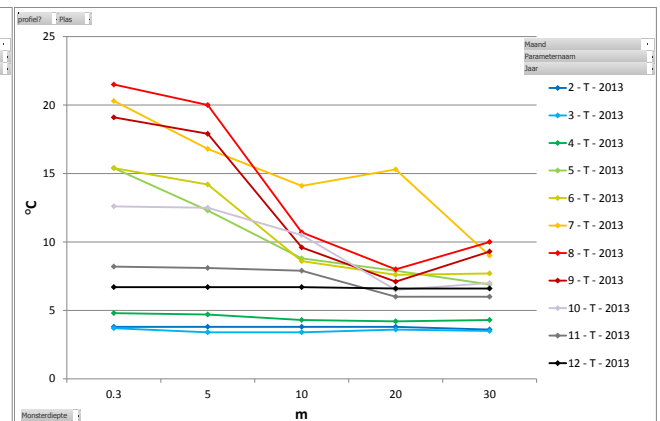
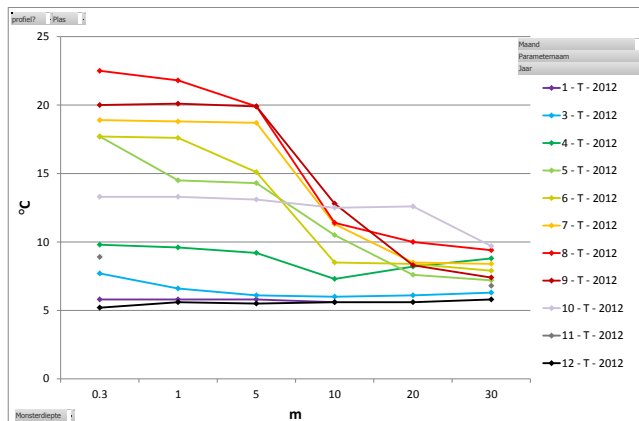


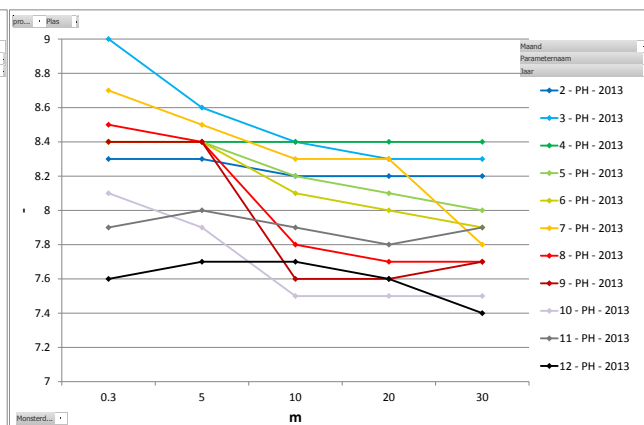
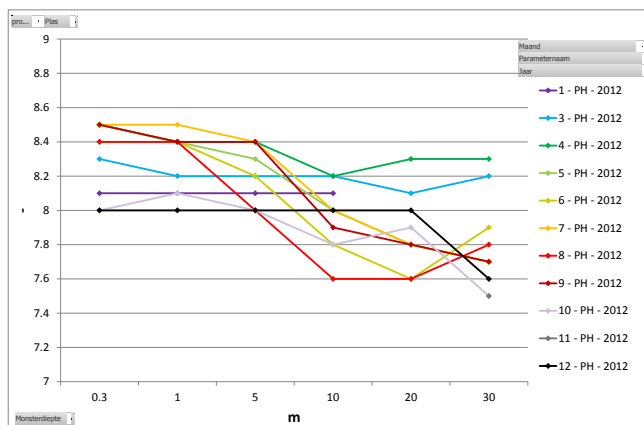
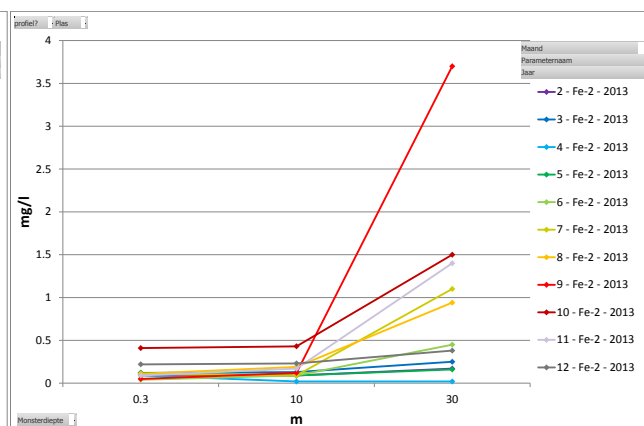
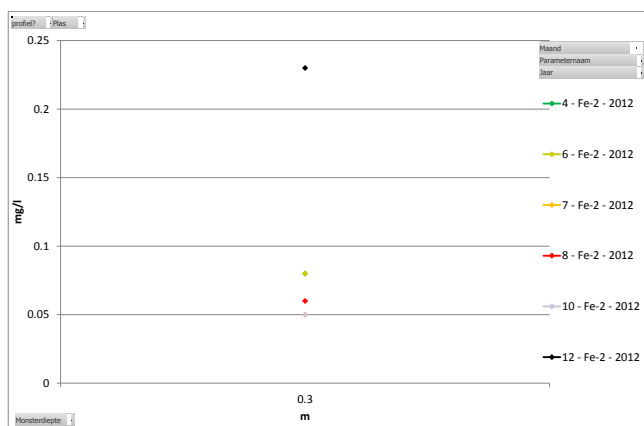
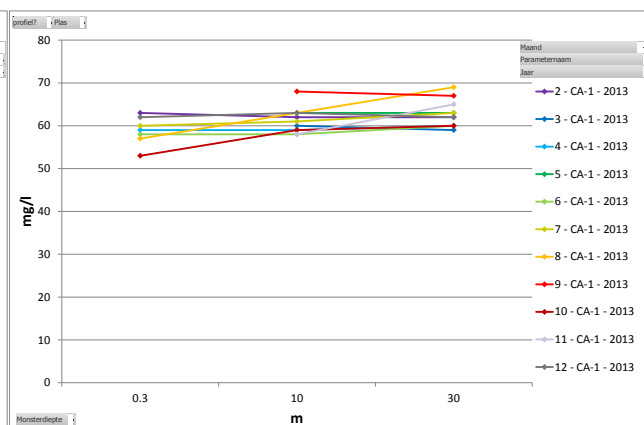
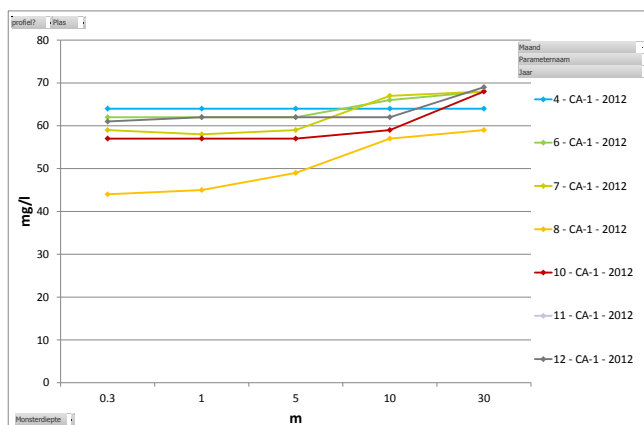
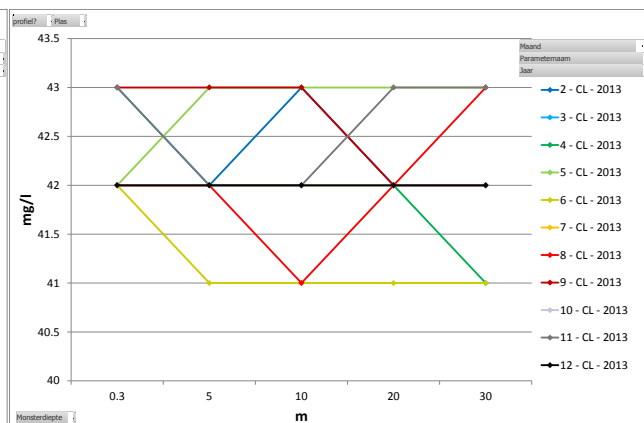
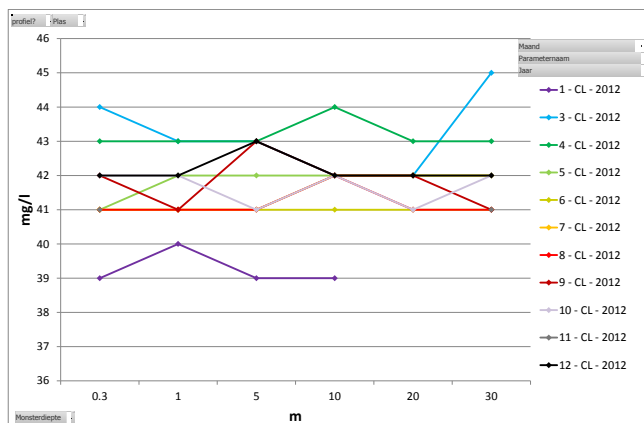
Figuur R-2. Extinctie 440 nm.

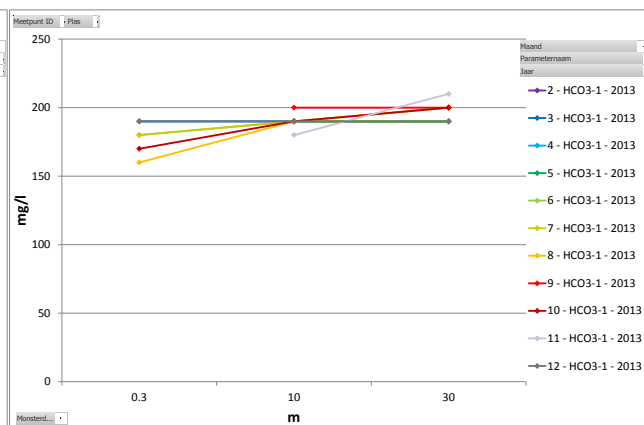
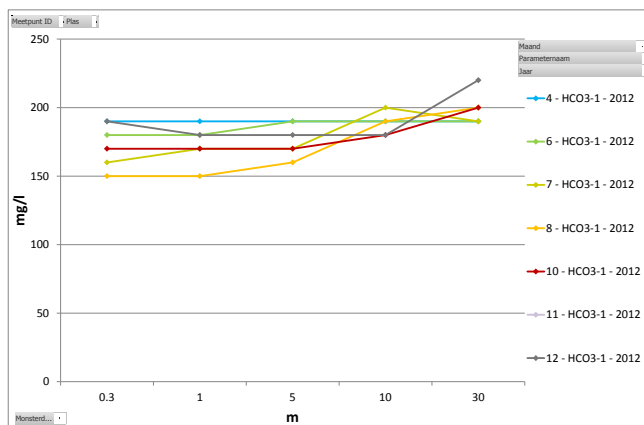
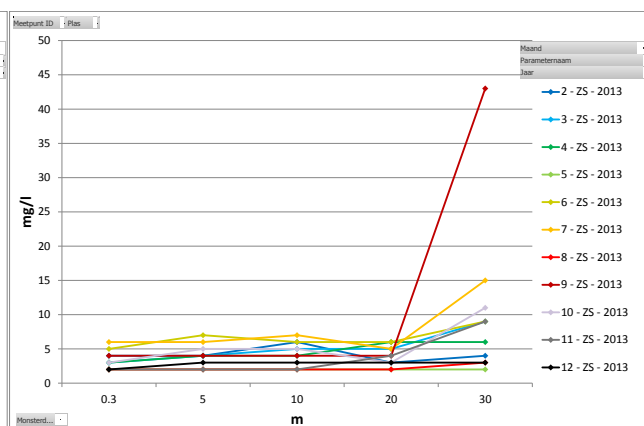
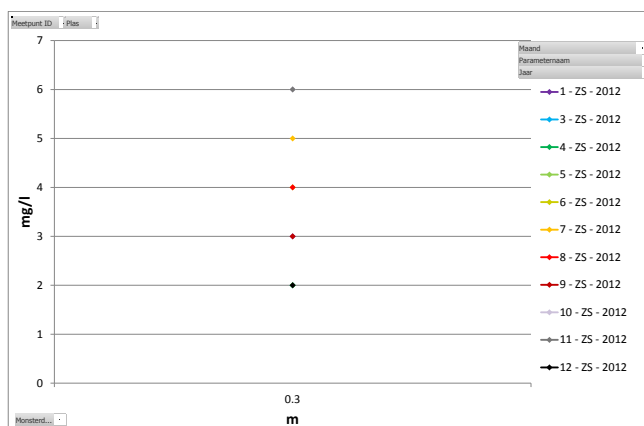
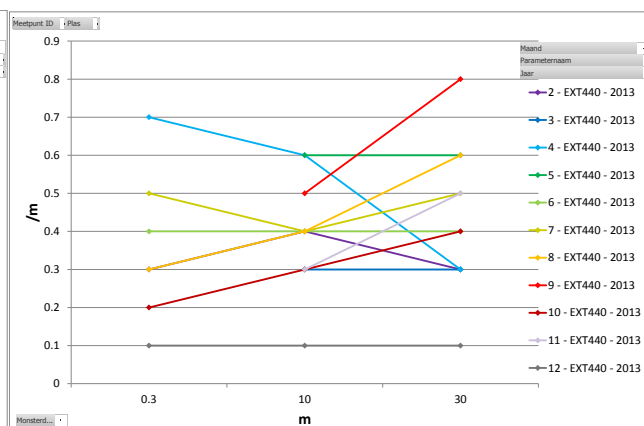
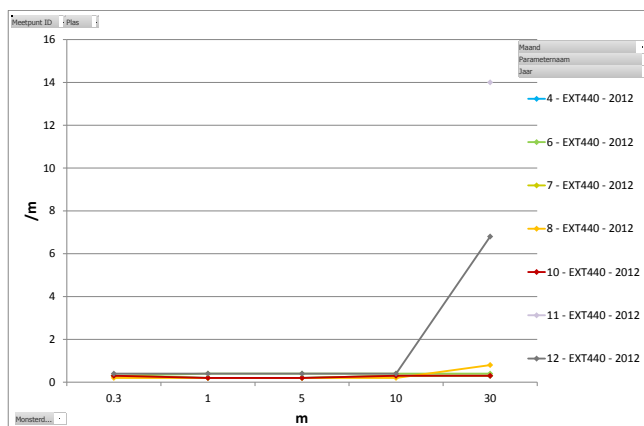
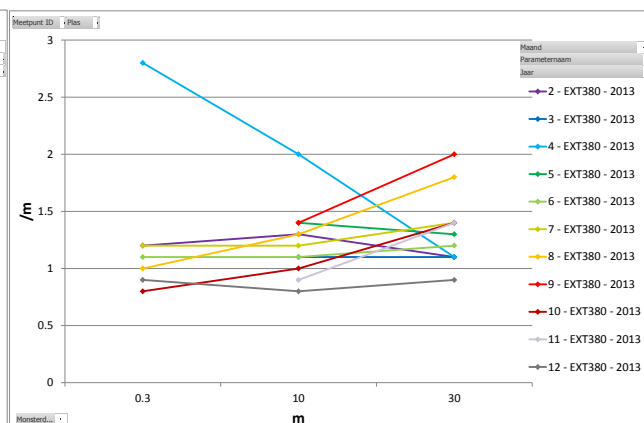
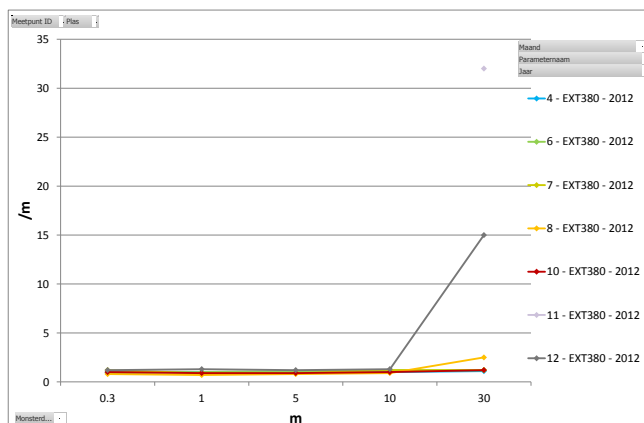


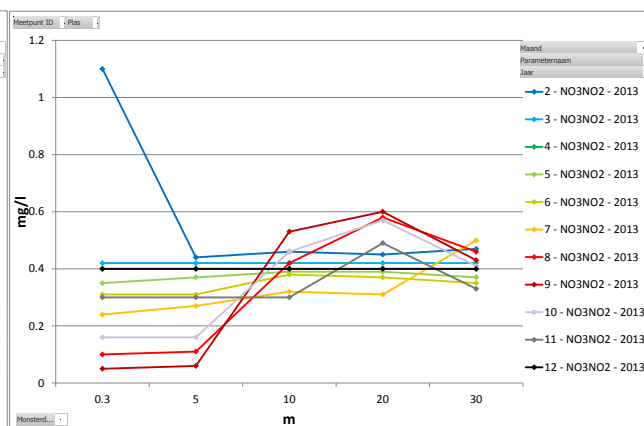
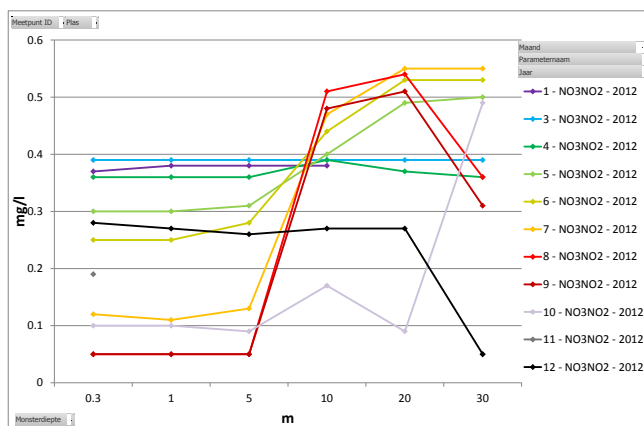
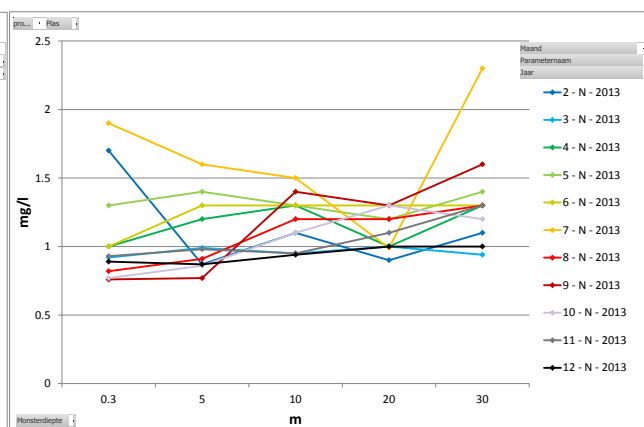
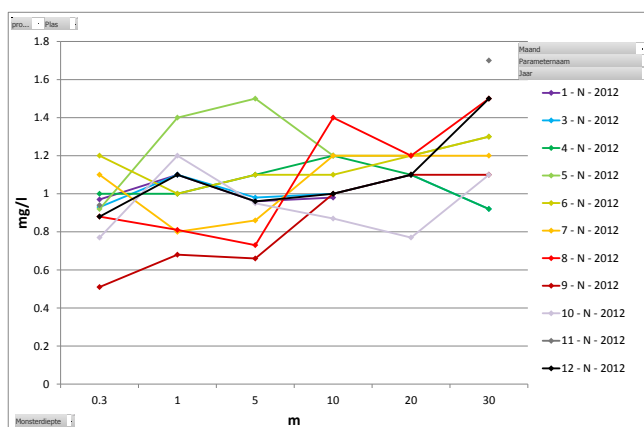
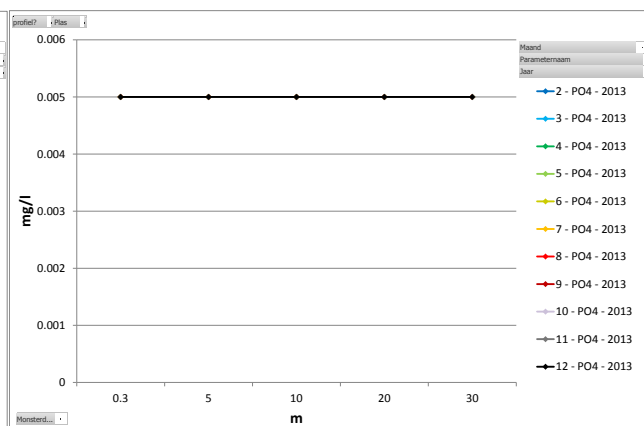
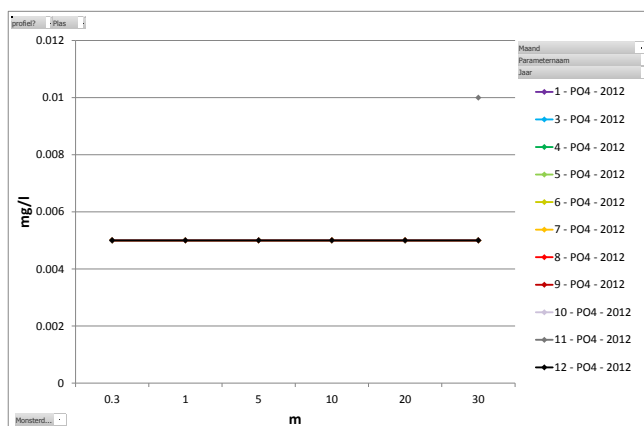
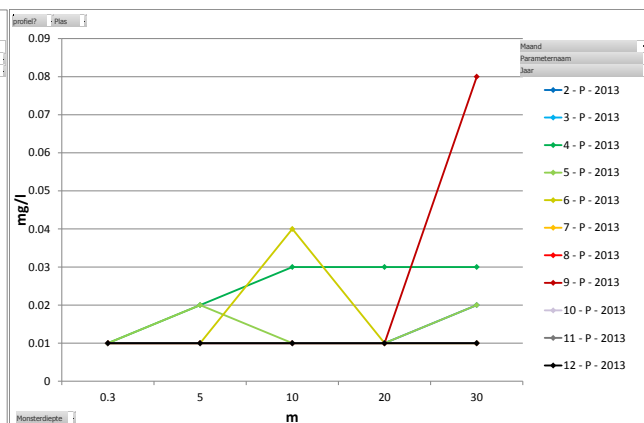
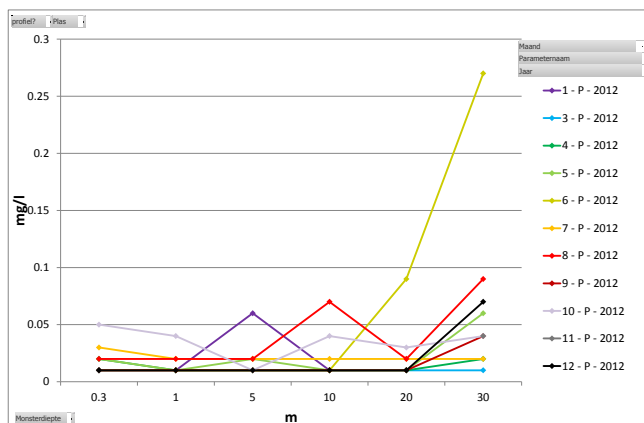
Figuur R-3. DOC en TOC.

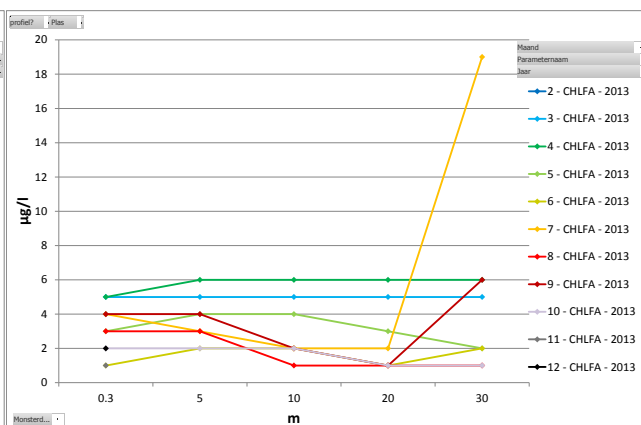
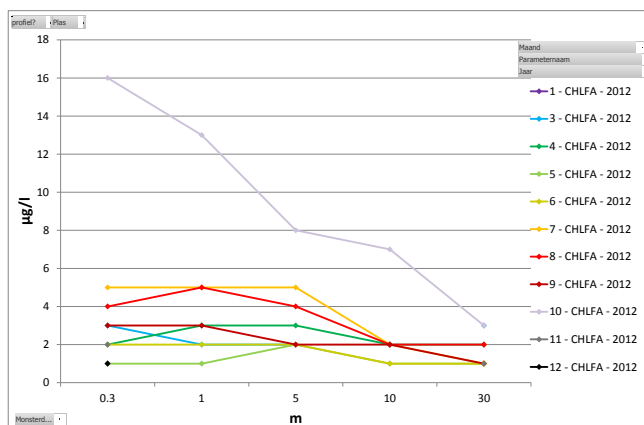
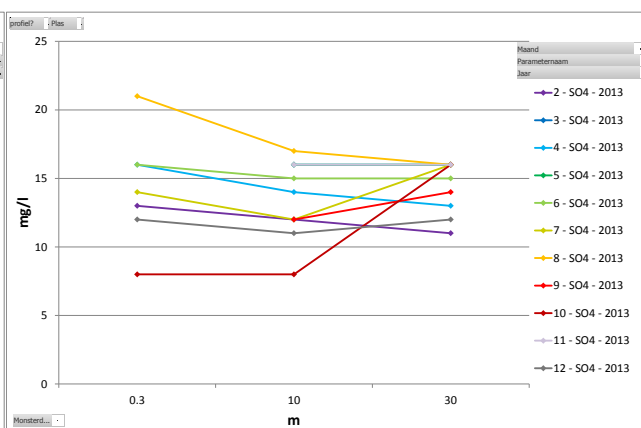
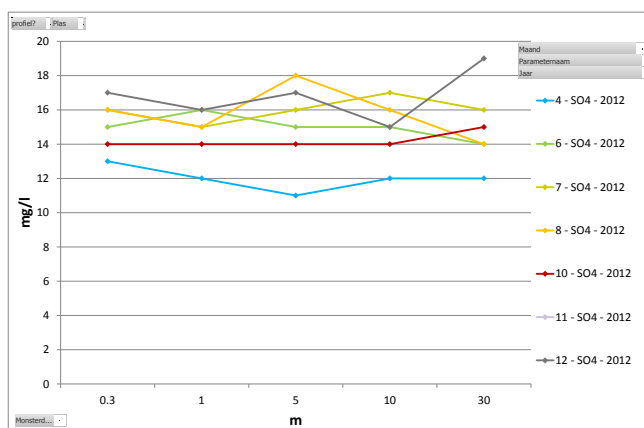
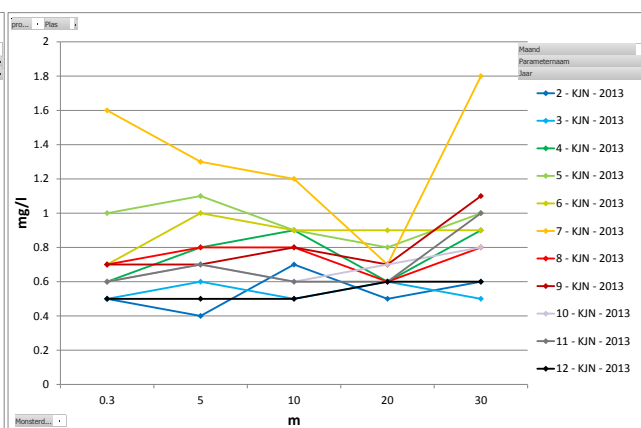
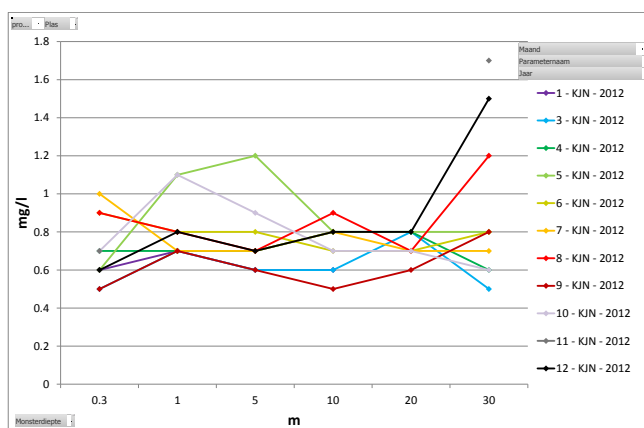
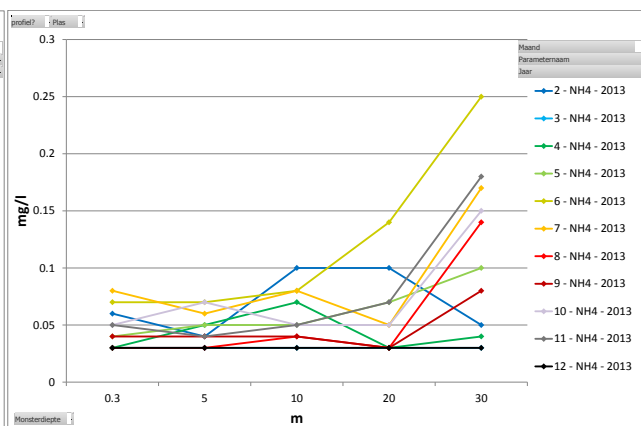
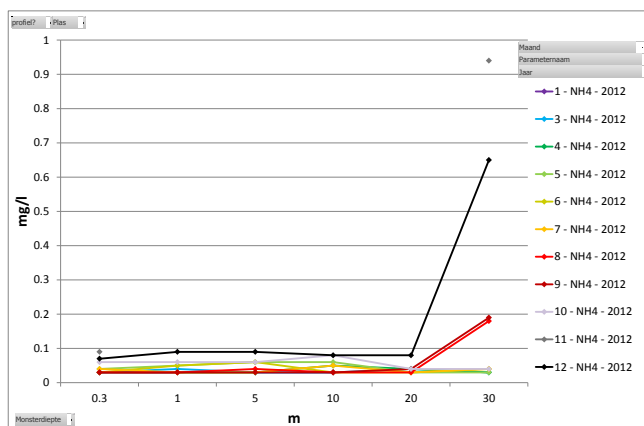
Bijlage S Verticaalmetingen

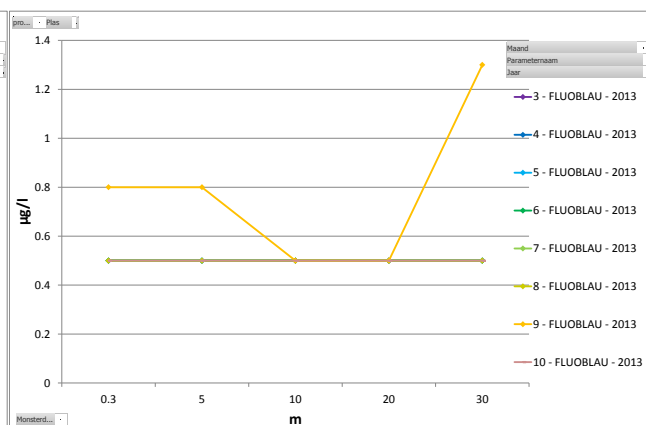
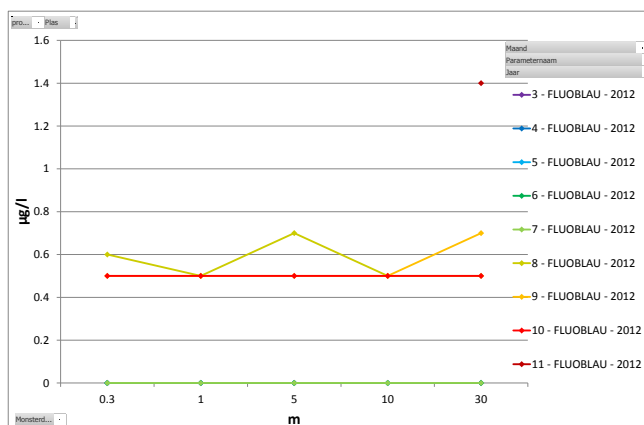
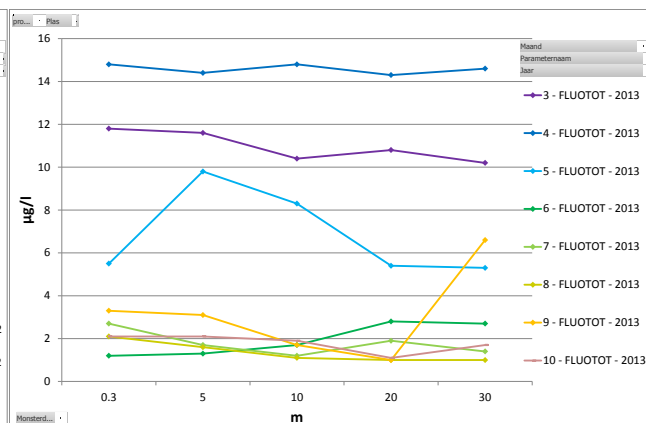
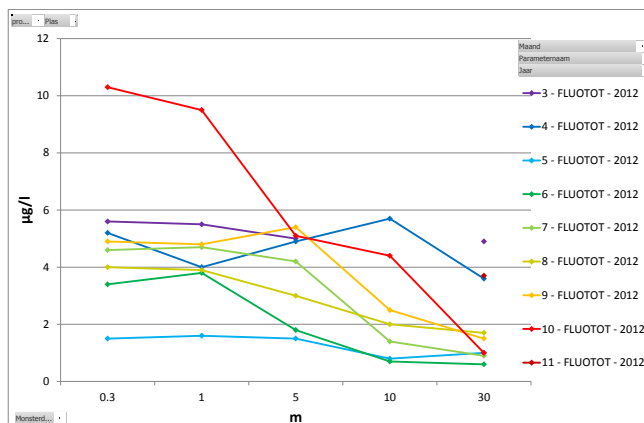












Bijlage T Upwelling

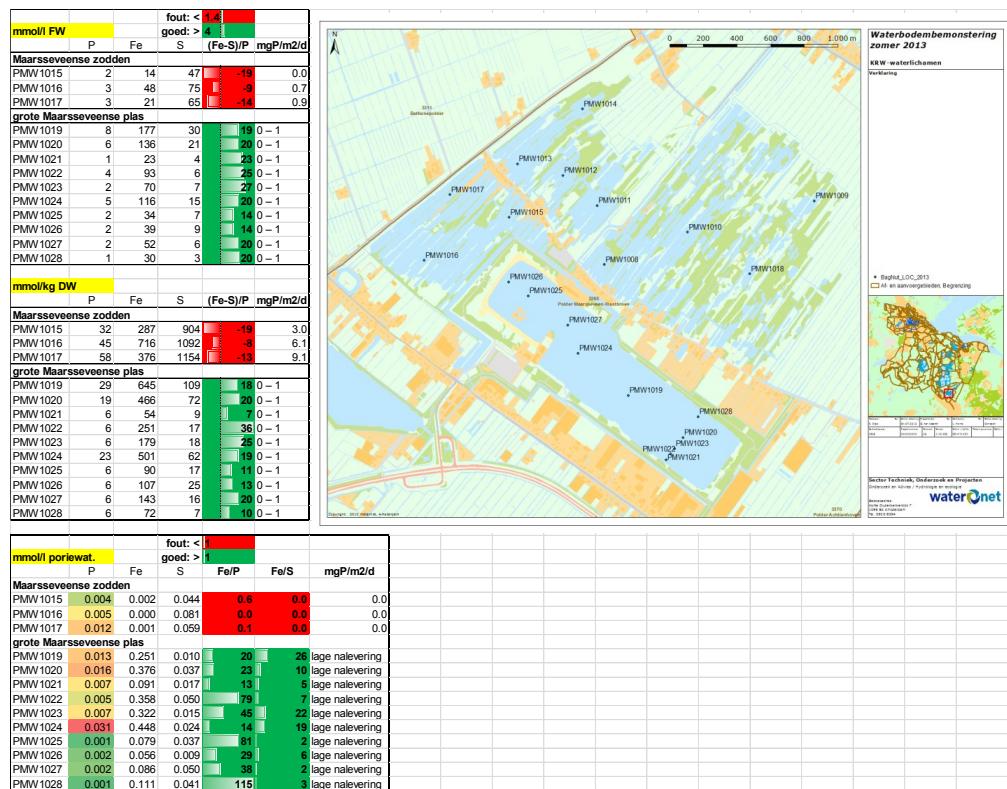
Het fenomeen *upwelling* kan hypolimnionwater in het epilimnion brengen, met mogelijk een nutriëntenflux tot gevolg. Hier volgt uitleg over *upwelling*.

Als de wind (plus Corioliskrachten) zoveel invloed krijgt dat de spronglaag benedenwinds omhoog komt en uiteindelijk het wateroppervlak bereikt is er sprake van *upwelling*. De stratificatie wordt lokaal (benedenwinds) doorbroken en in het uiterste geval zet dat door in het gehele meer. Over dit fenomeen in grote meren en oceanen is veel literatuur voorhanden (MacIntyre, 2008; Steissberg et al., 2005; Plattner et al., 2006; MacIntyre and Jellison, 2001; Horn et al., 2001; Csanady, 1977). *Upwelling* resulteert in een hogere productiviteit, waardoor bijvoorbeeld veel meer vis aanwezig is in upwellende wateren ("Wind Driven Surface Currents: Upwelling and Downwelling Background," n.d.).

Er is echter nauwelijks representatieve literatuur gevonden voor dit fenomeen in kleine meren. In twee kleine meren (0.1 en 1.5 km²) in Alaska is sprake van *upwelling* (MacIntyre, 2008). Het eerstgenoemde meer is te klein om ermee te kunnen vergelijken. Het grotere meer (Toolik lake) is ook niet goed vergelijkbaar. Gezien de lage maximale watertemperaturen in de zomer (15 °C) en de beperkte diepte (7 m diep gemiddeld, tegen 13.5 m in de Grote Plas) (MacIntyre et al., 2006) zal de stratificatie in Toolik lake gemakkelijker te doorbreken zijn dan in de Grote Maarsseveense Plas. Bovendien is de Grote Maarsseveense Plas omgeven door bomen (strijk lengte max. 1.7 km), terwijl de wind, gezien de metingen, in Toolik lake vrij spel heeft (8 - 12 m/s). Het is mogelijk te berekenen of *upwelling* voorkomt (Pannard et al., 2011; MacIntyre, 2008) in de Maarsseveense Plas, maar die berekening is niet uitgevoerd omdat de waterkwaliteitsgegevens het optreden van *upwelling* onwaarschijnlijk maakt (zie kader in 4.1.3).

Bijlage U Analyses waterbodem 2013

In de onderstaande tabellen staan de resultaten van de toetsingen volgens de Quicksan van baggernut op een drietal locaties in de Maarsseveense Zodden en op een tiental locaties in de Grote Maarsseveense Plas in 2013 ("Waternet waterbodembemonstering 2013; KRW-waterlichamen; QuickScan v1.03," 2014).



Bijlage V Visstand diepe plassen 2006 en 2013

Resultaten visstandbemonstering diepe plassen 2006 (Beers, 2007).

Waterlichaam	Diep	Ondiep	Oever	Totaal
Sloterplas	48,6	114,0	166,3	63,7
Gaasperplas	0,0	42,4	231,2	14,8
Ouderkerkerplas	0,4	98,2	65,8	20,9
Spiegelplas	0,6	45,3	354,7	18,6
Wijde Blik	41,9	150,3	323,3	62,7
Grote Maarsseveense plas	0,1	22,2	110,4	5,7
Vinkeveense noordplas	0,2	53,6	202,2	42,2
Vinkeveense zuidplas	8,3	164,4	198,1	146,6

Resultaten visstandbemonstering diepe plassen 2013 (Koole, 2014).

Waterlichaam	Gaasperplas	Grote Maarsseveense plas	Vinkeveense Plassen	waterleidingplas	Wijde Blik
KRW-type	M20	M20	M20	M20	M20
Bestandschatting					
kg/ha	32,7	12,1	37,0	15,9	54,6
aantal/ha	858	154	1444	547	1053
Aantal soorten (excl. hybride)	10	10	14	10	12