

Bijlage 9.1

Beschrijvingen kalibratie grondwatermodel Herentals

Beschrijving en kalibratie grondwatermodel

Pidpa

augustus 2016

Rapport

FP1371

HASKONINGDHV BELGIUM SA/NV

Campus Mechelen
Schaliënhoefdreef 20 D
2800 Mechelen
+32 15 405656 Telefoon
015/40 56 57 Fax
info@mechelen.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoningdhv.com Internet

Documenttitel Beschrijving en kalibratie grondwatermodel

Verkorte documenttitel Grondwatermodel Herentals

Status Rapport

Datum augustus 2016

Projectnaam Grondwatermodel Pidpa Herentals

Projectnummer FP1371

Opdrachtgever Pidpa
Karel De Mey

Referentie FP1371/R/873051/Mech

Auteur(s) Marieke Gruwez

Collegiale toets Ben Van der Wal

Datum/paraaf

Vrijgegeven door Werner Staes

Datum/paraaf

INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING	1
2 MODELSCHEMATISATIE	2
2.1 Laagopbouw	2
2.2 Modelgrens en modelgrid	4
2.3 Modelparameters en randvoorwaarden	5
2.3.1 Modelparameters	5
2.3.2 Randvoorwaarden	6
3 KALIBRATIE	13
3.1 Selectie peilbuizen	13
3.2 Kalibratie en resultaten	13
4 BESLUIT	16

Illustraties

Illustratie 1.1: Locatie winning	1
Illustratie 2.1: Laagopbouw in noord-zuid raai	3
Illustratie 2.2: Locaties boringen winlocatie Herentals	4
Illustratie 2.3: Met het Brabantmodel berekende verlaging winning Herentals	5
Illustratie 2.4: Maaiveldhoogte.....	7
Illustratie 2.5: Peil in de Aa	8
Illustratie 2.6: Peil in de Kleine Nete.....	9
Illustratie 2.8: Peil waterlopen	9
Illustratie 3.1: Stationair berekende grondwaterstanden uitgezet tegen de metingen....	15

Tabellen

Tabel 2.1: Overzicht van de hydrogeologie van het model.....	2
Tabel 2.2: Parameterwaarden ondergrond	6
Tabel 3.1: Statistieken kalibratieresultaat	16

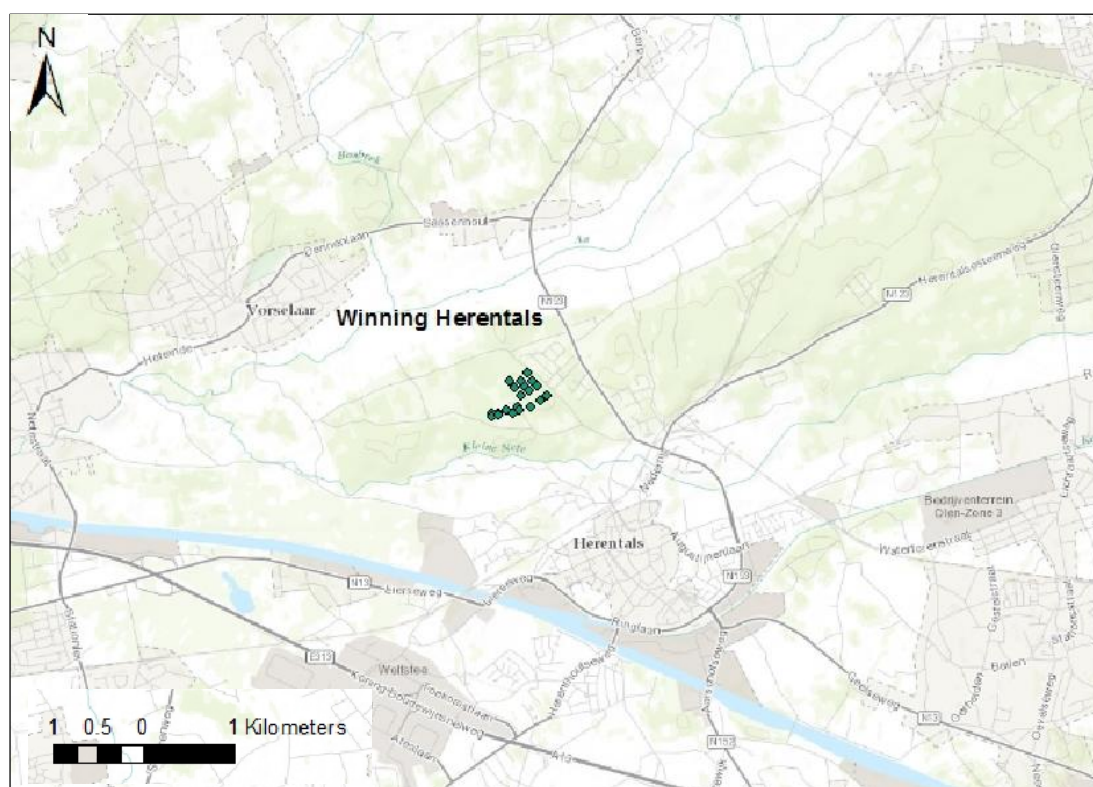
Bijlagen

- Bijlage 1: Calibratieresultaten
- Bijlage 2: Parameters ondergrond
- Bijlage 3: Boorbeschrijvingen

1 INLEIDING

Het doel van een grondwatermodel is het leren begrijpen van het systeem, het voorspellen van de eventuele effecten die kunnen optreden en het evalueren van eventuele maatregelen. Met een grondwatermodel is het namelijk mogelijk om grondwaterstanden of veranderingen te berekenen, kwel- en infiltratiegebieden aan te duiden, stroombanen te berekenen.

Voor deze studie wordt een nieuw grondwatermodel opgesteld rondom de winning van Herentals. De laagopbouw is gebaseerd op de schematisatie volgens de HCOV-kartering. Met deze kartering is eerder ervaring opgedaan bij het maken van een grondwatermodel van Noord-Brabant en een deel van Vlaanderen. De randvoorwaarden worden dan ook overgenomen uit het 'Brabantmodel'. Het opstellen van het grondwatermodel voor deze studie gebeurt met TRIWACO, een modelleringsomgeving waarmee zowel gerekend kan worden met Modflow als met een eindige elementenmodel (Flairs). Uitgebreide informatie over de modelleringsomgeving is te vinden op www.triwaco.com.



Illustratie 1.1: Locatie winning

2 MODELSCHEMATISATIE

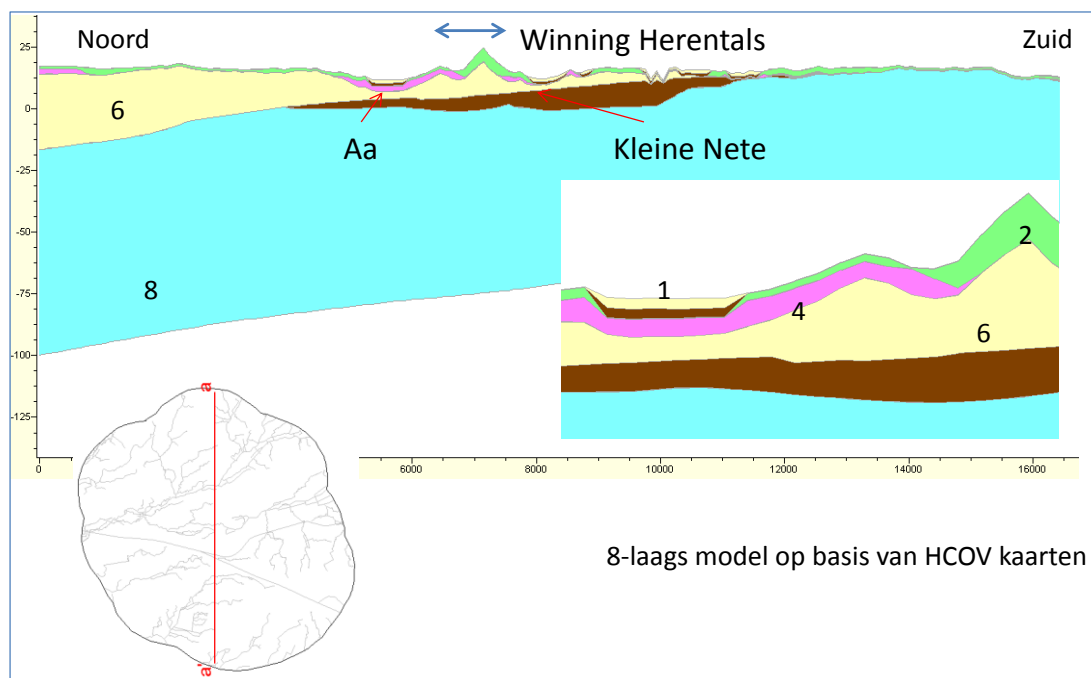
2.1 Laagopbouw

De modelschematisatie is gebaseerd op de HCOV kartering die eerder ook is toegepast in het Brabantmodel dat werd opgemaakt door Royal HaskoningDHV. De schematisatie van de lagen is vereenvoudigd tot 8 watervoerende lagen, waarbij alleen de lagen boven de Formatie van Boom in het model zijn opgenomen. De modelschematisatie zoals gepresenteerd in tabel 2.1 is aangehouden.

Tabel 2.1: Overzicht van de hydrogeologie van het model

Modellaag	HCOV code	Watervoerend pakket	Waterscheidend pakket
Laag 1	0110	Ophogingen	Ophogingen
	0120	Duinen	Duinen
	0130	Polderafzettingen	Polderafzettingen
	0140	Alluviale deklagen	Alluviale deklagen
Laag 2	0151	Zandige deklagen	
	0152	Zandlemige deklagen	
Laag 3	0153	Lemige deklagen	
Laag 4	0160	Pleistocene afzettingen	
	0221		Klei van Turnhout
Laag 5	0222	Zand Van Beerse	
	0223		Klei van Rijkevorsel
Laag 6	0231/0232/0233/0234	Pleistoceen en Pliocene aquifer	
	0240		Pliocene kleiige laag
Laag 7	0251	Zand van Kattendijk/ Onderste zandlaag van Lillo	
Laag 8	0252	Zand van Diest	
	0253	Zand van Bolderberg	
	0254	Zand van Berchem/Voort	
	0300		Boomse klei

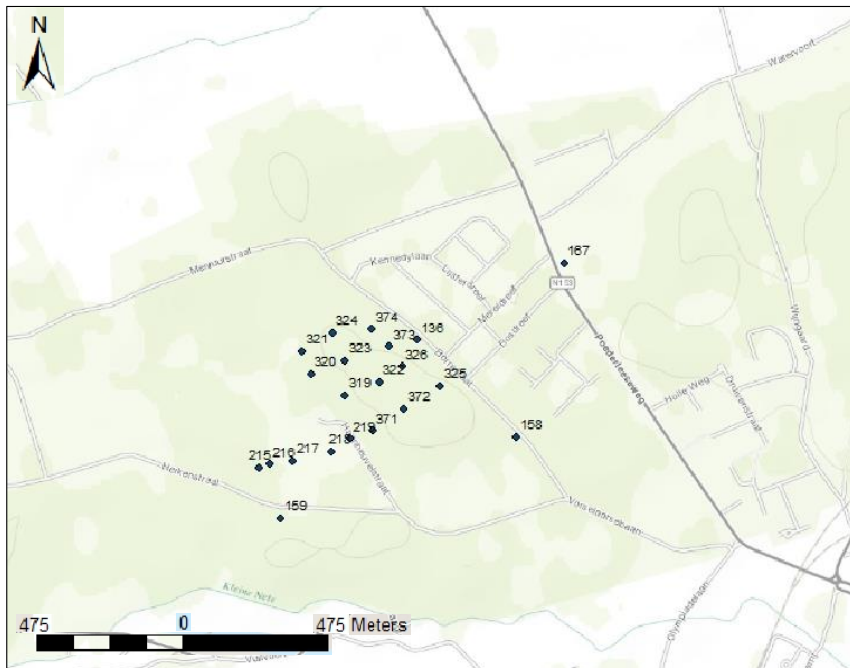
Niet alle lagen komen overal voor. Waar deze in het modelgebied niet voorkomen zijn ze ingevoerd als 'dummy' laag van 1 cm dik. Deze 'dummy' lagen hebben geen invloed op de uiteindelijke berekeningen. Rond Herentals komen laag 3 (lemige deklagen) en laag 5 (zand van Beerse) niet voor. Een noord-zuid doorsnede is opgenomen in figuur 2. De bruingekleurde lagen in de figuur zijn de waterscheidende lagen.



Illustratie 2.1: Laagopbouw in noord-zuid raai

In het gebied rond Herentals komen weinig weerstandslagen voor. In de beekdalén zijn alluviale afzettingen terug te vinden, in de figuur terug te vinden onder laag 1. Verder komen Pliocene kleiige lagen voor in het gebied aan de basis van laag 6.

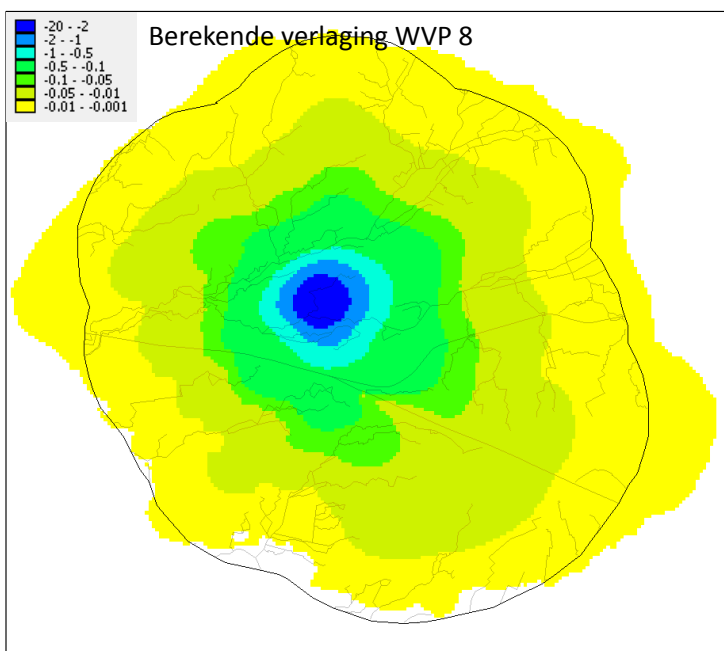
Op de winlocatie zijn onder andere van de winputten boorbeschrijvingen beschikbaar. Deze zijn vergeleken met de schematisatie volgens de HCOV-kaarten. Bekeken zijn de boorbeschrijvingen kb16d30w-B136 t/m 374. De nummers zijn terug te vinden in illustratie 2.2. De boorbeschrijvingen laten een vergelijkbaar beeld zien (een aantal van de boorbeschrijvingen zijn opgenomen in bijlage 3). Over het algemeen bestaat de ondergrond uit zandige afzettingen met in enkele boringen kleiige afzettingen in de eerste meters. De Pliocene afzettingen bestaan uit glauconiethoudende, vaak grovere zandafzettingen met meer of minder zandsteenbrokken, die voor slechtere doorlatendheid kunnen zorgen. De Pliocene kleiige lagen die volgens de HCOV-kaarten wel voorkomen worden in geen van de boorbeschrijvingen beschreven.



Illustratie 2.2: Locaties boringen winlocatie Herentals

2.2 Modelgrens en modelgrid

De modelgrens is gekozen met behulp van het model van Brabant-Vlaanderen. Er is een berekening gemaakt met de vergunde winning van Herentals en een berekening zonder de winning. Als modelgrens is de locatie van de 1 cm verlagingsscontour in de bepompte laag gekozen plus 2.000 meter. In illustratie 2.3 is te zien dat de modelgrens tussen de 1 mm en de 1 cm verlagingsscontour is gekozen.



Illustratie 2.3: Met het Brabantmodel berekende verlaging winning Herentals

Bij de kalibratie van het model (zie hoofdstuk 3) is uiteindelijk de doorlatendheid van het gepompte pakket (WVP 8) verlaagd. Dit betekent dat het gebied, dat door de winning beïnvloed wordt, kleiner is dan met het Brabantmodel is berekend. De modelgrens is daarmee ver genoeg gelegen.

Het rekennetwerk telt 72.735 knooppunten. In elk knooppunt worden de resultaten berekend. Een rekennetwerk of grid heeft in de directe omgeving van de winning een kleine knooppuntafstand zodat de resultaten en de effecten op deze locaties met groter detail kunnen doorgerekend worden. Verderaf en naar de randen van het gebied toe wordt de knooppuntafstand gradueel groter. In dit rekennetwerk is de knooppuntafstand het kleinst rond de winningsputten (minimaal 15 meter). In de omliggende natuurgebieden (VEN en Habitatrichtlijngebieden) is de knooppuntafstand 20 meter. Aan de rand van het model loopt de knooppuntafstand op tot 150 meter.

2.3 Modelparameters en randvoorwaarden

2.3.1 Modelparameters

De ondergrond is opgedeeld in watervoerende lagen en slecht doorlatende lagen. De goed doorlatende lagen worden gekarakteriseerd door een doorlatendheid. De doorlatendheid vermenigvuldigd met de dikte levert het doorlaatvermogen van een watervoerende laag. Een slecht doorlatende laag wordt gekarakteriseerd door een weerstand. De parameterwaarden zoals ze gevonden zijn na kalibratie zijn in tabel 2.2 opgenomen. Van de belangrijkste lagen is de spreiding van de doorlatendheid/weerstand weergegeven in bijlage 2.

Tabel 2.2: Parameterwaarden ondergrond

Laag	Doorlatendheid [m/d]	Doorlaatvermogen [m ² /d]	Weerstand [d]	opmerking
1	10	10 – 50		In de beekdalen
	0,006		10 – 500	In de beekdalen
2	8	0 - 60		
	2		1 - 10	Dummy-laag
3	1	0.01		Dummy-laag
	0,01		1	Dummy-laag
4	40	0 - 250		
	0,01		1	Dummy-laag
5	1	0,01		Dummy-laag
	0.01		1	Dummy-laag
6	17	20 - 600		In het noorden en oosten
	0,3 – 0,003		50 – 1500	
7	10	0,01 - 80		Alleen in noordwesten
	0,01		1	Dummy-laag
8	7 - 9	300 - 700		

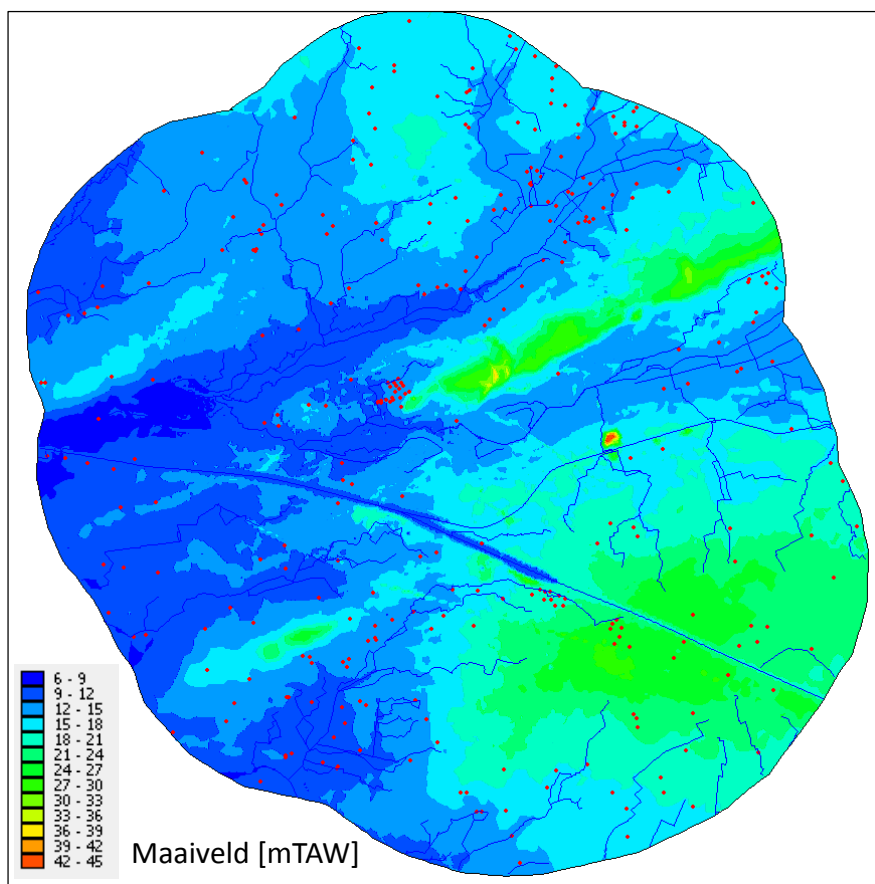
Voor de tijdsafhankelijke berekeningen is naast het doorlaatvermogen voor de watervoerende lagen ook een bergingscoëfficiënt nodig. Voor de diepere lagen is een elastische berging van 0.0001 aangehouden. De freatische bergingscoëfficiënt is afhankelijk gesteld van het bodemtype (bodemkaart) en de dikte van de onverzadigde zone. De freatische bergingscoëfficiënt is weergegeven in figuur B2.3 in bijlage 2.

2.3.2 Randvoorwaarden

Topografie

De randvoorwaarden worden voor een deel gerelateerd aan de maaiveldhoogte. In illustratie 2.4 is de maaiveldhoogte weergegeven voor het modelgebied. Er is gebruik gemaakt van het DHM Vlaanderen (vliegtuig laserscanning), opgemeten in opdracht van AMINAL afdeling Water (nu VMM) en AWZ (om de 25 meter een opmeting). Het DHM heeft een gemiddelde positieve afwijking van 30 cm (afhankelijk van de hoogte van de vegetatie). De meer recente DHM is op heden nog niet beschikbaar voor het modelgebied.

De topografie wordt gekenmerkt door de lager gelegen vallei van de Aa en de Kleine Nete (5 à 10 mTAW), afgewisseld met hoger gelegen locaties (15 à 30 mTAW). De winning van PIDPA is in de vallei gelegen. De onttrekkingslocaties zijn in de figuur opgenomen (rode puntjes).



Illustratie 2.4: Maaiveldhoogte

Modelrand

In het model worden aan de modelranden voor elke modellaag vaste stijghoogtes toegekend, afkomstig uit de berekening met het regionale model.

Oppervlaktewater - lijnelementen

Het oppervlaktewater wordt in het model ingevoerd op twee wijzen:

- De grotere rivieren en waterlopen worden als *lijnelementen* ingevoerd in het model.
- Kleinere grachten, sloten en greppels worden in het model ingevoerd door middel van vlakparameters in het topsysteem.

De waterlopen opgenomen in de VHA worden in het model ingevoerd als lijnelement. Illustratie 2.7 toont de waterlopen die als lijnelement zijn opgenomen in het grondwatermodel. Ze zijn in het model actief tot in de modellaag waarin ze insnijden. De diepte van de waterlopen is daartoe ingeschat.

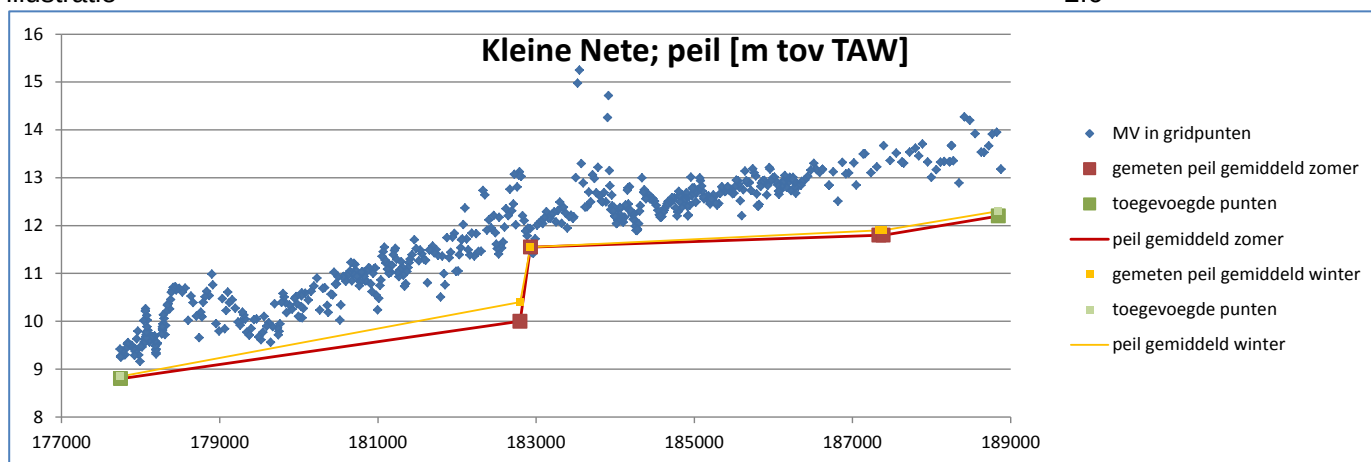
De interactie tussen de waterlopen en het grondwatersysteem wordt bepaald door de volgende parameters:

- het waterpeil van de waterlopen
 - de drainage- en infiltratieweerstand van de waterlopen
 - de natte omtrek

- **Waterpeil**

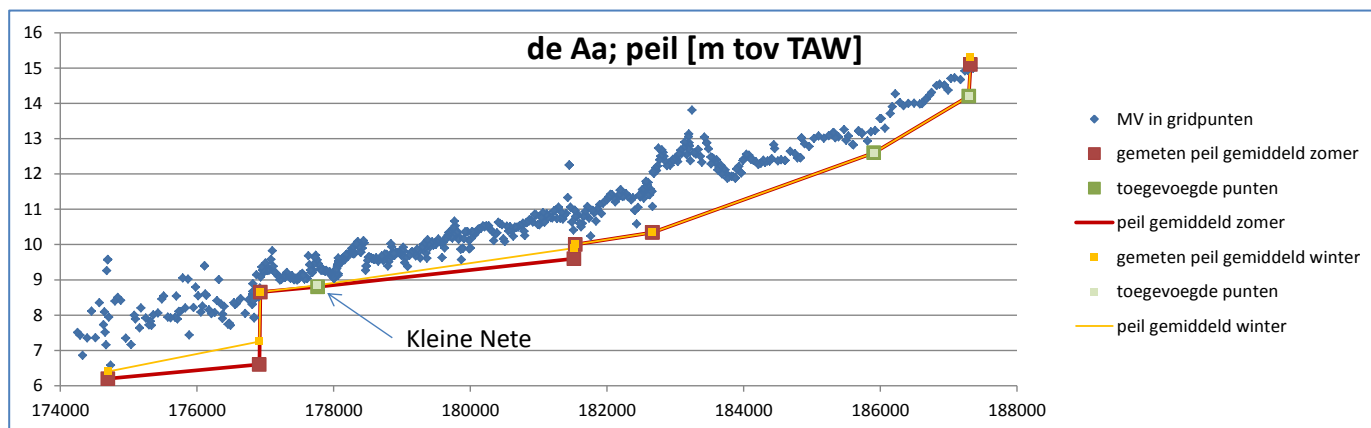
Er komen twee kanalen in het modelgebied voor, het Albertkanaal en het Kempisch kanaal (kanaal van Bocholt naar Herentals). Het peil van het Albertkanaal, oostelijk van de sluis bij Herentals is 19,75 mTAW en 9,84 mTAW ten westen van de sluis. Het peil van het Kempisch kanaal is 17,35 mTAW.

Naast de kanalen komen een tweetal grotere waterlopen voor in het gebied, de Aa en de Kleine Nete. Het peil in de beken wordt op een aantal punten gestuurd. Er zijn tevens een aantal locaties waar het peil gemeten wordt. In de meetpunten en ter plaatse van de stuwen is een gemiddeld zomer en een gemiddeld winterpeil bepaald (Illustratie 2.5 en illustratie 2.6

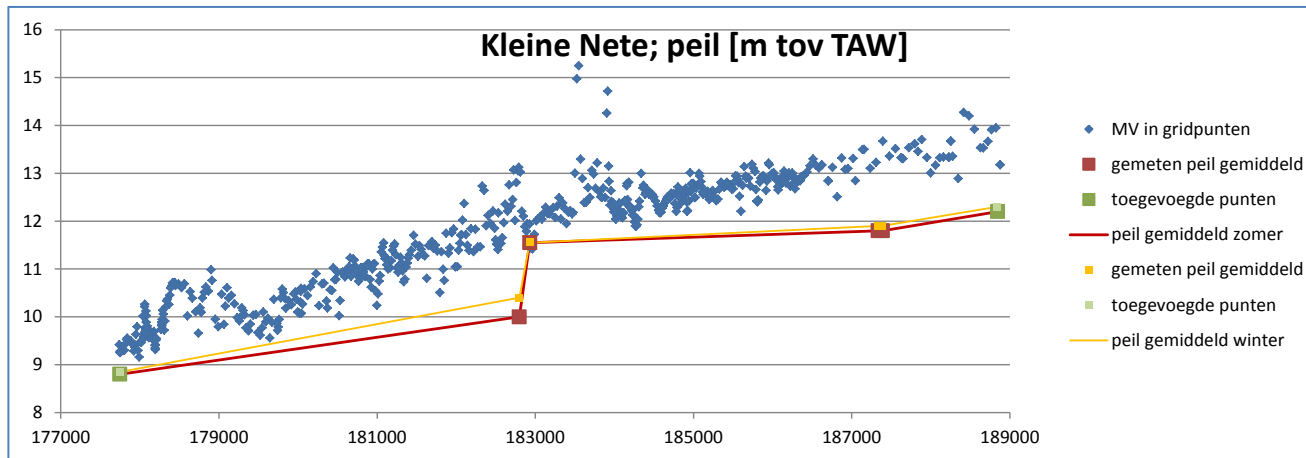


). Op basis van deze waarden zijn voor het peil lijnen samengesteld die in het model zijn opgenomen. In illustratie 2.5 zijn de gemeten peilen van de Aa weergegeven. De blauwe punten in de grafiek geven het geïnterpoleerde maaiveld weer in de gridpunten langs de Aa. In het oostelijk deel zijn twee punten in de grafiek toegevoegd om het peil omlaag te brengen zodat het onder maaiveld blijft.

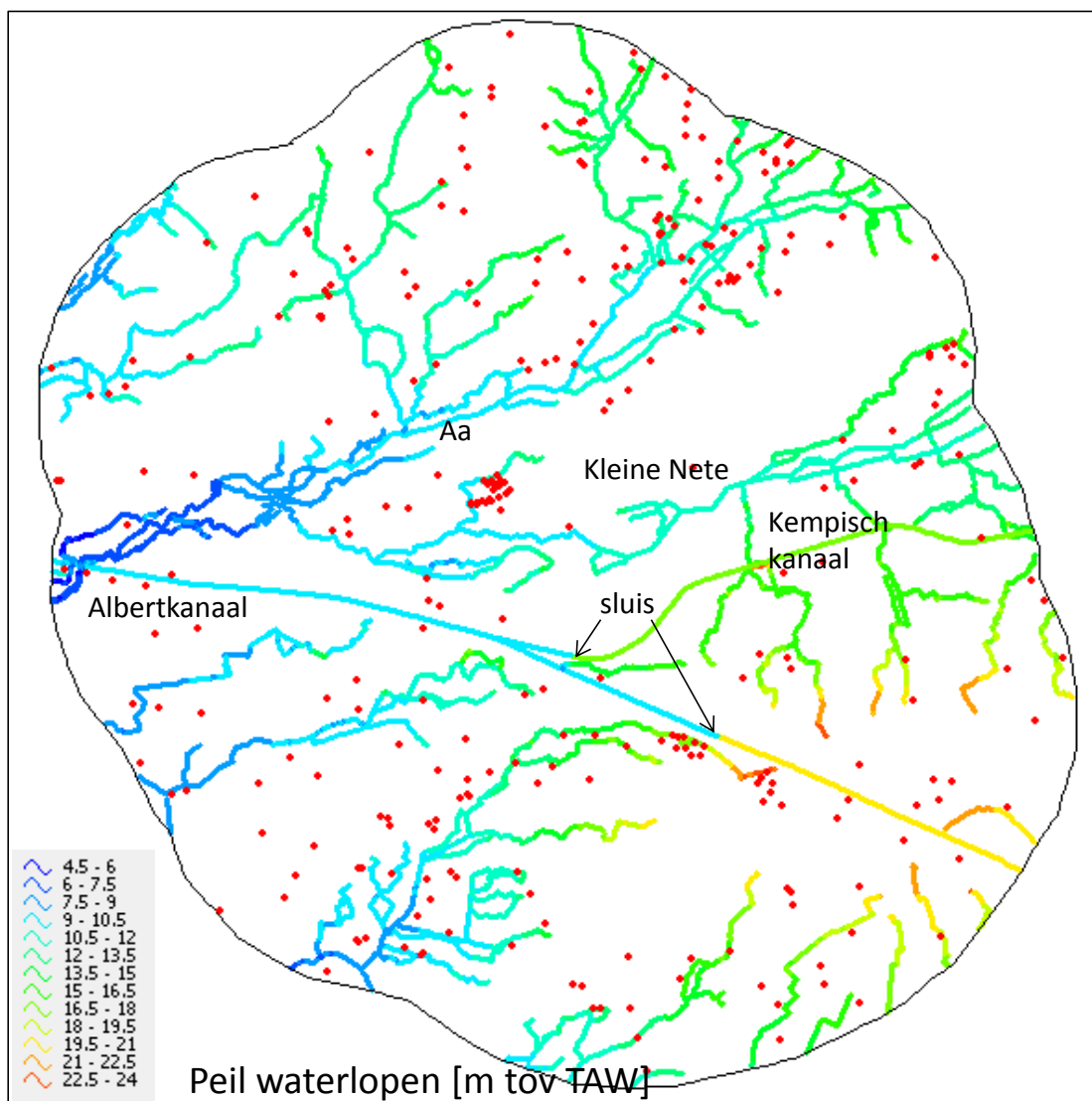
Het peil in de overige waterlopen is vastgesteld op 1,25 meter onder maaiveld. In illustratie 2.7 is het peil in alle waterlopen weergegeven.



Illustratie 2.5: Peil in de Aa



Illustratie 2.6: Peil in de Kleine Nete



Illustratie 2.7: Peil waterlopen

- **Drainage- en infiltratieweerstand**

Het waterpeil van de waterlopen ten opzichte van de grondwaterstand bepaalt of de waterlopen draineren of infiltreren. De waterlopen zullen het gebied draineren indien hun peil lager staat dan het grondwaterpeil. In de omgekeerde situatie doet zich infiltratie voor.

Oppervlaktewatersystemen hebben een drainage- en een infiltratieweerstand. De drainageweerstand geeft aan hoe snel grondwater kan worden afgevoerd naar de grachten. De infiltratieweerstand bepaalt hoe snel oppervlaktewater in de grond kan sijpelen. Deze parameters zijn dus onder andere afhankelijk van de hoeveelheid slib in de beek en de doorlatendheid van het materiaal in de deklaag.

- **Drainageweerstand**

Voor de kanalen is een drainageweerstand van 16 à 40 dagen aangehouden, voor de overige waterlopen een weerstand van 2,5 à 5 dagen.

- **Infiltratieweerstand**

Wat betreft infiltratie, zijn enkel de kanalen grote bronnen van infiltratie. Ze worden namelijk enkel ingedijkt door een lemen dijk en zijn bijgevolg niet waterdicht. Toch zal na verloop van tijd een sliblaag ontstaan waardoor er toch een aanzienlijke infiltratie- of drainageweerstand ontstaat. Er zijn geen gegevens beschikbaar over grote lekken ter hoogte van de winning van Herentals. In het model is een infiltratieweerstand ingevoerd van 160 à 400 dagen voor de kanalen. Wel is er sprake van wateroverlast langs het kanaal ter hoogte van Grobbendonk (in het westen van het modelgebied). De overlast wordt tegengegaan met een grondwateronttrekking. De infiltratieweerstand van het kanaal is hier in het model verlaagd tot 40 dagen. De overige waterlopen kunnen in het model alleen draineren. Hiervoor is een hoge infiltratieweerstand aangehouden. In werkelijkheid zullen de meeste waterlopen droog kunnen vallen. Met de hoge weerstand wordt voorkomen dat ten onrechte aanvoer van water wordt gemodelleerd.

- **Natte omtrek (breedte)**

Samen met de drainageweerstand is de natte omtrek bepalend voor hoe goed de waterlopen draineren. De natte omtrek bepaalt immers de oppervlakte waar er contact mogelijk is tussen het grondwaterreservoir en de waterlopen. Hoe groter deze oppervlakte, hoe meer infiltratie of drainage er zal plaatsvinden.

Bij het opstellen van het grondwatermodel is aan de grote waterlopen en kanalen een breedte van 40 à 100 meter toegekend. De Aa en de Kleine Nete zijn circa 13 meter breed en de overige waterlopen kregen een breedte van 2,5 meter in het model.

Oppervlaktewater in het topsysteem

De oppervlaktewaterelementen en –systemen, die nog niet werden ingevoerd via lijnelementen, worden via het topsysteem ingevoerd. Het topsysteem in het model geeft de interactie weer tussen de bovenste watervoerende laag en de kleinere grachten, sloten, vijvers en plassen. Ook het maaiveld kan draineren. Het topsysteem kan visueel voorgesteld worden als een laag, waar sloten op een regelmatige afstand van elkaar interactie met het grondwater toelaten. Het topsysteem laat toe deze afvoer (of aanvoer in het geval van infiltratie) te bepalen zonder dat elke sloot of gracht afzonderlijk in het model opgenomen moeten worden.

De interactie van het topsysteem en het grondwatersysteem wordt zoals bij de lijnelementen bepaald door:

- peil of drainageniveau
- drainageweerstand
- infiltratieweerstand

De drainage- en infiltratieweerstand zijn afhankelijk van de afstand tussen de slootjes of grachten (dichtheid aan sloten), het slibgehalte in de sloten en de doorlatendheid van de deklaag.

Met het topsysteem zijn verschillende oppervlaktewatersystemen gemodelleerd. De dieptes van de drainagesystemen zijn ingevoerd op basis van veldwaarnemingen. De weerstanden zijn een maat voor de dichtheid van voorkomen en het soort bodems.

Er zijn 3 verschillende topsystemen in het model opgenomen:

- Het maaiveld draineert met een weerstand van 3 dagen.
- Voor de kleinere grachtjes is een weerstand van 100 dagen aangehouden voor het gehele modelgebied. De drainagediepte van de kleinere grachtjes is overgenomen van een kaart met drainagediepte voor Vlaanderen (afgeleid van de bodemkaart).
- Het infiltratiebekken bij het pompstation Herentals. Een eventueel teveel aan aangevoerd water zou kunnen uitstromen in het oppervlaktewater. In het model blijkt dit echter niet te gebeuren. Al het aangevoerde water kan in de bodem infiltreren. De hoeveelheid water wordt tijdsafhankelijk in het model ingevoerd.

Grondwateraanvulling

De natuurlijke grondwateraanvulling vormt de invoer naar het grondwatermodel. Bovendien is het de sturende factor voor de tijdsafhankelijke fluctuatie van de grondwaterstanden. FLUZO, de module van TRIWACO die hier gebruikt wordt voor het bepalen van de grondwateraanvulling, is een 'onverzadigde zone model', die de waterbalans in de onverzadigde zone berekent en de doorsijpeling naar het grondwater of de capillaire opstijging en de actuele verdamping bepaalt. FLUZO doet dit op basis van:

- neerslagverloop
- verloop potentiële verdamping
- bodemsoort
- bodemgebruik
- dikte van de onverzadigde zone

Fluzo wordt apart doorgerekend voor een groot aantal combinaties van de genoemde parameters. Vervolgens wordt tijdens de berekening met het grondwatermodel tussen elke tijdstap (van 5 dagen) voor elke knoop een waarde gelezen uit de vooraf berekende reeksen waarbij de dikte van de onverzadigde zone van de voorgaande tijdstap wordt gehanteerd.

- Neerslag- en evapotranspiratiegegevens

Voor de neerslaggegevens is gebruik gemaakt van het station te Lichtaart (KMI). In de loop van 2008 is dit station vervangen door het station in Westerlo. Waar gegevens ontbreken, zijn deze aangevuld met gegevens uit het station van Retie. In deze stations

wordt dagelijks de neerslag gemeten. De gegevens over evapotranspiratie zijn afkomstig van het station te Gilze-Rijen (KNMI).

- **Bodemsoort**

Aan de hand van bodemkaarten wordt voor elk deel van het modelgebied het type wortelzone en het type ondergrond ingevoerd, volgens de Staringreeks. De Staringreeks vermeldt de gemiddelde bodemfysische karakteristieken voor alle onderscheiden 18 boven- en 18 ondergronden. De reeks geeft een complete landelijke dekking van alle op de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 onderscheiden bodemeenheden. De textuur bepaalt de aard van de wortelzone. De ondergrond is afgeleid van het substraat indien aangeduid.

- **Bodemgebruik**

Het grondgebruik is afgeleid van de biologische waarderingskaart (Kaartblad 46, Bayens, L., et al.) en de landbouwgebruikkaart. Op basis van het grondgebruik zijn de overeenkomstige FLUZO-klassen voor landgebruik onderscheiden. Het landgebruik in het studiegebied is voornamelijk weiland, afgewisseld met akker, bos en stedelijk gebied.

- **Dikte van de onverzadigde zone**

De dikte van de onverzadigde zone wordt bepaald op basis van de grondwaterstand, zoals berekend met het model.

Onttrekkingen

In het modelgebied zijn de winningen uit DOV opgenomen. De winningen zijn ingevoerd met hun vergund debiet. Er dient te worden opgemerkt dat de gebruikte debieten de vergunde en bijgevolg maximale debieten zijn. De werkelijk opgepompte debieten zijn vaak kleiner.

Binnen het modelgebied beschikt PIDPA over 5 winningen: de winningen van Herentals, Poederlee, Gierle, Olen en Grobbendonk. Voor deze winningen zijn alle putten afzonderlijk in het model opgenomen en zijn de gemiddelde debieten van de periode 2004 – 2014 ingevoerd. Bij de tijdsafhankelijke berekeningen zijn voor deze winningen de onttrekkingsdebieten tijdsafhankelijk ingevoerd.

In het westen van het model zijn onttrekkingsputten langs het kanaal om wateroverlast tegen te gaan. Deze zijn opgenomen in het model met een debiet van totaal 7.675 m³/dag.

3 KALIBRATIE

3.1 Selectie peilbuizen

In het kader van de kalibratie zijn peilbuismetingen opgevraagd bij PIDPA via de DOV-website en de WATINA-databank.

Niet alle peilbuizen bleken geschikt te zijn voor de kalibratie. De selectie gebeurde als volgt:

- Peilbuis gelegen binnen modelgebied (ook in de diepte)
- Voldoende gegevens bekend (X, Y, Z, diepte filter)
- Peilbuis wordt opgemeten (in WATINA: toestand OK-Bemeten)
- De metingen dateren uit de periode 2004-2014
- Er is minstens 1 volledig jaar opgemeten
- Er is minstens 1 meting per maand. Hier wordt een uitzondering gemaakt voor de peilgegevens van PIDPA die minimaal 2 keer per jaar worden opgemeten. Aangezien deze peilbuizen informatie geven over de directe omgeving van de winningsputten, waarin de effecten te verwachten zijn, worden deze ook meegenomen in de stationaire kalibratie. Voor de tijdsafhankelijke kalibratie zijn deze metingen ontoereikend.
- Er ontbreken geen metingen over lange periodes (bijvoorbeeld een heel jaar of een volledige zomer/winter). Dit zou immers resulteren in een verkeerde gemiddelde grondwaterstand. Deze peilbuizen kunnen eventueel wel worden opgenomen in de tijdsafhankelijke kalibratie, maar zijn dan enkel relevant voor de periode waarbinnen voldoende metingen beschikbaar zijn.
- De metingen zijn betrouwbaar (geen effect van een lokale bemaling, geen indicatie van verzanding).

De selectie van peilbuizen en de selectiecriteria zijn ter nazicht opgestuurd naar VMM, ANB, Natuurpunt en INBO. VMM stuurde een lijst van peilbuizen terug. De lijst bevatte 5 peilbuizen die echter slechts opgemeten worden in april en oktober. Deze konden dus niet worden opgenomen in de kalibratie.

Ook ANB stuurde bijkomende informatie over peilbuizen in Olensbroek en het Militair domein Grobbendonk. De gegevens uit het militair domein voldeden niet aan de selectiecriteria. In Olensbroek voldeden een 30-tal peilbuizen wel aan de criteria. Deze zijn vervolgens opgenomen in de kalibratie.

3.2 Kalibratie en resultaten

De kalibratie van een grondwatermodel gebeurt aan de hand van de gemeten grondwaterstanden ten opzichte van TAW. Bij de kalibratie worden de invoerparameters van het model (doorlatendheden van de watervoerende lagen, weerstanden van de scheidende lagen en drainageweerstand van de beken) aangepast totdat een goede overeenkomst wordt bekomen tussen de gemeten en berekende gegevens. In het algemeen wordt hiervoor een gemiddeld jaar geselecteerd en wordt de gemiddelde stijghoogte voor dat jaar berekend. Er is gekozen voor 2010.

De gebruikte peilgegevens zijn nader bekeken en een aantal peilbuizen zijn toegekend aan de modellagen. Er kwamen een aantal peilbuizen voor in dezelfde modellaag. Hier is verder gerekend met het gemiddelde.

Peilbuis 4212 213 gaf een peilverschil van 5 meter ten opzichte van de vlakbij gelegen peilbuis 4212 120 in dezelfde laag. De meting in Pb 4212 120 lag meer in de lijn van de peilgegevens in de omgeving. De stijghoogte in 4212 213 is daarom niet langer meegenomen in de kalibratie.

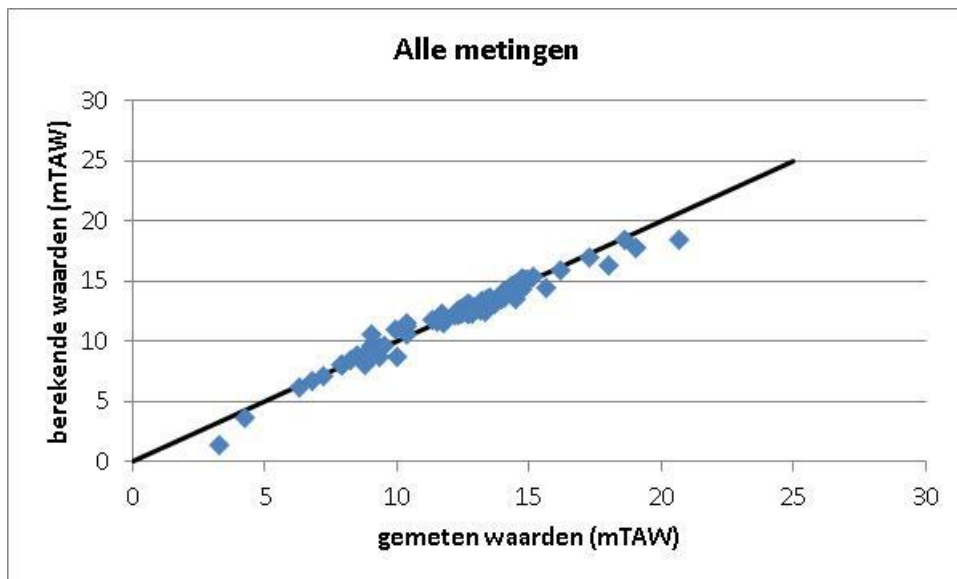
De kalibratie gebeurde in verschillende stappen. In eerste instantie is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op een reeks parameters. Op basis van deze analyse is een reeks parameters geselecteerd die zijn geoptimaliseerd met behulp van een Monte Carlo gevoeligheidsanalyses.

De weerstand van laag 1 en 6 en het doorlaatvermogen van laag 4, 6 en 8 zijn meegenomen bij de Monte Carlo analyse. Deze Monte Carlo doorrekening is een aantal keer uitgevoerd.

Op basis van de gevoeligheidsanalyses zijn een drietal parameters bijgesteld:

- De Pliocene kleilaag is in een zone rond de winning van Herentals weggenomen uit de schematisatie. In figuur B2.4 (bijlage 2) is deze zone met (1) gemarkeerd. De laag is in de boringen niet terug te vinden en ook uit de metingen in laag 6 en laag 8 lijkt er geen duidelijke weerstandslaag aanwezig te zijn. Buiten deze zone is de weerstandslaag met een geringe weerstand in stand gehouden. In een zone rond het Albertkanaal, gemarkeerd met (2) is juist wel een groot stijghoogteverschil te vinden tussen laag 6 en laag 8 terug te vinden. Hier is een hogere weerstand aangehouden van 1.500 dagen.
- De doorlatendheid van laag 8 is verlaagd van 10 m/dag tot een waarde van 7 à 9 m/dag. De waarde is bij de winning en in het noorden het laagst. Naar het zuiden toe is de waarde hoger.

De berekende grondwaterstanden en stijghoogten zijn weergegeven in bijlage 1 (figuur B1.1 t/m figuur B1.3). In de figuren zijn ook de afwijkingen ten opzichte van de metingen getalsmatig weergegeven. In onderstaand figuur zijn de berekende waarden uitgezet tegen de gemeten grondwaterstanden en stijghoogten. De grafieken zijn ook per laag gemaakt en opgenomen in bijlage 1.



Illustratie 3.1: Stationair berekende grondwaterstanden uitgezet tegen de metingen

In tabel 3.1 zijn de statistieken van de afwijkingen gegeven. Het gemiddelde van de afwijkingen in alle meetfilters bedraagt -0,06 meter. Bij de modelrand en ook bij het kanaal komen in een aantal meetpunten wat grotere negatieve afwijkingen voor. Als deze niet meegenomen worden in de statistieken dan is de gemiddelde afwijking in alle lagen 0,01 meter.

Tabel 3.1: Statistieken kalibratieresultaat

Laag	Gemiddelde afwijking [m]	Gemiddelde absolute afwijking [m]	Minimale afwijking [m]	Maximale afwijking [m]	Aantal filters
1	-0,11	0,15	-0,87	0,11	16
2	-2,21	-2,21	-2,21	-2,21	1
4	0,03	0,16	-0,19	0,25	3
6	-0,04	0,38	-1,69	1,59	46
7	-0,11	0,12	-0,24	0,01	2
8	-0,01	0,41	-1,94	0,99	44
totaal	-0,06	0,36	-2,21	1,07	112

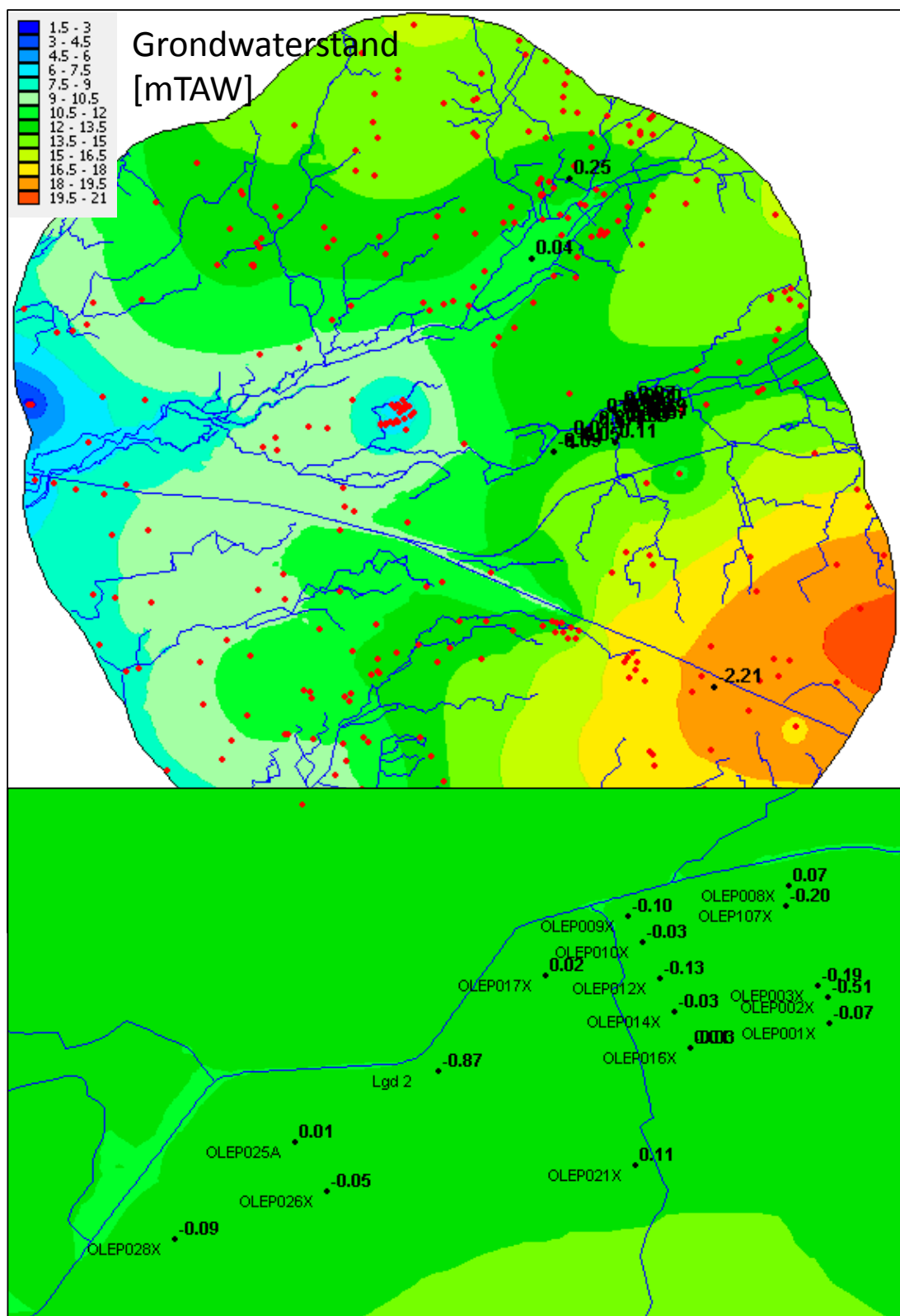
Tijdens de tijdsafhankelijke kalibratie is het tijdsafhankelijk model doorgerekend voor de periode 2012 – 2014 met tijdstappen van 5 dagen. Niet de volledige periode 2004-2014 wordt doorgerekend om de rekentijd te beperken. In de modelpunten ter hoogte van de peilbuizen worden grafieken gegenereerd. De resultaten zijn vergeleken met de gemeten peilen in de peilbuizen. De tijdstijghoogtelijnen zijn opgenomen in bijlage 1 in figuur B1.6 t/m B1.37.

4 BESLUIT

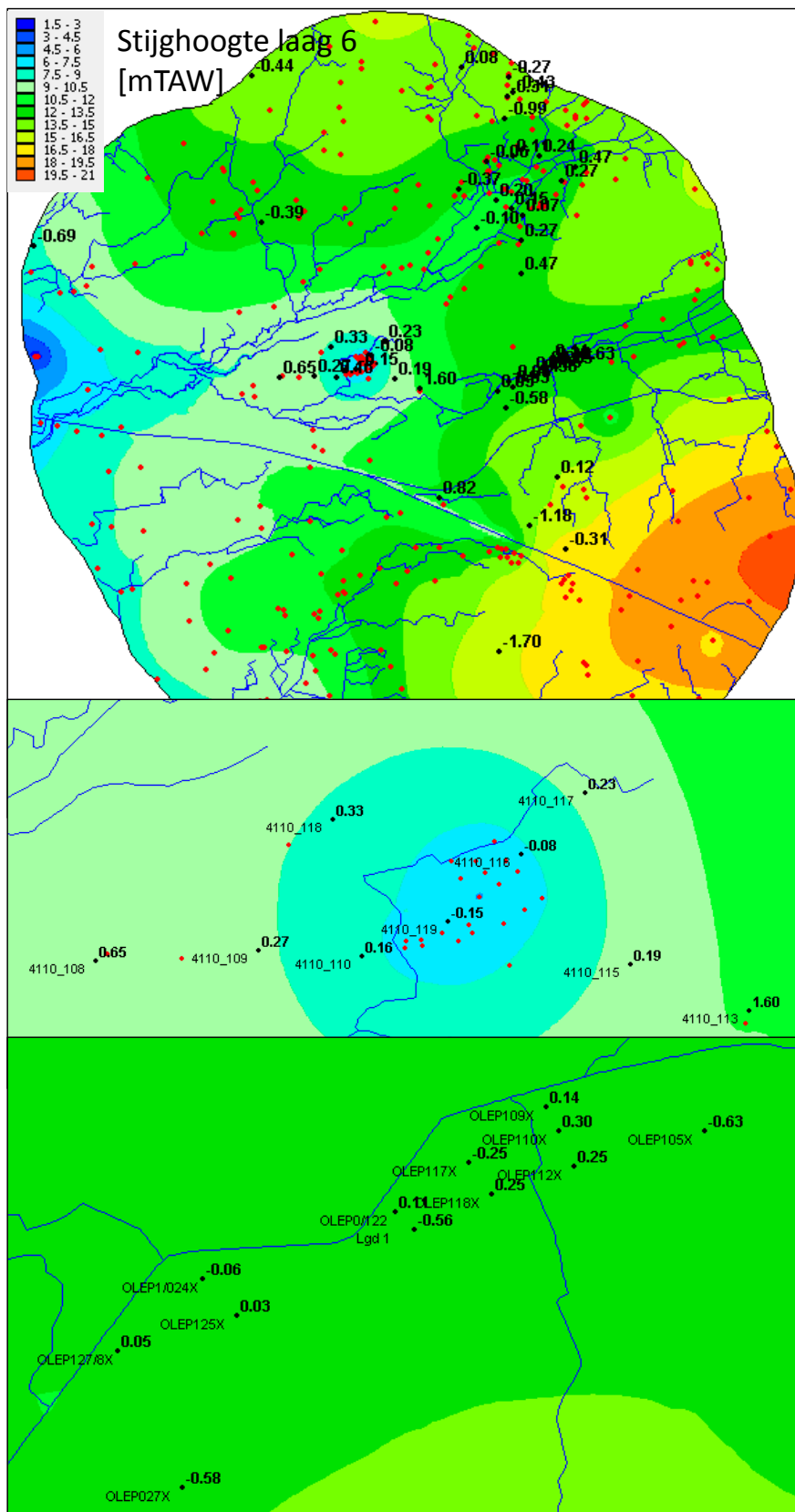
Over het algemeen wordt de dynamiek van de grondwaterstand goed berekend zeker in de eerste lagen. Het model is daarmee goed in staat een GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstanden) en GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstanden) te berekenen. De structurele afwijking komt overeen met de afwijkingen die ook in de stationaire uitkomsten worden gevonden.

Bijlage 1

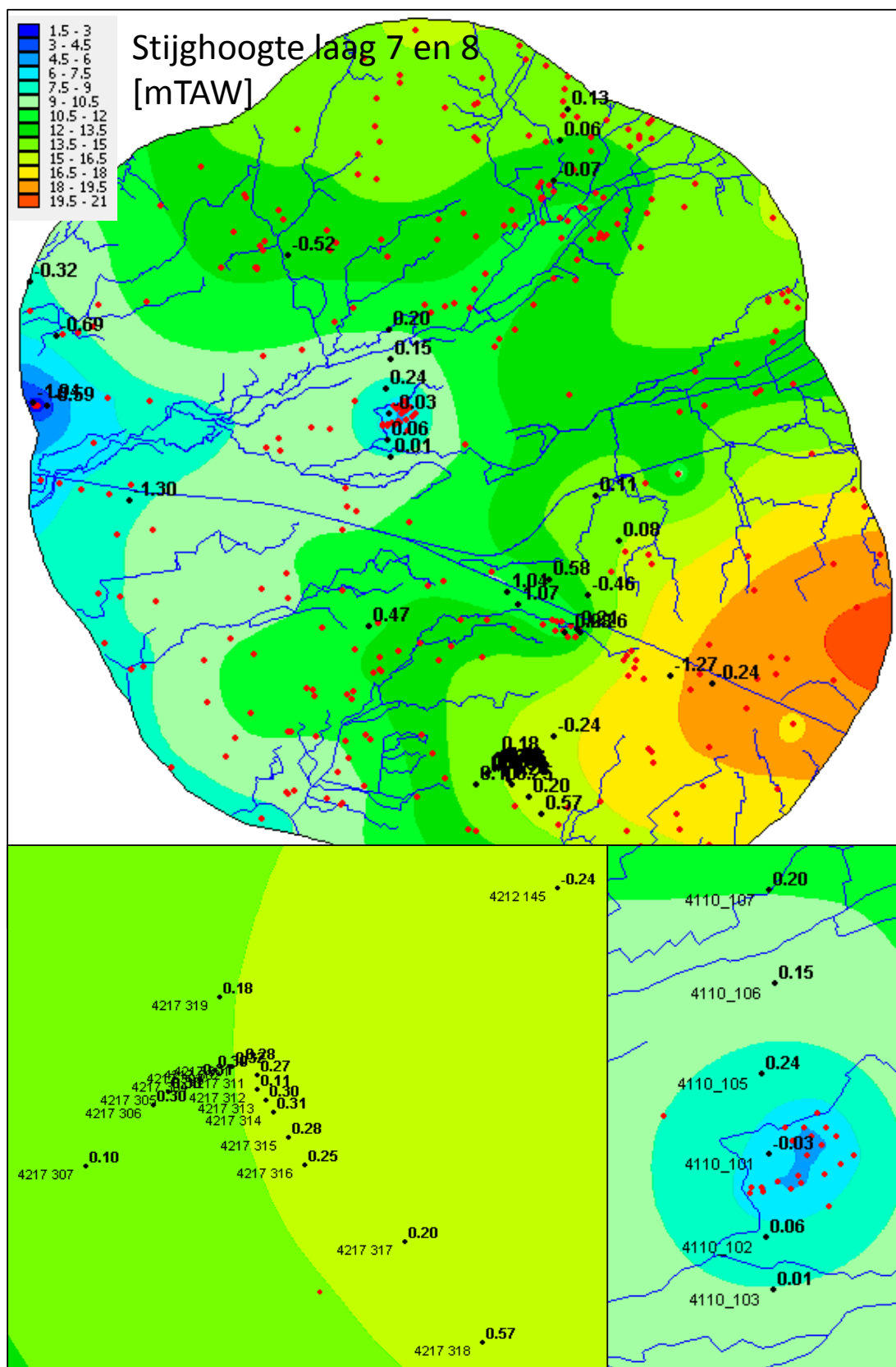
Calibratieresultaten



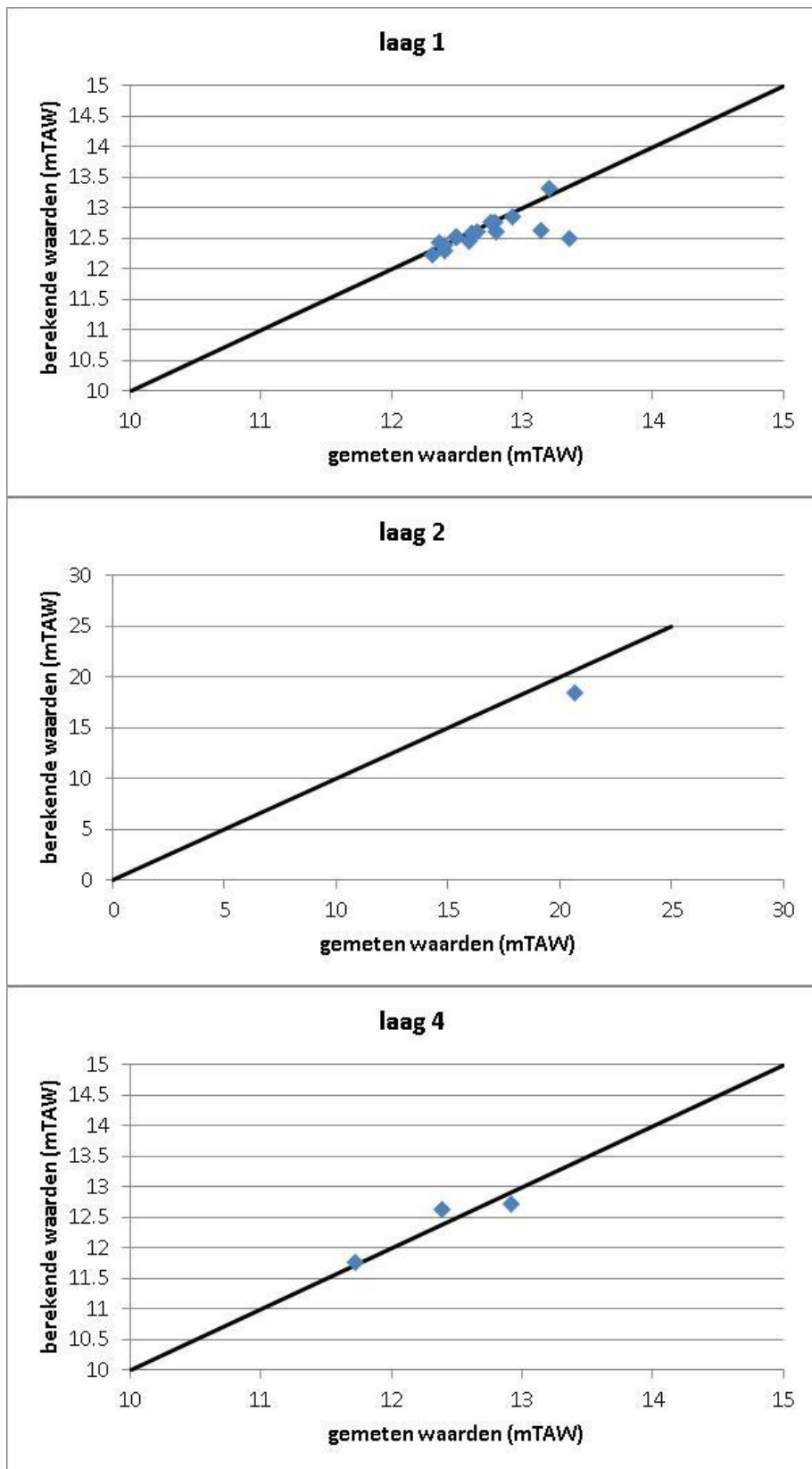
Figuur B1.1: Stationair berekende grondwaterstand en de afwijkingen ten opzichte van de metingen. (laag 1 t/m 4, negatief betekent te laag berekend)



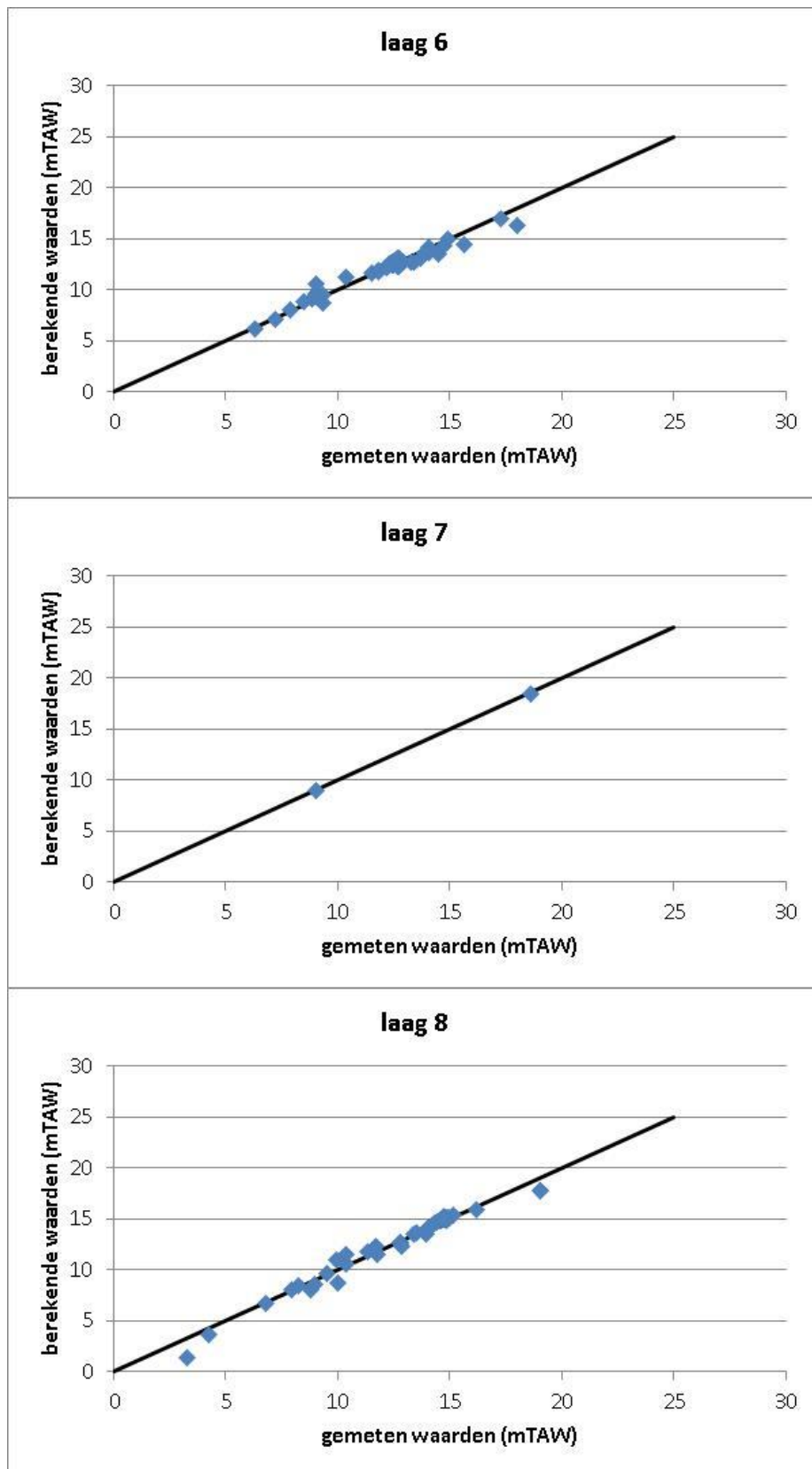
Figuur B1.2: Stationair berekende stijghoogte watervoerende laag 6 en de afwijkingen ten opzichte van de metingen (negatief betekent te laag berekend)



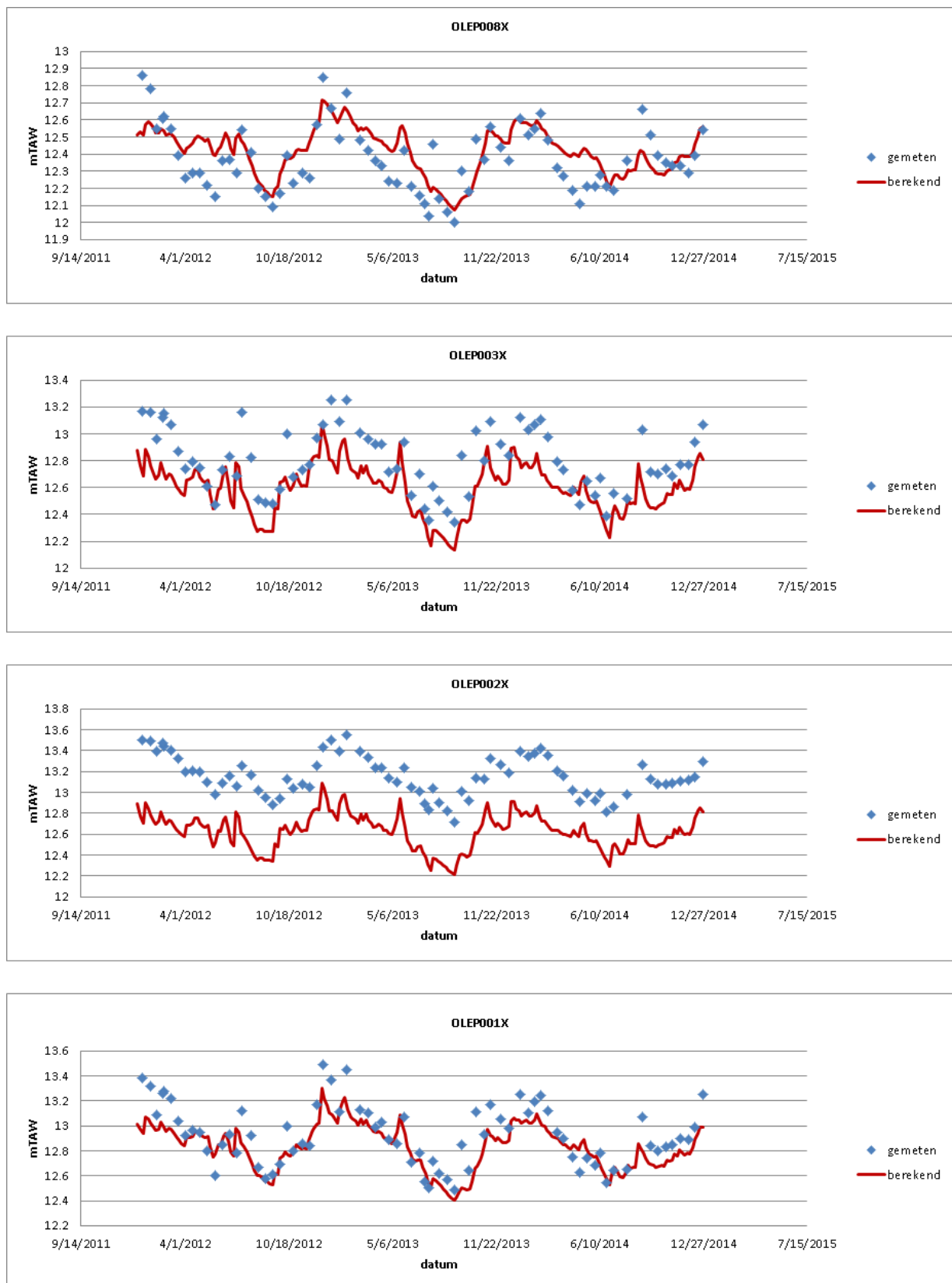
Figuur B1.3: Stationair berekende stijghoogte watervoerende laag 7 en 8 en de afwijkingen ten opzichte van de metingen (negatief betekent te laag berekend)



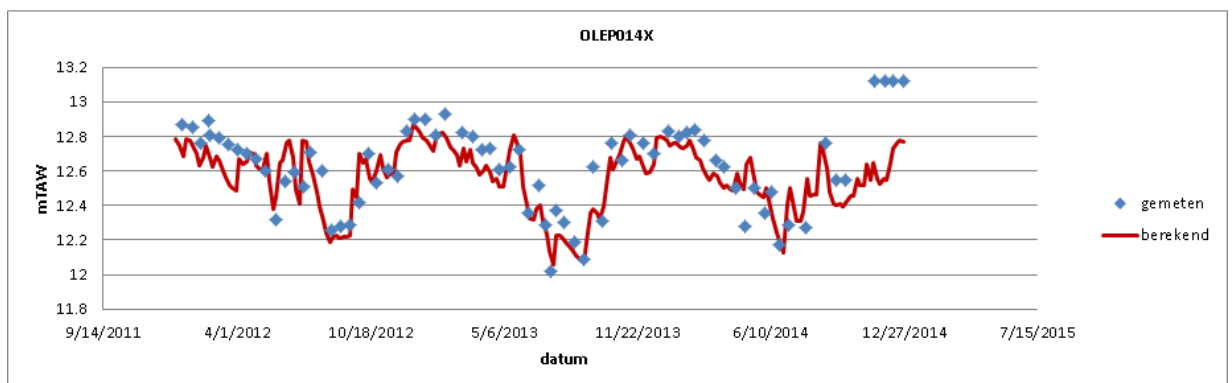
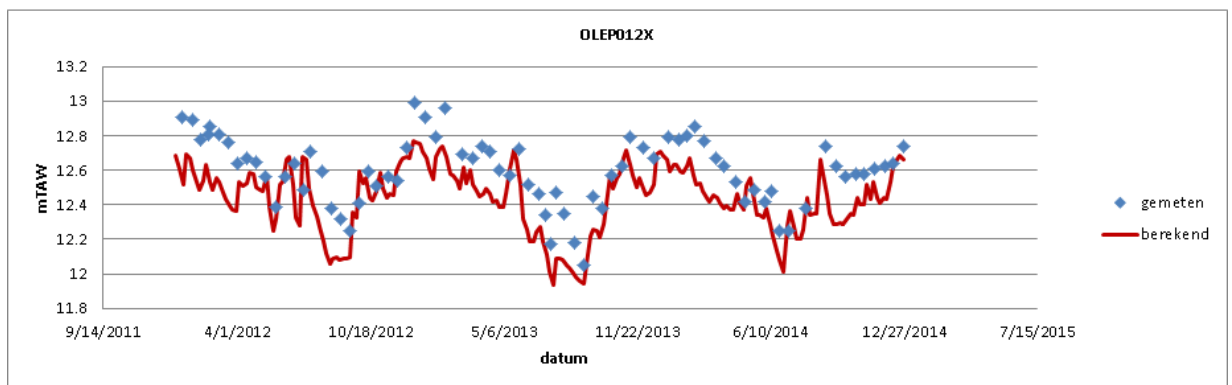
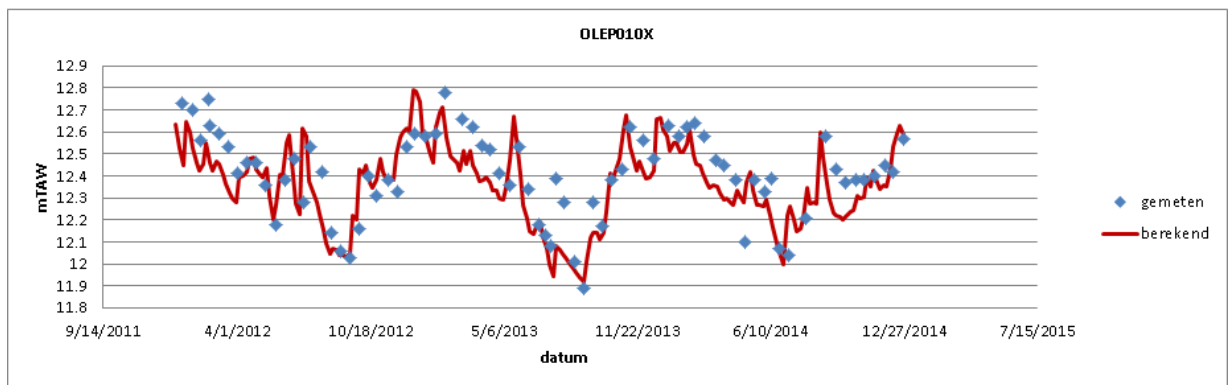
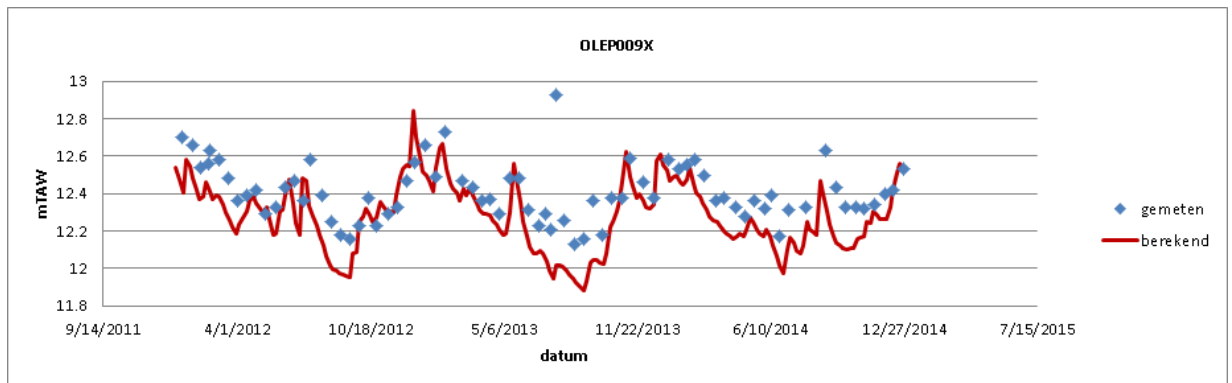
Figuur B1.4: stationair berekende grondwaterstanden uitgezet tegen de metingen per laag



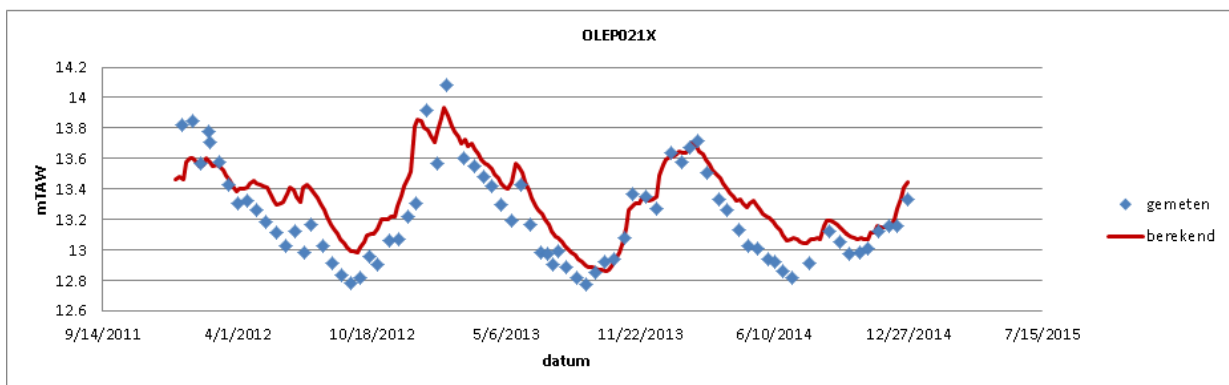
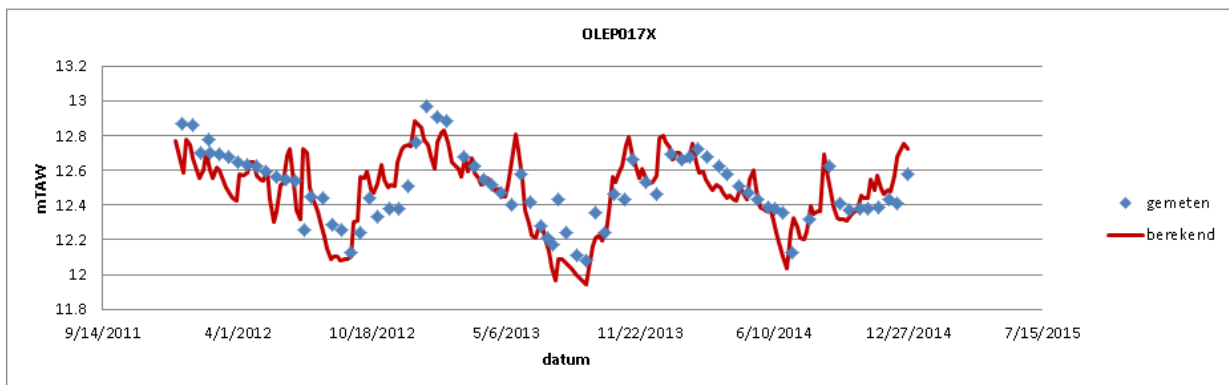
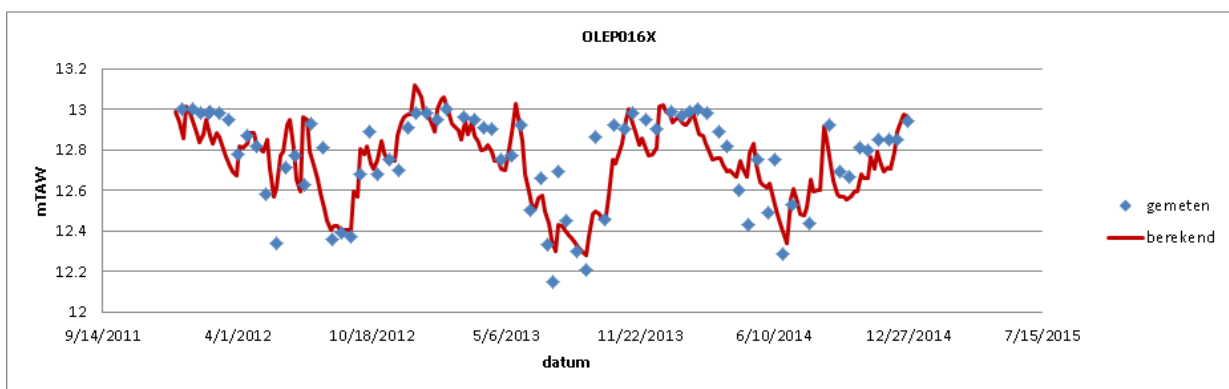
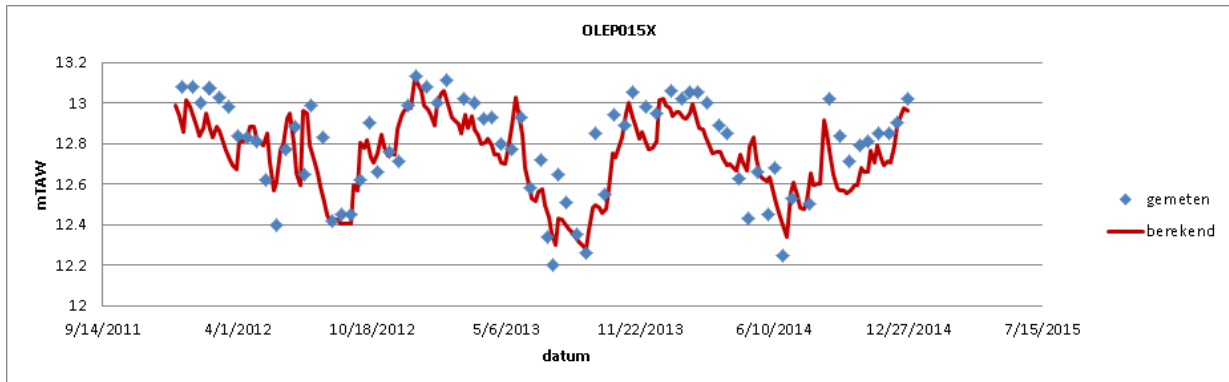
Figuur B1.5: stationair berekende grondwaterstanden uitgezet tegen de metingen per laag



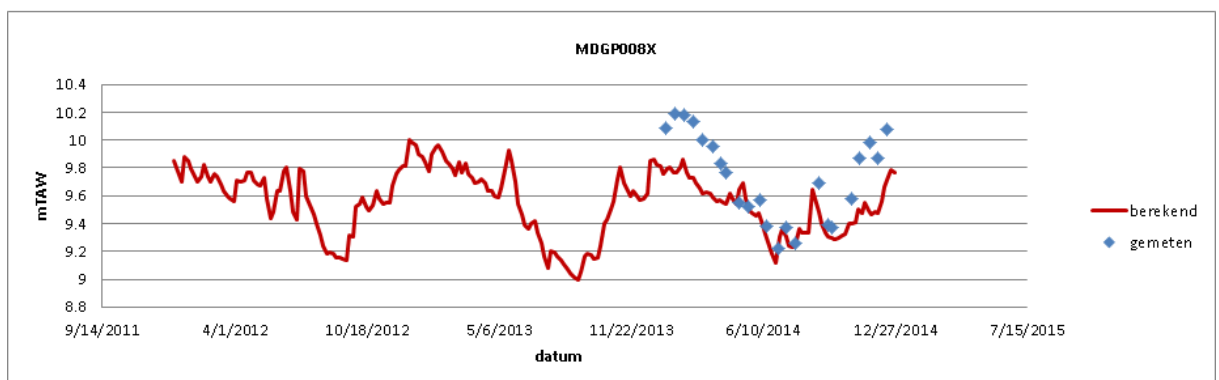
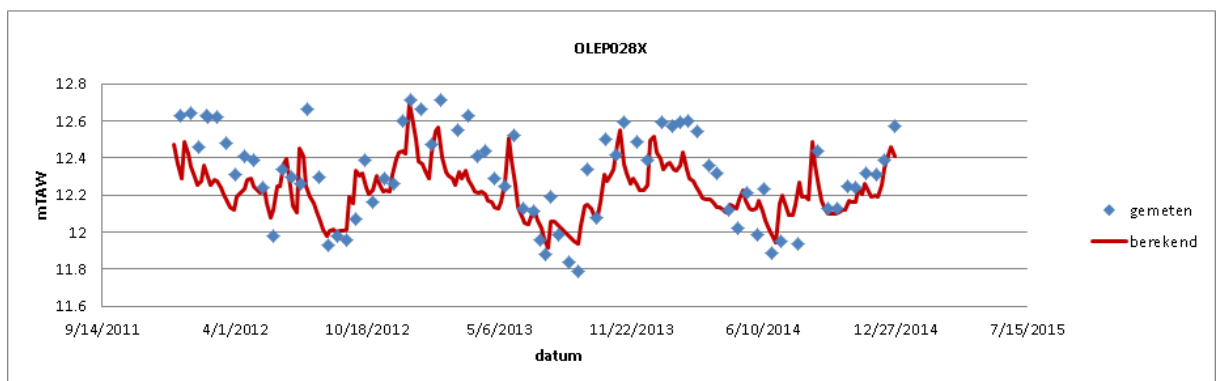
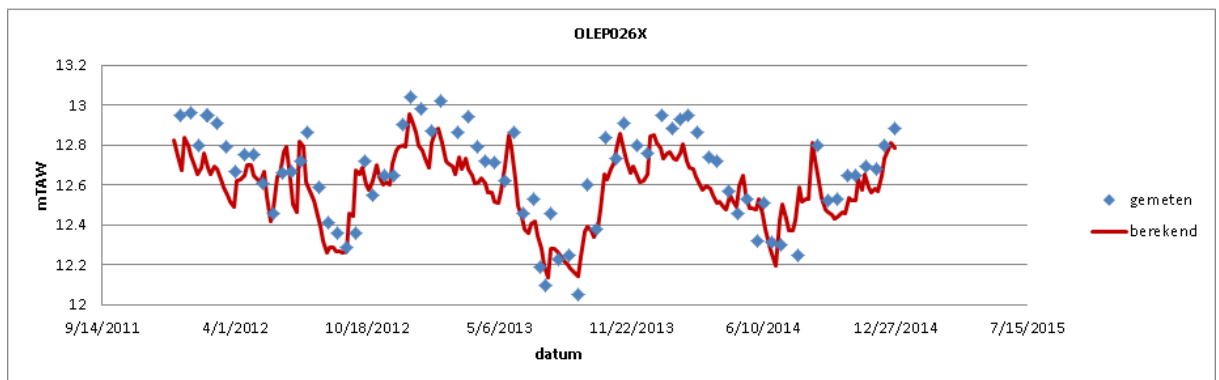
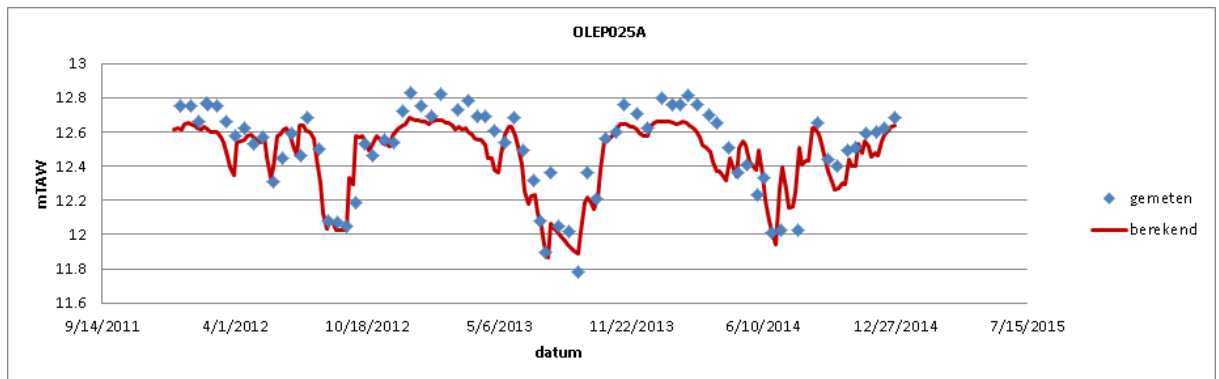
Figuur B1.7: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 1



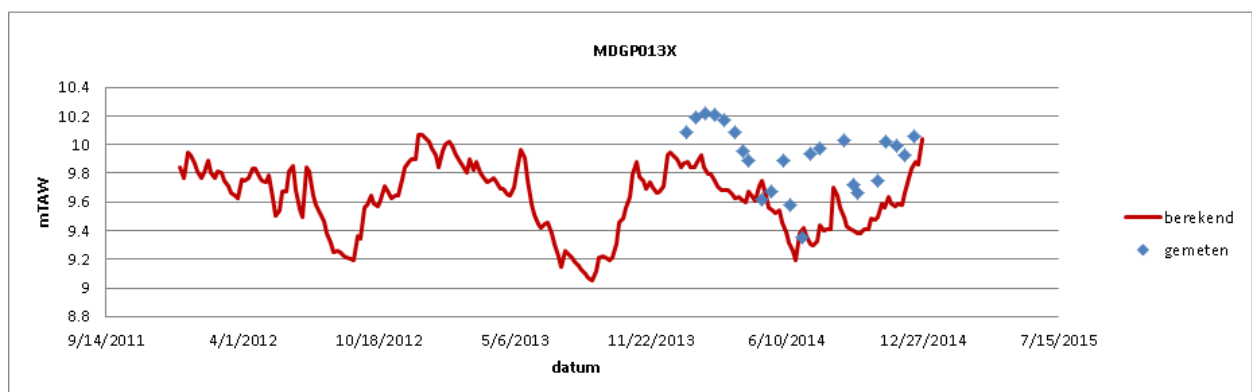
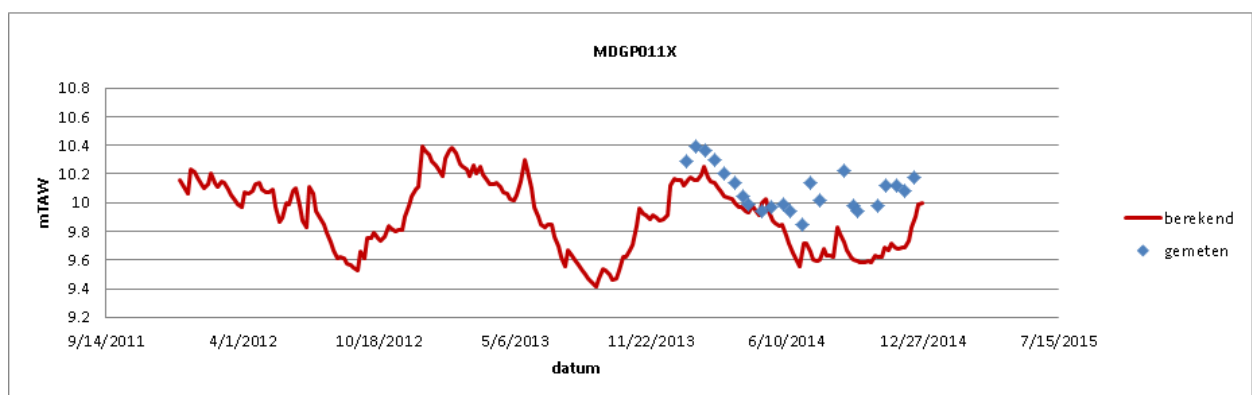
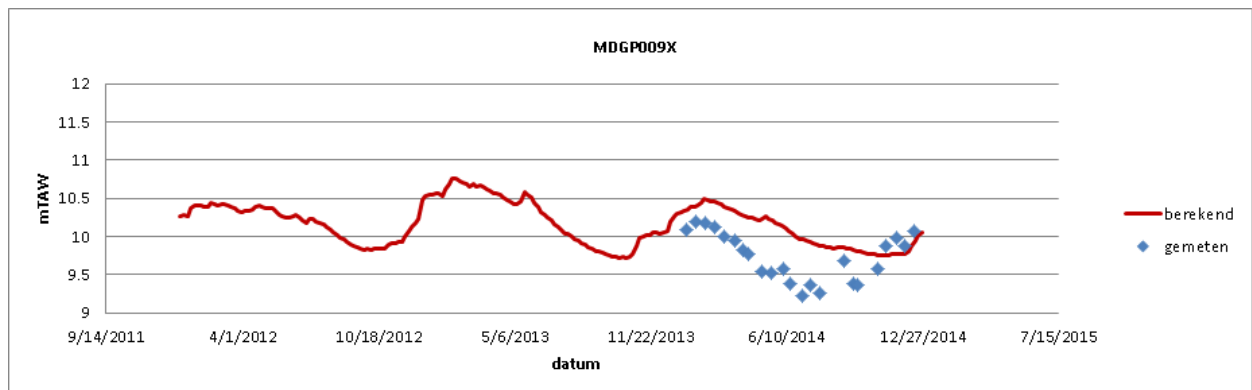
Figuur B1.8: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 1



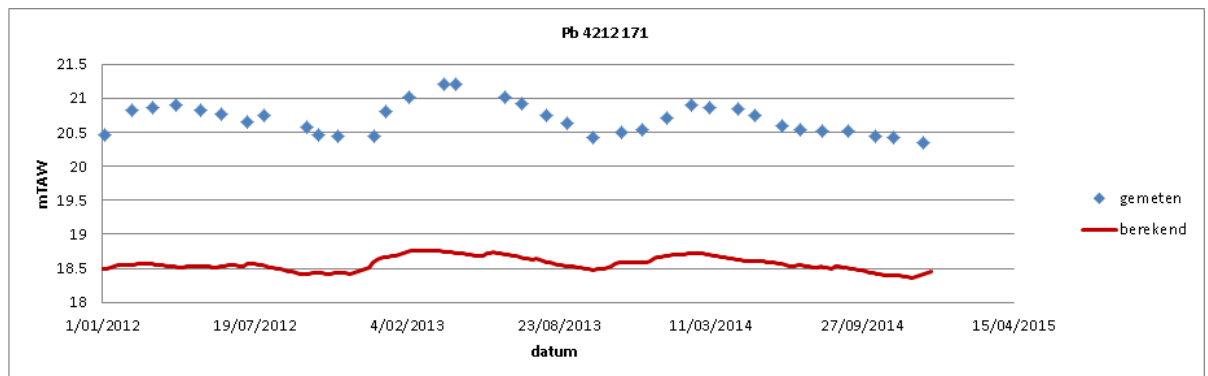
Figuur B1.9: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 1



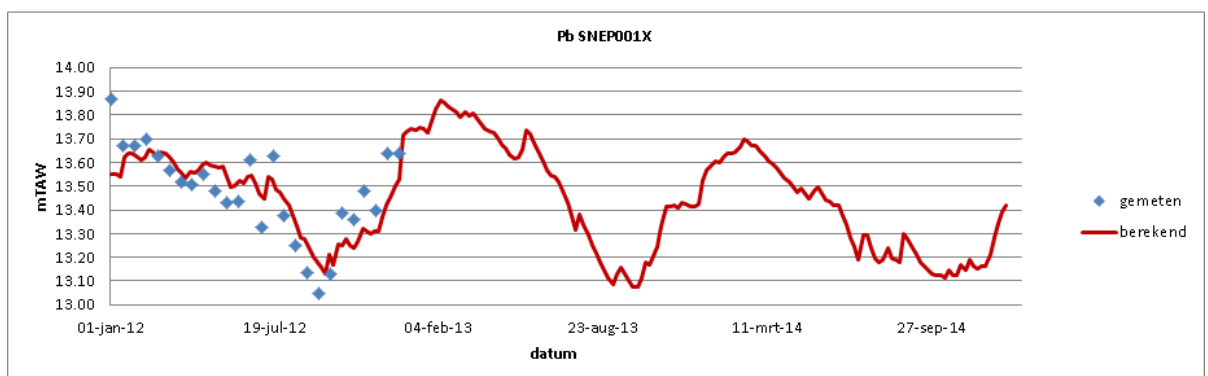
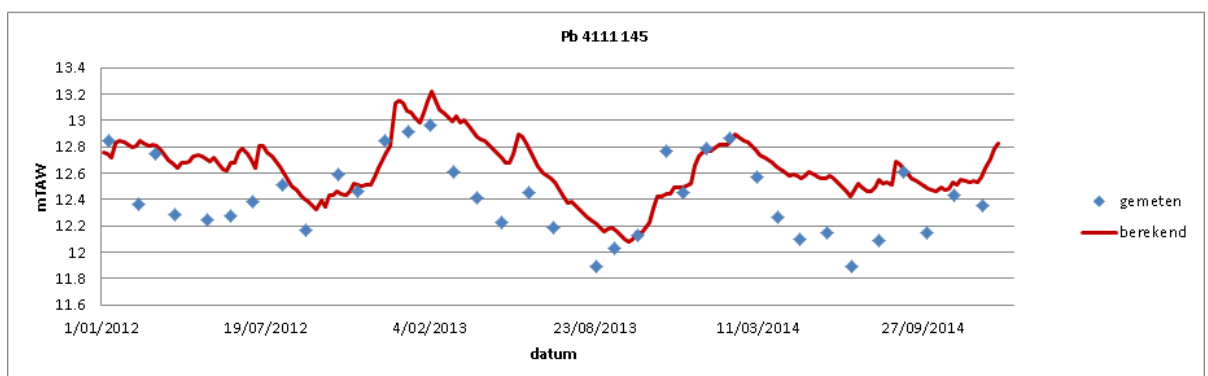
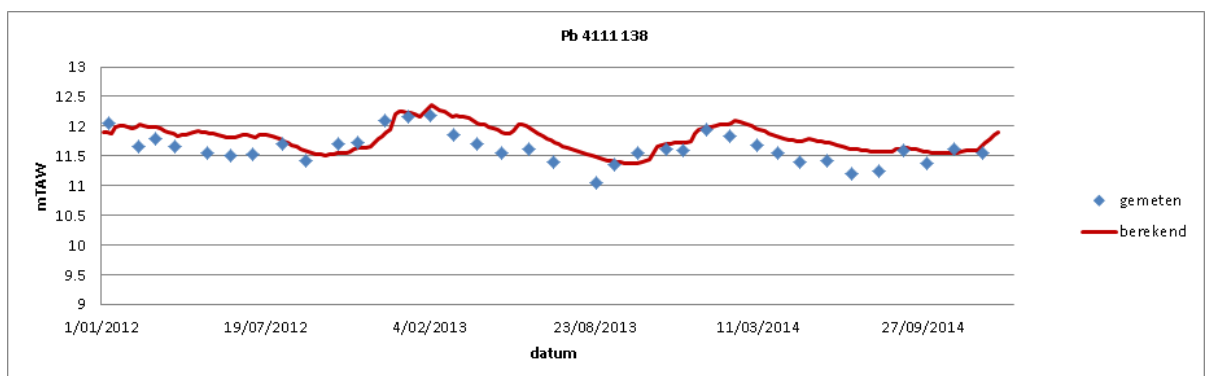
Figuur B1.10: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 1



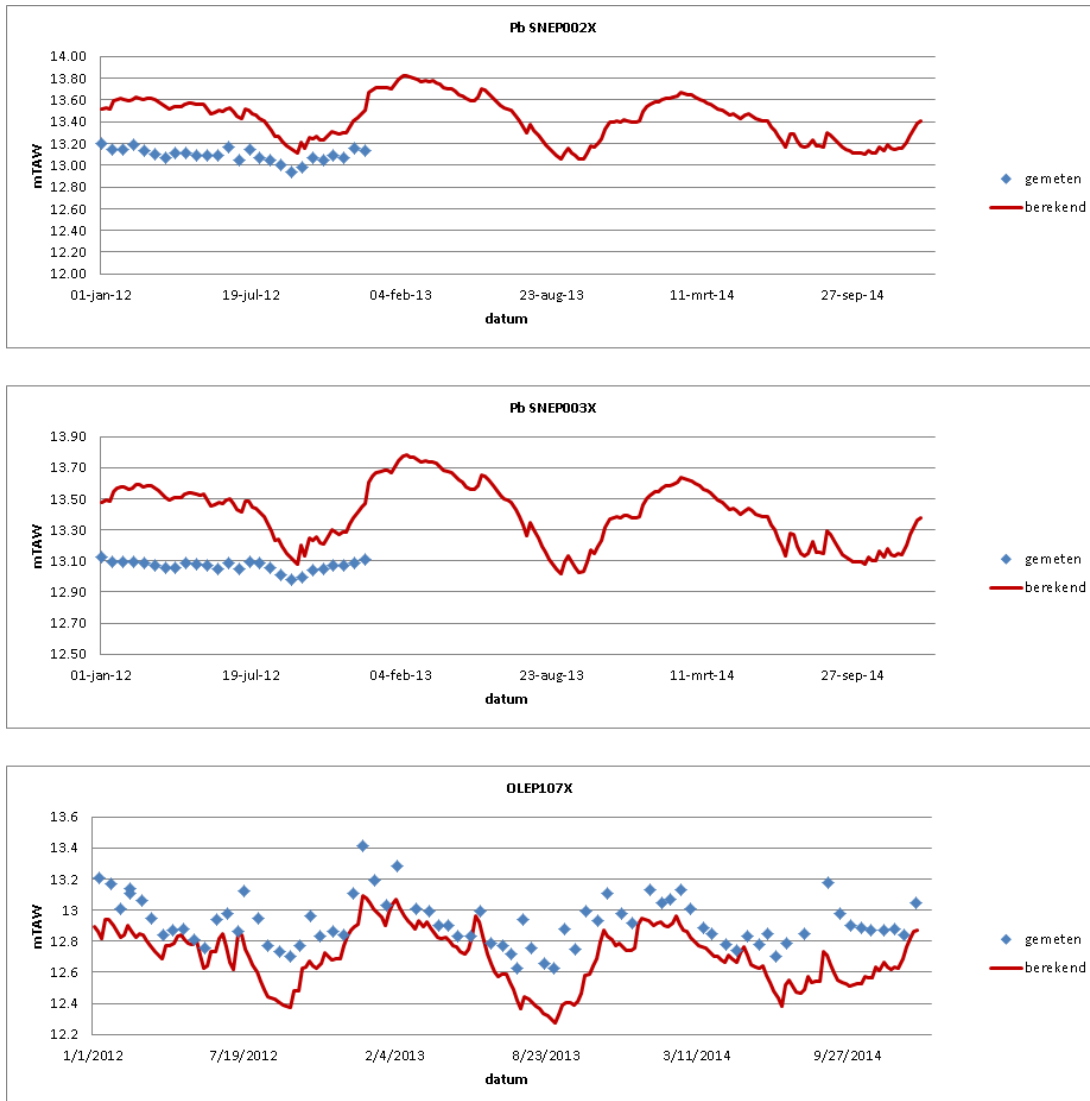
Figuur B1.11: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 1



Figuur B1.12. Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 2



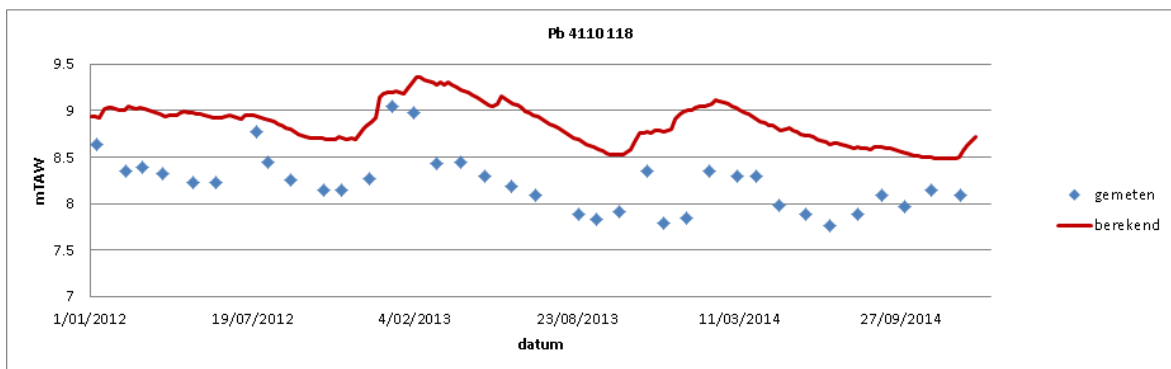
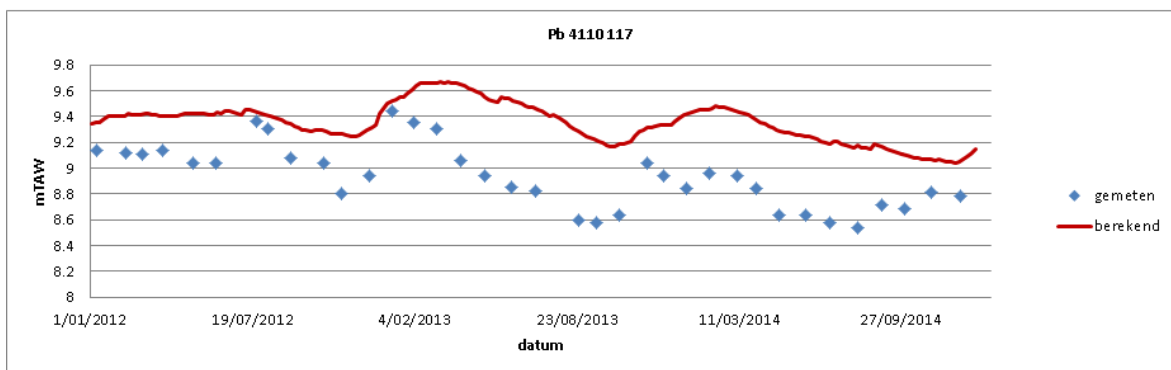
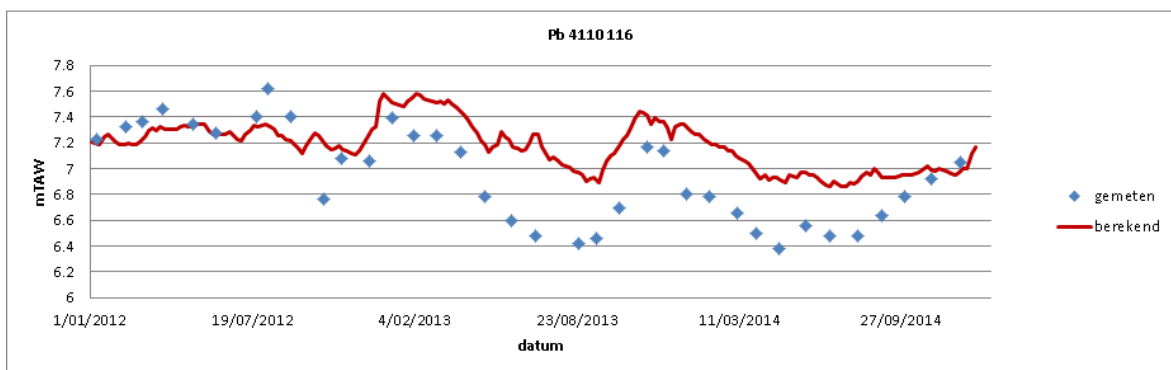
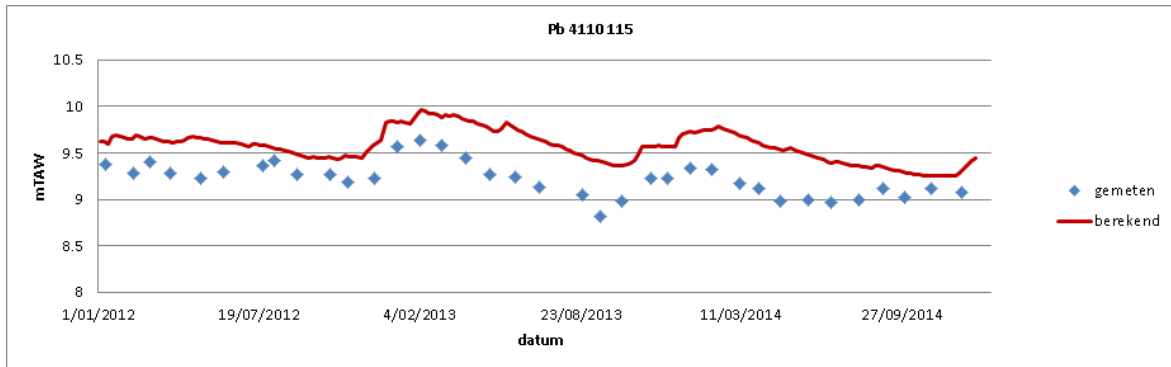
Figuur B1.13: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 4



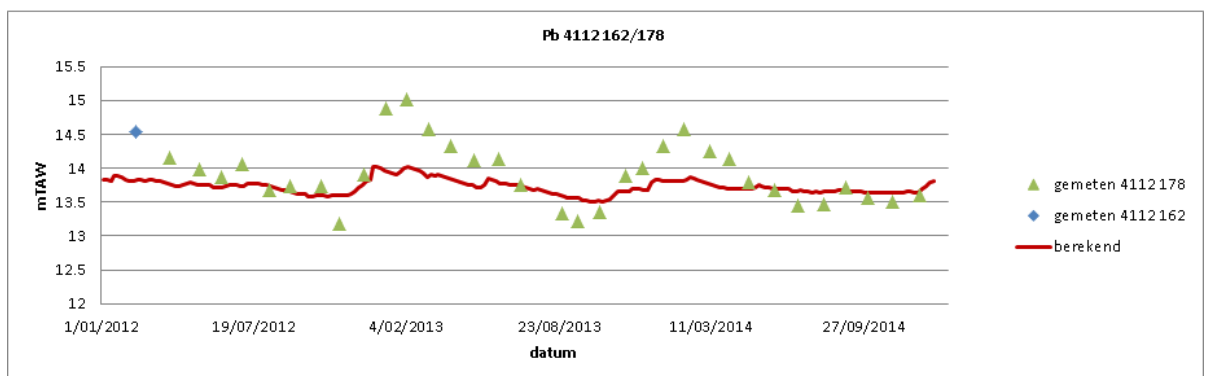
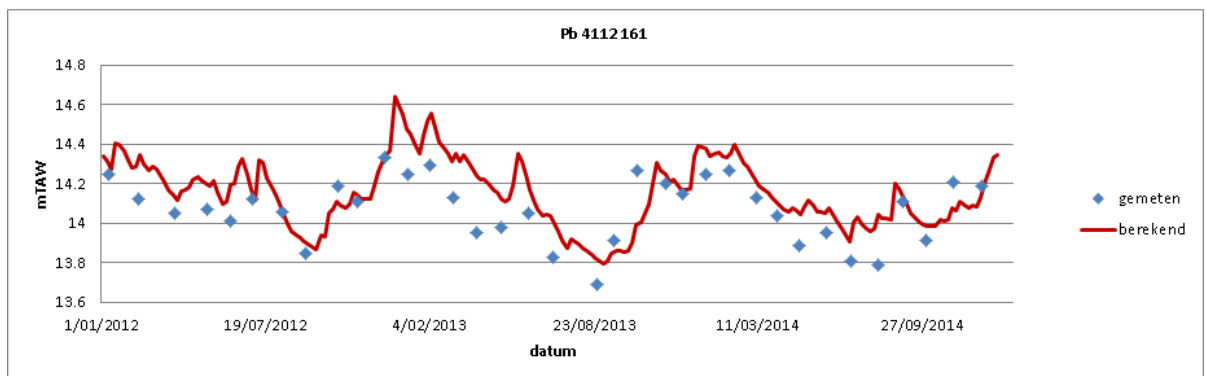
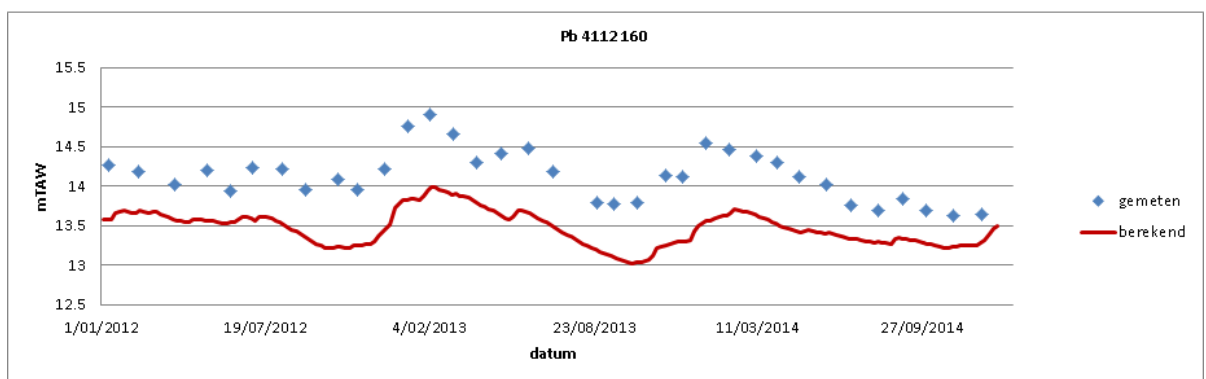
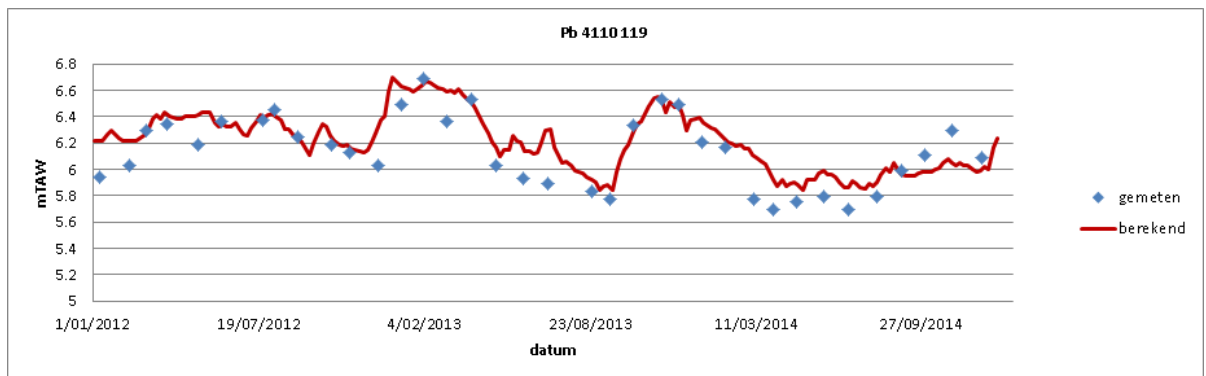
Figuur B1.14: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 4



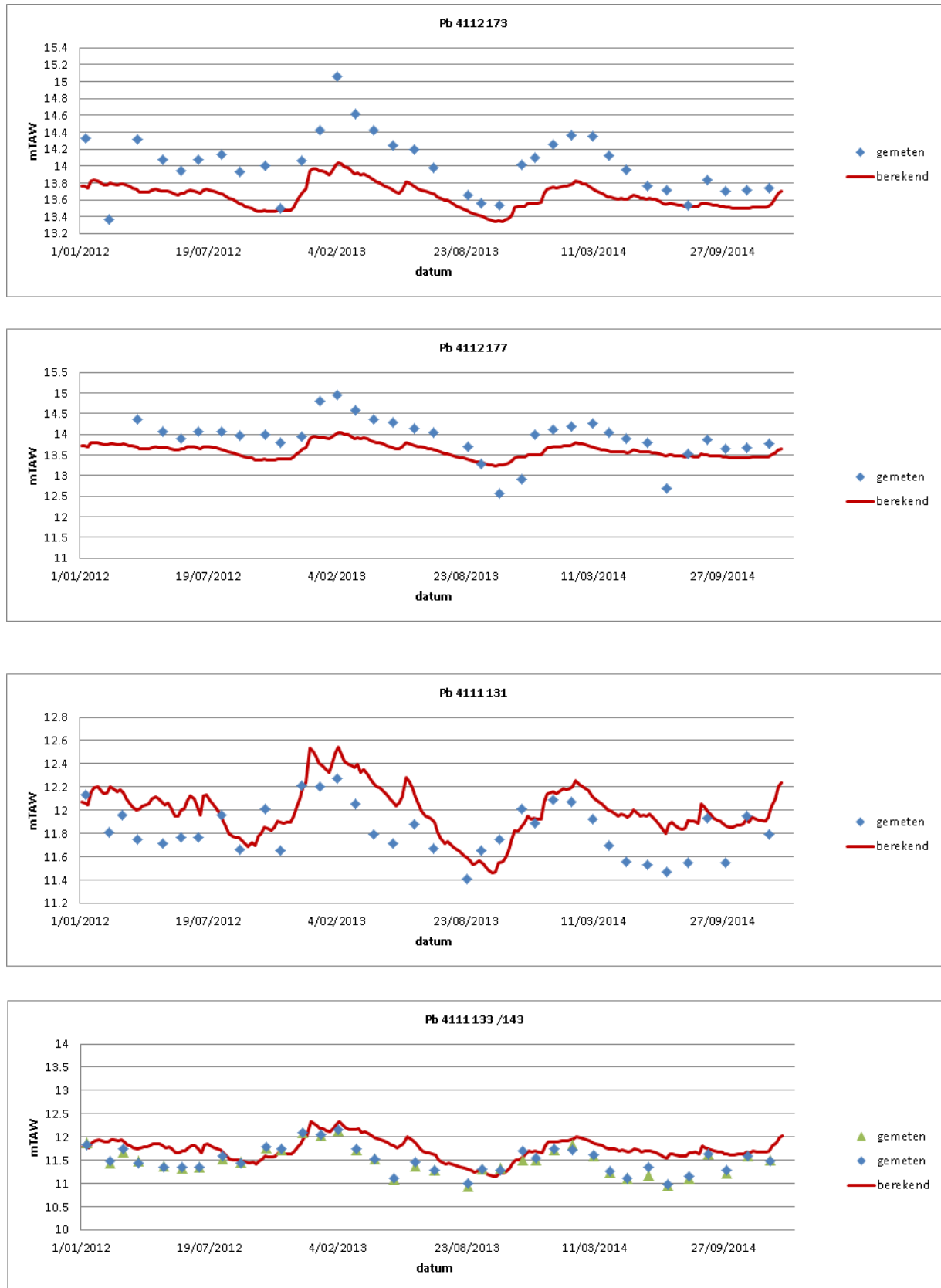
Figuur B1.15: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 6



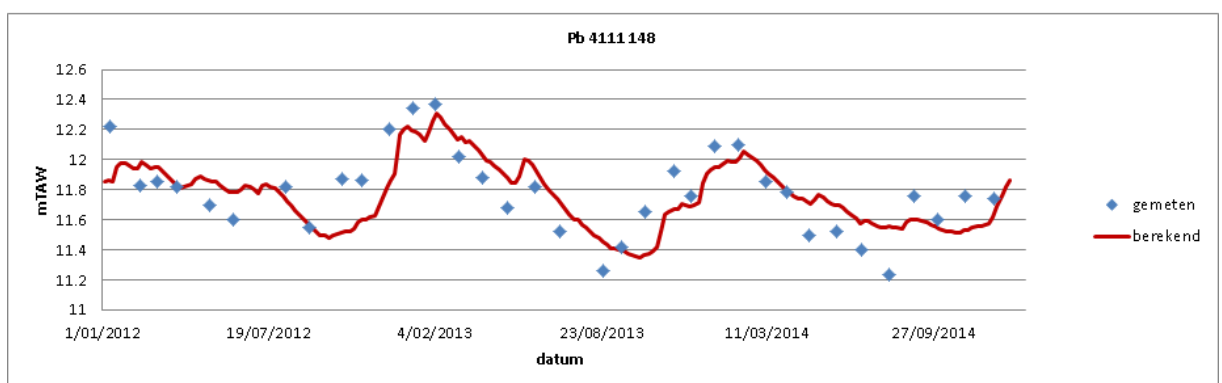
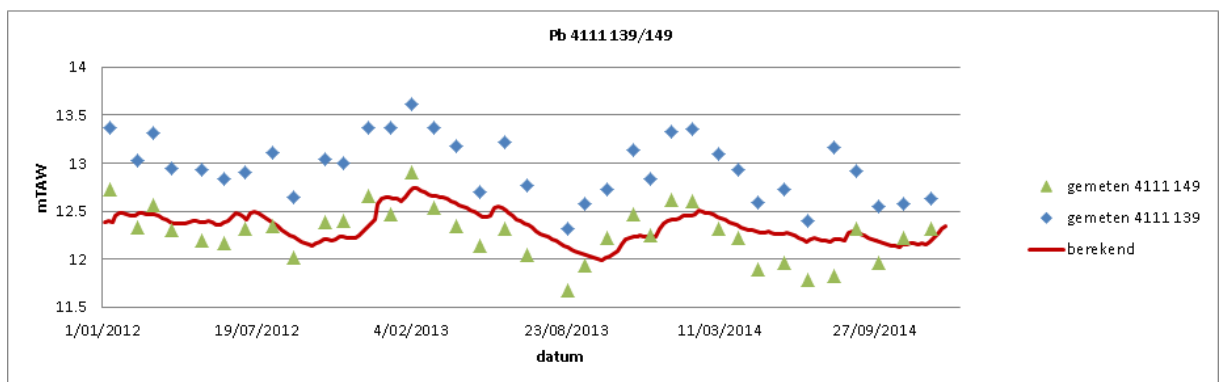
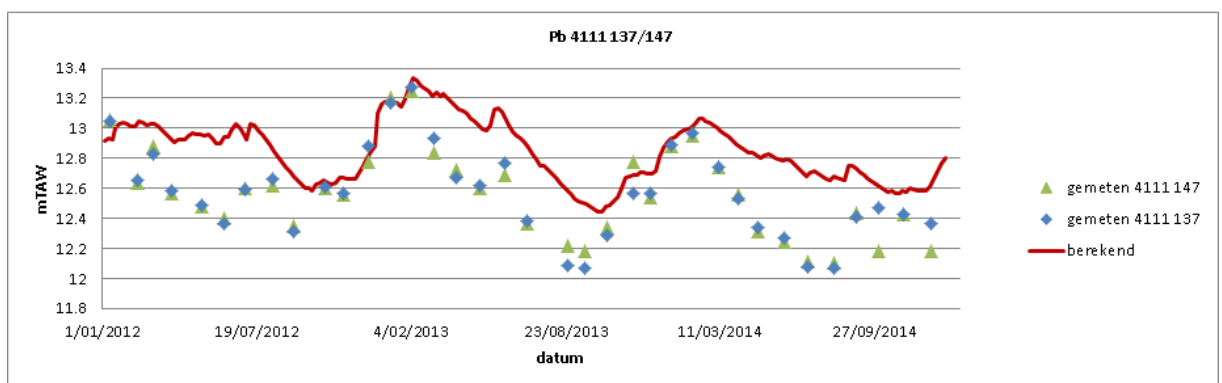
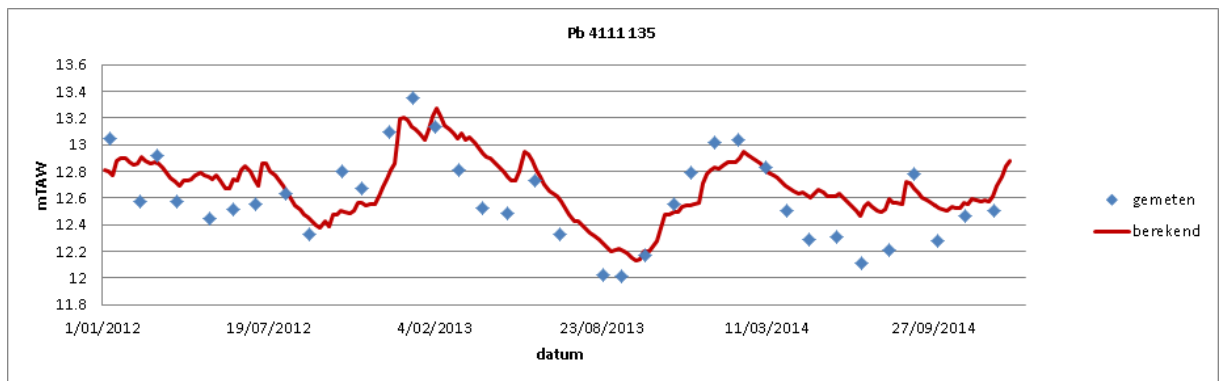
Figuur B1.16: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 6



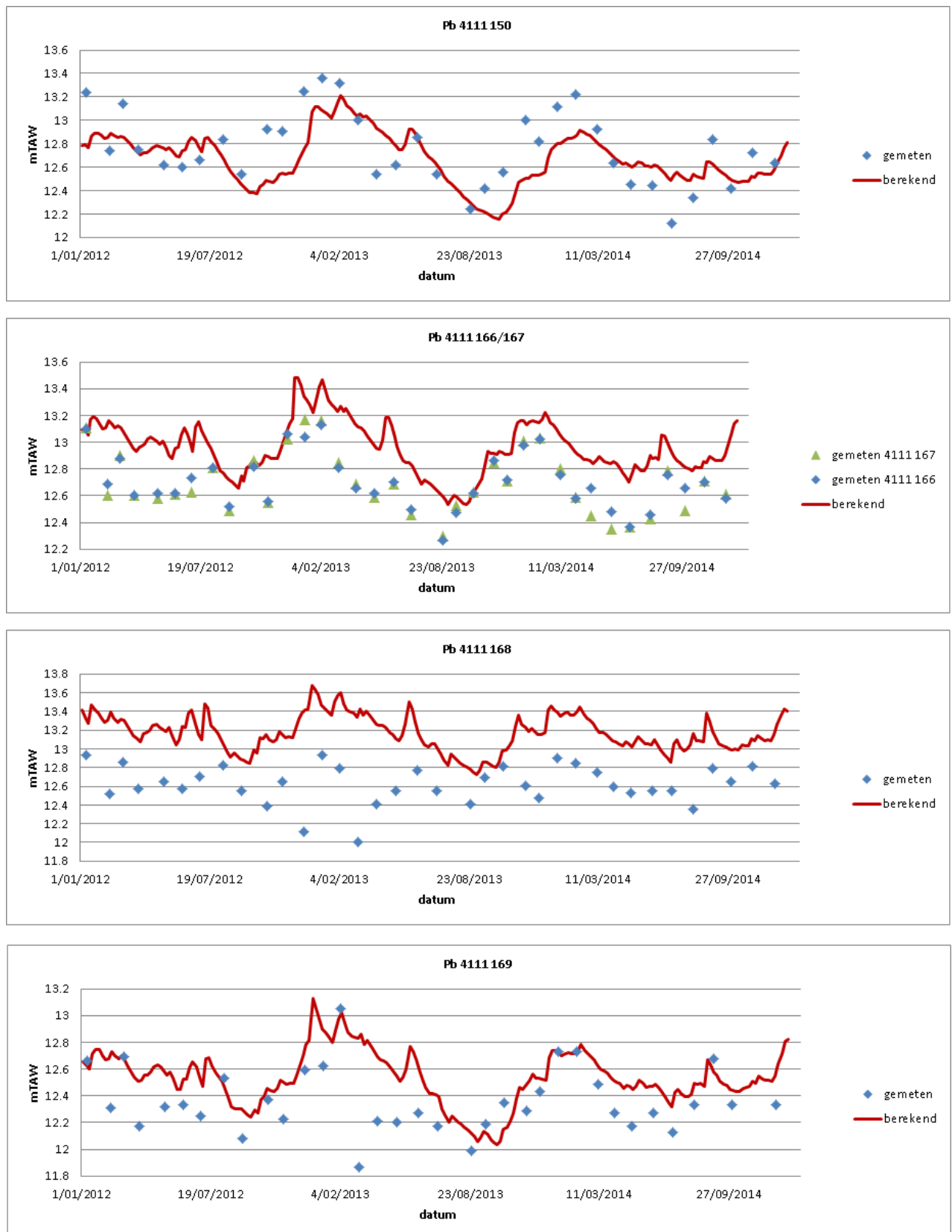
Figuur B1.17: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 6



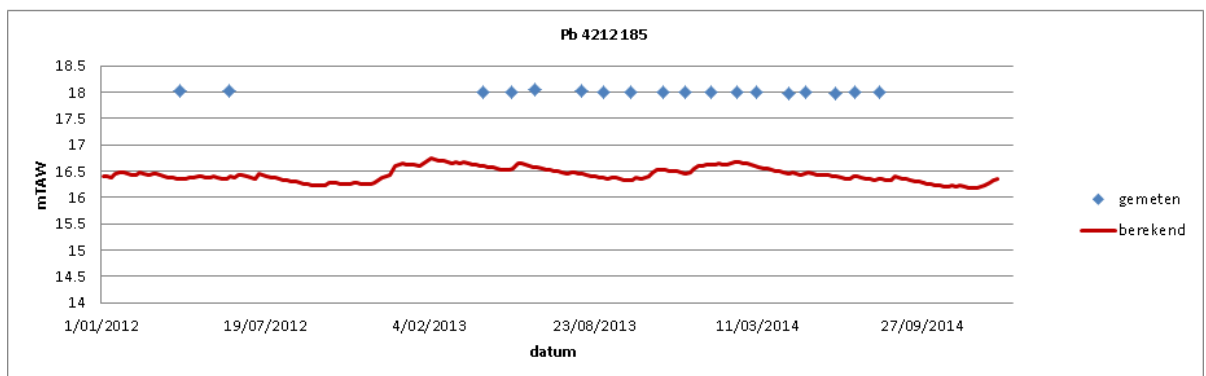
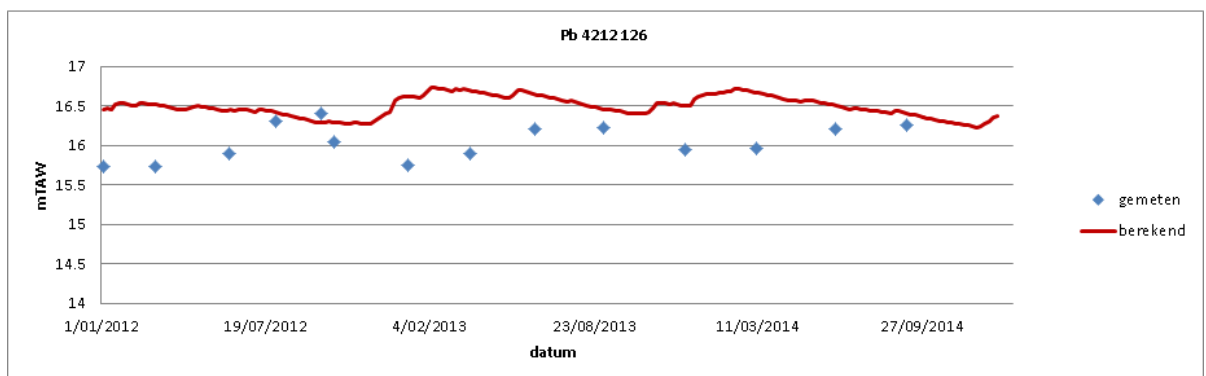
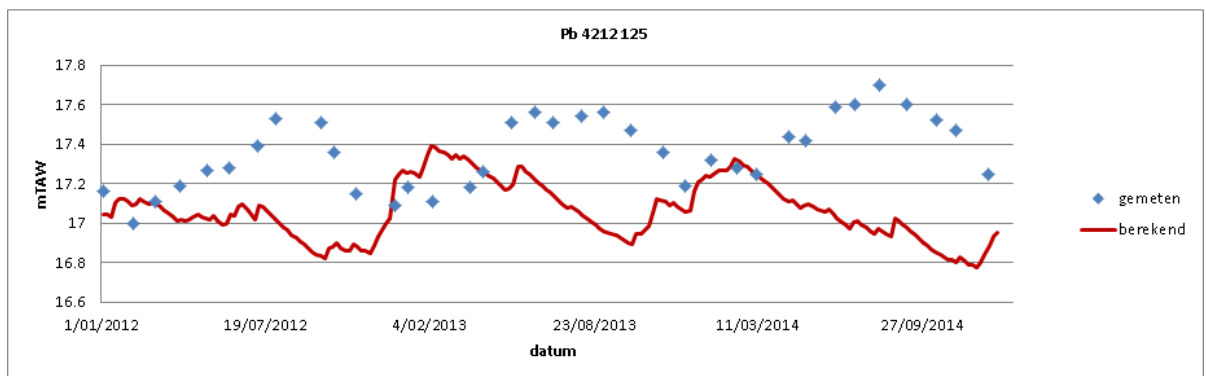
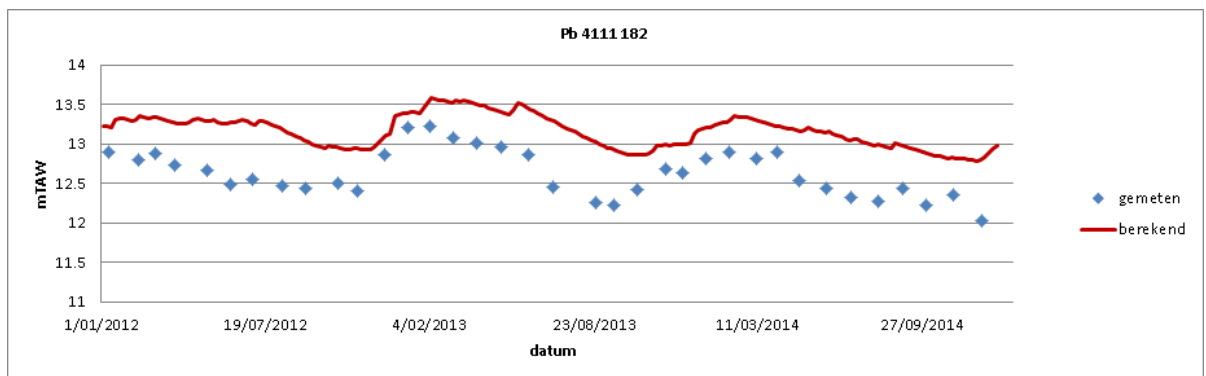
Figuur B1.18: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 6



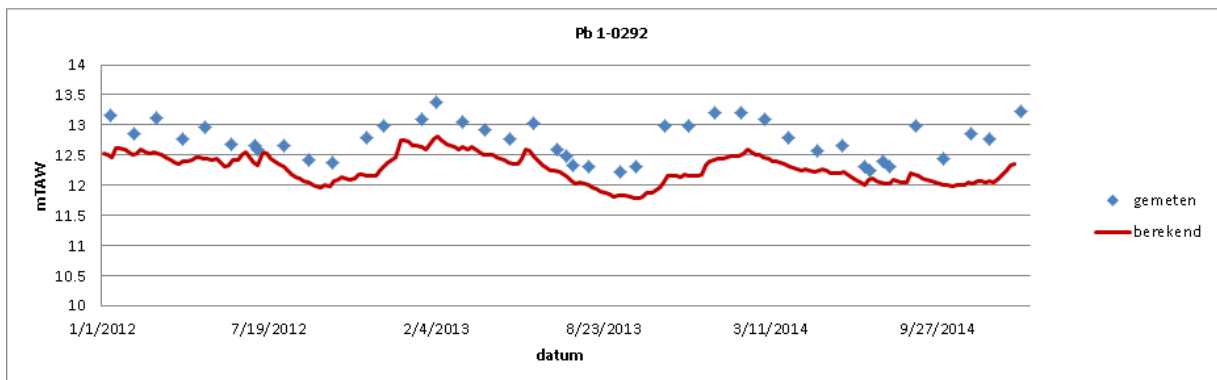
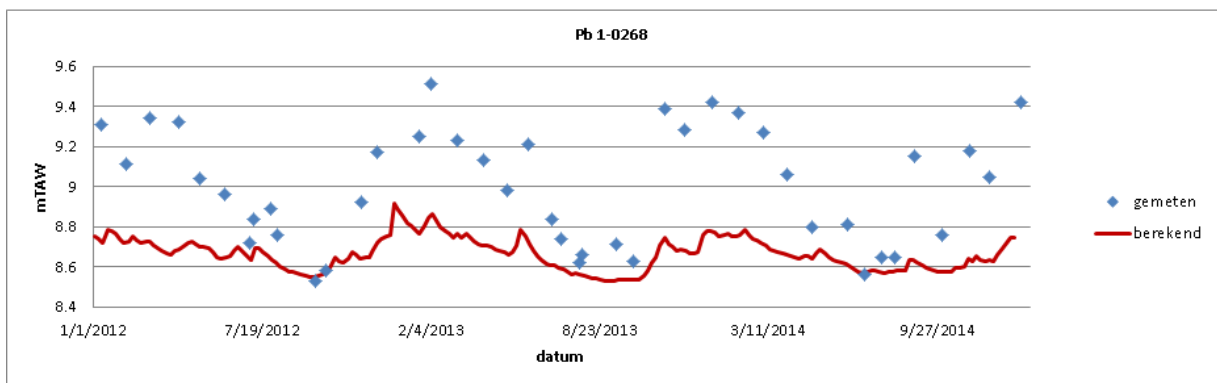
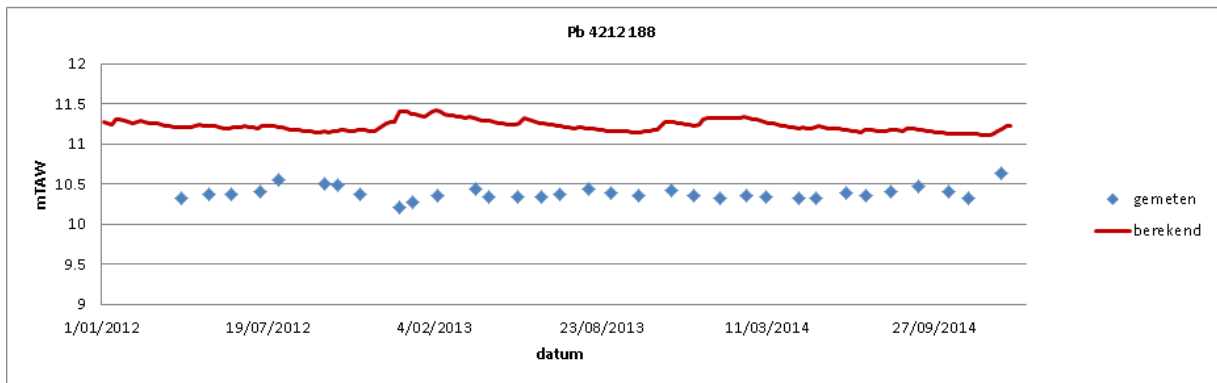
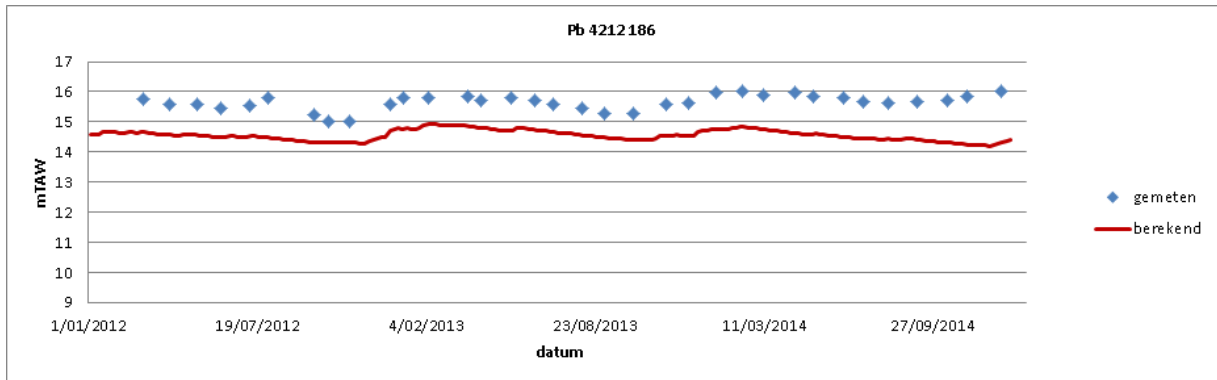
Figuur B1.19: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 6



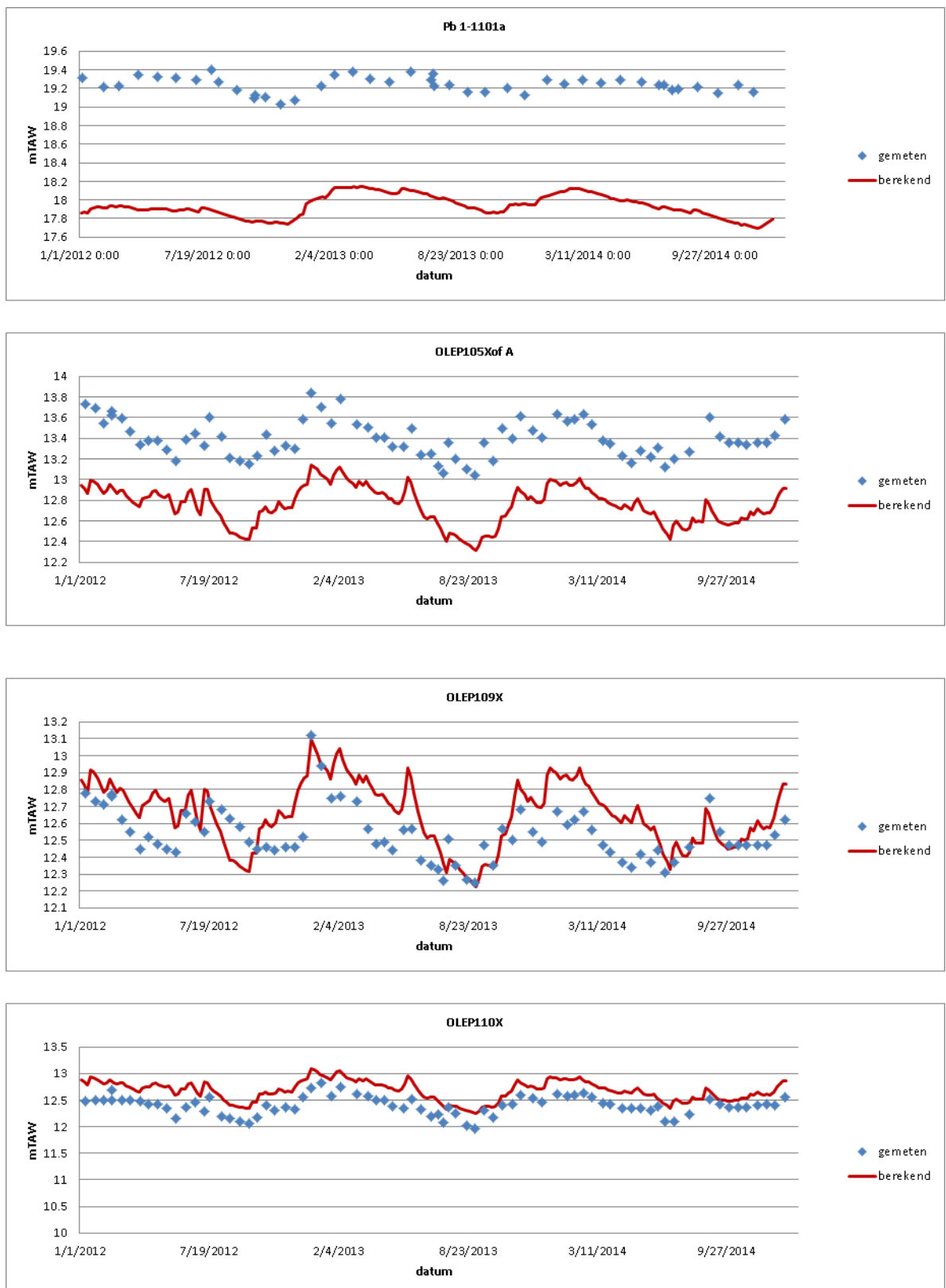
Figuur B1.20: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 6



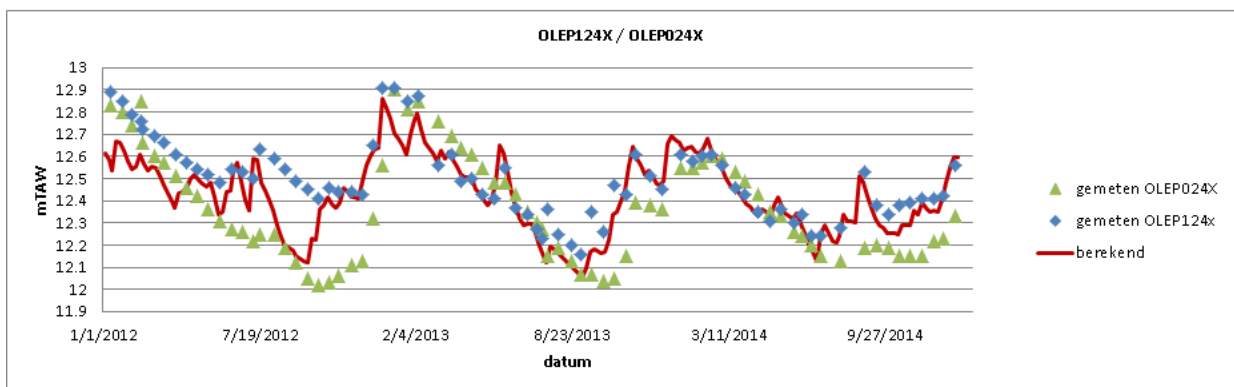
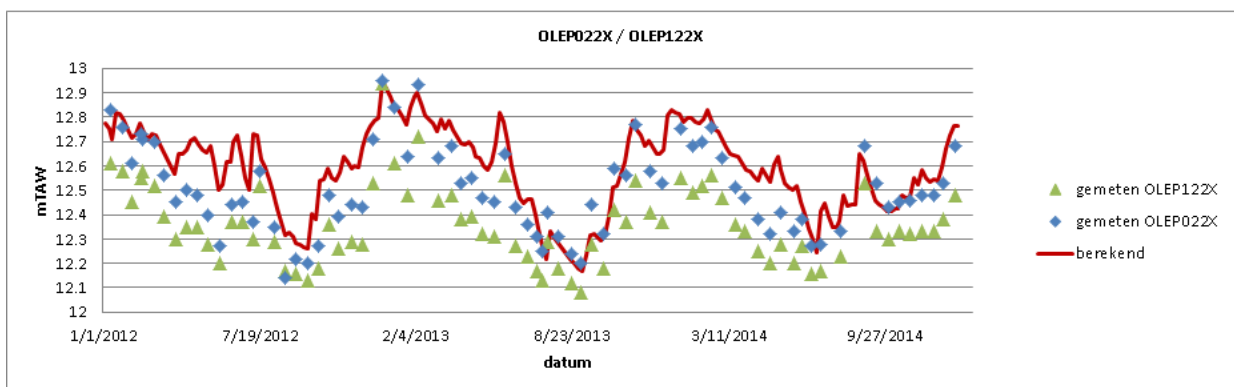
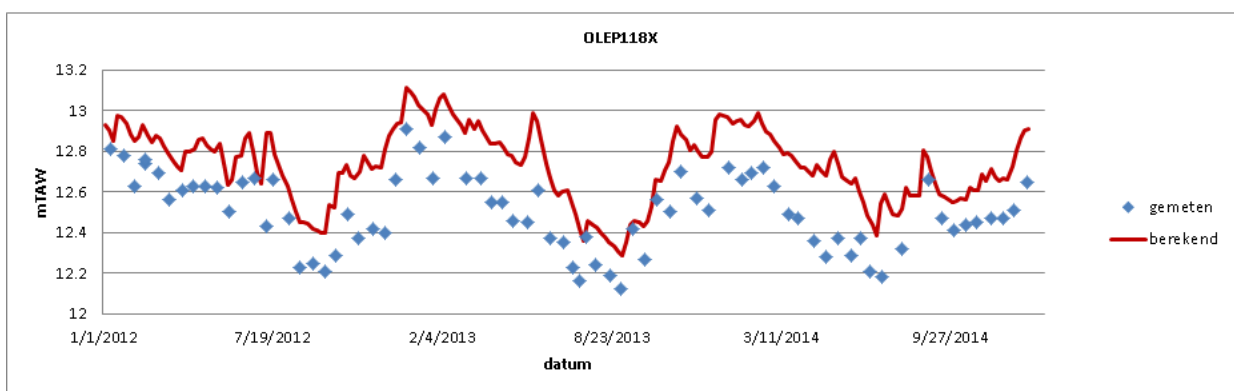
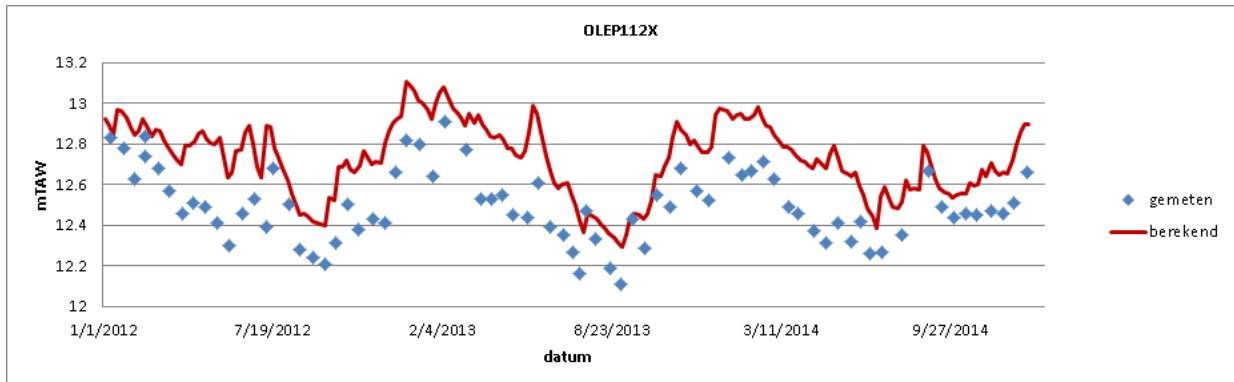
Figuur B1.21: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 6



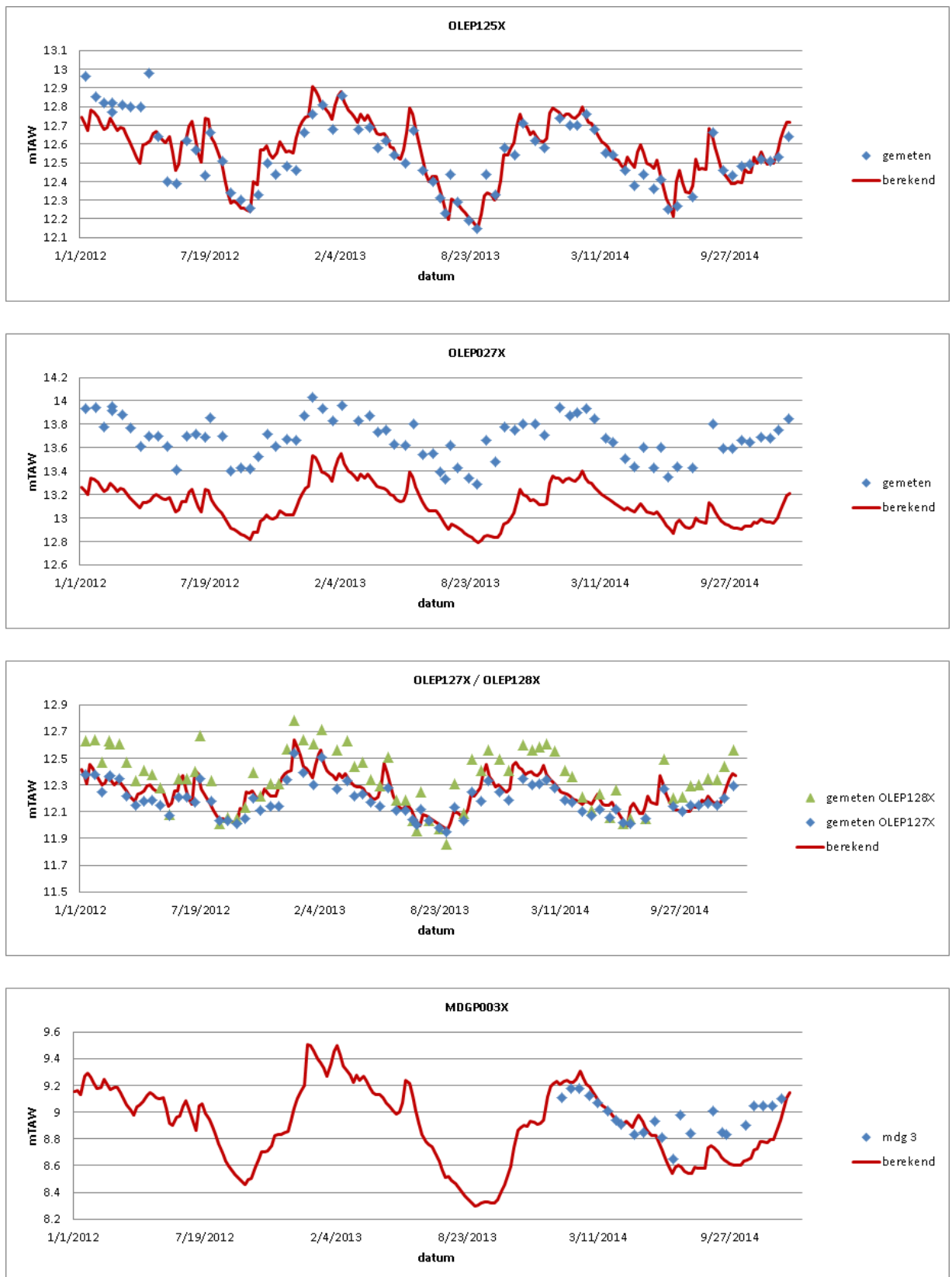
Figuur B1.22: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 6



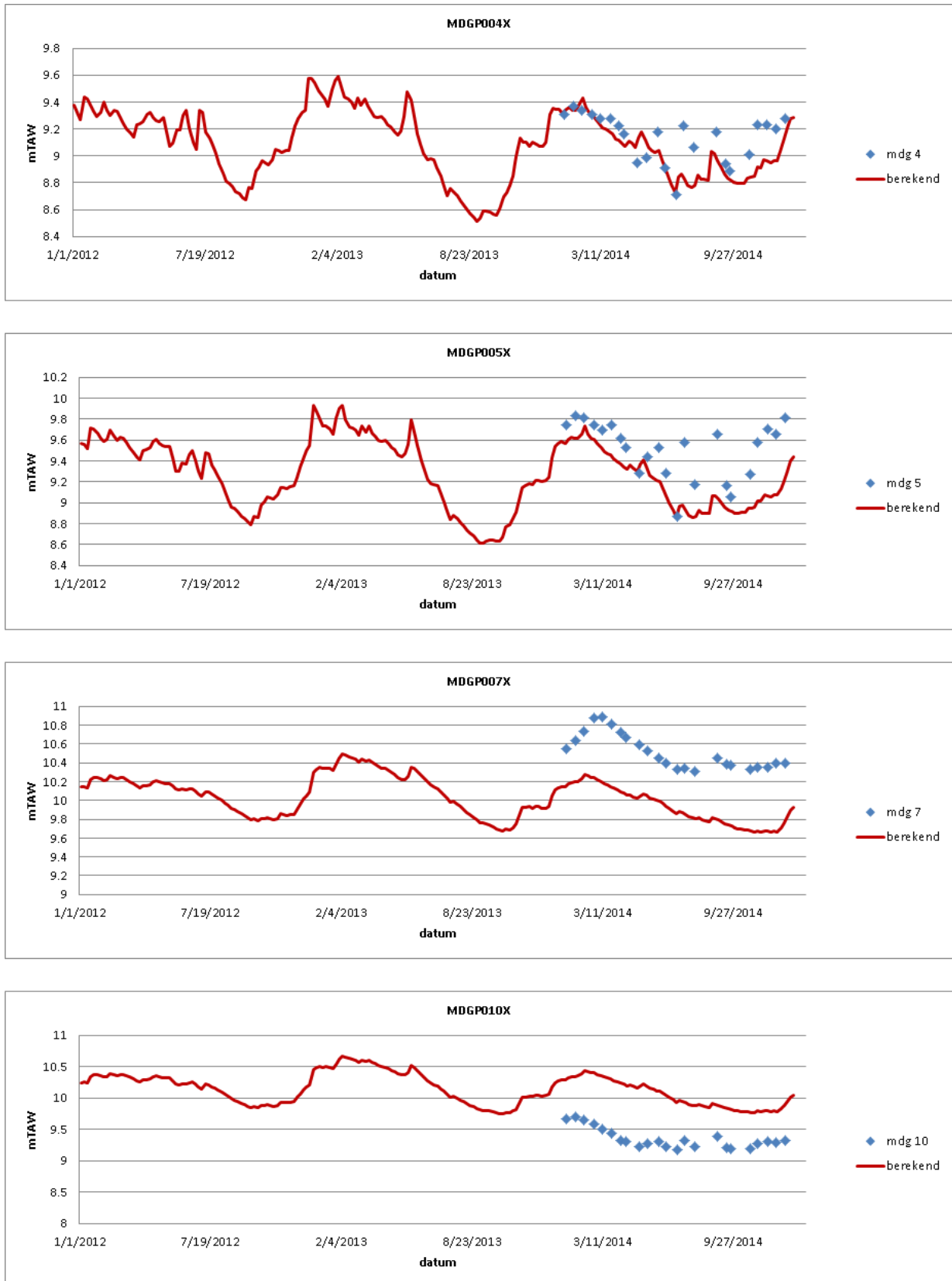
Figuur B1.23: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 6



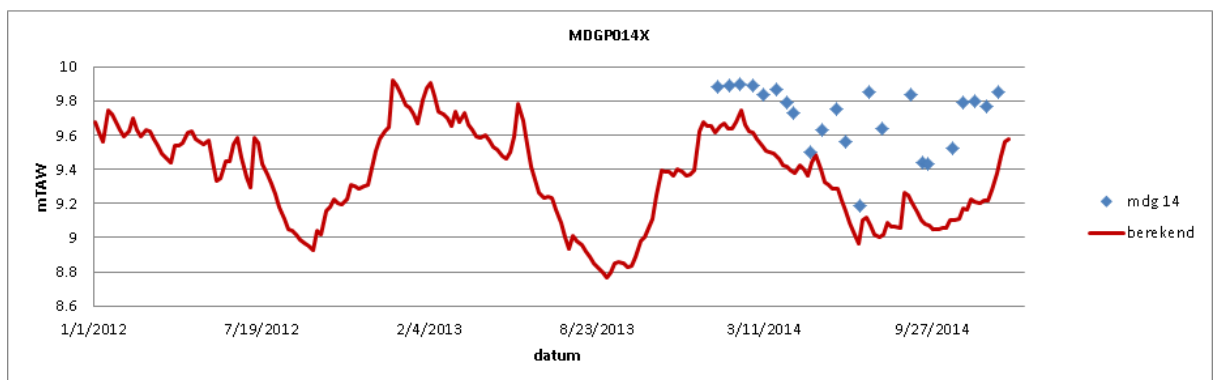
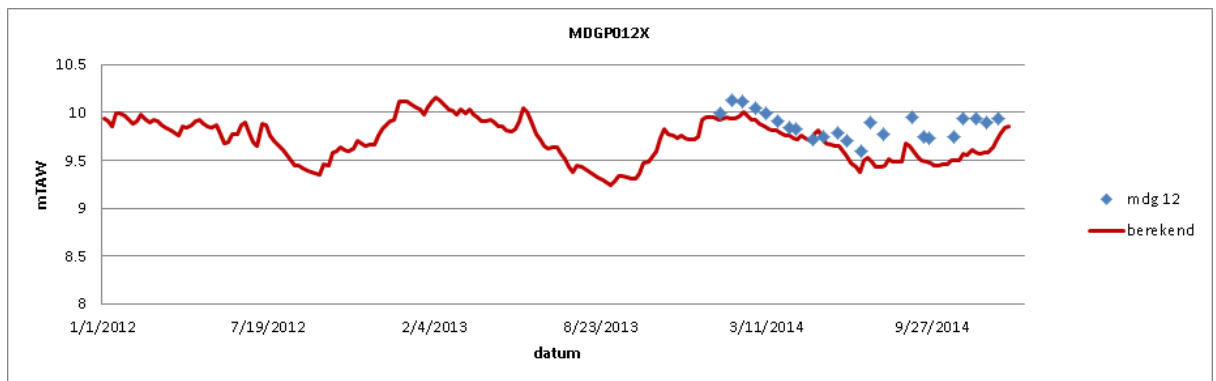
Figuur B1.24: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 6



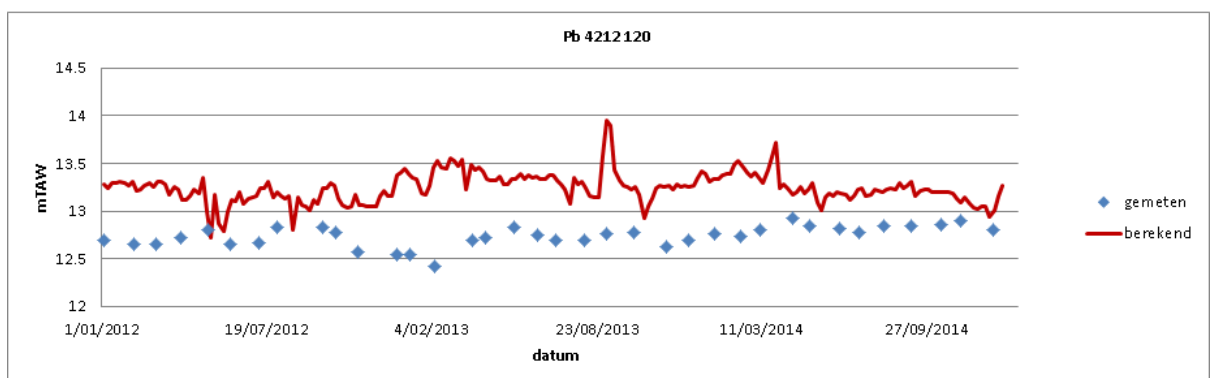
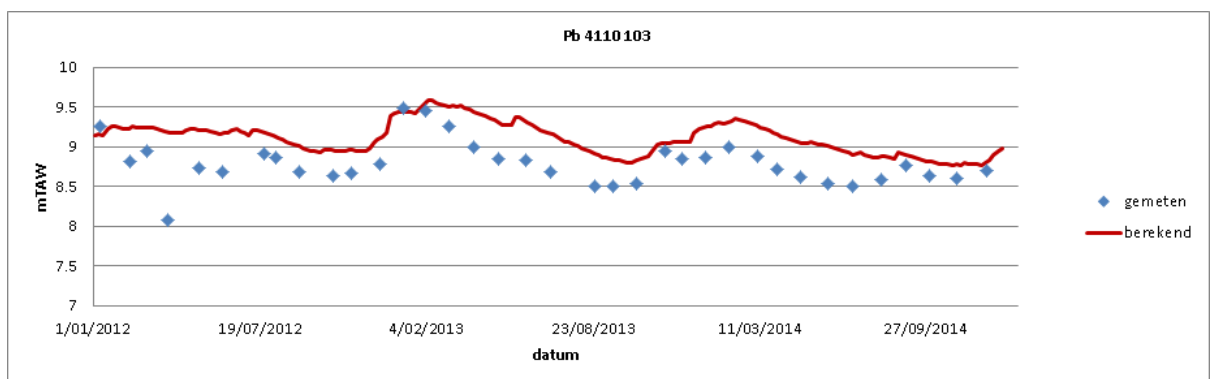
Figuur B1.25: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 6



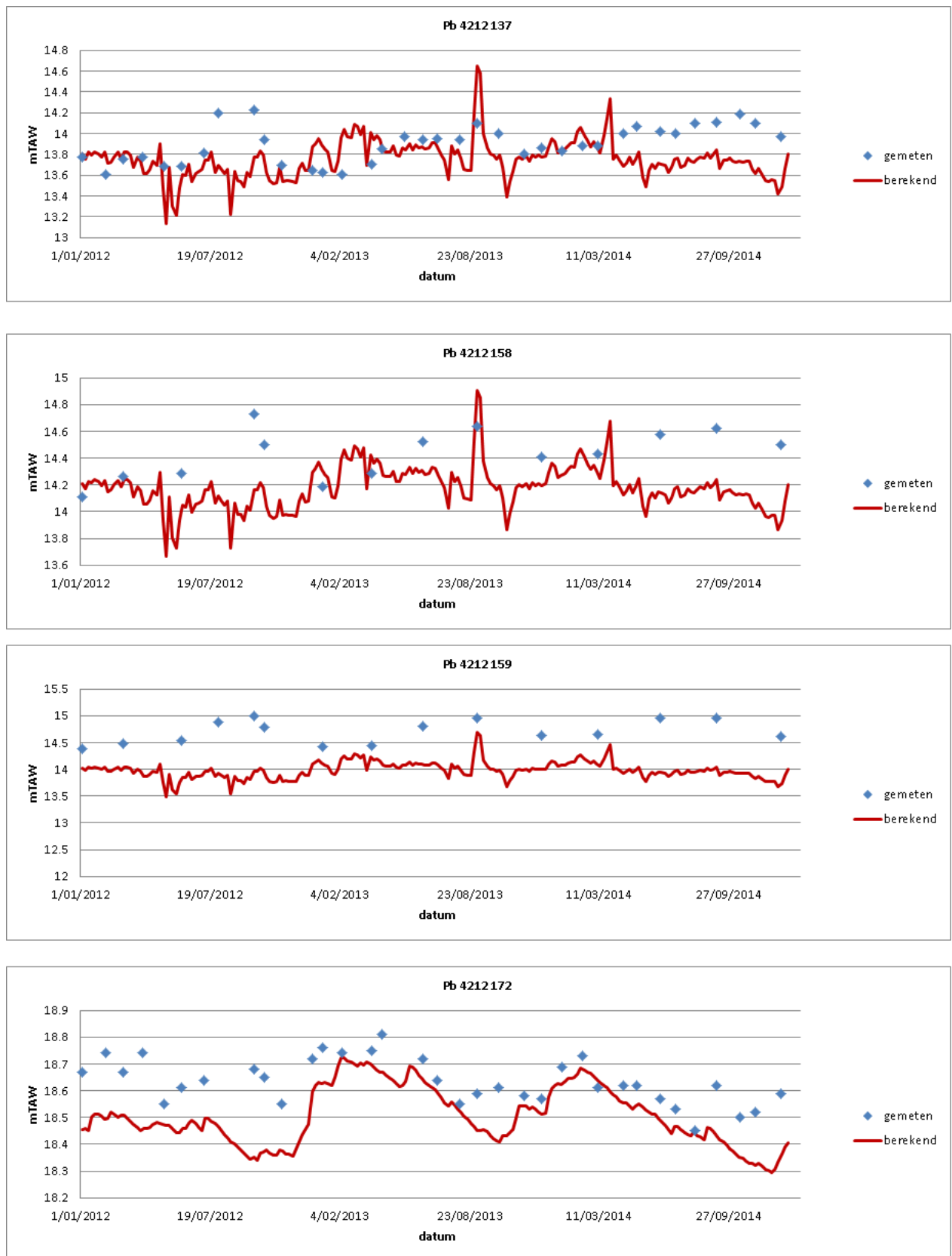
Figuur B1.26: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 6



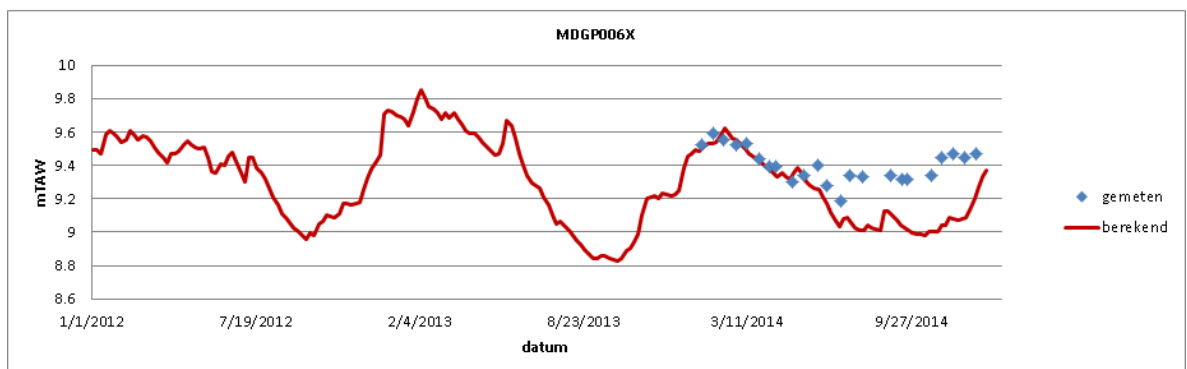
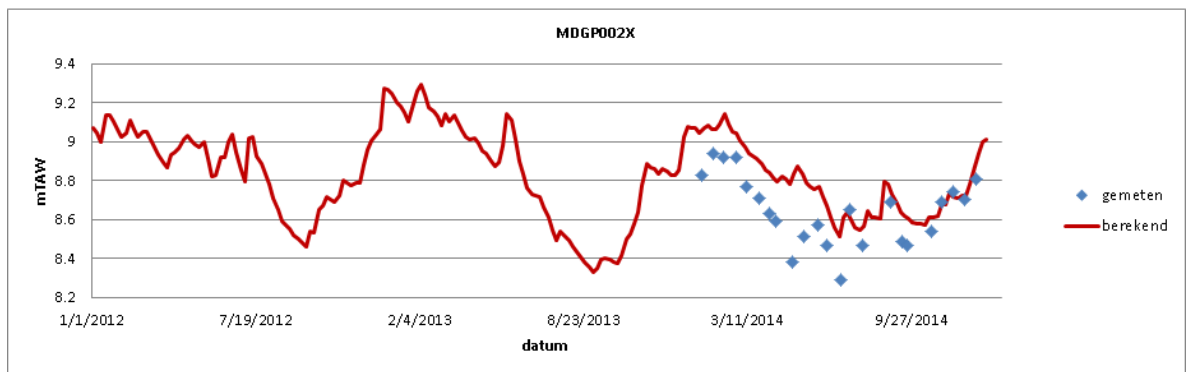
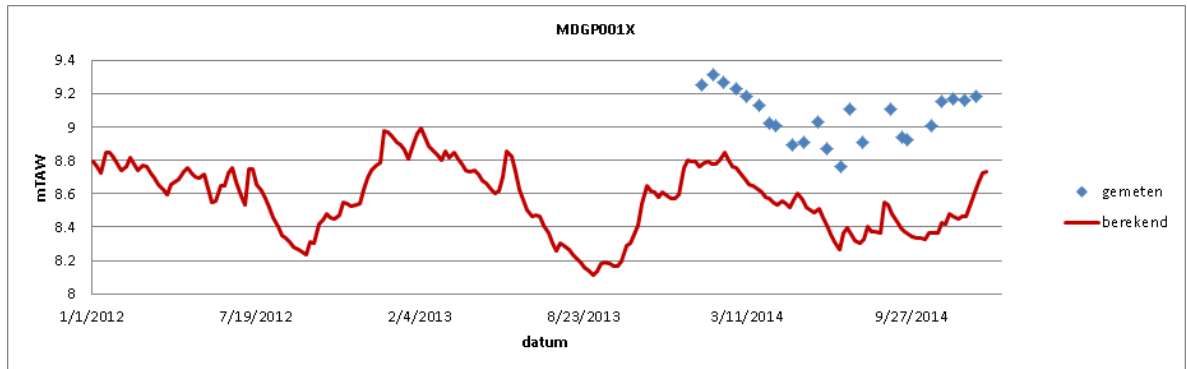
Figuur B1.27: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 6



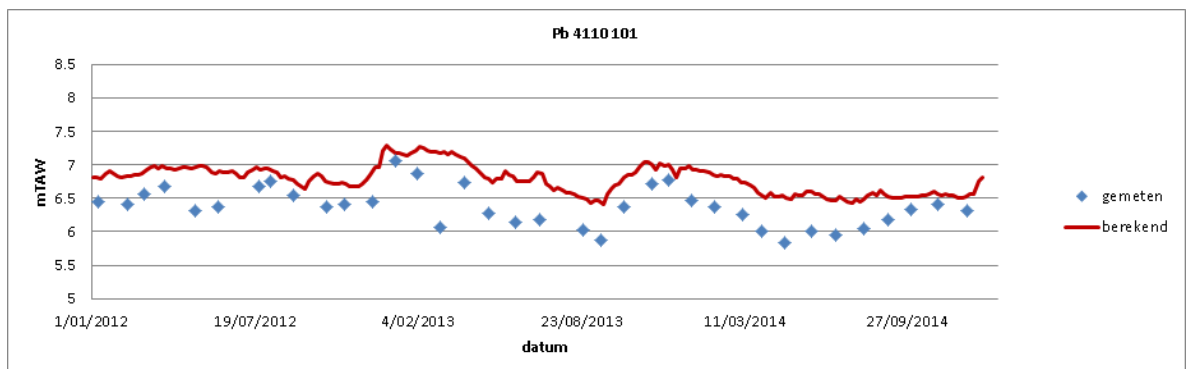
Figuur B1.28: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 7



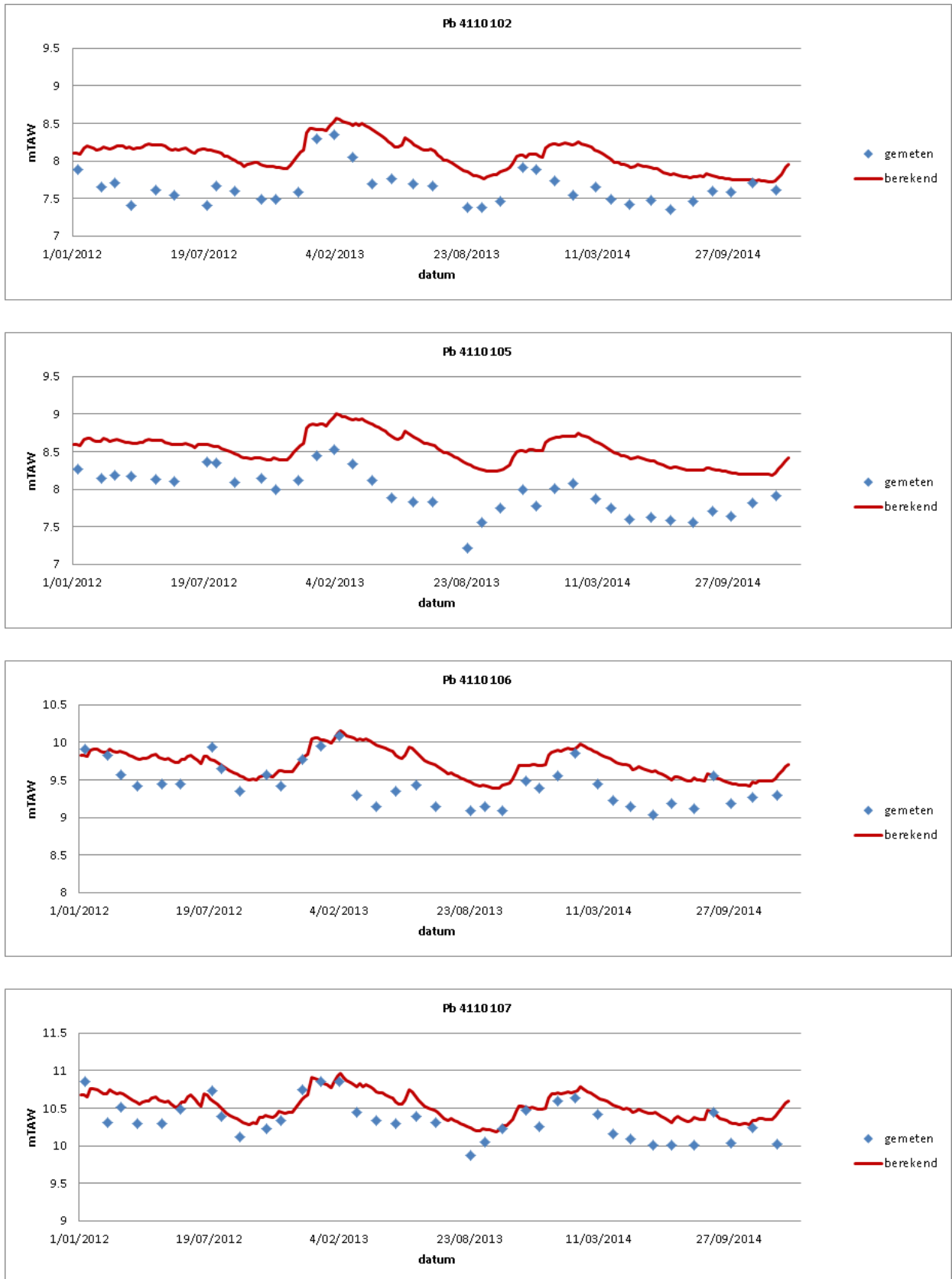
Figuur B1.29: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 7



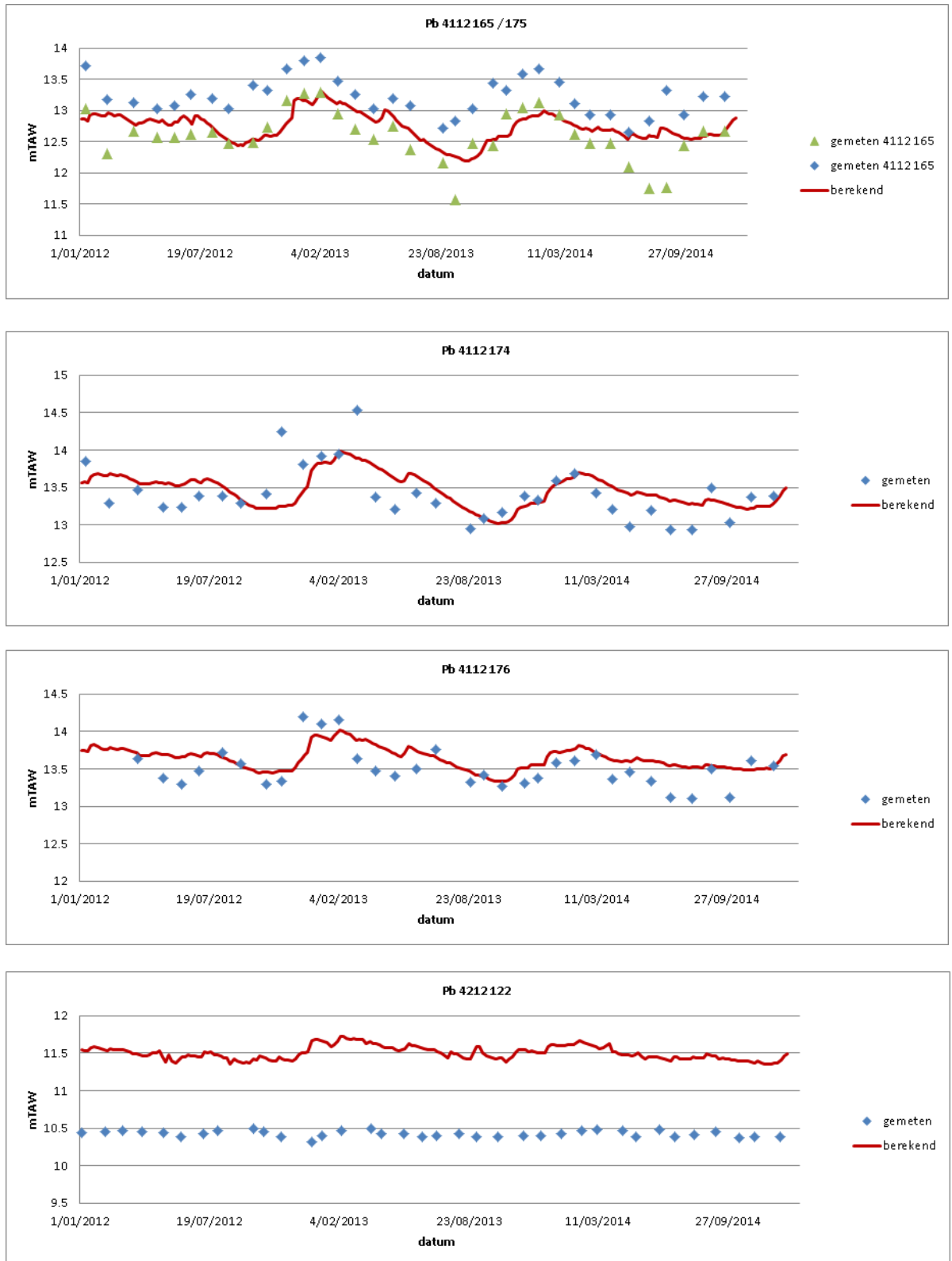
Figuur B1.30: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 7



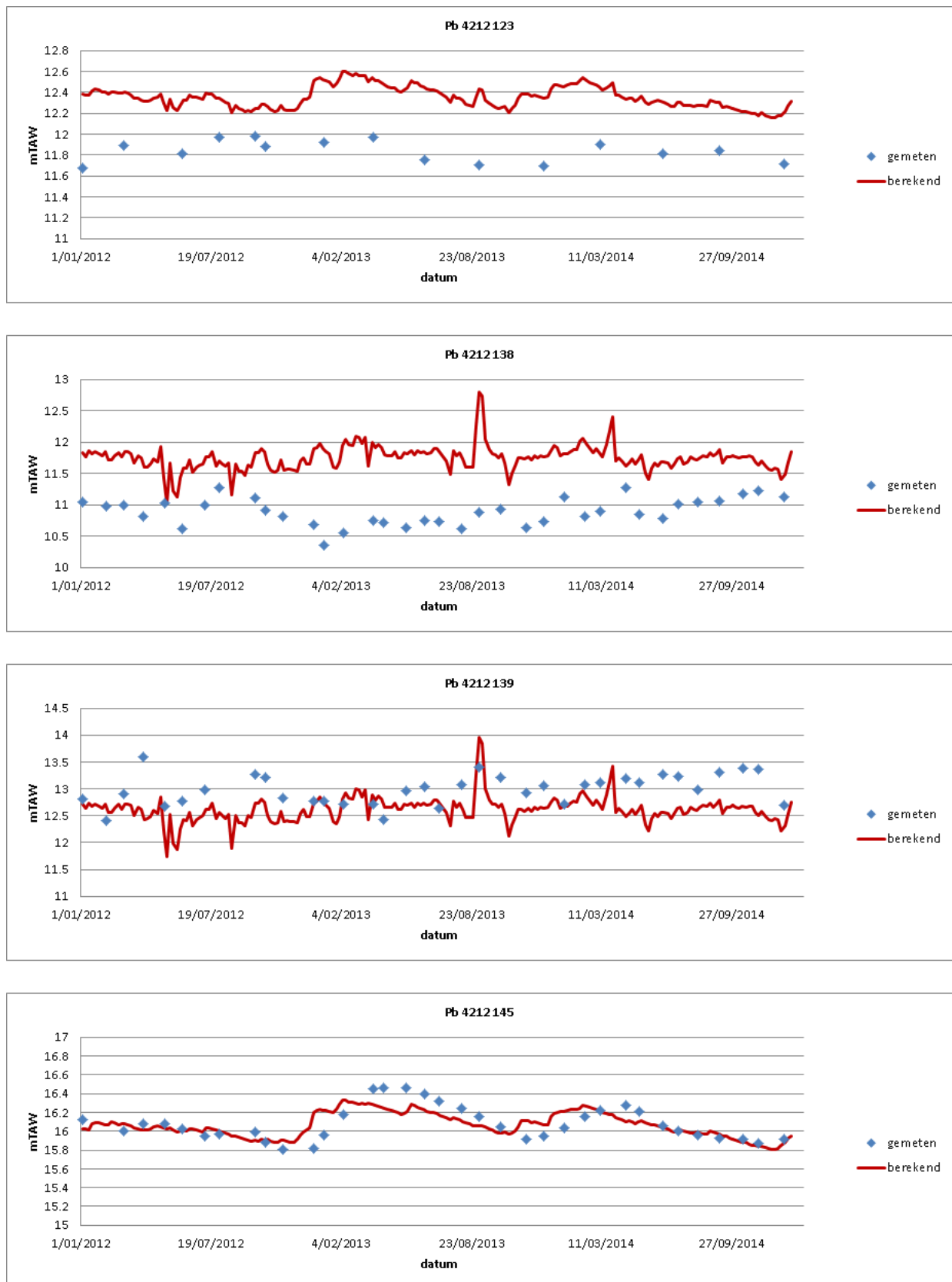
Figuur B1.31: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 8



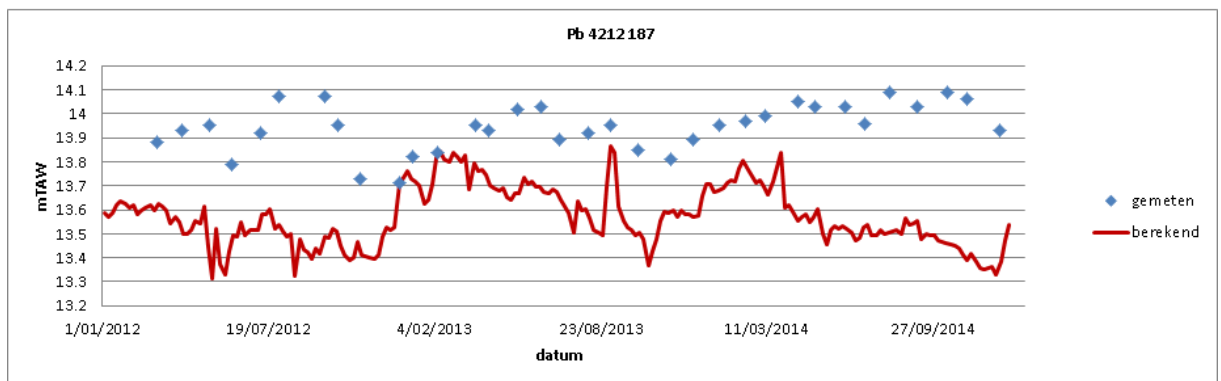
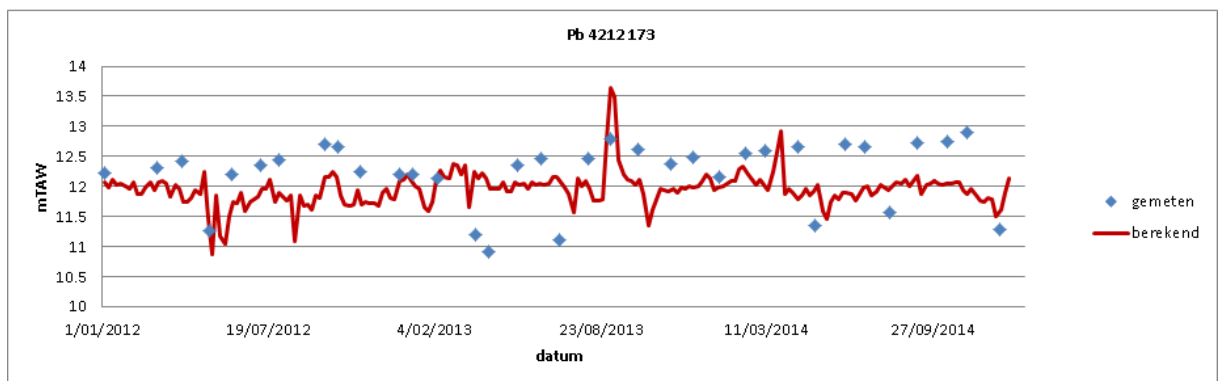
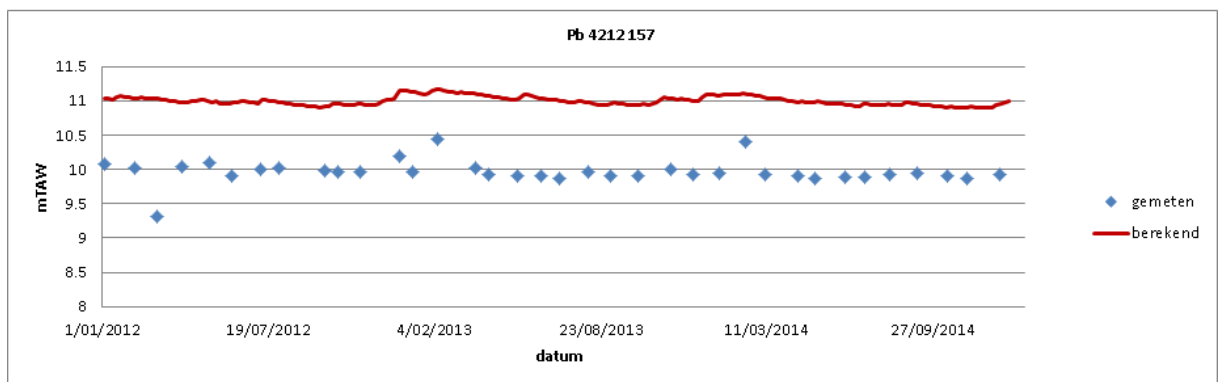
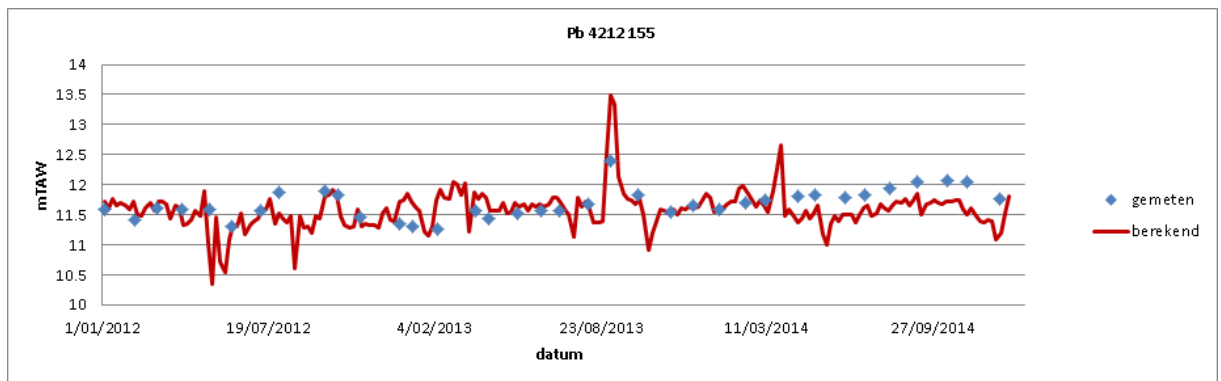
Figuur B1.32: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 8



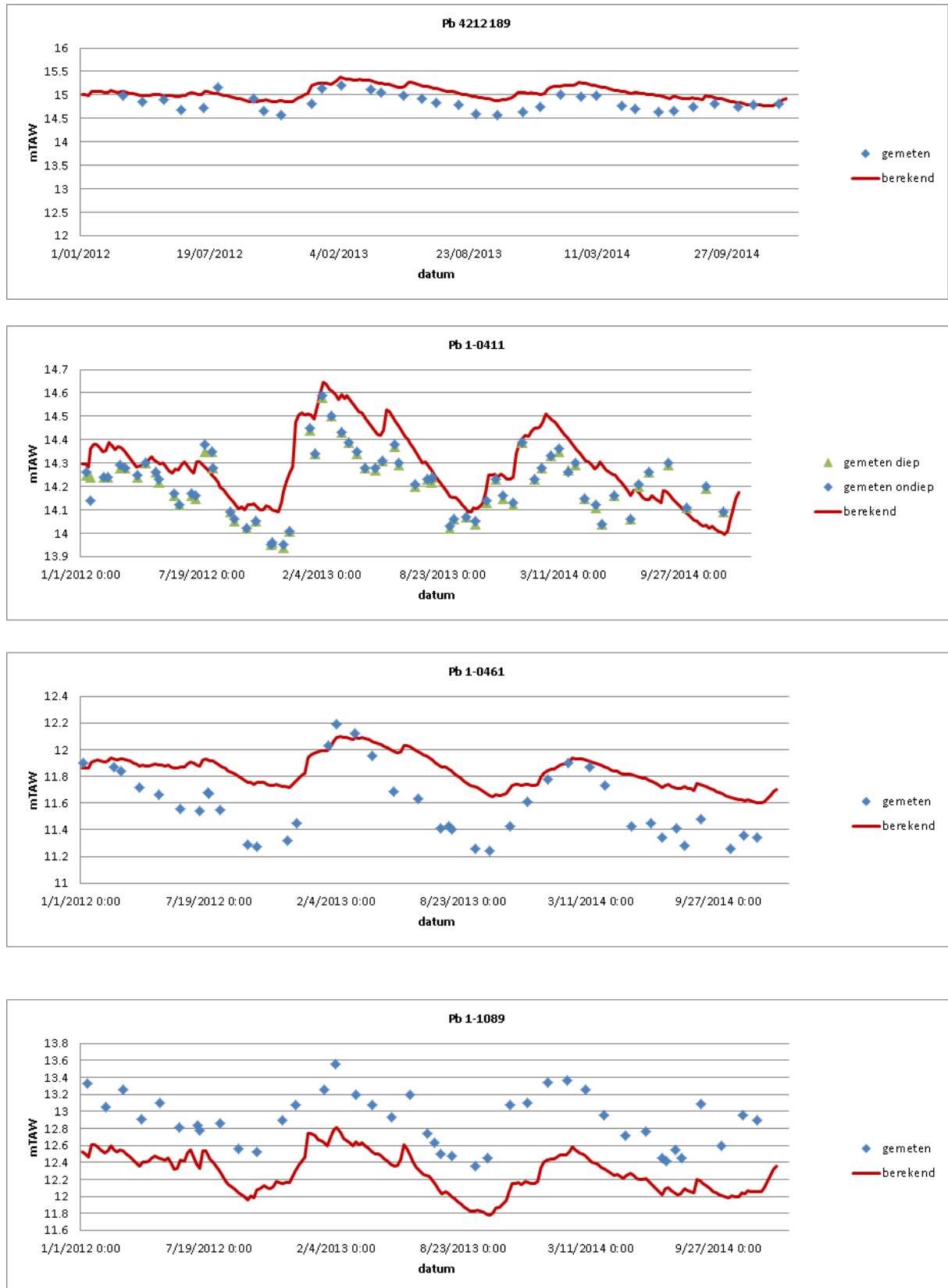
Figuur B1.33: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 8



Figuur B1.34: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 8



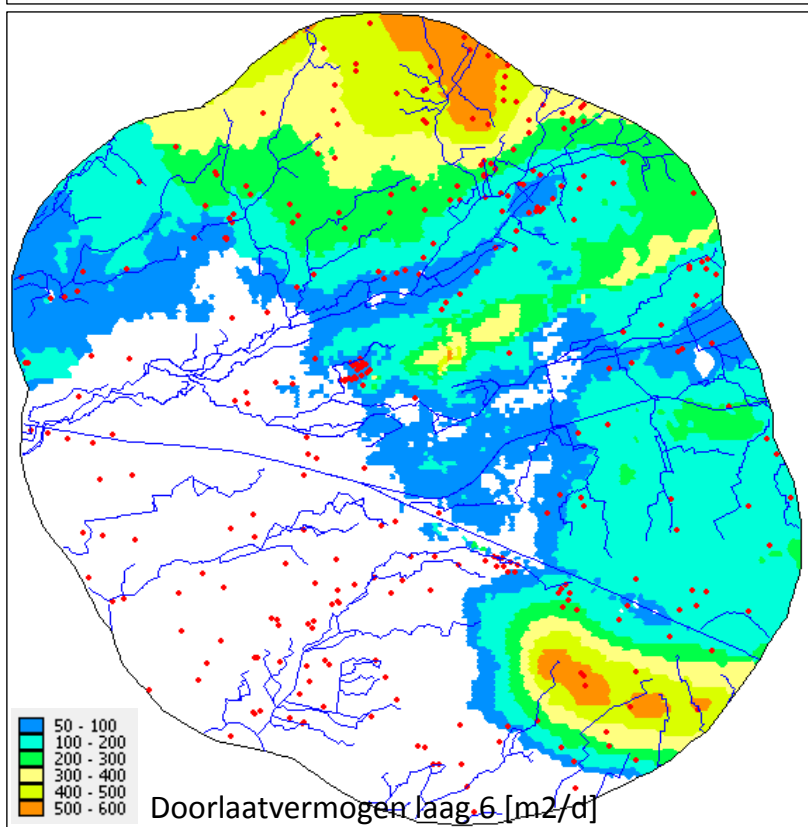
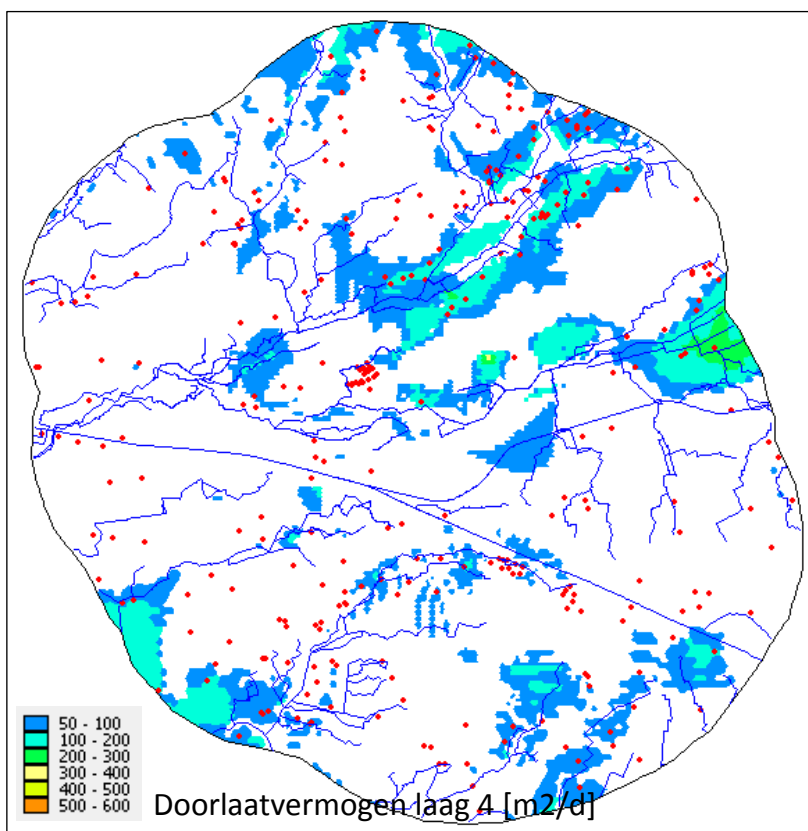
Figuur B1.35: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 8



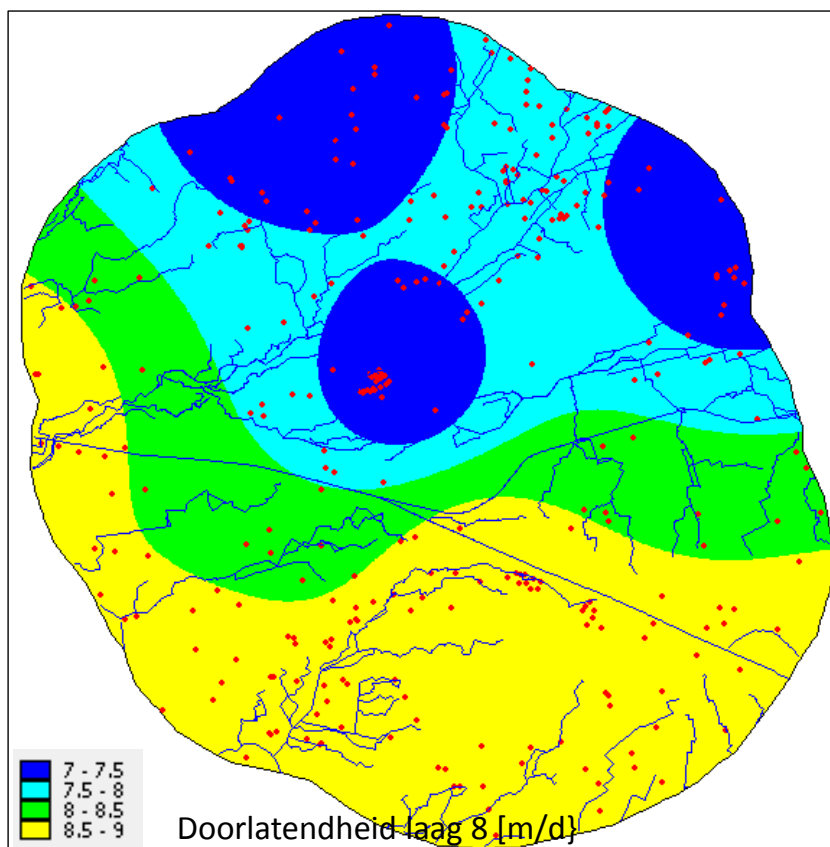
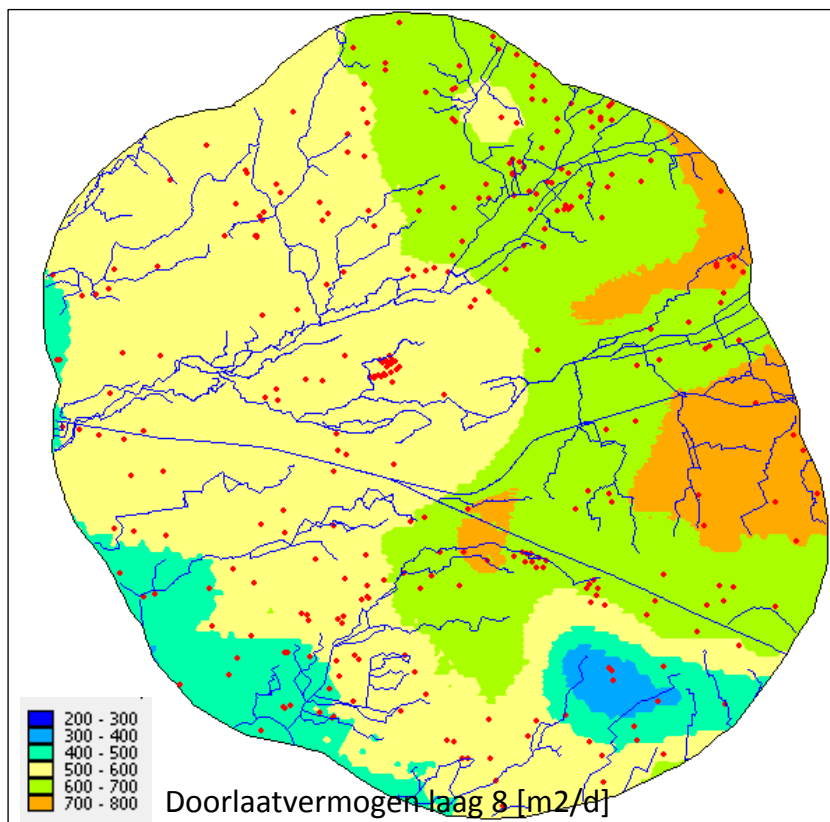
Figuur B1.36: Grafieken berekende en gemeten grondwaterstanden laag 8

Bijlage 2

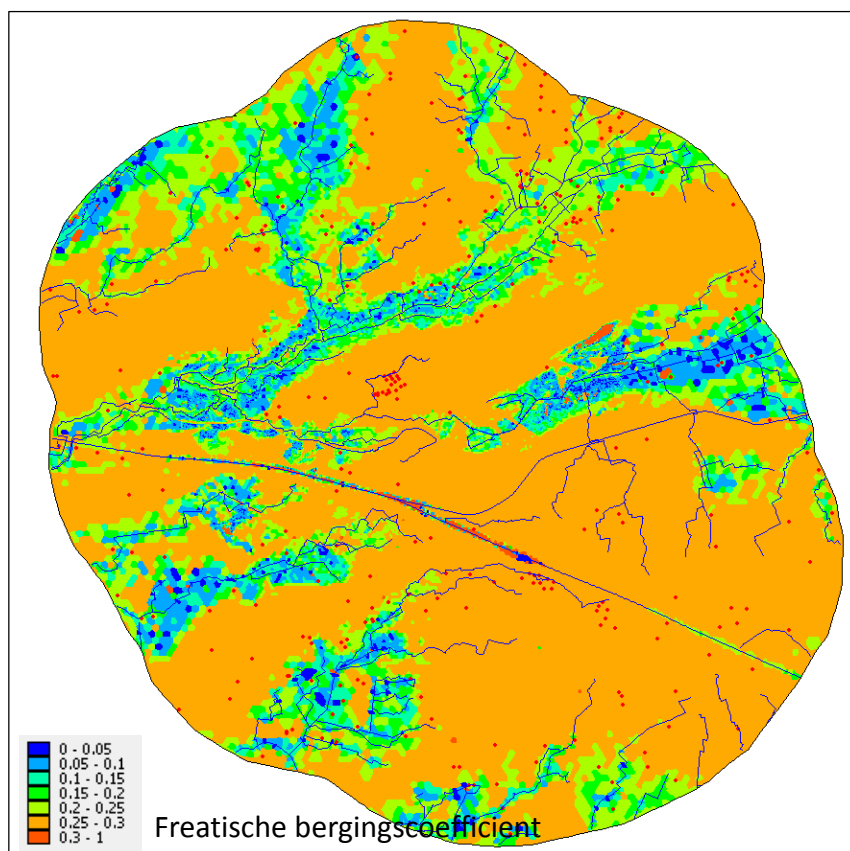
Parameters ondergrond



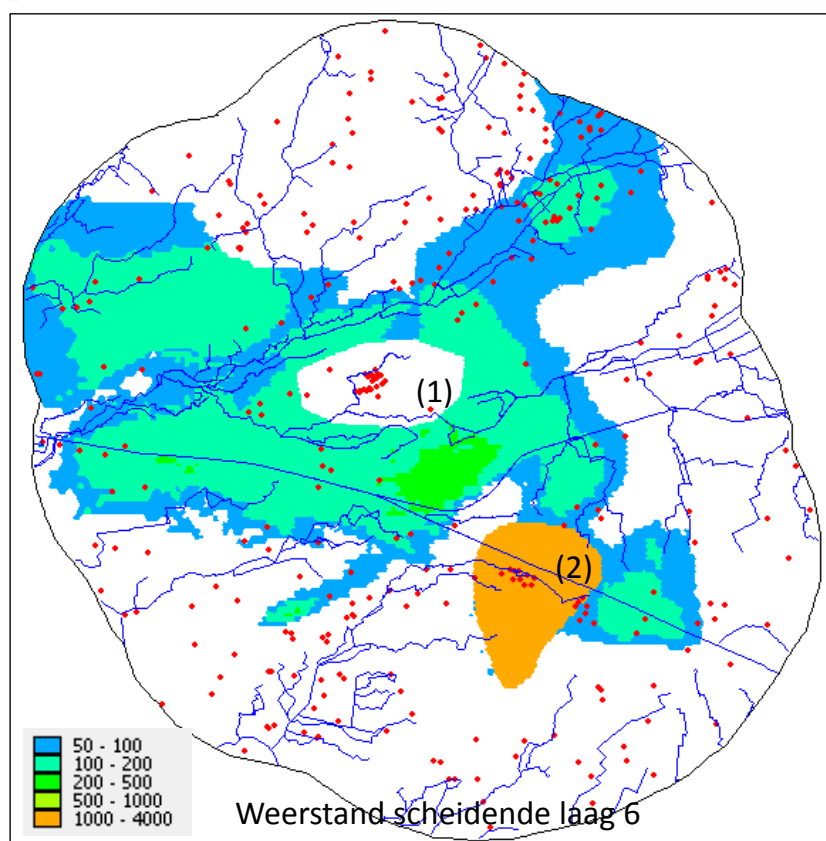
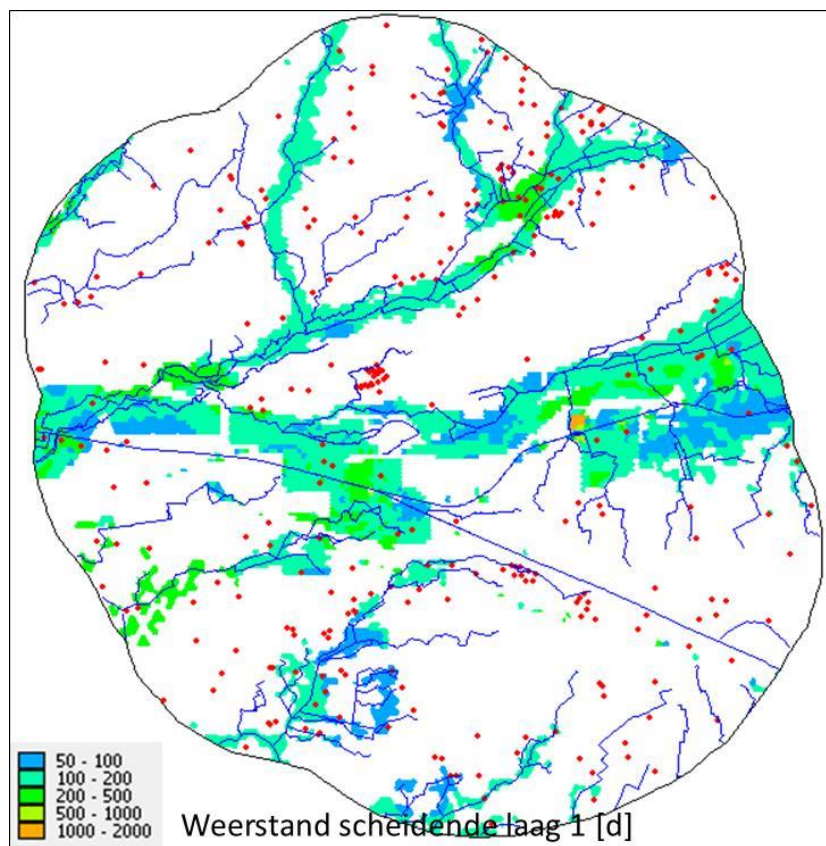
Figuur B2.1: Doorlaatvermogen laag 4 en laag 6



Figuur B2.3: Doorlaatvermogen en doorlatendheid laag 8



Figuur B2.3: Freatische Bergingscoefficient



Figuur B2.4: Weerstand scheidende laag 1 en laag 6 [d]