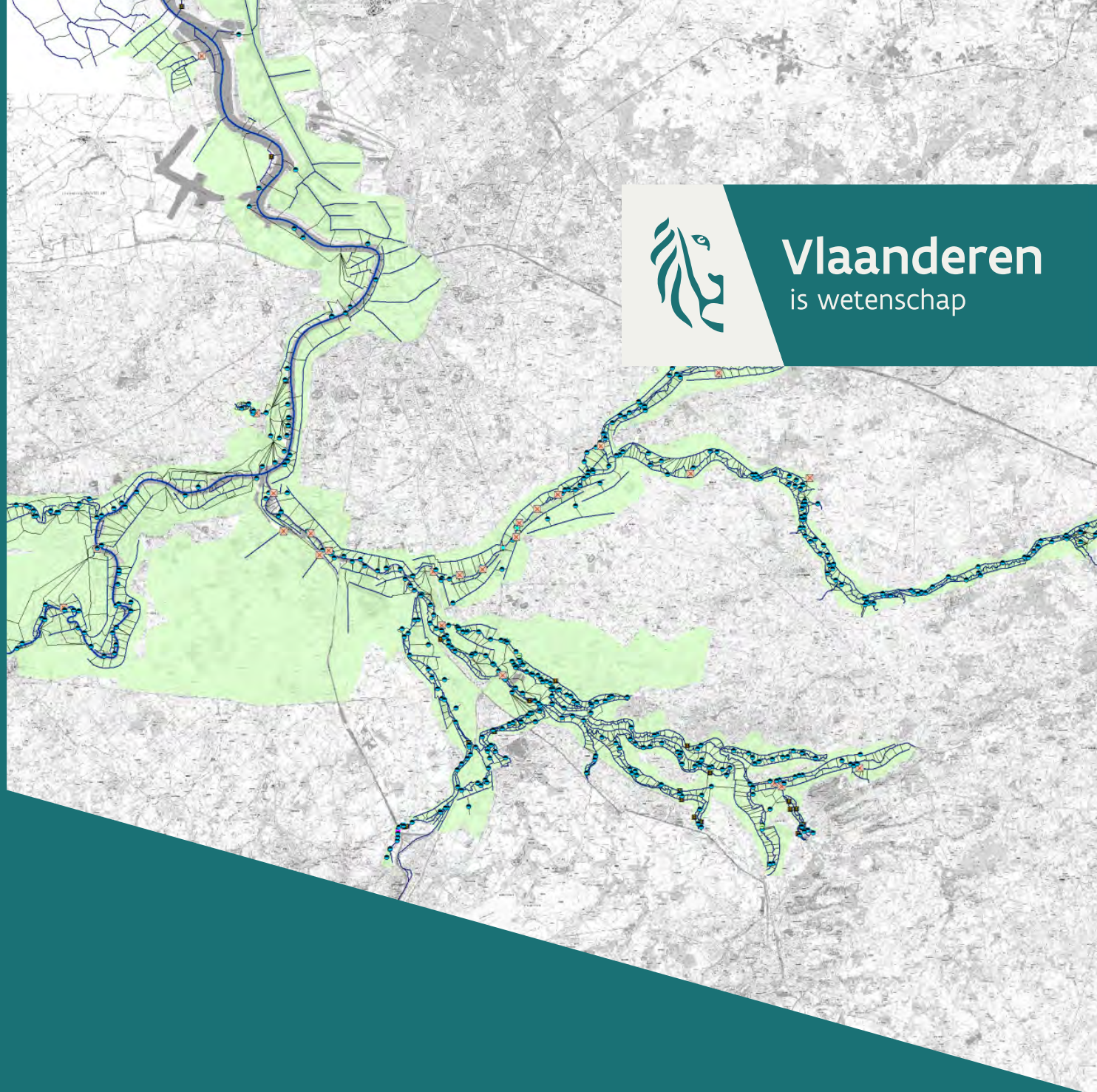




Vlaanderen
is wetenschap



14_106_6
WL rapporten

Mike11 model Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren

Beschrijving versie 2015

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Mike11 model Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren

Beschrijving versie 2015

Coen, L.; Deschamps, M.; Vanderkimpen, P.; Mostaert, F.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.
De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.
Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2018

D/2018/3241/030

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Coen, L.; Deschamps, M.; Vanderkimpen, P.; Mostaert, F. (2018). Mike11 model Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren: Beschrijving versie 2015. Versie 4.0. WL Rapporten, 14_106_6. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2018R14_106_6
Keywords (3-5):	Zeeschelde, model, 1D, Mike11		
Tekst (p.):	153	Bijlagen (p.):	277
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s):	Coen, L.
------------	----------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Deschamps, M.	
Projectleider:	Vanderkimpen, P.	

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	
-----------------	--------------	--



Abstract

Het WL beschikt over een aantal 1D hydrodynamische modellen van de bevaarbare waterlopen in Vlaanderen. Deze modellen werden opgemaakt met het softwarepakket Mike11 (DHI). Dit rapport beschrijft de opbouw van het 1D-model van de Zeeschelde en de tijgebonden zijrivieren, verder benoemd als “het Zeescheldemodel”.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	X
Lijst van de figuren	XI
1 Inleiding	15
1.1 Kader.....	15
1.2 Opbouw van het rapport.....	15
2 Beschrijving studiegebied.....	16
2.1 Algemene beschrijving	16
2.1.1 Situering.....	16
2.1.2 Hydrografie.....	21
2.1.3 Geografie en reliëf.....	27
2.1.4 Bodemtype	31
2.1.5 Bodemgebruik	35
2.1.6 Overstromingen.....	39
2.2 Aanvullende beschrijving.....	44
2.2.1 Begrenzing	44
2.2.2 Stroomgebied van de Schelde	46
2.2.3 Waterlopen.....	47
2.2.4 Structuren.....	52
2.2.5 GOG/GGG	58
2.2.6 Historische gebeurtenissen	61
3 Beschikbare gegevens	63
3.1 Topografie en bathymetrie.....	63
3.2 Hydrologische gegevens	64
3.2.1 Debietmetingen.....	64
3.2.2 Waterstandsmetingen.....	65
4 Modelbeschrijving	67
4.1 Algemeen.....	67
4.2 Gebruikte software.....	67
4.3 Geografische referentie en tijdszone	67
4.4 Hydrologische deelbekkens.....	67

4.5	Waterlopen.....	69
4.6	Dwarssecties.....	73
4.6.1	Herkomst en naamgeving dwarssecties.....	73
4.6.2	De hydraulische weerstand.....	75
4.6.3	Het plaatsen van 'markers'/processed data.....	76
4.6.4	Schorren.....	78
4.7	Overstromingsgebieden.....	79
4.7.1	Algemeen.....	79
4.7.2	Beneden-Zeeschelde.....	82
4.7.3	Boven-Zeeschelde en Durme.....	83
4.7.4	Durme.....	85
4.7.5	Rupel.....	85
4.7.6	Benedennete en Kleine Nete.....	85
4.7.7	Grote Nete.....	86
4.7.8	Dijle.....	87
4.7.9	Demer.....	90
4.7.10	Zenne.....	90
4.8	Hydraulische structuren.....	91
4.8.1	Algemeen.....	91
4.8.2	Culverts.....	91
4.8.3	Weirs.....	96
4.8.4	Pump.....	97
4.8.5	Control structures.....	97
4.9	Randvoorwaarden.....	98
4.9.1	Opwaartse en zijdelingse randvoorwaarden.....	98
4.9.2	Afwaartse randvoorwaarden.....	101
4.9.3	Wind.....	101
5	Kalibratie en validatie.....	104
5.1	Overzicht kalibratie- en validatieperiodes.....	104
5.1.1	Juni 2014.....	105
5.1.2	Oktober 2014.....	107
5.1.3	December 2013.....	109
5.1.4	November 2010.....	111
5.1.5	November 2015.....	113
5.1.6	Januari 2016.....	115
5.2	Methode kalibratie.....	117

5.2.1	Meetgegevens	117
5.2.2	Statistische analyse.....	119
5.2.3	Harmonische analyse.....	119
5.2.4	Kostenfunctie.....	120
5.3	Verloop kalibratie – kostenfunctie	122
5.4	Kwaliteit van het gekalibreerde model	125
5.5	Jun2014 – gemiddeld getij.....	125
5.5.1	Tijdreeksen waterpeilen, hoog- en laagwaters	125
5.5.2	Harmonische analyse.....	126
5.5.3	Debieten	127
5.6	Okt2014 - storm.....	129
5.6.1	Tijdreeksen waterpeilen, hoog- en laagwaters	129
5.6.2	Harmonische analyse.....	130
5.6.3	Lengteprofielen en overstromingskaart.....	130
5.7	Dec2013 - Sinterklaasstorm.....	132
5.7.1	Tijdreeksen waterpeilen, hoog- en laagwaters	132
5.7.2	Harmonische analyse.....	132
5.7.3	Lengteprofielen en overstromingskaart.....	133
5.8	Nov2010 – verhoogde bovenafvoer	134
5.8.1	Tijdreeksen waterpeilen, hoog- en laagwaters	134
5.8.2	Harmonische analyse.....	134
5.9	Nov2015 - storm	136
5.9.1	Tijdreeksen waterpeilen, hoog- en laagwaters	136
5.9.2	Harmonische analyse.....	137
5.9.3	Lengteprofielen en overstromingskaart.....	138
5.10	Jan2016 - storm	139
5.10.1	Tijdreeksen waterpeilen, hoog- en laagwaters	139
5.10.2	Harmonische analyse.....	140
5.10.3	Lengteprofielen en overstromingskaart.....	140
5.11	Samenvatting kalibratie en validatie	142
5.12	Vergelijking met 2D- en 3D-modellen Zeeschelde	144
5.12.1	Operationeel 2D NEVLA-model	144
5.12.2	3D NEVLA-model	145
5.12.3	3D Scaldis model.....	146
6	Conclusies en aanbevelingen	148
6.1	Conclusies modelbeschrijving	148

6.2	Conclusies kalibratie en validatie	148
6.3	Aanbevelingen	149
7	Referenties	150
BIJLAGE A	Modelschematisatiekaarten.....	B1
BIJLAGE B	Bruggen in het hydrodynamisch model	B8
BIJLAGE C	Culverts in het hydrodynamisch model	B14
BIJLAGE D	Weirs in het hydrodynamisch model.....	B39
BIJLAGE E	Pompen in het hydrodynamisch model.....	B40
BIJLAGE F	'Control Structures' in het hydrodynamisch model.....	B42
BIJLAGE G	Fictieve inloophydrogrammen	B44
BIJLAGE H	Grafieken kalibratie- en validatie	B49
BIJLAGE H.A	Modelresultaten jun2014 - gemiddeld getij.....	B50
	Tijdreeksen	B50
	Statistische parameters tijdreeksen (TS), HW en LW.....	B57
	Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil	B71
	Tijdreeksen debieten	B81
BIJLAGE H.B	Modelresultaten okt2014 - storm	B95
	Tijdreeksen	B95
	Statistische parameters tijdreeksen (TS), HW en LW.....	B102
	Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil	B116
BIJLAGE H.C	Modelresultaten dec2013 - storm.....	B125
	Tijdreeksen	B125
	Statistische parameters tijdreeksen (TS), HW en LW.....	B132
	Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil	B146
BIJLAGE H.D	Modelresultaten nov2010 - verhoogde bovenafvoer	B156
	Tijdreeksen	B156
	Statistische parameters tijdreeksen (TS), HW en LW.....	B163
	Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil	B177
BIJLAGE H.E	Modelresultaten nov2015 - storm	B187
	Tijdreeksen	B187
	Statistische parameters tijdreeksen (TS), HW en LW.....	B194
	Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil	B208
BIJLAGE H.F	Modelresultaten jan2016 - storm	B218
	Tijdreeksen	B218
	Statistische parameters tijdreeksen (TS), HW en LW.....	B225
	Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil	B239

BIJLAGE I	Lengteprofielen	B249
BIJLAGE J	Overstromingskaarten.....	B273

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Overzicht GOG's langs de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren	60
Tabel 2 – Overzicht debietmetingen studiegebied	64
Tabel 3 – Overzicht waterstandsreeksen kalibratie en validatie.....	65
Tabel 4 – Overzicht van hydrologische deelbekkens.....	67
Tabel 5 – Overzicht van gemodelleerde waterlopen	69
Tabel 6 – Overzicht van de verschillende takken in het quasi-2D hydrodynamisch model van de Westerschelde.....	71
Tabel 7 – Overzicht gemodelleerde waterlopen in de vallei van de Dijle	72
Tabel 8 – Overzicht gebruikte topobathymetrische gegevens in het hydrodynamisch model van de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren.....	73
Tabel 9 – Opgelegde (gemeten) debietreeksen aan opwaartse randen van het model.....	98
Tabel 10 – Herschaalde debietreeksen opgelegd aan opwaartse randen van het model.....	99
Tabel 11 – Herschaalde debietreeksen opgelegd aan onbemeten deelbekkens.....	100
Tabel 12 – Overzicht kalibratieperiodes.....	104
Tabel 13 – Overzicht validatieperiodes	104
Tabel 14 – Overzicht meetposten voor vergelijking waterpeil bij modelkalibratie en -validatie	117
Tabel 15 – Beschikbare debietsmetingen.....	118
Tabel 16 – Overzicht parameters, gewichten en drempelwaarden kostenfunctie.....	121
Tabel 17 – Overzicht referentiegetijden ‘comparable tide’	127
Tabel 18– Statistische parameters voor debieten tijdens één getij.....	128
Tabel 19 – Overzicht RMSE-waarden kalibratie- en validatieperioden.....	142
Tabel 20 – Overzicht absolute waarde bias kalibratie- en validatieperioden	143
Tabel 21 – Overzicht verschil M2 amplitude Run285 versus metingen – kalibratie- en validatie perioden.	143
Tabel 22 – Absolute waarden bias voor tijdreeksen waterpeilen, hoogwaters en laagwaters – NEVLA_B7storm – Westerschelde, Zeeschelde en Durme.....	145
Tabel 23 – RMSE-waarden voor tijdreeksen waterpeilen, hoogwaters en laagwaters – 3D NEVLA-model simG141b & simG146 – Westerschelde, Zeeschelde en Durme	145
Tabel 24 - Statistische parameters voor tijdreeksen waterpeilen, hoogwaters en laagwaters – kalibratieperiode en stormperiode Scaldis 3D – Westerschelde en Zeeschelde	147

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Situering stroomgebiedsdistrict Schelde	16
Figuur 2 – Situering van het Benedenscheldebekken	17
Figuur 3 – Situering van het Dijle-Zennebekken.....	18
Figuur 4 – Situering van het Demerbekken	19
Figuur 5 – Situering van het Netebekken	20
Figuur 6 – Hydrografie van het Benedenscheldebekken.....	21
Figuur 7 – Hydrografie van het Dijle-Zennebekken.....	23
Figuur 8 – Hydrografie van het Demerbekken	24
Figuur 9 – Hydrografie van het Netebekken	25
Figuur 10 – Reliëf van het Benedenscheldebekken.....	27
Figuur 11 – Reliëf van het Dijle-Zennebekken.....	28
Figuur 12 – Reliëf van het Demerbekken	29
Figuur 13 – Reliëf van het Netebekken	30
Figuur 14 – Bodem in het Benedenscheldebekken.....	31
Figuur 15 – Bodem in het Dijle-Zennebekken	32
Figuur 16 – Bodem in het Demerbekken.....	33
Figuur 17 – Bodem in het Netebekken.....	34
Figuur 18 – Bodemgebruik in het Benedenscheldebekken.....	35
Figuur 19 – Bodemgebruik in het Dijle-Zennebekken	36
Figuur 20 – Bodemgebruik in het Demerbekken	37
Figuur 21 – Bodemgebruik in het Netebekken.....	38
Figuur 22 – Van nature overstroombare gebieden (NOG) en recent overstroomde gebieden (ROG) in het Benedenscheldebekken.....	40
Figuur 23 – Van nature overstroombare gebieden (NOG) en recent overstroomde gebieden (ROG) in het Dijle-Zennebekken.....	41
Figuur 24 – Van nature overstroombare gebieden (NOG) en recent overstroomde gebieden (ROG) in het Demerbekken	42
Figuur 25 – Van nature overstroombare gebieden (NOG) en recent overstroomde gebieden (ROG) in het Netebekken	43
Figuur 26 – Situering Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren opgenomen in het hydrodynamisch model.....	45
Figuur 27 – Overzichtskaart van het mondingsgebied van de Westerschelde	47
Figuur 28 – Geulen en platen in de Westerschelde	48
Figuur 29 – Platen in de Zeeschelde afwaarts Antwerpen.....	50
Figuur 30 – Werking van de stuw op de Dijle te Mechelen.....	53

Figuur 31 – Schets (volgens ontwerpplannen Model 338) en foto stuw op de Dijle-afleiding te Mechelen..	54
Figuur 32 – Schets en foto stuwen op de Dijle-arm te Rotselaar	55
Figuur 33 – Schets en foto schuiven naast de molen op de Dijle te Rotselaar	56
Figuur 34 – Overzicht GOG's langs de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren	59
Figuur 35 – Overzicht meetposten waterpeilen Westerschelde en Zeescheldedebekken	66
Figuur 36 - Voorbeeld van 'markers' voor linker- en rechteroever.....	76
Figuur 37 - Voorbeeld van een dwarssectie opgesplitst in drie deelsecties	78
Figuur 38 - Debiet-waterstand relatie van een overloopdijk	81
Figuur 39 - Debiet _{koker} -waterstand _{koker} relatie van de inwateringsstructuren van Lippenbroek: gemeten versus berekend met standaard formule met scherpe overlaat.....	93
Figuur 40 - Debiet _{Totaal} -waterstand _{Schelde} relatie van de inwateringsstructuur van Lippenbroek: berekend (met standaard overlaatformule) versus gesimuleerd (in Mike 11)	94
Figuur 41 - Debiet-waterstand _{Polder} relatie van de uitwateringsstructuur: vergelijking resultaten schaalmodel en Mike11	95
Figuur 42 - Gemeten en gemodelleerd debiet in de uitwatering van Tielrodebroek op 27/02/2007	95
Figuur 43 – Gemeten waterpeilen Zeeschelde te Antwerpen tijdens kalibratieperiode jun2014.....	106
Figuur 44 – Opgelegde windsnelheid en windrichting te Vlissingen tijdens kalibratieperiode jun2014	106
Figuur 45 – Gemeten waterpeilen Zeeschelde te Antwerpen tijdens storm okt2014.....	108
Figuur 46 – Opgelegde windsnelheid en windrichting te Vlissingen tijdens storm okt2014	108
Figuur 47 – Gemeten waterpeilen Zeeschelde te Antwerpen tijdens storm dec2013	110
Figuur 48 – Opgelegde windsnelheid en windrichting te Vlissingen tijdens storm dec2013.....	110
Figuur 49 – Gemeten waterpeilen Zeeschelde te Antwerpen en daggemiddeld debiet te Melle tijdens was nov2010.....	112
Figuur 50 – Opgelegde windsnelheid en windrichting te Vlissingen tijdens was nov2010.....	112
Figuur 51 – Gemeten waterpeilen Zeeschelde te Antwerpen tijdens storm nov2015	114
Figuur 52 – Opgelegde windsnelheid en windrichting te Vlissingen tijdens storm nov2015	114
Figuur 53 – Gemeten waterpeilen Zeeschelde te Antwerpen tijdens storm jan2016	116
Figuur 54 – Opgelegde windsnelheid en windrichting te Vlissingen tijdens storm jan2016	116
Figuur 55 – Overzicht locaties beschikbare Q-metingen.....	118
Figuur 56 – Kostenfunctie voor het volledige model – kalibratieperiode jun2014 – run100 tem run169 ...	122
Figuur 57 - Kostenfunctie voor het volledige model – kalibratieperiode jun2014 – run200 tem run230	123
Figuur 58 - Kostenfunctie voor het volledige model – kalibratieperiode jun2014, okt2014 en dec2013 – run230 tem run269	123
Figuur 59 - Kostenfunctie voor het volledige model – kalibratieperiode jun2014 en okt2014 – run269 tem run285	123
Figuur 60 – Lengteprofiel ruwheid langsheen Westerschelde (boven) en Zeeschelde (onder)	124
Figuur 61 – M2 amplitude Run285 versus metingen – jun2014 – Westerschelde en Zeeschelde	126
Figuur 62 – M2 amplitude Run285 versus metingen – okt2014 – Westerschelde en Zeeschelde	130

Figuur 63 – M2 amplitude Run285 versus metingen – dec2013 – Westerschelde en Zeeschelde..... 133

Figuur 64 – M2 amplitude Run285 versus metingen – nov2010 – Westerschelde en Zeeschelde 135

Figuur 65 – M2 amplitude Run285 versus metingen – nov2015 – Westerschelde en Zeeschelde 137

Figuur 66 – M2 amplitude Run285 versus metingen – jan2016 – Westerschelde en Zeeschelde 140

Figuur 67 – Vergelijking van het originele NEVLA grid en het aangepaste grid in het operationeel 2D NEVLA-model..... 144

1 Inleiding

1.1 Kader

Het WL beschikt over een aantal 1D hydrodynamische modellen van de bevaarbare waterlopen in Vlaanderen. Deze modellen werden opgemaakt met het softwarepakket Mike11, ontwikkeld en verdeeld door het Danish Hydraulic Institute (DHI). De modellen worden gebruikt voor studiewerk, en ook voor hoogwatervoorspellingen. In de toekomst zullen ze ook gebruikt worden voor de analyse van zoutintrusie en sedimenttransport.

Dit rapport beschrijft de opbouw van het numeriek 1D-model van de *Zeeschelde en de tijgebonden zijrivieren*, verder benoemd als "*het Zeescheldemodel*".

1.2 Opbouw van het rapport

Hoofdstuk 2 bevat een beschrijving van het studiegebied. Het eerste deel bestaat uit een algemene beschrijving van het stroomgebied en de relevante bekkens. Het tweede deel bevat aanvullende informatie over de waterlopen en kunstwerken die in het model opgenomen werden.

Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de gegevens die gebruikt werden bij de opbouw van het model.

In hoofdstuk 4 wordt een gedetailleerde beschrijving gegeven van de opbouw van het model. Hierbij worden achtereenvolgens de dwarssecties, de overstromingsgebieden, de hydraulische structuren en de randvoorwaarden besproken.

De kalibratie en validatie van het model worden besproken in hoofdstuk 5.

Hoofdstuk 6 besluit met conclusies en aanbevelingen.

2 Beschrijving studiegebied

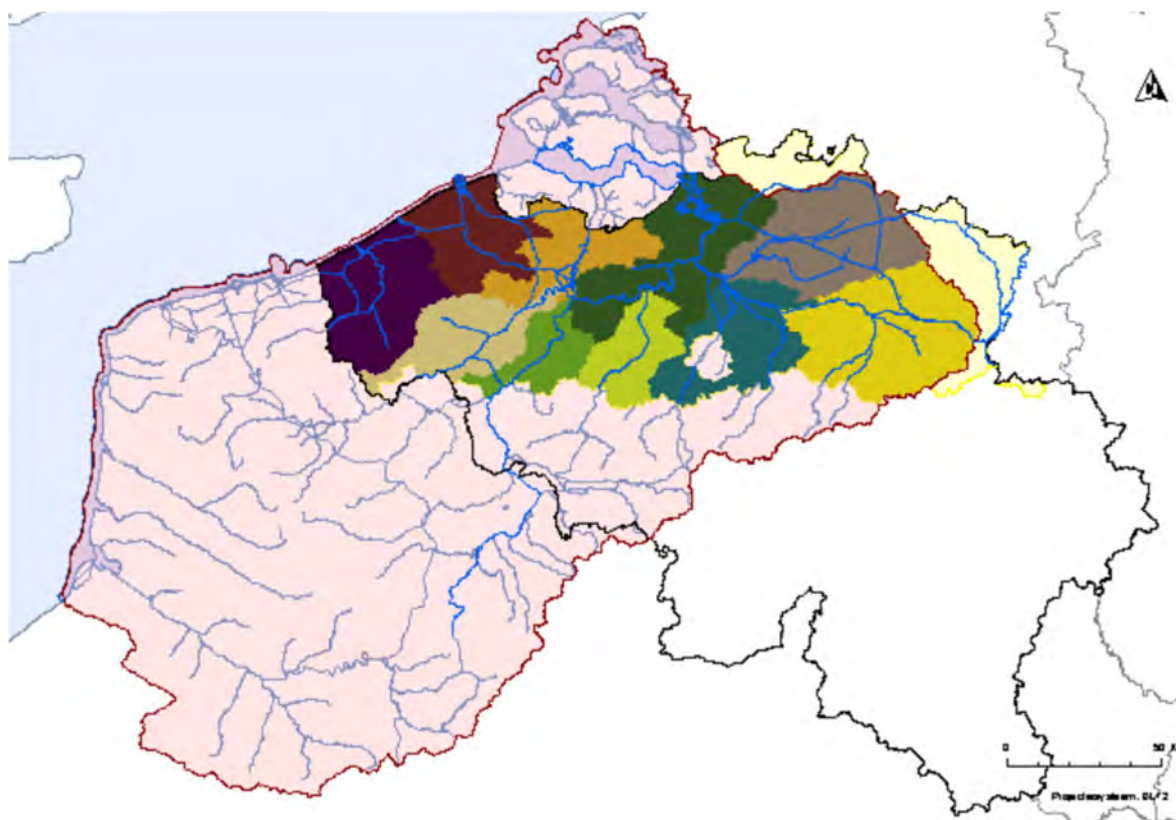
2.1 Algemene beschrijving

2.1.1 Situering

2.1.1.1 Stroomgebiedsdistrict Schelde

Het studiegebied bevindt zich in het internationale stroomgebiedsdistrict van de Schelde. Dit heeft een oppervlakte van 36.500 km², waarvan ongeveer een derde in Vlaanderen ligt. Het Vlaamse deel van het internationale stroomgebiedsdistrict van de Schelde wordt gevormd door het afstroomgebied van de rivieren Schelde en IJzer en hun zijrivieren en de Brugse Polders, samen met het bijbehorende grondwater en het kustwater.

Figuur 1 – Situering stroomgebiedsdistrict Schelde



Bron: Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, Beheerplan voor het Vlaams deel internationale stroomgebiedsdistrict Schelde (CIW, 2015a)

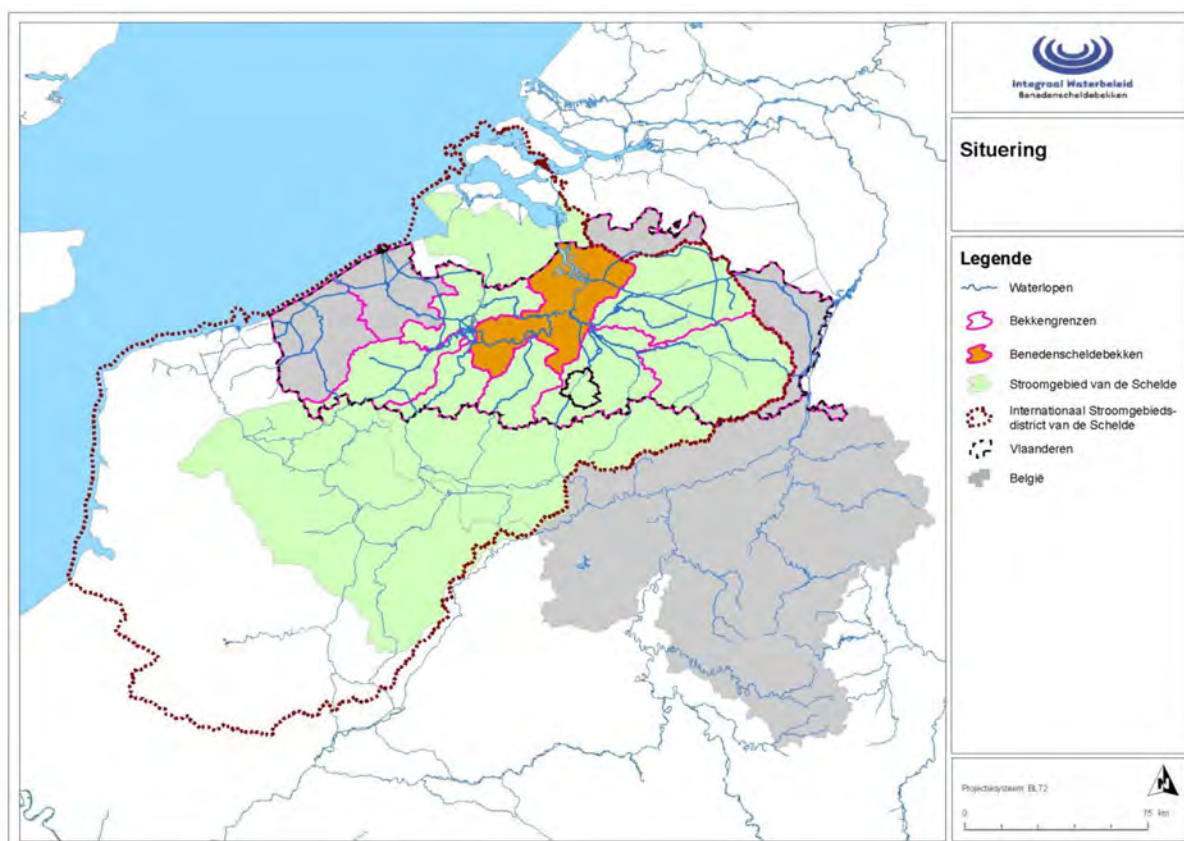
Het district is verder onderverdeeld in tien bekkens. Van west naar oost zijn dit: 1. IJzerbekken, 2. Bekken van de Brugse Polders, 3. Bekken van de Gentse Kanalen, 4. Benedenscheldebekken, 5. Leiebekken, 6. Bovenscheldebekken, 7. Denderbekken, 8. Dijle-Zennebekken, 9. Demerbekken en 10. Netebekken.

Volgende bekken behoren tot het studiegebied van het Zeescheldemodel: Benedenscheldebekken, Dijle-Zennebekken, Demerbekken en Netebekken. In de volgende paragrafen wordt per bekken een beschrijving gegeven van de hydrografie en de fysische en ruimtelijke kenmerken. Deze informatie is overgenomen uit het Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, meer bepaald uit de bekken specifieke delen van Benedenscheldebekken (CIW, 2015b), Dijle-Zennebekken (CIW, 2015d), Demerbekken (CIW, 2015c) en Netebekken (CIW, 2015e).

2.1.1.2 Benedenscheldebekken

Bestuurlijk ligt het Benedenscheldebekken in drie provincies (Figuur 2). Het ligt voor 50% binnen de provincie Antwerpen, voor 42% in de provincie Oost-Vlaanderen en voor 8% in de provincie Vlaams-Brabant. In totaal liggen 69 gemeenten geheel of gedeeltelijk binnen de begrenzing van het Benedenscheldebekken.

Figuur 2 –Situering van het Benedenscheldebekken

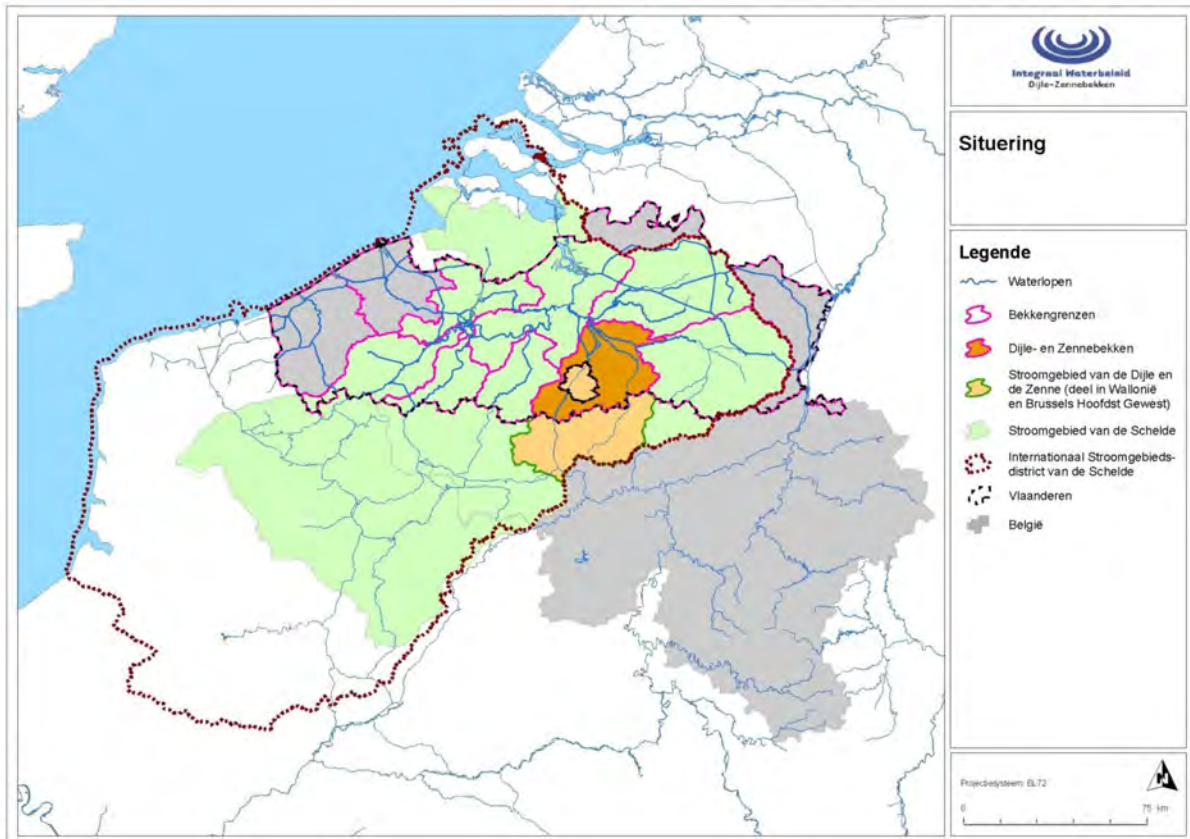


Bron: Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, bekken specifiek deel Benedenscheldebekken (CIW, 2015b)

2.1.1.3 Dijle- en Zennebekken

Het grootste gedeelte van het Dijle- en Zennebekken (87 %) ligt in de provincie Vlaams-Brabant (Figuur 3). Daarnaast is er nog een klein deel (13 %) dat in de provincie Antwerpen gelegen is. Er zijn 51 gemeenten (27 geheel en 24 gedeeltelijk) in het Dijle-Zennebekken gelegen.

Figuur 3 – Situering van het Dijle-Zennebekken

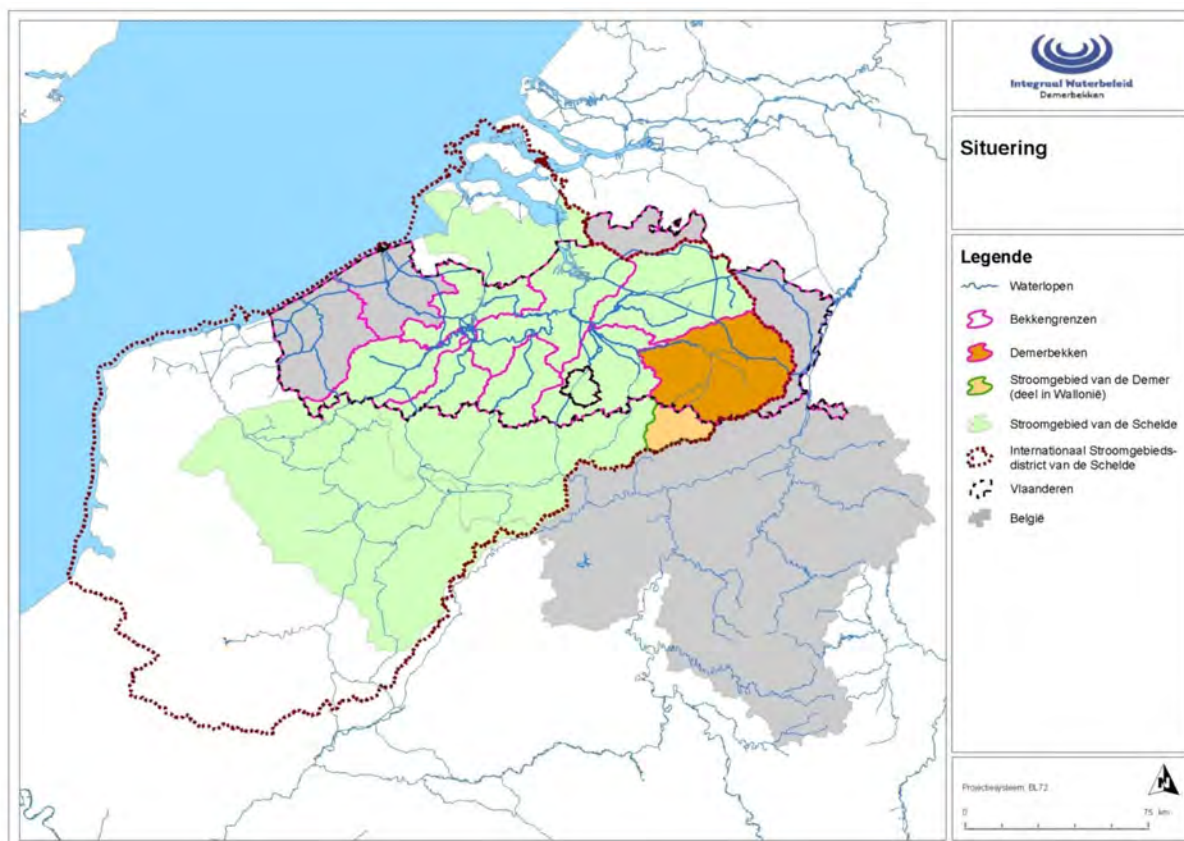


Bron: Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, bekkenspecifiek deel Dijle-Zennebekken (CIW, 2015d)

2.1.1.4 Demerbekken

Het Demerbekken ligt voor circa 1/3e van de oppervlakte in de provincie Vlaams-Brabant en 2/3e in de provincie Limburg (Figuur 4). Het Demerbekken omvat 51 gemeenten (geheel of gedeeltelijk). Het brongebied van de Demer bevindt zich in Berg (Tongeren) in het zuiden van de provincie Limburg. In Werchter mondt de Demer uit in de Dijle. De totale lengte van de waterloop bedraagt 84,4 km.

Figuur 4 – Situering van het Demerbekken

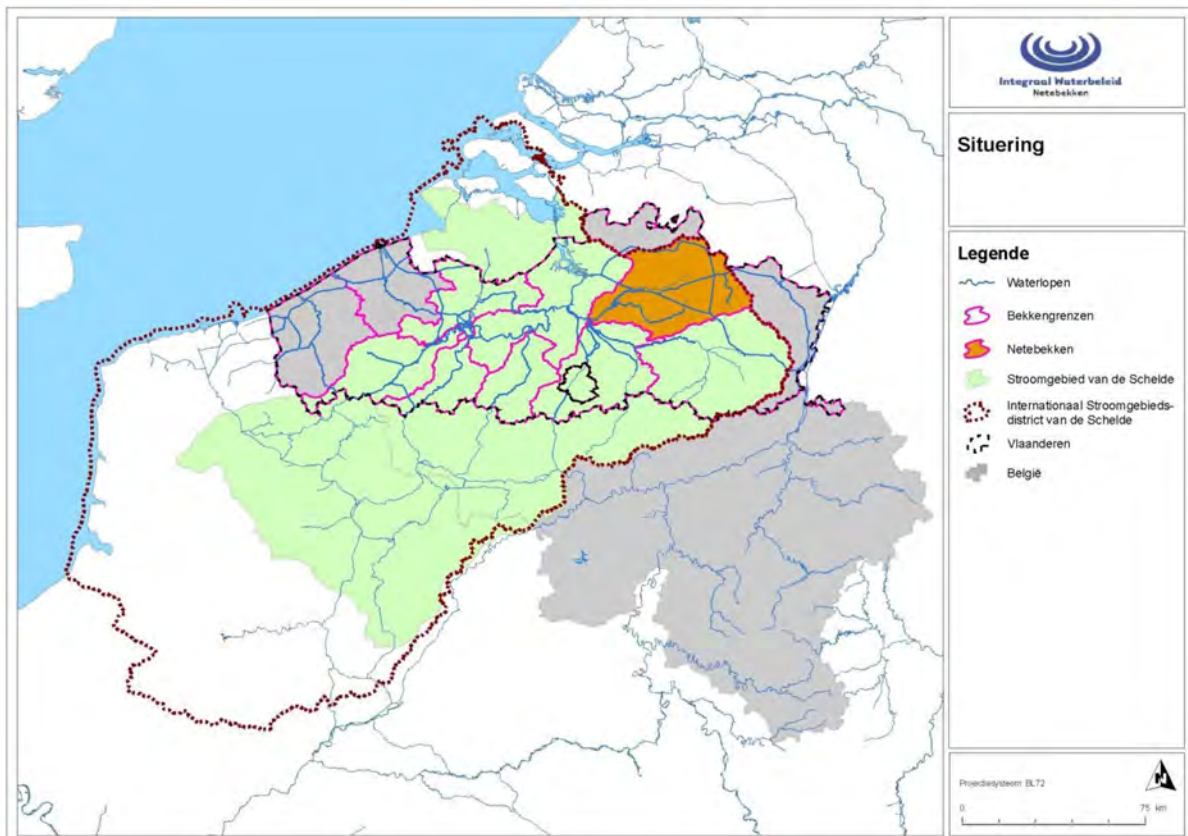


Bron: Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, bekkenspecifiek deel Demerbekken (CIW, 2015c)

2.1.1.5 Netebekken

Bijna 90% van het Netebekken ligt in de provincie Antwerpen (Figuur 5). Het zuidoosten van het bekken ligt in de provincie Limburg (ongeveer 10%) terwijl het zuiden voor een fractie gelegen is in de provincie Vlaams-Brabant (minder dan 5%). Er zijn 26 gemeenten geheel en 28 gemeenten gedeeltelijk in het Netebekken gelegen.

Figuur 5 – Situering van het Netebekken



Bron: Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, bekkenspecifiek deel Netebekken (CIW, 2015e)

2.1.2 Hydrografie

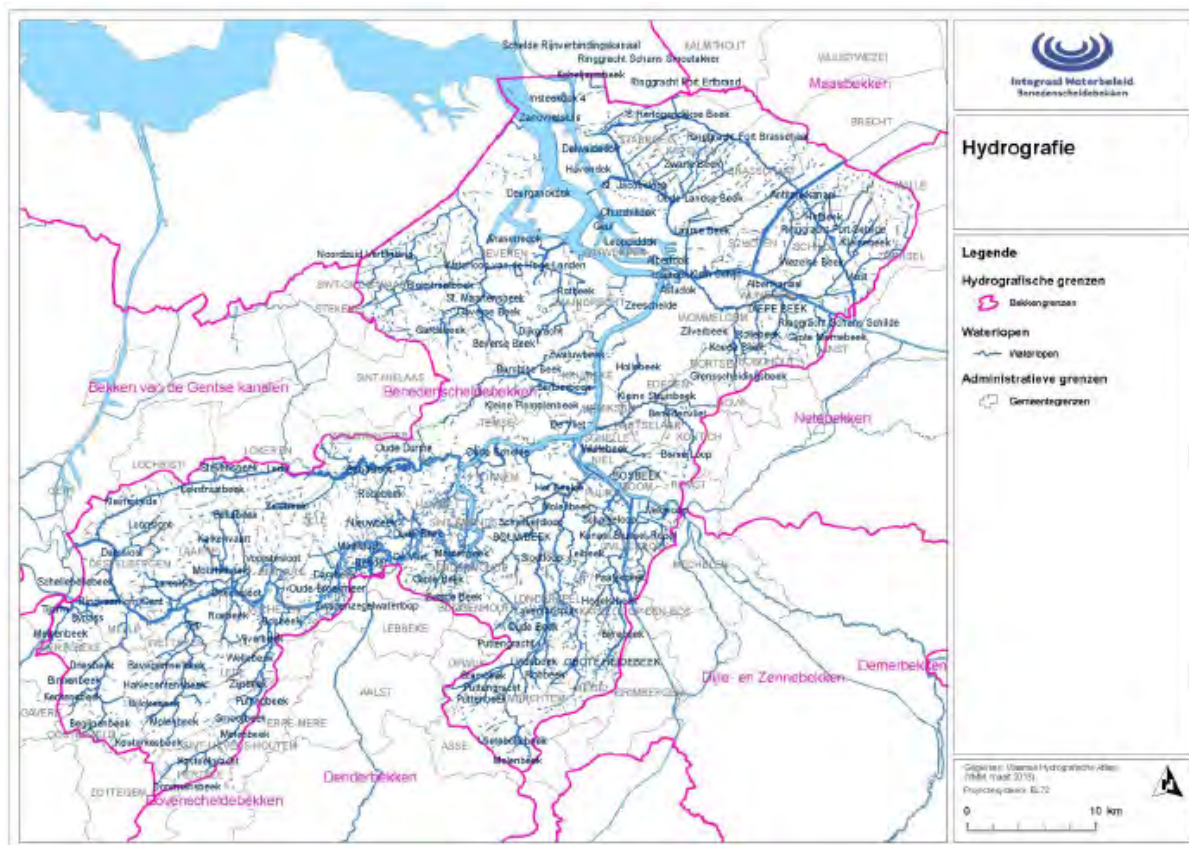
2.1.2.1 Benedenscheldebekken

Het Schelde-estuarium is met zijn brak-zoet gradiënt een vrijwel uniek estuarium in Europa. Het Benedenscheldebekken omvat het Vlaamse deel van het stroomgebied van de tijgevoelige rivieren van dit estuarium. Uitgezonderd hierbij zijn de stroomgebieden van een aantal bijrivieren (Nete, Demer en Dijle- en Zennebekken). Zowel de Zeeschelde als een aantal zijrivieren, namelijk de tijgevoelige Durme en de Rupel, behoren tot het estuarium en ondervinden getijdeninvloed. Het tijgevoelig gedeelte, en dus het Benedenscheldebekken, wordt op de Zeeschelde begrensd door de sluis van Merelbeke op de Ringvaart en de dam op de Boven-Zeeschelde in Gentbrugge. De grens op de Durme ligt aan de dam in Lokeren.

De Zeeschelde wordt onderverdeeld in een brak gedeelte en een zoet gedeelte. De grens tussen het brakke en zoete gedeelte van de Zeeschelde bevindt zich stroomopwaarts van Antwerpen. Omdat deze grens functie is van het wasdebiet in de Zeeschelde, is de plaats van deze grens variërend in de tijd.

In het Benedenscheldebekken komt de afvoer van een belangrijk deel (10.103 km²) van het Scheldebekken bij elkaar (Figuur 6). Het betreft de totaliteit van de afvoer van de Nete, de Dijle (inclusief Demer), de Zenne, het beperkte aantal zijbekken die stroomopwaarts Dendermonde rechtstreeks in de BovenZeeschelde uitwateren, en het Benedenscheldebekken zelf. De afvoer van Leie en BovenZeeschelde wordt gemiddeld voor ongeveer 2/3de naar belangrijke kanalen afgevoerd. In het Benedenscheldebekken heeft een groot deel van het oppervlaktewater een belangrijke functie als vaarweg.

Figuur 6 – Hydrografie van het Benedenscheldebekken



Bron: Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, bekken specifiek deel Benedenscheldebekken (CIW, 2015b)

Naast de grote bevaarbare rivieren Zeeschelde en Rupel zijn er de bekkenoverschrijdende kanalen zoals het Albertkanaal, de Schelde-Rijnverbinding, het Zeekanaal en het kanaal Dessel-Turnhout-Schoten en het grote complex van havendokken op de rechter- en linkerscheldeoever. De belangrijkste zijrivieren die uitmonden in de Zeeschelde zijn, van opwaarts naar afwaarts: de Molenbeek-Gondebeek, de Molenbeek-Kottembeek, de Molenbeek-Grote Beek, de Dender, de Durme, de Rupel, de Benedenvliet, de Barbierbeek, de Grote Watergang en het Groot Schijn. De Zielbeek en de Vliet-Molenbeek zijn belangrijke zijrivieren van het Zeekanaal Brussel-Schelde.

Op grond van de herkomst van het afgevoerde water wordt de Zeeschelde (en haar bijrivieren) gerekend tot de regenrivieren. Het debiet varieert daardoor volgens de seizoenen. Tijdens de wintermaanden loopt het debiet aanzienlijk op. Het meerjarig gemiddelde van de jaarafvoeren in Schelle (stroomafwaarts van de Rupelmonding) is grofweg $100 \text{ m}^3/\text{s}$. In perioden van extreme neerslag kan dit oplopen tot meer dan het zesvoudige wat betreft het aandeel van het bovendebiet. De toenemende verstedelijking en de toename in het aandeel verharde oppervlakte leiden tot een versnelde afvoer en hogere piekdebieten. Het effect daarvan is vooral merkbaar in de kleinere waterlopen en niet zozeer op het peil van de Zeeschelde en de overige getijderivieren. Hoe meer stroomafwaarts, hoe kleiner immers de bijdrage van de bovendebieten aan de rivierpeilen. Daar bepaalt de tijwerking immers grotendeels het peil van de Zeeschelde, de Rupel en de Durme. In Antwerpen bedraagt het bovendebiet gemiddeld nog slechts een paar procent van de waterbeweging. De rest wordt geleverd door de op en neer gaande eb- en vloeddebieten.

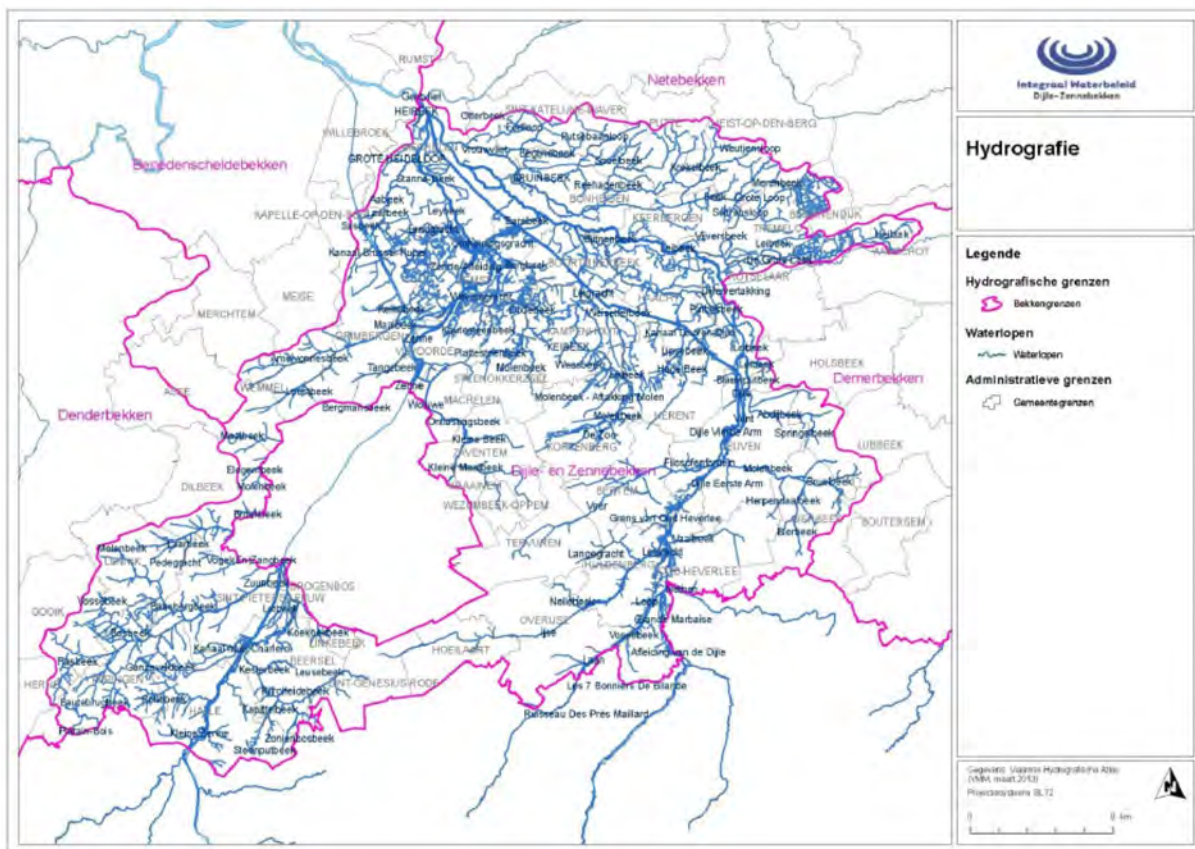
De grens tussen het maritieme en het fluvio-maritieme gedeelte van de rivier wordt meestal gelegd in Dendermonde, waar het vloedvolume nog $250 \text{ m}^3/\text{s}$ bedraagt. Stroomafwaarts van dit punt neemt de rivierinvloed sterk af: in Antwerpen bijvoorbeeld bedraagt het vloedvolume zo'n $3000 \text{ m}^3/\text{s}$, voor een gemiddelde bovenafvoer van zo'n $100 \text{ m}^3/\text{s}$. De gemiddelde peilvariatie per tijcyclus bedraagt meer dan 5 meter te Antwerpen. Aan de stuw in Merelbeke worden nog steeds gemiddelde peilverschillen van ruim 2 meter waargenomen.

2.1.2.2 Dijle- en Zennebekken

Het Dijle-Zennebekken wordt gevormd door de Vlaamse delen van de afstroomgebieden van de Dijle en van de Zenne (Figuur 7). Beide waterlopen ontspringen in Wallonië: de Dijle in Houtain-Le-Val (Waals-Brabant) en de Zenne in Naast (Henegouwen). De Zenne stroomt ook deels door het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Het bekken wordt doorsneden door drie kanalen.

De Dijle ontspringt nabij Houtain-Le-Val (Waals-Brabant). In de gemeente Court-Saint-Etienne wordt de afvoer versterkt met de zijlopen Thyle en Orne. Na het doorstromen van de diep ingesneden vallei langs Waver, komt de Train nog in de Dijle vanuit Waals grondgebied. Het gemiddelde debiet ter hoogte van de grens met Wallonië bedraagt $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Ter hoogte van Leuven (Heverlee) heeft de Dijle een constant basisdebiet van circa $4 \text{ m}^3/\text{s}$. Het gemiddelde jaardebiet ligt tussen de 5 en $11 \text{ m}^3/\text{s}$. Dit brondebiet maakt ongeveer 93% uit van de totale afvoer. Ook tijdens een regenperiode blijft het debiet voor 50 tot 80% uit brondebiet bestaan. Ook de bovenlopen (Laan, IJse, Voer, Nethen, Molenbeek en Vunt) worden door bronnen gevoed. Naast de bronbeken komen er in het zuidelijke deel talrijke Leigrachten en Leibeken voor die door de mens zijn aangelegd om de komgronden te ontwateren. Te Rotselaar mondt de Demer uit in de Dijle. Hier is nog invloed van de getijdenwerking (10-20 cm bij doottij en 20-80 cm bij springtij). Vanaf dit punt is de Dijle als bevaarbaar gecategoriseerd. Stroomopwaarts van Mechelen is een stuw aanwezig die dient om het debiet van de Bovendijle af te voeren via de Dijle-afleiding rond Mechelen (zonder overstromingen) en tegelijkertijd het water op te stuwen, om de Binnendijle in Mechelen (die bevaarbaar is) te voeden. In het bevaarbare deel van de Dijle monden nog de Weesbeek, de Barebeek, de Vrouwvliet en uiteindelijk de Zenne uit.

Figuur 7 – Hydrografie van het Dijle-Zennebekken



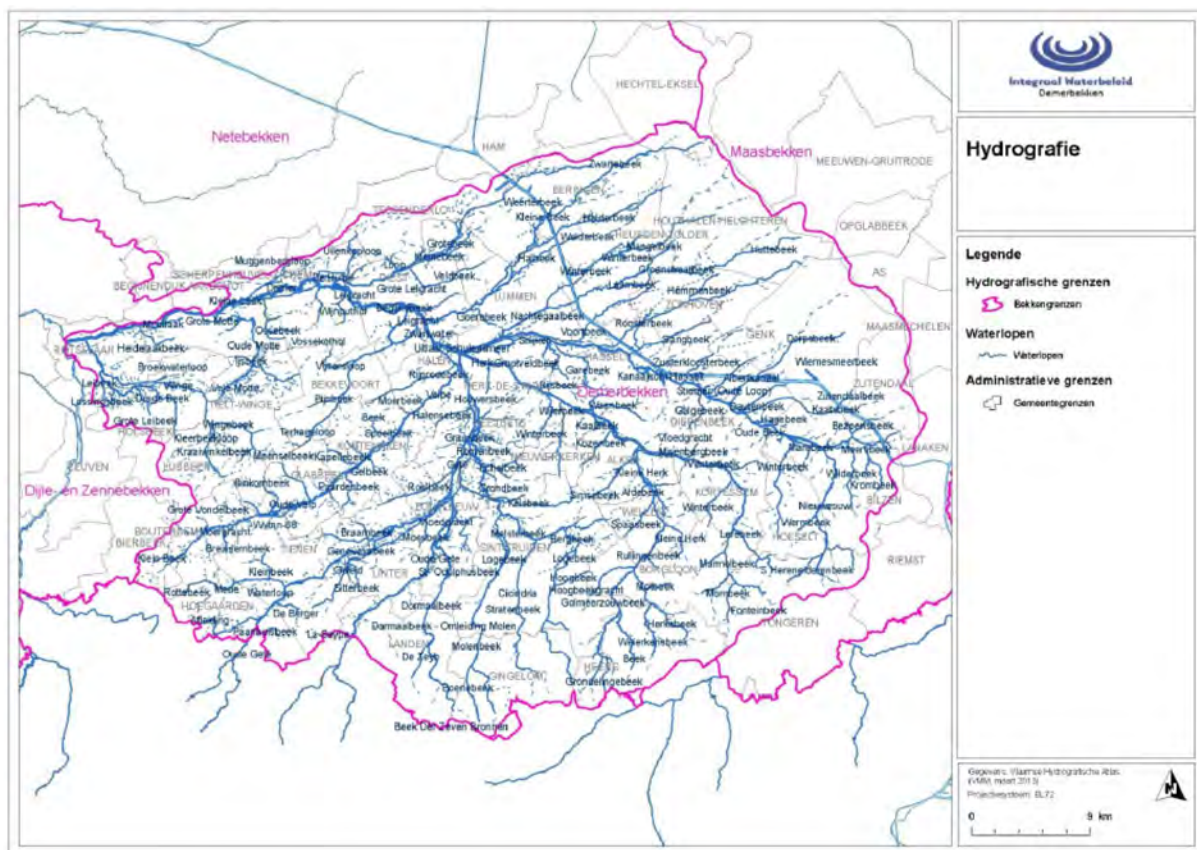
Bron: Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, bekenspecifiek deel Dijle-Zennebekken (CIW, 2015d)

De Zenne ontspringt te Naast (Henegouwen) en mondt in Heffen in de Dijle uit. De Zenne is in de Brusselse agglomeratie in grote mate overwelfd. Tussen Eppegem en Zemst werd de Zenne ontdubdeld: de oude Zenneloop is gedeeltelijk gekanaliseerd en vangt samen met het afleidingskanaal Zennewater op. Een specifiek kenmerk van de afvoer van de Zenne zijn de piekdebieten over een tijdsperiode van enkele uren bij belangrijke hoeveelheden neerslag. Deze worden veroorzaakt door een zeer snelle afvoer van hemelwater op de oostelijke flank van de vallei en door de grote bebouwde oppervlakten en de overwelvingen van de waterlopen in de Brusselse agglomeratie. De getijdeninvloed op de Zenne is merkbaar over een lengte van circa 12 km tot Zemst. In de Zenne zijn er twee stuwen aanwezig. Eén te Eppegem die in twee stappen opengaat en zo een extra afvoer regelt langs de Zenne-afleiding bij piekdebieten (aanvankelijk was het de bedoeling dat langs de oude Zenne het normale debiet zou lopen). En één te Zemst die is gebouwd om onderhoudswerken uit te kunnen voeren aan de Zenne-afleiding. Belangrijke zijlopen van de Zenne zijn de Groebengracht, Molenbeek, Lotbeek en Zuunbeek stroomopwaarts Brussel. Stroomafwaarts Brussel monden nog de Woluwe, Tangebeek, Leybeek en de Aabeek in de Zenne uit.

2.1.2.3 Demerbekken

Het gedeelte van het Demerbekken dat in het Vlaams Gewest is gelegen, kent een oppervlakte van 1.922 km² (Figuur 8). Het volledige hydrografische Demerbekken is 2.334 km² groot, en omvat ook de bovenloop van de zowel Grote als Kleine Gete in Wallonië. De Gete, Herk, Velpe, Zwarte Beek, De Hulpe en Begijnenbeek zijn de belangrijkste zijwaterlopen van de Demer en monden uit in de Demer ter hoogte van de zone Schulen-Halen-Diest. In deze zone komen van nature frequent overstromingen voor. Dit knooppunt van valleien, belangrijk voor waterveiligheid en natuur, is verder verbonden met de Demer die vanaf Diest tot aan zijn monding in de Dijle als bevaarbaar gecatalogeerd wordt. Hoewel er in de bovenloop van de Demer meerdere bronwaterlopen voorkomen, wordt de Demer als een regenrivier aanzien. De Demer reageert immers vrij hevig op neerslagbuien met piekdebieten als gevolg. Nagenoeg alle waterlopen zorgen zowel voor afwatering van oppervlaktewater (doorvoer van water) als voor de ontwatering (lokale afvoer en drainage). De zware bedijking langs de Demer beïnvloedt eveneens in belangrijke mate het hydraulische regime. Het betreft vooral het tracé tussen Werchter en Aarschot. Door de bedijking kan het waterpeil bij hoge afvoer vrij hoog stijgen zonder dat de Demer buiten haar oevers treedt. Als gevolg van de terugstuwing van de hoge waterpeilen in de Demer naar de zijlopen toe, kunnen deze zijwaterlopen hun water niet meer kwijt aan de Demer. Daardoor worden deze opgestuwd en veroorzaken ze overstromingen.

Figuur 8 – Hydrografie van het Demerbekken



Bron: Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, bekken-specifiek deel Demerbekken (CIW, 2015c)

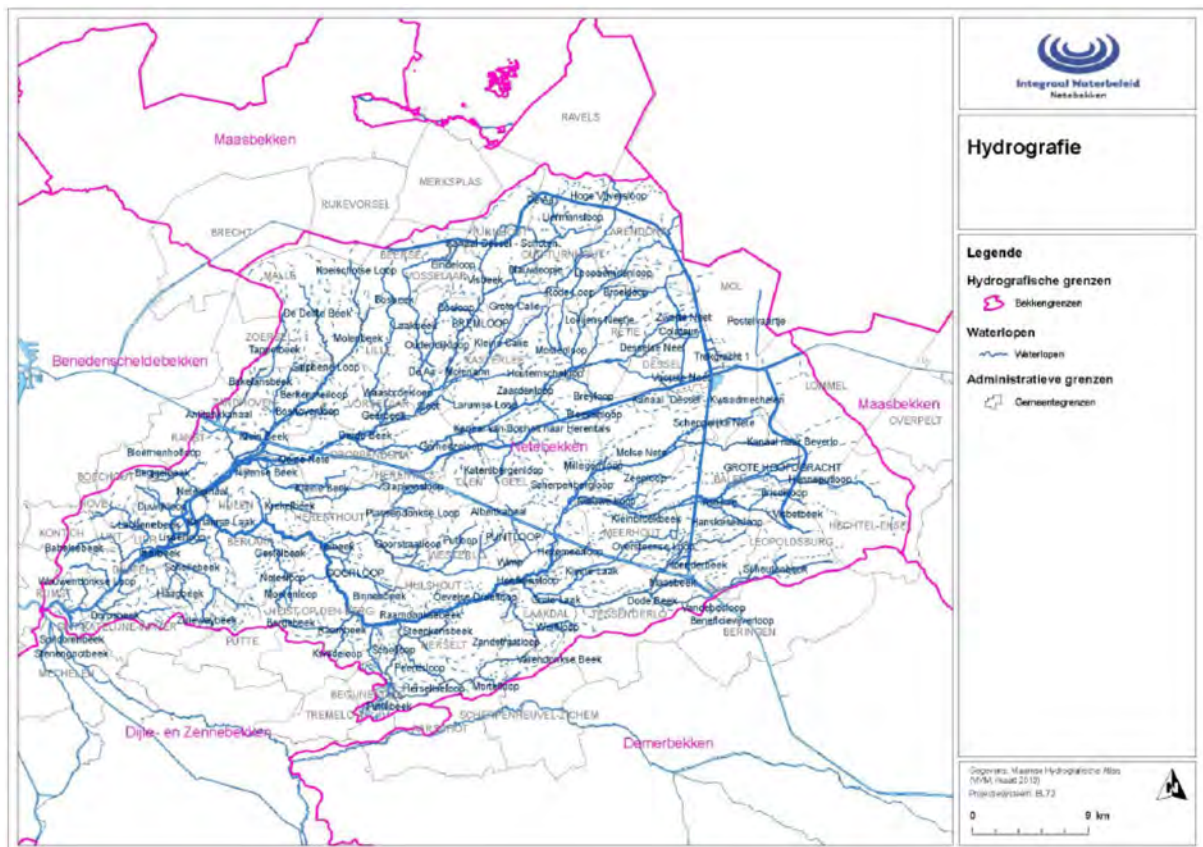
De Grote Steunbeek, een stuw met meerdere schuiven die de waterdoorvoer van de Demer ter hoogte van Diest bepaalt, beïnvloedt, samen met het wachtbekken te Schulen,

in belangrijke mate het hydraulische regime van de Demer. De Grote Steunbeer zorgt voor een opstuwing van het water opwaarts Diest om, indien nodig, het water in het wachtbekken te Schulen te kunnen bergen en zo het piekdebiet te Diest en het meer afwaarts gedeelte van de Demer te kunnen afvlakken. Het wachtbekken te Webbekom zorgt, indien nodig, voor een tijdelijke berging van het water afkomstig van de Velpe en/of de Begijne(n)beek/Leugenbeek. De wachtbekkens te Hoeleden en Halen zorgen eveneens voor een tijdelijke berging van het water meer opwaarts de Velpe. Dit om de waterellende, die zich te Halen voordeed te verhelpen. In de valleien van de verschillende zijwaterlopen van de Demer wordt bij piekdebieten eveneens veel overstromingswater opgehouden, wat zorgt voor de gewenste vertraagde afvoer bij piekdebieten. De natuurlijke bergingscapaciteit van de valleien zou echter nog sterker kunnen worden aangesproken.

2.1.2.4 Netebekken

Het Netebekken bestaat voornamelijk uit twee grote deelstroomgebieden: dat van de Kleine Nete en dat van de Grote Nete (Figuur 9). Beiden waterlopen stromen ruwweg van oost naar west. De Grote Nete ontspringt in Hechtel-Eksel en stroomt via Mol en Geel naar Lier. De Kleine Nete ontspringt in Mol en stroomt via Herentals naar Lier. In Lier vloeien de Grote en de Kleine Nete samen en vormen dan de Beneden-Nete, die op haar beurt in de Rupel (Benedenscheldebekken) uitmondt. De Rupel voert het water van het Netebekken af naar de Schelde. Op de Grote Nete is de getijdenwerking merkbaar tot Itegem (Heist-op-den-Berg), wat niet wil zeggen dat het zoute water tot daar komt. Wel fluctueert het waterpeil er met de getijden mee, ook schijngetij genoemd. Op de Kleine Nete reikt deze getijdenwerking tot Grobbendonk.

Figuur 9 – Hydrografie van het Netebekken



Bron: Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, bekken specifiek deel Netebekken (CIW, 2015e)

De grote zijwaterlopen van de Grote Nete zijn de Molse Nete, de Grote Laak en de Wimp. De Wamp, de Aa en de Molenbeek-Bollaak zijn de grootste zijwaterlopen van de Kleine Nete. Van het Netewater dat uiteindelijk in de Rupel terechtkomt is meer dan de helft afkomstig van de Kleine Nete en iets minder dan de helft van de Grote Nete.

Het Netebekken is een vrij homogeen bekken. Zowel qua reliëf, landgebruik als type van waterlopen, zijn er globaal gezien geen grote verschillen. Hoewel er wel een aantal (kleinere) steden (Lier, Turnhout, Herentals, Geel) in het bekken gelegen zijn, en de lintbebouwing wijd verspreid is, staat het Netebekken bekend als een bekken met heel wat open ruimte, met zowel belangrijke natuurgebieden als agrarisch waardevolle gebieden. Het Netebekken is gezien de grote overlap onlosmakelijk verbonden met de Antwerpse Kempen. In het noorden en het oosten grenst het Netebekken aan het Maasbekken, in het zuiden aan het Demerbekken en het Dijle-Zennebekken, en in het westen aan het Benedenscheldebekken. Vanuit deze bekkens wordt, afgezien van een aantal kanalen, geen water geleverd aan het Netebekken. Omwille van het vlakke reliëf zijn er in het Netebekken relatief weinig stuwen op de grotere waterlopen maar n.a.v. historische rechtekkingen wel meerdere op de kleinere waterlopen.

De belangrijkste op de waterlopen van 1ste categorie zijn de stuwen op de Grote Nete ter hoogte van het Malesbroek, op de Kleine Nete ter hoogte van de wijk Spaans Hof in Herentals alsook de stuwen op de Aa. Verder zijn er ook nog een aantal stuwen in functie van de (vroegere) werking van watermolens, bijvoorbeeld op de Kleine Nete te Grobbendonk en Retie.

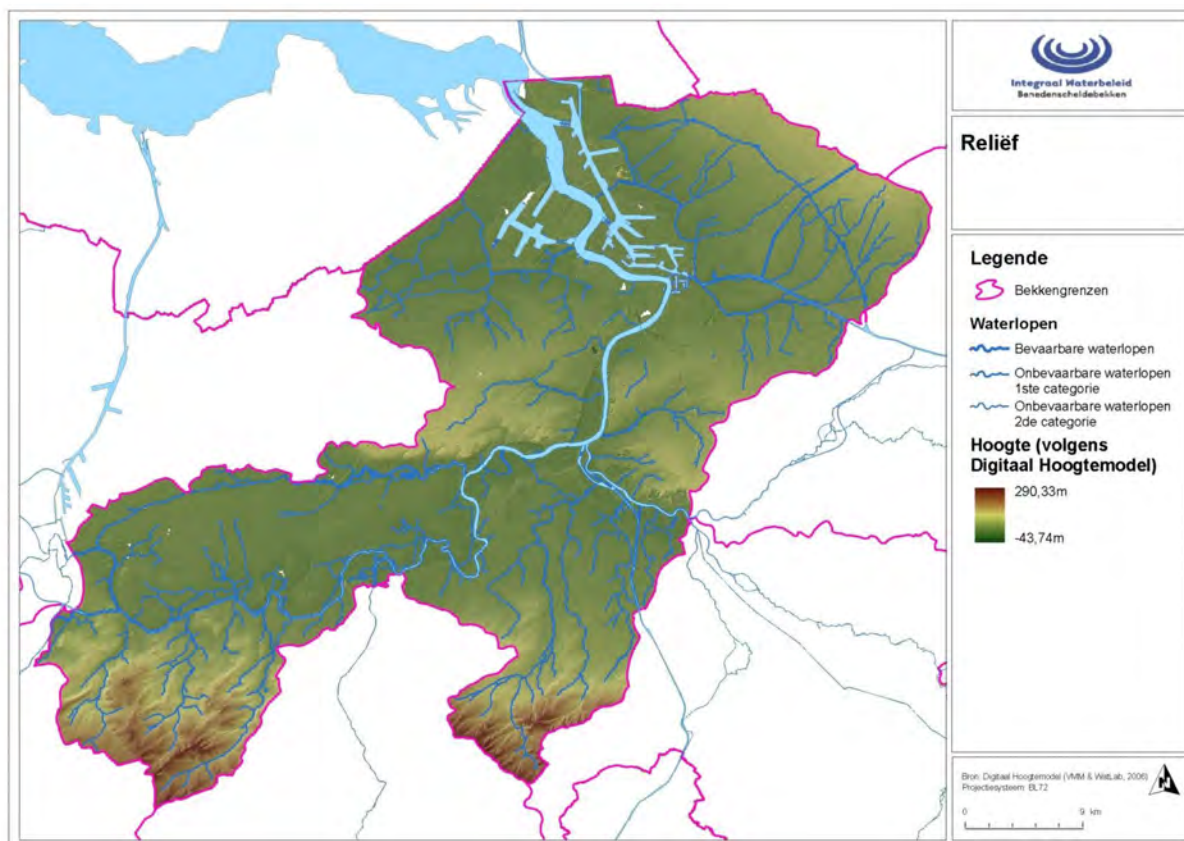
2.1.3 Geografie en reliëf

2.1.3.1 Benedenscheldebekken

Het Benedenscheldebekken (een onderdeel van stroomgebied van de Schelde) heeft een oppervlakte van 1701 km². Het internationaal stroomgebied van de Schelde strekt zich afwaarts de landsgrens stroomafwaarts verder uit in Nederland waar het een oppervlakte van 1734 km² heeft.

De hoogte binnen het Benedenscheldebekken varieert van +0,80 tot +94 m TAW (Figuur 10). Het bekken ligt voor het grootste deel in het vlakke deel van Laag-België en heeft een reliëf dat afneemt naar het noorden. Het zuidelijk deel behoort tot heuvelachtig Midden-België. De afname in hoogte in noordelijke richting wordt onderbroken door de Boomse en de Wase cuesta, die oost-westelijk gericht zijn. Tussen het Midden-Vlaams glooiend Zandleemgebied en de Boomse cuesta ligt de lager gelegen Vlaamse vallei. Centraal, als het ware ingebed in deze Vlaamse vallei, ligt het brede valleigebied van de Zeeschelde met de vertakkingen van Durme en Rupel. Tot aan de monding van de Durme ligt de vallei van de Zeeschelde op de (zuidelijke) grens van de Vlaamse Zandstreek met de Zandleemstreek. Ten noorden gaat het valleigebied geleidelijk over in het vlakke zandgebied. Stroomafwaarts van Antwerpen doorkruist de Zeeschelde een poldergebied gekenmerkt door zeer geringe niveauverschillen. De top van het cuetafront van de Noorderkempen vormt de waterscheidingslijn tussen het Benedenschelde- en Maasbekken. Een aanzienlijk deel van het bekken bestaat uit gebieden die lager liggen dan de hoogwaterlijn. Die gebieden kunnen dan ook enkel bij laag water gravitair (met de zwaartekracht) afwateren. Veelal zijn pompgemalen nodig om de afwatering te verzorgen. De afwateringskarakteristieken van dergelijke polders zijn uiteraard sterk verschillend van die van de vrij afwaterende gebieden.

Figuur 10 – Reliëf van het Benedenscheldebekken



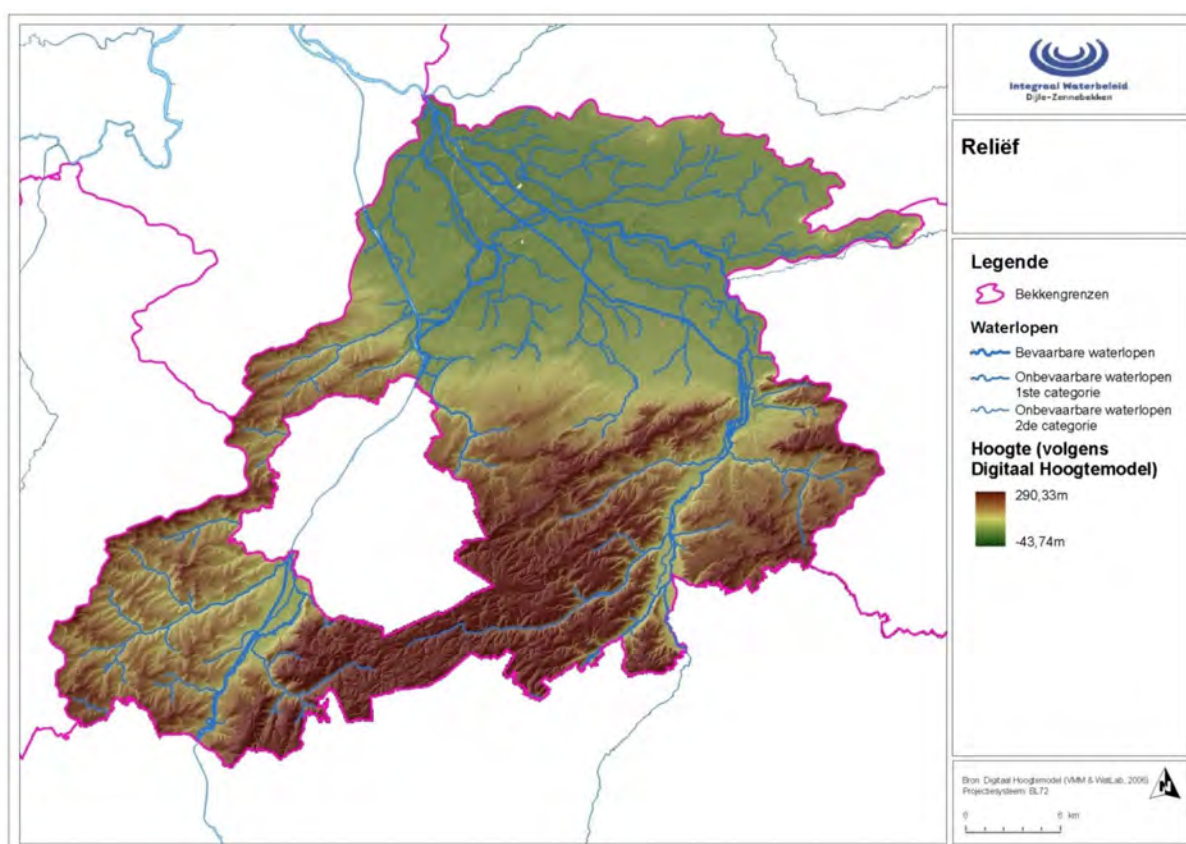
Bron: Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, bekkenspecifiek deel Benedenscheldebekken (CIW, 2015b)

2.1.3.2 Dijle- en Zennebekken

Het bekken heeft een oppervlakte van 1.123 km². Het Waalse deel van het stroomgebied van Dijle en Zenne omvat 1.242 km².

Het noordelijk deel van het Dijle-Zennebekken wordt gekenmerkt door beperkte reliëfverschillen, de zuidelijke helft echter wordt gekenmerkt door een golvend reliëf (Figuur 11). In het bekken worden hoogtes teruggevonden tussen 2 m en 139 m TAW. De leemruggen en plateaus zijn er van elkaar gescheiden door diep ingesneden beekvalleien en depressies. Opvallend zijn de overwegend brede valleien van de Dijle en Zenne (lokaal meerdere kilometers breed). Het Zennedal te Halle is zeer smal (enkele honderden meter) omdat de bedding daar in harde primaire lagen is uitgeschuurd. De Dijle wordt voornamelijk door bronnen gevoed. Ook de bovenlopen (Laan, IJse, Voer, Nethen, Molenbeek en Vunt) worden door bronnen gevoed. Deze rivieren stromen door steile valleien, wat zorgt voor een snelle afvoer van het water. Naast de bronbeken komen er in het zuidelijke deel talrijke Leigrachten en Leibeken voor die door de mens zijn aangelegd om de komgronden te ontwateren. Ze hebben een klein verval en bijgevolg ook een lage stroomsnelheid. Ze worden vrijwel continu gevoed door kwelwater. De beken in de zand- en zandleemstreek stromen door een vlak gebied en vertonen dan ook meer kenmerken van de typische laaglandbeken met een kleiner verval, lagere stroomsnelheden, brede overstromingsvlakten en vrijwel geen voeding door bronnen. Hierdoor wordt de afvoer vertraagd, wat het gebied gevoelig maakt voor overstromingen. Daarenboven maakt het feit dat deze rivieren uitmonden in het deel van de Dijle waar nog getijdewerking is, nog extra moeilijk.

Figuur 11 – Reliëf van het Dijle-Zennebekken



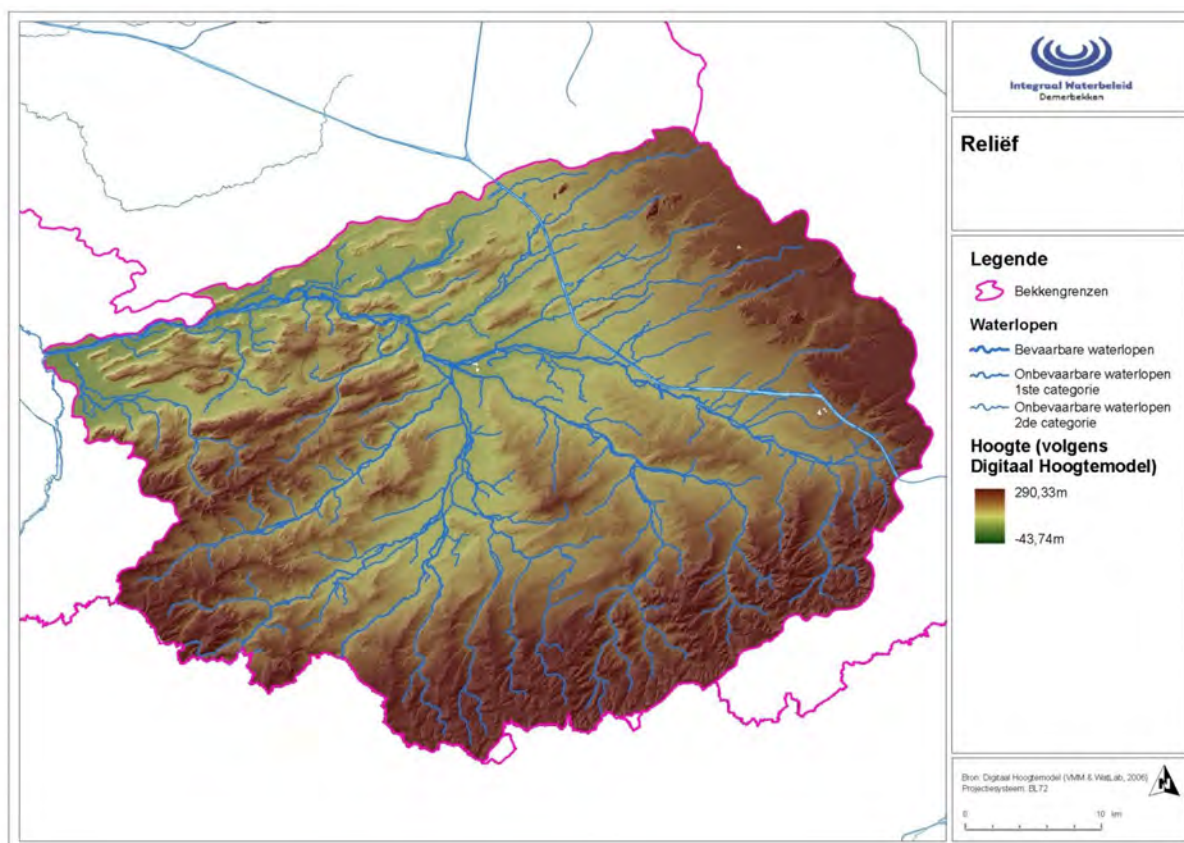
Bron: Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, bekkenspecifiek deel Dijle-Zennebekken (CIW, 2015d).

2.1.3.3 Demerbekken

Het Demerbekken heeft een oppervlakte van 1.919 km² (totale stroomgebied van de Demer (Wallonië en Vlaanderen): 2.334 km²).

Vier geografische regio's zijn bepalend voor het watersysteem in het Demerbekken (Figuur 12). Ten noorden van de Demer vinden we het typisch plassenlandschap in de zandbodems aan de rand van het Kempisch plateau. Verder zuidwaarts komen we in de zandleemgebieden van het glooiende Hageland en het vlakkere Vochtig Haspengouw en verder zuidwaarts in de leembodems van het sterk versneden landschap van Droog Haspengouw. De zuidelijke gordel van het Demerbekken is dan ook reliëfrijk en sterk erosiegevoelig. Hevige zomeronweders zorgen verspreid over het bekken voor lokale pieken van water- en modderoverlast. De winteroverstromingen situeren zich eerder in de benedenlopen en rondom het 'knooppunt', waar ook de grote gecontroleerde overstromingsgebieden van Schulen, Webbekom gesitueerd zijn, die samen met de natuurlijke overstromings- en waterconserveringsgebieden wateroverlast en verdroging moeten voorkomen.

Figuur 12 – Reliëf van het Demerbekken

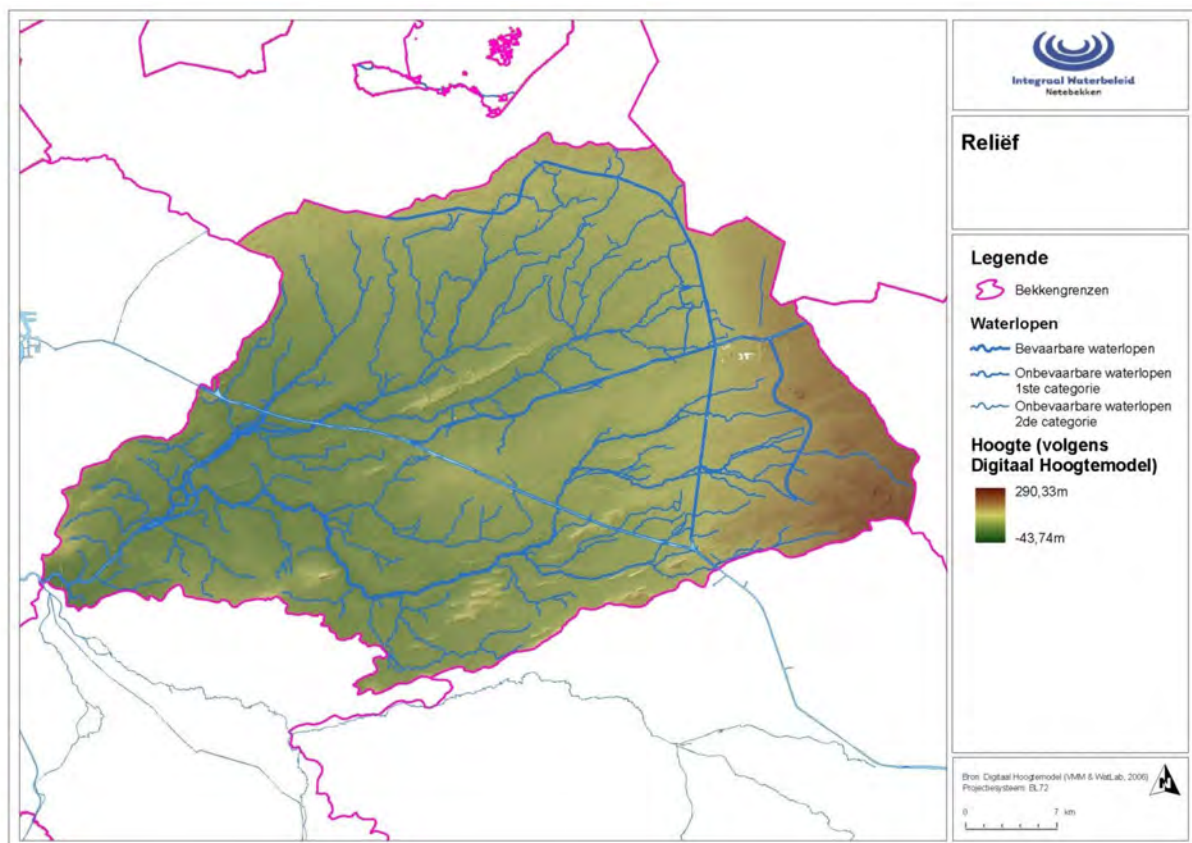


Bron: Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, bekkenspecifiek deel Demerbekken (CIW, 2015c)

2.1.3.4 Netebekken

Het Netebekken heeft een oppervlakte van 1.676 km². De hoogte binnen het Netebekken varieert van 0 tot +70 m TAW (Figuur 13). Het overgrote deel van het bekken situeert zich echter tussen 0 en 35 m TAW. Enkel het uiterste oosten van het bekken, op de grens met het Maasbekken, is hoger gelegen. Door de beperkte variatie in het reliëf bestaat het Netebekken voornamelijk uit typische laaglandbeken, d.w.z. van nature ondiep ingesneden waterlopen met een klein verval en een geringe stroomsnelheid. Hierdoor hebben ze van nature reeds vanaf de bovenloop een min of meer meanderend verloop.

Figuur 13 – Reliëf van het Netebekken



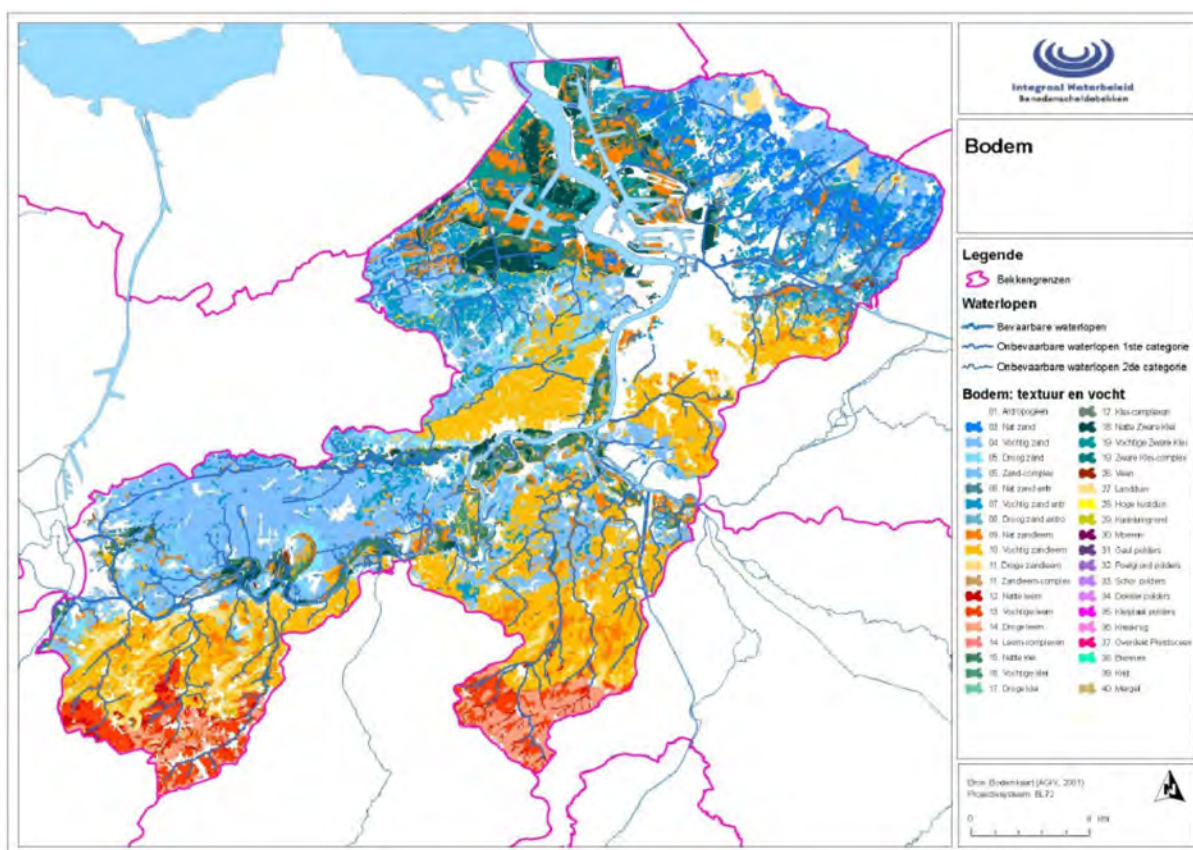
Bron: Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, bekkenspecifiek deel Netebekken (CIW, 2015e)

2.1.4 Bodemtype

2.1.4.1 Benedenscheldebekken

De zandbodems nemen procentueel het grootste aandeel bodems in (22,9%) (Figuur 14). Deze zijn vooral terug te vinden in de Vlaamse Vallei en de Kempen. Ook de antropogene bodems zijn verantwoordelijk voor een groot aandeel van de oppervlakte (22,2%). We vinden ze vooral in de omgeving van Antwerpen en in de woonkernen. Leembodems komen in het Benedenscheldebekken enkel voor in het uiterste zuiden (5,6%). Zandleembodems (14,3%) zijn vooral terug te vinden in het zuiden en in de Wase Cuesta. Lemige zandbodems (13,2%) komen verspreid voor. Lichte zandleembodems (11,7%) zijn terug te vinden in de Wase Cuesta en de Zuiderkempen. Verder komen nog kleibodems (5,1%) en zware kleibodems (4,8%) voor, en dit voornamelijk langs de Zeeschelde, de Rupel, de Durme en in de polders. De textuurklasse van de bodem geeft een richtwaarde voor het vochtophoudend vermogen en de verzadigde hydraulische conductiviteit van de bodem, hetgeen een impact heeft naar infiltratie en erosiegevoeligheid.

Figuur 14 – Bodem in het Benedenscheldebekken

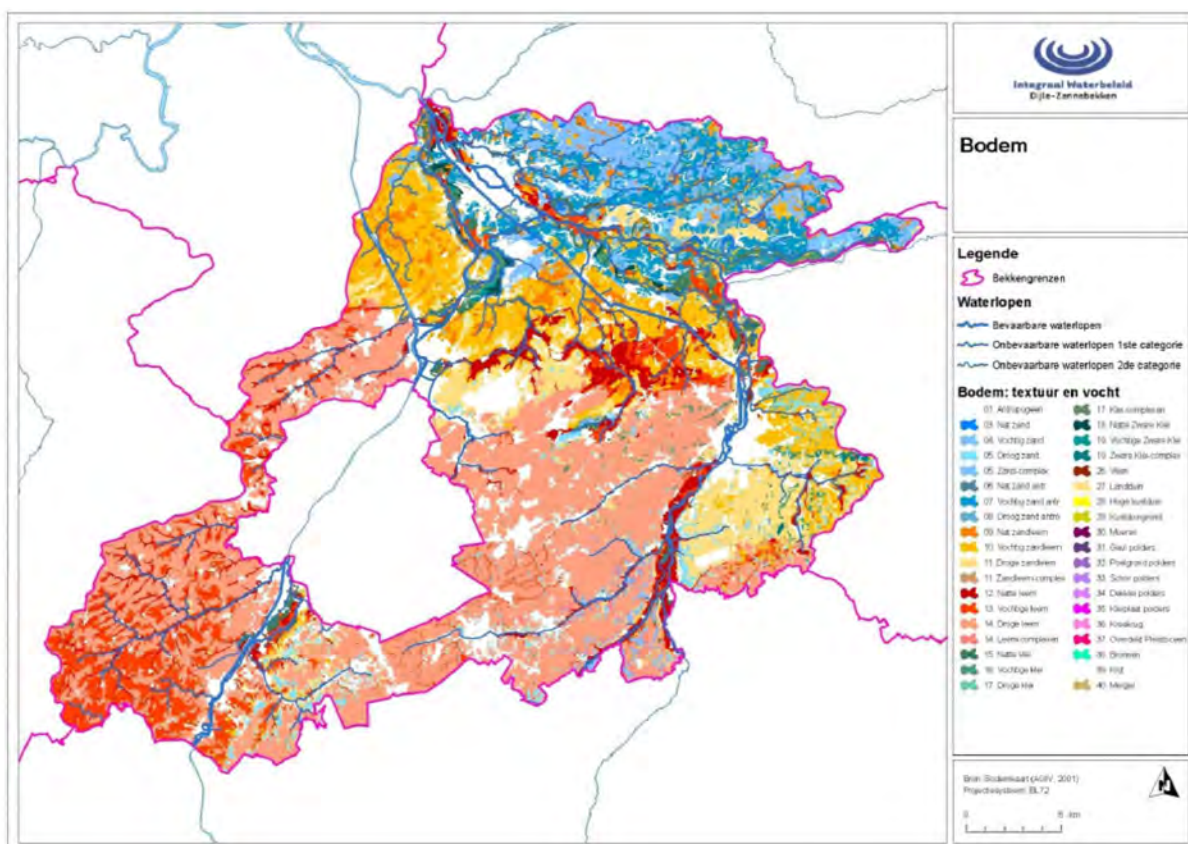


Bron: Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, bekken specifiek deel Benedenscheldebekken (CIW, 2015b)

2.1.4.2 Dijle- en Zennebekken

De meeste bodems (43,20%) in het Dijle-Zennebekken zijn leembodems (Brabantse leemstreek) (Figuur 15). Deze komen voor in het zuidelijke deel van het bekken. Een ander vrij veel voorkomend bodemtype zijn de zandleembodems (bijna 20%) die terug te vinden zijn in het gebied dat overeenkomt met Noordelijk- en Zuidelijk Hageland, tussen de Zenne en het Zeekanaal Brussel-Schelde, en afwisselend met leembodems in de driehoek Vilvoorde-Kortenberg-Haacht. De lichte zandleembodems komen vooral in het noorden en oosten van het bekken voor en dit voornamelijk in de valleien. De profielontwikkeling van de bodems varieert sterk naargelang de ligging. De valleien van de Dijle en de Zenne worden vooral gekenmerkt door jonge bodems zonder profielontwikkeling op kleiig, lemig, zandlemig of licht-zandlemig materiaal. Op de plateaus en op de valleiwand zijn de omstandigheden anders: de grondwaterstanden zijn veelal lager en variëren meer in de loop van de seizoenen. Hierdoor treedt wel uitloging op, zodat onder de (zand)leemlaag vaak een zone ontstaat die aangerijkt is met klei en/of ijzer. De plateaugronden zijn meestal droog tot zeer droog, terwijl de valleien en de komgronden van nature nat tot zeer nat zijn. Door het aanleggen van een intensief drainagenetwerk zijn de komgronden vaak deels ontwaterd. De ‘zeer natte’ bodems vinden we vooral in de valleien van de Dijle en de Zenne, en ten noorden van de grens tussen de leem- en zandleemstreek. ‘Natte’ bodems zijn verspreid te vinden in het bekken, voornamelijk rond de bovenlopen van waterlopen, in de diverse valleigebieden ook in ongeveer het ganse zuidwesten van het bekken. De textuurklasse van de bodem geeft een richtwaarde voor het vochtophoudend vermogen en de verzadigde hydraulische conductiviteit van de bodem, hetgeen een impact heeft naar infiltratie en erosiegevoeligheid.

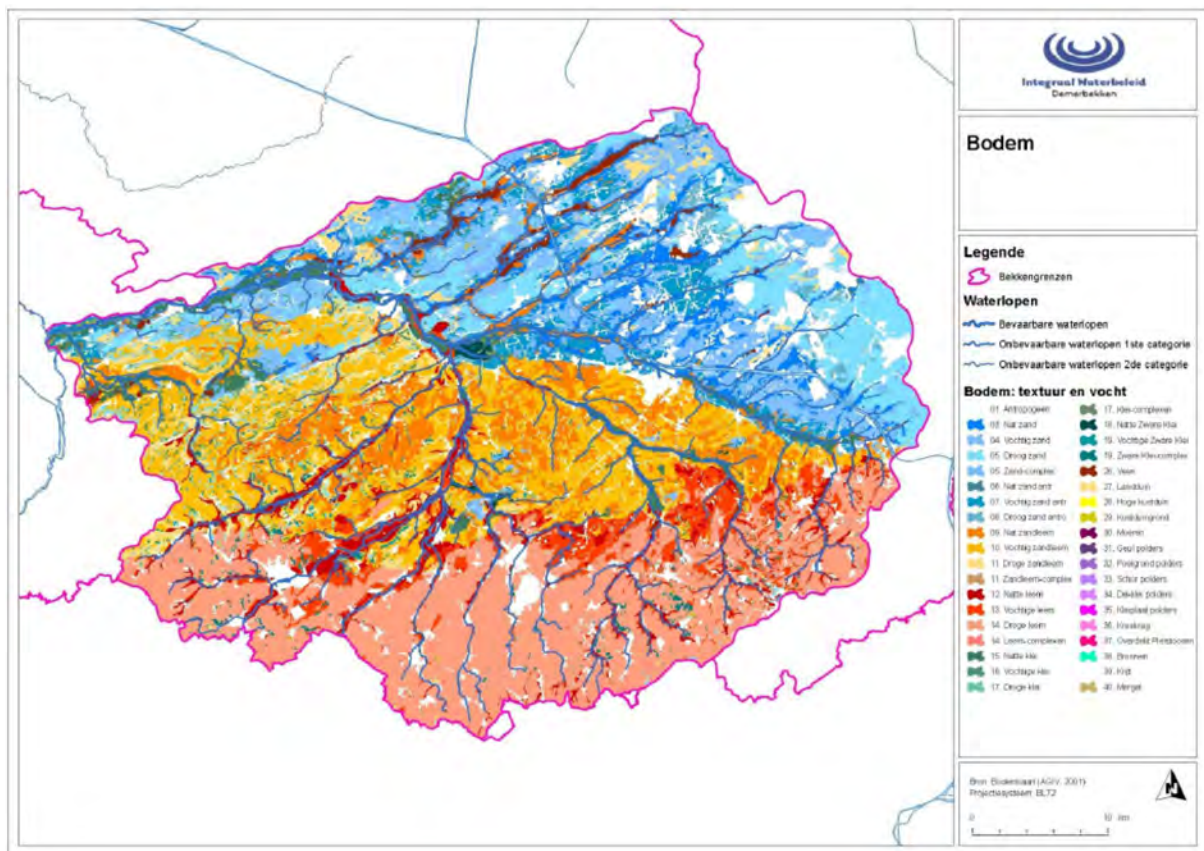
Figuur 15 – Bodem in het Dijle-Zennebekken



2.1.4.3 Demerbekken

Het gebied ten noorden van de Demer (met o.m. het Kempens plateau) wordt gekarakteriseerd door zandbodems (Figuur 16). Meer zuidwaarts is de overgang naar de zandleemstreek merkbaar. Zandbodems gaan zuidwaarts van de Demer over naar zandleembodems (Hageland en Vochtig Haspengouw) om nog meer zuidwaarts te resulteren in leembodems (Droog Haspengouw). De textuurklasse van de bodem geeft een richtwaarde voor het vochtophoudend vermogen en de verzadigde hydraulische conductiviteit van de bodem, hetgeen een impact heeft naar infiltratie en erosiegevoeligheid.

Figuur 16 – Bodem in het Demerbekken

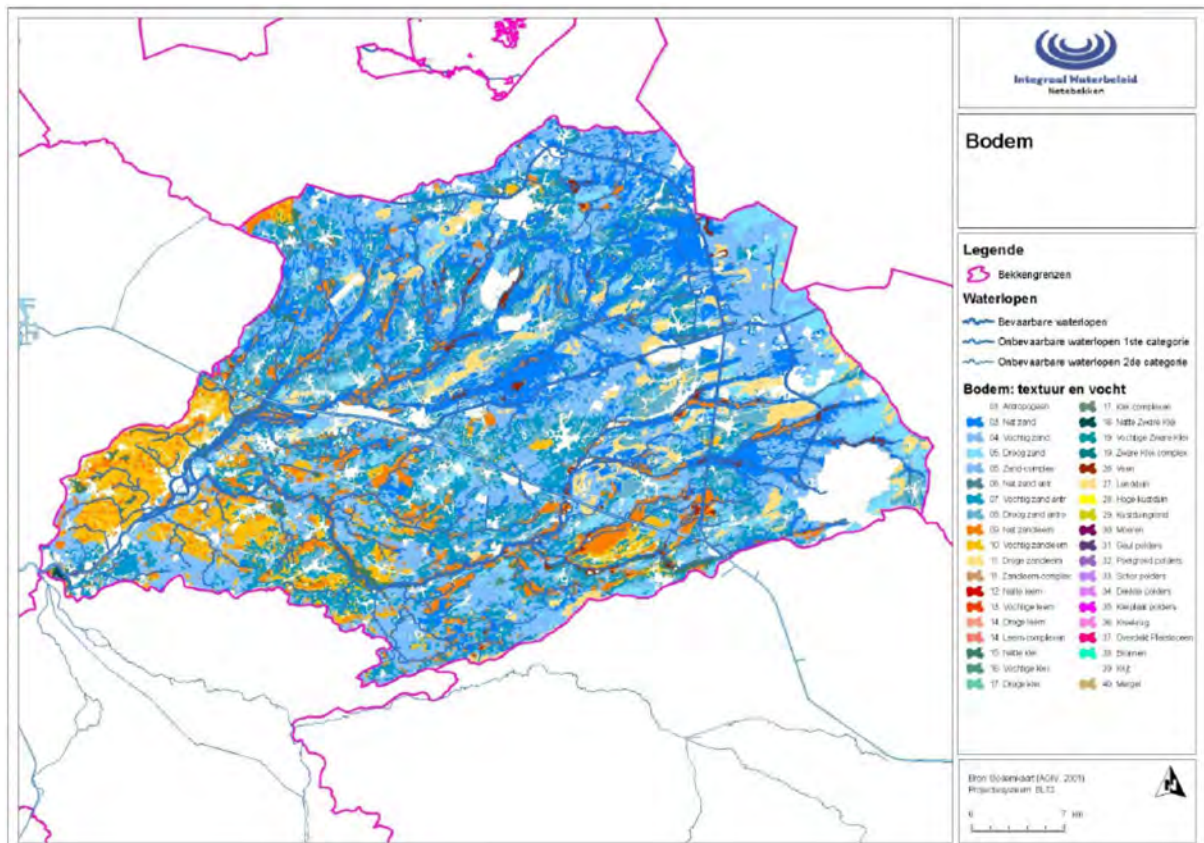


Bron: Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, bekkenspecifiek deel Demerbekken (CIW, 2015c)

2.1.4.4 Netebekken

Het Netebekken ligt grotendeels in de zandstreek (Figuur 17). Zandbodems nemen dan ook het grootste aandeel van de totale oppervlakte in. Een typische bodem is de Kempische podzolbodem. Het zuidwesten van het Netebekken ligt in de zandleemstreek. Daar komen voornamelijk lichte zandleembodems voor (ca. 10% van de oppervlakte). De overgang tussen de zandstreek en de zandleemstreek wordt in het Netebekken gevormd door lemige zandgronden (een kleine 30% van de oppervlakte).

Figuur 17 – Bodem in het Netebekken



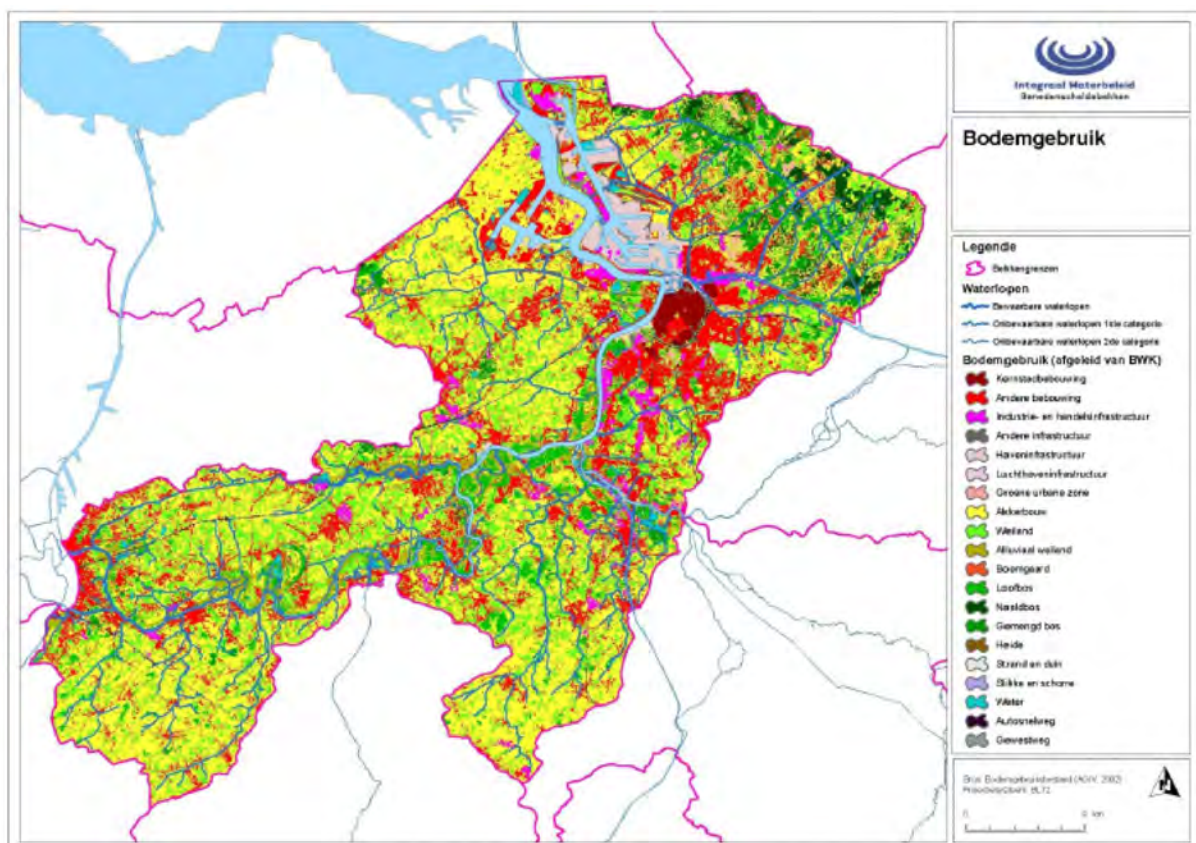
Bron: Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, bekken specifiek deel Netebekken (CIW, 2015e)

2.1.5 Bodemgebruik

2.1.5.1 Benedenscheldebekken

Het Benedenscheldebekken kent in zijn geheel een grote verstedelijkingsgraad, en daarmee gepaard een hoge graad van verharding: 23% van de oppervlakte is bestemd voor wonen, 10% van de oppervlakte is bestemd voor industriële activiteiten (Figuur 18). Vooral het noordoostelijk deel van het Benedenscheldebekken, aan de rechteroever van de Zeeschelde, valt op door het hoge percentage bebouwing of verharding. Het meest opvallend hierin is de stad Antwerpen met haar wijde agglomeratie en het havengebied. Daarnaast is het oosten van de Gentse stadskern binnen het Benedenscheldebekken gelegen, en komen woonkernen verspreid voor. De sterke toename van verharde oppervlakte hypothekeert in bepaalde gebieden de infiltratiecapaciteit en zorgt voor een versnelde afvoer van het water. Landbouw (20%) en grasland (16%) vinden we verspreid over het bekken terug. Grasland is verder kenmerkend voor de meeste valleigebieden. Naast akkerbouw en weiland wordt de open ruimte verder ook voor een belangrijk deel ingenomen door bos. Het bodemgebruik beïnvloedt het watersysteem zowel kwantitatief (neerslagoverschot, voeding van de diepere watervoerende pakketten, verdamping), als kwalitatief (productie van huishoudelijk en industrieel afwater, uitspoeling van meststoffen, ...).

Figuur 18 – Bodemgebruik in het Benedenscheldebekken

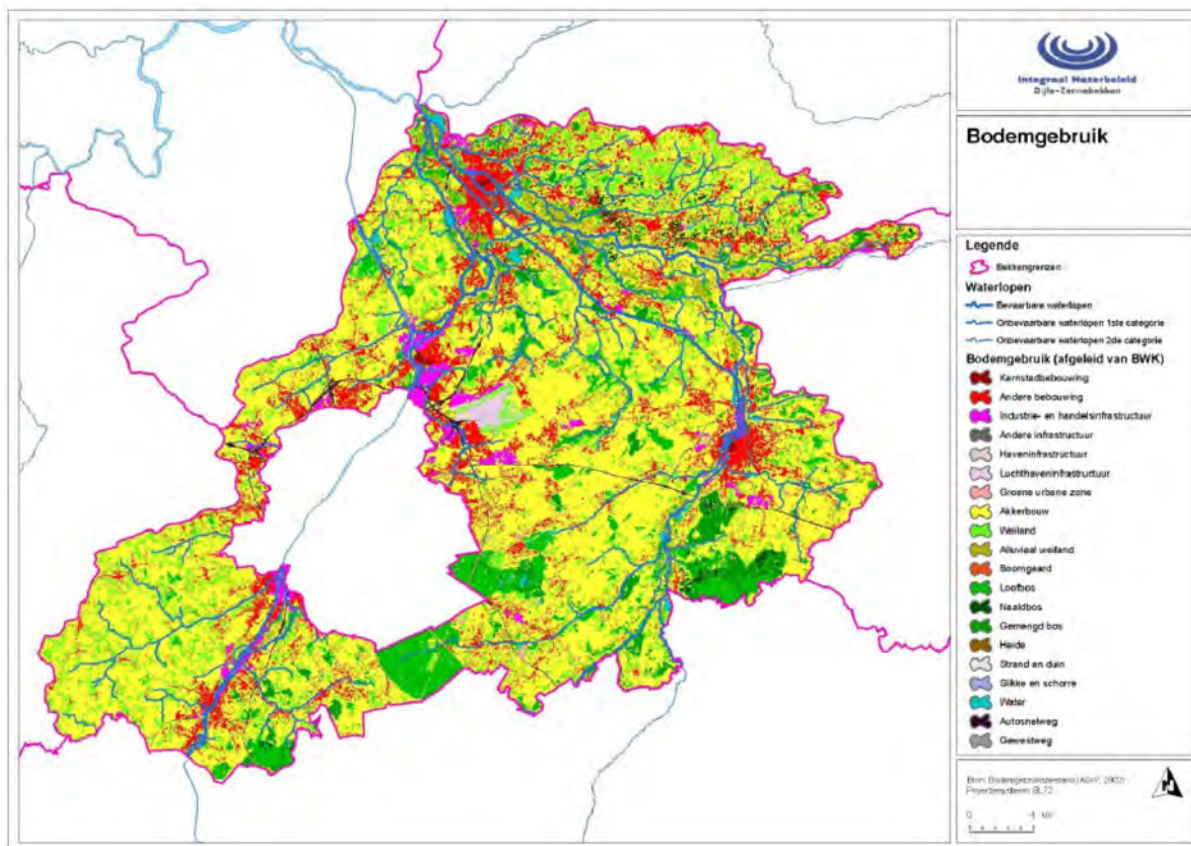


Bron: Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, bekkenspecifiek deel Benedenscheldebekken (CIW, 2015b)

2.1.5.2 Dijle- en Zennebekken

Het bodemgebruik omvat voor een groot deel bebouwde terreinen of verharde oppervlakte (Figuur 19). Het Dijle-Zennebekken kent een verstedelijkingsgraad van nagenoeg 31,65%. De bebouwing komt in hoofdzaak voor ter hoogte van de steden en langsheen de verschillende infrastructuur. Bebouwing is zeer geconcentreerd aanwezig rondom het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, rond Leuven en rond Mechelen. De bebouwde of verharde oppervlakten vormen niet enkel grote gebieden maar sluiten ook sterk op elkaar aan. In het noordoostelijk gedeelte van het bekken vallen de vele lintbebouwing en verspreide bebouwing op. De sterke toename van verharde oppervlakte in het hele bekken, zeker rond het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, hypothekeert in bepaalde gebieden de infiltratiecapaciteit en zorgt voor een versnelde afvoer van het water. Ook ruilverkavelingen, schaalvergroting in de landbouw en de omzetting van (permanente) graslanden in akkerbouw heeft op vele plaatsen de infiltratiecapaciteit van de bodem doen verminderen en de oppervlakkige, sediment-beladen run-off doen toenemen. De open ruimte wordt in het Dijle-Zennebekken vooral ingenomen door akkerbouw en grasland/weiland. Grasland (15%) komt voor op de nattere gronden langsheen de verschillende waterlopen en op steilere valleihellingen. Akkerland (27,57%) komt voor in het Pajottenland en het Hageland en tussen de steden en lintbebouwingen in. Ten noorden van de Dijle-Demer is de akkerbouw minder intensief. Binnen het bekken liggen een aantal aaneengesloten boscomplexen (16,03%). De belangrijkste boscomplexen zijn het Zoniënwoud, het Hallerbos, het Meerdaal- en Mollendaalbos en het Heverleebos.

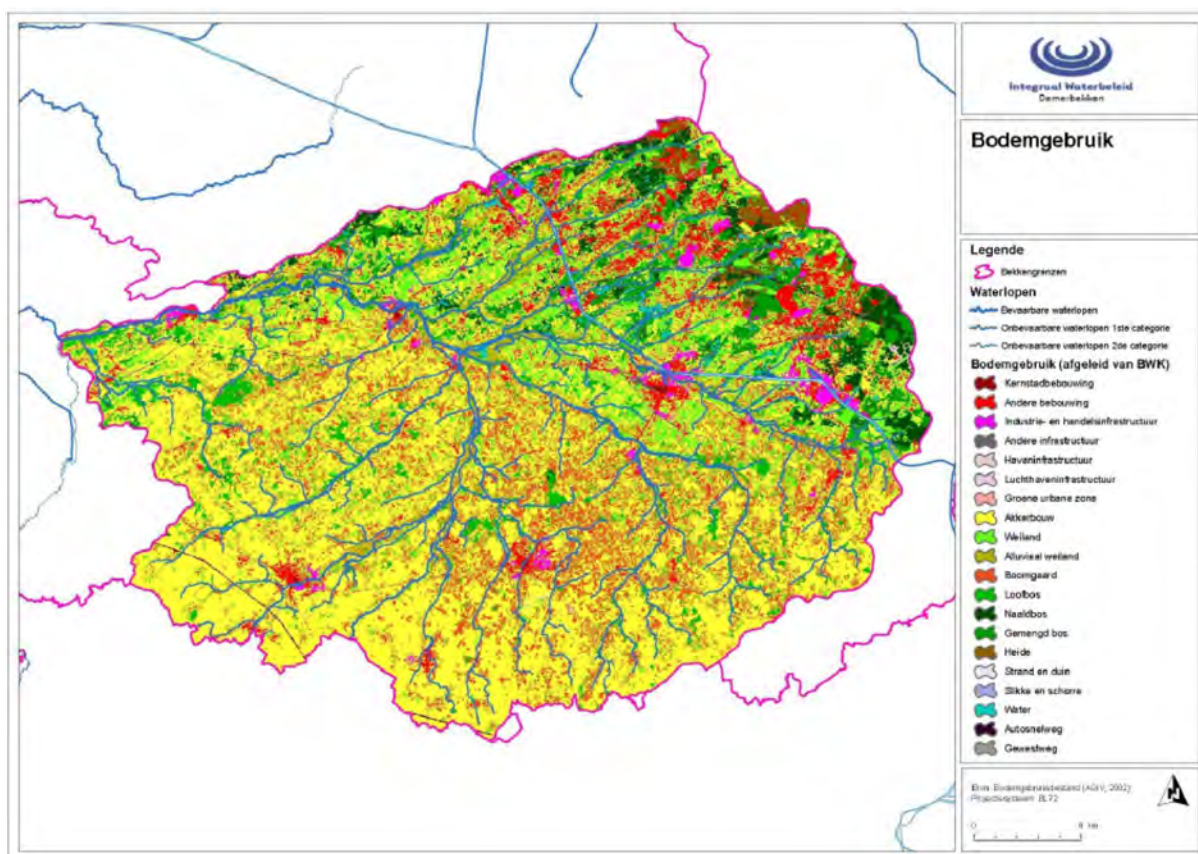
Figuur 19 – Bodemgebruik in het Dijle-Zennebekken



2.1.5.3 Demerbekken

Akkerland heeft met 40 % het grootste aandeel binnen het bodemgebruik van het bekken van de Demer (Figuur 20). Akkers liggen in hoofdzaak in het zuidelijk deel van het bekken (Hageland en Haspengouw) omwille van de vruchtbare leemgronden. Het noordelijk deel is meer bebost. De open ruimte wordt voornamelijk ingenomen door akkerland en weiland, bos, en in mindere mate maar toch niet onbelangrijk door een aantal waterplassen en heideterreinen. Weiland (20 %) komt vooral voor op de nattere gronden in de valleien langsheen de verschillende waterlopen. Het Demerbekken kent in zijn geheel een kleine verstedelijkingsgraad, en daarmee gepaard een lage graad van verharding. Bebouwde terreinen (20 %) komen in hoofdzaak voor ter hoogte van de stedelijke gebieden (Hasselt, Aarschot, Diest, Tienen, Sint-Truiden, Beringen, Houthalen, Genk) en langsheen verschillende infrastructuren (autowegen, hoofdwegen, kanalen...). In het noordelijk gedeelte van het bekken vallen de vele lintbebouwing en verspreide bebouwing op. De toename van verharde oppervlakte hypothekeert in bepaalde gebieden de infiltratiecapaciteit en zorgt voor een versnelde afvoer. Bos (16 %) komt voor in aaneengesloten gehelen. De belangrijkste boscomplexen doen zich voor op het Kempens Plateau (oostelijk deel van het bekken). Belangrijke waterplassen (1 %) zijn terug te vinden in het oosten van het bekken. Het grootste aaneengesloten plassenlandschap is het vijvergebied Midden-Limburg (het gebied van 'De Wijers'). Andere grote plassen zijn de Paalse plas aan de E313 en het Schulensmeer langsheen de Demer.

Figuur 20 – Bodemgebruik in het Demerbekken

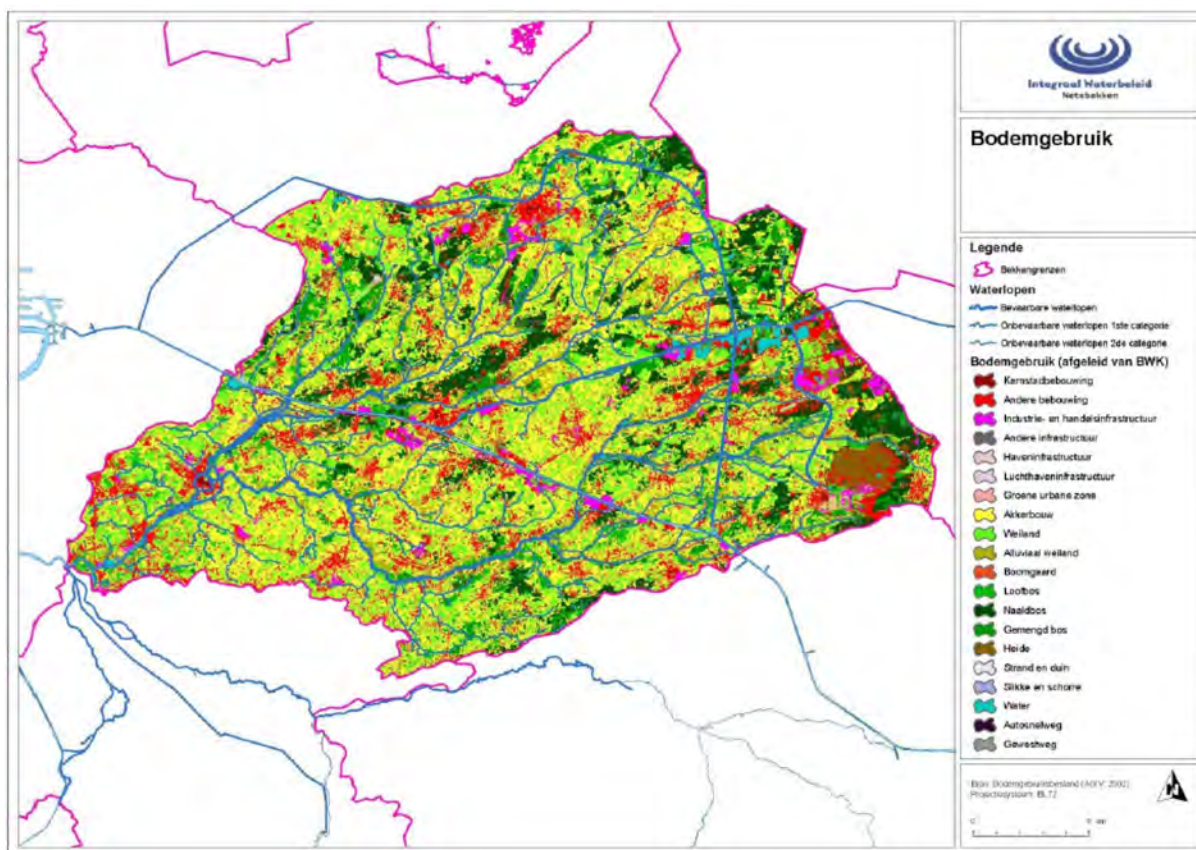


Bron: Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, bekkenspecifiek deel Demerbekken (CIW, 2015c)

2.1.5.4 Netebekken

In het verleden was het watersysteem een sterk bepalende factor voor het bodemgebruik in een gebied: valleigronden werden in gebruik genomen als hooiland terwijl de drogere percelen in aanmerking kwamen voor landbouw of huisvesting. De laatste decennia is hierin een grote verandering gekomen: grote delen van valleigebieden zijn ingericht voor bewoning, infrastructuur, industrie, landbouw, enzovoort (Figuur 21). Dit heeft de afstroming en het bergend vermogen van de valleien ingrijpend beïnvloed. Driekwart van de open ruimte in het Netebekken wordt ingenomen door weiland en grasland, bos, en akker- en tuinbouw. Elk nemen ze ongeveer een kwart voor hun rekening. Weiland en grasland komen verspreid over het gehele bekken voor. Ook akkerbouw komt verspreid voor, maar in de valleien is het aandeel wel kleiner dan elders. De grote boscomplexen vinden we vooral op het Kempens Plateau, in Arendonk en op de heuvelrug tussen Herentals en Kasterlee. De bebouwing (verharde oppervlakte) is de laatste decennia in sterke mate toegenomen. Door die toename is de verstedelijkingsgraad opgelopen tot meer dan 25%. Deze verstedelijking is merkbaar in de vorm van geconcentreerde bebouwing in en rondom de steden (Lier, Herentals, Turnhout, Geel) en een opvallend verspreide bebouwing met lintkarakter langs de verkeersroutes die de steden en gemeenten verbinden.

Figuur 21 – Bodemgebruik in het Netebekken



Bron: Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021, bekken specifiek deel Netebekken (CIW, 2015e)

2.1.6 Overstromingen

Overstromingen zijn een natuurlijk verschijnsel: vooral tijdens de winterperiodes zorgt de verhoogde aanvoer van water ervoor dat waterlopen hun winterbedding aanspreken en dus buiten hun oevers treden. Kanaliseringen en de inname van valleigebieden door bebouwing en infrastructuur zorgen er echter voor dat waterlopen hun natuurlijke overstromingsgebieden niet meer maximaal kunnen benutten waardoor ze plaatselijk soms ook buiten hun van nature overstroombare gebieden overstromen. Gebieden die (nu) overstromen vallen dus niet altijd en overal samen met de van nature overstroombare gebieden van de waterlopen.

De van nature overstroombare gebieden (NOG) zijn afgebakend op basis van de bodemkaart. Uit de bodem kan immers afgeleid worden welke sedimenten er zich in het verleden hebben afgezet door overstromingen vanuit de waterloop zelf (valleigebieden) of vanuit de zee (poldergebieden). Deze gebieden hebben niet noodzakelijk een verhoogd actueel overstromingsrisico. Het is eerder een indicatie van waar overstromingen zich kunnen voordoen in afwezigheid van menselijk ingrijpen. Toch zijn ze van groot belang om een beeld te kunnen geven van de mogelijke gevolgen van extreme weersomstandigheden of het falen van bestaande waterkeringen.

De recent overstroomde gebieden (ROG) zijn een weergave van de bekende overstromingen die zich hebben voorgedaan in de periode 1988-2003 en bijgestuurd in 2004, 2005 en 2006.

2.1.6.1 Benedenscheldebekken

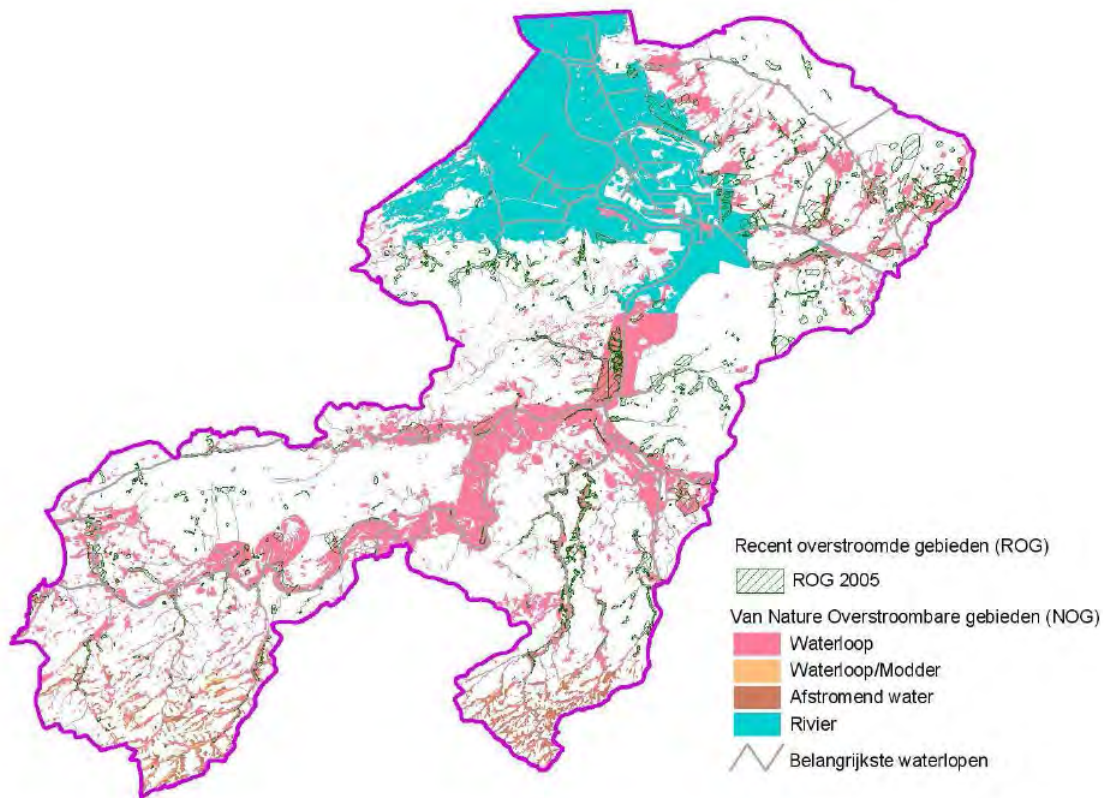
De van nature overstroombare gebieden zijn de valleigebieden van de Benedenschelde en haar zijwaterlopen (Figuur 22).

Het Benedenscheldebekken is in grote delen om erg uiteenlopende redenen gevoelig voor piekdebieten, hetzij door haar topografische en geologische kenmerken -vooral belangrijk in het zuidelijk deel van het bekken met een meer uitgesproken relief in het gebied van de twee Molenbeken in Klein-Brabant en Brabant -, hetzij door stormtijdebieten vanuit de Noordzee. Daarbij komt nog de invloed van ingrepen van de mens op het watersysteem (inname van valleigebieden door bebouwing, rechttrekking en indijking van waterlopen, versnelde afvoer, toename van verharde oppervlakte, enzovoort). Dit alles leidt ertoe dat het Benedenscheldebekken bij periodes van hevige neerslag geregeld met ernstige problemen van wateroverlast kampt (CIW, 2008a).

De recent overstroomde gebieden (ROG) zijn een weergave van de bekende overstromingen die zich hebben voorgedaan in de periode 1988-2005.

In het Benedenscheldebekken hebben zich in het verleden meermaals zware overstromingen voorgedaan. Naar aanleiding daarvan zijn in het verleden al diverse maatregelen genomen: de inrichting van gecontroleerde overstromingsgebieden of wachtbekkens, de bouw van stuwen en pompstations, de aanleg van (plaatselijke) dijken enz. Ondanks de verschillende maatregelen die reeds genomen zijn, wordt het Benedenscheldebekken nog regelmatig geconfronteerd met ernstige vormen van wateroverlast.

Figuur 22 – Van nature overstroombare gebieden (NOG) en recent overstroomde gebieden (ROG) in het Benedenscheldebekken



Bron: Het bekkenbeheerplan van het Benedenscheldebekken (CIW, 2008a)

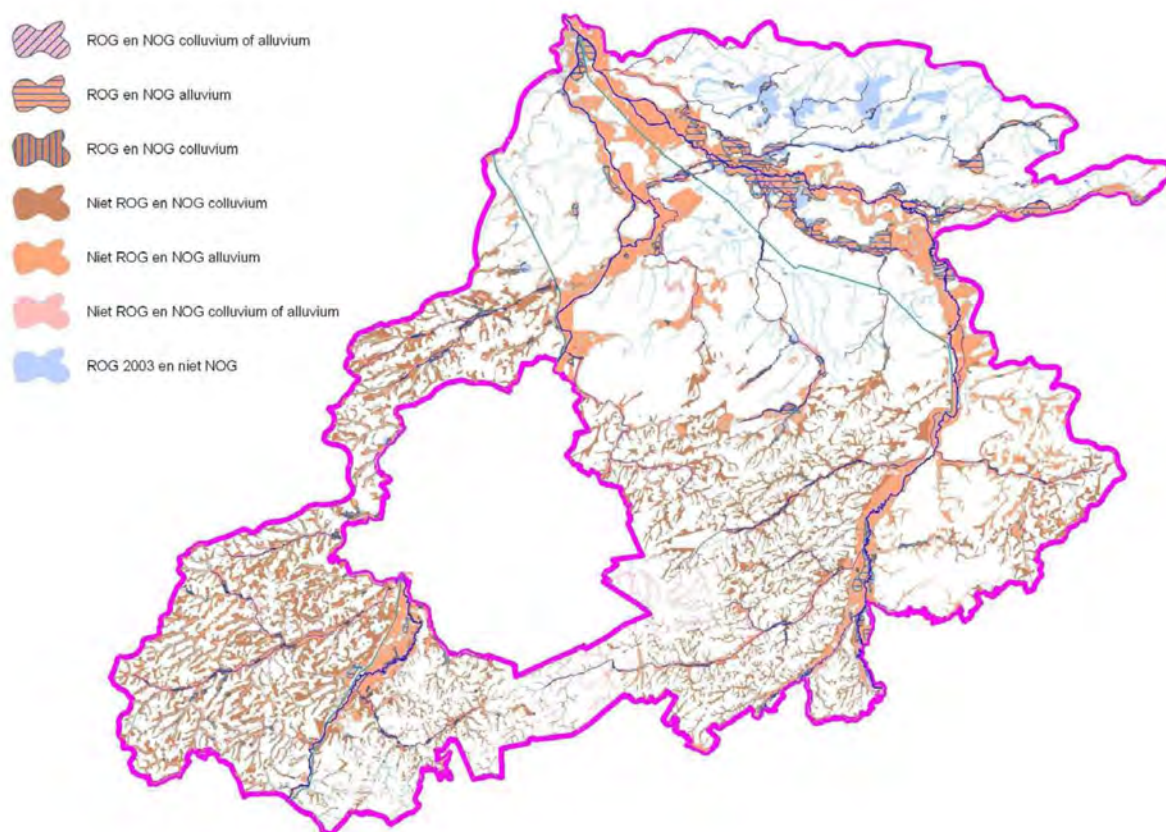
2.1.6.2 Dijle- en Zennebekken

De van nature overstroombare gebieden zijn de valleigebieden van de Dijle en de Zenne en hun zijwaterlopen (Figuur 23).

De recent overstroomde gebieden (ROG) zijn een weergave van de bekende overstromingen die zich hebben voorgedaan in de periode 1988-2004.

In het Dijle-Zennebekken hebben zich in het verleden meermaals zware overstromingen voorgedaan. Naar aanleiding daarvan zijn in het verleden al diverse maatregelen genomen: de inrichting van de gecontroleerde overstromingsgebieden of wachtbekkens, de bouw van stuwen en pompstations, de aanleg van (plaatselijke) dijken enz. Ondanks de verschillende maatregelen die reeds genomen zijn, wordt het Dijle-Zennebekken nog regelmatig geconfronteerd met ernstige vormen van wateroverlast.

Figuur 23 – Van nature overstroombare gebieden (NOG) en recent overstroomde gebieden (ROG) in het Dijle-Zennebekken



Bron: Het bekkenbeheerplan van het Dijle-Zennebekken (CIW, 2008c)

2.1.6.3 Demerbekken

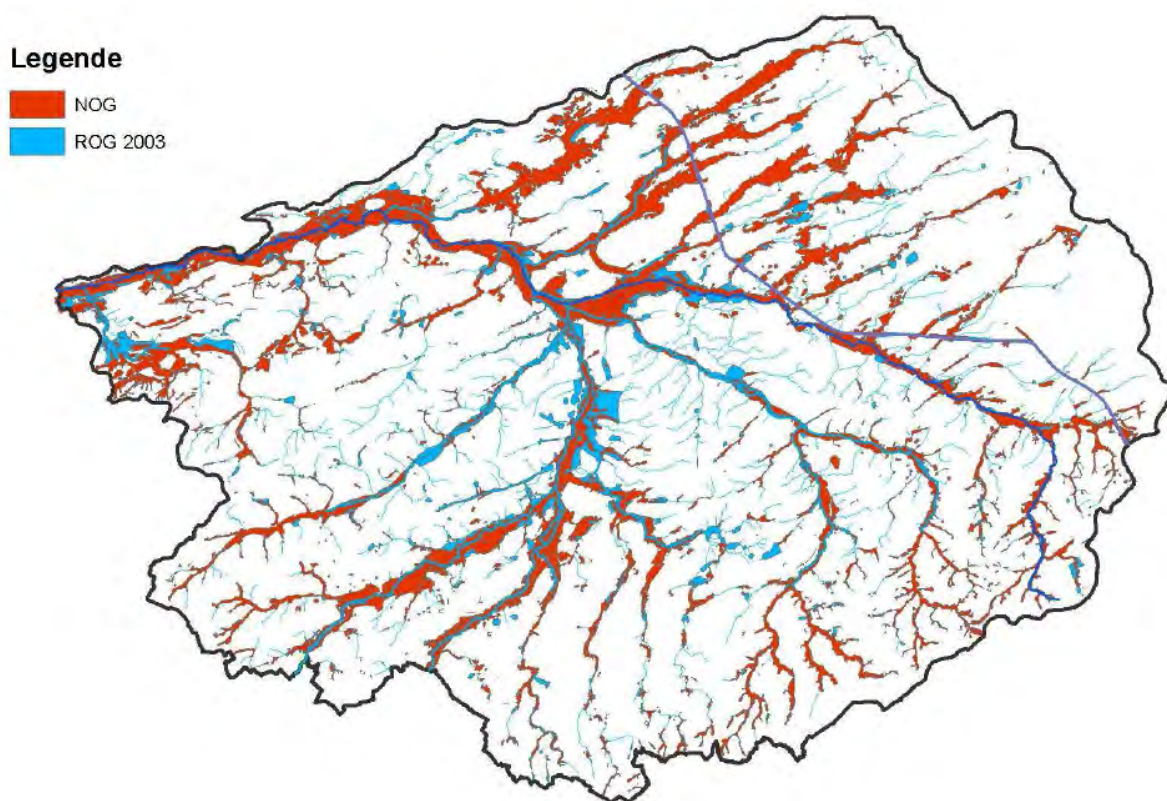
De van nature overstroombare gebieden zijn de valleigebieden van de Demer en haar zijwaterlopen (Figuur 24).

De aanleg van zware dijken langs de Demer zorgt ervoor dat de Demer zelf niet overstroomt. Daar op de zijwaterlopen kleinere of zelfs geen bedijking aanwezig is, treden de zijwaterlopen echter door opstuwing buiten hun oevers. Hoe hoger de Demer wordt ingedijkt, hoe hoger de waterpeilen zich zullen manifesteren (CIW, 2008b).

De recent overstroomde gebieden (ROG) zijn een weergave van de bekende overstromingen die zich hebben voorgedaan in de periode 1988-2003.

In het Demerbekken hebben zich in het verleden meermaals zware overstromingen voorgedaan. Naar aanleiding daarvan zijn in het verleden diverse maatregelen ter voorkoming van wateroverlast/overstromingen genomen waaronder de bouw van stuwen en pompstations, de aanleg van (plaatselijke) dijken en de inrichting van de gecontroleerde overstromingsgebieden of wachtbekkens.

Figuur 24 – Van nature overstroombare gebieden (NOG) en recent overstroomde gebieden (ROG) in het Demerbekken



Bron: Het bekkenbeheerplan van het Demerbekken (CIW, 2008b)

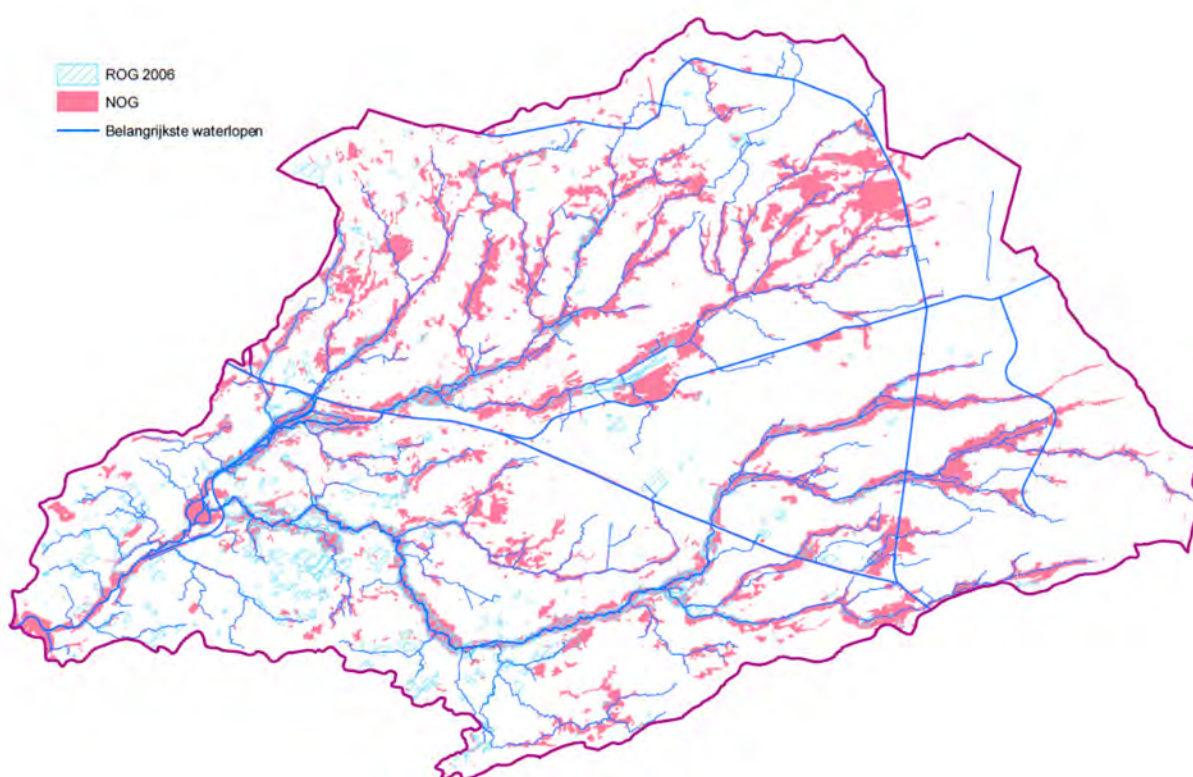
2.1.6.4 Netebekken

De van nature overstroombare gebieden zijn de valleigebieden van de Grote Nete, de Kleine Nete, de Beneden Nete en hun zijwaterlopen (Figuur 25).

De recent overstroomde gebieden (ROG) zijn een weergave van de bekende overstromingen die zich hebben voorgedaan in de periode 1988-2006.

In het Netebekken hebben zich in het verleden meermaals zware overstromingen voorgedaan. Naar aanleiding daarvan zijn in het verleden al diverse maatregelen genomen: de inrichting van gecontroleerde overstromingsgebieden of wachtbekkens, de bouw van stuwen en pompstations, de aanleg van (plaatselijke) dijken enz. Ondanks de verschillende maatregelen die reeds genomen zijn, wordt het Netebekken nog regelmatig geconfronteerd met ernstige vormen van wateroverlast.

Figuur 25 – Van nature overstroombare gebieden (NOG) en recent overstroomde gebieden (ROG) in het Netebekken



Bron: Het bekkenbeheerplan van het Netebekken (CIW, 2008d)

2.2 Aanvullende beschrijving

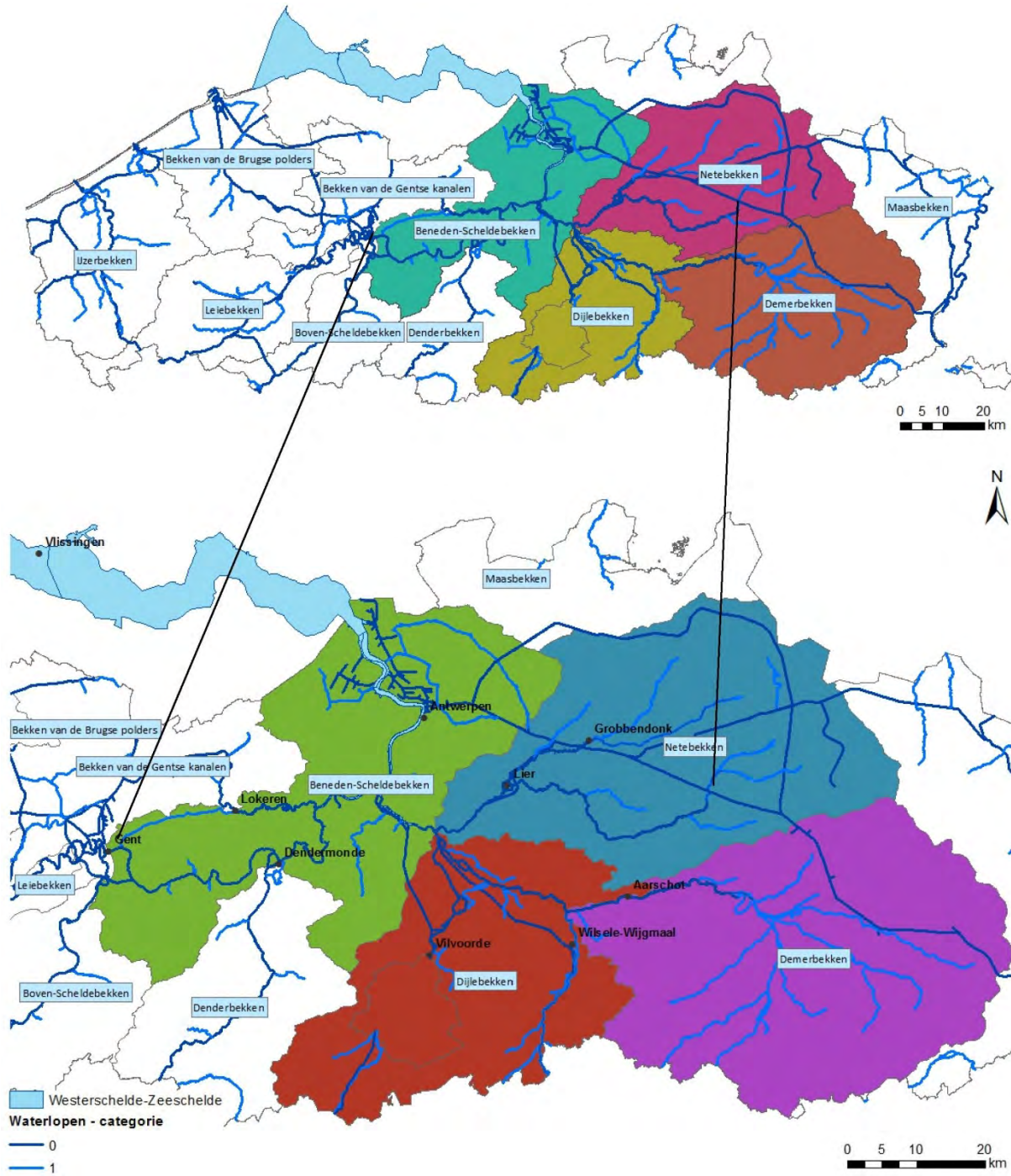
In dit hoofdstuk wordt een meer gedetailleerde beschrijving gegeven van bepaalde delen van het studiegebied. De beschrijving richt zich vooral op de waterlopen en kunstwerken die hydrodynamisch zullen worden gemodelleerd. De informatie werd grotendeels overgenomen uit rapporten van eerdere modelleringsstudies.

2.2.1 Begrenzing

Het studiegebied omvat het volledige getijonderhevige Zeescheldebekken (Figuur 26). Volgende rivieren en rivierpanden zijn, met hun overstromingsgebieden, opgenomen in het hydrodynamisch model:

- Westerschelde vanaf Vlissingen tot de Belgische grens;
- Zeeschelde van Belgische grens tot Gent;
- Durme afwaarts Lokeren (=tij-Durme);
- Rupel en Beneden-Nete;
- Kleine Nete afwaarts limnigraaf te Grobbendonk (knt03a-1066) (opwaarts duiker onder Albertkanaal);
- Grote Nete afwaarts duiker onder Albertkanaal;
- Dijle afwaarts limnigraaf te Wilsele-Wijgmaal (L08_093);
- Zenne afwaarts limnigraaf te Vilvoorde (zen04a_1066);
- Demer afwaarts limnigraaf te Aarschot (dem02a_1066).

Figuur 26 – Situering Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren opgenomen in het hydrodynamisch model



2.2.2 Stroomgebied van de Schelde

De Schelde ontspringt in Noord-Frankrijk ten noorden van St. Quentin, 100 m boven de zeespiegel. Haar stroomgebied omvat 21683 km² (Figuur 1). Op 350 km van haar bron mondt ze uit in de Noordzee. Op weg naar zee monden er een aantal zijrivieren in uit waarvan de belangrijkste de Leie, de Dender en de Rupel zijn. De Schelde op Vlaams en Nederlands grondgebied wordt opgedeeld in vier delen:

- de Boven-Schelde: stroomopwaarts van Gent op Vlaams grondgebied
- de Boven-Zeeschelde: van Gent tot Antwerpen
- de Beneden-Zeeschelde: van Antwerpen tot de Belgisch-Nederlandse grens
- de Westerschelde.

Het Zeescheldbekken is genoemd naar de Zeeschelde (Boven-Zeeschelde + Beneden-Zeeschelde) en omvat naast de Zeeschelde alle zijrivieren die ermee in open verbinding staan. Specifiek aan het Zeescheldbekken is de aanwezigheid van getijdenwerking. Deze zet zich onder de vorm van een langgerekte golf tot ver in het binnenland door:

- op de Zeeschelde tot Gent
- op de Durme tot Lokeren
- op de Rupel
- op de Kleine Nete tot Grobbendonk
- op de Grote Nete tot Itegem
- op de Dijle tot Mechelen
- op de Zenne tot Zemst.

De Zeeschelde vormt samen met de Westerschelde het Schelde-estuarium, dat ongeveer 160 km lang is. Ter hoogte van Gent is de rivier ongeveer 65 m breed, ter hoogte van Antwerpen ongeveer 450 m. Vervolgens neemt de breedte toe tot zo'n 5 km ter hoogte van de monding bij Vlissingen (ISC-CIE, 2016).

De Schelde en haar zijrivieren behoren tot de categorie van 'vlaklandriviersystemen'. Deze rivieren worden gekenmerkt door een verval dat over de gehele lengte kleiner is dan 150 m. Hierdoor vertonen deze rivieren een van nature meanderende loop. Bij de Schelde zijn deze voor een groot deel gekanaliseerd. De resten van de oorspronkelijke meanders liggen nu binnendijks en worden vaak als natuurgebieden beheerd. In het stroomgebied zijn vele kanalen aangelegd om de watertoevoer te reguleren en de bovenstromen bevaarbaar te houden. Een gevolg hiervan is dat water van het ene naar het andere stroomgebied wordt getransporteerd, waardoor de natuurlijke grenzen tussen de stroomgebieden vervagen. Het overtollige water wordt uit het stroomgebied afgevoerd via een groot aantal beekjes, beken en kleinere rivieren. Uiteindelijk wordt het water via de Schelde of één van haar zijrivieren naar het Schelde-estuarium getransporteerd, waarna het naar de Noordzee stroomt.

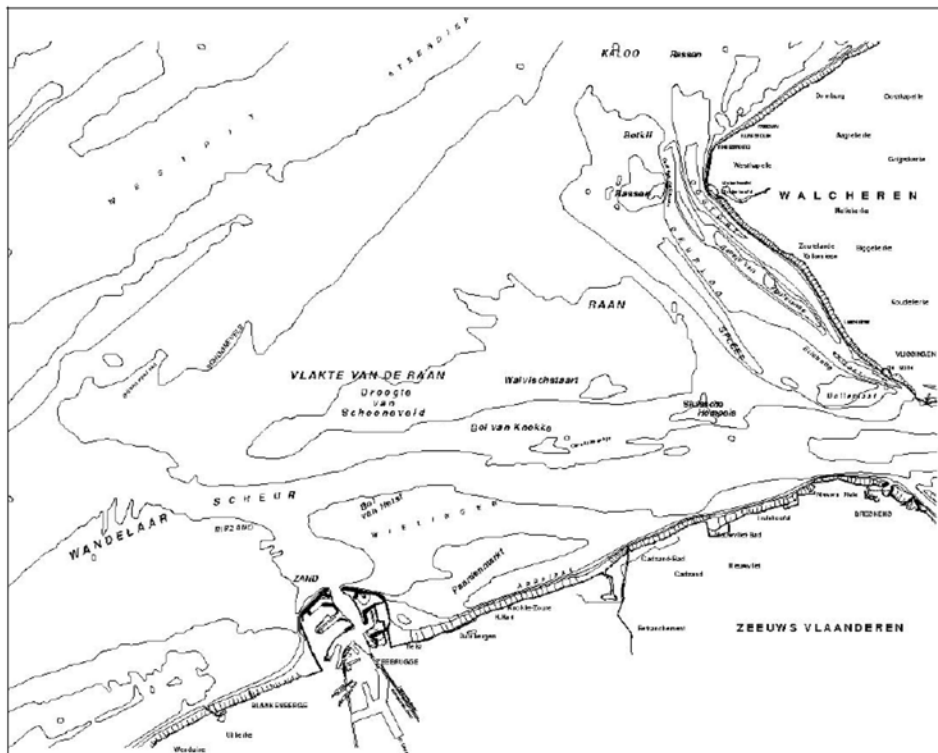
De begrenzing van het stroomgebied wordt bepaald door het reliëf van het landschap en door de Noordzee. De verschillen in hoogteligging van de bodem bepalen hoe en naar welk stroomgebied het water afstroomt en geven daarmee de begrenzing van het gebied aan. In het noordwesten wordt het stroomgebied van de Schelde begrensd door de Noordzee, in het westen door het bekken van de IJzer, in het zuiden door een aantal kustrivierbekkens in Frankrijk, in het zuidoosten en oosten door het stroomgebied van de Maas en in het noorden door het stroomgebied van de Rijn.

2.2.3 Waterlopen

2.2.3.1 Westerschelde

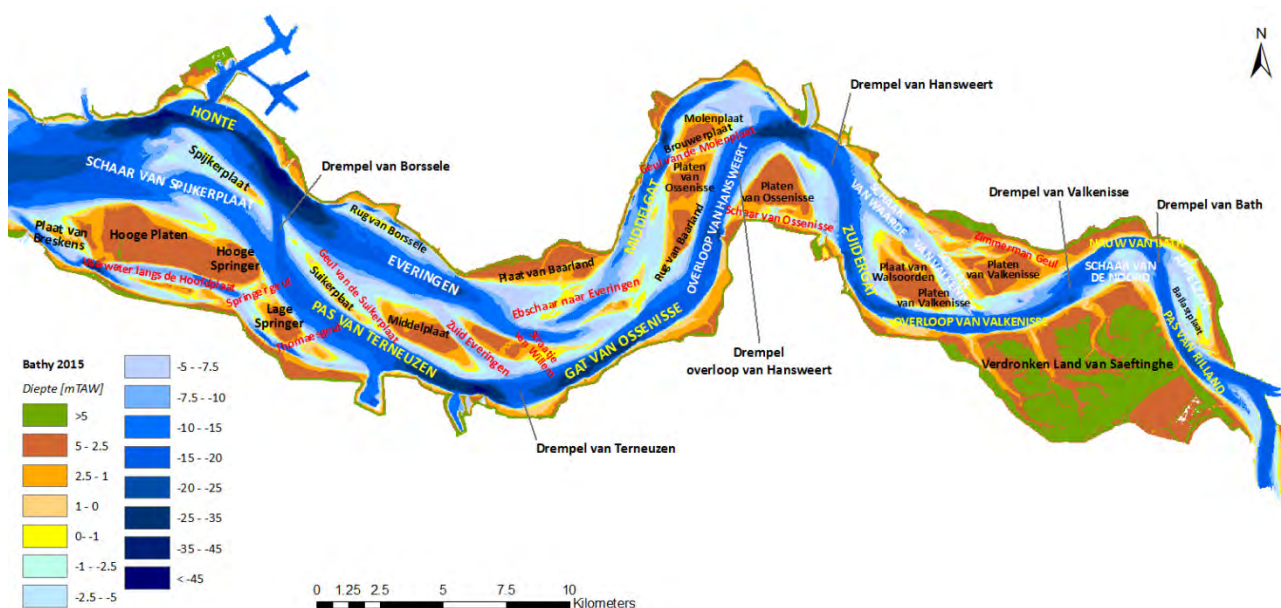
Drie geulen in de Noordzee leiden tot de monding van de Schelde te Vlissingen: de Wielingen en het Scheur, en het Oostgat (Figuur 27). De Westerschelde heeft eerder de gedaante van een zeearm. Niettegenstaande de onregelmatigheid van het tracé vertoont de rivier reeds in het algemeen het verschijnsel van een doorlopende diepe geul van holle vorm die van de ene naar de andere oever overgaat en bij deze overgang een ondiepe plaats vertoont (*drempel*). Voor deze overgang verlengt de diepe geul zich naar opwaarts toe. Deze verlenging waarvan het opwaarts gedeelte ondiep is en die dus als het ware uitstrekt, noemt men *schaar*. Tussen geulen en scharen bevinden zich zeer ondiepe uitgestrektheden waarvan zekere bij laagwater blootkomen (*banken of platen*). Figuur 28 geeft een overzicht van de geulen en platen in de Westerschelde.

Figuur 27 – Overzichtsk kaart van het mondingsgebied van de Westerschelde



Bron: (Dumon *et al.*, 2006)

Figuur 28 – Geulen en platen in de Westerschelde



Voor Vlissingen neemt de geul de volle breedte van de rivier in, circa 5 km. Een smalle geul vertrekt van de zuideroever voor Breskens en wordt het “Vaarwater langs de Hoofdplaat” genoemd. Opwaarts Vlissingen volgt de doorlopende geul de noorderoever onder de naam “Honte”. Daarna gaat ze over naar de zuideroever waar ze de naam “Pas van Terneuzen” krijgt. Aan de overgang van de ene naar de andere oever ligt de drempel van Borsele. De platen tussen de Honte en het vaarwater langs de Hoofdplaat worden Hooge en Lage Springer genoemd. De schaar van de Honte is de Everingen.

Tussen de Pas van Terneuzen en de Everingen bevinden zich de Suikerplaat en de Middelpaat. De Pas van Terneuzen wordt op de noorderoever gevolgd door het Middelgat en is er aan verbonden door de drempel van Baarland. De schaar van de Pas van Terneuzen is het Gat van Ossensisse. De platen die het Middelgat van de platen van Ossensisse scheiden zijn de Rug van Baarland, de Brouwerplaat, de Molenplaat en de platen van Ossensisse.

Op het Middelgat volgt het Zuidergat, van elkaar gescheiden door de drempel van Hansweert. De schaar van het Middelgat is de Schaar van Walsoorden en is gescheiden van het Zuidergat door de Platen van Valkenisse.

Op het Zuidergat volgt, op de noorderoever, het Nauw van Bath. De drempel tussen deze twee geulen is de drempel van Valkenisse. De schaar van het Zuidergat is de Schaar van de noord en de platen tussen deze schaar en het Nauw van Bath gelegen zijn de Plaat van Saefthinge en de Middelpaat.

Bij Bath vertoont de rivier langs de zuidkant een zeer grote verbreding, die gevormd wordt door een uitgestrekte schorre, het Verdronken Land van Saefthinge. Vanaf de drempel van Bath is de loop van de rivier zuidwaarts gericht. De schaar van het Nauw van Bath is de Appelzak, die van de geul gescheiden is door de Ballastplaat.

2.2.3.2 Zeeschelde

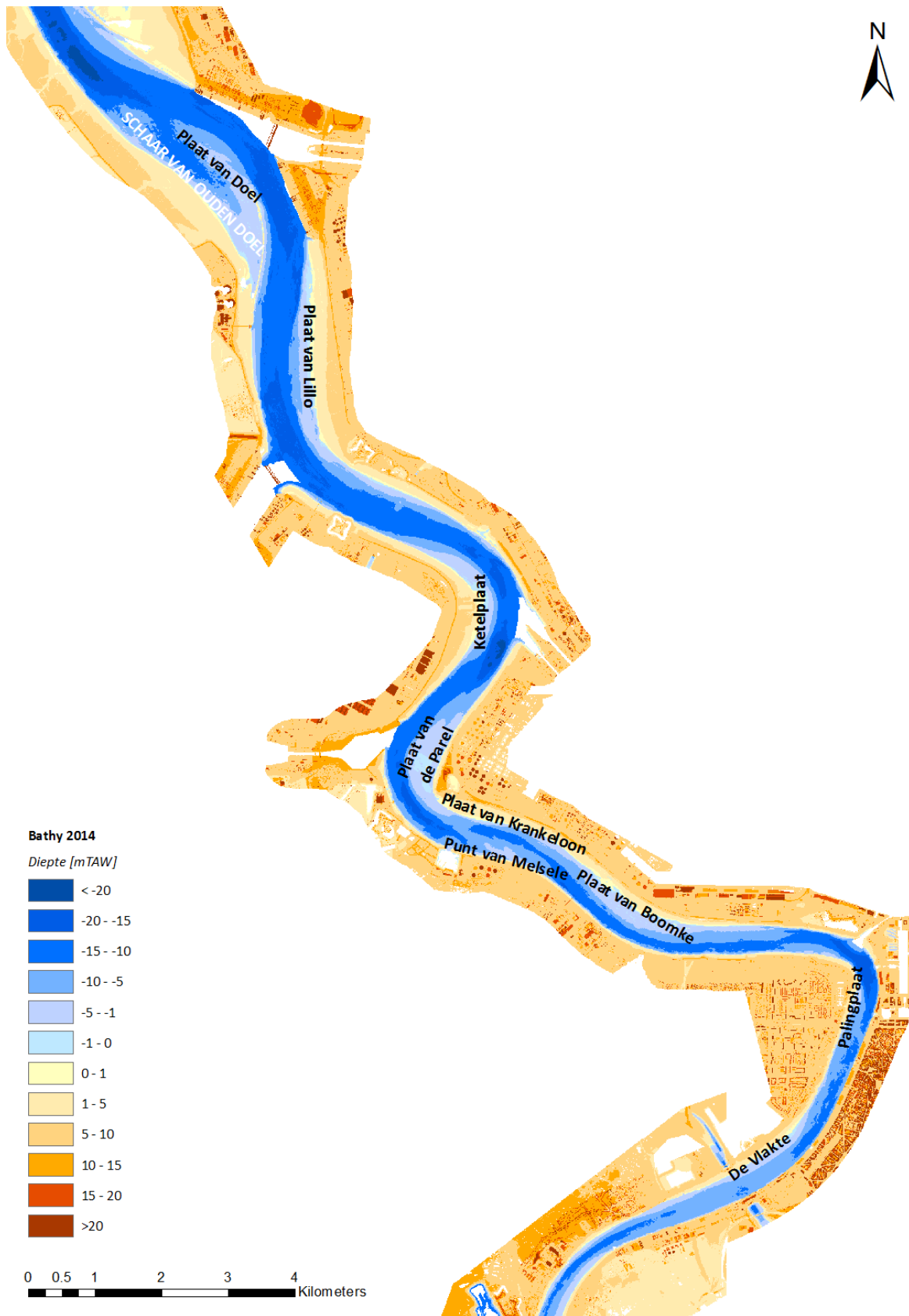
Vanaf de Belgische grens neemt de Schelde de vorm aan van een rivier die tussen twee min of meer evenwijdige dijken loopt en is daar ongeveer 2500 m breed. De scharen zijn minder uitgesproken en verdwijnen praktisch. De laatste schaar van noemenswaardige betekenis is de Schaar van Ouden Doel. Aan de geulen werd geen naam meer gegeven, alleen nog de platen en de drempels. Achtereenvolgens vindt men de drempel van Zandvliet, de drempels van Frederik en Lillo, de drempels van de Parel, van Krankeloon en van Oosterweel. De platen vanaf de Belgische grens zijn achtereenvolgens de platen van Doel en van Lillo, de Ketelplaat, de Plaat van de Parel, de Punt van Melsele, de plaat van Boomke, de Palingsplaat en de Vlake (zie Figuur 29). Deze laatste twee liggen nog voor de rede van Antwerpen. De breedte van de rivier is nog slechts 400 m voor Antwerpen.

Tussen de rede van Antwerpen en de monding van de Rupel vertoont de Schelde nog een doorlopende geul, slechts onderbroken door twee drempels, namelijk te Burcht (watermolen) en bij de monding van de Rupel. Ter hoogte van de monding van de Rupel, 15 km opwaarts van Antwerpen, is de Schelde nog 300 m breed.

Opwaarts van de Rupelmonding heeft de Schelde nog een lengte van 68 km tot de stuw van Gentbrugge. De Durmemonding bevindt zich op 10 km van Rupelmonding en op 100 km van Vlissingen. Tussen Rupel- en Durmemonding bevinden zich de platen van Rupelmonde, Groenendijk, Buitenland en de plaat van de Onbekende. De rivierbreedte is aan de Durme nog 250 m, te Sint-Amands 150 m, te Dendermonde 100 m, en neemt dan geleidelijk af tot 50 m te Wetteren. Deze breedte blijft praktisch behouden tot Gentbrugge.

De Oude Schelde mondt ter hoogte van Melle uit in de Schelde of Ringvaart. De Ledebek is een waterloop van 1^{ste} categorie die ter hoogte van Sint-Amandsberg in de Oude Schelde uitmondt.

Figuur 29 – Platen in de Zeeschelde afwaarts Antwerpen



2.2.3.3 Durme

De Durme was vroeger een belangrijke zijrivier van de Schelde, maar wordt vandaag ook een debietloze arm van de rivier genoemd. De Durme mondt uit in de Zeeschelde te Driegoten, op de linkeroever op 10 km opwaarts van de Rupelmonding. Tussen de monding en het RWZI te Lokeren, over een afstand van ongeveer 17 km is de Durme onderhevig aan het getij. Het bekken van de Tijdurme heeft een oppervlakte van benaderend 108 km². Te Lokeren ter hoogte van het RWZI is de Durme volledig afgesloten van het bovenstrooms gebied dmv een dwarsdam. Deze dam is in 1955 gebouwd om Lokeren te beveiligen tegen overstromingen bij extreem hoge waterstanden op de Zeeschelde. Eerst was de dam gebouwd ter hoogte van de Oude Brug. In 1967 is deze dwarsdijk verplaatst naar 'Den Oever' en sedert 1973 bevindt de afdamming zich ter hoogte van de gemeentegrens met Zele. Door het bouwen van deze dam kan het bovenstrooms debiet niet meer afgevoerd worden via de Tijdurme. De afvoer gebeurt nu in tegenovergestelde richting via Durmekanaal, Moervaart en kanaal Gent-Terneuzen. Hierdoor is de Durme een groot deel van het bovenstrooms debiet verloren en wordt de verzanding in het tijgedeelte in de hand gewerkt. Op de tijgebonden Durme monden een aantal kleine waterlopen uit. De belangrijkste zijwaterlopen zijn:

- De Ledebeek (1^{ste} cat – O1045) gelegen op de rechteroever
- De Zelebeek (2^{de} cat – O1029) gelegen op de rechteroever
- De Lokerenbeek (2^{de} cat – O1023) gelegen op de linkeroever
- De Rodebeek (2^{de} cat – O1012) gelegen op de rechteroever.

De Ledebeek, de Zelebeek en de Lokerenbeek zijn uitgerust met een pompstation ter hoogte van de monding in de Tij-Durme, teneinde het water continu te kunnen afvoeren naar de Tij-Durme. Gezien de aanslibbing van de bedding in het meest opwaartse deel van de Tij-durme is gravitaire afvoer niet zo vanzelfsprekend in het deel opwaarts van de Waasmunsterbrug.

2.2.3.4 Dender

De Dender stroomt bij Dendermonde via een sluis in de Zeeschelde.

2.2.3.5 Rupel

De Rupel is de grootste zijrivier van de Schelde. De monding van de Rupel ligt langs de rechteroever van de Schelde juist opwaarts van de elektriciteitscentrale te Schelle, en 15 km opwaarts van Antwerpen. De Rupel wordt in Rumst gevormd door de samenvloeiing van Dijle en Nete. Ongeveer twaalf kilometer verderop stroomt de Rupel in de Schelde.

2.2.3.6 Nete: Beneden-Nete, Grote Nete en Kleine Nete

De Beneden-Nete heeft vanaf haar monding in de Rupel tot aan Lier, waar ze gevormd wordt door de samenvloeiing van Grote en Kleine Nete, een lengte van ongeveer 16 km.

Op de Grote en de Kleine Nete plant het getij zich nog voort over een afstand van ongeveer 8 km, respectievelijk tot in Kessel en Emblem.

2.2.3.7 Dijle

De Dijle heeft een groter bovendebiet dan de Nete. Onder oogpunt van tijvolume is deze laatste rivier echter belangrijker. De lengte van de Dijle tot Mechelen bedraagt 6,5 km.

2.2.3.8 Zenne

De Zenne vloeit in de Dijle op 1 km van de Dijlemonding, aan het Zennegat. Op dezelfde plaats is de sluis gelegen die toegang geeft tot de Leuvense vaart. Het getij plant zich voort ongeveer tot Zemst, 10 km van de monding in de Dijle.

2.2.4 Structuren

In volgende paragrafen worden de verschillende structuren beschreven die opgenomen zijn in het model. De implementatie van de structuren in het model wordt beschreven in §4.8.

2.2.4.1 Bruggen

In het model zijn enkel deze bruggen opgenomen waarvan verondersteld wordt dat ze vernauwend zijn en/of opstuwung veroorzaken. Deze bruggen zijn gemodelleerd als een koker met een onregelmatige geometrie. Deze kokers sluiten bij de bodem aan bij de dwarssecties op- en afwaarts van de brug, en hebben de maximale breedte en hoogte van de brug ten opzichte van de rivier.

In BIJLAGE B wordt een overzicht gegeven van de in het hydrodynamisch model aanwezige bruggen. Per brug worden volgende gegevens weergegeven:

- locatie (gemeente)
- naam van de brug
- de positie van de structuur: naam van de waterloop en chainage
- een identificatie (ID) (nummer volgens patrimoniumdatabank)
- sleutelpeil (mTAW) (= hoogte onderkant brug)
- breedte (m) (= breedte zonder pijlers)
- gemodelleerd als culvert (ja/nee)
- gemodelleerd als weir (ja/nee)

2.2.4.2 Stuwen

Het model bevat drie stuwen, één op de Dijle te Mechelen, één op de Dijle te Rotselaar, en één op de Vrouwvliet te Mechelen.

De stuwen op de Dijle te Mechelen en te Rotselaar zijn gelegen op de zijtak van de rivier, respectievelijk de Dijle-afleiding en de Dijle-arm. De regeling van deze stuwen te Mechelen en Rotselaar is gebaseerd op een stuwpeil van respectievelijk TAW +4,8 m en TAW +12,36 m.

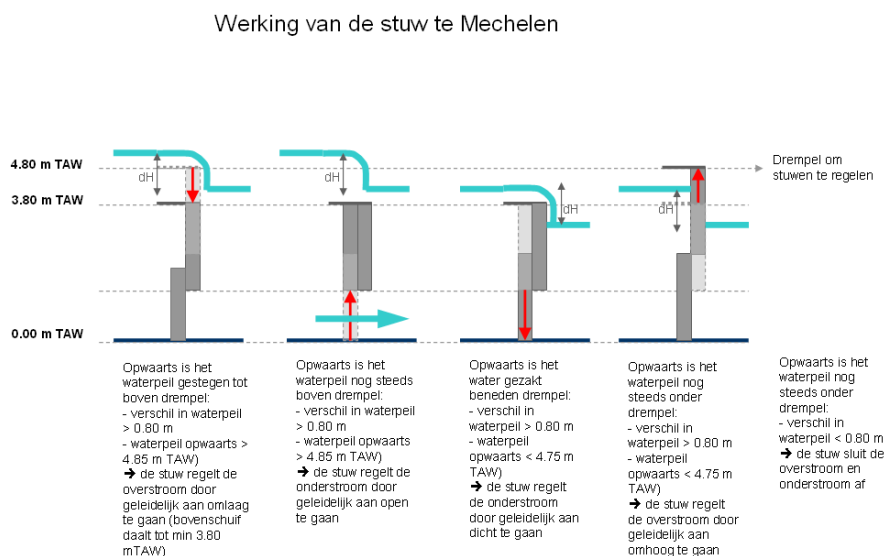
De stuw te Mechelen heeft een bovenschuif en benedenschuif. De werking van de stuw te Mechelen wordt schematisch weergegeven in Figuur 30. Figuur 31 toont een schets en foto van de stuw te Mechelen. In 'normale' omstandigheden wordt het opwaarts peil geregeld door overstroom over de bovenste schuif en onderstroom onder de onderste schuif. Bij hoog bovendebiet wordt de stuwhoogte manueel aangepast en worden beide schuiven volledig opgetrokken om een maximale afvoer van het water te bekomen. Er kan opwaarts van de stuw een getijkromme waargenomen worden. Wanneer het waterpeil afwaarts van de stuw daalt tot TAW +2,5 m, wordt opnieuw overgeschakeld naar de 'normale' regeling.

De stuw te Rotselaar bestaat uit twee klepstuwen om het opwaartse waterpeil te regelen. Figuur 32 toont een schets en foto van de stuw op de Dijle-arm te Rotselaar. De stuw in Rotselaar zal laag blijven of verder dalen wanneer het verschil tussen het afwaarts en opwaarts peil kleiner is dan 1 m. Wanneer het waterpeil afwaarts van de stuw daalt tot TAW +11,3 m, wordt opnieuw overgeschakeld naar de 'normale' regeling. Bij laag bovendebiet op de Dijle wordt het stuwpeil te Rotselaar verlaagd.

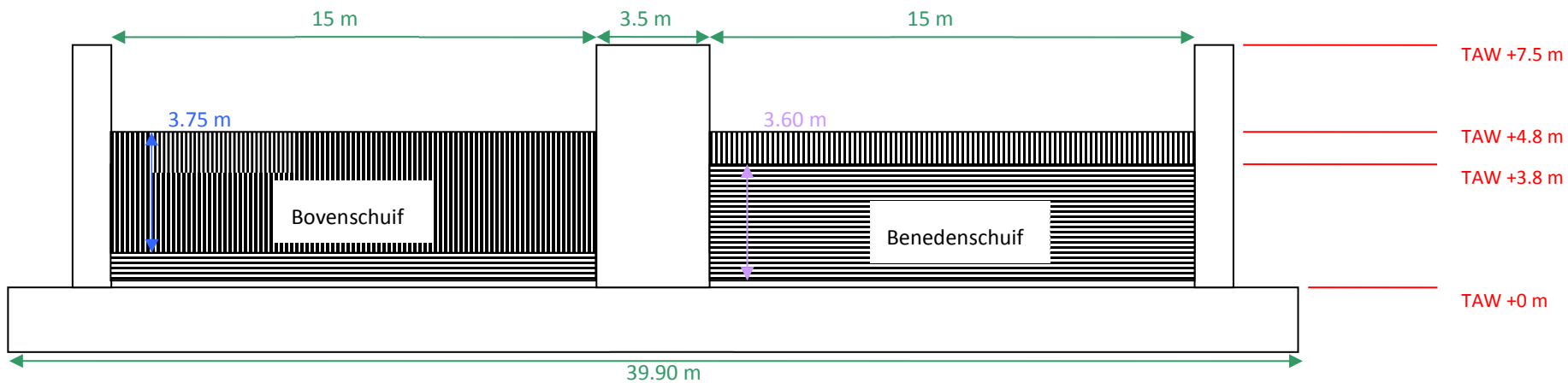
Op de Dijle, naast de molen te Rotselaar zijn nog schuiven aanwezig. Bij normale regeling zijn deze gesloten. Enkel bij een hoog waterpeil, groter dan TAW +12,8 m worden deze geopend. Figuur 33 toont een schets en foto van deze schuiven.

De stuw op de Vrouwvliet ("stuw Pasbrug") te Mechelen staat aan de inlaat van een sifon ter hoogte van Pasbrug, die overwelving "De Hamer" wordt genoemd. Het waterpeil opwaarts op de Vrouwvliet wordt geregeld door middel van twee klepstuwen. Het stuwpeil in de zomer is TAW +3,9 – 4,0 m, in de winter is dit TAW +3,7 – 3,8 m.

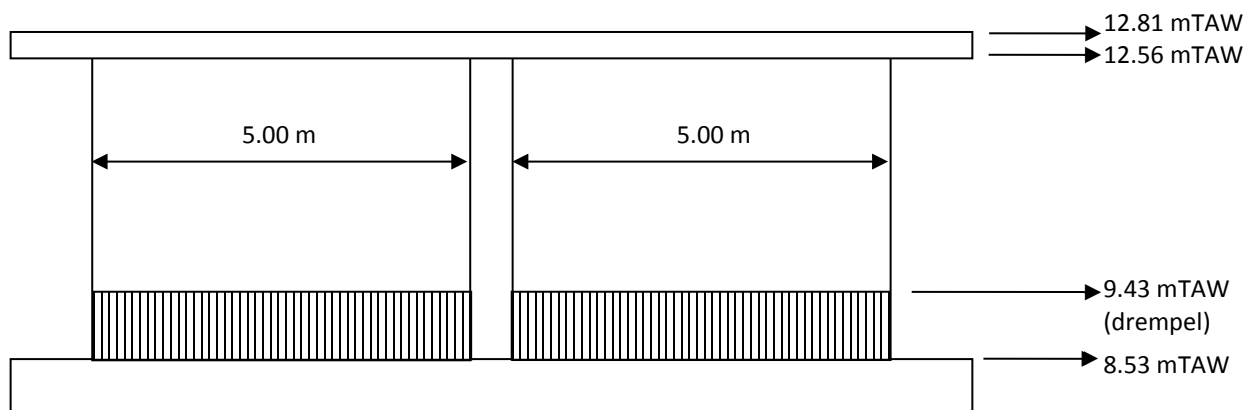
Figuur 30 – Werking van de stuw op de Dijle te Mechelen



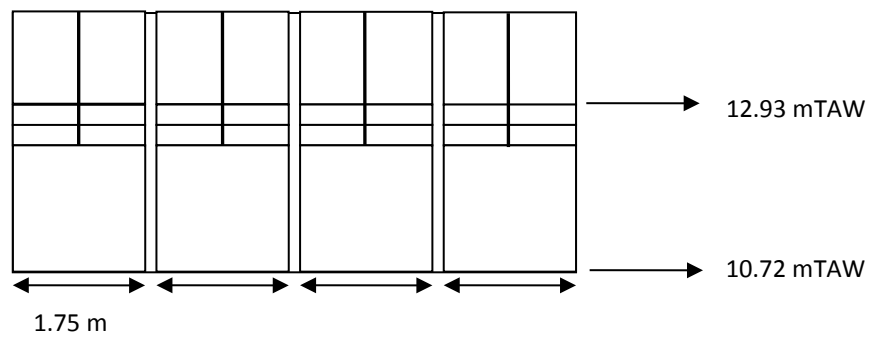
Figuur 31 – Schets (volgens ontwerpplannen Model 338) en foto stuw op de Dijle-afleiding te Mechelen



Figuur 32 – Schets en foto stuwen op de Dijle-arm te Rotselaar



Figuur 33 – Schets en foto schuiven naast de molen op de Dijle te Rotselaar



2.2.4.3 Pompen

Langs de Durme zijn drie pompstations aanwezig, aan de monding van de Ledebeek, Zelebeek en Lokerenbeek. De pompen hebben vaste debieten, en werken met een automatische regeling gebaseerd op het opwaartse waterpeil. Het pompstation aan de monding van de Ledebeek wordt beheerd door VMM, aan de monding van de Zelebeek door de Polder tussen Schelde en Durme, en aan de Lokerenbeek door de Polder Schelde Durme Oost.

Aan de opwaartse zijde van de Tij-Durme, ter hoogte van de dam te Lokeren is een nieuw vijzelgemaal gebouwd. Dit is nog niet opgenomen in de huidige versie van het model. Bij simulatie van perioden waarin de pomp gewerkt heeft, kan een bijkomend debiet opgelegd worden aan de opwaartse rand van de Durme.

Langs de Rupel zijn vijf pompstations aanwezig. Vanuit de overstromingsgebieden van de Molenbeek en de Zielbeek wordt water via telkens zes pompen naar de Rupel gepompt. Deze pompen hebben vaste debieten, en werken met een automatische regeling gebaseerd op het opwaartse waterpeil. Ook vanuit de Wullebeek, te Schelle, wordt het water met drie pompen overgepompt naar de Rupel. De twee overige pompstations met telkens drie pompen zijn gelokaliseerd aan de uitwatering van de Bosbeek, en aan de uitwatering van de Nielse en Boomse Beek. Deze pompstations worden beheerd door Aquafin.

Aan de monding van de Vrouwvliet in de Dijle zijn zes pompen aanwezig. De Vrouwvliet heeft geen open verbinding met de Dijle. Bij lage waterpeilen watert de Vrouwvliet uit door gravitaire lozing via twee vrije lozingskanalen met terugslagklep. Bij hoge waterpeilen worden pompen ingeschakeld voor lozing in de Dijle. Het betreft vier pompen met een vast debiet van 4 m³/s en twee pompen met een variabel debiet, door variabele schoepstanden. Deze pompen hebben een automatische regeling gebaseerd op het opwaartse waterpeil, of het waterpeil in de wachtkom opwaarts van het pompstation.

Langs de Benedennete zijn zeven pompstations aanwezig. Deze pompen hebben een vast debiet, en werken met een automatische regeling gebaseerd op het opwaartse waterpeil. Vijf pompstations worden beheerd door de provincie Antwerpen en zijn gelegen aan de uitwatering van zijbeken die bij hoogwater niet gravitair kunnen afwateren naar de Nete. Deze waterlopen zijn: de Lachenebeek, de Itterbeek, de Lekbeek, de Wouwendonksebeek en de Goorbosbeek. De pompstations bestaan telkens uit twee pompen, behalve bij de Lekbeek waar slechts één pomp aanwezig is. De twee overige pompstations zijn gelegen aan de uitwatering van de Duffelse en Rumstse Scheibeek en aan de uitwatering van de Perwijsveldbeek. Deze worden beheerd door Water-Link.

Langs de rechteroever van de Kleine Nete aan de monding van de Lisperloop is een pompstation met drie pompen aanwezig. Dit pompstation wordt beheerd door de provincie Antwerpen. De pompen hebben een vast debiet, en werken met een automatische regeling gebaseerd op het opwaartse waterpeil.

Langs de linkeroever van de Kleine Nete aan de RWZI van Nijlen zijn drie pompen aanwezig. Deze pompen hebben een vast debiet, en werken met een automatische regeling gebaseerd op het opwaartse waterpeil.

2.2.5 GOG/GGG

De oorspronkelijke gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG's) zijn aangelegd in het kader van het eerste Sigmaplan, zoals vastgelegd in de Regeringsbeslissing van oktober 1977. Tussen 1981 en 1989 werden 12 GOG's ingericht, zijnde:

1. Tielrodebroek (Boven-Zeeschelde)
2. Grote Wal (Boven-Zeeschelde)
3. Uiterdijk (Boven-Zeeschelde)
4. Scheldebroek (Boven-Zeeschelde)
5. Paardeweide (Boven-Zeeschelde)
6. Bergenmeersen (Boven-Zeeschelde)
7. Potpolder I (Durme)
8. Potpolder IV (Durme)
9. Bovenzanden (Rupel)
10. Anderstadt afwaarts (Beneden-Nete)
11. Anderstadt opwaarts (Beneden-Nete)
12. Polder van Lier (Beneden-Nete)

Daarna kwamen er nog een aantal GOG-GGG's bij, deze worden hieronder chronologisch toegelicht.

In maart 2006 werd GOG-GGG Lippenbroek in werking gesteld.

GOG Bergenmeersen kent sinds april 2013 ook een gereduceerd getij waardoor het een GOG-GGG is geworden.

Het GOG-GGG Kruikeke-Bazel-Rupelmonde (KBR) werd op 3 oktober 2015 in gebruik genomen. Dit gebied bestaat uit drie delen: GOG-GGG Kruikeke, GOG-GGG Bazel en GOG Rupelmonde.

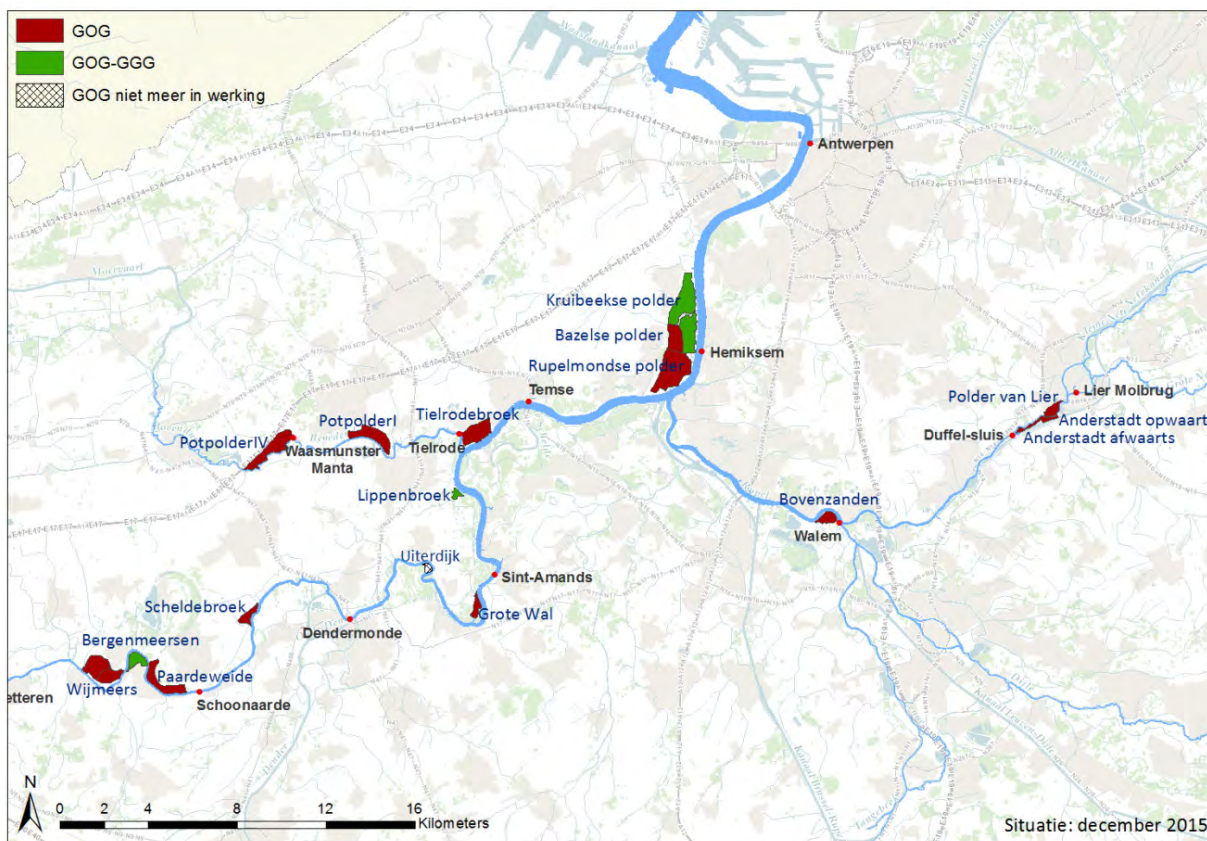
In het najaar van 2015 zijn de ontpoldering en het GOG Wijmeers afgewerkt. Deze gebieden zijn gelegen net opwaarts van GOG Bergenmeersen.

In december 2015 werd de overloopdijk van voormalig GOG Uiterdijk afgegraven tot maaiveldhoogte, waardoor dit gebied nu werkt als ontpoldering.

In januari 2017 werd ook GOG-GGG Zennegat in werking gesteld. Dit gebied is reeds opgenomen in het huidige model met de juiste contour. De GOG- en GGG-werking kan later geïmplementeerd worden door aanpassing van de overloopdijkhoogte en openen van de GGG-inwateringskokers.

Figuur 34 en Tabel 1 geven een overzicht van de GOG's langs de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren.

Figuur 34 – Overzicht GOG's langs de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren



Tabel 1 – Overzicht GOG's langs de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren

GOG	Waterloop	Locatie	In werking sinds (- tot)	GGG-werking?	Gemiddelde hoogte overlooptdijk?	Opmerkingen
Kruiabeke Bazel Rupelmonde	Zeeschelde	Kruiabeke- Bazel- Rupelmonde	oktober 2015	Ja Ja	TAW +6.85 m	
Tielrodebroek	Zeeschelde	Tielrode	november 1982		TAW +6.75 m	
Lippenbroek	Zeeschelde	Driegoten	Maart 2006	Ja	TAW +6.85 m	
Grote Wal	Zeeschelde	Baasrode	1981		TAW +6.85 m	
Uiterdijk	Zeeschelde	Vlassenbroek	1981 – december 2015		TAW +6.85 m	Overlooptdijk afgegraven in december 2015
Scheldebreek	Zeeschelde	Appels	1981		TAW +6.40 m	
Paardeweide	Zeeschelde	Berlare	juni 1986		TAW +6.35 m	
Bergenmeersen	Zeeschelde	Wichelen	oktober 1989	Ja	TAW +6.50 m	GGG sinds april 2013
Wijmeers	Zeeschelde	Uitbergen	november 2015		TAW +6.85 m / TAW +7.15 m	Twee delen in GOG, compartimentering op TAW +5.50 m (natuurlijke verhoging)
Potpolder I	Durme	Waasmunster	1981		TAW +6.80 m	
Potpolder IV	Durme	Waasmunster	1981		TAW +6.80 m	
Bovenzanden	Rupel	Walem	september 1983		TAW +6.80 m	
Zennegat	Dijle	Battel	Januari 2017	Ja	TAW +6.80 m	Nog niet als GOG opgenomen in model
Anderstadt opwaarts	Benedennete	Lier	1981		TAW +6.85 m	
Anderstadt afwaarts	Benedennete	Lier	1981		TAW +6.20 m	
Polder van Lier	Benedennete	Lier	1981		TAW +6.80 m	Overlooptdijk oorspronkelijk aangelegd op TAW +6.40 m; in 1989 opgehoogd tot TAW +6.80 m;

2.2.6 Historische gebeurtenissen

De Schelde is een getijdenrivier. Dat wil zeggen dat het spel van eb en vloed tot in Gent voelbaar is. Bij stormtij en zware neerslag kunnen extreem hoge waterstanden ontstaan, met gevaar voor overstromingen in de wijde omgeving.

Overstromingen langs de Zeeschelde vinden voornamelijk plaats bij het optreden van een stormtij op de Noordzee. Als een stormvloedgolf de Schelde binnenrolt, kan dat leiden tot hoge waterstanden. Bij de meest recente stormen van 2011 tot en met 2016 werden hierbij enkel de gecontroleerde overstromingsgebieden aangesproken. Er traden geen ongecontroleerde overstromingen op langs de Zeeschelde. Meer informatie over GOG-werking langs de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren is terug te vinden in (Coen *et al.*, 2016). Bij de *Sinterklaasstorm*, tijdens de nacht van 5 op 6 december 2013 werden alle aangelegde GOG's in het Zeescheldebekken aangesproken, uitgezonderd Potpolder IV. De hydrometrische gebeurtenissen tijdens de Sinterklaasstorm worden beschreven in (Nossent *et al.*, 2014). Een uitgebreide bespreking van de opgetreden waterstanden kan gevonden worden in het rapport 'Hindcast Sinterklaasstorm' (Coen *et al.*, 2014).

Op 21 en 22 oktober 2014 passeerde een stormdepressie over de Noordzee. Door W&Z NV, Afdeling Zeeschelde werd op aangegeven van het HIC een Stormtij Zeescheldebekken aangekondigd in de ochtend van 21 oktober. Uiteindelijk werd op dinsdagochtend om 03:45u (lokale tijd, UTC+2) een peil van TAW +6,78 m gemeten te Antwerpen. Alle reeds in werking zijnde GOG's in het Zeescheldebekken werden -weliswaar beperkt- aangesproken. Een uitgebreide bespreking van de opgetreden waterstanden kan gevonden worden in het rapport 'Stormtij Zeescheldebekken 22 oktober 2014' (Boeckx *et al.*, 2015).

Van zaterdag 28 november tot maandag 30 november 2015 heerste onstabiel herfstweer over onze regio. In Antwerpen werd zaterdagochtend 28/11 om 5:10 MET een waterstand van TAW + 6,77 m genoteerd. Opmerkelijk was dat het verschil met het hoogwater te Oostende zeer groot was (1,24 m), alsook met het hoogwater te Vlissingen (1,11 m). De windvelden die speelden net op het moment van hoogwater aan de Kust kunnen dit verklaren. Maandagochtend 30/11 om 5:25 MET werd in Antwerpen een waterstand van TAW + 6,45 m opgemeten. Volgende GOG's hebben mogelijks GOG-werking gekend tijdens deze storm: langs de Zeeschelde: Tielrodebroek, Lippenbroek en Grote Wal; langs de Rupel: Bovenzanden; langs de Nete: Anderstadt II (afwaarts), en mogelijks ook Anderstadt I (opwaarts) en Polder van Lier; Langs de Durme: Potpolder I. Een uitgebreide bespreking van de opgetreden waterstanden kan gevonden worden in het rapport 'Stormperiode 28-30 november 2015' (Boeckx *et al.*, 2016).

Enkele dagen na de springtijperiode van 11 tot 13 januari 2016 trad onder invloed van een noordwesterstorm een stormtij op in Antwerpen tijdens de ochtend van 15 januari 2016. Bovendien viel tussen 14 en 15 januari ongeveer 60 mm neerslag over het centrum van Vlaanderen, of met andere woorden, boven het gebied dat afwatert naar het tijgebied van de Schelde. In Antwerpen trad een hoogwater op van TAW +6,72 m. Door de combinatie van het stormtij en de grote hoeveelheid neerslag werden GOG's aangesproken en konden enkele zijwaterlopen, door combinatie van verhoogde bovenafvoer en verhoogde laagwaters, niet of moeilijk lozen in het tijgebied van de Schelde, waardoor langs een aantal onbevaarbare waterlopen kritieke overstromingen optraden. Alle GOG's, uitgezonderd KBR, hebben GOG-werking gekend, hetzij op sommige plaatsen mogelijk beperkt. Een uitgebreide bespreking van de opgetreden waterstanden kan gevonden worden in het rapport 'Hoogwaterperiode januari 2016' (Nossent *et al.*, 2016).

Naast het optreden van verhoogde waterpeilen tijdens een storm, kan ook zware neerslag zorgen voor verhoogde afvoeren, en mogelijks overstromingen in het Zeescheldebekken. De hydrologische gebeurtenissen tijdens de was van november 2010 worden beschreven in (Boeckx *et al.*, 2011). Langs de Zeeschelde zelf traden bij deze was geen ongecontroleerde overstromingen op.

Langs de Molenbeek-Gondebeek, de Molenbeek-Kottembeek, de Roebeek, de Molenbeek-Grote Beek-Steenmeersbeek en de Bosbeek-Leedsebeek die uitmonden langs de rechteroever in de Schelde opwaarts Schoonaarde traden wel overstromingen op. De polders van Kruibeke, Bazel en Rupelmonde worden op de ROG-kaarten eveneens ingekleurd als overstroomd gebied tijdens de was van november 2010. Deze overstromingen zijn veroorzaakt door het niet kunnen afwateren naar de Zeeschelde, en niet door de overtopping van de dijken.

Ook langs de Durme traden tijdens de was van november 2010 overstromingen op langs zijwaterlopen die niet voldoende konden afwateren.

Langs de Benedennete werden de GOG's Anderstadt opwaarts, Anderstadt afwaarts en Polder van Lier verschillende keren aangesproken tijdens de hoogwaterperiode van november 2010. Vanuit de bevaarbare delen van zowel de Grote Nete als de Kleine Nete traden geen kritieke overstromingen op. Er waren wel problemen langs zijwaterlopen die beperkt werden in afvoercapaciteit door de hoge waterstanden op de Netes.

In de vallei van de Dijle traden tijdens de was van november 2010 enkel overstromingen op langs de zijwaterlopen, meer bepaald langs de Vrouwvliet, de Barebeek, de Leibeek, de Weesbeek en de Grote Laakbeek.

Ook langs de bevaarbare Demer traden geen kritieke overstromingen op. Langs de Winge zijn echter wel overstromingen opgetreden tijdens de was van november 2010.

3 Beschikbare gegevens

3.1 Topografie en bathymetrie

De gebruikte topografische en bathymetrische gegevens zijn afkomstig van verschillende bronnen.

De bathymetrie van de Westerschelde werd volledig opgemeten in 2013 in opdracht van Rijkswaterstaat.

De bathymetrie van de Zeeschelde werd meest recent opgemeten in 2014 in opdracht van Afdeling Maritieme Toegang.

De bathymetrie van de Rupel en de bovenlopen werd opgemeten in 2010 in opdracht van Afdeling Maritieme Toegang. Voor de Rupel werd deze opnieuw opgemeten in 2014.

In 2013 werd de topografie langs de landzijde van de dijken opgemeten langs de Zeeschelde, Durme, Rupel, Demer, Benedennete, Dijle tot Mechelen en Zenne tot Zemst, in opdracht van Waterwegen en Zeekanaal. De dijken zelf zijn bij deze opmetingen echter niet meegenomen.

De topografie van de oevers opgemeten in 2011 in opdracht van Afdeling Maritieme Toegang bevat wel de dijken. Deze opmetingen omvatten de oevers van de Zeeschelde, Durme en Rupel.

De algemene topografie van het Zeescheldebekken is opgenomen in DHM Vlaanderen I. Dit werd opgemeten in 2001-2004. Meer recent werd DHM Vlaanderen II opgemeten, in 2013-2015. Deze gegevens waren echter nog niet beschikbaar voor gebruik bij de herschematisatie van de overstromingsgebieden.

In de Durme werden baggerwerken uitgevoerd. In het meest opwaartse gedeelte werd een noodruiming uitgevoerd in 2011. Het meest afwaartse deel, afwaarts de Mirabrug werd reeds gebaggerd in 2012 en 2013 (= baggerwerken eerste fase). Het middendeel van de Durme omvat het gedeelte tussen de Mirabrug en Waasmunsterbrug. Dit gedeelte werd gebaggerd in 2014 (= baggerwerken tweede fase). Opwaarts Waasmunsterbrug zijn over een beperkte afstand bijkomend baggerwerken uitgevoerd in de tweede fase. Opmetingen van de bathymetrie van de Durme zijn opgenomen in de Triton databank van Waterwegen en Zeekanaal. Voor het middendeel dateren de opmetingen uit de periode tussen mei en augustus 2012, d.w.z. voor de baggerwerken. Voor het afwaarts gedeelte dateren de opmetingen van augustus 2013, d.w.z. na de baggerwerken. Na de tweede fase van de baggerwerken, tussen de Mirabrug en Waasmunsterbrug werd bathymetrie opnieuw opgemeten, in de periode maart - juli 2014. In juni 2015 werd opwaarts van Waasmunster brug, na de baggerwerken, de bathymetrie opgemeten over een afstand van ongeveer 1 km.

De bathymetrie van de Demer werd in 2014 opgemeten in opdracht van Waterwegen en Zeekanaal.

De bodem van de Zenne tussen het Zennegat en Zemst werd gepeild in 2011.

In het kader van de Actualisatie van Sigmaphan (International Marine and Dredging Consultants *et al.*, 2003a) werden opmetingen uitgevoerd door Vansteelandt.

3.2 Hydrologische gegevens

3.2.1 Debietmetingen

Tabel 2 geeft een overzicht van debietmetingen aan de opwaartse randen van de waterlopen in het model. Hierbij wordt ook de beheerder van de meetposten aangegeven.

Tabel 2 – Overzicht debietmetingen studiegebied

Meetpost	HIC	VMM
008 – Barbierbeek, Bazel	x	
031 – Benedennete, Duffel	x	
036 – Kleine Molenbeek, Liezele		x
037 – Grote Molenbeek, Malderen		x
052 – Kleine Nete, Grobbendonk	x	
062 – Molenbeek (Bollaak), Pulle		x
073 – Grote Nete, Hulshout	x	
076 – Grote Nete, Geel-Zammel	x	
082 – Wimp, Wiekevorst		x
087 – Grote Laak, Tessenderlo		x
093 – Dijle, Wilsele		X
110 – Weesbeek, Boortmeerbeek		X
114 – Vunt, Wilsele		X
122 – Demer, Aarschot	x	
141 – Winge, Rotselaar		X
143 – Losting, Wezemaal		X
171 – Zenne, Eppegem	x	
175 – Zenne, Vilvoorde	x	
261 – Dender, Dendermonde	x	
320 – Zeeschelde, Melle	x	

3.2.2 Waterstandsmetingen

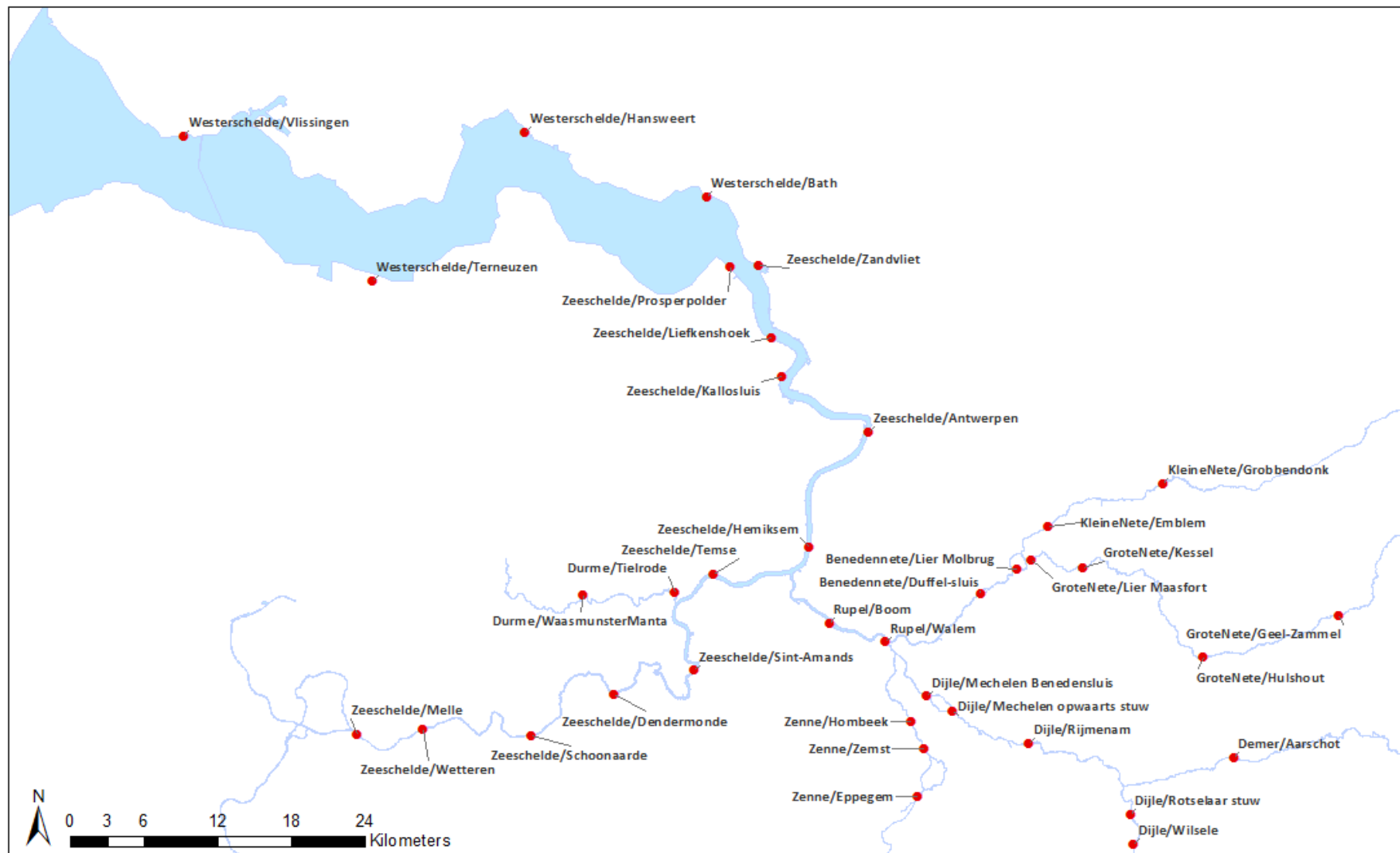
Als afwaartse randvoorwaarde worden waterstandsreeksen te Vlissingen gebruikt. Deze zijn afkomstig uit de waterbase van Rijkswaterstaat.

Voor de kalibratie en validatie worden waterstandsreeksen van meetposten langs de verschillende waterlopen gebruikt (zie Tabel 3 en Figuur 35). De data van meetposten langs de Westerschelde zijn afkomstig van HMCZ. De data van meetposten langs de Zeeschelde en zijrivieren zijn afkomstig van het HIC, uitgezonderd deze van Rotselaar en Wilsele.

Tabel 3 – Overzicht waterstandsreeksen kalibratie en validatie

Waterloop	Meetpost	Beheerder
Westerschelde	Vlissingen	HMCZ
	Terneuzen	HMCZ
	Hansweert	HMCZ
	Bath	HMCZ
Beneden-Zeeschelde	Prosperpolder	HIC
	Zandvliet	HIC
	Liefkenshoek	HIC
	Kallo	HIC
	Antwerpen	HIC
	Hemiksem	HIC
Boven-Zeeschelde	Temse	HIC
	Sint-Amands	HIC
	Dendermonde	HIC
	Schoonaarde	HIC
	Wetteren	HIC
	Melle	HIC
Durme	Tielrode	HIC
	Waasmunster manta	HIC
Rupel	Boom	HIC
	Walem	HIC
Zenne	Hombeek	HIC
	Zemst	HIC
	Eppegem	HIC
Dijle	Mechelen-Benedensluis	HIC
	Mechelen-stuw	HIC
	Rijmenam	HIC
	Rotselaar-stuw	VMM
	Wilsele	VMM
Demer	Aarschot	HIC
Benedennete	Duffel-sluis	HIC
	Lier Molbrug	HIC
Kleine Nete	Emblem	HIC
	Grobbendonk	HIC
Grote Nete	Lier Maasfort	HIC
	Kessel	HIC
	Hulshout	HIC
	Geel-Zammel	HIC

Figuur 35 – Overzicht meetposten waterpeilen Westerschelde en Zeescheldebekken



4 Modelbeschrijving

4.1 Algemeen

Het hydrodynamisch model zal beschreven worden aan de hand van de zogenaamde modelschematisatiekaarten. Deze kaarten geven weer waar zich de verschillende modelementen bevinden en hoe de overloopgebieden werden geschematiseerd. De modelschematisatiekaarten bevinden zich in BIJLAGE A.

4.2 Gebruikte software

De software gebruikt voor de 1D-hydrodynamische berekeningen is Mike11, versie 2012 SP3 (DHI, 2012).

Voor de verwerking van de gegevens in GIS wordt gebruik gemaakt van ArcMAP 10.1 SP1 (ESRI, 2012).

4.3 Geografische referentie en tijdszone

Het verticaal referentievlak is TAW, en als coördinatenstelsel wordt voor het 1D-model Lambert 1972 gebruikt.

De gebruikte tijdsreferentie is GMT+1 (winteruur).

4.4 Hydrologische deelbekkens

De hydrologische deelbekkens worden weergegeven op de overzichtskaart in BIJLAGE A.

De volgende tabel geeft een lijst van de hydrologische deelbekkens die in het model van de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren werden opgenomen:

Tabel 4 – Overzicht van hydrologische deelbekkens

Naam	Beschrijving	Oppervlakte (km ²)
V04DUR000080	DURME-ZUID	13.11
V04DUR000090	DURME-NOORD	12.91
V04LED000220	LEDEBEEK	44.55
V04LOK000060	LOKERENBEEK	12.93
V04MOL036110	Molenbeek-036	32.56
V04MOM037100	Molenbeek-037	67.30
V04RUP000150	RUPEL-RO	28.63
V04VLI000140	MOLENBEEKVLIET	65.74
V04ZEL000050	ZELEBEEK	24.21
V04ZIE000120	ZIELBEEK	52.13

Naam	Beschrijving	Oppervlakte (km ²)
V04ZWA000130	ZWARTEBEEK	20.22
V08BAR000375	Barebeek	6.31
V08BAR111371	Barebeek-111	63.59
V08DIJ000390	DIJLE	2.05
V08DIJ000425	Vunt	42.57
V08DIJ000440	DIJLE	20.77
V08DIJ000455	DIJLE	9.41
V08DIJ093400	Dijle-093	886.80
V08GLA000450	GROTE LAAKBEEK	29.89
V08LEI000420	LEIBEEK	62.01
V08LIE000510	LIER	4.00
V08VRO000460	VROUWVLIET	125.59
V08WEE000410	WEESBEEK	68.29
V08ZEN000480	ZENNE-ONBEMETEN	129.51
V08ZEN175471	Zenne-175-verhard	549.10
V08ZEN175472	Zenne-175-onverhard	70.00
V09DEM122330	DEMER-122	2155.91
V09HEI000290	HEILAAKBEEK	11.78
V09LOS143300	LOSTING	15.18
V09MOU000280	MOUTLAAK	4.72
V09WIN000320	WINGE	17.38
V09WIN141310	WINGE	64.74
V10BER000100	3-BERGEBEEK	28.57
V10BEV000120	2-BEVELSEBEEK	26.92
V10GES000130	1-GESTELBEEK	42.19
V10GLA086020	GroteLaak-086-9800	62.60
V10GNE076010	GroteNete-AK	243.53
V10GOO000080	4-GOORLOOP	44.31
V10KLA076030	8-KLEINELAAK	53.73
V10KNE052000	Kleinenete-052	584.67
V10KRE000110	KREKELBEEK	53.93
V10MOL000060	5-MOLENBEEK	40.69
V10MOP000150	MOLENBEEK-062	32.42
V10MOP062140	MOLENBEEK-062	77.32
V10NET000170	BENEDENNETE-LO	66.66
V10NET000180	BENEDENNETE-RO	80.30
V10ROL000040	7-RODELAAK	23.57
V10STE000070	6-STEENKENSBEK	42.57

Naam	Beschrijving	Oppervlakte (km ²)
V10TAP000160	TAPPELBEEK	46.19
V10WIM000090	WIMP	29.33
V10WIM082050	WIMP	65.38

4.5 Waterlopen

De volgende tabel geeft een lijst van de waterlopen die in het model van de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren werden opgenomen:

Tabel 5 – Overzicht van gemodelleerde waterlopen

Waterloop	Gedeelte gemodelleerd	Categorie	Gemodelleerde lengte (km)
Westerschelde	Volledig	Bevaarbaar	63
Zeeschelde	Volledig	Bevaarbaar	100
Ringvaart	Oostervak (tot Merelbeke)	Bevaarbaar	3.5
Oude Schelde	Volledig (tot Gentbrugge)	Bevaarbaar	7.8
Tijarm Zwijnaarde	Volledig (tot Zwijnaarde)	Bevaarbaar	3.5
Durme	Van dam te Lokeren tot monding in Zeeschelde	Bevaarbaar	17.5
Rupel	Volledig	Bevaarbaar	11.8
Dijle	Volledig	Bevaarbaar	28.1
Dijle	Van limnigraaf L08_093 (Wilsele) tot monding Demer (Werchter)	1 ^{ste} cat	6.9
Dijleafleiding	Volledig	Bevaarbaar	3
Demer	Van limnigraaf dem02a (Aarschot) tot monding in Dijle (Werchter)	Bevaarbaar	10.4
Benedennete	Volledig	Bevaarbaar	15.5
Neteafleiding	Volledig	Bevaarbaar	2.1
Kleine Nete	Van limnigraaf knt03a (Grobendonk) tot monding in Benedennete (Lier)	Bevaarbaar	16.9
Grote Nete	Van samenvloeiing met de Rijloop (Oosterlo) tot monding in de Kleine Nete (Lier)	Bevaarbaar	43.9

Waterloop	Gedeelte gemodelleerd	Categorie	Gemodelleerde lengte (km)
Grote Nete	Van kruising met Albertkanaal tot samenvloeiing met de Rijloop (Oosterlo)	1 ^{ste} cat	2.4
Grote Laak	Van limnigraaf 086 (Vorst) tot monding in de Grote Nete (Geel-Zammel)	1 ^{ste} cat	5.4
Zenne	Van opwaarts limnigraaf zen04a (Vilvoorde) tot monding in de Rupel	Bevaarbaar	24.7
Zenneafleiding	Volledig	Bevaarbaar	3.1

Het model omvat de volledige Westerschelde en Zeeschelde, de oude arm van de Schelde in Gent afwaarts Gentbrugge, het zuidervak van de Ringvaart rond Gent en de tijarm tot in Zwijnaarde.

Het hele traject van de Westerschelde en Zeeschelde vanaf de monding in de Noordzee (Vlissingen) tot in Liefkenshoek is voorgesteld volgens een quasi-2D-model, waarbij de vloedscharen en ebgeulen als afzonderlijke takken gemodelleerd zijn. Deze zijn onderling verbonden met zogenaamde 'link channels', die de dwarse geultjes voorstellen die (via de zandplaten) de verschillende geulen onderling verbinden. Door deze quasi-2D-aanpak kan expliciet rekening gehouden worden met de verschillende fenomenen die spelen bij eb en vloed, waarbij de scharen en geulen niet in dezelfde mate worden aangesproken.

De ebgeul tussen Vlissingen en de Nederlands-Belgische grens is als één volledige tak, met de naam Westerschelde, in het model ingebouwd. De ebgeul in België heeft de naam Zeeschelde.

De vloedscharen zijn elk als een aparte tak gedefinieerd. Deze vloedscharen zijn van afwaarts naar opwaarts: Schaar van de Spijkerplaat, Everingen, Schaar van Waarde, Schaar van de Noord, Appenzak en Schaar van Ouden Doel.

Ook een groot aantal kleinere geulen (Springergeul, Thomasgeul, ...) en geultjes aanwezig in platen (Baarlandplaat, Brouwerplaat, ...) zijn expliciet als aparte tak in het model ingebracht.

Het Verdrongen Land van Saefthinge bestaat uit drie hoofdgeulen die als aparte tak gemodelleerd zijn: Speelmansgat, Kleinendijk en Saeftinger Ee. Ook de belangrijkste nevengeulen zijn expliciet in het model opgenomen: Kleinendijk-Oost, Kleinendijk-West en Kleinendijk-Zuid (zie Modelschematisatiekaart 1/6).

De havens langs de Westerschelde, de havens van Vlissingen, de Braakman en Terneuzen, zijn mee opgenomen in het model. Vooral de haven van Vlissingen Oost kan een belangrijke hoeveelheid water bergen. De haven staat in open verbinding met de Westerschelde en heeft een diepgang van -16 m.

Tabel 6 geeft een overzicht van de verschillende takken die opgenomen zijn in het quasi-2D-model van de Westerschelde.

Tabel 6 – Overzicht van de verschillende takken in het quasi-2D hydrodynamisch model van de Westerschelde

Modeltak	Lengte (km)	Modeltak	Lengte (km)
Westerschelde	63.2	Spijkerplaat	2.8
Schaar-Spijkerplaat	6.9	Springergeul	1.1
Vaarwater-Hoofdplaat-Zuid	4.4	Thomaesgeul	0.8
Everingen	12.6	Geul-Spijkerplaat	0.8
Oost-Everingen	2.5	Zuid-Everingen	2.7
Schaar-Waarde	7.8	Zuidoost-Everingen	0.9
Gat-Borssele	5.1	Straatje-vanWillem	0.8
Appelzak	4.8	Brouwerplaat	2.7
Schaar-Ouden-Doel	2.7	Rug-Baarlandplaat	1.4
Ballastplaat	3.0	Schaar-Ossensse	3.0
Zandvlietsluis	0.9	Kleinendijk	5.1
Speelmansgat	6.1	Saftinger-Ee	5.2
Saftinger-Zuid	3.3	Schaapskooi	1.3
Vaarwater-Hoofdplaat	7.6	Schaar-Noord	1.8
Vaarwater-Paulina-Polder	5.4	Kleinendijk-West	1.8
Baarlandplaat	3.8	Kleinendijk-Zuid	2.0
Pass-Vanbaarland	3.6	Kleinendijk-Oost	3.3
Middelgat	10.5	Havenvlissingen-Oost2	2.6
Geul-Zimmerman	3.8	Havenvlissingen-Oost	4.0
Braakman	1.4	Buitenhaven-Vlissingen	1.3
Terneuzen	1.4	Zuid-Beveland	1.7

De Durme is in het model ingebouwd vanaf de dam te Lokeren tot de monding in de Zeeschelde.

In de bekkens van de Dijle, Nete en Demer zijn alle waterlopen in het model opgenomen, die geklasseerd zijn als 'bevaarbaar'. Hiernaast zijn enkele (delen van) waterlopen van 1^{ste} categorie opgenomen.

De Dijle is in het model opgenomen tot aan de limnigraaf te Wilsele. Het deel opwaarts van de monding van de Demer is een waterloop van de 1^{ste} categorie. Dit deel is opgenomen in het model om de afvoer van het gemeten of berekende hydrogram te Wilsele correct in het model op te nemen. In het valleigebied van de Dijle zijn enkele zijrivieren of beken expliciet opgenomen om de afvoer van het water uit het valleigebied van de Dijle correcter te simuleren. Volgende riviertakken zijn toegevoegd: Vrouwvliet, Grote Laakbeek, Barebeek, Weesbeek, Leibeek-Lipsebeek en Binnenbeek (Tabel 7). De Binnendijle te Mechelen is eveneens opgenomen in het model, in de riviertak 'Dijle'.

De Demer is toegevoegd tot aan de limnigraaf te Aarschot. Deze waterloop is toegevoegd om de afvoer van het gemeten of berekende hydrogram te Aarschot naar de Dijle te implementeren. In de vallei van de Demer zijn de zijlopen Winge en Losting opgenomen als riviertakken.

De Kleine Nete is in het model opgenomen tot aan de limnigraaf te Grobbendonk Troon. In de vallei van de Kleine Nete werd de Bollaak of Molenbeek opgenomen door middel van 'slots' in parallelle takken van de Kleine Nete. De opwaartse rand van de Bollaak ligt ter hoogte van de limnigraaf 062 te Pulle.

Het bovenbekken van de Grote Nete te Geel-Zammel is bij de hydrologische modellering opgesplitst in de deelbekkens van de Grote Laak en de Grote Nete. Hiertoe werd het hydrodynamisch model naar opwaarts uitgebreid met de Grote Laak tot de limnigraaf in Vorst en de Grote Nete tot de kruising met het Albertkanaal. Beide waterloopgedeeltes zijn van 1^{ste} categorie.

Het Netekanaal is niet in het hydrodynamisch model opgenomen. Het Netekanaal mondt uit in de Benedennete in Duffel. Op de lekverliezen van de sluis te Duffel na, is er geen toevoer vanuit het Netekanaal naar de Benedennete. Al het water dat vanuit het Albertkanaal aangevoerd wordt, wordt opgeslagen in de spaarbekkens van Water-link en later gebruikt voor drinkwatervoorziening. Bij de modelschematisatie van de overstromingsgebieden langsheen de Kleine Nete is uiteraard wel rekening gehouden met de aanwezigheid van het kanaal.

In de vallei van de Zenne zijn ook de Zenneafleiding, Oude Zenne en Tangebeek opgenomen in het model. Deze laatste waterloop mondt uit in de Oude Zenne.

Tabel 7 – Overzicht gemodelleerde waterlopen in de vallei van de Dijle

Modeltak	Opwaartse rand	Lengte (km)
Vrouwvliet	Kruising Weynesbaan, Rijmenam	14.6
Grote Laakbeek	Kruising Preterstraat, Werchter	8.0
Barebeek	Limnigraaf 110 (Elewijt)	8.1
Weesbeek	Afwaarts kruising kanaal Leuven-Dijle	4.2
Leibeek-Lipsebeek	Afwaarts kruising Lipsebeek – kanaal Leuven-Dijle	13.1
Binnenbeek	Kruising Haachtsesteenweg, Werchter	10.3

4.6 Dwarssecties

4.6.1 Herkomst en naamgeving dwarssecties

4.6.1.1 Algemeen

De dwarssecties in Mike11 worden aangeduid door middel van de naam van de waterloop, een TopoID en een chainage.

De naam van de gemodelleerde waterloop stemt overeen met de werkelijke naam van de waterloop. De bevaarbare waterlopen hebben slechts één naam. De zijrivieren worden genoemd volgens de naam van de zijrivier ter hoogte van de monding. Vaargeulen (eb-/vloedgeulen) worden genoemd met de officiële naam.

De Topo-ID bevat informatie over het jaar van de metingen en eventueel over de bron van de gegevens.

De chainage is de cumulatieve afstand tussen de secties langs een vooraf gedefinieerde as van de waterloop. Deze afstand kan gemeten worden van opwaarts naar afwaarts, of omgekeerd. Wanneer de meest afwaartse sectie van de rivier chainage 0 krijgt, is de 'flow direction' 'negative'. Wanneer de meest opwaartse sectie van de rivier chainage 0 krijgt, is de 'flow direction' 'positive'. De waarden van de chainages worden afgerond zonder decimalen. In het model van de Zeeschelde heeft enkel de meest afwaartse sectie van de Westerschelde en de Zeeschelde, chainage 0 of de laagste waarde. Bij de andere riviertakken heeft de meest opwaartse sectie chainage 0, of de laagste waarde.

In het oorspronkelijke hydrodynamisch model van de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren werd voor de topobathymetrie gebruik gemaakt van de opmetingen uitgevoerd door Vansteelandt in het kader van de Actualisatie van Sigmaplan (TV IMDC-Belgroma-Soresma-Haecon-Resource Analysis-Technum, 2000-2006). Voor verschillende rivieren werden echter nieuwe dwarssecties afgeleid op basis van meer recente gegevens. Tabel 9 geeft een overzicht van de gebruikte topobathymetrische gegevens in het geactualiseerde model. 'Vansteelandt' geeft aan dat er gebruikt gemaakt is van de bestaande gegevens. Bij nieuwe gegevens wordt het jaartal van de opmeting gegeven.

Tabel 8 – Overzicht gebruikte topobathymetrische gegevens in het hydrodynamisch model van de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren

Waterloop	Topografie oevers (LIDAR)	Bathymetrie	Topo-id
Westerschelde	2013	2013	Bathy-2013
Zeeschelde	2011-2013	2014	Bathy-2014
Durme	2012-2013	2013-2014-2015	Bathy-2014-2015
Rupel	2010-2013	2014	Bathy-2014
Dijle			
Afwaarts Mechelen	2013	2010	2010-2013
Opwaarts Mechelen	Vansteelandt	Vansteelandt	2001-2002
Opwaarts monding Demer	VMM-AOW	VMM-AOW	1997
Demer	2014	2013	2014

Waterloop	Topografie oevers (LIDAR)	Bathymetrie	Topo-id
Benedennete	2010	2010	Bathy-2010
Kleine Nete	Vansteelandt	Vansteelandt	2001-2002
Grote Nete	Vansteelandt	Vansteelandt	2001-2002
Zenne			
Afwaarts Zemst	2013	2011	Bathy-2011
Opwaarts Zemst	Vansteelandt	Vansteelandt	2001-2002

4.6.1.2 Westerschelde

De bathymetrie van de Westerschelde werd opgemeten in 2013 door Rijkswaterstaat. De dwarssecties zijn afgeleid uit deze bathymetrie op dezelfde locaties als deze met de vorige bathymetrie.

4.6.1.3 Zeeschelde

De bathymetrie van de Zeeschelde werd opgemeten in opdracht van Afdeling Zeeschelde, in 2014. Deze bathymetrie werd echter bij laagwater opgemeten. De topografie buiten de oevers langs de Zeeschelde werd in 2013 opgemeten met LIDAR. Deze opmetingen omvatten tevens de huidige en toekomstige GOG's en Sigmagebieden. Omwille van de opmeting van de bathymetrie bij laagwater zijn er soms grote gaten tussen de bathymetrie en de topografie. Waar nodig zijn deze opgevuld met de topobathymetrische gegevens van 2011.

4.6.1.4 Durme

De topobathymetrie van de Durme werd aangepast in het kader van project 14_069 (Coen *et al.*, 2015b). In het meest opwaartse gedeelte werd een noodruiming uitgevoerd in 2011. De topobathymetrie opwaarts de monding van de Ledebek werd opgebouwd door combinatie van LIDAR (oevers) en topografische opmetingen van de bedding van de rivier. Afwaarts van de monding van de Ledebek tot Waasmunster brug werden de LIDAR data gecombineerd met bathymetrische opmetingen uitgevoerd in april 2013. Het middendeel van de Durme omvat het gedeelte tussen de Mirabrug en Waasmunsterbrug. Dit gedeelte werd gebaggerd in 2014 (= baggerwerken tweede fase). Het meest afwaartse deel, afwaarts de Mirabrug werd reeds gebaggerd in 2012 en 2013 (= baggerwerken eerste fase). Voor de topobathymetrie van beide delen werd in eerste instantie gebruik gemaakt van de LIDAR data in combinatie met bathymetrische gegevens uit de Triton databank. Voor het middendeel dateren de opmetingen uit de periode tussen mei en augustus 2012, d.w.z. voor de baggerwerken. Voor het afwaarts gedeelte dateren de opmetingen van augustus 2013, d.w.z. na de baggerwerken.

In de periode maart-juli 2014 werd de bathymetrie tussen Mirabrug en Waasmunsterbrug opgemeten, na de tweede fase van de baggerwerken.

Voor simulaties vanaf 2015 wordt opwaarts Waasmunster brug het stuk bathymetrie geïmplementeerd dat opgemeten werd in 2015.

4.6.1.5 Rupel

De bathymetrie van de Rupel werd opnieuw opgemeten in 2014. De topografie werd opgemeten in 2010, 2011 en 2013. Bij de opmetingen van 2011 en 2013 werden echter de dijken niet volledig opgenomen. De bathymetrie onder water en de opmetingen van de intertidale gebieden (met LIDAR) werden gecombineerd in een nieuw grid. Bij overlap tussen LIDAR metingen van verschillende jaren, is voorkeur gegeven aan de meest recente gegevens. Bij overlap tussen LIDAR metingen en bathymetrische gegevens is voorkeur gegeven aan de bathymetrische gegevens.

4.6.1.6 Dijle

Voor de Benedendijle, afwaarts van de stuw te Mechelen, werden bathymetrie opgemeten in 2010 en topografische opmetingen van 2013 geïmplementeerd in het model.

Opwaarts van de stuw te Mechelen werden de oorspronkelijke gegevens behouden. Dit wil zeggen dat tussen Mechelen en de monding van de Demer te Werchter de gegevens afkomstig zijn van de opmetingen van Vansteelandt. Opwaarts de Demermonding zijn de gegevens afkomstig van het vroegere Aminoal Afdeling Water, nu VMM-AOW, opgemeten in 1997.

De dwarsdoorsneden van de zijrivieren van de Dijle die in het model opgenomen zijn, werden opgemeten in 2001, in opdracht van het toenmalige Aminoal Afdeling Water, nu VMM-AOW. De afstand tussen de dwarsprofielen is maximaal 100 m.

4.6.1.7 Zenne

De bodem van de Zenne tussen het Zennegat en Zemst werd gepeild in 2011. Deze peilingen werden gecombineerd met opmetingen van de topografie van de oevers van 2013. Op basis van deze gegevens werden nieuwe dwarsdoorsneden afgeleid voor het afwaartse deel van de Zenne. Opwaarts van Zemst werden de oorspronkelijke gegevens van Vansteelandt behouden.

4.6.1.8 Netes

Voor de Benedennete werden de bathymetrie en de topografische opmetingen van 2010 geïmplementeerd in het model. Op de Grote Nete en de Kleine Nete werden de oorspronkelijke gegevens behouden.

4.6.1.9 Demer

Voor de Demer werd de bathymetrie, opgemeten in 2014 door WenZ, gecombineerd met topografische opmetingen van 2013.

4.6.2 De hydraulische weerstand

De hydraulische weerstand (radius type) kan in Mike11 op twee manieren worden weergegeven. De eerste manier is via de 'hydraulische straal' (hydraulic radius) zoals in België meestal wordt gebruikt, een tweede mogelijkheid is de 'resistance radius' (waarvoor geen Nederlandse vertaling bestaat). Beide grootheden worden berekend op basis van de geometrie van de dwarssectie (en eventueel op basis van de relatieve weerstand), maar via formules die iets verschillend zijn. Voor de juiste formules wordt verwezen naar de Mike11 reference manual, namelijk §1.3. [DHI, 2012]. Over het algemeen is de 'resistance radius' geschikt voor secties met een belangrijke variatie in de geometrie (zoals de stroming in het winterbed of over de oever), daar waar de hydraulische straal meer geschikt is voor diepe, smalle uniforme secties.

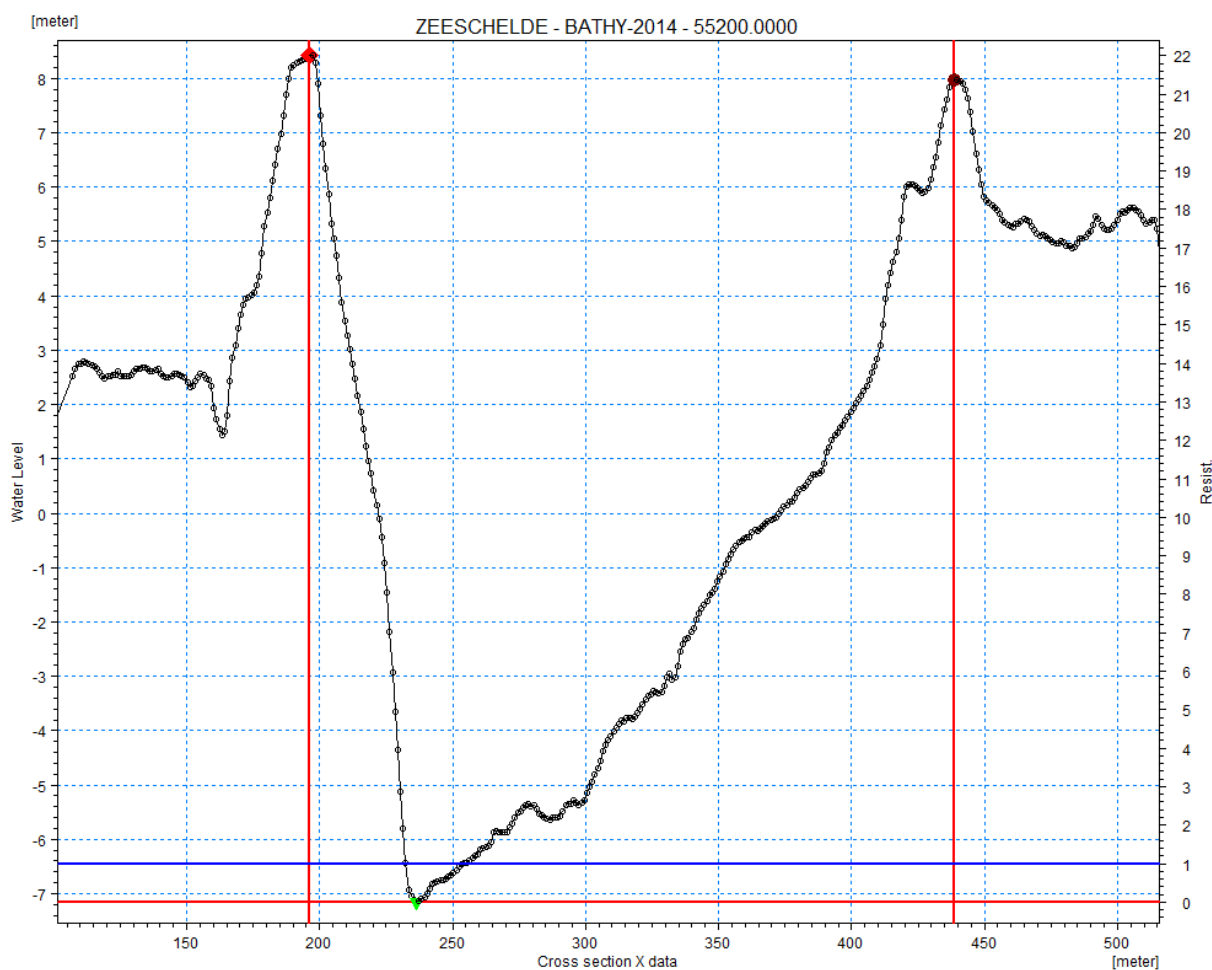
Standaard wordt in Mike11 de 'resistance radius' vooropgesteld. Omdat de hydraulische straal echter meer gekend is bij ons en ook in de belangrijkste literatuur over hydraulica en omdat dus de Manningwaarden uit de literatuur in principe enkel geldig zijn bij het gebruik van de hydraulische straal, wordt in deze studie voor alle waterloopsecties van het zomerbed de hydraulische straal gebruikt. Enkel voor de brede en niet-uniforme secties voor de voorstelling van de overstromingsgebieden die gebaseerd zijn op de geometrie van het DTM, of voor de takken van de Westerschelde wordt gebruik gemaakt van de 'resistance radius'.

De keuze tussen de hydraulische straal en de 'resistance radius' kan zijn invloed hebben op de waarden van de afgeijkte Manningwaarden. Zo is het mogelijk dat bij het gebruik van de 'resistance radius' andere Manningwaarden worden gevonden dan bij het gebruik van de hydraulische straal. Het verschil tussen beide is bovendien afhankelijk van de geometrie van de sectie.

4.6.3 Het plaatsen van 'markers'/processed data

Een groot aantal van de gemeten dwarssecties hebben aan linker- en/of rechteroever delen van het maaiveld die lager gelegen zijn dan de maximale terreinhoogte aan het talud. Wanneer het waterpeil stijgt tot boven die lager gelegen delen maar onder de oeverwal blijft, zal het softwarepakket Mike11 onder normale omstandigheden toch water laten stromen over deze gebieden. Daarom werden alle dwarssecties voorzien van markers voor linker- en rechteroever. Op deze manier wordt tijdens de berekening enkel de geometrie van de sectie 'binnen' deze markers in rekening genomen. Een voorbeeld van de positie van deze markers wordt gegeven in Figuur 36 voor de Zeeschelde met chainage 55200.

Figuur 36 - Voorbeeld van 'markers' voor linker- en rechteroever



Mike11 houdt inwendig enkel de zogenaamde 'verwerkte' gegevens bij van de dwarsdoorsneden (processed data). De geometrische gegevens die door de gebruiker worden ingegeven, de ruwe data, worden omgezet in grootheden die rechtstreeks bruikbaar zijn in het numerieke schema van het programma (natte oppervlakte, kombergingsbreedte, doorvoercapaciteit, ...). Bij het berekenen van de 'processed data' houdt Mike11 rekening met de positie van deze markers.

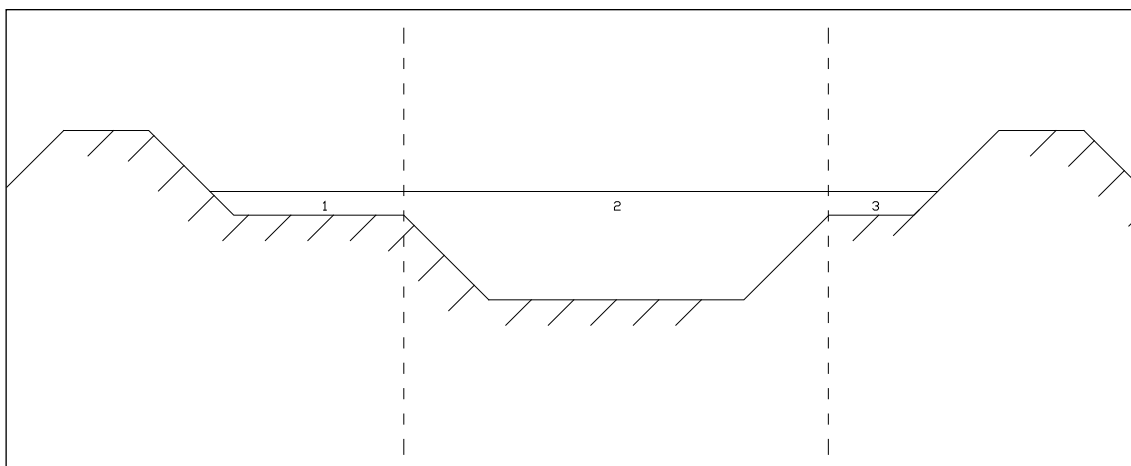
Mike11 berekent de processed data voor elke dwarssectie voor een discreet aantal waterhoogtes. Tussen deze waterhoogtes worden de processed data bekomen via lineaire interpolatie. Voor de keuze van de waterhoogtes voorziet het programma in drie mogelijkheden:

- automatisch: De waterhoogtes worden door Mike11 zelf geselecteerd. Als voor de hydraulische weerstand de 'resistance radius' wordt gebruikt, worden deze punten geselecteerd op basis van de variatie in kombergingsbreedte en bij gebruik van de hydraulische straal op basis van de variatie in de doorvoercapaciteit (conveyance). De dichtheid van de gekozen waterhoogtes wordt groter, naarmate de kombergingsbreedte of de doorvoercapaciteit sneller verandert.
- equidistant: De waterhoogtes worden geselecteerd met gelijke tussenafstanden en dit tussen de minimale en maximale hoogte van de dwarssectie.
- ingegeven door de gebruiker. Hierbij worden per sectie alle waterhoogtes handmatig ingegeven.

Bij het gebruik van de hydraulische straal komt het vaak voor dat de berekende doorvoercapaciteit niet monotoon stijgt in functie van de waterhoogte (ook bij een equidistante selectie van de waterhoogtes waarvoor de processed data worden berekend). De doorvoercapaciteit wordt immers berekend op basis van de hydraulische straal die bij discontinuïteiten in de dwarssectie ook niet steeds monotoon stijgt met de hoogte. Bij een plotse verbreding van de sectie neemt de natte omtrek immers sterk toe, terwijl de natte sectie min of meer ongewijzigd blijft. De hydraulische straal, gedefinieerd als de verhouding tussen natte oppervlakte en natte omtrek, wordt hierdoor plots kleiner.

Dit fenomeen is om twee redenen te vermijden. Ten eerste kan het aanleiding geven tot instabiliteiten. Bij eenzelfde doorvoercapaciteit kunnen immers twee waterhoogtes horen, waartussen de berekening zal oscilleren. Ten tweede is een terugval in de doorvoercapaciteit bij toenemende hoogte fysisch onmogelijk. Daarom werden de processed data van alle secties visueel gecontroleerd op dit fenomeen. Als vastgesteld werd dat de doorvoercapaciteit niet monotoon steeg met de waterhoogte werd de dwarssectie ter hoogte van deze discontinuïteit opgesplitst in deelsecties (zie Figuur 37). De doorvoercapaciteit van de totale sectie wordt dan berekend als de som van de doorvoercapaciteiten van de deelsecties.

Figuur 37 - Voorbeeld van een dwarssectie opgesplitst in drie deelsecties



4.6.4 Schorren

Voor het modelleren van schorren worden twee principes gebruikt:

- wanneer het schor breed genoeg is en het water, wanneer het door het schor stroomt, een significant kortere weg kan afleggen, wordt gebruik gemaakt van een aparte parallelle waterloop. De naam van deze riviertak begint steeds met 'FM_' (tidal Flat or Marsh).
- wanneer het schor relatief smal is en geen kortere weg betekent voor het water, wordt dit gemodelleerd als een verbreding van het dwarsprofiel. Aan het gedeelte van de dwarssectie dat als schor gemodelleerd wordt, wordt een relatief hogere ruwheid toegekend. Deze relatieve ruwheid is een vermenigvuldigingsfactor waarmee de ruwheid, die bekomen wordt door kalibratie van het model, vermenigvuldigd wordt. Veelal is in de schorren immers een rietbegroeiing aanwezig, die veel ruwer is dan het slib of zand van de rest van het dwarsprofiel.

4.7 Overstromingsgebieden

4.7.1 Algemeen

4.7.1.1 Modelleringsstechniek

Er zijn in Mike11 vier mogelijkheden om overstromingsgebieden te beschrijven:

- Uitgebreide dwarsprofielen: De geometrie van de dwarsdoorsnede wordt langs linker- en/of rechteroever uitgebreid op basis van de topografie van het maaiveld. Het maaiveld krijgt daarbij over het algemeen een grotere ruwheid dan het zomerbed. Deze methode kan worden toegepast als winterbed en zomerbed steeds dezelfde waterhoogte hebben (er is geen zomerdijk aanwezig) en als de stroming in het winterbed niet verwaarloosbaar is.
- Berging: Aan linker- en of rechteroever van de dwarsdoorsnede wordt bijkomende berging toegekend. Deze methode kan worden toegepast als winterbed en zomerbed dezelfde waterhoogte hebben (er is geen zomerdijk aanwezig) en als de stroming in het winterbed verwaarloosbaar is.
- Parallele waterloop: Overstromingsgebieden met een 'sterke' stroming en waarbij de waterhoogte kan verschillen van de waterhoogte in de hoofdriever, kunnen in het model worden ingebracht als een riviertak, parallel aan de hoofdriever. De parallelle tak en de hoofdriever worden met elkaar verbonden door zijdelingse overlaten die de stroming over de dijk voorstellen. Deze overlaat wordt gedefinieerd door in het waterloppennetwerk een 'link channel' aan te brengen. Dit 'verbindingskanaal' wordt bepaald door de geometrie van de overlaat (dwarssectie), bijzondere ladingsverliezen en door de eventuele aanwezigheid van bijkomende berging. Door het regelen van deze bijkomende berging kan men er nauwkeurig op toe zien dat hetzelfde bergingsvolume niet tweemaal in het model wordt ingebracht.
- Reservoir: De 'link channel' kan ook worden gebruikt om een riviertak te verbinden met een reservoir, in Mike11 'Flood Cell' genoemd. Het reservoir wordt dan gedefinieerd als bijkomende berging aan een fictieve dwarssectie. Deze methode wordt gebruikt als de waterhoogten in winterbed en zomerbed verschillend (kunnen) zijn en als de stroming in het winterbed verwaarloosbaar is.

In wat volgt wordt voor de verschillende overstromingsgebieden meer in detail besproken hoe de schematisatie wordt doorgevoerd.

4.7.1.2 Link channels

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen link channels die gebruikt worden voor het verbinden van overstromingsgebieden onderling of met de waterloop, en link channels die gebruikt worden voor het modelleren van een structuur.

Onderstaande beschrijving geldt enkel voor link channels die gebruikt worden voor het verbinden van overstromingsgebieden onderling of met de waterloop.

Elk link channel wordt gekenmerkt door:

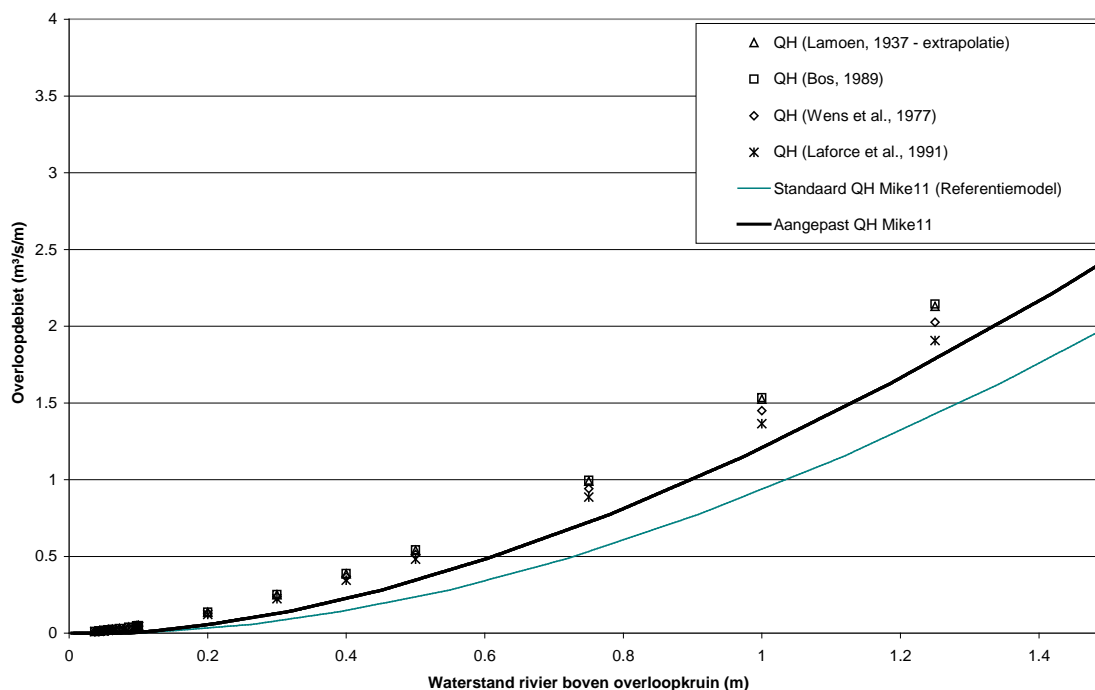
- De richting van de link channel: de link channels worden gedigitaliseerd volgens de "dominante" richting van de stroming:
 - van de hoofdwaterloop naar de overstromingsgebieden toe
 - bij verbinding tussen twee overstromingsgebieden: te kiezen

- De geometrie van de link channel: deze wordt beschreven door middel van depth-width relaties. De maximale breedte van de link channel houdt rekening met de verhanglijn. De werkelijke geometrie van een link channel wordt schematisch ingevoerd in een V vorm met een standaard 10 cm verschil tussen het laagste punt en het volgende punt. Indien uit gegevens blijkt dat de werkelijke geometrie significant afwijkt van de V vorm kan een andere meer gedetailleerde vorm gebruikt worden. Er wordt een maximaal hoogte verschil van 1,00 m voorgesteld. Op basis van de huidige modellen en voor de hoogste terugkeerperiode, moet gecontroleerd worden welke de maximale gesimuleerde waterstand boven de link is.



- De lengte van de link channel in de stromingsrichting: voor dijken wordt de lengte vastgelegd op 10 m, voor keermuren kan een kleinere lengte gebruikt worden.
- De coëfficiënten van de link channel:
 - Algemeen worden alle coëfficiënten gelijk gesteld aan de standaard coëfficiënten.
 - De manning waarde “n” wordt gebruikt (=0.05)
 - Critical flow coefficient: wordt gelijkgesteld aan de standaardwaarde van 1
 - Voor link channels die overlooptdijken voorstellen zijn aangepaste modelparameters afgeleid op basis van modelproeven, terreinmetingen en literatuur (Coen *et al.*, 2008): *Voor de verbinding tussen verschillende (parallele) riviertakken, bakken en/of een riviertak wordt gebruik gemaakt van het ‘link channel’ modelement van Mike11. Aan de hand van fysische modelproeven (Bonnet & Lamoën, 1937) en literatuurgegevens (Bos, 1989; Laforce *et al.*, 1990; Wens & Roovers, 1977) werd getracht het hydraulisch gedrag van een overlooptdijk in het model te doen overeenstemmen met de werkelijkheid (Figuur 38). Hiervoor dienen onderstaande parameterwaarden te worden ingesteld:*
 - *Geometry (depth/width): De werkelijke geometrie wordt benaderend ingegeven waarbij een lineair verloop wordt verondersteld tussen een laag en een hoog punt*
 - *Length (in de stroomrichting): 10 m*
 - *Manning’s n: 0.03*
 - *Head Loss Coefficients:*
 - *Inflow: 0 (insnoeringsverlies)*
 - *Outflow: 0*
 - *Additional: 0*
 - *Critical flow: 0.95*

Figuur 38 - Debiet-waterstand relatie van een overlooptdijk



4.7.1.3 Gebruikte DTM's

Bij de schematisatie van de overstromingsgebieden is gebruik gemaakt van DHM Vlaanderen I. De inwinning van DHM Vlaanderen I vond plaats tussen 2001 en 2004 (AGIV, 2016).

Voor enkele overstromingsgebieden zoals Polder van Lier, werden in het kader van inrichtingsstudies meer recente opmetingen uitgevoerd. Waar mogelijk zijn deze opmetingen geïmplementeerd in het model.

De kruinhoogte van de overlooptdijken van GOG's Bergenmeersen, Paardeweide, Scheldebroek, Tielrodebroek, Potpolder I, Potpolder IV, Bovenzanden, Anderstadt en Polder van Lier werd in 2012 in detail opgemeten. Deze opmetingen werden gebruikt voor het afleiden van de geometrie van de link channels ter hoogte van deze overlooptdijken.

4.7.1.4 Naamgeving

Voor de namen van de waterlopen of takken zijn volgende conventies gedefinieerd. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de hoofdas van de waterlopen, en riviertakken in overstromingsgebieden.

De naam van de hoofdas van de waterloop stemt overeen met de werkelijke naam van de waterloop (zie §4.6.1).

De benaming van de riviertakken in de overstromingsgebieden is 3- of 4-delig, deze delen worden gescheiden door “_”:

- in het eerste deel wordt aangegeven om welk type tak het gaat:
 - o FB = Flood Branch (parallele tak in overstromingsgebied)
 - o LC = Link Channel (overloop, verbinding tussen hoofdwateloop en parallele tak of 2 parallele takken)
 - o FC = Flood Cell (verbinding tussen hoofdwateloop of parallele tak en een overstromingsbekken)
 - o FM = tidal Flat/Marsh (slik of schor)

- het tweede deel geeft aan aan welke waterloop de tak gekoppeld is, of langs welke waterloop de tak in het overstromingsgebied ligt;
- het derde deel geeft aan op welke chainage de benoemde tak gekoppeld is (enkel bij LC en FC);
- het vierde deel geeft aan langs welke zijde van de rivier de benoemde tak zich bevindt (L of R), en het volgnummer, geteld van opwaarts naar afwaarts

Voor bestaande en toekomstige GOG's en ontpolderingen wordt de naamgeving aangepast. De naam van de parallelle tak bestaat uit 'GOG' of respectievelijk 'OPL' gevolgd door de 8 eerste letters van de naam van het GOG of de ontpoldering. Bijvoorbeeld: GOGTielrode voor het GOG Tielrodebroek, of OPLheusden voor ontpoldering Heusden.

De naamgeving van de link channels die de verschillende takken van de Westerschelde verbinden, wijkt af van de conventionele naamgeving. De namen van deze link channels worden gevormd door de namen van de verbonden takken, verbonden met “_”, gevolgd door de chainage waarop de link channel gekoppeld is.

4.7.2 Beneden-Zeeschelde

4.7.2.1 KBR

Het voornaamste overstromingsgebied langs de Beneden-Zeeschelde is het GOG Kruikeke-Bazel-Rupelmonde. Dit gebied is geschematiseerd als verschillende reservoirs die gekoppeld zijn door middel van overlaten en duikers volgens het inrichtingsplan. Sinds oktober 2015 is dit gebied gedeeltelijk in werking. In april 2016 is GOG-GGG Kruikeke enkel beschikbaar als GOG. GOG-GGG Bazel is slechts partieel in gebruik. GOG Rupelmonde is wel reeds beschikbaar als GOG. Vanaf juni 2017 werkt het GOG-GGG Kruikeke ook als GGG. De polders werden volledig afgewerkt tegen eind 2017. In januari 2018 werd het GOG een eerste maal gedeeltelijk gevuld. Ook het achterliggende gebied, met de Barbierbeek en haar vallei is opgenomen in het model. De Barbierbeek is gemodelleerd als een riviertak die de werkelijke loop van deze beek volgt. De dwarssecties zijn gebaseerd op topografische opmetingen. De opwaartse rand van de Barbierbeek is gelegen ter hoogte van de meetpost te Bazel. Voor de modellering van de vallei werd gebruik gemaakt van reservoirs met een hoogte-oppervlakte relatie die bepaald werd op basis van het DHM-Vlaanderen I. De overlaten (“link channels”) die de hoofdwaterloop verbinden met de vallei en die de oevers voorstellen zijn afgeleid op basis van topografisch opgemeten dwarssecties.

4.7.2.2 Opwaarts Antwerpen

De zone rond de in- en uitritten van de Kennedytunnel is in het model opgenomen als reservoirs.

De overige gebieden langs de Beneden-Zeeschelde opwaarts van Antwerpen zijn geschematiseerd als parallelle takken. Deze gebieden zijn afgebakend op basis van de topografische kaart. De gebieden zijn onderling en met de Schelde verbonden door middel van overlaten (“link channels”) en kokers.

Het gebied Burchtse Weel is werkzaam als aantakking sinds 2011. Dit gebied is verbonden met de Schelde door middel van kokers.

4.7.2.3 Antwerpen

De schematisatie van de zone rondom Antwerpen is behouden zoals in het MKBA-model (Smets *et al.*, 2005).

Het gebied op de linkeroever ter hoogte van Antwerpen loopt af van de rivier weg, richting Rot en middenvijver. Wanneer er overstromingen vanuit de Schelde naar het gebied op linkeroever optreden, zal het water voornamelijk in die richting stromen. Om dit correct te simuleren is het gebied in het model ingebouwd door middel van vier takken die van de Schelde naar het laaggelegen gebied lopen, de natuurlijke stromingsrichting van het water volgende. Deze takken zijn onderling verbonden met elkaar, zodat het water ook tussen de takken onderling kan stromen. Het gebied rondom het Galgenweel is geschematiseerd als reservoir.

Voor het stedelijk gebied van Antwerpen op de rechteroever is een soortgelijke aanpak gevolgd. Direct langs de Schelde is een tak geschematiseerd, parallel aan de rivier. Deze is op acht plaatsen verbonden met de Schelde door middel van overlaten ("link channels"). Vanaf de kaaien vertrekken in het model vier andere takken die zo goed als mogelijk de stromingsrichting volgen waarlangs het water volgens de topografie zou moeten stromen. In een één-dimensionaal model is het echter moeilijk om rekening te houden met allerlei obstakels (huizen, bruggen, tunnels) die maken dat het water niet zijn natuurlijke afstromingsrichting zou volgen.

4.7.2.4 Afwaarts Antwerpen

Ter hoogte van de grens zijn de gebieden Hedwige-Prosperpolder en Doelpolder gelegen. Deze zullen ingericht worden respectievelijk als ontpoldering en als GGG. Deze gebieden zijn in het model opgenomen als parallelle takken, en zijn afgebakend volgens de inrichtingsplannen. De rivierdijk ter hoogte van deze gebieden is op de huidige hoogte geschematiseerd, en de GGG-inwateringsluizen zijn gesloten.

Het Deurganckdok is in het model opgenomen als zijtak, die rechtstreeks verbonden is met de Zeeschelde.

Ook Potpolder Lillo is in het model opgenomen als parallelle tak. Deze is verbonden met de Zeeschelde door middel van twee overlaten ("link channels") ter hoogte van de bressen.

De dokken op de rechteroever langs de Zeeschelde zijn geschematiseerd als parallelle takken. Deze zijn verbonden met de Zeeschelde door middel van overlaten ("link channels"). De verschillende sluisen zijn op een vereenvoudigde manier in het model ingebouwd. De sluisdeuren zijn gemodelleerd als een overlaat.

Op linkeroever afwaarts Antwerpen zijn nog enkel overstromingsgebieden geschematiseerd als reservoirs. Deze zijn verbonden met de Zeeschelde door middel van overlaten ("link channels").

4.7.3 Boven-Zeeschelde en Durme

Voor de schematisatie van de overstromingsgebieden langs de Boven-Zeeschelde is gebruikt gemaakt van zowel parallelle takken als reservoirs. In zones waar mogelijk stroming van het water in de overstromingsgebieden plaatsvindt, is geopteerd voor parallelle takken. Voor kleinere gebieden waarin weinig of geen stroming zal plaatsvinden, is geopteerd voor modellering als reservoirs, met een bepaald bergingsvolume. De parallelle takken en reservoirs zijn met de Boven-Zeeschelde en met elkaar verbonden door middel van overlaten en duikers.

De bestaande GOG's langs de Boven-Zeeschelde zijn: GOG Tielrodebroek, GOG Lippenbroek, GOG Grote Wal, GOG Scheldebroek, GOG Paardeweide, GOG-GGG Bergenmeersen, GOG Wijmeers. Deze zijn als parallelle takken in het model opgenomen. Ontpoldering Wijmeers is in het model opgenomen als reservoir. Ontpoldering Heusden is in het model opgenomen als parallelle tak.

GOG en ontpoldering Wijmeers zijn in werking sinds november 2015. GGG Bergenmeersen is in werking sinds april 2013. De overloopdijk van voormalig GOG Uiterdijk werd in december 2015 afgegraven tot maaiveldhoogte, waardoor dit gebied nu werkt als ontpoldering.

Ook de toekomstige Sigmagebieden langs de Boven-Zeeschelde zijn reeds opgenomen in het model. De toekomstige GOG en GOG-GGG's zijn geschematiseerd als parallelle takken, en afgebakend op basis van het inrichtingsplan. De toekomstige ontpolderingen zijn geschematiseerd als reservoirs, en afgebakend op basis van het inrichtingsplan. De rivierdijk ter hoogte van de gebieden is echter nog behouden op de huidige hoogte. Ook de ringdijk is nog niet opgenomen in het model.

4.7.4 Durme

Voor de schematisatie van de overstromingsgebieden langs de Durme is gebruikt gemaakt van zowel parallelle takken als reservoirs. Deze zijn met de Durme en met elkaar verbonden door middel van overlaten en duikers. De afbakening van de overstromingsgebieden is gebeurd op basis van het DHM en de topografische kaart (wegen, spoorlijnen, ...). Waar geen 'harde' grens zoals een weg of spoorlijn kon gebruikt worden, is de begrenzing van de vallei bepaald op basis van het DHM, maximaal tot de hoogte van de rivierdijk. Hierbij is ook rekening gehouden met eventuele overstroming die kan optreden vanuit de zijlopen.

De bestaande GOG's Potpolder I en Potpolder IV zijn gemodelleerd als parallelle takken.

Langs de Durme zijn tevens enkele toekomstige Sigmagebieden aanwezig, zoals ontpoldering Groot Broek en ontpoldering Klein Broek en GOG-GGG De Bunt. De afbakening van deze gebieden in het model is gebaseerd op de inrichtingsplannen. De rivierdijk ter hoogte van de gebieden is echter nog behouden op de huidige hoogte.

4.7.5 Rupel

Het GOG Bovenzanden en de overstromingsgebieden in de vallei van de Rupel zijn geschematiseerd als parallelle takken. Ook de gebieden tussen de Rupel en het kanaal Brussel-Schelde zijn door middel van parallelle takken voorgesteld. De parallelle takken zijn met de Rupel en met elkaar verbonden door middel van overlaten en duikers.

De bekkens van de waterlopen op de linkeroever (Molenbeek/Vliet, Zielbeek en Zwartebeek) zijn allen als reservoirs ingebracht. Hiervoor is telkens een korte waterloop gedefinieerd met twee fictieve dwarsprofielen. Aan elk van deze dwarsprofielen is de helft van de berekende berging toegekend als 'Additional Storage'. De fictieve waterlopen zijn met de afwaarts gelegen parallelle takken verbonden door middel van overlaten.

De bekkens van de Molenbeek/Vliet en de Zielbeek worden door middel van pompstations ontwaterd. Deze pompstations onttrekken water aan grote wachtbekkens. Deze wachtbekkens zijn gemodelleerd door middel van extra berging ('Additional Storage') in te bouwen aan het opwaartse einde van de link channels waarop de pompen zich bevinden. Een groot deel van de afvoer van deze pompstations gaat naar het kanaal Brussel-Schelde. Aangezien dit kanaal niet expliciet in het hydraulisch model opgenomen is, gebeurt de afvoer rechtstreeks naar de Rupel. De waterlopen op de rechteroever (Bosbeek, Boomse beek en Wullebeek) zijn eveneens voorzien van pompstations. Ook deze pompen zijn in het model opgenomen.

4.7.6 Benedennete en Kleine Nete

Voor de schematisatie van de valleigebieden van de Benedennete en de Kleine Nete is enkel gebruik gemaakt van parallelle takken. Op basis van het DHM, de VHA, topografische kaarten, google earth en google streetview is een zo goed mogelijke opdeling gemaakt van parallelle takken (quasi 2D-principe) die onderling verbonden zijn en die in staat moeten zijn om enerzijds de overstromingen in de vallei afkomstig van runoff en kleinere waterlopen te modelleren en anderzijds de overstromingen vanuit de hoofdwaterloop. Waar geen 'harde' grens zoals een weg of spoorlijn kon gebruikt worden, is de begrenzing van de vallei bepaald op basis van het DHM, maximaal tot de hoogte van de rivierdijk. Hierbij is ook rekening gehouden met eventuele overstroming die kan optreden vanuit de zijrivieren.

Uit het DHM Vlaanderen I (2007) zijn voor deze parallelle takken secties geëxporteerd om de 200 meter. Er zijn slots ingebouwd waarbij het bodempeil zo gemanipuleerd is dat deze de natuurlijke stroming in de parallelle tak het best benadert.

De bestaande GOG's Anderstadt I, Anderstadt II en Polder van Lier zijn eveneens geschematiseerd als parallelle takken. De topografie in Polder van Lier werd meer in detail opgemeten in 2015 in het kader van de inrichtingsstudie voor dit gebied (Coen *et al.*, 2015a). Deze gegevens zijn opgenomen in het model.

De Binnennete te Lier vormt een geïsoleerd pand zonder watervoerende functie. Ze is dan ook niet in het hydraulisch model opgenomen. Het gebied omsloten door de Kleine Nete, de Neteafleiding en de Benedennete wordt weergegeven als één parallelle tak.

Het Netekanaal is eveneens niet in het hydraulisch model opgenomen. Dit wordt in rekening gebracht door het aanbrengen van overlatten tussen de gebieden aan weerszijden van het kanaal.

De zijwaterlopen van Kleine Nete en Benedennete zijn klein en voeren eerder beperkte debieten aan. De zijrivieren werden vereenvoudigd opgenomen in de parallelle takken. Voor zijrivieren die loodrecht op de parallelle takken de valleien binnendringen, gebeurt dit door het geografisch relevant plaatsen van de runoff op de parallelle tak die dan verbonden is met de hoofdrijver via een overlaat ("link channel") met eventueel een uitwatering met terugslagkleppen. Voor zijrivieren die de parallelle takken volgen, gebeurt dit door het inbouwen van realistische slots met aan de monding eveneens een overlaat ("link channel") met eventueel een uitwatering met terugslagkleppen.

De Duffelse en Rumstse Scheibeeck wordt bij hoge waterstanden in de Benedennete ontwaterd door middel van een vijzelgemaal. Dit vijzelgemaal is in het model ingebouwd. De Goorbosbeek, Lachenebeek, Itterbeek, Molenveldbeek, Lekbeek, Perwijsveldbeek, en Wouwendonksebeek worden ontwaterd in de Benedennete door middel van een pompstation. Deze pompstations zijn eveneens in het model opgenomen.

4.7.6.1 Bollaak

De belangrijkste zijrivier van de Kleine Nete is de Bollaak. Deze zijrivier kan tijdens piekafvoeren tot een 10-tal m³/s aanvoeren en is daarom meer in detail beschouwd. Aangezien er geen dwarssecties van de Bollaak ter beschikking zijn, is deze vereenvoudigd gemodelleerd. De Bollaak is een zijrivier die grotendeels parallel loopt met de Kleine Nete en het Netekanaal en goed de loop van de verschillende parallelle takken volgt. Daarom is geopteerd om de Bollaak te modelleren door het inbrengen van slots in enkele parallelle takken (FB_Bollaak_1 tem 6).

De opwaartse rand van de Bollaak is gelegen aan de limnigraaf L10_062 te Pulle (VMM-AOW). De lengte van de Bollaak in het model bedraagt circa 11,8 km. De Bollaak sifoneert onder het Netekanaal en mondt uit in de Kleine Nete ongeveer 1 km afwaarts van de meetpost te Emblem. De uitwateringsconstructie bestaat uit drie kokers (met terugslagkleppen) met breedte 2,6 m, hoogte 1,9 m en lengte 12,0 m.

4.7.7 Grote Nete

Voor de schematisatie van de overstromingsgebieden van de Grote Nete is geopteerd voor parallelle takken die meer in detail het afstromingspatroon in het overstromingsgebied en de topografie volgen. De verbinding tussen de overstromingsgebieden en de hoofdwaterloop bestaat uit overlatten en kokers. Voor de afbakening van de overstromingsgebieden is voornamelijk gebruik gemaakt van het DHM en topografische kaarten. Waar geen 'harde' grens zoals een weg of spoorlijn kon gebruikt worden, is de begrenzing van de vallei bepaald op basis van het DHM, maximaal tot de hoogte van de rivierdijk.

In de vallei van de Grote Nete zijn meerdere zijwaterlopen geschematiseerd. De Wimp, Leibeek, Goorloop, Huizebeek, Bergebeek, Herselteloop, Houtvenseloop, Steenkensbeek, Duisbroekloop en GroteLaak zijn over een beperkte afstand geschematiseerd volgens het werkelijk verloop van de waterloop. Hierdoor kan de rainfall-runoff beter geleid worden en kunnen overstromingen meer in detail weergegeven worden.

4.7.8 Dijle

Voor de schematisatie van de overstromingsgebieden in de vallei van de Dijle is geopteerd voor parallelle takken in zones waar wel degelijk stroming van het water in de overstromingsgebieden plaatsvindt. Hierbij is zoveel mogelijk getracht het natuurlijk stromingspatroon van het water in de overstromingsgebieden te benaderen, bijvoorbeeld door de parallelle takken echt parallel met de Dijle te laten lopen, volgens de topografie, dus geen lange rechte takken. Voor kleinere gebieden waarin weinig of geen stroming zal plaatsvinden, is geopteerd voor modellering als reservoirs, met een bepaald bergingsvolume. De afbakening van de overstromingsgebieden is gebeurd op basis van het DHM en de topografische kaart (wegen, spoorlijnen, ...). Waar geen 'harde' grens zoals een weg of spoorlijn kon gebruikt worden, is de begrenzing van de vallei bepaald op basis van het DHM, maximaal tot de hoogte van de rivierdijk. Hierbij is ook rekening gehouden met eventuele overstroming die kan optreden vanuit de zijlopen.

De toekomstige Sigmagebieden langs de Dijlemonding, GOG-GGG Grote Vijver I, GOG Grote Vijver II, GOG-GGG Zennegat en GOG Heindonk zijn afgebakend volgens het inrichtingsplan. De rivierdijk ter hoogte van de gebieden is echter behouden op de huidige hoogte.

De toekomstige Sigmagebieden langs de Bovendijle, GOG Rijmenam en GOG Hoogdonk, zijn nog niet volgens het inrichtingsplan opgenomen in het model. Langs GOG Hollaken-Hoogdonk wordt de Binnenbeek verlegd, waardoor het nog niet mogelijk is dit ontwerp mee te nemen in het model.

Ook opwaarts van de Demermonding zijn overstromingsgebieden geschematiseerd. Hierbij is rekening gehouden met de reeds geschematiseerde valleigebieden van de Demer.

Om de afvoer van het water uit het valleigebied van de Dijle juister te simuleren, zijn enkele zijrivieren of beken als riviertakken in het model opgenomen. Volgende riviertakken zijn toegevoegd: Vrouwvliet, Grote Laakbeek, Barebeek, Weesbeek, Leibeek-Lipsebeek en Binnenbeek. De valleigebieden van deze waterlopen zijn in het model opgenomen als parallelle takken of reservoirs, naargelang stroming in de vallei verondersteld werd.

4.7.8.1 Vrouwvliet

De opwaartse rand van de Vrouwvliet ligt ter hoogte van de kruising van de Vrouwvliet met de Weynesbaan in Rijmenam. Het reliëf stijgt hier boven TAW +10 m. Tussen de Vrouwvliet en de Dijle is hier een hoger gelegen gebied, waardoor het water van de Dijle zeker niet naar de Vrouwvliet zal stromen en omgekeerd. De riviertak van de Vrouwvliet opgenomen in het model heeft een lengte van circa 14,6 km. Aan de monding heeft de Vrouwvliet geen open verbinding met de Dijle. Bij lage waterpeilen watert de Vrouwvliet uit door gravitaire lozing via twee vrije lozingskanalen met terugslagklep met een totale doorstroomopening van 6,8 m². Bij hoge waterpeilen worden pompen ingeschakeld voor lozing in de Dijle, i.e. vier pompen met een vast debiet en twee pompen met variabel debiet (door variabele schoepstanden). Deze pompen hebben een automatische regeling gebaseerd op het opwaarts waterpeil, of het waterpeil in de wachtkom opwaarts van het pompstation.

De Vrouwvliet is ter hoogte van de kruising met de E19 en ter hoogte van Pasbrug overwelfd. De sifon onder de E19 heeft een lengte van 258,19 m, een breedte van 9 m en een hoogte 3,6 m. De drempel van deze sifon ligt op TAW +1,37 m. Deze sifon is gemodelleerd als een koker. De sifon ter hoogte van Pasbrug wordt overwelfing "De Hamer" genoemd. Aan de inlaat van deze sifon wordt het waterpeil opwaarts op de Vrouwvliet geregeld door middel van twee klepstuwen ("stuw Pasbrug"). Het stuwpeil in de zomer is TAW +3,9 – 4,0 m, in de winter is dit TAW +3.7 – 3.8 m. De sifon zelf bestaat uit twee leidingen met een diameter van 2,8 m en een lengte van 575 m. De drempel van deze sifon ligt op TAW +1,9 m.

Ten zuiden van Bonheiden heeft de Vrouwvliet een vertakking, met de naam "Molenbeek". Ook deze is als riviertak opgenomen in het model. De Molenbeek heeft een lengte van circa 2,6 km en staat in open verbinding met de Vrouwvliet. Langs deze riviertak zijn geen structuren aanwezig.

Langs de Vrouwvliet zijn enkele bruggen opgenomen in het model, voornamelijk deze met een lage ligging en/of waar de Vrouwvliet over korte afstand ingebuisd is.

4.7.8.2 Grote Laakbeek

Een deel van Grote Laakbeek met overstromingsgebieden is opgenomen in het model, met opwaartse rand ter hoogte van de kruising van de Grote Laakbeek met de Preterstraat te Werchter. De lengte van de riviertak vanaf de monding in de Dijle bedraagt circa 8 km. Op deze afstand van de monding is de oeverhoogte langs de Grote Laakbeek gelijk aan de dijkhoogte langs de Dijle ter hoogte van de monding van de Grote Laakbeek. De Grote Laakbeek staat aan haar monding in open verbinding met de Dijle.

In het model is op de Grote Laakbeek één vaste structuur opgenomen, met name de stuw ter hoogte van de molen van Veldonk. Deze stuw heeft een drempelhoogte op TAW +9,1 m en een breedte van 6,2 m (LIBOST-groep, 2003). De structuur is gemodelleerd als een vaste overlaat.

Langs de Grote Laakbeek zijn tevens enkele bruggen opgenomen in het model.

4.7.8.3 Barebeek

De opwaartse rand van de Barebeek is genomen aan de limnigraaf te Elewijt. De lengte van de riviertak 'Barebeek' in het model bedraagt circa 8,1 km. De Barebeek mondt uit in de Dijle door zes kokers met terugslagklep. Deze kokers hebben een breedte en hoogte van respectievelijk 1,61 m en 2,56 m. Het drempelpeil ligt op TAW +3,62 m. De Barebeek kruist het kanaal 'Leuven-Dijle' door drie duikers met variërende doorsnede. De breedte van de duikers bedraagt 2,55 m, de hoogte varieert tussen 1,6 en 2,2 m. Het drempelpeil ligt op TAW +4 m.

Ook langs de Barebeek zijn enkele bruggen opgenomen in het model.

De Barebeek heeft twee vertakkingen: Barebeek 2^e arm, afwaarts van het kanaal Leuven-Dijle, en de Kleine Barebeek, opwaarts van het kanaal Leuven-Dijle. Ook deze zijn als riviertakken opgenomen in het model.

4.7.8.4 Weesbeek

De opwaartse rand van de Weesbeek ligt afwaarts van de kruising van de Weesbeek met het kanaal Leuven-Dijle. De lengte van de riviertak 'Weesbeek' in het model bedraagt circa 4,2 km. De Weesbeek mondt uit in de Dijle door drie kokers met een terugslagklep. Deze kokers hebben een breedte en hoogte van respectievelijk 1,29 m en 1,79 m. Het drempelpeil van de kokers ligt op TAW +4,38 m.

Langs de Weesbeek zijn twee structuren gemodelleerd: de 'watermolen van Servaas' en de doorsteek onder N26. De 'watermolen van Servaas' is gemodelleerd als een koker met een breedte en hoogte van respectievelijk 1,51 m en 2,17 m en een drempelpeil op TAW +6,44 m. De doorsteek onder de N26 is een sifon bestaande uit twee naast elkaar liggende pijpen, niet afsluitbaar, niet beschermd met rooster en steeds volledig onder water, en met een beperkt afvoervermogen. Deze is gemodelleerd als een koker met een onregelmatige geometrie.

4.7.8.5 Leibeek-Lipsebeek

De Leibeek-Lipsebeek mondt uit in de Weesbeek op circa 700 m van de monding van de Weesbeek in de Dijle. De opwaartse rand van de Leibeek-Lipsebeek ligt net afwaarts de kruising van de Lipsebeek met het kanaal Leuven-Dijle. De lengte van de riviertak 'Leibeek' in het model bedraagt circa 13,1 km. Er zijn geen structuren langs deze riviertak opgenomen in het model.

4.7.8.6 Binnenbeek

Op circa 2,3 km van de monding van de Leibeek in de Weesbeek, mondt de Binnenbeek uit in de Leibeek. De opwaartse rand van de Binnenbeek ligt ter hoogte van de kruising van de Binnenbeek met de Haachtsesteenweg (N21) te Werchter. De lengte van de riviertak 'Binnenbeek' in het model bedraagt circa 10,3 km. Langs de Binnenbeek zijn geen structuren opgenomen in het model.

4.7.9 Demer

De schematisatie van de Demer en haar vallei tot Aarschot is overgenomen uit het geactualiseerde model van de Demer (Bogman *et al.*, 2015). De overstromingsgebieden in de vallei van de Demer zijn voornamelijk geschematiseerd als parallelle takken. Het geschematiseerde overstromingsgebied langs de rechteroever van de Demer grenst aan het overstromingsgebied langs de linkeroever van de Grote Laakbeek. Bij overstroming vanuit de Demer zou er water naar de Grote Laakbeek stromen. Deze overstromingsgebieden zijn met elkaar gekoppeld via een link channel.

In de vallei van de Demer zijn drie waterlopen opgenomen als aparte riviertakken: de Winge, Losting en Heilaakbeek. De parallelle takken volgen het werkelijk verloop van deze waterlopen. Hierdoor kan de rainfall-runoff beter geleid worden en kunnen overstromingen meer in detail weergegeven worden.

4.7.10 Zenne

Voor de schematisatie van de overstromingsgebieden langs de Zenne is gebruikt gemaakt van zowel parallelle takken als reservoirs. In zones waar wel degelijk stroming van het water in de overstromingsgebieden plaatsvindt, is geopteerd voor parallelle takken. Hierbij is zoveel mogelijk getracht het natuurlijk stromingspatroon van het water in de overstromingsgebieden te benaderen. Voor kleinere gebieden waarin weinig of geen stroming zal plaatsvinden, is geopteerd voor modellering als reservoirs, met een bepaald bergingsvolume. De afbakening van de overstromingsgebieden is gebeurd op basis van het DHM en de topografische kaart (wegen, spoorlijnen, ...). Waar geen 'harde' grens zoals een weg of spoorlijn kon gebruikt worden, is de begrenzing van de vallei bepaald op basis van het DHM, maximaal tot de hoogte van de rivierdijk. Hierbij is ook rekening gehouden met eventuele overstroming die kan optreden vanuit de zijlopen.

Er is een kleine overlap tussen het overstromingsgebied van de Barebeek en de Zenne. Op deze locatie werd één parallelle tak getekend, die verbonden werd met zowel de Zenne als de Barebeek.

4.7.10.1 Tangebeek

In het valleigebied van de Zenne is één kleine zijloop gemodelleerd, de Tangebeek. Deze mondt uit in de Oude Zenne. Deze waterloop heeft een lengte van 4,2 km. De dwarssecties van de Tangebeek werden opgemeten in 2003, in opdracht van de provincie Vlaams-Brabant.

Langs de Tangebeek zijn meerdere bruggen of sifons gemodelleerd als kokers, al dan niet met een onregelmatige vorm.

4.8 Hydraulische structuren

4.8.1 Algemeen

In volgende paragrafen wordt een beschrijving gegeven van de verschillende hydraulische structuren die opgenomen zijn in het model. In het 1D-model van het Zeescheldedebekken zijn volgende structuren opgenomen:

- 'Culverts'
- 'Weirs'
- 'Pump'
- 'Control structures'

4.8.2 Culverts

Het 'culvert' modelement wordt gebruikt om kokers van verschillende vorm, lengte en helling te modelleren. Alle mogelijke stromingscondities kunnen worden voorgesteld met inbegrip van volledig verdrongen stroming, gedeeltelijk verdrongen stroming, kritische instroom, vrije uitstroom en stroming doorheen een opening.

Het Mike11 culvert element wordt binnen deze studie gebruikt voor:

- de voorstelling van duikers/onderdoorgangen
- de voorstelling van de terugloop vanuit overstromingsgebieden naar de waterloop
- de voorstelling van instroom vanuit de waterloop naar gereduceerde getijdegebieden
- de voorstelling van de uitmonding van waterlopen die via een uitlaatconstructie, eventueel met een terugslagklep, in een andere waterloop uitmonden
- de voorstelling van een brug over de waterloop, die plaatselijk zorgt voor een vernauwing van de waterloop

In BIJLAGE B wordt een overzicht gegeven van de in het hydrodynamische model aanwezige culvert modelementen. Per culvert worden volgende gegevens weergegeven:

- de positie van de structuur: naam van de waterloop en chainage
- een identificatie (ID)
- de drempelhoogte op- en afwaarts
- de lengte in de stromingsrichting
- het aantal openingen
- of er al dan niet een terugslagklep aanwezig is
 - o geen
 - o only negative flow = enkel stroming in 'negatieve richting', ie. van opwaarts naar afwaarts
 - o only positive flow = enkel stroming in 'positieve richting', ie. van afwaarts naar opwaarts
- de vorm (rechthoekig, cirkelvormig, onregelmatig)

Opmerkingen

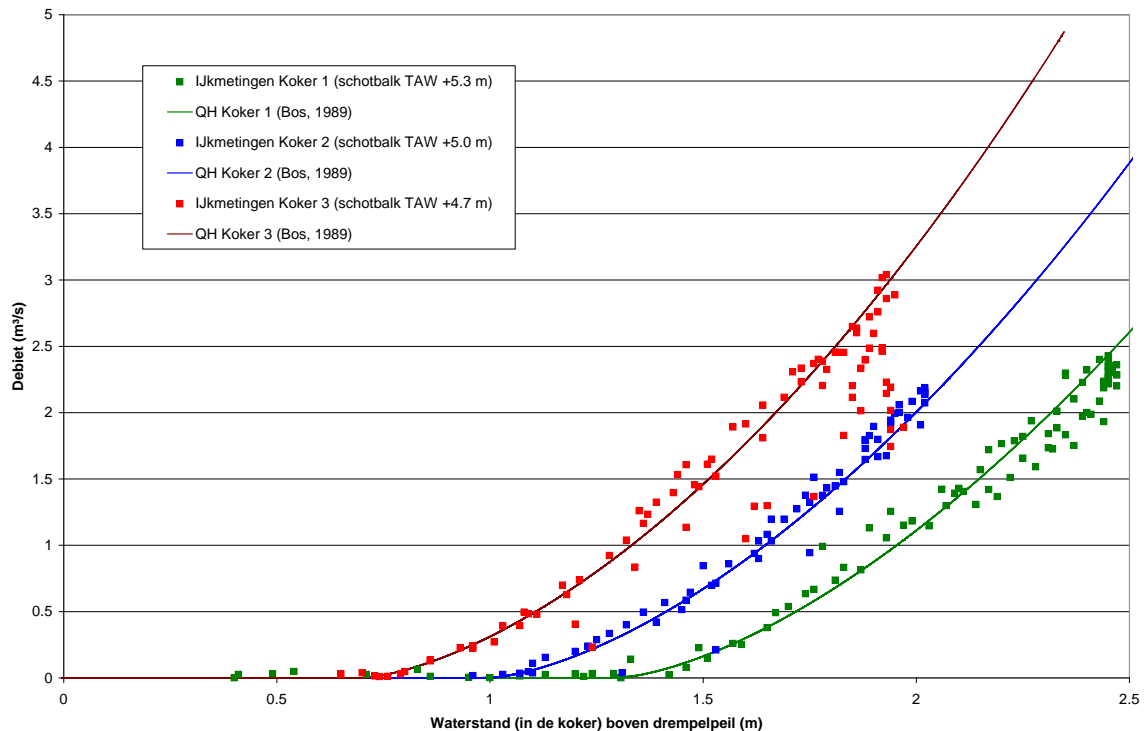
- De culvert modelementen die bestaande kokers voorstellen, worden steeds op een apart (onoverstroombaar) 'link channel' geplaatst. De naam van dit link channel begint met OUT of IN, voor respectievelijk uit- of inwateringskokers. De lengte van het link channel heeft een standaardwaarde van 50 meter of komt overeen met de lengte van de gemodelleerde koker (afgerond naar het volgende even getal).
- De ID van een culvert die op een link channel wordt geplaatst is steeds '\$LINK'. Dit wordt opgelegd door de modelleringssoftware.
- In een waterloop moeten de op- en afwaartse sectie groter zijn dan de koker.
- Bij alle culverts is het link channel gedefinieerd in de richting van de rivier naar het overstromingsgebied. Voor kokers met een terugslagklep wordt dit aangegeven met 'only negative flow'.
- In Mike11 worden bruggen gemodelleerd door middel van een 'culvert' modelement, als één enkele koker. Er wordt geen opsplitsing gemaakt in twee of drie kokers als er pijlers aanwezig zijn. Hierbij wordt de hoogte-breedteverhouding van de koker aangepast naar de bathymetrie en de vorm van de brug. Wanneer er stroming over de brug mogelijk is, wordt eventueel een 'weir' modelement in parallel geplaatst.
- Een culvert modelement kan de vrije en verdrongen stroming onder druk simuleren in een hydraulische structuur rekening houdend met intrede- en uittredeverliezen en algemene ladingsverliezen (wandruwheid). De formules die gehanteerd worden zijn gebaseerd op de formule van Bernouilli.

'Sigma' kokers

Voor de gecontroleerde overstromingsgebieden en de gebieden met gecontroleerd gereduceerd getij die reeds aangelegd zijn in het kader van de actualisatie van het Sigmaplan wordt gebruik gemaakt van standaard kokers met een breedte van 3 meter en een hoogte van 2,2 m. Op basis van modelproeven, terreinmetingen en literatuur zijn voor deze kokers aangepaste modelparameters afgeleid (Coen *et al.*, 2008).

Het concept GOG-GGG wordt voor de eerste maal toegepast en uitvoerig getest in het pilootproject Lippenbroek. Dit onderzoeksgebied is een GOG-GGG van circa 10 ha groot, gelegen in het zoete deel van het Schelde-estuarium nabij het tijmaximum. Sinds de inwerkingtreding in maart 2006 voert WL waterstands- en stroomsnelheidsmetingen uit aan de inlaat van GGG Lippenbroek. Hieruit blijkt dat de inwateringssluizen zich conform een scherpe overlaat gedragen (Figuur 39). De gemeten debiet-waterstandrelatie van de GGG-inwatering komt overeen met de standaard (scherpe) overlaatformulering zoals beschreven in (Bos, 1989). Het drempelpeil (betonvloer) van de inwatering van Lippenbroek bedraagt TAW +4,0 m. Bijkomende schotbalken met hoogte 0,7 m, 1,0 m en 1,3 m in resp. koker 3, 2 en 1 zorgen dat de inwatering start op resp. TAW +4,7 m, +5,0 m en +5,3 m.

Figuur 39 - Q_{koker} - h_{koker} relatie van de inwateringsstructuren van Lippenbroek: gemeten versus berekend met standaard formule met scherpe overlaat

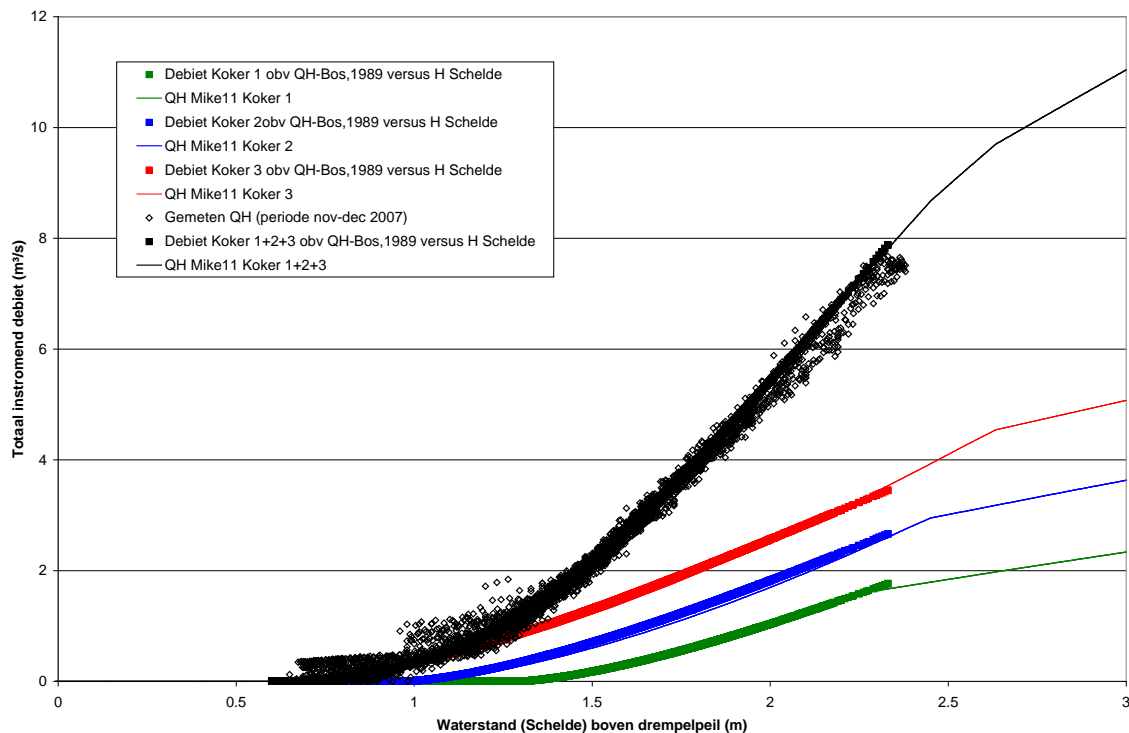


Het Mike11 'culvert' modelelement wordt gebruikt voor de berekening van de instromende volumes in functie van het waterpeil in de aan getijde onderhevige waterloop. Hierbij wordt vereenvoudigd de 'invert' gelijkgesteld aan de ingestelde schotbalkhoogte. Ook de hoogte van de 'culvert' wordt verminderd met de schotbalkhoogte. Model en werkelijkheid komen het beste overeen door in het culvert modelelement volgende parameterwaarden in te stellen (Figuur 40):

- Upstream invert: Schotbalkhoogte (m TAW)
- Downstream invert: Schotbalkhoogte (m TAW)
- Length: 10 m
- Manning's n: 0.013
- Head Loss factor:
 - Inflow: 0.4 (intredeverlies)
 - Outflow: 1 (uittredeverlies)
 - Free Flow: 1.2 (overlaatformule)
 - Bends: 0
- Hoogte: kokerhoogte (m) – schotbalkhoogte (m)

Een vergelijking van gemodelleerde en gemeten (ie. met de overlaatformule berekende) instromende volumes te Lippenbroek voor doortij, middeltij en springtij toont onderschattingen door het model van resp. 30, 15 en 5 %, wat zich doorvertaalt in een onderschatting van de bijhorende overstromingspercentages met resp. 5, 4 en 3 %.

Figuur 40 - Debiet_{Totaal}-waterstand_{Schelde} relatie van de inwateringsstructuur van Lippenbroek: berekend (met standaard overlaatformule) versus gesimuleerd (in Mike 11)

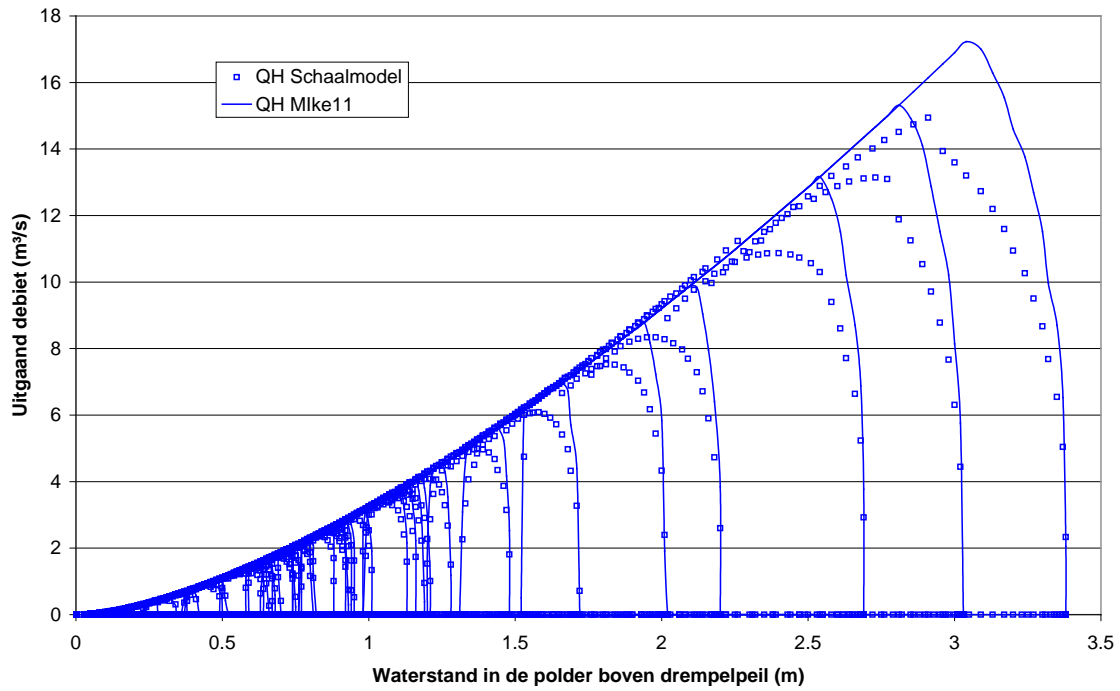


Bij de studie van GOG Kruikeke – Bazel – Rupelmonde werd een schaalmodel van een standaard (3m breed en 2,2m hoog) GOG-uitwatering opgebouwd waaruit de doorvoercapaciteit kon worden afgeleid in functie van de opwaartse waterstand. In februari 2007 werden metingen uitgevoerd aan de uitwatering van GOG Tielrodebroek.

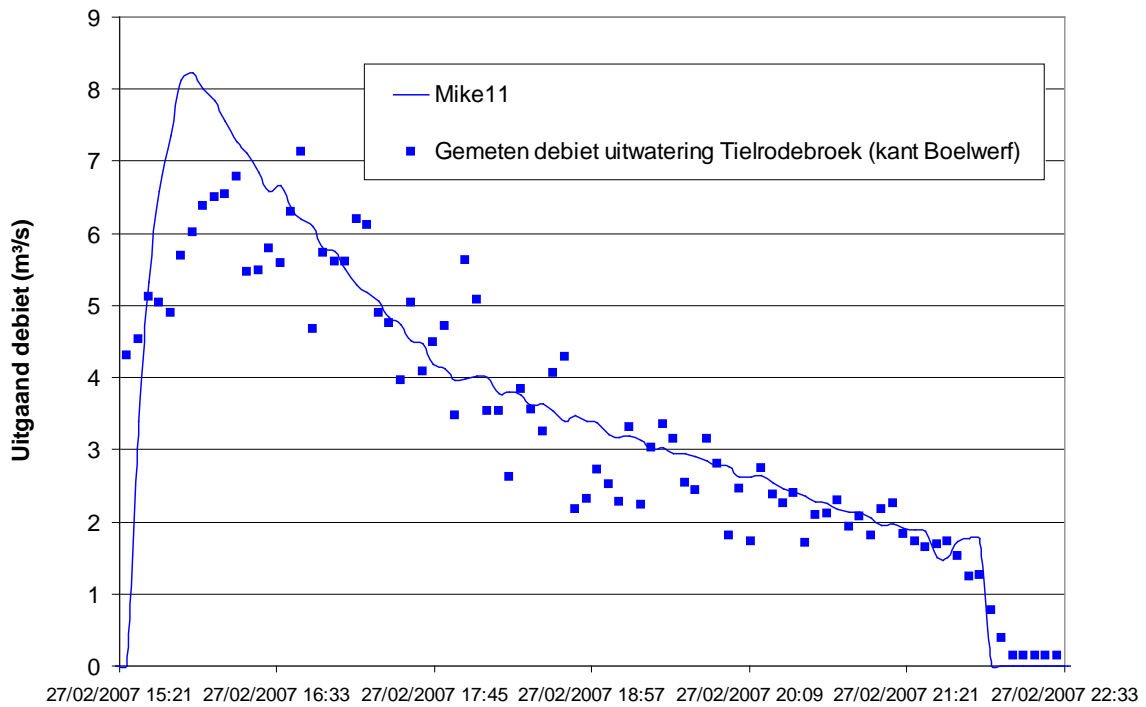
De kennis opgedaan met behulp van schaalmodellen en terreinmetingen werd gebruikt om het hydraulisch gedrag van dergelijke kokers zo goed mogelijk te laten beschrijven door het 'culvert' modelement van Mike11. In het model wordt vereenvoudigd het drempelpeil aan rivierzijde gelijkgesteld aan het drempelpeil aan polderzijde. Volgende parameterwaarden werden ingesteld (Figuur 41 en Figuur 42):

- *Upstream invert: Drempelpeil polderzijde (m TAW)*
- *Downstream invert: Drempelpeil polderzijde (m TAW)*
- *Length: 50 m*
- *Manning's n: 0.013*
- *Head Loss factor:*
 - *Inflow: 0.5 (insnoeringsverlies)*
 - *Outflow: 1*
 - *Free Flow: 0.8 (overlaatformule)*
 - *Bends: 0*

Figuur 41 - Debiet-waterstand_{polder} relatie van de uitwateringsstructuur: vergelijking resultaten schaalmodel en Mike11



Figuur 42 - Gemeten en gemodelleerd debiet in de uitwatering van Tielrodebroek op 27/02/2007



In tegenstelling tot de inwatering, waar het debiet enkel functie is van de opwaartse waterstand (alvast bij normale GGG-werking), wordt het debiet van de uitwatering in bepaalde gevallen meebepaald door het afwaartse waterpeil. Zolang de afwaartse waterstand hoger komt dan het drempelpeil van de uitwatering (aan polderzijde) is sprake van een niet-volkomen uitwatering. Bij een niet-volkomen uitwatering is voor een gegeven opwaartse waterstand het uitwateringsdebiet kleiner dan wanneer de uitwatering volkomen zou zijn. Bij vergelijken van schaalmodel en metingen met Mike11 moet besloten worden dat betere overeenkomsten worden bekomen ingeval van volkomen uitwatering. Ingeval van niet-volkomen uitwatering overschat Mike11 blijkbaar de doorvoercapaciteit.

4.8.3 Weirs

In Mike11 zijn er vier mogelijkheden om vaste overlaten (weirs) via modelementen voor te stellen:

- broad crested weir
- weir formula 1 (Villemonete)
- weir formula 2 (Honma)
- special weir

Het modelement 'special weir' wordt enkel gebruikt als geen enkele van de drie andere formuleringen in staat is het Qh verband van de overlaat voor modulaire (of volkomen) stroming nauwkeurig te beschrijven. Dit kan enkel worden vastgesteld als dit Qh-verband via fysische laboratoriumproeven werd bepaald.

De 'broad crested weir' (overlaat met brede drempel) wordt gebruikt als kan verondersteld worden dat de overlaat in de richting van de stroming lang genoeg is opdat de kritische waterhoogte zich zou kunnen instellen. De verliezen worden aangeduid met een intredeverliescoëfficiënt ζ_1 (gebruikt in geval van modulaire of volkomen stroming) en een uittredeverliescoëfficiënt ζ_2 (bijkomend gebruikt in geval van onvolkomen stroming).

Bij de 'weir formula 1' en 'weir formula 2' worden de verliezen (bij volkomen stroming) aangeduid met een debietscoëfficiënt C_d . Bij onvolkomen stroming zijn de verliezen functie van de opwaartse en afwaartse waterhoogte. Een dergelijke formulering stemt overeen met de 'klassieke' overlaatformules en leent zich eenvoudiger voor de voorstelling van overlaten in dunne wand.

Omdat de ladingsverliezen bij gebrek aan gegevens niet in detail gekend zijn worden in deze studie de overlaten systematisch voorgesteld door middel van het modelement 'broad crested weir' waarbij voor de verliescoëfficiënten de standaardwaarden van 0,5 voor het intredeverlies en 1 voor het uittredeverlies worden behouden.

Het Mike11 weir element wordt binnen deze studie gebruikt voor:

- het voorstellen van werkelijke overstroombare structuren zoals de lei- en strekdam of stuwen
- het voorstellen van elementen of structuren die de stroming in een riviertak of parallelle tak onderbreken zoals een spoorweg, autoweg of een verhoging in de topografie
- het voorstellen van een brug waarover stroming mogelijk is boven het brugdek. Hierbij wordt de weir in parallel met een koker geplaatst

In BIJLAGE D wordt een overzicht gegeven van de in het hydrodynamische model aanwezige weir modelementen. Per weir worden volgende gegevens weergegeven:

- de positie van de structuur: naam van de waterloop en chainage
- een identificatie (ID)
- de drempelhoogte (mTAW)
- de drempelbreedte (m)

4.8.4 Pump

De pompstructuren in Mike11 kunnen worden onderverdeeld in twee groepen, zijnde pompen met een interne uitstroom en pompen met een externe uitstroom, al naar gelang het verpompte debiet al dan niet binnen het hydraulisch netwerk blijft.

Voor elke pomp moeten twee zaken gespecificeerd worden:

- De pompcapaciteit
- De regeling

Voor het definiëren van de pompcapaciteit kan ofwel een vast pompdebiet opgegeven worden, ofwel kan gebruik gemaakt worden van een pompkarakteristiek. Hierbij is het verpompte debiet functie van de opvoerhoogte.

Voor de regeling van de pomp dienen de waarden voor het aan- en afslagpeil van de pomp opgegeven te worden en de tijd nodig voor het in- en uitschakelen van de pomp.

In BIJLAGE E wordt een overzicht gegeven van de in het hydrodynamische model aanwezige pompen. Per pomp worden volgende gegevens weergegeven:

- de positie van de pomp: naam van de waterloop en chainage
- een identificatie (ID)
- het debiet
- het aanslagpeil
- het afslagpeil

Pompen worden gedefinieerd op een (niet-overstroombaar) link channel. De richting van dit link channel wordt vastgelegd volgens de richting van het verpompte water, i.e. van het overstromingsgebied naar de rivier toe. De naam van dit link channel begint met 'PUMP'. Negatieve pompdebieten kunnen niet worden gespecificeerd.

4.8.5 Control structures

Control structures worden gebruikt voor de modellering van structuren met beweegbare onderdelen. Zowel structuren met onderstroming of overstorting (of een combinatie van beide) kunnen met dit modelement worden gemodelleerd.

In het hydrodynamisch model van de Zeeschelde zijn vier structuren gemodelleerd als control structure:

- De stuw op de Dijlearm te Rotselaar
- De molen op de Dijle te Rotselaar
- De stuw op de Dijleafleiding te Mechelen
- De stuw op de Vrouwvliet te Mechelen (Pasbrug)

Een beschrijving van deze structuren en hun regeling wordt gegeven in §2.2.4.2.

In BIJLAGE F wordt een overzicht gegeven van de in het hydrodynamische model aanwezige control structures. Voor elk control structure worden volgende gegevens weergegeven:

- de positie van de structuur: naam van de waterloop en chainage
- een identificatie (ID)
- het type: overflow (overstorting), underflow (onderstroming) of radial gate (sector klep)
- de drempelbreedte en -hoogte

4.9 Randvoorwaarden

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen opwaartse randvoorwaarden (inclusief de zijdelingse instroomdebieten) en afwaartse randvoorwaarden.

4.9.1 Opwaartse en zijdelingse randvoorwaarden

Aan de opwaartse en zijdelingse randen van het model worden debieten opgelegd. Indien beschikbaar wordt gebruik gemaakt van gemeten reeksen voor deelstroomgebieden die door limnigrafen bemeten worden. Een aantal opwaartse en zijdelingse randen zijn niet bemeten. Hiervoor worden de debietreeksen berekend door middel van herschaling van debietreeksen van naburige bemeten deelstroomgebieden.

De meeste opwaartse en zijdelingse randvoorwaarden worden aan het model opgelegd via de Rainfall-Runoff links in de NWK11-file. Opdat er geen verschil zou zijn tussen NWK11-file bij berekeningen met historische of synthetische randvoorwaarden worden enkele opwaartse randvoorwaarden bij de historische berekeningen opgelegd via de BND11-file. Bij het doorrekenen van historische events wordt het opwaartse gemeten debiet van de Zenne opgelegd via de BND11-file. Dit heeft te maken met het onderscheid tussen 'verhard' en 'onverhard', dat in de hydrologische modellen gemaakt wordt.

Ook voor de Barbierbeek te Bazel wordt het bovendebiet opgelegd via de BND11-file. Deze waterloop is in het model opgenomen zonder hydrologische deelbekkens.

De ligging van de bemeten en onbemeten deelstroomgebieden wordt getoond op de overzichtskaart in BIJLAGE A.

In Tabel 9 wordt een overzicht gegeven van de opwaartse randen waarvoor een gemeten debietreeks beschikbaar is. Tabel 10 geeft een overzicht van de opwaartse randen met herschaalde debietreeksen.

Tabel 9 – Opgelegde (gemeten) debietreeksen aan opwaartse randen van het model

Opwaartse rand	Naam waterloop	Chainage	Meetpost gemeten debietreeks
Barbierbeek, Bazel	Barbierbeek	11910	008 – Bazel/Barbierbeek
Barebeek, Elewijt	Barebeek	0	111 – Elewijt/Barebeek
Bollaak, Pulle	FB_bollaak_1	0	062 – Pulle/Molenbeek
Demer, Aarschot	Demer	49141	122 – Aarschot/Demer
Dijle, Wilsele	Dijle	0	093 – Wilsele/Dijle
Durme, Lokeren	Durme	17700	***
Grote Molenbeek, Malderen	Molen_vliet	10	037 – Malderen/Grote Molenbeek
Kleine Molenbeek, Liezele	Molen_vliet	10	036 – Liezele/Kleine Molenbeek
Kleine Nete, Grobbendonk	KleineNete	0	052 – Grobbendonk/Kleine Nete
Losting, Wezemaal	Losting	0	143 – Wezemaal/Losting
Tijarm Zwijnaarde, Zwijnaarde	tijarmZA		*
Vunt, Wilsele	Vunt	0	114 – Wilsele/Vunt

Opwaartse rand	Naam waterloop	Chainage	Meetpost gemeten debietreeks
Weesbeek, Boortmeerbeek	Weesbeek	0	110 – Boortmeerbeek/Weesbeek
Wimp, Wiekevorst	Wimp	0	082 – Wiekevorst/Wimp
Winge, Rotselaar	Winge	0	141 – Rotselaar/Winge
Zenne, Vilvoorde	Zenne	0	175 – Vilvoorde/Zenne
Zeeschelde, Dendermonde	Zeeschelde	71400	261 – Dendermonde/Dender**
Zeeschelde, Merelbeke	Ringvaart	103298	*

Tabel 10 – Herschaalde debietreeksen opgelegd aan opwaartse randen van het model

Opwaartse rand	Naam waterloop	Chainage	Meetpost herschaalde debietreeks
Barebeek, Elewijt	Barebeek	0	110 – Boortmeerbeek/Weesbeek
Grote Laak, Vorst	GroteLaak	0	087 – Grote Laak/Tessenderlo
Grote Nete, Albertkanaal	GroteNete	0	076 – Grote Nete/Geel-Zammel
Vunt, Wilsele	Dijle	564	093 – Dijle/Wilsele
Zenne, hevels Eppegem	Zenne	6101	171 – Zenne/Eppegem

*Aan de opwaartse rand van de Zeeschelde dienen debieten opgelegd te worden aan de stuwen te Merelbeke en Zwijnaarde. Er zijn 2 mogelijke manieren om deze debieten te bepalen:

- Enerzijds op basis van de standen van de hef en wip van de stuwen;
- Anderzijds op basis van het gemeten debiet te Melle

Het debiet aan de stuwen in Merelbeke en Zwijnaarde kan berekend worden op basis van de stuwstanden en de waterstanden op- en afwaarts van de stuwen. De formules die hiervoor gebruikt worden zijn afgeleid van een schaalmodel van de stuw te Merelbeke (Verbist & Sterling, 1971). De kwartierlijkse gegevens van de stuwen te Merelbeke en Zwijnaarde werden verkregen vanuit het ABBA-meetnet.

Om de berekende debieten aan de stuwen in Merelbeke en Zwijnaarde te laten overeenstemmen met het debiet in Melle dient een correctiefactor toegepast te worden. Bij controlemetingen van de akoestische debietmeter in Melle dd. 25/02/1988 (Antwerpse Zeediensten, 1988), werd volgende relatie tussen het dagdebiet aan de stuwen en het dagdebiet te Melle bekomen:

$$Q_{\text{stuwen}} < 50\text{m}^3/\text{s} \Rightarrow Q_{\text{Melle}} = -34 + \sqrt{143Q_{\text{stuwen}} + 1198}$$

$$Q_{\text{stuwen}} > 50\text{m}^3/\text{s} \Rightarrow Q_{\text{Melle}} = 0,8Q_{\text{stuwen}} + 17,3$$

$$Q_{\text{stuwen}} = 50\text{m}^3/\text{s} \Rightarrow Q_{\text{Melle}} = 57,3\text{m}^3/\text{s}$$

Bij te hoge debieten zijn bovenstaande formules niet geldig. In dit geval, of wanneer de gegevens van de stuwen niet beschikbaar zijn, worden daggemiddelde debieten van Melle opgelegd aan de opwaartse rand te Merelbeke. Aan de opwaartse rand te Zwijnaarde wordt dan een constant debiet van $1\text{ m}^3/\text{s}$ opgelegd.

Aan de stuw in Gentbrugge wordt een debiet van 1 m³/s opgelegd.

**De Dender wordt niet als een aparte waterloop meegenomen in het model. Het daggemiddelde debiet van de Dender wordt wel als een randvoorwaarde opgelegd aan de Schelde in Dendermonde.

***Als opwaartse randvoorwaarde van de Durme wordt een constant debiet van 0,78 m³/s opgelegd. Dit is het gemiddeld debiet van het afvalwaterzuiveringsstation te Lokeren.

Tabel 11 geeft een overzicht van de onbemeten (deel)bekkens die opgenomen zijn in het model en de meetpost waarvan de debietreeks herschaald werd.

Tabel 11 – Herschaalde debietreeksen opgelegd aan onbemeten deelbekkens

Onbemeten (deel)bekken	ID deelbekken	Meetpost herschaalde debietreeks
Durme-Zuid	V04DUR000080	008
Durme-Noord	V04DUR000090	008
Ledebeek (Durme)	V04LED000220	008
Lokerenbeek (Durme)	V04LOK000060	008
Rupel-RO (Rupel)	V04RUP000150	036
Molenbeek-Vliet (Rupel)	V04VLI000140	036
Zelebeek (Durme)	V04ZEL000050	008
Zielbeek (Durme)	V04ZIE000120	008
Zwartebeek (Rupel)	V04ZWA000130	036
Barebeek (Dijle)	V08BAR000375	110 / 111 / 093*
Dijle	V08DIJ000390	110 / 111 / 093*
Dijle	V08DIJ000440	110 / 111 / 093*
Dijle	V08DIJ000455	110 / 111 / 093*
Vunt	V08DIJ000425	114 / 093*
Grote Laakbeek (Dijle)	V08GLA000450	122
Leibeek (Dijle)	V08LEI000420	110 / 093*
Lier (Benedennete)	V08LIE000510	052
Vrouwvliet (Dijle)	V08VRO000460	110 / 093*
Weesbeek (Dijle)	V08WEE000410	110 / 093*
Zenne-onbemeten	V08ZEN000480	175
Heilaakbeek (Demer)	V09HEI000290	122
Moutlaak (Demer)	V09MOU000280	122
Winge (Demer)	V09WIN000320	141
Bergebeek (Grote Nete)	V10BER000100	087
Bevelsebeek (Grote Nete)	V10BEV000120	087
Gestelbeek (Grote Nete)	V10GES000130	087

Onbemeten (deel)bekken	ID deelbekken	Meetpost herschaalde debietreeks
Goorloop (Grote Nete)	V10GOO000080	087
Kleine Laak (Grote Nete)	V10KLA076030	087
Krekelbeek (Kleine Nete)	V10KRE000110	052
Molenbeek (Grote Nete)	V10MOL000060	087
Molenbeek/Bollaak (Kleine Nete)	V10MOP000150	062
Benedennete-LO	V10NET000170	052
Benedennete-RO	V10NET000180	052
Rode Laak (Grote Nete)	V10ROL000040	087
Steenkensbeek (Grote Nete)	V10STE000070	087
Tappelbeek (Kleine Nete)	V10TAP000160	062
Wimp (Grote Nete)	V10WIM000090	082

*In sommige gevallen is de meetreeks van een meetpost niet volledig over de beschouwde periode. De gaten in deze meetreeks worden opgevuld door herschaling van het debiet van een andere nabijge meetpost.

Mike11 heeft opwaartse randvoorwaarden nodig aan alle vrije opwaartse randen van het hydrodynamisch model, dus ook aan de opwaartse randen van de parallelle waterlopen en daar waar een reservoir 'dood loopt'. Op die plaatsen worden fictieve randvoorwaarden ingegeven van constante debieten gelijk aan nul of bijna nul. In BIJLAGE G wordt een overzicht gegeven van de locaties waar dit gebeurd is. Deze fictieve opwaartse randvoorwaarden worden in Mike11 ingegeven als constante waarde in de boundary file.

4.9.2 Afwaartse randvoorwaarden

Aan de afwaartse rand, te Vlissingen, wordt het gemeten waterpeil te Vlissingen opgelegd. Deze metingen zijn beschikbaar via de website van Rijkswaterstaat. De waterpeilen zijn gerefereerd aan het Nederlandse referentievlak (NAP) en worden omgerekend naar equivalente waarden t.o.v. het Belgische referentievlak (TAW) door toevoeging van 2,35 m.

4.9.3 Wind

4.9.3.1 Windmodule in MIKE11

De windmodule van MIKE11 maakt gebruik van werkelijke windsnelheden op 10 m boven een wateroppervlak. De wrijving van de wind op een wateroppervlak wordt in MIKE11 in rekening gebracht door aan de bewegingsvergelijking een windterm toe te voegen gebaseerd op de sleepspanning van de wind.

De windsleepspanning wordt als volgt uitgedrukt:

$$\tau_w = t_{fac} \cdot C_w \cdot \rho_a \cdot V_{10}^2$$

- Met C_w : de windwrijvingscoëfficiënt ($3,24 \cdot 10^{-6}$)
 t_{fac} : de topografische factor (met een maximale waarde van 1 voor een perfect vlak terrein, en met sterk verminderde waarden voor lokaties die beschut zijn tegen wind)
 ρ_a : de luchtdichtheid
 V_{10} : de windsnelheid 10 meter boven wateroppervlak

Om de wrijvingskracht van de wind te kennen wordt deze sleepspanning vermenigvuldigd met de wateroppervlakte waarover ze werkt. Voor elk Q-punt is deze gelijk aan de afstand tussen de twee h-punten aan beide zijden van het Q-punt, vermenigvuldigd met de ogenblikkelijke kombergingsbreedte van de sectie.

$$F_w = \tau_w \cdot A$$

Deze kracht wordt geprojecteerd op de raaklijn aan de tak ter hoogte van het Q-punt. Het is deze geprojecteerde wrijvingskracht die mee opgenomen wordt in de bewegingsvergelijking.

4.9.3.2 Windrandvoorwaarde in Vlissingen

Voor de windrandvoorwaarde op de Westerschelde wordt gebruik gemaakt van de gemeten windsnelheid en windrichting te Vlissingen. De gebruikte gegevens zijn afkomstig van het KNMI. Het betreft uurlijkse gegevens van gemiddelde potentiële windsnelheden (over land en op 10 m hoogte) en van windrichtingen te Vlissingen. De uurlijkse waarden voor windsnelheid en windrichting zijn uitgemiddeld over een periode van 6 uur.

De potentiële windsnelheid is een referentiewindsnelheid die geen invloed kent van lokale effecten. Volgens WMO standaarden moeten windmetingen uitgevoerd worden op 10 m boven het grondoppervlak, boven een vrij landschap met een typische ruweidslengte van 3 cm over land. Dit is echter praktisch vaak niet mogelijk. Daarom wordt gewerkt met potentiële wind om te corrigeren voor het verschil in meethoogte en lokale ruwheden in de opwaartse sector (Wever & Groen, 2009).

De parameters voor de windmodule werden afgeijkt bij de opzet van het oorspronkelijke model van de Zeeschelde. Onderstaande beschrijving is overgenomen uit het rapport betreffende de statistiek van het Scheldebekken, opgemaakt in het kader van de actualisatie van het Sigmaplan (International Marine and Dredging Consultants *et al.*, 2003b).

De windmodule in Mike11 vereist als invoer de werkelijke wind op 10 m hoogte. De gegevens van het KNMI betreffen de wind -op 10 m hoogte- boven land. Deze waarden moeten dus nog omgezet worden naar de windsnelheid boven het wateroppervlak (eveneens op 10 m hoogte). Voor deze omzetting werd gebruik gemaakt van het 2-lagen model van Monin-Obukhov (Verkaik, 2001), waarbij de volgende formule mag gebruikt worden :

$$U = \frac{u^*}{\kappa} \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)$$

waarin U de windsnelheid is, u^ de wrijvingsnelheid voor de onderste laag, κ de Von Karman-constante, z de hoogte en z_0 de wrijvingsfactor voor het terrein. u^* mag constant verondersteld worden over de hoogte en de wrijvingsfactor z_0 bedraagt 0,001 boven water, en 0,03 boven land (Verkaik, 2001). Zodoende bekomt men de volgende transformatieformule voor de gemeten KNMI-windsnelheid boven land naar de Mike11-windsnelheid boven water (beiden op 10 m hoogte) :*

$$U_{water}^{10m} = U_{land}^{10m} \frac{\ln\left(\frac{10}{z_0^{water}}\right)}{\ln\left(\frac{10}{z_0^{land}}\right)} = 1.58549 U_{land}^{10m}$$

De factor 1,58549, die de omzetting van windsnelheid boven land naar windsnelheid boven water vertolkt, is vrij hoog als men bedenkt dat het wind-meetstation te Vlissingen vlakbij de Westerschelde gelegen is. Dit heeft tot gevolg dat men in Vlissingen eigenlijk niet volledig te maken heeft met wind boven land. Anderzijds blijkt de gekalibreerde topografische factor een vrij lage waarde te hebben, met name 0,60. Aangezien beide factoren worden vermenigvuldigd, heeft de waarde van de individuele factoren echter geen invloed op de resultaten.

5 Kalibratie en validatie

De kalibratie- en validatie van het Zeescheldemodel werd uitgevoerd in het kader van Integraal Plan Boven-Zeeschelde (project 14_176). Een volledige beschrijving van de kalibratie en validatie wordt gegeven in (Coen *et al.*, 2017).

In onderstaande paragrafen worden de belangrijkste delen van het kalibratierapport overgenomen.

5.1 Overzicht kalibratie- en validatieperiodes

Het model is gekalibreerd voor drie verschillende periodes, weergegeven in volgende tabel:

Tabel 12 – Overzicht kalibratieperiodes

Naam	Type	Begin	Eind	Opmerking
Jun2014	Gemiddeld getij	01/06/2014 10:00	30/06/2014 23:00	2 tijcycli
Okt2014	Storm	18/10/2014 16:30	24/10/2014	Storm
Dec2013	Storm	04/12/2013 11:00	08/12/2013	Sinterklaasstorm

Als validatieperiodes zijn de twee meest recente stormen in het Schelde-estuarium met maximum waterpeil te Antwerpen hoger dan TAW +6,70 m, doorgerekend, met name deze van november 2015 en januari 2016. Bijkomend is het model gevalideerd voor een periode met sterk verhoogde bovenafvoer, met name 10 november 2010. Volgende tabel geeft een overzicht van de validatieperiodes:

Tabel 13 – Overzicht validatieperiodes

Naam	Type	Begin	Eind	Opmerking
Nov2010	Was	07/11/2010 8:30	23/11/2010	Verhoogde bovenafvoer
Nov2015	Storm	26/11/2015 20:40	02/12/2015	Storm
Jan2016	Storm	11/01/2016 09:00	17/01/2016	Storm

In volgende paragrafen worden de kalibratie- en validatieperiodes kort besproken. Voor elke periode wordt het gemeten waterpeil te Antwerpen, en de opgelegde windrichting en windsnelheid te Vlissingen weergegeven. De gemodelleerde waterpeilen worden per periode besproken vanaf §5.5

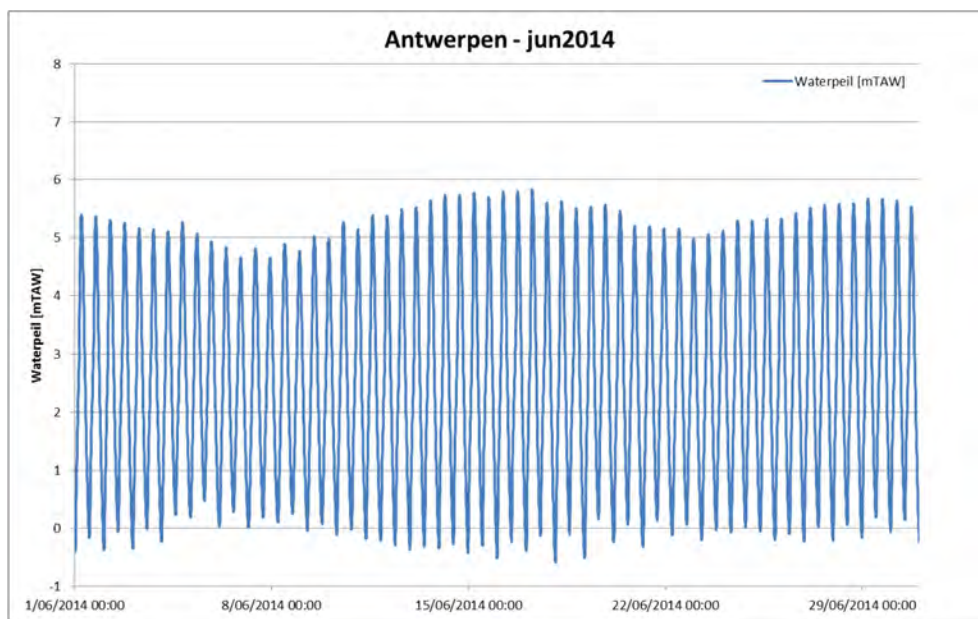
5.1.1 Juni 2014

De kalibratieperiode van jun2014 heeft een duur van circa twee getijcycli. Tijdens deze periode is er geen verhoogde bovenafvoer of stormopzet. Figuur 43 en Figuur 44 tonen respectievelijk de gemeten waterpeilen te Antwerpen, en de opgelegde windsnelheid en windrichting te Vlissingen voor deze periode.

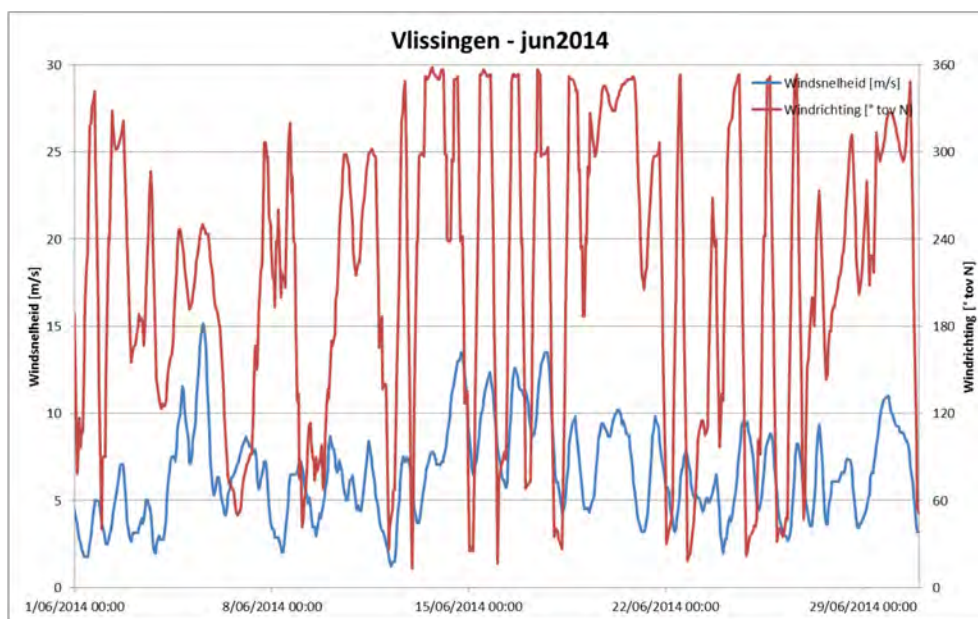
Voor de simulatie voor de periode van jun2014 werd aan de stuwen te Merelbeke en Zwijnaarde een debiet opgelegd berekend op basis van de gemeten hef- en stuwstanden.

Tijdens de simulatieperiode van jun2014 werd de stuw te Mechelen gedurende meerdere getijden opgetrokken. In de simulatie werd de automatische regeling voor zowel de boven- als de benedenschuif uitgeschakeld en werden geschatte tijdreeksen van de stuwstanden opgelegd. De werkelijke stuwstanden zijn niet gekend. Aan de stuw te Rotselaar wordt omwille van watertekort soms een lager stuwpeil aangehouden. Dit werd ook gedaan tijdens de periode van jun2014. De automatische regeling in het model werd bijgestuurd naar een stuwpeil van TAW +12,23 m.

Figuur 43 – Gemeten waterpeilen Zeeschelde te Antwerpen tijdens kalibratieperiode jun2014



Figuur 44 – Opgelegde windsnelheid en windrichting te Vlissingen tijdens kalibratieperiode jun2014



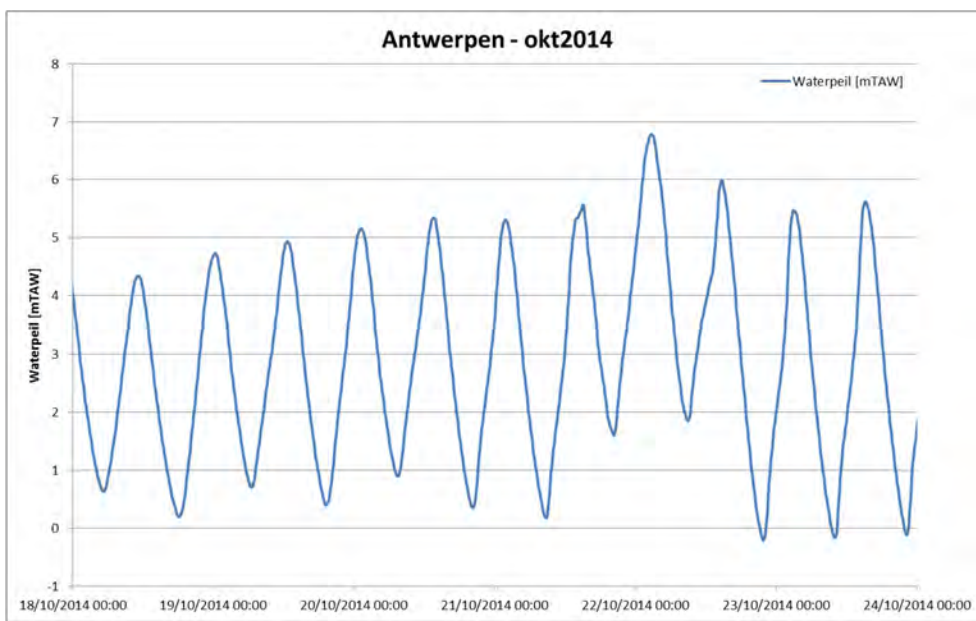
5.1.2 Oktober 2014

Tijdens de simulatieperiode van okt2014 werd het waakpeil te Antwerpen (TAW +6,70 m) tijdens één getij overtopt. Het maximum waterpeil bedroeg TAW +6,77 m (zie Figuur 45). In Figuur 46 wordt de opgelegde windsnelheid en windrichting te Vlissingen tijdens deze storm weergegeven.

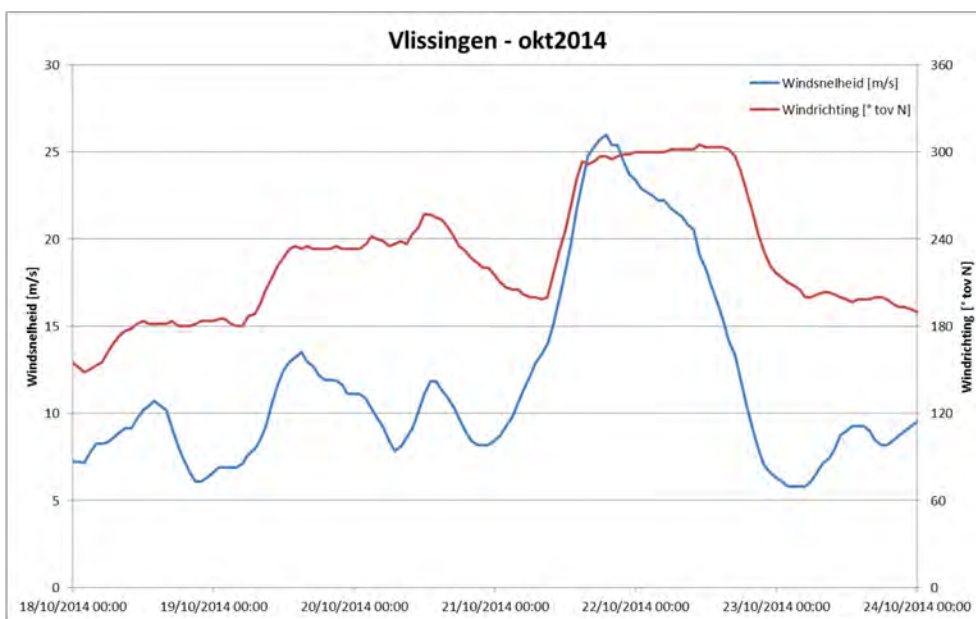
Voor de simulatie voor de periode van okt2014 werd aan de stuwen te Merelbeke en Zwijnaarde een debiet opgelegd berekend op basis van de standen van de hef en wip van de stuwen.

Tijdens de simulatieperiode van okt2014 werd de stuw te Mechelen gedurende meerdere getijden opgetrokken. In de simulatie werd de automatische regeling voor zowel de boven- als de benedenschuif uitgeschakeld en werden geschatte tijdreeksen van de stuwstanden opgelegd. De werkelijke stuwstanden zijn niet gekend. Aan de stuw te Rotselaar werd de automatische regeling in het model behouden, met een stuwpeil van TAW +12,36 m.

Figuur 45 – Gemeten waterpeilen Zeeschelde te Antwerpen tijdens storm okt2014



Figuur 46 – Opgelegde windsnelheid en windrichting te Vlissingen tijdens storm okt2014



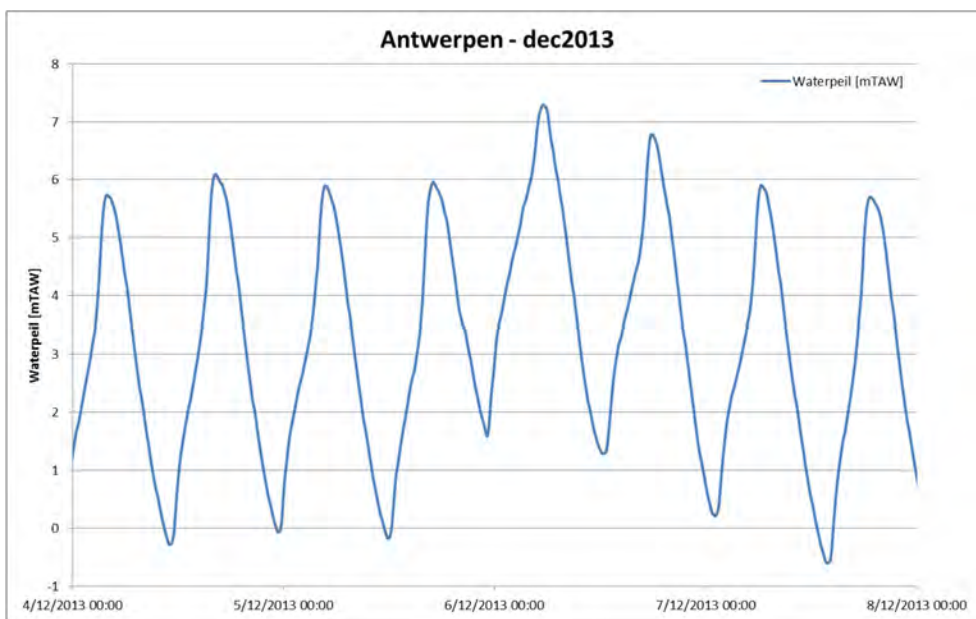
5.1.3 December 2013

Tijdens de Sinterklaasstorm van december 2013 werd ter hoogte van Antwerpen tijdens twee opeenvolgende getijden het waakpeil (TAW +6,70 m) overschreden. De maximale hoogwaterpeilen bedroegen TAW +7,27 m en TAW +6,77 m (zie Figuur 47). In Figuur 48 wordt de opgelegde windsnelheid en windrichting te Vlissingen tijdens deze storm weergegeven.

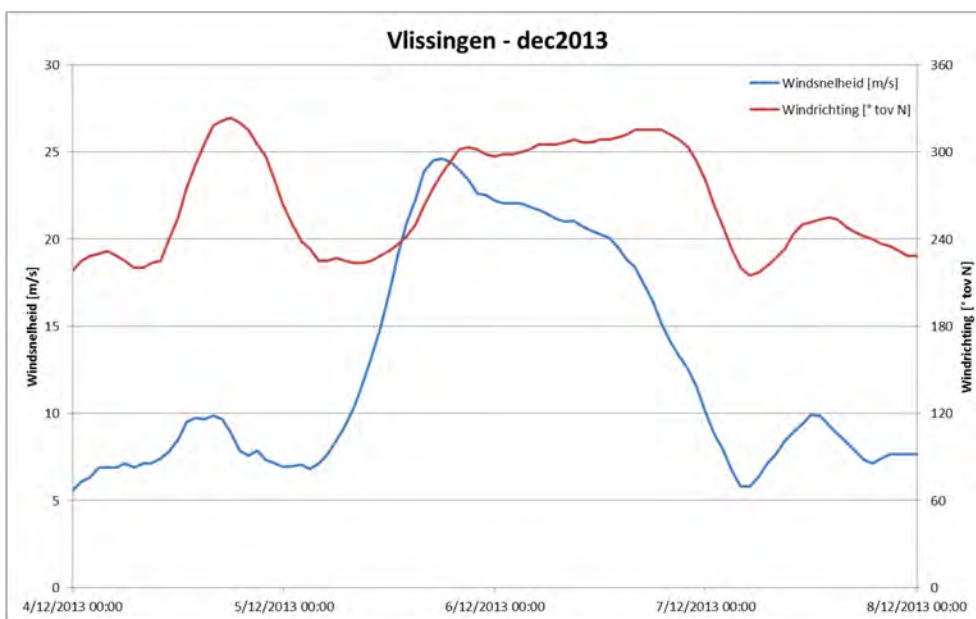
Voor de simulatie voor de periode van dec2013 werd aan de stuwen te Merelbeke en Zwijnaarde een debiet opgelegd berekend op basis van de standen van de hef en wip van de stuwen.

Tijdens de simulatieperiode van dec2013 werd voor de stuw te Mechelen de automatische regeling in het model behouden. De stuw werd tijdens deze periode niet opgetrokken. Aan de stuw te Rotselaar werd de automatische regeling in het model behouden, met een aangepast stuwpeil van TAW +12,32 m.

Figuur 47 – Gemeten waterpeilen Zeeschelde te Antwerpen tijdens storm dec2013



Figuur 48 – Opegelegde windsnelheid en windrichting te Vlissingen tijdens storm dec2013



5.1.4 November 2010

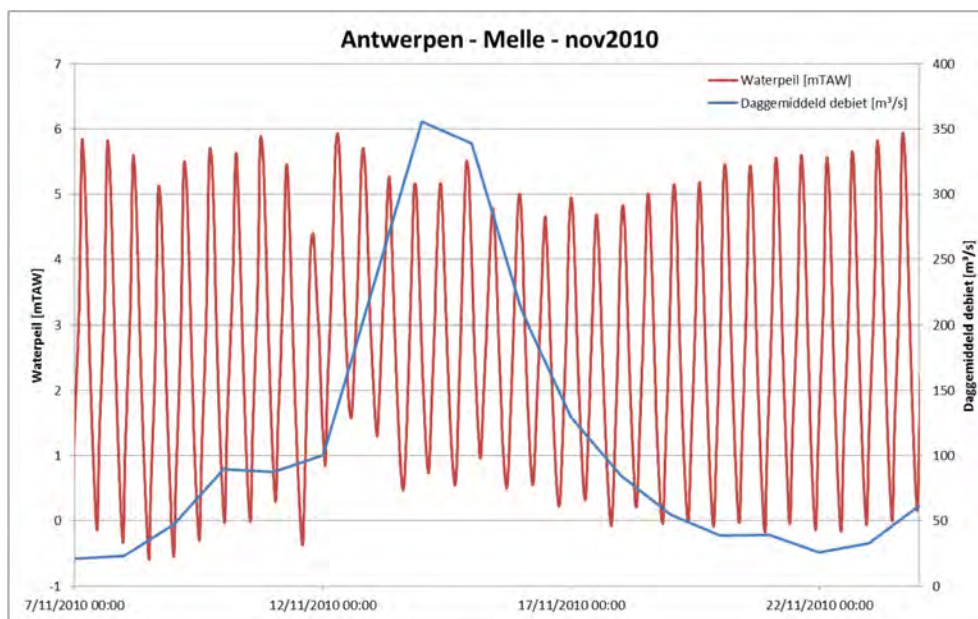
De kalibratieperiode van nov2010 heeft een duur van twee weken. Tijdens deze periode is er een verhoogde bovenafvoer op de Zeeschelde en langs de zijrivieren. Figuur 49 en Figuur 50 tonen respectievelijk de gemeten waterpeilen te Antwerpen en de daggemiddelde debieten te Melle, en de opgelegde windsnelheid en windrichting te Vlissingen voor deze periode.

Voor de simulatie voor de periode van nov2010 werd aan de stuw te Merelbeke het daggemiddelde debiet van Melle opgelegd. Aan de stuw te Zwijnaarde werd een constant debiet van $1 \text{ m}^3/\text{s}$ opgelegd.

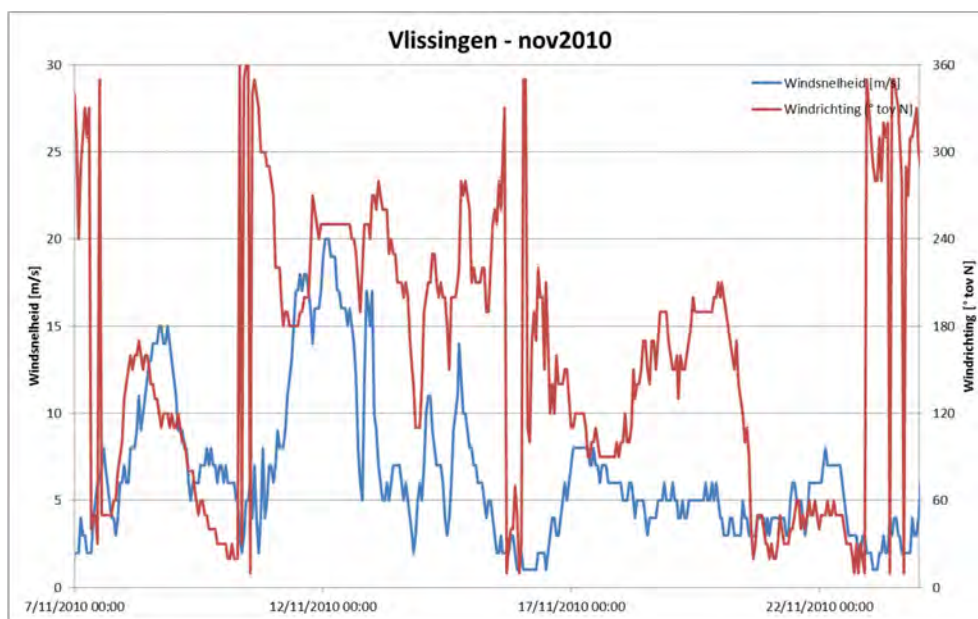
Tijdens de simulatieperiode van nov2010 werd de stuw te Mechelen gedurende meerdere getijden opgetrokken. In de simulatie werd de automatische regeling voor zowel de boven- als de benedenschuif uitgeschakeld en werden geschatte tijdreeksen van de stuwstanden opgelegd. De werkelijke stuwstanden zijn niet gekend. Aan de stuw te Rotselaar werd de automatische regeling in het model behouden, met een stuwpeil van TAW +12,36 m.

Bijkomend dienden enkele aanpassingen in het model uitgevoerd te worden rekening houdend met Sigmagebieden die nog niet aangelegd waren in november 2010. Het betreft hier ontpoldering Lillo, ontpoldering Burchtse Weel en GGG Bergenmeersen. Bij deze gebieden werden ofwel de 'link channels' ter hoogte van de bressen in de overlooptdijk verhoogd, ofwel de inwateringskokers gesloten.

Figuur 49 – Gemeten waterpeilen Zeeschelde te Antwerpen en daggemiddeld debiet te Melle tijdens was nov2010



Figuur 50 – Opgelegde windsnelheid en windrichting te Vlissingen tijdens was nov2010



5.1.5 November 2015

Tijdens de simulatieperiode van nov2015 werd het waakpeil te Antwerpen (TAW +6,70 m) tijdens één getij overtopt. Het maximum waterpeil bedroeg TAW +6,76 m (zie Figuur 51). In Figuur 52 wordt de opgelegde windsnelheid en windrichting te Vlissingen tijdens deze storm weergegeven.

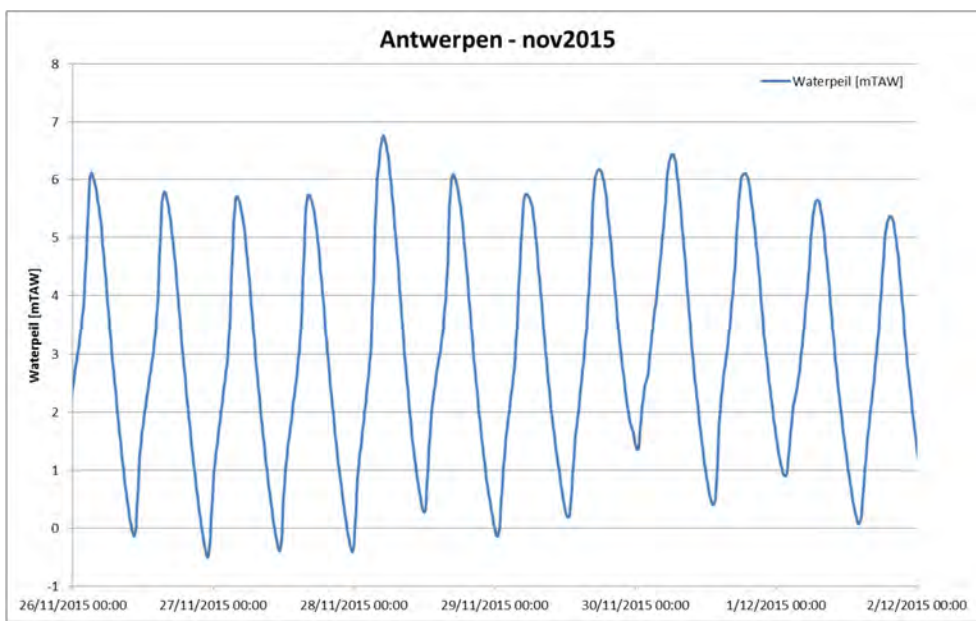
Voor de simulatie voor de periode van nov2015 werd aan de stuw te Merelbeke het daggemiddelde debiet van Melle opgelegd. Aan de stuw te Zwijnaarde werd een constant debiet van $1\text{m}^3/\text{s}$ opgelegd.

Tijdens de simulatieperiode van nov2015 werd de stuw te Mechelen gedurende meerdere getijden opgetrokken. In de simulatie werd de automatische regeling voor zowel de boven- als de benedenschuif uitgeschakeld en werden geschatte tijdreeksen van de stuwstanden opgelegd. De werkelijke stuwstanden zijn niet gekend. Aan de stuw te Rotselaar werd de automatische regeling in het model behouden, met een aangepast stuwpeil van TAW +12,40 m.

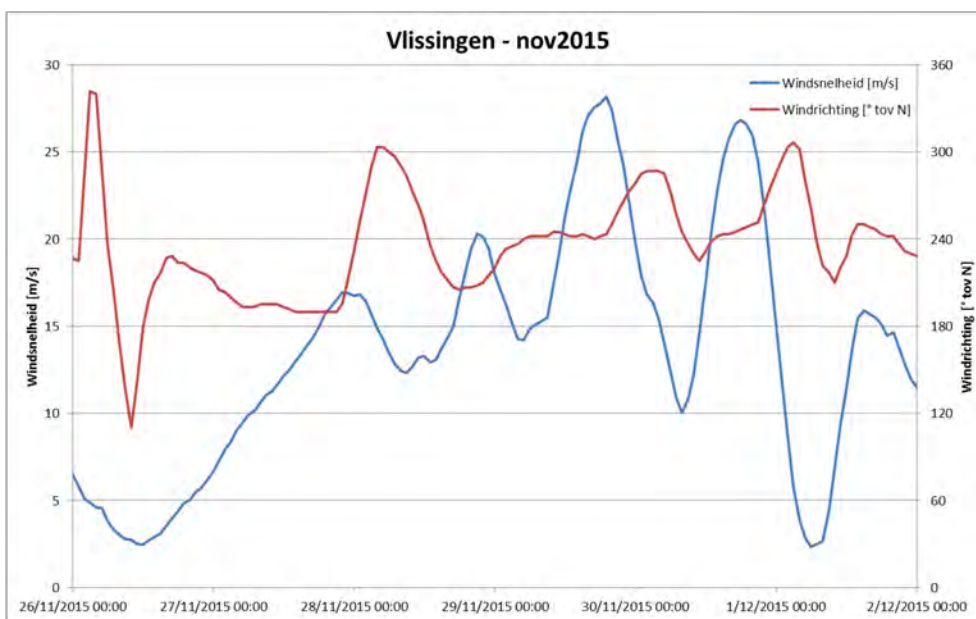
In het najaar van 2015 werd de ontpoldering van Wijmeers gerealiseerd. Hierdoor werd ook GOG Wijmeers in werking gesteld. De ontpoldering is aangetakt door middel van een bres in de rivier op TAW +4,0 m. Bij de aanleg had deze bres een breedte van 20 m. De overlooppdijk van het GOG Wijmeers ligt in het afwaartse gedeelte op TAW +6,80 m en in het opwaartse gedeelte op TAW +7,10 m.

Sinds oktober 2015 is ook GOG-GGG Kruikeke-Bazel-Rupelmonde (KBR) grotendeels in werking. De overlooppdijken van dit gebied hebben een hoogte van TAW +6,80 m. Deze werden echter niet overtopt tijdens de storm van nov2015. Sinds oktober 2015 is er beperkte GGG-werking door één inwateringskoker in GGG Kruikeke, één inwateringskoker in het noorden van GGG Bazel en vier inwateringskokers in het zuiden van GGG Bazel.

Figuur 51 – Gemeten waterpeilen Zeeschelde te Antwerpen tijdens storm nov2015



Figuur 52 – Opelegde windsnelheid en windrichting te Vlissingen tijdens storm nov2015



5.1.6 Januari 2016

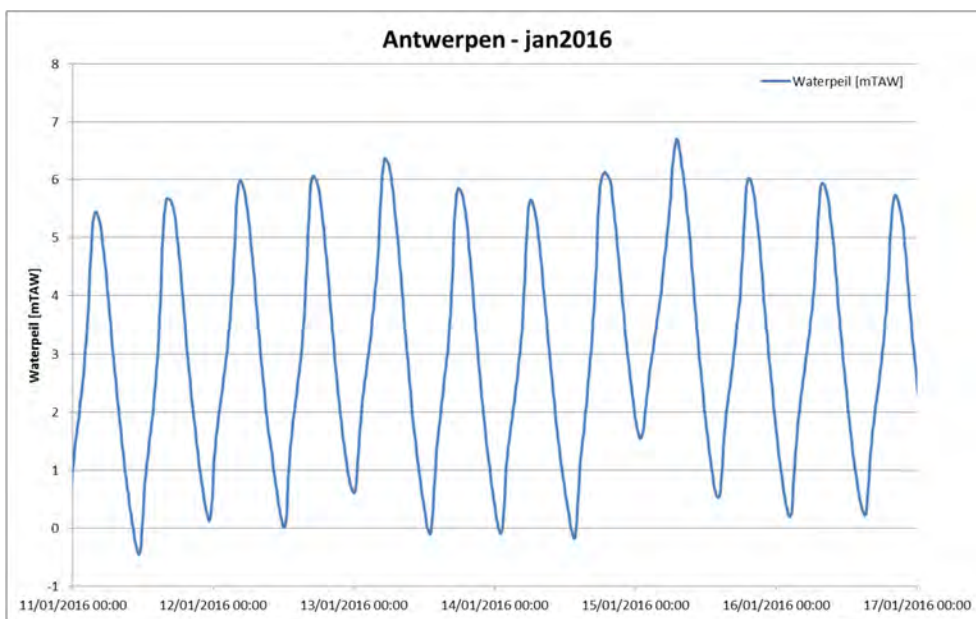
Tijdens de simulatieperiode van jan2016 bereikte het stormhoogwater net het waakpeil te Antwerpen van TAW +6,70 m. Het maximum waterpeil bedroeg TAW +6,76 m (zie Figuur 53). In Figuur 54 wordt de opgelegde windsnelheid en windrichting te Vlissingen tijdens deze storm weergegeven.

Voor de simulatie voor de periode van jan2016 werd aan de stuw te Merelbeke het daggemiddelde debiet van Melle opgelegd. Aan de stuw te Zwijnaarde werd een constant debiet van 1 m³/s opgelegd.

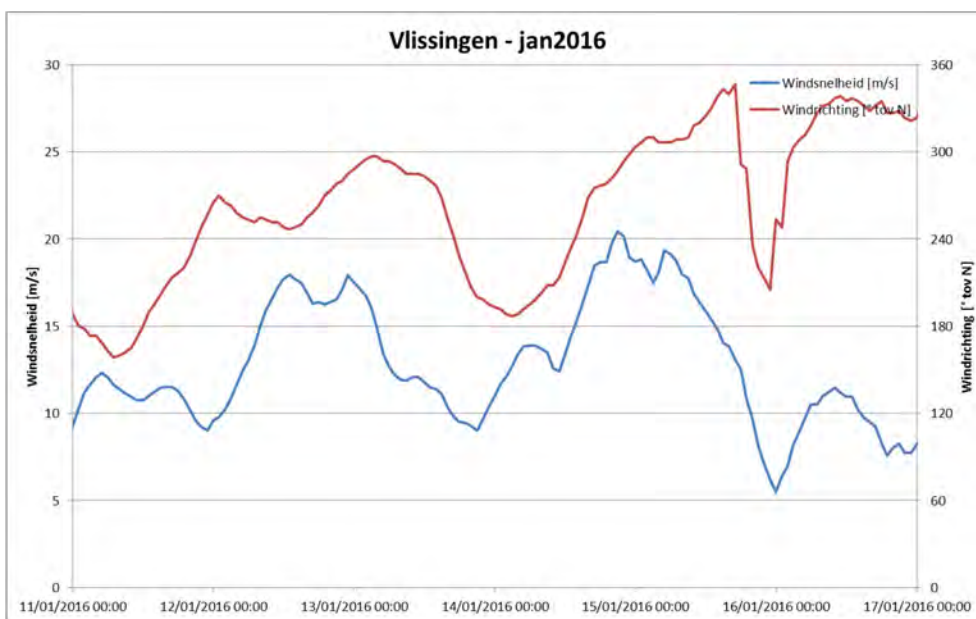
Tijdens de simulatieperiode van jan2016 werd voor de stuw te Mechelen de automatische regeling opgelegd. Uit de waterpeilen te Mechelen opwaarts van de stuw lijkt echter dat het stuwpeil, tot en met 13 januari 2016 verlaagd werd, en na 15 januari 2016 verhoogd werd. De exacte stuwstanden zijn niet gekend. Ook aan de stuw te Rotselaar werd tijdens deze periode afgeweken van de automatische regeling. Er werd een tijdreeks met de gemeten stuwstand opgelegd (bron: www.waterinfo.be).

In de eindejaarsperiode van 2015 werd de overloopdijk van GOG Uiterdijk afgegraven tot een hoogte van TAW +5,65 m. De 'link channels' voor deze overloopdijk zijn in het model verlaagd en de uitwateringsstructuur werd afgesloten.

Figuur 53 – Gemeten waterpeilen Zeeschelde te Antwerpen tijdens storm jan2016



Figuur 54 – Opgelegde windsnelheid en windrichting te Vlissingen tijdens storm jan2016



5.2 Methode kalibratie

Het voornaamste doel van de kalibratie is het model te verbeteren. De ruwheid van de rivierbedding is gebruikt als kalibratieparameter.

5.2.1 Meetgegevens

De resultaten van de modelberekeningen zijn vergeleken met gemeten waterpeilen in volgende meetposten (zie ook Figuur 35):

Tabel 14 – Overzicht meetposten voor vergelijking waterpeil bij modelkalibratie en -validatie

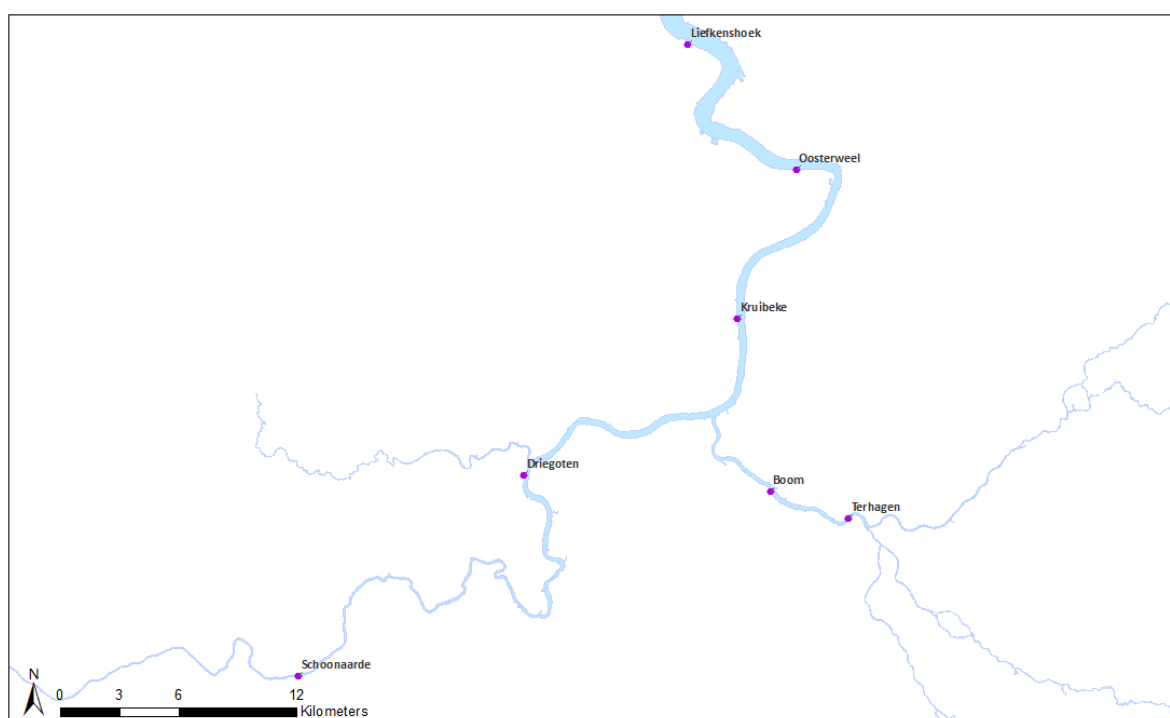
Waterloop	Meetpost	Waterloop	Meetpost
Westerschelde	Vlissingen	Rupel	Boom
	Terneuzen		Walem
	Hansweert	Zenne	Hombeek
	Bath		Zemst
Beneden-Zeeschelde	Prosperpolder	Dijle	Eppegem
	Zandvliet		Mechelen-Benedensluis
	Liefkenshoek		Mechelen opwaarts stuw
	Kallo		Rijmenam
	Antwerpen		Rotselaar opwaarts stuw
	Hemiksem		Wilsele
Boven-Zeeschelde	Temse	Demer	Aarschot
	Sint-Amands	Benedennete	Duffel-sluis
	Dendermonde		Lier Molbrug
	Schoonaarde	Kleine Nete	Emblem
	Wetteren		Grobbendonk
	Melle	GroteNete	Lier Maasfort
Durme	Tielrode		Kessel
	Waasmunster manta		Hulshout
			Geel-Zammel

Tabel 15 geeft een overzicht van de debietsmetingen langs de Zeeschelde en Rupel die gebruikt kunnen worden voor kalibratie van het model. De locaties van de debietsmetingen zijn weergegeven in Figuur 55.

Tabel 15 – Beschikbare debietsmetingen

Raai	Datum
Beneden-Zeeschelde	
Liefkenshoek	27/05/2009
	30/04/2010
	25/06/2013
Oosterweel	29/05/2009
	29/04/2010
	27/06/2013
Kruibeke	26/05/2009
	14/04/2010
	30/05/2013
Boven-Zeeschelde	
Driegoten	23/06/2009
	15/04/2010
	12/06/2013
Schoonaarde	25/06/2009
	14/04/2010
	27/05/2013
Rupel	
Boom	22/06/2009
	27/04/2010
Terhagen	29/05/2013

Figuur 55 – Overzicht locaties beschikbare Q-metingen



5.2.2 Statistische analyse

Voor de statistische analyse van de gesimuleerde versus de gemeten waterpeilen wordt gebruik gemaakt van VIMM. VIMM staat voor Visualisatie Model en Metingen, en is een Matlab Toolbox ontwikkeld door het WL om op een gestandaardiseerde manier een hydraulisch model (waterbeweging) te vergelijken met een set meetgegevens.

De VIMM functionaliteiten met betrekking tot waterstand zijn:

- Plots van tijdreeksen
- Rechte analyse (statistiek op volledige tijdreeksen)
- Scheve analyse (statistiek op HW/LW)
- Harmonische analyse
- Vectorieel verschil
- Omgaan met modellen en metingen in TAW en NAP

Bij de statistische analyse van de tijdreeksen worden de bias, RMSE en $RMSE_0$ berekend. Deze parameters worden als volgt gedefinieerd:

- De *bias* is het verschil tussen de gemiddelden van de beschouwde tijdreeksen. Hoe kleiner de bias, hoe groter de overeenkomst tussen de beschouwde tijdreeksen.

$$bias = \bar{y} - \bar{x} \quad \text{met} \quad \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad \text{waarbij } N \text{ de lengte van de tijdreeksen is.}$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

- De RMSE wordt als volgt gedefinieerd: $RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2}{N}}$

Tijdreeksen die sterk overeenkomen, zullen resulteren in kleine RMSE-waarden.

- Bij de debieten wordt een RMSE-waarde berekend relatief aan de gemeten waarden, de RRMSE:

$$RRMSE = \frac{RMSE}{\bar{y}}$$

5.2.3 Harmonische analyse

Met behulp van T-TIDE worden de harmonische componenten van het getij in de beschouwde tijdreeksen berekend. T-TIDE is een functie die de harmonische analyse van een tijdreeks berekent. Een beschrijving van de theoretische achtergrond van de analyse en enkele details van de implementatie kunnen teruggevonden worden in (Pawlowicz *et al.*, 2002).

Voor deze studie worden de harmonische component M2 en het vectorieel verschil beschouwd. Bij de harmonische component M2 wordt naast de waarde van de amplitude steeds een waarde voor de fout op de berekende amplitude weergegeven. Deze wordt gedefinieerd als het 95%-betrouwbaarheidsinterval.

Het vectorieel verschil is een foutenstatistiek die binnen VIMM wordt berekend na een harmonische analyse van zowel het gemeten als het gemodelleerde signaal. Het vectorieel verschil is een manier om één foutenstatistiek te genereren over alle geanalyseerde componenten heen. Deze geeft de nauwkeurigheid van de harmonische componenten in het model weer. De methode die in VIMM is geïmplementeerd, is gebaseerd op de inphase-quadrature plane distance zoals die is gedefinieerd in (Janekovic & Powell, 2012). In de VIMM functie `vimm_harmonic_error_vector_differences.m` zit volgende formule geïmplementeerd:

$$D_i = \sqrt{[A_0 \cos(f_0) - A_m \cos(f_m)]^2 + [A_0 \sin(f_0) - A_m \sin(f_m)]^2}$$

$$D = \sum(D_i)$$

Met	D_i	:	de inphase-quadrature plane distance voor component i
	D	:	de total inphase-quadrature plane distance gesommeerd over alle componenten
	A_0, f_0	:	waargenomen amplitude en fasecomponent i
	A_m, f_m	:	gemodelleerde amplitude and fasecomponent m

5.2.4 Kostenfunctie

Om uiteindelijk de beste kalibratierun te selecteren wordt een kostenfunctie berekend voor elke simulatie. De kostenfunctie is zodanig gedefinieerd dat één objectieve factor aangeeft of de modelresultaten de werkelijkheid beter of minder goed benaderen. De kostenfunctie wordt uitgedrukt in functie van een referentierun, zodat een waarde kleiner dan 1 een verbetering aangeeft (Vanlede *et al.*, 2015).

$$Kost = \sum \frac{\max(Factor_i, drempelwaarde)}{\max(Factor_{i,ref}, drempelwaarde)} * Gewicht_i$$

Volgende parameters zijn geselecteerd als factoren voor de berekening van de kostenfunctie:

- RMSE van de tijdreeksen van de waterpeilen
- RMSE van de hoogwaters
- Vectorieel verschil van harmonische componenten
- Delta M2 amplitude (verschil)

Voor de verschillende factoren dient een te verwachten meetfout in rekening gebracht te worden, om de nauwkeurigheid van het referentiemodel met betrekking tot een vooraf gedefinieerde doelstelling te benaderen (Vos *et al.*, 2000). Bijvoorbeeld voor de M2 amplitude wordt een drempelwaarde van 2 cm beschouwd. Dit betekent dat wanneer het verschil in M2 amplitude in 2 runs kleiner is dan 2 cm, de kost van deze factor gelijk zal blijven. Deze methode helpt om te vermijden dat er teveel gewicht gegeven wordt aan een kleine verbetering of verslechtering van een parameter.

De drempelwaarde van de M2 amplitude werd aangenomen op basis van de VIMM output voor harmonische componenten. De drempelwaarde van de RMSE van de waterpeilen is 3 cm¹.

De kostenfunctie wordt apart berekend voor de Westerschelde, Beneden-Zeeschelde, Boven-Zeeschelde en Rupel. Bij de Boven-Zeeschelde wordt eveneens de Durme beschouwd. Voor de Rupel worden zowel de Rupel zelf als de bovenstroomse rivieren in het model beschouwd, de Netes, de Dijle en de Zenne.

De aangenomen gewichten en drempelwaarden worden weergegeven in Tabel 16. Het model werd gekalibreerd in het kader van Integraal Plan Boven-Zeeschelde (14_176). Er is een groter gewicht toegekend aan de Zeeschelde, omdat het voornaamste doel van de kalibratie het verhogen van de nauwkeurigheid in deze zone was.

¹ Persoonlijke communicatie Elin Vanlierde, beheerder datavalidatie

Tabel 16 – Overzicht parameters, gewichten en drempelwaarden kostenfunctie

Parameter		Totaal gewicht (%)	Gewicht (%)	Drempelwaarde verschil
Westerschelde	RMSE TS	10.00	2.50	0.03
	RMSE HW		2.50	0.03
	Vector verschil		2.50	0
	delta M2 amplitude		2.50	0.02
Beneden-Zeeschelde	RMSE TS	36.00	9.00	0.03
	RMSE HW		9.00	0.03
	Vector verschil		9.00	0
	delta M2 amplitude		9.00	0.02
Boven-Zeeschelde	RMSE TS	36.00	9.00	0.03
	RMSE HW		9.00	0.03
	Vector verschil		9.00	0
	delta M2 amplitude		9.00	0.02
Rupel	RMSE TS	18.00	4.50	0.03
	RMSE HW		4.50	0.03
	Vector verschil		4.50	0
	delta M2 amplitude		4.50	0.02

5.3 Verloop kalibratie – kostenfunctie

In een eerste stap is de kalibratie uitgevoerd voor de periode met een gemiddeld getij, jun2014.

De kalibratie is systematisch uitgevoerd van afwaarts naar opwaarts, beginnende met de Westerschelde en de Zeeschelde. Zoals aangegeven in §5.2.4 wordt gebruik gemaakt van een kostenfunctie om een objectieve inschatting te maken van de nauwkeurigheid van de modelresultaten. De modelrun met de beste resultaten heeft de laagste waarde. De kostenfunctie is telkens berekend voor het volledige model, per kalibratieperiode. Figuur 56 geeft het verloop van de kostenfunctie voor de kalibratieperiode jun2014 bij kalibratie van de Westerschelde en Zeeschelde, met run100 als referentierun.

Figuur 56 – Kostenfunctie voor het volledige model – kalibratieperiode jun2014 – run100 tem run169



Na de eerste fase van de kalibratie van de Zeeschelde (Run169) zijn nog enkele ingrepen in het model uitgevoerd. Hierbij is de topobathymetrie van de Rupel, Zenne en Demer aangepast, en de topografie van de Polder van Lier. De meest recente gegevens werden geïmplementeerd in het model. Deze ingrepen hebben echter quasi geen invloed gehad op de waterstanden in het gekalibreerde deel van het model.

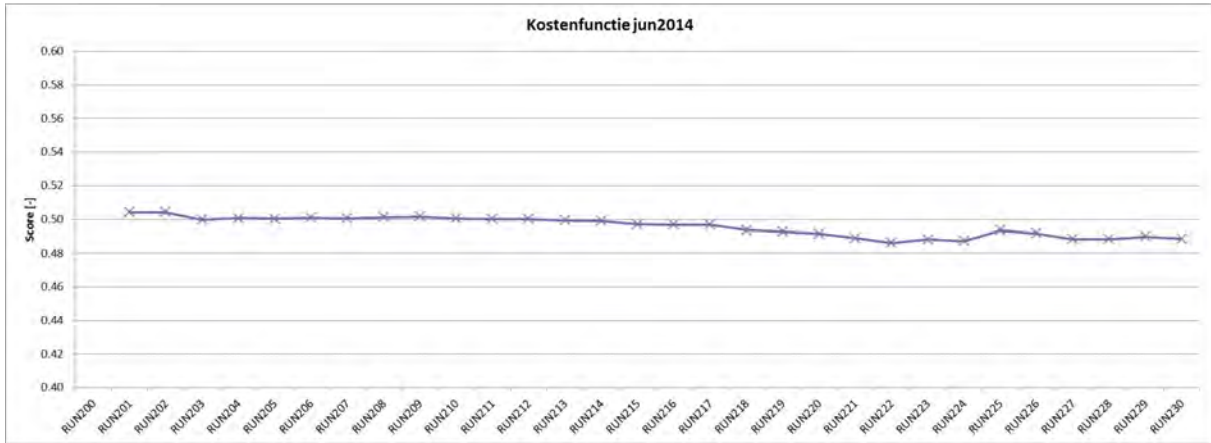
In een volgende fase werd een kalibratie uitgevoerd voor de Rupel en opwaartse waterlopen voor de periode jun2014. Ook hierbij werd de score van de kostenfunctie verkleind (zie Figuur 57).

Run230 werd eveneens gerekend voor de twee overige kalibratieperiodes, okt2014 en dec2013. Vanuit deze run werd vertrokken voor bijkomende kalibratie voor de stormen. In eerste instantie werd voornamelijk gekalibreerd voor de periode okt2014. Figuur 58 toont het verloop van de kostenfunctie voor de verschillende kalibratieperiodes. Run253 had na een eerste fase de laagste score. Echter in deze modelrun werd gerekend met te hoge ruwheden van de schorren in de Zeeschelde, en eveneens voor het Land van Saefthinge (manning's $n = 0,1$). De ruwheid van deze riviertakken werd aangepast naar een waarde van 0,045 en de kalibratie werd nog verdergezet. Bij Run269 werd gekomen tot gelijkaardige resultaten ten opzichte van Run253.

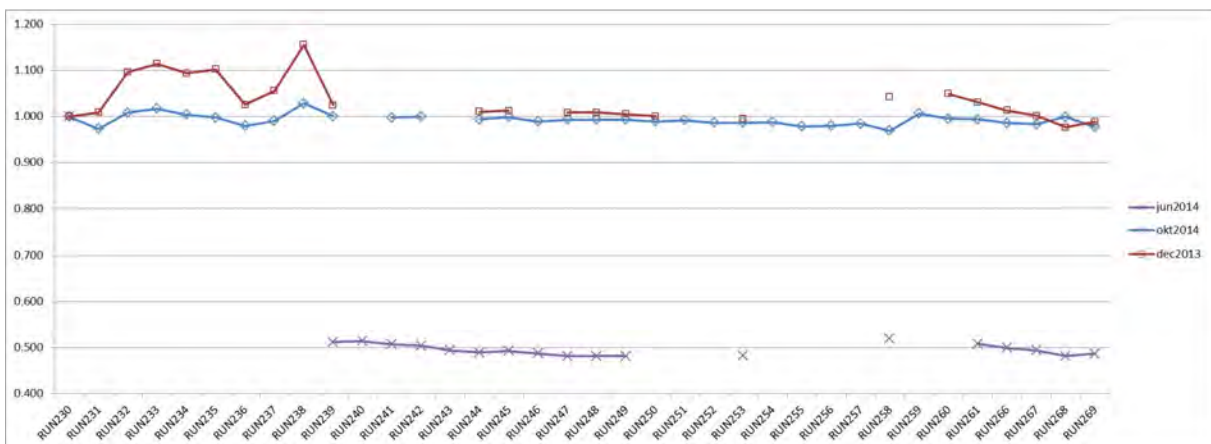
Na afronding van de kalibratie van de Westerschelde en Zeeschelde werd de bathymetrie van de Durme aangepast met de meest recente opmetingen, tussen Mirabrug en Waasmunster brug. Deze dateren van de periode maart-juli 2014. Na de implementatie van deze bathymetrie werd de Durme opnieuw gekalibreerd voor de perioden jun2014 en okt2014. In juni 2015 werd een kort stuk bathymetrie opgemeten opwaarts van Waasmunster brug, en afwaarts van Waasmunster Manta. Na implementatie van dit stukje bathymetrie werd het model gevalideerd voor de perioden nov2015 en jan2016. De ruwheid van de Zeeschelde werd hierbij niet meer gewijzigd. Figuur 59 toont de kostenfunctie voor het volledige model voor de kalibratieperiodes jun2014 en okt2014 ten opzichte van Run269. Het effect van de wijziging van de bathymetrie op de waterpeilen in de Durme is slechts beperkt,

ook ter hoogte van Waasmunster Manta. De ruwheid van de Durme is sterk verlaagd tot een nog aanvaardbare waarde. Desondanks worden de laagwaters ter hoogte van deze meetpost nog te hoog gesimuleerd.

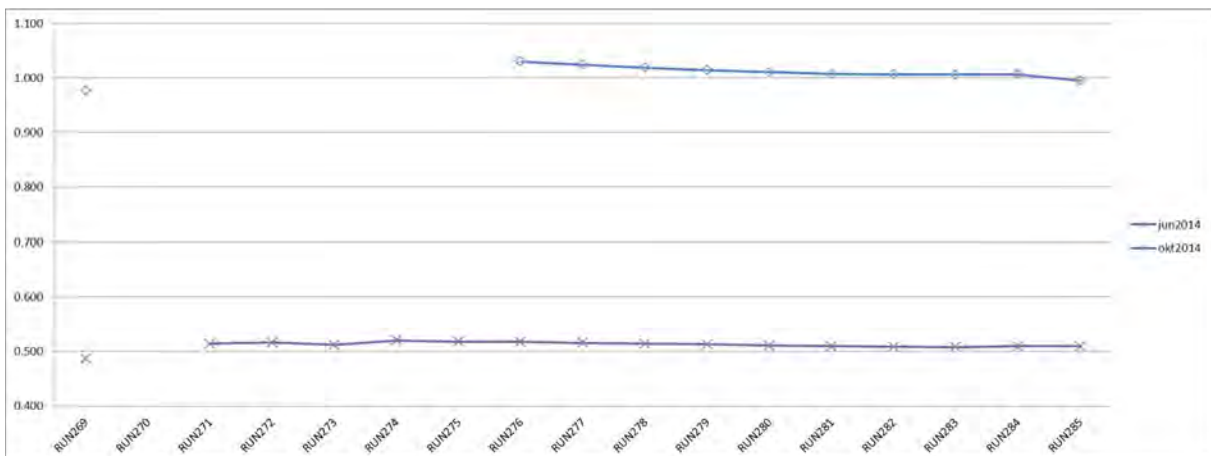
Figuur 57 - Kostenfunctie voor het volledige model – kalibratieperiode jun2014 – run200 tem run230



Figuur 58 - Kostenfunctie voor het volledige model – kalibratieperiode jun2014, okt2014 en dec2013 – run230 tem run269



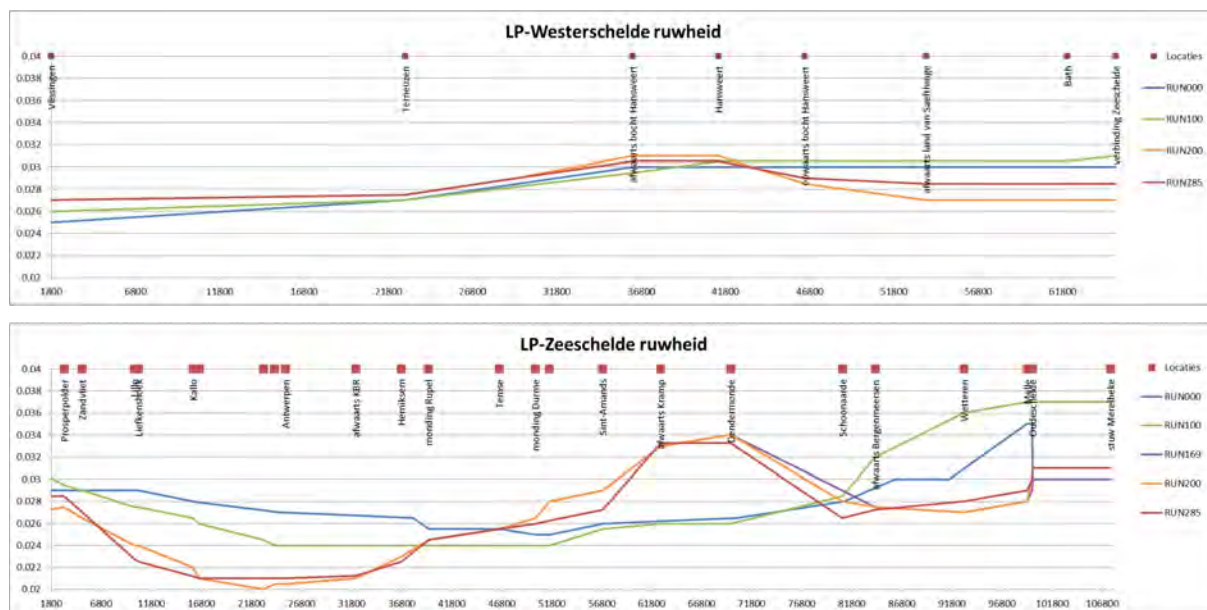
Figuur 59 - Kostenfunctie voor het volledige model – kalibratieperiode jun2014 en okt2014 – run269 tem run285



In Figuur 60 wordt een lengteprofiel met het verloop van de ruwheid langsheen de Westerschelde en de Zeeschelde weergegeven. Bij het begin van de kalibratie werd voornamelijk de tij-amplitude langs de Beneden-Zeeschelde te klein gesimuleerd. Hiervoor werd de ruwheid tussen de Belgische grens en Antwerpen sterk verlaagd. Dit zorgde echter voor een te grote tijamplitude ter hoogte van Dendermonde waardoor daar de ruwheid verhoogd diende te worden. Nadien werd getracht de grote verschillen in ruwheid te beperken en te komen tot een lengteprofiel met minder extreme waarden voor de ruwheid. Door de ruwheid rondom Antwerpen beperkt te verhogen, was het mogelijk de ruwheid ter hoogte van Dendermonde te verlagen zonder de kalibratieresultaten te verslechteren. De finale modelrun is Run285.

Langsheen de Westerschelde kent de ruwheid een lichte stijging bij de bocht en de drempel van Hansweert. Deze zijn niet expliciet in het model opgenomen, wat gecompenseerd wordt door het verhogen van de ruwheid. Vanaf de Belgische grens neemt de Schelde de vorm aan van een rivier die tussen twee min of meer evenwijdige dijken loopt en is daar ongeveer 2500 m breed. De daling in de ruwheid tussen Prosperpolder en Antwerpen komt overeen met de overgang van een meergeulenstelsel in de Westerschelde naar één geul in de Zeeschelde. De breedte van de rivier is nog slechts 400 m voor Antwerpen. Voorbij Antwerpen neemt de breedte van de rivier verder af. Ter hoogte van de monding van de Rupel, 15 km opwaarts van Antwerpen, is de Schelde nog 300 m breed. De rivierbreedte is aan de Durme nog 250 m, te Sint-Amands 150 m, te Dendermonde 100 m, en neemt dan geleidelijk af tot 50 m te Wetteren. Deze breedte blijft praktisch behouden tot Gentbrugge. Voorbij de monding van de Rupel komen ook meer bochten voor in de rivier, met als meest gekende en scherpste bocht ‘De Kramp’, gelegen tussen Sint-Amands en Dendermonde. De stijging van de ruwheid tussen de monding van de Rupel en Dendermonde kan dus verklaard worden door de afname van de breedte van de rivier en de toename van het aantal bochten in de rivier. Voorbij Dendermonde neemt het aantal en de scherpste van de bochten opnieuw af, wat zich vertaalt in een dalende ruwheid tussen Dendermonde en Schoonaarde. Aan de bocht van Bergenmeersen kent de ruwheid opnieuw een lichte stijging. Ook verder naar Wetteren en Melle waar de rivier het minst breed is, stijgt de ruwheid nog licht.

Figuur 60 – Lengteprofiel ruwheid langsheen Westerschelde (boven) en Zeeschelde (onder)



5.4 Kwaliteit van het gekalibreerde model

De kwaliteit van het gekalibreerde model wordt bekeken aan de hand van de gesimuleerde waterpeilen ten opzichte van de gemeten waterpeilen. De tijdreeksen van de gesimuleerde waterpeilen, evenals de gesimuleerde hoog- en laagwaters worden vergeleken met de gemeten waarden. Bijkomend worden ook enkele parameters van de harmonische analyse van de gesimuleerde waterpeilen vergeleken met deze van de gemeten waarden (zie §5.2.3). Deze vergelijking wordt beschreven voor de drie kalibratieperiodes en drie validatieperiodes. De tabellen en figuren worden weergegeven in de bijlagen van het kalibratierapport (Coen *et al.*, 2017), die overgenomen zijn in BIJLAGE H.

In BIJLAGE I worden lengteprofielen met de maximum waterpeilen voor de stormen van okt2014, dec2013, nov2015 en jan2016 getoond.

5.5 Jun2014 – gemiddeld getij

5.5.1 Tijdreeksen waterpeilen, hoog- en laagwaters

In BIJLAGE H.A worden de gemeten en gesimuleerde tijdreeksen van de waterpeilen ter hoogte van de meetposten weergegeven. Tabel A 1 geeft de statistische parameters voor de tijdreeksen van de waterpeilen, de hoogwaters en de laagwaters voor de meetposten langs de Westerschelde, Zeeschelde en Durme voor kalibratieperiode jun2014. Tabel A 2 geeft deze parameters voor de meetposten langs de waterlopen in het Rupelbekken. Figuur A 38 tot en met Figuur A 61 in BIJLAGE H.A geven een grafisch overzicht van de statistische parameters.

De RMSE-waarde van de volledige tijdreeks bedraagt minder dan 10 cm in de Westerschelde, 9 tot 18 cm in de Beneden-Zeeschelde, 17 tot 20 cm in de Boven-Zeeschelde en 3 tot 21 cm in het Rupelbekken. De absolute waarde van de bias is kleiner dan 10 cm bij de meeste meetposten.

De RMSE-waarde van de hoogwaters bedraagt maximaal 5 cm in de Westerschelde, 3 tot 5 cm in de Beneden-Zeeschelde, 4 tot 14 cm in de Boven-Zeeschelde, 5 tot 7 cm in de Durme, en 3 tot 11 cm in het Rupelbekken. De absolute waarde van de bias van de hoogwaters bedraagt maximaal 5 cm langs de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde en is kleiner dan 10 cm in de meeste van de overige stations.

De RMSE-waarde van de laagwaters bedraagt minder dan 10 cm in de Westerschelde, 3 tot 10 cm in de Beneden-Zeeschelde, 7 tot 16 cm in de Boven-Zeeschelde en Durme, en 1 tot 14 cm in het Rupelbekken. De absolute waarde van de bias van de laagwaters bedraagt maximaal 14 cm, en minder dan 10 cm in de meeste stations.

De waarden van de waterpeilen ter hoogte van de meetposten langs de Zenne worden buiten beschouwing gelaten omwille van onzekerheid van juiste meting van de laagwaters. De meetposten op de Zenne te Hombeek en Zemst zijn geplaatst in de bedding van de rivier, op de schuine oeverkant. Bij laagwater daalt het waterpeil onder het laagste meetpunt van de meetpost. De laagwaters van de meetposten op de Zenne worden daarom niet verder meegenomen in de bespreking. De RMSE- en bias-waarden aan de meetpost langs de Zenne te Eppegem zijn sterk afwijkend ten opzichte van de andere meetposten. Dit heeft te maken met de oude bathymetrie van het opwaartse gedeelte van de Zenne. De bathymetrie in het opwaartse gedeelte van de Zenne dateert van 2000-2001. In 2002 werden echter baggerwerken uitgevoerd in de Zenne opwaarts Eppegem. Er is echter geen recentere bathymetrie beschikbaar. Deze meetpost zal daarom bij volgende besprekingen buiten beschouwing gelaten worden. De meetposten langs de Zenne werden wel in beschouwing genomen bij de berekening van de kostenfunctie, daar de gemeten waarden van de hoogwaters te Hombeek en Zemst wel betrouwbaar zijn. De gesimuleerde waarden van de laagwaters in de Zenne veranderen nauwelijks in de verschillende modelruns waardoor deze weinig of geen invloed zullen gehad hebben op het resultaat van de kostenfunctie.

Langs de Zeeschelde worden de RMSE-waarden groter naar opwaarts toe, waar de waterpeilen meer beïnvloed worden door het bovendebiet.

Algemeen zijn de RMSE-waarden in het Rupelbekken vergelijkbaar met deze langs de Boven-Zeeschelde. De waterpeilen zijn hier ook afhankelijk van de zijdelingse afvoer en bovenafvoer. Mogelijk speelt ook de bathymetrie van de rivieren in het Rupelbekken hier een rol in. Voornamelijk in de opwaartse gedeelten dateert de bathymetrie nog van voor 2003.

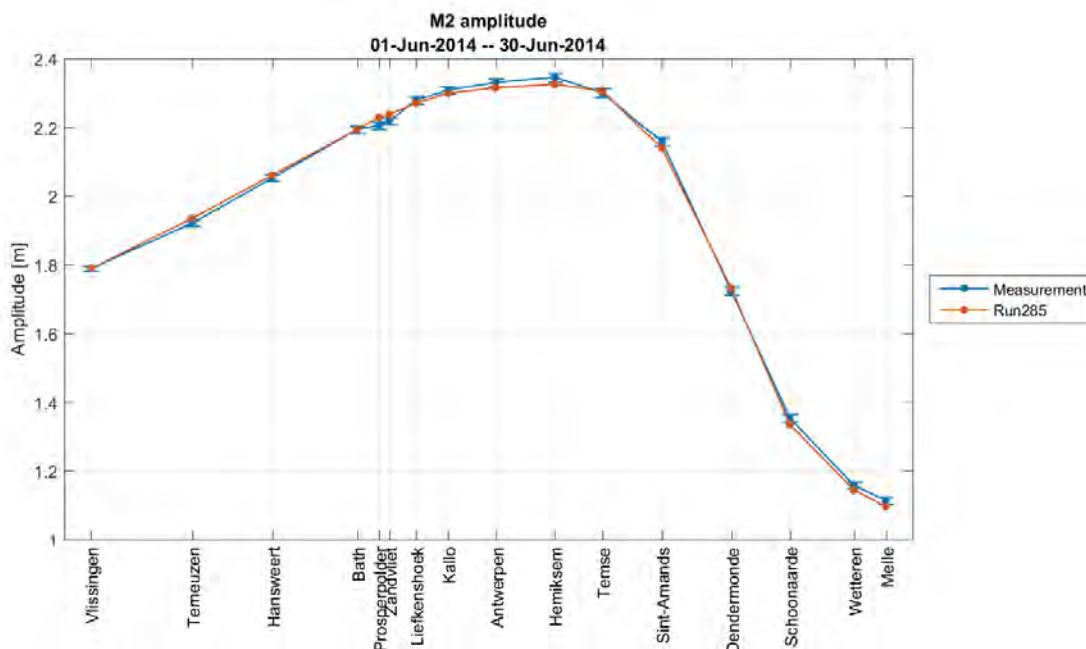
5.5.2 Harmonische analyse

De M2 amplitude en het vectorieel verschil van de harmonische analyse van de waterpeilen wordt voor kalibratieperiode jun2014 weergegeven in Tabel A 3 voor de meetposten langs de Westerschelde, Zeeschelde en Durme, en in Tabel A 4 voor de meetposten langs de waterlopen in het Rupelbekken. De M2 amplitude en het vectorieel verschil voor alle meetposten is grafisch weergegeven in Figuur A 62 tot en met Figuur A 77 in BIJLAGE H.A. In Figuur 61 wordt de M2 amplitude in de Westerschelde en Zeeschelde voor deze kalibratieperiode weergegeven.

De M2-amplitude is het grootst ter hoogte van Hemiksem, in de zone met de grootste gemiddelde getijamplitude. Het absolute verschil in M2-amplitude tussen de gemodelleerde en gemeten waarde bedraagt maximaal 3 cm langs de Westerschelde en Zeeschelde. In het Rupelbekken bedraagt het verschil maximum 8 cm.

Het vectorieel verschil op basis van de getijcomponenten langs de Westerschelde en Zeeschelde wordt groter naar opwaarts toe en bedraagt 43 cm te Melle. In het Rupelbekken lijken de waarden af te nemen vanaf de Rupel naar de zijrivieren, van 48 tot 1 cm.

Figuur 61 – M2 amplitude Run285 versus metingen – jun2014 – Westerschelde en Zeeschelde



5.5.3 Debieten

Een bijkomende validatie van het model wordt uitgevoerd voor debieten op de Zeeschelde en Rupel, tijdens de simulatieperiode jun2014. De modelresultaten en metingen worden vergeleken met behulp van 'comparable tide'. Met behulp van een VIMM script wordt in gegevens van vooraf opgegeven meetcampagnes gezocht naar getijden die vergelijkbaar zijn met getijden in de periode van de simulatie. Deze getijden worden vergeleken op basis van de metingen van de waterpeilen. Voor elke meetcampagne wordt één getij gekozen met de beste overeenkomst, of kleinste RMSE-waarde. Tabel 17 geeft een overzicht van de referentiegetijden voor de gekozen meetcampagnes. Voor de gekozen perioden wordt het gemodelleerde debiet vergeleken met het gemeten debiet.

Tabel 18 geeft de statistische parameters bij de vergelijking van de gemodelleerde en gemeten debieten. Figuur A 78 tot en met Figuur A 91 in BIJLAGE H.A geven het verloop van het gemeten en gemodelleerde debiet, evenals het verloop van het waterpeil tijdens de vergeleken getijden.

Het verloop van het gemodelleerde debiet komt vrij goed overeen met het verloop van het gemeten debiet voor de beschouwde meetposten. De RMSE-waarde van tijdreeksen ligt tussen 5 en 11% van het maximum debiet op een bepaalde locatie.

De RRMSE-waarde is de RMSE-waarde relatief ten opzichte van de meting (zie §0). Deze is eveneens berekend voor elke locatie en meetcampagne. Deze waarde varieert tussen 0,1 en 0,2. De modelresultaten en metingen zijn geanalyseerd op basis van 'comparable tides'. Verschillen tussen de gemodelleerde debieten en gemeten debieten kunnen verwacht worden wanneer de overeenkomst tussen het gemodelleerde en gemeten getij niet voldoende is.

Tabel 17 – Overzicht referentiegetijden 'comparable tide'

Meetcampagne debiet	Referentiegetij simulatieperiode	Referentiegetij meetcampagne	RMSE [m]
Liefkenshoek_20090527	17-Jun-2014 13:10	27-mei-2009 12:00	0.14
Liefkenshoek_20100430	29-Jun-2014 23:50	30-apr-2010 11:20	0.15
Liefkenshoek_20130625	13-Jun-2014 10:00	25-jun-2013 11:20	0.12
Kruibeke_20090526	16-Jun-2014 13:10	26-mei-2009 11:30	0.18
Kruibeke_20100414	12-Jun-2014 22:20	14-apr-2010 10:30	0.09
Kruibeke_20130530	30-Jun-2014 12:40	30-mei-2013 14:20	0.10
Driegoten_20090623	12-Jun-2014 10:50	23-jun-2009 12:00	0.06
Driegoten_20100415	26-Jun-2014 23:40	15-apr-2010 12:30	0.10
Driegoten_20130612	03-Jun-2014 14:50	12-jun-2013 13:40	0.08
Schoonaarde_20090625	15-Jun-2014 14:40	25-jun-2009 15:10	0.07
Schoonaarde_20100414	26-Jun-2014 00:30	14-apr-2010 13:40	0.08
Schoonaarde_20130527	30-Jun-2014 03:00	27-mei-2013 13:50	0.07
Boom_20090622	25-Jun-2014 09:50	22-jun-2009 10:30	0.08
Boom_20100427	18-Jun-2014 03:20	27-apr-2010 10:40	0.08

Tabel 18– Statistische parameters voor debieten tijdens één getij

Jun2014							
Rivier	Meetpost	Meetcampagne	bias TS	RMSE TS	RMSE TS	Qmax	RRMSE TS
			[m ³ /s]	[m ³ /s]	% Qmax	[m ³ /s]	[-]
Beneden-Zeeschelde	Liefkenshoek	20090527	-199.7	1147.2	10	12000	0.17
	Liefkenshoek	20100430	-461.1	931.4	8	12000	0.14
	Liefkenshoek	20130625	105.3	693.9	6	12000	0.11
	Kruikeke	20090526	-130.3	705.4	11	6500	0.2
	Kruikeke	20100414	-34.4	447.7	7	6500	0.13
	Kruikeke	20130530	-47.6	585.2	9	6500	0.17
Boven-Zeeschelde	Driegoten	20090623	5	194.3	10	2000	0.19
	Driegoten	20100415	-16.1	153.8	8	2000	0.15
	Driegoten	20130612	-23.7	134.7	7	1800	0.14
	Schoonaarde	20090625	3.7	48.5	10	500	0.2
	Schoonaarde	20100414	-6.5	44.5	10	450	0.19
	Schoonaarde	20130527	-3.8	26.2	5	500	0.1
Rupel	Boom	20090622	-4.1	67	6	1100	0.11
	Boom	20100427	11.5	89.2	7	1200	0.14

5.6 Okt2014 - storm

5.6.1 Tijdreeksen waterpeilen, hoog- en laagwaters

In BIJLAGE H.B worden de gemeten en gesimuleerde tijdreeksen van de waterpeilen ter hoogte van de meetposten weergegeven. Tabel B 1 geeft de statistische parameters voor de tijdreeksen van de waterpeilen, de hoogwaters en de laagwaters voor de meetposten langs de Westerschelde, Zeeschelde en Durme voor kalibratieperiode okt2014. Tabel B 2 geeft deze parameters voor de meetposten langs de waterlopen in het Rupelbekken. Figuur B 38 tot en met Figuur B 61 in BIJLAGE H.B geven een grafisch overzicht van de statistische parameters.

Voor de volledige tijdreeks bedraagt de RMSE-waarde maximum 6 cm langs de Westerschelde, 7 tot 13 cm langs de Beneden-Zeeschelde, 11 tot 13 cm langs de Boven-Zeeschelde, en 4 tot 19 cm in het Rupelbekken. De absolute waarde van de bias bedraagt maximum 3 cm langs de Westerschelde, 1 tot 8 cm langs de Beneden-Zeeschelde, en maximum 8 cm langs de Boven-Zeeschelde en in het Rupelbekken (uitgezonderd Hulshout en Rijmenam).

De RMSE-waarde voor de hoogwaters bedraagt eveneens maximum 6 cm langs de Westerschelde, 4 tot 10 cm langs de Beneden-Zeeschelde, 3 tot 9 cm langs de Boven-Zeeschelde, en 1 tot 18 cm in het Rupelbekken. De absolute waarde van de bias voor de hoogwaters bedraagt voor alle meetposten minder dan 10 cm, uitgezonderd Hulshout.

Voor de laagwaters bedraagt de RMSE-waarde langs de Westerschelde maximum 5 cm, langs de Beneden-Zeeschelde 4 tot 9 cm, langs de Boven-Zeeschelde 5 tot 14 cm, en in het Rupelbekken 1 tot 20 cm. De absolute waarde van de bias bedraagt minder dan 10 cm langs de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde, en minder dan 15 cm langs de Boven-Zeeschelde en in het Rupelbekken, met uitzondering van Hulshout.

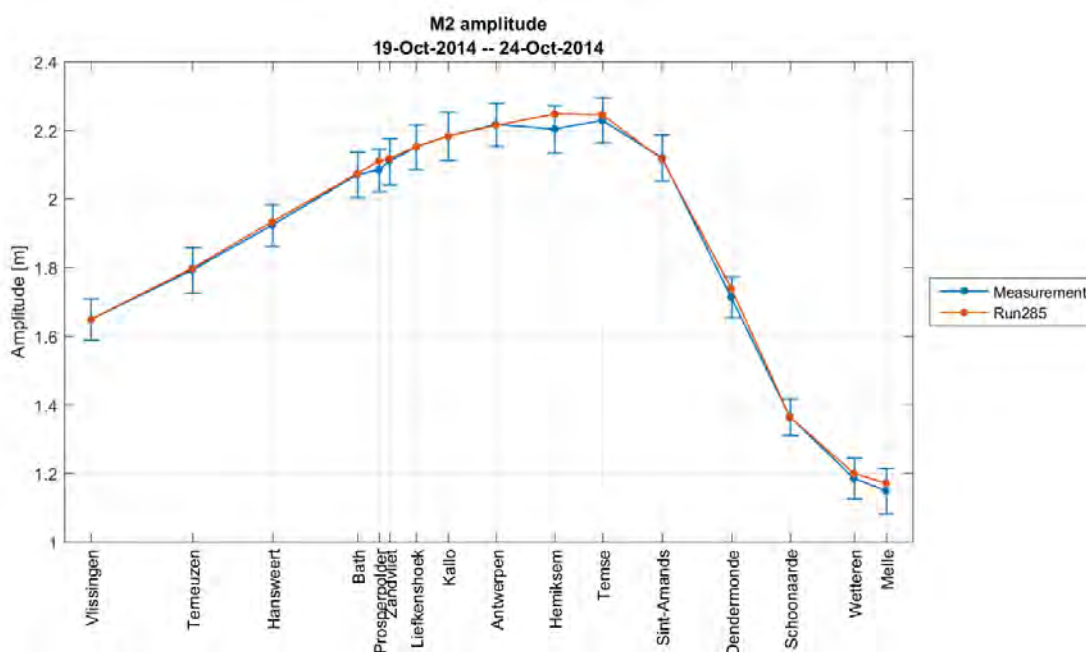
De afwijkende waarden ter hoogte van Hulshout zijn mogelijk te wijten aan een gewijzigd waterpeil tengevolge van de aan- of afwezigheid van plantengroei in de rivier. De Manningwaarde werd hiervoor niet aangepast.

Ondanks de aangepaste bathymetrie van de Durme zijn de gesimuleerde laagwaterpeilen ter hoogte van Waasmunster Manta nog steeds te hoog. De bathymetrie werd echter enkel aangepast in het gedeelte waar gebaggerd werd, afwaarts van Waasmunster Manta. Mogelijk hebben de baggerwerken ook invloed gehad op de bathymetrie in het opwaarts gedeelte van de Durme, welke ongewijzigd is in het model.

5.6.2 Harmonische analyse

De M2 amplitude en het vectorieel verschil van de harmonische analyse van de waterpeilen wordt voor kalibratieperiode okt2014 weergegeven in Tabel B 3 voor de meetposten langs de Westerschelde, Zeeschelde en Durme, en in Tabel B 4 voor de meetposten langs de waterlopen in het Rupelbekken. De M2 amplitude en het vectorieel verschil voor alle meetposten is grafisch weergegeven in Figuur B 62 tot en met Figuur B 75 in BIJLAGE H.B. In Figuur 62 wordt de M2 amplitude in de Westerschelde en Zeeschelde voor deze simulatieperiode weergegeven.

Figuur 62 – M2 amplitude Run285 versus metingen – okt2014 – Westerschelde en Zeeschelde



De grootste waarde van de M2-amplitude komt voor ter hoogte van Hemiksem en Temse. Het verschil in M2-amplitude van de gemodelleerde en gemeten waterpeilen bedraagt maximaal 4 cm over de beschouwde meetposten.

Het vectorieel verschil berekend op basis van het verschil van de harmonische componenten tussen de simulatie en de metingen neemt toe naar opwaarts toe, en bedraagt maximum 27 cm op de Zeeschelde. In het Rupelbekken lijkt deze waarde weerom af te nemen naar opwaarts toe met een maximum van 25 cm op de Rupel en minimum 5 cm op de Demer te Aarschot.

5.6.3 Lengteprofielen en overstromingskaart

Op basis van de maximum waterpeilen tijdens de storm van okt2014 werden lengteprofielen voor de verschillende waterlopen en een overstromingskaart van de gemodelleerde overstromingsgebieden opgemaakt. De lengteprofielen worden weergegeven in Figuur I 1 tot en met Figuur I 5. De overstromingskaart is toegevoegd in BIJLAGE J.

Het lengteprofiel van de Westerschelde en Zeeschelde toont een overschatting van de maximum waterpeilen op de Zeeschelde, voornamelijk tussen Bath en Hemiksem. Ter hoogte van Antwerpen bedraagt het verschil 12 cm. Langs de bovenlopen is het verschil tussen de gemodelleerde en gemeten maximum waterpeilen kleiner.

De overstromingskaart toont overstromingen van beperkte diepte in de valleigebieden langs de Rupel en opwaarts. Dit zijn echter geen overstromingen door overtopping van de dijken, doch wel door het niet voldoende kunnen uitwateren van de bovenafvoer die in de gebieden terecht komt. De diepte van de overstromingen in de GOG's werd niet geverifieerd.

5.7 Dec2013 - Sinterklaasstorm

5.7.1 Tijdreeksen waterpeilen, hoog- en laagwaters

In BIJLAGE H.C worden de gemeten en gesimuleerde tijdreeksen van de waterpeilen ter hoogte van de meetposten weergegeven. Tabel C 1 geeft de statistische parameters voor de tijdreeksen van de waterpeilen, de hoogwaters en de laagwaters voor de meetposten langs de Westerschelde, Zeeschelde en Durme voor kalibratieperiode dec2013. Tabel C 2 geeft deze parameters voor de meetposten langs de waterlopen in het Rupelbekken. Figuur C 38 tot en met Figuur C 61 in BIJLAGE H.C geven een grafisch overzicht van de statistische parameters.

De RMSE-waarde van de volledige tijdreeks bedraagt maximum 8 cm voor de meetposten langs de Westerschelde. Langs de Beneden-Zeeschelde bedraagt deze waarde 8 tot 16 cm, langs de Boven-Zeeschelde en Durme 12 tot 16 cm en in het Rupelbekken 2 tot 14 cm. De RMSE-waarde stijgt langs de Westerschelde en Zeeschelde naar opwaarts toe, met een maximale waarde van 16 cm ter hoogte van Hemiksem en Melle. In het Rupelbekken daalt deze waarde van de Rupel naar opwaarts op de zijrivieren. De absolute waarde van de bias bedraagt minder dan 10 cm voor de meeste meetposten.

Op de Grote Nete treden weerom afwijkende waarden op ter hoogte van Hulshout. Deze zijn mogelijk te wijten aan een gewijzigd waterpeil tengevolge van de aan- of afwezigheid van plantengroei in de rivier. De Manningwaarde werd hiervoor niet aangepast.

Voor de hoogwaters bedraagt de RMSE-waarde maximum 5 cm langs de Westerschelde, 3 tot 10 cm langs de Beneden-Zeeschelde, 4 tot 9 cm langs de Boven-Zeeschelde, 4 tot 22 cm langs de Durme, en 2 tot 15 cm in het Rupelbekken. De absolute waarde van de bias van de hoogwaters bedraagt minder dan 10 cm langs de Westerschelde en Zeeschelde, en maximum 15 cm in het Rupelbekken.

Het maximum hoogwaterpeil ter hoogte van Waasmunster Manta langs de Durme wordt te laag gesimuleerd. De getijdoordringing lijkt hier in het model niet sterk genoeg, gezien het maximum hoogwater in Tielrode wel goed benaderd wordt door de simulatie. Dit kan mogelijk te wijten zijn aan een onaangepaste bathymetrie in het opwaartse deel van de Durme, na de baggerwerken in het gedeelte tussen de Mirabrug en Waasmunster brug en net opwaarts Waasmunster brug.

Voor de laagwaters bedraagt de RMSE-waarde langs de Westerschelde maximum 8 cm, langs de Beneden-Zeeschelde 2 tot 10 cm, langs de Boven-Zeeschelde en Durme 7 tot 23 cm, en in het Rupelbekken 3 tot 12 cm. De absolute waarde van de bias bedraagt maximum 20 cm, en voor de meeste meetposten minder dan 10 cm.

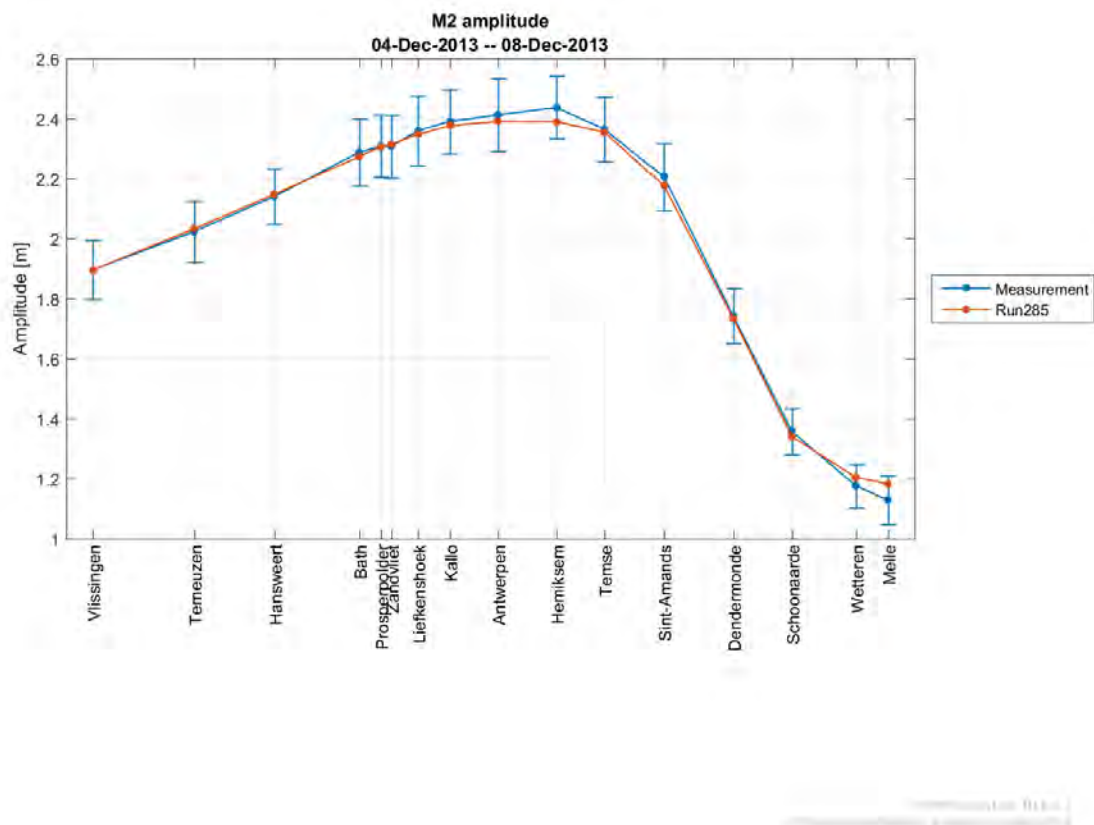
5.7.2 Harmonische analyse

De M2 amplitude en het vectorieel verschil van de harmonische analyse van de waterpeilen wordt voor kalibratieperiode dec2013 weergegeven in Tabel C 3 voor de meetposten langs de Westerschelde, Zeeschelde en Durme, en in Tabel C 4 voor de meetposten langs de waterlopen in het Rupelbekken. De M2 amplitude en het vectorieel verschil voor alle meetposten is grafisch weergegeven in Figuur C 62 tot en met Figuur C 77 in BIJLAGE H.C. In Figuur 63 wordt de M2 amplitude in de Westerschelde en Zeeschelde voor deze simulatieperiode weergegeven.

De M2 amplitude is groter dan voor de perioden van juni 2014 en oktober 2014. De waarde stijgt van Vlissingen naar opwaarts toe, met een maximale waarde ter hoogte van Hemiksem. Dit verschil bedraagt maximum 2 cm langs de Westerschelde, 1 tot 5 cm langs de Beneden-Zeeschelde en de Boven-Zeeschelde en maximum 9 cm in het Rupelbekken. De foutenmarge op de waarde is groter dan bij de vorige kalibratieperiodes.

Het vectorieel verschil stijgt van 2 cm in Vlissingen, tot een maximale waarde van 29 cm te Kallo, en daalt verder langs de Boven-Zeeschelde en in het Rupelbekken.

Figuur 63 – M2 amplitude Run285 versus metingen – dec2013 – Westerschelde en Zeeschelde



5.7.3 Lengteprofielen en overstromingskaart

Op basis van de maximum waterpeilen tijdens de storm van dec2013 werden lengteprofielen voor de verschillende waterlopen en een overstromingskaart van de gemodelleerde overstromingsgebieden opgemaakt. De lengteprofielen worden weergegeven in Figuur I 6 tot en met Figuur I 10. De overstromingskaart is toegevoegd in BIJLAGE J.

Het lengteprofiel van de Westerschelde en Zeeschelde toont een overschatting van de maximum waterpeilen opwaarts Hansweert. Ter hoogte van Antwerpen bedraagt het verschil 8 cm. Langs de Rupel en opwaartse waterlopen bedraagt het verschil tussen de gemeten en gesimuleerde maximum waterpeilen maximum 10 cm. Langs de Durme zijn de verschillen groter. Dit kan echter verklaard worden door de mogelijk verouderde bathymetrie van de Durme.

De overstromingskaart toont overstromingen van beperkte diepte in de valleigebieden langs de Rupel en opwaarts. Dit zijn echter geen overstromingen door overtopping van de dijken, doch wel door het niet voldoende kunnen uitwateren van de bovenafvoer die in de gebieden terecht komt. De diepte van de overstromingen in de GOG's werd niet geverifieerd.

5.8 Nov2010 – verhoogde bovenafvoer

5.8.1 Tijdreeksen waterpeilen, hoog- en laagwaters

In BIJLAGE H.D worden de gemeten en gesimuleerde tijdreeksen van de waterpeilen ter hoogte van de meetposten weergegeven. Tabel D 1 geeft de statistische parameters voor de tijdreeksen van de waterpeilen, de hoogwaters en de laagwaters voor de meetposten langs de Westerschelde, Zeeschelde en Durme voor validatieperiode nov2010. Tabel D 2 geeft deze parameters voor de meetposten langs de waterlopen in het Rupelbekken. Figuur D 38 tot en met Figuur D 61 in BIJLAGE H.D geven een grafisch overzicht van de statistische parameters.

Ter hoogte van de meetposten langs de Westerschelde zijn de RMSE-waarden voor deze periode vergelijkbaar met deze van de kalibratieperiodes. Voor de volledige tijdreeks bedraagt de RMSE-waarde maximum 7 cm, voor de hoogwaters maximum 4 cm en voor de laagwaters maximum 10 cm. De absolute waarde van de bias is steeds kleiner dan 10 cm.

Ook langs de Beneden-Zeeschelde zijn de RMSE-waarden voor deze periode vergelijkbaar met deze van de kalibratieperiodes. Voor de volledige tijdreeks bedraagt de RMSE-waarde 7 tot 16 cm, voor de hoogwaters 5 tot 8 cm en voor de laagwaters 9 tot 13 cm. De absolute waarde van de bias is kleiner dan 10 cm, uitgezonderd voor het laagwater te Antwerpen.

Langs de Boven-Zeeschelde zijn de RMSE-waarden voor deze periode, vooral in het opwaartse gedeelte, hoger dan deze van de kalibratieperiodes. Voor de volledige tijdreeks bedraagt de RMSE-waarde 18 tot 29 cm, voor de hoogwaters 6 tot 23 cm en voor de laagwaters 16 tot 34 cm. De absolute waarde van de bias bedraagt voor de volledige meetreeksen maximum 16 cm, voor de hoogwaters maximum 9 cm en voor de laagwaters maximum 25 cm. De grotere afwijking van het model ten opzichte van de metingen is mogelijk te wijten aan het gebruik van daggemiddelde debieten als opwaartse randvoorwaarde te Melle. Hierdoor wordt het verloop van het getij minder beïnvloed door de variatie van het bovendebiet.

Ook langs de Durme zijn de RMSE-waarden voor de periode nov2010 hoger dan deze van de kalibratieperiodes. Voor de volledige tijdreeks bedraagt de RMSE-waarde 21 tot 25 cm, voor de hoogwaters 9 tot 15 cm en voor de laagwaters 24 tot 29 cm. Deze afwijkende waarden zijn te wijten aan het gebruik van de bathymetrie van 2013 voor de simulatie van deze periode.

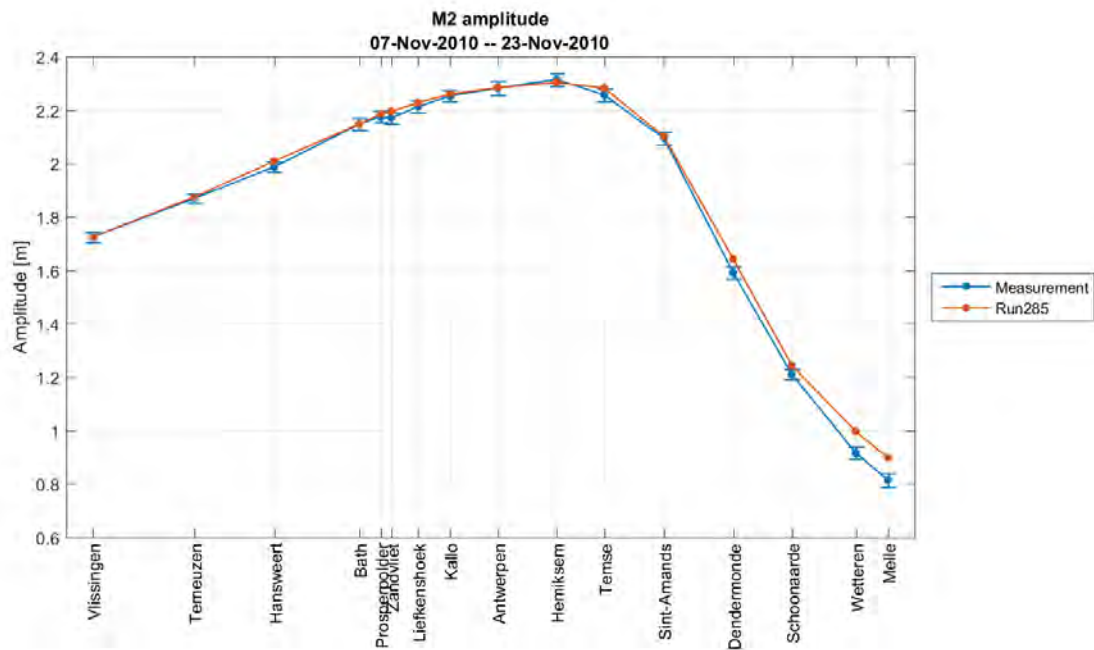
In het Rupelbekken bedragen de RMSE-waarden voor de volledige tijdreeks voor deze periode 6 tot 26 cm, voor de hoogwaters 1 tot 26 cm, en 35 cm te Hulshout, en voor de laagwaters 6 tot 28 cm. De absolute waarde van de bias bedraagt voor de volledige meetreeksen maximum 25 cm, voor de hoogwaters maximum 35 cm en voor de laagwaters maximum 30 cm, met uitzondering van de waarden voor de meetposten langs de Zenne. De sterk afwijkende waarden op de Zenne zijn te wijten aan de verouderde bathymetrie opwaarts Zemst. De afwijkende waarden ter hoogte van Emblem, Kessel en Hulshout zijn mogelijk te wijten aan een gewijzigd waterpeil tengevolge van de aan- of afwezigheid van plantengroei in de rivier. De Manningwaarde werd hiervoor niet aangepast. Ter hoogte van Rotselaar wordt het waterpeil beïnvloed door de stuwregeling die in deze periode deels afwijkt van de automatische regeling die opgelegd werd.

5.8.2 Harmonische analyse

De M2 amplitude en het vectorieel verschil van de harmonische analyse van de waterpeilen wordt voor validatieperiode nov2010 weergegeven in Tabel D 3 voor de meetposten langs de Westerschelde, Zeeschelde en Durme, en in Tabel D 4 voor de meetposten langs de waterlopen in het Rupelbekken. De M2 amplitude en het vectorieel verschil voor alle meetposten is grafisch weergegeven in Figuur D 62 tot en met Figuur D 77 in BIJLAGE H.D. In Figuur 64 wordt de M2 amplitude in de Westerschelde en Zeeschelde voor deze validatieperiode weergegeven.

Het verschil tussen de M2 amplitude van de gemodelleerde versus de gemeten waterpeilen bedraagt maximum 3 cm in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde, 1 tot 8 cm in de Boven-Zeeschelde en 1 tot 6 cm in het Rupelbekken. Deze waarden zijn voor de Boven-Zeeschelde weerom groter dan deze voor de kalibratieperioden van jun2014 en okt2014, al blijft het verschil beperkt. Zowel bij de gesimuleerde als de gemeten waarden komt de grootste M2 amplitude voor ter hoogte van Hemiksem. De afwijking tussen de gemeten en gesimuleerde waarden wordt groter naar opwaarts toe waar de waterpeilen meer beïnvloed worden door de bovenafvoer.

Figuur 64 – M2 amplitude Run285 versus metingen – nov2010 – Westerschelde en Zeeschelde



5.9 Nov2015 - storm

5.9.1 Tijdreeksen waterpeilen, hoog- en laagwaters

In BIJLAGE H.E worden de gemeten en gesimuleerde tijdreeksen van de waterpeilen ter hoogte van de meetposten weergegeven. Tabel E 1 geeft de statistische parameters voor de tijdreeksen van de waterpeilen, de hoogwaters en de laagwaters voor de meetposten langs de Westerschelde, Zeeschelde en Durme voor validatieperiode nov2015. Tabel E 2 geeft deze parameters voor de meetposten langs de waterlopen in het Rupelbekken. Figuur E 38 tot en met Figuur E 61 in BIJLAGE H.E geven een grafisch overzicht van de statistische parameters.

Voor de Westerschelde bedraagt de RMSE-waarde voor de volledige tijdreeks maximum 9 cm, voor de hoogwaters maximum 13 cm en voor de laagwaters maximum 6 cm. De absolute waarde van de bias is steeds kleiner dan 10 cm.

Voor de Beneden-Zeeschelde bedraagt de RMSE-waarde voor de volledige tijdreeks 10 tot 19 cm, voor de hoogwaters 13 tot 16 cm en voor de laagwaters 6 tot 10 cm. De absolute waarde van de bias bedraagt maximum 5 cm voor de volledige reeksen, maximum 13 cm voor de hoogwaters en maximum 9 cm voor de laagwaters.

Voor de Boven-Zeeschelde bedraagt de RMSE-waarde voor de volledige tijdreeks 16 tot 20 cm, voor de hoogwaters 10 tot 18 cm en voor de laagwaters 6 tot 26 cm. De absolute waarde van de bias bedraagt maximum 18 cm. Voornamelijk de RMSE-waarde voor de laagwaters te Melle is afwijkend (26 cm). Dit is mogelijk te wijten aan het gebruik van daggemiddelde debieten als opwaartse randvoorwaarde te Melle. Hierdoor wordt het verloop van het getij in het model minder beïnvloed door de variatie van het bovendebiet.

De RMSE- en bias-waarde van de hoogwaters te Waasmunster Manta is gelijk aan 2 cm (Figuur E 18). De gesimuleerde waarden zijn afwisselend over de getijden te hoog of te laag, waardoor de gemiddelde fout klein is. Het verschil tussen de gemodelleerde en gemeten laagwaters ter hoogte van Waasmunster Manta kan toegeschreven worden aan de gebruikte bathymetrie in het model. In 2014 werden baggerwerken uitgevoerd in de Durme tussen de Mirabrug en Waasmunster brug, en in 2015 nog een kilometer opwaarts Waasmunster brug, dus afwaarts Waasmunster Manta. De bathymetrie van het gebaggerde gedeelte werd na de baggerwerken opgemeten en is geïmplementeerd in het model. Mogelijk werd door baggerwerken echter ook de bathymetrie in het opwaartse gedeelte beïnvloed. Deze werd echter niet opgemeten waardoor dit effect niet meegenomen is in het model.

Voor het Rupelbekken bedraagt de RMSE-waarde voor de volledige tijdreeks 1 tot 22 cm, voor de hoogwaters 1 tot 21 cm en voor de laagwaters 2 tot 18 cm. De absolute waarde van de bias bedraagt maximum 20 cm. De RMSE-waarden worden kleiner naar opwaarts toe, waar het effect van de wind minder belangrijk is.

Op de Grote Nete te Kessel en Hulshout en de Kleine Nete te Emblem treden meer afwijkende waarden op. Deze zijn mogelijk te wijten aan een gewijzigd waterpeil tengevolge van de aan- of afwezigheid van plantengroei in de rivier. De Manningwaarde werd hiervoor echter niet aangepast.

De RMSE-waarden voor deze periode liggen algemeen wat hoger dan de RMSE-waarden voor de kalibratieperioden. Wanneer gekeken wordt naar het verloop van de tijdreeksen tijdens de storm is duidelijk te zien dat de hoogwaters van 29-30 november 2015 overschat worden door het model. Tijdens deze hoogwaters bedraagt de windsnelheid meer dan 25 m/s (zie Figuur 52). Bij de stormen van okt2014 en dec2013 is de maximale windsnelheid kleiner. Ook de richting van de wind tijdens en na deze maximale snelheden is verschillend bij de storm van nov2015 ten opzichte van de stormen van okt2014 en dec2013. In okt2014 en dec2013 valt de maximale windsnelheid ongeveer samen met een windrichting van 300° ten opzichte van het noorden, of noordwestenwind.

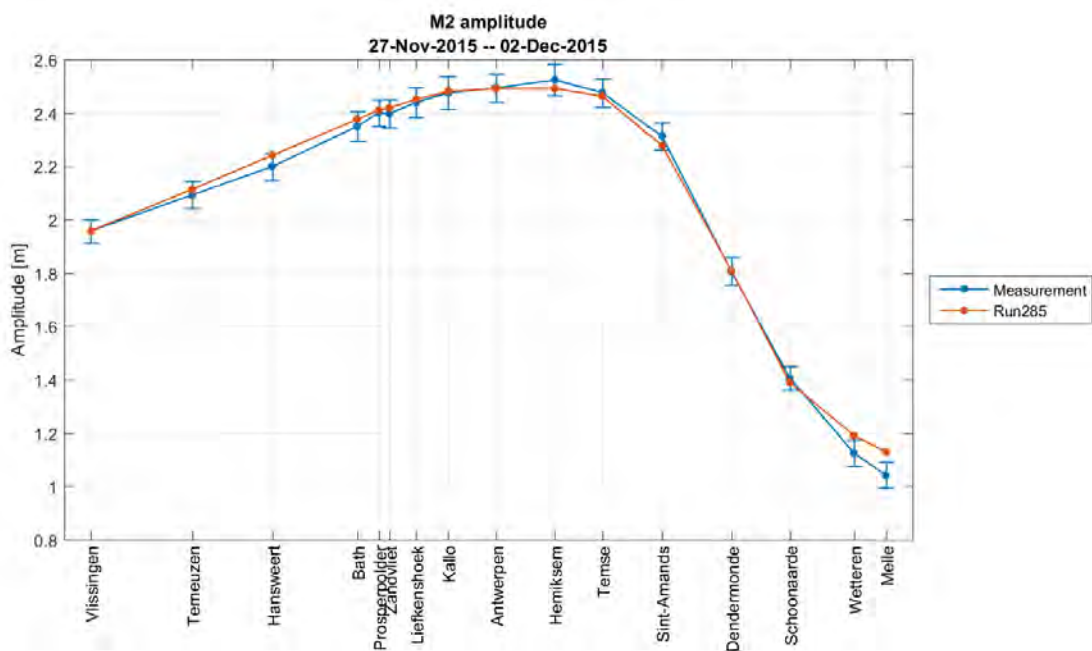
Bij de storm van nov2015 draait wind tweemaal pas na het voorkomen van de maximale windsnelheid naar het noordwesten, en waait er gelijktijdig met de maximale windsnelheid een westenwind. Mogelijk wordt hierdoor het effect van de wind te sterk meegenomen in het model.

5.9.2 Harmonische analyse

De M2 amplitude en het vectorieel verschil van de harmonische analyse van de waterpeilen wordt voor validatieperiode nov2015 weergegeven in Tabel E 3 voor de meetposten langs de Westerschelde, Zeeschelde en Durme, en in Tabel E 4 voor de meetposten langs de waterlopen in het Rupelbekken. De M2 amplitude en het vectorieel verschil voor alle meetposten is grafisch weergegeven in Figuur E 38 tot en met Figuur E 77, in BIJLAGE H.E. In Figuur 65 wordt de M2 amplitude in de Westerschelde en Zeeschelde voor deze validatieperiode weergegeven.

De M2 amplitude voor de storm van nov2015 is langs de Beneden-Zeeschelde groter dan voor de storm van dec2013. De grootste waarde komt voor ter hoogte van Hemiksem. Het verschil tussen de gemodelleerde en berekende waarde van de M2 amplitude is echter vergelijkbaar met het verschil voor de stormen van dec2013 en okt2014. De maximale waarden van respectievelijk 7 en 9 cm ter hoogte van Wetteren en Melle zijn te verklaren door het opleggen van het daggemiddelde debiet te Melle.

Figuur 65 – M2 amplitude Run285 versus metingen – nov2015 – Westerschelde en Zeeschelde



5.9.3 Lengteprofielen en overstromingskaart

Op basis van de maximum waterpeilen tijdens de storm van nov2015 werden lengteprofielen voor de verschillende waterlopen en een overstromingskaart van de gemodelleerde overstromingsgebieden opgemaakt. De lengteprofielen worden weergegeven in Figuur I 11 tot en met Figuur I 15. De overstromingskaart is toegevoegd in BIJLAGE J.

In de periode van nov2015 is een onderscheid te maken tussen twee maximum waterpeilen. In de afwaartse waterlopen is het maximum waterpeil opgetreden rond 28/11/2015, tijdens de storm. In de opwaartse waterlopen is het maximum waterpeil opgetreden na 30/11/2015, tijdens een periode met verhoogde bovenafvoer die volgde op de storm. Langs de Zeeschelde ligt de scheiding tussen Temse en Sint-Amands. Het lengteprofiel van de Westerschelde en Zeeschelde toont een onderschatting van de maximum waterpeilen die opgetreden zijn tijdens en de storm, en een overschatting van de waterpeilen die opgetreden zijn tijdens de periode met verhoogde bovenafvoer. Ter hoogte van Antwerpen bedraagt het verschil 13 cm. Langs de Rupel en opwaartse waterlopen bedraagt het verschil tussen de gemeten en gesimuleerde maximum waterpeilen maximum 20 cm. Langs de Durme zijn de verschillen groter. Dit kan echter verklaard worden door de mogelijk verouderde bathymetrie van de Durme.

De overstromingskaart toont overstromingen van beperkte diepte in de valleigebieden langs de Rupel en opwaarts. Dit zijn echter geen overstromingen door overtopping van de dijken, doch wel door het niet voldoende kunnen uitwateren van de bovenafvoer die in de gebieden terecht komt. De diepte van de overstromingen in de GOG's werd niet geverifieerd.

5.10 Jan2016 - storm

5.10.1 Tijdreeksen waterpeilen, hoog- en laagwaters

In BIJLAGE H.F worden de gemeten en gesimuleerde tijdreeksen van de waterpeilen ter hoogte van de meetposten weergegeven. Tabel F 1 geeft de statistische parameters voor de tijdreeksen van de waterpeilen, de hoogwaters en de laagwaters voor de meetposten langs de Westerschelde, Zeeschelde en Durme voor validatieperiode jan2016. Tabel F 2 geeft deze parameters voor de meetposten langs de waterlopen in het Rupelbekken. Figuur F 38 tot en met Figuur F 61 in BIJLAGE H.F geven een grafisch overzicht van de statistische parameters.

Voor de periode van jan2016 zijn voor de Westerschelde voornamelijk de RMSE-waarden voor de laagwaters enkele centimeters hoger ten opzichte van de kalibratieperioden. De RMSE-waarde voor de volledige tijdreeksen langs de Westerschelde bedraagt maximum 10 cm, voor de hoogwaters maximum 7 cm en voor de laagwaters maximum 13 cm. De absolute waarde van de bias bedraagt voor de volledige tijdreeks en de hoogwaters maximum 8 cm, en voor de laagwaters maximum 11 cm.

Langs de Beneden-Zeeschelde bedraagt de RMSE-waarde voor de volledige tijdreeks 9 tot 17 cm, voor de hoogwaters 7 tot 11 cm, en voor de laagwaters 8 tot 15 cm. De absolute waarde van de bias bedraagt maximum 10 cm.

Langs de Boven-Zeeschelde bedraagt de RMSE-waarde voor de volledige tijdreeks 17 tot 28 cm, voor de hoogwaters 7 tot 20 cm, en voor de laagwaters 14 tot 40 cm in Melle. Deze grote RMSE-waarde is voornamelijk te wijten aan het sterk onderschatten van de twee laatste laagwaters tijdens de simulatieperiode (zie Figuur F 16). Dit is mogelijk te wijten aan het gebruik van daggemiddelde debieten als opwaartse randvoorwaarde te Merelbeke. Hierdoor wordt het verloop van het getij in het model minder beïnvloed door het bovendebiet. De absolute waarde van de bias bedraagt maximum 13 cm voor de volledige tijdreeksen en de hoogwaters, en maximum 27 cm voor de laagwaters.

In het Rupelbekken bedraagt de RMSE-waarde voor de volledige tijdreeks 5 tot 34 cm, voor de hoogwaters maximum 29 cm en voor de laagwaters maximum 28 cm, met uitzondering van Kessel. De aangepaste stuwstand ten opzichte van de automatische regeling te Mechelen, tijdens de eerste vier en laatste drie getijden van de simulatieperiode, heeft een effect op de Dijle tot in Rijmenam en Rotselaar (zie Figuur F 25 tot en met Figuur F 27). In het model werd echter gerekend met de automatische regeling.

De afwijkende waarden ter hoogte van Kessel zijn mogelijk te wijten aan een gewijzigd waterpeil tengevolge van de aan- of afwezigheid van plantengroei in de rivier. De Manningwaarde werd hiervoor niet aangepast. Voor Hulshout is de RMSE-waarde voor de hoog- en laagwaters gelijk aan nul. Door de grote invloed van de bovenafvoer is hier echter geen getij zichtbaar waardoor het niet mogelijk is waarden te berekenen voor de hoog- en laagwaters. Dit is eveneens zo voor Geel-Zammel.

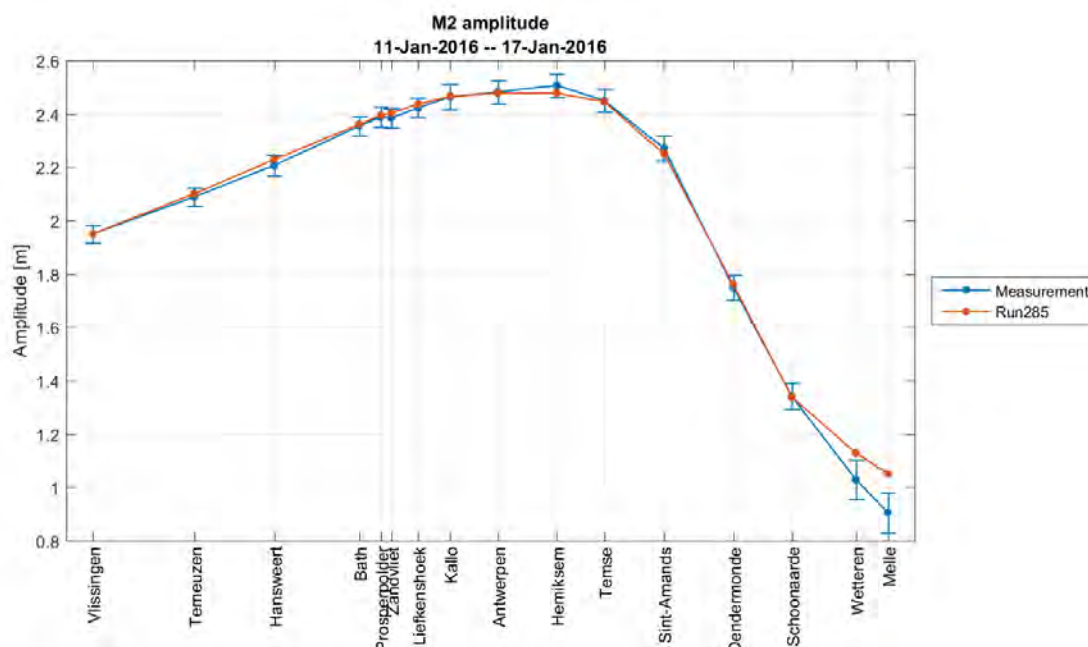
Ook bij deze storm valt de maximale windsnelheid niet samen met een constante wind uit het noordwesten (zie Figuur 54). Na het voorkomen van de maximale windsnelheid, in de nacht van 14 op 15 januari 2016, draait de wind verder naar het noorden. In de nacht van 15 op 16 januari 2016 kent de windsnelheid een sterke daling, en draait de wind terug naar het westen tot zuidwesten. Voornamelijk tijdens de periode, wanneer de windsnelheid lager is dan 15 m/s, worden de laagwaters onderschat door de gemodelleerde waarden. Deze periode valt echter ook samen met de onderschatte laagwaters opwaarts die mogelijk te wijten zijn aan het opleggen van de daggemiddelde debieten te Merelbeke.

5.10.2 Harmonische analyse

De M2 amplitude en het vectorieel verschil van de harmonische analyse van de waterpeilen wordt voor validatieperiode jan2016 weergegeven in Tabel F 3 voor de meetposten langs de Westerschelde, Zeeschelde en Durme, en in Tabel F 4 voor de meetposten langs de waterlopen in het Rupelbekken. De M2 amplitude en het vectorieel verschil voor alle meetposten is grafisch weergegeven in Figuur F 62 tot en met Figuur F 77 in BIJLAGE H.F. In Figuur 66 wordt de M2 amplitude in de Westerschelde en Zeeschelde voor deze validatieperiode weergegeven.

Het verschil in M2 amplitude van de gemodelleerde en gemeten waterpeilen is het grootst te Wetteren en Melle, met respectievelijk 15 en 10 cm. Voor de andere meetposten langs de Westerschelde en Zeeschelde bedraagt deze waarde maximum 3 cm. In het Rupelbekken bedraagt deze waarde maximum 6 cm.

Figuur 66 – M2 amplitude Run285 versus metingen – jan2016 – Westerschelde en Zeeschelde



5.10.3 Lengteprofielen en overstromingskaart

Op basis van de maximum waterpeilen tijdens de storm van jan2016 werden lengteprofielen voor de verschillende waterlopen en een overstromingskaart van de gemodelleerde overstromingsgebieden opgemaakt. De lengteprofielen worden weergegeven in Figuur I 16 tot en met Figuur I 20. De overstromingskaart is toegevoegd in BIJLAGE J.

Het lengteprofiel van de Westerschelde en Zeeschelde toont een onderschatting van de maximum waterpeilen die opgetreden zijn tussen Terneuzen en Schoonaarde. Ter hoogte van Antwerpen bedraagt het verschil 11 cm. Langs de Rupel en opwaartse waterlopen bedraagt het verschil tussen de gemeten en gesimuleerde maximum waterpeilen maximum 10 cm, met uitzondering van het maximum waterpeil te Grobbendonk. Langs de Durme zijn de verschillen groter. Dit kan echter verklaard worden door de mogelijk verouderde bathymetrie van de Durme.

De overstromingskaart toont overstromingen van beperkte diepte in de valleigebieden langs de Rupel en opwaarts. Dit zijn echter geen overstromingen door overtopping van de dijken, doch wel door het niet voldoende kunnen uitwateren van de bovenafvoer die in de gebieden terecht komt. De diepte van de overstromingen in de GOG's werd niet geverifieerd.

5.11 Samenvatting kalibratie en validatie

In Tabel 19 en Tabel 20 wordt een overzicht gegeven van respectievelijk de RMSE- en bias-waarden van de kalibratie- en validatieperioden. Hieruit blijkt dat de RMSE-waarden voor de verschillende kalibratieperioden in dezelfde grootte-orde liggen. De RMSE-waarden voor de validatieperioden zijn vooral voor de Boven-Zeeschelde en Durme, en in het Rupelbekken wat groter. De grootste RMSE-waarden komen telkens voor in de Boven-Zeeschelde. Tabel 21 geeft een overzicht van het verschil in M2 amplitude tussen Run285 en de metingen voor de verschillende kalibratie- en validatieperioden. Op enkele afwijkende waarden na is dit verschil steeds kleiner dan 10 cm.

Tabel 19 – Overzicht RMSE-waarden kalibratie- en validatieperioden

RMSE [cm]	Westerschelde			Beneden-Zeeschelde			Boven-Zeeschelde & Durme			Rupel		
	TS	HW	LW	TS	HW	LW	TS	HW	LW	TS	HW	LW
Jun2014	2-9	2-5	2-9	9-18	3-5	3-10	17-20	4-14	7-16	3-21	3-11	1-14
Okt2014	2-6	2-6	2-5	7-13	4-10	4-9	11-13	3-9	5-14	4-19	1-18	1-20
Dec2013	2-8	2-5	2-8	8-16	3-10	2-10	12-16	4-9 (22)	7-23	2-14	2-15	3-12
Nov2010	2-7	2-4	2-10	7-16	5-8	9-13	18-29	6-23	16-34	6-26	1-26 (35)	6-28
Nov2015	2-9	2-13	2-6	10-19	13-16	6-10	16-20	10-18	6-26	1-22	1-21	2-18
Jan2016	0-10	0-5	0-13	9-17	7-11	8-15	17-28	7-20	14-40	5-34	2-29	1-28

(Afwijkende waarden van één meetpost worden tussen haakjes aangegeven)

Tabel 20 – Overzicht absolute waarde bias kalibratie- en validatieperioden

Absolute waarde bias [cm]	Westerschelde			Beneden-Zeeschelde			Boven-Zeeschelde & Durme			Rupel		
	TS	HW	LW	TS	HW	LW	TS	HW	LW	TS	HW	LW
Jun2014	2-6	2-5	2-8	1-7	0-5	2-10	6-15	2-13	6-16	2-11	2-11	2-13
Okt2014	1-2	2-5	1-3	0-3	1-9	0-8	1-10	1-9	3-12	0-12 (19)	1-6 (18)	1-15 (20)
Dec2013	2-5	2-5	1-4	0-5	1-9	1-8	2-10	0-6	0-10 (20)	2-13	1-13	1-12
Nov2010	2-5	1-2	2-9	3-8	1-6	9-13	8-16	0-9	14-25	1-25	1-19 (35)	2-20 (26) (30)
Nov2015	1-2	0-9	2-5	1-5	7-13	2-9	0-8	2-14	1-9 (18)	1-14 (21)	3-20	1-16
Jan2016	0-8	0-6	0-11	1-6	4-10	4-13	4-11	5-12	10-19 (27)	5-19 (26) (29)	3-17	5-24

(Afwijkende waarden van één meetpost worden tussen haakjes aangegeven)

Tabel 21 – Overzicht verschil M2 amplitude Run285 versus metingen – kalibratie- en validatie perioden

Verschil M2 amplitude Run285-meting [cm]	Westerschelde	Beneden-Zeeschelde	Boven-Zeeschelde & Durme	Rupel
Jun2014	≤1	≤2	≤3	≤8
Okt2014	≤1	≤4	≤3	≤3
Dec2013	≤1	≤5	≤5 (9)	≤4
Nov2010	≤1	≤3	≤8	≤6
Nov2015	≤4	≤6	≤9	≤3
Jan2016	≤1	≤3	≤3 (10)(15)	≤6

(Afwijkende waarden van één meetpost worden tussen haakjes aangegeven)

5.12 Vergelijking met 2D- en 3D-modellen Zeeschelde

Recent werden verschillende 2D- en 3D-modellen van het Schelde-estuarium gekalibreerd. De resultaten van deze kalibraties worden vergeleken met de resultaten van de kalibratie van het 1D-model van de Zeeschelde.

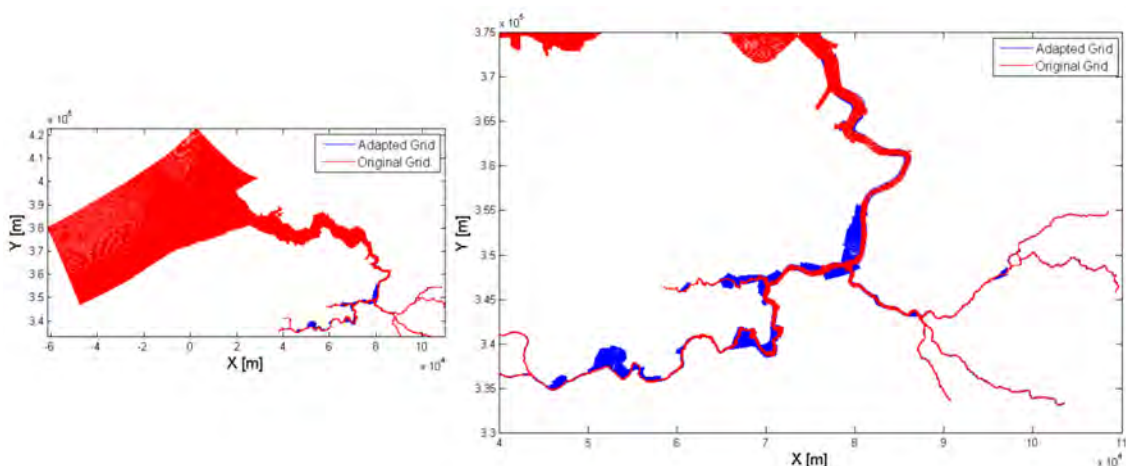
5.12.1 Operationeel 2D NEVLA-model

Door het Waterbouwkundig Laboratorium werd in 2004 een hydrodynamisch model – NEVLA– gebouwd van het Schelde-estuarium en alle, via de Zeeschelde, aangesloten getij-afhankelijke zijrivieren. Het oorspronkelijke NEVLA model wordt besproken in (Hartsuiker & van Banning, 2004). Het model werd opgebouwd in de SIMONA-software (Rijkswaterstaat, Nederland) en omvat een ruim zeegebied evenals alle Vlaamse getijrivieren: Schelde, Durme, Rupel, Nete (Beneden, Grote en Kleine), Dijle en Zenne. Deze rivieren zijn allen tot aan hun getijgrens opgenomen in het model. Zouteffecten worden eveneens beschouwd in het model. In 2009 werd een actualisatie uitgevoerd van het bestaande instrumentarium van 2D modellen van de Westerschelde, Zeeschelde en bovenlopen met tijwerking (cf. NEVLA-model)(Vanlede *et al.*, 2009). In 2012 werd het NEVLA-model ingebouwd in de operationele modeltrein van het hydrodynamisch voorspellingsysteem voor Kust en Schelde (VSSKS) (Jespers *et al.*, 2014).

In het operationeel 2D NEVLA-model werd de bathymetrie van het model aangepast en het model werd uitgebreid met GOG- en GGG-functionaliteit (Chu *et al.*, 2016). Zowel voor de Westerschelde als voor de Zeeschelde werd de bathymetrie van 2013 geïmplementeerd in het model. Het grid van het NEVLA-model werd uitgebreid met de gecontroleerde overstromingsgebieden en gereduceerde getijgebieden zoals voorzien in het Sigma-plan. Figuur 67 toont het originele en het aangepaste grid van dit model.

De kalibratie van het model met overstromingsgebieden werd uitgevoerd voor een periode met gemiddeld getij van 20 september 2013 tot 4 oktober 2013. In een validatierun werd het model met overstromingsgebieden doorgerekend voor een periode met de Sinterklaasstorm, van 30 november tot 13 december 2013. De bias-waarden voor de Westerschelde, Zeeschelde en Durme voor deze run met de Sinterklaasstorm, met naam NEVLA_B7storm, worden weergegeven Tabel 22. Algemeen zijn de bias-waarden hoger dan deze voor de run van het 1D-model met de Sinterklaasstorm. Het NEVLA-model onderschat de waarden van het hoogwater langs het Schelde-estuarium, tijdens deze stormperiode. Het model werd echter niet gekalibreerd voor deze periode.

Figuur 67 – Vergelijking van het originele NEVLA grid en het aangepaste grid in het operationeel 2D NEVLA-model



(Chu *et al.*, 2016)

Tabel 22 – Absolute waarden bias voor tijdreeksen waterpeilen, hoogwaters en laagwaters – NEVLA_B7storm – Westerschelde, Zeeschelde en Durme

NEVLA_B7storm vs metingen	Westerschelde			Beneden-Zeeschelde			Boven-Zeeschelde & Durme		
	TS	HW	LW	TS	HW	LW	TS	HW	LW
Absolute waarde bias [cm]	/	3-14	4-5	/	10-18	2-30	/	13-25	40-90

5.12.2 3D NEVLA-model

Het 3D-NEVLA-model is gebaseerd op het 2D NEVLA-model model zoals beschreven in vorige paragraaf. Het 3D NEVLA-model heeft zes lagen met een verschillende dikte. In dit model wordt bijkomend gerekend met saliniteit. Dit model heeft hetzelfde grid als het originele 2D NEVLA-model.

In het 3D NEVLA-model werden verschillende verbeteringen aangebracht waaronder de implementatie van een nieuwe bathymetrie, gebaseerd op bathymetrische data van 2009 voor de Westerschelde en Zeeschelde, en van 2010 voor het Rupelbekken (Vanlede *et al.*, 2015). Het model werd gekalibreerd in twee fasen. In de eerste fase van de kalibratie lag de focus voornamelijk op de harmonische voortplanting van de getijgolf doorheen het Schelde-estuarium. Hierbij werd rekening gehouden met het effect op de waterpeilen, snelheid en debieten. In deze eerste fase werd het model gekalibreerd voor een periode van 24 mei 2009 tot 26 juni 2009. De finale modelrun van de eerste fase van de kalibratie is simG141b.

In de tweede fase van de kalibratie werd voornamelijk gefocust op de snelheden in de ondiepe en intertidale gebieden. Na deze kalibratie werd het model gevalideerd voor het jaar 2009, in run simG146.

De RMSE-waarden voor de volledige tijdreeksen van de waterpeilen, hoogwaters en laagwaters voor de kalibratierun simG141b en validatierun simG146, worden weergegeven in Tabel 23. Deze waarden zijn hoger dan de RMSE-waarden voor het 1D-model voor de kalibratieperiode jun2014 met gemiddeld getij.

Tabel 23 – RMSE-waarden voor tijdreeksen waterpeilen, hoogwaters en laagwaters – 3D NEVLA-model simG141b & simG146 – Westerschelde, Zeeschelde en Durme

NEVLA 3D sim vs metingen	Kalibratie-/validatieperiode	Westerschelde			Beneden-Zeeschelde			Boven-Zeeschelde & Durme		
		TS	HW	LW	TS	HW	LW	TS	HW	LW
G141b RMSE [cm]	Kalibratie 24/05/2009 – 26/06/2009	11-15	11-14	8-9	15-20	15-18	9-15	22-33	11-18	8-29
G146 RMSE [cm]	Validatie 04/01/2009 – 01/10/2010	12-15	11-14	11-12	16-21	12-16	12-16	21-24 (39)	12-19 (24)	9-27

(Afwijkende waarden van één meetpost worden tussen haakjes aangegeven) (Vanlede *et al.*, 2015)

5.12.3 3D Scaldis model

Het 3D SCALDIS model is ontwikkeld in TELEMAC software voor de getijgebonden Schelde. Het ongestructureerd grid laat toe om een groot modelgebied te combineren met een hoge resolutie in de opwaartse gebieden (Smolders *et al.*, 2016). Het modeldomein omvat de volledige Belgische kustzone, de Westerschelde, Zeeschelde en getijgebonden zijrivieren. In verticale richting telt het model vijf lagen. Alle GOG-gebieden, die reeds actief zijn, gepland of beslist zijn in het kader van het Sigma-plan, zijn opgenomen in het Scaldis model. De gebieden die nog niet in werking zijn, zijn ook in het model nog niet actief.

Het model werd gekalibreerd voor een periode van 20 dagen van 13/09/2013 tot 03/10/2013. Deze periode omvat een periode met verhoogde bovenafvoer gevolgd door een tijcyclus met gemiddeld getij. Nadien werd een periode van 5 dagen doorerekend met de Sinterklaasstorm, van 03/12/2013 tot 09/12/2013. Een overzicht van de RMSE- en bias-waarden wordt gegeven in Tabel 24. De RMSE- en bias-waarden voor de volledige tijdreeksen voor de kalibratieperiode zijn vergelijkbaar met de RMSE- en bias-waarden voor het 1D-model, voor de periode met gemiddeld getij. De RMSE-waarden voor de stormperiode zijn vooral voor de Zeeschelde groter dan de RMSE-waarden voor het 1D-model voor de kalibratieperiode dec2013. Het 3D SCALDIS model is echter niet gekalibreerd voor deze periode.

Tabel 24 - Statistische parameters voor tijdreeksen waterpeilen, hoogwaters en laagwaters – kalibratieperiode en stormperiode Scaldis 3D – Westerschelde en Zeeschelde

SCALDIS 3D vs metingen		Westerschelde			Beneden-Zeeschelde			Boven-Zeeschelde			Rupelbekken		
		TS	HW	LW	TS	HW	LW	TS	HW	LW	TS	HW	LW
Kalibratie- periode sept- okt2013	RMSE [cm]	9-11	8-10	7-8	12-15	11-13	8-11	12-18	11-15	7-19	12-24	10-29	4-16 (34)
	Absolute waarde bias [cm]	0-2	2-5	1-3	4-8	5-9	3-8	1-10	2-9	1-11	1-12	1-29	1-15 (33)
Storm- periode dec2013	RMSE [cm]	19-21	12-15	19-25	23-27	15-19	21-24	17-25	14-17	7-19	14-27	10-23	10-18 (31)
	Absolute waarde bias [cm]	4-9	3-7	13-21	7-12	1-3	12-19	4-10	1-8	2-16	2-11	2-19	5-17 (29)

(Afwijkende waarden van één meetpost worden tussen haakjes aangegeven)

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies modelbeschrijving

Voorliggend rapport geeft een beschrijving van het geactualiseerde 1D numeriek model van de Zeeschelde en de getijgebonden zijrivieren. Tijdens de modelactualisatie werden verschillende stappen uitgevoerd: aanpassing van de naamgeving volgens de algemene richtlijnen, implementatie van de meest recente bathymetrie, aanpassing van de overstromingsgebieden langs de Zeeschelde, aanpassing van de regeling van de structuren, ... Deze stappen worden niet beschreven in dit rapport, en zijn opgenomen in de rekennota. Enkel het eindresultaat, het geactualiseerd model, wordt zo volledig mogelijk beschreven.

6.2 Conclusies kalibratie en validatie

Het model werd gekalibreerd op basis van de ruwheid van de rivierbodem, voor drie kalibratieperioden, waaronder één periode met gemiddeld getij en twee perioden met stormtij. De kwaliteit van het gekalibreerde model is beschreven aan de hand van de RMSE- en bias-waarden van de gemodelleerde waterpeilen ten opzichte van de gemeten waterpeilen, zowel voor volledige tijdreeksen als voor hoog- en laagwaters. Voor deze kalibratieperioden bedraagt de RMSE-waarde voor de Westerschelde maximum 10 cm, voor de Beneden-Zeeschelde 3 tot 18 cm, voor de Boven-Zeeschelde 3 tot 23 cm en voor het Rupelbekken 1 tot 21 cm. De bias-waarde varieert voor de Westerschelde tussen -8 en 8 cm, voor de Beneden-Zeeschelde tussen -10 en 13 cm, voor de Boven-Zeeschelde tussen -15 en 12 cm en voor de Rupel tussen -15 en 15 cm. Bijkomend werd het verschil in de amplitude van de harmonische M2 component beschouwd van de finale modelrun ten opzichte van de metingen. Dit verschil is voor de periode met gemiddeld getij kleiner dan 3 cm langs de Westerschelde en Zeeschelde, en kleiner dan 8 cm in het Rupelbekken.

Voor de validatie van het model werden drie extra simulatieperioden in beschouwing genomen en werden ook de debieten langs de Zeeschelde en Rupel voor de periode met gemiddeld getij geanalyseerd. De drie validatieperioden betreffen een periode met verhoogde bovenafvoer en twee stormperioden met maximum hoogwater in Antwerpen boven TAW +6,70 m. Tijdens de periode met verhoogde bovenafvoer liggen de RMSE-waarden voor de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde binnen dezelfde orde van grootte als bij de kalibratieperioden. De RMSE-waarden voor de Boven-Zeeschelde en het Rupelbekken zijn iets groter. Tijdens de stormperioden zijn de RMSE-waarden verhoogd ten opzichte van de kalibratieperioden. Voornamelijk tijdens het stormtij zijn de afwijkingen het grootst. Dit is mogelijk te wijten aan de implementatie van de wind in het model. Deze werd tijdens de huidige kalibratie niet gewijzigd. De windsnelheid en windrichting zijn tijdens de stormen gebruikt bij de kalibratie vrij gelijkaardig. Bij de stormen gebruikt bij de validatie is de windsnelheid hoger of lager, en is de variatie van de windrichting tijdens de storm groter. Dit gaat gepaard met een sterkere afwijking van de gemodelleerde versus de gemeten waarden. Voor de validatieperiodes met de twee stormen bedraagt de RMSE-waarde voor de Westerschelde maximum 13 cm, voor de Beneden-Zeeschelde 6 tot 19 cm, voor de Boven-Zeeschelde 6 tot 28 cm, tot lokaal 40 cm, en voor het Rupelbekken 2 tot 30 cm, tot lokaal 45 cm. Lokaal grotere afwijkingen zijn mogelijk te wijten aan invloeden van plantengroei, zoals opwaarts op de Grote en Kleine Nete, of aan het opleggen van een daggemiddeld debiet te Merelbeke. Vergelijking met 2D- en 3D-modellen toont aan dat deze RMSE-waarden vergelijkbaar of kleiner zijn, dan de RMSE-waarden die bekomen zijn na kalibratie van de 2D- of 3D-modellen van het Schelde-estuarium.

Het gemodelleerde debiet werd met behulp van 'comparable tides' vergeleken met het verloop van gemeten debieten tijdens verschillende meetcampagnes op de Zeeschelde en de Rupel. Het verloop van het gemodelleerde debiet benadert het verloop van de gemeten debieten goed. De RMSE-waarde van de tijdreeksen van de debieten bedraagt 5 tot 11% van het maximum debiet op een bepaalde locatie.

6.3 Aanbevelingen

In de jaren 2013 tot en met 2015 werd een nieuw DHM opgemaakt voor Vlaanderen. Dit DHM Vlaanderen II is beschikbaar sinds eind 2015. Aanbevolen wordt om de schematisatie van de overstromingsgebieden te herbekijken op basis van dit DHM. Mogelijk kunnen de afbakening van de overstromingsgebieden wel behouden blijven. Opnieuw afleiden van de dwarssecties van de parallelle takken of de hoogte-oppervlakte-relaties van de reservoirs kan leiden tot een grotere nauwkeurigheid van de gemodelleerde overstromingen.

Voor enkele waterlopen zijn nog meer recente topografische en bathymetrische gegevens beschikbaar dan deze die in het model opgenomen zijn. Van de Kleine Nete, Neteafleiding en Grote Nete werden bathymetrische opmetingen uitgevoerd in 2010. Hierbij werd echter de topografie niet volledig opnieuw opgemeten. Indien er ook recentie topografische gegevens beschikbaar komen, kunnen deze bij een volgende actualisatie geïmplementeerd worden in het model.

In de Durme zijn de vorige jaren verschillende baggerwerken uitgevoerd, en worden nog baggerwerken gepland. De topobathymetrische gegevens die in het model geïmplementeerd zijn, komen niet overeen met de huidige toestand. Ter verbetering van de modelresultaten is het noodzakelijk meer recente topobathymetrische gegevens in het model op te nemen als deze beschikbaar zijn.

Aan de opwaartse zijde van de Durme werd een pompstation gebouwd, op de dam te Lokeren. Dit pompstation zal bij te hoge waterpeilen op de Moervaart, water overpompen van de Moervaart naar de Durme, met een maximum debiet van 7,5 m³/s, en tot een bepaald waterpeil in de Durme bereikt wordt. Dit pompstation heeft voor het eerst gewerkt tijdens de storm van januari 2016. Bij de simulatie van toekomstige stormen dient nagegaan te worden of dit pompstation gewerkt heeft en dient mogelijk bijkomend een opwaarts debiet op de Durme opgelegd te worden.

De waterpeilen op de Zeeschelde aan de opwaartse rand van het model worden sterk beïnvloed door het opgelegde debiet te Merelbeke en Zwijnaarde. Wanneer het niet mogelijk is de debieten over de stuwen te berekenen op basis van de stuwstanden, wordt aan de opwaartse rand te Merelbeke het daggemiddelde debiet van Melle opgelegd. Beter zou zijn om gemeten debieten ter hoogte van Merelbeke en Zwijnaarde op te leggen. Hiervoor is het echter noodzakelijk de debieten over of afwaarts van de stuwen te meten.

7 Referenties

- AGIV.** (2016). Digitaal hoogtemodel Vlaanderen. Available at: <https://www.agiv.be/producten/digitaal-hoogtemodel-vlaanderen/meer-over-dhm-v/producten-onderdelen/digitaal-hoogte-model-vlaanderen-i> [date of retrieval: 26/05/2016]
- Antwerpse Zeediensten.** (1988). Akoestische debietmeter te Melle: controlemeting dd. 25/2/1988. *Verslag. Antwerpse Zeediensten*, 88.03. Ministerie van Openbare Werken. Antwerpse Zeediensten: Antwerpen. 5 + figuren
- Boeckx, L.; Coen, L.; Deschamps, M.; Peeters, P.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2016). Stormperiode 28-30 november 2015. *WL Rapporten*, 00_119. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Boeckx, L.; Deschamps, M.; D'Haeseleer, E.; Vanneuville, W.; Viaene, P.; Van Eerdenbrugh, K.; Mostaert, F.** (2011). Wasgebeurtenissen 11-16 november 2010: beschrijving hydrologische gebeurtenissen. *WL Rapporten*, 738_03. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Boeckx, L.; Taverniers, E.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2015). Stormrapport: stormtij Zeescheldebekken 22 oktober 2014. *WL Rapporten*, 00_119. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Bogman, P.; Vanderkimpen, P.; Boey, I.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2015). Optimalisatie Sigmaplan Demer: deelrapport 2. Scenario-analyse. *WL Rapporten*, 14_105. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Bonnet, L.; Lamoen, J.** (1937). Verslag over een modelproef voor een overstroombaren dijk, aan te brengen op den rechteroever der Durme tusschen Waasmunster en Lokeren. *WL Rapporten*, 14. Waterbouwkundig Laboratorium: Borgerhout
- Bos, M.G.** (1989). Discharge measurements structures, ILRI publi: Wageningen, The Netherlands
- Chu, K.; Buitrago, S.; Depreiter, D.; Deschamps, M.** (2016). Ondersteuning en verbetering operationeel voorspellingscluster VSSKS - Uitbreiding van het operationeel 2D Nevla model met GOG en GGG functionaliteit. Versie 1.0. *WL Rapporten*, 13_133_1. Waterbouwkundig Laboratorium/IMDC: Antwerpen
- CIW.** (2008a). Het bekkenbeheerplan van het Benedenscheldebekken 2008-2013 - Integraal Waterbeleid in de praktijk. *D/2009/687/006*. Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid (CIW)
- CIW.** (2008b). Het bekkenbeheerplan van het Demerbekken 2008-2013 – Integraal waterbegeleid in de praktijk. *D/2009/687/011*. Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid (CIW)
- CIW.** (2008c). Het bekkenbeheerplan van het Dijle-Zennebekken 2008-2013 - Integraal waterbeleid in de praktijk. *D/2009/687/010*. Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid (CIW)
- CIW.** (2008d). Het bekkenbeheerplan van het Netebekken 2008-2013 – Integraal waterbegeleid in de praktijk. *D/2009/687/012*. Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid (CIW)
- CIW.** (2015a). Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021 - Beheerplan voor het Vlaams deel internationale stroomgebieddistrict Schelde. Available at: http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/stroomgebiedbeheerplannen/stroomgebiedbeheerplannen-2016-2021/documenten/Vlaams_deel_stroomgebied_Schelde.pdf [date of retrieval: 07/03/2016]
- CIW.** (2015b). Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021 - Bekkenspecifiek deel Benedenscheldebekken. Available at: <http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/stroomgebiedbeheerplannen/stroomgebiedbeheerplannen-2016-2021/documenten/Benedenscheldebekken.pdf> [date of retrieval: 07/03/2016]

- CIW.** (2015c). Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021 - Bekkenspecifiek deel Demerbekken. Available at: <http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/stroomgebiedbeheerplannen/stroomgebiedbeheerplannen-2016-2021/documenten/Demerbekken.pdf> [date of retrieval: 07/03/2016]
- CIW.** (2015d). Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021 - Bekkenspecifiek deel Dijle-Zennebekken. Available at: <http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/stroomgebiedbeheerplannen/stroomgebiedbeheerplannen-2016-2021/documenten/Dijle-Zennebekken.pdf> [date of retrieval: 07/03/2016]
- CIW.** (2015e). Stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde 2016-2021 - Bekkenspecifiek deel Netebekken. Available at: <http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/stroomgebiedbeheerplannen/stroomgebiedbeheerplannen-2016-2021/documenten/Netebekken.pdf>, laatst geraadpleegd op 07/03/2016 [date of retrieval: 07/03/2016]
- Coen, L.; Boeckx, L.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2016). Model- en data-analyse ten behoeve van betere tij-verwachtingen: Deelrapport 2 – GOG-werking langs de Zeeschelde. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 16_016_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Coen, L.; Boey, I.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2015a). Sigma - cluster Nete en Kleine Nete: Polder van Lier: optimalisatie uitwatering en veiligheidsberekeningen. *WL Rapporten*, 14_100. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Coen, L.; D’Haeseleer, E.; Pereira, F.; Peeters, P.; Mostaert, F.** (2008). Studie ten behoeve van aanleg van overstromingsgebieden en natuurgebieden in het kader van het Sigmapijn - Ondersteunende studies: cluster Kalkense meersen. *WL Rapporten*, 713_15. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. 43 pp.
- Coen, L.; Pereira, F.; Vanderkimpen, P.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2014). Hindcast Sinterklaasstorm: 05-06/12/2013. *WL Adviezen*, 14_008. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Coen, L.; Vanderkimpen, P.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2017). Integraal plan Boven-Zeeschelde – Veiligheidstoets B-&C-alternatieven: deelrapport 1. Kalibratie Zeescheldemodel. Versie 5.0. *WL Rapporten*, 14_176_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. XXVII, 54 + 199 appendices
- Coen, L.; Vanderkimpen, P.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2015b). Rivierherstelplan Durmevallei: aanvulling ondersteunende modellering. *WL Rapporten*, 14_069. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- DHI.** (2012). MIKE11. A modelling system for rivers and channels. Reference manuel. MIKE by DHI
- Dumon, G.; Balcaen, N.; Huygens, M.; Hyde, P.; Haerens, P.** (2006). Hydrodynamica ter hoogte van de Vlakte van de Raan, *in*: Coosen, J. et al. (Ed.) (2006). *Studiedag: De Vlakte van de Raan van onder het stof gehaald, Oostende, 13 oktober 2006*. VLIZ Special Publication, 35. pp.2–15
- Hartsuiker, G.; van Banning, G.K.F.M.** (2004). 2Dh Nevla-Scheldemodel (SCALWEST 2000 met verbeterde Belgische roosterschematisatie): bouw en afregeling stromingsmodel. Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek: Antwerpen
- International Marine and Dredging Consultants; Belgroma; Soresma; HAECON; Analysis, R.; Technum.** (2003a). Actualisatie van het Sigmapijn. Integrale verkenning Scheldebekken. Integrale verkenning Rupelbekken. Planstudie rivierherstelproject Durme: deelopdracht 3: hydrodynamisch model: volume 2a. Hydrodynamisch model Scheldebekken. Versie 2.0. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Afdeling Zeeschelde: Antwerpen. IV, 51 + appendices

- International Marine and Dredging Consultants; Belgroma; Soresma; HAECON; Analysis, R.; Technum.** (2003b). Actualisatie van het Sigmaplan. Integrale verkenning Scheldebekken. Integrale verkenning Rupelbekken. Planstudie rivierherstelproject Durme: deelopdracht 3. Hydrologische en hydraulische modellen: volume 1a. Statistiek Scheldebekken. Versie 2.0. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Afdeling Zeeschelde: Antwerpen. VIII, 110 + cd-rom
- ISC-CIE.** (2016). Internationale Scheldecommissie. Available at: <http://www.isc-cie.org/NL/workshops/root/stroomgebiedsdistrict.html> [date of retrieval: 14/03/2016]
- Janekovic, I.; Powell, B.** (2012). Analysis of imposing tidal dynamics to nested numerical models. *Cont. Shelf Res.* 34: 30–40. Available at: <https://doi.org.10.1016/j.csr.2011.11.017>
- Jespers, N.; Depreiter, D.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2014). Ondersteuning en verbetering voorspellingscluster: deelrapport 3. Kwaliteitscontrole Nevla 2D voorspellingen op VSSKS. *WL Rapporten*, 00_044. Waterbouwkundig Laboratorium/IMDC: Antwerpen
- Laforce, E.; Coen, I.; Smets, E.** (1990). Wiskundig model van de Schelde: actualisatie Sigmaplan. *WL Rapporten*, 440_3. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- LIBOST-groep, T.V.W.-.** (2003). Sectorale analyse van het Netebekken. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Afdeling Water: Brussel. 1 file (13 deelrapporten)
- Nossent, J.; Boeckx, L.; Taverniers, E.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2014). Sinterklaasstorm 6 december 2013: beschrijving van de hydrometrische gebeurtenissen. *WL Rapporten*, 00_119. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Nossent, J.; Viaene, P.; Boeckx, L.; Deschamps, M.; Peeters, P.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2016). Stormrapport: hoogwaterperiode januari 2016. *WL Rapporten*, 00_119. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Pawlowicz, R.; Beardsley, B.; Lentz, S.** (2002). Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE. *Comput. Geosci.* 28(8): 929–937
- Smets, S.; Pereira, F.; Bulckaen, D.** (2005). Sigmaplan. Maatschappelijke KostenBatenAnalyse: deelopdracht 1. Faserapport 2: Nulalternatief: waterstanden, overstromingskaarten, schade, slachtoffers en risico. Versie 2.0. Projectconsortium MKBA Sigmaplan. Resource Analysis: Antwerpen. IX, 38 + appendices
- Smolders, S.; Maximova, T.; Vanlede, J.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2016). Integraal plan Bovenzeeschelde: Subreport 1. SCALDIS: a 3D Hydrodynamic model for the Scheldt Estuary. *WL Rapporten*, 13_131. Flanders Hydraulics Research: Antwerp
- Vanlede, J.; De Clercq, B.; Decrop, B.; Ides, S.; van Holland, G.; De Mulder, T.; Mostaert, F.** (2009). Verbetering randvoorwaardenmodel: deelrapport 2. Afregelen van het 2D Scheldemodel. *WL Rapporten*, 753_09. Waterbouwkundig Laboratorium/IMDC: Antwerpen
- Vanlede, J.; Delecluyse, K.; Primo, B.; Verheyen, B.; Leyssen, G.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2015). Verbetering randvoorwaardenmodel: subreport 7. Calibration of NEVLA 3D. *WL Rapporten*, 00_018. Flanders Hydraulics Research: Antwerpen
- Verbist, F.; Sterling, A.** (1971). Ijking van de stuwen B2 en B4 op de Schelde te Gent. *WL Rapporten*, 278. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Verkaik, J.W.** (2001). A method for geographical interpolation of wind speed over heterogeneous terrain. KNMI
- Vos, R.J.; ten Brummelhuis, P.G.J.; Gerritsen, H.** (2000). Integrated data-modelling approach for suspended sediment transport on a regional scale. *Coast. Eng.* 41(1–3): 177–200

Wens, F.; Roovers, P. (1977). Berekeningen in verband met de stormvloedbeheersing in het Scheldebekken. *WL Rapporten*, 331–2. Waterbouwkundig Laboratorium: Borgerhout

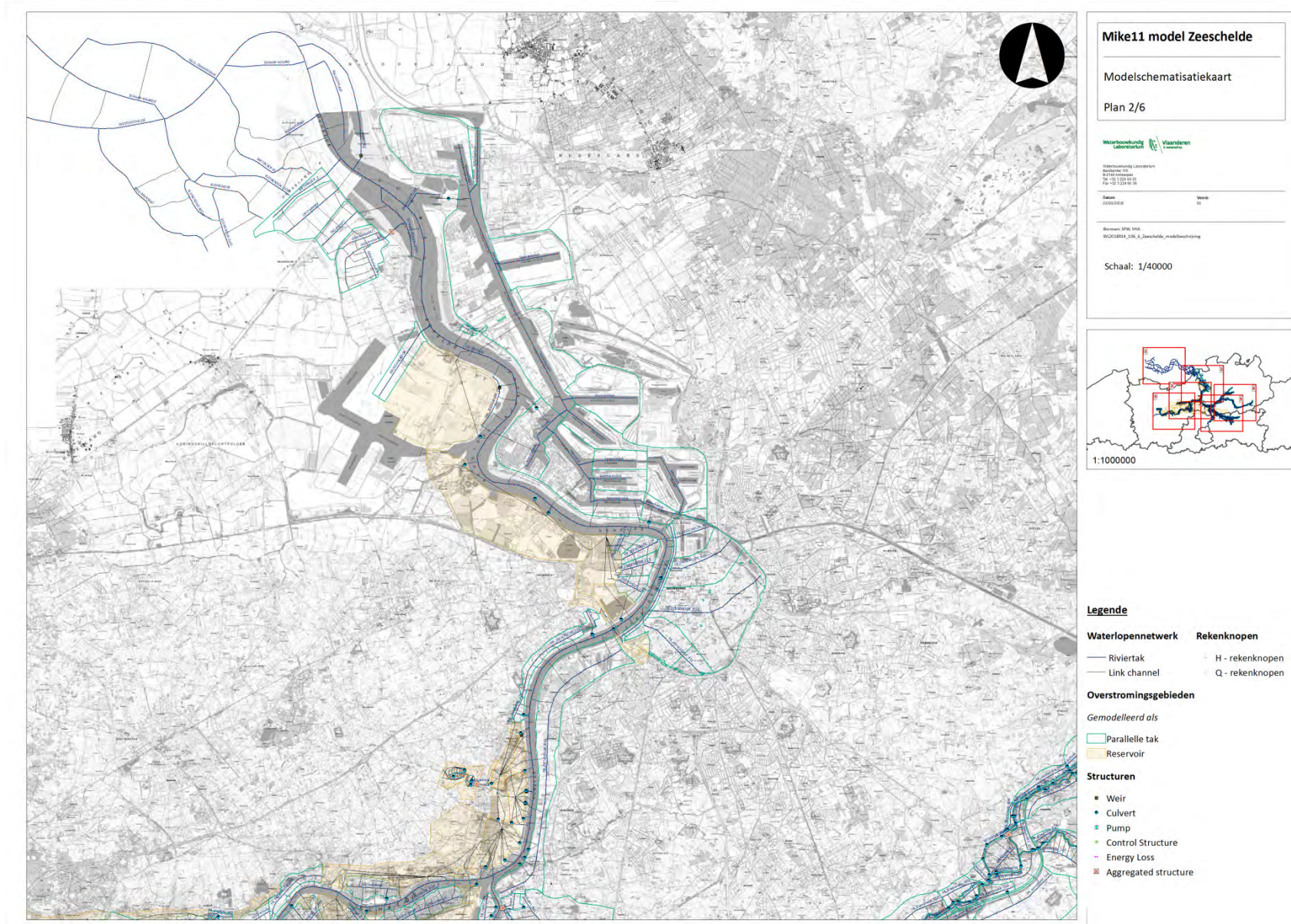
Wever, N.; Groen, G. (2009). Improving potential wind for extreme wind statistics. *KNMI Scientific Report*, WR 2009-02. KNMI: De Bilt, Nederland

BIJLAGE A Modelschematisatiekaarten

Voor meer details van de hierna afgebeelde kaarten, zie:

P:\14_106-onderhoMIKE11\3_Uitvoering\06_Zeeschelde\06_Rapportering\
WL2018R14_106_6_bijlagen





Mike11 model Zeeschelde

Modellschematisatiekaart

Plan 2/6

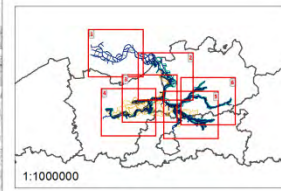
Waterloosveld
Laboratorium

Waterloosveld
Laboratorium
Postbus 10
3720 BA Zierikzee
T +31 (0)224 60 00
F +31 (0)224 60 00

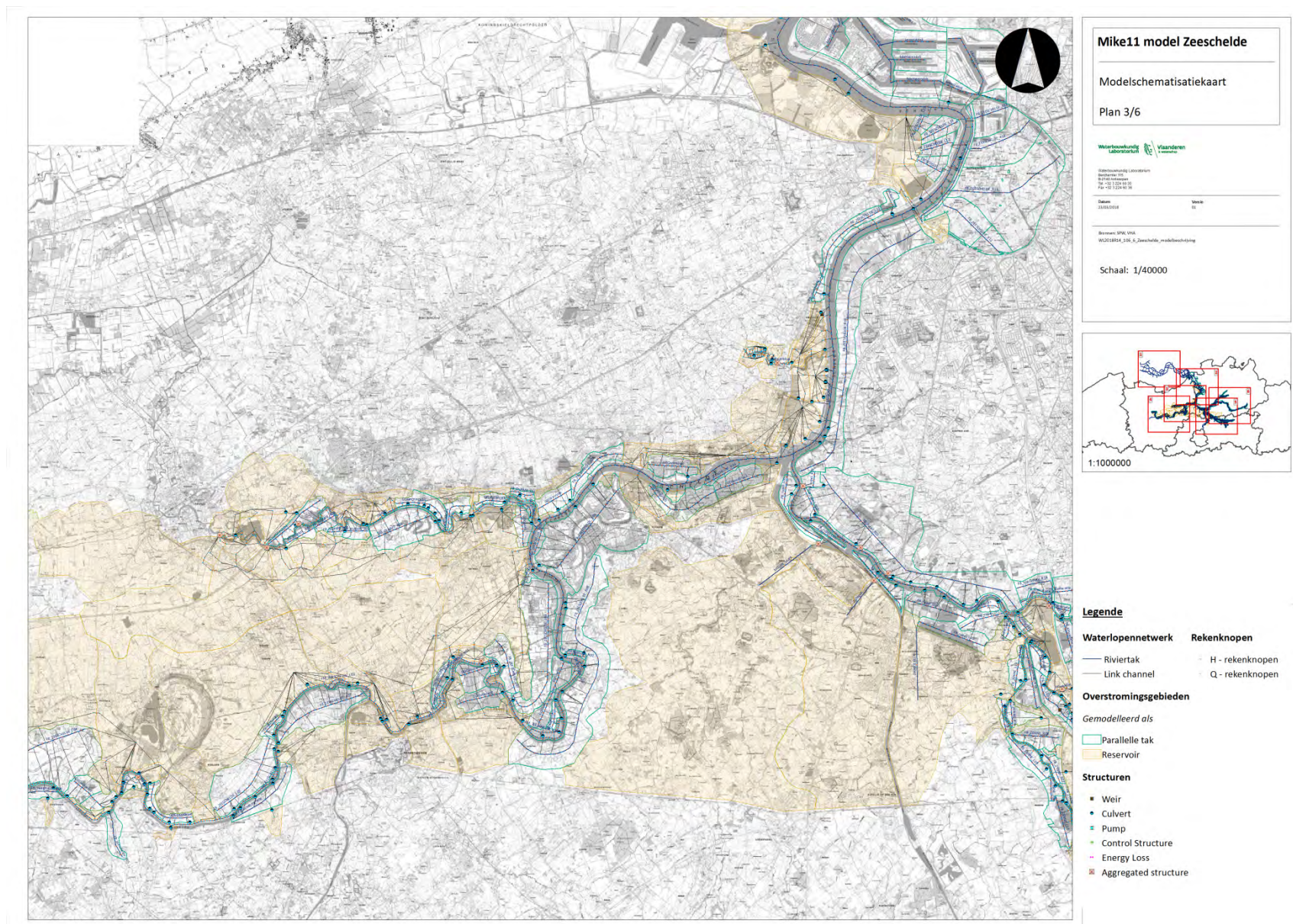
Naam: Zeeschelde
Versie: 01

Bereikt: SPW, VIA
WLO2018R14_106_6_Zeeschelde_modelbeschrijving

Schaal: 1/40000



- Legende**
- | | |
|----------------------------|--------------------|
| Waterlooppennetwerk | Rekenknopen |
| — Riviertak | ○ H - rekenknopen |
| — Link channel | ○ Q - rekenknopen |
- Overstromingsgebieden**
- Gemodelleerd als*
- ▭ Parallele tak
 - ▭ Reservoir
- Structuren**
- Weir
 - Culvert
 - Pump
 - Control Structure
 - Energy Loss
 - Aggregated structure





Mike11 model Zeeschelde

Modellschematisatiekaart

Plan 4/6

Waterloosveld
Waterloosveld
Waterloosveld

Waterloosveld
Waterloosveld
Waterloosveld

Naam

Zeeschelde

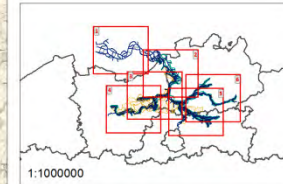
Werk

15

Bronnen: SPW, VWA

WLO18184_106_6_Zeeschelde_modelbeschrijving

Schaal: 1/40000



Legende

- | | |
|----------------------|--------------------|
| Waterloosveld | Rekenknoten |
| — Riviertak | ○ H - rekenknoten |
| — Link channel | ○ Q - rekenknoten |

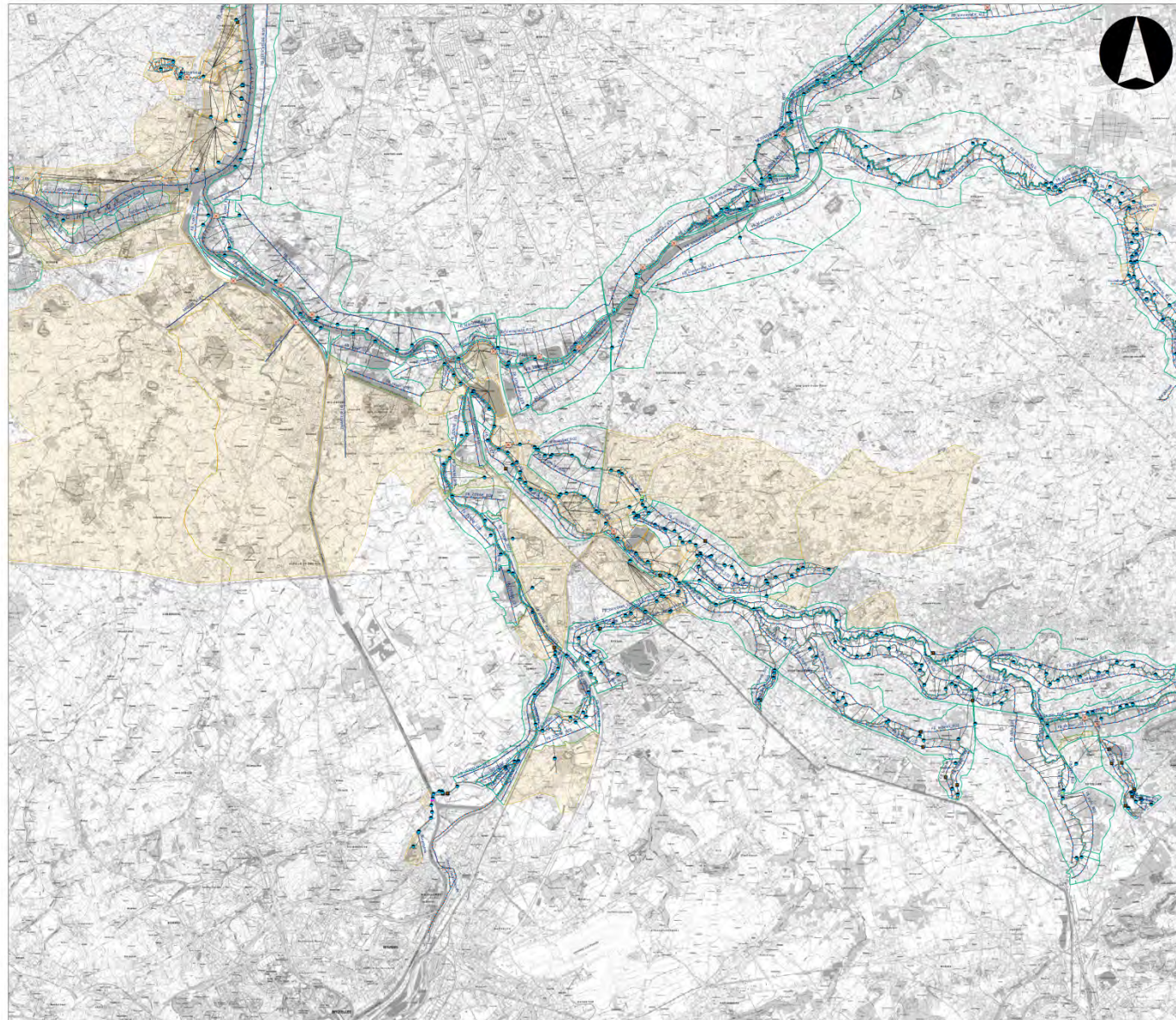
Overstromingsgebieden

Gemodelleerd als

- ▭ Parallele tak
- ▭ Reservoir

Structuren

- Weir
- Culvert
- Pump
- Control Structure
- Energy Loss
- Aggregated structure



Mike11 model Zeeschelde

Modelschematisatiekaart

Plan 5/6

Waterloosland
Laboratorium

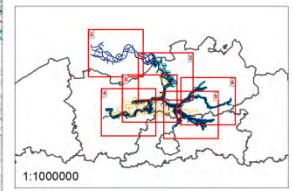
Vlaanderen
Vlaanderen

Waterloosland Laboratorium
Bioscience Park
3700 Breda
Tel: +31 (0)20 481 00
Fax: +31 (0)20 481 01

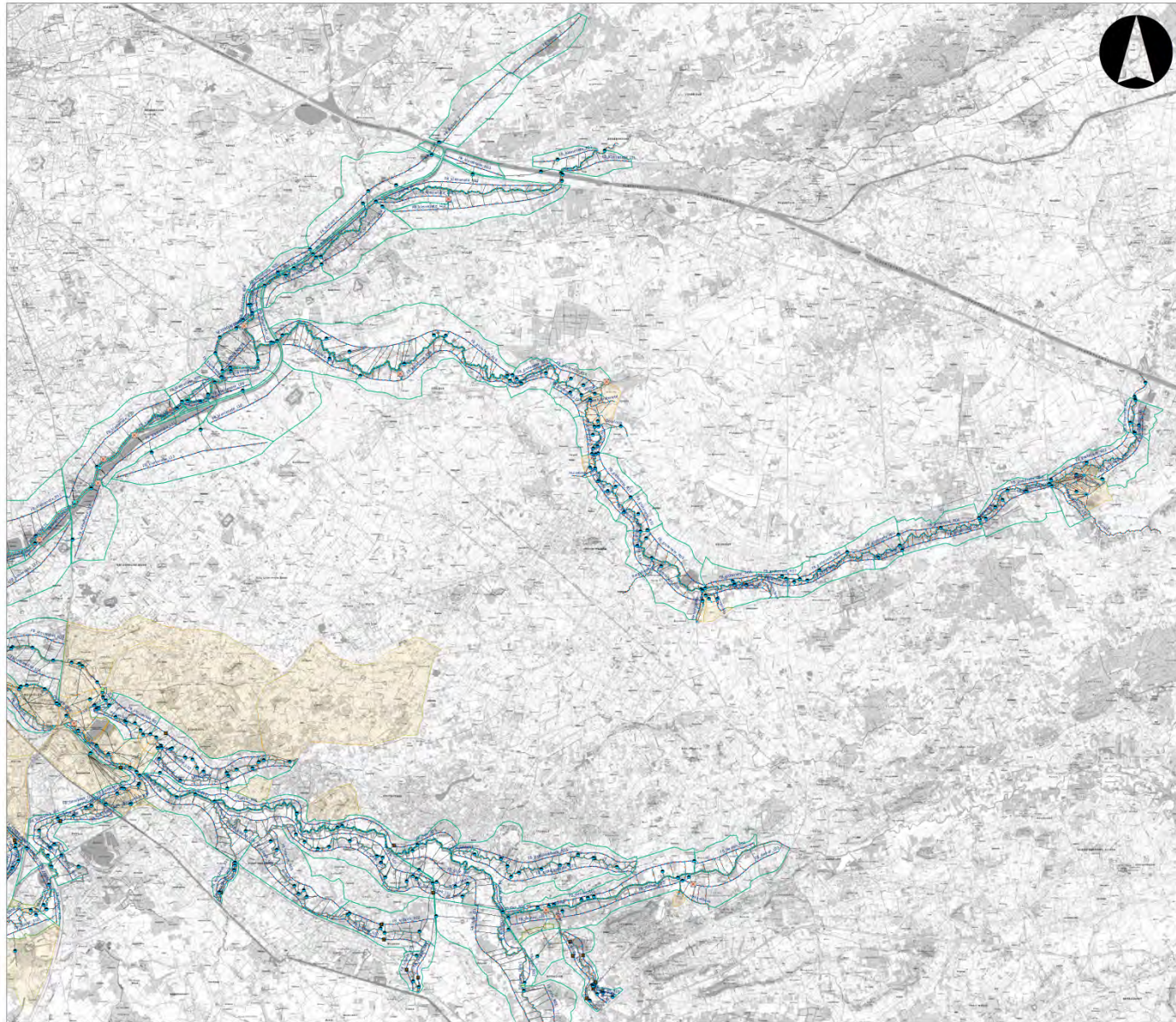
Naam: Zeeschelde
Versie: 01

Bronnen: SPW, VWA
WLO2018R14_106_6_Zeeschelde_modelbeschrijving

Schaal: 1/40000



- Legende**
- | | |
|------------------------------|--------------------|
| Waterlooppennetwerk | Rekenknoten |
| — Riviertak | ● H - rekenknoten |
| — Link channel | ● Q - rekenknoten |
| Overstromingsgebieden | |
| <i>Gemodelleerd als</i> | |
| ■ Parallele tak | |
| ■ Reservoir | |
| Structuren | |
| ■ Weir | |
| ● Culvert | |
| ■ Pump | |
| ■ Control Structure | |
| ■ Energy Loss | |
| ■ Aggregated structure | |



Mike11 model Zeeschelde

Modellschematisatiekaart

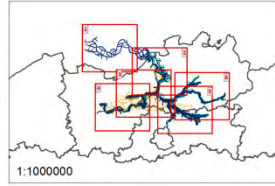
Plan 6/6

Waterloosdrechtse Waterleiding Maatschappij
 Waterloosdrechtse Waterleiding Maatschappij
 Stationsweg 10
 3720 XZ Waterloosdrecht
 Tel: +31 (0)344 61 00
 Fax: +31 (0)344 61 01

Naam: Zeeschelde
 Versie: 01

Bronnen: SPW, VWA
 WLO2018R14_106_6_Zeeschelde_modelbeschrijving

Schaal: 1/40000



- Legende**
- | | |
|----------------------------|--------------------|
| Waterlooppennetwerk | Rekenknopen |
| — Riviertak | ○ H - rekenknopen |
| — Link channel | ○ Q - rekenknopen |
- Overstromingsgebieden**
- Gemodelleerd als*
- ▭ Parallele tak
 - ▭ Reservoir
- Structuren**
- Weir
 - Culvert
 - Pump
 - Control Structure
 - Energy Loss
 - Aggregated structure

BIJLAGE B Bruggen in het hydrodynamisch model

Locatie	Brug	Waterloop	Chainage	ID	Sleutelpeil (mTAW)	Breedte (m)	Culvert (ja/nee)	Weir (ja/nee)
Hamme	Mira-brug / Hammebrug	Durme	3687	19.2.151.003.0-mirabrug	6.2	64.2	Ja	Nee
Waasmunster	Waasmunsterbrug	Durme	8795	20.2.151.002.0	9.9	51.61	Ja	Nee
Bazel	Brug N419	Barbierbeek	14581.5	ACAD	3.7	6.78	Ja	Ja
Boom	Baanbrug Boom	Rupel	4900	19.2.120.001.0	10.25	160	Ja	Nee
Lier	Lisperpoortbrug	NeteAfleiding	281	20.2.144.001	6.58	15.66	Ja	Nee
Lier	Nieuwe Antwerpsepoortbrug	NeteAfleiding	900	20.2.144.002	8.1	10.16	Ja	Nee
Lier	Mechelsepoortbrug	NeteAfleiding	1442	20.2.144.003	9.02	11	Ja	Nee
Lier	stuwbrug Lier	NeteAfleiding	2070	20.2.144.004	6.6	14.34	Ja	Nee
Lier	Leuvensepoortbrug	BenedenNete	338	20.2.142.012	7.22	17.75	Ja	Nee
Grobbendonk	Troonstraatbrug	KleineNete	611	20.2.142.001	9.08	16.8	Ja	Nee
Nijlen	Mol-ter-Nete overwelling B	KleineNete	9278	20.2.142.008	7.81	21.34	Ja	Nee
Nijlen	Mol-ter-Nete overwelling A	KleineNete	9294	20.2.142.009	9.68	12.32	Ja	Nee
Emblem	Emblembrug	KleineNete	12243	20.2.142.010	8.31	13.63	Ja	Nee
Lier	spoorbrug Nazareth	KleineNete	15515	20.5.142.011	9.42	10.48	Ja	Nee
Geel	K9_aminal	GroteNete	360	K9_aminal	17.9	8.4	Ja	Nee
Geel	K8_aminal	GroteNete	1029	K8_aminal	17.7	9.81	Ja	Nee
Geel	K7_aminal	GroteNete	1105	K7_aminal	17.97	9.61	Ja	Nee
Geel	K6_aminal	GroteNete	1151	K6_aminal	17.99	10.89	Ja	Nee
Geel	K4_aminal	GroteNete	2325	K4_aminal	16.86	6.4	Ja	Nee
Geel	Oosterlo trambrug	GroteNete	2361	20.2.143.001.0	16.75	11.8	Ja	Nee
Geel	Zammelbrug	GroteNete	6573	20.2.143.003.0	17.03	11.7	Ja	Nee
Westerlo	voetbrug Kwadebeek	GroteNete	8193	20.2.143.004.0	13.99	15.85	Ja	Nee
Westerlo	voetbrug Langedreef	GroteNete	8937	20.2.143.005.0	14.08	8.35	Ja	Nee
Westerlo	Marlybrug Westerlo	GroteNete	9603	20.2.143.007.0	13.69	13.2	Ja	Nee
Westerlo	Zoerle-Parwijs-brug	GroteNete	13053	20.2.143.008.0	13.01	17.07	Ja	Nee
Westmeerbeek	Nieuwe baanbrug Westmeerbeek	GroteNete	16886	20.2.143.009.0	10.87	18	Ja	Nee
Westmeerbeek	Spoorwegbrug Westmeerbeek	GroteNete	17623	20.2.143.010.0	12.5	12.94	Ja	Nee

Locatie	Brug	Waterloop	Chainage	ID	Sleutelpeil (mTAW)	Breedte (m)	Culvert (ja/nee)	Weir (ja/nee)
Heist-op-den-Berg	Nieuwe Booischotbrug	GroteNete	20585	20.2.143.011.0	9.4	19.08	Ja	Nee
Heist-op-den-Berg	Loodijkbrug	GroteNete	24274	20.2.143.012.0	9.23	18.54	Ja	Nee
Itegem	Trambrug Itegem	GroteNete	27970	20.2.143.013.0	8.75	17.3	Ja	Nee
Itegem	Baanbrug Itegem	GroteNete	28155	20.2.143.014.0	7.4	18.9	Ja	Nee
Itegem	Hellebrug	GroteNete	34075	20.2.143.016.0	6.9	17.69	Ja	Nee
Kessel	Boektbrug	GroteNete	39370	20.2.143.018.0	6	13	Ja	Nee
Lier	brug in oprit van brug 1	GroteNete	45173	20.2.143.020.0	6.39	17.7	Ja	Nee
Lier	Maasfortbrug	GroteNete	45572	20.2.143.021.0	6.3	14	Ja	Nee
Rotselaar	Provinciebaan	Dijle	6620	720/18000-020	11.7	16	Ja	Nee
Mechelen	Nekkerspoel, spoorweg	dijleafleiding	944	20.2.133.003	8.17	29.52	Ja	Nee
Mechelen	Nekkerspoel, autobrug	dijleafleiding	1013	20.2.133.004	6.49	28	Ja	Nee
Mechelen	Nekkerspoel, voetbrug	dijleafleiding	1026	20.2.133.005	6.51	25.14	Ja	Nee
Mechelen	Liersesteenweg	dijleafleiding	1650	20.2.133.006	6.77	26.22	Ja	Nee
Mechelen	Katelijnepoort	dijleafleiding	2250	20.2.133.007	6.22	25.34	Ja	Nee
Mechelen	Antwerpsesteenweg	dijleafleiding	2440	20.2.133.008	7.2	25	Ja	Nee
Mechelen	OpritE19	Vrouwvliet	13535	brug6553/31	5.17	12.5	Ja	Nee
Mechelen	R6	Vrouwvliet	13437	brug6553/41	5.17	12.5	Ja	Nee
Mechelen	Antwerpsesteenweg	Vrouwvliet	12882	brug6553/51	3.94	10	Ja	Nee
Mechelen	Liersesteenweg	Vrouwvliet	12211	brug6553/61	4.5	9	Ja	Nee
Mechelen	Ziekenbeemdenstraat	Vrouwvliet	11367	brug6553/71	4.84	10	Ja	Nee
Mechelen	GroteNieuwendijkstraat	Vrouwvliet	10765	brug6553/101	4.42	9.6	Ja	Nee
Pasbrug	N15	Vrouwvliet	8935	brug6553/121	5.35	6.3	Ja	Nee
Nekker	scherpebocht	Vrouwvliet	8349	brug6553/131	4.9	6.4	Ja	Nee
Nekker	Dorstveld	Vrouwvliet	7641	brug6553/141	5.25	11.6	Ja	Nee
Nekker	Dorsthoeve	Vrouwvliet	7317	brug6553/151	5.25	12.35	Ja	Nee
Muizen	Muizenhoek (Guldensporenlaan)	Vrouwvliet	6670	brug6553/161	5.6	8	Ja	Nee
Muizen	Ploeghoeve	Vrouwvliet	6081	brug6553/171	5.7	8.42	Ja	Nee

Locatie	Brug	Waterloop	Chainage	ID	Sleutelpeil (mTAW)	Breedte (m)	Culvert (ja/nee)	Weir (ja/nee)
Muizen	Molenbeek	Vrouwvliet	5757	brug6553/181	4.88	4.85	Ja	Nee
Muizen	Handshoek	Vrouwvliet	5423	brug6553/191	5.14	6.88	Ja	Nee
Bonheiden	KoningAlbertlaan	Vrouwvliet	4846	brug6553/201	5.4	6.05	Ja	Nee
Bonheiden	Imelda	Vrouwvliet	4552	brug6553/211	5.86	7.5	Ja	Nee
Bonheiden	Mispeldonk	Vrouwvliet	4204	brug6553/221	5.35	6.77	Ja	Nee
Bonheiden	Boeimeerstraat	Vrouwvliet	3799	brug6553/231	5.9	5.25	Ja	Nee
Bonheiden	Heidijkstraat	Vrouwvliet	2454	brug6553/241	5.98	4.27	Ja	Nee
Rijmenam	ZwartWater	Vrouwvliet	1495	brug6553/261	6.44	3.02	Ja	Nee
Rijmenam	Rijmenamseweg	Vrouwvliet	1310	brug6553/271	6.22	6.5	Ja	Nee
Rijmenam	Krimeestraat	Vrouwvliet	318	brug6553/301	7.14	2.5	Ja	Nee
Ninde	Damiaan	GroteLaakBeek	7233	6578-020	9.65	7.66	Ja	Nee
Werchter	Vossebergen	GroteLaakBeek	5039	6578-040	9.98	7.99	Ja	Nee
Werchter	Paarbergen	GroteLaakBeek	3251	6578-050	10.47	7.87	Ja	Nee
Veldonk	Hoevenstraat	GroteLaakBeek	1912	6578-060	10.18	7.92	Ja	Nee
Baal	Varentstraat	GroteLaakBeek	910	6578-080	11.66	7.81	Ja	Nee
Muizen	Muizen	Barebeek	7770	BAbarKW20	5.8	6.88	Ja	Nee
Planckendael	N26	Barebeek2earm	864	BababKW30	7.1	4.65	Ja	Nee
Planckendael	spoorweg	Barebeek2earm	830	BababKW40	8.14	5.26	Ja	Nee
Boortmeerbeek	Weesbeek-N26	Weesbeek	463	6559-111	10.1	3.9	Ja	Nee
Rotselaar	KW01	Losting	1093	KW01	13.51	2.38	Ja	Ja
Wezemaal	KW31	Losting	50	KW31	13.97	2.16	Ja	Nee
Werchter	KW01	Winge	4979.5	KW01	11.02	4.1	Ja	Nee
Heffen	Heffenbrug	ZENNE	22328	20.2.161.001.1	8.1	23.15	Ja	Nee
Leest	Leestbrug	ZENNE	21028	20.2.161.002.0	7.22	29.57	Ja	Nee
Hombeek	Baanbrug Hombeek	ZENNE	17928	20.2.161.003.1	8	44.84	Ja	Nee
Hombeek	Spoorbrug Hombeek	ZENNE	17770	20.2.161.004.1	7.83	28.5	Ja	Nee
Zemst	Brug afwaarts Brusselse Steenweg	ZENNE	14428	20.2.160.032.0	7.92	12	Ja	Nee

Locatie	Brug	Waterloop	Chainage	ID	Sleutelpeil (mTAW)	Breedte (m)	Culvert (ja/nee)	Weir (ja/nee)
Zemst	Brug 23A	ZENNE	14328	20.2.160.031.0	12.14	13.9	Ja	Nee
Zemst	Spoorwegbrug Kruising lijn 25 en 27 met Zenne	ZENNE	14228	20.2.160.030.0	17.04	16.45	Ja	Nee
Zemst	Brug afgeleide van de Zenne - E19	ZENNE	13742	20.2.160.029.0	13.99	13.99	Ja	Nee
Zemst	Spoorwegbrug Kruising lijn 27B met Zenne 2	ZENNE	13028	20.2.160.027.0	17.63	14.39	Ja	Nee
Zemst	Brug E19 boven Zenne	ZENNE	12128	20.2.160.025.0	9.65	14	Ja	Nee
Weerde	Brug Schumanlaan	ZENNE	11681	20.2.160.024.0	11.85	14	Ja	Nee
Weerde	Weerdebrug - Damstraat Oude Zenne	ZENNE	10682	20.2.160.023.0	10.45	18.5	Ja	Nee
Weerde	Voetbruggen van de Oude Weert	ZENNE	9882	20.2.160.022.0	11.4	10.6	Ja	Nee
Epepegem	Spoorwegbrug Kruising lijn 25 en 27 met Zenne	ZENNE	8870	20.2.160.020.0	13.94	13.65	Ja	Nee
Zemst	Brug afleiding Zenne RW1	ZENNEAFL	2718	20.2.160.019.0	8.9	8.91	Ja	Nee
Zemst	Brug Stationslaan	ZENNEAFL	2010	20.2.160.018.0	8.77	17.3	Ja	Nee
Weerde	Nieuwe Damstraatbrug	ZENNEAFL	1142	20.2.160.017.0	9.57	17.55	Ja	Nee
Epepegem	Begijnhofstraatbrug	ZENNEAFL	158	20.2.160.016.0	10.65	10.75	Ja	Nee
Epepegem	Brug Zenne te Epepegem	ZENNE	7982	20.2.160.015.0	10.56	19	Ja	Nee
Vilvoorde	Brug Zenne Woluwelaan	ZENNE	6117	20.2.160.014.0	11.96	24.79	Ja	Nee
Vilvoorde	Havendoklaanbrug	ZENNE	5682	20.2.160.013.0	12	10	Ja	Nee
Vilvoorde	Willemstraatbrug	ZENNE	4482	20.2.160.012.0	11.8	26.45	Ja	Nee
Vilvoorde	Marius-Duchestraatbrug	ZENNE	4082	20.2.160.011.0	11.91	19.16	Ja	Nee
Grimbergen	Forges de Claquécq -CFI	ZENNE	3282	20.2.160.008.0	12.97	22.65	Ja	Nee
Vilvoorde	Tuchthuisbrug	ZENNE	2275	20.2.160.006.0	12.95	15.6	Ja	Nee
Vilvoorde	Havenstraatbrug	ZENNE	1782	20.2.160.005.0	13.09	14.35	Ja	Nee
Vilvoorde	Sluisstraatbrug	ZENNE	1284	20.2.160.004.0	12.76	20	Ja	Nee
Epepegem	Stuw Epepegem op de Zenne	ZENNE	8770	02.2.160.002.0	11.1	5.98	Ja	Nee
Epepegem	Stuw Epepegem op de omgelegde Zenne	ZENNEAFL	45	02.2.160.003.0	11.2	10.41	Ja	Nee
Grimbergen	Humbeeksesteenweg	Tangebeek	777	TAKW02_Humbstwg	13.32	3.05	Ja	Nee
Grimbergen	Fabrieksweg	Tangebeek	827	TAKW04_Fabrieksweg	11.9	1.88	Ja	Nee
Grimbergen	Fabricom1	Tangebeek	1417.2	TAKW06_Fabricom1	11.93	1.99	Ja	Nee

Locatie	Brug	Waterloop	Chainage	ID	Sleutelpeil (mTAW)	Breedte (m)	Culvert (ja/nee)	Weir (ja/nee)
Grimbergen	Fabricom2	Tangebeek	1626.2	TAKW07_Fabricom2	11.94	2	Ja	Nee
Grimbergen	Fabricom3	Tangebeek	1845.7	TAKW08_Fabricom3	11.82	2.2	Ja	Nee
Grimbergen	Cargovil	Tangebeek	3217.83	TAKW_Cargovil	11.01	2	Ja	Nee

BIJLAGE C Culverts in het hydrodynamisch model

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
GroteNete	360	K9_aminale	15.3	15.3	8.94	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	1029	K8_aminale	15.1	15.1	16.28	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	1105	K7_aminale	15.1	15.1	31.89	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	1151	K6_aminale	15.3	15.3	4.94	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	2325	K4_aminale	14.11	14.11	4.02	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	2361	20.2.143.001.0	13.65	13.65	5.04	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	6573	20.2.143.003.0	11.5	11.5	13.67	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	8193	20.2.143.004.0	12.1	12.1	3.75	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	8937	20.2.143.005.0	11.8	11.8	3.97	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	9603	20.2.143.007.0	11.5	11.5	14.36	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	13053	20.2.143.008.0	8.71	8.71	20.26	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	16886	20.2.143.009.0	7.5	7.5	12.04	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	17623	20.2.143.010.0	7.7	7.7	8.05	2	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	20585	20.2.143.011.0	6	6	14.82	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	24274	20.2.143.012.0	5.65	5.65	12.11	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	27970	20.2.143.013.0	4.4	4.4	14.63	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	28155	20.2.143.014.0	3.8	3.8	16.48	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	34075	20.2.143.016.0	3	3	13.48	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	39370	20.2.143.018.0	1.3	1.3	11.62	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	45173	20.2.143.020.0	1.06	1.06	13.42	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	45572	20.2.143.021.0	0.5	0.5	11.4	1	None	Irregular, Depth-Width Table
GroteNete	45430	08.2.140.005.0	-0.3	-0.35	76.19	3	None	Rectangular
LC_OUT_GROTENETE_29101_R	25	\$link	6	6	5	1	None	Circular
LC_OUT_GROTENETE_19451_L	25	\$link	5.82	5.82	5	2	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_20701_L2	25	\$link	7.1	7.1	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_20701_L	25	\$link	7.85	7.85	5	1	Only Negative Flow	Circular

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_OUT_GROTENETE_27401_L	25	\$link	6	6	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_23101_L	25	\$link	6.63	6.63	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_30201_R	25	\$link	4.85	4.85	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_30901_R	25	\$link	4.52	4.52	5	3	Only Negative Flow	Circular
wimp	65	molen_herlaar1	6.94	6.1	10	1	None	Rectangular
wimp	65	molen_herlaar2	6.94	6.1	10	1	None	Rectangular
goorloop	428	langebuis	7.3	7.1	36	1	None	Irregular, Depth-Width Table
LC_OUT_Grotenete_2101_R	25	\$link	16.05	16.05	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_2379_L	25	\$link	15.25	15.25	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_DUISBROEKLOOP_0	25	\$link	14.8	14.8	5	1	None	Circular
LC_OUT_Grotenete_5051_R	25	\$link	14.56	14.56	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_Grotenete_6450_R	25	\$link	14	14	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_FB_grotenete_R03_3000_R4	25	\$link	13.14	13.14	5	1	Only Positive Flow	Circular
LC_OUT_Grotenete_7651_L	25	\$link	13.54	13.54	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_Grotenete_8501_L	25	\$link	13.2	13.2	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_Grotenete_9401_L	25	\$link	13.13	13.13	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_FB_grotenete_R04_3000_R5	25	\$link	11.22	11.22	5	1	Only Positive Flow	Circular
LC_OUT_FB_Grotenete_L4_3000_L5	25	\$link	11.28	11.28	5	1	Only Positive Flow	Circular
LC_OUT_FB_grotenete_R05_2000_R6	25	\$link	10.01	10.01	5	1	Only Positive Flow	Circular
LC_OUT_Grotenete_14001_L	25	\$link	10.76	10.76	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_Grotenete_16301_R	25	\$link	9.52	9.52	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_Grotenete_17151_R	25	\$link	9.48	9.48	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_Grotenete_17351_L	25	\$link	9.32	9.32	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_Grotenete_17751_R	25	\$link	9.39	9.39	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_Grotelaak_5304_L	25	\$link	14.19	14.19	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_Grotelaak_4595_R	25	\$link	14.15	14.15	5	1	Only Negative Flow	Circular

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_OUT_Grotenete_5751_L	25	\$link	13.9	13.9	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_Houtvenseloop_1000_L	25	\$link	8.5	8.5	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_Herselteloop_800_R	25	\$link	8.4	8.4	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_Houtvenseloop_1300_R	25	\$link	8	8	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_FB_grotenete_R09_2500_R10	25	\$link	7.4	7.4	5	1	Only Positive Flow	Rectangular
LC_OUT_FB_GroteNete_R10_1500_R11	25	\$link	7.1	7.1	5	1	Only Positive Flow	Rectangular
LC_OUT_FB_GroteNete_R11_2000_R12	25	\$link	6.6	6.6	5	1	Only Positive Flow	Rectangular
houtvenseloop	1020	fictief kw	7.3	7.3	10	1	None	Rectangular
LC_OUT_STEENKENSBEK_1623_R	25	\$link	8.6	8.6	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_houtvenseloop_400_R	25	\$link	8.9	8.9	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_22601_L	25	\$link	7.6	7.6	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_23701_L	25	\$link	7.5	7.5	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_25401_L	25	\$link	7.1	7.1	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_26201_L	25	\$link	6.7	6.7	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_28701_L	25	\$link	6.2	6.2	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_31201_L	25	\$link	5.8	5.8	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_33701_L	25	\$link	5.7	5.7	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_HUIZEBEEK_718_R	25	\$link	6.7	6.7	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GOORLOOP_1256_R	25	\$link	5.85	5.85	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_WIMP_744_L	25	\$link	5.5	5.5	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_FB_GROTENETE_L18_5500_L19_0	25	\$link	3.85	3.85	5	1	Only Positive Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_19351_R	25	\$link	8.8	8.8	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_23801_R	25	\$link	7.2	7.2	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_24901_R	25	\$link	7	7	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_27901_R	25	\$link	6.6	6.6	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_29001_R	25	\$link	6.35	6.35	5	1	Only Negative Flow	Circular

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_OUT_GROTENETE_28301_R	25	\$link	6.35	6.35	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_31601_R	25	\$link	5.8	5.8	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_33701_R	25	\$link	5.5	5.5	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_43351_R	25	\$link	3.8	3.8	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_42551_R	25	\$link	4	4	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_42751_L	25	\$link	4	4	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_39651_L	25	\$link	4	4	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_32701_L	25	\$link	5.8	5.8	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_26901_L	25	\$link	6.9	6.9	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_26301_R	25	\$link	7.1	7.1	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_31101_R	25	\$link	6	6	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_37651_R	25	\$link	4.5	4.5	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_37951_R	25	\$link	5.3	5.3	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_34301_R	25	\$link	5.3	5.3	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_FB_GROTENETE_R15_1500_R16_0	25	\$link	5.5	5.5	5	1	None	Circular
LC_OUT_GROTENETE_11251_R	25	\$link	12.1	12.1	5	1	Only Negative Flow	Circular
BenedenNete	338	20.2.142.012	-0.1	-0.1	13.93	1	None	Irregular, Depth-Width Table
KleineNete	14330	sifon Netekanaal	-0.35	-0.35	98	3	None	Rectangular
KleineNete	2497	sifon Albertkanaal	0.28	0.28	115	3	None	Rectangular
KleineNete	611	20.2.142.001	4.3	4.3	13.32	1	None	Irregular, Depth-Width Table
KleineNete	9278	20.2.142.008	2.4	2.4	4.84	1	None	Irregular, Depth-Width Table
KleineNete	9294	20.2.142.009	2.4	2.4	12.32	1	None	Irregular, Depth-Width Table
KleineNete	12243	20.2.142.010	1.3	1.3	13.63	1	None	Irregular, Depth-Width Table
KleineNete	15515	20.5.142.011	1.7	1.7	10.48	1	None	Irregular, Depth-Width Table
LC_OUT_benedennete_3516_L	25	\$link	3.1	3.1	35	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_benedennete_3116_L	25	\$link	3.08	3.08	23	1	Only Negative Flow	Rectangular

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_OUT_benedennete_2716_R	25	\$link	2.4	2.4	19	1	Only Negative Flow	Circular
NeteAfleiding	281	20.2.144.001	2.2	2.2	16	1	None	Irregular, Depth-Width Table
NeteAfleiding	900	20.2.144.002	2	2	23.41	1	None	Irregular, Depth-Width Table
NeteAfleiding	1442	20.2.144.003	2.2	2.2	16.51	1	None	Irregular, Depth-Width Table
NeteAfleiding	2070	20.2.144.004	2.1	2.1	7.8	3	None	Irregular, Depth-Width Table
LC_FB_kleinenete_R03_1000_L	30	\$link	5	5	60	2	None	Rectangular
LC_FB_kleinenete_R01_1400_L	90	\$link	2.36	2.36	115	1	None	Circular
LC_FB_kleinenete_R02_4800_R	50	\$link	4	4	100	1	None	Rectangular
LC_FB_kleinenete_L01_2250_L	90	\$link	0.05	0.05	115	1	None	Rectangular
LC_FB_kleinenete_L01_2250_L	300	\$link	5	5	60	1	None	Rectangular
LC_FB_kleinenete_L02_3600_R	35	\$link	4.5	4.5	70	2	None	Rectangular
LC_FB_kleinenete_L03_2200_L	20	\$link	4	4	40	1	None	Rectangular
LC_OUT_kleinenete_12080_L	25	\$link	2.89	2.89	12	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_FB_kleinenete_L04_FB_kleinenete_L04_2600_L	5	\$link	4	4	10	1	None	Rectangular
LC_kleinenete_13630_L	5	\$link	3.5	3.5	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
FB_kleinenete_R01	1300	fict	6.5	6.5	30	1	None	Rectangular
LC_kleinenete_15230_L	5	\$link	3	3	5	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_kleinenete_15230_R	5	\$link	3	3	5	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_FB_kleinenete_R06_884_L	20	\$link	3	3	40	1	None	Rectangular
LC_kleinenete_16080_R	5	\$link	2.8	2.8	5	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_benedennete_1408_R	25	\$link	3	3	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_benedennete_1308_L	25	\$link	3.5	3.5	7	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_benedennete_1796_R	25	\$link	3	3	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_benedennete_2216_L	25	\$link	2.22	2.22	12	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_FB_kleinenete_L09_200_L	5	\$link	3.26	3.26	5	1	None	Rectangular

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_OUT_benedennete_3716_R	25	\$link	3.62	3.62	25	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_benedennete_3916_L	25	\$link	3.5	3.5	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_benedennete_4216_R	25	\$link	1.42	1.42	30	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_benedennete_5616_L	25	\$link	0.01	0.01	22	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_benedennete_7316_R	25	\$link	2.42	2.42	20	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_benedennete_7316_L	25	\$link	2.93	2.93	22	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_benedennete_8016_L	25	\$link	1.46	1.46	16	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_benedennete_8616_R	25	\$link	1.52	1.52	13	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_benedennete_10616_L	25	\$link	1.84	1.84	32	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_benedennete_10416_R	25	\$link	2.04	2.04	25	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_benedennete_11916_L	25	\$link	2.05	2.05	24	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_benedennete_12416_L	25	\$link	1.98	1.98	20	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_benedennete_12816_R	25	\$link	1.36	1.36	25	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_benedennete_12816_L	25	\$link	0.8	0.8	25	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_benedennete_13716_R	25	\$link	1.93	1.93	21	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_FB_kleinenete_L14_1800_R	15	\$link	4.5	4.5	20	1	None	Rectangular
LC_FB_kleinenete_L17_3500_R	20	\$link	3	3	20	1	None	Rectangular
LC_FB_kleinenete_R12_504_R	40	\$link	3.5	3.5	80	1	None	Rectangular
LC_FB_Bollaak_2_3000_R	90	\$link	1.4	1.4	115	4	None	Circular
LC_FB_Bollaak_3_250_R	30	\$link	4.5	4.5	60	2	None	Rectangular
FB_Bollaak_4	2300	fict	4	4	40	2	None	Rectangular
LC_FB_Bollaak_4_2600_L	50	\$link	2	2	100	2	None	Rectangular
LC_FB_Bollaak_5_2200_R	30	\$link	3	3	60	1	None	Rectangular
LC_FB_Bollaak_4_4900_R	30	\$link	4	4	60	1	None	Rectangular
LC_OUT_kleinenete_13130_R	25	\$link	2.5	2.5	12	3	Only Negative Flow	Rectangular
LC_kleinenete_13730_R	5	\$link	2	2	10	2	Only Negative Flow	Rectangular

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_FB_kleinenete_L11_600_L	5	\$link	3	3	5	1	None	Rectangular
LC_FB_kleinenete_L11_2400_L	5	\$link	3	3	5	1	None	Rectangular
FC_FB_zeeschelde_R03	5	\$link	4.37	4.37	5	1	None	Rectangular
FC_FB_zeeschelde_R04	5	\$link	5.21	5.21	5	1	None	Rectangular
FC_GGGbergenm1_600	5	\$link	3	3	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_75570_L	25	\$link	2.42	2.42	33	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_64200_R	10	\$link	4.5	4.5	20	1	Only Negative Flow	Rectangular
FC_FB_ZEESCHELDE_R06	5	\$link	5.5	5.5	5	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_58010_L	10	\$link	4	4	20	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_49990_L	10	\$link	4	4	20	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_48590_L	25	\$link	0.6	0.6	45	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_43690_L	30	\$link	-0.14	-0.14	59	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZEESCHELDE_25820_R	5	\$link	6.3	6.3	5	1	Only Negative Flow	Circular
Zandvliet-Berendrechtsluis	5	\$link	4.17	4.17	5	2	Only Negative Flow	Circular
LC_ZEESCHELDE_13560_R	5	\$link	4.17	4.17	5	1	Only Negative Flow	Circular
FC_Kennedytunnel	500	\$link	-10	-10	800	2	None	Rectangular
Dijleafleiding	944	20.2.133.003	0.27	0.27	60.7	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Dijleafleiding	1013	20.2.133.004	0.21	0.21	25.07	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Dijleafleiding	1033	20.2.133.005	0.12	0.12	6.93	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Dijleafleiding	1650	20.2.133.006	-0.14	-0.14	19.8	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Dijleafleiding	2250	20.2.133.007	-0.03	-0.03	12.55	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Dijleafleiding	2440	20.2.133.008	0.7	0.7	102.04	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	14437	vrijeuitlaat	1.6	1.5	45	2	Only Positive Flow	Rectangular
Vrouwvliet	14049	6553/01-E19	1.37	1.17	258	1	None	Rectangular
Vrouwvliet	9657	6553/111-pasbrug	2.22	2	574	2	Only Positive Flow	Circular
Vrouwvliet	13535	brug 6553/31	1.19	1.19	18.47	2	None	Irregular, Depth-Width Table

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
Vrouwvliet	13437	brug 6553/41	1.12	1.12	29.42	2	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	12882	brug 6553/51	1.22	1.22	33.98	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	12211	brug 6553/61	1.43	1.43	20.28	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	11367	brug 6553/71	1.46	1.46	12.86	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	10765	brug 6553/101	1.4	1.4	12.1	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	8935	brug 6553/121	2.31	2.31	33.08	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	8359	brug 6553/131	2.63	2.63	4.24	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	7641	brug 6553/141	2.81	2.81	1.83	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	7317	brug 6553/151	2.61	2.61	1.72	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	6670	brug 6553/161	2.6	2.6	4.9	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	6081	brug 6553/171	2.63	2.63	10.36	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	5757	brug 6553/181	3.15	3.15	6.46	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	5423	brug 6553/191	3.61	3.61	3.51	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	4846	brug 6553/201	3.67	3.67	4.89	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	4552	brug 6553/211	3.67	3.67	4.3	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	4204	brug 6553/221	3.85	3.85	1.61	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	3799	brug 6553/231	3.95	3.95	4.85	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	2454	brug 6553/241	4.16	4.16	5.1	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	1495	brug 6553/261	4.2	4.2	3.38	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	1310	brug 6553/271	4.58	4.58	12.5	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Vrouwvliet	318	brug 6553/301	5.66	5.66	3.26	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Grotelaakbeek	7233	brug 6578/020	6.3	6.3	11.62	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Grotelaakbeek	5039	brug 6578/040	7.3	7.3	11.54	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Grotelaakbeek	3251	brug 6578/050	7.91	7.91	2.46	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Grotelaakbeek	1912	brug 6578/060	8.2	8.2	5.72	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Grotelaakbeek	910	brug 6578/080	8.84	8.84	12.61	1	None	Irregular, Depth-Width Table

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_OUT_barebeek-0	25	\$link	3.62	3.62	22.57	6	Only Positive Flow	Rectangular
Barebeek	7770	BAbarkW20	3.96	3.96	2.41	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Barebeek	6122	BAbarkW801	4	4	8.4	4	None	Rectangular
Barebeek	6132	BAbarkW802	4	4	8.8	4	None	Rectangular
Barebeek	6142	BAbarkW803	4	4	8.4	4	None	Rectangular
Barebeek2earm	864	BababKW30	4.6	4.5	13.77	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Barebeek2earm	830	BababKW40	4.7	4.7	20	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Weesbeek	4178	6559-01	4.38	4.38	1.02	3	Only Positive Flow	Rectangular
Weesbeek	1587	6559-71	6.21	6.21	1.43	1	None	Rectangular
Weesbeek	463	6559-111	7.6	7.46	14	1	None	Irregular, Depth-Width Table
LC_OUT_dijle_3122_R	10	\$link	11	11	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijle_564_R	10	\$link	13.1	13.1	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijle_510_L	10	\$link	11	11	10	1	Only Negative Flow	Irregular, Depth-Width Table
LC_OUT_dijle-arm_150_R	10	\$link	9.5	9.5	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_binnenbeek_768_R	10	\$link	8	8	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_binnenbeek_1174_R	10	\$link	7.9	7.9	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_binnenbeek_1890_R	10	\$link	7.9	7.9	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_FB_dijle_L02_L3	25	\$link	8.25	8.25	10	1	None	Circular
LC_OUT_binnenbeek_2876_R	10	\$link	8.35	8.35	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_binnenbeek_3166_R	10	\$link	8.35	8.35	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_binnenbeek_4332_R	10	\$link	8	8	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_binnenbeek_5168_R	10	\$link	7.8	7.8	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_binnenbeek_8898_L	10	\$link	7.6	7.6	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_binnenbeek_8506_L	10	\$link	7.6	7.6	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_binnenbeek_7998_L	10	\$link	6.5	6.5	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_binnenbeek_7556_L	10	\$link	6.5	6.5	10	1	Only Negative Flow	Circular

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_OUT_binnenbeek_6676_L	10	\$link	7	7	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_binnenbeek_5332_L	10	\$link	7.7	7.7	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_binnenbeek_5028_L	10	\$link	7.7	7.7	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_binnenbeek_2720_L	10	\$link	9.5	9.5	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_binnenbeek_2032_L	10	\$link	9	9	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_binnenbeek_192_L	10	\$link	8.6	8.6	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_leibeek_1478_L	10	\$link	10.5	10.5	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_leibeek_3692_L	10	\$link	8.3	8.3	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_leibeek_5464_L	10	\$link	7.3	7.3	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_leibeek_2588_R	10	\$link	8	8	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_leibeek_3856_R	10	\$link	8	8	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_leibeek_5464_R	10	\$link	7.6	7.6	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_leibeek_7874_L	10	\$link	7.3	7.3	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_leibeek_7458_R	10	\$link	7	7	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_leibeek_7698_R	10	\$link	6.7	6.7	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_leibeek_8178_R	10	\$link	6.7	6.7	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_leibeek_9970_R	10	\$link	6	6	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_leibeek_11740_L	10	\$link	5.7	5.7	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_weesbeek_1418_R	10	\$link	8.4	8.4	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_weesbeek_1676_L	10	\$link	7.1	7.1	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijle_21184_L	10	\$link	4.58	4.68	12.94	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_dijle_21784_L	10	\$link	4.88	4.88	18.95	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijle_11684_R	10	\$link	7.05	7.05	13.67	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijle_14884_R	10	\$link	6.5	6.5	14.1	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijle_17284_R	10	\$link	5.64	5.64	13.93	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_vrouwvliet_2874_R	10	\$link	5	5	10	1	Only Negative Flow	Circular

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_OUT_vrouwvliet_6306_R	10	\$link	5.1	5.1	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_vrouwvliet_6956_R	10	\$link	4.4	4.4	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_vrouwvliet_1886_L	10	\$link	5.4	5.4	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_vrouwvliet_2874_L	10	\$link	5	5	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_FB_vrouwvliet_L03_FC_VROUWVLIET_9180_L	5	\$link	4.4	4.4	5	1	None	Circular
LC_OUT_barebeek_1296_L	10	\$link	6.6	6.6	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_barebeek_2094_L	10	\$link	6.91	6.91	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_barebeek_2768_L	10	\$link	5.79	5.79	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_barebeek_3528_L	10	\$link	5.64	5.64	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_barebeek_4842_L	10	\$link	6.01	6.01	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_kleinebarebeek_278_L	10	\$link	5.6	5.6	10	1	None	Circular
LC_OUT_dijle_33510_R	20	\$link	1.23	1.23	40	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_dijle_32110_R	12	\$link	1.72	1.72	23	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijle_30910_R	10	\$link	3.97	3.97	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_dijle_30510_R	10	\$link	1.7	1.7	9	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_dijle_30214_R	11	\$link	1.72	1.95	21.53	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_dijle_29810_R	12	\$link	1.64	1.64	22.81	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijle_29510_L	25	\$link	2.9	2.9	48.91	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijle_30010_L	25	\$link	1.89	1.89	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijle_30510_L	25	\$link	1.72	1.72	50	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijle_31210_L	16	\$link	2.54	2.64	32	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_dijle_31610_L	20	\$link	1.6	1.6	38.53	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijle_32710_L	12	\$link	2.59	2.59	30	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_dijle_33510_L	20	\$link	2.54	2.54	32.4	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_dijle_34010_L	20	\$link	2.17	2.17	32.73	1	Only Negative Flow	Rectangular

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_OUT_dijle_34310_L	21	\$link	0.68	0.68	41.31	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_dijle_23710_L	10	\$link	5.2	5.2	20	2	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijle_25110_L	10	\$link	3.7	3.7	20	2	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_grotelaakbeek_2484_R	5	\$link	8.76	8.76	10	1	None	Circular
LC_OUT_grotelaakbeek_2936_L	5	\$link	8.4	8.4	10	1	None	Circular
LC_OUT_grotelaakbeek_4064_L	5	\$link	8.41	8.41	10	1	None	Circular
LC_OUT_grotelaakbeek_5358_L	5	\$link	7.36	7.36	10	1	None	Circular
LC_OUT_grotelaakbeek_5722_R	5	\$link	7.56	7.56	10	1	None	Rectangular
LC_OUT_grotelaakbeek_6106_R	5	\$link	7.67	7.67	10	1	Only Negative Flow	Circular
Losting	1093	KW01	11.57	11.52	11.3	1	None	Rectangular
Losting	50	KW31	12.53	12.48	15.11	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Winge	4979	KW01	8.07	8.02	5	1	None	Rectangular
LC_OUT_demer_53426_L	25	\$LINK	10.6	10.6	15	1	Only Negative Flow	Circular
LC_heilaakbeek_1510_R	5	\$LINK	10.5	10.5	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_demer_52848_L	25	\$LINK	9.64	9.62	15	1	None	Circular
LC_OUT_demer_59402_L	25	\$LINK	9.5	9.5	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_FB_demer_R03_FB_demer_R02	25	\$LINK	12	12	5	1	None	Rectangular
FB_demer_L03	3100	onderdoorgang moutlaak	10	10	5	1	None	Irregular, Depth-Width Table
FB_demer_L03	3100	duikers onder begijnendijkseste enweg	10.5	10.5	5	2	None	Circular
LC_OUT_winge_4548_R	25	\$LINK	9.6	9.6	5	2	None	Rectangular
LC_OUT_winge_4548_R	25	\$LINK	9.6	9.6	5	1	None	Rectangular
LC_OUT_demer_53861_R	25	\$LINK	11	11	15	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_demer_56346_R	25	\$LINK	10.5	10.5	15	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_demer_56540_R	25	\$LINK	10.5	10.5	15	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_demer_56791_R	25	\$LINK	10.5	10.5	15	1	Only Negative Flow	Circular

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_OUT_demer_57506_L	25	\$LINK	9.5	9.5	15	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_demer_57755_R	25	\$LINK	9.5	9.5	15	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_demer_57937_R	25	\$LINK	9.5	9.5	15	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_demer_58327_R	25	\$LINK	9.5	9.5	15	2	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_demer_59501_R	25	\$LINK	9.5	9.5	15	1	Only Negative Flow	Circular
LC_losing_514_R	5	\$LINK	13	13	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_losing_1039_L	5	\$LINK	12.6	12.6	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_losing_706_L	5	\$LINK	12.9	12.9	5	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_barebeek_2584_R	10	\$link	5.79	5.79	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_barebeek_4294_R	10	\$link	5.4	5.4	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijle_24610_R	10	\$link	5	5	18.15	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijle_15084_R	10	\$link	7.71	7.71	13.93	1	Only Negative Flow	Circular
LC_FB_dijle_L01_FB_leibeekR2	5	\$link	7.85	7.85	5	1	None	Circular
dijle	26441	bovensluis	4	4	10	1	None	Circular
dijle	28951	benedensluis	3.5	3.5	118	1	None	Circular
LC_OUT_benedennete_15016_L	25	\$link	1.11	1.26	26	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_benedennete_13716_R	25	\$link	0.49	0.71	20	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_vrouwvliet_13398_R	10	\$link	2.09	2.09	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_vrouwvliet_13093_L	10	\$link	4.07	4.07	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_vrouwvliet_12902_L	10	\$link	3	3	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_vrouwvliet_10525_R	10	\$link	2.9	2.9	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_vrouwvliet_10386_L	10	\$link	3.07	3.07	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_vrouwvliet_9297_L	10	\$link	2.63	2.63	20	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_vrouwvliet_9368_R	10	\$link	2.4	2.4	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_FC_DIJLEAFLEIDING_700_R_FC_VROUWVLIET_9180_L	5	\$link	2.8	2.8	5	1	Only Negative Flow	Circular

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_OUT_vrouwvliet_8765_R	10	\$link	3.5	3.5	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_vrouwvliet_8336_L	10	\$link	3.66	3.66	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_vrouwvliet_8292_L	10	\$link	5.22	5.22	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_vrouwvliet_6528_L	10	\$link	3.85	3.85	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_molenbeek_2482_L	10	\$link	4.6	4.6	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_molenbeek_2136_L	10	\$link	4.5	4.5	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_molenbeek_1042_L	10	\$link	5	5	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijleafleiding_2500_L	10	\$link	2	1.9	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijleafleiding_500_L	10	\$link	3	3	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijle_26010_R	10	\$link	3.5	3.5	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijle_23384_R	10	\$link	4.8	4.8	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_dijle_34810_L	10	\$link	0.8	0.8	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_vrouwvliet_9083_R	10	\$link	2.4	2.4	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_vrouwvliet_7248_L	10	\$link	4.3	4.3	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_leibeek_440_L	10	\$link	12	12	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_leibeek_180_R	10	\$link	12.2	12.2	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_FBdijleR6_1400_R	10	\$link	5.5	5.5	20	1	None	Circular
LC_OUT_FBdijleR6_3800_R	10	\$link	5	5	20	1	None	Circular
LC_OUT_FB_dijle_R02	10	\$link	10	10	20	1	None	Circular
LC_OUT_FBdijleR3_FBdemerL1	10	\$link	9.4	9.4	20	1	None	Circular
LC_OUT_FC_FBdijleL5_2200_L	25	\$link	4.5	4.5	50	1	Only Negative Flow	Circular
Rupel	4900	19.2.120.001.0	-3.15	-3.15	22	1	None	Irregular, Depth-Width Table
LC_rupel_10100_L	5	\$link	1	1	5	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_rupel_10500_L	5	\$link	1	1	5	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_rupel_8500_R	10	\$link	0.31	0.31	19	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_rupel_8700_L	5	\$link	5	5	5	1	Only Negative Flow	Rectangular

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_OUT_rupel_3600_L	20	\$link	0.71	0.71	40	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_rupel_2800_L	10	\$link	0.32	0.32	19	3	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_rupel_400_L	10	\$link	2.5	2.5	20	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_rupel_4600_L	10	\$link	0.35	0.35	19	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_FB_rupel_R03_FB_rupel_R01	5	\$link	2	2	10	1	None	Rectangular
LC_OUT_rupel_5400_L	16	\$link	0	0	32	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_rupel_1400_R	17	\$link	2.14	2.14	34	2	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_rupel_2000_R	7	\$link	0.35	0.35	14	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_rupel_3200_R	16	\$link	1.32	1.32	32	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_rupel_4200_R	16	\$link	1.65	1.65	32	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_rupel_4800_R	14	\$link	3.02	3.02	28	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_rupel_6700_R	15	\$link	1.64	1.64	29.96	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_zeeschelde_51800_L	25	\$link	1.61	1.61	50	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_IN_zeeschelde_51800_L	25	\$link	5.3	5.3	10	1	None	Rectangular
LC_IN_zeeschelde_51800_L	25	\$link	5	5	10	1	None	Rectangular
LC_IN_zeeschelde_51800_L	5	\$link	4.7	4.7	10	1	None	Rectangular
ZENNE	22328	20.2.161.001.1	-0.45	-0.45	14	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	21028	20.2.161.002.0	-0.55	-0.55	5.44	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	17928	20.2.161.003.1	1.2	1.2	13.19	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	17770	20.2.161.004.1	2	2	13.37	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	14428	20.2.160.032.0	3.7	3.7	15.61	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	14328	20.2.160.031.0	3.7	3.7	57.66	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	14228	20.2.160.030.0	3.7	3.7	25.9	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	13742	20.2.160.029.0	3.8	3.8	76	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	13028	20.2.160.027.0	3.35	3.35	9.12	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	12128	20.2.160.025.0	4.25	4.25	100	1	None	Irregular, Depth-Width Table

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
ZENNE	11681	20.2.160.024.0	4.5	4.5	30	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	10682	20.2.160.023.0	5.3	5.3	11.19	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	9882	20.2.160.022.0	5.8	5.8	11.52	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	8870	20.2.160.020.0	5.94	5.94	20.34	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNEAFL	2718	20.2.160.019.0	3.8	3.8	13.85	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNEAFL	2010	20.2.160.018.0	4.43	4.43	12.25	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNEAFL	1142	20.2.160.017.0	5.2	5.2	13.85	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNEAFL	158	20.2.160.016.0	6.05	6.05	5.88	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	7982	20.2.160.015.0	5.6	5.6	15.36	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	6117	20.2.160.014.0	6.6	6.6	30	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	5682	20.2.160.013.0	6.75	6.75	10.8	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	4482	20.2.160.012.0	7.2	7.2	14.42	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	4082	20.2.160.011.0	7.3	7.3	11.47	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	3282	20.2.160.008.0	7.2	7.2	4.5	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	2275	20.2.160.006.0	8.6	8.6	8.02	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	1782	20.2.160.005.0	8	8	4.58	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	1284	20.2.160.004.0	7.1	7	10.17	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNE	2748	overweldigvilvo	7.1	7	550	1	None	Irregular, Depth-Width Table
OUDEZENNE	1012	terugsloudezenne	7.5	7.5	14.35	3	Only Positive Flow	Rectangular
LC_ZENNE_23078_L	5	\$link	2.53	2.53	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_ZENNE_23178_R	5	\$link	2.5	2.5	10	3	Only Negative Flow	Rectangular
FC_ZENNE_22477_L	5	\$link	4	4	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZENNE_21978_L	5	\$link	4	4	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZENNE_22278_R	5	\$link	3	3	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
FC_FB_ZENNE_R09_337_R	5	\$link	3.8	3.8	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZENNE_20878_R	5	\$link	2.5	2.5	10	1	Only Negative Flow	Rectangular

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_ZENNE_18978_L	5	\$link	4	4	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZENNE_19478_R	5	\$link	3.5	3.5	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
FC_FB_ZENNE_R07_413_R	5	\$link	7.3	7.3	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZENNE_18178_L	5	\$link	3.5	3.5	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
FC_FB_ZENNE_R06_2133_R	5	\$link	4	4	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZENNE_17578_L	5	\$link	3.5	3.5	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZENNE_17478_R	5	\$link	4.5	4.5	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZENNE_15978_L	5	\$link	4.5	4.5	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
FC_ZENNEAFL_2862_R	5	\$link	6.8	6.8	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZENNE_13178_R	5	\$link	5.5	5.5	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZENNE_14178_L	5	\$link	5.5	5.5	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZENNE_11878_L	5	\$link	5.9	5.9	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZENNE_12678_R	5	\$link	6.3	6.3	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
FC_ZENNE_10531_L	5	\$link	8	8	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZENNE_11032_L	5	\$link	6.3	6.3	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZENNE_10932_R	5	\$link	6	6	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZENNE_10532_R	5	\$link	7.5	7.5	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZENNE_8932_L	5	\$link	6.5	6.5	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZENNEAFL_2260_R	5	\$link	6.5	6.5	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZENNEAFL_1560_L	5	\$link	6	6	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
FC_FB_ZENNE_R02_623_R	5	\$link	7	7	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_ZENNE_7432_R	5	\$link	7.4	7.4	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUDEZENNE_950_R	5	\$link	7.8	7.8	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUDEZENNE_1336_L	5	\$link	8.4	8.4	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
ZENNE	8770	02.2.160.002.0	6	6	5	1	None	Irregular, Depth-Width Table
ZENNEAFL	45	02.2.160.003.0	6.05	6.05	5	1	None	Irregular, Depth-Width Table

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
Tangebeek	777	TAKW02_Humbst wg	11.32	11.18	18	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Tangebeek	827	TAKW04_Fabrieks weg	11.25	11.2	12.5	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Tangebeek	1417.2	TAKW06_Fabrico m1	10.43	10.34	141	1	None	Irregular, Depth-Width Table
Tangebeek	1626.2	TAKW07_Fabrico m2	9.94	9.62	277	1	None	Rectangular
Tangebeek	1845.7	TAKW08_Fabrico m3	9.62	9.4	162	1	None	Circular
Tangebeek	2095.58	sifon_ZV-K6	9.21	8.99	159.96	1	None	Circular
Tangebeek	2271.915	sifon_K6-K5	-0.21	-0.78	191	2	None	Circular
Tangebeek	2464.185	sifon_K5-K1	8.45	8.25	192.66	1	None	Circular
Tangebeek	2563.9	sifon_K1	8.22	8.22	1.8	1	None	Cross Section DB
Tangebeek	2604	sifon_K1-U1	8.22	7.95	77.5	1	None	Circular
Tangebeek	3217.83	TAKW_Cargovil	9.01	8.93	45	1	None	Rectangular
FC_TANGEBEEK_L01	5	\$link	12	11.9	10	1	Only Positive Flow	Circular
LC_winge_499_L	5	\$link	12	12	5	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_IN_zeeschelde_29120_L	35	\$link	-0.3	-0.3	70	4	None	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_29120_L	25	\$link	0.5	0.5	50	1	Only Negative Flow	Rectangular
GGGbergenm1	60	uitlaat	2.7	2.7	50	6	Only Negative Flow	Rectangular
GGGbergenm1	60	inlaat420	4.2	4.2	20	3	None	Rectangular
GGGbergenm1	60	inlaat435	4.35	4.35	20	1	None	Rectangular
GGGbergenm1	60	inlaat450	4.5	4.5	20	2	None	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_49190_L	25	\$link	2.78	2.78	45	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_84050_L	25	\$link	2.81	2.81	21	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_83350_L	25	\$link	2.38	2.38	24	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_83150_L	25	\$link	2.9	2.9	21	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_82460_L	25	\$link	2.95	2.95	21	1	Only Negative Flow	Rectangular

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_OUT_zeeschelde_81660_L	25	\$link	2.36	2.36	32	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_76360_L	25	\$link	2.45	2.45	34	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_64900_L	25	\$link	0.93	0.93	50	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_44290_R	25	\$link	0.01	0.01	30	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_dijle_11884_L	20	\$link	8	8	40	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_leibeek_10544_L	5	\$link	6	6	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_kleinebarebeek_540_R	10	\$link	5.3	5.3	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_barebeek_6932_R	10	\$link	4.6	4.6	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_barebeek_7198_R	10	\$link	5.1	5.1	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_barebeek_7720_R	10	\$link	5	5	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_barebeek_7158_L	10	\$link	5	5	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_vrouwvliet_5414_R	10	\$link	4.5	4.5	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_vrouwvliet_5732_L	10	\$link	4.4	4.4	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_GROTENETE_45601_L	25	\$link	4	4	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_FC_FB_DURME_R05_FC_DURME_14572_R	5	\$link	2.6	2.6	5	1	None	Circular
LC_OUT_GOGPOTPOLD4_1000	25	\$link	2.1	2	50	1	Only Positive Flow	Circular
LC_OUT_FC_DURME_LOKERENBEEK	25	\$link	2.1	2	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_DURME_16796_L	25	\$link	3.08	2.98	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_FC_DURME_15064_R_FC_DURME_14571_R	5	\$link	3.2	3.2	5	1	Only Negative Flow	Circular
durme	3687	19.2.151.003.0-mirabrug	0.2	0.2	8	1	None	Irregular, Depth-Width Table
LC_OUT_DURME_7976_L	25	\$link	2.78	2.78	15	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_DURME_4106_L	25	\$link	2.42	2.42	28.65	3	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_DURME_13122_L	25	\$link	5	5	3.86	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_DURME_8934_L	25	\$link	6.63	6.63	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_DURME_5642_R	25	\$link	3.04	3.04	34.7	2	Only Negative Flow	Rectangular

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_OUT_DURME_1632_L	25	\$link	3	3	26.25	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_DURME_3578_R	25	\$link	2.38	2.38	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_DURME_2160_L	25	\$link	2.95	2.95	28.24	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_DURME_2416_R	25	\$link	0.89	0.89	39.99	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_FB_DURME_R02_FB_DURME_R03	5	\$link	4	4	3	1	None	Rectangular
LC_OUT_durme_210_R	25	\$link	0.73	0.73	46.4	1	Only Negative Flow	Rectangular
durme	8795	20.2.151.002.0	3.2	3.2	8.2	1	None	Irregular, Depth-Width Table
LC_OUT_durme_5790_L	25	\$link	1.88	1.88	13	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_durme_6112_L	25	\$link	1.96	1.96	15	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_durme_6370_L	25	\$link	1.99	1.99	15	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_durme_6524_L	25	\$link	1.61	1.61	15	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_durme_7106_L	25	\$link	2.51	2.51	15	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_84450_L	25	\$link	2.83	2.83	25	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_86240_R	25	\$link	3.06	3.06	20	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_85840_R	25	\$link	2.99	2.99	20	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_84450_R	25	\$link	2.92	2.92	20	1	Only Negative Flow	Rectangular
Barbierbeek	14581.5	ACAD	1.2	1.2	13.8	1	None	Irregular, Depth-Width Table
LC_OUT_barbierbeek_14408_R	5	\$link	1.6	1.6	10	1	Only Positive Flow	Circular
LC_OUT_barbierbeek_14408_L	5	\$link	1.6	1.6	10	1	Only Positive Flow	Circular
LC_OUT_barbierbeek_12679_R	5	\$link	2.4	2.4	10	1	Only Positive Flow	Circular
LC_OUT_barbierbeek_13696_L	5	\$link	2	2	10	1	Only Positive Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_33530_L	25	\$link	0.5	0.5	46	15	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_35000_L	25	\$link	-0.25	-0.25	37.5	4	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_barbierbeek	35	\$link	1	1	64.35	5	Only Positive Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_35900_L	25	\$link	0.5	0.5	24.16	5	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_36500_L	25	\$link	0.5	0.5	42.55	5	Only Negative Flow	Rectangular

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_OUT_ZEESCHELDE_36800_L	25	\$link	0.5	0.5	42.55	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_GOGrupelm_GOGbazel	10	\$link	0.5	0.5	16.3	4	None	Rectangular
LC_OUT_GOGrupelm_GGGbazel	10	\$link	0.7	0.7	16.3	3	Only Positive Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_37700_L	25	\$link	0.8	0.8	42.55	6	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_38600_L	25	\$link	0.9	0.9	41.55	9	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_40000_L	25	\$link	1	1	32	3	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_33116_L	25	\$link	0	0	45	2	Only Negative Flow	Rectangular
GGGdoelpold1	380	OUT	0	0	50	11	Only Negative Flow	Rectangular
GGGdoelpold1	380	in	3.3	3.3	20	11	No Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_97900_R	25	\$link	3.4	3.4	14	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_zeeschelde_93300_R	25	\$link	2.91	2.91	14	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_93800_R	25	\$link	3.07	3.07	21	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_89600_R	25	\$link	3.01	3.01	21	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_87040_R	25	\$link	3.4	3.4	20	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_82360_R	25	\$link	3.14	3.14	20	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_107250_L	25	\$LINK	4.36	4.36	14	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_104150_L	25	\$LINK	3.3	3.3	24	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_103750_L	25	\$LINK	2.93	2.93	24	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_102450_L	25	\$LINK	3.3	3.3	24	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_100750_L	25	\$LINK	2.94	2.94	10	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_99850_L	25	\$LINK	3.36	3.36	15	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_99300_L	25	\$LINK	2.77	2.77	16	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_98500_L	25	\$LINK	3.25	3.25	15	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_98000_L	25	\$LINK	3.22	3.22	15	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_95200_L	25	\$LINK	2.47	2.47	17	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_95000_L	25	\$LINK	2.86	2.86	15	1	Only Negative Flow	Rectangular

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_OUT_ZEESCHELDE_94600_L	25	\$LINK	2.41	2.41	25	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_86640_L	25	\$LINK	2.34	2.34	15	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_86440_L	25	\$LINK	2.74	2.74	15	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_84850_L	25	\$LINK	2.67	2.67	14	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_79860_L	25	\$LINK	2.58	2.58	17	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_78060_L	25	\$LINK	-0.5	-0.5	15	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_77560_L	25	\$LINK	1.19	1.19	45	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_76860_L	25	\$LINK	1.49	1.49	45	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_75370_L	25	\$LINK	1.66	1.66	29	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_74100_L	25	\$LINK	2.3	2.3	30	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_72200_L	25	\$LINK	1.37	1.37	26	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_70400_L	25	\$LINK	1.21	1.21	30	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_68800_L	25	\$LINK	0.77	0.77	50	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_66700_L	25	\$LINK	1.49	1.49	25	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_65900_L	25	\$LINK	1.3	1.3	21	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_64900_L	25	\$LINK	0.57	0.57	47	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_64100_L	25	\$LINK	1.3	1.3	30	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_62000_L	25	\$LINK	1.3	1.3	30	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_61200_L	25	\$LINK	1.6	1.6	25	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_55610_L	25	\$LINK	0.41	0.41	25	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_27920_L	25	\$LINK	1.2	1.1	45	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_19900_L	25	\$LINK	4	4	10	2	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_19300_L	25	\$LINK	4.1	4.1	14	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_16600_L	25	\$LINK	1.4	1.4	32	3	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_15680_L	50	\$LINK	1.2	1.2	64	2	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_78160_R	25	\$LINK	3.55	3.55	17	1	Only Negative Flow	Rectangular

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_OUT_ZEESCHELDE_77060_R	25	\$LINK	2.4	2.4	30	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_76660_R	25	\$LINK	1.74	1.74	28	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_72500_R	25	\$LINK	4.23	4.23	28	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_70500_R	25	\$LINK	3.53	3.53	27	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_70400_R	25	\$LINK	0.97	0.97	28	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_69200_R	25	\$LINK	1.74	1.74	40	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_66700_R	25	\$LINK	1.31	1.31	40	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_64900_R	25	\$LINK	1.12	1.12	40	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_62400_R	25	\$LINK	0.5	0.5	48	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_57710_R	25	\$LINK	1.5	1.5	34	3	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_56500_R	25	\$LINK	2.68	2.68	16	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_FM_ZEESCHELDE_R02_600_R	25	\$LINK	4.5	4.5	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_55800_R	25	\$LINK	4.14	4.14	20	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_54400_R	25	\$LINK	4.31	4.31	22	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_53800_R	25	\$LINK	4.11	4.11	23	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_53600_R	25	\$LINK	2.89	2.89	37	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_51800_R	25	\$LINK	0.23	0.23	48	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_48590_R	25	\$LINK	-0.34	-0.34	40	5	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_47590_R	25	\$LINK	0.8	0.8	22	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_40100_R	25	\$LINK	0.17	0.17	40	2	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_38600_R	25	\$LINK	4.99	4.99	40	4	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_38300_R	25	\$LINK	4.8	4.8	10	1	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_39000_R	25	\$LINK	2.14	2.14	20	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_23610_R	25	\$LINK	3.2	3.2	29	2	Only Negative Flow	Circular
LC_OUT_ZEESCHELDE_78960_R	25	\$LINK	4	4	29	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_ZEESCHELDE_79660_R	25	\$LINK	3.25	3.25	30	1	Only Negative Flow	Rectangular

Waterloop	Chain age	ID	Drempelhoogte (mTAW)		Lengte (m)	Aantal openingen	Terugslagklep	Vorm
			opwaarts	afwaarts				
LC_OUT_ZEESCHELDE_80060_R	25	\$LINK	3.2	3.2	15	1	Only Negative Flow	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_58800_L	25	\$LINK	1.5	1.4	10	1	None	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_60100_L	25	\$LINK	1.5	1.4	10	1	None	Rectangular
LC_OUT_zeeschelde_59300_L	25	\$LINK	1.5	1.4	10	1	None	Rectangular
LC_IN_ZEESCHELDE_33530_L	25	\$LINK	5.2	5.2	20	1	None	Rectangular
LC_IN_zeeschelde_35900_L	25	\$LINK	5.2	5.2	20	1	None	Rectangular
LC_IN_zeeschelde_36500_L	25	\$LINK	5.2	5.2	20	4	None	Rectangular

BIJLAGE D Weirs in het hydrodynamisch model

Waterloop	Chainage	ID	Drempelhoogte (mTAW)	Drempelbreedte (m)
APPELZAK	5050	leidam	3.5	800
Grotelaakbeek	1881	molenVeldonk	9.1	6.2
dijle	26441	bovensluis	8.16	31
dijle	28951	benedensluis	7	41
FB_binnenbeek_L01	1300	antitankkanaal	9.06	519
FB_leibeek_L02	1300	autoweg	9.39	430
FB_leibeek_R02	1700	autoweg	8.65	676
FB_weesbeek_R01	300	autoweg	10.83	92
FB_barebeek_R01	1500	autoweg	7.09	240
FB_dijle_L05	1100	muizenbrug	6.94	110
FB_dijle_L07	400	afrit	7.65	255
Winge	4979	KW01	11.4	12
Winge	3430	drempel	10.15	3
FB_demer_L03	3100	begijnendijksesteenweg	12.6	800
FB_winge_L01	500	spoorweg	14.2	100
FB_winge_R01	900	spoorweg	13.4	50
FB_winge_L01	2100	steenweg op Wezemaal	11.7	200
FB_winge_R01	1900	steenweg op Wezemaal	12.3	150
FB_winge_R01	450	heuvelrug	14	100
FB_losting_L01	700	heuvelrug	13.2	25
FB_vrouwvliet_R01	3700	autoweg	6.38	600
FB_dijle_R05	2300	autoweg	9.36	560
FB_leibeek_L01	700	autoweg	13	540
FB_leibeek_R01	500	autoweg	13.38	300
Tangebeek	2650	afsluiting beek RWZI opw.	13	11
Tangebeek	2840	afsluiting beek RWZI afw.	13	11
Barbierbeek	14581.5	W-3109/001	6.16	15.2
LC_IN_zeeschelde_33530_L	15	inwateringKruibeke	8.35	39
LC_IN_zeeschelde_35900_L	5	inwateringBazelnord	8.35	2.6
LC_IN_zeeschelde_36500_L	10	inwateringBazelzuid	8.35	5.2
FB_ZEESCHELDE_L03	2220	DTM	7.876	346.991
FM_ZEESCHELDE_L06	466	bathy-2014	8.478	248.29
zenneaf1	2989	stabiliteit	3.56	10
zenne	1682	zenne_gesloten	100	10
zenne	2582	zenne_gesloten	100	10

BIJLAGE E Pompen in het hydrodynamisch model

Waterloop	Chainage	ID	Debiet (m ³ /s)	Aanslagpeil (mTAW)	Afslagpeil (mTAW)
LC_PUMP_benedennete_10416_L	5	Goorbosbeek1	1.4	3.95	3.45
LC_PUMP_benedennete_10416_L	5	Goorbosbeek2	1.4	4.45	3.45
LC_PUMP_benedennete_11816_R	5	vijzel1	1	2.7	2.5
LC_PUMP_benedennete_11816_R	5	vijzel2	1	2.9	2.7
LC_PUMP_benedennete_11816_R	5	vijzel3	1	3.1	2.9
LC_PUMP_benedennete_11816_R	5	vijzel4	0.5	3.3	3.1
LC_PUMP_benedennete_4216_R	5	Lachenebeek1	1.4	3.43	2.93
LC_PUMP_benedennete_4216_R	5	Lachenebeek2	1.4	3.93	2.93
LC_PUMP_benedennete_5616_L	5	Itterbeek1	1.4	2.96	2.61
LC_PUMP_benedennete_5616_L	5	Itterbeek2	1.4	3.41	2.61
LC_PUMP_BENEDENNETE_7016_L	5	Molenveldloop1	0.635	4	3.5
LC_PUMP_BENEDENNETE_7016_L	5	Molenveldloop2	0.635	4	3.5
LC_PUMP_benedennete_7316_L	5	Lekbeek1	1.4	3.35	3.13
LC_PUMP_BENEDENNETE_7766_L	5	Perwijsveldbeek1	0.16	2.6	2.5
LC_PUMP_BENEDENNETE_7766_L	5	Perwijsveldbeek2	0.16	2.7	2.5
LC_PUMP_BENEDENNETE_7766_L	5	Perwijsveldbeek3	0.16	2.8	2.5
LC_PUMP_benedennete_8616_R	5	Wouwendonksebeek1	1.4	4.46	4.01
LC_PUMP_DURME_13072_L	5	Lokerenbeek	0.6	6	5.77
LC_PUMP_DURME_13072_L	5	Lokerenbeek	0.6	6.1	5.77
LC_PUMP_DURME_13072_L	5	Lokerenbeek	0.6	6.2	5.77
LC_PUMP_DURME_15064_R	5	Zelebeek3	1.167	3.2	2.95
LC_PUMP_DURME_15064_R	5	Zelebeek2	1.167	3.15	2.95
LC_PUMP_DURME_15064_R	5	Zelebeek1	1.167	3.1	2.95
LC_PUMP_FC_DURME_LEDEBEEK	5	Ledebeek5	2	3.12	2.95
LC_PUMP_FC_DURME_LEDEBEEK	5	Ledebeek4	2	3.08	2.75
LC_PUMP_FC_DURME_LEDEBEEK	5	Ledebeek3	2	3.05	2.85
LC_PUMP_FC_DURME_LEDEBEEK	5	Ledebeek2	0.5	2.95	2.75
LC_PUMP_FC_DURME_LEDEBEEK	5	Ledebeek1	0.5	2.85	2.75
LC_PUMP_FC_DURME_LEDEBEEK	5	Ledebeek6	2	3.15	2.85
LC_PUMP_GROTENETE_39651_L	5	Gestelbeek1	1.4	5	4.5
LC_PUMP_GROTENETE_39651_L	5	Gestelbeek2	1.4	5.3	4.5
LC_PUMP_kleinenete_16080_R	5	Lisperloop1	0.2	1.95	0.7
LC_PUMP_kleinenete_16080_R	5	Lisperloop2	0.2	2.95	1.7
LC_PUMP_kleinenete_16080_R	5	Lisperloop3	0.2	3.45	2.7
LC_PUMP_kleinenete_6680_L	5	Nijlenbeek1	0.85	5	4.5
LC_PUMP_kleinenete_6680_L	5	Nijlenbeek2	0.85	5.1	4.6
LC_PUMP_kleinenete_6680_L	5	Nijlenbeek3	0.85	5.2	4.7
LC_PUMP_kleinenete_6680_L	5	Laak1	0.455	5	4.85
LC_PUMP_kleinenete_6680_L	5	Laak2	0.455	5.1	4.95
LC_PUMP_MOLENVLJET	5	MOLENVLJET_DWA1	1.2	1	0.5
LC_PUMP_MOLENVLJET	5	MOLENVLJET_DWA2	1.2	1.1	0.6

Waterloop	Chainage	ID	Debiet (m ³ /s)	Aanslagpeil (mTAW)	Afslagpeil (mTAW)
LC_PUMP_MOLENLIET	5	MOLENLIET_DWA3	1.2	1.2	0.7
LC_PUMP_MOLENLIET	5	MOLENLIET_RWA1	4	1.6	1
LC_PUMP_MOLENLIET	5	MOLENLIET_RWA2	4	1.8	1.5
LC_PUMP_MOLENLIET	5	MOLENLIET_RWA3	4	2	1.7
LC_PUMP_MOLENLIET	5	MOLENLIET_RWA4	4	2.2	1.9
LC_PUMP_rupel_10500_R	5	Wullebeek1	0.68	2.65	2.5
LC_PUMP_rupel_10500_R	5	Wullebeek2	0.68	2.8	2.5
LC_PUMP_rupel_10500_R	5	Wullebeek3	0.68	3	2.5
LC_PUMP_rupel_5100_R	5	Bosbeek1	0.159	4.6	4
LC_PUMP_rupel_5100_R	5	Bosbeek2	0.833	4.4	4
LC_PUMP_rupel_5100_R	5	Bosbeek3	0.159	4.8	4
LC_PUMP_rupel_6500_R	5	Hellegat1	0.3722	-0.18	-0.38
LC_PUMP_rupel_6500_R	5	Hellegat2	0.3722	0.07	0.02
LC_PUMP_rupel_6500_R	5	Hellegat3	0.7	0.94	0.35
LC_PUMP_rupel_6500_R	5	Hellegat4	0.7	1.42	0.6
LC_PUMP_rupel_6500_R	5	Hellegat5	0.7	1.6	1.15
LC_PUMP_ZIELBEEK	5	ZIELBEEK_DWA1	0.8	0.4	0.2
LC_PUMP_ZIELBEEK	5	ZIELBEEK_DWA2	0.8	0.5	0.3
LC_PUMP_ZIELBEEK	5	ZIELBEEK_DWA3	0.8	0.6	0.4
LC_PUMP_ZIELBEEK	5	ZIELBEEK_RWA1	2.5	0.7	0.5
LC_PUMP_ZIELBEEK	5	ZIELBEEK_RWA2	2.5	1	0.7
LC_PUMP_ZIELBEEK	5	ZIELBEEK_RWA3	2.5	1.2	0.9
Vrouwvliet	14437	pomp1a	2	3	2.5
Vrouwvliet	14437	pomp1b	2	3.15	2.5
Vrouwvliet	14437	pomp2a	2	3.3	2.6
Vrouwvliet	14437	pomp2b	2	3.4	2.6
Vrouwvliet	14437	pomp3	4	3.5	2.7
Vrouwvliet	14437	pomp4	4	3.6	2.8
Vrouwvliet	14437	pomp5	4	3.7	2.9
Vrouwvliet	14437	pomp6	4	3.8	3

BIJLAGE F 'Control Structures' in het hydrodynamisch model

Waterloop	Chainage	ID	Type	Aantal structuren	Drempel-breedte (m)	Drempel-hoogte (mTAW)
Dijle	3226	stuw Rotselaar	Overflow	2	5	9.43
Dijle-arm	74	molen Rotselaar	Underflow	4	1.75	10.72
Dijleafleiding	150	bovenschuif	Overflow	2	15	0
Dijleafleiding	150	benedenschuif	Underflow	2	15	0
Vrouwvliet	9369	stuwPasbrug	Overflow	2	3.425	1.9

stuw Rotselaar

Controle definitie	Voorwaarde	Controle strategie
1	H Dijle 3216 > 12.36	↓
2	H Dijle 3216 < 12.36 en dH Dijle 3236-3216 > 1	↑
3	H Dijle 3216 < 12.36 en H Dijle 3236 > 11.30	↓
4	H Dijle 3236 < 11.30	↑
5	Alle andere gevallen	=

molen Rotselaar

Controle definitie	Voorwaarde	Controle strategie
1	H Dijle 3122 > 12.8	↑
2	Alle andere gevallen	=

bovenschuif

Controle definitie	Voorwaarde	Controle strategie
1	dh Dijleafleiding 100-200 > 0.8 en H Dijleafleiding 100 > 4.85 en GateLevel benedenschuif = 0	↓
2	dh Dijleafleiding 100-200 > 0.8 en H Dijleafleiding 100 < 4.75 en GateLevel benedenschuif = 0	↑
3	Alle andere gevallen	=

benedenschuif

Controle definitie	Voorwaarde	Controle strategie
1	dh Dijleafleiding 100-200 > 0.8 en H Dijleafleiding 100 > 4.85 en GateLevel bovenschuif = 3.8	↑
2	dh Dijleafleiding 100-200 > 0.8 en H Dijleafleiding 100 < 4.75 en GateLevel bovenschuif = 3.8	↓
3	Alle andere gevallen	=

StuwPasbrug

Controle definitie	Voorwaarde	Controle strategie
1	H Vrouwvliet 9368 > 3.8	↓
2	H Vrouwvliet 9368 < 3.7	↑
3	Alle andere gevallen	=

BIJLAGE G Fictieve inloophydrogrammen

Naam waterloop	Chainage (m)	Randvoorwaarde [m ³ /s]
4deHavendok	0	0
Albertdok	2586	0
Amerikadok	0	0
Barebeek	0	0
bergebeek	0	0
Binnenbeek	0	0
BINNENNETE	0	0
BINNENNETE	1296	0
BRAAKMAN	1400	0
BUITENHAVEN-VLISSINGEN	1285	0
Churchilldok	0	0
Delwaidedok	0	0
Demer	49141	0
DEURGANCKDOK	2750	0
Dijle	0	0
Duisbroekloop	0	0.05
Durme	17700	0.78
FB_barebeek_R01	3302	0
FB_Bollaak_1	0	0
FB_dijle_R01	0	0
FB_dijle_R03	1132	0
FB_DURME_L01	0	0
FB_DURME_R01	2229	0.01
FB_DURME_R02	0	0
FB_DURME_R03	594	0
FB_grotenete_L01	0	0
FB_grotenete_L17	0	0
FB_grotenete_R01	0	0
FB_kleinenete_L01	0	0
FB_kleinenete_L02	5600	0
FB_kleinenete_L03	2250	0
FB_kleinenete_L04	2700	0
FB_kleinenete_L05	2300	0
FB_kleinenete_L06	0	0
FB_kleinenete_L08	0	0
FB_kleinenete_L09	0	0
FB_kleinenete_L10	0	0
FB_kleinenete_L10	3150	0
FB_kleinenete_L11	0	0
FB_kleinenete_L11	4400	0

Naam waterloop	Chainage (m)	Randvoorwaarde [m ³ /s]
FB_kleinenete_L12	0	0
FB_kleinenete_L12	450	0
FB_kleinenete_L13	0	0
FB_kleinenete_L13	5000	0
FB_kleinenete_L14	0	0
FB_kleinenete_L14	2450	0
FB_kleinenete_L15	0	0
FB_kleinenete_L16	1350	0
FB_kleinenete_L17	0	0
FB_kleinenete_R01	2100	0
FB_kleinenete_R02	5600	0
FB_kleinenete_R03	2000	0
FB_kleinenete_R04	0	0
FB_kleinenete_R04	900	0
FB_kleinenete_R06	1084	0
FB_kleinenete_R07	0	0
FB_kleinenete_R08	703	0
FB_kleinenete_R12	0	0
FB_kleinenete_R13	1257	0
FB_kleinenete_R14	1300	0
FB_leibeek_R01	0	0
FB_leibeek_R03	3640	0
FB_OUDEZENNE_L01	0	0
FB_rupel_L01	1640	0
FB_rupel_L04	0	0
FB_rupel_L04	2818	0
FB_rupel_L05	1698	0
FB_rupel_L06	0	0
FB_rupel_L06	3084	0
FB_rupel_R01	9022	0
FB_rupel_R02	0	0
FB_rupel_R03	554	0
FB_vrouwvliet_L03	2130	0
FB_winge_R01	0	0
FB_ZEESCHELDE_L01	0	0
FB_ZEESCHELDE_L01	4984	0
FB_ZEESCHELDE_L02	4124	0
FB_ZEESCHELDE_L03	3206	0
FB_ZEESCHELDE_L09	2598	0
FB_ZEESCHELDE_R01	2272	0
FB_zeeschelde_R02	1744	0
FB_ZEESCHELDE_R04	2051	0
FB_zeeschelde_R05	1675	0

Naam waterloop	Chainage (m)	Randvoorwaarde [m ³ /s]
FB_ZEESCHELDE_R08	0	0
FB_ZEESCHELDE_R08	9812	0
FB_ZEESCHELDE_R10	0	0
FB_ZEESCHELDE_R10	10850	0
FB_ZEESCHELDE_R11	0	0
FB_ZEESCHELDE_R12	2728	0
FB_ZEESCHELDE_R13	4311	0
FB_ZEESCHELDE_R14	2461	0
FB_ZEESCHELDE_R15	1280	0
FB_ZENNE_L01	0	0
FB_ZENNE_L02	697	-0.1
FB_ZENNE_L03	626	0
FB_ZENNE_L04	721	0
FB_ZENNE_L05	0	0
FB_ZENNE_L06	0	0
FB_ZENNE_L07	0	0
FB_ZENNE_L08	0	0
FB_ZENNE_L09	2034	0
FB_ZENNE_L10	0	0
FB_ZENNE_L11	0	0
FB_ZENNE_R01	0	0
FB_ZENNE_R02	0	0
FB_ZENNE_R03	0	0
FB_ZENNE_R03	1076	0
FB_ZENNE_R06	0	0
FB_ZENNE_R08	0	0
FB_ZENNE_R09	0	0
FB_ZENNE_R10	0	0
FB_ZENNEAFL_L01	0	0
FB_ZENNEAFL_L01	5336	0
FB_ZENNEAFL_R01	0	0
FC_barebeek2_1036_R	10	0
FC_FB_dijle_R05_4800_R	10	0
FC_FB_ZEESCHELDE_L02	10	0
FC_FB_zeeschelde_R03	10	0
FC_FB_zeeschelde_R04	10	0
FC_FB_ZEESCHELDE_R06	10	0
FC_FB_ZENNE_R02_623_R	10	0
FC_FB_ZENNE_R06_2133_R	10	0
FC_FB_ZENNE_R07_413_R	10	0
FC_FB_ZENNE_R08_242_L	10	0
FC_heilaakbeek_1250_L	10	1.00E-05
FC_tangebeek_L01	0	0

Naam waterloop	Chainage (m)	Randvoorwaarde [m ³ /s]
FC_vrouwvliet_13512_L	10	0
FC_vrouwvliet_13782_R	10	0
FC_ZEESCHELDE_100250_R	10	0
FC_ZENNE_22477_L	10	0
FM_ZEESCHELDE_L03	0	0
FM_ZEESCHELDE_L03	572	0
FM_ZEESCHELDE_L04	1608	0
FM_ZEESCHELDE_L05	660	0
GGGbergenm1	998	0
GGGbergenm2	422	0
GGGDOELPOLD1	3480	0
GGGDOELPOLD3	1104	0
GOGanderst2	767	0
GGOBASTENAK	0	0
GGOBUNT	1472	0
GOGham	0	0
GOGham	648	0
GOGpaardewe	0	0
GOGPAARDEWE	2445	0
GOGpaardewe	2445	0
GOGpolderli	0	0
GOGpolderli	990	0
GOGPOTPOLD1	0	0
GOGPOTPOLD4	0	0
GOGuiterdij	405	0.05
GOGvlassen2	1600	0
GOGwijmeers	1416	0
goorloop	0	0
GROTELAAK	0	0
Grotelaakbeek	0	0
GROTENETE	0	0
HAVENVLISINGEN-OOST	4000	0
HAVENVLISINGEN-OOST2	2640	0
Heilaakbeek	0	0
Houtvenseloop	0	0
huizebeek	0	0
KanaaldokB1	5567	0
KanaaldokB3	0	0
KLEINENDIJK	5065	0
KLEINENDIJK-OOST	3315	0
KLEINENDIJK-WEST	1800	0
KLEINENDIJK-ZUID	2018	0
KleineNete	0	0

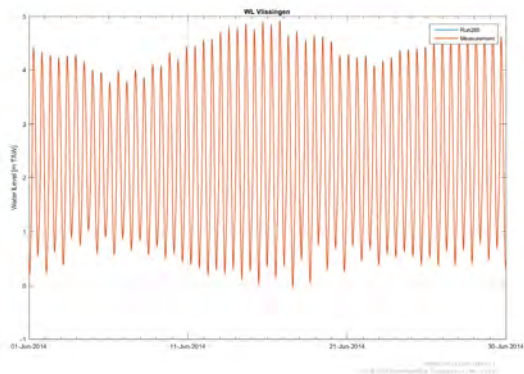
Naam waterloop	Chainage (m)	Randvoorwaarde [m ³ /s]
leibeek	0	0
leibeek_grotenete	0	0
Leopolddok	0	0
Losting	0	0
molen_vliet	10	0
OPLHEDWIGE	2500	0
OPLHEUSDEN	0	0
oplheusden	968	0
OPLlillo	0	0
OPLlillo	530	0
SAFTHINGER_Z	2449	0
SAFTINGER-EE	5194	0
SCHAAPSKOOI	1138	0
ScheldeRijnk	0	0
SPEELMANSGAT	6279	0
Steenkensbeek	0	0
tangebeek	0	0
Tangebeek	750	0
Tangebeek	2560	0
Tangebeek	3100	0
Tangebeek	3469	0
TERNEUZEN	1486	0
vrouwvliet	0	0
Weesbeek	0	0
Wimp	0	0
Winge	0	0
ZANDVLIETSLUIS	879	0
zeeschelde	107650	1
Zenne	6101	0
Zielbeek	10	0
ZUID-BEVELAND	1700	0
ZWARTEBEEK	10	0

BIJLAGE H Grafieken kalibratie- en validatie

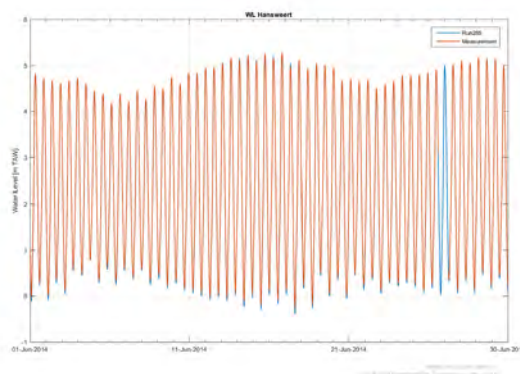
BIJLAGE H.A Modelresultaten jun2014 - gemiddeld getij

Tijdreeksen

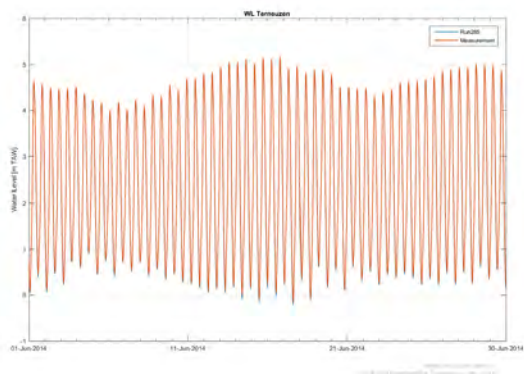
Figuur A 1 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Vlissingen



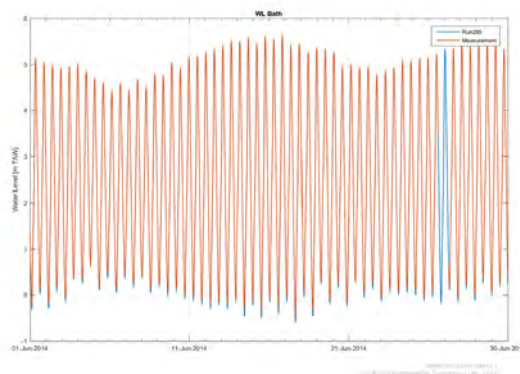
Figuur A 3 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Hansweert



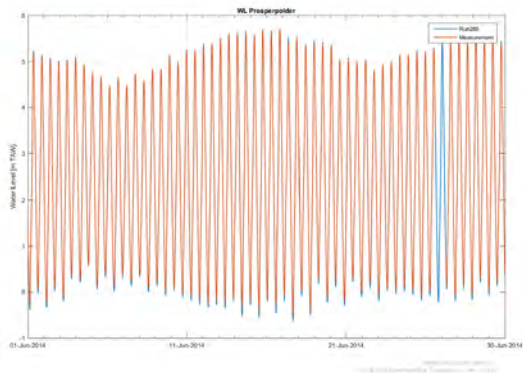
Figuur A 2 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Terneuzen



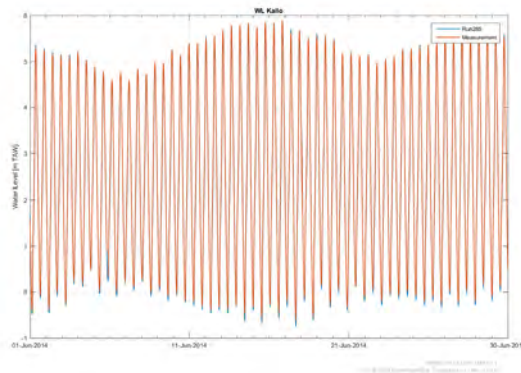
Figuur A 4 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Bath



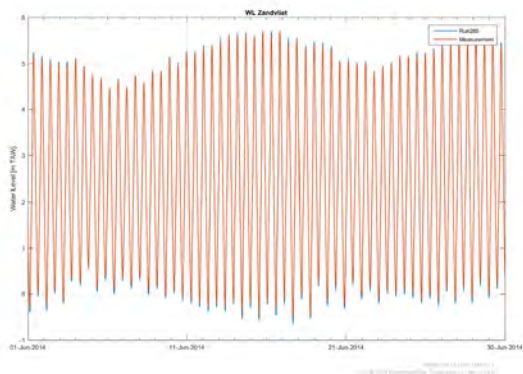
Figuur A 5 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Prosperpolder



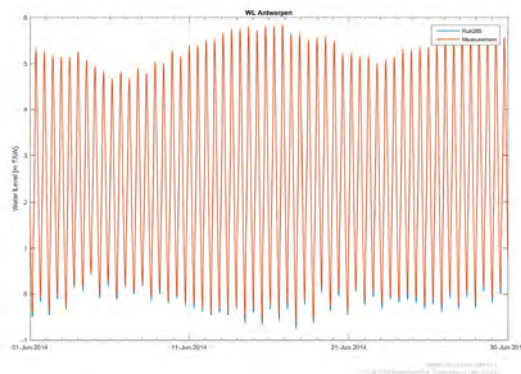
Figuur A 8 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Kallø



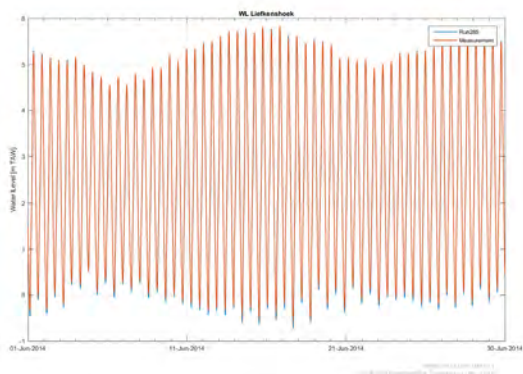
Figuur A 6 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Zandvliet



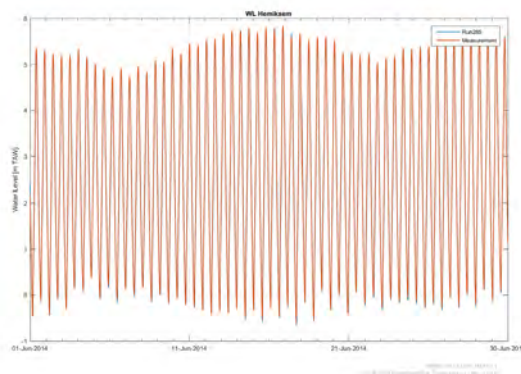
Figuur A 9 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Antwerpen



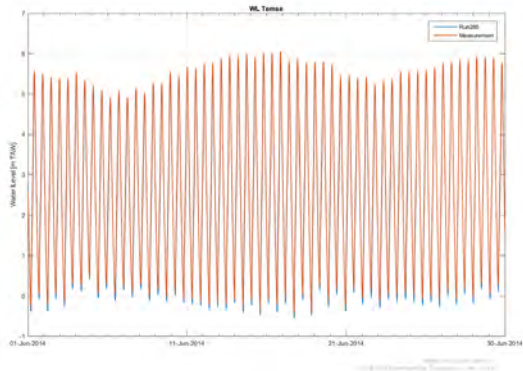
Figuur A 7 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Liefkenshoek



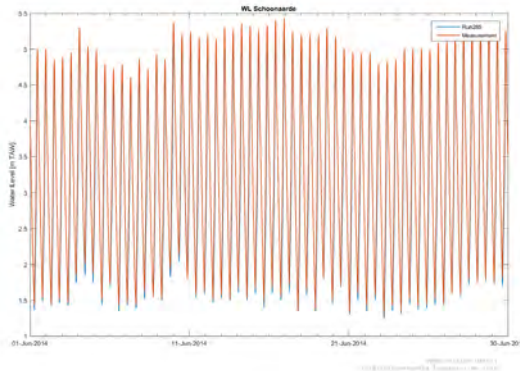
Figuur A 10 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Hemiksem



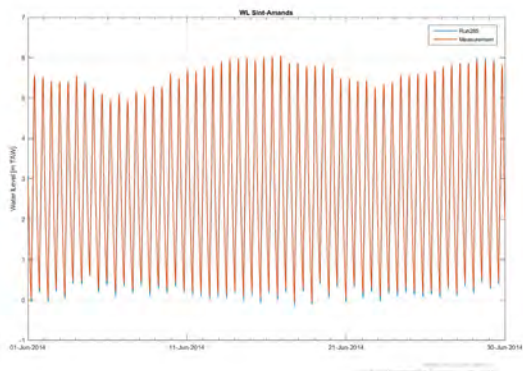
Figuur A 11 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Temse



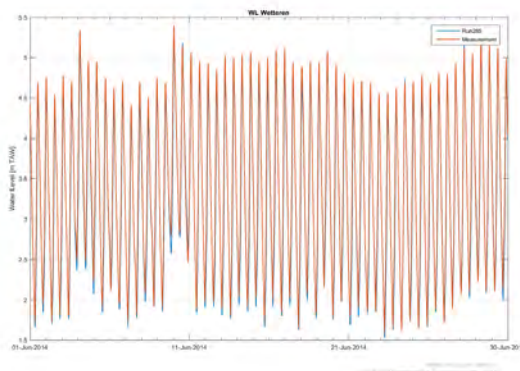
Figuur A 14 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Schoonaarde



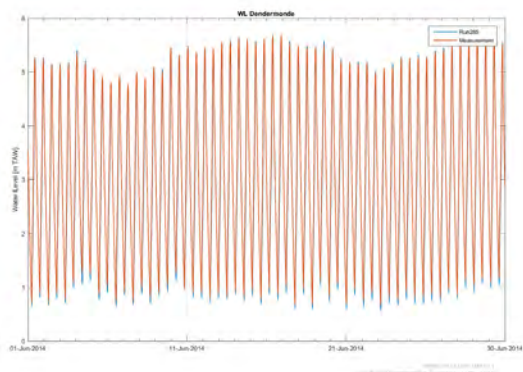
Figuur A 12 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Sint-Amands



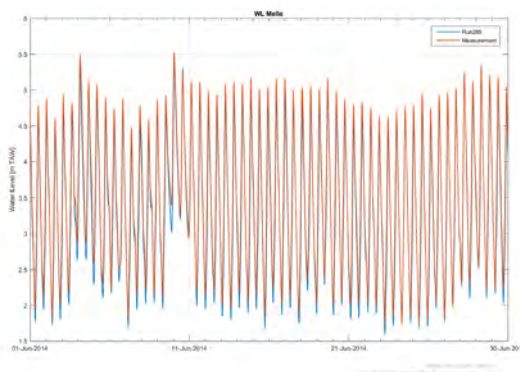
Figuur A 15 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Wetteren



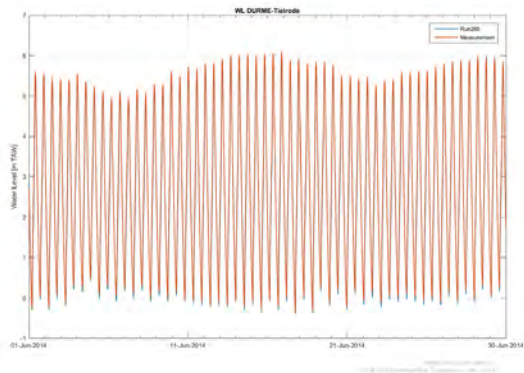
Figuur A 13 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Dendermonde



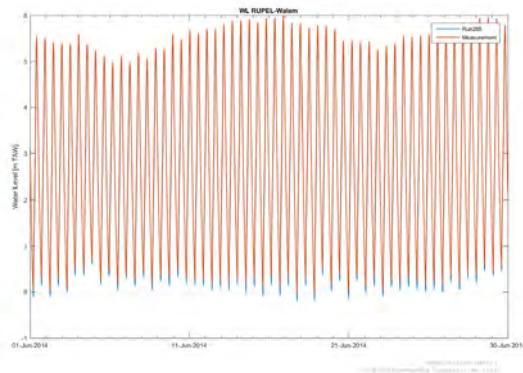
Figuur A 16 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Melle



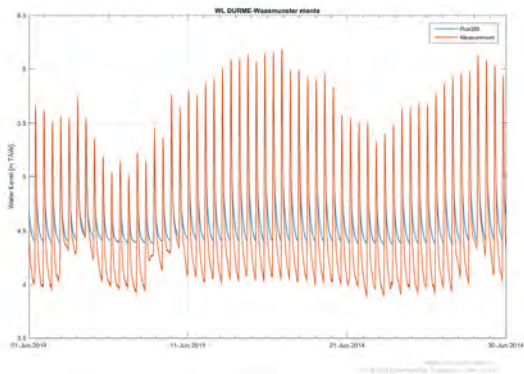
Figuur A 17 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Tielrode



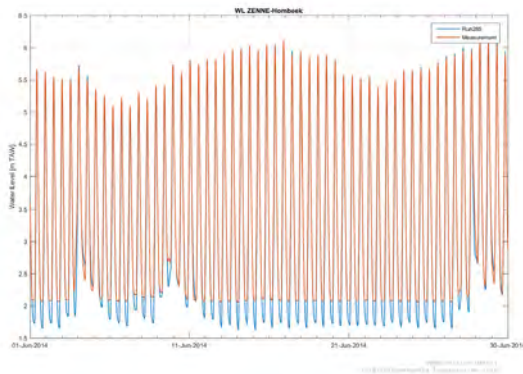
Figuur A 20 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Walem



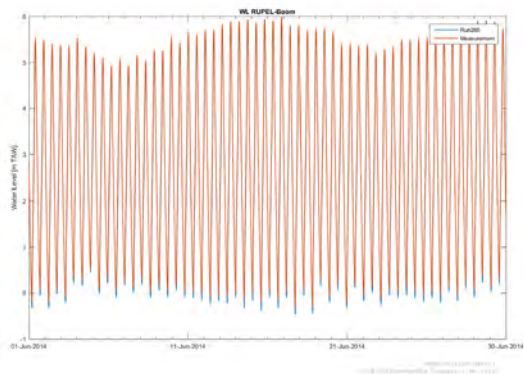
Figuur A 18 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Waasmunster Manta



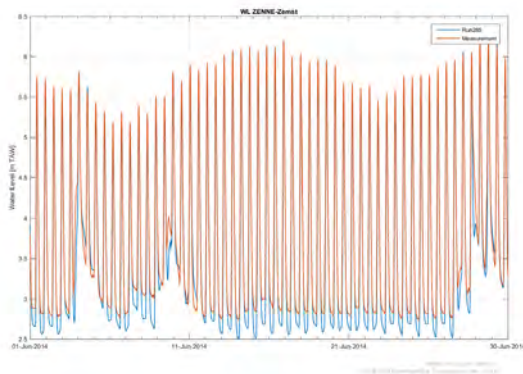
Figuur A 21 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Hombeek



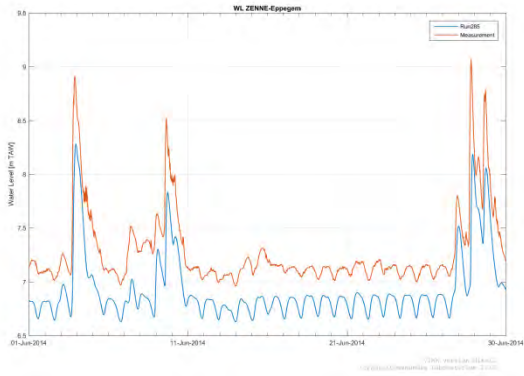
Figuur A 19 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Boom



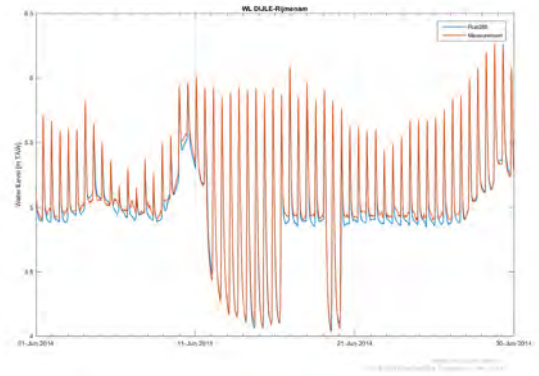
Figuur A 22 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Zemst



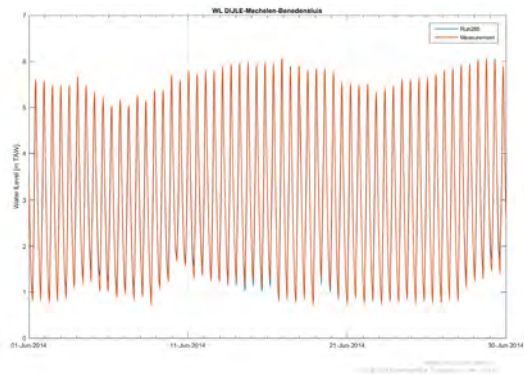
Figuur A 23 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Epegem



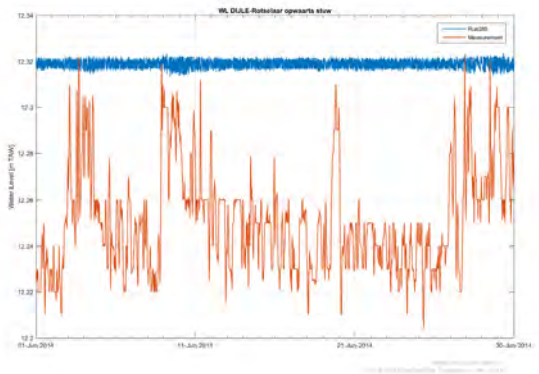
Figuur A 26 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Rijmenam



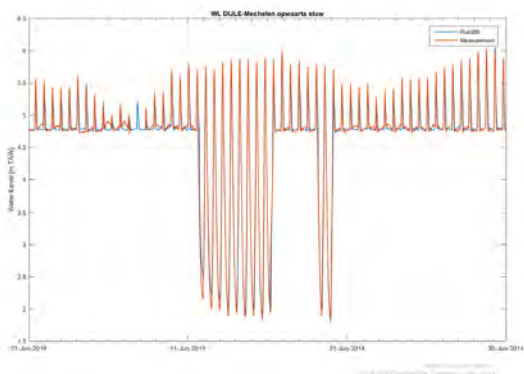
Figuur A 24 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Mechelen-Benedensluis



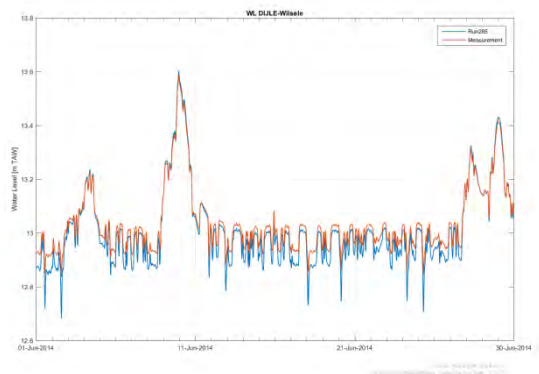
Figuur A 27 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Rotselaar opwaarts stuw



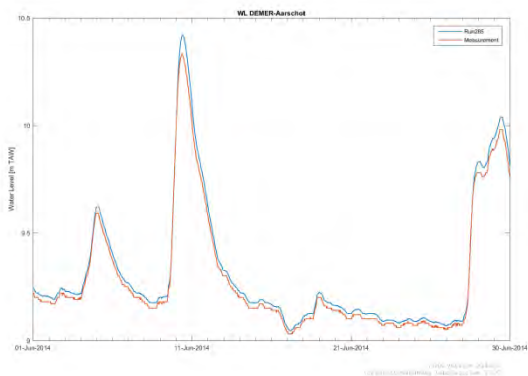
Figuur A 25 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Mechelen opwaarts stuw



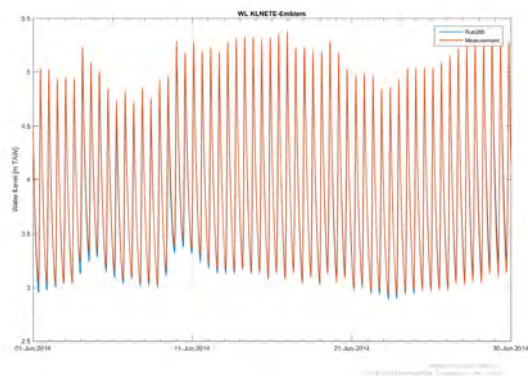
Figuur A 28 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Wilsele



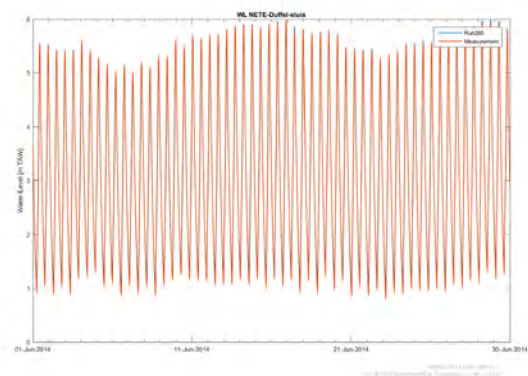
Figuur A 29 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Aarschot



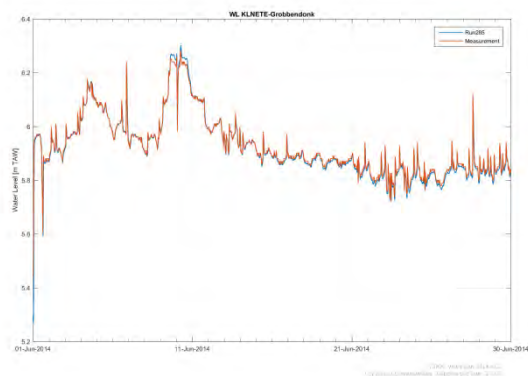
Figuur A 32 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Emblem



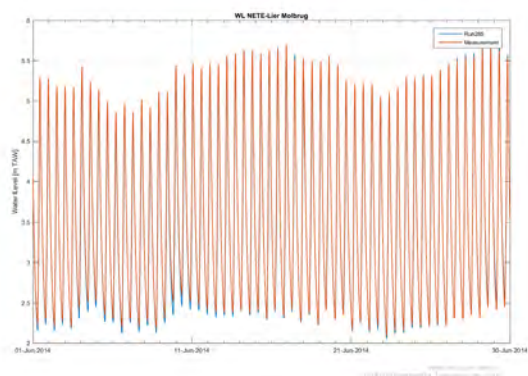
Figuur A 30 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Duffel-sluis



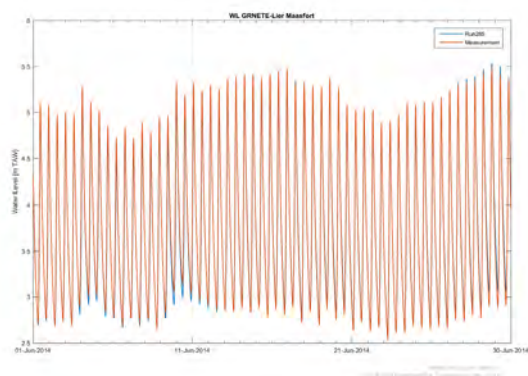
Figuur A 33 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Grobbendonk



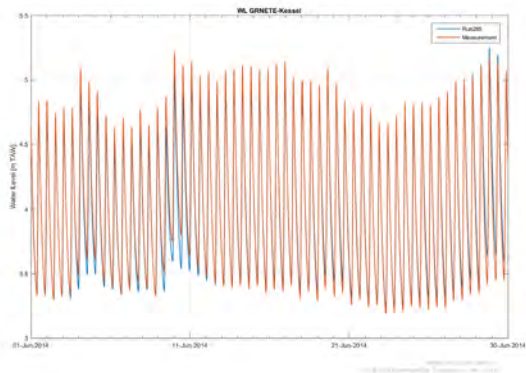
Figuur A 31 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Lier Molbrug



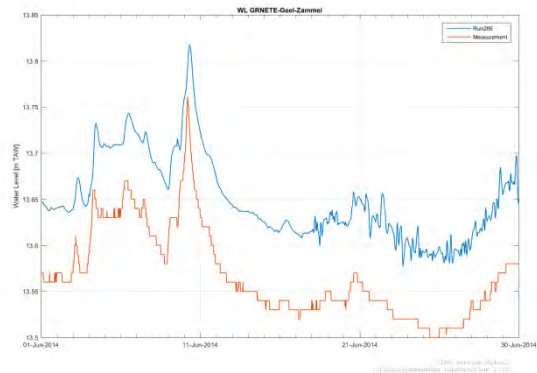
Figuur A 34 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Lier Maasfort



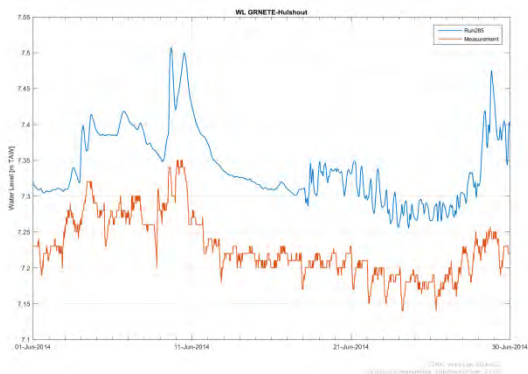
Figuur A 35 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Kessel



Figuur A 37 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 – Geel-Zammel



Figuur A 36 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen - jun2014 - Hulshout



Statistische parameters tijdreeksen (TS), HW en LW

Tabel A 1 - Statistische parameters voor tijdreeksen waterpeilen, hoogwaters en laagwaters –jun2014- Westerschelde, Zeeschelde en Durme

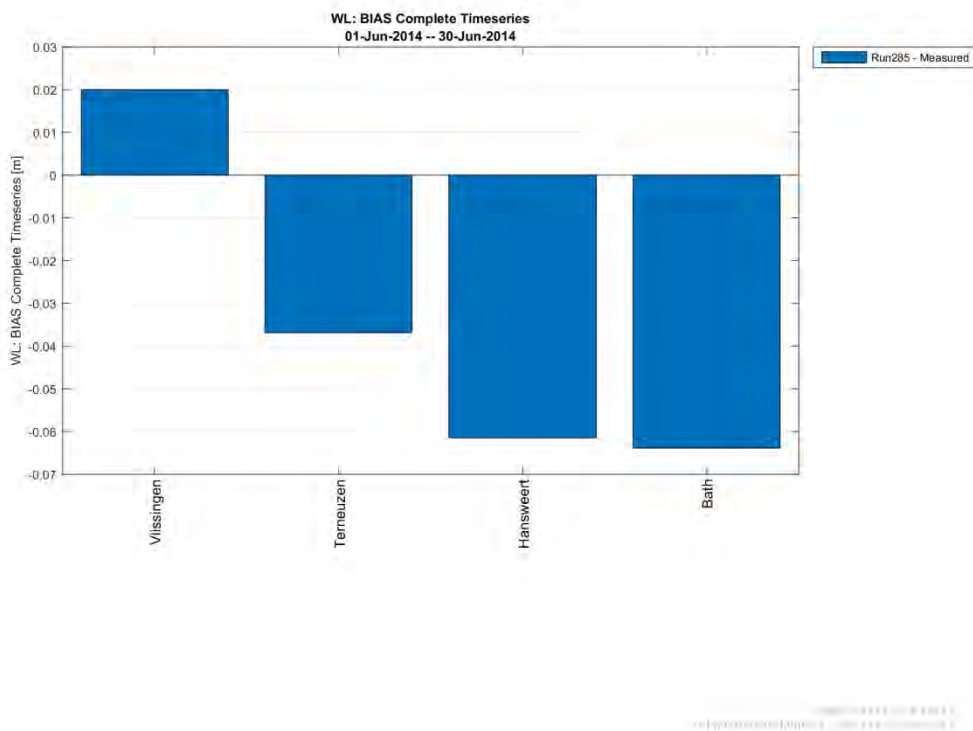
Jun2014							
Rivier	Meetpost	bias TS	RMSE TS	bias HW	RMSE HW	bias LW	RMSE LW
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Westerschelde	Vlissingen	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	Terneuzen	-0.04	0.07	-0.05	0.05	-0.04	0.04
	Hansweert	-0.06	0.08	-0.02	0.03	-0.07	0.07
	Bath	-0.06	0.09	-0.01	0.03	-0.08	0.09
Beneden-Zeeschelde	Prosperpolder	-0.04	0.09	0.02	0.03	-0.10	0.10
	Zandvliet	-0.04	0.09	0.05	0.05	-0.09	0.09
	Liefkenshoek	-0.05	0.12	0.00	0.03	-0.08	0.09
	Kallo	-0.05	0.14	0.01	0.03	-0.08	0.08
	Antwerpen	-0.07	0.16	-0.02	0.04	-0.09	0.09
	Hemiksem	-0.01	0.18	-0.01	0.03	-0.02	0.03
Boven-Zeeschelde	Temse	-0.09	0.19	-0.06	0.07	-0.12	0.13
	Sint-Amands	-0.06	0.20	-0.02	0.04	-0.08	0.09
	Dendermonde	-0.08	0.17	0.02	0.05	-0.10	0.10
	Schoonaarde	-0.10	0.19	-0.06	0.08	-0.05	0.06
	Wetteren	-0.10	0.17	-0.07	0.09	-0.05	0.08
	Melle	-0.15	0.20	-0.13	0.14	-0.14	0.16
Durme	Tielrode	-0.08	0.21	-0.04	0.05	-0.07	0.07
	Waasmunster Manta	0.20	0.27	-0.05	0.07	0.36	0.38

Tabel A 2 - Statistische parameters voor tijdreeksen waterpeilen, hoogwaters en laagwaters – jun2014 – Rupelbekken

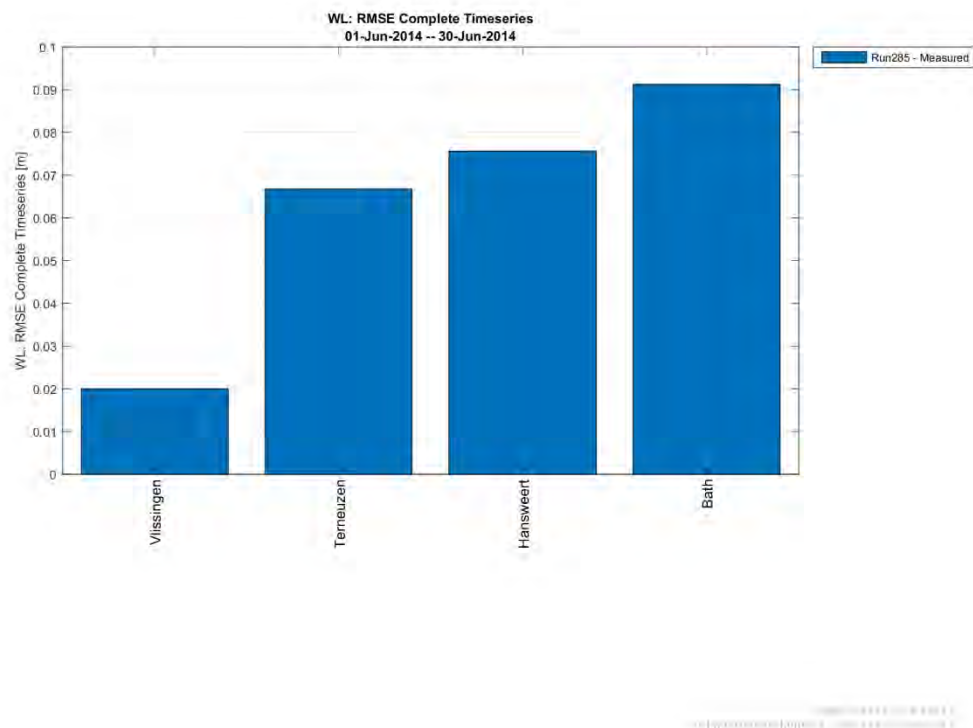
Jun2014							
Rivier	Meetpost	bias TS	RMSE TS	bias HW	RMSE HW	bias LW	RMSE LW
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Rupel	Boom	-0.09	0.16	-0.04	0.06	-0.12	0.13
	Walem	-0.09	0.21	-0.03	0.04	-0.13	0.13
Zenne	Hombeek	*	*	-0.01	0.04	*	*
	Zemst	*	*	-0.06	0.08	*	*
	Eppegem	*	*	-0.40*	0.44*	*	*
Dijle	Mechelen-Benedensluis	-0.07	0.18	-0.03	0.04	0.09	0.14
	Mechelen opwaarts stuw	-0.03	0.23	-0.02	0.03	0.13	0.16
	Rijmenam	-0.03	0.08	-0.05	0.05	0.01	0.03
	Rotselaar opwaarts stuw	0.07	0.07	0.06	0.06	0.08	0.08
	Wilsele	-0.03	0.04	-0.02	0.03	-0.05	0.06
Demer	Aarschot	0.03	0.03	0.04	0.05	0.03	0.03
Benedennete	Duffel-sluis	-0.03	0.12	0.00	0.04	0.16	0.16
	Lier Molbrug	-0.06	0.10	-0.02	0.04	-0.04	0.06
Kleine Nete	Emblem	-0.05	0.10	-0.06	0.07	-0.02	0.05
	Grobbendonk	0.00	0.02	-0.01	0.02	0.00	0.01
Grote Nete	Lier Maasfort	-0.02	0.09	-0.04	0.06	0.02	0.07
	Kessel	-0.02	0.09	-0.08	0.08	0.02	0.08
	Hulshout	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.13
	Geel-Zammel	0.08	0.08	0.07	0.07	0.09	0.09

*Laagwaterpeilen langs de Zenne worden niet correct gemeten omwille van de plaatsing van de meetpost in de rivierbedding.
~~xx*~~ : waarden niet beschouwd bij analyse kalibratie omwille van verouderde bathymetrie in het model.

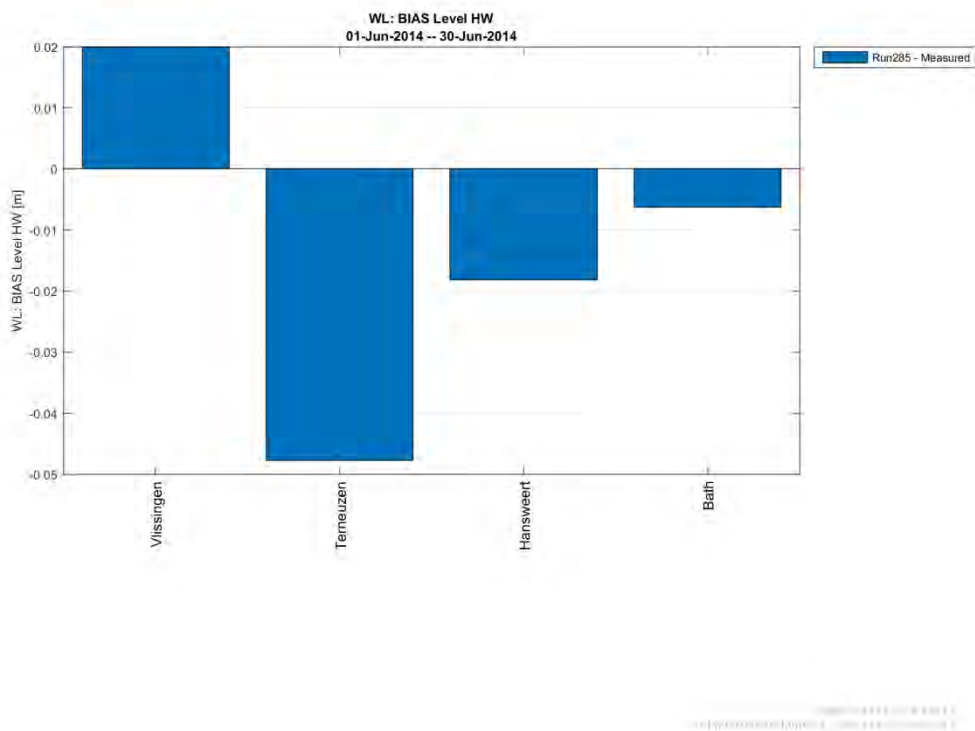
Figuur A 38 - bias waterpeilen (model-meting) - jun2014 - Westerschelde



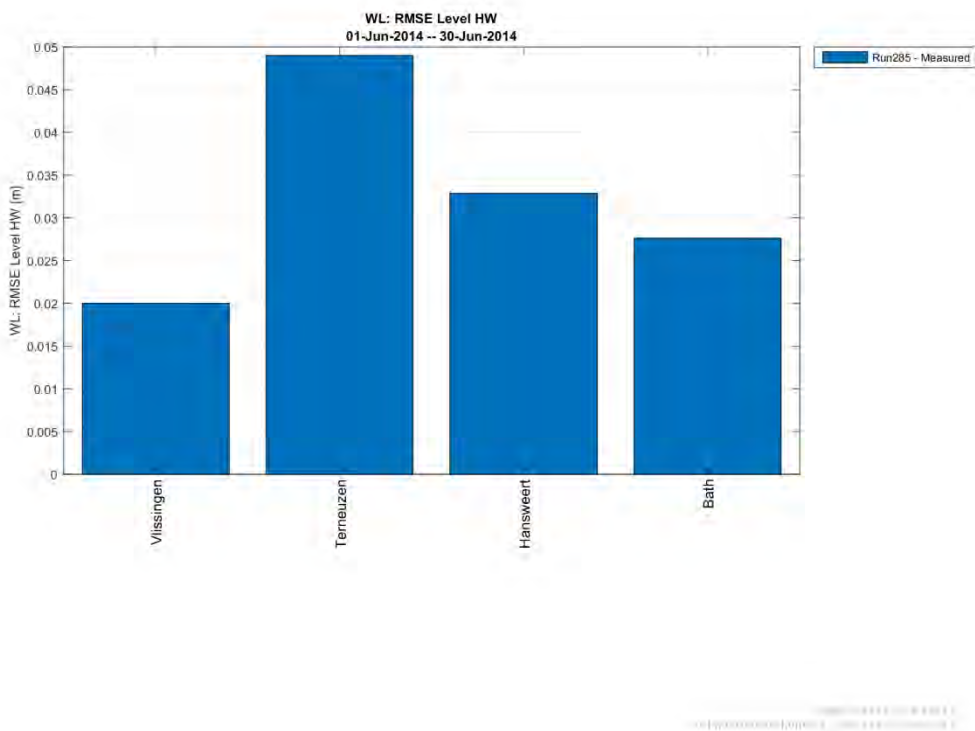
Figuur A 39 - RMSE waterpeilen (model-meting) - jun2014 - Westerschelde



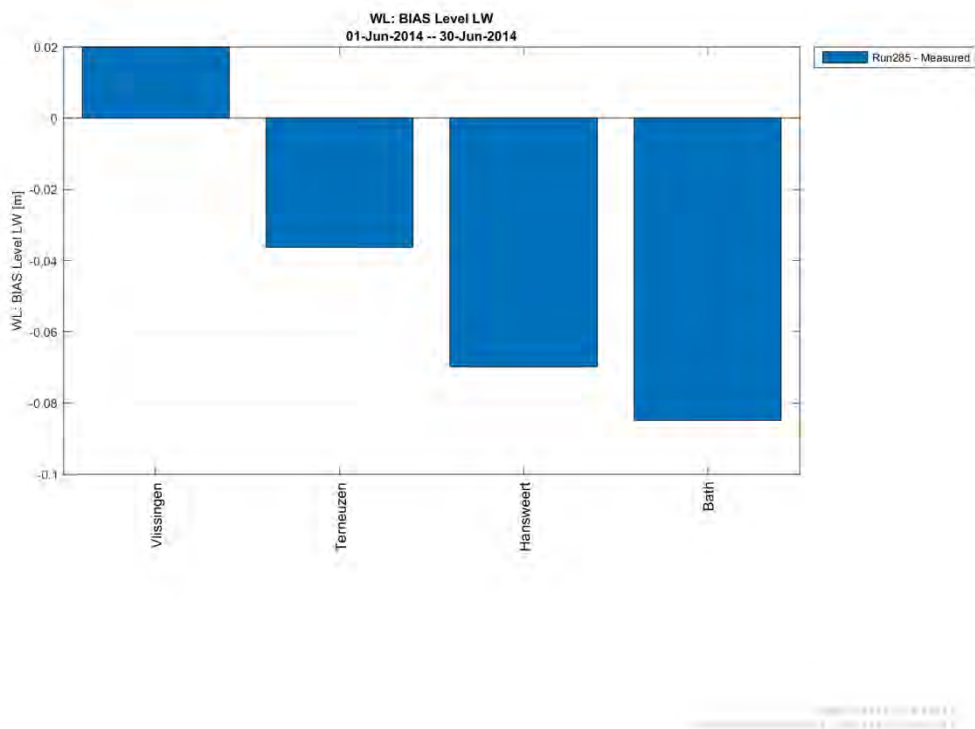
Figuur A 40 - bias hoogwaters (model-meting) - jun2014 - Westerschelde



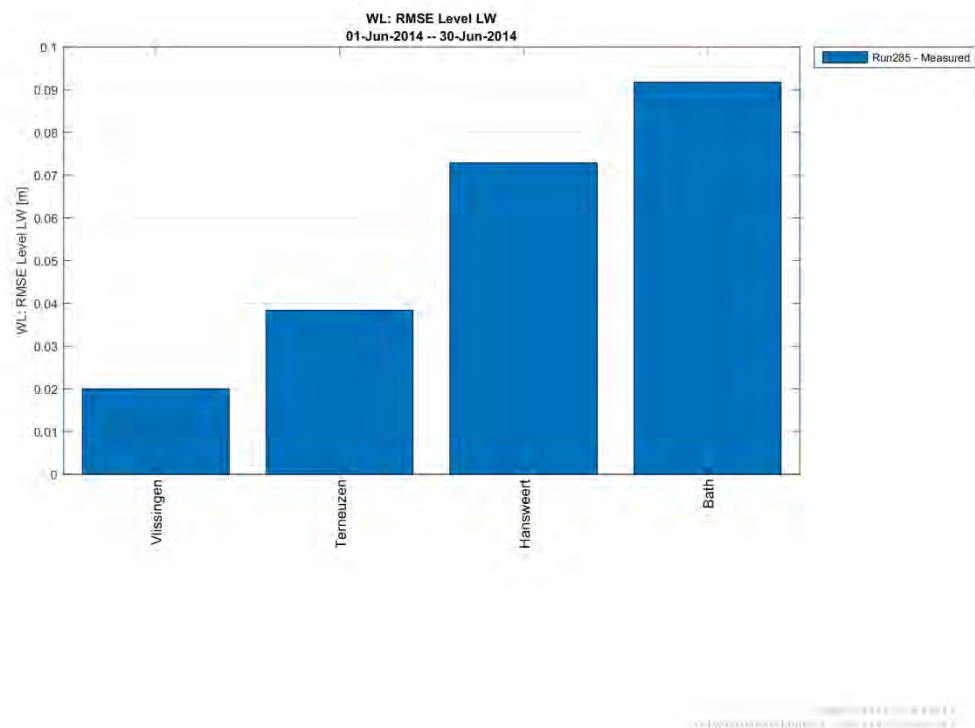
Figuur A 41 - RMSE hoogwaters (model-meting) - jun2014 - Westerschelde



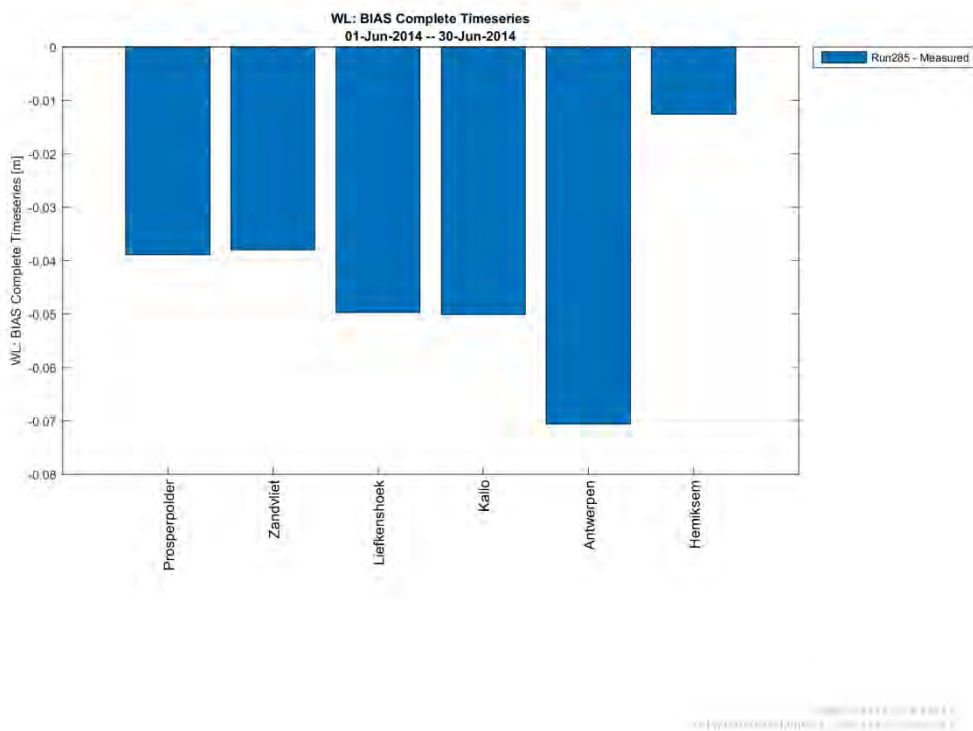
Figuur A 42 - bias laagwaters (model-meting) - jun2014 - Westerschelde



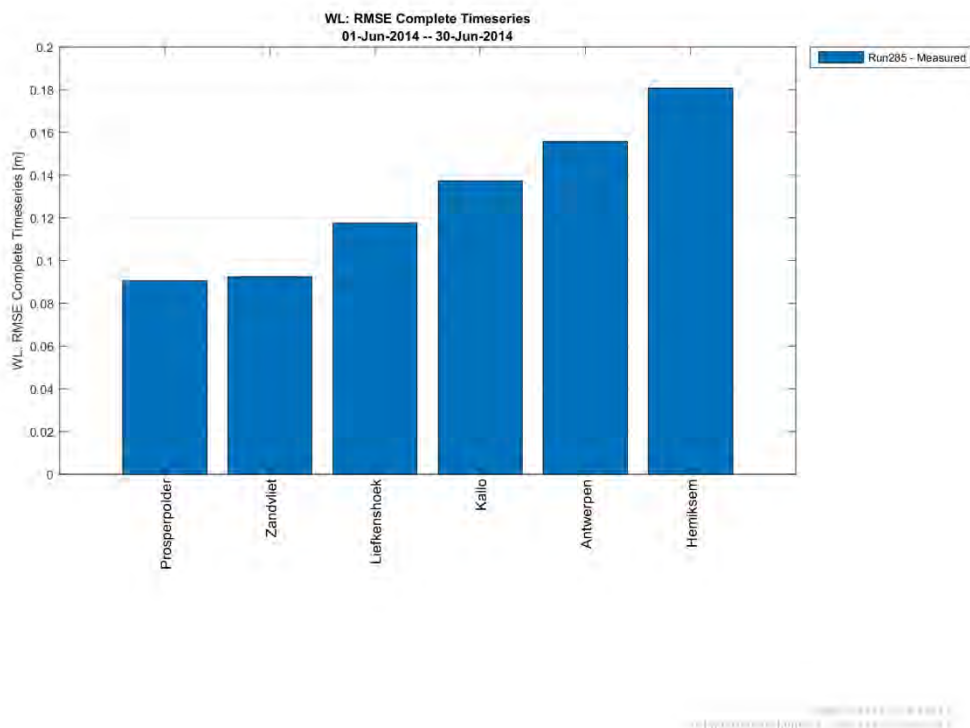
Figuur A 43 - RMSE laagwaters (model-meting) - jun2014 - Westerschelde



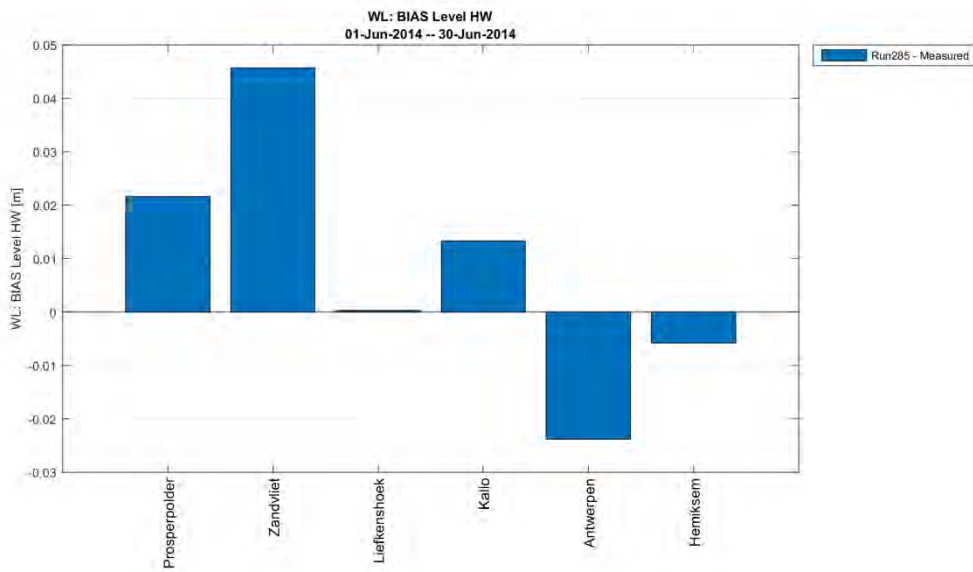
Figuur A 44 - bias waterpeilen (model-meting) - jun2014 - Beneden-Zeeschelde



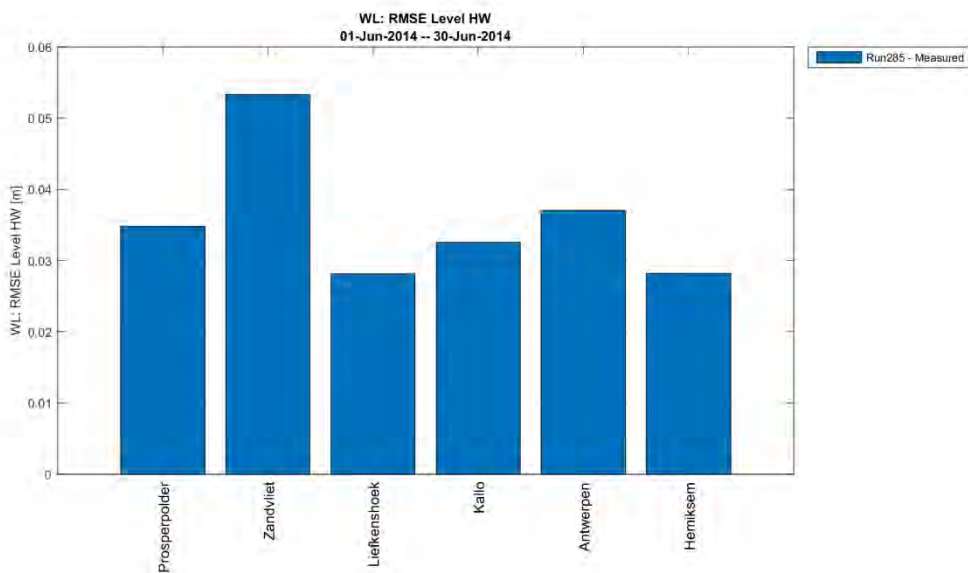
Figuur A 45 - RMSE waterpeilen (model-meting) - jun2014 - Beneden-Zeeschelde



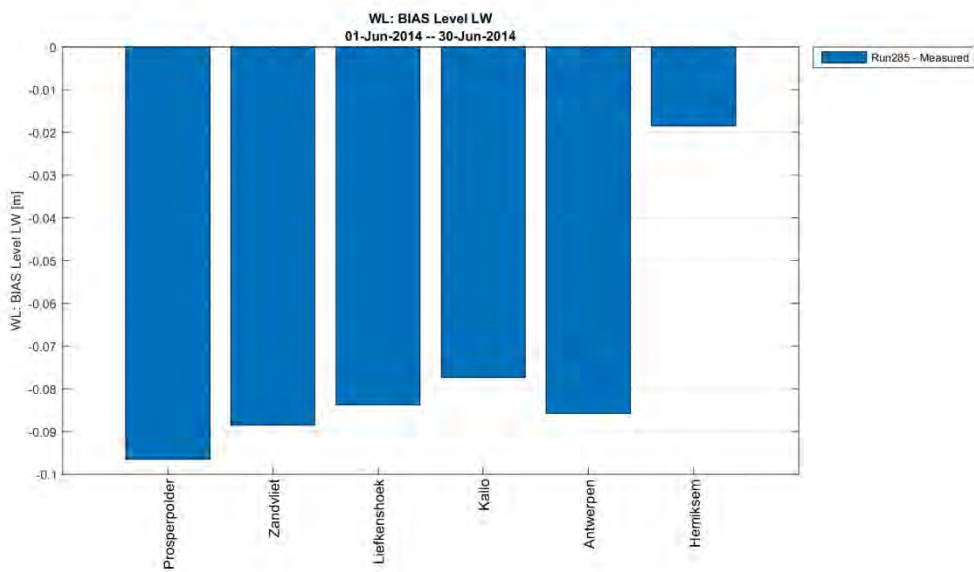
Figuur A 46 - bias hoogwaters (model-meting) - jun2014 - Beneden-Zeeschelde



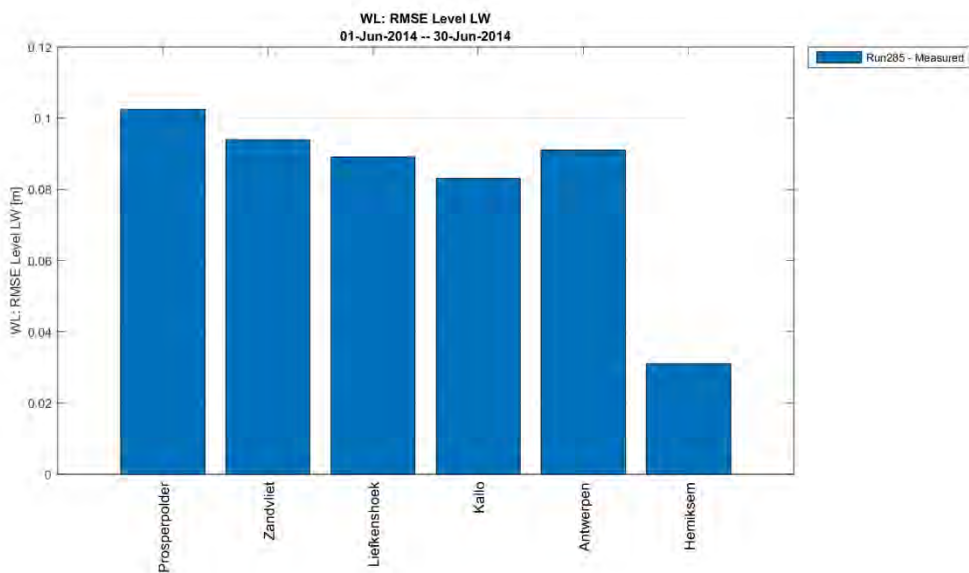
Figuur A 47 - RMSE hoogwaters (model-meting) - jun2014 - Beneden-Zeeschelde



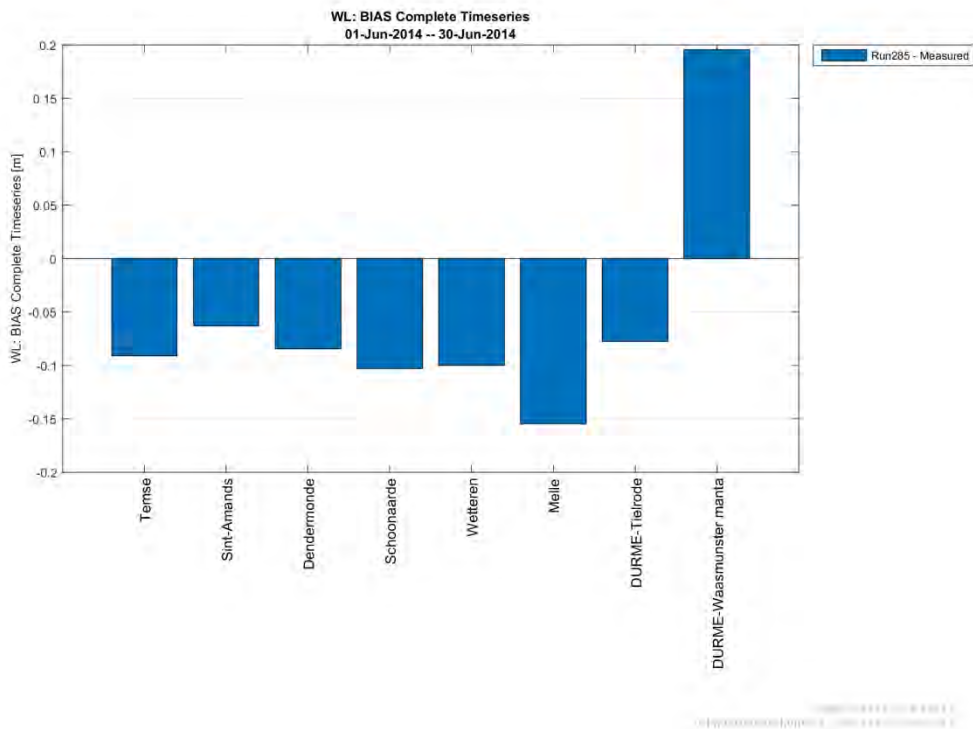
Figuur A 48 - bias laagwaters (model-meting) - jun2014 - Beneden-Zeeschelde



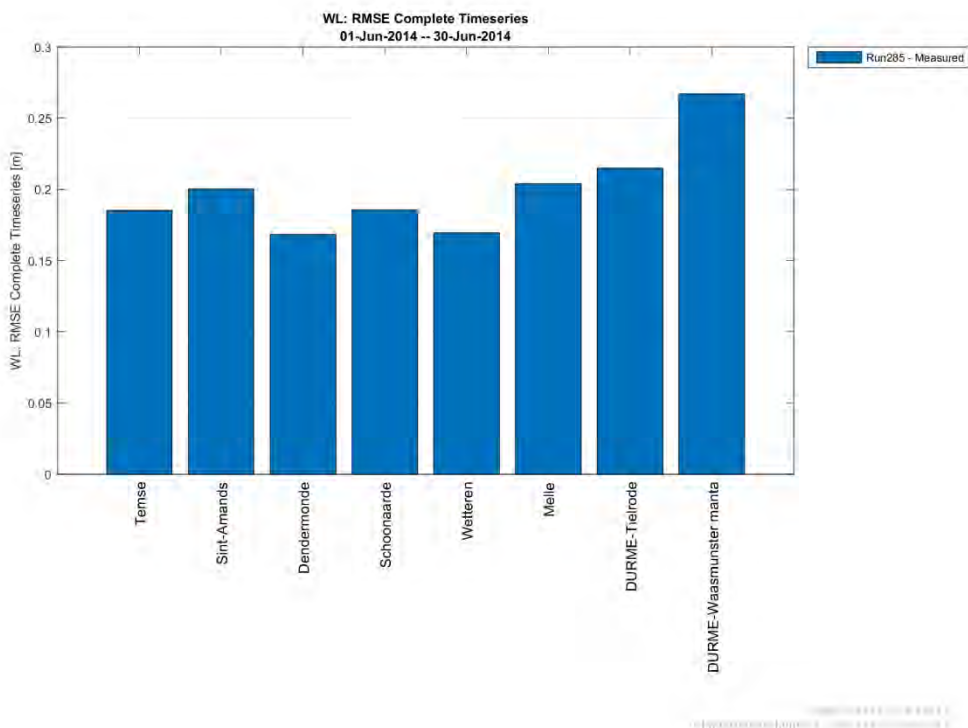
Figuur A 49 - RMSE laagwaters (model-meting) - jun2014 - Beneden-Zeeschelde



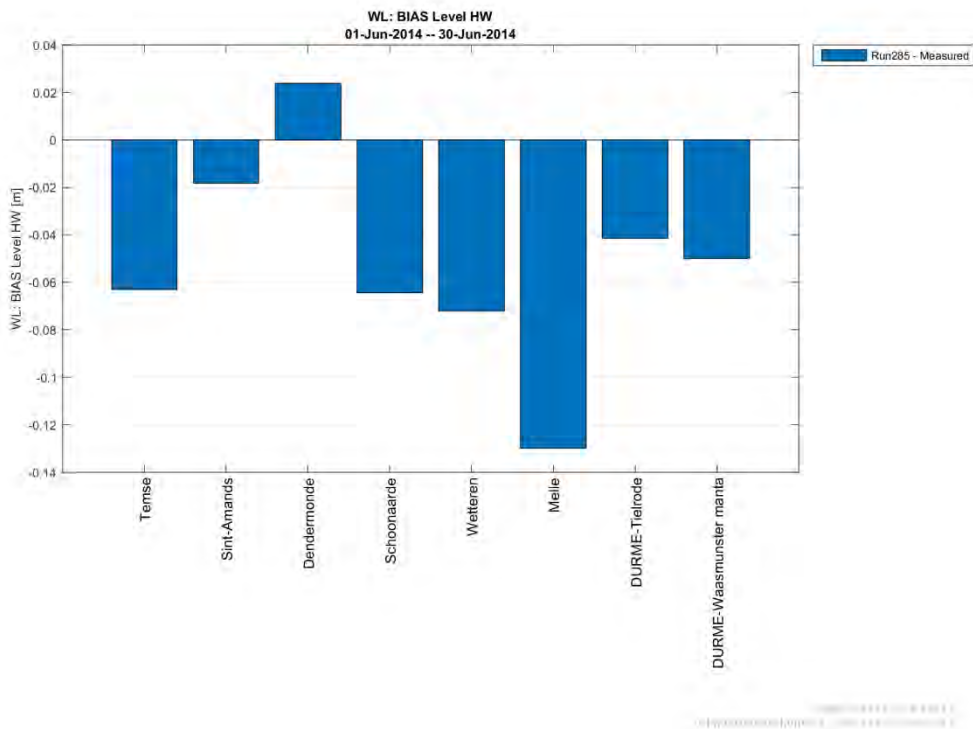
Figuur A 50 - bias waterpeilen (model-meting) - jun2014 - Boven-Zeeschelde en Durme



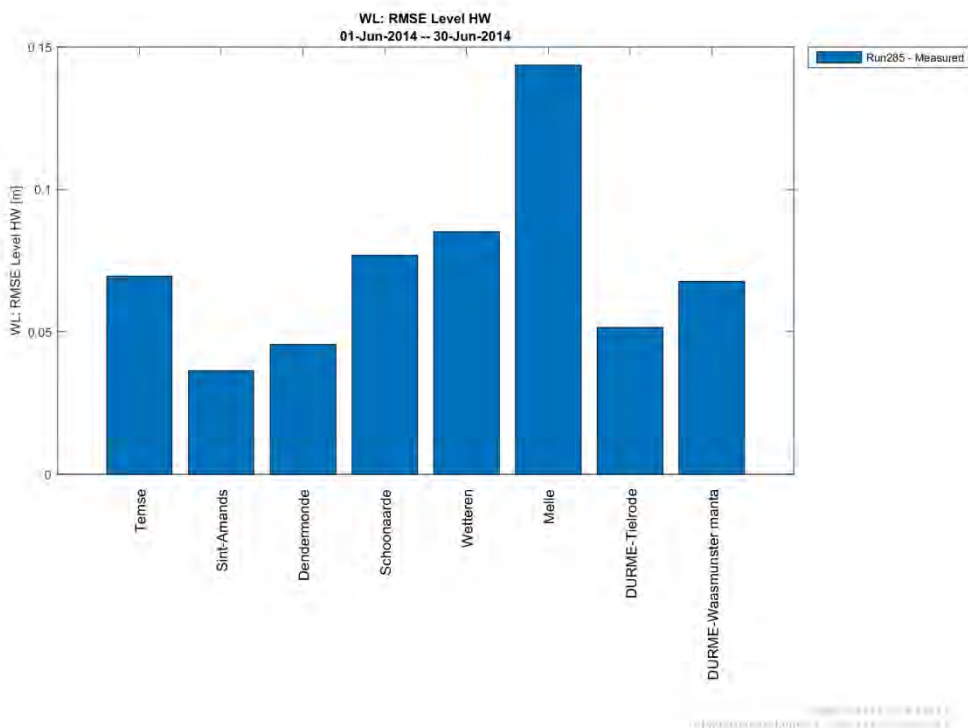
Figuur A 51 - RMSE waterpeilen (model-meting) - jun2014 - Boven-Zeeschelde en Durme



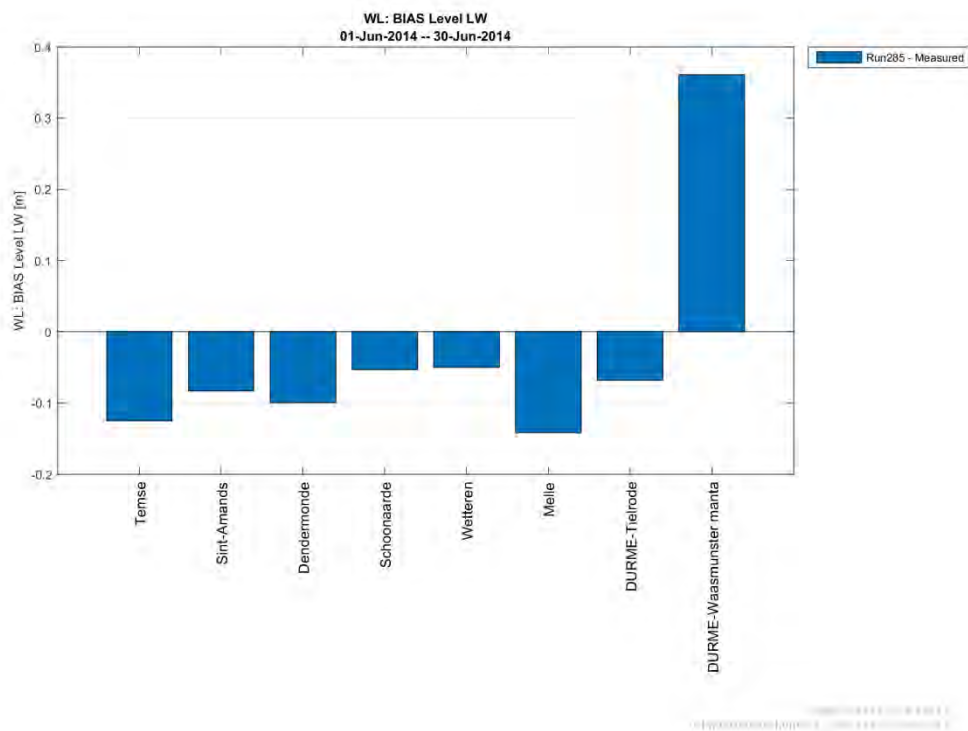
Figuur A 52 - bias hoogwaters (model-meting) - jun2014 - Boven-Zeeschelde en Durme



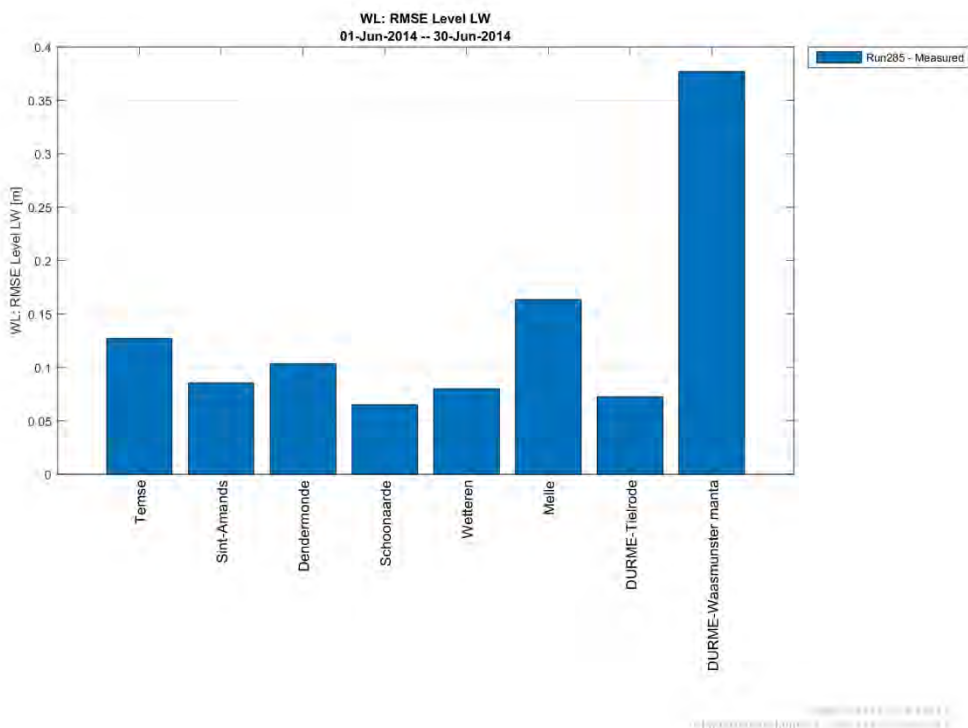
Figuur A 53 - - RMSE hoogwaters (model-meting) - jun2014 - Boven-Zeeschelde en Durme



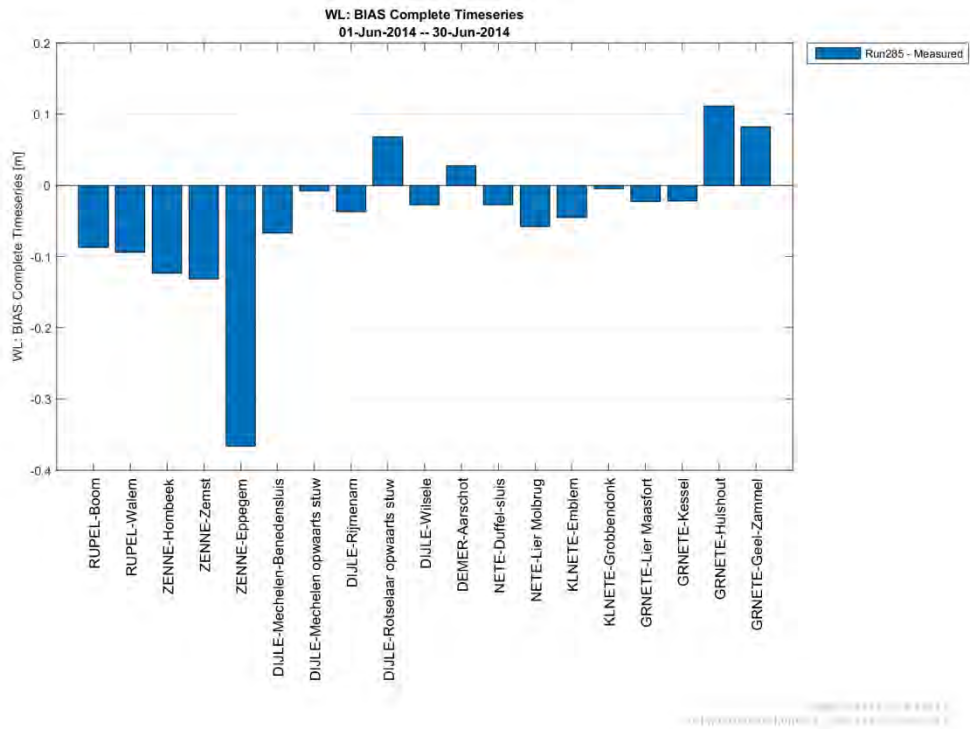
Figuur A 54 - bias laagwaters (model-meting) - jun2014 - Boven-Zeeschelde en Durme



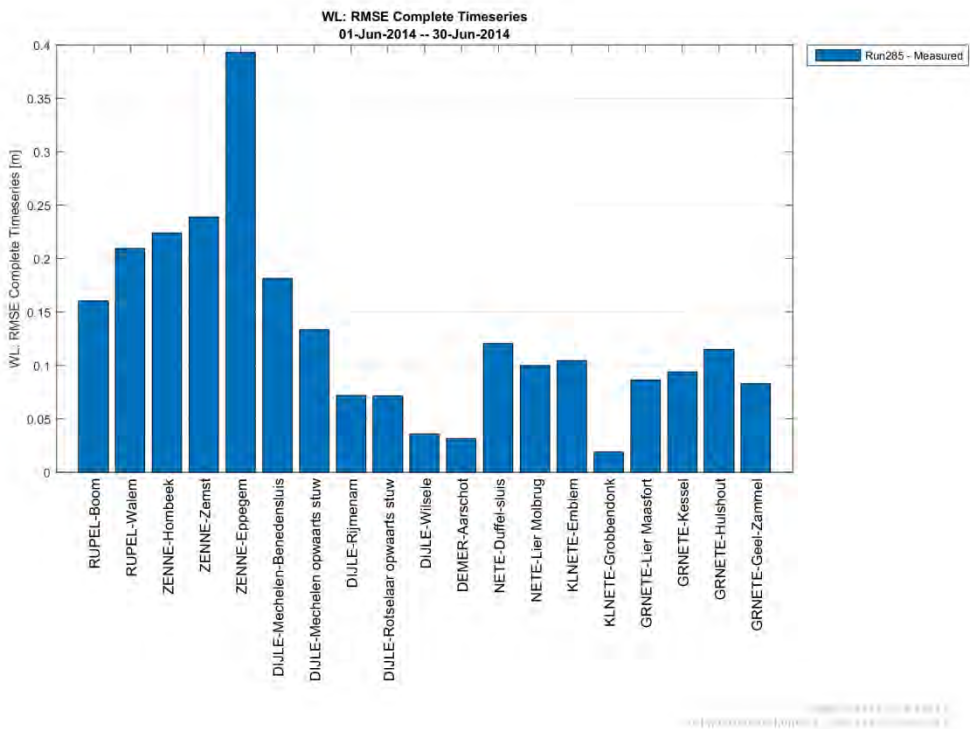
Figuur A 55 - RMSE laagwaters (model-meting) - jun2014 - Boven-Zeeschelde en Durme



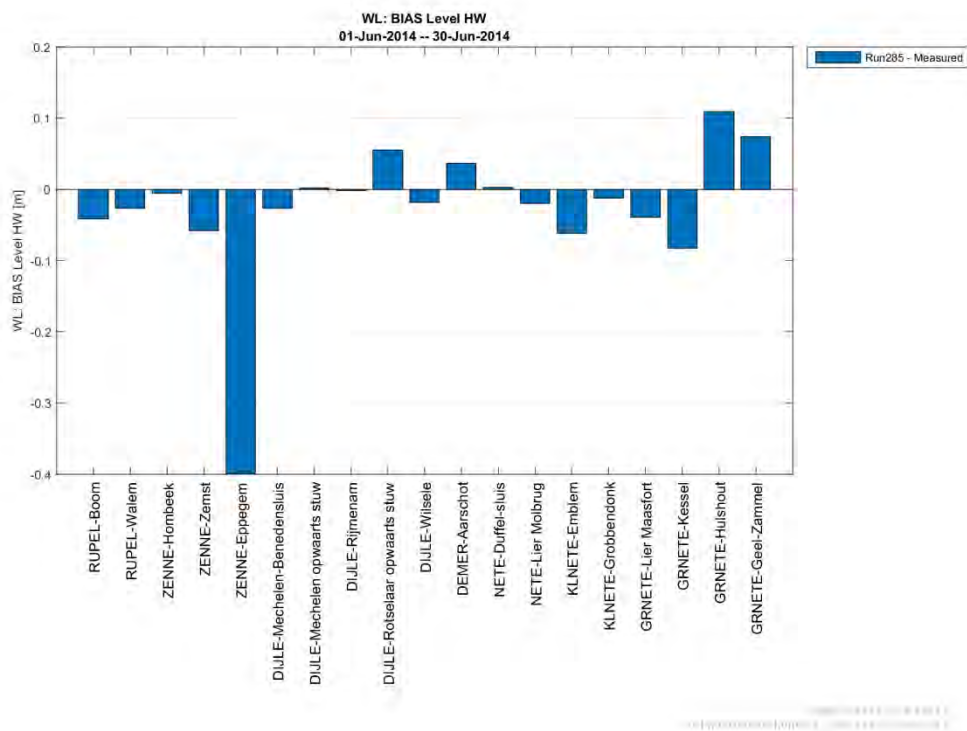
Figuur A 56 - bias waterpeilen (model-meting) - jun2014 - Rupelbekken



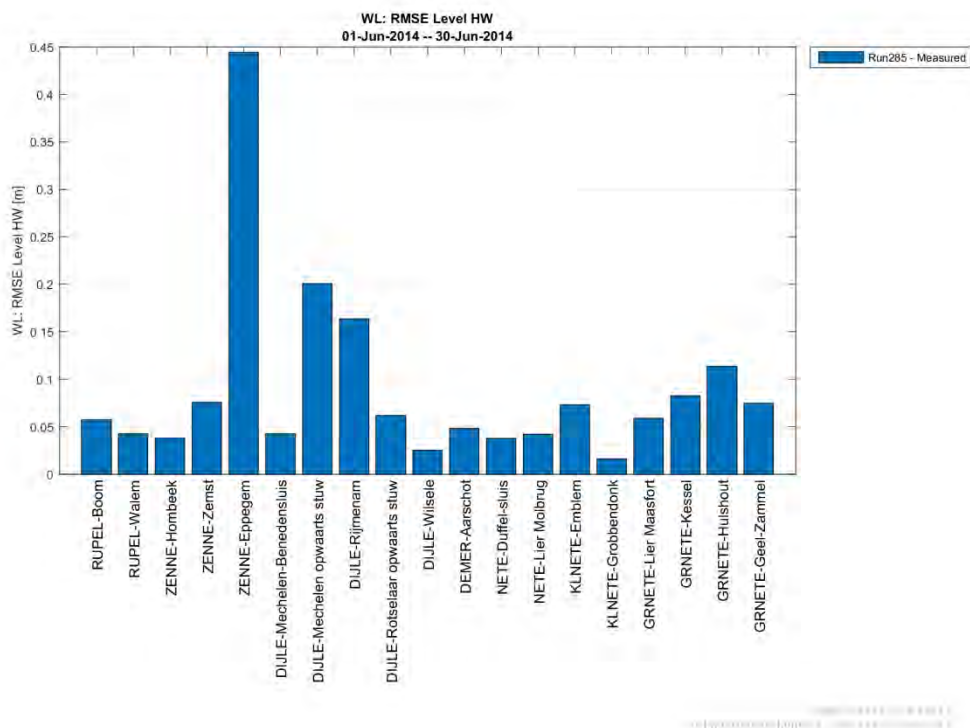
Figuur A 57 - RMSE waterpeilen (model-meting) - jun2014 - Rupelbekken



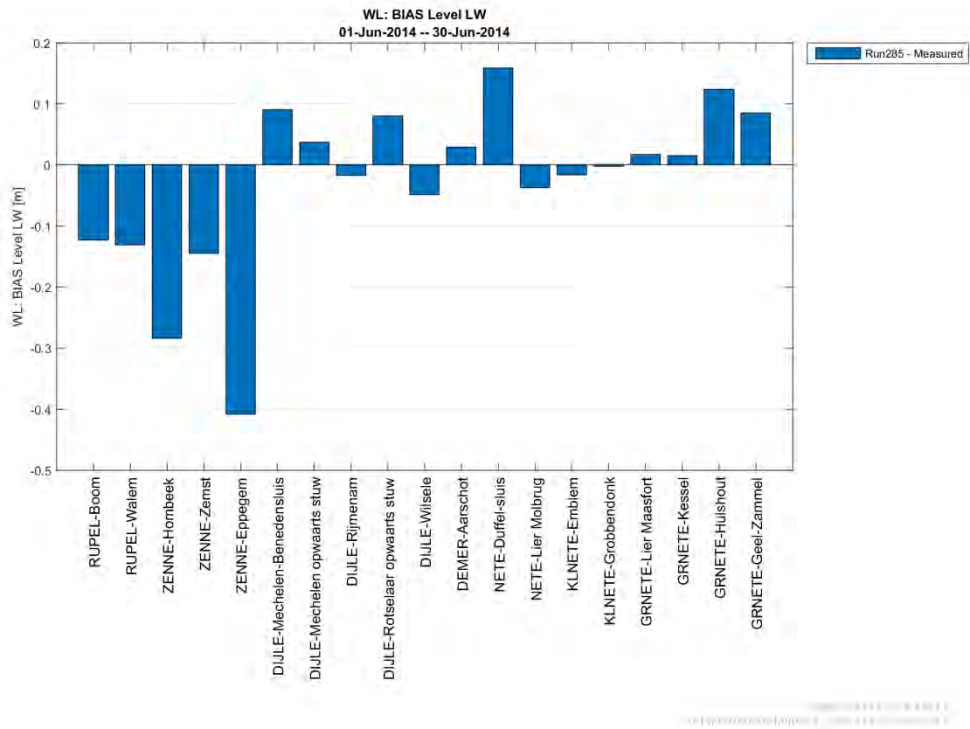
Figuur A 58 - bias hoogwaters (model-meting) - jun2014 - Rupelbekken



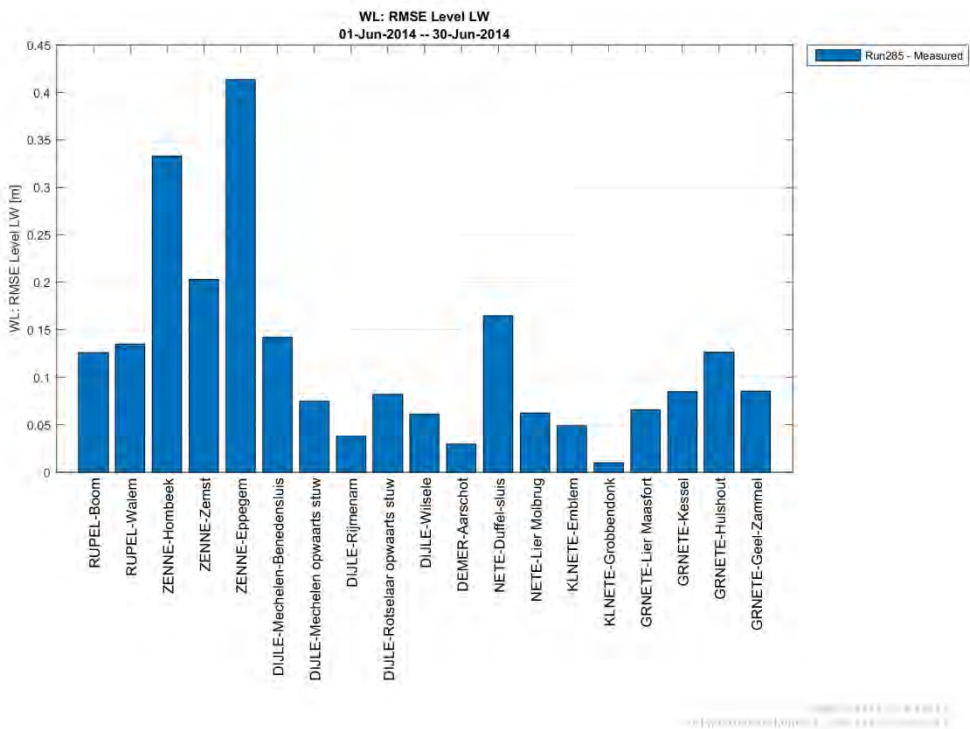
Figuur A 59 - RMSE hoogwaters (model-meting) - jun2014 - Rupelbekken



Figuur A 60 - bias laagwaters (model-meting) - jun2014 - Rupelbekken



Figuur A 61 - RMSE laagwaters (model-meting) - jun2014 - Rupelbekken



Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil

Tabel A 3 - Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil - jun2014 – Westerschelde, Zeeschelde en Durme

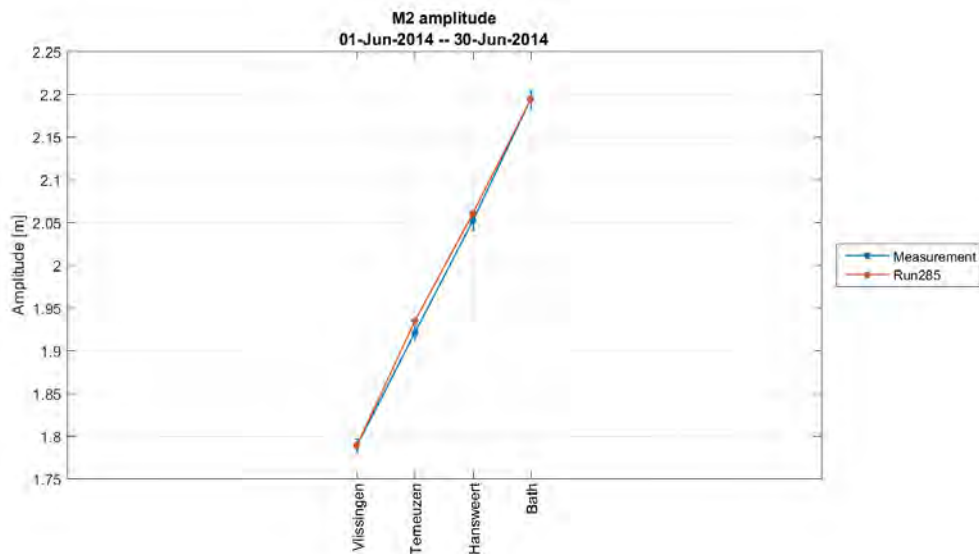
Jun2014							
		Amplitude M2					Vectorieel verschil
Rivier	Meetpost	Meting		Run285		Verschil Run285-meting	Run285 vs meting
		Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	[m]
Westerschelde	Vlissingen	1.79	0.01	1.79	0.01	0.00	0.02
	Terneuzen	1.92	0.01	1.93	0.01	0.01	0.17
	Hansweert	2.05	0.01	2.06	0.01	0.01	0.18
	Bath	2.19	0.01	2.19	0.01	0.00	0.23
Beneden-Zeeschelde	Prosperpolder	2.20	0.01	2.23	0.01	0.02	0.24
	Zandvliet	2.22	0.01	2.24	0.01	0.02	0.23
	Liefkenshoek	2.28	0.01	2.27	0.01	0.01	0.28
	Kallo	2.31	0.01	2.30	0.01	0.01	0.32
	Antwerpen	2.33	0.01	2.31	0.01	0.02	0.34
	Hemiksem	2.35	0.01	2.32	0.01	0.02	0.38
Boven-Zeeschelde	Temse	2.30	0.01	2.30	0.01	0.00	0.43
	Sint-Amands	2.16	0.01	2.14	0.01	0.02	0.46
	Dendermonde	1.72	0.01	1.73	0.01	0.01	0.39
	Schoonaarde	1.35	0.01	1.33	0.01	0.02	0.43
	Wetteren	1.16	0.01	1.14	0.01	0.01	0.40
	Melle	1.11	0.01	1.10	0.01	0.02	0.43
Durme	Tielrode	2.29	0.01	2.26	0.01	0.03	0.50
	Waasmunster Manta	0.48	0.01	0.32	0.01	0.16	0.56

Tabel A 4 - Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil – jun2014 – Rupelbekken

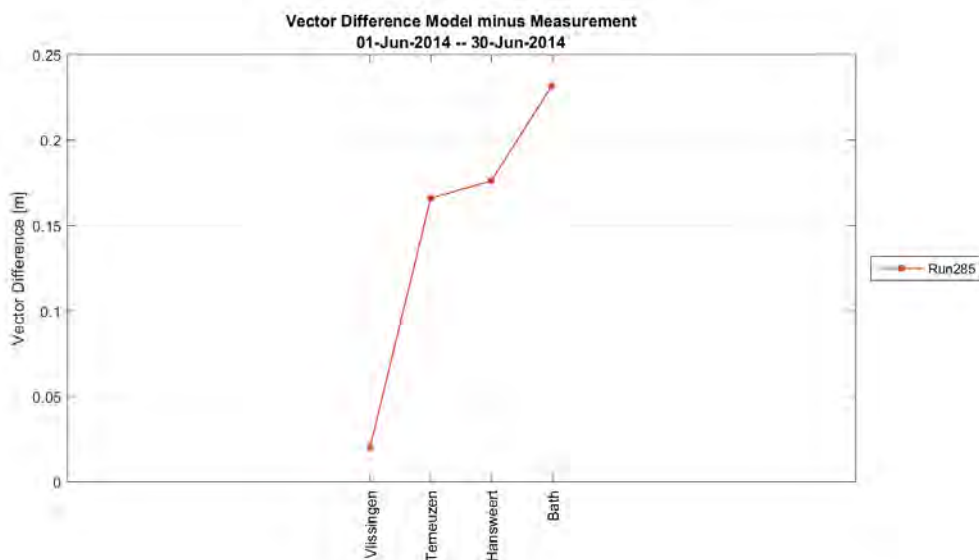
Jun2014							
Rivier	Meetpost	Amplitude M2				Vectorieel verschil	
		Meting		Run285		Verskil Run285-meting	Run285 vs meting
		Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	[m]
Rupel	Boom	2.29	0.01	2.29	0.01	0.00	0.36
	Walem	2.18	0.01	2.19	0.01	0.01	0.48
Zenne	Hombeek	*	*	*	*	*	*
	Zemst	*	*	*	*	*	*
	Epegem	*	*	*	*	*	*
Dijle	Mechelen-Benedensluis	1.95	0.02	1.88	0.01	0.07	0.37
	Mechelen opwaarts stuw	0.49	0.02	0.49	0.03	0.00	0.27
	Rijmenam	0.29	0.01	0.28	0.01	0.01	0.15
	Rotselaar opwaarts stuw	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
	Wilsele	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04
Demer	Aarschot	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03
Beneden-nete	Duffel-sluis	1.81	0.01	1.74	0.01	0.08	0.28
	Lier Molbrug	1.19	0.01	1.16	0.01	0.02	0.23
Kleine Nete	Emblem	0.74	0.01	0.71	0.01	0.04	0.25
	Grobbendonk	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Grote Nete	Lier Maasfort	0.89	0.01	0.86	0.01	0.03	0.20
	Kessel	0.58	0.01	0.55	0.00	0.03	0.17
	Hulshout	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
	Geel-Zammel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09

*Laagwaterpeilen langs de Zenne worden niet correct gemeten omwille van de plaatsing van de meetpost in de rivierbedding.

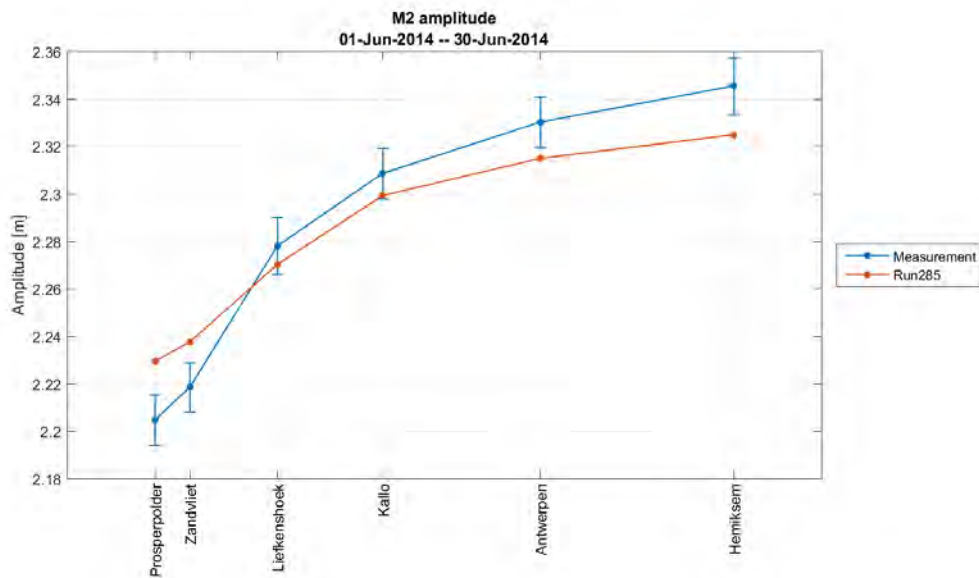
Figuur A 62 - M2 amplitude – jun2014 - Westerschelde



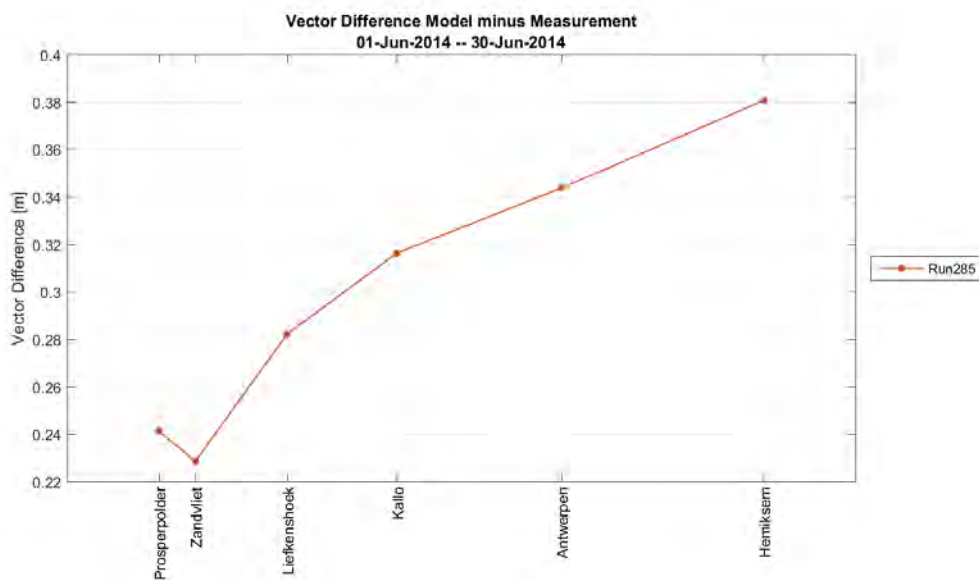
Figuur A 63 – Vectorieel verschil – jun2014 - Westerschelde



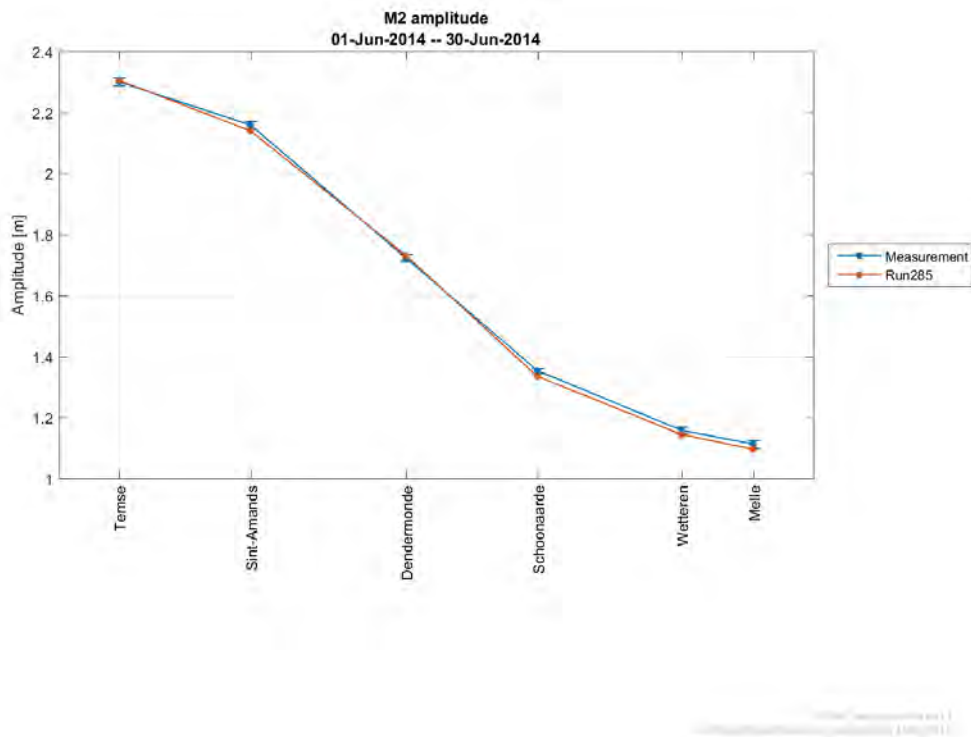
Figuur A 64 - M2 amplitude – jun2014 – Beneden-Zeeschelde



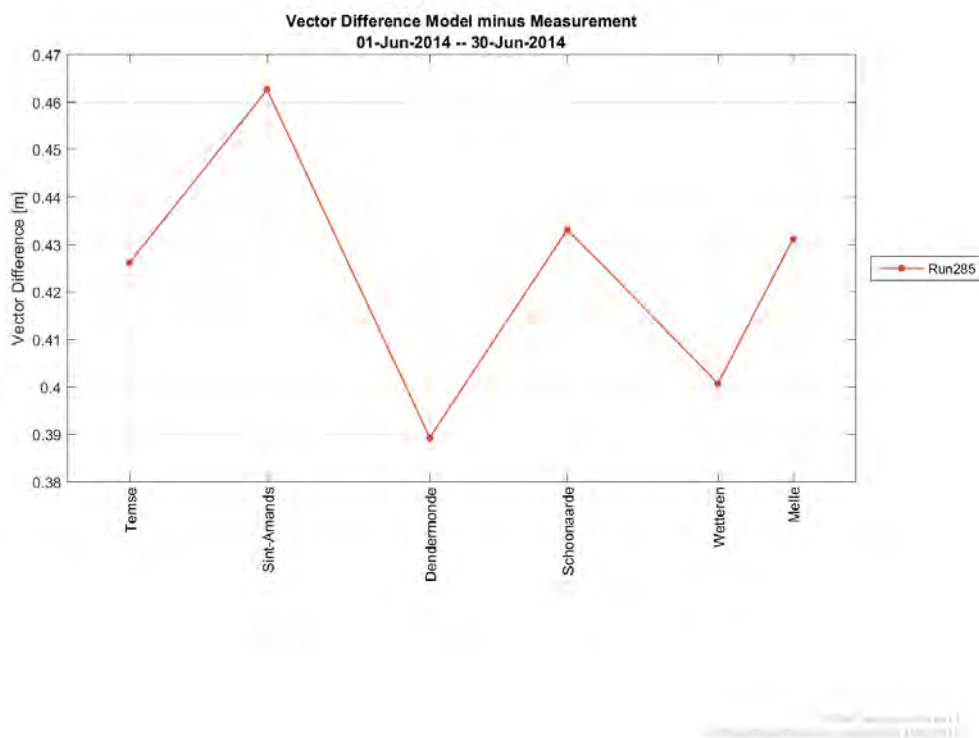
Figuur A 65 – Vectorieel verschil – jun2014 - Beneden-Zeeschelde



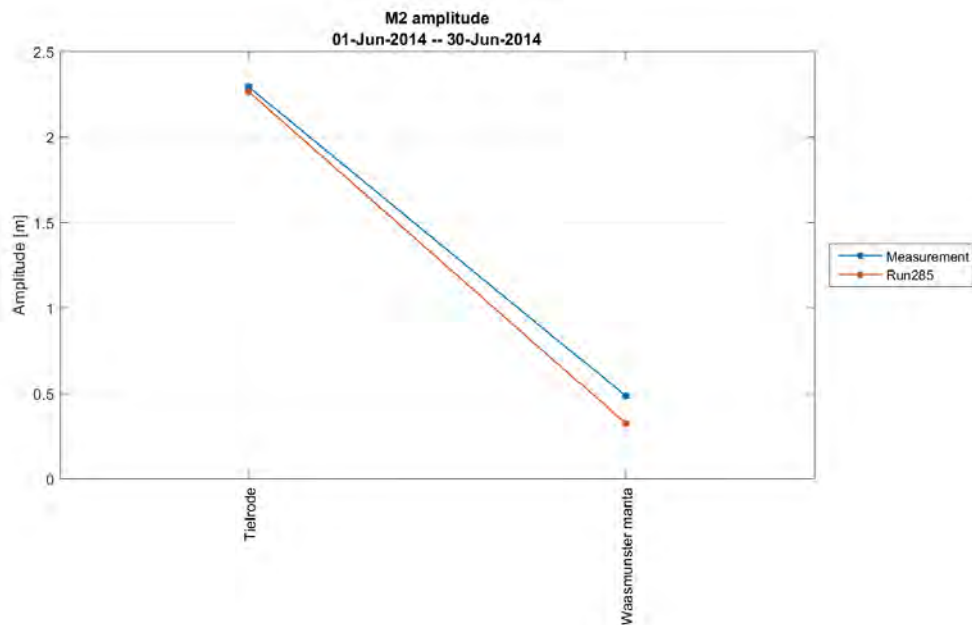
Figuur A 66 - M2 amplitude – jun2014 - Boven-Zeeschelde



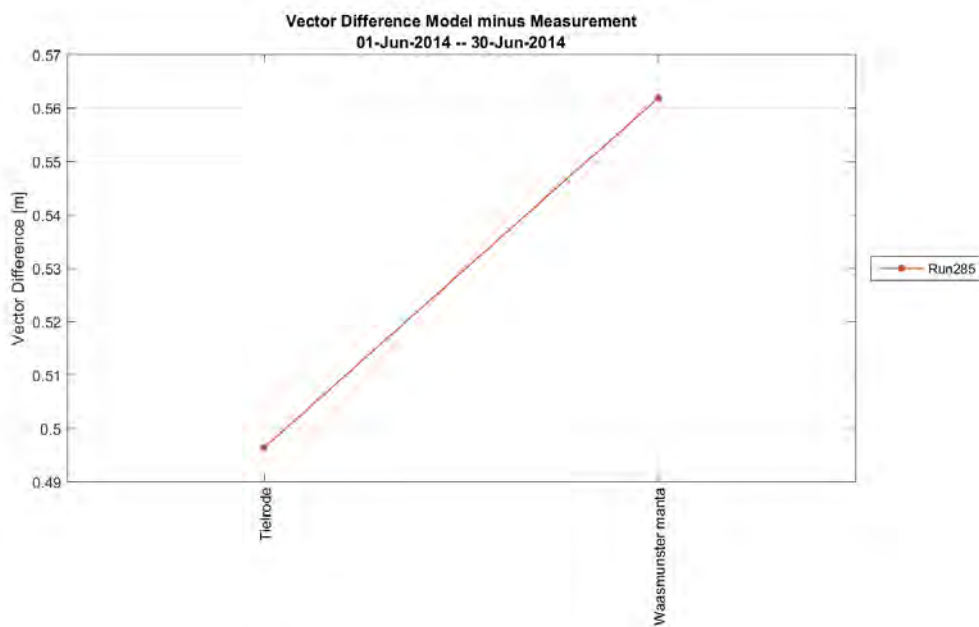
Figuur A 67 – Vectorieel verschil – jun2014 - Boven-Zeeschelde



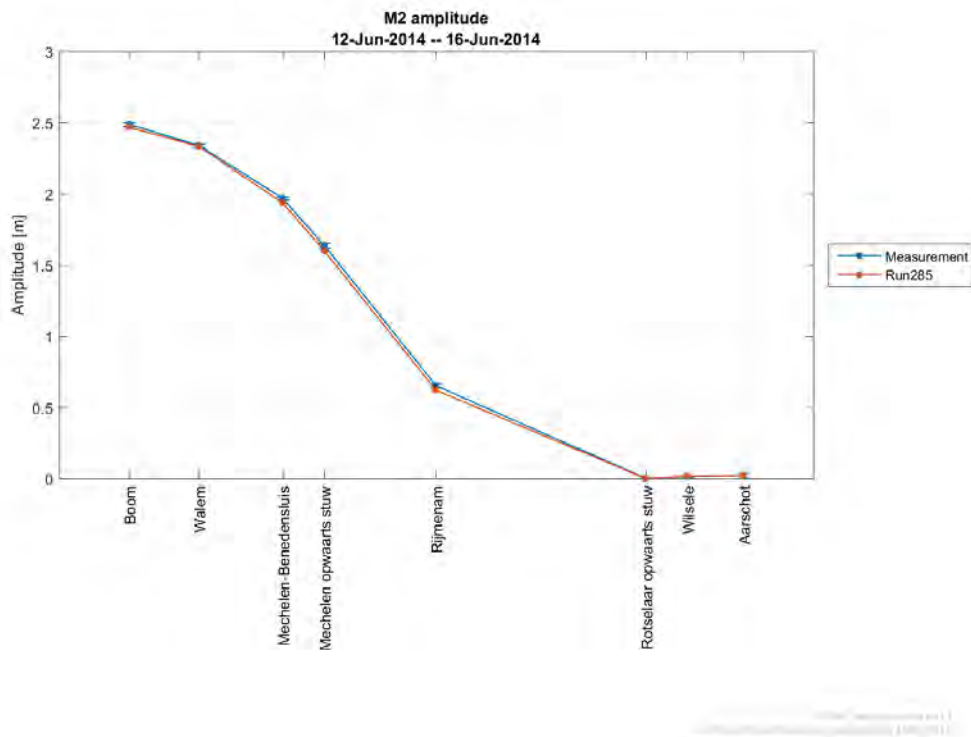
Figuur A 68 - M2 amplitude – jun2014 - Durme



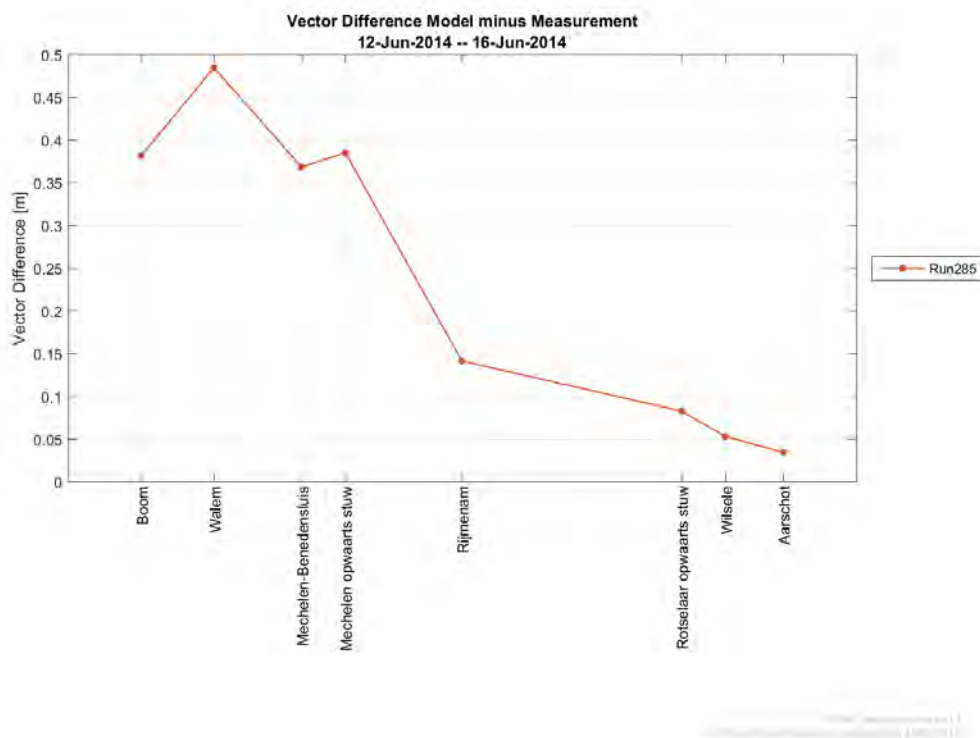
Figuur A 69 – Vectorieel verschil – jun2014 - Durme



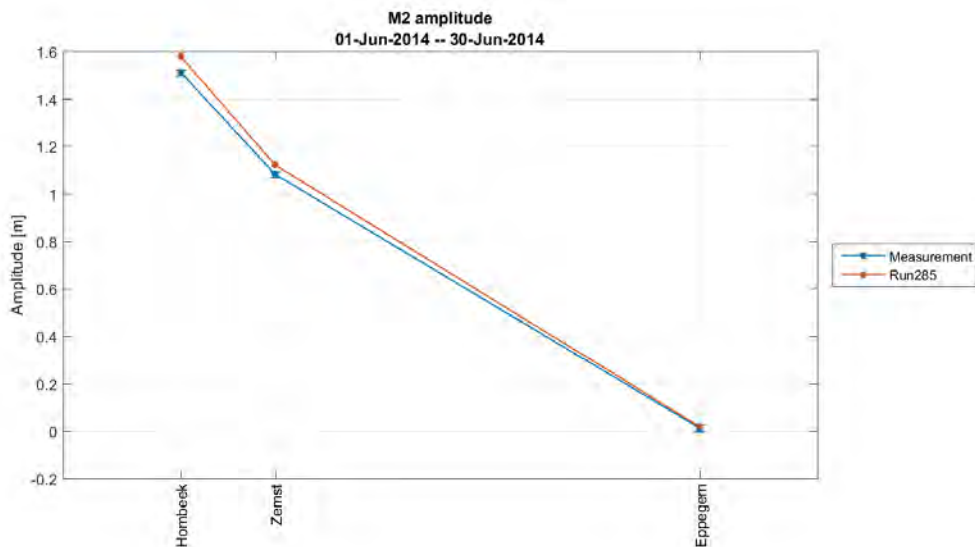
Figuur A 70 - M2 amplitude – jun2014 – Rupel-Dijle-Demer



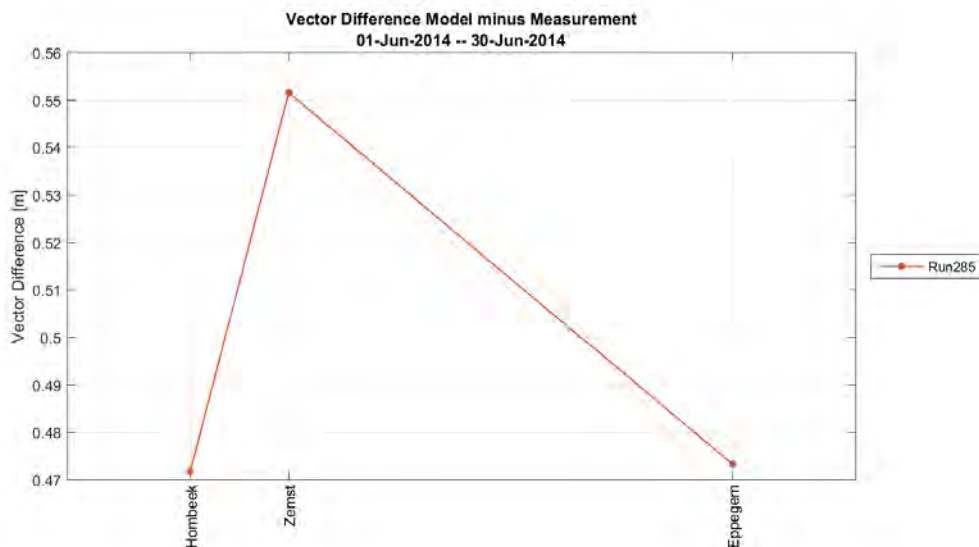
Figuur A 71 – Vectorieel verschil – jun2014 - Rupel-Dijle-Demer



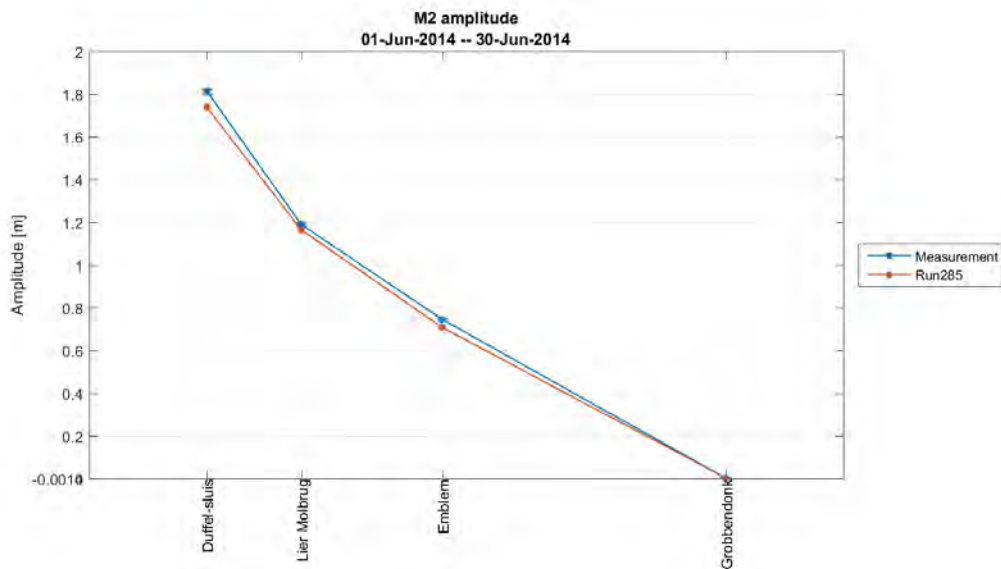
Figuur A 72 - M2 amplitude – jun2014 – Zenne



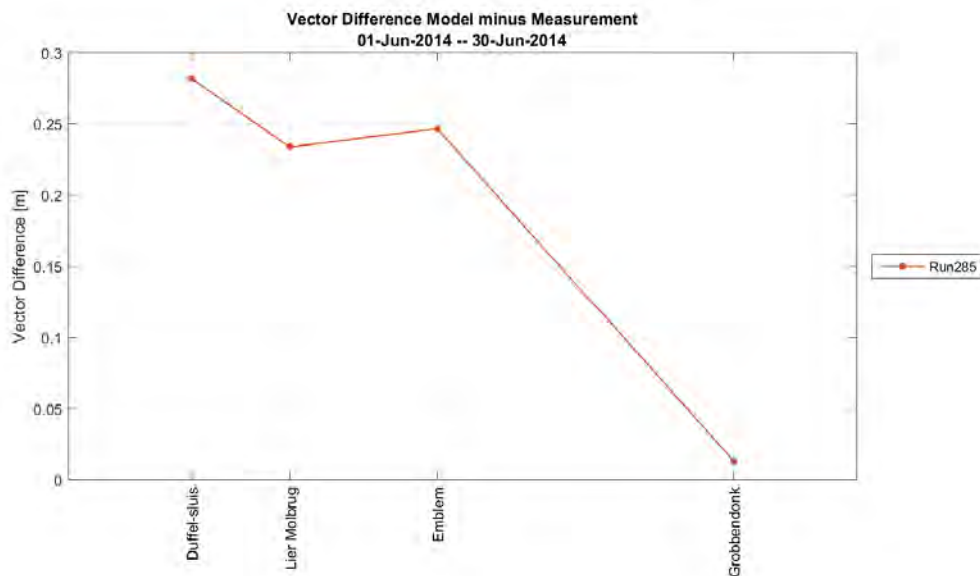
Figuur A 73 – Vectorieel verschil – jun2014 - Zenne



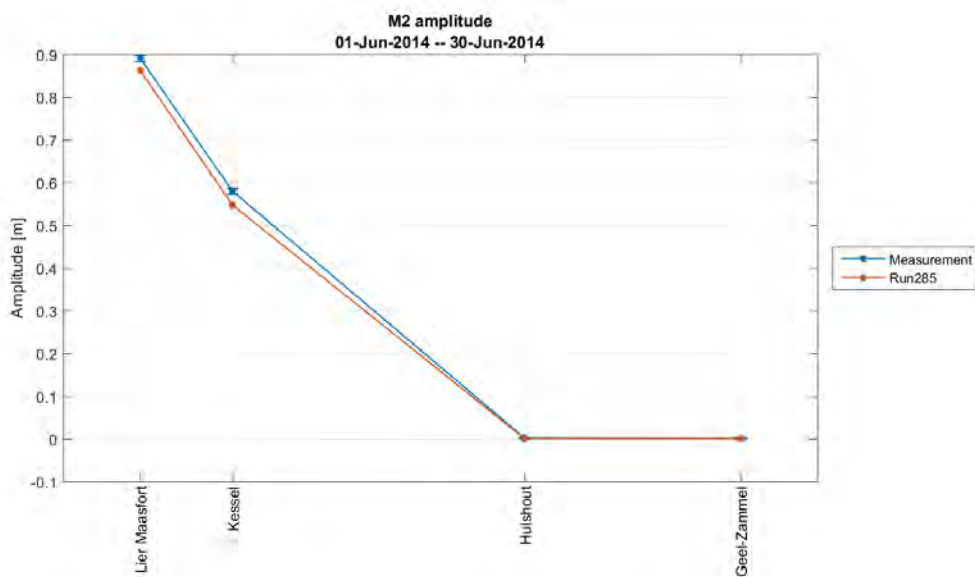
Figuur A 74 - M2 amplitude – jun2014 – Kleine Nete



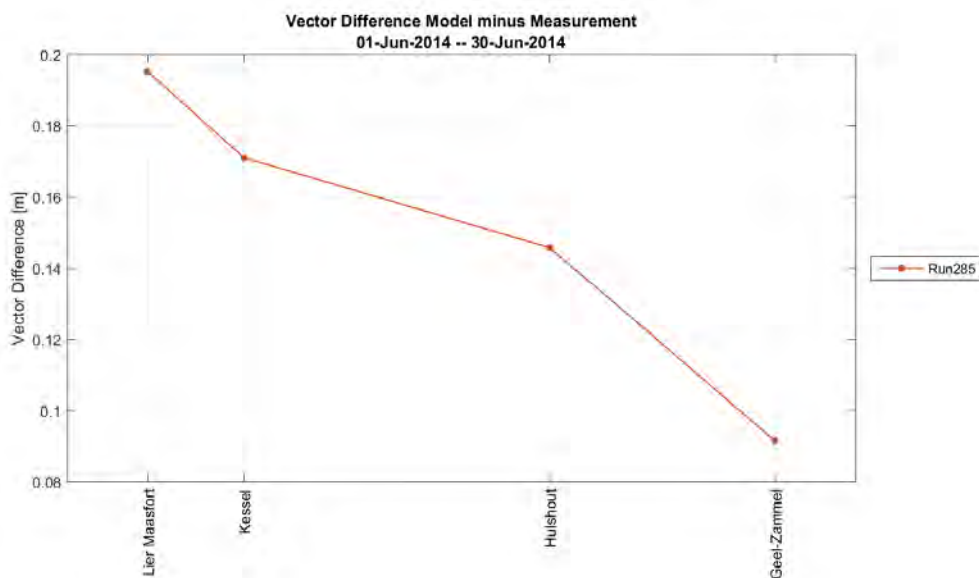
Figuur A 75 – Vectorieel verschil – jun2014 – Kleine Nete



Figuur A 76 - M2 amplitude – jun2014 – Grote Nete

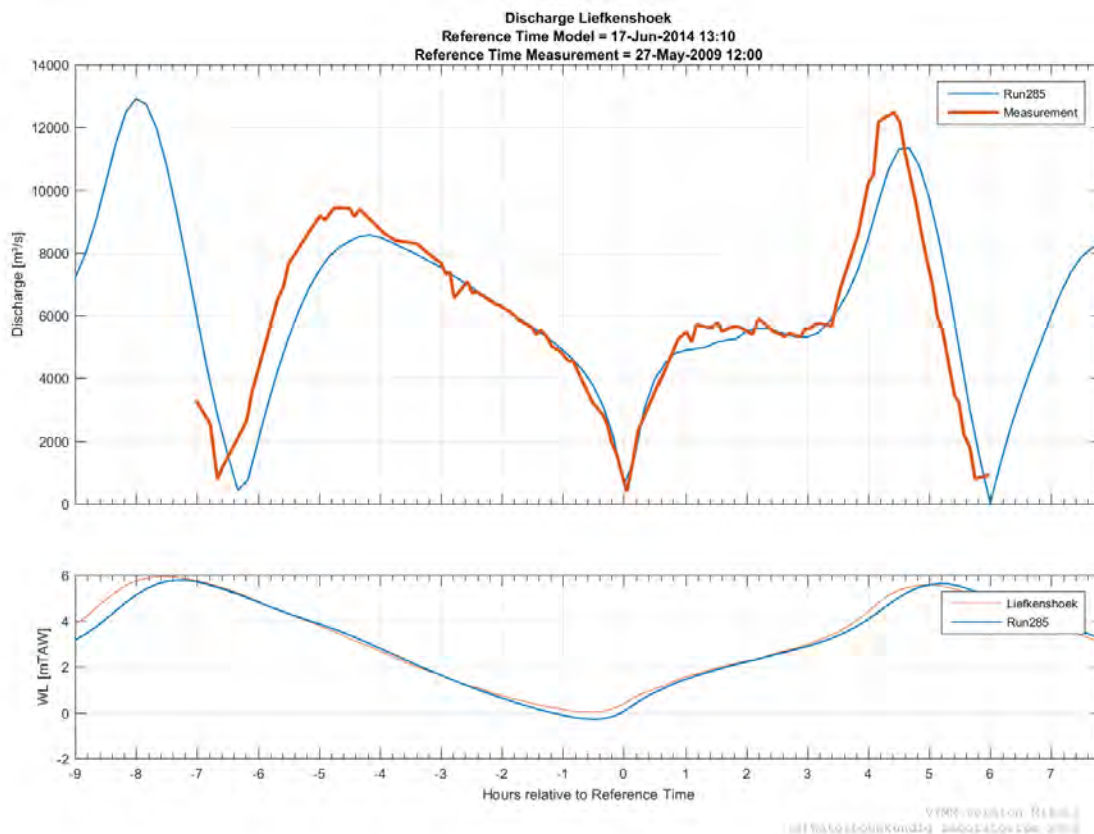


Figuur A 77 – Vectorieel verschil – jun2014 – Grote Nete

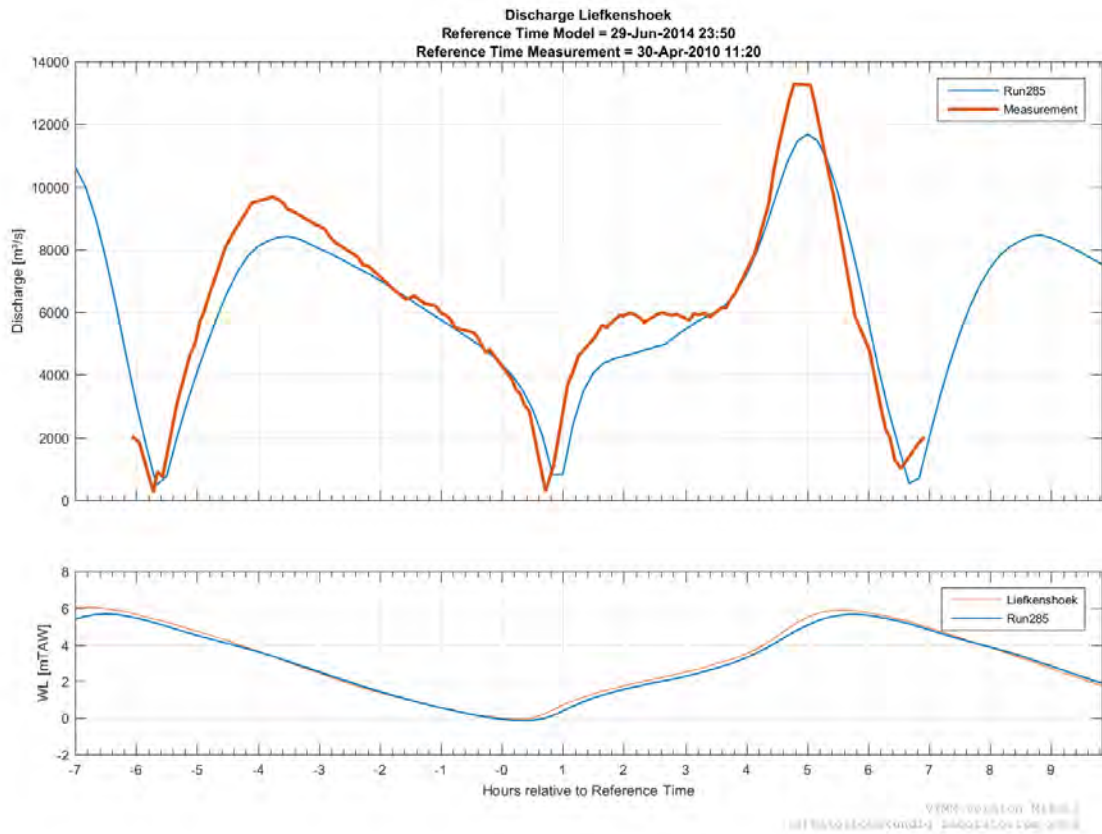


Tijdreeksen debieten

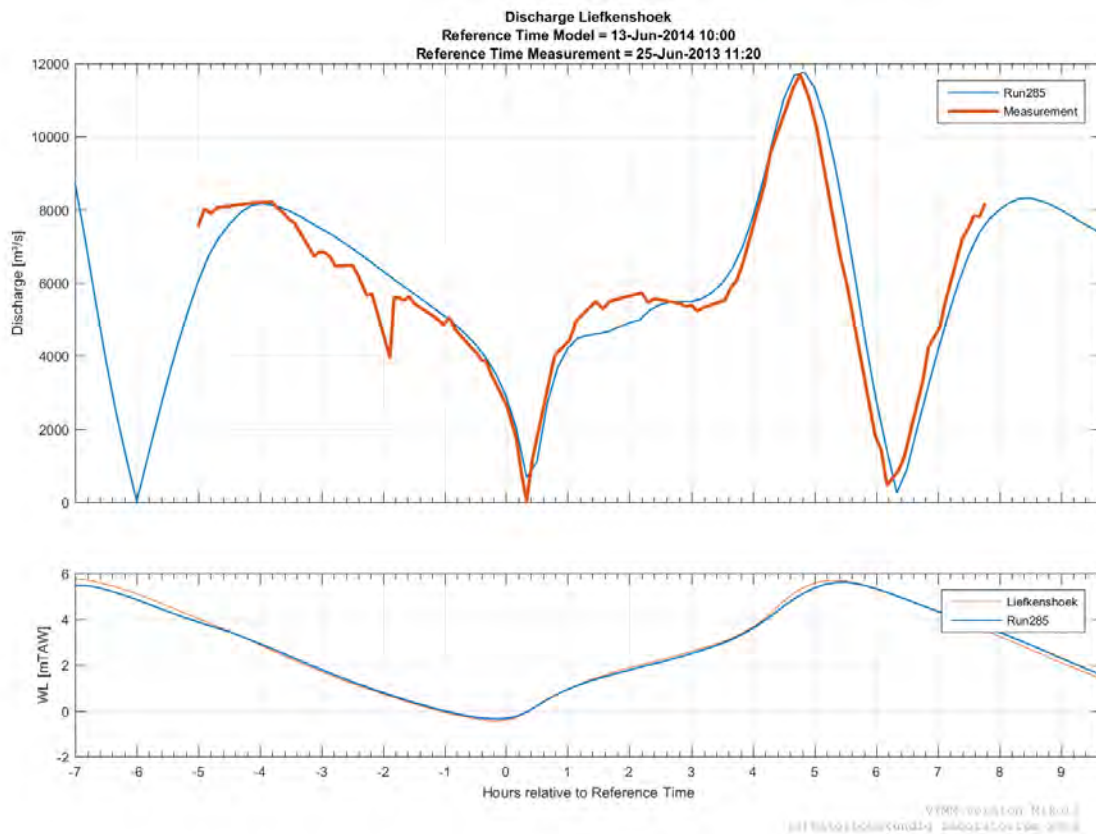
Figuur A 78 - Gemodelleerd en gemeten debiet – Liefkenshoek – jun2014 – meetcampagne 20090527



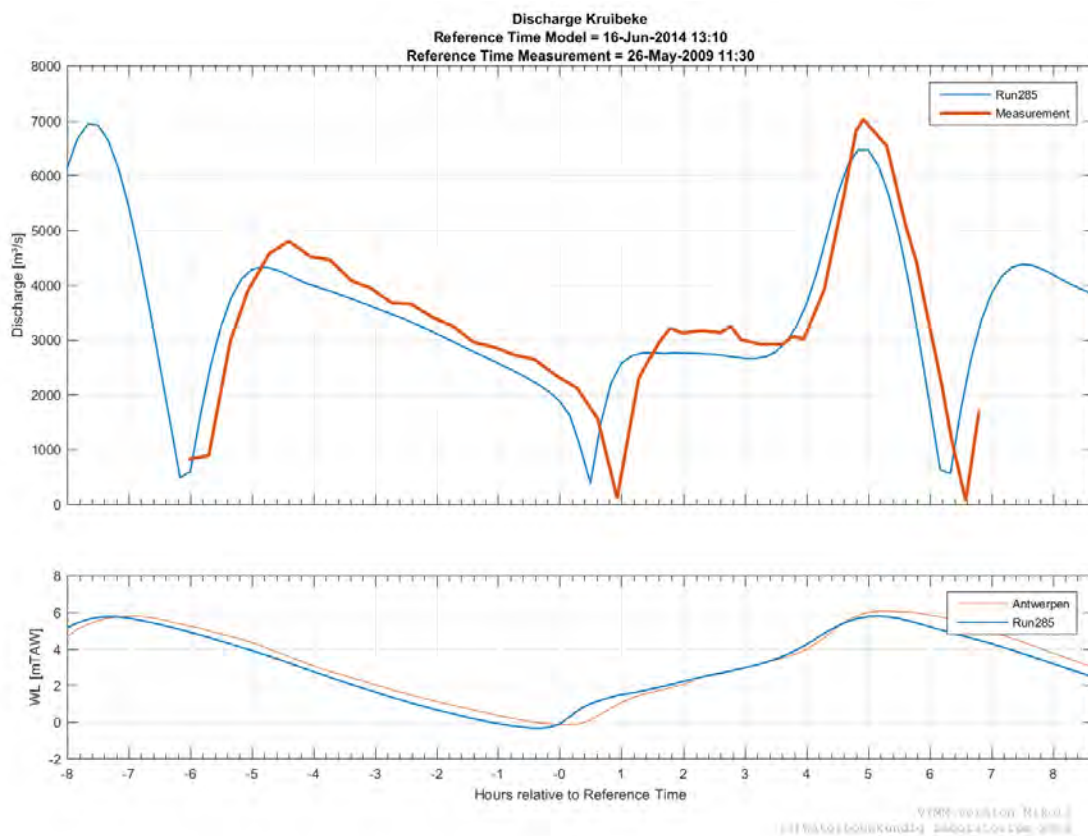
Figuur A 79 - Gemodelleerd en gemeten debiet – Liefkenshoek – jun2014 – meetcampagne 20100430



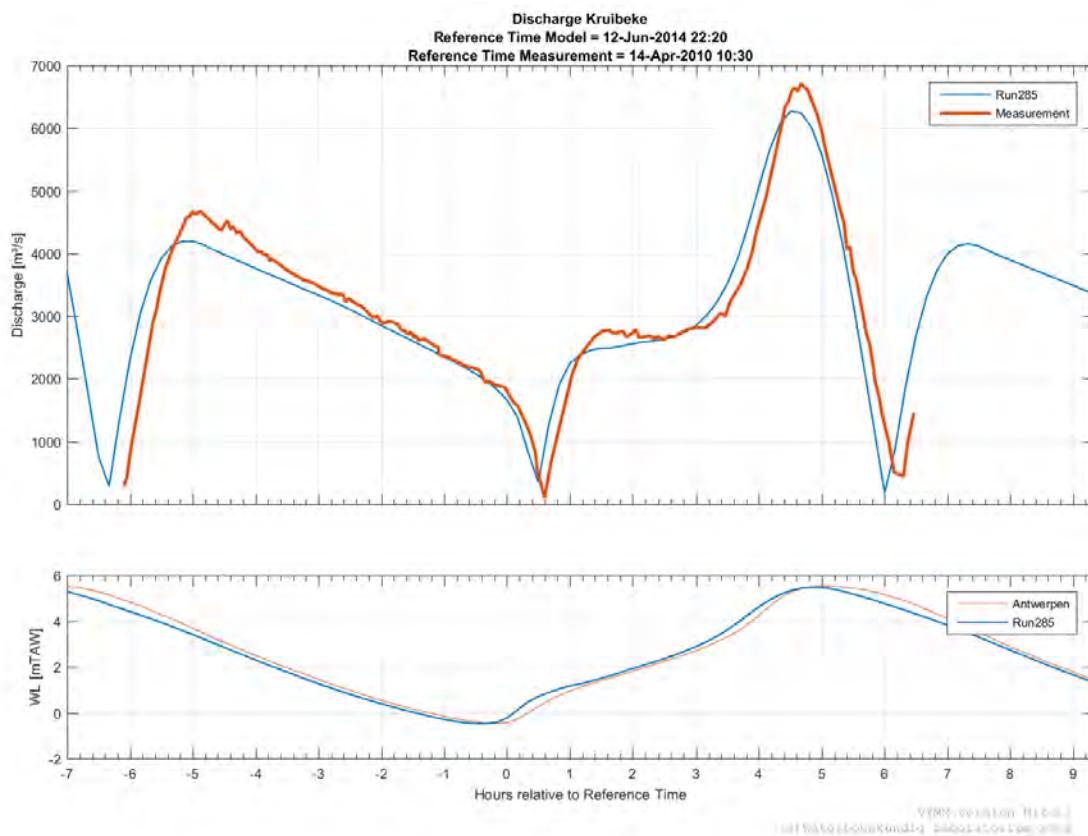
Figuur A 80 - Gemodelleerd en gemeten debiet – Liefkenshoek – jun2014 – meetcampagne 20130625



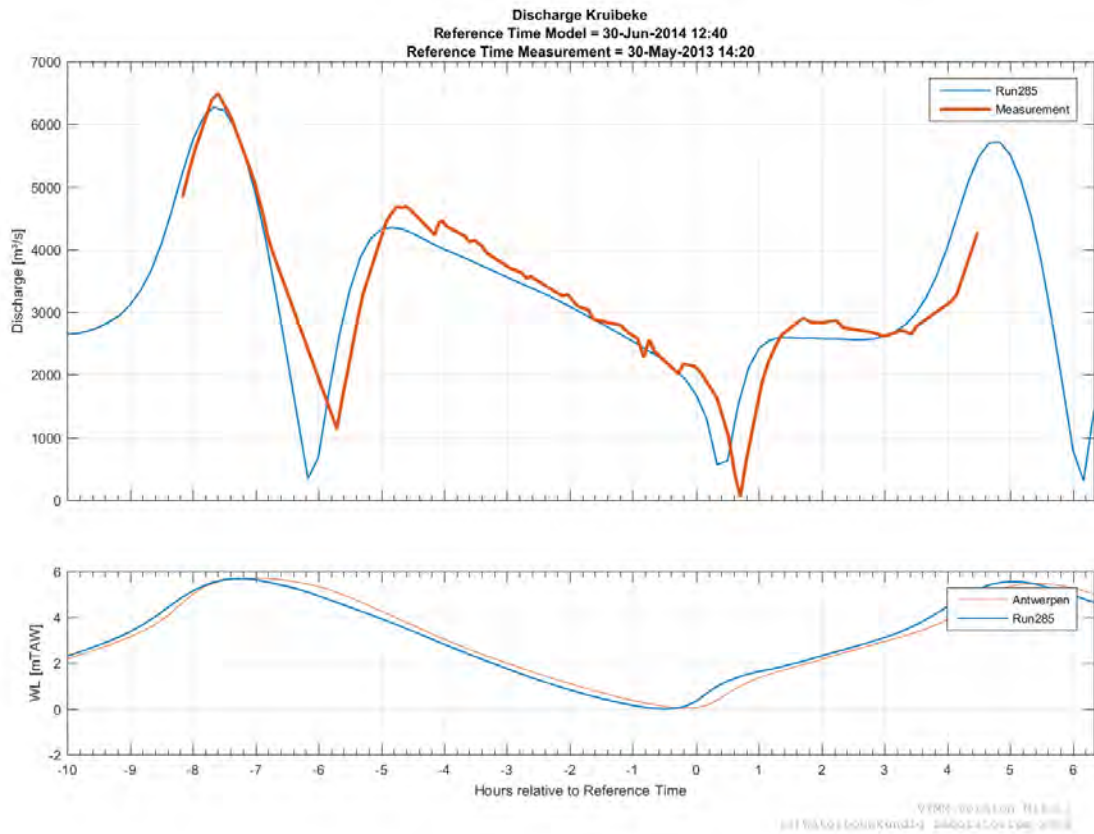
Figuur A 81 - Gemodelleerd en gemeten debiet – Kruibeke – jun2014 – meetcampagne 20090526



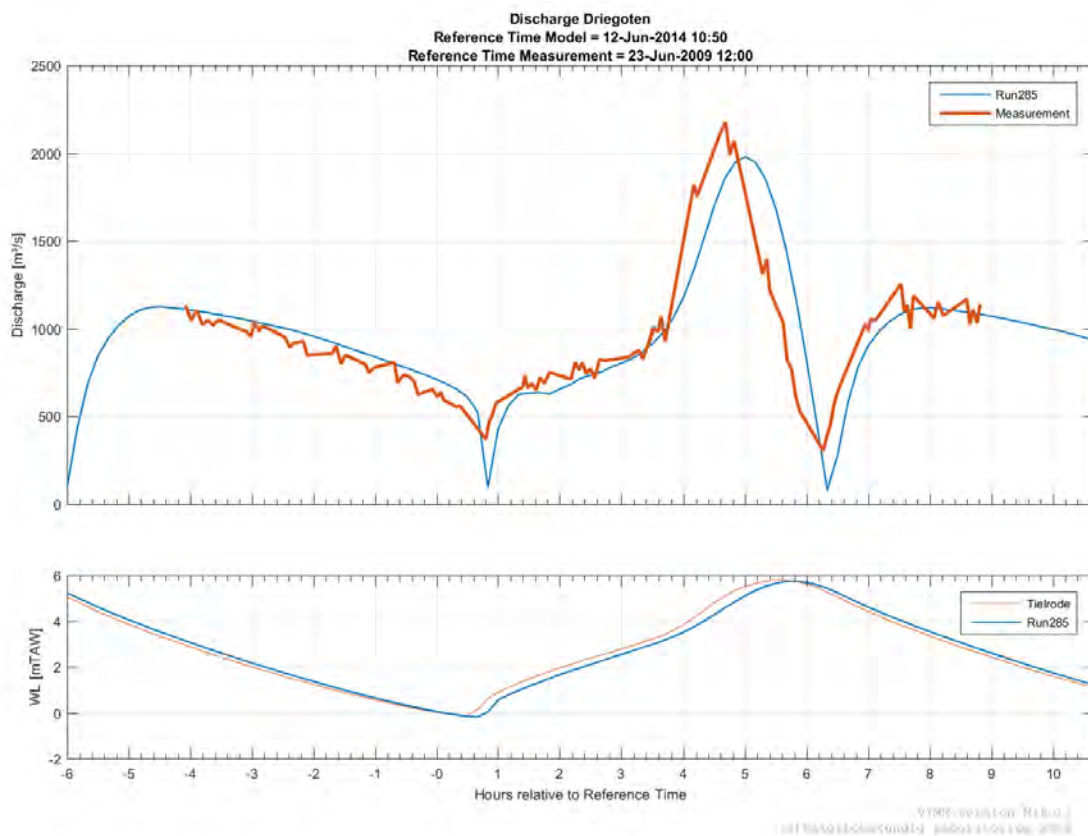
Figuur A 82 - Gemodelleerd en gemeten debiet – Kruibeke – jun2014 – meetcampagne 20100414



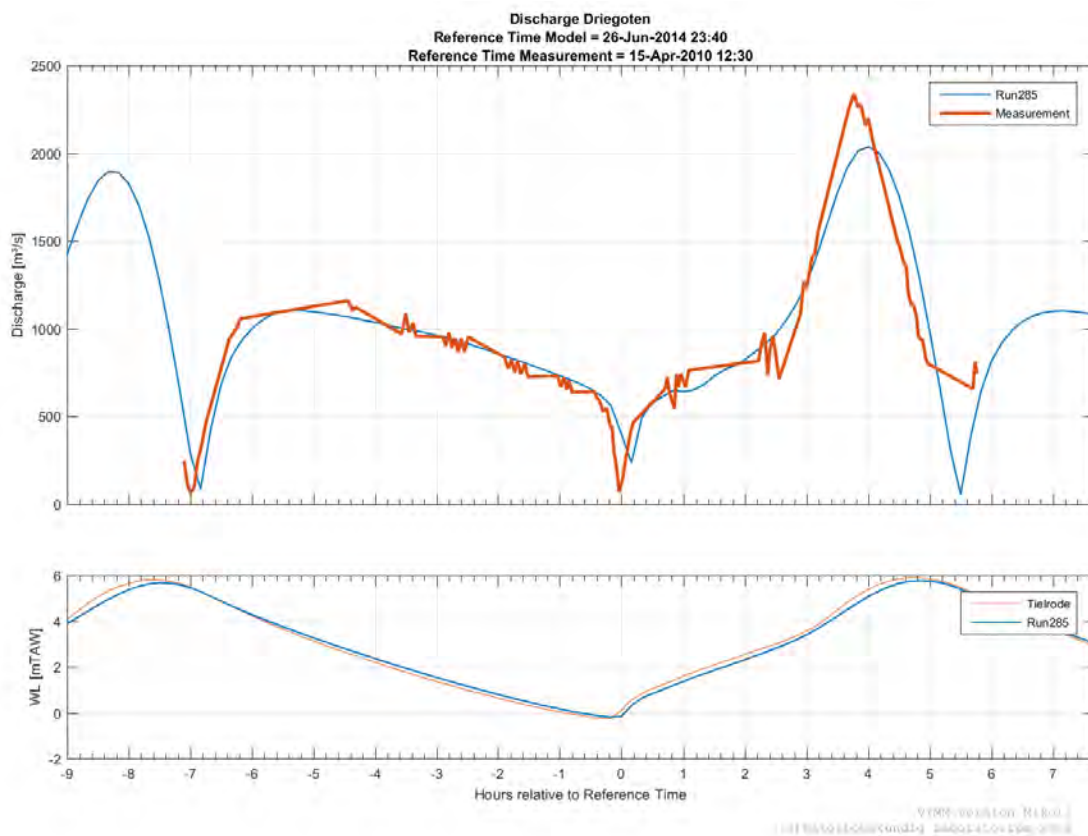
Figuur A 83 - Gemodelleerd en gemeten debiet – Kruibeke – jun2014 – meetcampagne 20130530



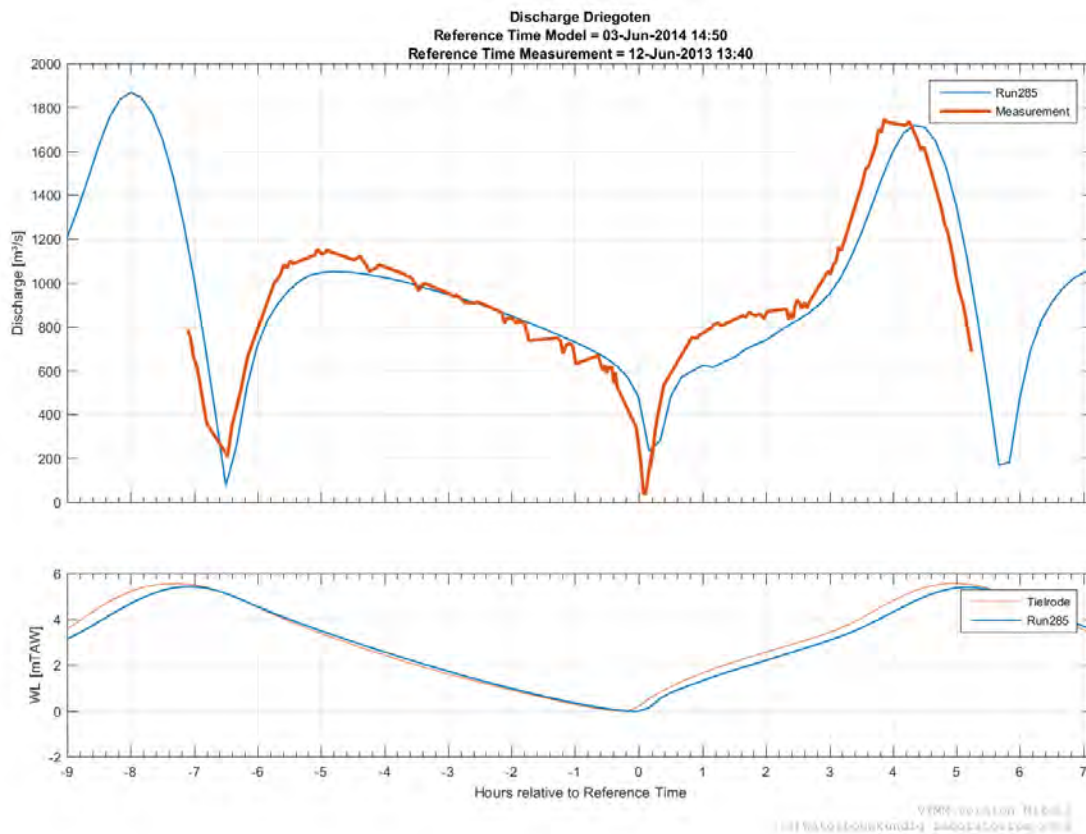
Figuur A 84 - Gemodelleerd en gemeten debiet – Driegoten – jun2014 – meetcampagne 20090623



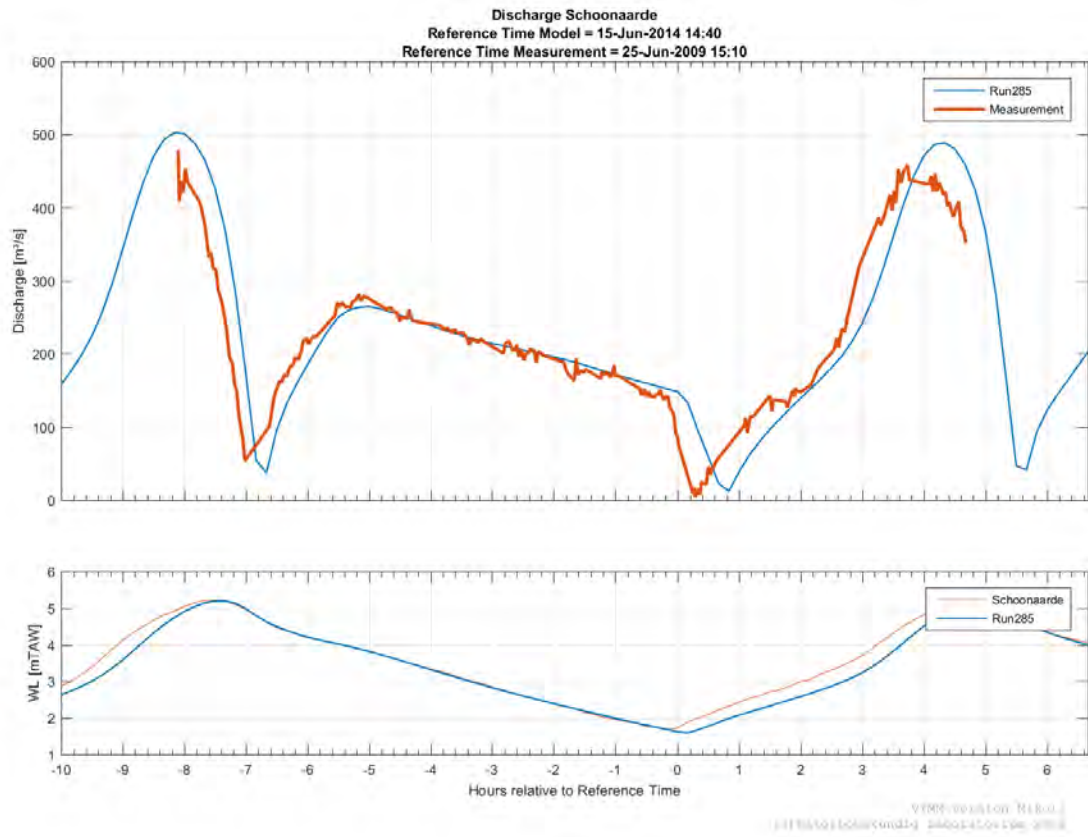
Figuur A 85 - Gemodelleerd en gemeten debiet – Driegoten – jun2014 – meetcampagne 20100415



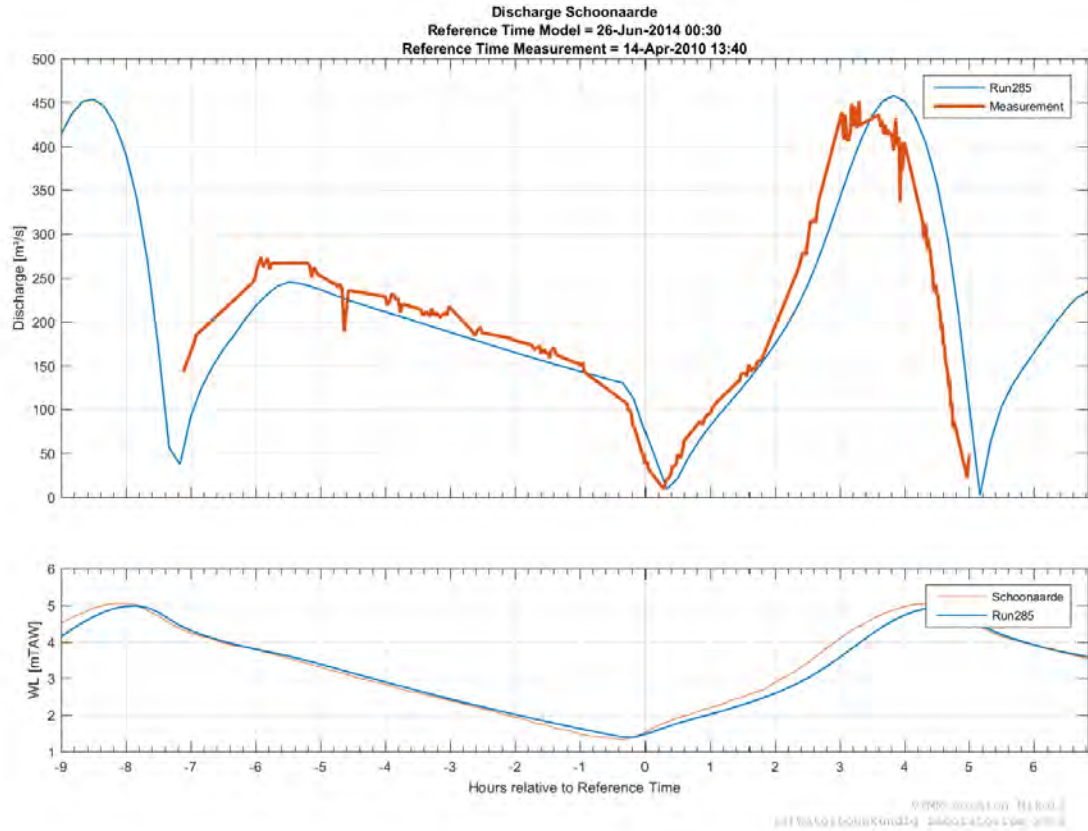
Figuur A 86 - Gemodelleerd en gemeten debiet – Driegoten – jun2014 – meetcampagne 20130612



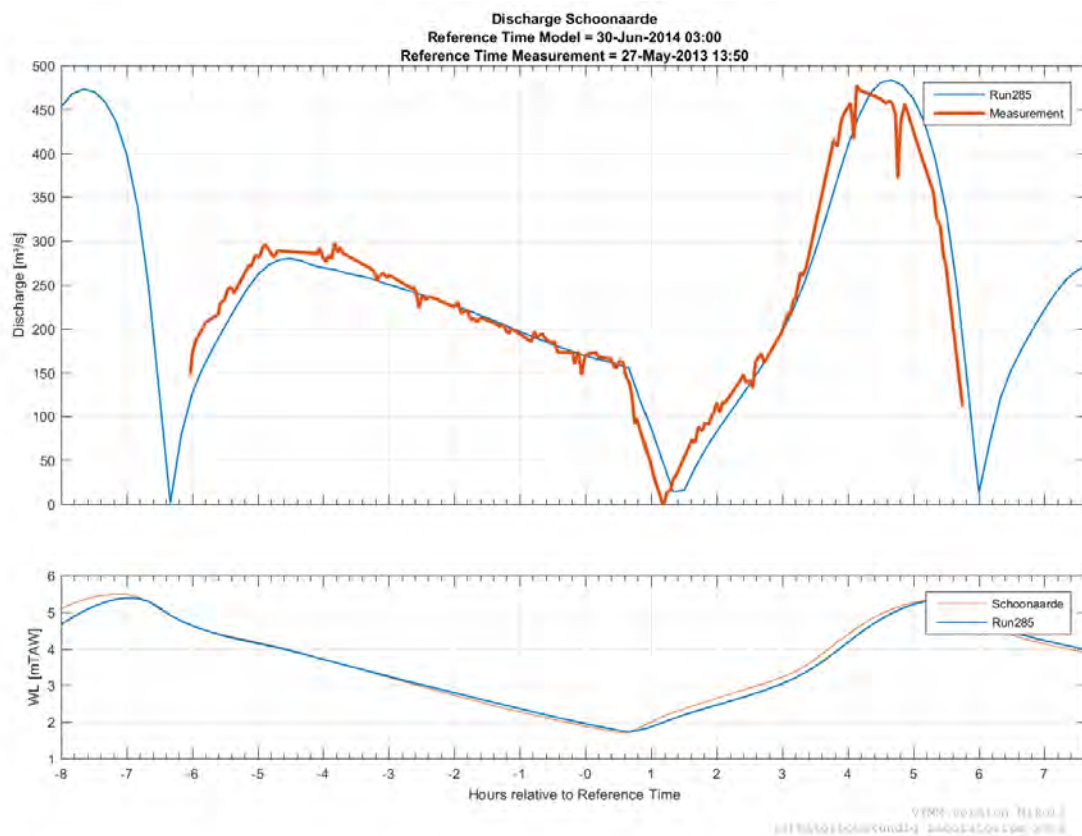
Figuur A 87 - Gemodelleerd en gemeten debiet – Schoonaarde – jun2014 – meetcampagne 20090625



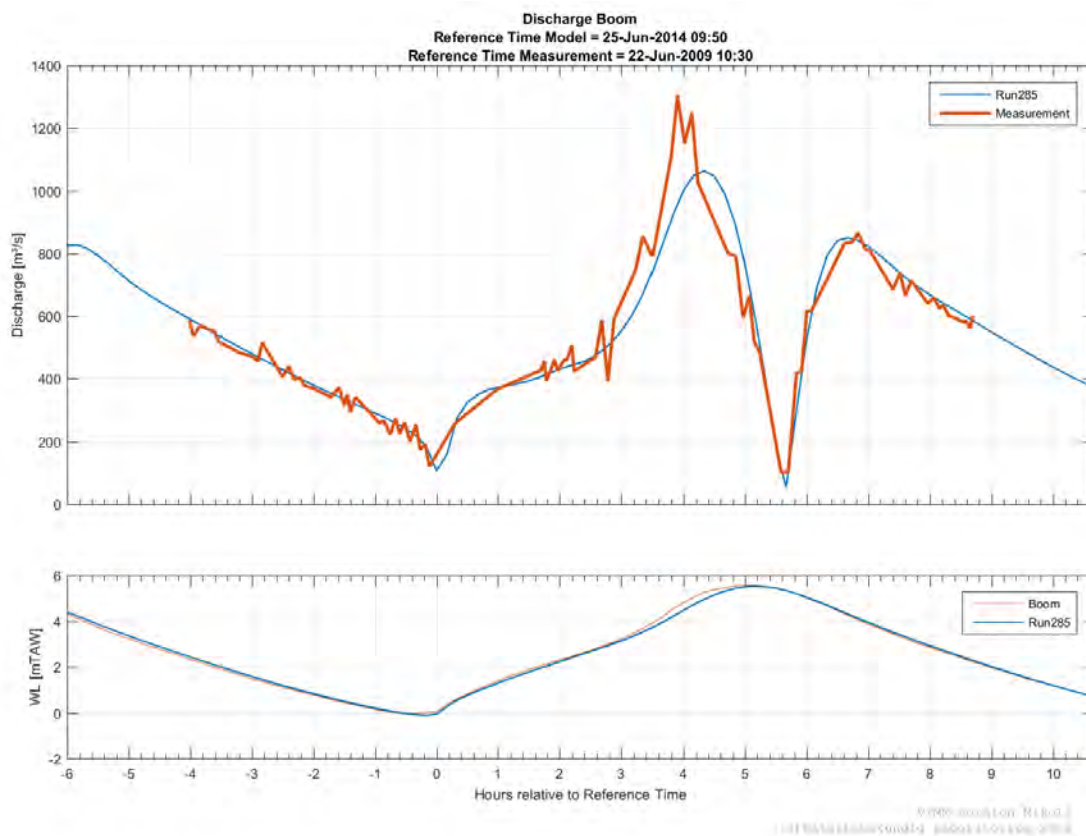
Figuur A 88 - Gemodelleerd en gemeten debiet – Schoonaarde – jun2014 – meetcampagne 20100414



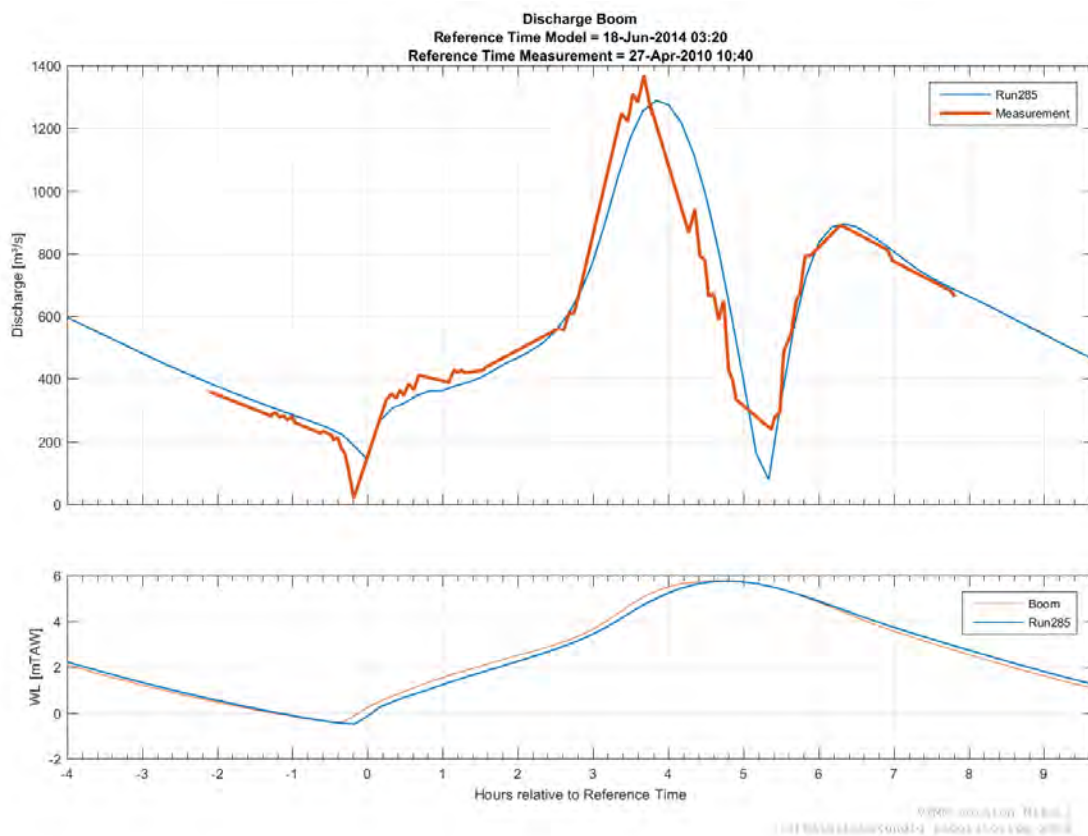
Figuur A 89 - Gemodelleerd en gemeten debiet – Schoonaarde – jun2014 – meetcampagne 20130527



Figuur A 90 - Gemodelleerd en gemeten debiet – Boom – jun2014 – meetcampagne 20090622



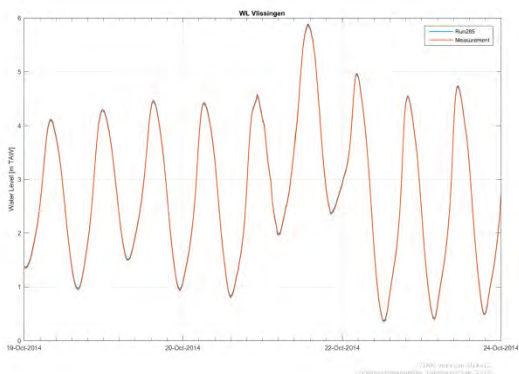
Figuur A 91 - Gemodelleerd en gemeten debiet – Boom – jun2014 – meetcampagne 20100427



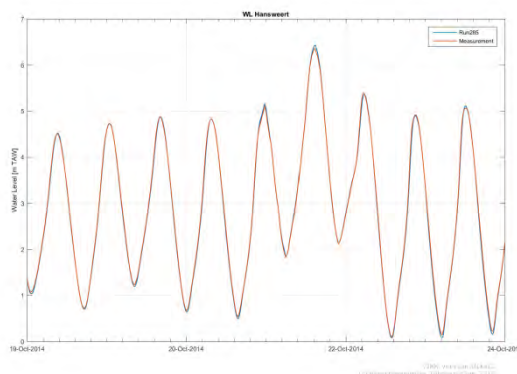
BIJLAGE H.B Modelresultaten okt2014 - storm

Tijdreeksen

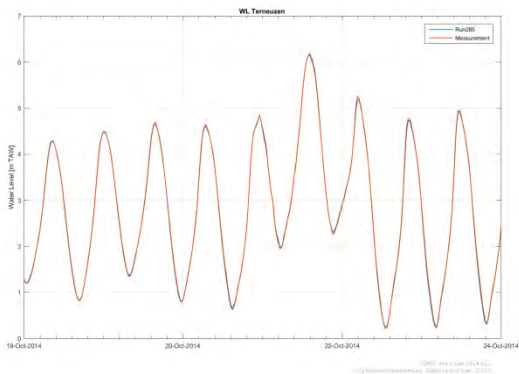
Figuur B 1 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 - Vlissingen



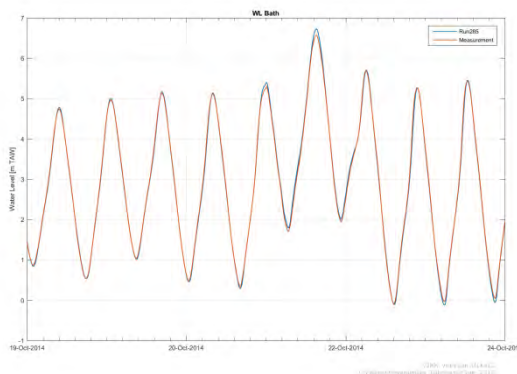
Figuur B 3 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Hansweert



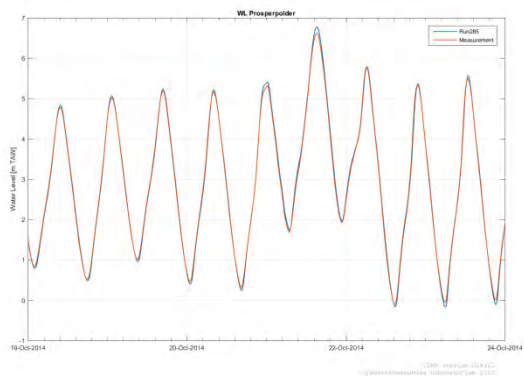
Figuur B 2 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 -Terneuzen



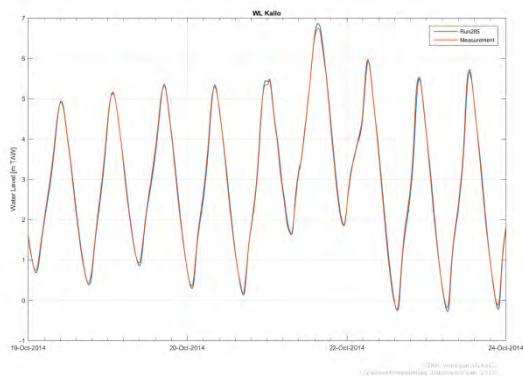
Figuur B 4 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Bath



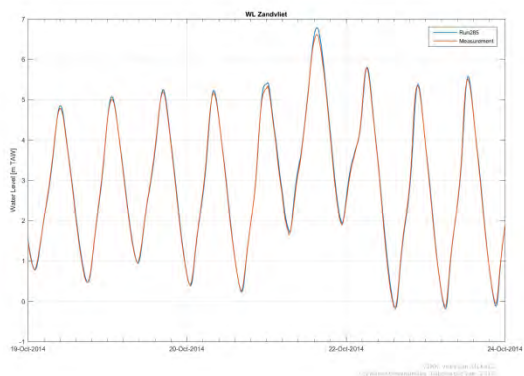
Figuur B 5 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Prosperpolder



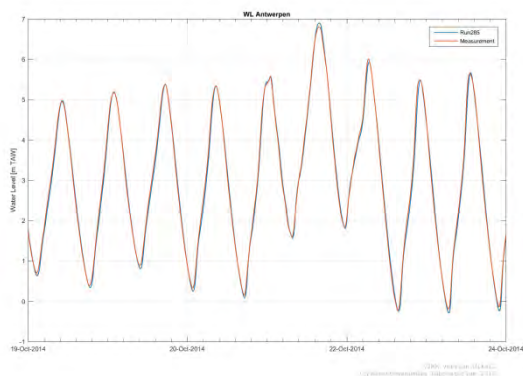
Figuur B 8 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Kallo



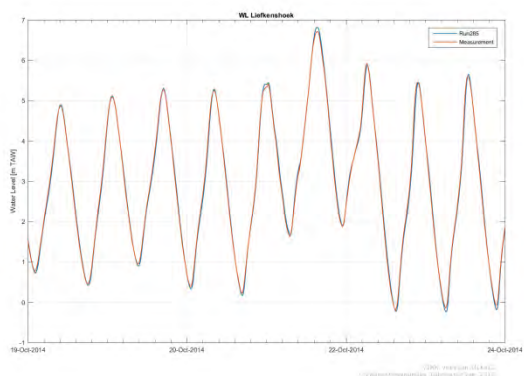
Figuur B 6 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Zandvliet



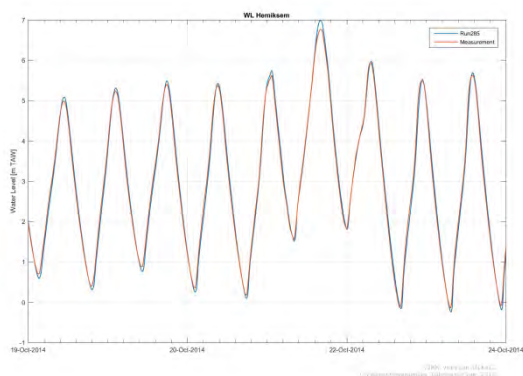
Figuur B 9 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Antwerpen



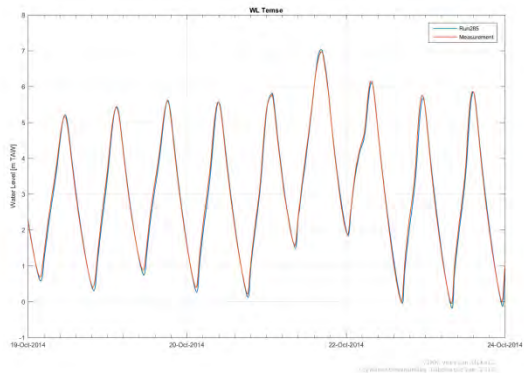
Figuur B 7 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Liefkenshoek



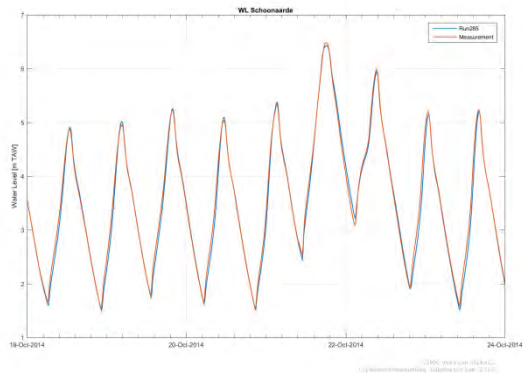
Figuur B 10 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Hemiksem



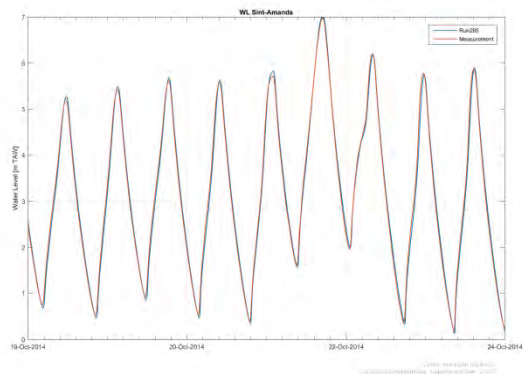
Figuur B 11 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Temse



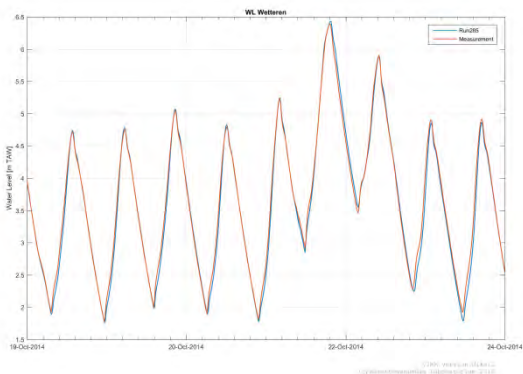
Figuur B 14 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Schoonaarde



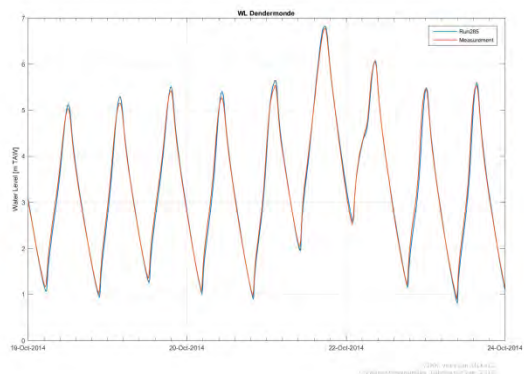
Figuur B 12 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Sint-Amands



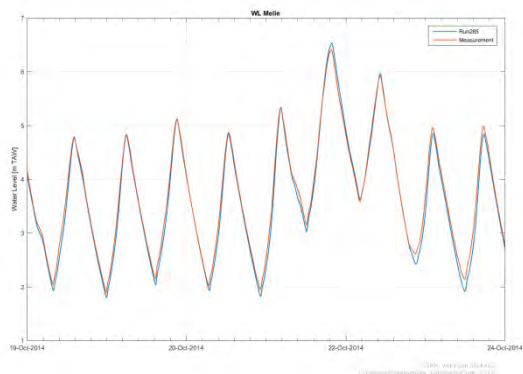
Figuur B 15 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Wetteren



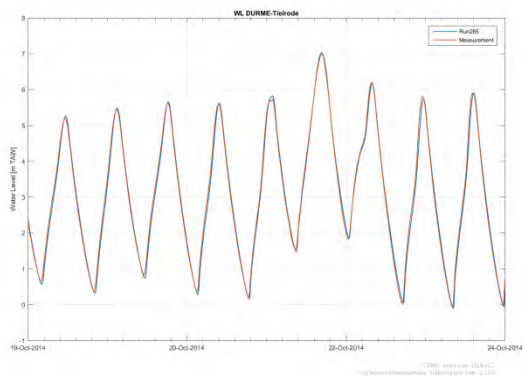
Figuur B 13 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Dendermonde



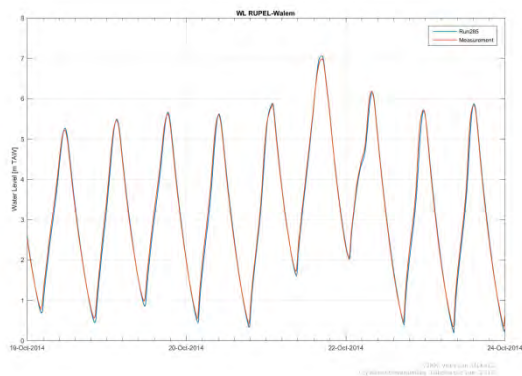
Figuur B 16 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Melle



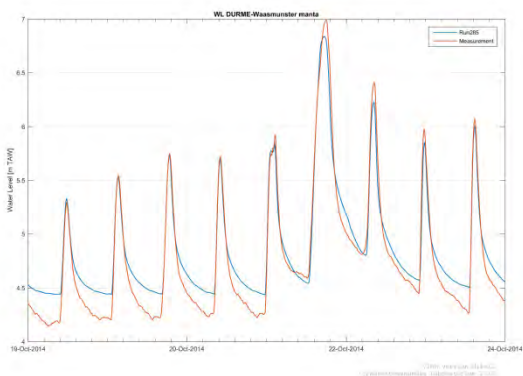
Figuur B 17 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Tielrode



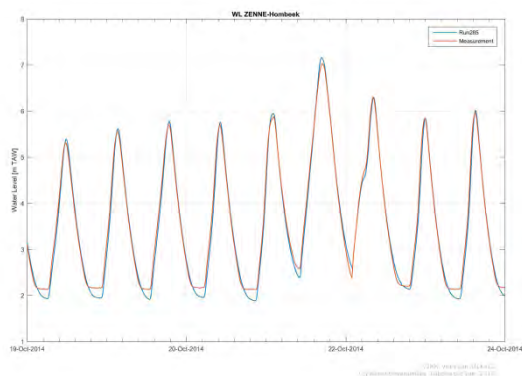
Figuur B 20 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Walem



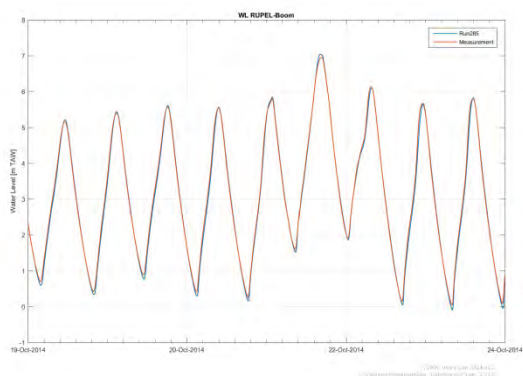
Figuur B 18 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Waasmunster Manta



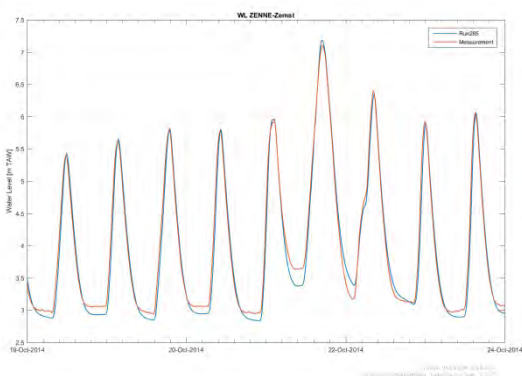
Figuur B 21 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Hombeek



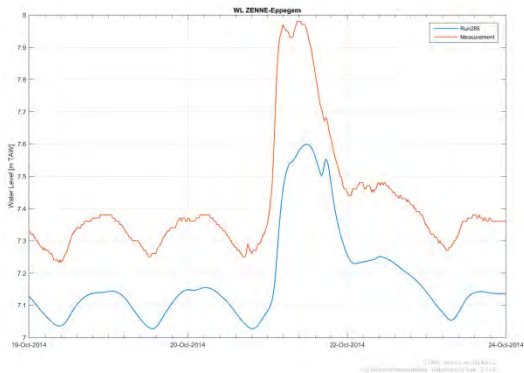
Figuur B 19 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Boom



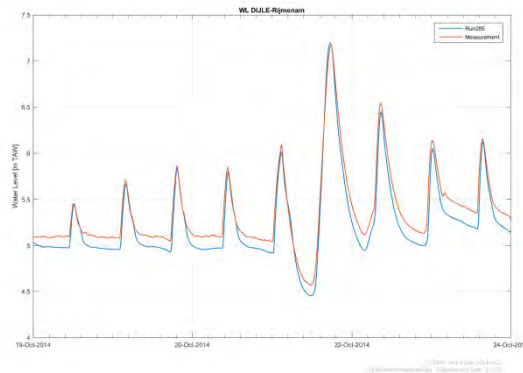
Figuur B 22 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Zemst



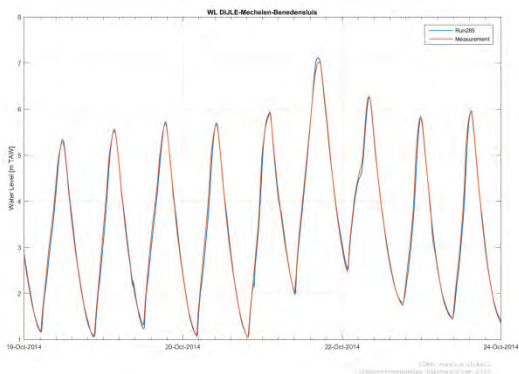
Figuur B 23 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Epegem



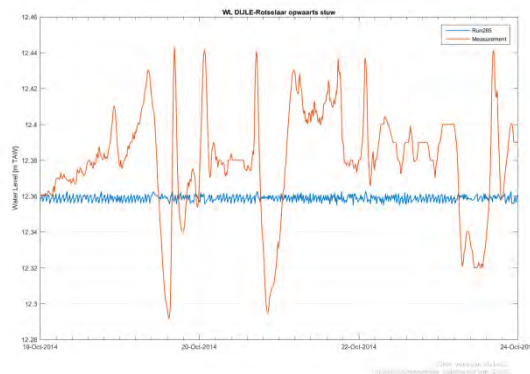
Figuur B 26 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Rijmenam



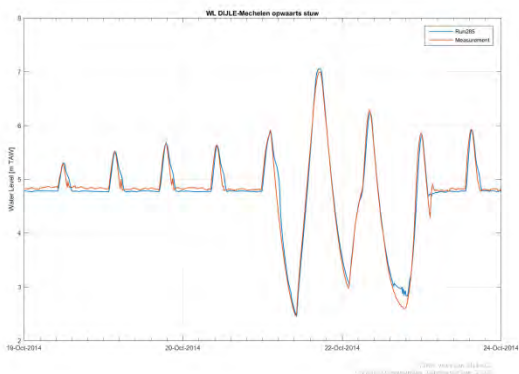
Figuur B 24 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Mechelen-Benedensluis



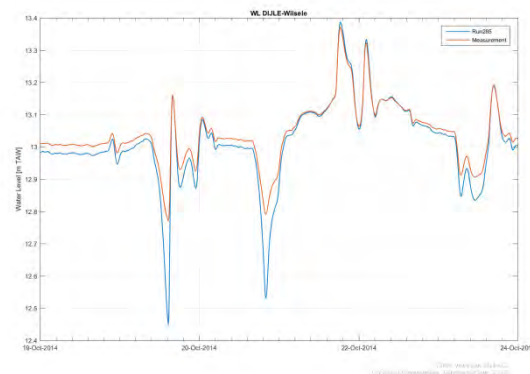
Figuur B 27 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Rotselaar opwaarts stuw



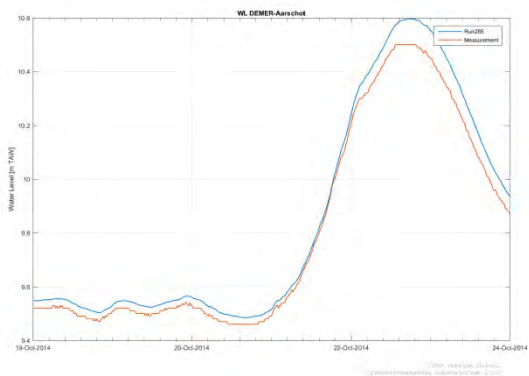
Figuur B 25 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Mechelen opwaarts stuw



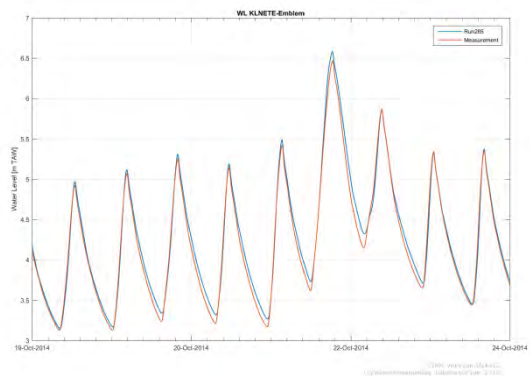
Figuur B 28 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Wilsele



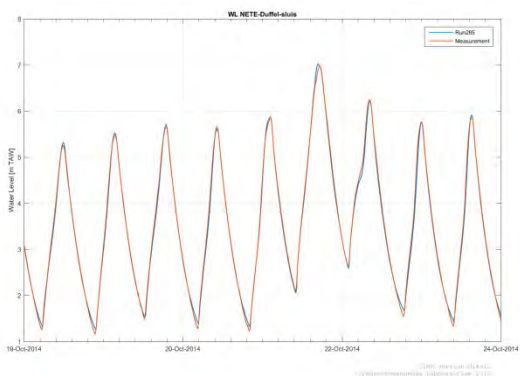
Figuur B 29 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Aarschot



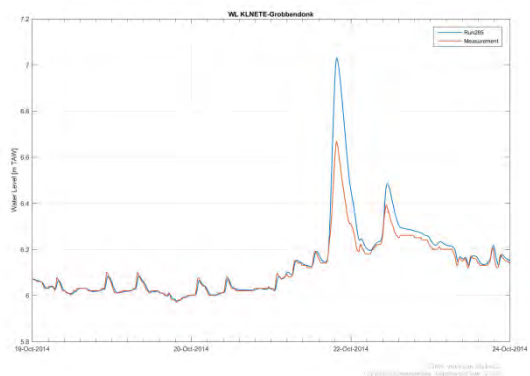
Figuur B 32 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Emblem



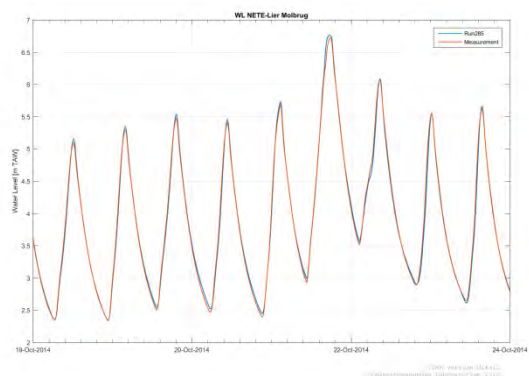
Figuur B 30 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Duffel-sluis



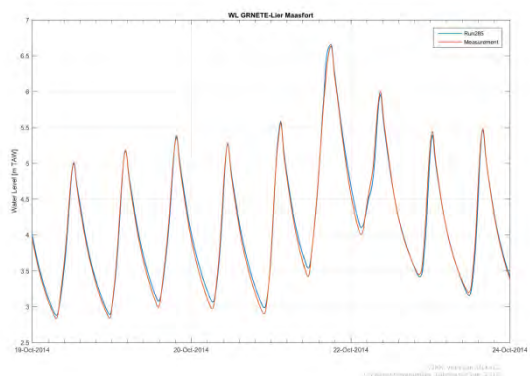
Figuur B 33 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Grobbendonk



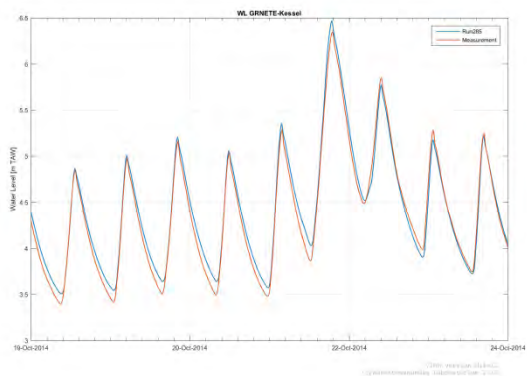
Figuur B 31 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Lier Molbrug



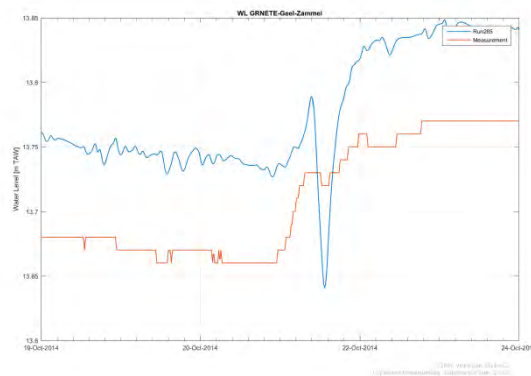
Figuur B 34 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Lier Maasfort



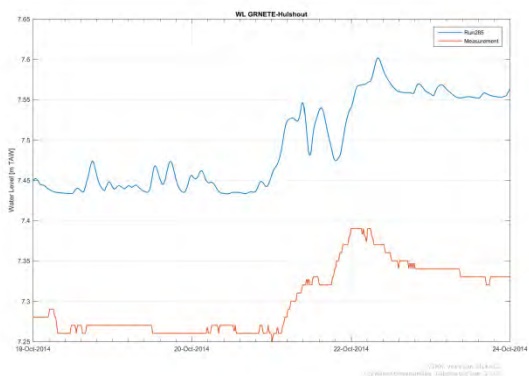
Figuur B 35 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Kessel



Figuur B 37 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 – Geel-Zammel



Figuur B 36 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – okt2014 –



Statistische parameters tijdreeksen (TS), HW en LW

Tabel B 1– Statistische parameters voor tijdreeksen waterpeilen, hoogwaters en laagwaters – okt2014 – Westerschelde, Zeeschelde en Durme

Okt2014							
Rivier	Meetpost	bias TS	RMSE TS	bias HW	RMSE HW	bias LW	RMSE LW
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Westerschelde	Vlissingen	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	Terneuzen	-0.02	0.04	-0.03	0.04	-0.01	0.03
	Hansweert	-0.03	0.05	0.02	0.04	-0.03	0.04
	Bath	-0.01	0.06	0.05	0.06	-0.01	0.05
Beneden-Zeeschelde	Prosperpolder	0.01	0.07	0.06	0.07	-0.04	0.06
	Zandvliet	0.02	0.07	0.07	0.08	0.00	0.04
	Liefkenshoek	-0.01	0.08	0.03	0.05	-0.04	0.05
	Kallo	-0.01	0.10	0.04	0.05	-0.04	0.05
	Antwerpen	-0.03	0.11	0.01	0.04	-0.06	0.07
	Hemiksem	0.00	0.13	0.09	0.10	-0.08	0.09
Boven-Zeeschelde	Temse	-0.05	0.13	0.01	0.05	-0.09	0.10
	Sint-Amands	-0.01	0.14	0.04	0.06	-0.04	0.05
	Dendermonde	-0.03	0.11	0.08	0.09	-0.07	0.09
	Schoonaarde	-0.04	0.12	0.01	0.05	-0.03	0.07
	Wetteren	-0.04	0.11	0.01	0.03	-0.03	0.07
	Melle	-0.08	0.12	-0.02	0.07	-0.12	0.14
Durme	Tielrode	-0.03	0.15	0.02	0.05	-0.04	0.06
	Waasmunster Manta	0.10	0.16	-0.09	0.10	0.20	0.22

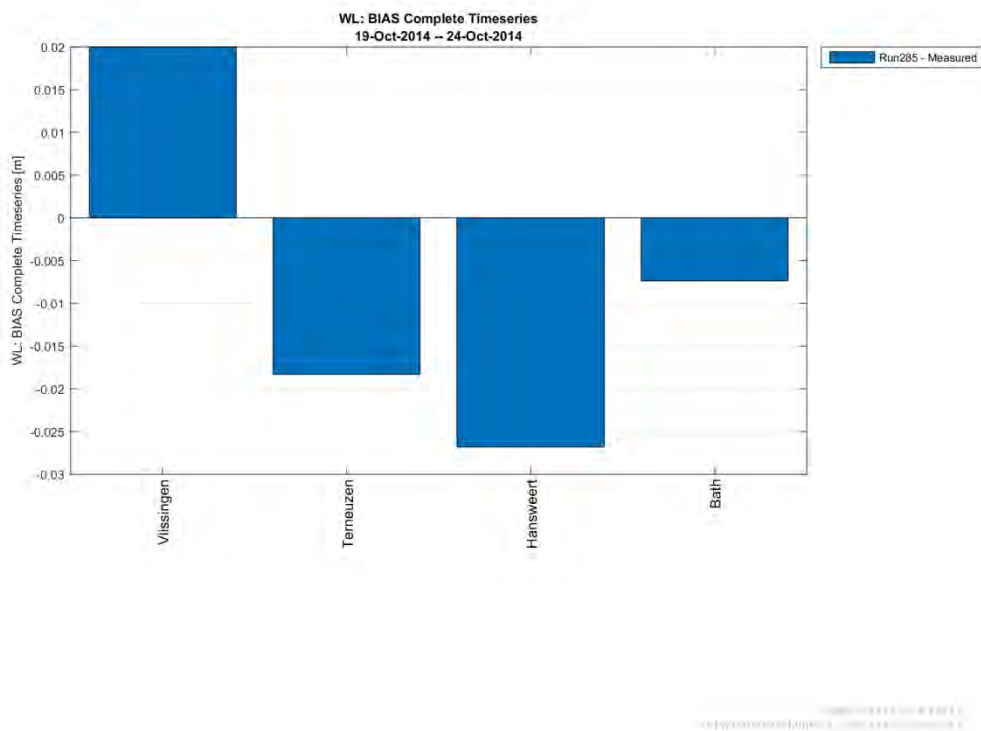
Tabel B 2– Statistische parameters voor tijdreeksen waterpeilen, hoogwaters en laagwaters – okt2014 – Rupelbekken

Okt2014							
Rivier	Meetpost	bias TS	RMSE TS	bias HW	RMSE HW	bias LW	RMSE LW
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Rupel	Boom	-0.05	0.10	0.03	0.05	-0.10	0.10
	Walem	-0.05	0.13	0.02	0.04	-0.10	0.11
Zenne	Hombeek	*	*	0.06	0.07	*	*
	Zemst	*	*	0.02	0.04	*	*
	Eppegem	*	*	-0.23*	0.23*	*	*
Dijle	Mechelen-Benedensluis	-0.05	0.12	0.03	0.05	-0.01	0.04
	Mechelen opwaarts stuw	0.00	0.13	-0.01	0.05	0.09	0.15
	Rijmenam	-0.12	0.13	-0.04	0.06	-0.15	0.15
	Rotselaar opwaarts stuw	-0.02	0.04	-0.04	0.06	0.01	0.04
	Wilsele	-0.03	0.05	-0.01	0.01	-0.14	0.19
Demer	Aarschot	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03
Benedennete	Duffel-sluis	-0.03	0.08	0.03	0.05	0.07	0.10
	Lier Molbrug	0.00	0.06	0.04	0.05	0.02	0.03
Kleine Nete	Emblem	0.05	0.09	0.06	0.06	0.07	0.09
	Grobbendonk	0.02	0.07	0.01	0.04	0.01	0.01
Grote Nete	Lier Maasfort	0.02	0.07	0.01	0.02	0.05	0.07
	Kessel	0.05	0.09	0.03	0.08	0.07	0.10
	Hulshout	0.19	0.19	0.18	0.18	0.20	0.20
	Geel-Zammel	0.07	0.07	0.06	0.06	0.00	0.00

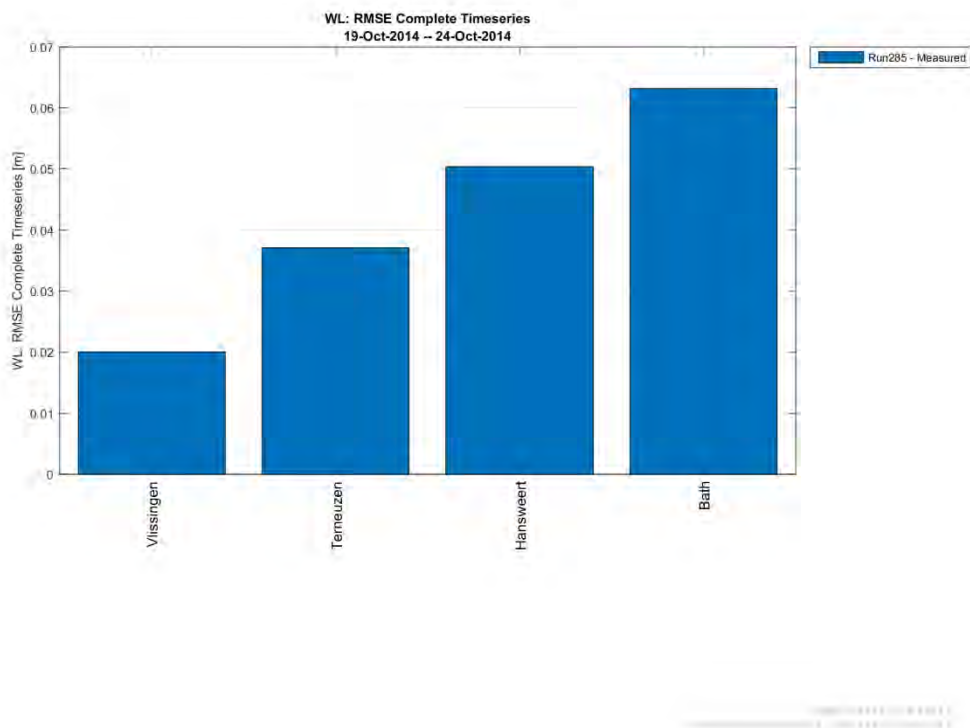
*Laagwaterpeilen langs de Zenne worden niet correct gemeten omwille van de plaatsing van de meetpost in de rivierbedding.

~~**~~ : waarden niet beschouwd bij analyse kalibratie omwille verouderde bathymetrie in het model.

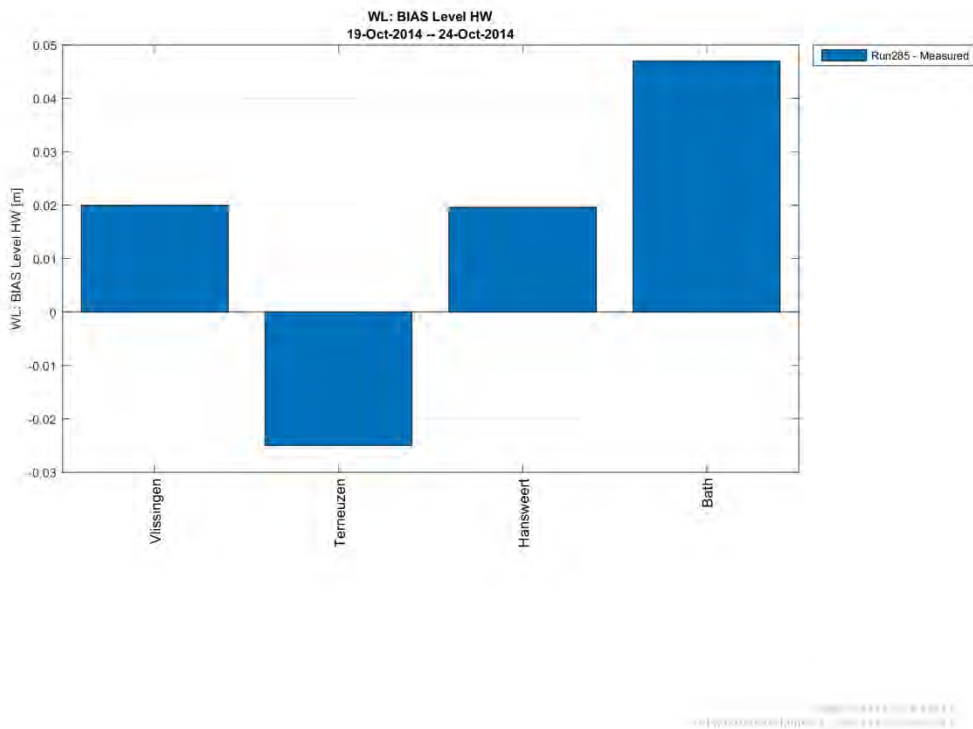
Figuur B 38– bias tijdreeksen waterpeilen (model-meting) – okt2014 – Westerschelde



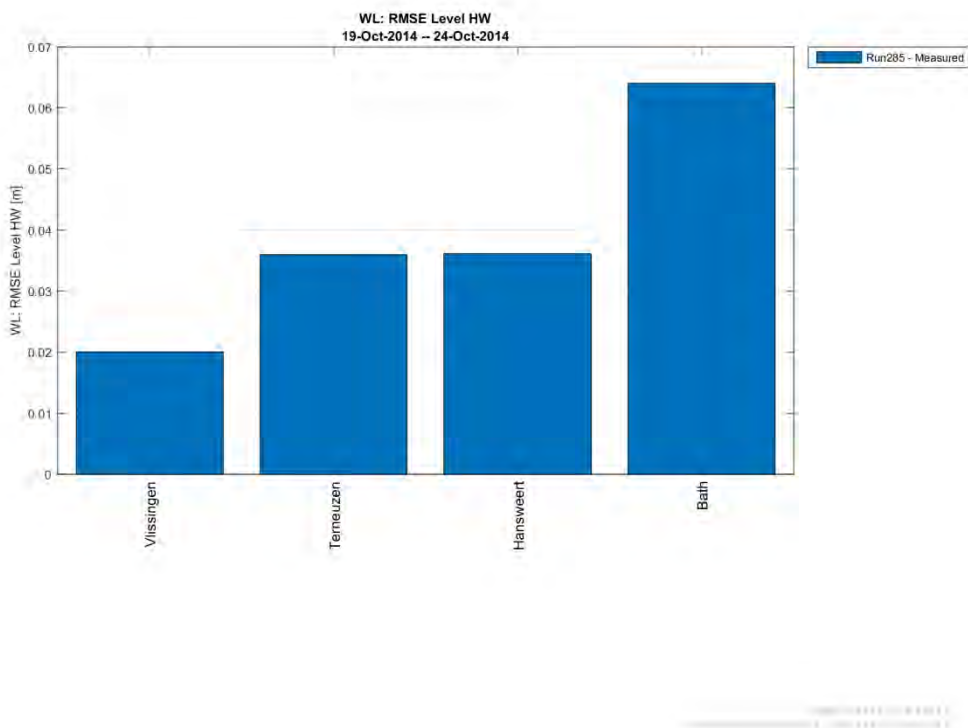
Figuur B 39– RMSE tijdreeksen waterpeilen (model-meting) – okt2014 – Westerschelde



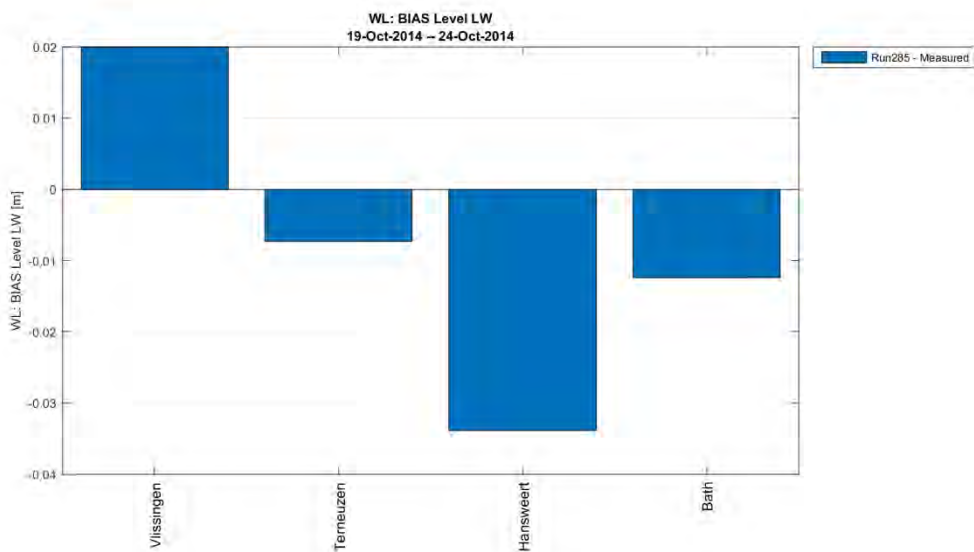
Figuur B 40 – bias hoogwaters (model-meting) – okt2014 – Westerschelde



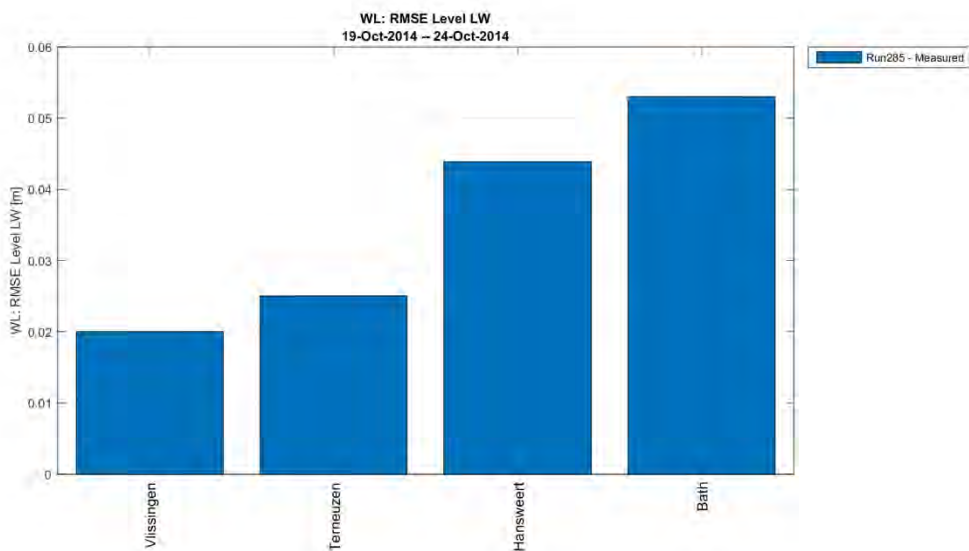
Figuur B 41 – RMSE hoogwaters (model-meting) – okt2014 – Westerschelde



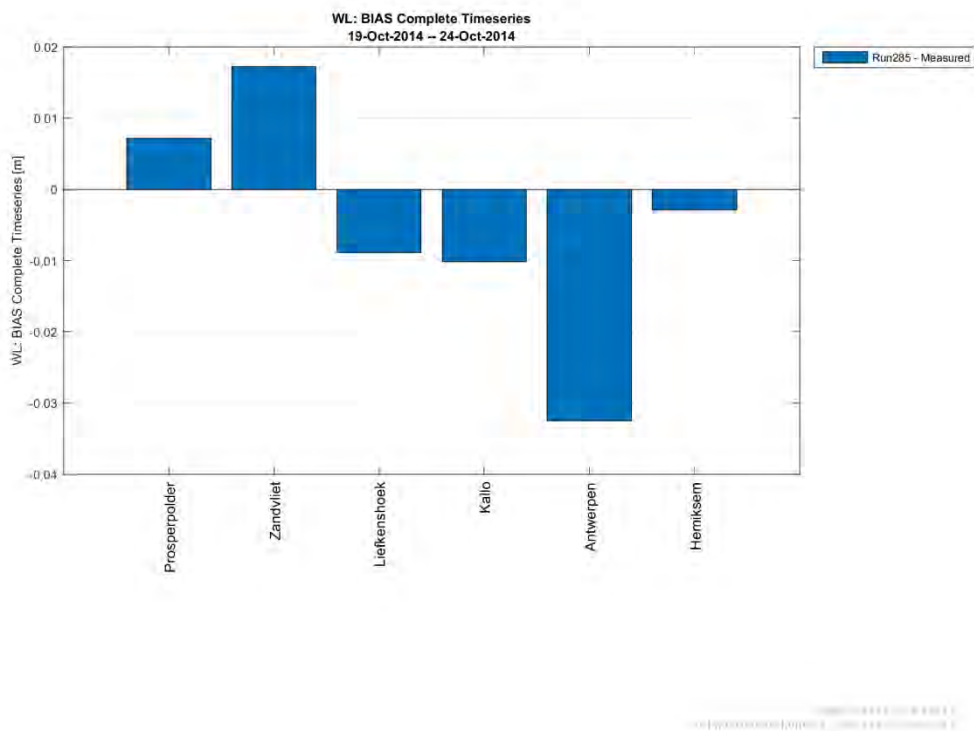
Figuur B 42 – bias laagwaters (model-meting) – okt2014 – Westerschelde



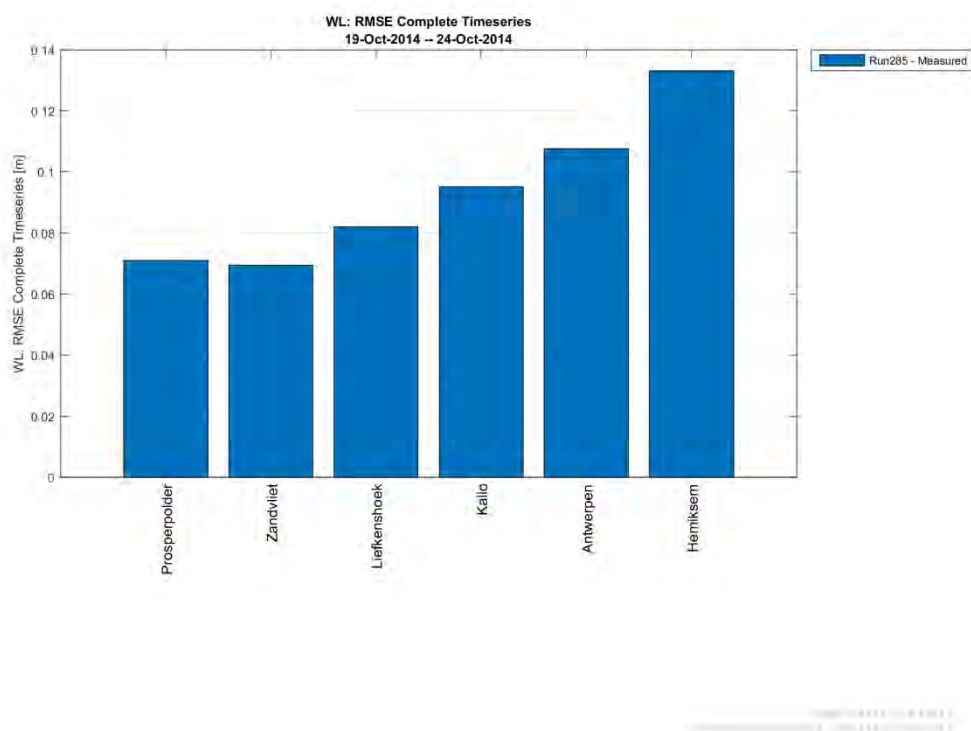
Figuur B 43 – RMSE laagwaters (model-meting) – okt2014 – Westerschelde



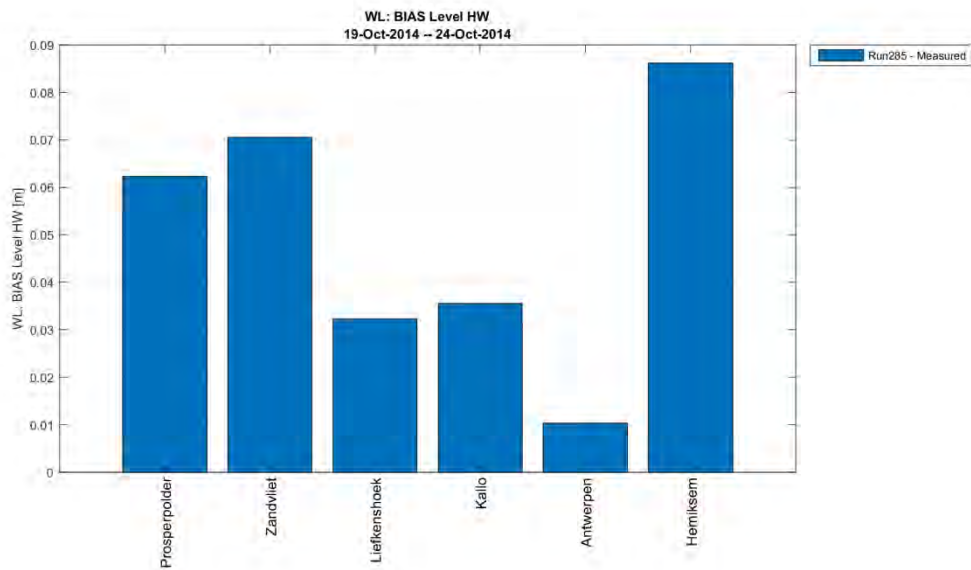
Figuur B 44– bias tijdreeksen waterpeilen (model-meting) – okt2014 – Beneden-Zeeschelde



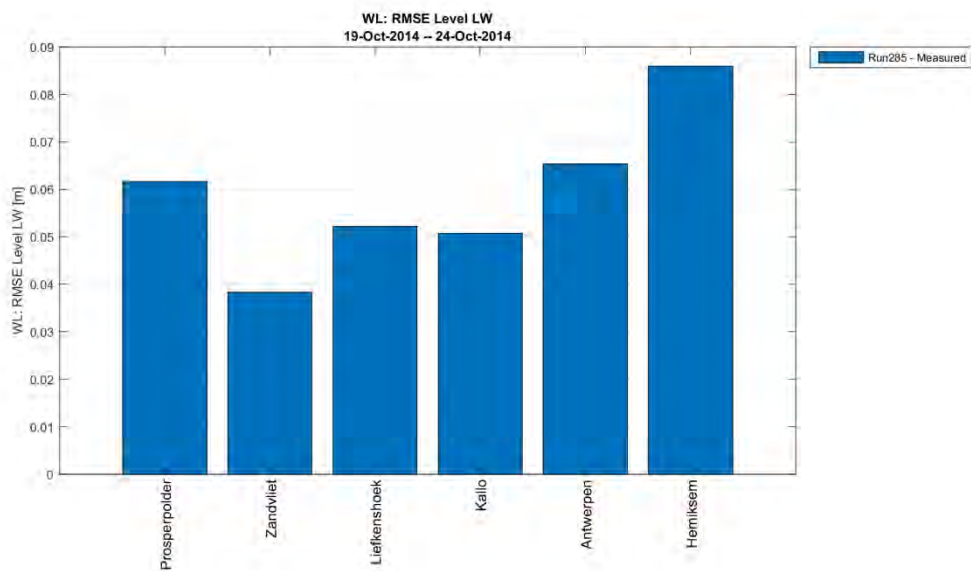
Figuur B 45– RMSE tijdreeksen waterpeilen (model-meting) – okt2014 – Beneden-Zeeschelde



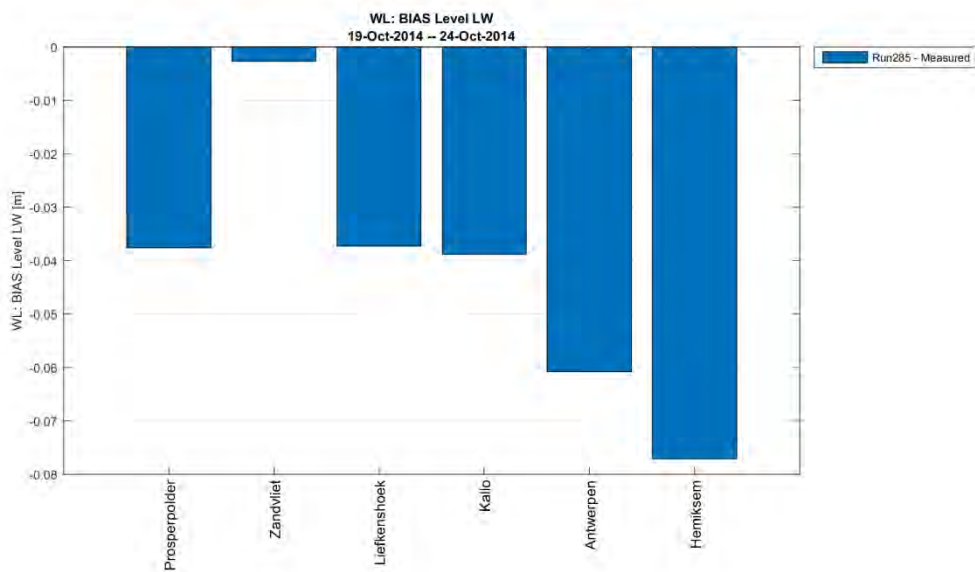
Figuur B 46 – bias hoogwaters (model-meting) – okt2014 – Beneden-Zeeschelde



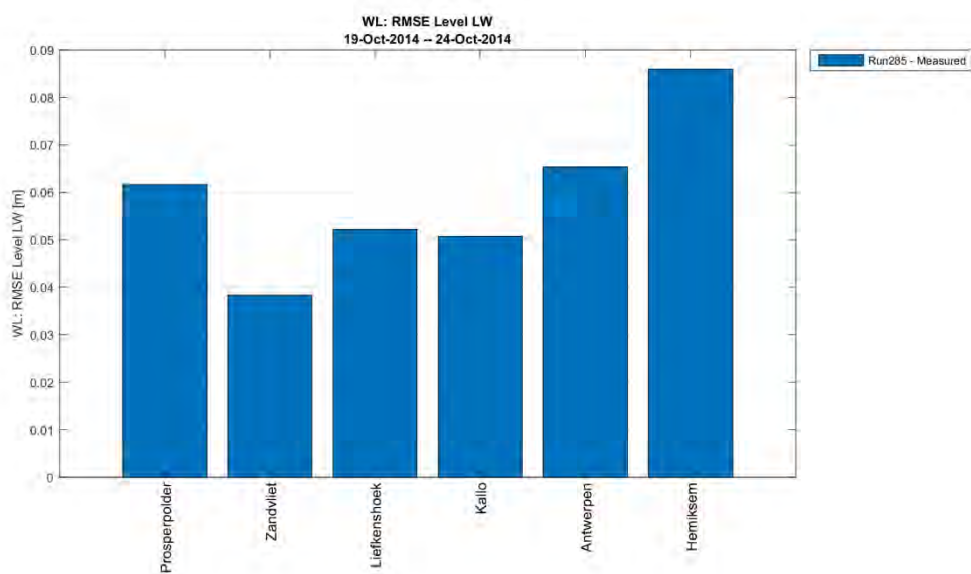
Figuur B 47 – RMSE hoogwaters (model-meting) – okt2014 – Beneden-Zeeschelde



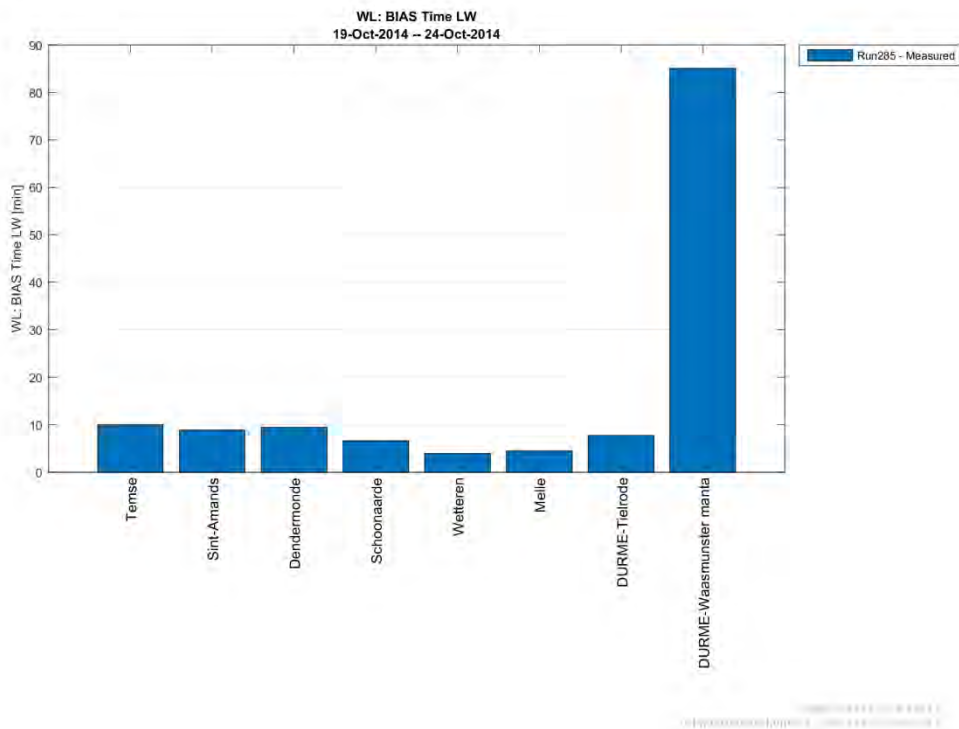
Figuur B 48 – bias laagwaters (model-meting) – okt2014 – Beneden-Zeeschelde



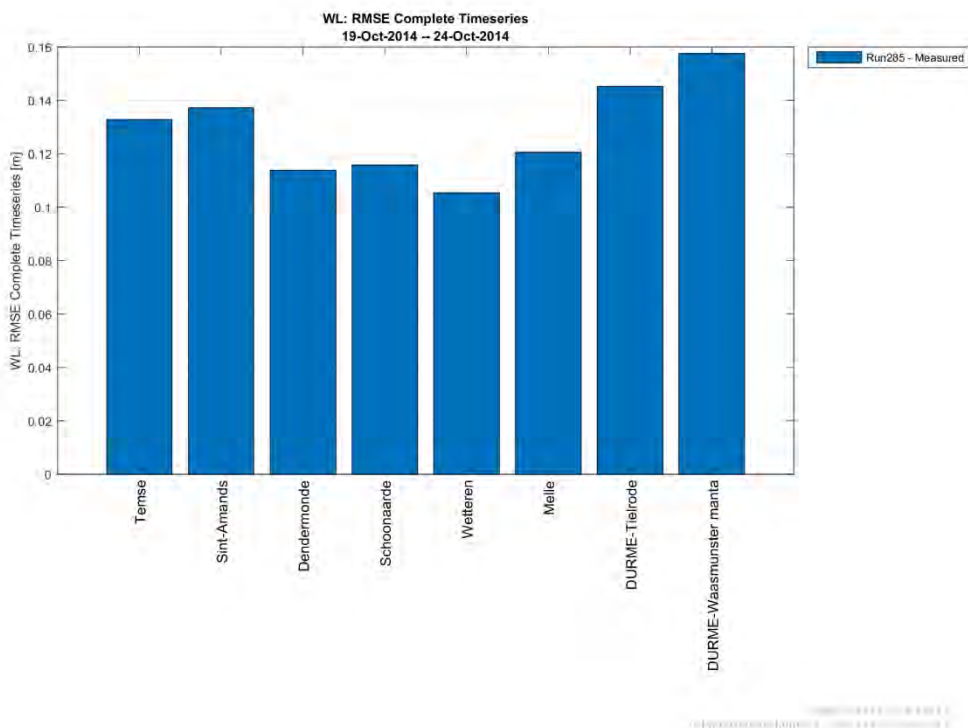
Figuur B 49 – RMSE laagwaters (model-meting) – okt2014 – Beneden-Zeeschelde



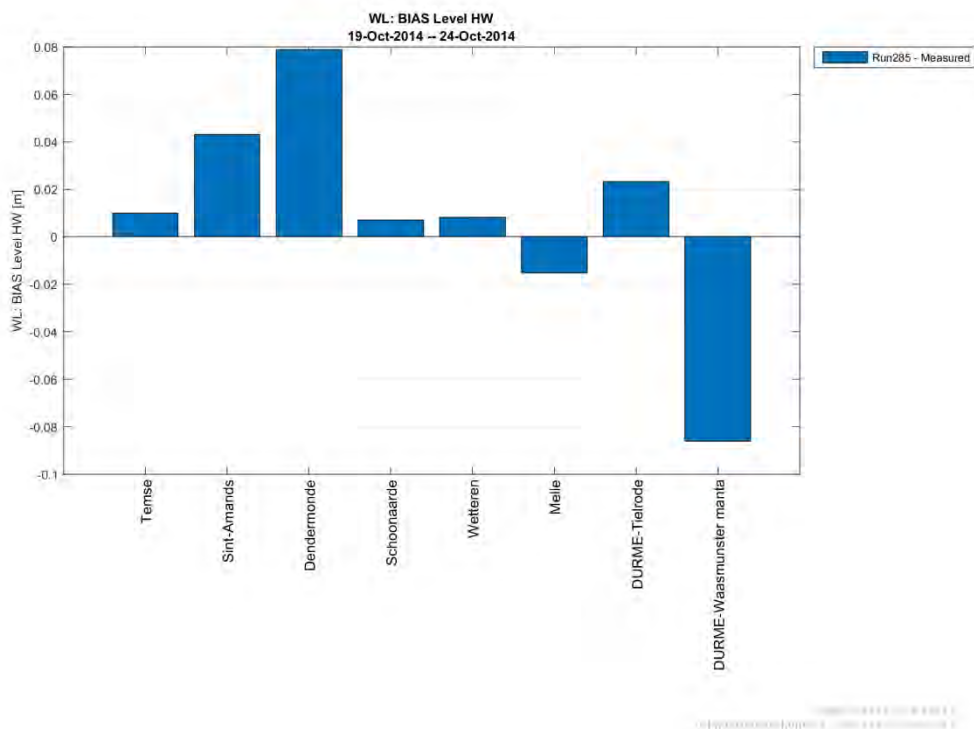
Figuur B 50– bias tijdreeksen waterpeilen (model-meting) – okt2014 – Boven-Zeeschelde en Durme



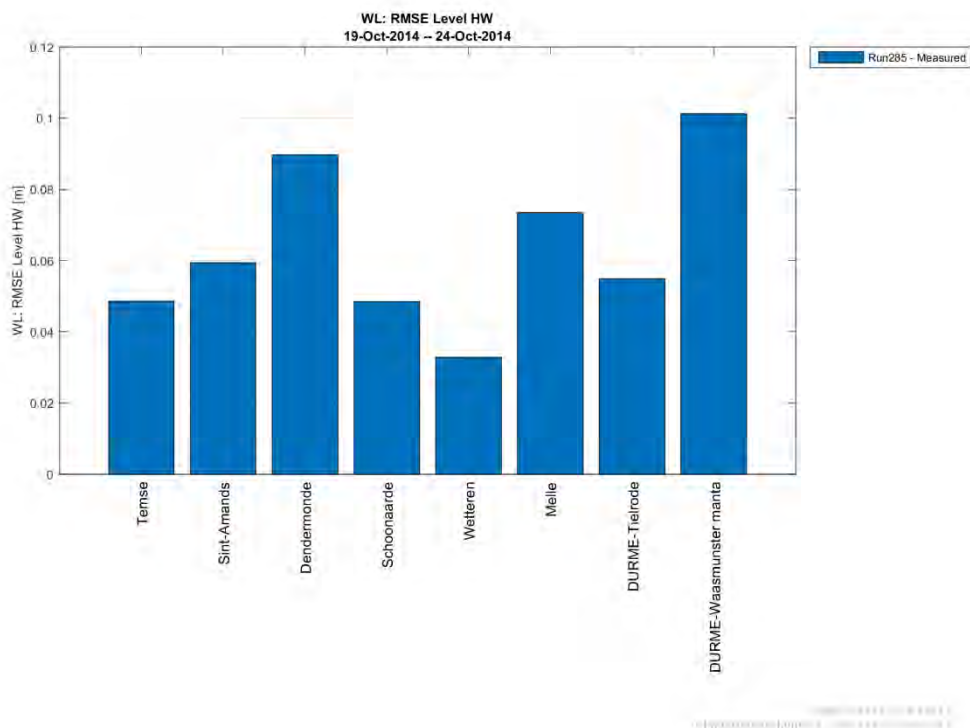
Figuur B 51– RMSE tijdreeksen waterpeilen (model-meting) – okt2014 – Boven-Zeeschelde en Durme



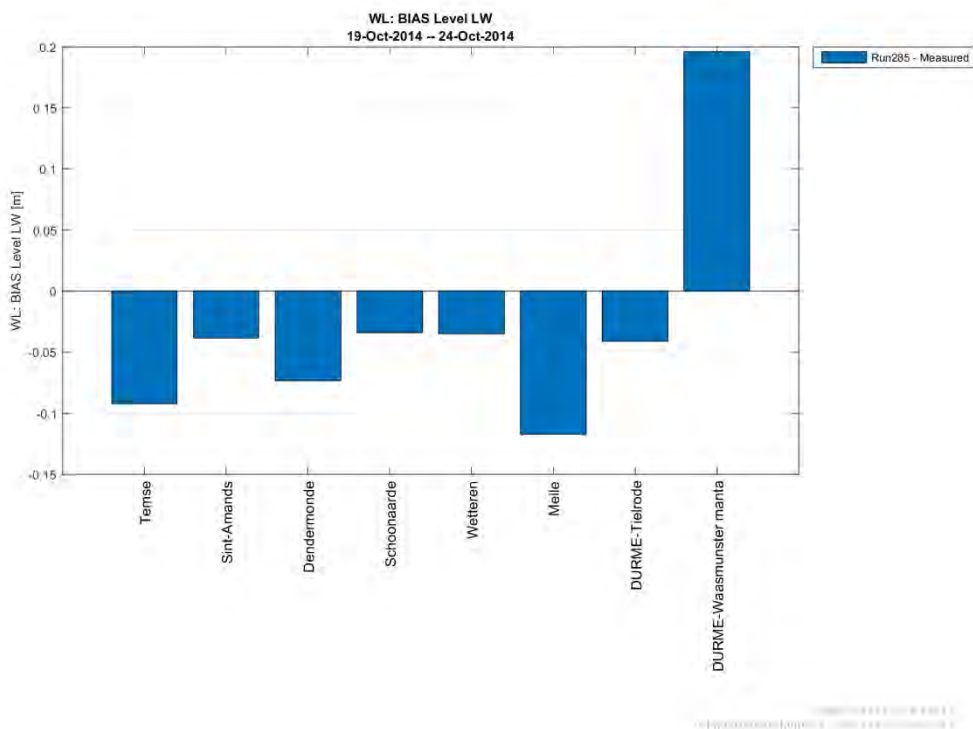
Figuur B 52 – bias hoogwaters (model-meting) – okt2014 – Boven-Zeeschelde en Durme



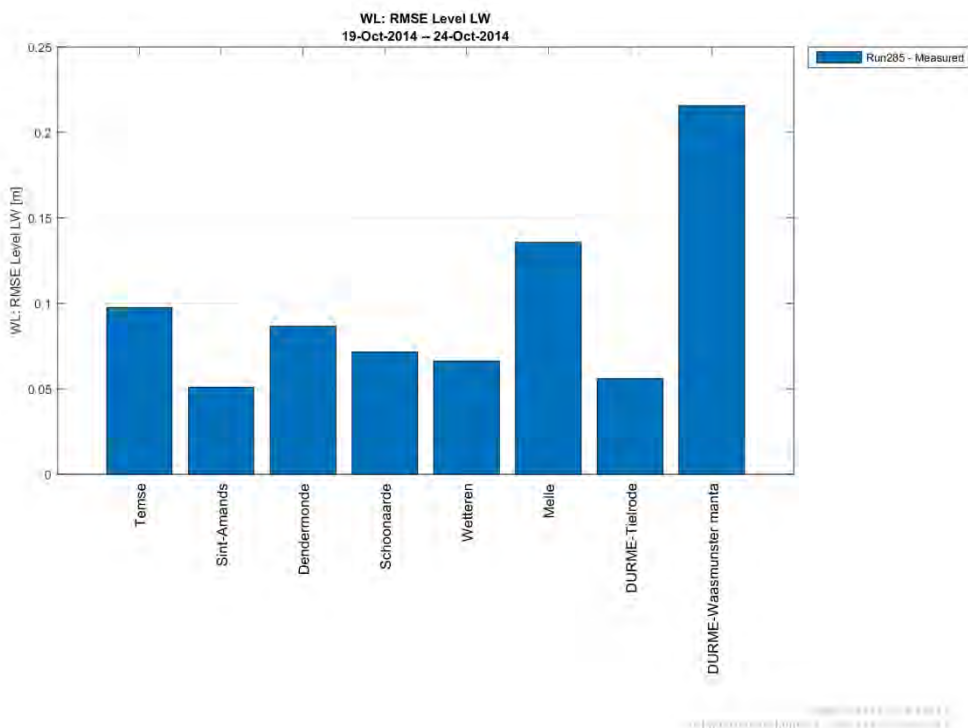
Figuur B 53 – RMSE hoogwaters (model-meting) – okt2014 – Boven-Zeeschelde en Durme



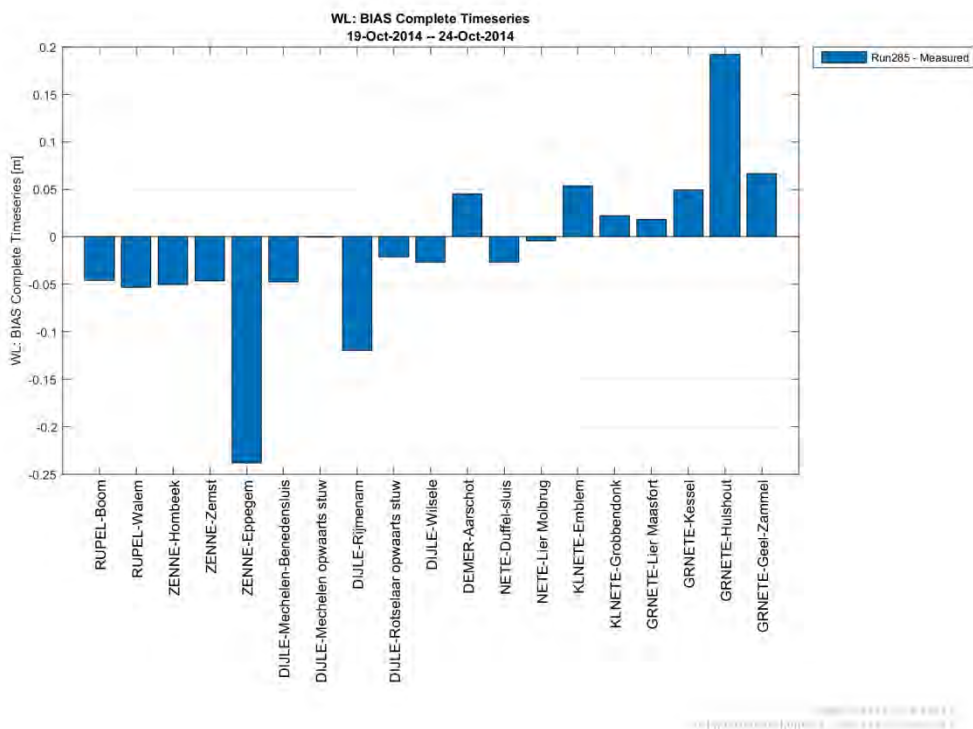
Figuur B 54 – bias laagwaters (model-meting) – okt2014 – Boven-Zeeschelde en Durme



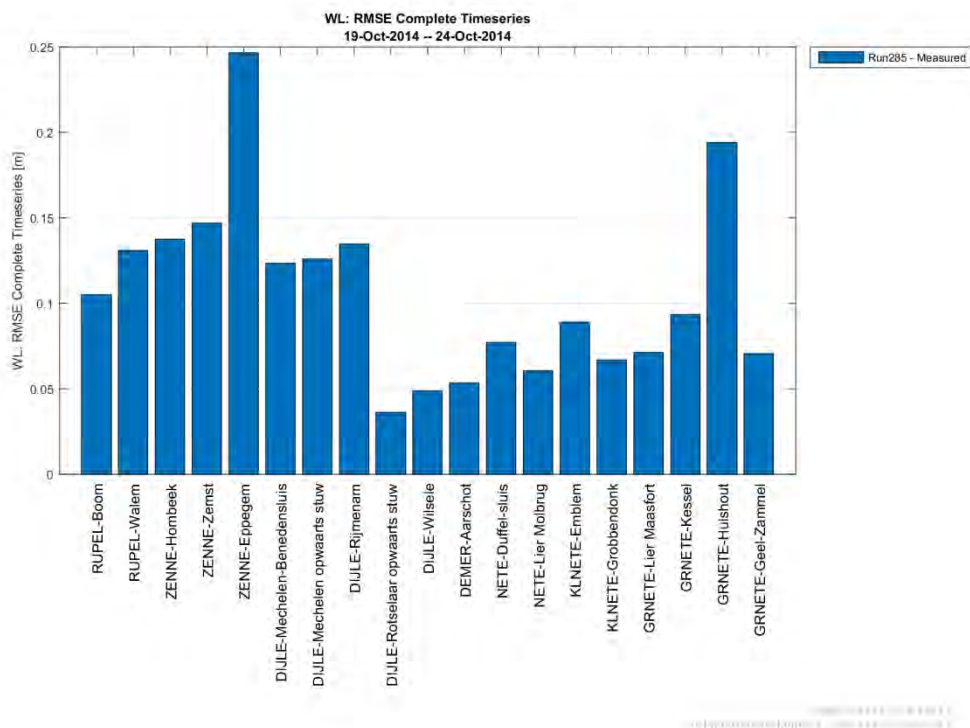
Figuur B 55 – RMSE laagwaters (model-meting) – okt2014 – Boven-Zeeschelde en Durme



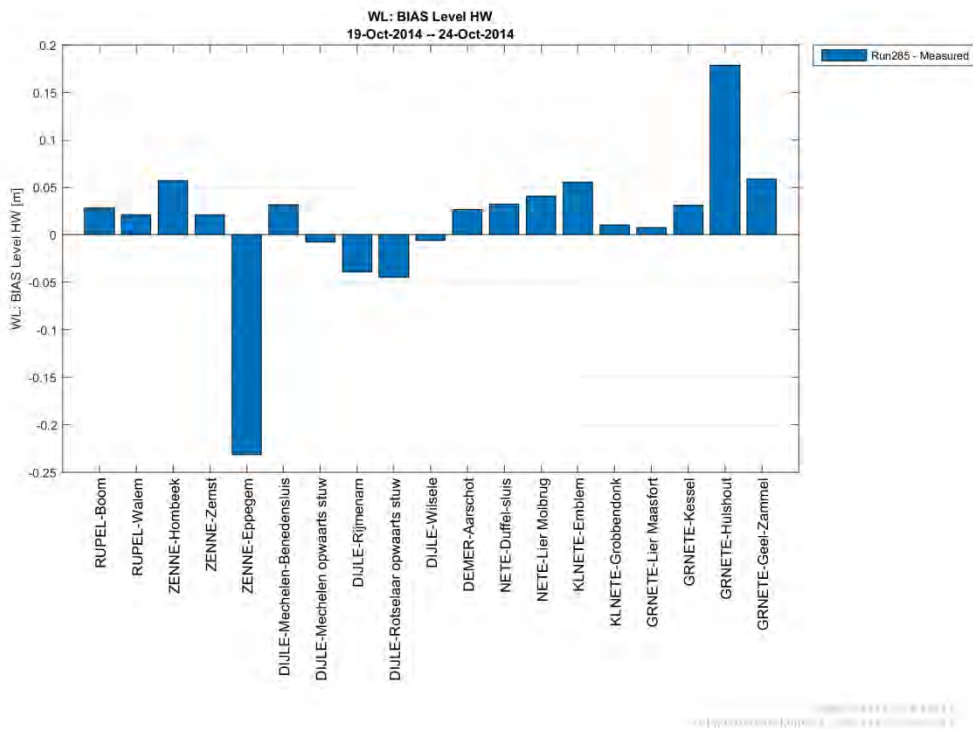
Figuur B 56– bias tijdreeksen waterpeilen (model-meting) – okt2014 – Rupelbekken



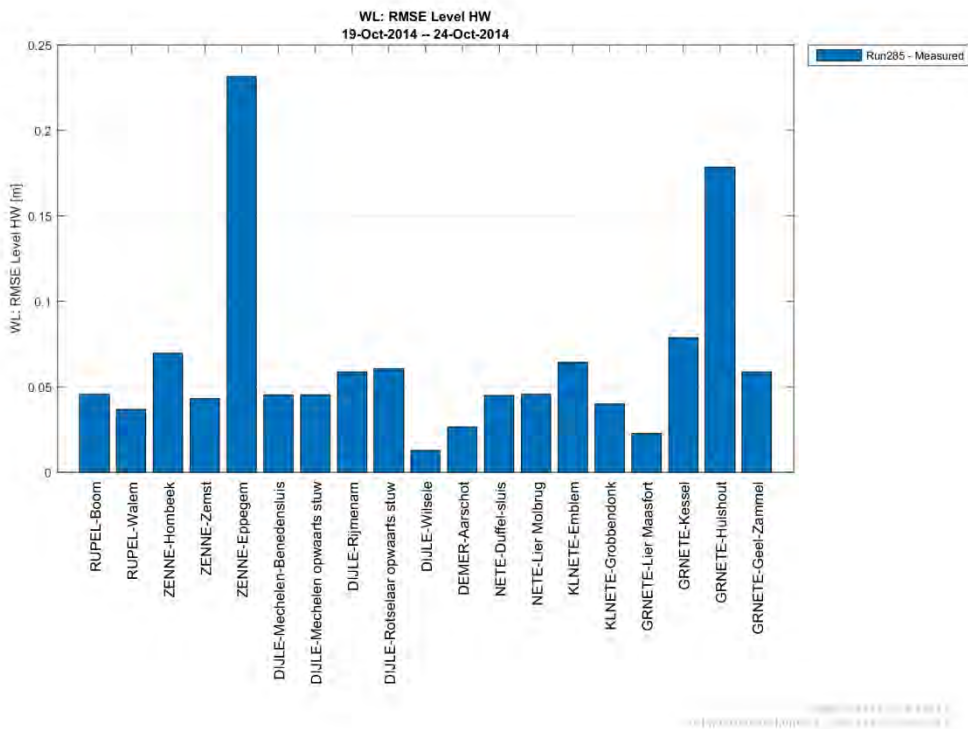
Figuur B 57– RMSE tijdreeksen waterpeilen (model-meting) – okt2014 – Rupelbekken



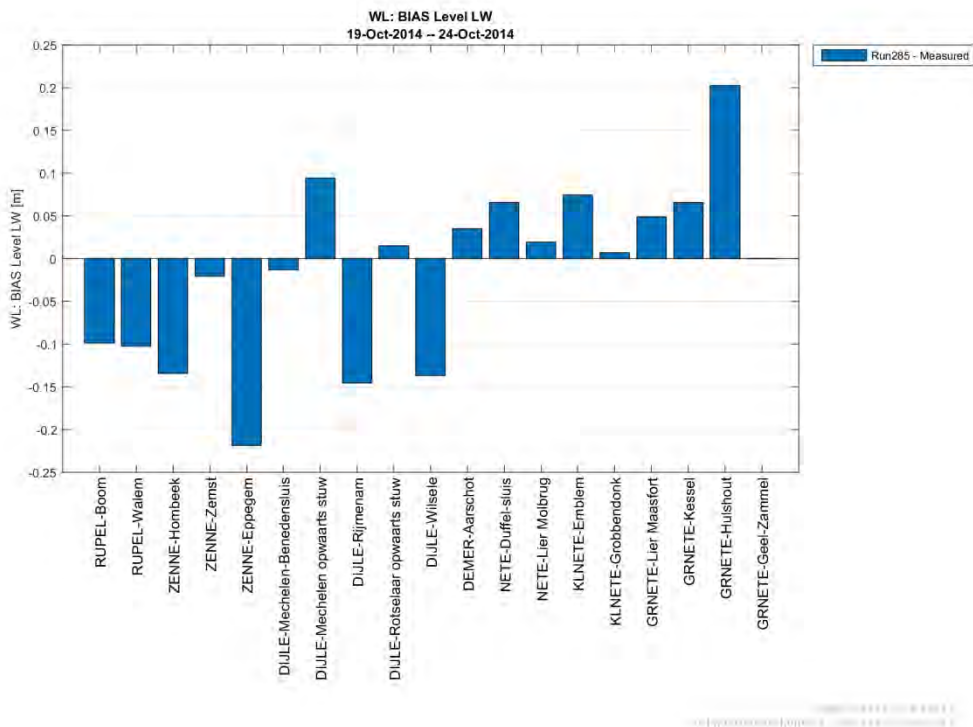
Figuur B 58 – bias hoogwaters (model-meting) – okt2014 – Rupelbekken



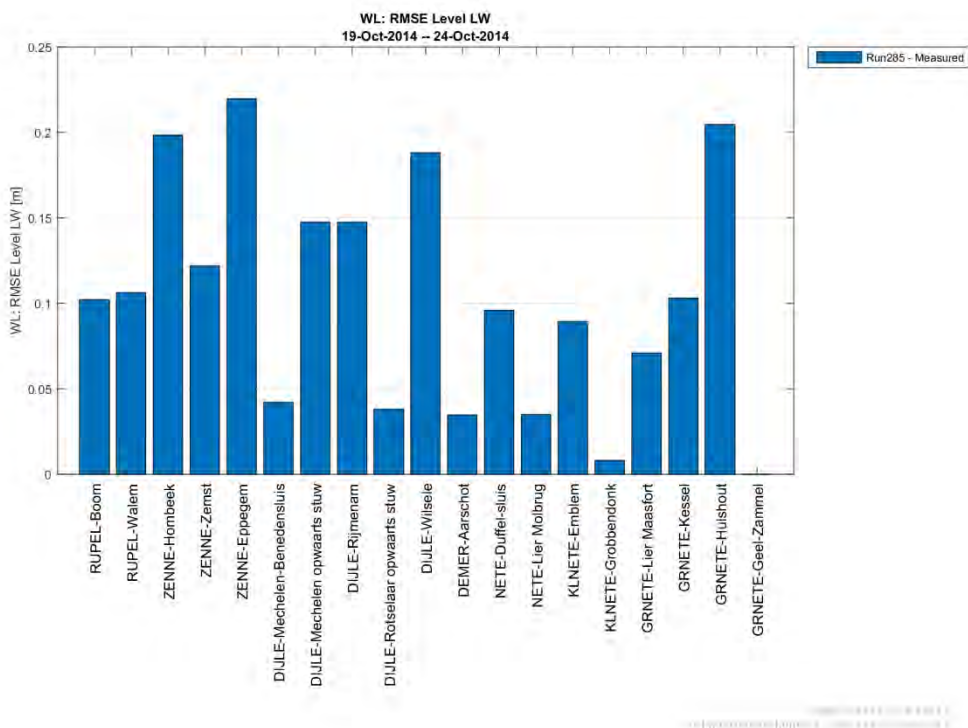
Figuur B 59 – RMSE hoogwaters (model-meting) – okt2014 – Rupelbekken



Figuur B 60 – bias laagwaters (model-meting) – okt2014 – Rupelbekken



Figuur B 61 – RMSE laagwaters (model-meting) – okt2014 – Rupelbekken



Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil

Tabel B 3 – Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil – okt2014 – Westerschelde, Zeeschelde en Durme

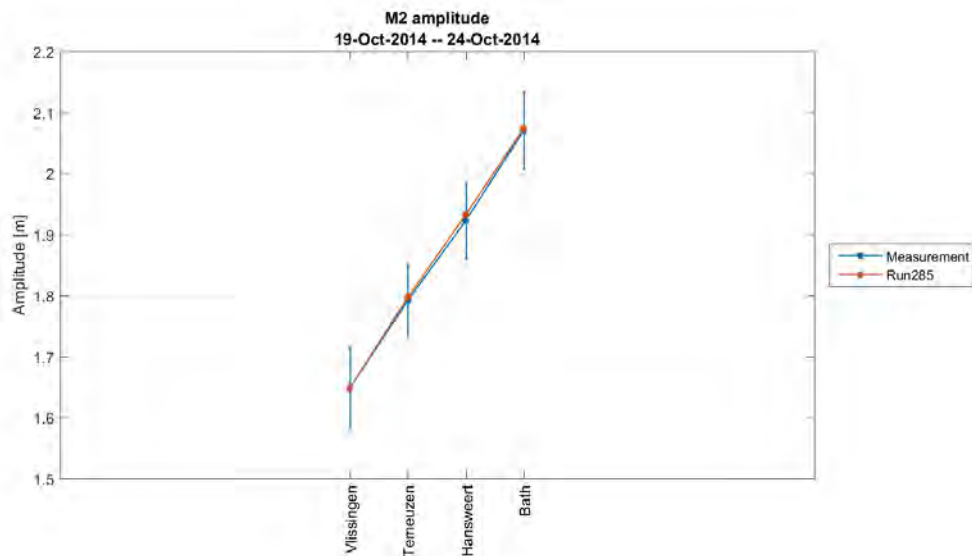
Okt2014							
		Amplitude M2					Vectorieel verschil
Rivier	Meetpost	Meting		Run285		Vershil Run285-meting	Run285 vs meting
		Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	[m]
Westerschelde	Vlissingen	1.65	0.07	1.65	0.07	0.00	0.02
	Terneuzen	1.79	0.06	1.80	0.07	0.00	0.06
	Hansweert	1.92	0.06	1.93	0.07	0.01	0.09
	Bath	2.07	0.06	2.07	0.07	0.00	0.08
Beneden-Zeeschelde	Prosperpolder	2.08	0.06	2.11	0.07	0.02	0.10
	Zandvliet	2.11	0.07	2.12	0.07	0.01	0.12
	Liefkenshoek	2.15	0.06	2.15	0.07	0.00	0.14
	Kallo	2.18	0.06	2.18	0.07	0.00	0.16
	Antwerpen	2.22	0.06	2.21	0.08	0.00	0.19
	Hemiksem	2.20	0.07	2.25	0.07	0.04	0.20
Boven-Zeeschelde	Temse	2.23	0.07	2.24	0.07	0.02	0.25
	Sint-Amands	2.12	0.06	2.12	0.06	0.00	0.24
	Dendermonde	1.71	0.07	1.74	0.07	0.03	0.22
	Schoonaarde	1.36	0.06	1.36	0.06	0.00	0.21
	Wetteren	1.19	0.06	1.20	0.07	0.01	0.19
	Melle	1.15	0.06	1.17	0.07	0.02	0.21
Durme	Tielrode	2.23	0.07	2.22	0.06	0.01	0.27
	Waasmunster Manta	0.53	0.04	0.43	0.04	0.10	0.30

Tabel B 4 – Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil – okt2014 – Rupelbekken

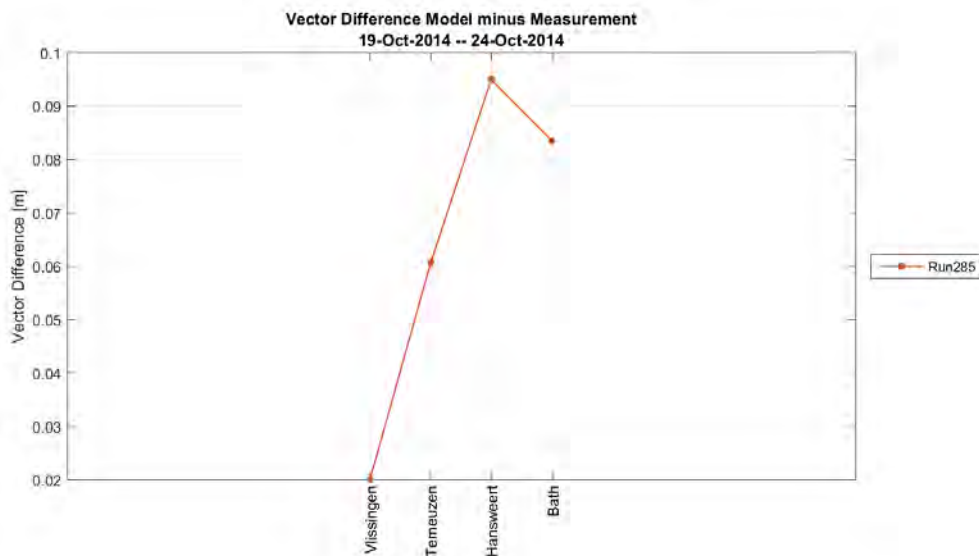
Okt2014							
Rivier	Meetpost	Amplitude M2				Vectorieel verschil	
		Meting		Run285		Vershil Run285-meting	Run285 vs meting
		Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	[m]
Rupel	Boom	2.21	0.07	2.23	0.06	0.02	0.19
	Walem	2.13	0.06	2.15	0.07	0.02	0.25
Zenne	Hombeek	*	*	*	*	*	*
	Zemst	*	*	*	*	*	*
	Epegem	*	*	*	*	*	*
Dijle	Mechelen-Benedensluis	1.91	0.06	1.90	0.07	0.01	0.23
	Mechelen opwaarts stuw	0.65	0.06	0.66	0.07	0.01	0.18
	Rijmenam	0.37	0.03	0.40	0.03	0.03	0.19
	Rotselaar opwaarts stuw	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06
	Wilsele	0.03	0.01	0.05	0.01	0.02	0.08
Demer	Aarschot	0.01	0.03	0.01	0.03	0.00	0.05
Beneden-nete	Duffel-sluis	1.78	0.06	1.75	0.06	0.03	0.13
	Lier Molbrug	1.22	0.05	1.20	0.06	0.02	0.11
Kleine Nete	Emblem	0.78	0.04	0.76	0.05	0.02	0.17
	Grobbendonk	0.03	0.01	0.05	0.02	0.02	0.09
Grote Nete	Lier Maasfort	0.94	0.05	0.91	0.06	0.03	0.12
	Kessel	0.63	0.05	0.61	0.04	0.02	0.13
	Hulshout	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
	Geel-Zammel	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.09

*Laagwaterpeilen langs de Zenne worden niet correct gemeten omwille van de plaatsing van de meetpost in de rivierbedding.

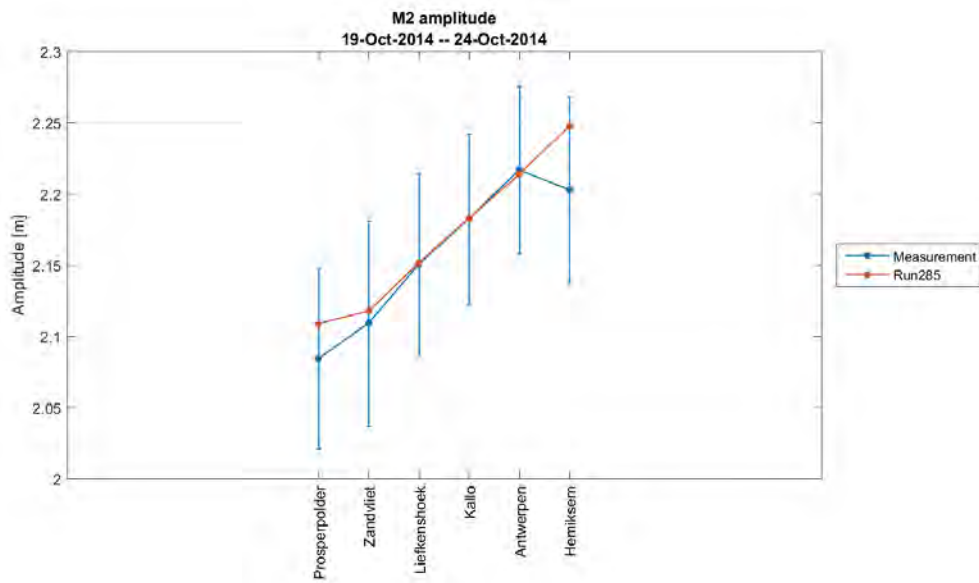
Figuur B 62 – M2 amplitude – okt2014 - Westerschelde



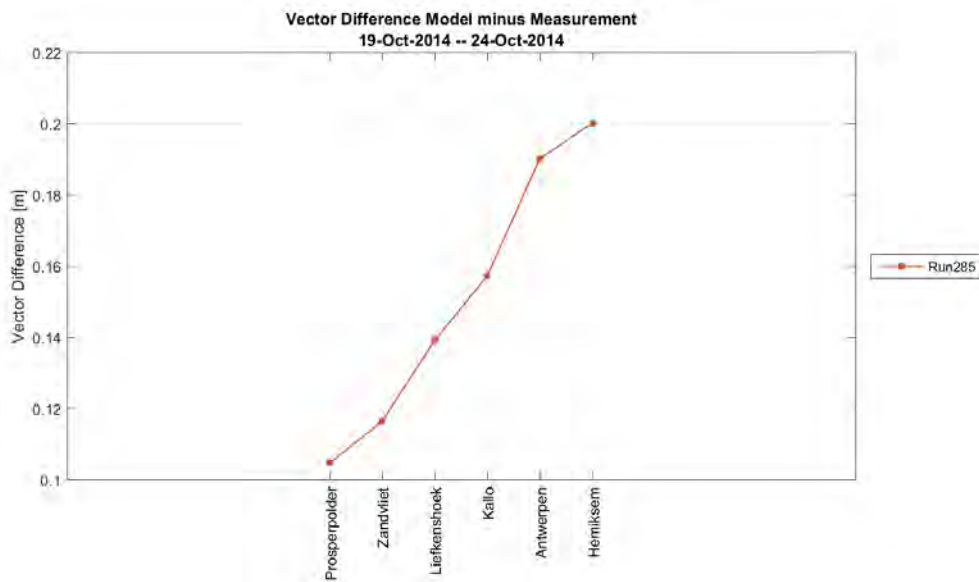
Figuur B 63 - Vectorieel verschil – okt2014 - Westerschelde



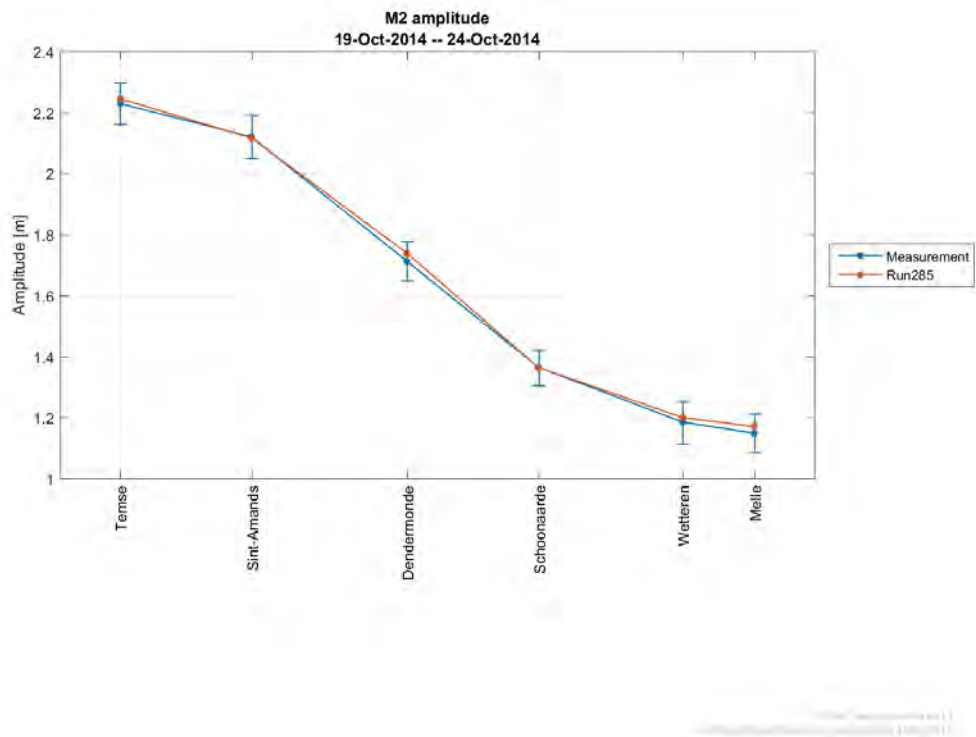
Figuur B 64 - M2 amplitude – okt2014 – Beneden-Zeeschelde



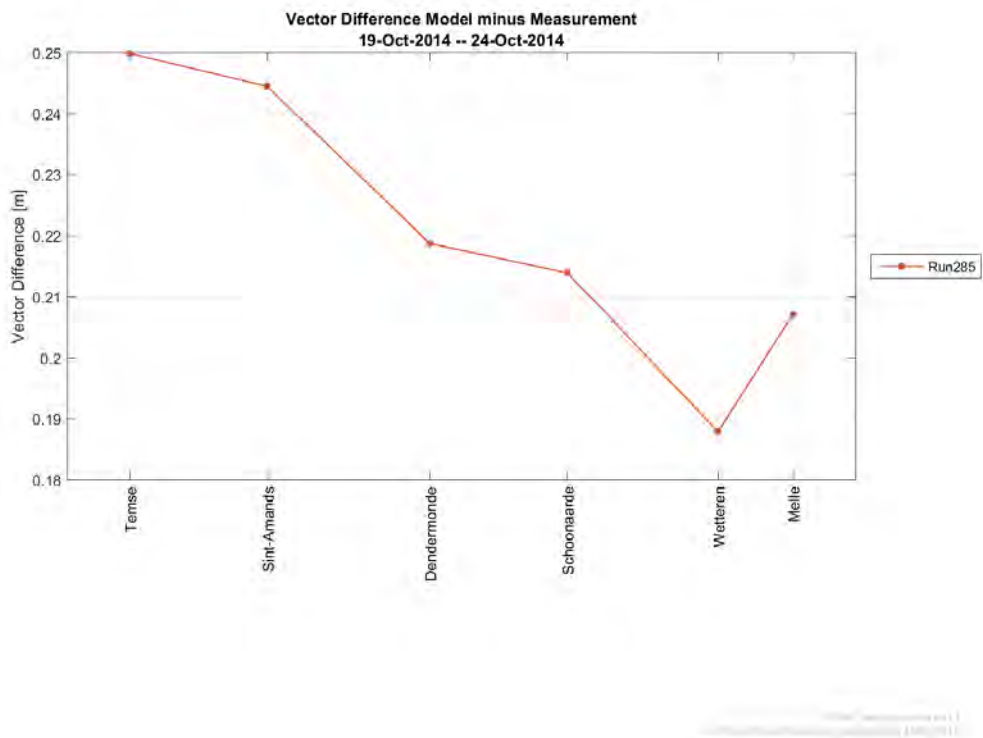
Figuur B 65 - Vectorieel verschil – okt2014 - Beneden-Zeeschelde



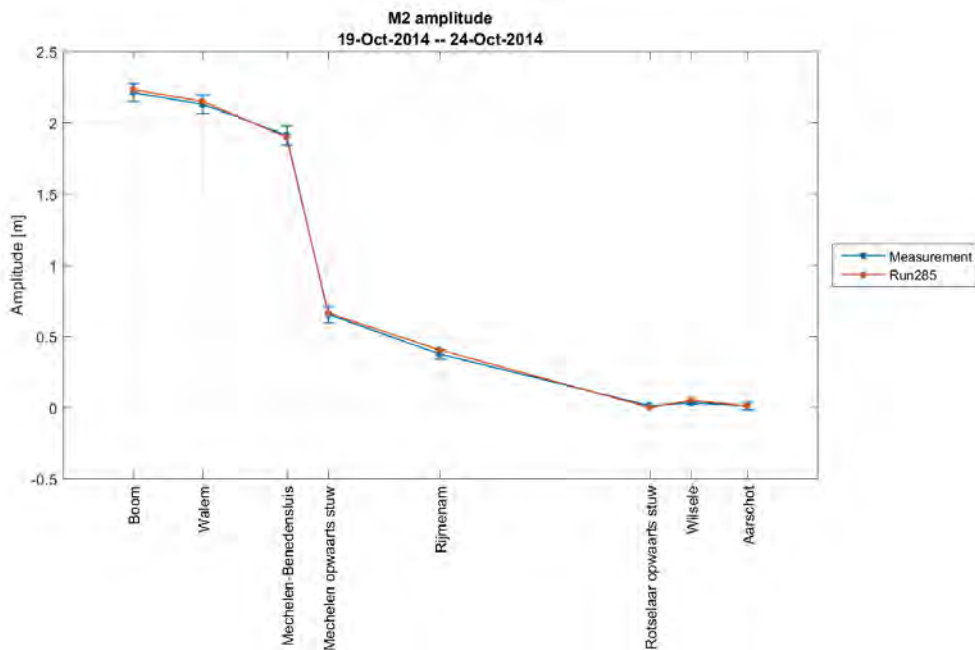
Figuur B 66 - M2 amplitude – okt2014 – Boven-Zeeschelde



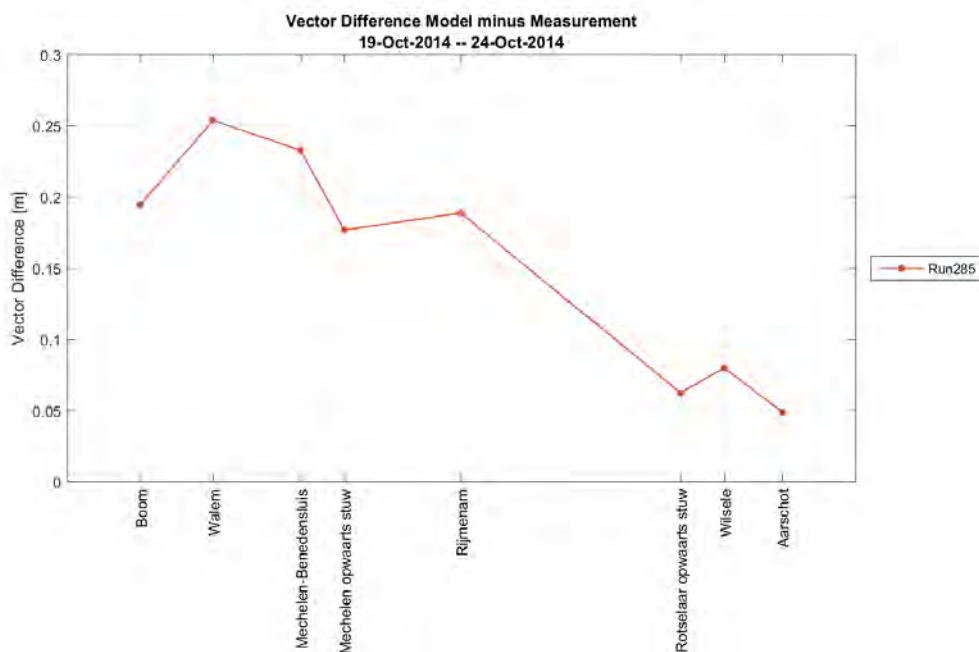
Figuur B 67 - Vectorieel verschil – okt2014 - Boven-Zeeschelde



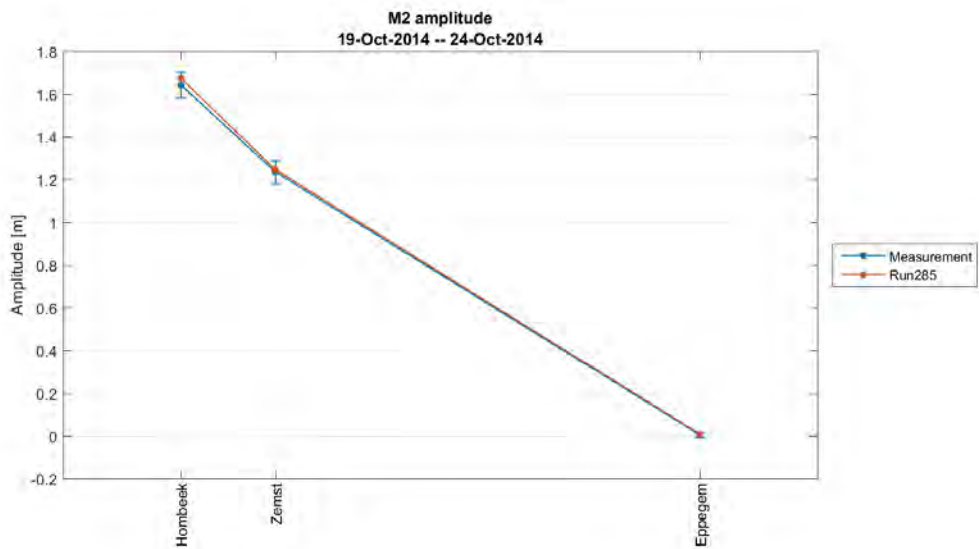
Figuur B 68 - M2 amplitude – okt2014 – Rupel-Dijle-Demer



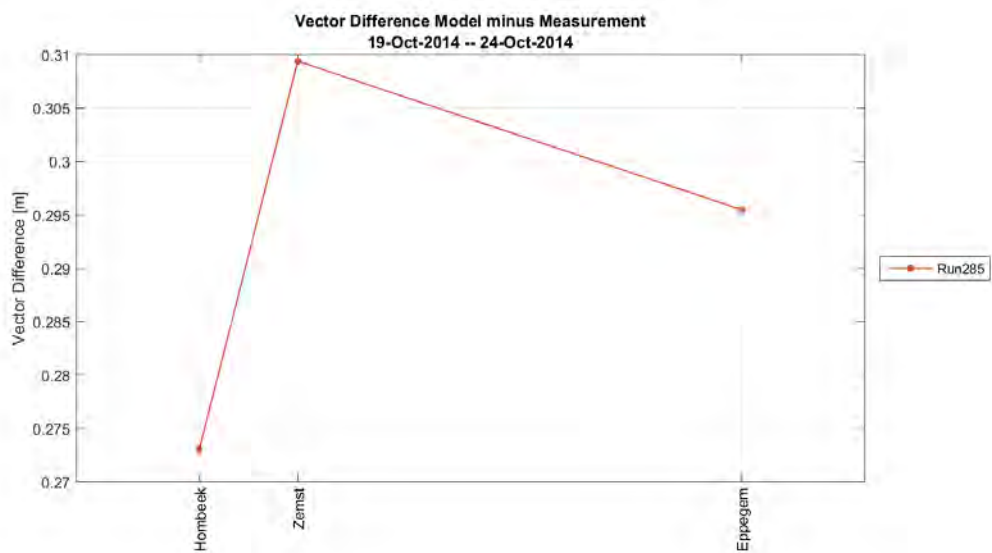
Figuur B 69 - Vectorieel verschil – okt2014 - Rupel-Dijle-Demer



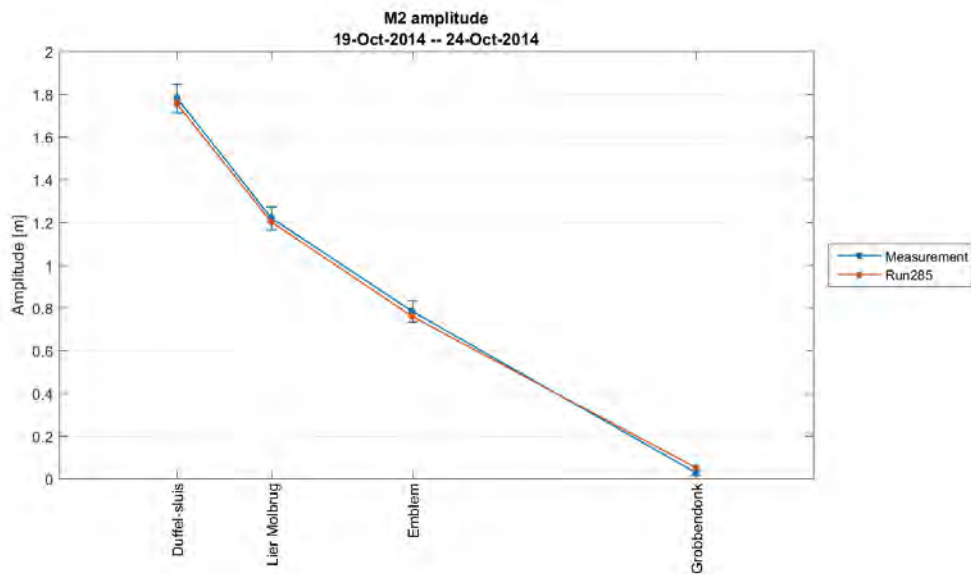
Figuur B 70 - M2 amplitude – okt2014 – Zenne



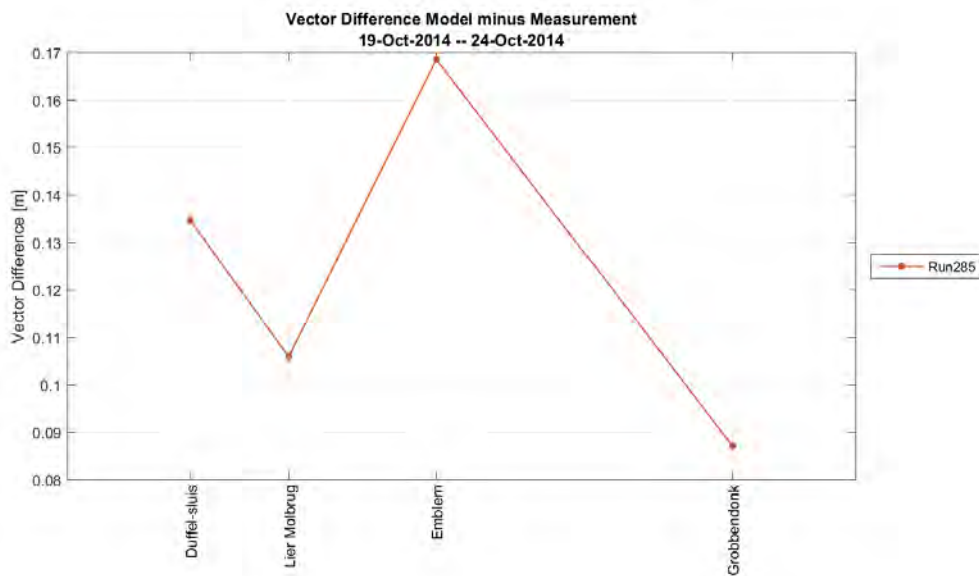
Figuur B 71 - Vectorieel verschil – okt2014 - Zenne



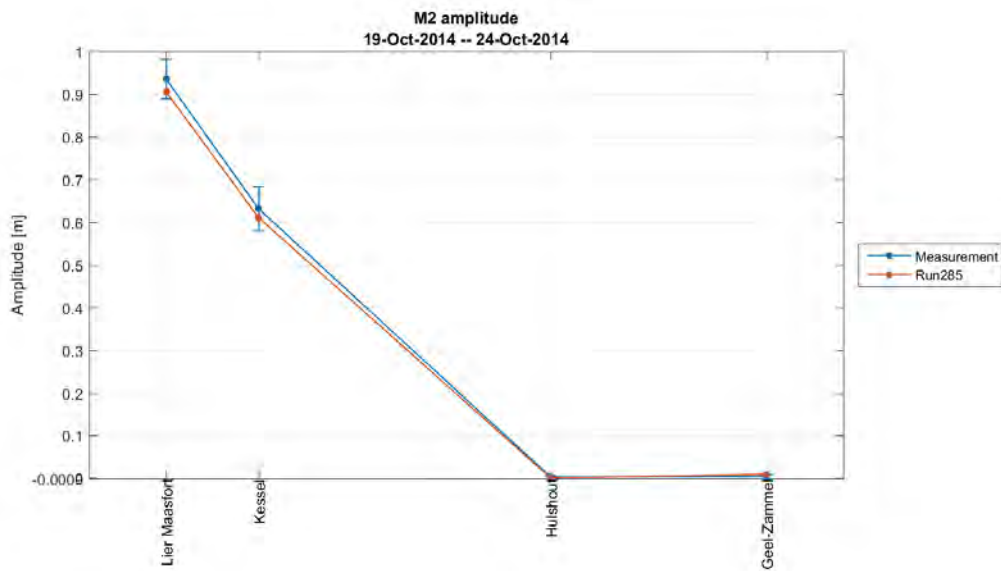
Figuur B 72 - M2 amplitude – okt2014 – Kleine Nete



Figuur B 73 - Vectorieel verschil – okt2014 - Kleine Nete



Figuur B 74 - M2 amplitude – okt2014 – Grote Nete



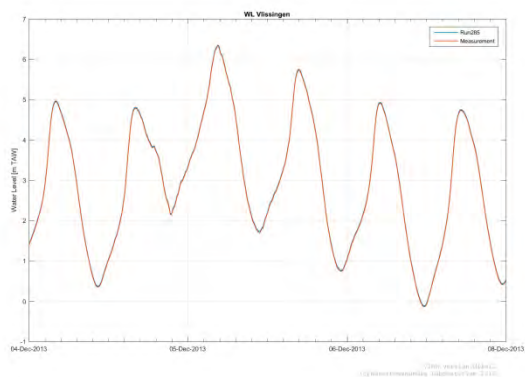
Figuur B 75 - Vectorieel verschil – okt2014 - Grote Nete



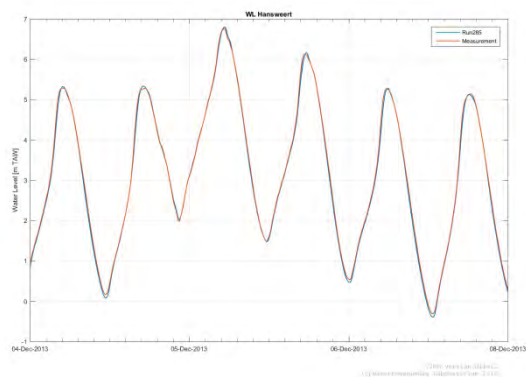
BIJLAGE H.C Modelresultaten dec2013 - storm

Tijdreeksen

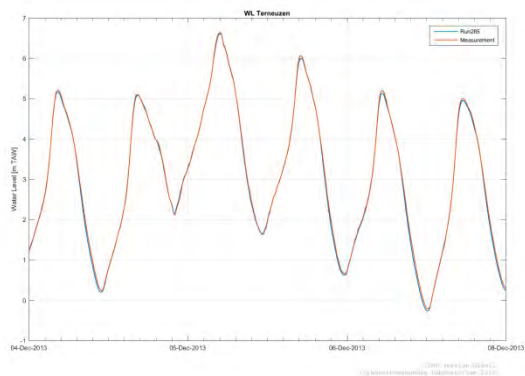
Figuur C 1 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Vlissingen



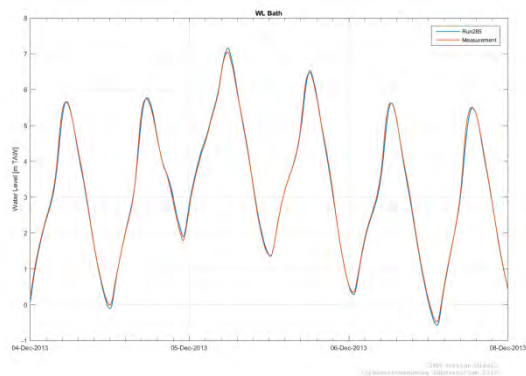
Figuur C 3 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Hansweert



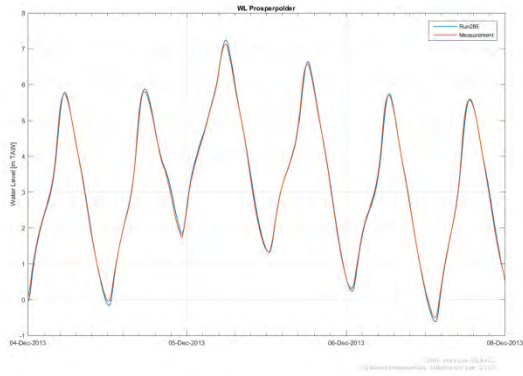
Figuur C 2 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Terneuzen



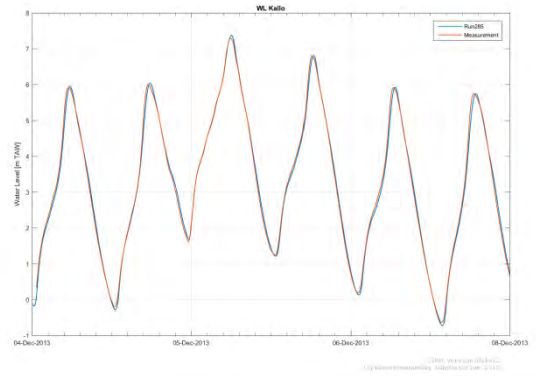
Figuur C 4 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Bath



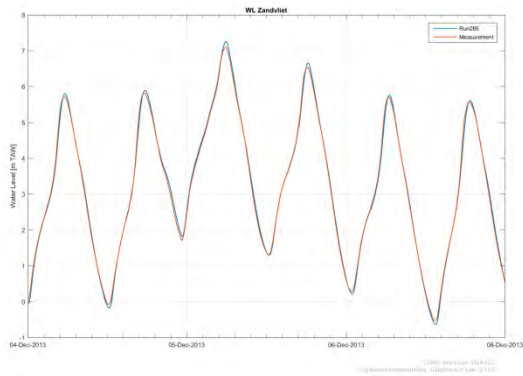
Figuur C 5 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Prosperpolder



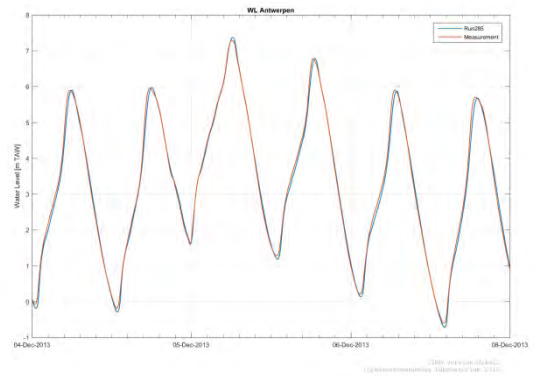
Figuur C 8 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Kallø



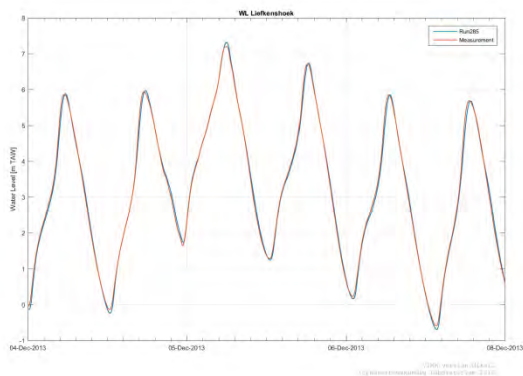
Figuur C 6 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Zandvliet



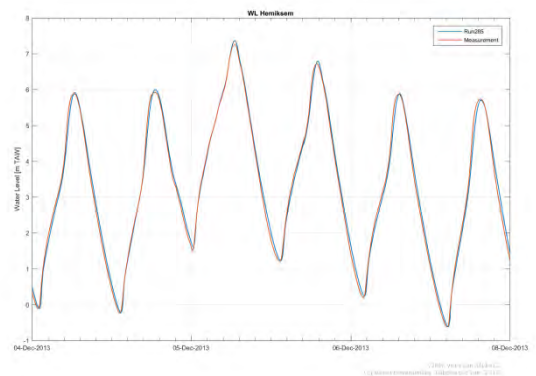
Figuur C 9 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Antwerpen



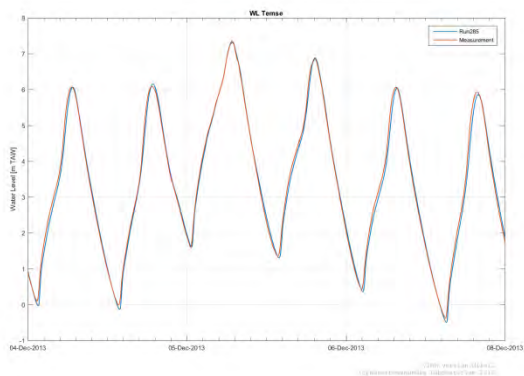
Figuur C 7 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Liefkenshoek



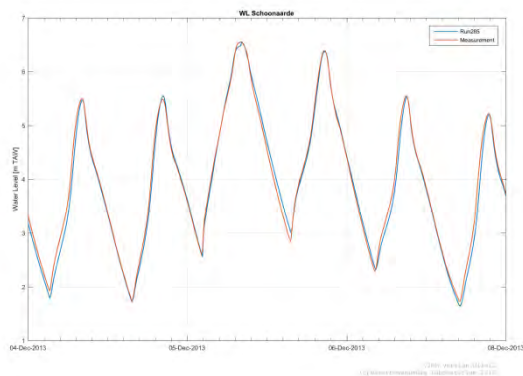
Figuur C 10 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Hemiksem



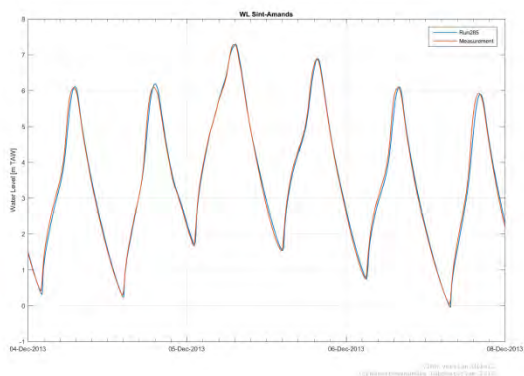
Figuur C 11 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Temse



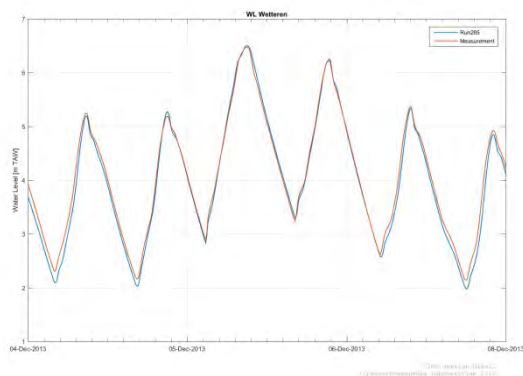
Figuur C 14 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Schoonaarde



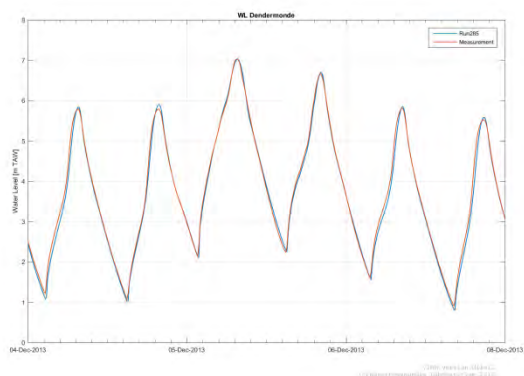
Figuur C 12 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 – Sint-Amands



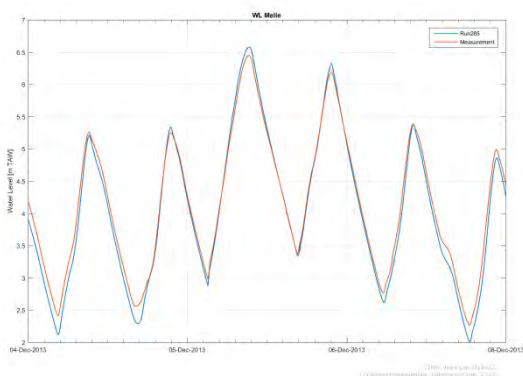
Figuur C 15 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Wetteren



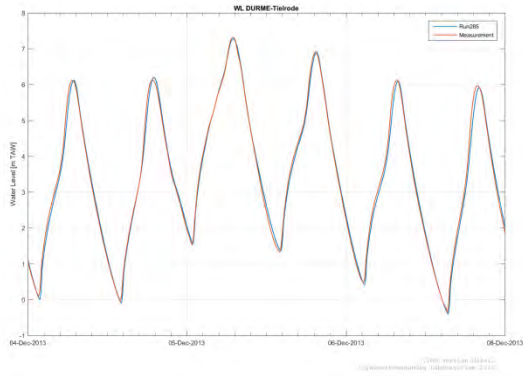
Figuur C 13 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Dendermonde



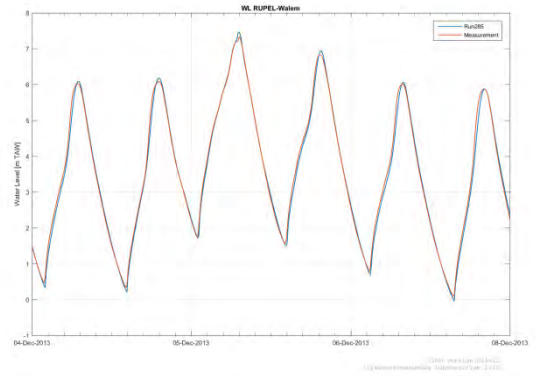
Figuur C 16 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Melle



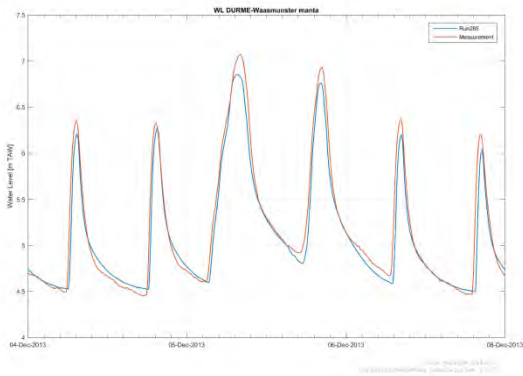
Figuur C 17 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Tielrode



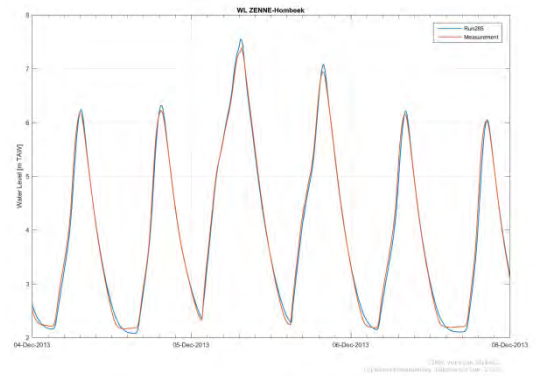
Figuur C 20 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Walem



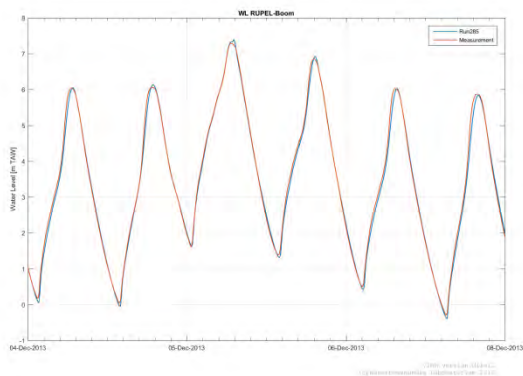
Figuur C 18 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 – Waasmunster Manta



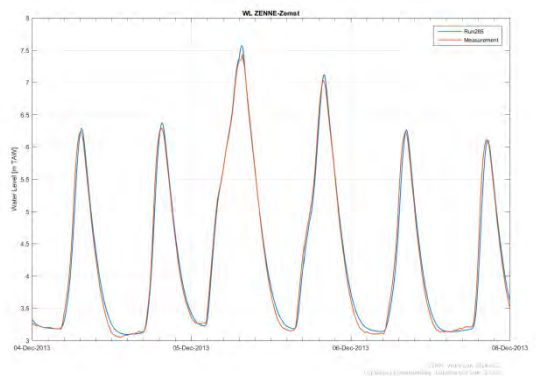
Figuur C 21 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Hombeek



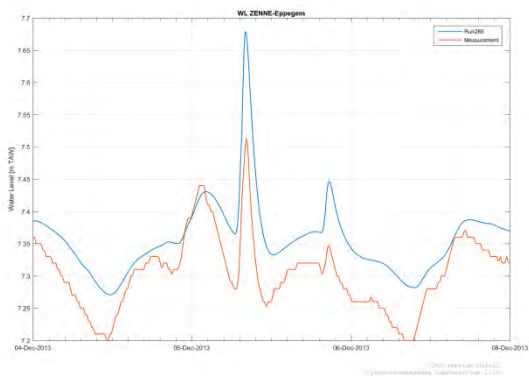
Figuur C 19 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Boom



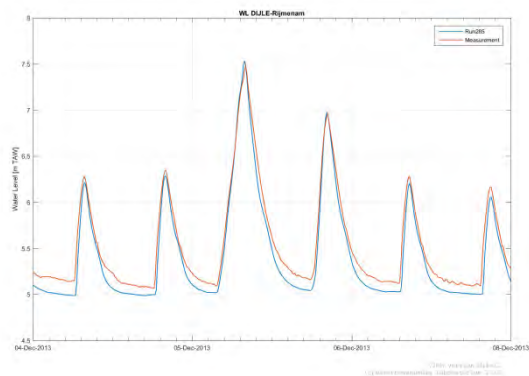
Figuur C 22 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Zemst



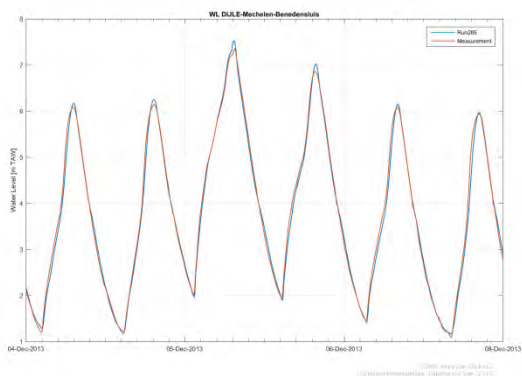
Figuur C 23 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Epegem



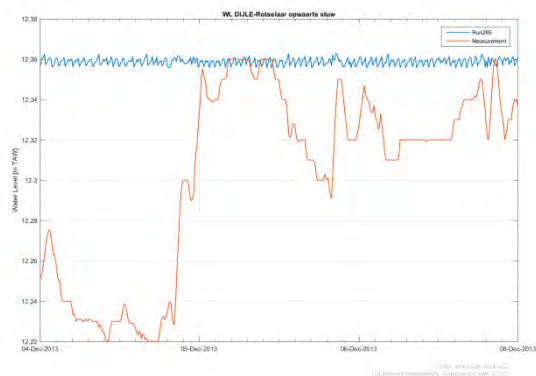
Figuur C 26 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Rijmenam



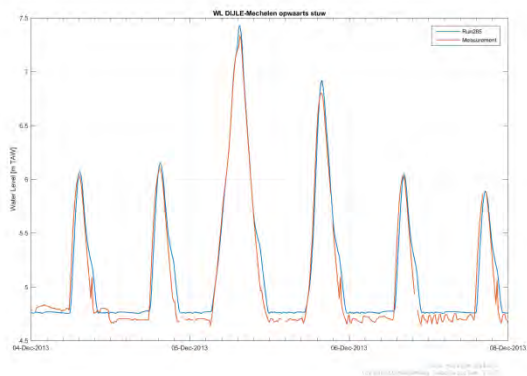
Figuur C 24 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 – Mechelen-Benedensluis



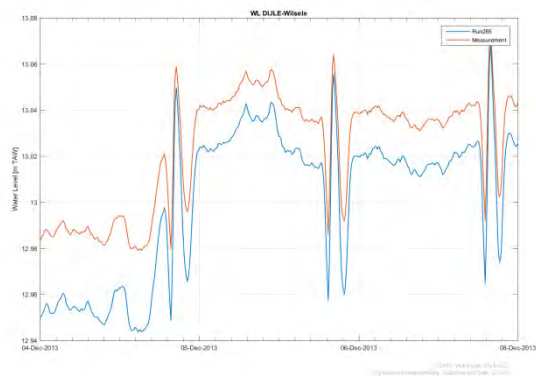
Figuur C 27 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 – Rotselaar opwaarts stuw



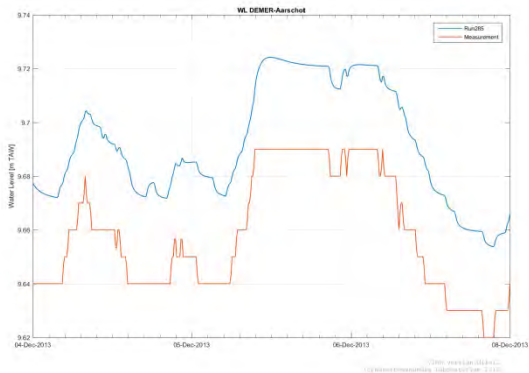
Figuur C 25 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 – Mechelen opwaarts stuw



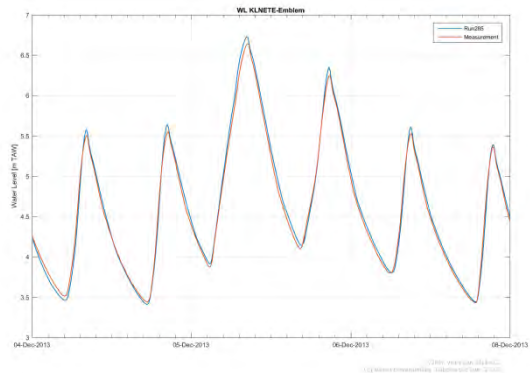
Figuur C 28 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Wilsele



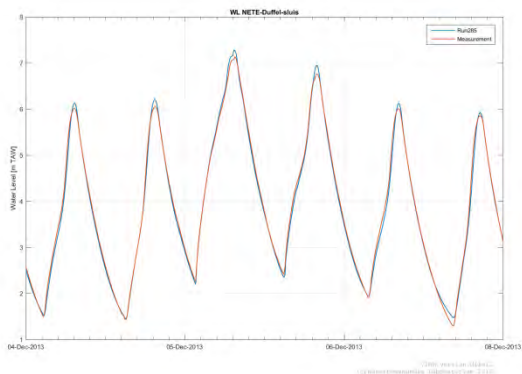
Figuur C 29 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Aarschot



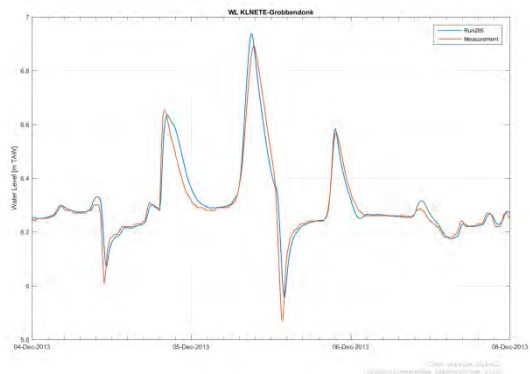
Figuur C 32 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Emblem



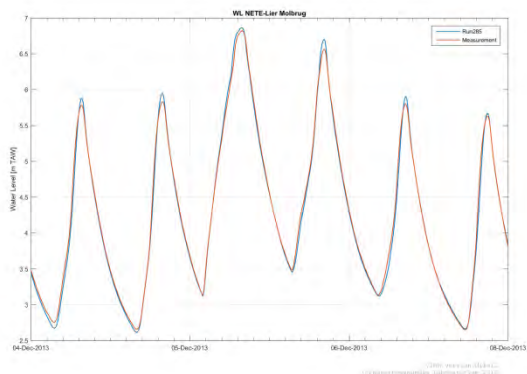
Figuur C 30 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 – Duffel-sluis



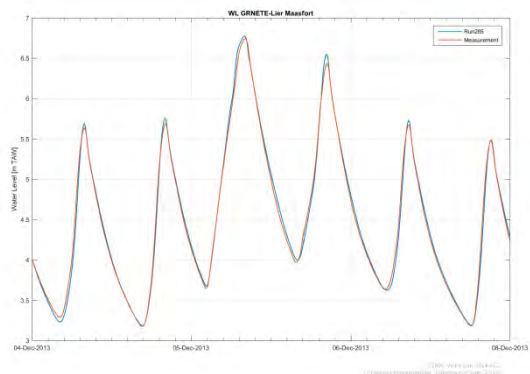
Figuur C 33 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Grobbendonk



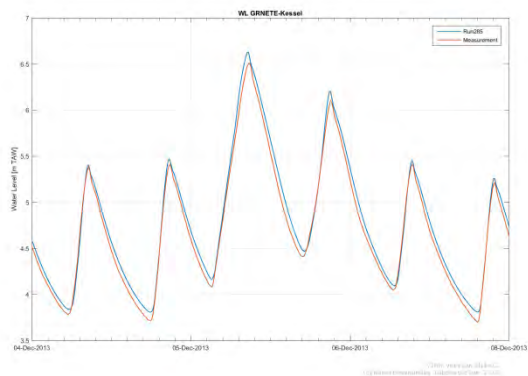
Figuur C 31 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 – Lier Molbrug



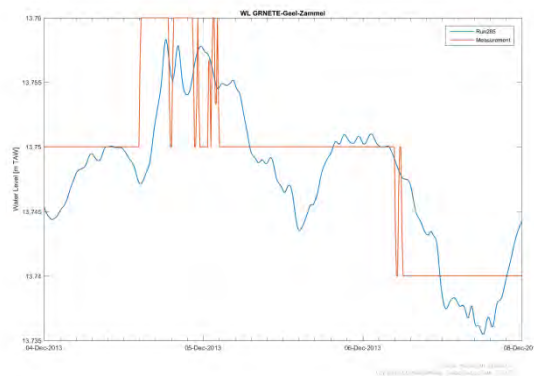
Figuur C 34 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 – Lier Maasfort



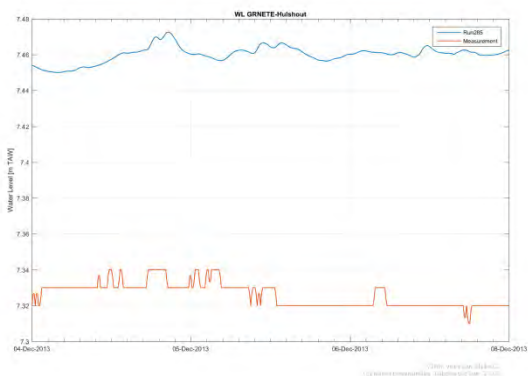
Figuur C 35 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Kessel



Figuur C 37 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 – Geel-Zammel



Figuur C 36 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – dec2013 - Hulshout



Statistische parameters tijdreeksen (TS), HW en LW

Tabel C 1 – Statistische parameters voor tijdreeksen waterpeilen, hoogwaters en laagwaters – dec2013 – Westerschelde, Zeeschelde en Durme

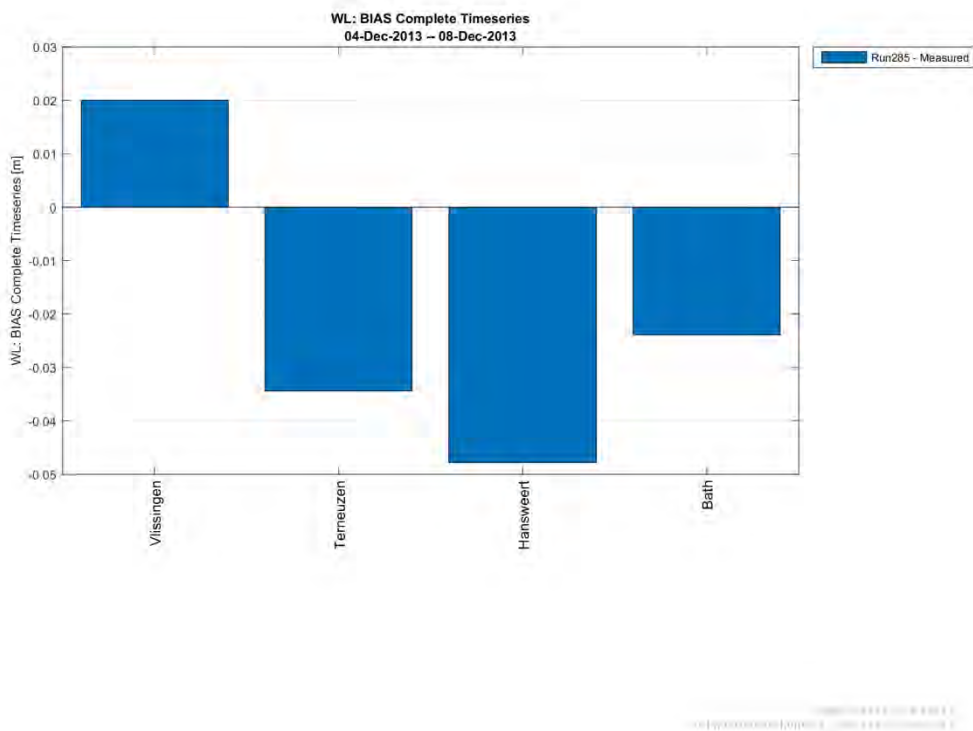
Dec2013							
Rivier	Meetpost	bias TS	RMSE TS	bias HW	RMSE HW	bias LW	RMSE LW
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Westerschelde	Vlissingen	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	Terneuzen	-0.03	0.06	-0.05	0.05	-0.01	0.03
	Hansweert	-0.05	0.08	0.03	0.04	-0.04	0.06
	Bath	-0.02	0.08	0.03	0.05	-0.02	0.08
Beneden-Zeeschelde	Prosperpolder	0.00	0.08	0.06	0.07	-0.04	0.10
	Zandvliet	0.01	0.09	0.09	0.10	-0.04	0.08
	Liefkenshoek	-0.02	0.10	0.03	0.05	-0.04	0.08
	Kallo	-0.02	0.12	0.03	0.04	-0.04	0.07
	Antwerpen	-0.05	0.13	0.01	0.03	-0.08	0.10
	Hemiksem	0.02	0.16	0.05	0.07	0.01	0.02
Boven-Zeeschelde	Temse	-0.05	0.15	0.02	0.04	-0.10	0.11
	Sint-Amands	-0.02	0.14	0.04	0.05	-0.05	0.06
	Dendermonde	-0.06	0.12	0.05	0.06	-0.07	0.09
	Schoonaarde	-0.05	0.13	0.00	0.04	0.00	0.10
	Wetteren	-0.08	0.13	0.01	0.05	-0.10	0.14
	Melle	-0.10	0.16	0.06	0.09	-0.20	0.23
Durme	Tielrode	-0.03	0.15	0.00	0.04	-0.05	0.07
	Waasmunster Manta	-0.07	0.16	-0.22	0.22	-0.01	0.08

Tabel C 2 – Statistische parameters voor tijdreeksen waterpeilen, hoogwaters en laagwaters – dec2013 – Rupelbekken

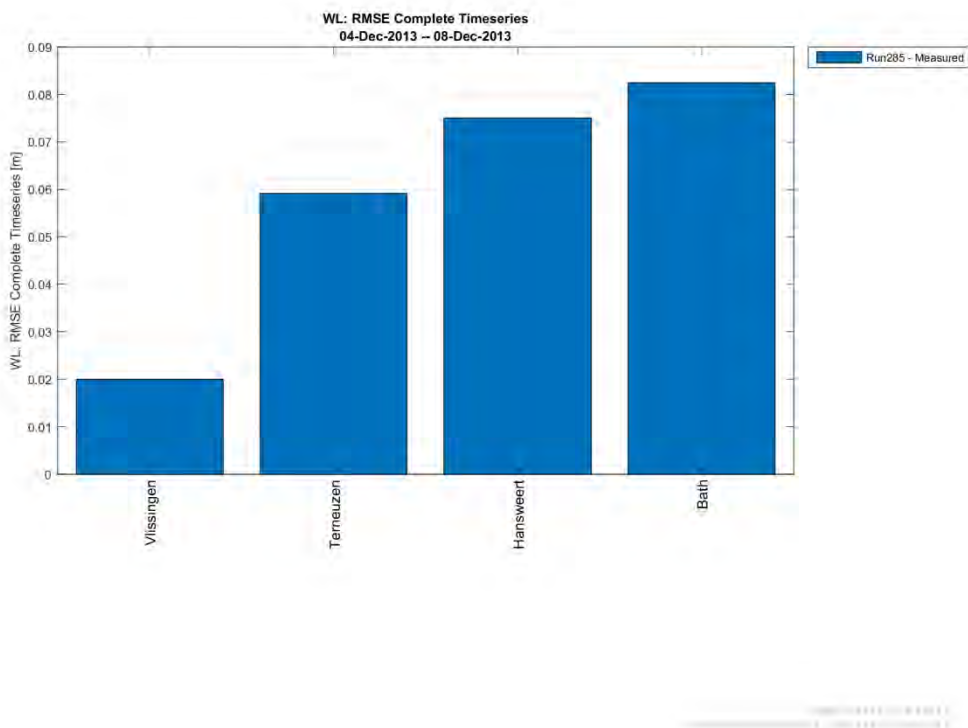
Dec2013							
Rivier	Meetpost	bias TS	RMSE TS	bias HW	RMSE HW	bias LW	RMSE LW
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Rupel	Boom	-0.05	0.13	0.05	0.06	-0.10	0.10
	Walem	-0.05	0.14	0.09	0.09	-0.11	0.12
Zenne	Hombeek	*	*	0.11	0.11	*	*
	Zemst	*	*	0.09	0.09	*	*
	Eppegem	*	*	0.07	0.10	*	*
Dijle	Mechelen-Benedensluis	-0.04	0.13	0.12	0.13	0.02	0.05
	Mechelen opwaarts stuw	0.05	0.13	0.05	0.06	0.05	0.08
	Rijmenam	-0.12	0.13	-0.01	0.06	-0.12	0.12
	Rotselaar opwaarts stuw	0.06	0.07	0.05	0.06	0.07	0.09
	Wilsele	-0.02	0.02	-0.02	0.02	-0.03	0.03
Demer	Aarschot	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Benedennete	Duffel-sluis	-0.04	0.09	0.15	0.15	0.03	0.09
	Lier Molbrug	-0.02	0.07	0.10	0.10	-0.03	0.04
Kleine Nete	Emblem	0.02	0.06	0.09	0.09	0.00	0.03
	Grobbendonk	0.00	0.04	0.01	0.03	0.05	0.06
Grote Nete	Lier Maasfort	0.00	0.06	0.07	0.07	-0.01	0.03
	Kessel	0.07	0.09	0.11	0.11	0.07	0.08
	Hulshout	0.13	0.13	0.13	0.13	0.00	0.00
	Geel-Zammel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*Laagwaterpeilen langs de Zenne worden niet correct gemeten omwille van de plaatsing van de meetpost in de rivierbedding.
 ** : waarden niet beschouwd bij analyse kalibratie omwille verouderde bathymetrie in het model.

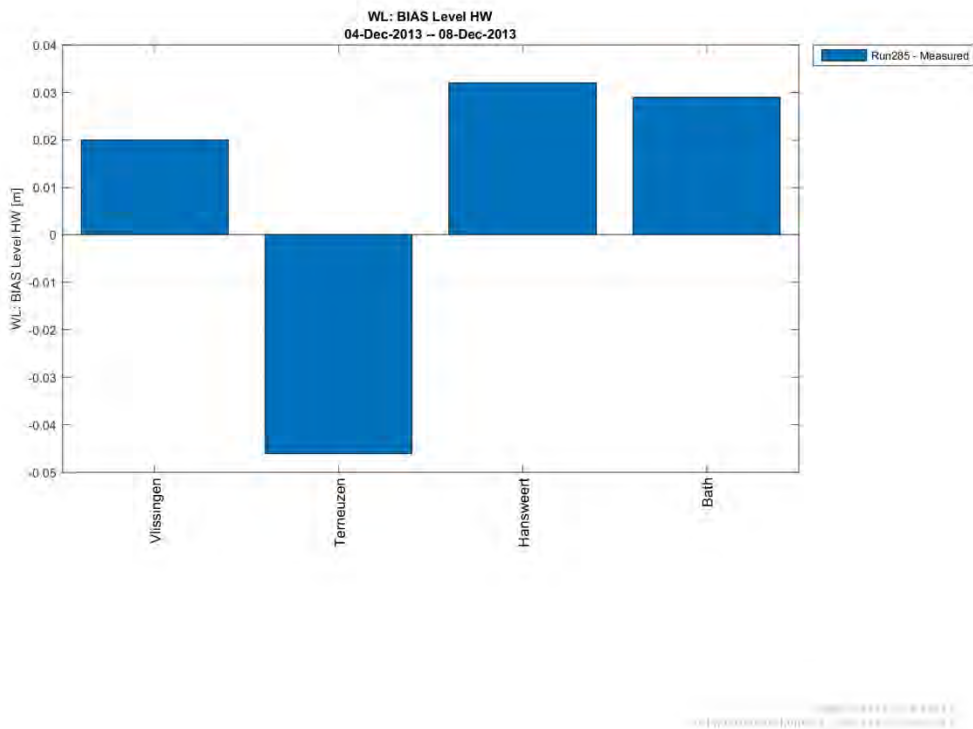
Figuur C 38 - bias waterpeilen (model-meting) – dec2013 - Westerschelde



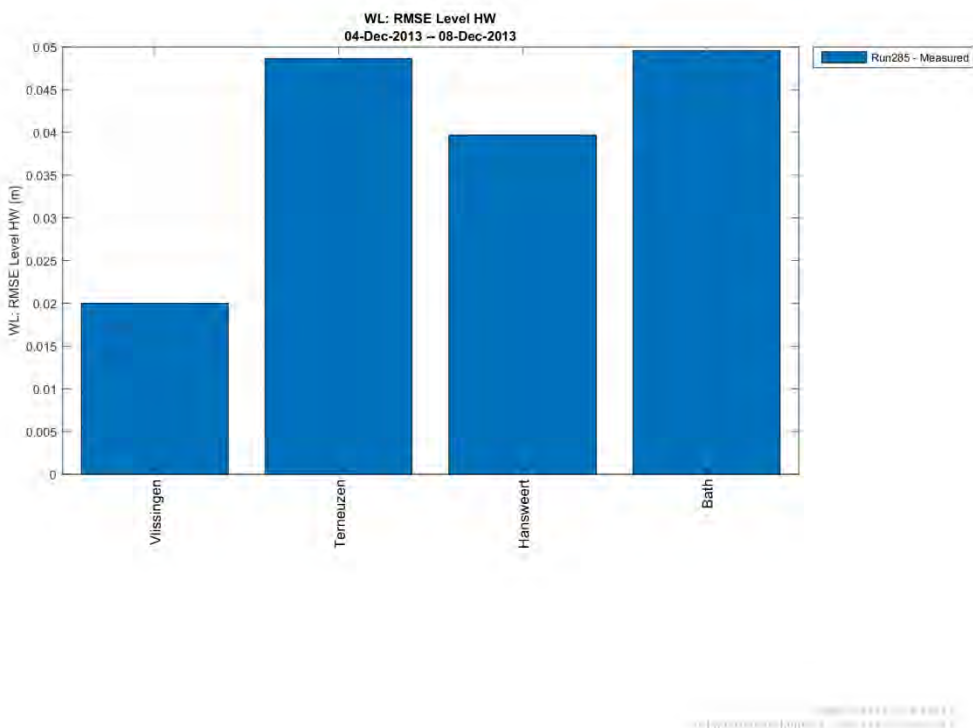
Figuur C 39 - RMSE waterpeilen (model-meting) – dec2013 - Westerschelde



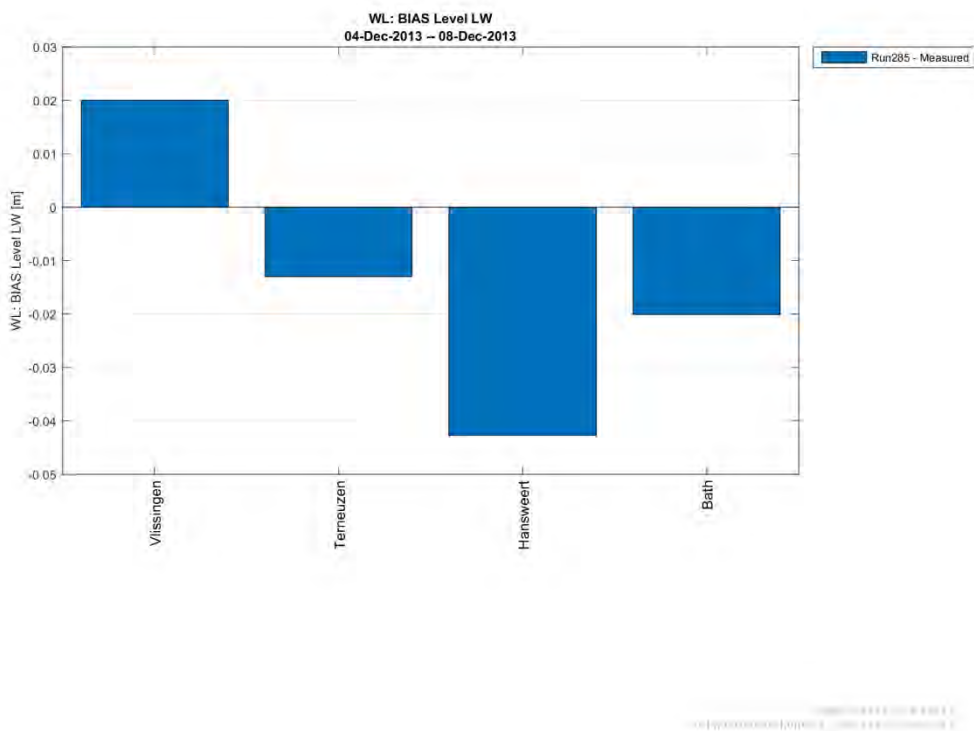
Figuur C 40 – bias hoogwaters (model-meting) – dec2013 – Westerschelde



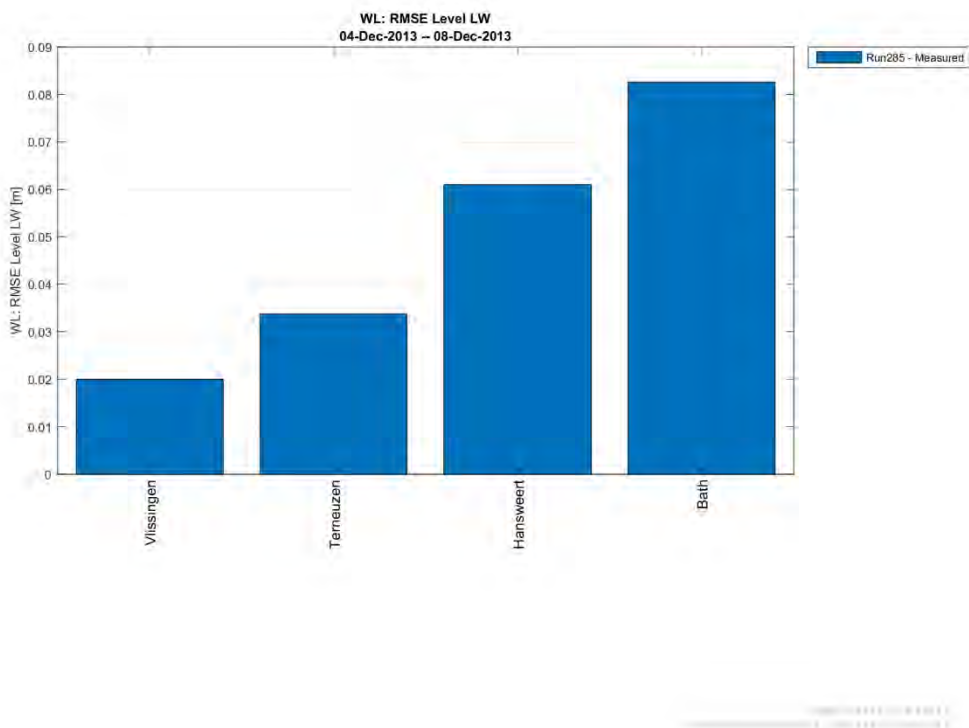
Figuur C 41 – RMSE hoogwaters (model-meting) – dec2013 – Westerschelde



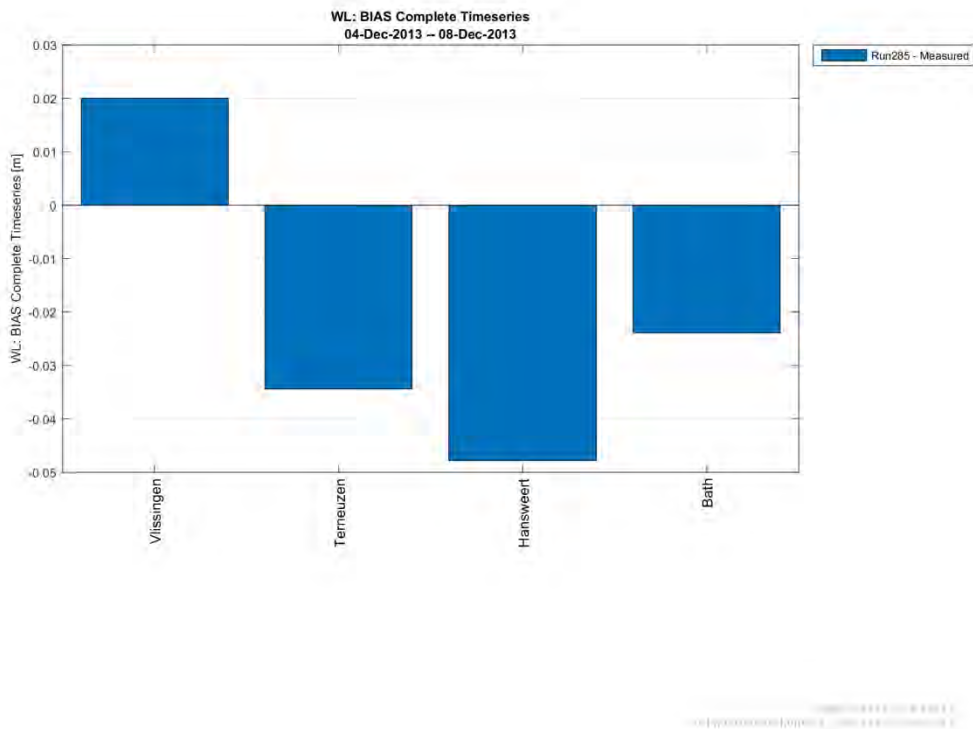
Figuur C 42 – bias laagwaters (model-meting) – dec2013 – Westerschelde



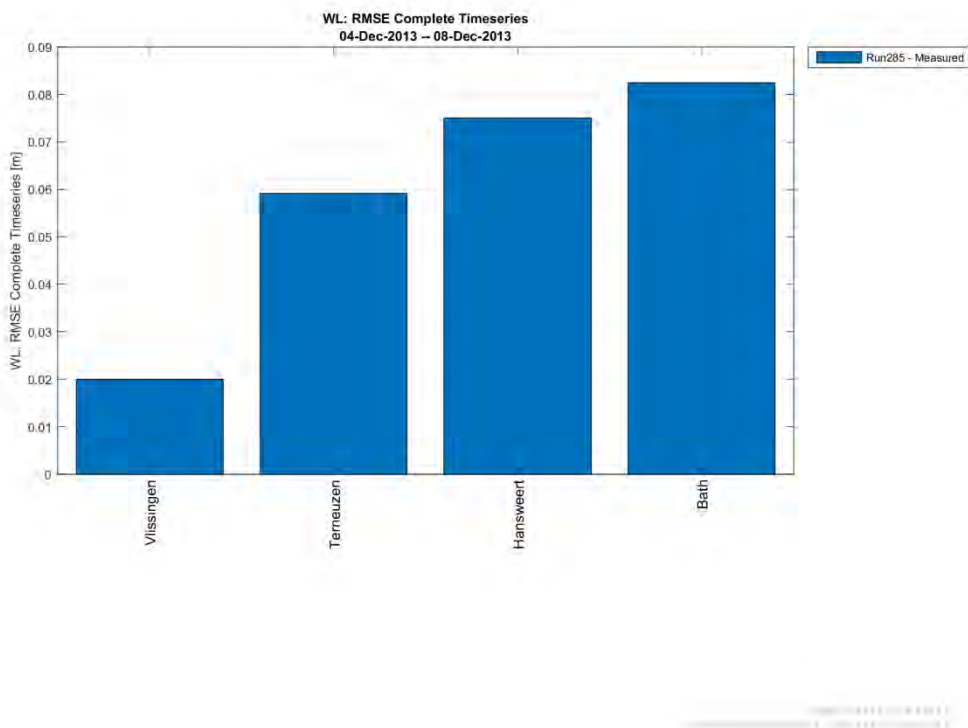
Figuur C 43 – RMSE laagwaters (model-meting) – dec2013 – Westerschelde



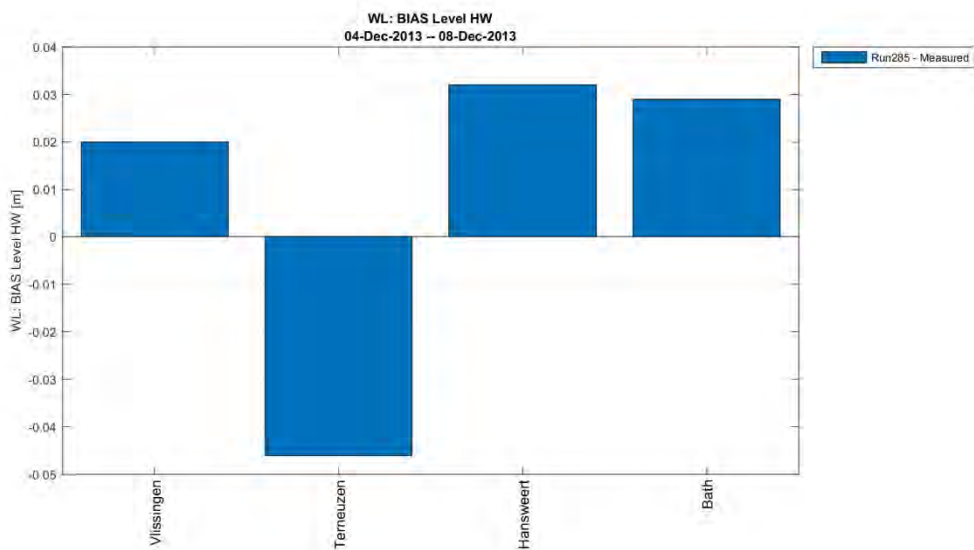
Figuur C 44 - bias waterpeilen (model-meting) – dec2013 – Beneden-Zeeschelde



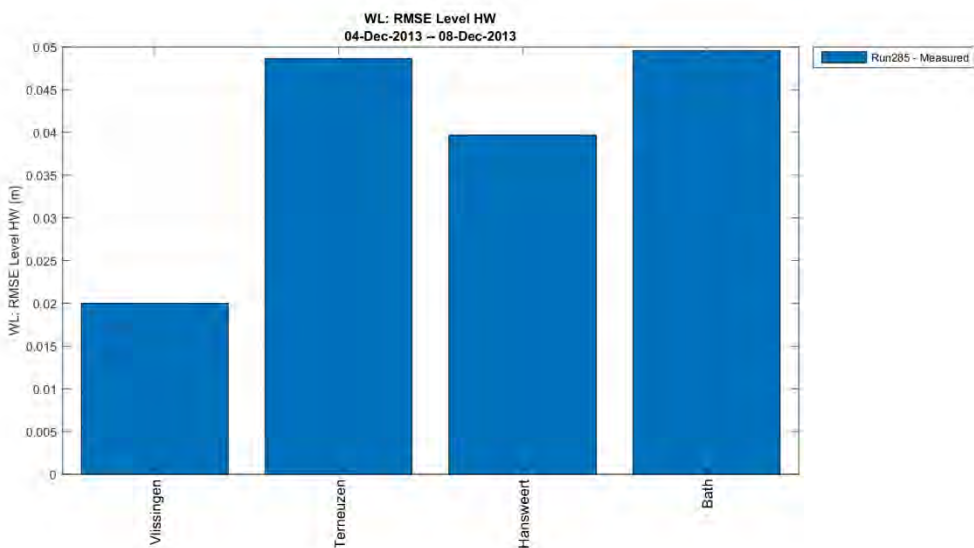
Figuur C 45 - RMSE waterpeilen (model-meting) – dec2013 – Beneden-Zeeschelde



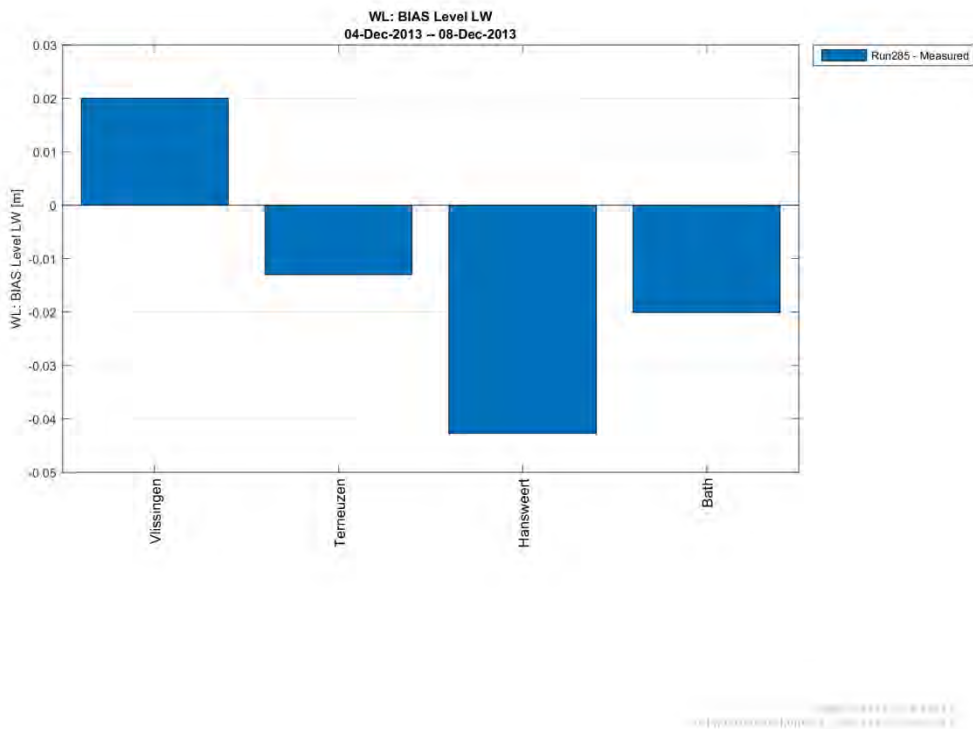
Figuur C 46 – bias hoogwaters (model-meting) – dec2013 – Beneden-Zeeschelde



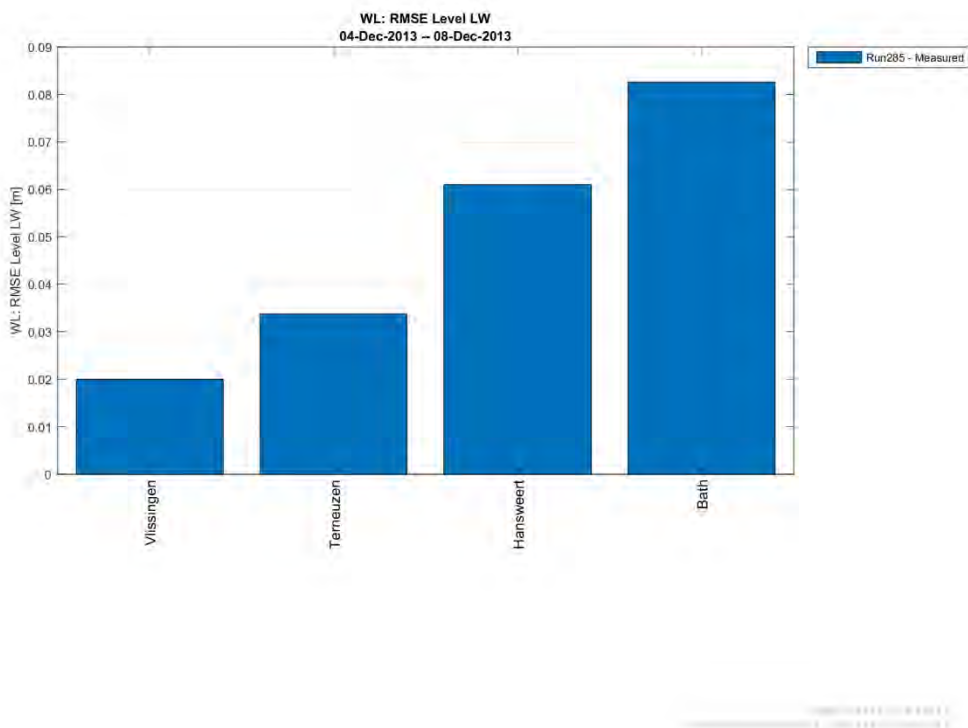
Figuur C 47 – RMSE hoogwaters (model-meting) – dec2013 – Beneden-Zeeschelde



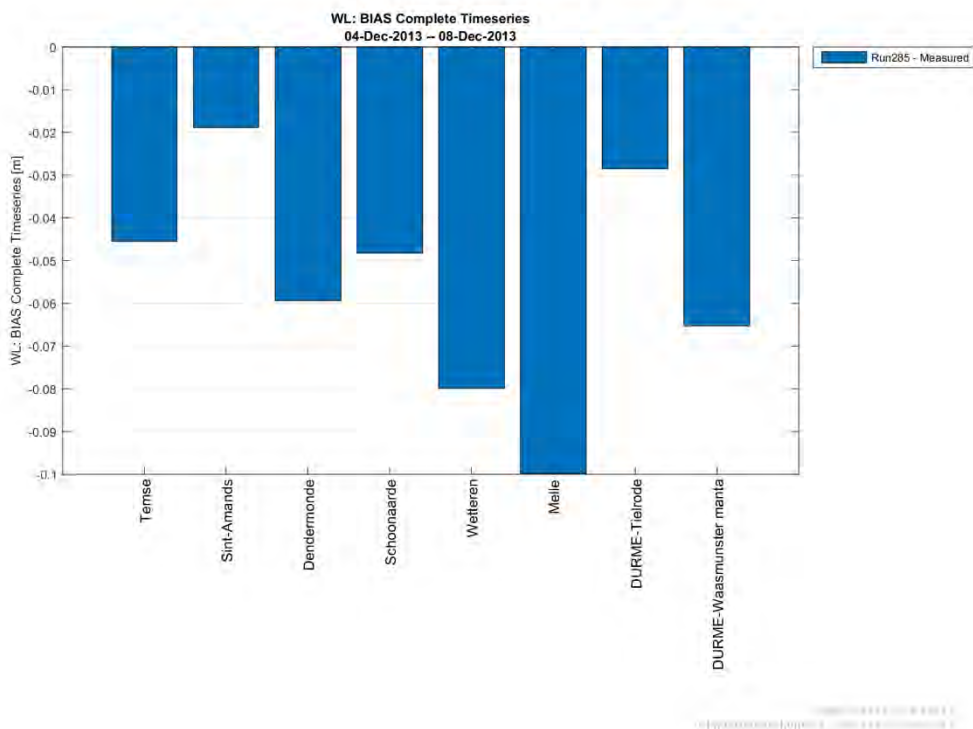
Figuur C 48– bias laagwaters (model-meting) – dec2013 – Beneden-Zeeschelde



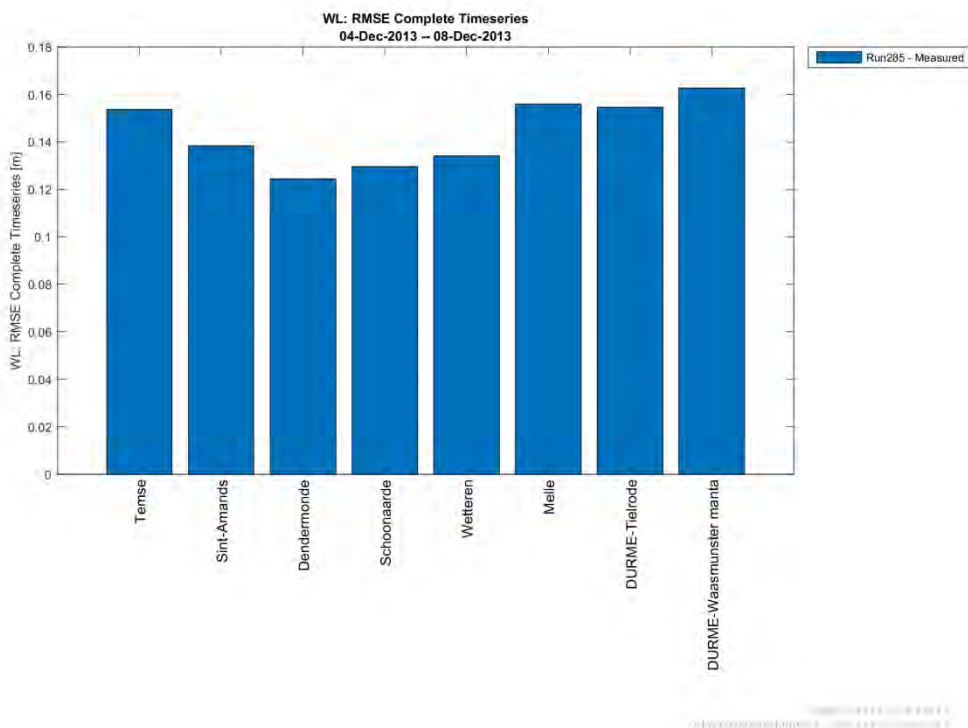
Figuur C 49 – RMSE laagwaters (model-meting) – dec2013 – Beneden-Zeeschelde



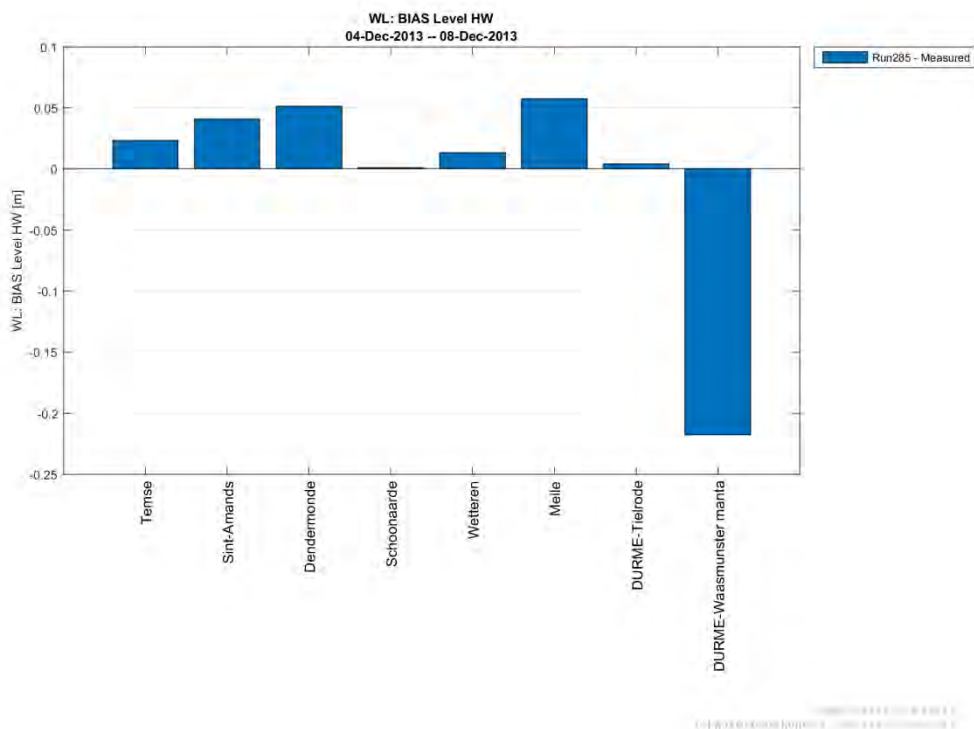
Figuur C 50 - bias waterpeilen (model-meting) – dec2013 – Boven-Zeeschelde en Durme



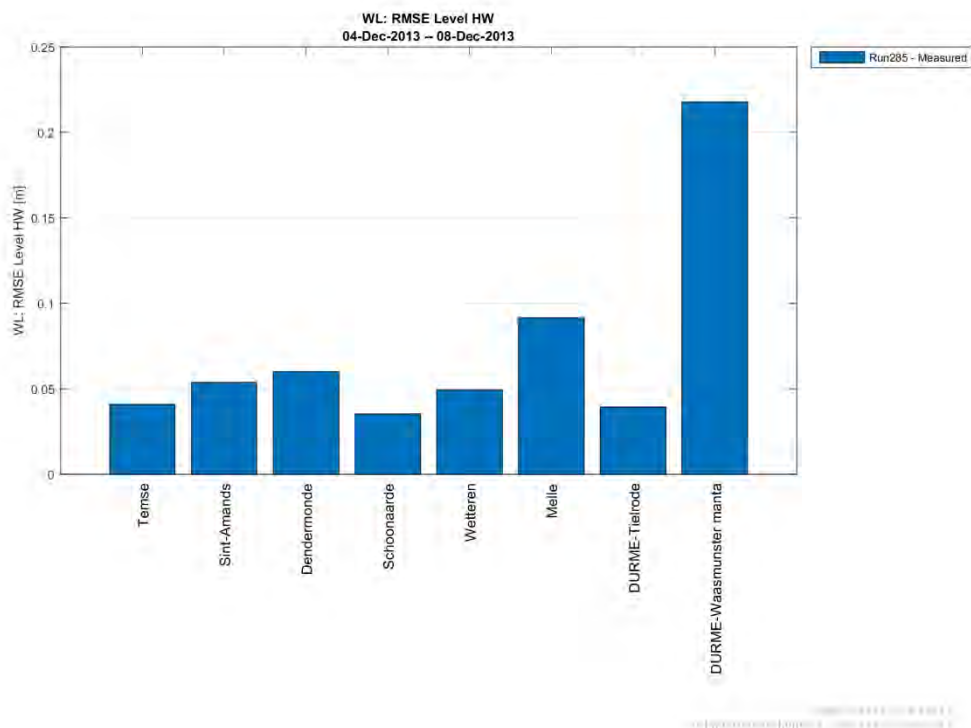
Figuur C 51 - RMSE waterpeilen (model-meting) – dec2013 – Boven-Zeeschelde en Durme



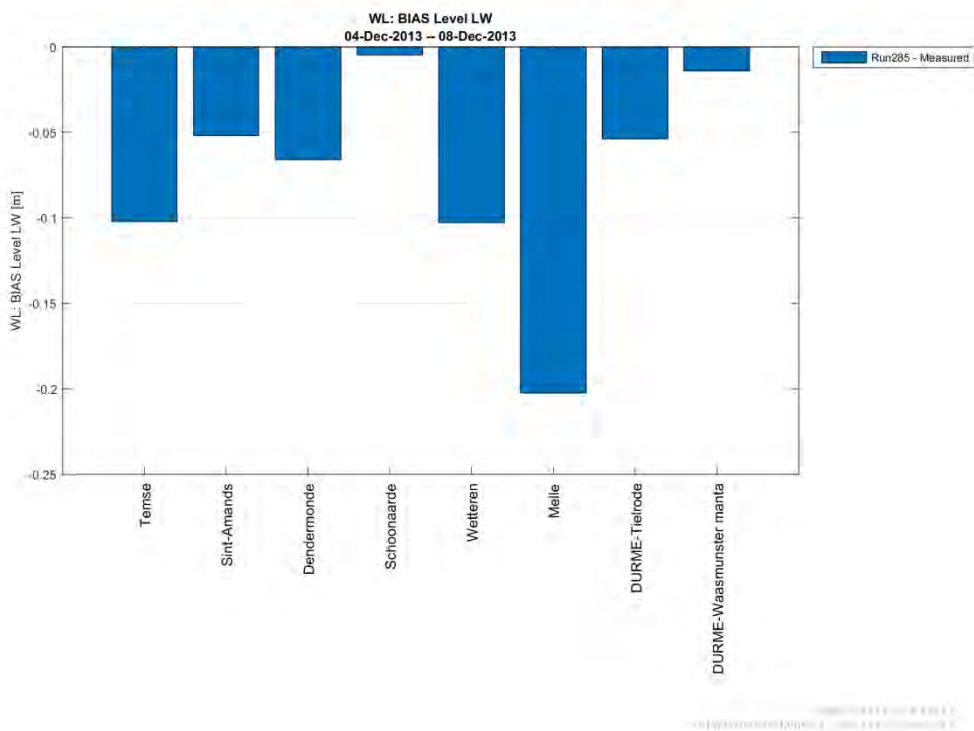
Figuur C 52 – bias hoogwaters (model-meting) – dec2013 – Boven-Zeeschelde en Durme



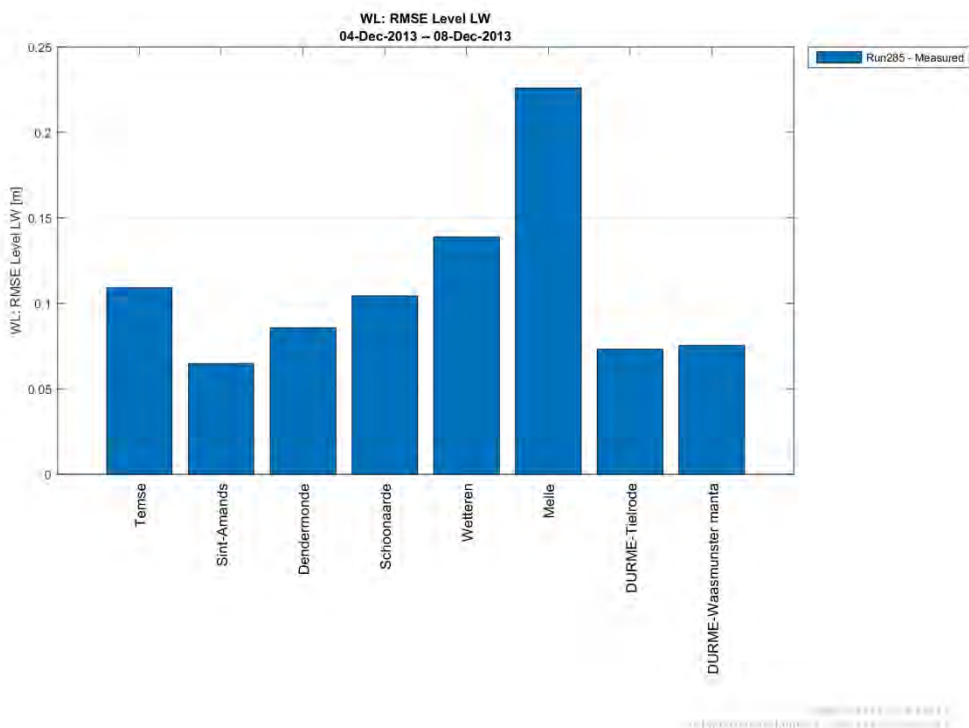
Figuur C 53 – RMSE hoogwaters (model-meting) – dec2013 – Boven-Zeeschelde en Durme



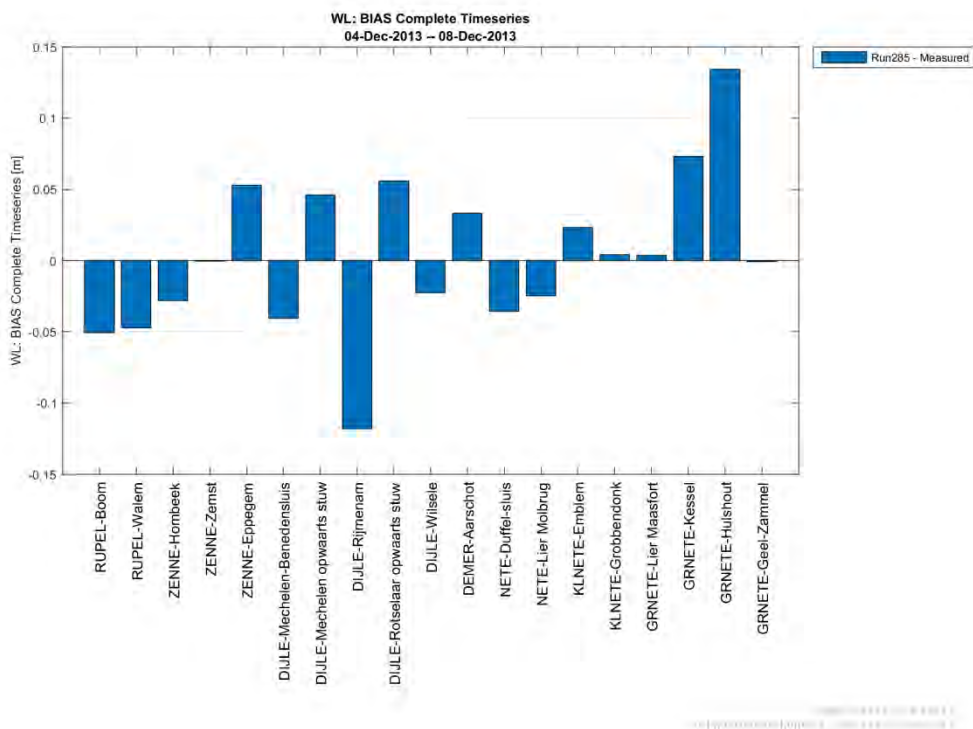
Figuur C 54– bias laagwaters (model-meting) – dec2013 – Boven-Zeeschelde en Durme



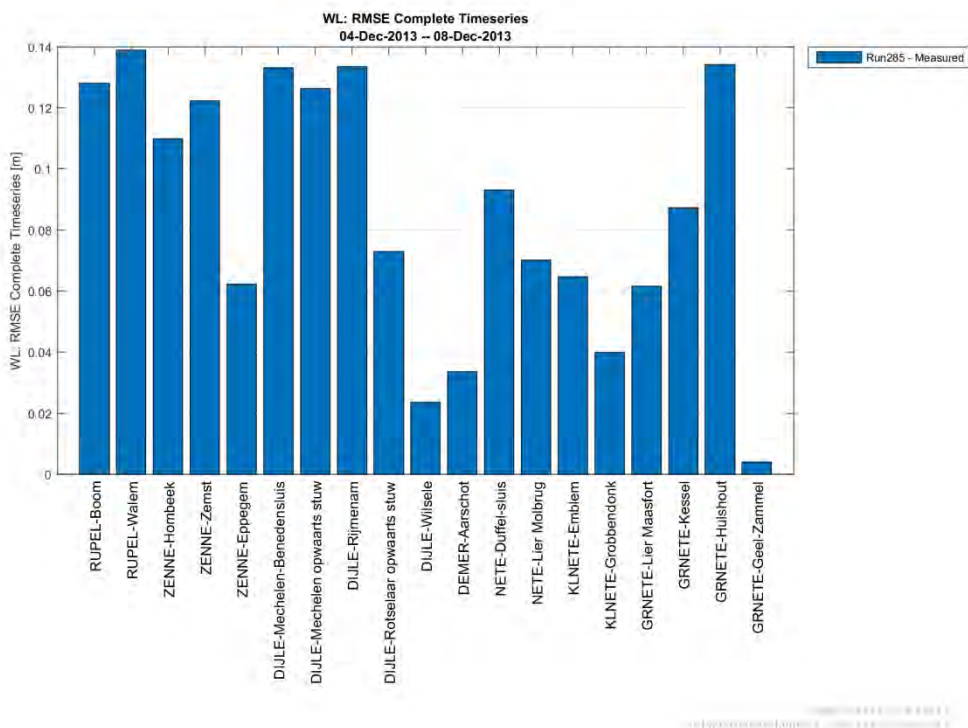
Figuur C 55 – RMSE laagwaters (model-meting) – dec2013 – Boven-Zeeschelde en Durme



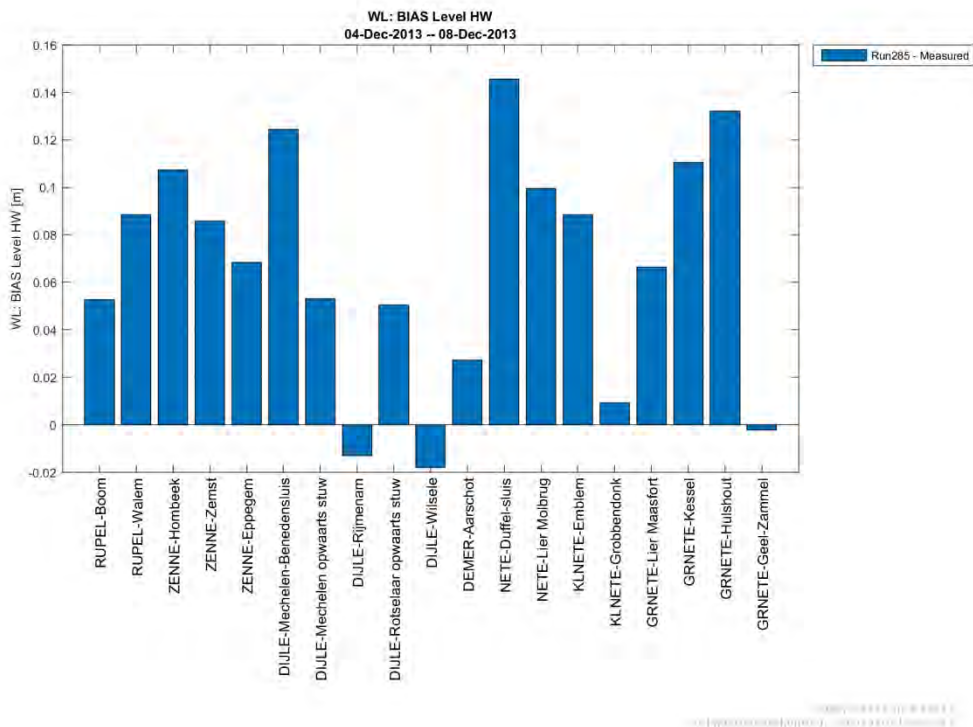
Figuur C 56 - bias waterpeilen (model-meting) – dec2013 – Rupelbekken



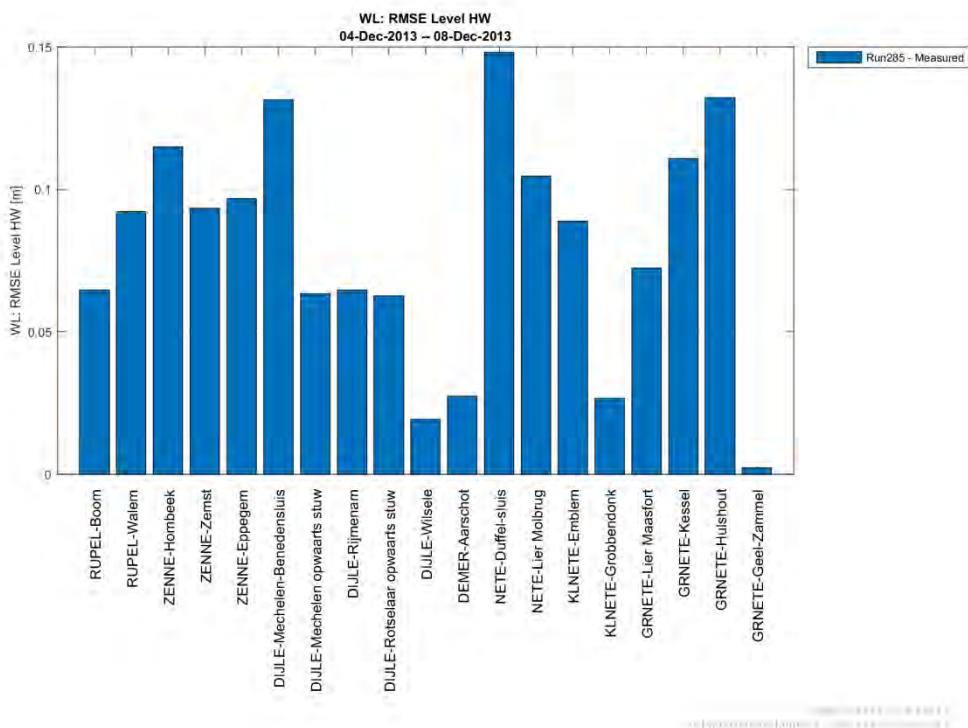
Figuur C 57 - RMSE waterpeilen (model-meting) – dec2013 – Rupelbekken



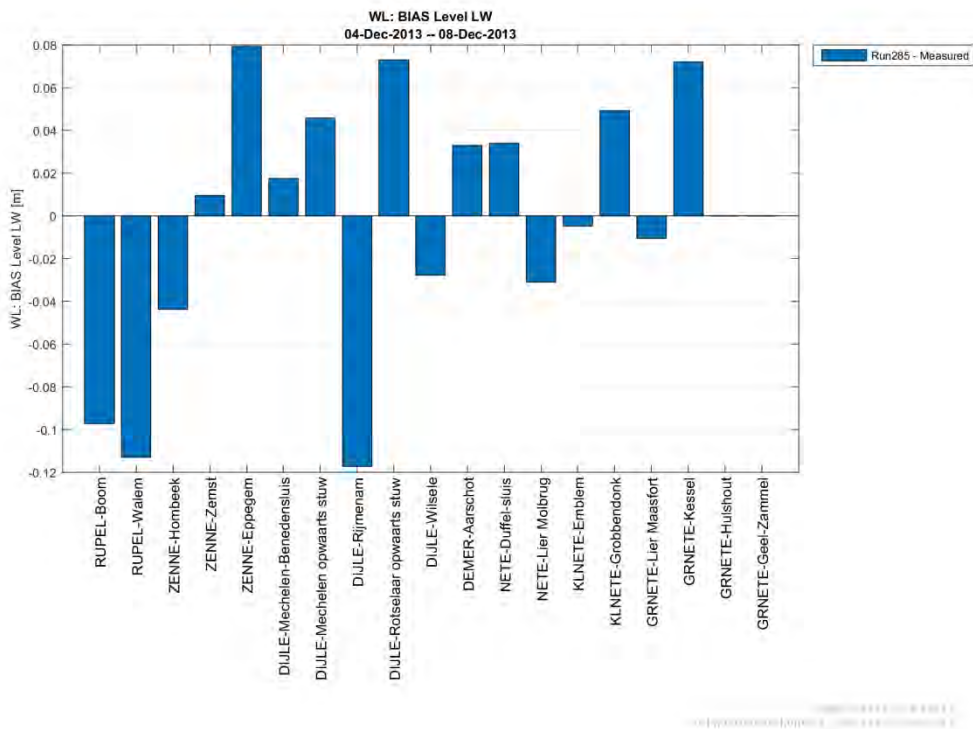
Figuur C 58 – bias hoogwaters (model-meting) – dec2013 – Rupelbekken



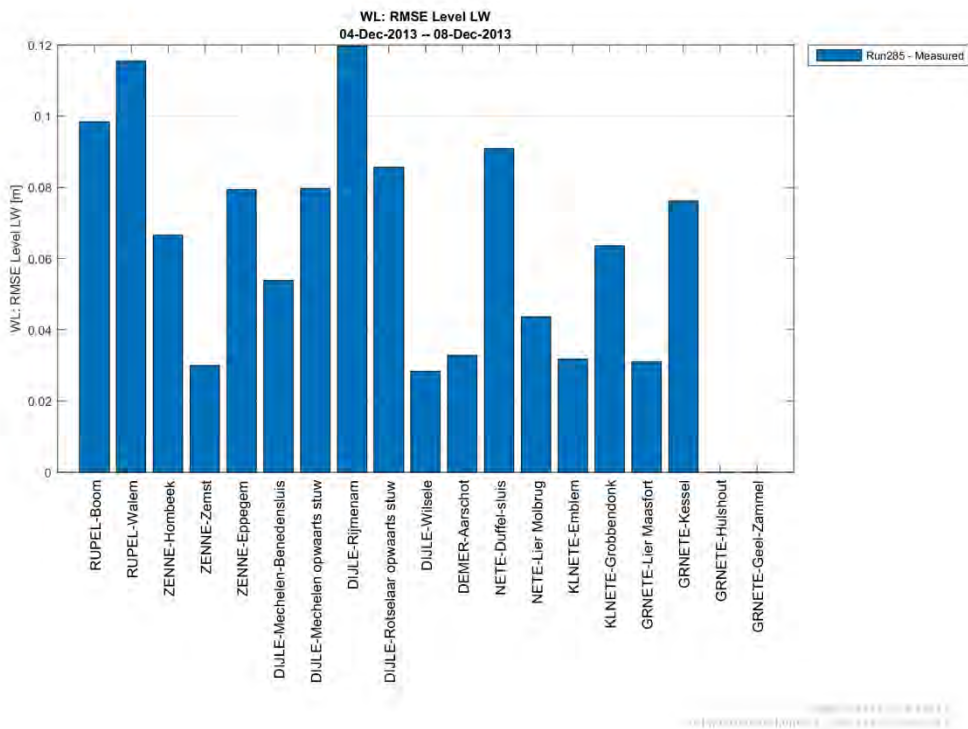
Figuur C 59 – RMSE hoogwaters (model-meting) – dec2013 – Rupelbekken



Figuur C 60– bias laagwaters (model-meting) – dec2013 – Rupelbekken



Figuur C 61 – RMSE laagwaters (model-meting) – dec2013 – Rupelbekken



Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil

Tabel C 3 - Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil – dec2013 – Westerschelde, Zeeschelde en Durme

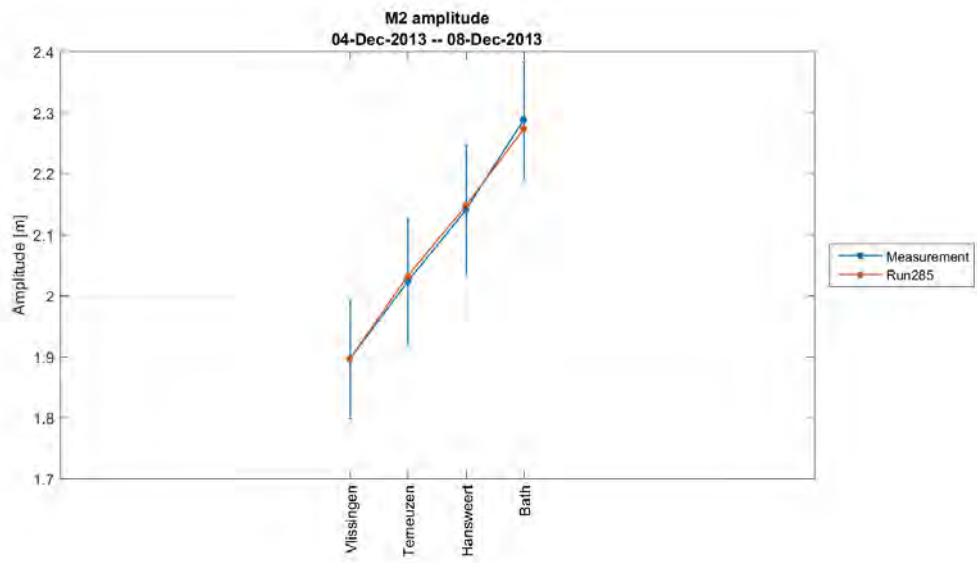
Dec2013							
		Amplitude M2					Vectorieel verschil
Rivier	Meetpost	Meting		Run285		Vershil Run285-meting	Run285 vs meting
		Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	[m]
Westerschelde	Vlissingen	1.90	0.10	1.90	0.09	0.00	0.02
	Terneuzen	2.02	0.10	2.03	0.10	0.01	0.12
	Hansweert	2.14	0.09	2.15	0.11	0.01	0.14
	Bath	2.29	0.11	2.27	0.11	0.02	0.13
Beneden-Zeeschelde	Prosperpolder	2.31	0.10	2.31	0.12	0.00	0.13
	Zandvliet	2.31	0.10	2.31	0.12	0.01	0.15
	Liefkenshoek	2.36	0.12	2.35	0.12	0.01	0.19
	Kallo	2.39	0.11	2.38	0.10	0.01	0.29
	Antwerpen	2.41	0.12	2.39	0.12	0.02	0.24
	Hemiksem	2.44	0.10	2.39	0.09	0.05	0.27
Boven-Zeeschelde	Temse	2.36	0.11	2.35	0.12	0.01	0.27
	Sint-Amands	2.21	0.11	2.18	0.12	0.03	0.23
	Dendermonde	1.74	0.09	1.73	0.09	0.01	0.22
	Schoonaarde	1.36	0.08	1.34	0.09	0.02	0.22
	Wetteren	1.18	0.07	1.20	0.09	0.03	0.20
	Melle	1.13	0.08	1.18	0.09	0.05	0.20
Durme	Tielrode	2.35	0.10	2.32	0.12	0.03	0.26
	Waasmunster Manta	0.62	0.06	0.53	0.05	0.09	0.28

Tabel C 4 - Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil – dec2013 – Rupelbekken

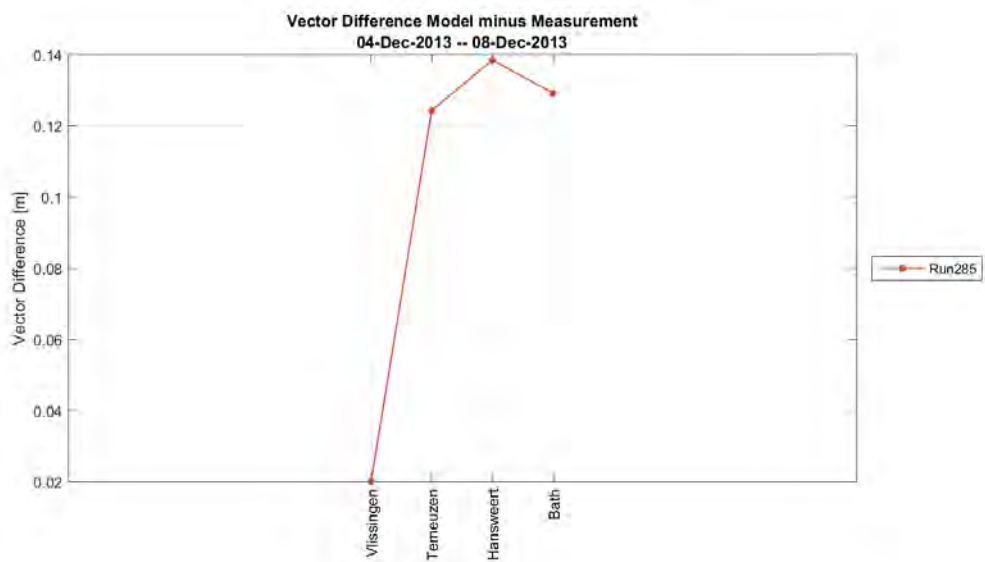
Dec2013							
Rivier	Meetpost	Amplitude M2				Vectorieel verschil	
		Meting		Run285		Vershil Run285-meting	Run285 vs meting
		Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	[m]
Rupel	Boom	2.36	0.10	2.34	0.10	0.02	0.22
	Walem	2.23	0.12	2.23	0.10	0.00	0.25
Zenne	Hombeek	*	*	*	*	*	*
	Zemst	*	*	*	*	*	*
	Eppegem	*	*	*	*	*	*
Dijle	Mechelen-Benedensluis	2.02	0.09	1.98	0.10	0.04	0.20
	Mechelen opwaarts stuw	0.60	0.05	0.58	0.05	0.02	0.25
	Rijmenam	0.52	0.04	0.53	0.04	0.01	0.15
	Rotselaar opwaarts stuw	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.08
	Wilsele	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
Demer	Aarschot	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
Beneden-nete	Duffel-sluis	1.77	0.09	1.77	0.09	0.00	0.12
	Lier Molbrug	1.20	0.08	1.21	0.08	0.01	0.09
Kleine Nete	Emblem	0.80	0.06	0.82	0.07	0.02	0.10
	Grobbendonk	0.10	0.02	0.10	0.02	0.01	0.03
Grote Nete	Lier Maasfort	0.93	0.07	0.93	0.08	0.00	0.08
	Kessel	0.64	0.06	0.65	0.06	0.00	0.13
	Hulshout	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14
	Geel-Zammel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01

*Laagwaterpeilen langs de Zenne worden niet correct gemeten omwille van de plaatsing van de meetpost in de rivierbedding.

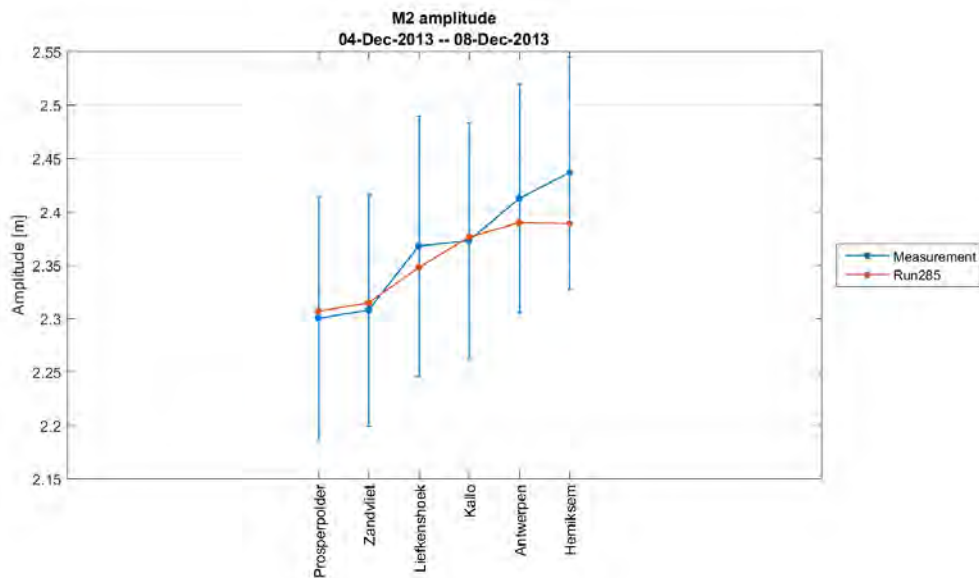
Figuur C 62 - M2 amplitude – dec2013 - Westerschelde



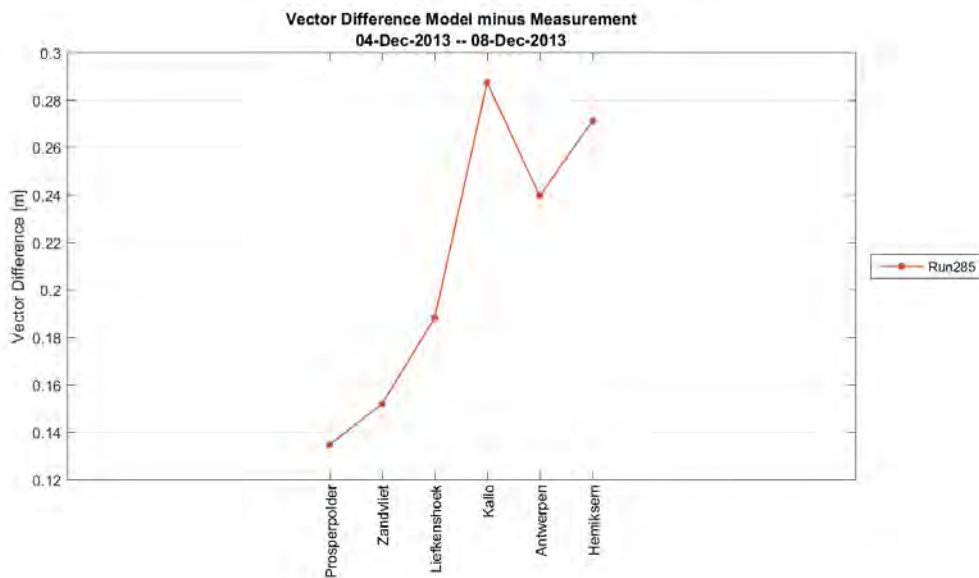
Figuur C 63 - Vectorieel verschil – dec2013 – Westerschelde



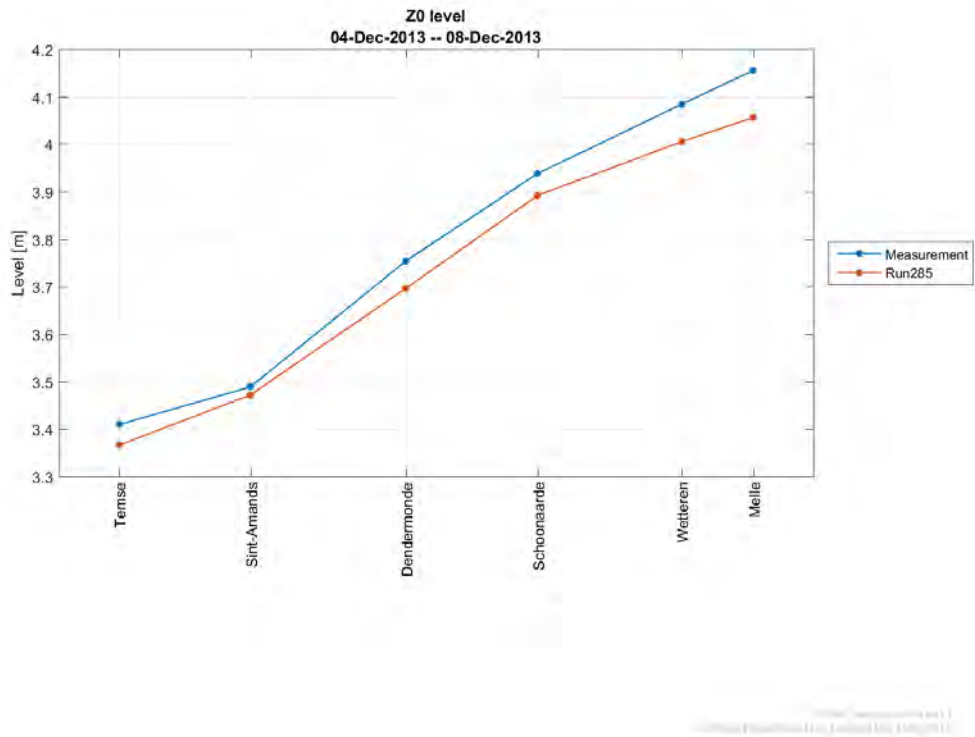
Figuur C 64 - M2 amplitude – dec2013 - Beneden-Zeeschelde



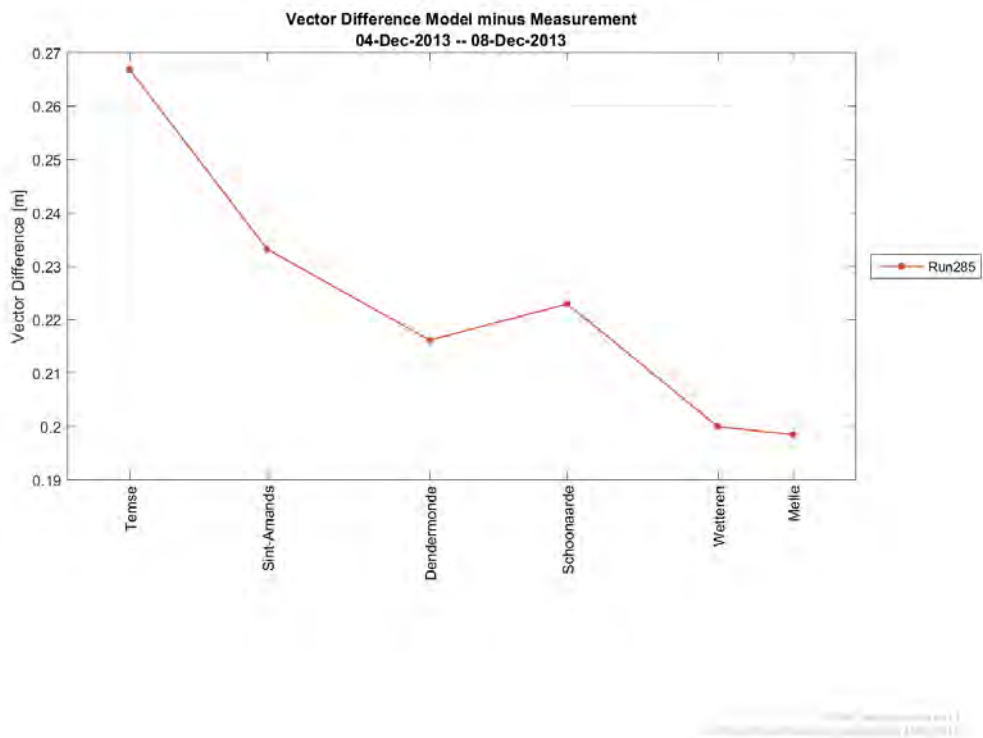
Figuur C 65 - Vectorieel verschil – dec2013 - Beneden-Zeeschelde



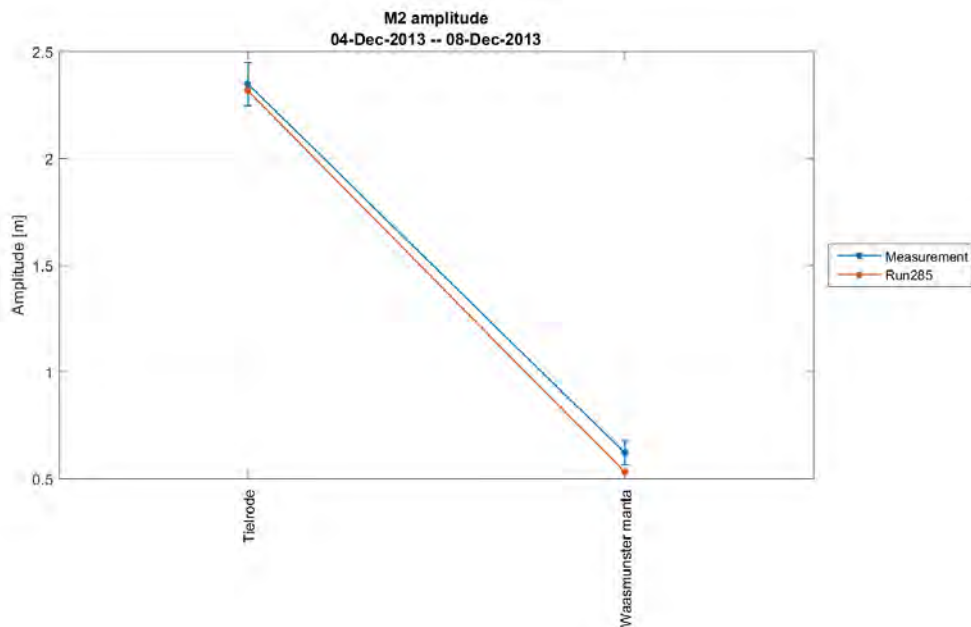
Figuur C 66 - M2 amplitude – dec2013 - Boven-Zeeschelde



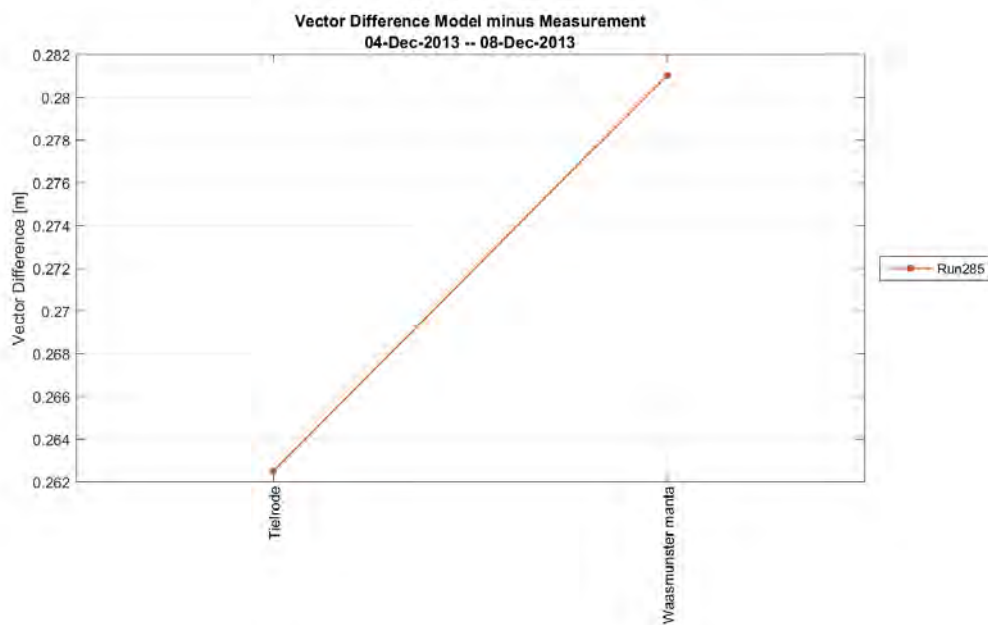
Figuur C 67 - Vectorieel verschil – dec2013 - Boven-Zeeschelde



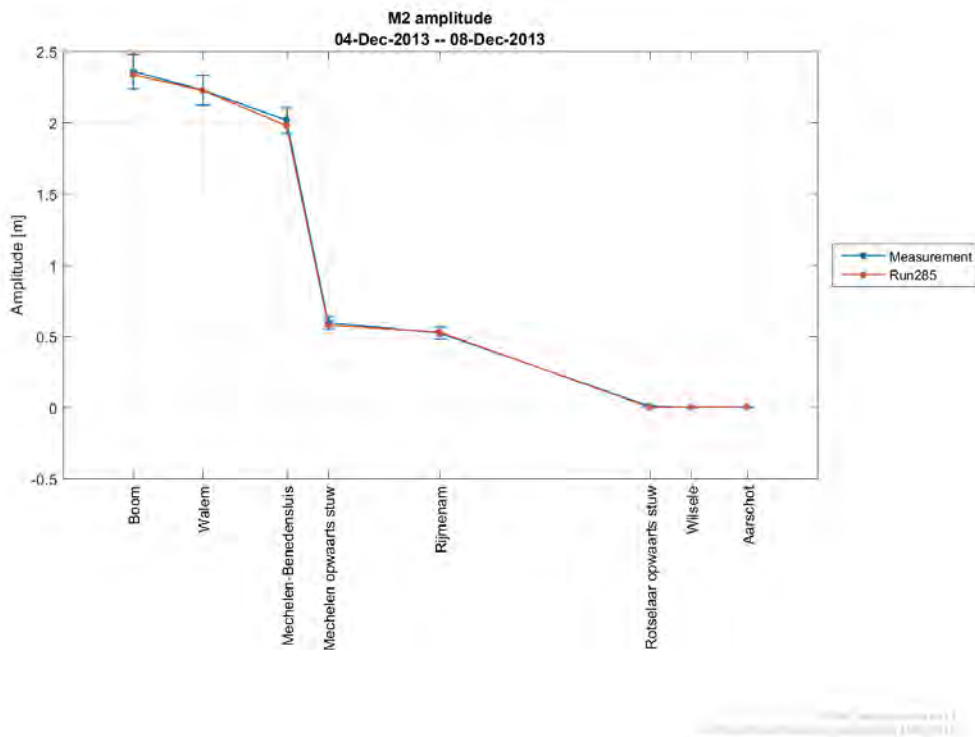
Figuur C 68 - M2 amplitude – dec2013 - Durme



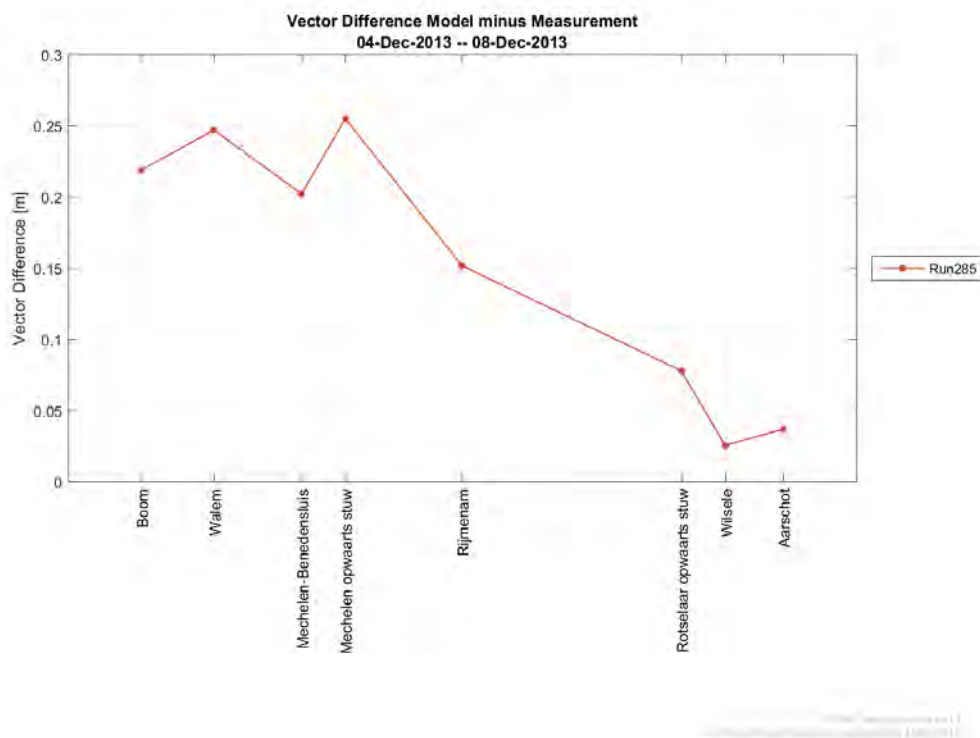
Figuur C 69 - Vectorieel verschil – dec2013 - Durme



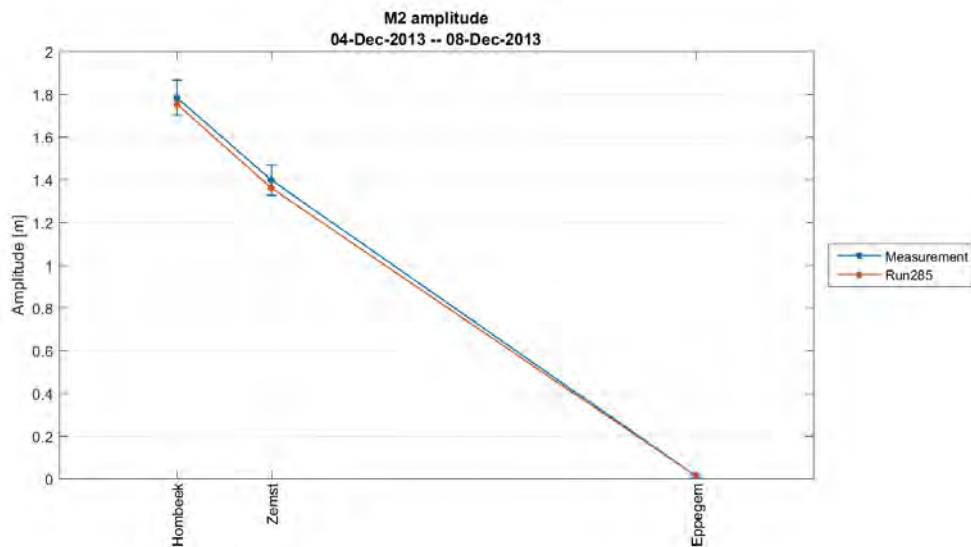
Figuur C 70 - M2 amplitude – dec2013 - Rupel-Dijle-Demer



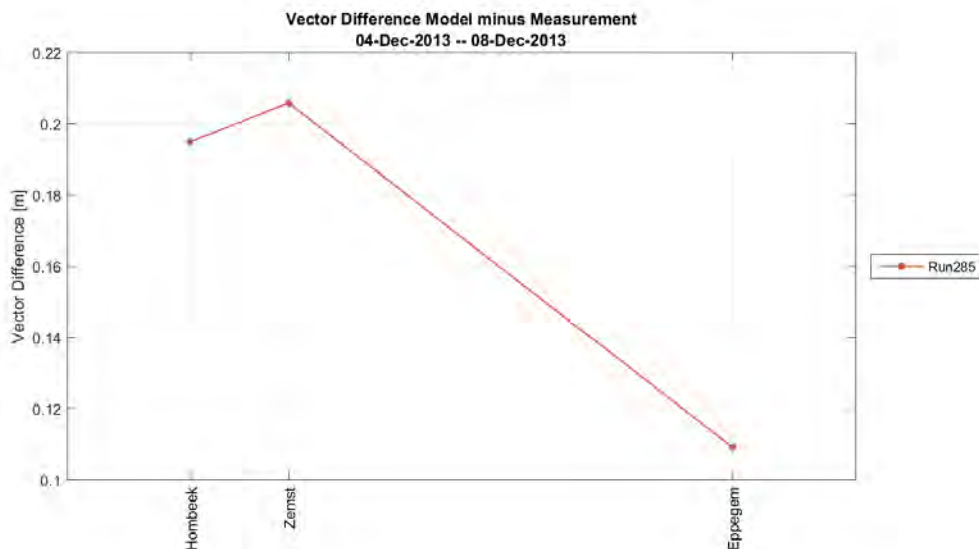
Figuur C 71 - Vectorieel verschil – dec2013 - Rupel-Dijle-Demer



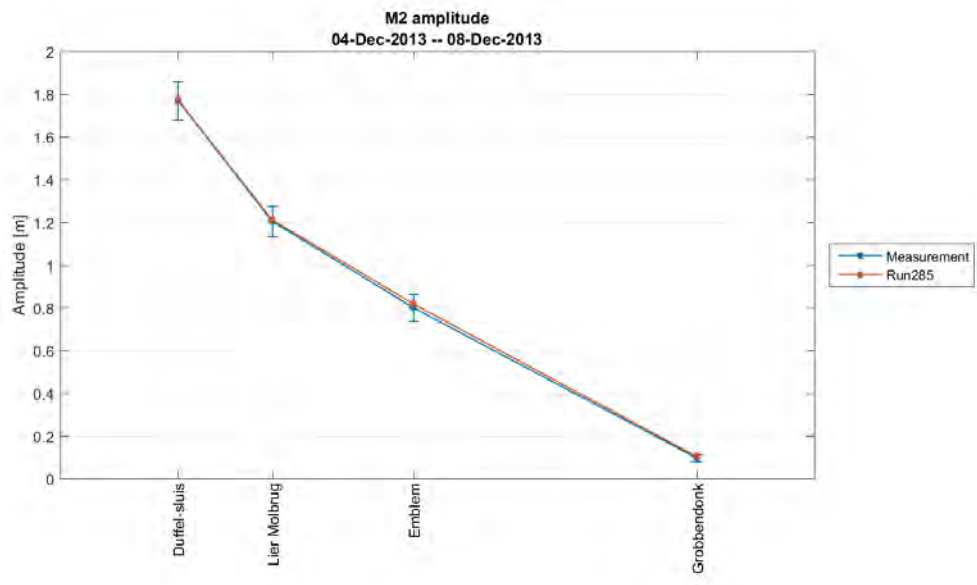
Figuur C 72 - M2 amplitude – dec2013 - Zenne



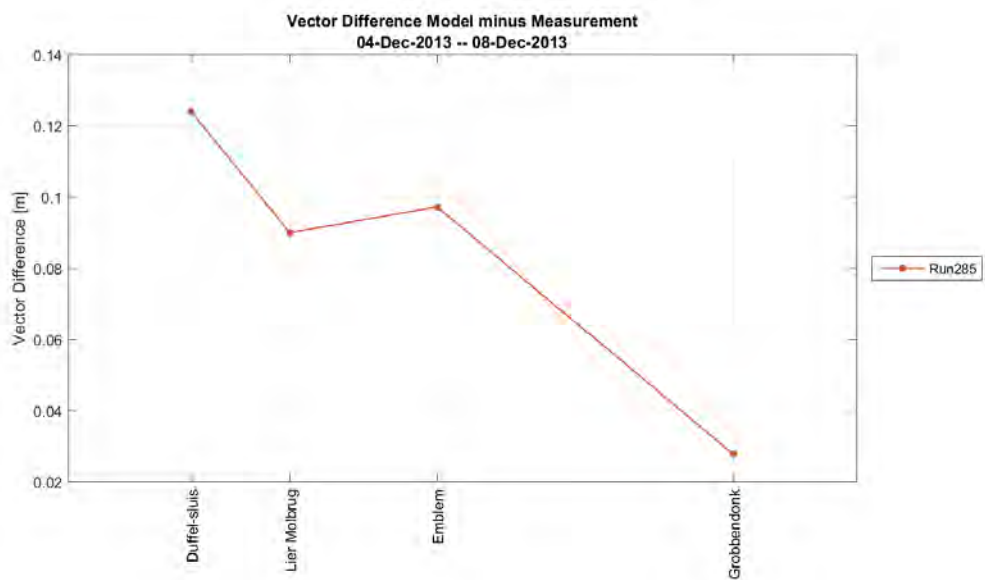
Figuur C 73 - Vectorieel verschil – dec2013 - Zenne



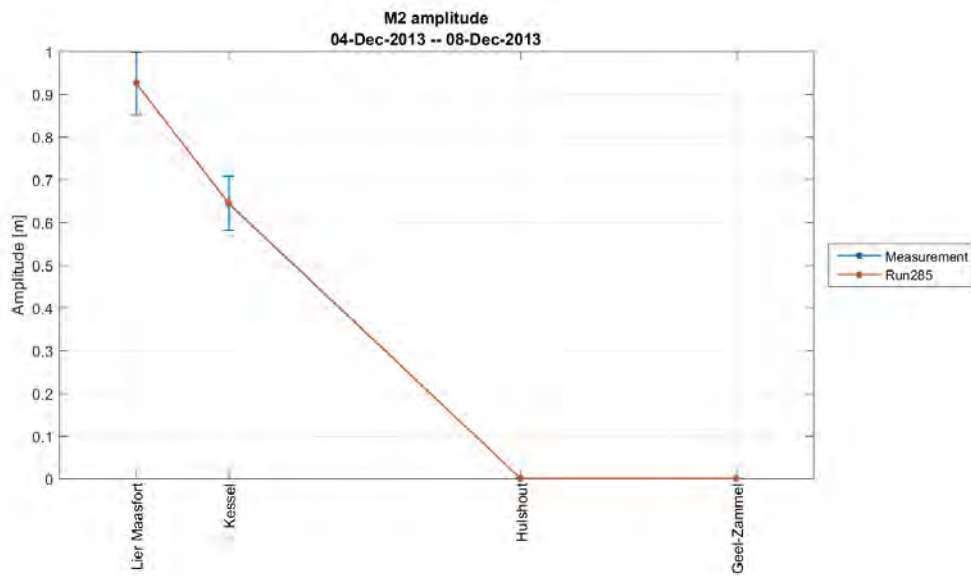
Figuur C 74 - M2 amplitude – dec2013 - Kleine Nete



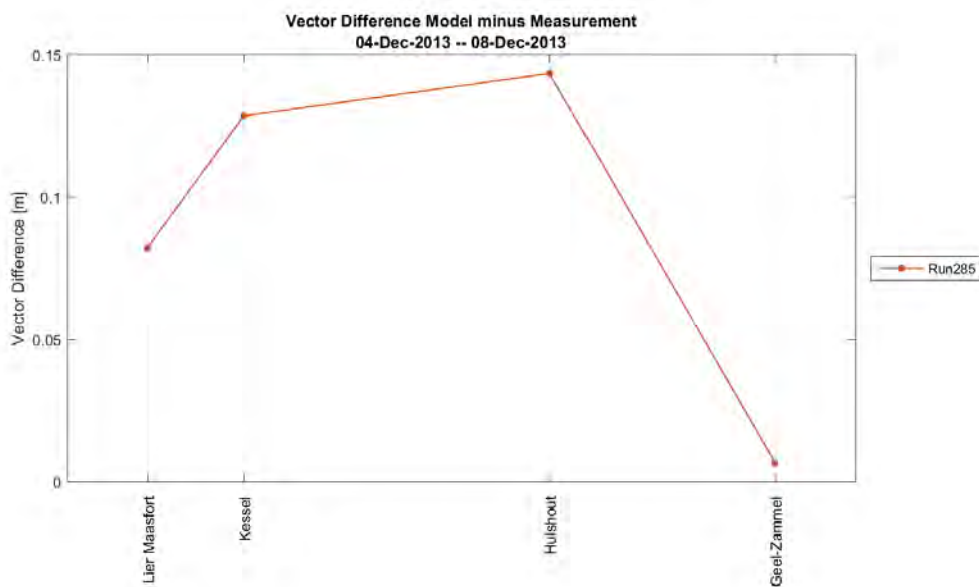
Figuur C 75 - Vectorieel verschil – dec2013 - Kleine Nete



Figuur C 76 - M2 amplitude – dec2013 - Grote Nete



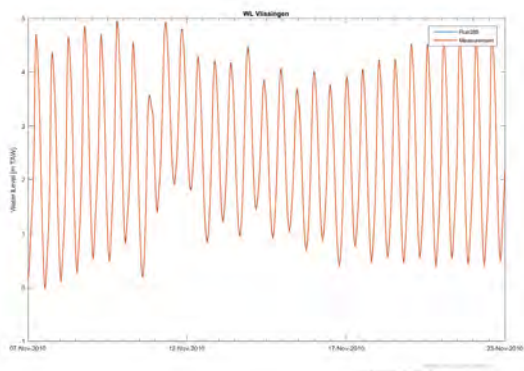
Figuur C 77 - Vectorieel verschil – dec2013 - Grote Nete



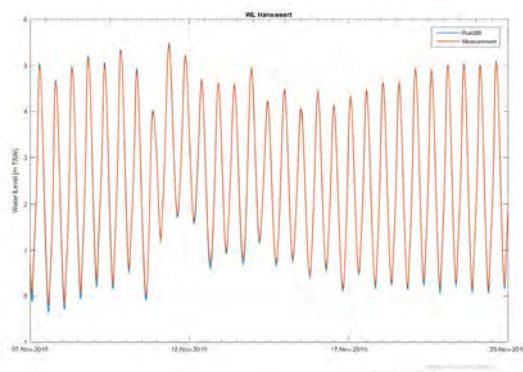
BIJLAGE H.D Modelresultaten nov2010 - verhoogde bovenafvoer

Tijdreeksen

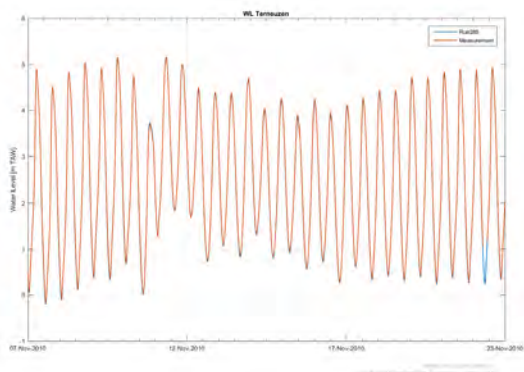
Figuur D 1 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 - Vlissingen



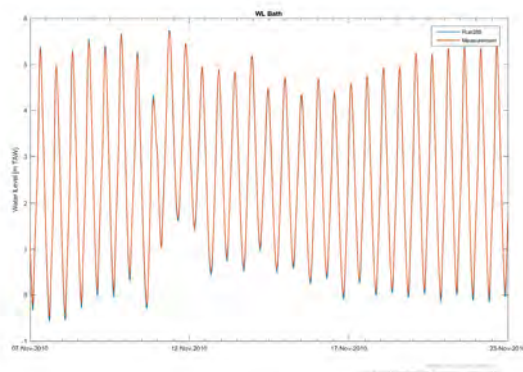
Figuur D 3 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 - Hansweert



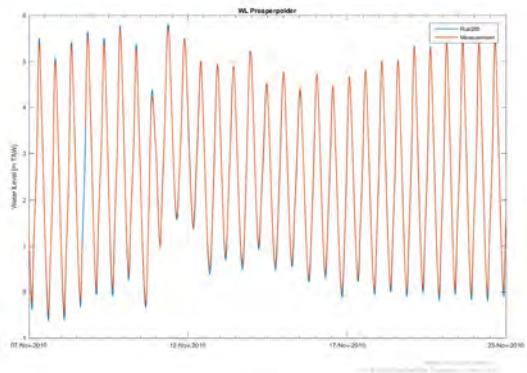
Figuur D 2 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 - Terneuzen



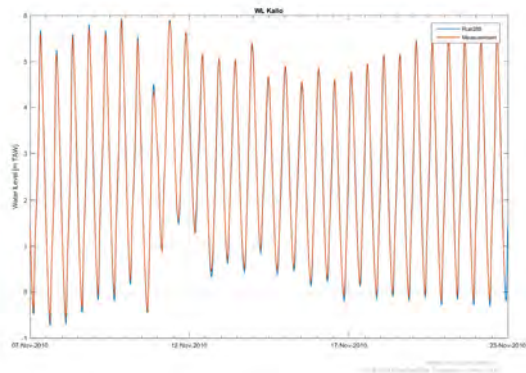
Figuur D 4 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 - Bath



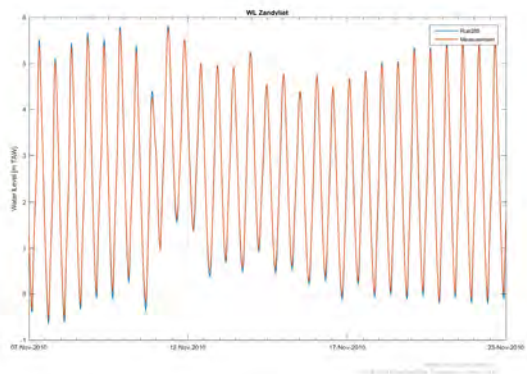
Figuur D 5 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Prosperpolder



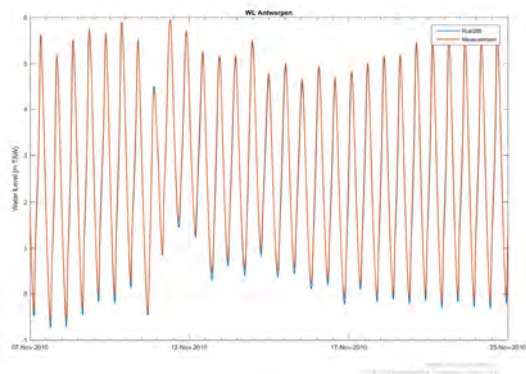
Figuur D 8 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Kallo



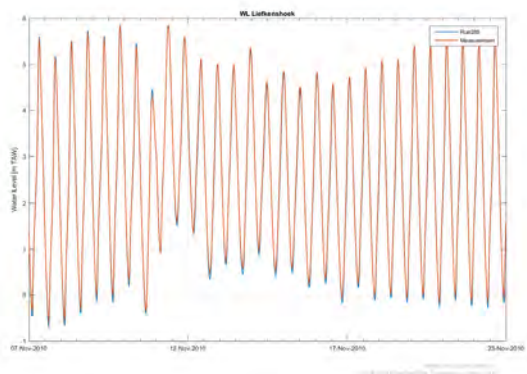
Figuur D 6 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Zandvliet



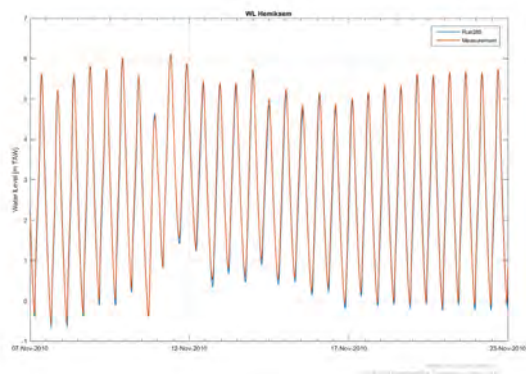
Figuur D 9 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Antwerpen



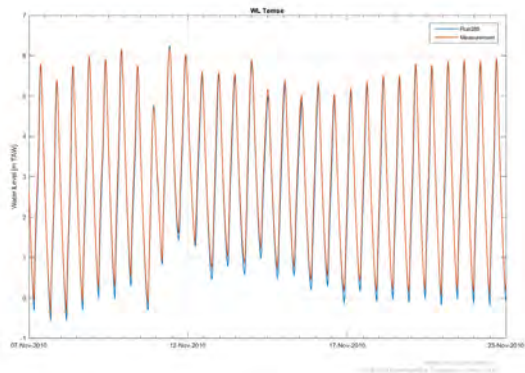
Figuur D 7 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Liefkenshoek



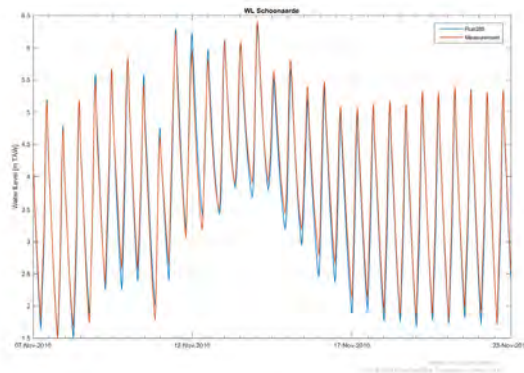
Figuur D 10 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Hemiksem



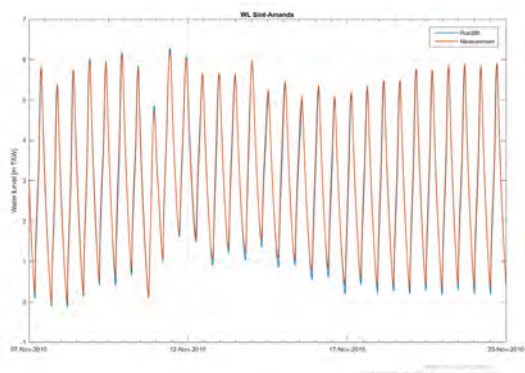
Figuur D 11 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Temse



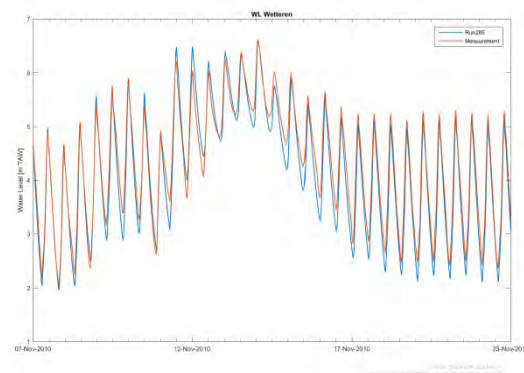
Figuur D 14 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Schoonaarde



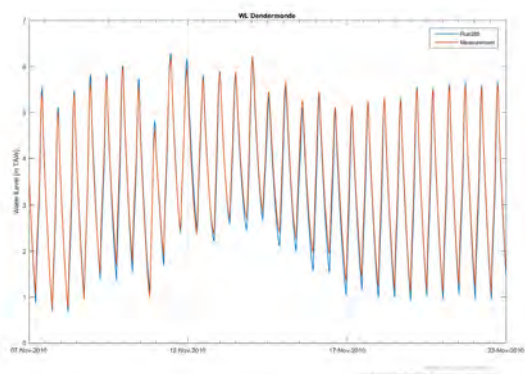
Figuur D 12 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Sint-Amands



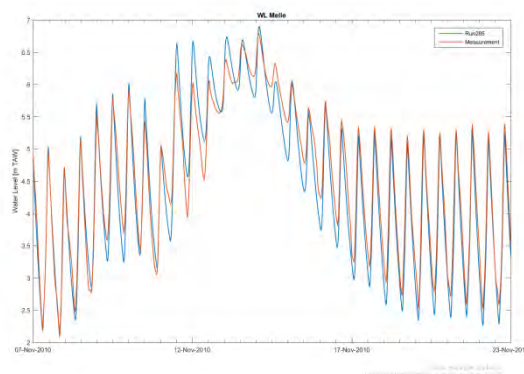
Figuur D 15 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Weteren



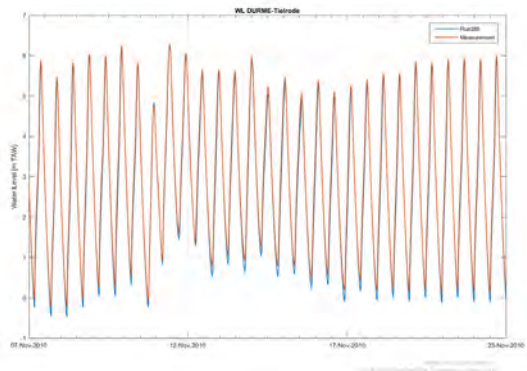
Figuur D 13 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Dendermonde



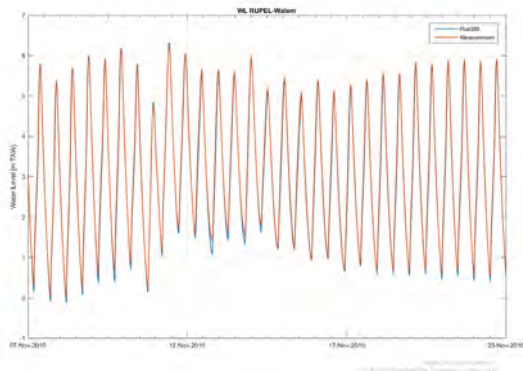
Figuur D 16 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Melle



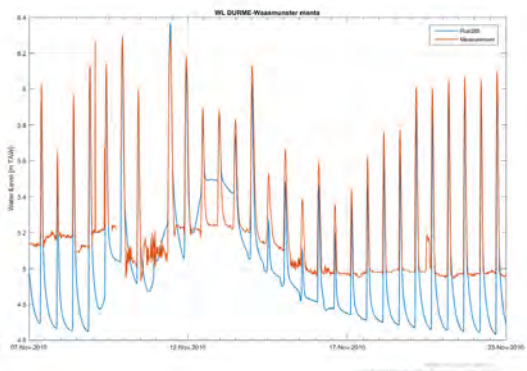
Figuur D 17 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Tielrode



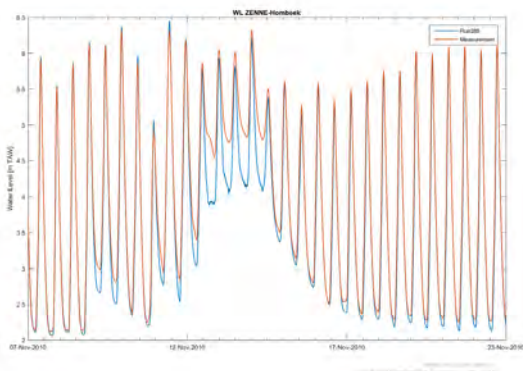
Figuur D 20 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Walem



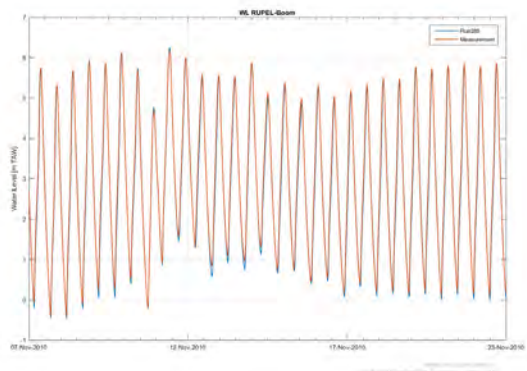
Figuur D 18 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Waasmunster Manta



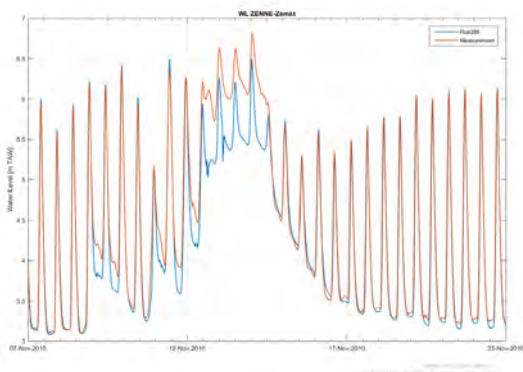
Figuur D 21 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Hombeek



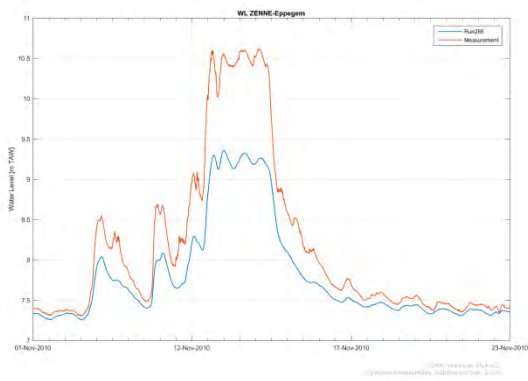
Figuur D 19 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Boom



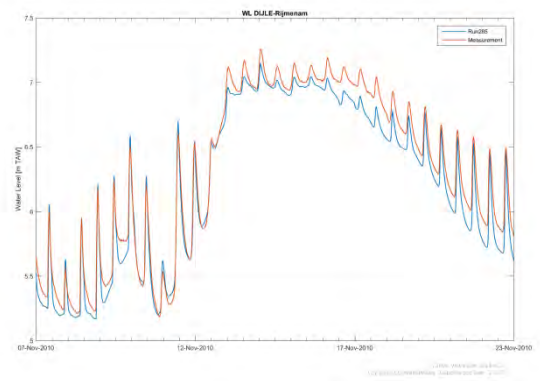
Figuur D 22 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Zemst



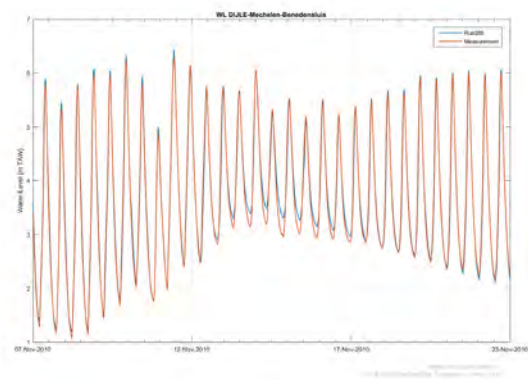
Figuur D 23 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Epepegem



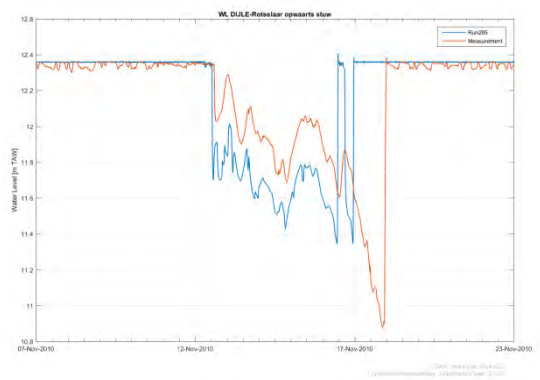
Figuur D 26 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Rijmenam



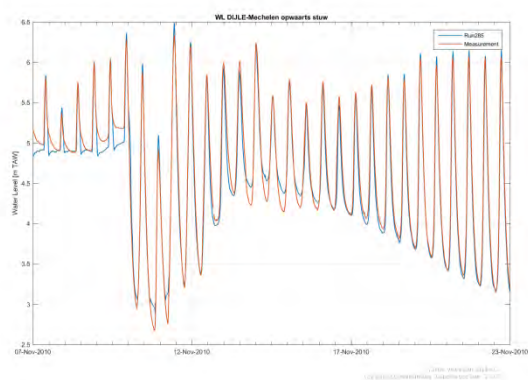
Figuur D 24 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Mechelen-Benedensluis



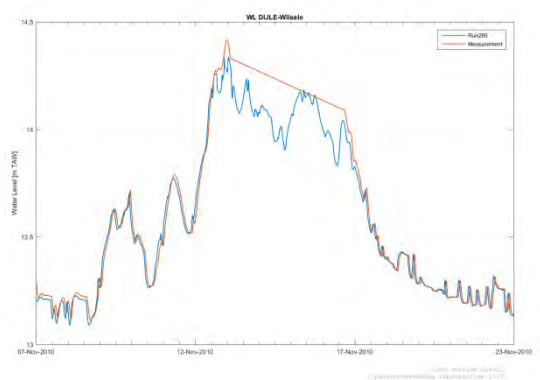
Figuur D 27 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Rotselaar opwaarts stuw



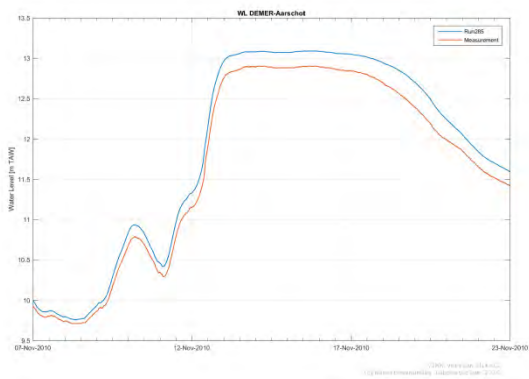
Figuur D 25 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Mechelen opwaarts stuw



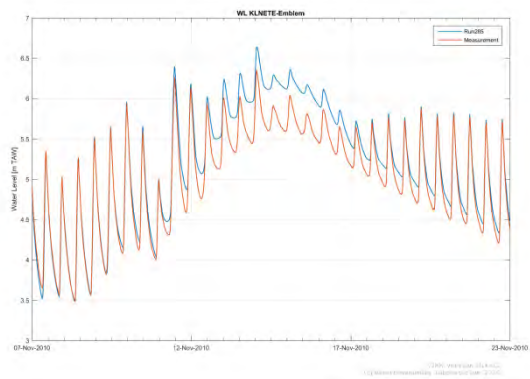
Figuur D 28 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Wilsele



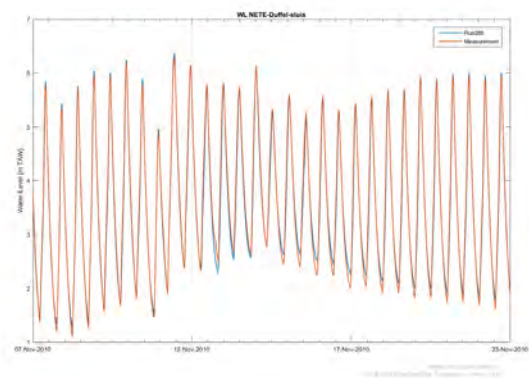
Figuur D 29 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Aarschot



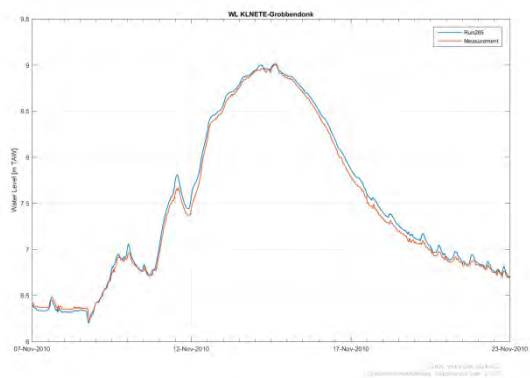
Figuur D 32 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Emblem



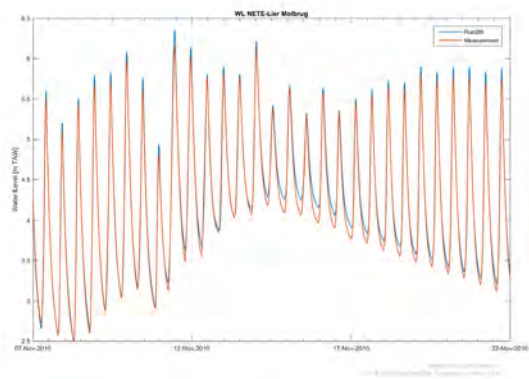
Figuur D 30 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Duffel-sluis



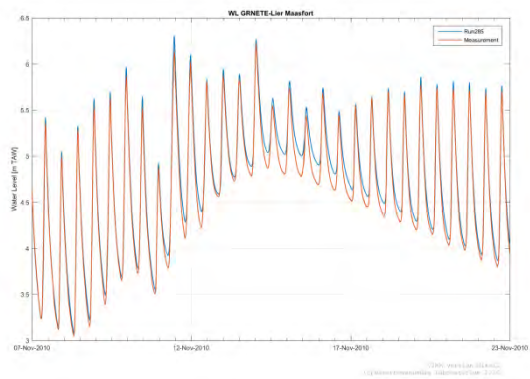
Figuur D 33 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Grobbendonk



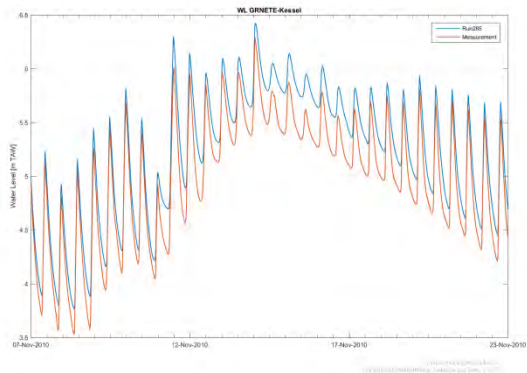
Figuur D 31 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Lier Molbrug



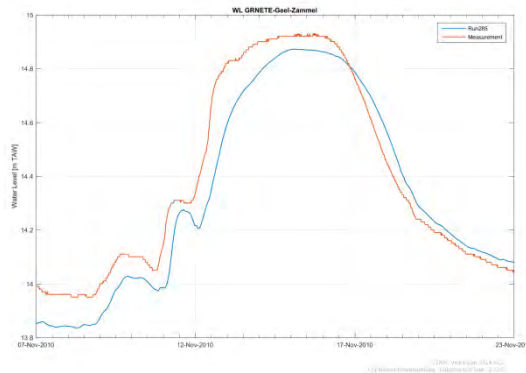
Figuur D 34 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Lier Maasfort



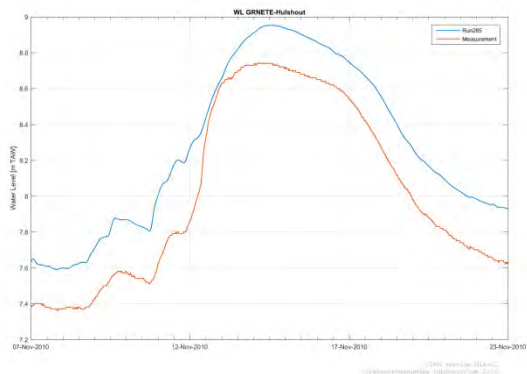
Figuur D 35 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Kessel



Figuur D 37 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Geel-Zammel



Figuur D 36 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2010 – Hulshout



Statistische parameters tijdreeksen (TS), HW en LW

Tabel D 1 – Statistische parameters voor tijdreeksen waterpeilen, hoogwaters en laagwaters – nov2010 – Westerschelde, Zeeschelde en Durme

Nov2010							
Rivier	Meetpost	bias TS	RMSE TS	bias HW	RMSE HW	bias LW	RMSE LW
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Westerschelde	Vlissingen	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	Terneuzen	-0.03	0.04	-0.02	0.03	-0.03	0.04
	Hansweert	-0.05	0.07	0.01	0.04	-0.09	0.10
	Bath	-0.05	0.07	0.01	0.04	-0.08	0.09
Beneden-Zeeschelde	Prosperpolder	-0.03	0.08	0.05	0.07	-0.10	0.11
	Zandvliet	-0.03	0.07	0.06	0.08	-0.09	0.09
	Liefkenshoek	-0.05	0.10	0.01	0.05	-0.10	0.11
	Kallo	-0.04	0.11	0.02	0.06	-0.09	0.10
	Antwerpen	-0.08	0.13	-0.01	0.05	-0.13	0.13
	Hemiksem	-0.07	0.16	-0.06	0.07	-0.10	0.11
Boven-Zeeschelde	Temse	-0.15	0.20	-0.07	0.09	-0.25	0.26
	Sint-Amands	-0.08	0.18	0.01	0.06	-0.14	0.16
	Dendermonde	-0.12	0.19	0.04	0.11	-0.19	0.23
	Schoonaarde	-0.10	0.19	0.00	0.10	-0.12	0.20
	Wetteren	-0.16	0.26	-0.03	0.17	-0.21	0.30
	Melle	-0.12	0.29	0.09	0.23	-0.18	0.34
Durme	Tielrode	-0.16	0.21	-0.07	0.09	-0.24	0.24
	Waasmunster Manta	-0.17*	0.25*	-0.06	0.15	-0.22*	0.29*

~~xx*~~ : waarden niet beschouwd bij analyse kalibratie omwille van onaangepaste bathymetrie in het model.

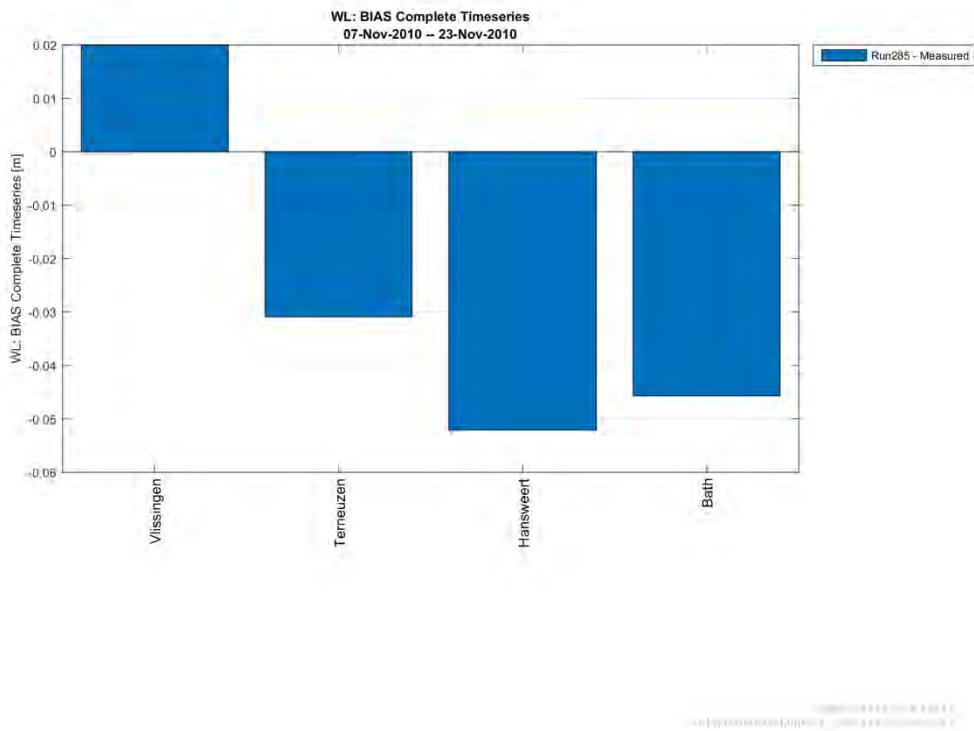
Tabel D 2 – Statistische parameters voor tijdreeksen waterpeilen, hoogwaters en laagwaters – nov2010 – Rupelbekken

Nov2010							
Rivier	Meetpost	bias TS	RMSE TS	bias HW	RMSE HW	bias LW	RMSE LW
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Rupel	Boom	-0.09	0.17	-0.03	0.06	-0.12	0.14
	Walem	-0.08	0.16	-0.01	0.05	-0.13	0.15
Zenne	Hombeek	*	*	-0.02	0.08	*	*
	Zemst	*	*	-0.03	0.16	*	*
	Eppegem	*	*	-0.58*	0.77*	*	*
Dijle	Mechelen-Benedensluis	0.01	0.14	0.05	0.07	0.10	0.14
	Mechelen opwaarts stuw	-0.06	0.14	0.02	0.08	0.04	0.11
	Rijmenam	-0.09	0.12	-0.04	0.10	-0.09	0.12
	Rotselaar opwaarts stuw	0.02	0.34	-0.07	0.26	-0.12	0.19
	Wilsele	-0.04	0.09	0.00	0.01	-0.02	0.03
Demer	Aarschot	0.18	0.19	0.15	0.15	0.13	0.14
Benedennete	Duffel-sluis	-0.04	0.13	0.03	0.06	0.11	0.16
	Lier Molbrug	0.04	0.08	0.10	0.11	0.08	0.10
Kleine Nete	Emblem	0.17	0.24	0.18	0.22	0.21	0.28
	Grobbendonk	0.04	0.06	0.04	0.08	0.04	0.06
Grote Nete	Lier Maasfort	0.07	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12
	Kessel	0.23	0.25	0.19	0.21	0.26	0.27
	Hulshout	0.25	0.26	0.35	0.35	0.30	0.30
	Geel-Zammel	-0.06	0.11	0.00	0.00	-0.08	0.08

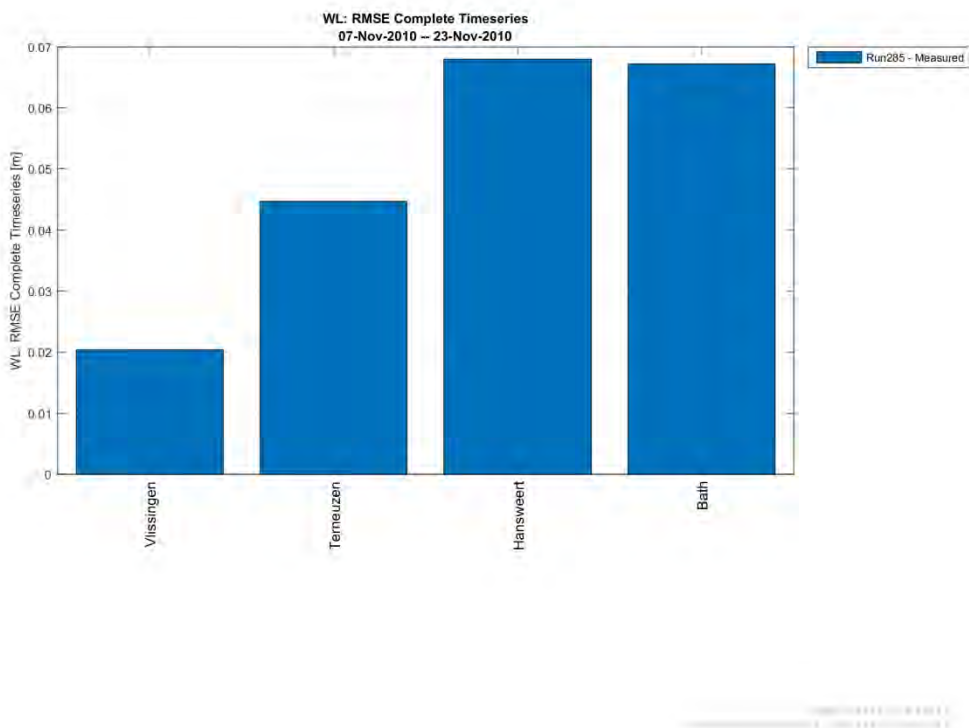
*Laagwaterpeilen langs de Zenne worden niet correct gemeten omwille van de plaatsing van de meetpost in de rivierbedding.

~~**~~ : waarden niet beschouwd bij analyse kalibratie omwille verouderde bathymetrie in het model.

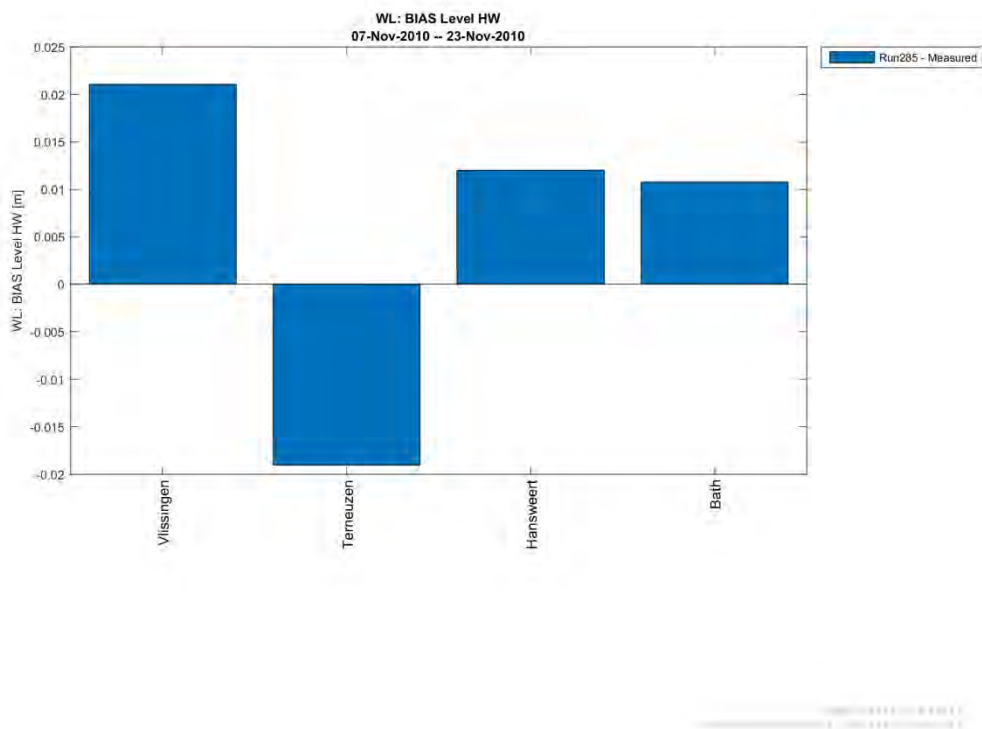
Figuur D 38 - bias waterpeilen (model-meting) – nov2010 - Westerschelde



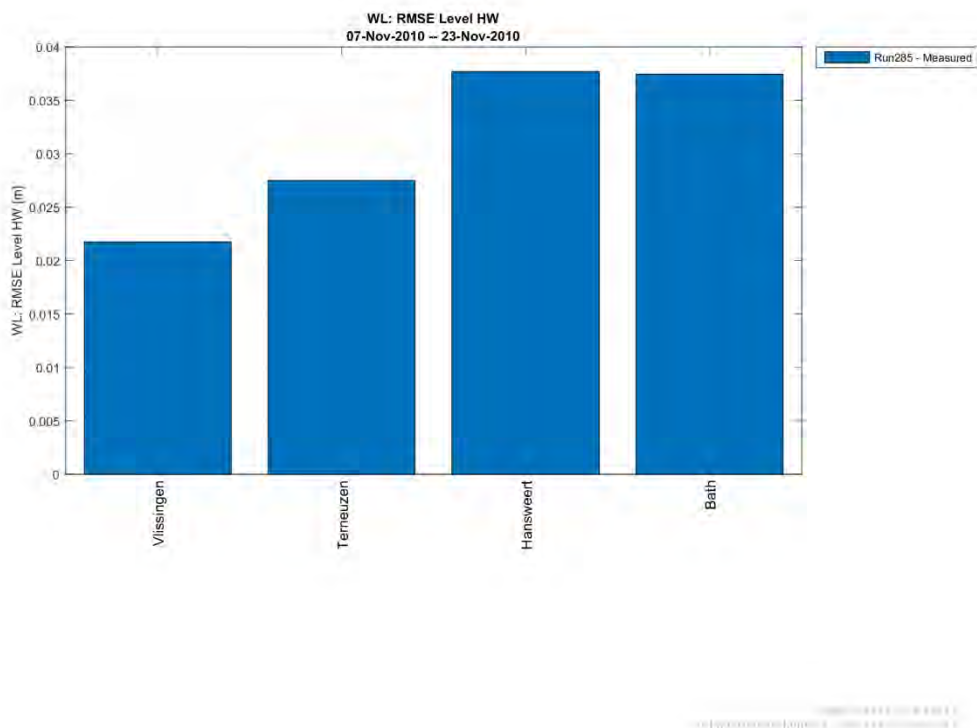
Figuur D 39 - RMSE waterpeilen (model-meting) – nov2010 - Westerschelde



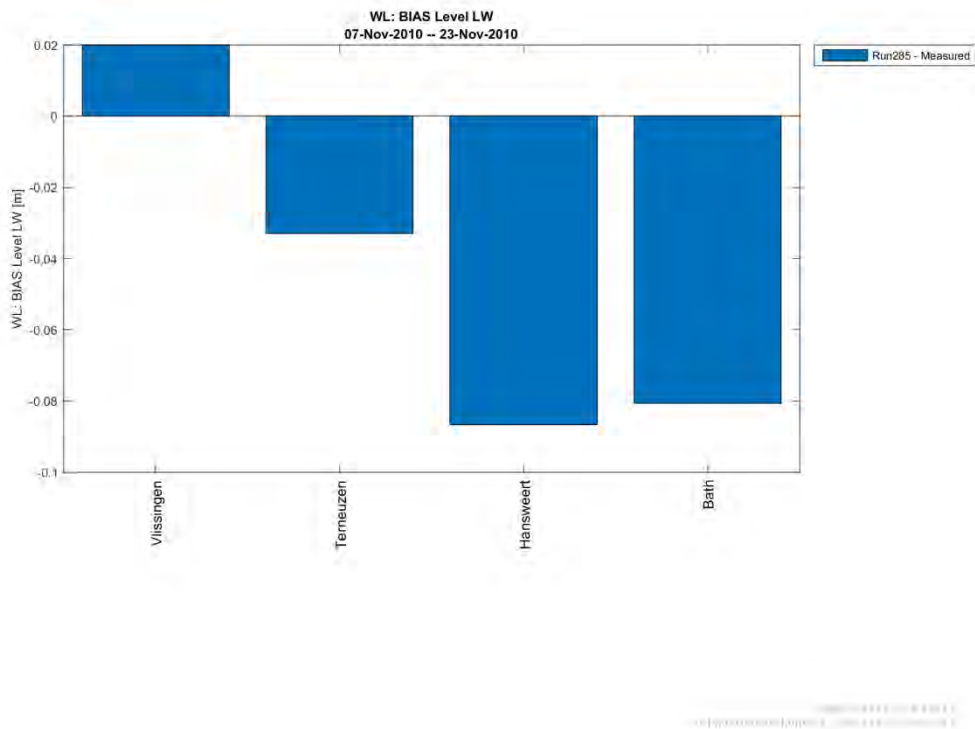
Figuur D 40 - bias hoogwaters (model-meting) – nov2010 - Westerschelde



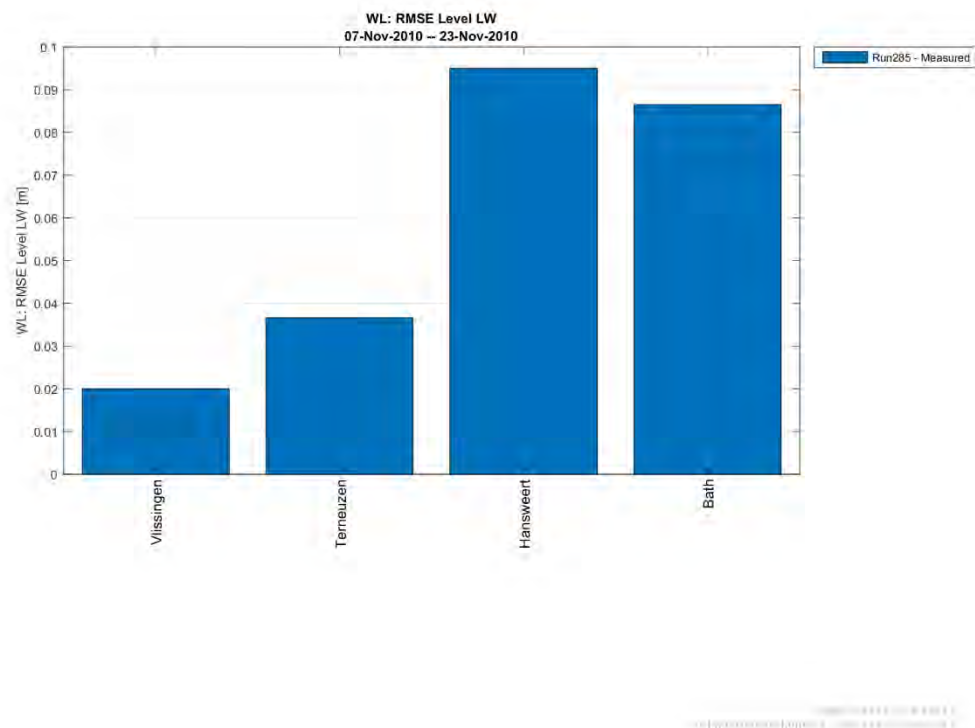
Figuur D 41 - RMSE hoogwaters (model-meting) – nov2010 - Westerschelde



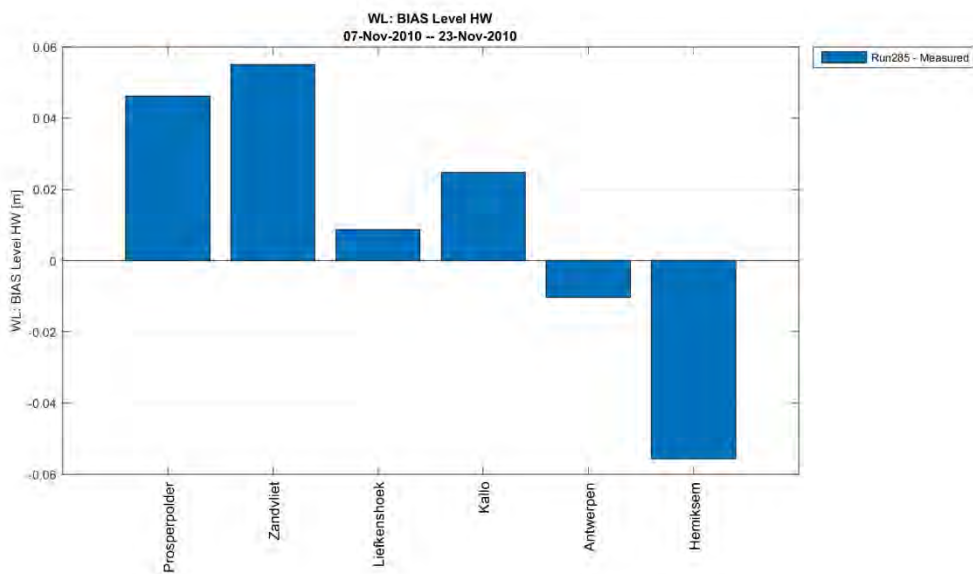
Figuur D 42 - bias laagwaters (model-meting) – nov2010 - Westerschelde



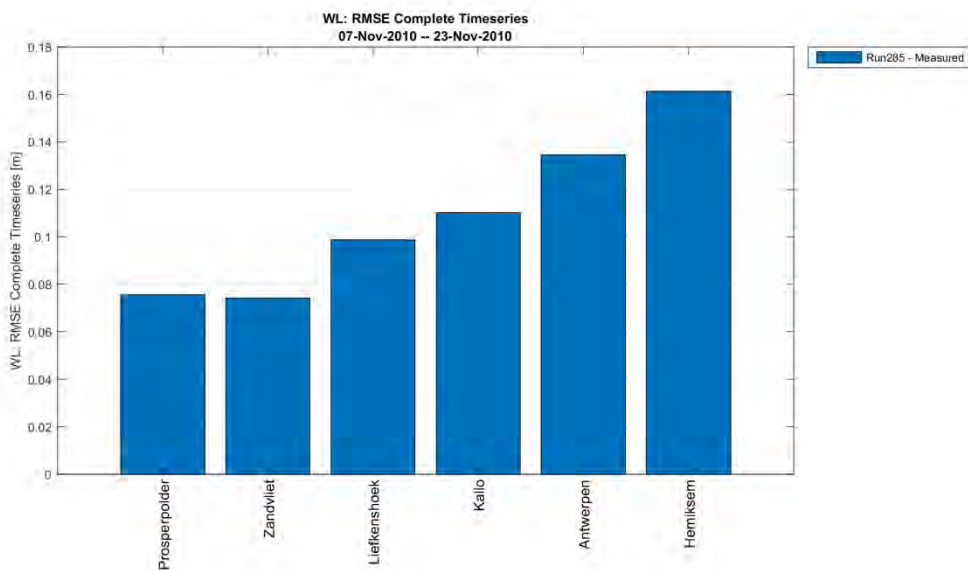
Figuur D 43 – RMSE laagwaters (model-meting) – nov2010 - Westerschelde



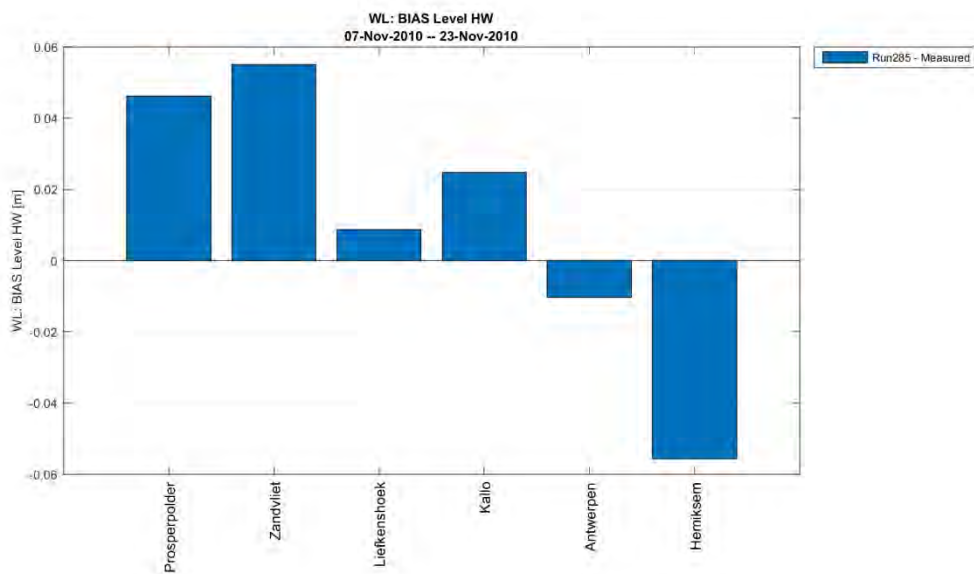
Figuur D 44 - bias waterpeilen (model-meting) – nov2010 – Beneden-Zeeschelde



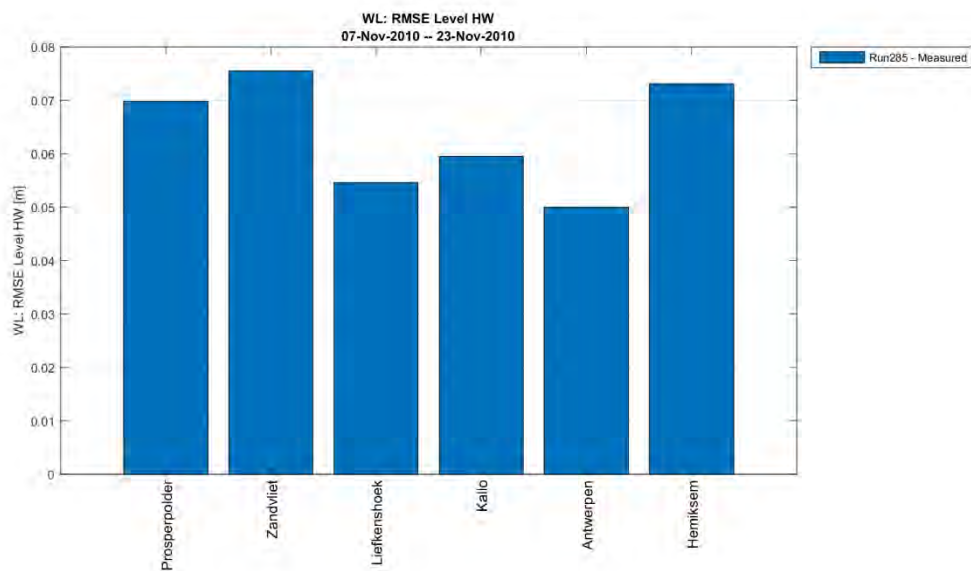
Figuur D 45 - RMSE waterpeilen (model-meting) – nov2010 – Beneden-Zeeschelde



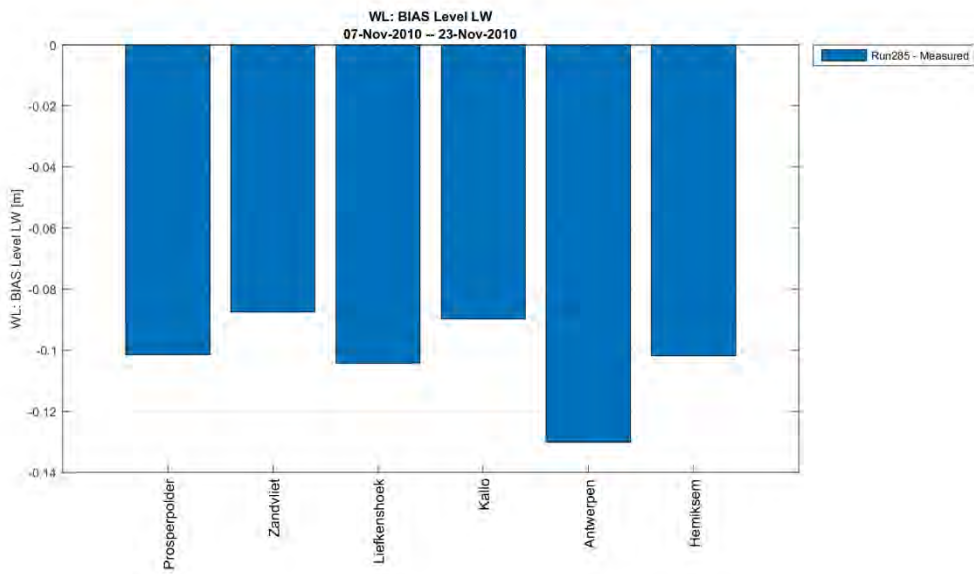
Figuur D 46 - bias hoogwaters (model-meting) – nov2010 – Beneden-Zeeschelde



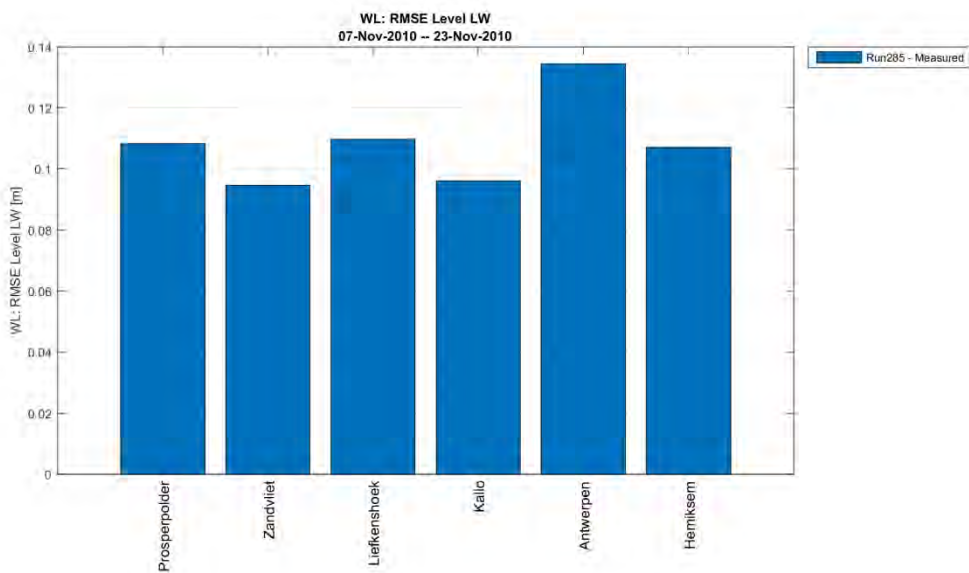
Figuur D 47 - RMSE hoogwaters (model-meting) – nov2010 – Beneden-Zeeschelde



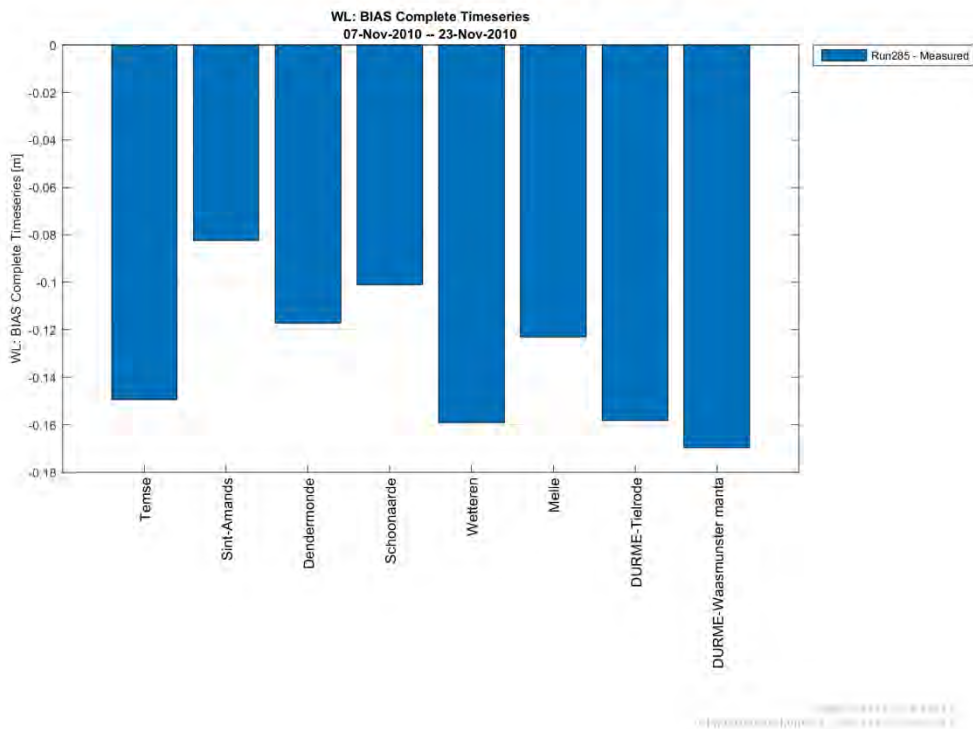
Figuur D 48 - bias laagwaters (model-meting) – nov2010 – Beneden-Zeeschelde



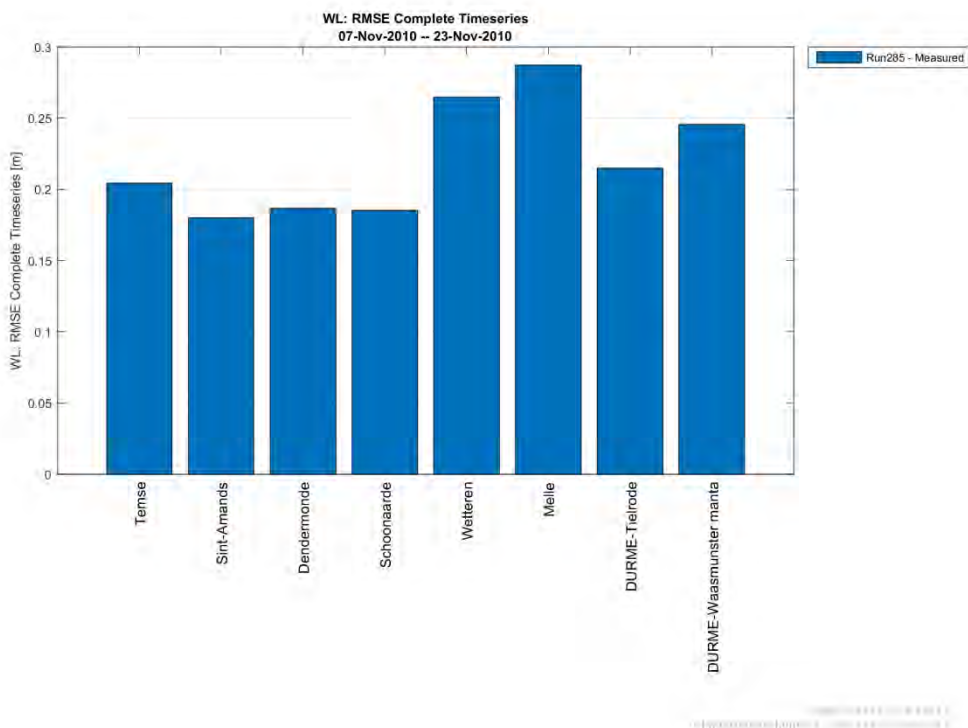
Figuur D 49 – RMSE laagwaters (model-meting) – nov2010 – Beneden-Zeeschelde



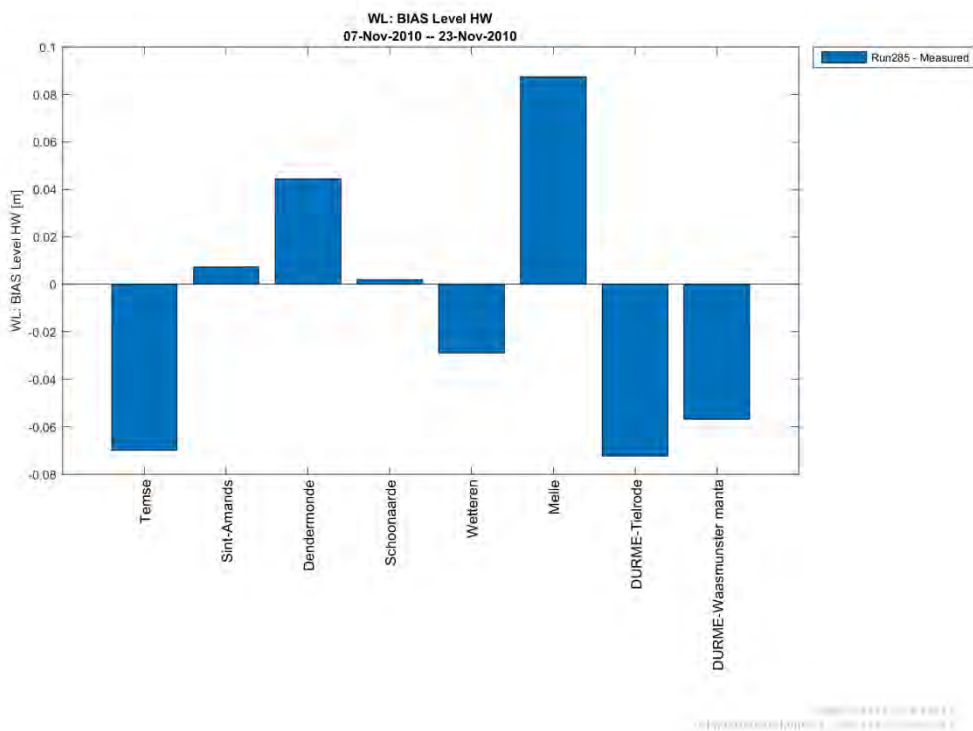
Figuur D 50 - bias waterpeilen (model-meting) – nov2010 – Boven-Zeeschelde en Durme



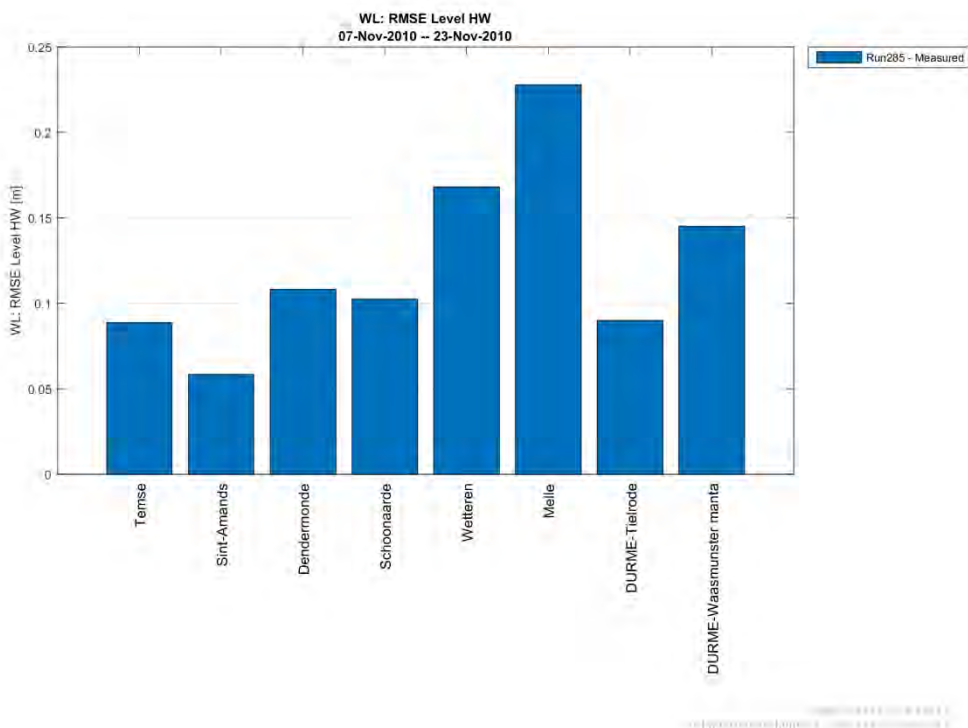
Figuur D 51 - RMSE waterpeilen (model-meting) – nov2010 – Boven-Zeeschelde en Durme



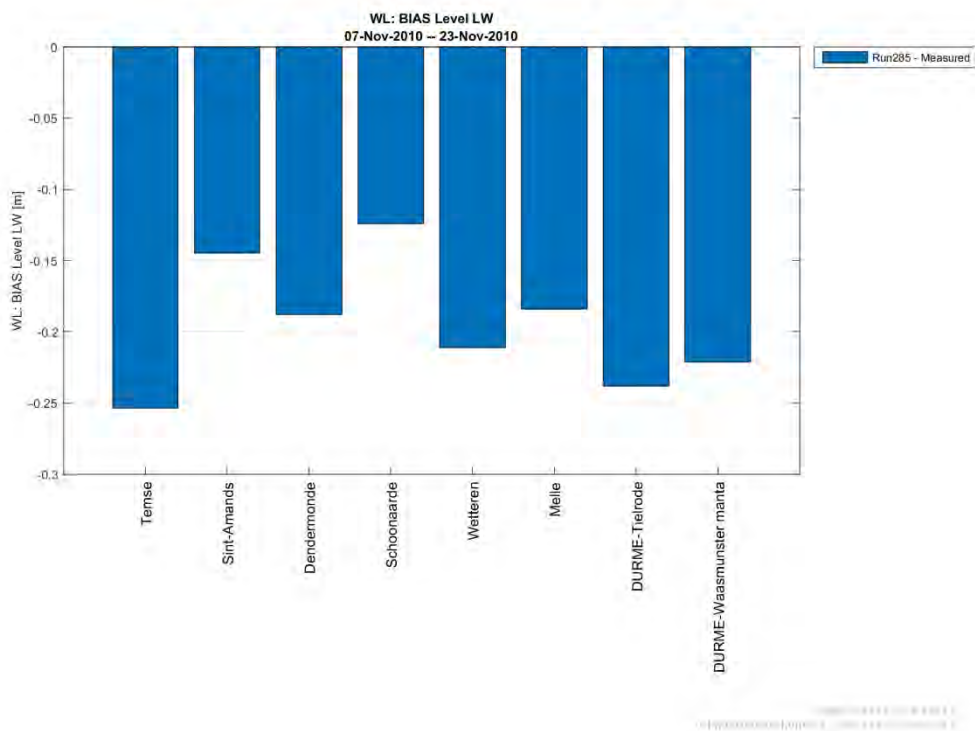
Figuur D 52 - bias hoogwaters (model-meting) – nov2010 – Boven-Zeeschelde en Durme



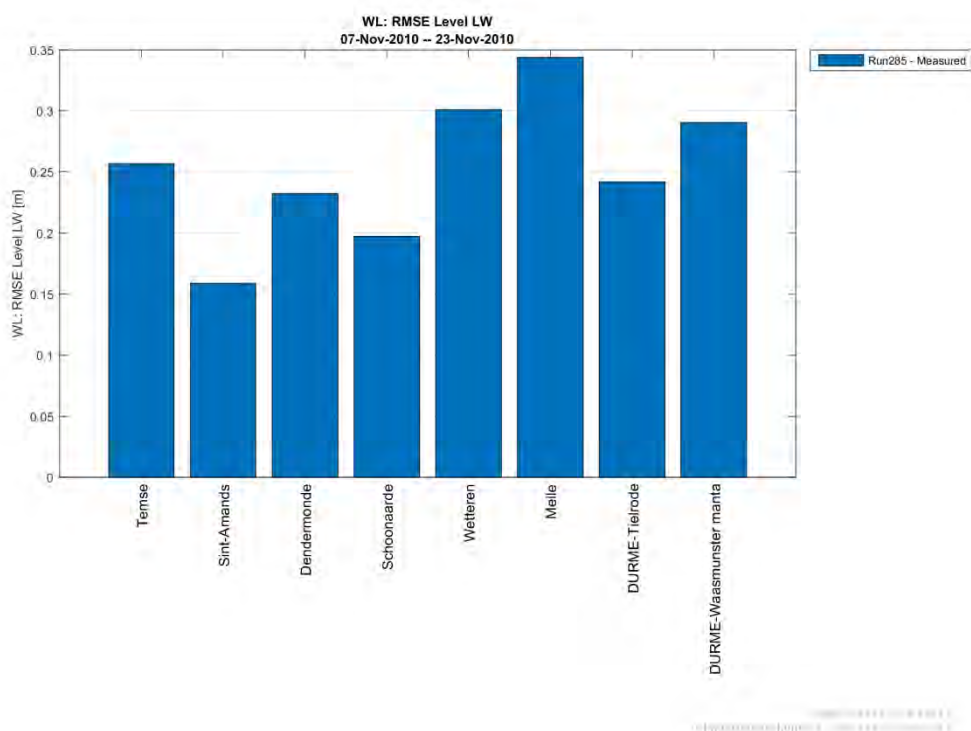
Figuur D 53 - RMSE hoogwaters (model-meting) – nov2010 – Boven-Zeeschelde en Durme



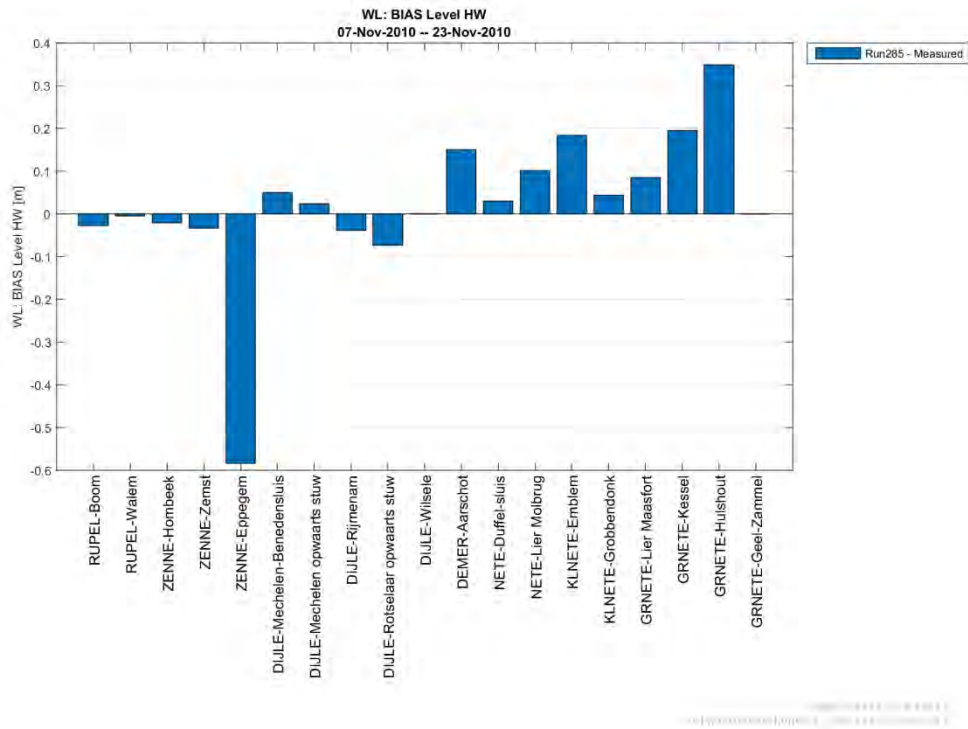
Figuur D 54 - bias laagwaters (model-meting) – nov2010 – Boven-Zeeschelde en Durme



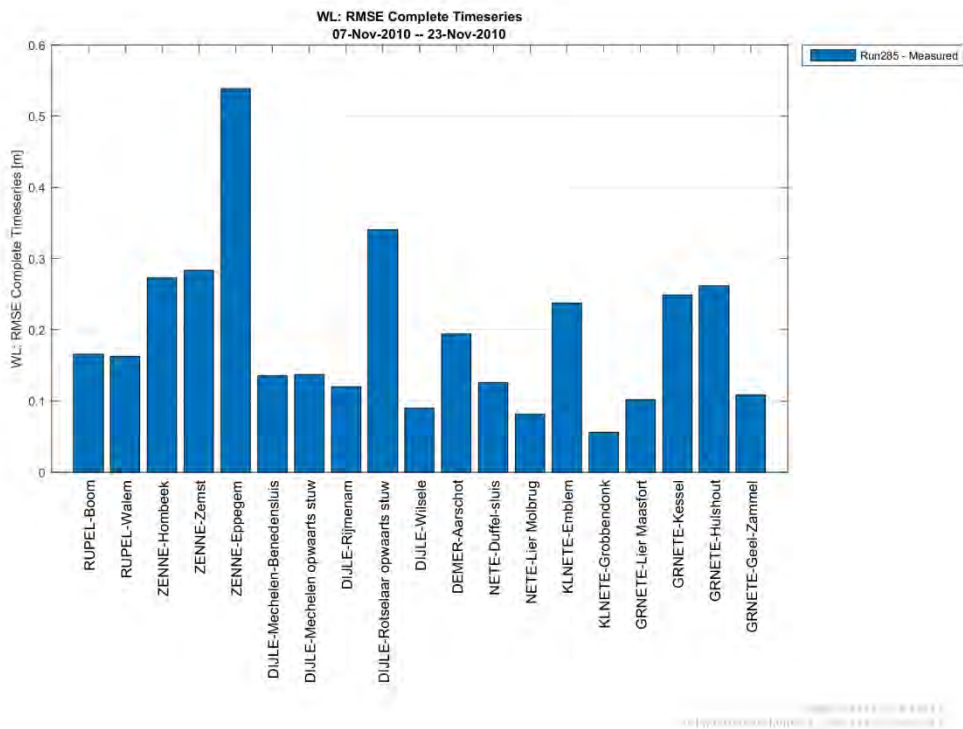
Figuur D 55 – RMSE laagwaters (model-meting) – nov2010 – Boven-Zeeschelde en Durme



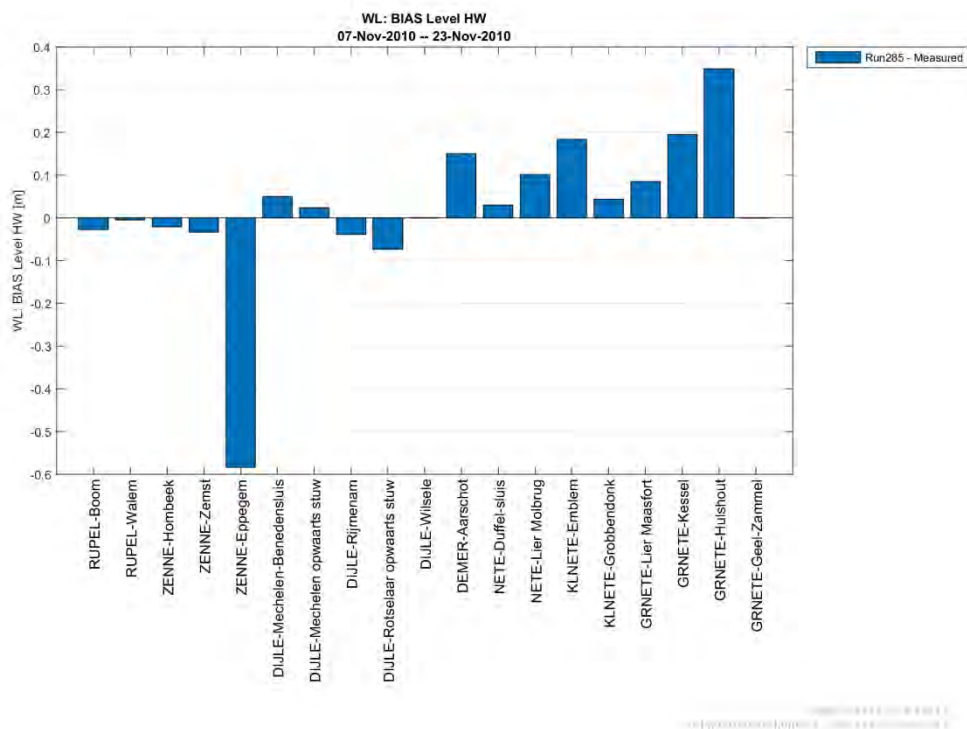
Figuur D 56 - bias waterpeilen (model-meting) – nov2010 – Rupelbekken



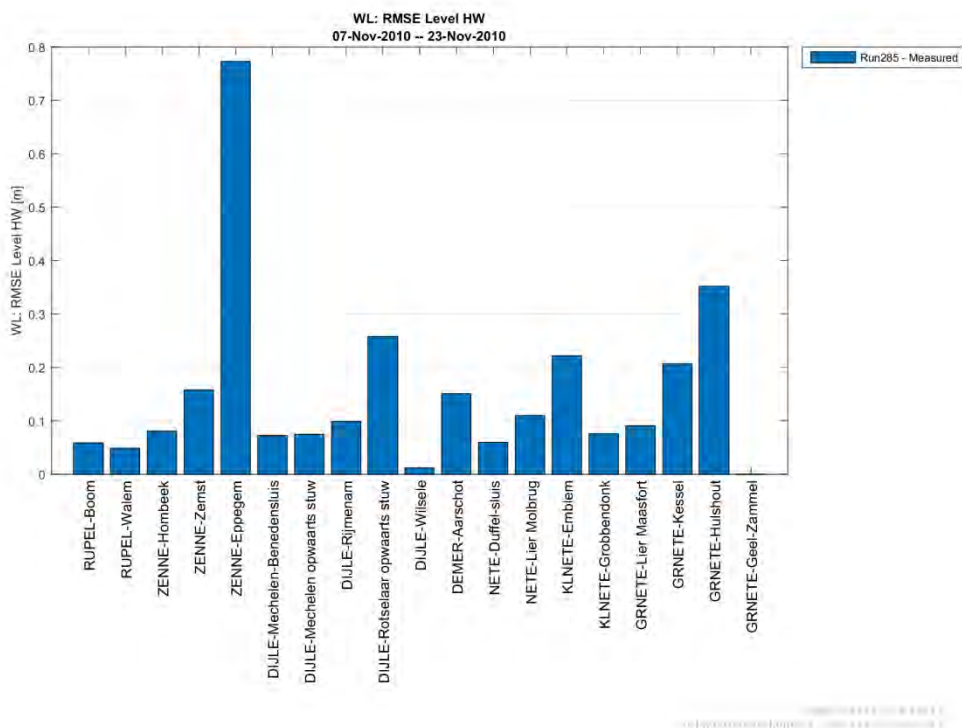
Figuur D 57 - RMSE waterpeilen (model-meting) – nov2010 – Rupelbekken



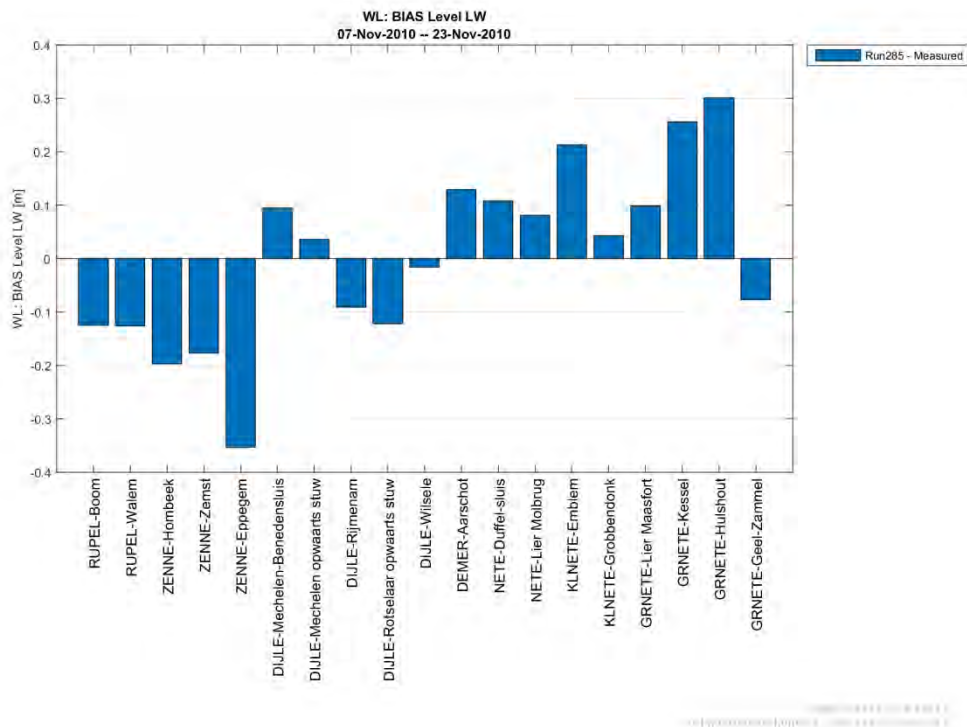
Figuur D 58 - bias hoogwaters (model-meting) – nov2010 – Rupelbekken



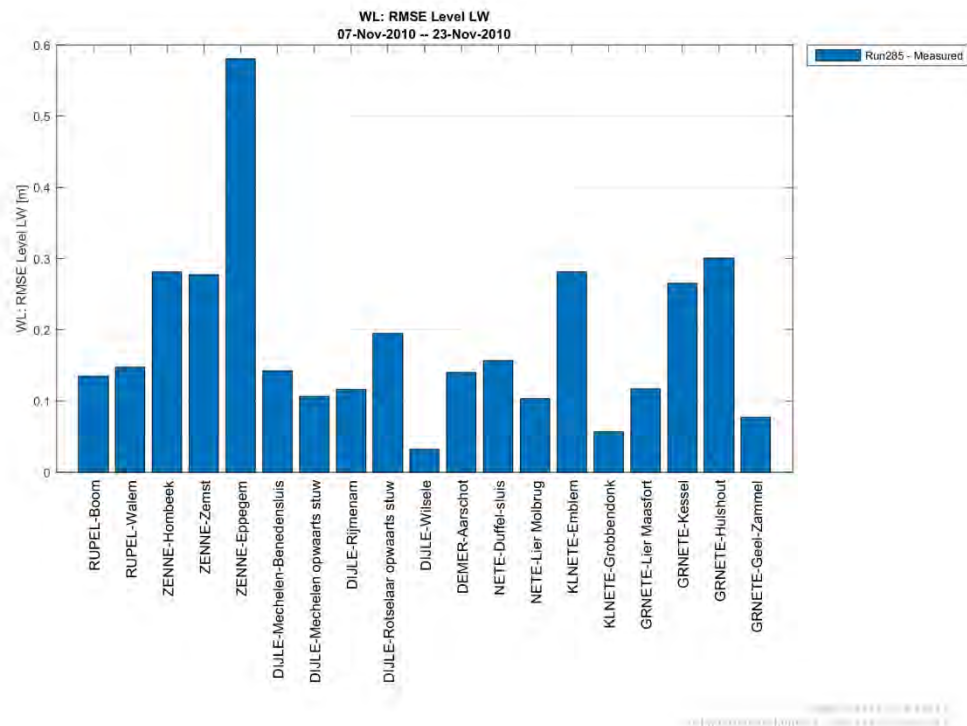
Figuur D 59 - RMSE hoogwaters (model-meting) – nov2010 – Rupelbekken



Figuur D 60 - bias laagwaters (model-meting) – nov2010 – Rupelbekken



Figuur D 61 – RMSE laagwaters (model-meting) – nov2010 – Rupelbekken



Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil

Tabel D 3 - Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil – nov2010 – Westerschelde, Zeeschelde en Durme

Nov2010							
		Amplitude M2					Vectorieel verschil
Rivier	Meetpost	Meting		Run285		Vershil Run285-meting	Run285 vs meting
		Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	[m]
Westerschelde	Vlissingen	1.72	0.02	1.72	0.02	0.00	0.02
	Terneuzen	1.87	0.02	1.87	0.02	0.01	0.09
	Hansweert	1.99	0.02	2.01	0.02	0.02	0.14
	Bath	2.15	0.02	2.15	0.02	0.00	0.14
Beneden-Zeeschelde	Prosperpolder	2.15	0.02	2.18	0.02	0.03	0.18
	Zandvliet	2.17	0.02	2.19	0.02	0.02	0.17
	Liefkenshoek	2.22	0.02	2.23	0.02	0.00	0.23
	Kallo	2.27	0.03	2.26	0.02	0.01	0.24
	Antwerpen	2.28	0.02	2.28	0.02	0.00	0.29
	Hemiksem	2.31	0.02	2.30	0.02	0.01	0.32
Boven-Zeeschelde	Temse	2.26	0.02	2.28	0.02	0.03	0.41
	Sint-Amands	2.09	0.02	2.10	0.03	0.01	0.38
	Dendermonde	1.59	0.02	1.64	0.02	0.05	0.34
	Schoonaarde	1.21	0.02	1.24	0.02	0.03	0.32
	Wetteren	0.92	0.02	1.00	0.02	0.08	0.41
	Melle	0.82	0.03	0.90	0.03	0.08	0.38
Durme	Tielrode	2.23	0.02	2.25	0.03	0.02	0.43
	Waasmunster Manta	0.20*	0.01*	0.22*	0.01*	0.02*	0.39*

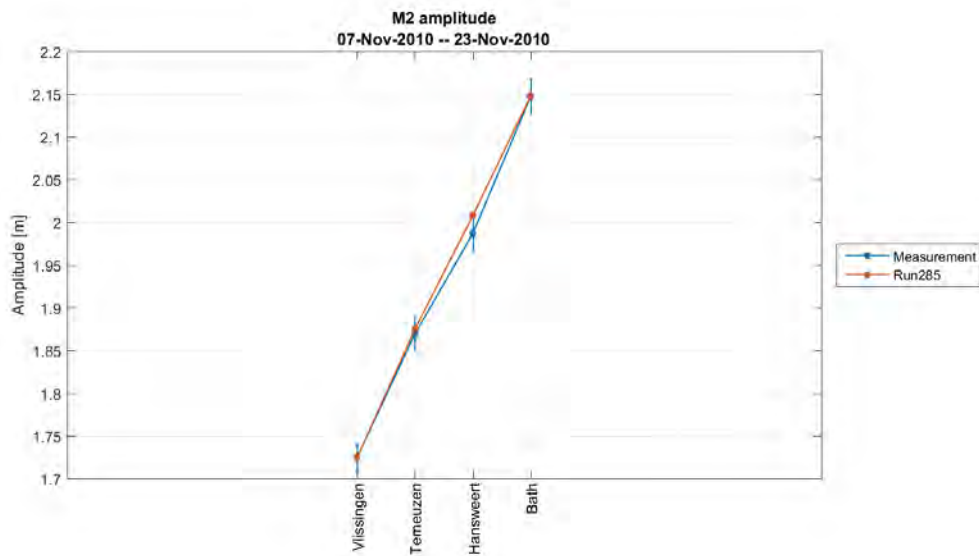
*: waarden niet beschouwd bij analyse kalibratie omwille van onaangepaste bathymetrie in het model.

Tabel D 4 - Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil – nov2010 – Rupelbekken

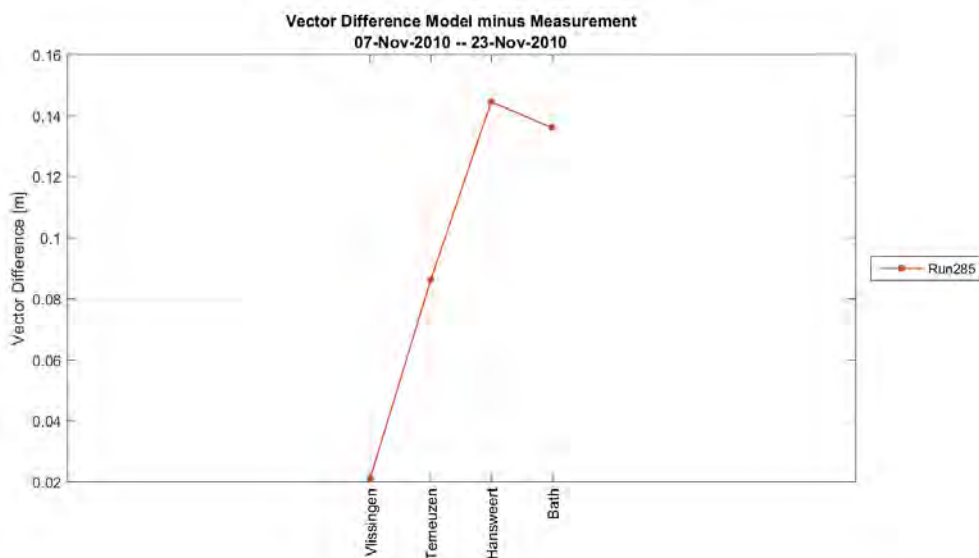
Nov2010							
Rivier	Meetpost	Amplitude M2				Vectorieel verschil	
		Meting		Run285		Verskil Run285-meting	Run285 vs meting
		Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	[m]
Rupel	Boom	2.24	0.02	2.23	0.03	0.01	0.35
	Walem	2.06	0.02	2.07	0.02	0.00	0.36
Zenne	Hombeek	*	*	*	*	*	*
	Zemst	*	*	*	*	*	*
	Epegem	*	*	*	*	*	*
Dijle	Mechelen-Benedensluis	1.46	0.02	1.40	0.02	0.06	0.26
	Mechelen opwaarts stuw	0.80	0.03	0.74	0.03	0.06	0.25
	Rijmenam	0.18	0.01	0.16	0.01	0.01	0.16
	Rotselaar opwaarts stuw	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.16
	Wilsele	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.08
Demer	Aarschot	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.19
Beneden-nete	Duffel-sluis	1.59	0.02	1.53	0.02	0.06	0.25
	Lier Molbrug	0.90	0.02	0.87	0.02	0.03	0.15
Kleine Nete	Emblem	0.43	0.01	0.37	0.02	0.06	0.30
	Grobbendonk	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.07
Grote Nete	Lier Maasfort	0.61	0.02	0.58	0.02	0.03	0.17
	Kessel	0.40	0.01	0.36	0.01	0.03	0.34
	Hulshout	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.27
	Geel-Zammel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08

*Laagwaterpeilen langs de Zenne worden niet correct gemeten omwille van de plaatsing van de meetpost in de rivierbedding.

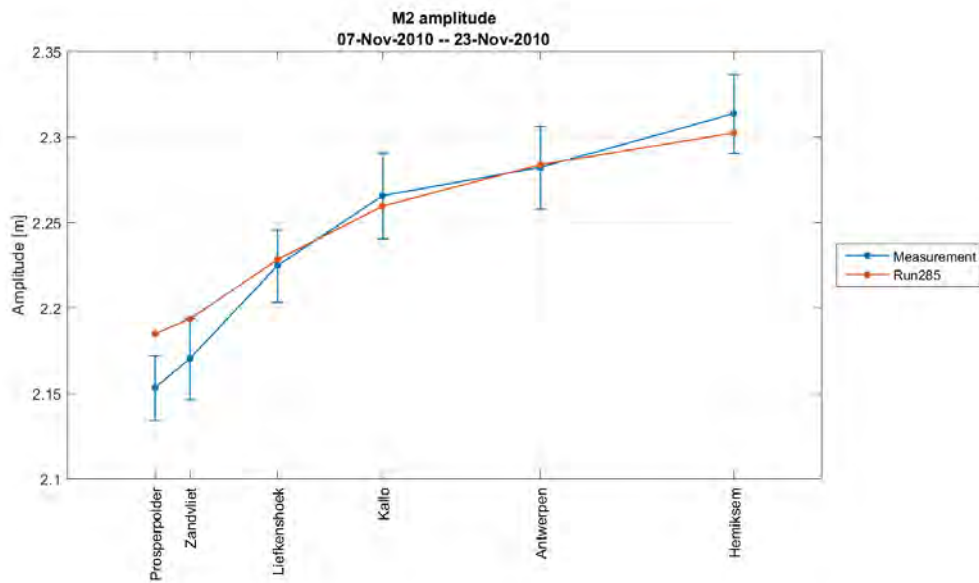
Figuur D 62 - M2 amplitude – nov2010 – Westerschelde



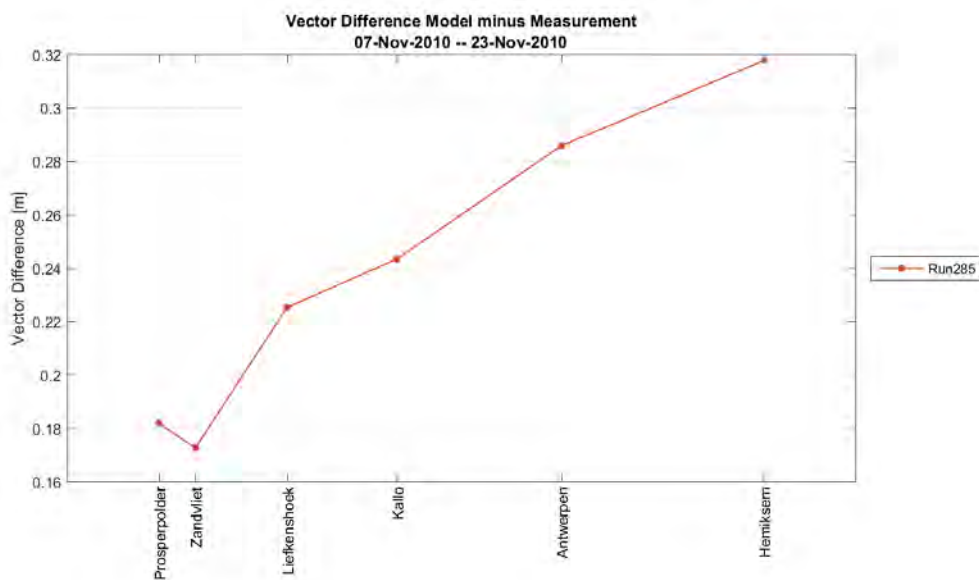
Figuur D 63 – Vectorieel verschil – nov2010 – Westerschelde



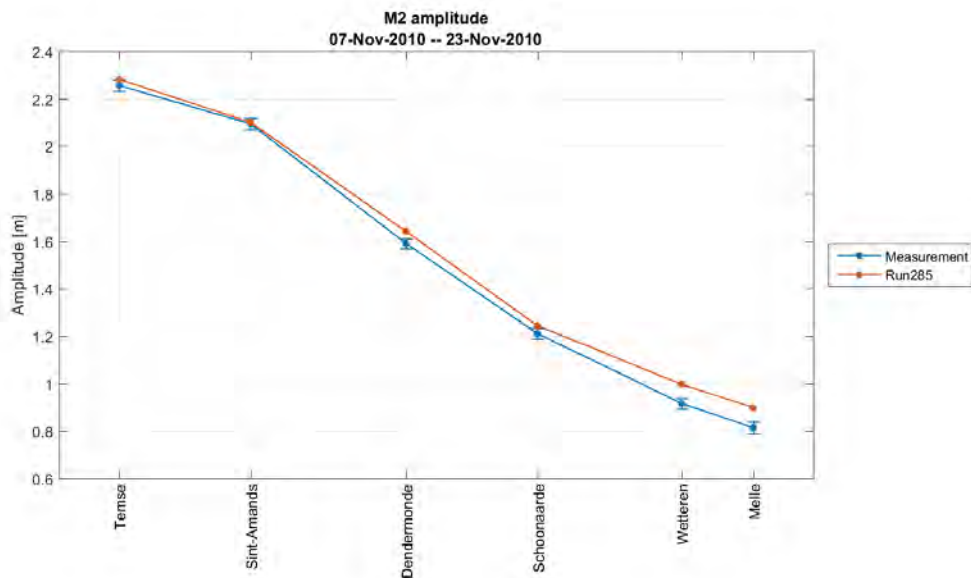
Figuur D 64 - M2 amplitude – nov2010 – Beneden-Zeeschelde



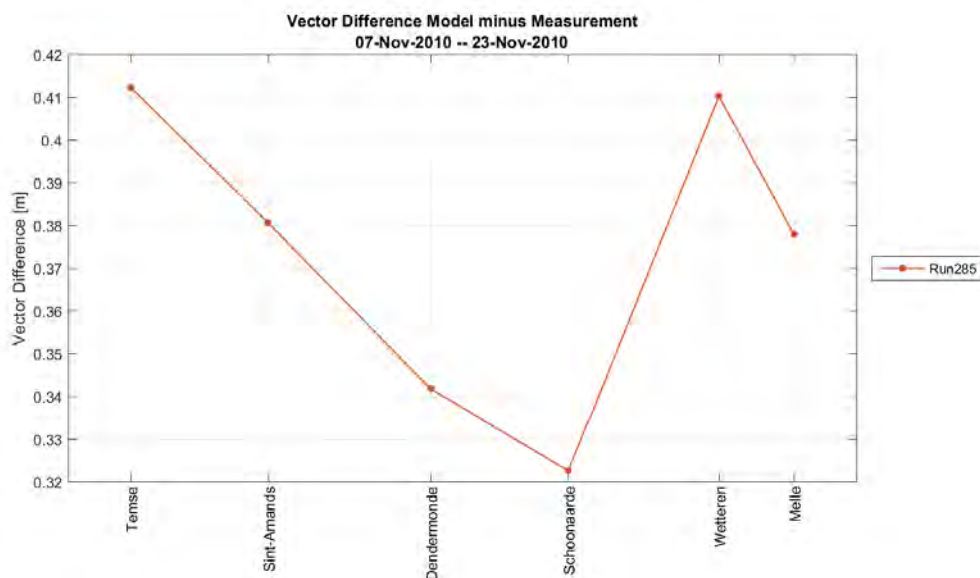
Figuur D 65 – Vectorieel verschil – nov2010 – Beneden-Zeeschelde



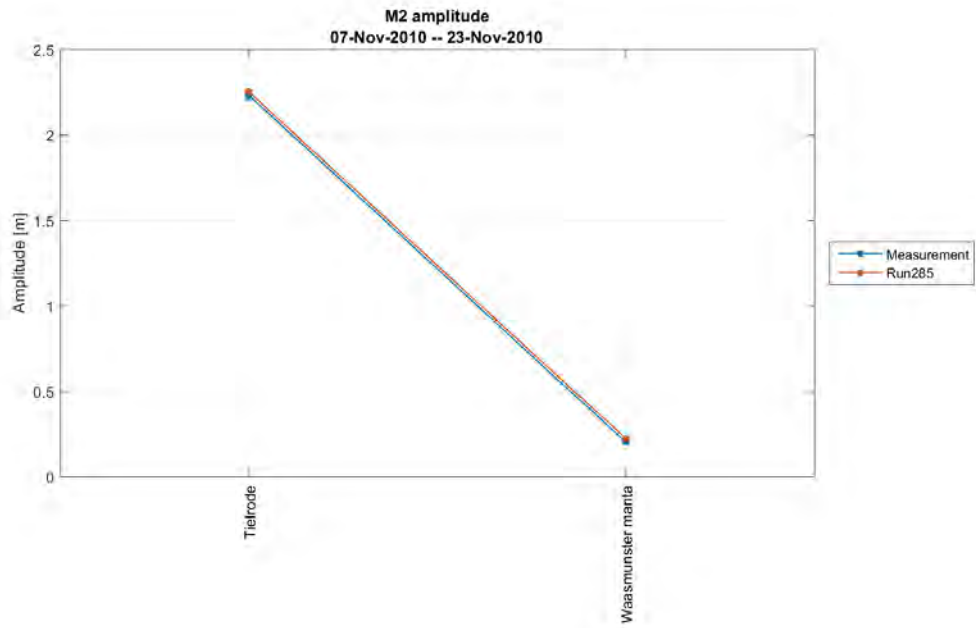
Figuur D 66 - M2 amplitude – nov2010 – Boven-Zeeschelde



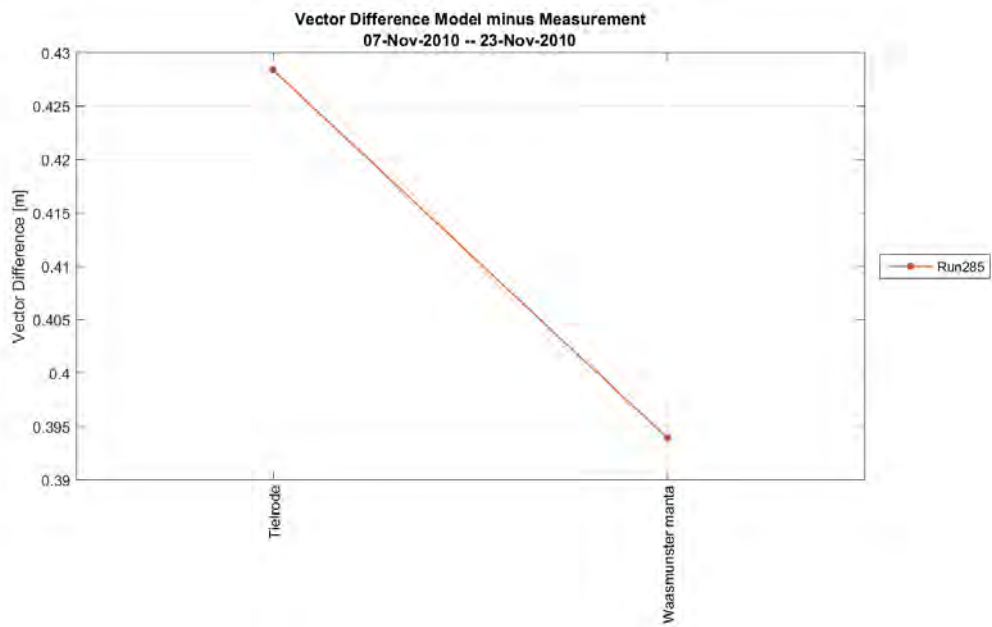
Figuur D 67 – Vectorieel verschil – nov2010 – Boven-Zeeschelde



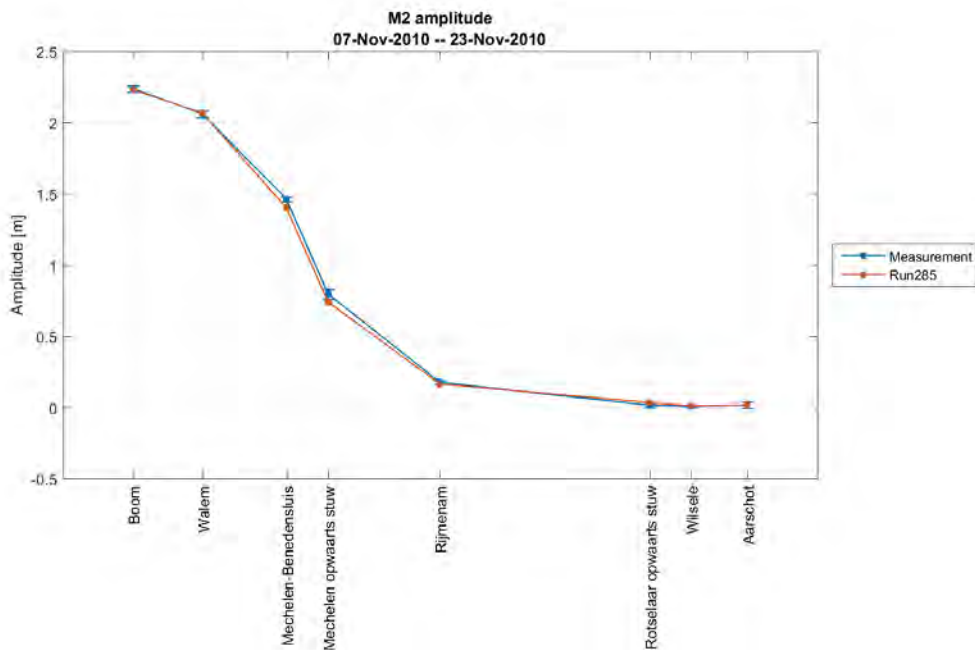
Figuur D 68 - M2 amplitude – nov2010 – Durme



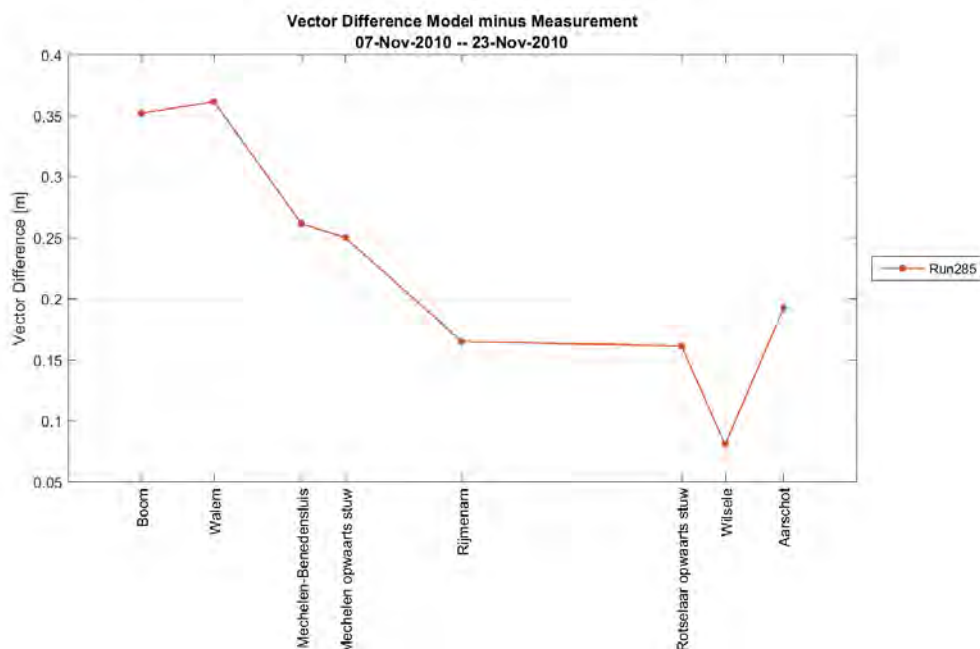
Figuur D 69 – Vectorieel verschil – nov2010 – Durme



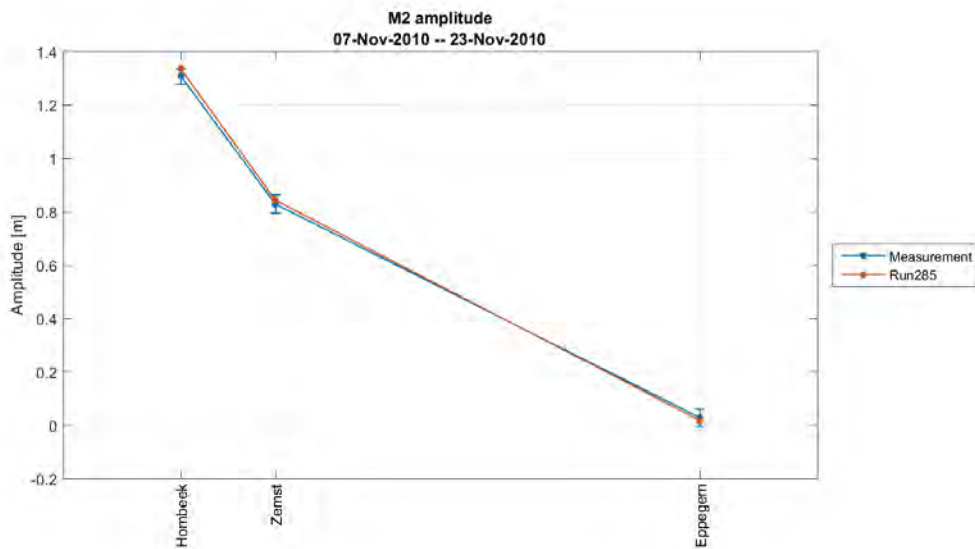
Figuur D 70 - M2 amplitude – nov2010 – Rupel-Dijle-Demer



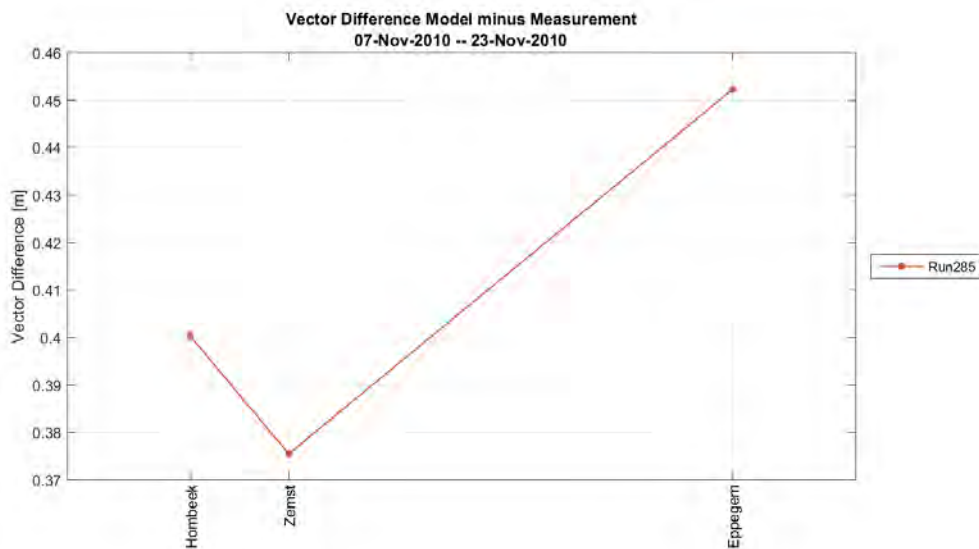
Figuur D 71 – Vectorieel verschil – nov2010 – Rupel-Dijle-Demer



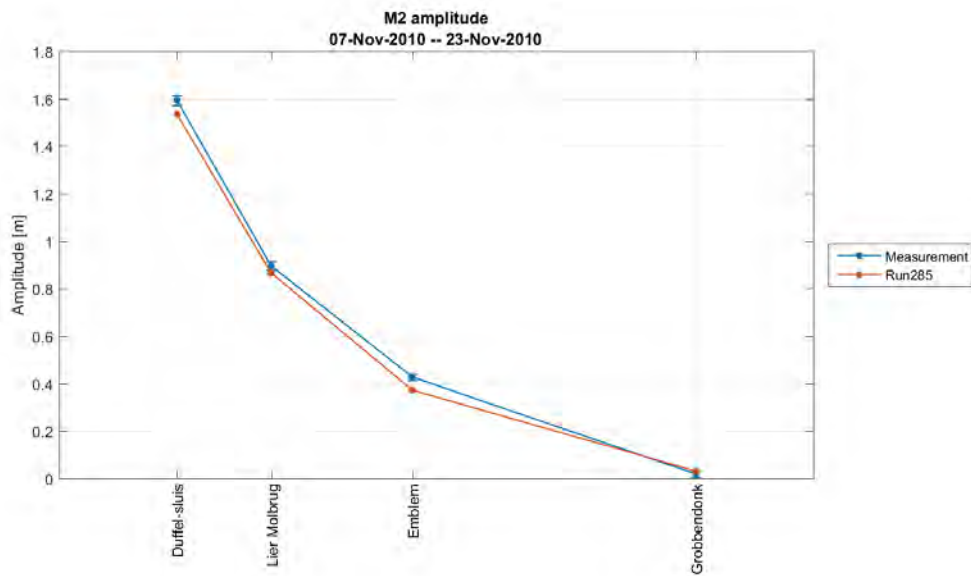
Figuur D 72 - M2 amplitude – nov2010 – Zenne



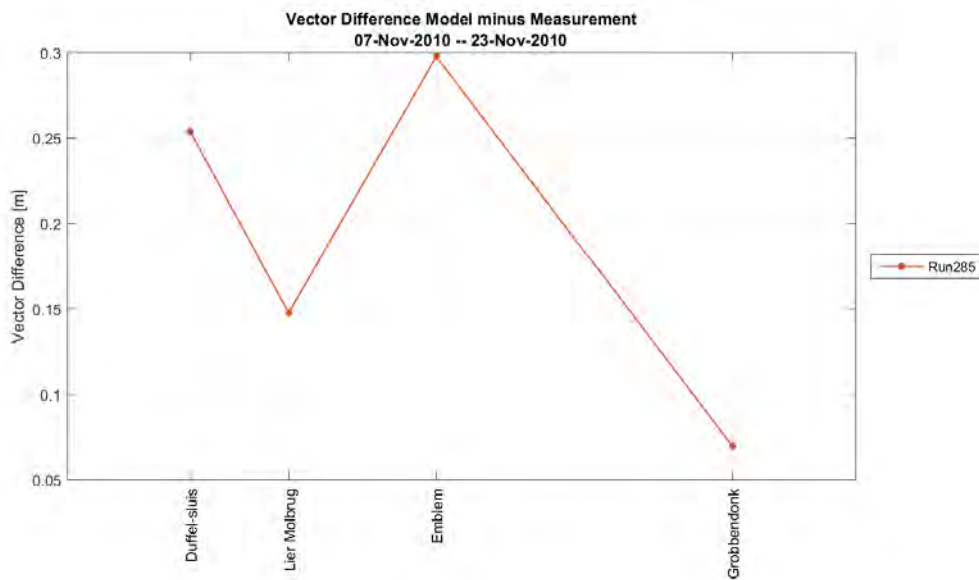
Figuur D 73 – Vectorieel verschil – nov2010 – Zenne



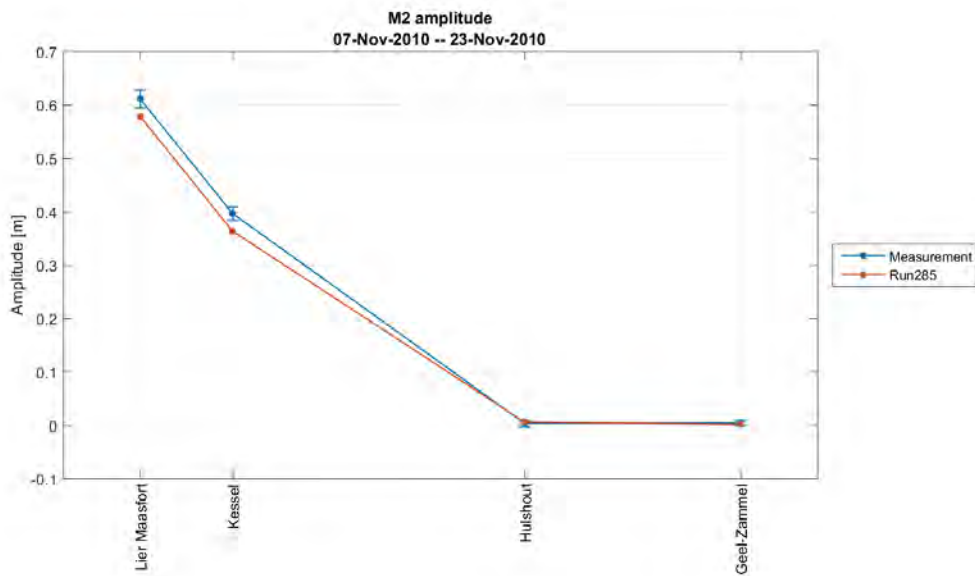
Figuur D 74 - M2 amplitude – nov2010 – Kleine Nete



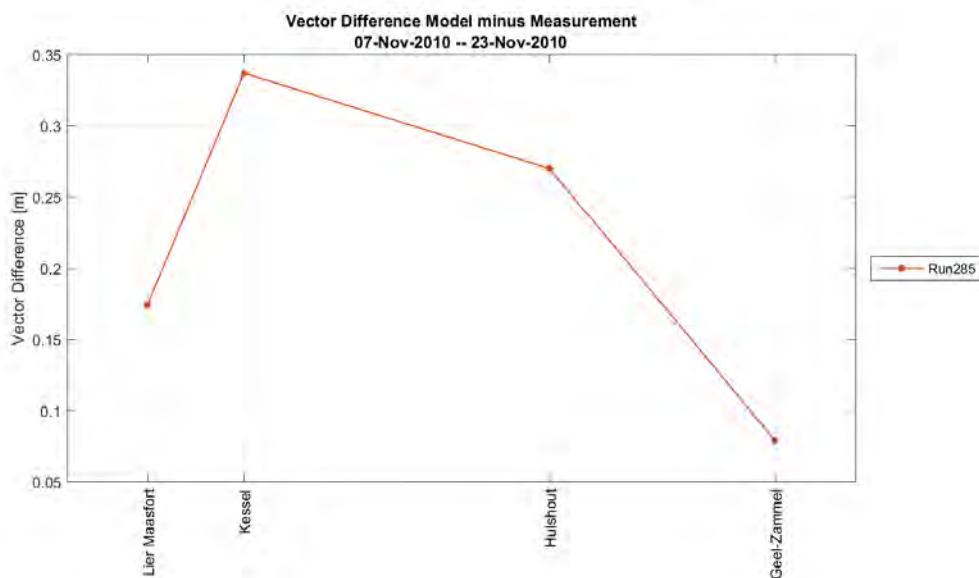
Figuur D 75 – Vectorieel verschil – nov2010 – Kleine Nete



Figuur D 76 - M2 amplitude – nov2010 – Grote Nete



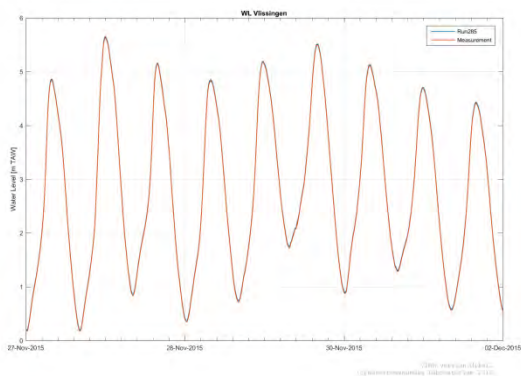
Figuur D 77 – Vectorieel verschil – nov2010 – Grote Nete



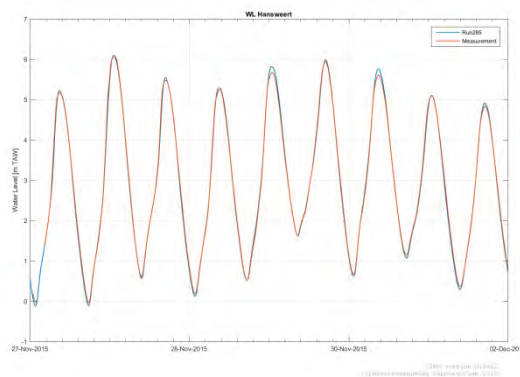
BIJLAGE H.E Modelresultaten nov2015 - storm

Tijdreeksen

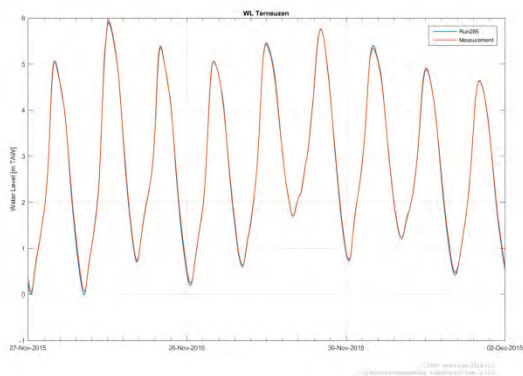
Figuur E 1 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Vlissingen



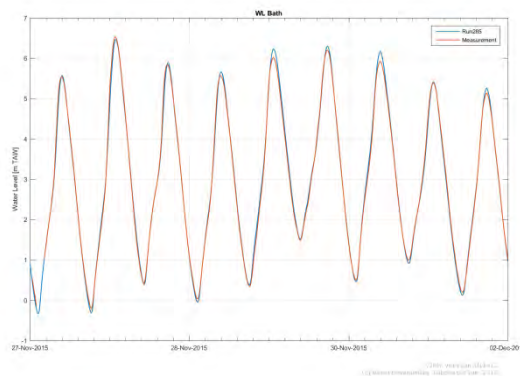
Figuur E 3 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Hansweert



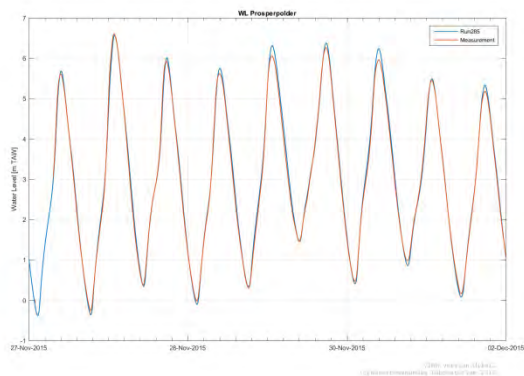
Figuur E 2 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Terneuzen



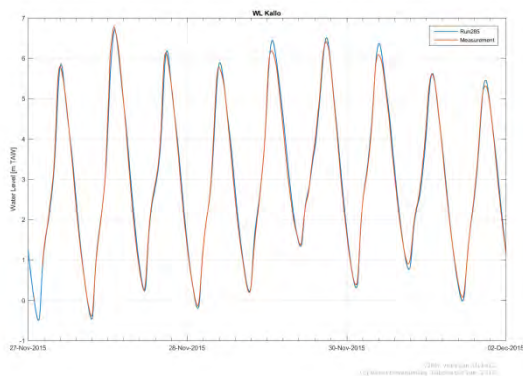
Figuur E 4 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Bath



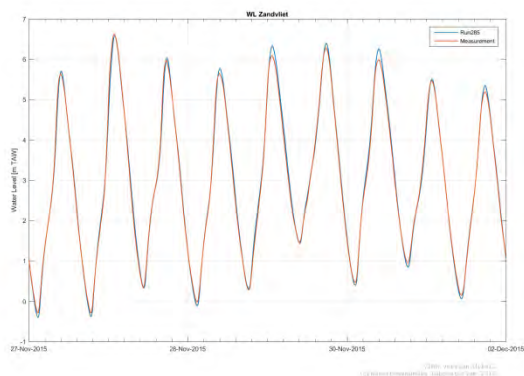
Figuur E 5 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Prosperpolder



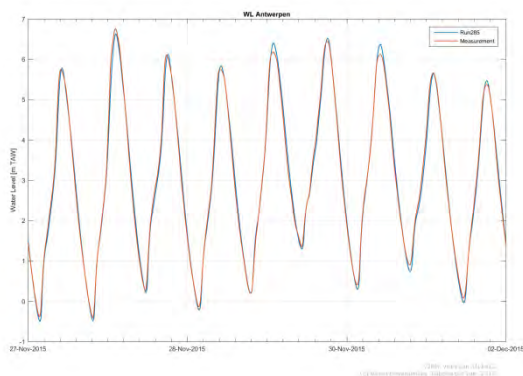
Figuur E 8 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Kallo



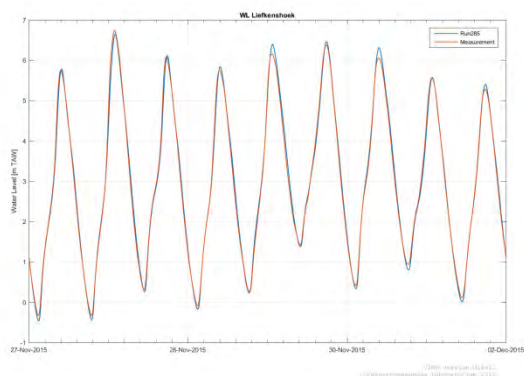
Figuur E 6 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Zandvliet



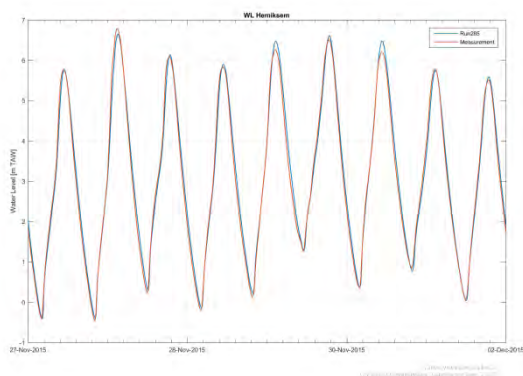
Figuur E 9 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Antwerpen



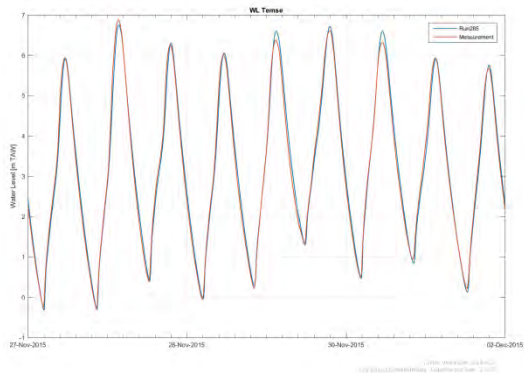
Figuur E 7 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Liefkenshoek



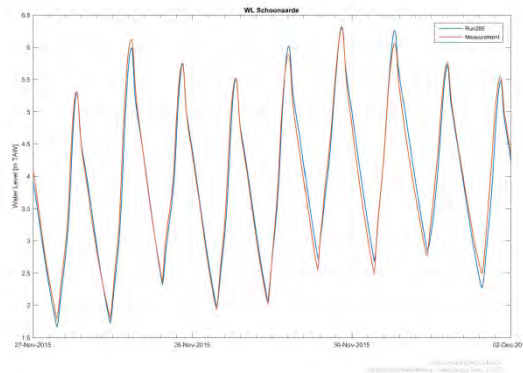
Figuur E 10 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Hemiksem



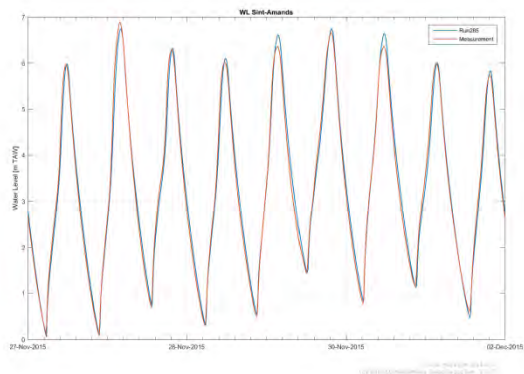
Figuur E 11 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Temse



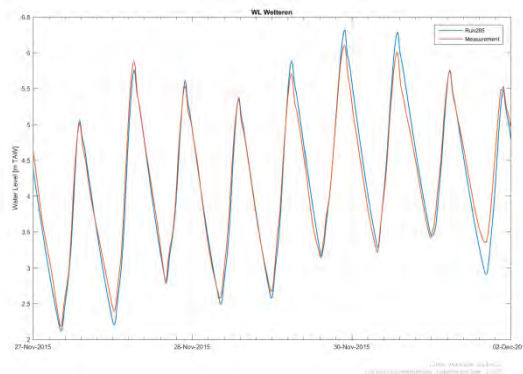
Figuur E 14 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Schoonaarde



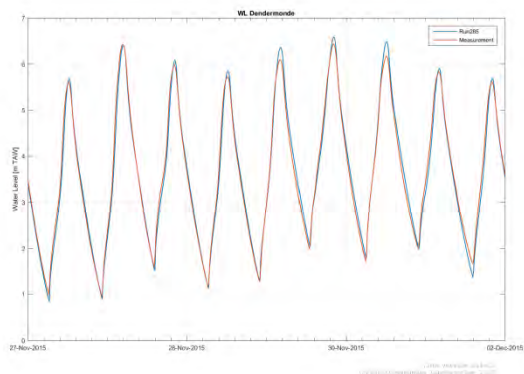
Figuur E 12 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 – Sint-Amands



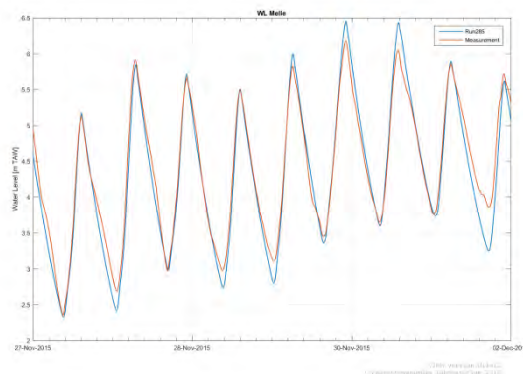
Figuur E 15 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Wetteren



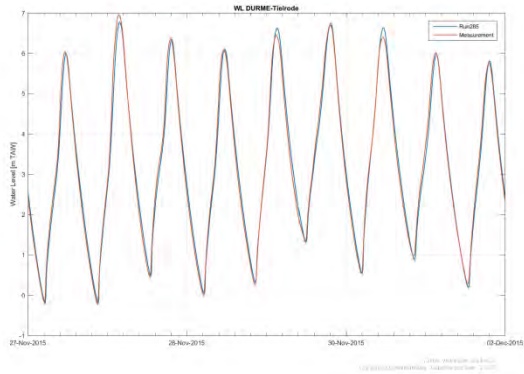
Figuur E 13 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Dendermonde



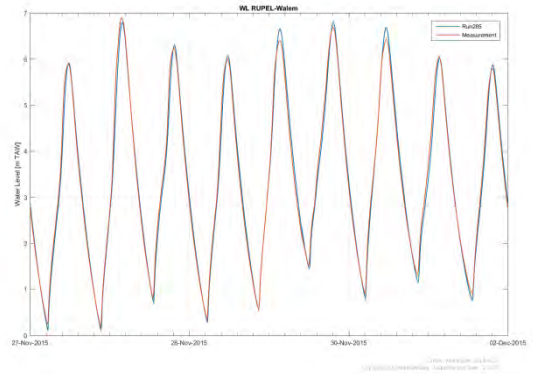
Figuur E 16 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Melle



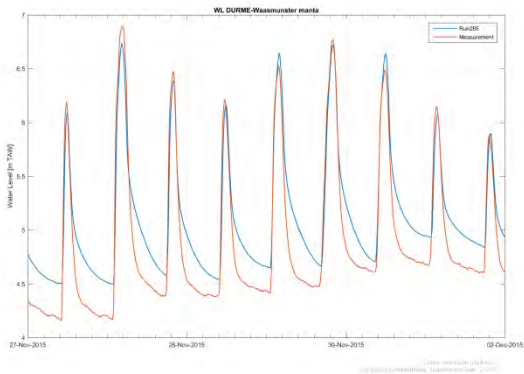
Figuur E 17 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Tielrode



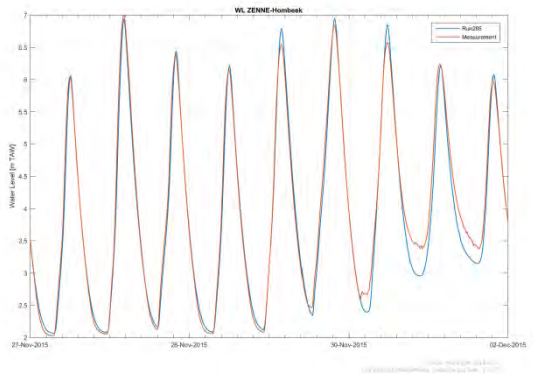
Figuur E 20 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Walem



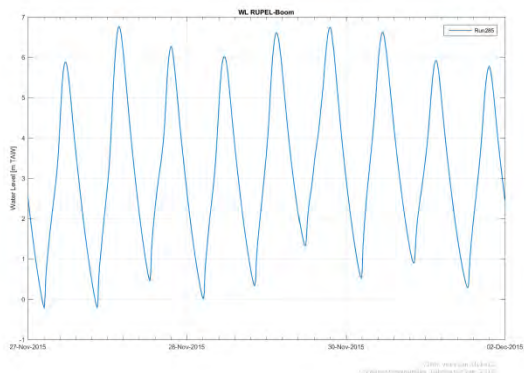
Figuur E 18 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 – Waasmunster Manta



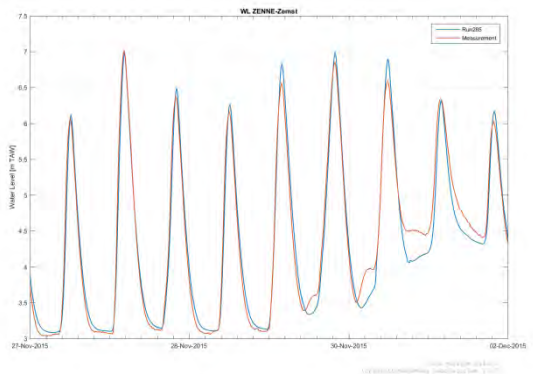
Figuur E 21 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Hombeek



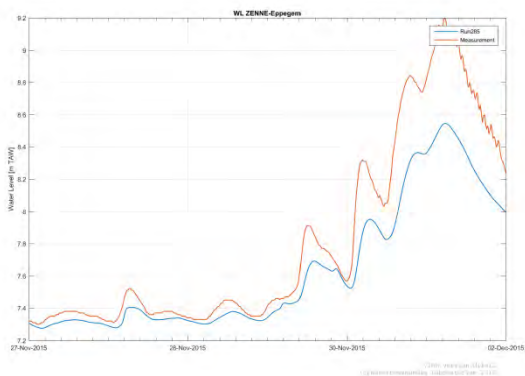
Figuur E 19 - Gemodelleerde waterpeilen – nov2015 - Boom



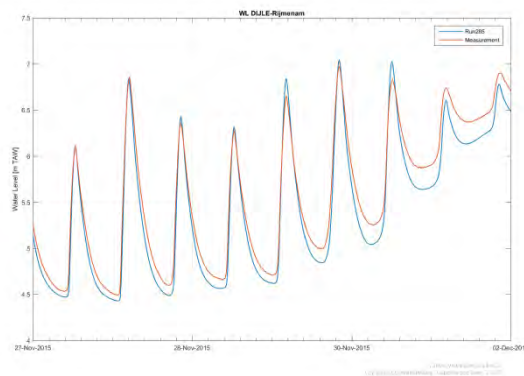
Figuur E 22 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Zemst



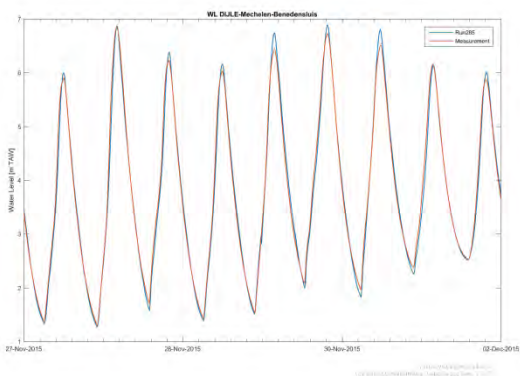
Figuur E 23 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Epegem



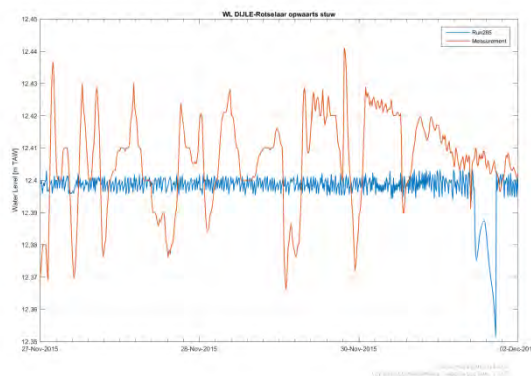
Figuur E 26 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Rijmenam



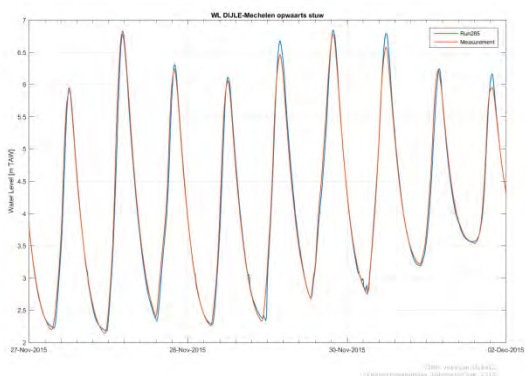
Figuur E 24 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 – Mechelen-Benedensluis



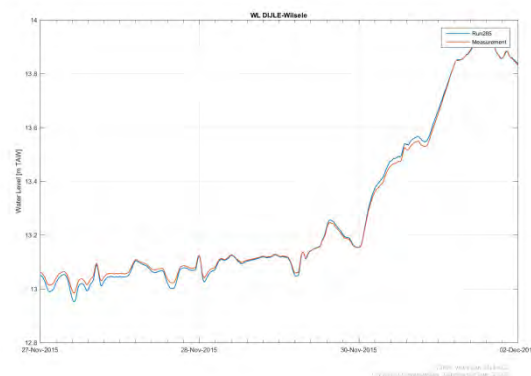
Figuur E 27 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 – Rotselaar opwaarts stuw



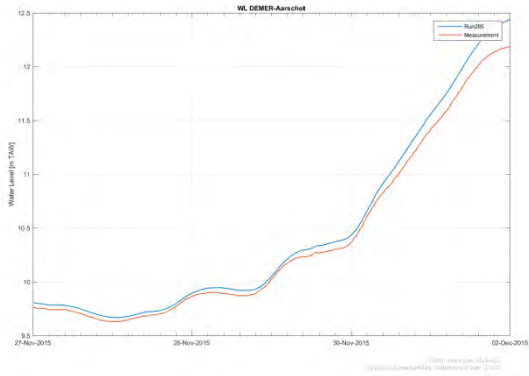
Figuur E 25 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 – Mechelen opwaarts stuw



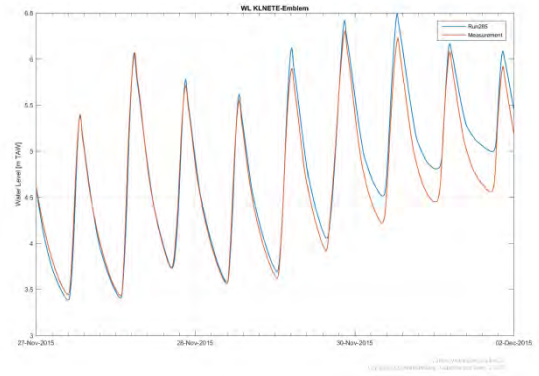
Figuur E 28 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Wilsele



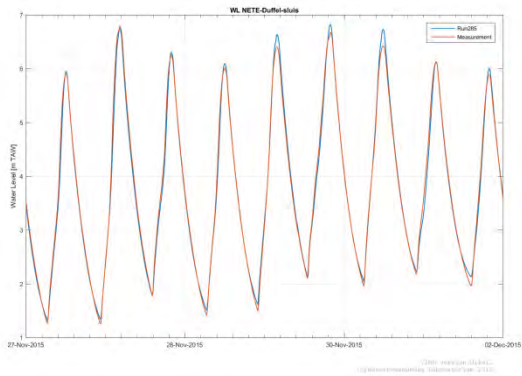
Figuur E 29 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Aarschot



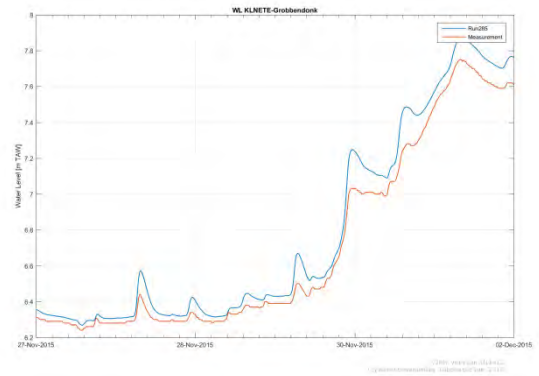
Figuur E 32 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Emblem



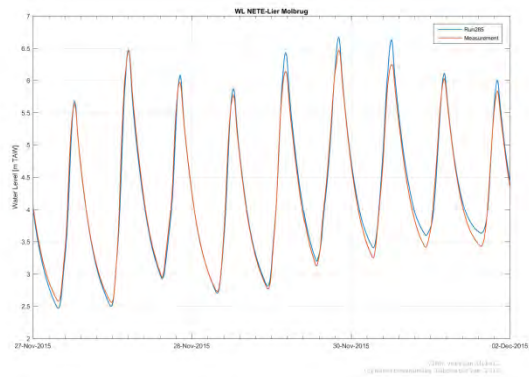
Figuur E 30 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 – Duffel-sluis



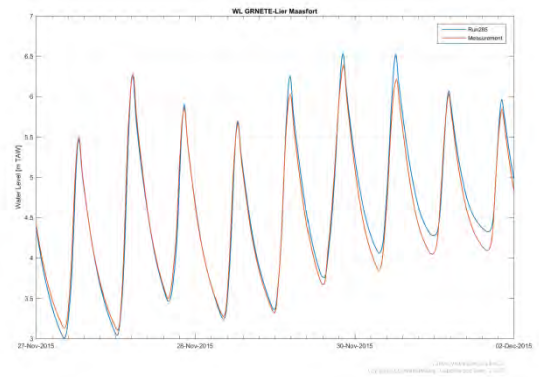
Figuur E 33 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Grobbendonk



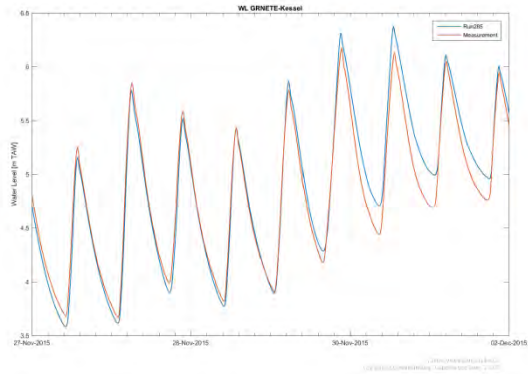
Figuur E 31 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 – Lier Molbrug



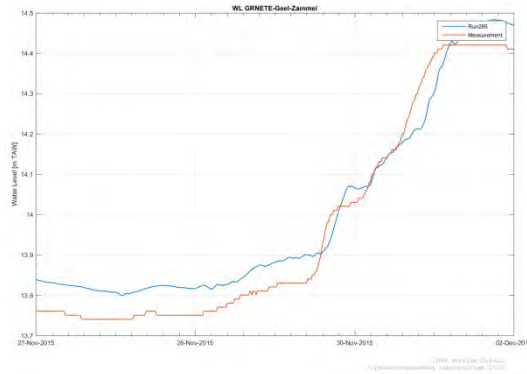
Figuur E 34 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 – Lier Maastfort



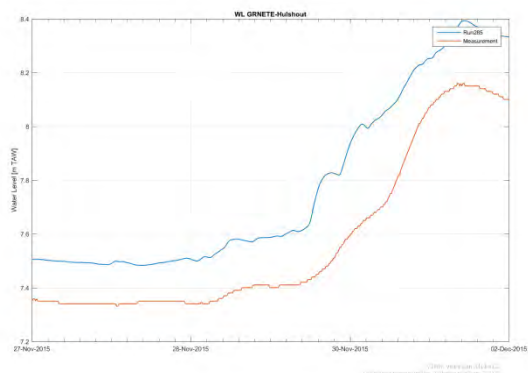
Figuur E 35 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Kessel



Figuur E 37 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 – Geel-Zammel



Figuur E 36 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – nov2015 - Hulshout



Statistische parameters tijdreeksen (TS), HW en LW

Tabel E 1 – Statistische parameters voor tijdreeksen waterpeilen, hoogwaters en laagwaters – nov2015 – Westerschelde, Zeeschelde en Durme

Nov2015							
Rivier	Meetpost	bias TS	RMSE TS	bias HW	RMSE HW	bias LW	RMSE LW
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Westerschelde	Vlissingen	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	Terneuzen	-0.02	0.05	0.00	0.03	-0.03	0.04
	Hansweert	-0.02	0.07	0.07	0.08	-0.05	0.06
	Bath	0.01	0.09	0.09	0.13	-0.04	0.06
Beneden-Zeeschelde	Prosperpolder	0.04	0.11	0.13	0.16	-0.05	0.07
	Zandvliet	0.02	0.10	0.12	0.15	-0.06	0.08
	Liefkenshoek	0.01	0.12	0.09	0.14	-0.08	0.09
	Kallo	0.02	0.13	0.11	0.15	-0.06	0.07
	Antwerpen	-0.02	0.14	0.07	0.13	-0.09	0.10
	Hemiksem	0.05	0.19	0.07	0.13	0.02	0.06
Boven-Zeeschelde	Temse	0.02	0.18	0.07	0.14	-0.03	0.06
	Sint-Amands	0.02	0.19	0.08	0.15	-0.02	0.06
	Dendermonde	-0.01	0.16	0.14	0.17	-0.06	0.12
	Schoonaarde	-0.02	0.17	0.02	0.10	0.00	0.13
	Wetteren	-0.02	0.17	0.09	0.15	-0.09	0.17
	Melle	-0.08	0.20	0.12	0.18	-0.18	0.26
Durme	Tielrode	0.00	0.20	0.03	0.12	-0.01	0.05
	Waasmunster Manta	0.22	0.29	0.02	0.02	0.23	0.24

Tabel E 2 – Statistische parameters voor tijdreeksen waterpeilen, hoogwaters en laagwaters – nov2015 – Rupelbekken

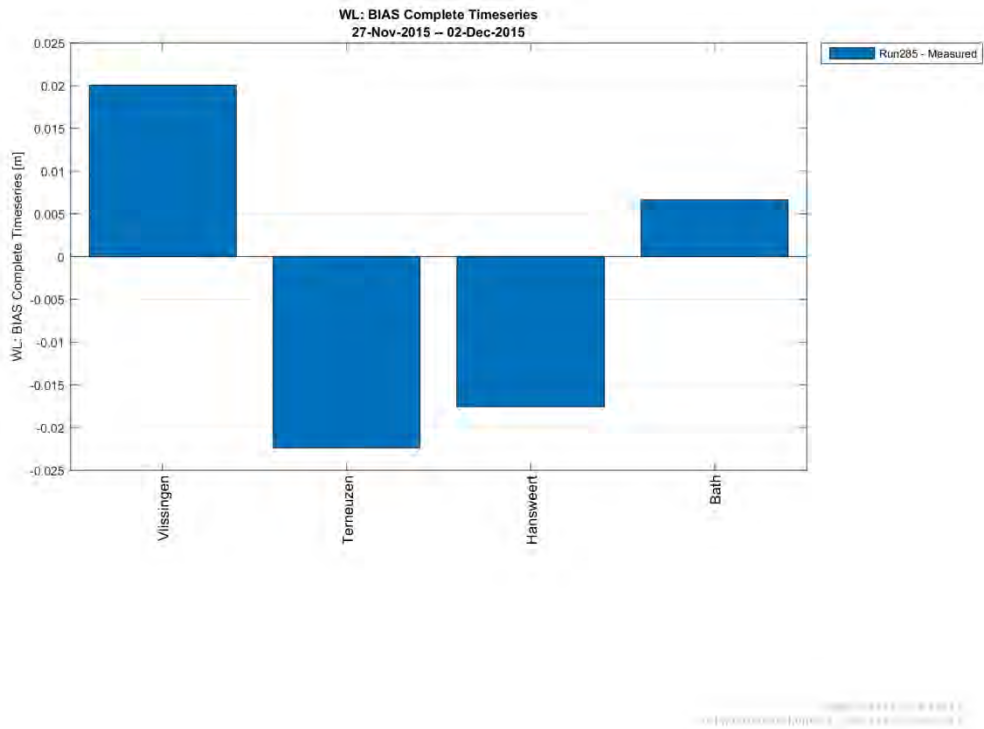
Nov2015							
Rivier	Meetpost	bias TS	RMSE TS	bias HW	RMSE HW	bias LW	RMSE LW
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Rupel	Boom	**	**	**	**	**	**
	Walem	-0.02	0.17	0.08	0.14	-0.10	0.11
Zenne	Hombeek	*	*	0.08	0.14	*	*
	Zemst	*	*	0.14	0.17	*	*
	Eppegem	*	*	-0.22*	0.27*	*	*
Dijle	Mechelen-Benedensluis	-0.03	0.14	0.15	0.18	-0.07	0.09
	Mechelen opwaarts stuw	-0.03	0.13	0.08	0.12	0.01	0.03
	Rijmenam	-0.14	0.16	0.04	0.14	-0.11	0.12
	Rotselaar opwaarts stuw	-0.01	0.02	-0.03	0.03	0.00	0.02
	Wilsele	0.00	0.01	0.00	0.01	-0.01	0.02
Demer	Aarschot	0.08	0.10	0.04	0.04	0.04	0.04
Benedennete	Duffel-sluis	-0.02	0.11	0.11	0.15	0.08	0.09
	Lier Molbrug	0.02	0.11	0.15	0.19	0.05	0.12
Kleine Nete	Emblem	0.10	0.18	0.20	0.21	0.14	0.22
	Grobendonk	0.08	0.09	0.12	0.14	0.07	0.08
Grote Nete	Lier Maasfort	0.04	0.13	0.10	0.15	0.06	0.14
	Kessel	0.05	0.15	0.16	0.18	0.06	0.16
	Hulshout	0.21	0.22	0.19	0.19	0.16	0.16
	Geel-Zammel	0.04	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07

*Laagwaterpeilen langs de Zenne worden niet correct gemeten omwille van de plaatsing van de meetpost in de rivierbedding.

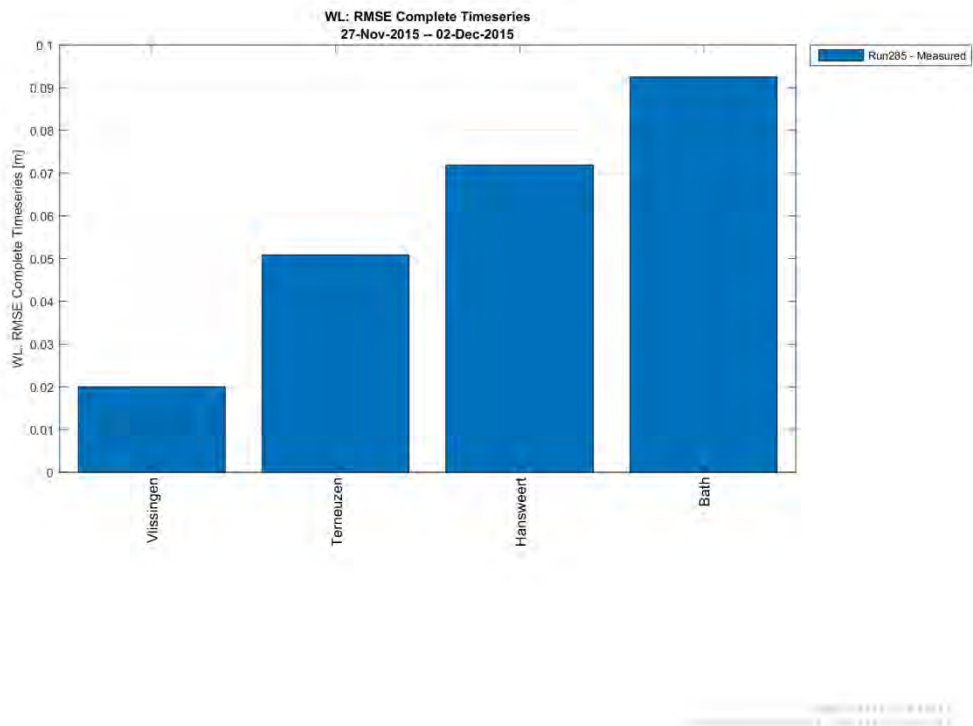
~~x*~~ : waarden niet beschouwd bij analyse kalibratie omwille verouderde bathymetrie in het model.

**Gemeten waterpeilen in Boom ontbreken voor nov2015

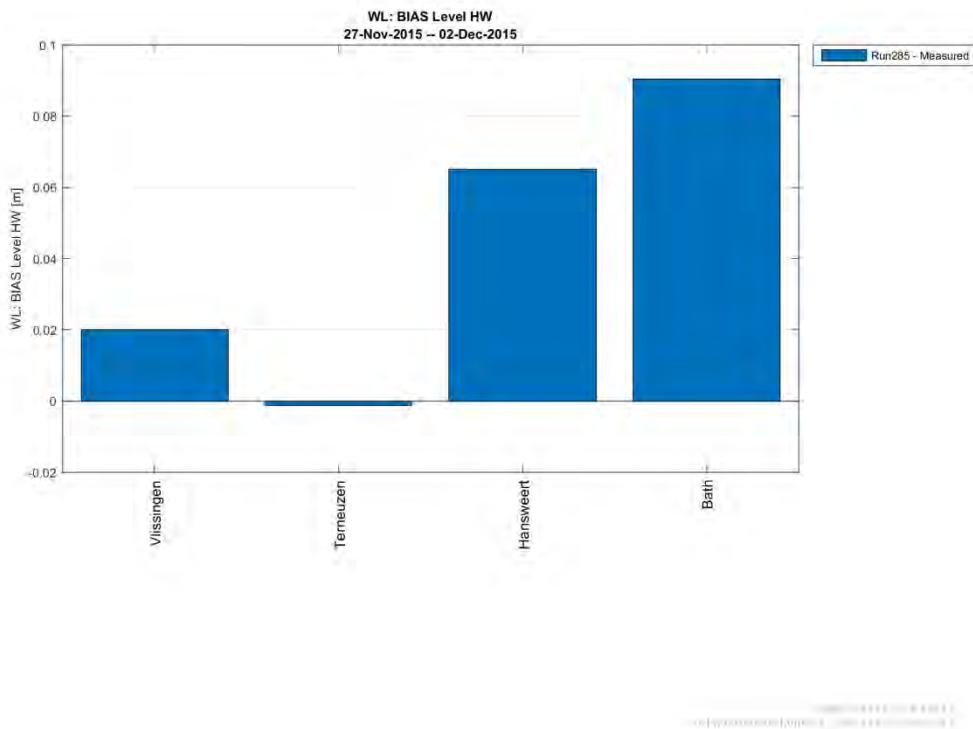
Figuur E 38 - bias waterpeilen (model-meting) – nov2015 - Westerschelde



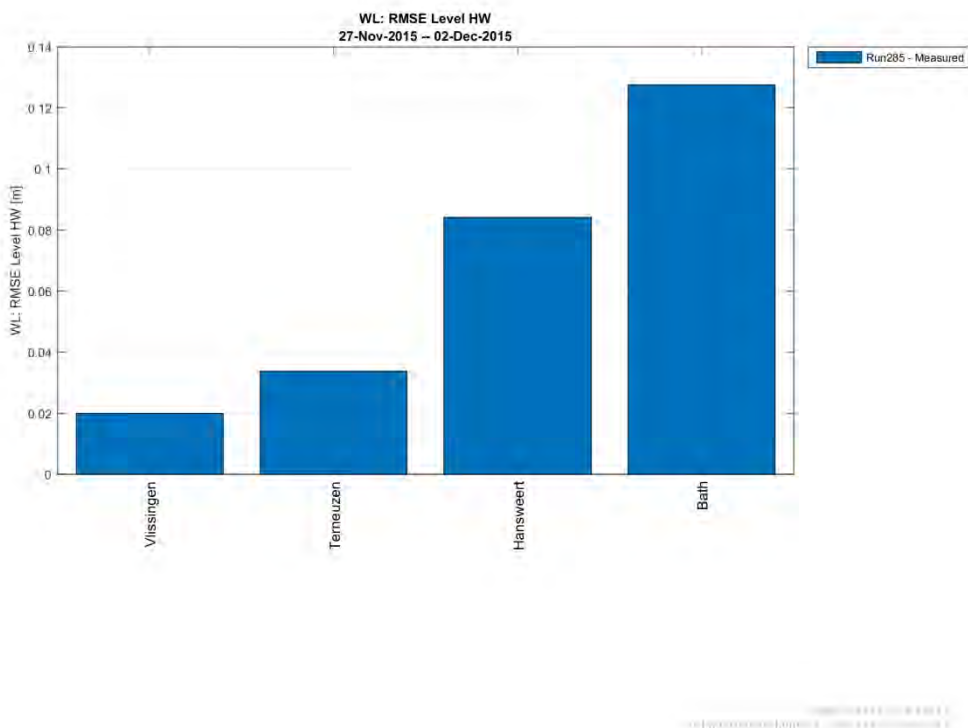
Figuur E 39 - RMSE waterpeilen (model-meting) – nov2015 - Westerschelde



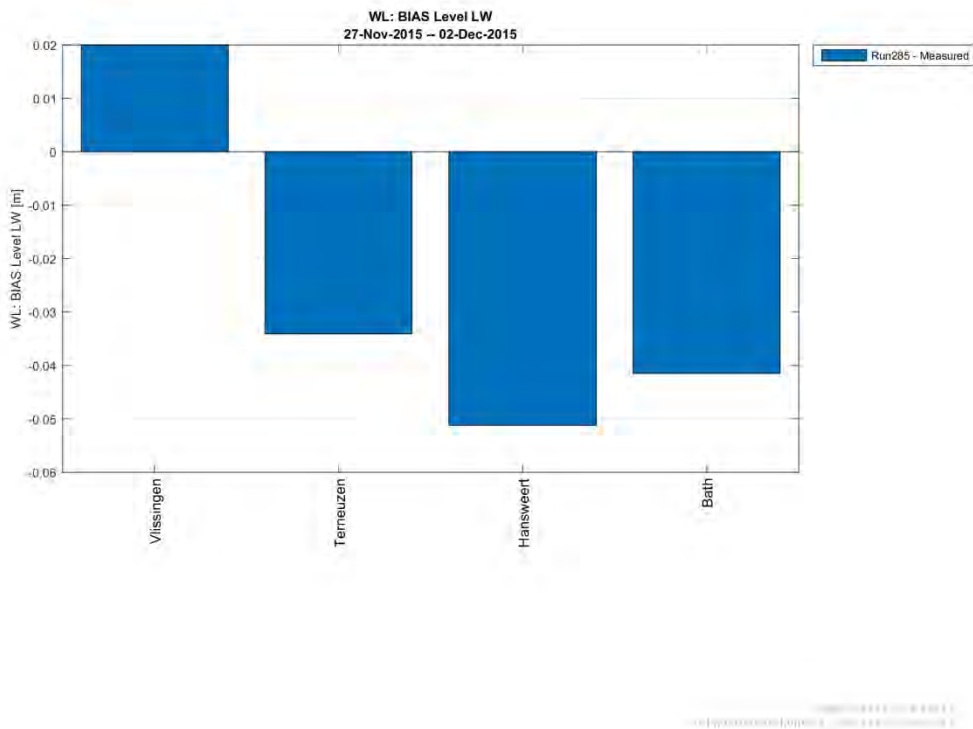
Figuur E 40 - bias hoogwaters (model-meting) – nov2015 – Westerschelde



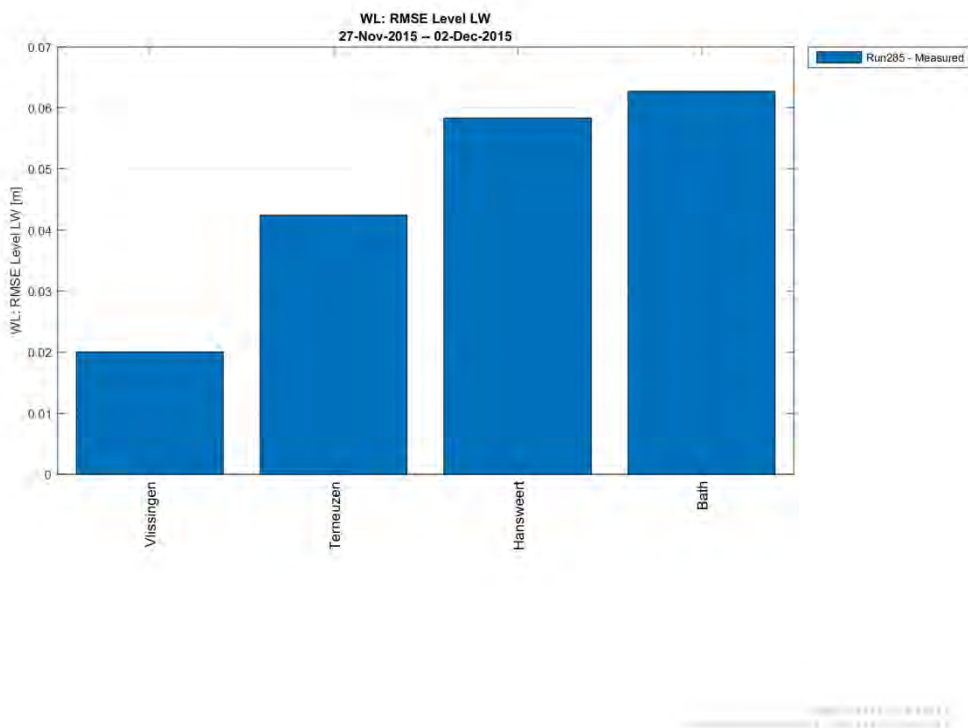
Figuur E 41 - RMSE hoogwaters (model-meting) – nov2015 – Westerschelde



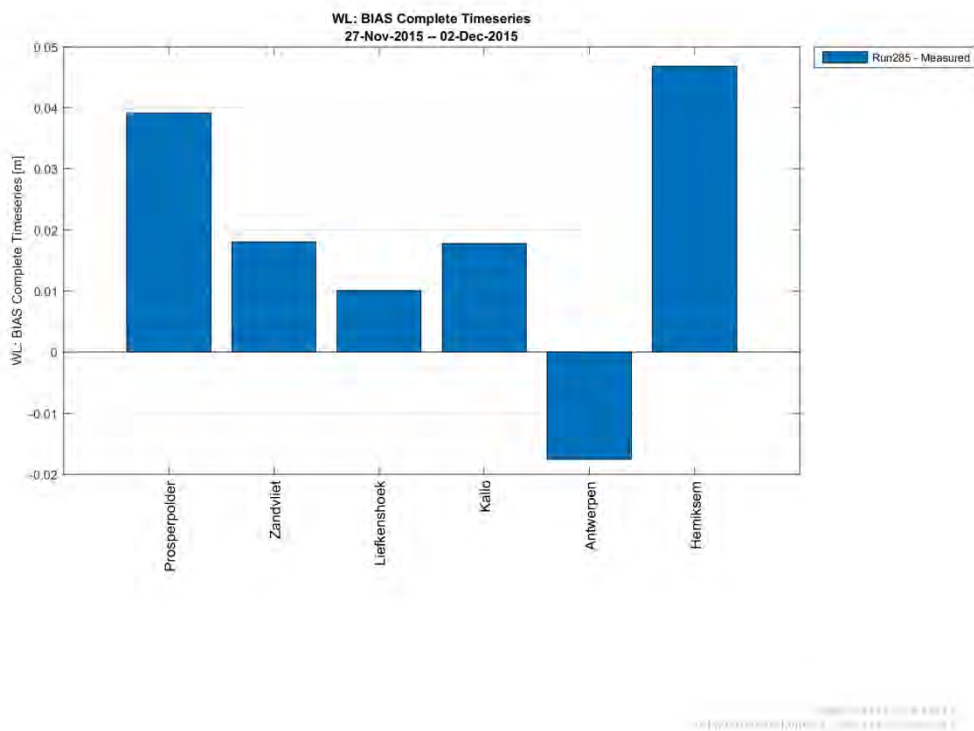
Figuur E 42 - bias laagwaters (model-meting) – nov2015 – Westerschelde



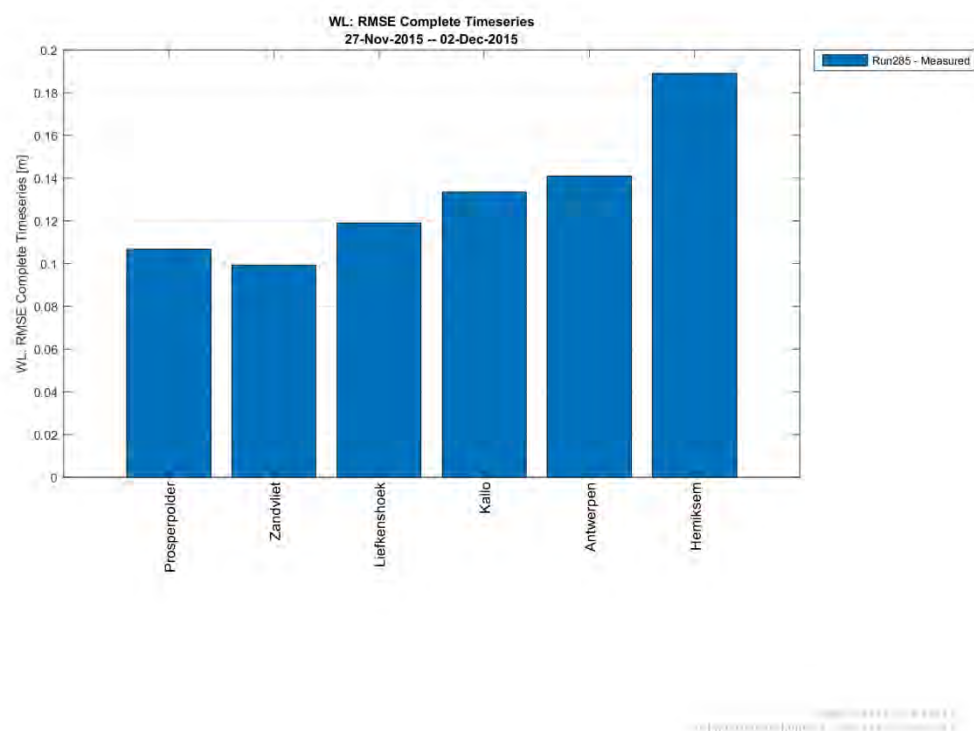
Figuur E 43 - RMSE laagwaters (model-meting) – nov2015 - Westerschelde



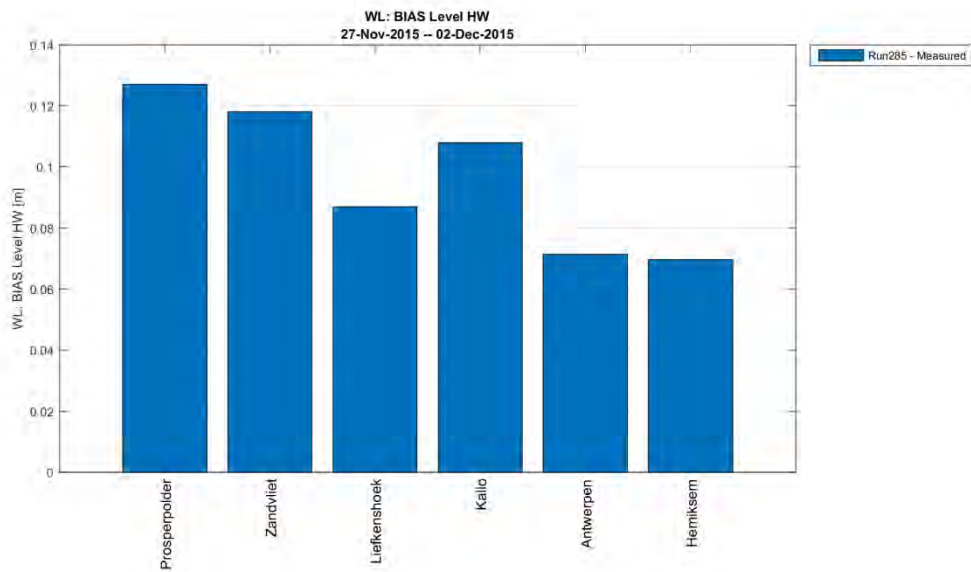
Figuur E 44 - bias waterpeilen (model-meting) – nov2015 – Beneden-Zeeschelde



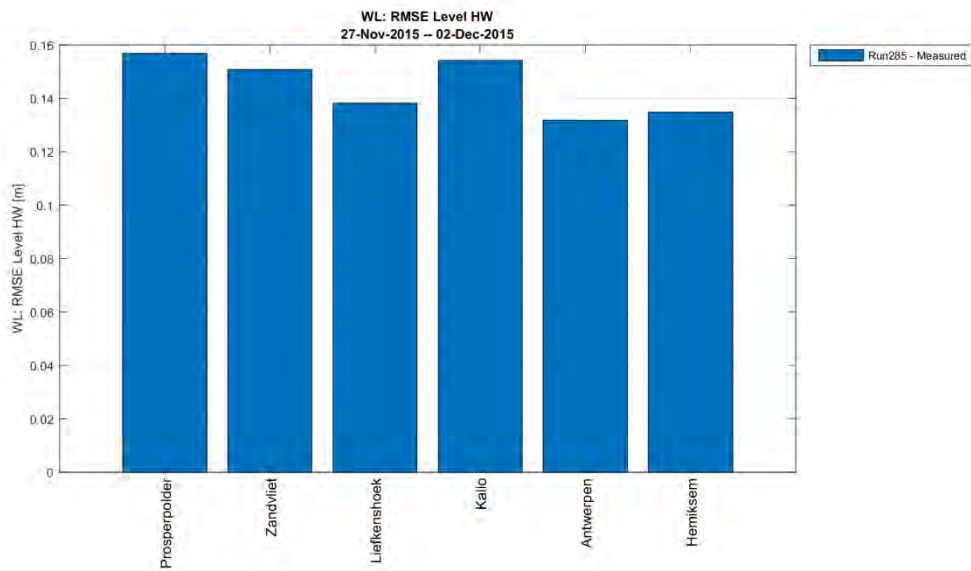
Figuur E 45 - RMSE waterpeilen (model-meting) – nov2015 – Beneden-Zeeschelde



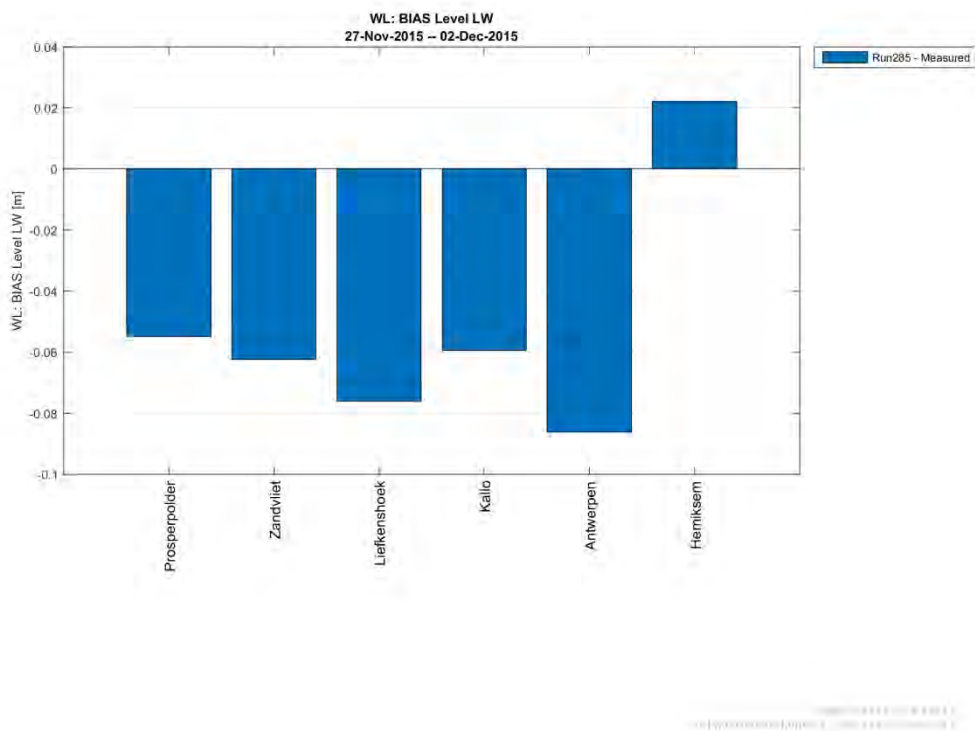
Figuur E 46 - bias hoogwaters (model-meting) – nov2015 – Beneden-Zeeschelde



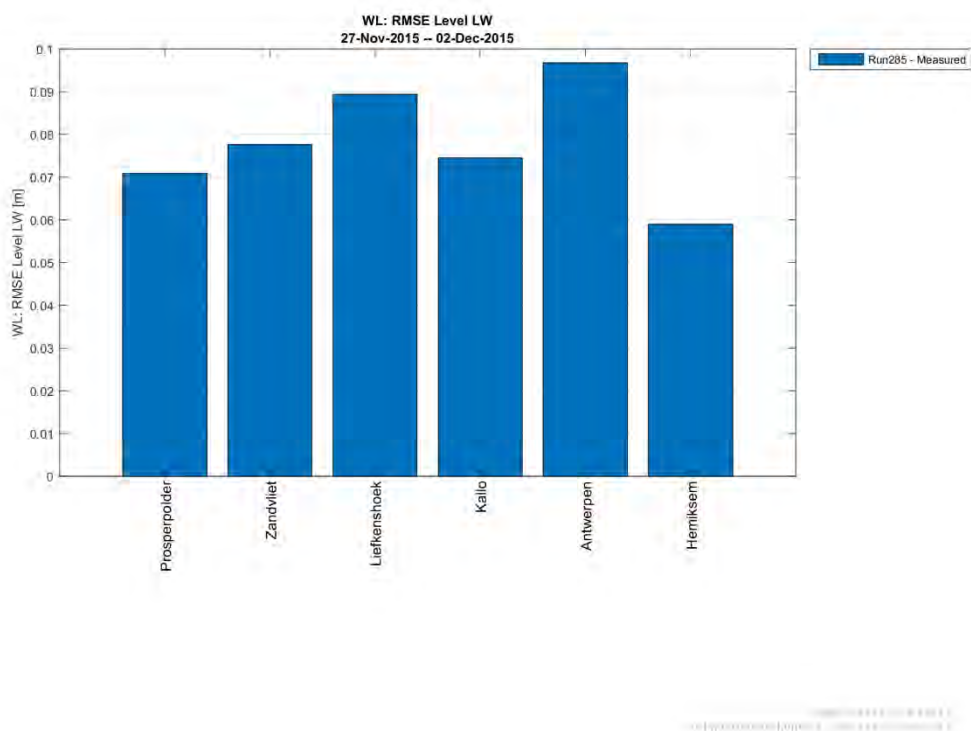
Figuur E 47 - RMSE hoogwaters (model-meting) – nov2015 – Beneden-Zeeschelde



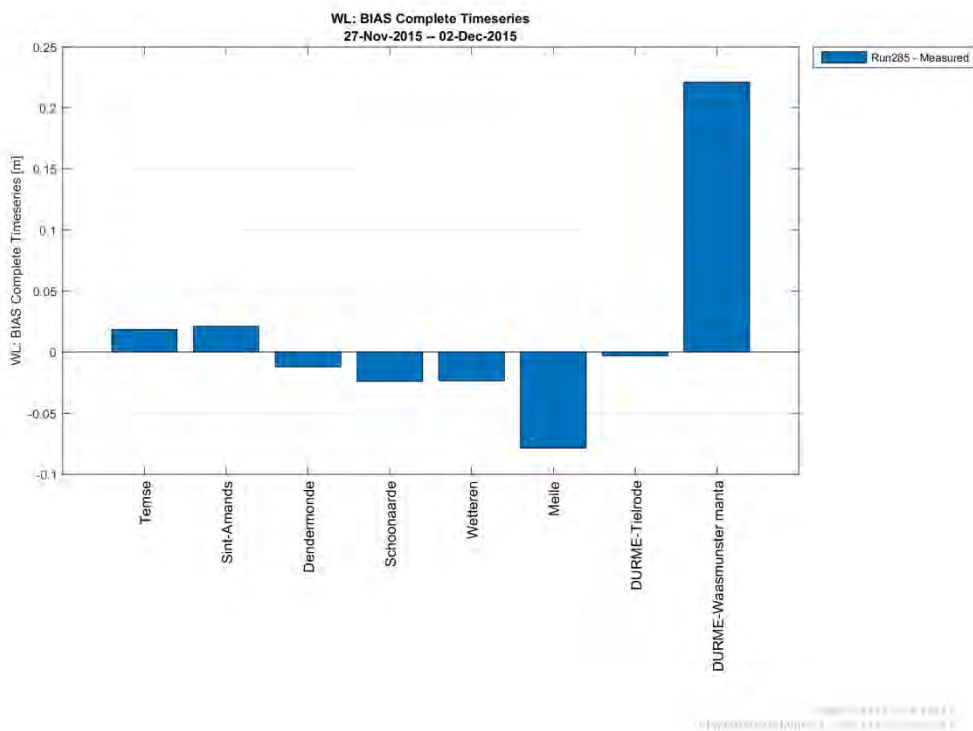
Figuur E 48 - bias laagwaters (model-meting) – nov2015 – Beneden-Zeeschelde



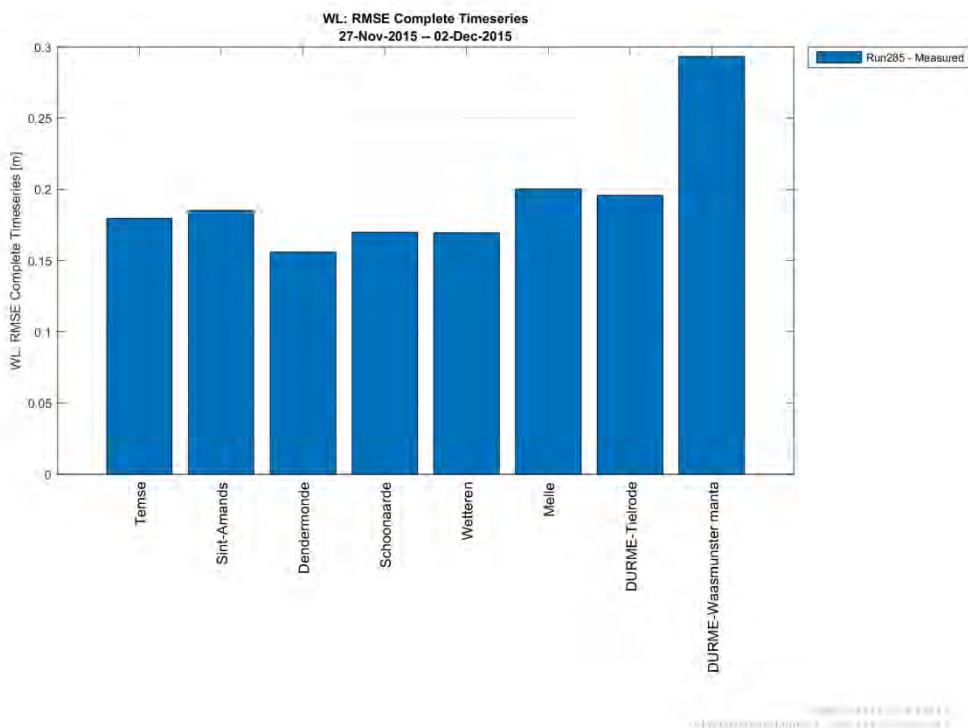
Figuur E 49 - RMSE laagwaters (model-meting) – nov2015 – Beneden-Zeeschelde



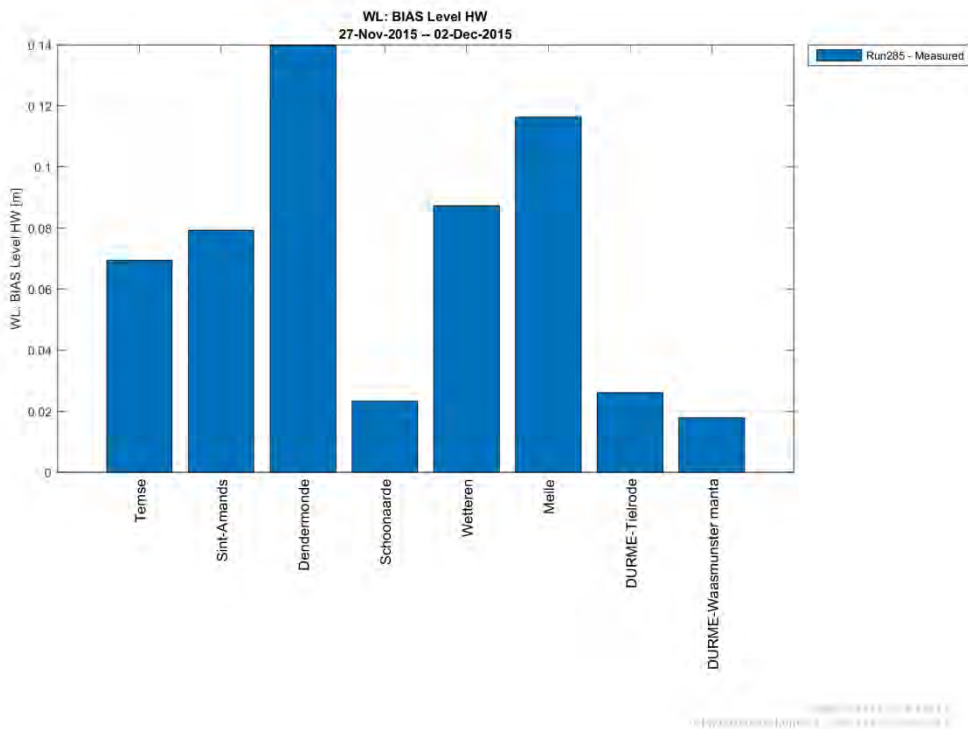
Figuur E 50 - bias waterpeilen (model-meting) – nov2015 – Boven-Zeeschelde en Durme



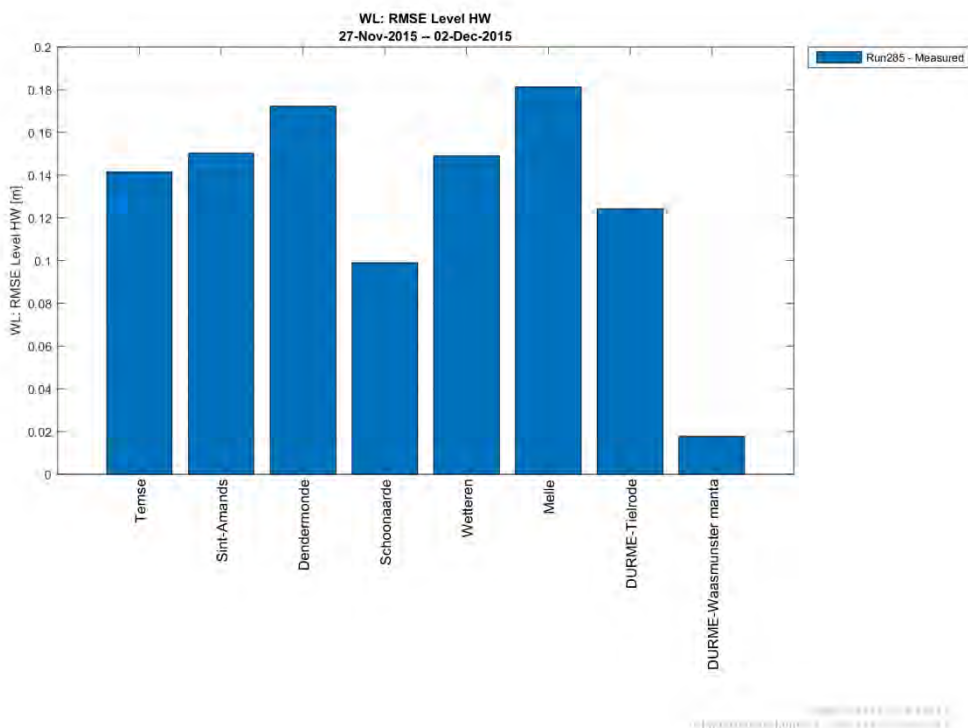
Figuur E 51 - RMSE waterpeilen (model-meting) – nov2015 – Boven-Zeeschelde en Durme



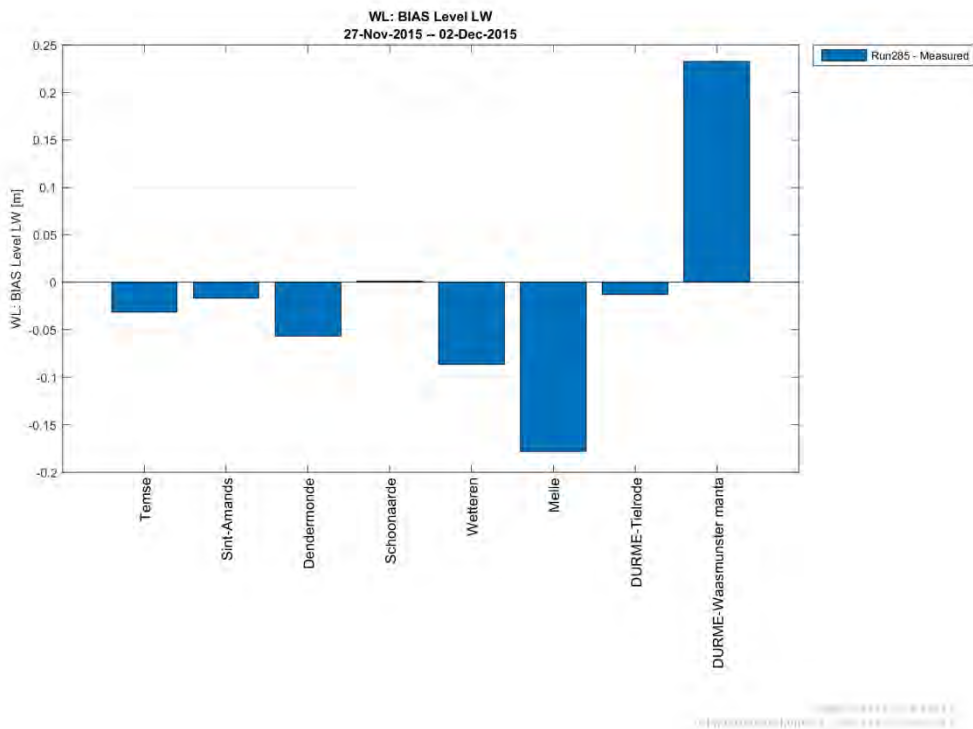
Figuur E 52 - bias hoogwaters (model-meting) – nov2015 – Boven-Zeeschelde en Durme



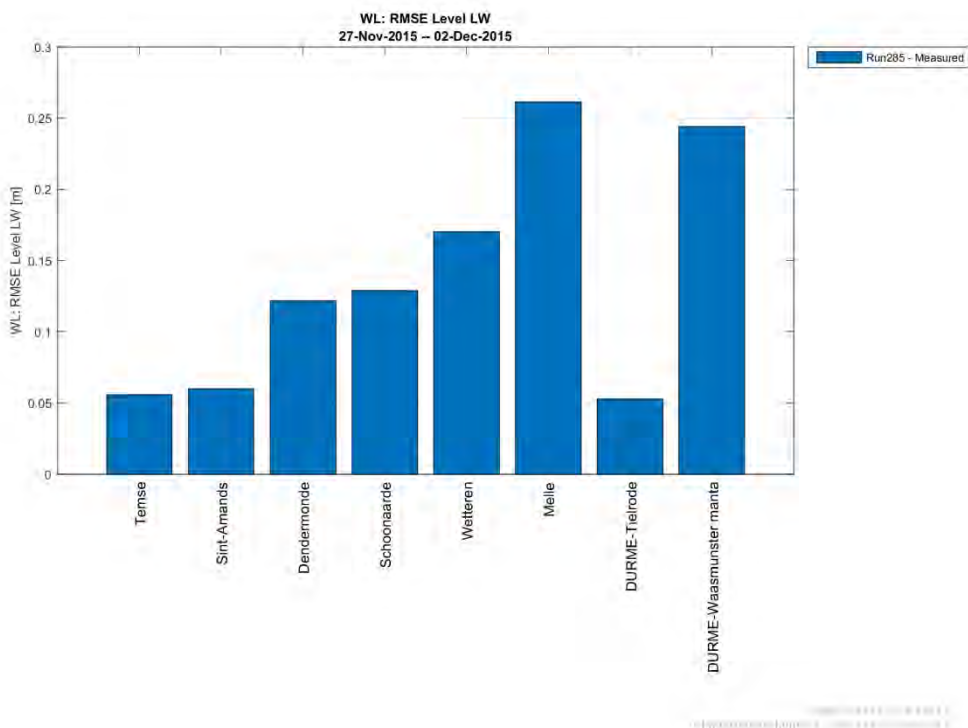
Figuur E 53 - RMSE hoogwaters (model-meting) – nov2015 – Boven-Zeeschelde en Durme



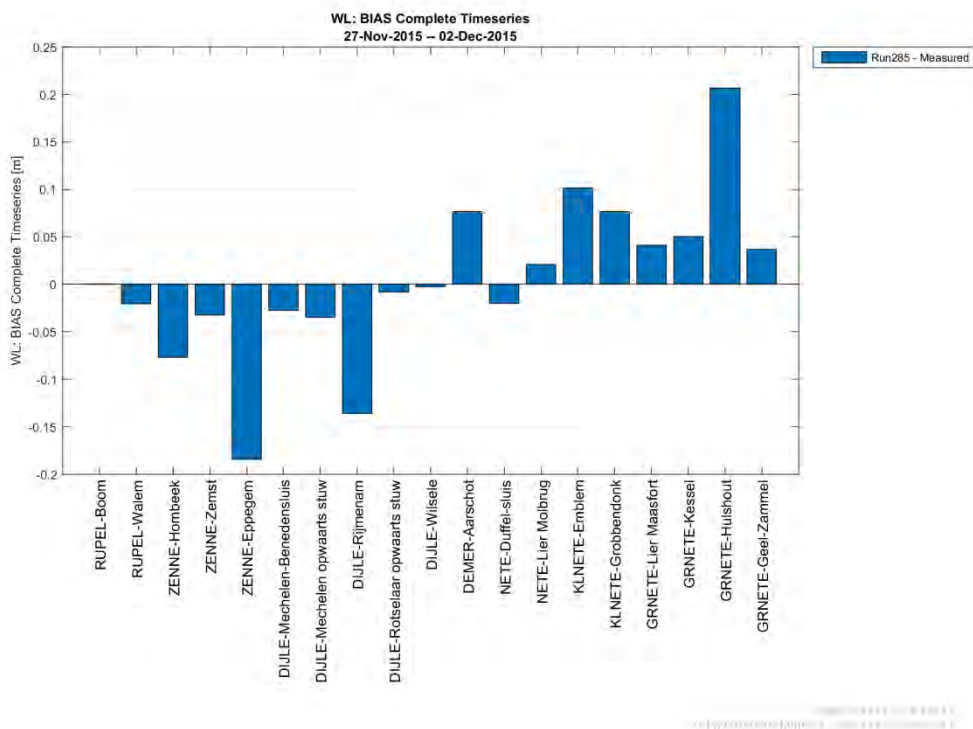
Figuur E 54 - bias laagwaters (model-meting) – nov2015 – Boven-Zeeschelde en Durme



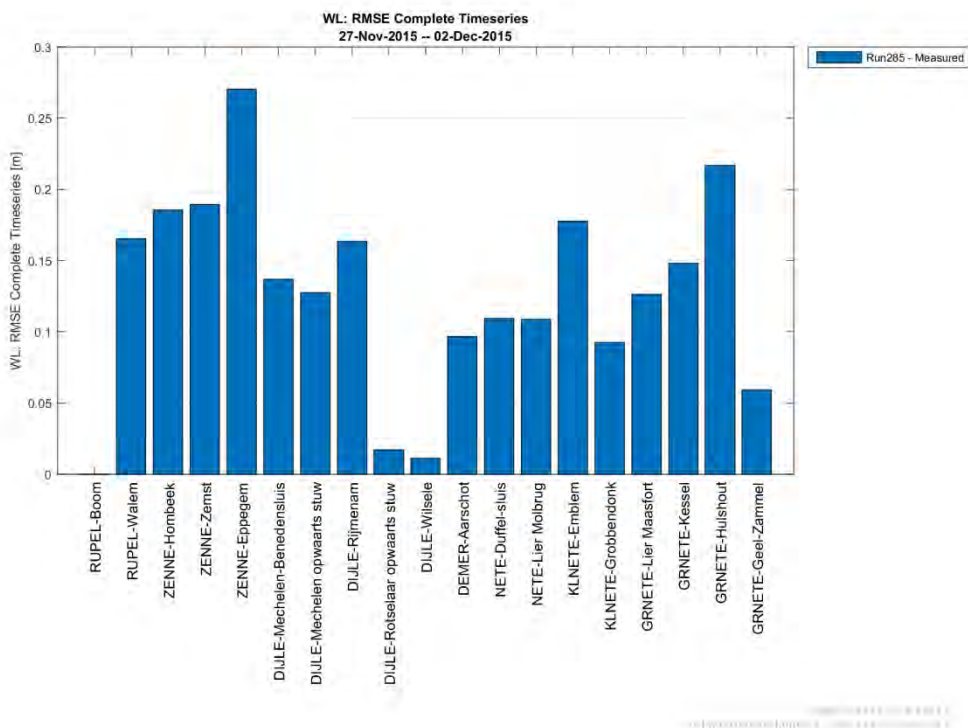
Figuur E 55 - RMSE laagwaters (model-meting) – nov2015 – Boven-Zeeschelde en Durme



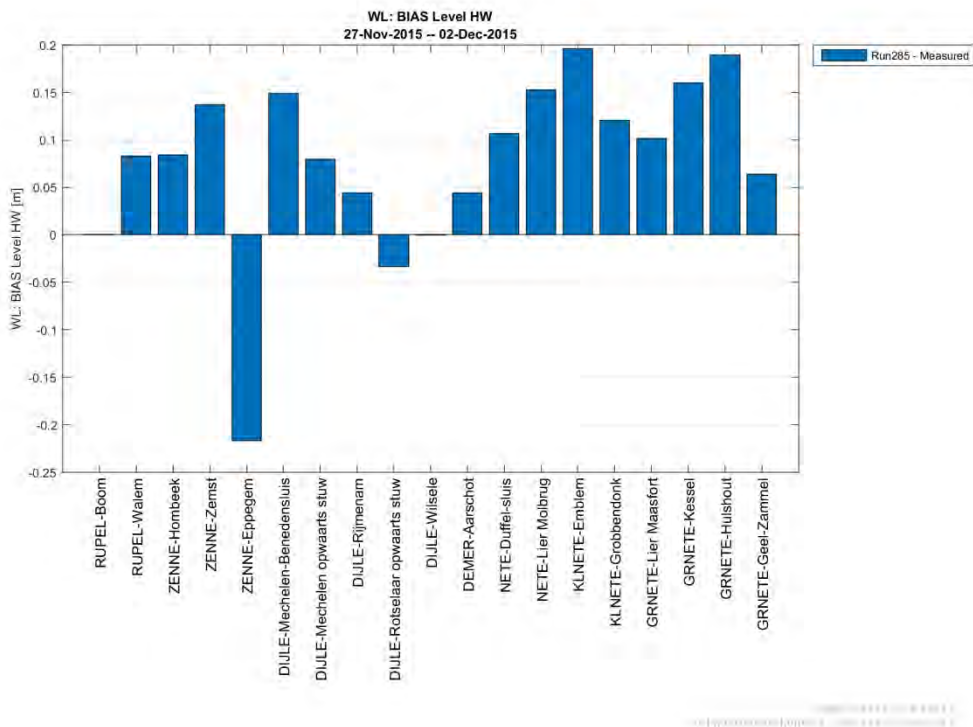
Figuur E 56 - bias waterpeilen (model-meting) – nov2015 – Rupelbekken



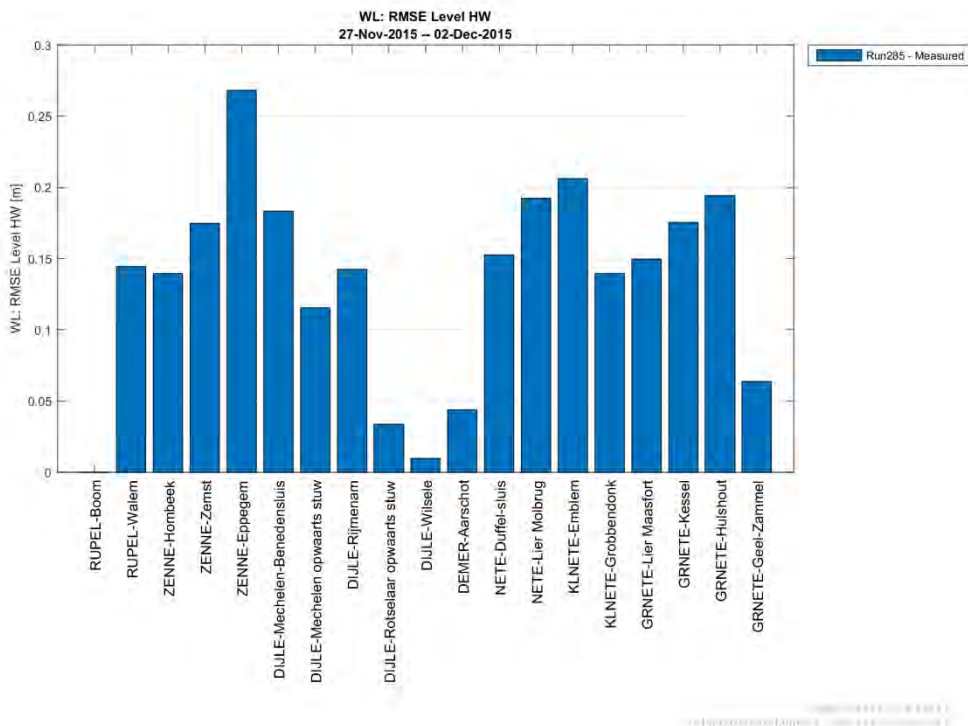
Figuur E 57 - RMSE waterpeilen (model-meting) – nov2015 – Rupelbekken



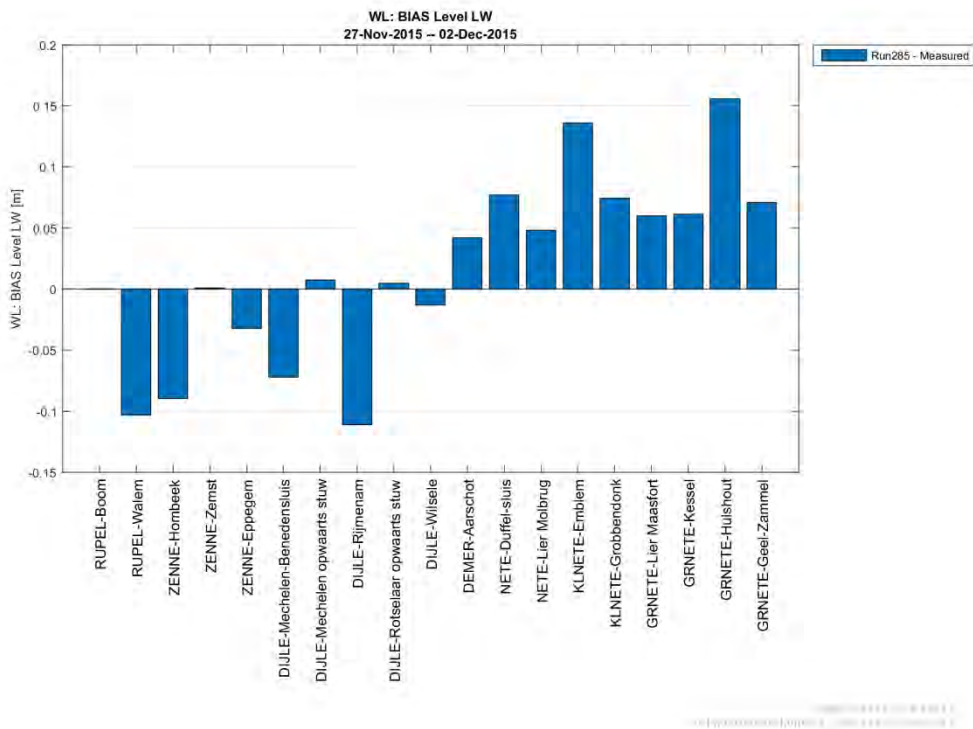
Figuur E 58 - bias hoogwaters (model-meting) – nov2015 – Rupelbekken



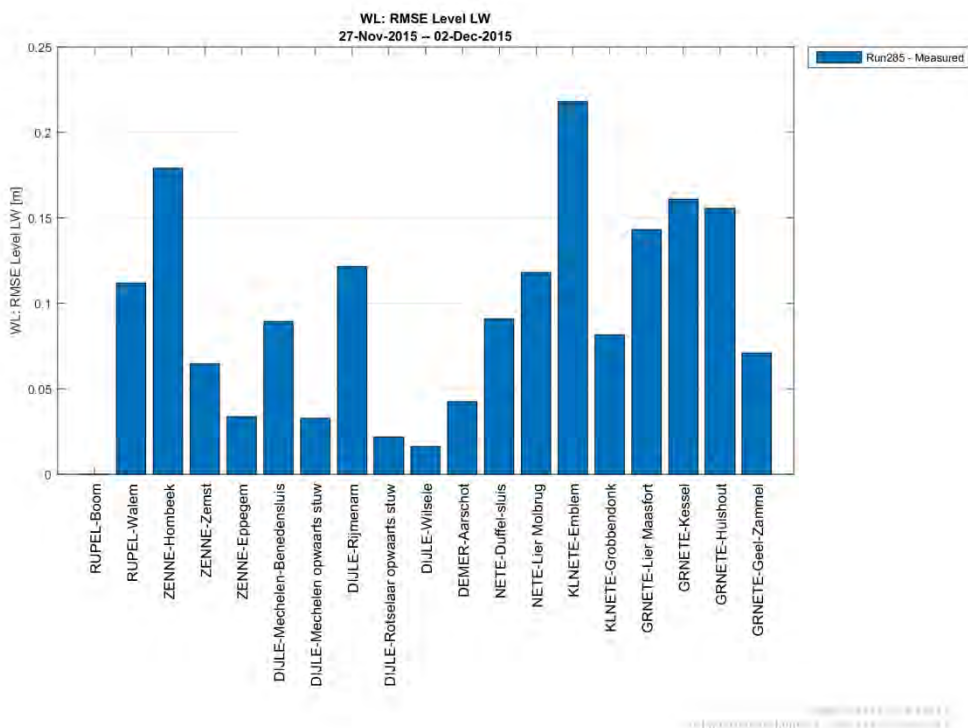
Figuur E 59 - RMSE hoogwaters (model-meting) – nov2015 – Rupelbekken



Figuur E 60 - bias laagwaters (model-meting) – nov2015 – Rupelbekken



Figuur E 61 - RMSE laagwaters (model-meting) – nov2015 - Rupelbekken



Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil

Tabel E 3 – Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil – nov2015 – Westerschelde, Zeeschelde en Durme

Nov2015							
		Amplitude M2				Vectorieel verschil	
Rivier	Meetpost	Meting		Run285		Vershil Run285-meting	Run285 vs meting
		Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	[m]
Westerschelde	Vlissingen	1.96	0.04	1.96	0.04	0.00	0.02
	Terneuzen	2.09	0.05	2.11	0.05	0.02	0.10
	Hansweert	2.20	0.05	2.24	0.05	0.04	0.17
	Bath	2.35	0.05	2.38	0.05	0.03	0.16
Beneden-Zeeschelde	Prosperpolder	2.36	0.05	2.41	0.06	0.06	0.23
	Zandvliet	2.40	0.05	2.42	0.06	0.02	0.17
	Liefkenshoek	2.45	0.05	2.45	0.05	0.00	0.22
	Kallo	2.46	0.06	2.48	0.06	0.02	0.27
	Antwerpen	2.49	0.06	2.49	0.06	0.00	0.26
	Hemiksem	2.52	0.06	2.49	0.06	0.03	0.35
Boven-Zeeschelde	Temse	2.48	0.05	2.46	0.06	0.01	0.32
	Sint-Amands	2.31	0.05	2.28	0.05	0.03	0.35
	Dendermonde	1.81	0.05	1.81	0.05	0.00	0.28
	Schoonaarde	1.41	0.04	1.39	0.05	0.02	0.28
	Wetteren	1.13	0.05	1.19	0.05	0.07	0.23
	Melle	1.04	0.05	1.13	0.05	0.09	0.25
Durme	Tielrode	2.47	0.05	2.42	0.05	0.05	0.35
	Waasmunster Manta	0.66	0.03	0.53	0.03	0.13	0.59

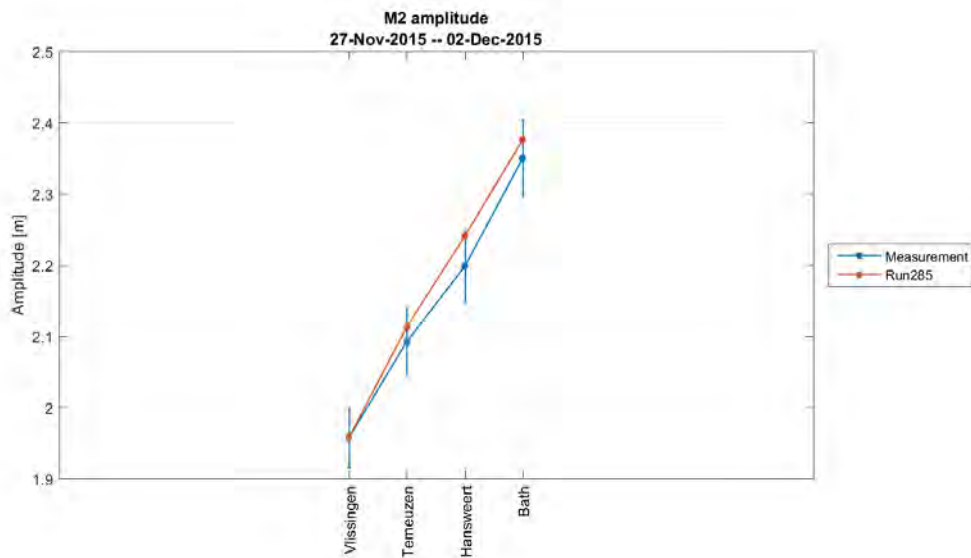
Tabel E 4 – Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil – nov2015 – Rupelbekken

Nov2015							
Rivier	Meetpost	Amplitude M2				Vectorieel verschil	
		Meting		Run285		Verskil Run285-meting	Run285 vs meting
		Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	[m]
Rupel	Boom	**	**	2.44	0.05	**	**
	Walem	2.30	0.05	2.31	0.05	0.01	0.32
Zenne	Hombeek	*	*	*	*	*	*
	Zemst	*	*	*	*	*	*
	Eppegem	*	*	*	*	*	*
Dijle	Mechelen-Benedensluis	1.89	0.05	1.92	0.05	0.03	0.27
	Mechelen opwaarts stuw	1.58	0.05	1.59	0.05	0.00	0.27
	Rijmenam	0.63	0.05	0.66	0.05	0.03	0.27
	Rotselaar opwaarts stuw	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
	Wilsele	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	0.01
Demer	Aarschot	0.08	0.09	0.08	0.08	0.01	0.10
Beneden-nete	Duffel-sluis	1.86	0.05	1.85	0.05	0.01	0.20
	Lier Molbrug	1.26	0.04	1.26	0.04	0.00	0.17
Kleine Nete	Emblem	0.79	0.04	0.78	0.05	0.02	0.25
	Grobbendonk	0.05	0.04	0.08	0.05	0.02	0.14
Grote Nete	Lier Maasfort	0.96	0.04	0.95	0.05	0.01	0.19
	Kessel	0.66	0.04	0.65	0.05	0.01	0.15
	Hulshout	0.02	0.03	0.02	0.03	0.00	0.22
	Geel-Zammel	0.03	0.03	0.03	0.02	0.00	0.08

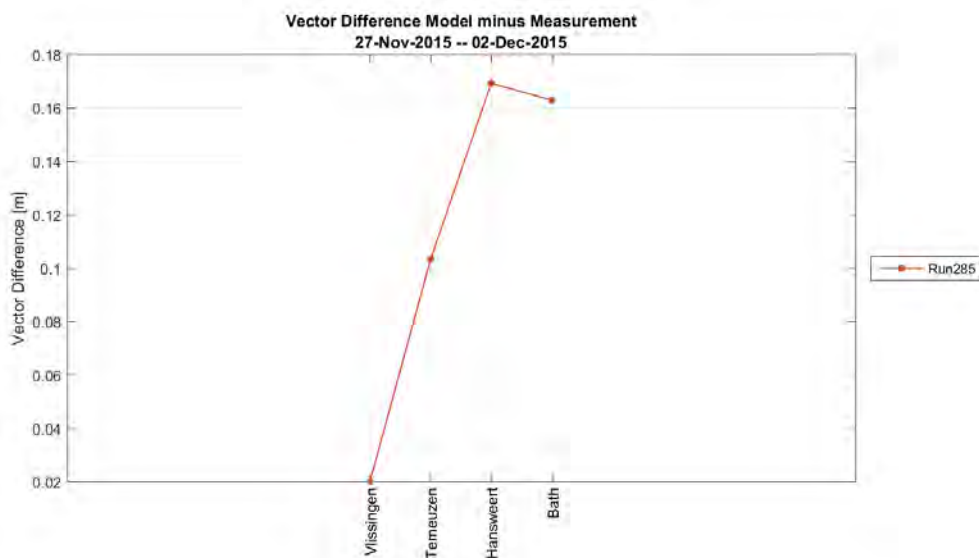
*Laagwaterpeilen langs de Zenne worden niet correct gemeten omwille van de plaatsing van de meetpost in de rivierbedding.

**Gemeten waterpeilen in Boom ontbreken voor nov2015

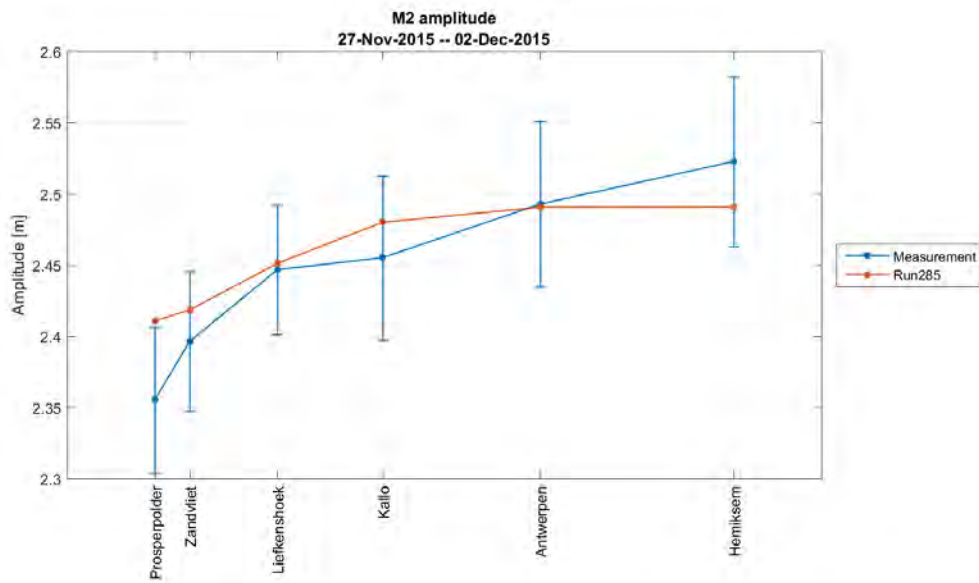
Figuur E 62 - M2 amplitude – nov2015 – Westerschelde



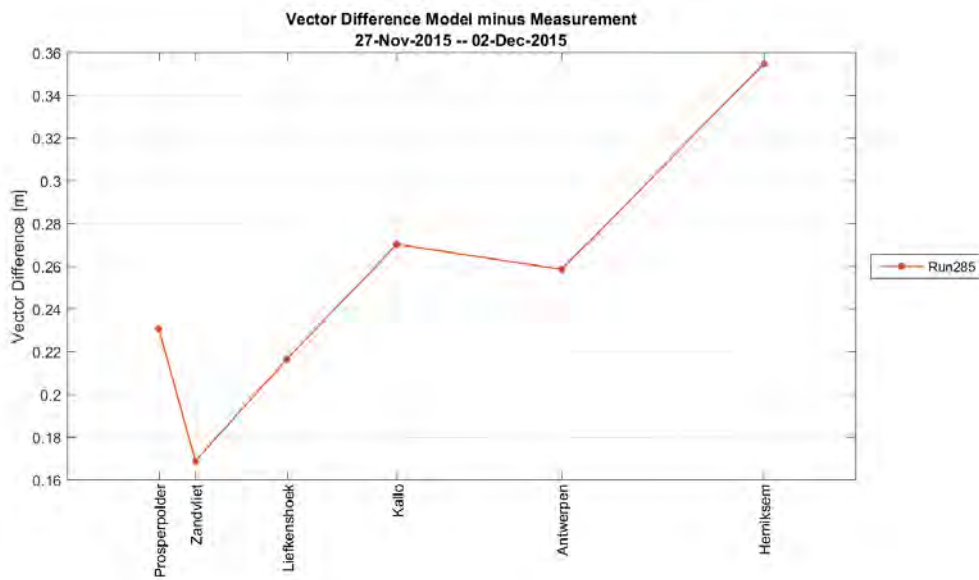
Figuur E 63 - Vectorieel verschil – nov2015 – Westerschelde



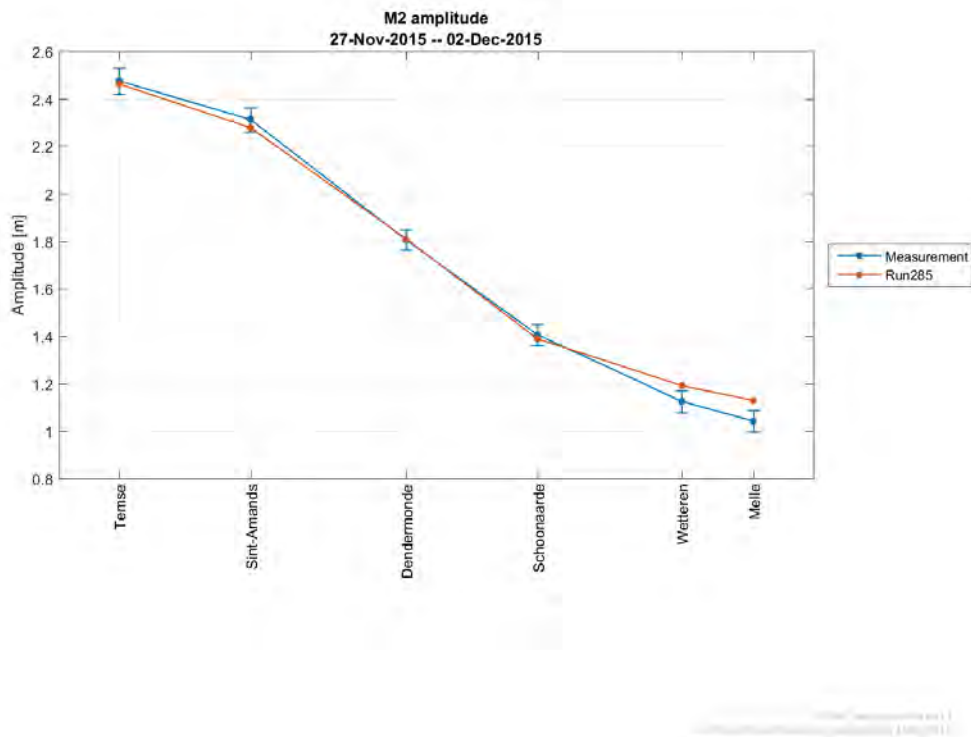
Figuur E 64 - M2 amplitude – nov2015 – Beneden-Zeeschelde



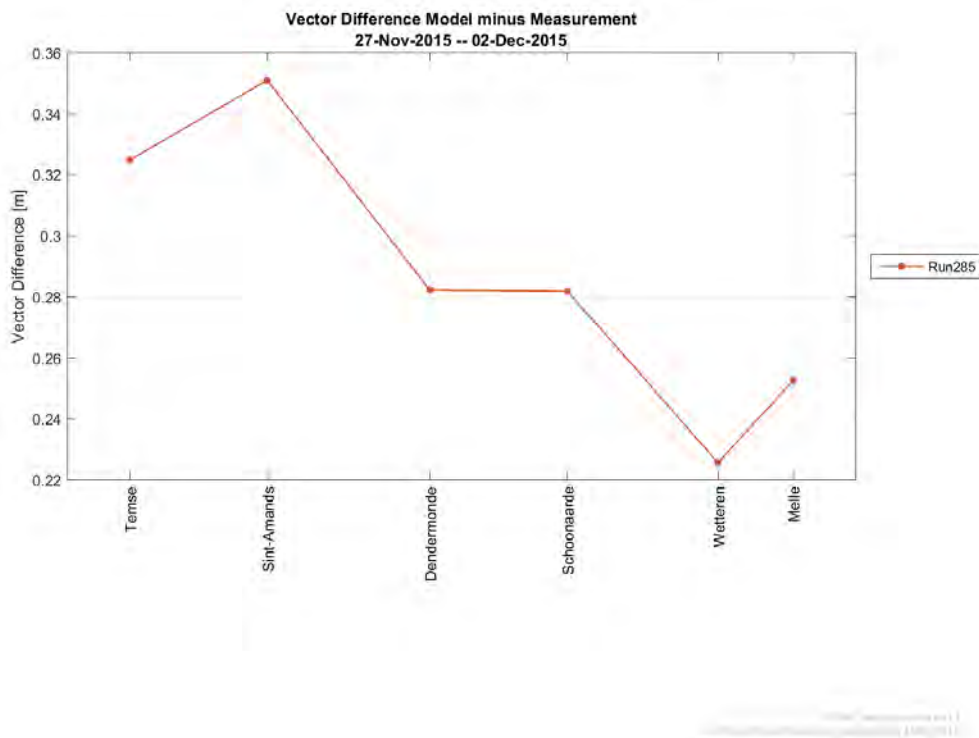
Figuur E 65 - Vectorieel verschil – nov2015 – Beneden-Zeeschelde



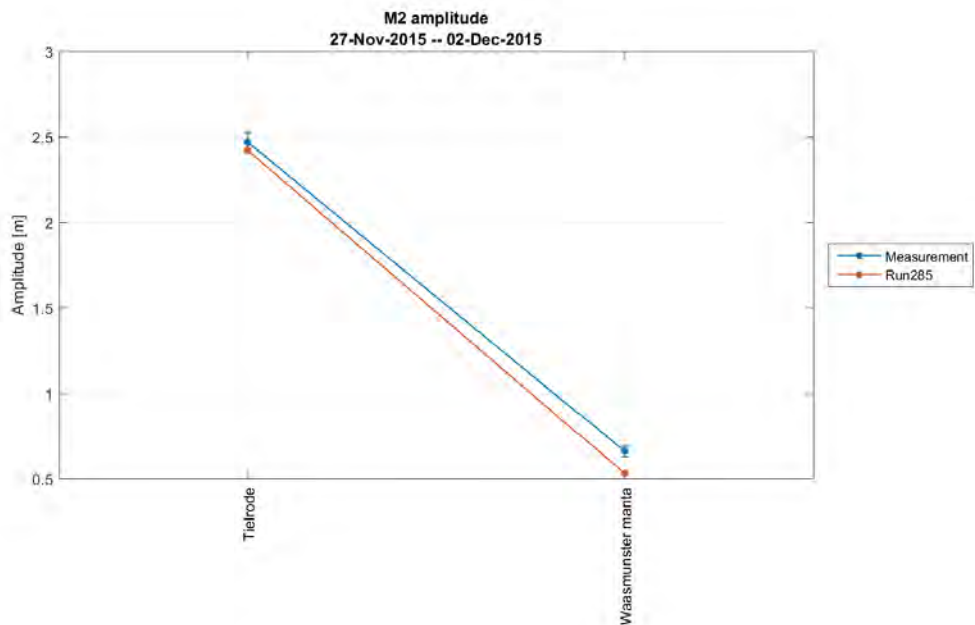
Figuur E 66 - M2 amplitude – nov2015 – Boven-Zeeschelde



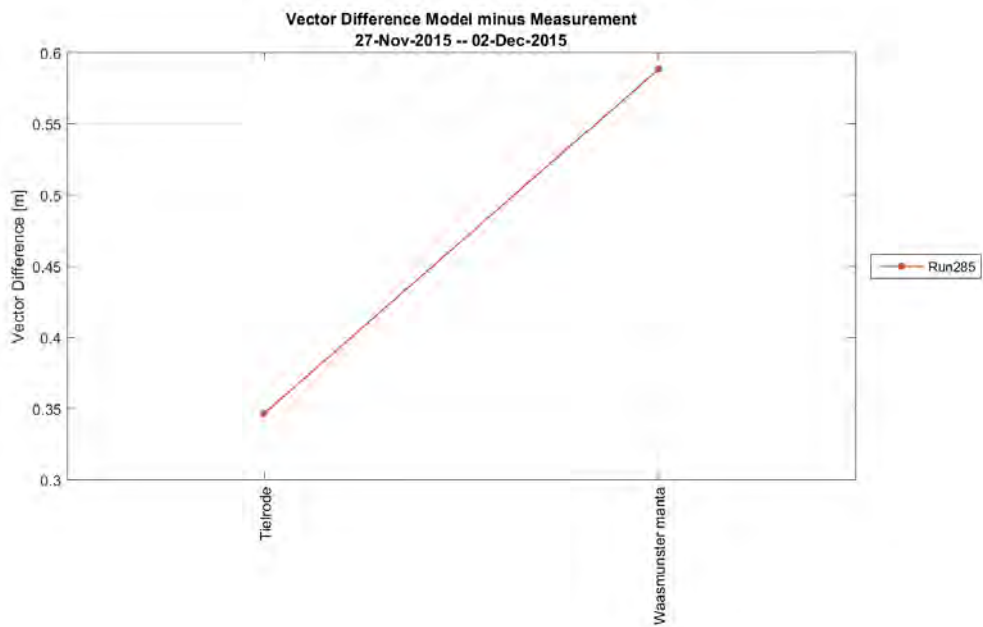
Figuur E 67 - Vectorieel verschil – nov2015 – Boven-Zeeschelde



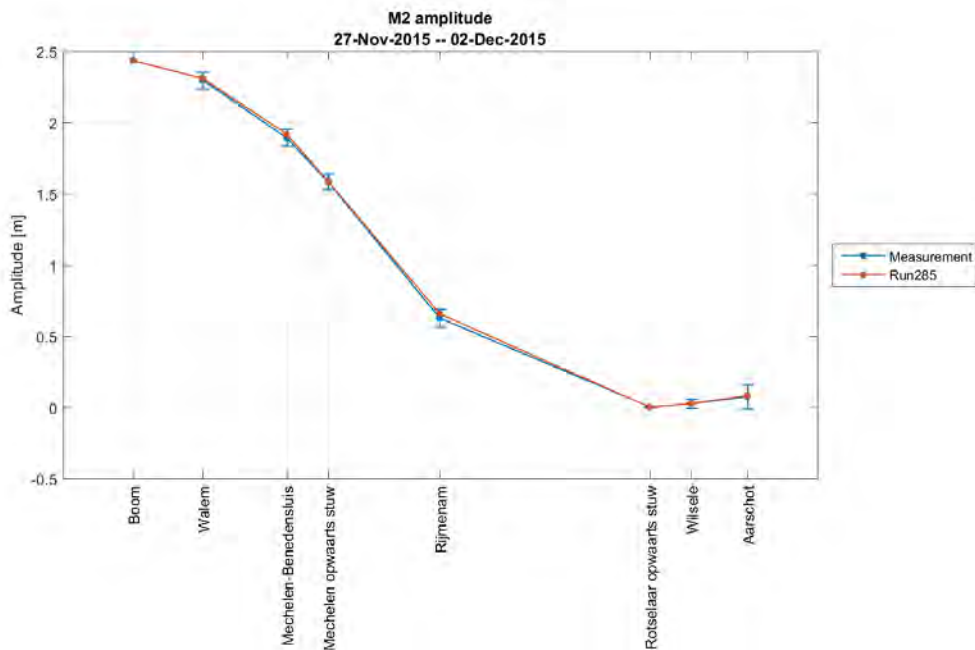
Figuur E 68 - M2 amplitude – nov2015 – Durme



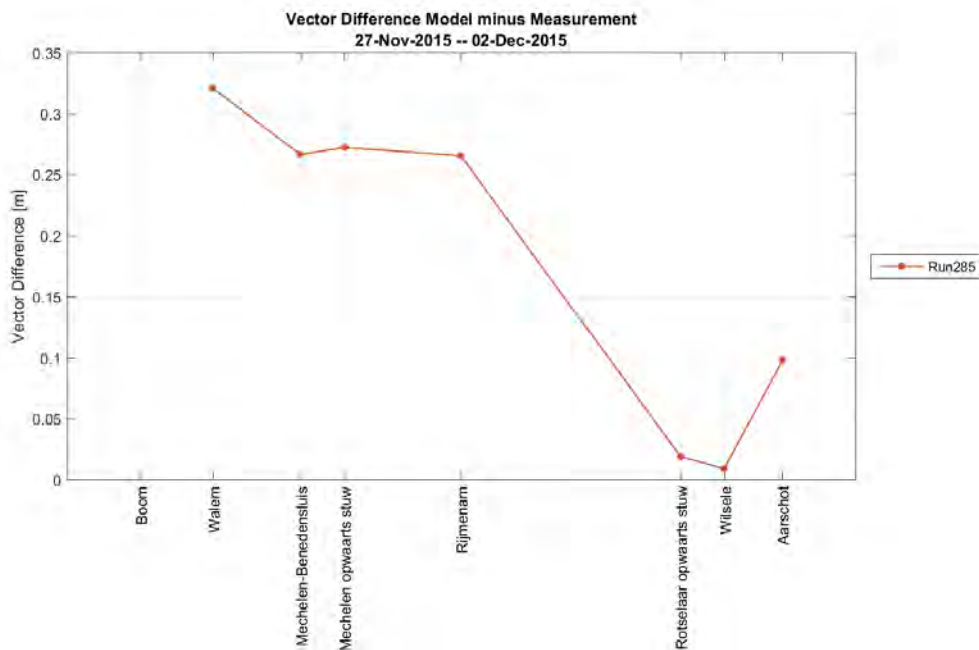
Figuur E 69 - Vectorieel verschil – nov2015 – Durme



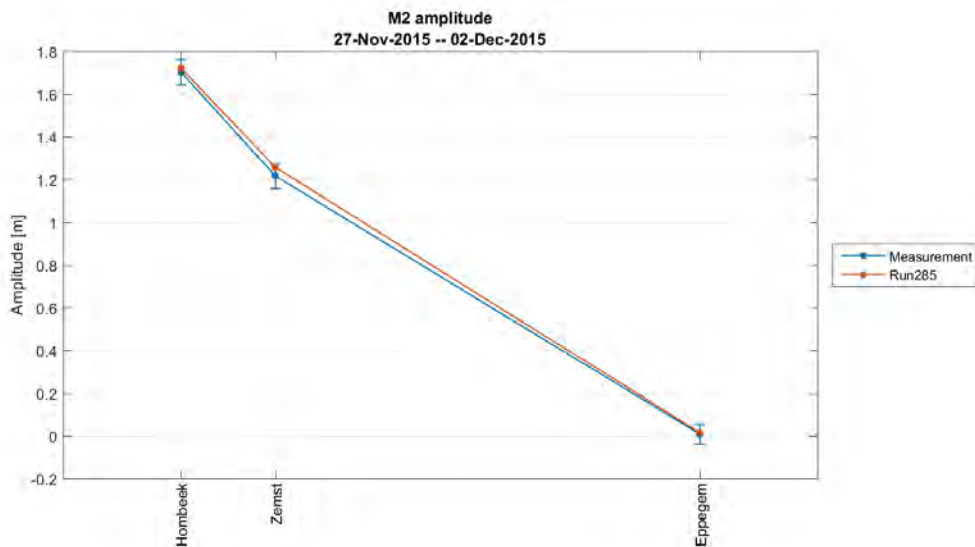
Figuur E 70 - M2 amplitude – nov2015 – Rupel-Dijle-Demer



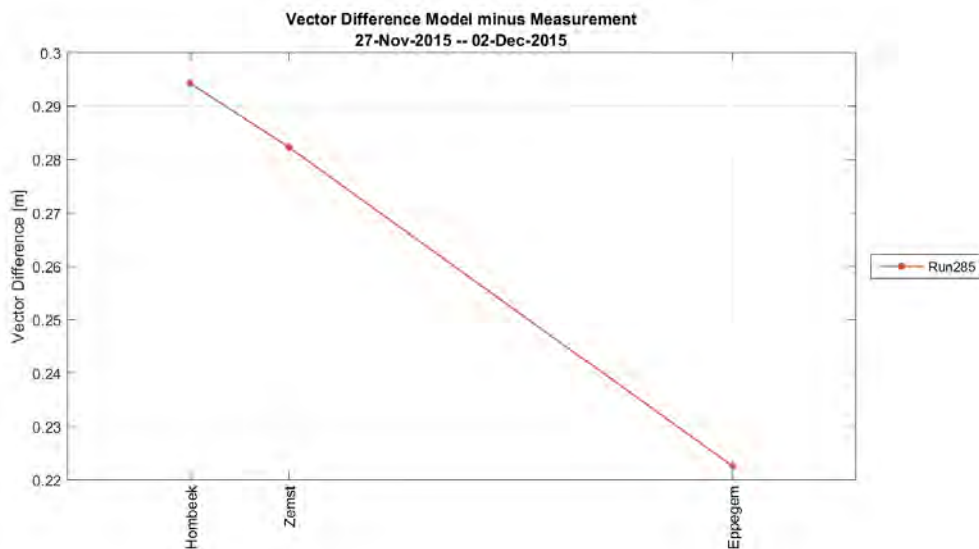
Figuur E 71 - Vectorieel verschil – nov2015 – Rupel-Dijle-Demer



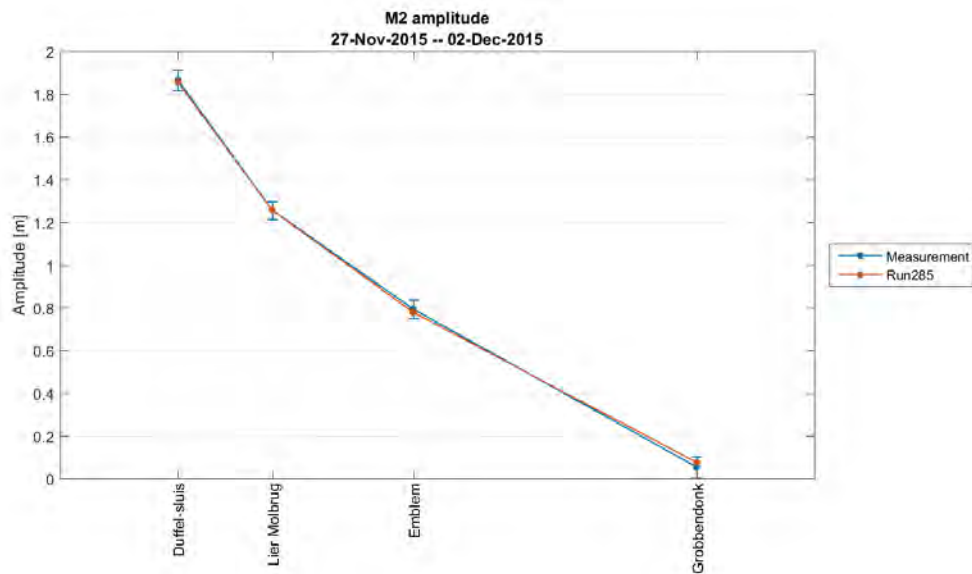
Figuur E 72 - M2 amplitude – nov2015 – Zenne



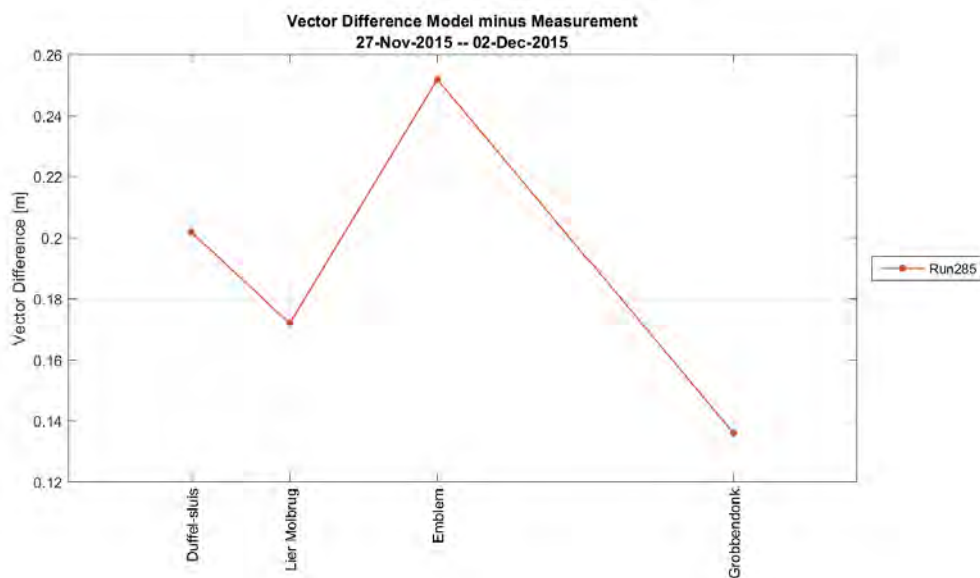
Figuur E 73 - Vectorieel verschil – nov2015 – Zenne



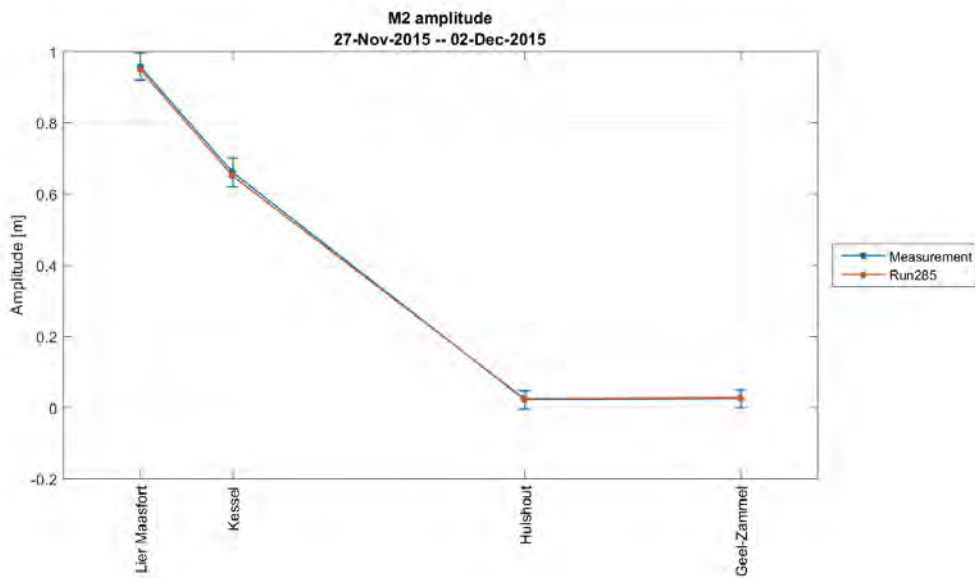
Figuur E 74 - M2 amplitude – nov2015 – Kleine Nete



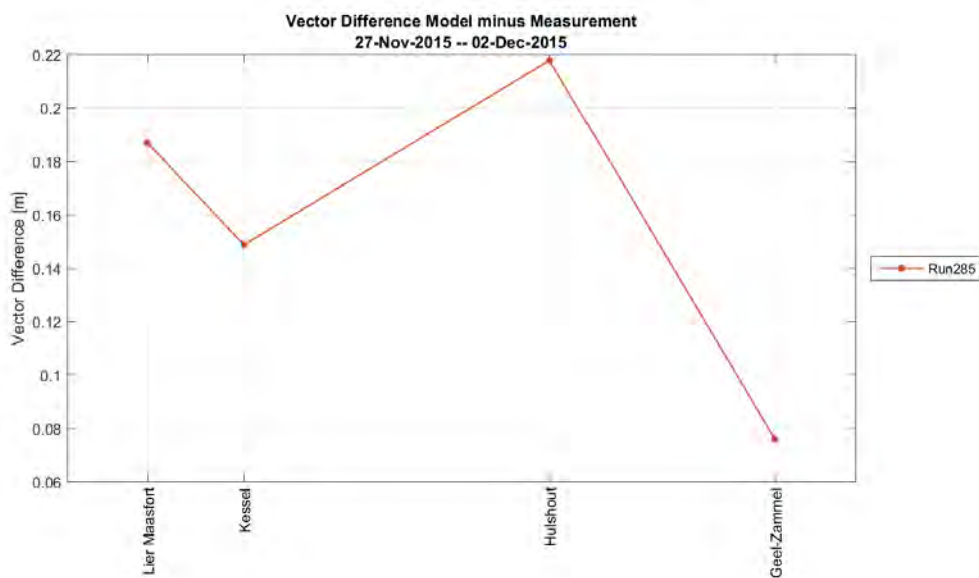
Figuur E 75 - Vectorieel verschil – nov2015 – Kleine Nete



Figuur E 76 - M2 amplitude – nov2015 – Grote Nete



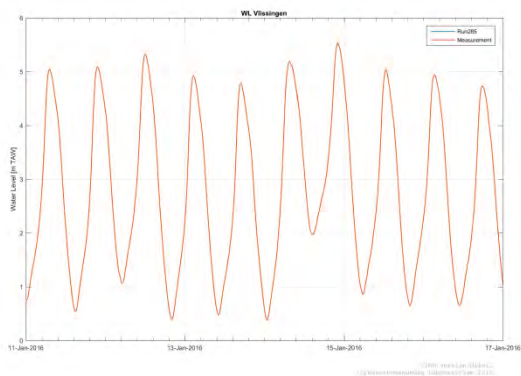
Figuur E 77 - Vectorieel verschil – nov2015 – Grote Nete



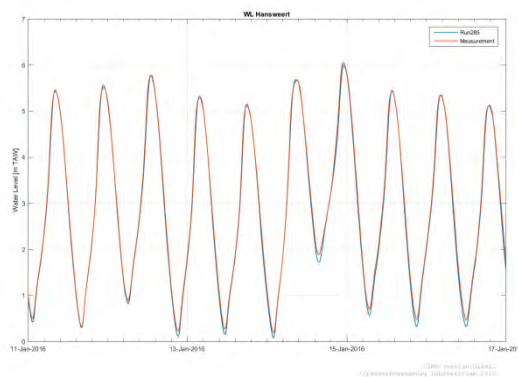
BIJLAGE H.F Modelresultaten jan2016 - storm

Tijdreeksen

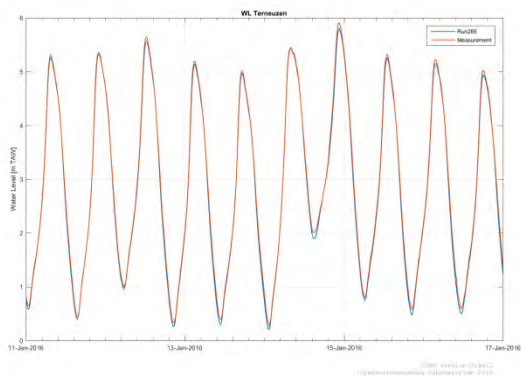
Figuur F 1 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Vlissingen



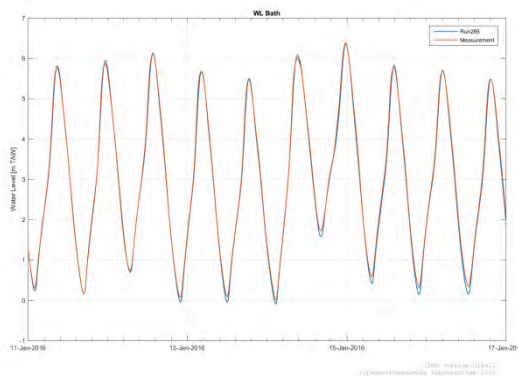
Figuur F 3 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Hansweert



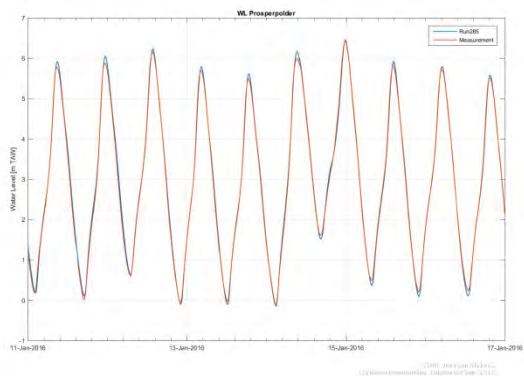
Figuur F 2 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Terneuzen



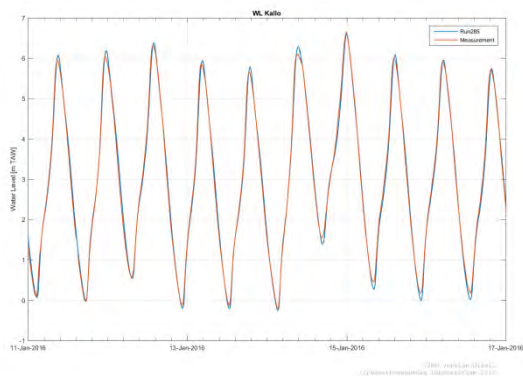
Figuur F 4 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Bath



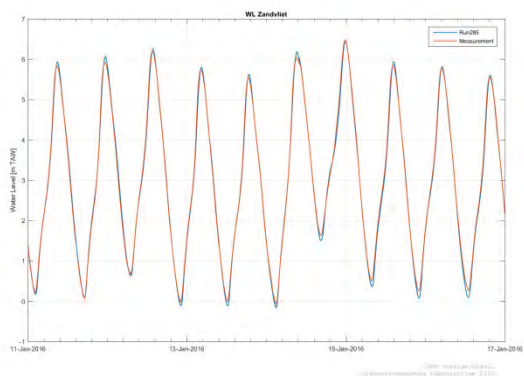
Figuur F 5 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Prosperpolder



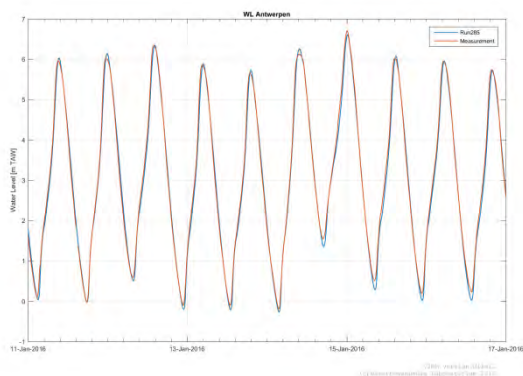
Figuur F 8 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Kallo



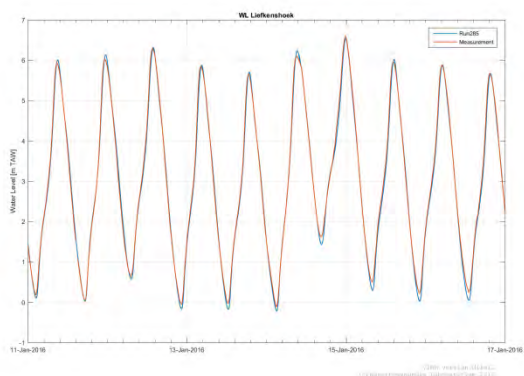
Figuur F 6 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Zandvliet



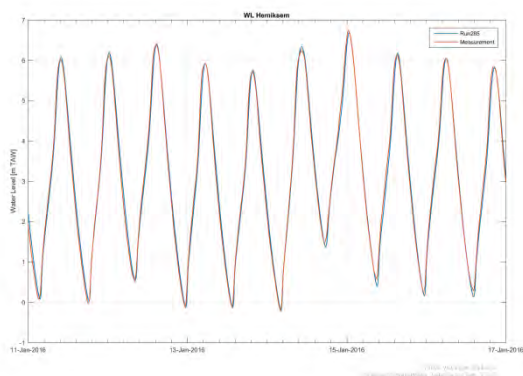
Figuur F 9 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Antwerpen



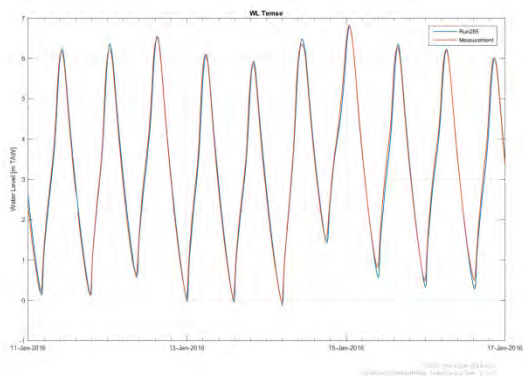
Figuur F 7 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Liefkenshoek



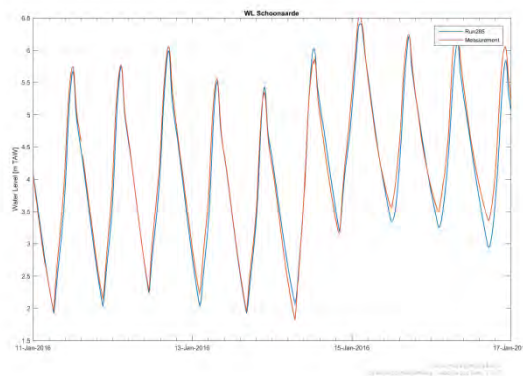
Figuur F 10 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Hemiksem



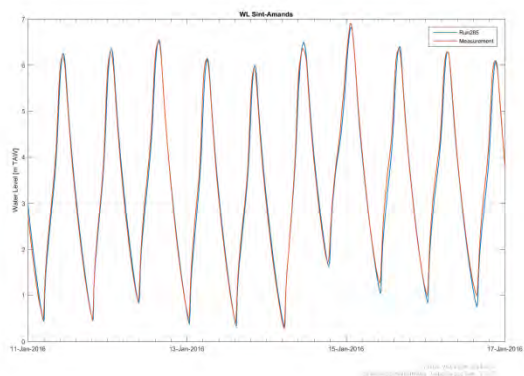
Figuur F 11 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Temse



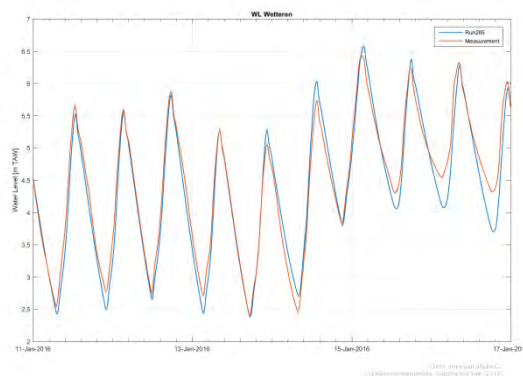
Figuur F 14 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Schoonaarde



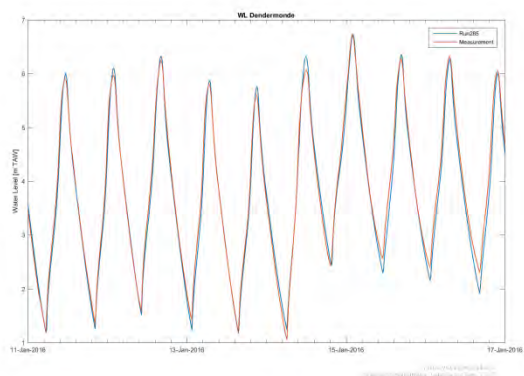
Figuur F 12 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 – Sint-Amands



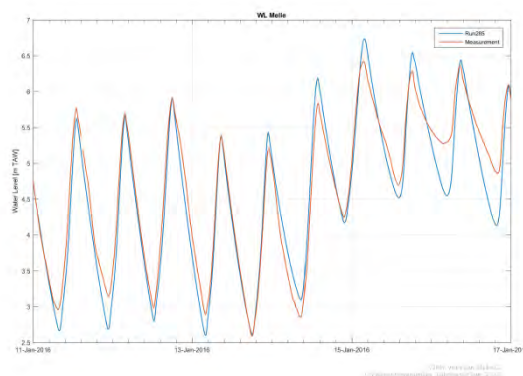
Figuur F 15 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 -Wetteren



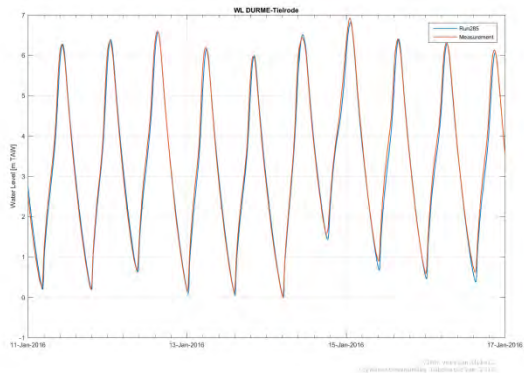
Figuur F 13 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Dendermonde



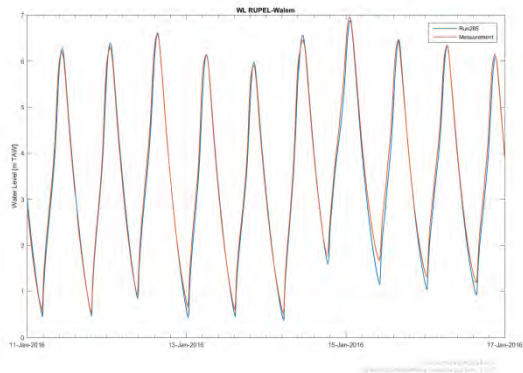
Figuur F 16 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Melle



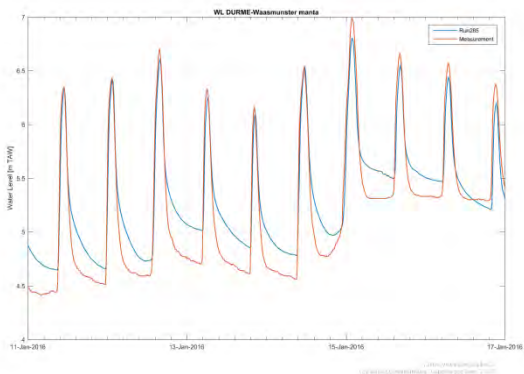
Figuur F 17 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Tielrode



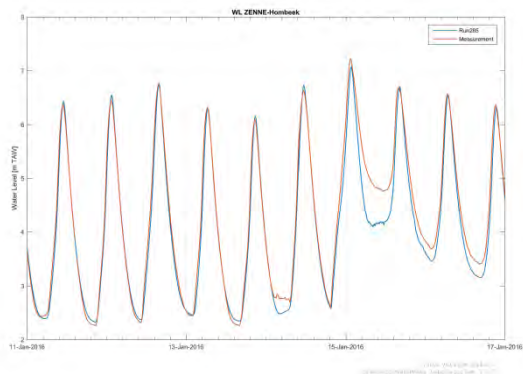
Figuur F 20 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Walem



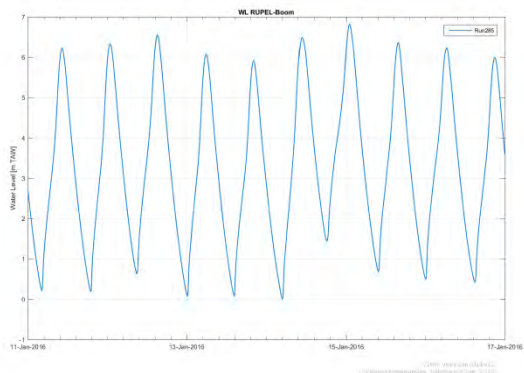
Figuur F 18 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 – Waasmunster Manta



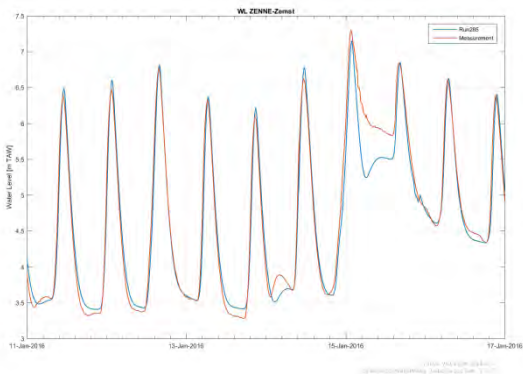
Figuur F 21 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Hombeek



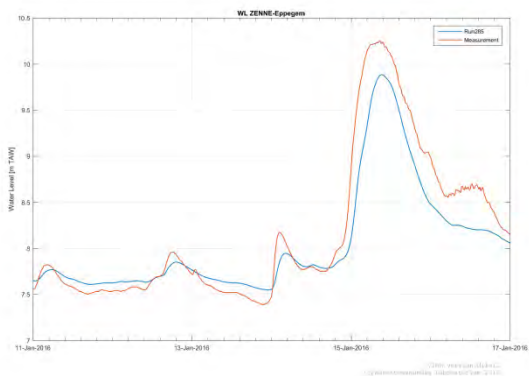
Figuur F 19 - Gemodelleerde waterpeilen – jan2016 - Boom



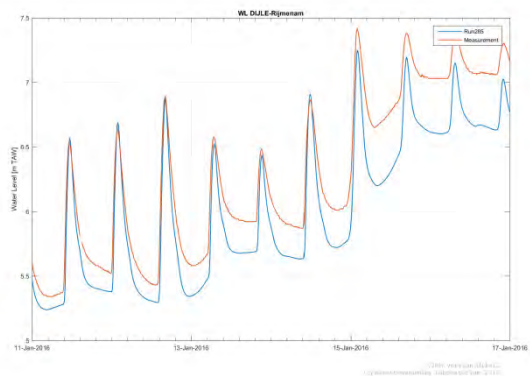
Figuur F 22 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Zemst



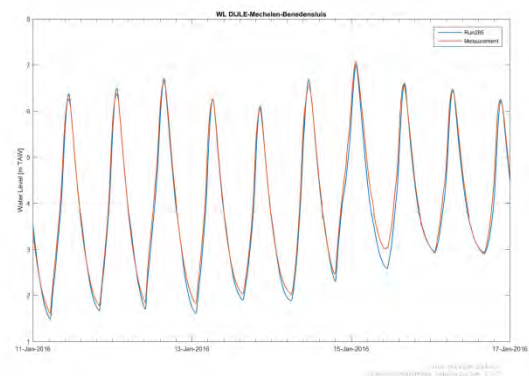
Figuur F 23 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Epeggem



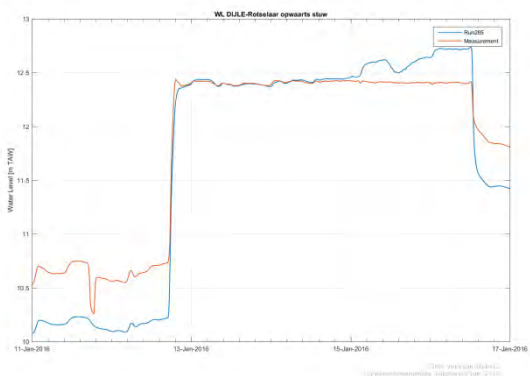
Figuur F 26 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Rijmenam



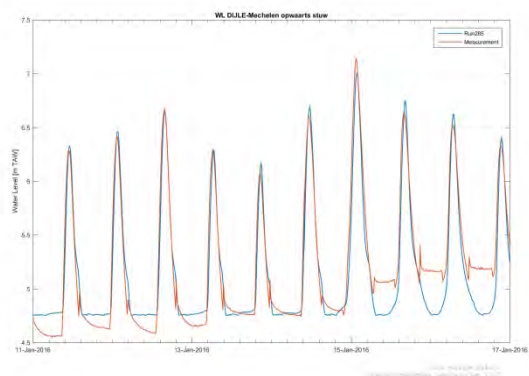
Figuur F 24 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 – Mechelen-Benedensluis



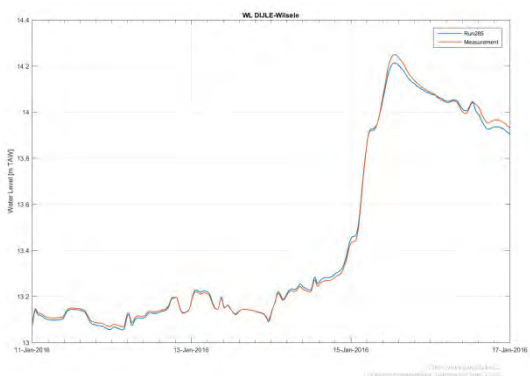
Figuur F 27 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 – Rotselaar opwaarts stuw



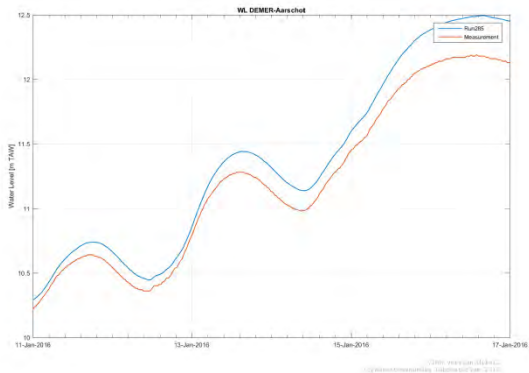
Figuur F 25 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 – Mechelen opwaarts stuw



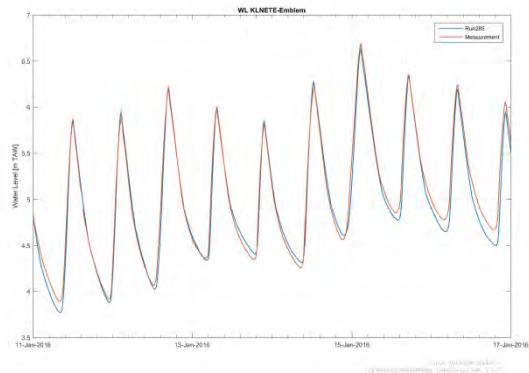
Figuur F 28 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Wilsele



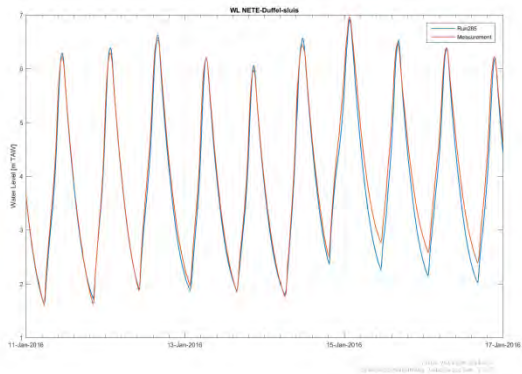
Figuur F 29 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 – Aarschot



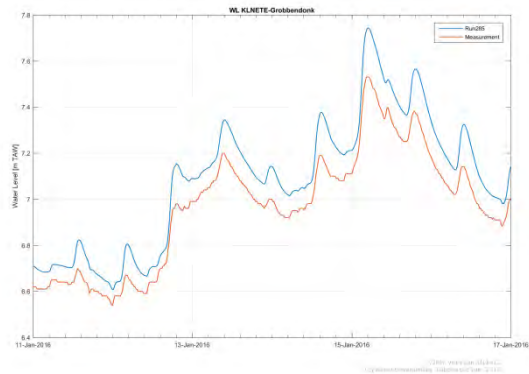
Figuur F 32 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Emblem



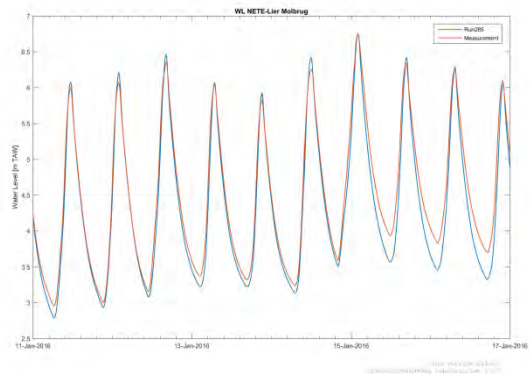
Figuur F 30 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 – Duffel-sluis



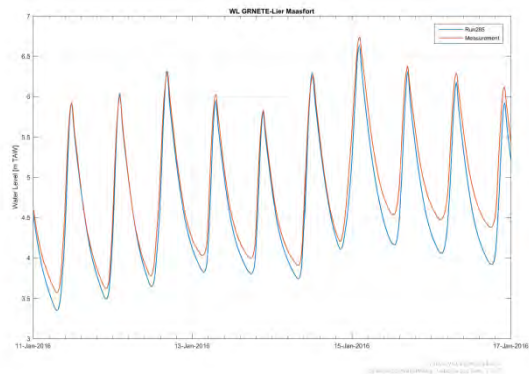
Figuur F 33 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 - Grobbendonk



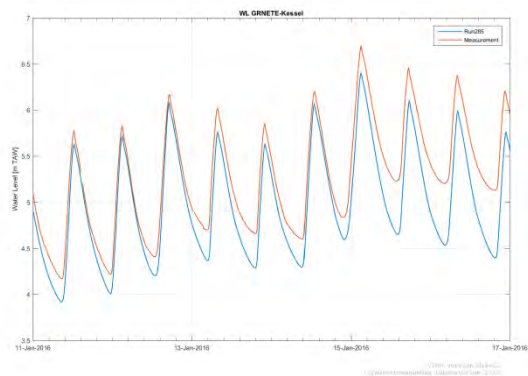
Figuur F 31 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 – Lier Molbrug



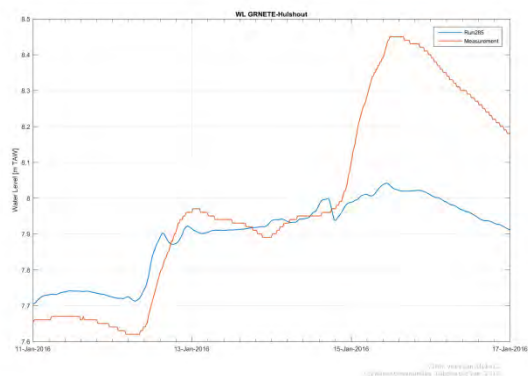
Figuur F 34 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen – jan2016 – Lier Maasfort



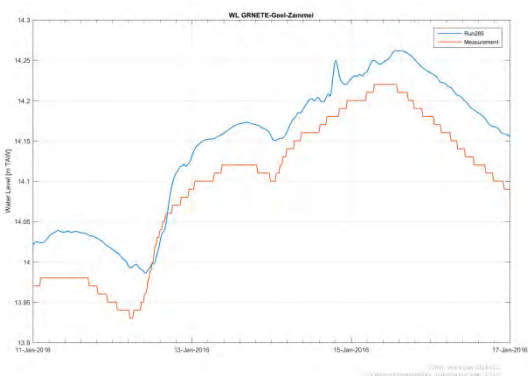
Figuur F 35 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen –
jan2016 - Kessel



Figuur F 36 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen –
jan2016 - Hulshout



Figuur F 37 - Gemodelleerde en gemeten waterpeilen –
jan2016 – Geel-Zammel



Statistische parameters tijdreeksen (TS), HW en LW

Tabel F 1 - Statistische parameters voor tijdreeksen waterpeilen, hoogwaters en laagwaters – jan2016 – Westerschelde, Zeeschelde en Durme

Jan2016							
Rivier	Meetpost	bias TS	RMSE TS	bias HW	RMSE HW	bias LW	RMSE LW
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Westerschelde	Vlissingen	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Terneuzen	-0.07	0.08	-0.06	0.07	-0.07	0.08
	Hansweert	-0.08	0.10	0.01	0.03	-0.11	0.12
	Bath	-0.06	0.10	0.03	0.05	-0.11	0.13
Beneden-Zeeschelde	Prosperpolder	0.02	0.09	0.10	0.11	-0.04	0.08
	Zandvliet	-0.03	0.09	0.07	0.08	-0.10	0.12
	Liefkenshoek	-0.05	0.11	0.05	0.07	-0.13	0.15
	Kallo	-0.01	0.13	0.09	0.11	-0.10	0.12
	Antwerpen	-0.06	0.15	0.04	0.08	-0.13	0.14
	Hemiksem	-0.01	0.17	0.04	0.06	-0.05	0.10
Boven-Zeeschelde	Temse	-0.04	0.17	0.05	0.07	-0.11	0.14
	Sint-Amands	-0.06	0.18	0.05	0.08	-0.10	0.13
	Dendermonde	-0.08	0.17	0.09	0.13	-0.12	0.20
	Schoonaarde	-0.10	0.20	-0.03	0.11	-0.11	0.20
	Wetteren	-0.08	0.23	0.06	0.15	-0.19	0.30
	Melle	-0.11	0.28	0.12	0.20	-0.27	0.40
Durme	Tielrode	-0.08	0.19	-0.01	0.05	-0.10	0.13
	Waasmunster Manta	0.13	0.23	-0.11	0.13	0.16	0.21

Tabel F 2 - Statistische parameters voor tijdreeksen waterpeilen, hoogwaters en laagwaters – dec2013 – Rupelbekken

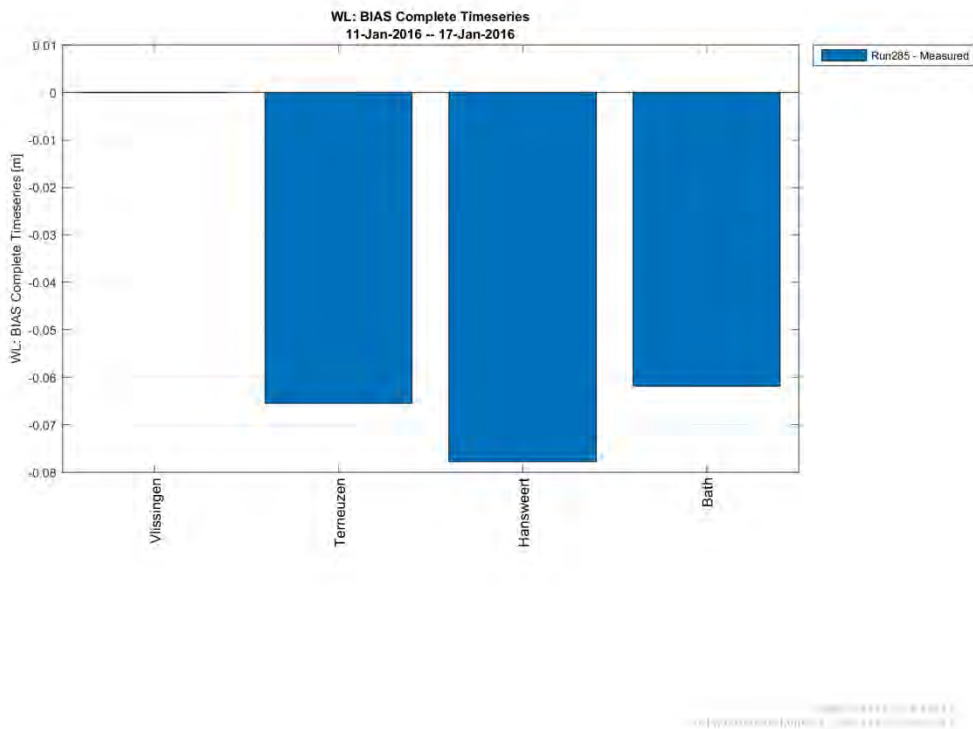
Jan2016							
Rivier	Meetpost	bias TS	RMSE TS	bias HW	RMSE HW	bias LW	RMSE LW
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Rupel	Boom	**	**	**	**	**	**
	Walem	-0.11	0.20	0.04	0.07	-0.21	0.24
Zenne	Hombeek	*	*	0.03*	0.08*	*	*
	Zemst	*	*	0.05*	0.12*	*	*
	Eppegem	*	*	-0.19*	0.22*	*	*
Dijle	Mechelen-Benedensluis	-0.13	0.19	0.06	0.08	-0.15	0.19
	Mechelen opwaarts stuw	-0.05	0.19	0.04	0.09	0.05	0.15
	Rijmenam	-0.26	0.29	-0.11	0.14	-0.24	0.27
	Rotselaar opwaarts stuw	-0.12	0.30	-0.17	0.29	-0.16	0.27
	Wilsele	0.00	0.01	-0.01	0.02	-0.01	0.01
Demer	Aarschot	0.16	0.18	0.19	0.21	0.12	0.13
Benedennete	Duffel-sluis	-0.16	0.22	0.06	0.08	-0.14	0.26
	Lier Molbrug	-0.16	0.20	0.08	0.10	-0.20	0.24
Kleine Nete	Emblem	-0.04	0.10	-0.03	0.04	-0.06	0.09
	Grobbendonk	0.12	0.12	0.15	0.16	0.10	0.10
Grote Nete	Lier Maasfort	-0.19	0.22	-0.03	0.07	-0.26	0.28
	Kessel	-0.29	0.34	-0.17	0.19	-0.41	0.45
	Hulshout	-0.09	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
	Geel-Zammel	0.05	0.05	0.03	0.03	0.05	0.05

*Laagwaterpeilen langs de Zenne worden niet correct gemeten omwille van de plaatsing van de meetpost in de rivierbedding.

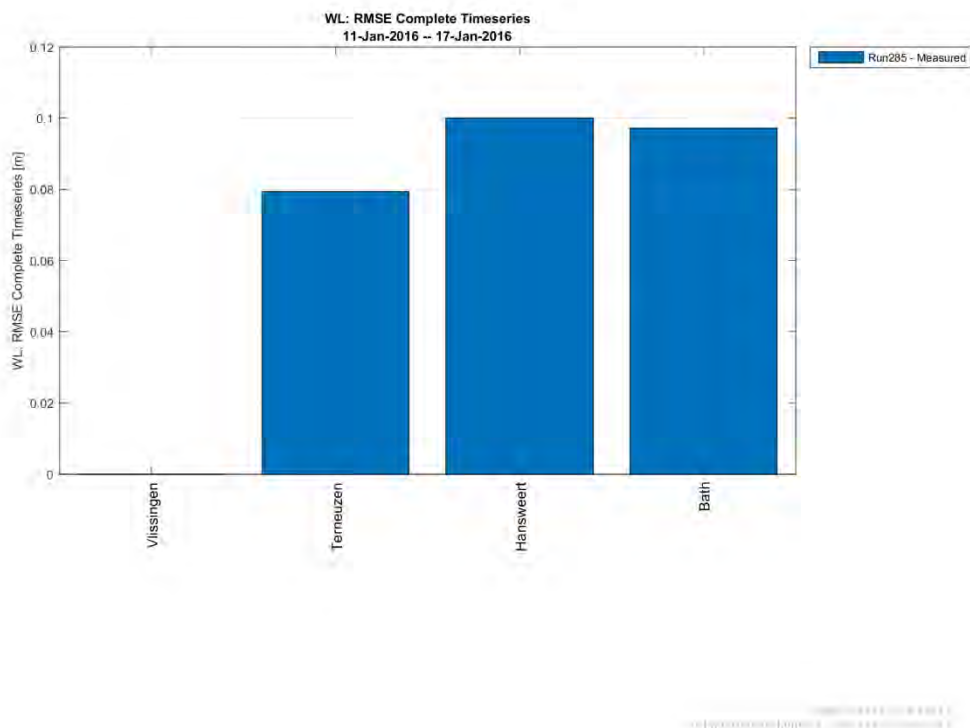
~~x*~~ : waarden niet beschouwd bij analyse kalibratie omwille van verouderde bathymetrie in het model.

**Gemeten waterpeilen in Boom ontbreken voor jan2016

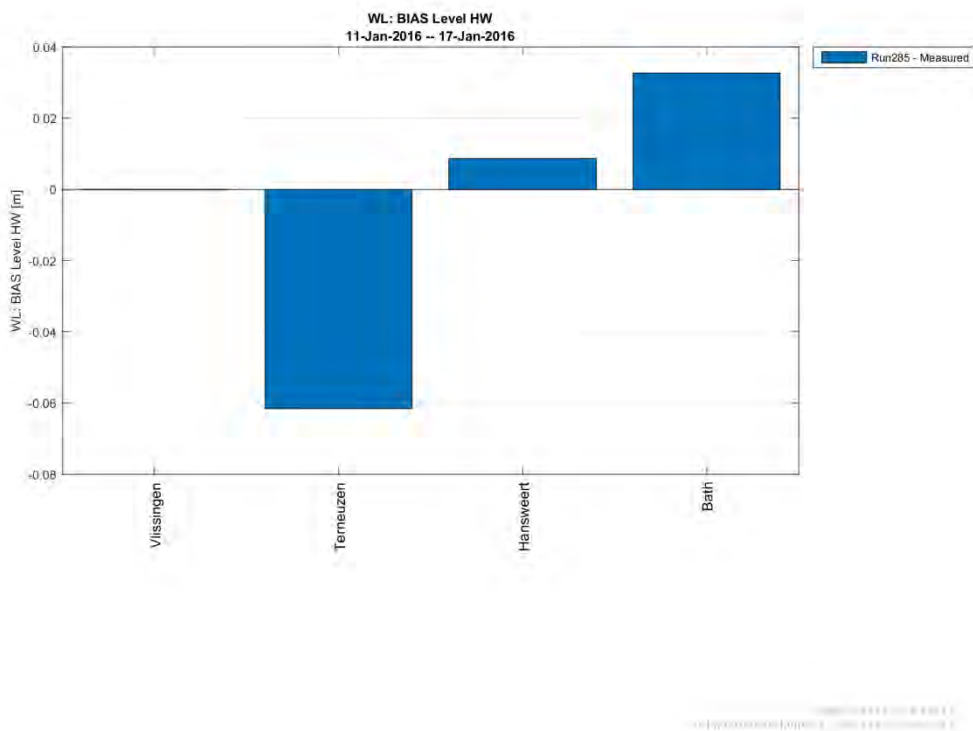
Figuur F 38 - bias waterpeilen (model-meting) – jan2016 – Westerschelde



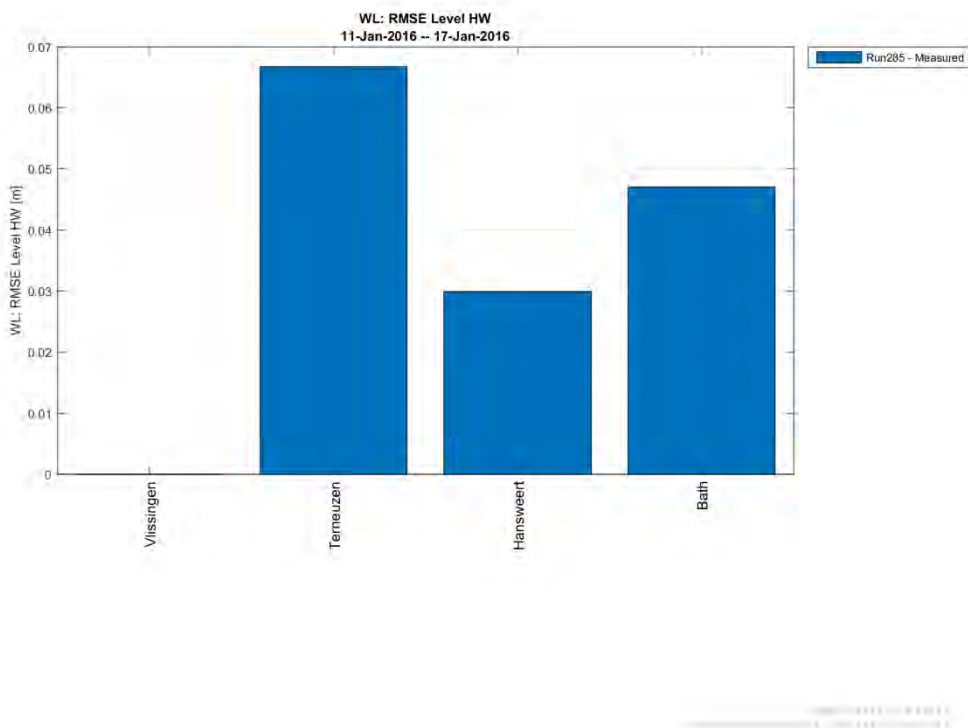
Figuur F 39 - RMSE waterpeilen (model-meting) – jan2016 - Westerschelde



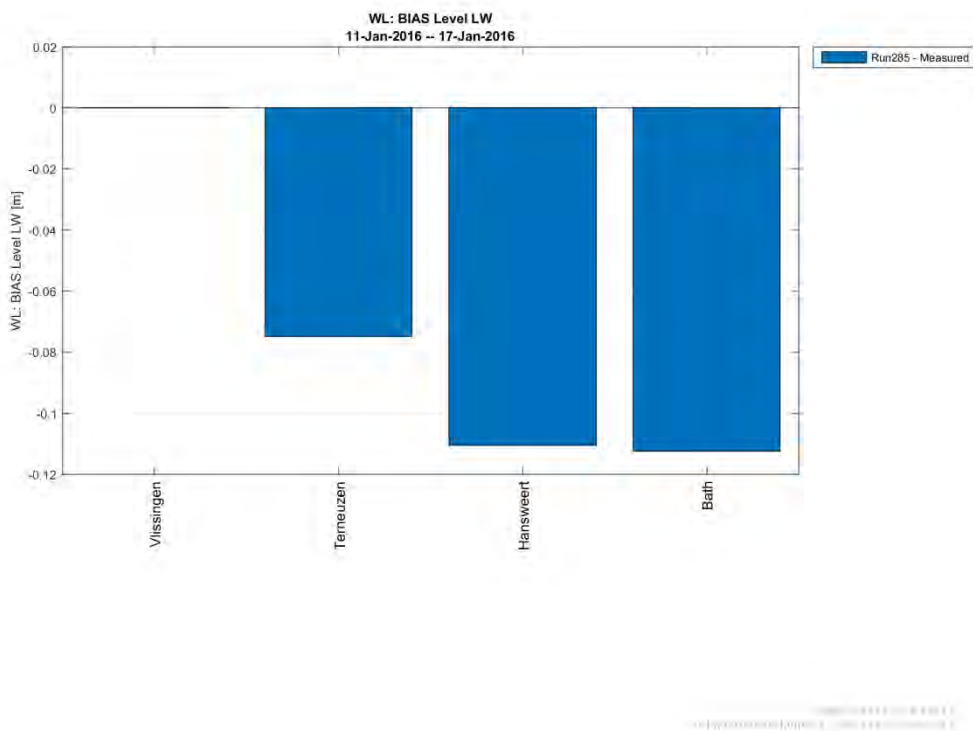
Figuur F 40 - bias hoogwaters (model-meting) – jan2016 – Westerschelde



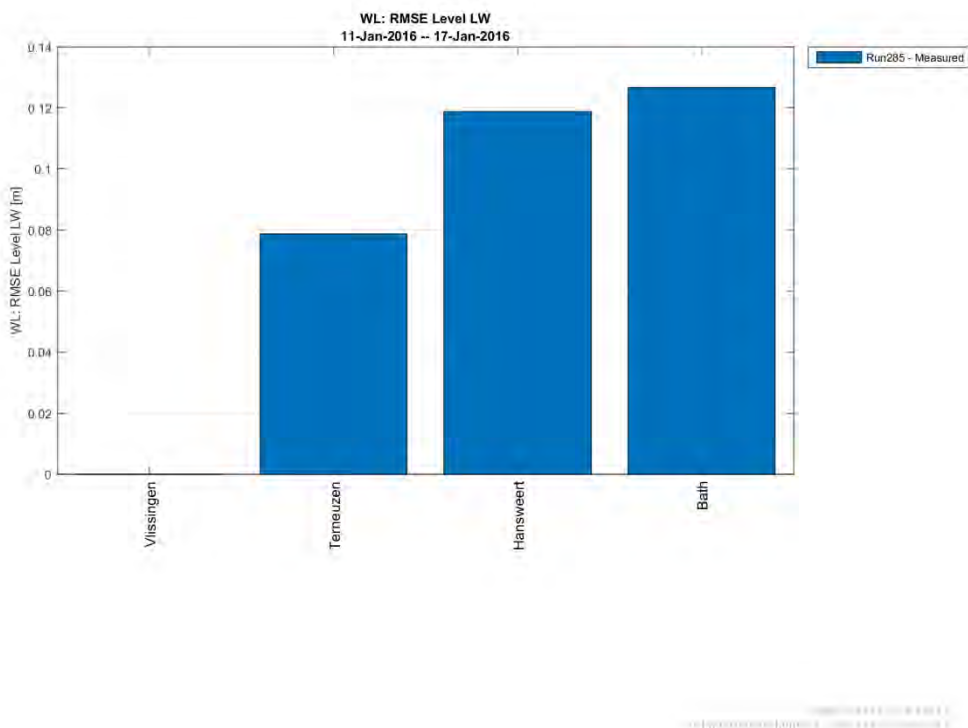
Figuur F 41 - RMSE hoogwaters (model-meting) – jan2016 – Westerschelde



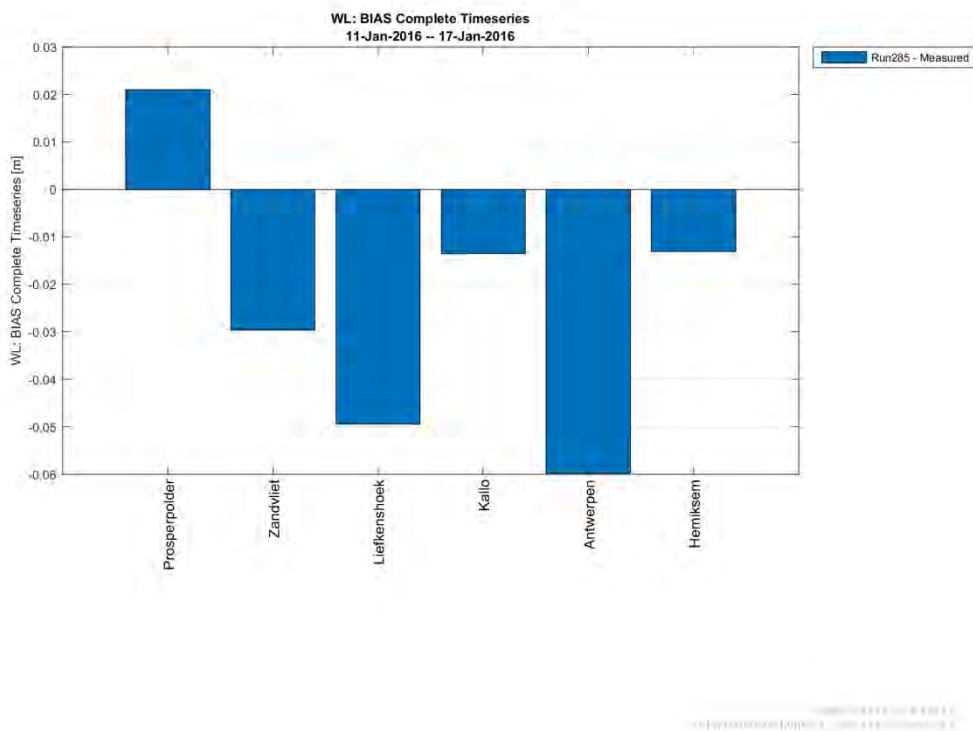
Figuur F 42 - bias laagwaters (model-meting) – jan2016 – Westerschelde



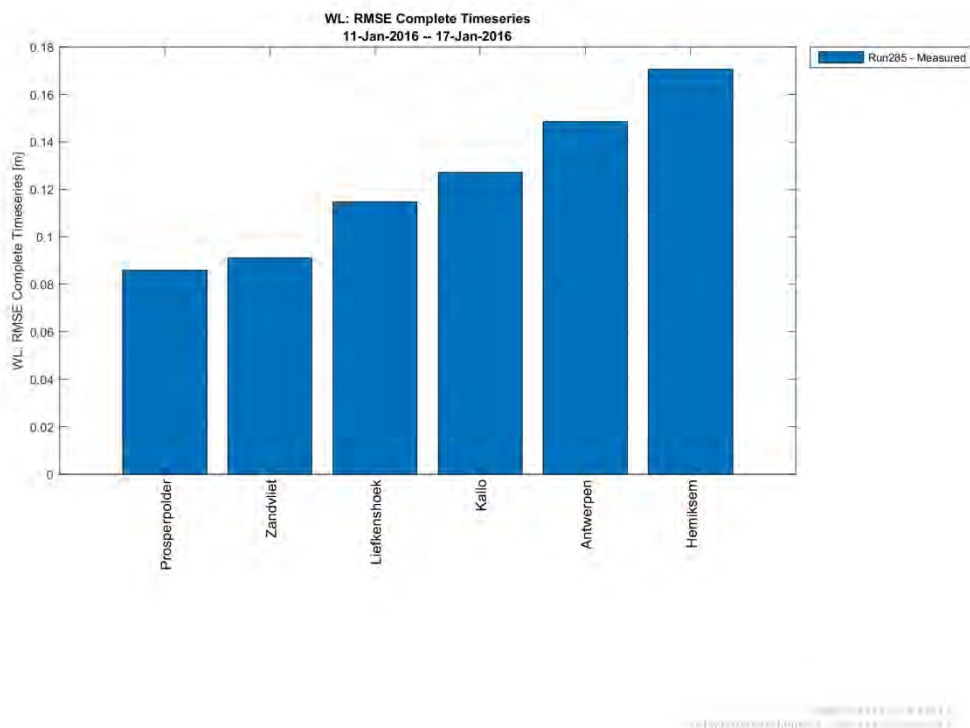
Figuur F 43 - RMSE laagwaters (model-meting) – jan2016 – Westerschelde



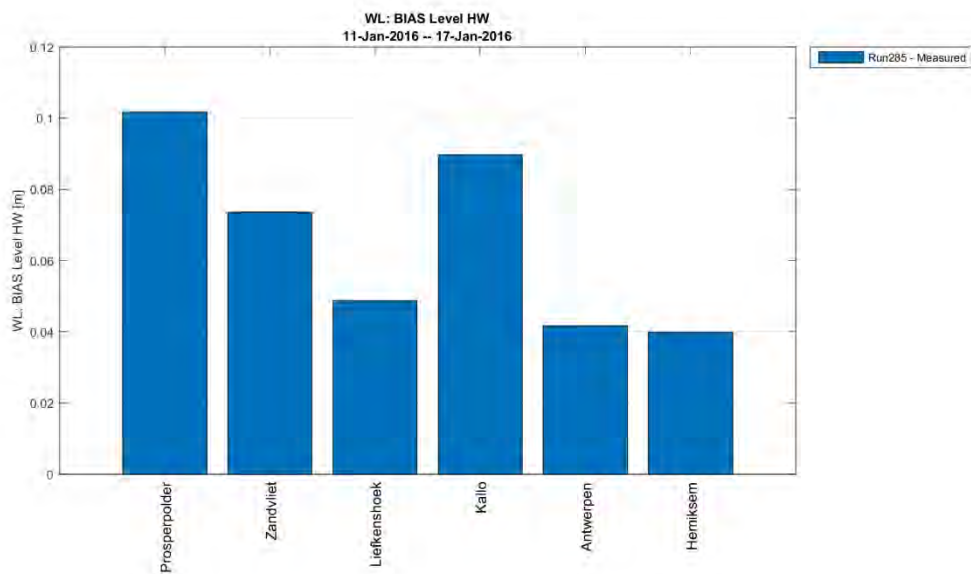
Figuur F 44 - bias waterpeilen (model-meting) – jan2016 – Beneden-Zeeschelde



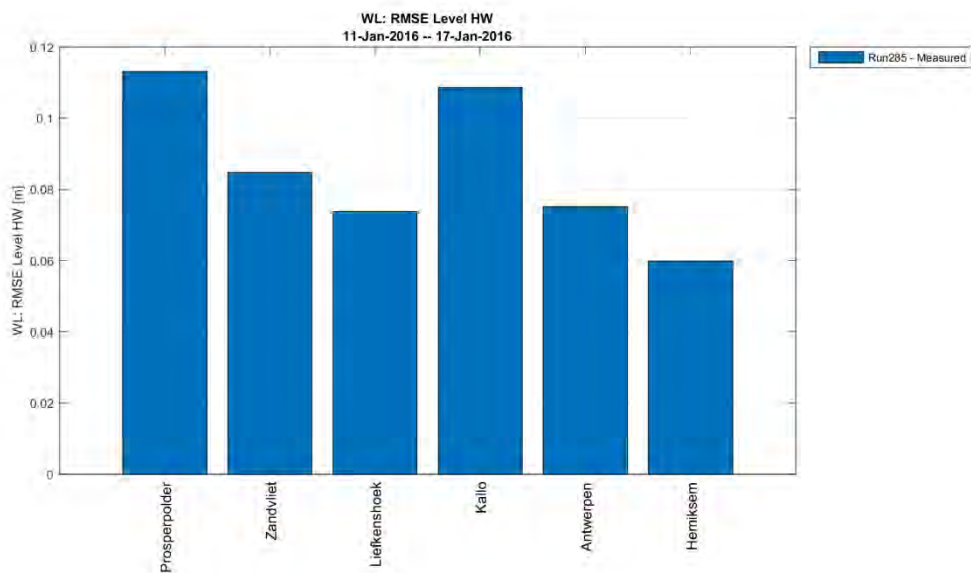
Figuur F 45 - RMSE waterpeilen (model-meting) – jan2016 – Beneden-Zeeschelde



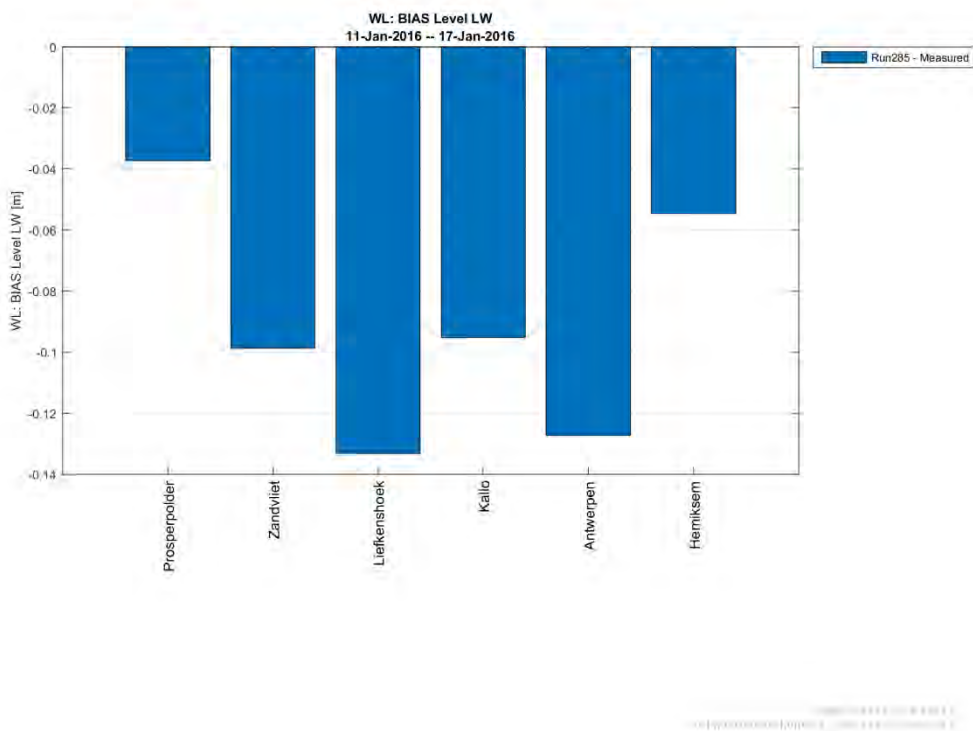
Figuur F 46 - bias hoogwaters (model-meting) – jan2016 – Beneden-Zeeschelde



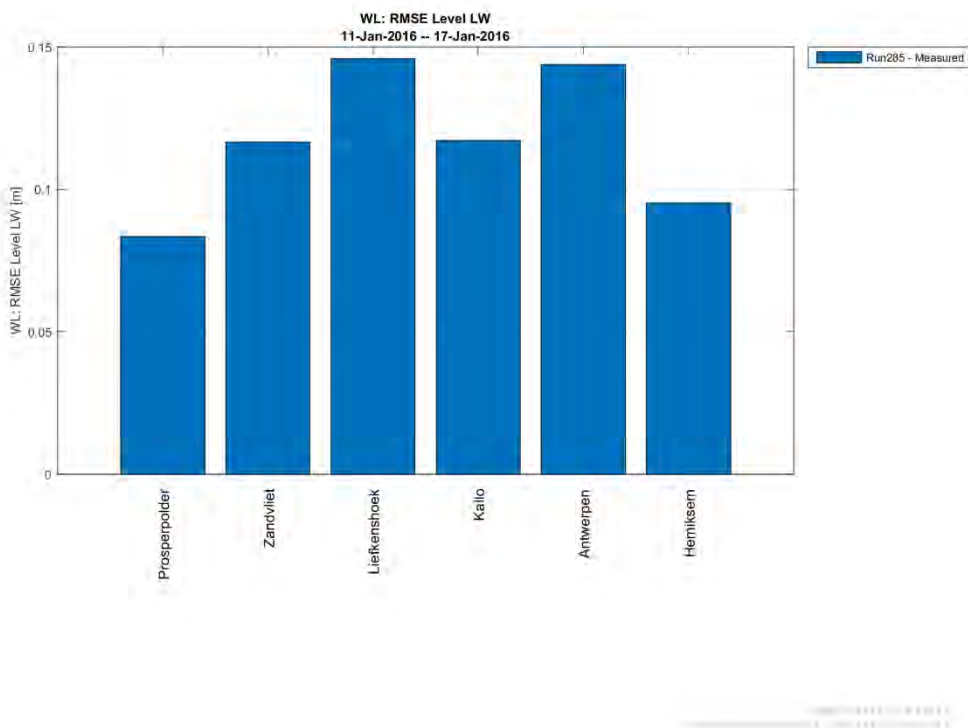
Figuur F 47 - RMSE hoogwaters (model-meting) – jan2016 – Beneden-Zeeschelde



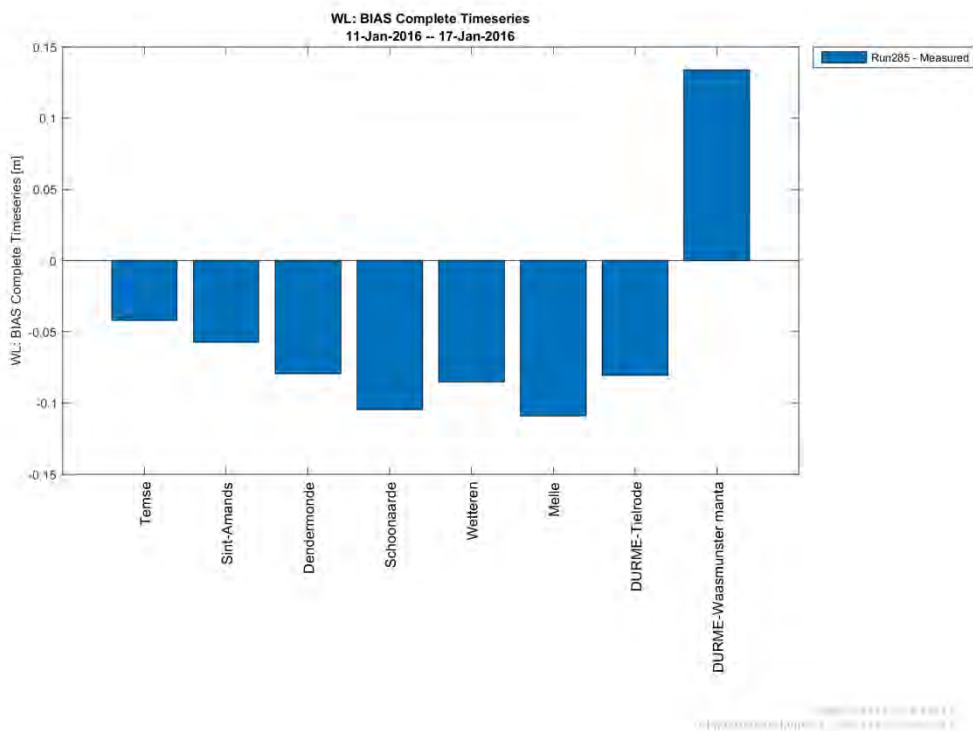
Figuur F 48 - bias laagwaters (model-meting) – jan2016 – Beneden-Zeeschelde



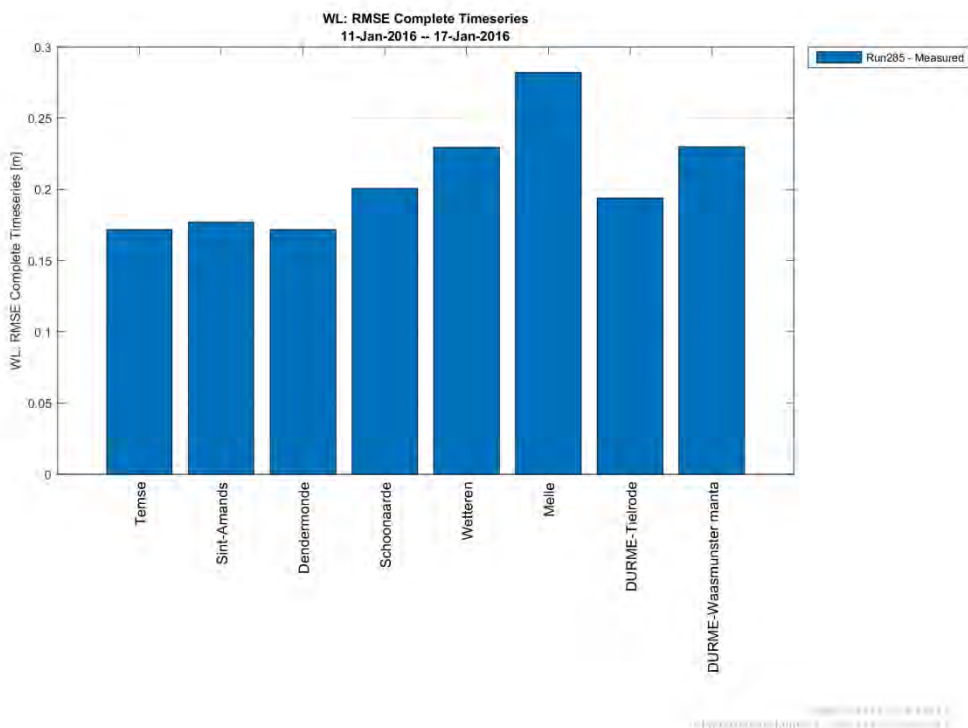
Figuur F 49 - RMSE laagwaters (model-meting) – jan2016 – Beneden-Zeeschelde



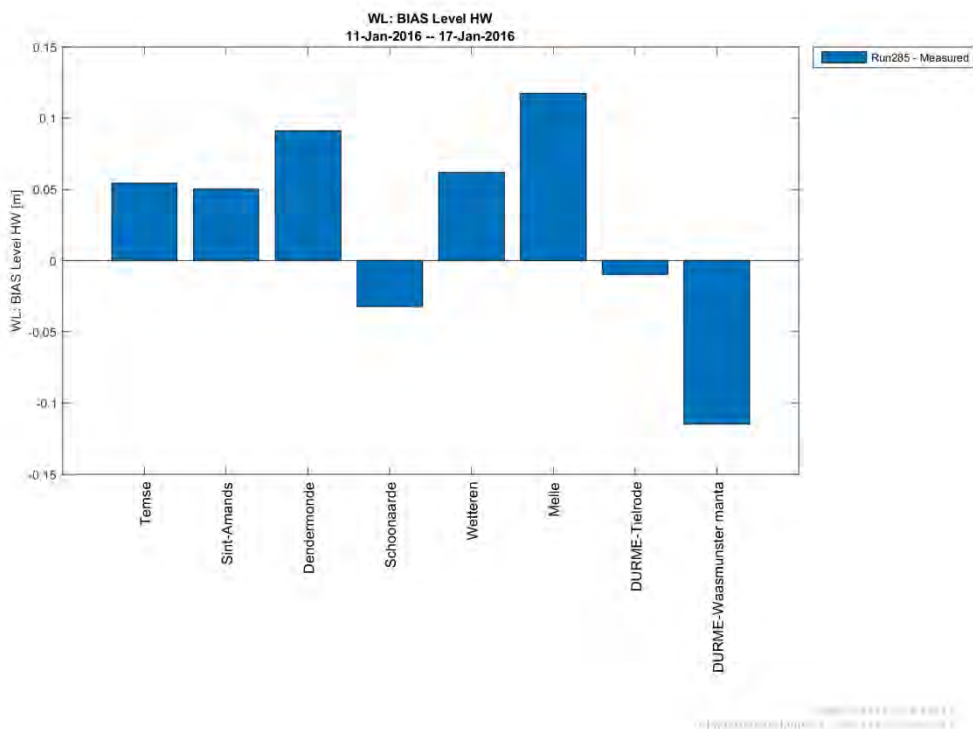
Figuur F 50 - bias waterpeilen (model-meting) – jan2016 – Boven-Zeeschelde en Durme



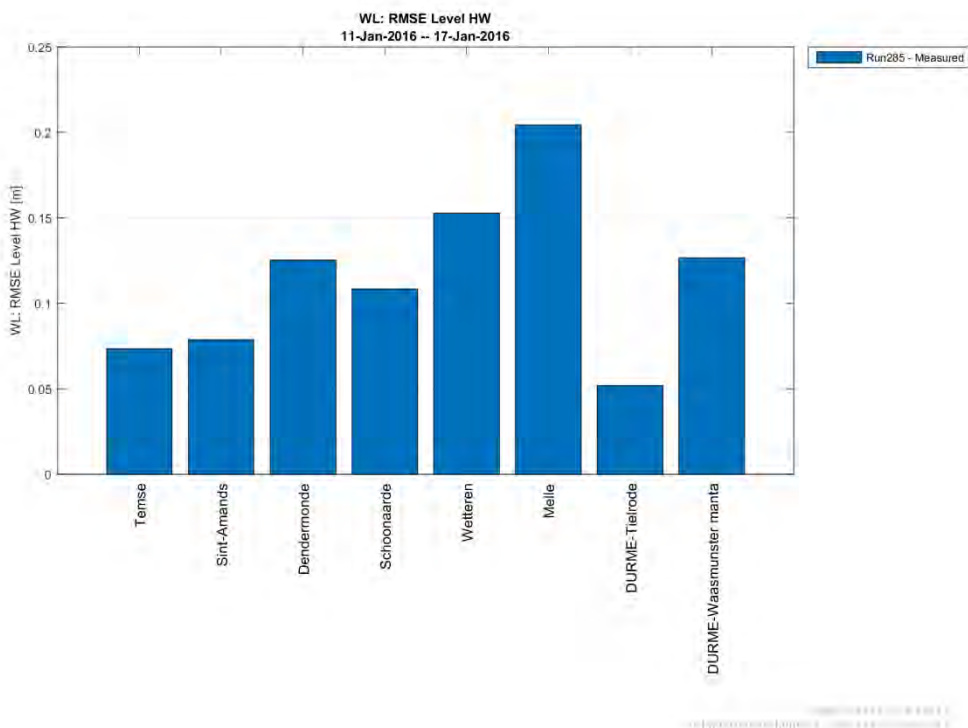
Figuur F 51 - RMSE waterpeilen (model-meting) – jan2016 – Boven-Zeeschelde en Durme



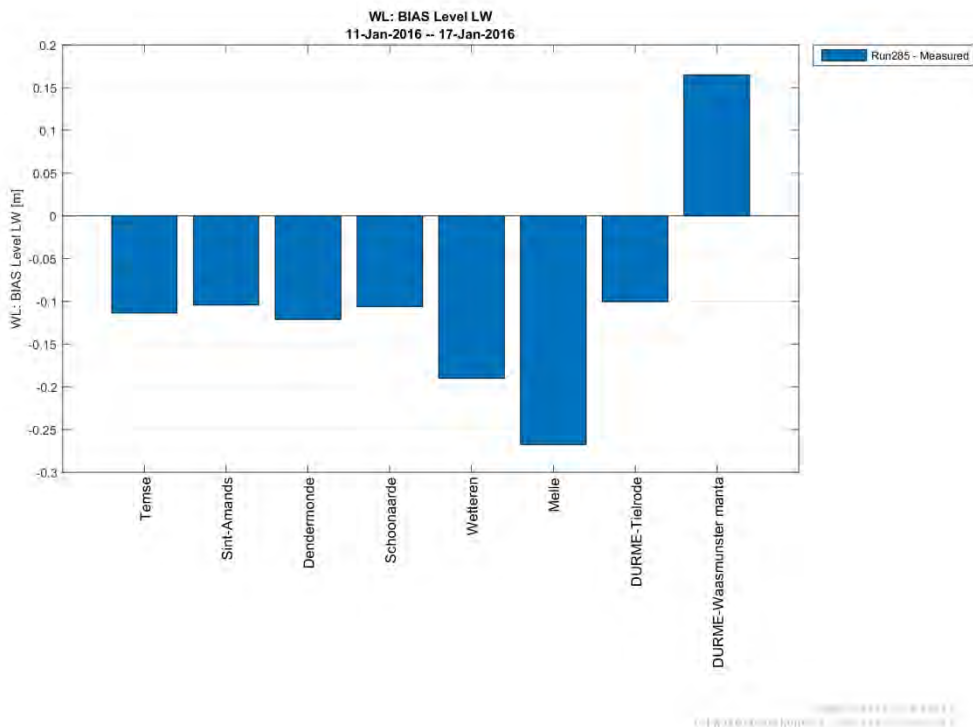
Figuur F 52 - bias hoogwaters (model-meting) – jan2016 – Boven-Zeeschelde en Durme



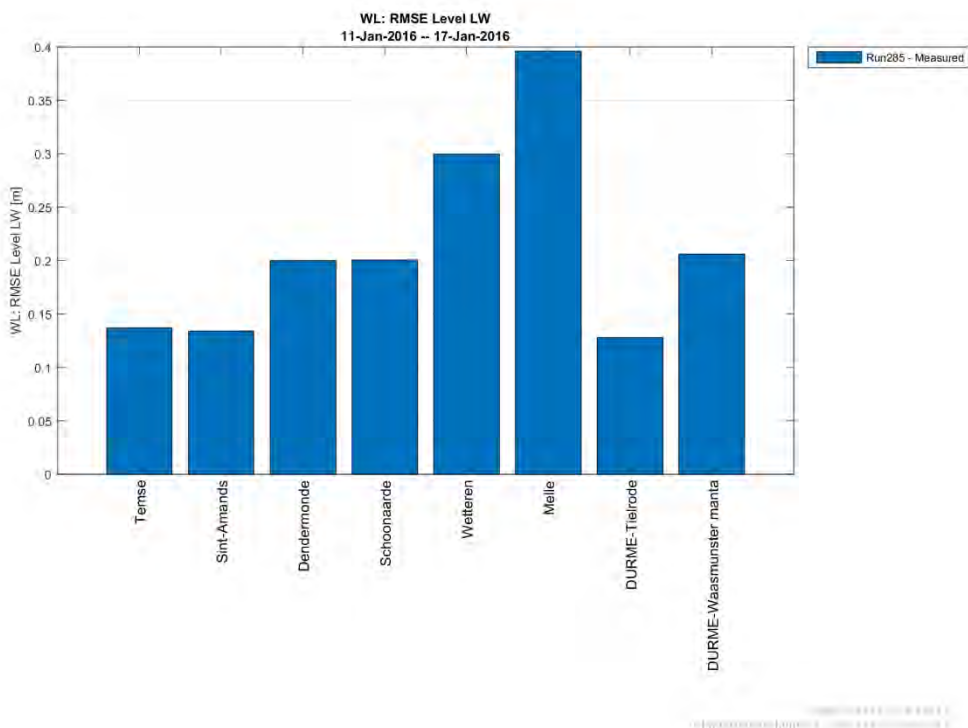
Figuur F 53 - RMSE hoogwaters (model-meting) – jan2016 – Boven-Zeeschelde en Durme



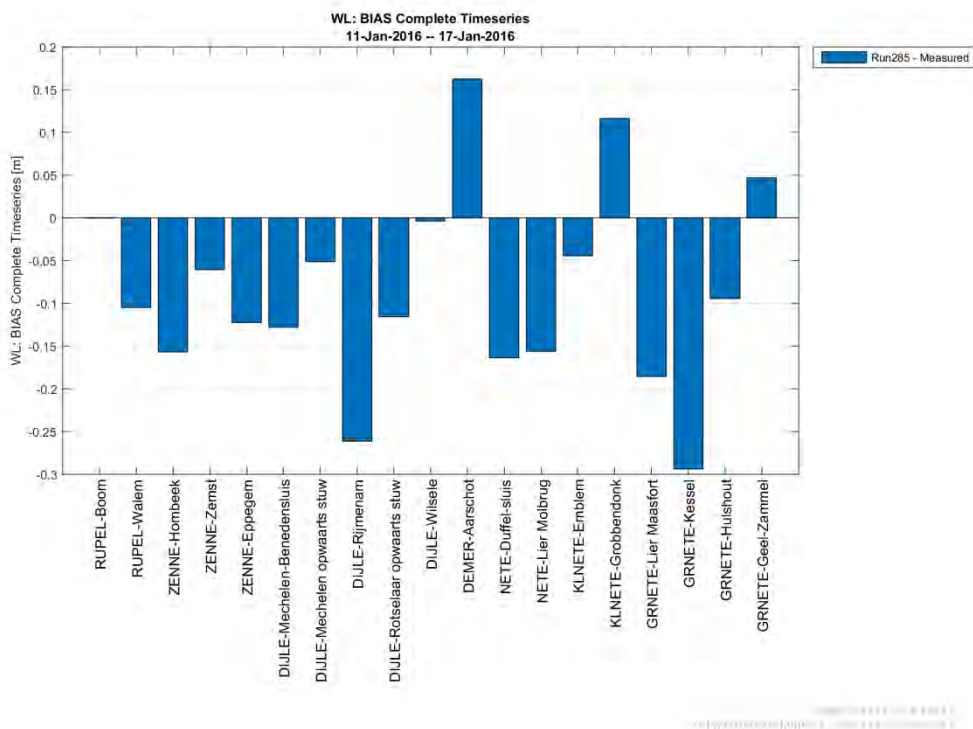
Figuur F 54 - bias laagwaters (model-meting) – jan2016 – Boven-Zeeschelde en Durme



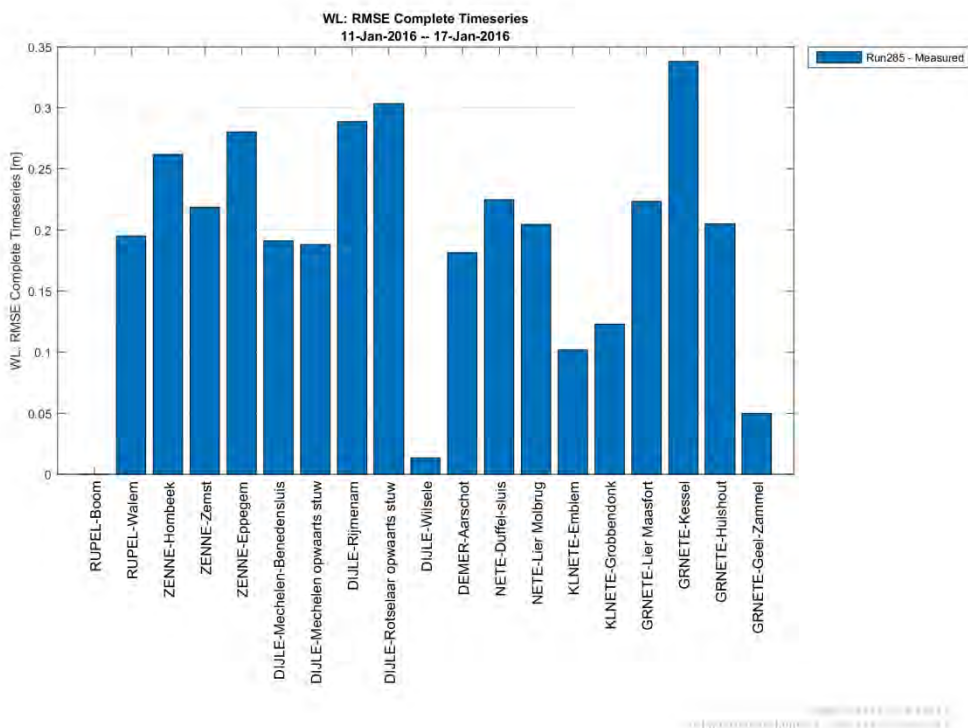
Figuur F 55 - RMSE laagwaters (model-meting) – jan2016 – Boven-Zeeschelde en Durme



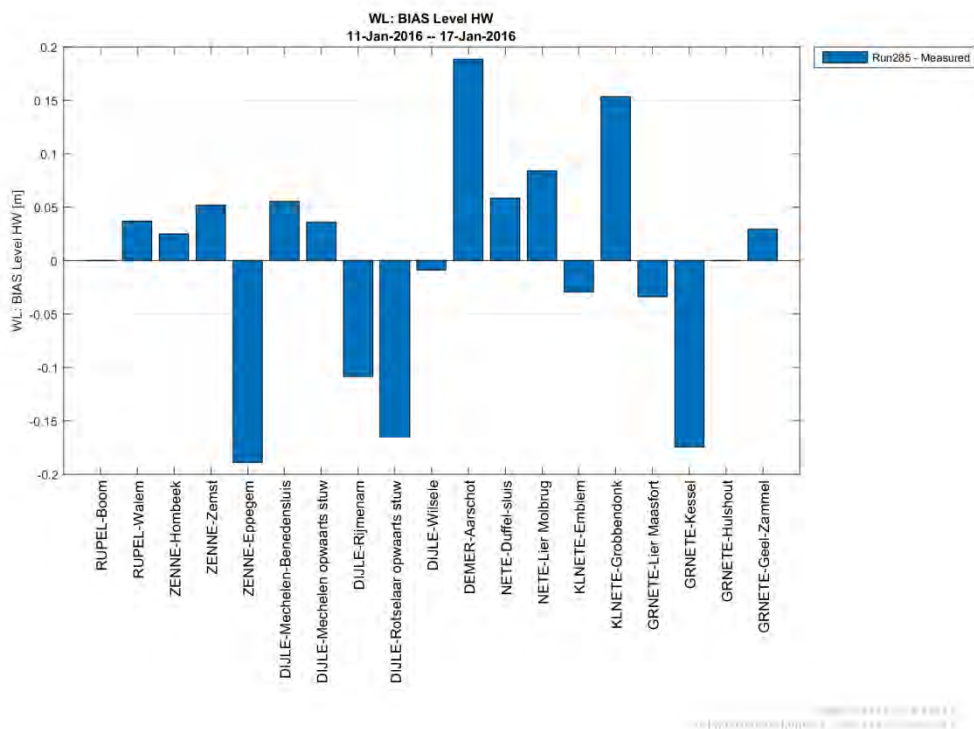
Figuur F 56 - bias waterpeilen (model-meting) – jan2016 – Rupelbekken



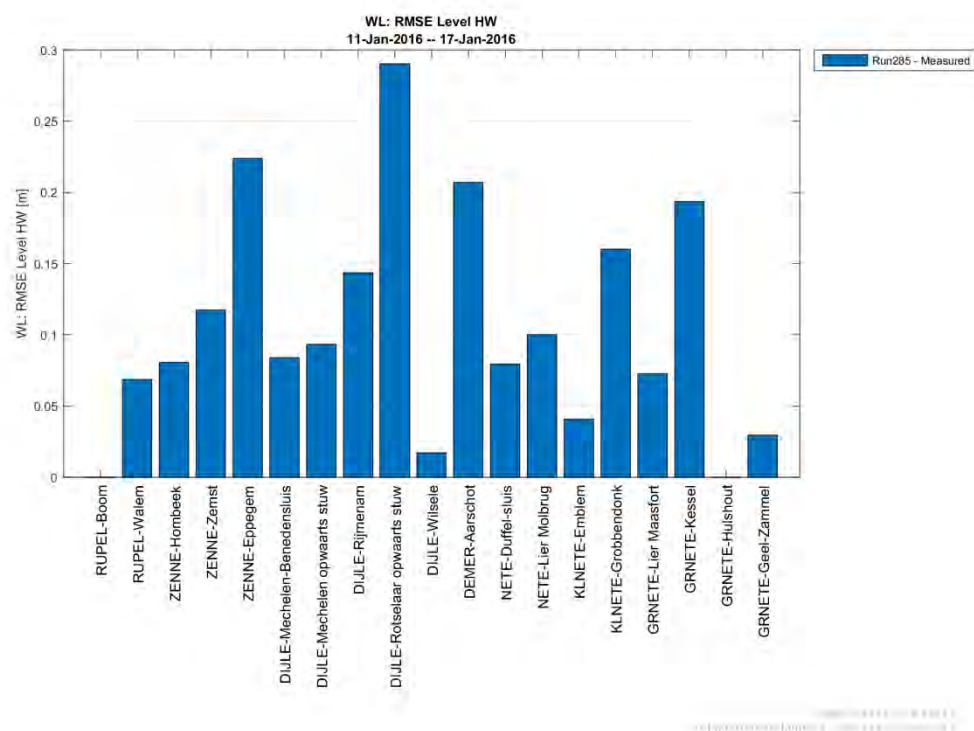
Figuur F 57 - RMSE waterpeilen (model-meting) – jan2016 – Rupelbekken



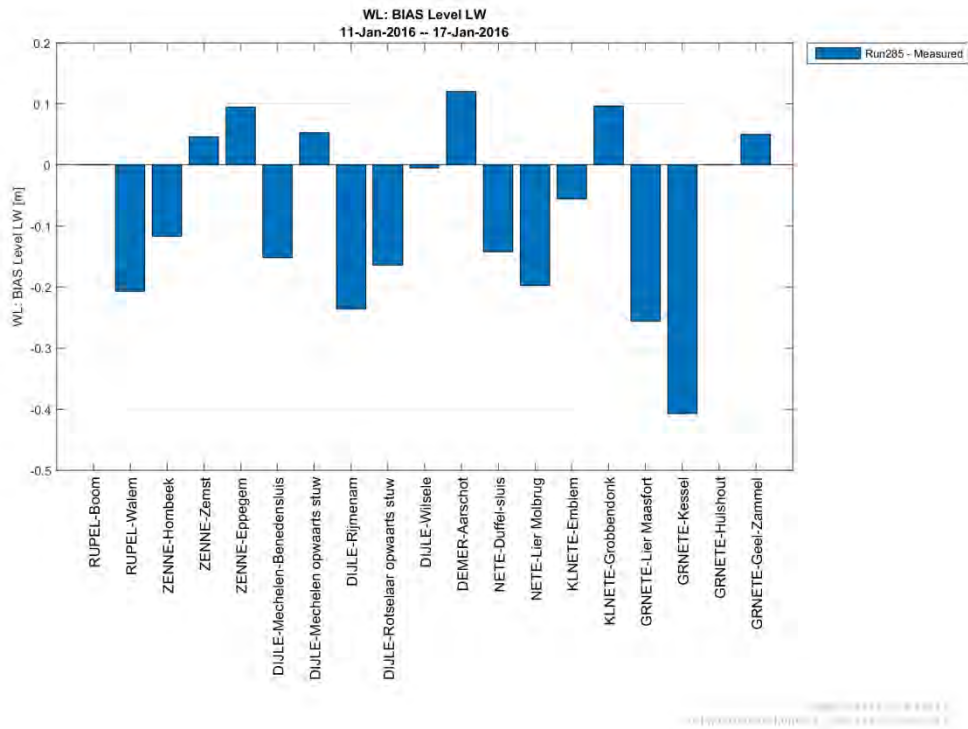
Figuur F 58 - bias hoogwaters (model-meting) – jan2016 – Rupelbekken



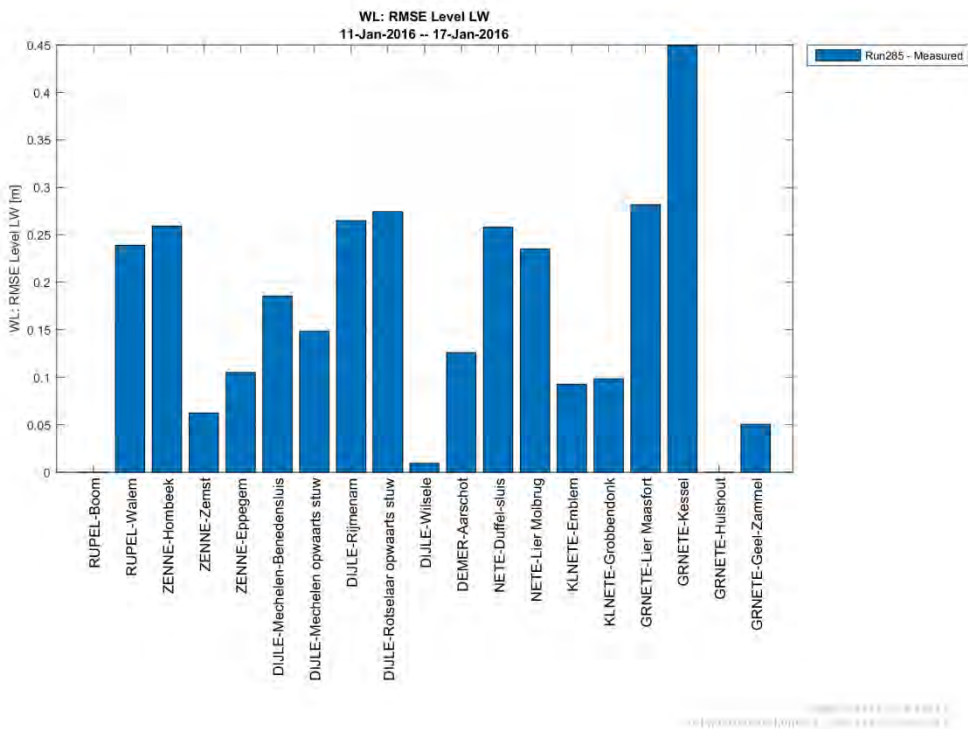
Figuur F 59 - RMSE hoogwaters (model-meting) – jan2016 – Rupelbekken



Figuur F 60 - bias laagwaters (model-meting) – jan2016 – Rupelbekken



Figuur F 61 - RMSE laagwaters (model-meting) – jan2016 - Rupelbekken



Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil

Tabel F 3 - Harmonische analyse: Amplitude M2 en vectorieel verschil – jan2016 – Westerschelde, Zeeschelde en Durme

Jan2016							
		Amplitude M2					Vectorieel verschil
Rivier	Meetpost	Meting		Run285		Vershil Run285-meting	Run285 vs meting
		Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	[m]
Westerschelde	Vlissingen	2.39	0.04	2.40	0.04	0.00	0.13
	Terneuzen	2.39	0.05	2.40	0.04	0.01	0.16
	Hansweert	2.42	0.04	2.44	0.04	0.02	0.22
	Bath	2.46	0.04	2.47	0.04	0.01	0.21
Beneden-Zeeschelde	Prosperpolder	2.48	0.05	2.48	0.04	0.01	0.27
	Zandvliet	2.51	0.05	2.48	0.04	0.02	0.28
	Liefkenshoek	2.45	0.04	2.45	0.03	0.01	0.32
	Kallo	2.27	0.04	2.25	0.04	0.00	0.34
	Antwerpen	1.75	0.04	1.76	0.04	0.00	0.32
	Hemiksem	1.34	0.05	1.34	0.05	0.03	0.34
Boven-Zeeschelde	Temse	1.03	0.07	1.13	0.07	0.00	0.34
	Sint-Amands	0.91	0.07	1.05	0.06	0.02	0.39
	Dendermonde	2.43	0.04	2.40	0.04	0.01	0.38
	Schoonaarde	0.57	0.03	0.43	0.03	0.00	0.44
	Wetteren	2.39	0.04	2.40	0.04	0.10	0.13
	Melle	2.39	0.05	2.40	0.04	0.15	0.16
Durme	Tielrode	2.42	0.04	2.44	0.04	0.03	0.22
	Waasmunster Manta	2.46	0.04	2.47	0.04	0.14	0.21

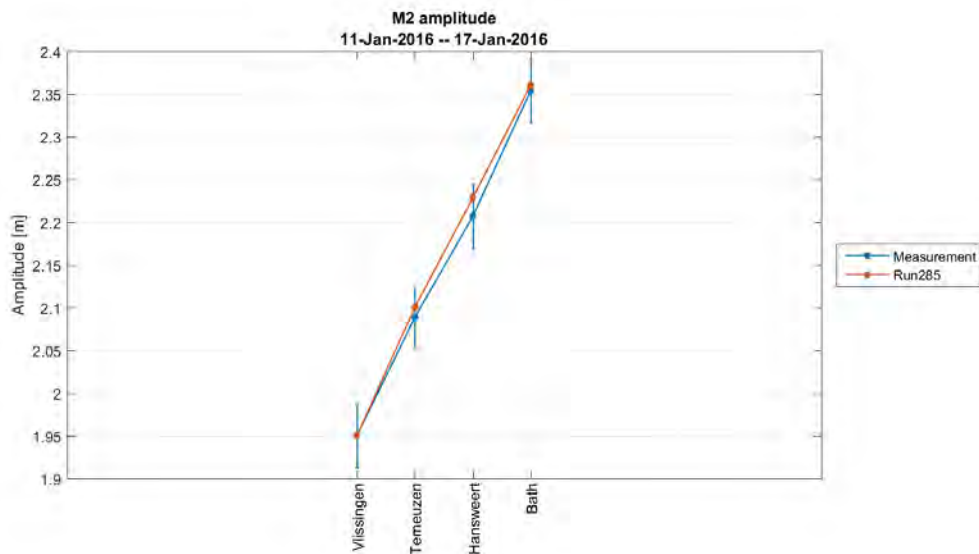
Tabel F 4 - Harmonische analyse: Amplitude M2 en Vectorieel verschil – jan2016 – Rupelbekken

Jan2016							
Rivier	Meetpost	Amplitude M2					Vectorieel verschil
		Meting		Run285		Vershil Run285-meting	Run285 vs meting
		Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	Fout [m]	Waarde [m]	[m]
Rupel	Boom	**	**	2.41	0.04	**	**
	Walem	2.25	0.04	2.27	0.04	0.03	0.40
Zenne	Hombeek	*	*	*	*	0.00	*
	Zemst	*	*	*	*	0.01	*
	Epegem	*	*	*	*	0.02	*
Dijle	Mechelen-Benedensluis	1.82	0.04	1.82	0.04	0.01	0.38
	Mechelen opwaarts stuw	0.61	0.02	0.61	0.02	0.01	0.21
	Rijmenam	0.34	0.06	0.37	0.05	0.03	0.39
	Rotselaar opwaarts stuw	0.04	0.07	0.07	0.08	0.02	0.25
	Wilsele	0.03	0.03	0.02	0.03	0.00	0.02
Demer	Aarschot	0.06	0.06	0.07	0.07	0.01	0.20
Beneden-nete	Duffel-sluis	1.77	0.04	1.80	0.03	0.03	0.36
	Lier Molbrug	1.15	0.03	1.20	0.03	0.05	0.34
Kleine Nete	Emblem	0.70	0.03	0.70	0.03	0.00	0.16
	Grobbendonk	0.06	0.03	0.09	0.03	0.03	0.18
Grote Nete	Lier Maasfort	0.86	0.03	0.90	0.03	0.04	0.35
	Kessel	0.58	0.03	0.64	0.03	0.06	0.46
	Hulshout	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.17
	Geel-Zammel	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.06

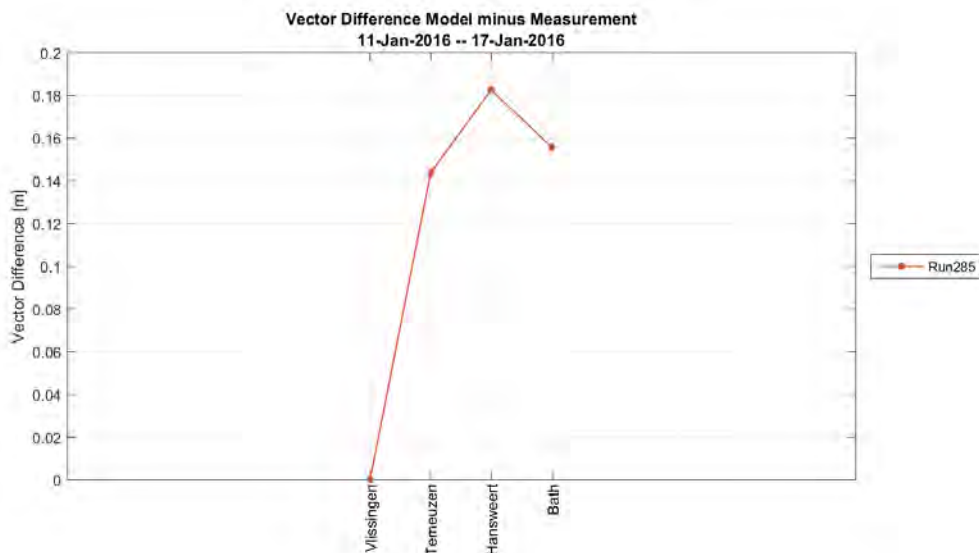
*Laagwaterpeilen langs de Zenne worden niet correct gemeten omwille van de plaatsing van de meetpost in de rivierbedding.

**Gemeten waterpeilen in Boom ontbreken voor jan2016

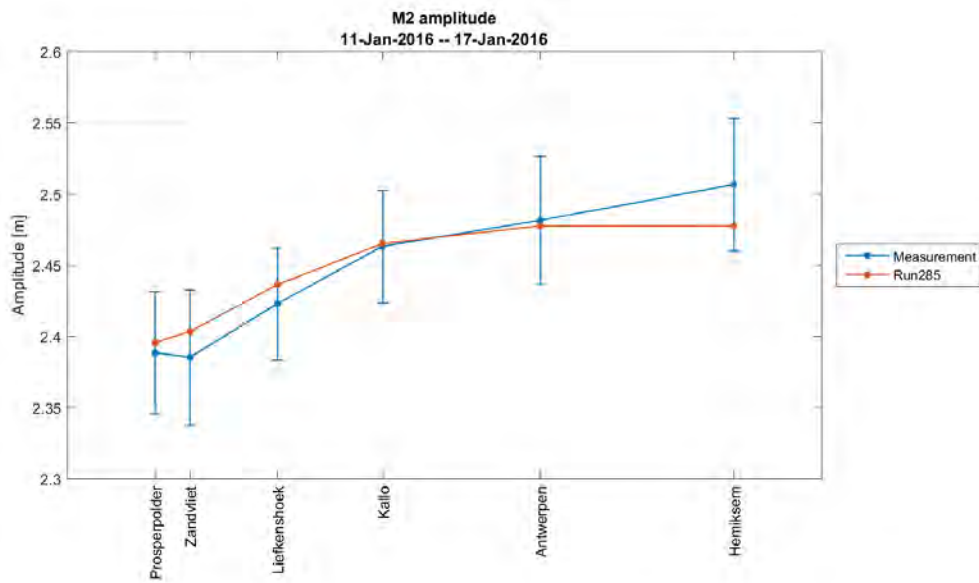
Figuur F 62 - M2 amplitude – jan2016 – Westerschelde



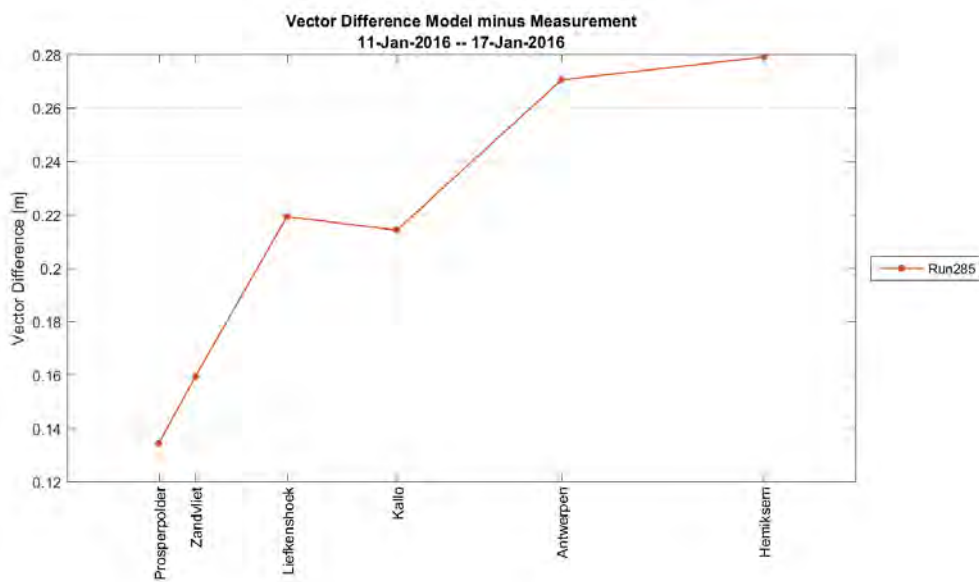
Figuur F 63 - Vectorieel verschil – jan2016 – Westerschelde



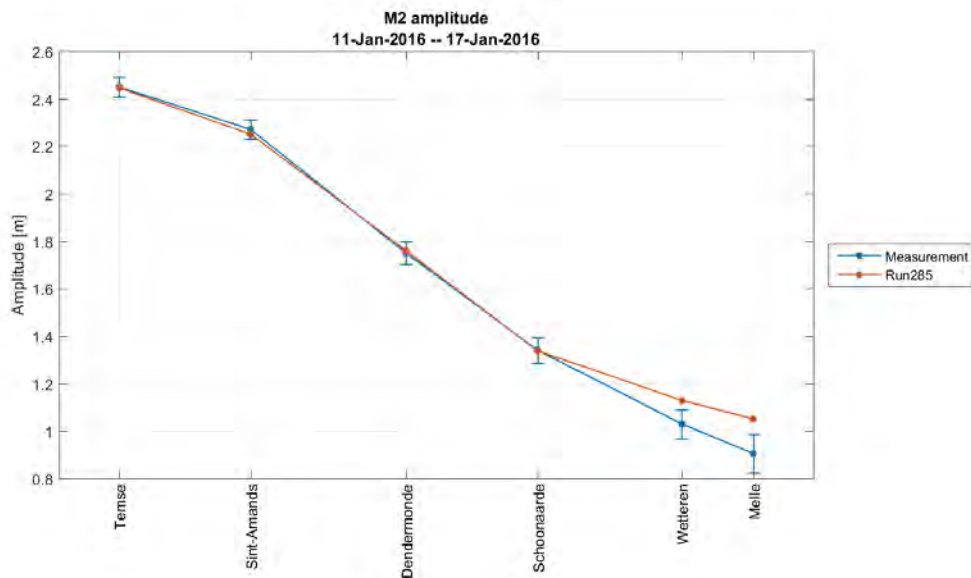
Figuur F 64 - M2 amplitude – jan2016 – Beneden-Zeeschelde



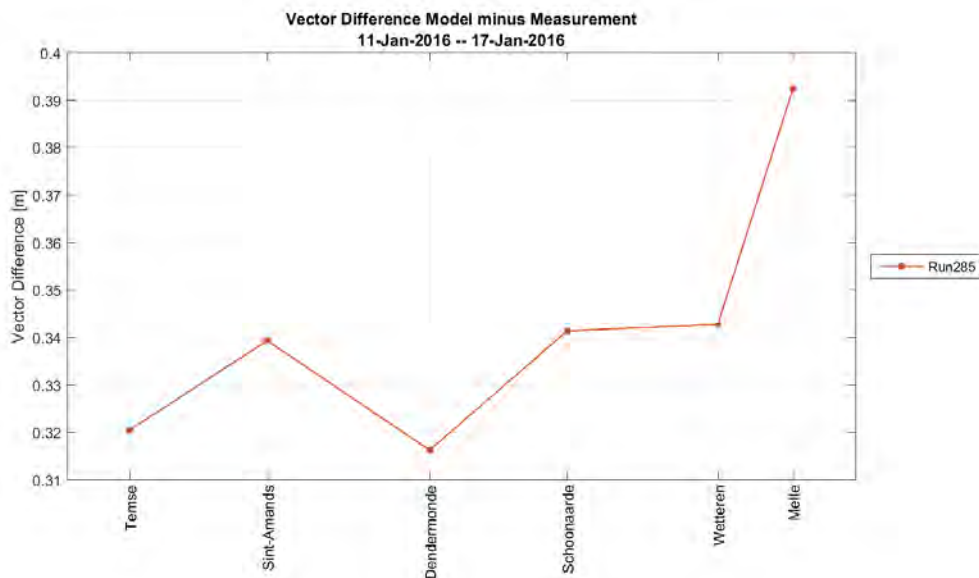
Figuur F 65 - Vectorieel verschil – jan2016 – Beneden-Zeeschelde



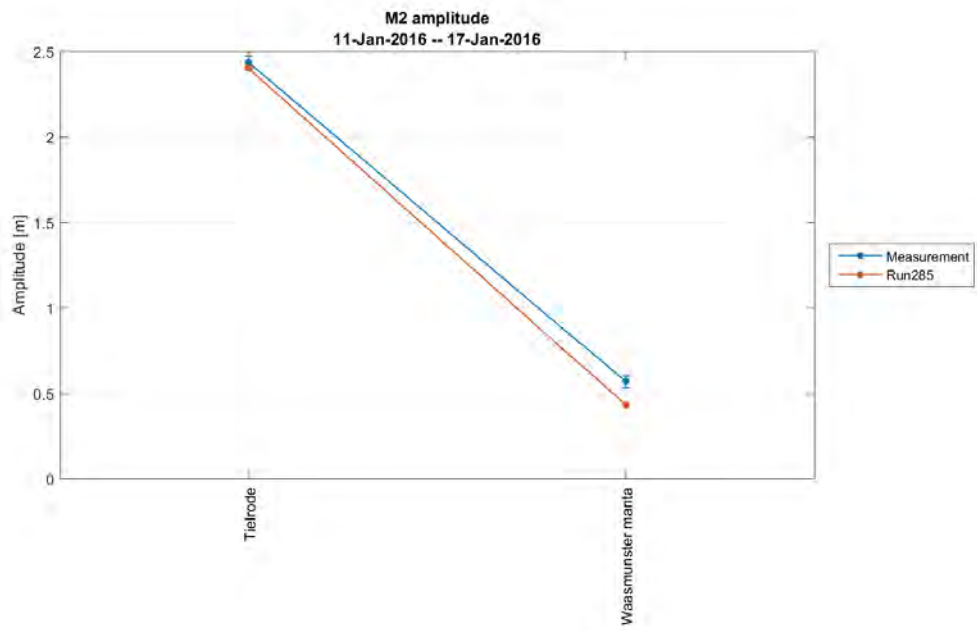
Figuur F 66 - M2 amplitude – jan2016 – Boven-Zeeschelde



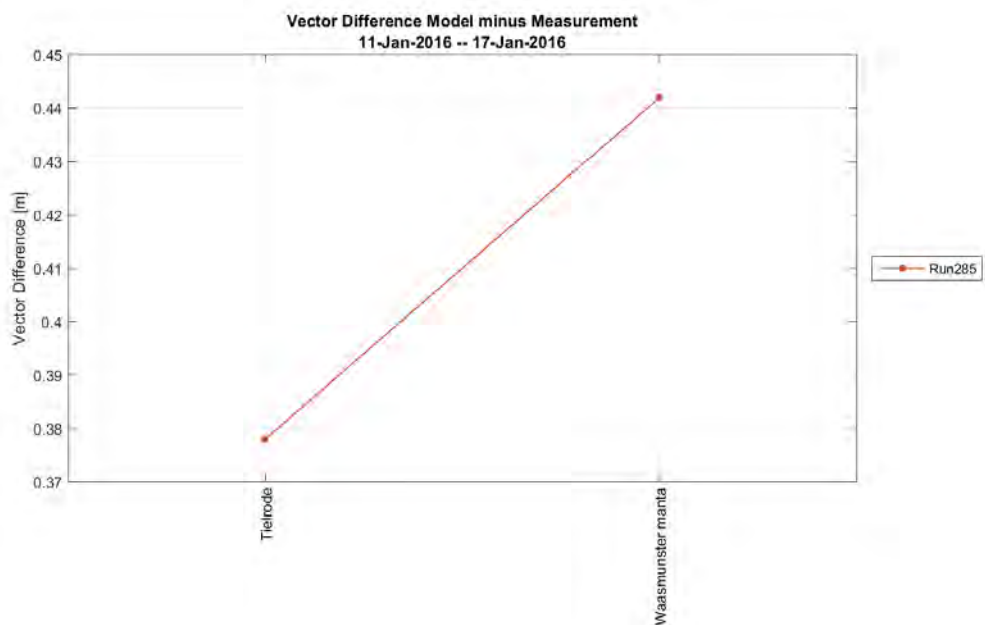
Figuur F 67 - Vectorieel verschil – jan2016 – Boven-Zeeschelde



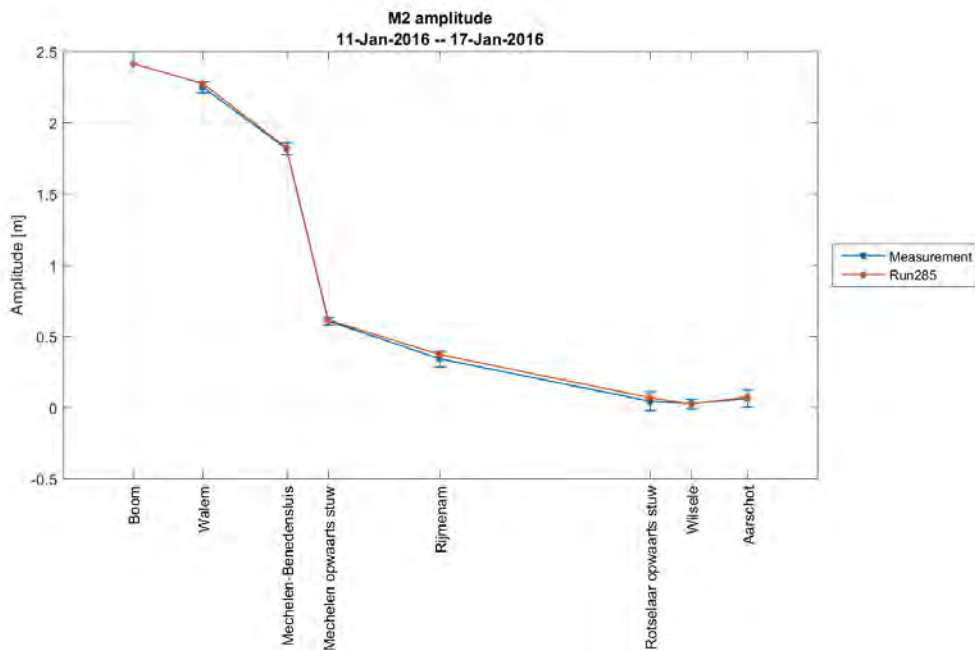
Figuur F 68 - M2 amplitude – jan2016 – Durme



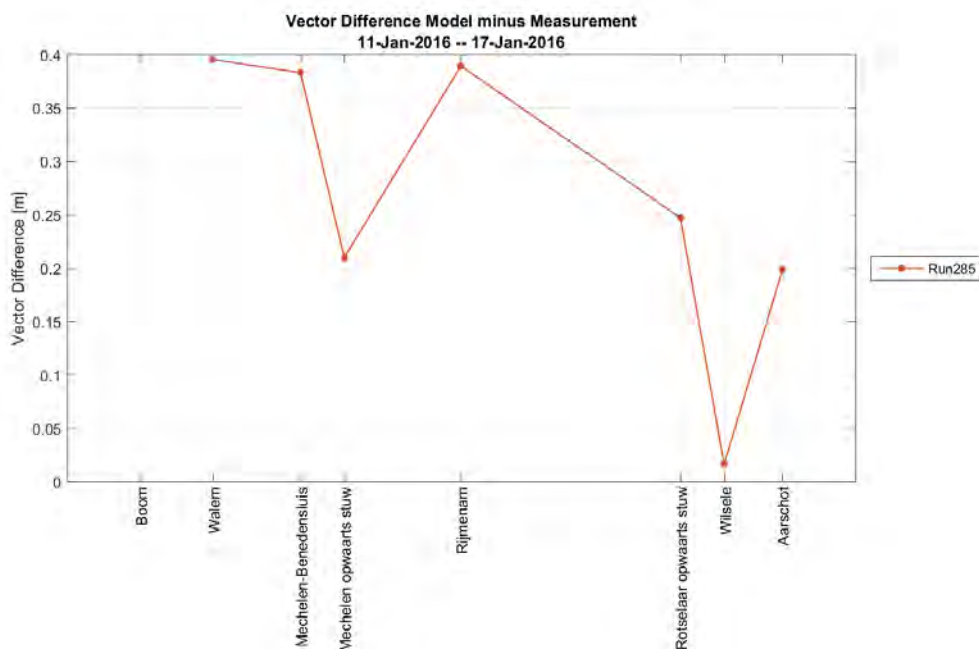
Figuur F 69 - Vectorieel verschil – jan2016 – Durme



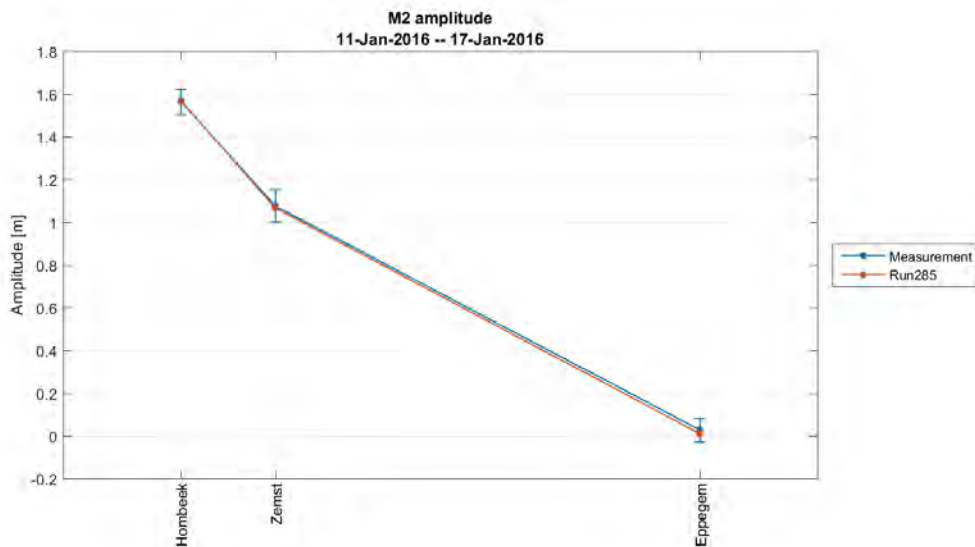
Figuur F 70 - M2 amplitude – jan2016 – Rupel-Dijle-Demer



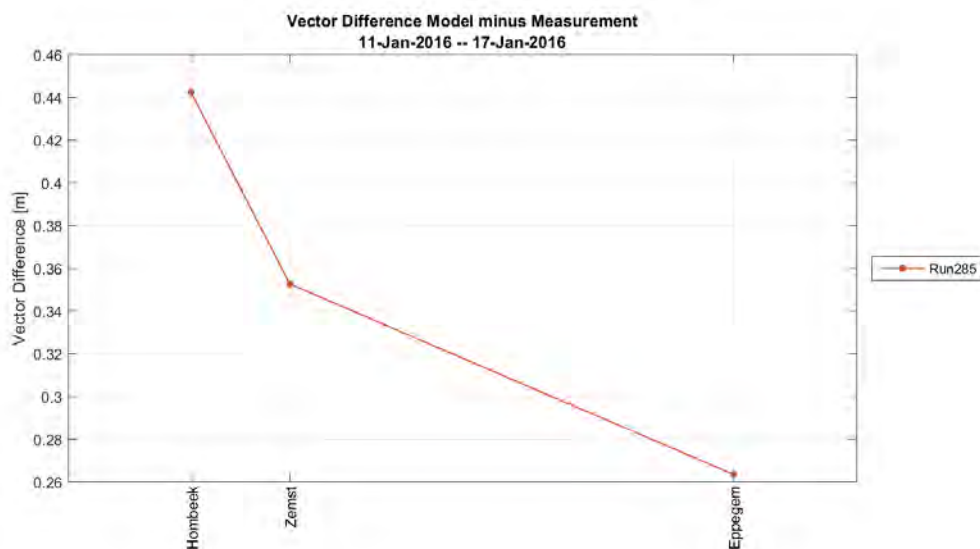
Figuur F 71 - Vectorieel verschil – jan2016 – Rupel-Dijle-Demer



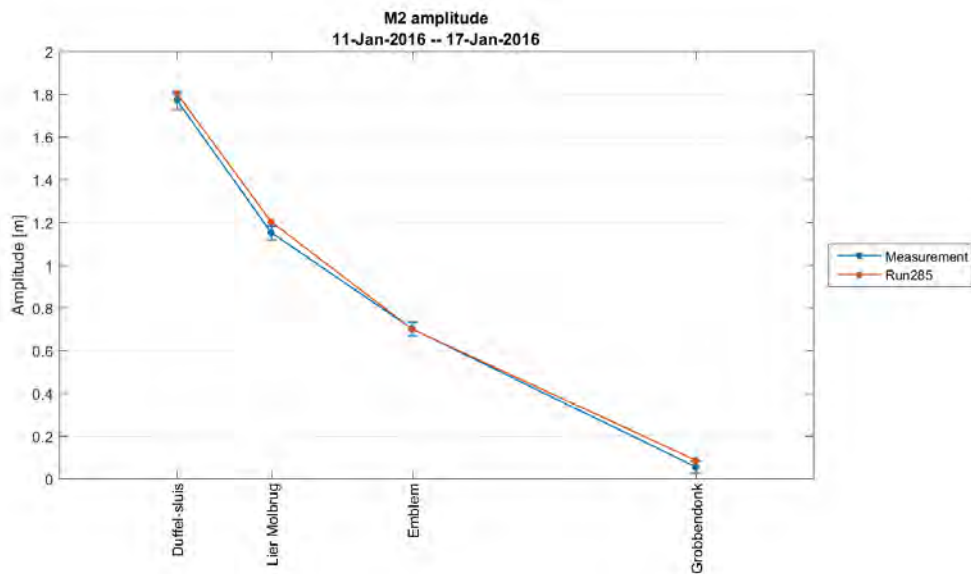
Figuur F 72 - M2 amplitude – jan2016 – Zenne



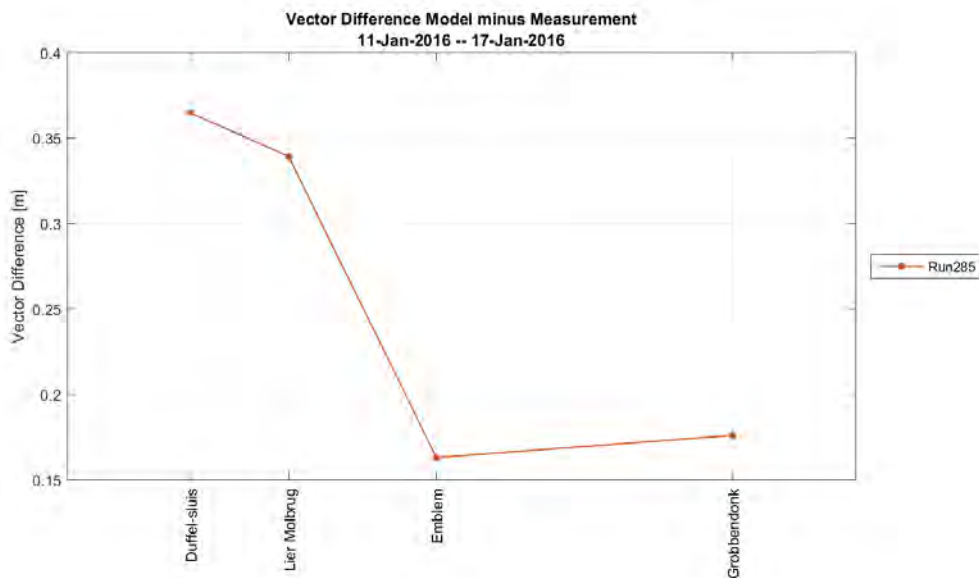
Figuur F 73 - Vectorieel verschil – jan2016 – Zenne



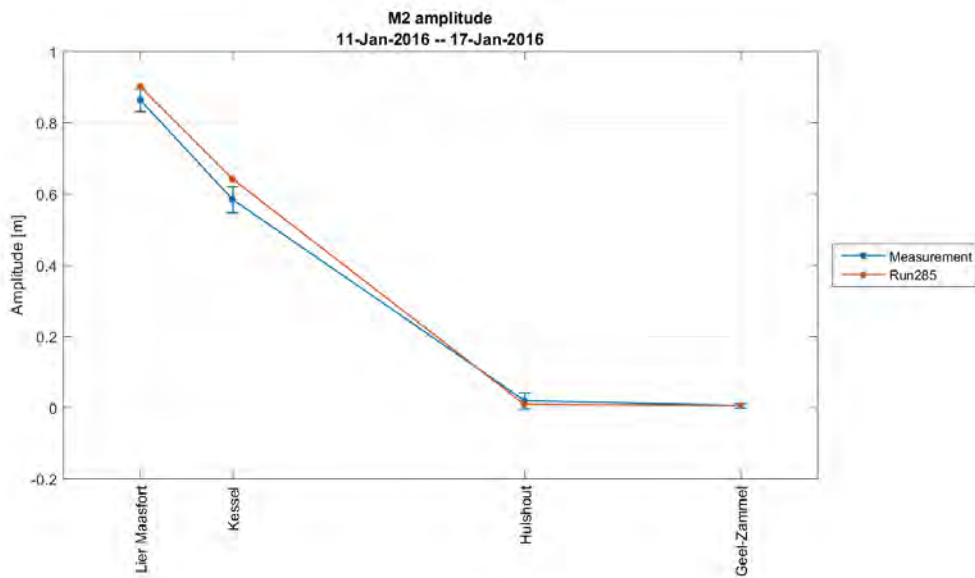
Figuur F 74 - M2 amplitude – jan2016 – Kleine Nete



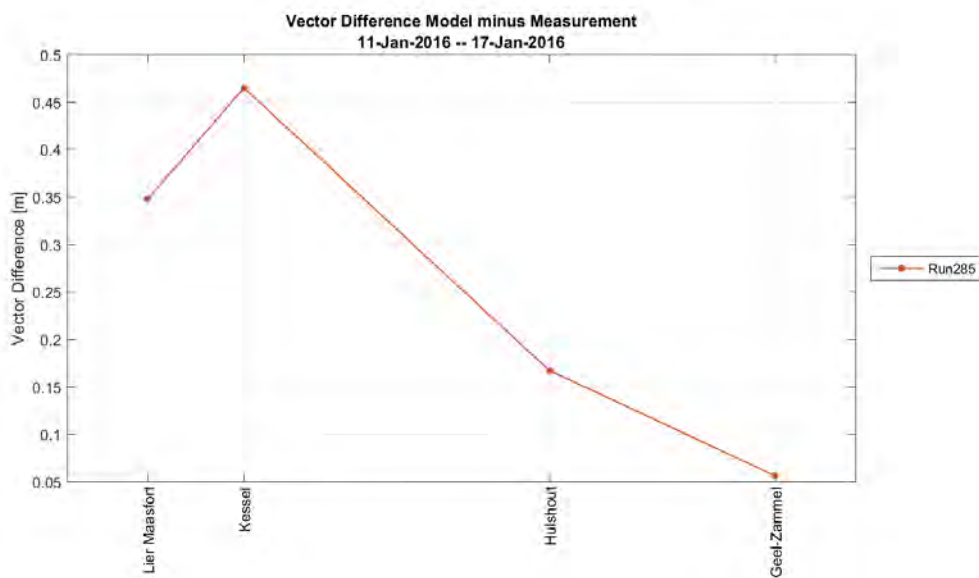
Figuur F 75 - Vectorieel verschil – jan2016 – Kleine Nete



Figuur F 76 - M2 amplitude – jan2016 – Grote Nete



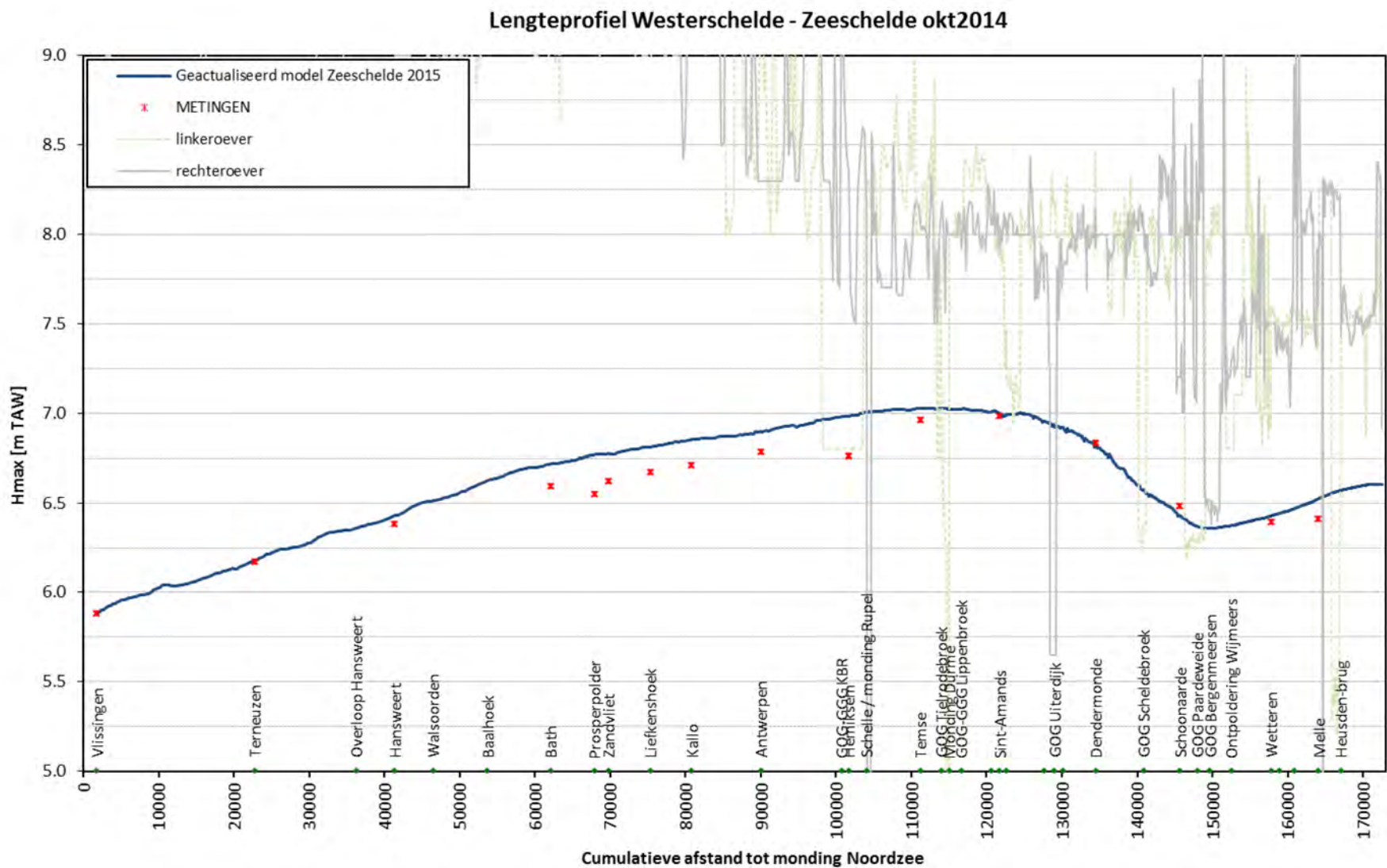
Figuur F 77 - Vectorieel verschil – jan2016 – Grote Nete



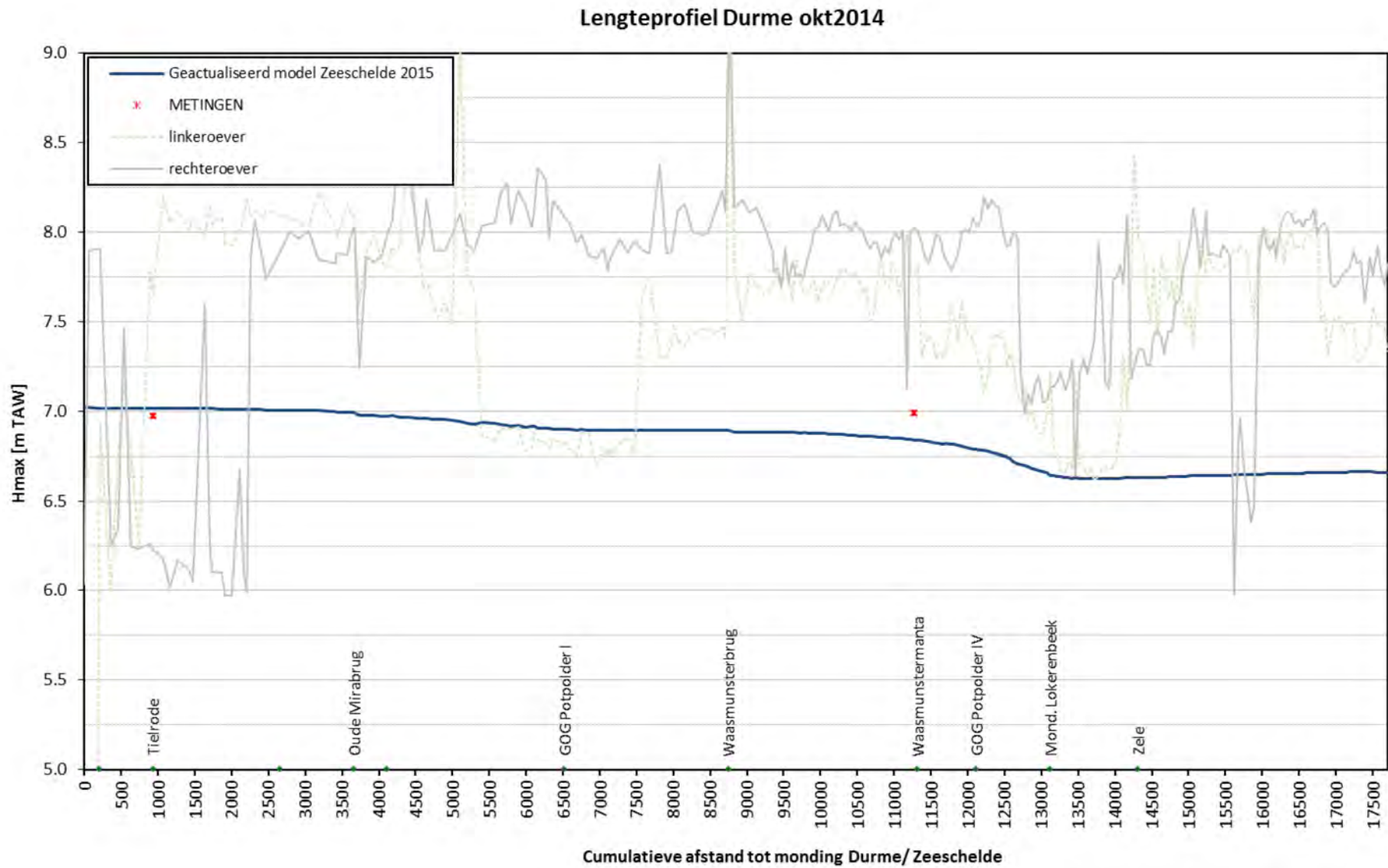
BIJLAGE I Lengteprofielen

Okt2014

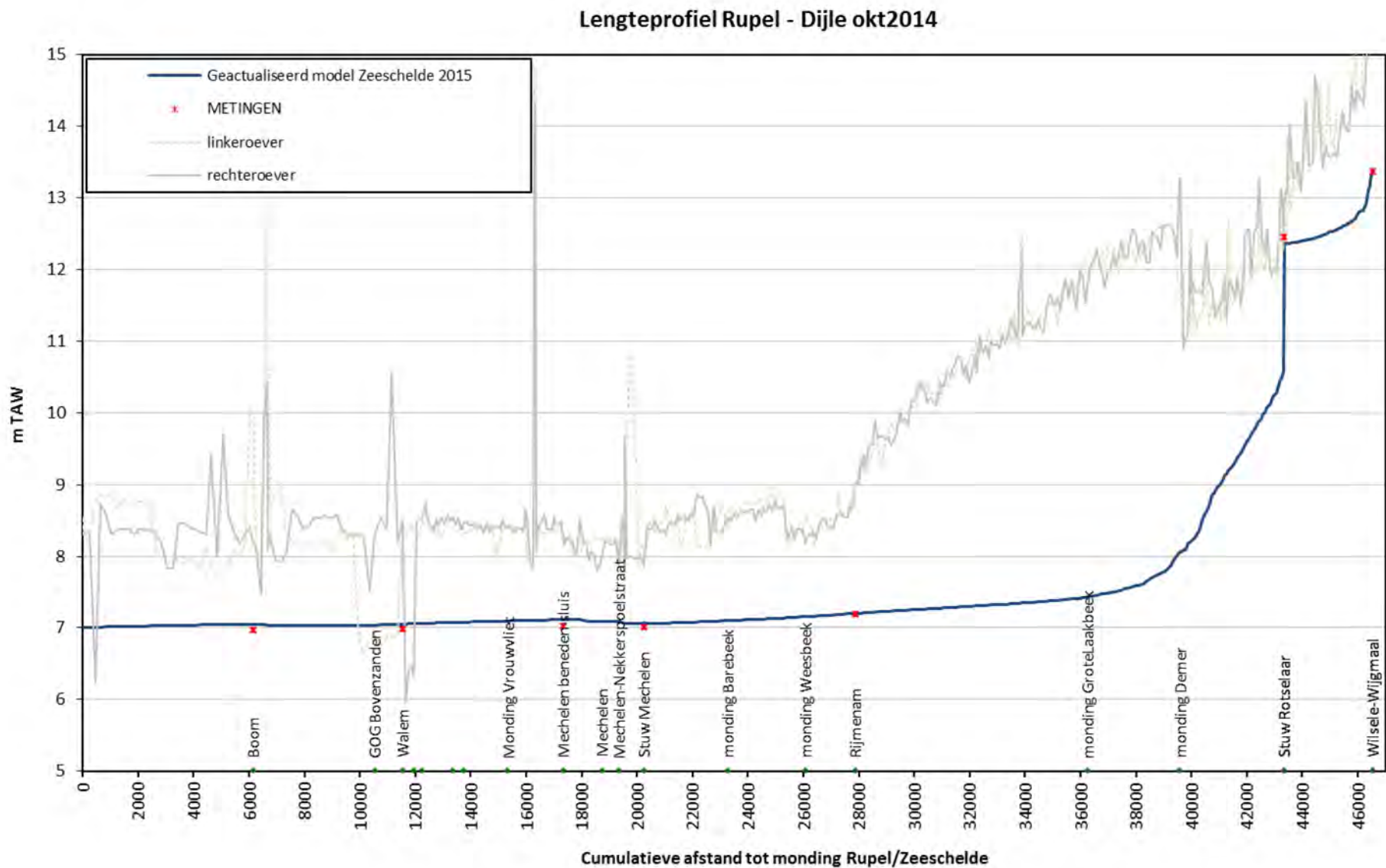
Figuur I 1 – Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Westerschelde en Zeeschelde en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van okt2014



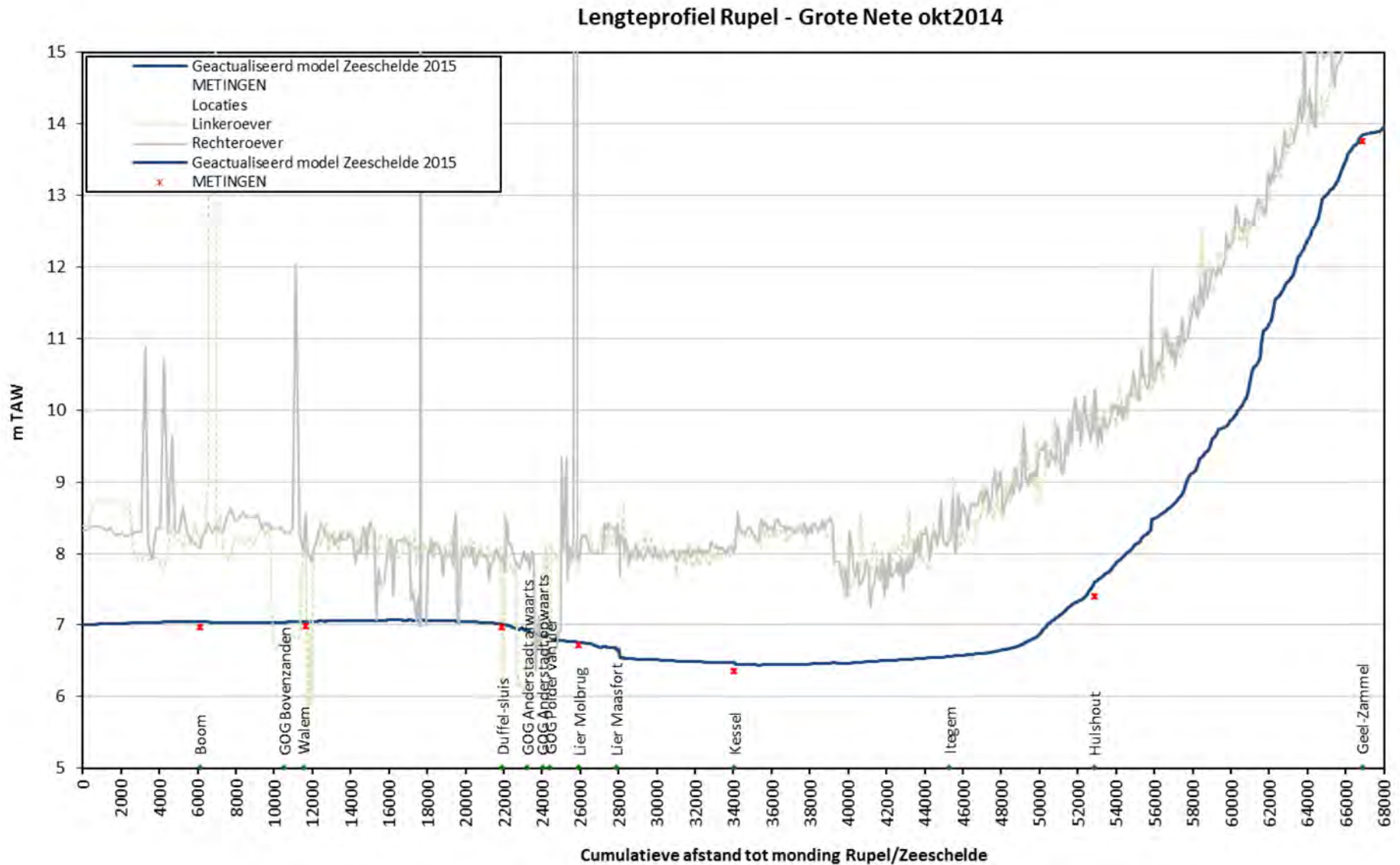
Figuur I 2 - Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Durme en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van okt2014



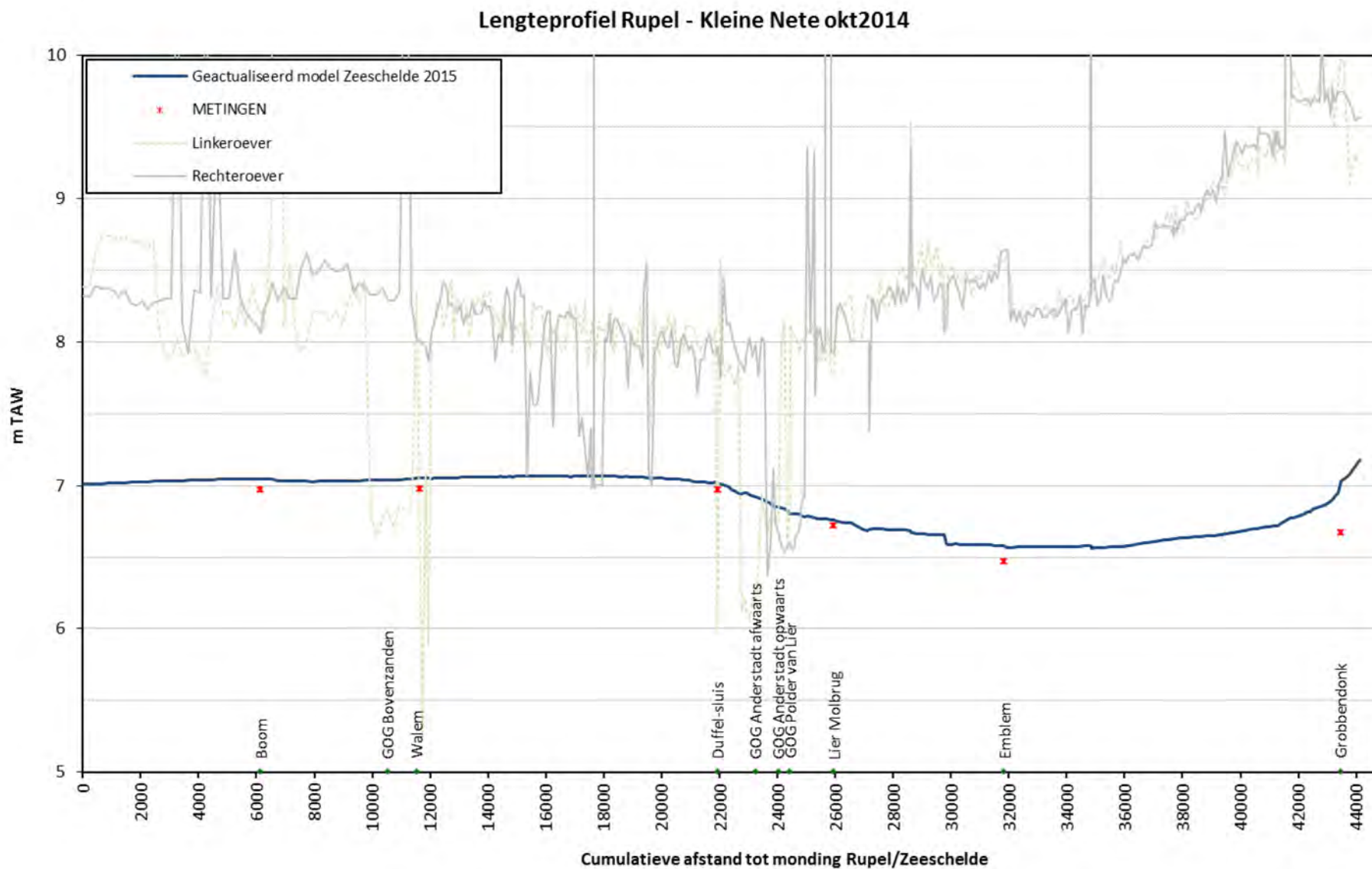
Figuur I 3 - Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Rupel en Dijle en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van okt2014



Figuur I 4- Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Rupel en Grote Nete en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van okt2014

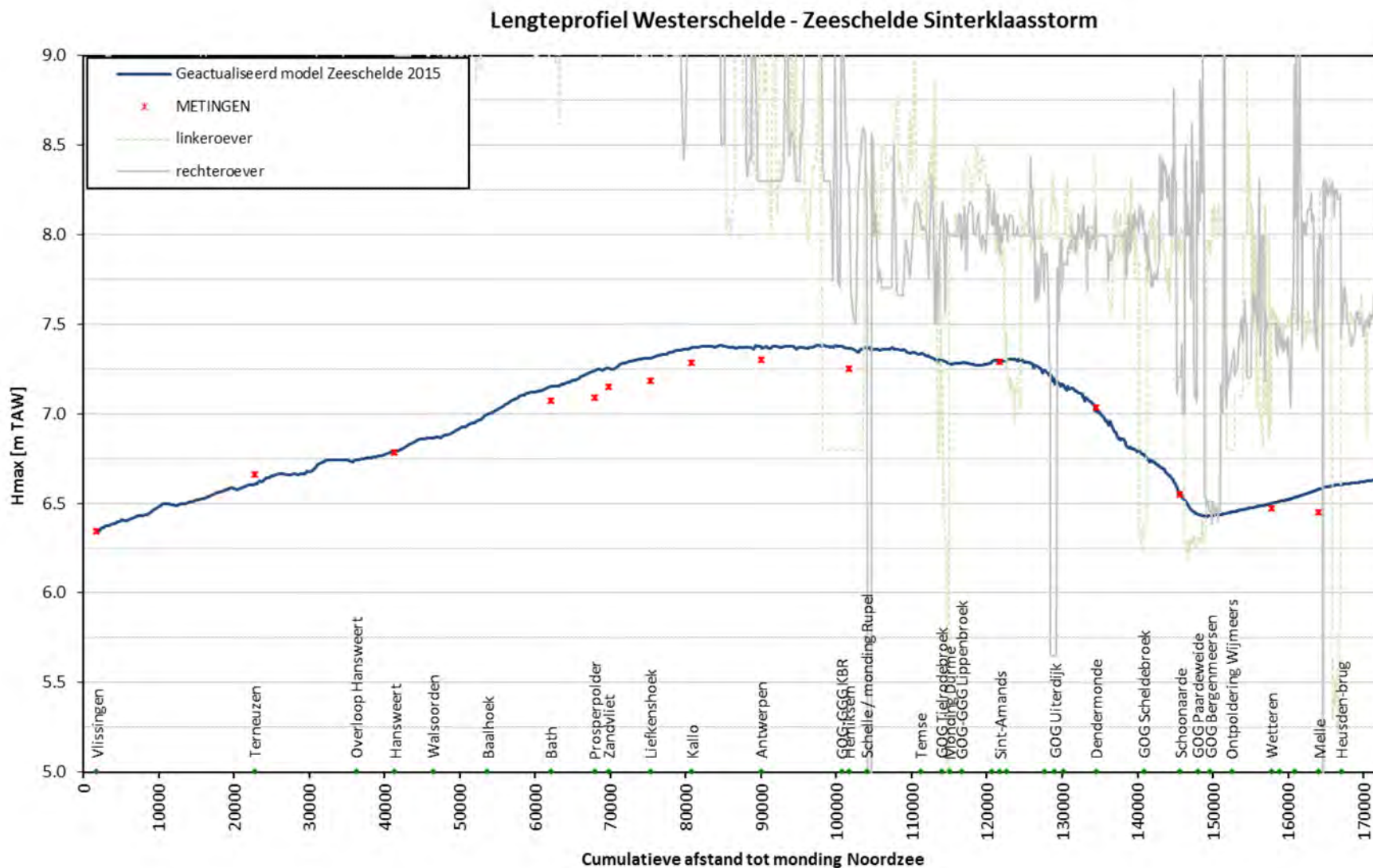


Figuur I 5- Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Rupel en Kleine Nete en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van okt2014

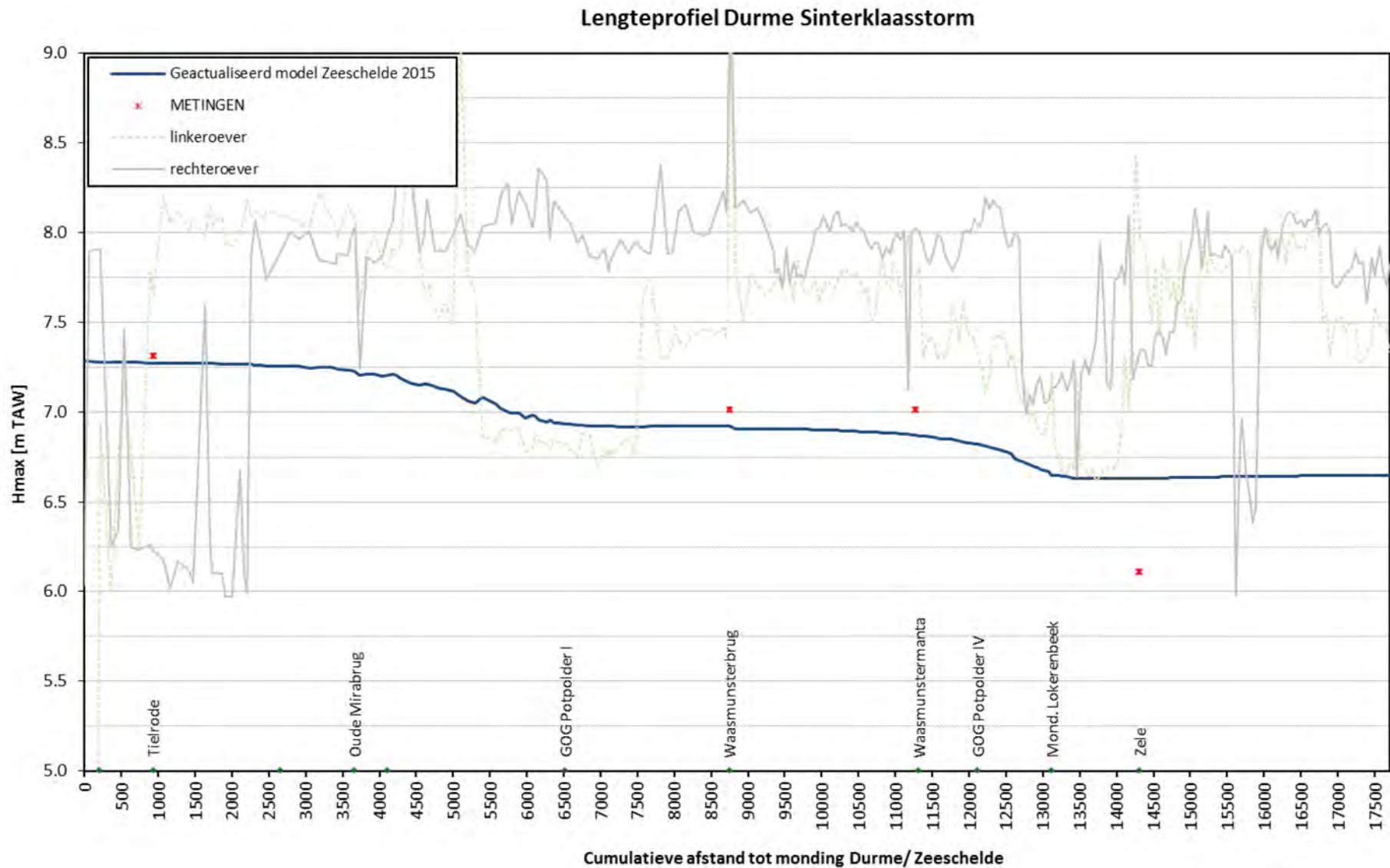


Dec2013

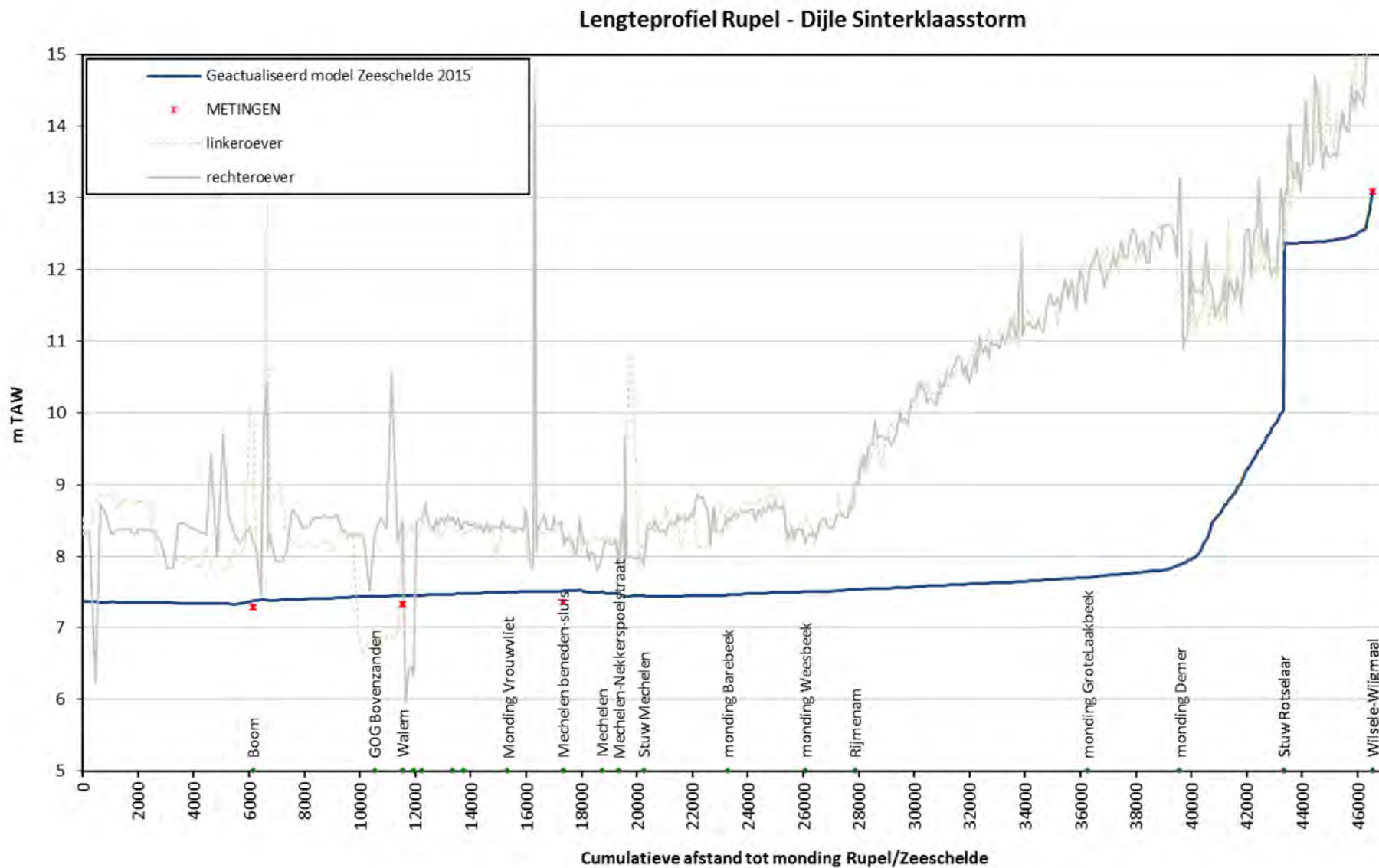
Figuur I 6 – Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Westerschelde en Zeeschelde en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van dec2013



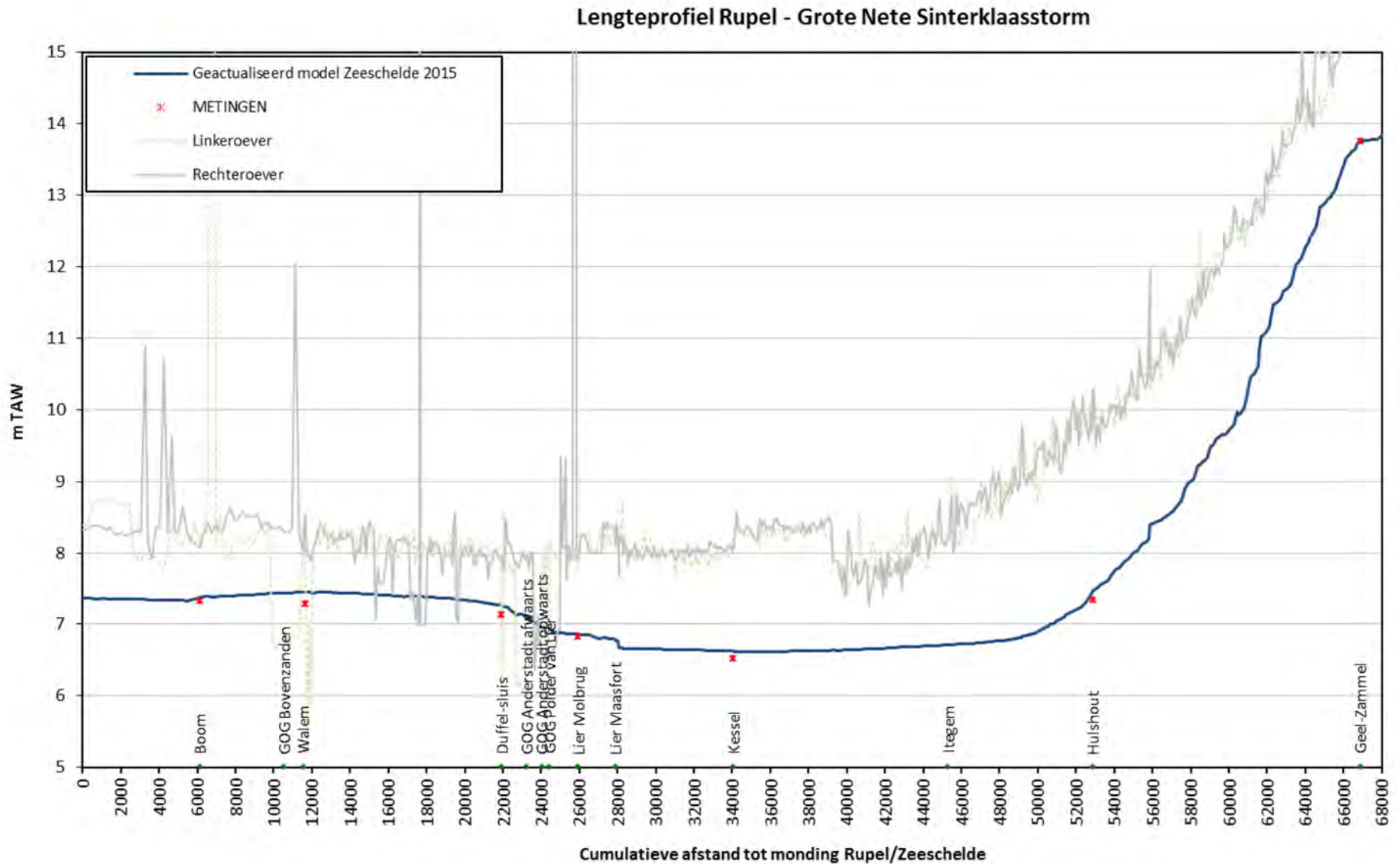
Figuur I 7 - Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Durme en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van dec2013



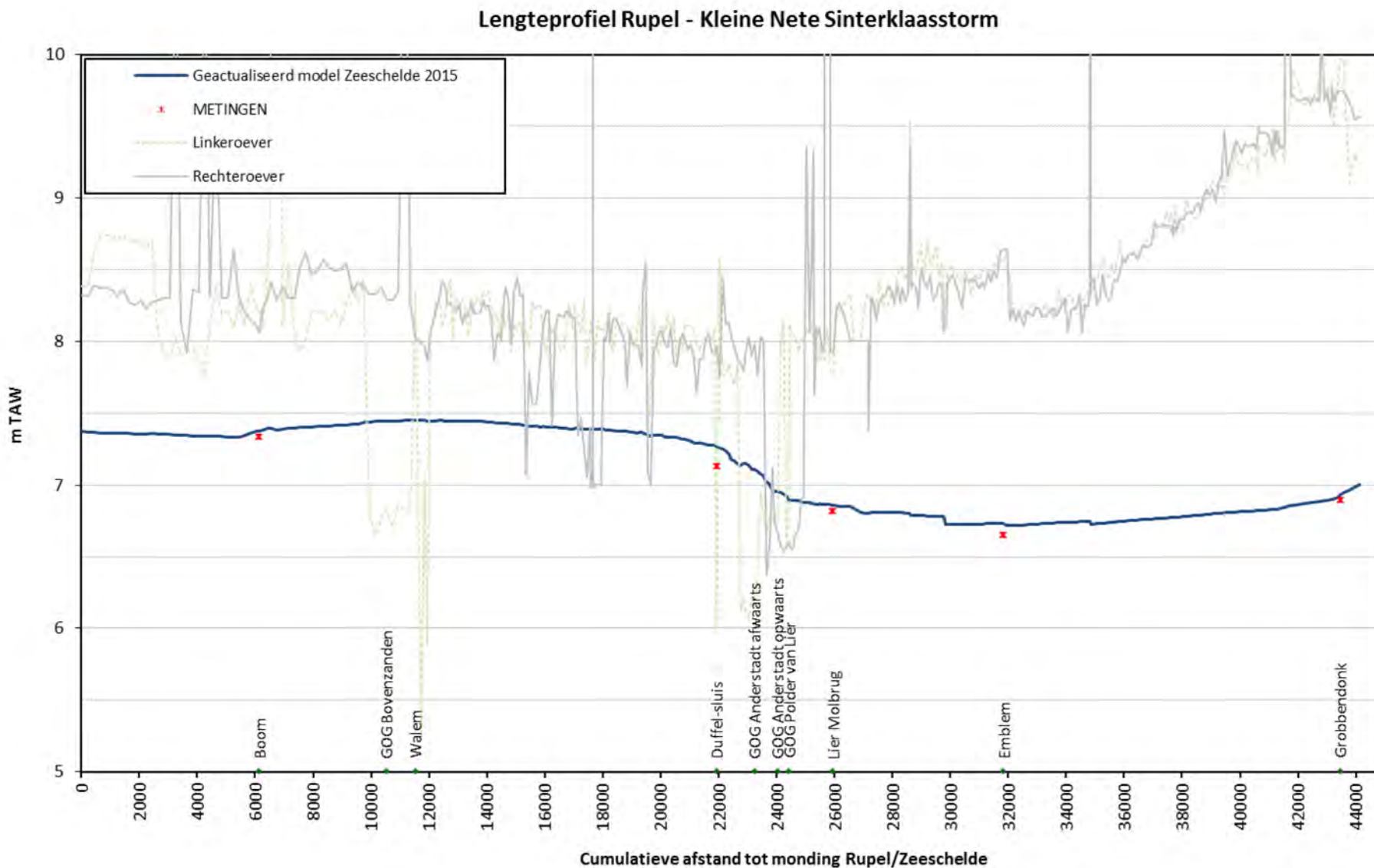
Figuur I 8 - Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Rupel en Dijle en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van dec2013



Figuur I 9- Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Rupel en Grote Nete en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van dec2013

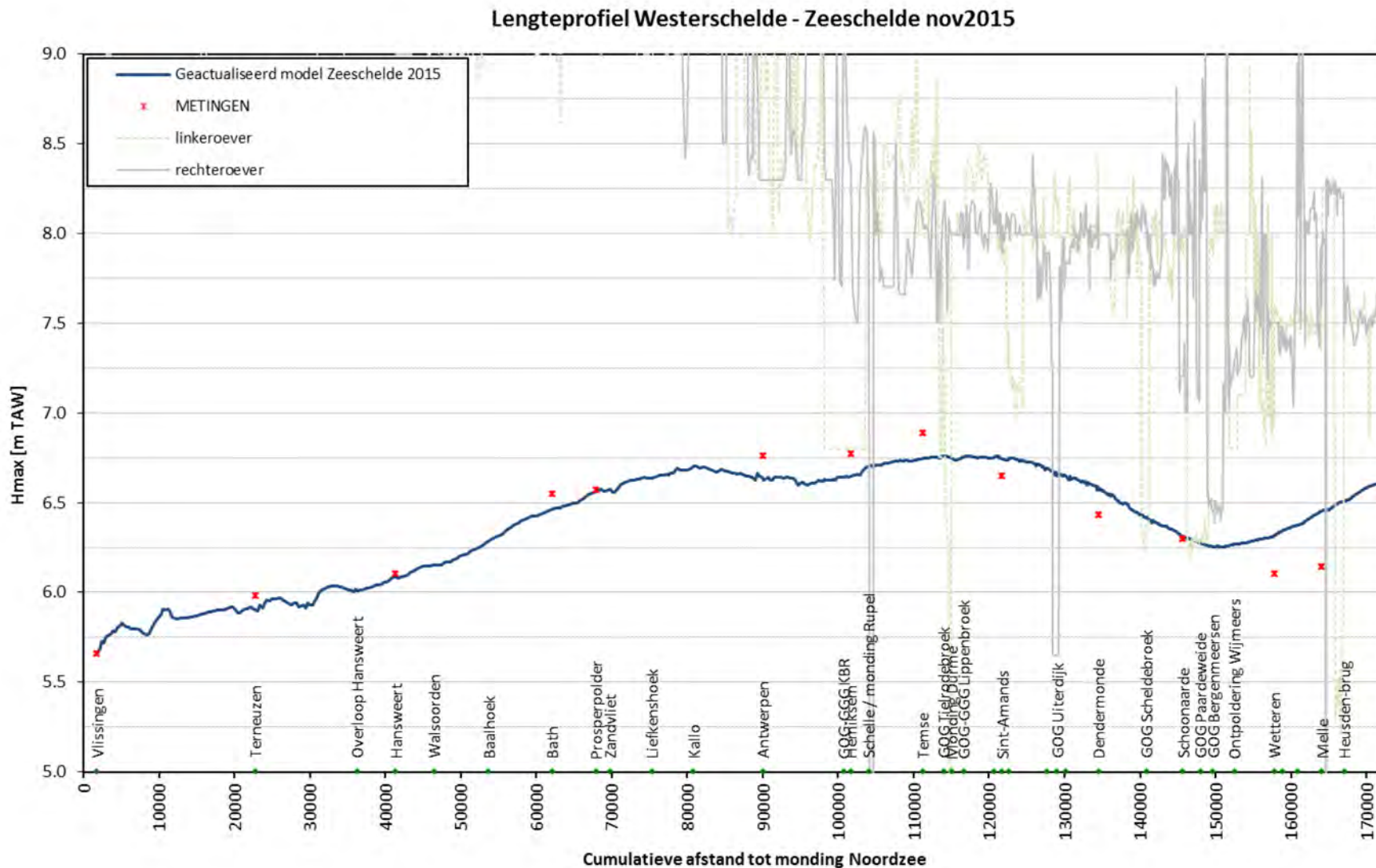


Figuur I 10- Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Rupel en Kleine Nete en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van dec2013

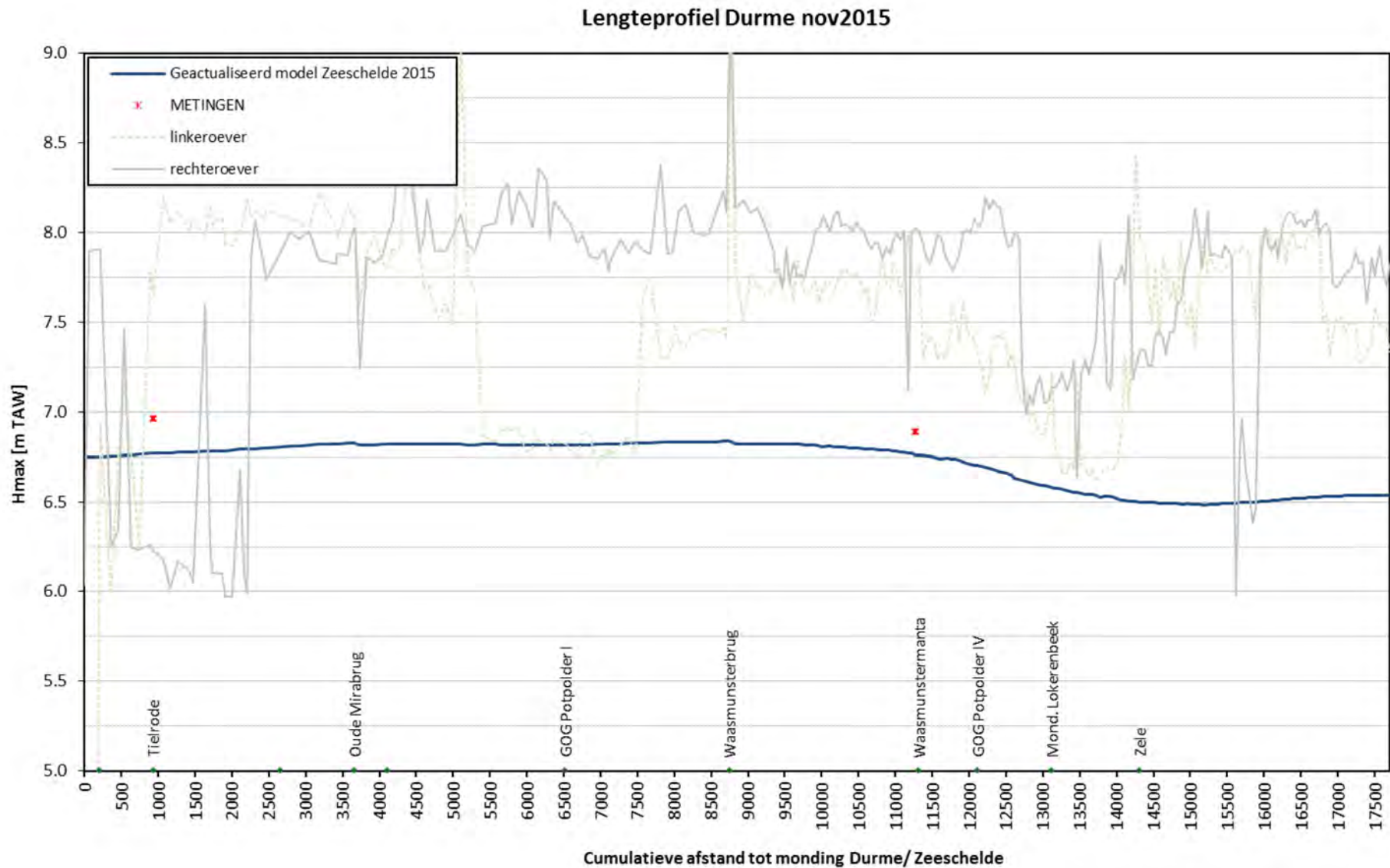


Nov2015

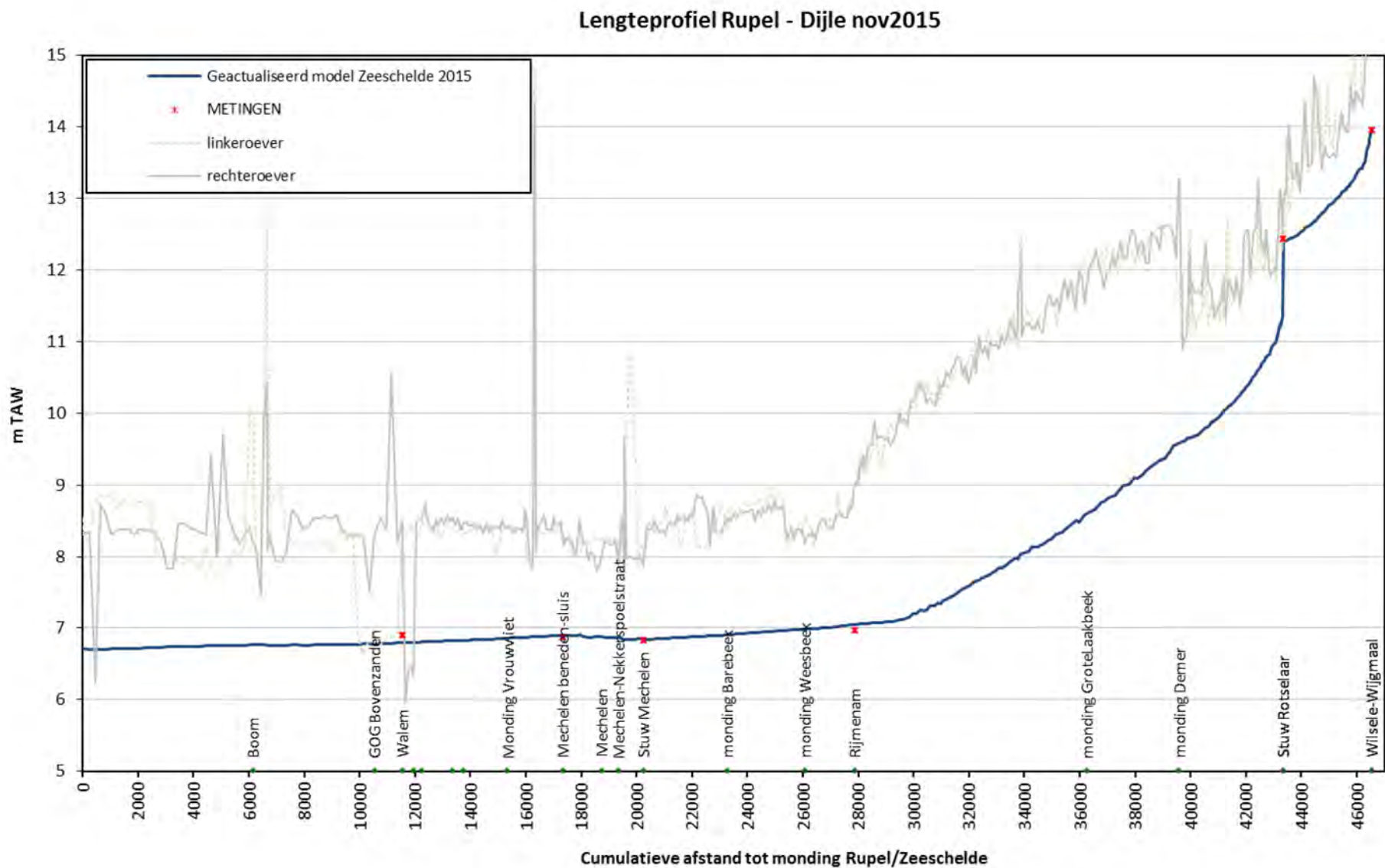
Figuur I 11 – Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Westerschelde en Zeeschelde en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van nov2015



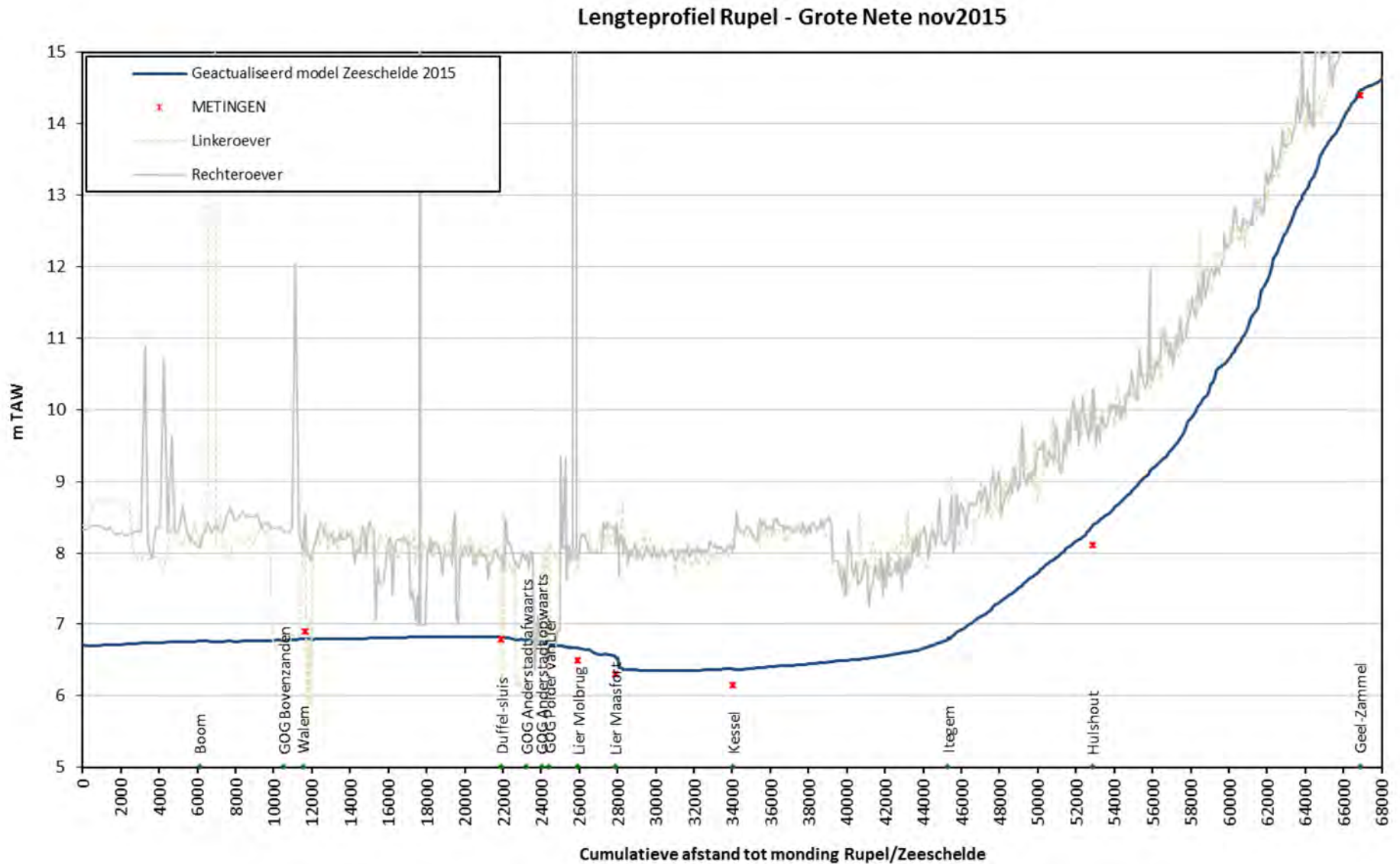
Figuur I 12 - Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Durme en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van nov2015



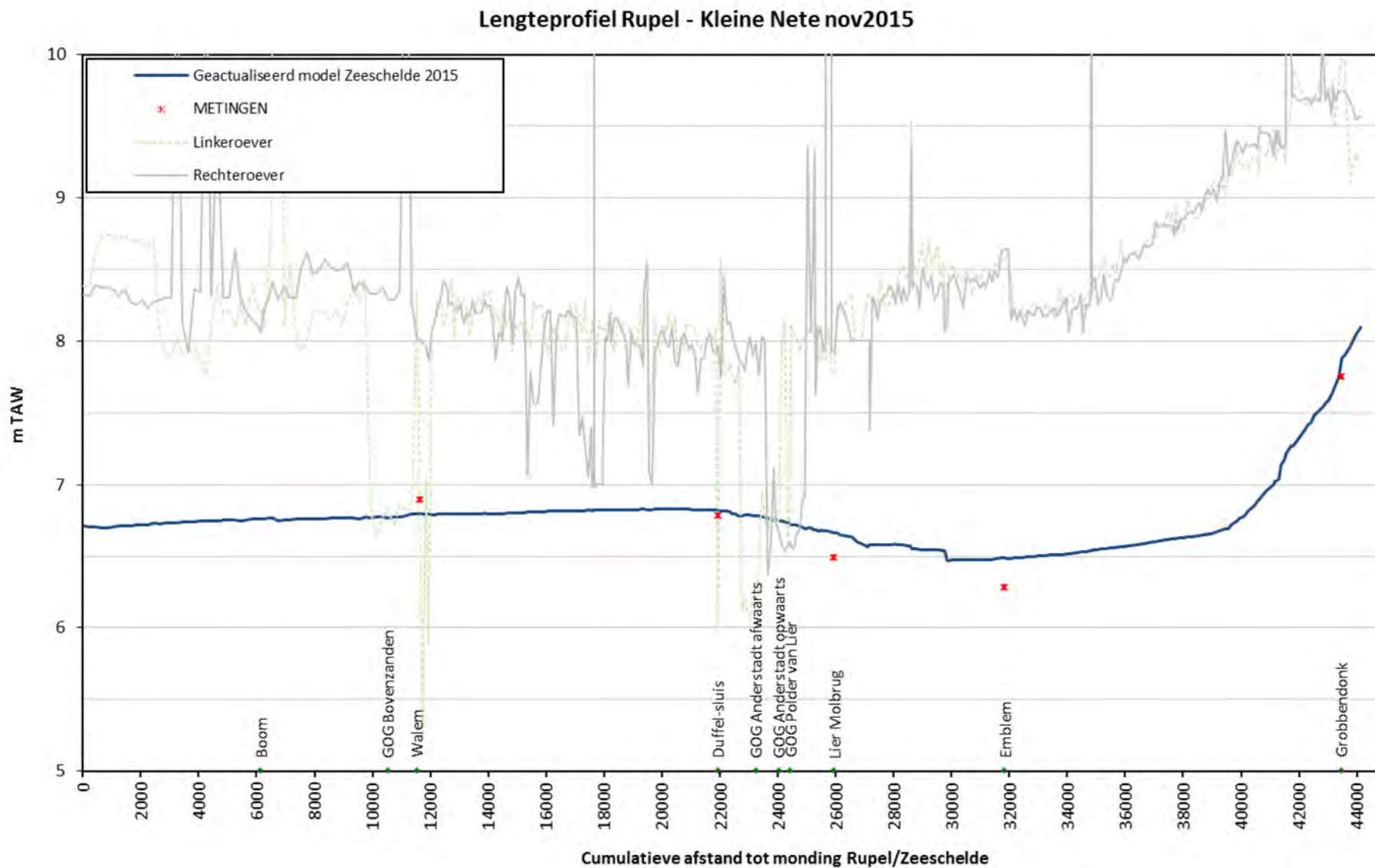
Figuur I 13 - Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Rupel en Dijle en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van nov2015



Figuur I 14- Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Rupel en Grote Nete en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van nov2015

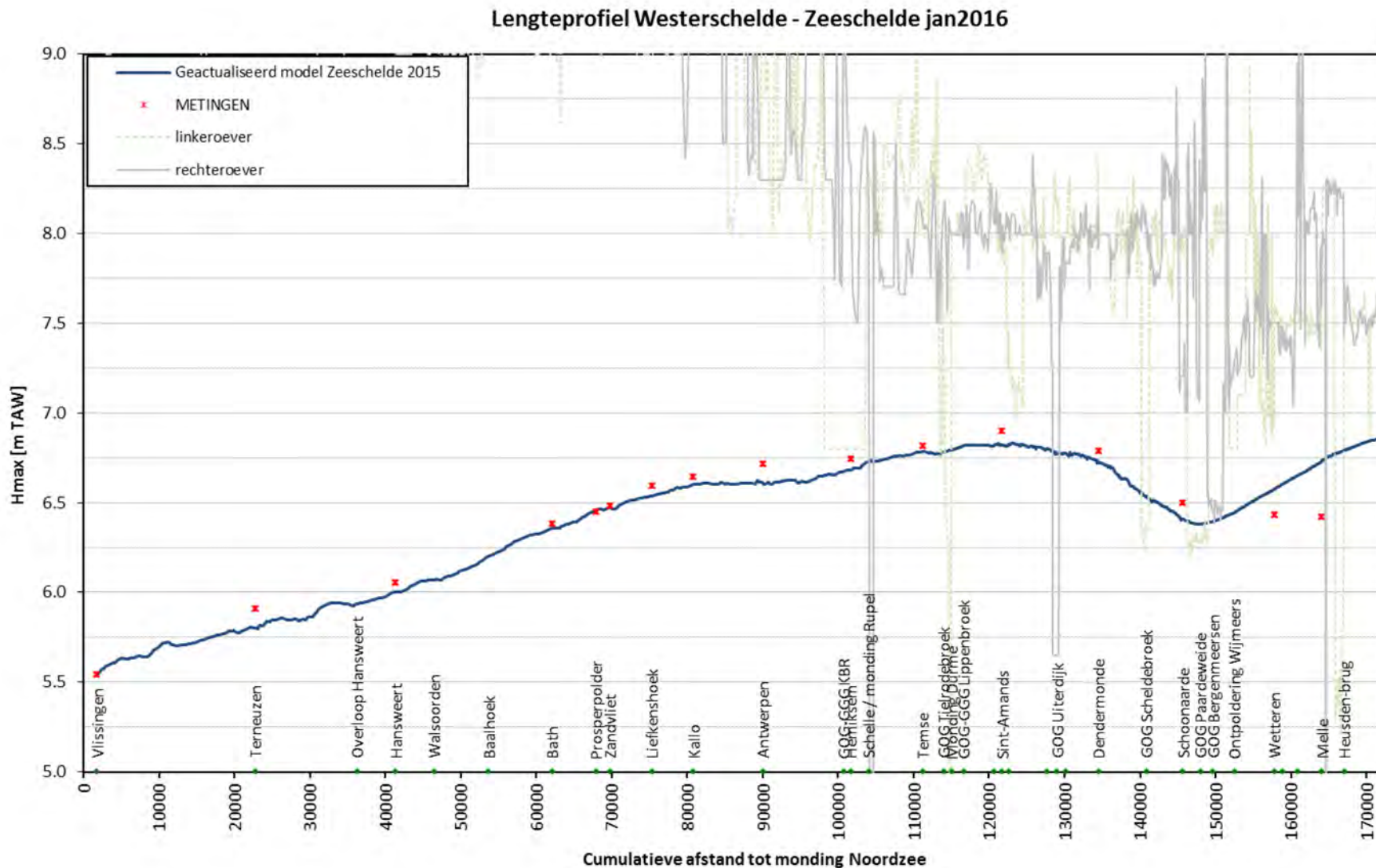


Figuur I 15- Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Rupel en Kleine Nete en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van nov2015

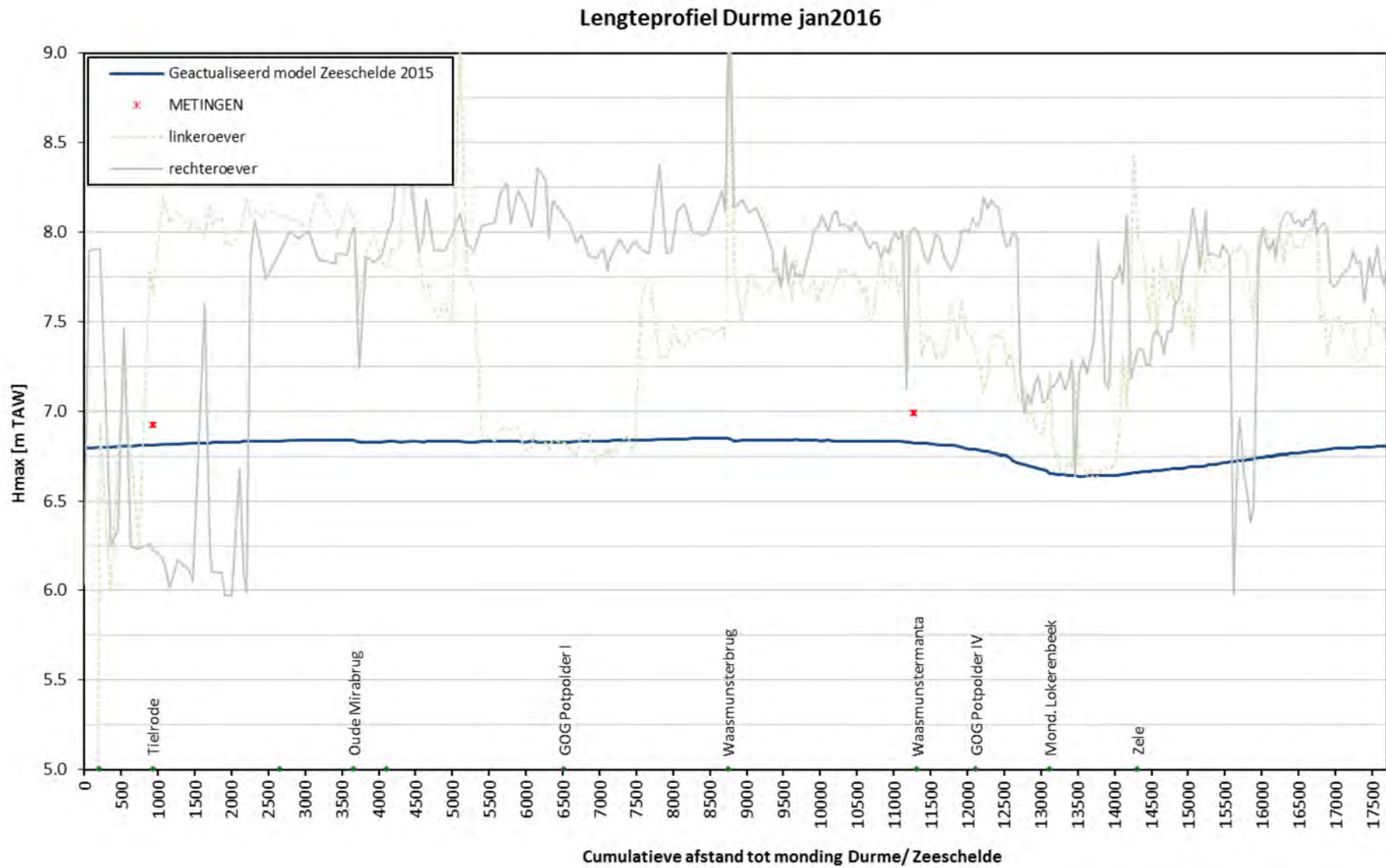


Jan2016

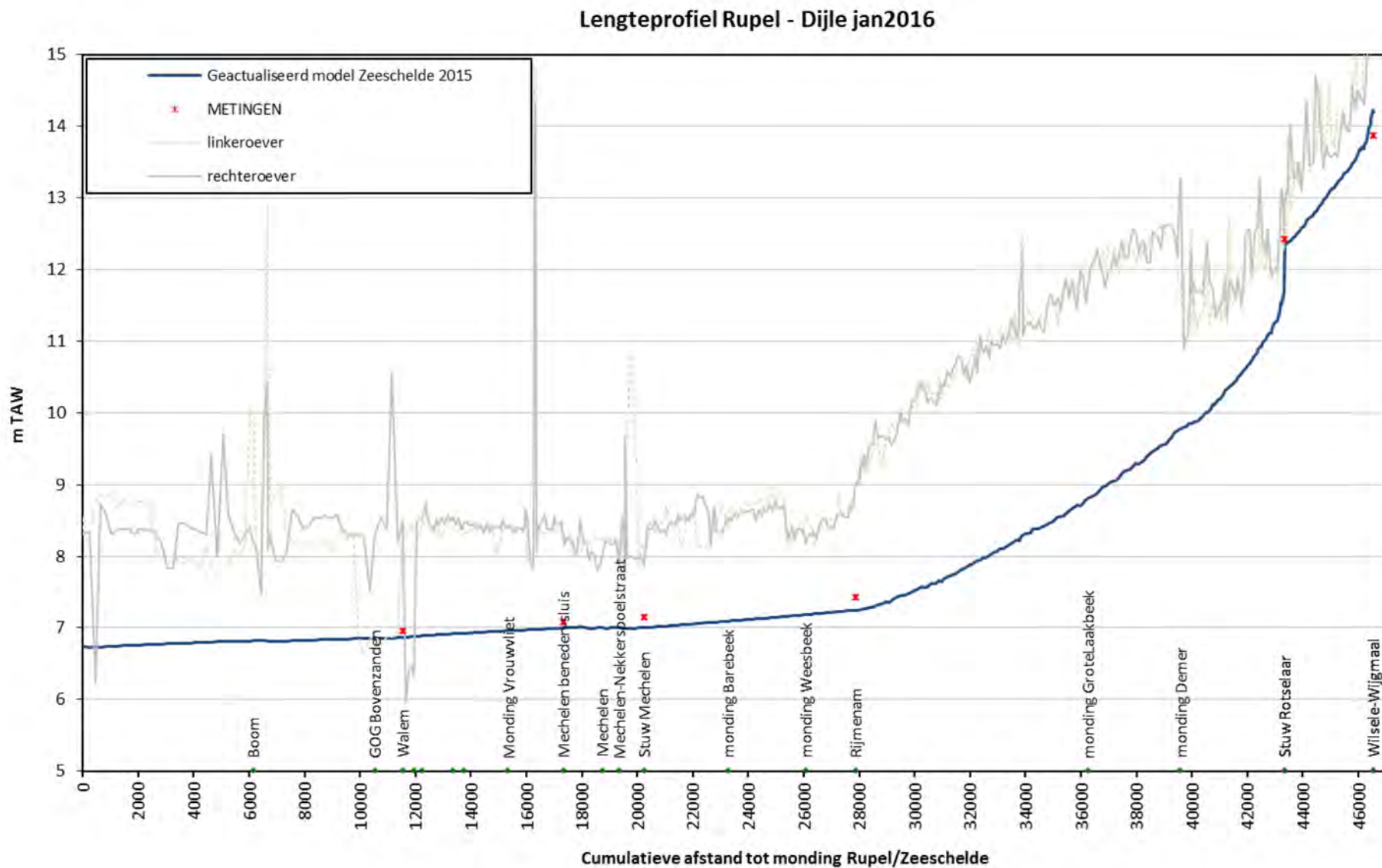
Figuur I 16 – Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Westerschelde en Zeeschelde en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van jan2016



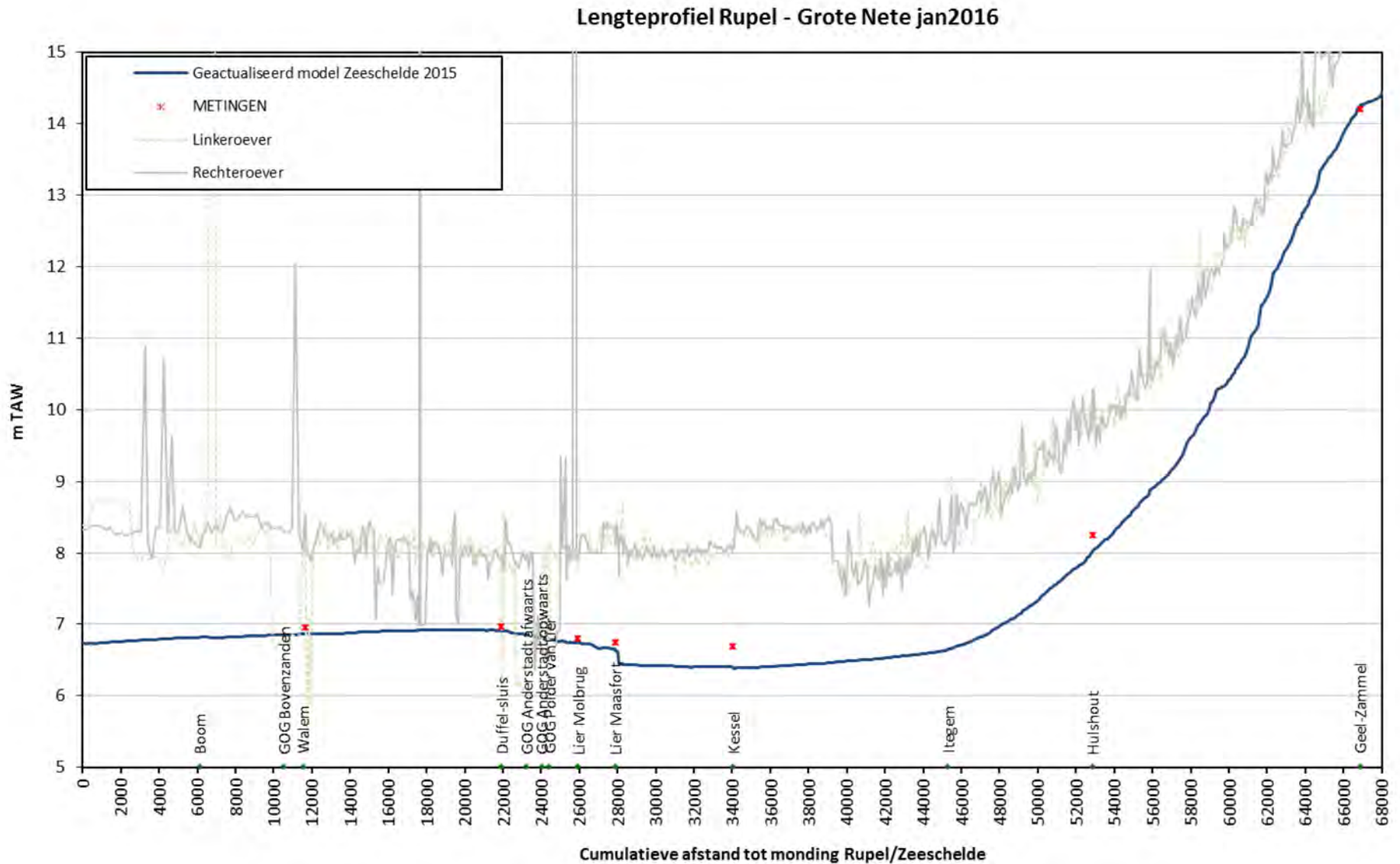
Figuur I 17 - Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Durme en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van jan2016



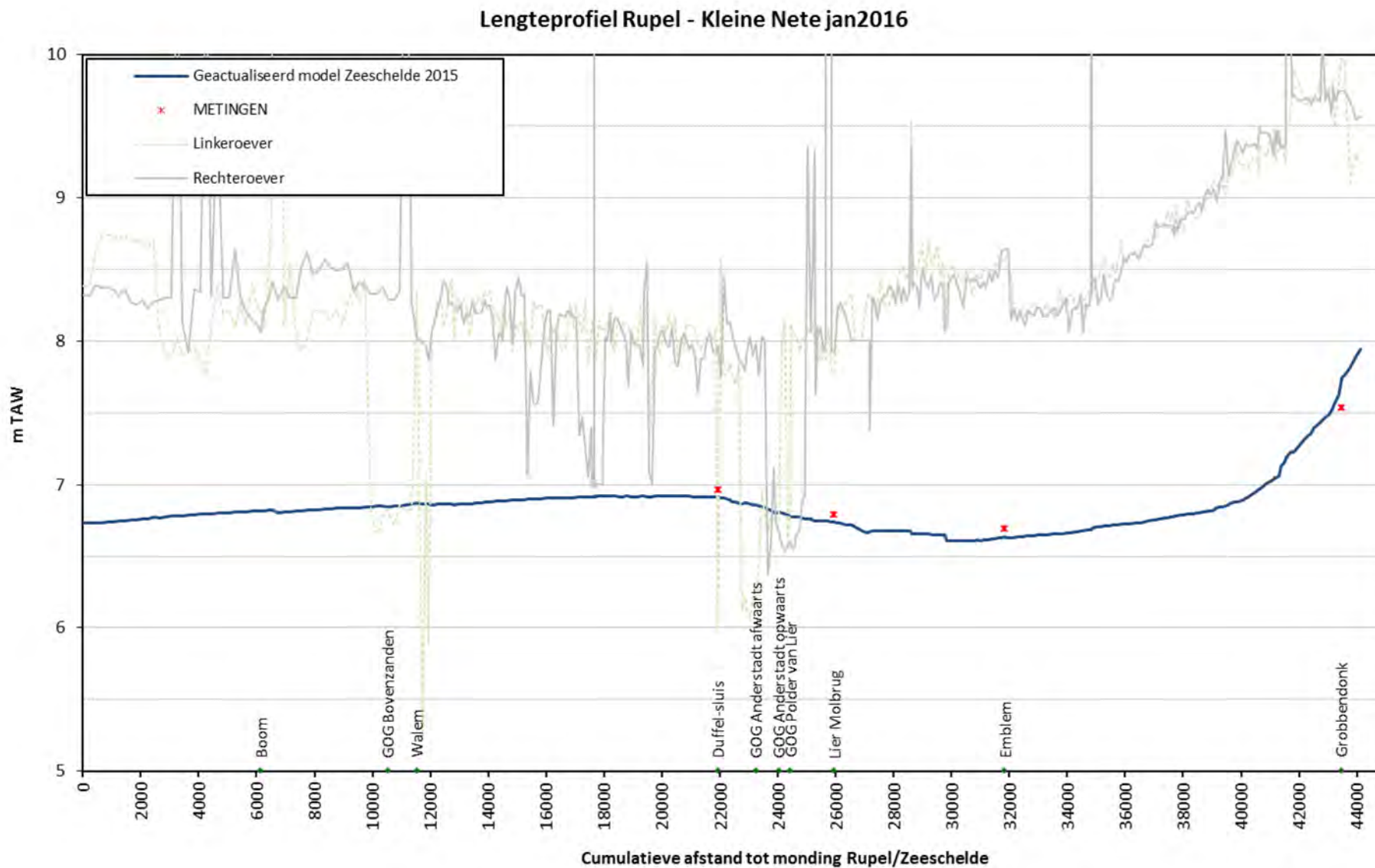
Figuur I 18 - Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Rupel en Dijle en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van jan2016



Figuur I 19- Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Rupel en Grote Nete en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van jan2016



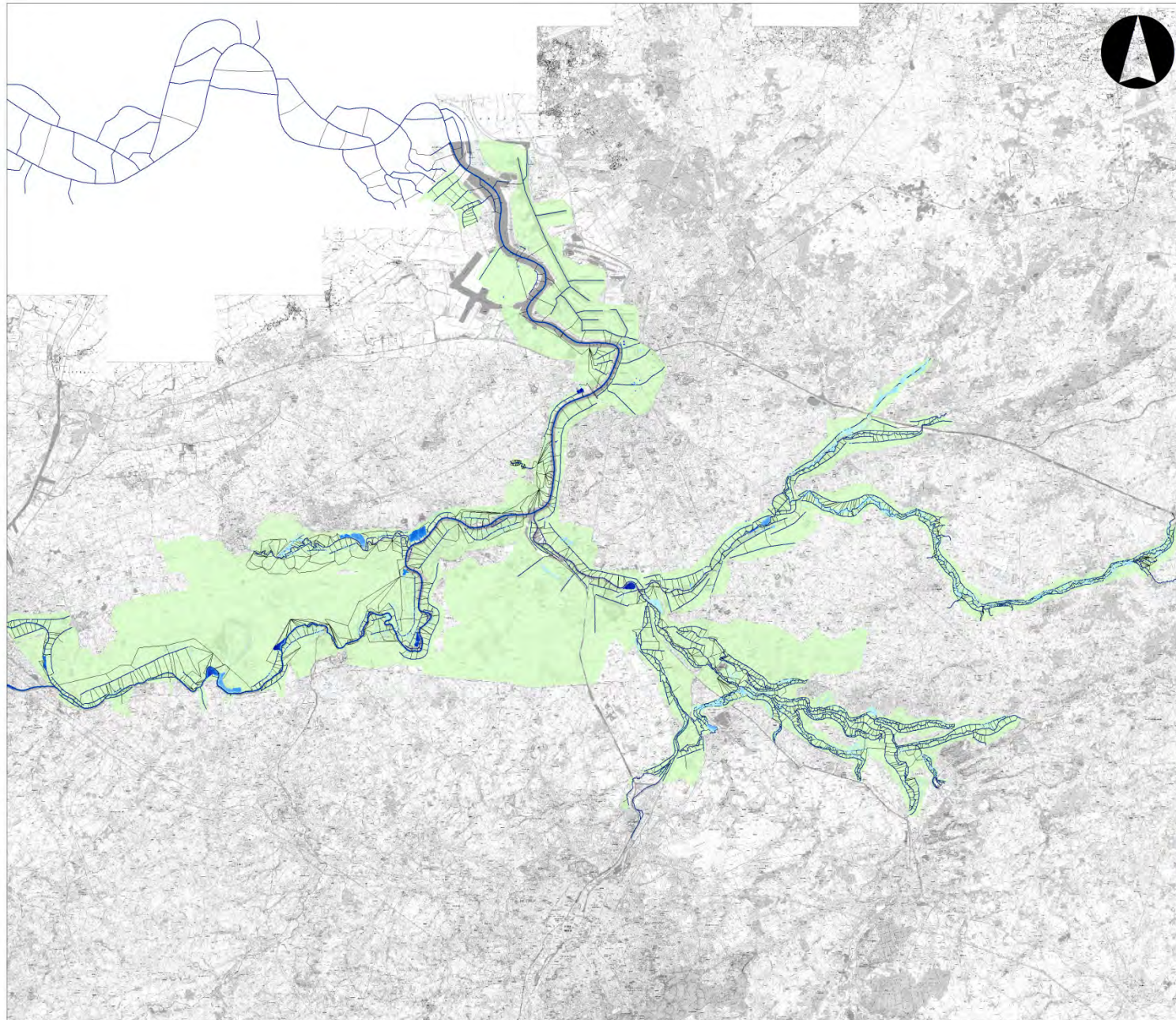
Figuur I 20- Lengteprofiel met gemodelleerde maximum waterpeilen langs de Rupel en Kleine Nete en gemeten maximum waterpeilen ter hoogte van meetposten voor de storm van jan2016



BIJLAGE J Overstromingskaarten

Voor meer details van de hierna afgebeelde kaarten, zie:

P:\14_106-onderhoMIKE11\3_Uitvoering\06_Zeeschelde\06_Rapportering\
WL2018R14_106_6_bijlagen



Mike11 model Zeeschelde

Overstromingskaart

Storm okt2014

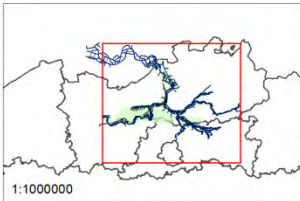
Waterbouwkundig Laboratorium
Vlaanderen

Wateroverheids Laboratorium
Borgerhout 2014
P.O. Box 100
P.O. 3024 BE
Tel: +32 3 234 10 10
Fax: +32 3 234 10 10

Datum: 27/05/2014
Maak: 01

Bovenaan: 09/01/2014
WZ2018R14_106_6_Zeeschelde_modelbeschrijving

Schaal: 1/92500



Legende

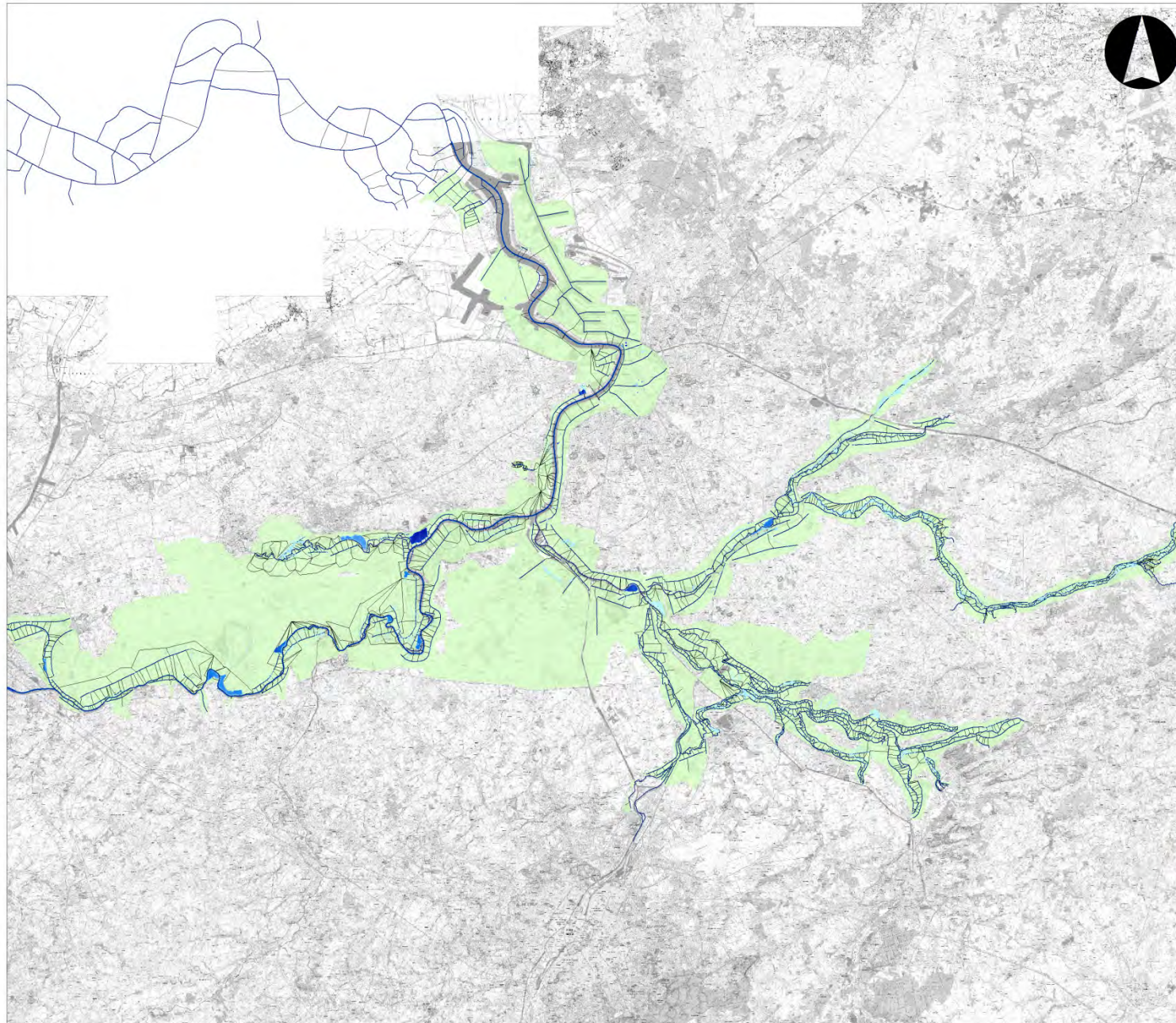
Wateropennetwerk

- Riviertak
- Link channel
- Gemodelleerde overstromingsgebieden

Overstromingskaart maximum waterpeil

m

- max: 4.00
- min: 0.00



Mike11 model Zeeschelde

Overstromingskaart

Sinterklaasstorm dec2013

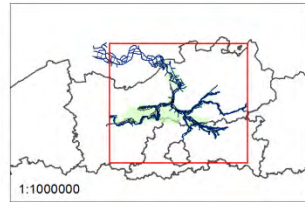


 Waterbouwkundig Laboratorium
 Bovenkerke 202
 2018 Antwerpen
 Tel: +32 3 224 10 11
 Fax: +32 3 224 10 10

Datum: 27/05/2014 Maak: 01

Document: 0990_0045
 WL2018R14_106_6_Zeeschelde_modelbeschrijving

Schaal: 1/92500



Legende

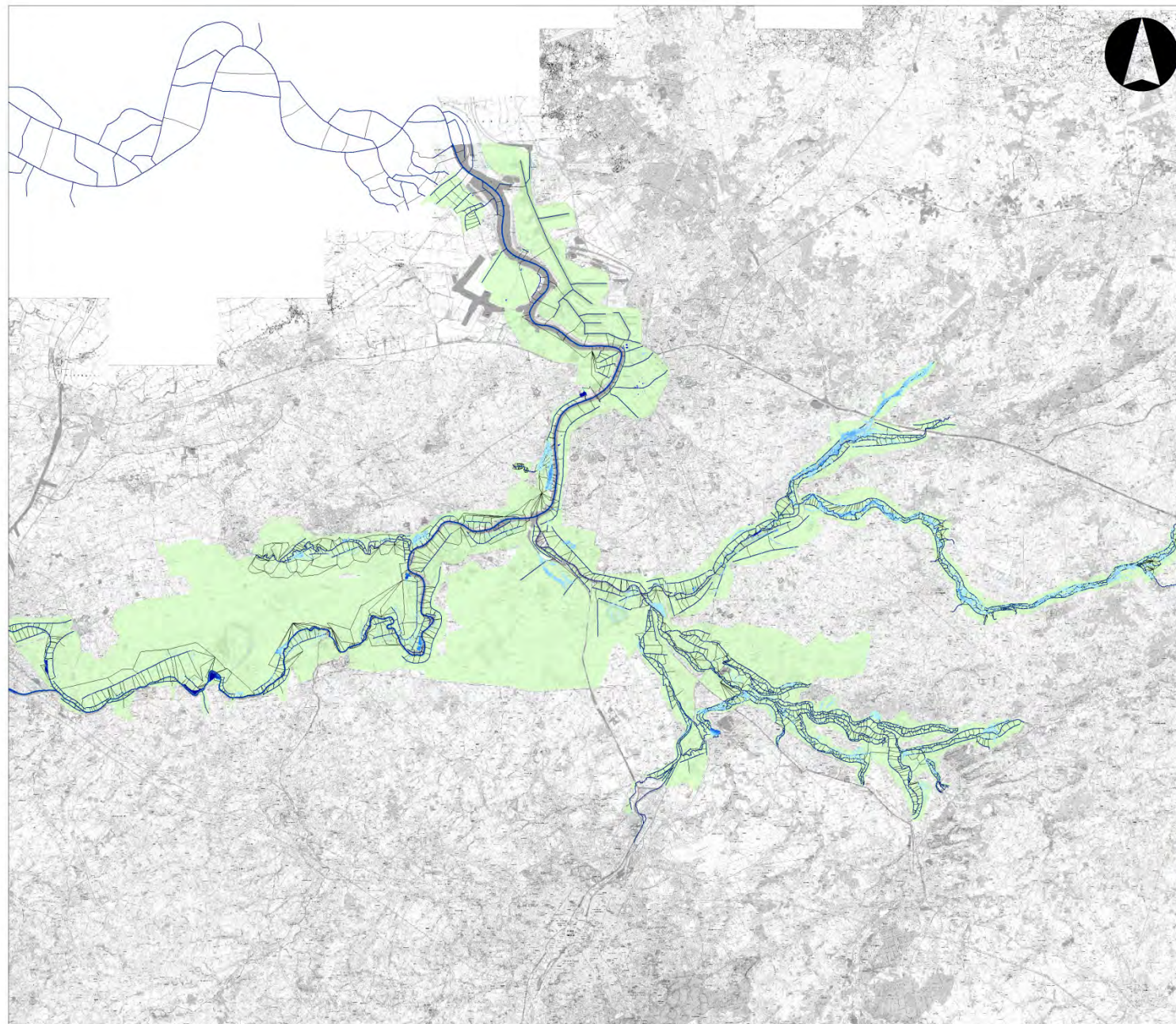
Wateropennetwerk

- Riviertak
- Link channel
- Gemodelleerde overstromingsgebieden

Overstromingskaart maximum waterpeil

m

- max: 5.00
- min: 0.00



Mike11 model Zeeschelde

Overstromingskaart

Storm nov2015

Waterbouwkundig
Laboratorium

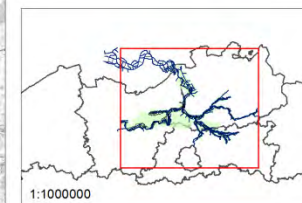
Waterbouwbedrijf
Bontemolen 20
3714 AB Bunnik
Tel: +31 3524 10 10
Fax: +31 3524 10 11

Stroom: 01920114

Maak: 01

Document: 01920114
WL2018R14_106_6_Zeeschelde_modelbeschrijving

Schaal: 1/92500



Legende

Wateroppennetwerk

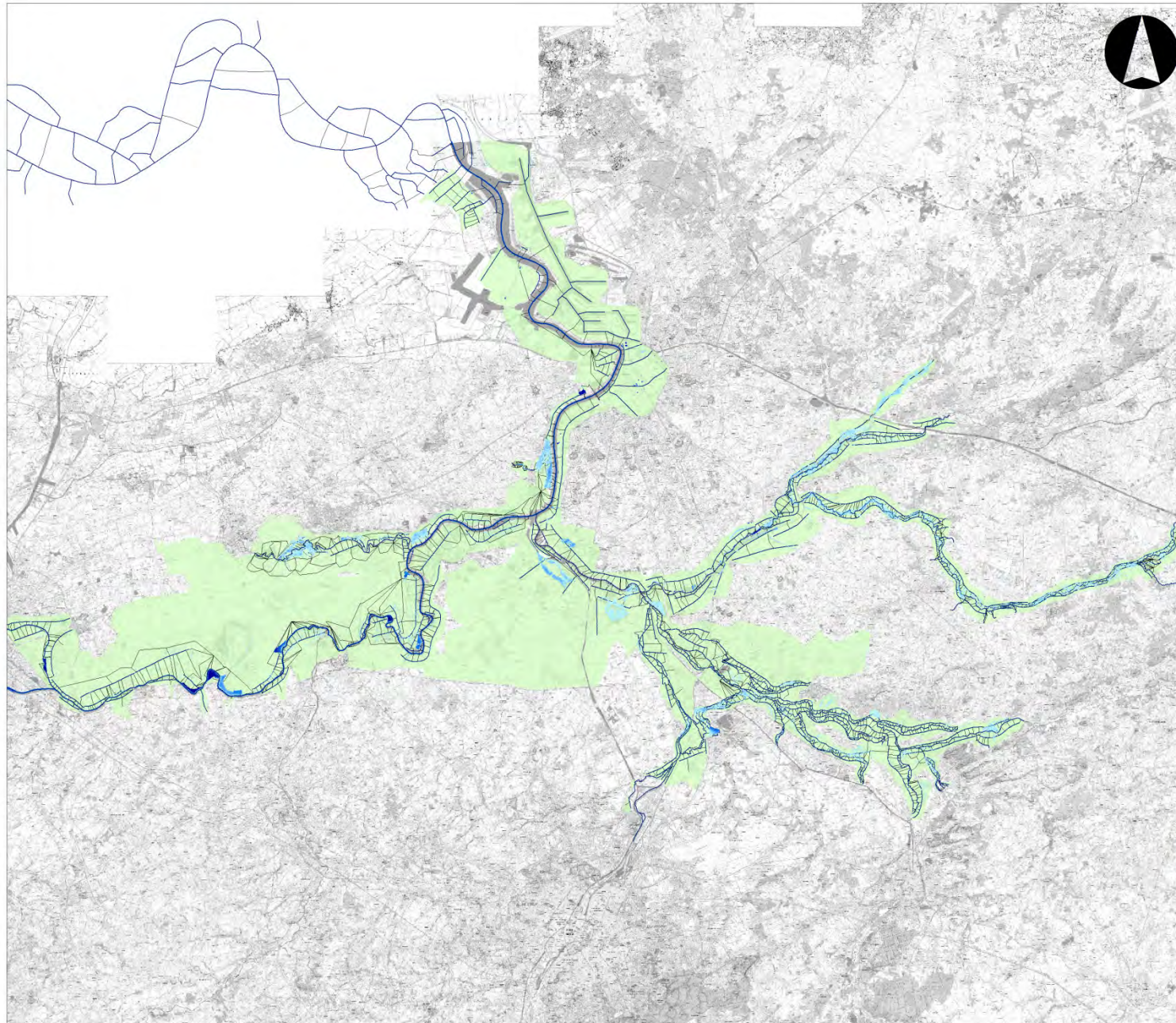
- Riviertak
- Link channel

Gemodelleerde overstromingsgebieden

Overstromingskaart maximum waterpeil

m

- max: 3.00
- min: 0.00



Mike11 model Zeeschelde

Overstromingskaart

Storm jan2016

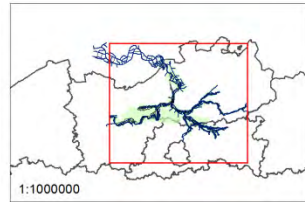


 Waterschapelijk Laboratorium
 Breda 3512
 P.O. Box 1000
 Pk +31 204 10 10
 Fax +31 204 10 10

Datum: 27/05/2014 Maak: 01

Document: 0990_0045
 WL2018R14_106_6_Zeeschelde_modelbeschrijving

Schaal: 1/92500



Legende

Waterloppennetwerk

- Riviertak
- Link channel
- Gemodelleerde overstromingsgebieden

Overstromingskaart maximum waterpeil

m

- max: 3.00
- min: 0.00

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be