

Validatie hoogwater Maas juli 2021



Validatie hoogwater Maas juli 2021

Auteur(s)

Eveline van der Deijl

Validatie hoogwater Maas juli 2021

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Contactpersoon	de heer M.J.M. Scholten
Referenties	modellen, applicaties en data
Trefwoorden	D-HYDRO, D-Flow Flexible Mesh, modelschematisatie, Maas, hoogwater 2021, zomer

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	05-07-2023
Projectnummer	11208053-002
Document ID	11208053-002-ZWS-0006
Pagina's	167
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Eveline van der Deijl	

Samenvatting

Aanleiding

In juli 2021 heeft op de Maas een extreem hoogwater plaatsgevonden. Het betrof een zeer spits zomerhoogwater met een stijging van slechts 2 dagen en topafvoeren van 3310 m³/s bij St. Pieter en 3284 m³/s bij Borgharen-dorp. Deze afvoeren zijn meer dan 10% groter dan eerdere wintertoppen en meer dan 65% groter dan de tot dan toe meest extreme zomerpiekafvoer van 2000 m³/s uit juli 1980 (Van der Veen, 2021). Met dit hoogwater is het voor het eerst sinds 1993 en 1995 weer mogelijk om het functioneren van het model en het gebruik van de operationeel beschikbare gegevens voor een Maasafvoer boven de 3000 m³/s te analyseren. Met een validatie van het hoogwater van 2021 kunnen de modelresultaten ten aanzien van de waterstanden bij toekomstige hoogwaters beter worden onderbouwd. Dit project is primair bedoeld om de reguliere modellering te toetsen en is dus niet erop gericht om specifieke verbeteringen in het model door te voeren.

Modelbouw

Deze rapportage beschrijft de opbouw van het historische j21-model van de Maas in D-HYDRO. Dit model is specifiek opgebouwd voor de validatie van het hoogwater van juli 2021. Baseline-maas-j21_6-v1 en dflowfm2d-maas-j21_6-v1a zijn opgebouwd uit en vervolgens vergeleken met baseline-maas-j19_6-v2 en dflowfm2d-maas-j19_6-v2a. Ter validatie van het nieuwe j21-model zijn met beide modellen simulaties uitgevoerd met 2 standaardsommen van de Jaarlijkse Actualisatie Modellen Maas (JAMM) 2022, namelijk de som S250 en D4100. Er zijn geen onverwachte veranderingen in de waterstand zichtbaar en de modelschematisatie j21_6 is daarom geaccepteerd.

Voor de randvoorwaarden zijn meetreeksen van debieten en waterstanden gebruikt. De randvoorwaarden van de beken zijn afgeleid met behulp van de Randvoorwaarden Generator Water Modellen 2.4.0 patch 01 (RGWM). Daarnaast is voor de kunstwerken historische RTC opgesteld op basis van de door Rijkswaterstaat aangeleverde gemeten waterstanden. Om het effect van de zomervegetatie op de ruwheid en op de opgetreden waterstanden te onderzoeken is één extra simulatie uitgevoerd met daarin de ruwheidscoëfficiënten van de zomer i.p.v. die van de winter. Alle overige modelinstellingen zijn hierbij gelijk gehouden.

Voor de validatie worden diverse databronnen gebruikt. Door RWS-ZN zijn meetreeksen van waterstanden en debieten aangeleverd. Door het waterschap Limburg en RWS-ZN zijn nog diverse incidentele metingen met betrekking tot het hoogwater verzameld, namelijk topwaterstanden, notities van waterstanden op peilschalen en strootjesmetingen. Ook zijn tijdens het hoogwater (op 16 en 18 juli 2021) door Aqua Vision afvoermetingen en verhanglijnmetingen uitgevoerd op het Maastraject tussen Sambeek en Grave.

Validatieresultaten

De topwaterstanden worden op de Bovenmaas overschat, terwijl er op de Grensmaas onderschatting plaatsvindt. Deze onderschatting is echter wel 10 tot 20 cm kleiner dan het geval was in het vijfde-generatiemodel in WAQUA. Het model presteert op dit traject nog beter wanneer de ruwheid van de zomervegetatie wordt gebruikt. Tot aan Megen zijn de verschillen van de modelresultaten in de zesde generatie ten opzichte van metingen kleiner dan die van WAQUA, behalve voor de locaties Belfeld Beneden en Venlo. Het model is redelijk goed in de reproductie van het opgaande water. Wel is met name de timing van de instroom van de retentiegebieden net anders dan gemeten waardoor de topvervlakking op een ander moment plaatsvindt.

Vanaf Roermond wordt het zomerbed breder en is er een groter verschil zichtbaar tussen het moment dat de topwaterstand in het model en in de metingen wordt bereikt. De piek gaat vanaf deze locatie afwijken en de dalende fase van het hoogwater laat een beduidend steiler verloop zien dan de metingen. Dit is ook het geval in het model met de hogere ruwheden op basis van zomervegetatie. Deze hogere uiterwaardruwheden zorgen wel voor een verdere toename van de topwaterstand, maar zorgen niet voor een trager verloop van de afvoerpiek. Vanaf Lith is de overschatting van de waterstand in de zesde-generatiemodellen wel 10 tot 15 cm groter dan in WAQUA en de topwaterstanden liggen hier meer dan 20 cm hoger dan in WAQUA.

De piekafvoer bij Sint Pieter Noord is in het model 40 m³/s hoger en de piek wordt ook iets later bereikt dan in de metingen. Door de extreem spitse vorm van het hoogwater van juli 2021 zakt de piekafvoer sterk in benedenstroomse richting. Dit is zichtbaar in zowel de modelresultaten als de metingen. Echter stijgt de afvoer in het model sneller dan volgens de metingen het geval is en de piekafvoer wordt in het model eerder bereikt. De grootste verschillen (voornamelijk overschattingen door het model) ontstaan op het moment dat het verloop van de afvoerpiek het steilst is.

De extra afvoermetingen van Aqua Vision tonen dat er in het stuwpand tussen Sambeek en Grave tijdens de piek in het model naar verhouding minder water via het zomerbed en meer via het winterbed stroomt dan dat de metingen aangeven. Dit kan komen doordat de ruwheid van het winterbed in juli hoger was dan in het model is aangenomen.

Conclusie en aanbevelingen

Aangezien de kalibratie op het hoogwater van 1995 niet meer (volledig) toepasbaar is voor de huidige situatie wordt ondanks dat het een zomerhoogwater betreft, aanbevolen om het hoogwater van 2021 te gebruiken voor herkalibratie van het Maas-model. Het wordt daarbij wel aanbevolen het huidige model eerst nog verder te valideren met deze topwaterstanden en bijvoorbeeld het verval in waterstand over de rivier dat momenteel uit Lidar-metingen van tijdens het hoogwater wordt bepaald. Ook wordt aanbevolen om het effect van de vegetatie op ruwheden en waterstanden verder te onderzoeken. Daarbij is vooral onderzoek nodig naar de verandering in ruwheid van de vegetatie tijdens de seizoenen en de verandering tijdens een hoogwater door bijvoorbeeld het platslaan en afbreken van de vegetatie.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	8
1.1	Achtergrond	8
1.1.1	Al uitgevoerde studies	10
1.2	Doelstelling	10
1.3	Organisatie en bijdragen	10
1.4	Leeswijzer	10
2	Methode	11
2.1	Modelopzet j21-model	11
2.1.1	Baseline	11
2.1.2	D-HYDRO	12
2.1.2.1	Initiële waterstand	12
2.1.2.2	RealTimeControl (RTC)	12
2.1.3	Validatie	12
2.2	Verificatie hoogwater juli 2021	13
2.2.1	Beschikbare data	13
2.2.1.1	Meetreeksen van waterstanden en debieten	13
2.2.1.2	Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) metingen	13
2.2.1.3	Verhanglijnen	14
2.2.1.4	Topwaterstanden en incidentele metingen	14
2.2.2	Model opzet	14
2.2.2.1	Randvoorwaarden	14
2.2.3	Extra uitvoerlocaties	18
2.2.4	Handmatige aanpassing onttrekking Sluis Born	18
2.2.5	Effect van de zomervegetatie	20
3	Verschilanalyse j21_6 en j19_6	22
3.1	Veranderingen in bodemhoogte	22
3.2	Verschilanalyse waterstanden	23
4	Verificatie hoogwater juli 2021	25
4.1	Waterstanden	25
4.1.1	Niet-aangetakte plassen	25
4.1.1.1	Negenoord-West	25
4.1.1.2	Rotem	28
4.1.1.3	Maaseik	29
4.1.2	Julianakanaal : Bunde	30
4.1.3	Bovenmaas en Grensmaas	31
4.1.4	Plassenmaas	32
4.1.5	Peelhorstmaas en Venloslenk	33
4.1.6	Benedenmaas en Getijdenmaas	34
4.2	Topwaterstanden	35

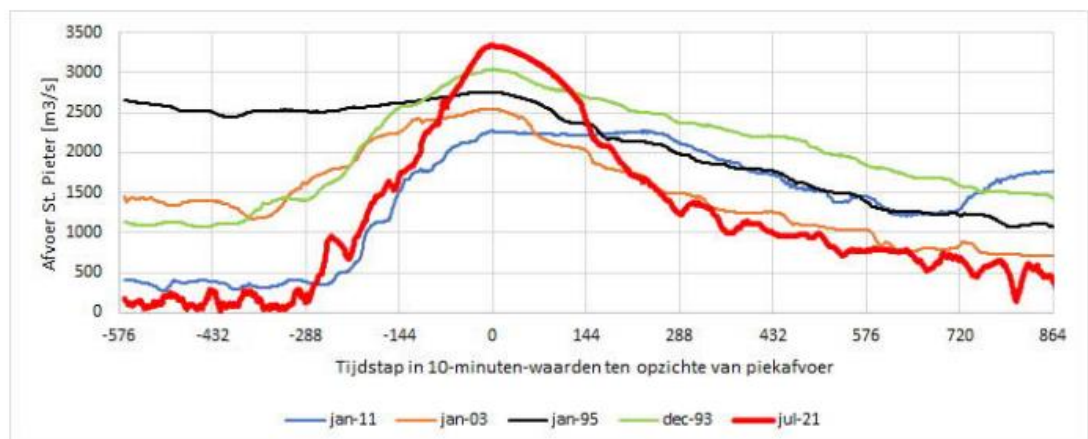
4.3	Verhanglijnen	40
4.4	Afvoeren	41
4.4.1	Meetstations	41
4.4.2	CIV Mobiel Meten	44
4.4.3	Aqua Vision	46
4.5	Effect van de zomervegetatie	51
5	Discussie	56
5.1	Vergelijking met het vijfde-generatiemodel	56
5.2	Gevolg van kalibratie op hoogwater 1995	58
6	Conclusies	60
6.1	Opbouw j21-model	60
6.2	Validatie van het hoogwater van 2021	60
6.2.1	Topwaterstand	60
6.2.2	Afvoer	61
6.3	Effect van de zomervegetatie	61
6.4	Gebruik van het hoogwater van 2021 voor kalibratie	62
6.5	Aanbevelingen	62
7	Referenties	64
A	Maatregelen	65
A.1	Maatregellijst maas-j19_6-v2_j21_6-v1	65
A.2	Overzicht Maatregelen	68
B	Verschilkaarten bodemhoogtes j21_6-v1 en j19_6-v2a	73
C	Extra modelinvoer	75
C.1	Uitvoerlocaties incidentele metingen (Incidentele_metingen.xyn)	75
C.2	ADCP cross-sections (ADCPcrosssections.pli)	83
C.3	Parameters voor zomervegetatie	87
D	Beschikbare meetdata	89
E	Modelresultaten	96
E.1	Topwaterstand	96
E.2	Waterstanden statistieken	119
E.3	Waterstanden tijdseries	121
E.4	Afvoeren tijdseries	159
F	Effect zomerbedruwheid	164
F.1	Vergelijking met ADCP metingen	164

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

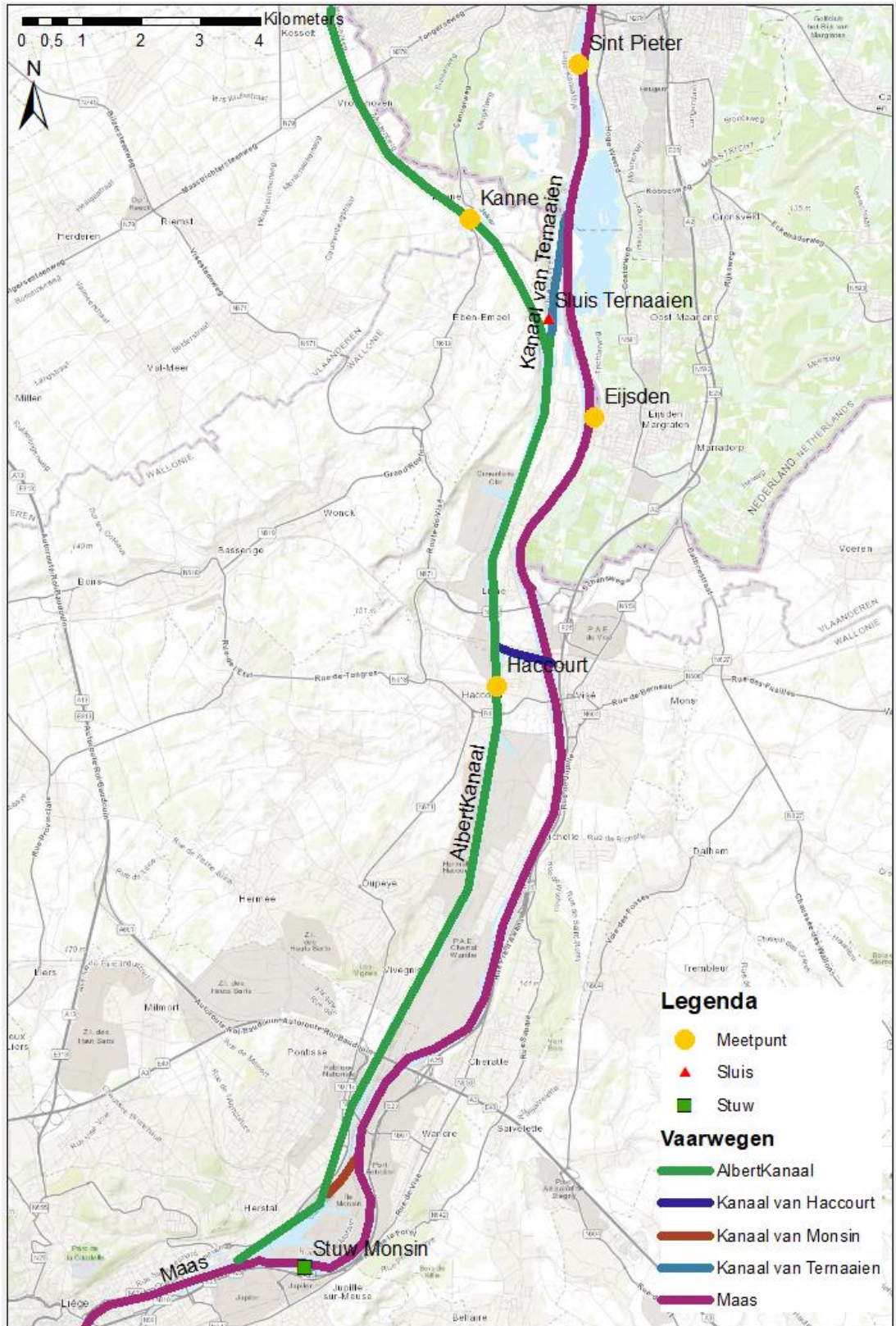
De Maas is een regenrivier met een oorsprong in Frankrijk. Via Wallonië stroomt ze bij Eijsden Nederland in. Ongeveer een kwart van het water dat in Nederland door de Maas stroomt, is afkomstig uit Frankrijk, maar het meeste water komt uit de zijrivieren in België en ongeveer 15% wordt aangeleverd via zijrivieren die in Nederland uitmonden in de Maas. Bovenstrooms langs de Roer zijn enkele stuwmereën en ook in Wallonië bevinden zich langs de Sambre (1), Vesdre (2), Amblève (2), Ourthe (1), Viroin (1) en Semois (1) in totaal acht stuwmereën in het stroomgebied van de Maas. Verder zijn er geen grote meren in het stroomgebied die water kunnen bergen, dit betekent dat het grondwaterreservoir de belangrijkste vorm van berging vormt in het stroomgebied. Een hoge afvoer op de Maas komt daarom over het algemeen voor tijdens de winter bij een combinatie van langdurige regenval, lage verdamping en het smelten van sneeuw, waardoor de bodem al volledig verzadigd is en alle neerslag afstroomt via de rivier (Asselman et al., 2018).

In juli 2021 heeft op de Maas een extreem hoogwater plaatsgevonden. Een bijzonder aspect is dat het een zeer spits zomerhoogwater betreft met een stijging van slechts 2 dagen en topafvoeren van 3310 m³/s bij St. Pieter en 3284 m³/s bij Borgharen-dorp (zie Figuur 1-1). Deze afvoeren zijn meer dan 10% groter dan eerdere wintertoppen en meer dan 65% groter dan de tot dan toe meest extreme zomer-piekafvoer van 2000 m³/s uit juli 1980 (Van der Veen, 2021). Met dit hoogwater is voor het eerst sinds 1993 en 1995 weer een analyse van de Maasafvoer boven de 3000 m³/s mogelijk.



Figuur 1-1 verloop van de afvoer St Pieter voor de hoogwaters met topafvoer bij St. Pieter boven 2250 m³/s ten opzichte van de tijdstippen van de betreffende piekafvoeren (Figuur 3.2 uit van der Veen (2022))

Een opvallend aspect van het hoogwater van juli 2021 is dat de topafvoer bij Eijsden lager is dan de topafvoer bij St. Pieter. Dit komt doordat er tijdens het hoogwater niet alleen water via de Eijsden-grens Nederland is binnengestroomd, maar de Maas ook net ten zuiden van Maastricht een significante toevoer van water ontving via het Albertkanaal en het kanaal van Ternaaien (zie Figuur 1-2). Er vond namelijk, gedurende de zomer van 2021, onderhoud plaats aan de stuw van Monsin. Hiervoor waren 4 van de 6 openingen drooggezet en waren er slechts 2 schuiven beschikbaar voor het regelen van de doorstroom. Door de opstuwing van het water stroomde er extra water het Albertkanaal in waardoor de waterstand daar met 60 tot 80 cm steeg (Van der Veen, 2021). Om overstroming van het Albertkanaal te voorkomen werd onder andere tot 250 m³/s extra gespuid via Sluis Ternaaien (Peters, 2022 en van der Veen, 2021).



Figuur 1-2 Overzicht van de hydrologische situatie tussen Luik en Maastricht met daarin ook de beschikbare meetpunten voor afvoeren, de stuw van Monsin en sluis Ternaaien

1.1.1 Al uitgevoerde studies

Er zijn door Rijkswaterstaat, Waterschappen, Vlaanderen, Wallonië (Universiteit van Luik en Stucky) en diverse studenten al studies naar het hoogwater gedaan. Twee van deze studies zijn uitgevoerd door Rijkswaterstaat Zuid-Nederland in samenwerking met de combinatie Agtersloot Hydraulisch Advies en Rura-Arnhem (Avl). Deze studies worden in deze rapportage veelvuldig gebruikt voor het opstellen van de randvoorwaarden van de modellering van het hoogwater. Daarom worden ze in deze paragraaf kort beschreven.

1. De rapportage Van der Veen, R. (2021) doet een aanbeveling voor de daadwerkelijke topafvoeren van het hoogwater. Deze topafvoeren zijn belangrijk en noodzakelijk voor de processen binnen Rijkswaterstaat. De afvoeren waren namelijk door beperkingen van de meetapparaten tijdens het hoogwater niet overal continu gemeten, waardoor niet duidelijk was wat de precieze topafvoeren waren geweest.
2. De rapportage Van der Veen, R. (2022) geeft het hoogwatersverslag van het hoogwater van juli 2021 in de Maas. Het doel van deze rapportage was het vastleggen van de opgetreden omstandigheden, het vastleggen van de uitgevoerde metingen, het benoemen van de onzekerheden van de uitgegeven verwachtingen voor de Nederlandse Maas ten opzichte van de opgetreden hoogwatergolf en het kwantificeren van de onzekerheden van de toegepaste en beschikbare rekenmodellen.

1.2 Doelstelling

Het is belangrijk om het functioneren van het model en het gebruik van de operationeel beschikbare gegevens tijdens de hoogwaters te analyseren. Met een validatie van het hoogwater van 2021 kunnen de modelresultaten ten aanzien van de waterstanden bij toekomstige hoogwaters beter worden onderbouwd. Rijkswaterstaat vraagt dan ook om een expliciete aanbeveling over het al dan niet gebruiken van dit uitzonderlijke hoogwater voor toekomstige modelkalibratie. Dit project is primair bedoeld om de reguliere modellering te toetsen en dus niet erop gericht om specifiek aanpassingen (verbeteringen) in het model door te voeren.

1.3 Organisatie en bijdragen

Dit project is uitgevoerd in 2 stappen: de actualisatie van het Maasmodel van j19 naar j21 en de validatie van het hoogwater van juli 2021.

De Baseline-werkzaamheden voor het opbouwen van de j21-schematisatie zijn uitgevoerd door Ton Visser met ondersteuning en advies van Jurjen de Jong. De modelopzet, berekeningen en validatie van het j21-model zijn uitgevoerd door Eveline van der Deijl met ondersteuning en advies van Jurjen de Jong. Anna Kosters heeft de review uitgevoerd.

1.4 Leeswijzer

Deze rapportage bestaat uit 2 delen, namelijk de opzet van het j21-model met een verschilanalyse ten opzichte van het referentiemodel (j19) en de verificatie van het hoogwater van 2021 zelf. In hoofdstuk 2 wordt de methode van beide onderdelen beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft de resultaten van de verschilanalyse tussen het j21- en j19-model. De verificatie van het hoogwater wordt beschreven in hoofdstuk 4 waar in de verschillende paragrafen wordt ingegaan op de verschillen tussen zowel de waterstanden als de afvoeren zoals bepaald door het model en zoals gemeten. Aan het eind van dit hoofdstuk wordt beschreven wat het effect van het verschil in de bedekking of bladdichtheid van de voorkomende vegetatietypen (ecotopen) tussen zomer en winter op de waterstanden is. Alle resultaten worden bediscussieerd in hoofdstuk 5 en de conclusies en aanbevelingen volgen in hoofdstuk 6.

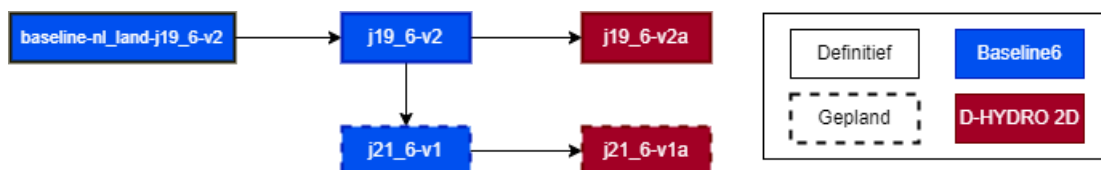
2 Methode

2.1 Modelopzet j21-model

Dit hoofdstuk beschrijft de opbouw van het model dflowfm2d-maas-j21_6-v1a. Dit 2D-model is afgeleid ter validatie van het hoogwater van juli 2021.

2.1.1 Baseline

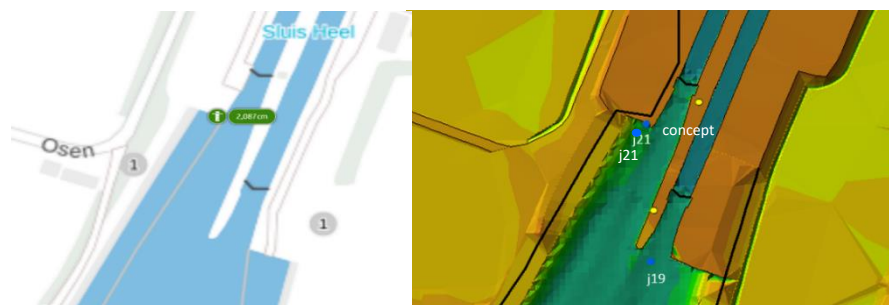
Voor de opbouw van het model Maas-j21_6-v1a is gebruik gemaakt van Baseline 6.3.0 en ArcGIS 10.6.1. De maatregellijst is opgesteld door RWS-ZN (zie Appendix A). Het j21-model betreft een historisch model, dat niet operationeel gebruikt gaat worden. Om deze reden is niet Baseline-NL geactualiseerd, maar de daaruit geknipte schematisatie baseline-maas-j19_6-v2 (Van der Deijl et. al 2022, zie Figuur 2-1).



Figuur 2-1 Opbouw van het Maas Model Maas-j21_6-v1a

Hoewel de toepassing van het model een zomerhoogwater betreft, wordt dit model ontwikkeld volgens de gebruikelijke methodologie. Het hydraulische model van de Maas is namelijk afgeleid voor het hoogwaterseizoen (de winter), en het is expliciet de vraag of de simulatie van het hoogwater 2021 met het op die manier afgeleide j21-model bruikbaar is voor toekomstige modelkalibratie. Dit betekent dat de ecotopenkartering conform het beeld in de winter is. Nieuwe lodingen van na het hoogwater zijn bewust niet meegenomen. De maatregelen om te komen tot j21_6 zijn daardoor grotendeels gelijk aan de maatregelen in de actualisatie van de vijfde generatie (j21_5; Van der Veen, 2021). Deze maatregelen zijn door RWS-ZN geconverteerd naar Baseline6-format.

Uit conceptberekeningen met het j21-model bleek er bij rkm 70 in de berekening met een stationaire afvoer Borgharen van 250 m³/s (S250) grote opstuwung direct bovenstrooms van stuw Linne te ontstaan. Dit werd veroorzaakt door droogval van het meetpunt Heel-Boven, waardoor de stuwsturing niet functioneert (Figuur 2-2). Het meetpunt was tussen j19 en j21 verplaatst zodat het beter overeenkwam met de daadwerkelijke locatie, maar ligt in het model dan te dicht op de kade (zie *j21 concept* in Figuur 2-2). Om deze reden is observatiepunt Heel-Boven opnieuw verplaatst in het 6^e-generatiemodel (zie *j21* in Figuur 2-2). De naamgeving van het meetpunt en de verwijzing hiernaar in de kunstwerksturing (RTC) is hierdoor veranderd van “MA_67.30_L_LMW-H_Heel-boven” naar “MA_67.30_L_LMW-H_Heel-boven-g6”.



Figuur 2-2 Locatie Heel Boven volgens Waterinfo (links) en in j19 en j21-concept en -definitief (rechts)

2.1.2 D-HYDRO

Maas-j21_6-v1 is met Baseline 6.3.0 en het rooster maas_40m_v2022_1.0 geconverteerd naar D-HYDRO. De resulterende bestanden vormen in de modelschematisatie de 'geometry'-map en worden gecombineerd met de mappen 'boundary_conditions', 'general' en 'initial_conditions' welke gelijk zijn aan die van het j19_6-model.

2.1.2.1 Initiële waterstand

Initiële waterstanden zijn aangemaakt voor stationaire afvoeren van 25, 250, 500, 750, 1000, 1250 en 1500 m³/s bij Lixhe, zonder toevoeging van lateralen. Daarvoor is met het dflowfm2d-maas-j21_6-v1a model een berekening uitgevoerd startend vanaf het initiële waterstandsveld uit Baseline. In deze berekening worden vervolgens de genoemde afvoeren achter elkaar trapsgewijs opgegeven met de start bij 25 m³/s. Iedere afvoer is 9 dagen lang stationair doorgerekend voordat overgegaan wordt naar de volgende afvoer. Het berekende waterstandsvlak aan het eind van elke stationaire periode is weggeschreven als initieel waterstandsveld. Voor de validatie van het hoogwater is de initiële waterstand van Q250.xyz gebruikt, omdat de afvoer bij Eijsden Grens begin juli ongeveer 400 m³/s was.

2.1.2.2 RealTimeControl (RTC)

De stuwen hebben de functie om een bovenstroomse waterstand op een opgegeven streefpeil te houden. Met RealTimeControl (D-RTC) is dit geïmplementeerd door de stuwhoogte te sturen met een PID-controller, die probeert de waterstanden bovenstrooms van de stuw zo goed mogelijk op het streefpeil (het setpoint) te krijgen. Bij simulaties met synthetische afvoergolven of voor operationeel gebruik (toekomstige perioden), wordt gebruik gemaakt van deze vaste sturingsregels, ook wel de operationele stuwsturing genoemd.

Voor de validatie van het hoogwater is echter historische RTC opgesteld op basis van de door Rijkswaterstaat aangeleverde gemeten waterstanden met een interval van 10 minuten. Het model stuurt via de RTC de stuwen zo aan dat deze gemeten waterstanden zo goed mogelijk door het model worden gereproduceerd. De meetreeksen bevatten echter hoogfrequente schommelingen door de stuwsturing. Het is niet wenselijk om deze kleine variaties mee te nemen in de stuwsturing van het model. De meetreeks is daarom gladder gemaakt met behulp van een Low Pass Filter¹ die de frequenties met een periode kleiner dan 12 uur uit de metingen verwijdert.

Daarnaast is ook de piek uit de gemeten waterstanden verwijderd. De data is verwijderd tussen het moment waarop de waterstanden in de metingen snel gingen stijgen tot ver boven het streefpeil en het moment waarop de sterke daling tot op het streefpeil weer stopte. Tussen deze momenten wordt door het model lineair geïnterpoleerd. De opgegeven waterstanden voor de RTC zijn dus lager dan de werkelijke en in het model optredende waterstanden. Het model probeert de gemodelleerde waterstand te verlagen tot het opgegeven streefpeil door de stuw geheel te openen en open te laten binnen deze periode. Hiermee wordt voorkomen dat een onderschatting van de waterstand tijdens deze periode in het model gecorrigeerd wordt door de stuw (gedeeltelijk) te sluiten.

2.1.3 Validatie

Om te toetsen of de opbouw van het j21-model goed is gegaan wordt een vergelijking uitgevoerd met het actuele j19_6-v2a model voor zowel de bodemhoogtes, als de verschillen in waterstand voor de standaard som met een stationaire afvoer van 250 m³/s (S250) en met een dynamische afvoergolf van 4100 m³/s bij Borgharen (D4100). Alle berekeningen vinden plaats met de software D-HYDRO 2022-01 patch01.

¹ Voor een Low Pass Filter wordt een signaal opgesplitst in een groot aantal harmonische componenten (golven met een bepaalde amplitude en periode). Door de componenten met hoge frequenties te verwijderen en de overgebleven componenten weer bij elkaar op te tellen wordt een geleidelijk signaal verkregen zonder ruis.

2.2 Verificatie hoogwater juli 2021

2.2.1 Beschikbare data

2.2.1.1 Meetreeksen van waterstanden en debieten

Door RWS-ZN zijn meetreeksen van waterstanden en debieten aangeleverd voor de periode van 01-04-2021 t/m 28-02-2022. Dit betreffen meetreeksen van zowel de Nederlandse (LMW) als Vlaamse (HIC) vaste meetstations langs de Maas en lateralen. Het overzicht van deze metingen is opgenomen in **Error! Reference source not found.** en Tabel D-2 van Appendix D.

De gemeten waterstanden van de Maas van 2021 zijn gevalideerd. De gemeten afvoeren van de Maas zijn nog niet gevalideerd, behalve voor de periode van het hoogwater (tussen 12-07-2021 en 21-07-2021). Rura-Arnhem (Van der Veen, 2021; Van der Veen, 2022) heeft namelijk voor de periode van het hoogwater de hiaten in de afvoermetingen van de Maas en enkele lateralen gevalideerd, gecorrigeerd en aangevuld. Deze gecorrigeerde debieten voor de locaties Eijsden Grens, St. Pieter, Borgharen, Venlo en Megen zijn opgenomen in de door Rijkswaterstaat aangeleverde metingen.

De door Rura-Arnhem gecorrigeerde debieten van sluis Ternaaien, de Neerbeek, Geul en Roer monding zijn gebruikt om de hiaten in de door Rijkswaterstaat (nog niet gevalideerde) geleverde metingen op te vullen.

Voor de vergelijking van verschillende hoogwaters wordt gekeken naar de opgetreden hoogste waterstanden. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de bovengenoemde vaste meetpunten van zowel Nederlandse als Vlaamse meetstations langs de Maas en de lateralen. In het winterseizoen worden naast de vaste LMW- en HIC-meetstations ook extra Divers uitgezet die de waterstanden meten. Deze worden achteraf opgehaald en uitgelezen. In juli 2021 lagen deze divers echter nog in de opslag waardoor er geen extra waterstandsmetingen beschikbaar zijn buiten die van het vaste meetnet.

2.2.1.2 Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) metingen

Tijdens het hoogwater (op 16 en 18 juli 2021) heeft Aqua Vision (Eelkema, 2021) afvoermetingen en verhanglijnmetingen uitgevoerd op het Maastraject tussen Sambeek en Grave. De afvoermetingen zijn uitgevoerd op kilometerraaien 148-175 met een Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) van het merk Teledyne RD Instruments, waarbij de bottom-track is gebruikt om de absolute stroomsnelheid en -richting te bepalen. Het meetschip kan niet altijd de oever goed bereiken. Daarom wordt bij elke afvoermeting de resterende afvoer (over de afstand tussen de oever en de dichtstbijzijnde locatie die het meetschip kan bereiken) geschat op basis van de 10 ensembles die het dichtst bij de oever liggen. De afvoermetingen zijn opgenomen in Tabel D-4 van Appendix D.

Ook de meetdienst van Rijkswaterstaat (CIV Mobiel Meten) heeft tijdens het hoogwater (op 15, 16, 17 en 18 juli) afvoermetingen uitgevoerd op 6 locaties. Het overzicht van al de metingen is opgenomen in Tabel D-5 van Appendix D. In een aantal gevallen is 4 of 5 keer achter elkaar gemeten op 1 locatie. Zowel de individuele metingen als het gemiddelde van deze metingen is gebruikt binnen de analyse. Alleen bij vaste meetlocatie Eijsden is het gelukt om tijdens het hoogwater de afvoer te meten met de ADCP. Bij de vaste LMW-meetlocaties van St. Pieter, Venlo en Megen was het vanwege de veiligheid of drijfaval niet mogelijk om de afvoeren te meten.

2.2.1.3 Verhanglijnen

Voor de bepaling van verhanglijnen is door Aqua Vision langs de middenas van de rivier gevaren met een constante vaarsnelheid over de gehele lengte van het traject. De hoogte, gemeten met een GPS-antenne, is met behulp van de vaarsnelheid en de gemeten waterstanden bij vaste meetstations gecorrigeerd naar de hoogte van het wateroppervlak (Eelkema, 2021).

2.2.1.4 Topwaterstanden en incidentele metingen

Door het waterschap Limburg en RWS-ZN zijn nog diverse incidentele metingen met betrekking tot het hoogwater verzameld, namelijk topwaterstanden, notities van waterstanden op peilschalen (zie Tabel D-3 van Appendix D) en strootjesmetingen.

In de dagen na het passeren van de piek is de topwaterstand af te leiden aan de hand van achtergebleven markeringen op peilschalen, muren, planten, verkleuringen van gras of gewassen, ligging van zwerfhout of zwerfafval, modderlijnen, of aanduidingen van omwonenden. Deze identificaties van de topwaterstanden worden strootjesmetingen genoemd. Er zijn in totaal door RWS-ZN 619 strootjesmetingen aangeleverd voor het traject van Grevenbicht (rkm 45) t/m Afferden (rkm 148), waarvan 418 met bekende xy-locatie. Deze 418 strootjesmetingen zijn als shapefile en als XYZ-bestand aangeleverd.

De aangeleverde metingen zijn voor de analyse uitgebreid doorgenomen. Op basis van de bijgeleverde opmerkingen zijn de hoogtes van metingen met nummer 324, 326, 327, 358, 415, 417 en 418 gecorrigeerd. Dit betroffen volgens de opmerkingen namelijk metingen van het maaiveld waarbij de hoogte van het water nog opgeteld moest worden. Meting 325 is weggelaten omdat dit een meting van "maaiveld op brug puur ter info" betrof. Ook meting 289 is weggelaten omdat deze volgens de opmerking twijfelachtig was.

2.2.2 Model opzet

2.2.2.1 Randvoorwaarden

Voor de bovenrand van het model (Lixhe) wordt de gemeten afvoer van LMW-meetlocatie Eijsden-grens gebruikt. De waterstand van LMW-meetlocatie Keizersveer vormt de benedenstroomse randvoorwaarde. Deze twee randvoorwaarden zijn elk opgegeven met een interval van 10 minuten. De laterale toestroming is de derde randvoorwaarde die beschikbaar moet zijn voor het Maasmodel. Deze laterale toestroom bestaat uit de afvoeren van belangrijke beken en gemalen, maar omvat ook de onttrekkingen via het schutdebiel door de sluisen bij het Albertkanaal, Ternaaien, Zuid-Willemsvaart, Julianakanaal en Lateraalkanaal.

De Roer, de Aa, de Dommel, de Geul, de Geleenbeek, de Neerbeek en de Niers zijn zeven beken die circa 75% van de laterale toestroming naar de Nederlandse Maas beschrijven. Het stroomgebied van de Roer, de Aa, de Dommel, de Geul en de Geleenbeek wordt normaliter beïnvloed door dezelfde neerslaggebieden, maar tijdens het hoogwater van juli 2021 hebben de stroomgebieden van Geul, Geleenbeek en Roer veel meer neerslag ontvangen dan de overige stroomgebieden (Van der Veen, 2022).

De randvoorwaarden van de beken worden afgeleid met behulp van de Randvoorwaarden Generator Water Modellen 2.4.0 patch 01 (RGWM) op basis van een beperkte set metingen van deze grote beken. In overleg met RWS-ZN is besloten om van de gelegenheid gebruik te maken om een lange reeks randvoorwaarden te maken ten behoeve van toekomstige kalibratie en validatie van ook middelhoge en lage afvoeren. De randvoorwaarden zijn daarom door RWS-ZN verzameld en aangeleverd voor de periode van 01-04-2021 t/m 28-2-2022. Er missen echter veel meetgegevens na het hoogwater. Als onderdeel van deze evaluatie is het model enkel doorgerekend voor juli 2021.

De gebruikte gegevens voor de invoerbestanden van de RGWM zijn opgenomen in Tabel 2-1. De RGWM-invoer die begint met code 0,1 of 2 volgt direct uit de beschikbare metingen voor de bijbehorende meetlocaties. De optionele RGWM-invoer die begint met code 6, gebruikt het verval in waterstand om de schutdebieten over de betreffende sluisen te bepalen. Het verval in waterstand wordt afgeleid met behulp van afleidformules en de waterstandsmetingen van 1 of meerdere locaties boven- en benedenstrooms van de betreffende sluisen. Deze locaties zijn zichtbaar in Tabel 2-1 en de relaties zijn verkregen uit bijlage 4 van Van der Veen (2018). Echter is in deze bijlage voor Sluis Ternaaien een foutieve relatie opgenomen op basis van het verval in waterstand tussen de LMW-locaties Eijsden, St. Pieter en Linne-beneden. Het verval hoort alleen op basis van de waterstanden van Eijsden en St. Pieter bepaald te worden. Dit is gecorrigeerd voor deze analyse.

Door beperkingen qua bereik van de meetapparatuur en door de hoge afvoeren met veel zwerfafval zijn hiaten in metingen ontstaan. Vanwege deze hiaten in de meetreeksen en om de waterbalans goed sluitend te krijgen zijn nog enkele aanpassingen gedaan in de invoer- of uitvoer-bestanden van de RGWM. Deze aanpassingen zijn hieronder beschreven.

Geul (2_02_Geul_Meerssen.tim)

Het is in de RGWM optioneel om voor de Geul (locatie Meerssen) een tijdserie van afvoeren op te geven. Omdat de stroomgebieden van de Geul, Geleenbeek en Roer tijdens het hoogwater van 2021 veel meer neerslag hebben ontvangen dan de overige stroomgebieden is het wel noodzakelijk om een reeks aan afvoeren op te geven voor de validatie van het hoogwater. De standaardrelaties waarbij de afvoer van de Geul direct gerelateerd is aan de afvoer van de Roer, welke weer direct afhangt van de afvoer zoals gemeten bij Borgharen, zijn voor deze periode onvoldoende geldig door de lokale heftige neerslag.

Er zijn metingen voor locatie Meerssen in de Geul beschikbaar, maar de tijdreeks is onvolledig. Er zijn namelijk alleen metingen beschikbaar t/m 18-07-2021 20:00. Door Van der Veen (2021) is de afvoer bij Meerssen voor de resterende periode van het hoogwater benaderd op basis van een door het waterschap aangegeven piekafvoer van 85–90 m³/s op 15 juli 2021 rond 10:00 uur. Deze afvoer is door het waterschap berekend op basis van de gemeten stroomsnelheid en het doorstroomprofiel benedenstrooms van Meerssen, waar de ADCP-sensor wel bleef functioneren. De tijdens de piek gemeten waterstanden bij Meerssen tonen een semi-stationaire waterstand waarin geen duidelijke piek zichtbaar is. Op basis van de duikercapaciteit onder het Julianakanaal en de semi-stationaire waterstand is de piek uiteindelijk afgetopt op ongeveer 55 m³/s. De uiteindelijke schatting van de constante afvoer van 55 m³/s bij Meerssen is voor de periode van 12-07-2021 00:00 t/m 22-07-2021 00:00 gebruikt als aanvulling op de beschikbare metingen.

Roer monding (2_04_Roer_Hambeek_monding.tim)

In de RGWM worden de metingen van de Roer-afvoer van Stah (Duitsland) naar een afvoer bij Roermond (Hambeek) vertaald, waar de Roer uitkomt in de Maas. De gevalideerde afvoerreeks bij Stah van Waterschap Limburg is echter onvolledig doordat de metingen voor de periode 15-7-2021 19:00 tot 17-7-2021 00:00 ontbreken. Het waterschap heeft aangegeven dat de piekafvoer bij Stah op 16 juli 2021 rond 20:00 260-280 m³/s bedroeg. Van der Veen (2021) heeft op basis van deze gegevens en het Sobek3 maas-j21_5-v1-model de afvoer bij de monding bepaald. Deze afvoer is gebruikt voor de RGWM-locatie Roer_Hambeek_monding.

Neerbeek Hammermolen (2_06_Neerbeek_Hammermolen.tim)

De afvoer van de Neerbeek wordt gemeten bij locatie Hammermolen door het waterschap Limburg. De aangeleverde meetreeks is echter onvolledig. De periode 12-7-2021 00:00 tot 20-7-2021 01:00 ontbreekt grotendeels. Tijdens het hoogwater zijn er tussen de grote hiaten toch 3 metingen beschikbaar met een afvoer >17 m³/s.

De afvoercapaciteit van de Neerbeek wordt echter ingeschat op max. 5.5 m³/s (Van der Veen, 2021). De afvoeren >17 m³/s zijn dus onrealistisch en zijn daarom weggelaten uit de meetreeks. De hiaten in de meetreeks zijn door de RGWM aangevuld m.b.v. de standaard lineaire regressiefunctie t.o.v. de afvoer van de Dommel.

Sluis Ternaaien (6_01_Sluis_Ternaaien.tim)

De sluisen van Ternaaien vormen met het kanaal van Ternaaien de verbinding tussen het Albertkanaal en de Maas. Voor het bepalen van de afvoer door sluis Ternaaien wordt in de RGWM gebruik gemaakt van formules op basis van waterstandsmetingen bij Eijsden en St. Pieter. Het onderstaande kader geeft de afleiding voor het verval over de sluis, zoals verkregen uit Bijlage 4 van Van der Veen (2018). In afleiding 1 moet de locatie "LMW Linneben" vervangen worden door "LMW Eijsden". De correcte relatie is gebruikt voor het opstellen van het verval over de sluis.

BIJLAGE 4: Optionele bestanden voor RGWM

Sluis	Bestandsnaam verval	H1 (oost/zuid)	H2 (west/noord)
Maas			
Sluis Ternaaien	6_01_Sluis_Ternaaien.tim	57.77 m+ NAP	Afleiding 1

Foutief:

Afleiding 1: $LMW\ Eijsden - (7.3 - 2.56) / (10.8 - 2.56) * (LMW\ Eijsden - LMW\ StPieter) = LMW\ Eijsden - 0.5752 * (LMW\ Linneben - LMW\ St.\ Pieter)$

Correct:

Afleiding 1: $LMW\ Eijsden - (7.3 - 2.56) / (10.8 - 2.56) * (LMW\ Eijsden - LMW\ StPieter) = LMW\ Eijsden - 0.5752 * (LMW\ Eijsden - LMW\ St.\ Pieter)$

Op basis van het verval over Sluis Ternaaien is de afvoer van deze lateraal door de RGWM bepaald. Het uitvoerbestand (6_01_Sluis_Ternaaien.tim) is vervolgens gecorrigeerd voor de periode 11-7-2021 00:00 t/m 22-7-2021 00:00. Tijdens deze periode werd er namelijk vanuit het Albertkanaal extra gespuid via Sluis Ternaaien om overstroming van het Albertkanaal te voorkomen (zie paragraaf 1.1). Voor de correctie is gebruik gemaakt van de afvoeren volgens Rura-Arnhem (Van der Veen, 2021). Deze afvoeren door de sluis zijn bepaald op basis van het verschildebiet tussen de in het Albertkanaal gelegen meetpunten van Haccourt (bovenstrooms van de aftakking naar het kanaal van Ternaaien) en Kanne (benedenstrooms van de aftakking, zie ook Figuur 1-2).

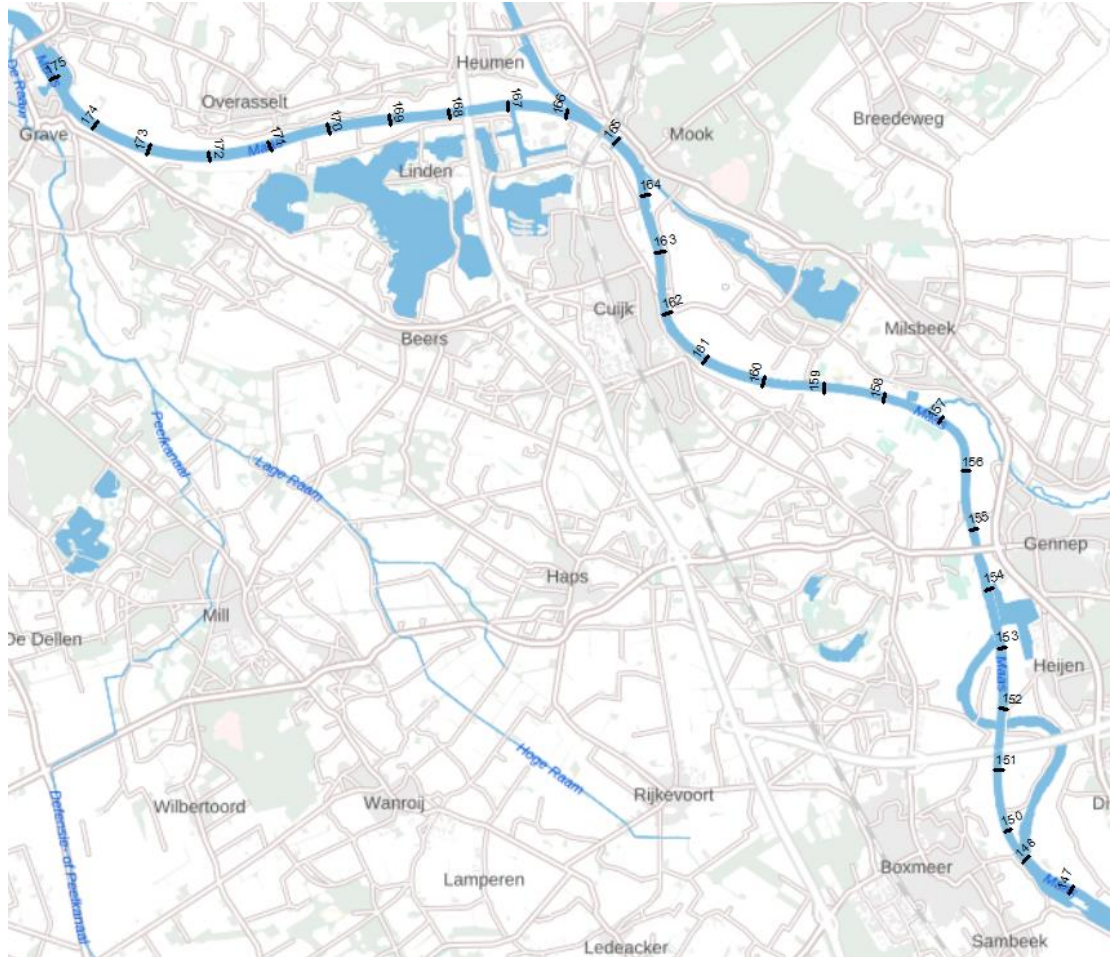
Tabel 2-1 meetlocaties, tijdseries en correcties zoals gebruikt voor de RGWM-invoerbestanden

RGWM invoer	soort	meetlocatie	begindatum en tijd	tijdstap [min.]	correcties
0_01_Borgharend.tim	Q	QBorgharen Dorp	1-4-2021 00:00	10	
1_01_Eijsden_grens.tim	Q	QEijsden Grens	1-4-2021 00:00	10	
1_02_Keizersveer.tim	H	Keizersveer	1-4-2021 00:00	10	
1_03_Roer_Stah.tim	Q	Pegel Stah	1-4-2021 00:00	60	
1_04_Niers_Goch.tim	Q	Pegel Goch	1-4-2021 00:00	60	
1_05_Aa_A2Oosterplas.tim	Q	ADM120 Oosterplas	1-4-2021 00:00	60	
1_06_Dommel_P10.tim	Q	P10_Dommel	1-4-2021 00:00	60	
2_01_Smeermaas_ADM.tim	Q	QSmeermaas	1-4-2021 00:00	60	
2_02_Geul_Meerssen.tim	Q	QMeerssen	1-4-2021 00:00	60	Aangevuld voor 12-07-2021 00:00 t/m 22-07-2021 00:00 (Van der Veen, 2021)
2_03_Geleenbeek_Roosteren.tim	Q	Oud-roosteren 6.1.27	1-4-2021 00:00	60	
2_04_Roer_Hambeek_monding.tim	Q	-	1-4-2021 00:00	60	Afvoer bij monding uit SOBEEK (Van der Veen, 2021)
2_05_Swalm_grens.tim	Q	Swalm Grens	1-4-2021 00:00	60	
2_06_Neerbeek_Hammermolen.tim	Q	Hammermolen	1-4-2021 00:00	60	3 metingen >17 m3/s weggelaten
2_08_Dieze_Crevecoeur.tim	Q	ADM116 Engelen (Crevecoeur)	1-4-2021 00:00	60	
2_09_Drongelens_kanaal_Waalwijk.tim	Q	ADM118 Waalwijk	1-4-2021 00:00	60	
2_10_Bunde_ADM.tim	Q	QBunde	1-4-2021 00:00	60	
6_01_Sluis_Ternaaien.tim	DH	Eijsden StPieter	1-4-2021 00:00	10	De afvoer van sluis Ternaaien zoals op basis van het verval DH is afgeleid met de RGWM is in een tweede stap gecorrigeerd met de door Rura-Arnhem (Van der Veen, 2021) bepaalde afvoer voor 11-7-2021 00:00 t/m 22-7-2021 00:00.
6_02_Sluis_Limmel.tim	DH	Borgjaren-Julianakanaal Bunde	1-4-2021 00:00	10	
6_03_Sluis_Heel.tim	DH	Heel-boven Heel-beneden	1-4-2021 00:00	10	
6_04_Sluis_Panheel.tim	DH	Heel-boven	1-4-2021 00:00	10	
6_05_Sluis_Linne.tim	DH	Heel-boven Linne-beneden Roermond-boven	1-4-2021 00:00	10	
6_06_Sluis_Heumen.tim	DH	Mook-haven	1-4-2021 00:00	10	
6_08_Sluis_Empel.tim	DH	Empel-beneden	1-4-2021 00:00	10	
6_09_Sluis_Henriette.tim	DH	Crevecoeur Mook	1-4-2021 00:00	10	
6_10_Sluis_Weurt.tim	DH	Mook Nijmegen-haven	1-4-2021 00:00	10	
6_11_Sluis_Andel.tim	DH	Heesbeen Vuren	1-4-2021 00:00	10	

2.2.3 Extra uitvoerlocaties

Voor de vergelijking van de (top)waterstanden van de incidentele metingen met de waterstanden uit de modelresultaten zijn extra uitvoerlocaties opgenomen in het model. De coördinaten en naamgeving van deze locaties is opgenomen in het extra invoerbestand Incidentele_metingen.xyn, dat ook zichtbaar is in Appendix C.1.

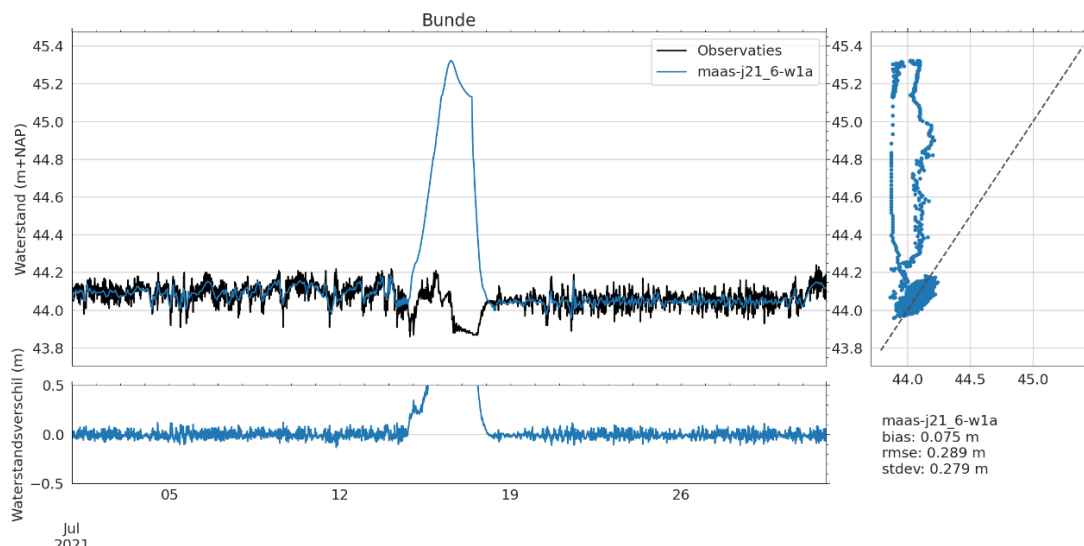
Voor de vergelijking van de afvoeren uit de ADCP-metingen met afvoeren uit de modelresultaten zijn handmatig extra dwarsdoorsnedes toegevoegd aan de uitvoerlocaties. Deze doorsnedes zijn zichtbaar in Figuur 2-3. De coördinaten en naamgeving zijn opgenomen in het invoerbestand ADCPcrosssections.pli, dat zichtbaar is in Appendix C.2.



Figuur 2-3 Extra crosssecties voor de vergelijking met de ADCP metingen van Aqua Vision.

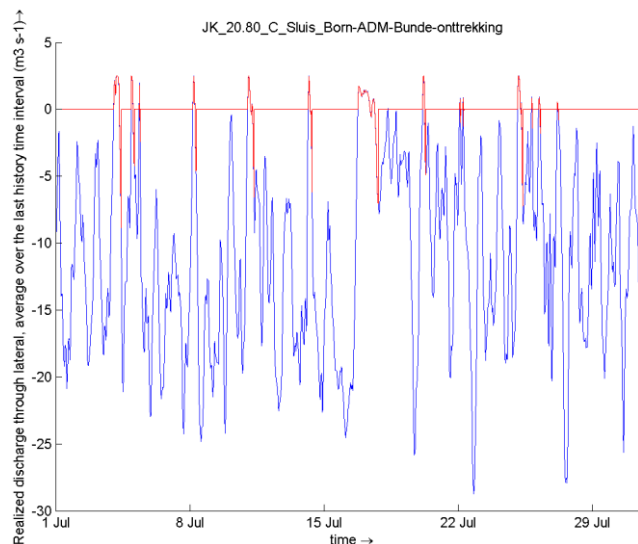
2.2.4 Handmatige aanpassing onttrekking Sluis Born

Figuur 2-4 toont voor de testsimulaties van het j21-model bij meetlocatie Bunde in het Julianakanaal een bias van 7 cm, met een standaarddeviatie van 28 cm en modelwaterstanden die zelfs maximaal 1,08 m hoger liggen dan de metingen. De afwijking tussen het model en de metingen is echter alleen tijdens het hoogwater erg groot.



Figuur 2-4 De waterstanden en het verschil in waterstanden tussen het j21-model en de metingen van de meetlocatie Bunde in het Julianakanaal.

Het Julianakanaal is pas sinds de actualisatie naar j19 in het model opgenomen. Dit kanaal wordt door de sluiting van keersluis Limmel afgesloten van de Maas tijdens hoge afvoergolven. Deze sluiting wordt in het model door de RTC gestart zodra de afvoer van St. Pieter boven de $1860 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ligt. Nadere inspectie van de modelresultaten heeft uitgewezen dat de keersluis van Limmel goed werkt en netjes sluit zodra de afvoer van St. Pieter boven de $1860 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ is gestegen en weer opent zodra de afvoer onder de $1860 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ is gedaald. Figuur 2-4 laat echter zien dat de modelwaterstand op het kanaalpand in tegenstelling tot de metingen blijft toenemen. Bij de actualisatie van het j19-model was deze toename ook al in de modelresultaten zichtbaar (Van der Deijl et. al 2022). Toen werd geconcludeerd dat de toename in waterstand wordt veroorzaakt door 2 factoren. Ten eerste wordt de opgelegde afvoer uit het pand niet gerealiseerd doordat de onttrekking JK_20.80_C_Sluis_Born-ADM-Bunde-onttrekking bijna altijd droog ligt. Ook tijdens de simulatie van het hoogwater van juli 2021 blijkt dat de onttrekking in het model (rood in Figuur 2-5) bij Sluis Born minder is dan de vooraf opgelegde onttrekking (blauw in Figuur 2-5). Er vindt alleen een onttrekking plaats nadat er eerst een lozing op het sluispand heeft plaatsgevonden. De sluis is fijner geschematiseerd dan de resolutie van het rooster en de sluis blijft droog aangezien deze compleet wordt afgesloten door de hogere kades. De tweede factor die bij de opbouw van het j19-model werd genoemd was dat er bij een piekafvoer van $5000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ een kade ter hoogte van JK_2.10 overstroomt (Van der Deijl et. al 2022). Deze overstrooming vindt echter niet in de modelsimulatie van het hoogwater van 2021 plaats, noch is er op andere locaties in het Julianakanaal een overstrooming/extra instroom van water geconstateerd.



Figuur 2-5 De opgelegde (blauw) en gerealiseerde (rood) afvoer voor JK_20.80_C_Sluis_Born-ADM-Bunde-onttrekking

Omdat er door de droogval van de onttrekkingen bij Sluis Born in het j21-model te hoge waterstanden in het Julianakanaal ontstonden, stroomde na de opening van de Keersluis bij Limmel na afloop van de hoogwatergolf het water vanuit het kanaalpand richting de Grensmaas. Ook op andere momenten voor het hoogwater werd deze tegengestelde stroming in het kanaalpand geconstateerd. Om deze reden is voor nu besloten om in 202104202202_bnd.ext de onttrekking van JK_20.80_C_Sluis_Born-ADM-Bunde-onttrekking handmatig te verplaatsen naar een locatie waar deze niet droogvalt (zie Tabel 2-2). Hoewel de onttrekking van JK_20.80_C_Pomp_Born-onttrekking tijdens de modelsimulatie niet in gebruik is, wordt ook deze onttrekking verplaatst, omdat deze op precies dezelfde locatie lag als JK_20.80_C_Sluis_Born-ADM-Bunde-onttrekking.

Tabel 2-2 Handmatige verplaatsing van de onttrekkingen bij Sluis Born

Lateraal	oorspronkelijke coördinaten	nieuwe coördinaten
JK_20.80_C_Sluis_Born-ADM-Bunde-onttrekking	xCoordinates = 183883.0913 yCoordinates = 338571.4551	xCoordinates = 183802 yCoordinates = 338266
JK_20.80_C_Pomp_Born-onttrekking	xCoordinates = 183883.0913 yCoordinates = 338571.4551	xCoordinates = 183802 yCoordinates = 338266

2.2.5 Effect van de zomervegetatie

De waterstanden in de Maas worden beïnvloed door de ruwheid van de vegetatie in de uiterwaarden. Het hydraulische model van de Maas is afgeleid voor het hoogwaterseizoen (de winter). In het model wordt dus uitgegaan van vegetatie zoals die in de winter aanwezig is. Er zijn in de zomer 2 factoren waardoor een verschil in de ruwheid van de vegetatie te verwachten is, namelijk:

1. Het type vegetatie is in de zomer vaak anders dan in de winter. Akkers staan in de zomer vaak vol met (hogere) gewassen, terwijl deze akkers braak liggen of begroeid zijn met laag grasland in de winter. Zeker op maïsakkers kan hierdoor een groot verschil in de ruwheid van de zomer en winter ontstaan.

2. Ook op plekken waar het type vegetatie gelijk blijft tussen zomer en winter kan de ruwheid van deze vegetatie verschillen doordat er in de zomer vaak meer bladeren aanwezig zijn en de vegetatie vaak sterker en hoger is en eenjarige planten nog niet zijn afgestorven en platgeslagen.

Beide factoren leiden in principe tot een hogere vegetatieruwheid, waardoor meer opstuwing optreedt. Naar verwachting leidt de zomervegetatie die in werkelijkheid aanwezig was tijdens het hoogwater dus tot hogere waterstanden dan voorspeld door het model, waarin van de wintervegetatie uit wordt gegaan.

Het eerste effect van een verschillend type vegetatie tussen zomer en winter is **NIET** onderzocht voor deze rapportage. Het tweede effect van een andere ruwheid door het verschil in de bedekking, bladdichtheid en hoogte van de voorkomende vegetatietypen (ecotopen) tussen zomer en winter is wel onderzocht. Hiervoor is gebruik gemaakt van de hogere ruwheidscoëfficiënten voor de zomer van door- en overstroomde vegetatie zoals opgesteld door van Velzen (2005). Deze ruwheidscoëfficiënten zijn door Rijkswaterstaat aangeleverd voor het project beleidstafel wateroverlast en hoogwater (de Jong et al., 2022) en zijn opgenomen in Appendix C.3.

Om het effect van de zomervegetatie op de ruwheid en op de opgetreden waterstanden te onderzoeken is één extra simulatie uitgevoerd met daarin de ruwheidscoëfficiënten van de zomer i.p.v. die van de winter. Alle overige modelinstellingen zijn hierbij gelijk gehouden.

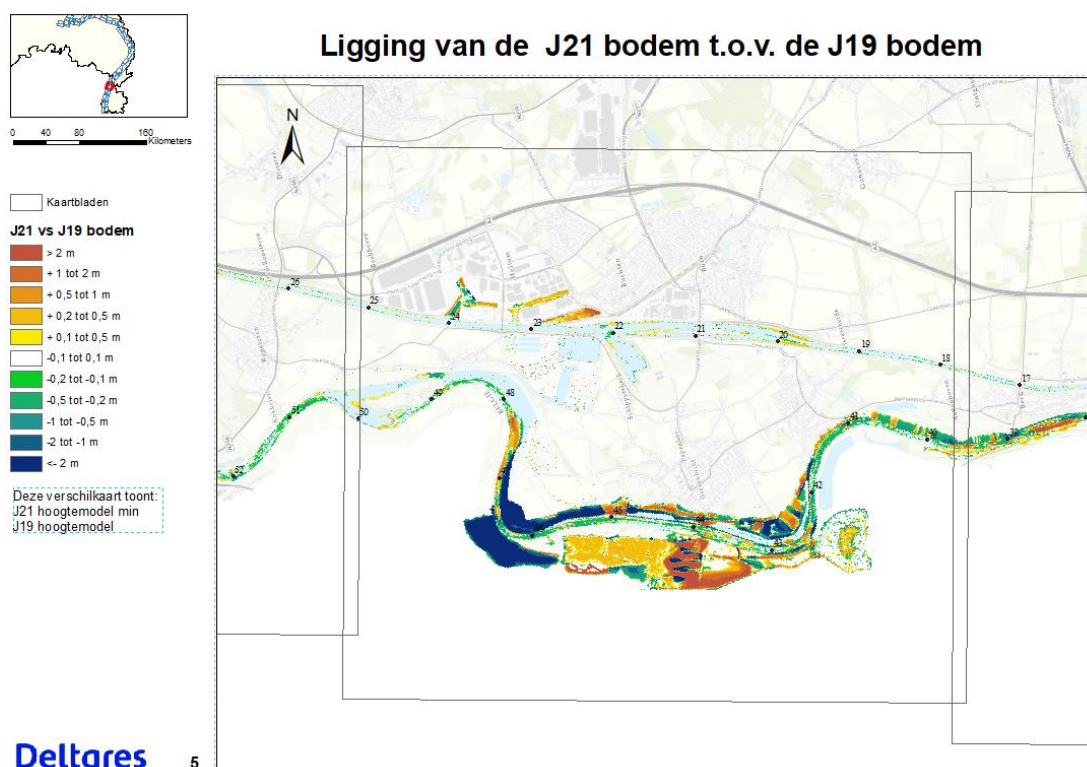
3 Verschilanalyse j21_6 en j19_6

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van de simulaties zoals gespecificeerd in sectie 2.1.3. Om te toetsen of de opbouw van het j21-model goed is gegaan is de vergelijking uitgevoerd met het actuele j19_6-v2a-model.

3.1 Veranderingen in bodemhoogte

De verschillen in bodemhoogtes van de Baselineversies j21_6-v1 en j19_6-v2 zijn weergegeven in de kaarten van Appendix B. In de kaarten is zichtbaar dat de bodem van het zomerbed in de schematisatie van j21 ongeveer 10 tot 50 cm lager ligt dan in de j19-schematisatie. Er zijn echter ook locaties waar de zomerbedbodem lokaal 10 tot 50 cm is verhoogd. De grootste verschillen in bodemhoogte worden in de Appendix opgesomd.

De enige locatie waar de verschillen significant doorwerken in de waterstanden is het traject tussen rkm 41 en 48. Hier hebben grote veranderingen in de bodemhoogte van het winterbed plaatsgevonden (zie Figuur 3-1). Tussen rkm 42 en rkm 45 ligt de bodem lokaal 20 cm tot 2 m hoger in j21 dan in j19, onder andere door opname van de as-built-situatie na uitvoering van Ingreep Boeien-Veurzen. Rondom rkm 46,5 is de bodem van het winterbed juist lokaal 6 m verlaagd door opname van de vermoedelijke tussentijdse toestand na de ingreep van de maatregelen Elerweerd, Koeweide en Grevendicht.



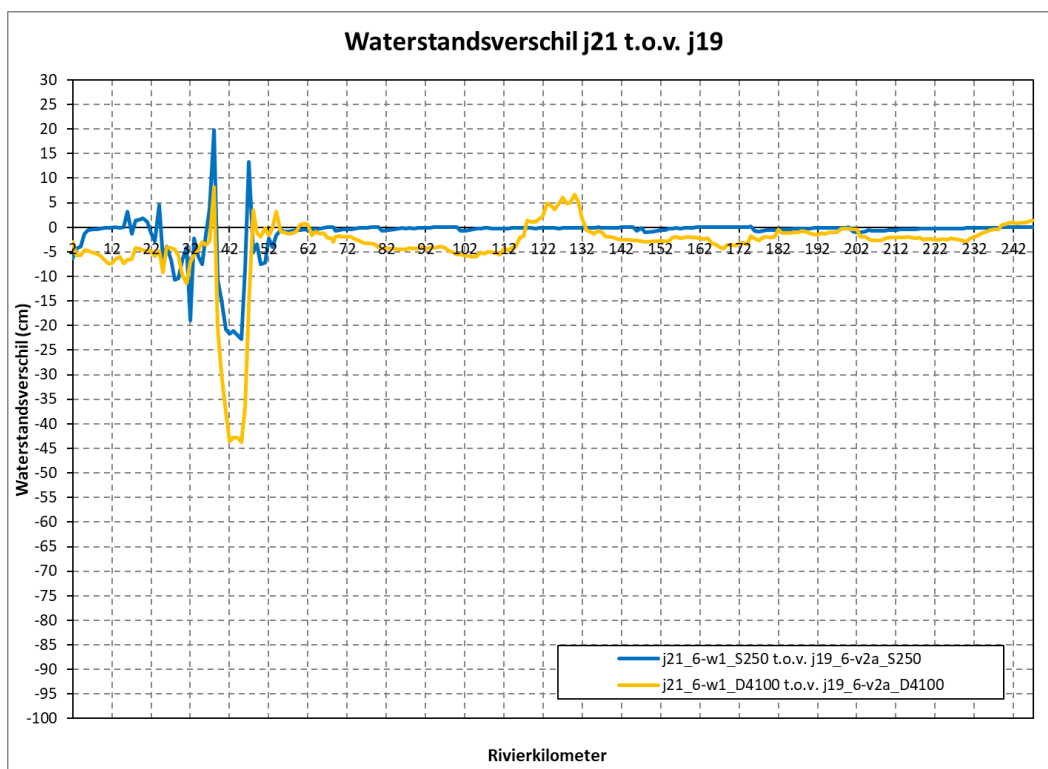
Figuur 3-1 Verschil in bodemhoogte tussen schematisaties van J21 en J19 voor rkm 40 t/m 50.

3.2 Verschilanalyse waterstanden

In Figuur 3-2 is voor de modelschematisaties j21_6-v1a en j19_6-v2a het verschil in de waterstand voor S250 en D4100 op de rivieras weergegeven.

De verschillen in waterstand worden o.a. veroorzaakt door een update van de bodemhoogtes en door verschillen in ruwheid en bodemhoogte als gevolg van uitgevoerde maatregelen. De verschillen in bodemhoogtes van de Baselineversies j21_6-v1 en j19_6-v2 zijn weergegeven in de kaarten van Appendix B. De belangrijkste observaties uit Figuur 3-2 en Appendix B zijn:

- Er is een waterstandsval van 5 cm bovenstrooms van rkm 5, ook bij lage afvoer.
- Op de gehele Grensmaas (rkm 16 tot en met 55) is er een waterstandsval. Deze val is met 43 cm het grootst bovenstrooms van rkm 45. Deze waterstandsval wordt veroorzaakt door projecten van maatregel Elerweerd en Koeweide waarvoor rondom rkm 46,5 de bodem van het winterbed lokaal 6 m is verlaagd (zie Figuur 3-1).
- Een hoge afvoer resulteert op de Zandmaas (rkm 70 tot 110) in een waterstandsval in de orde van 5 cm. Vermoedelijk is dit het gevolg van de nieuwe zomerbedlodingen.
- Bij rkm 132 stijgt de waterstand bij hoge afvoer door de aanpassing van de Baseline-data van het project Ooijen Wanssum.

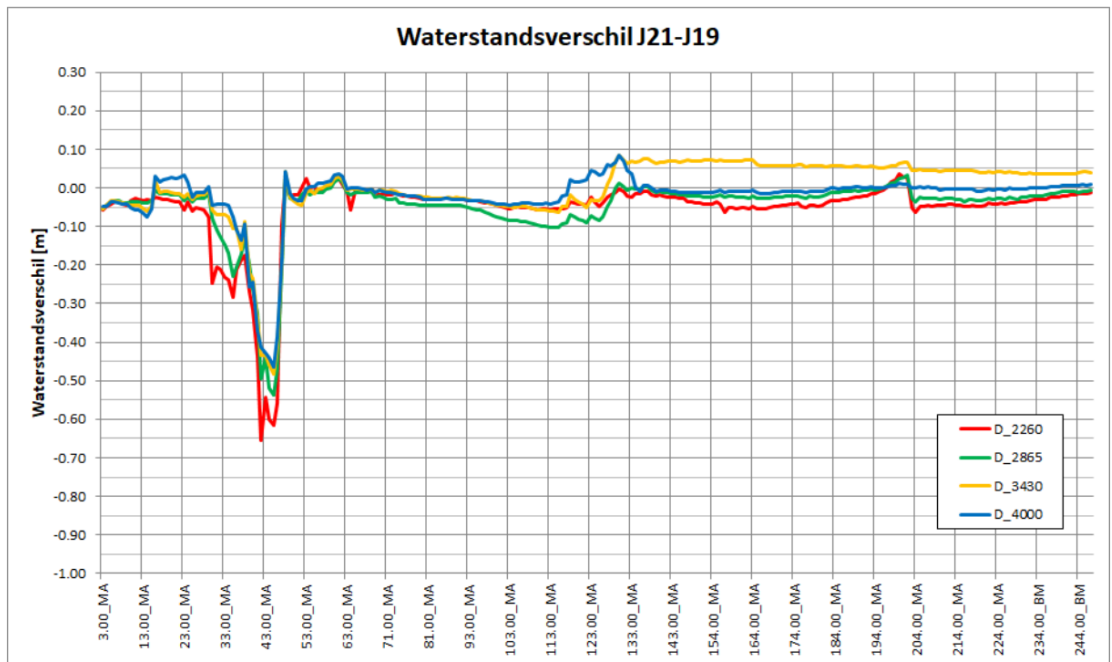


Figuur 3-2 Het last25 waterstandsverschil voor S250 en max13-waterstandsverschil voor D4100 tussen j19 en j21 van de zesde generatie

Een visuele vergelijking is uitgevoerd met de verschillen van de actualisatie in de vijfde generatie (zie Figuur 3-3, overgenomen uit Rura-Arnhem, 2021). De grootste verschillen zijn:

- De waterstandsval tussen Borgharen en Itteren (rkm 16 tot 23) is in de vijfde generatie kleiner, en toont zelfs een lichte stijging.

- De 'spikes' in de waterstandsverschillen in D-HYDRO bij rkm 40 en rkm 46. Deze zijn in de vijfde generatie veel geringer aanwezig. Mogelijk wordt de winterbedstroming door D-HYDRO net anders afgehandeld dan in WAQUA. Dit zou kunnen komen door de verschillende modellering van de viscositeit. Het verschil in waterstandseffect van de maatregelen Elerweerd, Koeweide en Grevenbicht is beperkt (48 cm t.o.v. 44 cm).



Figuur 3-3 Resultaten vijfde generatie (van der Veen, et al., 2021)

4 Verificatie hoogwater juli 2021

4.1 Waterstanden

In deze paragraaf wordt de modelsimulatie van het hoogwater 2021 geëvalueerd door per meetstation de bias en standaarddeviatie ten opzichte van de gemeten waterstanden te bepalen. De statistieken in Tabel A-1 geven aan dat de gemiddelde bias voor alle meetlocaties 10 mm bedraagt met een gemiddelde standaarddeviatie van 19,7 cm. De bias en standaarddeviatie betreffen echter 1 mm en 11,4 cm wanneer alleen de meetlocaties worden meegenomen waarop het model bij de modelbouw is gekalibreerd. Hiervoor moeten de locaties ZB5a, ZB9a, ZB17a, Negenoord-West, Rotem Bichterweerd, Maaseik Herenlaak en Ophoven de Spaanjerd worden weggelaten. De figuren van de tijdseries van zowel de modelresultaten als de metingen van de hele maand juli zijn opgenomen in Bijlage E.1. In de volgende paragrafen worden enkele opvallende resultaten besproken.

4.1.1 Niet-aangetakte plassen

In Tabel A-1 is zichtbaar dat er een aantal locaties zijn waar de afwijking veel groter is dan de gemiddelde bias (1 cm) en standaarddeviatie (20 cm), namelijk bij Negenoord-West, Rotem Bichterweerd en Maaseik Herenlaak. Dit betreffen echter allen meetlocaties die niet zijn gebruikt bij de kalibratie, namelijk omdat ze niet in het zomerbed liggen, maar in niet-aangetakte plassen. De in- en uitstroom van deze plassen voor en na het hoogwater is door het ontbreken van duikers en de exacte initiële waterstand niet goed door het model te reproduceren. Daarnaast leiden de kleine verschillen in waterstanden in het zomerbed tussen het model en metingen ook tot een verschil in het moment dat de instroom van de plassen start. Overigens heeft dit weer effect op de topvervlakking en dus de topwaterstanden benedenstrooms van de plassen.

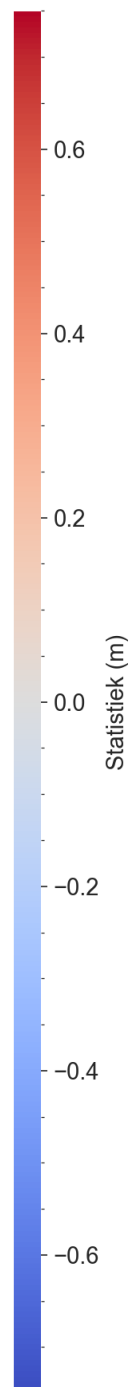
4.1.1.1 Negenoord-West

Voor de meetpunten Negenoord-West (gelegen in de Maasplas, zie Figuur 4-1) en Negenoord-Oost (gelegen in de Maas bij rkm 42.5, zie Figuur 4-1) zijn in Figuur 4-2 zowel de gemeten (onderbroken lijnen) als de gemodelleerde waterstanden in de plas (blauw) en in het zomerbed (oranje) weergegeven. In het figuur is ook het moment van instroom aangegeven, dit is het moment waarop de waterstand in de plas volgens het model start met stijgen. De op dat moment geldende waterstand in het zomerbed wordt in het figuur aangegeven als de drempelhoogte. Het moment dat in het model het verschil in waterstand tussen het zomerbed en de plas het kleinst is, wordt gezien als het moment dat het retentiegebied vol is.

In Figuur 4-2 is zichtbaar dat de waterstand op de rivier (stippellijn) bij Negenoord-Oost tijdens de afvoerpiek goed door het model wordt gereproduceerd (oranje lijn). De opgegeven initiële waterstand in de plas is in het model echter lager dan de metingen. Ook is er vooraf aan de instroom van de plas in de metingen al een toename in de waterstand zichtbaar, welke ontbreekt in de modelresultaten. Het moment van instroom over de drempel komt wel overeen, want zowel de metingen als de modelresultaten laten op 16 juli tegelijkertijd een sterke toename in de waterstand zien. De plas van Negenoord raakt in het model vol net nadat de piek van de afvoergolf bereikt wordt. Tijdens de piek onderschat het model zowel op de rivier als in de plas de waterstanden (zie ook d_{max} in Tabel A-1). Verder daalt de waterstand in de plas na het hoogwater niet verder dan net boven de 31 m +NAP, terwijl de meting een daling tot 27.5 m +NAP laat zien. Deze waterstand is wel lager dan de "drempelhoogte", namelijk de waterstand op het moment van de start van instroom. Dit impliceert dat deze bepaling van de drempelhoogte niet nauwkeurig genoeg is, of dat de drempel aan een benedenstroomse zijde lager ligt waardoor de plas verder leegstroomt.

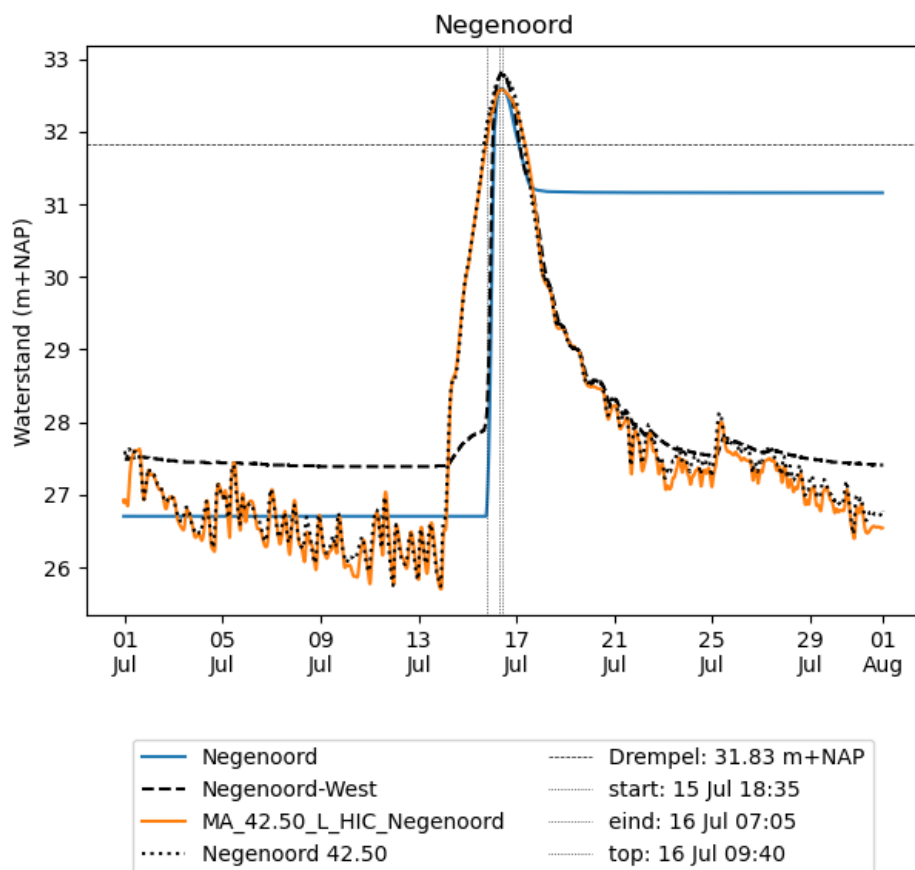
Tabel A-1 De bias, standaarddeviatie (stdev), root mean square error (rmse) en de afwijking van de piekwaterstand (dmax) tussen de waterstanden berekend met het maas-j21_6-v1a-model en de metingen van alle vaste meetstations en beschikbare divers (ZB5a, ZB9a, ZB17a).

Meetstation	maas-j21_6-v1a			
	bias	stdev	rmse	dmax
Eijsden grens	-0.004	0.104	0.104	0.212
Sint Pieter noord	0.034	0.083	0.090	0.117
Borgharen_jul	0.004	0.054	0.054	-0.095
Borgharen dorp	-0.023	0.208	0.209	0.027
Lanaken-Smeermaas rkm 18.4	0.043	0.154	0.160	0.050
Uikhoven rkm 25.3	-0.085	0.134	0.158	-0.288
Elsloo	-0.133	0.126	0.183	-0.493
ZB5a	-0.102	0.127	0.162	-0.296
ZB9a	-0.113	0.151	0.188	-0.213
ZB17a	0.236	0.263	0.353	-0.053
Eisden-Mazenhoven rkm 34.7	0.133	0.191	0.232	-0.007
Meeswijk Veer rkm 39.0	-0.121	0.130	0.178	-0.264
Negenoord-West	1.082	2.004	2.277	-0.196
Negenoord rkm 42.5	-0.080	0.116	0.141	-0.241
Rotem rkm 44.9	0.124	0.118	0.171	-0.204
Rotem Bichterweerd	-0.420	0.483	0.640	-0.241
Maaseik_HIC	0.069	0.128	0.145	-0.102
Maaseik Herenlaak	-0.256	1.310	1.335	0.590
Ophoven De Spaanjerd	0.017	0.053	0.056	0.056
Stevensweert	0.020	0.055	0.058	0.104
Heel boven	0.021	0.074	0.077	0.152
Heel ben	0.004	0.098	0.098	0.048
Linne ben	0.017	0.077	0.079	-0.081
Roermond boven	-0.008	0.046	0.047	-0.036
Buggenum	0.022	0.093	0.096	-0.020
Neer	-0.001	0.088	0.088	0.009
Belfeld bov	-0.032	0.103	0.108	0.009
Belfeld ben	0.071	0.149	0.165	0.262
Venlo	0.072	0.135	0.153	0.199
Well dorp	-0.022	0.121	0.123	-0.178
Sambeek bov	-0.043	0.117	0.124	-0.171
Sambeek ben	-0.012	0.152	0.153	-0.002
Gennep	-0.005	0.125	0.125	0.058
Mook	0.008	0.086	0.086	0.220
Grave bov	-0.017	0.065	0.067	0.040
Grave ben	0.005	0.161	0.161	0.172
Megen dorp	-0.012	0.119	0.120	0.232
Lith bov	0.010	0.083	0.084	0.249
Lith dorp	0.006	0.210	0.210	0.142
Empel Beneden	-0.019	0.184	0.185	0.228
Heesbeen	-0.005	0.108	0.109	0.086
Keizersveer	0.000	0.007	0.007	0.002
Bunde	-0.070	0.056	0.089	-0.046
Gemiddelde	0.010	0.197	0.220	0.001
RMS Gemiddelde	0.193	0.392	0.437	0.196





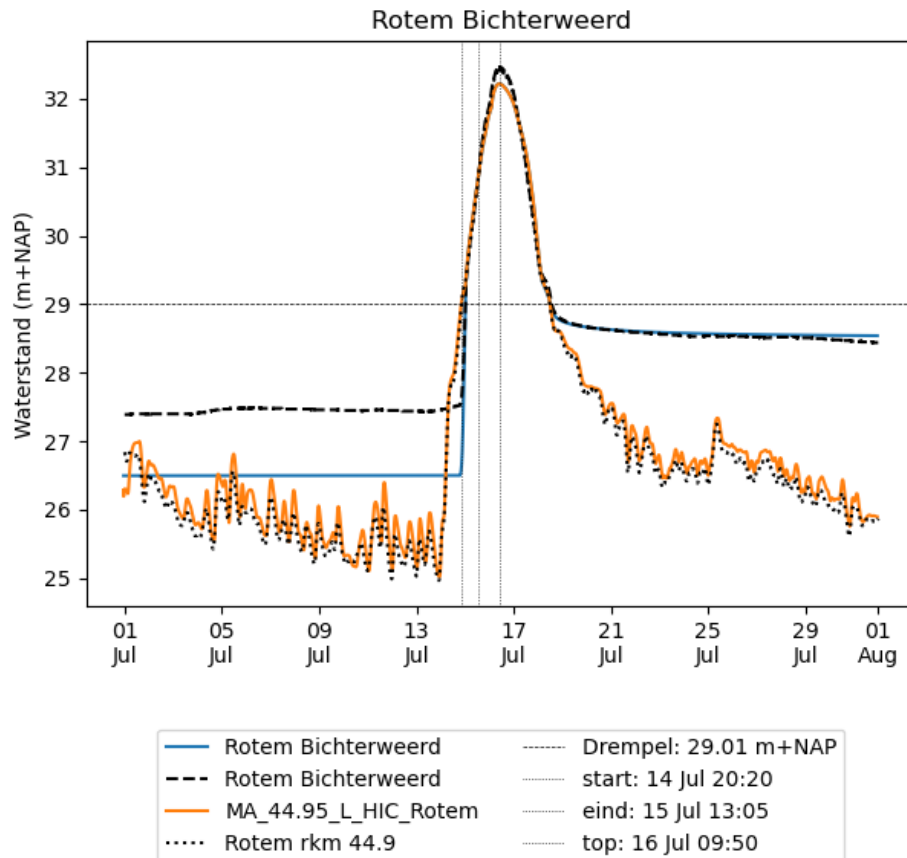
Figuur 4-1 De Maasplassen van Negenoord met de ligging van de waterstandsmeeptpunten Negenoord-oost (rkm 42.5 op de Maas) en Negenoord-west (in de plas Negenoord)



Figuur 4-2 Waterstanden volgens het model (doorgetrokken lijnen) en de metingen (onderbroken lijnen) voor zowel het zomerbed (oranje) als in het retentiegebied Negenoord (blauw). Daarnaast zijn de drempelhoogte, het moment van instroom, het eind van de retentie en de tijd van de topwaterstand aangegeven.

4.1.1.2 Rotem

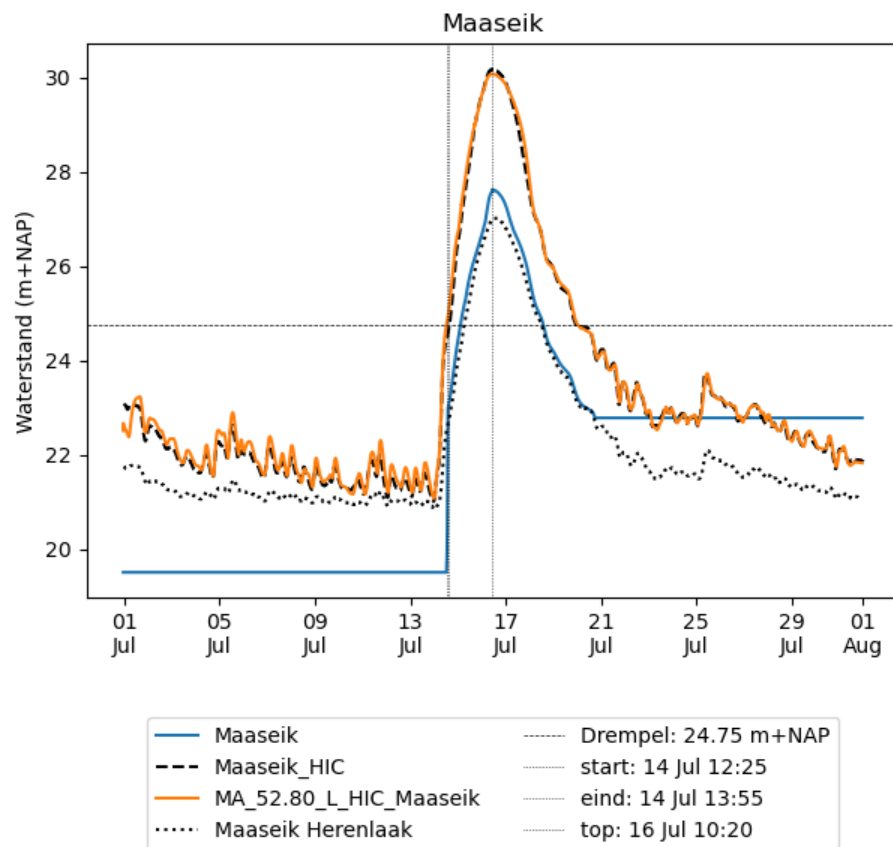
De gemeten waterstanden op de rivier bij Rotem en in de achterliggende plas bij Rotem Bichterweerd zijn weergegeven met de onderbroken lijnen in Figuur 4-3. Voor het meetpunt Rotem Bichterweerd was geen standaard observatiepunt in het model opgenomen, maar dit is handmatig aan de uitvoerlocaties toegevoegd. In het figuur is zichtbaar dat de initiële waterstand in de plas voor het hoogwater lager is in het model dan in de metingen. Na het hoogwater stroomt de plas wel goed leeg en is het verschil in waterstand tussen het model en de metingen minimaal. Ook is in het figuur zichtbaar dat de waterstand in de plas direct na het moment van instroom zeer snel stijgt, tot dezelfde hoogte als de waterstand in de rivier. Voor de plas bij Rotem komt het moment van instroom tussen het model en de metingen goed overeen. Volgens de metingen is de waterstand in de plas op 15 juli rond 3 uur gelijk aan de waterstand op de rivier. De retentie van de plas is hiermee afgerond. Dit is ook zichtbaar in het verloop van de waterstand, die hierna zowel in de plas als op de rivieras weer sneller stijgt.



Figuur 4-3 Waterstanden volgens het model (doorgetrokken lijn) en de metingen (onderbroken lijnen) voor zowel het zomerbed (oranje) als in de Maasplassen (blauw) bij Rotem. Daarnaast zijn de drempelhoogte, het moment van instroom, het eind van de retentie en de tijd van de topwaterstand aangegeven.

4.1.1.3 Maaseik

In Figuur 4-4 is zowel de gemeten als de gemodelleerde waterstand zichtbaar voor de meetstations Maaseik (aan de rivier rkm 52,8) en Maaseik Herenlaak (in het midden van de Maasplassen). Ook het moment van instroom, het eind van de retentie en het moment van de topwaterstand zijn aangegeven. Het figuur toont dat het model voor Maaseik de waterstand voor het hoogwater overschat, terwijl de waterstand in de plas bij Maaseik Herenlaak sterk wordt onderschat (als gevolg van een te lage initiële waterstand). Bij aanvang van het hoogwater stijgt de gemeten waterstand in de plas eerder en geleidelijker dan in het model het geval is. In het model is er een latere zeer abrupte stijging van de waterstand bij Maaseik Herenlaak welke start op 14 juli om 12:15. Na 1,5 uur is volgens zowel de metingen als het model de plas vol en is de retentiewerking niet meer zichtbaar in de waterstanden bij Maaseik. Het verloop van de waterstanden vertoont vanaf dit moment een knik en er volgt een snellere stijging zowel in de plas als op de rivier. De waterstand op de plas blijft echter ruim 2 m lager dan op de rivier. De plas ligt namelijk in de binnenbocht van de rivier met een verval van 2 m tussen de bovenstroomse drempel van de plas bij rkm 52.8 en de benedenstroomse uitstroom van de plas bij rkm 57. In Figuur 4-4 is ook zichtbaar dat het model de piekwaterstand op de rivier onderschat, maar in de plas overschat.

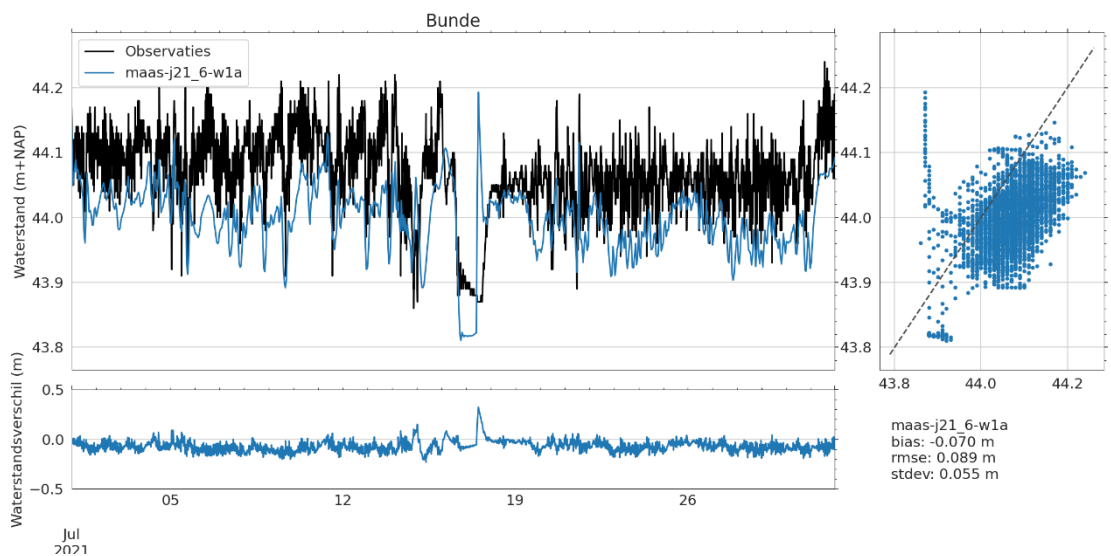


Figuur 4-4 Waterstanden volgens het model (doorgetrokken lijnen) en de metingen (onderbroken lijnen) voor zowel het zomerbed (oranje) als in de Maasplassen (blauw) bij Maaseik Herenlaak. Daarnaast zijn de drempelhoogte, het moment van instroom, het eind van de retentie en de tijd van de topwaterstand aangegeven.

Naast de 3 genoemde plassen zijn er nog meer niet-aangetakte plassen in de Grensmaas die werken als retentiegebied. De waterstand in deze plassen is echter niet ingemeten tijdens het hoogwater van juli 2021 doordat de losse divers alleen in de winter worden uitgezet (zie ook paragraaf 2.2.1.1).

4.1.2 Julianakanaal : Bunde

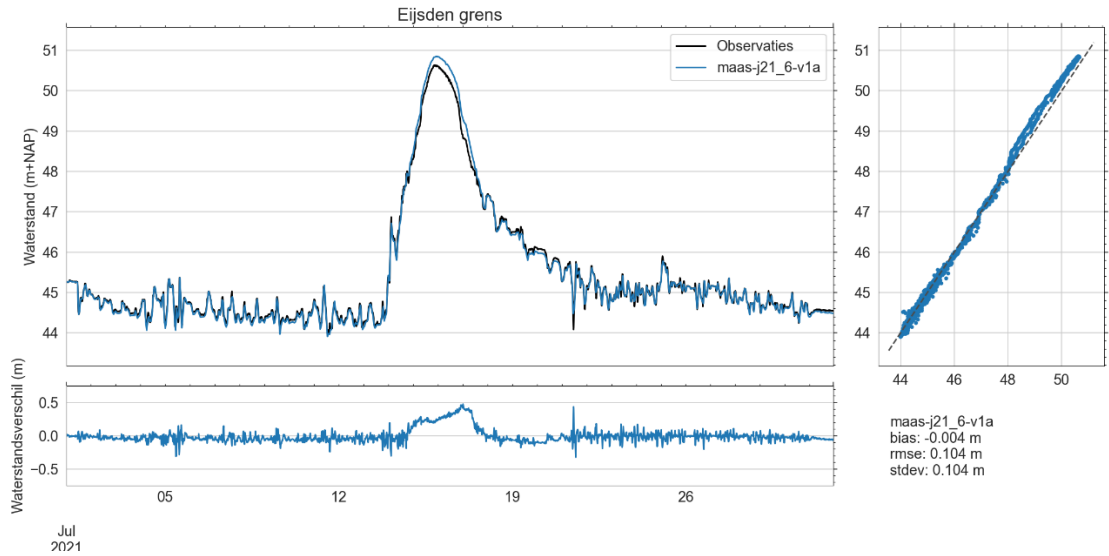
Voor het meetstation Bunde, dat langs het Julianakanaal ligt, zijn de waterstanden en het verschil in waterstanden tussen het model en de metingen zichtbaar in Figuur 4-5. In het figuur is zichtbaar dat de waterstand in het model gemiddeld 7 cm lager ligt dan in de metingen en dat er meer temporele variatie zichtbaar is in de metingen dan in het model. Dit komt waarschijnlijk doordat de benedenstroomse onttrekkingen van het kanaalpand voornamelijk plaatsvinden door het schutten van schepen over sluis Born, terwijl er in het model een geleidelijke onttrekking is opgegeven voor deze sluis op basis van het lopend gemiddelde over ongeveer 6 uur (370 min) van de afvoer bij Bunde. Na de handmatige verplaatsing van de onttrekking van Sluis Born (zie paragraaf 2.2.4) kan de opgelegde onttrekking over de sluis daadwerkelijk plaatsvinden en is het model in staat om het verloop in de waterstand bij Bunde te reproduceren, zelfs tijdens het extra spuien en extra verlagen van de waterstand in het kanaalpand, dat plaatsvond tijdens het hoogwater om een dijkdoorbraak langs het kanaalpand te voorkomen. Wel is de resulterende waterstand consequent te laag in het model. Deze onderschatting van het model is tijdens het hoogwater zichtbaar bij de ingang van het Julianakanaal, maar tijdens de condities met lage en gemiddelde afvoer is hier een overschatting zichtbaar.



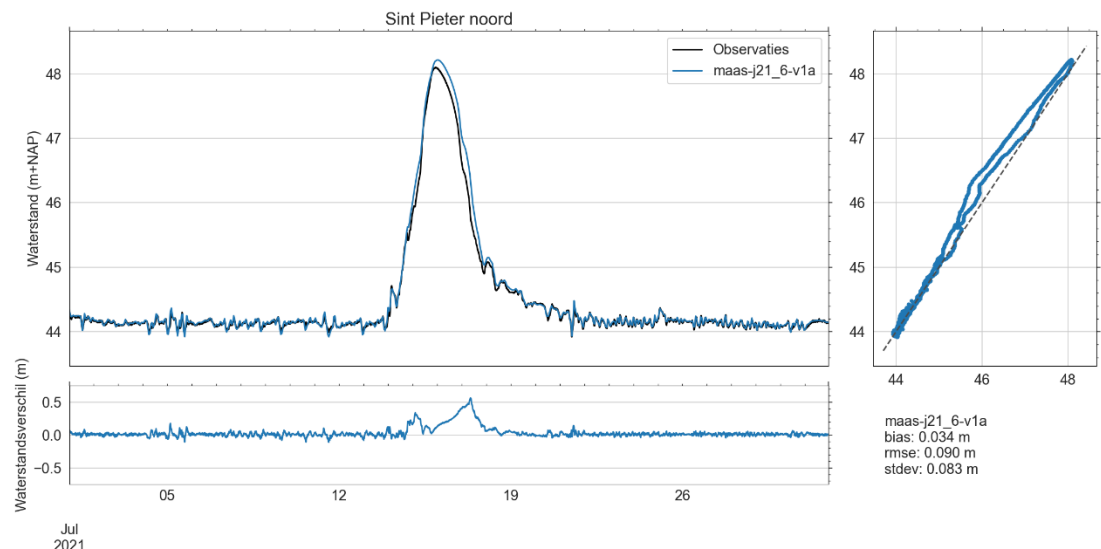
Figuur 4-5 De waterstanden en het verschil in waterstanden tussen het j21-model en de metingen van de meetlocatie Bunde

4.1.3 Bovenmaas en Grensmaas

Op de Bovenmaas worden de piekwaterstanden voor meetlocaties Eijsden en Sint Pieter Noord (zie Figuur 4-6 en Figuur 4-7) door het model overschat. Bij Eijsden bedraagt deze overschatting 21 cm tijdens de gemeten piek, maar de grootste overschatting van ongeveer 45 cm vindt plaats nadat de piek is gepasseerd.



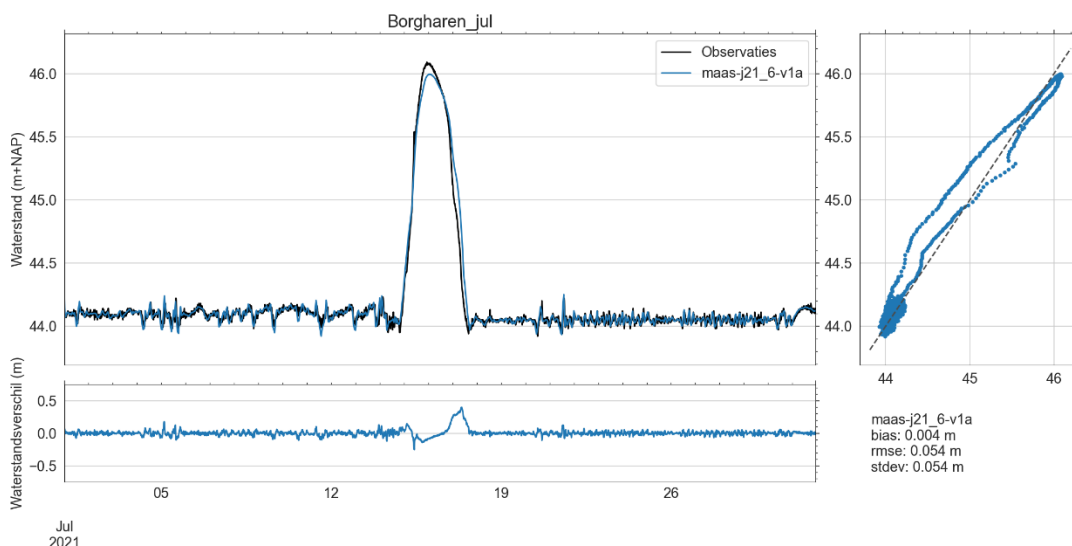
Figuur 4-6 De waterstanden en het verschil in waterstanden tussen het j21-model en de metingen van de meetlocatie Eijsden grens



Figuur 4-7 De waterstanden en het verschil in waterstanden tussen het j21-model en de metingen van de meetlocatie Sint Pieter noord

Ook bij Sint Pieter Noord is de overschatting van de topwaterstand met 12 cm kleiner dan de overschatting van meer dan 50 cm na passage van de top. De oorzaak ligt in de tragere afloop van de piek in de modelresultaten. In het model duurt het langer voor de top van de piek start met afvlakken en ook de afloop van het hoogwater is trager.

Bij de ingang van het Julianakanaal (zie Figuur 4-8) is de topwaterstand in het model 9 cm lager dan de gemeten topwaterstand, maar ook hier vlakt het hoogwater trager uit en zijn de waterstanden van het model na de piek hoger dan de metingen.



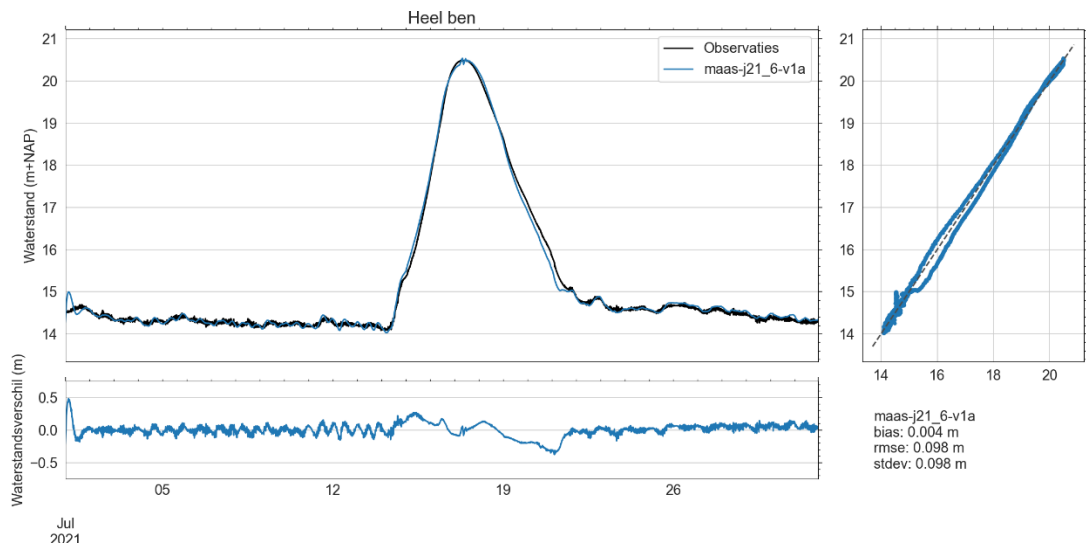
Figuur 4-8 De waterstanden en het verschil in waterstanden tussen het j21-model en de metingen van de meetlocatie Borgharen Julianakanaal

Op het bovenste deel van de Grensmaas zijn bij Uikhoven en Elsloo de waterstanden volgens het model gemiddeld 10 en 15 cm lager en wordt de waterstand door het model tijdens de gemeten topwaterstand met 28 en 50 cm onderschat. Na Elsloo neemt de onderschatting tijdens de topwaterstand af en vanaf Ophoven de Spaanjerd wordt de waterstand tijdens de passage van de piek juist overschat door het model, waarbij de overschatting maximaal 6 en 10 cm bedraagt voor Ophoven de Spaanjerd en Stevensweert.

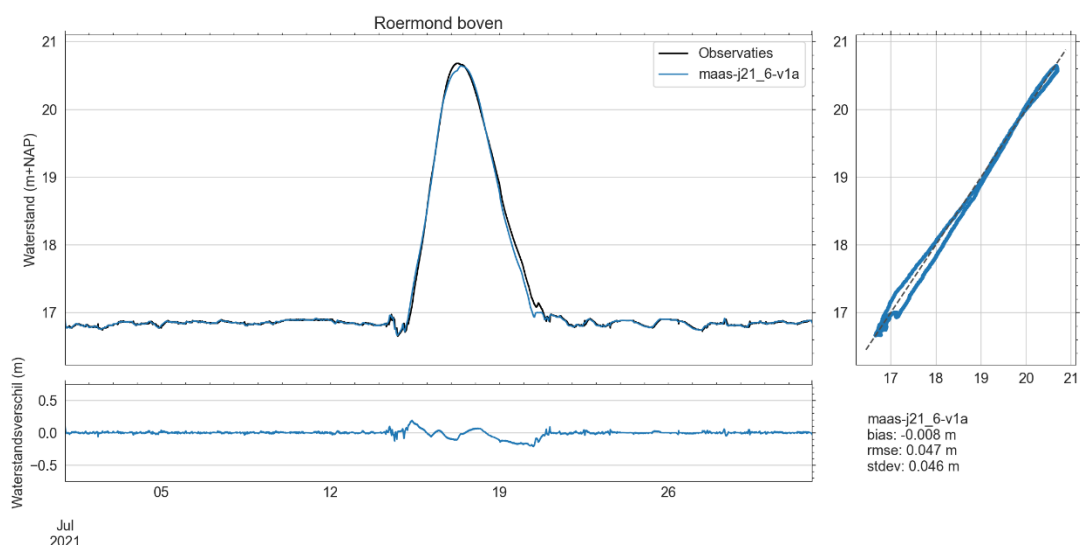
4.1.4 Plassenmaas

Bij Sluis Heel vinden in het model instabiliteiten plaats op het moment dat de piek passeert. Dit is in Figuur 4-9 goed zichtbaar in het verloop van de waterstand bij Heel Beneden. De waterstand wordt door het model tijdens de stijgende fase van het hoogwater bij de locaties Heel Boven en Heel Beneden met 20 tot 40 cm overschat. Tijdens de gemeten piek is de overschatting respectievelijk 15 cm voor Heel Boven en 9 cm voor Heel Beneden. Dit betekent dat het model voor de compleet gestreken stuw een groter verval over de stuw toont dan in werkelijkheid het geval is. Wel is er bij Heel Beneden een grote onderschatting van 40 cm zichtbaar in de dalende fase van het hoogwater. De topwaterstand bij Linne Beneden wordt zowel tijdens de stijgende als de dalende fase door het model onderschat. Dit impliceert dat er in het model meer water door het Lateraalkanaal is gestroomd dan in werkelijkheid het geval was.

In Figuur 4-9 is ook zichtbaar dat vlak voor de passage van de piek de waterstanden in het model afvlakken. Dit is nog beter zichtbaar in het verloop van de waterstand bij de locaties Heel Boven, Linne Beneden en Roermond Boven (zie Figuur 4-10). Deze topverflakking wordt veroorzaakt door de instroom van het retentiegebied Lateraal Kanaal West (LKW). Het LKW retentiegebied ligt ten westen langs het lateraalkanaal dat start bij Sluis Heel.



Figuur 4-9 De waterstanden en het verschil in waterstanden tussen het j21-model en de metingen van de meetlocatie Heel Beneden



Figuur 4-10 De waterstanden en het verschil in waterstanden tussen het j21-model en de metingen van de meetlocatie Roermond Boven

4.1.5 Peelhorstmaas en Venloslenk

De gemodelleerde topwaterstand bij Buggenum is minder dan 10 cm hoger dan de metingen, maar ook hier is zichtbaar dat de hoogwatergolf trager daalt in het model. In het overige deel van de Peelhorstmaas en Venloslenk zijn de modelwaterstanden gemiddeld lager dan de metingen, maar toch vallen in het model de topwaterstanden voor de locaties Neer, Belfeld Boven, Belfeld Beneden en Venlo 3 tot 25 cm hoger uit. Wat vooral opvalt is dat de topwaterstand bij Belfeld Boven slechts enkele cm hoger is dan de metingen, maar dat dit verschil is toegenomen tot 27 cm bij Belfeld Beneden. Het verval over stuw Belfeld is dus lager in het model dan in de metingen.

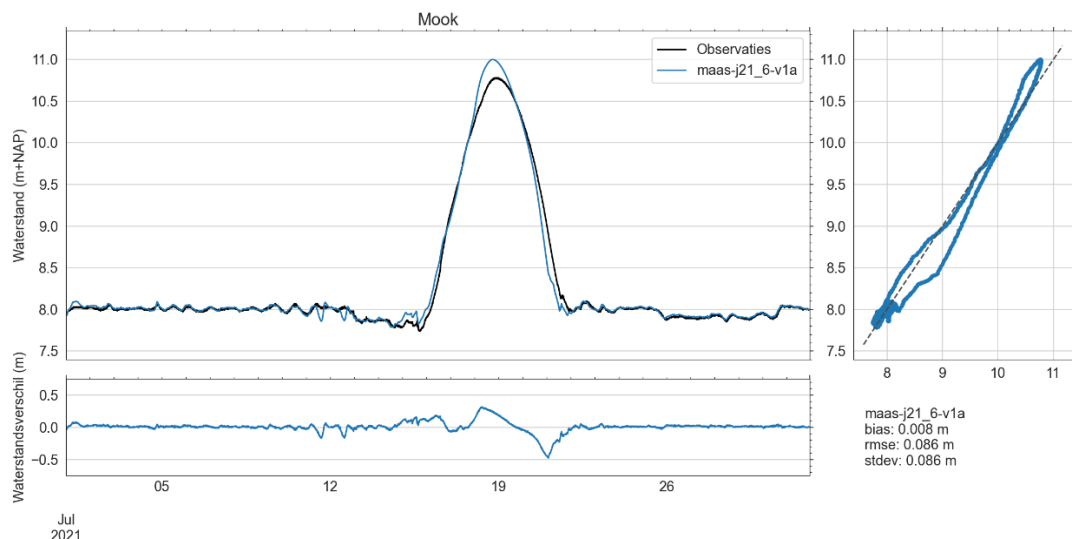
Bij Well dorp en Sambeek Boven worden de waterstanden gedurende de complete hoogwatergolf door het model onderschat, met tijdens de gemeten piek een onderschatting van ongeveer 18 cm, maar na stuw Sambeek vinden in de stijgende fase en tijdens de gemeten piek weer overschattingen van de waterstand plaats. Daarnaast valt op dat de topwaterstand vanaf Sambeek in het model eerder wordt bereikt dan in de metingen en dat het hoogwater ook sneller daalt waardoor de onderschatting van de waterstand na de top nog verder toeneemt.

Tijdens het hoogwater van 2021 zijn er echter onbedoeld drie van de dertien onderschotten van het Poiree-gedeelte van de stuw blijven staan. In het model wordt de stuw wel helemaal gestreken (de schotten zijn niet apart gemodelleerd). Dit kan een verklaring zijn voor de grotere opstuwing boven de stuw en het grotere verval over de stuw dat in de metingen zichtbaar is.

4.1.6 Benedenmaas en Getijdenmaas

Benedenstrooms van Gennep overschat het model de waterstand tijdens de gemeten piek. De timing van het opkomende water is heel erg goed, maar tijdens het hoogwater ontstaat er een timingsverschil. De topwaterstanden worden te hoog en de vorm van de piek gaat vooral tijdens de dalende fase van het hoogwater afwijken. Deze fase is te steil in het model.

Bij Mook is de aansluiting op het Maaswaalkanaal. Er wordt bij stuw Grave gestuurd om de waterstand bij Mook constant te houden. Het stuwbeheer bij Grave resulteert voor aanvang van het hoogwater in een daling van de waterstand bij Mook. Deze daling is kleiner in het model dan in de metingen. Hierdoor overschat het model de waterstanden met 10 cm bij aanvang van de piek. De overschatting is echter maximaal 30 cm vlak voor de gemeten piek. Omdat de passage van de piek eerder plaatsvindt in het model dan in de metingen betreft de overschatting 22 cm tijdens de gemeten piek en is er een onderschatting van 50 cm tijdens de dalende fase (zie Figuur 4-11).

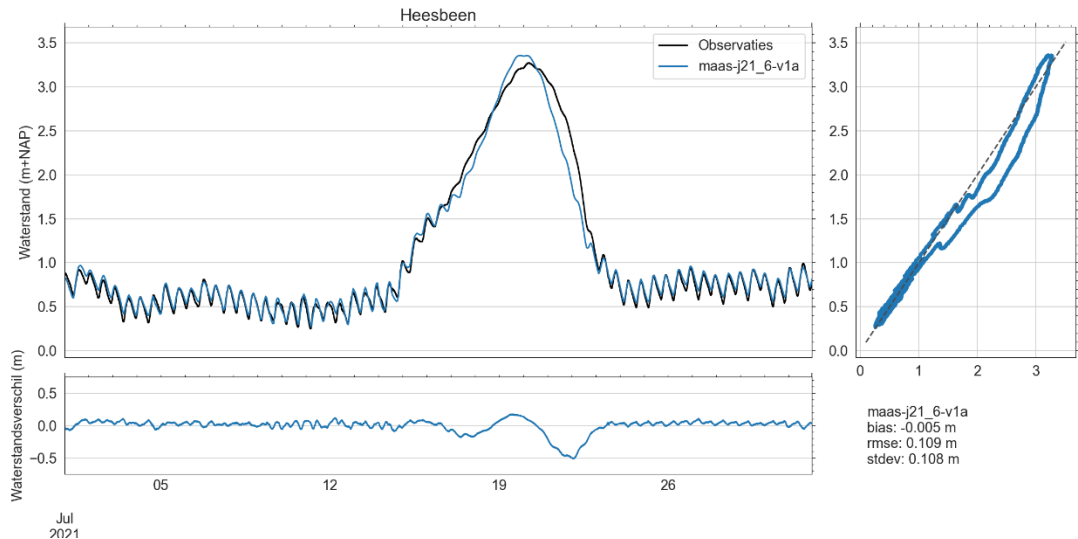


Figuur 4-11 De waterstanden en het verschil in waterstanden tussen het j21-model en de metingen van de meetlocatie Mook

Zowel bij Grave Boven als Grave Beneden overschat het model de waterstand in de uren rondom de passage van de piek. Deze overschatting is ongeveer 4 cm bovenstrooms van de stuw en 30 cm aan de benedenstroomse zijde. Het verval over stuw Grave (Grave Boven – Grave Beneden) is in het model dus lager dan het gemeten verval. Dit kan komen doordat de steunpalen van de stuw tijdens het hoogwater wel zijn geheven, maar niet opgehesen onder de brug waardoor de werkelijke weerstand van de stuw hoger was dan in het model is opgenomen.

Bij stuw Lith is het verval over de stuw juist groter in het model dan in de metingen. Het model overschat de waterstand in de uren rondom de passage van de piek. Deze overschatting is ongeveer 25 cm bovenstrooms van de stuw (Lith Boven) en 15 cm aan de benedenstroomse zijde (Lith dorp).

Bij de locaties Empel Beneden en Heesbeen (zie Figuur 4-12) is een klein faseverschil zichtbaar tussen de metingen en de modelresultaten door een andere voortplanting van het getij in het model. Daarnaast is zichtbaar dat de top van het hoogwater eerder wordt bereikt in het model en bovendien ook ongeveer 10 cm hoger ligt dan de metingen. Op het traject Heesbeen-Keizersveer is bij de modelbouw en kalibratie van het Maasmodel gekozen om geen gebruik te maken van de kalibratiefactoren die zijn afgeleid op basis van het hoogwater 1995, maar van de hogere ruwheid van het bovenstrooms gelegen kalibratietraject (De Jong, 2021). De lagere topwaterstand in de metingen zou dus deels kunnen komen doordat de rivierduinen tijdens het hoogwater van juli 2021 zijn afgevlakt en de werkelijke ruwheid lager is dan nu in het model is aangenomen, maar dit is onwaarschijnlijk aangezien er bovenstrooms van dit traject zelfs nog grotere overschattingen van de topwaterstanden plaatsvinden.



Figuur 4-12 De waterstanden en het verschil in waterstanden tussen het j21-model en de metingen van de meetlocatie Heesbeen

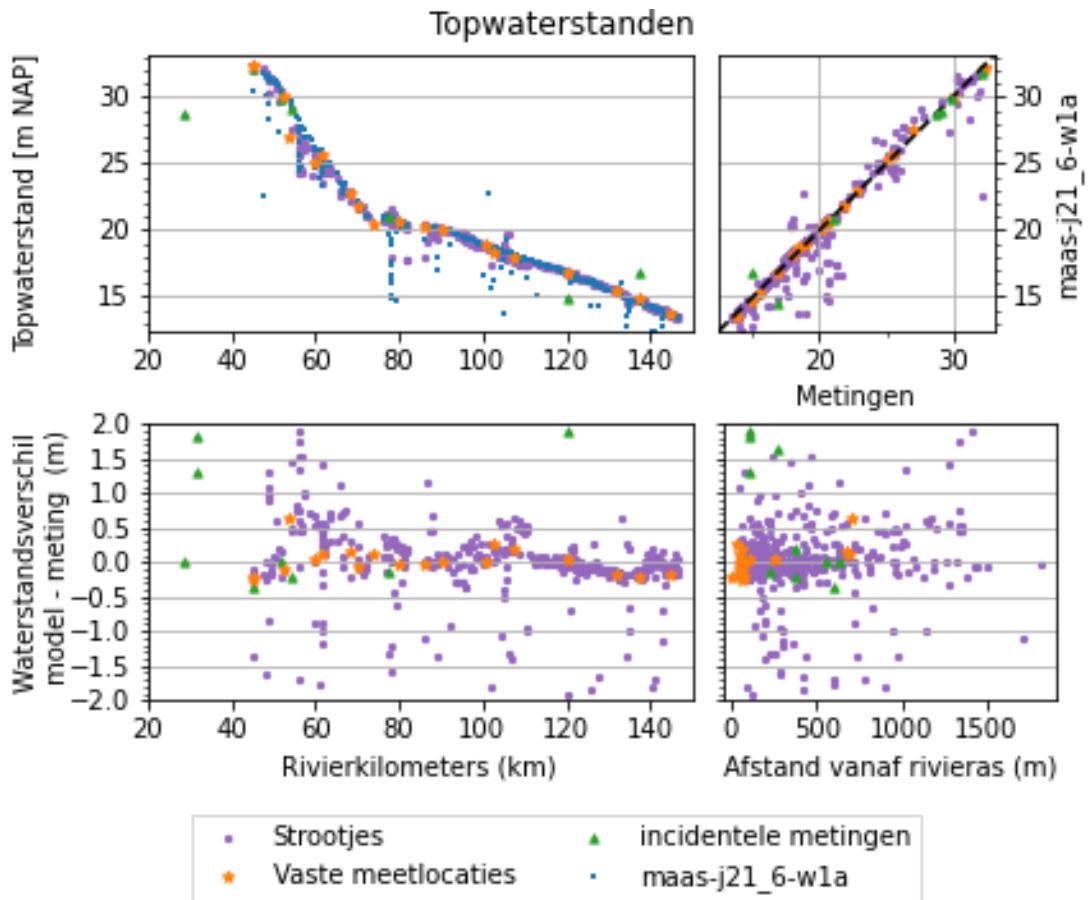
Over de hele Plassenmaas, Peelhorstmaas, Venloslenk, Benedenmaas en Getijdenmaas wordt de topwaterstand in het model steeds eerder bereikt dan dat daadwerkelijk het geval was. Daarnaast is ook zichtbaar dat de dalende fase van het hoogwater in het model over het algemeen sneller verloopt dan in de metingen. De piek van het hoogwater is hierdoor in het model vaak smaller en puntiger dan de gemeten piek.

4.2 Topwaterstanden

In de dagen na het passeren van de piek is de topwaterstand door het Waterschap Limburg op 418 locaties afgeleid aan de hand van strootjesmetingen, namelijk: achtergebleven markeringen op peilschalen, muren, planten, verkleuringen van gras of gewassen, ligging van zwerfhout of zwerfafval, modderlijnen, of aanduidingen van omwonenden. Daarnaast zijn door het waterschap Limburg en RWS-ZN nog diverse incidentele metingen met betrekking tot het hoogwater verzameld, namelijk de notities van topwaterstanden, enkele losse divers en de van peilschalen afgelezen waterstanden.

In Figuur 4-13 zijn zowel de absolute topwaterstanden als het verschil tussen de waterstanden van de strootjesmetingen (lila), de incidentele metingen (groen), die van de LMW-meetlocaties (oranje) en het model (blauw) weergegeven. De nauwkeurigheid van strootjesmetingen en incidentele metingen is minder goed dan de nauwkeurigheid van druksensoren en overige automatische meetinstrumenten die de waterstanden meten.

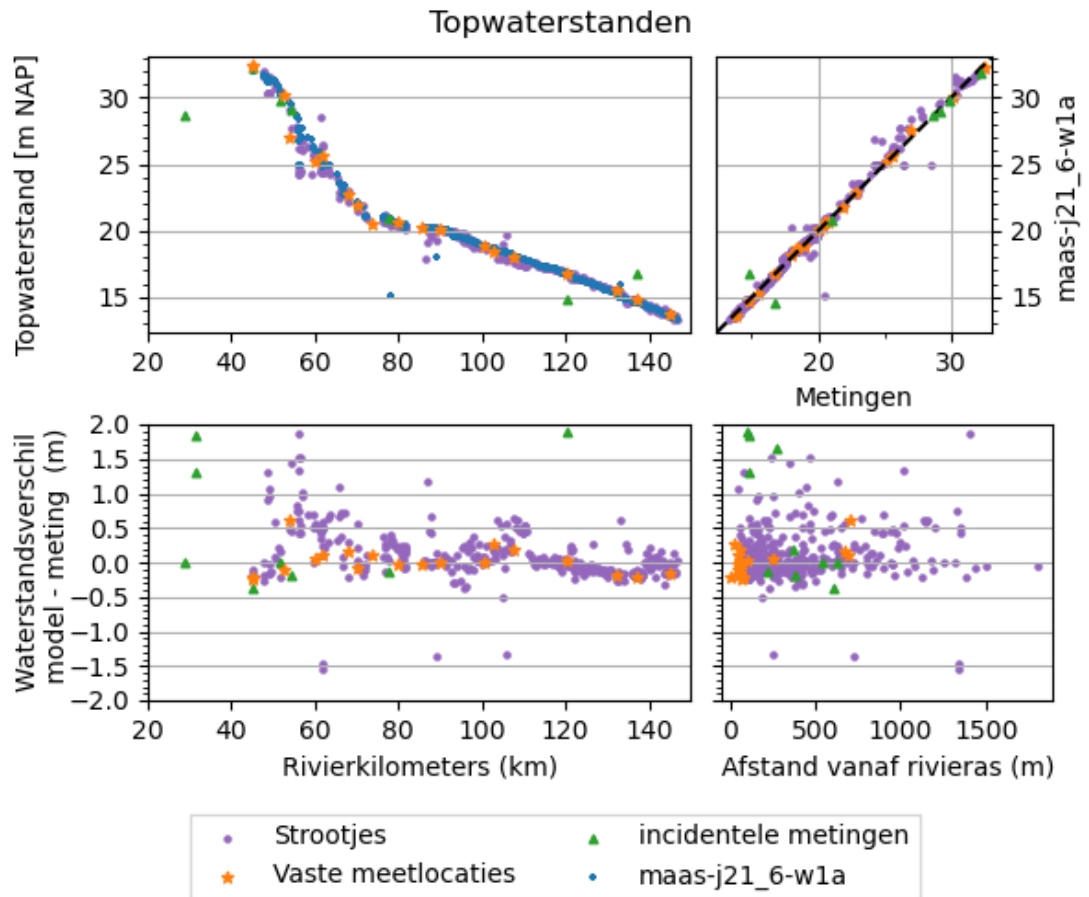
Figuur 4-13 toont dat het verschil in de maximale waterstand tussen het model en de de stroommetingen varieert tussen -2 en 2 m, terwijl de overeenkomst tussen de topwaterstanden van het model en de LMW-meetlocaties veel beter is met slechts verschillen tussen de -0,5 en 0,5 m (zie paragraaf 4.1, en de oranje sterren in Figuur 4-13).



Figuur 4-13 Zowel de absolute topwaterstanden (boven) zoals bepaald door het model (blauw), gemeten op de LMW-meetlocaties (oranje), volgens incidentele metingen (groen) en zoals afgeleid van de stroommetingen (lila), als het verschil (model-meting) tussen de topwaterstanden (onder) getoond langs de rivieras en voor de afstand vanaf de rivieras.

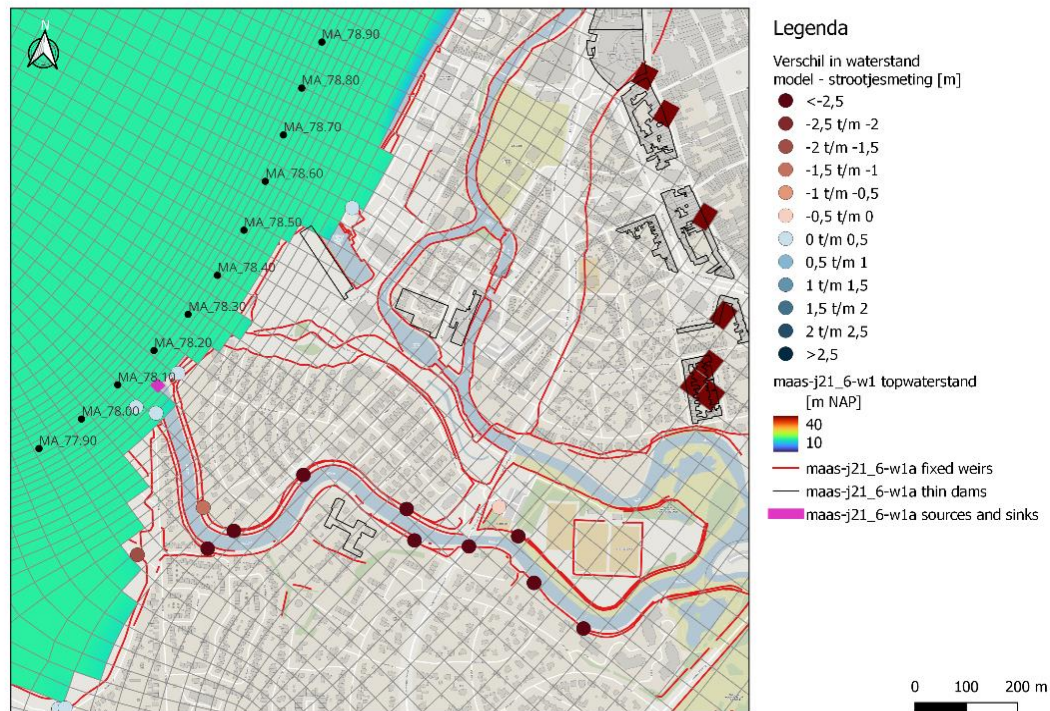
De grootste negatieve verschillen van -0.5 tot -2 m tussen de modelresultaten en de stroommetingen worden over het algemeen veroorzaakt doordat deze locaties in het model (net) niet zijn geïnundeerd. Op deze locaties wordt dan de gemiddelde bodemhoogte van de roostercel aangenomen als topwaterstand en deze gemiddelde bodemhoogte kan vooral op locaties met een steil reliëf veel lager uitvallen dan de hoogte van het ingemeten stroomtje.

Deze meetpunten zijn weggelaten in Figuur 4-14.



Figuur 4-14 Zowel de absolute topwaterstanden (boven) zoals bepaald door het model (blauw), gemeten op de LMW-meetlocaties (oranje), volgens incidentele metingen (groen) en zoals afgeleid van de strootjesmetingen (lila), als het verschil (model-meting) tussen de topwaterstanden (onder) getoond langs de rivieras en voor de afstand vanaf de rivieras voor de locaties welke volgens het model zijn geïnundeerd tijdens het hoogwater.

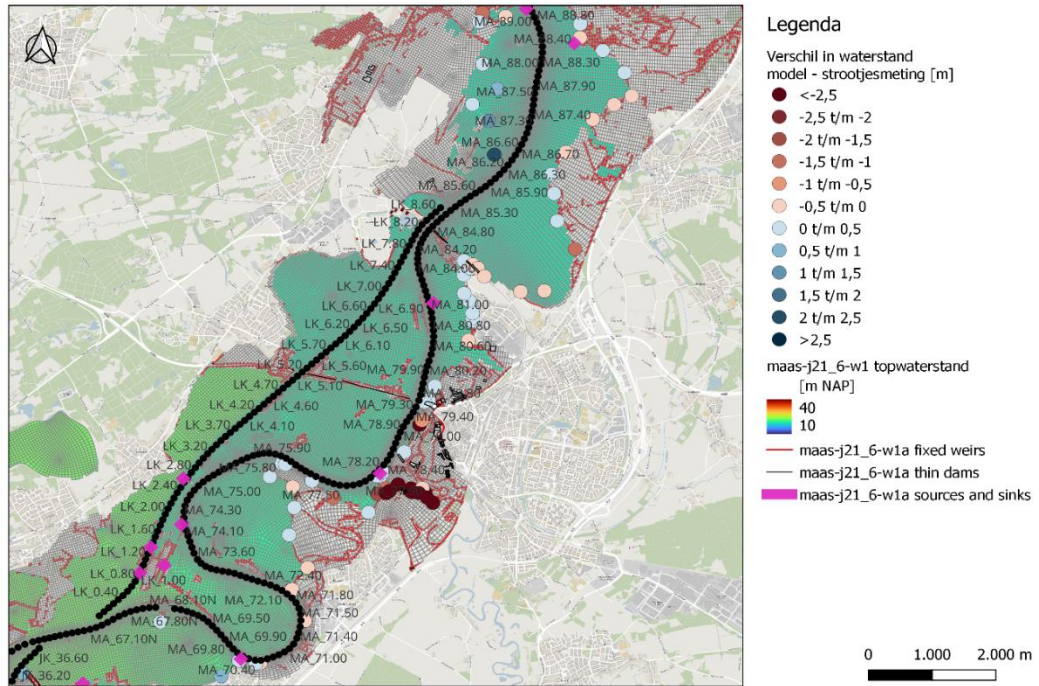
Wanneer Figuur 4-13 en Figuur 4-14 worden vergeleken valt op dat er in het model langs de Hambeek bij rkm 87 geen inundatie is, terwijl deze er wel is volgens de strootjesmetingen en de waterdiepte hier op de oevers van de Hambeek meer dan 1 m was tijdens het hoogwater (Asselman en van Heerlingen, 2023). Dit is ook goed zichtbaar in de kaart van Figuur 4-15 waarop zowel de topwaterstand van het model als de verschillen tussen de topwaterstand in het model en de strootjesmetingen zijn weergegeven. Langs de Hambeek is in het model geen stroming, omdat de bron van deze beek (zie roze vierkantje in Figuur 4-15) pas water toevoegt bij het zomerbed van de Maas, terwijl dit eigenlijk al bij de modelrand zou moeten gebeuren.



Figuur 4-15 De absolute topwaterstand en inundatie zoals bepaald door het model en het verschil in topwaterstand tussen de strootjesmetingen en het model

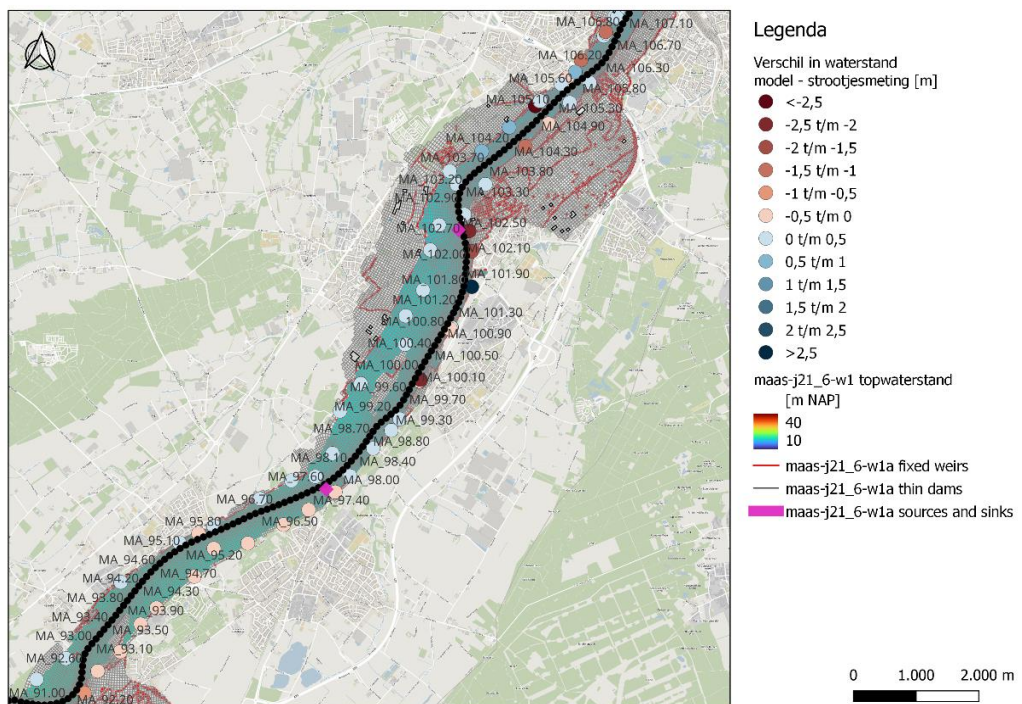
Al is de spreiding tussen de strootjesmetingen en de modelwaterstanden voor enkele punten groot, toch is de overeenkomst tussen de strootjesmetingen en de modelresultaten over het algemeen goed. In Figuur 4-14 is ook zichtbaar dat het verschil tussen de strootjes en de modelresultaten ongeveer dezelfde variatie vertoont als het verschil tussen het model en de vaste meetpunten. De strootjesmetingen geven echter in tegenstelling tot de vaste meetpunten niet alleen de variatie in de waterstand langs de rivieras aan, maar ook de variatie dwars op de rivieras. Uit de resultaten blijkt dat de over- of onderschatting van de waterstanden ter hoogte van de LMW-meetpunten niet alleen zichtbaar is in het zomerbed, maar ook in de uiterwaarden. Daarbij is er geen significant verschil tussen locaties die dicht bij of juist verder van het zomerbed liggen.

Figuur 4-14 toont dat het model de topwaterstanden overschat over het traject van de Plassenmaas (rkm 56-87). In de kaarten is zichtbaar dat het model de topwaterstanden overschat op het Maastraject parallel aan het lateraalkanaal (rkm 67 – 86). Figuur 4-16 toont het kaartbeeld van de topwaterstand en verschillen tussen het model en de strootjesmetingen op dit traject. Uit dit figuur blijkt dat het model de topwaterstand vooral overschat aan de Zuidzijde van kades of langs de grens van het geïnundeerde gebied, terwijl aan de Noordzijde de waterstand wordt onderschat door het model. Dit kan door de stroomrichting komen die zorgt voor teveel opstuwing aan de bovenstroomse zijde in het model, maar het kan ook komen doordat het model geen rekening houdt met opstuwing van het water en golfslag door wind welke tijdens de periode van het hoogwater voornamelijk uit noordoostelijke richting kwam. Het figuur toont ook dat er geen effect van binnen-buitenbocht zichtbaar is in de waterstandsverschillen tussen het model en de metingen.



Figuur 4-16 De absolute topwaterstand en inundatie zoals bepaald door het model en het verschil in topwaterstand tussen de strotjesmetingen en het model voor rkm 67 t/m 88

Figuur 4-17 toont verder benedenstrooms tussen Buggenum en Belfeld (rkm 86 – 100) een onderschatting van de topwaterstanden door het model ten opzichte van de strotjesmetingen aan de Limburgse zijde (rechts), maar een overschatting aan de Brabantse zijde (links). Tussen Venlo en Broekhuizen (rkm 110 t/m 120) is geen patroon in het verschil tussen de modelwaterstand en strotjesmetingen zichtbaar. Verder benedenstrooms overschat het model de waterstand aan beide zijdes van de rivier (zie appendix E.1).

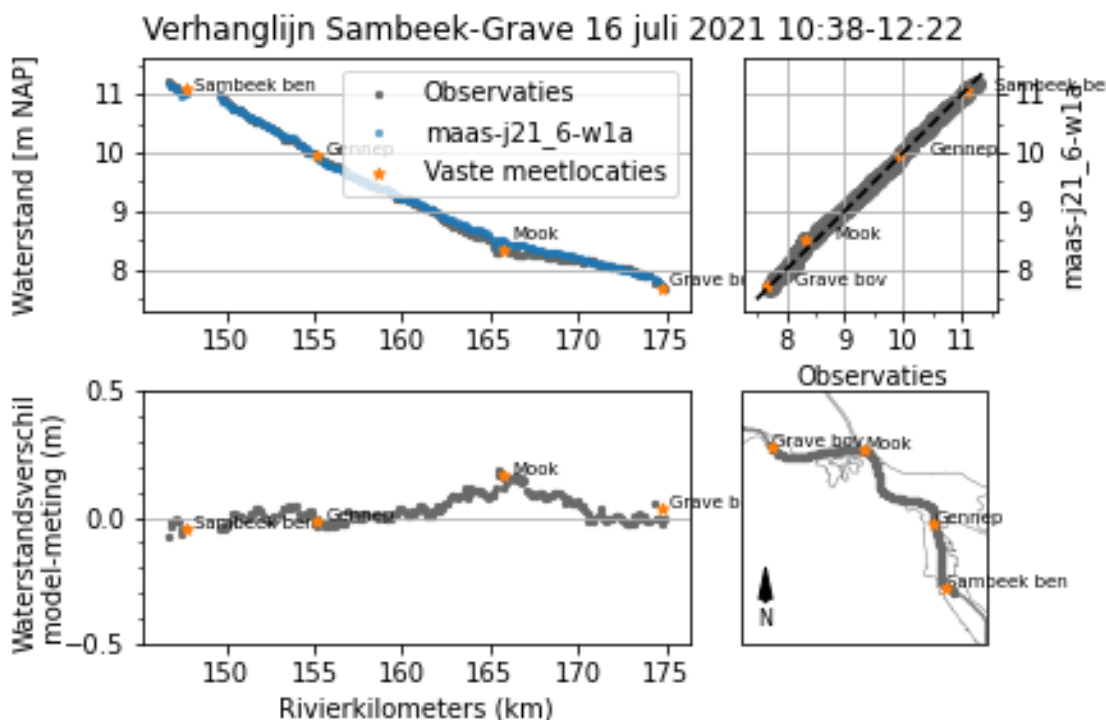


Figuur 4-17 De absolute topwaterstand en inundatie zoals bepaald door het model en het verschil in topwaterstand tussen de strotjesmetingen en het model voor rkm 92 t/m 107

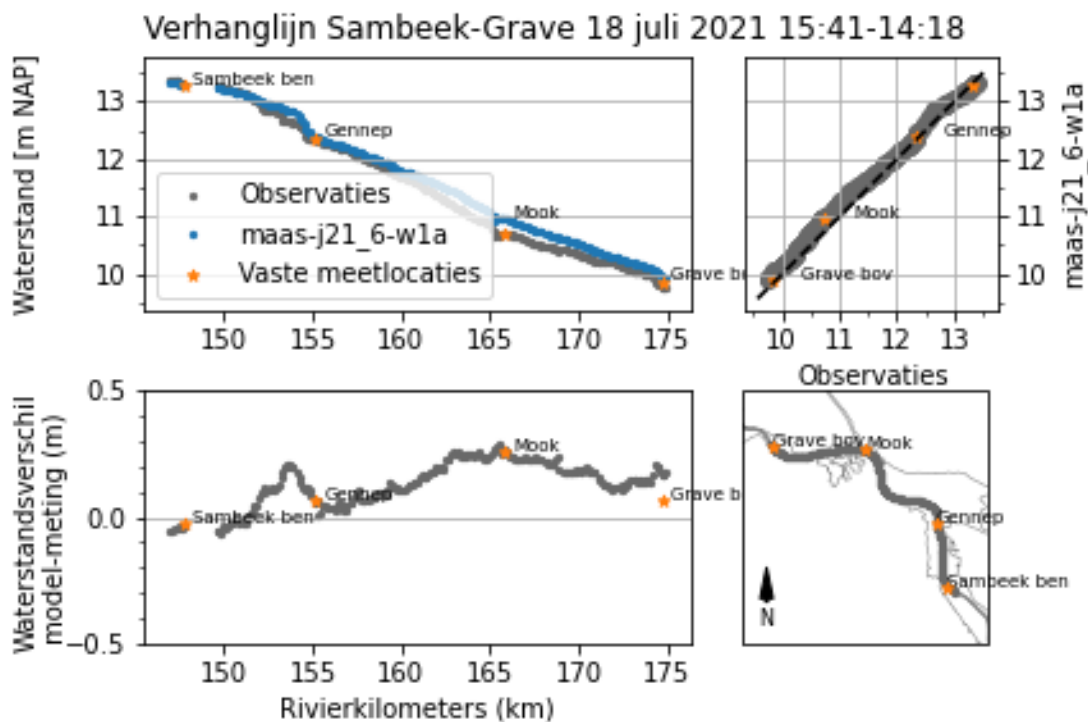
4.3 Verhanglijnen

Op zowel 16 als 18 juli werd in ongeveer 2 uur van Sambeek richting Grave gevaren, waarbij vanaf de boot zowel stroomsnelheden als waterstanden werden gemeten. De gemeten waterstanden geven bij weergave langs de rivieras de verhanglijnen over het traject weer. Figuur 4-18 en Figuur 4-19 tonen in grijs deze gemeten verhanglijnen en de verschillen tussen de modelresultaten en de metingen, in oranje de waterstanden van de vaste meetpunten en in blauw de verhanglijnen volgens het model. Zowel op 16 als op 18 juli overschat het model de gemeten waterstanden. Op 16 juli (zie Figuur 4-18) loopt het verschil op van -0.1 tot 0,2 m bij rkm 165. Na rkm 165 neemt het verschil af tot 0 m. Op 18 juli (zie Figuur 4-19) zijn de absolute waterstanden hoger en is ook is de modeloverschatting groter met een maximum van ongeveer 0,4 m bij rkm 165. De verhanglijn met relatief grote overschatting bij Mook sluit zowel op 16 als 18 juli aan op de bevindingen in paragraaf 4.1.6 waar voor het vaste meetpunt Mook (rkm 165.8) werd genoemd dat er een overschatting is van 10 cm bij aanvang van piek met een maximum van 30 cm vlak voor de gemeten piek en dat de passage van de piek eerder plaatsvindt in het model dan in de metingen.

Er is op 18 juli ook rondom rkm 154, vlak voor het vaste meetpunt Gennep, een overschatting van 0,2 m zichtbaar. De metingen vertonen een meer geleidelijke afname in de waterstand tussen rkm 150 en 155, terwijl de waterstand in het model in 1 stap afneemt tussen rkm 154 en 155. De verschillen in waterstand zouden kunnen komen doordat er langs dit traject relatief veel topvervlakking van vooral de spitse afvoergolven voorkomt (de Jong en Asselman, 2019) en de retentiegebieden van o.a. Ottersum-Mook (Middelaar en Mookerplas) op een ander moment zijn ingestroomd in het model, dan in werkelijkheid.



Figuur 4-18 Verhanglijnen op 16 juli 2021 van 10:38-12:22 voor het stuwpand Sambeek-Grave zoals gemeten vanaf de boot (grijs), op de vaste meetlocaties (oranje) en volgens het model (blauw).

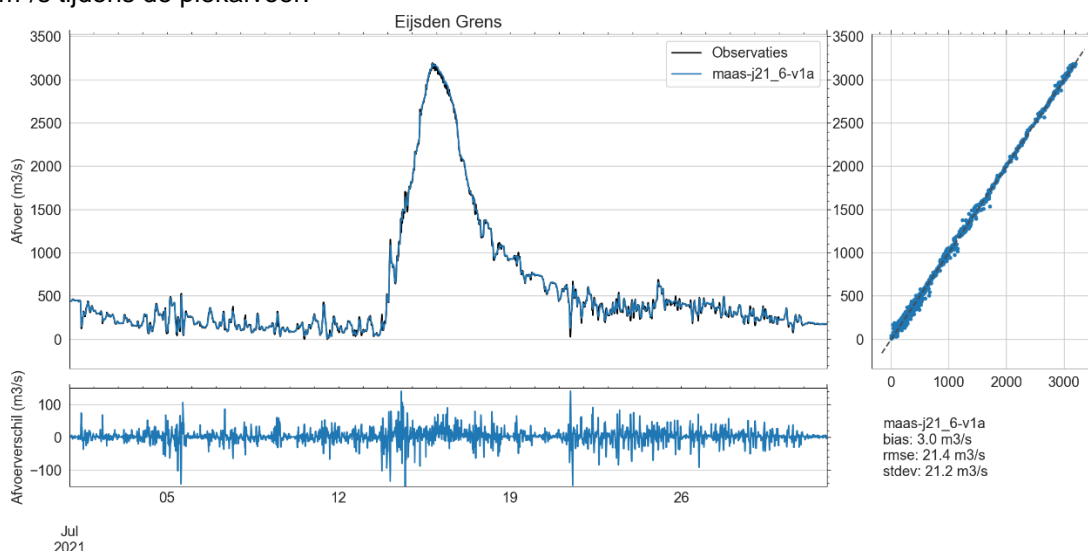


Figuur 4-19 Verhanglijnen op 18 juli 2021 van 15:41-14:18 voor het stuwpand Sambeek-Grave zoals gemeten vanaf de boot (grijs), op de vaste meetlocaties (oranje) en volgens het model (blauw).

4.4 Afvoeren

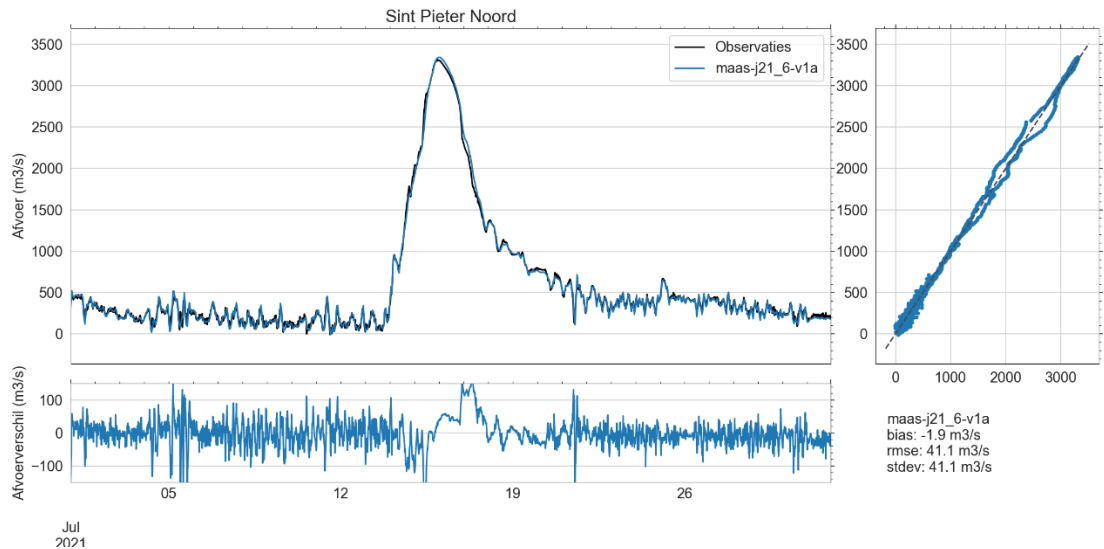
4.4.1 Meetstations

Voor de bovenrand van het model (Bij Lixhe) wordt de afvoer van LMW-meetlocatie Eijsden-grens gebruikt. Hierdoor is er in Figuur 4-20 voor deze locatie weinig verschil zichtbaar tussen de gemeten afvoer en de afvoer volgens het model. De bias is 3 m³/s en slechts 2 m³/s tijdens de piekafvoer.



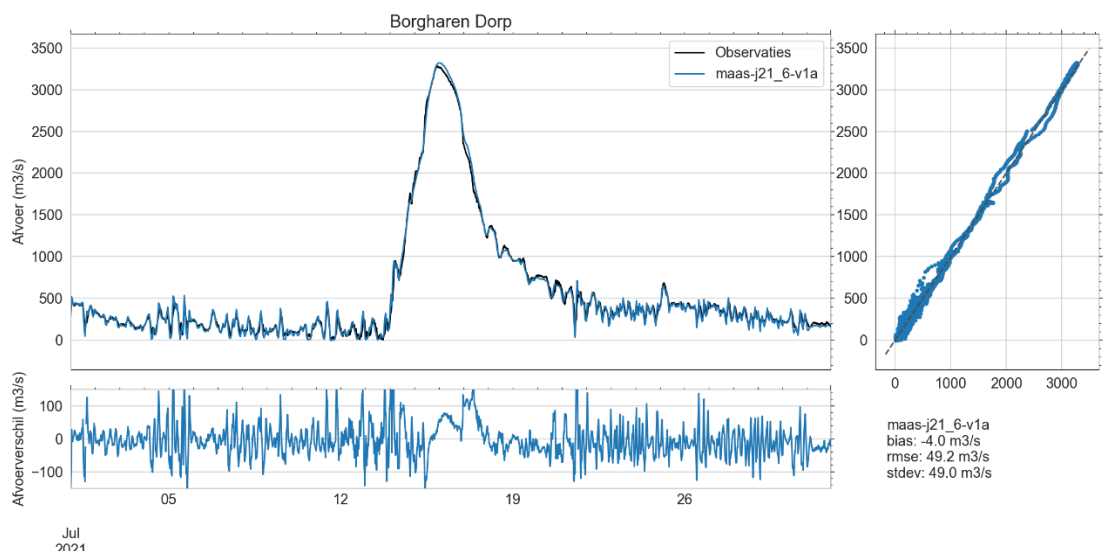
Figuur 4-20 De afvoeren (boven) en het verschil in de afvoeren (beneden) tussen het j21-model en de metingen van de meetlocatie Eijsden Grens

In Figuur 4-21 is voor Sint Pieter Noord een variatie van dezelfde orde grootte zichtbaar in het verschil tussen het model en de metingen in de periode met lage afvoeren rondom het hoogwater. De afvoeren zijn hier in het model gemiddeld 7 m³/s lager dan de metingen. Tijdens het hoogwater volgt het model netjes het patroon van de gemeten afvoer. Aan het begin van het hoogwater (tijdens de stijgende fase) is de afvoer in het model iets lager dan in de metingen. Vlak voor de piek is dit verschil omgeslagen en zijn de afvoeren in het model hoger. De piekafvoer is in het model 40 m³/s hoger en de piek wordt ook later bereikt dan in de metingen. Het gevolg is dat de afvoer volgens het model ook in de eerste helft van de dalende fase van het hoogwater hoger is dan volgens de metingen.



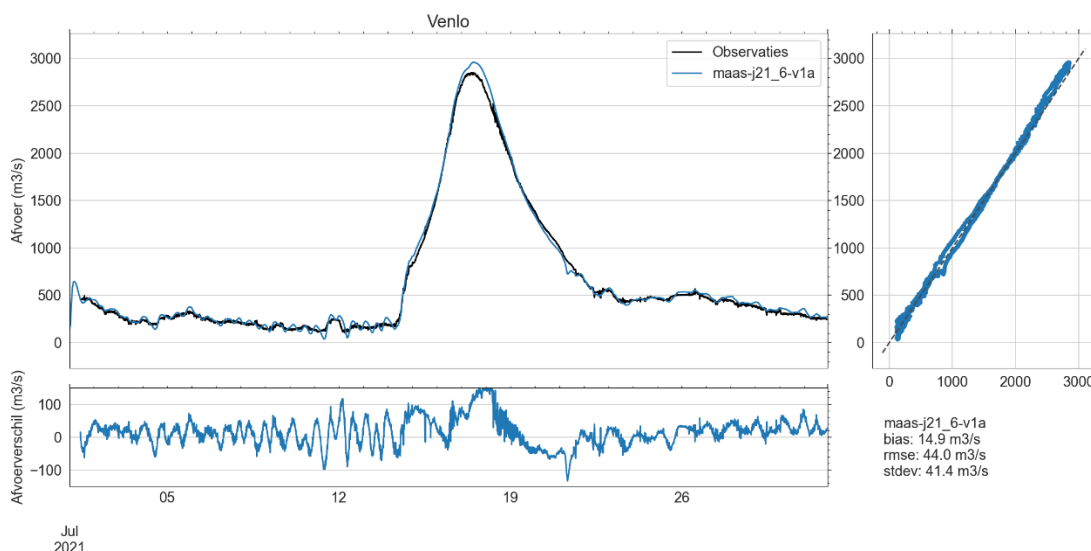
Figuur 4-21 De afvoeren (boven) en het verschil in de afvoeren (beneden) tussen het j21-model en de metingen van de meetlocatie Sint Pieter Noord

De overschatting van de piekafvoer in het model neemt toe in benedenstroomse richting en betreft 45 m³/s bij Borgharen Dorp (zie Figuur 4-22). Wel wordt de vorm van de afvoergolf ook op deze locatie goed door het model bepaald.



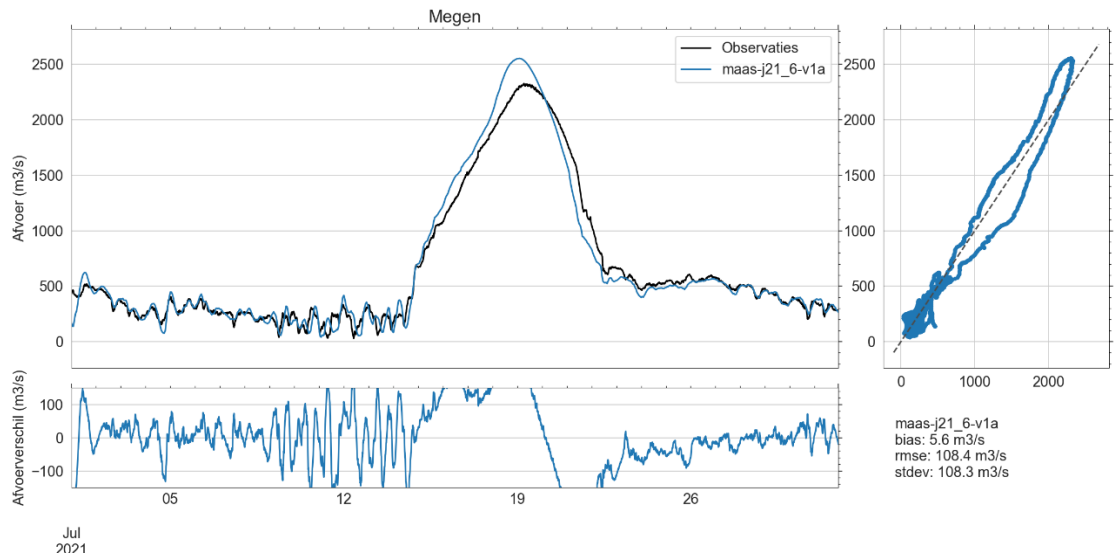
Figuur 4-22 De afvoeren (boven) en het verschil in de afvoeren (beneden) tussen het j21-model en de metingen van de meetlocatie Borgharen Dorp

Figuur 4-23 toont dat bij Venlo de duur van de afvoergolf langer is dan bij Eijsden en Borgharen. De afvoergolf is iets ingezakt en vooral minder steil aan het begin en het einde van de afvoergolf. Op deze locatie is ook het verschil tussen de metingen en het model het grootst. De afvoer wordt door het model sterk overschat, zowel aan het begin van de afvoergolf als tijdens de piekafvoer zelf en dit is ook te zien in de waterstanden op deze locatie. Het verschil is 113 m³/s tijdens de piek zelf. Dit is een overschatting van meer dan 10%. Verder is in de afvoeren van het model net voor de piek een afvlakking zichtbaar. Deze afvlakking was niet zichtbaar in de waterstanden op deze meetlocatie, maar wordt veroorzaakt door de instroom van de retentiegebieden.



Figuur 4-23 De afvoeren (boven) en het verschil in de afvoeren (beneden) tussen het j21-model en de metingen van de meetlocatie Venlo

Door de extreem spitse vorm van het hoogwater van juli 2021 zakt de piekafvoer sterk in benedenstroomse richting. Dit was al zichtbaar bij Venlo, maar bij Megen (zie Figuur 4-24) is met name de stijgende fase van de piek veel minder steil dan dat het geval was bij Eijsden. Het is echter ook tijdens deze fase dat het model de afvoeren sterk overschat. De overschatting komt doordat de afvoer harder oploopt in het model dan in de metingen. De maximale overschatting is meer dan 227 m³/s tijdens de gemeten piek van de afvoergolf. Doordat de afvoerpiek steiler is in het model dan in werkelijkheid, wordt de piekafvoer eerder bereikt in het model. Vervolgens loopt de afvoer initieel steil af tot net onder de 800 m³/s. Hier volgt een knippunt en daalt de afvoer in het model minder snel dan in de metingen. De afvoer is na het hoogwater nog t/m 26 juli lager dan in de metingen.

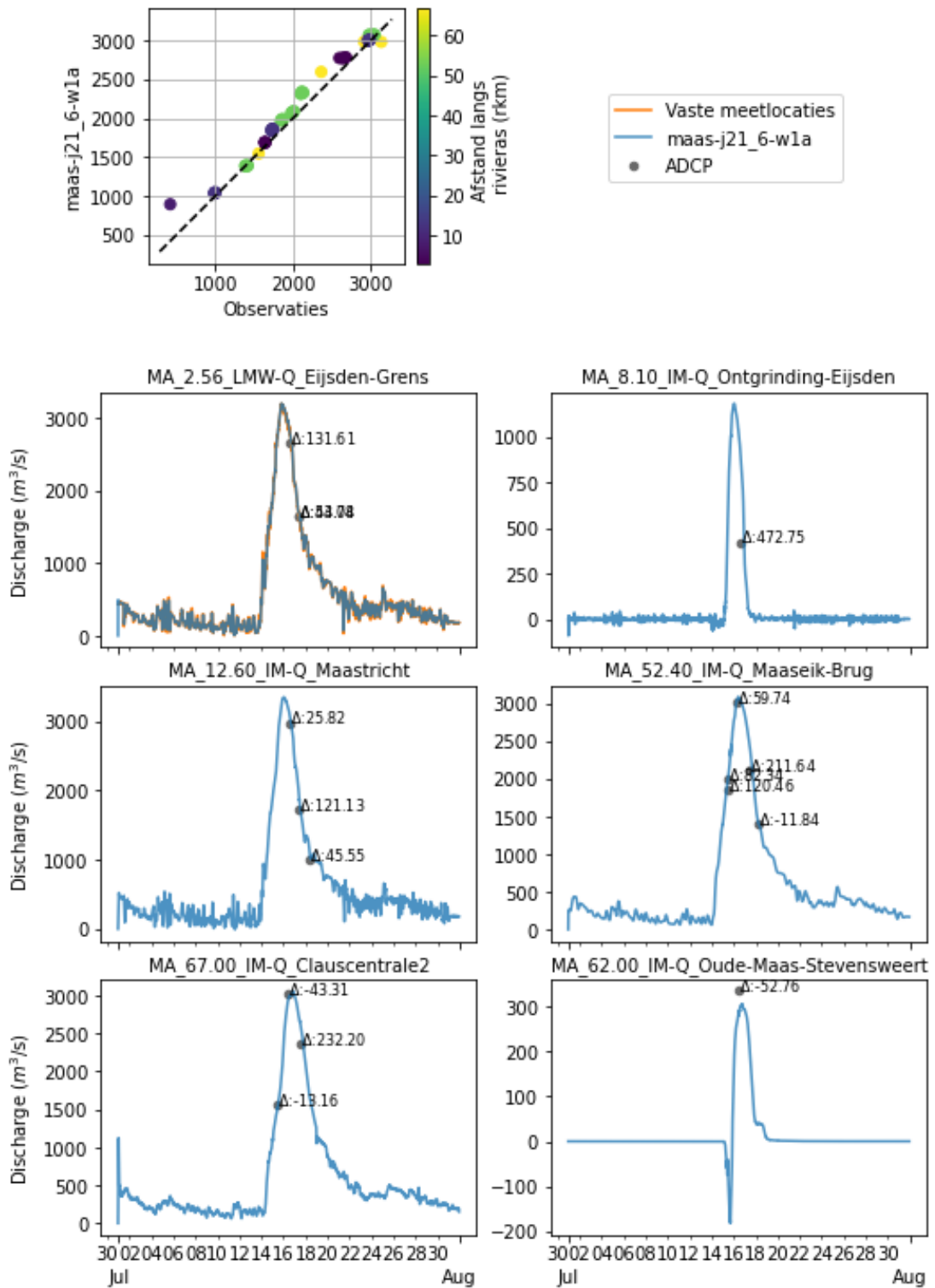


Figuur 4-24 De afvoeren (boven) en het verschil in de afvoeren (beneden) tussen het j21-model en de metingen van de meetlocatie Megen

4.4.2 CIV Mobiel Meten

Door de CIV Mobiel Meten zijn tijdens het hoogwater de afvoeren gemeten op 6 locaties. Op elke locatie is een aantal keer direct achter elkaar gemeten, waarna er verplaatst werd naar de volgende meetlocatie. Figuur 4-25 toont in het eerste kader voor alle individuele metingen de gemeten afvoeren op de x-as en de afvoeren volgens het model op de y-as. De kleuren geven de rivierkilometer van de raaien aan. In het figuur is zichtbaar dat voor het grootste deel van de metingen de afvoer in het model hoger is dan de met de ADCP gemeten afvoer.

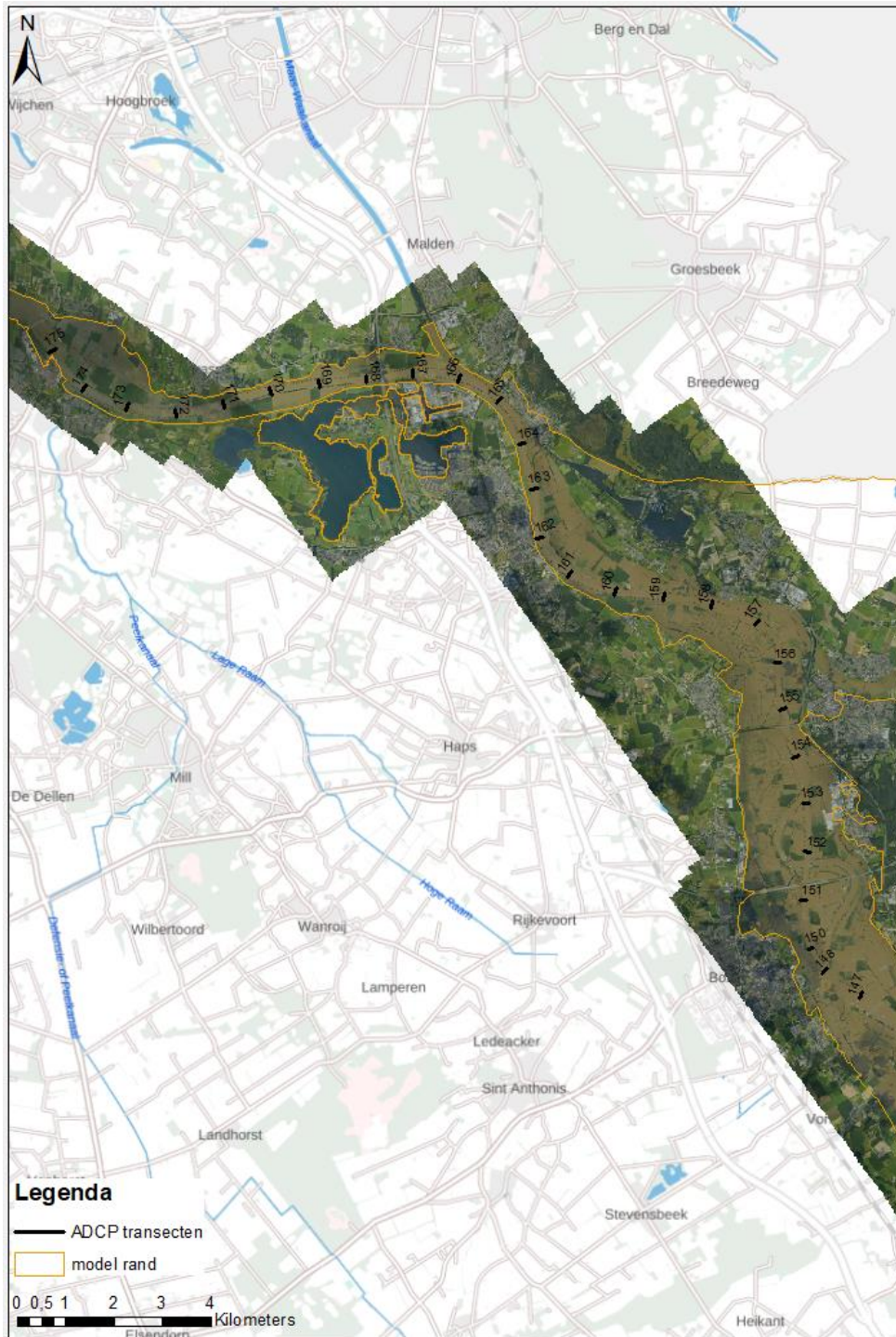
In de overige kaders van Figuur 4-25 is het verloop over de tijd zichtbaar van de afvoeren zoals gemeten met de ADCP (grijs), zoals door het model bepaald (blauw) en zoals afgeleid bij het vaste LMW-meetpunt van Eijsden-Grens (oranje). Hierbij is het gemiddelde verschil voor de (meestal 4) direct opeenvolgende ADCP-metingen als label opgenomen. In deze kaders van het figuur blijkt dat de grootste verschillen (voornamelijk overschattingen door het model) ontstaan op het moment dat het verloop van de afvoerpiek het steilst is. Rondom de piek en aan het begin en eind van de afvoerpiek zijn de verschillen kleiner en vaak negatief, omdat de afvoeren van het model dan lager uitvallen dan de metingen.



Figuur 4-25 De afvoer volgens het model (blauw), de vast meetlocatie bij Eijsden (oranje) en de metingen met ADCP (grijs) inclusief het verschil tussen het model en de per uur gemiddelde ADCP-metingen

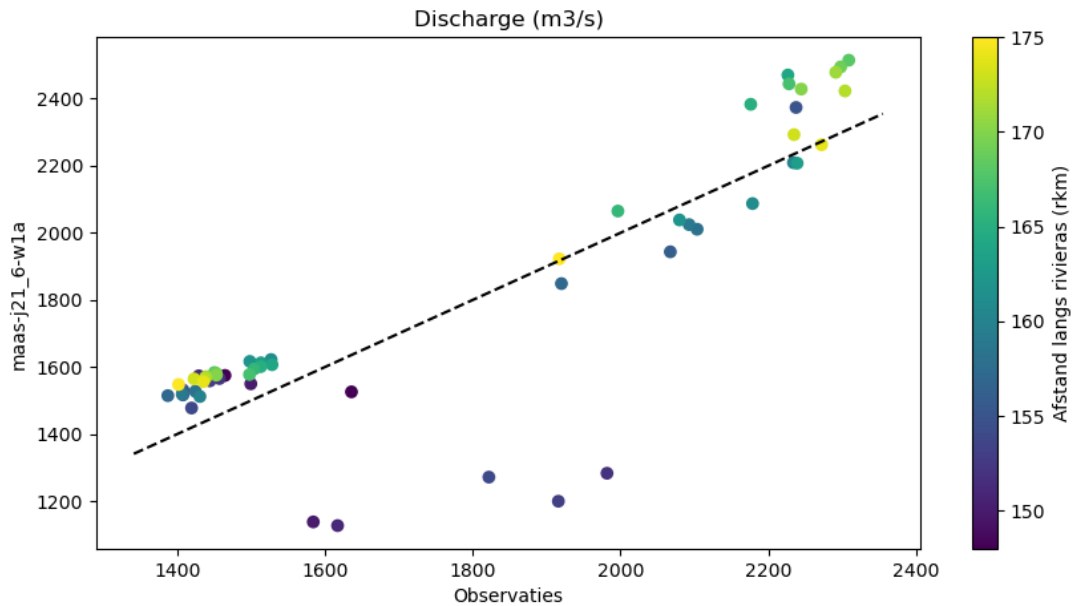
4.4.3 Aqua Vision

In het stuwpand tussen Sambeek en Grave hebben tijdens het hoogwater extra afvoermetingen plaatsgevonden. De afvoer is op 16 en 18 juli bij elke hele rivierkilometer een aantal keren gemeten. De gemeten raaien zijn zichtbaar in Figuur 4-26, waarin ook de luchtfoto's van tijdens het hoogwater zijn opgenomen. Deze raaien liggen allen geheel in het zomerbed. De afvoer van de ADCP-metingen en de modelafvoer tijdens deze metingen is zichtbaar in Figuur 4-28.



Figuur 4-26 Luchtfoto van de Maas tijdens het hoogwater (16 tot 19 juli 2021) met de ADCP-raaien en de modelrand.

Figuur 4-27 toont voor alle meetraaien de individuele gemeten afvoeren op de x-as en de afvoeren volgens het model op de y-as. De kleuren geven de rivierkilometer van de raaien aan. In de figuur is zichtbaar dat het model de afvoeren sterk onderschat tussen rkm 150 en 154, aan het begin van het stuwpand van Grave. In het overige deel van het stuwpand is sprake van zowel onder- als overschatting van de afvoeren.

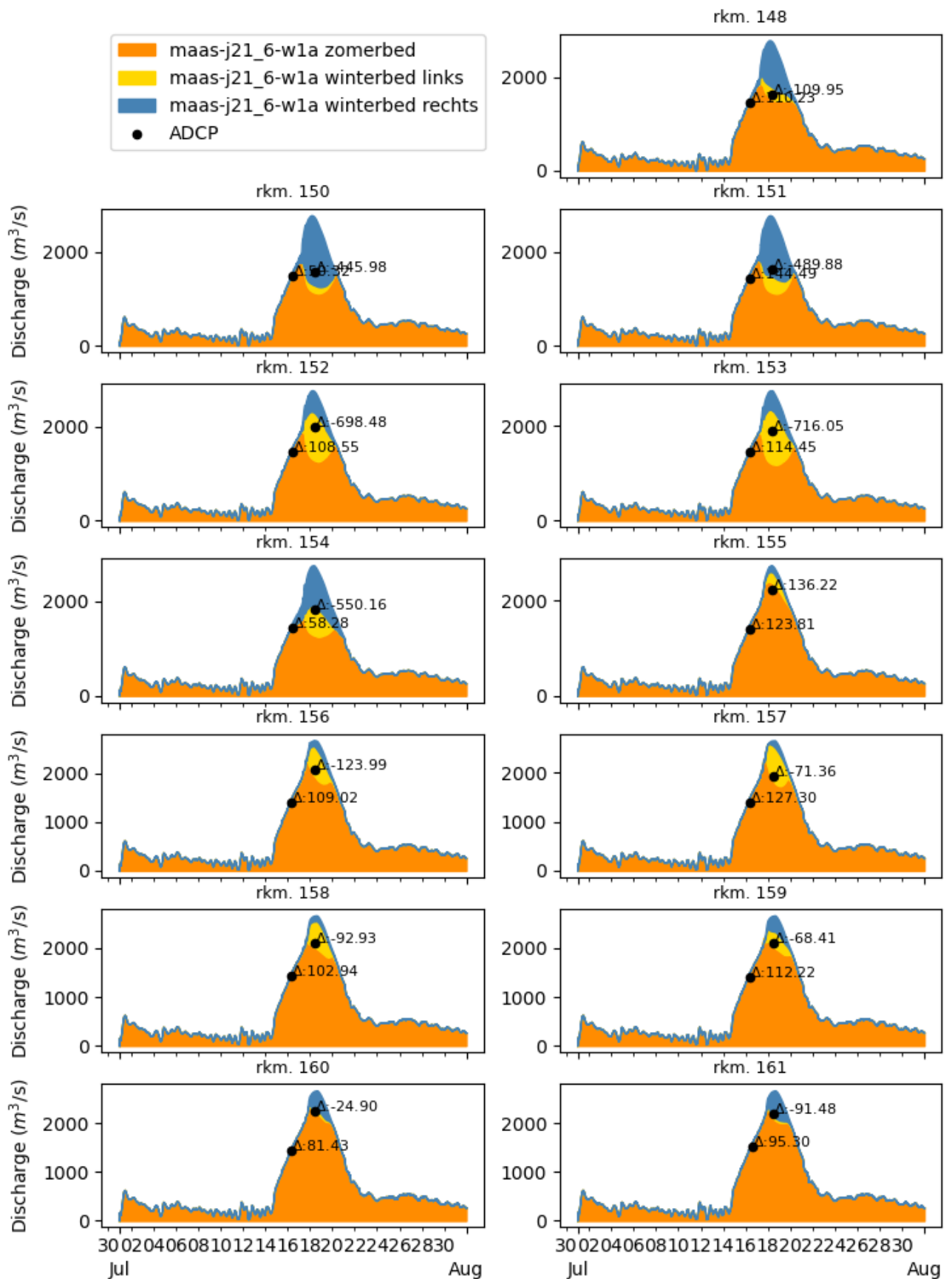


Figuur 4-27 De door Aquavion gemeten afvoeren versus de afvoeren volgens het model waarbij de kleuren de rivierkilometer van de raaien aangeven.

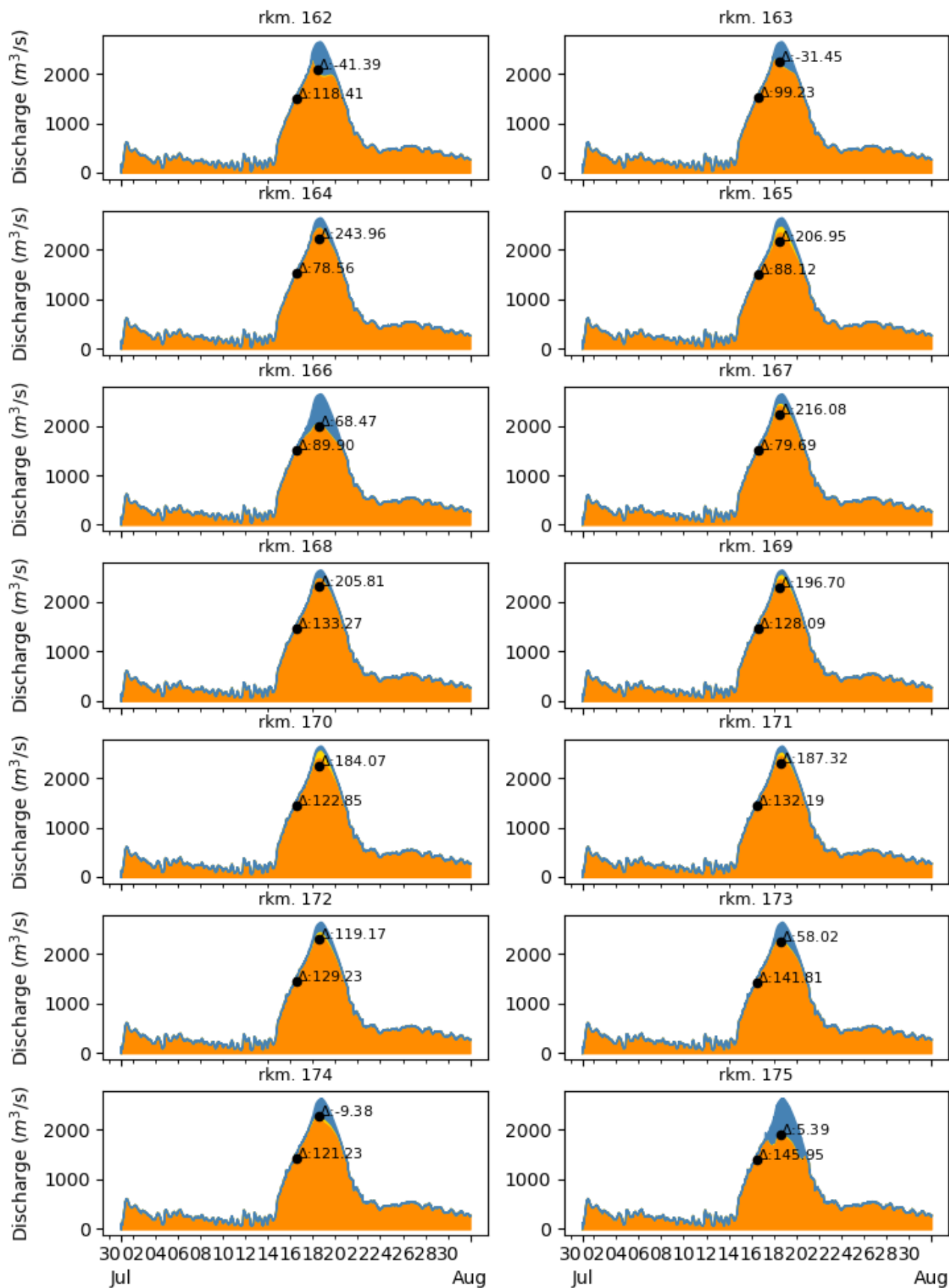
Figuur 4-28 toont voor elke rivierkilometer de tijdserie van de gemodelleerde afvoer en de gemiddelde gemeten afvoer (driehoekjes). De labels geven het verschil tussen de afvoer in het model en afvoer in de meting. De grafiek geeft gestapeld de bijdrage aan van de afvoer door het zomerbed (oranje), door het winterbed links van de Maas (geel) en het winterbed rechts (blauw). In het figuur is zichtbaar dat de afvoeren in het zomerbed van het model tijdens de piek van het hoogwater tijdelijk afnemen voor de raaien 148 tot en met 154 en 156 tot en met 163. In deze tijdseries is zichtbaar dat de afvoer niet afneemt over de totale dwarsdoorsnede van het model. De dip in de afvoerpiek van het zomerbed wordt veroorzaakt doordat er meer afvoer via het winterbed stroomt. De afname in de afvoer van het zomerbed is niet zichtbaar bij rkm 155, maar dit is ook een locatie waar het winterbed erg smal is en er weinig water buiten het zomerbed stroomde. Dit is ook zichtbaar in de luchtfoto van het hoogwater in Figuur 4-26. Het verschil in zomerbedafvoer tussen de metingen en de modelresultaten kan door de volgende factoren komen:

- De tijdens de metingen ingeschatte afstand tot de oever is groter dan de daadwerkelijke afstand van de laatste meting tot aan de rand van het zomerbed. Dit leidt tot een overschatting in de afvoermeting.
- De tijdseries tonen aan dat er in het model al bij de lagere afvoeren een deel van de afvoer door de rechterzijde van het winterbed stroomt. Dit komt omdat de ADCP-trajecten die gebruikt zijn als doorsnede van het zomerbed niet het gehele zomerbed doorsnijden. De interpolatieafstand van de laatste meting tot aan de rand van het zomerbed is niet toegekend aan deze dwarsdoorsnedes en daardoor niet in de modeltransecten voor het zomerbed opgenomen.

- In het model stroomt er in verhouding meer water via het winterbed dan dat de metingen aangeven. Dit kan komen doordat de ruwheid van het winterbed hoger was in juli, dan dat in het model is aangenomen. In Appendix F.1 is dezelfde vergelijking opgenomen voor het model met de zomervegetatieruwheid. Hier is zichtbaar dat de onderschatting van de zomerbedafvoer van het model ten opzichte van de metingen inderdaad licht afneemt door het gebruik van de zomerruwheidcoëfficiënten.



Figuur 4-28 De totale afvoer volgens het model voor elke rivierkilometer raai en de metingen met ADCP (zwart) inclusief het verschil tussen het model en de ADCP-metingen. Het deel van de afvoer dat stroomt door de dwarsdoorsnede van het zomerbed (oranje), het winterbed links (geel) en het winterbed rechts van de Maas (blauw) is apart aangegeven.



Figuur 4-28 De totale afvoer volgens het model voor elke rivierkilometer raai en de metingen met ADCP (zwart) inclusief het verschil tussen het model en de ADCP-metingen. Het deel van de afvoer dat stroomt door de dwarsdoorsnede van het zomerbed (oranje), het winterbed links (geel) en het winterbed rechts van de Maas (blauw) is apart aangegeven - vervolg

4.5 Effect van de zomervegetatie

Tijdens de validatie is het effect van meer bladeren, en een sterkere en hogere versie van de normaal in de winter aanwezige vegetatie is onderzocht. Hiervoor is één extra simulatie uitgevoerd met ruwheidscoëfficiënten voor de zomer (o.b.v. Van Velzen, 2005; zie Appendix C.3). De statistieken zijn zichtbaar in Tabel 4-2 en het langsprofiel van de topwaterstand is voor de gehele Maas opgenomen in Figuur 4-29. Daarnaast zijn de tijdseries van de waterstanden en afvoeren voor elk meetstation opgenomen in respectievelijk Appendix E.3 en E.4. Appendix E.1 toont kaarten met topwaterstanden voor de simulaties met winter- en zomervegetatie.

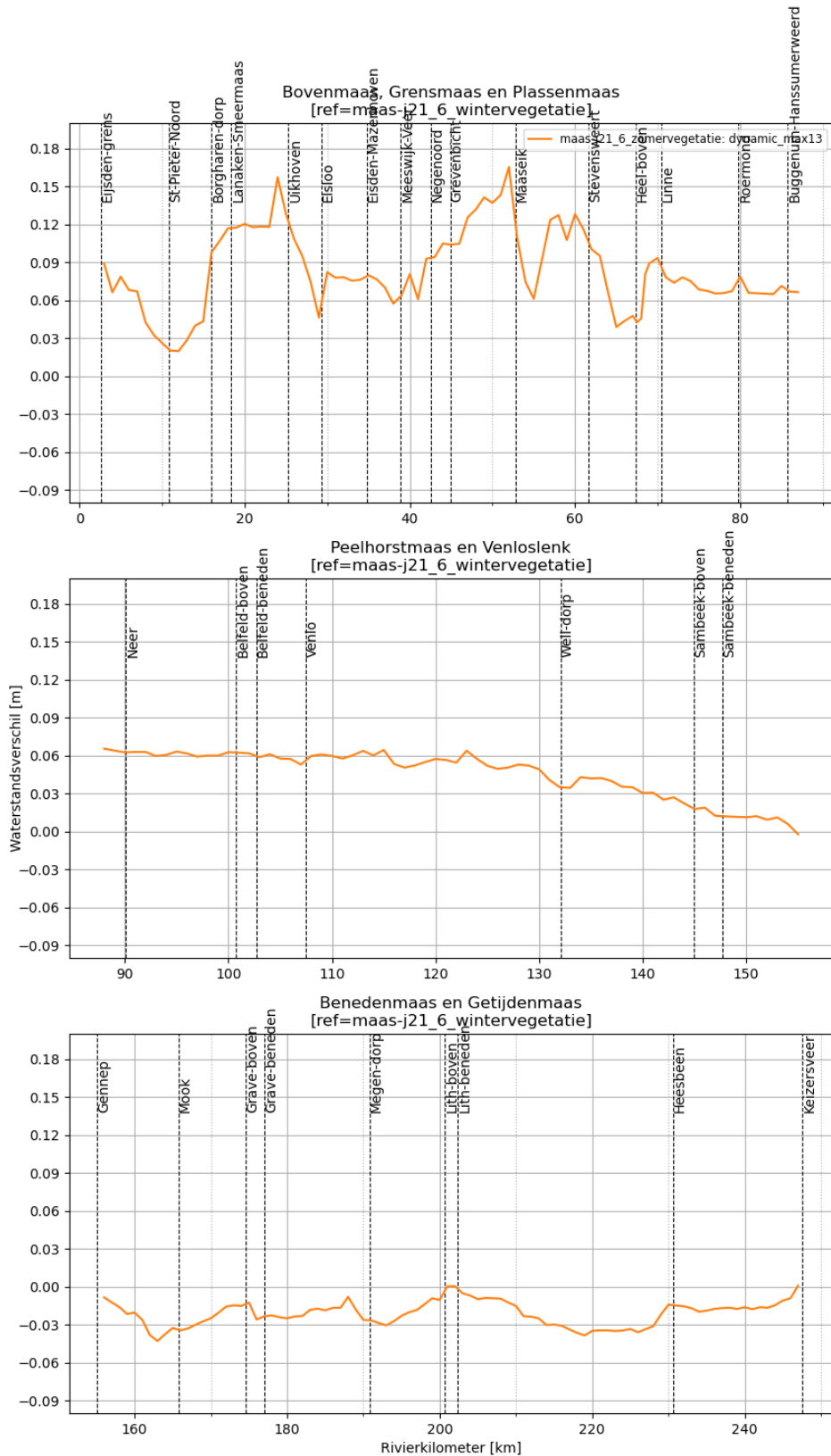
Uit de resultaten blijkt dat er tijdens het hoogwater een gemiddelde waterstandstoename is door de hogere ruwheidscoëfficiënten van de zomervegetatie. Deze toename is alleen significant tijdens het hoogwater, en niet in de periode voor en na het hoogwater, aangezien het winterbed bij de lagere waterstanden niet meestroomt. Figuur 4-29 toont dat het gebruik van de ruwheden van de zomervegetatie ongeveer tot aan Sambeek zorgt voor een toename van de topwaterstand. Deze toename is het grootst op de Grensmaas en Plassenmaas waar de topwaterstand stijgt met minimaal 2 tot maximaal 17 cm. Op de Peelhorstmaas is de topwaterstand ongeveer 6 cm hoger in het model met de ruwheden van de zomervegetatie. Op de Benedenmaas en Getijdenmaas zorgen de andere ruwheidscoëfficiënten van de zomervegetatie voor een afname van de topwaterstanden met een maximum van 5 cm.

De toename in de waterstanden tijdens het hoogwater zorgt ervoor dat de gemiddelde bias tussen de modelresultaten en de metingen van alle meetlocaties van 10 mm naar 22 mm verandert. Het gemiddelde verschil in de piekwaterstand verandert van 1 mm naar 55 mm. De bias en het verschil in piekwaterstand veranderen van 1 mm naar 14 mm en van 12 mm naar 59 mm wanneer alleen de meetlocaties worden meegenomen waarop het model bij de modelbouw is gekalibreerd.

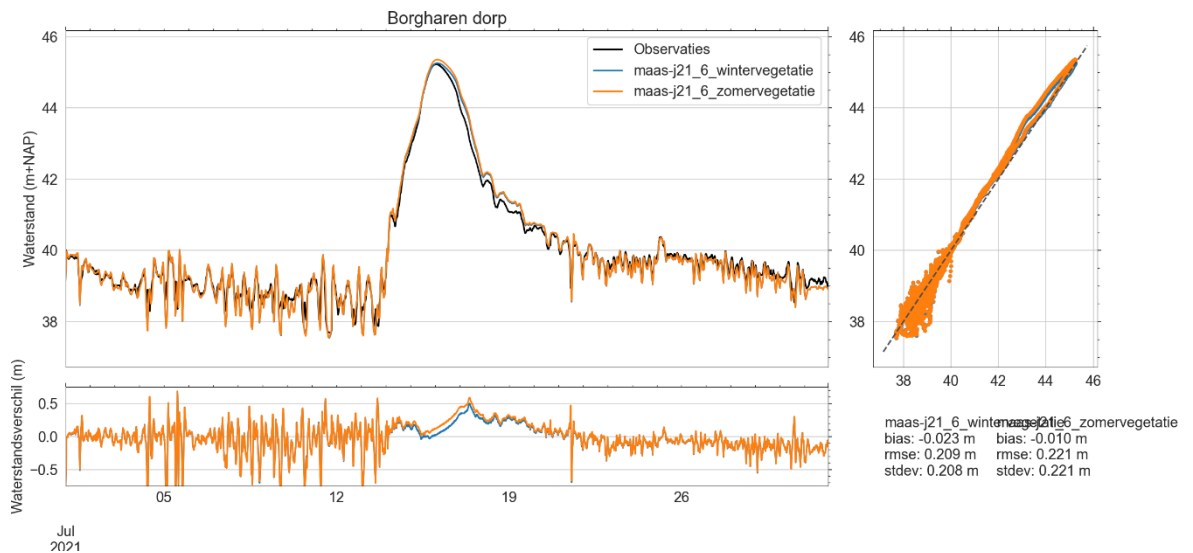
Op de Bovenmaas en het bovenstroomse deel van de Grensmaas zorgt de toename in de waterstand tijdens de piek voor een toename van de overschatting van de waterstand. Dit is het geval bij Eijsden, Sint Pieter, Borgharen Dorp (zie Figuur 4-30) en bij de Smeermaas. Op het Julianakanaal en op het benedenstroomse deel van de Grensmaas werden de waterstanden door het model met wintervegetatie onderschat. De toename in waterstand door de zomervegetatie zorgt ervoor dat deze onderschatting afneemt. Dit is o.a. het geval bij Uikhoven waarvoor Figuur 4-31 de waterstanden weergeeft. Vanaf Ophoven de Spaanjerd tot aan Heel overschat het model met de wintervegetatie de waterstanden tijdens de piek. Deze overschatting neemt door de ruwere zomervegetatie verder toe van ongeveer 10 tot 20 cm. Tussen Well en Gennep zijn de uiterwaarden van de Maas op zijn breedst, de verwachting was dat hier het effect van de zomervegetatie op de waterstanden het grootst zou zijn. Bij de vaste meetlocaties van Well dorp, Sambeek Boven, Sambeek Beneden en Gennep is de piekwaterstand in het model met de zomervegetatie wel iets hoger en de piek is iets breder, maar het verschil is beperkt (in de orde van enkele centimeters). Bij Sambeek beneden (zie Figuur 4-32) en Gennep is echter vooral op het moment van de piek wel een goede afvlakking van het verschil zichtbaar en is het verschil met de metingen slechts enkele cm.

In de Jong et al. (2022) wordt voor het hoogwater van juli 2021 ook een vergelijking gemaakt tussen de resultaten van verschillende karteringen van de vegetatie tussen de zomer en winter (van Dongen, 2022). Door de Jong et al. (2022) wordt geconcludeerd dat binnen de gegeven uitgangspunten het effect van andere ruwheidscoëfficiënten voor dezelfde typen vegetatie (gemiddeld 5 cm) kleiner is dan het effect van verschillen in kartering (gemiddeld 23 cm).

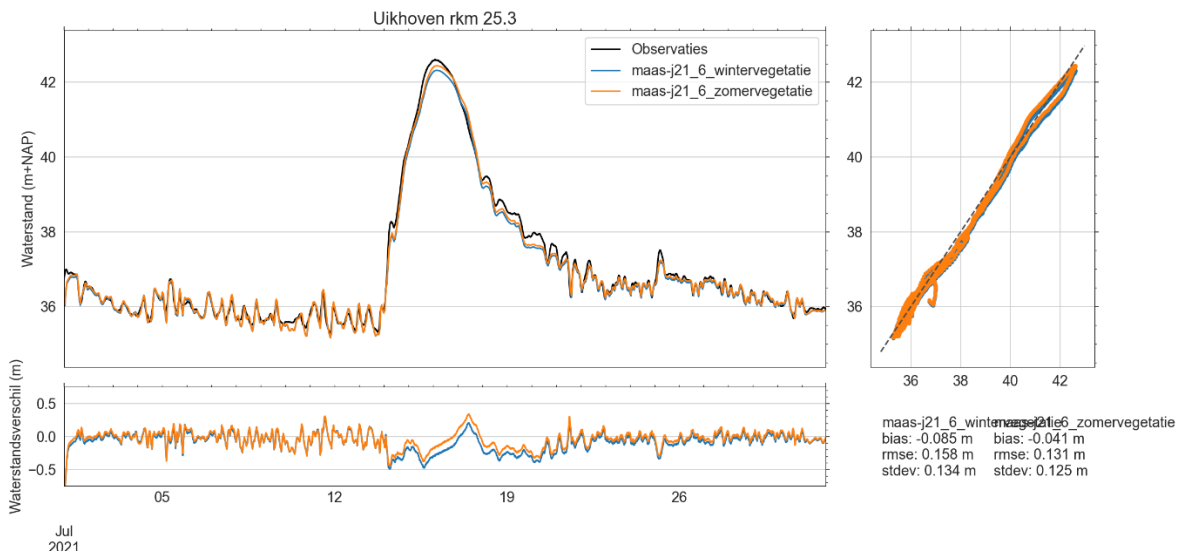
Het ontbreken van bijvoorbeeld maïsvelden in de hydraulische modellen heeft dus een veel grotere bijdrage aan de onderschatting van de waterstanden tijdens het hoogwater van 2021 dan het effect van een hogere bladdichtheid.



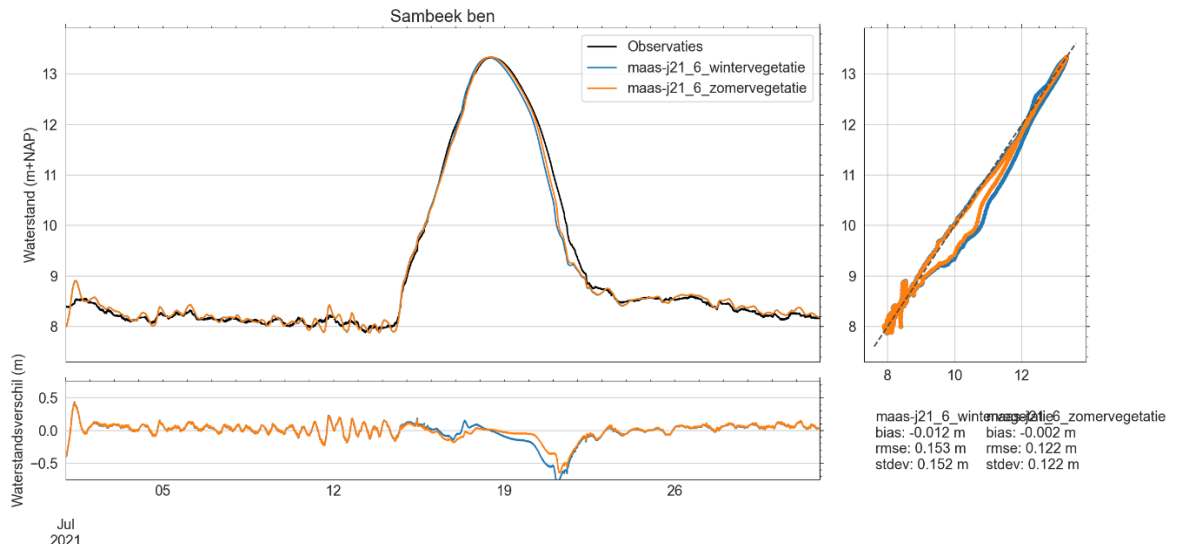
Figuur 4-29 Het verschil in de max13 waterstanden tussen het j21-model met zomervegetatie en het referentiemodel met wintervegetatie langs de rivieras.



Figuur 4-30 De waterstanden en het verschil in waterstanden tussen het j21-model met zowel wintervegetatie (blauw) als zomervegetatie (oranje) en de metingen van de meetlocatie Borgharen Dorp.

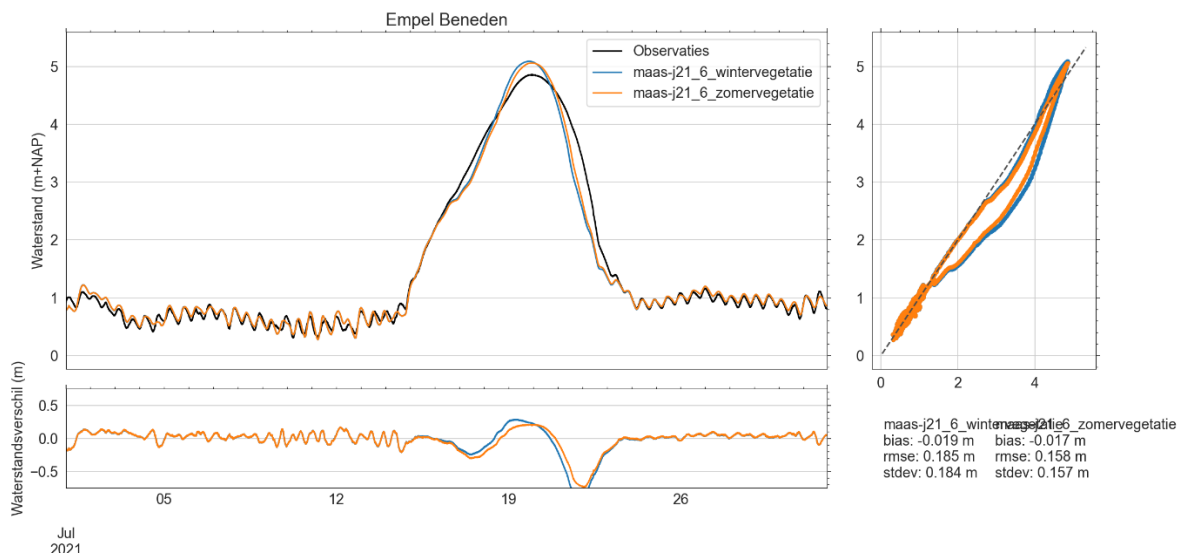


Figuur 4-31 De waterstanden en het verschil in waterstanden tussen het j21-model met zowel wintervegetatie (blauw) als zomervegetatie (oranje) en de metingen van de meetlocatie Uikhoven.



Figuur 4-32 De waterstanden en het verschil in waterstanden tussen het j21-model met zowel wintervegetatie (blauw) als zomervegetatie (oranje) en de metingen van de meetlocatie Sambeek Beneden

Doordat de waterstanden voor bijna elke locatie hoger uitvallen is ook het effect van de instroom van de retentiegebieden en de topvervlakking iets beter zichtbaar in de resultaten. Vooral in het benedenstroomse gedeelte van het model (zie Figuur 4-32 en Figuur 4-33) lijkt de vorm van de piek hierdoor iets beter op de vorm van de gemeten waterstanden. De afvoerpiek blijft echter te spits in het model en ook vindt nog steeds minder topvervlakking plaats dan in de metingen zichtbaar is.



Figuur 4-33 De waterstanden en het verschil in waterstanden tussen het j21-model met zowel wintervegetatie (blauw) als zomervegetatie (oranje) en de metingen van de meetlocatie Empel Beneden

		maas-j21_6_zomervegetatie			
		bias	stdev	rmse	dmax
Meetstation	Eijsden grens	0.007	0.119	0.120	0.286
	Sint Pieter noord	0.037	0.088	0.096	0.137
	Borgharen_jul	0.007	0.059	0.059	-0.052
	Borgharen dorp	-0.010	0.221	0.221	0.124
	Lanaken-Smeermaas rkm 18.4	0.067	0.170	0.183	0.168
	Uikhoven rkm 25.3	-0.041	0.125	0.131	-0.167
	Eisloo	-0.114	0.118	0.165	-0.430
	Eisden-Mazenhoven rkm 34.7	0.150	0.202	0.251	0.085
	Meeswijk Veer rkm 39.0	-0.102	0.136	0.170	-0.200
	Negenoord rkm 42.5	-0.061	0.127	0.141	-0.145
	Rotem rkm 44.9	0.160	0.114	0.197	-0.100
	Maaseik_HIC	0.090	0.135	0.162	0.037
	Stevensweert	0.036	0.073	0.081	0.215
	Heel boven	0.027	0.092	0.096	0.201
	Heel ben	0.021	0.087	0.089	0.103
	Linne ben	0.041	0.081	0.091	0.005
	Roermond boven	0.005	0.043	0.043	0.042
	Buggenum	0.037	0.081	0.089	0.047
	Neer	0.014	0.079	0.081	0.071
	Belfeld bov	-0.019	0.087	0.089	0.071
	Belfeld ben	0.088	0.135	0.162	0.325
	Venlo	0.088	0.120	0.149	0.254
	Well dorp	-0.011	0.097	0.098	-0.142
	Sambeek bov	-0.037	0.096	0.103	-0.153
	Sambeek ben	-0.002	0.122	0.122	0.010
	Gennep	0.003	0.098	0.098	0.056
	Mook	0.011	0.064	0.065	0.186
	Grave bov	-0.014	0.050	0.052	0.026
	Grave ben	0.014	0.132	0.132	0.149
	Megen dorp	-0.009	0.100	0.100	0.205
	Lith bov	0.011	0.074	0.075	0.244
	Lith dorp	0.017	0.181	0.181	0.141
	Empel Beneden	-0.017	0.157	0.158	0.197
	Heesbeen	-0.004	0.093	0.093	0.072
	Keizersveer	0.000	0.007	0.007	0.002
	Gemiddelde	0.014	0.108	0.119	0.059
RMS Gemiddelde	0.057	0.116	0.129	0.168	

Tabel 4-2 De bias, standaarddeviatie (stdev), root mean square error (rmse) en de afwijking van de piekwaterstand (dmax) tussen de waterstanden berekend met het model met zomervegetatie ruwheden en de metingen van de tijdens de modelkalibratie gebruikte meetstations.

5 Discussie

5.1 Vergelijking met het vijfde-generatiemodel

In Tabel 5-1 zijn voor zowel de twee zesde-generatiemodellen (met winter- en zomervegetatie) als voor het WAQUA-model van de vijfde generatie de verschillen in de topwaterstanden ten opzichte van de metingen weergegeven. De verschillen tussen de gemeten topwaterstanden en de WAQUA-resultaten zijn verkregen uit Tabel 5.5 pp.41 uit Van der Veen (2022).

In de tabel valt op dat de overschatting van de topwaterstand op de Bovenmaas groter is dan in WAQUA, maar dat de verschillen op de Grensmaas 10 tot 20 cm kleiner zijn en de topwaterstanden van het zesde-generatiemodel hier dus beter overeenkomen met de metingen. Het model presteert op dit traject nog beter wanneer de ruwheid van de zomervegetatie wordt gebruikt.

Tot aan Megen zijn de verschillen van de zesde-generatiemodelresultaten kleiner dan die van WAQUA, behalve voor de locaties van Belfeld Beneden en Venlo. Het model is redelijk goed in de reproductie van het opgaande water. Wel is met name de timing van de instroom van de retentiegebieden net anders dan gemeten waardoor de topvervlakking op een ander moment plaatsvindt en er na Roermond ook een afwijking zichtbaar is in het opgaande deel van de piek. Vanaf Roermond wordt het zomerbed breder en is er een groter verschil zichtbaar tussen het moment dat de topwaterstand in het model en in de metingen wordt bereikt. De piek gaat vanaf deze locatie afwijken en de dalende fase van het hoogwater laat een beduidend steiler verloop zien dan de metingen. Dit is ook het geval in het model met de hogere ruwheden op basis van zomervegetatie. Deze hogere uiterwaardruwheden zorgen wel voor een verdere toename van de topwaterstand, maar zorgen niet voor een trager verloop van de afvoerpiek.

Verder valt op dat de grote afwijkingen van de waterstand in het zomerbed van 22/19 cm met winter/zomervegetatie, bij Mook en 17/15 tot 23/20 cm op het traject Grave-Megen in WAQUA zelfs nog groter is met respectievelijk 35 cm en 18 tot 25 cm. Vanaf Lith is de overschatting van de topwaterstand in de zesde-generatiemodellen wel 10 tot 15 cm groter dan in WAQUA. De topwaterstanden liggen hier tot meer dan 20 cm hoger dan de metingen.

Tabel 5-1 Het verschil tussen de gemeten en berekende topwaterstanden voor het zesde-generatie-j21-model met de winter- en zomervegetatie en voor het WAQUA-model (Tabel 5.5 pp.41 uit Van der Veen, R. 2022). Dikgedrukte locaties zijn de LMW-meetlocaties gebruikt voor de kalibratie en validatie van het Maasmodel.

	j21_6 wintervegetatie dmax	j21_6 zomervegetatie dmax	WAQUA (R. van der Veen, 2022) dmax	HW1993 dmax
Eijsden grens	0,21	0,29	0,1	0,13
Sint Pieter noord	0,12	0,14	0,01	0,27
Borgharen_jul	-0,10	-0,05	-0,21	0,00
Borgharen dorp	0,03	0,12	-0,07	0,01
Lanaken-Smeermaas rkm 18.4	0,05	0,17	-0,28	0,00
Uikhoven rkm 25.3	-0,29	-0,17	-0,52	
Elsloo	-0,49	-0,43	-0,42	0,00
ZB5a	-0,30	-0,22		
ZB9a	-0,21	-0,14		
ZB17a	-0,05	0,02		
Eisden-Mazenhoven rkm 34.7	-0,01	0,08	-0,11	
Meeswijk Veer rkm 39.0	-0,26	-0,20	-0,46	
Negenoord-West	-0,20	-0,07		
Negenoord rkm 42.5	-0,24	-0,15	-0,34	
Rotem rkm 44.9	-0,20	-0,10	-0,3	
Rotem Bichterweerd	-0,24	-0,14		
Maaseik_HIC	-0,10	0,04	-0,28	-0,07
Maaseik Herenlaak	0,59	0,72		
Ophoven De Spaanjerd	0,06	0,16		
Stevensweert	0,10	0,22	-0,09	0,04
Heel boven	0,15	0,20	0,06	0,04
Heel ben	0,05	0,10	0,08	-0,06
Linne ben	-0,08	0,01	-0,09	-0,06
Roermond boven	-0,04	0,04	0,02	-0,04
Buggenum	-0,02	0,05	0,09	-0,04
Neer	0,01	0,07	0,17	
Belfeld bov	0,01	0,07	0	-0,10
Belfeld ben	0,26	0,32	0,22	-0,12
Venlo	0,20	0,25	0	-0,03
Well dorp	-0,18	-0,14	-0,23	-0,06
Sambeek bov	-0,17	-0,15	-0,22	-0,06
Sambeek ben	0,00	0,01	-0,08	-0,04
Gennep	0,06	0,06	0,18	0,01
Mook	0,22	0,19	0,35	
Grave bov	0,04	0,03	0,12	-0,09
Grave ben	0,17	0,15	0,18	-0,05
Megen dorp	0,23	0,20	0,27	-0,05
Lith bov	0,25	0,24	0,15	0,08
Lith dorp	0,14	0,14	0,01	-0,01
Empel Beneden	0,23	0,20	0,08	
Heesbeen	0,09	0,07	-0,08	0,13
Keizersveer	0,00	0,00	0,02	0,00
Bunde	-0,05	-0,03		
Bias alle stations	0,00	0,05	-0,05	-0,01
Bias alle LMW-stations	0,01	0,05	-0,05	0,00
Bias stations kalibratie 1995	0,00	0,06	-0,07	0,01
RMS alle stations	0,20	0,19	0,22	0,08
RMS alle LMW-stations	0,18	0,17	0,21	0,07
RMS stations kalibratie 1995	0,13	0,13	0,15	0,07

5.2 Gevolg van kalibratie op hoogwater 1995

Voor de kalibratie van het zomerbed van het zesde-generatiemodel van de Maas is gebruik gemaakt van een afvoerafhankelijke kalibratie. Dit betekent dat voor verschillende afvoeren kalibratiefactoren zijn afgeleid en dat voor de tussenliggende afvoeren wordt geïnterpoleerd. Voor de piekafvoer van het hoogwater van 2021 gelden de kalibratiefactoren van het hoogste niveau ($H2 > 2700 \text{ m}^3/\text{s}$). Deze kalibratiefactoren zijn afgeleid op basis van het hoogwater van 1995 en de resultaten zijn gevalideerd met het hoogwater van 1993 (De Jong, 2021).

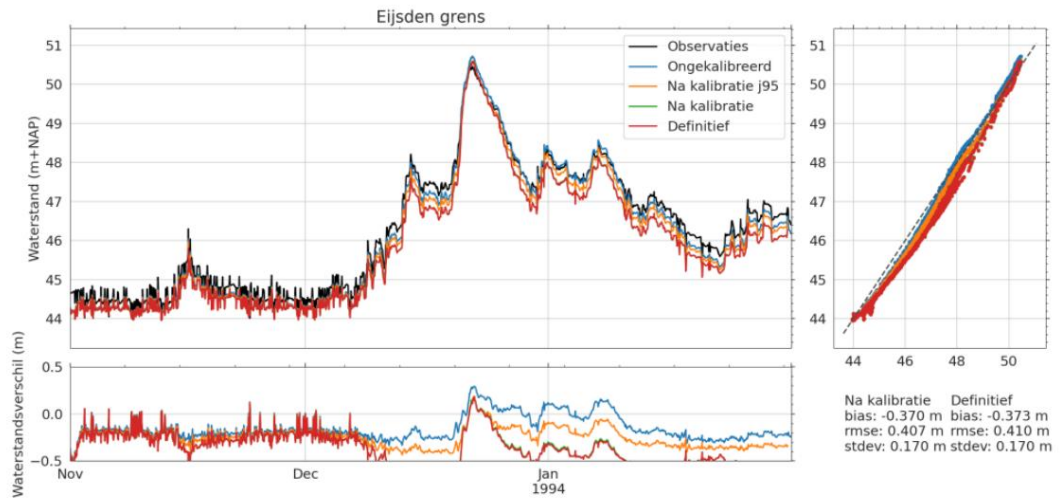
De gebiedsinrichting van de Maas is sterk veranderd. De studie van de Jong et al. (2022) beschrijft dat er door de veranderingen in riviergeometrie tussen 1993 en 2021 op de Grensmaas (rkm 38-44) een waterstandsverlaging tot circa 2 m plaatsvindt. Op de Zandmaas is de verlaging kleiner (in de orde van 25 cm) en in de omgeving van Roosteren is er juist sprake van een verhoging van iets meer dan 25 cm, waarschijnlijk door meer natuurontwikkeling en hogere ruwheden (zie ook de lichtgroene lijn in Figuur 5-1).



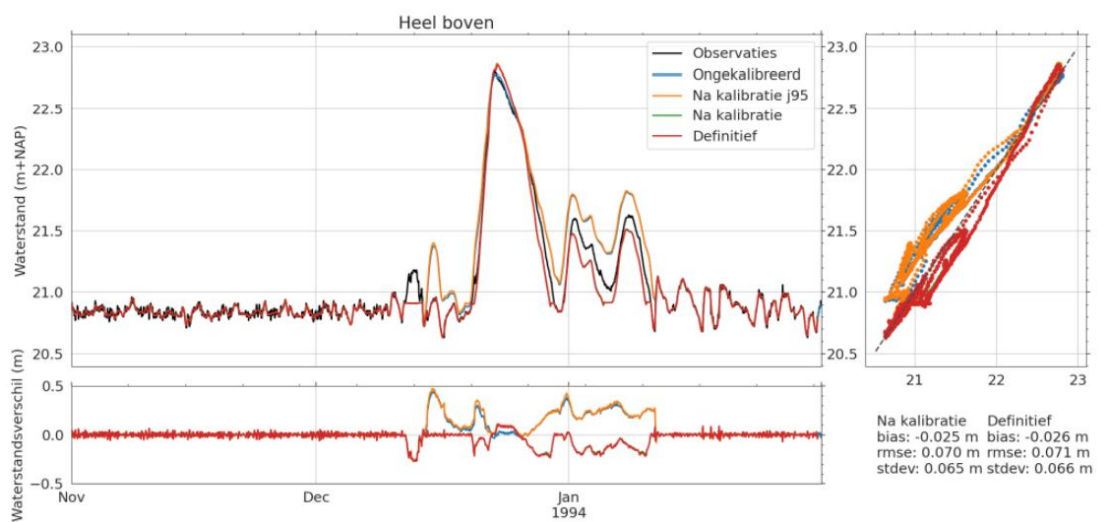
Figuur 5-1 Waterstandseffect door veranderingen in de riviergeometrie ten opzichte van 1993 (hoogwater T100 volgens WBI2017). De licht groene lijn toont het waterstandseffect van de 2021 situatie ten opzichte van de situatie in 1993 (uit De Jong et al., 2022).

Tijdens de kalibratie bleek al dat de Maasmodellen niet stationair zijn. De kalibratiefactoren van de lagere afvoerniveaus, die zijn afgeleid met recente modellen, gaven te lage waterstanden in historische perioden. Omgekeerd levert kalibratie op de piekwaterstanden van deze historische periode juist tot te hoge kalibratiefactoren voor de huidige situatie. Dit impliceert dat het gebruik van het hoogwater van 1995 voor de kalibratie ervoor zorgt dat nu structureel te hoge piekwaterstanden ontstaan. De verhoging van de waterstand tijdens de piek als gevolg van kalibratie is vooral goed zichtbaar in het benedenstroomse deel van de Maas, na Roermond, waar een sterke toename zichtbaar is in de kalibratiefactor voor de hoogste afvoeren (zie de waterstanden voor en na de kalibratie bij Heel boven in Figuur 5-3).

In Figuur 5-2 en Figuur 5-3 is ook goed zichtbaar dat de topwaterstanden door de kalibratie niet alleen hoger uitvallen, maar dat ook de afvoergolf steiler wordt in het gekalibreerde model dan de metingen aangeven. Ook bij het hoogwater van 2021 was de observatie dat met name op het benedenstroomse deel van de Maas de topwaterstanden worden overschat en dat de afvoergolf te steil is en niet voldoende afvlakt. Dit is dus mogelijk (deels) veroorzaakt door de kalibratie op het hoogwater van 1995.



Figuur 5-2 Tijdseries van de waterstanden (gemeten en model voor, tijdens en na kalibratie) bij Eijsden voor het hoogwater van 1993 (uit De Jong, 2021)



Figuur 5-3 Tijdseries van de waterstanden (gemeten en model voor, tijdens en na kalibratie) bij Heel boven voor het hoogwater van 1993 (uit De Jong, 2021)

6 Conclusies

6.1 Opbouw j21-model

Deze rapportage beschrijft de opbouw van het historische j21-model van de Maas in D-HYDRO. Dit model is specifiek opgebouwd voor de validatie van het hoogwater van juli 2021. Baseline-maas-j21_6v1 en dflowfm2d-maas-j21_6-v1a zijn opgebouwd uit en vervolgens vergeleken met baseline-maas-j19_6-v2 en dflowfm2d-maas-j19_6-v2a. Ter validatie van het nieuwe j21-model zijn met beide modellen simulaties uitgevoerd met 2 standaardsommen van JAMM 2022, namelijk de som S250 en D4100.

In j21 blijkt tijdens lage afvoeren ten opzichte van j19 een waterstandsdeling van 5 cm bovenstrooms van rkm 5 te ontstaan. Ook op de gehele Grensmaas (rkm 16 tot en met 55) is een waterstandsdeling zichtbaar, die met 43 cm het grootst is bovenstrooms van rkm 45. Deze waterstandsdeling wordt veroorzaakt door oplevering van maatregel Elerweerd waarvoor rondom rkm 46,5 de bodem van het winterbed lokaal 6 m is verlaagd. Bij hoge afvoeren is er op de Zandmaas (rkm 70 tot 110) een waterstandsdeling in de orde van 5 cm, vermoedelijk door de opname van nieuwe zomerbedlodgingen. Bij rkm 132 stijgt de waterstand bij hoge afvoer door de aanpassing van de Baseline-data van het project Ooijen Wansum. Dit zijn de grootste veranderingen in de waterstanden. Deze waren ook grotendeels zichtbaar in de 5^e-generatiemodellen voor j19 en j21. In de zesde generatie zijn dus geen onverwachte veranderingen in de waterstand zichtbaar en de modelschematisatie j21_6 is daarom geaccepteerd.

6.2 Validatie van het hoogwater van 2021

6.2.1 Topwaterstand

In de tabel met de verschillen tussen de topwaterstanden van de vijfde- en zesde-generatiemodellen en de metingen (Tabel 5-1) viel op dat de topwaterstanden op de Bovenmaas in het zesde-generatiemodel worden overschat, terwijl er op de Grensmaas onderschatting plaatsvindt. Deze onderschatting is echter wel 10 tot 20 cm kleiner dan het geval was in WAQUA. Het model presteert op dit traject nog beter wanneer de ruwheid van de zomervegetatie wordt gebruikt.

Voor een groot deel van de Maas zijn de verschillen van de modelresultaten in de zesde generatie ten opzichte van metingen kleiner dan die van WAQUA. Het model is redelijk goed in de reproductie van het opgaande water. Wel is met name de timing van de instroom van de retentiegebieden net anders dan gemeten waardoor de topvervlakking op een ander moment plaatsvindt en er na Roermond ook een afwijking zichtbaar is in het opgaande deel van de piek. Vanaf Roermond wordt het zomerbed breder en is er een groter verschil zichtbaar tussen het moment dat de topwaterstand in het model en in de metingen wordt bereikt. De piek gaat vanaf deze locatie afwijken en de dalende fase van het hoogwater laat een beduidend steiler verloopt zien dan de metingen. Dit is ook het geval in het model met de hogere ruwheden op basis van zomervegetatie. Deze hogere uiterwaardruwheden zorgen wel voor een verdere toename van de topwaterstand, maar zorgen niet voor een trager verloop van de afvoerpiek.

Eén van de grootste afwijkingen van de waterstand in het zomerbed is zichtbaar bij Mook. Hier wordt de topwaterstand met ongeveer 22 cm overschat, maar deze overschatting was in WAQUA zelfs nog groter. Benedenstrooms van Mook liggen een aantal brede uiterwaarden en retentiegebieden/plassen.

Het is duidelijk dat vanaf deze locatie de hoeveelheid water die deze plassen instroomt of de timing van de instroming afwijkt van de metingen. Er is namelijk na Mook ook in de opgaande fase van het hoogwater steeds een duidelijke afwijking zichtbaar. Er zijn in het model minder momenten met afvlakking van de stijging van het water zichtbaar en de topwaterstand wordt in het model steeds eerder bereikt dan in de metingen. Vanaf Lith is de overschatting van de waterstand in de zesde-generatiemodellen wel 10 tot 15 cm groter dan in WAQUA en de topwaterstanden liggen hier meer dan 20 cm hoger.

6.2.2 Afvoer

Voor de bovenrand van het model (Bij Lixhe) wordt de afvoer van LMW-meetlocatie Eijsden-grens gebruikt. Bij Sint Pieter Noord volgt het model netjes het patroon van de gemeten afvoer, maar de piekafvoer is in het model 40 m³/s hoger en de piek wordt ook iets later bereikt dan in de metingen. De overschatting van de piekafvoer in het model neemt toe in benedenstroomse richting. Door de extreem spitse vorm van het hoogwater van juli 2021 zakt de piekafvoer sterk in. Dit is al goed zichtbaar bij Venlo en bij Megen is met name de stijgende fase van de piek veel minder steil dan dat het geval was bij Eijsden. De afvoer stijgt in het model sneller dan volgens de metingen het geval is en de piekafvoer wordt in het model eerder bereikt. De maximale overschatting is bij Megen meer dan 227 m³/s tijdens de piek van de afvoergolf. Ook de losse afvoermetingen van zowel de CIV als van Aqua Vision laten zien dat de grootste verschillen (voornamelijk overschattingen door het model) ontstaan op het moment dat het verloop van de afvoerpiek het steilste is. Rondom de piek en aan het begin en eind van de afvoerpiek zijn de verschillen kleiner en vaak negatief, omdat de afvoeren van het model dan lager uitvallen dan de metingen.

De extra afvoermetingen van Aqua Vision tonen dat er in het stuwpland tussen Sambeek en Grave tijdens de piek een groot deel van de afvoer via het winterbed aan de rechterzijde van de rivier stroomt. Hierdoor neemt de afvoer door het zomerbed zelf tijdelijk af. In het model stroomt er in verhouding meer water via het winterbed dan dat de metingen aangeven, want het model onderschat de afvoer in het zomerbed. Dit kan komen doordat 1) de extrapolatie van de afvoermetingen tot aan de oever mogelijk is overschat door een te grootte ingeschatte afstand tot de oever, 2) De ingeschatte afstand tot de oever niet zichtbaar is in de ADCP trajecten welke zijn overgenomen als dwarsdoorsnedes in het model en 3) de ruwheid van het winterbed hoger was in juli, dan dat in het model is aangenomen.

6.3 Effect van de zomervegetatie

Waterstanden in de Maas worden sterk beïnvloed door vegetatie in het winterbed. Het hoogwater van juli 2021 trad in de zomer op. Dit betekent dat uiterwaarden niet glad gemaaid waren, maar dat er op diverse locaties weelderige vegetatie en zelfs volle maïsvelden stonden. De hypothese is dat deze zomervegetatie heeft geleid tot hogere waterstanden dan wanneer eenzelfde afvoergolf in de winter was opgetreden. In deze rapportage is gekeken naar het effect van het gebruik van de zomerruwheidcoëfficiënt voor de normaal in de winter aanwezige vegetatie. Dit betekent dat alleen het effect van meer bladeren, en een sterkere en hogere versie van de normaal in de winter aanwezige vegetatie is onderzocht. De modelresultaten voor de simulatie met ruwheidscoëfficiënten voor de zomer voor de wintervegetatie (o.b.v. Van Velzen, 2005; zie Appendix C.3) zorgt gemiddeld voor een toename van de waterstanden tijdens het hoogwater. Hierdoor neemt de gemiddelde bias tussen de modelresultaten en de metingen van alle meetlocaties toe van 10 mm naar 22 mm. Het gemiddelde verschil in de piekwaterstand verandert van 1 mm naar 55 mm. De bias en standaarddeviatie veranderen echter van 1 mm naar 14 mm en van 12 mm naar 59 mm wanneer alleen de meetlocaties worden meegenomen waarop het model bij de modelbouw is gekalibreerd.

Op de Bovenmaas en het bovenstroomse deel van de Grensmaas zorgt de toename in de waterstand tijdens de piek voor een toename van de overschatting van de waterstand, terwijl op het Julianakanaal en op het benedenstroomse deel van de Grensmaas de onderschatting afneemt. Vanaf Ophoven de Spaanjerd tot aan Heel overschat het model met de wintervegetatie de waterstanden tijdens de piek. Deze overschatting neemt door de ruwere zomervegetatie verder toe van ongeveer 10 tot 20 cm. Over de hele Maas gezien presteert het model met wintervegetatie gemiddeld beter.

6.4 Gebruik van het hoogwater van 2021 voor kalibratie

Uit de validatie van het hoogwater van 2021 voor de Maas blijkt dat het verschil van het nieuwe zesde-generatiemodel t.o.v. de metingen van de topwaterstanden globaal tussen de -20 en +20 cm bedraagt (met lokale uitschieters in de LMW-stations naar -49 en +26 cm), met vooral op de Bovenmaas te lage en op de Benedenmaas te hoge waterstanden. De verschillen zijn vergelijkbaar met het huidige vijfde-generatie model (en over het algemeen presteert het zesde-generatie model iets beter). Ook zorgt de kalibratie op 1995 er (zeer waarschijnlijk) voor dat de afvoergolf te steil is en niet voldoende afvlakt (vooral in het benedenstroomse deel). De conclusie is dat de kalibratie op het hoogwater van 1995 niet meer (volledig) toepasbaar is voor de huidige situatie.

Aangezien de kalibratie op het hoogwater van 1995 niet meer (volledig) toepasbaar is voor de huidige situatie wordt ondanks dat het een zomerhoogwater betreft, aanbevolen om het hoogwater van 2021 te gebruiken voor herkalibratie van het Maas-model. Hierbij wordt aanbevolen om de simulatie met ruwheidscoëfficiënten van de winter te gebruiken, aangezien het model met wintervegetatie over de hele Maas gezien gemiddeld beter presteert dan het model met zomerruwheidscoëfficiënten voor de wintervegetatie. Wel wordt aanbevolen het onderzoek naar het effect van vegetatie op ruwheden en waterstanden door te zetten en het model ook door te rekenen met een goede zomerkartering voor de vegetatie.

6.5 Aanbevelingen

Aanbeveling voor de modelschematisatie:

- De locatie MA_44.95_L_HIC_Rotem_Bichterweerd is niet opgenomen in de standaard uitvoerlocaties van het Maasmodel. Deze locatie is voor deze analyse als volgt opgenomen in indicentele_metingen.xyn: "181681340178 MA_44.95_L_HIC_Rotem_Bichterweerd". Aanbevolen wordt om deze locatie toe te voegen aan de vaste uitvoerlocaties van het Maas model.

Aanbeveling voor de RGWM documentatie/uitlevering:

- Voor het bepalen van de afvoer door sluis Ternaaien wordt in de RGWM gebruik gemaakt van formules op basis van waterstandsmetingen bij Eijsden en St. Pieter. Bijlage 4 van Van der Veen (2018) wordt bijgeleverd als documentatie bij de software van de RGWM. Echter moet in deze bijlage in afleiding 1 de locatie "LMW Linne-ben" vervangen worden door "LMW Eijsden". Aanbevolen wordt dit te veranderen in Bijlage 4 en/of om een extra disclaimer over deze bijlage toe te voegen bij de RGWM-software.

Aanbevelingen voor verder onderzoek:

- Tijdens het hoogwater van 2021 hebben Lidar-metingen plaatsgevonden. Deze metingen worden momenteel gebruikt voor het bepalen van de topwaterstanden en afvoeren over bijvoorbeeld overlaten. Het wordt aanbevolen om na afronding van deze producten het model verder te valideren met deze topwaterstanden en bijvoorbeeld het verval in waterstand over de rivier.
- In deze rapportage is alleen het effect van de zomerruwheidscoëfficiënten voor de wintervegetatie onderzocht. De Jong et al., 2022 heeft ook nog een vergelijking gedaan met het onderzoek van Van Dongen (2022), waarin getracht wordt een goede zomerkartering op te stellen. Aanbevolen wordt om dit onderzoek door te zetten en het effect van de vegetatie op ruwheden en waterstanden verder te onderzoeken. Daarbij is vooral onderzoek nodig naar de verandering in vegetatie en daarmee ook de ruwheid van de vegetatie tijdens de seizoenen en de verandering tijdens een hoogwater door bijvoorbeeld het platslaan en afbreken van de vegetatie.

7 Referenties

- Asselman, N., Barneveld, H.J., Klijn, F. en van Winden, A (2018). Het verhaal van de Maas: de Maas uit balans?
- Asselman, N. en van Heerlingen, K (2023). Een watersysteemanalyse – wat leren we van het hoogwater van juli 2021? Deltares rapport 11207700-000-ZWS-0035. Versie 0.2 16-01-2023 (definitief)
- Becker, A. (2012), Maas-modellen 5de generatie: Modelopzet kalibratie en verificatie. Deltares rapport, 1204280-000-ZWS-0011-v3
- De Jong, J. en Asselman, N. (2019). Topvervlakking Maas. Het effect van golfvormen, bergingsgebieden en rivierverruiming. Deltares-rapport 11203684-003-ZWS-0002, Versie 1.0 december 2019 (definitief)
- De Jong, J. (2021). Ontwikkeling zesde-generatie Maas-model - Modelbouw, kalibratie en validatie. Deltares-rapport 11200569-003-ZWS-0014, Versie 1.1 oktober 2021 (definitief)
- De Jong, J., Diermanse, F., Agtersloot, R. Geertsema, T. (2022) . Systeemwerking Maas en waterveiligheid. Onderzoek voor beleidstafel wateroverlast en hoogwater. Deltares-rapport 1208036-012-ZWS-0003 versie 0.3 d.d. 7 november 2022 (definitief)
- Dongen, B. van (2022) Methodiek voor bepalen effect zomervegetatie. Arcadis rapport d.d. 11 januari 2022
- Eelkema, M. (2021). Afvoermetingen Hoogwater Maas & Waal (NOK 31161788). Aqua Vision rapport AV200163_juli2021_v1 d.d. oktober 2021 (definitief)
- Peters, B. (2022). Role of Albert Canal system in July 2021 flood: what can we learn from this? Wageningen University: MSc thesis
- Veen, R. van der, R. Agtersloot & C. Michels (2021). Jaarlijkse Actualisatie Modellen Maas. Rura-Arnhem P210315R d.d. 25 mei 2021
- Van der Deijl, E., De Jong, J., Visser, T. (2022). Actualisatie zesde-generatie Maas-Modellen. Schematisaties j19_6, beno19_6, beno_mknov19_6. Deltares-rapport 1206813-002-ZWS-0021, Versie 2.0, april 2022
- Van der Veen, R. (2021). Topafvoeren hoogwater Maas juli 2021 – RWS informatie. Rura-Arnhem-rapport P210910R, versie 2.0 d.d. 16-12-2021
- Van der Veen, R. (2022). Analyse hoogwater Maas juli 2021 – (metingen -verwachtingen). Rura-Arnhem-rapport P211015R, versie 2.3 d.d. 16-03-2022
- Van der Veen, R. (2018). Memo Schutdebieten Rijntakken en Maas. Rura-Arnhem-memo 180510R-5, d.d. 20-08-2018
- van Velzen, E.H., D. Beyer, M.J.M. Scholten, C. Stolker (2008). Achtergrondrapport HR 2006 voor de Maas. Thermometerrandvoorwaarden 2006. RWS RIZA rapport 2007.022

A Maatregelen

A.1 Maatregellijst maas-j19_6-v2_j21_6-v1

Maatregellijst om van j19_6-v2a naar j21_6-v1 te geraken (baseline_maatregel_lijst-maas-j19_6-v2_j21_6-v1.txt)

```
# inmixen t.b.v. j21_6-v1
# De naam voor deze variant is : baseline-maas-j21_6-v1
# De basis voor deze variant is : baseline-maas-j19_6-v2
#
# Maatregellijst samengesteld door Lianita Suryawinata
# 30-03-2021
#
# Maatregellijst aangepast door Deltares (Ton Visser)
# 3-6-2022
#
# maatregelen t.b.v. correctie j19_6-v2
#
../maas-maatr_6/act/ma_jukan19_a2
../maas-maatr_6/act/ma_crGoHam_a1
../maas-maatr_6/act/ma_crKm106_a2
../maas-maatr_6/act/ma_crKm172_a2
../maas-maatr_6/act/ma_struct_a7
#
# Maatregelen KRW
#
../maas-maatr_6/act/ma_delzb95_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_mol_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_kon_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_bug_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_al_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_bie_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_wbm_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_wrv_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_vvn_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_arb_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_ar_a1
#
../maas-maatr_6/act/ma_krw_ar2_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_wan_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_vmz_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_brg_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_hlg_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_zom_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_oef_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_cuy_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_ooy_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_mar_a1
#
../maas-maatr_6/act/ma_krw_eva_a1
```

../maas-maatr_6/act/ma_krw_pal_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_bw_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_kow_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_hoe_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_hw_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_hbw_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_bok_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_wel_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_bhu_a2

../maas-maatr_6/act/ma_krw_cu_a1
../maas-maatr_6/act/ma_krw_gk_a2

Maatregelen Lodingen 2019

../maas-maatr_6/act/ma_zbhma19_a1
../maas-maatr_6/act/ma_zbhrm19_a1
../maas-maatr_6/act/ma_plhma19_a2
../maas-maatr_6/act/ma_plhrm19_a1

Maatregelen Projecten 2020

../maas-maatr_6/act/ma_ksven19_a1
../maas-maatr_6/act/ma_lomm19_a1
../maas-maatr_6/act/ma_lslin19_a2
../maas-maatr_6/act/ma_wijna20_a1
../maas-maatr_6/act/ma_ovdms20_a1
../maas-maatr_6/act/ma_mpwel20_a1

Maatregelen Actualisatie DTB

../maas-maatr_6/act/ma_termeik_a1
../maas-maatr_6/act/ma_sangers_a2
../maas-maatr_6/act/ma_rosslag_a3
#../maas-maatr_6/act/ma_norafab_a1
a1 is vervangen door een verbeterde versie a2
../maas-maatr_6/act/ma_norafab_a2
#../maas-maatr_6/act/ma_bevenno_a1
a1 is vervangen door een verbeterde versie a2
../maas-maatr_6/act/ma_bevenno_a2
../maas-maatr_6/act/ma_beroerm_a1
../maas-maatr_6/act/ma_bemazui_a1
../maas-maatr_6/act/ma_bemanor_a2
../maas-maatr_6/act/ma_beliths_a1
../maas-maatr_6/act/ma_bejansb_a1

../maas-maatr_6/act/ma_camheer_a1
../maas-maatr_6/act/ma_dagstrn_a1
../maas-maatr_6/act/ma_kesswar_a1

Maatregelen Lodingen 2020

../maas-maatr_6/act/ma_zbhma20_a1
../maas-maatr_6/act/ma_zbhrm20_a1


```
../maas-maatr_6/act/ma_plhma20_a1
../maas-maatr_6/act/ma_plhrm20_a1
#
# Maatregelen Projecten 2020/2021
#
../maas-maatr_6/act/ma_lomm20_a1
../maas-maatr_6/act/ma_lslin20_a1
../maas-maatr_6/act/ma_wijna21_a1
../maas-maatr_6/act/ma_mpwel21_a1
#
# Maatregelen Overige
#
../maas-maatr_6/act/ma_crhvsis_a1
../maas-maatr_6/act/ma_dremp21_a1
#../maas-maatr_6/act/ma_meetpunten2021_a1
# a1 is vervangen door een verbeterde versie a3
../maas-maatr_6/act/ma_meetpunten2021_a3
../maas-maatr_6/act/ma_owvarv4_a1
../maas-maatr_6/act/ma_lompl20_a1
../maas-maatr_6/act/ma_Qraai6G_a10
#
# Maatregelen Vlaanderen
#
../maas-maatr_6/act/ma_elerw21_a1
../maas-maatr_6/act/ma_booiveu_a1
../maas-maatr_6/act/ma_molenv_a1
#
# Maatregelen CG
#
../maas-maatr_6/act/ma_bveld19_a2
../maas-maatr_6/act/ma_nahogul_a4
../maas-maatr_6/act/ma_nattenh_g1
../maas-maatr_6/act/ma_mwgre17_a2
../maas-maatr_6/act/ma_koewe21_a1
../maas-maatr_6/act/ma_bodbove_a2
../maas-maatr_6/act/ma_zbhps21_a1
../maas-maatr_6/act/ma_bovec21_a1
../maas-maatr_6/act/ma_bob-rot_a2
../maas-maatr_6/act/ma_vsgre21_a4
../maas-maatr_6/act/ma_obbicht_a2
#
#
#
../maas-maatr_6/act/ma_zbhgm21_a1
../maas-maatr_6/act/ma_kadwl21_a1
../maas-maatr_6/act/ma_fietsbm_a2
../maas-maatr_6/act/ma_rsmab21_a1
#
# EINDE
#
```

A.2 Overzicht Maatregelen

Maatregellijst voor j21_6-v1 - volgorde inmixen Basisschematisatie: baseline-nl_land-j19_6-v1

	Maatregel naam	Geldigheidsjaar	Start km	Eind km	Oever	Korte omschrijving	Bron	Leverings datum
1	ma_sluidbm_a1	2018	21	34	rechter	toevoegen sluisdeuren sluis Born en sluis Maasbracht (model uitbreiding Julianakanaal)	nieuwe maatregel 6G	19-mrt-2020
2	ma_jukan19_a2	2019	15	65	rechter	Aanpassingen t.h.v. passeervak zuid en passeervak noord Julianakanaal + terugplaatsen kade lijnen langs Julianakanaal die door ma_kad2019_a5 zijn verwijderd	nieuwe maatregel 6G	01-apr-2020
3	ma_crGoHam_a1	2019	190	191	rechter	maatregel verbeteren j19_5-6G - correctie plashoogte Gouden Ham	BenO 2019	30-apr-2020
4	ma_crKm106_a2	2019	106	106	rechter	maatregel verbeteren j19_5-6G - correctie winterbed rkm. 106	BenO 2019	30-apr-2020
5	ma_crKm172_a2	2019	172	172	rechter	maatregel verbeteren j19_5-6G - correctie winterbed rkm. 172	JAMM 2022	29-mrt-2022
6	ma_delzb95_a1	2019	1	248	beide	Verwijderen oude zomerbedhoogten uit 1995 in de oeverzone	BenO 2019	01-jun-2019
7	ma_krw_mol_a1	2018	62	62	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW Molensteen	BenO19_6	01-nov-2019
8	ma_krw_kon_a1	2018	64	64	linker	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW Koningsteen	BenO19_6	01-nov-2019
9	ma_krw_bug_a1	2018	85	85	linker	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW locatie Buggenum tussen het koelwaterkanaal en de Maas - corrigeren bodemhoogte	BenO19_6	01-nov-2019
10	ma_krw_al_a1	2018	86	86	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW locatie Asseltse Leijgraaf	BenO19_6	01-nov-2019
11	ma_krw_bie_a1	2018	87	88	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW locatie Biesweerd	BenO19_6	01-nov-2019
12	ma_krw_wbm_a1	2018	92	93	linker	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW Weerdbeemden	BenO19_6	01-nov-2019
13	ma_krw_wrv_a1	2018	96	97	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW de Weerd - Reuver	BenO19_6	01-nov-2019
14	ma_krw_vvn_a1	2018	111	112	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW bij Venlo-Velden noord en Vorstermolenbeek	BenO19_6	01-nov-2019
15	ma_krw_arb_a1	2018	122	123	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW locatie Arcen Roode Beek Zuid - het gebied wordt verlaagd o.b.v. AHN3	BenO19_6	01-nov-2019

16	ma_krw_ar_a1	2018	123	123	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW locatie Arcen - verwijderen plas, toevoegen hoogteverschillijnen	BenO19_6	01-nov-2019
17	ma_krw_ar2_a1	2018	123	124	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW locatie Arcen - toevoegen hoogteverschillijnen	BenO19_6	01-nov-2019
18	ma_krw_wan_a1	2018	127	128	linker	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW Ooijen en Wanssum	BenO19_6	01-dec-2019
19	ma_krw_vmz_a1	2018	138	147	linker	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW bij Vortum-Mullem zuid	BenO19_6	01-dec-2019
20	ma_krw_brg_a1	2018	143	144	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW locatie Bergen - verplaatsen van hoogteverschillijnen	BenO19_6	01-dec-2019
21	ma_krw_hlg_a1	2018	151	151	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW Heijense Leijgraaf	BenO19_6	01-dec-2019
22	ma_krw_zom_a1	2018	152	152	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW oude Maasarm	BenO19_6	01-dec-2019
23	ma_krw_oef_a1	2018	156	157	linker	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW Oeffelt	BenO19_6	01-dec-2019
24	ma_krw_cuy_a1	2018	163	164	linker	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW locatie Cuijk - verwijderen plashoogtepunten, toevoegen breuk- en hoogteverschillijnen	BenO19_6	01-dec-2019
25	ma_krw_ooy_a1	2018	193	194	linker	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW bij Kasteel Oijen	BenO19_6	01-dec-2019
26	ma_krw_mar_a1	2018	209	210	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW Marensche waarden - aanpassingen hoogtelijnen	BenO19_6	01-dec-2019
27	ma_krw_eva_a1	2018	209	210	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW locatie Eiland van Alem - toevoegen breuklijn, winterbedpunten	BenO19_6	01-dec-2019
28	ma_krw_pal_a1	2018	211	211	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW Piekenwaard Alem	BenO19_6	01-dec-2019
29	ma_krw_bw_a1	2018	212	213	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW locatie stroomafwaarts Hedel - aanpassing hoogte kribvakken	BenO19_6	01-dec-2019
30	ma_krw_kow_a1	2018	216	217	linker	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW Koornwaard	BenO19_6	01-dec-2019
31	ma_krw_hoe_a1	2018	217	217	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW Hoenzadriel - toevoegen plas	BenO19_6	01-dec-2019
32	ma_krw_hw_a1	2018	219	219	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW Hedel in de Hedelsche Waard	BenO19_6	01-dec-2019
33	ma_krw_hbw_a1	2018	221	222	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW Hedelsche Benedenwaarden	BenO19_6	01-dec-2019
34	ma_krw_bok_a1	2018	224	224	linker	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW locatie Bokhoven	BenO19_6	01-dec-2019
35	ma_krw_wel_a1	2018	224	224	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW Wellsche Waard	BenO19_6	01-dec-2019
36	ma_krw_bh_u_a2	2018	229	229	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW locatie Bernsche en Hemertsche Uiterwaard tegenover Heusden	BenO19_6	01-dec-2019
37	ma_krw_cu_a1	2018	237	241	linker	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW locatie Capelsche uiterwaard bij Waalwijk - verwijderen winterbedhoogtepunten en breuklijn	BenO19_6	01-dec-2019

38	ma_krw_gk_a2	2020	158	159	rechter	Verbeterde referentie tpv ingreep KRW Gebrande Kamp (versie ref. j19_5-6G-w4)	BenO19_6	01-mei-2020
39	ma_zbhma19_a1	2019	3	199	beide	Zomerbed bodemhoogten van de Maas van Eijsden tot Lith, volgens lodingen actualisatie 2019	JAMM 2021	23-sep-2020
40	ma_zbhrm19_a1	2019	199	247	beide	Zomerbed bodemhoogten van de Getijde Maas van Lith tot Keizersveer, volgens lodingen actualisatie 2019	JAMM 2021	23-sep-2020
41	ma_plhma19_a2	2019	3	199	beide	Plashoogten van de Maas van Eijsden tot Lith, volgens lodingen actualisatie nov. 2019	JAMM 2021	23-sep-2020
42	ma_plhrm19_a1	2019	199	247	beide	Plashoogten van de Getijde Maas van Lith tot Keizersveer, volgens lodingen actualisatie 2019	JAMM 2021	23-sep-2019
43	ma_ksven19_a1	2020	155	156	rechter	Aanpassing project Koningsven (voortgang) op basis van metingen	JAMM 2021	18-mrt-2021
44	ma_lomm19_a1	2019	114	117	rechter	Maas, rechteroever: inmetingen van het project HWG Lomm, situatie augustus 2019	JAMM 2021	16-feb-2021
45	ma_lslin19_a2	2019	69	73	linker	project Lus van Linne, situatie 2019	JAMM 2021	18-mrt-2021
46	ma_wijna20_a1	2020	86	89	linker	Aanpassing locatie Wijnaerden op basis van nieuwe metingen eind 2019	JAMM 2021	18-mrt-2021
47	ma_ovdms20_a1	2020	199	204	rechter	Aanpassing locatie Over de Maas op basis van nieuwe metingen eind 2019	JAMM 2021	24-mrt-2021
48	ma_mpwel20_a1	2020	136	139	rechter	project Maaspark Well, situatie begin 2020	JAMM 2021	21-sep-2020
49	ma_termeik_a1	2018	53	53	rechter	DTB-actualisatie terrein Maaseik	JAMM 2021	31-mrt-2021
50	ma_sangers_a2	2018	68	68	rechter	DTB actualisatie bedrijfsterrein Sangers	JAMM 2021	31-mrt-2021
51	ma_rosslag_a3	2018	78	78	rechter	DTB-actualisatie haven "de Rosslag"	JAMM 2021	31-mrt-2021
52	ma_norafab_a1	2018	8	8	rechter	DTB actualisatie Nora Fabriek Maastricht	JAMM 2021	31-mrt-2021
53	ma_bevenno_a1	2018	111	111	rechter	DTB actualisatie terrein ten noorden van Venlo, ten zuiden van A67	JAMM 2021	26-mrt-2021
54	ma_beroerm_a1	2018	80	80	rechter	DTB actualisatie van een deel van de haven van Roermond	JAMM 2021	31-mrt-2021
55	ma_bemazui_a1	2018	9	9	rechter	DTB actualisatie bebouwing Maastricht Zuid	JAMM 2021	09-mrt-2022
56	ma_bemanor_a2	2015	15	15	rechter	DTB actualisatie terrein Maastricht Noord bebouwing	JAMM 2021	09-mrt-2022
57	ma_beliths_a1	2018	204	204	linker	DTB actualisatie terrein Lithse Ham	JAMM 2021	31-mrt-2021
58	ma_bejansb_a1	2018	247	247	rechter	DTB actualisatie terrein Janson Bridging	JAMM 2021	31-mrt-2021
59	ma_camheer_a1	2018	206	206	rechter	DTB actualisatie terrein camping Heerwaarden	JAMM 2021	26-mrt-2021

60	ma_dagstrn_a1	2018	8	8	rechter	DTB actualisatie dagstrand Oost_Maarland	JAMM 2021	31-mrt-2021
61	ma_kesswar_a1	2018	209	209	linker	DB actualisatie Kesselsche Waard	JAMM 2021	02-apr-2021
62	ma_zbhma20_a1	2020	3	199	beide	Zomerbed bodemhoogten van de Maas van Eijsden tot Lith, volgens lodingen actualisatie 2020	JAMM 2021	23-mrt-2021
63	ma_zbhrm20_a1	2020	199	247	beide	Zomerbed bodemhoogten van de Getijde Maas van Lith tot Keizersveer, volgens lodingen actualisatie 2020	JAMM 2021	18-mrt-2021
64	ma_plhma20_a1	2020	3	199	beide	Plashoogten van de Maas van Eijsden tot Lith, volgens lodingen actualisatie 2020	JAMM 2021	17-mrt-2021
65	ma_plhrm20_a1	2020	199	247	beide	Plashoogten van de Getijde Maas van Lith tot Keizersveer, volgens lodingen actualisatie 2020	JAMM 2021	25-feb-2021
66	ma_lomm20_a1	2021	114	117	rechter	Aanpassing project Lomm op basis van nieuwe metingen (2021)	JAMM 2021	18-mrt-2021
67	ma_lslin20_a1	2020	69	73	linker	project Lus van Linne, situatie 2020	JAMM 2021	18-mrt-2021
68	ma_wijna21_a1	2021	86	89	linker	Aanpassing locatie Wijnaerden op basis van nieuwe metingen eind 2020	JAMM 2021	18-mrt-2021
69	ma_mpwel21_a1	2021	136	139	rechter	project Maaspark Well, situatie eind 2020	JAMM 2021	18-mrt-2021
70	ma_crhvsls_a1	1995	67	147	beide	Aanbrengen hoogteverschil lijnen/breuklijnen sluis Panheel, Roermond en Sambeek	JAMM 2021	25-mrt-2021
71	ma_dremp21_a1	2019	23	34	beide	maatregel 17 drempels in de Grensmaas op basis van loding 2020	JAMM 2021	25-mrt-2021
72	ma_owvarv4_a1	2025	122	135	linker	Voorlopig Ontwerp versie 4.0 van de uitvoeringsfase voor het project Gebiedsontwikkeling Ooijen-Wanssum.	BenO 2019	01-nov-2017
73	ma_lompl20_a1	2020	117	117	rechter	Aanpassing project Lomm (noordelijk gedeelte) op basis van ontwerp ma_lomplus_a4	JAMM 2021	03-apr-2021
74	ma_elerw21_a1	2022	46	47	linker	Vermoedelijke toestand van de ingreep Elerweerd tegen eind 2021	JAMM 2021	30-mrt-2021
75	ma_booiveu_a1	2021	43	46	linker	Ingreep Boeien-Veurzen langs de Maas- as-builtonmetingen na uitvoering	JAMM 2021	29-mrt-2021
76	ma_molenv_a1	2018	38	40	linker	Ingreep Molenveld op basis van as built metingen	JAMM 2021	30-mrt-2021
77	ma_bveld19_a2	2020	15	17	linker	Aanpassing van het model t.h.v. Bosscherveld op basis van inmetingen bij het eind van het project	JAMM 2021	30-mrt-2021
78	ma_nahogul_a4	2025	39	41	rechter	Wijzigingmaatregel ingreep Nattenhoven	BenO 2019	21-sep-2018
79	ma_nattenh_g1	2020	39	41	rechter	maatregel Nattenhoven met behoud van Perceel Van den Ende	nieuwe maatregel 6G	24-feb-2019
80	ma_mwgre17_a2	2021	42	45	rechter	Aanpassing locatie Grevenbicht - eindontwerp van de locatie dat eind 2021 naar verwachting gereed is	JAMM 2021	01-apr-2021
81	ma_koewe21_a1	2021	45	47	rechter	Aanpassing project Koeweide (voortgang)	JAMM 2021	01-apr-2021

82	ma_bodbove_a2	2021	44	45	linker	Actualisatie zomerbed omgeving Bichterweerd	JAMM 2021	01-mrt-2021
83	ma_zbhps21_a1	2021	44	44	rechter	Actualisatie zomerbed rkm. 44	JAMM 2021	01-mrt-2021
84	ma_bovec21_a1	2022	44	44	linker	Actualisatie zomerbed Booien Veurzen	JAMM 2022	25-feb-2021
85	ma_bob-rot_a2	2021	44	44	linker	Bodembescherming Rotem	JAMM 2021	02-mrt-2021
86	ma_vsgre21_a4	2021	44	44	rechter	Aanleggen veerstoep Grevenbicht (aangepaste versie)	JAMM 2021	02-mrt-2021
87	ma_obbicht_a2	2020	41	42	rechter	Aanpassing model voor de aanleg van faunapassage bij Obbicht	JAMM 2021	01-apr-2021
88	ma_zbhgm21_a1	2021	37	44	beide	Wijzigingsbestanden voor het zomerbed van Grensmaas (feb. 2021 gemeten)	JAMM 2021	30-mrt-2021
89	ma_kadwl21_a1	2025	1	165	beide	Aanpassing aantal dijkringen op basis van gegevens van het Waterschap Limburg	JAMM 2021	03-apr-2021
90	ma_fietsbm_a2	2020	165	165	beide	Aanbrengen nieuwe fietsbrug naast spoorbrug Mook	JAMM 2021	09-mrt-2022
91	ma_rsmab21_a1	2021	132	133	linker	Baselinemaatregel die de doorstroming van de oude Maasarm bij Ooijen-Wanssum t.b.v. JAMM 2021	JAMM 2021	01-mrt-2021

B Verschilkaarten bodemhoogtes j21_6-v1 en j19_6-v2a

Opgeleverd als losse pdf.

Bij het langslopen van het winterbed worden de volgende locaties met grote verschillen gevonden:

- Ten zuiden van Maastricht bij rkm 8 (zie kaartblad 1) ligt de bodem van het winterbed hoger doordat het model hier is geactualiseerd rondom de Nora Fabriek en bebouwing in Maastricht zuid. Ook de bodem van het Bosscherveld (rkm 15, zie kaartblad 2) is lokaal 10 tot 20 cm verhoogd, met uitschieters van 50 cm tot 2 m, nu voor dit gebied de bodemhoogte op basis van metingen bij het eind van het project Bosscherveld is opgenomen.
- Tussen rkm 38 en 40 (zie kaartblad 4) is duidelijk zichtbaar dat ook bij de ingreep Molenveld de bodem van het zomerbed op basis van as-built-metingen hoger is komen te liggen in de j21-schematisatie.
- Tussen rkm 41 en 48 hebben grote veranderingen in de bodemhoogte van het winterbed plaatsgevonden (zie kaartblad 5 in Figuur 3-1). Tussen rkm 42 en rkm 45 ligt de bodem lokaal 20 cm tot 2 m hoger in j21 dan in j19, onder andere door opname van de as- built-situatie na uitvoering van Ingreep Boeien-Veuzen. Rondom rkm 46,5 is de bodem van het winterbed juist lokaal 6 m verlaagd door opname van de vermoedelijke toestand na de ingreep van Elerweerd.
- rkm 53 verhoging winterbed door actualisatie van het terrein van Maaseik.
- rkm 62 verhoging winterbed door verbeterde referentie ter plekke van ingreep KRW Molensteen
- Tussen rkm 69 en 73 is voor het project de lus van Linne de bodem van het winterbed geüpdatet waardoor de bodem lokaal tot 2,5 m hoger en tot 5,6 m lager ligt in j21.
- Bij rkm 88 ligt in j21 in het winterbed de bodem tot 20 m lager door opname van nieuwe metingen bij locatie Wijnaerden (kaartblad 9).
- Bij rkm 111 ligt in j21 het winterbed door de actualisatie van het terrein rondom de A67 lokaal tot 12 m hoger dan in de j19 situatie (zie kaartblad 11).
- Bij rkm 115 t/m 118 zijn ook grote positieve en negatieve verschillen in de bodemhoogte zichtbaar door opname van nieuwe metingen van het project Lomm.
- Bij rkm 132 is de schematisatie van Ooijen-Wansum aangepast.
- Op de rechteroever van rkm 137 t/m 138 is een groot deel van het winterbed hoger komen te liggen door opname van metingen van project Maaspark Well. Echter is de bodem van de geul van dit project wel dieper in j21 (kaartblad 15).
- Tussen rkm 164,5 en 166 is de bodem van het zomerbed 2 m hoger komen te liggen in de j21 schematisatie (zie kaartblad 18).

- Tussen rkm 202 en 209 zijn in het winterbed grote verhogingen in de orde van 19 m van de bodem zichtbaar, waarschijnlijk door actualisering van de plashoogtes over het traject van de Getijde Maas van Lith tot Keizersveer, volgens lodingen actualisatie 2020 (zie kaartblad 23). Ook bij rkm 218 is een soortgelijke verhoging van de plashoogte tot zelfs 31 m zichtbaar (zie kaartblad 25).

C Extra modelinvoer

C.1 Uitvoerlocaties incidentele metingen (Incidentele_metingen.xyn)

181681	340178	MA_44.95_L_HIC_Rotem_Bichterweerd
180907	328784	Kotem
180978	328700	Heppeneert
186787	345720	Aasterberg
184317	344470	Roosteren
200013	398128	Maashees
210017	387453	Arcen
176817	319512	inlaatwerk_Bosscherveld
181327	333447	Maas, Stein pomplocatie Ur,
182502	339995	Maas, Grevenbicht pomplocatie Kingbeek
185884	344568	Maas, Roosteren pomplocatie Rulbeek,
195144	355147	Maas, Herten pomplocatie Slenk,
179219.32	331410.13	ZB17a
178631.65	329653.45	ZB9a
179545.19	329648.69	ZB5a
177515.099	330131.243	peilschaal Kikbeek t.h.v. kleppen Kikbeek MM11,000
177515.099	330131.243	peilschaal Kikbeek t.h.v. kleppen Kikbeek MM11,000
177515.099	330131.243	peilschaal Kikbeek t.h.v. kleppen Kikbeek MM11,000
180171.527	328740.686	peilschaal Kotem t.h.v. speeltuintje kmp 27,650
180171.527	328740.686	peilschaal Kotem t.h.v. speeltuintje kmp 27,650
175684.846	322325.972	peilschaal t.h.v. Villa, kmp 18,300
178987.541	329456.361	peilschaal ziepbeek t.h.v. kmp 31,400
178987.541	329456.361	peilschaal ziepbeek t.h.v. kmp 31,400
177515.099	330131.243	peilschaal Kikbeek t.h.v. kleppen Kikbeek MM11,000
180171.527	328740.686	peilschaal Kotem t.h.v. speeltuintje kmp 27,650
177961.653	331461.131	peilschaal Vucht t.h.v. monument Messerschmitt MM12,800
201430.23	396265.431	strootje1
201569.918	396187.755	strootje2
201789.577	396072.127	strootje3
202204.038	395775.078	strootje4
202595.584	395492.632	strootje5
202760.316	395247.95	strootje6
202909.174	394419.615	strootje7
203280.896	395286.708	strootje8
203592.923	395161.799	strootje9
204446.398	394892.097	strootje10
204903.978	394491.213	strootje11
205291.069	394076.469	strootje12
205371.241	393711.265	strootje13
205709.245	393787.765	strootje14
206004.021	393448.361	strootje15
206348.446	393035.627	strootje16
206559.532	392737.155	strootje17
206492.821	392838.207	strootje18
207069.286	392279.817	strootje19
208117.072	391631.714	strootje20
208069.251	391676.848	strootje21

207978.065 391745.23 strootje22
208278.695 391432.78 strootje23
208386.909 391412.603 strootje24
208469.395 391441.746 strootje25
208389.1 390900.797 strootje26
208663.855 390485.033 strootje27
208863.269 390087.392 strootje28
208849.411 389367.316 strootje29
209055.983 388877.452 strootje30
209514.306 389325.129 strootje31
209450.614 388858.135 strootje32
209645.098 388415.31 strootje33
209702.74 388302.106 strootje34
209773.849 388080.188 strootje35
209838.332 388007.218 strootje36
209875.707 387923.903 strootje37
209907.174 387850.431 strootje38
209967.886 387652.196 strootje39
210023.518 387444.746 strootje40
210081.226 387345.414 strootje41
196492.326 406075.944 strootje42
196762.5 407028.626 strootje43
197158.983 406391.286 strootje44
197626.879 405538.828 strootje45
197503.683 405907.719 strootje46
197747.043 405307.671 strootje47
198037.632 405110.402 strootje48
198364.362 404892.458 strootje49
198588.632 404667.942 strootje50
198905.12 404388.462 strootje51
198915.182 404384.361 strootje52
198898.276 404370.241 strootje53
199204.354 403833.395 strootje54
199325.682 403506.201 strootje55
199771.401 403029.72 strootje56
199922.617 402635.367 strootje57
199535.782 401786.867 strootje58
199895.647 401664.213 strootje59
200075.258 401389.813 strootje60
199571.652 401320.188 strootje61
199775.818 401011.672 strootje62
199989.373 400627.559 strootje63
200117.819 400105.285 strootje64
200330.737 399505.762 strootje65
200325.063 399512.045 strootje66
200281.095 399542.89 strootje67
200615.485 399147.313 strootje68
201251.79 397906.677 strootje69
201450.589 397664.32 strootje70
202052.627 397352.053 strootje71
201278.854 398255.345 strootje72
200481.676 401883.702 strootje73
202518.276 397221.199 strootje74
202443.014 397078.944 strootje75

202675.988 396256.452 strootje76
203380.32 395904.083 strootje77
203317.384 395712.963 strootje78
203612.803 395750.796 strootje79
203817.703 395695.444 strootje80
205691.113 395197.895 strootje81
205772.775 394768.988 strootje82
206096.457 394188.803 strootje83
206441.023 393652.051 strootje84
205474.741 395699.687 strootje85
204989.213 396158.028 strootje86
206858.206 393238.209 strootje87
207298.213 392811.225 strootje88
207700.307 392579.137 strootje89
207970.749 392333.94 strootje90
208513.928 392010.728 strootje91
209063.378 391537.074 strootje92
209349.656 391105.225 strootje93
209714.634 390427.266 strootje94
209867.76 389813.932 strootje95
209847.812 389104.911 strootje96
209359.362 388799.929 strootje97
209818.576 387903.318 strootje98
210022.894 387445.428 strootje99
210261.567 387084.675 strootje100
210127.843 386654.051 strootje101
209966.827 386165.701 strootje102
209764.586 385744.162 strootje103
209307.327 385129.039 strootje104
209194.527 384823.503 strootje105
209121.882 384340.109 strootje106
208904.41 384132.989 strootje107
209033.843 383399.763 strootje108
208834.046 382971.015 strootje109
208698.529 382341.603 strootje110
208726.795 381786.757 strootje111
196492.441 405584.089 strootje112
196882.671 405348.421 strootje113
197292.803 405131.199 strootje114
197626.72 404910.531 strootje115
197798.412 404774.9 strootje116
198121.959 404400.522 strootje117
198358.042 404086.616 strootje118
198611.311 403468.399 strootje119
198675.563 403135.817 strootje120
199018.999 402851.981 strootje121
199007.705 401874.471 strootje122
198992.017 402500.385 strootje123
199006.399 401268.372 strootje124
199266.456 400757.196 strootje125
199180.437 400386.964 strootje126
199596.585 400160.468 strootje127
199786.271 399891.71 strootje128
199992.14 398628.084 strootje129

200013.137 398127.559 strootje130
200145.615 397570.765 strootje131
200383.697 397166.841 strootje132
200390.404 397150.205 strootje133
200770.22 396765.355 strootje134
209047.973 388894.977 strootje135
209081.432 388466.672 strootje136
209520.741 387820.972 strootje137
209626.279 387637.924 strootje138
209622.701 387247.295 strootje139
209514.989 385936.954 strootje140
209315.863 386211.567 strootje141
209024.305 385639.88 strootje142
208827.825 385241.09 strootje143
208469.93 385015.465 strootje144
208165.848 384481.594 strootje145
208107.721 384354.297 strootje146
208016.556 383912.733 strootje147
207975.729 383470.878 strootje148
208020.929 383042.742 strootje149
208062.505 382627.344 strootje150
208073.968 382152.028 strootje151
208181.168 381992.674 strootje152
208037.046 381874.92 strootje153
208141.504 381623.151 strootje154
208154.766 381220.379 strootje155
208112.318 380985.808 strootje156
208046.17 380841.669 strootje157
207984.723 380687.582 strootje158
207795.365 380340.772 strootje159
207935.239 379895.302 strootje160
207885.978 379306.601 strootje161
207922.331 378822.926 strootje162
199972.97 399608.923 strootje163
200082.18 399081.981 strootje164
207121.184 373942.071 strootje165
207045.156 373859.894 strootje166
207511.804 374266.69 strootje167
207556.011 374320.07 strootje168
207774.728 374599.945 strootje169
208136.876 374983.968 strootje170
208172.387 375029.72 strootje171
208168.489 375051.606 strootje172
208353.59 375362.817 strootje173
208307.51 375294.443 strootje174
208347.59 375281.938 strootje175
208783.458 375803.942 strootje176
208991.89 376246.692 strootje177
209071.28 376546.382 strootje178
209076.28 376605.7 strootje179
209014.014 376966.616 strootje180
208746.82 377491.999 strootje181
209069.615 376830.004 strootje182
208756.928 377465.699 strootje183

208572.996 377899.253 strootje184
208545.847 377959.574 strootje185
208377.955 378312.462 strootje186
208274.47 378123.557 strootje187
208289.043 378127.302 strootje188
207047.629 373865.717 strootje189
207112.126 373936.438 strootje190
207322.457 391663.817 strootje191
195108.029 355168.373 strootje192
195135.256 355143.146 strootje193
194800.796 355421.584 strootje194
194333.514 355708.095 strootje195
194383.426 355693.847 strootje196
194138.245 355489.407 strootje197
194498.64 355322.552 strootje198
194522.984 354983.189 strootje199
194443.001 354534.82 strootje200
194732.824 353996.223 strootje201
194477.137 353640.51 strootje202
194489.813 353640.555 strootje203
194690.592 353126.264 strootje204
193989.522 352435.157 strootje205
193922.609 352427.443 strootje206
193655.563 352471.172 strootje207
193375.689 352213.065 strootje208
192824.309 352007.798 strootje209
192423.938 353106.499 strootje210
190965.847 351749.916 strootje211
190903.279 351672.437 strootje212
190619.46 351932.081 strootje213
190263.907 352266.574 strootje214
190081.043 351614.463 strootje215
190040.215 351616.252 strootje216
189885.824 350966.69 strootje217
189776.668 350726.667 strootje218
189409.47 350911.117 strootje219
188335.604 349955.73 strootje220
188089.882 349915.086 strootje221
188025.921 349606.777 strootje222
187475.585 349645.962 strootje223
187060.781 349523.389 strootje224
186848.292 349202.604 strootje225
207681.327 374405.721 strootje226
207456.165 374213.501 strootje227
207121.113 373941.981 strootje228
206627.428 373520.172 strootje229
206190.602 373136.321 strootje230
205678.804 372815.784 strootje231
205792.194 372604.25 strootje232
205508.837 371953.824 strootje233
205368.468 371553.435 strootje234
205252.95 370908.649 strootje235
204976.524 370496.108 strootje236
204964.168 370037.715 strootje237

204259.922 369410.041 strootje238
203929.756 368970.63 strootje239
203808.123 368291.781 strootje240
203536.914 367921.464 strootje241
203153.415 367855.425 strootje242
202652.35 367564.583 strootje243
201671.223 367009.351 strootje244
201364.724 366861.137 strootje245
201912.518 367126.714 strootje246
200430.158 366228.234 strootje247
199556.889 365004.518 strootje248
199088.301 364669.011 strootje249
198537.208 364358.404 strootje250
198054.879 363435.794 strootje251
197838.596 363048.907 strootje252
197475.296 363108.877 strootje253
197423.52 362960.365 strootje254
197476.711 362265.318 strootje255
197316.419 361605.964 strootje256
197706.453 361858.372 strootje257
197571.611 361332.081 strootje258
197660.114 360778.957 strootje259
182312.32 339989.926 strootje260
182365.903 340002.659 strootje261
182365.911 340002.735 strootje262
183586.455 340694.265 strootje263
183599.222 340713.498 strootje264
183330.145 340376.274 strootje265
183216.997 340134.625 strootje266
184181.132 341178.346 strootje267
184189.759 341656.355 strootje268
184042.866 341775.875 strootje269
183981.177 341893.258 strootje270
183878.595 342181.111 strootje271
183915.916 342047.237 strootje272
183916.484 342046.956 strootje273
183981.436 342291.655 strootje274
184031.358 342061.454 strootje275
184085.488 341873.066 strootje276
184354.747 342143.624 strootje277
184438.228 342598.578 strootje278
184413.67 343089.063 strootje279
184271.554 343564.664 strootje280
184143.989 343817.243 strootje281
184085.173 344325.9 strootje282
183881.539 344182.942 strootje283
185054.115 344405.132 strootje284
185129.156 344399.278 strootje285
184675.166 344319.652 strootje286
187465.563 346811.972 strootje287
187398.805 346905.224 strootje288
187335.694 346859.955 strootje289
186734.394 345988.633 strootje290
186698.54 345770.886 strootje291

185851.939 344584.025 strootje292
187104.381 346625.068 strootje293
186679.549 346547.019 strootje294
186473.078 346591.531 strootje295
185764.881 346803.183 strootje296
185324.265 346839.016 strootje297
185181.044 346969.444 strootje298
185098.296 347264.229 strootje299
185133.208 347690.864 strootje300
185516.202 348122.131 strootje301
185518.972 348138.076 strootje302
185735.031 348137.892 strootje303
185865.678 348119.515 strootje304
185924.547 348305.905 strootje305
185953.342 348292.286 strootje306
186125.192 348505.409 strootje307
186485.105 348644.957 strootje308
186678.643 348653.636 strootje309
186836.648 348797.806 strootje310
186845.665 348998.922 strootje311
186588.378 347838.111 strootje312
186612.423 347919.972 strootje313
186402.082 347741.824 strootje314
186361.149 347386.552 strootje315
186661.629 347122.171 strootje316
186947.769 347070.814 strootje317
187251.059 346994.407 strootje318
186814.797 348185.535 strootje319
187141.731 348409.214 strootje320
187213.359 348399.434 strootje321
187378.574 348457.454 strootje322
187575.586 348376.65 strootje323
187560.016 348200.397 strootje324
187591.331 348221.283 strootje325
188128.592 348892.558 strootje326
187953.378 348549.188 strootje327
188182.401 349006.678 strootje328
187962.561 349003.801 strootje329
187787.534 349062.07 strootje330
187706.069 348740.181 strootje331
207911.111 374235.277 strootje332
207594.401 373914.506 strootje333
207254.661 373575.835 strootje334
206884.371 373213.282 strootje335
206248.524 372604.67 strootje336
205913.381 372120.522 strootje337
205983.82 371859.435 strootje338
205990.484 371859.091 strootje339
206028.666 371530.938 strootje340
206032.406 370963.052 strootje341
205708.594 370313.064 strootje342
205705.177 370310.254 strootje343
205691.858 370285.489 strootje344
205199.076 369444.178 strootje345

205195.214 369449.962 strootje346
205213.557 369473.439 strootje347
204883.163 368841.867 strootje348
204746.485 368660.334 strootje349
204458.38 368371.277 strootje350
204087.876 367930.25 strootje351
203854.207 367672.033 strootje352
203428.7 367388.265 strootje353
203028.129 367149.053 strootje354
202458.134 366850.507 strootje355
201915.556 366766.708 strootje356
201606.73 366318.052 strootje357
201001.727 365813.57 strootje358
200748.934 365553.855 strootje359
200422.738 365112.572 strootje360
200063.643 364802.088 strootje361
199850.092 364451.92 strootje362
199584.66 364149.537 strootje363
199281.449 363884.143 strootje364
198920.316 363688.177 strootje365
198711.98 363280.616 strootje366
199007.392 362922.632 strootje367
199002.986 362700.647 strootje368
199362.093 362487.044 strootje369
199701.843 362126.237 strootje370
199814.116 361741.093 strootje371
199539.191 361599.469 strootje372
199204.38 361358.141 strootje373
198785.609 360821.257 strootje374
198561.197 360459.443 strootje375
198596.541 360139.345 strootje376
198646.994 359689.142 strootje377
198927.268 359225.617 strootje378
198445.33 358541.765 strootje379
198072.608 358529.354 strootje380
195674.405 354901.954 strootje381
195687.121 354903.787 strootje382
195828.087 355207.67 strootje383
195864.293 355488.821 strootje384
195825.472 355500.697 strootje385
195907.066 355568.16 strootje386
195956.411 355301.419 strootje387
196016.094 355255.174 strootje388
196151.619 355366.176 strootje389
196352.912 355298.668 strootje390
196570.519 355244.563 strootje391
196533.051 355302.252 strootje392
196474.359 355224.433 strootje393
196601.25 355151.832 strootje394
196697.906 355061.474 strootje395
196601.427 355152.16 strootje396
196368.179 355236.335 strootje397
195964.94 355219.983 strootje398
196246.808 355896.365 strootje399

196488.32	356342.801	strootje400
196527.098	356416.164	strootje401
196627.638	356750.066	strootje402
196565.516	356717.799	strootje403
196727.884	356977.37	strootje404
197255.199	357729.47	strootje405
197318.23	358049.189	strootje406
197321.742	358086.377	strootje407
197289.507	358352.04	strootje408
197266.325	358382.415	strootje409
197318.38	358175.117	strootje410
197185.724	358500.084	strootje411
197178.755	358804.637	strootje412
197225.137	359020.938	strootje413
197185.415	359035.309	strootje414
197291.039	358910.244	strootje415
197325.251	358953.037	strootje416
197323.54	358974.981	strootje417
197402.828	358915.484	strootje418
197505.431	358780.475	strootje419

C.2 ADCP cross-sections (ADCPcrosssections.pli)

ADCP_transect_147_totaal	195359.361958	193661.0 408190.0
2 2	406746.661394	196319.0 408123.0
195614.0 405056.0	196342.0 407621.0	ADCP_transect_151_links
196498.0 407451.0	ADCP_transect_148	2 2
ADCP_transect_147_links	2 2	193661.0 408190.0
2 2	195248.765904	194789.163623
195614.0 405056.0	406648.236197	408161.3853
196013.942434	195359.361958	ADCP_transect_151_rechts
406139.706014	406746.661394	2 2
ADCP_transect_147_rechts	ADCP_transect_150_totaal	194934.138864
2 2	2 2	408157.749557
196061.567529	194708.0 407057.0	196319.0 408123.0
406268.822939	196286.0 407673.0	ADCP_transect_151
196498.0 407451.0	ADCP_transect_150_links	2 2
ADCP_transect_147	2 2	194789.163623
2 2	194708.0 407057.0	408161.3853
196013.942434	194943.436126	194934.138864
406139.706014	407148.828865	408157.749557
196061.567529	ADCP_transect_150_rechts	ADCP_transect_152_totaal
406268.822939	2 2	2 2
ADCP_transect_148_totaal	195064.086368	193701.0 409268.0
2 2	407195.924793	196498.0 409036.0
194802.0 406251.0	196286.0 407673.0	ADCP_transect_152_links
196342.0 407621.0	ADCP_transect_150	2 2
ADCP_transect_148_links	2 2	193701.0 409268.0
2 2	194943.436126	194872.764692
194802.0 406251.0	407148.828865	409170.536607
195248.765904	195064.086368	ADCP_transect_152_rechts
406648.236197	407195.924793	2 2
ADCP_transect_148_rechts	ADCP_transect_151_totaal	194999.408234
2 2	2 2	409160.043285

196498.0 409036.0	194374.45122	2 2
ADCP_transect_152	412097.145287	192766.0 413530.0
2 2	ADCP_transect_155_rechts	193665.0 416778.0
194872.764692	2 2	ADCP_transect_158_links
409170.536607	194513.098471	2 2
194999.408234	412132.556177	192766.0 413530.0
409160.043285	195514.0 412388.0	192952.439072
ADCP_transect_153_totaal	ADCP_transect_155	414205.034269
2 2	2 2	ADCP_transect_158_rechts
193596.0 410002.0	194374.45122	2 2
196012.0 410319.0	412097.145287	192989.971712
ADCP_transect_153_links	194513.098471	414340.583802
2 2	412132.556177	193665.0 416778.0
193596.0 410002.0	ADCP_transect_156_totaal	ADCP_transect_158
194834.795356	2 2	2 2
410164.40446	193373.0 413074.0	192952.439072
ADCP_transect_153_rechts	198491.0 413074.0	414205.034269
2 2	ADCP_transect_156_links	192989.971712
194972.098696	2 2	414340.583802
410182.444315	193373.0 413074.0	ADCP_transect_159_totaal
196012.0 410319.0	194260.021543	2 2
ADCP_transect_153	413074.227747	191948.0 413482.0
2 2	ADCP_transect_156_rechts	192064.0 416811.0
194834.795356	2 2	ADCP_transect_159_links
410164.40446	194384.78039	2 2
194972.098696	413074.227747	191948.0 413482.0
410182.444315	198491.0 413074.0	191978.774932
ADCP_transect_154_totaal	ADCP_transect_156	414354.993976
2 2	2 2	ADCP_transect_159_rechts
193514.0 410822.0	194260.021543	2 2
195222.0 411271.0	413074.227747	191984.045581
ADCP_transect_154_links	194384.78039	414506.525122
2 2	413074.227747	192064.0 416811.0
193514.0 410822.0	ADCP_transect_157_totaal	ADCP_transect_159
194624.918588	2 2	2 2
411113.648303	193378.0 413045.0	191978.774932
ADCP_transect_154_rechts	195709.0 416858.0	414354.993976
2 2	ADCP_transect_157_links	191984.045581
194756.165364	2 2	414506.525122
411148.152984	193378.0 413045.0	ADCP_transect_160_totaal
195222.0 411271.0	193871.85385	2 2
ADCP_transect_154	413852.348961	190888.0 414187.0
2 2	ADCP_transect_157_rechts	191594.0 416852.0
194624.918588	2 2	ADCP_transect_160_links
411113.648303	193934.946788	2 2
194756.165364	413955.562535	190888.0 414187.0
411148.152984	195709.0 416858.0	190960.752473
ADCP_transect_155_totaal	ADCP_transect_157	414460.950861
2 2	2 2	ADCP_transect_160_rechts
193511.0 411877.0	193871.85385	2 2
195514.0 412388.0	413852.348961	191002.892876
ADCP_transect_155_links	193934.946788	414620.078057
2 2	413955.562535	191594.0 416852.0
193511.0 411877.0	ADCP_transect_158_totaal	ADCP_transect_160

2 2	189375.041134	2 2
190960.752473	416682.997788	187726.0 418796.0
414460.950861	191152.0 417037.0	187743.717013
191002.892876	ADCP_transect_163	418860.205611
414620.078057	2 2	ADCP_transect_166_rechts
ADCP_transect_161_totaal	189210.667398	2 2
2 2	416650.272925	187784.567897 419005.094
189912.0 414731.0	189375.041134	187833.0 419175.0
191460.0 416895.0	416682.997788	ADCP_transect_166
ADCP_transect_161_links	ADCP_transect_164_totaal	2 2
2 2	2 2	187743.717013
189912.0 414731.0	188893.0 417583.0	418860.205611
189989.671047	190029.0 417694.0	187784.567897 419005.094
414839.800327	ADCP_transect_164_links	ADCP_transect_167_totaal
ADCP_transect_161_rechts	2 2	2 2
2 2	188893.0 417583.0	186814.0 418862.0
190077.220745	188972.769086	186763.0 419469.0
414962.158941	417590.87678	ADCP_transect_167_links
191460.0 416895.0	ADCP_transect_164_rechts	2 2
ADCP_transect_161	2 2	186814.0 418862.0
2 2	189127.486311	186804.000338
189989.671047	417605.914716	418976.641883
414839.800327	190029.0 417694.0	ADCP_transect_167_rechts
190077.220745	ADCP_transect_164	2 2
414962.158941	2 2	186791.11585
ADCP_transect_162_totaal	188972.769086	419130.632293
2 2	417590.87678	186763.0 419469.0
189308.0 415620.0	189127.486311	ADCP_transect_167
193454.0 416806.0	417605.914716	2 2
ADCP_transect_162_links	ADCP_transect_165_totaal	186804.000338
2 2	2 2	418976.641883
189308.0 415620.0	188466.0 418340.0	186791.11585
189340.344301	188897.0 418872.0	419130.632293
415629.417861	ADCP_transect_165_links	ADCP_transect_168_totaal
ADCP_transect_162_rechts	2 2	2 2
2 2	188466.0 418340.0	185860.0 418776.0
189479.29817 415669.1752	188533.130444	185793.0 419392.0
193454.0 416806.0	418422.927394	ADCP_transect_168_links
ADCP_transect_162	ADCP_transect_165_rechts	2 2
2 2	2 2	185860.0 418776.0
189340.344301	188624.333878	185852.222439
415629.417861	418535.386912	418846.32632
189479.29817 415669.1752	188897.0 418872.0	ADCP_transect_168_rechts
ADCP_transect_163_totaal	ADCP_transect_165	2 2
2 2	2 2	185835.695667
189108.0 416630.0	188533.130444	418997.624981
191152.0 417037.0	418422.927394	185793.0 419392.0
ADCP_transect_163_links	188624.333878	ADCP_transect_168
2 2	418535.386912	2 2
189108.0 416630.0	ADCP_transect_166_totaal	185852.222439
189210.667398	2 2	418846.32632
416650.272925	187726.0 418796.0	185835.695667
ADCP_transect_163_rechts	187833.0 419175.0	418997.624981
2 2	ADCP_transect_166_links	ADCP_transect_169_totaal

2 2
184900.0 418519.0
184810.0 419191.0
ADCP_transect_169_links
2 2
184900.0 418519.0
184868.379037
418754.947044
ADCP_transect_169_rechts
2 2
184847.91732
418907.622936
184810.0 419191.0
ADCP_transect_169
2 2
184868.379037
418754.947044
184847.91732
418907.622936
ADCP_transect_170_totaal
2 2
183958.0 418260.0
183822.0 418865.0
ADCP_transect_170_links
2 2
183958.0 418260.0
183881.214295
418602.175237
ADCP_transect_170_rechts
2 2
183845.839134
418760.257991
183822.0 418865.0
ADCP_transect_170
2 2
183881.214295
418602.175237
183845.839134
418760.257991
ADCP_transect_171_totaal
2 2
182995.0 418084.0
182829.0 418609.0
ADCP_transect_171_links
2 2
182995.0 418084.0

182918.346613
418326.91226
ADCP_transect_171_rechts
2 2
182869.705766
418480.573118
182829.0 418609.0
ADCP_transect_171
2 2
182918.346613
418326.91226
182869.705766
418480.573118
ADCP_transect_172_totaal
2 2
181915.0 418005.0
181889.0 418550.0
ADCP_transect_172_links
2 2
181915.0 418005.0
181907.943558
418147.825504
ADCP_transect_172_rechts
2 2
181900.205241
418311.435627
181889.0 418550.0
ADCP_transect_172
2 2
181907.943558
418147.825504
181900.205241
418311.435627
ADCP_transect_173_totaal
2 2
180834.0 418104.0
181191.0 419344.0
ADCP_transect_173_links
2 2
180834.0 418104.0
180882.063869
418271.63857
ADCP_transect_173_rechts
2 2
180928.493769
418433.037745
181191.0 419344.0

ADCP_transect_173
2 2
180882.063869
418271.63857
180928.493769
418433.037745
ADCP_transect_174_totaal
2 2
179895.0 418555.0
180800.0 419924.0
ADCP_transect_174_links
2 2
179895.0 418555.0
179975.575351
418677.347455
ADCP_transect_174_rechts
2 2
180066.224203
418814.426207
180800.0 419924.0
ADCP_transect_174
2 2
179975.575351
418677.347455
180066.224203
418814.426207
ADCP_transect_175_totaal
2 2
179095.0 419368.0
180360.0 420078.0
ADCP_transect_175_links
2 2
179095.0 419368.0
179294.603489
419479.921436
ADCP_transect_175_rechts
2 2
179430.576766
419556.199128
180360.0 420078.0
ADCP_transect_175
2 2
179294.603489
419479.921436
179430.576766
419556.199128

C.3 Parameters voor zomervegetatie

Bestanden uit het onderzoek van Van Velzen et al. (2005) zijn aangeleverd door RWS voor het project Systeemwerking Maas en waterveiligheid (De Jong et al., 2022). In de modelsimulaties is gebruik gemaakt van onderstaande beschrijving van de ecotopen. Alle overige ecotopen in de beschrijving zijn gelijk gehouden.

Onderstaande tekst verwijst naar Jesse (2005). Dit memo bevat gelijke informatie als opgenomen in Van Velzen et al. (2005). De invoer voor de winterbedvegetatie is vergeleken met actuele modellen (Van der Veen et al., 2021) en wordt nog altijd met deze parameters toegepast.

Ruwheden van de winterbedvegetatie

```
# CODE 1201-1300 : Ruwheids formulering voor door- en overstromde vegetatie
# r_code          : de ruwheids code
# a              : de vegetatie hoogte          (0.001 - 0.2 - 50.)
# b              : de vegetatie dichtheid      (0.0001 - 0.2 - 100.)
# c              : drag coefficient            (0.1 - 1.8 - 10.)
# d              : k-Nikuradse (onderlaag begroeiing) (0.001 - 0.2 - 100.)
#
r_code = 1201 a = 0.06 b = 45.   c = 1.8 d = 0.1 # productiegrasland
r_code = 1202 a = 0.10 b = 12.   c = 1.8 d = 0.1 # natuurlijk gras/hooiland
r_code = 1203 a = 0.20 b = 15.   c = 1.8 d = 0.1 # verruigd grasland
r_code = 1211 a = 0.30 b = 3.    c = 1.8 d = 0.1 # akkerdistelruigte
r_code = 1212 a = 0.56 b = 0.23 c = 1.8 d = 0.1 # droge ruigte
r_code = 1213 a = 0.50 b = 0.56 c = 1.8 d = 0.1 # dauwbraamruigte
r_code = 1214 a = 0.95 b = 0.13 c = 1.8 d = 0.1 # wilgenroosje ruigte
r_code = 1215 a = 2.00 b = 0.16 c = 1.8 d = 0.1 # rietruigte
r_code = 1221 a = 0.35 b = 0.25 c = 1.8 d = 0.1 # natte ruigte homogeen
r_code = 1222 a = 0.30 b = 1.2   c = 1.8 d = 0.1 # zegge homogeen
r_code = 1223 a = 1.00 b = 0.4   c = 1.8 d = 0.1 # rietgras homogeen
r_code = 1224 a = 0.50 b = 1.2   c = 1.8 d = 0.1 # biezen homogeen
r_code = 1225 a = 1.50 b = 0.35 c = 1.8 d = 0.1 # lisdodde homogeen
r_code = 1226 a = 2.50 b = 0.37 c = 1.8 d = 0.1 # riet homogeen
r_code = 1231 a = 6.00 b = 0.13 c = 1.5 d = 0.4 # zachthoutstruweel
r_code = 1232 a = 3.00 b = 0.041 c = 1.5 d = 0.4 # griend
r_code = 1233 a = 5.00 b = 0.17 c = 1.5 d = 0.4 # doornstruweel
r_code = 1241 a = 10.00 b = 0.011 c = 1.5 d = 0.3 # productiebos hardhout
r_code = 1242 a = 10.00 b = 0.010 c = 1.5 d = 0.3 # productiebos zachthout
r_code = 1243 a = 10.00 b = 0.016 c = 1.5 d = 0.3 # productiebos naaldhout
r_code = 1244 a = 10.00 b = 0.023 c = 1.5 d = 0.4 # hardhoutoobos
r_code = 1245 a = 10.00 b = 0.028 c = 1.5 d = 0.6 # zachthoutoobos
r_code = 1246 a = 3.00 b = 0.024 c = 1.5 d = 0.2 # boomgaard laagstam
r_code = 1247 a = 6.00 b = 0.01 c = 1.5 d = 0.2 # boomgaard hoogstam
r_code = 1250 a = 0.15 b = 0.15 c = 1.8 d = 0.1 # pioniervegetatie
```

Ruwheden voor zomeromstandigheden van de winterbedvegetatie

```
# CODE 1201-1300 : Ruwheids formulering voor door- en overstroomde vegetatie
# r_code       : de ruwheids code
# a           : de vegetatie hoogte           (0.001 - 0.2 - 50.)
# b           : de vegetatie dichtheid       (0.0001 - 0.2 - 100.)
# c           : drag coefficient              (0.1 - 1.8 - 10.)
# d           : k-Nikuradse (onderlaag begroeiing) (0.001 - 0.2 - 100.)
#
# waarden aangepast voor zomeromstandigheden (Ref. Jesse, Vegetatie in de zomer, 17-11-2005)
r_code = 1201 a = 0.13 b = 45. c = 1.8 d = 0.1 # productiegrasland
r_code = 1202 a = 0.19 b = 12. c = 1.8 d = 0.1 # natuurlijk gras/hooiland
r_code = 1203 a = 0.45 b = 0.50 c = 1.8 d = 0.1 # verruigd grasland
r_code = 1211 a = 0.80 b = 0.30 c = 1.8 d = 0.1 # akkerdistelruigte
r_code = 1212 a = 1.00 b = 0.35 c = 1.8 d = 0.1 # droge ruigte
r_code = 1213 a = 0.80 b = 0.84 c = 1.8 d = 0.1 # dauwbraamruigte
r_code = 1214 a = 1.50 b = 0.20 c = 1.8 d = 0.1 # wilgenroosje ruigte
r_code = 1215 a = 2.00 b = 0.24 c = 1.8 d = 0.1 # rietruigte
r_code = 1221 a = 0.80 b = 0.38 c = 1.8 d = 0.1 # natte ruigte homogeen
r_code = 1222 a = 1.00 b = 0.34 c = 1.8 d = 0.1 # zegge homogeen
r_code = 1223 a = 1.00 b = 0.60 c = 1.8 d = 0.1 # rietgras homogeen
r_code = 1224 a = 2.00 b = 0.37 c = 1.8 d = 0.1 # biezen homogeen
r_code = 1225 a = 1.50 b = 0.53 c = 1.8 d = 0.1 # lisdodde homogeen
r_code = 1226 a = 2.50 b = 0.56 c = 1.8 d = 0.1 # riet homogeen
r_code = 1231 a = 6.00 b = 0.20 c = 1.5 d = 0.4 # zachthoutstruweel
r_code = 1232 a = 3.00 b = 0.06 c = 1.5 d = 1.0 # griend
r_code = 1233 a = 5.00 b = 0.26 c = 1.5 d = 0.4 # doornstruweel
r_code = 1241 a = 10.00 b = 0.011 c = 1.5 d = 0.6 # productiebos hardhout
r_code = 1242 a = 10.00 b = 0.010 c = 1.5 d = 0.6 # productiebos zachthout
r_code = 1243 a = 10.00 b = 0.016 c = 1.5 d = 0.6 # productiebos naaldhout
r_code = 1244 a = 10.00 b = 0.028 c = 1.5 d = 1.0 # hardhoutooibos
r_code = 1245 a = 10.00 b = 0.034 c = 1.5 d = 1.0 # zachthoutooibos
r_code = 1246 a = 3.00 b = 0.041 c = 1.5 d = 0.4 # boomgaard laagstam
r_code = 1247 a = 6.00 b = 0.01 c = 1.5 d = 0.4 # boomgaard hoogstam
r_code = 1250 a = 0.30 b = 0.23 c = 1.8 d = 0.1 # pioniervegetatie
r_code = 1251 a = 2.40 b = 0.60 c = 1.8 d = 0.1 # akker
```


D Beschikbare meetdata

Tabel D-1 Aangeleverde meetreeksen van debietmetingen voor de Maas en lateralen.

Rivier	Meetpunt	Eenheid	Start [MET]	Eind [MET]	Frequentie	Meetnet
Maas	QEijsden Grens	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	QSint Pieter Noord	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	QBorgharen Dorp	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	QBunde	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	QSmeermaas	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	QVenlo	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	QMegen	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	QLozen	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Maaseik rkm 52.8/Maas	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:50	10 min	HIC
Voer	Voer, Mesch 15.Q.41	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:00	1 uur	
Jeker	Jeker, Nekum	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:00	1 uur	
Geul	Meerssen, 10.q.36	m ³ /s	01-04-2021 00:00	18-07-2021 20:00	1 uur	
Geleenbeek	Oud-roosteren 6.1.27	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:00	1 uur	
Roer	Pegel Stah	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:00	1 uur	
Roer	Stah-WL	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:00	1 uur	
Neerbeek	Hammermolen	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:00	1 uur	
Niers	Pegel Goch	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:00	1 uur	
Niers	Niers, Kessel	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:00	1 uur	
Swalm	Swalm, Grens	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:00	1 uur	
Aa	ADM120 Oosterplas	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:00	1 uur	
Drongelens kanaal	ADM118 Waalwijk	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:00	1 uur	
Dieze	ADM116 Engelen (Crevecoeur)	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:00	1 uur	
Dommel	P10_Dommel	m ³ /s	01-04-2021 00:00	28-02-2022 23:00	1 uur	

Tabel D-2 Aangeleverde meetreeksen van waterstanden

Rivier	Meetpunt	Eenheid	Start [MET]	Eind [MET]	Frequentie	Meetnet
Maas	Eijsden grens	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Sint Pieter noord	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Borgharen_jul	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Borgharen dorp	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Lanaken-Smeermaas rkm 18.4	m + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	HIC
Maas	Uikhoven rkm 25.3	m + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	HIC
Maas	Elsloo	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	MA_31.00_L_DIVER_HIC-ZB5	m + NAP	02-04-2021 13:00	12-10-2021 09:00	30 min	HIC
Maas	MA_32.00_L_DIVER_HIC-ZB9	m + NAP	02-04-2021 13:00	12-10-2021 09:00	30 min	HIC
Maas	MA_34.00_L_DIVER_HIC-ZB17	m + NAP	02-04-2021 13:00	12-10-2021 09:00	30 min	HIC
Maas	Eisden-Mazenhoven rkm 34.7	m + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	HIC
Maas	Meeswijk Veer rkm 39.0	m + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	HIC
Maasplassen	Negenoord-West	m + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	HIC
Maas	Negenoord rkm 42.5	m + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	HIC
Maas	Rotem rkm 44.9	m + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	HIC
Maasplassen	Rotem Bichterweerd	m + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	HIC
Maas	Grevenbicht	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Maaseik_HIC	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maasplassen	Maaseik Herenlaak	m + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	HIC
Maasplassen	Ophoven De Spaanjerd	m + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	HIC
Maas	Stevensweert	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Heel boven	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Linne ben	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Roermond boven	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Heel ben	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Buggenum	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Neer	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Belfeld bov	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Belfeld ben	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Venlo	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Well dorp	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Sambeek bov	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Sambeek ben	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Gennep	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Mook	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Grave bov	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Grave ben	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Megen dorp	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Lith bov	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Lith dorp	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW

Maas	Empel Beneden	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Crevecoeur	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Heesbeen	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Maas	Keizersveer	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Waal	Nijmegen Haven	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Waal	Vuren	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Waal	Tiel Waal	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Waal	Zaltbommel	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW
Waal	Bunde	cm + NAP	1-4-2021 00:00	28-2-2022 23:50	10 min	MSW

Tabel D-3 Aangeleverde topwaterstanden

Rivier	Meetpunt	Eenheid	Start [MET]	Eind [MET]	Frequentie	Meetnet
Maas	Maashees haven (Ma_137.2 linkeroever)	cm + NAP	16-7-2021 10:00	22-7-2021 13:00	± 5x per dag	particulier peilstok
Maas	Arcen BPS (Ma_120.5 rechteroever)	cm + NAP	16-7-2021 9:00	17-7-2021	1 uur	
Maas Bosscherveld ontvangstvijver	Inlaatwerk Bosscherveld (Ma_14,9 linkeroever)	cm + NAP	13-7-2021 00:00	22-7-2021 00:00	1 uur	Project monitoring door RHDHV, Madeleine Inckel

Tabel D-4 Samenvatting van de ADCP metingen uitgevoerd door Aquavision (Eelkema, 2021)

measurement date	station number	q total mean [m3/s]	q total std [m3/s]	river width mean [m]	total area mean [m2]	max water speed mean [m/s]	max depth mean [m]
2021-07-16	148	1464.69025	19.65924048	125.42725	862.1455	2.94175	8.0135
	149	1398.24425	20.98260358	131.73225	945.23325	2.533	8.724
	150	1499.60775	26.06862913	133.0095	905.77975	2.9115	9.5775
	151	1429.27575	9.986354669	131.60925	881.06575	2.81575	9.709
	152	1457.1185	27.86503107	130.79575	897.1595	2.78275	9.1505
	153	1444.208	22.16084874	131.35925	894.94425	2.95225	9.4855
	154	1419.4665	23.03681825	127.44325	873.09675	2.75875	9.22675
	155	1407.852	6.046843088	119.3475	891.38325	2.624	9.12325
	156	1407.821	47.0325823	118.92425	866.17725	2.8365	10.14775
	157	1387.333	14.53921587	104.26875	836.395	2.8055	10.60325
	158	1424.54125	29.7862344	131.36775	939.1155	2.791	10.3835
	159	1406.89575	12.953093	132.26475	1015.15275	2.42175	9.9915
	160	1430.72175	13.1977059	137.143	996.03475	2.61725	11.27075
	161	1527.052	11.20335292	134.3105	1013.86825	2.65575	11.41325
	162	1498.3045	26.04682857	110.55425	914.76875	2.78025	10.72725
	163	1513.346	17.2254849	140.3185	985.6895	2.703	10.91825
	164	1528.359	20.50019299	147.5655	1130.107	2.8625	10.8715
	165	1513.0225	9.647743311	133.93975	870.72775	2.7005	9.054
	166	1503.946	38.59000901	152.66725	1245.94825	2.49475	10.63825
	167	1497.8475	16.45283168	155.16025	1247.699	2.1365	10.8465
168	1450.371	15.03877466	155.775	1197.99275	2.066	10.39025	
169	1452.843	12.870981	170.3965	1269.9345	2.04725	10.53325	
170	1453.0535	18.50165021	161.4925	1276.026	2.04025	10.422	
171	1438.9735	13.49341483	164.70225	1169.13475	2.17425	9.44075	
172	1437.92225	18.16597384	169.381	1247.579	2.067	9.39625	
173	1422.85	21.8943935	157.17775	1203.50675	2.15525	9.427	
174	1435.424	15.92319292	163.97475	1228.79175	2.00925	9.434	
175	1401.88825	15.11494808	135.32225	838.2	2.71125	7.35	
2021-07-18	148	1635.87875	32.36904238	123.1835	1122.02675	2.69025	10.35075

149	1669.0675	48.48953883	139.14975	1279.60125	2.50075	10.915
150	1584.1895	6.856569526	136.79975	1233.446	2.595	11.7645
151	1617.084	29.28242983	136.4215	1237.41475	2.5375	12.03925
152	1981.7655	9.417996974	142.5885	1260.31875	3.12875	12.13075
153	1915.93075	23.64998959	139.23925	1255.438	2.758	11.80475
154	1821.9098	53.39132572	143.9168	1218.952	2.6942	11.3462
155	2237.685	27.44674748	132.665	1234.95475	3.214	11.30925
156	2067.4725	12.35871785	118.66125	1207.555	3.03625	12.6875
157	1920.0885	20.17904673	111.88625	1119.7055	2.911	12.9175
158	2103.71275	21.9701202	139.79725	1308.43025	2.94975	12.8325
159	2092.93	84.43676112	141.95775	1379.68175	2.869	12.545
160	2234.11275	30.98591102	152.67875	1405.34475	3.02675	13.9775
161	2178.75775	16.57479231	144.84325	1291.21525	2.97275	13.585
162	2079.9015	52.67693042	113.8293333	1113.992167	3.3045	12.69666667
163	2239.1235	47.18559761	162.541	1356.41525	3.0715	13.135
164	2226.604	47.00680585	150.1035	1411.125	3.22925	12.985
165	2176.34	38.24372478	142.8375	1165.551	3.05175	10.66325
166	1996.50925	22.55883177	157.68025	1573.74475	2.54775	12.635
167	2228.14475	16.30087816	157.83275	1562.844	2.61225	12.785
168	2309.02125	12.48004472	154.173	1505.85625	2.6405	12.59
169	2298.0396	44.20734798	166.1388	1614.1754	2.512	12.668
170	2244.65375	16.38359485	161.2415	1592.21675	2.5085	12.785
171	2291.46875	24.46094533	161.47225	1469.2555	2.6235	11.46
172	2303.9125	41.01965585	169.72375	1582.7185	2.66475	11.52075
173	2234.8545	49.66485109	157.555	1512.90525	2.50175	11.53
174	2272.179	36.6317609	164.2023333	1548.128333	2.599333333	11.59333333
175	1917.1815	28.9912476	141.85	1151.165	2.9665	9.52

Tabel D-5 Overzicht van de CIV ADCP metingen hoogwater juli 2021

Rivier	Raai_model	Meetplaats	Km	Datum Tijd [MET]	Q
Maas	ma_67.00_IM-Q_Clauscentrale2	Clauscentrale	67.000	15-07-2021 11:49:00	1558
Maas	ma_67.00_IM-Q_Clauscentrale2	Clauscentrale	67.000	16-07-2021 11:14:00	3135
Maas	ma_67.00_IM-Q_Clauscentrale2	Clauscentrale	67.000	16-07-2021 11:25:00	2915
Maas	ma_67.00_IM-Q_Clauscentrale2	Clauscentrale	67.000	17-07-2021 13:59:00	2363
Maas		Eijsden	3.000	16-07-2021 14:00:00	2681
Maas		Eijsden	3.000	16-07-2021 14:10:00	2656
Maas		Eijsden	3.000	16-07-2021 14:20:00	2597
Maas		Eijsden	3.000	16-07-2021 14:30:00	2641
Maas	ma_8.10_IM-Q_Ontgrinding-Eijsden	Eijsden Ontgrinding	8.100	16-07-2021 15:07:00	420
Maas		Eijsden	3.000	17-07-2021 09:39:00	1635
Maas		Eijsden	3.000	17-07-2021 09:49:00	1640
Maas		Eijsden	3.000	17-07-2021 10:00:00	1640
Maas		Eijsden	3.000	17-07-2021 10:07:00	1640
Maas	ma_52.40_IM-Q_Maaseik-Brug	Maaseik	52.700	15-07-2021 10:42:00	1841
Maas	ma_52.40_IM-Q_Maaseik-Brug	Maaseik	52.700	15-07-2021 10:52:00	1868
Maas	ma_52.40_IM-Q_Maaseik-Brug	Maaseik	52.700	15-07-2021 11:02:00	1857
Maas	ma_52.40_IM-Q_Maaseik-Brug	Maaseik	52.700	15-07-2021 11:12:00	1863
Maas	ma_52.30_IM-Q_Maaseik	Maaseik	52.700	15-07-2021 12:51:00	1976
Maas	ma_52.30_IM-Q_Maaseik	Maaseik	52.700	15-07-2021 13:01:00	1998
Maas	ma_52.30_IM-Q_Maaseik	Maaseik	52.700	15-07-2021 13:10:00	1992
Maas	ma_52.30_IM-Q_Maaseik	Maaseik	52.700	15-07-2021 13:23:00	2011
Maas	ma_52.40_IM-Q_Maaseik-Brug	Maaseik	52.700	16-07-2021 08:42:00	2984
Maas	ma_52.40_IM-Q_Maaseik-Brug	Maaseik	52.700	16-07-2021 08:53:00	3008
Maas	ma_52.40_IM-Q_Maaseik-Brug	Maaseik	52.700	16-07-2021 09:05:00	2975
Maas	ma_52.40_IM-Q_Maaseik-Brug	Maaseik	52.700	16-07-2021 09:13:00	3041
Maas	ma_52.40_IM-Q_Maaseik-Brug	Maaseik	52.700	16-07-2021 09:21:00	3048
Maas	ma_52.40_IM-Q_Maaseik-Brug	Maaseik	52.700	17-07-2021 12:51:00	2114
Maas	ma_52.40_IM-Q_Maaseik-Brug	Maaseik	52.700	17-07-2021 13:07:00	2133
Maas	ma_52.40_IM-Q_Maaseik-Brug	Maaseik	52.700	17-07-2021 13:14:00	2103
Maas	ma_52.40_IM-Q_Maaseik-Brug	Maaseik	52.700	17-07-2021 13:18:00	2099
Maas	ma_52.40_IM-Q_Maaseik-Brug	Maaseik	52.700	18-07-2021 07:02:00	1390
Maas	ma_52.40_IM-Q_Maaseik-Brug	Maaseik	52.700	18-07-2021 07:10:00	1418
Maas	ma_52.40_IM-Q_Maaseik-Brug	Maaseik	52.700	18-07-2021 07:21:00	1409
Maas	ma_52.40_IM-Q_Maaseik-Brug	Maaseik	52.700	18-07-2021 07:30:00	1385
Maas	ma_52.40_IM-Q_Maaseik-Brug	Maaseik	52.700	18-07-2021 07:38:00	1393
Maas	ma_12.60_IM-Q_Maastricht	Maastricht	12.600	16-07-2021 15:26:00	2991
Maas	ma_12.60_IM-Q_Maastricht	Maastricht	12.600	16-07-2021 15:35:00	2965
Maas	ma_12.60_IM-Q_Maastricht	Maastricht	12.600	16-07-2021 15:45:00	2979
Maas	ma_12.60_IM-Q_Maastricht	Maastricht	12.600	16-07-2021 15:57:00	2971

Maas	ma_12.60_IM-Q_Maastricht	Maastricht	12.600	17-07-2021 10:35:00	1744
Maas	ma_12.60_IM-Q_Maastricht	Maastricht	12.600	17-07-2021 10:45:00	1733
Maas	ma_12.60_IM-Q_Maastricht	Maastricht	12.600	17-07-2021 10:55:00	1721
Maas	ma_12.60_IM-Q_Maastricht	Maastricht	12.600	17-07-2021 11:05:00	1723
Maas	ma_12.60_IM-Q_Maastricht	Maastricht	12.600	18-07-2021 09:25:00	998
Maas	ma_12.60_IM-Q_Maastricht	Maastricht	12.600	18-07-2021 09:36:00	987
Maas	ma_12.60_IM-Q_Maastricht	Maastricht	12.600	18-07-2021 09:46:00	990
Maas	ma_12.60_IM-Q_Maastricht	Maastricht	12.600	18-07-2021 09:55:00	995
Maas	ma_62.00_IM-Q_Oude-Maas-Stevensweert	Oude Maasarm		16-07-2021 10:11:00	330
Maas	ma_62.00_IM-Q_Oude-Maas-Stevensweert	Oude Maasarm		16-07-2021 10:18:00	341

E Modelresultaten

E.1 Topwaterstand

strootjesmetingen								maas_j21_6_w1a wintervegetatie			maas_j21_6_w1a zomervegetatie		
Opmerking	X [RD]	Y [RD]	afstand vanaf rivieras [m]	afstand langs rivieras [m]	Hoogte [mNAP]	waterhoogte [mNAP]	waterhoogte [mNAP]	waterdiepte [m]	verschil waterhoogte model-meting [m]	waterhoogte [mNAP]	waterdiepte [m]	verschil waterhoogte model-meting [m]	
1	201430	396265	433	135	14,61	14,61	14,80	3,38	0,19	14,84	3,42	0,23	
2	201570	396188	427	135	14,55	14,55	14,82	2,08	0,27	14,86	2,12	0,31	
3	201790	396072	345	134	15,02	15,02	14,86	1,34	-0,16	14,90	1,38	-0,12	
4	202204	395775	280	134	15,2	15,2	14,93	0,46	-0,27	14,97	0,50	-0,23	
5	202596	395493	273	133	15,25	15,25	15,06	0,08	-0,19	15,09	0,11	-0,16	
6	202760	395248	405	133	15,37	15,37	8,74	0,00	-6,63	8,74	0,00	-6,63	
7	202909	394420	1163	133	15,36	15,36	15,98	6,76	0,62	16,00	6,77	0,64	
8	203281	395287	265	133	15,31	15,31	15,18	0,22	-0,13	15,22	0,26	-0,09	
9	203593	395162	403	133	15,51	15,51	15,24	0,14	-0,27	15,28	0,17	-0,23	
10	204446	394892	804	132	15,6	15,6	15,45	3,01	-0,15	15,49	3,06	-0,11	
11	204904	394491	649	130	15,68	15,68	15,51	3,19	-0,17	15,56	3,24	-0,12	
12	205291	394076	411	129	15,66	15,66	15,55	2,36	-0,11	15,60	2,41	-0,06	
13	205371	393711	489	129	15,78	15,78	15,68	2,32	-0,10	15,73	2,38	-0,05	
14	205709	393788	168	129	15,84	15,84	15,68	0,95	-0,16	15,73	1,01	-0,11	
15	206004	393448	218	129	15,84	15,84	15,72	2,09	-0,12	15,78	2,14	-0,06	
16	206348	393036	348	128	15,94	15,94	15,82	2,27	-0,12	15,88	2,33	-0,06	
17	206560	392737	423	128	16,04	16,04	14,39	0,00	-1,65	14,39	0,00	-1,65	
18	206493	392838	399	128	16	16	15,86	1,89	-0,14	15,91	1,95	-0,09	
19	207069	392280	383	127	15,99	15,99	15,99	0,00	0,00	16,00	0,01	0,01	
20	208117	391632	414	126	16,28	16,28	14,42	0,00	-1,86	14,42	0,00	-1,86	
21	208069	391677	389	126	16,18	16,18	16,13	1,32	-0,05	16,18	1,36	0,00	
22	207978	391745	362	126	16,16	16,16	16,12	1,70	-0,04	16,17	1,75	0,01	
23	208279	391433	523	126	16,26	16,26	16,15	0,06	-0,11	16,20	0,11	-0,06	
24	208387	391413	477	125	16,24	16,24	16,15	0,17	-0,09	16,20	0,22	-0,04	

25		208469	391442	401	125	16,27	16,27	16,15	2,74	-0,12	16,20	2,79	-0,07
26		208389	390901	815	125	16,3	16,3	16,25	1,77	-0,05	16,30	1,82	0,00
27		208664	390485	651	124	16,35	16,35	16,27	1,50	-0,08	16,33	1,55	-0,02
28		208863	390087	399	123	16,39	16,39	16,31	1,89	-0,08	16,37	1,96	-0,02
29		208849	389367	293	123	16,42	16,42	16,36	0,72	-0,06	16,43	0,79	0,01
30		209056	388877	104	122	16,62	16,62	16,50	4,45	-0,12	16,55	4,51	-0,07
31		209514	389325	375	123	16,51	16,51	16,38	0,18	-0,13	16,44	0,25	-0,07
32		209451	388858	271	122	16,46	16,46	16,49	0,92	0,03	16,55	0,98	0,09
33		209645	388415	249	122	16,45	16,45	16,64	1,10	0,19	16,69	1,16	0,24
34		209703	388302	236	121	16,41	16,41	16,65	0,91	0,24	16,71	0,97	0,30
35		209774	388080	172	121	16,53	16,53	16,68	1,00	0,15	16,74	1,05	0,21
36		209838	388007	184	121	16,51	16,51	16,71	0,86	0,20	16,77	0,92	0,26
37		209876	387924	166	121	16,69	16,69	16,00	0,00	-0,69	16,00	0,00	-0,69
38		209907	387850	153	121	16,76	16,76	16,75	0,82	-0,01	16,81	0,88	0,05
39		209968	387652	120	121	16,78	16,78	16,78	2,20	0,00	16,84	2,26	0,06
40		210024	387445	103	121	16,8	16,8	16,80	4,15	0,00	16,86	4,20	0,06
41		210081	387345	128	120	16,79	16,79	14,87	0,00	-1,92	14,87	0,00	-1,92
42	HGTP	196492	406076	125	147	13,6	13,6	13,43	1,27	-0,17	13,44	1,28	-0,16
43	HGTP	196763	407029	1069	147	13,31	13,31	13,35	2,30	0,04	13,36	2,31	0,05
44	HGTP	197159	406391	742	146	13,52	13,52	13,35	0,00	-0,17	13,35	0,00	-0,17
45	HGTP	197627	405539	344	145	13,69	13,69	13,52	1,80	-0,17	13,54	1,81	-0,15
46	HGTP	197504	405908	531	146	13,53	13,53	13,50	1,11	-0,03	13,51	1,13	-0,02
47	HGTP	197747	405308	279	145	13,55	13,55	13,55	1,91	0,00	13,57	1,93	0,02
48	HGTP	198038	405110	312	145	13,78	13,78	13,65	2,04	-0,13	13,67	2,06	-0,11
49	HGTP	198364	404892	411	144	13,88	13,88	13,71	2,00	-0,17	13,72	2,02	-0,16
50	HGTP	198589	404668	404	144	13,85	13,85	13,74	2,16	-0,11	13,76	2,18	-0,09
51	HGTP	198905	404388	424	144	14,12	14,12	13,80	1,44	-0,32	13,82	1,46	-0,30
52	HGTP	198915	404384	428	144	13,97	13,97	13,80	0,12	-0,17	13,82	0,14	-0,15

53	HGTP	198898	404370	406	144	13,95	13,95	13,80	1,44	-0,15	13,82	1,46	-0,13
54	HGTP	199204	403833	305	143	13,96	13,96	12,81	0,00	-1,15	12,81	0,00	-1,15
55	HGTP	199326	403506	287	143	14,03	14,03	13,33	0,00	-0,70	13,33	0,00	-0,70
56	HGTP	199771	403030	658	142	14,01	14,01	14,04	1,68	0,03	14,06	1,71	0,05
57	HGTP	199923	402635	802	142	14,05	14,05	14,06	2,03	0,01	14,09	2,06	0,04
58	HGTP	199536	401787	436	141	14,12	14,12	14,11	1,65	-0,01	14,14	1,68	0,02
59	HGTP	199896	401664	785	141	14,15	14,15	12,47	0,00	-1,68	12,47	0,00	-1,68
60	HGTP	200075	401390	901	141	14,15	14,15	12,34	0,00	-1,81	12,34	0,00	-1,81
61	HGTP	199572	401320	399	141	14,19	14,19	14,16	1,65	-0,03	14,19	1,68	0,00
62	HGTP	199776	401012	476	140	14,15	14,15	14,23	2,15	0,08	14,26	2,17	0,11
63	HGTP	199989	400628	380	140	14,37	14,37	14,31	1,74	-0,06	14,35	1,78	-0,02
64	HGTP	200118	400105	157	139	14,41	14,41	14,38	1,47	-0,03	14,41	1,50	0,00
65	HGTP	200331	399506	130	139	14,63	14,63	14,45	1,75	-0,18	14,49	1,78	-0,14
66	HGTP	200325	399512	124	139	14,64	14,64	14,45	1,75	-0,19	14,49	1,78	-0,15
67	HGTP	200281	399543	82	139	14,64	14,64	14,44	2,37	-0,20	14,48	2,40	-0,16
68	HGTP	200615	399147	403	138	14,68	14,68	14,53	2,31	-0,15	14,57	2,34	-0,11
69	HGTP	201252	397907	1038	136	14,76	14,76	14,62	1,01	-0,14	14,66	1,05	-0,10
70	HGTP	201451	397664	938	135	14,96	14,96	13,95	0,00	-1,01	13,95	0,00	-1,01
71	HGTP	202053	397352	818	135	14,99	14,99	14,32	0,00	-0,67	14,32	0,00	-0,67
72	HGTP	201279	398255	1186	137	14,73	14,73	14,62	0,55	-0,11	14,65	0,58	-0,08
73	HGTP	200482	401884	1382	141	14,35	14,35	14,12	0,72	-0,23	14,15	0,75	-0,20
74	HGTP	202518	397221	975	135	15,01	15,01	13,63	0,00	-1,38	13,63	0,00	-1,38
75	HGTP	202443	397079	819	135	14,99	14,99	12,76	0,00	-2,23	12,76	0,00	-2,23
76	HGTP	202676	396256	389	134	15,11	15,11	14,94	1,93	-0,17	14,98	1,98	-0,13
77	HGTP	203380	395904	357	133	15,21	15,21	15,05	2,41	-0,16	15,08	2,44	-0,13
78	HGTP	203317	395713	168	133	15,32	15,32	15,10	2,81	-0,22	15,12	2,84	-0,20
79	HGTP	203613	395751	180	132	15,49	15,49	15,23	0,86	-0,26	15,27	0,89	-0,22
80	HGTP	203818	395695	97	132	15,47	15,47	15,26	3,38	-0,21	15,30	3,42	-0,17

81	HGTP	205691	395198	252	130	15,65	15,65	15,54	1,35	-0,11	15,59	1,39	-0,06
82	HGTP	205773	394769	256	130	15,75	15,75	15,55	1,89	-0,20	15,60	1,94	-0,15
83	HGTP	206096	394189	379	129	15,75	15,75	15,62	1,57	-0,13	15,67	1,61	-0,08
84	HGTP	206441	393652	200	128	15,88	15,88	15,76	0,64	-0,12	15,81	0,69	-0,07
85	HGTP	205475	395700	287	131	15,61	15,61	15,49	1,55	-0,12	15,53	1,59	-0,08
86	HGTP	204989	396158	472	131	15,57	15,57	15,47	2,32	-0,10	15,51	2,36	-0,06
87	HGTP	206858	393238	149	128	15,93	15,93	15,86	0,59	-0,07	15,91	0,65	-0,02
88	HGTP	207298	392811	158	127	16,01	16,01	15,94	1,92	-0,07	15,99	1,97	-0,02
89	HGTP	207700	392579	252	127	16,1	16,1	15,98	0,61	-0,12	16,02	0,66	-0,08
90	HGTP	207971	392334	180	126	16,13	16,13	16,07	0,70	-0,06	16,12	0,75	-0,01
91	HGTP	208514	392011	100	126	16,23	16,23	16,16	4,04	-0,07	16,21	4,09	-0,02
92	HGTP	209063	391537	112	125	16,29	16,29	16,22	4,02	-0,07	16,27	4,07	-0,02
93	HGTP	209350	391105	142	124	16,45	16,45	16,27	2,38	-0,18	16,33	2,43	-0,12
94	HGTP	209715	390427	401	124	16,46	16,46	16,32	2,10	-0,14	16,38	2,16	-0,08
95	HGTP	209868	389814	640	123	16,34	16,34	16,33	2,13	-0,01	16,39	2,19	0,05
96	HGTP	209848	389105	718	122	16,43	16,43	16,34	1,20	-0,09	16,40	1,26	-0,03
97	HGTP	209359	388800	167	122	16,54	16,54	16,52	3,82	-0,02	16,57	3,88	0,03
98	HGTP	209819	387903	105	121	16,71	16,71	16,74	2,01	0,03	16,80	2,07	0,09
99	HGTP	210023	387445	103	121	16,8	16,8	16,80	4,15	0,00	16,86	4,20	0,06
100	HGTP	210262	387085	249	120	16,81	16,81	16,86	3,99	0,05	16,92	4,05	0,11
101	HGTP	210128	386654	131	120	16,89	16,89	16,88	2,94	-0,01	16,94	3,00	0,05
102	HGTP	209967	386166	119	119	16,92	16,92	16,91	2,19	-0,01	16,97	2,24	0,05
103	HGTP	209765	385744	142	119	16,92	16,92	16,99	2,64	0,07	17,04	2,69	0,12
104	HGTP	209307	385129	195	118	17,01	17,01	17,06	2,05	0,05	17,11	2,11	0,10
105	HGTP	209195	384824	282	118	17,12	17,12	17,16	1,60	0,04	17,21	1,65	0,09
106	HGTP	209122	384340	495	117	17,14	17,14	17,23	2,28	0,09	17,28	2,33	0,14
107	HGTP	208904	384133	421	117	17,23	17,23	17,24	3,00	0,01	17,29	3,04	0,06
108	HGTP	209034	383400	723	116	17,24	17,24	17,25	1,34	0,01	17,30	1,39	0,06

109	HGTP	208834	382971	411	115	17,23	17,23	17,25	7,28	0,02	17,30	7,33	0,07
110	HGTP	208699	382342	124	115	17,25	17,25	17,32	0,39	0,07	17,39	0,45	0,14
111	HGTP	208727	381787	98	114	17,32	17,32	17,37	3,96	0,05	17,44	4,02	0,12
112	HGTP	196492	405584	298	146	13,61	13,61	13,49	1,48	-0,12	13,50	1,49	-0,11
113	HGTP	196883	405348	289	146	13,37	13,37	13,50	1,78	0,13	13,51	1,79	0,14
114	HGTP	197293	405131	177	145	13,71	13,71	13,54	1,33	-0,17	13,56	1,35	-0,15
115	HGTP	197627	404911	110	145	13,63	13,63	13,60	1,00	-0,03	13,61	1,02	-0,02
116	HGTP	197798	404775	100	145	13,69	13,69	13,64	1,23	-0,05	13,66	1,25	-0,03
117	HGTP	198122	404401	101	144	13,76	13,76	13,73	1,30	-0,03	13,75	1,32	-0,01
118	HGTP	198358	404087	174	144	13,79	13,79	13,77	1,12	-0,02	13,80	1,15	0,01
119	HGTP	198611	403468	391	143	13,83	13,83	13,85	1,60	0,02	13,87	1,63	0,04
120	HGTP	198676	403136	428	143	13,73	13,73	13,90	1,99	0,17	13,93	2,02	0,20
121	HGTP	199019	402852	111	142	14,04	14,04	13,99	2,68	-0,05	14,01	2,71	-0,03
122	HGTP	199008	401874	94	141	14,01	14,01	14,10	3,09	0,09	14,13	3,12	0,12
123	HGTP	198992	402500	127	142	13,95	13,95	14,02	1,66	0,07	14,05	1,68	0,10
124	HGTP	199006	401268	164	141	14,18	14,18	14,11	1,28	-0,07	14,14	1,31	-0,04
125	HGTP	199266	400757	95	140	14,05	14,05	14,25	3,87	0,20	14,28	3,90	0,23
126	HGTP	199180	400387	379	140	14,39	14,39	14,29	1,32	-0,10	14,32	1,35	-0,07
127	HGTP	199597	400160	228	140	14,34	14,34	14,34	1,67	0,00	14,37	1,71	0,03
128	HGTP	199786	399892	247	139	14,24	14,24	14,36	2,20	0,12	14,40	2,24	0,16
129	HGTP	199992	398628	107	138	14,73	14,73	14,61	2,23	-0,12	14,65	2,27	-0,08
130	HGTP	200013	398128	80	137	14,87	14,87	14,65	6,38	-0,22	14,69	6,42	-0,18
131	HGTP	200146	397571	114	137	14,89	14,89	14,68	1,79	-0,21	14,72	1,83	-0,17
132	HGTP	200384	397167	99	136	14,88	14,88	14,70	1,46	-0,18	14,74	1,50	-0,14
133	HGTP	200390	397150	104	136	14,87	14,87	14,69	1,38	-0,18	14,74	1,42	-0,13
134	HGTP	200770	396765	87	136	14,91	14,91	14,74	3,40	-0,17	14,78	3,45	-0,13
135	HGTP	209048	388895	112	122	16,74	16,74	16,50	4,45	-0,24	16,55	4,51	-0,19
136	HGTP	209081	388467	235	122	16,67	16,67	16,59	2,32	-0,08	16,64	2,38	-0,03

137	HGTP	209521	387821	188	121	16,78	16,78	16,71	4,23	-0,07	16,77	4,29	-0,01
138	HGTP	209626	387638	201	121	16,73	16,73	16,73	5,32	0,00	16,79	5,37	0,06
139	HGTP	209623	387247	341	120	16,84	16,84	16,79	2,52	-0,05	16,85	2,58	0,01
140	HGTP	209515	385937	174	119	17,06	17,06	16,97	1,31	-0,09	17,02	1,36	-0,04
141	HGTP	209316	386212	488	119	17	17	16,86	0,88	-0,14	16,92	0,94	-0,08
142	HGTP	209024	385640	358	118	17,09	17,09	17,03	1,19	-0,06	17,08	1,25	-0,01
143	HGTP	208828	385241	258	118	17,13	17,13	17,11	1,16	-0,02	17,17	1,21	0,04
144	HGTP	208470	385015	427	117	17,13	17,13	17,17	2,62	0,04	17,23	2,67	0,10
145	HGTP	208166	384482	397	117	17,19	17,19	17,18	2,65	-0,01	17,24	2,70	0,05
146	HGTP	208108	384354	394	117	17,21	17,21	17,18	1,47	-0,03	17,24	1,53	0,03
147	HGTP	208017	383913	335	116	17,16	17,16	17,18	1,04	0,02	17,24	1,09	0,08
148	HGTP	207976	383471	324	116	17,2	17,2	17,19	0,71	-0,01	17,24	0,77	0,04
149	HGTP	208021	383043	351	116	17,3	17,3	17,29	1,32	-0,01	17,35	1,38	0,05
150	HGTP	208063	382627	430	115	17,33	17,33	17,30	1,87	-0,03	17,37	1,93	0,04
151	HGTP	208074	382152	526	115	17,36	17,36	17,32	2,10	-0,04	17,39	2,16	0,03
152	HGTP	208181	381993	445	115	17,32	17,32	17,33	2,48	0,01	17,40	2,54	0,08
153	HGTP	208037	381875	600	114	17,33	17,33	17,33	1,72	0,00	17,40	1,78	0,07
154	HGTP	208142	381623	444	114	17,32	17,32	17,35	1,72	0,03	17,42	1,78	0,10
155	HGTP	208155	381220	193	114	17,37	17,37	17,43	1,05	0,06	17,50	1,11	0,13
156	HGTP	208112	380986	94	113	17,49	17,49	17,51	5,91	0,02	17,58	5,98	0,09
157	HGTP	208046	380842	103	113	17,57	17,57	17,52	5,32	-0,05	17,59	5,39	0,02
158	HGTP	207985	380688	101	113	17,59	17,59	15,16	0,00	-2,43	15,16	0,00	-2,43
159	HGTP	207795	380341	223	113	17,57	17,57	17,55	1,69	-0,02	17,61	1,76	0,04
160	HGTP	207935	379895	112	112	17,57	17,57	17,61	2,39	0,04	17,68	2,46	0,11
161	HGTP	207886	379307	268	112	17,6	17,6	17,70	0,47	0,10	17,76	0,53	0,16
162	HGTP	207922	378823	338	111	17,6	17,6	17,73	1,47	0,13	17,79	1,53	0,19
163	HGTP	199973	399609	199	139	14,4	14,4	14,40	2,12	0,00	14,43	2,15	0,03
164	HGTP	200082	399082	110	138	14,77	14,77	14,53	3,52	-0,24	14,57	3,56	-0,20

165	HGTP	207121	373942	184	105	18,28	18,28	18,45	4,80	0,17	18,50	4,86	0,22
166	HGTP	207045	373860	184	105	18,28	18,28	13,78	0,00	-4,50	13,78	0,00	-4,50
167	HGTP	207512	374267	151	106	18,49	18,49	18,40	0,97	-0,09	18,46	1,03	-0,03
168	HGTP	207556	374320	160	106	19,63	19,63	19,37	0,00	-0,26	19,37	0,00	-0,26
169	HGTP	207775	374600	253	106	19,69	19,69	18,35	2,47	-1,34	18,41	2,53	-1,28
170	HGTP	208137	374984	192	107	18,04	18,04	18,30	1,84	0,26	18,34	1,88	0,30
171	HGTP	208172	375030	184	107	17,96	17,96	18,29	2,96	0,33	18,34	3,01	0,38
172	HGTP	208168	375052	193	107	18,13	18,13	16,74	0,00	-1,39	16,74	0,00	-1,39
173	HGTP	208354	375363	168	107	18,13	18,13	18,28	1,90	0,15	18,33	1,96	0,20
174	HGTP	208308	375294	177	107	18,08	18,08	18,28	1,24	0,20	18,33	1,29	0,25
175	HGTP	208348	375282	139	107	18,11	18,11	18,28	3,19	0,17	18,33	3,24	0,22
176	HGTP	208783	375804	108	108	17,55	17,55	18,20	4,13	0,65	18,25	4,19	0,70
177	HGTP	208992	376247	233	108	17,57	17,57	18,07	1,69	0,50	18,13	1,75	0,56
178	HGTP	209071	376546	237	109	17,39	17,39	17,51	0,00	0,12	17,51	0,00	0,12
179	HGTP	209076	376606	222	109	17,46	17,46	18,06	1,33	0,60	18,12	1,39	0,66
180	HGTP	209014	376967	150	109	17,54	17,54	17,99	2,37	0,45	18,05	2,43	0,51
181	HGTP	208747	377492	145	110	17,47	17,47	17,89	2,42	0,42	17,95	2,48	0,48
182	HGTP	209070	376830	162	109	17,54	17,54	18,02	3,29	0,48	18,08	3,35	0,54
183	HGTP	208757	377466	152	110	17,46	17,46	17,89	2,25	0,43	17,95	2,31	0,49
184	HGTP	208573	377899	133	110	17,31	17,31	17,85	3,75	0,54	17,91	3,81	0,60
185	HGTP	208546	377960	128	110	17,32	17,32	17,84	3,69	0,52	17,90	3,75	0,58
186	HGTP	208378	378312	130	111	17,34	17,34	17,79	6,64	0,45	17,84	6,69	0,50
187	HGTP	208274	378124	306	111	17,35	17,35	16,35	0,00	-1,00	16,35	0,00	-1,00
188	HGTP	208289	378127	291	111	17,31	17,31	16,35	0,00	-0,96	16,35	0,00	-0,96
189	TEKST DIJKPAAL	207048	373866	184	105	18,96	18,96	13,78	0,00	-5,18	13,78	0,00	
190	TEKST DIJKPAAL	207112	373936	189	105	18,96	18,96	18,45	4,80	-0,51	18,50	4,86	
191	TEKST DIJKPAAL	207322	391664	725	127	15,89	15,89	16,15	1,22	0,26	16,19	1,25	
192	peilschaal	195108	355168	210	77	20,83	20,83	20,90	7,08	0,07	20,96	7,15	

193	muur	195135	355143	232	78	20,94	20,94	19,61	0,00	-1,33	19,61	0,00	
194	muur	194801	355422	96	77	20,64	20,64	20,90	1,92	0,26	20,96	1,99	
195	muur	194334	355708	105	77	20,83	20,83	20,90	2,18	0,07	20,97	2,24	
196	plant	194383	355694	100	77	20,68	20,68	20,90	2,38	0,22	20,97	2,45	
197	verkleuring gras	194138	355489	382	76	20,72	20,72	21,10	2,72	0,38	21,17	2,79	
198	hekwerk	194499	355323	331	77	21,23	21,23	21,10	2,58	-0,13	21,17	2,65	-0,06
199	lijn zwerfhout	194523	354983	612	77	20,83	20,83	21,10	6,39	0,27	21,17	6,46	0,34
200	lijn zwerfhout	194443	354535	873	72	21	21	21,10	2,05	0,10	21,17	2,12	0,17
201	hekwerk	194733	353996	538	72	21,19	21,19	21,10	1,98	-0,09	21,17	2,05	-0,02
202	lijn zwerfhout op pad	194477	353641	100	72	21,16	21,16	21,10	1,82	-0,06	21,17	1,89	0,01
203	lijn zwerfhout	194490	353641	109	72	21,12	21,12	21,10	1,82	-0,02	21,17	1,89	0,05
204	hekwerk	194691	353126	65	72	21,9	21,9	21,71	1,56	-0,19	21,78	1,64	-0,12
205	beton muur	193990	352435	44	71	21,86	21,86	21,75	7,04	-0,11	21,84	7,12	-0,02
206	leuning	193923	352427	52	70	21,75	21,75	21,78	0,87	0,03	21,87	0,95	0,12
207	hekwerk	193656	352471	93	70	21,84	21,84	21,84	2,67	0,00	21,93	2,77	0,09
208	modderlijn op grind	193376	352213	464	70	21,54	21,54	22,10	1,20	0,56	22,20	1,30	
209	op aanwijs bewoner	192824	352008	990	70	22,01	22,01	22,23	1,75	0,22	22,34	1,85	
210	hekwerk graslijn	192424	353106	251	68	22,24	22,24	22,53	1,78	0,29	22,63	1,89	0,39
211	modderlijn	190966	351750	1131	68	23	23	22,80	2,70	-0,20	22,80	2,70	
212	modderlijn	190903	351672	1081	67	22,86	22,86	22,80	1,00	-0,06	22,80	1,00	
213	lijn op schuurtje	190619	351932	800	67	23,11	23,11	23,20	0,86	0,09	23,25	0,91	0,14
214	beton muur	190264	352267	378	67	22,72	22,72	23,45	1,15	0,73	23,48	1,18	0,76
215	container	190081	351614	265	66	22,89	22,89	23,60	6,20	0,71	23,65	6,25	0,76
216	pomp ter controle	190040	351616	224	66	23,24	23,24	23,60	2,15	0,36	23,65	2,19	
217	zwerfvuil	189886	350967	350	66	22,93	22,93	23,60	10,70	0,67	23,65	10,75	
218	leuning	189777	350727	443	66	22,5	22,5	23,60	8,41	1,10	23,65	8,45	1,15
219	zwerfvuil	189409	350911	117	66	23,91	23,91	24,22	3,20	0,31	24,26	3,25	
220	zwerfvuil	188336	349956	902	64	24,25	24,25	24,95	2,10	0,70	25,03	2,18	

221	zwerfvuil	188090	349915	775	63	24,33	24,33	24,97	1,55	0,64	25,05	1,63	
222	zwerfvuil	188026	349607	997	63	24,71	24,71	25,01	3,45	0,30	25,10	3,54	
223	peilschaal	187476	349646	535	62	24,79	24,79	25,00	4,24	0,21	25,09	4,33	
224	leuning	187061	349523	140	62	25,02	25,02	25,14	6,24	0,12	25,24	6,35	0,22
225	zwerfvuil	186848	349203	59	62	25,1	25,1	25,61	5,39	0,51	25,72	5,50	
226	modderlijn op poort	207681	374406	154	106	17,81	17,81	18,38	1,27	0,57	18,44	1,33	
227	modderlijn op struiken	207456	374214	138	106	18,21	18,21	18,41	1,47	0,20	18,47	1,53	
228	modderlijn op peilschaal	207121	373942	184	105	18,34	18,34	18,45	4,80	0,11	18,50	4,86	
229	modderlijn op struiken	206627	373520	221	104	17,96	17,96	18,49	1,56	0,53	18,55	1,62	
230	modder en zwerfvuil	206191	373136	204	104	17,96	17,96	18,57	0,98	0,61	18,63	1,04	
231	modderlijn op struiken	205679	372816	309	103	18,52	18,52	18,66	2,26	0,14	18,72	2,31	
232	modderstreep op bord	205792	372604	97	103	18,61	18,61	18,66	3,82	0,05	18,72	3,88	
233	modderlijn op maisbladeren	205509	371954	351	103	18,55	18,55	18,73	1,53	0,18	18,79	1,60	
234	modderstreep op schakelkast	205368	371553	571	102	18,75	18,75	18,77	2,45	0,02	18,83	2,51	
235	modderlijn op struiken	205253	370909	599	101	18,58	18,58	18,83	0,98	0,25	18,89	1,04	
236	modderlijn op struiken	204977	370496	643	101	18,8	18,8	18,87	1,51	0,07	18,93	1,57	
237	modderlijn op struiken	204964	370038	415	100	18,81	18,81	18,89	1,43	0,08	18,95	1,49	
238	modderlijn op maisbladeren	204260	369410	686	99	18,98	18,98	19,03	1,75	0,05	19,08	1,80	
239	modderlijn op struiken	203930	368971	619	99	19,02	19,02	19,06	1,07	0,04	19,11	1,12	
240	modderlijn op paal	203808	368292	305	98	18,75	18,75	19,13	0,80	0,38	19,19	0,86	
241	modder op boom	203537	367921	185	98	19,02	19,02	19,23	8,18	0,21	19,29	8,24	
242	modderlijn op struiken	203153	367855	285	97	18,98	18,98	19,28	0,96	0,30	19,33	1,02	
243	modder op boom	202652	367565	202	97	19,18	19,18	19,35	3,25	0,17	19,40	3,31	
244	modderlijn op muur	201671	367009	97	96	19,48	19,48	19,43	5,38	-0,05	19,50	5,44	
245	modder op boom	201365	366861	93	95	19,25	19,25	19,47	5,65	0,22	19,54	5,72	
246	modderlijn op raster	201913	367127	97	96	19,16	19,16	19,40	3,11	0,24	19,46	3,17	

247	modderlijn op struiken	200430	366228	268	94	19,56	19,56	19,68	1,89	0,12	19,74	1,95
248	modderlijn op gebouw	199557	365005	275	93	19,88	19,88	19,92	2,45	0,04	19,98	2,51
249	modderlijn op struiken	199088	364669	400	91	19,95	19,95	19,99	2,16	0,04	20,06	2,23
250	modderlijn op struiken	198537	364358	73	91	19,98	19,98	20,09	7,85	0,11	20,15	7,92
251	modderlijn op muur en verkleuring stenen	198055	363436	103	89	19,9	19,9	17,05	0,00	-2,85	17,05	0,00
252	modderlijn op haag	197839	363049	407	89	20,19	20,19	20,17	1,75	-0,02	20,23	1,81
253	vuillijn op gras	197475	363109	732	89	19,34	19,34	17,98	0,09	-1,36	17,98	0,09
254	modderlijn op struiken	197424	362960	827	89	20,03	20,03	20,16	0,62	0,13	20,22	0,68
255	modderlijn op struiken	197477	362265	891	88	19,79	19,79	20,22	3,13	0,43	20,29	3,19
256	modderlijn op maisbladeren	197316	361606	948	87	19,76	19,76	20,22	1,04	0,46	20,29	1,10
257	modderlijn op struiken	197706	361858	591	88	19,55	19,55	20,22	3,88	0,67	20,29	3,95
258	verkleuring gewassen	197572	361332	632	87	19,07	19,07	20,24	1,45	1,17	20,30	1,52
259	modderlijn op struiken	197660	360779	275	86	17,93	17,93	20,26	3,48	2,33	20,33	3,54
260	modderlijn	182312	339990	431	45	31,93	31,93	30,55	0,00	-1,38	30,55	0,00
261	modderlijn	182366	340003	477	45	32,11	32,11	31,99	1,37	-0,12	32,11	1,49
262	modderlijn op maisbladeren	182366	340003	477	45	32,15	32,15	31,99	1,37	-0,16	32,11	1,49
263	modderlijn	183586	340694	404	48	31,85	31,85	31,59	2,34	-0,26	31,72	2,47
264	modderlijn	183599	340713	386	48	31,59	31,59	31,60	0,59	0,01	31,72	0,72
265	modderlijn	183330	340376	716	48	32,17	32,17	22,54	0,00	-9,63	22,54	0,00
266	zwerfvuil	183217	340135	968	48	31,94	31,94	31,76	1,42	-0,18	31,87	1,54
267	zwerfvuil	184181	341178	288	48	31,73	31,73	30,11	0,00	-1,62	30,11	0,00
268	modderlijn	184190	341656	198	49	30,29	30,29	29,46	0,00	-0,83	29,46	0,00
269	modderlijn	184043	341776	80	49	30,28	30,28	31,58	5,87	1,30	31,71	6,01
270	modderlijn	183981	341893	53	49	30,32	30,32	31,38	2,35	1,06	31,52	2,49
271	op aanwijs	183879	342181	60	49	31,25	31,25	31,23	1,96	-0,02	31,37	2,10
272	op aanwijs 2e voeg bovenkant muur	183916	342047	65	49	31,51	31,51	31,34	2,15	-0,17	31,49	2,29

273	meting tpv 2014 op muur	183916	342047	66	49	31,5	31,5	31,34	2,15	-0,16	31,49	2,29	
274	zwerfvuil	183981	342292	180	49	31,41	31,41	31,27	3,69	-0,14	31,41	3,83	
275	op aanwijs moeilijk te zien	184031	342061	167	49	30,29	30,29	31,24	2,47	0,95	31,40	2,63	
276	modderlijn	184085	341873	154	49	30,3	30,3	31,21	4,89	0,91	31,37	5,04	
277	modderlijn	184355	342144	494	49	31,31	31,31	28,43	0,00	-2,88	28,43	0,00	
278	zwerfvuil	184438	342599	547	50	31,19	31,19	31,28	4,14	0,09	31,42	4,28	
279	zwerfvuil	184414	343089	214	50	30,68	30,68	31,28	5,81	0,60	31,41	5,95	
280	zwerfvuil	184272	343565	74	51	30,95	30,95	30,98	2,62	0,03	31,12	2,76	
281	zwerfvuil	184144	343817	79	51	30,65	30,65	30,86	2,04	0,21	31,00	2,19	
282	zwerfvuil op pad	184085	344326	363	52	30,42	30,42	30,20	2,41	-0,22	30,38	2,59	
283	knik zwerfvuil	183882	344183	120	52	30,34	30,34	30,50	2,10	0,16	30,64	2,24	0,30
284	zwerfvuil	185054	344405	586	54	29,14	29,14	29,63	2,70	0,49	29,72	2,79	
285	modderlijn	185129	344399	558	54	29,1	29,1	29,57	2,71	0,47	29,65	2,79	
286	modderlijn	184675	344320	808	51	29,78	29,78	27,29	0,00	-2,49	28,09	0,80	
287	modder op gras. Moeilijk te zien	187466	346812	1422	56	25,63	25,63	25,57	0,00	-0,06	25,57	0,00	
288	zwerfvuil	187399	346905	1407	56	24,8	24,8	26,68	3,04	1,88	26,62	2,98	
289	modder op gras twijfelachtig	187336	346860	1329	56	25,66		27,39	1,46		27,54	1,61	
290	op aanwijs boer	186734	345989	492	56	27,76	27,76	28,51	2,94	0,75	28,50	2,93	
291	modderlijn in gras	186699	345771	454	56	27,81	27,81	28,64	2,26	0,83	28,63	2,25	
292	modderlijn	185852	344584	350	55	27,66	27,66	29,10	2,22	1,44	29,11	2,23	
293	kleurverschil gras en moddersporen	187104	346625	1016	56	27,02	27,02	28,36	2,03	1,34	28,37	2,04	1,35
294	verschil in kleur gras	186680	346547	607	56	26,12	26,12	24,43	0,00	-1,69	24,43	0,00	
295	modder in gras zichtbaar	186473	346592	466	56	26,17	26,17	27,68	3,94	1,51	27,78	4,04	
296	modder op gras	185765	346803	245	57	26,17	26,17	27,68	4,31	1,51	27,78	4,40	
297	modderlijn	185324	346839	258	57	26,71	26,71	27,66	2,33	0,95	27,75	2,42	

298	kleurverschil in gras en modder op gras	185181	346969	401	57	26,02	26,02	27,03	4,56	1,01	27,16	4,70	1,14
299	modder streep op weg	185098	347264	594	59	26,28	26,28	26,97	3,08	0,69	27,10	3,20	
300	Zwerfvuil op dwarsweg	185133	347691	414	59	24,21	24,21	26,90	4,14	2,69	27,01	4,24	
301	modder op planten	185516	348122	430	60	25,74	25,74	26,26	1,67	0,52	26,33	1,74	
302	scheidslijn duidelijk zichtbaar	185519	348138	425	60	25,57	25,57	26,25	1,48	0,68	26,33	1,55	
303	verschil in kleur	185735	348138	600	60	26,13	26,13	26,12	0,92	-0,01	26,24	1,04	
304	modder op planten	185866	348120	717	60	25,62	25,62	24,75	0,00	-0,87	24,75	0,00	
305	bovenkant streep gemeten. Streep in heg duidelijk zichtbaar.	185925	348306	648	60	25,59	25,59	26,11	1,76	0,52	26,22	1,87	0,63
306	zwerfvuil duidelijk	185953	348292	679	60	25,56	25,56	26,11	1,76	0,55	26,22	1,87	
307	zwerfvuil en modder op gras	186125	348505	596	61	25,64	25,64	23,86	0,00	-1,78	23,86	0,00	
308	midden weggetje gemeten. Zwerfvuil.	186485	348645	474	61	25,59	25,59	25,94	2,35	0,35	26,06	2,47	
309	zwerfvuil en kleurverschil op klinkers. Op foto niet goed zichtbaar	186679	348654	466	61	25,48	25,48	25,95	2,52	0,47	26,06	2,63	
310	op aanwijs en zwerfvuil	186837	348798	362	62	25,52	25,52	24,35	0,00	-1,17	24,35	0,00	
311	verschil in kleur en modder op gras	186846	348999	196	62	25,35	25,35	24,46	0,00	-0,89	24,46	0,00	
312	modder op gras	186588	347838	1278	61	24,45	24,45	25,01	0,00	0,56	25,01	0,00	
313	modder op gras	186612	347920	1196	61	24,42	24,42	24,92	1,33	0,50	24,93	1,35	
314	modder op planten	186402	347742	1349	57	24,48	24,48	24,92	1,28	0,44	24,93	1,30	
315	vuillijn en modder op planten	186361	347387	1015	57	24,38	24,38	24,92	1,53	0,54	24,93	1,55	
316	zwerfvuil en modder	186662	347122	973	56	24,48	24,48	24,92	1,63	0,44	24,93	1,64	

317	zwerfvuil en modder op gras	186948	347071	1139	56	24,31	24,31	24,92	2,16	0,61	24,93	2,17	
318	modder op gras	187251	346994	1332	56	24,25	24,25	24,99	1,82	0,74	25,01	1,84	
319	modder in gras	186815	348186	950	61	24,62	24,62	24,86	0,00	0,24	24,86	0,00	
320	modder op gras	187142	348409	847	62	24,46	24,46	24,92	2,33	0,46	24,93	2,34	
321	modder in gras	187213	348399	895	62	24,5	24,5	24,92	0,39	0,42	24,93	0,40	
322	verkleuring gras en modder.	187379	348457	956	62	24,58	24,58	24,45	0,00	-0,13	24,45	0,00	
323	modder op gras	187576	348377	1147	62	24,34	24,34	24,91	2,46	0,57	24,93	2,47	
324	maaiveld gemeten. Hoogte water geschat +ongeveer 3.25 meter	187560	348200	1267	62	25,25	28,5	24,91	3,34	-3,59	24,93	3,36	-3,57
325	maaiveld op brug gemeten puur ter info	187591	348221	1273	62	23,49		24,91	3,82		24,93	3,84	
326	maaiveld gemeten. Hoogte water + ongeveer 2.00 meter. Zie modder in ma?Å»s	188129	348893	1338	62	24,45	26,45	24,90	4,60	-1,55	24,92	4,62	-1,53
327	maaiveld gemeten. Hoogte water + ongeveer 2.00 meter. Zie modder in ma?Å»s	187953	348549	1338	62	24,39	26,39	24,91	7,14	-1,48	24,93	7,16	-1,46
328	modder op struiken	188182	349007	1352	62	24,33	24,33	24,84	6,89	0,51	24,88	6,92	
329	modder in gras	187963	349004	1143	62	24,31	24,31	23,30	0,00	-1,01	23,30	0,00	
330	verkleuring en zwerfafval	187788	349062	959	62	24,43	24,43	24,91	1,11	0,48	24,93	1,12	
331	modderlijn gras	187706	348740	1027	62	24,66	24,66	24,91	0,91	0,25	24,93	0,93	
332	vuilstreep	207911	374235	133	106	18,2	18,2	18,40	7,99	0,20	18,46	8,05	
333	Kleur verschil struiken	207594	373915	178	105	18,03	18,03	18,41	2,13	0,38	18,46	2,19	0,43
334	Tweede streep, moeilijk te zien	207255	373576	171	105	18,27	18,27	17,88	0,00	-0,39	17,88	0,00	
335	vuilstreep	206884	373213	180	104	18,25	18,25	17,19	0,00	-1,06	17,19	0,00	
336	vuilstreep	206249	372605	250	104	18,41	18,41	18,61	2,88	0,20	18,67	2,94	

337	Vuilstreep op draad	205913	372121	92	103	18,54	18,54	18,69	5,63	0,15	18,75	5,69	
338	Streep verkeersbord	205984	371859	98	103	18,69	18,69	16,30	0,00	-2,39	16,30	0,00	
339	Streep lichtmast	205990	371859	105	103	18,69	18,69	16,30	0,00	-2,39	16,30	0,00	
340	Streep op paal achter Coupure	206029	371531	88	102	17,4	17,4	15,61	0,00	-1,79	15,61	0,00	
341	2x gemeten hoge bomen 10 min verschil	206032	370963	128	102	18,84	18,84	22,74	0,00	3,90	22,74	0,00	3,90
342	vuilstreep op band	205709	370313	86	101	18,86	18,86	18,87	1,80	0,01	18,93	1,86	
343	vuil op draad	205705	370310	86	101	18,86	18,86	18,87	8,90	0,01	18,93	8,97	
344	streep op lichtmast	205692	370285	97	101	18,87	18,87	18,87	1,80	0,00	18,93	1,86	
345	op aanwijs van eigenaar	205199	369444	85	100	18,9	18,9	16,57	0,00	-2,33	16,57	0,00	
346	Streep op lichtmast	205195	369450	79	100	18,9	18,9	18,87	5,88	-0,03	18,93	5,94	
347	Streep op lichtmast	205214	369473	85	100	18,89	18,89	16,57	0,00	-2,32	16,57	0,00	
348	zwerfvuil moestuin	204883	368842	158	99	18,7	18,7	18,98	0,96	0,28	19,04	1,02	
349	verkleuring gras en moestuin	204746	368660	206	99	18,88	18,88	18,99	0,02	0,11	19,05	0,08	
350	Aanwijs bewoner rijksweg-zuid 22 Belfeld, Markering op trap	204458	368371	158	99	19,08	19,08	19,11	2,19	0,03	19,17	2,25	0,09
351	vuilresten op poort en raster paal	204088	367930	148	98	19,09	19,09	19,18	1,89	0,09	19,24	1,95	
352	vuillijn op asfalt	203854	367672	197	98	19,34	19,34	19,23	1,48	-0,11	19,29	1,54	
353	op aanwijs bewoonster maasstraat.ze had een foto .water stond tot aan de	203429	367388	257	97	19,38	19,38	19,29	1,15	-0,09	19,35	1,21	
354	kleurverschil op pad	203028	367149	329	97	19,42	19,42	19,32	1,51	-0,10	19,38	1,56	-0,04
355	verkleuring begroeiing	202458	366851	381	96	19,75	19,75	19,39	2,45	-0,36	19,45	2,51	
356	verkleuring begroeiing	201916	366767	236	96	19,78	19,78	19,42	2,47	-0,36	19,48	2,53	
357	Verkleuring begroeiing	201607	366318	505	95	19,81	19,81	19,53	0,82	-0,28	19,60	0,88	

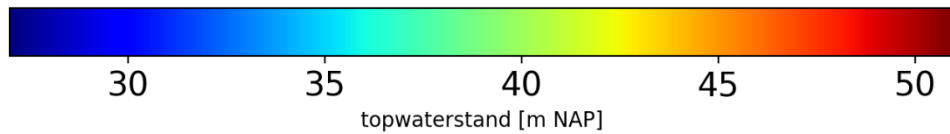
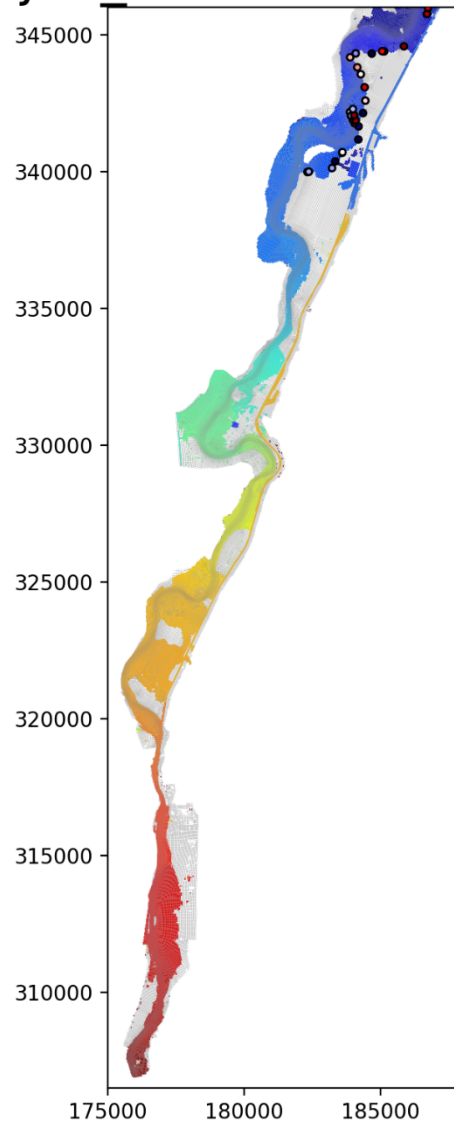
358	verkleuring gewassen	201002	365814	440	94	19,67	19,67	19,61	0,82	-0,06	19,67	0,88	
359	vuillijn op gras	200749	365554	401	94	19,9	19,9	19,61	0,41	-0,29	19,67	0,47	
360	vervuiling op mais	200423	365113	428	93	19,91	19,91	19,61	0,89	-0,30	19,68	0,95	
361	vuilresten pad en raster	200064	364802	251	93	19,99	19,99	19,85	1,24	-0,14	19,91	1,29	
362	aanwijs bewoner Ouddorp, Water net onder bovenkant dijk	199850	364452	131	92	19,91	19,91	18,99	0,00	-0,92	18,99	0,00	-0,92
363	verkleuring begroeiing	199585	364150	184	92	19,98	19,98	20,00	3,22	0,02	20,07	3,28	
364	verkleuring begroeiing	199281	363884	379	92	20,01	20,01	20,07	4,88	0,06	20,13	4,94	
365	vuilstreep op gevel.aanwijs bewoner klerkenhof 6 Swalmen	198920	363688	595	91	20,13	20,13	20,07	0,82	-0,06	20,13	0,89	
366	vuillijn op gras	198712	363281	488	89	20,14	20,14	20,15	0,20	0,01	20,21	0,27	
367	verkleuring begroeiing	199007	362923	641	89	20,19	20,19	20,20	0,33	0,01	20,26	0,39	
368	verkleuring begroeiing	199003	362701	598	89	20,2	20,2	20,20	6,55	0,00	20,26	6,61	
369	verkleuring begroeiing	199362	362487	948	88	20,22	20,22	20,23	1,31	0,01	20,29	1,38	
370	verkleuring begroeiing	199702	362126	1316	88	20,22	20,22	20,23	2,32	0,01	20,30	2,39	
371	vervuiling op ma?Å»s	199814	361741	1505	88	20,29	20,29	20,23	1,36	-0,06	20,30	1,42	
372	vuillijn op gevel	199539	361599	1260	88	20,24	20,24	20,23	0,75	-0,01	20,30	0,82	
373	vervuiling op begroeiing	199204	361358	956	87	20,25	20,25	20,23	3,86	-0,02	20,30	3,93	
374	vervuiling op Haag	198786	360821	688	87	20,26	20,26	20,26	2,12	0,00	20,32	2,19	
375	vervuiling op Haag en poer	198561	360459	650	87	20,27	20,27	20,27	2,20	0,00	20,34	2,26	
376	vervuiling op Haag	198597	360139	859	86	20,27	20,27	20,29	7,83	0,02	20,36	7,90	
377	vervuiling begroeiing	198647	359689	1184	86	20,28	20,28	20,30	3,10	0,02	20,37	3,17	
378	streep op deur en gevel op aanwijs bewoners pastoor pinckersstraat 14 A	198927	359226	1707	86	20,39	20,39	19,28	0,00	-1,11	20,35	1,07	
379	vervuiling begroeiing	198445	358542	1807	81	20,35	20,35	20,30	2,90	-0,05	20,37	2,97	

380	vervuiling begroeiing	198073	358529	1438	81	20,38	20,38	20,30	2,52	-0,08	20,37	2,58	
381	zwerfvuil op weg	195674	354902	493	78	20,88	20,88	20,90	1,69	0,02	20,96	1,76	
382	zwerfvuil tegen dijk	195687	354904	495	78	20,49	20,49	20,77	0,00	0,28	20,77	0,00	
383	zwerfvuil op weg	195828	355208	285	78	20,51	20,51	18,92	0,00	-1,59	18,92	0,00	
384	bovenkant zwerfvuil in raster gemeten	195864	355489	93	78	20,56	20,56	20,82	5,81	0,26	20,88	5,88	0,32
385	maaiveld gemeten modder in struiken + 2.50 m	195825	355501	57	78	17,98	20,48	20,89	6,56	0,41	20,95	6,62	0,47
386	zwerfvuil	195907	355568	65	78	20,55	20,55	20,90	5,38	0,35	20,97	5,45	
387	op aanwijs waterlijn. Verschil in begroeiing	195956	355301	295	78	20,49	20,49	19,28	0,00	-1,21	19,28	0,00	
388	volgens aanwijs waren nog 6 trapredes zichtbaar.	196016	355255	368	78	20,66	20,66	17,53	0,00	-3,13	17,53	0,00	
389	verschil in begroeiing	196152	355366	382	78	20,42	20,42	15,08	0,10	-5,34	15,08	0,10	
390	streep op paal bovenkant streep gemeten	196353	355299	575	78	20,59	20,59	16,27	0,00	-4,32	16,27	0,00	
391	zwerfvuil	196571	355245	780	78	20,64	20,64	16,05	0,00	-4,59	16,05	0,00	
392	modder op gras.	196533	355302	716	78	21,2	21,2	20,78	0,00	-0,42	20,78	0,00	
393	bovenkant muur gemeten. Volgens bewoners water 50 cm onder bovenkant	196474	355224	715	78	21,21	21,21	17,41	0,00	-3,80	17,41	0,00	-3,80
394	op aanwijs 50 cm onder bovenkant muur	196601	355152	860	78	21,69	21,69	16,72	0,00	-4,97	16,72	0,00	
395	op aanwijs modder op gras	196698	355061	991	78	21,22	21,22	17,32	0,00	-3,90	17,32	0,00	
396	bovenkant water teruggezet op aanwijs op 50 cm onder bovenkant muur.	196601	355152	859	78	21,21	21,21	16,72	0,00	-4,49	16,72	0,00	-4,49
397	modder	196368	355236	629	78	20,48	20,48	14,98	0,00	-5,50	14,98	0,00	
398	op aanwijs zwerfhout	195965	355220	356	78	20,48	20,48	17,53	0,00	-2,95	17,53	0,00	

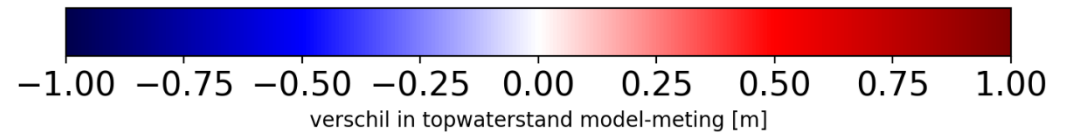
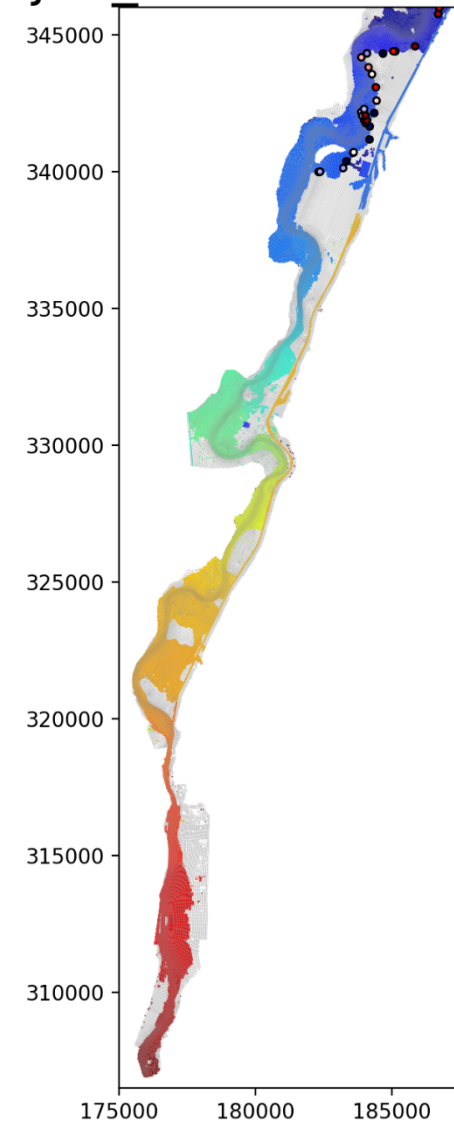
399	streep op gebouw. Bovenkant streep gemeten.	196247	355896	177	79	20,52	20,52	20,84	1,61	0,32	20,91	1,68	
400	op aanwijs.	196488	356343	197	79	20,61	20,61	14,74	0,00	-5,87	14,74	0,00	
401	op aanwijs	196527	356416	193	79	20,48	20,48	19,84	0,00	-0,64	19,84	0,00	
402	kleurverschil in gras	196628	356750	149	80	20,43	20,43	20,68	1,86	0,25	20,76	1,93	0,33
403	waterstromen op barrier	196566	356718	92	80	20,49	20,49	20,69	6,74	0,20	20,77	6,82	
404	bovenkant modder in struiken gemeten	196728	356977	190	80	20,45	20,45	20,64	6,67	0,19	20,72	6,74	0,27
405	modder op gras	197255	357729	550	81	20,32	20,32	20,04	0,00	-0,28	20,04	0,00	
406	modder op gras	197318	358049	626	81	20,35	20,35	20,58	2,71	0,23	20,65	2,78	
407	modder op struiken	197322	358086	634	81	20,42	20,42	20,58	2,71	0,16	20,65	2,78	
408	verschil in begroeiing en op aanwijs zwerfvuil	197290	358352	637	81	20,44	20,44	20,57	2,39	0,13	20,63	2,45	
409	bovenkant modder op struiken gemeten	197266	358382	618	81	20,56	20,56	20,56	1,73	0,00	20,63	1,79	0,07
410	bovenkant modder op struiken gemeten	197318	358175	640	81	20,47	20,47	20,58	2,37	0,11	20,64	2,43	0,17
411	streep op boom bovenkant streep gemeten	197186	358500	567	81	20,5	20,5	20,55	3,06	0,05	20,61	3,13	
412	modder op mais bovenkant modder gemeten	197179	358805	649	82	20,38	20,38	20,54	2,46	0,16	20,61	2,52	
413	bovenkant modder op struiken gemeten	197225	359021	756	82	20,37	20,37	20,55	2,63	0,18	20,61	2,69	0,24
414	bovenkant modder op struiken gemeten	197185	359035	722	82	20,34	20,34	20,55	2,63	0,21	20,61	2,69	0,27
415	maaiveld gemeten hoogwaterlijn +2.50 meter	197291	358910	788	82	17,81	20,31	20,54	2,92	0,23	20,61	2,98	0,30
416	modder op struiken	197325	358953	832	82	20,17	20,17	20,30	2,62	0,13	20,37	2,69	

417	maaiveld gemeten hoogwaterlijn + 2.60 m	197324	358975	837	82	17,76	20,36	20,30	2,62	-0,06	20,37	2,69	0,01
418	maaiveld gemeten hoogwaterlijn + 2.50 m	197403	358915	895	82	17,87	20,37	20,30	2,49	-0,07	20,37	2,56	0,00
419	einde zwerfhout op veldweg	197505	358780	955	81	20,32	20,32	20,30	2,18	-0,02	20,37	2,25	0,05

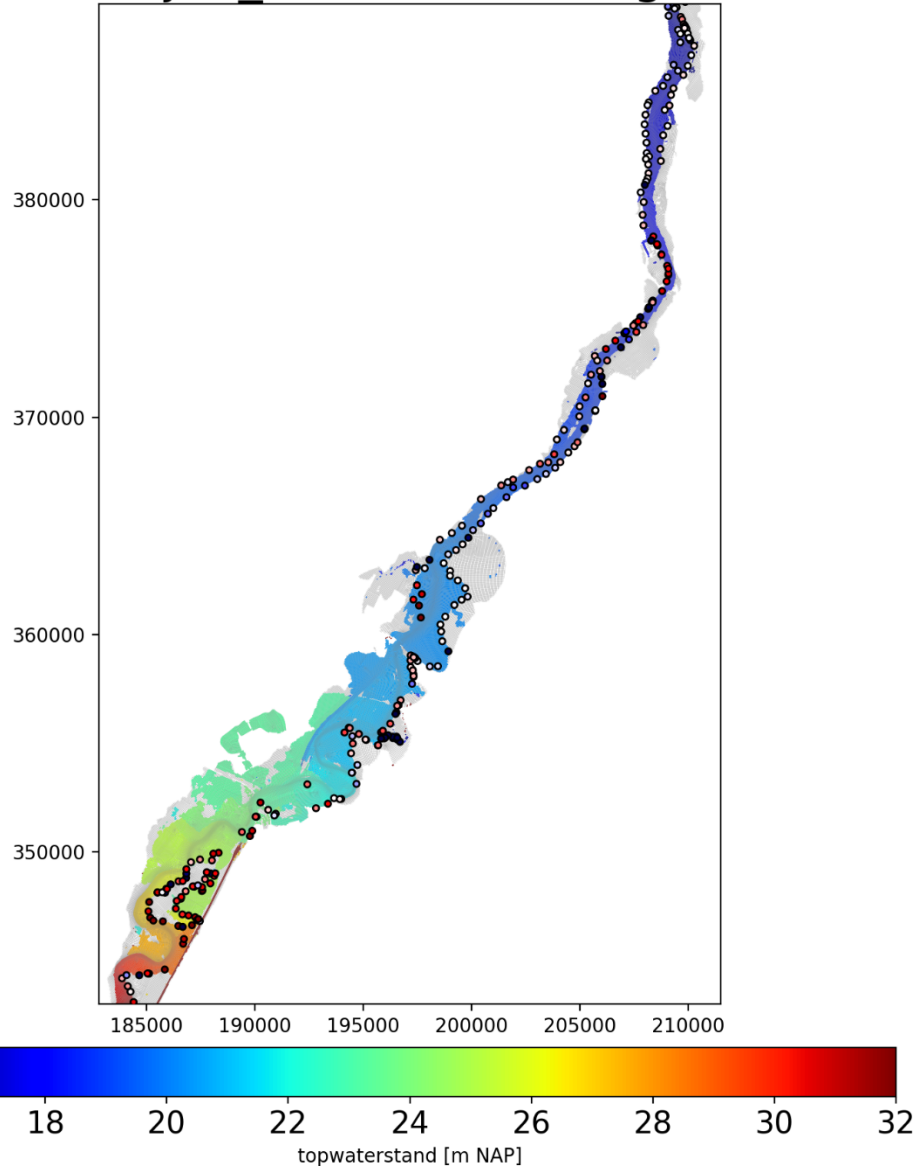
maas-j21_6-w1a wintervegetatie



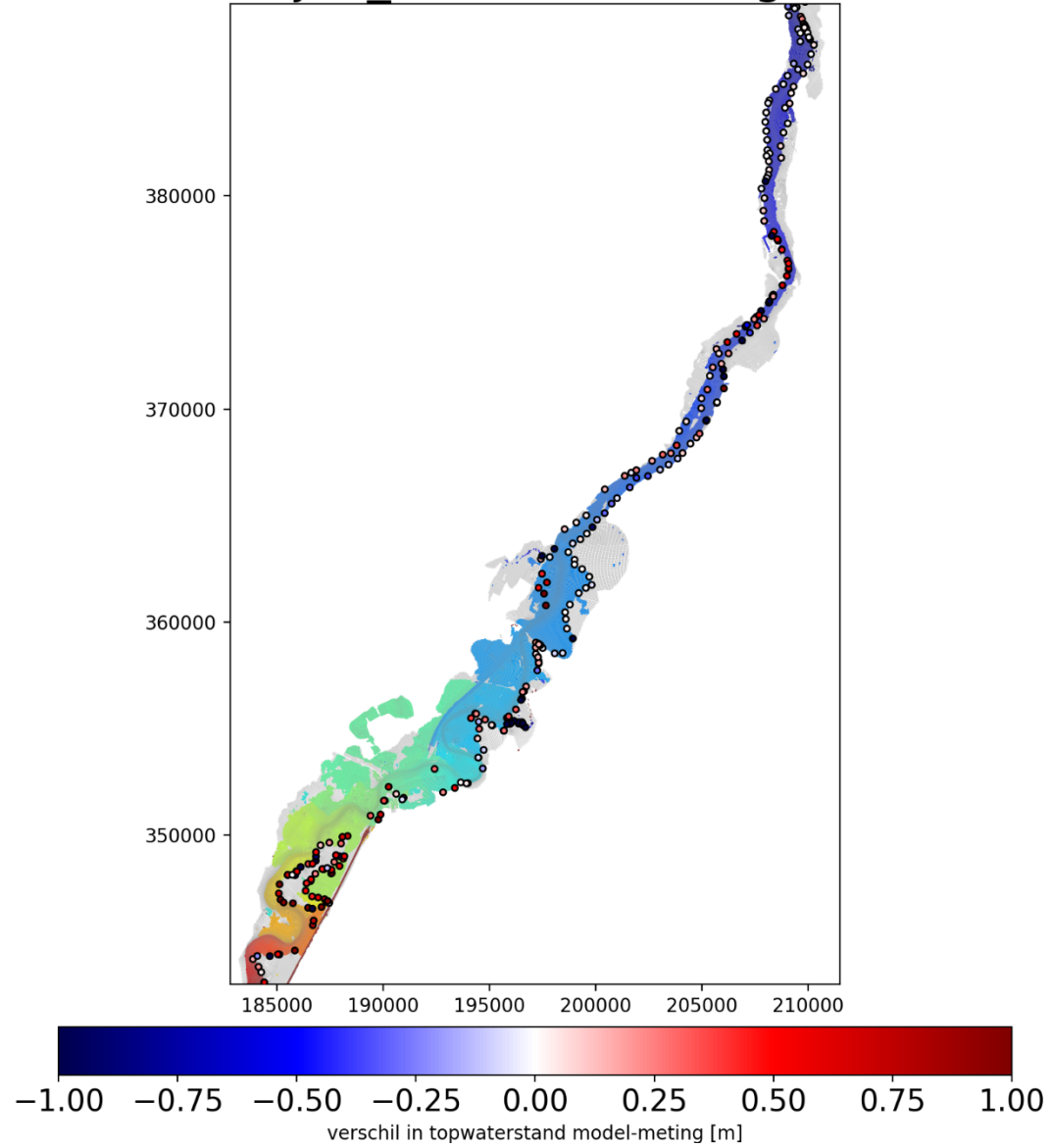
maas-j21_6-w1a zomervegetatie



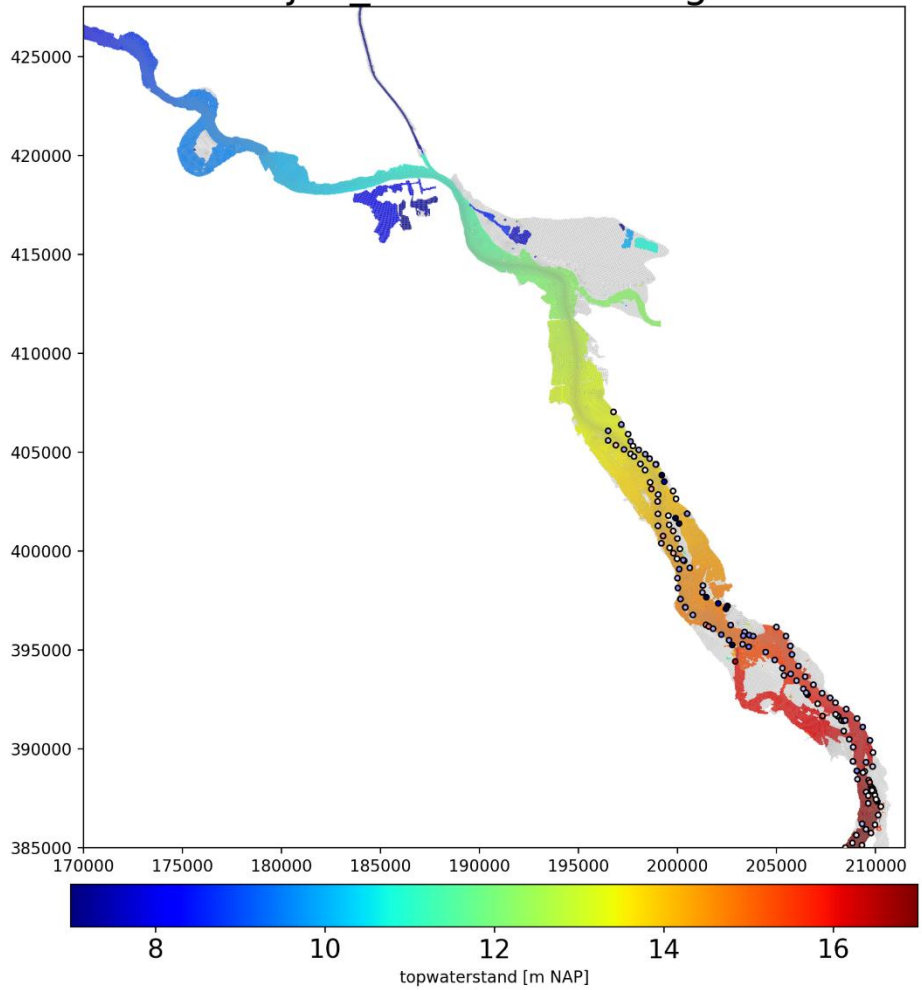
maas-j21_6-w1a wintervegetatie



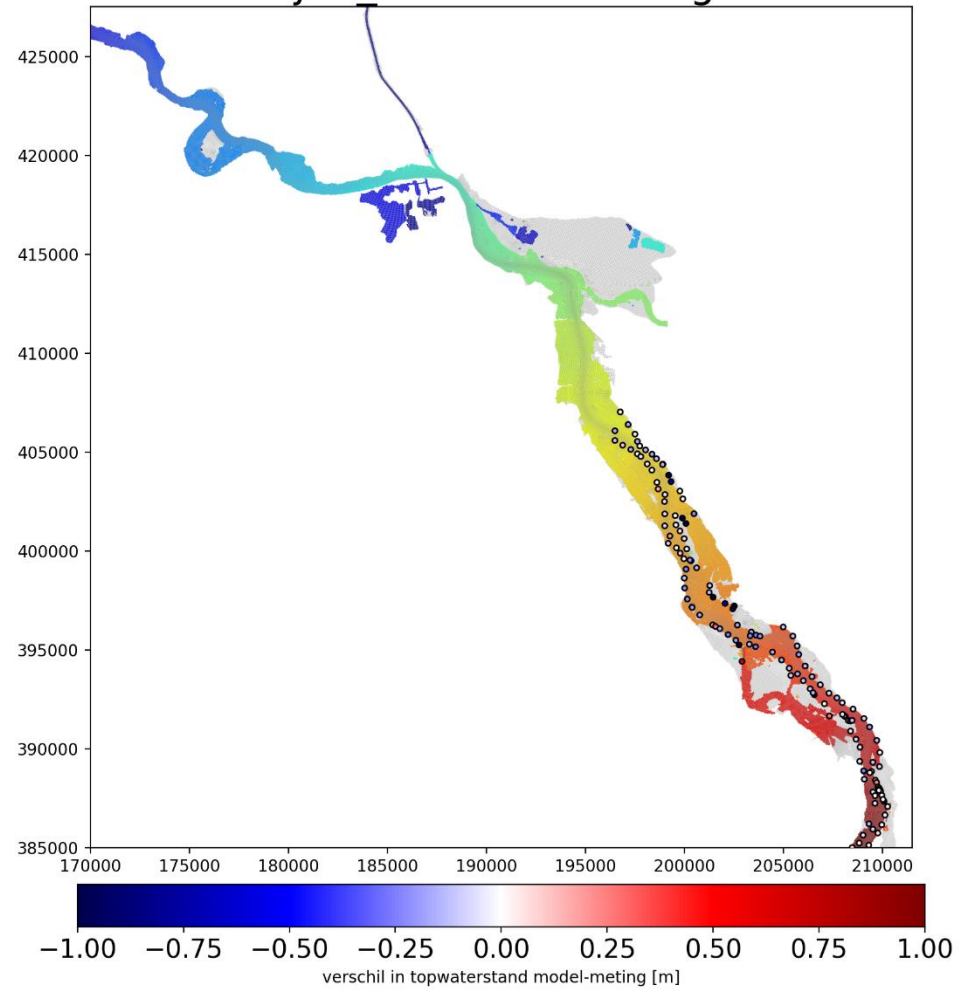
maas-j21_6-w1a zomervegetatie



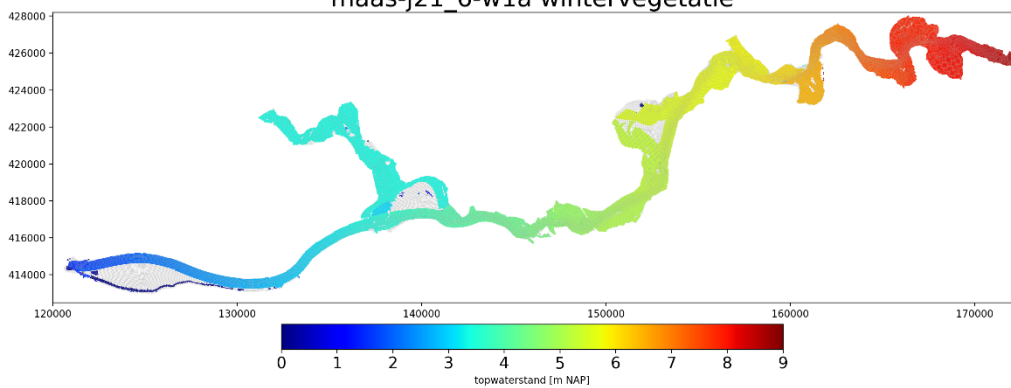
maas-j21_6-w1a wintervegetatie



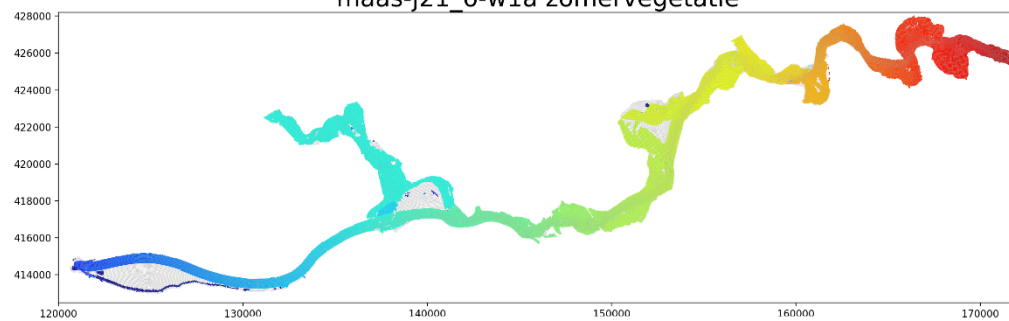
maas-j21_6-w1a zomervegetatie



maas-j21_6-w1a wintervegetatie



maas-j21_6-w1a zomervegetatie



E.2 Waterstanden statistieken

		maas-j21_6_wintervegetatie					
		bias	stdev	rmse	dmax		
	Eijsden grens	-0.004	0.104	0.104	0.212		
	Sint Pieter noord	0.034	0.083	0.090	0.117		
	Borgharen_jul	0.004	0.054	0.054	-0.095		
	Borgharen dorp	-0.023	0.208	0.209	0.027		
	Lanaken-Smeermaas rkm 18.4	0.043	0.154	0.160	0.050		
	Uikhoven rkm 25.3	-0.085	0.134	0.158	-0.288		
	Elsloo	-0.133	0.126	0.183	-0.493		
	ZB5a	-0.102	0.127	0.162	-0.296		
	ZB9a	-0.113	0.151	0.188	-0.213		
	ZB17a	0.236	0.263	0.353	-0.053		
	Eisden-Mazenhoven rkm 34.7	0.133	0.191	0.232	-0.007		
	Meeswijk Veer rkm 39.0	-0.121	0.130	0.178	-0.264		
	Negenoord-West	1.082	2.004	2.277	-0.196		
	Negenoord rkm 42.5	-0.080	0.116	0.141	-0.241		
	Rotem rkm 44.9	0.124	0.118	0.171	-0.204		
	Rotem Bichterweerd	-0.420	0.483	0.640	-0.241		
	Maaseik_HIC	0.069	0.128	0.145	-0.102		
	Maaseik Herenlaak	-0.256	1.310	1.335	0.590		
	Ophoven De Spaanjerd	0.017	0.053	0.056	0.056		
	Stevensweert	0.020	0.055	0.058	0.104		
Meetstation	Heel boven	0.021	0.074	0.077	0.152		
	Heel ben	0.004	0.098	0.098	0.048		
	Linne ben	0.017	0.077	0.079	-0.081		
	Roermond boven	-0.008	0.046	0.047	-0.036		
	Buggenum	0.022	0.093	0.096	-0.020		
	Neer	-0.001	0.088	0.088	0.009		
	Belfeld bov	-0.032	0.103	0.108	0.009		
	Belfeld ben	0.071	0.149	0.165	0.262		
	Venlo	0.072	0.135	0.153	0.199		
	Well dorp	-0.022	0.121	0.123	-0.178		
	Sambeek bov	-0.043	0.117	0.124	-0.171		
	Sambeek ben	-0.012	0.152	0.153	-0.002		
	Gennep	-0.005	0.125	0.125	0.058		
	Mook	0.008	0.086	0.086	0.220		
	Grave bov	-0.017	0.065	0.067	0.040		
	Grave ben	0.005	0.161	0.161	0.172		
	Megen dorp	-0.012	0.119	0.120	0.232		
	Lith bov	0.010	0.083	0.084	0.249		
	Lith dorp	0.006	0.210	0.210	0.142		
	Empel Beneden	-0.019	0.184	0.185	0.228		
	Heesbeen	-0.005	0.108	0.109	0.086		
	Keizersveer	0.000	0.007	0.007	0.002		
	Bunde	-0.070	0.056	0.089	-0.046		
		Gemiddelde	0.010	0.197	0.220	0.001	
		RMS Gemiddelde	0.193	0.392	0.437	0.196	

Statistiek (m)

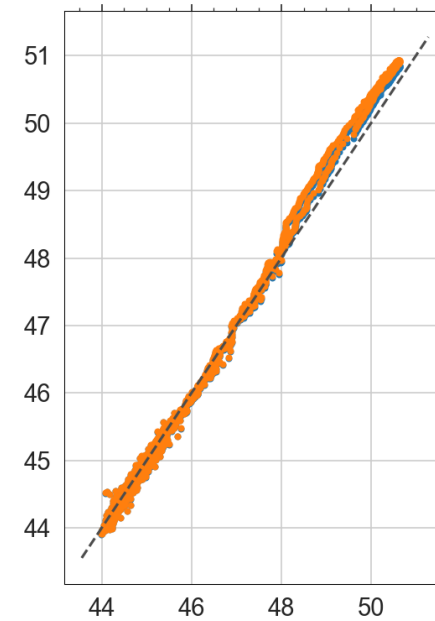
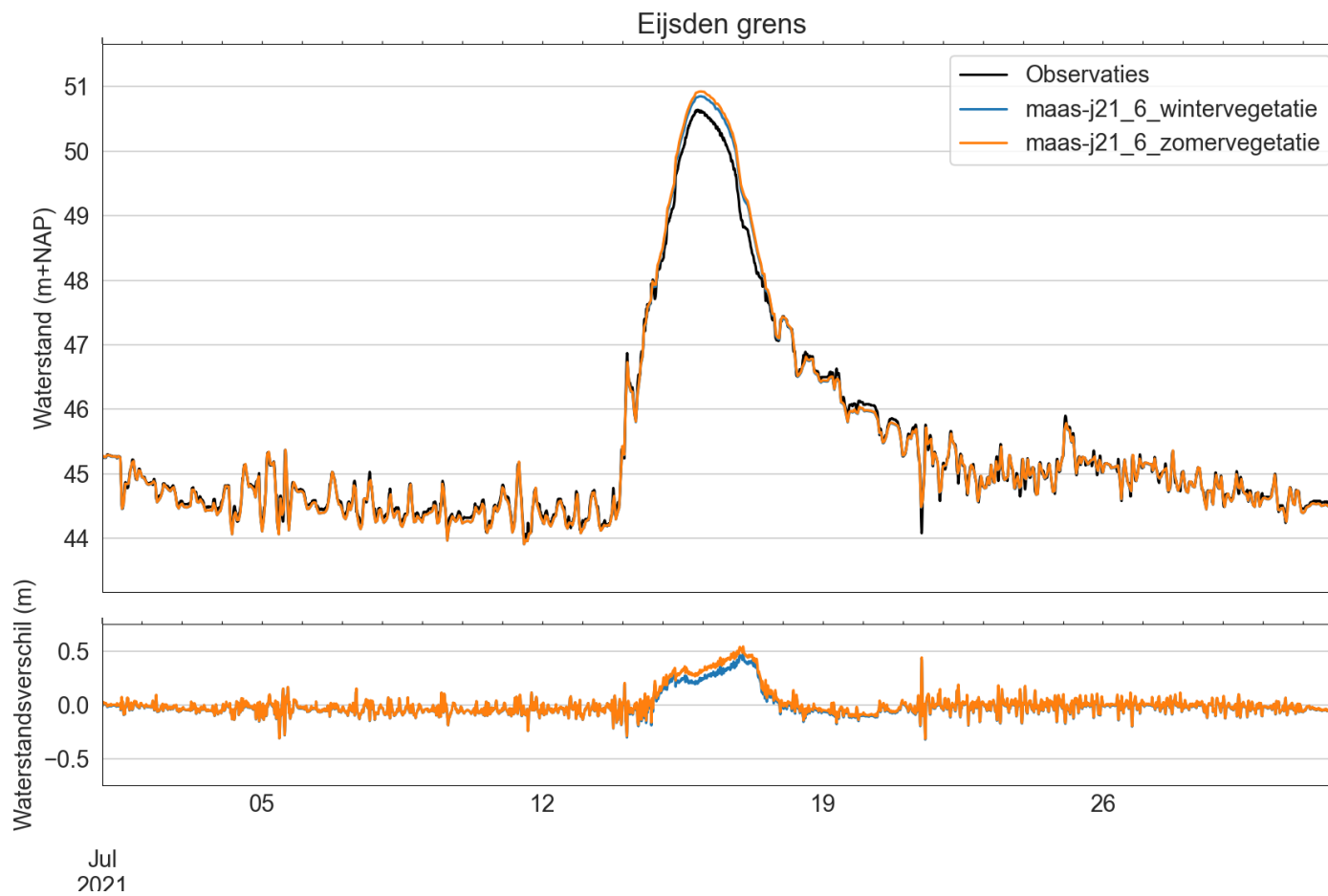
maas-j21_6_zomervegetatie

	bias	stdev	rmse	dmax
Eijsden grens	0.007	0.119	0.120	0.286
Sint Pieter noord	0.037	0.088	0.096	0.137
Borgharen_jul	0.007	0.059	0.059	-0.052
Borgharen dorp	-0.010	0.221	0.221	0.124
Lanaken-Smeermaas rkm 18.4	0.067	0.170	0.183	0.168
Uikhoven rkm 25.3	-0.041	0.125	0.131	-0.167
Elsloo	-0.114	0.118	0.165	-0.430
ZB5a	-0.089	0.137	0.164	-0.224
ZB9a	-0.103	0.169	0.197	-0.138
ZB17a	0.249	0.276	0.372	0.023
Eisden-Mazenhoven rkm 34.7	0.150	0.202	0.251	0.085
Meeswijk Veer rkm 39.0	-0.102	0.136	0.170	-0.200
Negenoord-West	1.092	1.998	2.276	-0.075
Negenoord rkm 42.5	-0.061	0.127	0.141	-0.145
Rotem rkm 44.9	0.160	0.114	0.197	-0.100
Rotem Bichterweerd	-0.393	0.507	0.642	-0.136
Maaseik_HIC	0.090	0.135	0.162	0.037
Maaseik Herenlaak	-0.242	1.317	1.339	0.716
Ophoven De Spaanjerd	0.032	0.072	0.078	0.156
Stevensweert	0.036	0.073	0.081	0.215
Heel boven	0.027	0.092	0.096	0.201
Heel ben	0.021	0.087	0.089	0.103
Linne ben	0.041	0.081	0.091	0.005
Roermond boven	0.005	0.043	0.043	0.042
Buggenum	0.037	0.081	0.089	0.047
Neer	0.014	0.079	0.081	0.071
Belfeld bov	-0.019	0.087	0.089	0.071
Belfeld ben	0.088	0.135	0.162	0.325
Venlo	0.088	0.120	0.149	0.254
Well dorp	-0.011	0.097	0.098	-0.142
Sambeek bov	-0.037	0.096	0.103	-0.153
Sambeek ben	-0.002	0.122	0.122	0.010
Gennep	0.003	0.098	0.098	0.056
Mook	0.011	0.064	0.065	0.186
Grave bov	-0.014	0.050	0.052	0.026
Grave ben	0.014	0.132	0.132	0.149
Megen dorp	-0.009	0.100	0.100	0.205
Lith bov	0.011	0.074	0.075	0.244
Lith dorp	0.017	0.181	0.181	0.141
Empel Beneden	-0.017	0.157	0.158	0.197
Heesbeen	-0.004	0.093	0.093	0.072
Keizersveer	0.000	0.007	0.007	0.002
Bunde	-0.078	0.059	0.098	-0.029
Gemiddelde	0.022	0.193	0.217	0.055
RMS Gemiddelde	0.193	0.391	0.437	0.194

Meetstation

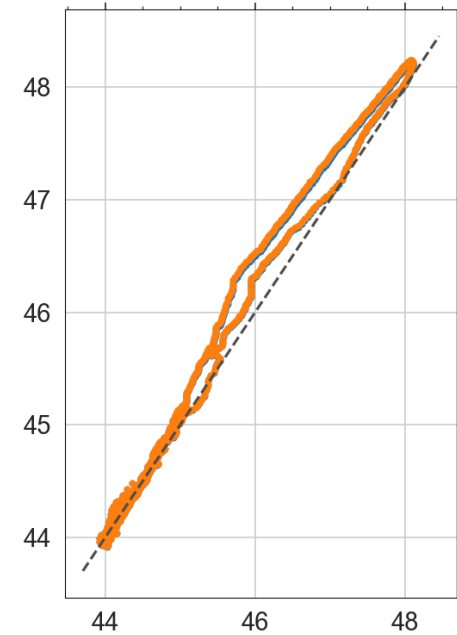
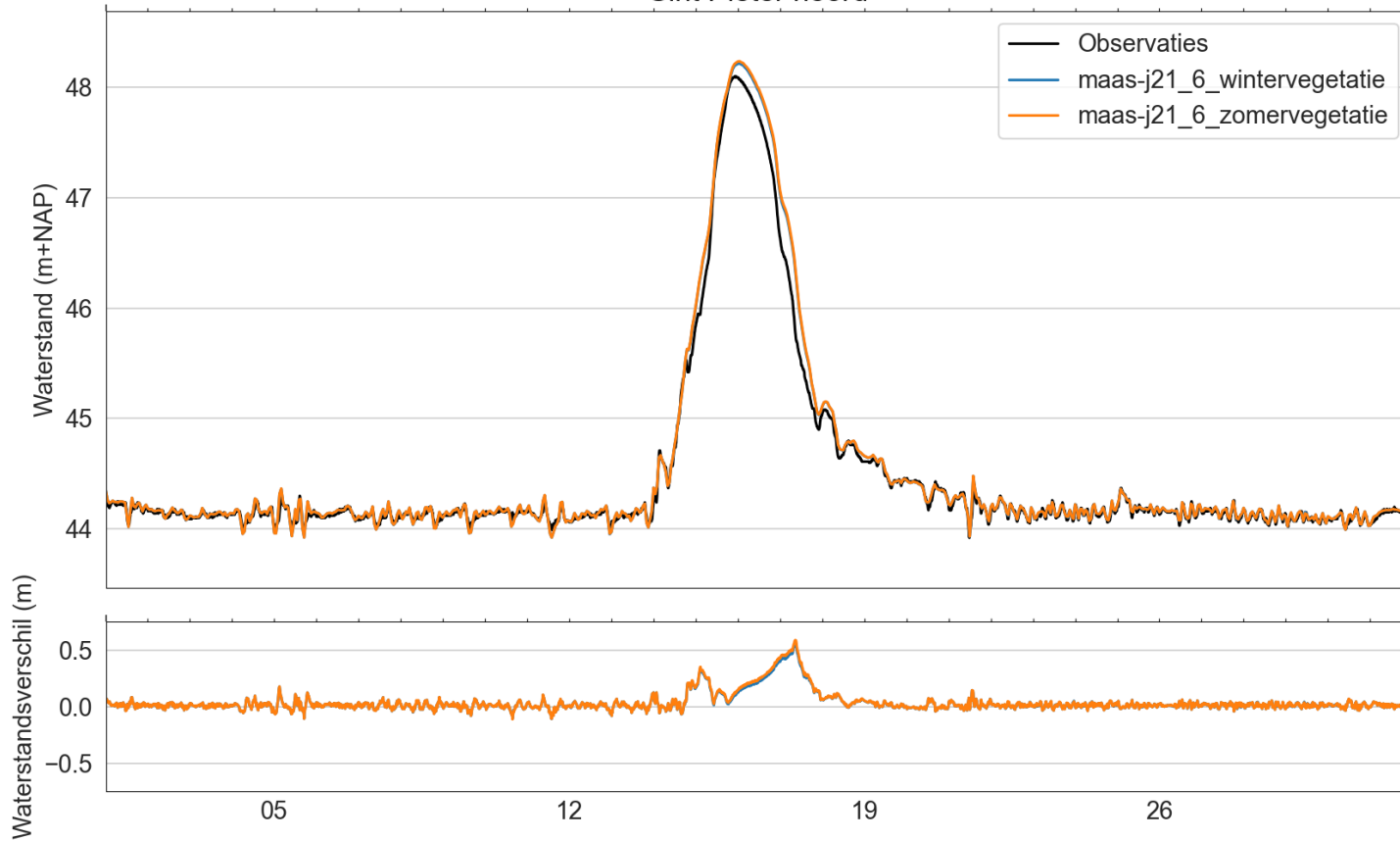
Statistiek (m)

E.3 Waterstanden tijdseries



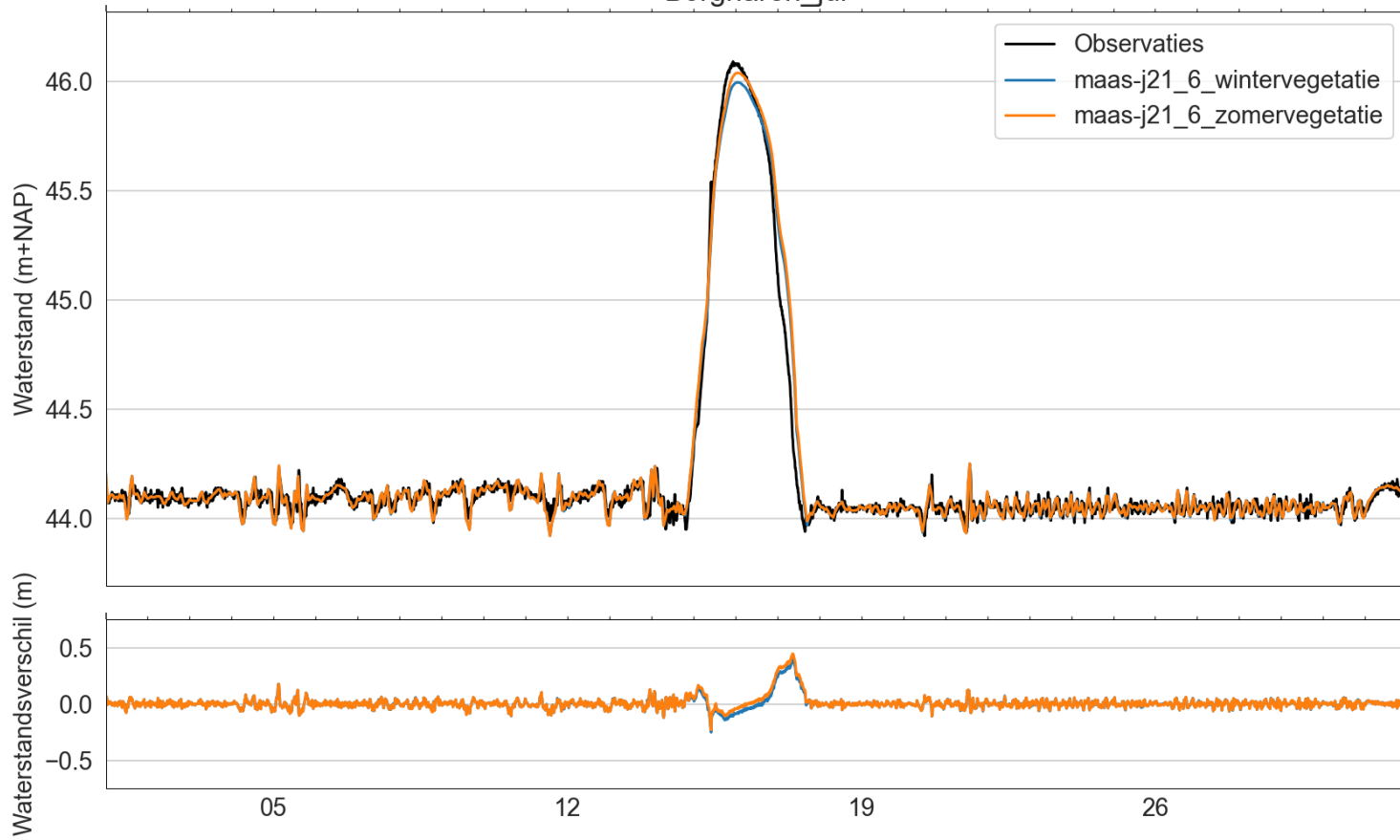
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.004 m	bias: 0.007 m
rmse: 0.104 m	rmse: 0.120 m
stdev: 0.104 m	stdev: 0.119 m

Sint Pieter noord

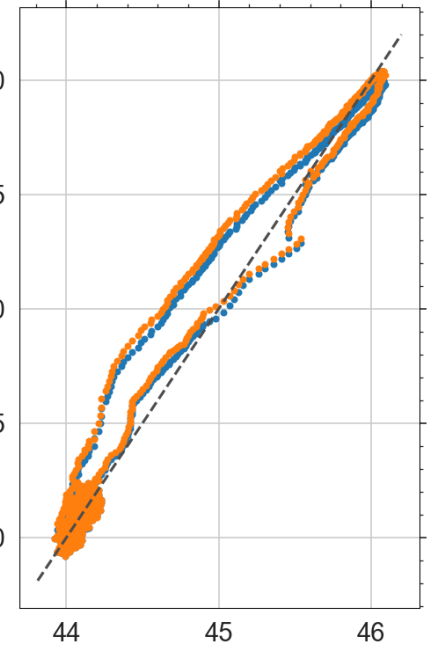


maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: 0.034 m	bias: 0.037 m
rmse: 0.090 m	rmse: 0.096 m
stdev: 0.083 m	stdev: 0.088 m

Borgharen_jul

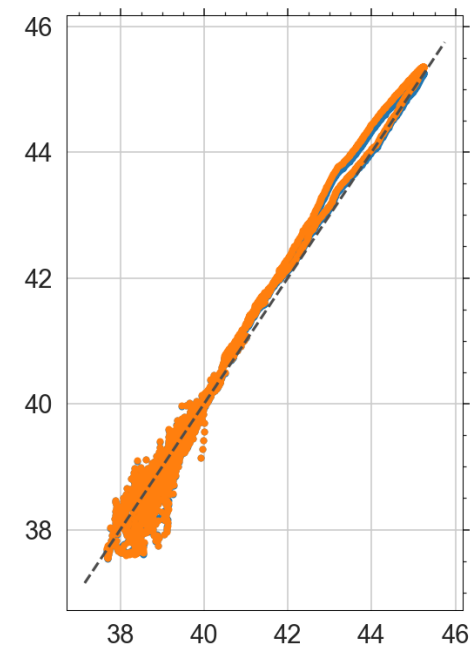
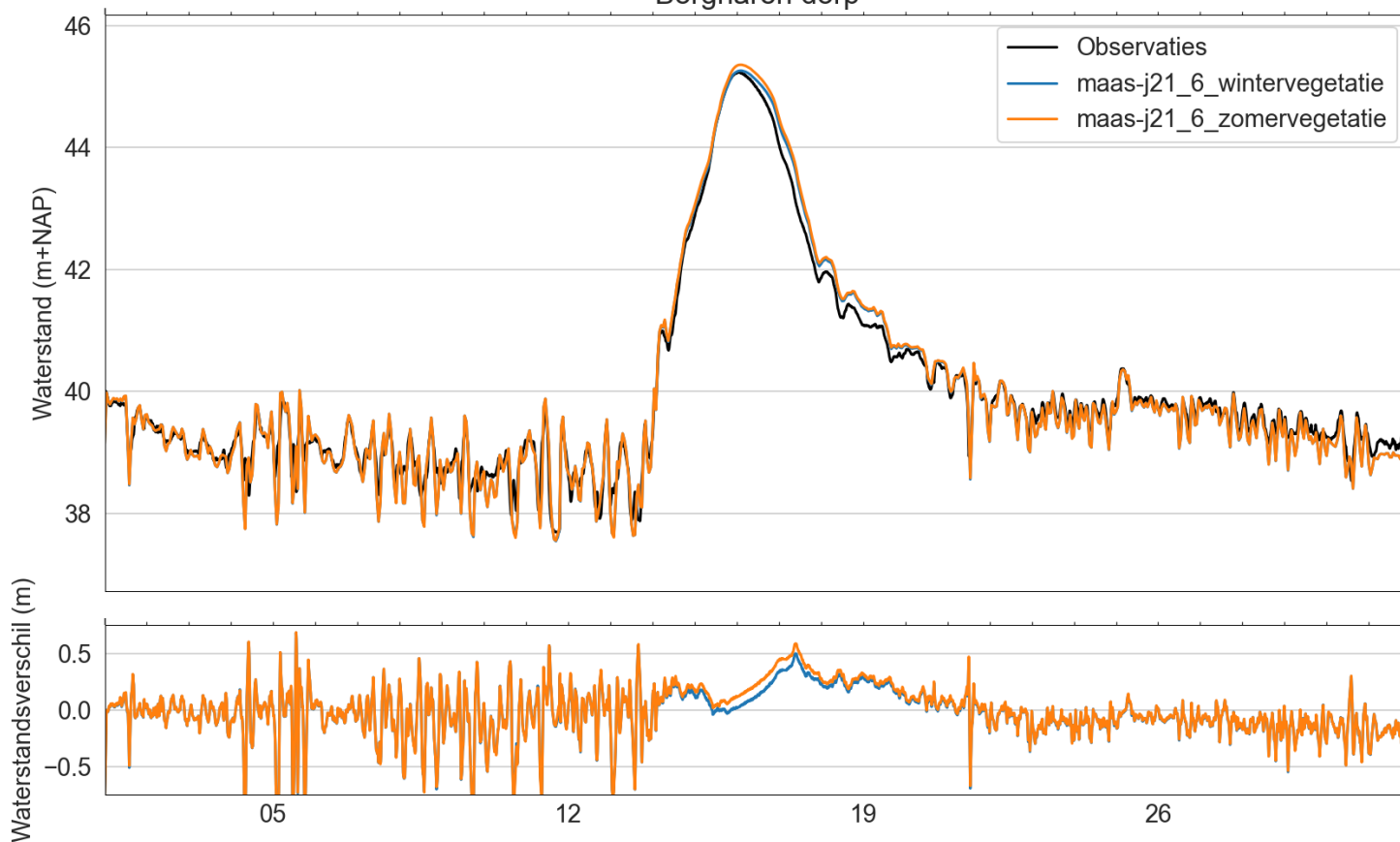


Jul
2021



maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: 0.004 m	bias: 0.007 m
rmse: 0.054 m	rmse: 0.059 m
stdev: 0.054 m	stdev: 0.059 m

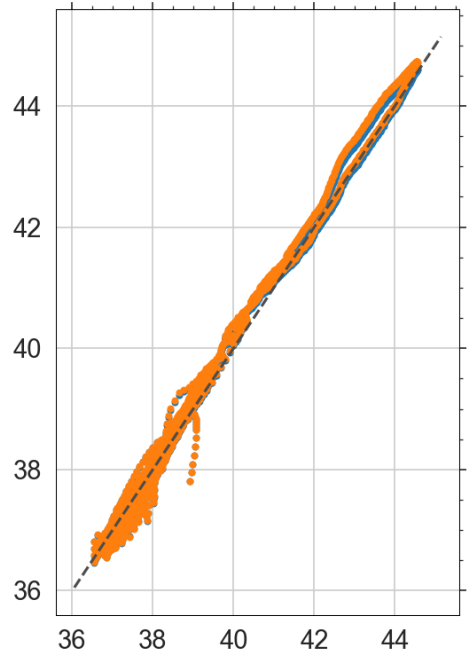
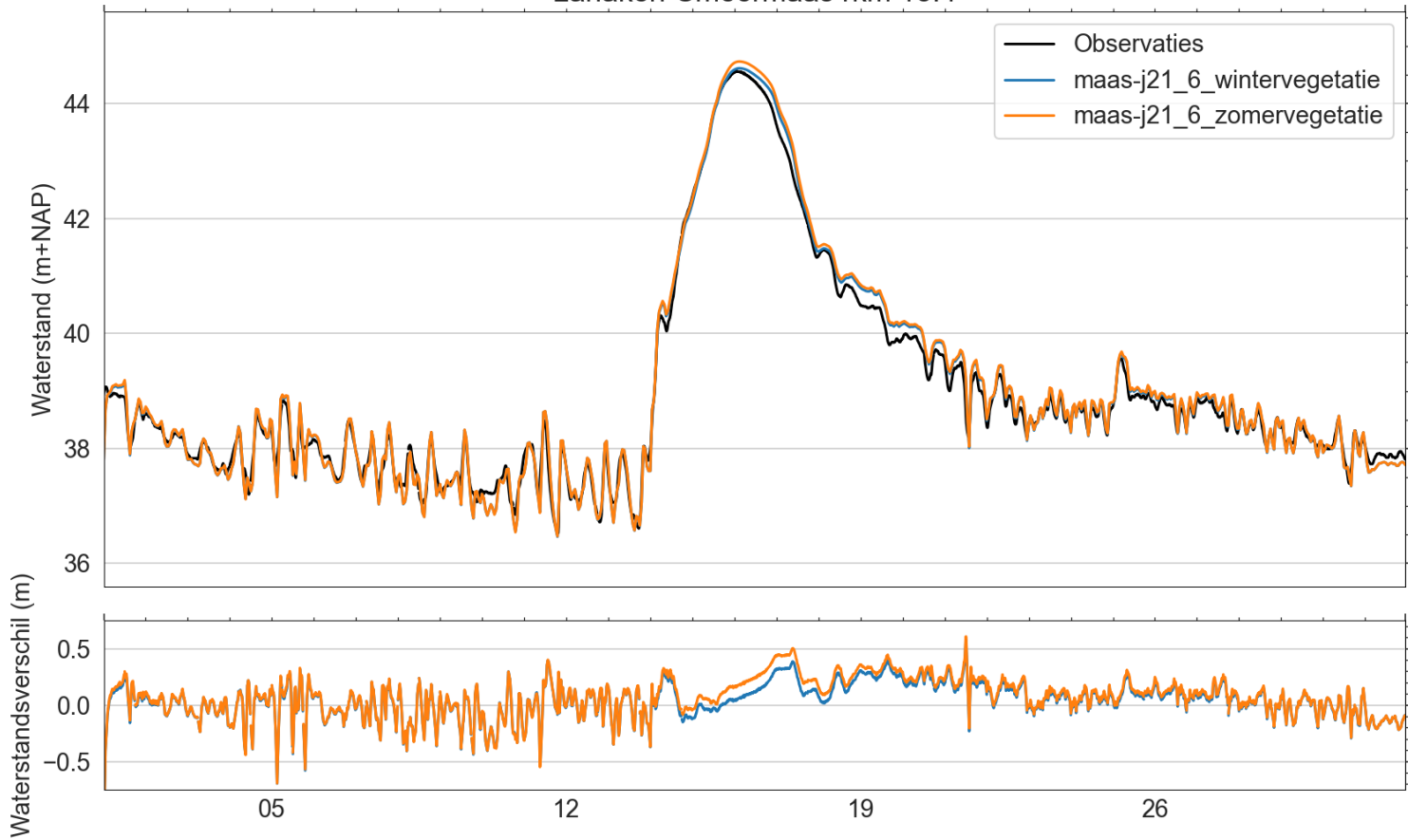
Borgharen dorp



maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.023 m	bias: -0.010 m
rmse: 0.209 m	rmse: 0.221 m
stdev: 0.208 m	stdev: 0.221 m

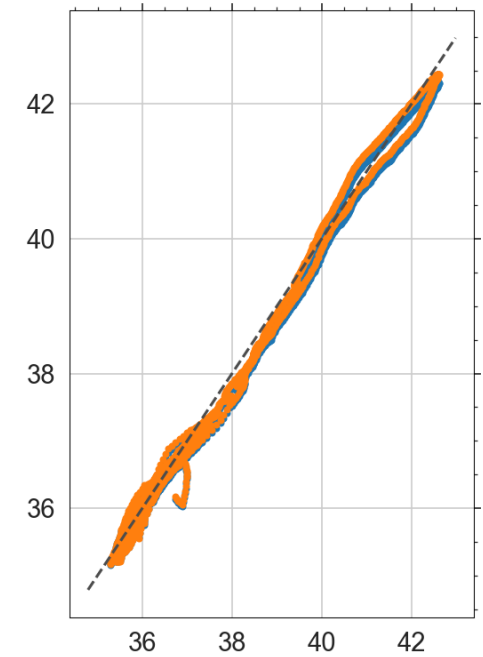
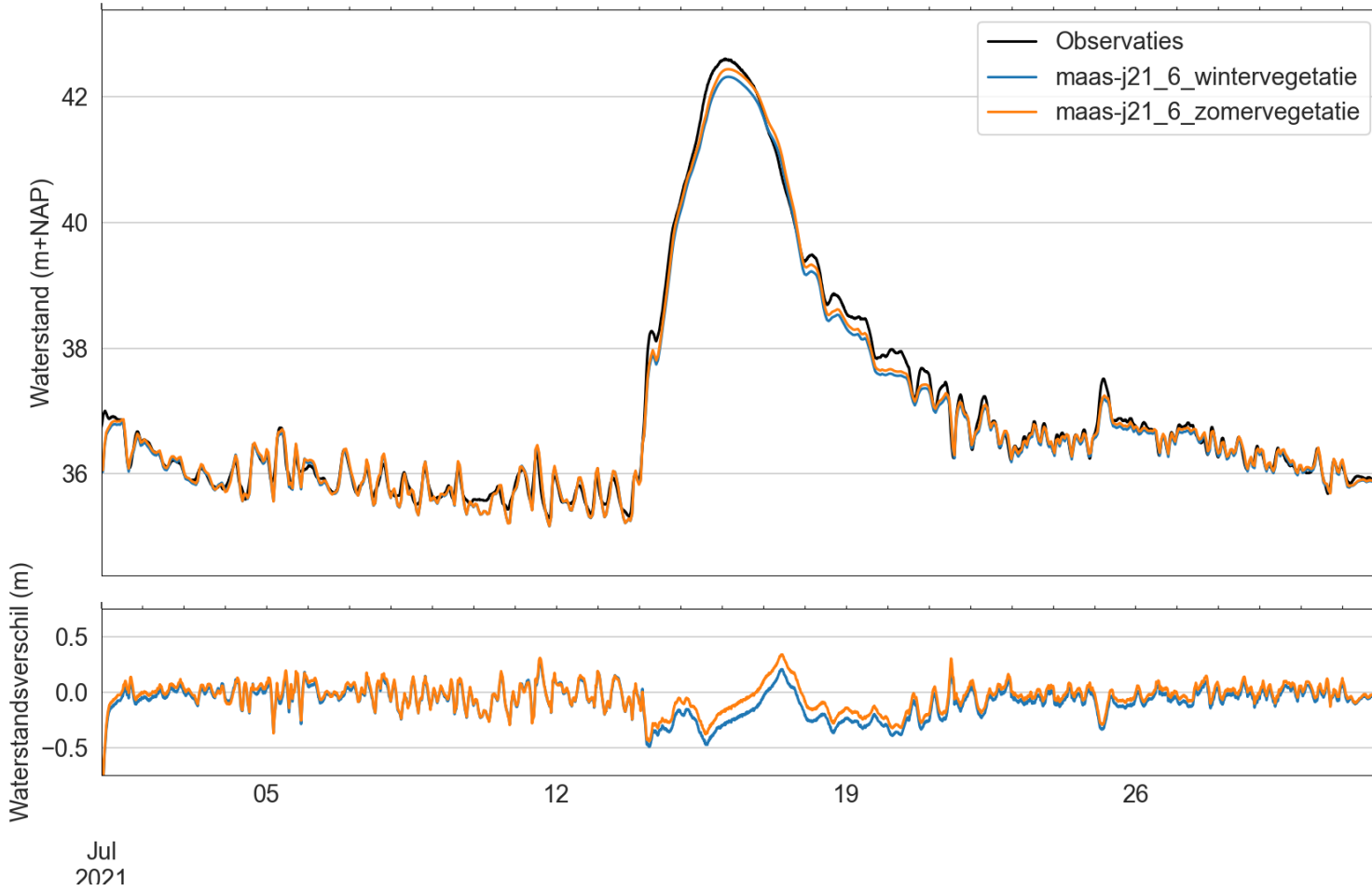
Jul
2021

Lanaken-Smeermaas rkm 18.4



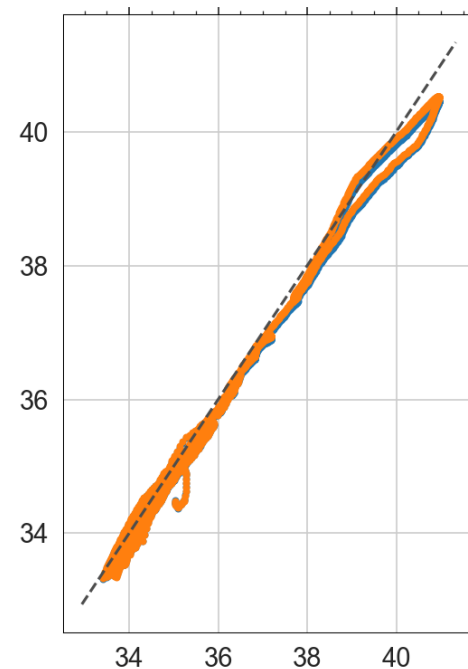
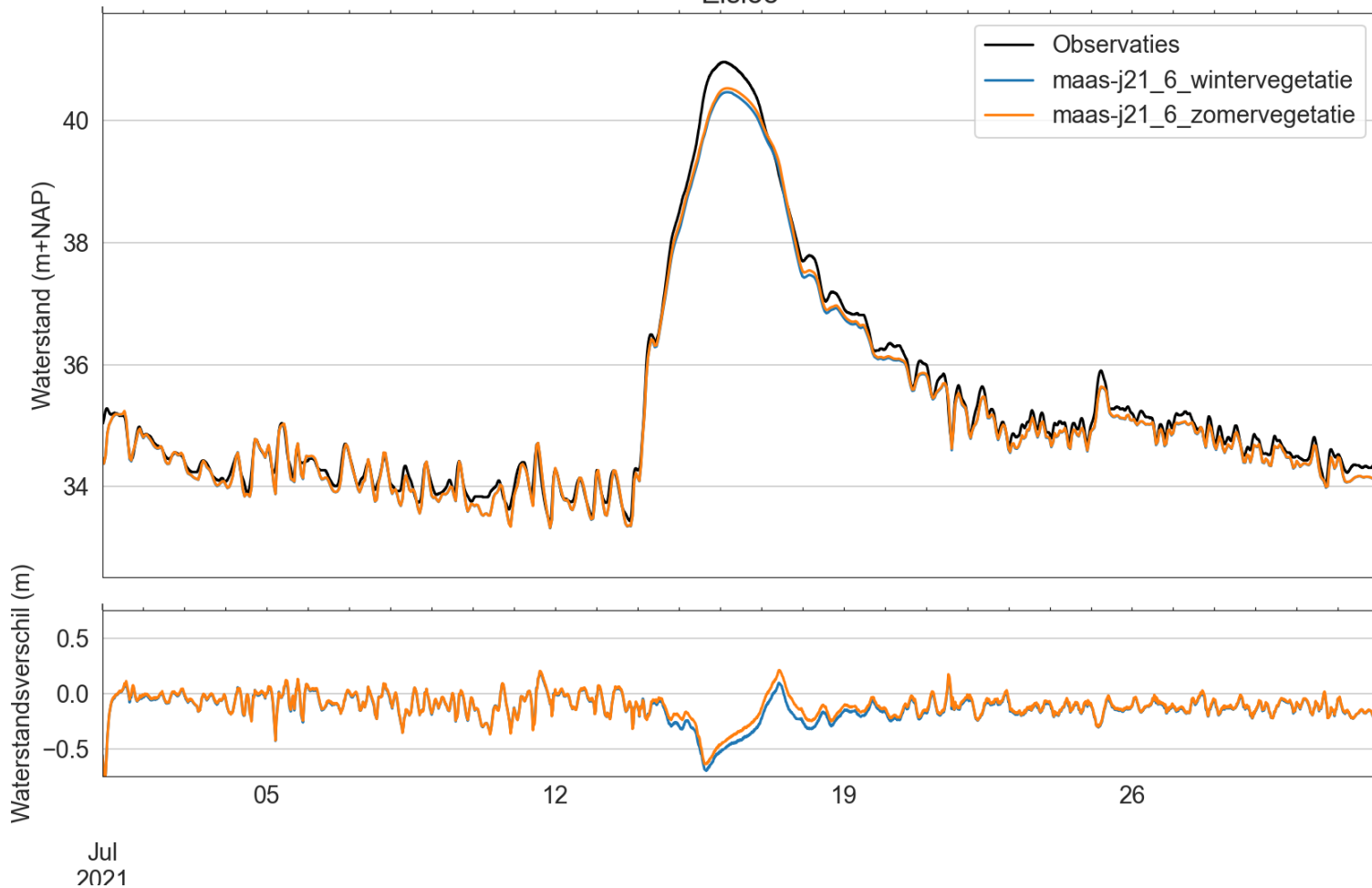
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: 0.043 m	bias: 0.067 m
rmse: 0.160 m	rmse: 0.183 m
stdev: 0.154 m	stdev: 0.170 m

Uikhoven rkm 25.3

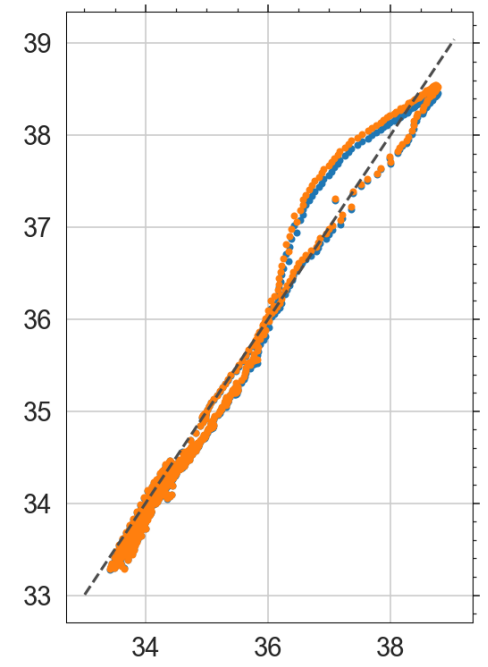
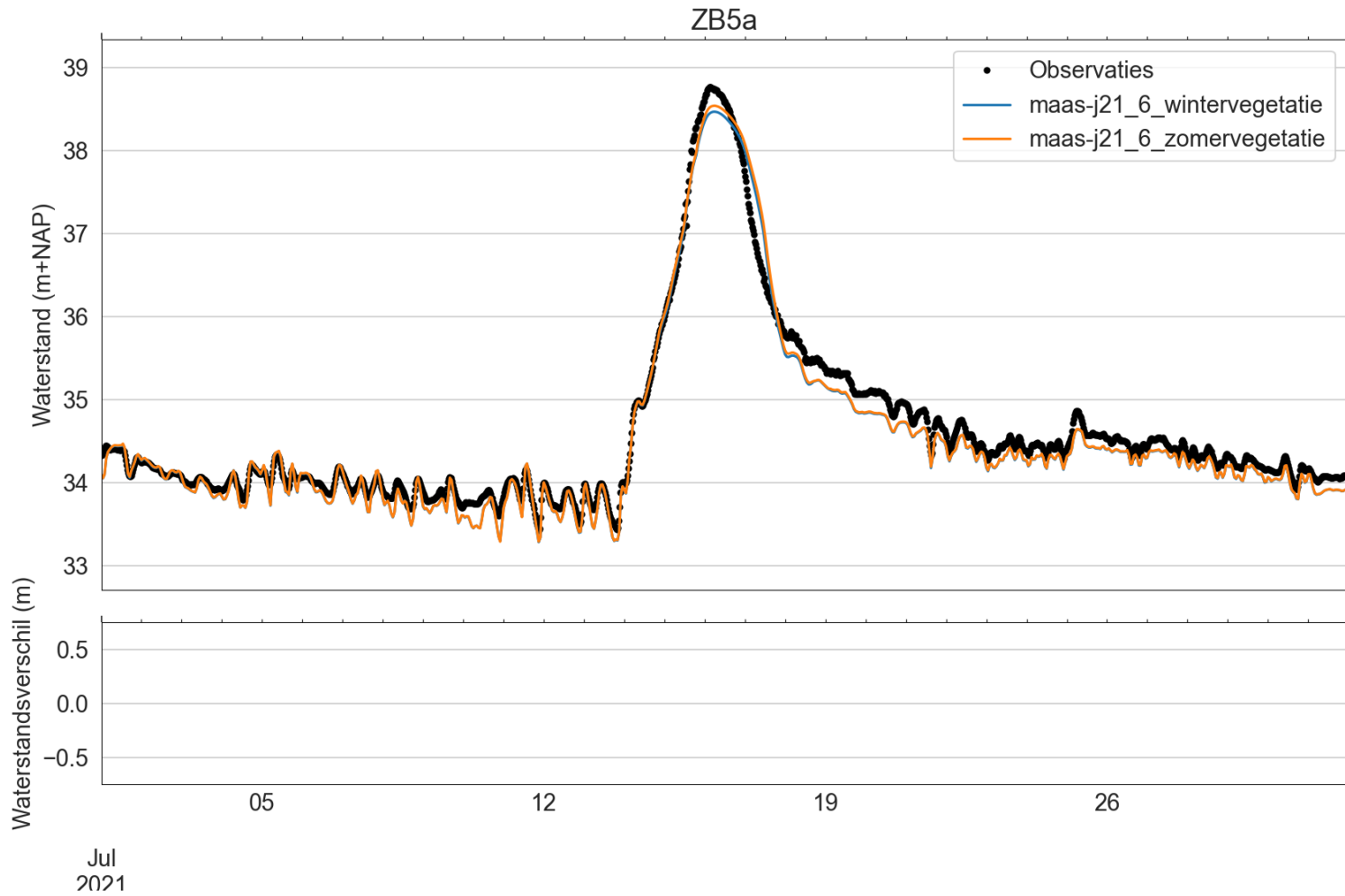


maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.085 m	bias: -0.041 m
rmse: 0.158 m	rmse: 0.131 m
stdev: 0.134 m	stdev: 0.125 m

Elsloo

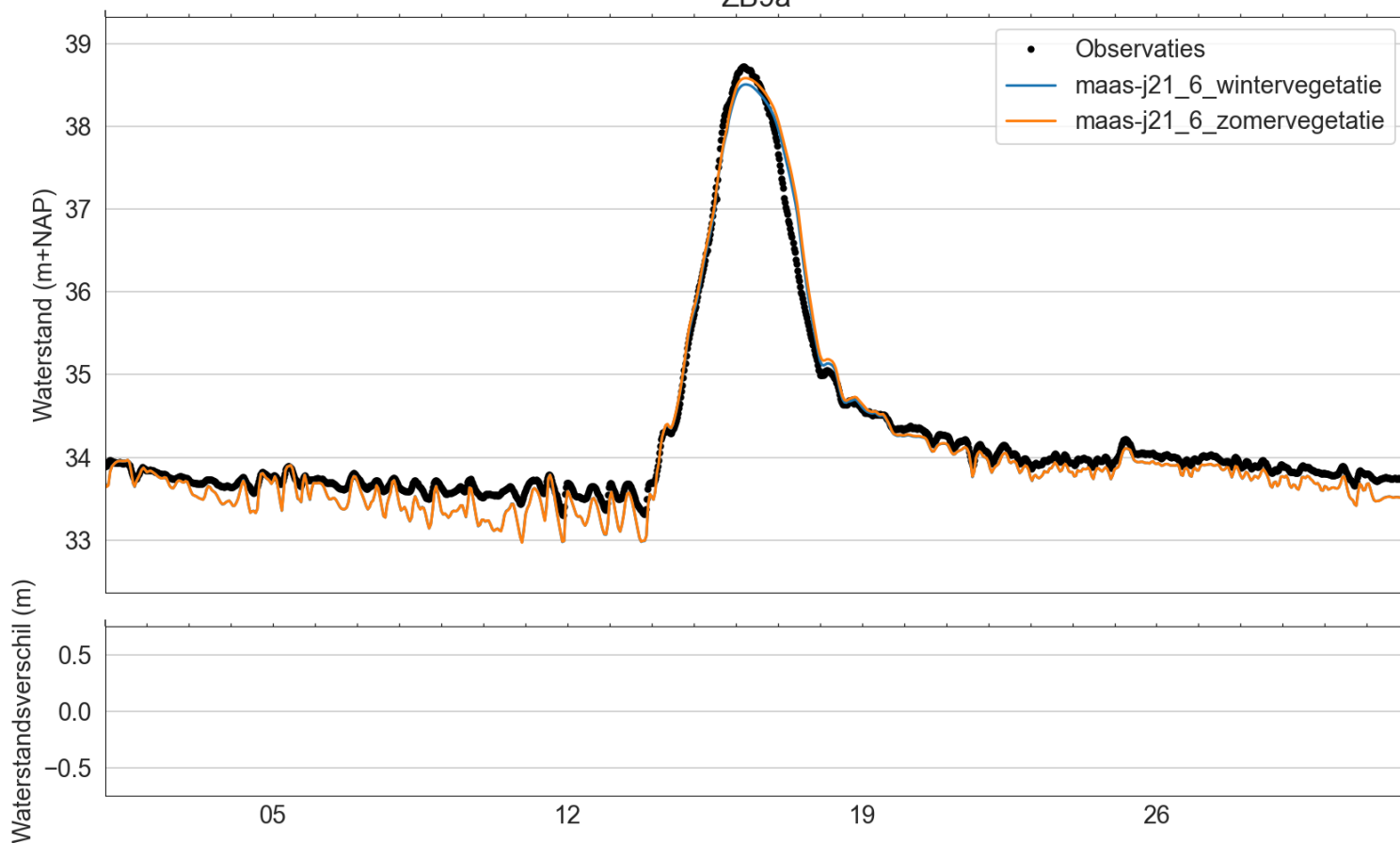


maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.133 m	bias: -0.114 m
rmse: 0.183 m	rmse: 0.165 m
stdev: 0.126 m	stdev: 0.118 m

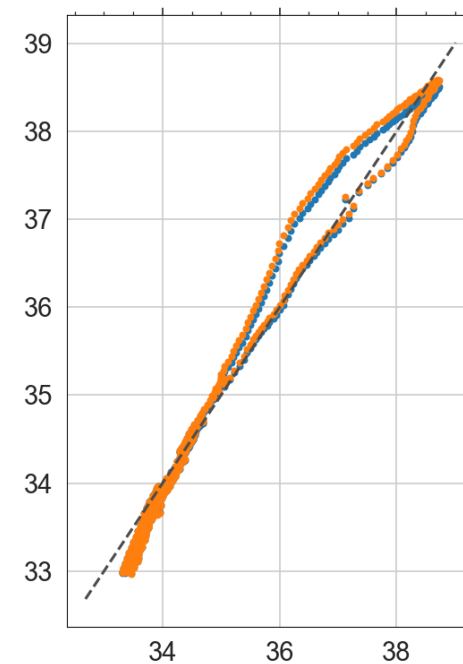


maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.102 m	bias: -0.089 m
rmse: 0.162 m	rmse: 0.164 m
stdev: 0.127 m	stdev: 0.137 m

ZB9a

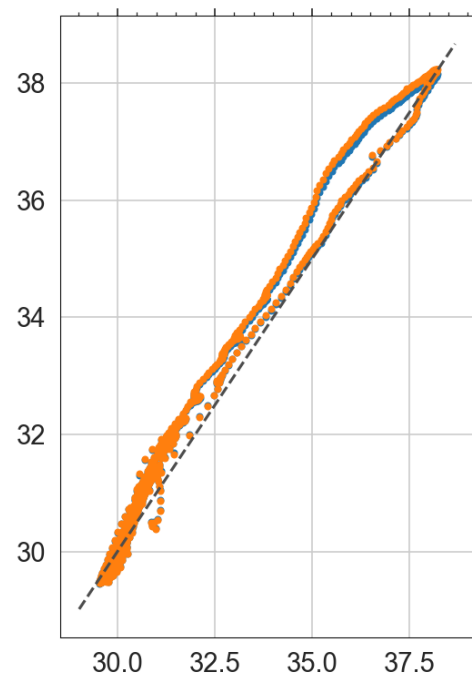
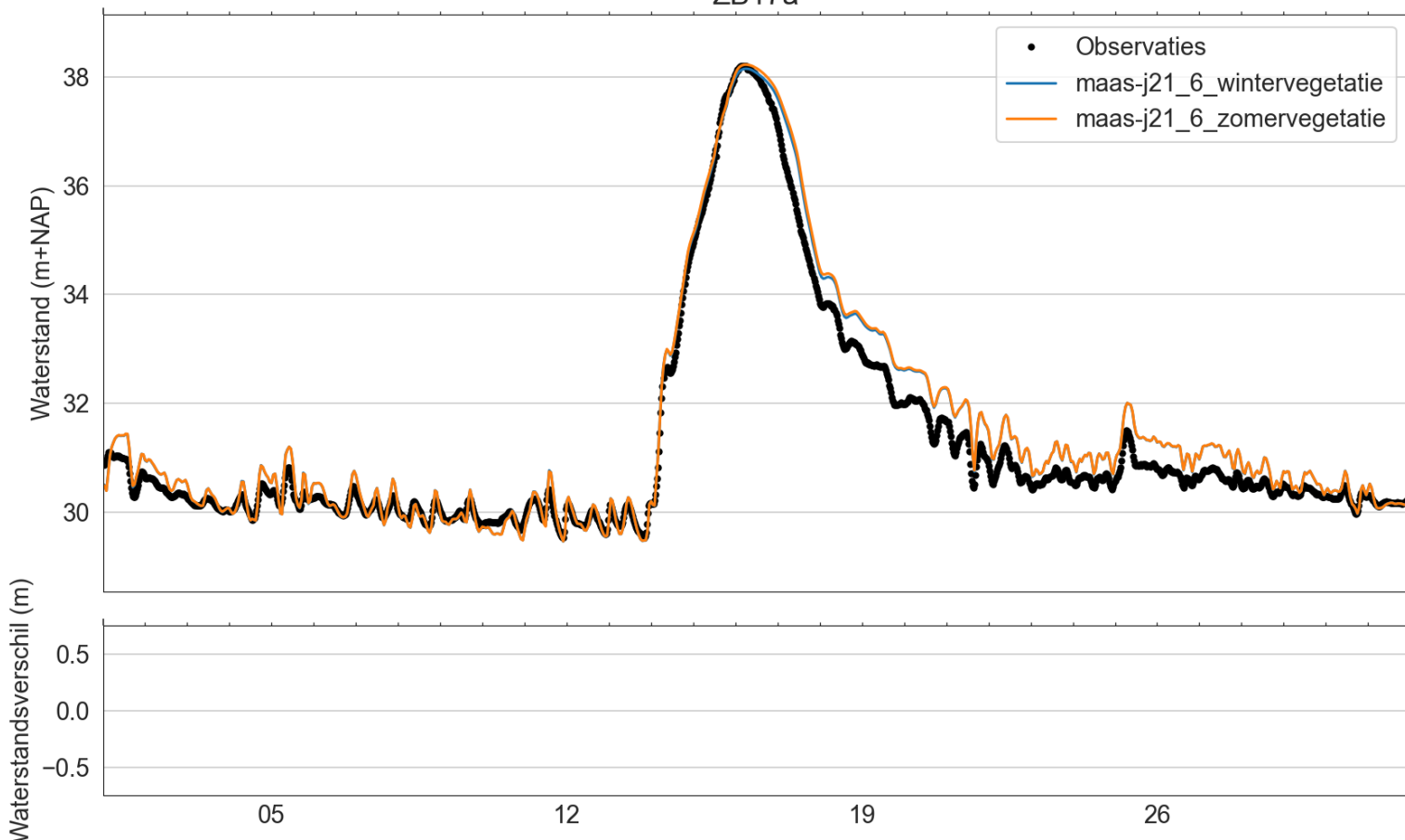


Jul
2021



maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.113 m	bias: -0.103 m
rmse: 0.188 m	rmse: 0.197 m
stdev: 0.151 m	stdev: 0.169 m

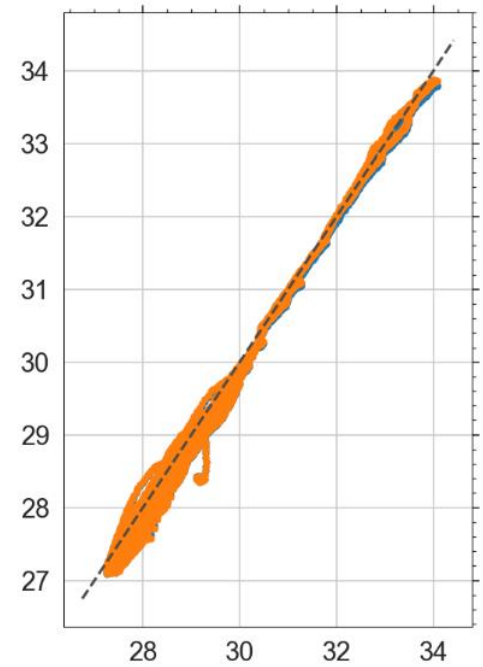
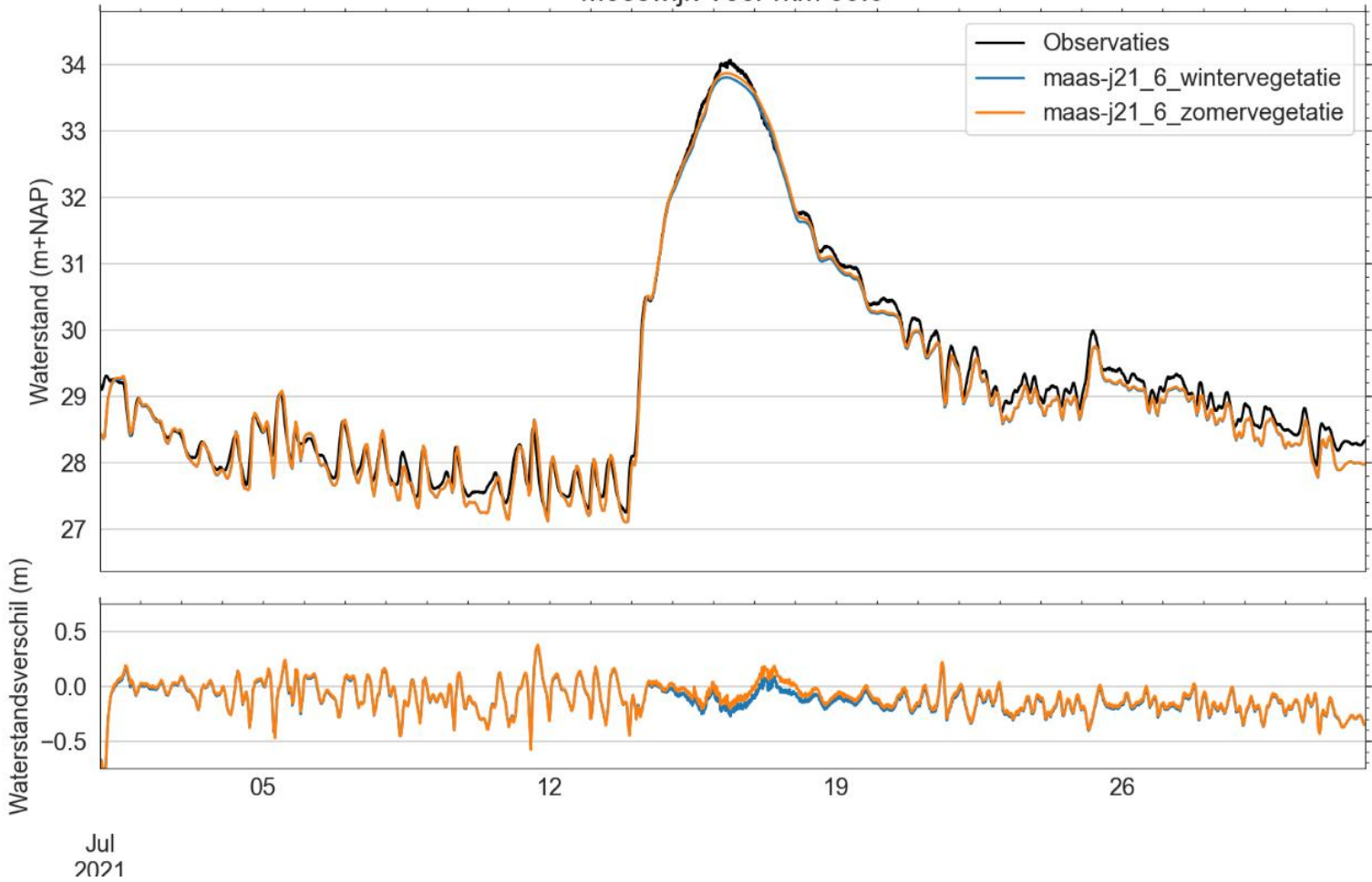
ZB17a



maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: 0.236 m	bias: 0.249 m
rmse: 0.353 m	rmse: 0.372 m
stdev: 0.263 m	stdev: 0.276 m

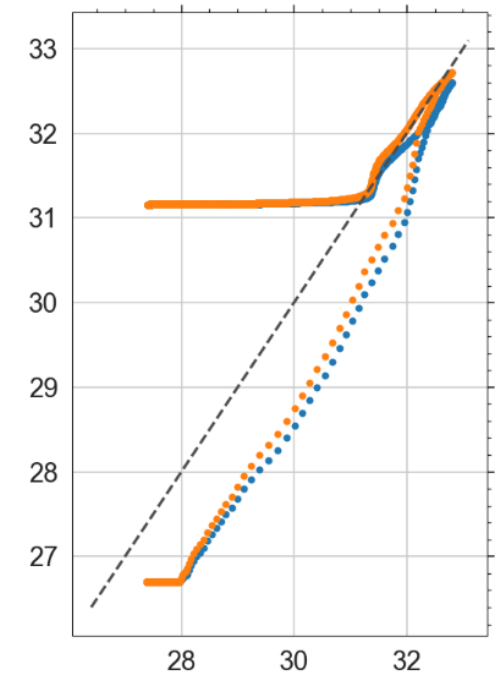
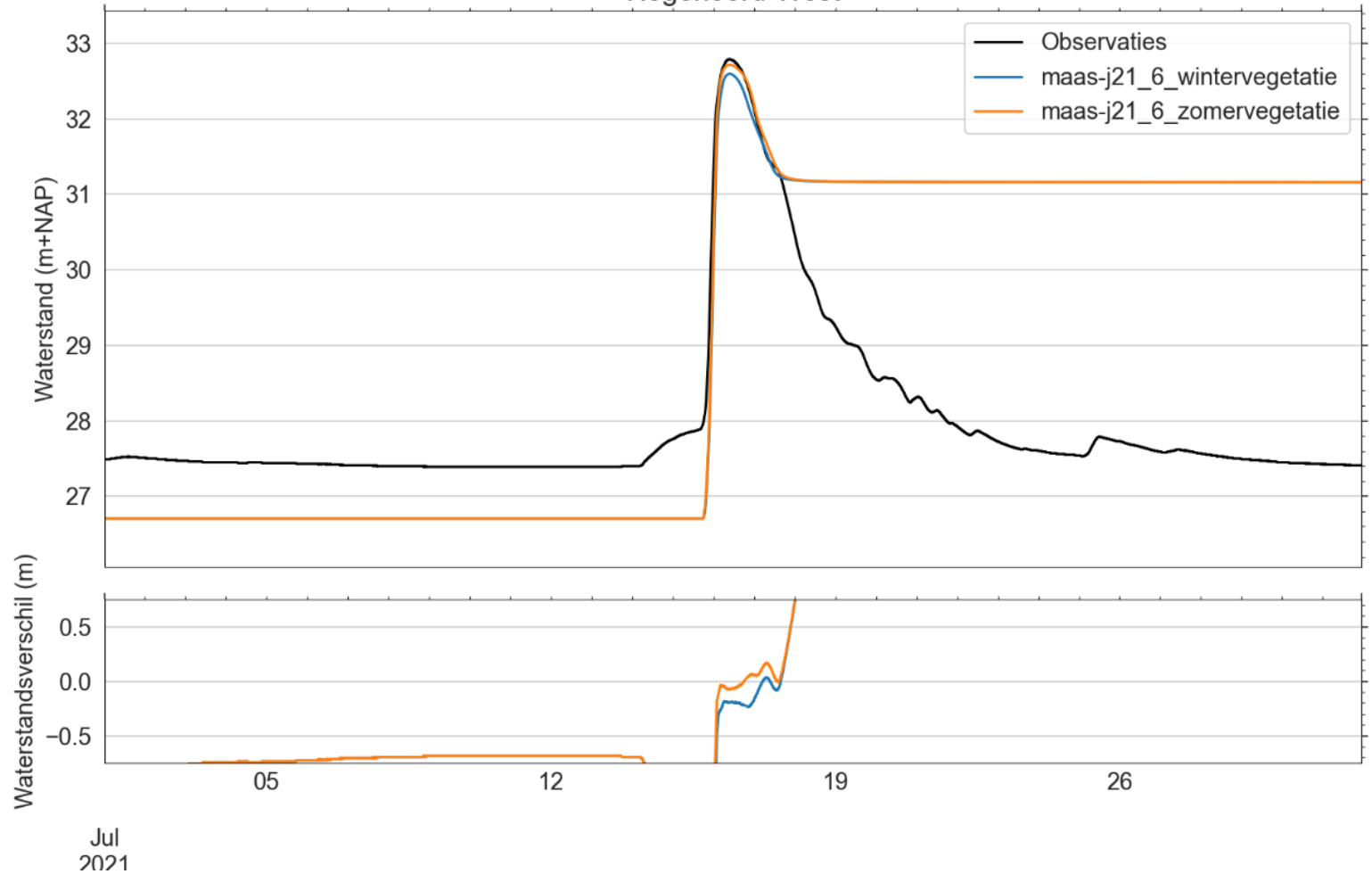
Jul
2021

Meeswijk Veer rkm 39.0



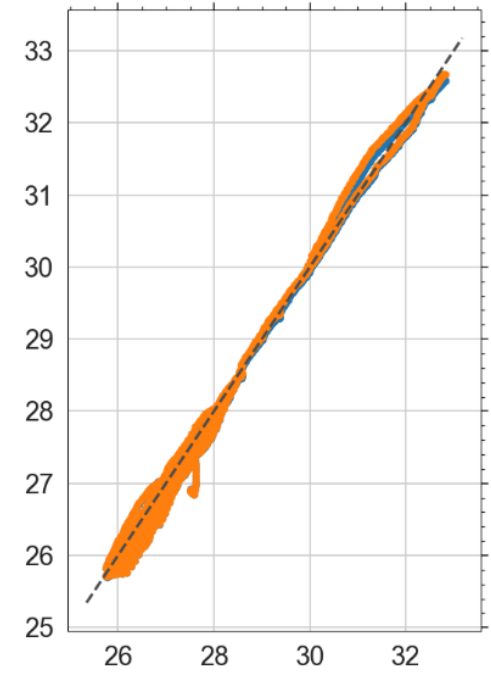
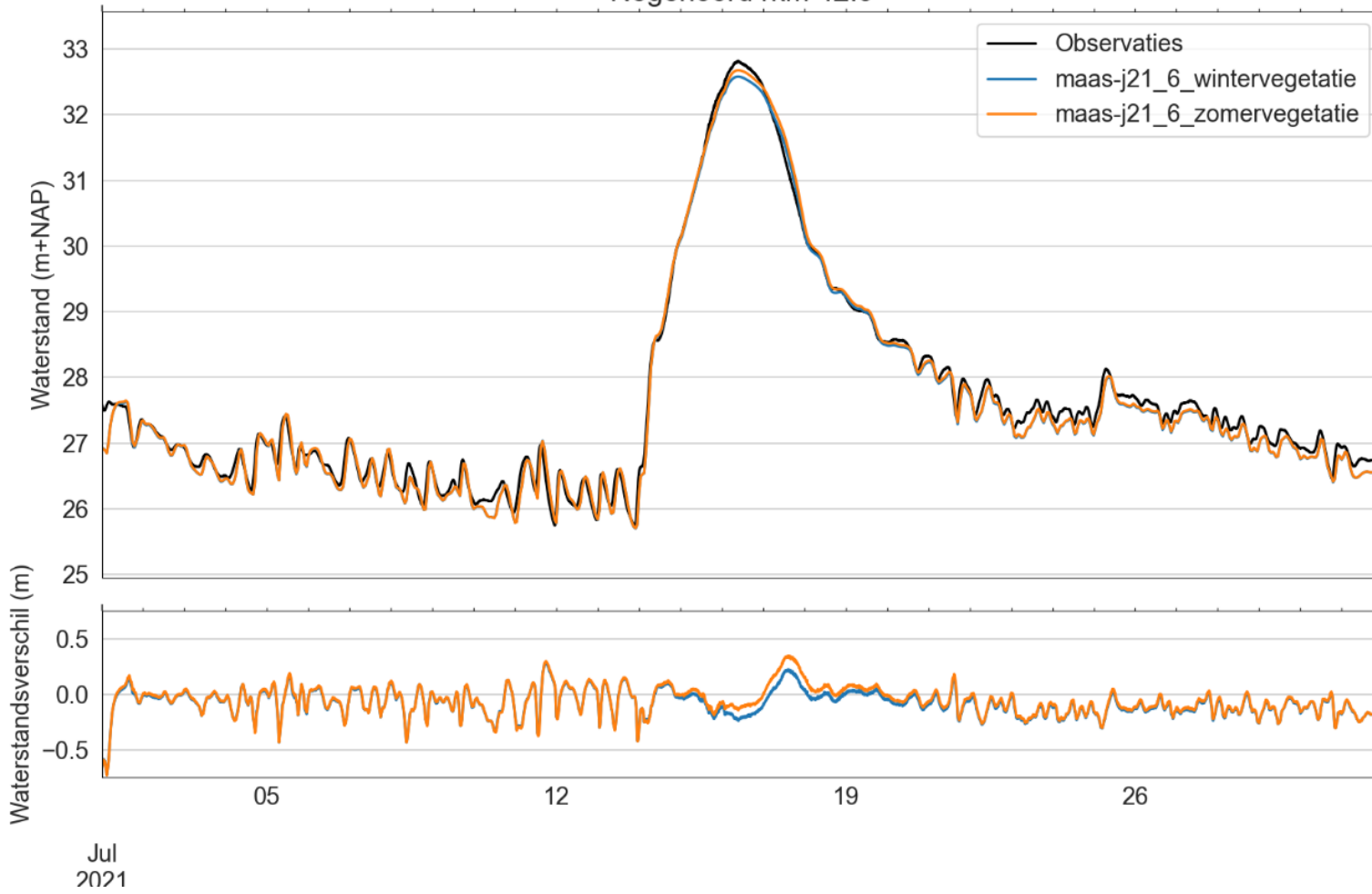
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.121 m	bias: -0.102 m
rmse: 0.178 m	rmse: 0.170 m
stdev: 0.130 m	stdev: 0.136 m

Negenoord-West



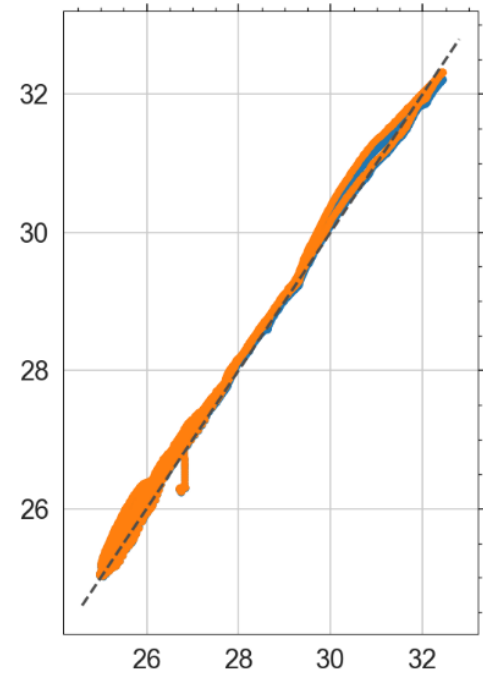
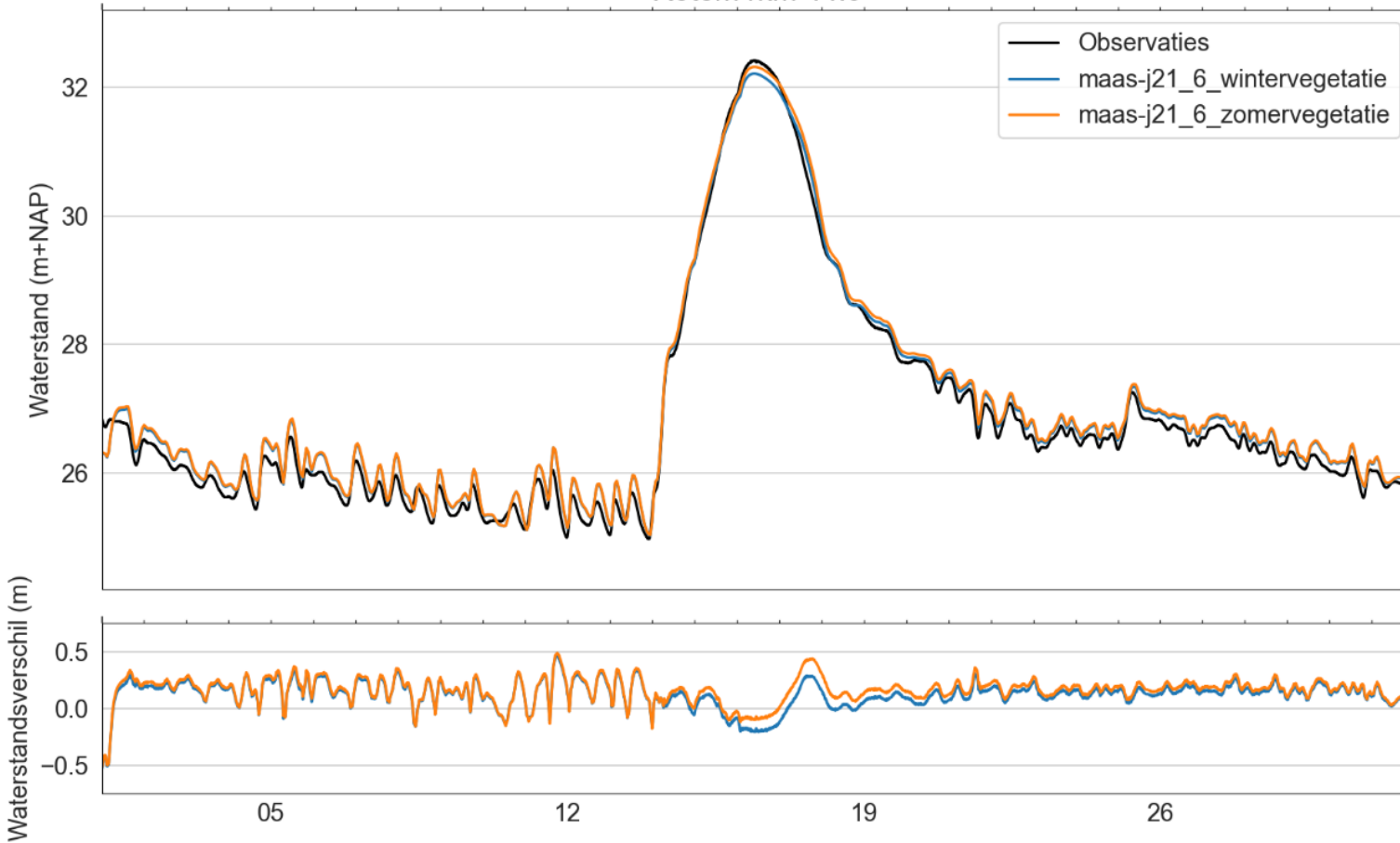
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: 1.082 m	bias: 1.092 m
rmse: 2.277 m	rmse: 2.276 m
stdev: 2.004 m	stdev: 1.998 m

Negenoord rkm 42.5



maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.080 m	bias: -0.061 m
rmse: 0.141 m	rmse: 0.141 m
stdev: 0.116 m	stdev: 0.127 m

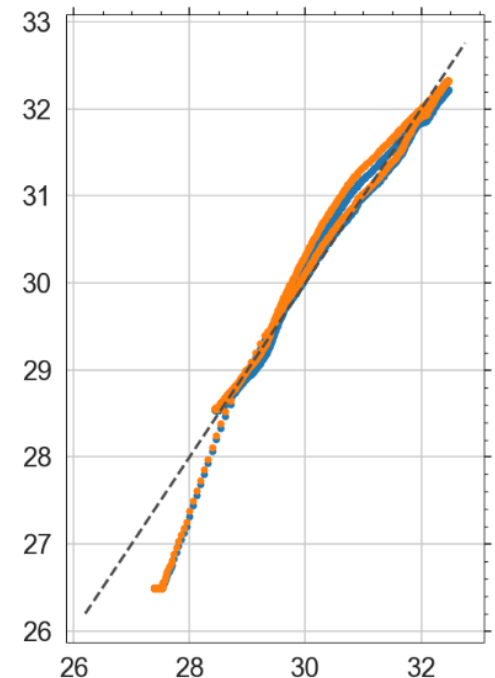
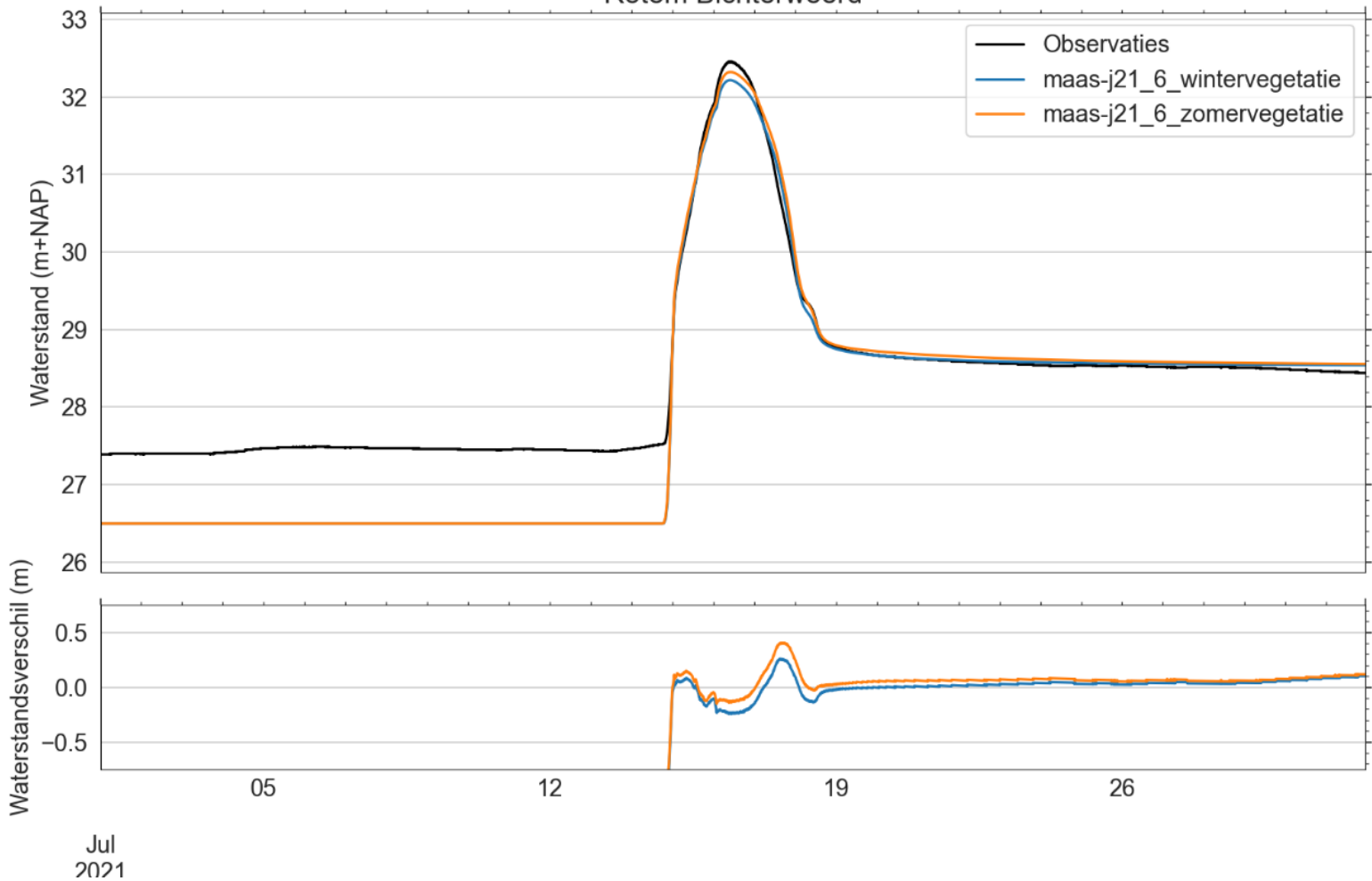
Rotem rkm 44.9



maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: 0.124 m	bias: 0.160 m
rmse: 0.171 m	rmse: 0.197 m
stdev: 0.118 m	stdev: 0.114 m

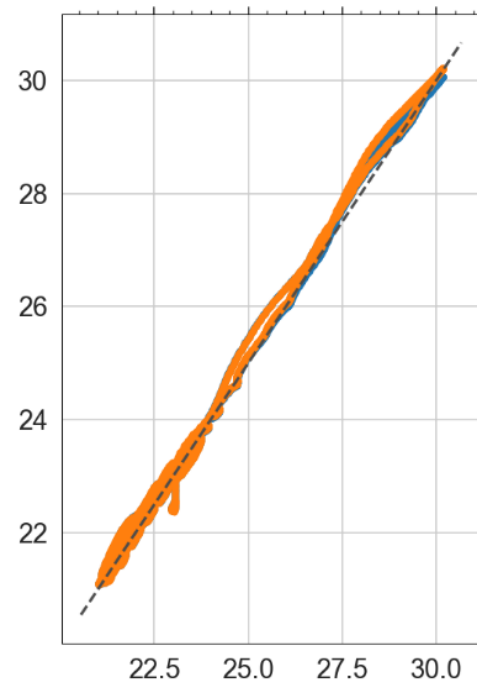
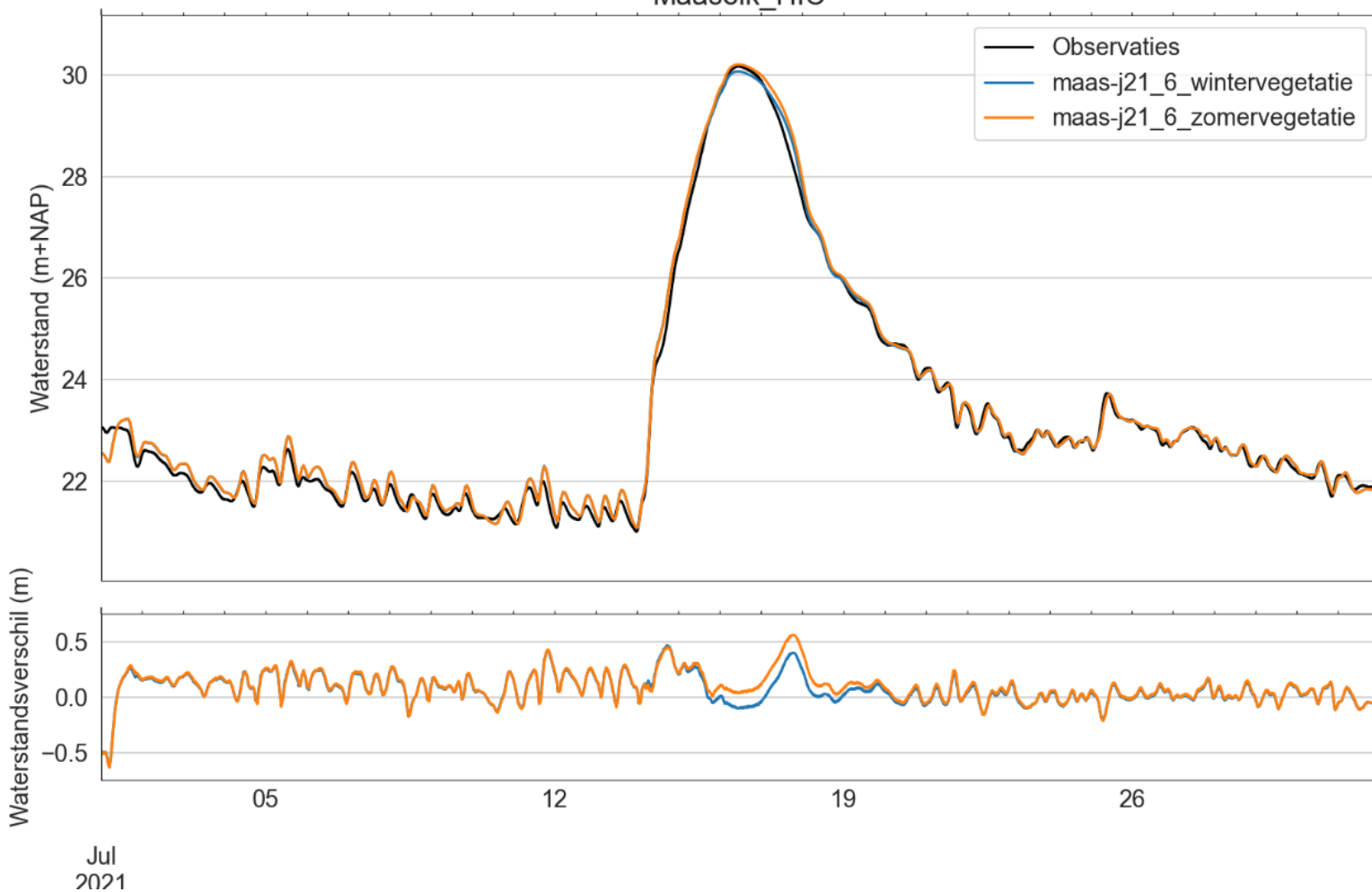
Jul
2021

Rotem Bichterweerd



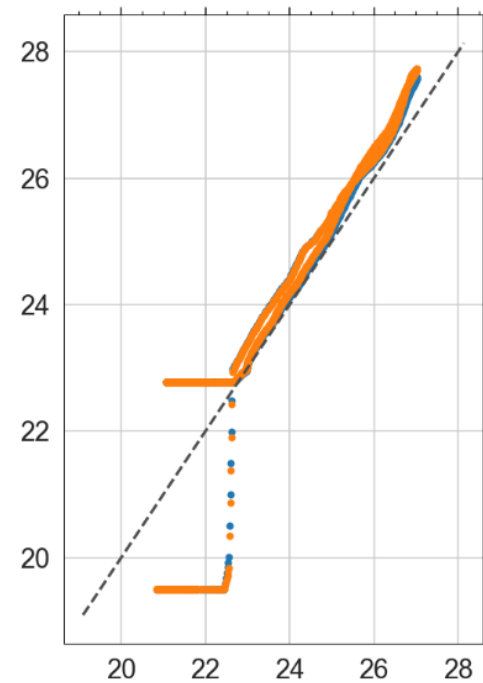
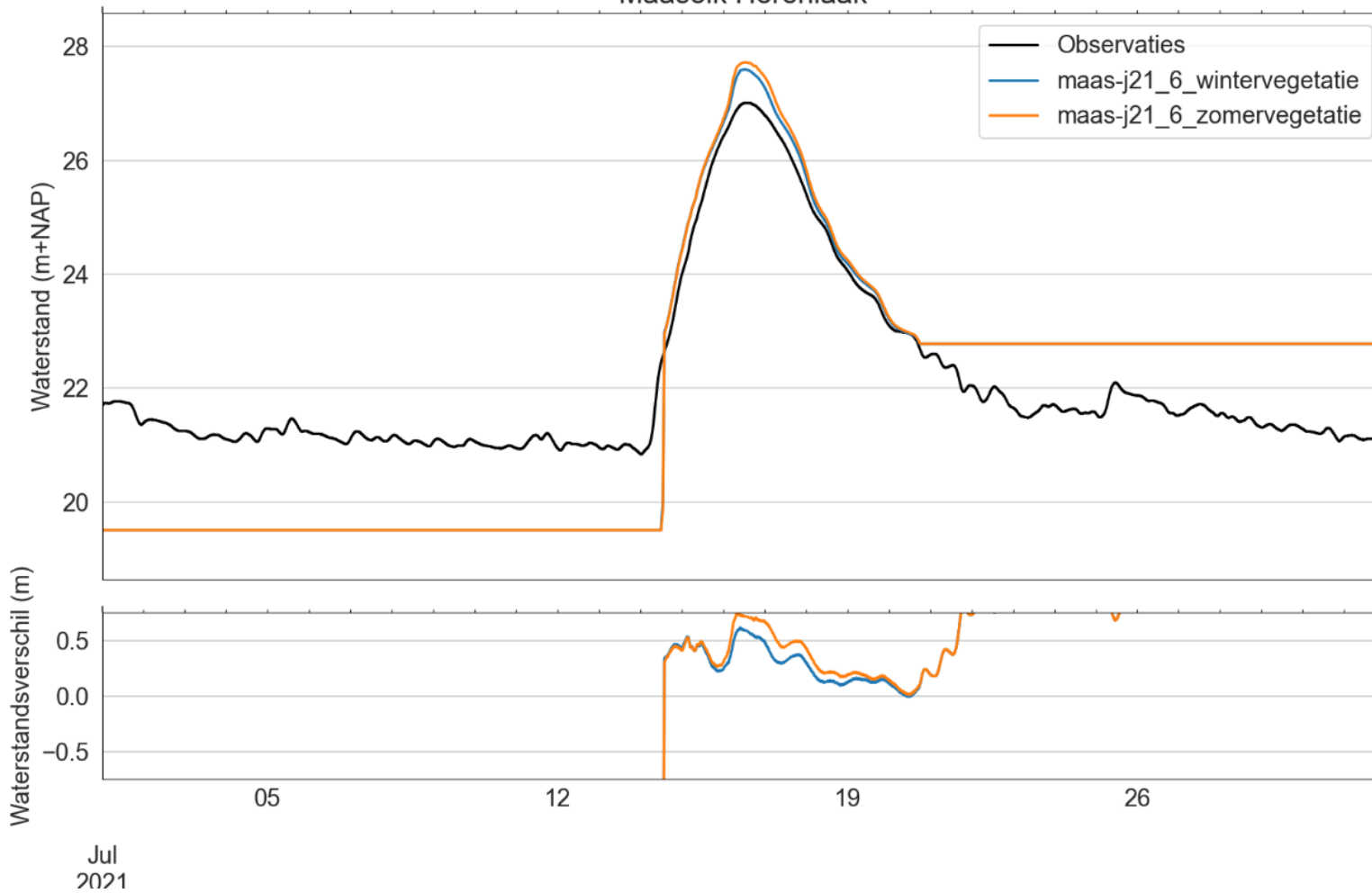
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.420 m	bias: -0.393 m
rmse: 0.640 m	rmse: 0.642 m
stdev: 0.483 m	stdev: 0.507 m

Maaseik_HIC



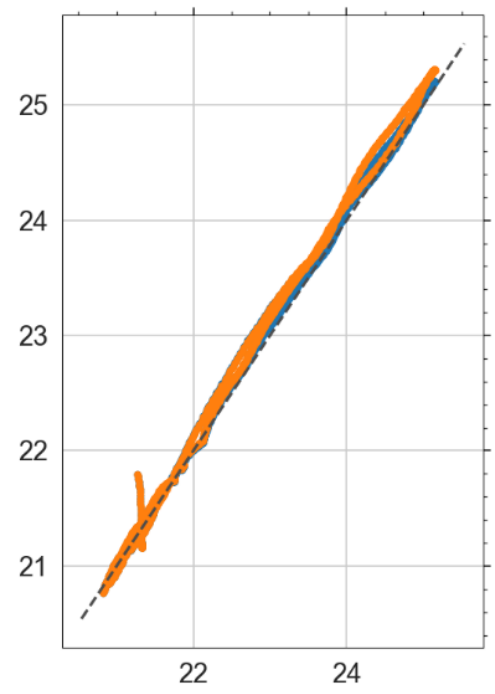
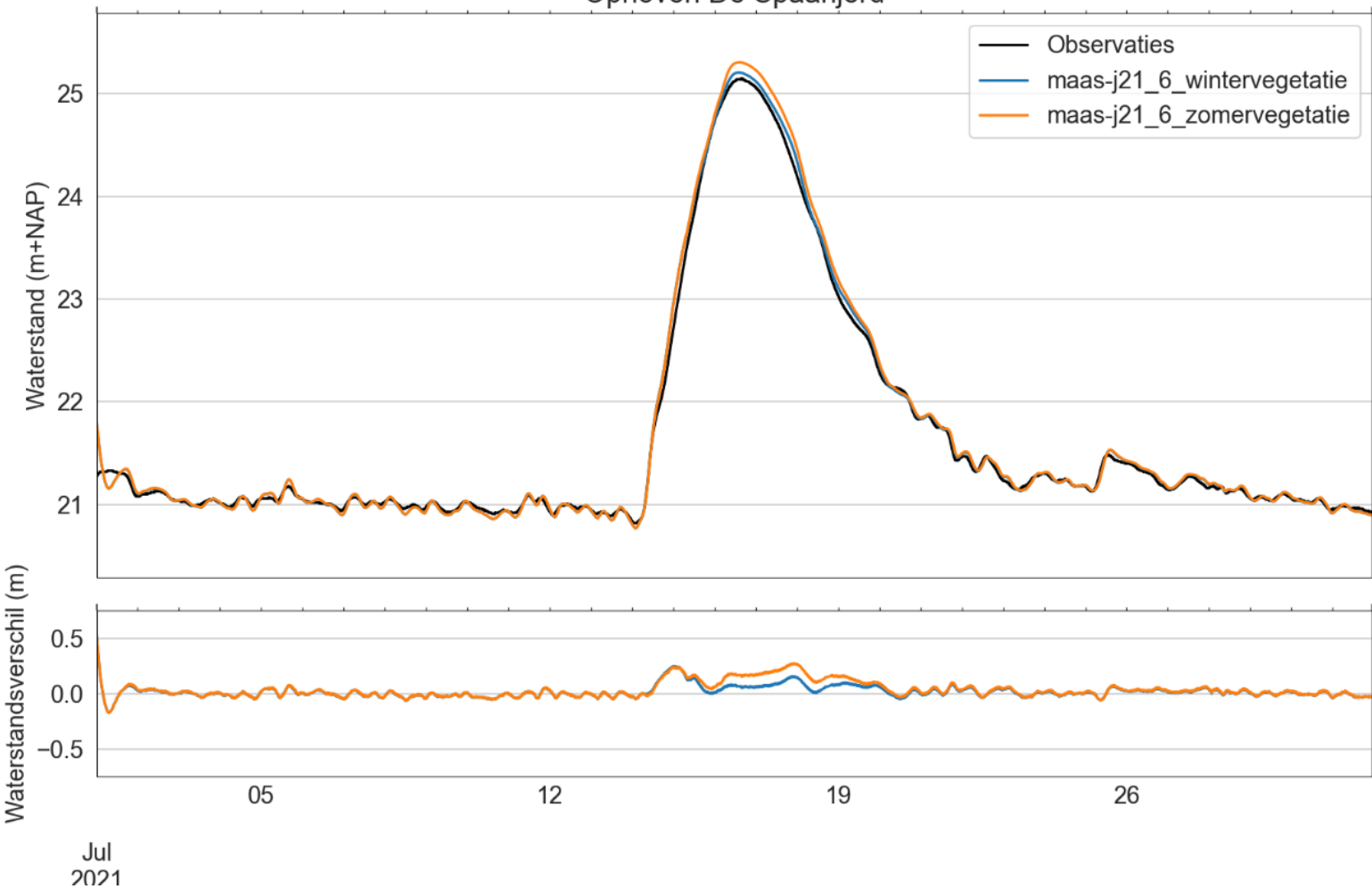
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: 0.069 m	bias: 0.090 m
rmse: 0.145 m	rmse: 0.162 m
stdev: 0.128 m	stdev: 0.135 m

Maaseik Herenlaak



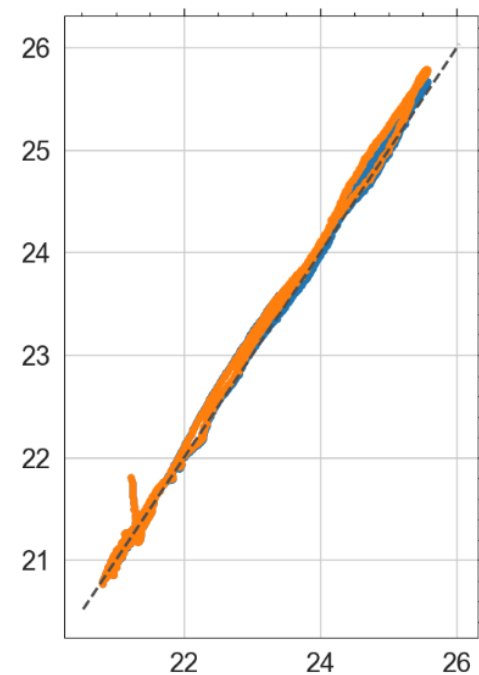
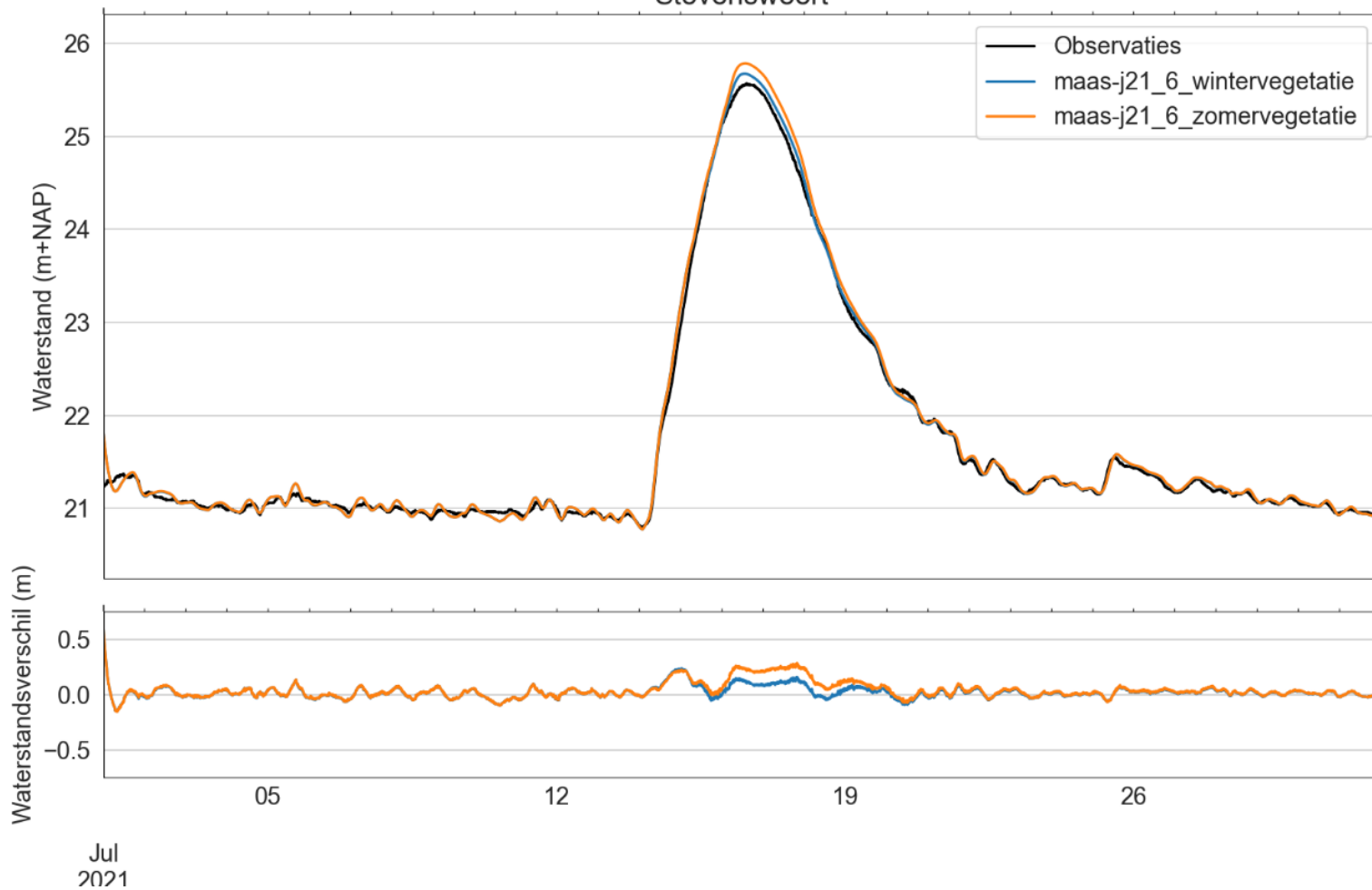
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.256 m	bias: -0.242 m
rmse: 1.335 m	rmse: 1.339 m
stdev: 1.310 m	stdev: 1.317 m

Ophoven De Spaanjerd



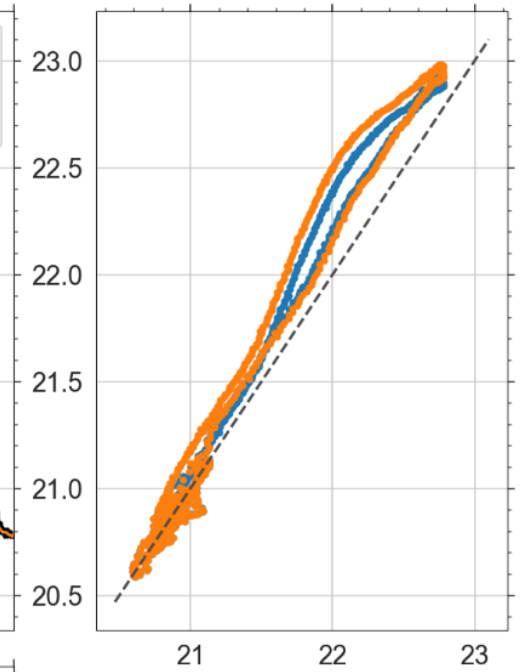
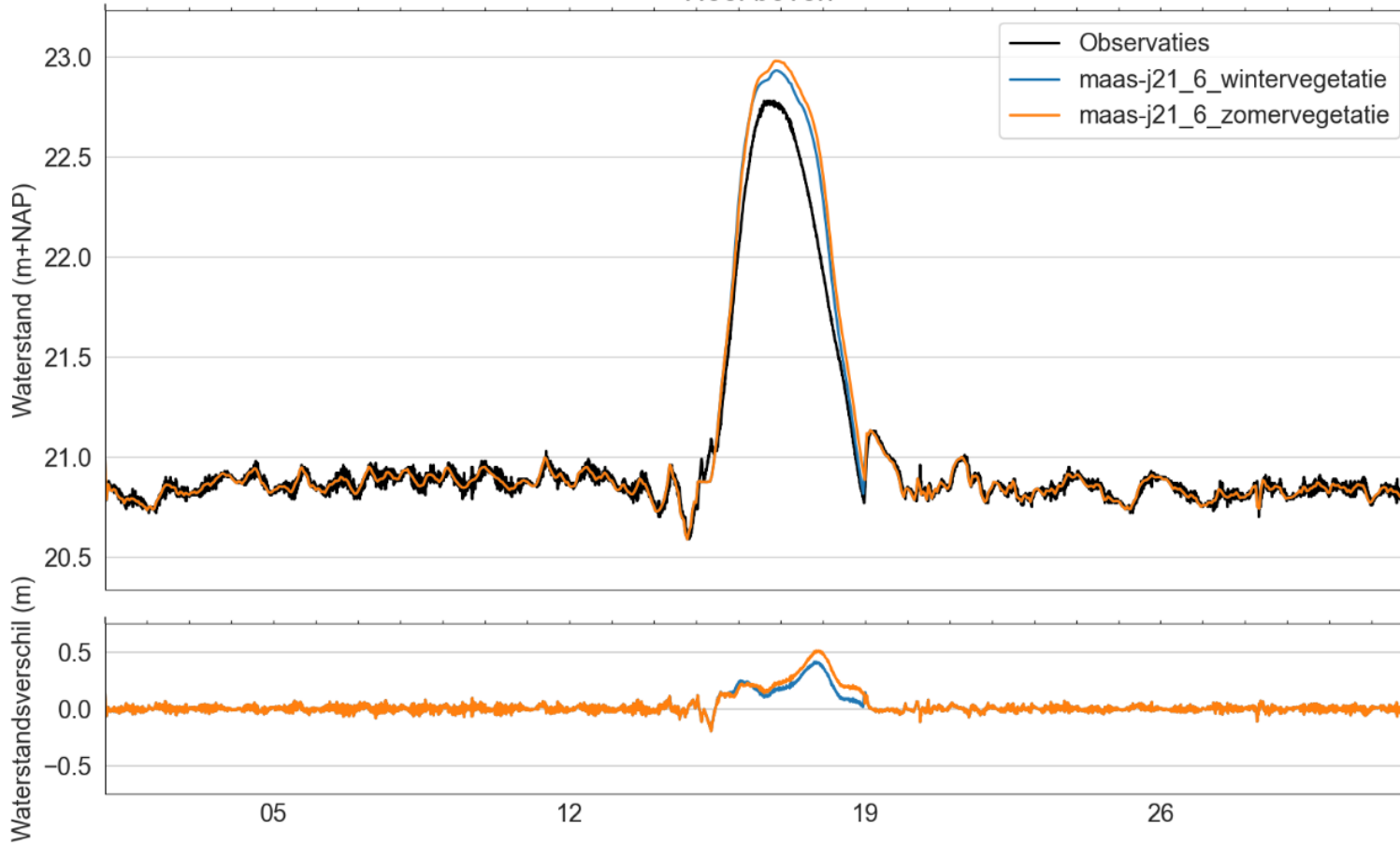
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: 0.017 m	bias: 0.032 m
rmse: 0.056 m	rmse: 0.078 m
stdev: 0.053 m	stdev: 0.072 m

Stevensweert



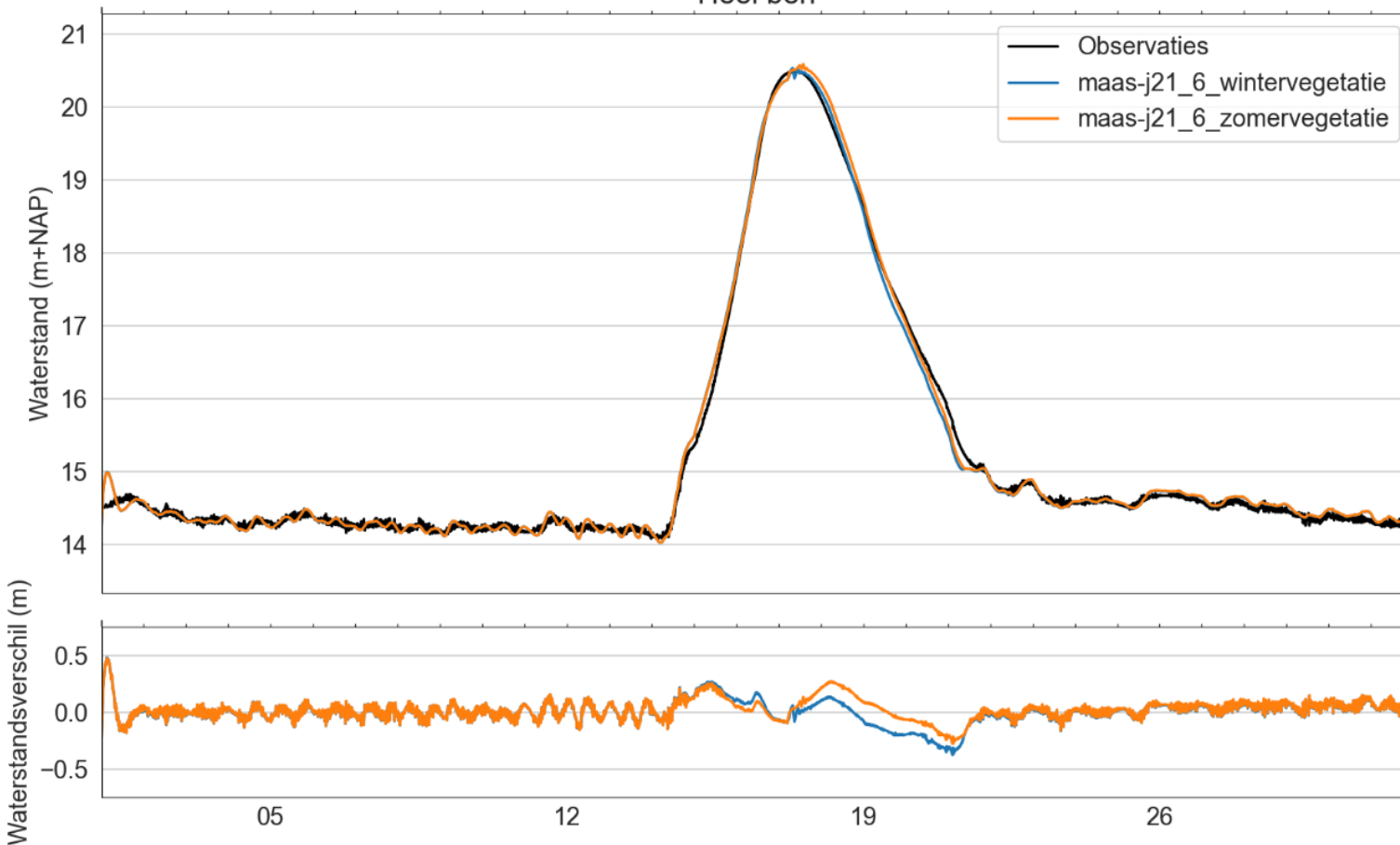
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: 0.020 m	bias: 0.036 m
rmse: 0.058 m	rmse: 0.081 m
stdev: 0.055 m	stdev: 0.073 m

Heel boven

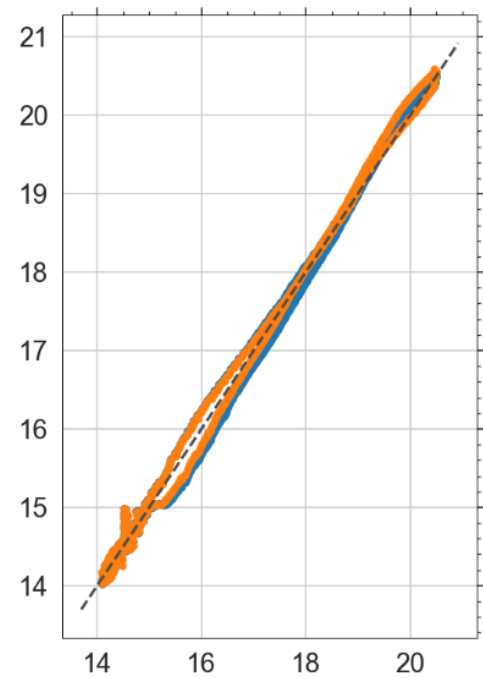


maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: 0.021 m	bias: 0.027 m
rmse: 0.077 m	rmse: 0.096 m
stdev: 0.074 m	stdev: 0.092 m

Heel ben

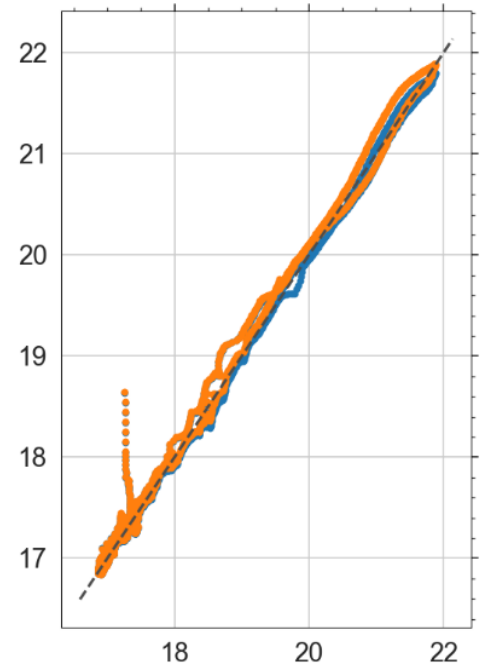
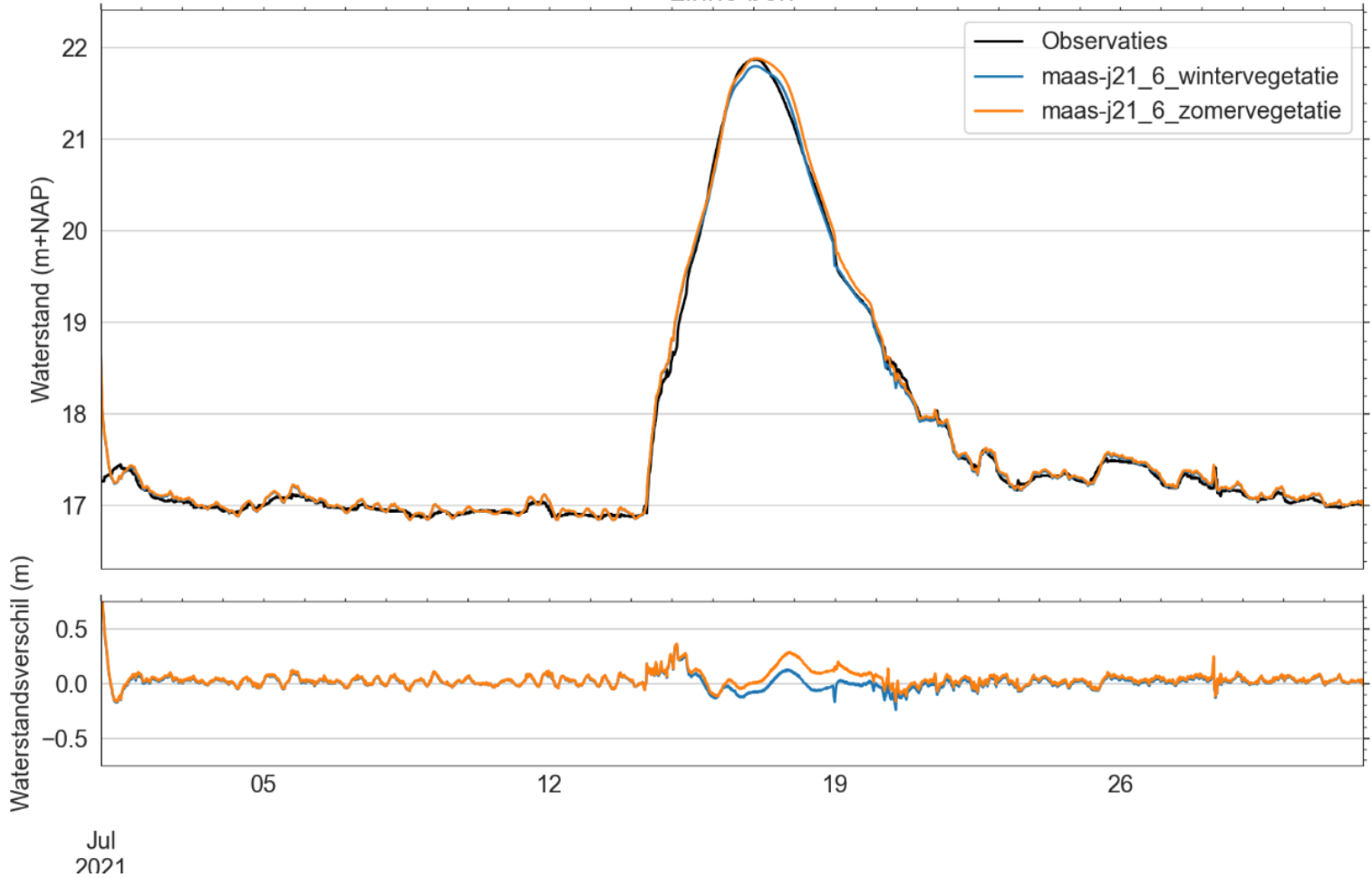


Jul
2021



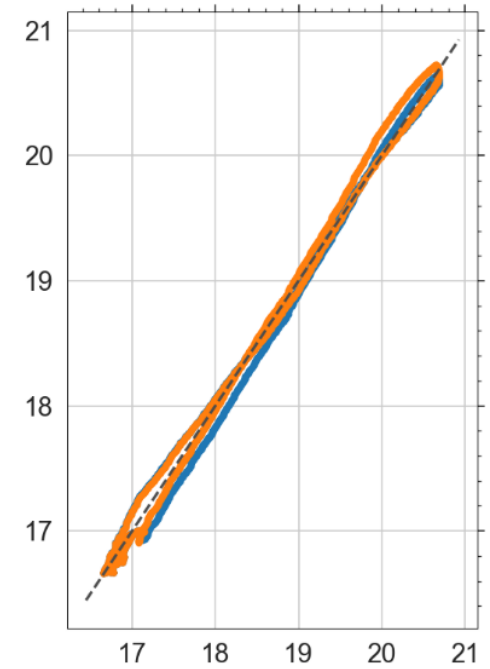
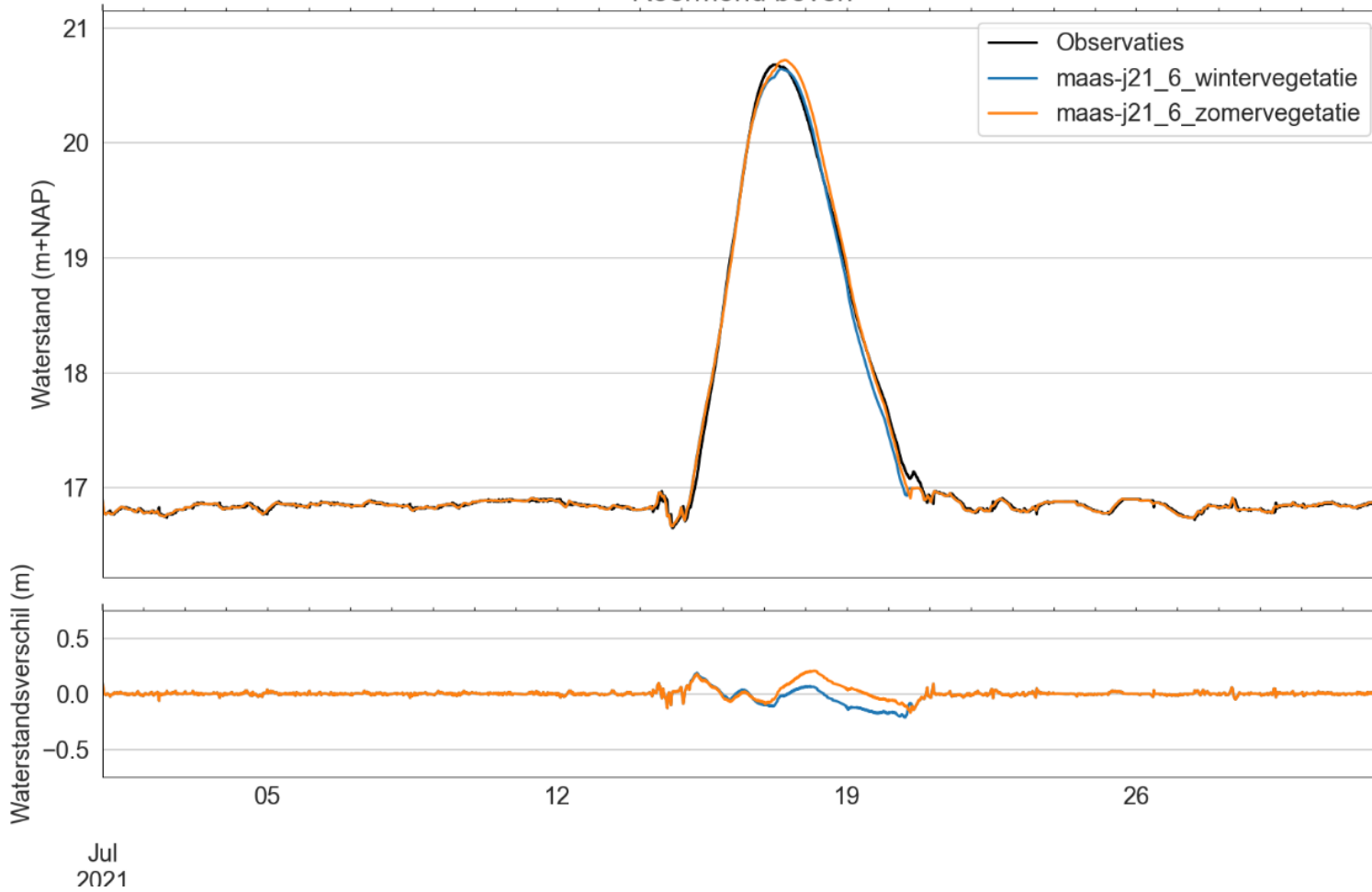
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: 0.004 m	bias: 0.021 m
rmse: 0.098 m	rmse: 0.089 m
stdev: 0.098 m	stdev: 0.087 m

Linne ben



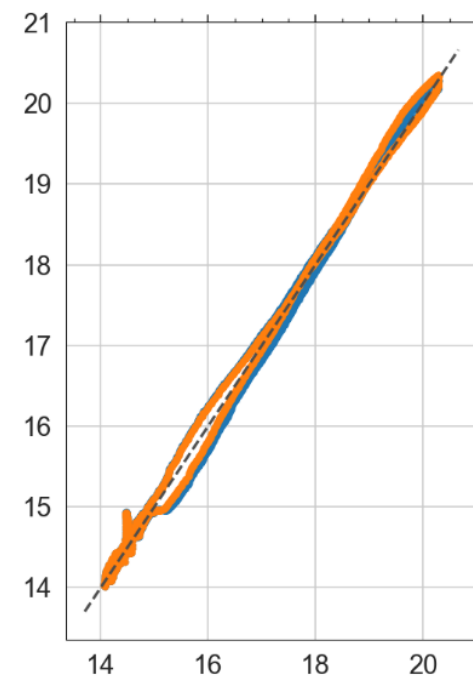
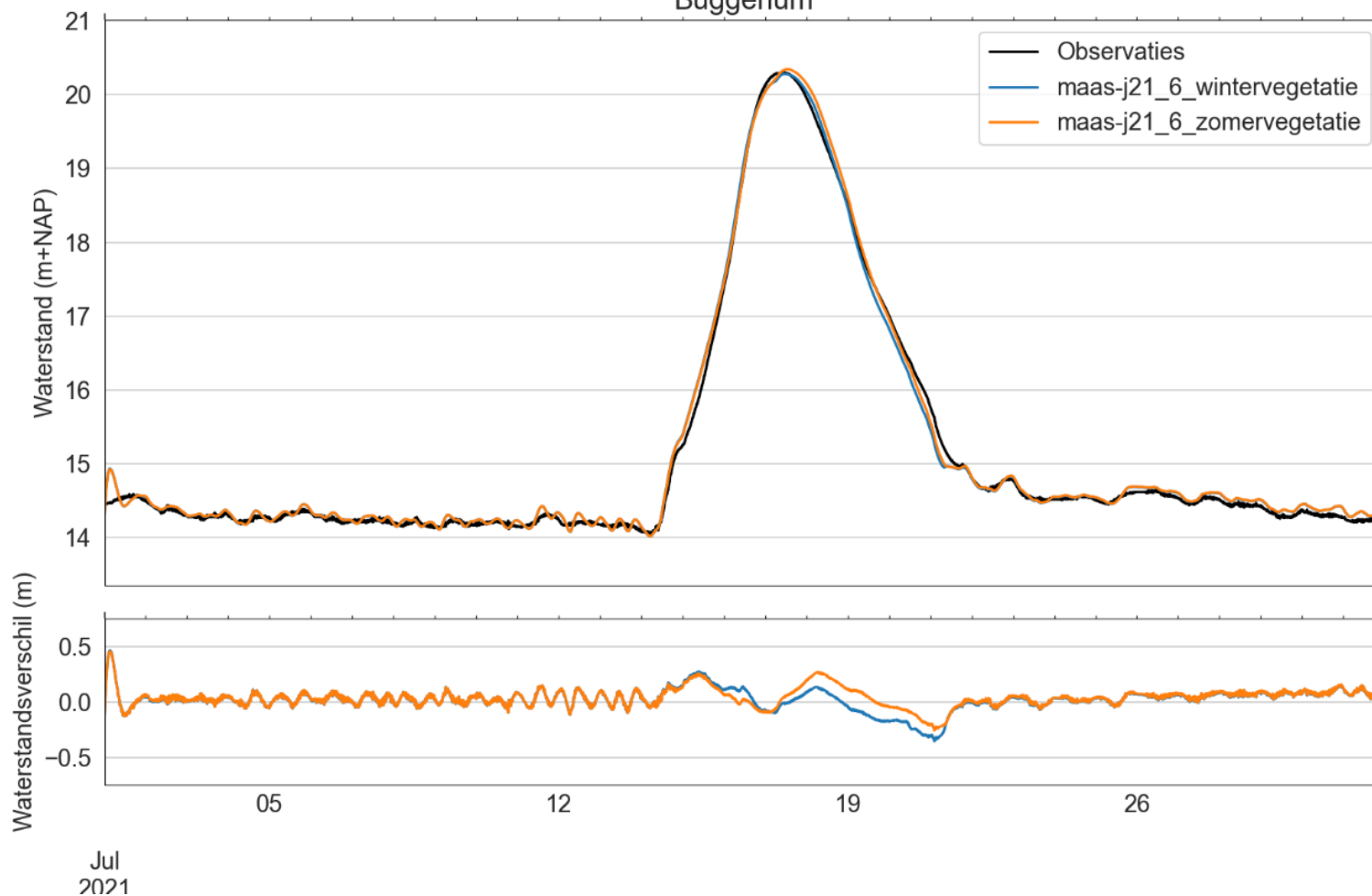
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: 0.017 m	bias: 0.041 m
rmse: 0.079 m	rmse: 0.091 m
stdev: 0.077 m	stdev: 0.081 m

Roermond boven

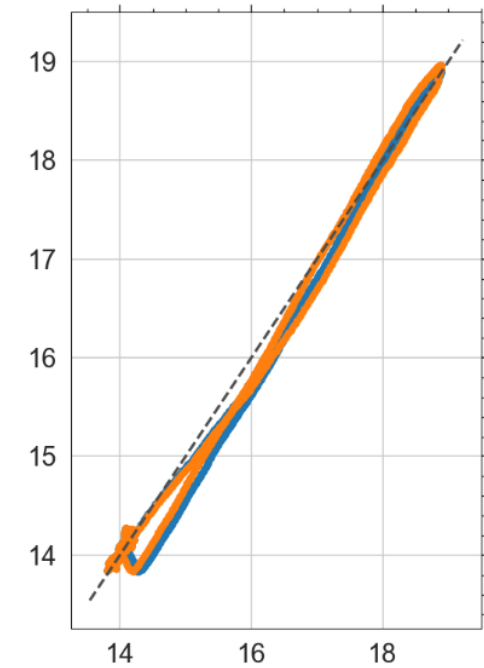
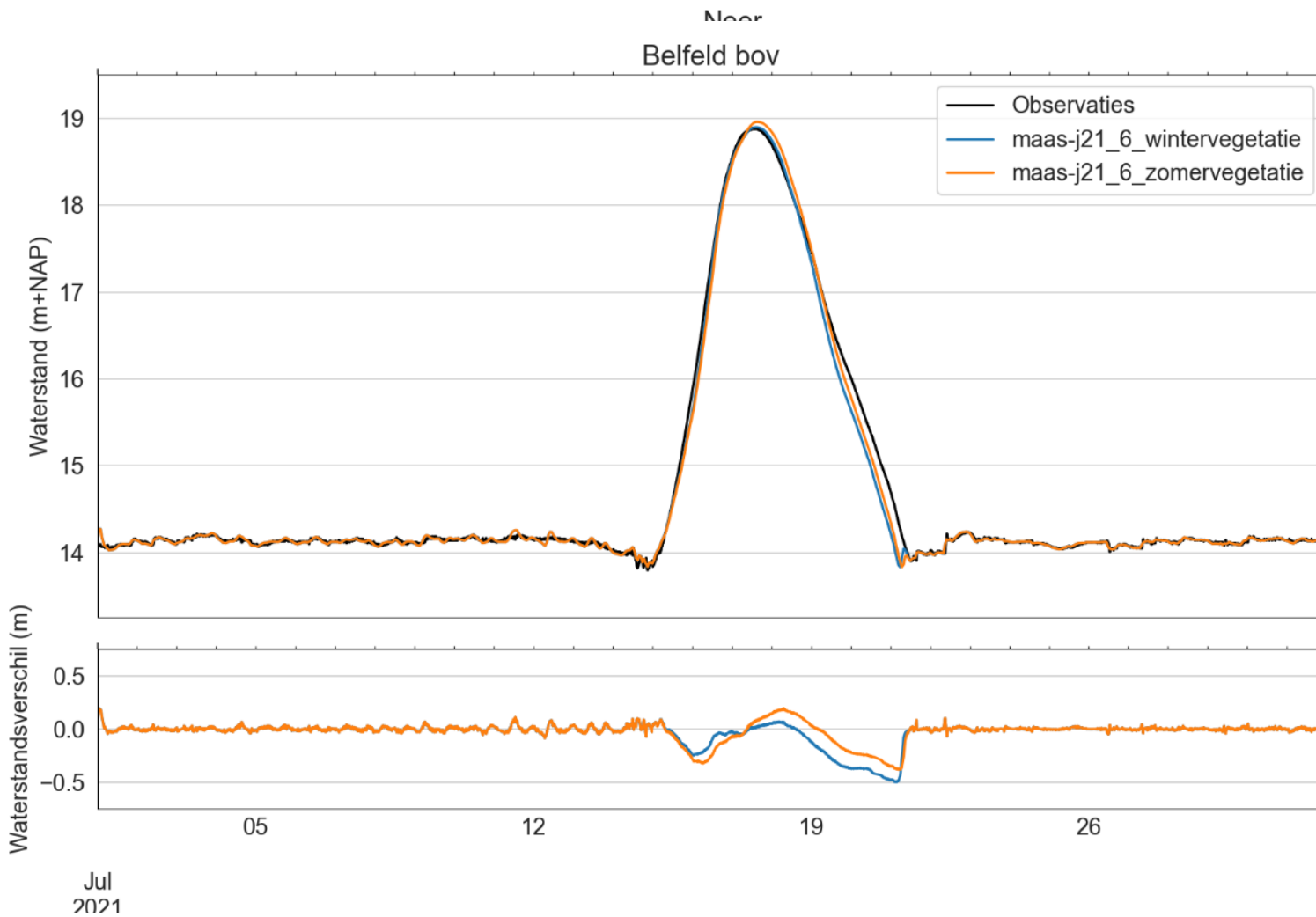


maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.008 m	bias: 0.005 m
rmse: 0.047 m	rmse: 0.043 m
stdev: 0.046 m	stdev: 0.043 m

Buggenum

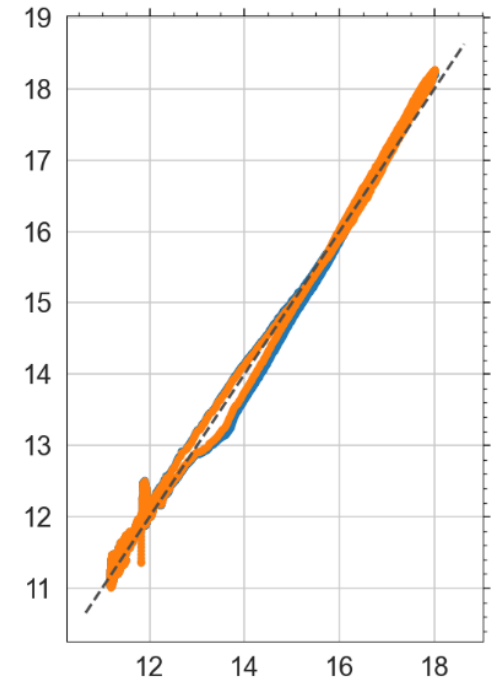
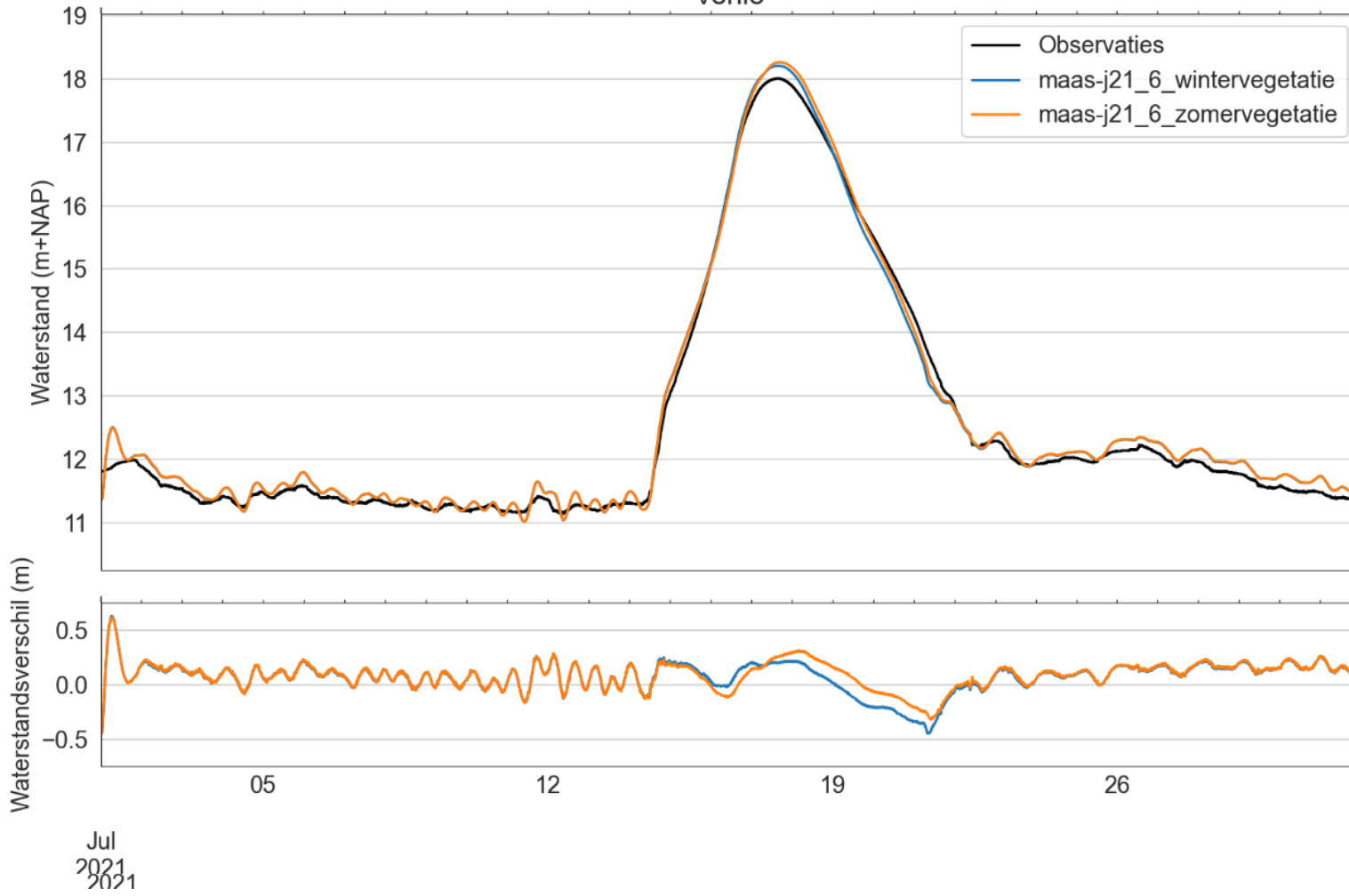


maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: 0.022 m	bias: 0.037 m
rmse: 0.096 m	rmse: 0.089 m
stdev: 0.093 m	stdev: 0.081 m



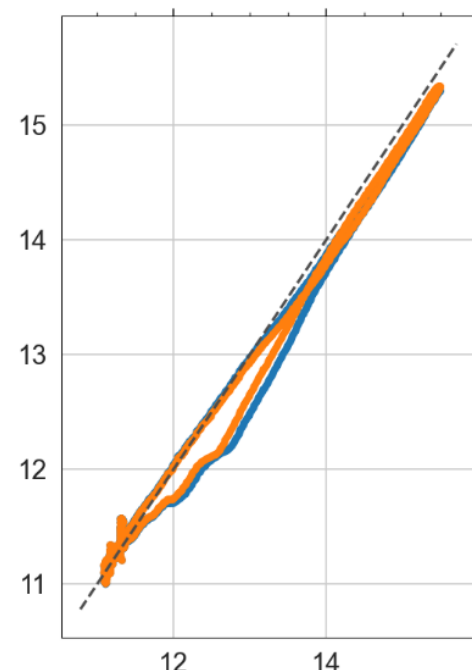
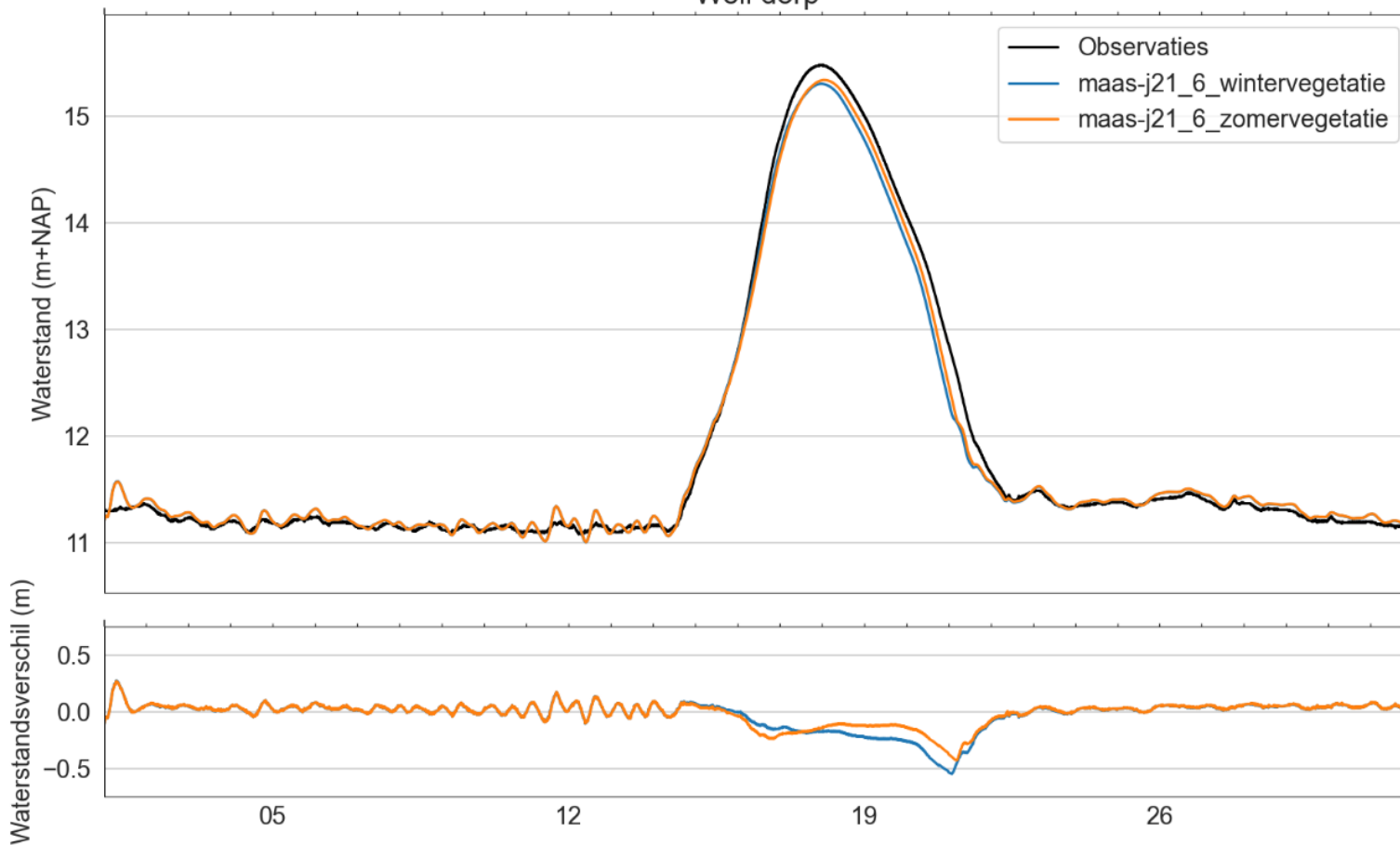
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.032 m	bias: -0.019 m
rmse: 0.108 m	rmse: 0.089 m
stdev: 0.103 m	stdev: 0.087 m

Venlo



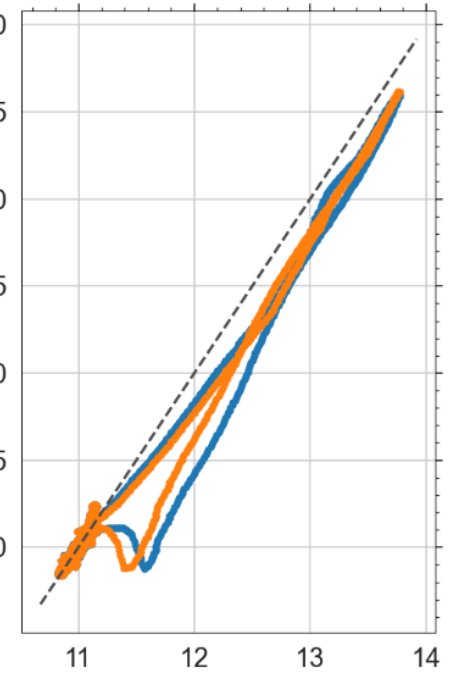
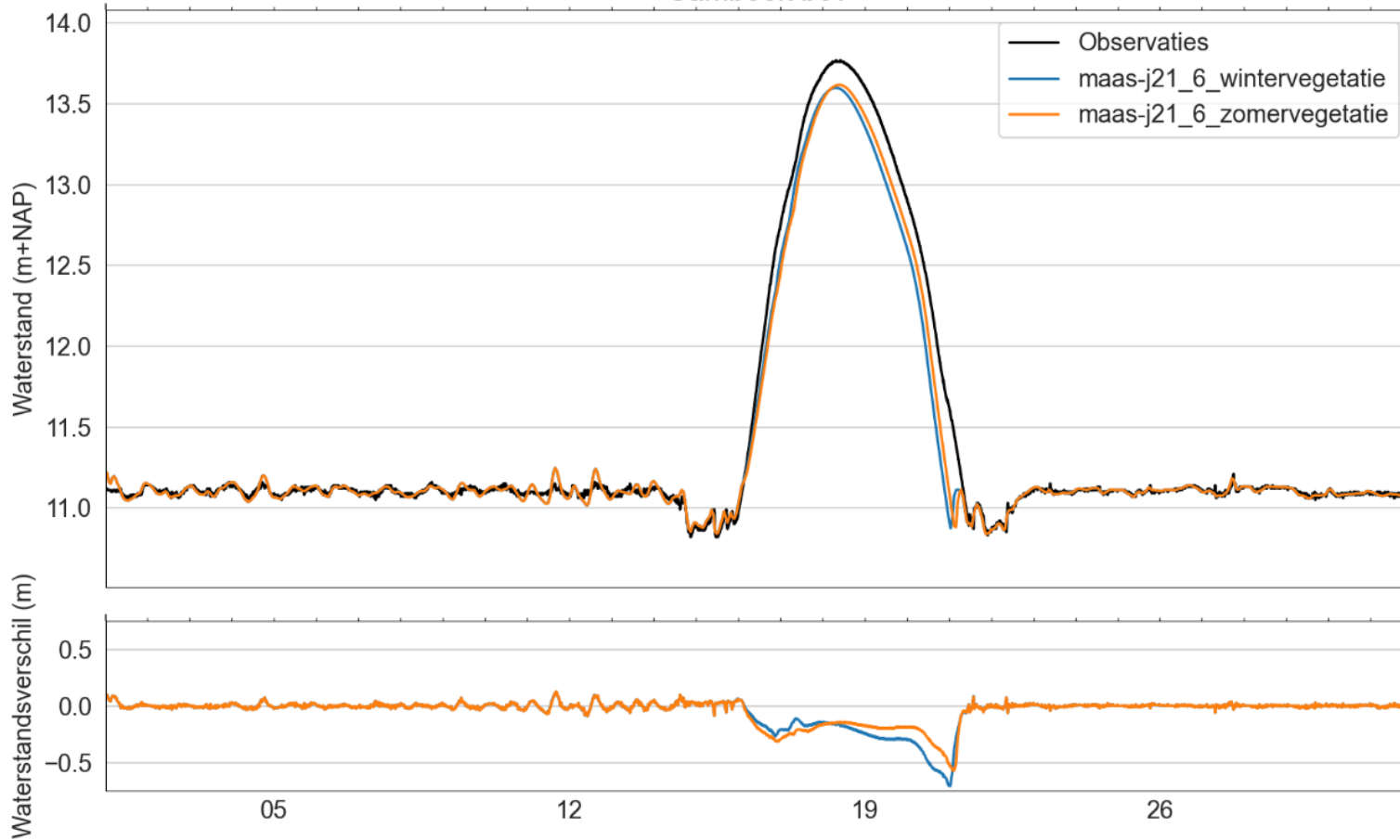
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: 0.072 m	bias: 0.088 m
rmse: 0.153 m	rmse: 0.149 m
stdev: 0.135 m	stdev: 0.120 m

Well dorp



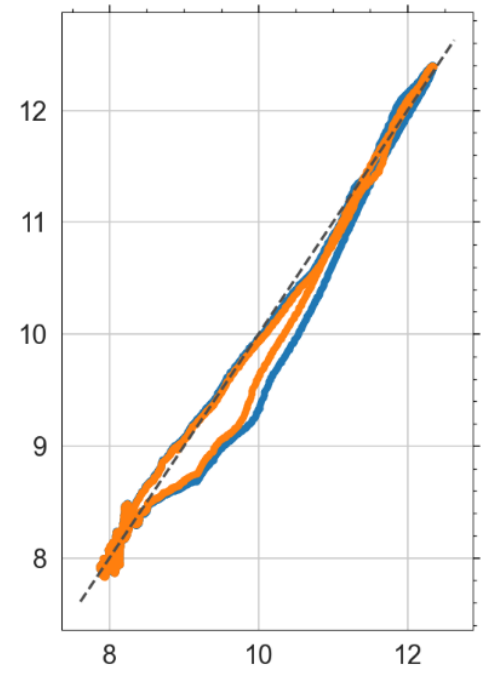
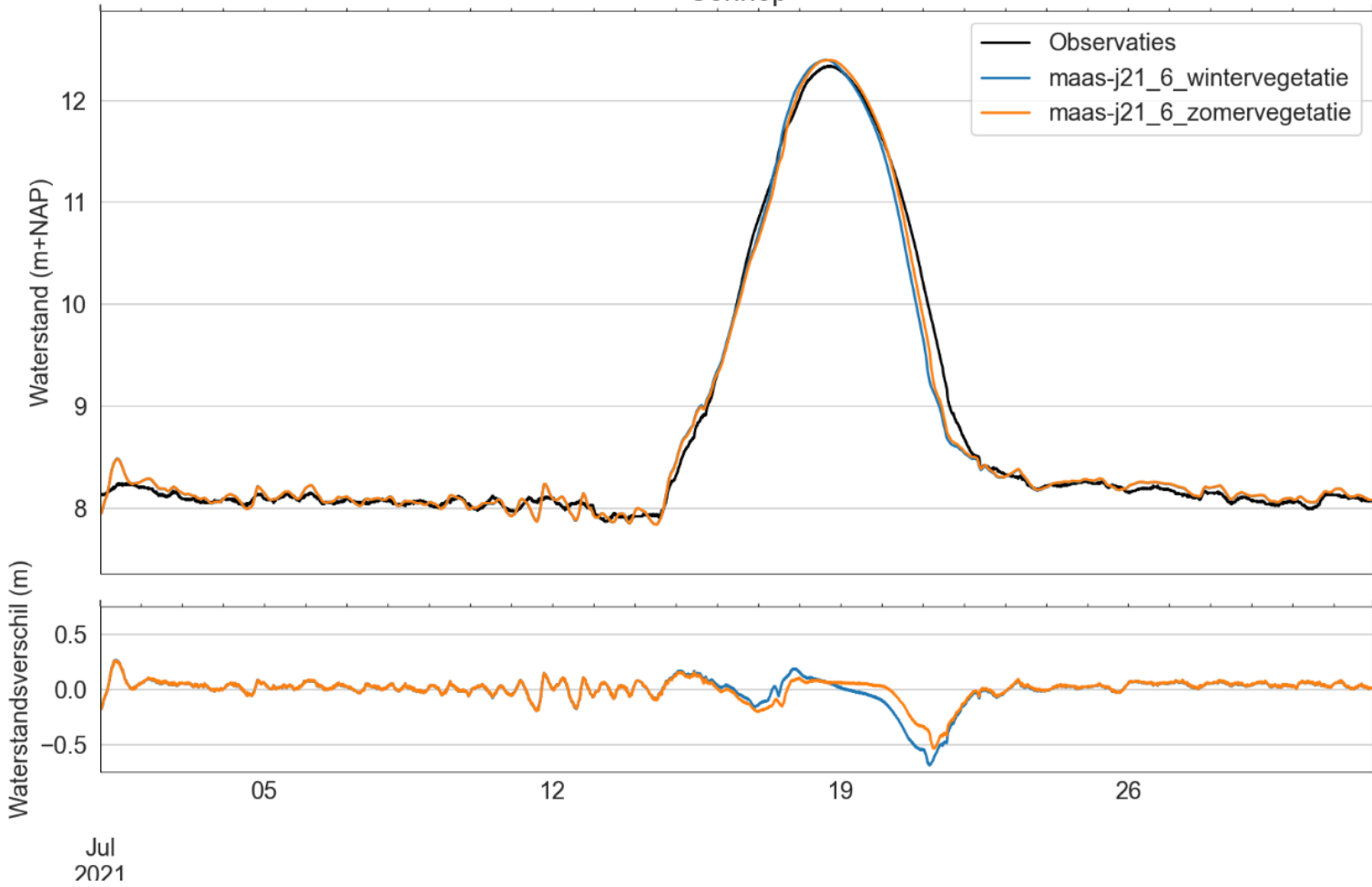
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.022 m	bias: -0.011 m
rmse: 0.123 m	rmse: 0.098 m
stdev: 0.121 m	stdev: 0.097 m

Sambeek bov



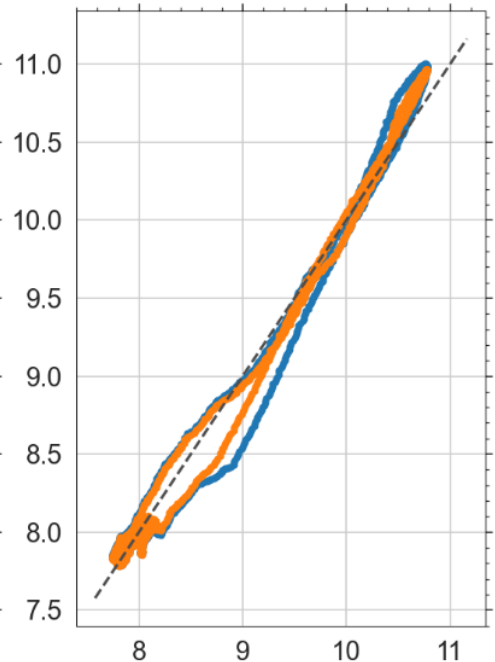
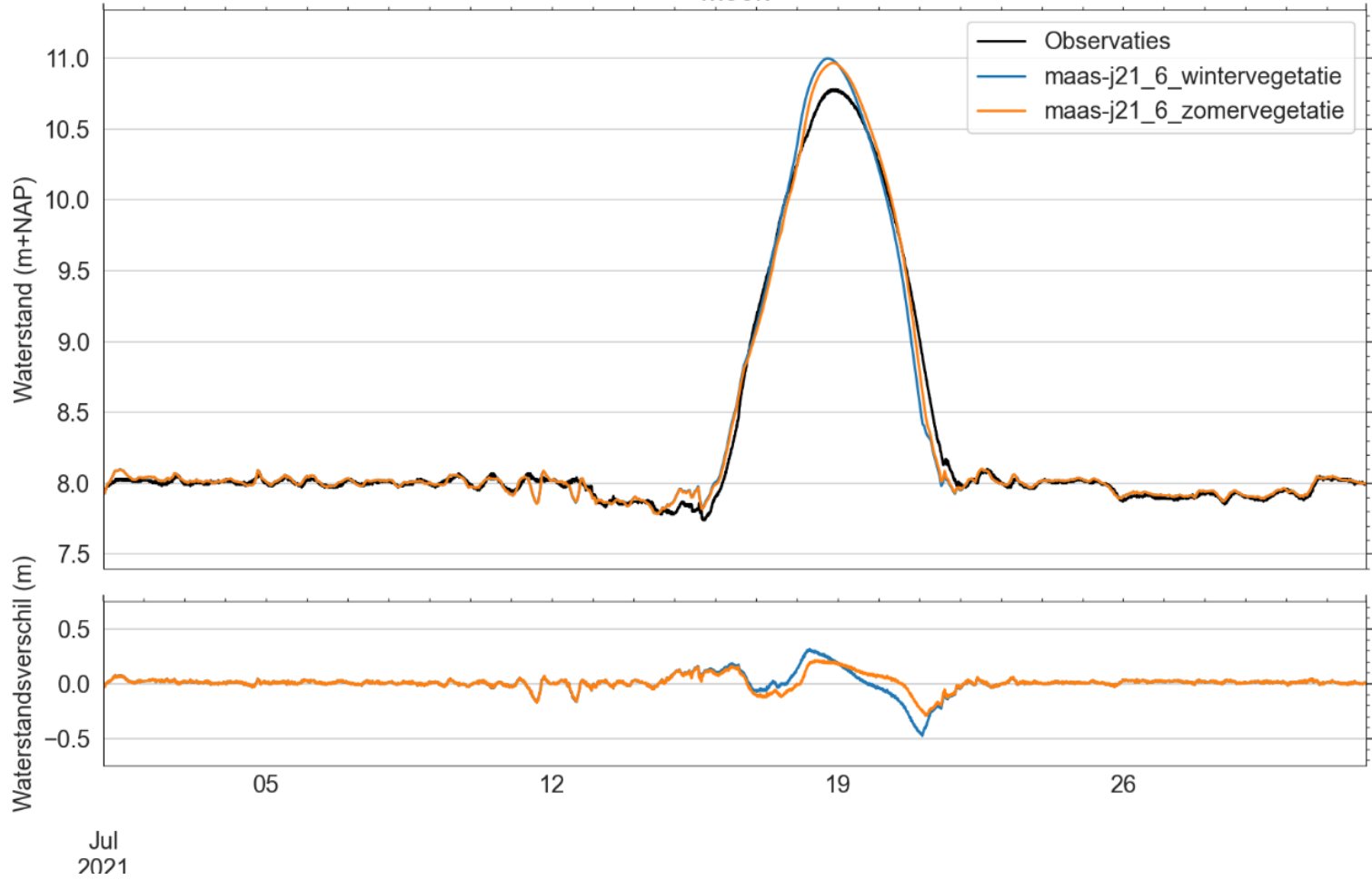
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.043 m	bias: -0.037 m
rmse: 0.124 m	rmse: 0.103 m
stdev: 0.117 m	stdev: 0.096 m

Sambeek ben Genneep



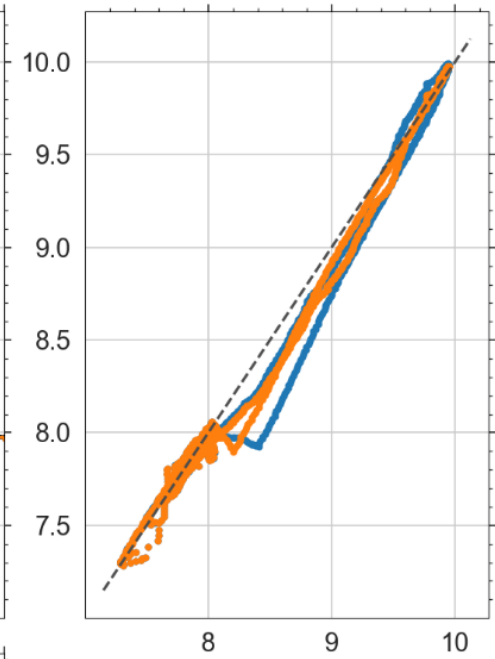
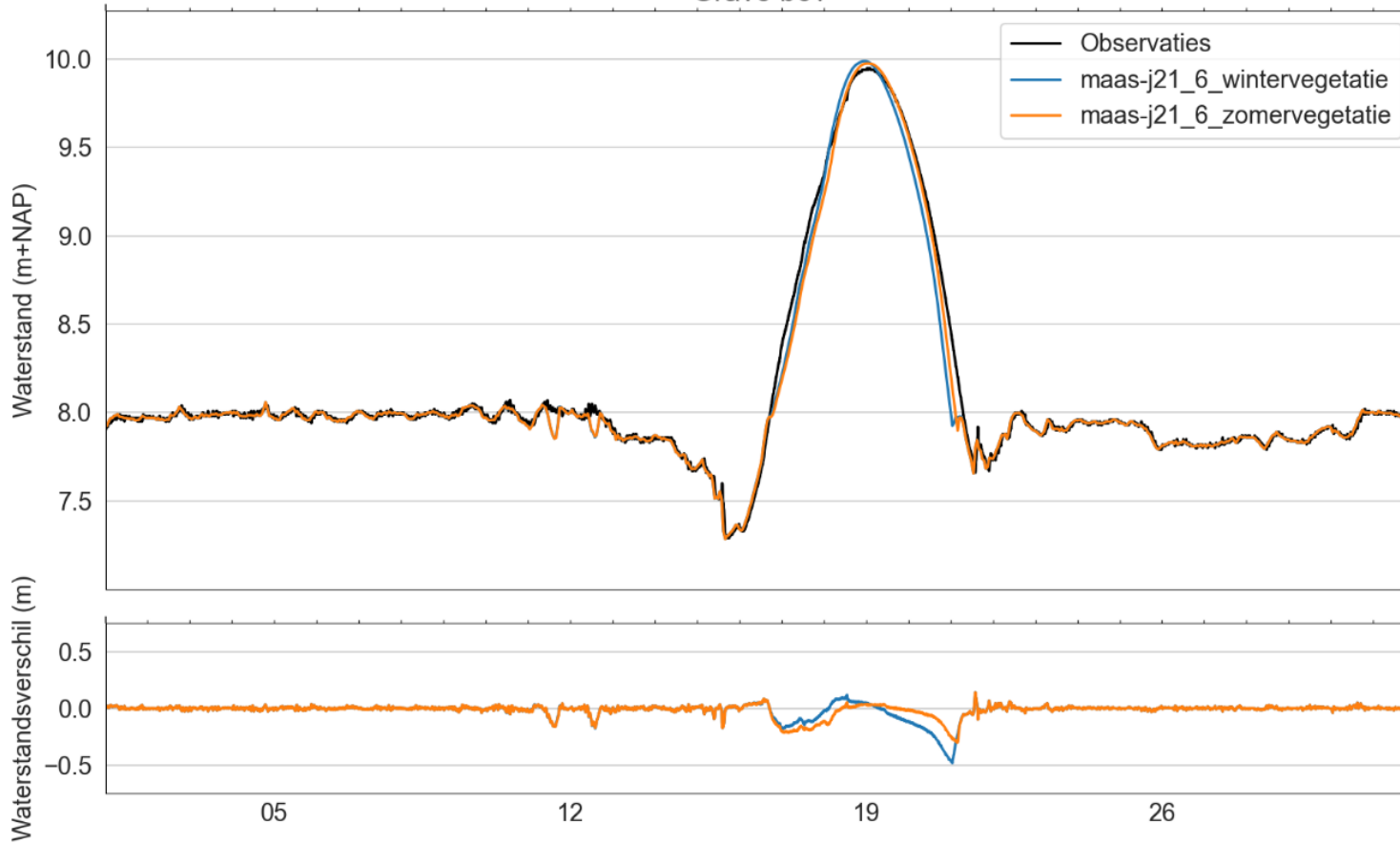
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.005 m	bias: 0.003 m
rmse: 0.125 m	rmse: 0.098 m
stdev: 0.125 m	stdev: 0.098 m

Mook



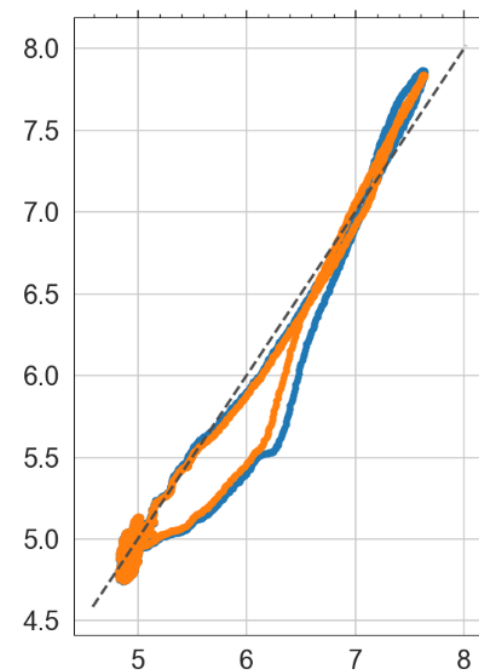
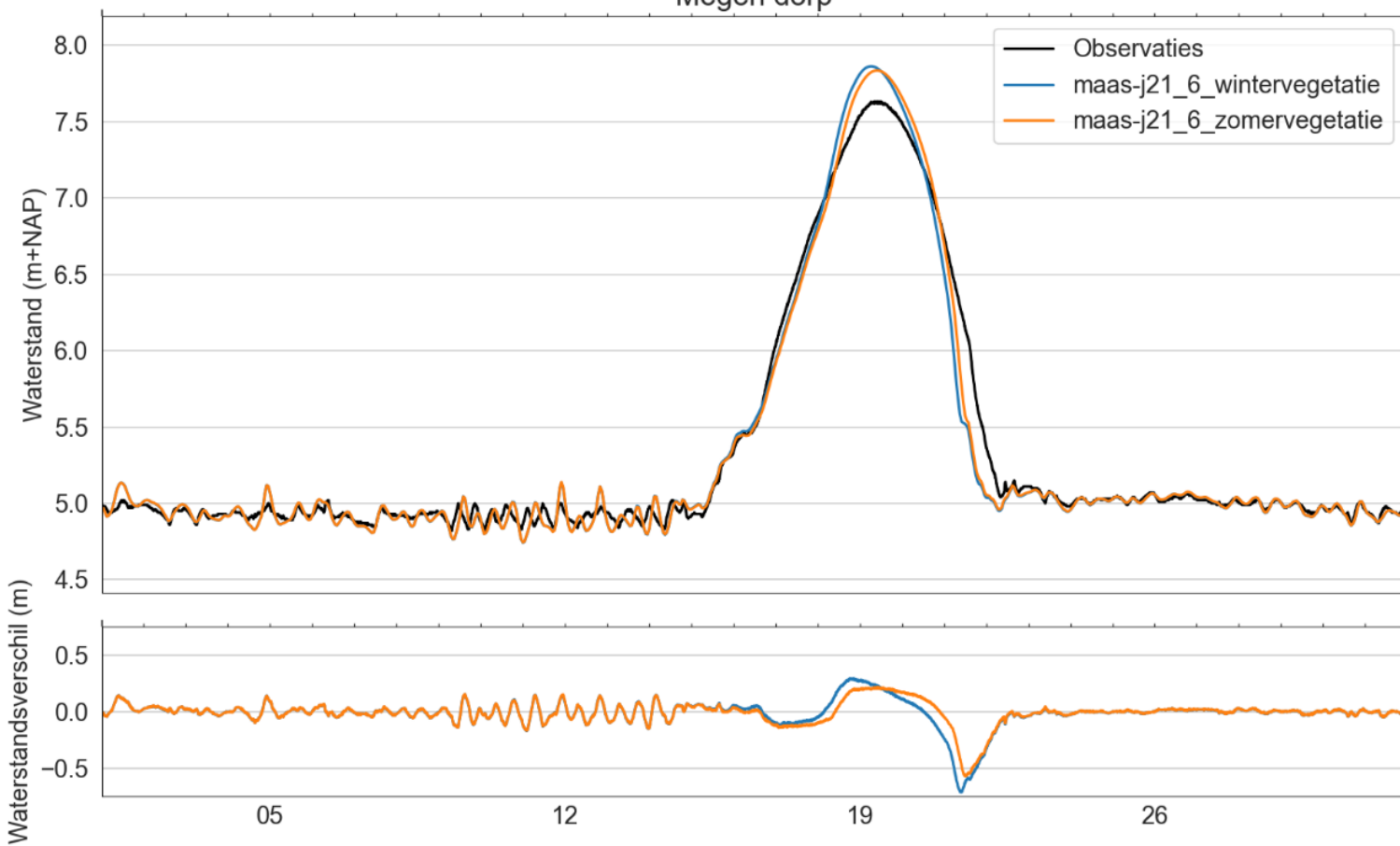
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: 0.008 m	bias: 0.011 m
rmse: 0.086 m	rmse: 0.065 m
stdev: 0.086 m	stdev: 0.064 m

Grave bov



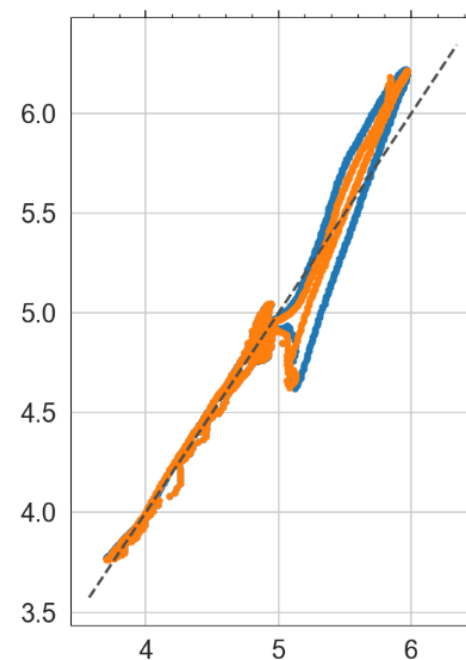
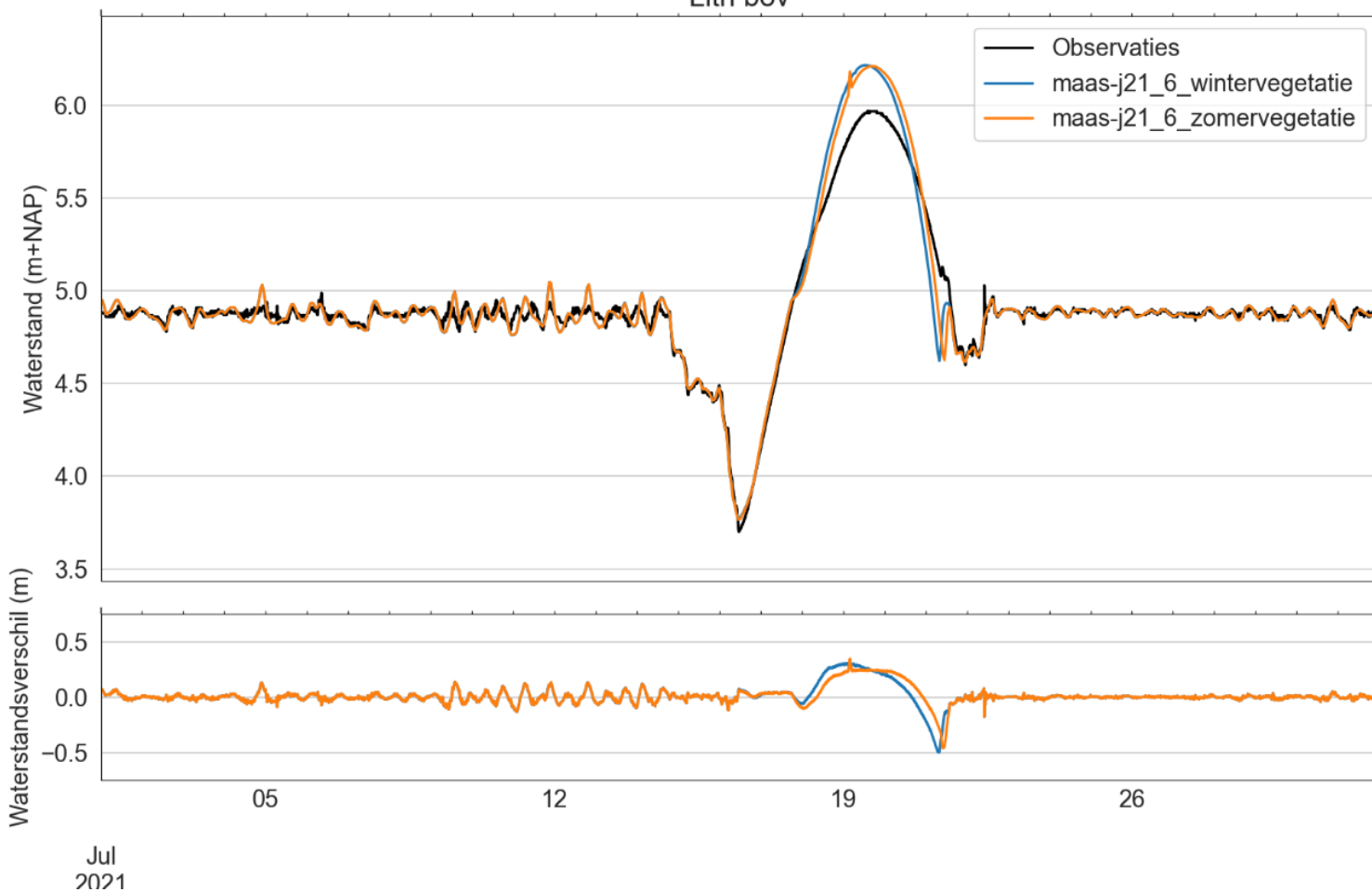
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.017 m	bias: -0.014 m
rmse: 0.067 m	rmse: 0.052 m
stdev: 0.065 m	stdev: 0.050 m

Megen dorp



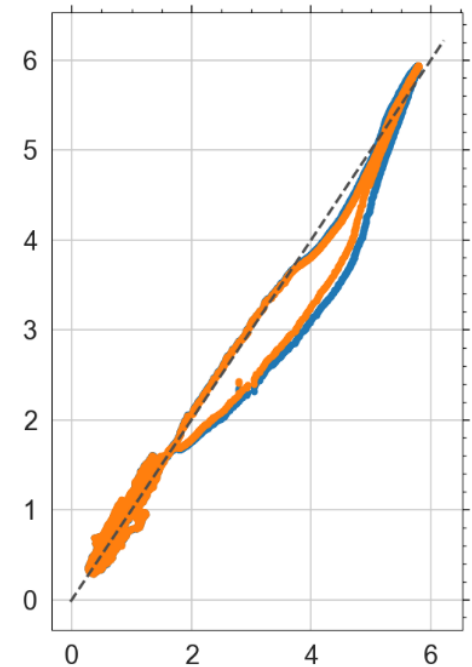
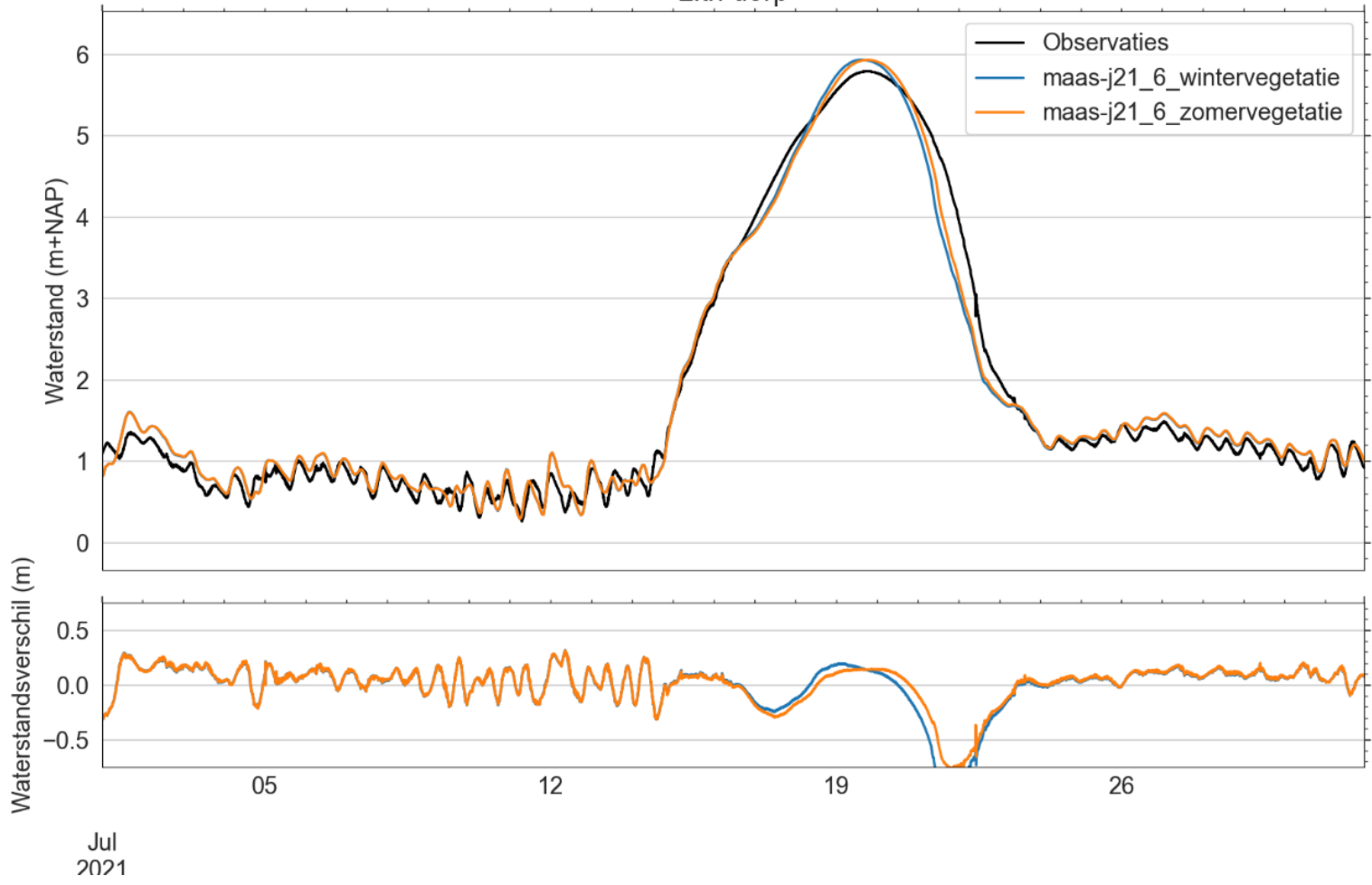
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.012 m	bias: -0.009 m
rmse: 0.120 m	rmse: 0.100 m
stdev: 0.119 m	stdev: 0.100 m

Lith bov



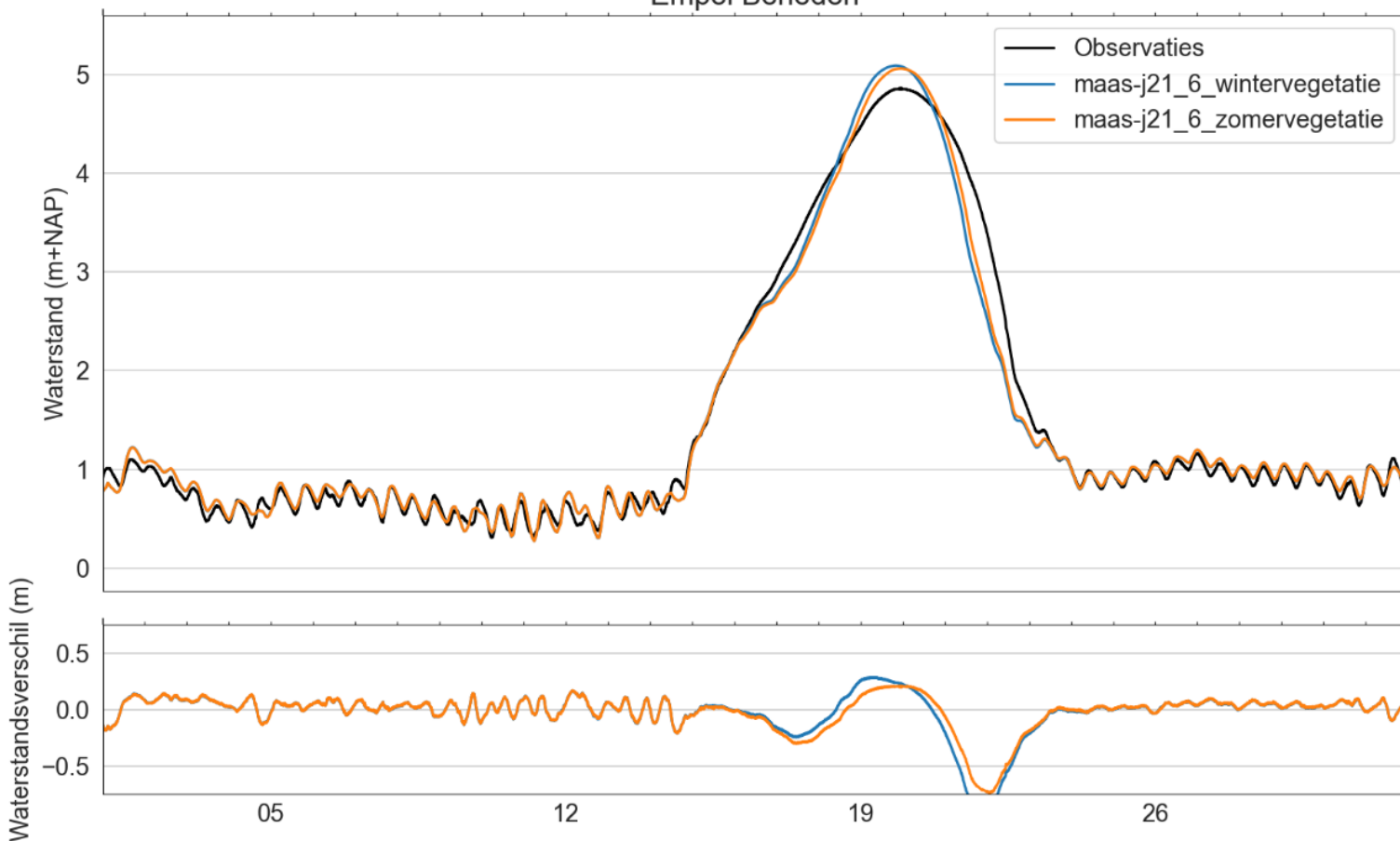
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: 0.010 m	bias: 0.011 m
rmse: 0.084 m	rmse: 0.075 m
stdev: 0.083 m	stdev: 0.074 m

Lith dorp

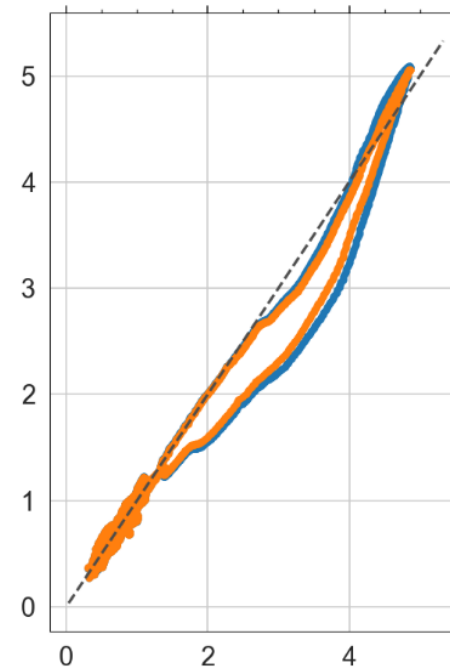


maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: 0.006 m	bias: 0.017 m
rmse: 0.210 m	rmse: 0.181 m
stdev: 0.210 m	stdev: 0.181 m

Empel Beneden

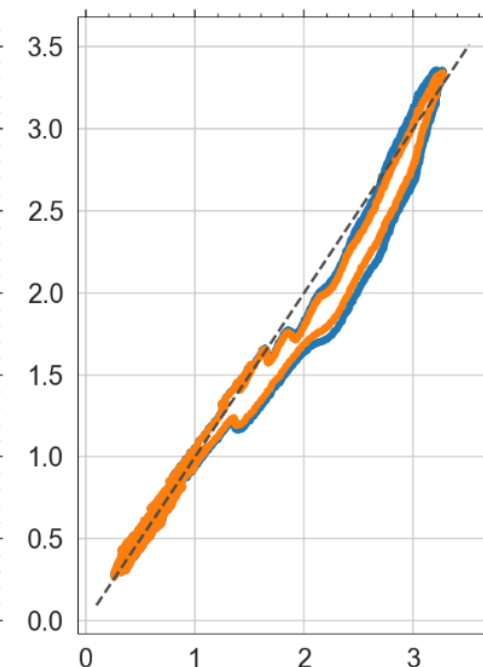
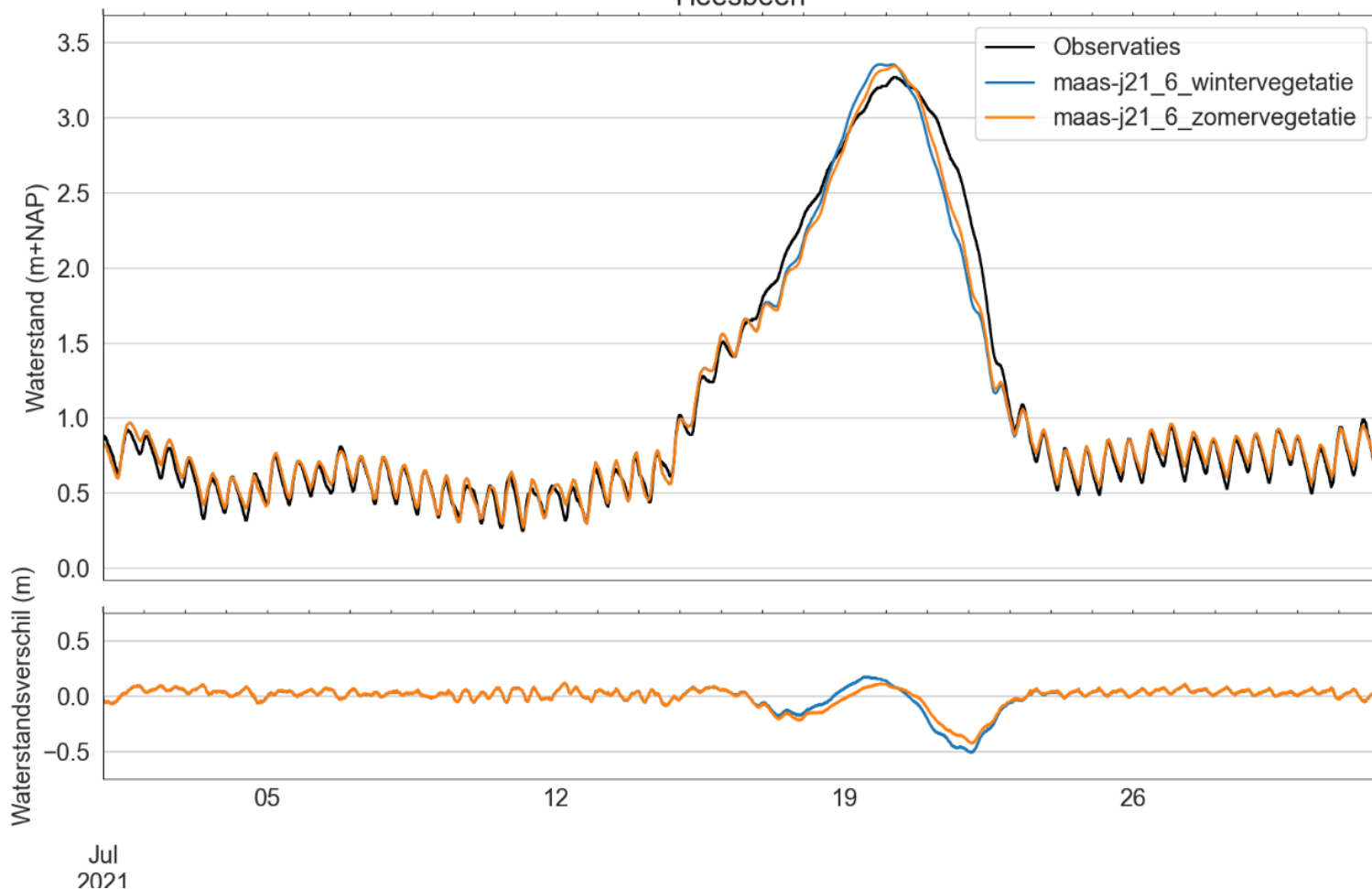


Jul
2021



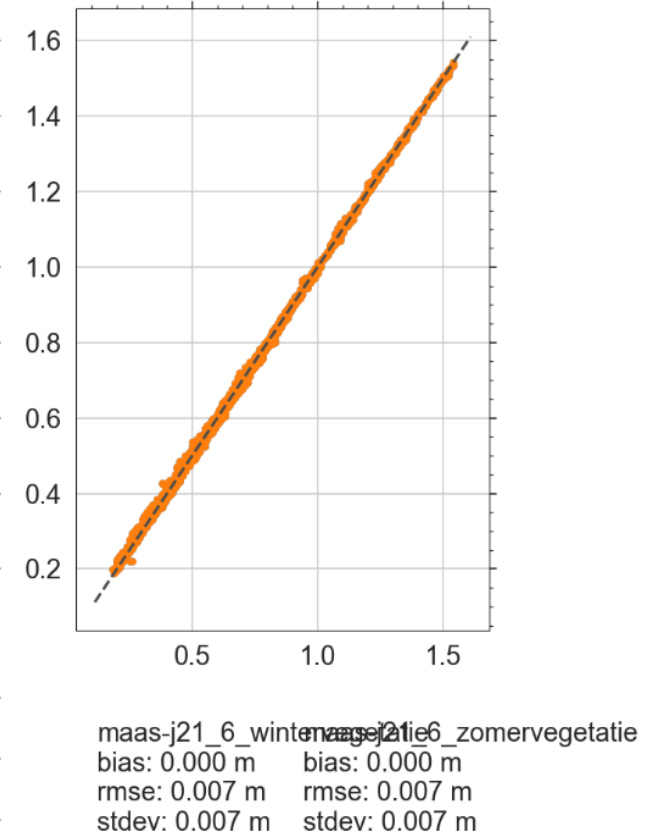
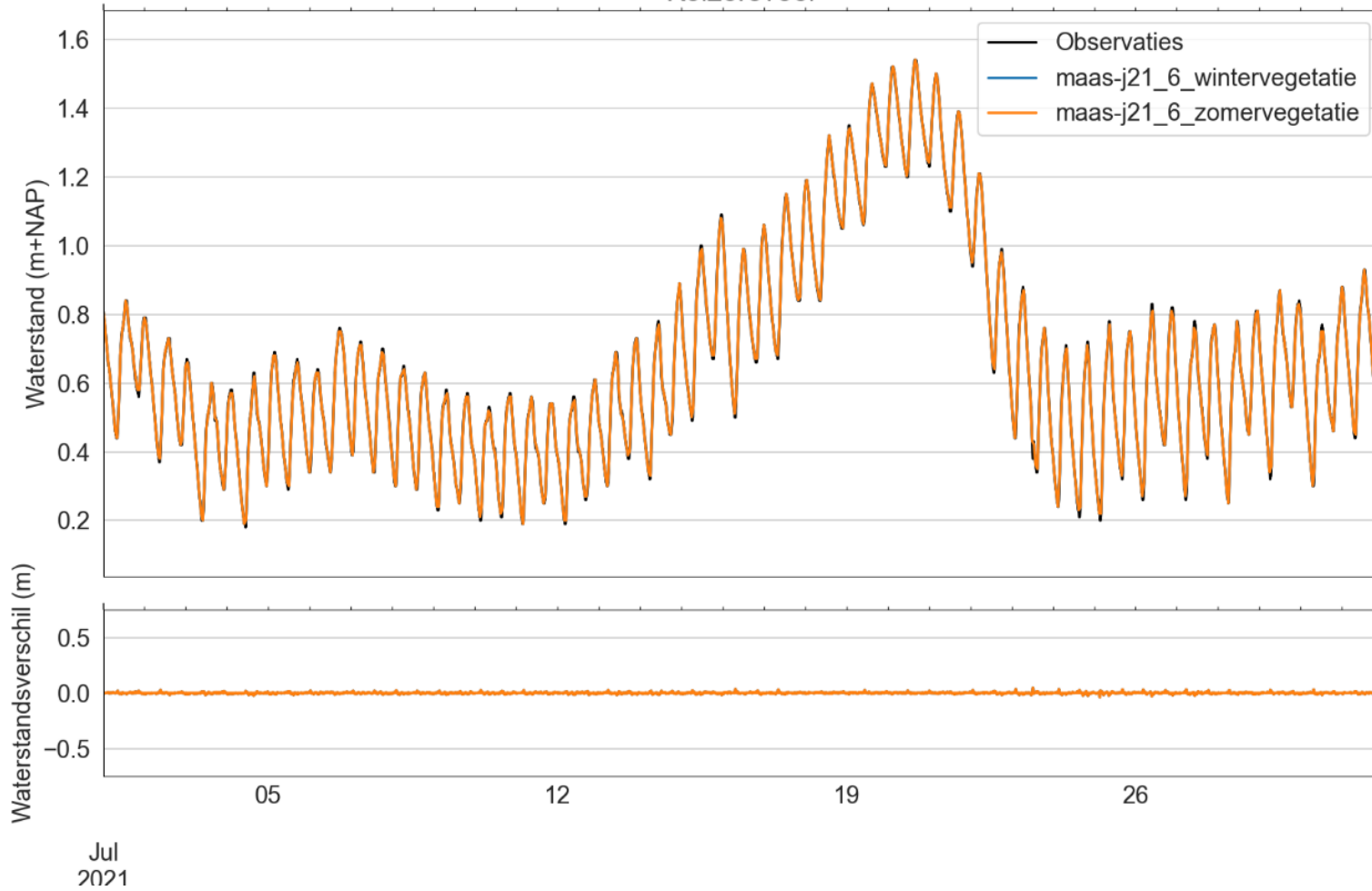
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.019 m	bias: -0.017 m
rmse: 0.185 m	rmse: 0.158 m
stdev: 0.184 m	stdev: 0.157 m

Heesbeen

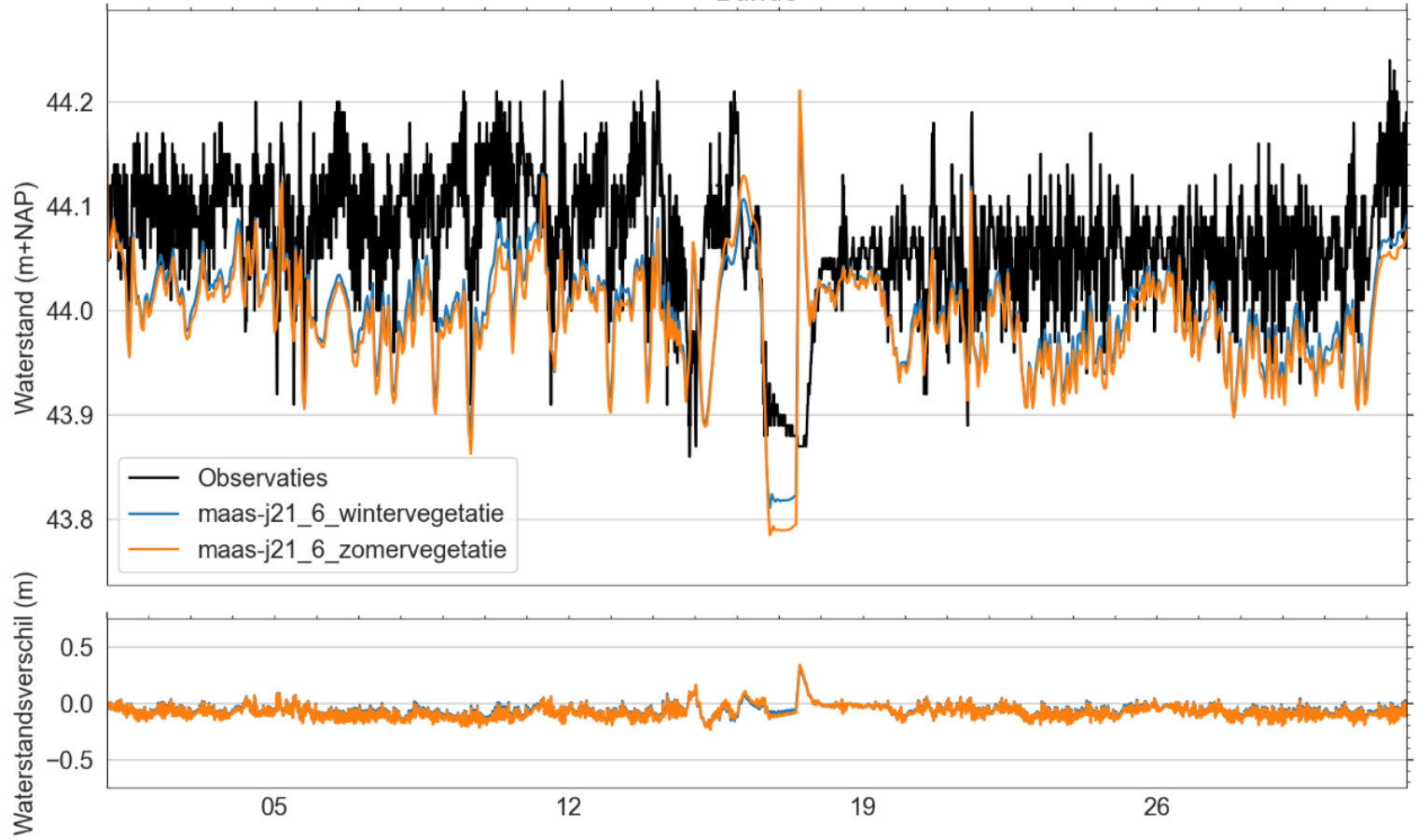


maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.005 m	bias: -0.004 m
rmse: 0.109 m	rmse: 0.093 m
stdev: 0.108 m	stdev: 0.093 m

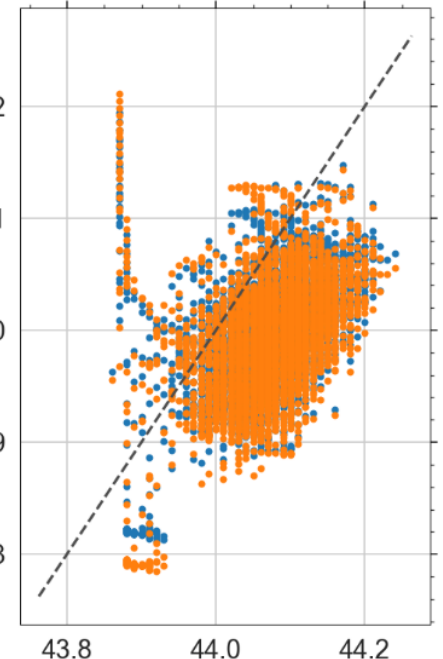
Keizersveer



Bunde

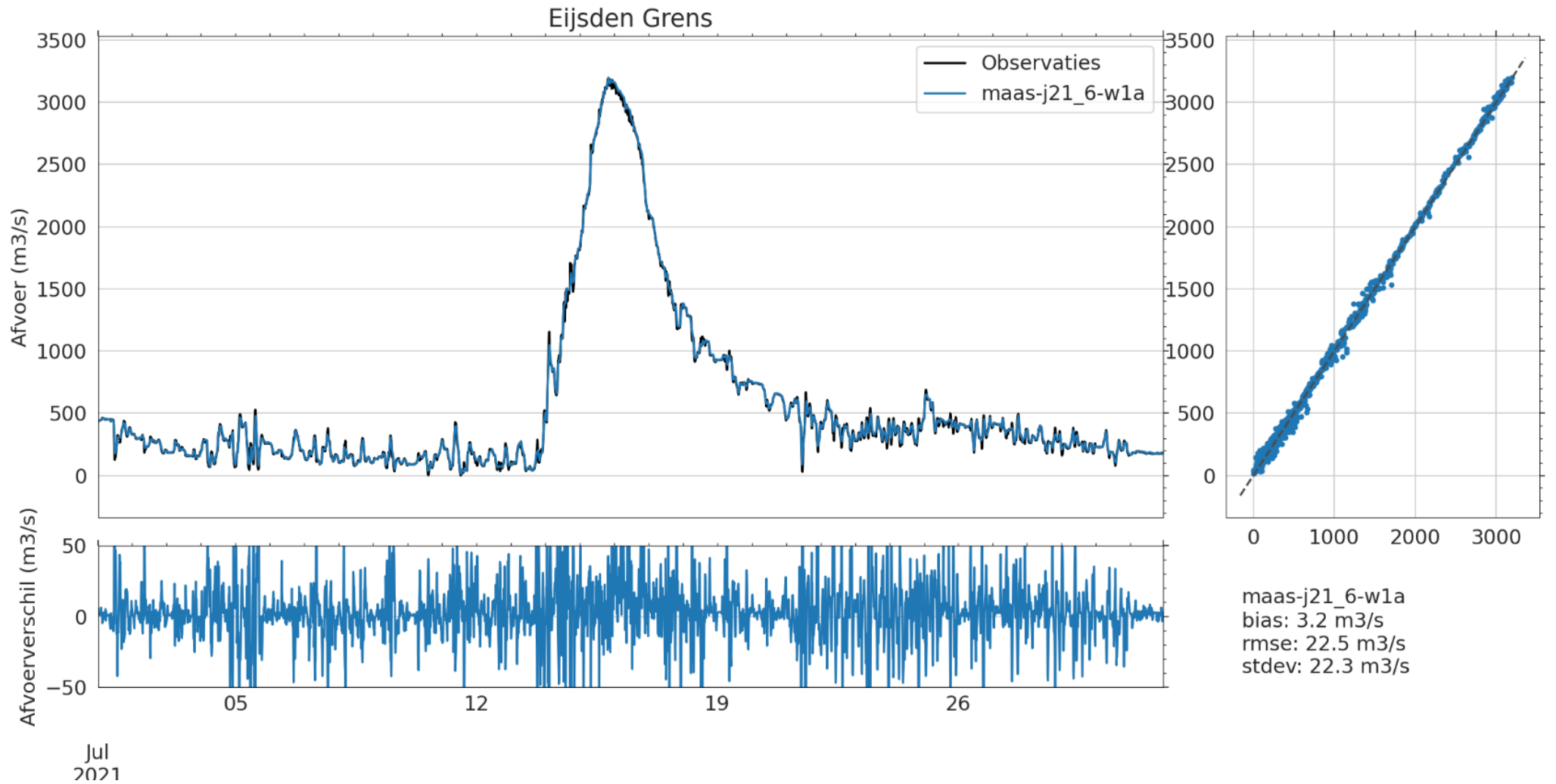


Jul
2021

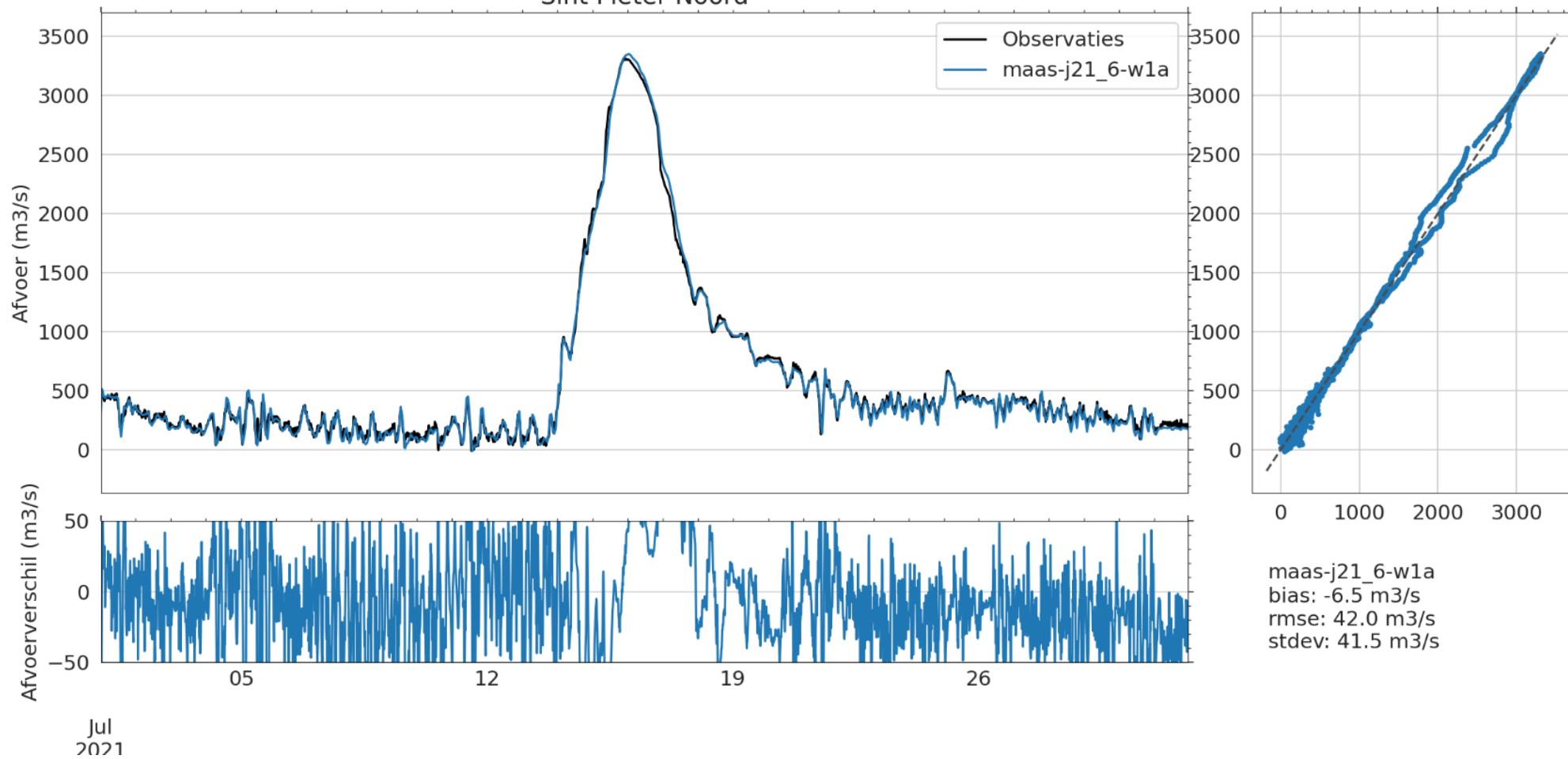


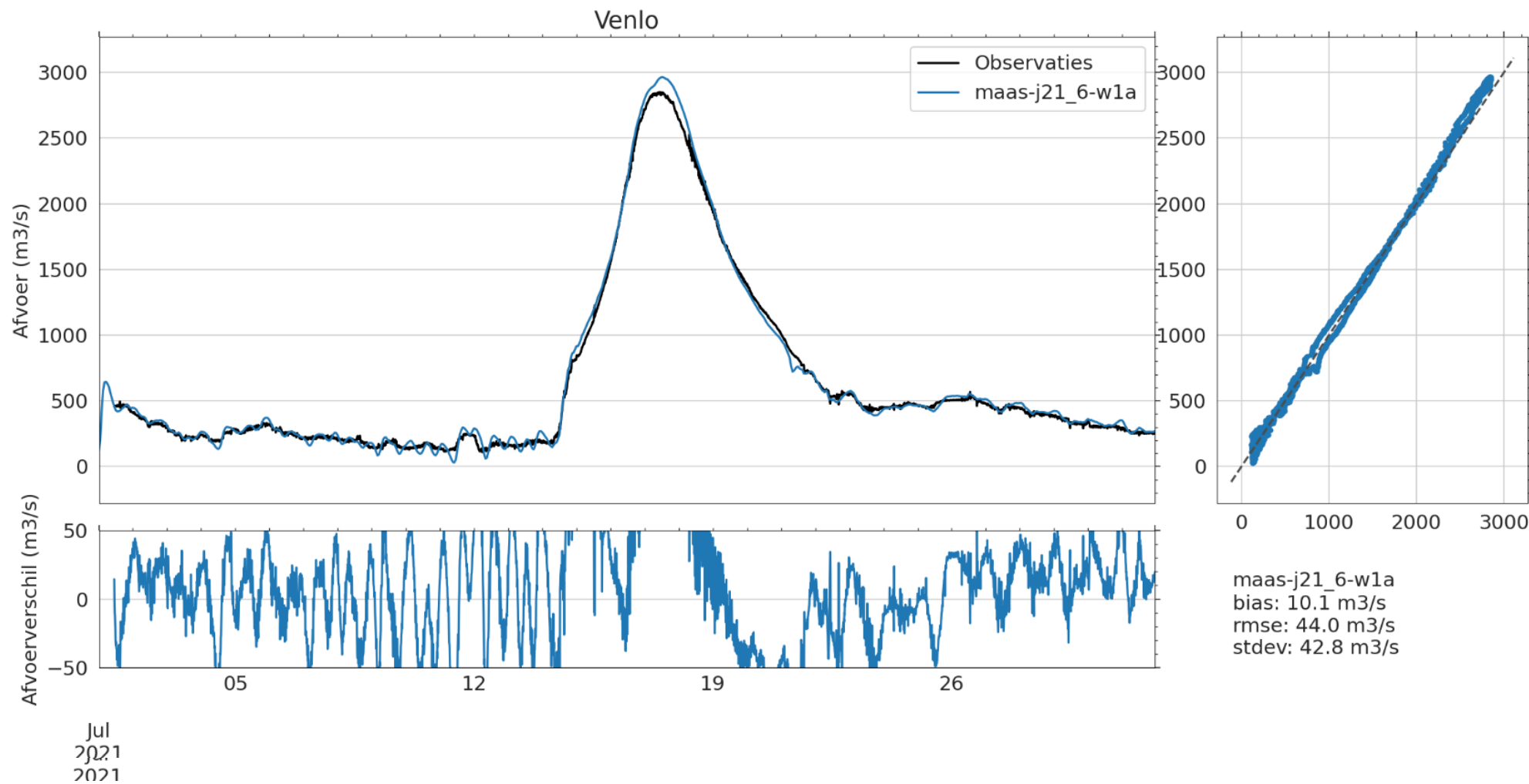
maas-j21_6_wintervegetatie	maas-j21_6_zomervegetatie
bias: -0.070 m	bias: -0.078 m
rmse: 0.089 m	rmse: 0.098 m
stdev: 0.056 m	stdev: 0.059 m

E.4 Afvoeren tijdseries

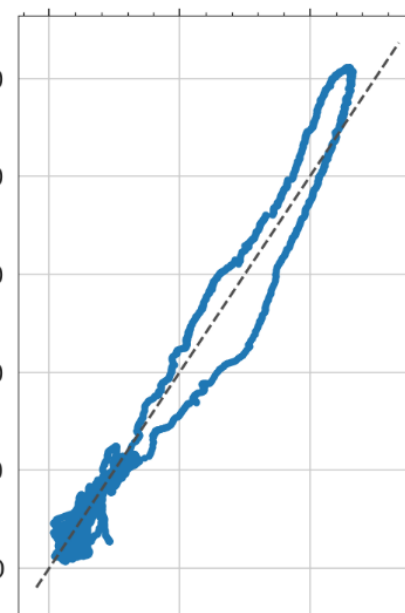
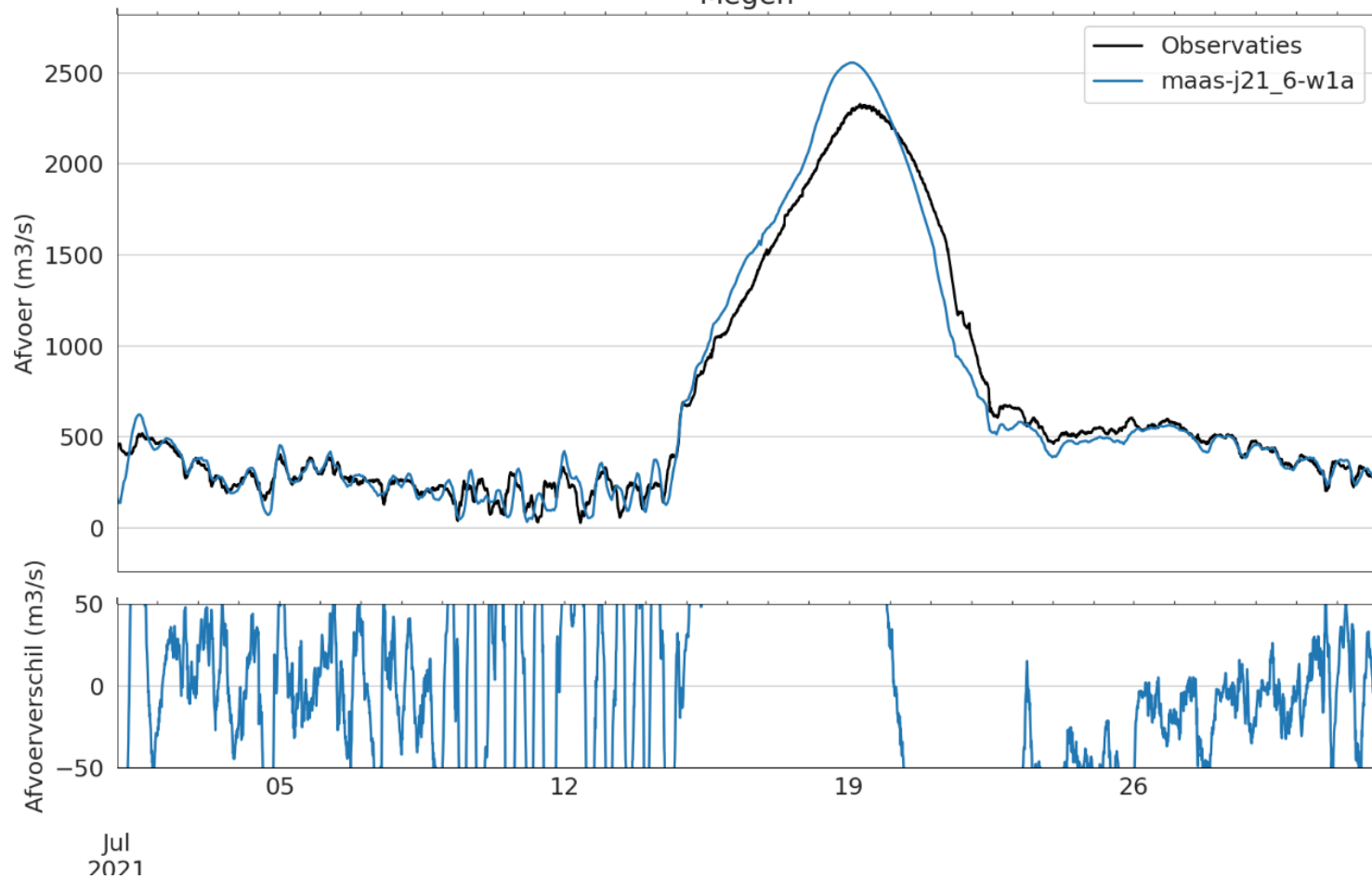


Sint Pieter Noord



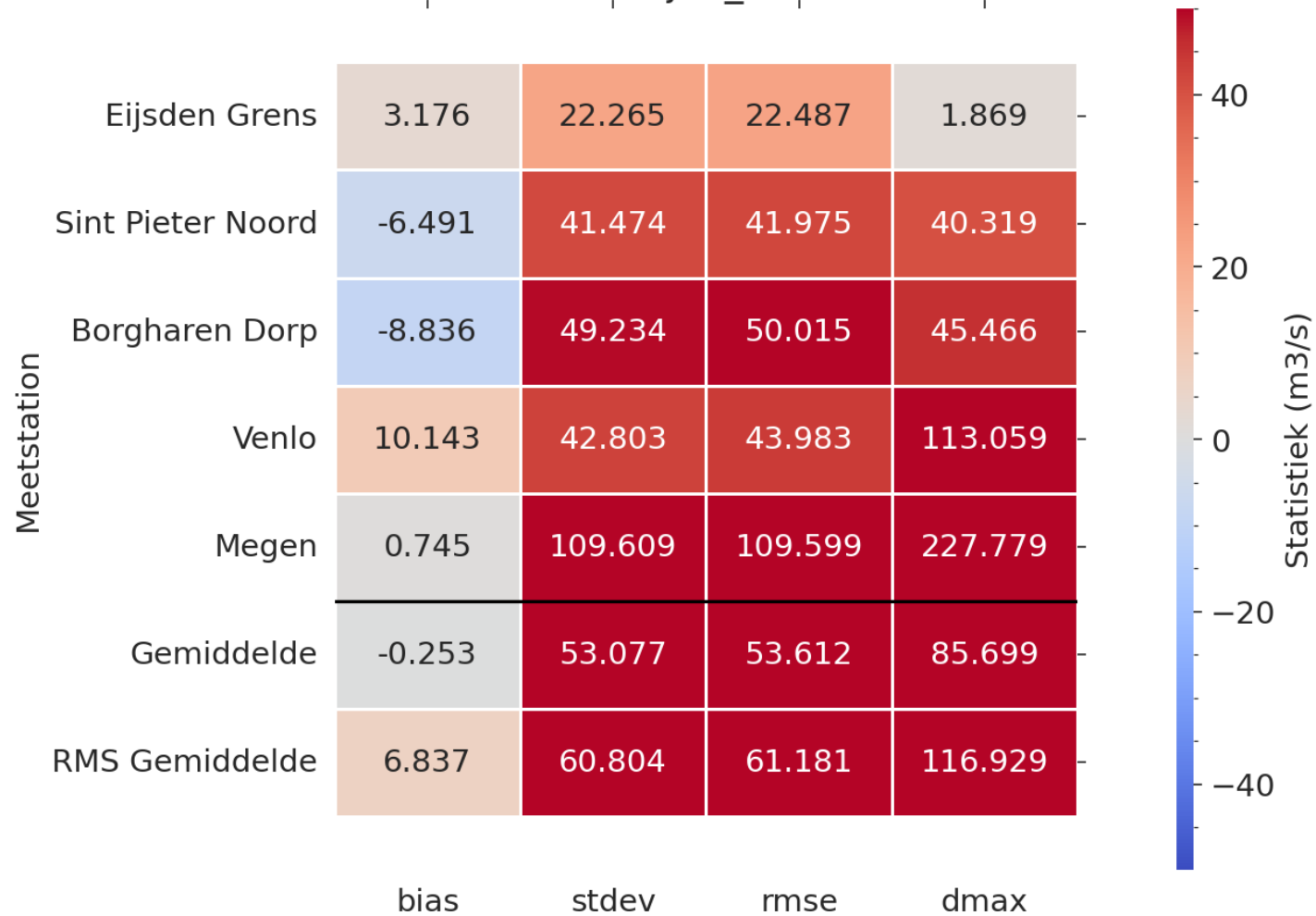


Megen



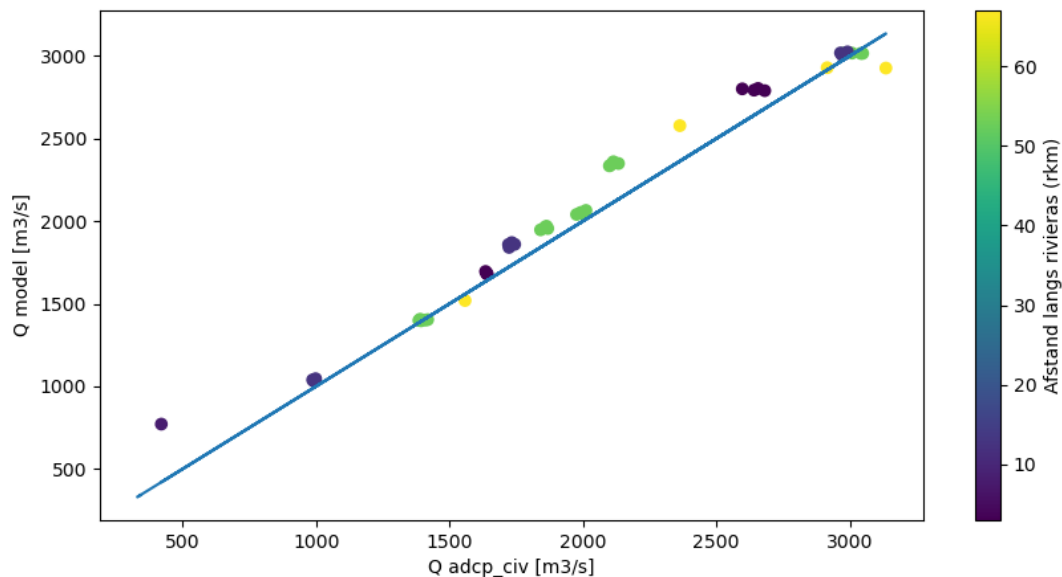
maas-j21_6-w1a
bias: 0.7 m³/s
rmse: 109.6 m³/s
stdev: 109.6 m³/s

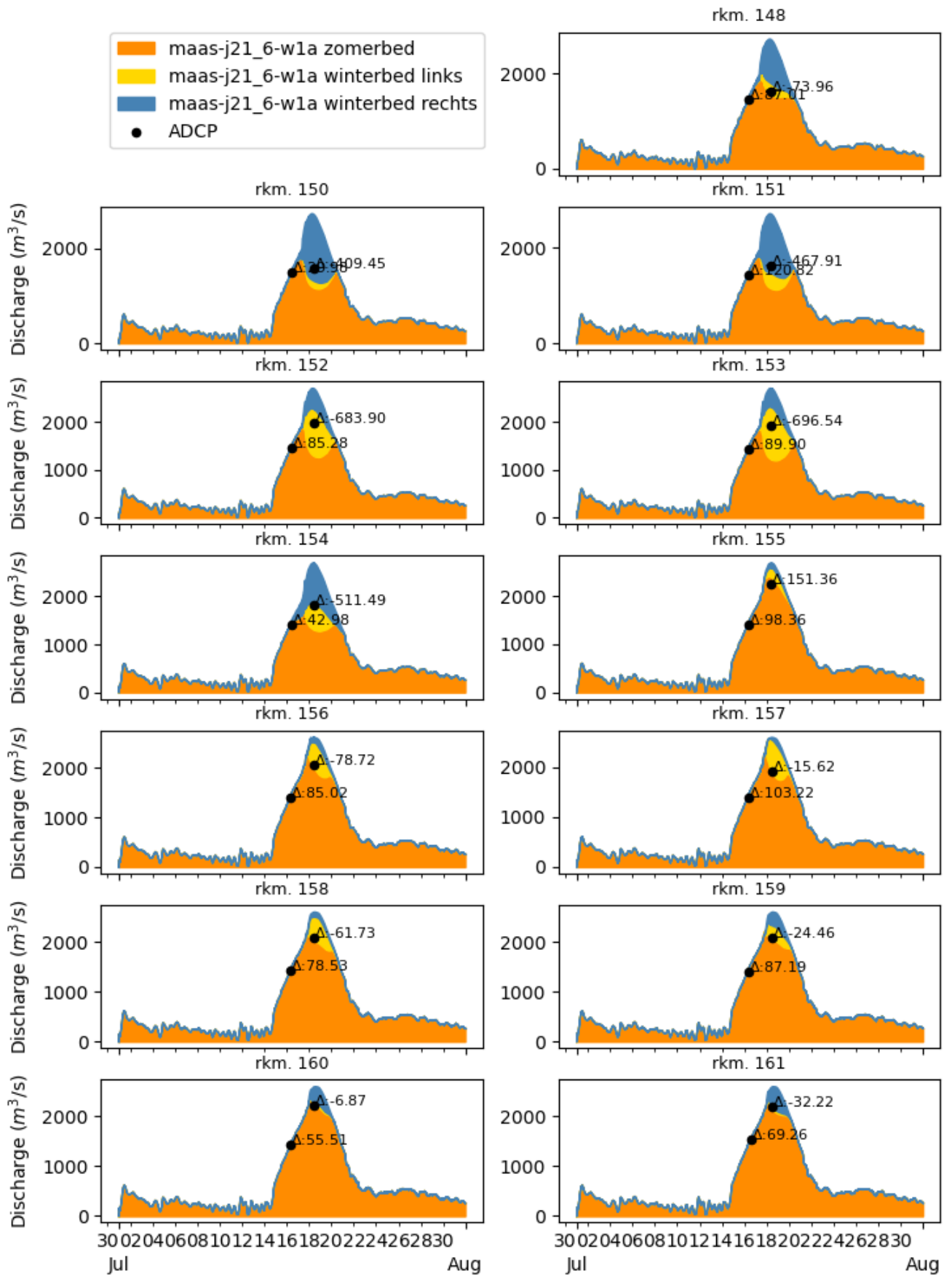
maas-j21_6-w1a

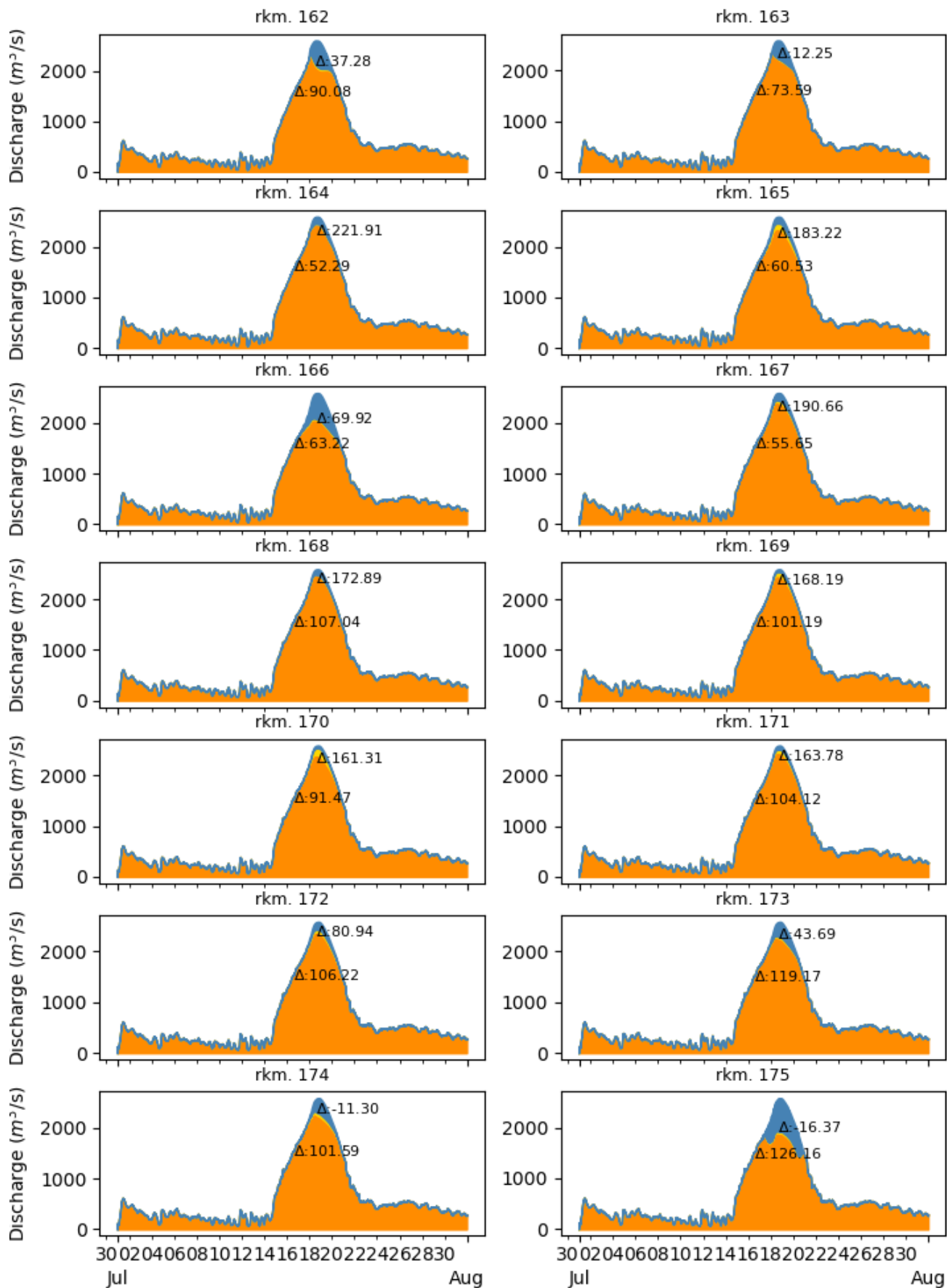


F Effect zomerbedruwheid

F.1 Vergelijking met ADCP metingen







Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl