

A network diagram consisting of various sized light blue circles connected by thin white lines, set against a solid blue background. The circles vary in size, with some being significantly larger than others, and they are interconnected in a complex, non-linear fashion.

KWR 2020.057 | Juni 2020

**Trendanalyse
grondwaterstands- en
stijghoogtegegevens
Maasstroomgebied
2012-2017**

Rapport

Trendanalyse grondwaterstands- en stijghoogtegegevens Maasstroomgebied 2012-2017

KWR 2020.057 | Juni 2020

Opdrachtnummer

403305

Projectmanager

Arnaut van Loon

Opdrachtgever

Provincies Noord-Brabant en Limburg

Auteur

Sharon Clevers

Kwaliteitsborger

Ruud Bartholomeus

Verzonden naar

Bas Nelemans (Provincie Noord Brabant), Matthijs ten Harkel (Provincie Noord-Brabant), Eric Castenmiller (Provincie Limburg)

Dit rapport is niet openbaar en slechts verstrekt aan de opdrachtgevers van het adviesproject. KWR zal zich onthouden van verspreiding van dit rapport en het rapport derhalve niet verstrekken aan derden, tenzij partijen anders overeenkomen. Opdrachtgever is gerechtigd het rapport te verspreiden mits KWR daarvoor vooraf toestemming heeft verleend. Aan de toestemming voor de verspreiding van (onderdelen van) het rapport kan KWR voorwaarden verbinden.

Werkwijzen, rekenmodellen, technieken, ontwerpen van proefinstallaties, prototypen en door KWR gedane voorstellen en ideeën alsmede instrumenten, waaronder software, die in het onderzoeksresultaat zijn opgenomen, zijn en blijven het eigendom van KWR. Ook alle rechten die voortvloeien uit intellectuele- en industriële eigendom, alsmede de auteursrechten, blijven bij KWR berusten en derhalve eigendom van KWR.

Keywords

tijdreeks, trendanalyse, KRW, grondwaterlichamen

Jaar van publicatie

2020

Meer informatie

Sharon Clevers MSc.

T +31 30 606 9645

E Sharon.Clevers@kwrwater.nl

PO Box 1072

3430 BB Nieuwegein

The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511

F +31 (0)30 60 61 165

E info@kwrwater.nl

I www.kwrwater.nl



Juni 2020 ©

Alle rechten voorbehouden aan KWR. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier.

Samenvatting

Voor de KaderRichtlijn Water zijn lidstaten verplicht om uitputting van het grondwater als gevolg van overmatige onttrekking van grondwater te voorkomen. Door middel van monitoring moet onderhouden worden of de grondwateronttrekkingen op lange termijn in evenwicht zijn met de grondwateraanvulling. Om aan deze verplichting te voldoen meten de provincies Limburg en Noord-Brabant grondwaterstanden en stijghoogten in een groot aantal geselecteerde peilbuizen (KRW-meetnet). Deze toestandrapportage evalueert deze meetreeksen op het niveau van grondwaterlichamen door middel van tijdreeks- en trendanalyse. Per grondwaterlichaam wordt de gemiddelde trend bepaald door de individuele residuen van een tijdreeksmodel per peilbuis te normeren en te middelen. Geconcludeerd wordt of er sprake is van uitputting van het grondwatersysteem als gevolg van menselijk handelen, dit in de periode van 2012-2017 ten opzichte van 2000-2005. De analyse is uitgevoerd met het tijdreeksprogramma Menyanthes, op dezelfde wijze als gedaan in eerder onderzoek in 2012 en 2017.

Toepassing van deze standaardmethodiek resulteert in de volgende conclusies voor de drie grondwaterlichamen van de provincies Noord-Brabant en Limburg:

- Binnen KrijtMaas is een significante stijghoogtestijging vastgesteld. Hierbij wordt opgemerkt dat deze conclusie is gebaseerd op een groot aantal tijdreeksen, waarvoor geen betrouwbare tijdreeksmodellen konden worden opgesteld. Daarnaast in individuele reeksen zowel significante dalingen en significante stijgingen afgeleid, met een beperkte ruimtelijke samenhang.
- Binnen SlenkDiepMaas is een significante stijghoogtedaling vastgesteld voor de periode 2012-2017 ten opzichte van de referentieperiode 2000-2005. Volgens de tijdreeksanalyse manifesteert deze daling zich in twee gebieden, namelijk in Midden-Limburg en centraal in Noord-Brabant. Hierbij dient opgemerkt te worden dat deze conclusie is gebaseerd op vier tijdreeksen waarvoor een dalende trend is afgeleid, waarvan er twee niet betrouwbaar konden worden gemodelleerd. Hierdoor zijn de effecten van neerslag en verdamping op stijghoogteveranderingen niet geheel uitgefilterd en zijn de oorzaken achter deze daling voor dit grondwaterlichaam niet eenduidig af te leiden uit de tijdreeksmodellen.
- Binnen ZandMaas is geen significante stijghoogteverandering ten opzichte van de referentieperiode 2000-2005.

Inhoud

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doel	5
2	Methode	6
2.1	Trendanalyse per peilfilter	6
2.1.1	Tijdreeksmodel	6
2.1.2	Methode beoordeling tijdreeksmodel	6
2.2	Uitwerking van het resultaat van de individuele tijdreeksmodellen	7
2.2.1	Voorbeeld 1: correctie voor meteorologie; gemiddelde niet significant gedaald	7
2.2.2	Voorbeeld 2: tijdreeksmodel met meteorologie en onttrekking; gemiddelde significant gestegen	8
2.2.3	Voorbeeld 3: geen tijdreeksmodel; gemiddelde significant gedaald	9
2.3	Trendanalyse per grondwaterlichaam	9
3	Trendanalyse	10
3.1	Meetnet	10
3.2	Trendanalyse individuele peilfilters	11
3.3	Trendanalyse per grondwaterlichaam	12
4	Conclusies en aanbevelingen	15
5	Literatuur	18
I	Peilbuislocaties meetnet	19
II	Tijdreeksmodellen grondwaterstand per peilfilter Zand Maas	25
III	Tijdreeksmodellen grondwaterstand per peilfilter Krijtmaas	48
IV	Tijdreeksmodellen grondwaterstand per peilfilter Slenk Diep Maas	60
V	Statistieken per peilbuis	72

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De KaderRichtlijn Water (KRW) stelt lidstaten verplicht om uitputting van het grondwater als gevolg van overmatige onttrekking van grondwater te voorkomen. Voor de toestandsbepaling moet daarom aangegeven worden of de grondwateronttrekkingen op lange termijn in evenwicht zijn met de grondwateraanvulling. Dit moet onderbouwd worden met monitoring. Het meetdoel voor de monitoring is gedefinieerd als (Broers et al, 2005):

Het zodanig meten van de grondwaterstijghoogten, dat voldoende betrouwbaar vastgesteld kan worden of, los van meteorologische invloeden, sprake is van een structurele verandering van de grondwaterstijghoogten.

De provincies Limburg en Noord-Brabant voeren actief beleid om aan deze verplichting te voldoen. Ter evaluatie van het gevoerde beleid worden grondwaterstanden en stijghoogten in een groot aantal geselecteerde peilbuizen gemeten (KRW-meetnet). De resulterende meetreeksen vormen de basis van een toestandsrapportage op het niveau van grondwaterlichamen. Deze toestandsrapportage geeft inzicht in de effectiviteit van het gevoerde beleid, en draagt bij aan het tijdig signaleren van nieuwe problemen.

1.2 Doel

In fase 1 van dit project worden de gemeten grondwaterstanden en stijghoogten geanalyseerd middels tijdreeks- en trendanalyse. Per grondwaterlichaam wordt de gemiddelde trend bepaald door de individuele residuen van een tijdreeksmodel per peilbuis te normeren en te middelen. Geconcludeerd wordt of er sprake is van uitputting van het grondwatersysteem als gevolg van menselijk handelen, dit in de periode van 2012-2017 ten opzichte van 2000-2005.

In fase 2 van dit project worden diverse aanpassingen en/of aanvullingen op de studie uit fase 1 uitgevoerd, om zo te bepalen welke invloed de gebruikte methode heeft op de trendbeoordeling van de grondwaterlichamen. In fase 3 van dit project wordt onderzocht wat de invloed is van de grondwateronttrekkingen ten behoeve van de bruinkoolwinning in Duitsland op de stijghoogtes in Limburg en Noord-Brabant. Fase 2 en 3 van dit onderzoek worden beschreven in een apart rapport. Deze rapportage beschrijft alleen het onderzoek van fase 1.

2 Methode

2.1 Trendanalyse per peilfilter

De analyse is uitgevoerd met het tijdreeksprogramma Menyanthes (Von Asmuth et al, 2012). De analyse, zoals in de volgende paragrafen beschreven, is op dezelfde wijze uitgevoerd als in 2012 (Verhagen et al, 2012) en 2017 (Leunk & Doorn van, 2017). De tekst in dit hoofdstuk is dan ook aan deze eerdere rapporten ontleend.

2.1.1 Tijdreeksmodel

Alle tijdreeksen zijn eerst gemodelleerd met neerslag en verdamping als verklarende reeksen voor de periode 2000 t/m 2019. Voor de reeksen in de omgeving van de Maas is gekeken of er een beter model gemaakt kon worden door toevoegen van het Maaspeil. Voor reeksen in de omgeving van winningen is de onttrekking toegevoegd als extra verklarende reeks. Hierbij zijn per peilfilter dezelfde winningen en/of Maaspeilreeksen als verklarende variabelen gebruikt als in het onderzoek uit 2017. De volgende criteria zijn gehanteerd om te beoordelen of een model betrouwbaar is:

- De verdampingsfactor en drainagebasis die door Menyanthes worden berekend zijn fysisch plausibel: hierbij is de verdampingsfactor tussen 0.5 en 2 en de drainagebasis afhankelijk van de locatie rond 0 m+NAP nabij zee en tot 150 m+NAP op de plateau's in Zuid Limburg;
- De invloed van alle verklarende reeksen uit het tijdreeksmodel zijn statistisch significant;
- Indien meerdere tijdreeksenmodellen van één peilfilter aan de bovenstaande criteria voldoen, wordt het model met de hoogste verklaarde variantie geselecteerd;
- Indien geen van de tijdreeksenmodellen van één peilfilter aan de criteria voldoet, dan is alleen de gemiddelde grondwaterstand of stijghoogte bepaald.

De volgende databronnen zijn gebruikt in de tijdreeksmodellen:

- Grondwaterstanden en stijghoogten: aangeleverd door de provincie Noord-Brabant, waterbedrijf Brabant Water en de provincie Limburg
- Neerslag en verdamping: dagreeksen van het KNMI
- Onttrekkingsgegevens drinkwaterlocaties aangeleverd door de provincies Noord-Brabant en Limburg. Door provincie Noord-Brabant zijn individuele putreeksen aangeleverd; hiervoor zijn tijdreeksmodellen gemaakt waarin alle putreeksen van één productiestation afzonderlijk zijn meegenomen. Door provincie Limburg zijn totaalreeksen per productiestation aangeleverd.
- Oppervlaktewaterpeil: dagreeksen uit Waterbase van Rijkswaterstaat

2.1.2 Methode beoordeling tijdreeksmodel

Op basis van het residu van het tijdreeksmodel is bepaald of er een significante trend in de meetreeks van een peilfilter kan worden vastgesteld. Het residu bevat het deel van de meetreeks dat niet door de verklarende reeksen verklaard kan worden met daarbij opgeteld de invloed van winningen (omdat dit ook als menselijke beïnvloeding van het grondwaterlichaam wordt gezien). Hiervoor is de uitwerking uit 2012 (Verhagen et al, 2012) en 2017 (Leunk & Doorn van, 2017) gevolgd (Tabel 1), welke gebaseerd is op de opzet van het meetprogramma (Broers et al, 2005). Dit is gedaan zodat de uitkomsten van de rapportages één op één met elkaar vergelijkbaar zijn. Om eenvoudiger te beoordelen of de gemiddelde grondwaterstand per beoordelingsperiode toe- of afgenomen is (positieve of negatieve waarde) is genormaliseerd naar de gemiddelde grondwaterstand van de referentieperiode 2000 t/m 2005 (deze is geschaald naar nul).

Tabel 1 Gebruikte methode en Matlab-script in 2012 (aangeleverd door W. Swierstra, RHDHV, 9-5-2017)

Script	Informatie bij script
(beoP) : (k=1:size(beoP,1));	%beoP = beoordelingsperiode
• MeanRes(k)=mean(resBP); n=length(resBP);	% *resBP bevat de residuen van een beoordelingsperiode
• ResAutoCorr=xcorr(resBP,length(resBP),'coeff');	% autocorrelatie van residuen met ['lag' -n+1] t/m ['lag' n-1]
• ResAutoCorr=ResAutoCorr(length(resBP)+2:end-1);	% autocorrelatie van residuen met ['lag' 1] t/m ['lag' n-1]
• VarRes(k)=var(resBP)/n * (1 + 2/n * sum((n*ones(n-1,1)-(1:n-1)') .* ResAutoCorr));	% conform TNO/Grontmij
dVarRes=VarRes+ones(size(VarRes))*VarRes(refPnum); dVarRes(refPnum)=0;	% conform TNO/Grontmij, optellen van variantie van 2 perioden en variantie van referentieperiode op 0 zetten
BetrInt95=1.96*sqrt(dVarRes);	% formule conform TNO/Grontmij (LET OP: zij kwadrateren ten onrechte de standaarddeviatie)

2.2 Uitwerking van het resultaat van de individuele tijdreeksmodellen

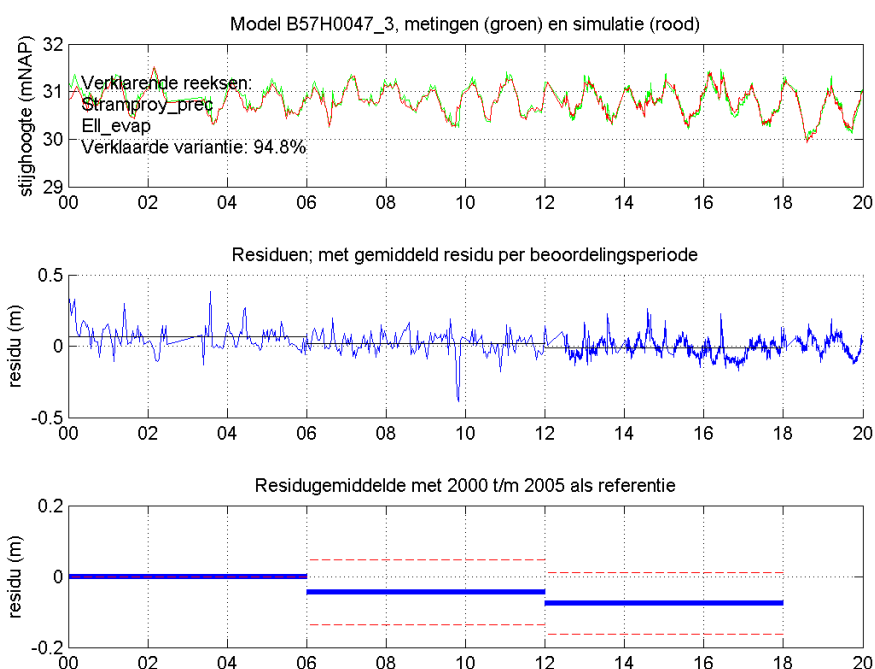
De figuren met de resultaten van het tijdreeksmodel zijn als volgt opgebouwd:

- 1 In de bovenste grafiek wordt de gemeten (groen) en gemodelleerde (rood) grondwaterstand of stijghoogte gepresenteerd, met op de x-as de jaren. In de tekst in de bovenste grafiek wordt vermeld welk neerslag- en verdampingsstation is gebruikt. Als er winningen of het Maaspeil als verklarende variabelen zijn gebruikt, dan worden deze vermeld in de titel boven de grafiek. De verklaarde variantie geeft aan hoe goed de gemeten grondwaterstand/stijghoogte kon worden gemodelleerd. Indien de tijdreeksmodellen niet aan de gestelde criteria voldoen, is het tijdreeksmodel (rood) een vlakke lijn; het gemiddelde van de gemeten waarden. We hebben getest of de zeer droge jaren 2018-2019 van invloed is op het aantal tijdreeksmodellen dat niet aan de criteria voldoet door de meetreeksen in te korten. Over het geheel genomen leidde dat niet tot wezenlijke verschuivingen in de betrouwbaarheid van de modellen;
- 2 In de middelste grafiek is het residu weergegeven. Dit is de tijdreeks die overblijft na het uitfilteren van het effect van neerslag en verdamping en eventuele andere invloeden. Als er invloed van onttrekkingen of het Maaspeil is gevonden, dan wordt het effect hiervan als aparte lijn in de grafiek weergegeven. Hierdoor zijn voor de modellen waarin veel individuele winningsreeksen zijn meegenomen vele lijnen in de middelste grafiek te zien. Bij tijdreeksmodellen die niet aan de gestelde criteria voldoen is het residu het verschil tussen gemeten waarden en het gemiddelde, in die gevallen is het effect van meteorologie er dus niet uitgefilterd;
- 3 In de onderste grafiek is per 6 jaar het gemiddelde met het 95% betrouwbaarheidsinterval van het verschil met de referentieperiode weergegeven. De periode 2000-2005 is aangehouden als referentieperiode. De laatste periode, 2012-2020, beslaat de tijdsperiode 2012 – 2017.

Er is sprake van uitputting bij een individueel peilfilter als de stijghoogte significant lager is dan in de referentieperiode 2000-2005. De stijghoogte is significant lager als deze buiten het 95% betrouwbaarheidsinterval van de referentieperiode valt.

2.2.1 Voorbeeld 1: correctie voor meteorologie; gemiddelde niet significant gedaald

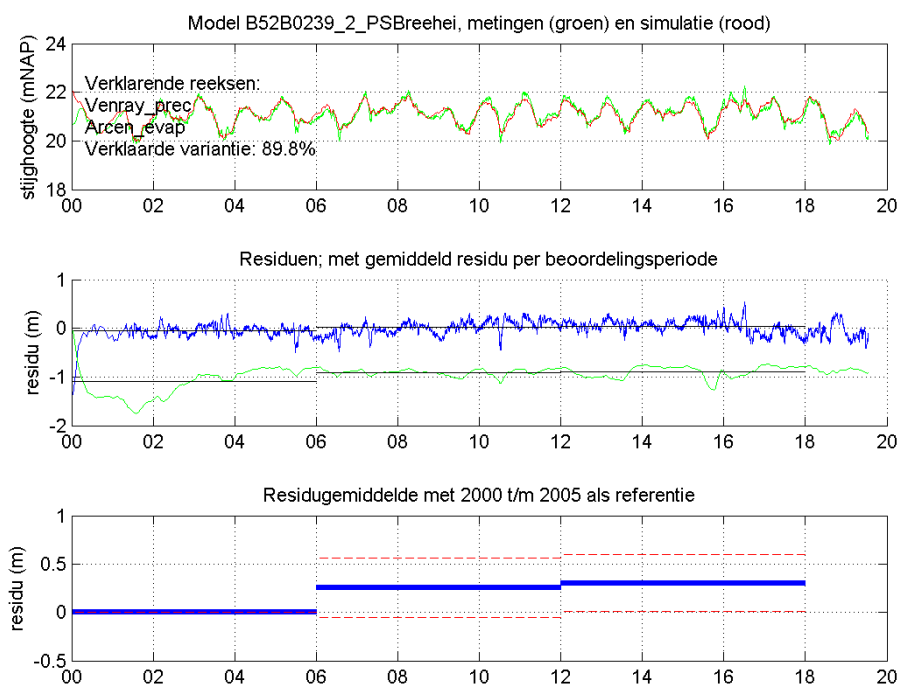
- In Figuur 1 is een tijdreeksmodel gemaakt dat voldoet aan de criteria met neerslag en verdamping als verklarende invloeden;
- Het residu is de tijdreeks waar de invloed van de neerslag en verdamping uitgefilterd is;
- De gemiddelde stijghoogte in de laatste periode is lager dan in de referentieperiode, maar de bovenkant van de bandbreedte ligt niet lager dan in de referentiewaarde, dus er is geen sprake van een significant lagere grondwaterstand.



Figuur 1 Weergave tijdreeksmodel voor voorbeeld 1

2.2.2 Voorbeeld 2: tijdreeksmodel met meteorologie en onttrekking; gemiddelde significant gestegen

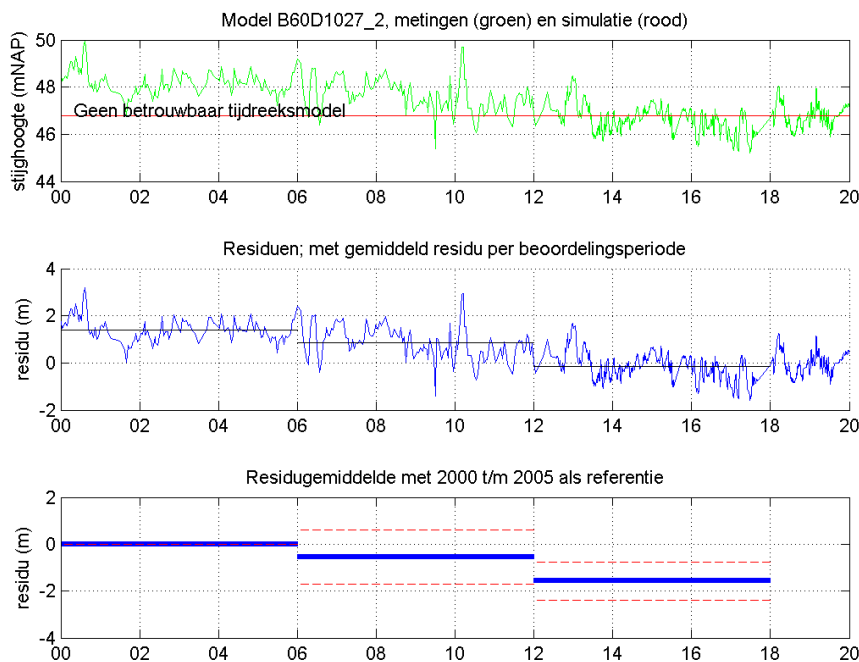
- In Figuur 2 is een tijdreeksmodel gemaakt dat voldoet aan de criteria met neerslag en verdamping en onttrekking PS Breehei als verklarende invloeden;
- Het residu is de tijdreeks waar de invloed van de neerslag, verdamping en onttrekking uitgefilterd is;
- Voor de bepaling van het gemiddelde van het residu (onderste grafiek) zijn eerst het modelresidu en het effect van de winning gesommeerd (blauwe, groene en rode lijn in de middelste grafiek);
- De gemiddelde stijghoogte in de laatste periode is significant hoger dan in de referentieperiode (ondergrens betrouwbaarheidsinterval ligt net boven de 0). Dit komt doordat de winning van PS Breehei is afgenomen.



Figuur 2 Weergave tijdreeksmodel voor voorbeeld 2

2.2.3 Voorbeeld 3: geen tijdreeksmodel; gemiddelde significant gedaald

- In Figuur 3 is een meetreeks te zien waar het effect van de neerslag en verdamping niet betrouwbaar bepaald kon worden;
- Het residu is hier bepaald ten opzichte van het gemiddelde van de reeks (rode lijn in bovenste grafiek);
- Voor buizen waar geen tijdreeksmodel gemaakt kon worden, is de onnauwkeurigheid van de voorspelling groter; daarom is het 95% betrouwbaarheidsinterval ook groter. Toch is in de onderste grafiek zichtbaar dat de grondwaterstand in deze peilbuis significant gedaald is.



Figuur 3 Weergave tijdreeksmodel voor voorbeeld 3

2.3 Trendanalyse per grondwaterlichaam

De totale trend per grondwaterlichaam is bepaald door de verschillende individuele trends per grondwaterlichaam te wegen met het omgekeerde van de standaardafwijking en daarna te middelen. Tabel 2 geeft de wijze weer. Het wegen leidt ertoe dat reeksen die een kleine standaardafwijking hebben domineren in het bepalen van het gemiddelde per grondwaterlichaam.

Tabel 2 Gebruikte methode in 2012 (op basis van *xlsx*-file aangeleverd door W. Swierstra, RHDHV, 24-5-2017)

Script	Informatie bij script
(beoP) : (k=1:size(beoP,1));	%beop = beoordelingsperiode
➤ norm_mean(:,1) = mean(:,1)/sqrt(variantie(:,1));	% mean = reeks van gemiddelde, variantie = reeks van variantie
➤ Stdev_1 = 1/ sqrt(variantie(:,1));	
➤ MEAN = sum(norm_mean)/sum(stdev_1)	sqrt(variantie(:,1))% bepaling waarde blauwe lijn
• MEAN_STDEV = mean(sqrt(variantie(:,1)))/sqrt(n)	% n = aantal reeksen per grondwaterlichaam
• 95PROC= MEAN +/- 1.96 *MEAN_STDEV	% bepaling waarde rode lijnen

3 Trendanalyse

3.1 Meetnet

In 2005 is door TNO & Grontmij een meetnet opgesteld voor het Maasstroomgebied (Broers, et al, 2005). In de evaluatie in 2012 van het KRW-meetnet is het stroomgebied ingedeeld in 5 grondwaterlichamen “ZoutMaas”, “ZandMaas”, “DuinMaas”, “KrijtMaas” en “SlenkDiepMaas” en beslaat (delen van) de provincies Zuid Holland, Zeeland, Noord-Brabant en Limburg (Verhagen et al, 2012). Deze indeling wijkt enigszins af van de indeling die in 2005 is gemaakt (Broers, et al, 2005).

Deze studie is een herhaling van de evaluatie uit 2017. Daarom zijn alleen de peilbuizen binnen de provincie Noord-Brabant en Limburg geanalyseerd. De grondwaterlichamen “ZoutMaas” en “DuinMaas” komen in deze twee provincies niet voor. In de loop van de tijd zijn enkele peilbuizen vervallen of vervangen. Dit is ook voor enkele peilbuizen het geval ten opzichte van de studie uit 2017. In totaal bestaat het KRW-meetnet binnen de provincie Noord-Brabant en Limburg op het moment van datalevering (maart 2020) uit 70 peilfilters, verdeeld over 3 grondwaterlichamen. 69 van deze peilfilters hebben een voldoende lange meetreeks voor de beoogde analyse. Daarnaast zijn nog 3 extra peilfilters aangeleverd voor grondwaterlichaam Slenk Diep. Deze worden verder benut om de onderzoeksvragen van fase 2 van dit onderzoek te beantwoorden, maar zijn om praktische redenen al meegenomen met de trendbeoordeling in fase 1. Een overzicht van de geschiktheid van alle reeksen in het KRW-meetnet voor de analyse is opgenomen in bijlage 1. Bijlage 1 geeft daarnaast ook de locaties en de kenmerken van de geschikte peilbuisfilters weer. Tabel 3 geeft een samenvatting van bijlage 1, waarin het aantal peilfilters per grondwaterlichaam en de wijzigingen in KRW-peilfilters ten opzichte van de studie uit 2017 zijn benoemd.

Tabel 3 Overzicht peilbuizen in KRW-meetnet per grondwaterlichaam in 2020

Grondwaterlichaam	Peilfilters in 2020	Opmerkingen
ZandMaas	31	B43G0390 vervangt B43G0421 uit vorig onderzoek, B45B0380 vervangt B45B0476 uit vorig onderzoek, B45F0143 vervangt B45E0173 uit vorig onderzoek, B43H0051 filter 2 is i.p.v. filter 3 aangeleverd, B51A0098 filter 1 vervangt filter 2
KrijtMaas	22	B62A2955 heeft een te korte tijdreeks voor beoordeling 2012-2017
SlenkDiepMaas	17 (+3 extra)	Extra peilfilters voor fase 2: B51D0132_2, B51D0340_6, B51G0605_3
Totaal	70	

3.2 Trendanalyse individuele peilfilters

In bijlage 2, 3 en 4 zijn de uitkomsten van de tijdreeksanalyse in grafiekvorm per peilfilter per grondwaterlichaam weergegeven. Zoals toegelicht in het vorige hoofdstuk wordt in de tekst in de bovenste grafiek vermeld welk neerslag- en verdampingsstation is gebruikt. Als er winningen of het Maaspeil als verklarende variabelen zijn gebruikt, dan worden deze vermeld in de titel boven de grafiek. Voor de peilfilters die geanalyseerd zijn met twee tijdreeksmodellen (1. op basis van alleen neerslag + verdamping; en 2. Op basis van neerslag + verdamping + winning/oppervlaktewaterpeil) zijn voor beide analyses de grafieken in de bijlages weergegeven.

In bijlage 5 zijn twee tabellen opgenomen met de uitkomsten van de verschillende tijdreeksmodellen per peilfilter. Hierin is per peilfilter te zien welke modellen er zijn gemaakt: 1. Op basis van neerslag + verdamping, 2. Met toevoeging van Maaspeilreeks, 3. Met toevoeging van onttrekkingsreeksen. Daarnaast is in deze bijlage per tijdreeksmodel aangegeven of deze als betrouwbaar is beoordeeld, wat de verklarende variantie van het model is en of er een trend uit de analyse voor elke peilfilter komt. De bijlage is samengevat in Tabel 4 en Tabel 5. Te zien is dat voor Krijtmaas relatief weinig betrouwbare tijdreeksmodellen op basis van neerslag en verdamping gemaakt konden worden. Dit betekent dat de aangeleverde stijghoogtereeksen in lage mate door alleen neerslag en verdamping te verklaren zijn.

Voor de peilfilters waar meerdere betrouwbare tijdreeksmodellen gemaakt zijn, is het tijdreeksmodel met de hoogste verklarende variantie genomen voor verdere analyses en conclusies binnen dit onderzoek. Tabel 4 bevat per grondwaterlichaam een overzicht van het aantal geselecteerde modellen per combinatie van verklarende variabelen. Indien voor een peilfilter geen enkel betrouwbaar model is gemaakt is deze genoemd in de kolom "geen". Zoals in het vorige hoofdstuk is beschreven, is voor deze peilfilters de trend berekend ten opzichte van de gemiddelde stijghoogte. Het toekennen van winningen als verklarende reeks in het tijdreeksmodel levert voor 14 van de tijdreeksen een verbetering op. Voor één meetreeks geldt dat het peil van het oppervlaktewater als verklarende reeks het model verbetert.

Tabel 5 bevat per grondwaterlichaam een overzicht van de berekende trends voor individuele peilfilters. Te zien is dat er in ZandMaas een relatief klein aantal peilfilters is (10%) met een significante trend. Bij de grondwaterlichamen KrijtMaas en SlenkDiepMaas ligt het percentage peilfilters met een significante trend hoger (45% en 24%).

Tabel 4 Samenvatting beste tijdreeksmodellen KRW-meetnet Noord-Brabant en Limburg

Grondwaterlichaam en aantal peilfilters	Geen	Alleen neerslag en verdamping	Neerslag, verdamping en winning	Neerslag, verdamping en Maas
ZandMaas – 31	6 (=19%)	15	9	1
KrijtMaas – 22	16 (=73 %)	5	1	0
SlenkDiepMaas – 17	5 (=29 %)	8	4	0
Totaal – 70	28 (=40 %)	27 (=39 %)	14 (=20 %)	1 (=1 %)

Tabel 5 Trends bepaald op basis van het KRW-meetnet Noord-Brabant en Limburg voor de periode 2012-2017 t.o.v. de referentieperiode 2000-2005

Grondwaterlichaam en aantal peilfilters	Aantal peilfilters met geen significante verandering	Aantal peilfilters met een significante verhoging	Aantal peilfilters met een significante verlaging
ZandMaas – 31	28	1	2
KrijtMaas – 22	11	4	6
SlenkDiepMaas – 17	13	0	4
Totaal	52	5	12

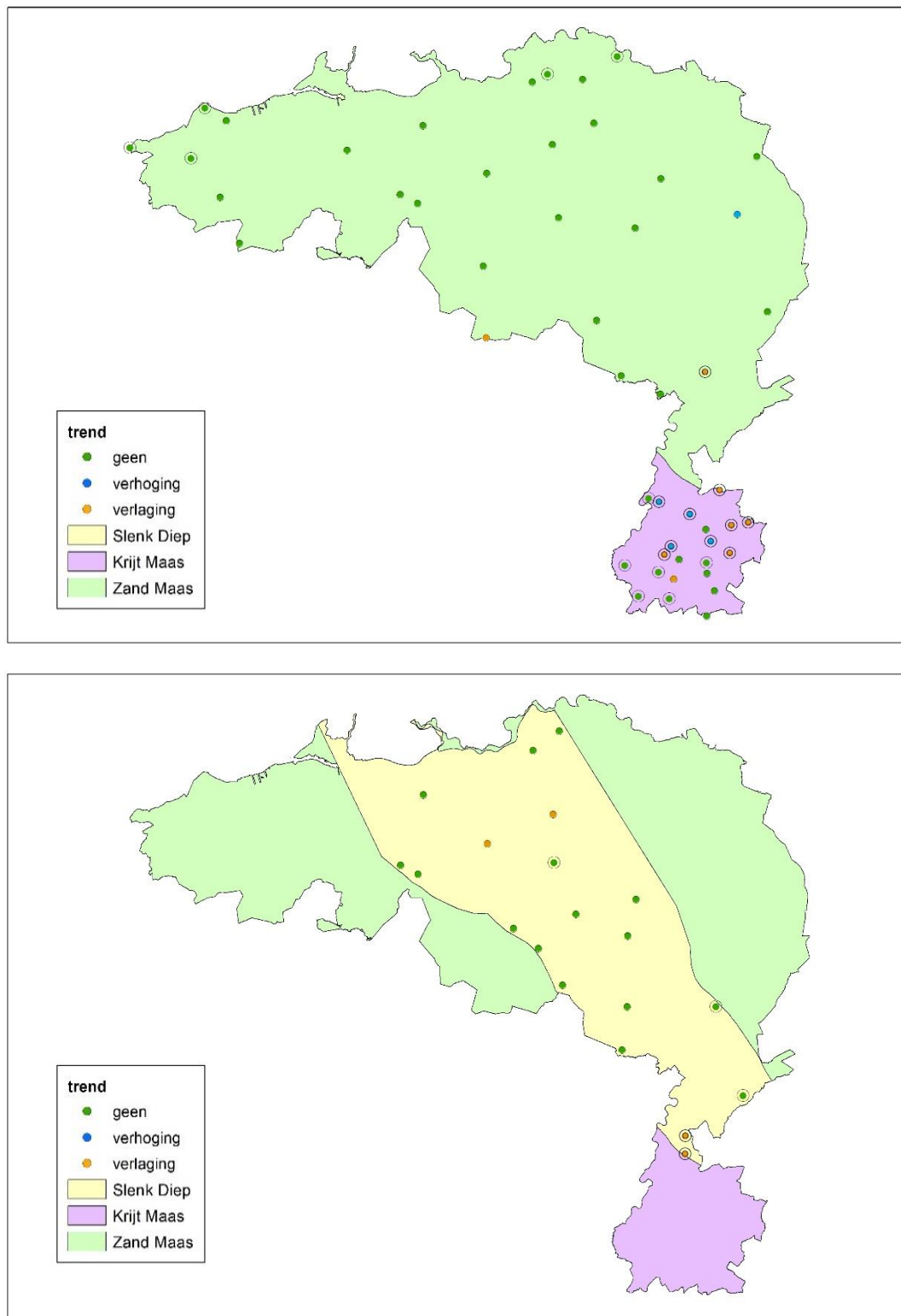
3.3 Trendanalyse per grondwaterlichaam

Per grondwaterlichaam zijn de gemiddelde trends van de grondwaterstand over 2012-2017 ten opzichte van de jaren 2000-2005 berekend. Figuur 4 geeft de trends uit Tabel 5 per grondwaterlichaam op kaart weer. Figuur 5 geeft per grondwaterlichaam een grafiek weer. Hierbij zijn de gemiddelde trends per grondwaterlichaam berekend op basis van weging van het omgekeerde van de standaardafwijking. Dit is de standaardmethodiek die ook is toegepast bij het onderzoek uit 2017 (Leunk & Doorn van, 2017).

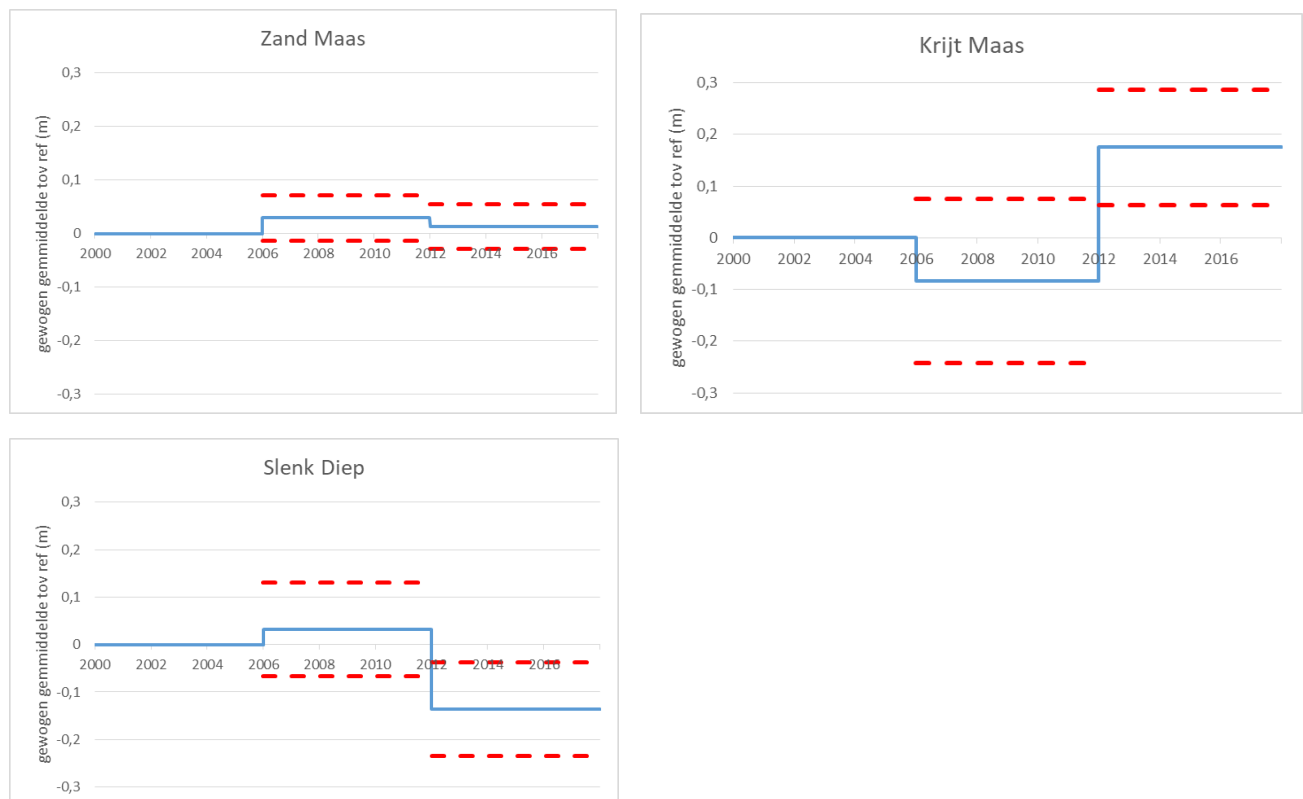
In het grondwaterlichamen ZandMaas wordt geen significante verandering geconstateerd. Eén peilbuis laat een stijgende trend zien, en twee peilbuizen een dalende trend. Een van deze dalende trends is te verklaren door de toename van de grondwaterwinning Luyksgestel.

Voor grondwaterlichaam KrijtMaas is er een significante stijghoogte-stijging. Op basis van Tabel 5 is te zien dat er in dit grondwaterlichaam meer peilfilters zijn met een dalende trend. Echter doordat de peilfilters met een stijgende trend in dit grondwaterlichaam over het algemeen een lage standaardafwijking hebben, en daardoor een hoge weging krijgen, is de totale trend voor dit grondwaterlichaam stijgend. Opgemerkt moet worden dat voor KrijtMaas maar voor een beperkt deel van de peilbuizen een betrouwbaar tijdreeksmodel kon worden opgesteld. Voor de overige filters is een trend berekend op basis van de gemiddelde stijghoogte van de periode 2012-2017. Het is onduidelijk wat het effect hiervan is op de beoordeling van het grondwaterlichaam.

Voor het grondwaterlichaam SlenkDiepMaas is gemiddeld een significante stijghoogtedaling waarneembaar. De vier peilfilters met een dalende trend (zie Tabel 5) hebben een relatief hoog gewicht, waardoor het eindoordeel voor dit grondwaterlichaam ook een dalende trend is.



Figuur 4 Resultaat trendanalyse: 2012-2017 ten opzichte van de periode 2000-2006. Boven tijdreeksen in ZandMaas en KrijtMaas. Onder: tijdreeksen in SlenkDiepMaas (diepe filters). De reeksen zonder betrouwbaar tijdreeksmodel zijn omcirkeld.



Figuur 5 Resultaat trendanalyse voor de drie grondwaterlichamen. De y-as is het gewogen gemiddelde van de grondwaterstand ten opzichte van de gemiddelde grondwaterstand in de referentieperiode (2000-2005). Blauwe lijn: gemiddelde verschil t.o.v. referentieperiode. Rode gestippelde lijnen geven het 95 % betrouwbaarheidsinterval. Opgemerkt moet worden dat voor KrijtMaas maar voor een beperkt deel van de peilbuizen bruikbare tijdreeksmodellen kon worden opgesteld (bijlage 5). Voor de overige filters is de trend bepaald op basis van de gemiddelde stijghoogte in de periode 2012-2017.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Op basis van de analyses kan worden geconcludeerd dat op basis van de toepassing van de standaardmethode voor de beoordeling van grondwaterstijghoogten voor de KRW, in grondwaterlichaam Krijtmaas gemiddeld een significante stijghoogtestijging en in grondwaterlichaam SlenkDiepMaas gemiddeld een significante stijghoogtedaling waarneembaar is voor de periode 2012-2017 ten opzichte van de referentieperiode 2000-2005. Voor grondwaterlichaam ZandMaas geeft de beoordelingsmethode geen significante trend.

Uit de toegepaste standaardmethodiek voor trendanalyse volgen de volgende conclusies voor de drie grondwaterlichamen van de provincies Noord-Brabant en Limburg:

- Binnen KrijtMaas is een significante stijghoogtestijging vastgesteld. Hierbij wordt opgemerkt dat deze conclusie is gebaseerd op een groot aantal tijdreeksen, waarvoor geen betrouwbare tijdreeksmodellen konden worden opgesteld. Daarnaast zijn voor individuele reeksen zowel significante dalingen als significante stijgingen afgeleid, met een beperkte ruimtelijke samenhang.
- Binnen SlenkDiepMaas is een significante stijghoogtedaling vastgesteld voor de periode 2012-2017 ten opzichte van de referentieperiode 2000-2005. Volgens de tijdreeksanalyse manifesteert deze daling zich in twee gebieden, namelijk in Midden-Limburg en centraal in Noord-Brabant. Hierbij dient opgemerkt te worden dat deze conclusie is gebaseerd op 4 tijdreeksen waarvoor een dalende trend is afgeleid, waarvan er 2 niet betrouwbaar konden worden gemodelleerd. Hierdoor zijn de effecten van neerslag en verdamping op stijghoogteveranderingen niet geheel uitgefilterd en zijn de oorzaken achter deze daling voor dit grondwaterlichaam niet eenduidig af te leiden uit de tijdreeksmodellen.
- Binnen ZandMaas is geen significante stijghoogteverandering ten opzichte van de referentieperiode 2000-2005.

4.2 Aanbevelingen

De methode toegepast bij dit onderzoek is gelijk gehouden aan de studie uit 2017 (Leunk & Doorn van, 2017), alleen is nu data gebruikt tot eind 2019 voor het maken van de tijdreeksmodellen. In de beoordeling zijn vervolgens wel de gegevens tot en met 2017 gebruikt. Deze methodiek komt ook grotendeels overeen met de studie van 2012 (Verhagen et al, 2012), waarbij een evaluatie is gedaan van de periode 2006-2011 ten opzichte van de referentieperiode 2000-2005. Er zijn verschillen tussen de resultaten van het huidige onderzoek en het onderzoek uit 2012 zichtbaar in de overlappende periode (periode 2006-2011). Enkele mogelijke oorzaken die hieraan ten grondslag liggen zijn:

- De trendanalyse die is uitgevoerd in 2012 heeft soms gebruik gemaakt van een langere grondwaterstands- en stijghoogtereeks, namelijk van 1976 tot aan 2012. In deze studie zijn tijdreeksmodellen gemaakt voor de periode vanaf 2000. Daarnaast zijn de reeksen aangevuld tot eind 2019.
- De winningen van Brabant Water zijn nu gedetailleerder ingevoerd als verklarende reeks in het model, namelijk op maand- i.p.v. kwartaalbasis. Het tijdreeksmodel, de residureeks en de betrouwbaarheid kunnen daardoor verschillen. Deze verschillen werken ook door in de grafieken met de trend per grondwaterlichaam.

- In het oorspronkelijke meetnet waren een aantal peilbuisfilters aan twee grondwaterlichamen (ZandMaas en SlenkDiepMaas) toegekend. In de studie uit 2017 is uitgezocht in welk grondwaterlichaam deze peilbuisfilters geplaatst zijn en vervolgens zijn ze alleen aan dat grondwaterlichaam toegekend. De meeste peilbuisfilters zijn naderhand toegekend aan het grondwaterlichaam ZandMaas. Deze indeling in grondwaterlichamen is in deze studie overgenomen.

Er bestaan verschillen tussen de resultaten van het huidige onderzoek en het onderzoek uit 2017 (aantal betrouwbare tijdreeksmodellen en andere beoordeling KrijtMaas), ondanks dat dezelfde methodiek is toegepast. Deze verschillen zijn als volgt te verklaren:

- Bij het onderzoek uit 2017 is gebruik gemaakt van data tot eind 2016. Het doel van het huidige onderzoek is om recente data van de afgelopen drie jaren ook mee te nemen. De tijdreeksmodellen voor deze studie zijn dus gemaakt op basis van data tot eind 2019. Aangezien met name 2018 en 2019 gekenmerkt zijn door (extreme) droogte, is dit effect meegenomen in het opstellen van de tijdreeksmodellen. We hebben getest of het aantal betrouwbare modellen toeneemt indien de tijdreeksmodellen worden gebaseerd op de data tot eind 2017. Hiermee werd de betrouwbaarheid van enkele modellen vergroot, maar als gevolg van een kortere meetreeks werd de betrouwbaarheid van andere modellen kleiner. Netto leverde dit geen verbetering op van het aantal betrouwbare modellen, maar het meenemen van de afgelopen jaren aan data kan op peilbuisniveau wel de verschillen verklaren. Het effect van het meenemen van deze jaren op het totaaloordeel per grondwaterlichaam is niet beschouwd.
- Voor provincie Noord-Brabant zijn voor enkele locaties de peilfilters vervangen door andere reeksen (op verzoek van de provincie). Als gevolg hiervan worden sommige locaties nu anders beoordeeld.

Er zijn enkele opmerkingen en aanbevelingen te maken met betrekking tot de methode die zowel in deze als eerdere studies is toegepast:

- 1 Data: De winningen van Brabant water zijn voor deze studie aangeleverd op maandbasis, bij eerdere studies was dit op kwartaalbasis. De winningsgegevens op maandbasis zijn een betere verklarende variabele dan kwartaalreeksen, aangezien ze maandelijkse variaties in grondwaterstanden kunnen verklaren. Winningsgegevens op kwartaalbasis kunnen stijghoogte variaties op kleinere tijdschaal niet verklaren terwijl deze wellicht wel door variaties in onttrekkingsdebiet veroorzaakt worden.
Daarnaast zijn er veel KRW grondwaterreeksen binnen KrijtMaas waarvoor geen betrouwbare tijdreeksmodellen konden worden opgesteld. Om een betrouwbaar oordeel over een trend binnen dit grondwaterlichaam te kunnen geven kan bij een volgende studie extra reeksen toegevoegd worden, waarvoor welk betrouwbare tijdreeksmodellen te maken zijn.
- 2 Tijdreeksmodellen: Indien de verklaarde variantie van een model laag is, is het aannemelijk dat er nog een ander proces plaatsvindt dat niet in het tijdreeksmodel is opgenomen. Het toevoegen van verklarende reeksen en zo het verbeteren van het model (als alternatief voor afkeuren/ vervangen door nabij gelegen peilfilter zoals in de huidige methodiek gebeurt) kan zorgen voor een grotere betrouwbaarheid en bruikbaarheid van de resultaten.
- 3 Trendbepaling: bij het bepalen van de trends wordt in de vastgestelde methodiek voor peilfilters zonder betrouwbaar tijdreeksmodel gebruik gemaakt van het gemiddelde van de stijghoogte voor het bepalen van de trend. Bij peilfilters met een betrouwbaar tijdreeksmodel worden de residuen gebruikt. Vervolgens wordt de trend per grondwaterlichaam bepaald op basis van alle peilfilters zonder onderscheid te maken tussen de peilfilters met een betrouwbaar of geen betrouwbaar tijdreeksmodel. Peilfilters zonder betrouwbaar tijdreeksmodel geven een indicatie dat er op deze locatie sprake is van een externe invloed of een slechte meetreeks (met uitschieters of gaten in de meetreeks). Het effect van een groot percentage onbetrouwbare tijdreeksmodellen, zoals voor KrijtMaas, op het eindoordeel van het waterlichaam is niet onderzocht. Er kunnen meer gedetailleerde uitspraken gedaan worden over de trend per grondwaterlichaam als er onderscheid gemaakt zou worden tussen een berekende trend op basis van peilfilters met een betrouwbare tijdreeksmodel

en peilfilters met een onbetrouwbare tijdreeksmodel. Zo hangt de significant dalende trend in Maas Slenk Diep in dit onderzoek op twee reeksen die niet betrouwbaar worden gemodelleerd.

- 4 KRW-meetnet: Het KRW-meetnet is 10 jaar geleden vastgesteld en inmiddels worden meer peilbuisfilters gemonitord. Daarom wordt het aangeraden om na te gaan of het huidige meetnet inderdaad representatief is voor de trend in de grondwaterlichamen. Dit kan gedaan worden door een grotere selectie van meetreeksen in het grondwaterlichaam te analyseren.
- 5 Bepaling gemiddelde per meetreeks:
 - o Crosscorrelatie: de methode houdt geen rekening met gaten in meetreeksen of wijzigingen in meetfrequentie. Wanneer daar sprake van is, is de autocorrelatie die met deze methode berekend wordt niet juist. Aangeraden wordt om de methode op dit punt te verbeteren.
 - o De residueeks zelf heeft ook een betrouwbaarheid die nu buiten beschouwing gelaten wordt.
- 6 Voordat het gemiddelde per grondwaterlichaam wordt bepaald, worden de gemiddelden van de meetreeksen gewogen door te delen door de standaarddeviatie. Dit betekent dat meetreeksen met een kleine standaarddeviatie sterker meewegen in het bepalen van het gemiddelde. De keuze hiervoor wordt niet onderbouwd, waardoor de achterliggende reden of doelstelling ervan niet volledig helder is.

Specifiek voor dit rapport geldt dat de droge jaren van 2018-2019 op veel locaties heeft geleid tot zeer lage grondwaterstanden. Dit klimaateffect is niet voor alle tijdreeksen uitgefilterd doordat geen betrouwbare tijdreeksmodellellen konden worden afgeleid. Mogelijk wordt hierdoor eventueel herstel over het hoofd gezien, doordat de effecten van reeds genomen maatregelen mogelijk teniet wordt gedaan. Ook vanaf maart 2020 is het zeer droog en zijn grondwaterstanden laag. Het KNMI heeft aangegeven dat in het binnenland deze droogtes als gevolg van klimaatverandering vaker kunnen voorkomen. De gemaakte tijdreeksmodellen bieden de mogelijkheid om het effect van de droge jaren 2018, 2019/2020 en projecties voor 2020-2022 voor bijvoorbeeld nat-gemiddelde-droge jaren in te schatten en hiermee een voorschot te nemen op de volgende evaluatie.

5 Literatuur

- 1 Broers, H.P., P. Schipper, R. Stuurman, F.C. van Geer, G. van Oyen. Opzet van het KRW meetprogramma grondwater voor het stroomgebied Maas. NITG 05-176-A. 16 december 2005.
- 2 Leunk, I. en Doorn van, A. (2017) Trendanalyse grondwaterstands- en stijghoogtegegevens Maasstroomgebied 2012-2016: Rapportnr KWR 2017.046, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.
- 3 Verhagen, F.th., W.Swierstra, F.C.J. van Herpen, M.E. van Vliet, A. Krikken, H. Vermue, H.P. Broers. KRW toetsing grondwater, 2012 Maasstroomgebied. 14 december 2012.
- 4 Von Asmuth, J.R., C. Maas, M. Knotters, M.F.P. Bierkens, M. Bakker, T.N. Olsthoorn, D.G. Cirkel, I. Leunk, F. Schaars en D.C. Von Asmuth (2012) Software for hydrogeologic time series analysis, interfacing data with physical insight; in: Environmental Modelling & Software, vol 38, pag 178-190, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.06.003>.
- 5 Von Asmuth, J.R. en I. Leunk (2014) Hydrologisch meetnet Electraboezem 2e schil, effecten van boezempeilverlaging en bodemdaling.; Rapportnr KWR 2014.039, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

I Peilbuislocaties meetnet

Overzicht van aangeleverde meetnet en beoordeling geschiktheid voor analyse

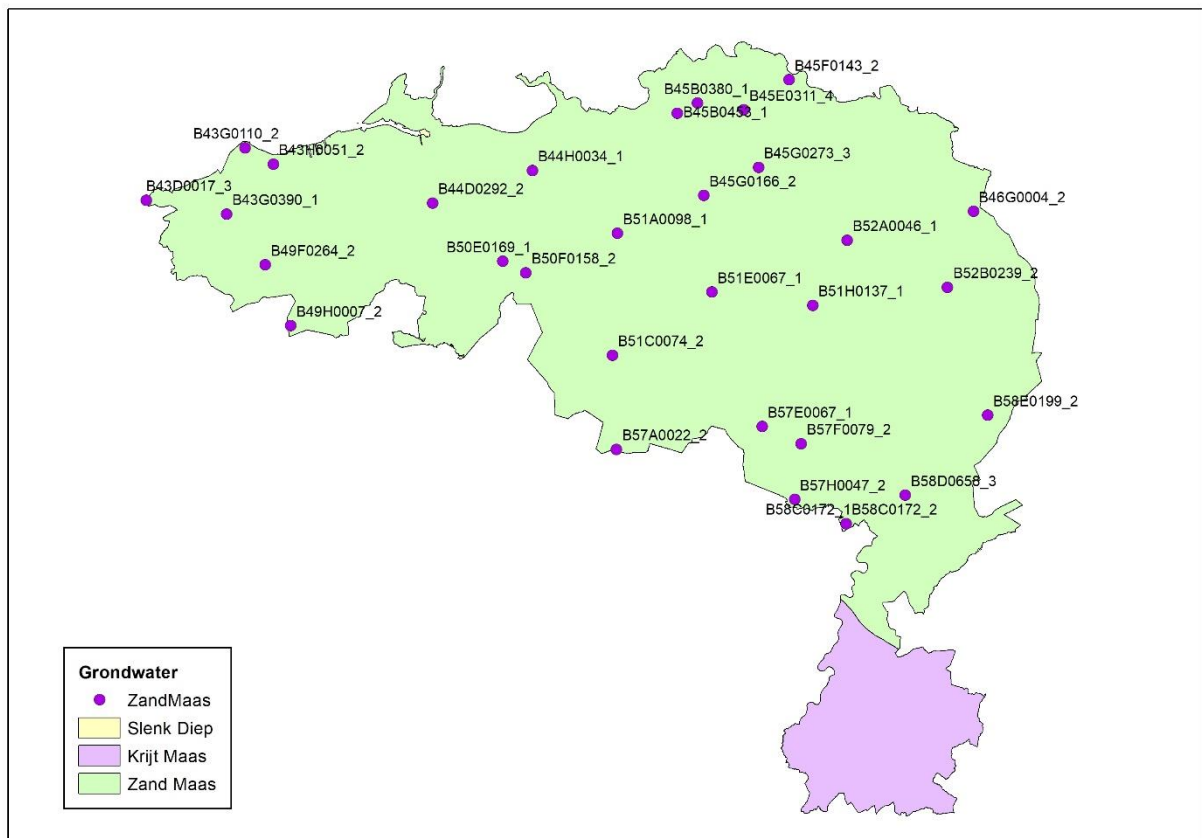
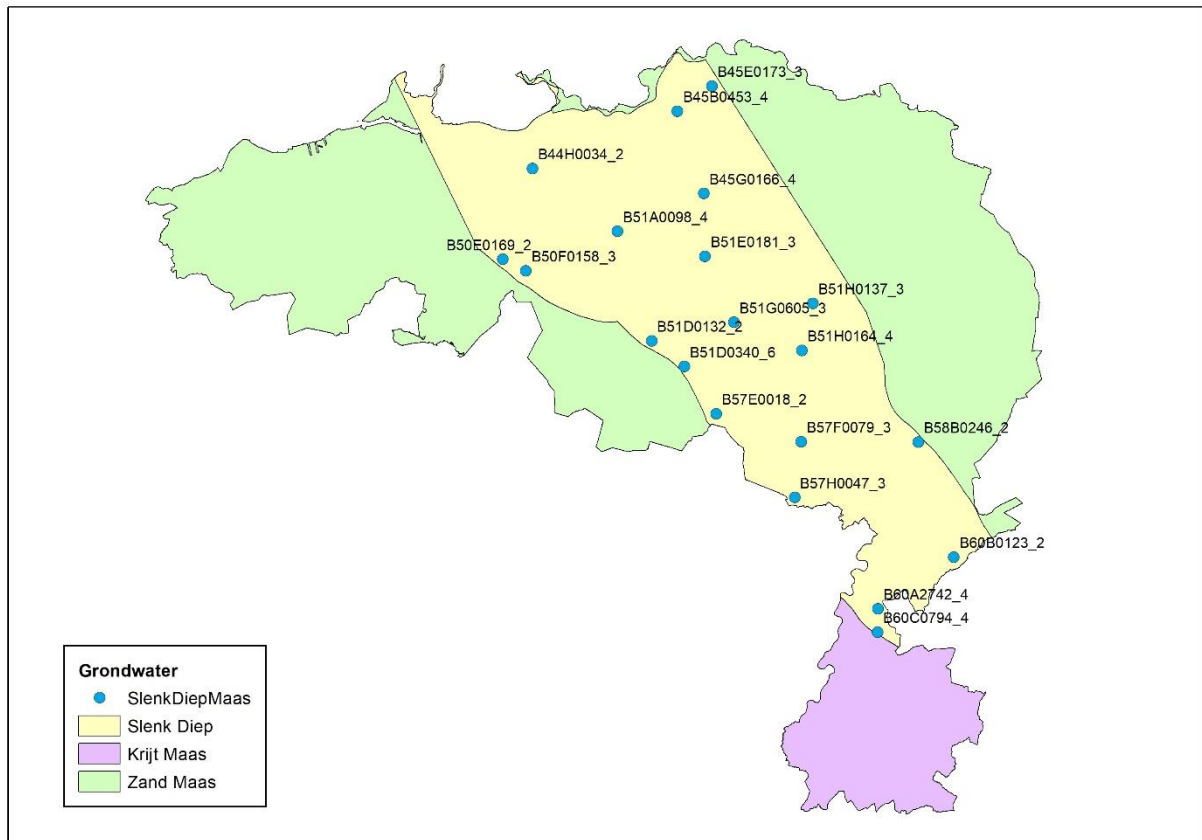
Aangeleverde peilbuislocaties			Informatie zoals gebruikt in deze studie	
Peilbuis	KRW-filter	Grondwaterlichaam	Gebruikt bij trendbeoordeling 2012-2017	Opmerking
B43D0017	3	ZandMaas	ja	
B43G0110	2	ZandMaas	ja	
B43G0390	1	ZandMaas	ja	vervangt B43G0421 uit vorige studie
B43H0051	2	ZandMaas	ja	filter 2 is in plaats van filter 3 aangeleverd
B44D0292	2	ZandMaas	ja	
B44H0034	1	ZandMaas	ja	
B45B0453	1	ZandMaas	ja	
B45B0380	1	ZandMaas	ja	vervangt B45B0476 uit vorige studie
B45F0143	2	ZandMaas	ja	vervangt B45E0173 uit vorige studie
B45E0311	4	ZandMaas	ja	
B45G0166	2	ZandMaas	ja	
B45G0273	3	ZandMaas	ja	
B46G0004	2	ZandMaas	ja	
B49F0264	2	ZandMaas	ja	
B49H0007	2	ZandMaas	ja	
B50E0169	1	ZandMaas	ja	
B50F0158	2	ZandMaas	ja	
B51A0098	1	ZandMaas	ja	filter 1 vervangt filter 2 uit vorige studie
B51C0074	2	ZandMaas	ja	
B51E0067	1	ZandMaas	ja	
B51H0137	1	ZandMaas	ja	
B52A0046	1	ZandMaas	ja	
B52B0239	2	ZandMaas	ja	
B57A0022	2	ZandMaas	ja	
B57E0067	1	ZandMaas	ja	
B57F0079	2	ZandMaas	ja	
B57H0047	2	ZandMaas	ja	
B58C0172	1	ZandMaas	ja	
B58C0172	2	ZandMaas	ja	
B58D0658	3	ZandMaas	ja	
B58E0199	2	ZandMaas	ja	
B60C0839	2	KrijtMaas	ja	
B60C0860	3	KrijtMaas	ja	
B60C1132	2	KrijtMaas	ja	
B60D1027	2	KrijtMaas	ja	
B60D1108	1	KrijtMaas	ja	
B60G0123	1	KrijtMaas	ja	

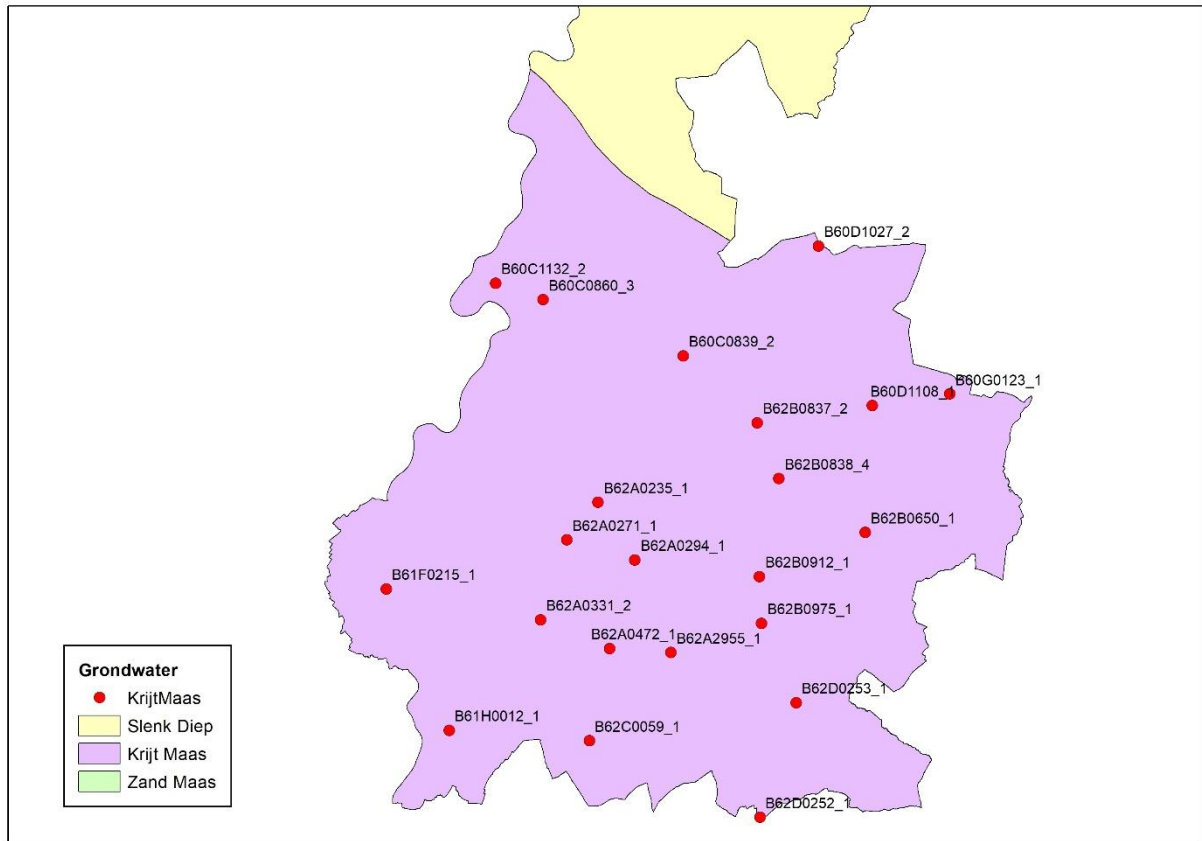
Aangeleverde peilbuislocaties			Informatie zoals gebruikt in deze studie	
Peilbuis	KRW-filter	Grondwaterlichaam	Gebruikt bij trendbeoordeling 2012-2017	Opmerking
B61F0215	1	KrijtMaas	ja	
B61H0012	1	KrijtMaas	ja	
B62A0235	1	KrijtMaas	ja	
B62A0271	1	KrijtMaas	ja	
B62A0294	1	KrijtMaas	ja	
B62A0331	2	KrijtMaas	ja	
B62A0472	1	KrijtMaas	ja	
B62A2955	1	KrijtMaas	nee	tijdreeks is te kort voor trendbeoordeling 2012-2017
B62B0650	1	KrijtMaas	ja	
B62B0837	2	KrijtMaas	ja	
B62B0838	4	KrijtMaas	ja	
B62B0912	1	KrijtMaas	ja	
B62B0975	1	KrijtMaas	ja	
B62C0059	1	KrijtMaas	ja	
B62D0252	1	KrijtMaas	ja	
B62D0253	1	KrijtMaas	ja	
B44H0034	2	SlenkDiepMaas	ja	
B45B0453	4	SlenkDiepMaas	ja	
B45E0173	3	SlenkDiepMaas	ja	
B45G0166	4	SlenkDiepMaas	ja	
B50E0169	2	SlenkDiepMaas	ja	
B50F0158	3	SlenkDiepMaas	ja	
B51A0098	4	SlenkDiepMaas	ja	
B51E0181	3	SlenkDiepMaas	ja	
B51H0137	3	SlenkDiepMaas	ja	
B51H0164	4	SlenkDiepMaas	ja	
B57E0018	2	SlenkDiepMaas	ja	
B57F0079	3	SlenkDiepMaas	ja	
B57H0047	3	SlenkDiepMaas	ja	
B58B0246	2	SlenkDiepMaas	ja	
B60A2742	4	SlenkDiepMaas	ja	
B60B0123	2	SlenkDiepMaas	ja	
B60C0794	4	SlenkDiepMaas	ja	
B51D0132	2	SlenkDiepMaas	ja	extra meetpunt voor Slenk diep analyses fase 2
B51D0340	6	SlenkDiepMaas	ja	extra meetpunt voor Slenk diep analyses fase 2
B51G0605	3	SlenkDiepMaas	ja	extra meetpunt voor Slenk diep analyses fase 2

Overzicht (tabel en kaart) van peilbuisfilters gebruikt in deze analyse:

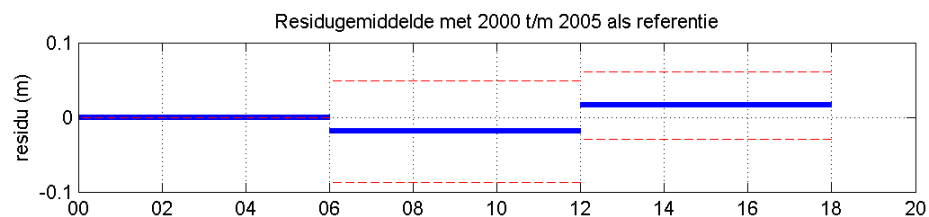
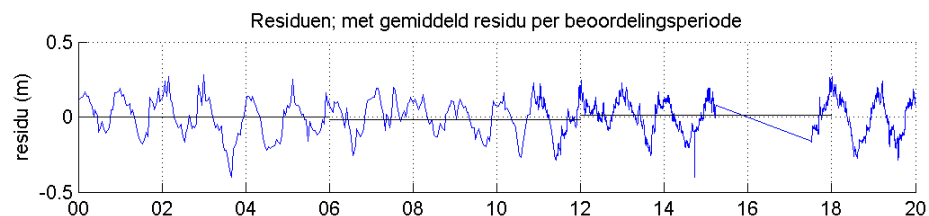
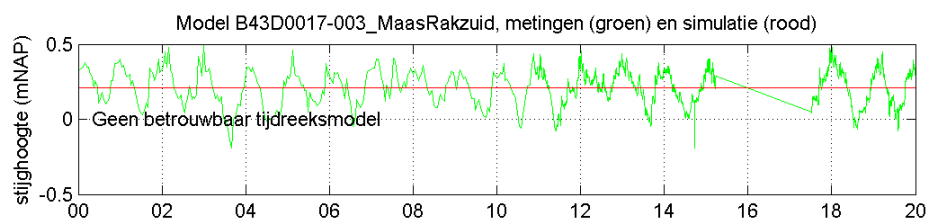
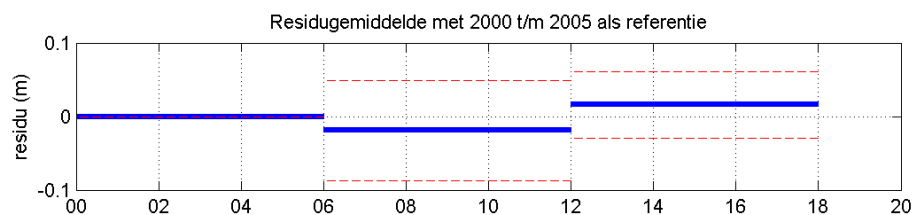
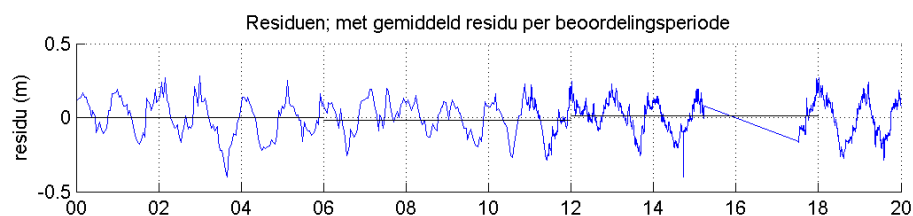
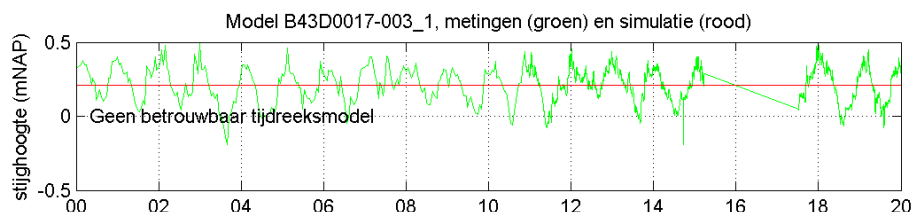
Peilbuis	KRW-filter	Grondwaterlichaam	X coördinaat	Y coördinaat
B43D0017	3	ZandMaas	73423	403240
B43G0110	2	ZandMaas	88875	411430
B43G0390	1	ZandMaas	85984	401072
B43H0051	2	ZandMaas	93268	408873
B44D0292	2	ZandMaas	118189	402795
B44H0034	1	ZandMaas	133826	407881
B45B0453	1	ZandMaas	156476	416844
B45B0380	1	ZandMaas	159615	418423
B45F0143	2	ZandMaas	173952	422074
B45E0311	4	ZandMaas	166841	417388
B45G0166	2	ZandMaas	160598	403978
B45G0273	3	ZandMaas	169165	408389
B46G0004	2	ZandMaas	202770	401491
B49F0264	2	ZandMaas	92013	393137
B49H0007	2	ZandMaas	96001	383614
B50E0169	1	ZandMaas	129149	393687
B50F0158	2	ZandMaas	132765	391877
B51A0098	1	ZandMaas	147080	398050
B51C0074	2	ZandMaas	146340	378970
B51E0067	1	ZandMaas	161872	388864
B51H0137	1	ZandMaas	177676	386793
B52A0046	1	ZandMaas	183002	396973
B52B0239	2	ZandMaas	198720	389620
B57A0022	2	ZandMaas	146941	364189
B57E0067	1	ZandMaas	169717	367785
B57F0079	2	ZandMaas	175830	365080
B57H0047	2	ZandMaas	174811	356355
B58C0172	1	ZandMaas	182877	352576
B58C0172	2	ZandMaas	182877	352576
B58D0658	3	ZandMaas	192107	357039
B58E0199	2	ZandMaas	204991	369546
B60C0839	2	KrijtMaas	188947	327776
B60C0860	3	KrijtMaas	182610	330314
B60C1132	2	KrijtMaas	180457	331059
B60D1027	2	KrijtMaas	195070	332739
B60D1108	1	KrijtMaas	197500	325510
B60G0123	1	KrijtMaas	201006	326041
B61F0215	1	KrijtMaas	175510	317230
B61H0012	1	KrijtMaas	178362	310842
B62A0235	1	KrijtMaas	185091	321141
B62A0271	1	KrijtMaas	183674	319446
B62A0294	1	KrijtMaas	186760	318537

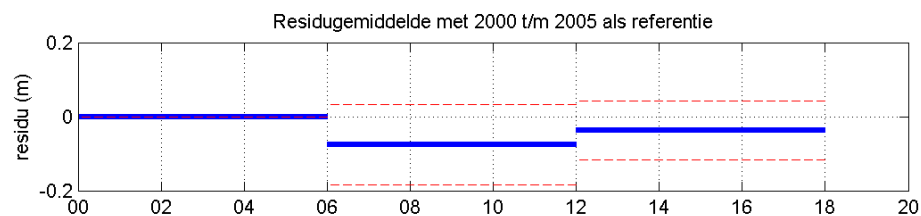
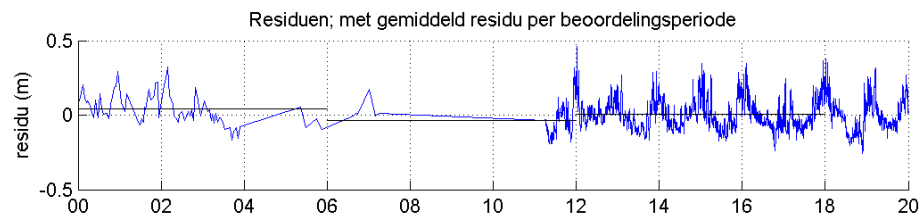
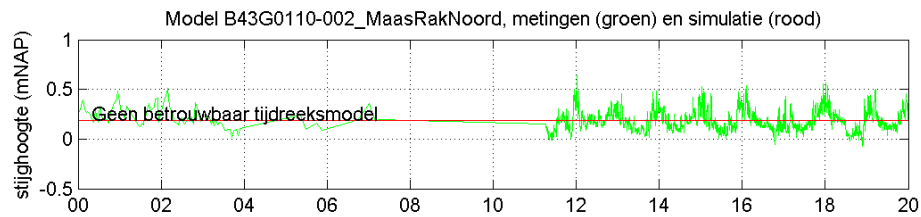
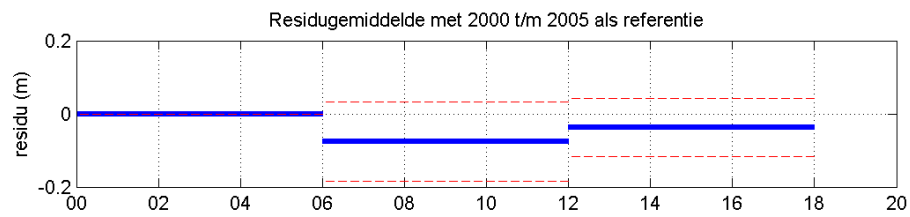
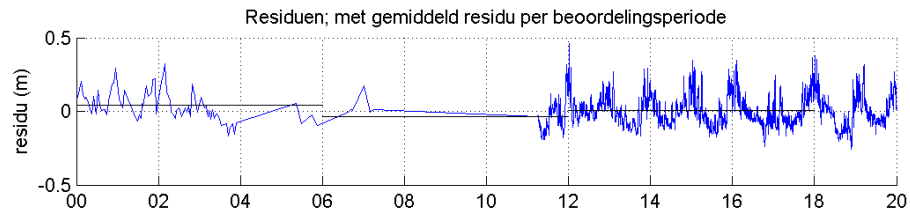
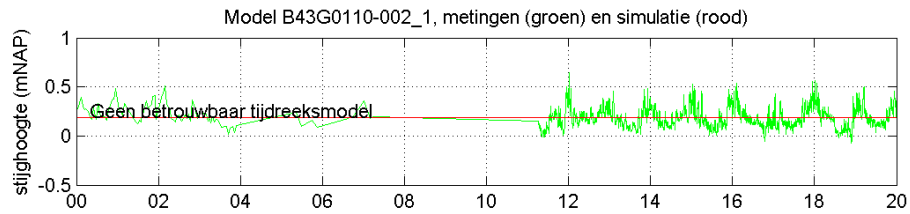
Peilbuis	KRW-filter	Grondwaterlichaam	X coördinaat	Y coördinaat
B62A0331	2	KrijtMaas	182491	315835
B62A0472	1	KrijtMaas	185611	314537
B62A2955	1	KrijtMaas	188382	314354
B62B0650	1	KrijtMaas	197172	319781
B62B0837	2	KrijtMaas	192288	324736
B62B0838	4	KrijtMaas	193277	322215
B62B0912	1	KrijtMaas	192396	317789
B62B0975	1	KrijtMaas	192491	315674
B62C0059	1	KrijtMaas	184699	310370
B62D0252	1	KrijtMaas	192417	306909
B62D0253	1	KrijtMaas	194059	312086
B44H0034	2	SlenkDiepMaas	133826	407881
B45B0453	4	SlenkDiepMaas	156476	416844
B45E0173	3	SlenkDiepMaas	161861	420780
B45G0166	4	SlenkDiepMaas	160598	403978
B50E0169	2	SlenkDiepMaas	129149	393687
B50F0158	3	SlenkDiepMaas	132765	391877
B51A0098	4	SlenkDiepMaas	147080	398050
B51E0181	3	SlenkDiepMaas	160775	394145
B51H0137	3	SlenkDiepMaas	177676	386793
B51H0164	4	SlenkDiepMaas	175936	379421
B57E0018	2	SlenkDiepMaas	162534	369447
B57F0079	3	SlenkDiepMaas	175830	365080
B57H0047	3	SlenkDiepMaas	174811	356355
B58B0246	2	SlenkDiepMaas	194152	365026
B60A2742	4	SlenkDiepMaas	187825	338950
B60B0123	2	SlenkDiepMaas	199701	347040
B60C0794	4	SlenkDiepMaas	187780	335295
B51D0132	2	SlenkDiepMaas	152441	380933
B51D0340	6	SlenkDiepMaas	157561	376907
B51G0605	3	SlenkDiepMaas	165313	383824

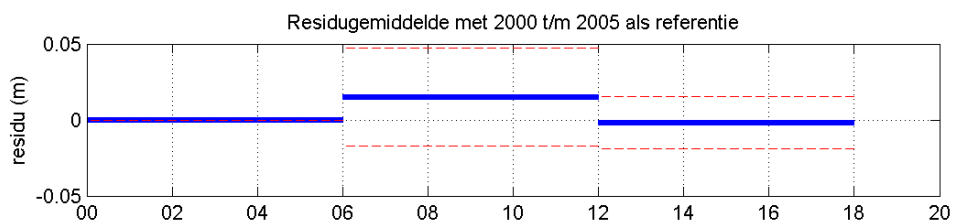
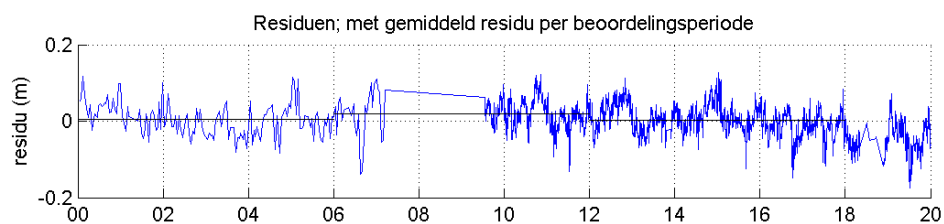
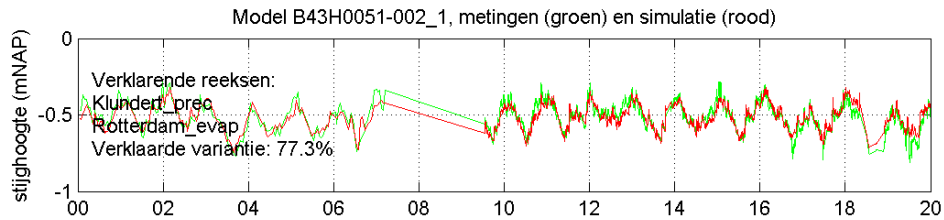
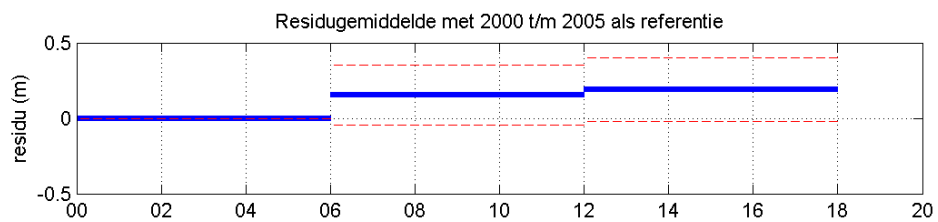
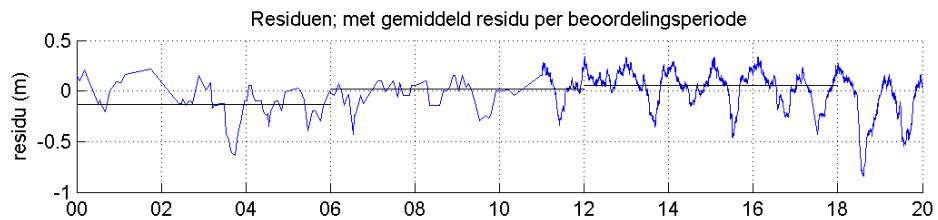
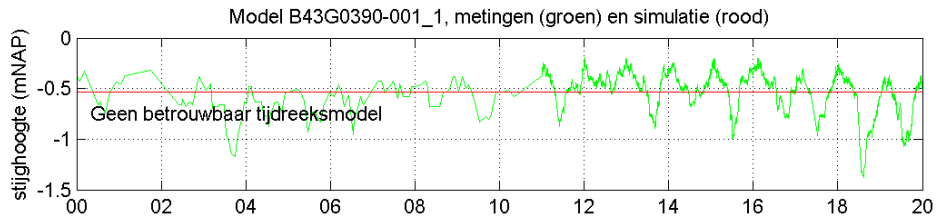


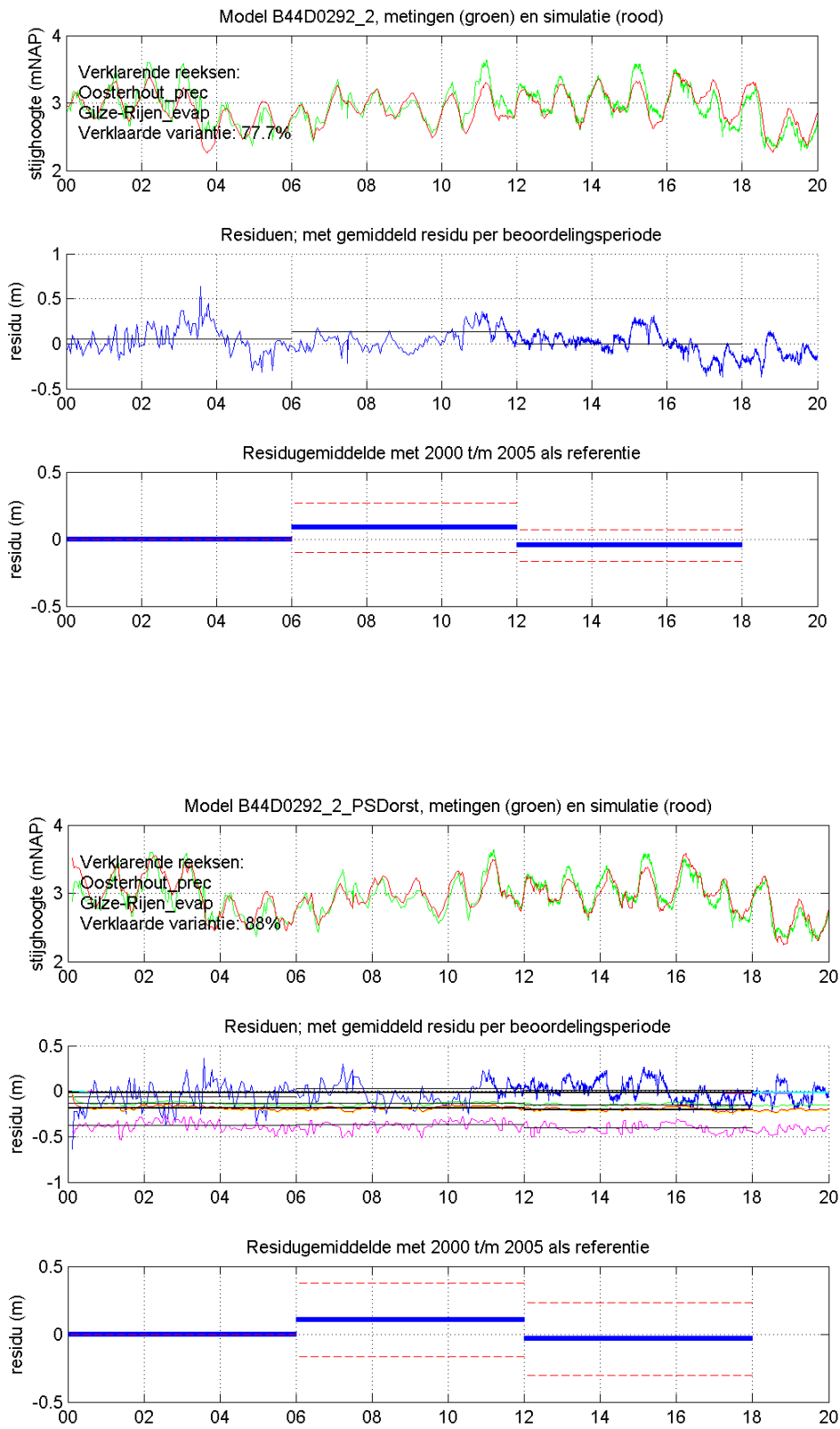


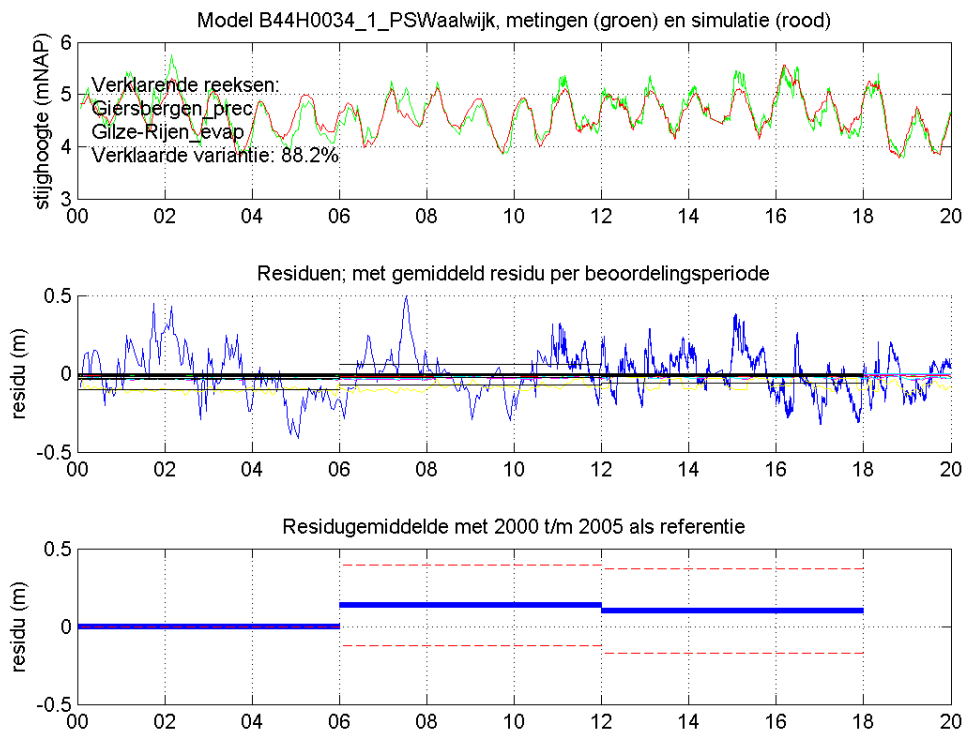
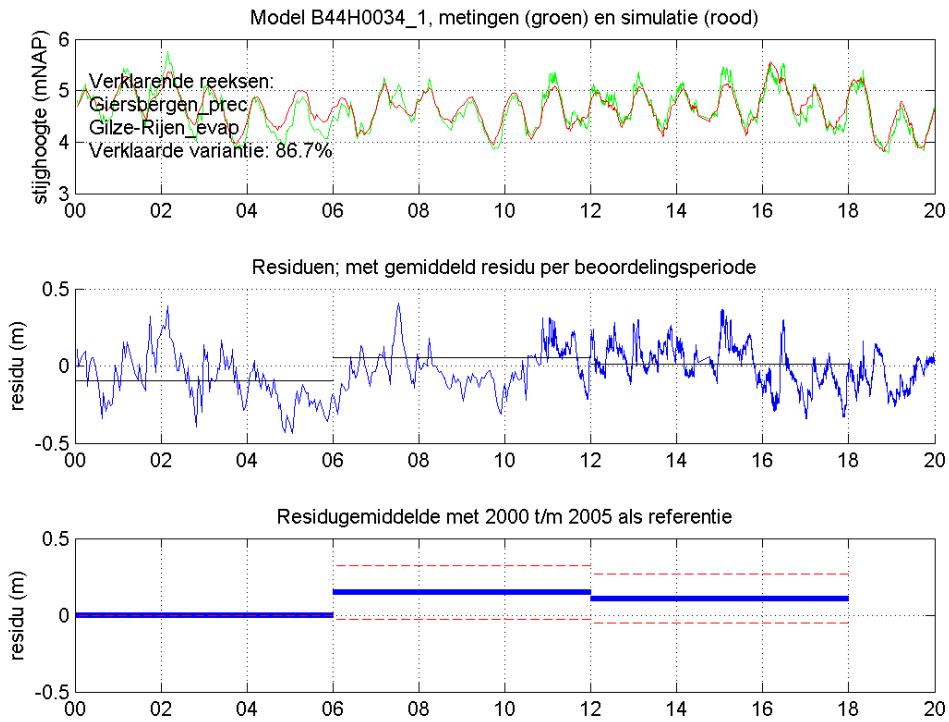
II Tijdreeksmodellen grondwaterstand per peilfilter Zand Maas

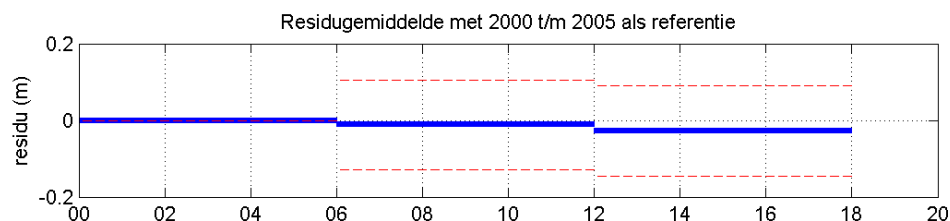
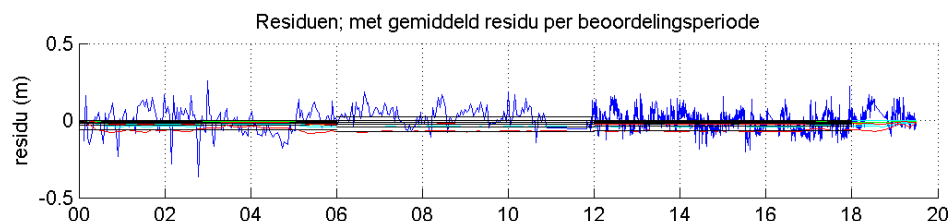
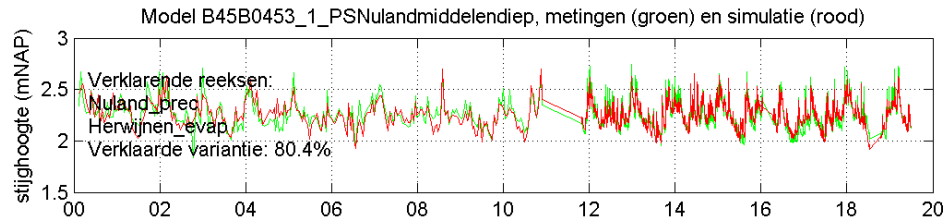
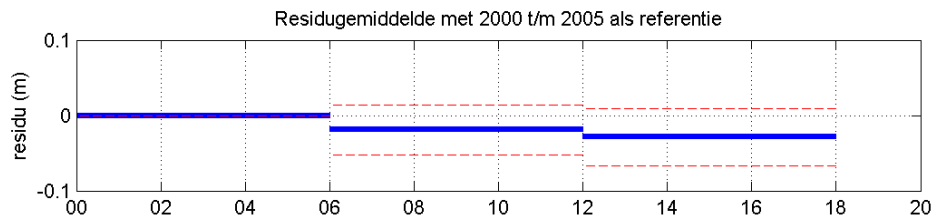
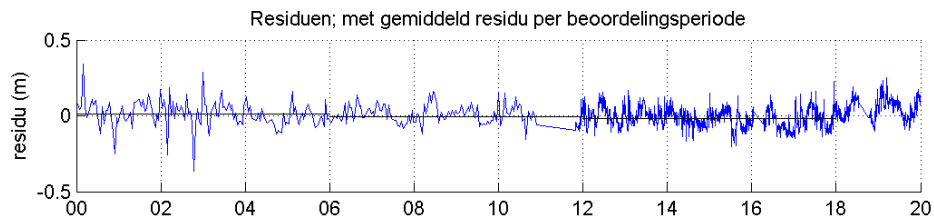
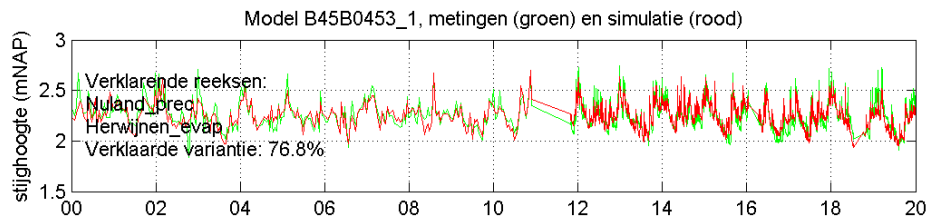


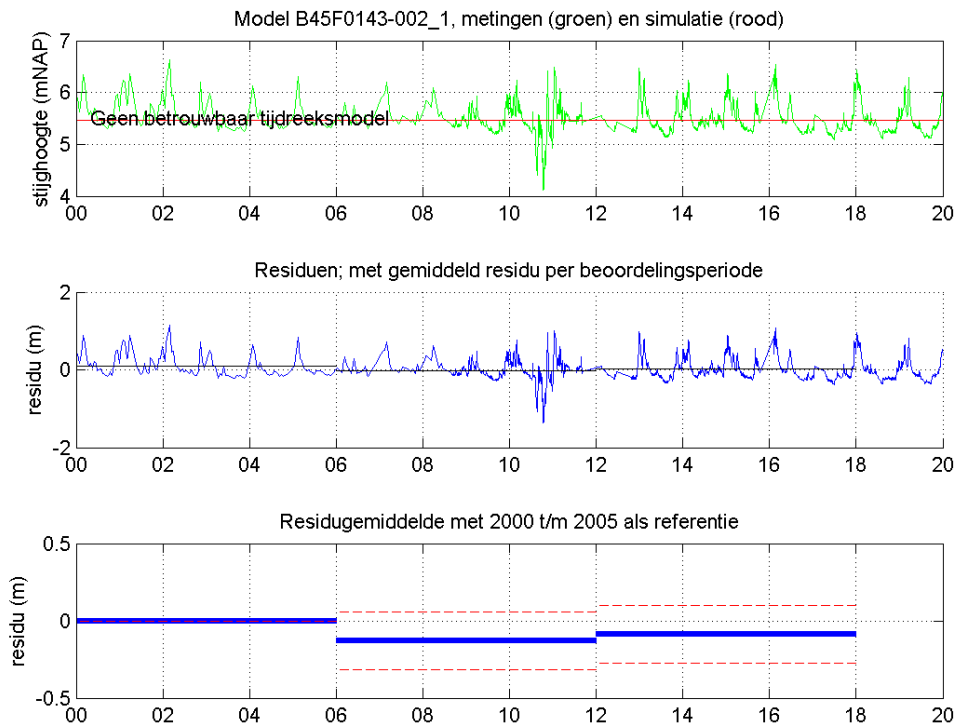
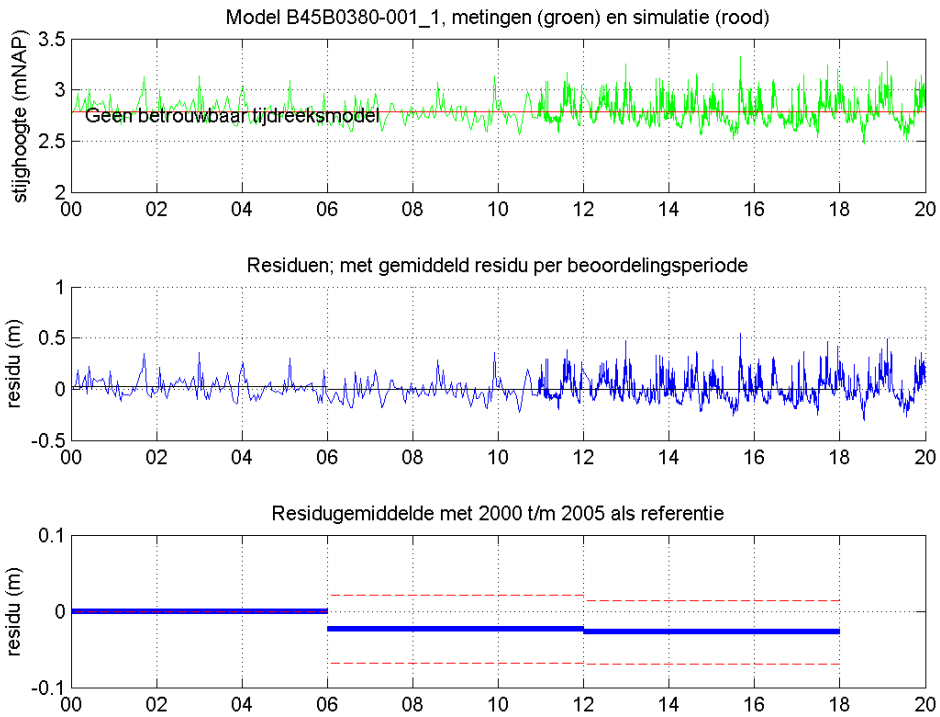


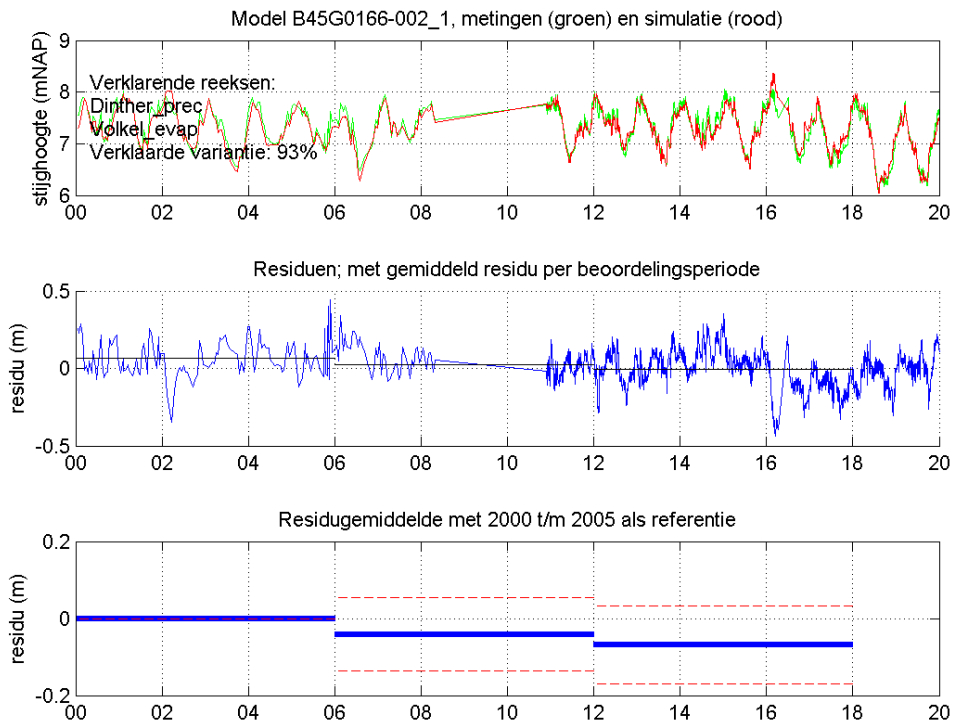
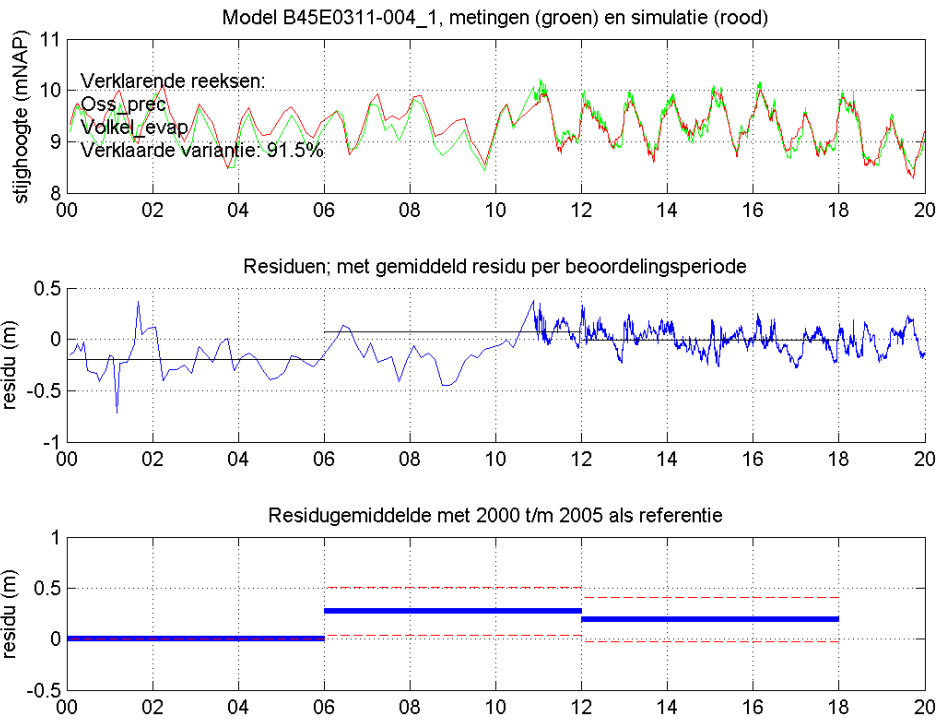


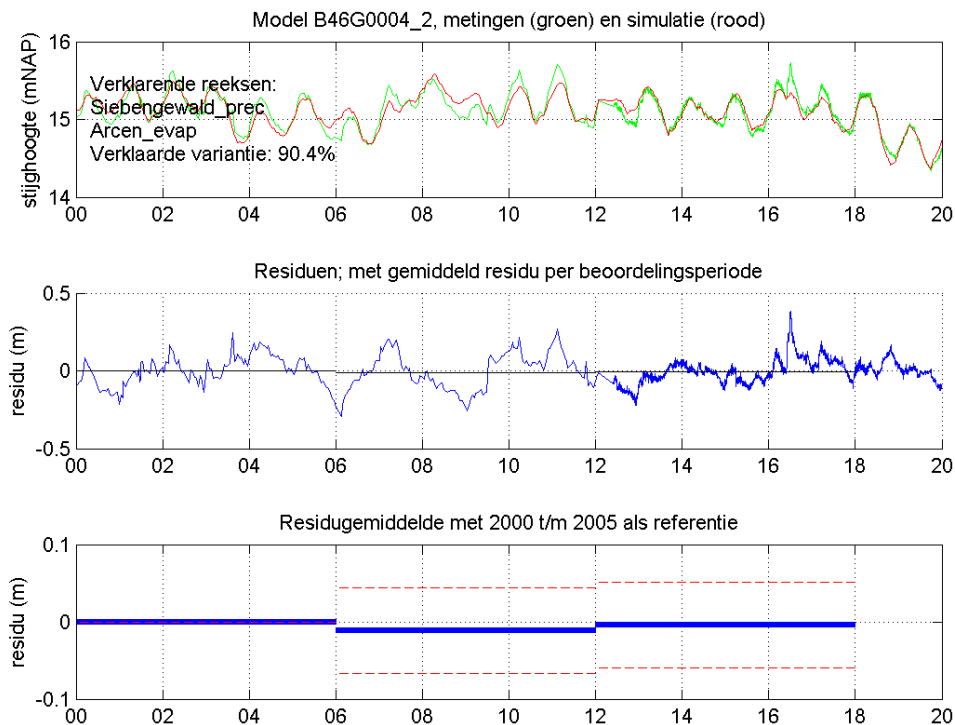
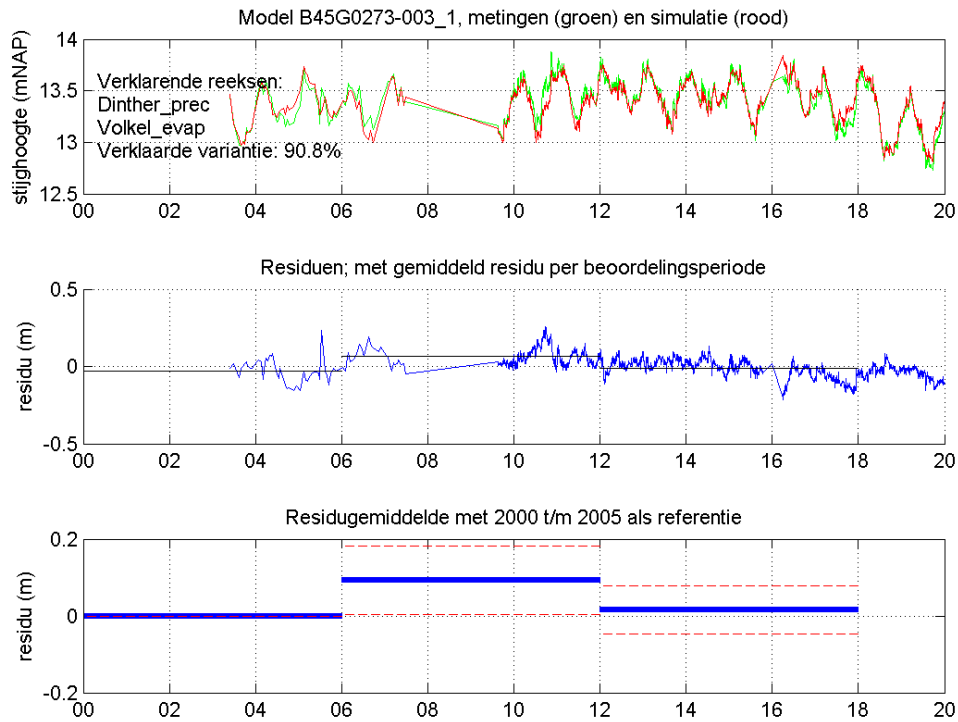


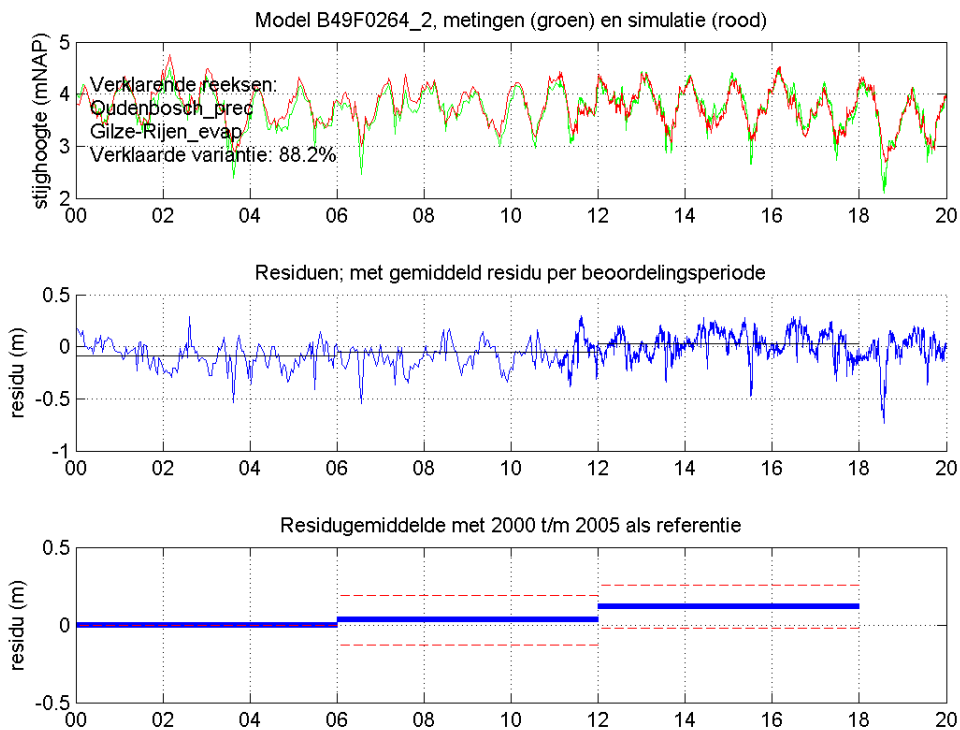
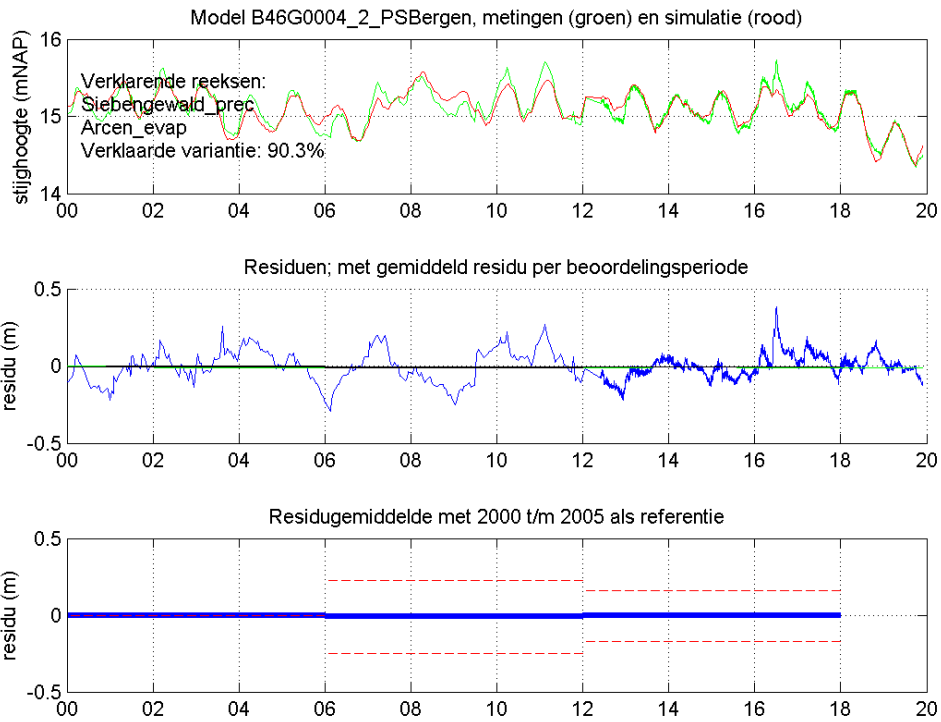


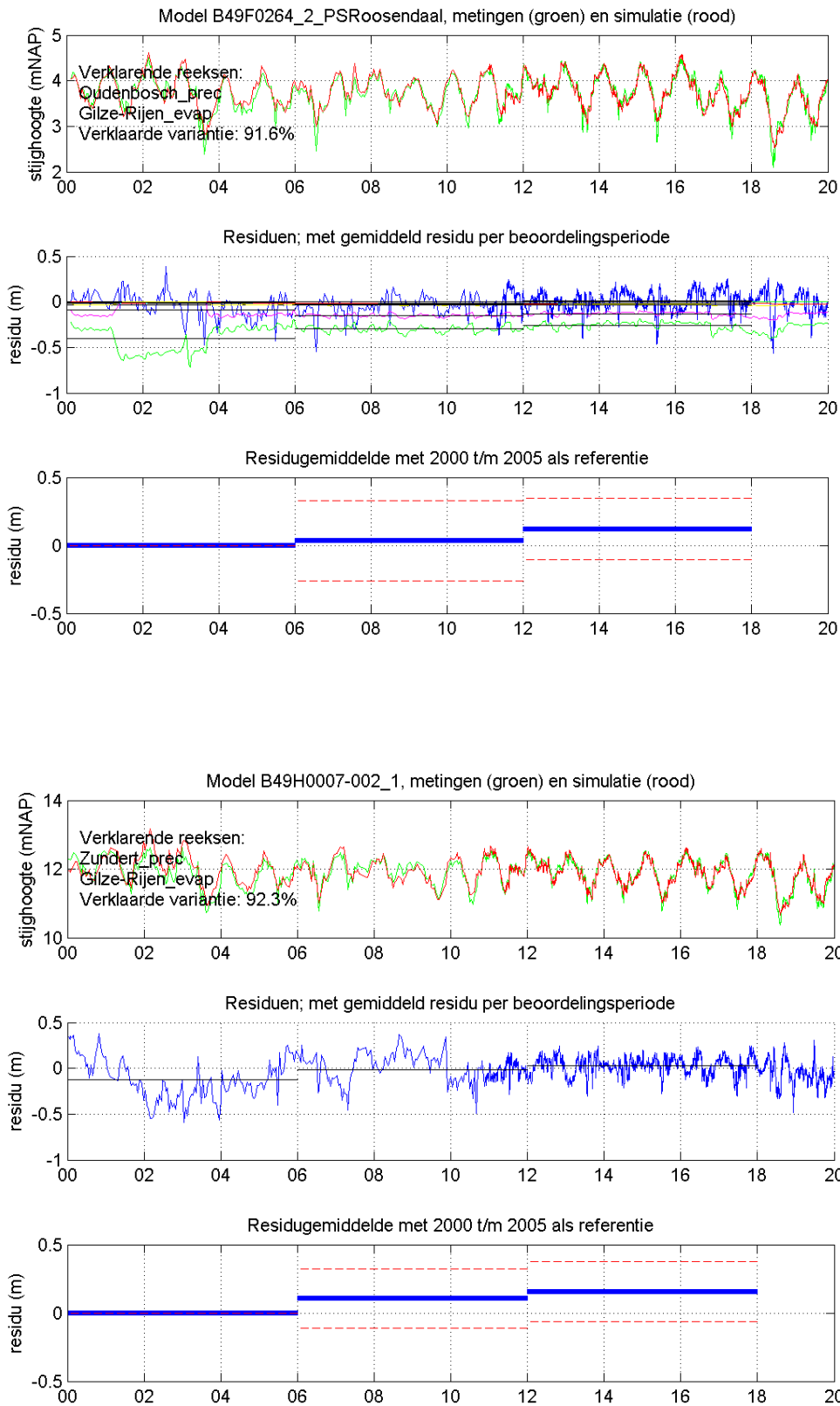


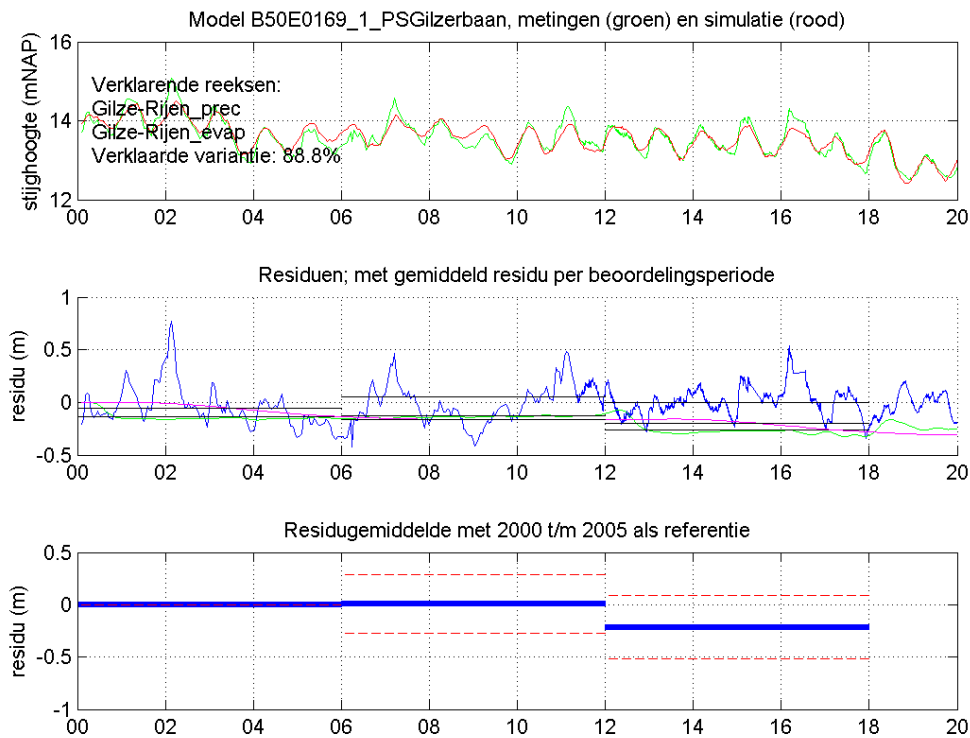
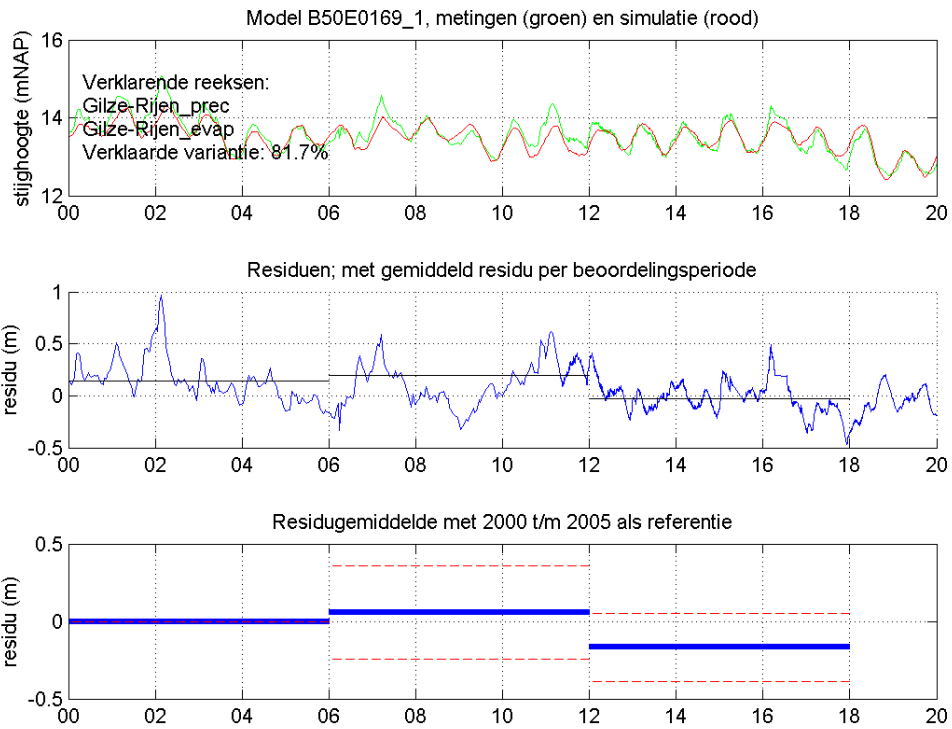


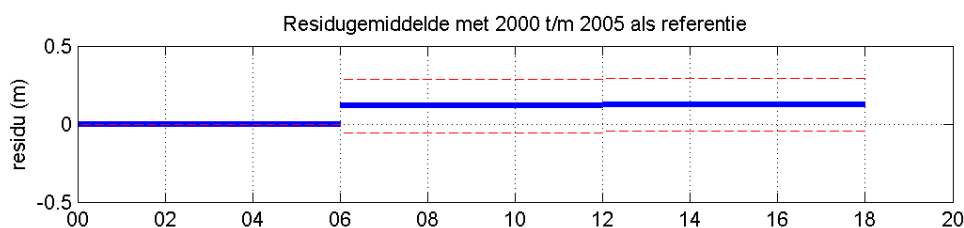
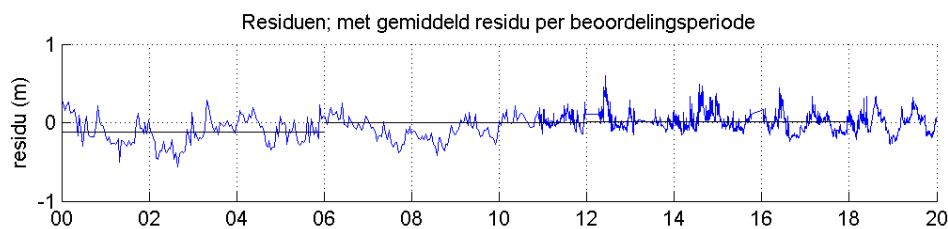
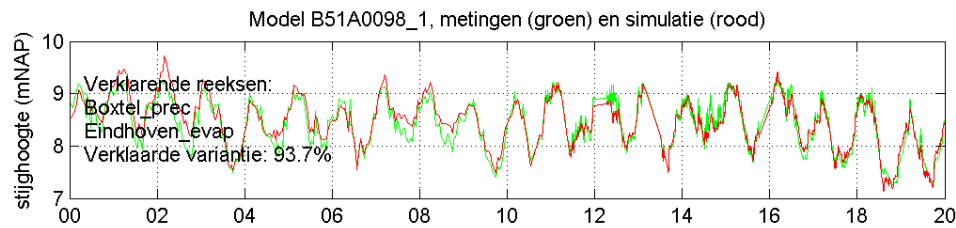
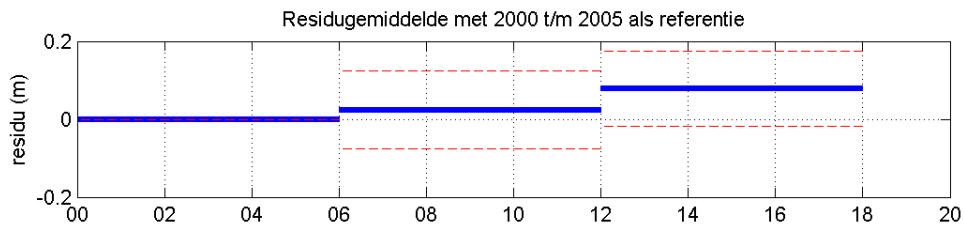
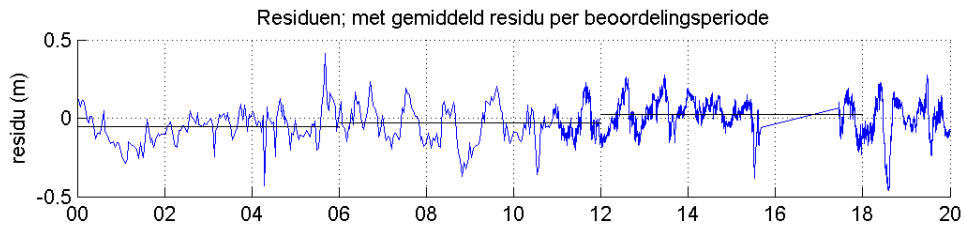
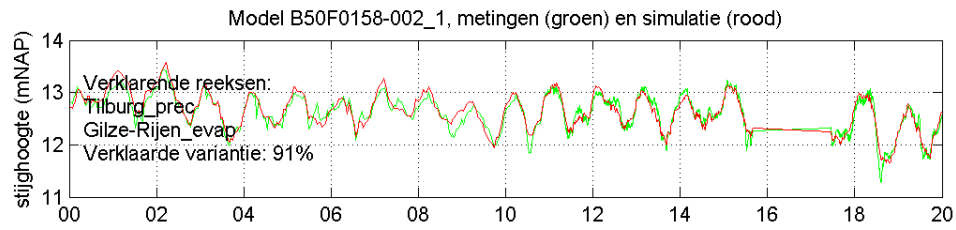


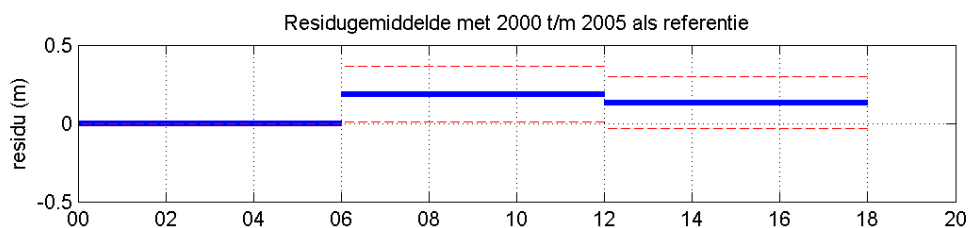
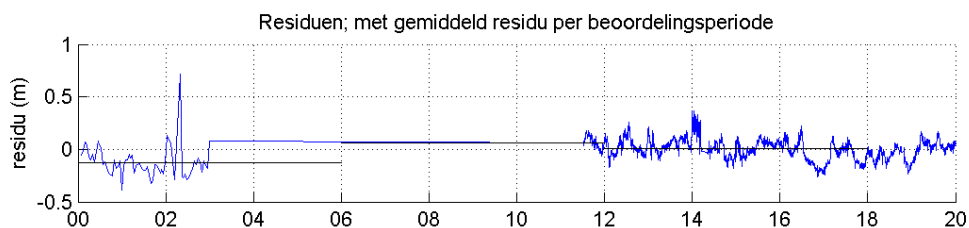
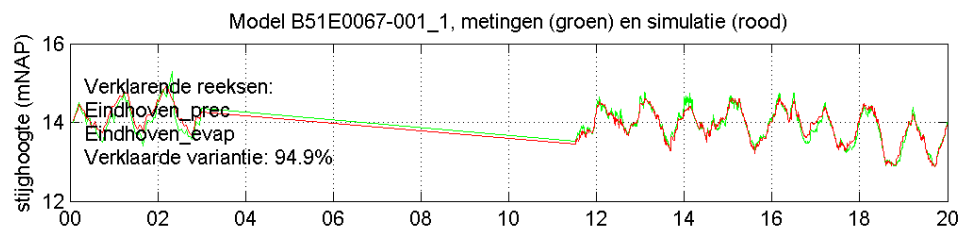
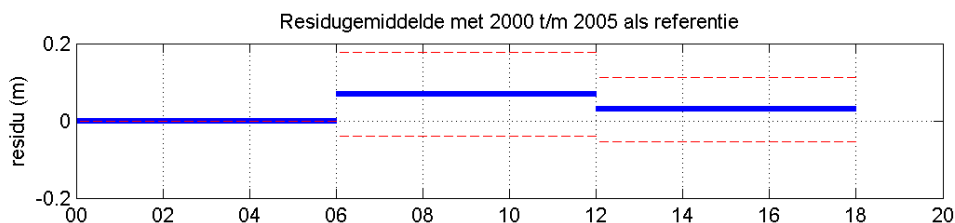
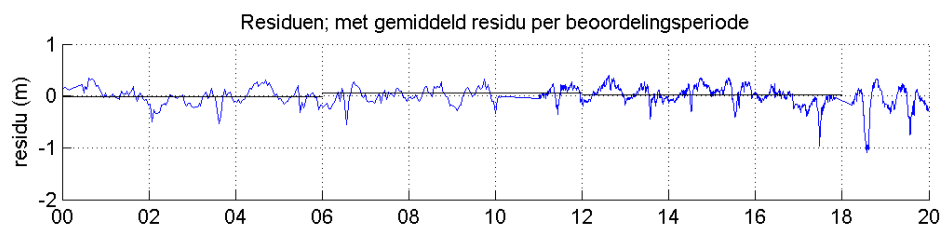
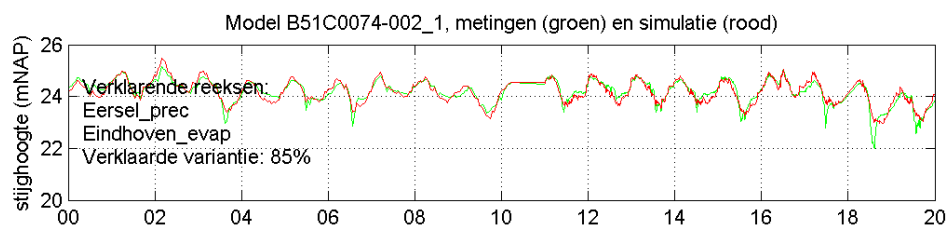


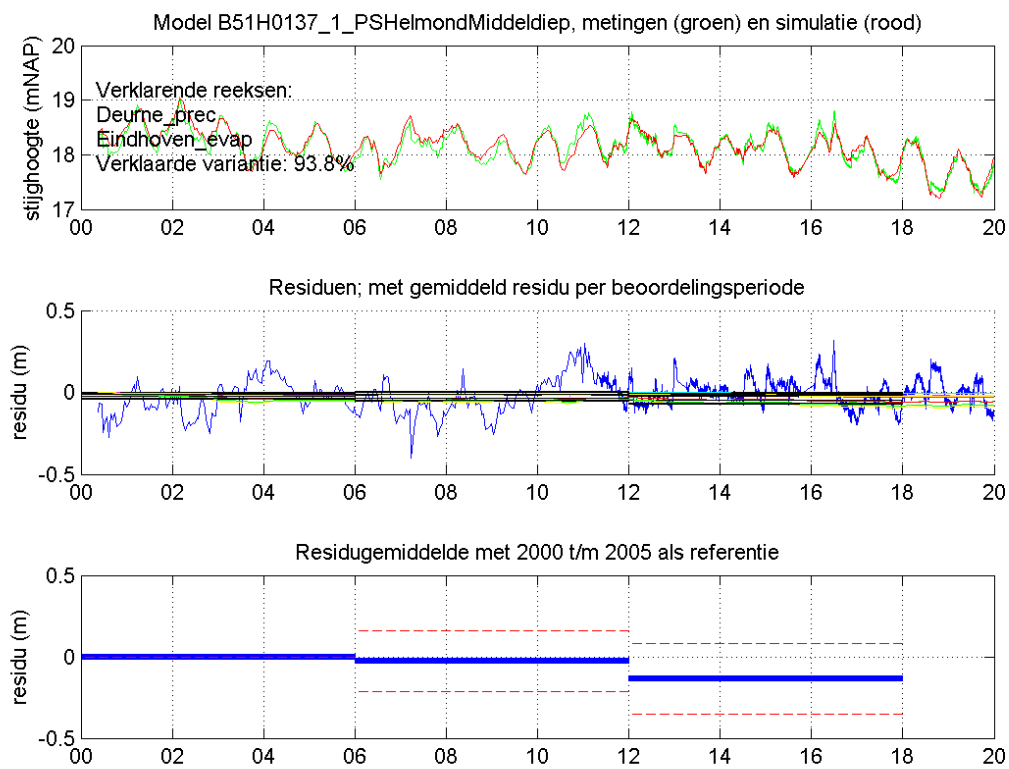
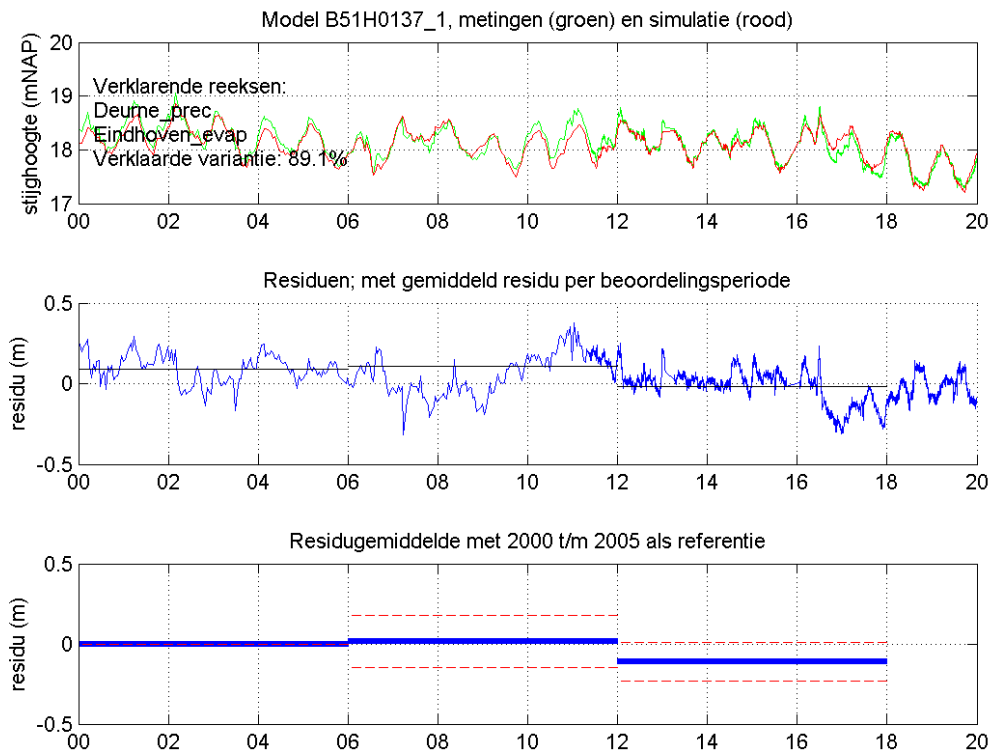


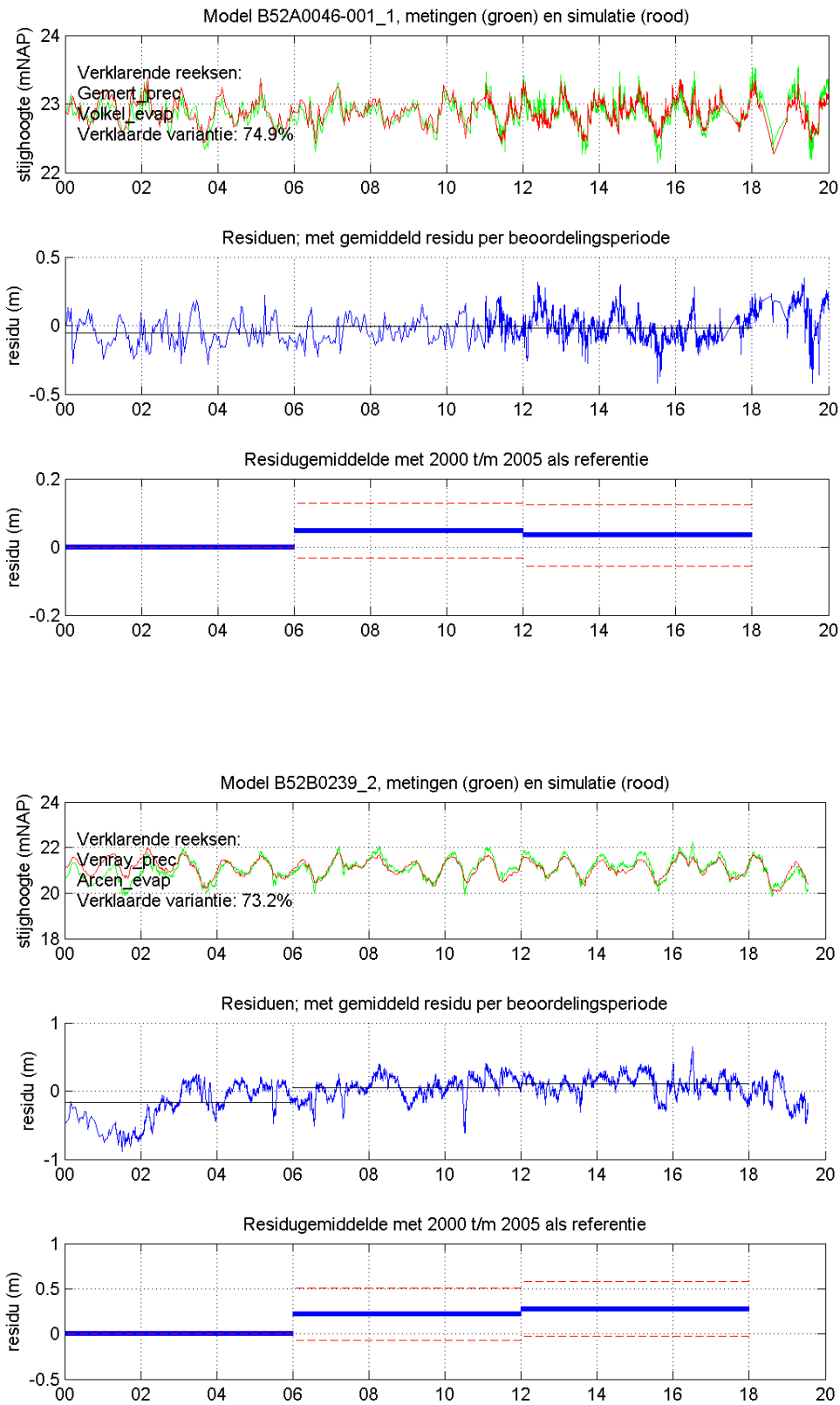


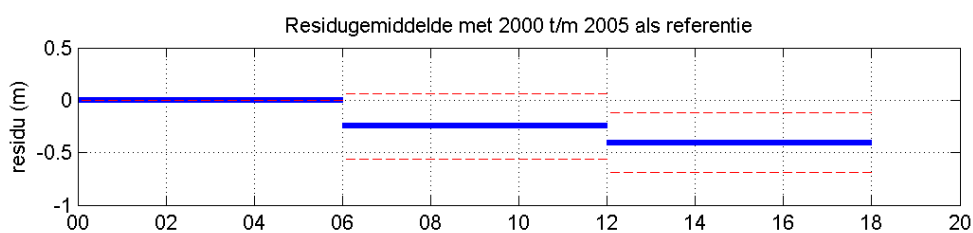
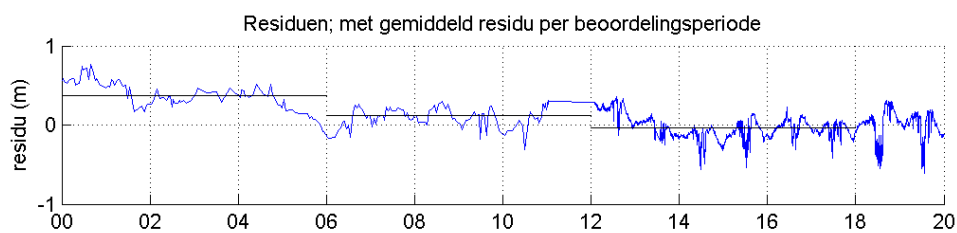
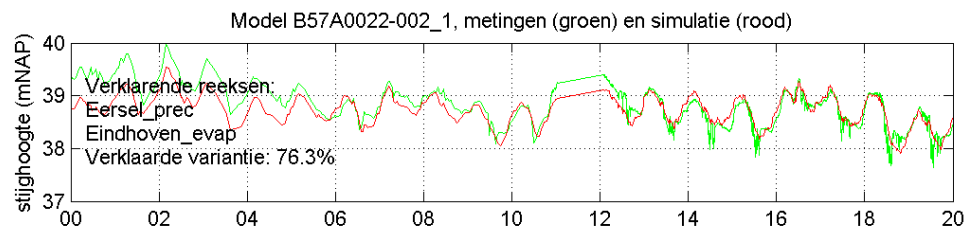
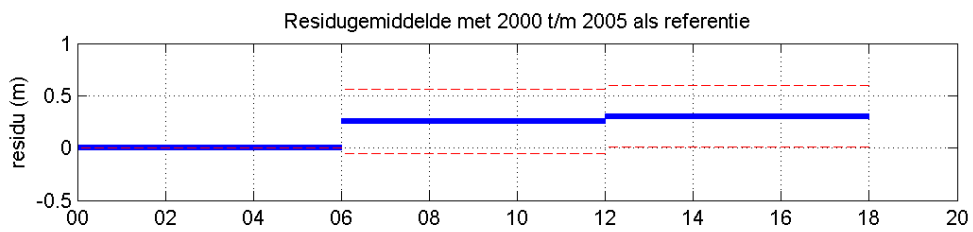
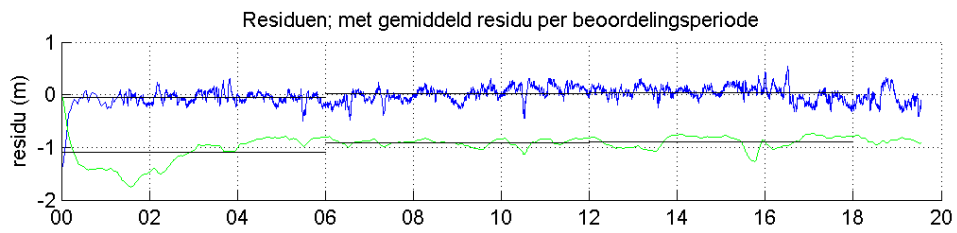
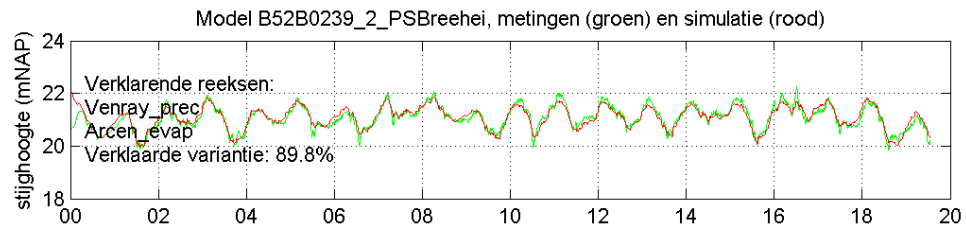


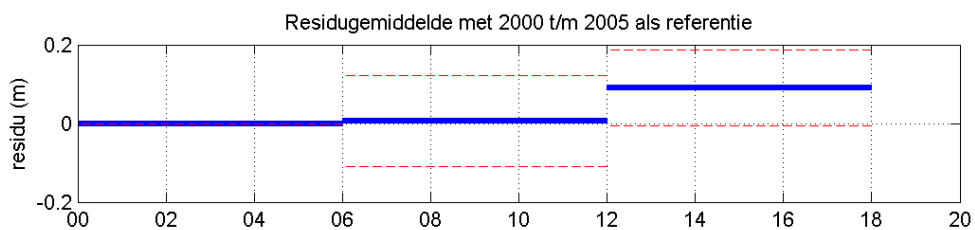
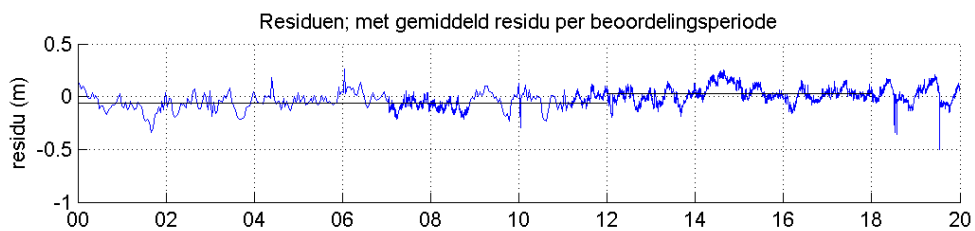
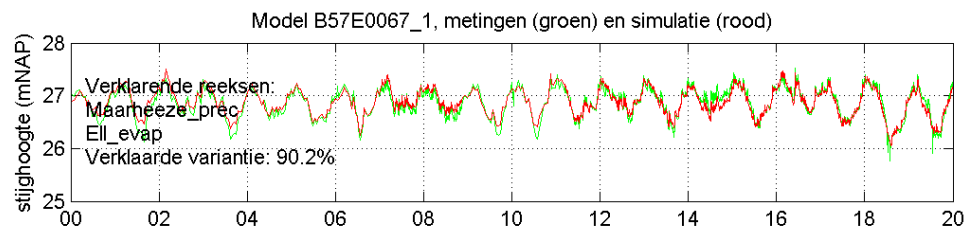
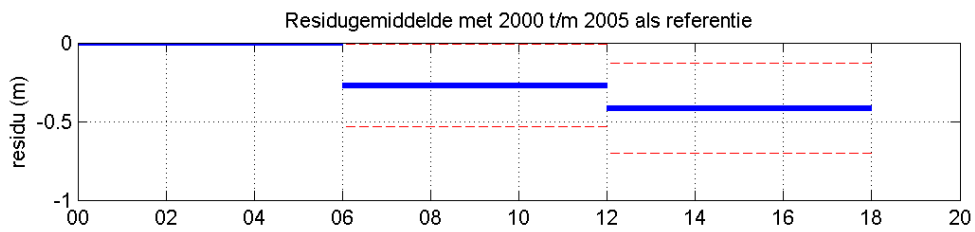
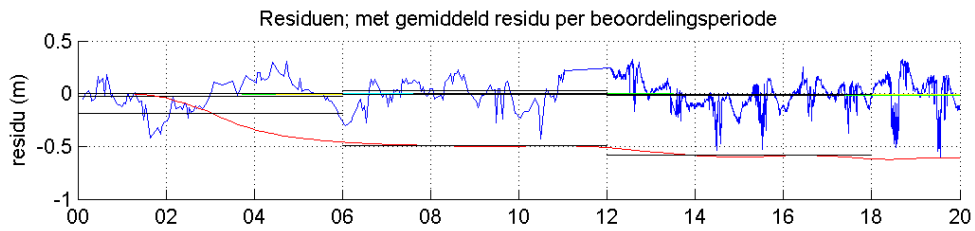
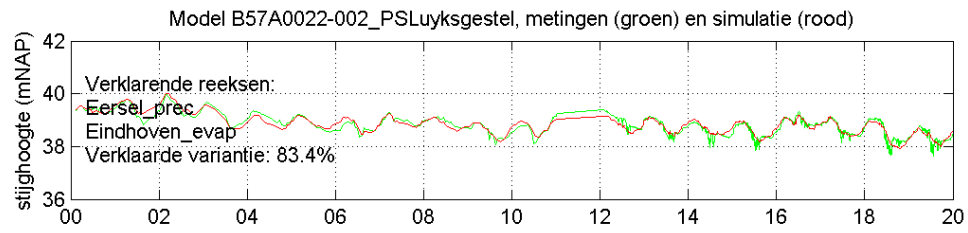


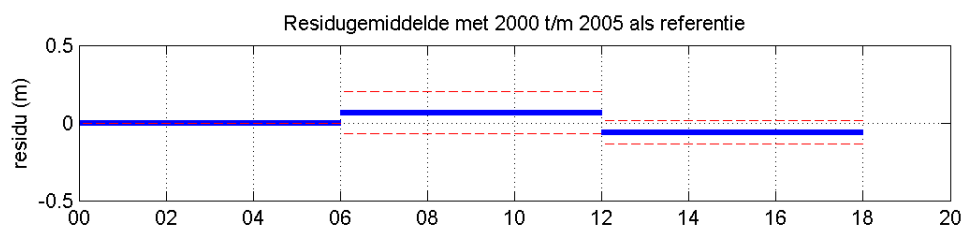
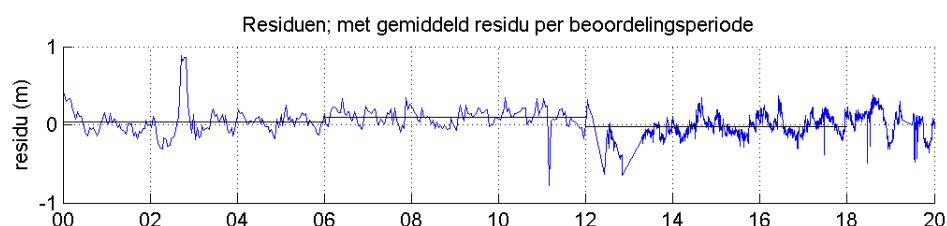
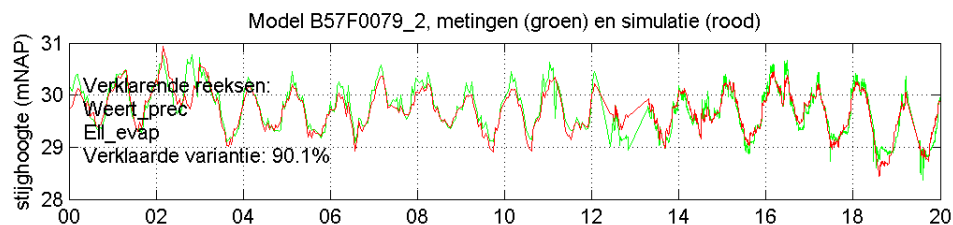
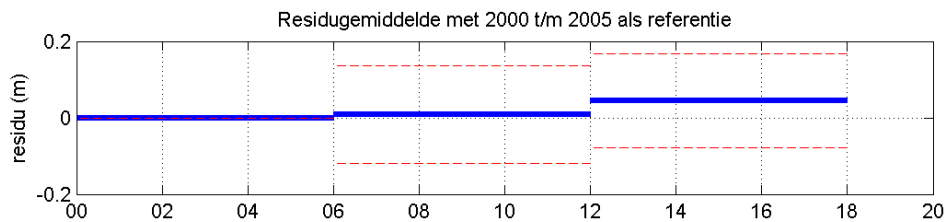
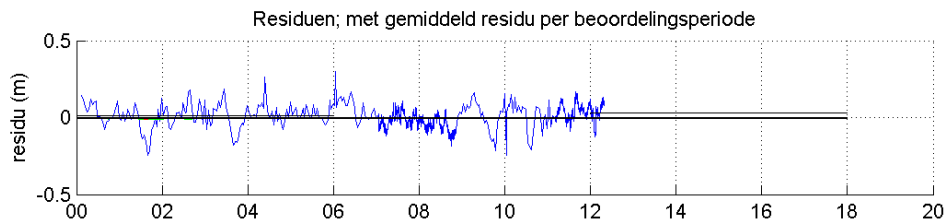
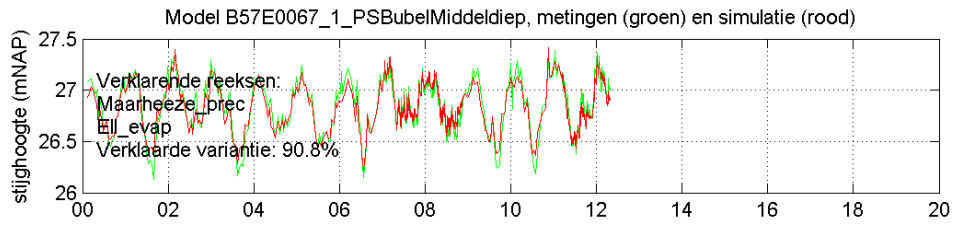


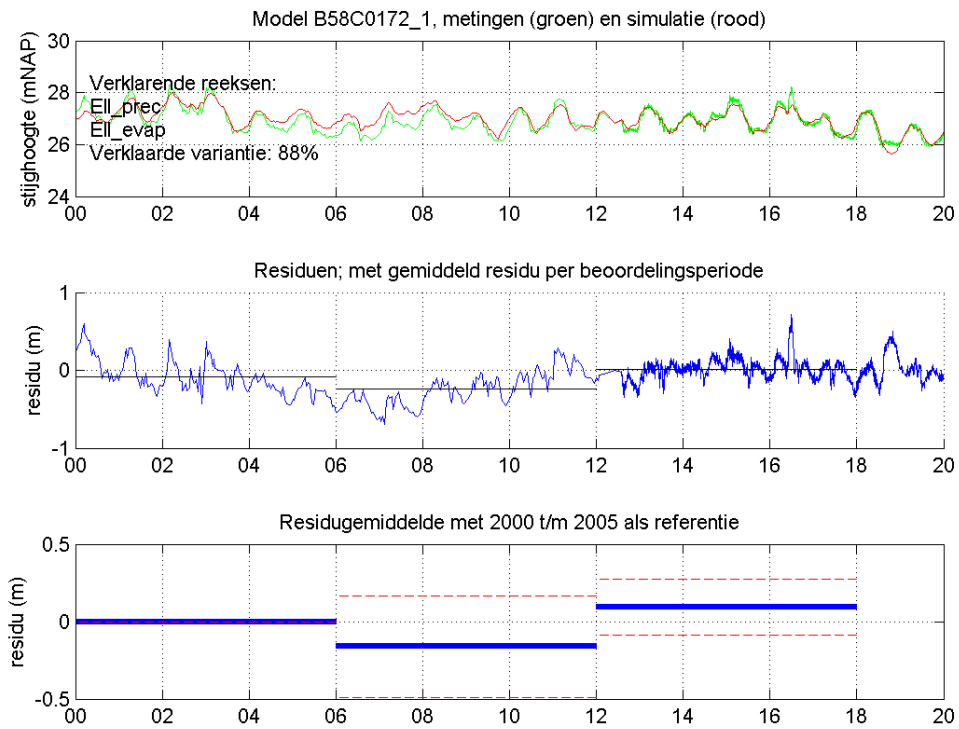
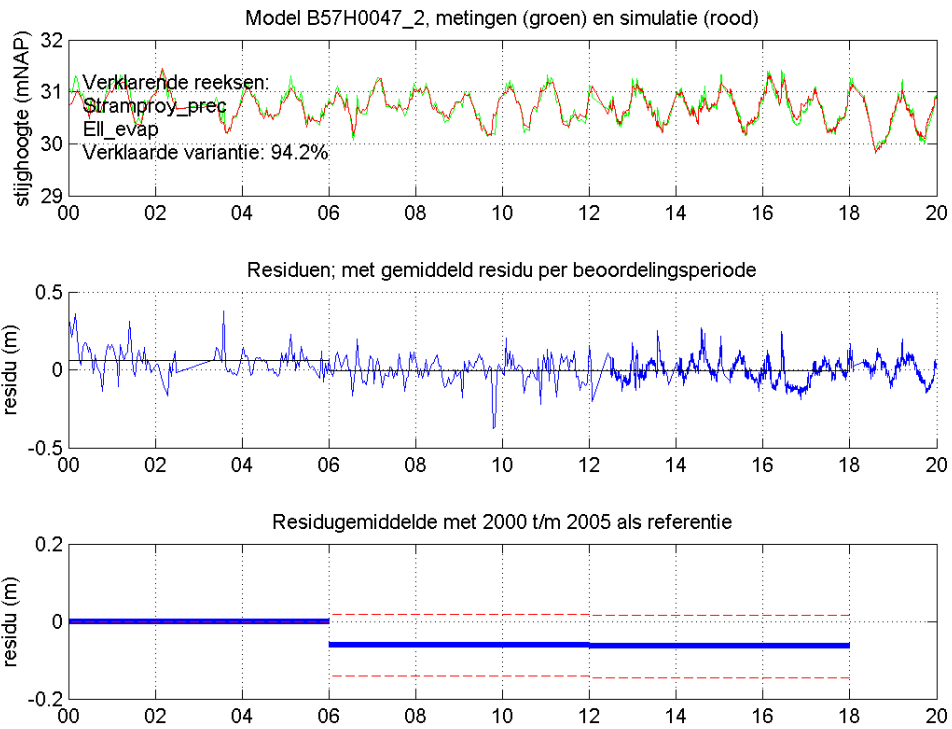


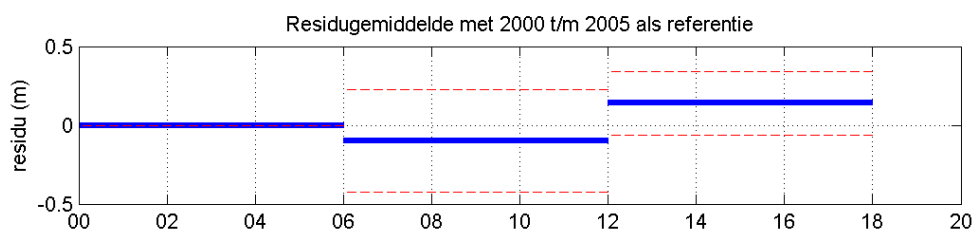
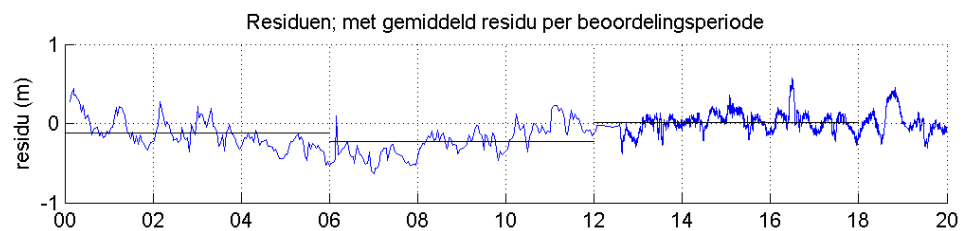
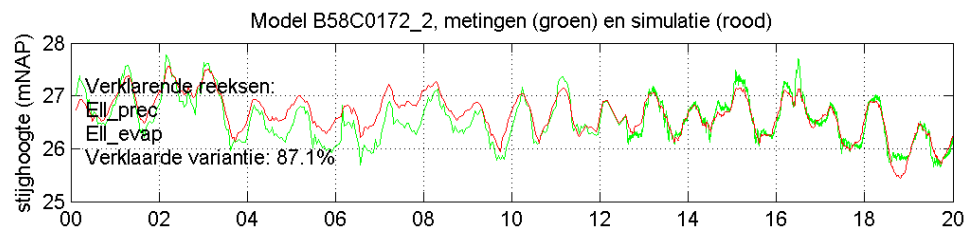
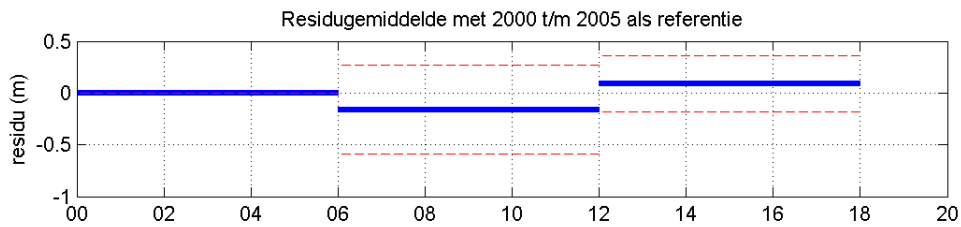
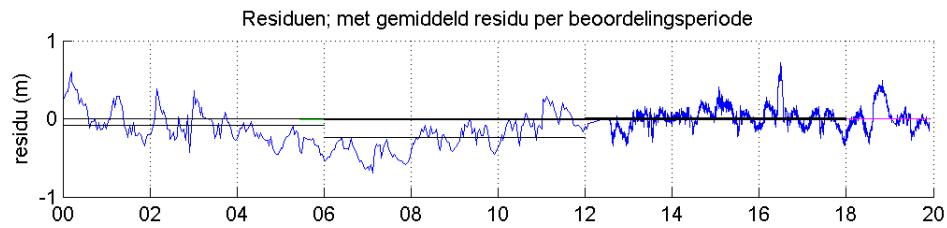
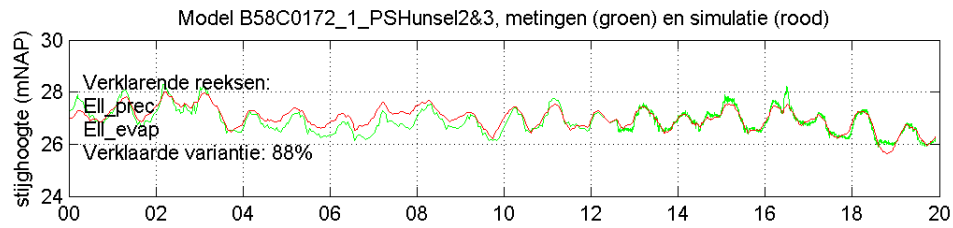


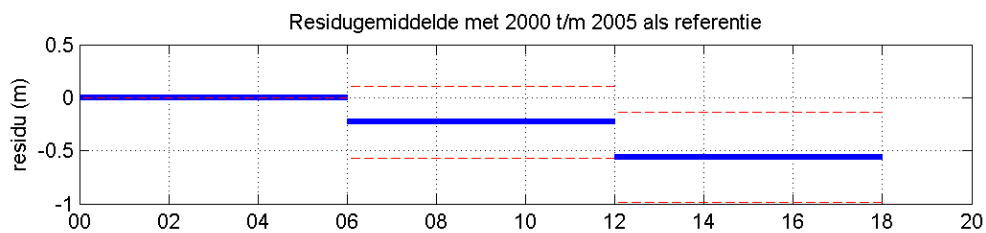
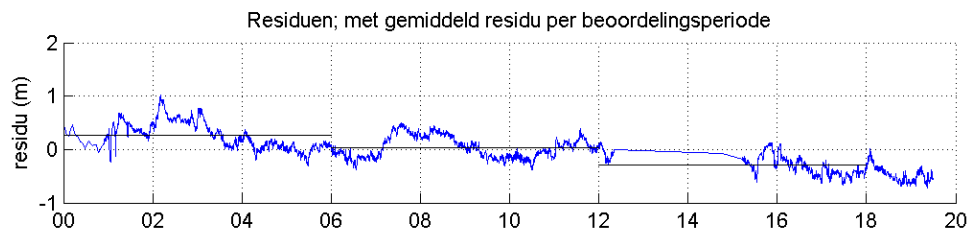
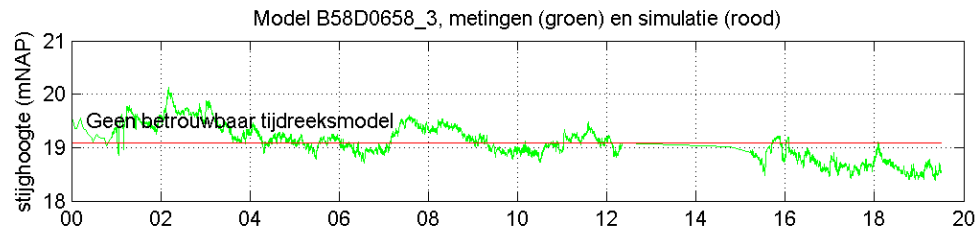
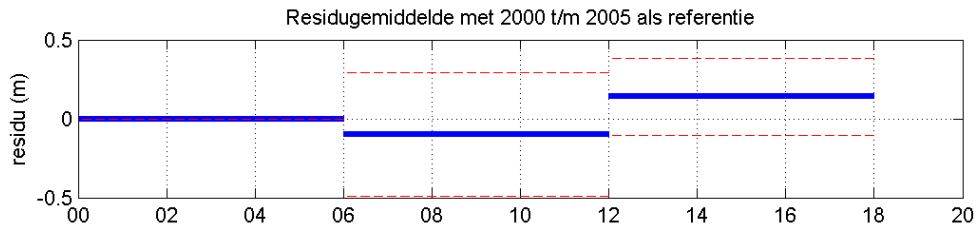
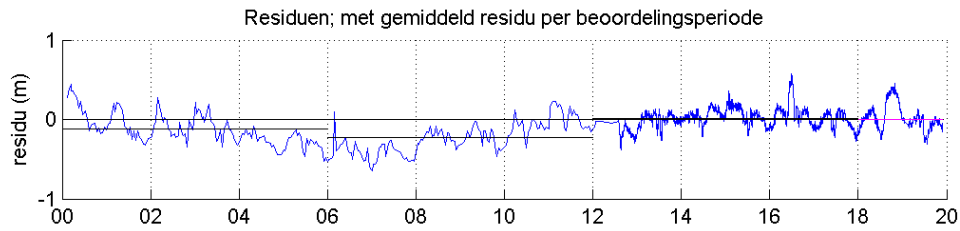
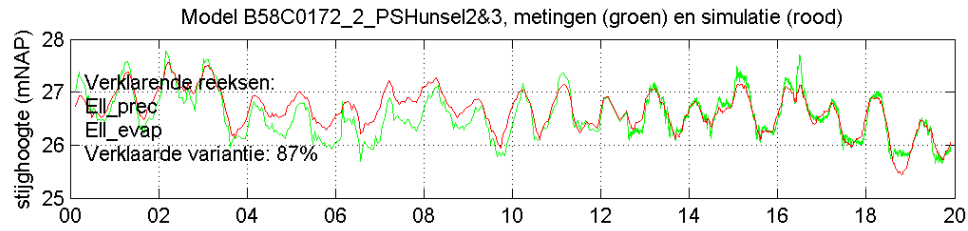


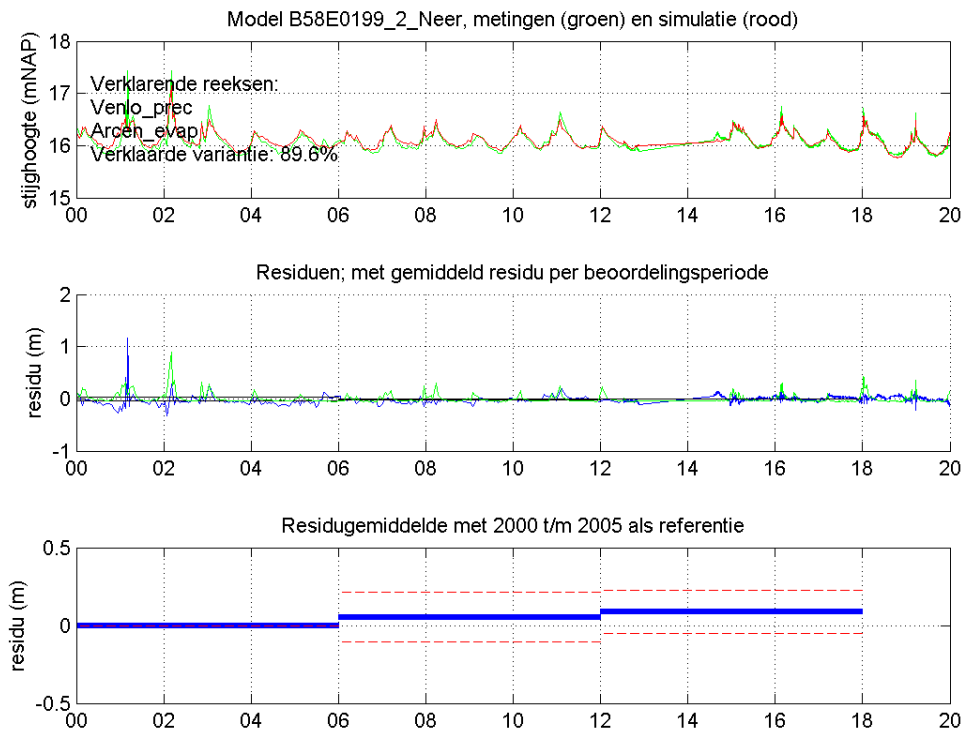
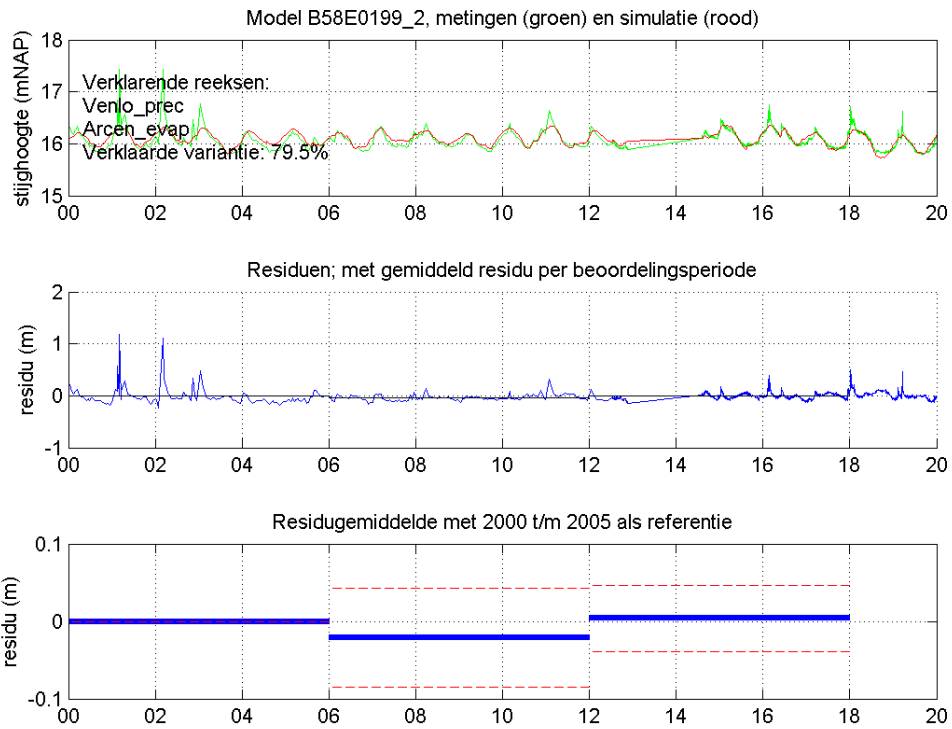




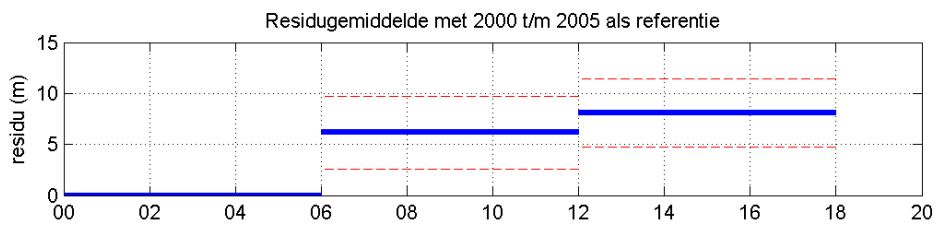
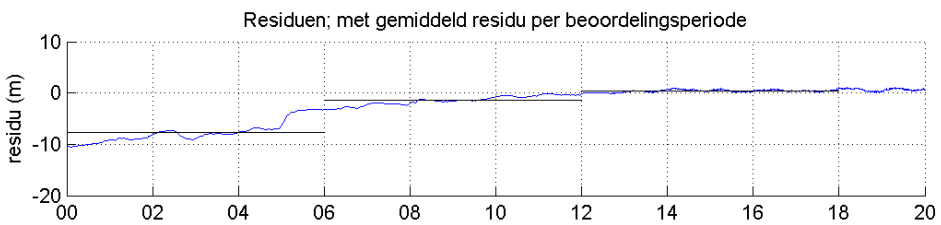
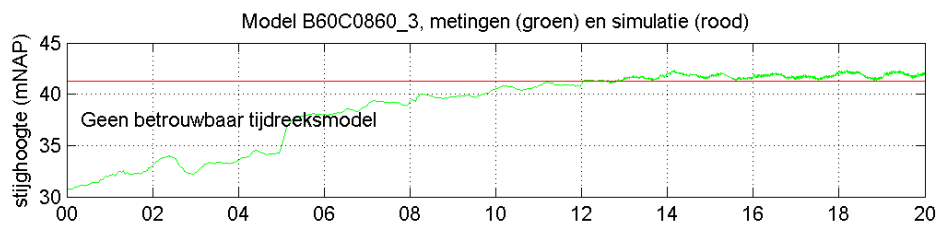
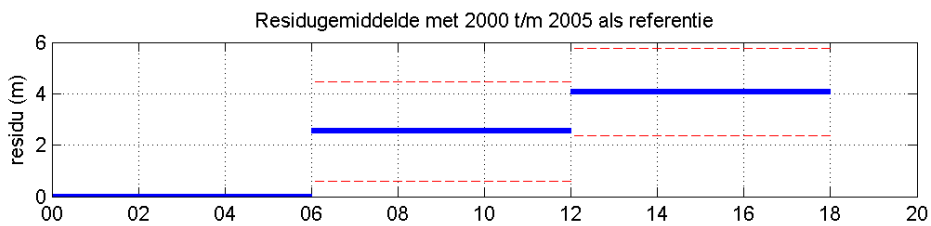
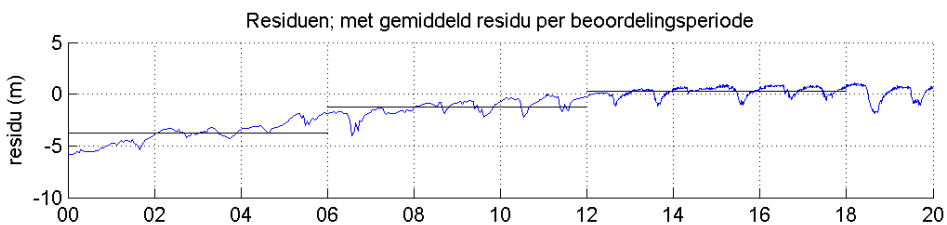
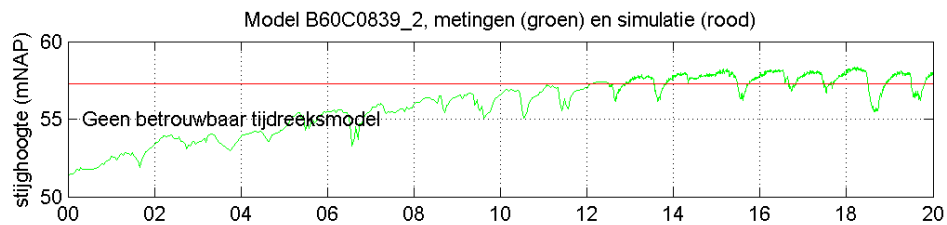


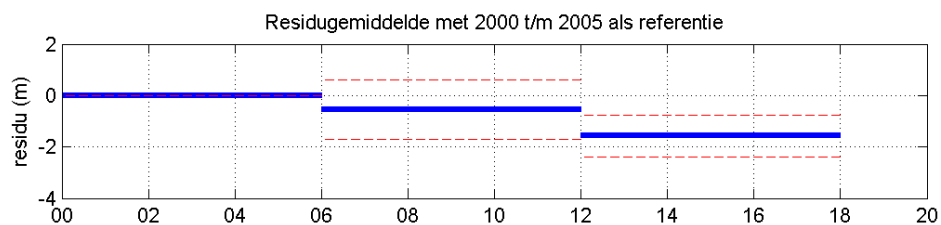
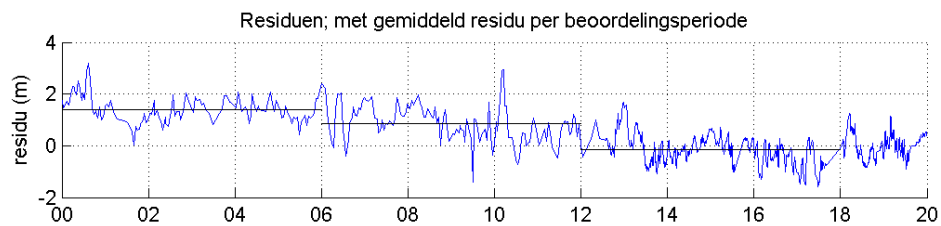
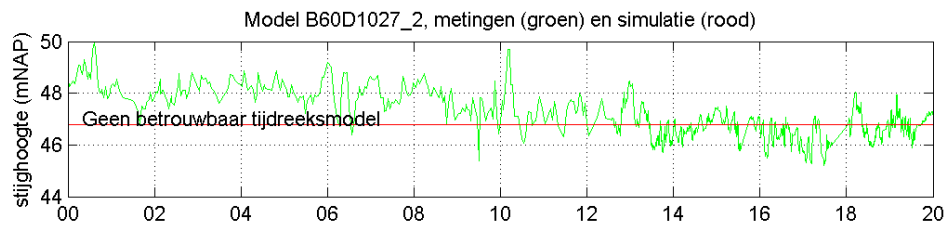
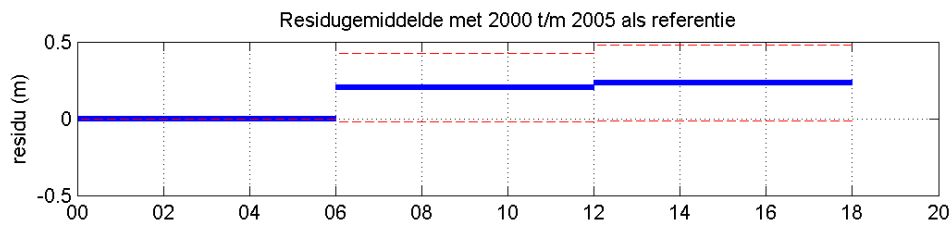
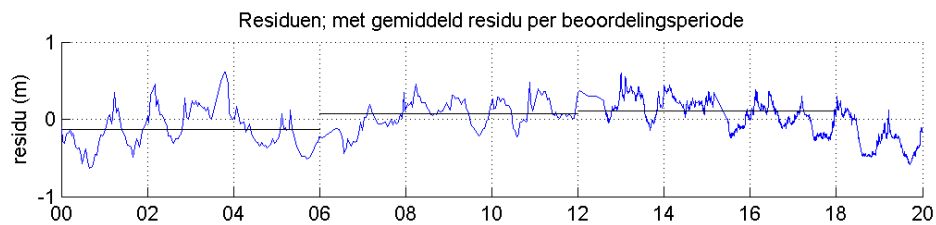
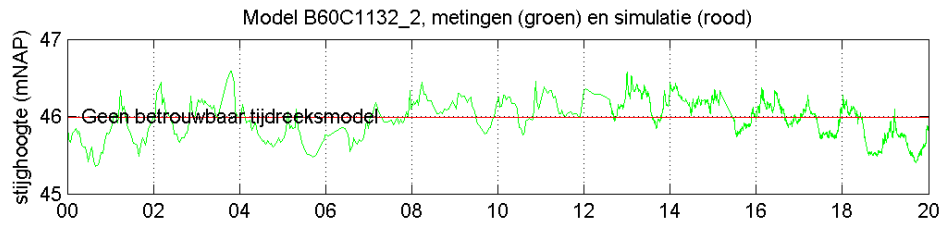


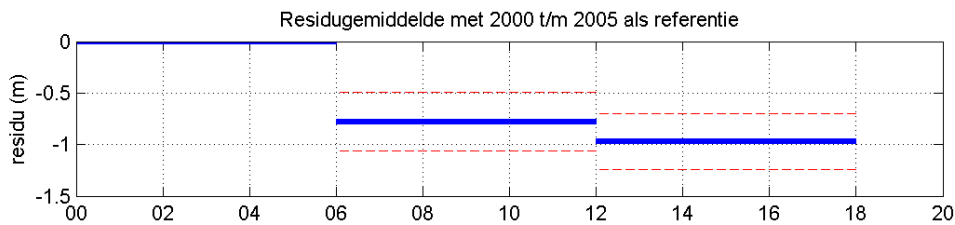
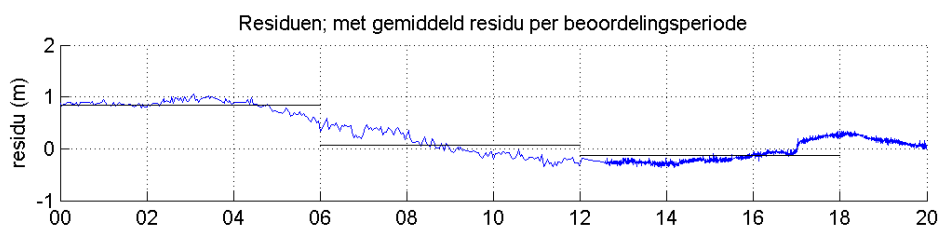
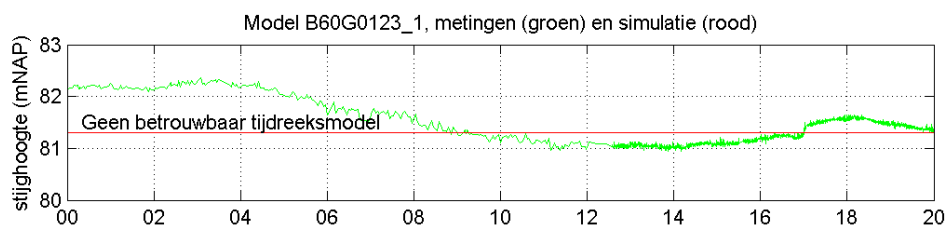
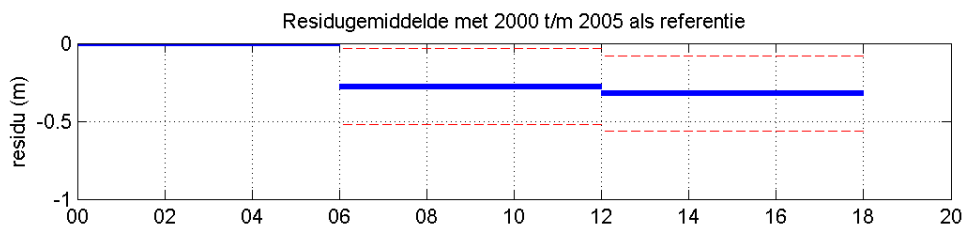
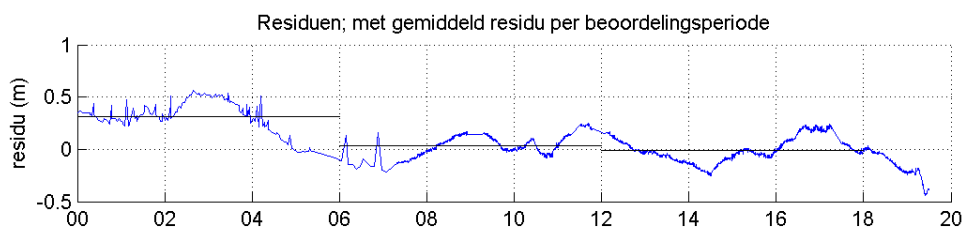
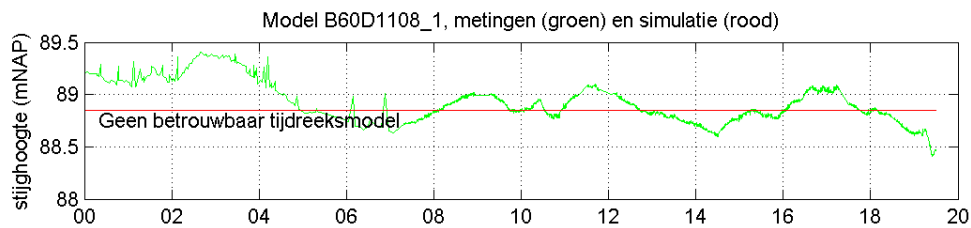


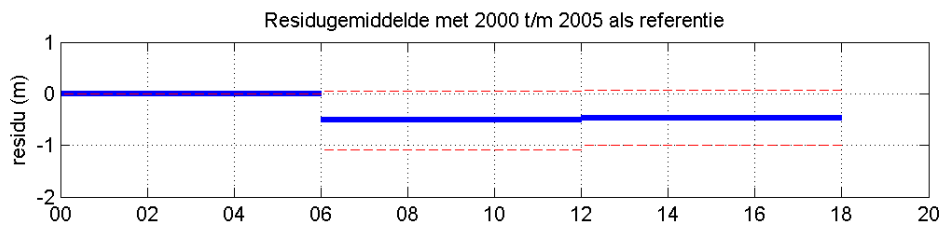
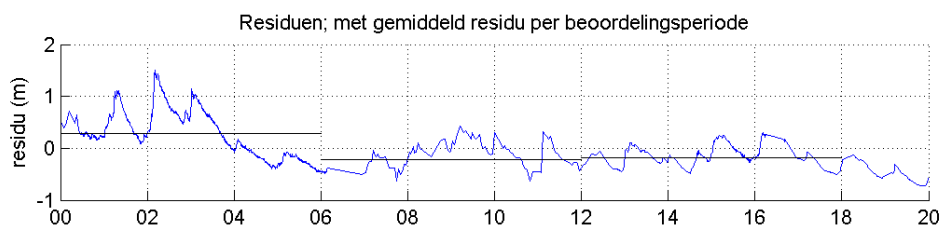
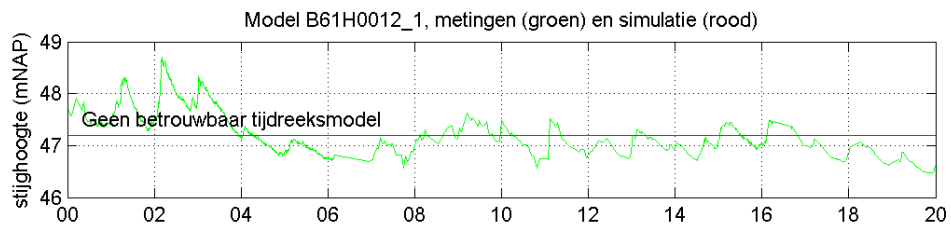
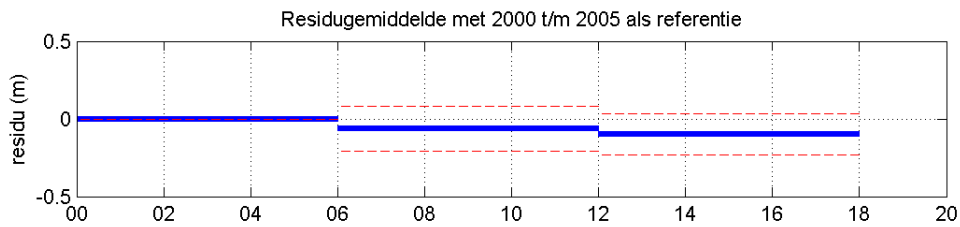
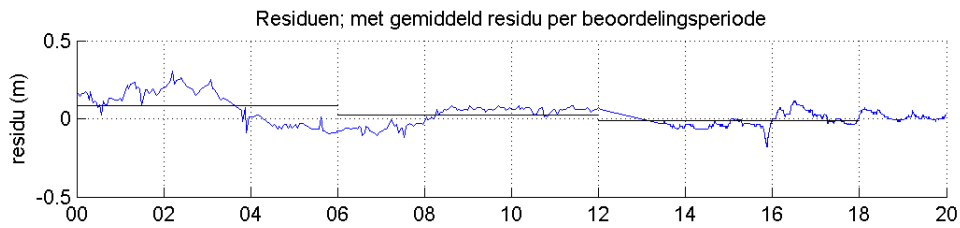
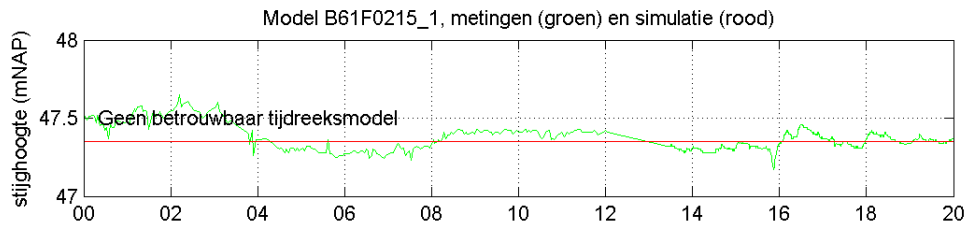


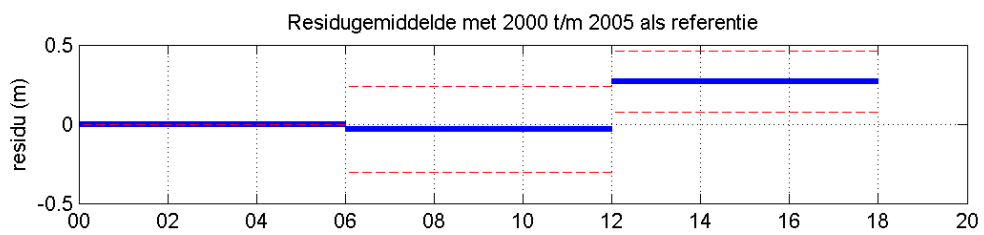
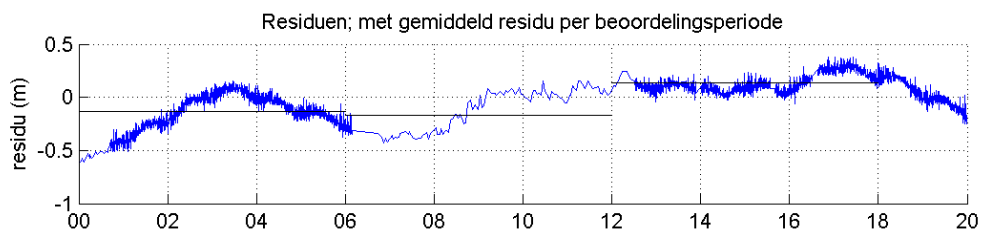
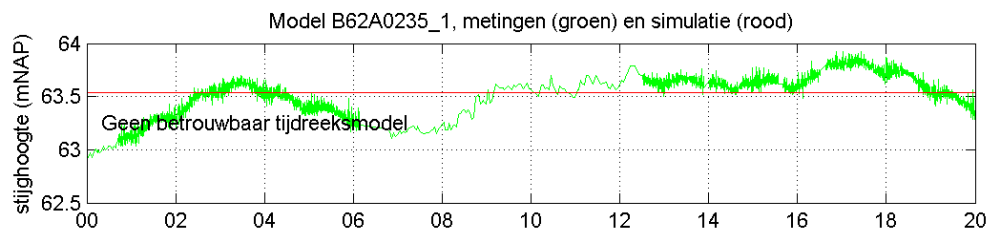
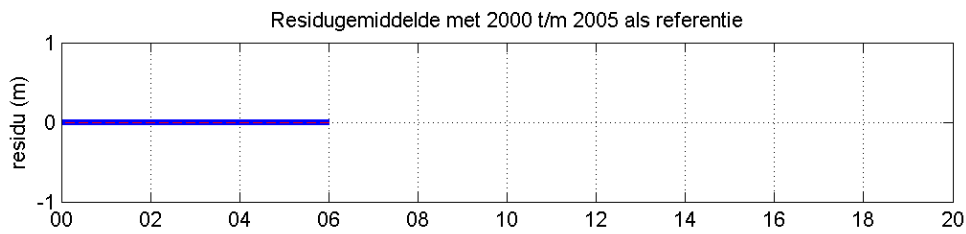
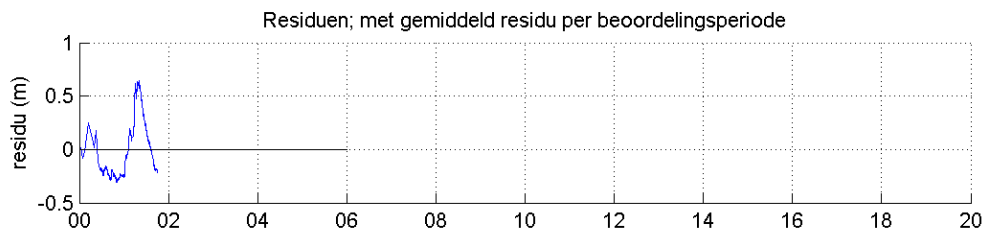
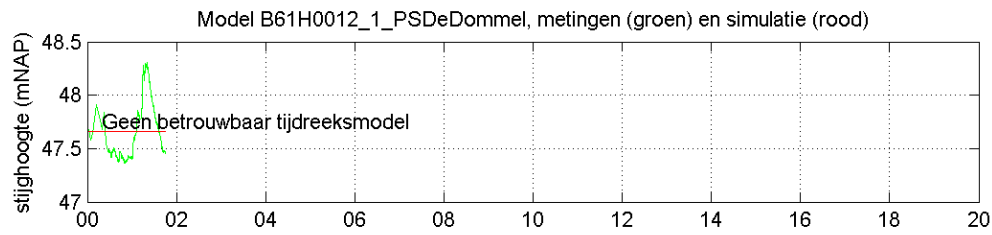
III Tijdreeksmodellen grondwaterstand per peilfilter Krijtmaas

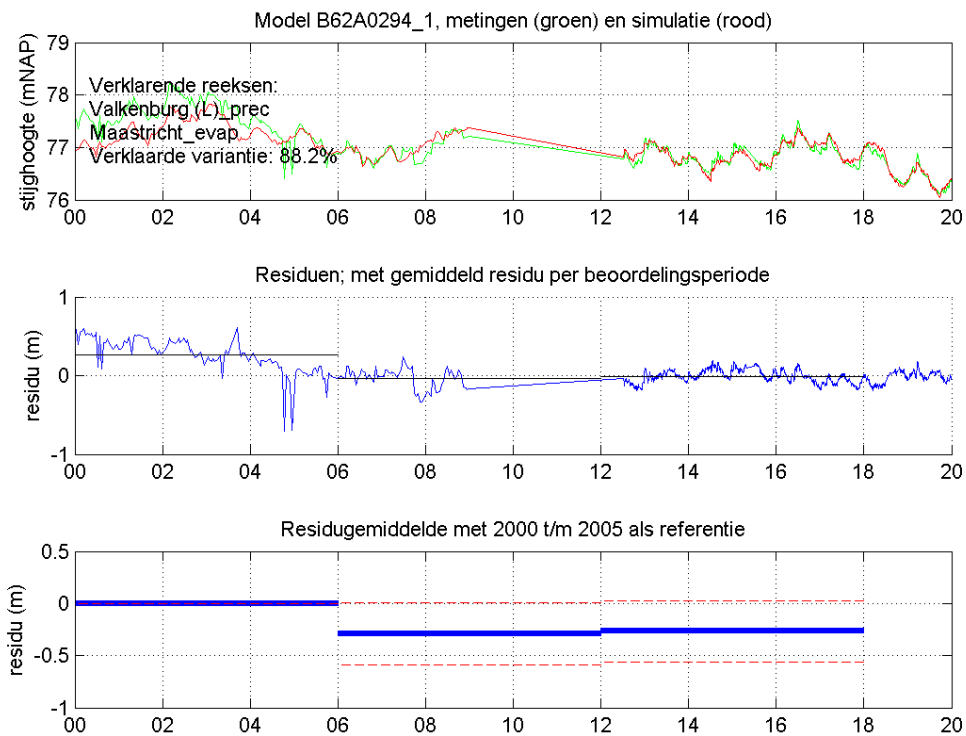
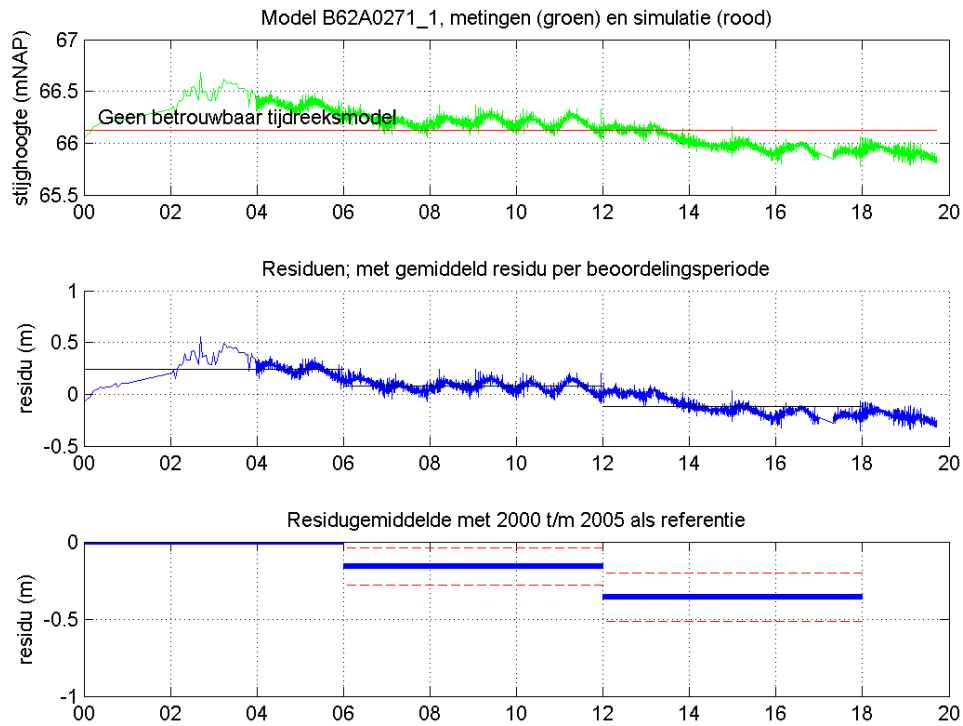


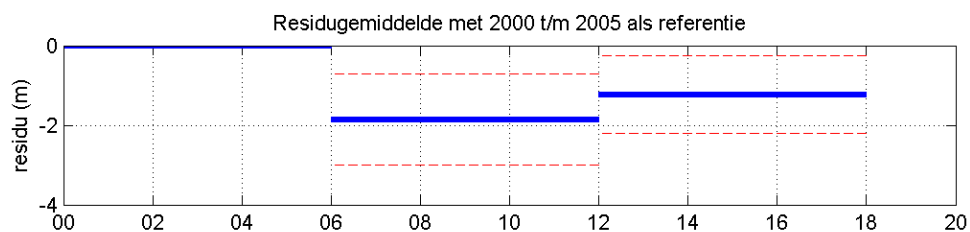
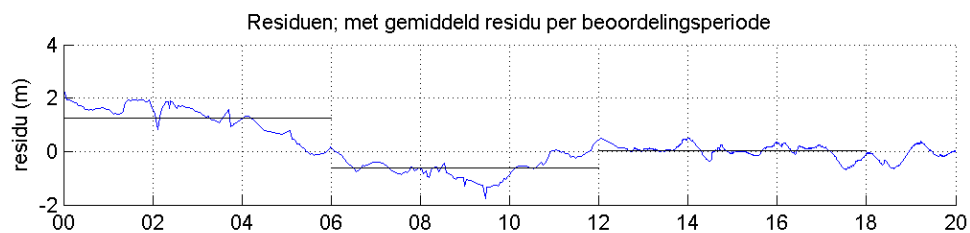
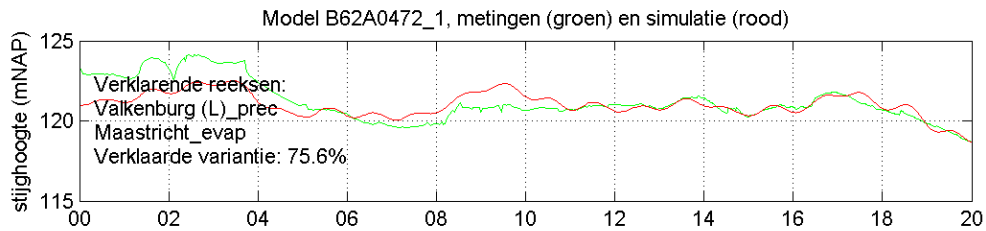
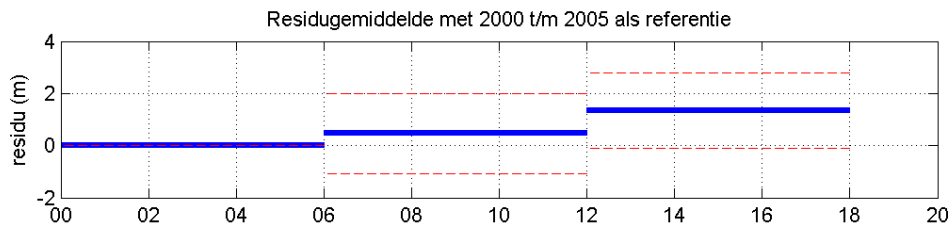
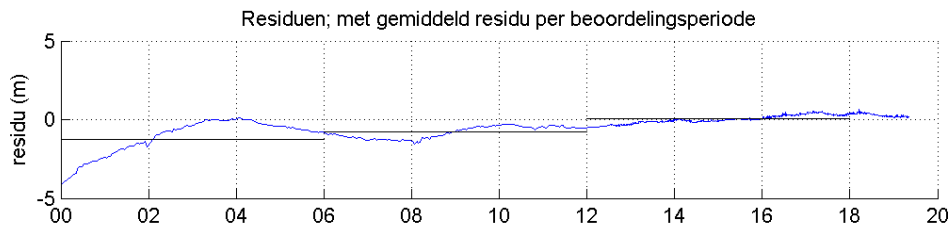
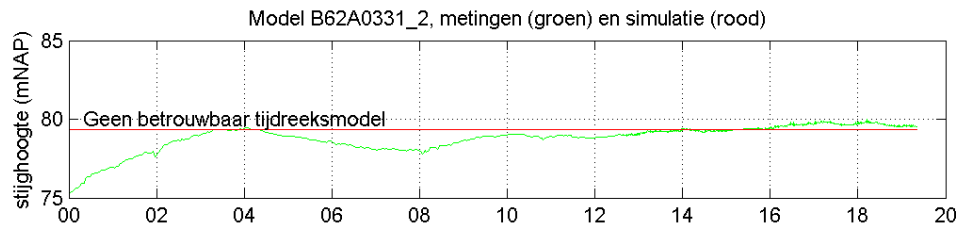


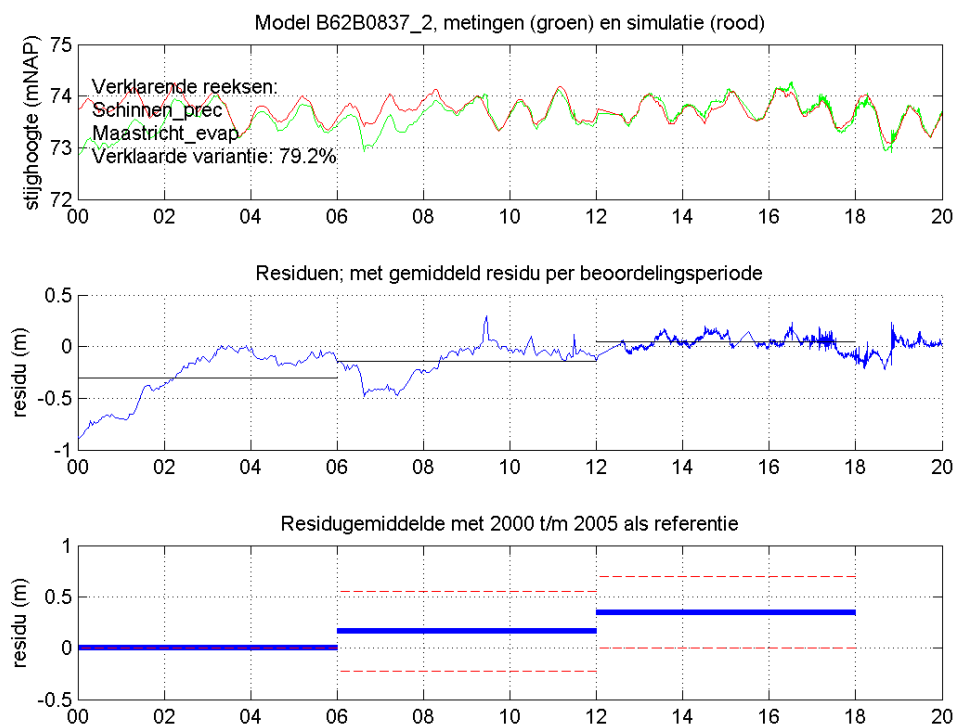
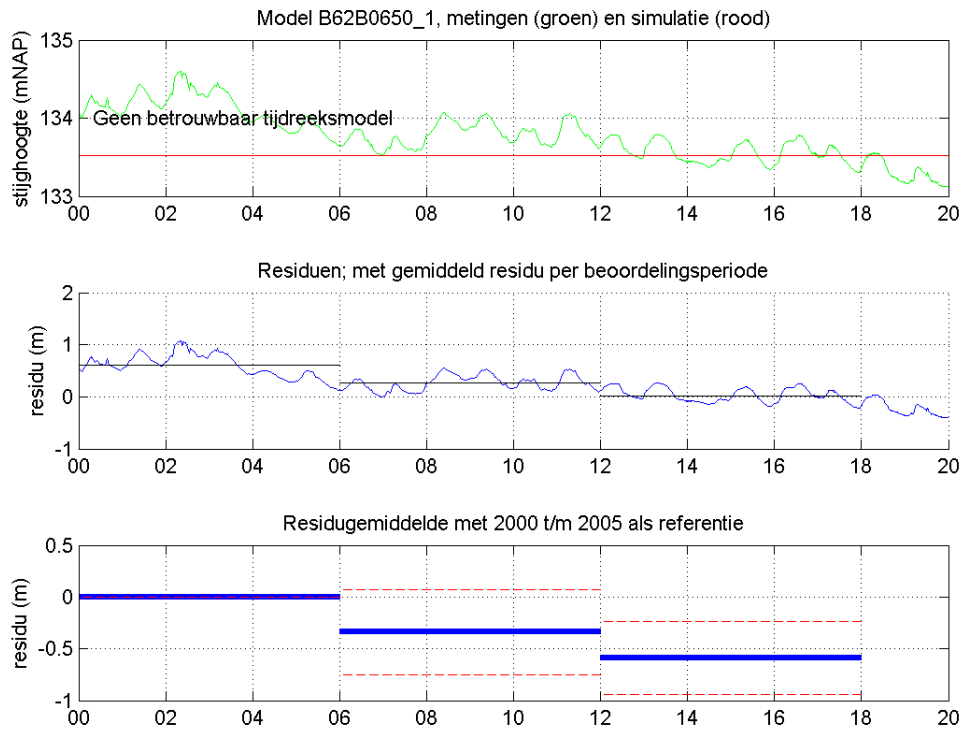


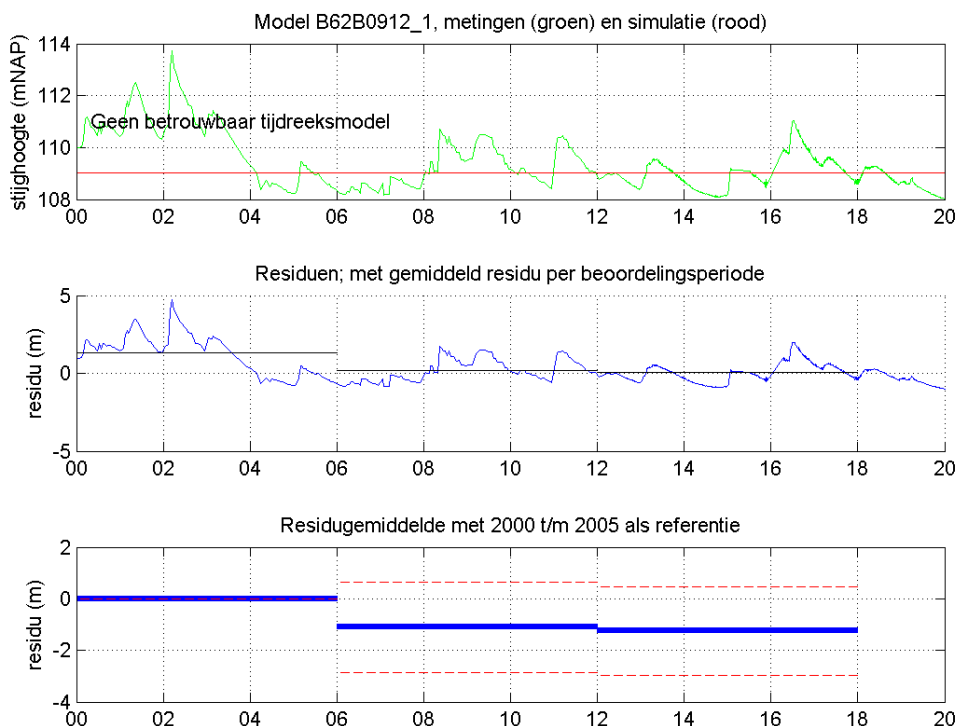
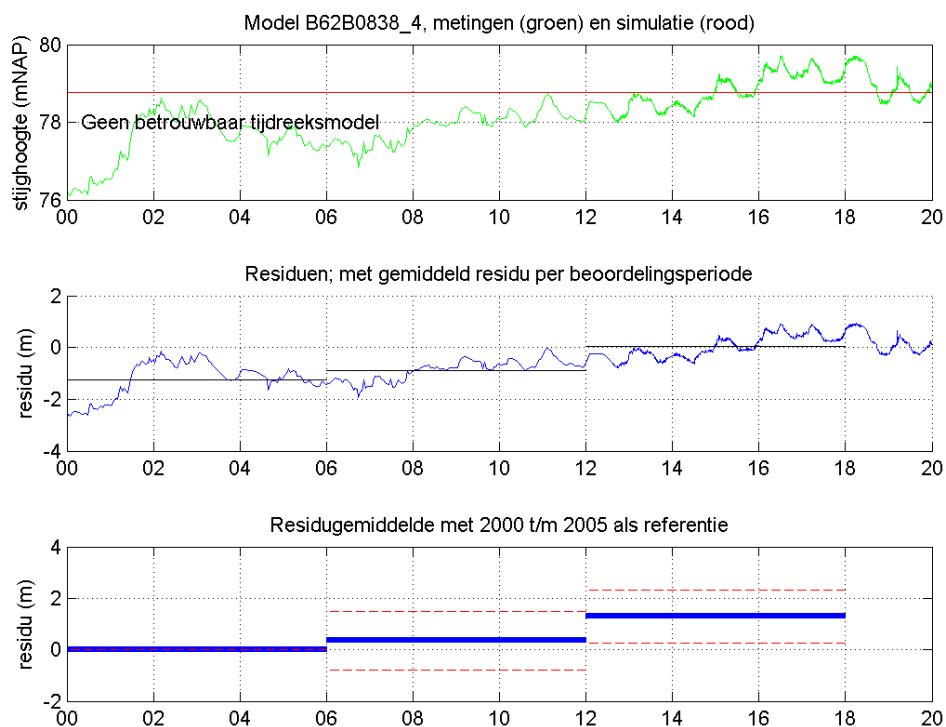


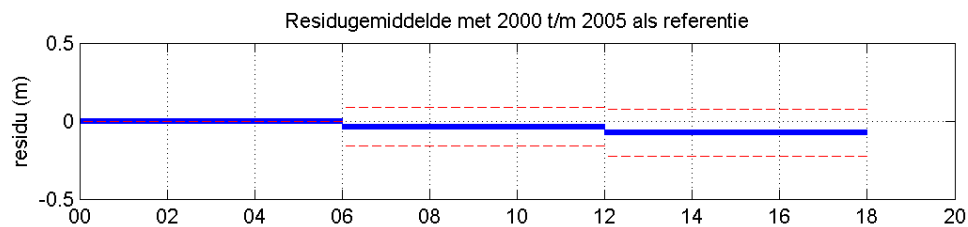
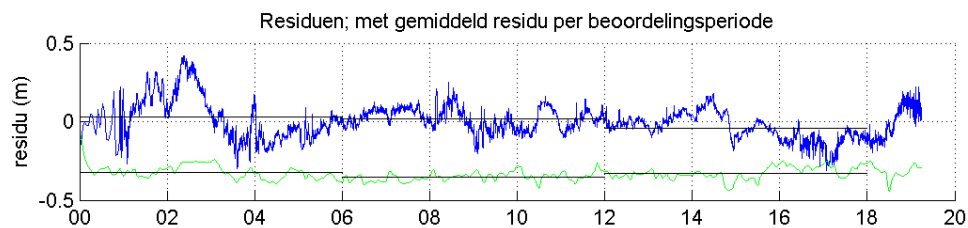
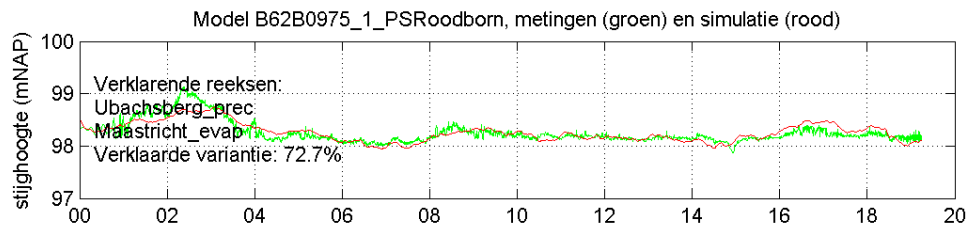
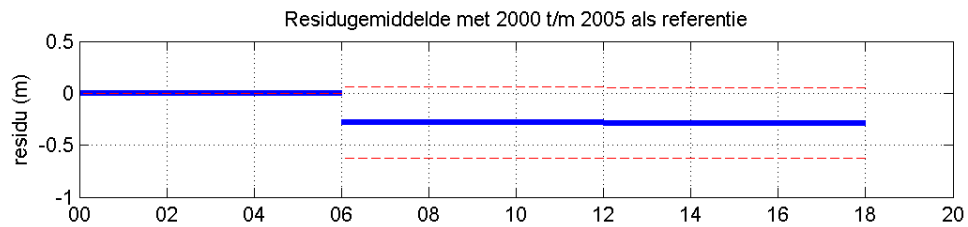
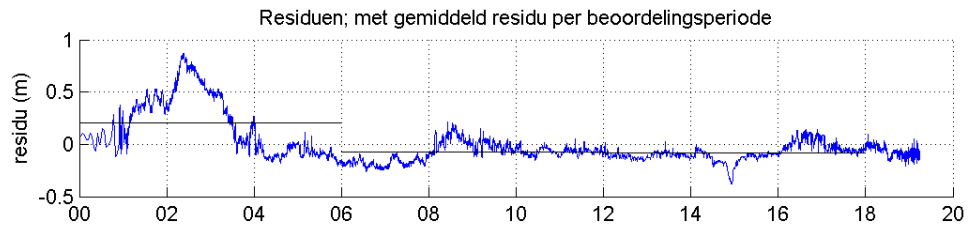
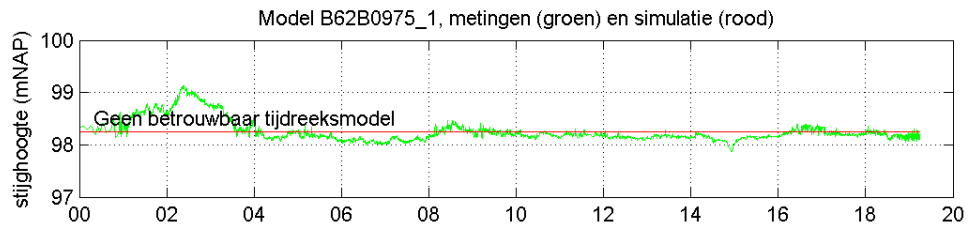


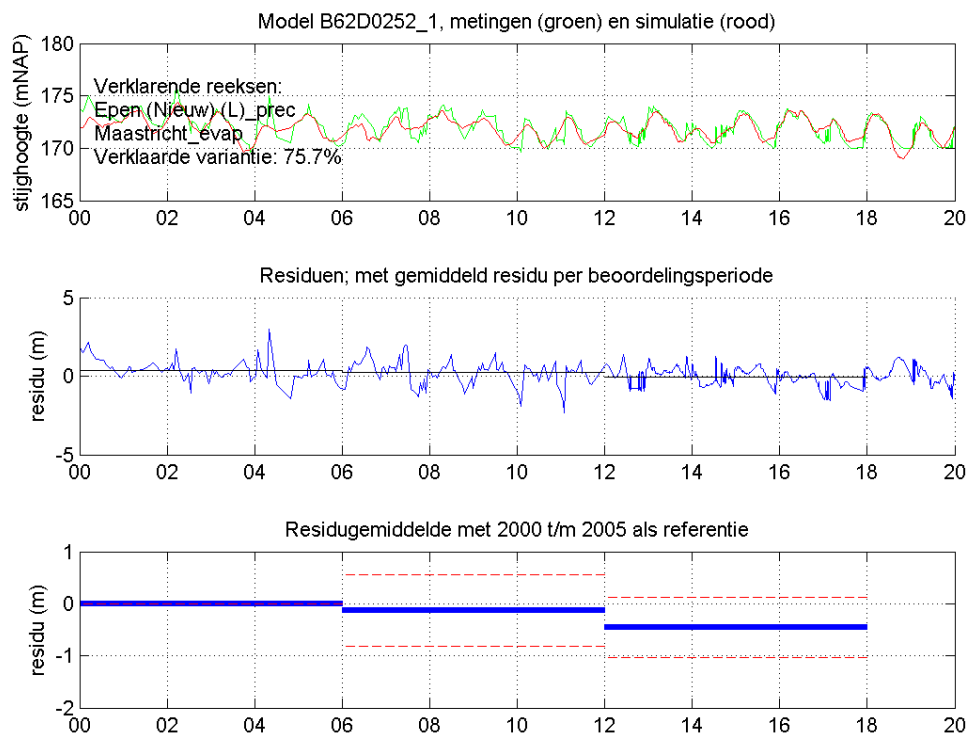
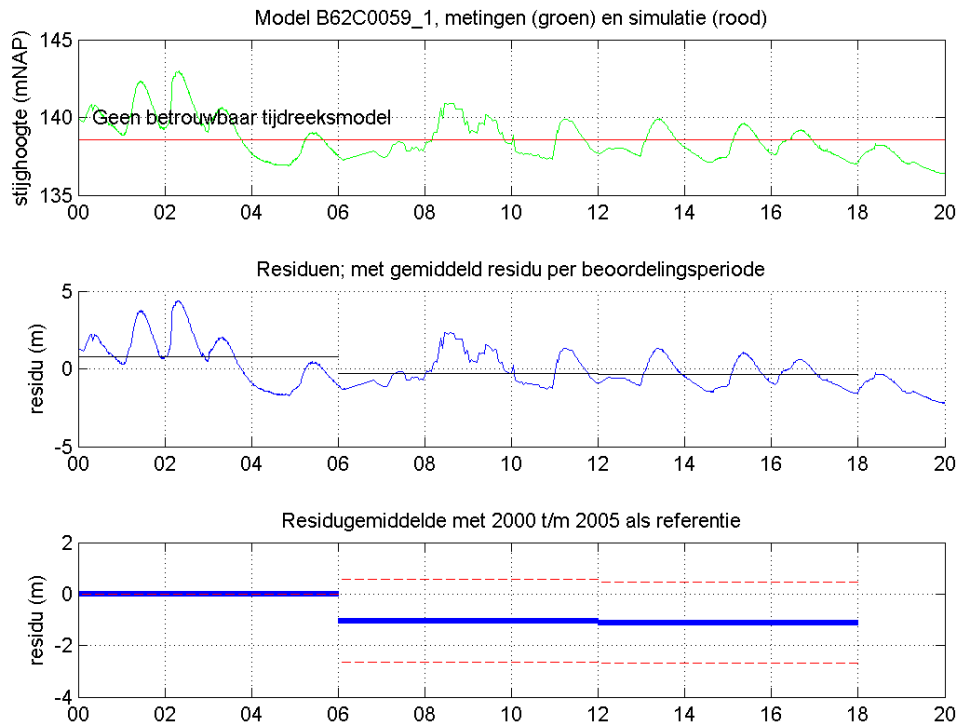


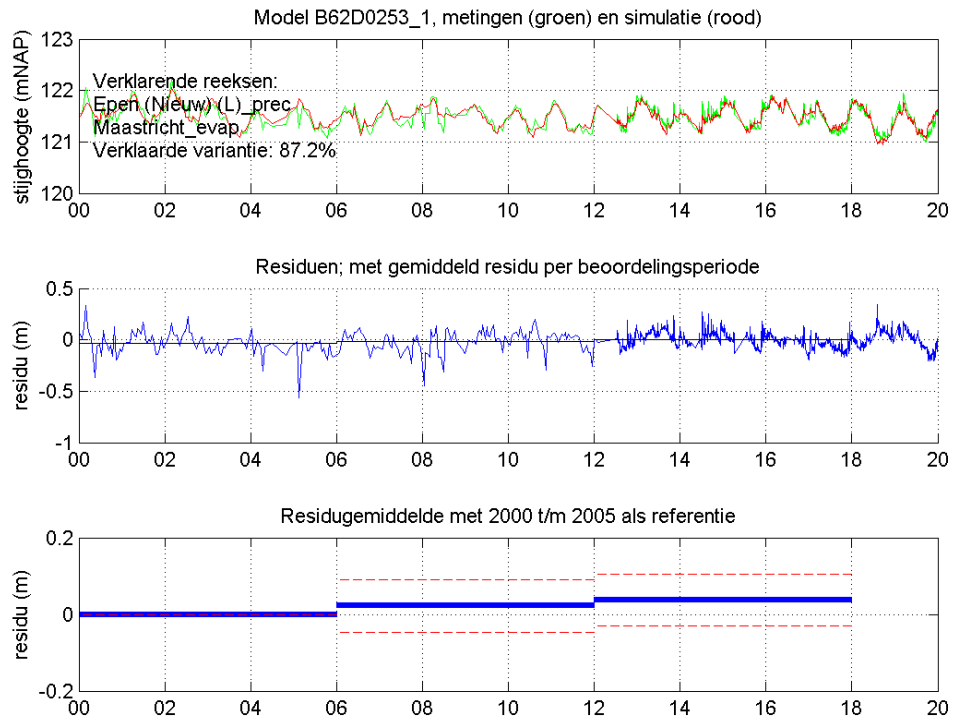




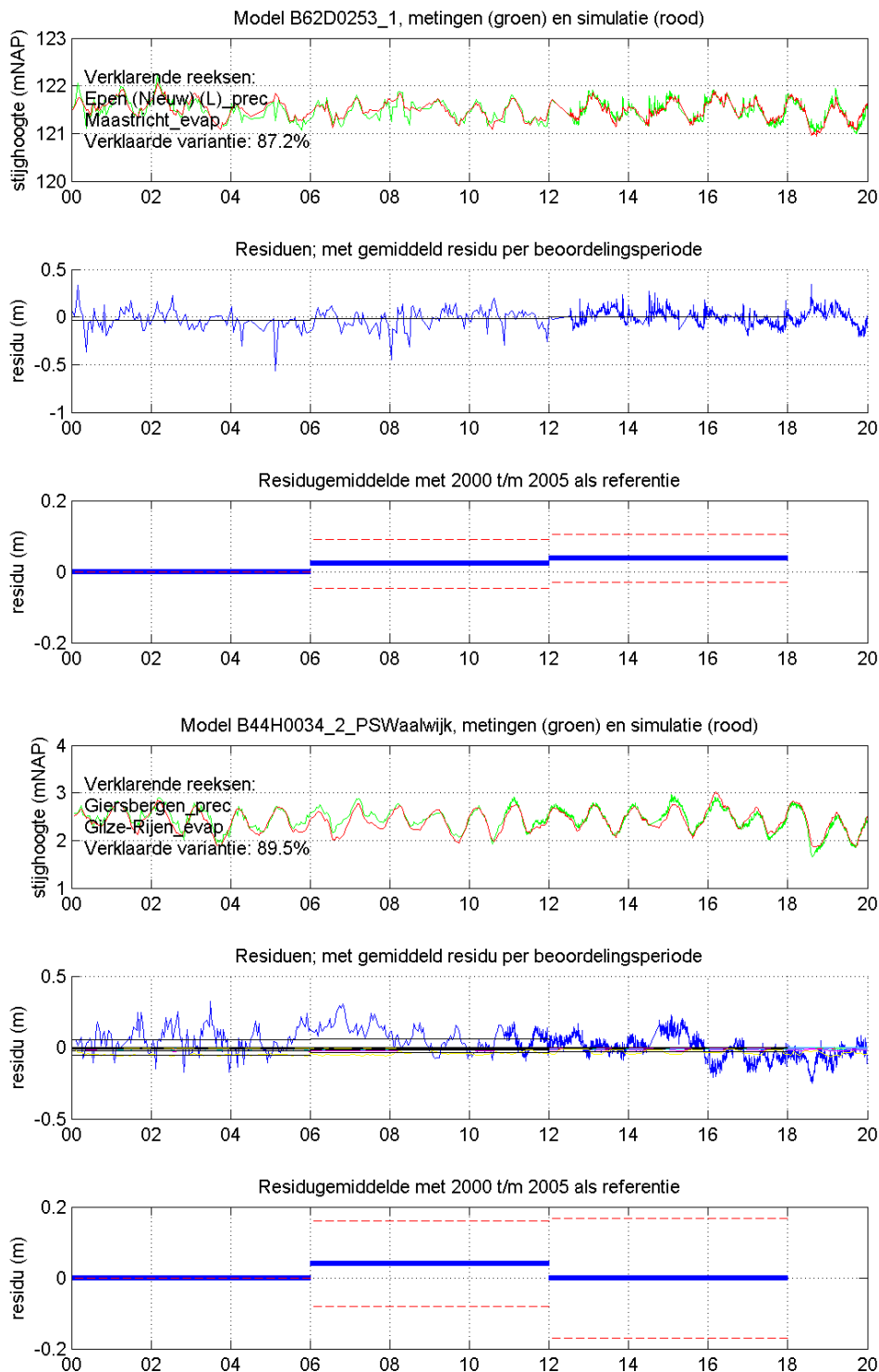


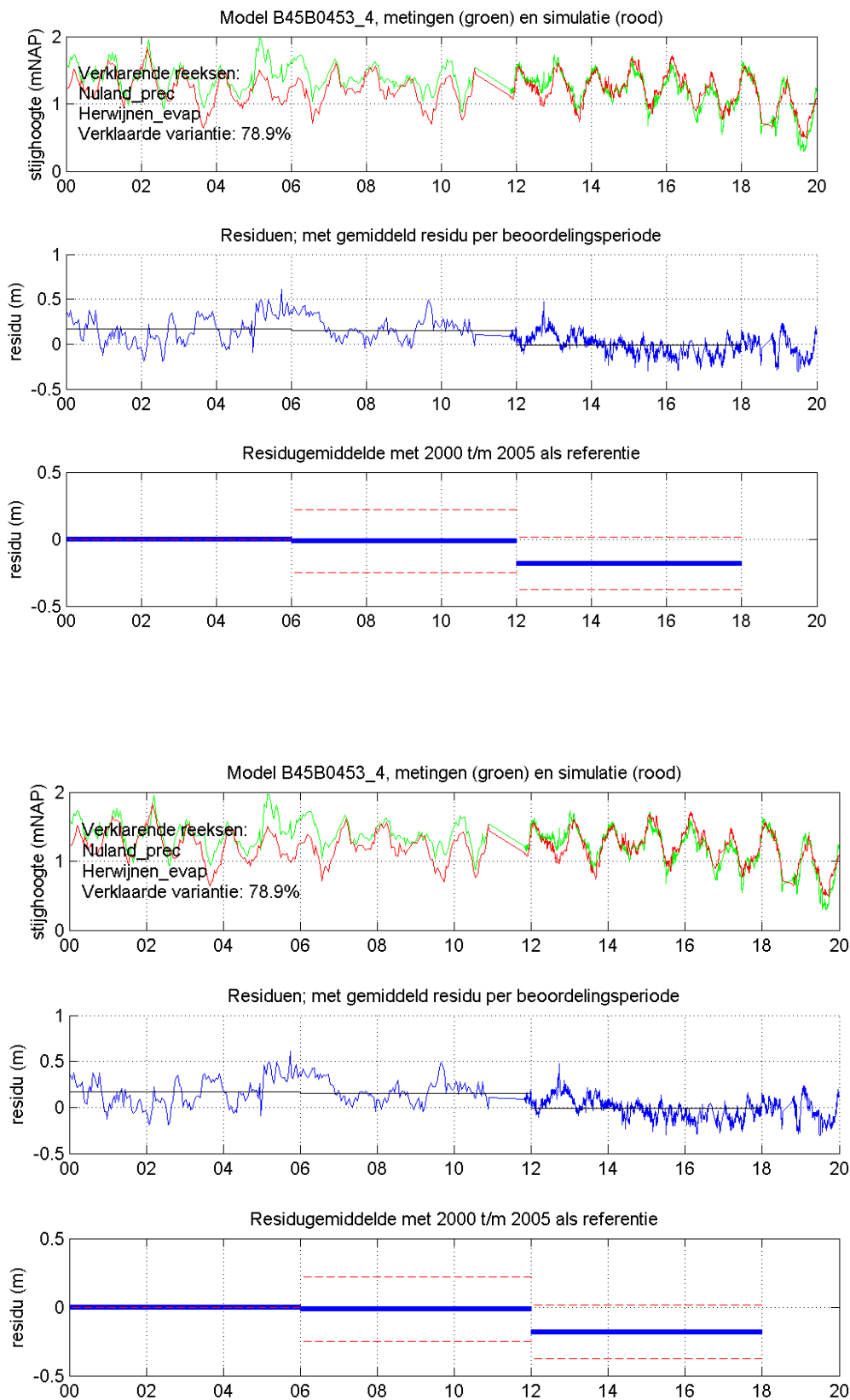


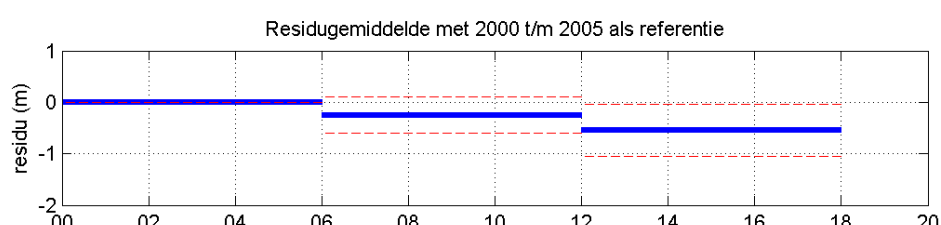
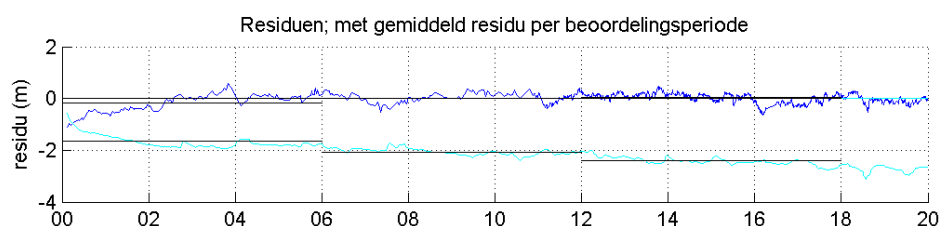
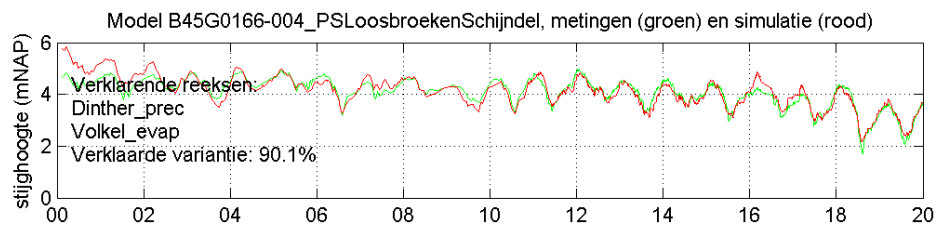
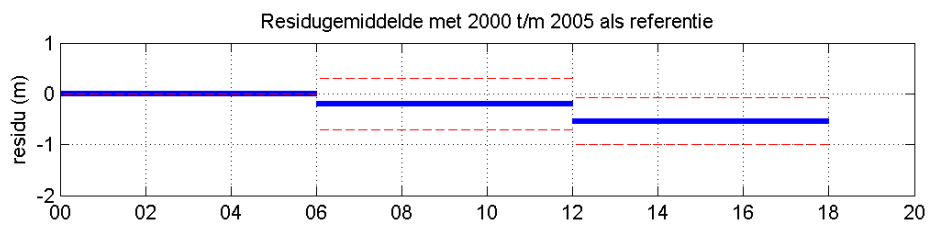
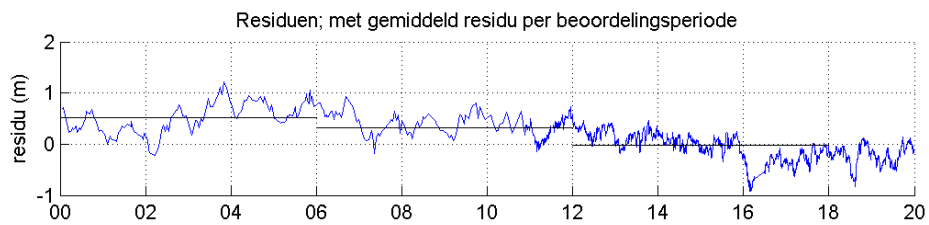
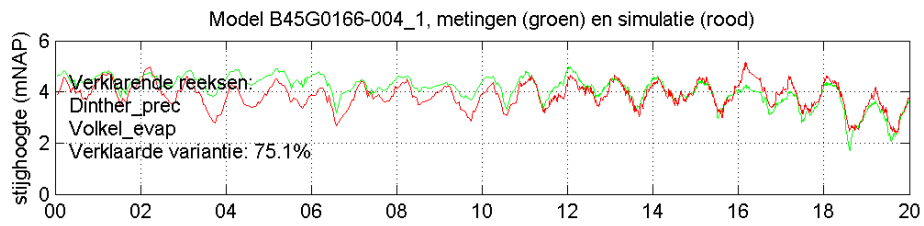


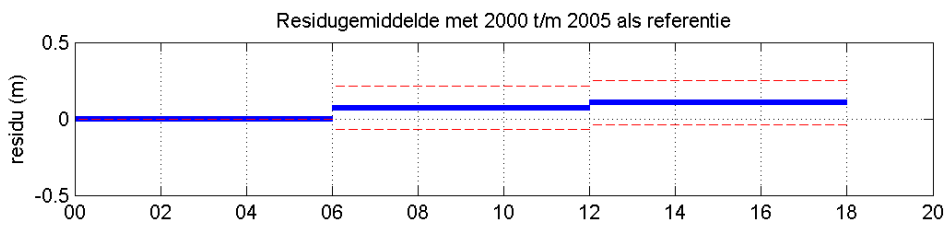
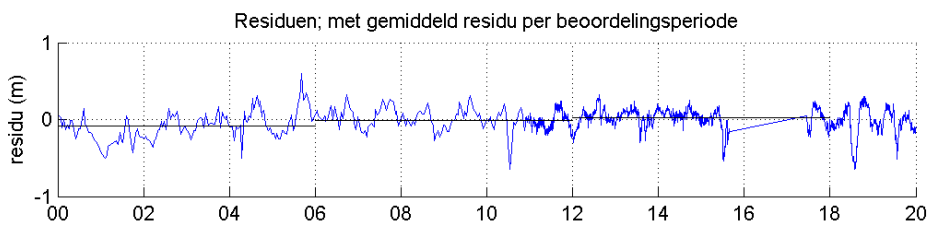
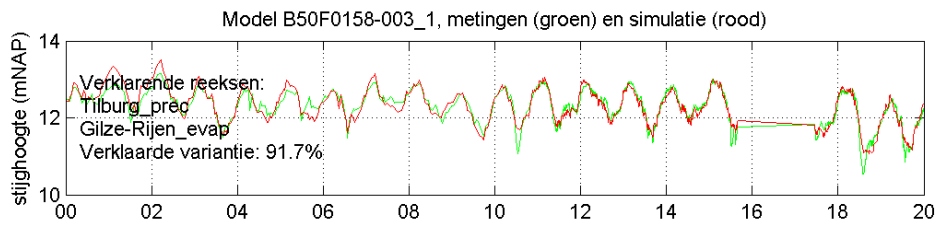
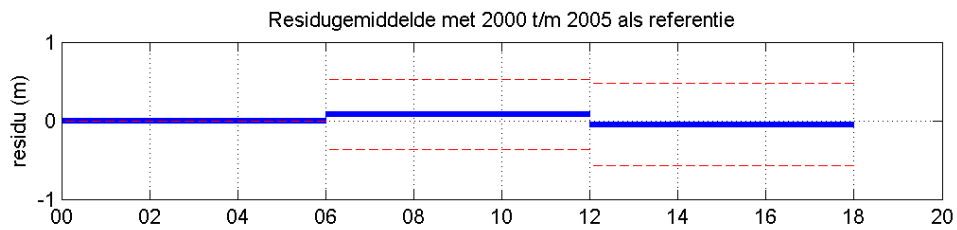
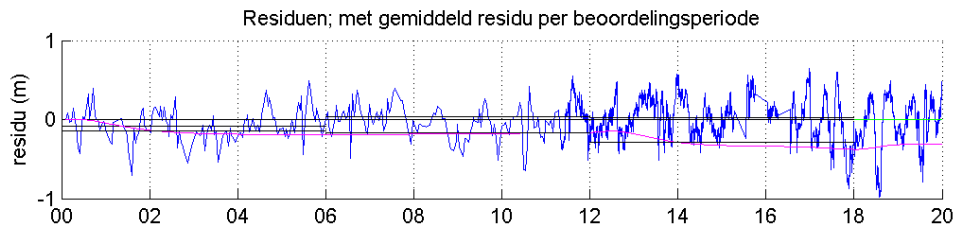
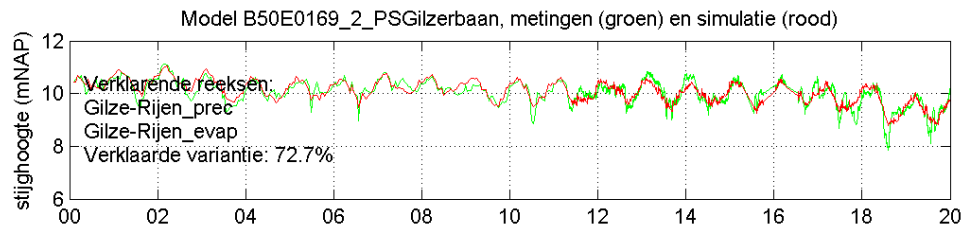


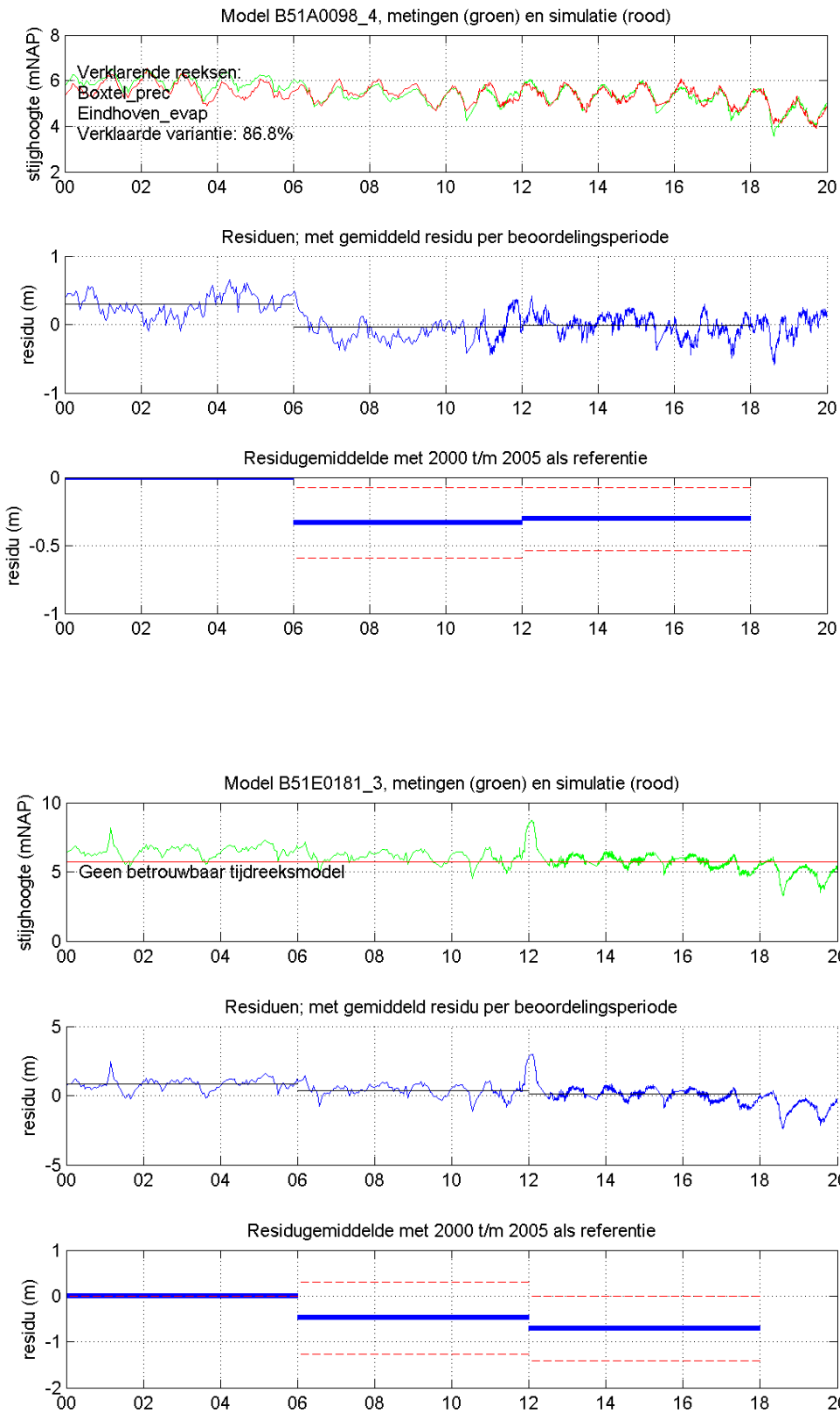
IV Tijdreeksmodellen grondwaterstand per peilfilter Slenk Diep Maas

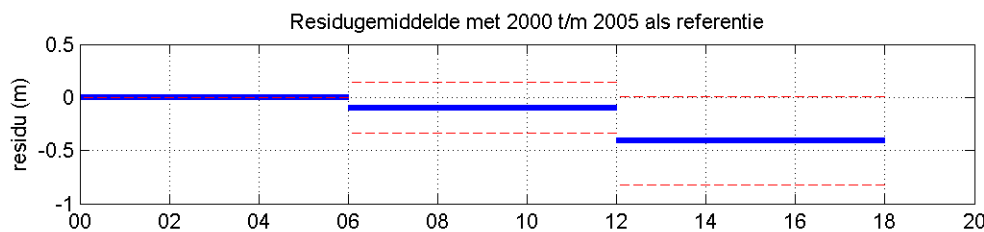
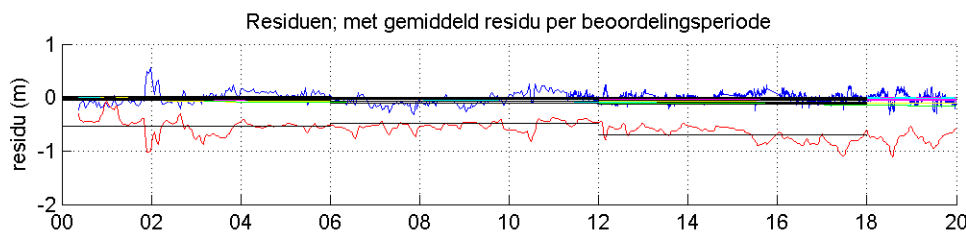
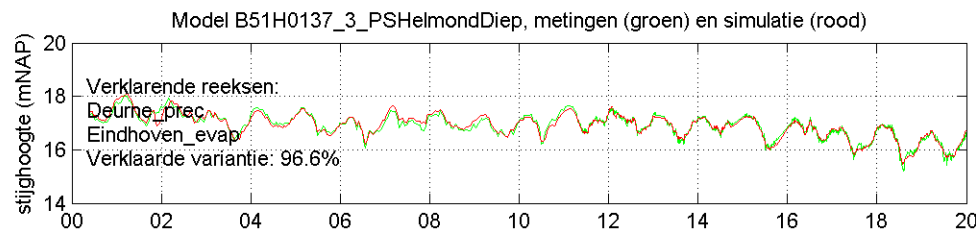
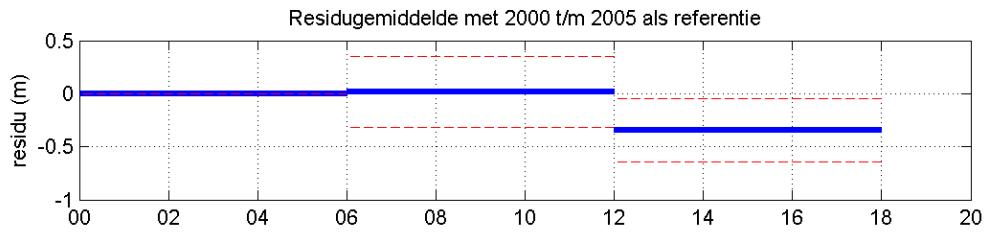
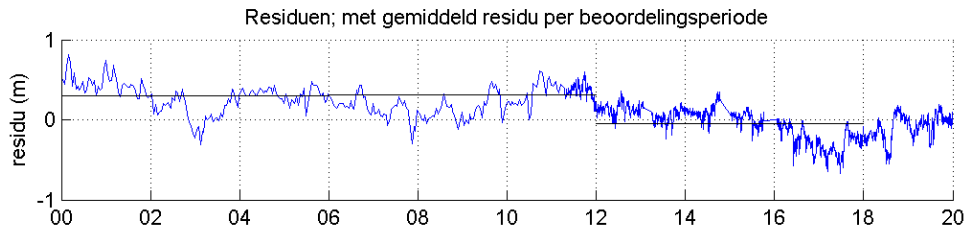
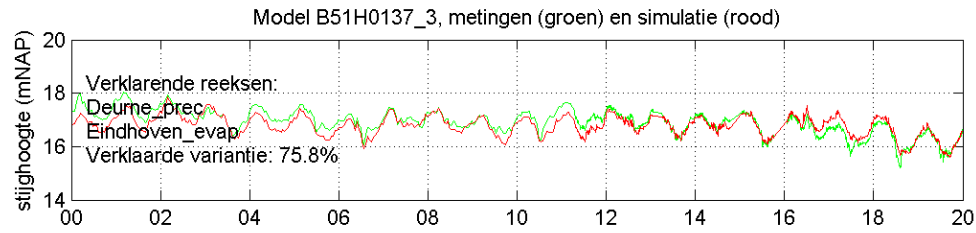


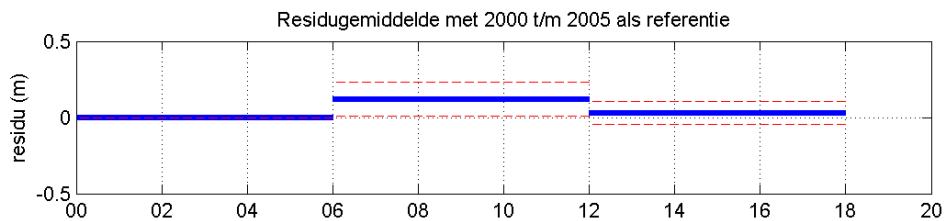
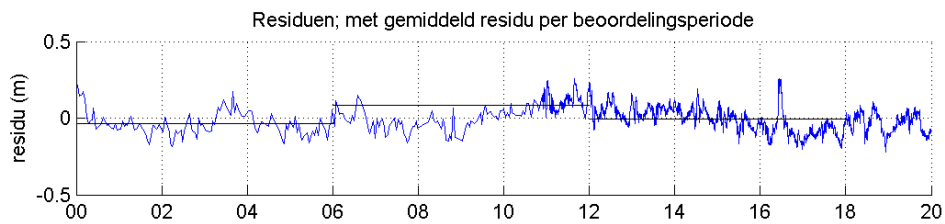
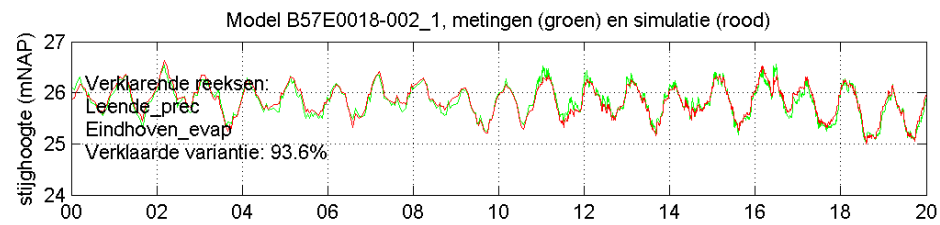
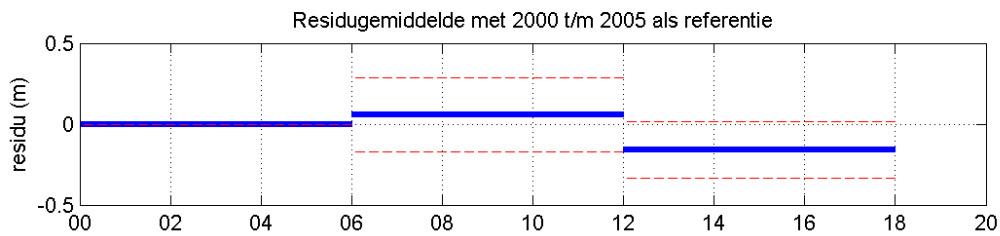
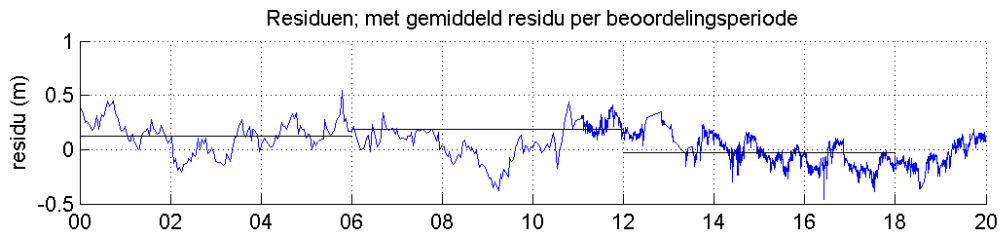
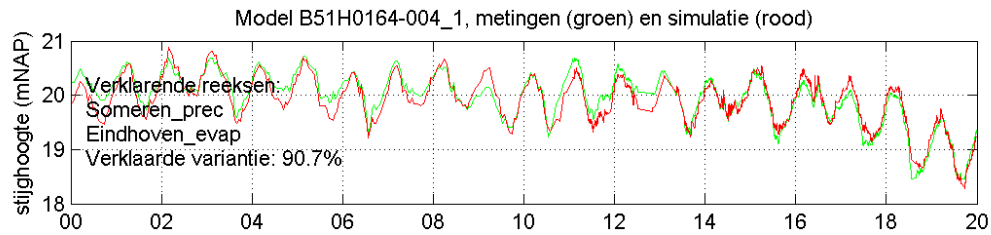


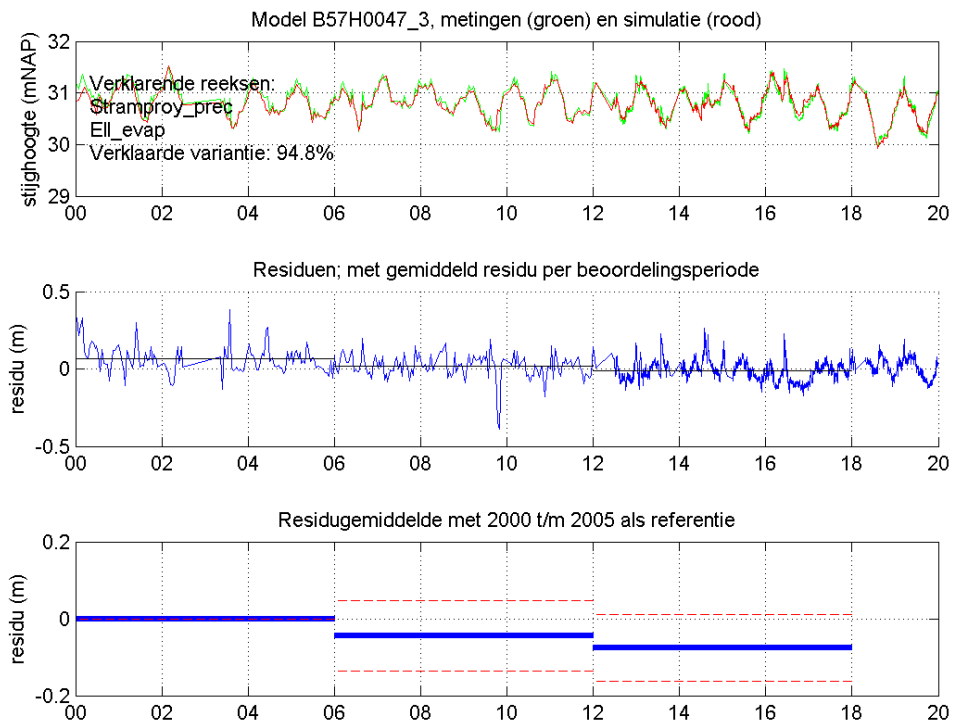
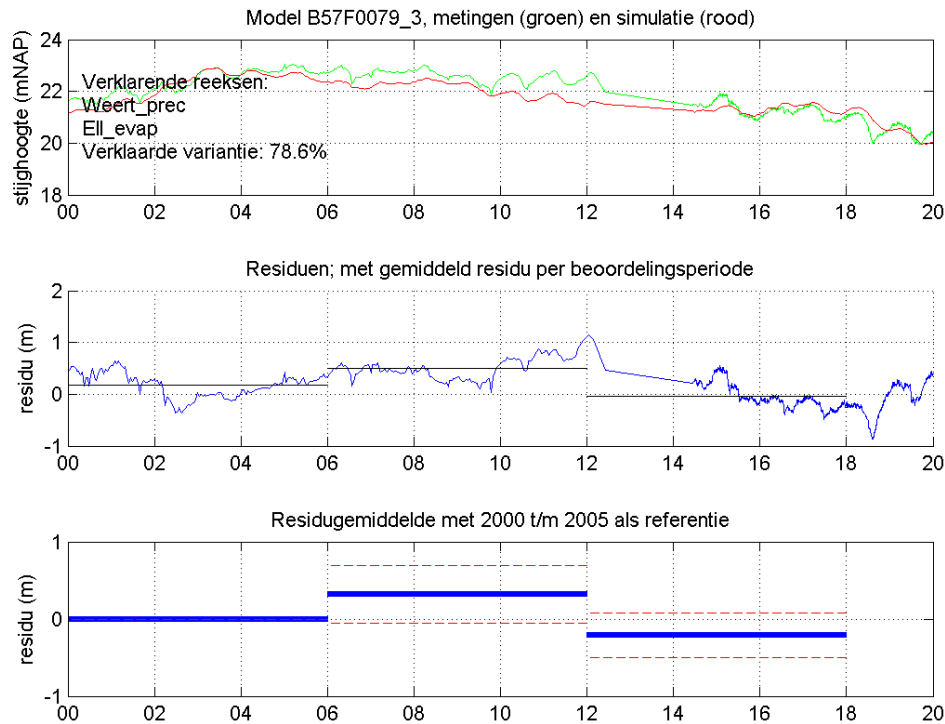


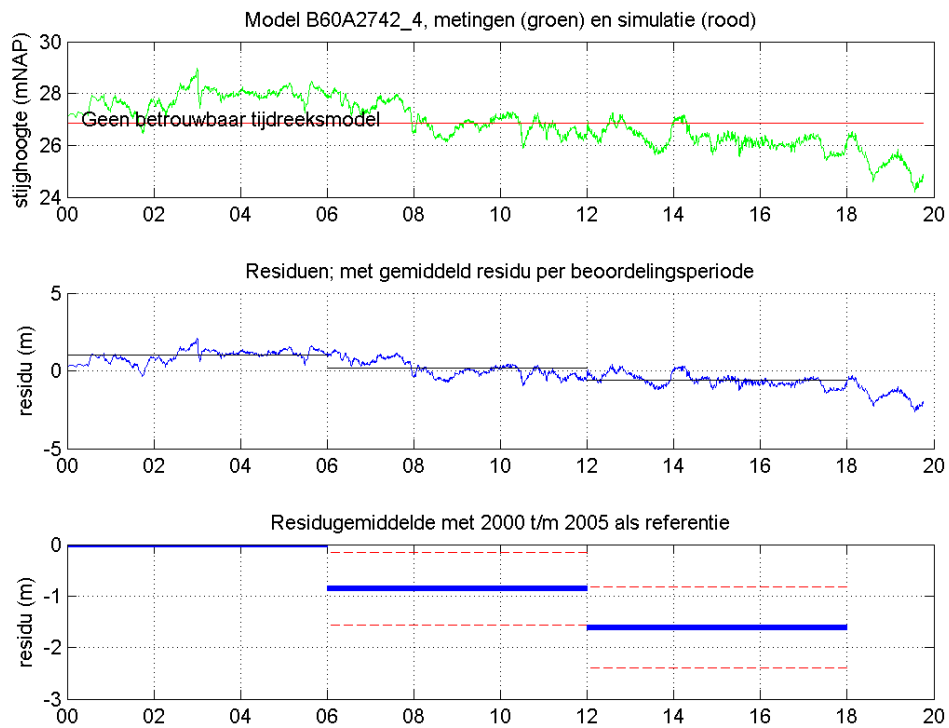
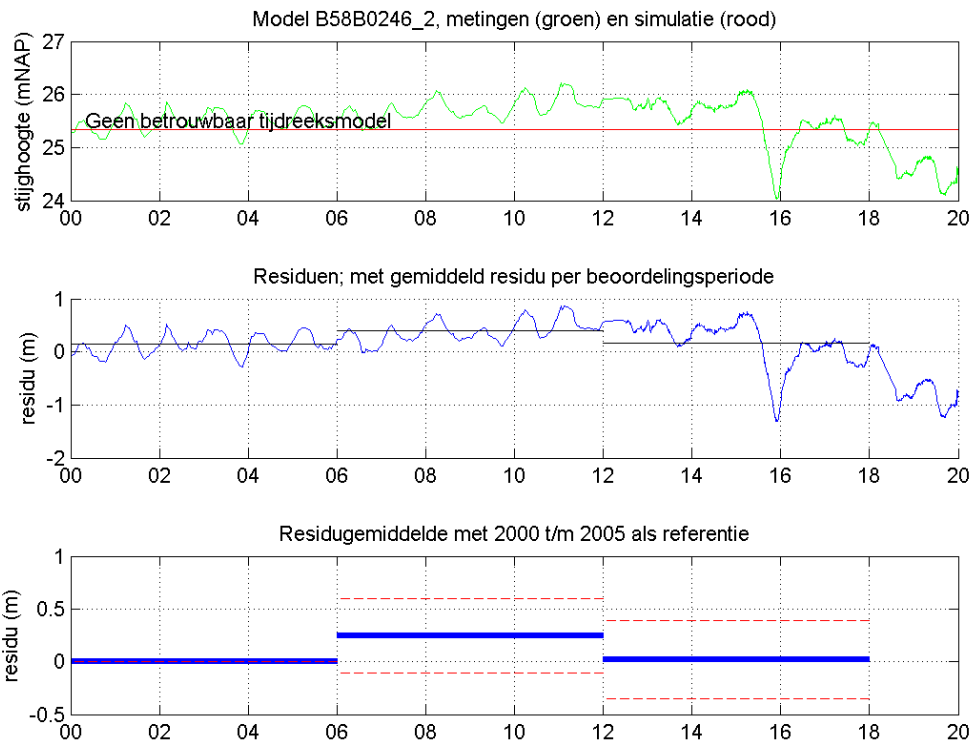


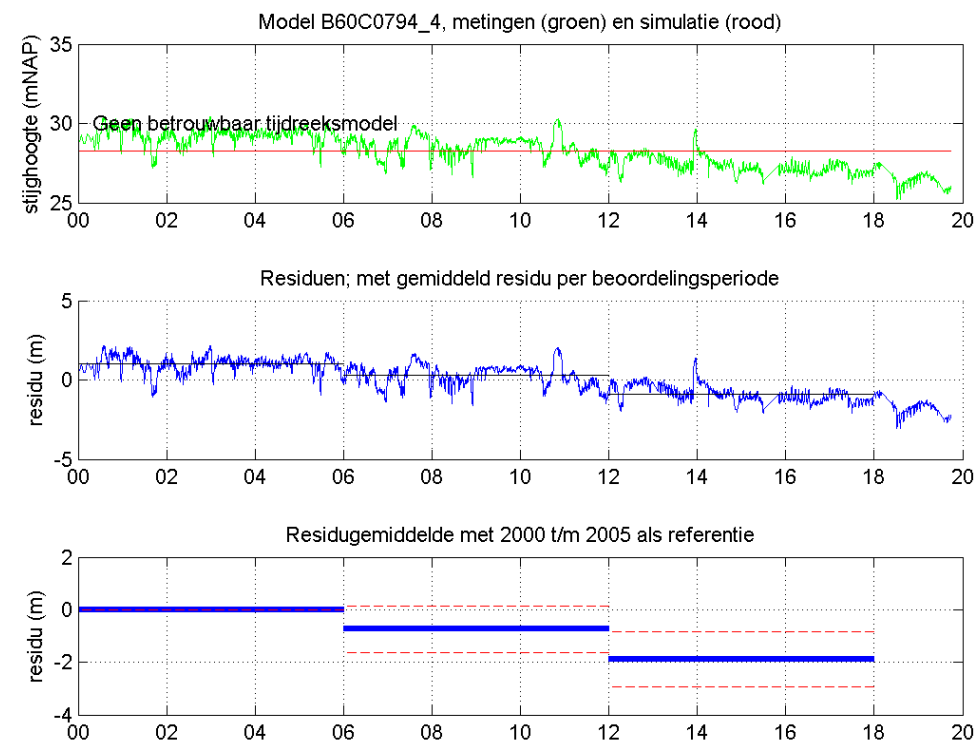
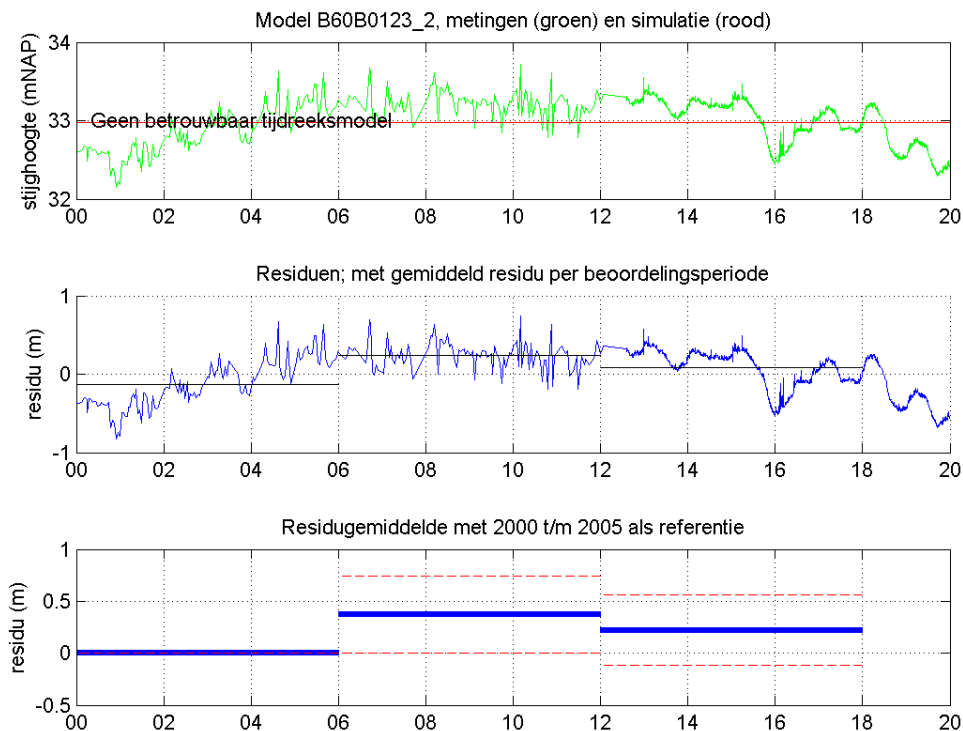


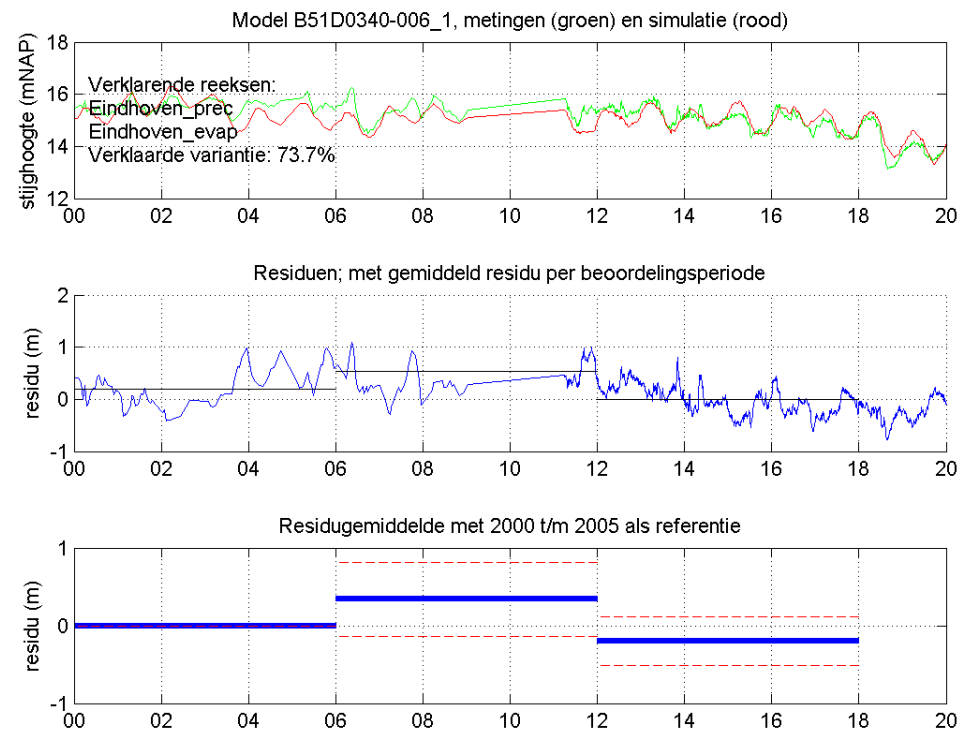
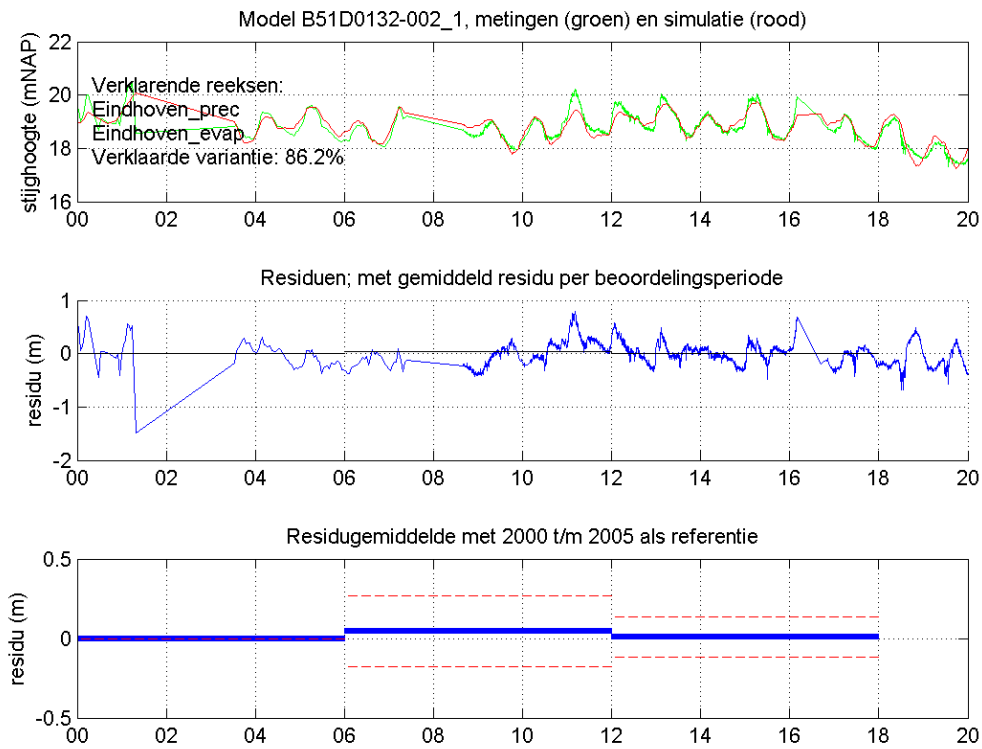


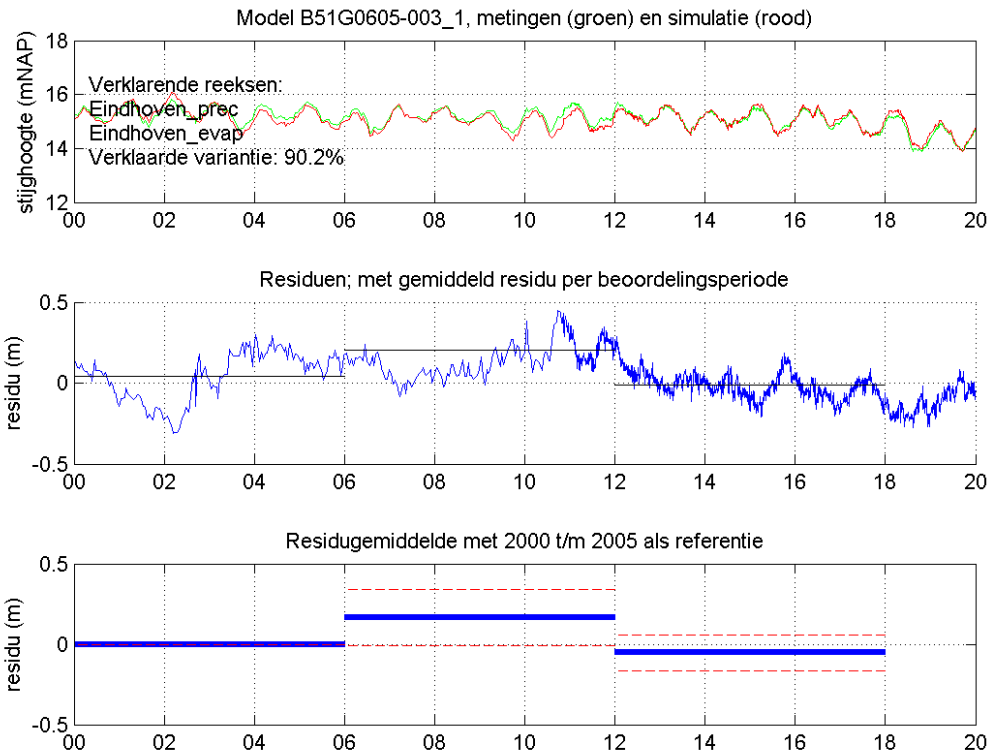












V Statistieken per peilbuis

V.I Overzicht van het aantal gemaakte modellen per set verklarende variabelen en het aantal betrouwbare tijdreeksmodellen

Grondwaterlichaam en aantal peilfilters	Alleen neerslag en verdamping		Neerslag, verdamping en winning		Neerslag, verdamping en Maas	
	Aantal modellen	Aantal betrouwbare modellen	Aantal modellen	Aantal betrouwbare modellen	Aantal modellen	Aantal betrouwbare modellen
ZandMaas – 31	31	25 (81%)	12	12 (100%)	3	1 (34%)
KrijtMaas – 22	22	5 (23%)	2	1 (50%)	0	0
SlenkDiepMaas – 17	17	12 (71%)	4	4 (100%)	0	0

V.II Overzicht van de statistieken per peilfilter

Toelichting:

- Per peilbuis zijn 1 of meerdere tijdreeksmodellen gemaakt;
- Per model is aangegeven of het model betrouwbaar is (1=betrouwbaar, 0=niet betrouwbaar);
- Als modellen zijn gemaakt met extra invloeden, dan is aangegeven welke Maaspeil of winning gebruikt zijn;
- Per peilbuis is 1 model gekozen, mits er minimaal 1 betrouwbaar model gemaakt kon worden. Deze is in de laatste kolom weergegeven
- Als er geen betrouwbaar model gemaakt kon worden is dit in rood aangegeven. Betrouwbare modellen zijn in het groen aangegeven.

Peilbuis	KRW-Filter	grondwater lichaam	Trend?	Model 1, neerslag en verdamping		Model 2 +Maas			Model 3 +Winning			beste model
				sign. verklaard ?	% verklaring	sign. verklaard ?	% verklaring	gebruikte reeks	sign. verklaard ?	% verklaring	gebruikte reeks	
B43D0017	3	ZandMaas	0	0	56	0	74	Maasrakzuid				
B43G0110	2	ZandMaas	0	0	60	0	60	Maasraknoord				
B43G0390-1 (voorheen: B43G0421)	1	ZandMaas	0	0	55							
B43H0051	2	ZandMaas	0	1	77							model 1
B44D0292	2	ZandMaas	0	1	78				1	88	Dorst	model 3
B44H0034	1	ZandMaas	0	1	87				1	88	Waalwijk	model 3
B45B0453	1	ZandMaas	0	1	77				1	80	Nuland middel en Diep	model 3
B45B0380-1 (voorheen: B45B0476)	1	ZandMaas	0	0	66							
B45F0143-2 (voorheen: B45E0173)	2	ZandMaas	0	0	52							
B45E0311	4	ZandMaas	0	1	92							model 1
B45G0166	2	ZandMaas	0	1	93							model 1
B45G0273	3	ZandMaas	0	1	91							model 1
B46G0004	2	ZandMaas	0	1	90				1	90	Bergen	model 1
B49F0264	2	ZandMaas	0	1	88				1	92	Roosendaal	model 3
B49H0007	2	ZandMaas	0	1	92							model 1
B50E0169	1	ZandMaas	0	1	82				1	89	Gilzerbaan	model 3
B50F0158	2	ZandMaas	0	1	91							model 1
B51A0098	1	ZandMaas	0	1	94							model 1
B51C0074	2	ZandMaas	0	1	85							model 1
B51E0067	1	ZandMaas	0	1	95							model 1
B51H0137	1	ZandMaas	0	1	89				1	94	Helmond middeldiep	model 3
B52A0046	1	ZandMaas	0	1	75							model 1
B52B0239	2	ZandMaas	verhoging	1	73				1	90	Breehei	model 3
B57A0022	2	ZandMaas	verlaging	1	76				1	83	Luyksgestel	model 3
B57E0067	1	ZandMaas	0	1	90				1	91	Budel middeldiep	model 3
B57F0079	2	ZandMaas	0	1	90							model 1
B57H0047	2	ZandMaas	0	1	94							model 1
B58C0172	1	ZandMaas	0	1	88				1	88	Hunsel	model 1
B58C0172	2	ZandMaas	0	1	87				1	87	Hunsel	model 1
B58D0658	3	ZandMaas	verlaging	0	23							
B58E0199	2	ZandMaas	0	1	79	1	90	MaasNeer				model 2

Peilbuis	KRW-Filter	grondwater lichaam	Trend?	Model 1, neerslag en verdamping		Model 2 +Maas			Model 3 +Winning			beste model
				sign. verklaard ?	% verklaring	sign. verklaard ?	% verklaring	gebruikte reeks	sign. verklaard ?	% verklaring	gebruikte reeks	
B60C0839	2	KrijtMaas	verhoging	0	16							
B60C0860	3	KrijtMaas	verhoging	0	0							
B60C1132	2	KrijtMaas	0	0	69							
B60D1027	2	KrijtMaas	verlaging	0	12							
B60D1108	1	KrijtMaas	verlaging	0	30							
B60G0123	1	KrijtMaas	verlaging	1	89							
B61F0215	1	KrijtMaas	0	0	44							
B61H0012	1	KrijtMaas	0	1	71				1	95	DeDommel	
B62A0235	1	KrijtMaas	verhoging	1	82							
B62A0271	1	KrijtMaas	verlaging	1	90							
B62A0294	1	KrijtMaas	0	1	88							model 1
B62A0331	2	KrijtMaas	0	0	10							
B62A0472	1	KrijtMaas	verlaging	1	76							model 1
B62A2955	1	KrijtMaas	nvt, te kort voor de analyse	1	87							
B62B0650	1	KrijtMaas	verlaging	0	51							
B62B0837	2	KrijtMaas	0	1	79							model 1
B62B0838	4	KrijtMaas	verhoging	0	21							
B62B0912	1	KrijtMaas	0	1	70							
B62B0975	1	KrijtMaas	0	1	70				1	73	Roodborn	model 3
B62C0059	1	KrijtMaas	0	0	65							
B62D0252	1	KrijtMaas	0	1	76							model 1
B62D0253	1	KrijtMaas	0	1	87							model 1
B44H0034	2	SlenkDiepMaas	0	1	89				1	89	Waalwijk	model 1
B45B0453	4	SlenkDiepMaas	0	1	79							model 1
B45E0173	3	SlenkDiepMaas	0	1	82							model 1
B45G0166	4	SlenkDiepMaas	verlaging	1	75				1	90	Loosbroek en Schijndel	model 3
B50E0169	2	SlenkDiepMaas	0	1	70				1	73	Gilzerbaan	model 3
B50F0158	3	SlenkDiepMaas	0	1	92							model 1
B51A0098	4	SlenkDiepMaas	verlaging	1	87							model 1
B51E0181	3	SlenkDiepMaas	0	0	49							
B51H0137	3	SlenkDiepMaas	0	1	76				1	97	Helmond diep	model 3
B51H0164	4	SlenkDiepMaas	0	1	91							model 1
B57E0018	2	SlenkDiepMaas	0	1	94							model 1
B57F0079	3	SlenkDiepMaas	0	1	79							model 1
B57H0047	3	SlenkDiepMaas	0	1	95							model 1
B58B0246	2	SlenkDiepMaas	0	1	70							
B60A2742	4	SlenkDiepMaas	verlaging	0	48							
B60B0123	2	SlenkDiepMaas	0	0	65							
B60C0794	4	SlenkDiepMaas	verlaging	0	41							

Extra meetpunten voor fase 2

Peilbuis	KRW-Filter	grondwater lichaam	Trend?	Model 1, neerslag en verdamping		Model 2 +Maas			Model 3 +Winning			beste model
				sign. verklaard ?	% verklaring	sign. verklaard ?	% verklaring	gebruikte reeks	sign. verklaard ?	% verklaring	gebruikte reeks	
B51D0132	2	SlenkDiepMaas	0	1	86							
B51D0340	6	SlenkDiepMaas	0	0	74							
B51G0605	3	SlenkDiepMaas	0	1	90							