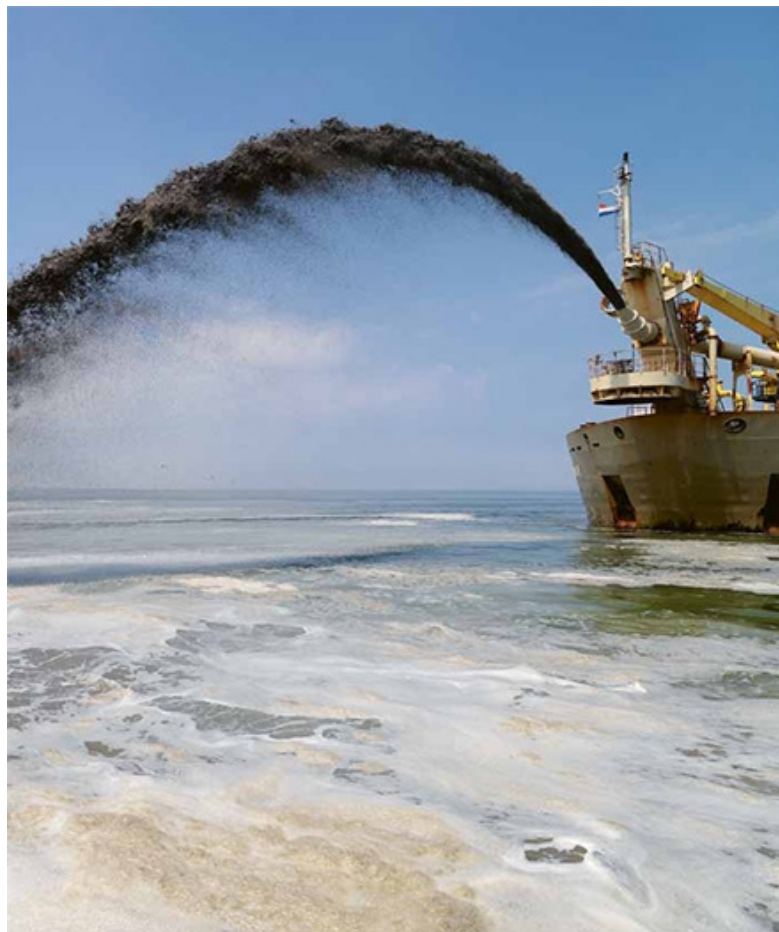


# T0 rapportage

## Hydrologische situatie Ameland voor zandsuppletiewerkzaamheden 2010/2011



## Rapport

# Analyse T0

Hydrologische situatie Ameland  
voor zandsuppletiewerkzaamheden  
2010/2011

## Rapport

dossier : BA7539-100-100  
registratienummer : LW-AF20122432/MSW  
versie : definitief  
classificatie : Klant vertrouwelijk

Rijkswaterstaat  
Waterdienst  
december 2012  
definitief

## INHOUD

## BLAD

|     |                                           |    |
|-----|-------------------------------------------|----|
| 1   | INLEIDING                                 | 3  |
| 1.1 | Aanleiding                                | 3  |
| 1.2 | Doel gehele project                       | 3  |
| 1.3 | T0 rapportage: doel en gevolgde werkwijze | 4  |
| 1.4 | Leeswijzer                                | 5  |
| 2   | METINGEN PER MEETRAAI                     | 7  |
| 2.1 | Aangeleverde gegevens                     | 7  |
| 2.2 | Meetnet Vitens                            | 8  |
| 2.3 | Verwerking en gebruik                     | 11 |
| 2.4 | Gemiddelde grondwatersituatie T0          | 12 |
| 3   | VERKLARENDE VARIABELEN                    | 15 |
| 3.1 | Inleiding                                 | 15 |
| 3.2 | Neerslag en verdamping                    | 15 |
| 3.3 | Oppervlaktewaterpeilen                    | 17 |
| 3.4 | Winningen                                 | 18 |
| 3.5 | Getij                                     | 19 |
| 3.6 | Suppleties                                | 19 |
| 4   | NULSITUATIE BESTAANDE MEETPUNTEN          | 21 |
| 4.1 | Methode                                   | 21 |
| 4.2 | Resultaten                                | 24 |
| 4.3 | Betrouwbaarheid                           | 28 |
| 5   | NULSITUATIE NIEUWE MEETPUNTEN             | 29 |
| 5.1 | Interpolatiemethode                       | 29 |
| 5.2 | Interpretatie                             | 29 |
| 5.3 | Betrouwbaarheid                           | 30 |
| 6   | CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN               | 33 |
| 6.1 | Conclusies                                | 33 |
| 6.2 | Aanbevelingen                             | 33 |
| 7   | LITERATUURLIJST                           | 34 |
| 8   | COLOFON                                   | 35 |

## BIJLAGEN

- Bijlage 1      interpolatiepunten en resultaten vlakdekkende tijdreeksanalyse voor deze punten zelf  
Bijlage 2      Meetreeksen peilbuizen (2010-2012)



## **1 INLEIDING**

### **1.1 Aanleiding**

Rijkswaterstaat voert jaarlijks zandsuppleties uit om de structurele erosie van de Nederlandse kust tegen te gaan. Hier ligt de keuze aan ten grondslag om de huidige basiskustlijn (BKL) in stand te houden. In 2010 en 2011 is daarom in totaal 9 miljoen kubieke meter zand op Ameland gesuppleerd. Door de zandsuppleties is er sprake van een (tijdelijke) uitbouw van kuststrook. Afhankelijk van de mate van (tijdelijke) kustuitbouw zal het gebied waar (zoet) regenwater in de grond kan dringen groter worden en de waterscheiding zich (tijdelijk) kustwaarts verplaatsen. Hierdoor ontstaat in theorie een grotere zoetwaterbel en een verhoging van de grondwaterstand. Naast deze mogelijke langere termijn effecten is er op korte termijn als gevolg van de zandsuppletiewerkzaamheden een verhoging van de grondwaterstand mogelijk door de hogere waterdrukken op het strand bij het opspuiten van zand.

Voor het uitvoeren van deze werkzaamheden heeft Rijkswaterstaat een Natuurbeschermingswet (NB-wet) vergunning gekregen. In deze vergunning is als voorwaarde opgenomen dat de grondwaterstanden in de vochtige duinvalleien gemonitord moeten worden.

Het doel van de monitoring is het vaststellen of en hoe de grondwaterstanden door de uitvoering van de zandsuppleties op Ameland in 2010 en 2011 zijn beïnvloed, en in hoeverre de veranderingen in de grondwaterstanden (kunnen) doorwerken in (de ontwikkeling van) kwetsbare vochtige duinvalleien. Zowel de effecten op korte termijn als op lange termijn dienen inzichtelijk gemaakt te worden.

De effecten beschrijven we als het verschil tussen twee situaties, te weten:

- T0, dit is de situatie voor de suppleties van 2010 en 2011; en
- T1, wat de situatie met de invloed van deze suppleties is.

Het verschil van de T1-situatie ten opzichte van de T0-situatie bevat het effect van de zandsuppleties. Deze rapportage beschrijft de T0-situatie. De T1-situatie en de vergelijking worden gepresenteerd in de T1-rapportage.

### **1.2 Doel gehele project**

Dit project beslaat het uitwerken en analyseren van de metingen opdat inzichtelijk gemaakt kan worden of er inderdaad effecten ten gevolge van de zandsuppletie optreden op het grondwatersysteem en daarmee op de vochtige duinvalleien. Daarnaast is Rijkswaterstaat geïnteresseerd in het effect van zandsuppleties op de omgeving voor toekomstige projecten. In het kader van dit project is daarom een redelijk uitgebreid monitoringsnetwerk gedefinieerd.

Het project dient in eerste instantie antwoord te geven op de vraag:

- Wat is het effect van de zandsuppletie op het grondwatersysteem en de vochtige duinvalleien op Ameland op de korte en lange termijn?

Daarnaast hoopt Rijkswaterstaat met dit onderzoek een beter antwoord te kunnen geven op de vraag:

- Welk algemeen effect treedt er op het grondwatersysteem als gevolg van deze zandsuppleties en waar moet aan gedacht worden bij (uitvoering en vergunning voor) toekomstige zandsuppleties?

Rijkswaterstaat heeft Vitens gevraagd om op basis van hun hydrologische expertise op de Waddeneilanden een meetnet advies op te stellen. In 2011 is op basis daarvan een nieuw meetnet

ingericht door Rijkswaterstaat. Dit meetnet is vastgesteld op basis van vooronderzoek dat door Acacia Water en KWR is uitgevoerd (Groen en Stuyfzand, 2011). De meetreeksen tot nu toe zijn toegelicht in de rapportage eerste analyse brondata (DHV, 2012).

Naast dat de grondwaterstanden zijn geanalyseerd zijn uitkomsten van andere onderzoeken meegenomen om de uitkomsten van deze studie te toetsen en/of te interpreteren. Voorbeelden hiervan zijn de Sky-Tem metingen, CVS metingen, vegetatiekarteringen, geochemische en hydrochemische analyses die (buiten dit project) op Ameland zijn uitgevoerd. Dit is terug te vinden in de T1-rapportage welke gelijk met dit T0 rapport wordt opgeleverd. Daarnaast zijn de Jarkusraaien (jaarlijkse kustmetingen) betrokken bij dit onderzoek om het effect van de zandsuppletie op de diepte en hoogteligging van de kust te bepalen.

De resultaten van het monitoringsonderzoek moeten uiteindelijk gerapporteerd worden aan het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie (sinds november 2012 Economische Zaken) en indien mogelijk benut worden in NB-wet vergunningaanvragen voor toekomstige suppleties alsmede in N2000 beheerplanprocessen voor duingebieden.

### **1.3 T0 rapportage: doel en gevolgde werkwijze**

Doel van de voorliggende rapportage is inzicht te krijgen in de gemiddelde grondwatersituatie op Ameland vóór de zandsuppletiewerkzaamheden van 2010, de zogenaamde nulsituatie. Deze T0 situatie is vervolgens gebruikt om een vergelijking te kunnen uitvoeren met de situatie één jaar na de zandsuppletiewerkzaamheden, de T1 situatie. De analyse van de data van de T0 en T1 situatie is tegelijkertijd uitgevoerd. Voor alle peilbuizen op Ameland zijn de grondwaterstandsgegevens vanaf 2000 tot en met augustus 2012 opgevraagd. Vervolgens is de volgende werkwijze gehanteerd om de T0 situatie te kunnen bepalen:

#### Stap 1: brongegevens grondwater: verzamelen, controleren, ontsluiten

In deze T0 studie wordt de periode van 2000 tot 2010 als referentiesituatie beschouwd. In 2012 zijn alle grondwatergegevens vanaf 2000 tot september 2012 verzameld en geordend in een FEWS database. Deze gegevens zijn gecontroleerd op foutieve waarden en sprongen in de tijdreeksen. Waar mogelijk zijn de gegevens aan de hand van meetreeksen in andere filters op dezelfde locatie geverifieerd. Foutieve waarden zijn handmatig verwijderd. Deze opgeschoonde database is via het internet ontsloten via de website [rhdhv.lizard.net](http://rhdhv.lizard.net). Op deze manier is het voor alle instanties mogelijk om de brongegevens in te zien en te controleren op volledigheid en betrouwbaarheid. Na een controle periode, waarin instanties de tijd is gegeven om eventuele fouten in de database door te geven, is de database definitief gemaakt en opnieuw ontsloten via het internet. Naast dat de gegevens op internet zijn te vinden zijn ze ook opgenomen in dit rapport (bijlage 2).

#### Stap 2: Tijdreeksanalyse met geselecteerde buizen

Met behulp van tijdreeksanalyse is het grondwatersysteem voor de T0 situatie gekarakteriseerd. Deze modellen zijn puntsgewijs per peilbuisfilter met geschikte meetreeks opgezet en gekalibreerd. Hiervoor worden verklarende variabelen gebruikt, die tijdens het proces zijn getoetst op relevantie en betrouwbaarheid. De resulterende responsfuncties zijn gebruikt om een gemiddelde grondwaterstand te bepalen voor de T0 ter plaatse van de betreffende peilbuis.

#### Stap 3: ruimtelijke interpolatie

De tijdreeksanalyse geeft alleen inzicht in de T0-situatie voor de locaties waar voldoende betrouwbare meetgegevens beschikbaar zijn. De geschatte parameters zijn vervolgens ruimtelijk geïnterpreteerd, zodat

er een vlakdekkend beeld ontstaat van de gemiddelde grondwaterstand in de T0 situatie. Fysische randvoorwaarden als de kust van het eiland zijn hierin meegenomen.

## **1.4 Leeswijzer**

Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van de grondwaterstandmeetpunten. Hier wordt inzicht gegeven welke metingen gebruikt zijn in de analyse. Hoofdstuk 3 gaat in op de verklarende variabelen die zijn gebruikt in de tijdreeksanalyse. Naast meteorologische gegevens worden hier ook de zandsuppletiegegevens en Jarkusraaimetingen besproken. In hoofdstuk 4 worden de resultaten voor de tijdreeksanalyse voor de T0 beschreven. Om een vlakdekkend beeld te krijgen van de T0-situatie is een ruimtelijke interpolatie uitgevoerd. De methodiek alsmede de resultaten daarvan worden beschreven in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 worden conclusies gegeven over de T0 en het meetnet.





## 2 METINGEN PER MEETRAAI

In de eerste analyse brondata zijn de meetgegevens per raai kort beschreven. Voor de analyse van de T0-situatie zijn meer meetgegevens gebruikt. Alle metingen worden hieronder kort beschreven.

### 2.1 Aangeleverde gegevens

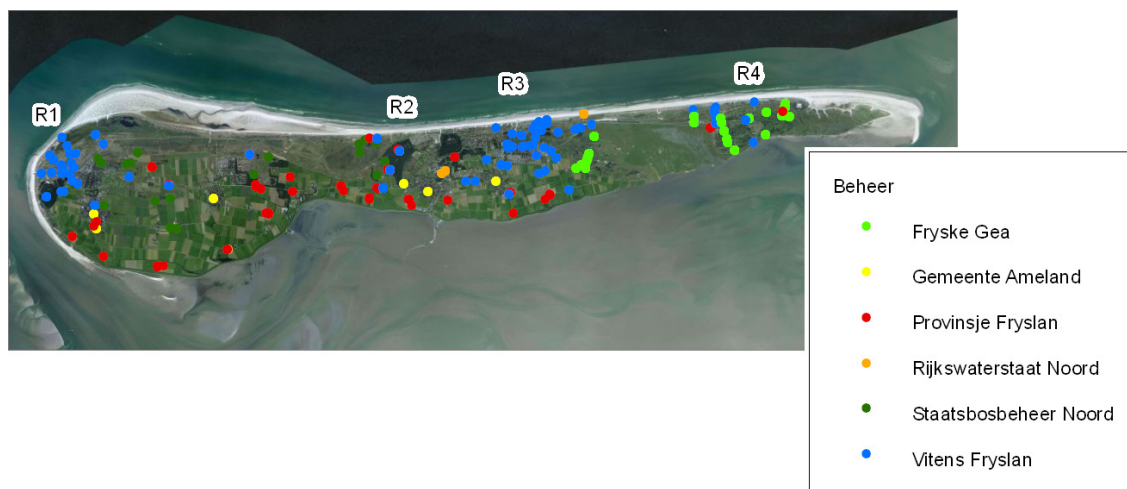
Tijdens de eerste analyse brondata (DHV, 2012) is gebleken dat er buiten de meetraaien geschikte peilbuizen staan voor de karakterisering van zowel de T0 als de T1. Bovendien zijn een deel van de peilbuizen in de meetraaien pas in 2011 geplaatst. Deze geven dan ook geen inzicht in de T0 situatie. Besloten is daarom om alle grondwaterstandsmetingen op Ameland in het tijdvak 2000 tot september 2012 op te vragen. De meetgegevens zijn van verschillende beherende instanties afkomstig. Tabel 1 geeft een overzicht van het aantal meetreeksen per beherende instantie. Afbeelding 1 geeft per peilbuis aan wat de beherende instantie is. Deze gegevens zijn ook te zien op internet via [rhdhv.lizard.net](http://rhdhv.lizard.net).

Het grootste gedeelte van de gegevens is opgevraagd bij Dinoloket. Daarnaast zijn door Vitens gegevens aangeleverd uit een bestaande Dawaco-database. Het bleek dat een deel van deze meetgegevens van Vitens niet aanwezig waren in het Dinoloket. Tot slot zijn door Vitens en Staatsbosbeheer recente meetgegevens (tot juli 2012) aangeleverd als tekstbestand. De metadata behorende bij de meetgegevens is samengesteld uit (1) de gegevens uit Dinoloket, (2) de gegevens van Vitens uit Dawaco en (3) aangeleverde tekstbestanden.

**Tabel 1 Gegevensbronnen en beheerders**

| <i><b>Beheerder</b></i> | <i><b>Bronnen</b></i>            | <i><b>Aantal meetreeksen</b></i> |
|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Fryske Gea              | Dinoloket                        | 76                               |
| Gemeente Ameland        | Dinoloket                        | 6                                |
| Provinsje Fryslan       | Dinoloket                        | 64                               |
| Rijkswaterstaat         | Dinoloket                        | 8                                |
| Staatsbosbeheer Noord   | Dinoloket, en aangeleverd        | 25                               |
| Vitens Fryslan          | Dinoloket, Dawaco en aangeleverd | 140                              |

Meetreeksen uit de Dawaco-database van Vitens zijn opgeleverd als grondwaterstanden ten opzichte van het referentiepunt (bovenkant buis). Deze zijn omgezet naar standen ten opzichte van NAP. De meetreeksen verschillen in zowel lengte als meetfrequentie. Afbeelding 2 geeft het aantal metingen per peilbuisfilter weer.



**Afbeelding 1 Beheerder per peilbuislocatie. De vier meettraaien die zijn ingericht zijn weergegeven op de kaart door R1 t/m R4.**



**Afbeelding 2 Reekslengte (aantal metingen gedurende periode 2000-2012) per peilbuislocatie**

## 2.2 Meetnet Vitens

Rijkswaterstaat heeft waterbedrijf Vitens gevraagd een meetnet op te zetten aan de hand van het vooronderzoek van Acacia Water en KWR. Het meetnet is eerder beschreven in de eerste analyse brondata (DHV, 2012). Deze tekst is hieronder verkort opgenomen. Het meetnet bevat nieuwe peilbuizen, geplaatst door Vitens in 2011. Deze hebben geen NITG-nummer zijn dus niet op Dinoloket zichtbaar. Een uitzondering is buis B02C0253, die in het verleden ook bemeten is geweest. Recente meetgegevens van deze buis staan ook niet op Dinoloket.

Het meetnet bestaat uit vier meettraaien langs de Noordzeekust, verspreid over het eiland. Zie Afbeelding 3. In de volgende paragrafen worden de metingen per meetraai beschreven. Alle meetreeksen zijn in dit rapport opgenomen in bijlage 2.



**Afbeelding 3 Peilbuislokaties en meetraaien - raai 1 (R1) t/m raai 4 (R4)**

### 2.2.1 Meetraai 1 - West-Ameland – kilometerraaien 2 t/m 4

Meetraai 1 in West-Ameland bestaat uit een groep peilbuizen gelegen op 300-1300 m landinwaarts van zee.

De locaties zijn weergegeven in Afbeelding 3 en bijlage 2. De meetperiode en meetfrequentie van de peilbuizen in deze meetraai verschillen. Doorgaans geldt dat de freatische grondwaterstand met een frequentie van 1 maal per dag gemeten wordt en de stijghoogten twee-wekelijks (zie Tabel 2). Vier peilbuizen zijn pas in de zomer van 2011 geïnstalleerd. Voor deze peilbuizen kan dan ook geen T0-situatie worden bepaald door middel van tijdreeksanalyse van de meetreeks van de buizen zelf. Voor deze buizen wordt de T0-situatie bepaald met ruimtelijke interpolatie tussen de bruikbare metingen in de omgeving.

**Tabel 2. Peilbuizen meetraai 1**

| <i>Peilbuisnaam</i> | <i>aantal filters</i> | <i>meetfrequentie</i> | <i>Van</i> | <i>Tot</i> | <i>T0?</i> |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|------------|------------|------------|
| holl1               | 1                     | Dagelijks             | 2011       | 2012       | Nee        |
| holl2               | 1                     | Dagelijks             | 2011       | 2012       | Nee        |
| holl3               | 1                     | Dagelijks             | 2011       | 2012       | Nee        |
| hwpnab12            | 1                     | Dagelijks             | 2011       | 2012       | Nee        |
| 01HL0040            | 1                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 01HL0045            | 1                     | Twee-wekelijks        | 2000       | 2002       | Ja         |
| 01HL0046            | 1                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 01HL0047            | 1                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 01HP0013            | 3                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 01HP0014            | 3                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 01HP0032            | 4                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 01HP0033            | 5                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 01HP0034            | 5                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 01HP0048            | 5                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 01HP0094            | 4                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 01HP0095            | 4                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 01HP0096            | 4                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |

### 2.2.2 Meetraai 2 – westelijk van Nes – kilometerraaian 11 en 12

Meetraai 2 ligt ten westen van Nes en Buren. Hier zijn 5 peilbuizen aanwezig, waarvan maar twee kunnen worden gebruikt om de T0-situatie te bepalen (Tabel 3). Voor de andere drie buizen moet gebruik worden gemaakt van de interpolatiemethode om een T0 situatie te bepalen.

**Tabel 3 Peilbuizen meetraai 2**

| <i>Peilbuisnaam</i>    | <i>aantal filters</i> | <i>meetfrequentie</i> | <i>Van</i> | <i>Tot</i> | <i>T0?</i> |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------|------------|------------|
| B01H0241 (01HL9003)    | 1                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| B01H0011<br>(01HP0011) | 2                     | Dagelijks             | 2000       | 2011       | Ja         |
| hgd1                   | 1                     | Dagelijks             | 2011       | 2012       | Nee        |
| hgd2                   | 1                     | Dagelijks             | 2011       | 2012       | Nee        |
| sbb1                   | 1                     | Dagelijks             | 2011       | 2012       | Nee        |

### 2.2.3 Meetraai 3 – oostelijk van Nes – kilometerraaian 15 t/m 17

Meetraai 3 bestaat uit een groep peilbuizen gelegen op 100-1000 m landinwaarts van zee. Zowel de meetperiode als de meetfrequentie in de peilbuizen verschillen. Doorgaans geldt dat de freatische grondwaterstand met een frequentie van 1 maal per dag gemeten wordt en de stijghoogten soms twee-wekelijks. Twee peilbuizen zijn pas in de zomer van 2011 geïnstalleerd. Bij deze peilbuizen moet daarom gebruik worden gemaakt van de interpolatiemethode om de T0-situatie te bepalen.

**Tabel 4 Peilbuizen meetraai 3**

| <i>Peilbuisnaam</i>    | <i>aantal filters</i> | <i>meetfrequentie</i> | <i>Van</i> | <i>Tot</i> | <i>T0?</i> |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------|------------|------------|
| B02C0010<br>(02CP0010) | 3                     | Twee-wekelijks        | 2000       | 2011       | Ja         |
| 02cp0154               | 2                     | Dagelijks             | 2011       | 2012       | Nee        |
| 02cp0156               | 2                     | Dagelijks             | 2011       | 2012       | Nee        |
| 02CL0002               | 1                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 02CL0003               | 1                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 02CL0004               | 1                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 02CL0005               | 1                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 02CL0013               | 1                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 02CL0024               | 1                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 02CL0026               | 1                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 02CL0031               | 1                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 02CL0032               | 1                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 02CL0033               | 1                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 02CP0010               | 3                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |
| 02CP0128               | 4                     | Dagelijks             | 2000       | 2012       | Ja         |

### 2.2.4 Meetraai 4 – De Oerd – kilometerraaian 20 t/m 21

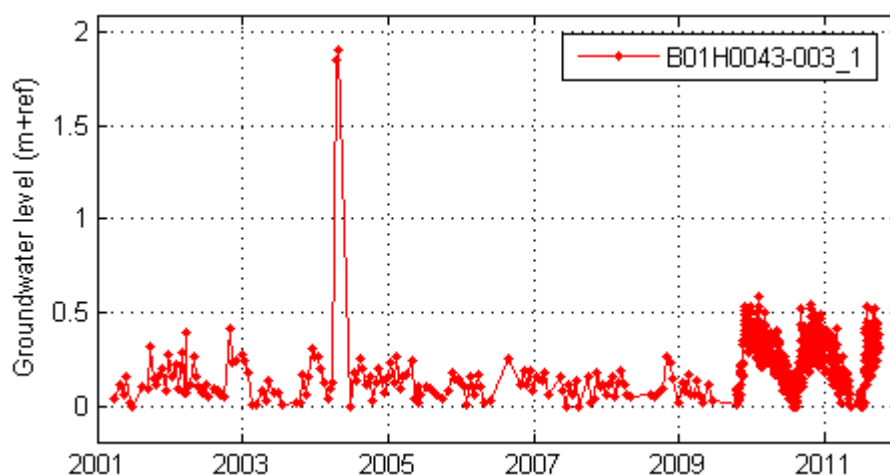
Meetraai 4 staat op de oostgrens van het zandsuppletie gebied. Hier staan 7 peilbuizen die nieuw geplaatst zijn of opnieuw in gebruik genomen voor het meetnet. Alle locaties hebben een beperkte meetreeks, namelijk van 2011 tot 2012. Ze worden wel dagelijks bemeten. Uit deze metingen kan dan geen T0-situatie bepaald worden en wordt daarom de interpolatiemethode gebruikt.

**Tabel 5 Peilbuizen meetraai 4**

| Peilbuisnaam | aantal filters | meetfrequentie | Van  | Tot  | T0? |
|--------------|----------------|----------------|------|------|-----|
| oerd1        | 1              | Dagelijks      | 2011 | 2012 | Nee |
| oerd2        | 1              | Dagelijks      | 2011 | 2012 | Nee |
| oerd3        | 1              | Dagelijks      | 2011 | 2012 | Nee |
| oerd4        | 1              | Dagelijks      | 2011 | 2012 | Nee |
| oerd5        | 2              | Dagelijks      | 2011 | 2012 | Nee |
| oerd6        | 1              | Dagelijks      | 2011 | 2012 | Nee |
| oerd7        | 1              | Dagelijks      | 2011 | 2012 | Nee |
| oerd8        | 1              | Dagelijks      | 2011 | 2012 | Nee |
| B02C0253     | 1              | Dagelijks      | 2011 | 2012 | Nee |

## 2.3 Verwerking en gebruik

De metingen zijn gecontroleerd en waar dat nodig bleek gecorrigeerd voordat het programma Menyanthes (Von Asmuth, 2012) is gebruikt om tijdreeksmodellen te maken van de metingen,



**Afbeelding 4 Voorbeeld van aangeleverde meetreeksen, peilbuis B01H0043**

Afbeelding 4 laat een voorbeeld zien van de aangeleverde meetreeksen. De hoge waarden gemeten begin 2004 wijken te sterk af en zijn als foutieve waarde verwijderd. Vanaf 2010 heeft de reeks een vreemd verloop en een andere verdeling. Het doet vermoeden dat er op dat moment een druksensor is geplaatst die niet goed gewerkt heeft of niet goed is gecorrigeerd voor luchtdruk. Opvallend is dat niet alleen het gemiddelde maar ook de amplitude van de gegevens anders is. Omdat wij niet over de gegevens beschikken om een juiste correctie uit te voeren is dit deel van de reeks (vanaf moment dat meetfrequentie veranderd) verwijderd. Dit heeft dus consequenties voor het aantal metingen voor de T1 situatie. Het verwijderen van een deel van de meetreeks heeft plaatsgevonden bij 6 buizen. In Tabel 6 is aangegeven welke buizen dit betreft. Het verdient de aanbeveling om de bronhouders te vragen voor een correctie van de grondwaterstandsgegevens. Het vermoeden bestaat echter dat het meenemen van deze gegevens niet tot andere conclusies zal leiden.

**Tabel 6 Peilbuizen waarvan deel van de meetreeks is verwijderd.**

| <i>Buis</i> | <i>Filter</i> | <i>Deel verwijderd?</i> |
|-------------|---------------|-------------------------|
| B01H0200    | 1             | T1                      |
| B01H0043    | 1             | T1                      |
| 02CL0022    | 1             | T1                      |
| B01H0240    | 1             | T1                      |
| B02C0213    | 2             | T1                      |
| 02CL0029    | 1             | T0                      |

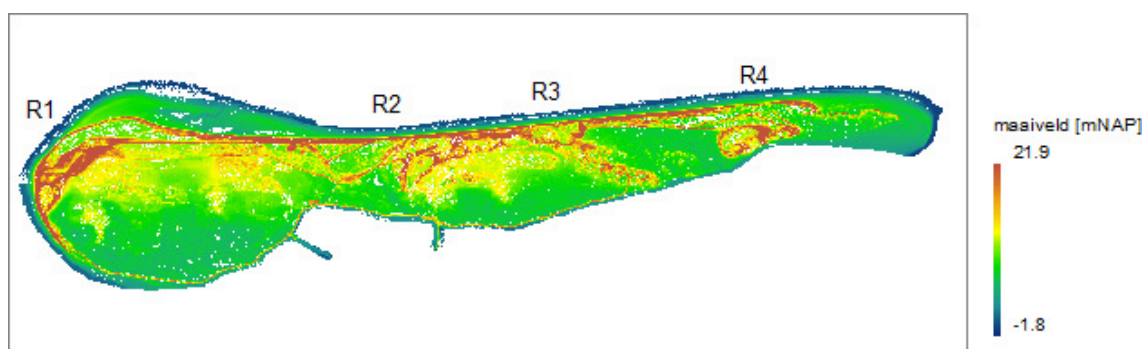
Voor deze studie zijn de opgeschoonde reeksen gebruikt. Omdat de gebruikte modellen overweg kunnen met onregelmatig bemeten gegevens zijn alle betrouwbare metingen gebruikt voor de analyse.

## 2.4 Gemiddelde grondwatersituatie T0

De beschikbare brondata lenen zich voor de karakterisering van de grondwaterstand op basis van de GHG, GLG en de GVG. Om deze parameters (GxG's als verzamelnaam) klimaatonafhankelijk te kunnen bepalen zijn tweewekelijkse metingen voor een periode van 30 jaar nodig. Bij een kortere periode kan er invloed zijn van de toevallige verdeling van nattere en drogere jaren. In de praktijk wordt vaak een minimum lengte aangehouden van 8 jaren aan data. De GxG's kunnen dan ook niet uit de metingen voor de T1-situatie afzonderlijk worden bepaald. De meetperiode die nodig is voor Menyanthes om een betrouwbaar tijdreeksmodel te maken is van de orde van de reactietijd van de grondwaterstand. Dit is veel minder dan de genoemde 8 jaar voor de GxG. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de tijdreeksparameters. Deze tijdreeksparameters kunnen voor zowel de T0- als T1-situatie worden bepaald.

De GxG's zijn met Menyanthes uitgerekend op basis van metingen van 2000-2010 en weergegeven in Afbeelding 6 t/m Afbeelding 8.

Afbeelding 9 toont de fluctuatie van de grondwaterstand, berekend als  $P90 - P10$ , waarbij P voor percentiel staat. De fluctuatie is dus het verschil van de grondwaterstand die groter is dan 90% van de data en de grondwaterstand die door 10% van de data wordt onderschreden.



**Afbeelding 5 Maasveldhoogte (Bron: AHN)**



Afbeelding 6 Berekende GHG voor de meetwaarden voor 2000 tot 2011



Afbeelding 7 Berekende GVG





Afbeelding 8 Berekende GLG



Afbeelding 9 Grondwaterfluctuatie in meter (90 percentiel min 10 percentiel)



## **3 VERKLARENDE VARIABLEN**

### **3.1 Inleiding**

Het verloop van de grondwaterstand op een bepaalde locatie wordt beïnvloed door verschillende factoren. Met tijdreeksanalyse wordt gezocht naar variabelen die het grondwaterstandsverloop goed kunnen verklaren (benaderen). Indien deze verklarende variabele na een ingreep een andere invloed krijgen kan dit een aanwijzing zijn voor een andere factor zoals bijvoorbeeld de zandsuppletie. Voor de T0 situatie is de invloed van de volgende verklarende variabelen onderzocht:

- neerslag
- verdamping
- oppervlaktewaterpeilen
- winningen
- getij

Voor de T1 situatie komt daar ook nog de suppletie bij.

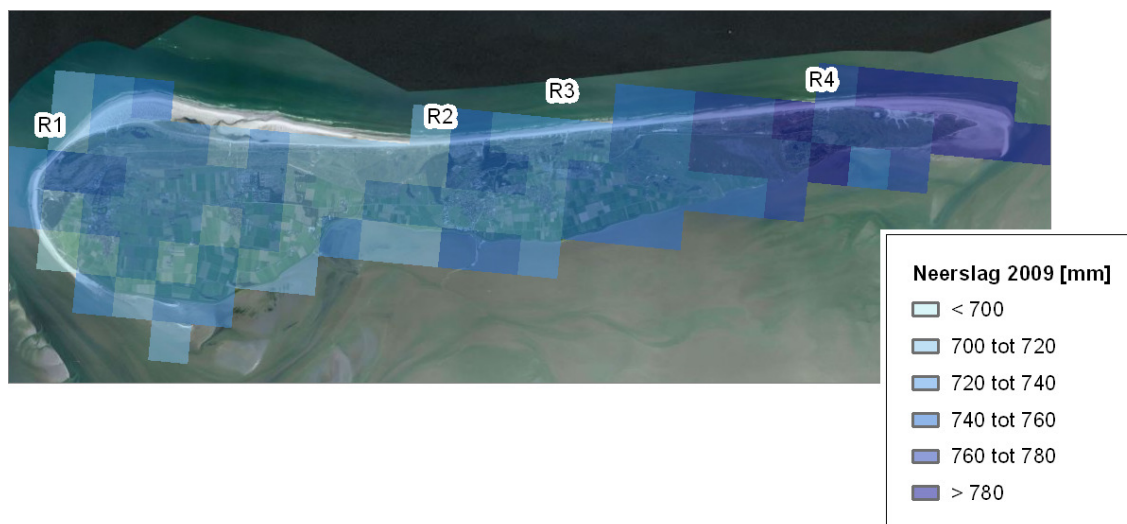
Neerslag en verdamping zijn de twee variabelen die het meest voor de hand liggen. Neerslag zorgt (met vertraging) voor een stijging van de grondwaterstand en verdamping voor een daling. Naast neerslag en verdamping wordt de grondwaterstand onder andere beïnvloed door oppervlaktewaterpeilen en grondwaterwinningen. Bij de kust heeft ook het getij invloed op de grondwaterstand. Hieronder worden de afzonderlijke verklarende variabelen die binnen deze studie zijn beschouwd behandeld.

### **3.2 Neerslag en verdamping**

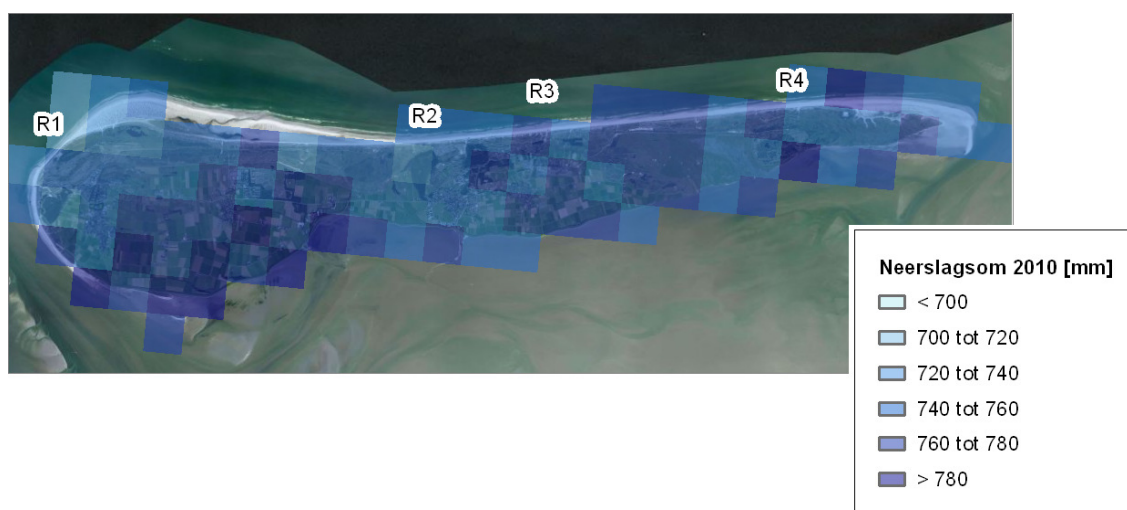
De tijdreeksmodellen worden gevoed met neerslag zoals gemeten bij neerslagstation Nes op Ameland. Op deze locatie wordt de dagelijkse som van de neerslag gemeten over de periode 8 UTC-8 UTC, oftewel 9 uur wintertijd, 10 uur zomertijd. Het tijdstip van bemeting van verklarende variabelen heeft mogelijk invloed op responsfunctie die de reactie van de grondwaterstand op de neerslag geeft. Aangezien grondwaterstanden over het algemeen traag reageren is aangenomen zal dit effect gering zijn. Bovendien is het tijdstip van metingen constant en zit het effect verdisconteert in de responsfunctie.

Met beelden van de neerslagradar voor 2009, 2010 en 2011 is gekeken of de neerslagmeting bij Nes representatief is voor Ameland. Afbeelding 10 t/m Afbeelding 12 geeft de ruimtelijke verdeling van de jaarsom van neerslag in 2009, 2010 en 2011 op basis van de radarbeelden van het KNMI. De neerslagsom is zowel in 2009 als 2011 groter aan de oostkant van het eiland. Bij Nes wordt voor deze drie jaar een neerslagsom gemeten die tussen in de hoogste en laagste waarden liggen zoals gemeten door de regenradar. Gezien de betrouwbaarheid van de regenradar is ervoor gekozen de metingen van het neerslagstation Nes als input te nemen voor de tijdreeksmodellen.

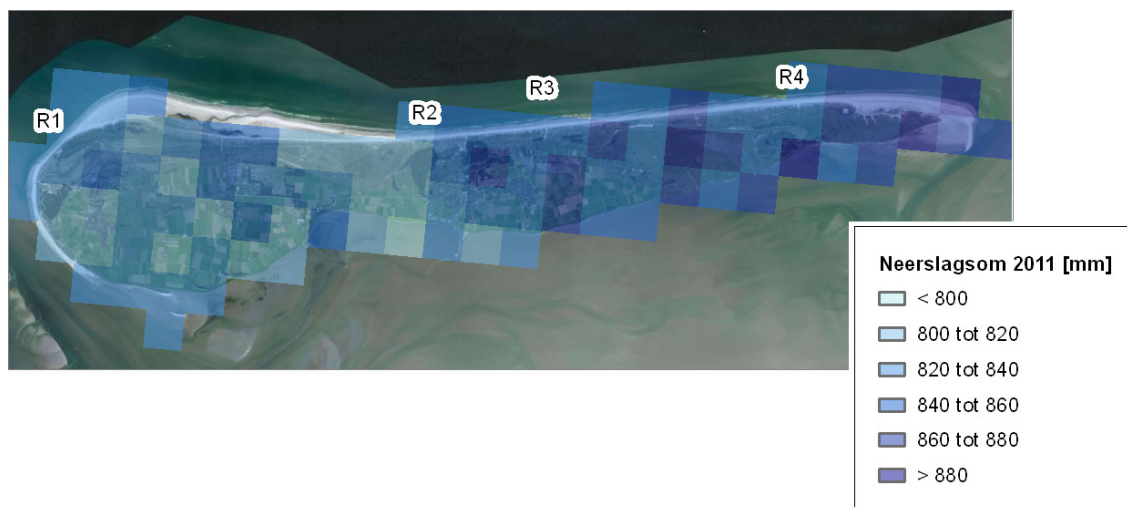
Voor de verdamping wordt de dagelijkse Makkink referentieverdamping gebruikt zoals bemeten op weerstation Hoorn te Terschelling. De Makkink referentieverdamping is gedefinieerd als de verdamping van een kort grasgewas dat over voldoende water beschikt en wordt berekend aan de hand van de kortgolvlige inkomende straling. De referentieverdamping is niet noodzakelijkerwijs gelijk aan de actuele verdamping ter plaatse, waar een ander gewas aanwezig is en vochttekort in de bodem tot een verdampingsreductie kan leiden. Er zijn echter geen gegevens van actuele verdamping, een variabele die überhaupt zeer moeilijk te bemeten is. We zijn voor deze studie dan ook uitgegaan van de meetreeks van referentieverdamping en een reductiefactor, een methode die veelvuldig gebruikt wordt bij tijdreeksanalyse.



Afbeelding 10 Ruimtelijke verdeling van neerslagsom 2009 op basis van regenradar (Bron: KNMI)



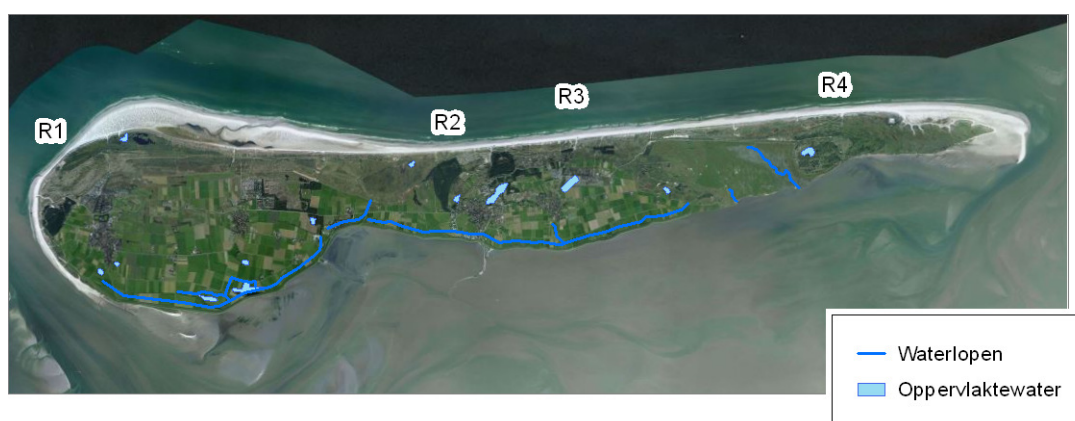
Afbeelding 11 Ruimtelijke verdeling van neerslagsom 2010 op basis van regenradar (Bron: KNMI)



**Afbeelding 12 Ruimtelijke verdeling van neerslagsom 2011 op basis van regenmeter (Bron: KNMI)**

### 3.3 Oppervlaktewaterpeilen

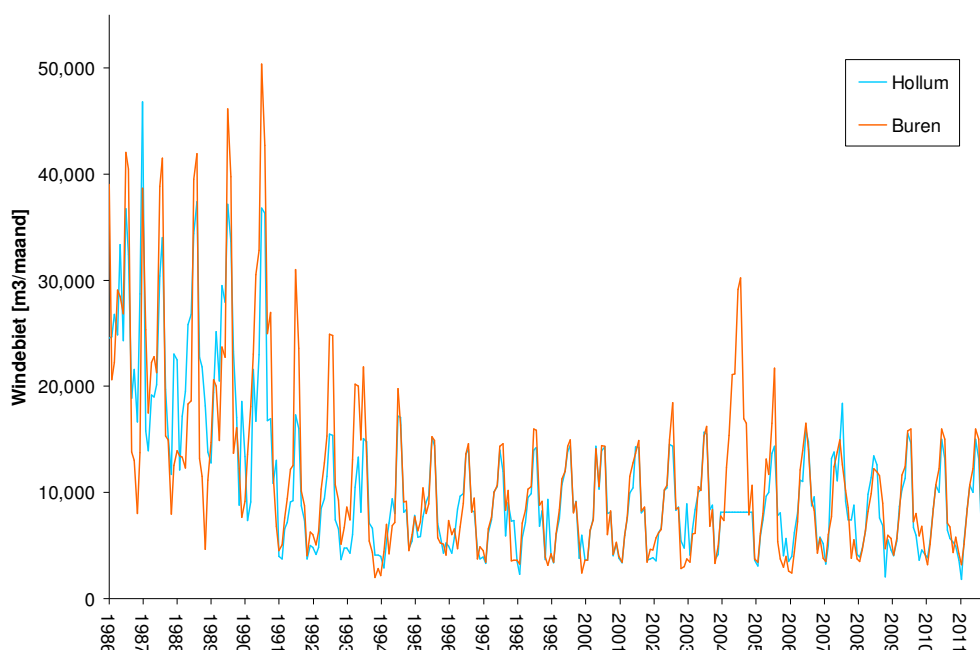
Oppervlaktewater fungeert als een randvoorwaarde voor grondwater, omdat een al dan niet kunstmatig gehandhaafd peil de mate van drainage of infiltratie bepaalt. In Menyanthes kunnen oppervlaktewaterpeilen expliciet worden gemodelleerd met de polderfunctie van Bruggeman (Von Asmuth, 2012). Voorwaarde hiervoor is dat de waterstanden nauwkeurig genoeg bekend zijn. Omdat er tijdens de uitvoer van dit project onvoldoende gegevens beschikbaar waren over de oppervlaktewaterpeilen op Ameland zijn deze niet meegenomen in de analyse. Afbeelding 13 geeft de ligging van oppervlaktewaterlichamen op Ameland. Onze inschatting is dat oppervlaktewater op Ameland een verwaarloosbaar effect heeft op de grondwaterstand, met name door het ontbreken ervan. De invloed van de zeewaterstanden, die ook invloed hebben op de oppervlaktewateren met een open verbinding met zee, wordt besproken in paragraaf 3.5.



**Afbeelding 13. Ligging van oppervlaktewaterlichamen op Ameland (Bron: Top10 topografische kaart)**

### 3.4 Woningen

Voor de drinkwatervoorziening van het eiland onttrekt Vitens grondwater op twee wingebieden, bij Hollum en bij Buren. Vanwege het toerisme op het eiland is er een zeer sterke seizoensfluctuatie te zien in de onttrekkingshoeveelheden. De gemiddelde onttrekkingshoeveelheden per jaar zijn gedurende de periode 2000-2012 redelijk constant gebleven voor beide winningen, zie Afbeelding 14. Uitzondering vormt daarbij het jaar 2004 waarin winning Buren meer heeft onttrokken, waarschijnlijk om winning Hollum te kunnen opvangen. De onttrekkingsdebieten zijn samengevat in Tabel 7. Deze (maand)gegevens zijn meegenomen in de tijdreeksanalyse. Of de winningen significante invloed hebben op het verloop van de grondwaterstanden hangt af van de afstand tot de winning en de geohydrologische randvoorwaarden. Uit de modelresultaten blijkt dat het windebiet geen significante bijdrage kan leveren aan de verklaring van de grondwaterstand, zie paragraaf 4.1.2 voor meer toelichting.



Afbeelding 14 Windebieten per maand voor Hollum en Buren

Tabel 7 Vergunde en actuele windebieten

| Winning | Vergund<br>windebiet<br>[m³/jaar] | Gemiddeld<br>(2000-2012)<br>debiet<br>[m³/maand] | Gemiddeld<br>(2000-2012)<br>debiet in januari<br>[m³/maand] | Gemiddeld<br>(2000-2012)<br>debiet in juli<br>[m³/maand] |
|---------|-----------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Hollum  | 100,000                           | 8,208                                            | 4,869                                                       | 14,069                                                   |
| Buren   | 100,000                           | 9,024                                            | 4,314                                                       | 16,330                                                   |

### 3.5 Getij

De invloed van het getij op de grondwaterstand hangt af van de afstand tot de kust en de diepte van het bemeten filter.

Rijkswaterstaat meet de waterstanden bij Nes en ten noordoosten van Ameland bij de Wierumergronden. De gemiddelde amplitude van het tij is 230 cm bij Nes. De meeste grondwatermetingen hebben een frequentie van 1 meting per dag. Hierin komt de gehele getijslag maar beperkt tot uiting. Naast het half-dagelijkse getij zijn er ook langzamere fluctuaties in de zeewaterstand zoals spring- en doottij. De invloed van de zeewaterstand is onderzocht aan de hand van de gegevens uit de DONAR-database (meetstations Wierumergronden en Terschelling-Noordzee). Deze bleken de tijdreeksmodellen echter weinig te beïnvloeden. Er is dan ook voor gekozen om in de definitieve tijdreeksmodellen deze variabele niet mee te nemen. Zie paragraaf 4.1.2 voor meer toelichting.

### 3.6 Suppleties

Deze rapportage gaat over de periode voor de zandsuppleties van 2010 en 2011. De T1 rapportage behandelt de hydrologische situatie na deze suppletiewerkzaamheden. De werkzaamheden hebben plaats gevonden langs kilometerraaien 2 t/m 4 (meetraai 1), 11/t/m 14 (meetraai 2 en 3), en 15 t/m 20 (meetraai 4). In Afbeelding 15 zijn de locaties weergegeven, waarbij onderscheid is gemaakt tussen strandsuppletie (geel) en vooroeversuppletie (groen).



**Afbeelding 15 Suppletielocaties**



## **4 NULSITUATIE BESTAANDE MEETPUNTEN**

### **4.1 Methode**

Voor het modelleren van de T0 meetgegevens is de volgende procedure gebruikt. Alle locaties met meetgegevens zijn meegenomen in de analyse. Vervolgens is een selectie gemaakt op basis van de verklaarde variantie (in procenten) van de resulterende tijdreeksmodellen. Voor de tijdreeksanalyse is gebruik gemaakt van het programma Menyanthes, versie 2.x.c.h (23 januari 2012).

Alle tijdreeksmodellen zijn opgebouwd volgens de PIRFICT-methode. Deze methode maakt gebruik van responsfuncties geformuleerd in continue tijd. Voor de theoretische onderbouwing van deze methode wordt verwezen naar Von Asmuth (2012). In deze studie wordt aan de hand van de parameters van deze modellen een aantal conclusies getrokken. Hieronder volgt een eerst korte uitleg van de modelparameters waarna de werkwijze van tijdreeksmodellering wordt behandeld.

#### **4.1.1 Modelparameters**

De tijdreeksanalyse ontleedt de gemeten grondwaterstand in de invloeden van de verklarende reeksen, een basisniveau en een restterm.

Het basisniveau, ook wel modelbasis genoemd, is het niveau dat de grondwaterstand uiteindelijk bereikt als de waarde van alle verklarende reeksen constant is en gelijk is aan nul. Voor een poldersysteem is dit in principe gelijk aan het niveau van de buisdrainage of sloot. Omdat een tijdreeksmodel doorgaans niet alle beïnvloedende factoren mee kan nemen als verklarende variabelen, reflecteert de waarde van de modelbasis ook het gemiddelde effect van deze overige factoren. Daarom hoeft de modelbasis in de praktijk niet gelijk te zijn aan het drainageniveau.

De invloed van een verklarende reeks wordt bepaald door de zogenaamde impuls-responsfunctie. De algemene vorm van de functie wordt vooraf gekozen, waarbij de specifieke vorm afhangt van een aantal parameters die Menyanthes berekent bij het maken van het tijdreeksmodel.

Een willekeurige impuls-responsfunctie kan eenduidig beschreven worden met zijn momenten. Het nulde moment ( $M_0$ ) is gelijk aan de zogenaamde 'gain', ofwel het totale oppervlak onder de impuls-responsfunctie. De  $M_0$  of 'gain' van een proces bepaalt het gewicht van het proces in het totale model. Op basis van deze waarde kan worden beslist of een variabele (bijvoorbeeld een pompdebiet) wel of niet verklarend is. De hogere momenten  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ , enz. zijn gerelateerd aan respectievelijk het gemiddelde, de variantie, de scheefheid en hogere orde vormkarakteristieken. De momenten voldoen aan fysische wetten, waardoor ze ruimtelijk met grotere betrouwbaarheid geïnterpoleerd kunnen worden dan bijvoorbeeld de gemeten grondwaterstanden zelf.

Het structureel niveau is het evenwichtsniveau van de grondwaterstand behorend bij constante waarden van de verklarende reeksen. Het is gelijk aan het basisniveau plus de som van de producten van de gekozen waarde en de 'gain' (het nulde moment  $M_0$ ) van de impuls-responsfunctie van de verklarende variabele.

Per verklarende variabele is er in het tijdreeksmodel een responsfunctie opgezet, zie als voorbeeld Afbeelding 16. Wanneer twee tijdreeksmodellen worden vergeleken (bijvoorbeeld voor en na suppletie) kan gekeken worden of de responsfunctie significant verschilt. Het verschil in het structureel niveau voor

de periode voor en de periode na de recente suppletiewerkzaamheden (T1 versus T0) wordt dan ook als indicatief gezien voor het effect van de zandsuppleties. Voor beide zijn dezelfde waarden van de verklarende variabelen gebruikt, zodat de vergelijking niet beïnvloed wordt door verschillen in gemiddelde waarden van de verklarende variabelen tussen de T0- en T1-periode.

#### 4.1.2 Werkwijze

Er is onderzocht of de winningen van Vitens een herkenbare invloed hebben op de gemeten grondwaterstanden. Hiertoe zijn de bestaande modellen in drie groepen verdeeld. De westkant van Ameland is opnieuw gemodelleerd, met naast verdamping en neerslag het pompdebiet van de winning bij Hollum als verklarende variabele. Voor het midden van Ameland is het pompdebiet van de winning bij Buren toegekend. Voor het oosten van Ameland is geen winning toegekend.

Uit de vergelijking tussen de modelresultaten met en zonder winning blijkt dat het windebiet geen significante bijdrage kan leveren aan de verklaring van de grondwaterstand, zie paragraaf 4.2. Dit is bepaald aan de hand van de M0 of gain van de responsfunctie van het windebieten. Deze is voor nagenoeg alle modellen gelijk aan nul.

Zowel de windebieten als de zeewaterstanden zijn niet meegenomen in de definitieve tijdreeksmodellen. Beide verklarende variabelen leverden geen significante verbetering van de tijdreeksmodellen op. Dit betekent niet noodzakelijkerwijs dat ze de grondwaterstand niet beïnvloeden, maar wel dat de meetreeksen te weinig informatie bevatten om de invloed ervan vast te kunnen stellen. Tweewekelijkse grondwaterstandsmetingen is een te lage frequentie om de getij fluctuatie van de zeewaterstand te kunnen detecteren. De periodieke inundatie door zeewater op het Oostelijk deel van het eiland is ook buiten beschouwing gelaten. Er was weinig over bekend en waarschijnlijk zou het ook moeilijk mee te nemen zijn geweest in de tijdreeksanalyse en ruimtelijke interpolatie voor de T0-situatie.

Uiteindelijk zijn alleen de neerslag en verdamping als verklarende variabelen meegenomen. Hierdoor kan een gemiddeld grondwatervniveau ( $\bar{h}$ ) geschat worden, ook wel het structureel niveau genoemd (grootheid in m t.o.v. NAP). Deze wordt gevormd door de modelbasis plus de gain van de neerslag ( $M_0$ ) maal de gemiddelde neerslag ( $\bar{p}$ ), minus de gain van de verdamping ( $fM_0$ ) maal de gemiddelde verdamping ( $\bar{e}$ ):

$$\bar{h} = M_0 \bar{p} - fM_0 \bar{e}$$

De gain van de verdamping is gelijk gesteld aan de gain van de neerslag maal de verdampingsfactor. Voor deze studie zijn de neerslag en verdamping gemiddeld voor de periode van 2000 tot de aanvang van de laatste zandsuppletie (mei 2010) om het structureel niveau te berekenen.

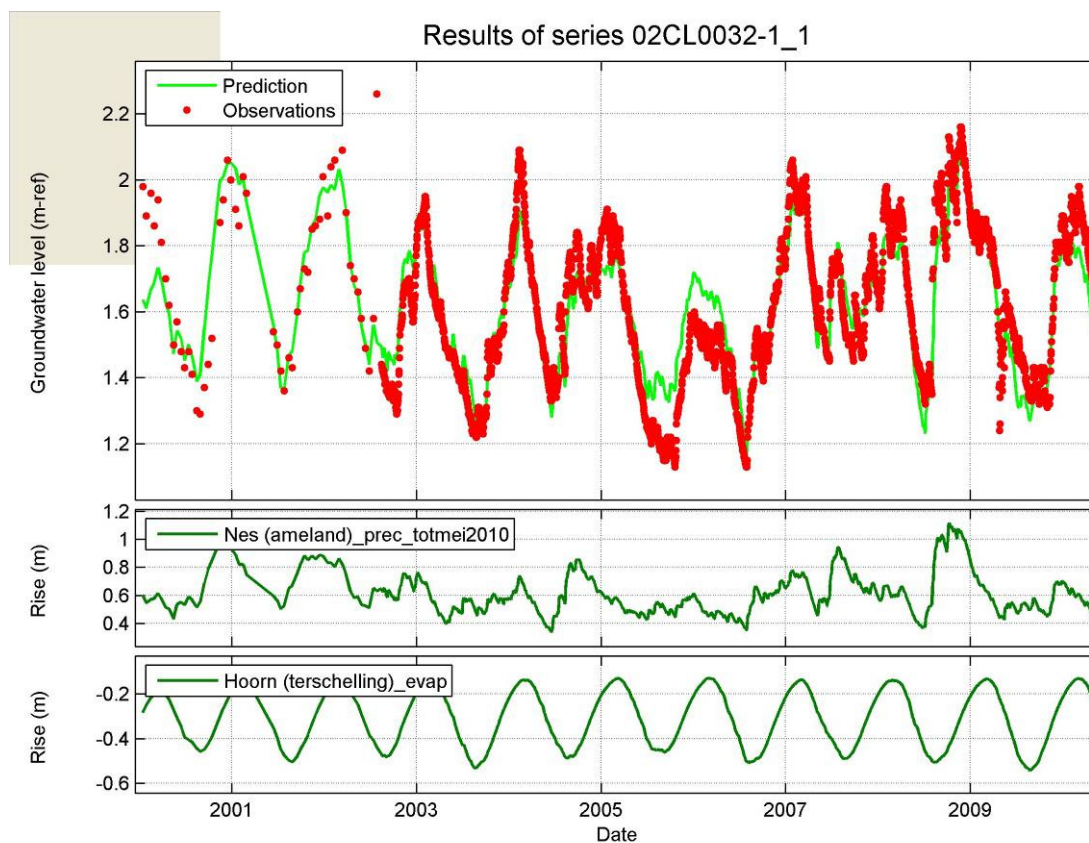
De verdampingsfactor bepaalt de verhouding tussen de respons van de grondwaterstand op verdamping ten opzichte van de respons van de grondwaterstand op de neerslag. Voor beide variabelen wordt dezelfde responsfunctie gebruikt. De verdampingsreeks heeft een verlagend effect en wordt vermenigvuldigd met de verdampingsfactor. Per tijdreeksmodel, dus per peilbuisfilter, wordt de best passende waarde bepaald. Bij een plausibel model moet de verdampingsfactor tussen de 0,5 en 2 liggen (Stuurman, 2002). Ook hier duidt een grote afwijking van deze range op de invloed van een onbekende variabele.



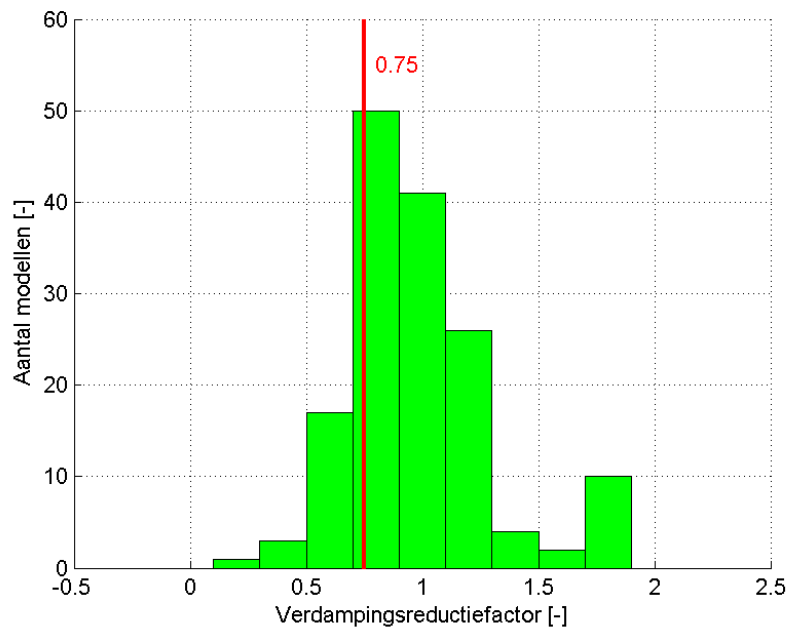
Per peilbuis is een model gebouwd dat bestaat uit de responsfunctie voor neerslag en verdamping. Parameters zijn geschat gebruik makend van de meetreeksen in het tijdvak 2000 tot 2010. Naast de parameterwaarden is gekeken naar de verklaarde variantie in procenten oftewel EVP:

$$EVP = \frac{\sigma_h^2 - \sigma_n^2}{\sigma_h^2} * 100\%$$

Hierin is  $\sigma_h$  de variantie van de grondwaterstanden en  $\sigma_n$  de variantie van de residuen. In deze studie worden modellen met een verklaarde variatie van meer dan 70% betrouwbaar geacht. Deze grens van 70% is standaard en is onder andere gebaseerd op de studie van Stuurman et al. (2002).



**Afbeelding 16** Voorbeeld van Menyanthes uitvoer, gemeten en berekende stijghoogte peilbuis 02CL0032, filter 1. Deelreeksen voor de bijdrage van de neerslag (midden) en verdamping (onder).



**Afbeelding 17** Verdeling van de verdampingsfactor voor de T0, voor modellen met een verklaarde variantie hoger dan 70%

## 4.2 Resultaten

In Tabel 8 zijn de resultaten van de verschillende varianten van de tijdreeksanalyse samengevat. In variant 1 en 3 is de verdampingsfactor niet van tevoren vastgelegd. De verdampingsfactor geeft weer hoe sterk de grondwaterstand gecorreleerd is met de referentie-gewasverdamping in verhouding met de neerslag. Waarden van meer dan 2 zijn daarbij irreëel en vaak te wijten aan een niet meegenomen invloed die ook een seizoensfluctuatie heeft. Het hoge gemiddelde van de verdampingsfactor bij variant 1 en 3 wordt waarschijnlijk veroorzaakt door gebrek aan informatie over de verdamping in enkele metingen. Aan de hand van de tijdreeksmodellen waarvoor wel een betrouwbare factor vastgesteld kon worden is de fysisch realistische waarde van 0.75 gekozen. Door de factor op deze waarde vast te zetten (variant 2 en 4) konden veel meer reeksen plausibel gemodelleerd worden.

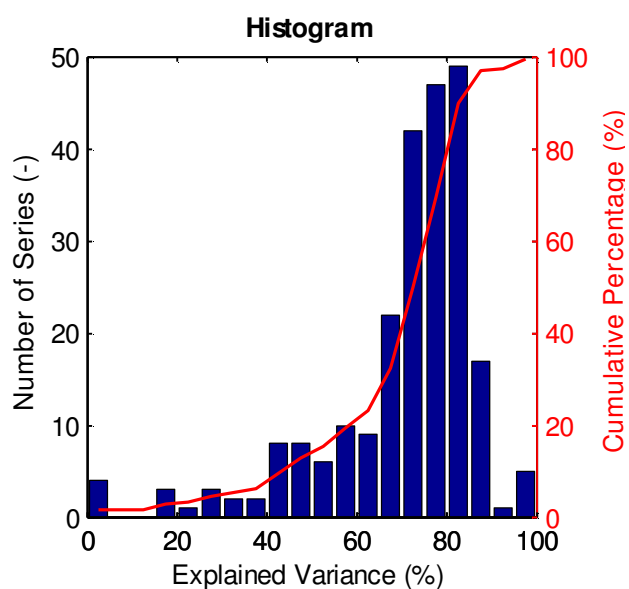
Het vastzetten van de verdampingsfactor leidt tot een lichte afname van de verklaarde variantie, een verlaging van de modelbasis en een verhoging van de gain ( $M0$ ) van de neerslag. Het toevoegen van de windebieten leidt niet tot een verhoging van de verklaarde variantie.



Afbeelding 18 Gebruikte meetpunten in de T0 tijdreeksanalyse

Tabel 8 Resultaten per variant van de tijdreeksanalyse gemiddeld over alle lokatie met standaard afwijking tussen haakjes, P = neerslag, ET = verdamping, Q = windebieten, MO = gain van de neerslag, f = verdampingsfactor

| Variant | Invoer          | Verklaarde variantie [%] | modelbasis [mNAP] | MO [dagen] | f [-]        |
|---------|-----------------|--------------------------|-------------------|------------|--------------|
| 1       | P, ET           | 71.44 (18.05)            | 1.63 (0.77)       | 333 (367)  | 9.46 (87.68) |
| 2       | P, ET = 0.75    | 69.9 (18.5)              | 1.14 (1.75)       | 534 (1398) | 0.75         |
| 3       | P, ET, Q        | 72.6 (18.29)             | 1.64 (0.78)       | 332 (368)  | 9.5 (88.05)  |
| 4       | P, ET = 0.75, Q | 71.27 (19.1)             | 1.18 (1.72)       | 530 (1363) | 0.75         |



Afbeelding 19 Histogram van de verklaarde variantie

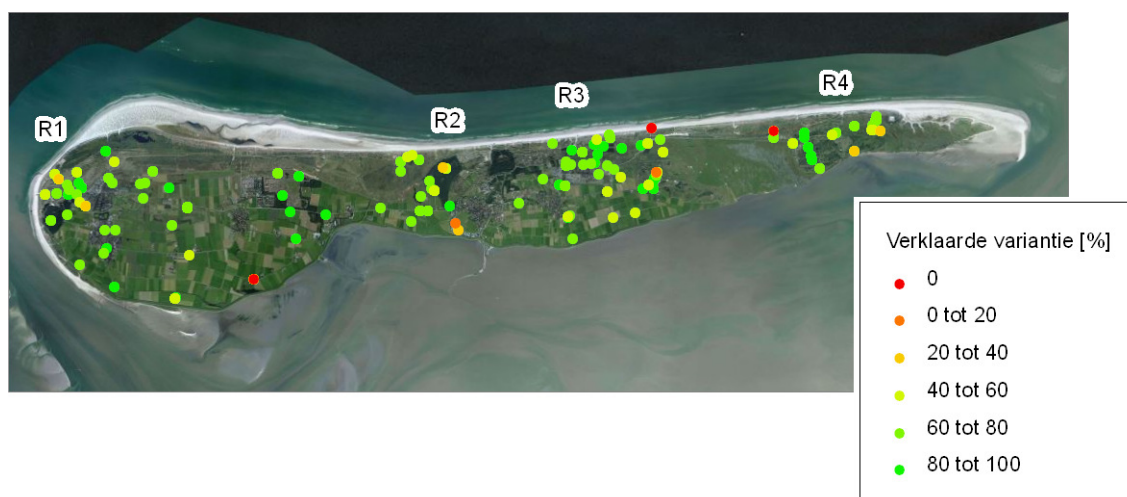
Alle resultaten die hier verder worden beschreven zijn gebaseerd op de tijdreeksanalyse met neerslag en verdamping als verklarende variabelen, dus zonder windebieten en zeewaterstanden, die met een

dagelijkse tijdstap is uitgerekend. Daarbij is de verdampingsfactor vastgezet op 0.75. Het histogram in Afbeelding 19 laat zien dat meer dan 50% van de modellen boven de 70% verklaarde variantie zit.

#### Ruimtelijke interpretatie

De ruimtelijke verdeling van verklaarde variantie van alle tijdreeksmodellen in de T0 is te zien in Afbeelding 20. Er is geen ruimtelijk patroon in de kwaliteit van de modellen te vinden. Wel is er een verband met de lengte van de meetreeksen te zien (Afbeelding 2).

Ten aanzien van de meetraaien is te zien dat in meetraai 2 de tijdreeksanalyse minder goede resultaten oplevert. Ook in de andere meetraaien zijn niet alle tijdreeksmodellen tot een verklaarde variantie van meer dan 70% gekomen. Op basis van de verklaarde variantie en de fysische plausibiliteit van de parameterwaarden is een selectie gemaakt van betrouwbare tijdreeksmodellen. Deze selectie is gebruikt voor de verdere analyse.

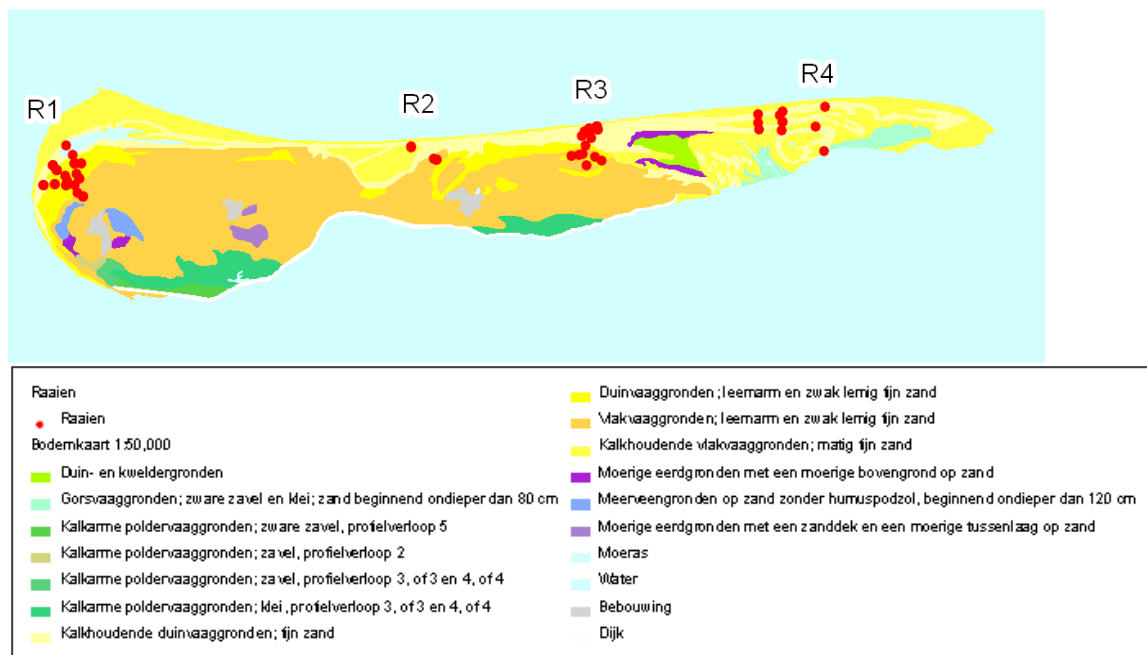


**Afbeelding 20 Verklaarde variantie per peilbuis**

#### Beschrijving modelparameters

De drainage- of modelbasis per model is te weergegeven in Afbeelding 22. Zeer globaal is de hoogtekaart te herkennen. De gain van de neerslag (Afbeelding 23) volgt geen ruimtelijk herkenbaar patroon. De verschillen in neerslagrespons kunnen niet direct aan de bodemsoort worden toegeschreven. Zoals de bodemkaart laat zien (Afbeelding 21) liggen alle grondwatermeetpunten in duinvaaggrond of vlakvaaggrond, bodemsoorten met een hoge doorlatendheid.

Er is ook geen eenduidig verband met de modelbasis of de verklaarde variantie. De gain van de neerslag wordt bepaald door de reactie van de grondwaterstand op neerslaggebeurtenissen. Deze is dus sterk afhankelijk van de filterdiepte, lokale bodemopbouw en de drainagebasis. Ook in het berekende structureel niveau (Afbeelding 24) is globaal een ruimtelijk patroon te herkennen.



Afbeelding 21 Bodemkaart met meetraaien (Bron, 1:50000 bodemkaart)



Afbeelding 22 Modelbasis per tijdreeksmodel





Afbeelding 23 Verspreiding van de M0 of gain van de neerslag voor alle tijdreeksmodellen



Afbeelding 24 Het berekende structureel niveau t.o.v. NAP per tijdreeksmodel

### 4.3 Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid van de tijdreeksanalyse wordt bepaald door de verklaarde variantie enerzijds en de fysische plausibiliteit van de parameters anderzijds.

Door verschillen in de reekslengte en mate van ruis (fouten) op de meetgegevens ontstaan er verschillen in de parameterwaarden van fysisch vergelijkbare meetpunten. Deze verschillen kunnen het effect van een wezenlijke verandering door een ingreep zoals de zandsuppleties maskeren.

## 5 NULSITUATIE NIEUWE MEETPUNTEN

### 5.1 Interpolatiemethode

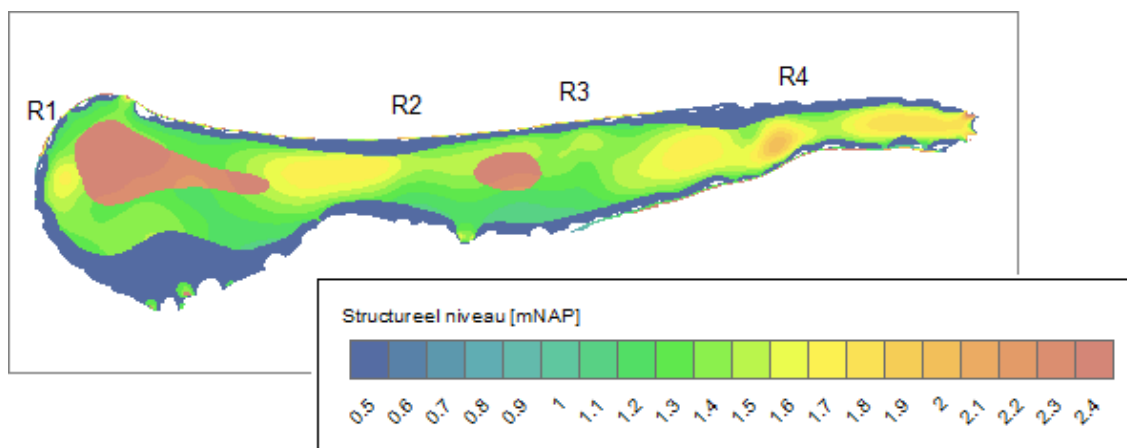
In hoofdstuk 4.1 is een toelichting gegeven op de modelparameters van tijdreeksmodellen. De interpolatie gaat uit van de waarden van de momenten in punten en langs lijnsegmenten. De lijnsegmenten geven de kust weer. De kust vormt een randvoorwaarde voor de ruimtelijke verdeling van de momenten, zoals deze ook een randvoorwaarde is voor de grondwaterstroming. Deze waarde wordt exact aangehouden in het midden van elk lijnsegment.

De puntwaarden zijn de waarden bepaald met de tijdreeksanalyse. Hierbij kan per punt slechts 1 waarde van elk moment gebruikt worden. Er is voor gekozen om hierbij steeds de waarden van de ondiepste meetfilter van elke peilbuis te gebruiken en bovendien alleen die meetfilters te gebruiken die ondieper liggen dan -3 m NAP. Dit zodat de puntwaarden zo consistent mogelijk zijn en een goede maat vormen voor de grondwaterstand. De interpolatie gebruikt een tolerantie voor de puntwaarden. Hiermee wordt voorkomen dat de ruimtelijke interpolatie wordt verstoord door toevallige lokale afwijkingen bij een peilbuis, zoals verschillen in details van de bodemopbouw of peilbuisconstructie. Zodoende wordt een meer representatief ruimtelijk beeld verkregen.

### 5.2 Interpretatie

De interpolatie van de momenten levert een vlakdekkend beeld van de momenten op. Op elk punt zijn daarmee de waarde van de momenten bekend en kan de betreffende responsfunctie gereconstrueerd worden.

Op basis van de interpolaties kan een vlakdekkend beeld gemaakt worden van het structureel niveau. Een eventuele invloed van de zandsuppleties uit zich in een systematische verhoging van de grondwaterstand en dus een verhoging van het structureel niveau.



Afbeelding 25 Structureel niveau ondiepe peilbuizen van de T0

De ruimtelijke interpolaties zijn gemaakt met de waarden van de ondiepste filters van de peilbuizen voor zover deze hoger liggen dan -3m NAP. Uit deze verzameling zijn de filters 02CP9001-1 (182750;606550)

en B01H0222 (179960;606820) weggelaten omdat deze waarden hebben die niet passen in het ruimtelijk beeld. Het basisniveau van de tijdreeksanalyse is in deze punten 2 respectievelijk 1,5 m onder NAP, terwijl die van alle andere geslaagde tijdreeksmodellen ruim boven NAP ligt. De gebruikte punten zijn gegeven in de tabel in bijlage 1. De interpolatie resulteert voor de nieuwe peilbuizen in waarden van het structureel niveau zoals weergegeven in Tabel 9.

**Tabel 9 Structureel niveau (SL) T0 op basis van interpolatie**

| <b>Peilbuis</b> | <b>SL T0 [mNAP]</b> |
|-----------------|---------------------|
| Holl3           | 1.96                |
| Holl2           | 2.30                |
| Holl1           | 2.52                |
| HWPnab12        | 2.52                |
| SBB1            | 0.32                |
| Hgd1            | 1.05                |
| Hgd2            | 0.97                |
| 02CP0156        | 1.19                |
| 02CP0154        | 1.48                |
| Oerd1           | 1.43                |
| Oerd2           | 1.23                |
| Oerd3           | 0.94                |
| Oerd4           | 1.70                |
| Oerd5           | 1.38                |
| Oerd6           | 0.98                |
| Oerd7           | 1.10                |
| Oerd8           | 0.83                |
| B02C0253        | 2.04                |

### 5.3 Betrouwbaarheid

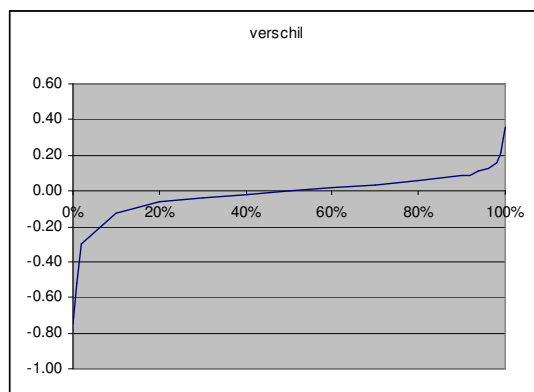
De betrouwbaarheid van de interpolatie hangt af van:

- De kwaliteit van de tijdreeksmodellen.
- De kwaliteit van de meetgegevens (grondwaterstand, neerslag, verdamping).
- De betrouwbaarheid van de parameters van de impulsresponsfuncties in de tijdreeksmodellen.
- De representativiteit van de peilbuizen voor de omgeving.
- De ruimtelijke consistentie tussen de tijdreeksmodellen.
- Afstand tussen de peilbuizen.
- Verstorende invloeden.

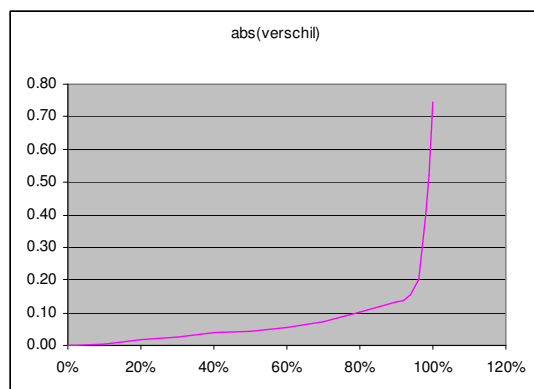
De betrouwbaarheid kan ingeschat worden aan de hand van de verschillen tussen de waarden uit de tijdreeksanalyse voor de interpolatiepunten en de waarden die de interpolatie in deze zelfde punten berekent. Deze waarden zijn gegeven in bijlage 1. De gemiddelde fout is 1 cm en de gemiddelde absolute fout 7 cm. Afbeelding 26 en Afbeelding 27 geven de verdeling van respectievelijk de fout en de absolute fout.. De wortel uit het gemiddelde van de kwadratische verschillen (RMSE) is gelijk aan 13 cm. Dit is een maat voor de standaardafwijking van de geïnterpoleerde waarde van het structureel niveau. Bij de aanname van een normale verdeling is het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het structureel niveau dan



gelijk aan de geïnterpoleerde waarde plus of min 25 cm. Dit is betrekkelijk onnauwkeurig ten opzichte van de verwachting dat de bovengrens van de effecten in de orde van decimeters ligt.

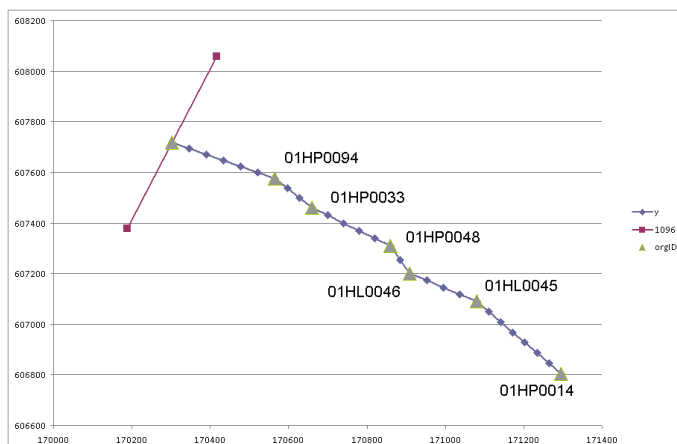


**Afbeelding 26 Verdeling van de fout in de interpolatie per meetpunt**



**Afbeelding 27 Verdeling van de absolute fout in de interpolatie per meetpunt**

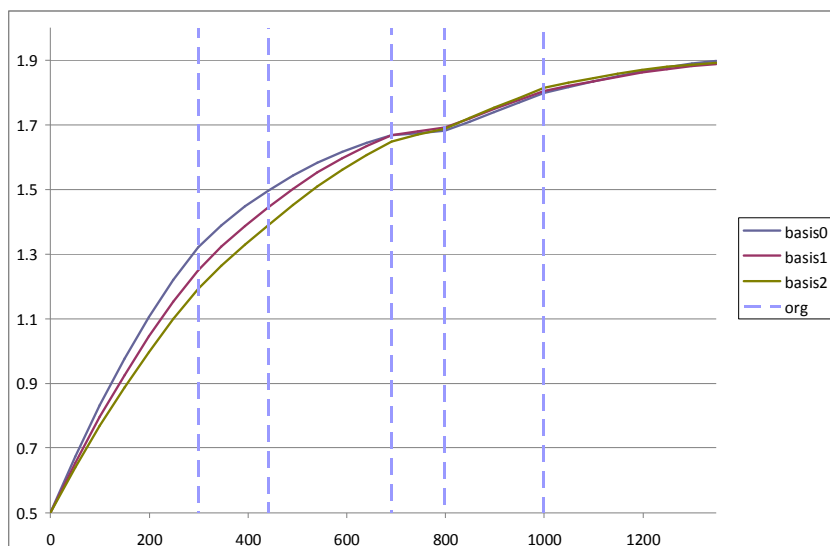
Naast de toevallige fouten uit de voorgaande figuren treden er bij de kust systematische afwijkingen op in de interpolatie. De interpolatie maakt het verloop vlakker dan de metingen aangeven. Dat wordt hieronder geïllustreerd voor een raai op de westpunt van het eiland (Afbeelding 28).



**Afbeelding 28 Meetpunten in raai voor beoordeling interpolatie**

Afbeelding 29 geeft de interpolatie van de basishoogte van alle tijdreeksmodellen als “basis0”. Vervolgens is het punt het dichtst bij de kust (01HP0094) weggelaten bij de interpolatie (“basis1”) en ook het volgende punt (01HP0033 → “basis2”). Bij de figuur kan aangetekend worden dat de interpolatie niet exact door de puntwaarden gaat, maar er een zekere “smoothing” wordt gebruikt.

Het is duidelijk te zien dat de interpolatie steeds vlakker wordt bij weglaten van de punten het dichtst bij de kust. Dit geeft systematische afwijkingen in de orde van twee decimeter als de interpolatie wordt gebruikt voor het beoordelen van de verandering in het structurele niveau van de grondwaterstand voor de T1-situatie.



**Afbeelding 29 Interpolatie afhankelijk van weglaten punten het dichtst bij de kust (de stippellijn geeft de lokatie van de meetpunten)**

## **6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN**

### **6.1 Conclusies**

Met behulp van tijdreeksanalyse over 10 -12 jaar en nadere inspectie van de beschikbare meetgegevens is een beeld geschetst van het grondwatersysteem op Ameland van vóór de recente zandsuppleties in 2010 en 2011. Dit wordt gebruikt als referentie om de effecten van de zandsuppleties te bepalen (T1).

De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

- van alle beschouwde verklarende variabelen zijn uiteindelijk alleen de neerslag en verdamping meegenomen. De overige variabelen blijken niet tot een significante verbetering van de tijdreeksmodellen te leiden omdat ze ofwel onvoldoende bekend zijn ofwel te weinig invloed hebben;
- De betrouwbaarheid van de modellen hangt af van zowel de lengte van de meetreeksen als de meetfrequentie. De peilbuizen die in het kader van de zandsuppletie zijn geplaatst op de meetraaien (met name raai 4) hebben een te korte meetreeks om betrouwbare tijdreeksmodellen te kunnen maken. Voor deze punten kan alleen de T0 situatie worden bepaald door middel van interpolatie;
- Door middel van ruimtelijke interpolatie is een vlakdekkend beeld geconstrueerd van de T0-situatie. Het uiteindelijke beeld sluit aan bij de geohydrologische situatie, maar de betrouwbaarheid is vrij laag in relatie tot de grootte van de te verwachten effecten.

### **6.2 Aanbevelingen**

Gedurende het onderzoek is gebleken dat het verzamelen van alle grondwaterstanden op Ameland geen sinecure is. Het verdient de aanbeveling om een centrale database te hebben waarin tevens wordt aangegeven of de meetreeksen zijn gecontroleerd. Voor deze studie zijn handmatig uitbijters verwijderd. Het lijkt er echter op dat het vervangen van meetapparatuur in peilbuizen gepaard is gegaan met een overgang naar metingen die niet goed gecorrigeerd zijn. Hierdoor zijn bij 6 peilbuizen uiteindelijk metingen verwijderd. Wij schatten echter in dat bij het opschonen van deze meetreeksen de conclusies zullen veranderen.

Aanbevelingen ten aanzien van deze studie worden gegeven in de rapportage van T1.

## 7 LITERATUURLIJST

DHV (2012) Eerste analyse van de brondata. Monitoring hydrologische effecten zandsuppletie Ameland.

Gemeente Ameland (2012). Ontwerp watergebiedsplan Ameland. Rapport 48200.10101550.P.8111901

Groen, K. en P.J. Stuyfzand (2011). Naar een meetsysteem van ecohydrologische effecten van zandsuppleties op Ameland. Eindrapport 20/1/2011.

Stuurman R., P. de Louw, J. Buma, H. Runhaar, G. Maas, C. Geujen, Y. Graafsma, B. Nijhof en A. Lourens (2002). Beleidsmeetnet verdroging Provincie Noord-Brabant, Rapport P03-0496, in opdracht van de provincie Noord-Brabant.

Stuyfzand, P.J., S.M. Arens, A.P. Oost en P.K. Baggelaar (2002). Geochemische effecten van zandsuppleties in Nederland. Langs de kust van Ameland tot Walcheren. KWR Water Cycle Research Institute.

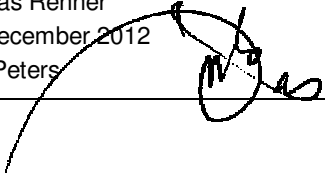
Von Asmuth, J.R. (2012) Groundwater System Identification, through Time Series Analysis; Proefschrift, Technische Universiteit Delft, Delft.

## 8 COLOFON

---

|                  |                                           |
|------------------|-------------------------------------------|
| Opdrachtgever    | : Rijkswaterstaat                         |
| Project          | : Plan van aanpak                         |
| Dossier          | : BA7539-100-100                          |
| Omvang rapport   | : 35 pagina's                             |
| Auteurs          | : Tom van Steijn, Willem Jan Zaadnoordijk |
| Bijdrage         | : Hanneke Schuurmans                      |
| Interne controle | : Jos Peters                              |
| Projectleider    | : Hanneke Schuurmans                      |
| Projectmanager   | : Tobias Renner                           |
| Datum            | : 18 december 2012                        |
| Naam/Paraaf      | : Jos Peters                              |

---





**BIJLAGE 1      interpolatiepunten en resultaten vlakdekkende tijdreeksanalyse  
voor deze punten zelf**

| <i>xpoints</i> | <i>ypoints</i> | <i>b_Me</i><br><i>n.</i> | <i>b_int</i><br><i>.</i> | <i>M0_Me</i><br><i>n.</i> | <i>M0_int</i><br><i>.</i> | <i>naam</i>  | <i>sn_Men</i><br><i>y</i> | <i>sn_interp.</i> | <i>verschil</i> |
|----------------|----------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|-------------------|-----------------|
| 171780         | 608110         | 2.48                     | 2.492                    | 334.6                     | 326.51                    | 01HP0109-1_1 | 2.87                      | 2.87              | 0.003           |
| 171140         | 607360         | 1.87                     | 1.913                    | 480.5                     | 430.69                    | 01HL0047-1_1 | 2.43                      | 2.41              | -0.015          |
| 183610         | 608230         | 1.26                     | 1.392                    | 340.1                     | 317.43                    | 02CL0031-1_1 | 1.65                      | 1.76              | 0.106           |
| 184831         | 607484         | 1.63                     | 1.636                    | 364.5                     | 358.57                    | B02C0267_1   | 2.05                      | 2.05              | -0.001          |
| 184500         | 608260         | 1.57                     | 1.537                    | 268.8                     | 263.24                    | 02CL0029-1_1 | 1.88                      | 1.84              | -0.040          |
| 183460         | 608050         | 1.35                     | 1.479                    | 321.9                     | 315.76                    | 02CL0026-1_1 | 1.72                      | 1.84              | 0.122           |
| 188100         | 608300         | 1.38                     | 1.348                    | 172.6                     | 328.91                    | B02C0028_2   | 1.58                      | 1.73              | 0.149           |
| 184805         | 607414         | 1.58                     | 1.637                    | 359.2                     | 361.02                    | B02C0271_3   | 2.00                      | 2.05              | 0.059           |
| 171200         | 607250         | 2.09                     | 1.939                    | 367.5                     | 413.21                    | 01HP0013-1_1 | 2.52                      | 2.42              | -0.098          |
| 184050         | 608190         | 1.54                     | 1.623                    | 355.4                     | 345.81                    | 02CL0030-1_1 | 1.95                      | 2.02              | 0.072           |
| 170880         | 607080         | 1.67                     | 1.643                    | 461.2                     | 483.40                    | 01HP0095-3_1 | 2.20                      | 2.20              | -0.001          |
| 175983         | 607061         | 2                        | 1.997                    | 389.5                     | 392.35                    | B01H0249_1   | 2.45                      | 2.45              | 0.001           |
| 184544         | 607216         | 1.61                     | 1.640                    | 291.1                     | 306.30                    | B02C0269_2   | 1.95                      | 1.99              | 0.048           |
| 183380         | 608280         | 1.32                     | 1.224                    | 245.8                     | 251.03                    | 02CL0032-1_1 | 1.60                      | 1.51              | -0.090          |
| 184822         | 607468         | 1.66                     | 1.637                    | 342.3                     | 359.11                    | B02C0272_2   | 2.06                      | 2.05              | -0.004          |
| 189032         | 608508         | 1.28                     | 1.459                    | 507.0                     | 498.26                    | B02C0253_2   | 1.87                      | 2.04              | 0.169           |
| 188545         | 607999         | 1.49                     | 1.814                    | 734.1                     | 761.31                    | B02C0258_1   | 2.34                      | 2.70              | 0.356           |
| 188561         | 607920         | 1.87                     | 1.838                    | 723.4                     | 740.19                    | B02C0257_2   | 2.71                      | 2.69              | -0.013          |
| 184786         | 607218         | 1.73                     | 1.604                    | 356.6                     | 351.45                    | B02C0268_2   | 2.14                      | 2.01              | -0.132          |
| 182850         | 608140         | 1.47                     | 1.460                    | 264.1                     | 274.07                    | 02CP0034-1_1 | 1.78                      | 1.78              | 0.001           |
| 188387         | 608439         | 1.45                     | 1.312                    | 467.9                     | 475.53                    | B02C0260_3   | 1.99                      | 1.86              | -0.129          |
| 184655         | 608300         | 1.5                      | 1.468                    | 225.3                     | 232.21                    | 02CP0129-1_1 | 1.76                      | 1.74              | -0.024          |
| 171090         | 607620         | 1.95                     | 1.956                    | 326.5                     | 379.05                    | 01HP0034-3_1 | 2.33                      | 2.39              | 0.067           |
| 170600         | 607110         | 1.53                     | 1.410                    | 357.0                     | 411.41                    | 01HP0014-2_1 | 1.94                      | 1.89              | -0.057          |
| 170660         | 607460         | 1.49                     | 1.497                    | 409.0                     | 387.16                    | 01HP0033-2_1 | 1.96                      | 1.95              | -0.018          |
| 176360         | 607520         | 1.72                     | 1.725                    | 480.9                     | 476.11                    | B01H0251_1   | 2.28                      | 2.28              | 0.000           |
| 184854         | 607549         | 1.67                     | 1.636                    | 359.9                     | 353.94                    | B02C0273_2   | 2.09                      | 2.05              | -0.041          |
| 188372         | 608555         | 1.28                     | 1.182                    | 454.9                     | 402.05                    | B02C0261_2   | 1.81                      | 1.65              | -0.159          |
| 188475         | 608201         | 1.43                     | 1.601                    | 792.0                     | 676.56                    | B02C0259_1   | 2.35                      | 2.38              | 0.038           |
| 182699         | 607302         | 1.97                     | 2.027                    | 261.4                     | 237.75                    | B02C0214_1   | 2.27                      | 2.30              | 0.030           |
| 183400         | 607850         | 1.63                     | 1.635                    | 319.4                     | 319.09                    | 02CL0024-1_1 | 2.00                      | 2.00              | 0.004           |
| 183755         | 608430         | 1.27                     | 1.200                    | 226.8                     | 255.22                    | 02CP0128-3_1 | 1.53                      | 1.50              | -0.037          |
| 173350         | 606360         | 1.33                     | 1.365                    | 272.6                     | 264.49                    | B01H0258_1   | 1.65                      | 1.67              | 0.026           |
| 182710         | 607865         | 1.75                     | 1.832                    | 322.7                     | 323.59                    | 02CL0012-1_1 | 2.12                      | 2.21              | 0.083           |
| 170860         | 606620         | 1.51                     | 1.497                    | 327.6                     | 364.91                    | B01H0208_1   | 1.89                      | 1.92              | 0.030           |
| 188742         | 607697         | 1.98                     | 1.288                    | 418.4                     | 371.99                    | B02C0256_2   | 2.46                      | 1.72              | -0.746          |
| 173710         | 606780         | 1.83                     | 1.807                    | 134.9                     | 155.16                    | 01HP0042-1_1 | 1.99                      | 1.99              | 0.000           |
| 183299         | 607814         | 1.65                     | 1.670                    | 366.9                     | 321.50                    | 02CL0003-1_1 | 2.07                      | 2.04              | -0.033          |
| 189567         | 608116         | 1.44                     | 1.098                    | 380.3                     | 284.88                    | B02C0262_3   | 1.88                      | 1.43              | -0.452          |
| 190012         | 608745         | 1.15                     | 1.241                    | 264.7                     | 294.72                    | B02D0080_1   | 1.46                      | 1.58              | 0.126           |
| 170860         | 607310         | 1.55                     | 1.665                    | 523.1                     | 498.57                    | 01HP0048-1_1 | 2.16                      | 2.24              | 0.086           |
| 183116         | 607806         | 1.8                      | 1.711                    | 315.6                     | 314.43                    | 02CL0002-1_1 | 2.17                      | 2.08              | -0.090          |
| 171080         | 607090         | 1.77                     | 1.798                    | 483.0                     | 440.29                    | 01HL0045-1_1 | 2.33                      | 2.31              | -0.022          |



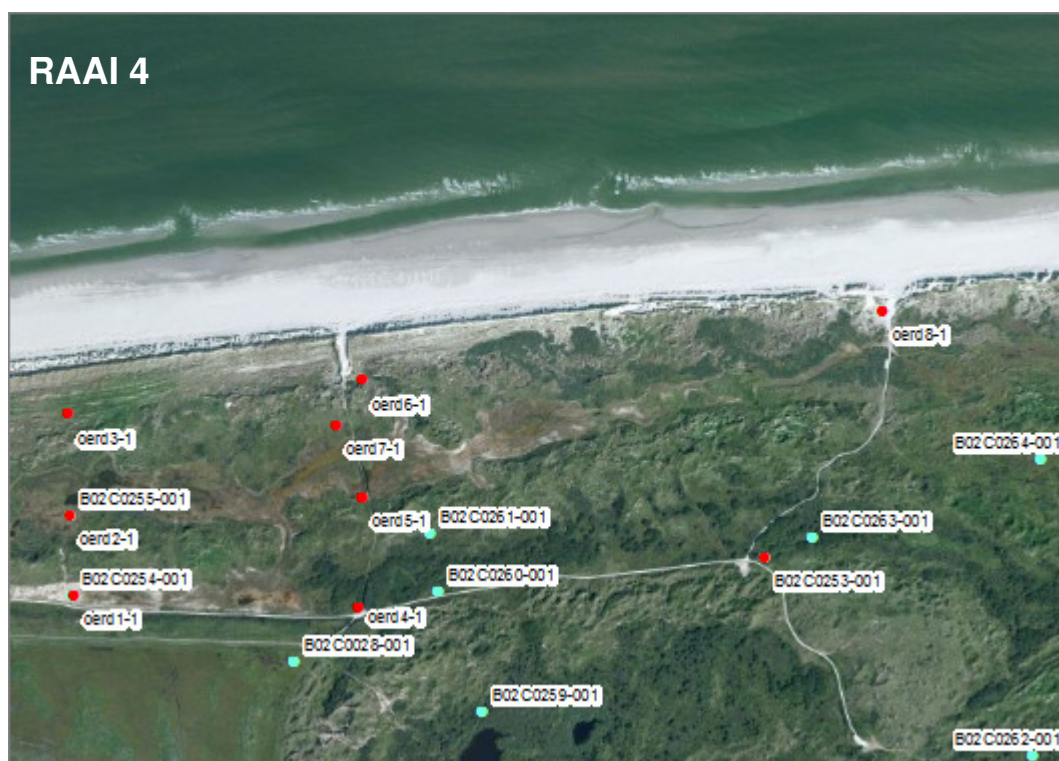
|        |        |      |       |       |        |              |      |      |        |
|--------|--------|------|-------|-------|--------|--------------|------|------|--------|
| 183863 | 607673 | 1.75 | 1.770 | 247.8 | 241.56 | 02CL0005-1_1 | 2.04 | 2.05 | 0.012  |
| 182720 | 607780 | 1.9  | 1.889 | 292.9 | 315.88 | 02CP0127-1_1 | 2.24 | 2.25 | 0.016  |
| 178300 | 606780 | 1.08 | 1.090 | 245.4 | 268.97 | B01H0221_1   | 1.36 | 1.40 | 0.037  |
| 171851 | 607471 | 2.63 | 2.581 | 314.1 | 334.54 | B01H0246_1   | 2.99 | 2.97 | -0.026 |
| 189579 | 608703 | 1.19 | 1.297 | 300.5 | 286.62 | B02C0264_2   | 1.54 | 1.63 | 0.091  |
| 181600 | 606880 | 1.84 | 1.899 | 181.9 | 170.60 | B02C0233_1   | 2.05 | 2.10 | 0.046  |
| 172891 | 607636 | 2.42 | 2.448 | 305.1 | 291.15 | B01H0245_1   | 2.77 | 2.78 | 0.011  |
| 179250 | 606705 | 1.04 | 1.074 | 141.2 | 128.43 | B01H0041_1   | 1.20 | 1.22 | 0.019  |
| 182400 | 608290 | 1.15 | 1.146 | 306.1 | 221.54 | 02CL0035-1_1 | 1.50 | 1.40 | -0.101 |
| 171295 | 606805 | 1.86 | 1.898 | 289.2 | 302.21 | 01HP0096-3_1 | 2.19 | 2.25 | 0.053  |
| 171940 | 607360 | 2.53 | 2.579 | 349.1 | 318.78 | B01H0252_1   | 2.93 | 2.95 | 0.014  |
| 190065 | 608853 | 1.11 | 1.095 | 239.4 | 255.74 | B02D0081_3   | 1.39 | 1.39 | 0.004  |
| 170565 | 607575 | 1.36 | 1.326 | 306.4 | 280.18 | 01HP0094-2_1 | 1.71 | 1.65 | -0.064 |
| 172705 | 607360 | 2.51 | 2.474 | 245.7 | 252.04 | B01H0247_1   | 2.79 | 2.77 | -0.028 |
| 189128 | 608549 | 1.57 | 1.435 | 366.4 | 441.14 | B02C0263_2   | 1.99 | 1.95 | -0.049 |
| 182838 | 607793 | 1.76 | 1.819 | 314.9 | 309.58 | 02CL0001-1_1 | 2.12 | 2.18 | 0.053  |
| 187657 | 608590 | 0.99 | 0.890 | 325.1 | 295.27 | B02C0255_2   | 1.37 | 1.23 | -0.134 |
| 183490 | 607580 | 1.85 | 1.791 | 252.4 | 264.82 | 02CL0013-1_1 | 2.14 | 2.10 | -0.045 |
| 187661 | 608431 | 0.96 | 1.062 | 358.1 | 320.52 | B02C0254_1   | 1.37 | 1.43 | 0.059  |
| 170475 | 606480 | 0.87 | 0.909 | 323.4 | 251.75 | 01HP0004-2_1 | 1.24 | 1.20 | -0.044 |
| 184672 | 607322 | 1.56 | 1.648 | 362.0 | 341.30 | B02C0270_2   | 1.98 | 2.04 | 0.064  |
| 183750 | 608500 | 1.14 | 1.014 | 195.3 | 187.03 | B02C0010_1   | 1.37 | 1.23 | -0.136 |
| 185016 | 608083 | 1.53 | 1.562 | 276.4 | 281.71 | B02C0265_2   | 1.85 | 1.89 | 0.038  |
| 179040 | 606450 | 0.94 | 0.847 | 120.3 | 83.99  | B01H0224_1   | 1.08 | 0.94 | -0.135 |
| 179255 | 607038 | 1.22 | 1.221 | 195.4 | 237.83 | B01H0250_1   | 1.45 | 1.50 | 0.050  |
| 173710 | 606786 | 1.82 | 1.813 | 168.3 | 154.57 | B01H0042_1   | 2.01 | 1.99 | -0.023 |
| 171740 | 606240 | 1.76 | 1.734 | 235.3 | 232.35 | B01H0209_1   | 2.03 | 2.00 | -0.029 |
| 172597 | 607342 | 2.5  | 2.508 | 238.4 | 253.77 | B01H0248_1   | 2.78 | 2.80 | 0.026  |
| 183687 | 607766 | 1.81 | 1.720 | 244.9 | 271.80 | 02CL0004-1_1 | 2.09 | 2.03 | -0.059 |
| 190093 | 608950 | 1.04 | 0.945 | 226.3 | 207.70 | B02D0082_1   | 1.30 | 1.19 | -0.116 |
| 182160 | 607460 | 2.43 | 2.297 | 231.7 | 264.32 | B02C0241_1   | 2.70 | 2.60 | -0.095 |
| 178794 | 607637 | 1.11 | 1.115 | 537.7 | 501.31 | B01H0244_1   | 1.73 | 1.70 | -0.037 |
| 170910 | 607200 | 1.61 | 1.679 | 518.5 | 502.56 | 01HL0046-1_1 | 2.21 | 2.26 | 0.051  |
| 183100 | 608100 | 1.48 | 1.451 | 227.6 | 270.92 | B02C0009_1   | 1.74 | 1.76 | 0.021  |

## **Bijlage 2       meetreeksen peilbuizen Ameland (2000-2012)**

RAAI 2

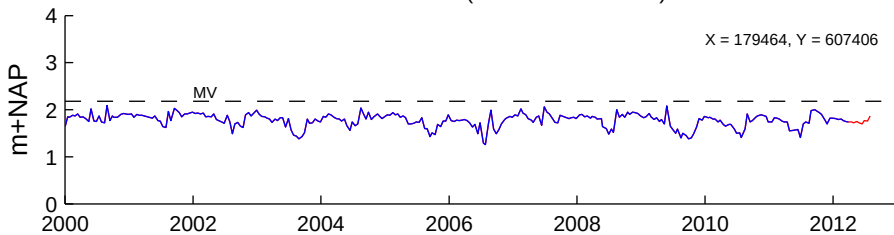
The map displays a coastal area with a beach and ocean at the top. A road runs horizontally across the middle. To the left of the road, several monitoring points are marked with green dots and labeled: B01 H0253-001, B01 H0200-001, hgd1-1, hgd2-1, B01 H0242-001, B01 H0243-001, B01 H0244-001, and B01 H0254-001. To the right of the road, a large green field is visible, with a red dot marking B01 H0241-001. Below this field, two labels are present: B01 H0011-001 and 01HP 0011-1. In the bottom right corner, two more labels are shown: 01HP 0010-1 and B01 H0010-001. The map also shows a cemetery with many small white markers on the right side.





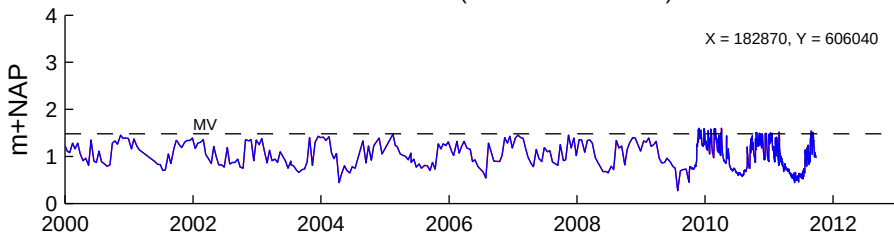
B01H0254 filter 1 (1.34 tot 0.84 mNAP)

X = 179464, Y = 607406



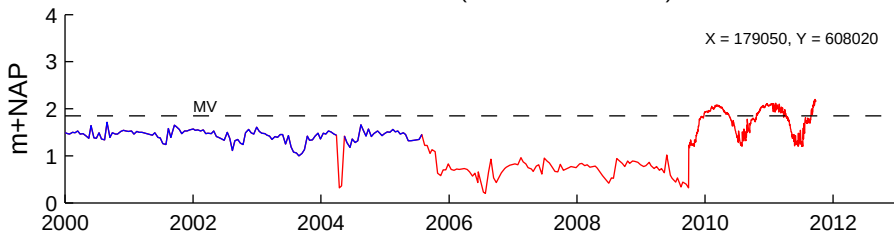
B02C0235 filter 1 (0.17 tot -0.33 mNAP)

X = 182870, Y = 606040



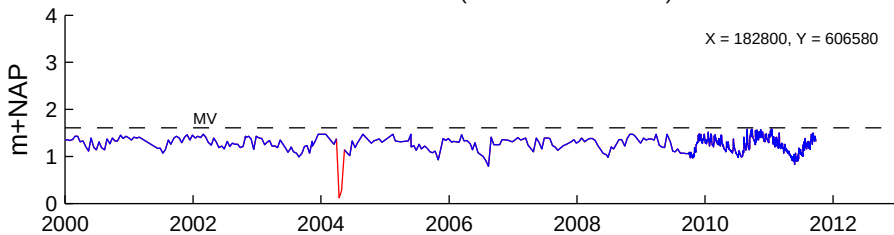
B01H0200 filter 1 (0.34 tot -0.16 mNAP)

X = 179050, Y = 608020

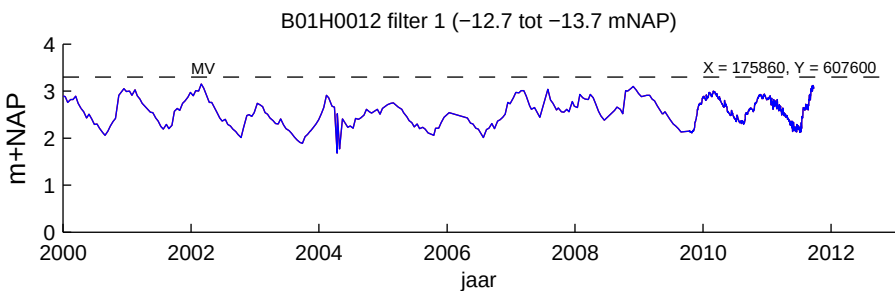
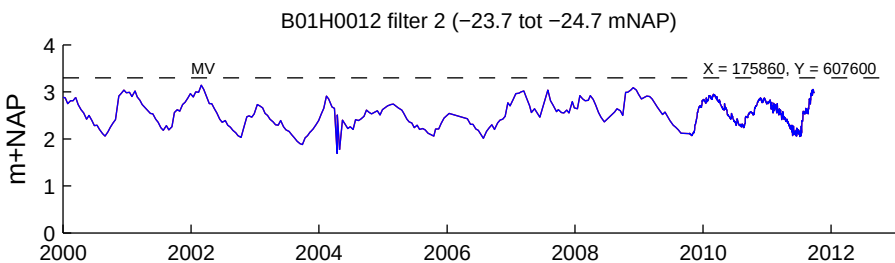
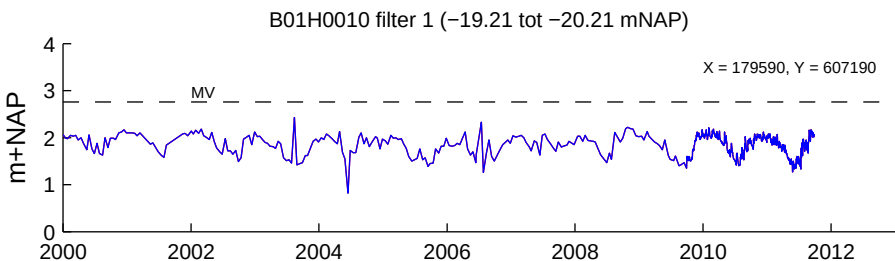
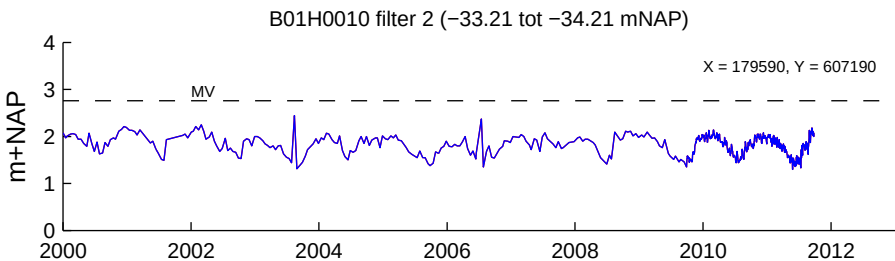
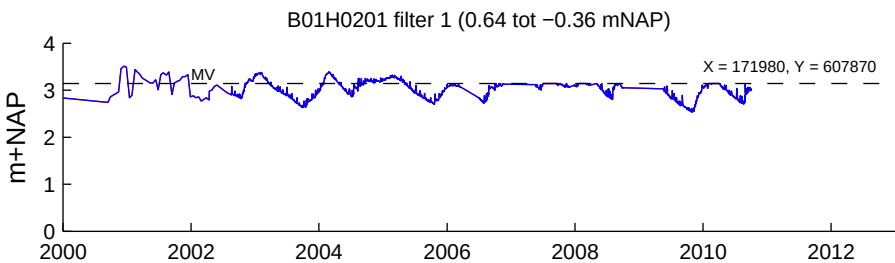


B02C0234 filter 1 (0.27 tot -0.23 mNAP)

X = 182800, Y = 606580



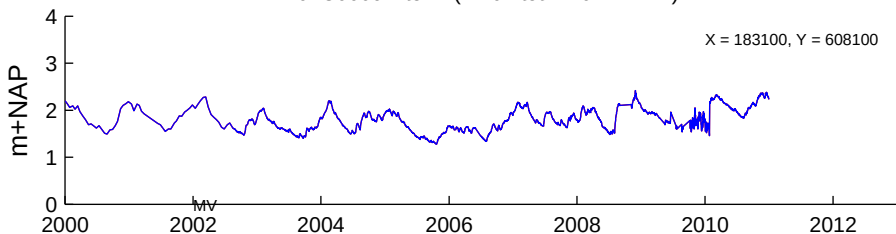
jaar



MV

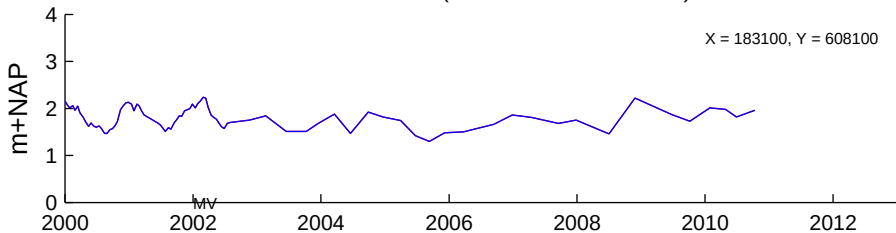
B02C0009 filter 1 (-1.01 tot -2.01 mNAP)

X = 183100, Y = 608100



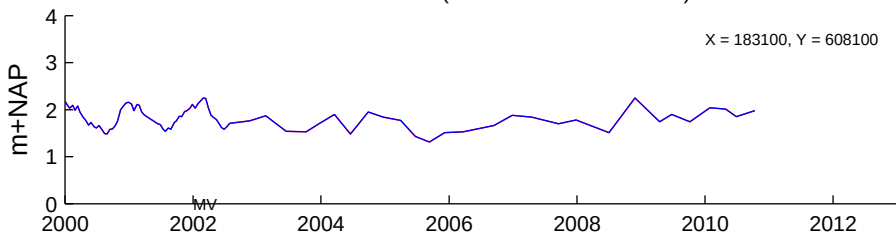
B02C0009 filter 4 (-39.01 tot -40.01 mNAP)

X = 183100, Y = 608100



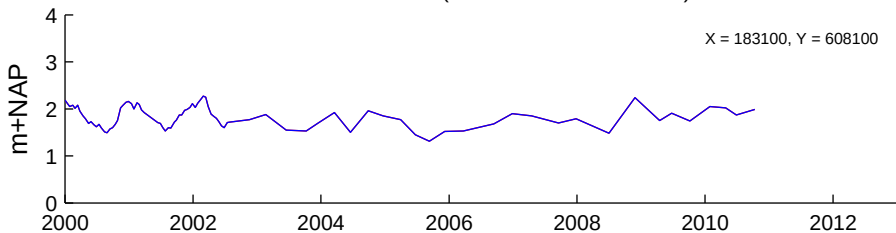
B02C0009 filter 3 (-28.51 tot -29.51 mNAP)

X = 183100, Y = 608100



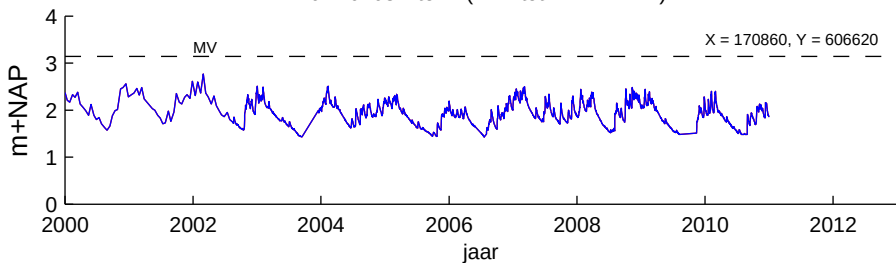
B02C0009 filter 2 (-12.51 tot -13.51 mNAP)

X = 183100, Y = 608100



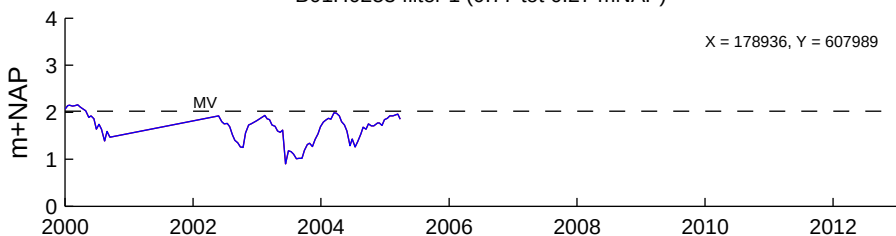
B01H0208 filter 1 (1.71 tot 1.21 mNAP)

X = 170860, Y = 606620



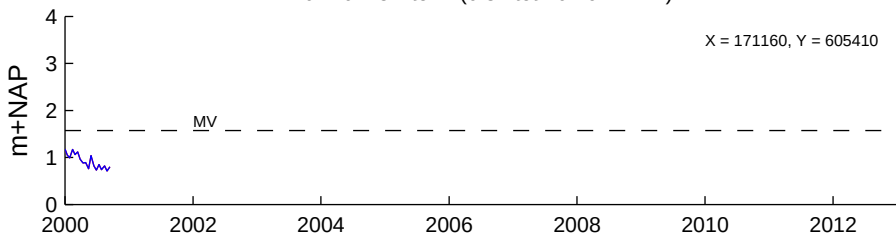
B01H0253 filter 1 (0.77 tot 0.27 mNAP)

X = 178936, Y = 607989



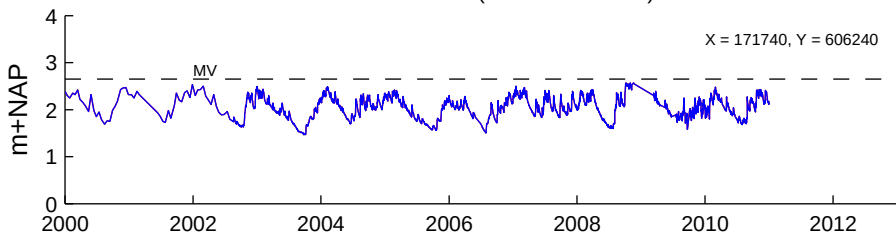
B01H0225 filter 1 (0.34 tot -0.16 mNAP)

X = 171160, Y = 605410



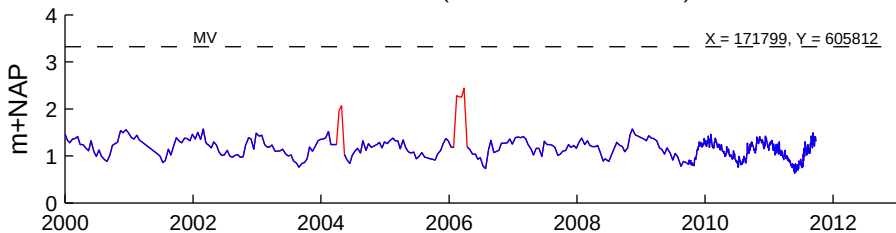
B01H0209 filter 1 (1.2 tot 0.7 mNAP)

X = 171740, Y = 606240



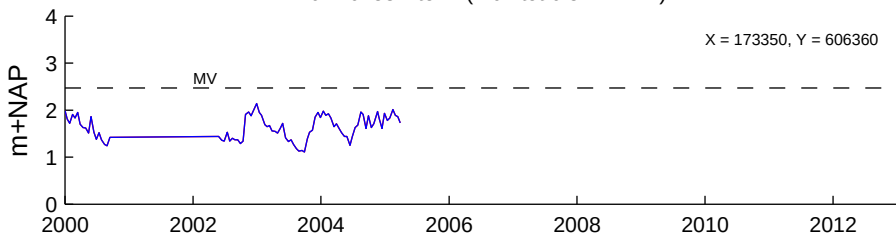
B01H0008 filter 1 (-10.66 tot -26.06 mNAP)

X = 171799, Y = 605812



B01H0258 filter 1 (1.02 tot 0.52 mNAP)

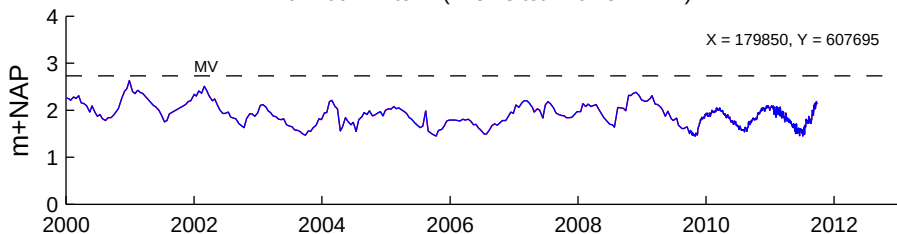
X = 173350, Y = 606360



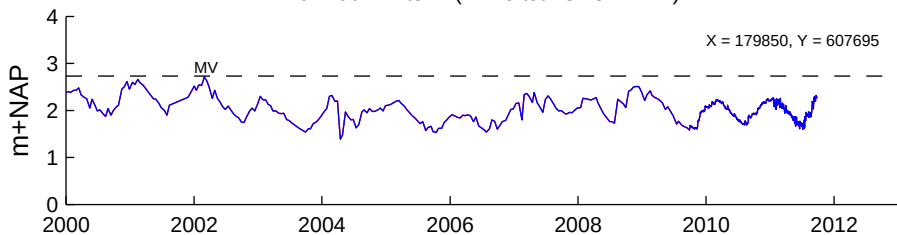
jaar



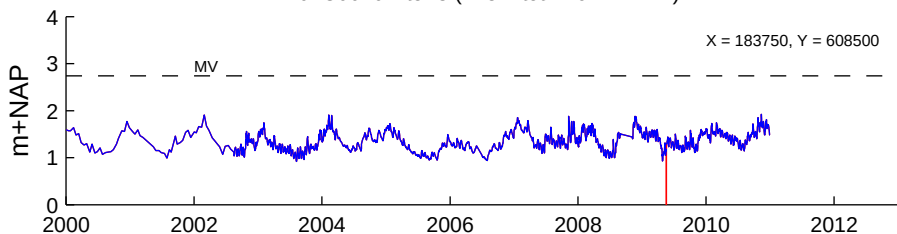
B01H0011 filter 2 (−25.25 tot −26.25 mNAP)



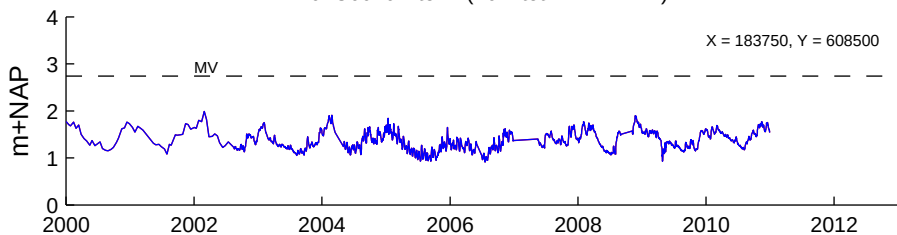
B01H0011 filter 1 (−7.25 tot −8.25 mNAP)



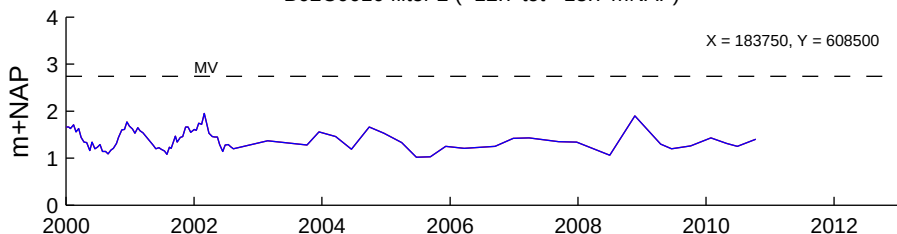
B02C0010 filter 3 (−25.7 tot −26.7 mNAP)



B02C0010 filter 1 (−0.7 tot −1.7 mNAP)



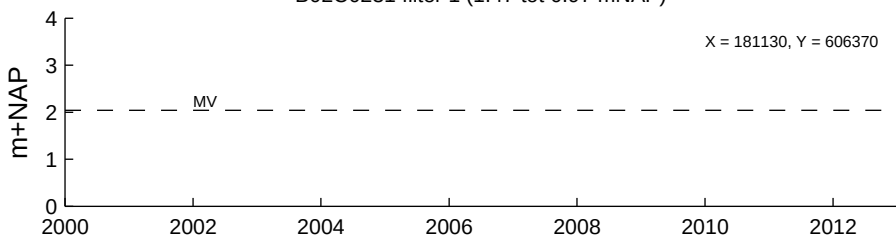
B02C0010 filter 2 (−12.7 tot −13.7 mNAP)



jaar

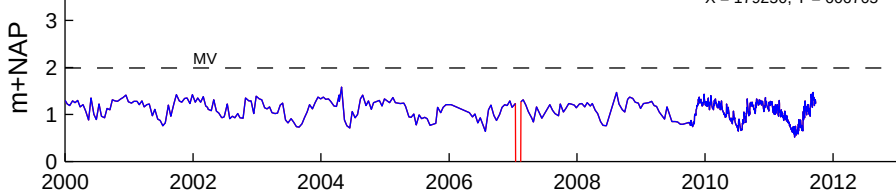
B02C0231 filter 1 (1.47 tot 0.97 mNAP)

X = 181130, Y = 606370



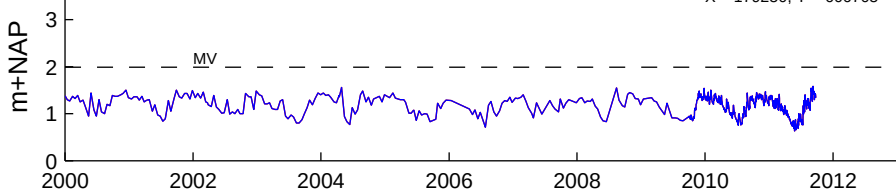
B01H0041 filter 4 (-21.57 tot -22.57 mNAP)

X = 179250, Y = 606705



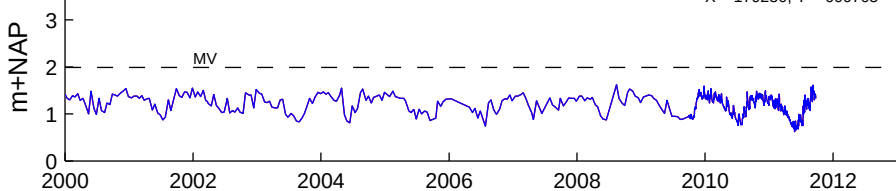
B01H0041 filter 2 (-7.83 tot -8.83 mNAP)

X = 179250, Y = 606705



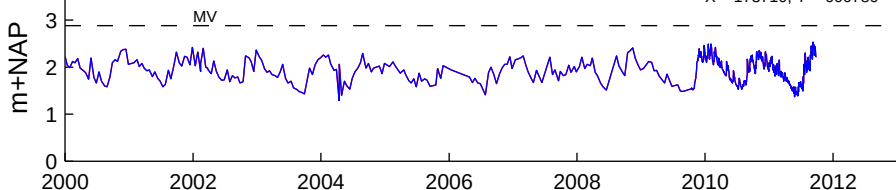
B01H0041 filter 1 (-1.48 tot -2.48 mNAP)

X = 179250, Y = 606705



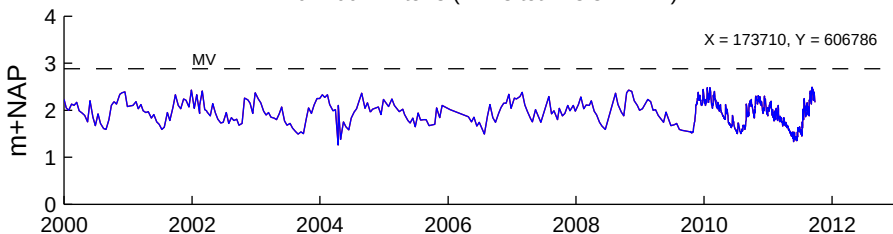
B01H0042 filter 4 (-21.35 tot -22.35 mNAP)

X = 173710, Y = 606786

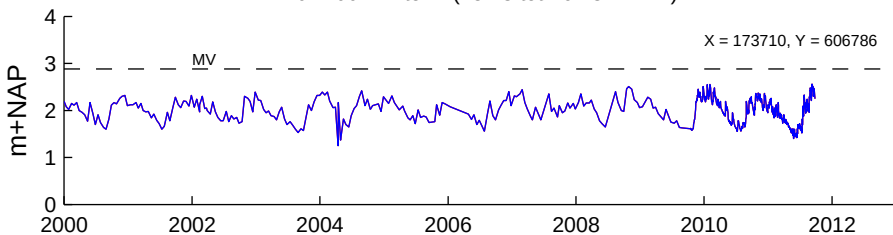


jaar

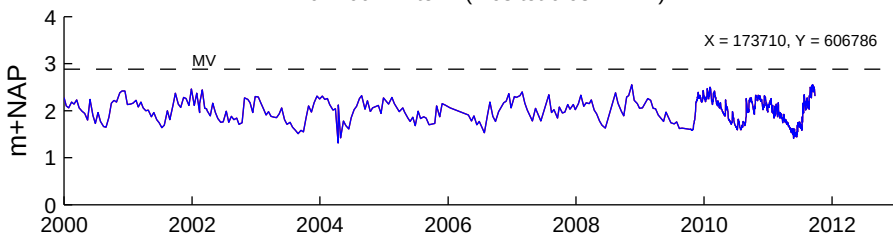
B01H0042 filter 3 (-12.3 tot -13.3 mNAP)



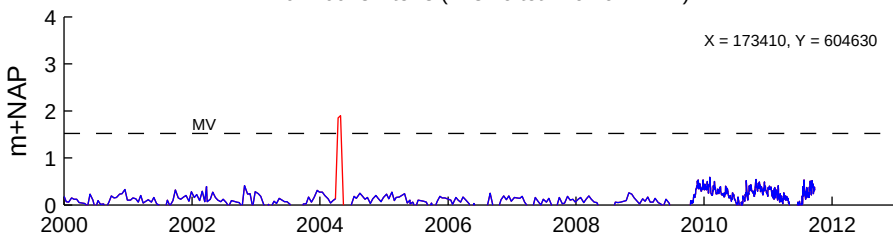
B01H0042 filter 2 (-5.78 tot -6.78 mNAP)



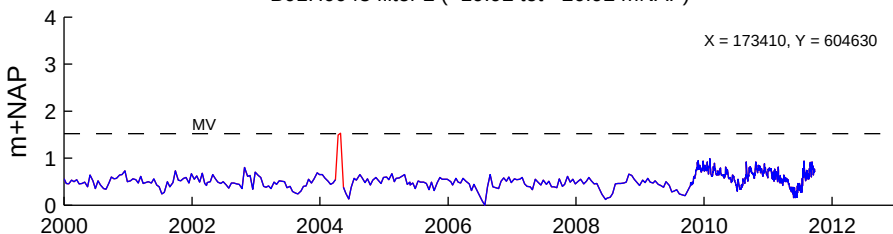
B01H0042 filter 1 (1.63 tot 0.63 mNAP)



B01H0043 filter 3 (-28.79 tot -29.79 mNAP)



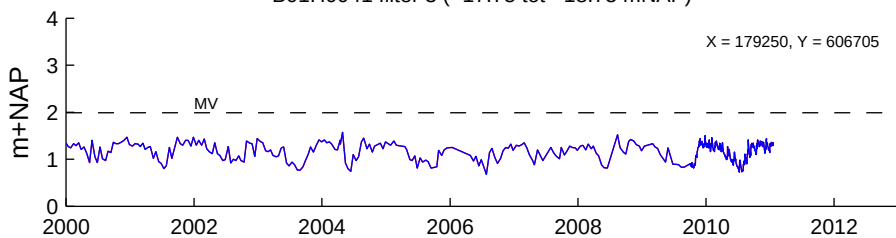
B01H0043 filter 2 (-19.92 tot -20.92 mNAP)



jaar

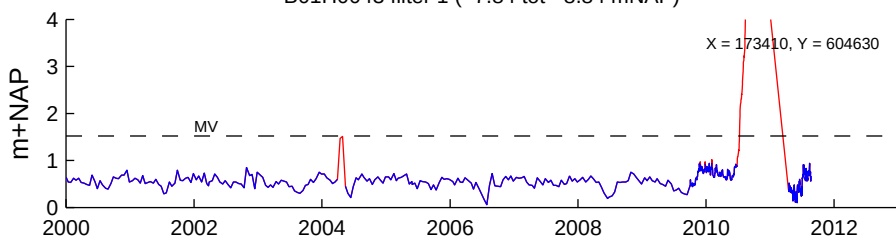
B01H0041 filter 3 (-17.75 tot -18.75 mNAP)

X = 179250, Y = 606705



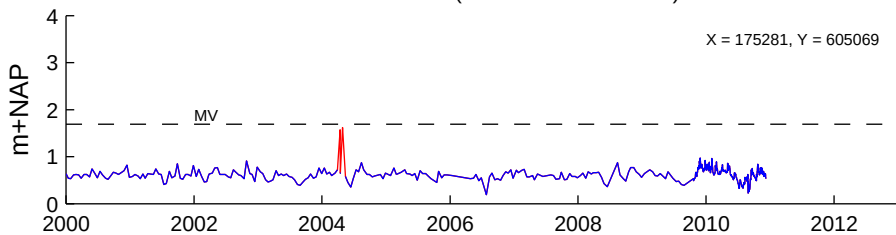
B01H0043 filter 1 (-7.84 tot -8.84 mNAP)

X = 173410, Y = 604630



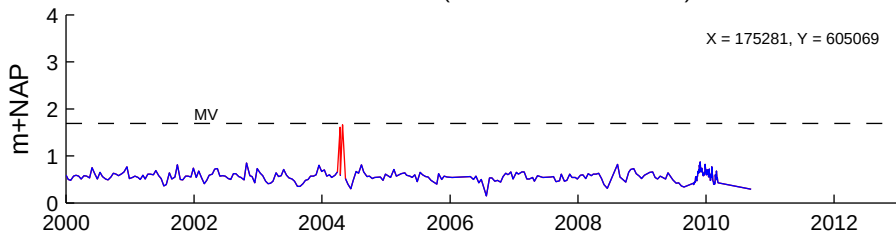
B01H0044 filter 1 (-1.56 tot -2.56 mNAP)

X = 175281, Y = 605069



B01H0044 filter 2 (-10.39 tot -11.39 mNAP)

X = 175281, Y = 605069

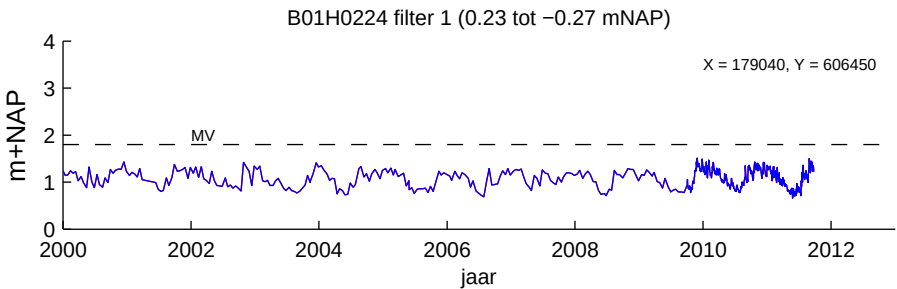
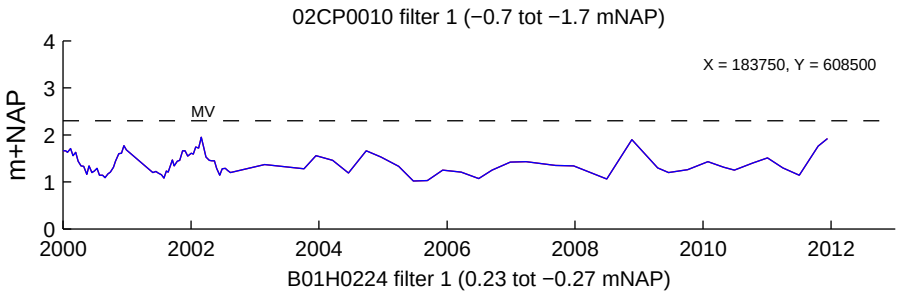
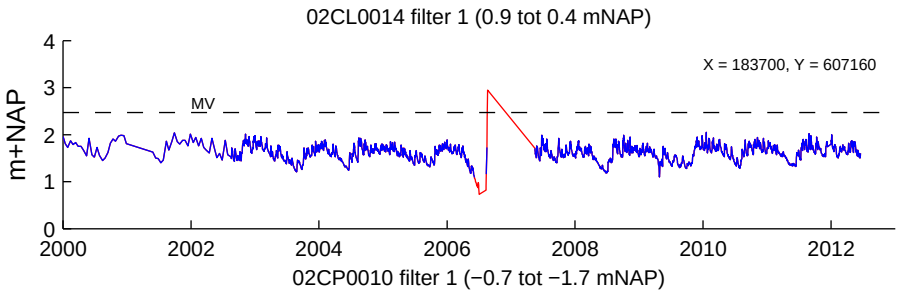
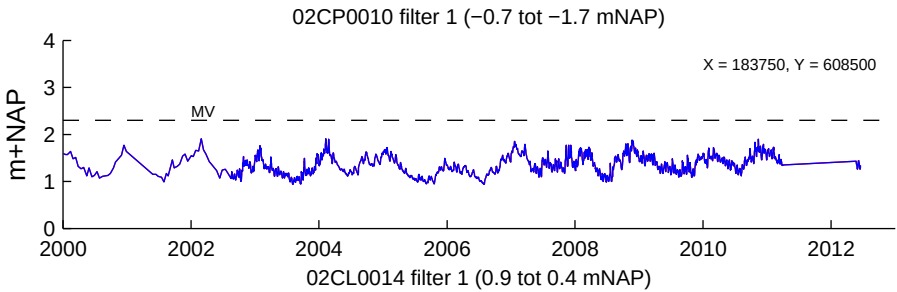
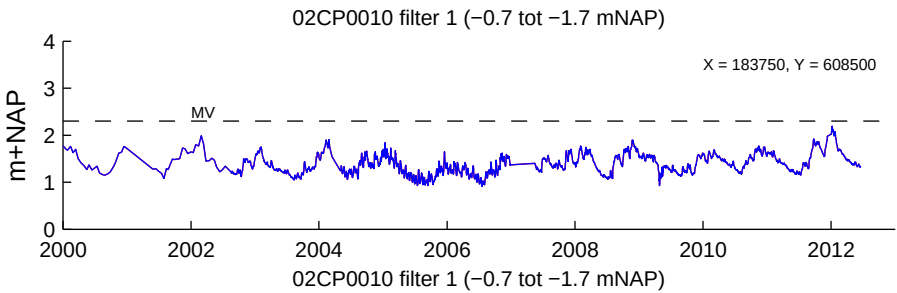


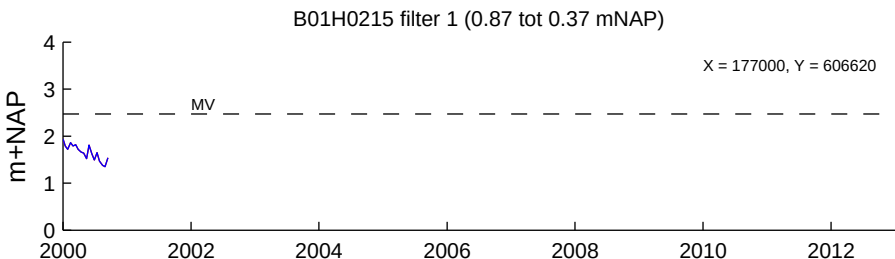
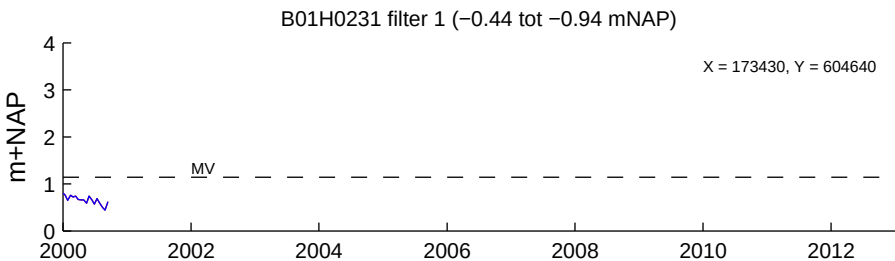
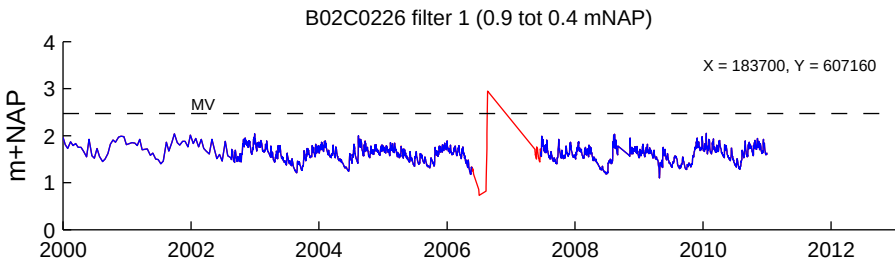
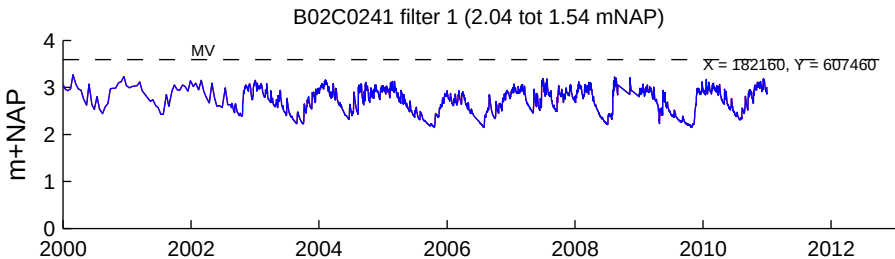
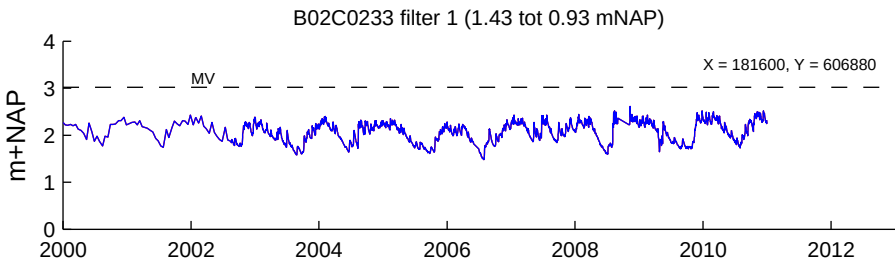
B01H0229 filter 1 (-0.36 tot -0.86 mNAP)

X = 171980, Y = 604890



jaar



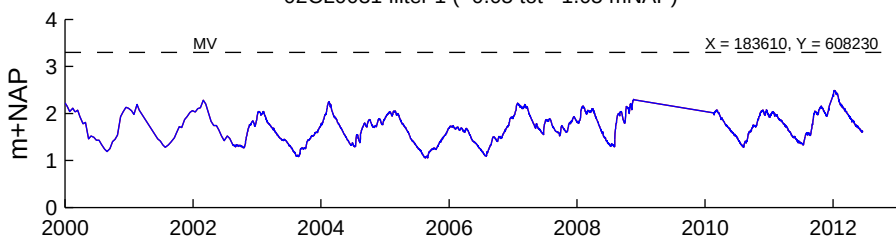


jaar

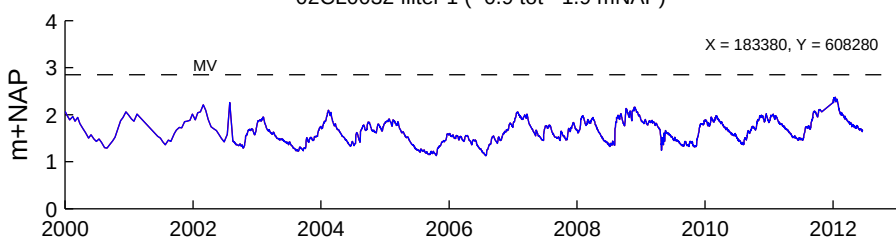
B01H0222 filter 1 (1.76 tot 1.26 mNAP)



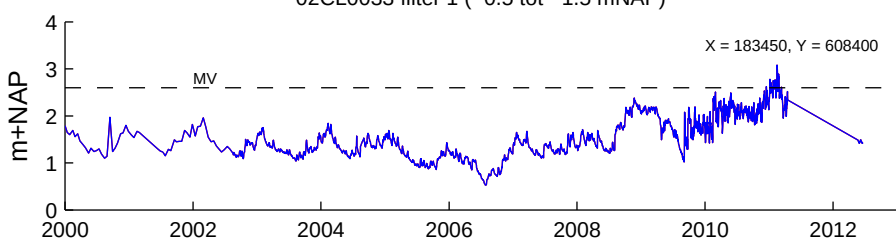
02CL0031 filter 1 (-0.05 tot -1.05 mNAP)



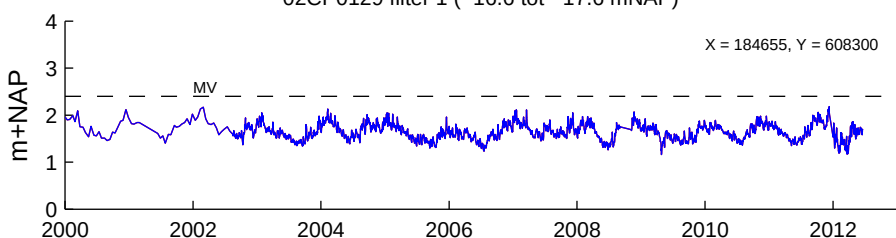
02CL0032 filter 1 (-0.9 tot -1.9 mNAP)



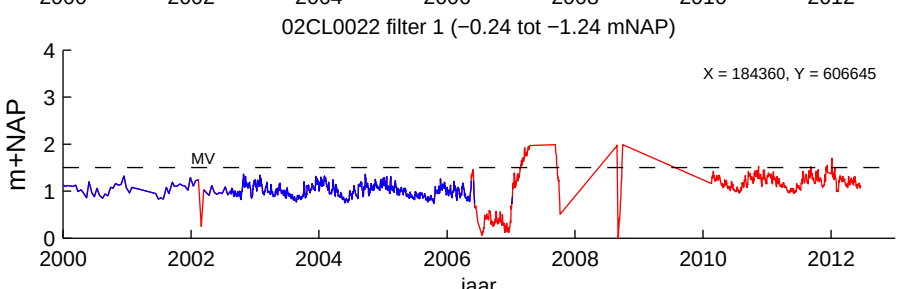
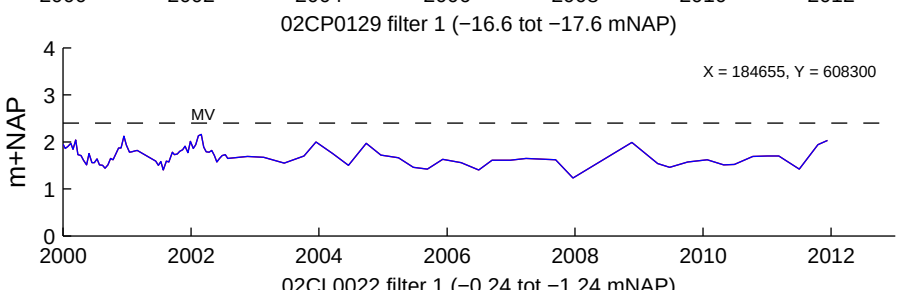
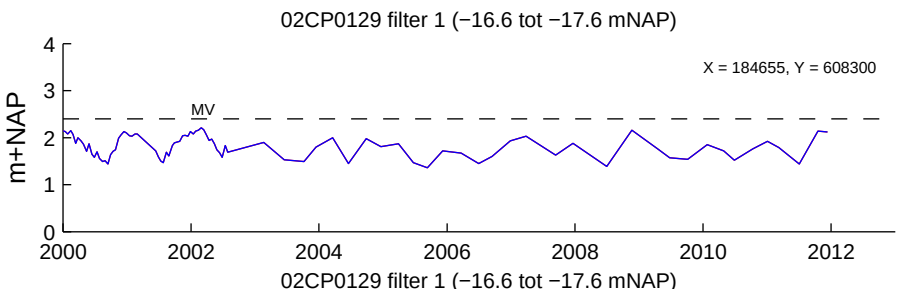
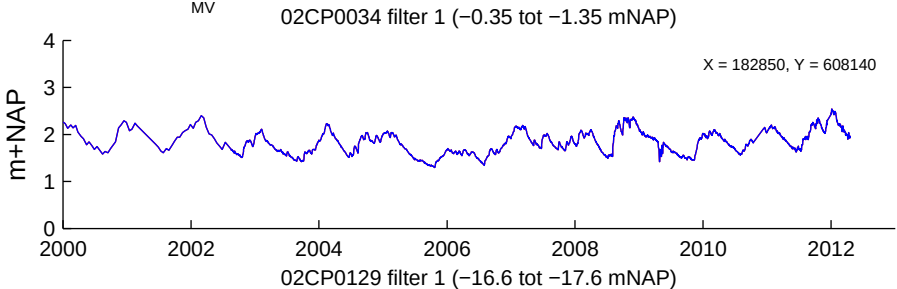
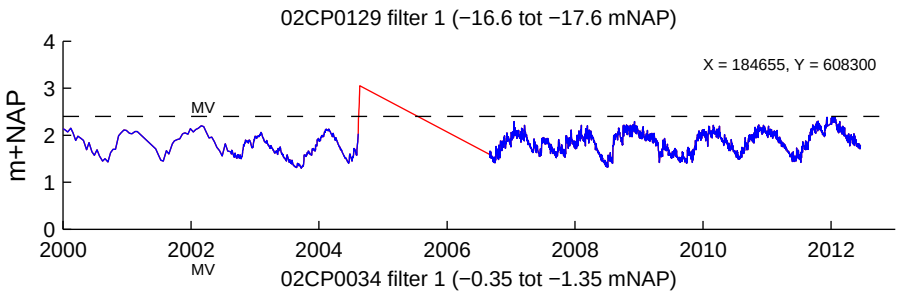
02CL0033 filter 1 (-0.5 tot -1.5 mNAP)



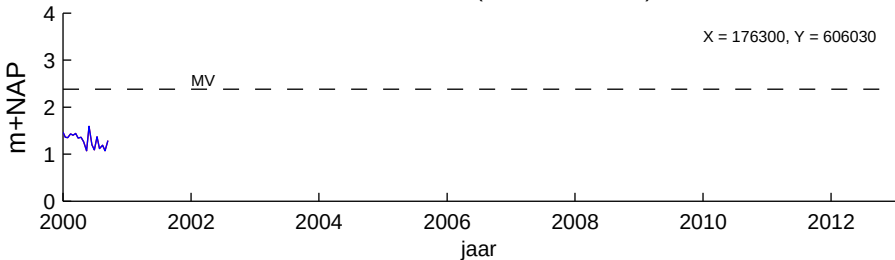
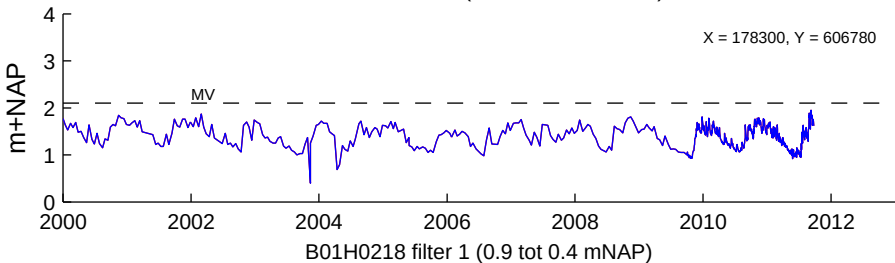
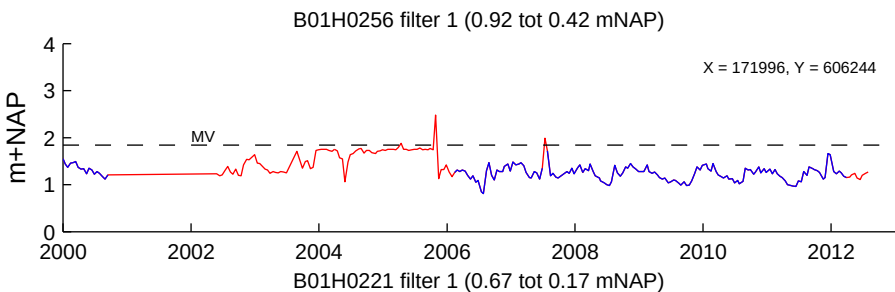
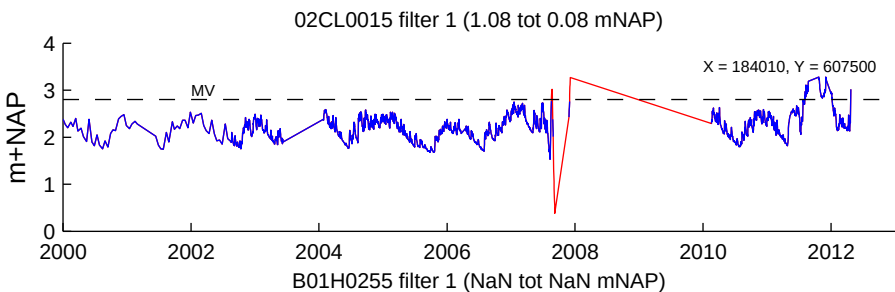
02CP0129 filter 1 (-16.6 tot -17.6 mNAP)



jaar

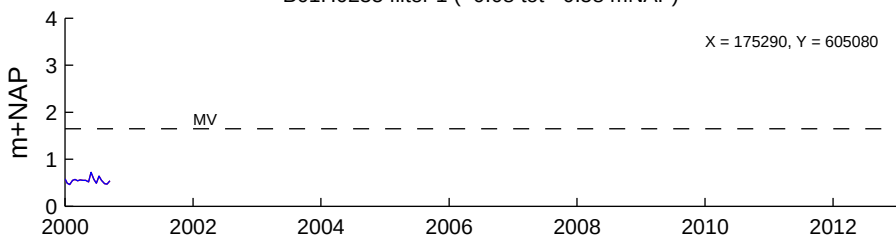






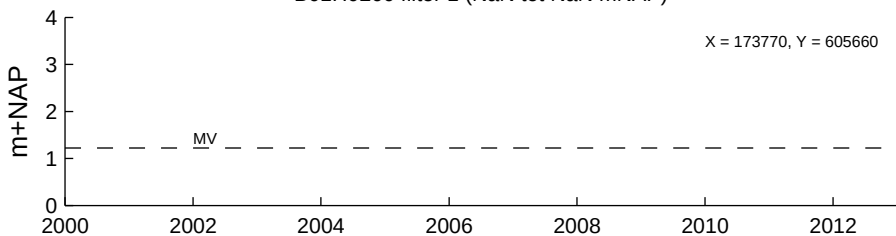
B01H0235 filter 1 (-0.08 tot -0.58 mNAP)

X = 175290, Y = 605080



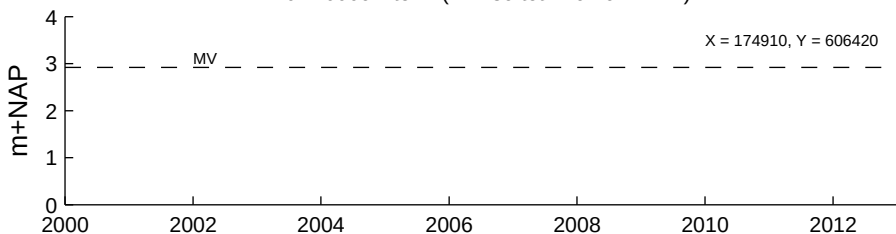
B01H0260 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

X = 173770, Y = 605660



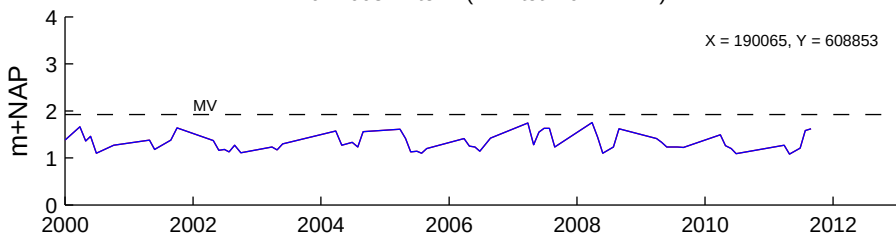
B01H0009 filter 1 (-11.39 tot -29.19 mNAP)

X = 174910, Y = 606420



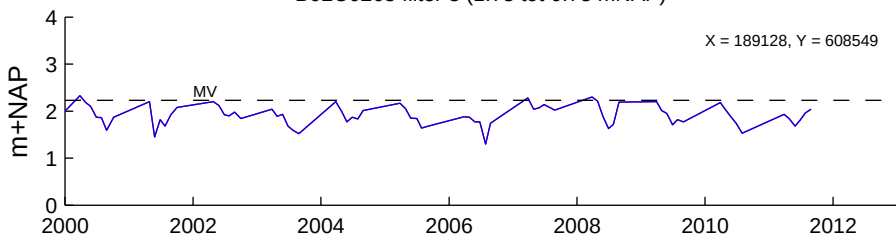
B02D0081 filter 2 (1.72 tot 1.07 mNAP)

X = 190065, Y = 608853



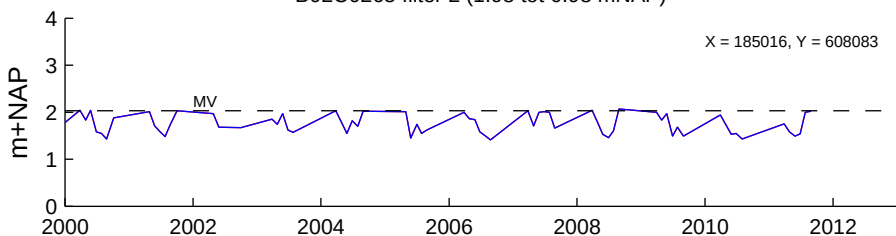
B02C0263 filter 3 (1.73 tot 0.73 mNAP)

X = 189128, Y = 608549



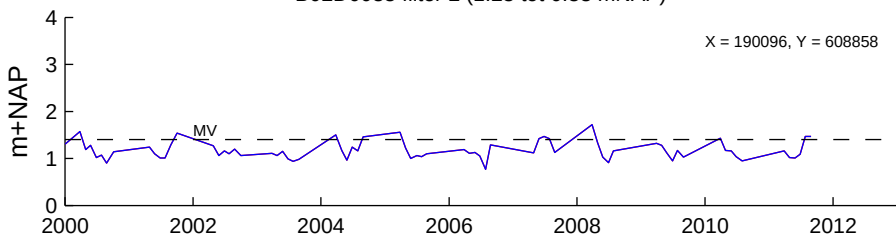
B02C0265 filter 2 (1.98 tot 0.98 mNAP)

X = 185016, Y = 608083



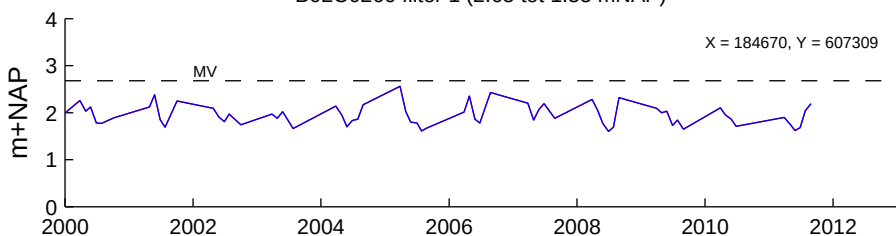
B02D0083 filter 2 (1.23 tot 0.38 mNAP)

X = 190096, Y = 608858



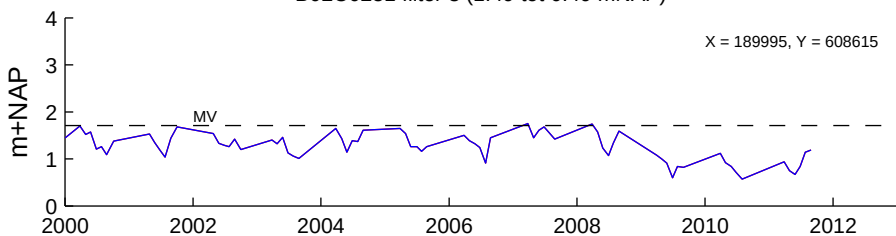
B02C0266 filter 1 (2.65 tot 1.55 mNAP)

X = 184670, Y = 607309



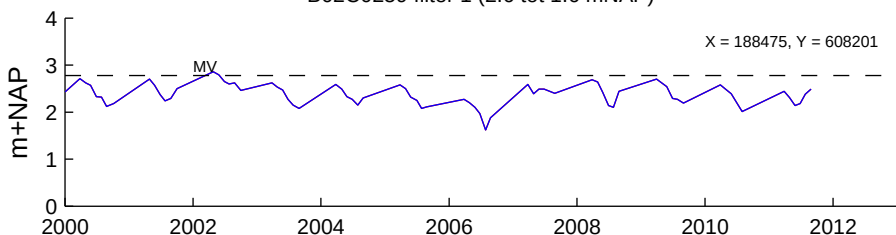
B02C0251 filter 3 (1.49 tot 0.49 mNAP)

X = 189995, Y = 608615

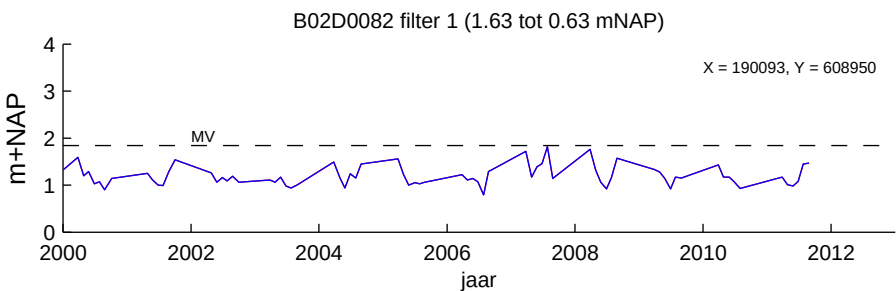
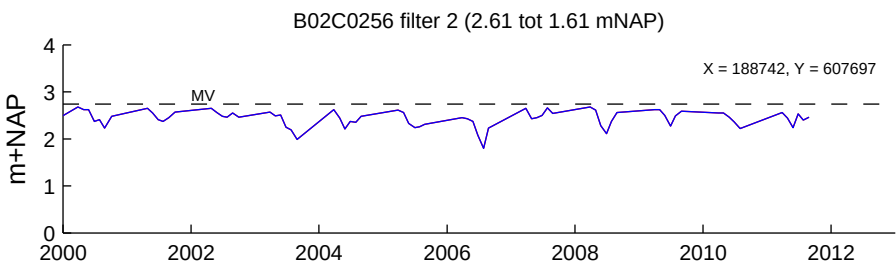
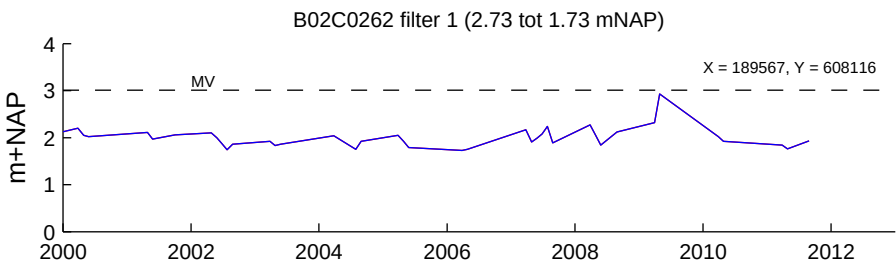
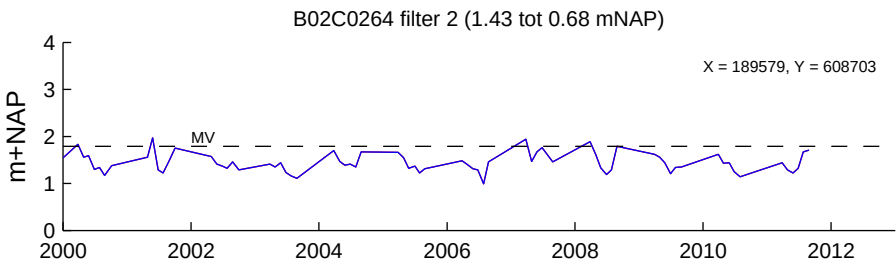
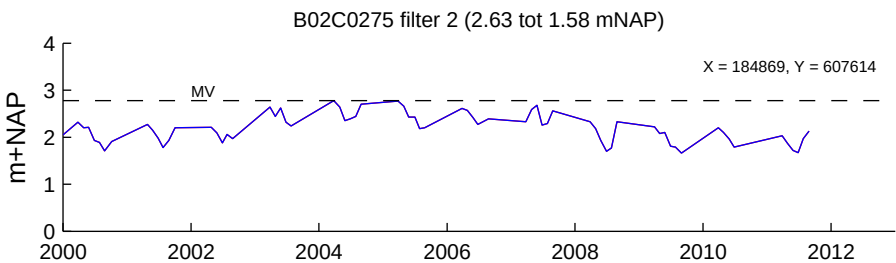


B02C0259 filter 1 (2.6 tot 1.6 mNAP)

X = 188475, Y = 608201

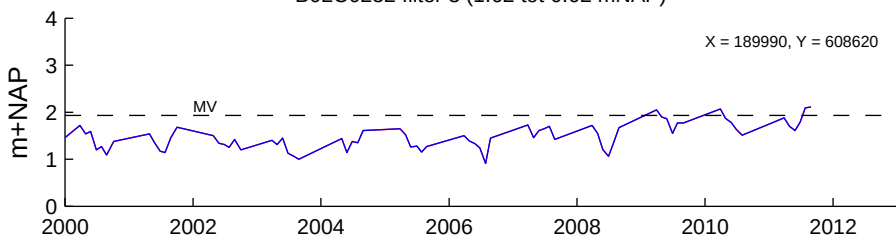


jaar



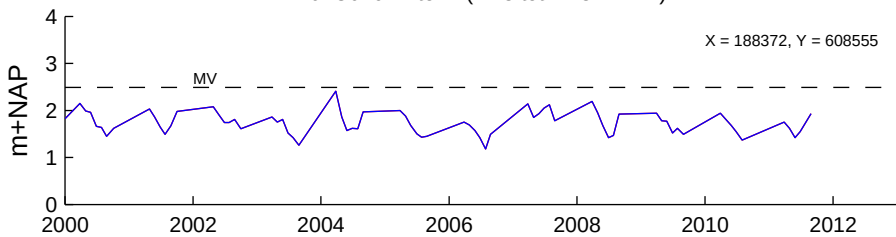
B02C0252 filter 3 (1.62 tot 0.62 mNAP)

X = 189990, Y = 608620



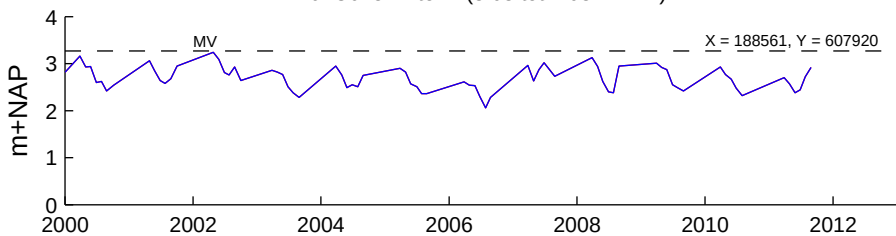
B02C0261 filter 2 (2.13 tot 1.13 mNAP)

X = 188372, Y = 608555



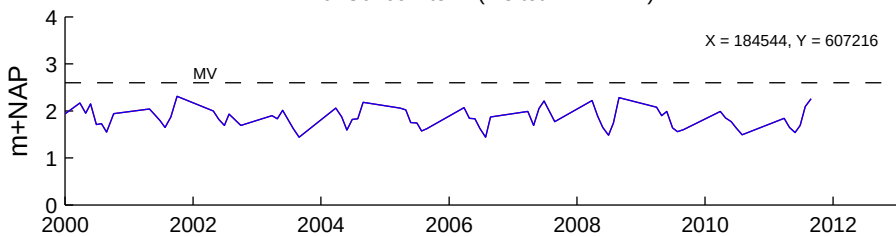
B02C0257 filter 2 (3.03 tot 2.03 mNAP)

X = 188561, Y = 607920



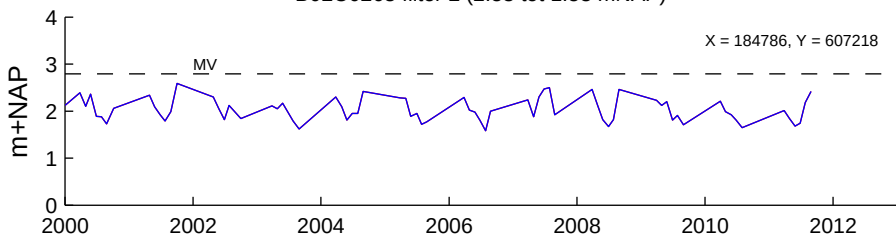
B02C0269 filter 2 (2.5 tot 1.4 mNAP)

X = 184544, Y = 607216



B02C0268 filter 2 (2.53 tot 1.53 mNAP)

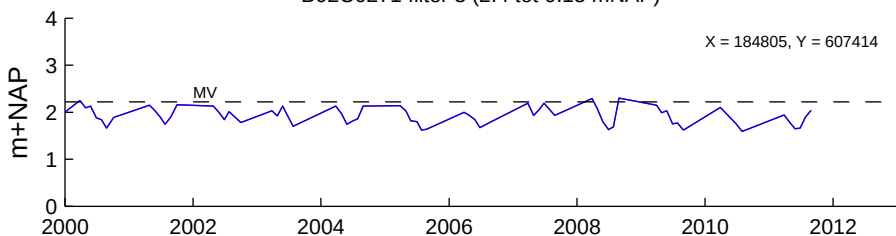
X = 184786, Y = 607218



jaar

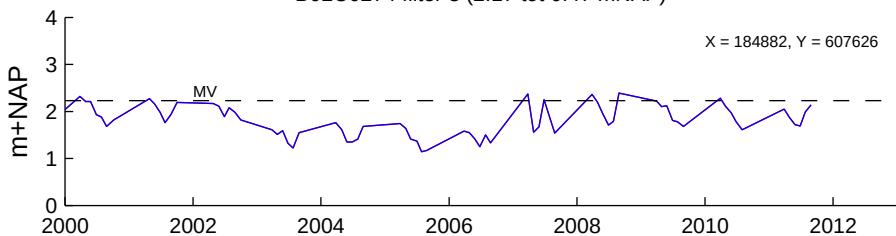
B02C0271 filter 3 (2.4 tot 0.15 mNAP)

X = 184805, Y = 607414



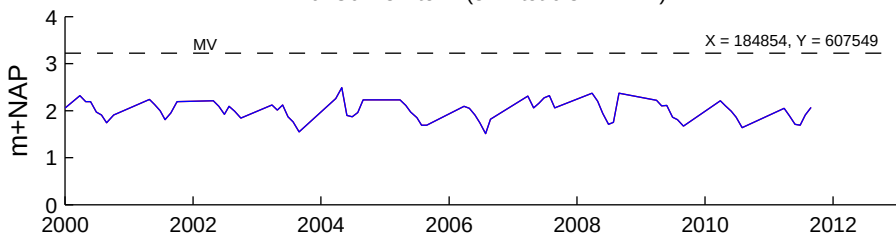
B02C0274 filter 3 (2.17 tot 0.47 mNAP)

X = 184882, Y = 607626



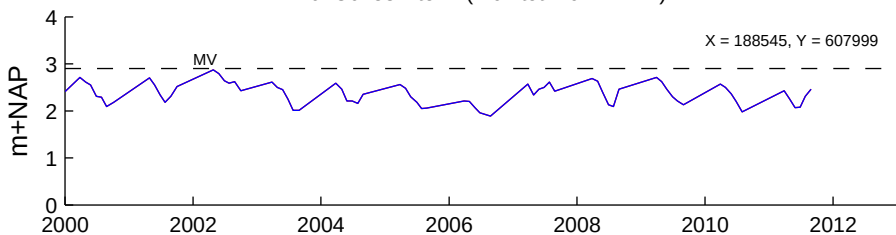
B02C0273 filter 2 (3.11 tot 0.81 mNAP)

X = 184854, Y = 607549



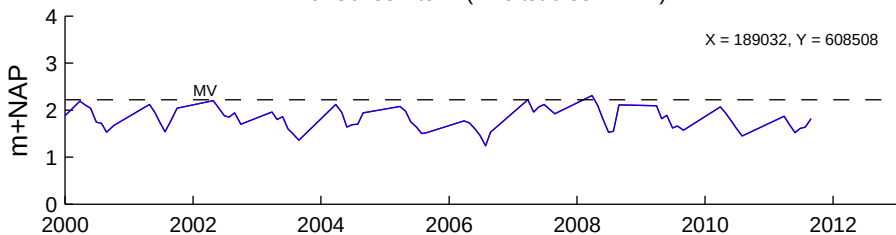
B02C0258 filter 1 (2.67 tot 1.67 mNAP)

X = 188545, Y = 607999



B02C0253 filter 2 (1.13 tot 0.83 mNAP)

X = 189032, Y = 608508

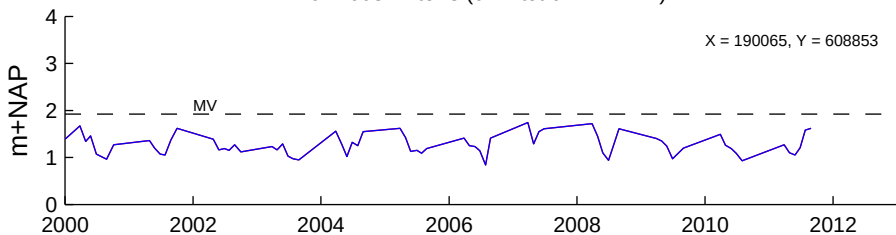


jaar

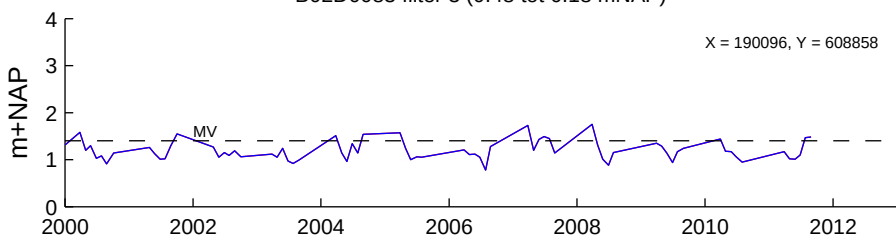
B01H0006 filter 1 (-5.67 tot -28.67 mNAP)



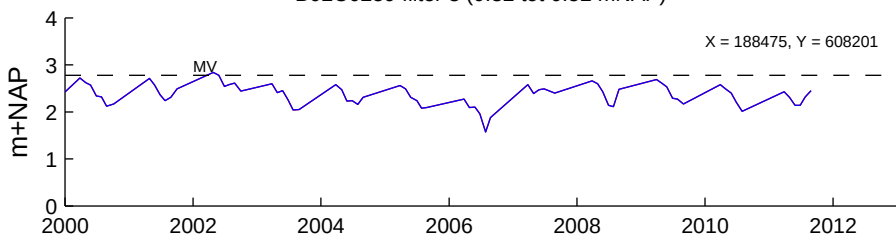
B02D0081 filter 3 (0.42 tot 0.12 mNAP)



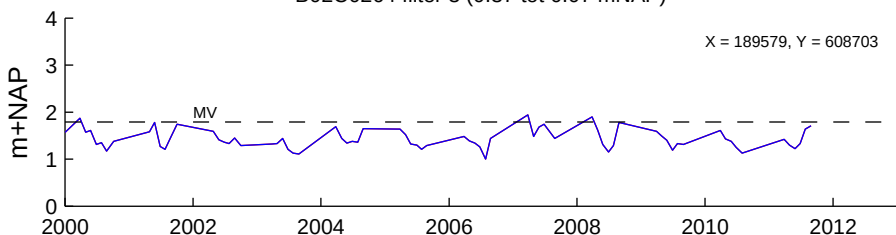
B02D0083 filter 3 (0.48 tot 0.18 mNAP)



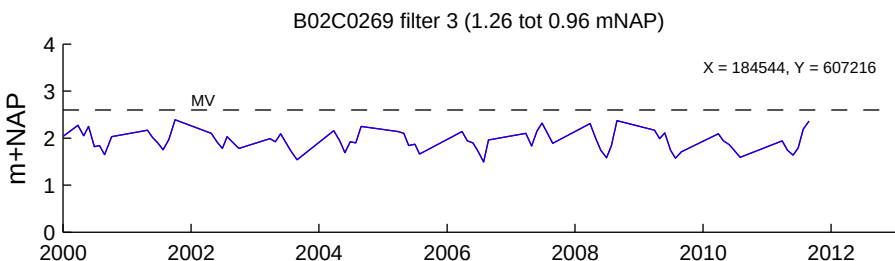
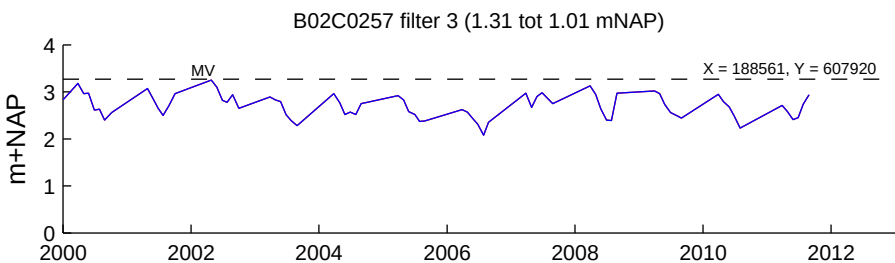
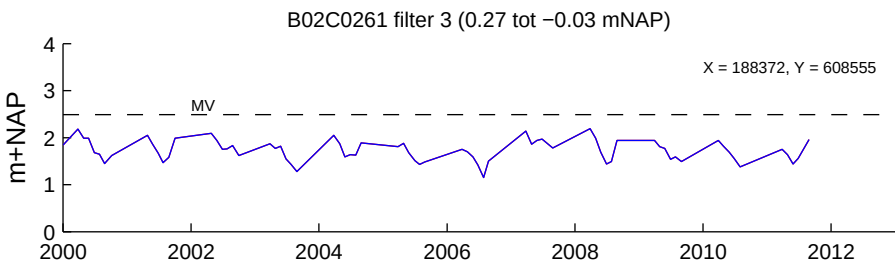
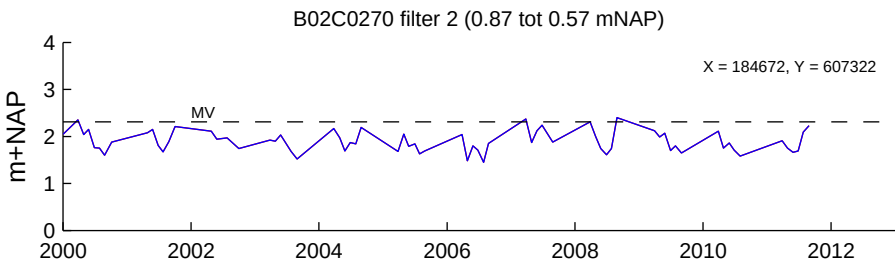
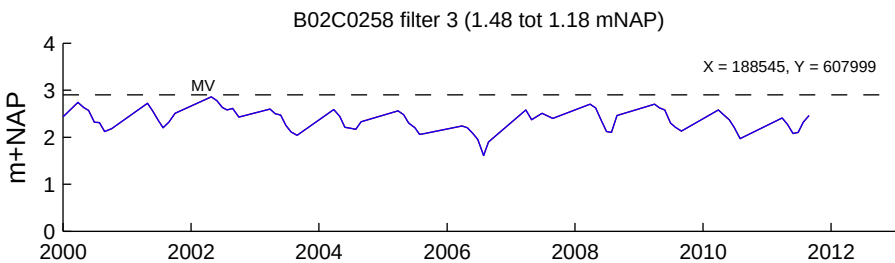
B02C0259 filter 3 (0.82 tot 0.52 mNAP)



B02C0264 filter 3 (0.37 tot 0.07 mNAP)



jaar

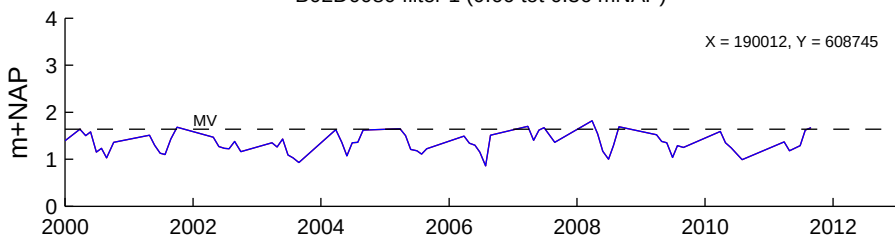


jaar



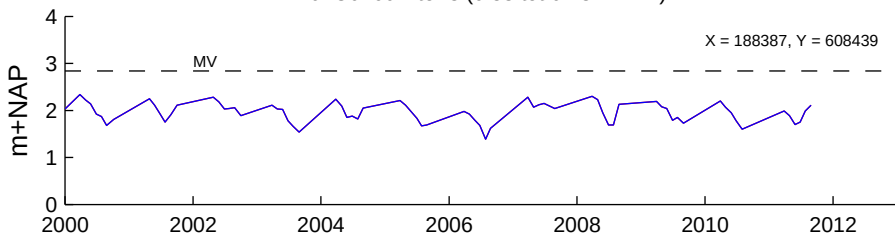
B02D0080 filter 1 (0.66 tot 0.36 mNAP)

X = 190012, Y = 608745



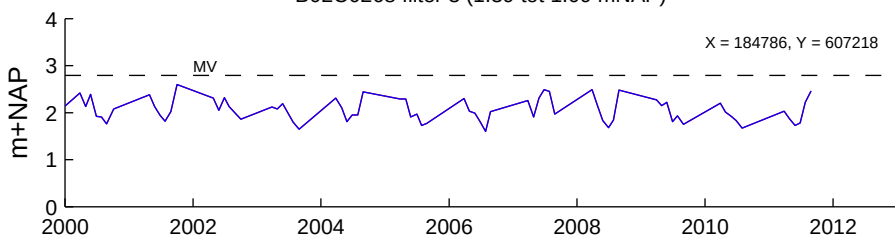
B02C0260 filter 3 (0.58 tot 0.28 mNAP)

X = 188387, Y = 608439



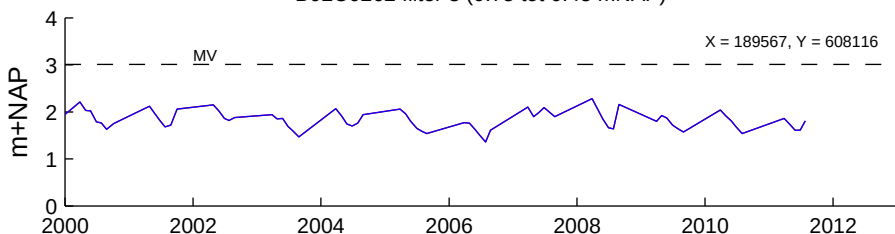
B02C0268 filter 3 (1.39 tot 1.09 mNAP)

X = 184786, Y = 607218



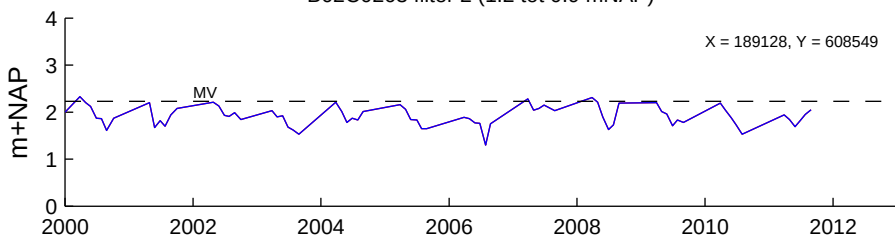
B02C0262 filter 3 (0.75 tot 0.45 mNAP)

X = 189567, Y = 608116

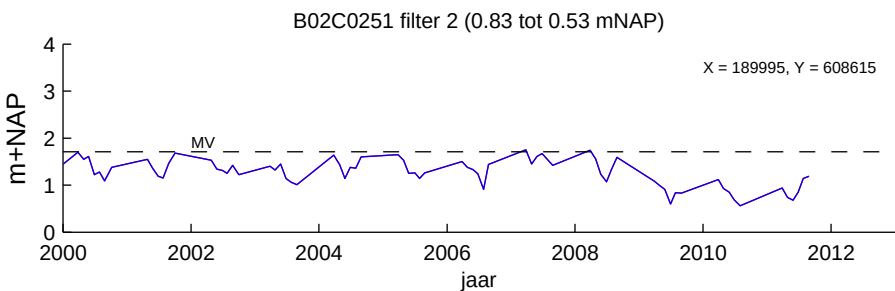
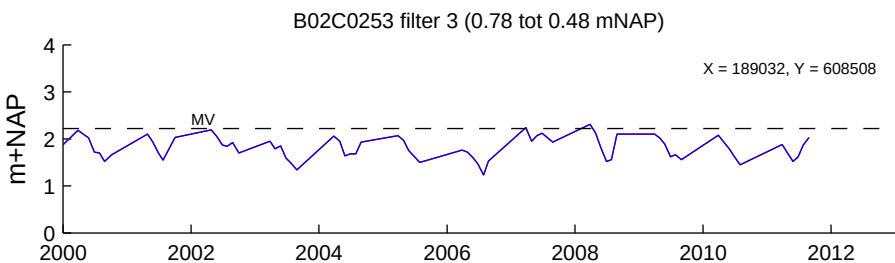
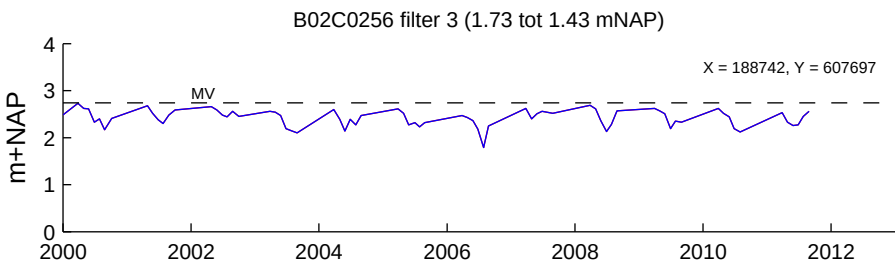
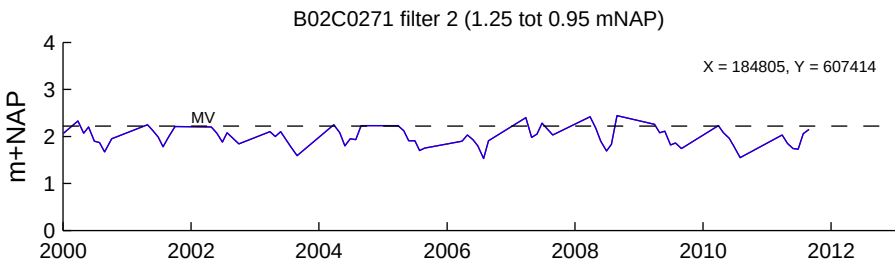
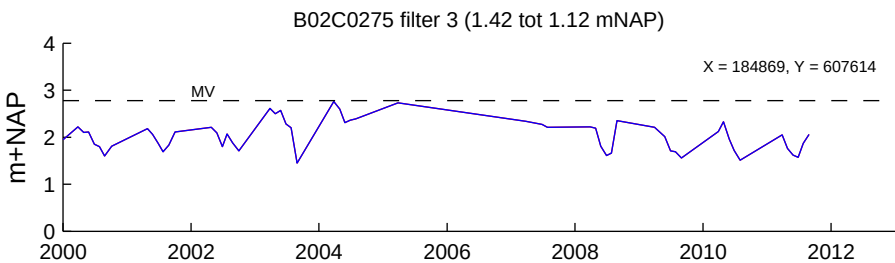


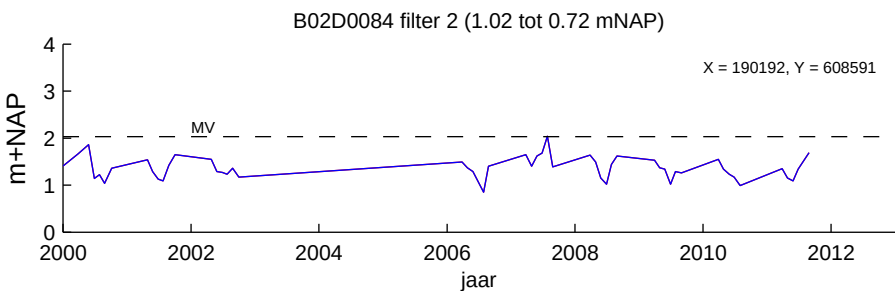
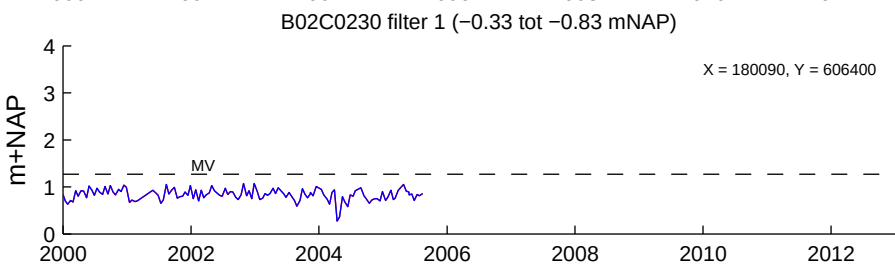
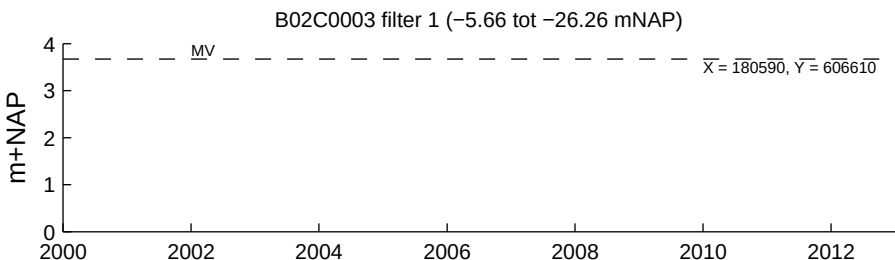
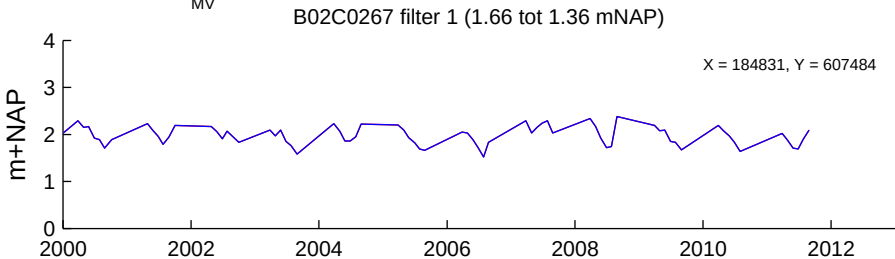
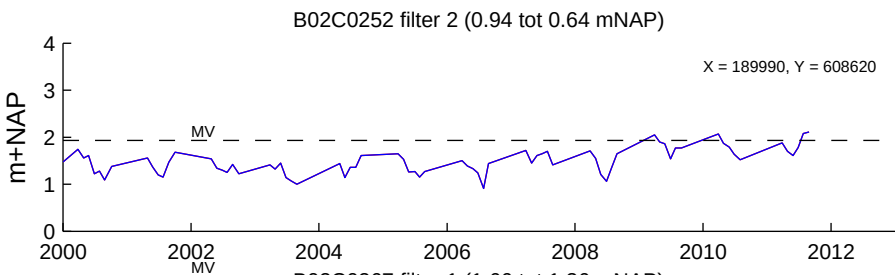
B02C0263 filter 2 (1.2 tot 0.9 mNAP)

X = 189128, Y = 608549



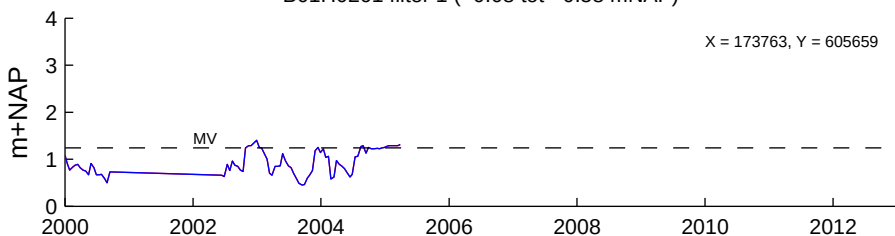
jaar





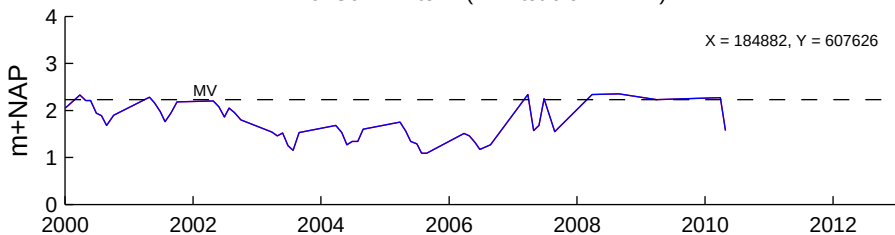
B01H0261 filter 1 (-0.08 tot -0.58 mNAP)

X = 173763, Y = 605659



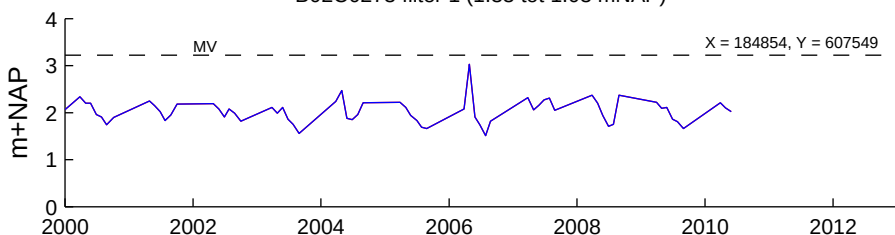
B02C0274 filter 2 (1.24 tot 0.94 mNAP)

X = 184882, Y = 607626



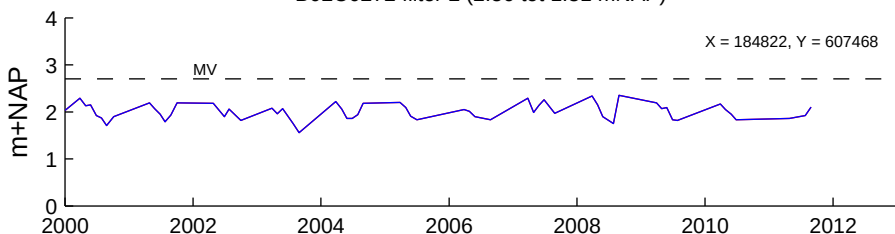
B02C0273 filter 1 (1.33 tot 1.03 mNAP)

X = 184854, Y = 607549



B02C0272 filter 2 (2.56 tot 1.31 mNAP)

X = 184822, Y = 607468



B01H0219 filter 1 (0.67 tot 0.17 mNAP)

X = 178370, Y = 606630



jaar

B02C0225 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)



B02C0232 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)



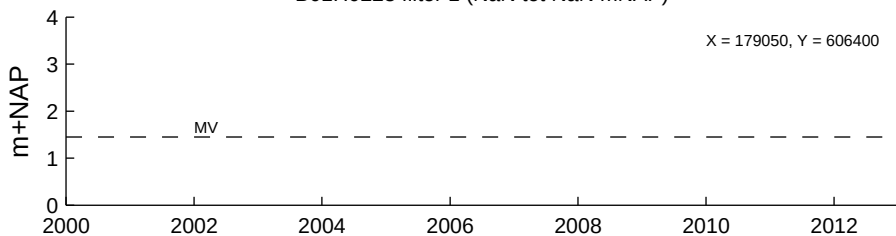
B02C0236 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)



B02C0229 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

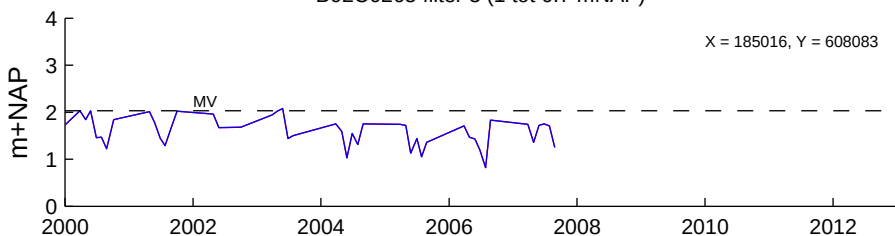


B01H0223 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)



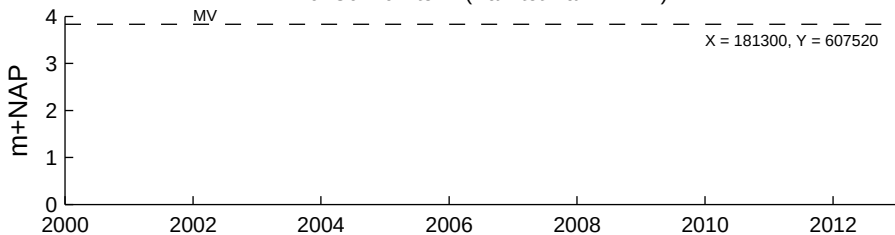
B02C0265 filter 3 (1 tot 0.7 mNAP)

X = 185016, Y = 608083



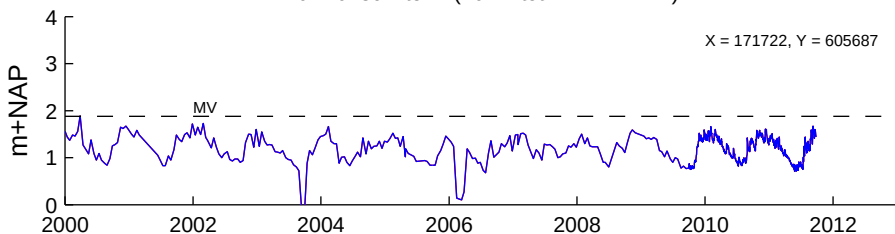
B02C0220 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

X = 181300, Y = 607520



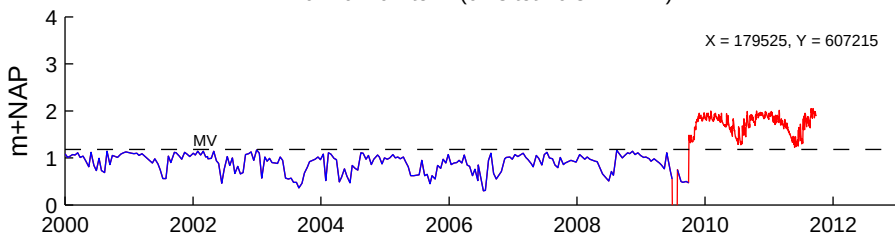
B01H0239 filter 1 (-0.12 tot -1.12 mNAP)

X = 171722, Y = 605687



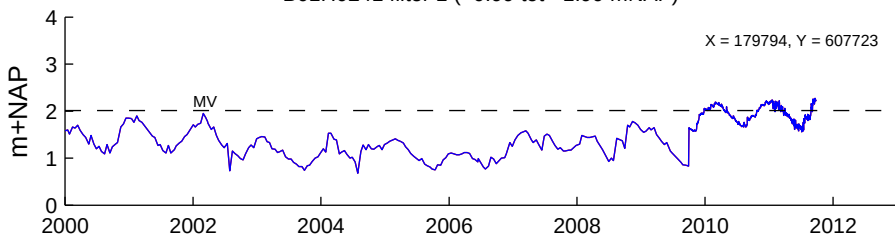
B01H0240 filter 1 (0.18 tot -0.82 mNAP)

X = 179525, Y = 607215



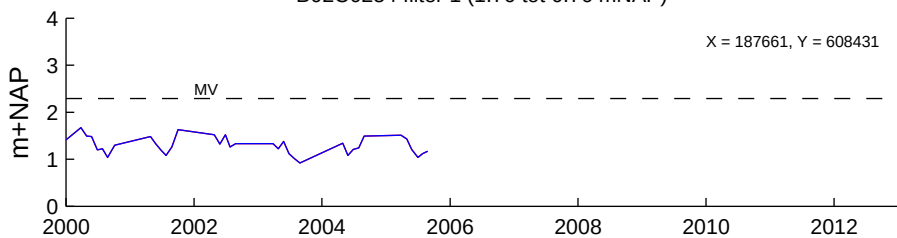
B01H0241 filter 1 (-0.99 tot -1.99 mNAP)

X = 179794, Y = 607723

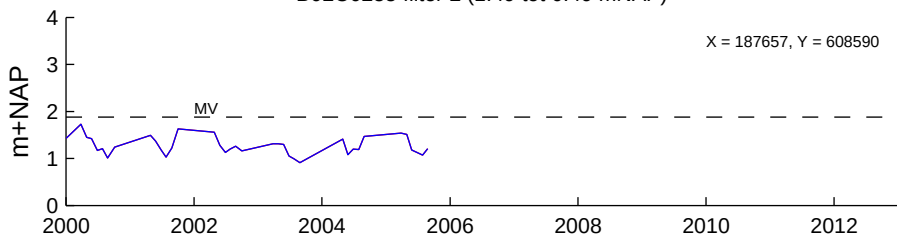


jaar

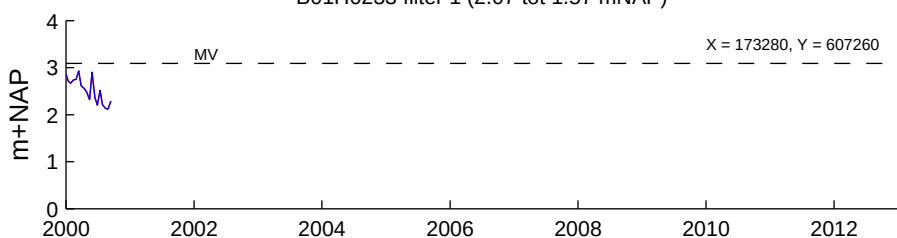
B02C0254 filter 1 (1.76 tot 0.76 mNAP)



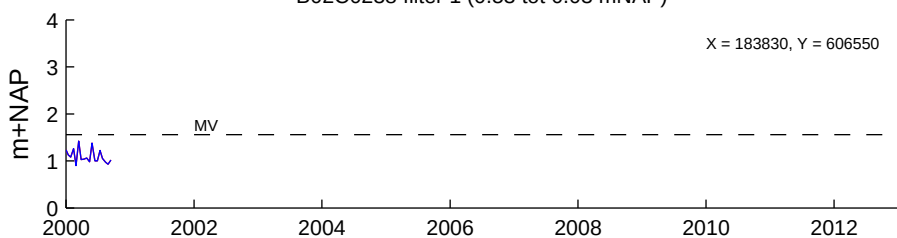
B02C0255 filter 2 (1.49 tot 0.49 mNAP)



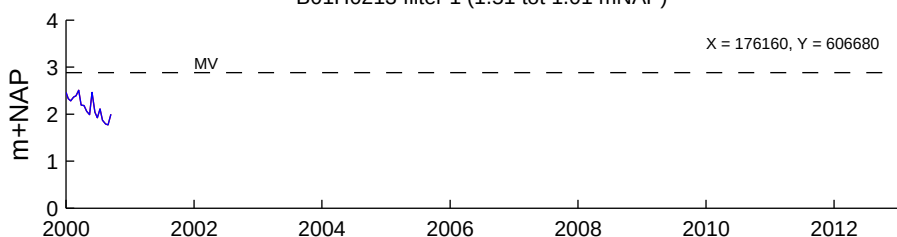
B01H0233 filter 1 (2.07 tot 1.57 mNAP)



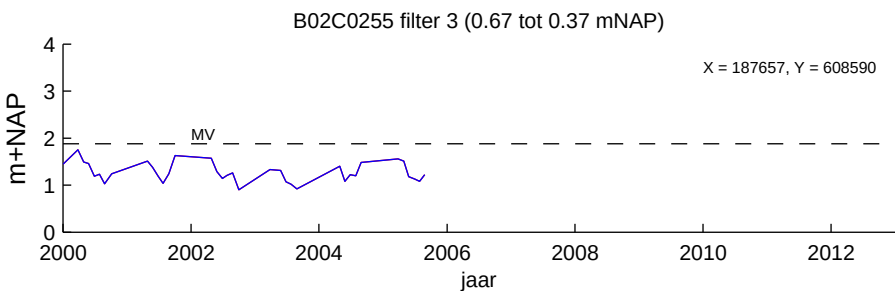
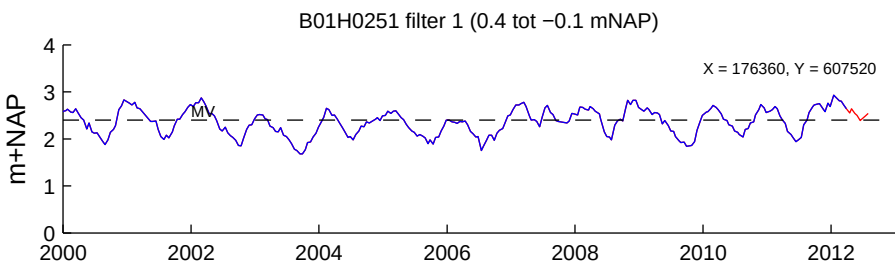
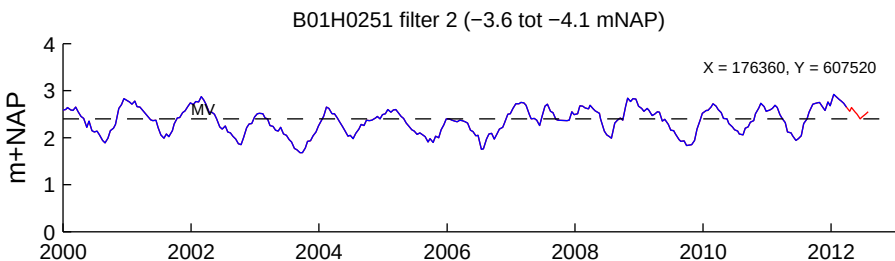
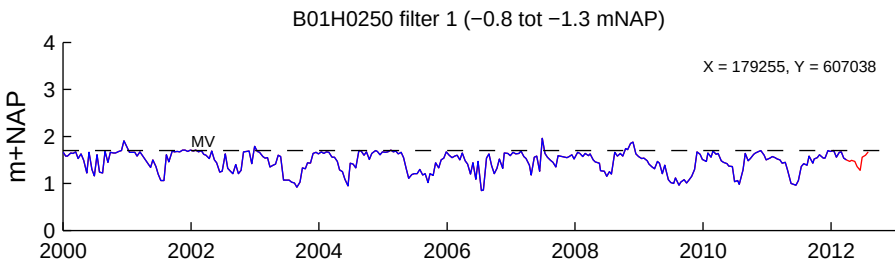
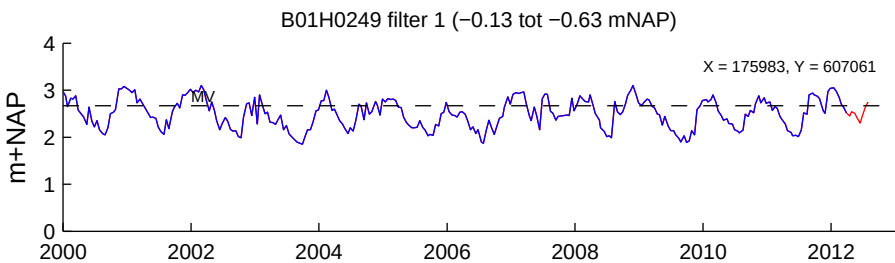
B02C0238 filter 1 (0.53 tot 0.03 mNAP)



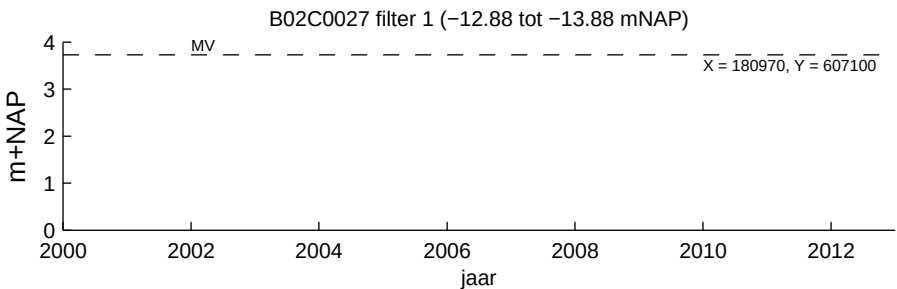
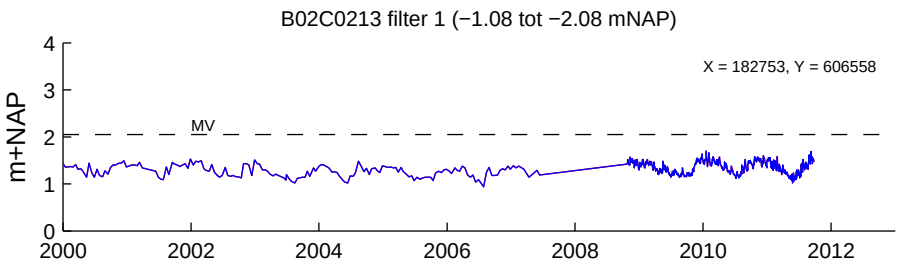
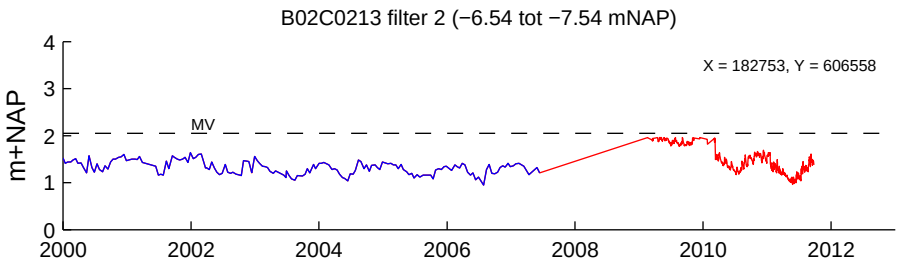
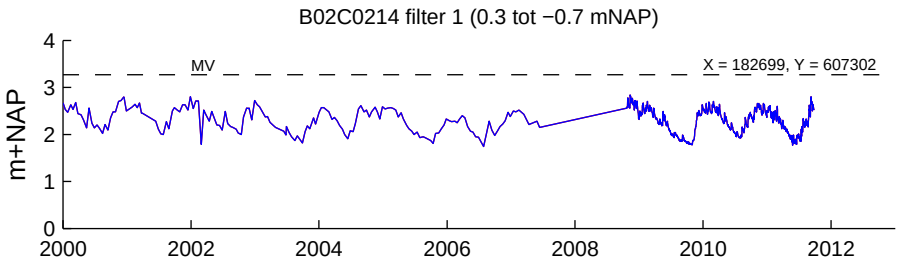
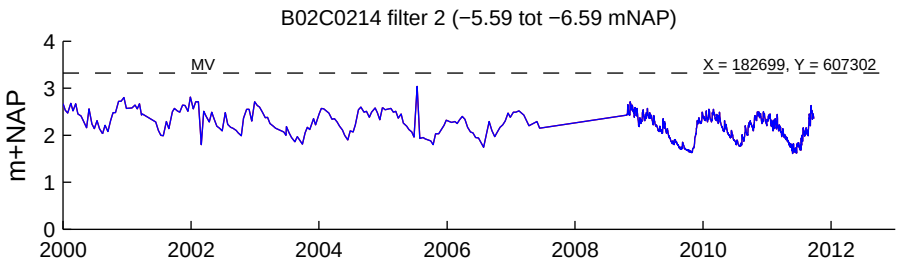
B01H0213 filter 1 (1.51 tot 1.01 mNAP)



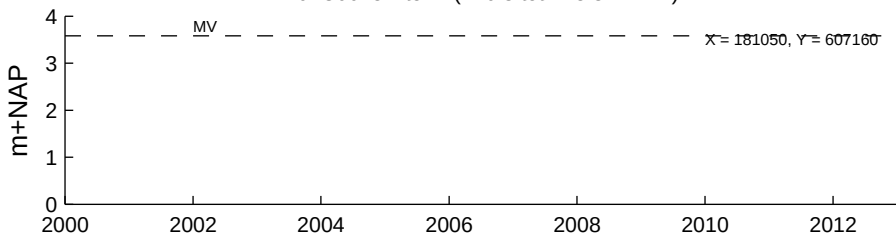
jaar



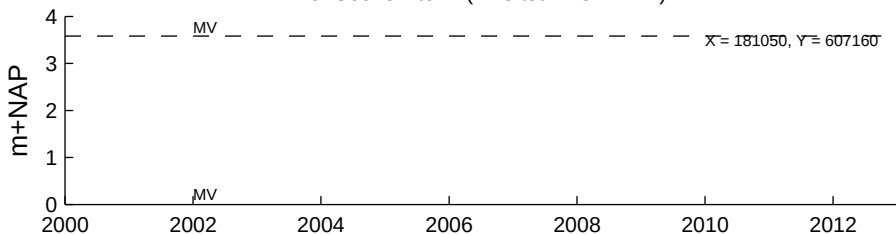




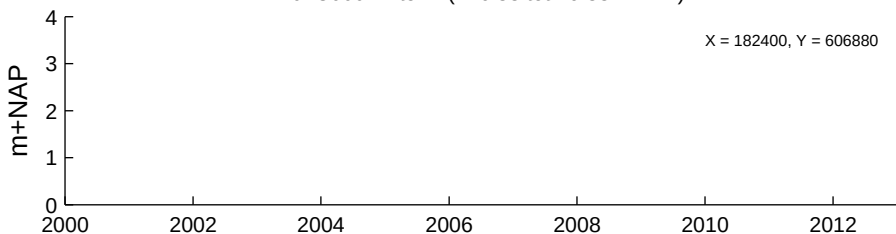
B02C0025 filter 2 (-10.8 tot -15.8 mNAP)



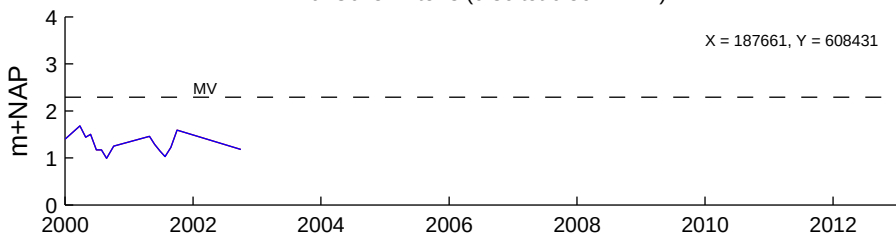
B02C0025 filter 1 (2.45 tot 1.45 mNAP)



B02C0004 filter 1 (-16.83 tot -9.33 mNAP)



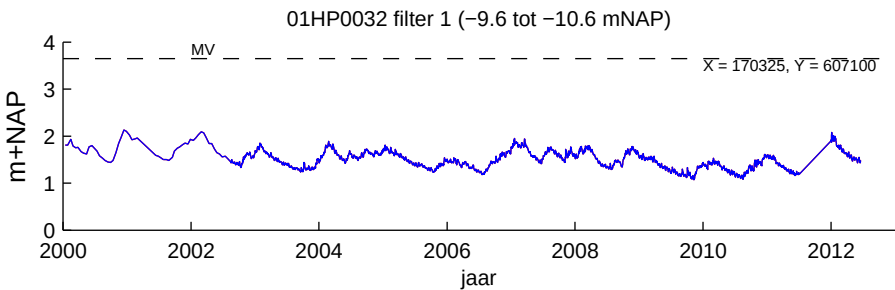
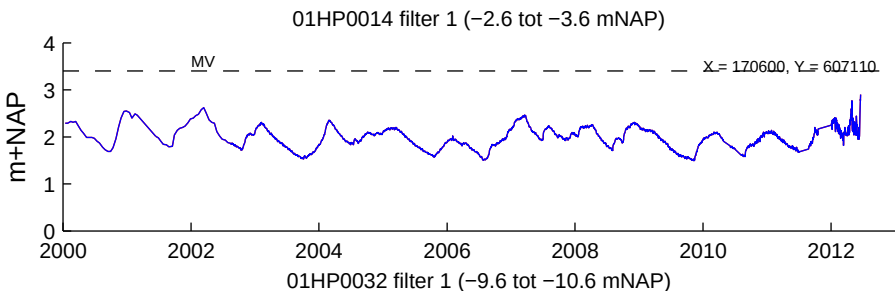
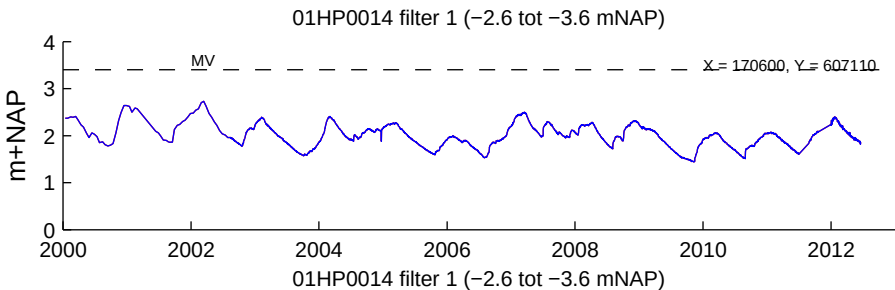
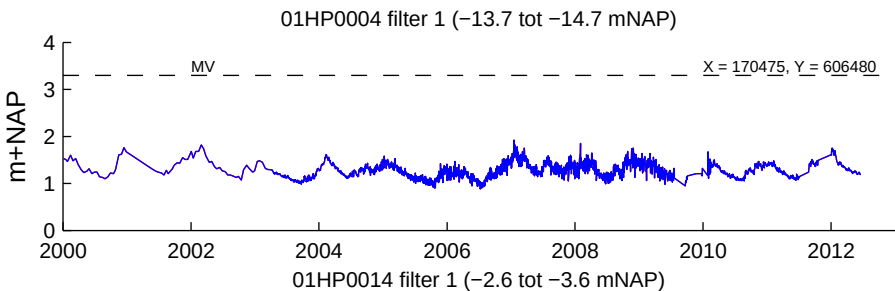
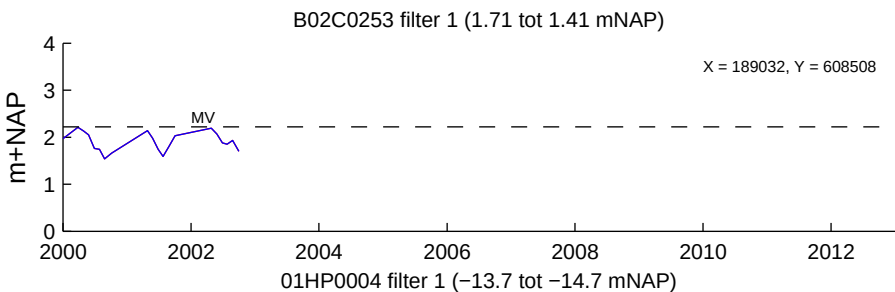
B02C0254 filter 3 (0.86 tot 0.56 mNAP)

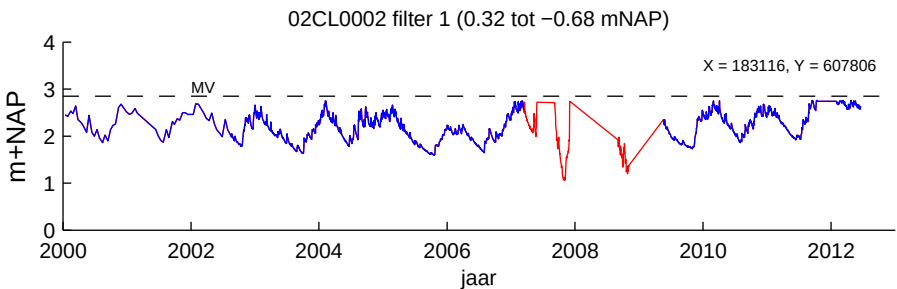
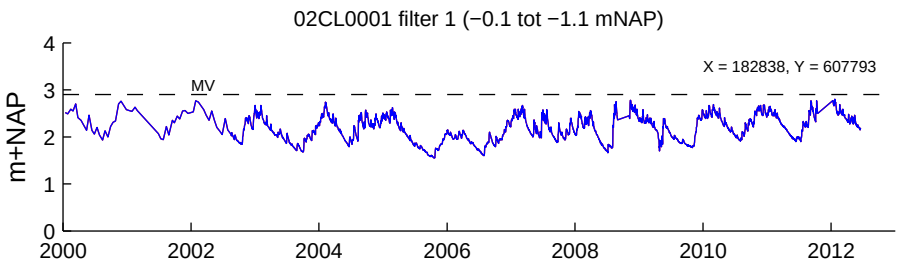
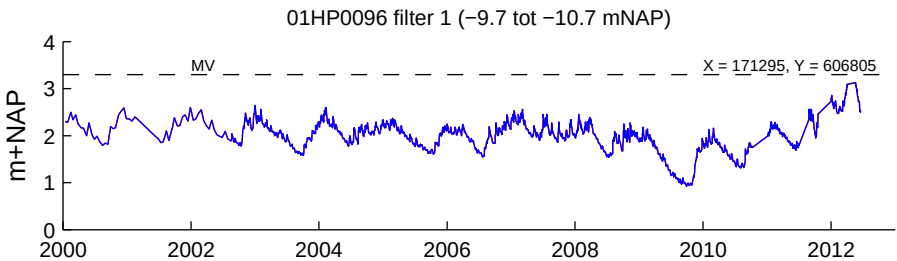
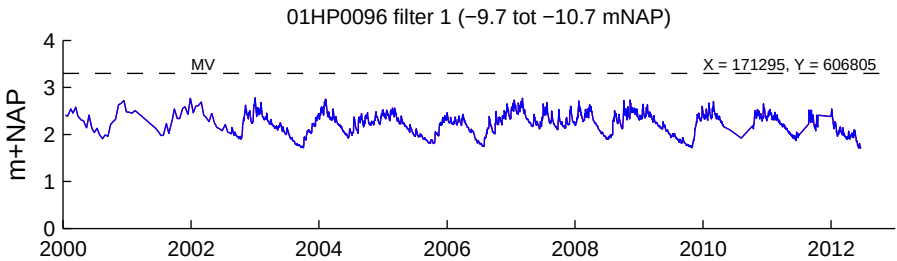
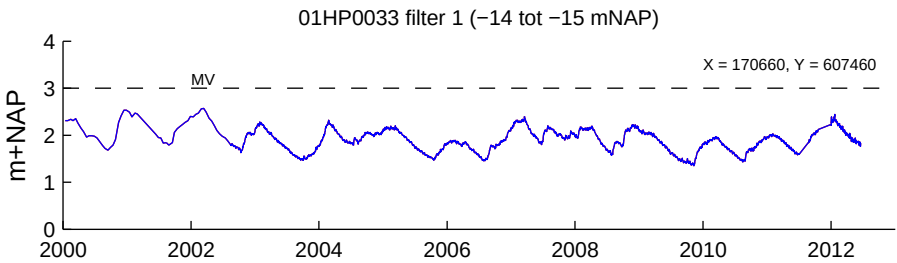


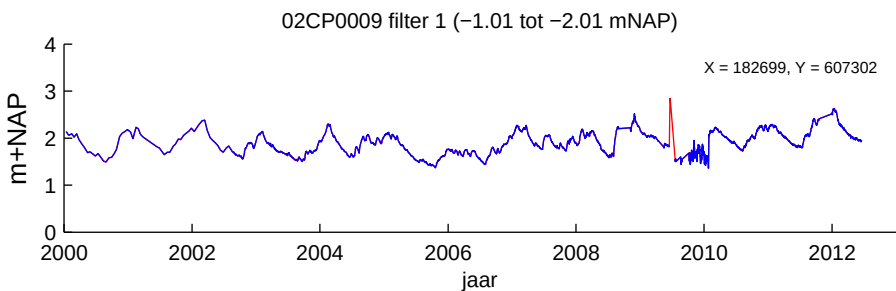
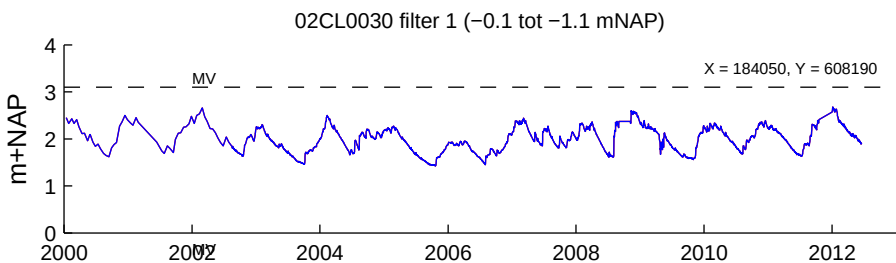
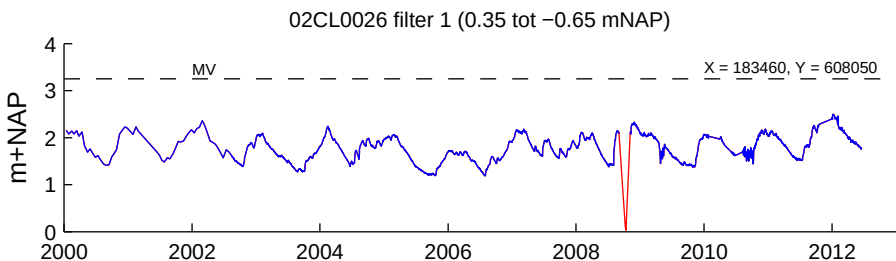
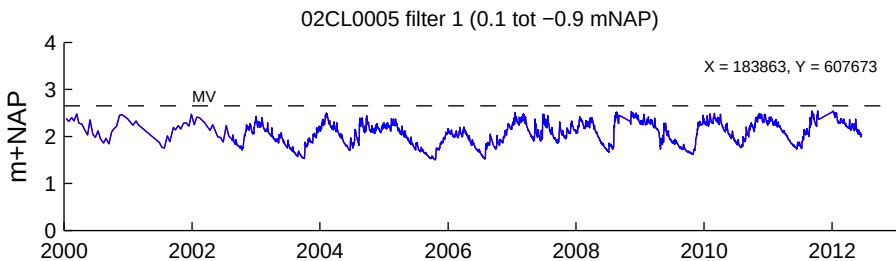
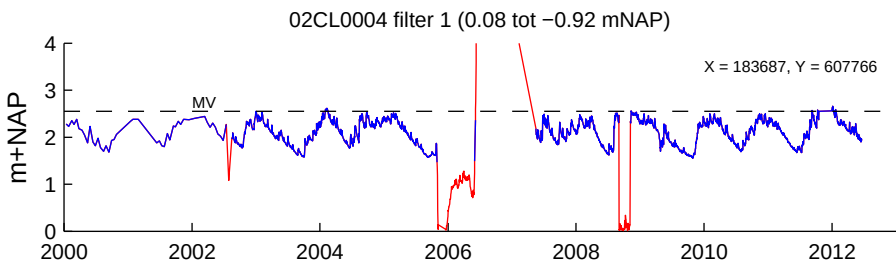
B01H0217 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

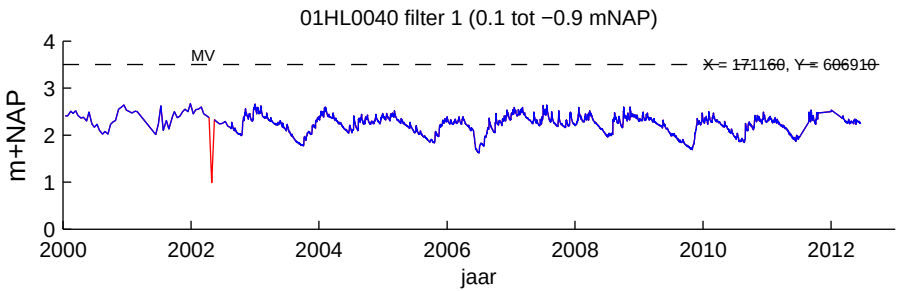
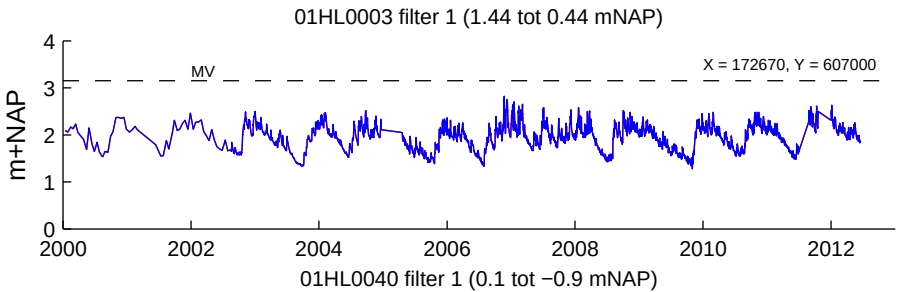
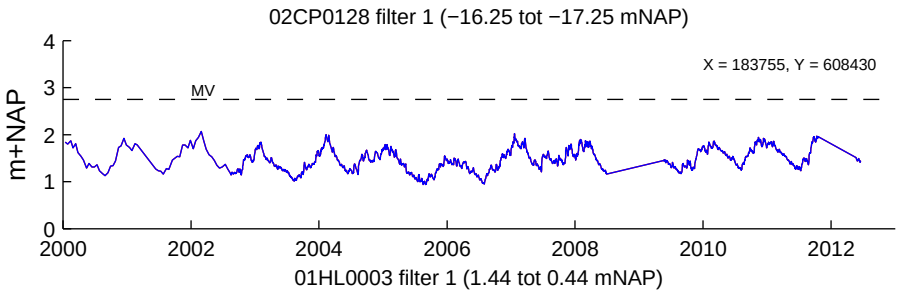
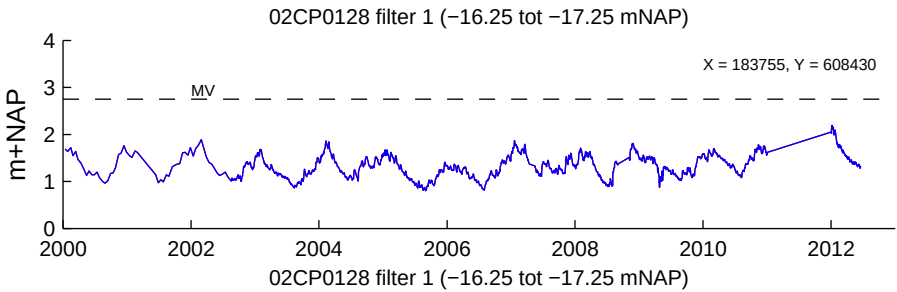
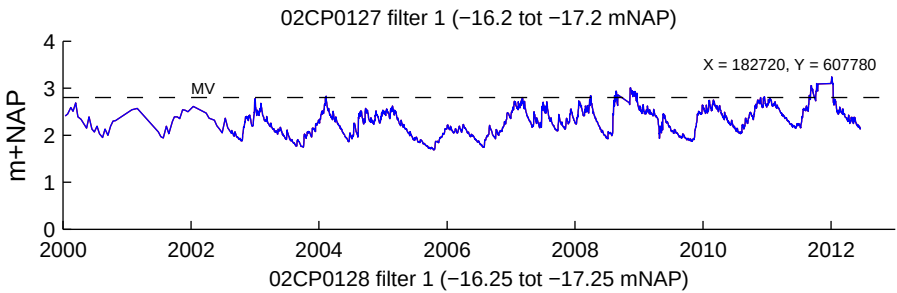


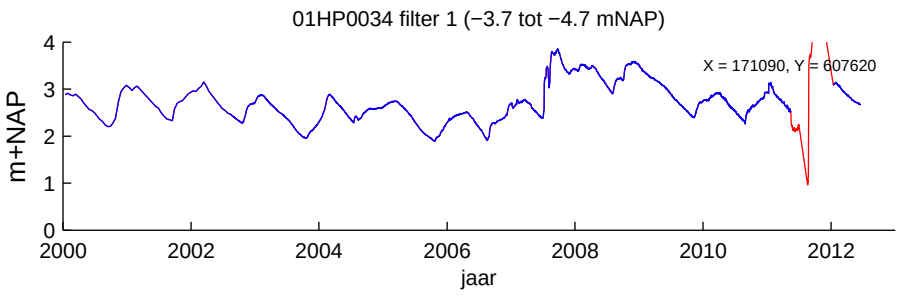
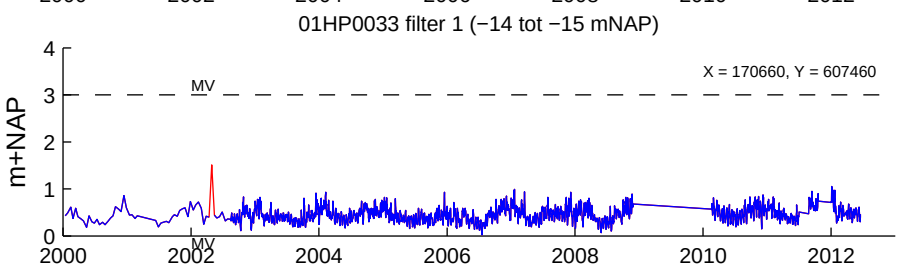
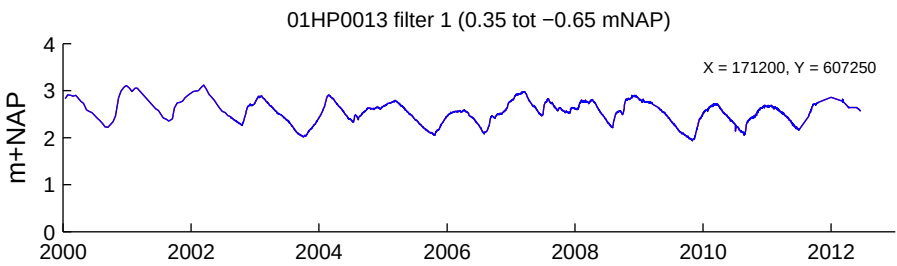
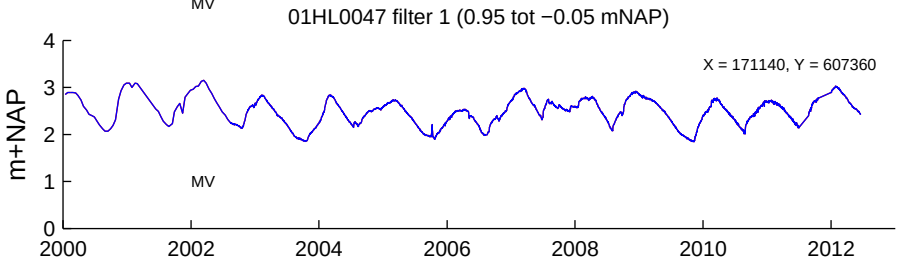
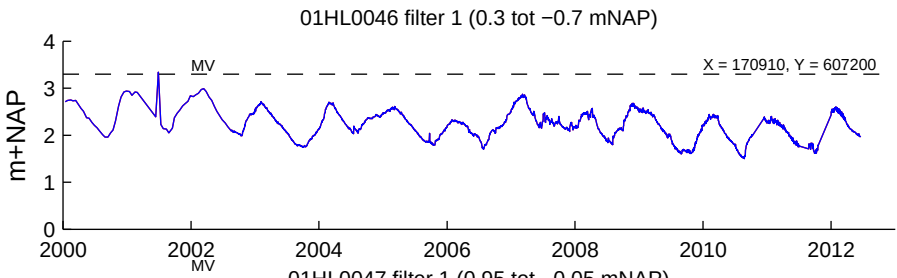
jaar







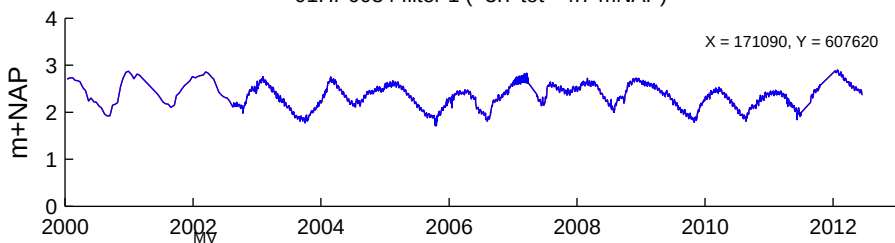




MV

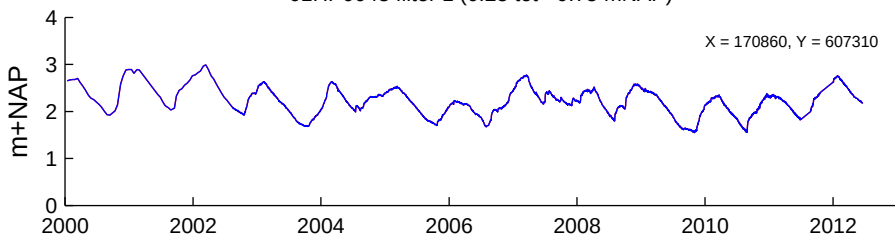
01HP0034 filter 1 (-3.7 tot -4.7 mNAP)

X = 171090, Y = 607620



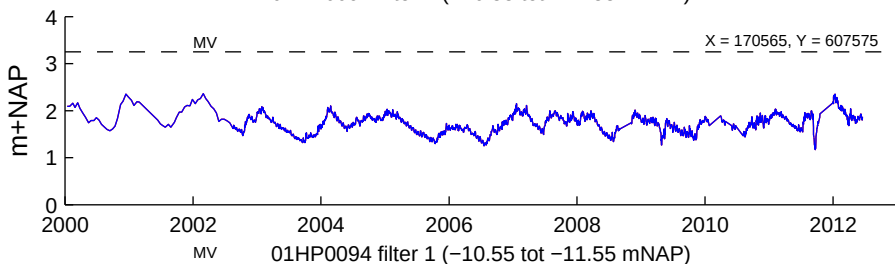
01HP0048 filter 1 (0.25 tot -0.75 mNAP)

X = 170860, Y = 607310



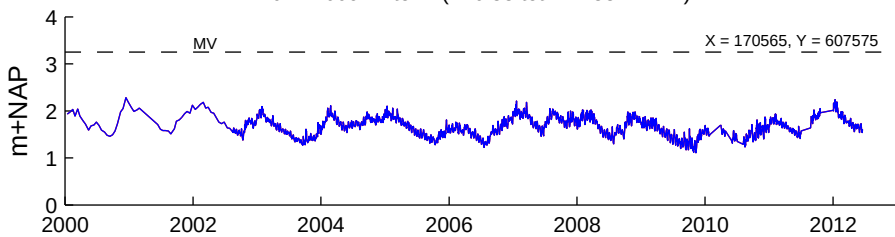
01HP0094 filter 1 (-10.55 tot -11.55 mNAP)

X = 170565, Y = 607575



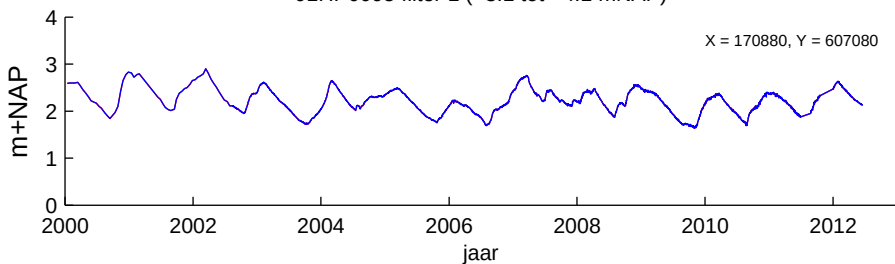
01HP0094 filter 1 (-10.55 tot -11.55 mNAP)

X = 170565, Y = 607575

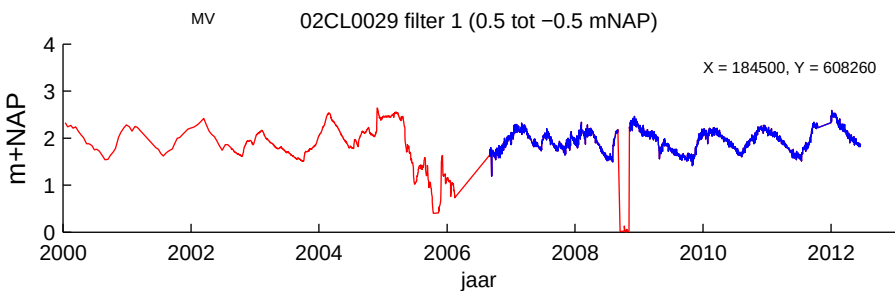
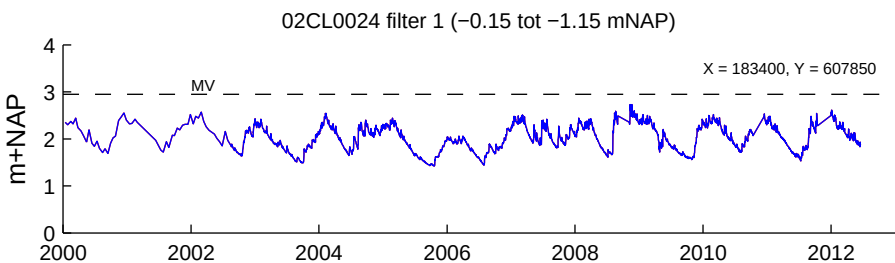
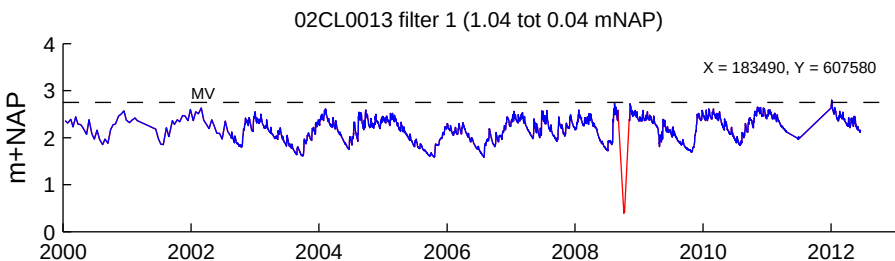
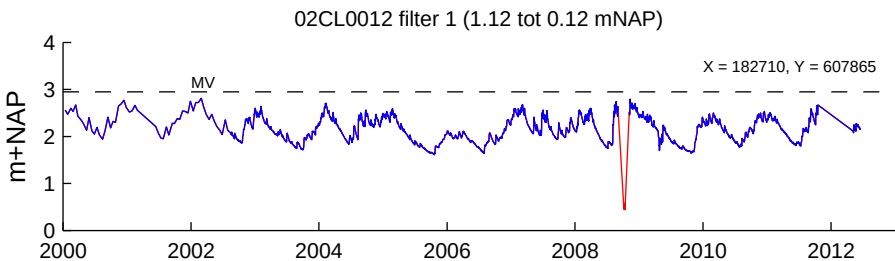
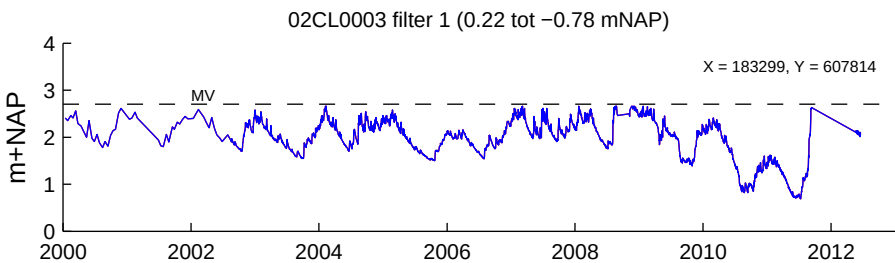


01HP0095 filter 1 (-3.1 tot -4.1 mNAP)

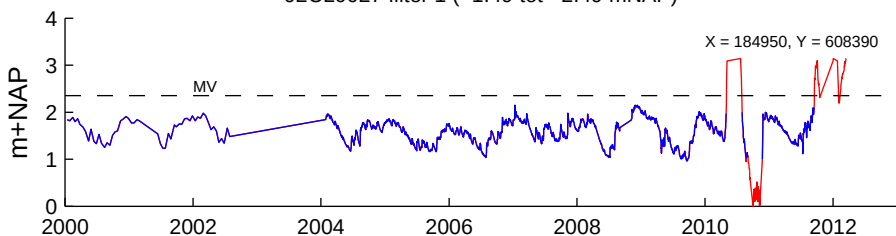
X = 170880, Y = 607080



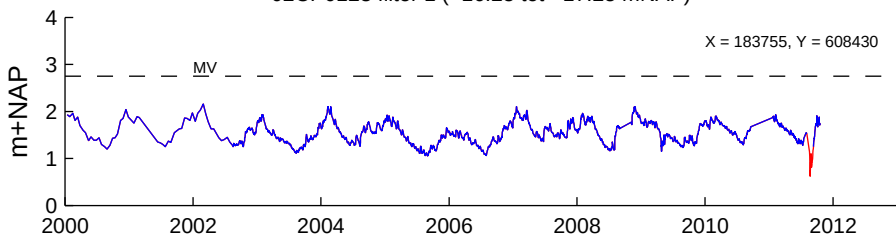




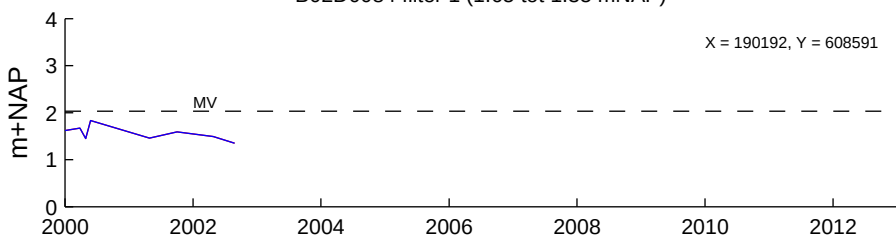
02CL0027 filter 1 (-1.49 tot -2.49 mNAP)



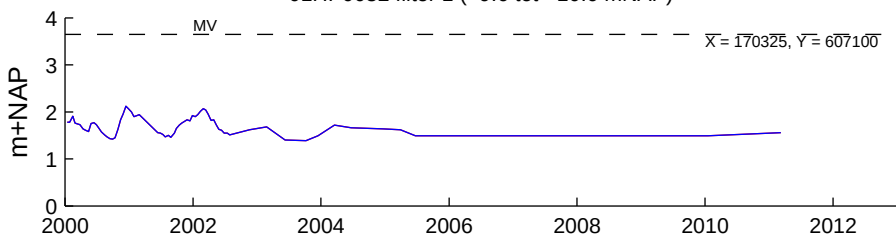
02CP0128 filter 1 (-16.25 tot -17.25 mNAP)



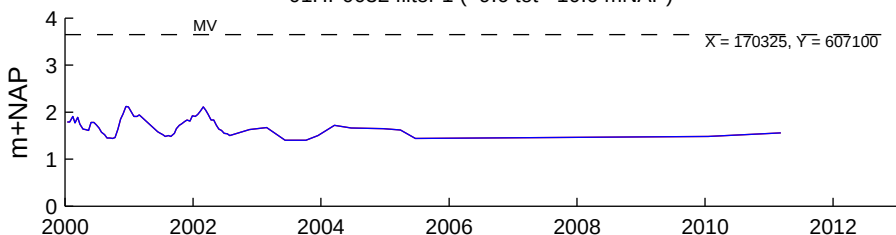
B02D0084 filter 1 (1.65 tot 1.35 mNAP)



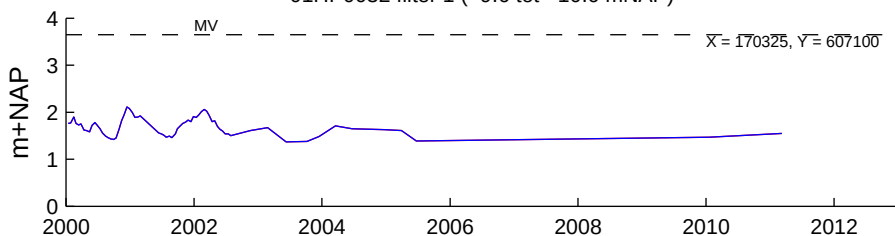
01HP0032 filter 1 (-9.6 tot -10.6 mNAP)



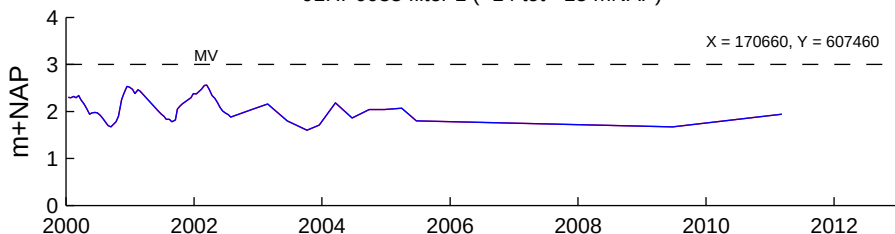
01HP0032 filter 1 (-9.6 tot -10.6 mNAP)



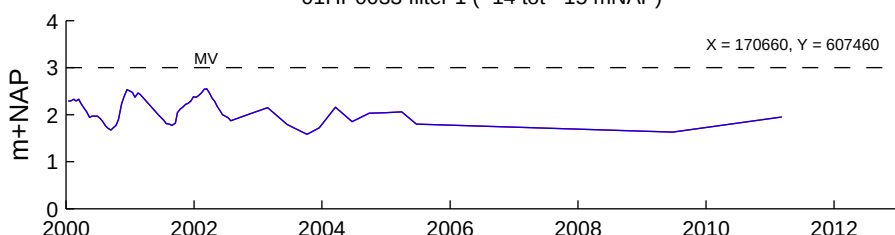
01HP0032 filter 1 (-9.6 tot -10.6 mNAP)



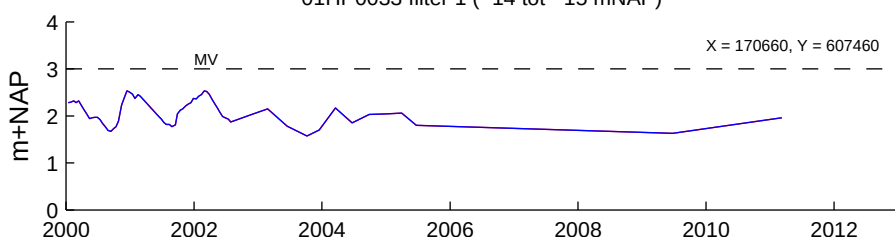
01HP0033 filter 1 (-14 tot -15 mNAP)



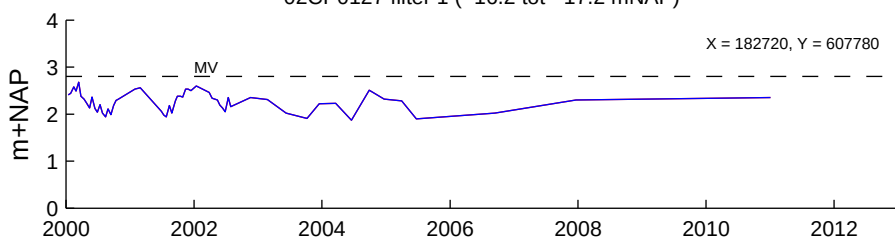
01HP0033 filter 1 (-14 tot -15 mNAP)



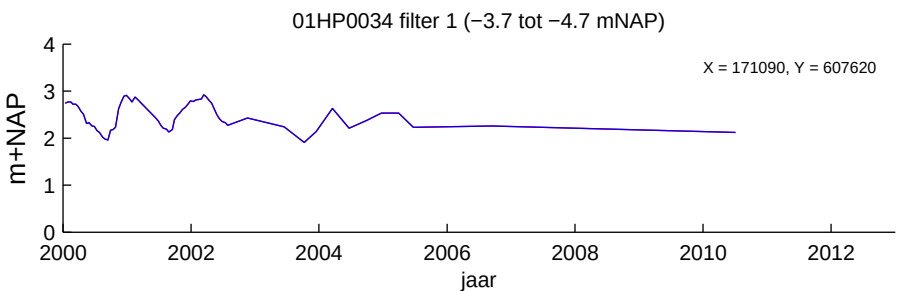
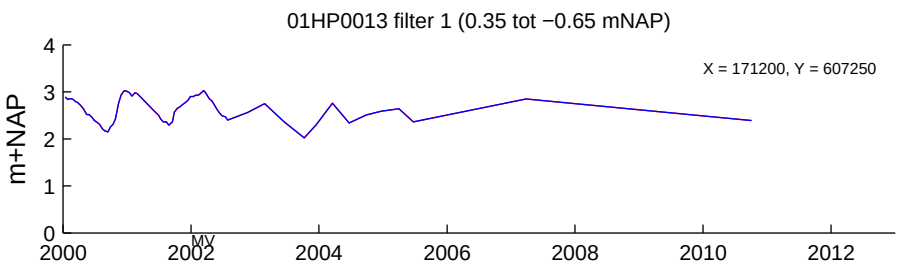
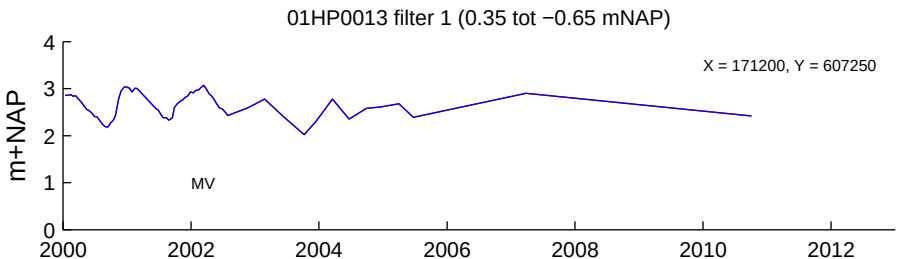
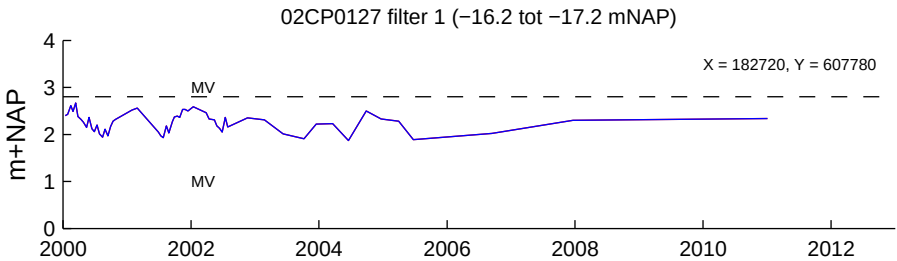
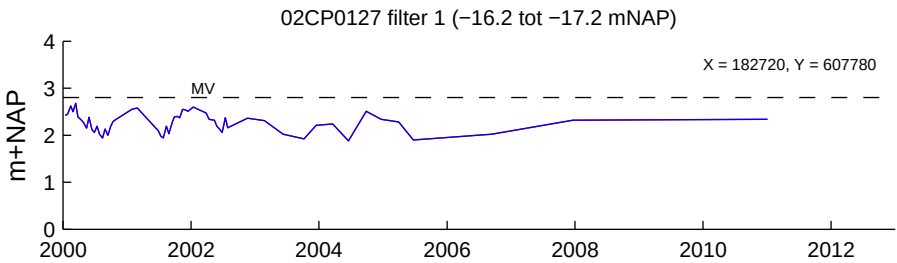
01HP0033 filter 1 (-14 tot -15 mNAP)



02CP0127 filter 1 (-16.2 tot -17.2 mNAP)



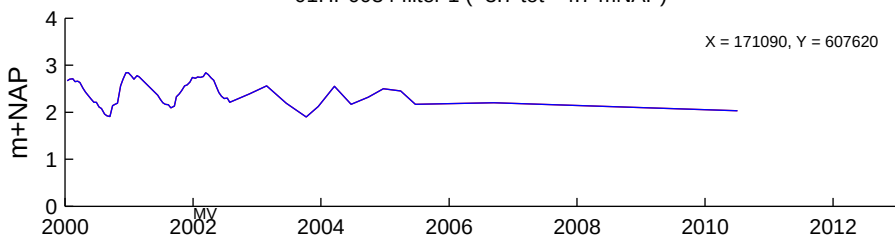
jaar



MV

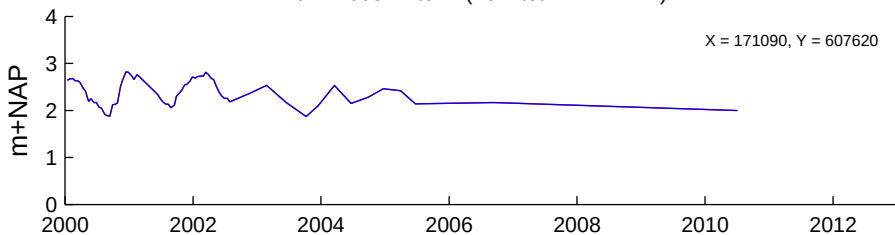
01HP0034 filter 1 (-3.7 tot -4.7 mNAP)

X = 171090, Y = 607620



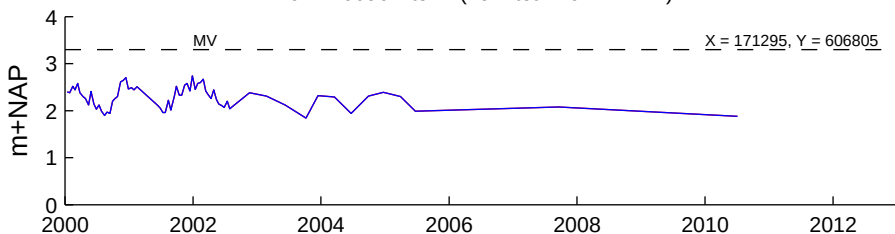
01HP0034 filter 1 (-3.7 tot -4.7 mNAP)

X = 171090, Y = 607620



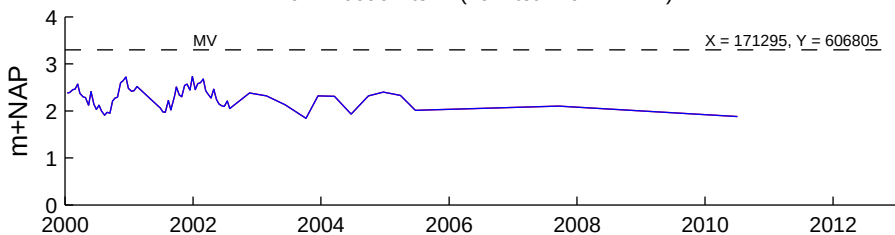
01HP0096 filter 1 (-9.7 tot -10.7 mNAP)

X = 171295, Y = 606805



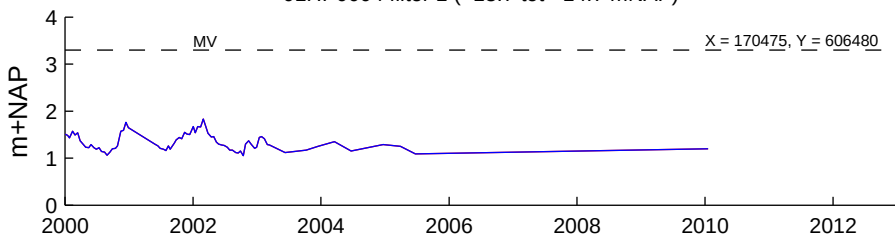
01HP0096 filter 1 (-9.7 tot -10.7 mNAP)

X = 171295, Y = 606805

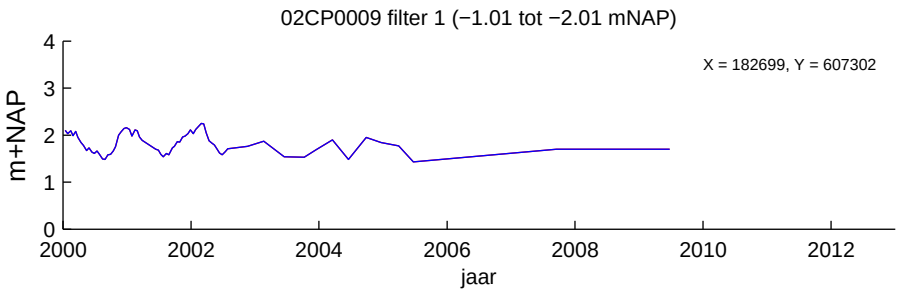
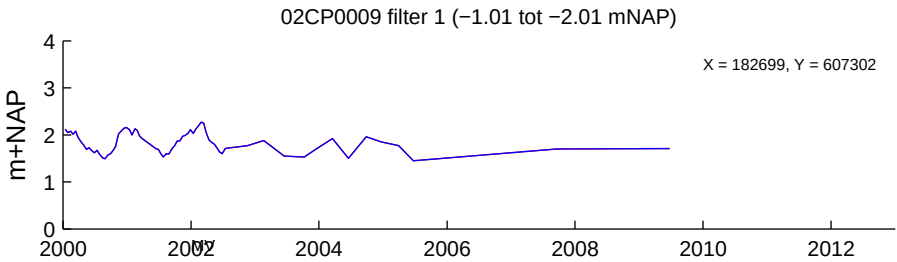
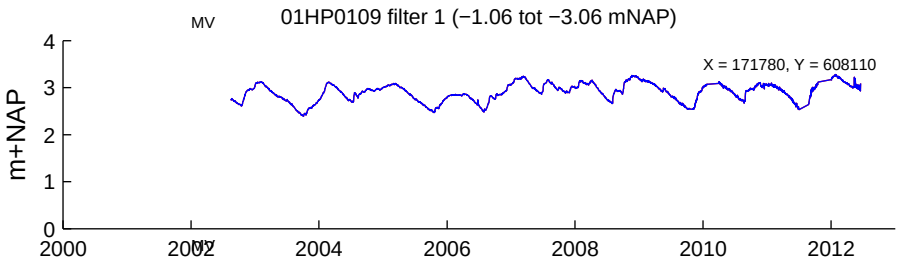
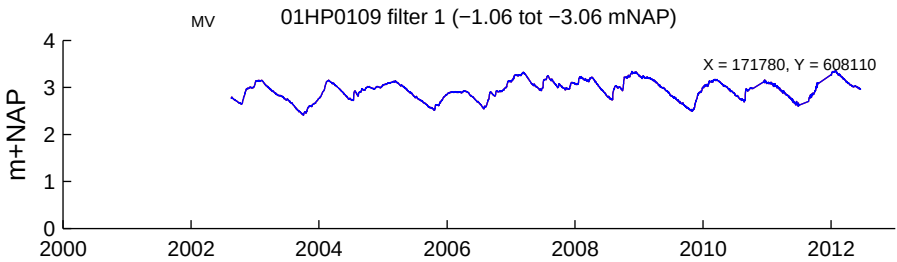
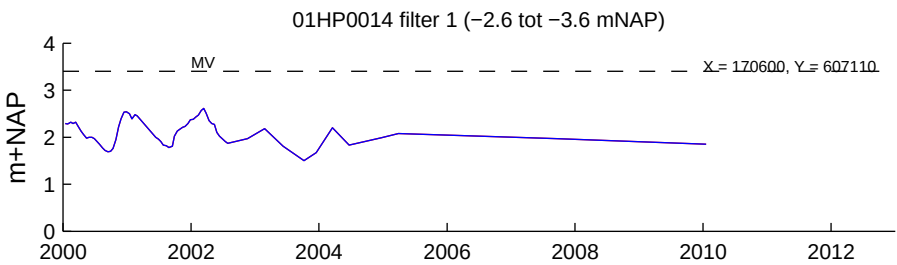


01HP0004 filter 1 (-13.7 tot -14.7 mNAP)

X = 170475, Y = 606480



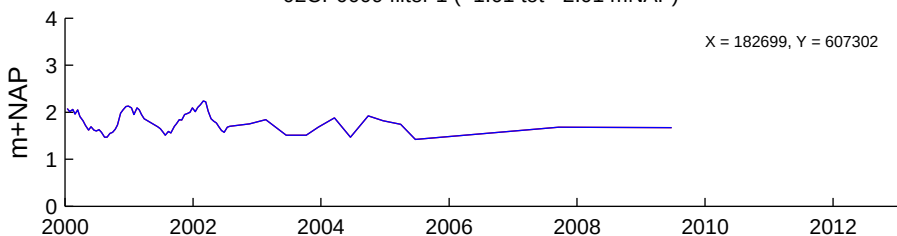
jaar



MV

02CP0009 filter 1 (-1.01 tot -2.01 mNAP)

X = 182699, Y = 607302



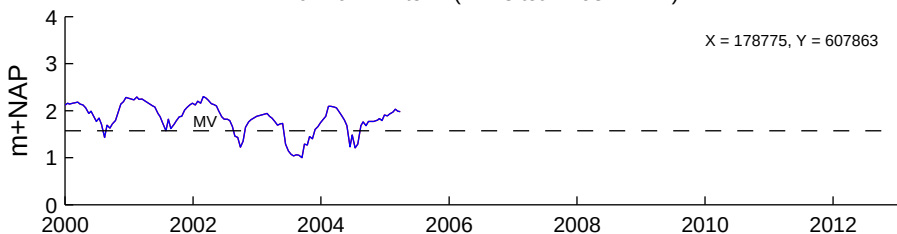
B01H0007 filter 1 (-12.2 tot -23 mNAP)

X = 171800, Y = 605630



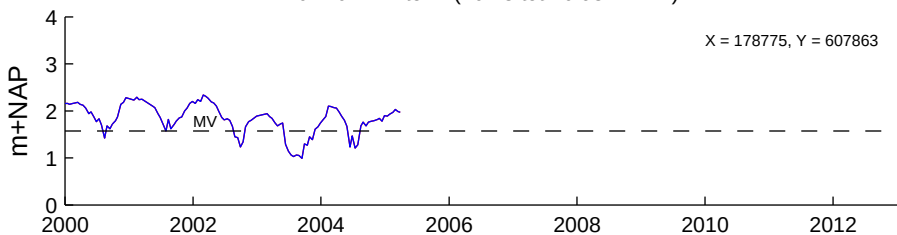
B01H0242 filter 2 (-4.43 tot -4.93 mNAP)

X = 178775, Y = 607863



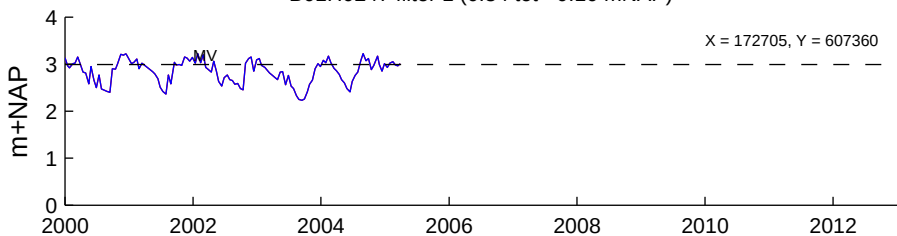
B01H0242 filter 1 (-0.43 tot -0.93 mNAP)

X = 178775, Y = 607863



B01H0247 filter 1 (0.34 tot -0.16 mNAP)

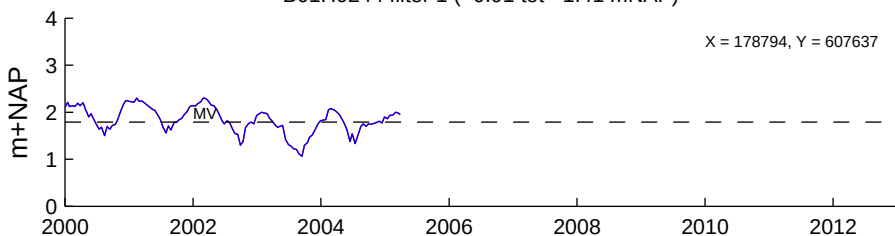
X = 172705, Y = 607360



jaar

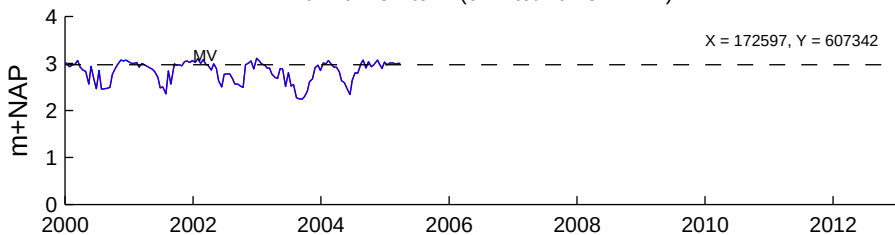
B01H0244 filter 1 (−0.91 tot −1.41 mNAP)

X = 178794, Y = 607637



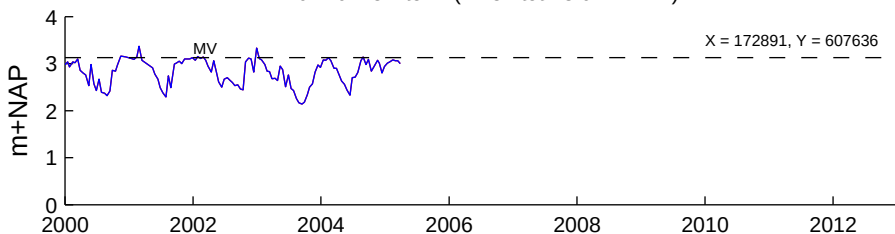
B01H0248 filter 1 (0.22 tot −0.28 mNAP)

X = 172597, Y = 607342



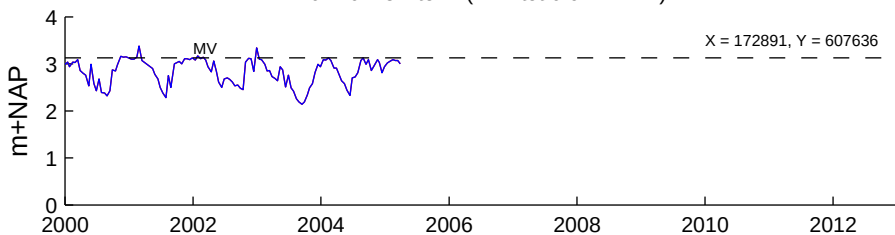
B01H0245 filter 2 (−2.57 tot −3.07 mNAP)

X = 172891, Y = 607636



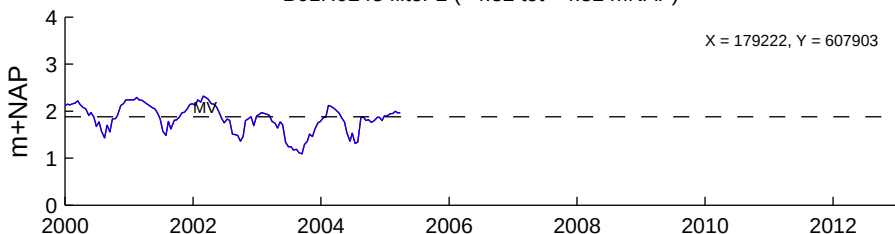
B01H0245 filter 1 (1.17 tot 0.67 mNAP)

X = 172891, Y = 607636



B01H0243 filter 2 (−4.32 tot −4.82 mNAP)

X = 179222, Y = 607903

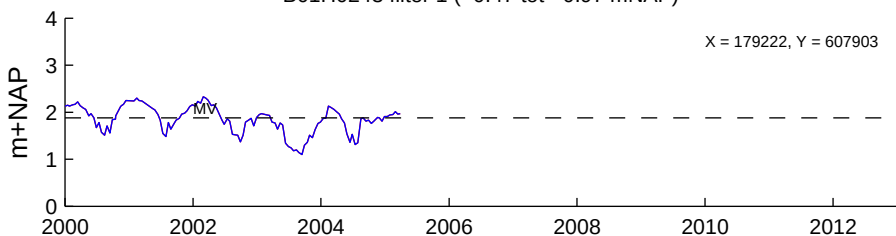


jaar



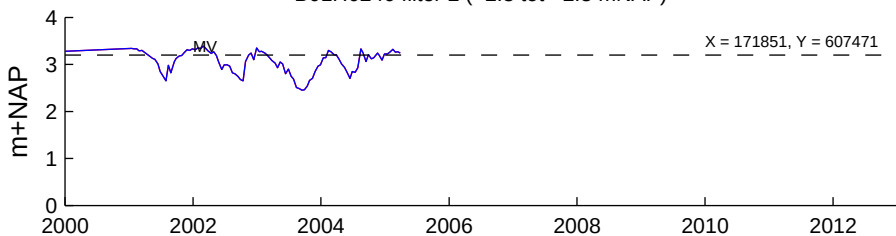
B01H0243 filter 1 (-0.47 tot -0.97 mNAP)

X = 179222, Y = 607903



B01H0246 filter 2 (-2.3 tot -2.8 mNAP)

X = 171851, Y = 607471



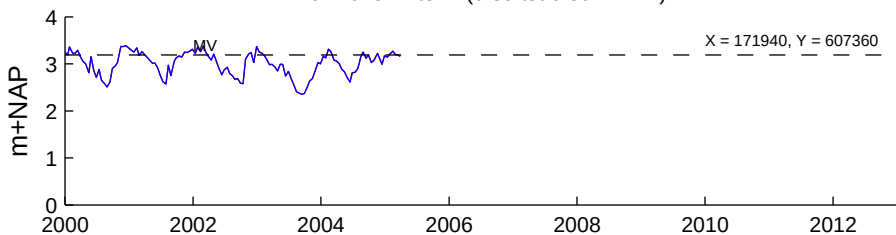
B01H0246 filter 1 (2.9 tot 2.4 mNAP)

X = 171851, Y = 607471



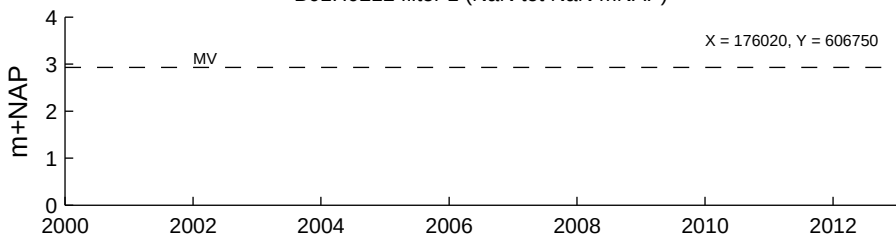
B01H0252 filter 1 (0.89 tot 0.39 mNAP)

X = 171940, Y = 607360



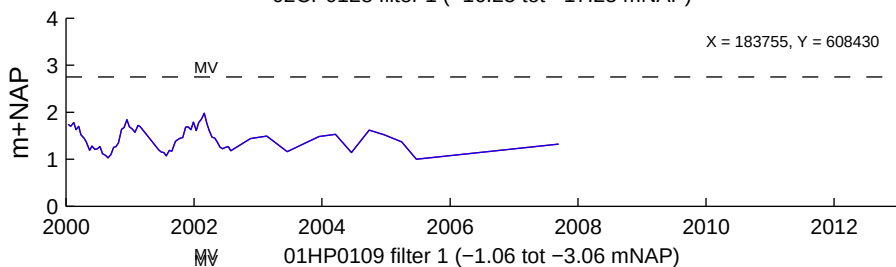
B01H0212 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

X = 176020, Y = 606750

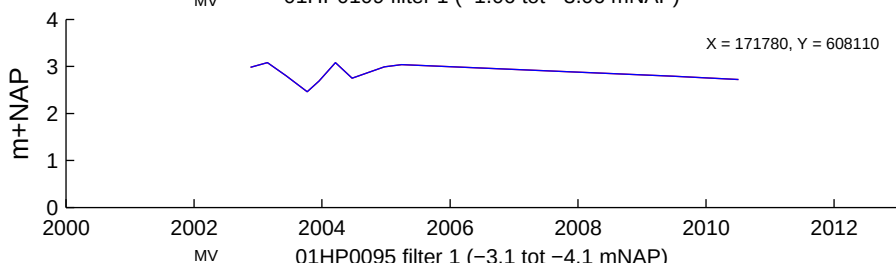


jaar

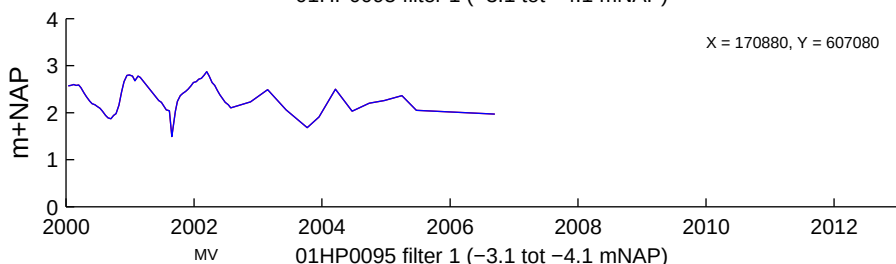
02CP0128 filter 1 (-16.25 tot -17.25 mNAP)



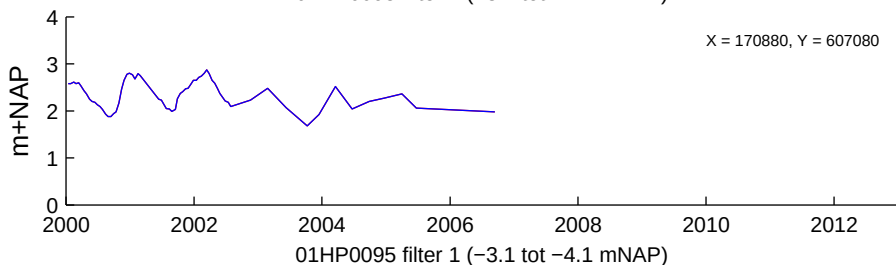
01HP0109 filter 1 (-1.06 tot -3.06 mNAP)



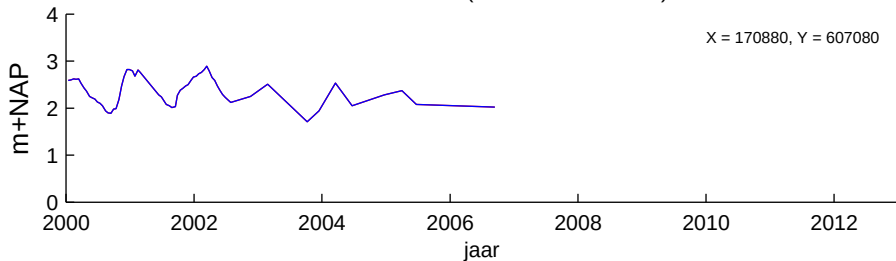
01HP0095 filter 1 (-3.1 tot -4.1 mNAP)

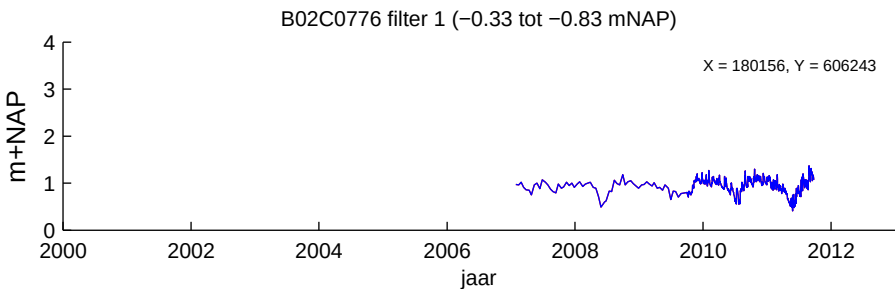
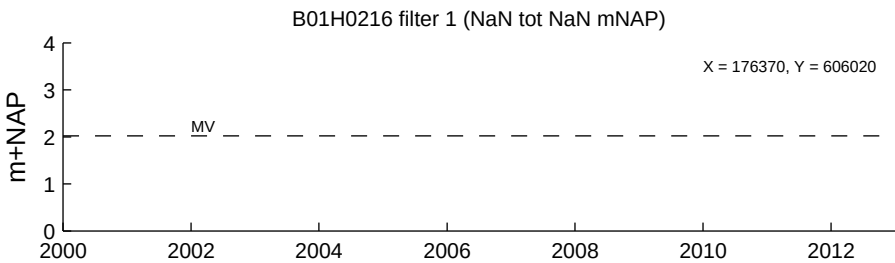
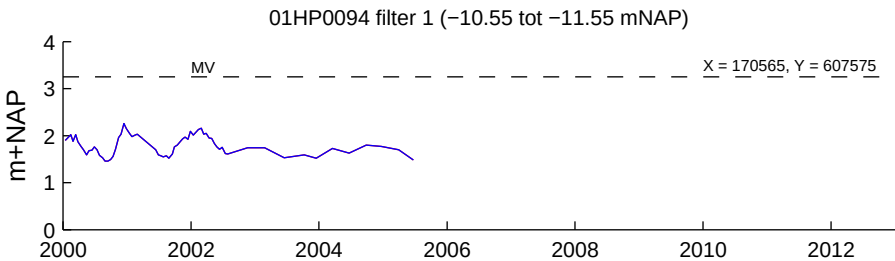
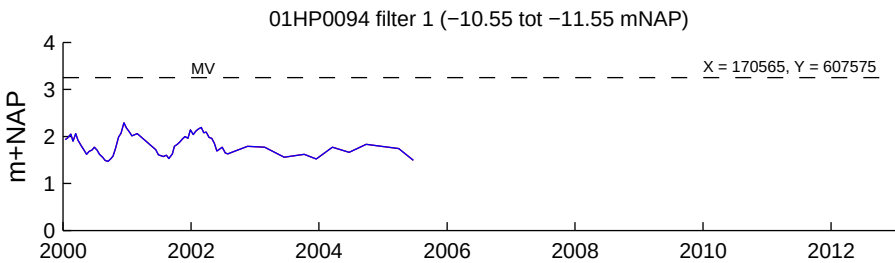
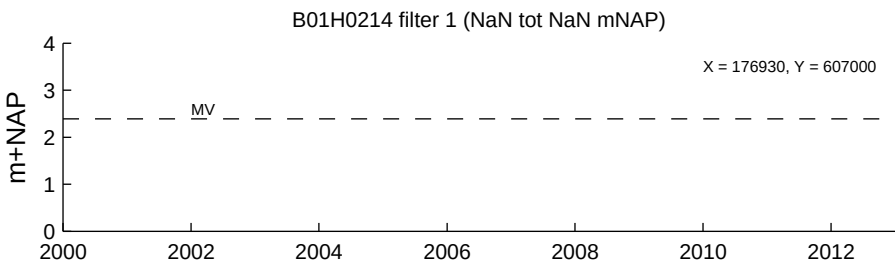


01HP0095 filter 1 (-3.1 tot -4.1 mNAP)



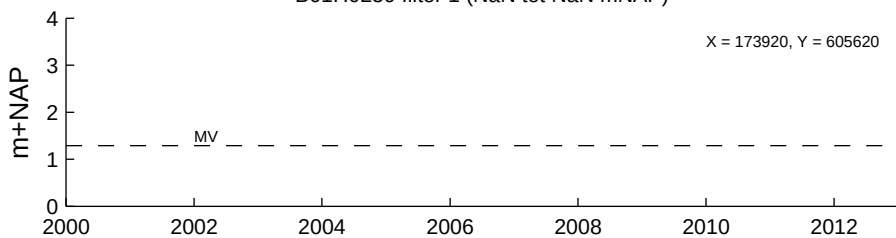
01HP0095 filter 1 (-3.1 tot -4.1 mNAP)





B01H0259 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

X = 173920, Y = 605620



B01H0230 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

X = 173590, Y = 604640



B01H0257 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

X = 173770, Y = 606420



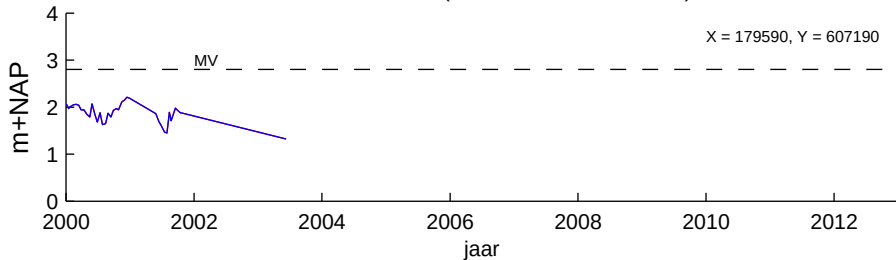
B01H0207 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

X = 170920, Y = 606600



01HP0010 filter 1 (-19.21 tot -20.21 mNAP)

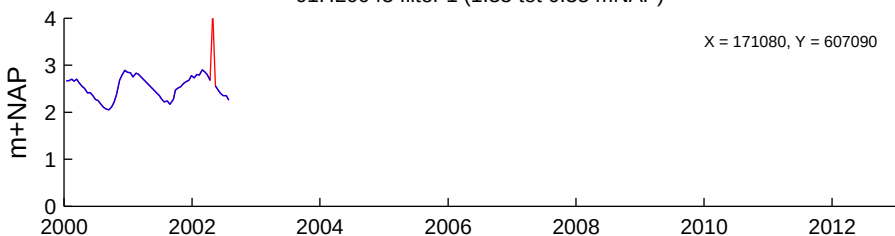
X = 179590, Y = 607190



MV

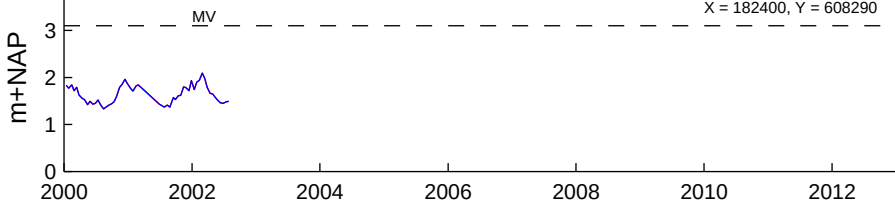
01HL0045 filter 1 (1.35 tot 0.35 mNAP)

X = 171080, Y = 607090



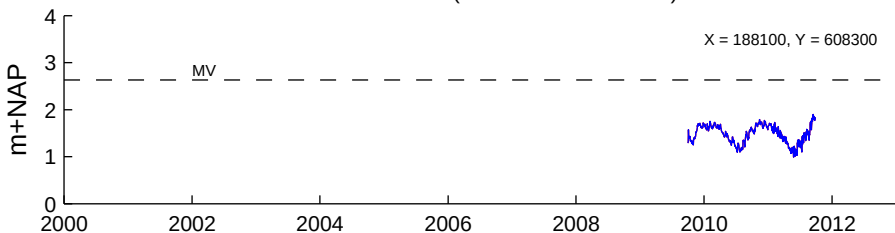
02CL0035 filter 1 (-0.15 tot -1.15 mNAP)

X = 182400, Y = 608290



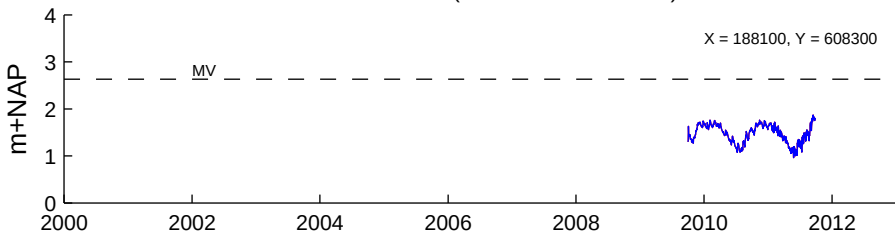
B02C0028 filter 4 (-21.5 tot -22.5 mNAP)

X = 188100, Y = 608300



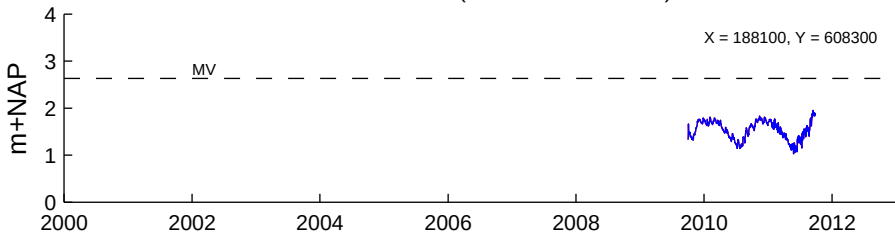
B02C0028 filter 3 (-7.49 tot -8.49 mNAP)

X = 188100, Y = 608300



B02C0028 filter 2 (1.53 tot -7.47 mNAP)

X = 188100, Y = 608300



jaar

B02C0028 filter 1 (1.65 tot 1.56 mNAP)



B02C0277 filter 1 (2.69 tot 1.44 mNAP)



01HP0010 filter 1 (-19.21 tot -20.21 mNAP)

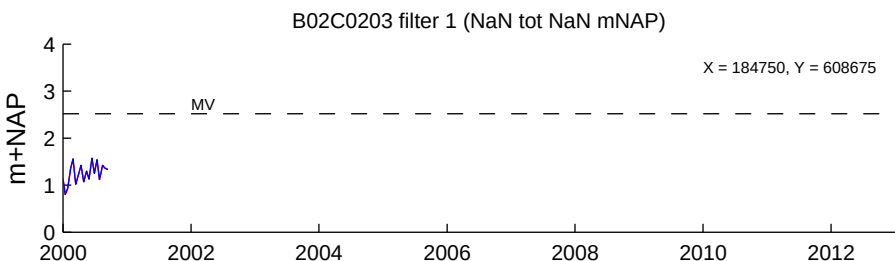
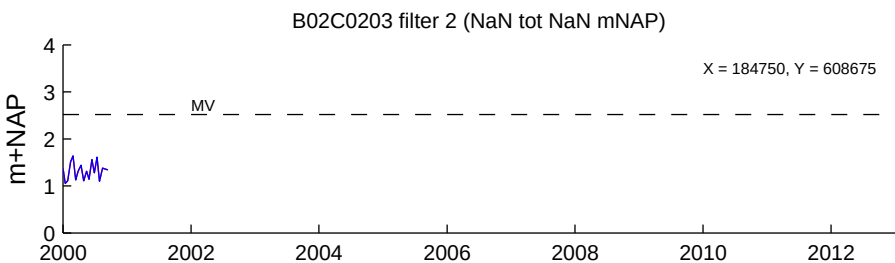
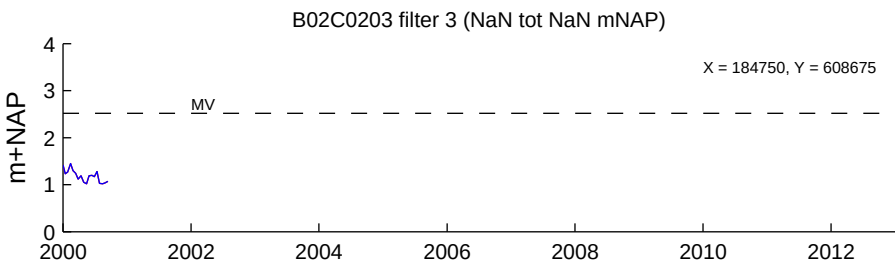
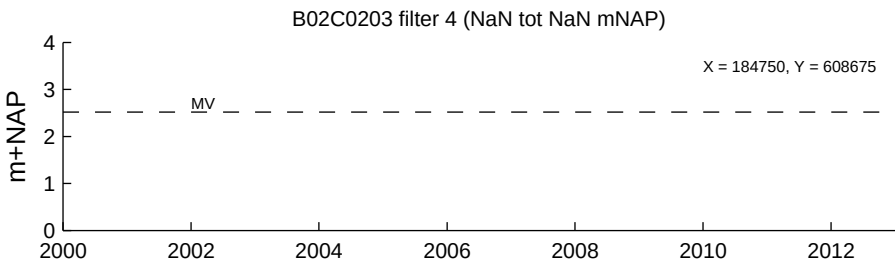
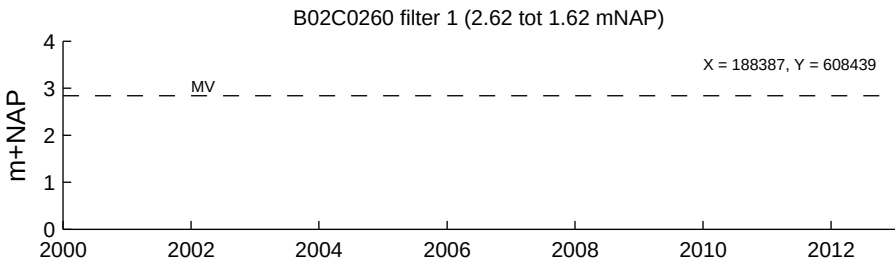


01HP0011 filter 1 (-7.25 tot -8.25 mNAP)

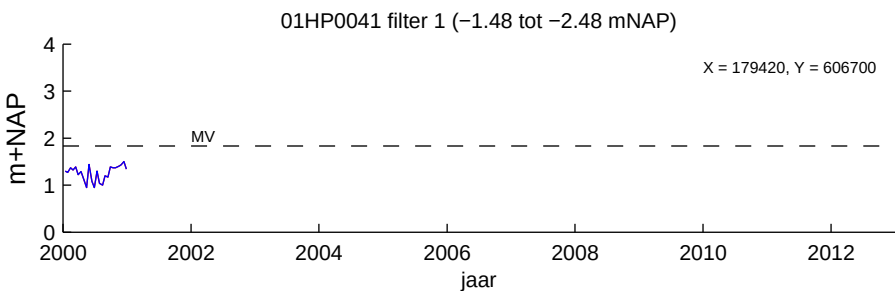
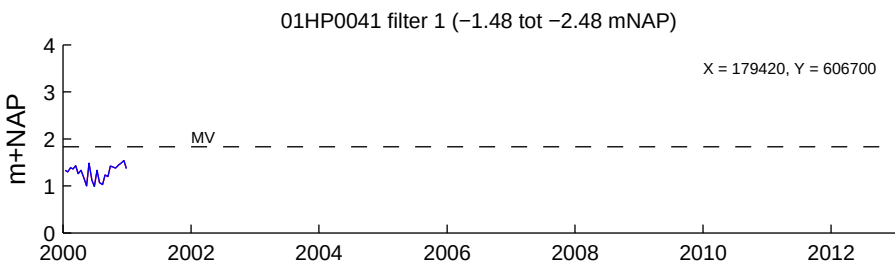
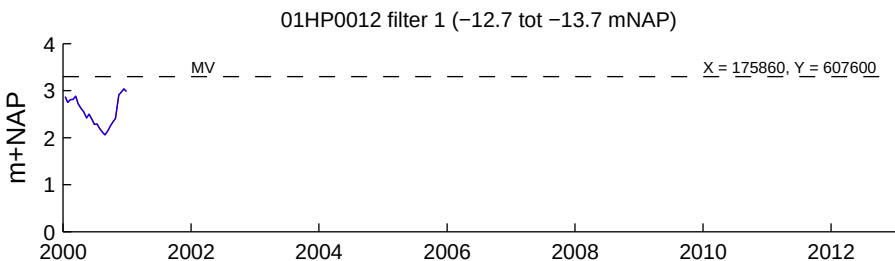
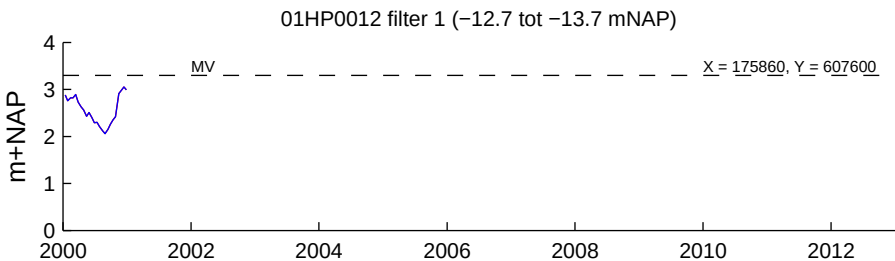
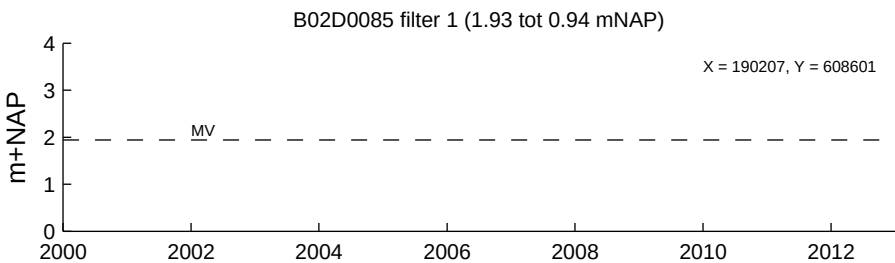


01HP0011 filter 1 (-7.25 tot -8.25 mNAP)





jaar





01HP0041 filter 1 (−1.48 tot −2.48 mNAP)

X = 179420, Y = 606700



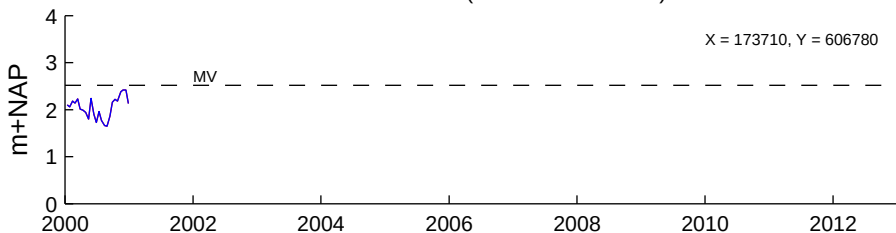
01HP0041 filter 1 (−1.48 tot −2.48 mNAP)

X = 179420, Y = 606700



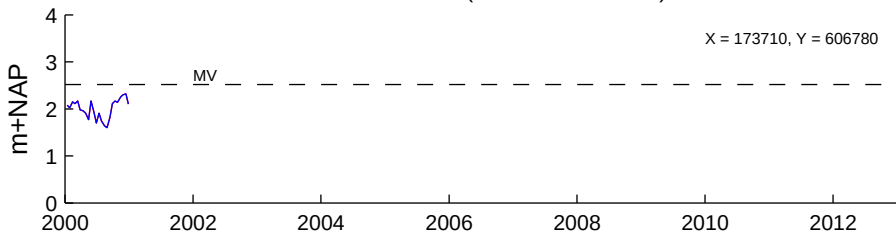
01HP0042 filter 1 (1.63 tot 0.63 mNAP)

X = 173710, Y = 606780



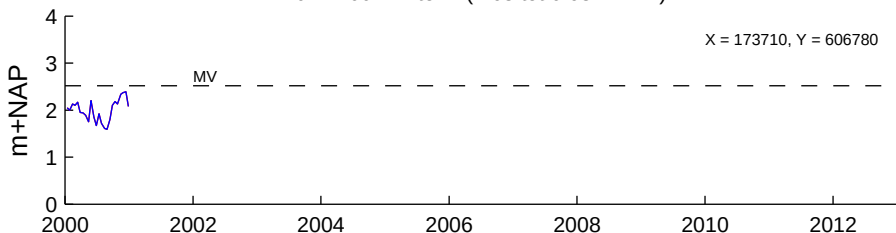
01HP0042 filter 1 (1.63 tot 0.63 mNAP)

X = 173710, Y = 606780



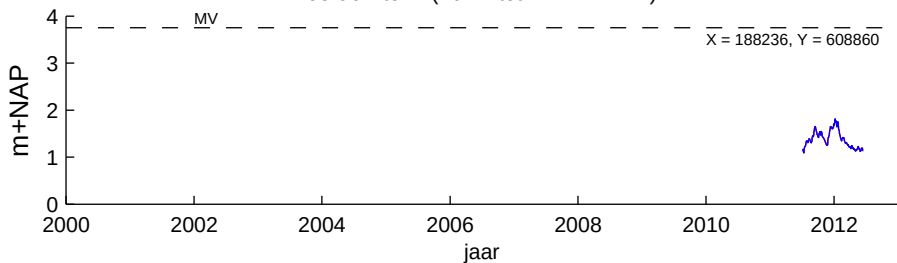
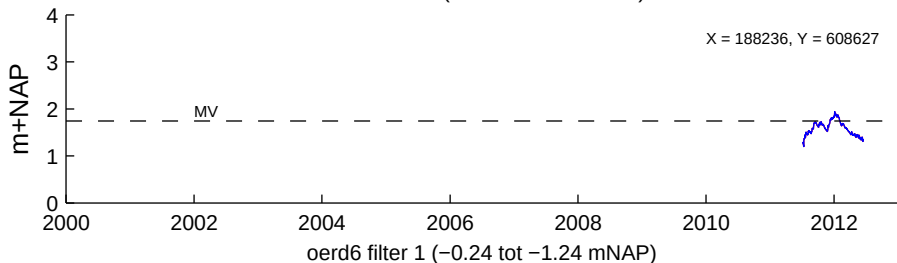
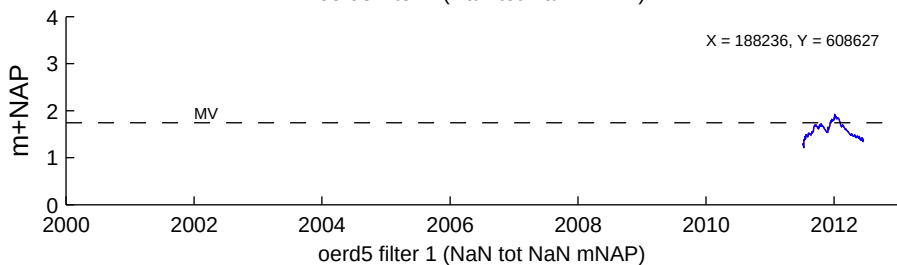
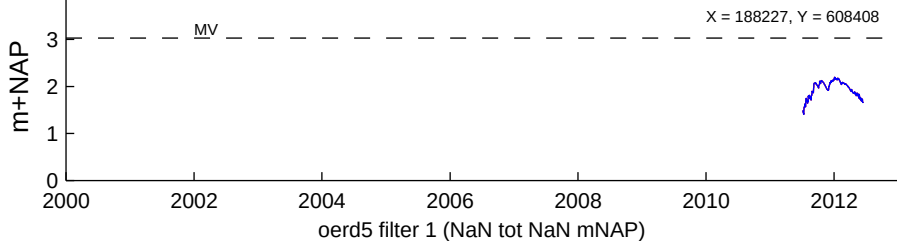
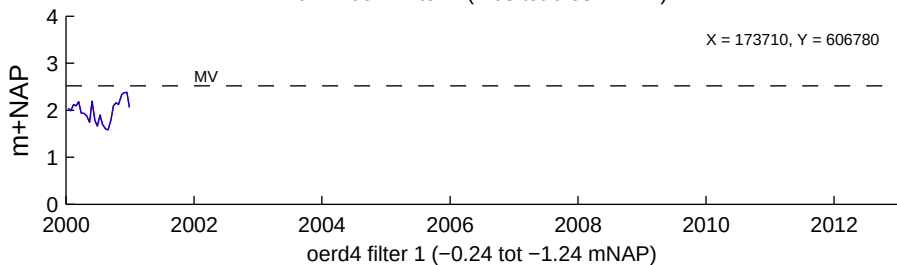
01HP0042 filter 1 (1.63 tot 0.63 mNAP)

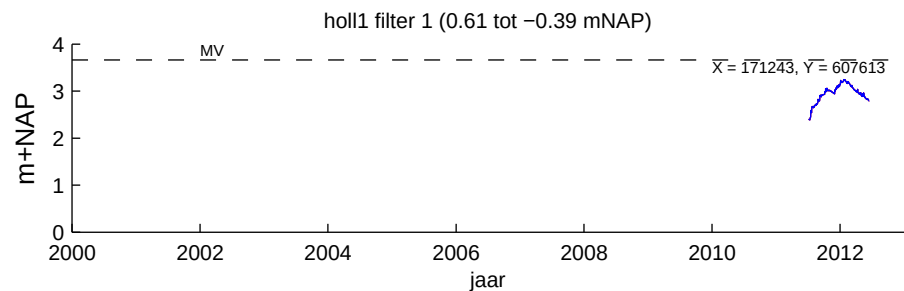
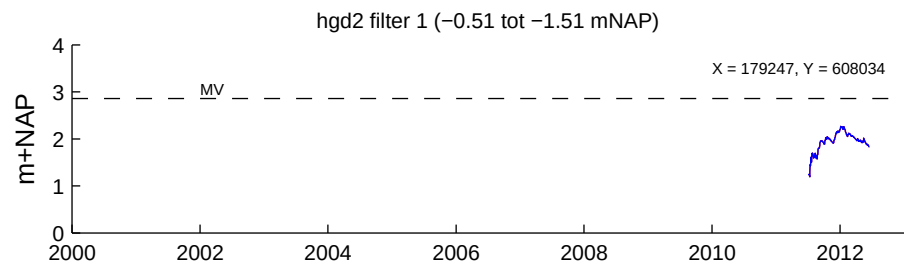
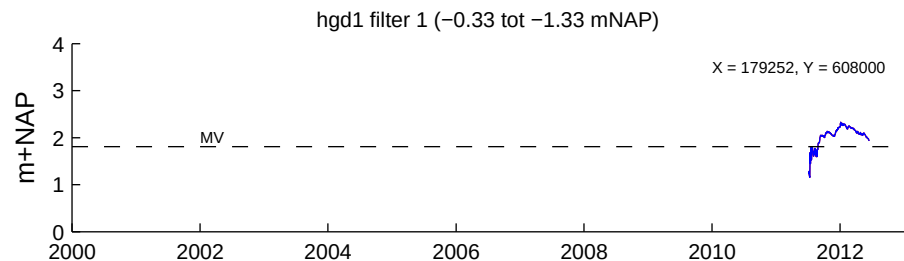
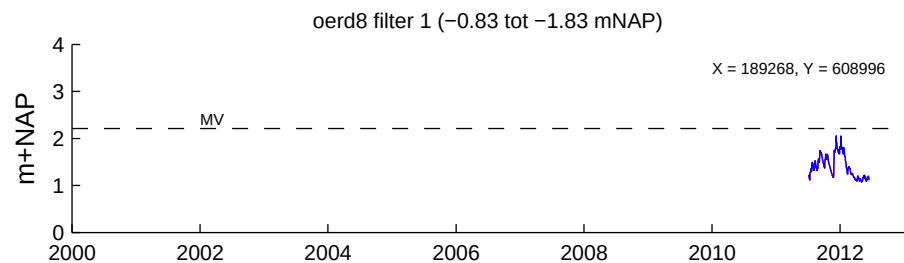
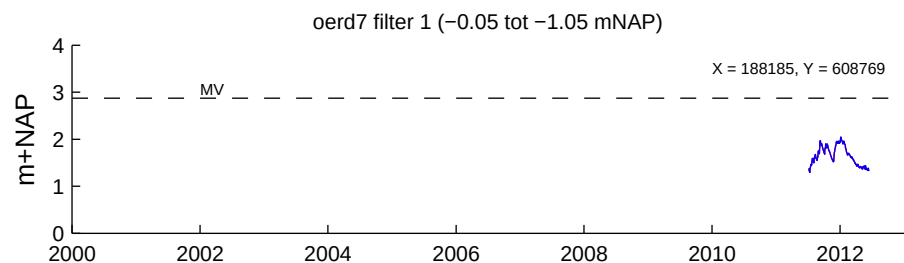
X = 173710, Y = 606780

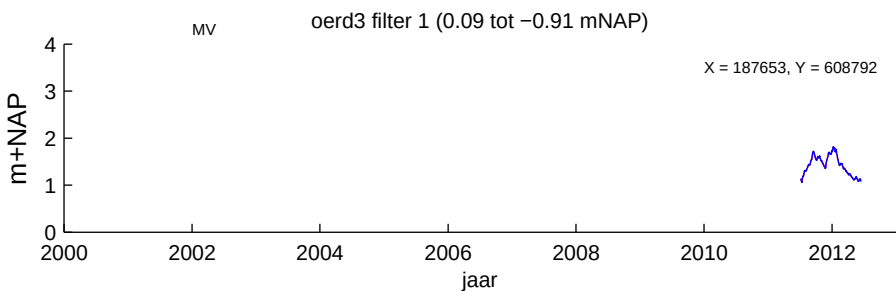
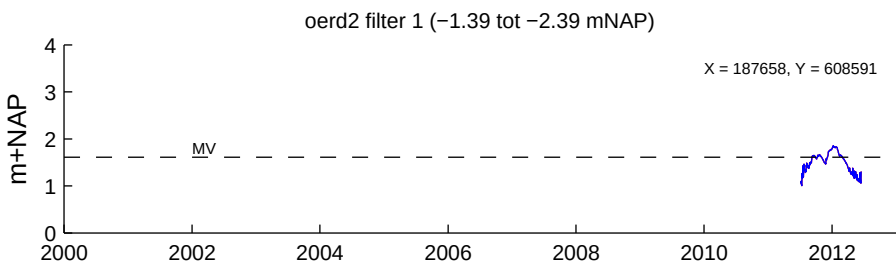
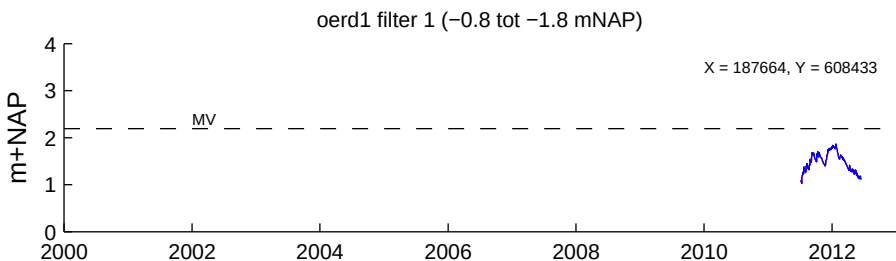
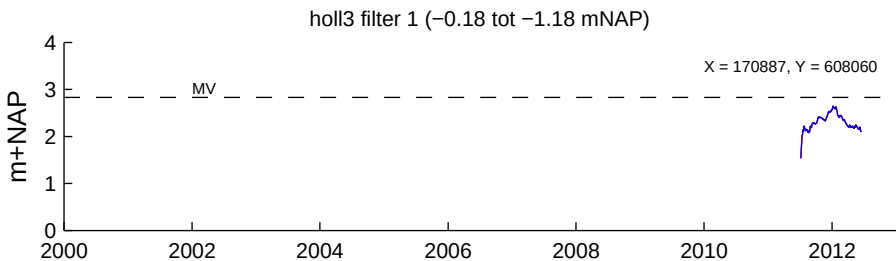
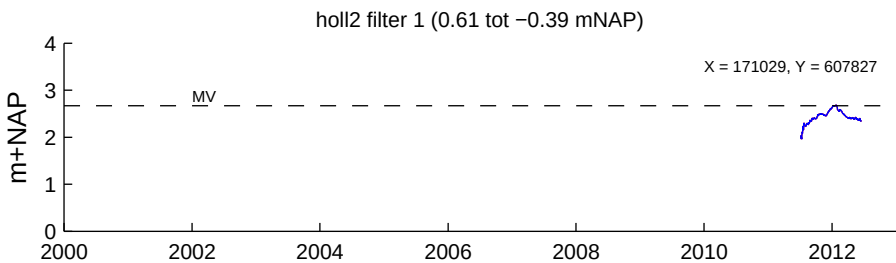


jaar

01HP0042 filter 1 (1.63 tot 0.63 mNAP)







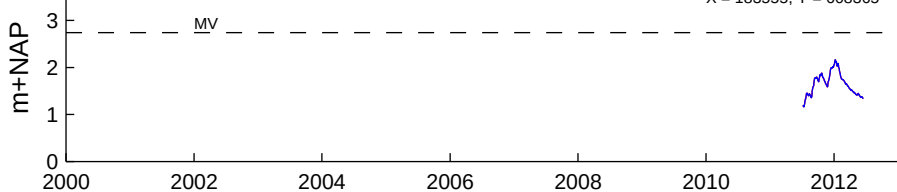
sbb1 filter 1 (0.03 tot -0.97 mNAP)

X = 189246, Y = 607905



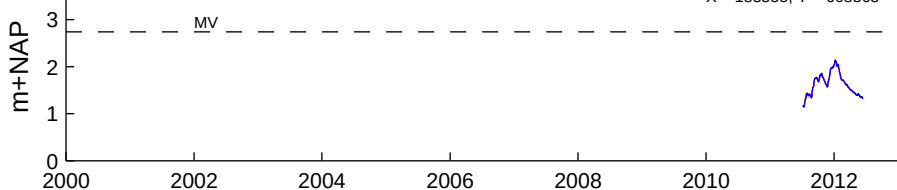
02cp0154 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

X = 183555, Y = 608365



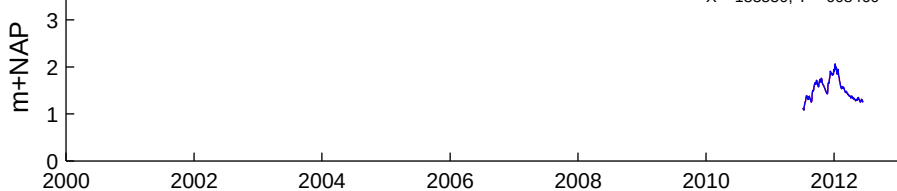
02cp0154 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

X = 183555, Y = 608365



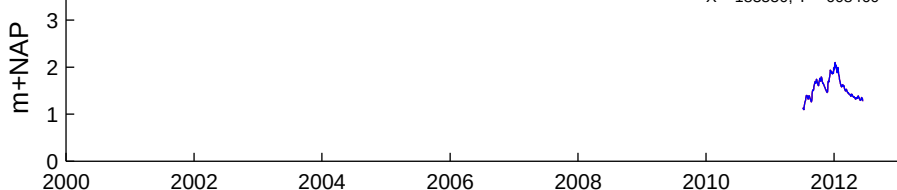
02cp0156 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

X = 183550, Y = 608460



02cp0156 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

X = 183550, Y = 608460



jaar

hwpnab12 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

