

# DATARAPPORT PMR-NCV PERCEEL ABIOTIEK

Simulaties 2014 en analyse lange termijn trends

1 APRIL 2016

**Arcadis Nederland B.V.**

Postbus 137

8000 AC Zwolle

Nederland

+31 (0)88 4261 261

[www.arcadis.com](http://www.arcadis.com)

Projectnummer: C03041.003153

Onze referentie: 078892386 0.2

## Contactpersonen

**JEROEN ADEMA**  
Senior Specialist Flow Modelling

**T** +31 (0)88 4261 440  
**M** +31 (0)6 1116 5649  
**E** jeroen.adema@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.  
Postbus 137  
8000 AC Zwolle  
Nederland

---





# Inhoudsopgave

<b>1 INLEIDING</b>	<b>7</b>
1.1 Inleiding	7
1.2 Leeswijzer	7
<b>2 VALIDATIE MET GEMETEN DATA</b>	<b>9</b>
2.1 Inleiding	9
2.2 Referenties en conventies	9
2.3 Overzicht van de omgevingscondities	10
2.3.1 Synoptische beschrijving 2014	12
2.3.2 Overzicht van extreme condities	12
2.4 Validatie	13
2.4.1 Definities van statistische parameters	13
2.4.2 Validatie waterstand	13
2.4.3 Validatie watertemperatuur	15
2.4.4 Validatie saliniteit	18
2.4.5 Verloop daggemiddelden en dagelijkse variatie	19
2.5 Conclusies	20
<b>3 ANALYSES MODELRESULTATEN 2013</b>	<b>21</b>
3.1 Inleiding	21
3.2 Modelresultaten waterstand	22
3.3 Modelresultaten saliniteit	22
3.4 Modelresultaten watertemperatuur	24
3.5 Modelresultaten bodemschuifspanning	26
3.5.1 Bodemschuifspanning onder stromingen	26
3.5.2 Bodemschuifspanning onder golven	28
3.6 Overzicht van resultaten in de PostgreSQL database	29
<b>4 ANALYSE LANGJARIGE TRENDS IN DE ABIOTIEK VAN DE VOORDELTA</b>	<b>30</b>
4.1 Aanpak	30

4.2 Resultaten	31
4.2.1 Watertemperatuur	31
4.2.2 Luchttemperatuur	34
4.2.3 Afvoeren	36
4.2.4 Saliniteit	40
4.2.5 Wind	42
4.2.6 Golven	45
4.3 Morfologie	47
4.3.1 Gebiedsbeschrijving Voordelta	48
4.3.2 Morfologische ontwikkelingen in de Voordelta (Megaschaal)	49
4.3.3 Recente morfologische ontwikkelingen in de Voordelta (macro/mesoschaal)	52
4.3.4 Kanttekeningen	60
4.4 Conclusies	61
<b>5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>63</b>
5.1 Conclusies	63
5.2 Aanbevelingen	63
<b>REFERENTIES</b>	<b>64</b>
<b>BIJLAGE A STAAFDIAGRAMMEN</b>	
<b>MAANDGEMIDDELDE PARAMETERS JUNI</b>	
<b>2004 - DECEMBER 2014</b>	<b>65</b>
<b>BIJLAGE B TABELLEN EN FIGUREN VOOR</b>	
<b>SIMULATIES JANUARI – DECEMBER 2014</b>	<b>72</b>

## 1 INLEIDING

### 1.1 Inleiding

In het kader van het Project Mainportontwikkeling Rotterdam (PMR), wat onder andere de aanleg van Maasvlakte 2 omvat, worden er in de Voordelta natuurcompensatie-maatregelen ingesteld, met als doel om het verlies aan natuurwaarden die het gevolg zijn van de aanleg van Maasvlakte 2 te compenseren. Deze maatregelen omvatten het instellen van een bodembeschermingsgebied (verbod bodemberoerende visserij) en het toewijzen van rustgebieden voor vogels (zwarte zee-eend, grote stern, visdief).

Deltares voert deze monitoring natuurcompensatie Voordelta uit in opdracht van Rijkswaterstaat WVL (voorheen Waterdienst), waarbij een deel van het werk weer is uitbesteed aan een consortium van IMARES, LievenseCSO, ARCADIS, Bureau Waardenburg, INBO en NIOZ-Yerseke. Deze studie is in de periode 2009 tot 2015 uitgevoerd.

Omdat de uitkomsten van deze studie noopten tot een herbezinning van de uitgangspunten van de monitoring, is besloten om het geplande vervolg van de studie uit te stellen en om twee tussenjaren in te gelasten. Er is besloten om in deze tussenjaren op basis van de opgedane kennis te bekijken hoe het vervolg vorm dient te worden gegeven en intussen een beperkte monitoring uit te voeren. Voor de nog uit te voeren analyses van voornamelijk perceel Benthos is het nodig om de abiotische parameters in de Voordelta beschikbaar te hebben. Vandaar dat is besloten om de abiotische modelsimulaties voor het jaar 2013 en 2014 in deze twee tussenjaren uit te voeren.

In de eerste fase zijn middels modelsimulaties de abiotische condities in de Voordelta gesimuleerd voor de periode juni 2004 t/m december 2012. Hiervoor is gebruik gemaakt van het modelleninstrumentarium van Rijkswaterstaat, bestaande uit de modellen CSM8 (Continental Shelf Model met 8 kilometer maaswijdte), Zuno (Zuidelijk Noordzee model), Kustgrof en Kustzuid (uitsnede van het zuidelijke deel van Kustfijn). Op dezelfde wijze is de periode januari t/m december 2013 (eerste tussenjaar) en de periode januari t/m december 2014 (tweede tussenjaar) gesimuleerd. De benodigde gegevens voor waterstanden, meteo-velden, saliniteit- en temperatuurmetingen, afvoer- en lozingsgegevens en golfgegevens op zee zijn gebruikt om de modellen aan te sturen en te valideren. Voor de afvoergegevens voor de Maasmond en het Haringvliet zijn de resultaten van de Sobek-simulaties van Rijkswaterstaat gebruikt. De uitvoer van de modellen is geanalyseerd om andere relevante parameters af te leiden. De uitvoer van deze analyses zijn ook weer toegevoegd aan de PostgreSQL-database.

### 1.2 Leeswijzer

In dit rapport zijn op een vergelijkbare wijze als het Eindrapport 2009-2013 (Deltares, 2014), het Validatierapport (ARCADIS, 2014) en het datarapport simulaties 2013 (ARCADIS, 2015) de modelresultaten geanalyseerd en beschreven.

In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de condities in 2014, en hoe die zijn ten opzichte van de andere jaren. In paragraaf 2.4 worden de resultaten van de validatie gepresenteerd, zoals dat voor de eerdere jaren is gepresenteerd in het Validatierapport.

In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de analyses op de modelberekeningen gepresenteerd. Hierbij is de structuur van het Eindrapport 2009-2013 (Deltares, 2014) aangehouden, waarbij het niet het doel van dit rapport is om de uitgebreide analyses uit die studie over te doen.

De doorgerekende periode 2004-2014 is feitelijk te kort om op basis daarvan iets te zeggen over langjarige trends in de abiotiek van de Voordelta. Vandaar dat in deze studie op basis van openbaar beschikbare databases de ontwikkelingen in de doorgerekende periode worden geplaatst in de context van een langere periode. Dit is gedaan voor de grootheden saliniteit, watertemperatuur, luchttemperatuur, wind, afvoeren, golven en de bodemligging. Dit is gerapporteerd in hoofdstuk 4.

In hoofdstuk 5 worden tenslotte conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan op basis van deze studie.

## 2 VALIDATIE MET GEMETEN DATA

### 2.1 Inleiding

Voor de modelsimulaties is de aanpak ongewijzigd ten opzichte van de simulaties voor de periode juni 2004 tot en met december 2013, zoals beschreven in het Eindrapport 2009-2013 (Deltares, 2014) en het datarapport simulaties 2013 (ARCADIS, 2015).

Ook voor de validatie is gebruik gemaakt van dezelfde informatiebronnen, zoals beschreven in het Eindrapport 2009-2013 (Deltares, 2014). De validatie van het Kustzuid model is uitgevoerd door kwalitatieve en kwantitatieve vergelijkingen te maken tussen beschikbare metingen en de modeluitkomsten. Hierbij is gekeken naar:

- waterstand
- watertemperatuur
- saliniteit

Kwalitatieve vergelijkingen zijn gemaakt door de metingen en resultaten op verschillende manieren te visualiseren. Een kwantitatieve vergelijking is uitgevoerd door een aantal statistische grootheden te bepalen. Metingen zijn beschikbaar in een aantal standaard stations.

In dit hoofdstuk wordt na een overzicht van referenties en conventies begonnen met een karakterisering van het jaar 2014 in termen van wind, afvoeren, temperatuur en golfcondities. Deze worden ook vergeleken met de gegevens vanaf juni 2004, om de condities van dit jaar af te zetten tegen de in dit project eerder geanalyseerde jaren. In paragraaf 2.4 worden de vergelijkingen tussen metingen en modelresultaten gepresenteerd en geanalyseerd.

Ten slotte worden conclusies getrokken met betrekking tot de validatie.

### 2.2 Referenties en conventies

Voor alle gegevens worden SI eenheden gebruikt.

#### Tijd referentie

Voor de tijd referentie van alle gegevens die in dit perceel worden gebruikt, wordt gebruikt gemaakt van MET (Middel Europese (winter)Tijd). Dat is gelijk aan UTC (of GMT) +1 uur. Gegevens die als referentie een andere tijdzone hanteren of die rekening houden met zomertijd (MET + 1 uur) zijn vertaald naar MET. Alle metingen worden door Rijkswaterstaat standaard in wintertijd gegeven.

Voor de WAQUA-IN-SIMONA modelsimulaties geldt dat de tijd is gegeven in minuten ten opzichte van een vastgelegd nulpunt. De simulaties voor 2013 lopen van 1 januari tot en met 31 december. Het begin van die periode is gekozen als nulpunt. De simulaties die in de eerste fase zijn uitgevoerd, waren steeds opgeknipt in simulaties die lopen van 1 juni tot 31 mei het jaar daarop. Elke jaarsimulatie heeft dus zijn eigen (interne) tijd-as.

#### Plaats referentie

Voor de plaats referentie in het referentiegebied wordt onderscheid gemaakt naar verticale en naar horizontale referenties.

Voor de verticale referentie in het interesse gebied (voordelta gebied) wordt gebruik gemaakt van NAP.

Voor de horizontale gegevens wordt in het Voordelta gebied gebruik gemaakt van Rijksdriehoekskoördinaten. Indien gebruik gemaakt wordt van geografische coördinaten, wordt gebruik gemaakt van het WGS 84 referentiesysteem.

### Richtingen

Voor wind- en golfrichtingen geldt dat deze de richting geven waar de wind of de golf vandaan komt. Daarbij wordt uitgegaan van een cirkel van 360 graden, waarbij 0 graden overeenkomt met Noord en de richting toeneemt met de klok mee. 90 graden komt dus overeen met wind of golven uit het oosten.

Voor de stroomrichting geldt dat deze de richting geeft waar de stroom heengaat. Daarbij wordt uitgegaan van een cirkel van 360 graden, waarbij 0 graden overeenkomt met Noord en de richting toeneemt met de klok mee. 90 graden komt dus overeen met een stroming in oostelijke richting.

## 2.3 Overzicht van de omgevingscondities

De abiotische parameters die in deze studie worden beschouwd, zijn:

- waterstanden;
- stroomsnelheden;
- bodemschuifspanningen ten gevolge van stroming en golven;
- watertemperatuur, en
- saliniteit.

In de Voordelta laten elk van deze parameters een duidelijke ruimtelijke en temporele variatie zien. Voor de waterstand hangen die samen met het getij en het voorkomen van stormen. De stroomsnelheden en bodemschuifspanningen ten gevolge van stroming worden bepaald door het getij, stormen en variaties in waterdiepte. De bodemschuifspanningen ten gevolge van golven hangen af van de wind op zee en de bodemligging. Voor de watertemperatuur spelen de seizoensvariaties en het dag-nacht-ritme van de luchttemperatuur en de zonne-instraling een grote rol. De saliniteit wordt grotendeels bepaald door de debieten van het Haringvliet en de Maasmond, waarbij vooral het Haringvliet een grote variatie vertoont in de tijd, en het getij, omdat beide bovengenoemde debieten ook een tijdsafhankelijkheid hebben die samenhangt met hoog en laag water.

Op basis van het bovenstaande kan dus worden geconcludeerd dat voor het beschrijven van de omgevingscondities zowel moet worden gekeken naar de seizoensvariaties van de maandgemiddelde waarden als extremen.

De volgende grootheden zijn beschouwd:

- luchttemperatuur Voordelta uit het HIRLAM meteo-model;
- bewolingsgraad Voordelta uit HIRLAM;
- relatieve luchtvochtigheid Voordelta uit HIRLAM;
- watertemperatuur station K13a uit Waterbase;
- debiet Haringvliet uit SOBEK;
- debiet Maasmond uit SOBEK;
- debiet Schaar van Ouden Doel uit Waterbase;
- wind Hoek van Holland van het KNMI;
- golven Europlatform uit Waterbase.

Voor al deze parameters zijn gegevens beschikbaar voor de periode juni 2004 tot en met december 2014.

De maandgemiddelde gegevens zijn weergegeven als staafdiagrammen. Deze zijn opgenomen in Bijlage A. Voor drie grootheden (luchttemperatuur, watertemperatuur bij K13a en afvoer door het Haringvliet) zijn de gegevens hieronder in tabelvorm weergegeven, zie Tabel 2.1 tot en met 2.3. In de tabellen zijn de maandgemiddelde waarden van de gegeven grootheid vermeld. De hoogste 12 (10%) waarden zijn met de rode cellen aangeduid, de laagste 12 waarden met de donkerblauwe cellen. Andere waarden boven en onder gemiddeld zijn respectievelijk oker en lichtblauw gekleurd. De gemiddelden per maand over alle jaren zijn onder de tabel weergegeven, evenals de standaarddeviatie over de jaren, de maximale en de

minimale waarden per maand. Ten slotte zijn nog de gemiddelde waarden per jaar gegeven in de laatste kolom van de tabel.

Tabel 2.1 Maandgemiddelde luchttemperatuur in de Voordelta in graden Celsius.

Maand	jan	feb	maa	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	gemid.
Jaar													
2004						14.9	16.6	18.9	17.0	13.3	9.4	7.1	13.9
2005	7.0	4.1	5.8	8.3	10.5	13.7	16.1	16.5	17.0	15.0	10.5	7.1	11.0
2006	4.2	4.1	4.2	7.5	11.5	14.0	18.5	17.3	18.2	15.4	11.7	9.1	11.3
2007	8.6	7.3	8.3	10.3	12.3	15.4	16.3	17.4	15.9	12.7	9.9	6.8	11.8
2008	7.7	6.5	6.7	8.4	13.0	14.4	16.8	17.6	15.5	12.6	9.5	5.9	11.2
2009	3.7	4.4	6.5	9.5	12.0	13.8	17.0	18.4	16.5	13.2	11.6	6.0	11.1
2010	2.8	2.9	5.4	7.7	9.4	13.4	16.9	17.0	15.4	13.0	8.2	3.1	9.6
2011	4.8	5.2	5.8	9.9	12.0	14.4	15.5	16.8	16.5	13.7	10.5	8.2	11.1
2012	6.7	3.0	6.7	8.0	11.1	13.6	16.0	18.0	15.8	12.6	9.5	7.1	10.7
2013	4.2	3.5	3.0	6.1	9.1	12.4	15.9	17.6	15.7	14.0	9.9	8.3	10.0
2014	7.3	7.5	8.3	10.4	12.2	14.7	17.9	17.1	17.3	15.3	10.7	7.8	12.2
Gemiddelde	5.7	4.8	6.1	8.6	11.3	14.0	16.7	17.4	16.4	13.8	10.2	6.9	11.1
Stand. deviatie	2.0	1.7	1.6	1.4	1.3	0.8	0.9	0.6	0.9	1.1	1.1	1.7	1.3
Maximum	8.6	7.5	8.3	10.4	13.0	15.4	18.5	18.4	18.2	15.4	11.7	9.1	12.9
Minimum	2.8	2.9	3.0	6.1	9.1	12.4	15.5	16.5	15.4	12.6	8.2	3.1	9.0

legenda:

hoogste 10%

boven gemiddeld

onder gemiddeld

laagste 10%

Tabel 2.2 Maandgemiddelde watertemperatuur bij K13a in graden Celsius.

Maand	jan	feb	maa	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	gemid.
Jaar													
2004						13.2	15.6	17.6	17.1	15.1	12.4	9.4	14.3
2005	7.4	6.2	5.5	6.7	9.3	12.4	15.1	16.3	17.1	15.8	13.6	9.3	11.2
2006	6.7	5.4	4.7	6.3	8.8	12.0	15.9	17.6	17.8	16.3	13.2	11.3	11.3
2007	8.8	7.6	8.2	9.4	11.3	13.9	15.9	17.5	16.9	14.9	12.1	9.1	12.1
2008	8.2	7.9	6.8	7.8	10.8	13.1	15.7	17.5	17.5	14.9	11.6	8.4	11.7
2009	6.2	5.5	5.8	7.8	10.2	13.3	16.1	17.9	17.2	15.2	13.5	10.7	11.6
2010	6.5	4.4	4.6	6.7	9.3	12.5	15.5	17.1	16.6	14.6	12.0	7.4	10.6
2011	5.4	5.1	5.6	7.7	10.8	13.6	15.8	16.9	16.6	15.4	13.7	10.0	11.4
2012	7.2	5.6	6.0	7.5	9.4	12.4	15.3	17.5	17.0	14.7	11.9	8.8	11.1
2013	8.2	5.9	4.7	5.3	8.2	11.1	14.6	16.8	17.0	15.0	12.4	9.4	10.7
2014	9.3	8.9	8.8	9.2	11.5	14.6	16.9	18.0	17.7	16.3	14.4	10.3	13.0
Gemiddelde	7.4	6.3	6.1	7.4	10.0	12.9	15.7	17.3	17.1	15.3	12.8	9.5	11.6
Stand. deviatie	1.2	1.4	1.5	1.3	1.1	1.0	0.6	0.5	0.4	0.6	0.9	1.1	1.0
Maximum	9.3	8.9	8.8	9.4	11.5	14.6	16.9	18.0	17.8	16.3	14.4	11.3	13.1
Minimum	5.4	4.4	4.6	5.3	8.2	11.1	14.6	16.3	16.6	14.6	11.6	7.4	10.0

legenda:

hoogste 10%

boven gemiddeld

onder gemiddeld

laagste 10%

Tabel 2.3 Maandgemiddelde afvoer door het Haringvliet in m<sup>3</sup>/s.

Maand	jan	feb	maa	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	gemid.
Jaar													
2004						290	67	64	108	56	274	157	145
2005	683	1115	550	903	804	140	58	192	196	46	18	72	398
2006	65	355	853	2148	874	720	65	83	238	403	105	221	511
2007	1249	1107	1885	295	111	568	825	1136	239	115	225	1368	760
2008	666	455	1797	1503	402	372	138	114	113	61	113	304	503
2009	220	426	1304	716	219	151	363	89	27	5	69	703	358
2010	778	587	1111	320	138	441	111	532	319	84	619	1320	530
2011	2766	406	53	40	0	121	169	57	53	41	2	983	391
2012	2402	116	62	86	290	522	498	55	63	302	453	1658	542
2013	1369	1718	376	558	1303	1832	380	78	168	371	1455	356	830
2014	872	751	151	52	143	64	494	758	219	126	348	511	374
Gemiddelde	1107	704	814	662	428	475	288	287	158	146	335	696	499
Stand. deviatie	877	480	690	694	424	497	247	364	93	142	418	553	457
Maximum	2766	1718	1885	2148	1303	1832	825	1136	319	403	1455	1658	1454
Minimum	65	116	53	40	0	64	58	55	27	5	2	72	46

legenda:

hoogste 10%

boven gemiddeld

onder gemiddeld

laagste 10%

## 2.3.1 Synoptische beschrijving 2014

Periode januari 2014 – december 2014 (vrijwel het hele jaar warm, lage afvoer)

De maandgemiddelde luchttemperatuur ligt in de maanden januari tot en met april meer dan 1,6 graad boven het gemiddelde over de periode 2004-2014. Februari is 2,7 graad warmer dan gemiddeld in februari. Met 7,5 °C is het zelfs de warmste februarimaand in de beschouwde jaren. Ook maart en april laten de hoogste temperatuur sinds 2004 zien. Ook de rest van het jaar vertoont temperaturen die bovengemiddeld zijn, met uitzondering van augustus, die 0,3 graad koeler was dan gemiddeld. De relatieve luchtvochtigheid (figuur A.3) vertoont in augustus en december een erg lage waarde, terwijl de bewolgingsgraad (figuur A.2) in februari en maart erg laag was.

De watertemperatuur bij K13a Platform (zie tabel 2.2 en figuur A.4) ligt elke maand van het jaar boven het langjarig gemiddelde van de maand, met 9 van de 12 maanden zelfs de hoogste temperatuur sinds 2004.

De jaargemiddelde afvoer van het Haringvliet (zie tabel 2.3 en figuur A.5) ligt met 374 m<sup>3</sup>/s onder het gemiddelde. Vooral maart tot en met juni vertonen maandgemiddelde afvoeren die erg laag zijn, waarbij die in juni met 64 m<sup>3</sup>/s het laagst is. Augustus 2014 heeft met 758 m<sup>3</sup>/s de één na hoogste augustusafvoer sinds 2004, ongeveer 160% meer dan gemiddeld in die maand. Maart, april en juni zijn ook maanden waarin de afvoer vanuit de Maasmond erg laag is. In de andere maanden ligt die redelijk bij het langjarig gemiddelde in de buurt.

December 2013 en januari en februari 2014 kenmerken zich ook door relatief hoge windsnelheden (figuur A.8). In het bijzonder in februari 2014 is de snelheid van de maandgemiddelde wind hoger dan 8 m/s, meer dan wat sinds 2004 in elke andere maand is voorgekomen. De oorzaak hiervoor ligt niet in extreem zware stormen, maar in het feit dat de wind die maand vrij consistent uit dezelfde (zuidelijke) richtingen heeft gewaaid.

De golfhoogten in Europlatform (figuur A.10) laten met uitzondering van februari, september, november en december geen grote verschillen zien ten opzichte van de lange termijn maandgemiddelde waarden. De maandgemiddelde golfhoogte in februari is het hoogst van alle maandgemiddelden in februari, terwijl die in december ook hoog, maar niet het hoogst is geweest. September en november laten relatief lage maandgemiddelde golfhoogten zien.

## 2.3.2 Overzicht van extreme condities

In 2014 zijn er geen perioden geweest dat de afvoer vanuit het Haringvliet extreem hoog was. De maximale daggemiddelde afvoer bedraagt op 1 januari 2014 1676 m<sup>3</sup>/s, een waarde die de rest van het jaar niet meer wordt overschreden. Wel wordt op 24 december nog een vergelijkbare waarde (1628 m<sup>3</sup>/s) bereikt. In de jaren 2004 tot en met 2013 ligt de maximale daggemiddelde waarde elk jaar boven 3250 m<sup>3</sup>/s. In dat opzicht is 2014 dus wel een uitzonderlijk jaar.

Op 30 april en 1 mei is de afvoer 0 geweest. Aangezien in eerdere jaren dit soort perioden soms meer dan een maand aanhielden, zijn deze 2 dagen dus niet extreem.

De KNMI meetdata voor station Hoek van Holland zijn geanalyseerd om de perioden te bepalen waarin de windsnelheid ten minste 3 uur boven Beaufort 8 (17 m/s) is gekomen. In tabel 2.4 is een overzicht gegeven van deze perioden. Tevens is de duur en de richting weergegeven. Zowel het aantal stormen als de totale duur is hoog, maar niet uitzonderlijk. Ook een storm in juli komt niet frequent voor, maar is sinds 2004 ook voorgekomen in 2007 en 2011. Drie keer is de wind zelfs boven Beaufort 9 uitgekomen (21 m/s), hoewel dit slechts telkens een uur is geweest. Tijdens de storm van 21 en 22 oktober is de Oosterscheldekering gesloten geweest.



Tabel 2.4 Overzicht van perioden waarin de windsnelheid in Hoek van Holland voor ten minste 3 uur boven Beaufort 8 uitkomt en momenten dat die boven Beaufort 9 uitkomt, in 2014.

datum		boven Bft 8		boven Bft 9	
van	tot	duur (uren)	richting	duur (uren)	richting
25-Jan-14	26-Jan-14	6	W/NW		
09-Feb-14	-	6	Z/ZW		
15-Feb-14	-	4+3	ZW		
09-Jul-14	-	12	NW/N	1	NW
21-Oct-14	22-Oct-14	19	W/NW	1+1	NW
11-Dec-14	-	5	W		
12-Dec-14	-	3	Z/ZW		
20-Dec-14	-	5	W		
27-Dec-14	-	3	NO		

## 2.4 Validatie

Metingen in het Nederlandse kustgebied zijn beschikbaar via Waterbase en DONAR. In (Alkyon, 2010) is een uitgebreide beschrijving gegeven van alle metingen die in het project worden gebruikt en welke bewerkingen op deze data zijn losgelaten.

### 2.4.1 Definitie van statistische parameters

Bij de analyses worden de volgende definitie van statistische parameters aangehouden:

$$\text{BIAS} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{\text{model},i} - X_{\text{meting},i}) = \overline{X_{\text{model}}} - \overline{X_{\text{meting}}} \quad (1)$$

$$\text{RMSE}_0 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( (X_{\text{model},i} - \overline{X_{\text{model}}}) - (X_{\text{meting},i} - \overline{X_{\text{meting}}}) \right)^2} \quad (2)$$

waarbij n staat voor het totaal aantal waarnemingen. De BIAS is een maat voor de gemiddelde afwijking. De RMSE<sub>0</sub> is de standaardafwijking, gecorrigeerd voor een eventueel verschil in gemiddelde waarde.

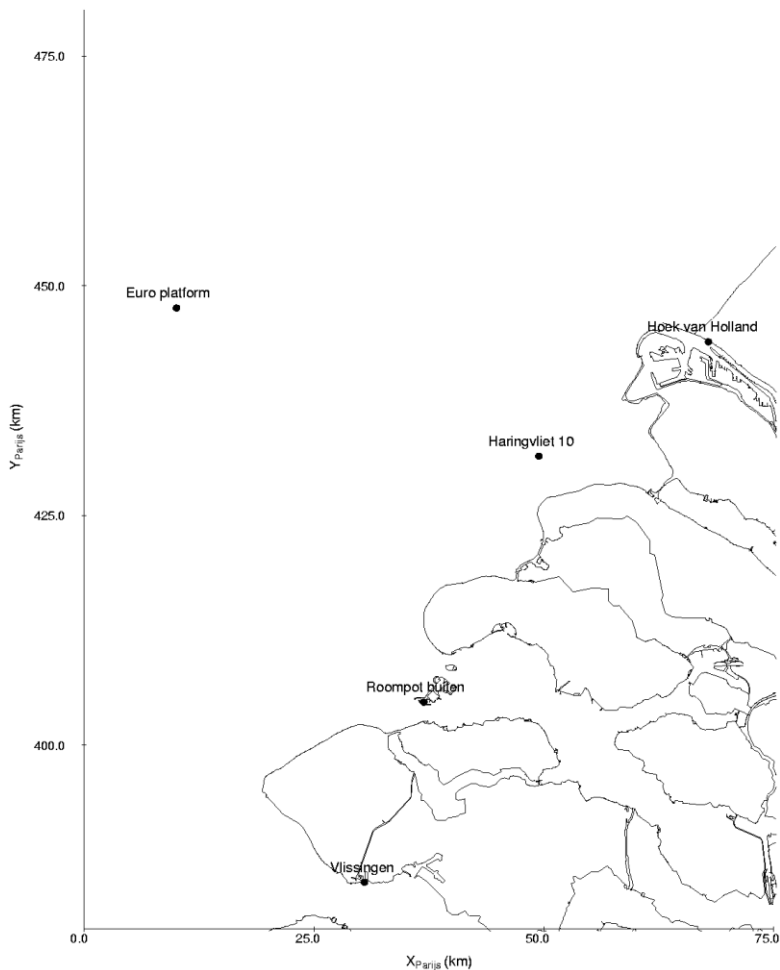
De analyses zijn uitgevoerd per maand, per kwartaal en over het gehele jaar, uiteraard voor zover metingen beschikbaar zijn.

### 2.4.2 Validatie waterstand

Uit Waterbase zijn waterstanden gehaald voor de stations:

- Euro Platform
- Hoek van Holland
- Haringvliet 10

- Roompot Buiten
- Vlissingen



Figuur 2.1 Ligging van de meetstations voor waterstanden uit Waterbase.

De ligging van deze stations is weergegeven in figuur 2.1. De gegevens zijn compleet, er zijn geen ontbrekende metingen.

In bijlage B worden de resultaten van de vergelijkingen weergegeven in:

- Tabel B.1                   Vergelijking tussen berekende en gemeten waterstand, Euro-platform, Hoek van Holland, Haringvliet 10, Roompot Buiten en Vlissingen

en:

- Figuren B.1–B.4           Vergelijking metingen en modelresultaten, waterstand 1e, 2e, 3e en 4e kwartaal, Waterbase-station Vlissingen

Het nummer van het kwartaal refereert aan de periode binnen de simulatie.

Aangezien de simulatie loopt van januari tot en december, omvat het eerste kwartaal de maanden januari, februari en maart, het tweede de maanden april, mei en juni, enzovoorts. Bij het vergelijken met de resultaten uit eerdere jaren is het belangrijk om te beseffen dat voor de periode juni 2004-december 2012 de simulaties liepen van juni tot mei, en het eerste kwartaal de maanden juni, juli en augustus omvatte, het tweede de maanden september, oktober en november, enzovoorts. Voor het jaar 2013 is net als 2014 van januari tot en met december gerekend.

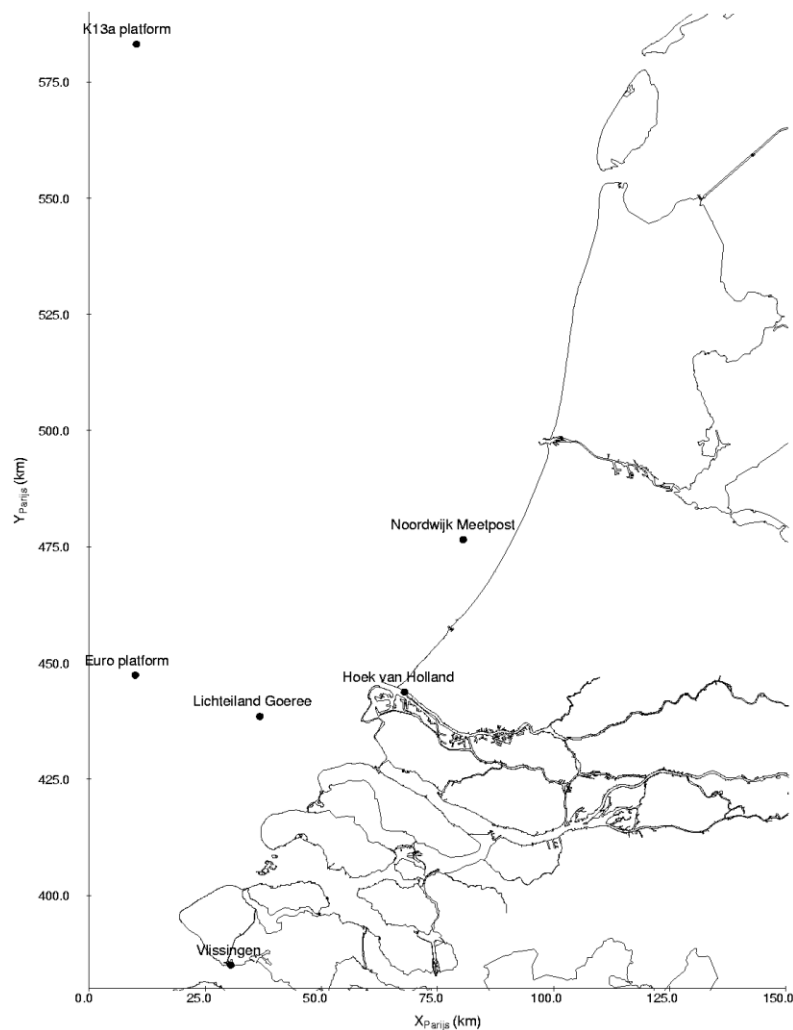
De resultaten voor de waterstanden komen goed overeen met die uit eerdere jaren. Vlissingen geeft de grootste RMSE<sub>0</sub> (tot 17 cm), terwijl die bij Europlatform het kleinst

is (9 cm). De waarden voor de BIAS liggen relatief dicht bij elkaar, waarbij Europlatform de laagste waarde laat zien (0-3 cm). Roompot Buiten scoort in het algemeen het slechtst voor de BIAS (2-7 cm).

### 2.4.3 Validatie watertemperatuur

In Waterbase zijn temperatuurmetingen beschikbaar aan het oppervlakte voor de stations (zie figuur 2.2 voor de ligging):

- Euro Platform
- Lichteiland Goeree
- Vlissingen
- Hoek van Holland
- Noordwijk Meetpost



Figuur 2.2 Ligging van de meetstations voor watertemperatuur uit Waterbase.

Aangezien de metingen voor 2014 nog niet beschikbaar waren in waterbase, zijn de metingen bij de datahulpdesk water opgevraagd. Dit betrof dagelijkse meetwaarden om 12.00 uur. Alleen voor station Noordwijk Meetpost zijn sinds 2006 geen metingen beschikbaar. Aangezien deze in de eerdere studie ook steeds is meegenomen, staat dit station er wel bij.

Vlissingen en Lichteiland Goeree zijn compleet, in Europlatform ontbreekt één meting, voor Hoek van Holland en K13A Platform ontbreken respectievelijk 28 en 26

metingen. Voor de temperatuurrandvoorwaarden voor het Kustzuid model zijn de ontbrekende waarden voor station K13A Platform lineair geïnterpoleerd. Meestal betreft dit één losse of twee achtereenvolgende dagen, alleen voor de periode 31 augustus tot en met 15 september betreft het een langere aaneengesloten periode.

De resultaten van de vergelijkingen zijn in de bijlagen gepresenteerd in:

- Tabel B.2 Vergelijking tussen berekende en gemeten watertemperatuur bij oppervlak, Europlatform, Lichteiland Goeree, Vlissingen, Hoek van Holland en Noordwijk Meetpost

en:

- Figuren B.5–B.8 Vergelijking metingen en modelresultaten, oppervlaktetemperatuur 1e, 2e, 3e en 4e kwartaal, Waterbasestations Europlatform en Lichteiland Goeree en de randvoorwaarde K13a Platform.
- Figuren B.9–B.12 Vergelijking metingen en modelresultaten, oppervlaktetemperatuur 1e, 2e, 3e en 4e kwartaal, Waterbase-stations Vlissingen, Hoek van Holland en Noordwijk Meetpost

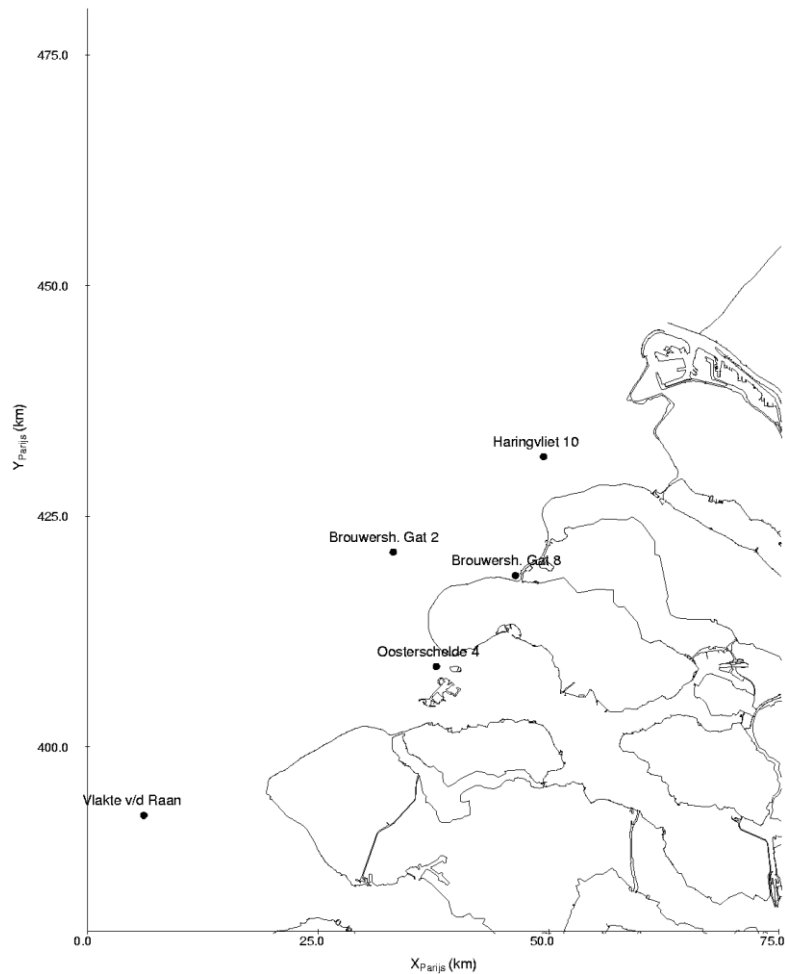
Daarnaast zijn gecontroleerde watertemperatuurmetingen van het meetnet Zege vanuit DONAR toegeleverd. Hierin zijn in principe de onjuiste meetwaarden verwijderd, die veroorzaakt worden door aangroei op de sensoren. Metingen zijn beschikbaar nabij de oppervlakte en bij de bodem. Figuur 2.3 toont de 5 stations waarvoor metingen gebruikt zijn, te weten:

- Vlake van de Raan
- Oosterschelde 4
- Brouwershavensche Gat 2
- Brouwershavensche Gat 8
- Haringvliet 10

Zoals aangegeven zijn metingen beschikbaar bij het oppervlak en de bodem. De niveaus waarop is gemeten zijn in tabel 2.5 hieronder gegeven.

Tabel 2.5 Niveaus van de meetsensoren oppervlakte en bodem.

station	Hoogte oppervlakesensor (m NAP)	Hoogte bodemsensor (m NAP)
Brouwershavensche Gat 02	-4,00	-10,00
Brouwershavensche Gat 08	-4,00	-5,50
Haringvliet 10	-2,50	-9,00
Oosterschelde 04	-2,80	-7,56
Vlake van de Raan	-3,25	-9,35



Figuur 2.3 Ligging van de meetstations voor watertemperatuur en saliniteit uit Zege.

Tabel 2.6 laat zien hoeveel procent van de gegevens werkelijk beschikbaar is. Vooral Oosterschelde 4 laat een laag percentage zien. Alleen in het najaar zijn daar ruim 2 maanden metingen beschikbaar.

Tabel 2.6 Percentages van beschikbaarheid van data van watertemperatuur uit Zege (DONAR), VvdR = Vlake van de Raan, OS4 = Oosterschelde 4, BG2 = Brouwershavensche Gat 2, BG8 = Brouwershavensche Gat 8, HA10 = Haringvliet 10.

	Watertemperatuur				
	VvdR	OS4	BG2	BG8	HA10
oppervlakte	93.8	18.6	73.5	67.1	74.9
bodem	97.3	18.6	34.6	61.1	61.3

De beschikbaarheid geeft geen indicatie van de betrouwbaarheid, zoals in (Alkyon, 2010) is geconstateerd. Ondanks dat de metingen zijn gecontroleerd, kunnen er perioden voorkomen dat er een verloop in het signaal optreedt naar onrealistische waarden, hoogstwaarschijnlijk het gevolg van aangroei op de sensoren. Immers, nadat de sensoren weer zijn schoongemaakt, keren in eerdere jaren de waarden weer terug naar normale waarden. Afhankelijk van de watertemperatuur (en de weerscondities) gebeurt dit elke 10 tot 30 dagen (informatie verkregen via het Verwerkings-Centrum Zeeland, VCZ). In 2014 zijn er echter geen perioden waarin dit soort sterk verlopende signalen heel duidelijk optreden.

Voor deze vergelijkingen zijn de volgende tabellen en figuren in de bijlagen opgenomen:

- Tabel B.3                   Vergelijking tussen berekende en gemeten watertemperatuur bij oppervlak en bodem, Vlake van de Raan en Oosterschelde 4
- Tabel B.4                   Vergelijking tussen berekende en gemeten watertemperatuur bij oppervlak en bodem, Brouwershavensche Gat 2 en Brouwershavensche Gat 8
- Tabel B.5                   Vergelijking tussen berekende en gemeten watertemperatuur bij oppervlak en bodem, Haringvliet 10

en:

- Figuren B.13–B.16       Vergelijking metingen en modelresultaten, oppervlakte- en bodemtemperatuur 1e, 2e, 3e en 4e kwartaal, Zege-station Oosterschelde 4
- Figuren B.17–B.20       Vergelijking metingen en modelresultaten, oppervlakte- en bodemtemperatuur 1e, 2e, 3e en 4e kwartaal, Zege-station Vlake van de Raan
- Figuren B.21–B.24       Vergelijking metingen en modelresultaten, oppervlakte- en bodemtemperatuur 1e, 2e, 3e en 4e kwartaal, Zege-station Brouwershavensche Gat 2
- Figuren B.25–B.28       Vergelijking metingen en modelresultaten, oppervlakte- en bodemtemperatuur 1e, 2e, 3e en 4e kwartaal, Zege-station Brouwershavensche Gat 8
- Figuren B.29–B.32       Vergelijking metingen en modelresultaten, oppervlakte- en bodemtemperatuur 1e, 2e, 3e en 4e kwartaal, Zege-station Haringvliet 10

In de zomermaanden, wanneer de Voordelta opwarmt, berekent het model de daggemiddelde temperatuur globaal tussen een halve graad en één graad te laag. Dit beeld is vrij consistent voor alle stations. De andere maanden komen de gemiddelde temperaturen redelijk met de metingen overeen. Net als voor 2013 wordt de dagelijkse variatie bij de Vlake van de Raan overschat. Voor de Brouwershavensche Gat 2 en 8 komt de dagelijkse variatie redelijk goed overeen met de metingen. Voor Haringvliet 10 wordt het verschil tussen oppervlak en bodem redelijk goed weergegeven, de trends komen goed overeen. Toch zijn er ook dagen dat het model een veel grotere of kleinere dagelijkse variatie berekent.

Het ontbreken van metingen voor station K13a platform voor de eerste helft van september, waarbij het model uitgaat dat in de tussentijd de temperatuur lineair in de tijd verloopt, heeft geen zichtbaar effect op de modeluitkomsten. Blijkbaar is de werkelijke temperatuur niet veel afgeweken ten opzichte van deze lineaire benadering.

## 2.4.4 Validatie saliniteit

Saliniteitsmetingen zijn alleen beschikbaar vanuit het Zege-meetnet in dezelfde stations als hierboven onder watertemperatuur opgesomd. Tabel 2.7 laat de compleetheid van de metingen zien.

Tabel 2.7 Percentages van beschikbaarheid van data van watertemperatuur uit Zege (DONAR).

	Saliniteit				
	VvdR	OS4	BG2	BG8	HA10
oppervlakte	93.8	18.6	73.5	67.1	74.9
bodem	97.3	18.6	34.6	61.1	61.3

De bijbehorende tabellen en figuren zijn:

- Tabel B.6 Vergelijking tussen berekende en gemeten saliniteit bij oppervlak en bodem, Vlake van de Raan en Oosterschelde 4
- Tabel B.7 Vergelijking tussen berekende en gemeten saliniteit bij oppervlak en bodem, Brouwershavensche Gat 2 en Brouwershavensche Gat 8
- Tabel B.8 Vergelijking tussen berekende en gemeten saliniteit bij oppervlak en bodem, Haringvliet 10

en:

- Figuren B.33–B.36 Vergelijking metingen en modelresultaten, oppervlakte- en bodemsaliniteit 1e, 2e, 3e en 4e kwartaal, Zege-station Oosterschelde 4
- Figuren B.37–B.40 Vergelijking metingen en modelresultaten, oppervlakte- en bodemsaliniteit 1e, 2e, 3e en 4e kwartaal, Zege-station Vlake van de Raan
- Figuren B.41–B.44 Vergelijking metingen en modelresultaten, oppervlakte- en bodemsaliniteit 1e, 2e, 3e en 4e kwartaal, Zege-station Brouwershavensche Gat 2
- Figuren B.45–B.48 Vergelijking metingen en modelresultaten, oppervlakte- en bodemsaliniteit 1e, 2e, 3e en 4e kwartaal, Zege-station Brouwershavensche Gat 8
- Figuren B.49–B.52 Vergelijking metingen en modelresultaten, oppervlakte- en bodemsaliniteit 1e, 2e, 3e en 4e kwartaal, Zege-station Haringvliet 10

## 2.4.5 Verloop daggemiddelden en dagelijkse variatie

Ten slotte zijn per jaarsimulatie zogenaamde “dag-analyse”-figuren opgenomen waarin vergelijkingen worden gegeven van de daggemiddelde en dagelijkse variatie in een jaar van verschillende grootheden en locaties, voor zowel metingen als berekeningen. Deze zijn vooral nuttig, omdat die in een oogopslag laten zien of er systematische afwijkingen zijn in het gemiddelde niveau en of de dagelijkse variatie goed wordt gemodelleerd. Tevens worden perioden waarin de saliniteit door aangroei op de sensoren sterk verloopt, ook zichtbaar in een verloop van het gemiddelde.

De figuren zijn:

- Figuren B.53 Dag-analyse van de waterstand, vergelijking van gemiddelde en variatie per dag tussen meting en berekening in station Vlissingen
- Figuren B.54–B.58 Dag-analyse van de temperatuur, vergelijking van gemiddelde en variatie per dag tussen meting en berekening in stations Vlake van de Raan, Oosterschelde 4, Brouwershavensche Gat 2, Brouwershavensche Gat 8 en Haringvliet 10
- Figuren B.59–B.63 Dag-analyse van de saliniteit, vergelijking van gemiddelde en variatie per dag tussen meting en berekening in stations Vlake van de Raan, Oosterschelde 4, Brouwershavensche

## Gat 2, Brouwershavensche Gat 8 en Haringvliet 10

Ook voor de saliniteit geldt dat het beeld, dat de vergelijkingen tussen modelresultaten en metingen geven, overeenkomt met de eerdere jaren.

Voor station Oosterschelde 4 zijn net als voor de temperatuur maar beperkt metingen beschikbaar. Eind september en de eerste helft van oktober ligt het niveau in de berekening lager dan de metingen, daarna ligt het niveau dicht bij elkaar. Wel wordt de dagelijkse variatie onderschat.

Bij de Vlakte van de Raan overschat het model in de eerste vier maanden juist de saliniteit. Vanaf mei komen de resultaten beter met elkaar overeen. Wel lijken er in juni, juli en augustus onrealistische meetwaarden voor te komen. Hierdoor wordt ook de dagelijkse variatie beïnvloed. Een vergelijkbaar beeld komt ook uit de resultaten voor Brouwershavensche Gat 2 en 8 naar voren. Bij Haringvliet 10 komen de resultaten voor de dagelijkse variatie redelijk goed overeen met de metingen. Alleen in de zomermaanden onderschat het model de daggemiddelde waarden.

## 2.5 Conclusies

De nauwkeurigheid van het model is voor zowel waterstanden, watertemperatuur als saliniteit consistent met de resultaten voor eerdere jaren. Aangezien de aansturing van het model met afvoeren, ruimtelijk variërende wind- en luchtdruk velden en watertemperatuur ook niet afwijkt van wat er voor de eerdere jaren is gedaan, zou dat ook niet te verwachten zijn.



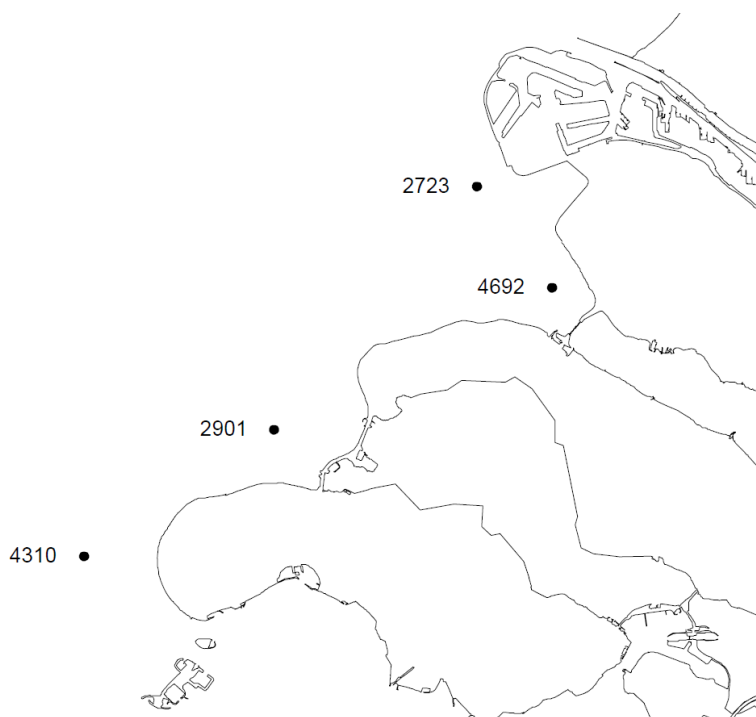
## 3 ANALYSES MODELRESULTATEN 2013

### 3.1 Inleiding

In het Eindrapport 2009-2013 en het datarapport 2013 zijn voor vier punten in de Voordelta, naast de standaardanalyses ten behoeve van de andere percelen, nadere analyses uitgevoerd op de modeluitkomsten. De punten zijn zodanig gekozen dat deze representatief zijn voor verschillende regimes in de Voordelta:

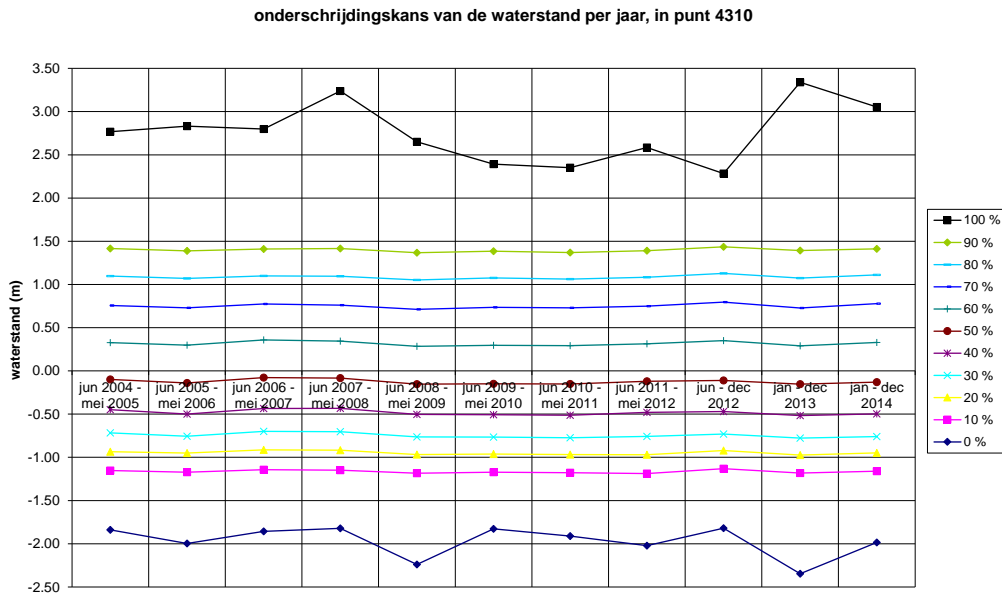
- 2,5 km ten noordwesten van de Haringvlietsluizen (volgnummer 4692, diepte NAP -3,7 m)
- 10,5 km ten noordwesten van de Haringvlietsluizen ter hoogte van de Slufter (2723, NAP -8,9m)
- 6 km ten westen van de Brouwersdam (2901, NAP -3,7 m)
- 5 km ten westen van de kop van Schouwen-Duiveland (4310, NAP -3,1 m).

De locaties van deze vier punten zijn weergegeven in figuur 3.1.



Figuur 3.1 Locaties van de 4 uitvoerpunten.

### 3.2 Modelresultaten waterstand



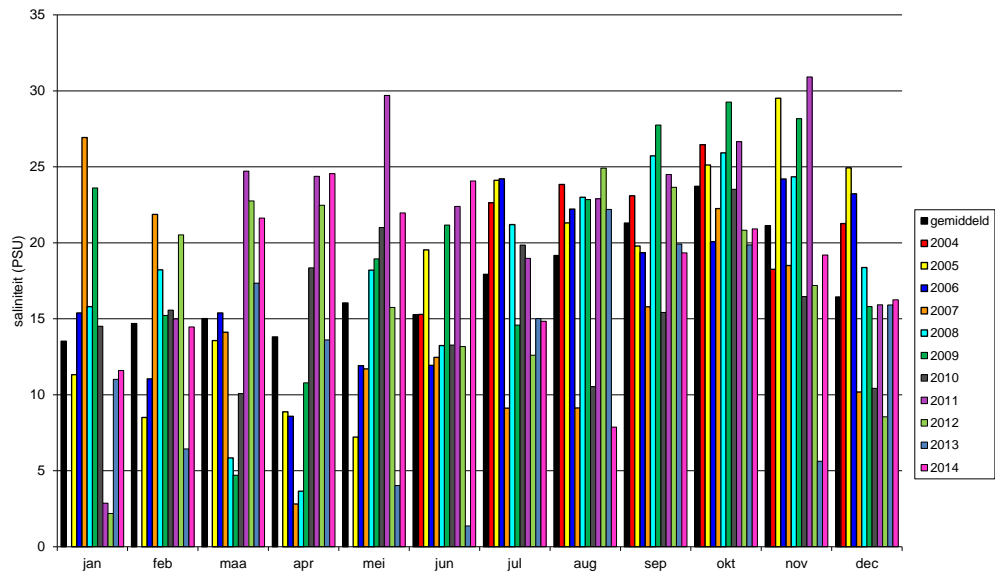
Figuur 3.2 Jaarlijkse onderschrijdingsfrequenties van de waterstand in het punt ter hoogte van Schouwen-Duiveland.

Figuur 3.2 laat voor de verschillende jaren de onderschrijdingskans zien van de waterstand voor het punt ten westen van de kop van Schouwen-Duiveland. De onderschrijdingswaterstanden met kansen tussen 10 en 90% zijn vrij constant voor alle jaren. De maximale (100%) en minimale (0%) waarden vertonen meer variatie, doordat die veel sterker afhankelijk zijn van het wel of niet voorkomen van extreme stormen. Ten opzichte van 2013, dat voor het hoogste en laagste water een extreem jaar was, komt het laagste water in 2014 goed overeen met het langjarig gemiddelde, terwijl de maximale waterstand vrij hoog is. Deze is voorgekomen op 22 oktober, tijdens de storm op die dag.

### 3.3 Modelresultaten saliniteit

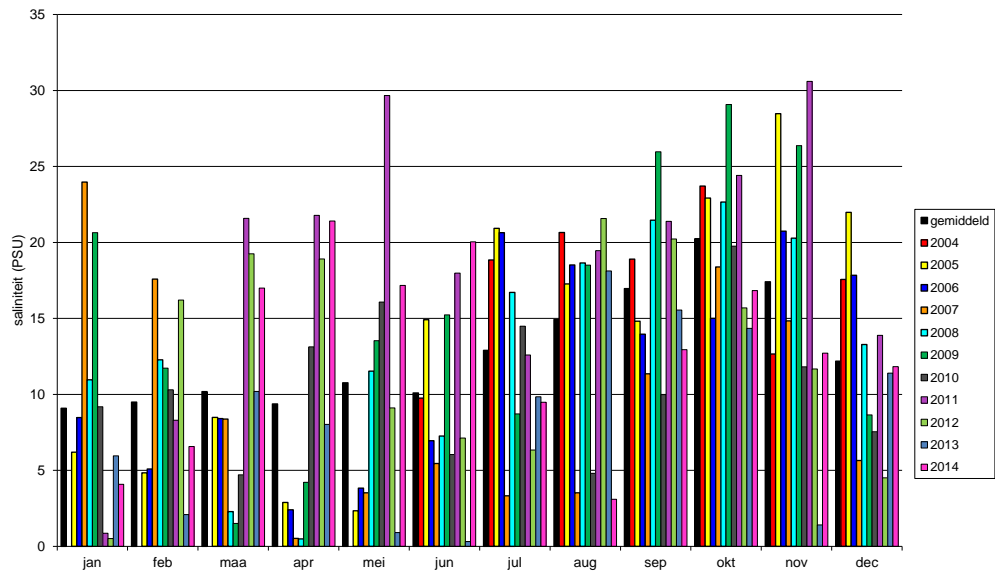
Figuren 3.3 en 3.4 laten voor alle jaren de maandgemiddelde saliniteit zien in de Haringvlietmond.

maandgemiddelde saliniteit in de bodemlaag, punt 4692



Figuur 3.3 Maandgemiddelde saliniteit bij de bodem in de locatie voor het Haringvliet.

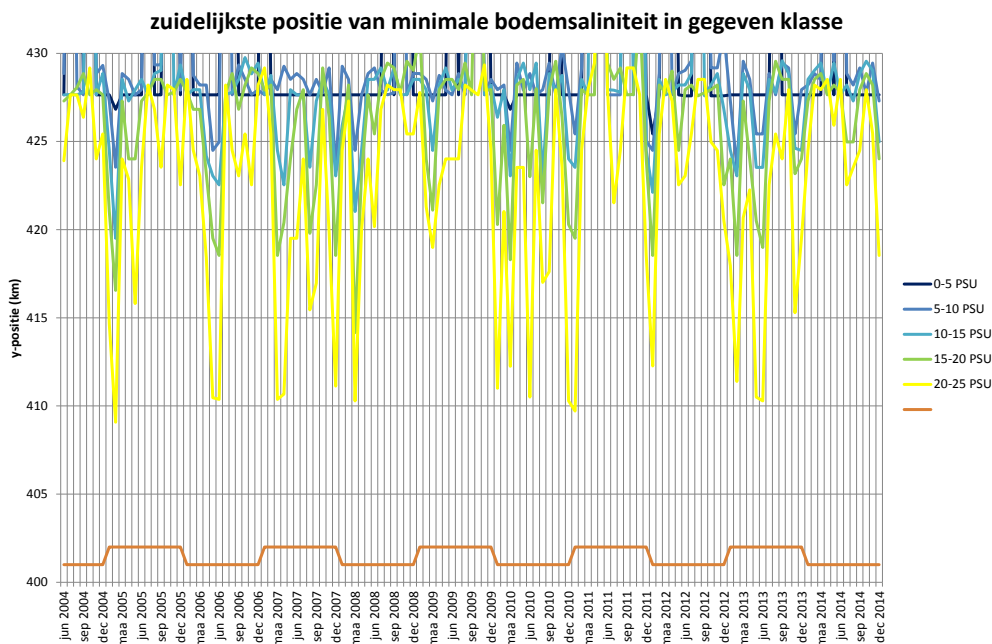
maandgemiddelde saliniteit in de oppervlaktelaag, punt 4692



Figuur 3.4 Maandgemiddelde saliniteit bij de oppervlakte in de locatie voor het Haringvliet.

De lage afvoer in maart tot en met juni 2014, zoals genoemd in paragraaf 2.3.1, is terug te zien bij het Haringvliet in de relatief hoge saliniteit, zowel aan het oppervlak als nabij de bodem. De relatief hoge afvoer in augustus, leidt uiteraard ook tot relatief lage waarden voor de oppervlakte- en bodemsaliniteit.

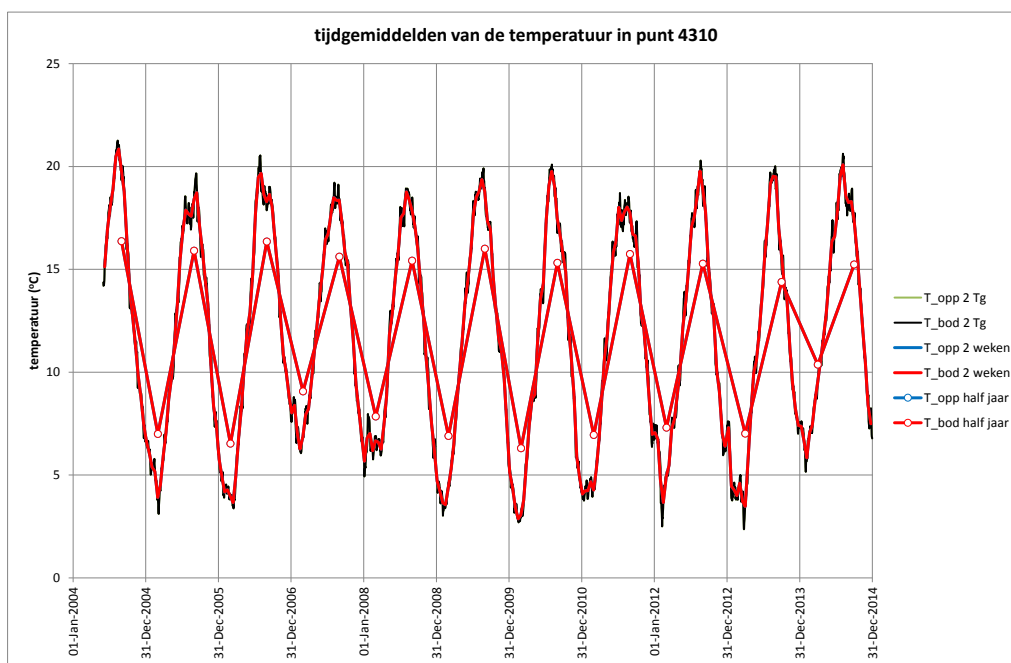
De relatief lage afvoeren in 2014 werken ook zoals verwacht door in het niet ver zuidelijk doordringen van het zoete water in de Voordelta, zoals te zien is in figuur 3.5.



Figuur 3.5 Zuidelijkste coördinaat voor verschillende saliniteitswaarden van de bodemsaliniteit.

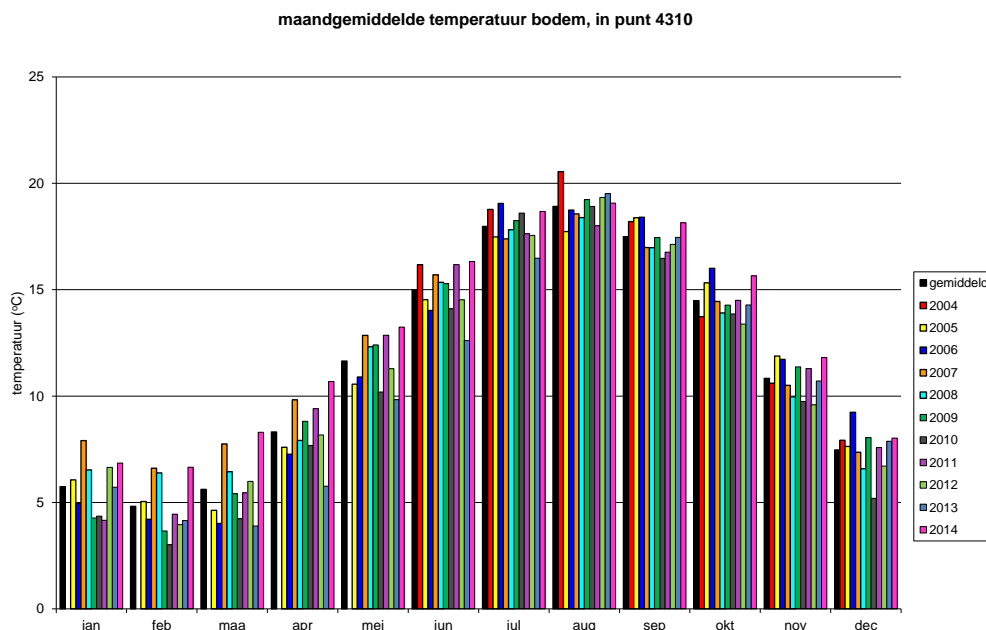
### 3.4 Modelresultaten watertemperatuur

Figuur 3.6 toont de variatie van de oppervlakte- en bodemtemperatuur in het punt voor de kust van Schouwen-Duiveland voor een aantal verschillende middelingsperiodes (2 getijperioden, doortij-springtij periode en half jaar). De verschillen tussen oppervlak en bodem zijn verwaarloosbaar. Zoals in paragraaf 2.3.1 al geconstateerd, bevestigt deze figuur dat de winterperiode 2013-2014 relatief warm was, vergelijkbaar aan de winter 2006-2007. Ook de laatste maanden van 2014 laten hoge temperaturen zien. Ook ligt in de zomer 2014 de temperatuur relatief hoog, hoewel niet extreem.



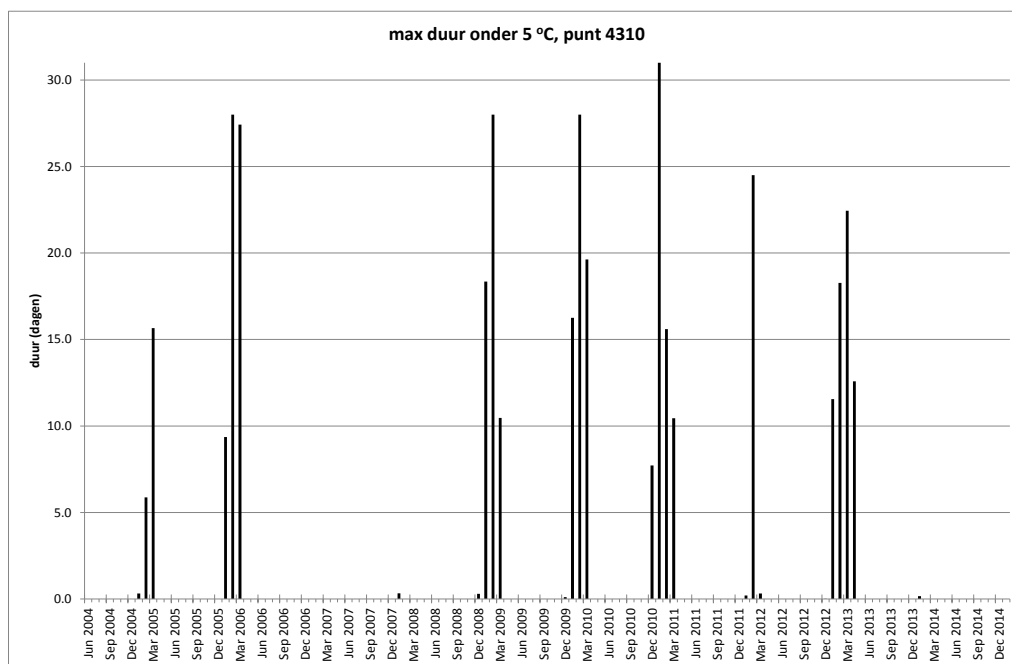
Figuur 3.6 Tijdsreeks van tijdgemiddelden van de oppervlakte- en bodemtemperatuur bij de Kop van Schouwen, de lijnen voor bodem en oppervlak liggen vrijwel op elkaar.

Figuur 3.7 toont de variatie van de maandgemiddelde temperatuur in hetzelfde punt van maand tot maand over alle jaren. In 2014 ligt elke maand de maandgemiddelde waarde boven het langjarig maandgemiddelde, in maart tot 2,7 °C. In augustus is het verschil het kleinst, 0,2 °C. Van februari tot en met juni zijn de maandgemiddelde waarden zelfs het hoogst in de beschouwde periode.



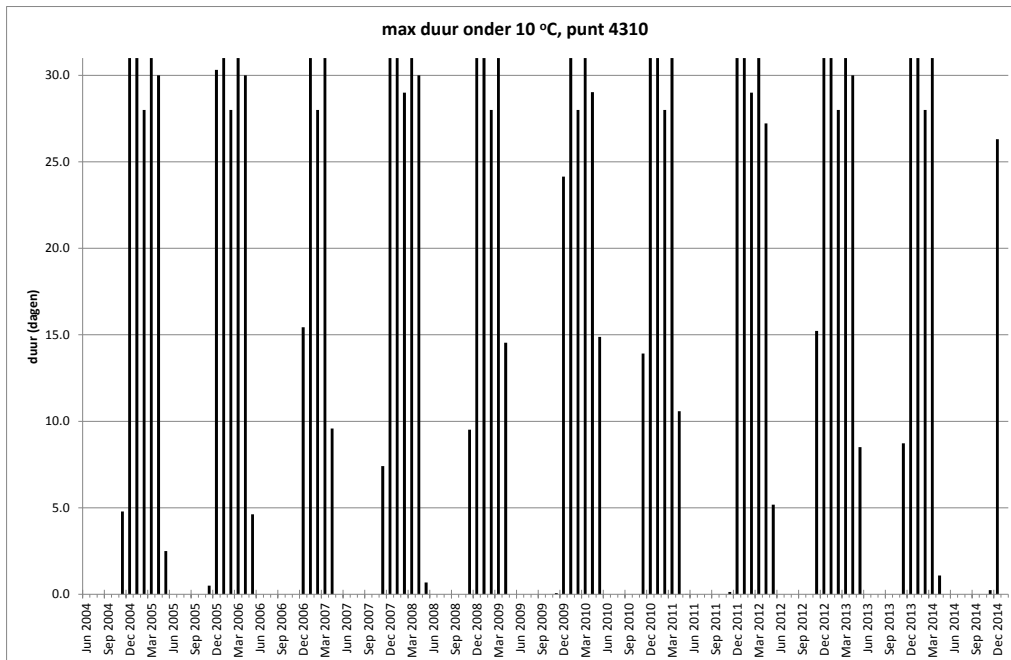
Figuur 3.7 Maandgemiddelde watertemperatuur bij de bodem nabij de Kop van Schouwen.

In januari 2014 is de temperatuur maximaal een paar uur onder 5 °C gebleven. Verder is dat in 2014 niet voorgekomen, zie figuur 3.8. Dit geeft ook weer aan hoe warm de wintermaanden in 2014 zijn geweest.



Figuur 3.8 Maximale aaneengesloten duur dat de bodemtemperatuur bij de Kop van Schouwen onder 5 °C blijft.

De resultaten van de duur dat de bodemtemperatuur aaneengesloten onder 10 °C is gebleven, worden in figuur 3.9 gepresenteerd. April 2014 heeft de kortste duur van alle beschouwde maanden april, bijna 1,1 dag. Ook november 2014 vertoont een korte duur, hoewel niet het meest extreme.



Figuur 3.9 Maximale aaneengesloten duur dat de bodemtemperatuur bij de Kop van Schouwen onder de 10 °C blijft.

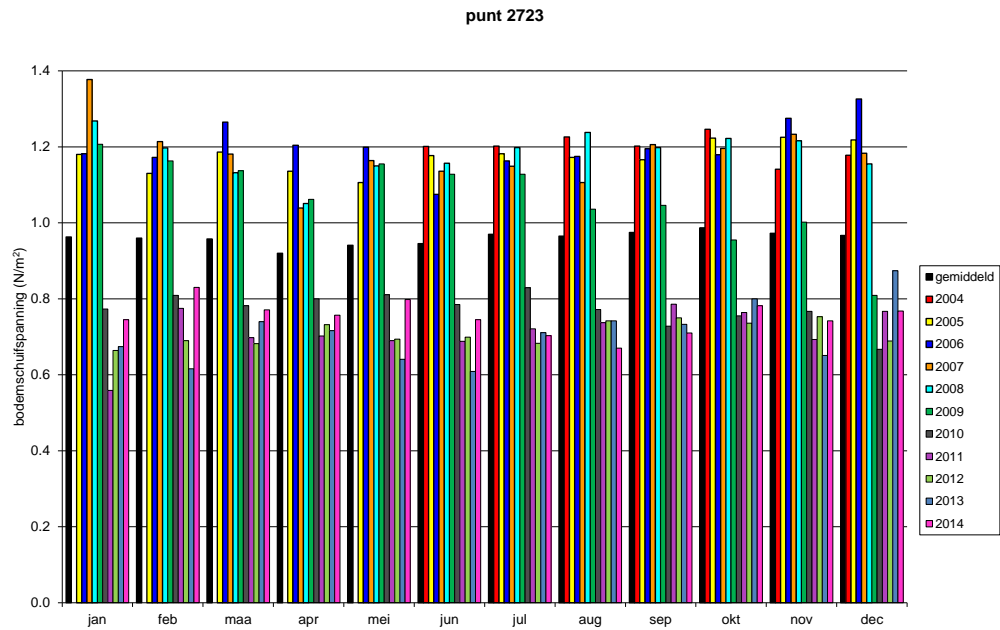
De maximale duur dat de bodemtemperatuur boven 20 °C is gebleven, is beperkt. In juli is dit ongeveer 5 uur, in augustus ongeveer 2,5 dag. Deze laatste is op augustus 2004 na de hoogste waarde in augustus, hoewel die duur in 2004 bijna 23 dagen bedroeg.

### 3.5 Modelresultaten bodemschuifspanning

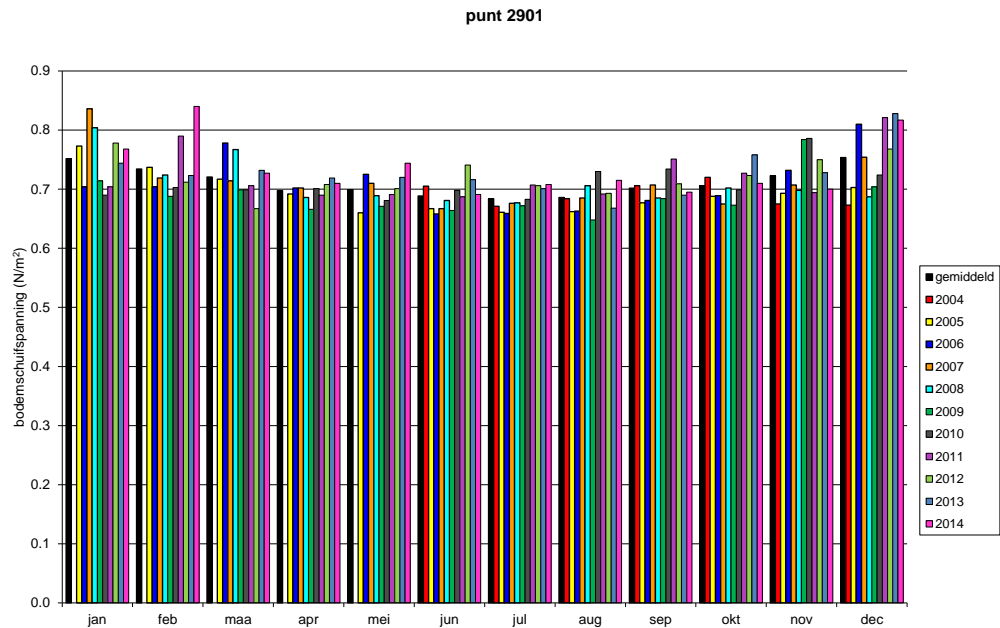
Vergelijkbaar als in eerdere jaren wordt er onderscheid gemaakt tussen de bodemschuifspanning die het gevolg is van de stroming en die het gevolg is van golven. De bodemschuifspanningen ten gevolge van golven zijn weer apart bepaald voor de 2004- en de 2010-bodem van Rijkswaterstaat. De resultaten die in deze paragraaf worden gepresenteerd, zijn op basis van de 2004-bodem, om consistent te zijn met de eerdere rapportages. In het datarapport 2013 (ARCADIS, 2015) is gekeken naar het effect dat het verschillen in bodemligging op de bodemschuifspanningen ten gevolge van golven heeft.

#### 3.5.1 Bodemschuifspanning onder stromingen

Uit de stroomsnelheden in de onderste laag van het WAQUA-model zijn de bodemschuifspanningen afgeleid. Voor 2 locaties (zie figuur 3.1) zijn de maandgemiddelde bodemschuifspanningen weergegeven in figuur 3.10 en 3.11.



Figuur 3.10 Maandgemiddelde bodemschuifspanning ten gevolge van stroming, locatie bij de Slufter.



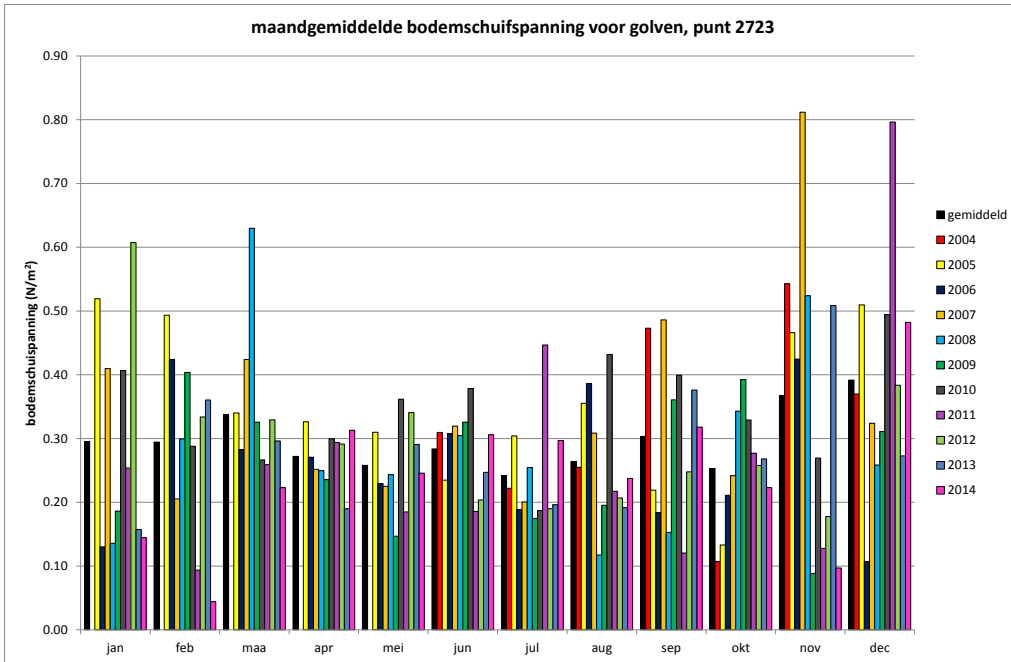
Figuur 3.11 Maandgemiddelde bodemschuifspanning ten gevolge van stroming, locatie bij de Brouwersdam.

In het punt bij de slufter (punt 2723, voor locatie zie figuur 3.1) zijn de maandgemiddelde bodemschuifspanningen afgenomen sinds de aanleg van Maasvlakte 2. Toch liggen die in de eerste zes maanden van het jaar relatief hoog in vergelijking tot de andere maanden na de aanleg.

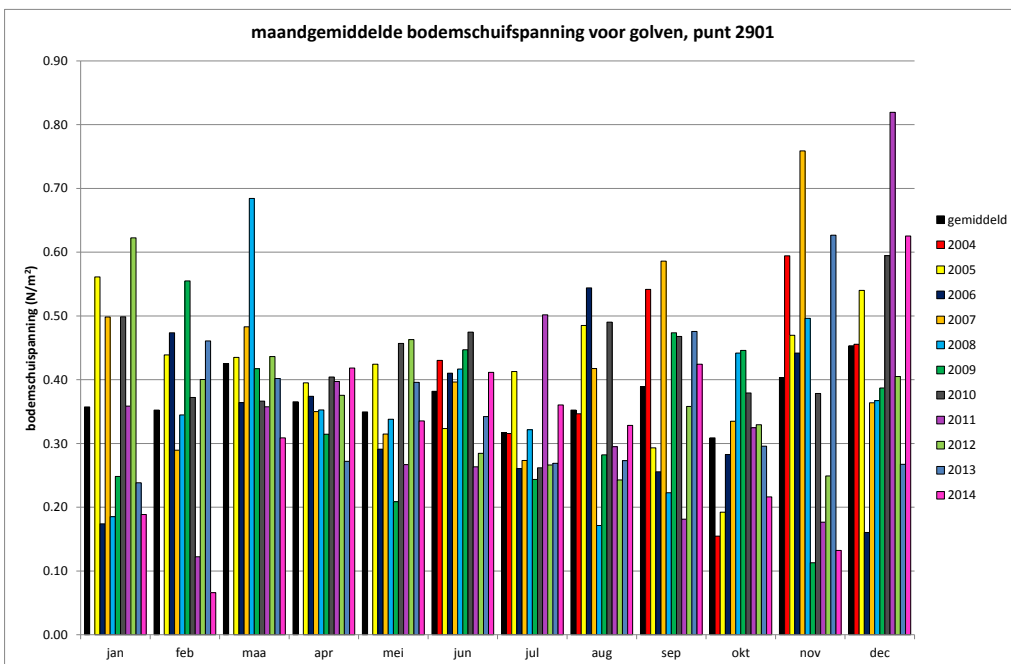
Bij de Brouwersdam (punt 2901) springt vooral februari 2014 eruit met een extreme, ongeveer even hoge waarde als januari 2007. Dit tijdstip valt samen met springtij, hoewel geen extreem springtij.

### 3.5.2 Bodemschuifspanning onder golven

De maandgemiddelde bodemschuifspanning ten gevolge van golven is voor dezelfde uitvoerpunten nabij de Slufter en de Brouwersdam in respectievelijk figuur 3.12 en 3.13 weergegeven. Zoals al genoemd, betreft dit het resultaat met de bodemligging op basis van de 2004 RWS-bodem. Opvallend is dat in januari, februari en maart in beide punten een lagere waarde dan gemiddeld wordt gevonden, zo ook in november. Vooral december springt eruit met een relatief hoge waarde.



Figuur 3.12 Maandgemiddelde bodemschuifspanning ten gevolge van golven nabij de Slufter.



Figuur 3.13 Maandgemiddelde bodemschuifspanning ten gevolge van golven in locatie bij de Brouwersdam.



### 3.6 Overzicht van resultaten in de PostgreSQL database

Uit het hydrodynamisch model worden voor elke roostercel binnen de Natura 2000 polygoon de volgende grootheden elk half uur weggeschreven:

- waterstand
- stroomsnelheid
- saliniteit
- temperatuur

De laatste drie grootheden zijn per rekenlaag (10 lagen van elk 10% van de waterdiepte, zogenaamde sigma-lagen) beschikbaar.

Op basis van deze grootheden zijn afgeleide grootheden bepaald voor percelen Benthos en Vissen, vergelijkbaar aan de eerdere jaren (zie voor een beschrijving ARCADIS, 2015). Deze zijn in de PostgreSQL database opgenomen.

## 4 ANALYSE LANGJARIGE TRENDS IN DE ABIOTIEK VAN DE VOORDELTA

### 4.1 Aanpak

In (Deltares, 2014) is gekeken of (veranderingen in) de abiotiek de tijdens de monitoring gevonden aantallen vogels, vissen en benthos mede kan helpen verklaren. Het gaat hierbij zowel om normale condities (bijvoorbeeld maand-, jaar- of seizoensgemiddelden) of extreme condities (bijvoorbeeld percentielswaarden, overschrijdingswaarden, duren dat bepaalde waarden aanhouden, enz.).

Hierbij is voor een aantal parameters een vergelijking gemaakt voor de condities tijdens de T0 en de T1 periode van de monitoring. Er is gekeken naar de afvoeren van het Haringvliet, de watertemperatuur, de bodemsaliniteit en de bodemschuifspanning. Voor een deel betrof dit metingen en voor een deel modelresultaten. De monitoringsperiode is te kort om uitspraken te doen over de trends op de langere termijn (bijvoorbeeld verschuivingen van biotopen van bepaalde soorten als gevolg van de opwarming van de aarde). Analyses die zijn gedaan op modelresultaten kunnen niet worden uitgebreid zonder ook eerdere jaren te simuleren. Vandaar dat er is gekeken naar metingen die wel over langere perioden beschikbaar zijn. De parameters die zijn beschouwd, zijn:

- watertemperatuur
- luchttemperatuur
- afvoeren
- saliniteit
- wind
- golven

Daarnaast is ook gekeken naar de langjarige ontwikkelingen van de morfologie in de Voordelta. Saliniteit en temperatuur zijn parameters waar sommige soorten benthos en vissen gevoelig voor zijn, afvoeren bepalen mede de saliniteit, en golven en wind bepalen via de bodemschuifspanning de bodemsamenstelling en –beroering, wat ook invloed heeft op de biotiek. De morfologie is mede sturend voor de natuurwaarden van de Voordelta. Morfologische veranderingen treden voortdurend op onder invloed van getij en golven en worden mede beïnvloed door antropogene ingrepen uit het verleden. De biotiek reageert op de morfologie door waterdiepte, tijdschalen van morfologische veranderingen, bodemsamenstelling (sedimentkarakteristieken) en vertroebeling.

Om consistentie te houden met de eerdere analyses is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van metingen (bronnen, stations) die in de reguliere monitoring ook al worden gebruikt, hetzij voor de aansturing, dan wel voor de kalibratie van de modellen.

Analyses zijn in deze studie uitgevoerd, door telkens perioden van 4 jaar met een jaar ertussen te beschouwen, zodanig dat die aansluiten op wat in de PMR-NCV als de jaren T0 en T1 worden genomen. De perioden zijn dan als volgt:

- T-8 1964 t/m 1967
- T-7 1969 t/m 1972
- T-6 1974 t/m 1977
- T-5 1979 t/m 1982
- T-4 1984 t/m 1987
- T-3 1989 t/m 1992
- T-2 1994 t/m 1997
- T-1 1999 t/m 2002
- T0 2004 t/m 2007
- T1 2009 t/m 2012

Op een dergelijke manier kan iets worden gezegd over hoe de perioden zich verhouden en wat de trends zijn op langere tijdschalen.

In de volgende paragraaf zal in meer detail ingegaan worden op de trends die in de meetseries voor de verschillende parameters te herkennen zijn.

## 4.2 Resultaten

### 4.2.1 Watertemperatuur

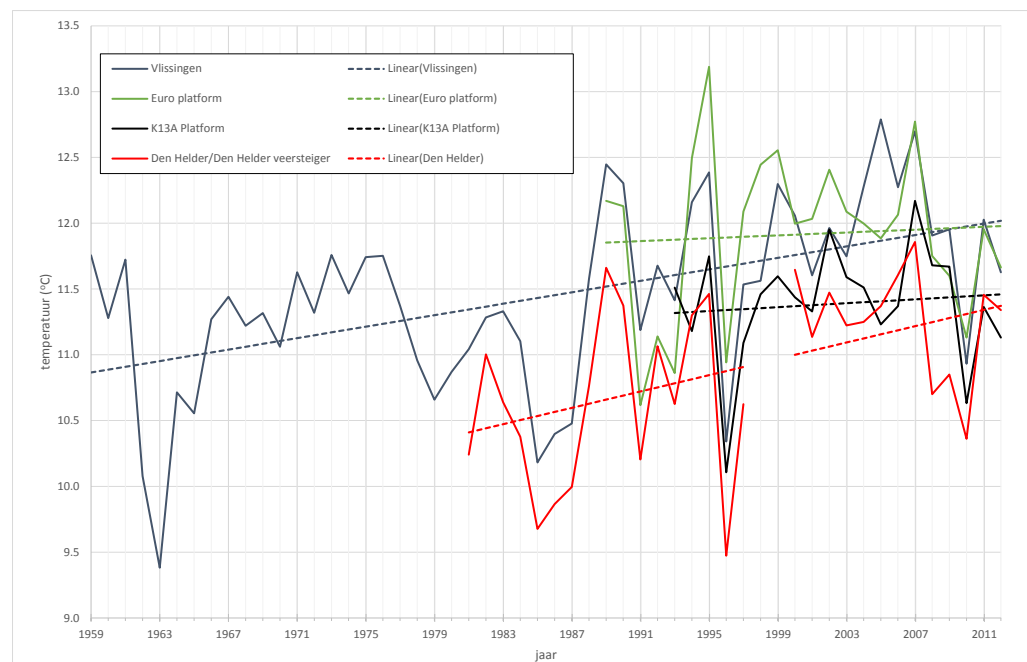
Voor de analyses van de watertemperatuur zijn de volgende daggemiddelde gegevens uit Waterbase gehaald:

- Vlissingen (januari 1959 – december 2012, met een onderbreking van 11 november 2004 – 1 februari 2005)
- Europlatform (januari 1989 – december 2012)
- K13A Platform (half september 1992 – december 2012)

Station K13A Platform is gebruikt als randvoorwaarde voor de watertemperatuur, de andere twee zijn gebruikt voor validatie van de modelresultaten.

Daarnaast zijn metingen meegenomen voor de Waddenzee om een vergelijking mogelijk te maken met vergelijkbare gebieden in Nederland (met geulen en platen, grote verschillen in saliniteit als gevolg van variabele zoetwaterafvoeren), waar vogels potentieel naartoe kunnen gaan:

- Den Helder (half november 1980 – december 1997)
- Den Helder veersteiger (januari 2000 – december 2012)

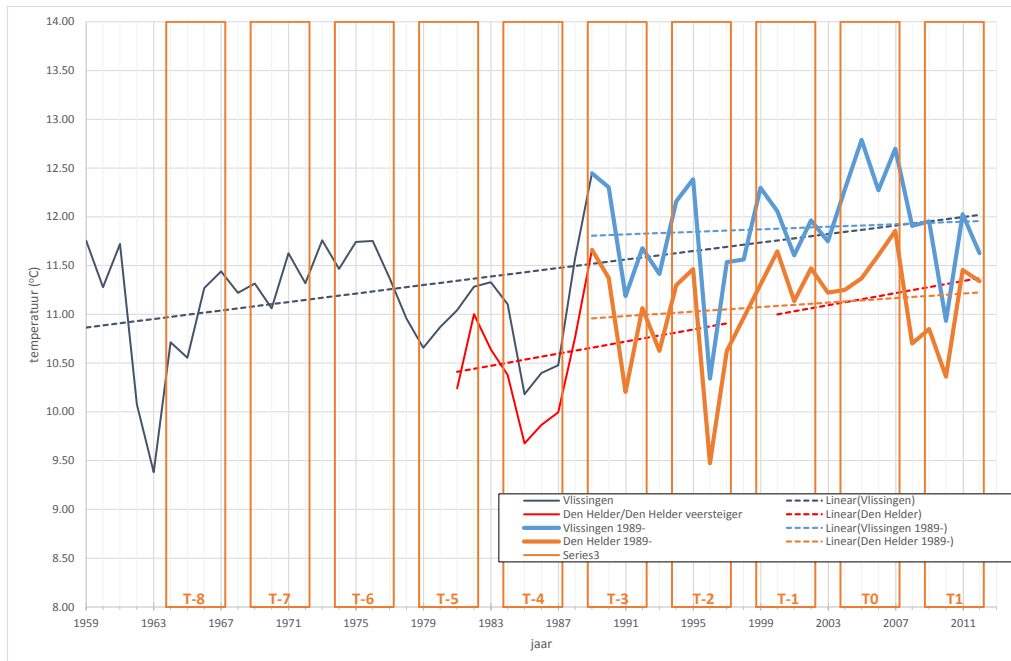


Figuur 4.1 Jaargemiddelde temperatuur voor de verschillende stations en de lineaire trends over de gehele tijdseries.

In figuur 4.1 zijn de jaargemiddelde waarden uitgezet voor alle 4 stations. Ook is voor elk van de tijdseries de lineaire trend weergegeven. Opvallend is dat de lineaire trends voor Vlissingen en Den Helder sterk afwijken van die van Europlatform en K13A Platform; de eerste twee genoemde stations vertonen een veel snellere stijgende trend dan de andere twee stations.

Om te kijken of dit een gevolg is van de periodes waarvoor de stations metingen beschikbaar hebben, is voor Vlissingen en Den Helder ook de lineaire trend bepaald

over de periode 1989 tot en met 2012, ongeveer dezelfde periode als waarvoor metingen van Europlatform en K13A Platform beschikbaar zijn. De resultaten hiervan zijn in figuur 4.2 weergegeven.



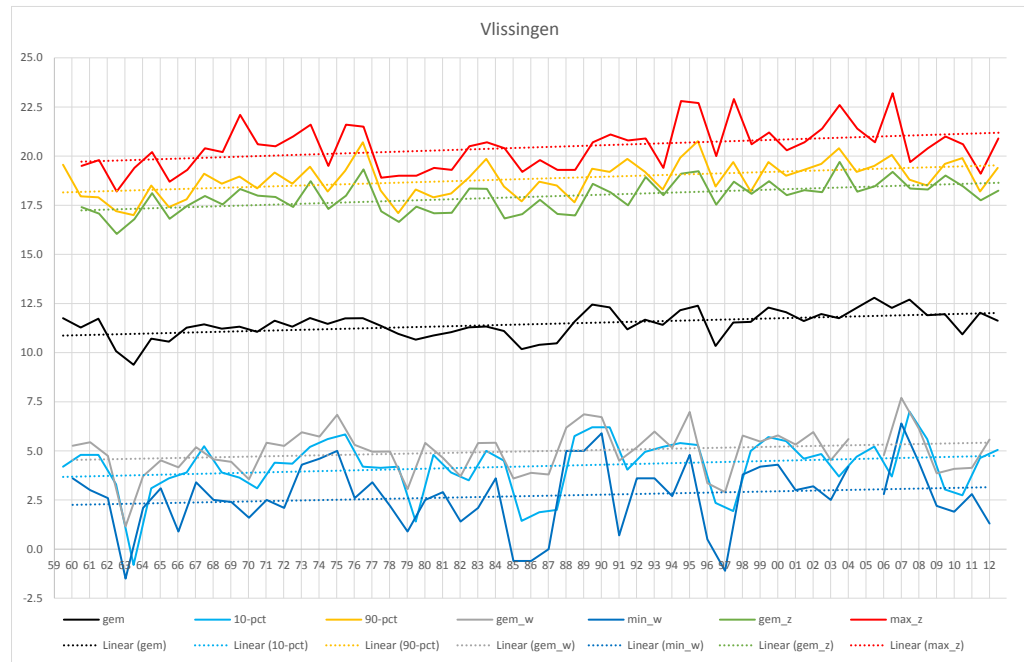
Figuur 4.2 Jaargemiddelde temperatuur voor de verschillende stations en de lineaire trends over de gehele tijdseries en vanaf 1989.

De resultaten van deze vergelijking laten inderdaad een duidelijke afhankelijkheid zien van de periode. Als de trends over de kortere periode worden vergeleken met die van Europlatform en K13A Platform, dan komen die goed overeen. Om de analyse over een zo lang mogelijke periode uit te kunnen voeren, is besloten de analyse te baseren op de metingen in Vlissingen en Den Helder.

Op basis van de lange tijdseries van Vlissingen en Den Helder kan geconcludeerd worden dat de gemiddelde stijging van de zeewatertemperatuur in de orde van 0,02 tot 0,03°C/jaar ligt. De temperatuur in Den Helder is gemiddeld 0,75°C lager dan die in Vlissingen. Dit betekent dat op dit moment volgens de trend de temperatuur in de Waddenzee overeenkomt met die in de eerste helft van de jaren 80 van de vorige eeuw voor de Zeeuwse kust. De afwisseling van warme en koude jaren komen ook goed overeen tussen de Voordelta en de Waddenzee.

Als specifiek wordt gekeken hoe de periode van de monitoring ligt, dan valt op dat de watertemperaturen in de T0 periode gemiddeld hoger liggen dan de lineaire trend, terwijl die in de T1 periode juist lager zijn.

Aangezien de variaties op de trend en de trend zelf vergelijkbaar zijn, is de verdere analyse uitgevoerd op de metingen van Vlissingen. In figuur 4.3 zijn meer afgeleide grootheden weergegeven; naast de jaargemiddelde ook de 10- en 90-percentiel (over periode januari t/m december), het gemiddelde en het minimum in de winter (periode december t/m februari) en het gemiddelde en het maximum in de zomer (periode juni t/m augustus). Tevens zijn voor elke afgeleide grootheid weer de lineaire trends toegevoegd.



Figuur 4.3 Jaargemiddelde (*gem*), 10- en 90-percentiel watertemperatuur (resp. *10-pct* en *90-pct*), gemiddelde zomer en winter temperatuur (resp. *gem\_z* en *gem\_w*) en minimum (*min\_w*) en maximum temperatuur (*max\_z*) in Vlissingen, te samen met de lineaire trends in elk van de parameters.

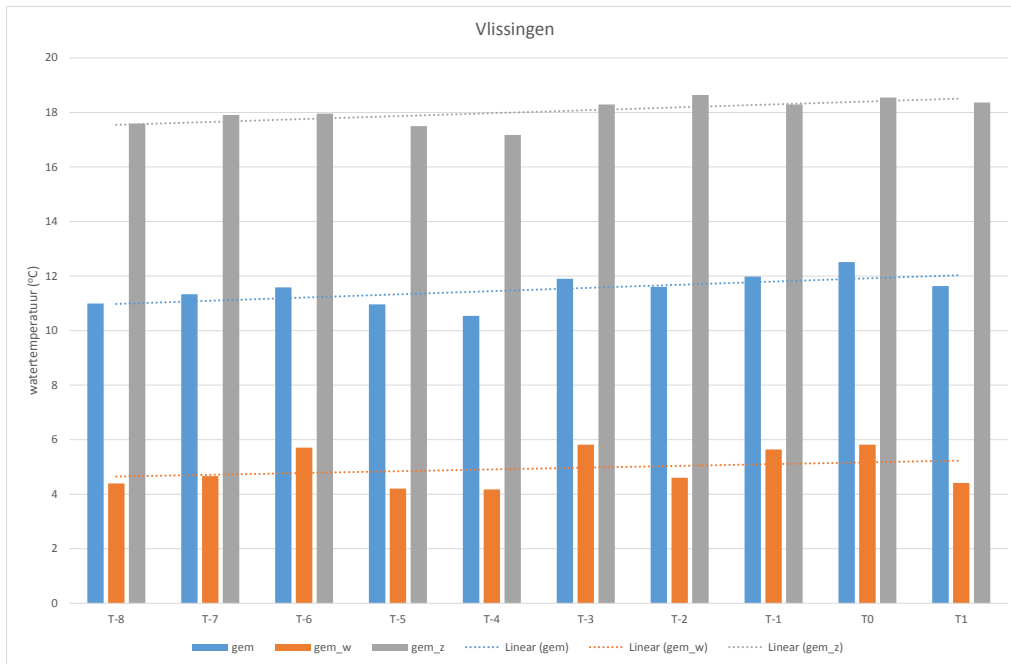
Als eerste valt op dat alle 7 afgeleide parameters vrijwel eenzelfde stijgende trend laten zien. Wel vertonen de bovenste extremen (90-percentiel, maximum) een iets grotere gemiddelde stijging dan het gemiddelde, en die vertoont weer een iets sterkere gemiddelde stijging dan de onderste extremen (10-percentiel, minimum). Met andere woorden, de verschillen tussen de zomer- en wintertemperaturen nemen gemiddeld langzaam toe.

Ook valt op dat de variaties van jaar tot jaar ten opzichte van de lineaire trend veel groter zijn; de gemiddelde waarde stijgt met  $0,02 \text{ }^\circ\text{C}/\text{jaar}$ , terwijl de standaarddeviatie van het verschil tussen jaargemiddelde waarde en lineaire trend  $0,6 \text{ }^\circ\text{C}$  bedraagt. Voor de maximale zomertemperatuur is dit effect nog sterker,  $0,03 \text{ }^\circ\text{C}/\text{jaar}$  stijging tegenover  $1,1 \text{ }^\circ\text{C}$  standaarddeviatie. Bij de minimale wintertemperatuur ligt de standaarddeviatie zelfs boven de  $1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ondanks de grote variatie van de temperatuur rondom de trendlijn en de sterke afhankelijkheid van de lineaire trend van de beschikbare periode, is een stijging van de temperatuur wel duidelijk aanwezig.

De winters met extreem lage wintertemperaturen komen goed overeen met de jaren dat er een Elfstedentocht heeft plaatsgevonden (1963, 1985, 1986 en 1997) en minima van de variatie van de stralingsenergie van de zon op aarde door veranderende activiteit van de zon (bron: Wikipedia - Zonneconstante).

In figuur 4.4 zijn zomer-, winter- en jaargemiddelde temperaturen voor perioden T-8 tot en met T1 weergegeven. Natuurlijk vertonen de op deze manier gemiddelde waarden eenzelfde stijgende trend als voor de individuele jaren, maar naast de lineaire trend lijkt er ook nog een periodieke variatie in het signaal aanwezig met een periode tussen 12 en 16 jaar, die gerelateerd kan zijn aan de activiteit van de zon (aantal zonnevlekken, uitgedrukt in het Wolf-getal, bron: Wikipedia - Zonnecyclus).

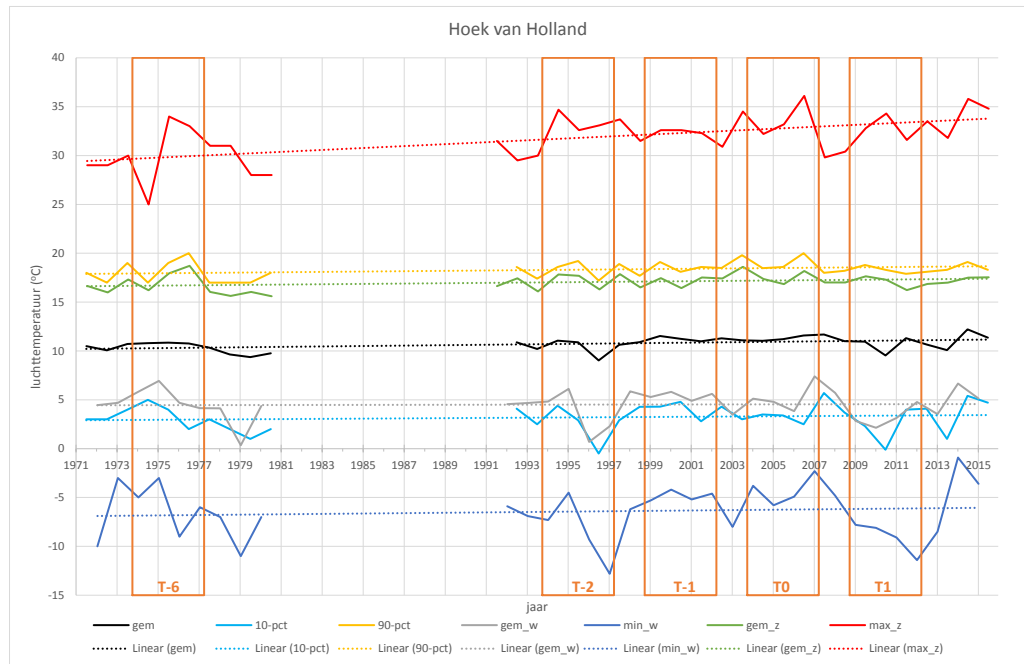
Hoewel de T0-periode warm is geweest in vergelijking met de T1-periode (jaargemiddelde temperatuur  $0,9 \text{ }^\circ\text{C}$  hoger, gemiddelde wintertemperatuur  $1,6 \text{ }^\circ\text{C}$  hoger, gemiddelde zomertemperatuur  $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$  hoger), is de temperatuur niet extreem hoog als die wordt vergeleken met de eerdere perioden.



Figuur 4.4 Jaargemiddelde (*gem*) en zomer- (*gem\_z*) en wintergemiddelde (*gem\_w*) watertemperatuur in Vlissingen voor de verschillende perioden, te samen met de lineaire trends in elk van de parameters.

## 4.2.2 Luchttemperatuur

Als tweede parameter is gekeken naar de luchttemperatuur. Hiervoor is gebruik gemaakt van het KNMI meetstation Hoek van Holland. Temperatuurmetingen zijn beschikbaar voor de periode januari 1971 tot en met december 1980 en februari 1991 tot en met december 2015. Het is onduidelijk waarom de periode 1981 tot en met 1990 ontbreekt, er zijn wel windgegevens beschikbaar voor die periode. In figuur 4.5 zijn vergelijkbaar als voor de watertemperatuur de afgeleide grootheden (het jaargemiddelde, de 10- en 90-percentiel (over periode januari t/m december), het gemiddelde en het minimum in de winter (periode december t/m februari) en het gemiddelde en het maximum in de zomer (periode juni t/m augustus)) gepresenteerd.

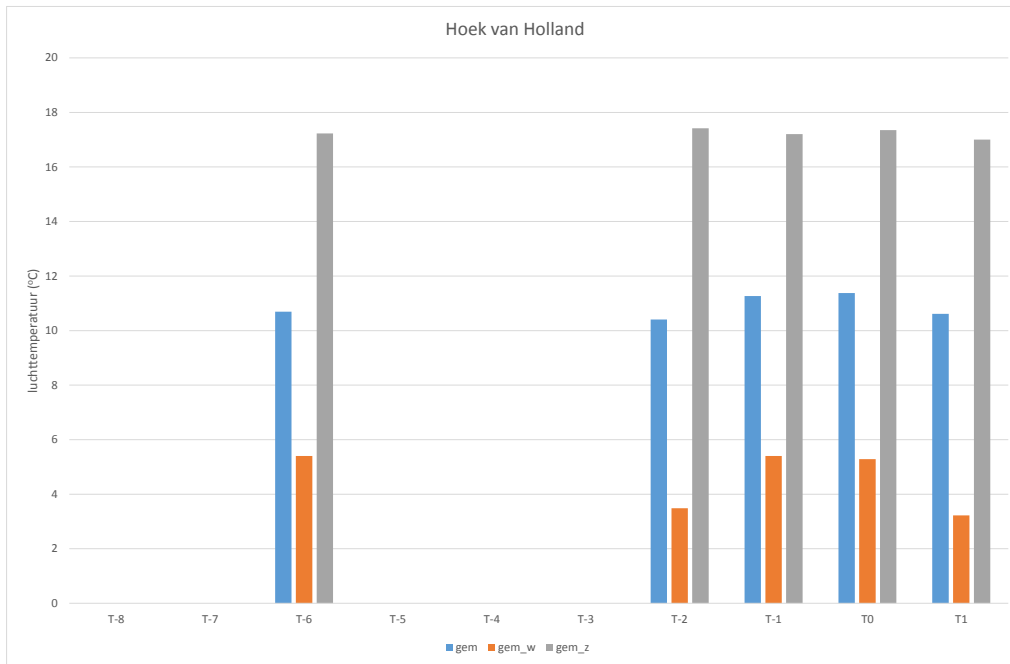


Figuur 4.5 Jaargemiddelde (*gem*), 10- en 90-percentiel luchttemperatuur (resp. 10-pct en 90-pct), gemiddelde zomer en winter temperatuur (*gem\_z* en *gem\_w*) en minimum en maximum temperatuur (*min\_w* en *max\_z*) in Hoek van Holland, te samen met de lineaire trends in elk van de parameters.

Dezelfde conclusies als voor de watertemperatuur zijn ook voor de luchttemperatuur te trekken:

- alle afgeleide grootheden laten een stijgende trend zien, waarbij de maximale zomertemperatuur sneller stijgt dan het jaargemiddelde en het jaargemiddelde sneller dan de minimale wintertemperatuur, en
- de variaties van jaar tot jaar vertonen een veel sterkere variatie dan de gemiddelde stijging.

In figuur 4.6 zijn de zomer-, winter- en jaargemiddelde temperaturen weergegeven voor de verschillende perioden van 4 jaar. Vanwege de beperkte beschikbaarheid van metingen zijn de lineaire trendlijnen niet weergegeven.



Figuur 4.6 Jaargemiddelde en zomer- en wintergemiddelde luchttemperatuur in Hoek van Holland voor de verschillende perioden.

Net als bij de watertemperatuur is de luchttemperatuur in de T1-periode relatief laag, terwijl de T0 relatief warm is. Op basis van de beschikbare informatie lijken de waarden ook hier niet significant af te wijken van de langjarige variaties.

### 4.2.3 Afvoeren

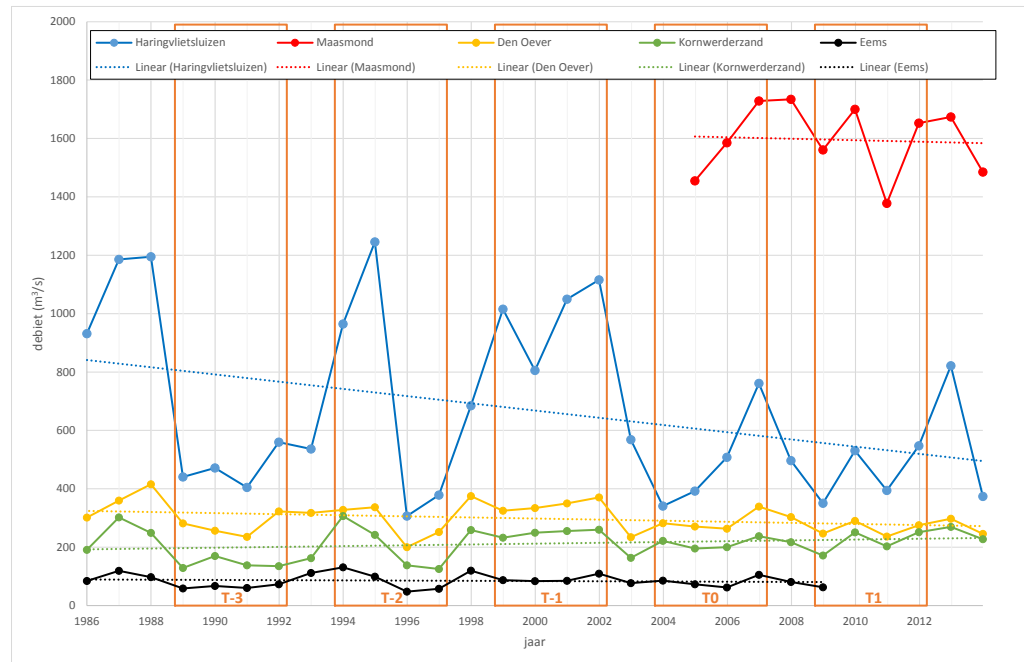
Voor de analyse van de debieten is gekeken naar de afvoeren van:

- de Maasmond
- de Haringvlietsluizen

Daarnaast is voor de Waddenzee gekeken naar de afvoeren van de spuisluizen Den Oever en Kornwerderzand en de afvoer van de Eems.

Voor de locatie Maasmond zijn daggemiddelde gegevens in Waterbase slechts beschikbaar voor de periode januari 2005 – december 2014. De gegevens van de Haringvlietsluizen dekken de perioden januari 1971 – december 1985 (weekgemiddelde waarden) en januari 1986 – december 2014 (daggemiddelde waarden). De weekgemiddelde waarden zijn niet meegenomen, om te voorkomen dat de analyse wordt verstoord. Daarnaast zijn voor de periode januari 1987 – december 1994 waarden elke 10 minuten beschikbaar, maar die zijn in de analyse verder ook niet beschouwd. Naast de locatie Maasmond zijn in Waterbase ook gegevens beschikbaar voor Maassluis. Omdat dit niet de gehele afvoer van de Maasmond dekt en ook doordat verschillende methodes zijn gehanteerd om deze afvoeren te bepalen (Maasmond zijn afvoeren m.b.v. SOBEK, Maassluis is gebaseerd op berekende afvoeren m.b.v. verdeelsleutel (rivier splitsingen)) zijn deze verder niet meegenomen. Voor Den Oever en Kornwerderzand zijn gegevens in Waterbase beschikbaar vanaf 1976 tot en met 2014. Voor de Eems zijn geen afvoeren beschikbaar in Waterbase, maar is gebruik gemaakt van de Global Runoff Data Centre (GRDC) van het Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) uit Duitsland. Deze data gaan terug tot en met 1940 en lopen tot en met 2009.

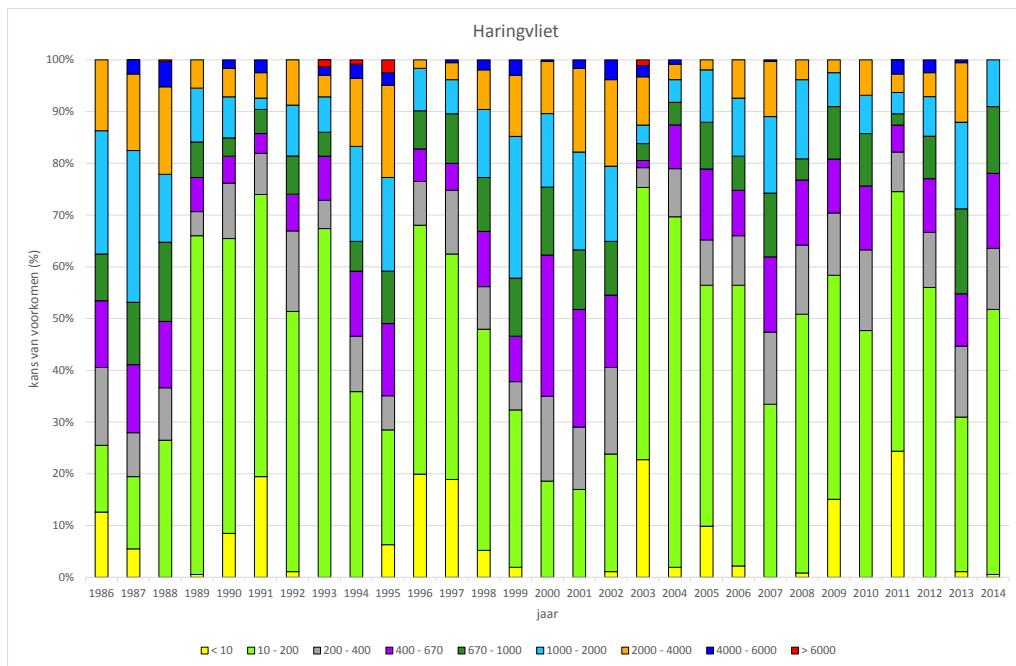




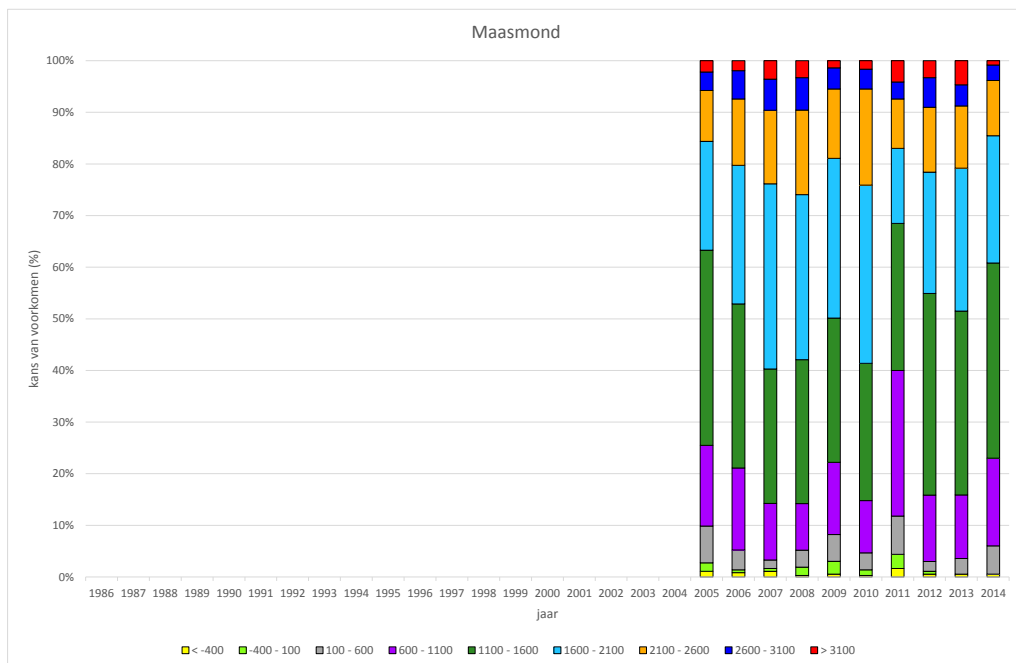
Figuur 4.7 Jaargemiddelde afvoeren voor Maasmond en Haringvlietsluizen en de Waddenzee-afvoeren Den Oever, Kornwerderzand en de Eems.

De jaargemiddelde waarden zijn in figuur 4.7 weergegeven. Voor de korte periode waarvoor metingen voor de Maasmond beschikbaar zijn, is er een licht afnemende trend zichtbaar. Ook voor de Haringvlietsluizen neemt de afvoer jaargemiddeld langzaam af. Maar de afname per jaar (circa  $12 \text{ m}^3/\text{s}$ ) is veel kleiner dan de afwijkingen ten opzichte van de trendlijn (tot meer dan  $400 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Voor de Waddenzee geldt dat Kornwerderzand een licht stijgende trend laat zien voor de jaargemiddelde afvoer, terwijl die voor Den Oever dalend is. De combinatie van beide vertoont ook een dalende trend (trendlijnen gebaseerd op de periode vanaf 1986). Voor de Eems is de trend ook dalend, maar de snelheid is veel kleiner dan de andere afvoeren. Jaren met een relatief hoge afvoer in de Waddenzee correleren goed met hoge afvoeren in de Voordelta.

In figuren 4.8 en 4.9 zijn frequentieverdelingen voor de afvoeren van het Haringvliet en de Maasmond gemaakt. De figuren laten zien hoe vaak per jaar de daggemiddelde afvoer binnen een gegeven klasse valt. In 1986 komt de daggemiddelde afvoer Haringvliet bijvoorbeeld 46 keer (12,6%) uit onder  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , ongeveer even vaak (47 keer, 12,9%) valt die in de klasse  $10\text{-}200 \text{ m}^3/\text{s}$ . Totaal 53,4% van de tijd wordt de waarde  $670 \text{ m}^3/\text{s}$  (gemiddelde 1986 t/m 2014) onderschreden. 50 dagen (13,7%) komt de afvoer in dat jaar uit boven  $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ . Let op: aangezien de waarden van de debieten tussen Haringvliet en Maasmond verschillen, zijn in de figuren andere klassen gebruikt.



Figuur 4.8 Frequentieverdeling daggemiddelde afvoer Haringvliet voor de verschillende jaren.

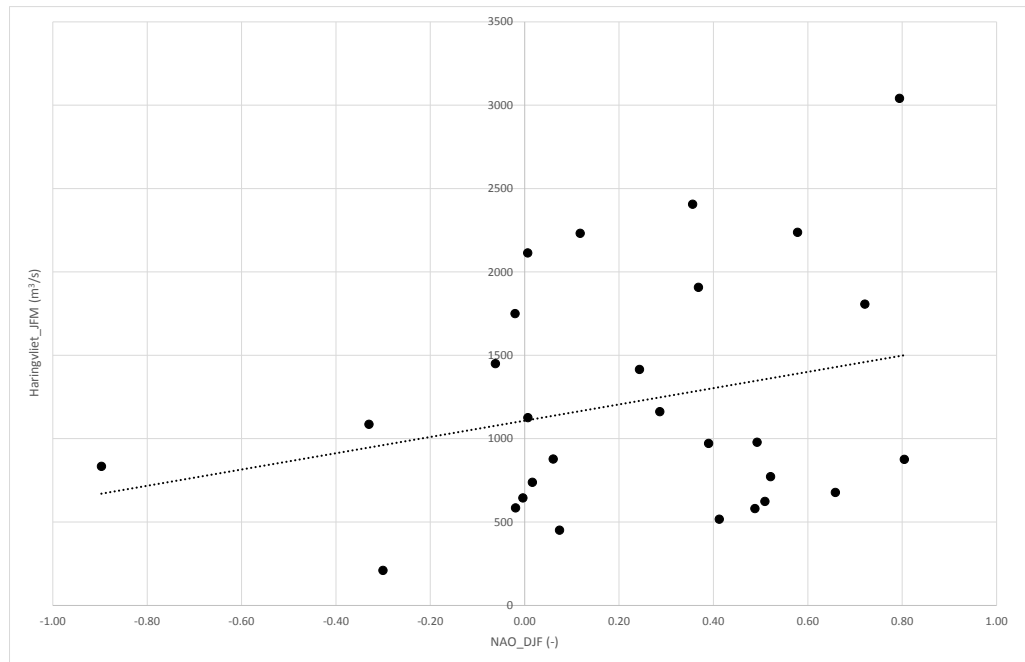


Figuur 4.9 Frequentieverdeling daggemiddelde afvoer Maasmond voor de verschillende jaren.

Jaren waarin hoge Haringvliet-afvoeren relatief vaak voorkomen (1987, 1995, 2001, 2007 en 2013) wisselen af met jaren waarin dagen met relatief lage afvoeren de overhand hebben (1991, 1996, 2004 en 2011). Eenzelfde afwisseling is bij de Maasmond zichtbaar; 2007 en 2013 (in mindere mate) zijn jaren waarop de daggemiddelde waarde minder vaak boven 1600 m<sup>3</sup>/s (gemiddelde 2005 t/m 2014) uitkomt, terwijl in 2011 vaker dit soort afvoeren voorkomen (68,5%).

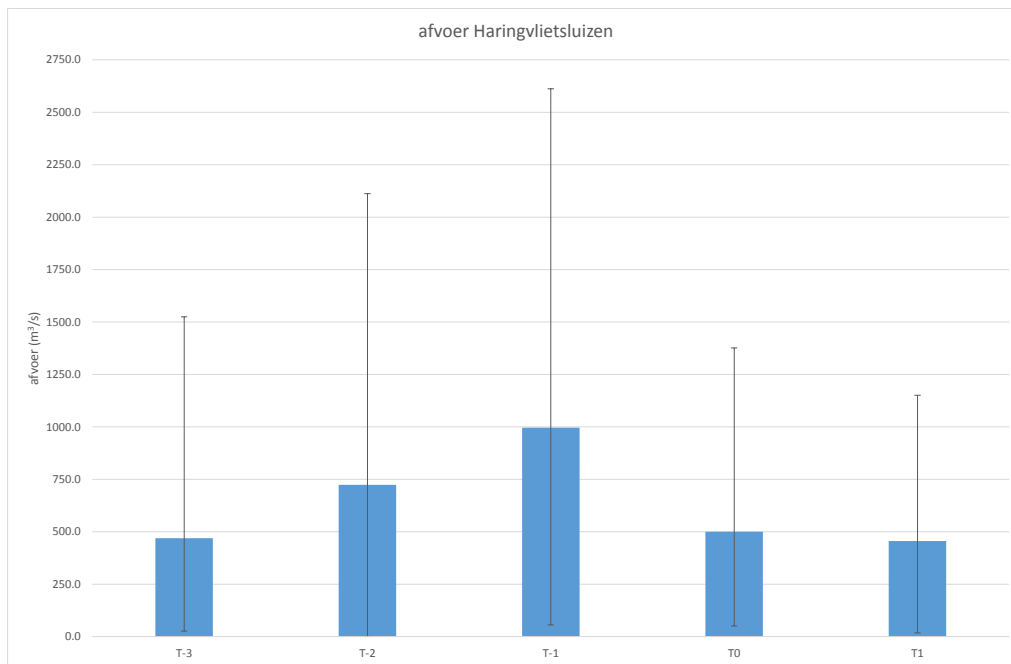
Eenzelfde 7-jarige periodiciteit (naast een 14- en 28-jarige periodiciteit) is ook geconstateerd voor de Rijnafvoer in (Pekarova et al, 2003), net als voor veel andere rivieren in de wereld. In figuur 4.7 is deze periodiciteit ook te herkennen. Een verklaring geven de auteurs hier niet voor. Om te kijken of er een verband is met de index van de Noord-Atlantische Oscillatie (NAO) is in figuur 4.10 de gemiddelde

Haringvlietafvoer over de maanden januari-maart afgezet tegen de gemiddelde NAO-index over de maanden december-februari. Voor de NAO-index zijn de dagelijkse waarden gebruikt, zoals die door het Climate Prediction Center van de National Weather Service in Amerika worden gegeven. Voor het Iberisch Schiereiland is een correlatie gevonden tussen NAO-index en rivierafvoer (Trigo et al., 2004), maar deze resultaten laten zien dat er voor het Haringvliet geen sprake is van een dergelijke relatie, met een  $R^2$ -waarde van 0,069.



Figuur 4.10 Relatie tussen de NAO-index (gemiddeld over maanden december-februari) en de gemiddelde afvoer Haringvliet (gemiddeld over maanden januari-maart).

Voor de verschillende perioden (voor zover beschikbaar) is het gemiddelde en 10- en 90-percentielswaarden van de daggemiddelde afvoer bepaald. Deze zijn weergegeven in figuur 4.11.



Figuur 4.11 Gemiddelde en 10- en 90-percentielen van de daggemiddelde afvoer Haringvliet in de verschillende perioden.

Deze figuur laat zien dat de T0- en T1-periode ten opzichte van de variaties over de langere termijn onderling niet veel verschillen. De T-3-periode komt ook redelijk goed overeen met beide perioden, maar de T-2- en vooral de T-1-periode laten veel hogere afvoeren zien. Zowel het gemiddelde als de 90-percentiel zijn in die periode ongeveer twee keer zo hoog vergeleken met de T0- en T1-periode. De oorzaak hiervan is gedeeltelijk te verklaren aan de hand de gemiddelde afvoeren in figuur 4.7 en de keuze van de perioden. De periode T-3 (1989 t/m 1992) valt samen met 4 jaren waarin de afvoer lager is dan de trendlijn. T-2 (1994 t/m 1997) bevat twee jaren met een extreem hoge afvoer en twee jaren met een extreem lage afvoer. Daartegenover valt T-1 (1999 t/m 2002) precies samen met vier jaren met een bovengemiddelde afvoerconditie. In de T0 (2004 t/m 2007) en T1 (2009 t/m 2012) vallen beide drie jaren die onder de trendlijn liggen, en één die daarboven ligt. Daarbij ligt de trendlijn in de T1 250 m³/s lager dan in de T-3-periode.

#### 4.2.4 Saliniteit

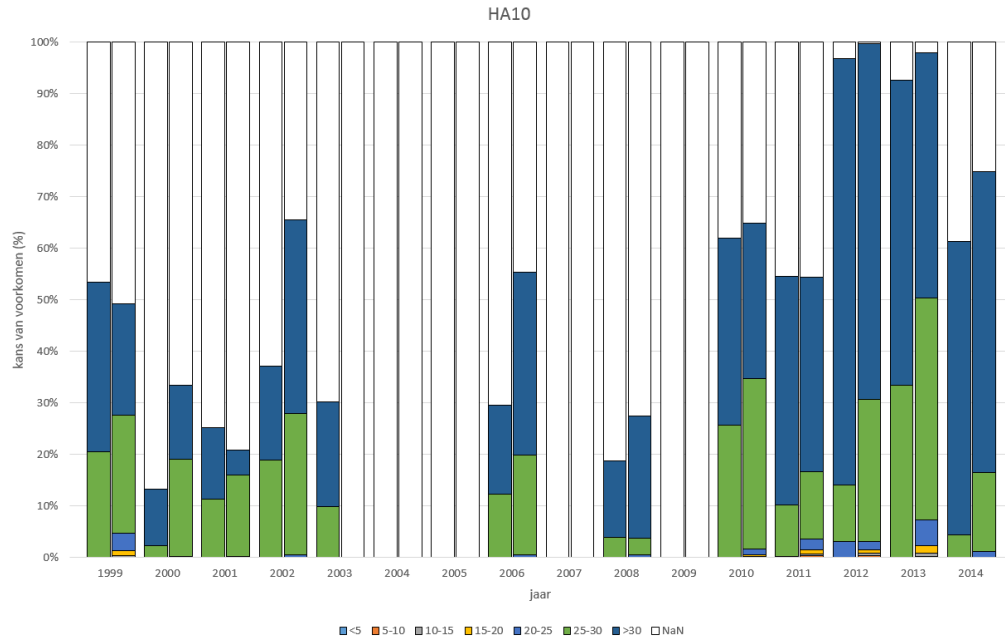
Voor de saliniteitsmetingen is gebruik gemaakt van de metingen die elke 10 minuten beschikbaar zijn vanuit het meetnet Zege. Zowel het signaal boven (oppervlaktesaliniteit) als onder (bodemsaliniteit) is beschouwd voor de stations:

- Haringvliet 10
- Vlake van de Raan

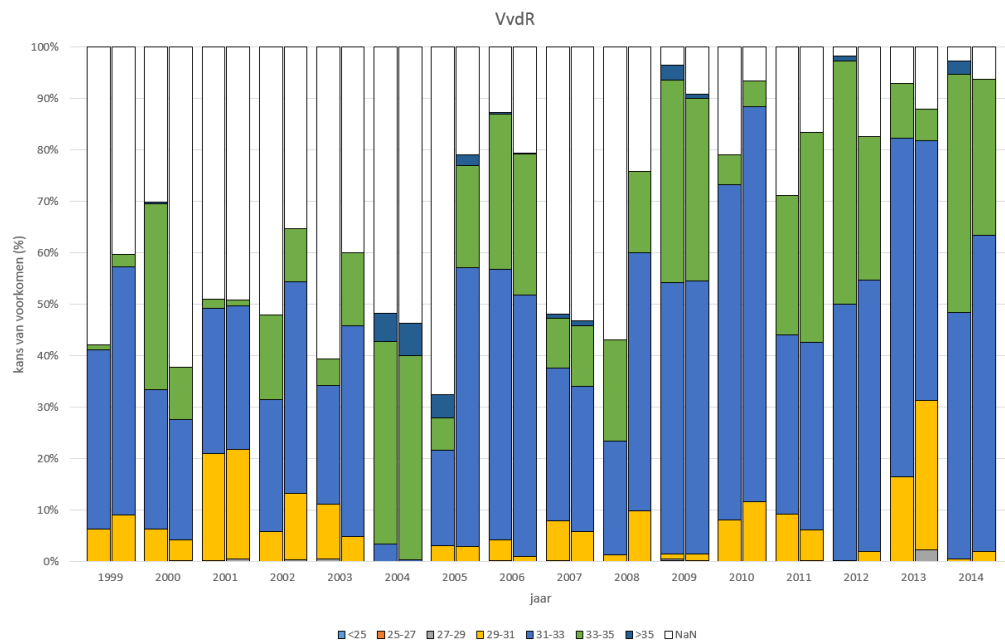
Metingen zijn geanalyseerd voor de jaren 1999 – 2014.

Voor station Vlake van de Raan ontbreken jaarlijks tussen 2% en 68% (gemiddeld 30% boven en 35% onder) van de metingen. Bij station Haringvliet10 ligt het aantal ontbrekende metingen tussen 0% en 100% (gemiddeld 60% boven en 65% onder).

Figuur 4.12 laat de kansen van voorkomen zien voor verschillende klassen saliniteitswaarden in station Haringvliet 10. Per jaar is zowel de analyse voor nabij de bodem als nabij het oppervlak weergegeven. De witte balken geven het aantal ontbrekende gegevens weer.

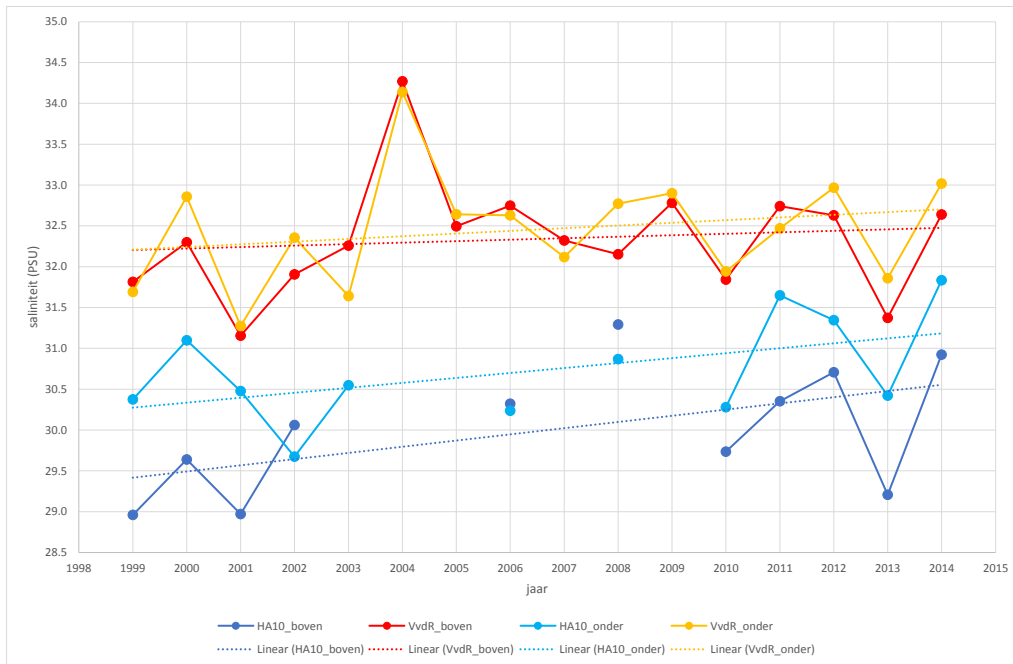


Figuur 4.12 Kans van voorkomen van saliniteitsklassen bij de bodem (linker balk) en aan het oppervlak (rechter balk), station Haringvliet 10. NaN zijn ontbrekende gegevens.



Figuur 4.13 Kans van voorkomen van saliniteitsklassen bij de bodem (linker balk) en aan het oppervlak (rechter balk), station Vlakte van de Raan. NaN zijn ontbrekende gegevens.

In figuur 4.13 is het resultaat van eenzelfde analyse voor de Vlakte van de Raan weergegeven. Let op: de klassen verschillen van figuur 4.12. In figuur 4.14 is voor elk van de tijdseries de jaargemiddelde saliniteit weergegeven.



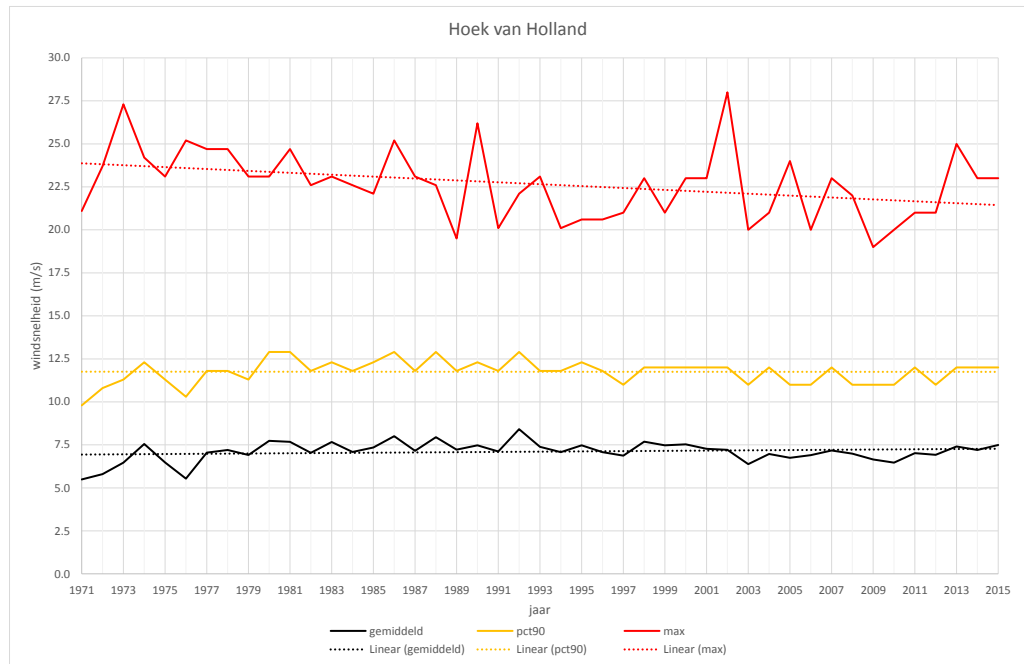
Figuur 4.14 Jaargemiddelde saliniteit bij oppervlak en bodem voor stations Haringvliet 10 (resp. HA10\_boven en HA10\_onder) en Vlakte van de Raan (VvdR\_boven en VvdR\_onder).

Vanwege de grote variatie van aantallen ontbrekende gegevens van jaar tot jaar, en zelfs in een jaar tussen bodem en oppervlak, is het moeilijk om betrouwbare conclusies te trekken aan de hand van deze gegevens. Gemiddelden kunnen pas goed beoordeeld worden indien het aantal ontbrekende gegevens beperkt is, of als zeker is dat de beschikbare gegevens een representatieve steekproef vormen van het hele jaar. Dat kan hier niet met zekerheid worden gezegd. Wel is de stijgende trend van de saliniteit consistent met de dalende trend van de afvoeren van het Haringvliet en de Maasmond.

Een ander probleem dat in (Deltares, 2014) is geconstateerd bij de metingen is het verlopen van het signaal ten gevolge van aangroei op de meetsensoren. Gezien deze onzekerheden zijn er geen verdere analyses op saliniteit uitgevoerd.

## 4.2.5 Wind

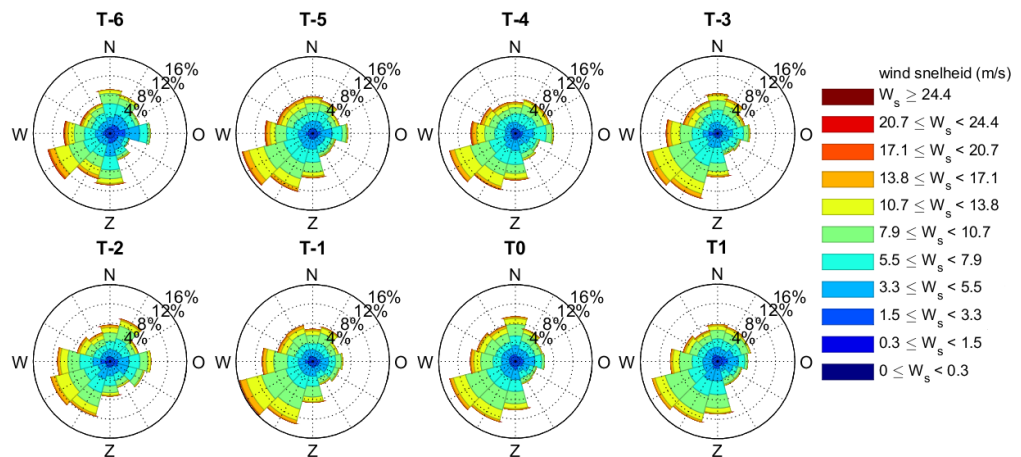
Voor de analyse van de wind zijn gegevens voor Hoek van Holland van het KNMI gebruikt. Deze zijn beschikbaar vanaf januari 1971. In figuur 4.15 zijn de jaargemiddelde, de 90-percentiel en de maximale windsnelheid per jaar weergegeven.



Figuur 4.15 Jaargemiddelde, 90-percentiel en maximale windsnelheid in Hoek van Holland, te samen met de lineaire trends in elk van de parameters.

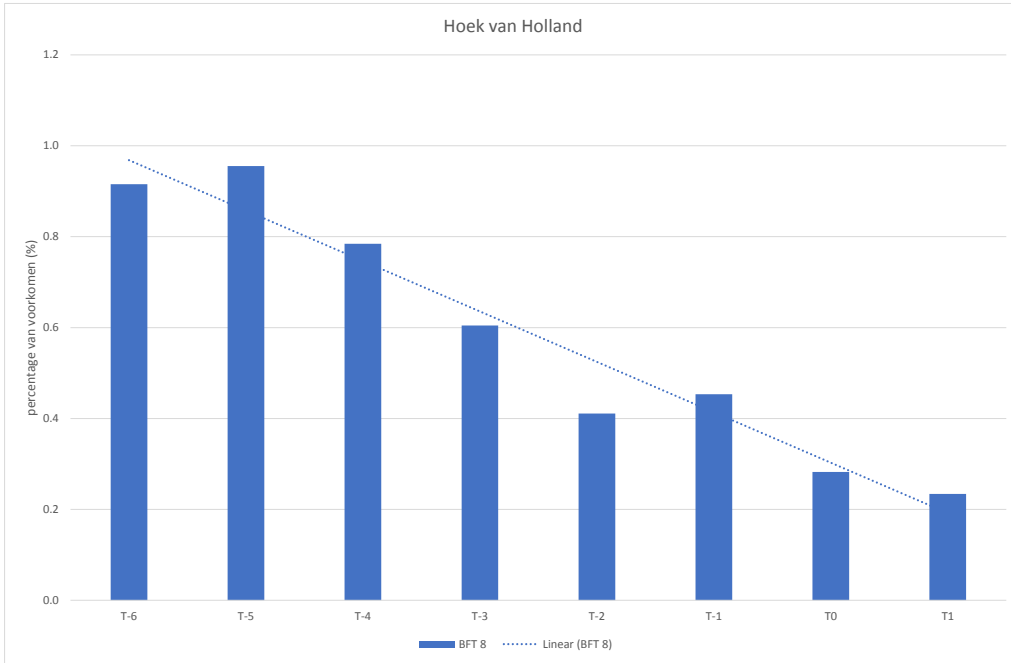
Het gemiddelde en de 90-percentiel vertonen niet een duidelijk oplopende of aflopende trend in de tijd, terwijl de maximale windsnelheid wel een geleidelijke afname laat zien. In 45 jaar is die gemiddeld met 10% afgenomen. Wel kan de maximale windsnelheid 10% lager of tot 20% hoger zijn in een jaar dan wat op basis van de lineaire trend kan worden verwacht.

In figuur 4.16 zijn de windrozen weergegeven voor de verschillende perioden van 4 jaar.

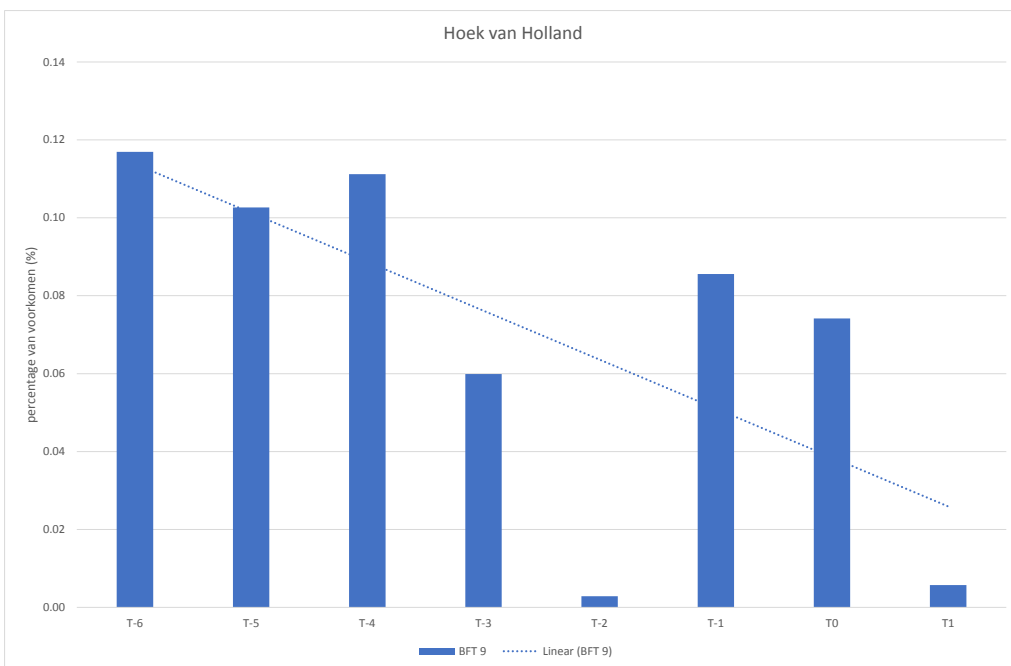


Figuur 4.16 Windrozen voor de verschillende perioden.

In figuren 4.17 tot en met 4.19 wordt specifiek gekeken naar de kansen voor extreme windsnelheden in de klassen van Beaufort 8, 9 en 10.

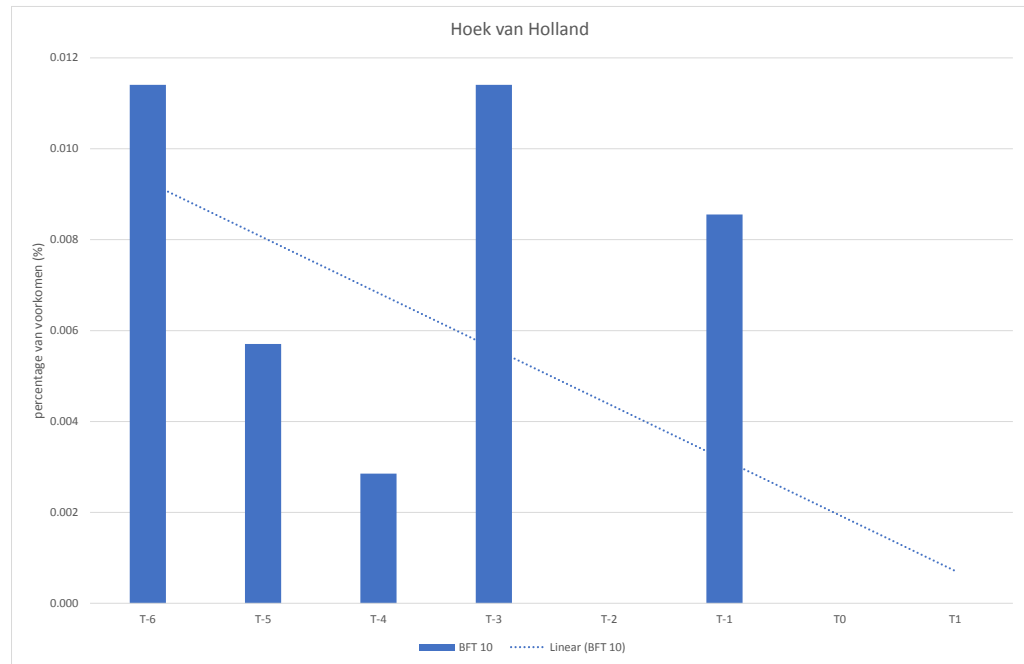


Figuur 4.17 Kans van voorkomen van windsnelheden in de klasse van Beaufort 8 (17.1 - 20.7 m/s) in Hoek van Holland in de verschillende perioden.



Figuur 4.18 Kans van voorkomen van windsnelheden in de klasse van Beaufort 9 (20.7 - 24.4 m/s) in Hoek van Holland in de verschillende perioden.





Figuur 4.19 Kans van voorkomen van windsnelheden in de klasse van Beaufort 10 (24.4 - 28.4 m/s) in Hoek van Holland in de verschillende perioden

De kansen blijven beperkt tot 1%, 0.12% en 0.012% respectievelijk. Voor Beaufort 8 is het duidelijkst een consistent dalende trend waarneembaar; al vanaf 1974 neemt de frequentie (met een kleine variatie) af. Kansen voor windsnelheden van Beaufort 9 vertonen relatief een grote variatie tussen de verschillende perioden. Voor de T0 periode komt de kans goed overeen met het langjarig gemiddelde, maar intussen wel bijna twee keer zo vaak als wat op basis van de lineaire trend mag worden verwacht. In de T1 zijn deze stormen nauwelijks voorgekomen.

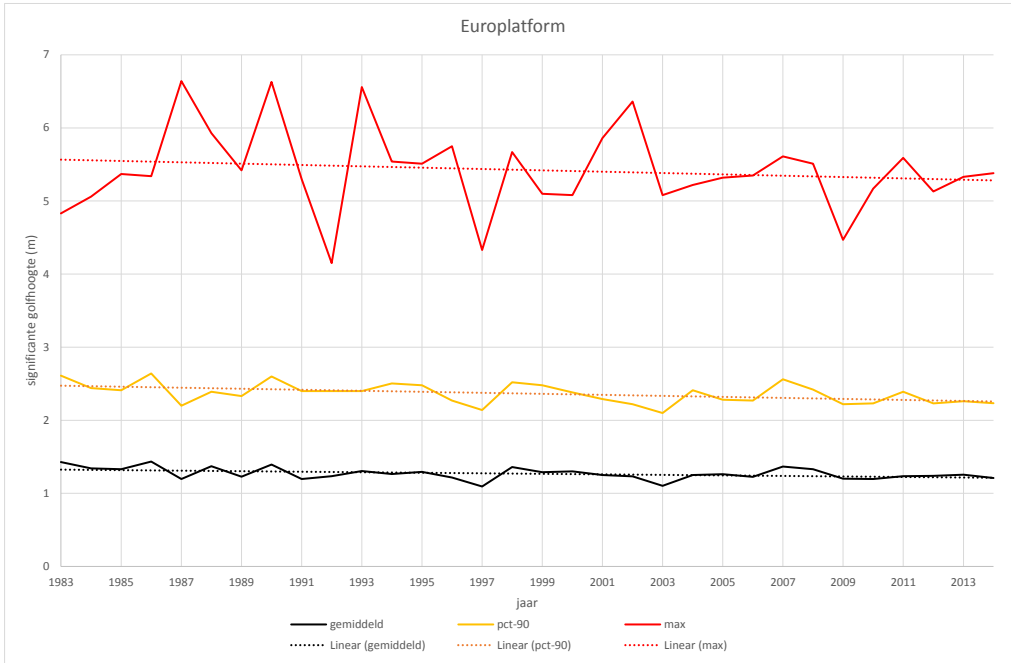
Stormen van Beaufort 10 zijn in zowel de T0 als de T1 niet voorgekomen, terwijl dit in het verleden wel het geval was. Ook voor deze stormen geeft een lineaire trendlijn een afname weer.

Voor alle drie de snelheidsklassen volgens de Beaufortschaal is de trend dalend. In (Cusack, 2013) wordt gesteld dat de door storm veroorzaakte schade en het aantal stormen een piek hebben bereikt in de jaren 80-90 en daarna een dalende trend vertonen. Die dalende trend in de periode vanaf halverwege de jaren 80 wordt dus bevestigd in deze analyse (vanaf T-4), maar een toename in de jaren 70 en begin jaren 80 is niet herkenbaar. Mogelijk hangt dit samen met de keuze van stations of manier van analyseren (schade vs. windsnelheid) dat dit niet overeenkomt.

## 4.2.6 Golven

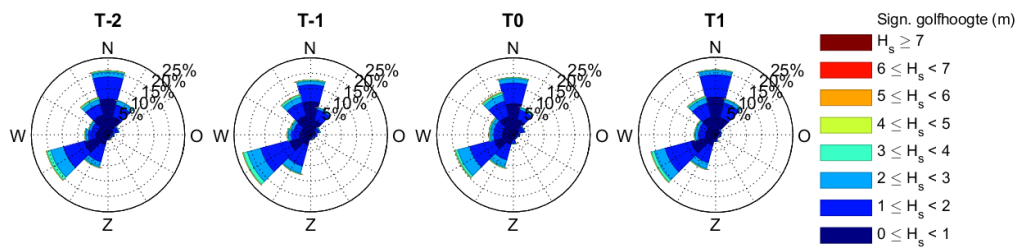
Golfmetingen voor Europlatform zijn beschikbaar sinds eind 1982, hoewel dit alleen golfhoogtes betreft. Golfrichtingen zijn pas beschikbaar vanaf april 1989. Dit station is in de hindcast-berekeningen gebruikt om de golfbrandvoorwaarden op zee af te leiden.

Ten opzichte van de analyse van de windmetingen is voor de golven een kortere periode metingen beschikbaar, T-2 tot en met T1. De jaargemiddelde, 90-percentiel en maximale golfhoogtes laten een vergelijkbaar beeld zien als voor de wind, zoals in figuur 4.20 is weergegeven; de gemiddelden en 90-percentielen vertonen nauwelijks een lineaire trend, maar de maximale waarde nemen langzaam in de tijd af.



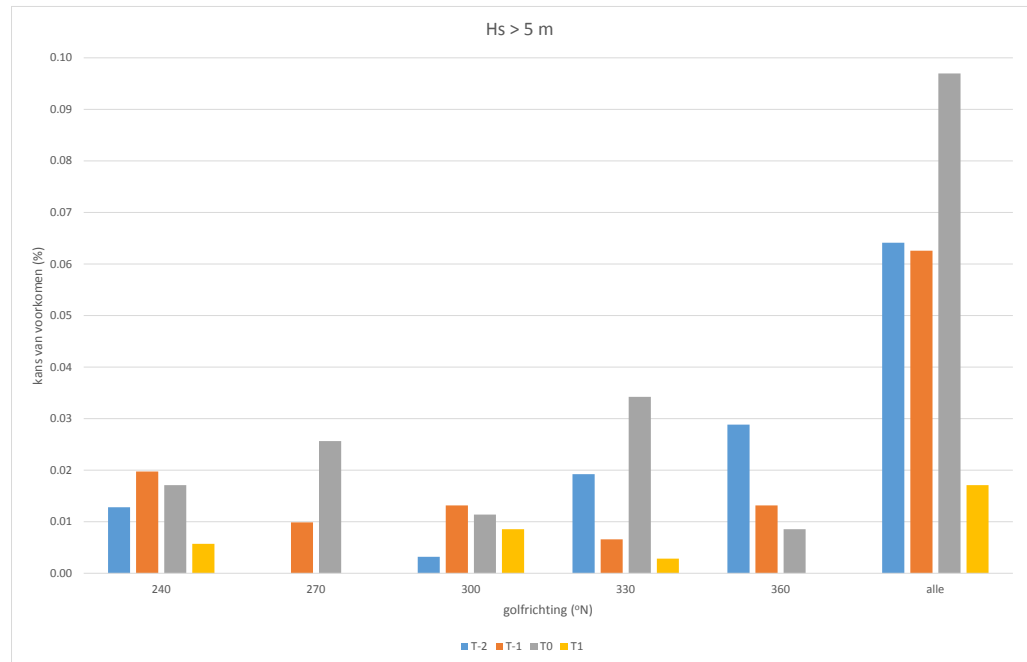
Figuur 4.20 Jaargemiddelde, 90-percentiel en maximale golfhoogte in Hoek van Holland, te samen met de lineaire trends in elk van de parameters.

Golfrozen voor elk van deze perioden zijn weergegeven in figuur 4.21.



Figuur 4.21 Golfrozen Europlatform voor de verschillende perioden.

De kans van voorkomen van golfhoogtes groter dan 5 m voor de verschillende richtingsklassen zijn in figuur 4.22 weergegeven.



Figuur 4.22 Kans van voorkomen van golven groter dan 5 m, opgesplitst naar richtingsklasse, in de verschillende perioden.

Hoewel de figuur duidelijk maakt dat in de T0 relatief veel van dergelijke golven zijn voorgekomen, en de T1 veel minder, is er niet een duidelijk dalende trend op de lange termijn waarneembaar.

### 4.3 Morfologie

In deze paragraaf worden de meest recente morfologische ontwikkelingen van de Voordelta besproken. De morfologie is mede sturend voor de natuurwaarden van de Voordelta. Morfologische veranderingen treden voortdurend op onder invloed van getij en golven en worden mede beïnvloed door antropogene ingrepen uit het verleden. Morfologische veranderingen kunnen zich op verschillende ruimte-schalen voordoen:

1. op megaschaal (Voordelta),
2. op macroschaal (de buitendelta's van de gesloten zeegaten Haringvliet en Grevelingen en het nog bestaande getijdenbekken Oosterschelde) en
3. op mesoschaal (de geulen, platen en zandbanken in de (voormalige) buitendelta's en gebieden ertussen).

Verder zijn er ook verschillen in morfologische veranderingen op verschillende tijdschalen. In paragraaf 4.3.2 worden eerst de ontwikkelingen op megaschaal besproken, gevolgd door de ontwikkelingen op macro- en mesoschaal in paragraaf 4.3.3.

Voor de analyse is gebruik gemaakt van verschillende vaklodingen:

- Haringvlietmond, van Maasvlakte 2 tot de kop van Goeree: 2012 en 2015
- het deel van de Voordelta ten zuiden van de Schaar (de monding van de Grevelingen en Oosterschelde): 2010 en 2013

Daarnaast is gebruik gemaakt van de RWS-bodems van 2004 en 2010 en ander historisch materiaal uit de literatuur.

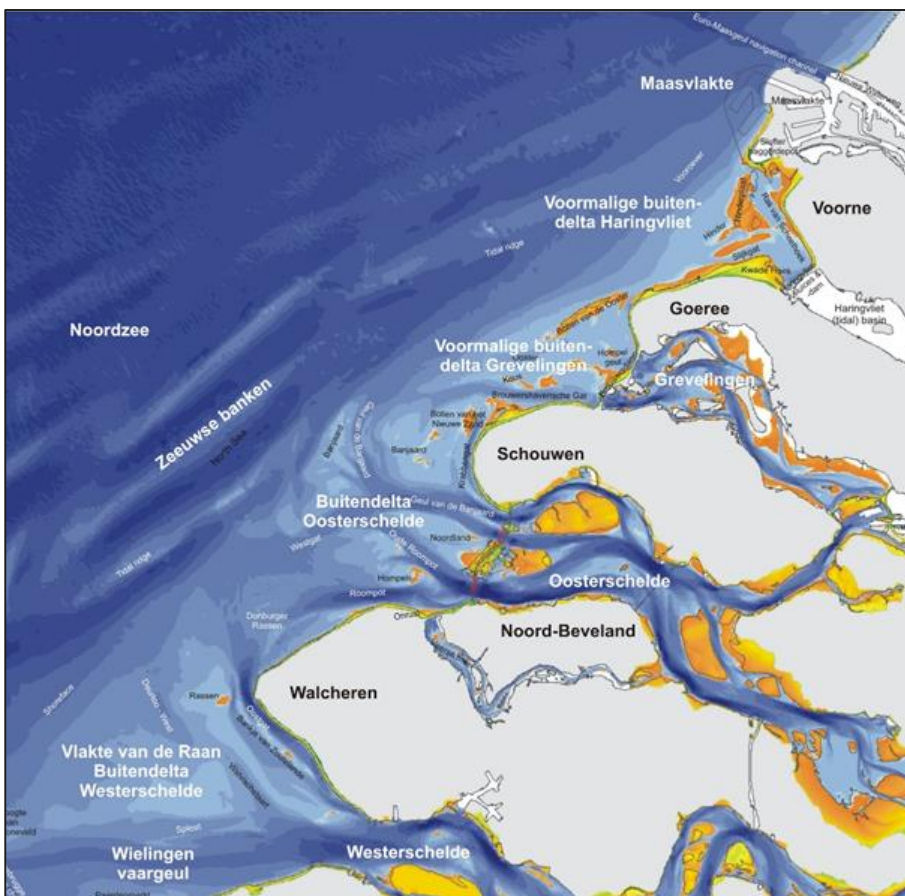
### 4.3.1 Gebiedsbeschrijving Voordelta

De Voordelta is onderdeel van de Zeeuwse en Hollandse Delta en wordt gekenmerkt door een complex systeem aan geulen en banken. Van noord naar zuid bestaat de Voordelta uit: de mondingen van het Haringvliet, de Grevelingen en de Oosterschelde (figuur 4.23).

De zuidelijke begrenzing is de monding van de Westerschelde. De geulen in de mondingen van de Oosterschelde en Westerschelde staan in contact met de geulen van de zeearmen. De geulen in de Voordelta van het Haringvliet en de Grevelingen zijn afgesloten van de geulen in de voormalige zeearmen.

De morfologische ontwikkeling van de Voordelta is de laatste decennia sterk beïnvloed door de volgende menselijke ingrepen:

1. Afsluiting Brielse gat (1950)
2. Eerste Maasvlakte (1969)
3. Haringvlietsluizen en –dam (1970)
4. Slufter (1986) voor de opslag van vervuilde baggerspecie
5. Tweede Maasvlakte (2009 - 2013)
6. Brouwersdam (1971)
7. Oosterscheldekering (1986)



Figuur 4.23 Voordelta en de keringen.

De eerste vijf ingrepen beïnvloedden het deel van de Voordelta voor het Haringvliet, de zesde de Voordelta voor de Grevelingen. De invloed van de Oosterscheldekering (7) op de geulen en platen is kleiner in vergelijking tot het Haringvliet en Grevelingen.

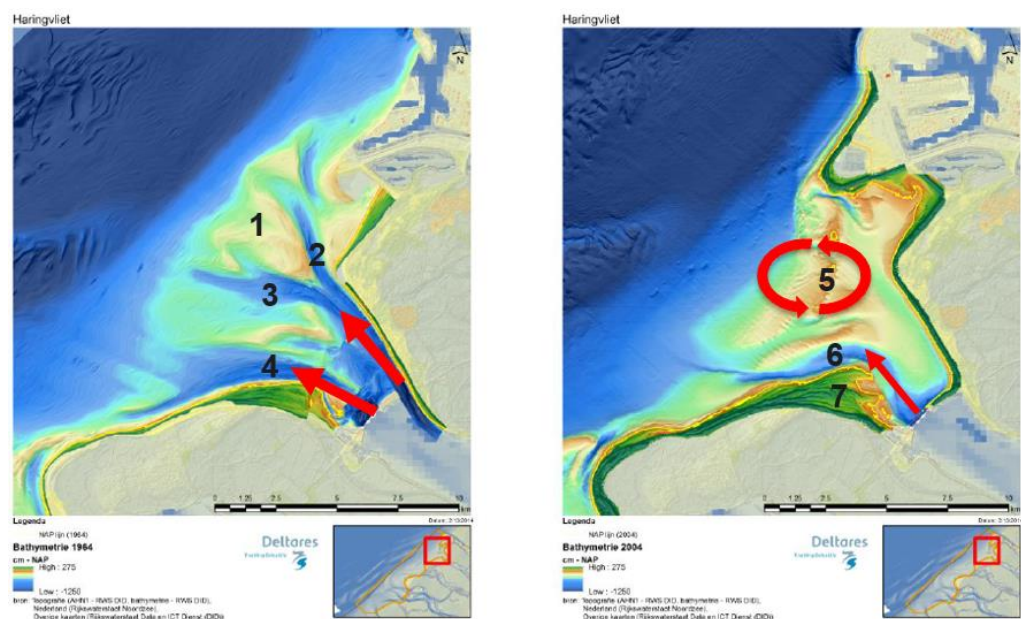
### 4.3.2 Morfologische ontwikkelingen in de Voordelta (Megaschaal)

In de Voordelta brengt de ebstroming zand in zeewaartse richting waarna het zand bezinkt bij afnemende stroomsnelheden. Omgekeerd zorgen brekende golven in de ondiepten van de Voordelta voor landwaarts-gericht zandtransport. Vóór de ingrepen was er een dynamisch evenwicht tussen het zeewaarts getij gedreven zandtransport en het landwaarts gericht zandtransport door golven. In de monding van de Oosterschelde is de interactie tussen de stroming van de Noordzee en de stroming uit de Oosterschelde voor een groot deel bewaard gebleven waardoor de geulen en platen veelal ongewijzigd zijn gebleven.

In de Voordelta zijn grootschalige veranderingen opgetreden in de zeewaartse mondingen van het Haringvliet, de Grevelingen en de Oosterschelde, door de aanleg van de dammen en keringen. Voor de mondingen van de Grevelingen en het Haringvliet geldt dat tegenwoordig tijdens vloed vanuit het zuiden water naar binnen stroomt, die met een rondstroming via de noordzijde naar buiten gaat. Tijdens eb is het patroon omgekeerd. In de monding stroomt veel minder water dan in de oorspronkelijke situatie voor de afsluiting. Het dynamisch evenwicht tussen landwaarts gericht golfgedreven zandtransport en zeewaarts gericht getijgedreven transport van zand en slib is aanzienlijk veranderd.

Het Haringvliet is weergegeven in figuur 4.24 met de Hinderplaat (1) die in 1964 verder van de kust was gelegen. De Hinderplaat had toen een trechtersvorm met twee geulen aan de noord- en zuidzijde (2 en 3). Meer zuidwaarts was nog de andere grote geul, het Slijkgat, aanwezig (4).

Vanwege de veranderingen in het dynamisch evenwicht tussen golfgedreven en getijgedreven sedimenttransport is het bankensysteem van het Haringvliet tegenwoordig in landwaartse richting verplaatst en is de hoogte toegenomen (5). De omvang van de geulen is sterk afgenomen en de enige overgebleven geul is het Slijkgat (6), die tegenwoordig een sterkere kromming vertoont. Aan de zuidzijde van het Slijkgat is de Kwade Hoek (7) aan noordwaartse richting uitgebreid.

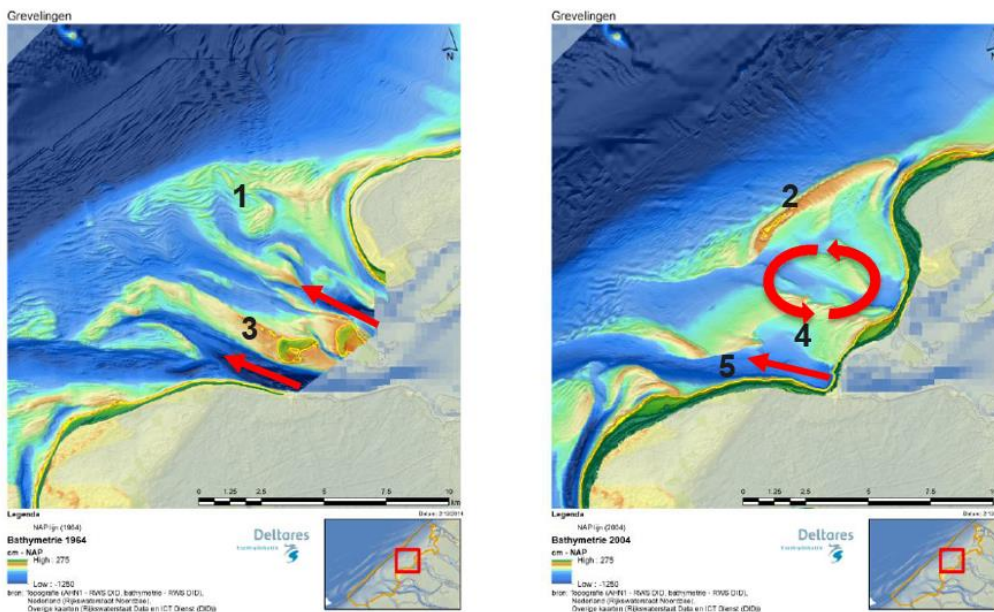


Figuur 4.24 Haringvliet in 1964 en 2004 (kaarten uit Deltares, 2014).

Een soortgelijke ontwikkeling heeft zich voorgedaan in de monding van de Grevelingen (figuur 4.25). In 1964 reikten de Bollen van de Ooster (1) meer zeewaarts t.o.v. de situatie in 2004 (2). De hoogte van de Bollen is eveneens toegenomen en het



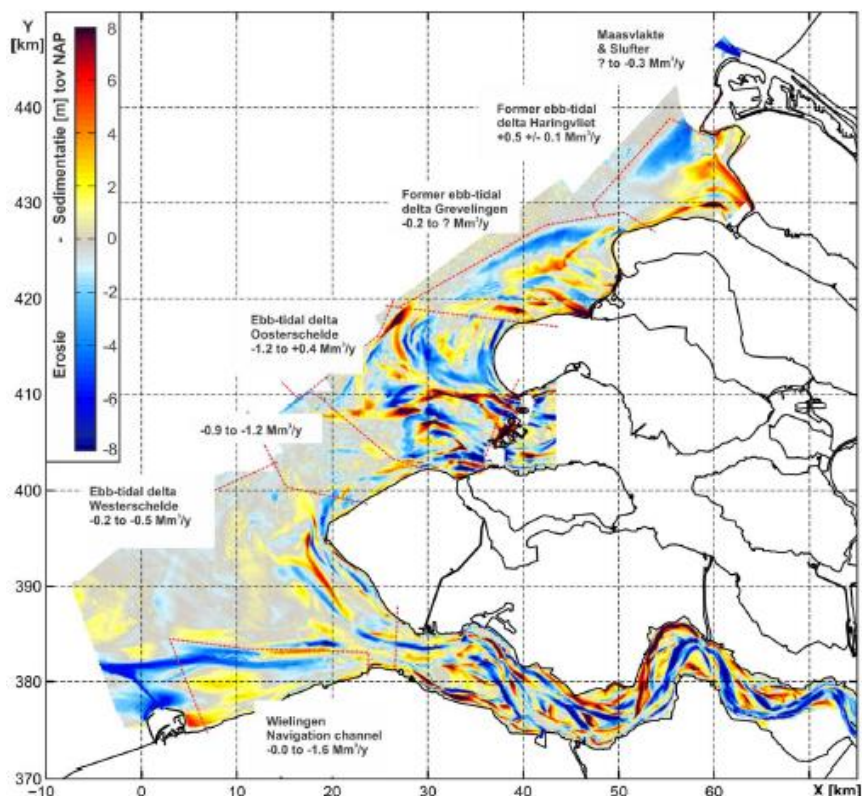
is één aaneengesloten plaat geworden. De Middelplaat vertoont ten opzichte van de situatie in 1964 (3) juist een afname in hoogte en veranderingen in de vorm (3 en 4). De belangrijkste resterende geul is het Brouwershavensche Gat (5), die langzaam wordt opgevuld met sediment. De kleine stroming die via deze geul door het doorlaatmiddel onder de Brouwersdam naar en uit de Grevelingen stroomt levert slechts een beperkte bijdrage aan het debiet van de geul. De belangrijkste factor in de stroming door de geul is de rondstroming van het getij door het mondingsgebied.



Figuur 4.25 Grevelingen in 1964 en 2004 (kaarten uit Deltares, 2014).

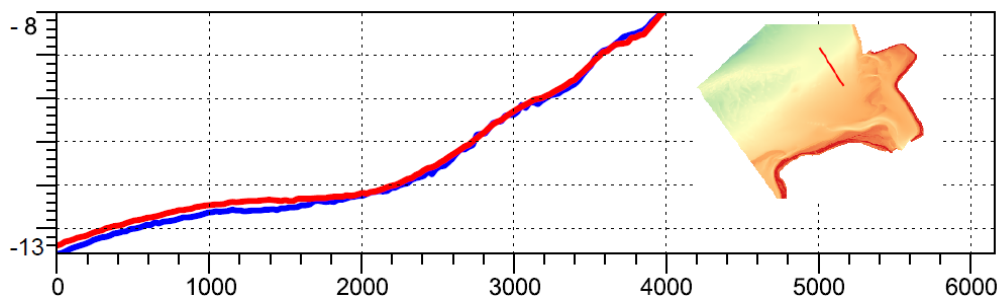
De grootste morfologische veranderingen in de zeewaartse mondingen traden op tijdens de eerste 10 jaar na de afsluiting. Tegenwoordig treden er echter nog steeds veranderingen op als gevolg van de afsluiting van deze bekkens (Cleveringa, 2006; Mulder et al., 2010).

Patronen in erosie en sedimentatie op basis van lodingen uit verschillende perioden zijn inzichtelijk gemaakt in figuur 4.26. In de zeewaartse mondingen van het Haringvliet en Grevelingen zijn er grote erosiegebieden aan zeezijde zichtbaar (figuur 4.26). Deze gebieden zijn ontstaan door het naar binnen 'schuiven' van de voormalige buitendelta's onder invloed van de relatief toegenomen golfwerking. Bij de monding van de Oosterschelde ontbreekt een dergelijk erosiegebied aan de zeezijde. Doordat de Oosterschelde stormvloedkering het getij doorlaat, zijn er geen grote veranderingen in getijdebiet naar de buitendelta opgetreden. De verschillen in waterdiepte over de periode 1964 – 2004 zijn klein.

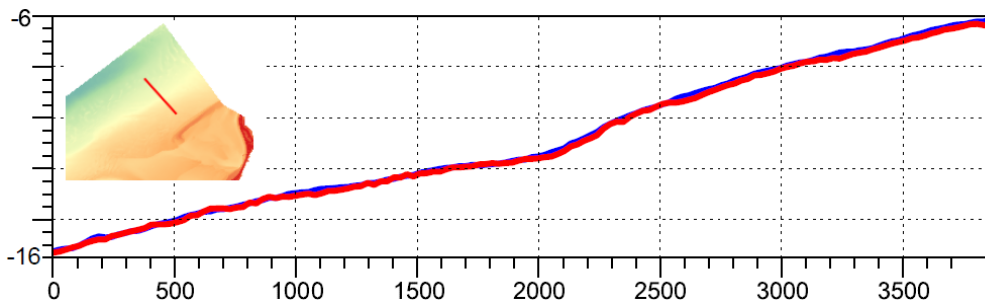


Figuur 4.26 Sedimentatie en erosiesnelheden in de periode 1976/1980 tot 2004 (Cleveringa, 2008; Elias and Van der Spek, 2014).

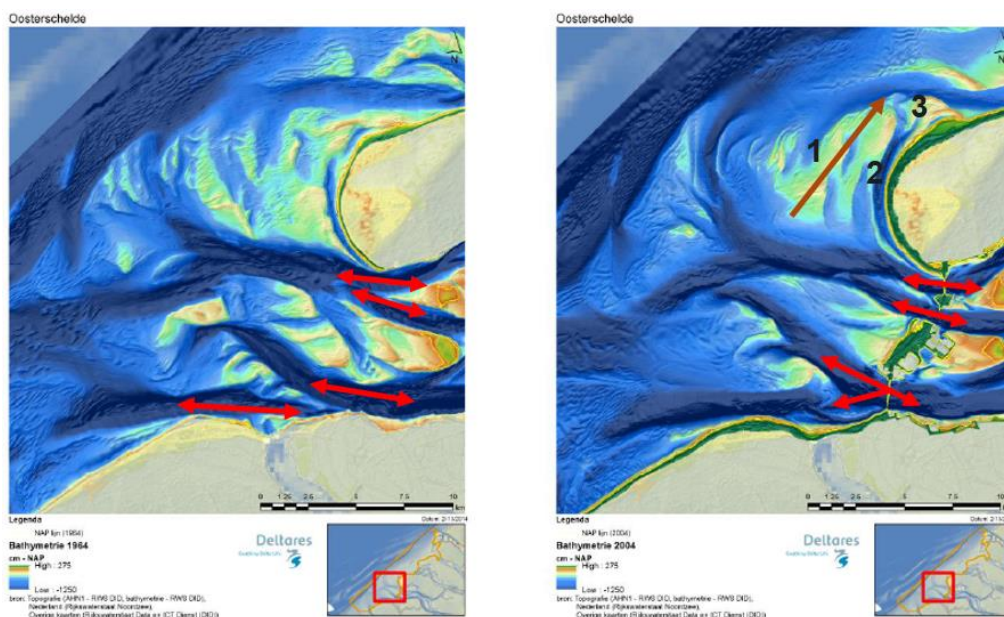
Recentelijk zijn er veranderingen waargenomen in het ‘erosiegebied’ voor de monding van het Haringvliet. In het profiel van figuur 4.27 is te zien dat de waterdiepte in 2015 enkele tientallen centimeters kleiner is dan in 2012. Omdat deze ontwikkeling slechts op één waarneming is gebaseerd en mogelijk het gevolg is van een fout in een opname, zullen toekomstige waarnemingen moet uitwijzen of sprake is van een trendbreuk. Voor het diepe deel voor de monding van de Grevelingen is volgens het profiel van figuur 4.28 te zien dat er nagenoeg geen sprake is van erosie.



Figuur 4.27 Profiel in het diepe deel van het Haringvliet (2012 (blauw) – 2015 (rood) t.o.v. NAP).



Figuur 4.28 Profiel in het diepe deel van de monding van de Grevelingen (2012 (blauw) – 2015 (rood) t.o.v. NAP).



Figuur 4.29 Oosterschelde in 1964 en 2004 (kaarten uit Deltares, 2014).

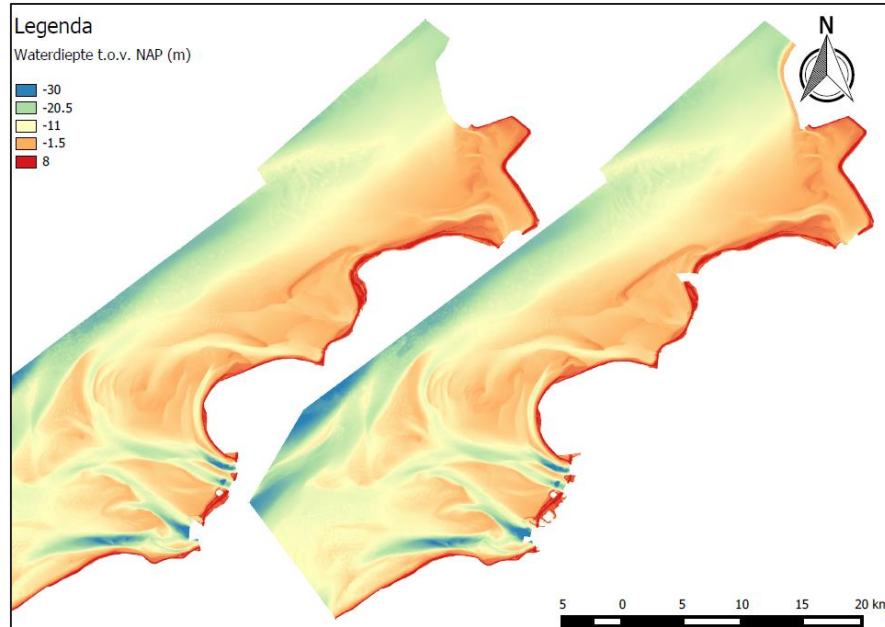
In het diepe deel van de monding van de Oosterschelde zijn geen grootschalige gebieden met erosie, omdat daar in vergelijking met de andere mondinggebieden slechts beperkte wijzigingen hebben plaatsgevonden door de afsluiting van de Oosterschelde (figuur 4.29). De stroming van en naar de Oosterschelde loopt nog via dezelfde stroomgaten. Wel zijn sinds de aanleg van de stormvloedkering de posities en de omvang van de stroomgaten gefixeerd. Voor het zuidelijke deel van het rustgebied Bollen van het Nieuwe Zand zijn enkele ontwikkelingen van belang. De pijl bij 1 markeert het grootschalige ‘draaien met de klok mee’ of opschuiven van het gebied met ondieptes voor de kust van Schouwen. Dat is vooral duidelijk in de positie van de Verklikkerplaat en Bollen van het Nieuwe zand (3 en 1) naar het noorden. Bij die ontwikkeling speelt de toename van de omvang van het Krabbengat (2) waarschijnlijk ook een belangrijke rol.

### 4.3.3 Recente morfologische ontwikkelingen in de Voordelta (macro/mesoschaal)

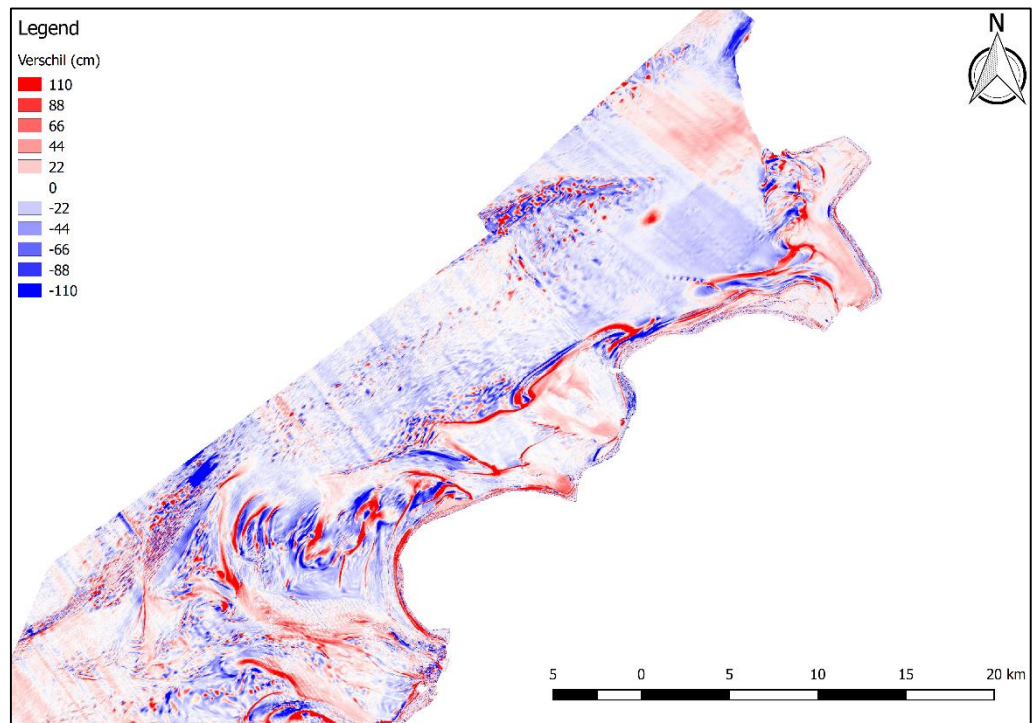
De recente morfologische veranderingen in de Voordelta zijn voor een belangrijk deel een voortzetting van de veranderingen in de voorgaande periode. De gevolgen van de afdamming van het Haringvliet en de Grevelingen werken hierin nog steeds door, evenals de gevolgen van de aanleg van de eerste Maasvlakte en het Slufterdepot. De bodemkaarten uit de periode 2010 – 2015 zijn vergeleken. Op het eerste oog lijken er weinig verschillen aanwezig te zijn ondanks de aanwezigheid van Maasvlakte 2 in de recente opname (figuur 4.30). Alle morfologische eenheden die in de oude opname



aanwezig waren, zijn ook in de nieuwe opname zichtbaar. Op de verschilkaarten zijn wel verschillen zichtbaar (figuur 4.31) en deze worden hieronder per deelgebied toegelicht.



Figuur 4.30 De bathymetrie van de Voordelta. Haringvliet: 2012 (links) en 2015 (rechts). Overige delen: 2010 (links) en 2013 (rechts).



Figuur 4.31 Vershilkaart van de Voordelta met het Haringvliet (2012 - 2015) en het overige deel (2010 - 2013).

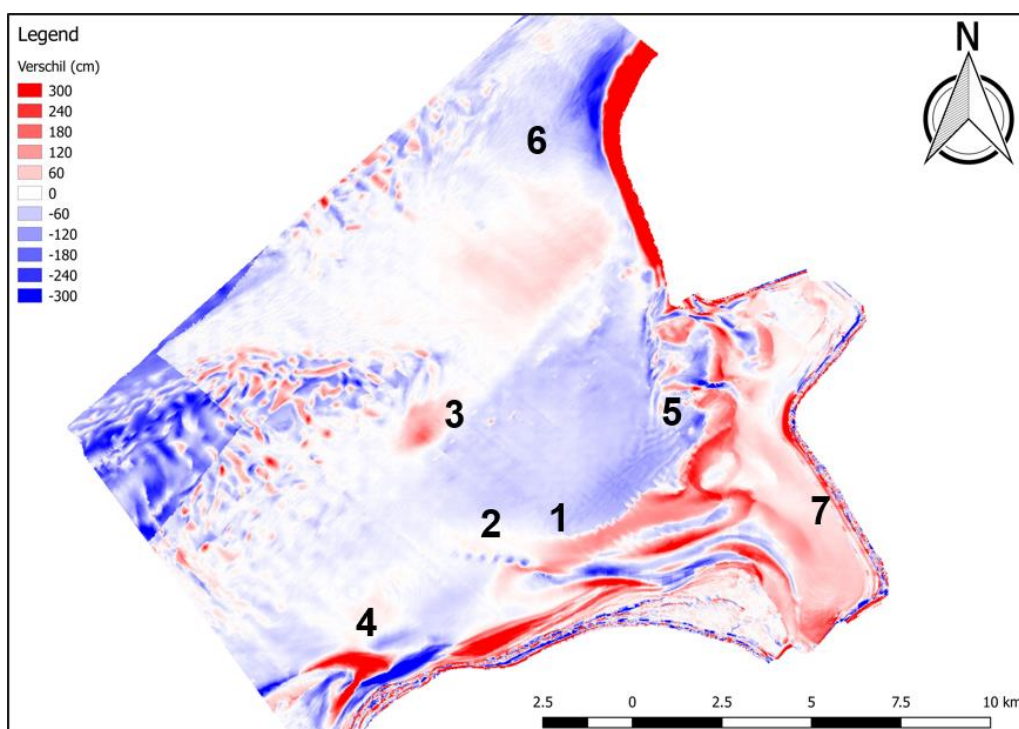
### Het Haringvliet

De verschilkaarten van het Haringvliet staan in figuur 4.32 tot en met 4.34, met daarbij nummers bij de veranderingen die hier worden toegelicht: In het Haringvliet is er sedimentatie in een geul ten noorden van het Slijkgat (1) wat doorloopt tot in het

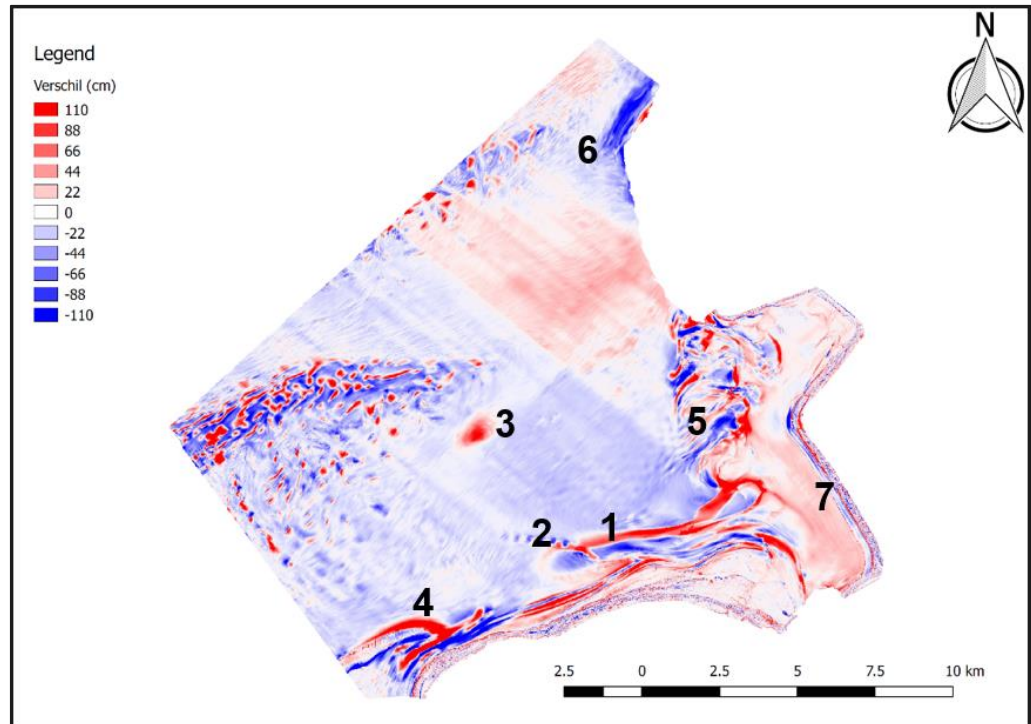
Slijkgat en daar een drempel vormt. Meer zeewaarts lijken zich toppen en dalen van zandgolven in het Slijkgat te ontwikkelen (2). Ten noordwesten is een stortlocatie voor baggerslib zichtbaar (3). Meer naar het zuiden vindt er erosie plaats nabij de kust en beweegt de geul (Schaar) dus landwaarts en iets verder zeewaarts vindt er sedimentatie plaats (Aardappelenbult) (4).

In de voormalige geulen van de platen van het Haringvliet (Hinderplaat en ribben) vindt sedimentatie plaats en erosie bij de hogere delen (5). De platen lijken zich landinwaarts en in zuidelijke richting te bewegen. Ten gevolge van de havenuitbreiding is er aan de rand van Maasvlakte II een erosiekuil in ontwikkeling (6). In het Rak van Scheel (7) lijkt nog steeds sprake van doorgaande sedimentatie.

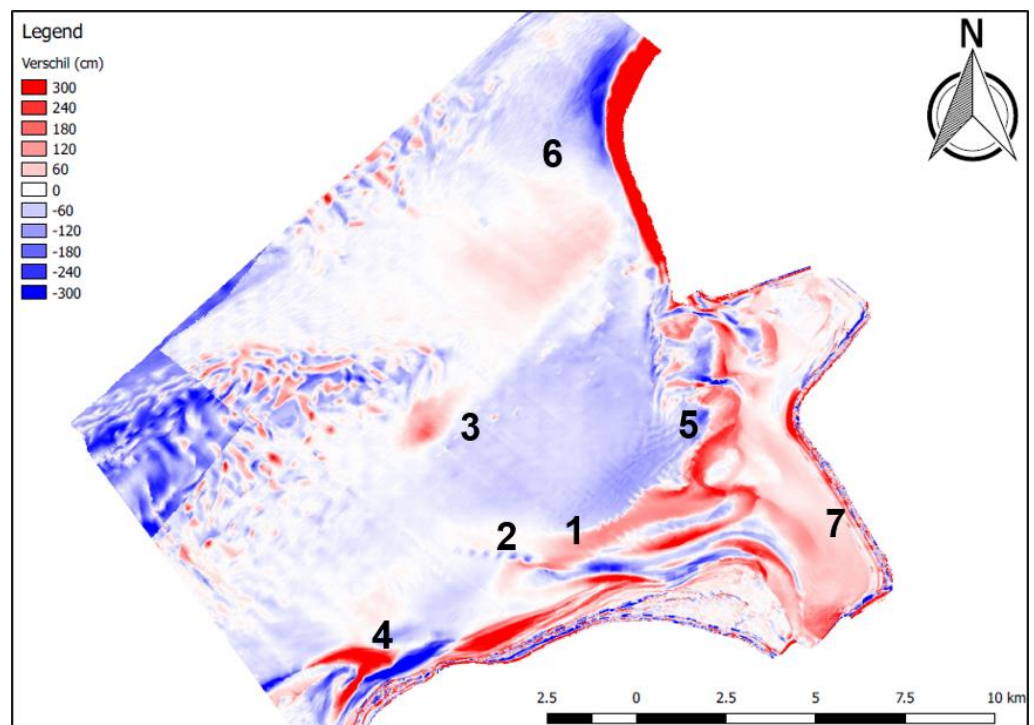
In de verschilkaarten (Figuur 4.32 tot en met 4.34) is zichtbaar dat in het gebied waar sinds de afdamming van het Haringvliet erosie heeft plaats gevonden, nu sprake is van sedimentatie (rood). Wat daarbij opvalt is de scherpe en rechte overgang van sedimentatie naar erosie (de grens ligt ongeveer bij het cijfer 5). Dergelijke scherpe overgangen, die onafhankelijk zijn van de morfologie, wijzen vaak op problemen met de gegevens. Toekomstige opnamen zullen moeten uitwijzen welke ontwikkeling daadwerkelijk plaatsvindt in dit gebied. Over de periode 2004-2012 en 2004-2015 (Fig. 4.32 en 4.34) zijn dezelfde overgangen van sedimentatie naar erosie zichtbaar.



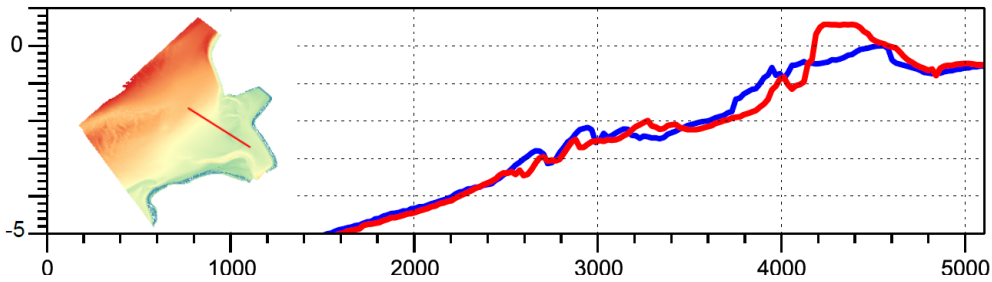
Figuur 4.32 Verschilkaart van het Haringvliet (2004 - 2012).



Figuur 4.33 Verschilkaart van het Haringvliet (2012 - 2015).

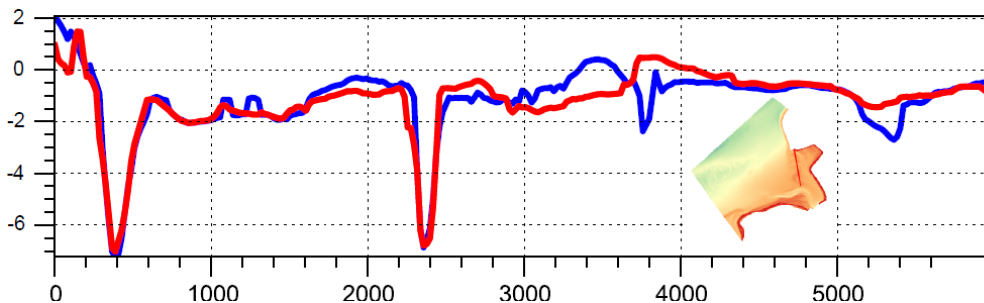


Figuur 4.34 Verschilkaart van het Haringvliet (2004 - 2015).



Figuur 4.35 Profiel in het Haringvliet met de Hinderplaat (2012 (blauw) – 2015 (rood) t.o.v. NAP).

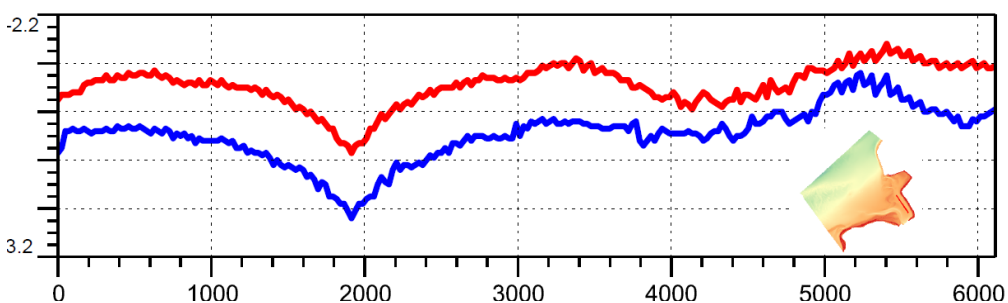
Profielen laten zien dat zand in de diepere delen en aan de zeekant van de Hinderplaat erodeert (tot 0.5 m) en dat er landwaarts zand (tot 1 m) op de hoge delen terecht komt (figuur 4.35). Dit profiel vertoont dezelfde trend als over de periode 1964-2012 (Elias and Van der Spek, 2014).



Figuur 4.36 Profiel in het Haringvliet (met links het noorden) met de Hinderplaat (2012 (blauw) – 2015 (rood) t.o.v. NAP).

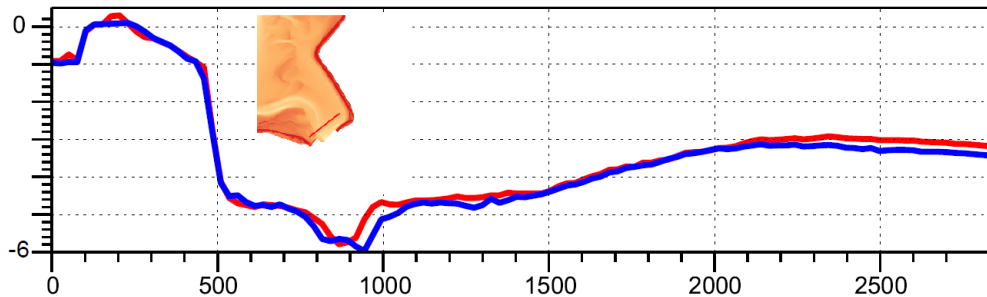
De Hinderplaat en de geulen vertonen een dynamisch gedrag. In figuur 4.36 is te zien dat ondiepten nabij de kust eroderen terwijl er meer zuidwaarts juist geulen aanzanden.

In de monding van het Haringvliet is steeds minder ruimte voor de rondstroming van het getij. Vrijwel het gehele gebied verondiept en het oppervlakte achter de Hinderplaat neemt steeds verder af, naarmate de plaat verder landwaarts schuift. De enige geul van enige omvang blijft het Slijkgat. Het Slijkgat vertoont ten opzichte van vroeger wel meer bochten en omvat tegenwoordig een eb- en vloed-schaar met tussenliggende drempel. Het getijdebiet van het Slijkgat neemt waarschijnlijk steeds meer af, waardoor het relatieve belang van de zoetwaterafvoer (afkomstig uit de sluizen) voor het Slijkgat steeds meer toeneemt. Het kierbesluit kan er voor zorgen dat het getijdebiet toeneemt via het Haringvliet waardoor het debiet in het Slijkgat kan afnemen. De landwaartse beweging van de platen zal in enige mate worden afgeremd en misschien gaan de platen zelfs wel in zeewaartse richting bewegen.



Figuur 4.37 Profiel van het Rak van Scheelhoek (links is het noorden) in het Haringvliet (2012 (blauw) – 2015 (rood) t.o.v. NAP).

In het Rak van Scheelhoek (figuur 4.37) is er tussen 2012 en 2014 0 tot 20 cm sedimentatie.



Figuur 4.38 Profiel van de buitenhaven van Stellendam (links is het zuiden) tot aan het Rak van Scheelhoek (2012 (blauw) – 2015 (rood) t.o.v. NAP).

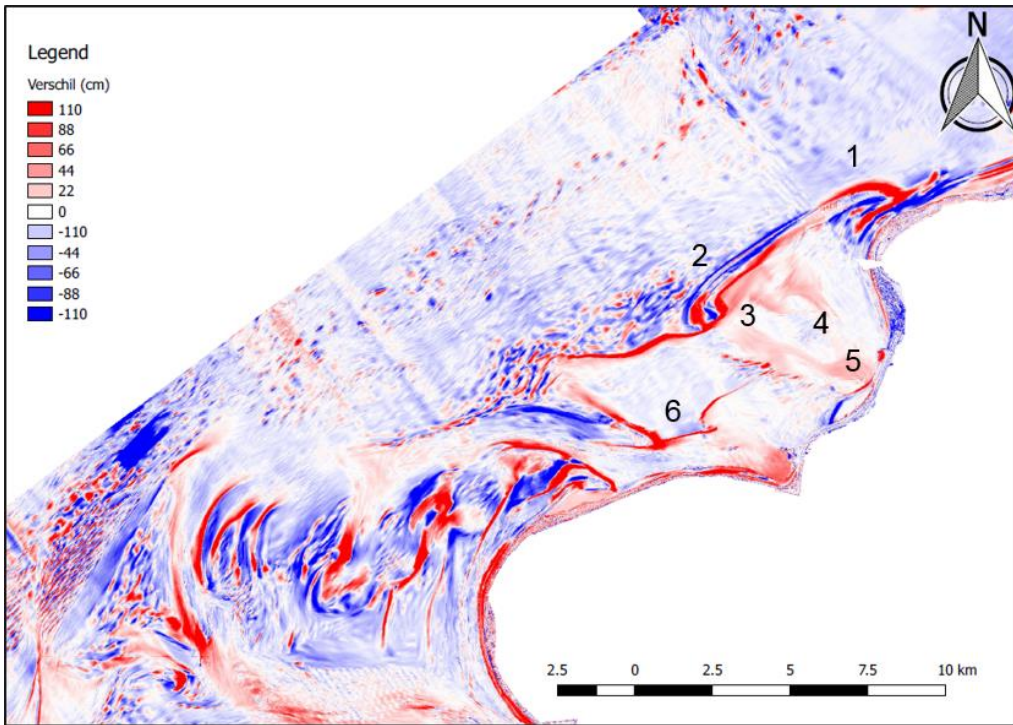
In het deelgebied vanaf Stellendam van het Haringvliet parallel aan de Haringvlietssluisen tot aan het Rak van Scheelhoek is in het noordelijke deel eveneens sedimentatie net als in het gebied nabij de buitenhaven van Stellendam (figuur 4.38).

### Grevelingen

De verschilkaart van de Grevelingen staat in figuur 4.39, met daarbij nummers bij de veranderingen die hier worden toegelicht. In de Voordelta van de Grevelingen vindt er bij de Schaar erosie plaats (1). Aan de zeezijde van de Bollen van de Ooster vindt erosie en aan de landzijde vindt sedimentatie plaats (2 en figuur 4.40). Dit patroon is hetzelfde als over de periode 1964 - 2010 (Elias and Van der Spek, 2014).

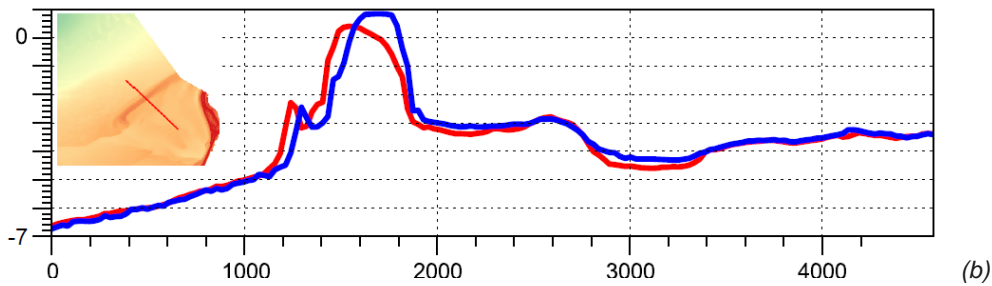
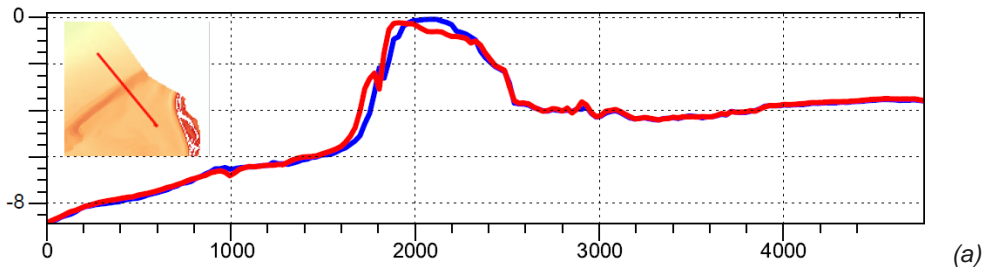
Het hoogste deel van de Bollen van de Ooster verplaatst zich tussen 2012 en 2015 ongeveer 20 m landwaarts. De hoogste locatie op de Bollen van de Ooster (middelste venster figuur 4.40) is in 2013, 1 m boven NAP terwijl dit in 2010 nog 0.5 m bedroeg.

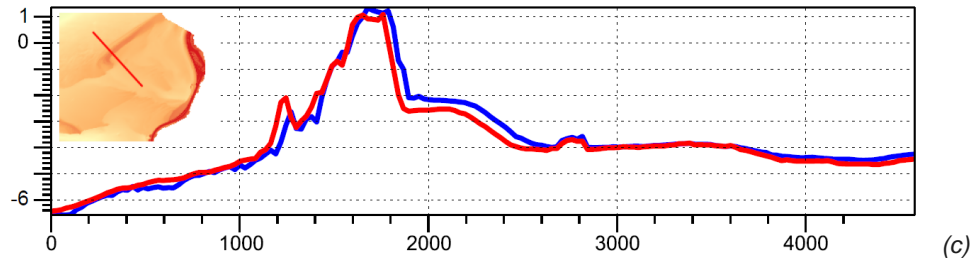




Figuur 4.39 Hoogteverschillen in de monding van de Grevelingen (2010 - 2013) , een deel van het Haringvliet is ook zichtbaar (2012 – 2015).

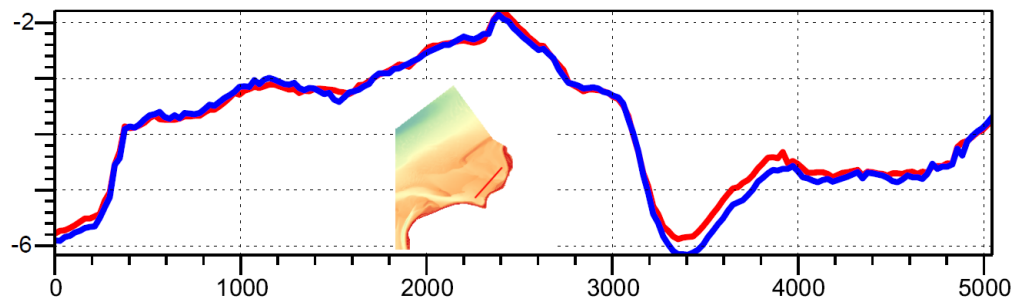
Bij de Aardappelenbult (figuur 4.40, alle vensters) en de voormalige geulen Springersdiep en Kous vindt verdere aanzanding plaats (figuur 4.39, nr. 3, 4 en 5). Aan de Noordkant van de Middelplaat (figuur 4.39, nr. 6) vindt sedimentatie plaats.





Figuur 4.40 Profielen voor Schouwen met de Bollen van de Ooster en Aardappelenbult van noord tot zuid (a: (2012 (rood) – 2015 (blauw) , b en c: 2010 (rood) – 2013 (blauw)).

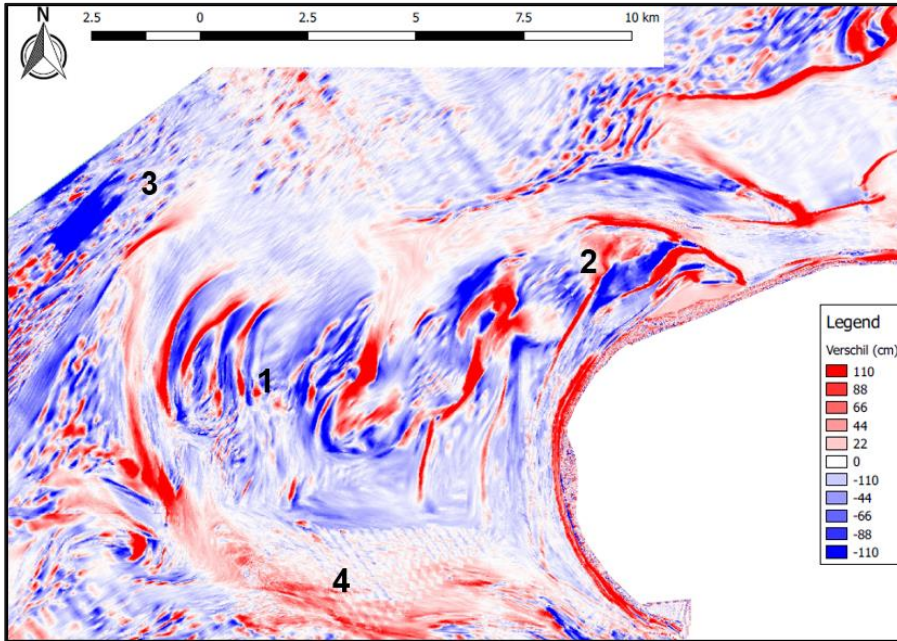
In het Brouwershavensche Gat nabij de kust en voor de Brouwersdam (figuur 4.41) vindt eveneens in sommige delen sedimentatie plaats.



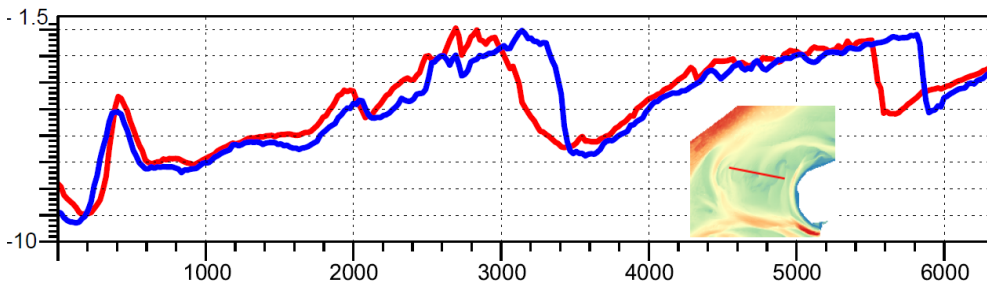
Figuur 4.41 Profiel voor Brouwersdam (2012 (rood) – 2015 (blauw)).

### Schouwen

De verschilkaart van de kust van Schouwen is weergegeven in figuur 4.42, met daarbij nummers bij de veranderingen die hier worden toegelicht. De zandplaten van de Banjaard (1) en de Bollen van het Nieuwe Zand (2) bewegen in landwaartse richting. Aan de zuidkant van de Banjaard (Zeehondenplaat) vindt erosie plaats (figuur 4.43). Aan de zuidkant van de geul het Westgat vindt sedimentatie plaats. Aan de oostkant van de noordwaartse aftakking van het Westgat vindt ook sedimentatie plaats waardoor de Banjaard zich ook in zeewaartse richting verplaatst. Verder van de kust is een zandwingebed op de Zeeuwse bank (3) zichtbaar.

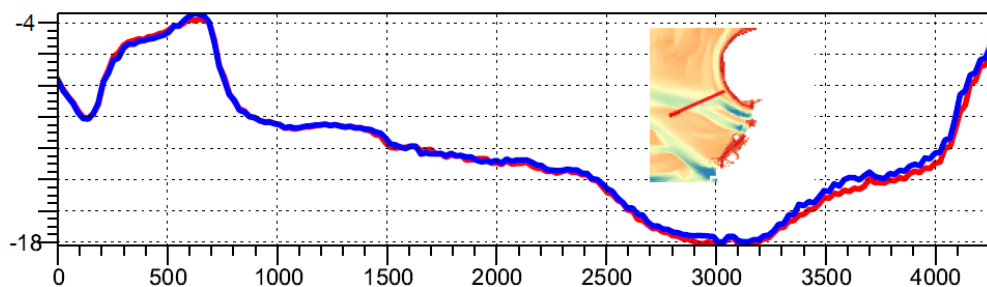


Figuur 4.42 Hoogteverschillen voor Schouwen (2010 - 2013).



Figuur 4.43 Profiel voor Schouwen met de Banjaard (2010 (rood) – 2013 (blauw)).

In het Westgat ten zuiden van Schouwen zijn enkel kleine veranderingen zichtbaar (figuur 4.44). In de geul het Westgat (4) is lichte sedimentatie zichtbaar en de plaat ten zuiden van het Westgat zandt aan.



Figuur 4.44 Profiel voor Schouwen met de geul Westgeul ten zuiden van het Krabbengat (2010 (rood) – 2013 (blauw)).

### 4.3.4 Kanttekeningen

- Als gevolg van het Kierbesluit, dat in 2018 actief wordt, kan het getijdengebied via de Haringvlietsluizen toenemen. Hierdoor vindt meer uitwisseling van zoetwater plaats, waardoor zandbanken mogelijk zeewaarts verplaatsen en geulen, die eerder zijn aangezand, weer gaan eroderen.



- Een plan voor het herstel van het getij in het Grevelingenmeer in combinatie met getijcentrales in de Brouwersdam zou in de toekomst veranderingen teweeg kunnen brengen in het getijdedebiet waardoor voormalige geulen zouden kunnen gaan eroderen.

## 4.4 Conclusies

Voor trendanalyses is het belangrijk om metingen

- over een zo lang mogelijke periode,
- compleet, en
- nauwkeurig

beschikbaar te hebben.

Watertemperaturen zijn voor de gegeven stations alleen voor Vlissingen voor meer dan 50 jaar beschikbaar. De keuze van de meetperiode kan (significante) invloed hebben op de trends die worden gevonden. Dit blijkt duidelijk uit een vergelijking van de lineaire trend over de hele periode (1 graad Celsius per circa 45 jaar) of over de periode na 1989 (1 graad Celsius per circa 150 jaar). Dit laat ook wel zien dat voor een monitoring vanaf 2004 nog lastiger trends zijn te achterhalen, zeker in combinatie met de ingreep, die de trend juist zou kunnen verstoren.

De afvoer van het Haringvliet vertoont een duidelijke dalende trend, naast een 7-jarige periodiciteit. Deze laatste beïnvloedt heel sterk de resultaten indien die voor een aantal jaren worden samengenomen. Een periode 1999 t/m 2002 (T-1) blijkt dan net vier jaren te omvatten waarin de afvoer relatief hoog is, terwijl een andere periode juist jaren omvat met relatief lage waarden, of met zowel relatief hoge als lage afvoeren. Hierdoor kan een vertekend beeld ontstaan, waar bij het interpreteren van de resultaten rekening mee moet worden gehouden.

Over de saliniteit is door de grote aantallen ontbrekende meetgegevens geen betrouwbare uitspraak te doen over de trends. De stijgende trend is echter wel consistent met de dalende trend in de afvoeren van de Maasmond en het Haringvliet.

Analyse van de windmetingen laat een duidelijke afname zien in aantallen stormen. Voor stormen in de klasse van windkracht 8 Beaufort is dit het duidelijkst te zien, hoewel ook voor hevigere stormen een afname zichtbaar is. Aangezien stormen van windkracht 9 en 10 Beaufort zeldzamer zijn, begint hier ook het toeval mee te spelen. Voor verschillende periodes verschillen de kansen van optreden soms erg veel.

In deze studie is een begin gemaakt met een vergelijking tussen de Voordelta en de Waddenzee. Voor zeewatertemperatuur en afvoeren is gekeken naar zowel de langjarige trends en de jaarlijkse variatie rondom de trend. Zowel in de Voordelta als in de Waddenzee vertoont de temperatuur een stijgende trend, waarbij de Waddenzee gemiddeld 0,75 °C koeler is. Dit betekent dat temperaturen die tegenwoordig in de Waddenzee worden gevonden, 30 jaar geleden typerend voor de Voordelta waren. Afvoeren vertonen zowel in de Voordelta als de Waddenzee een dalende trend.

Daarnaast komt uit de analyses naar voren dat jaren waarin de afvoer in de Voordelta relatief hoog of laag is (liggend boven de lineaire trend), dat dat ook het geval is bij de afvoeren in de Waddenzee. Aangezien deze voor een groot deel bepaald worden door de afvoer van de Rijn, is het niet verbazingwekkend dat deze gecorreleerd zijn. Ook blijkt voor watertemperatuur dat relatief warme en koude jaren goed correleren tussen Voordelta en Waddenzee. Wel warmt de afgeschermdde en relatief ondiepe Waddenzee sterker op door de zon, in vergelijking tot de niet afgeschermdde en diepere Voordelta (Aken, 2010).

In tabel 4.1 is getracht om in kwalitatieve zin de condities voor temperatuur, afvoer, wind en golven in de verschillende perioden onderling te vergelijken.

Tabel 4.1 Vergelijking van extreme condities in de verschillende perioden. Voor definitie perioden zie paragraaf 4.1, ++ = hoge waarde, -- = lage waarde.

periode	temperatuur		afvoer	wind	golven
	zomer-gemiddelde	winter-gemiddelde	90-percentiel	Beaufort 9 en hoger	groter dan 5 m
T-8	0	-			
T-7	+	0			
T-6	+	++		++	
T-5	-	--		+	
T-4	--	--		++	
T-3	+	++	0	0	
T-2	+	-	+	--	+
T-1	0	+	++	+	+
T0	+	+	-	0	++
T1	-	--	--	--	-

Vanaf de periode T-6 zijn er meer parameters dan alleen temperatuur beschikbaar. De periode T-6 (1974 t/m 1977) kenmerkt zich door zowel hoge zomer- als wintertemperaturen, en veel stormen. Ook in de perioden T-5 (1979 t/m 1982) en T-4 (1984 t/m 1987) kwamen nog veel stormen voor, terwijl de zomer- en wintertemperaturen laag waren. Waar de T-4 dus wordt gekenmerkt door zowel lage temperaturen als veel stormen, laten de perioden T-3 (1989 t/m 1992), T-2 (1994 t/m 1997) en T-1 (1999 t/m 2002) vooral uitschieters zien in één aspect; in de T-3 zachte winters, in de T-2 nauwelijks stormen en in de T-1 een heel extreme afvoer. Als de periodes T0 (2004 t/m 2007) en T1 (2009 t/m 2012) worden vergeleken, steekt vooral de T1-periode eruit, met koele zomers en winters, lage afvoer, extreem weinig stormen en ook weinig hoge golven.

Morfologische ontwikkelingen lijken nog niet een duidelijke trendbreuk te vertonen ten gevolge van de aanleg van Maasvlakte 2 al zijn er recentelijk wel veranderingen waargenomen in het 'erosiegebied' voor de monding van het Haringvliet. De waterdiepte is in 2015 enkele tientallen centimeters kleiner dan in 2012 en 2004. Omdat deze ontwikkeling slechts op enkele waarnemingen is gebaseerd en mogelijk het gevolg is van fouten in een opnames, zullen toekomstige waarnemingen moet uitwijzen of sprake is van een trendbreuk.

De bodem is nog steeds bezig zich aan te passen aan de aanleg van de verschillende dammen in Zeeland. In dat opzicht is het interessant te kijken naar wat het kierbesluit en het plan voor het herstel van het getij in het Grevelingenmeer voor gevolgen hebben.

## 5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 5.1 Conclusies

#### Jaarsimulatie 2014

- 2014 was een relatief warm jaar. Vrijwel het hele jaar kwamen de maandgemiddelde temperaturen uit boven de lange termijn waarden voor de verschillende maanden. De afvoer van het Haringvliet was relatief laag. De maximale daggemiddelde waarde over het jaar lag ongeveer de helft lager dan wat in de voorafgaande jaren als maximum daggemiddelde waarde is voorgekomen.
- Net als eerdere jaren, is er uitgebreid gekeken hoe goed de modelresultaten overeenkomen met de metingen. Aangezien de opzet van de modelsimulaties en de onderliggende data die zijn gebruikt voor de aansturing niet zijn gewijzigd ten opzichte van de eerdere jaren, is de nauwkeurigheid van de modelsimulaties vergelijkbaar met de eerdere jaren.

#### Lange termijn trends

De biomassa bodemdieren en vissen en aantallen zwarte zee-eenden, grote sterns en visdieven in de Voordelta wordt mede bepaald door de abiotische condities. Veranderingen die tijdens de monitoring zijn geconstateerd tussen de T0- en T1-periode, hoeven dus niet uitsluitend het gevolg hoeven te zijn van de aanleg en compensatiemaatregelen, maar kunnen ook het gevolg kunnen zijn van ontwikkelingen die op langere tijdschalen gaande zijn. Om dat verder te onderzoeken, is in deze studie gekeken hoe T0- en T1-perioden vallen binnen lange termijn trends in abiotiek. Hiervoor zijn metingen geanalyseerd die over een (veel) langere periode beschikbaar zijn.

- Verschillen tussen de twee perioden kunnen relatief klein zijn ten opzichte van ontwikkelingen op de lange termijn (bijvoorbeeld afvoer Haringvliet). Ook kunnen verschillen tussen T0 en T1 onderdeel uitmaken van een trend die al tientallen jaren zichtbaar is (bijvoorbeeld afname stormen). Cruciaal bij het herkennen van trends blijft het beschikbaar zijn van voldoende en nauwkeurige meetwaarden. Een goed voorbeeld waar dit niet het geval is, is bij de saliniteit. Gemiddelden kunnen pas goed beoordeeld worden zolang het aantal ontbrekende gegevens beperkt is, of als zeker is dat de beschikbare gegevens een representatieve steekproef vormen van het hele jaar.
- Typische trends die in deze studie zijn gevonden:
  - een geleidelijke toename van zowel de lucht- als de watertemperatuur,
  - een afname van de afvoer van het Haringvliet,
  - een toename van de saliniteit in de Haringvlietmond, en
  - een afname in frequentie van voorkomen van stormen (natuurlijke bodemberoering).

### 5.2 Aanbevelingen

- Een vergelijking tussen de gevonden lange termijn trends en extreme gebeurtenissen kan worden vergeleken met de ontwikkelingen in aantallen en soorten vogels, vissen en benthos. Op basis van statistische analyses is gebleken dat sommige soorten in meer of mindere mate gevoelig zijn voor abiotische parameters als temperatuur, saliniteit of bodemschuifspanning. De in deze studie verkregen inzichten kunnen wellicht een extra bijdrage leveren om de gevonden veranderingen in biotiek tussen de T0- en T1-perioden te helpen verklaren.

## Referenties

Aken, H.M. van, 2010, Meteorological forcing of long-term temperature variations of the Dutch coastal waters. *Journal of Sea Research* 63: 143-151

Alkyon, 2010, Perceel 4, abiotiek, Beschrijving aanpak modelsimulaties, calibratie en validatie, Validatie rapport, C04021.002218R2r1, december 2010.

ARCADIS, 2014, PMR monitoring natuurcompensatie Voordelta, Perceel 4, abiotiek, Validatierapport voor de simulaties juni 2004 t/m december 2012, Validatie rapport, C04021.002218R3r3, maart 2014.

ARCADIS, 2015, Datarapport PMR-NCV perceel Abiotiek, Simulaties 2013, 078312838:0.2 – definitief, 20 februari 2015

Cleveringa, J., 2006. Kwantitatieve analyse en prognose morfologische ontwikkeling Voordelta. Marknesse.

Cleveringa, J., 2008. Morphodynamics of the Delta coast (south-west Netherlands). Quantitative analysis and phenomenology of the morphological evolution 1964-2004. Marknesse.

Cusack, S. 2013. A 101 year record of windstorms in the Netherlands. *Climatic Change* 116: 693-704

Deltares, 2014, PMR Monitoring natuurcompensatie Voordelta, Eindrapport 1e fase 2009-2013 Deel B, 1200672-000, 17 december 2014.

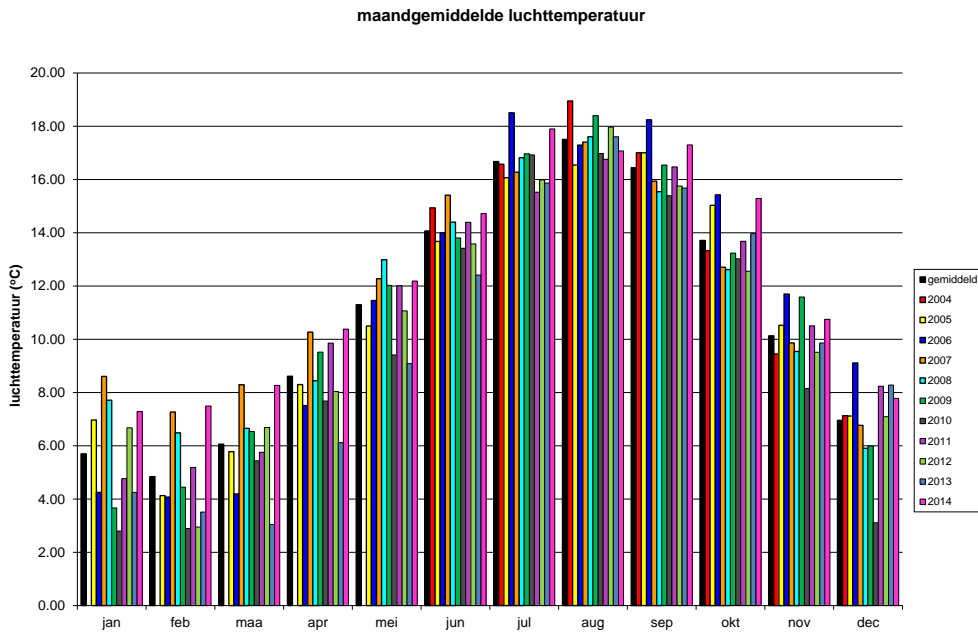
Elias, E., Van der Spek, A.J.F., 2014. Grootschalige morfologische veranderingen in de Voordelta.

Mulder, J.M.P., Cleveringa, J., Taal, M., Van Wesenbeeck, B.K., Klijn, F., 2010. Sedimentperspectief op de Zuidwestelijke Delta. Deltares.

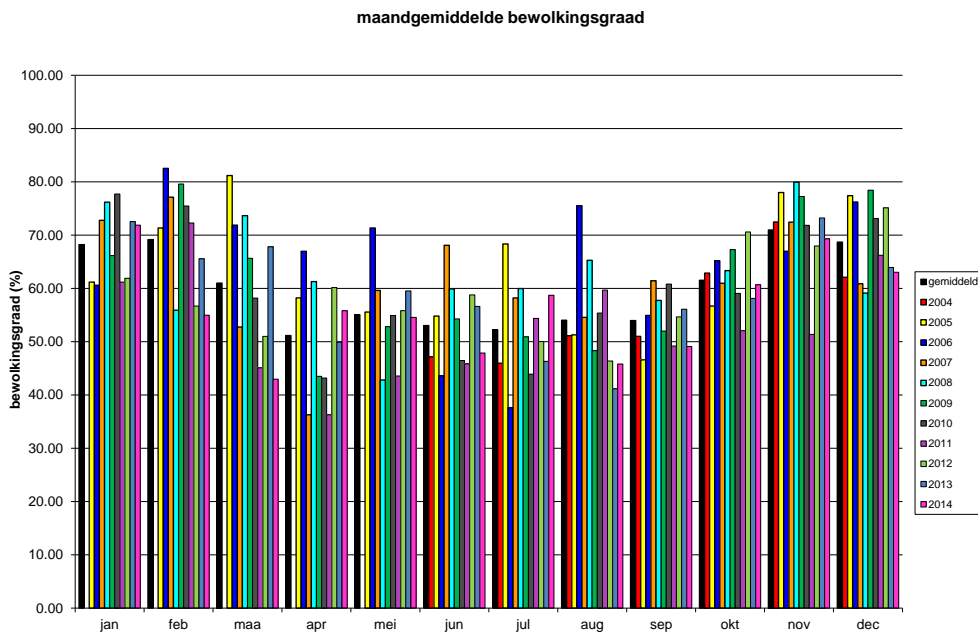
Pekarova, P., Miklanek, P., Pekar, J., 2003, Spatial and temporal runoff oscillation analysis of the main rivers of the world during the 19th-20th centuries, *Journal of Hydrology* 274.

Trigo, R.M., Pozo-Vazquez, D., Osborn, T.J., Castro-Diez, Y., Gámis-Fortis, S., Esteban-Parra, M.J., 2004, North Atlantic Oscillation influence on precipitation, river flow and water resources in the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*, 24: 925-944.

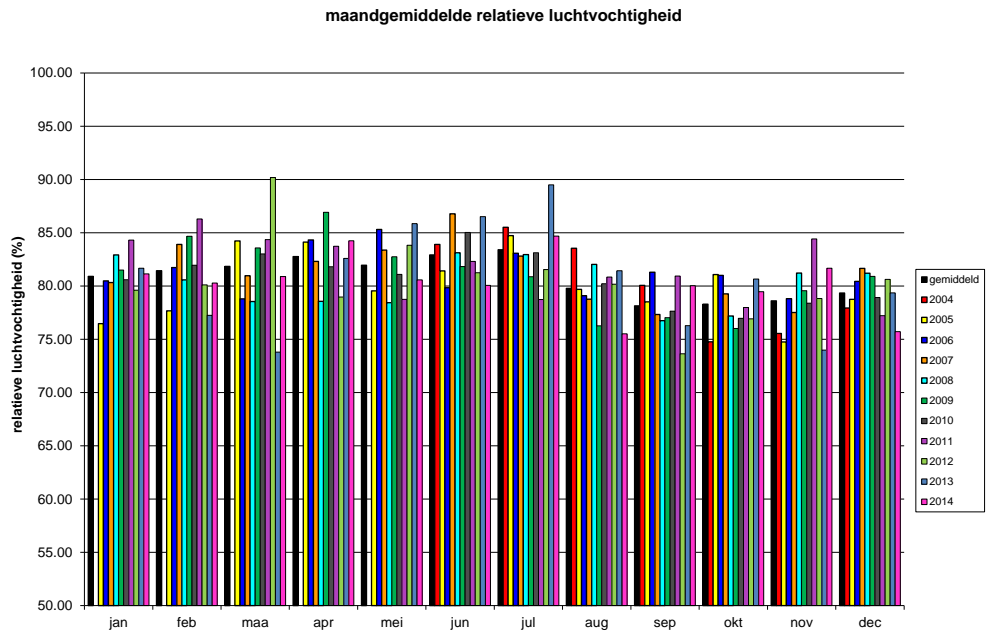
## **Bijlage A Staafdiagrammen maandgemiddelde parameters juni 2004 - december 2014**



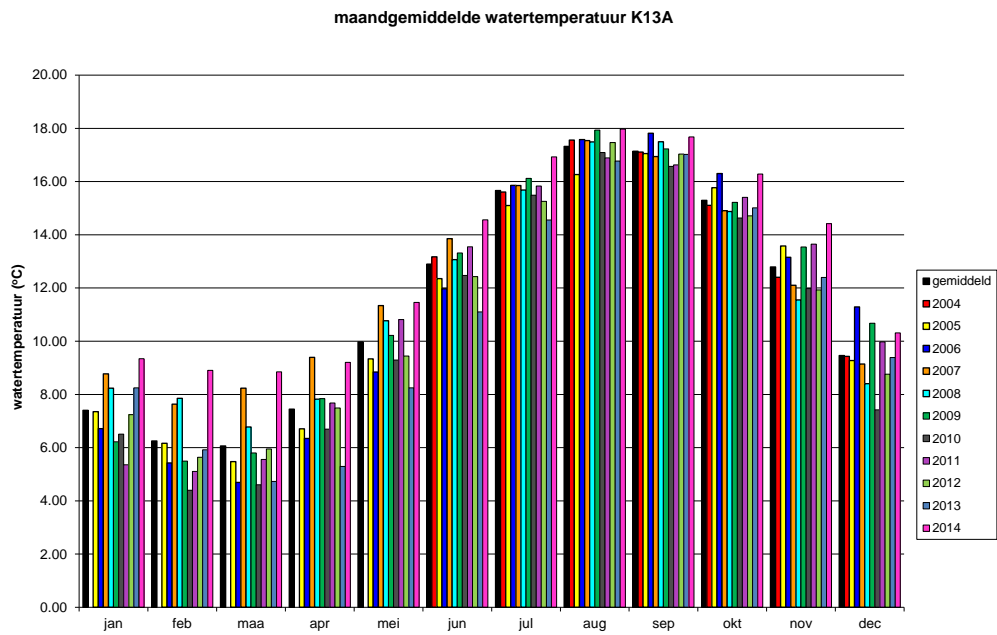
Figuur A. 1 Maandgemiddelde luchttemperatuur in de Voordelta.



Figuur A. 2 Maandgemiddelde bewolkingsgraad in de Voordelta.

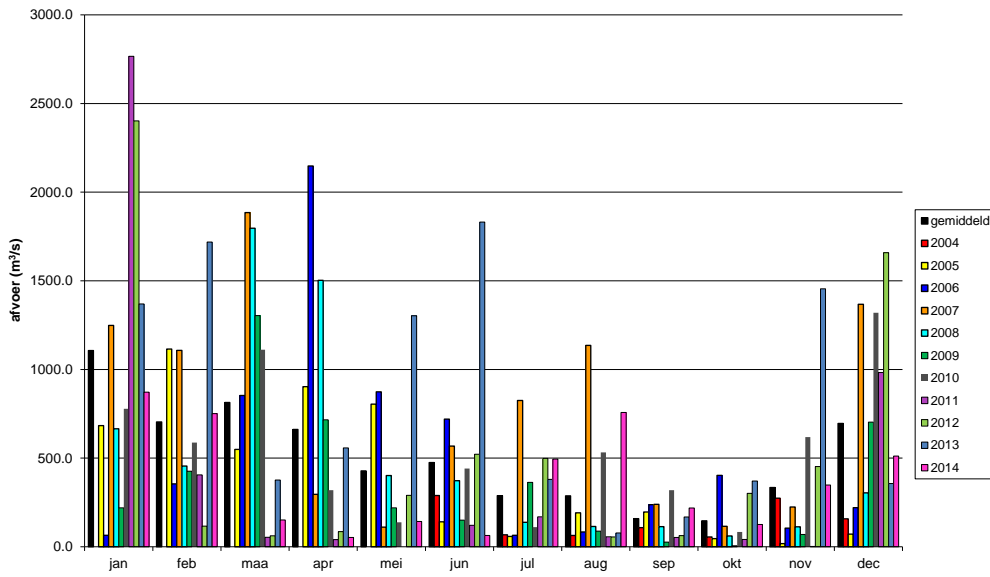


Figuur A. 3 Maandgemiddelde relatieve luchtvochtigheid in de Voordelta.



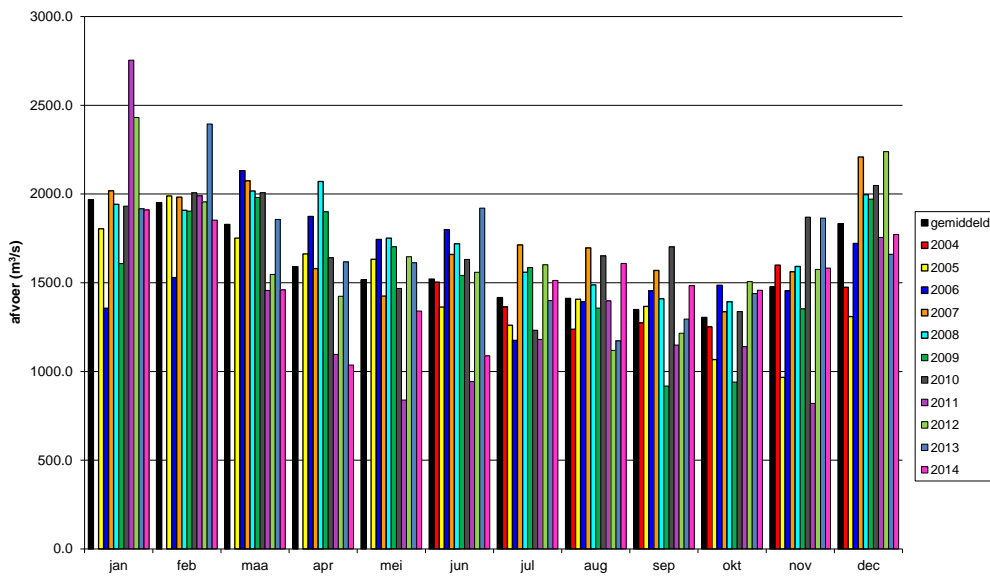
Figuur A. 4 Maandgemiddelde watertemperatuur in station K13a.

maandgemiddelde afvoer Haringvliet (Sobek)



Figuur A. 5 Maandgemiddelde afvoer uit het Haringvliet.

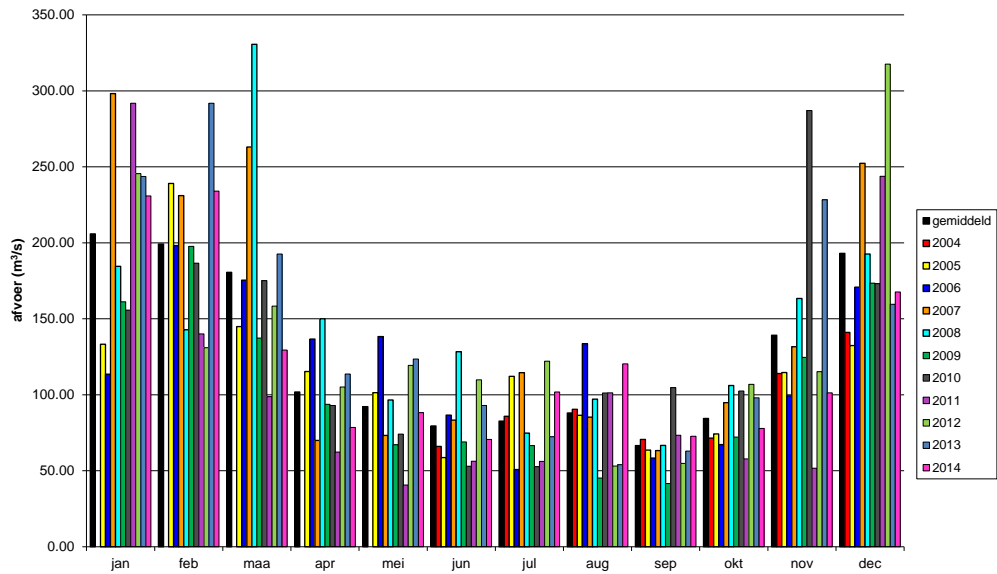
maandgemiddelde afvoer Maasmond (Sobek)



Figuur A. 6 Maandgemiddelde afvoer uit de Maasmond.

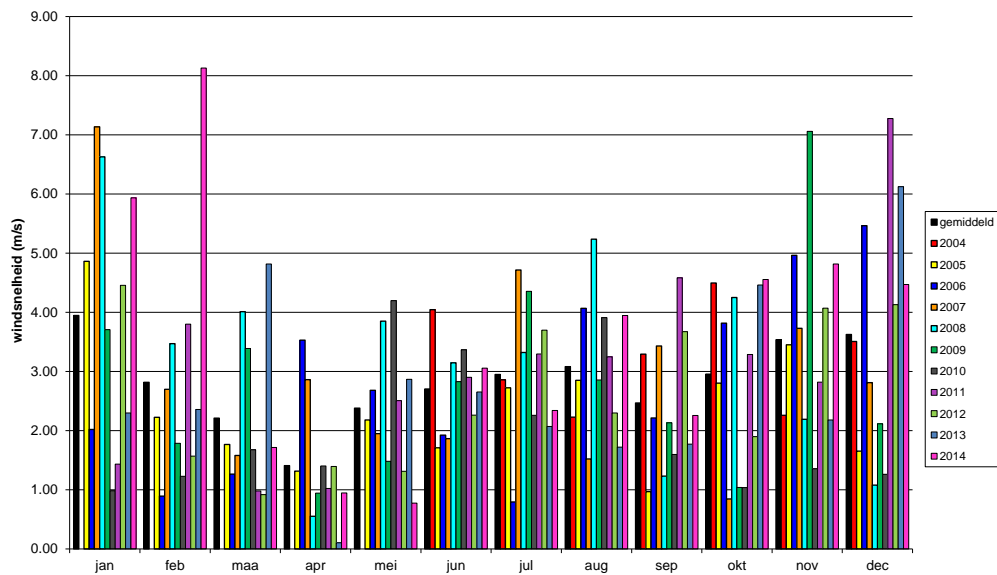


maandgemiddelde afvoer Schaar van Ouden Doel

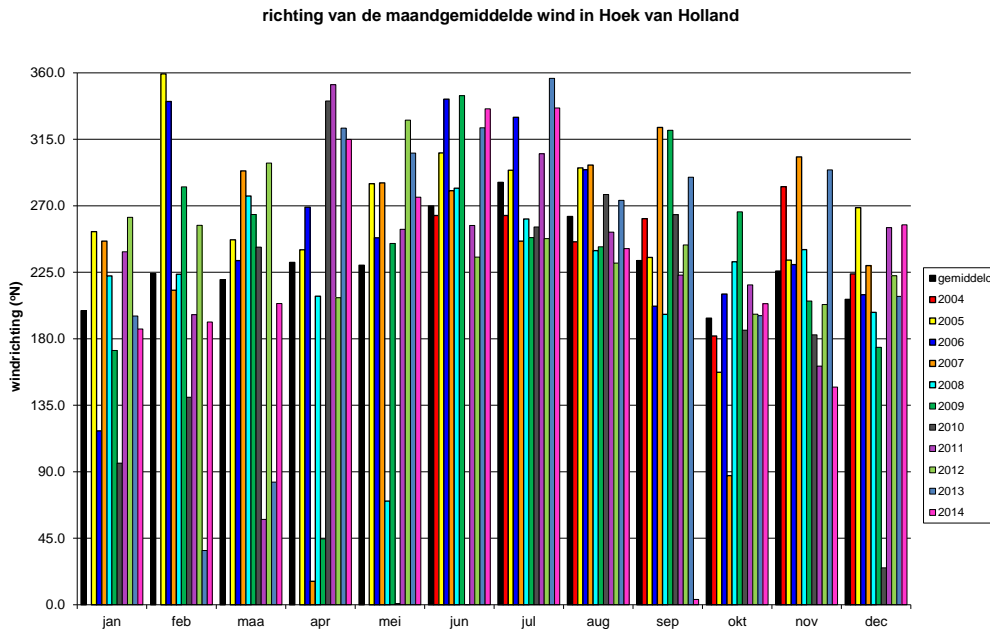


Figuur A. 7 Maandgemiddelde afvoer uit de Schaar van Ouden Doel.

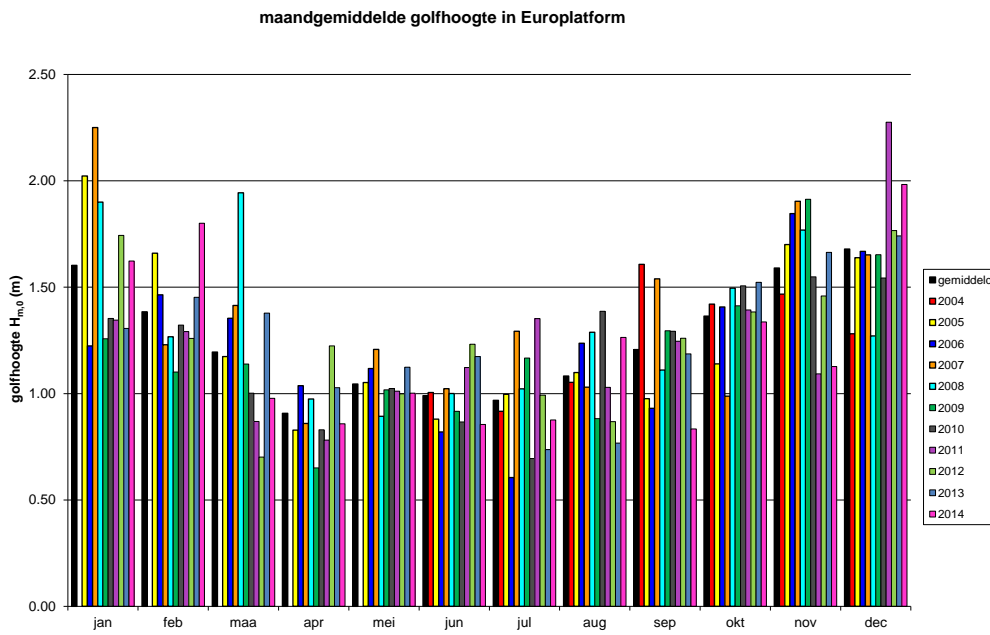
snelheid van de maandgemiddelde wind in Hoek van Holland



Figuur A. 8 Maandgemiddelde windsnelheid in station Hoek van Holland.

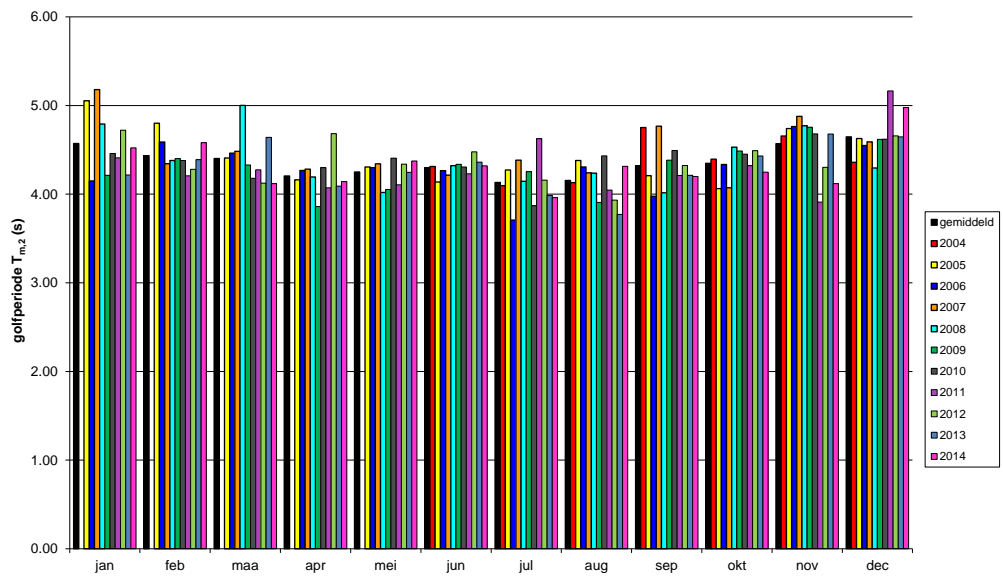


Figuur A. 9 Maandgemiddelde windrichting in station Hoek van Holland.



Figuur A. 10 Maandgemiddelde golfhoogte in station Europlatform.

maandgemiddelde golfperiode in Europlatform



Figuur A. 11 Maandgemiddelde golfperiode in station Europlatform.

**Bijlage B Tabellen en figuren voor simulaties  
januari – december 2014**

Tabel B.1 Vergelijking tussen berekende en gemeten waterstand, Kustzuid, 2014

periode	Euro Platform waterstand (m)		Hoek van Holland waterstand (m)		Haringvliet 10 waterstand (m)		Roompot Buiten waterstand (m)		Vlissingen waterstand (m)	
	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>
januari	0.012	0.051	0.036	0.075	0.055	0.074	0.038	0.079	0.033	0.117
februari	0.005	0.075	0.038	0.092	0.057	0.093	0.039	0.104	0.037	0.147
maart	0.028	0.064	0.040	0.091	0.053	0.088	0.053	0.099	0.051	0.144
kwartaal 1	0.015	0.064	0.038	0.086	0.055	0.085	0.043	0.095	0.041	0.137
april	0.012	0.055	0.027	0.080	0.035	0.077	0.035	0.085	0.025	0.125
mei	0.006	0.065	0.028	0.090	0.036	0.087	0.036	0.099	0.023	0.140
juni	0.018	0.067	0.026	0.089	0.036	0.085	0.039	0.094	0.030	0.131
kwartaal 2	0.012	0.063	0.027	0.086	0.036	0.083	0.037	0.093	0.026	0.132
juli	0.030	0.076	0.035	0.100	0.047	0.096	0.049	0.113	0.036	0.156
augustus	0.029	0.085	0.047	0.103	0.063	0.109	0.056	0.125	0.043	0.164
september	0.024	0.085	0.032	0.103	0.058	0.107	0.049	0.123	0.041	0.167
kwartaal 3	0.028	0.082	0.038	0.102	0.056	0.104	0.051	0.121	0.040	0.162
oktober	0.017	0.086	0.039	0.105	0.055	0.107	0.046	0.123	0.032	0.166
november	-0.002	0.075	0.012	0.095	0.036	0.096	0.023	0.106	0.009	0.145
december	0.028	0.093	0.050	0.110	0.059	0.115	0.071	0.134	0.058	0.172
kwartaal 4	0.015	0.086	0.034	0.105	0.050	0.107	0.047	0.123	0.033	0.163
hele jaar	0.017	0.075	0.034	0.095	0.049	0.096	0.045	0.109	0.035	0.149

Tabel B.2 Vergelijking tussen berekende en gemeten watertemperatuur bij oppervlak, Kustzuid, 2014

periode	Euro Platform T <sub>opp</sub> (°C)		Lichteiland Goeree T <sub>opp</sub> (°C)		Vlissingen T <sub>opp</sub> (°C)		Hoek van Holland T <sub>opp</sub> (°C)		Noordwijk Meetpost T <sub>opp</sub> (°C)	
	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>
januari	0.256	0.210	0.386	0.230	-0.296	0.118	-0.338	0.611		
februari	0.563	0.244	0.727	0.325	-0.288	0.135	0.128	0.514		
maart	0.660	0.142	0.360	0.190	0.050	0.291	0.990	0.474		
kwartaal 1	0.491	0.267	0.483	0.301	-0.174	0.257	0.292	0.770		
april	0.307	0.223	-0.102	0.258	-0.154	0.391	1.372	0.538		
mei	-0.238	0.333	-0.771	0.293	-0.020	0.388	1.438	0.538		
juni	-0.077	0.224	-1.019	0.322	0.239	0.517	1.354	0.728		
kwartaal 2	-0.005	0.350	-0.632	0.484	0.021	0.465	1.392	0.596		
juli	0.179	0.454	-0.968	0.368	0.520	0.484	0.885	0.890		
augustus	0.473	0.227	-0.485	0.269	1.217	0.448	0.601	0.478		
september	0.404	0.144	-0.341	0.204	1.077	0.436	-0.111	0.452		
kwartaal 3	0.352	0.331	-0.601	0.395	0.937	0.548	0.376	0.704		
oktober	0.304	0.133	-0.377	0.118	0.371	0.303	-0.035	0.228		
november	0.555	0.182	0.123	0.240	0.193	0.138	-0.473	0.350		
december	0.626	0.159	0.243	0.583	0.102	0.155	-0.677	0.504		
kwartaal 4	0.494	0.211	-0.005	0.459	0.222	0.241	-0.394	0.464		
hele jaar	0.332	0.358	-0.191	0.620	0.254	0.580	0.395	0.909		

Tabel B.3 Vergelijking tussen berekende en gemeten watertemperatuur bij oppervlak en bodem, Kustzuid, 2014

periode	Vlakte van de Raan				Oosterschelde 4			
	T <sub>opp</sub> (°C)		T <sub>bod</sub> (°C)		T <sub>opp</sub> (°C)		T <sub>bod</sub> (°C)	
	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>
januari	0.006	0.394	0.107	0.407				
februari	0.339	0.428	0.489	0.436				
maart	0.046	0.135	0.235	0.138				
kwartaal 1	0.124	0.372	0.270	0.384				
april	-0.260	0.291	-0.109	0.337				
mei	-0.713	0.413	-0.556	0.476				
juni	-0.790	0.352	-0.399	0.385				
kwartaal 2	-0.589	0.426	-0.354	0.449				
juli	-1.014	0.218	-0.168	0.438				
augustus	0.261	0.394	0.329	0.364				
september	0.021	0.192	0.009	0.192	0.004	0.126	-0.067	0.131
kwartaal 3	-0.010	0.506	0.065	0.401	0.004	0.126	-0.067	0.131
oktober	0.021	0.169	0.050	0.164	-0.014	0.130	-0.086	0.125
november	0.045	0.248	0.016	0.249	0.157	0.146	0.096	0.148
december	0.275	0.353	0.248	0.353				
kwartaal 4	0.114	0.292	0.106	0.286	0.069	0.162	0.003	0.164
hele jaar	-0.096	0.500	0.028	0.445	0.062	0.160	-0.005	0.162

Tabel B.4 Vergelijking tussen berekende en gemeten watertemperatuur bij oppervlak en bodem, Kustzuid, 2014

periode	Brouwershavensche Gat 2				Brouwershavensche Gat 8			
	T <sub>opp</sub> (°C)		T <sub>bod</sub> (°C)		T <sub>opp</sub> (°C)		T <sub>bod</sub> (°C)	
	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>
januari	-0.126	0.223			-0.143	0.222	-0.321	0.206
februari	0.161	0.394						
maart	0.202	0.127						
kwartaal 1	0.076	0.305			-0.143	0.222	-0.321	0.206
april	0.098	0.114						
mei					-0.241	0.446	-0.100	0.421
juni	-1.092	0.258	-0.879	0.212	-0.332	0.529	-0.179	0.415
kwartaal 2	-1.030	0.366	-0.879	0.212	-0.286	0.490	-0.133	0.420
juli	-0.877	0.256	-0.859	0.261	0.068	0.434	0.150	0.534
augustus	-0.760	0.284	-0.337	0.500	0.023	0.367	0.168	0.370
september	-0.341	0.145	-0.115	0.130	0.039	0.441	0.300	0.437
kwartaal 3	-0.644	0.336	-0.497	0.471	0.043	0.415	0.214	0.441
oktober	-0.211	0.190	0.034	0.104	-0.518	0.224	-0.253	0.243
november	-0.036	0.219	0.379	0.202	-0.502	0.319	-0.225	0.335
december	0.042	0.427	0.089	0.397				
kwartaal 4	-0.069	0.317	0.110	0.391	-0.510	0.275	-0.239	0.293
hele jaar	-0.233	0.481	-0.375	0.533	-0.200	0.445	-0.066	0.431

Tabel B.5 Vergelijking tussen berekende en gemeten watertemperatuur bij oppervlak en bodem, Kustzuid, 2014

periode	Haringvliet 10			
	T <sub>opp</sub> (°C)		T <sub>bod</sub> (°C)	
	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>
januari	-0.155	0.276	-0.252	0.311
februari				
maart				
kwartaal 1	-0.155	0.276	-0.252	0.311
april	-0.369	0.328	-0.086	0.314
mei	-0.741	0.304	-0.597	0.271
juni	-0.931	0.411	-0.850	0.373
kwartaal 2	-0.668	0.439	-0.632	0.443
juli	-0.760	0.381	-0.728	0.332
augustus	-0.085	0.681	-0.236	0.605
september	-0.067	0.223	-0.077	0.197
kwartaal 3	-0.307	0.571	-0.367	0.508
oktober	-0.092	0.280	0.073	0.124
november	0.027	0.361	0.103	0.301
december	0.137	0.597	0.082	0.578
kwartaal 4	0.024	0.460	0.091	0.452
hele jaar	-0.296	0.546	-0.292	0.537

Tabel B.6 Vergelijking tussen berekende en gemeten saliniteit bij oppervlak en bodem, Kustzuid, 2014

periode	Vlakte van de Raan				Oosterschelde 4			
	S <sub>opp</sub> (PSU)		S <sub>bod</sub> (PSU)		S <sub>opp</sub> (PSU)		S <sub>bod</sub> (PSU)	
	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>
januari	2.219	0.573	1.611	0.562				
februari	2.046	0.633	1.541	0.651				
maart	1.832	0.534	1.258	0.458				
kwartaal 1	2.032	0.602	1.468	0.580				
april	1.143	0.363	0.482	0.470				
mei	0.302	0.421	-0.296	0.458				
juni	0.110	0.403	-0.425	0.520				
kwartaal 2	0.516	0.597	-0.056	0.626				
juli	-0.454	0.221	-1.547	0.794				
augustus	-0.407	0.300	0.143	0.914				
september	0.153	0.339	-0.110	0.300	-0.632	0.147	-0.769	0.202
kwartaal 3	-0.172	0.419	-0.471	1.028	-0.632	0.147	-0.769	0.202
oktober	0.532	0.363	0.363	0.276	-0.478	0.376	-0.825	0.541
november	0.065	0.264	0.047	0.255	0.115	0.198	0.054	0.183
december	0.609	0.466	0.583	0.455				
kwartaal 4	0.407	0.444	0.335	0.406	-0.188	0.423	-0.395	0.599
hele jaar	0.745	0.964	0.327	1.005	-0.237	0.426	-0.436	0.582

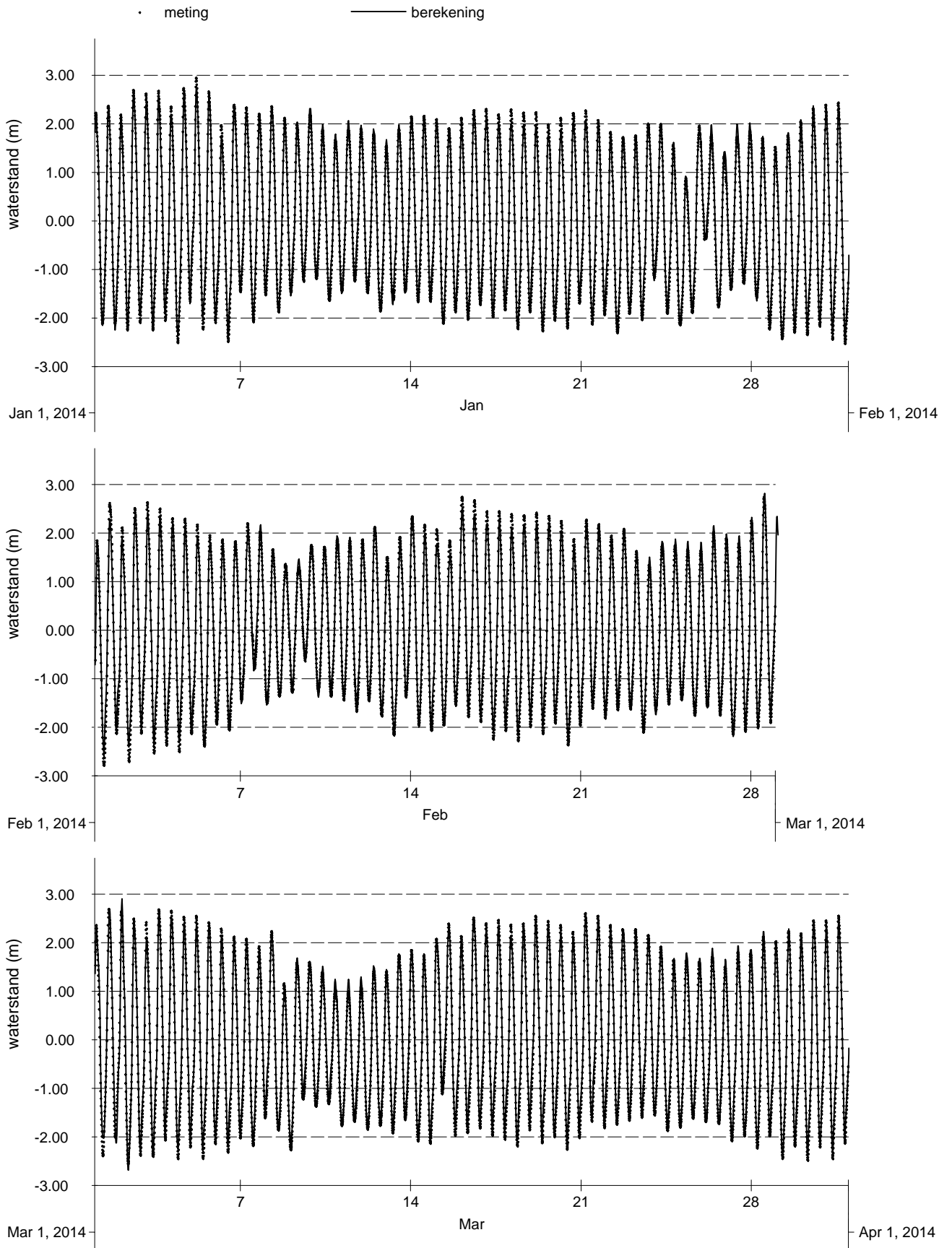
Tabel B.7 Vergelijking tussen berekende en gemeten saliniteit bij oppervlak en bodem, Kustzuid, 2014

periode	Brouwershavensche Gat 2				Brouwershavensche Gat 8			
	S <sub>opp</sub> (PSU)		S <sub>bod</sub> (PSU)		S <sub>opp</sub> (PSU)		S <sub>bod</sub> (PSU)	
	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>
januari	1.720	0.439			1.557	0.619	1.496	0.279
februari	1.524	0.516						
maart	1.044	0.318						
kwartaal 1	1.426	0.517			1.557	0.619	1.496	0.279
april	0.732	0.115						
mei					-1.290	1.045	-1.548	1.116
juni	-0.981	0.341	-1.160	0.392	-1.578	1.323	-1.581	1.180
kwartaal 2	-0.891	0.507	-1.160	0.392	-1.432	1.199	-1.561	1.143
juli	-1.098	0.369	-1.198	0.385	-2.285	1.245	-2.369	1.160
augustus	-1.222	0.245	-0.985	0.872	0.103	1.896	-0.205	1.745
september	-0.432	0.539	-0.161	0.323	-0.779	1.278	-1.024	1.065
kwartaal 3	-0.846	0.553	-0.896	0.731	-0.989	1.802	-0.996	1.613
oktober	-0.760	0.752	0.050	0.074	-1.530	1.740	-1.443	1.575
november	-0.005	0.208	-0.084	0.225	-0.262	0.444	-0.265	0.469
december	0.093	0.595	0.052	0.499				
kwartaal 4	-0.227	0.687	0.042	0.482	-0.907	1.428	-0.864	1.310
hele jaar	0.124	1.126	-0.673	0.778	-0.756	1.718	-0.747	1.608

Tabel B.8 Vergelijking tussen berekende en gemeten saliniteit bij oppervlak en bodem, Kustzuid, 2014

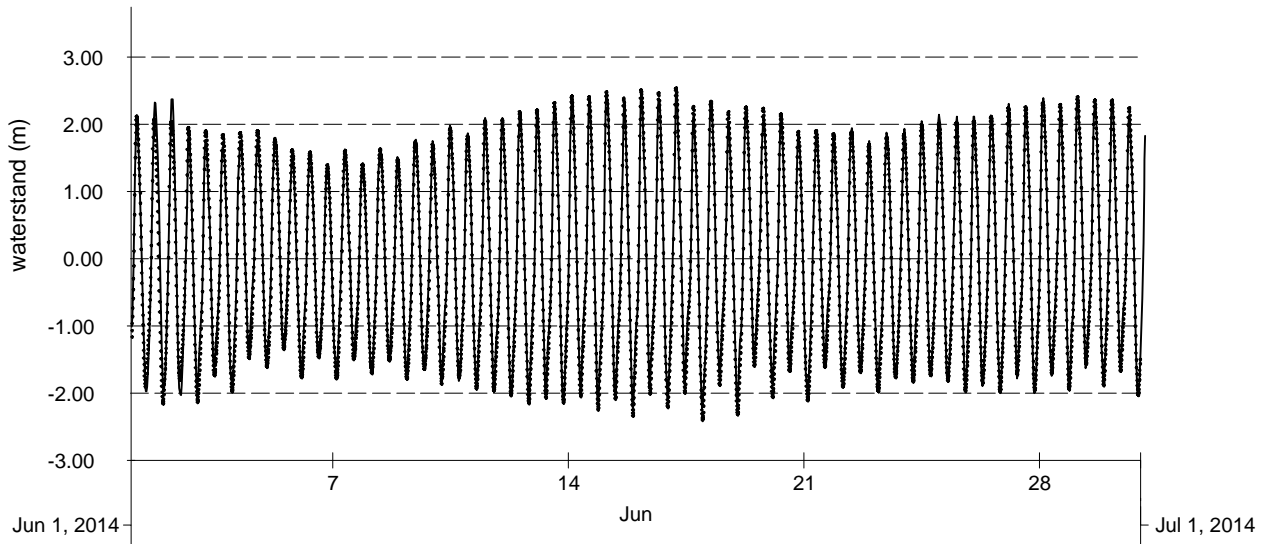
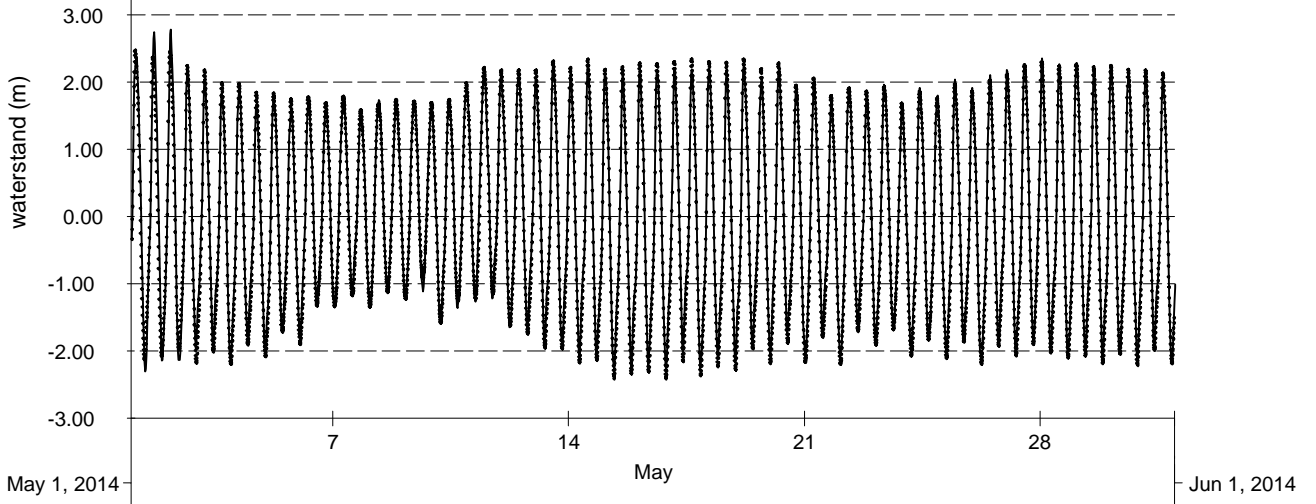
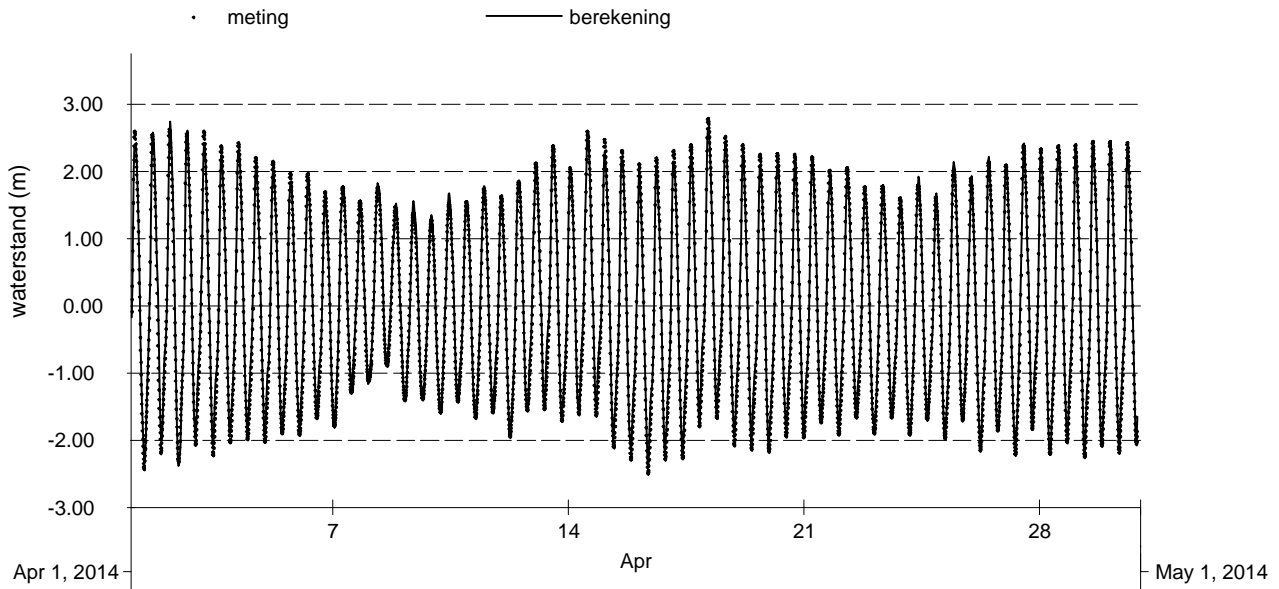
periode	Haringvliet 10			
	S <sub>opp</sub> (PSU)		S <sub>bod</sub> (PSU)	
	BIAS	RMSE <sub>o</sub>	BIAS	RMSE <sub>o</sub>
januari	2.301	2.176	0.619	0.588
februari				
maart				
kwartaal 1	2.301	2.176	0.619	0.588
april	0.029	0.436	-0.064	0.333
mei	-0.931	0.973	-1.125	0.701
juni	-0.962	0.511	-1.320	0.394
kwartaal 2	-0.562	0.778	-1.023	0.684
juli	-1.901	1.691	-2.368	1.267
augustus	-1.111	2.109	-1.463	0.889
september	-0.058	0.898	-0.526	0.440
kwartaal 3	-1.034	1.814	-1.522	1.205
oktober	-1.068	0.901	-1.131	0.532
november	0.023	0.695	-0.163	0.338
december	0.441	1.481	0.109	0.637
kwartaal 4	-0.251	1.339	-0.089	0.591
hele jaar	-0.310	1.809	-0.819	1.149





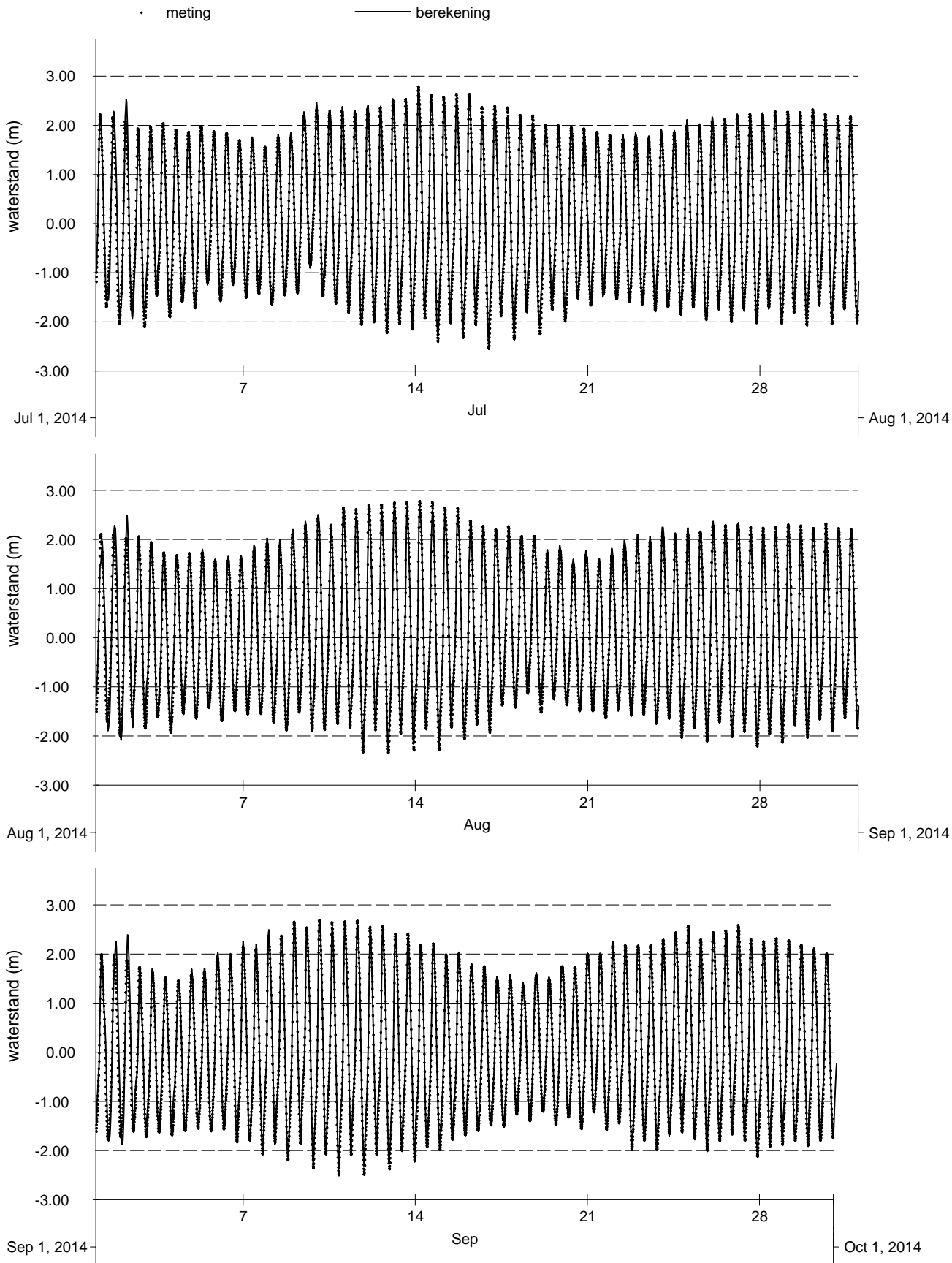
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen),  
waterstand 1e kwartaal 2014, Waterbase-station Vlissingen

Kustzuid model



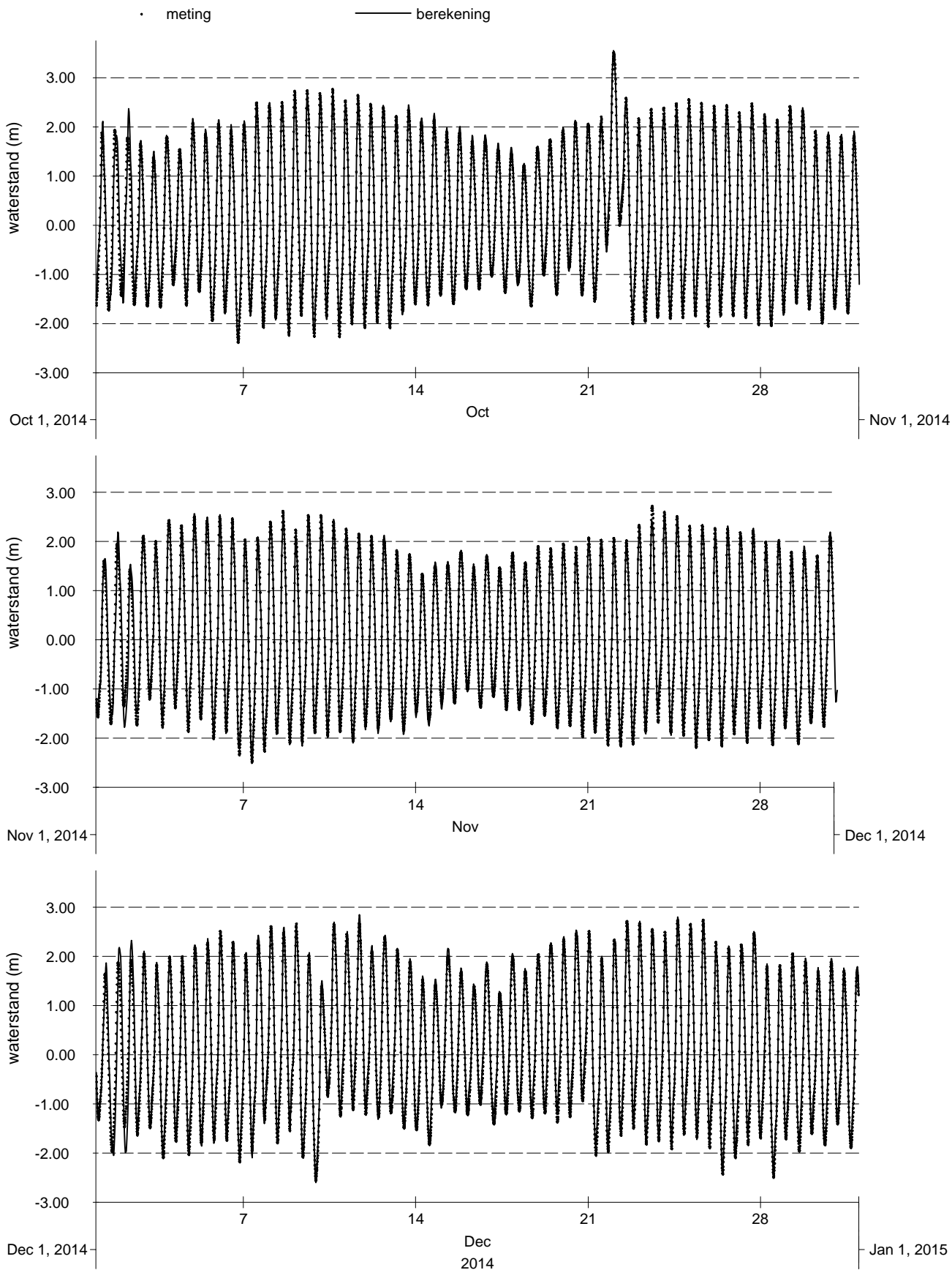
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen),  
waterstand 2e kwartaal 2014, Waterbase-station Vlissingen

Kustzuid model



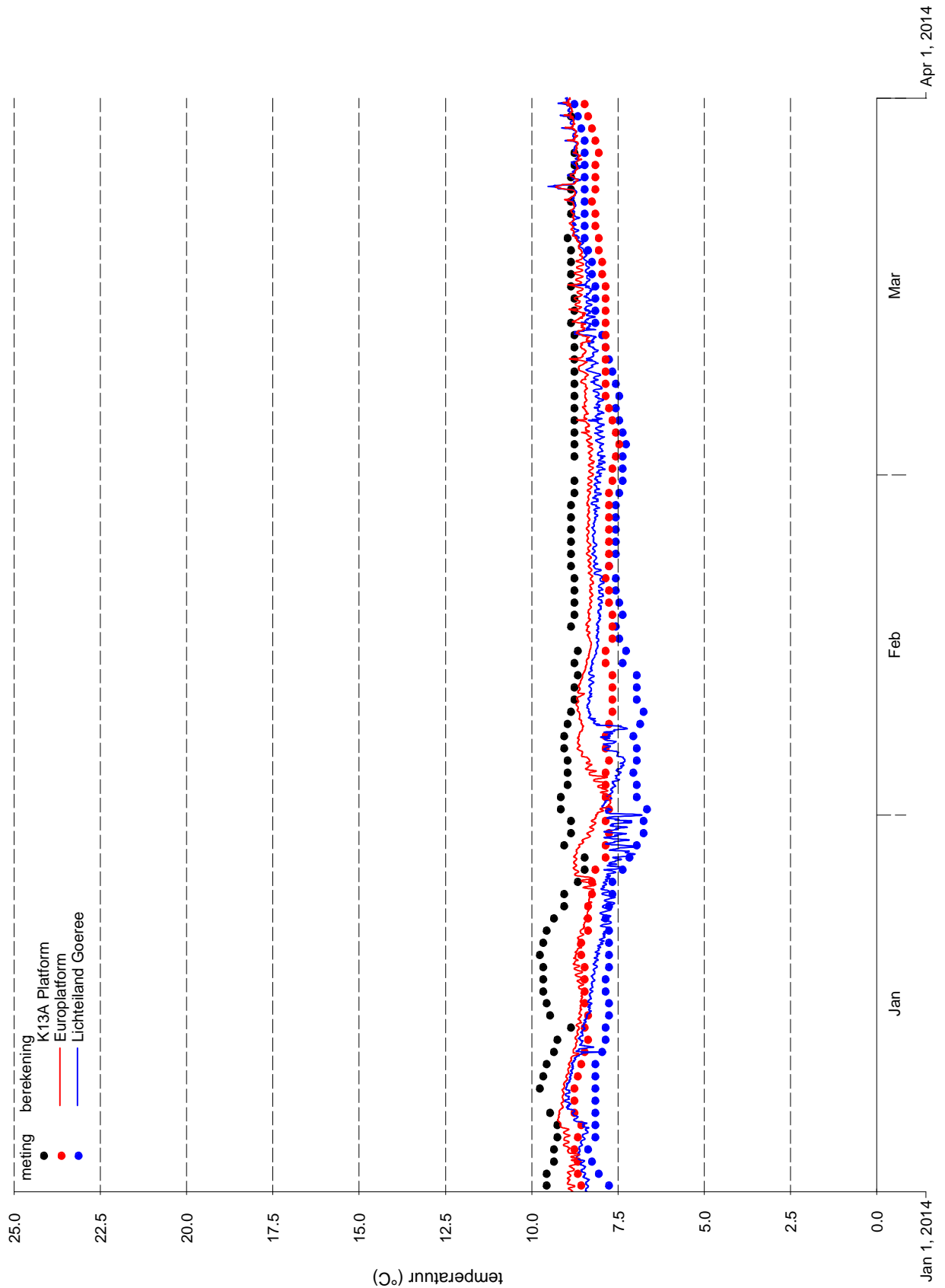
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen),  
waterstand 3e kwartaal 2014, Waterbase-station Vlissingen

Kustzuid model



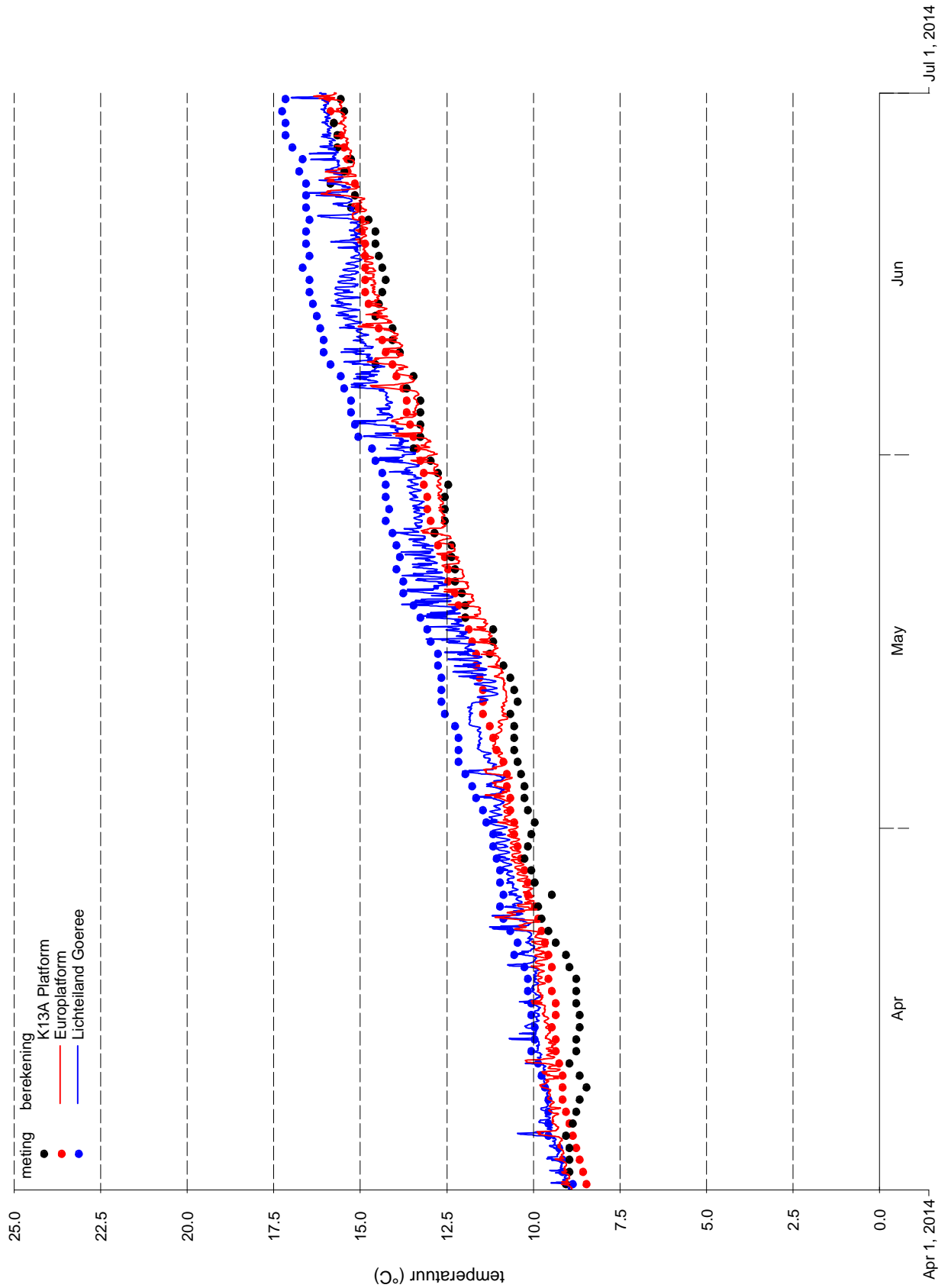
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen),  
waterstand 4e kwartaal 2014, Waterbase-station Vlissingen

Kustzuid model



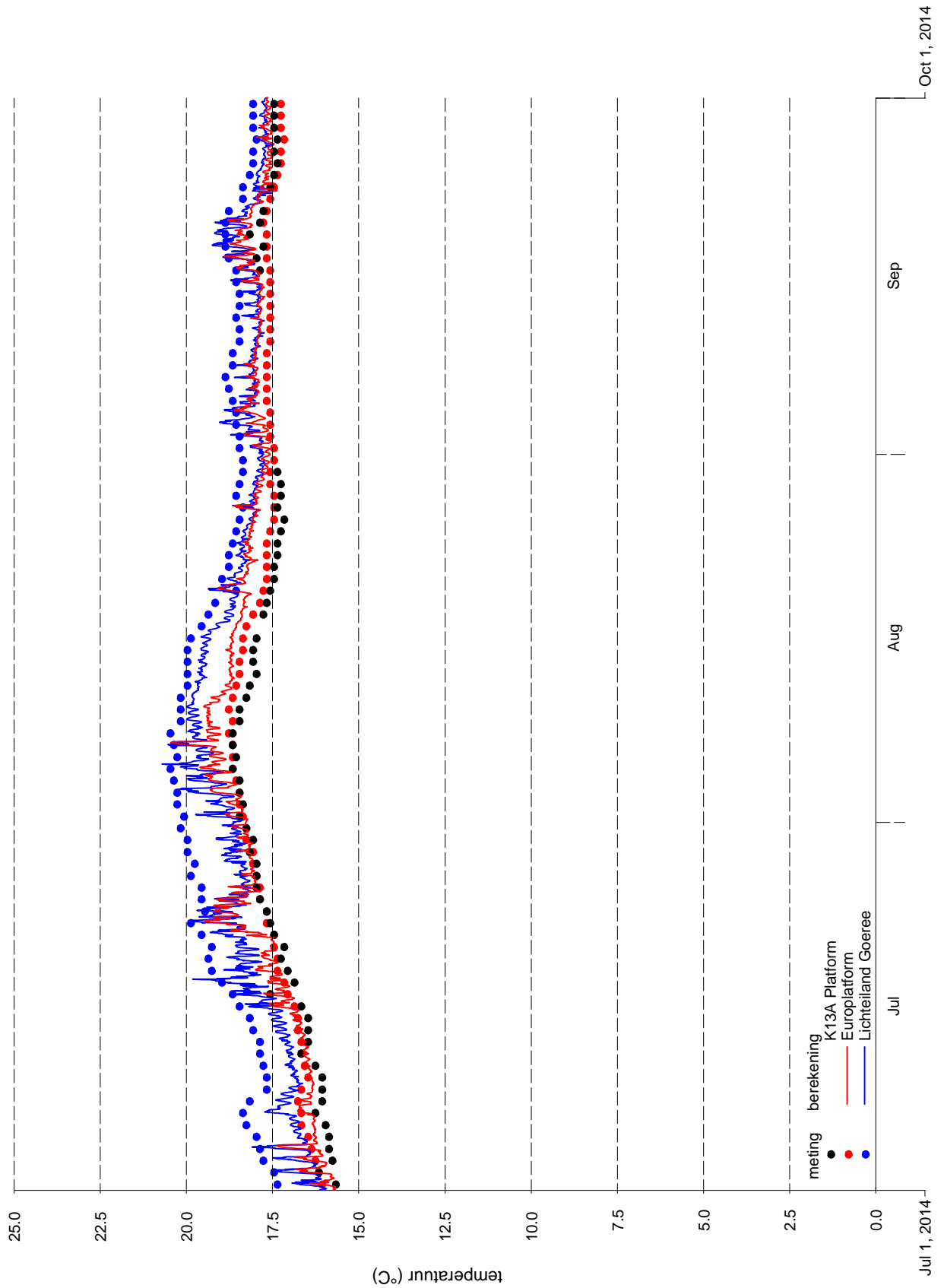
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen),  
 oppervlaktetemperatuur 1e kwartaal 2014, Waterbase-  
 stations Europlatf. en L.E.Goeree en de randvoorwaarde K13A Platf.

Kustzuid model



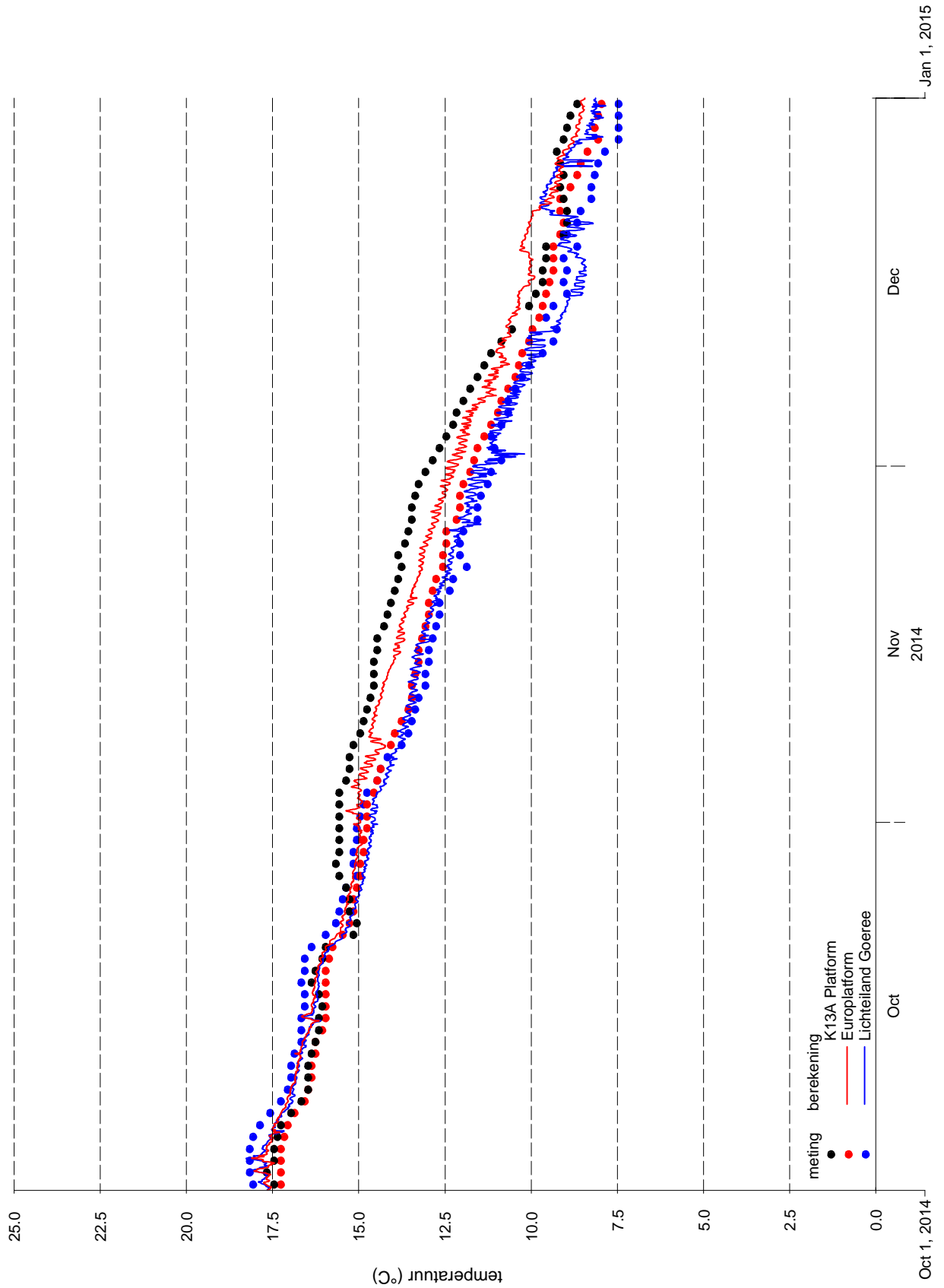
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlaktetemperatuur 2e kwartaal 2014, Waterbase-stations Europlatf. en L.E.Goeree en de randvoorwaarde K13A Platf.

Kustzuid model



Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlaktetemperatuur 3e kwartaal 2014, Waterbase-stations Europlatf. en L.E.Goeree en de randvoorwaarde K13A Platf.

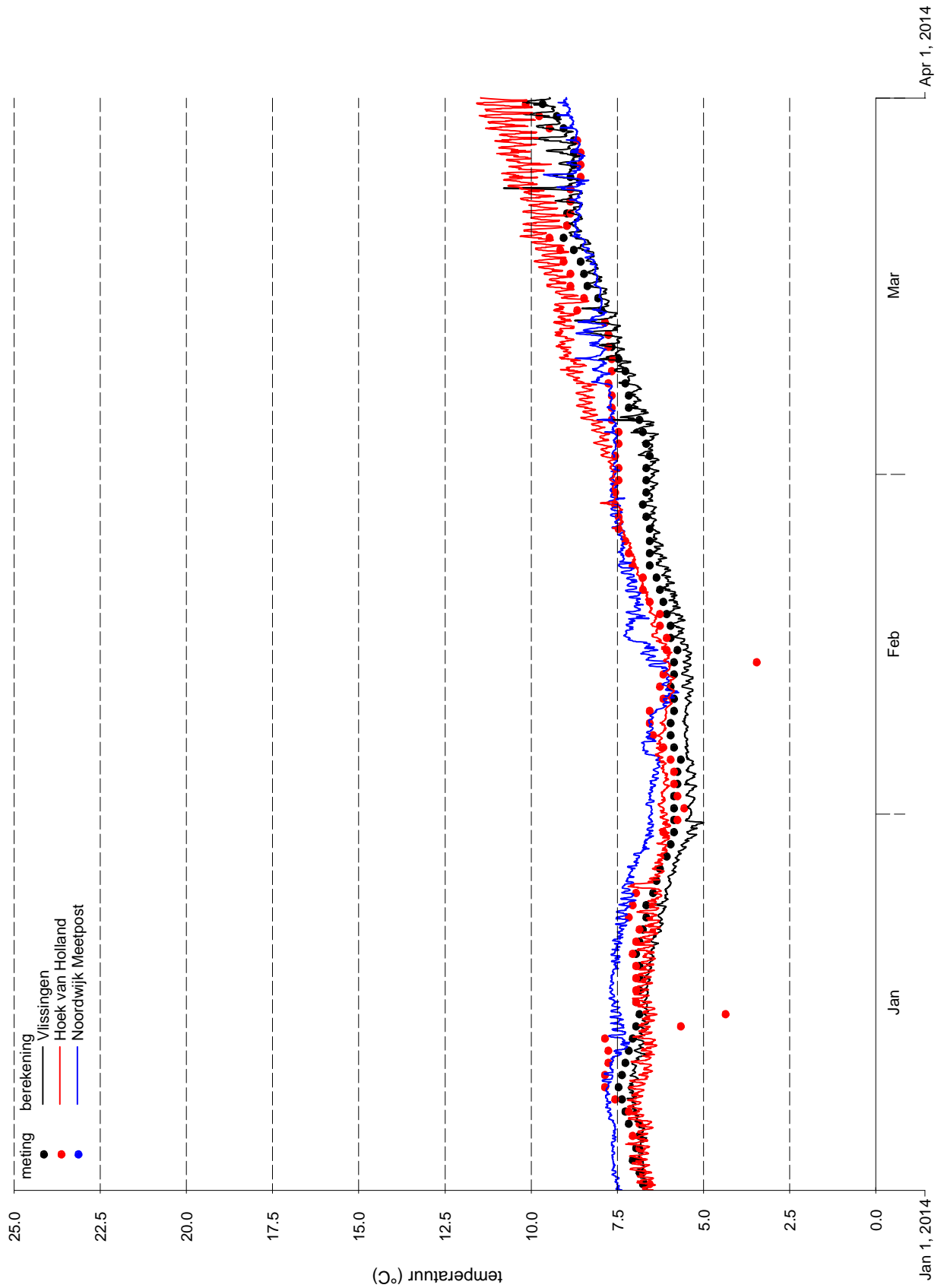
Kustzuid model



Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlaktetemperatuur 4e kwartaal 2014, Waterbase-stations Europlatf. en L.E.Goeree en de randvoorwaarde K13A Platf.

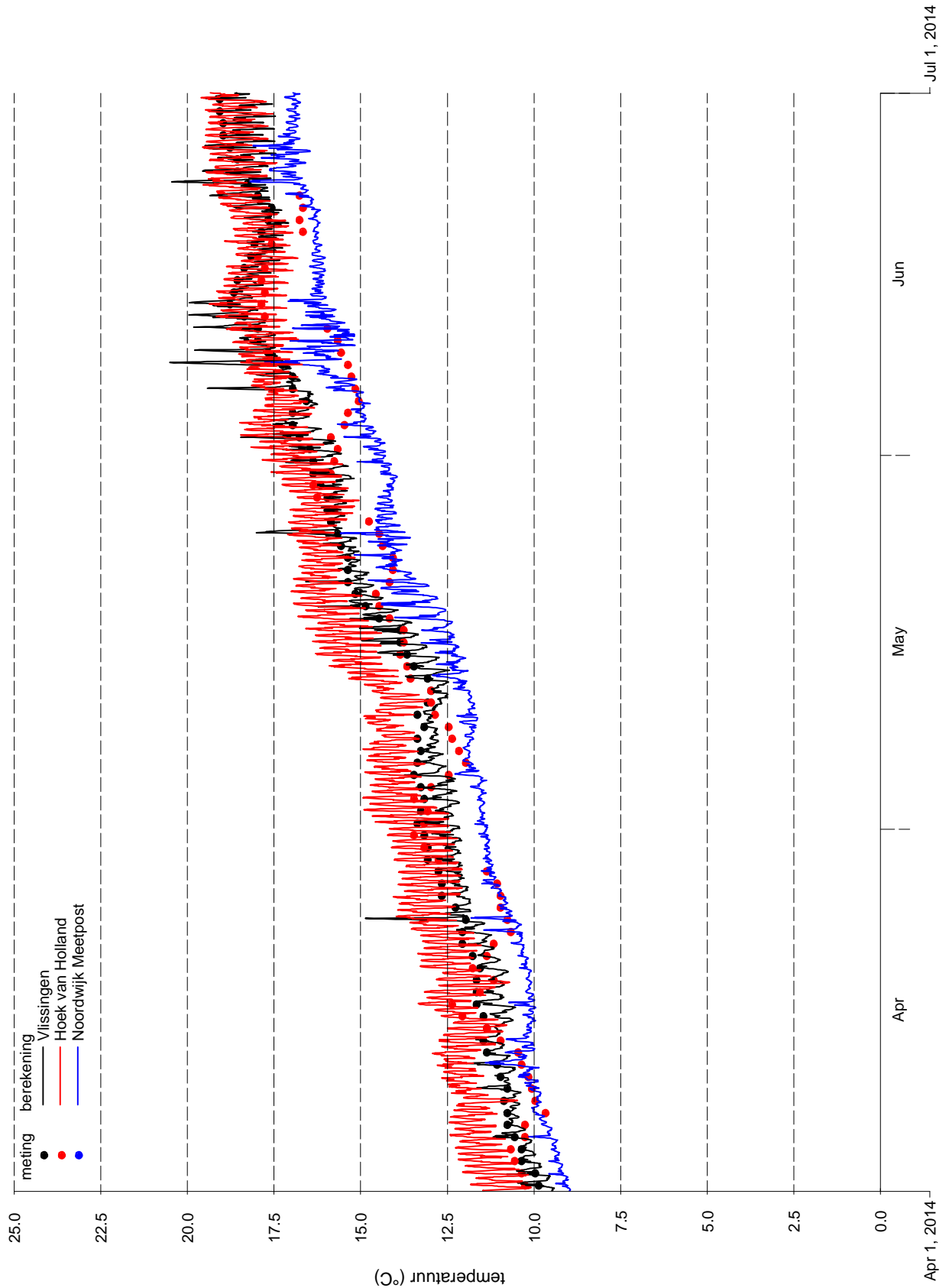
Kustzuid model





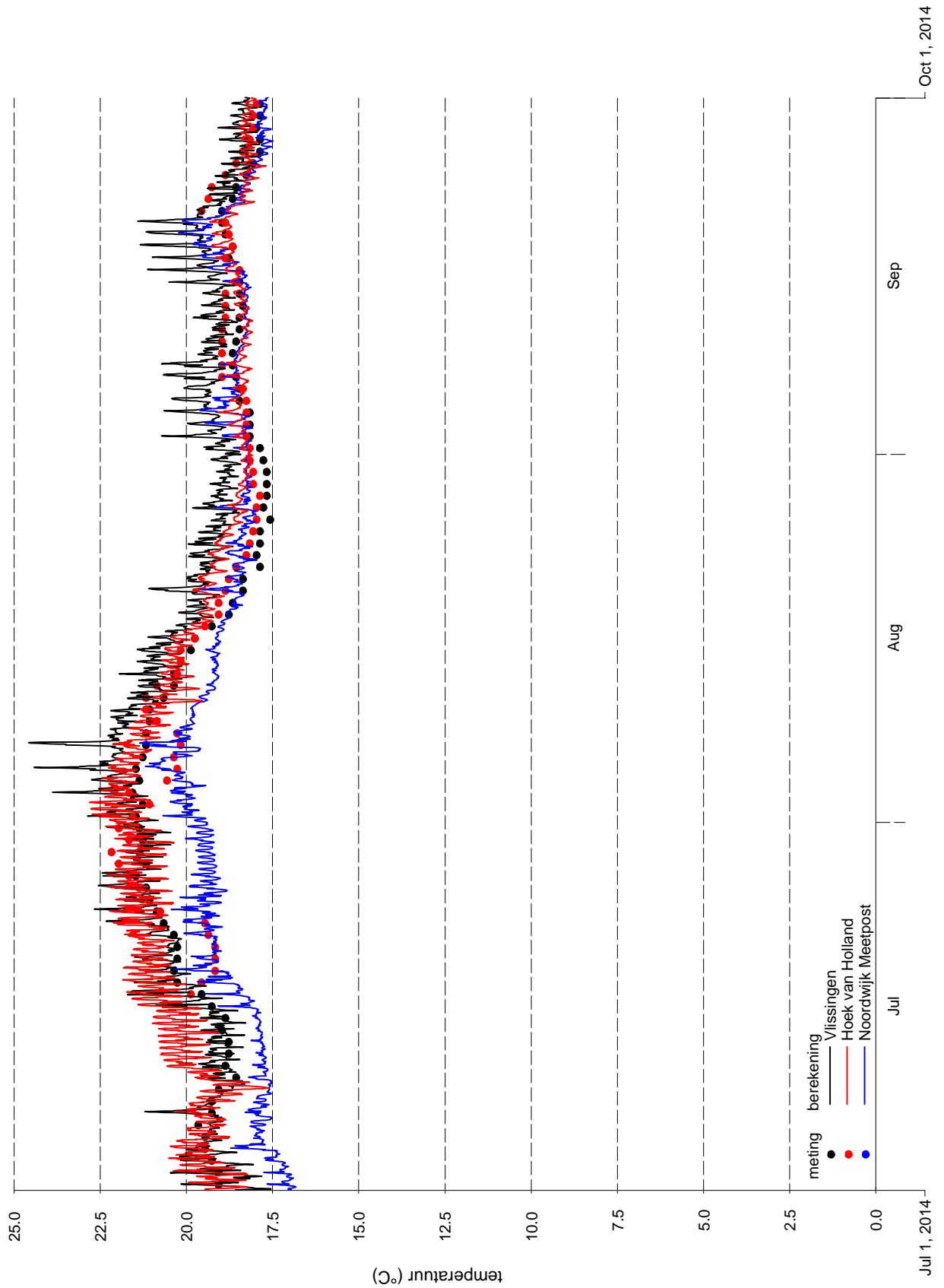
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlaktetemperatuur 1e kwartaal 2014, Waterbase-stations Vlissingen, Hoek van Holland en Noordwijk Meetpost

Kustzuid model



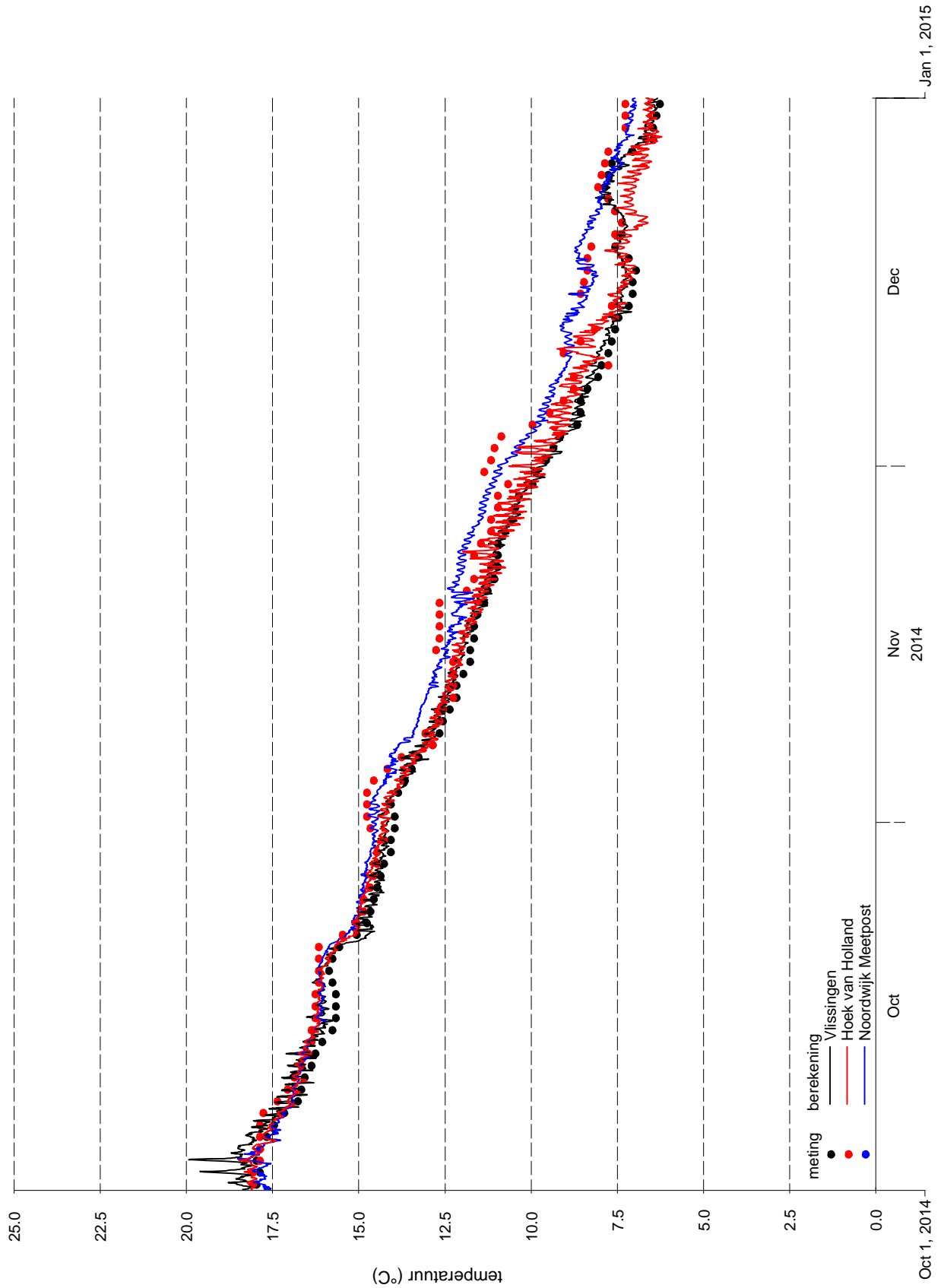
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlaktetemperatuur 2e kwartaal 2014, Waterbase-stations Vlissingen, Hoek van Holland en Noordwijk Meetpost

Kustzuid model



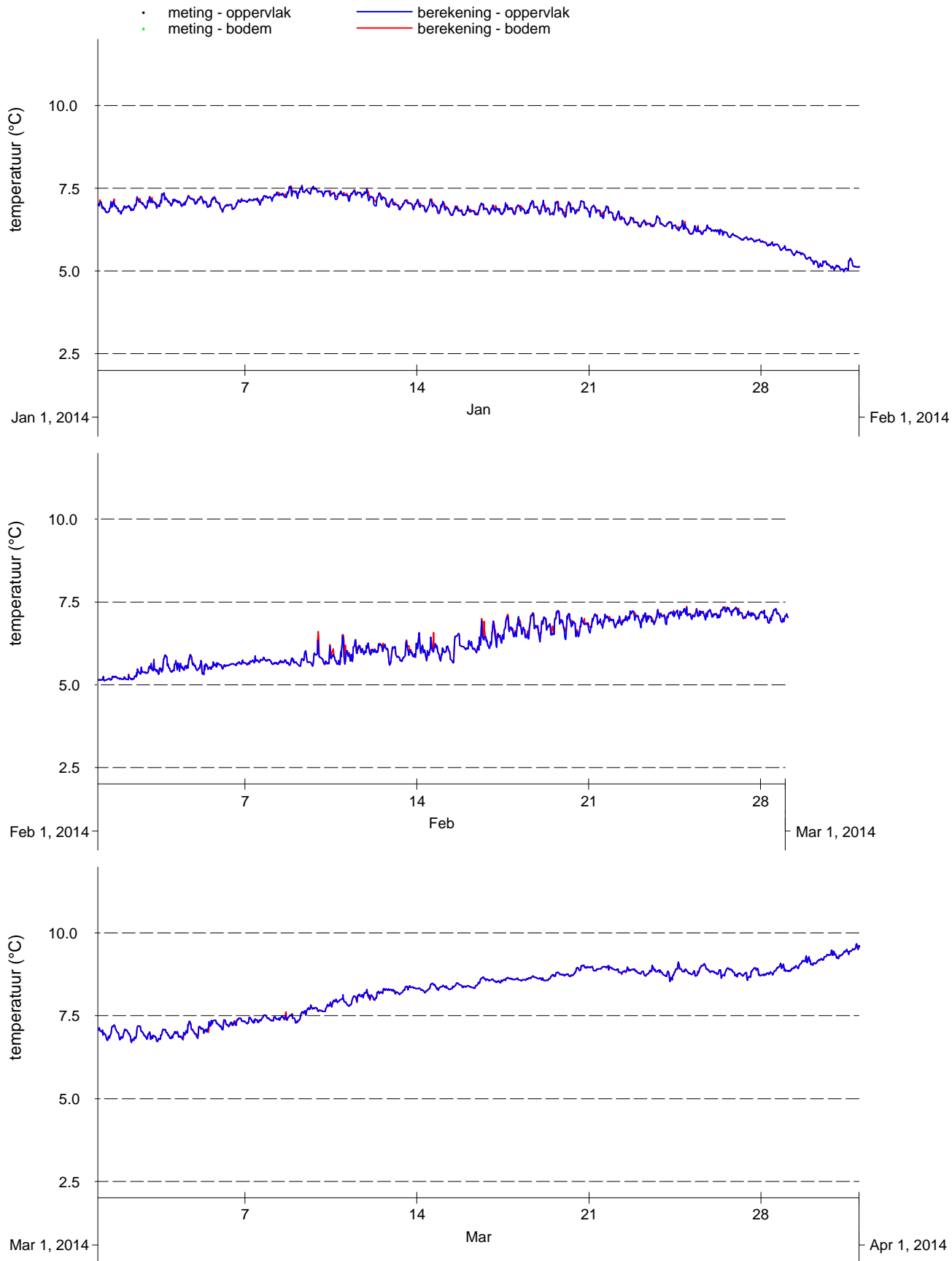
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlaktetemperatuur 3e kwartaal 2014, Waterbase-stations Vlissingen, Hoek van Holland en Noordwijk Meetpost

Kustzuid model



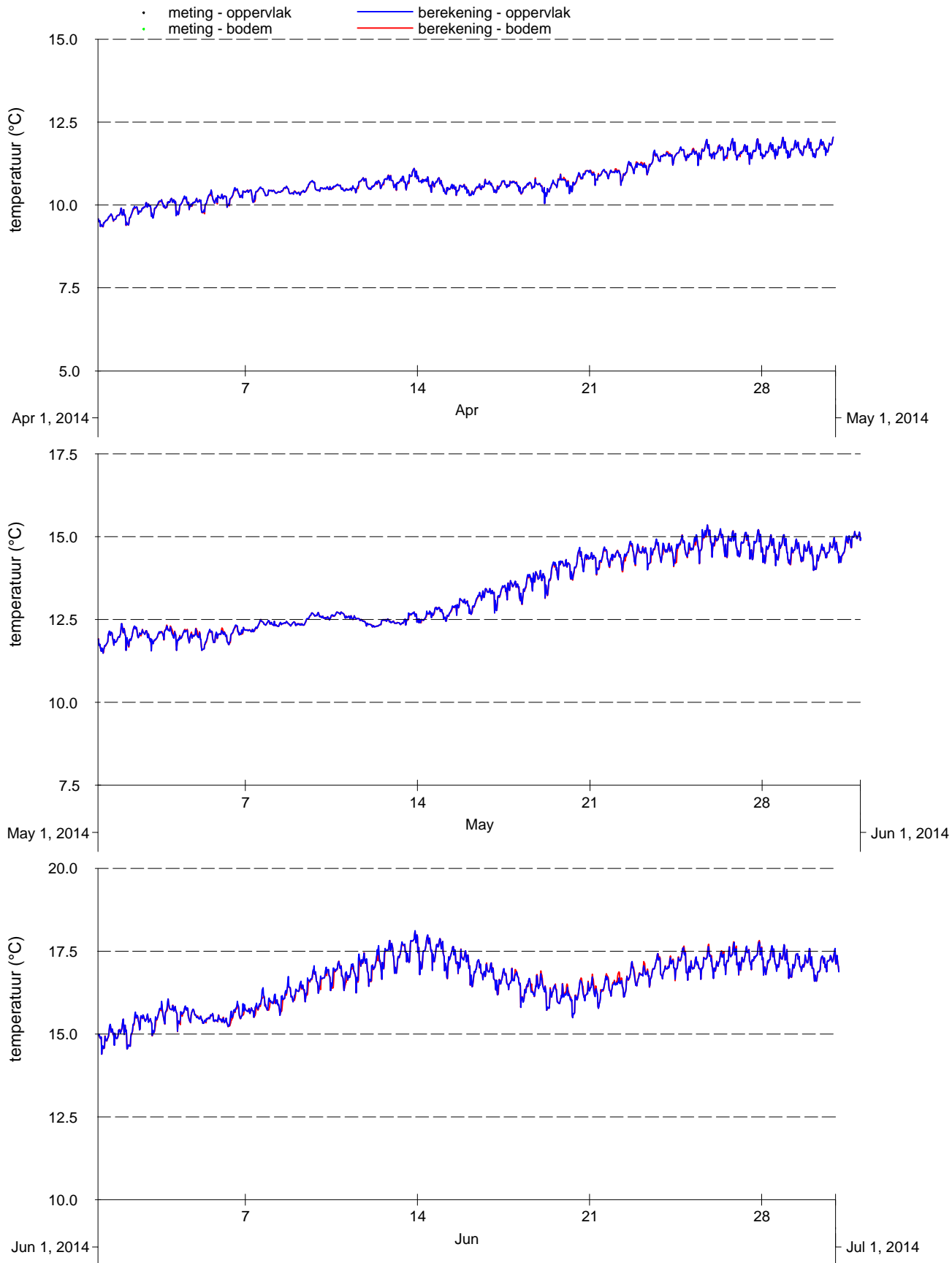
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlaktetemperatuur 4e kwartaal 2014, Waterbase-stations Vlissingen, Hoek van Holland en Noordwijk Meetpost

Kustzuid model



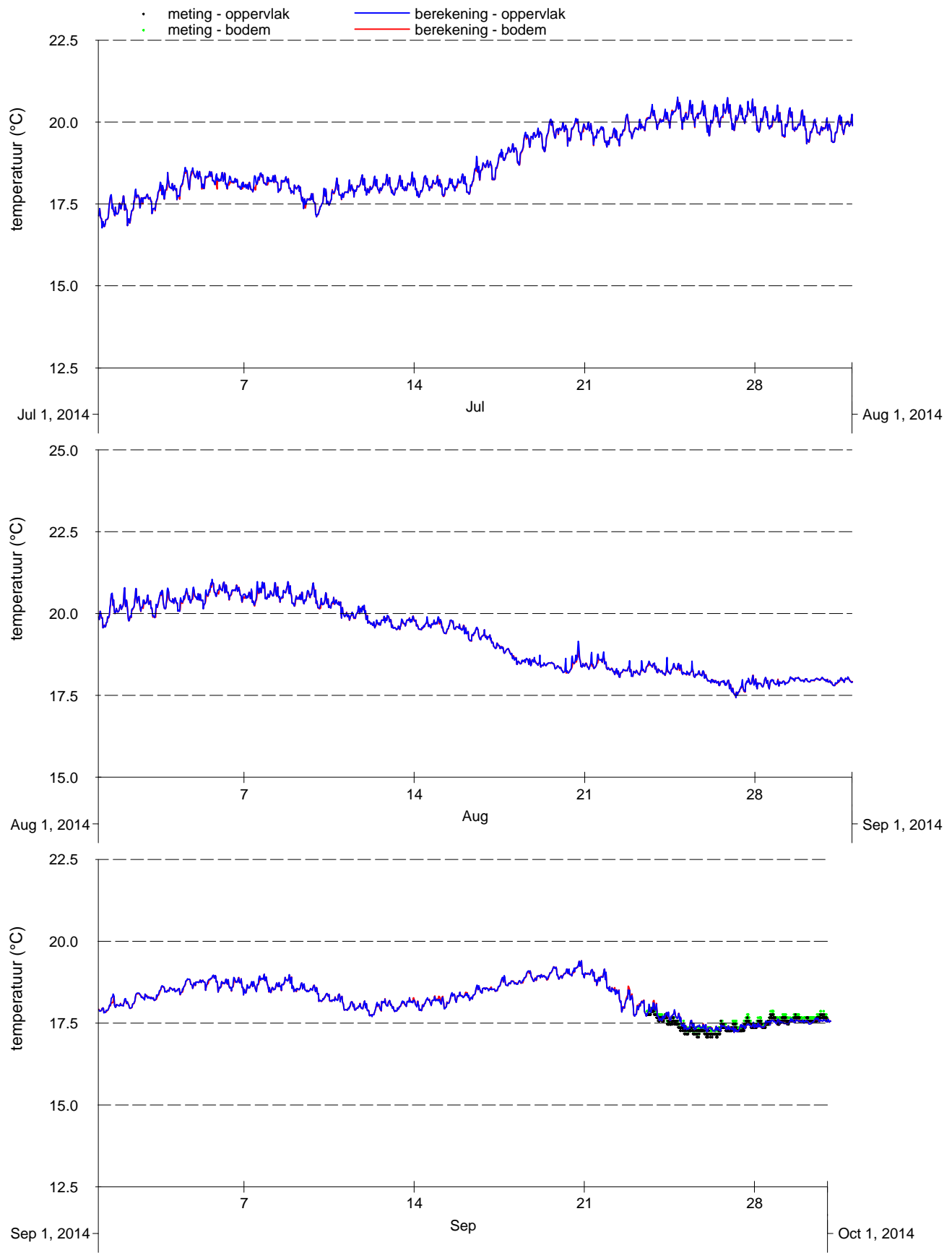
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 1e kwartaal 2014, Zege-station Oosterschelde 4

Kustzuid model



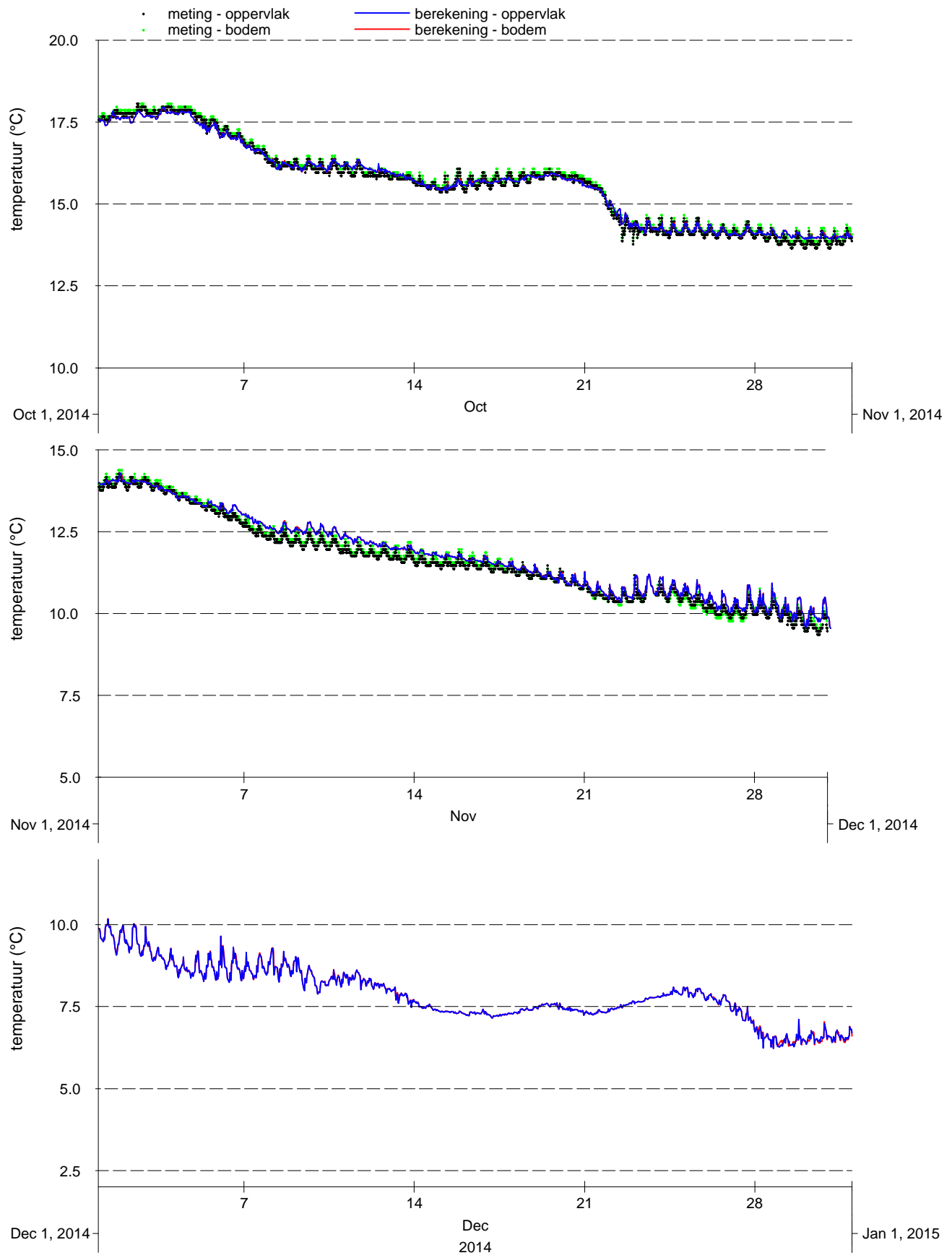
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 2e kwartaal 2014, Zege-station Oosterschelde 4

Kustzuid model



Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 3e kwartaal 2014, Zege-station Oosterschelde 4

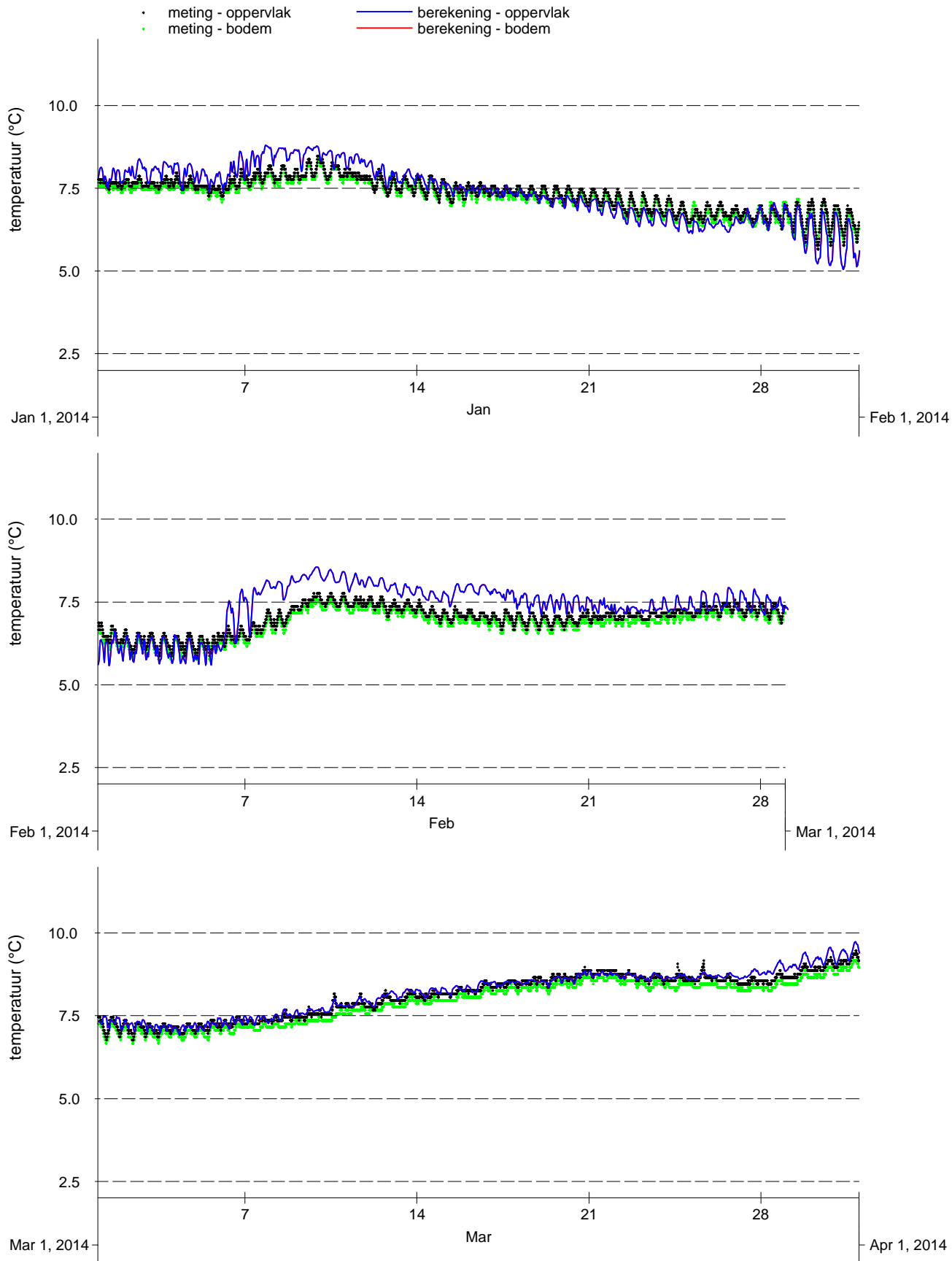
Kustzuid model	



Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 4e kwartaal 2014, Zege-station Oosterschelde 4

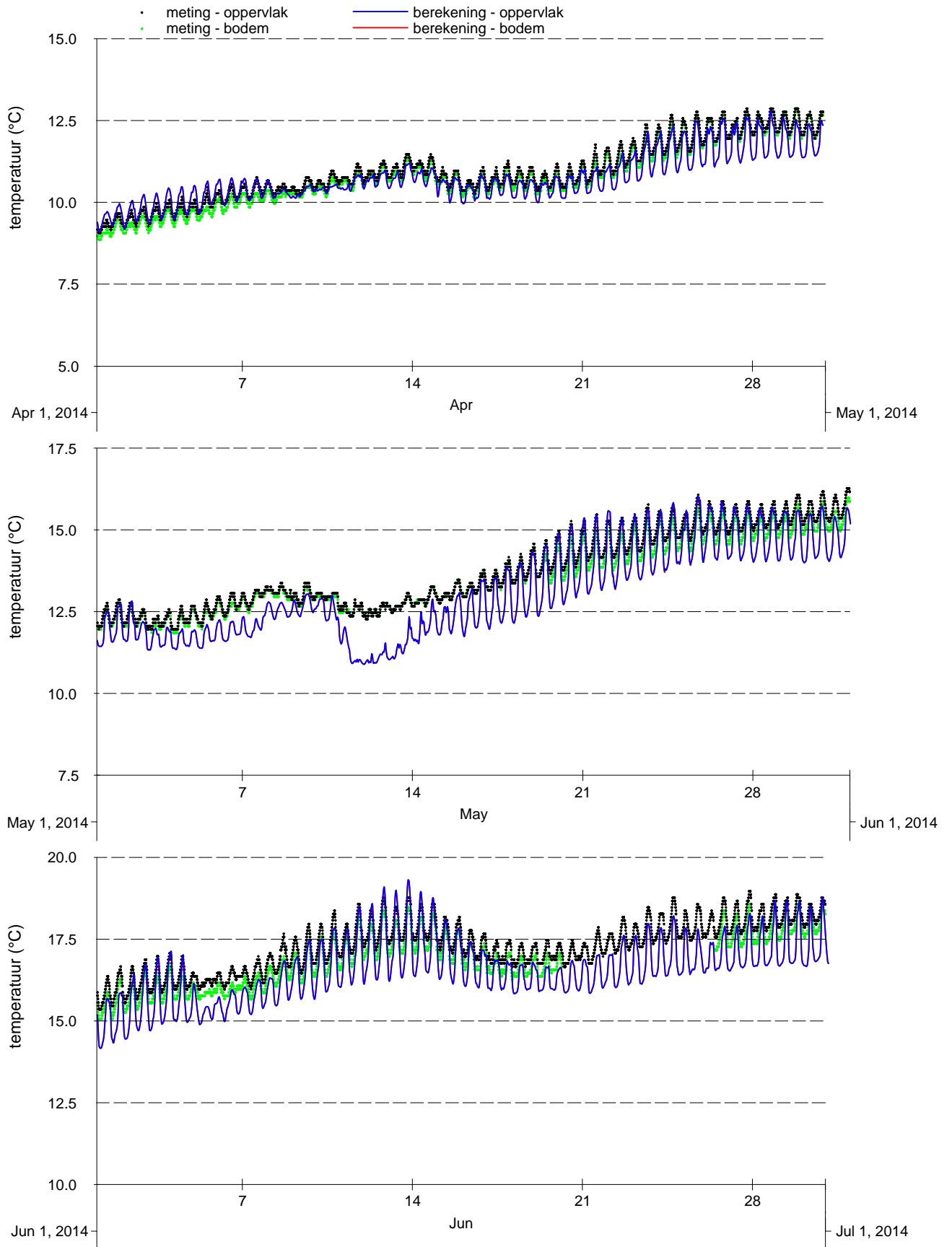
Kustzuid model	





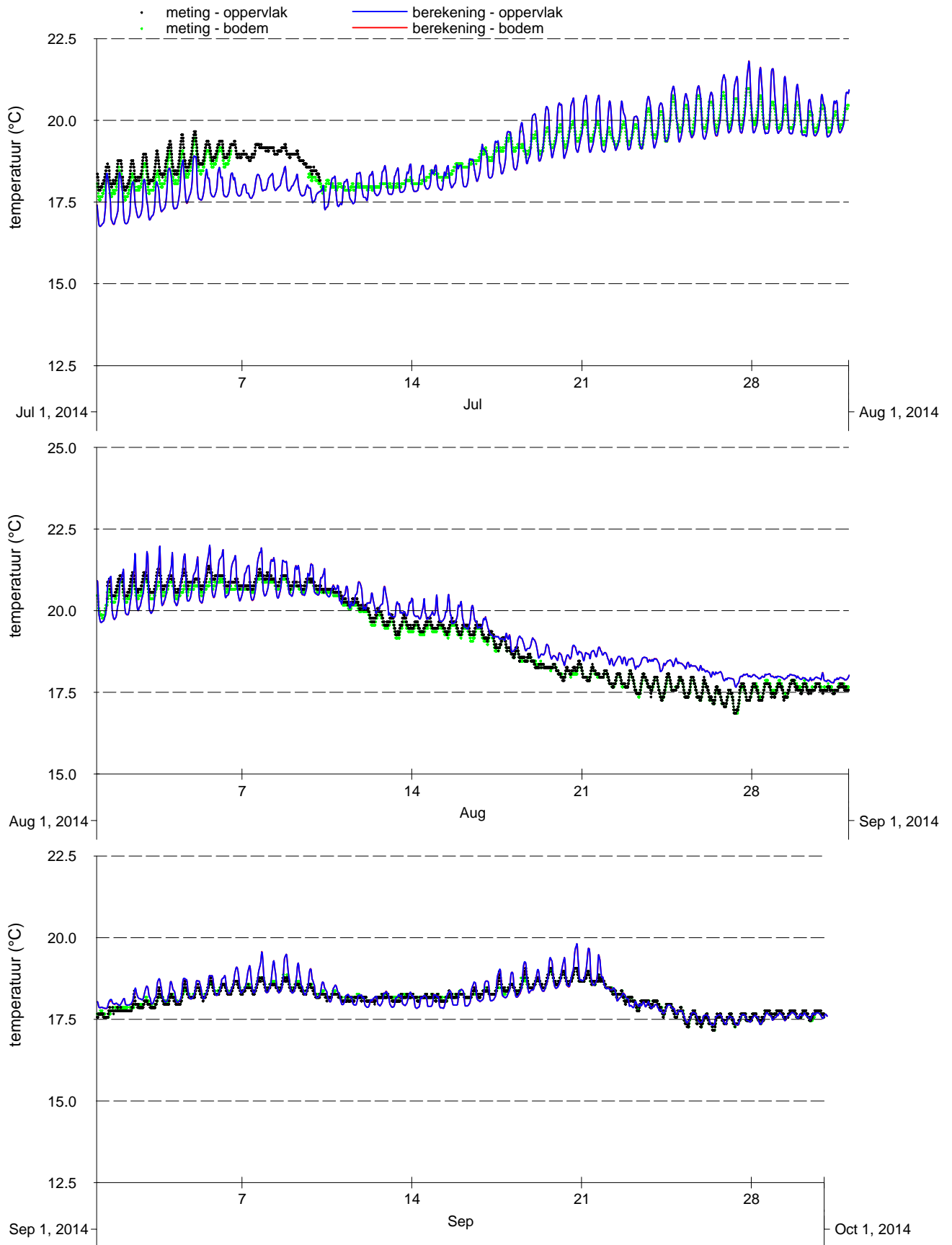
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 1e kwartaal 2014, Zege-station Vlakte van de Raan

Kustzuid model



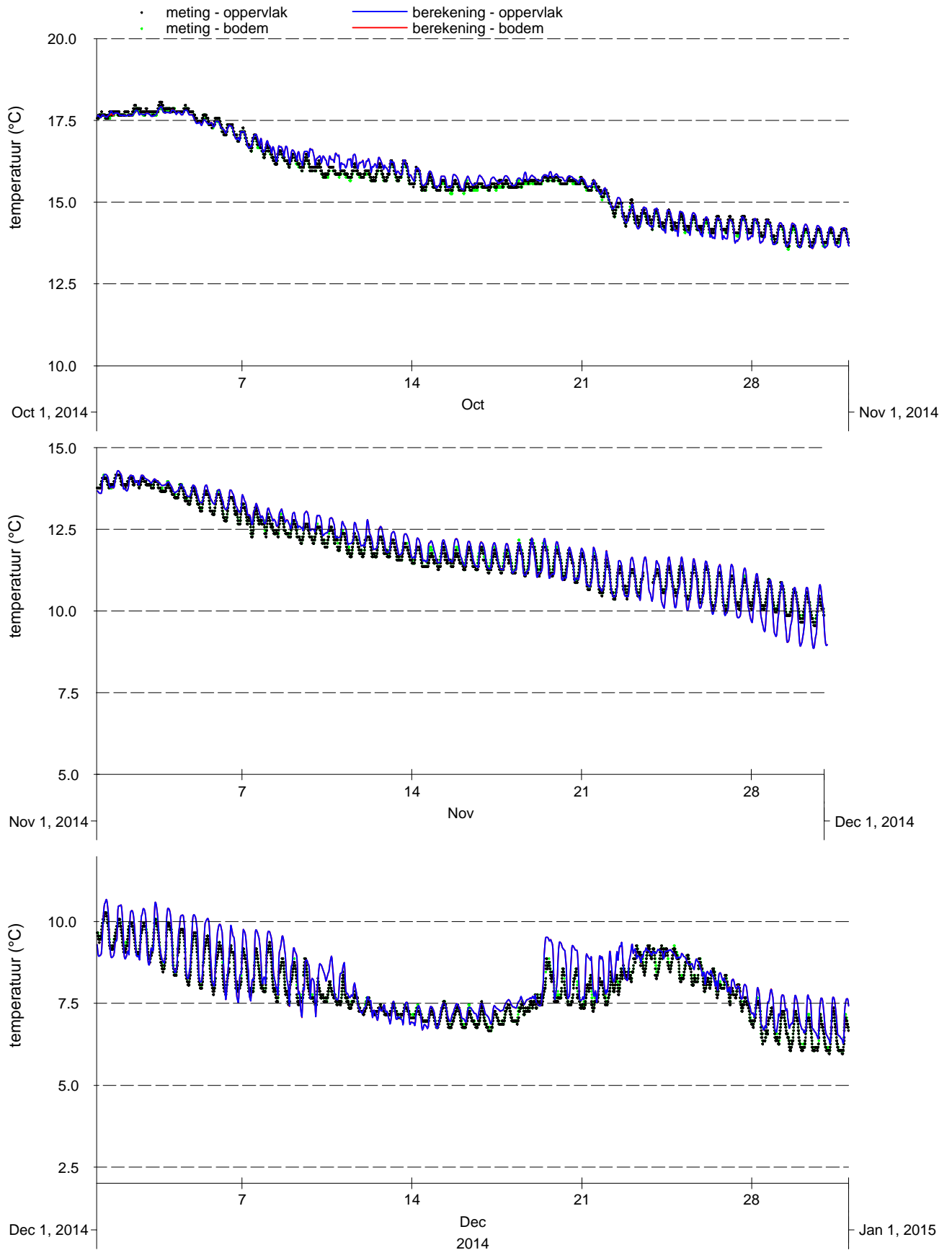
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 2e kwartaal 2014, Zege-station Vlakte van de Raan

Kustzuid model



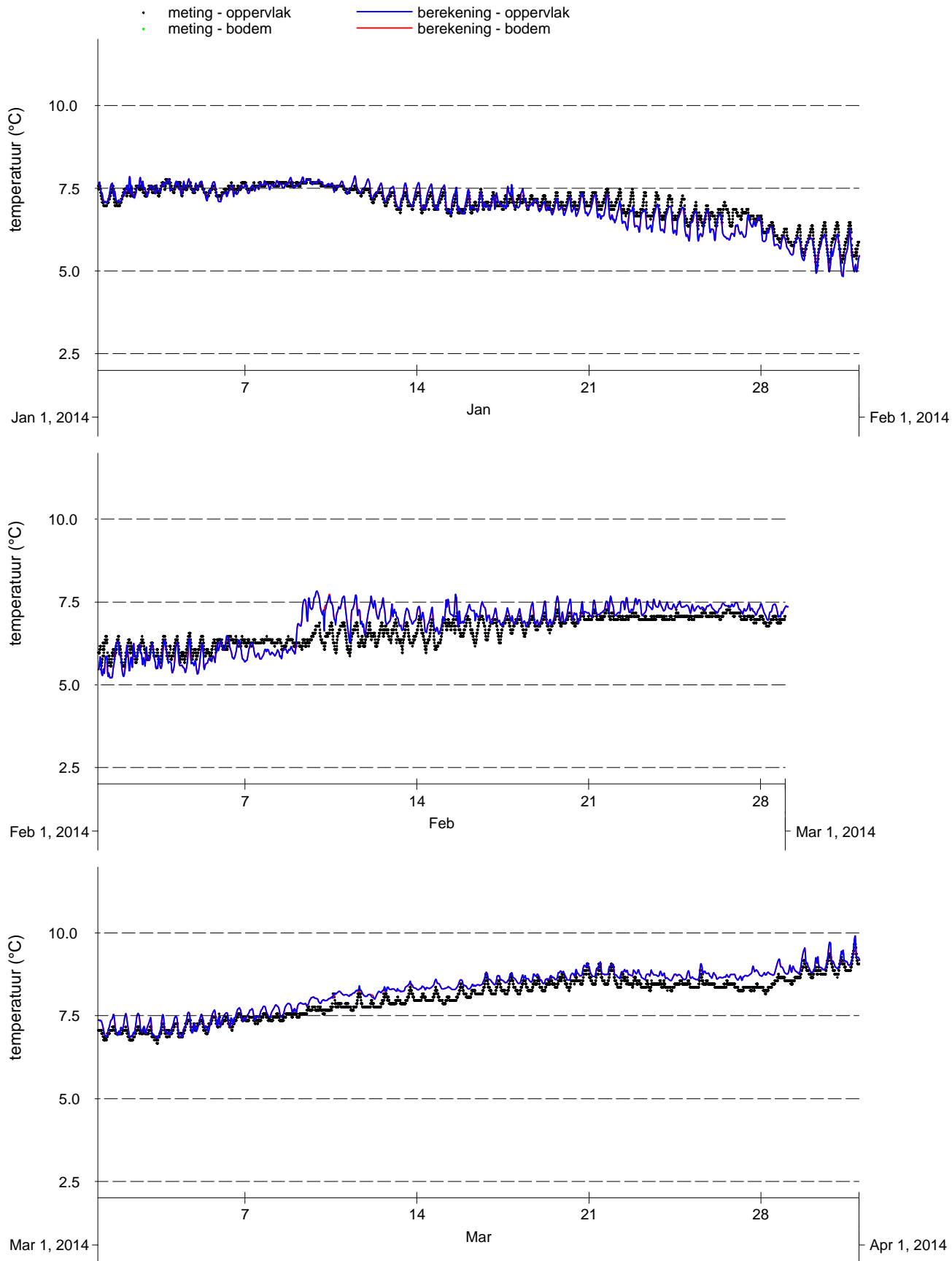
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 3e kwartaal 2014, Zege-station Vlakte van de Raan

Kustzuid model



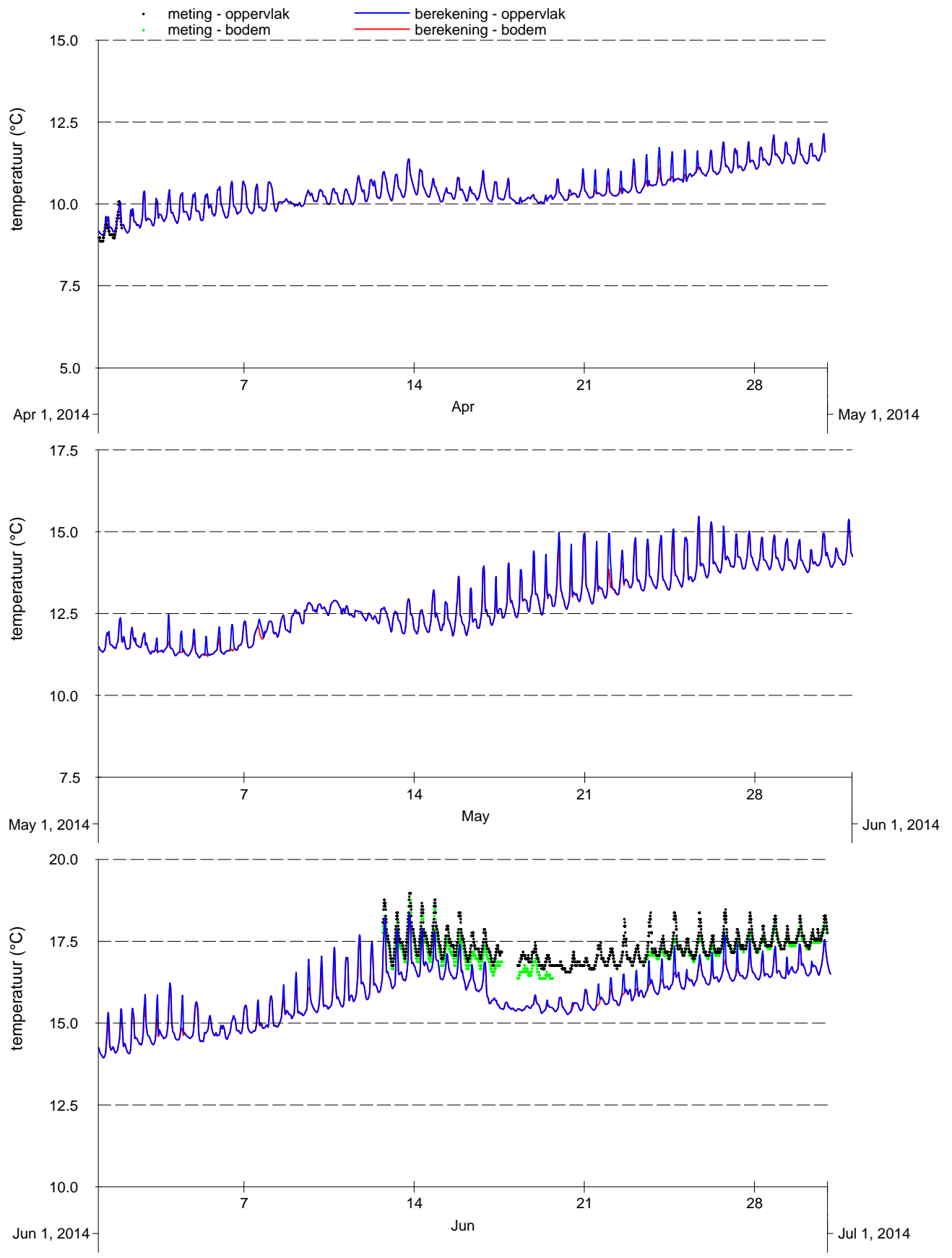
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 4e kwartaal 2014, Zege-station Vlakte van de Raan

Kustzuid model



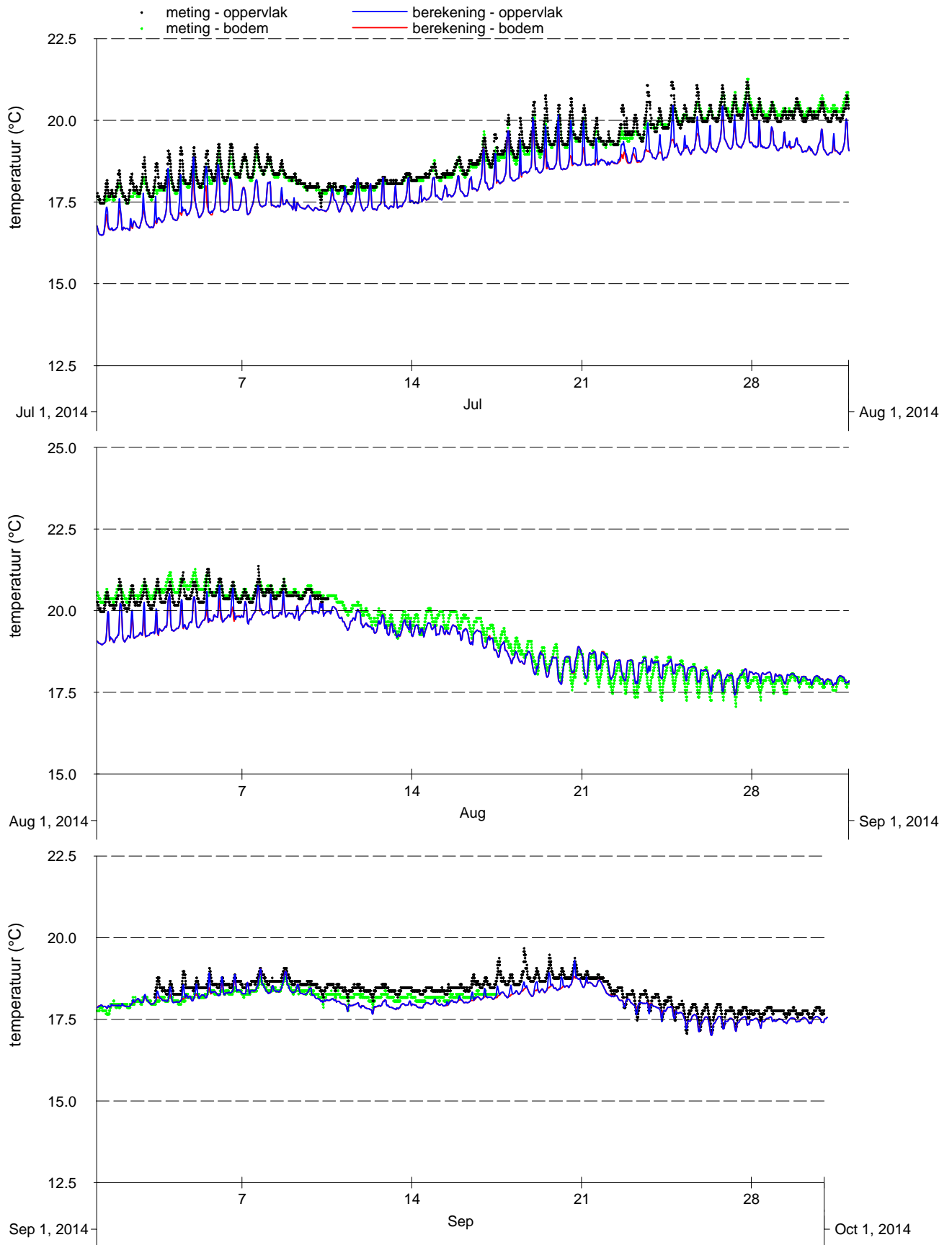
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 1e kwartaal 2014, Zege-station Brouwershavensche Gat 2

Kustzuid model



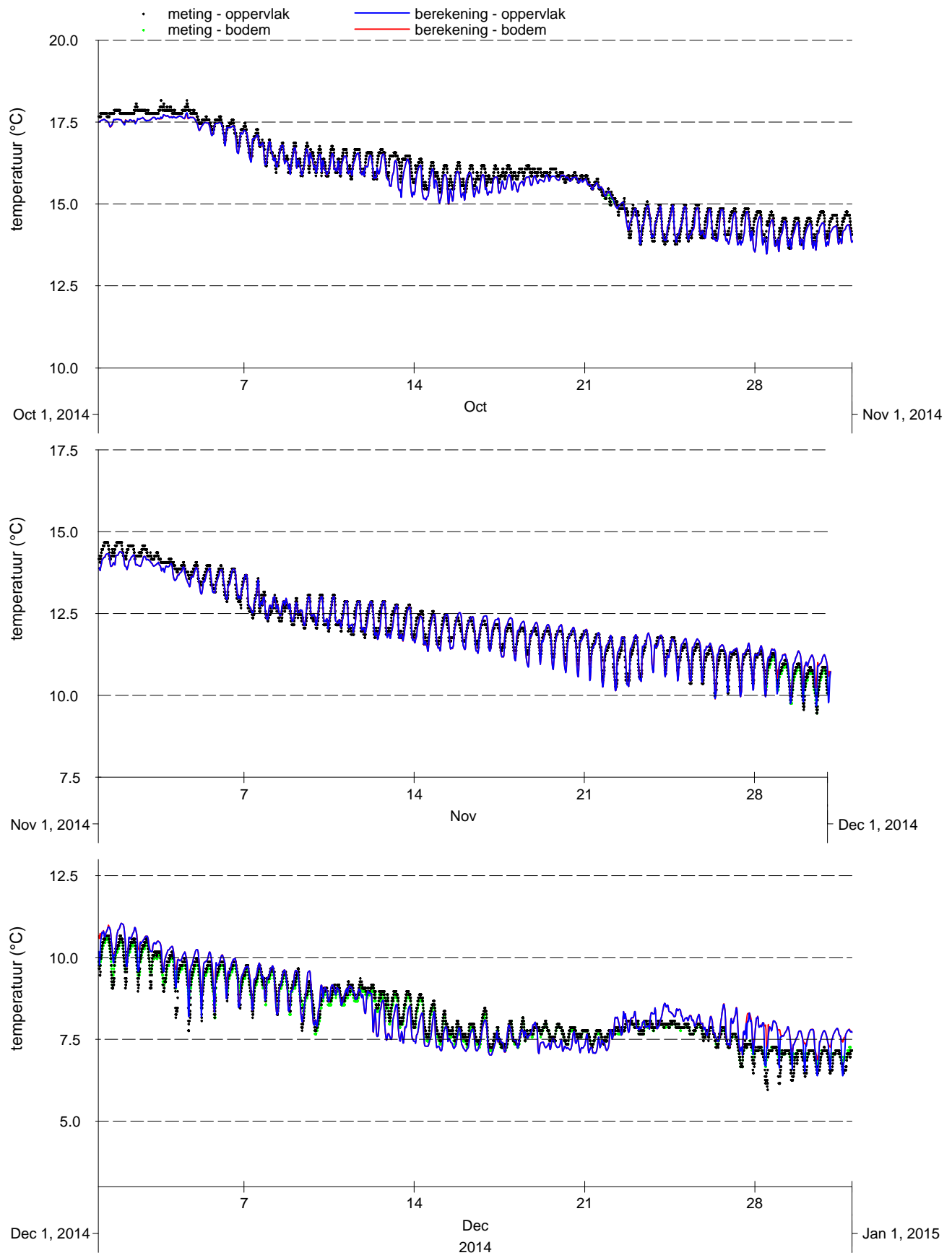
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 2e kwartaal 2014, Zege-station Brouwershavensche Gat 2

Kustzuid model	



Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 3e kwartaal 2014, Zege-station Brouwershavensche Gat 2

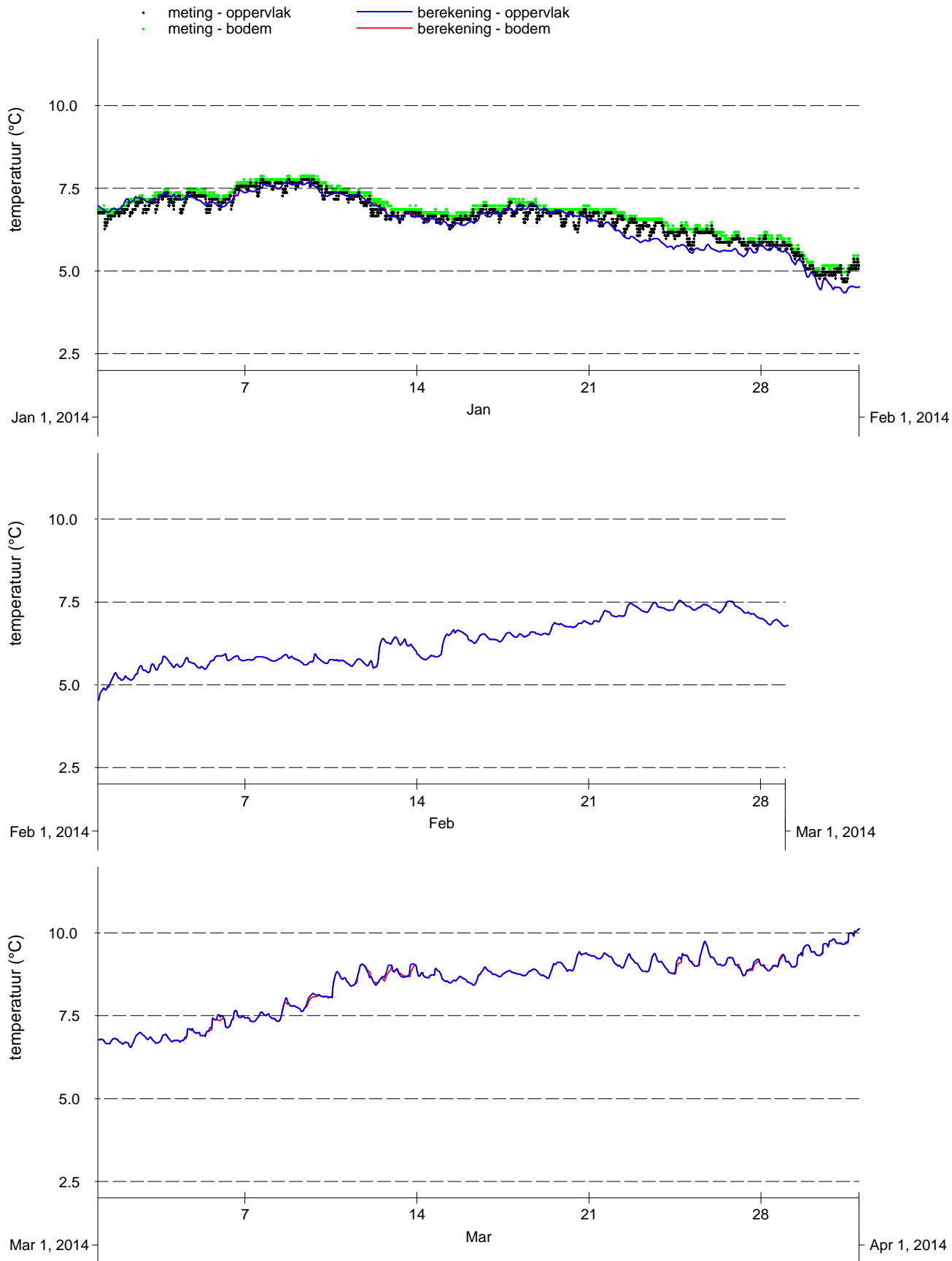
Kustzuid model



Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 4e kwartaal 2014, Zege-station Brouwershavensche Gat 2

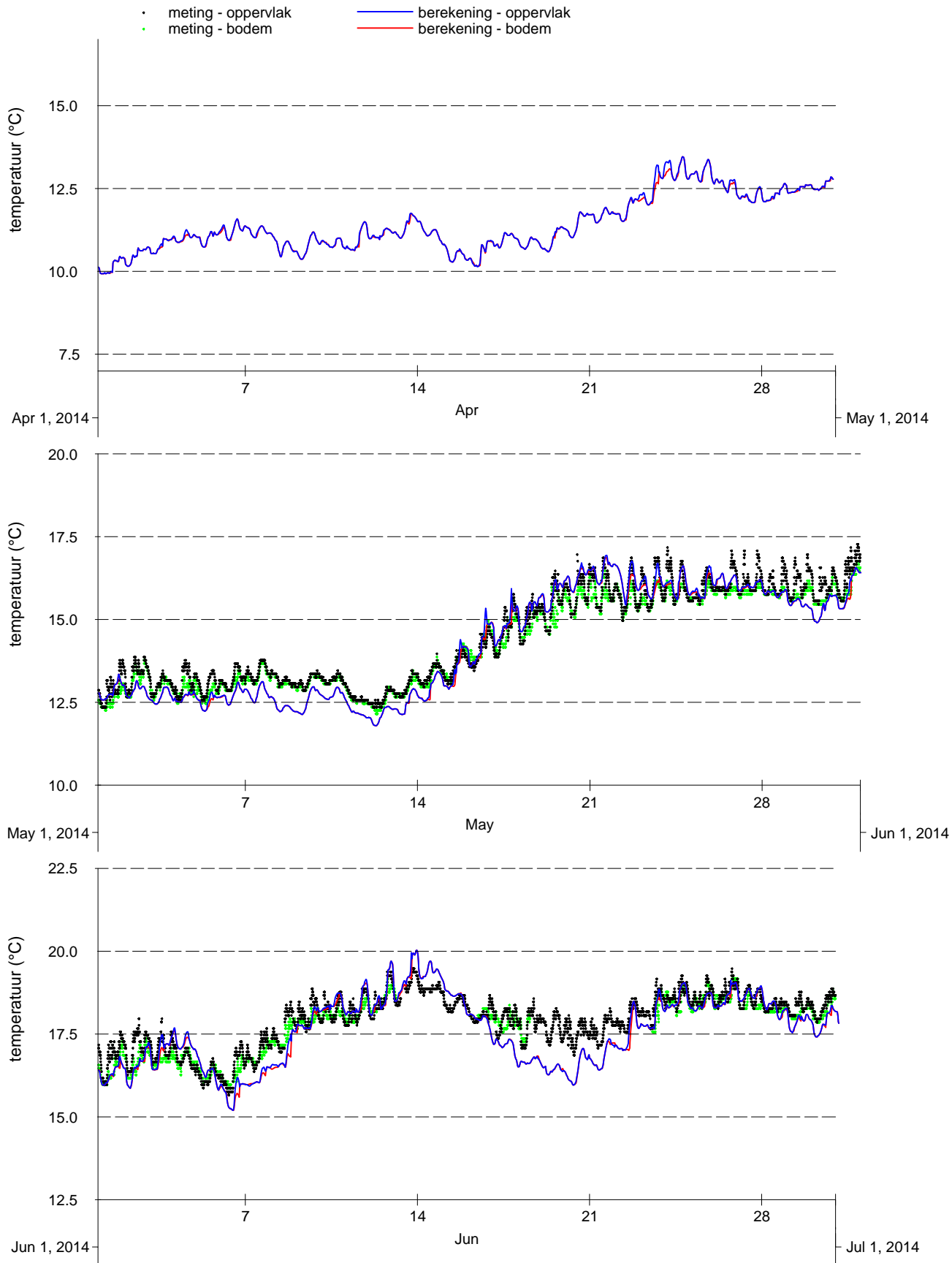
Kustzuid model	





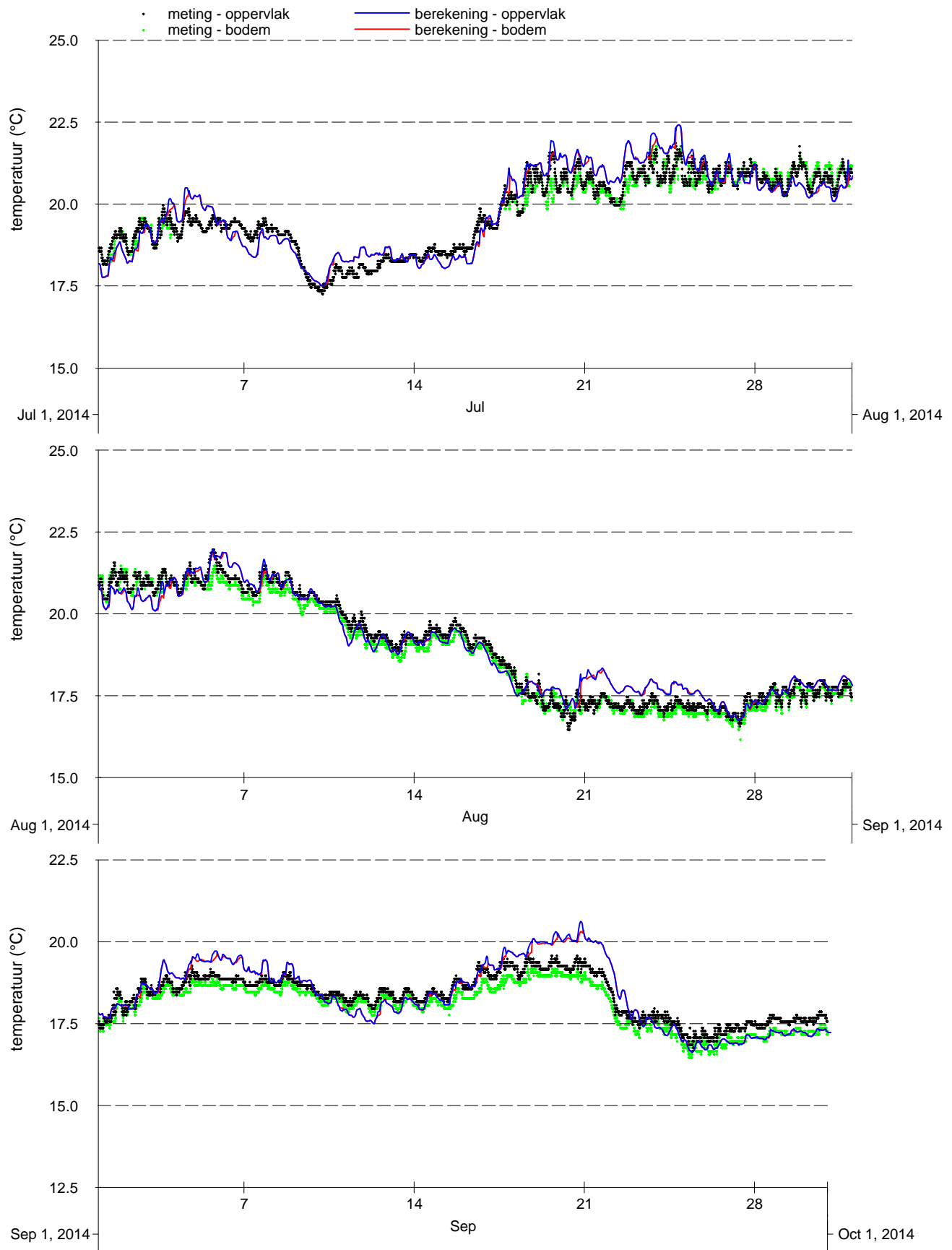
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 1e kwartaal 2014, Zege-station Brouwershavensche Gat 8

Kustzuid model



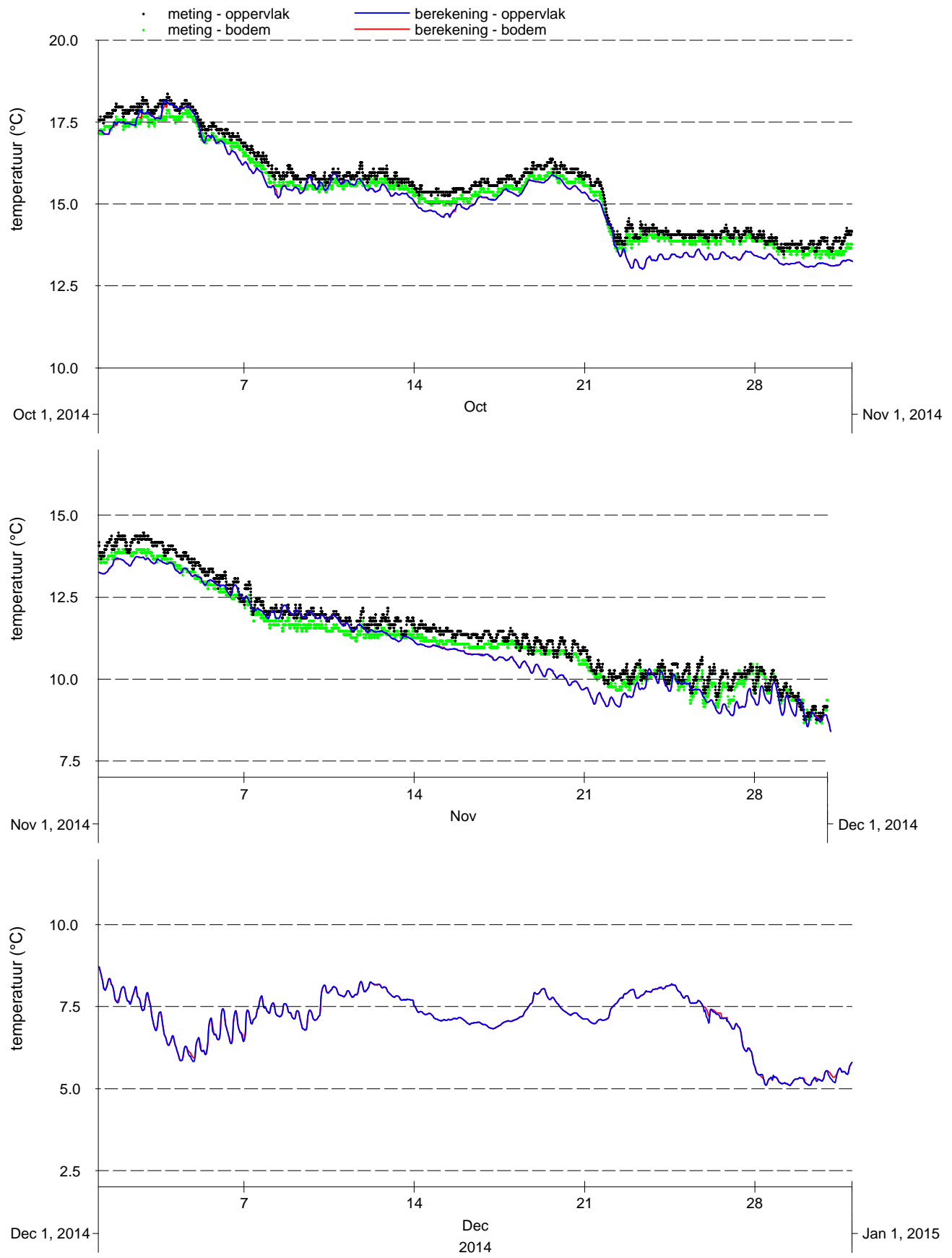
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 2e kwartaal 2014, Zege-station Brouwershavensche Gat 8

Kustzuid model



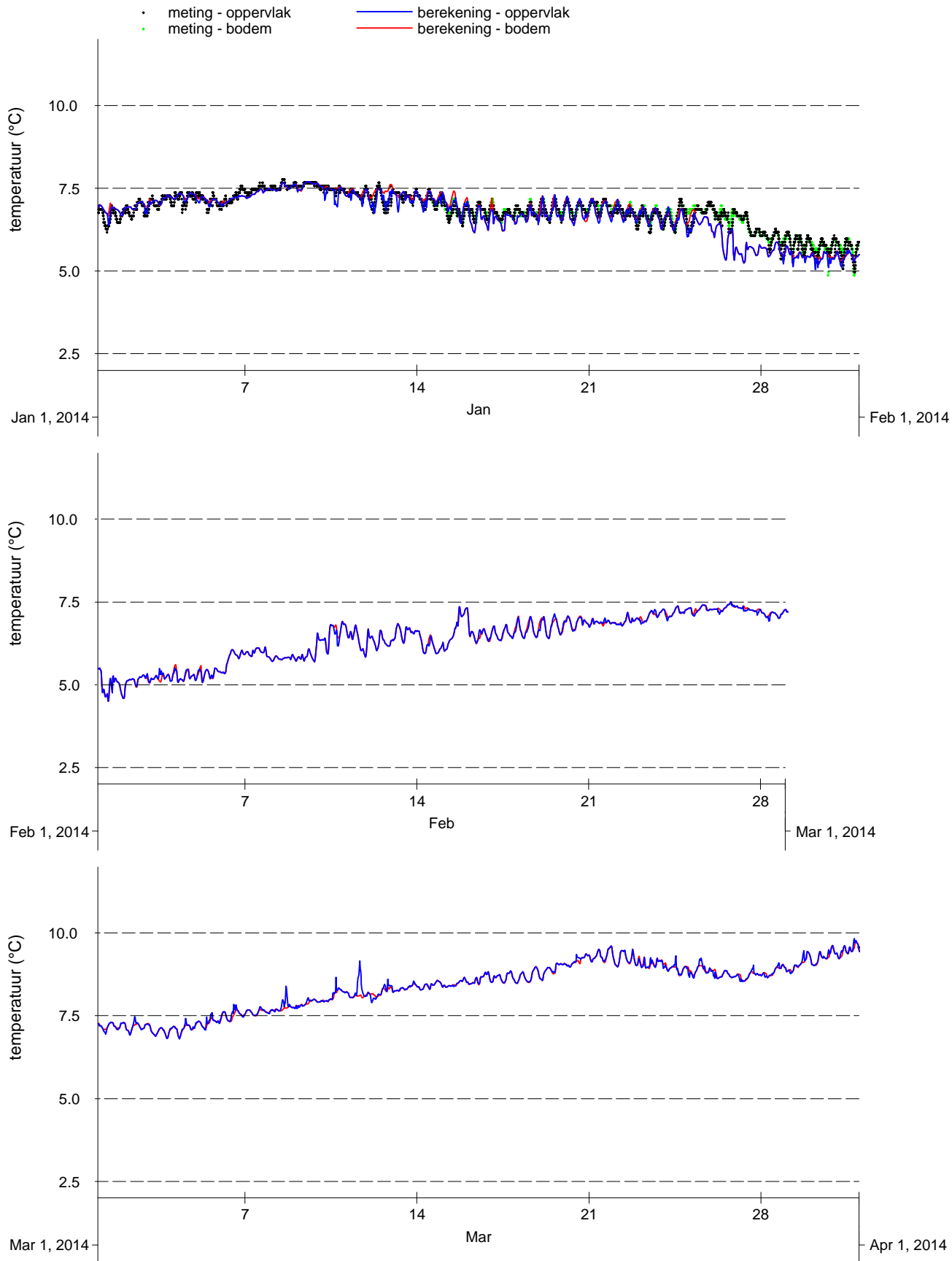
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 3e kwartaal 2014, Zege-station Brouwershavensche Gat 8

Kustzuid model	



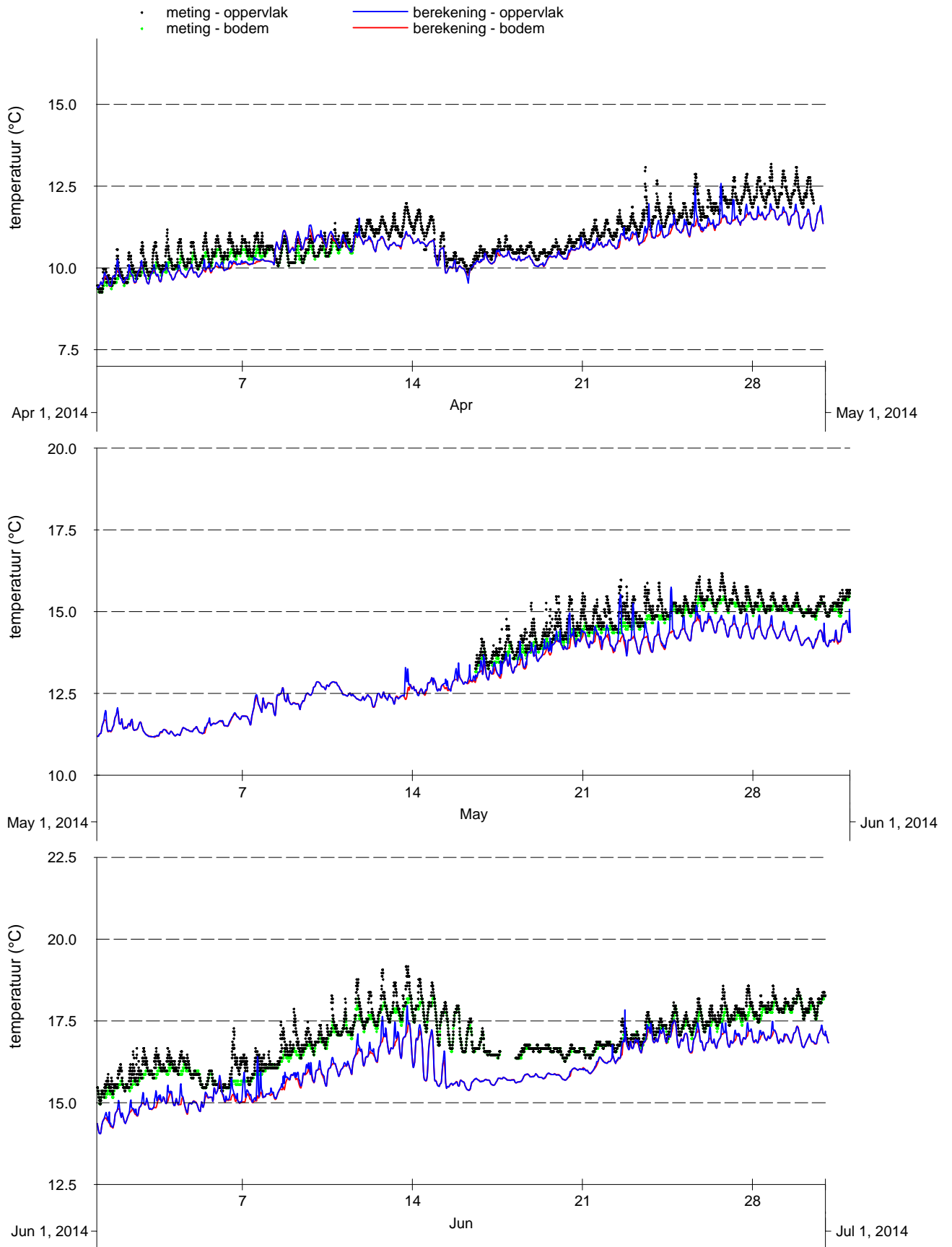
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 4e kwartaal 2014, Zege-station Brouwershavensche Gat 8

Kustzuid model	



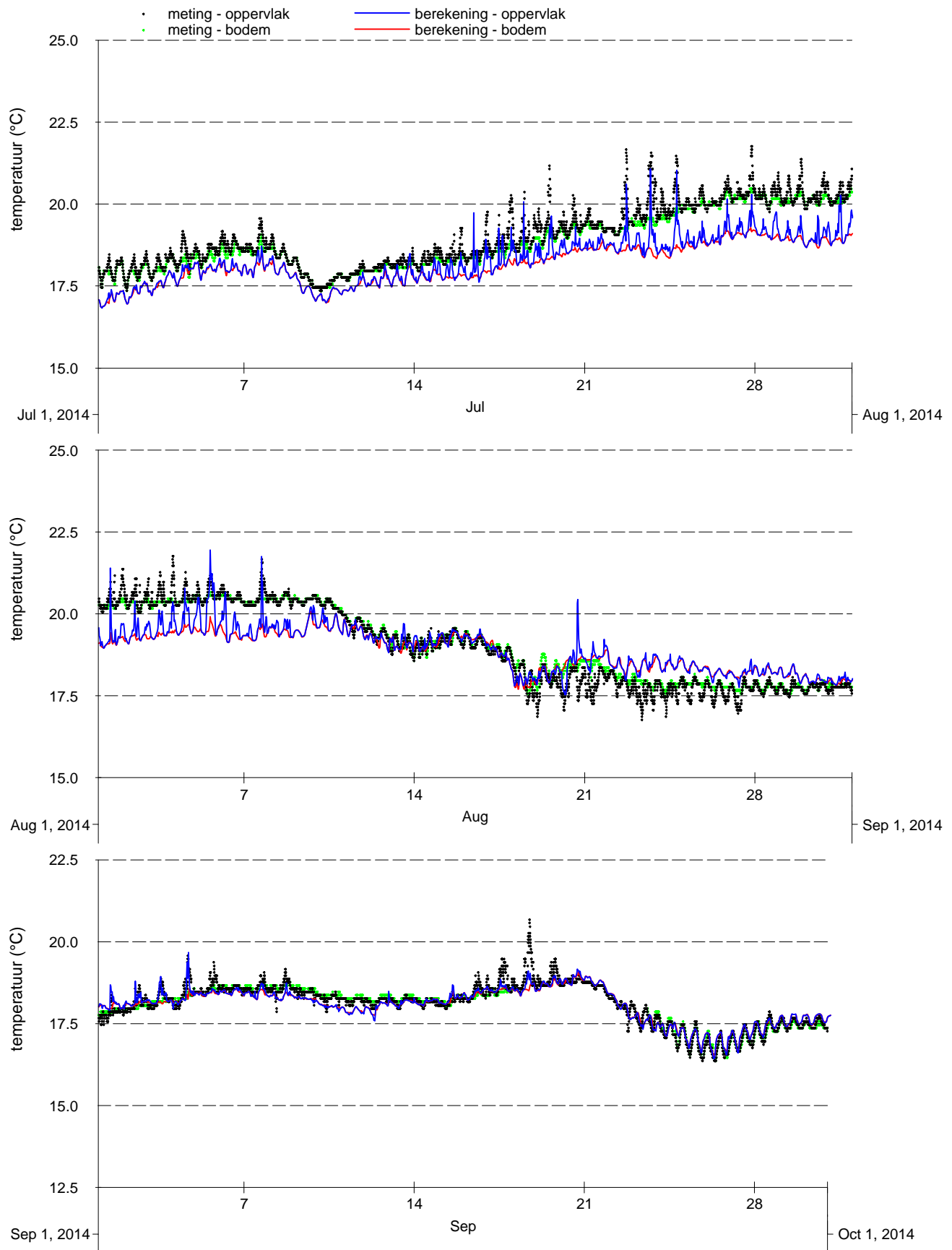
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 1e kwartaal 2014, Zege-station Haringvliet 10

Kustzuid model



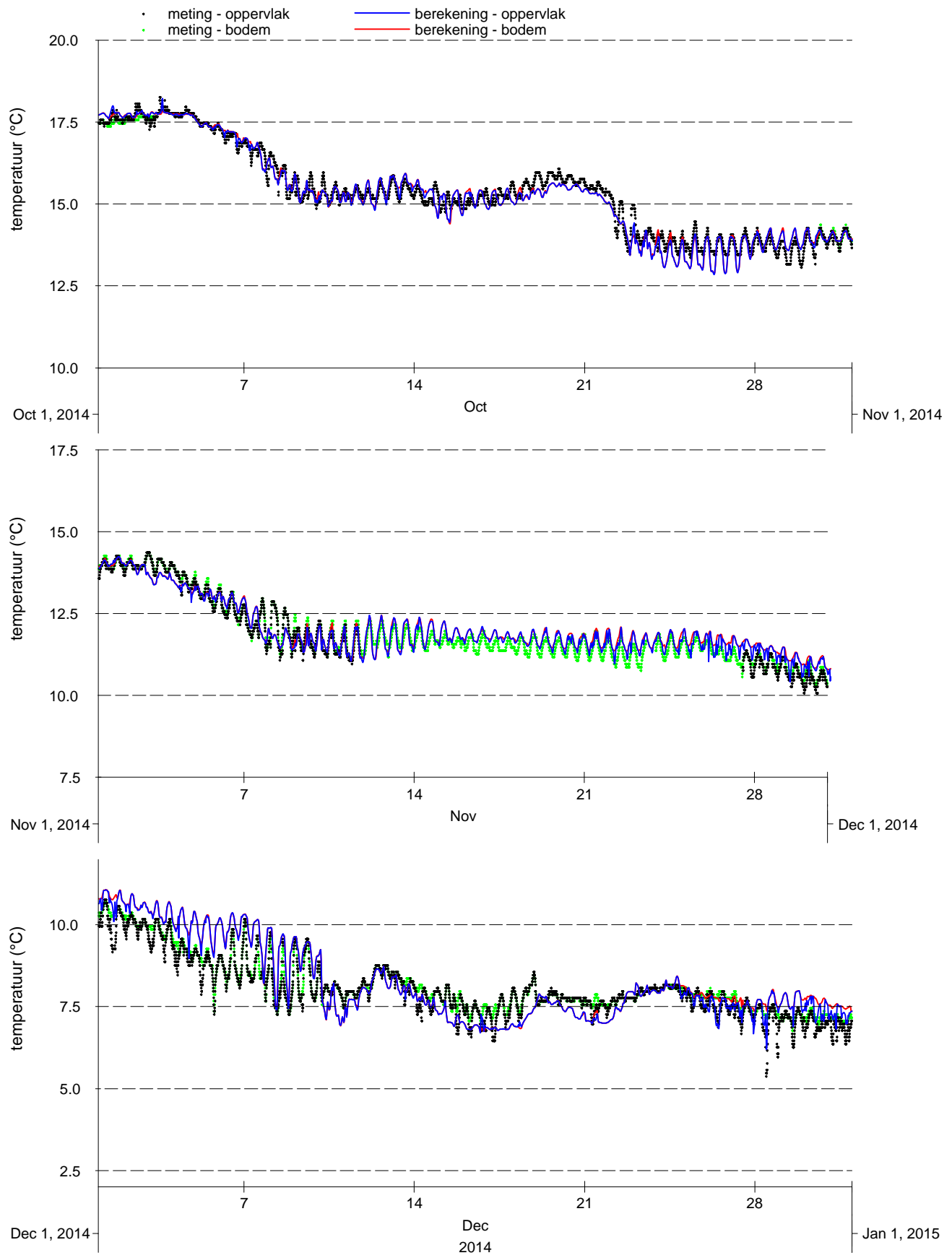
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 2e kwartaal 2014, Zege-station Haringvliet 10

Kustzuid model	



Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 3e kwartaal 2014, Zege-station Haringvliet 10

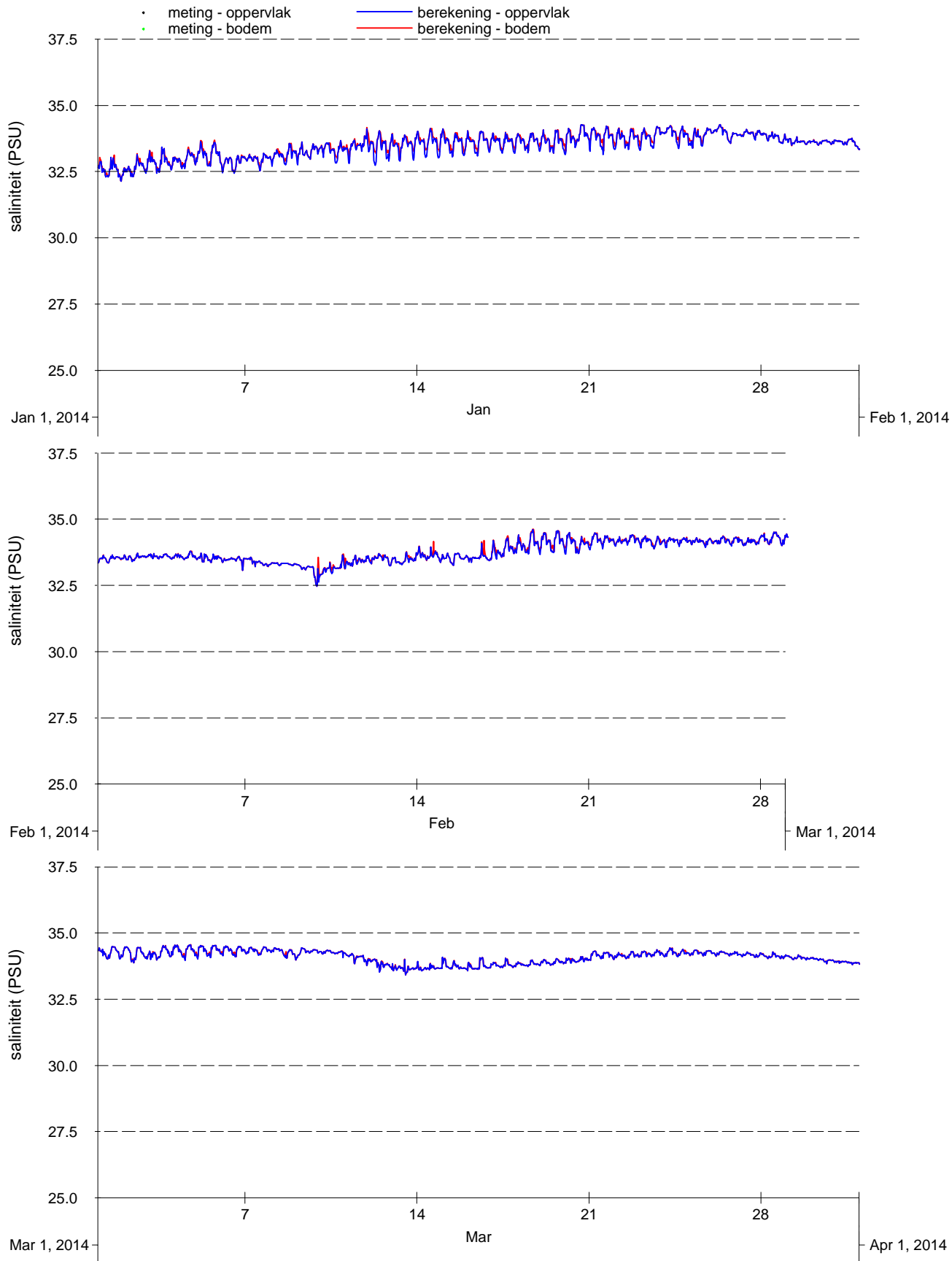
Kustzuid model	
----------------	--



Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemtemperatuur 4e kwartaal 2014, Zege-station Haringvliet 10

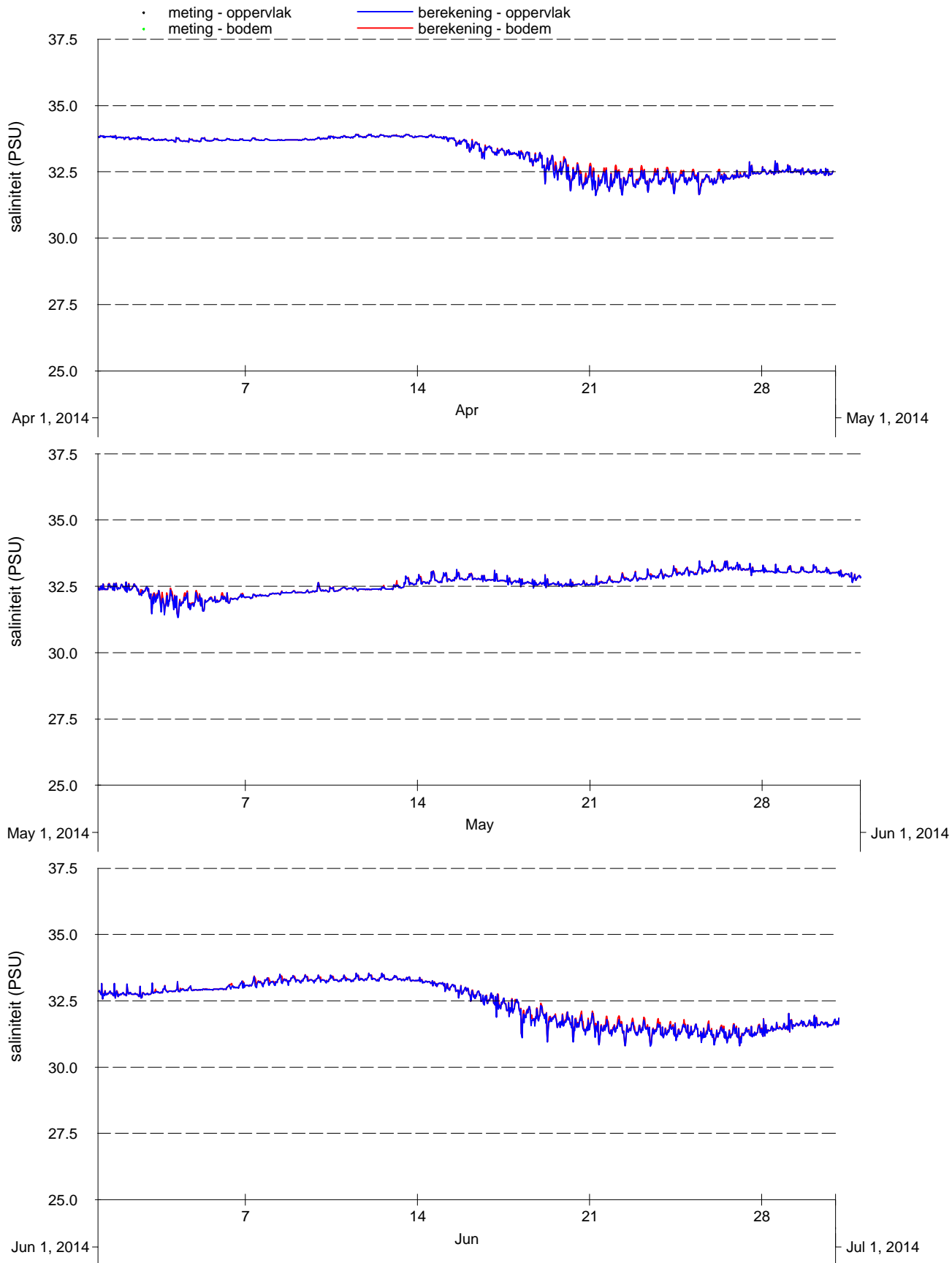
Kustzuid model	





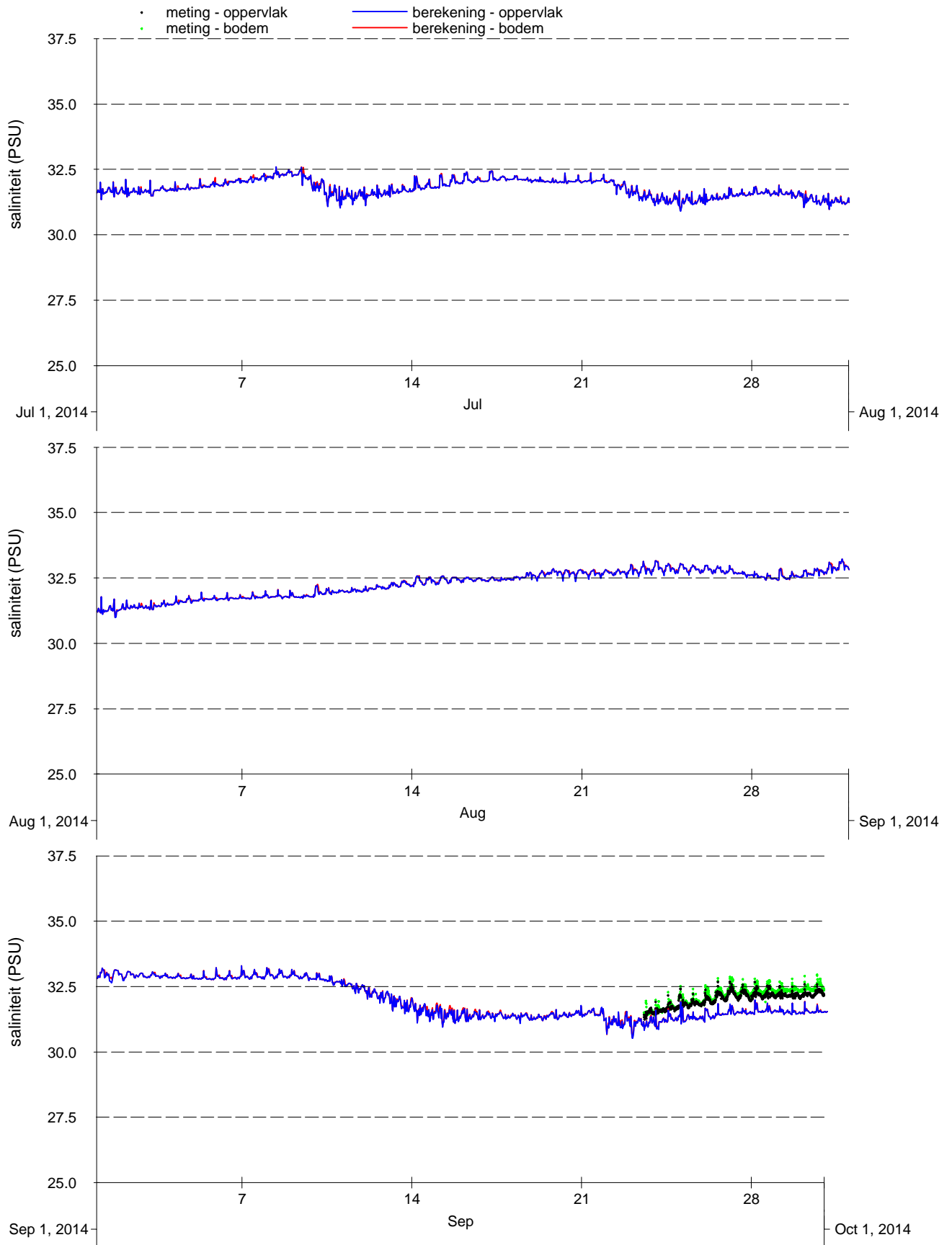
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen),  
oppervlakte- en bodemsaliniteit 1e kwartaal 2014, Zege-  
station Oosterschelde 4

Kustzuid model



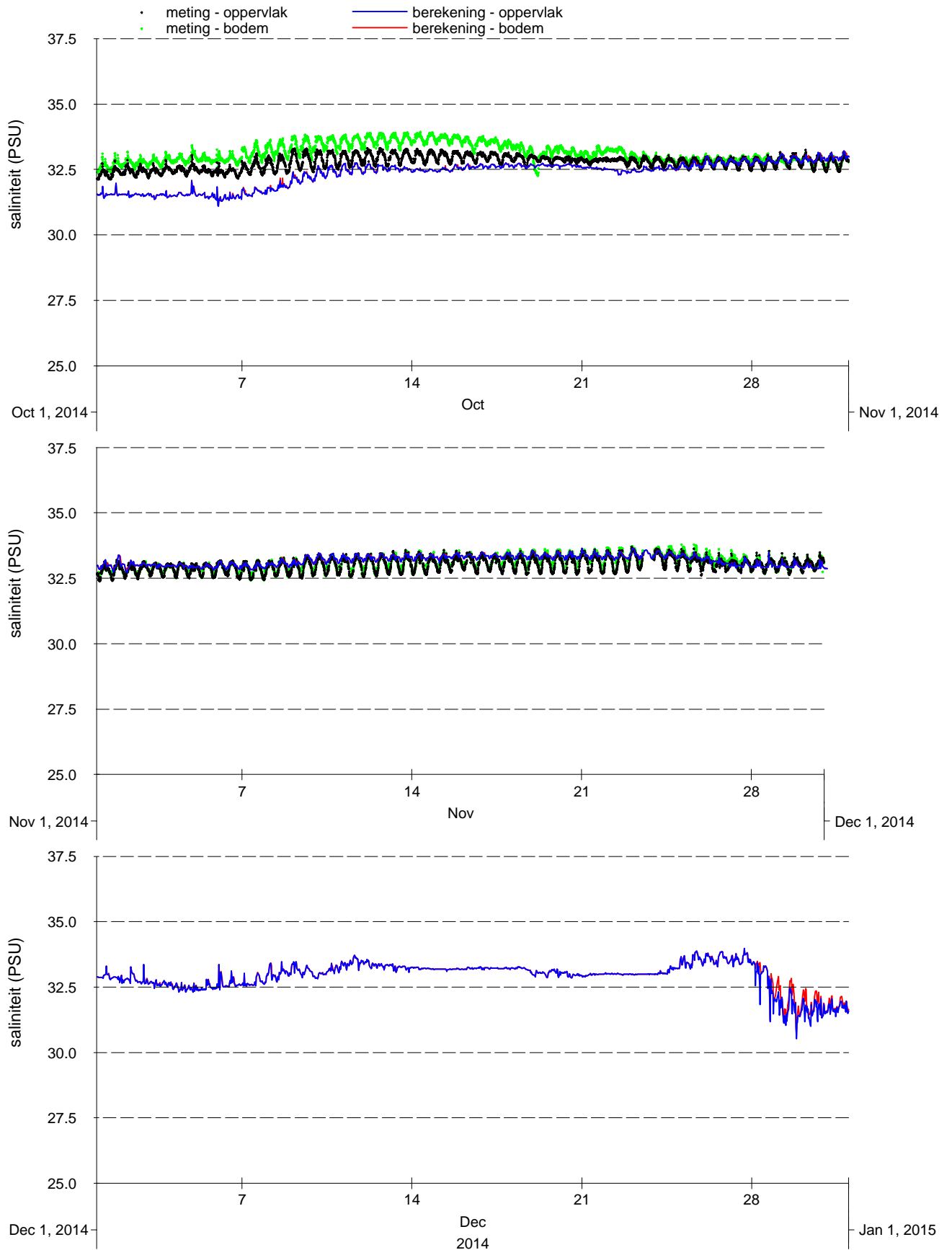
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemsaliniteit 2e kwartaal 2014, Zege-station Oosterschelde 4

Kustzuid model



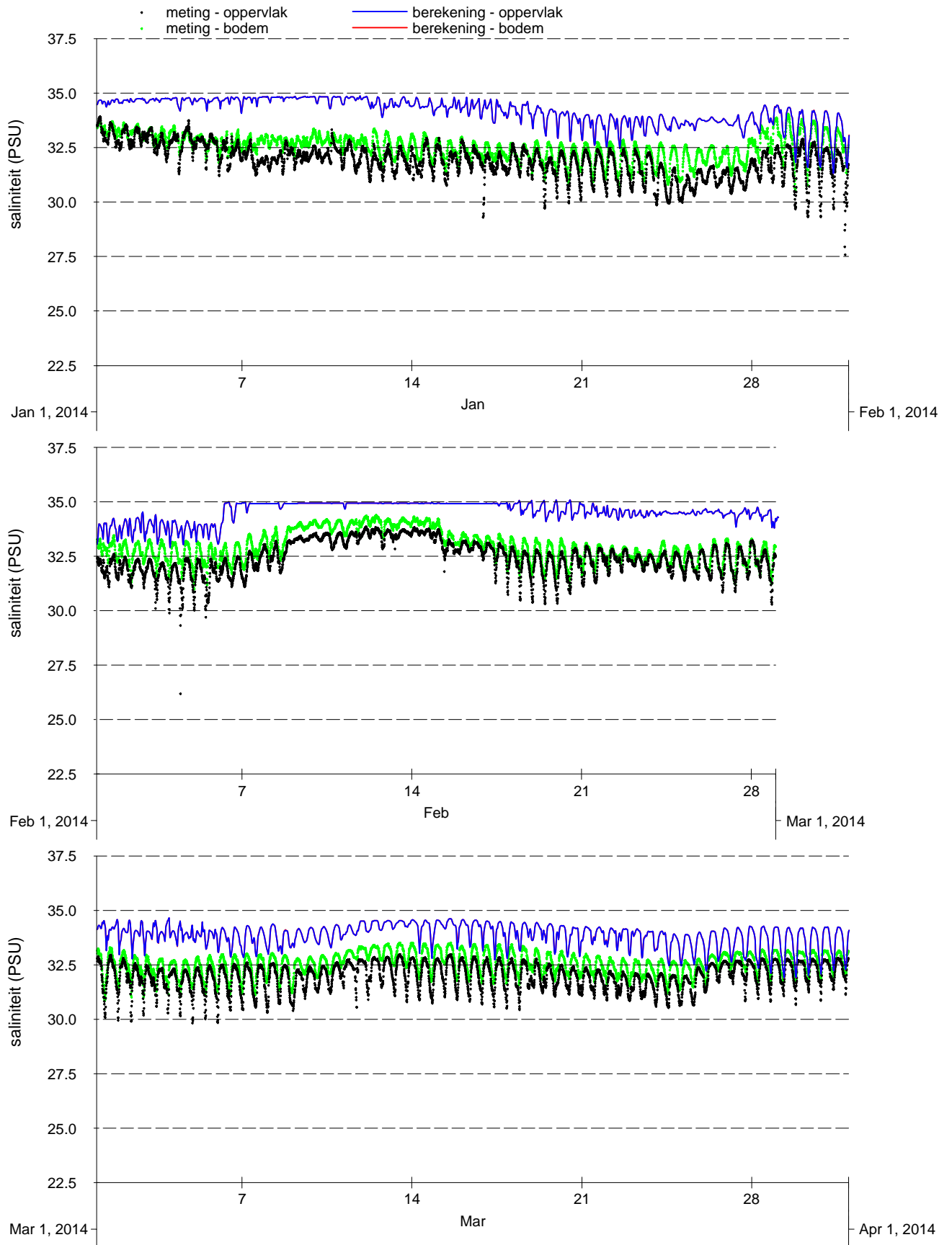
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemsaliniteit 3e kwartaal 2014, Zege-station Oosterschelde 4

Kustzuid model



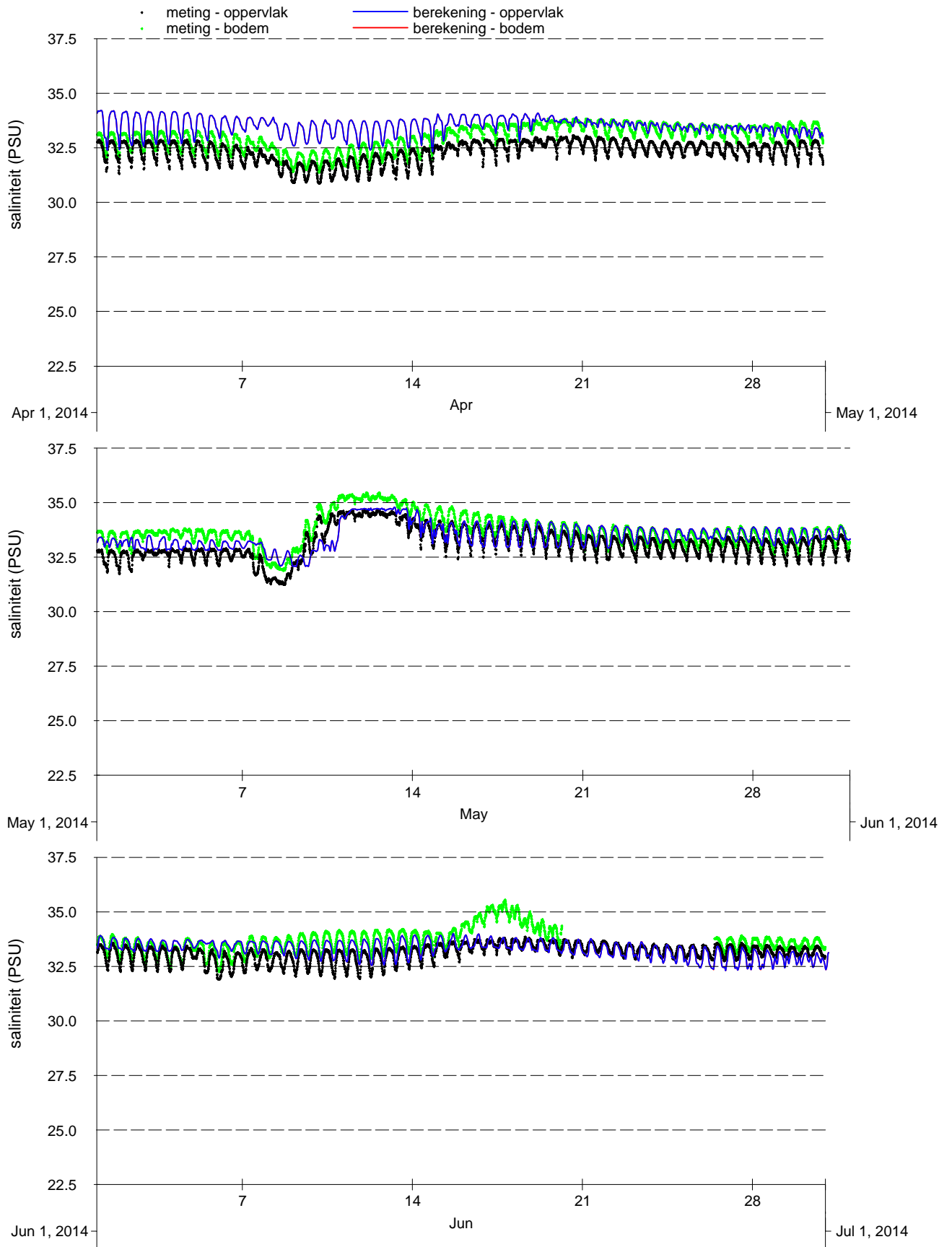
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemsaliniteit 4e kwartaal 2014, Zege-station Oosterschelde 4

Kustzuid model	



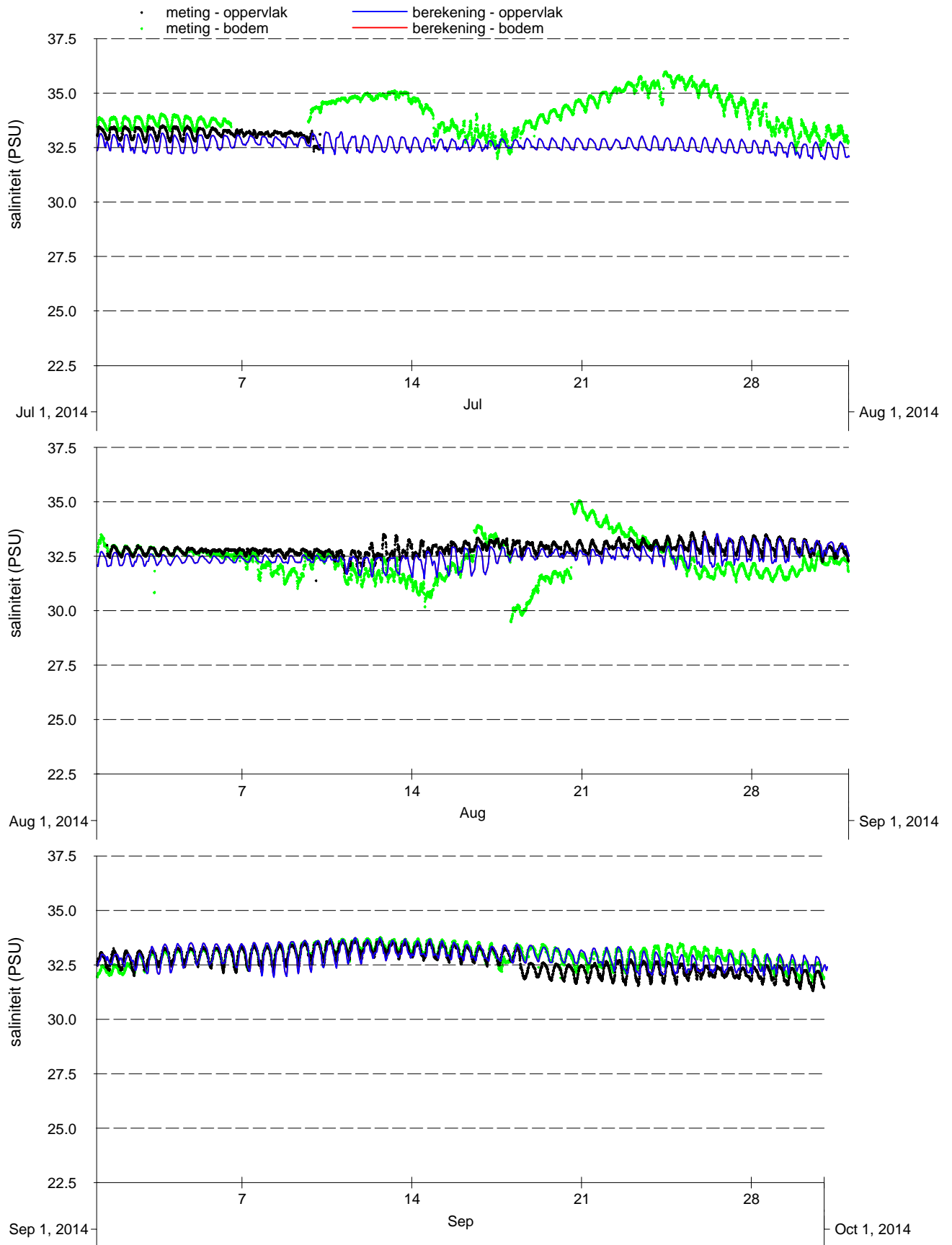
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemsaliniteit 1e kwartaal 2014, Zege-station Vlakte van de Raan

Kustzuid model



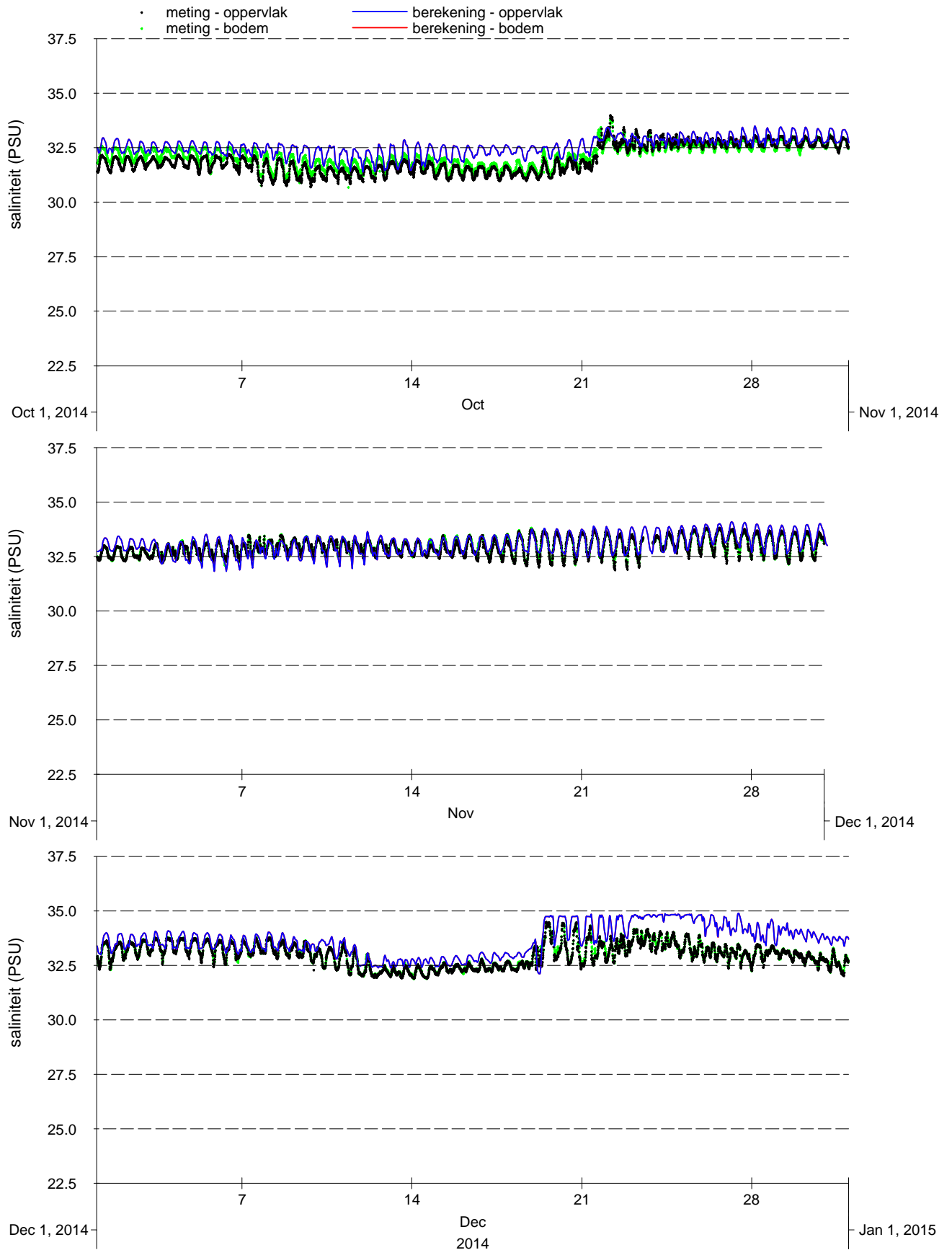
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemsaliniteit 2e kwartaal 2014, Zege-station Vlakte van de Raan

Kustzuid model



Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemsaliniteit 3e kwartaal 2014, Zege-station Vlakte van de Raan

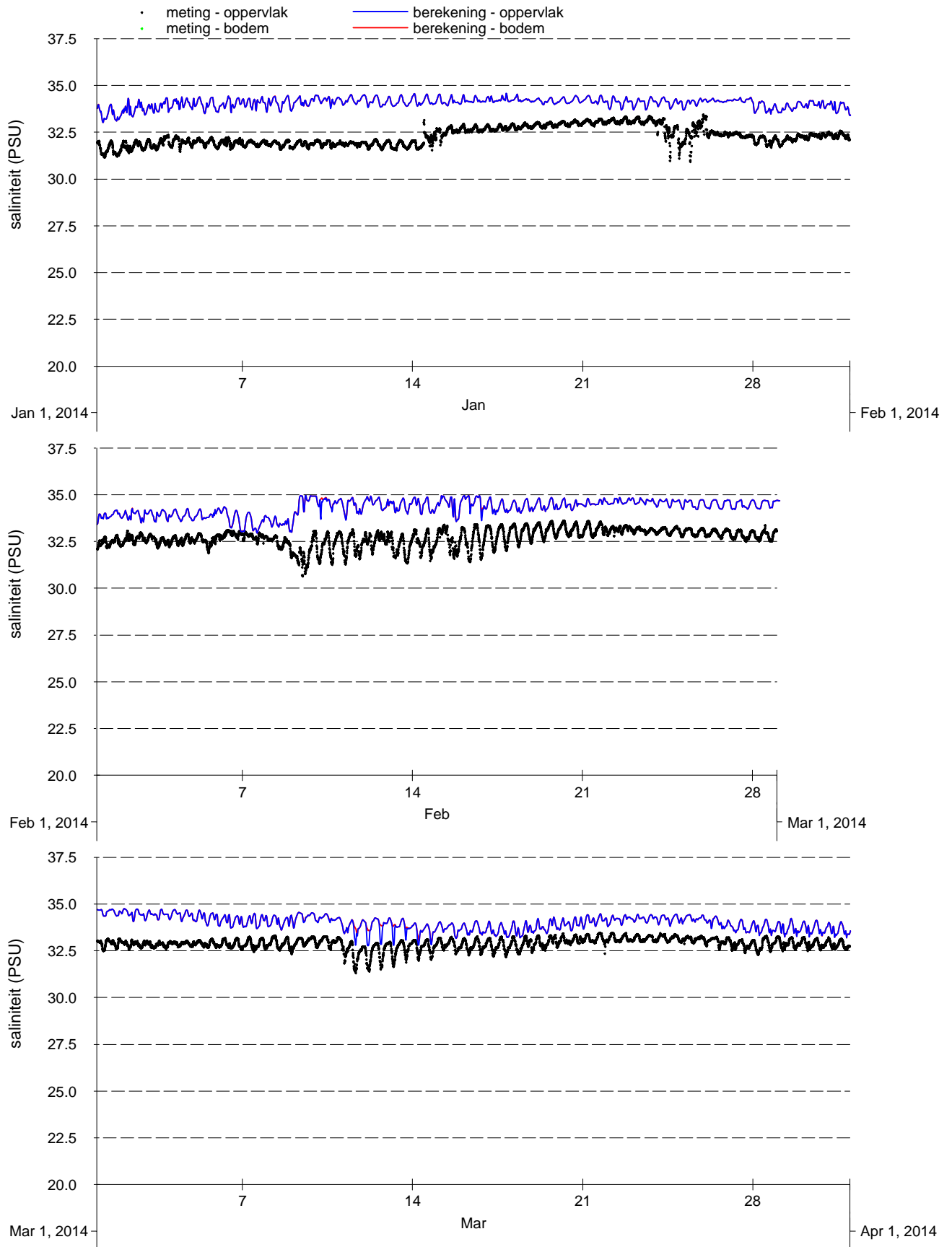
Kustzuid model



Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemsaliniteit 4e kwartaal 2014, Zege-station Vlakte van de Raan

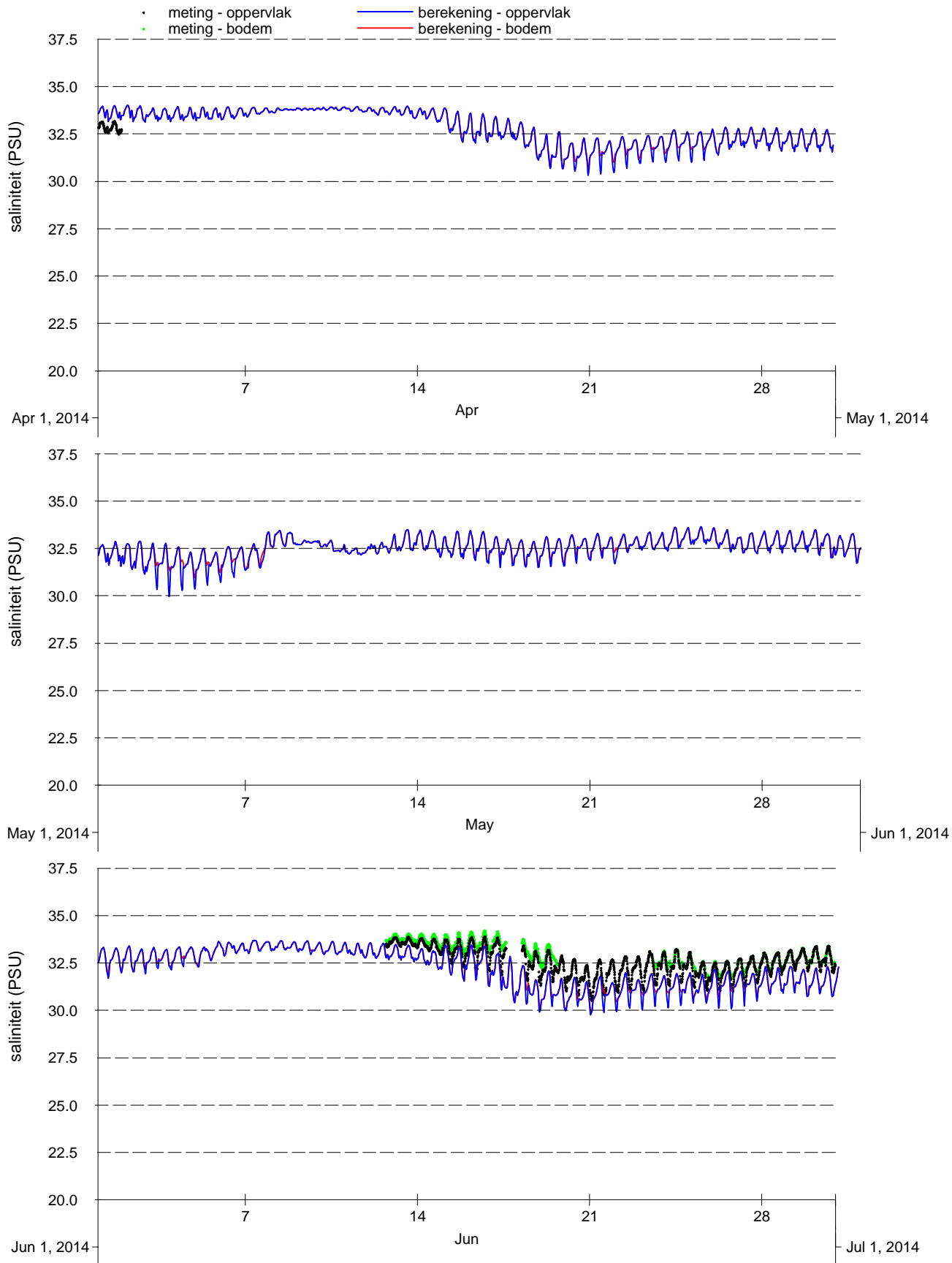
Kustzuid model





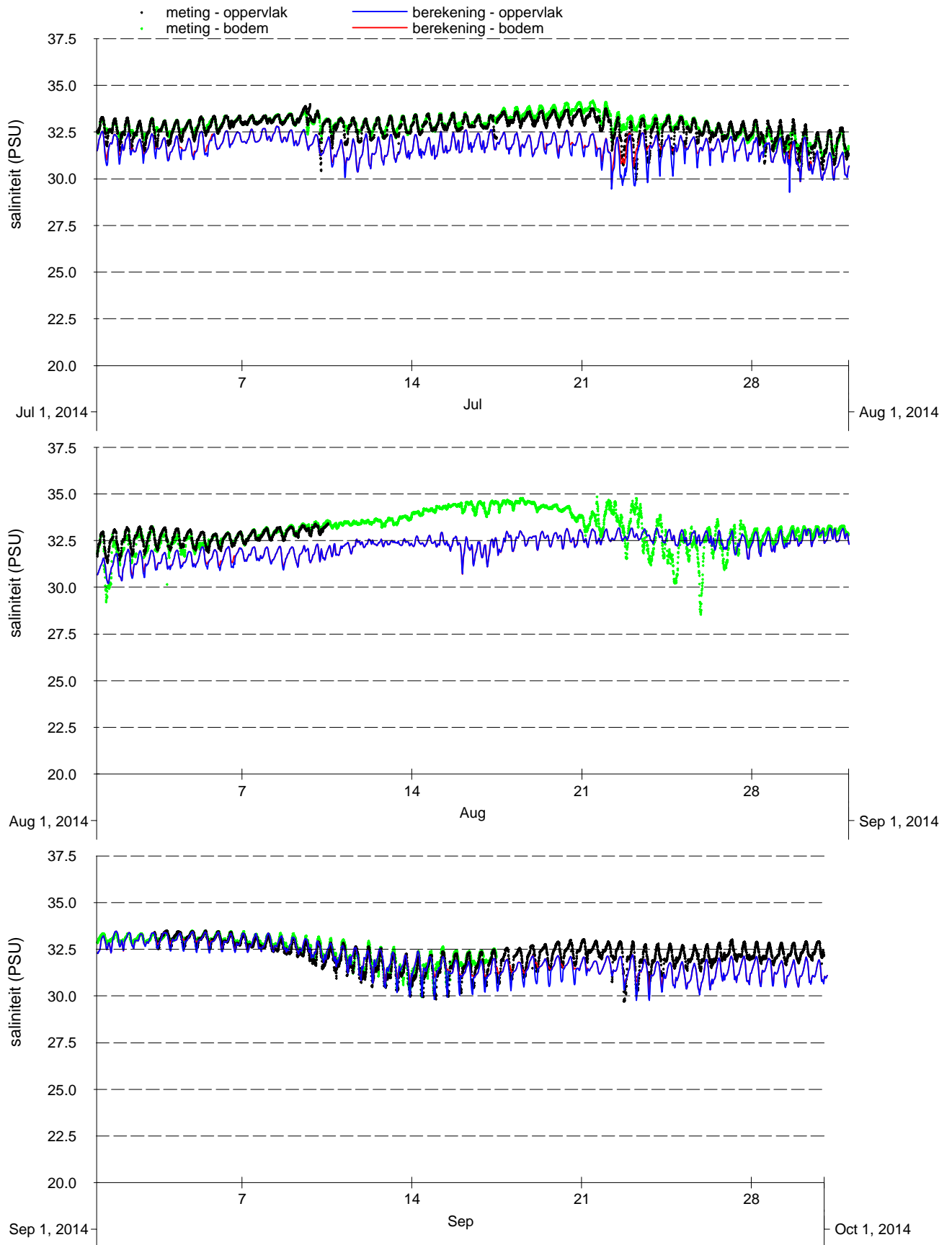
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemsaliniteit 1e kwartaal 2014, Zege-station Brouwershavensche Gat 2

Kustzuid model



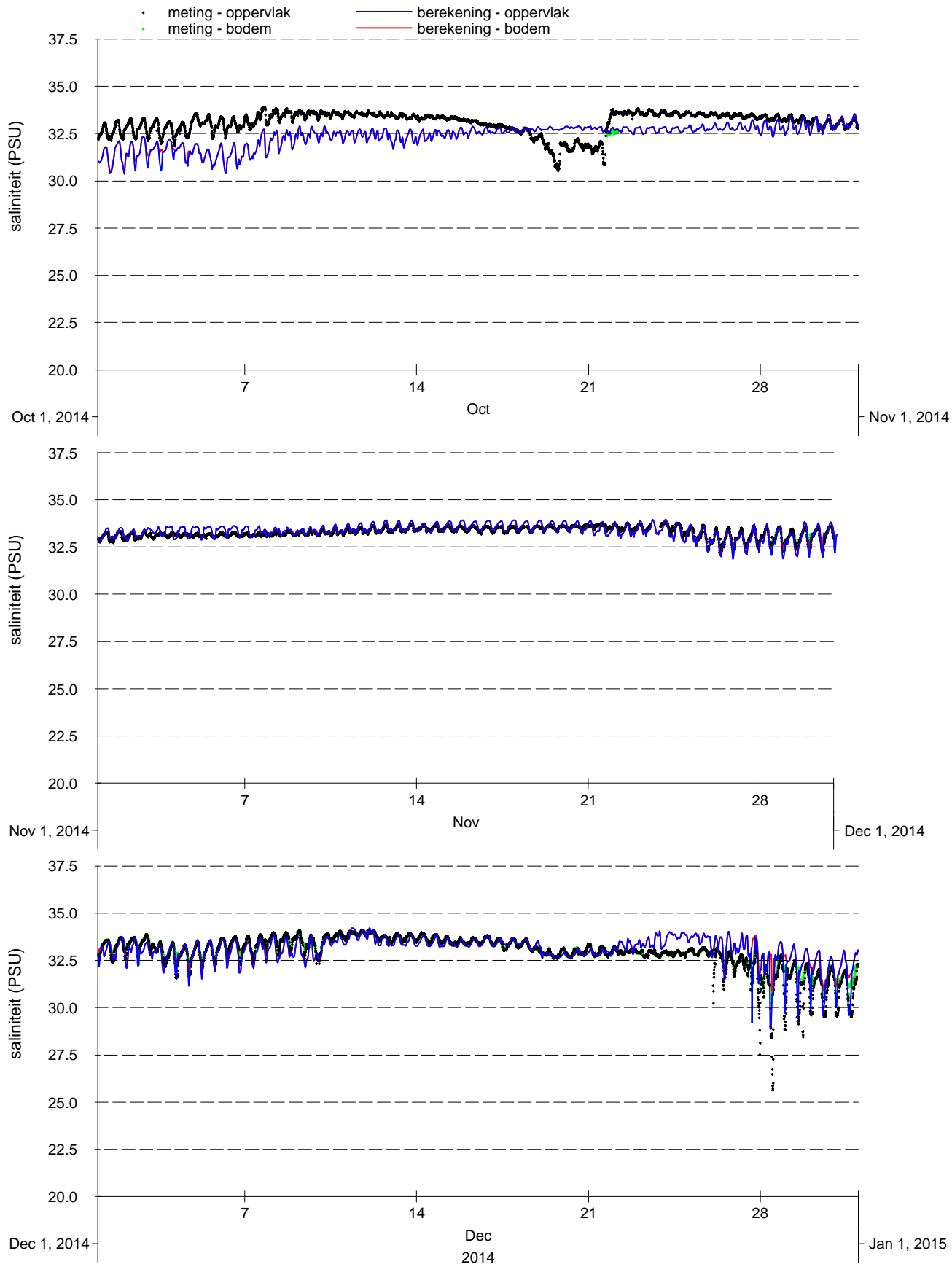
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen),  
oppervlakte- en bodemsaliniteit 2e kwartaal 2014, Zege-  
station Brouwershavensche Gat 2

Kustzuid model



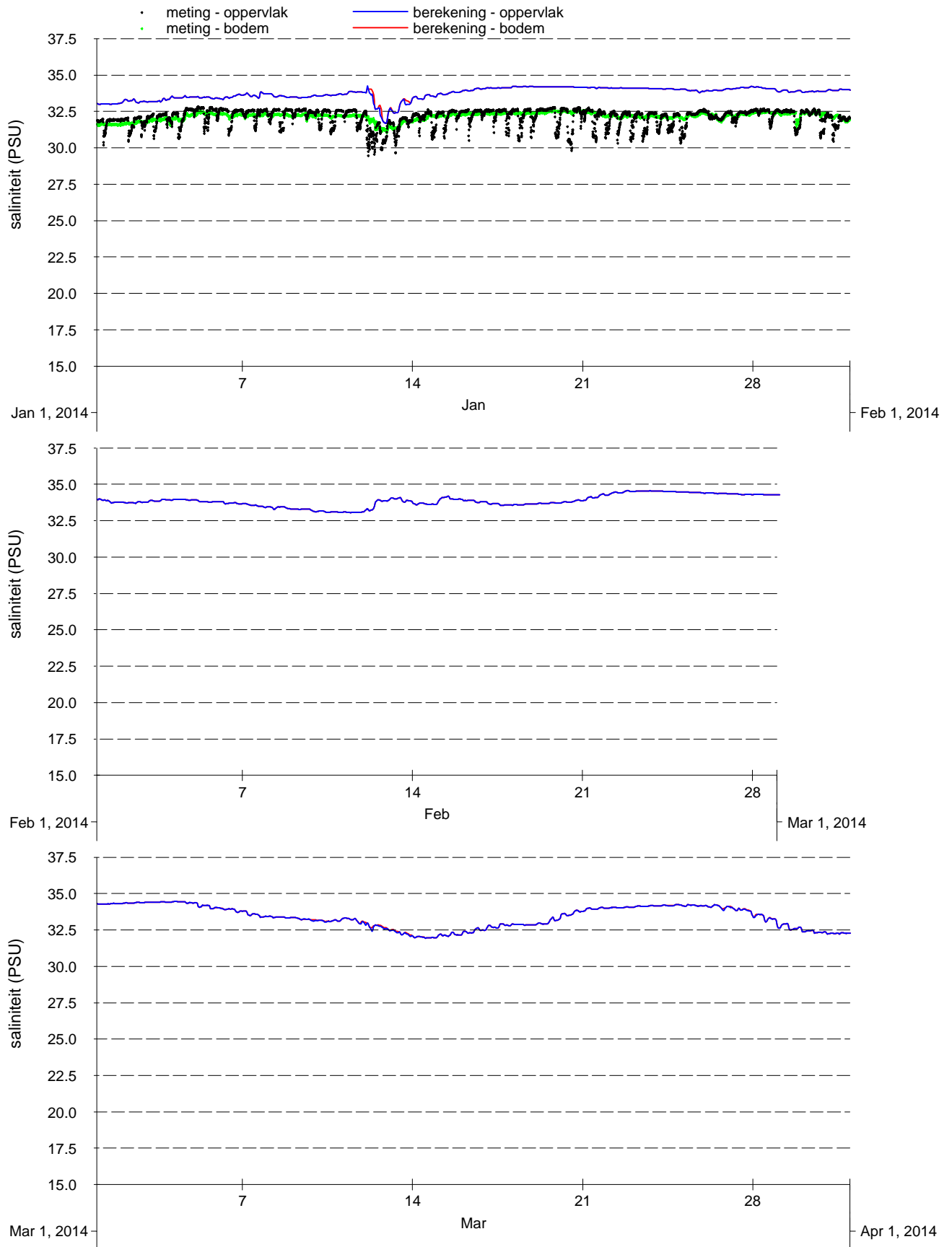
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemsaliniteit 3e kwartaal 2014, Zege-station Brouwershavensche Gat 2

Kustzuid model



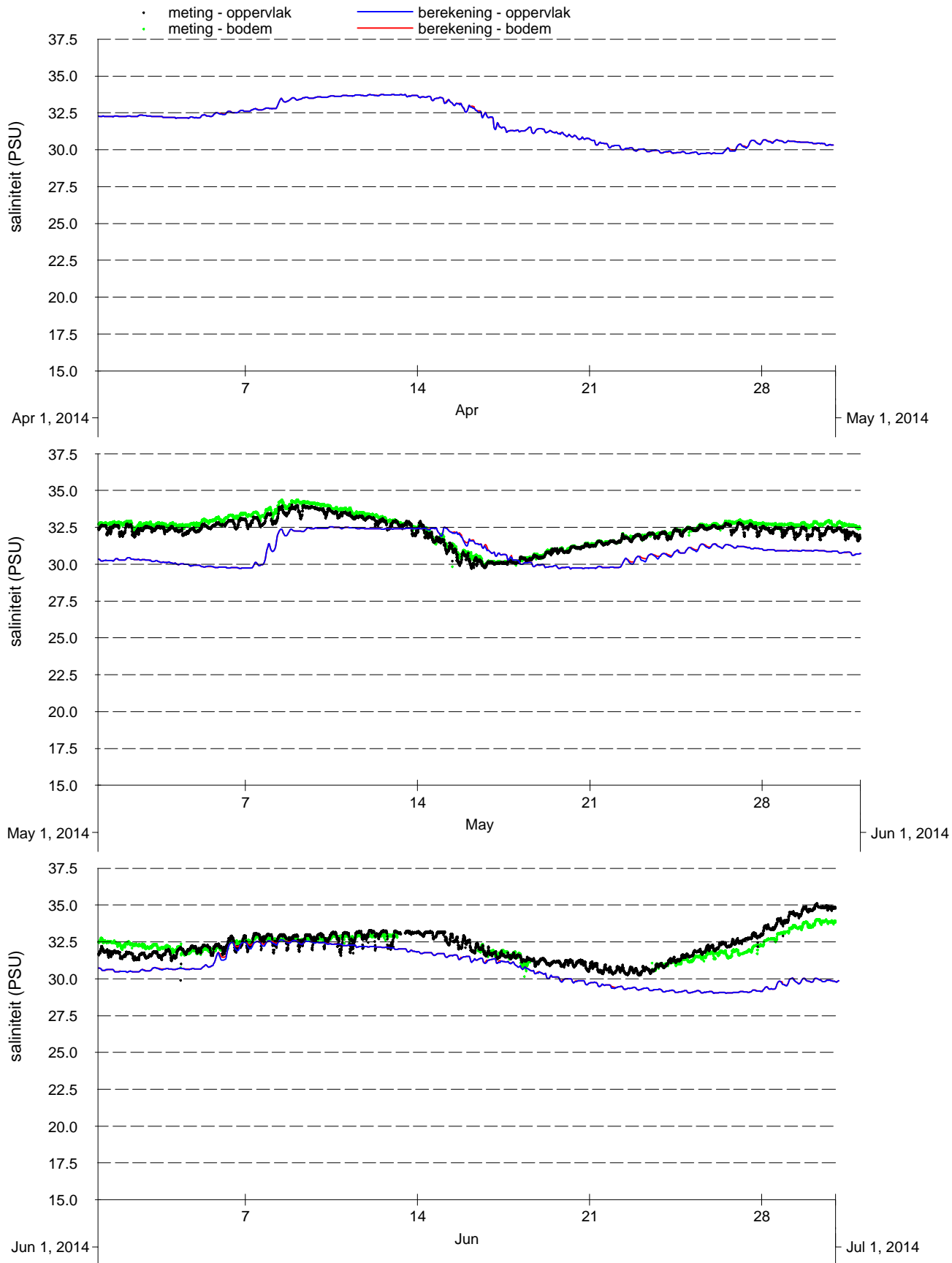
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen),  
oppervlakte- en bodemsaliniteit 4e kwartaal 2014, Zege-  
station Brouwershavensche Gat 2

Kustzuid model



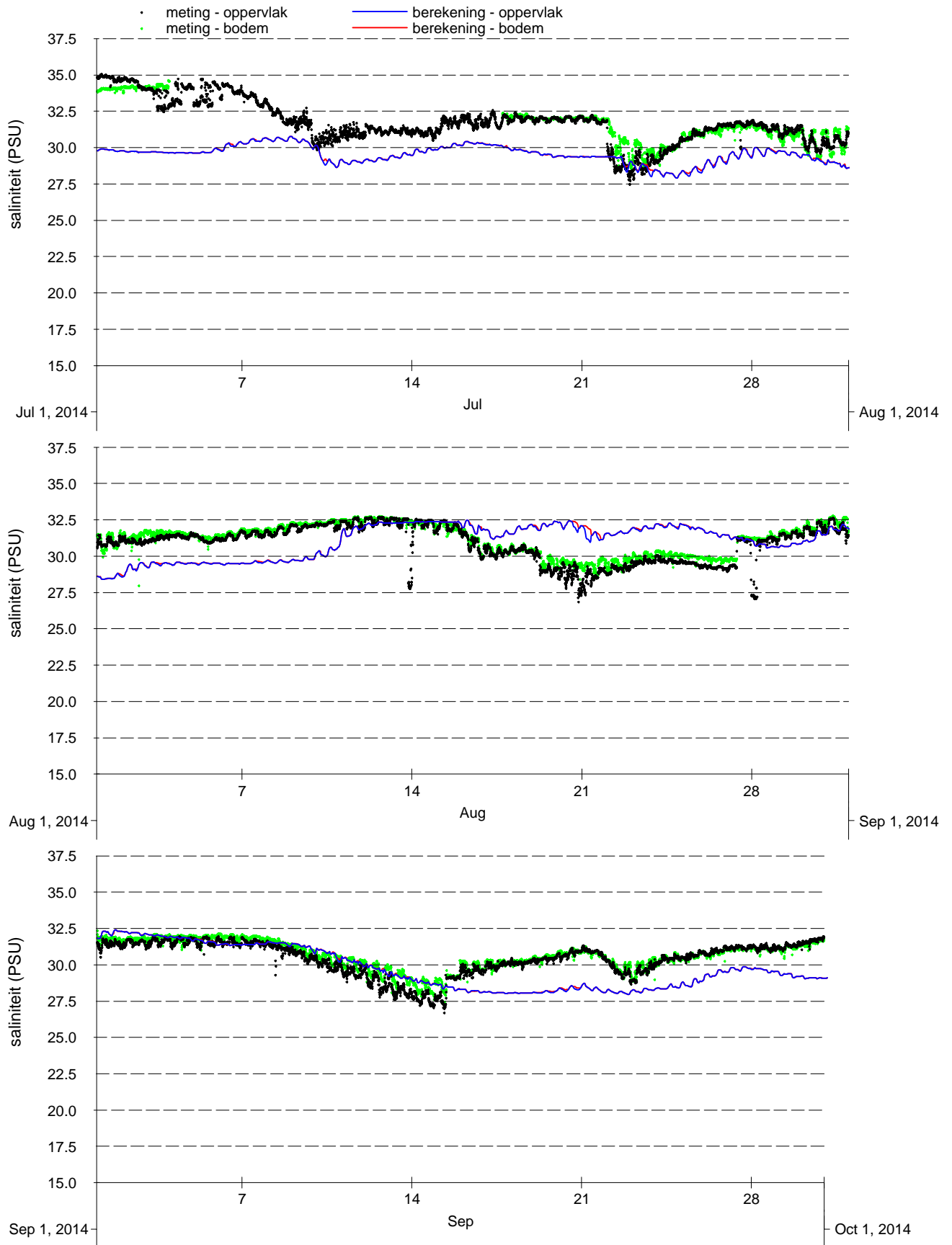
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen),  
oppervlakte- en bodemsaliniteit 1e kwartaal 2014, Zege-  
station Brouwershavensche Gat 8

Kustzuid model



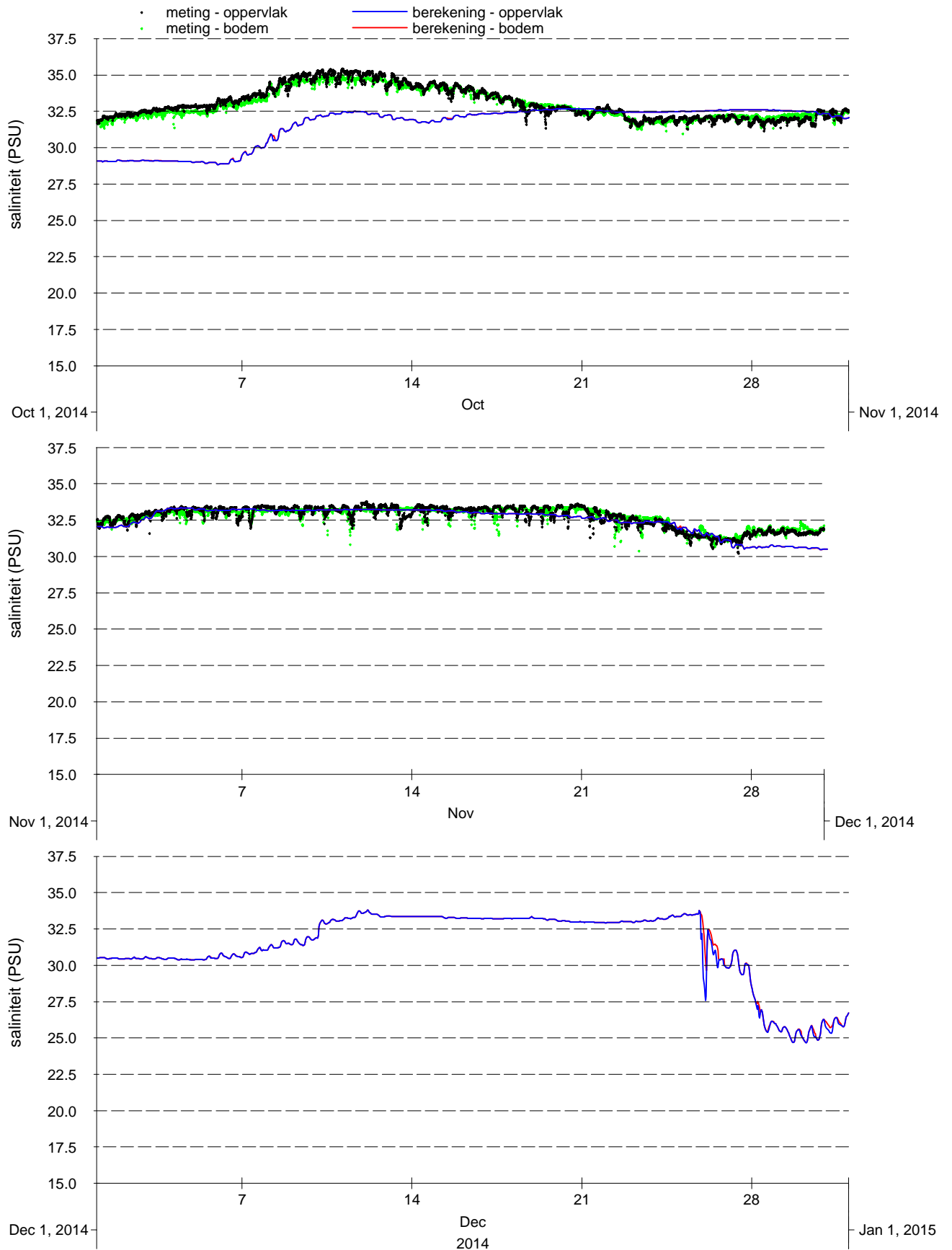
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen),  
oppervlakte- en bodemsaliniteit 2e kwartaal 2014, Zege-  
station Brouwershavensche Gat 8

Kustzuid model



Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemsaliniteit 3e kwartaal 2014, Zege-station Brouwershavensche Gat 8

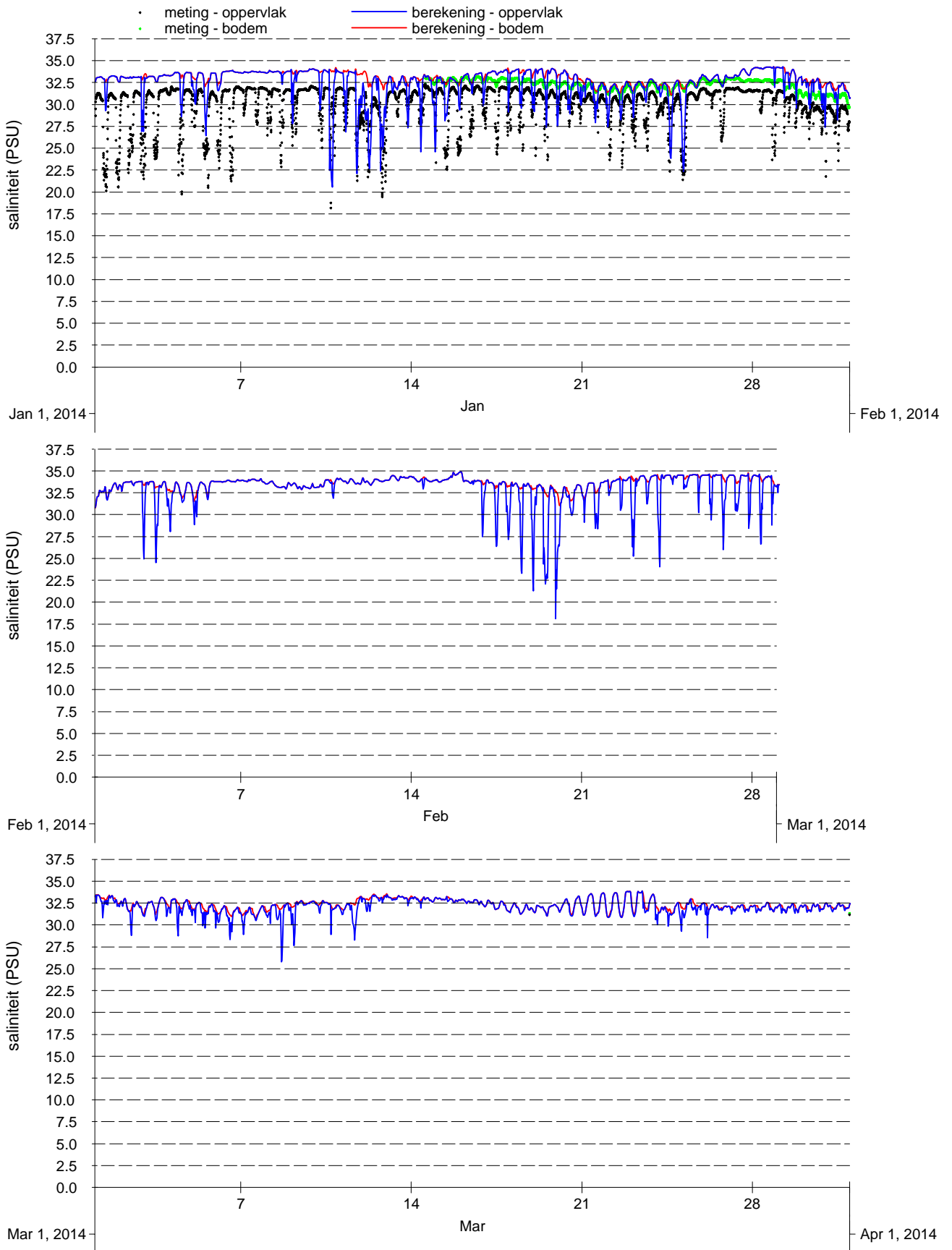
Kustzuid model



Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemsaliniteit 4e kwartaal 2014, Zege-station Brouwershavensche Gat 8

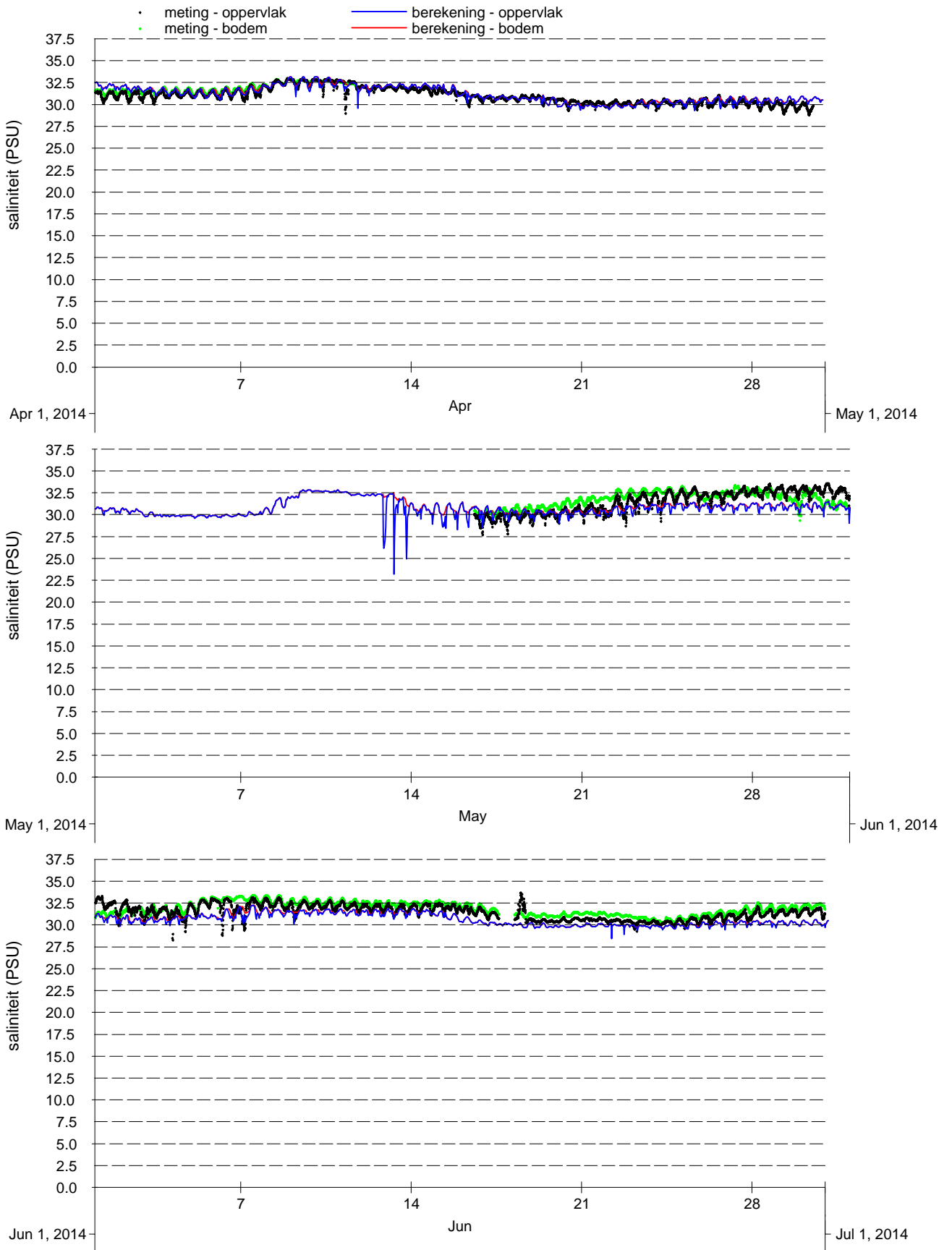
Kustzuid model





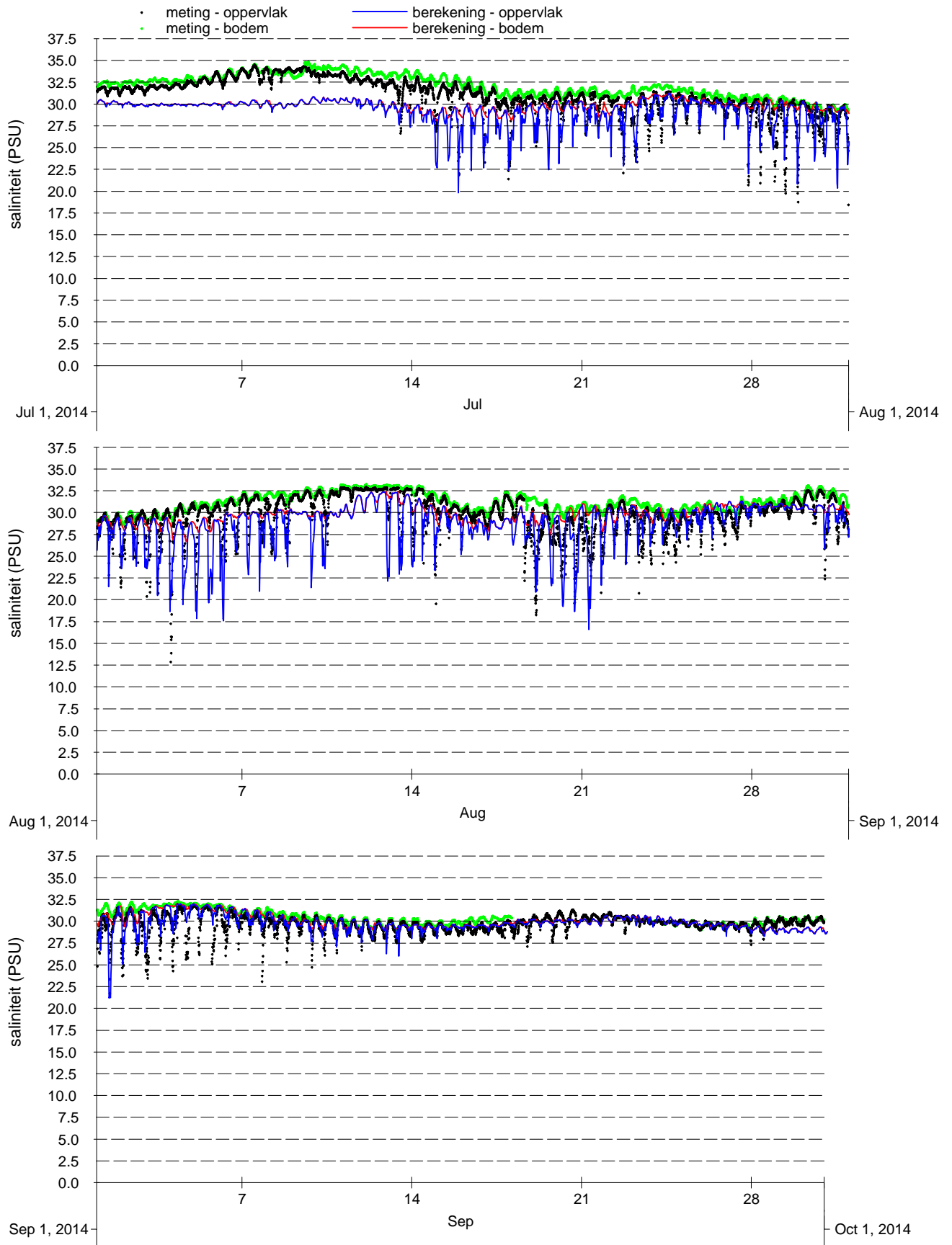
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemsaliniteit 1e kwartaal 2014, Zege-station Haringvliet 10

Kustzuid model	
----------------	--



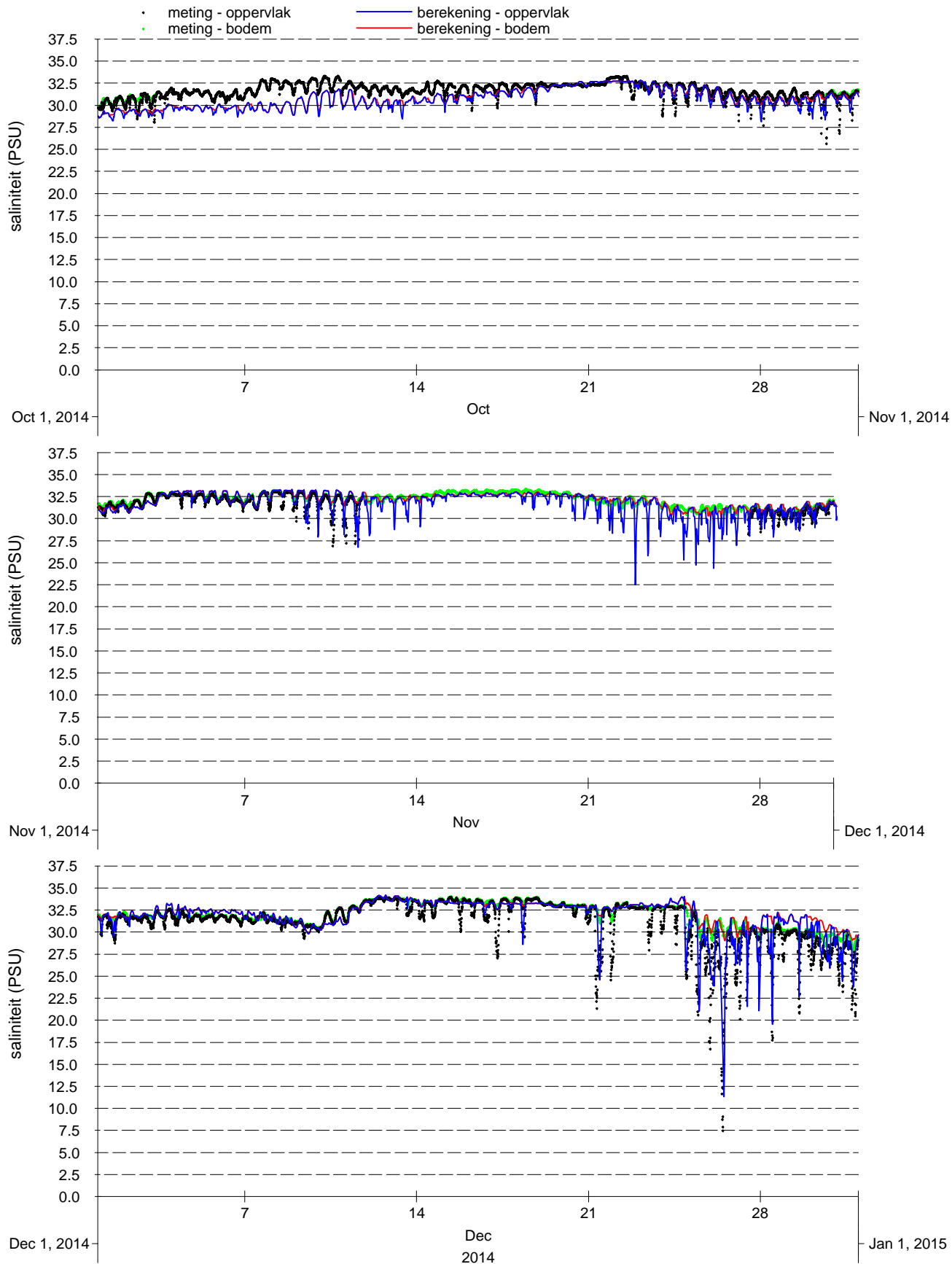
Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemsaliniteit 2e kwartaal 2014, Zege-station Haringvliet 10

Kustzuid model



Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemsaliniteit 3e kwartaal 2014, Zege-station Haringvliet 10

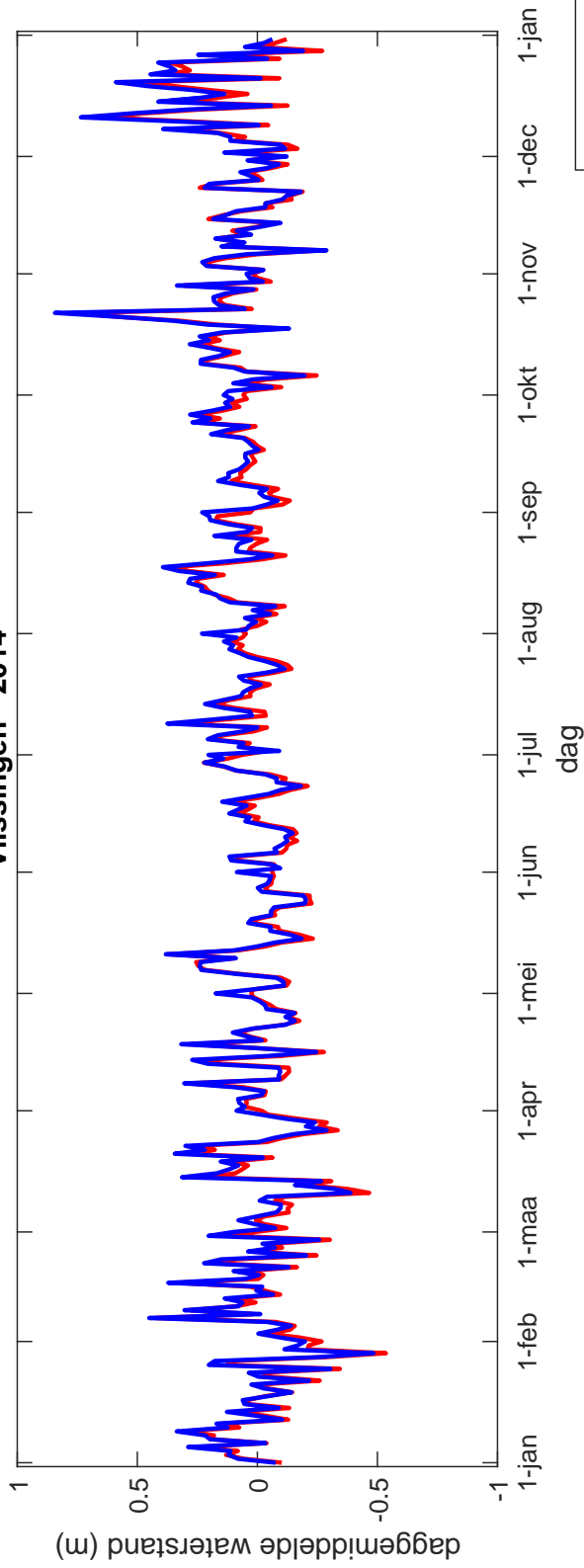
Kustzuid model



Vergelijking metingen (punten) en modelresultaten (lijnen), oppervlakte- en bodemsaliniteit 4e kwartaal 2014, Zege-station Haringvliet 10

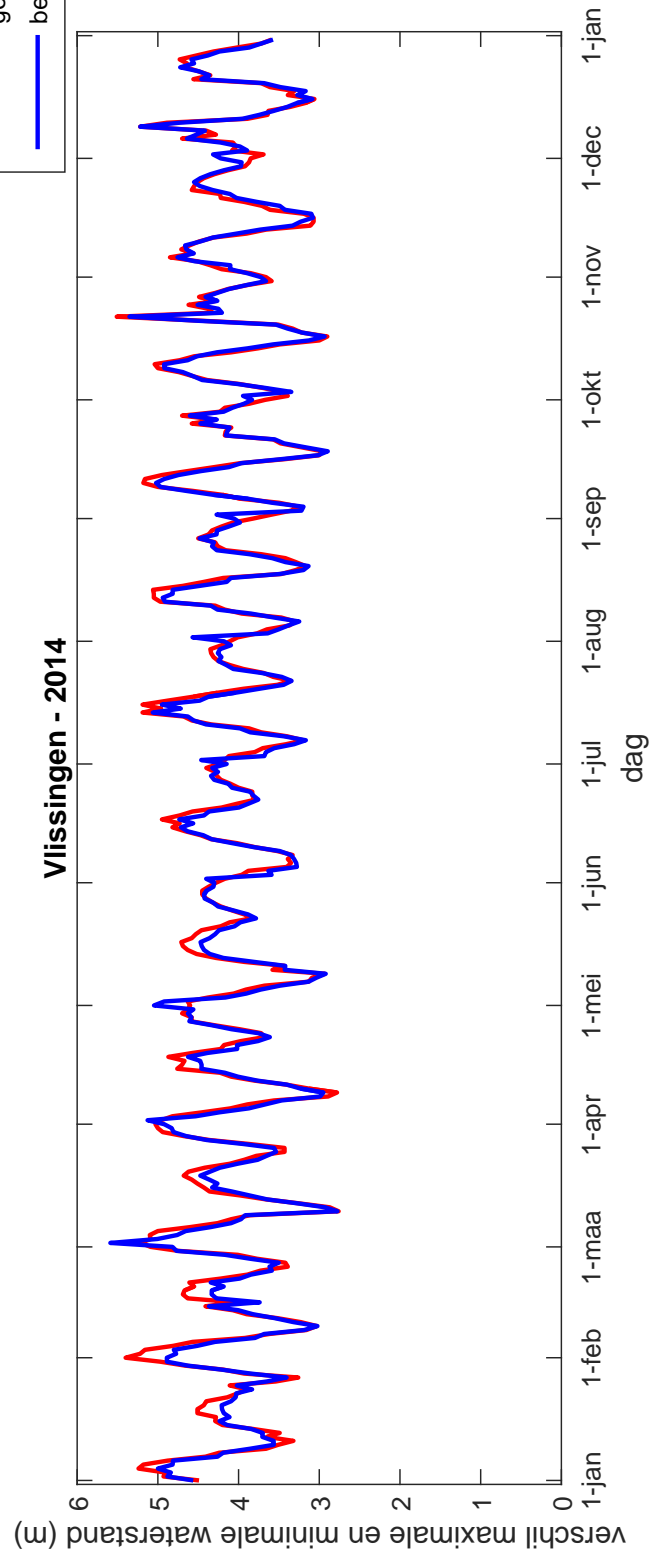
Kustzuid model

**Viissingen - 2014**



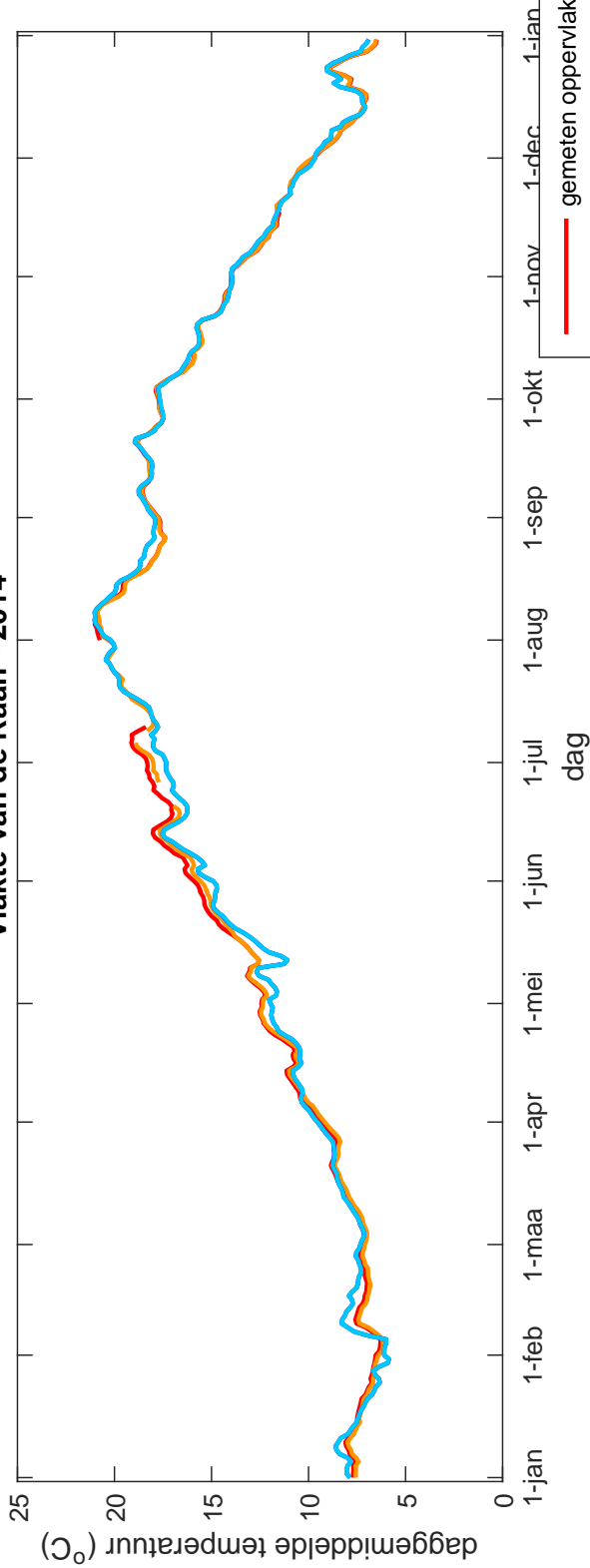
— gemeten  
— berekend

**Viissingen - 2014**

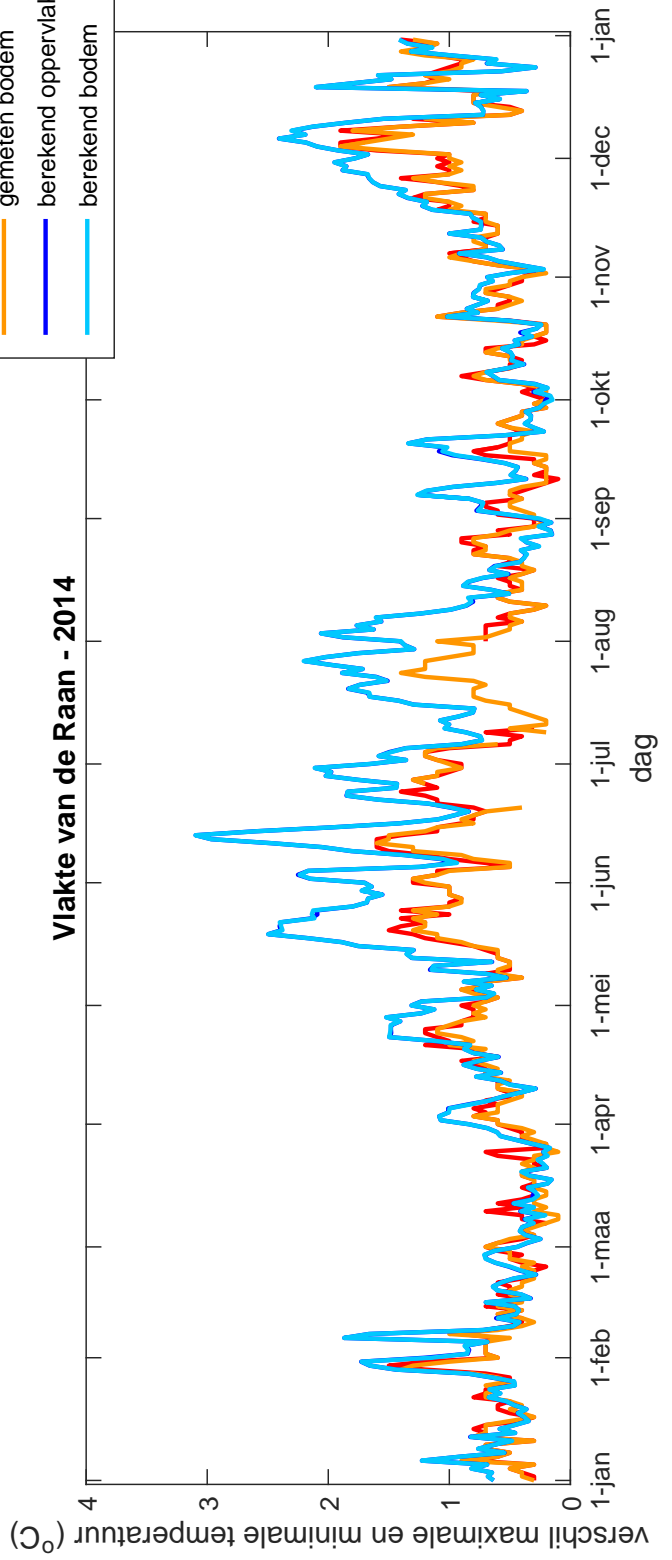


Dag-analyse van de waterstand, vergelijking van gemiddelde en variatie per dag tussen meting en berekening in station Viissingen

### Vlakte van de Raan - 2014

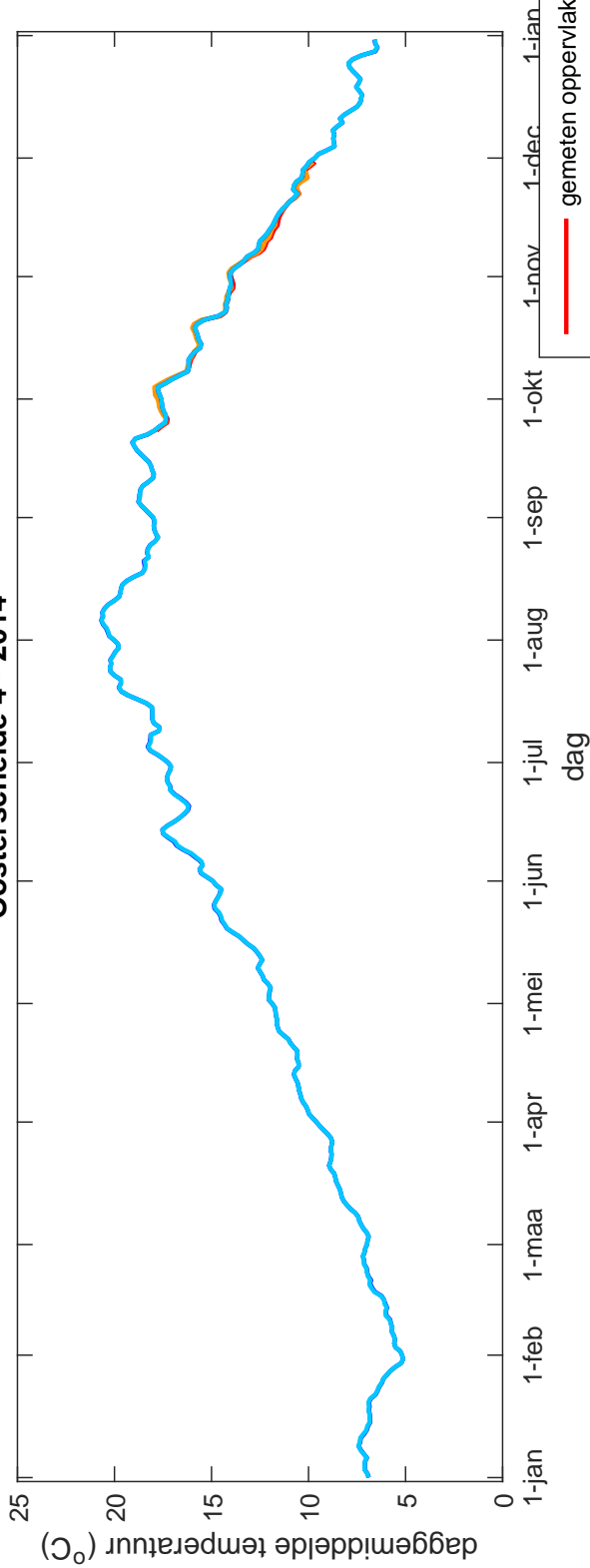


### Vlakte van de Raan - 2014

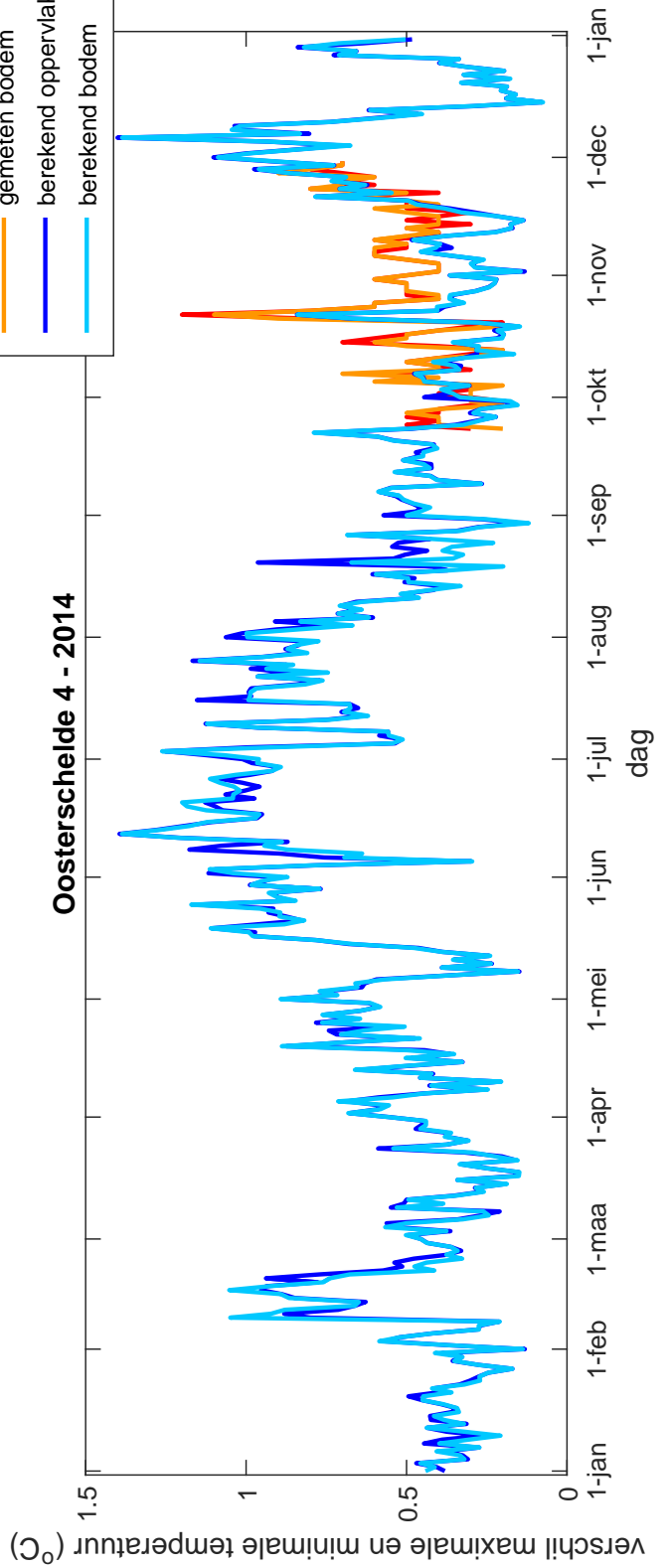


Dag-analyse van de temperatuur, vergelijking van gemiddelde en variatie per dag tussen meting en berekening in station Vlakte van de Raan

### Oosterschelde 4 - 2014

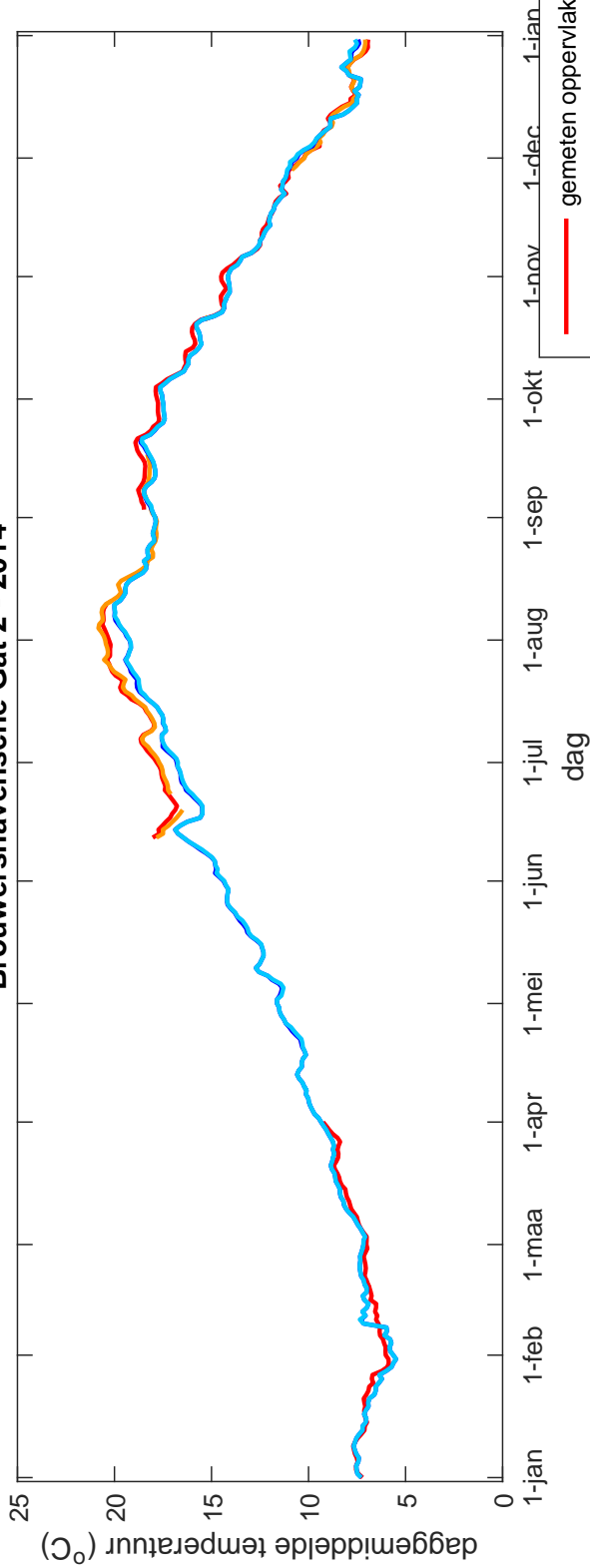


### Oosterschelde 4 - 2014

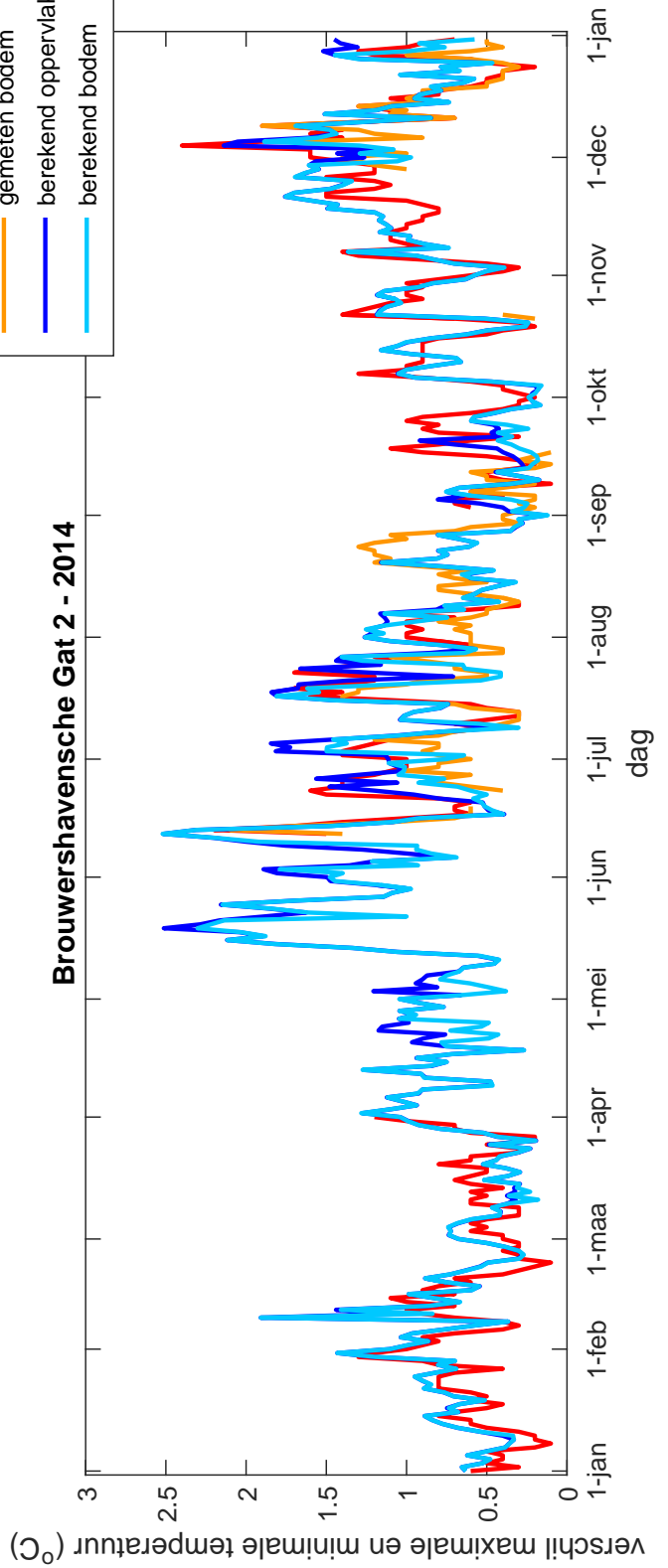


Dag-analyse van de temperatuur, vergelijking van gemiddelde en variatie per dag tussen meting en berekening in station Oosterschelde 4

### Brouwershavensche Gat 2 - 2014



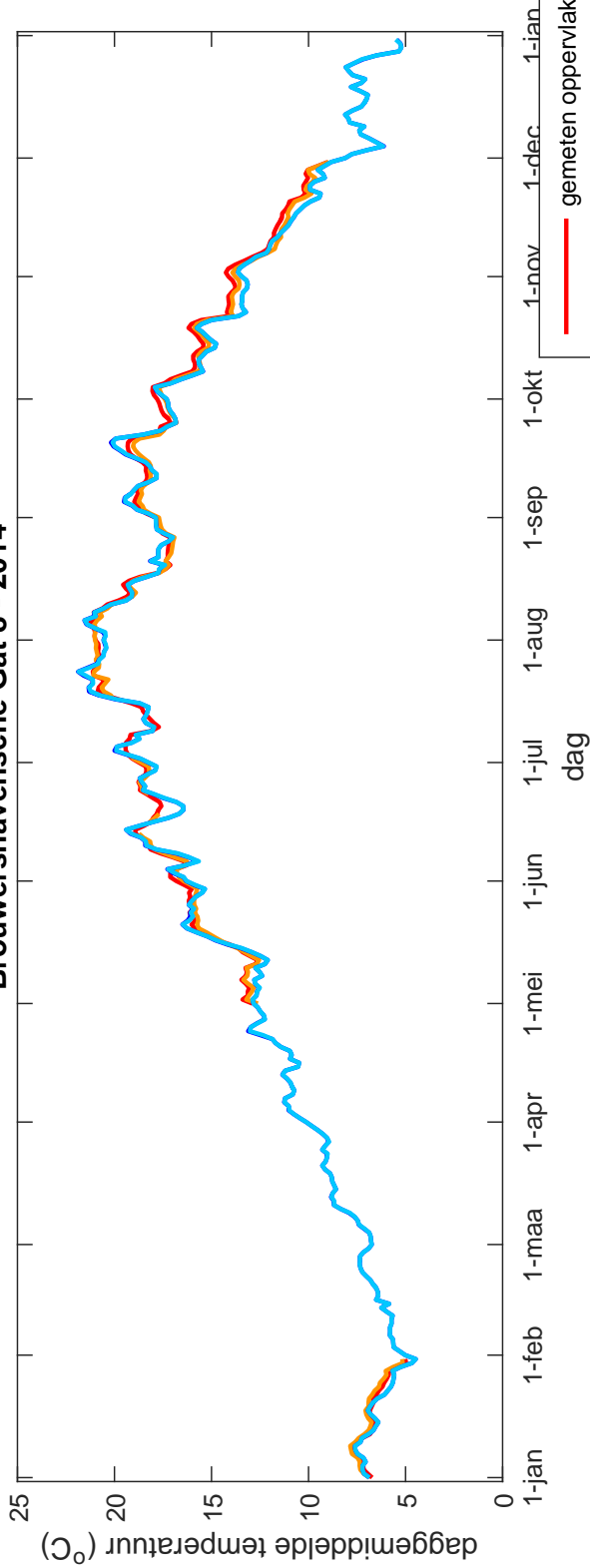
### Brouwershavensche Gat 2 - 2014



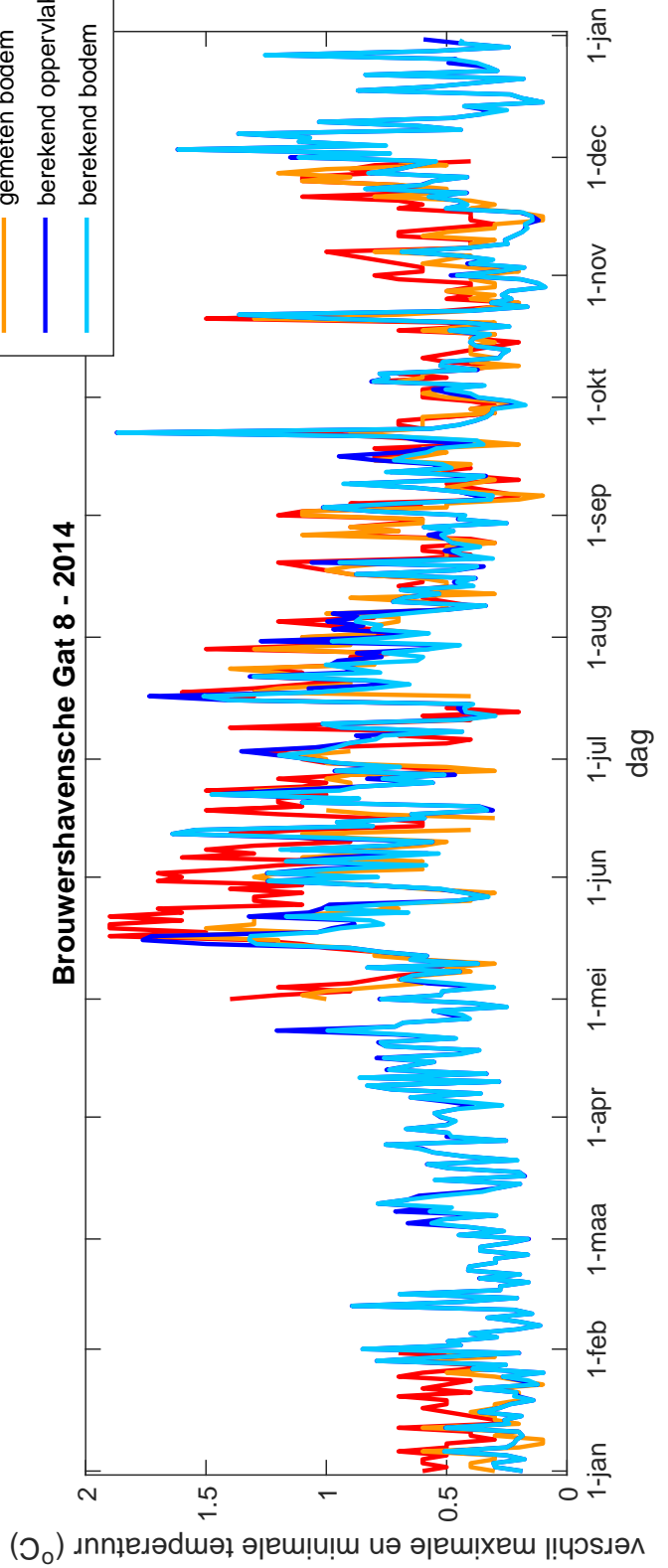
Dag-analyse van de temperatuur, vergelijking van gemiddelde en variatie per dag tussen meting en berekening in station Brouwershavensche Gat 2



**Brouwershavensche Gat 8 - 2014**

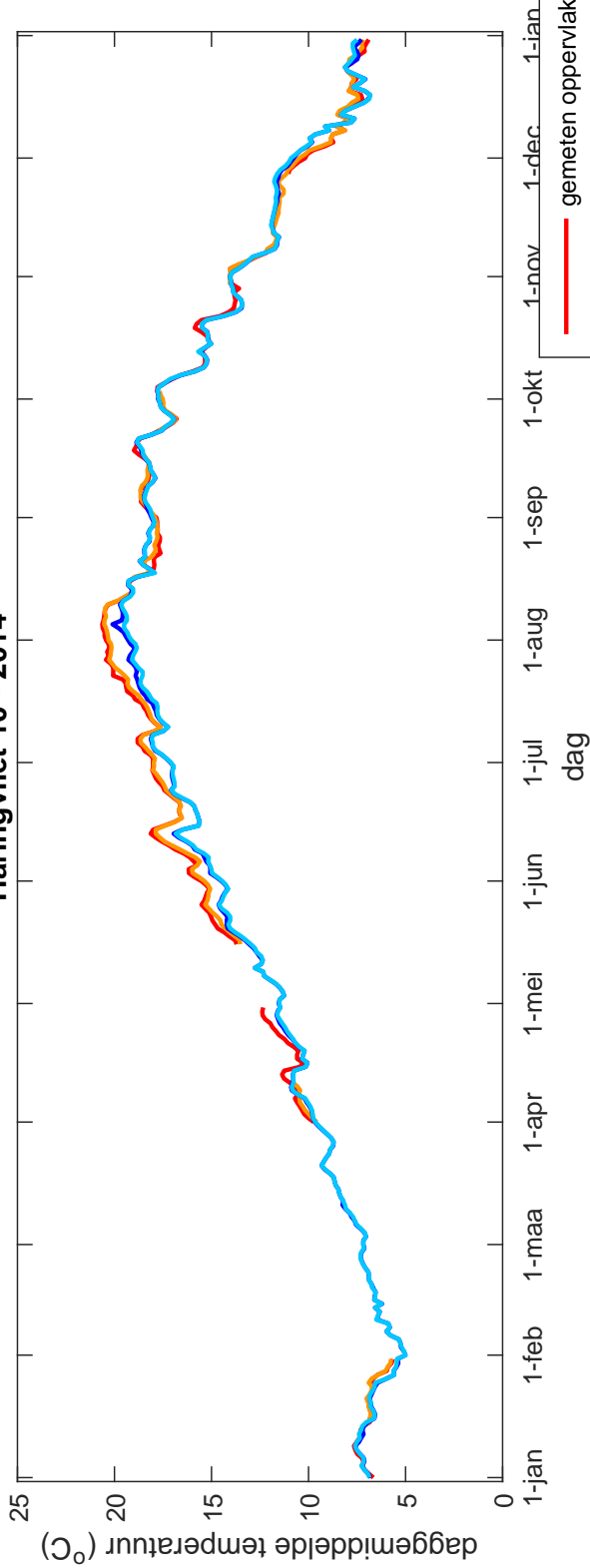


**Brouwershavensche Gat 8 - 2014**

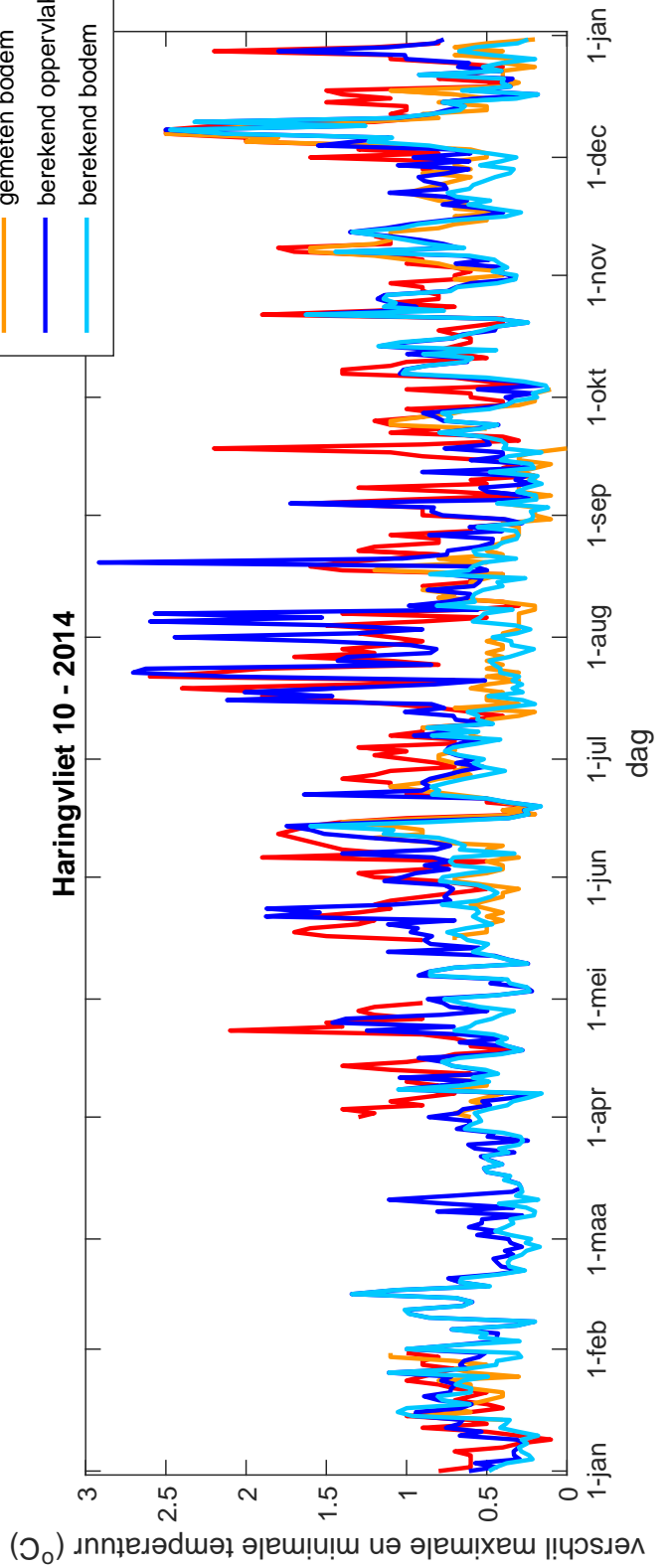


Dag-analyse van de temperatuur, vergelijking van gemiddelde en variatie per dag tussen meting en berekening in station Brouwershavensche Gat 8

### Haringvliet 10 - 2014

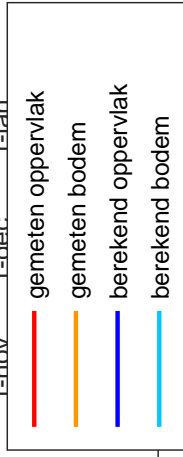
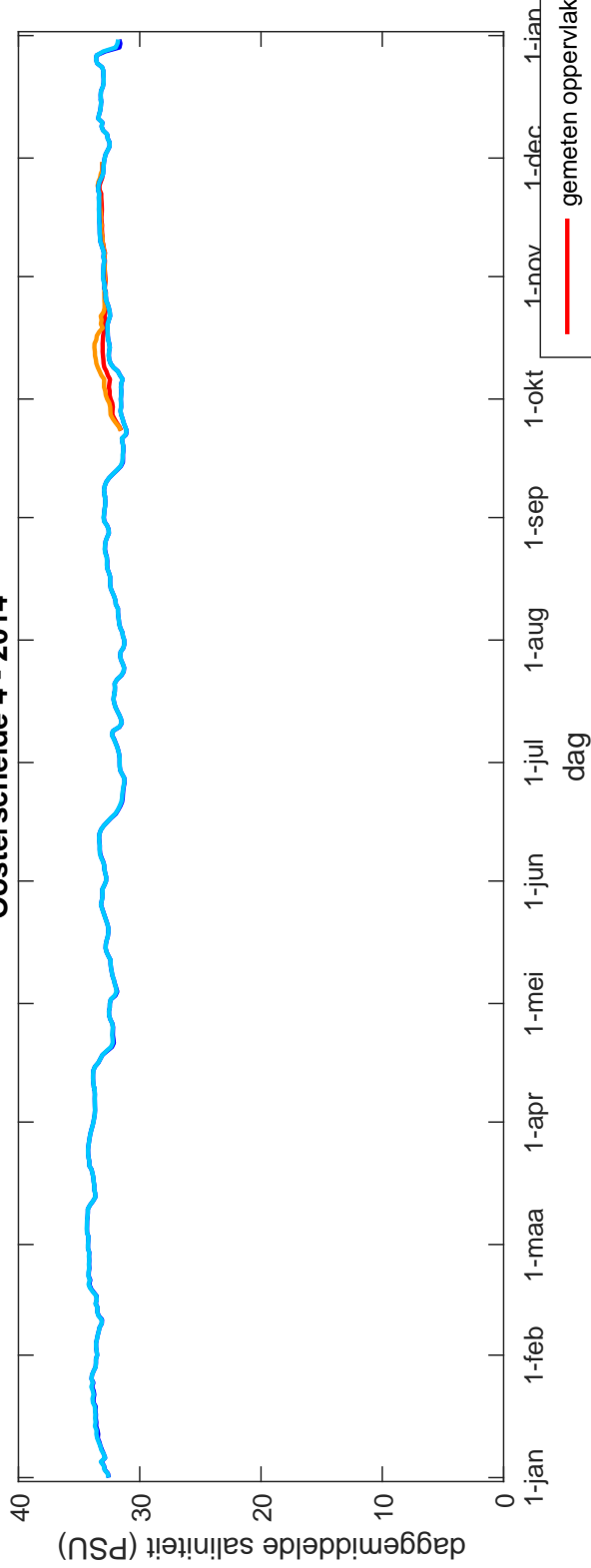


### Haringvliet 10 - 2014

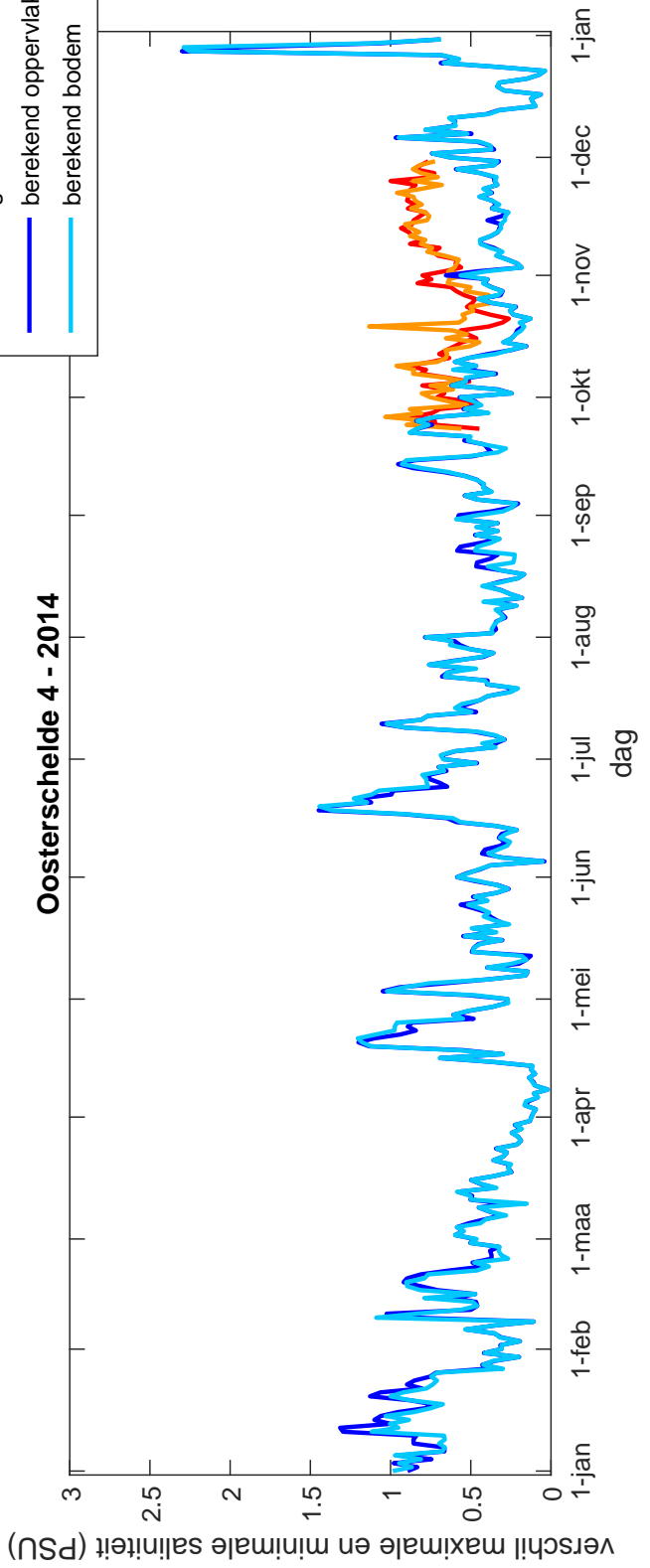


Dag-analyse van de temperatuur, vergelijking van gemiddelde en variatie per dag tussen meting en berekening in station Haringvliet 10

### Oosterschelde 4 - 2014

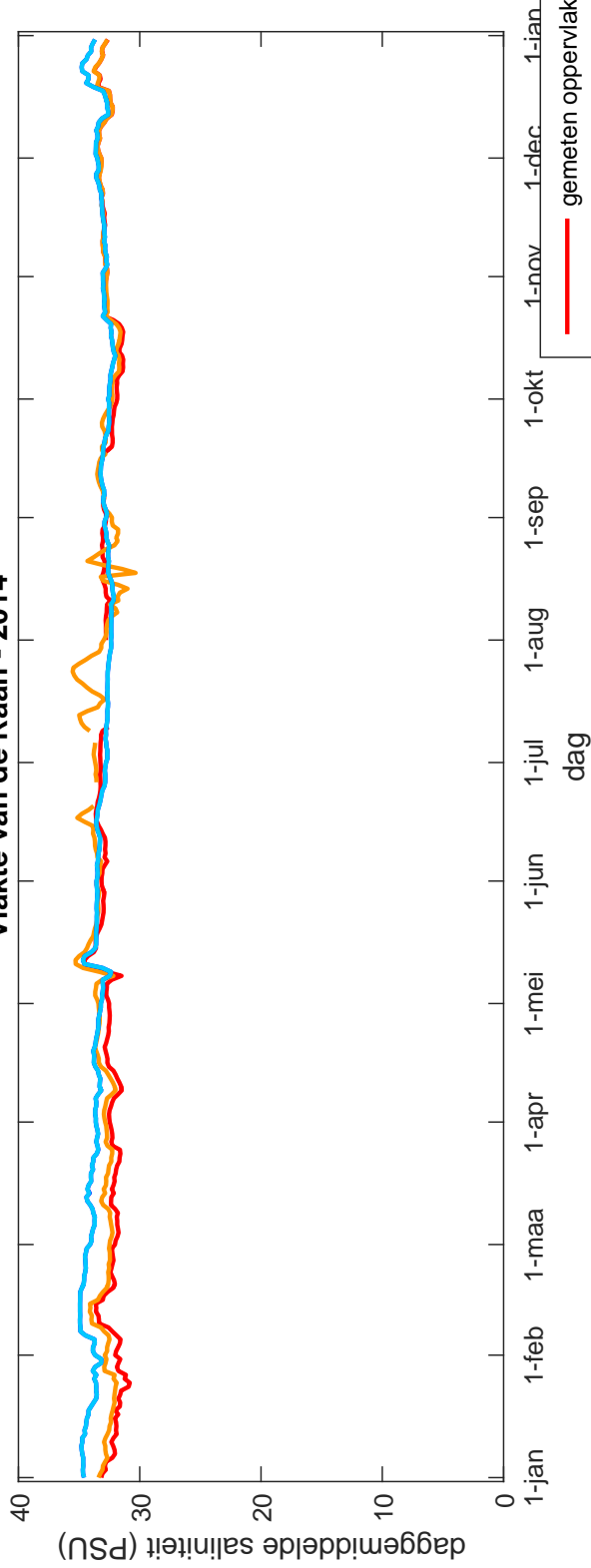


### Oosterschelde 4 - 2014

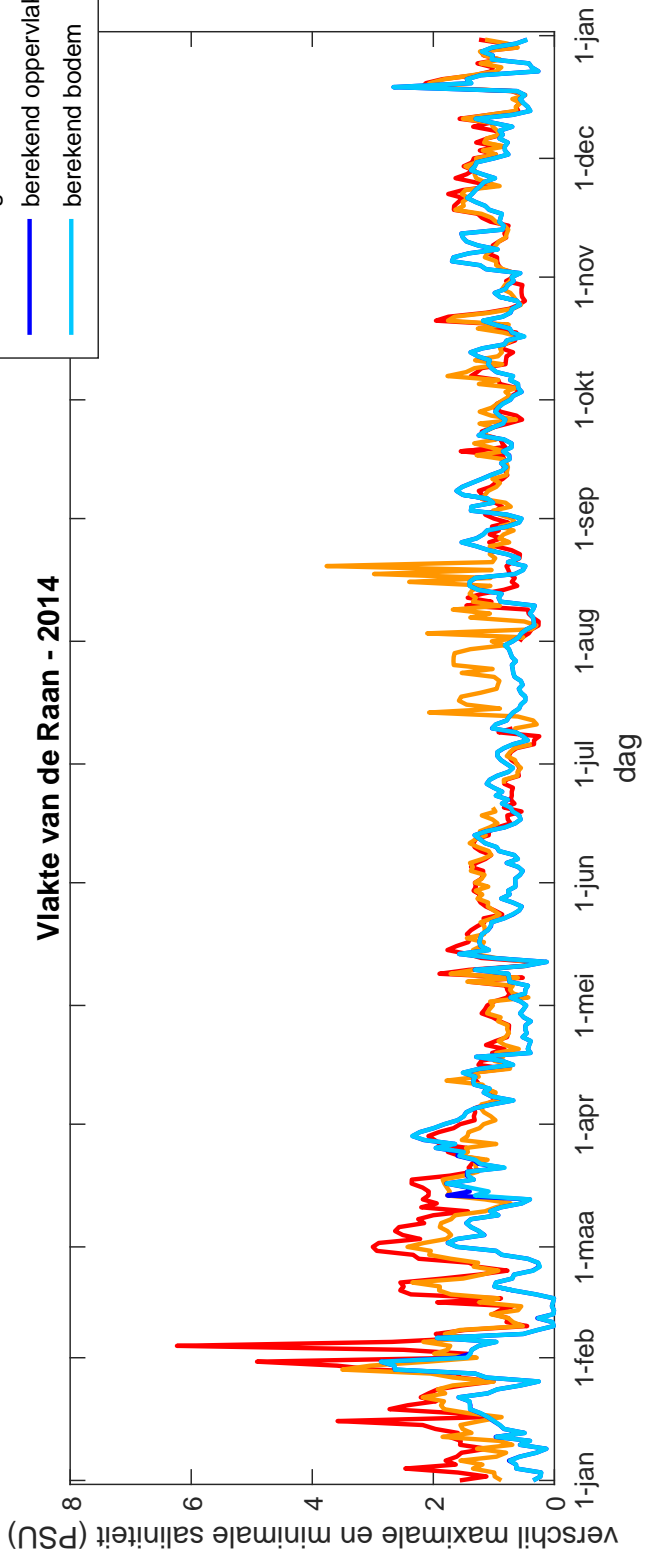


Dag-analyse van de saliniteit, vergelijking van gemiddelde en variatie per dag tussen meting en berekening in station Oosterschelde 4

### Vlakte van de Raan - 2014

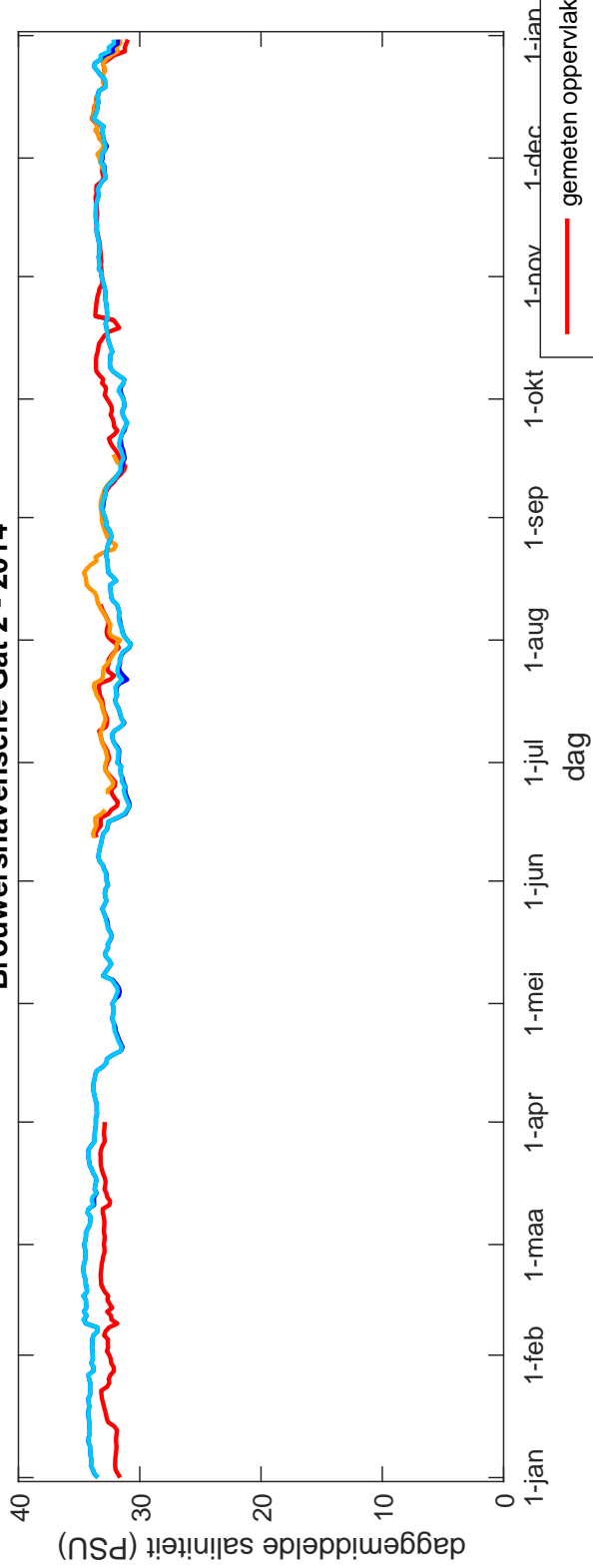


### Vlakte van de Raan - 2014

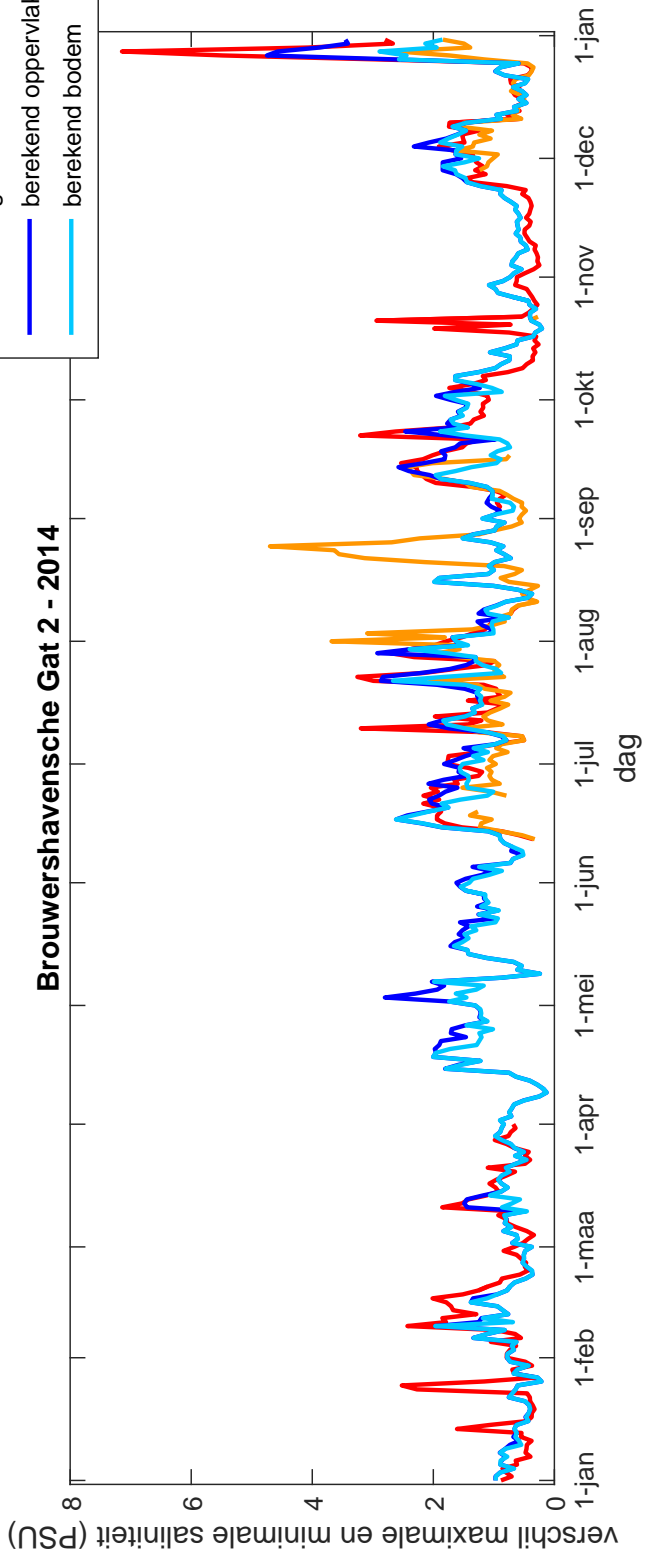


Dag-analyse van de saliniteit, vergelijking van gemiddelde en variatie per dag tussen meting en berekening in station Vlakte van de Raan

### Brouwershavensche Gat 2 - 2014

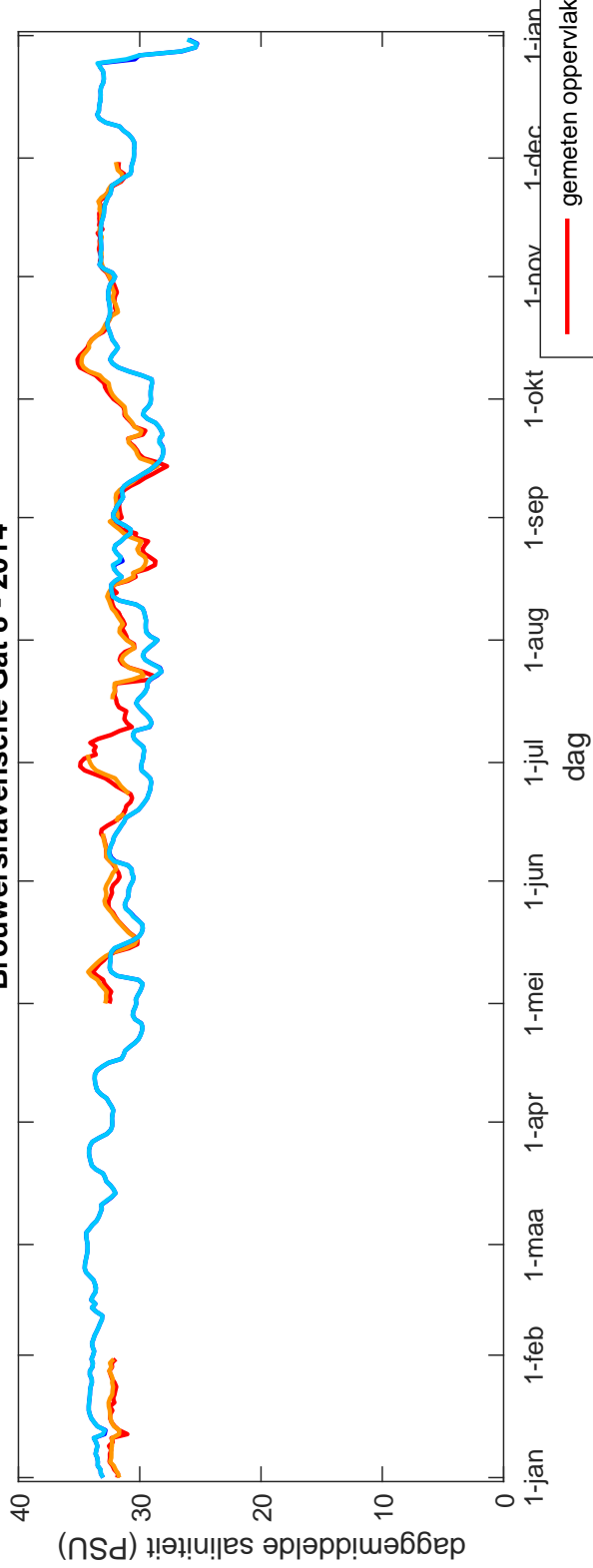


### Brouwershavensche Gat 2 - 2014

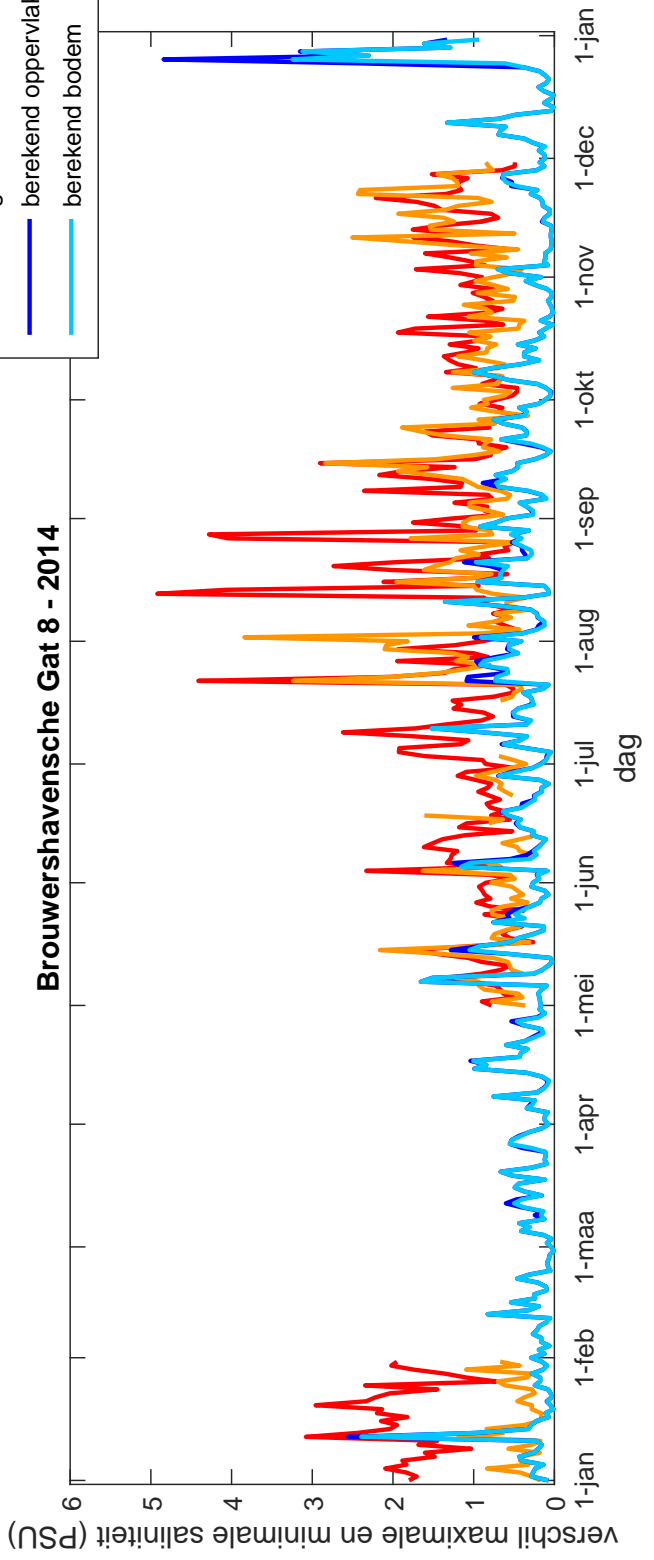


Dag-analyse van de saliniteit, vergelijking van gemiddelde en variatie per dag tussen meting en berekening in station Brouwershavensche Gat 2

**Brouwershavensche Gat 8 - 2014**

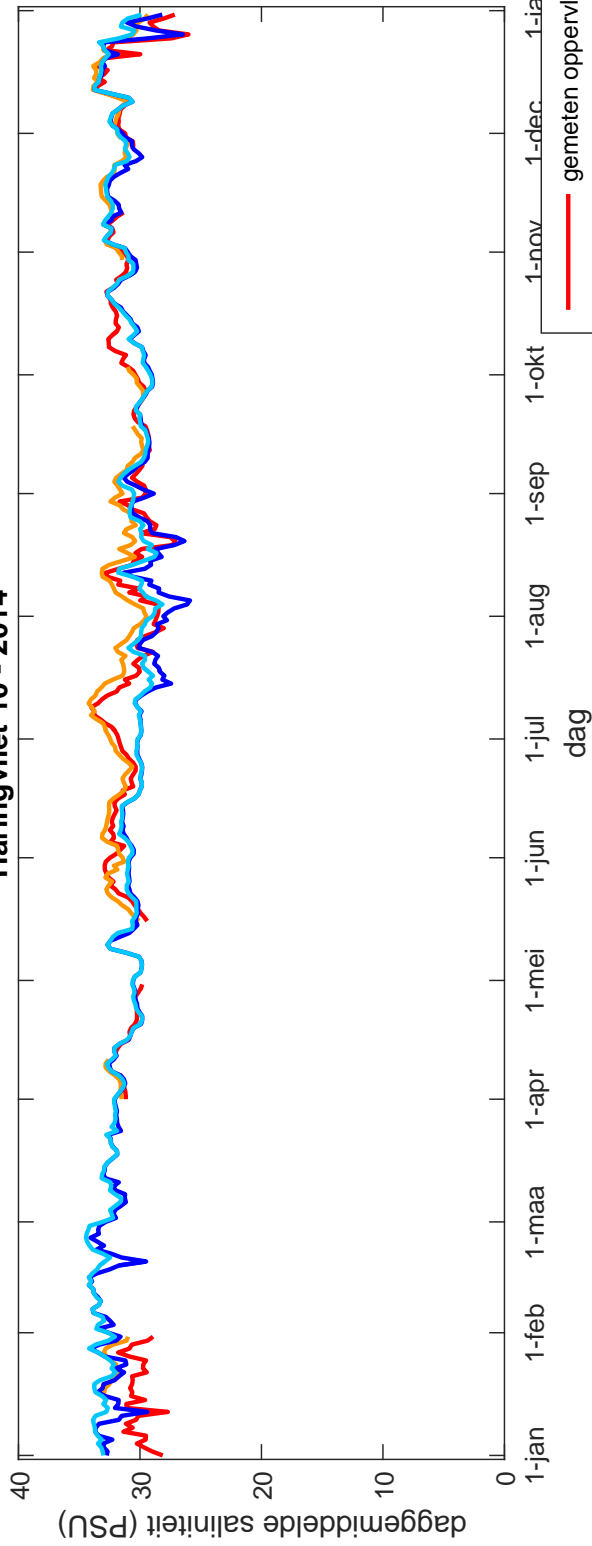


**Brouwershavensche Gat 8 - 2014**

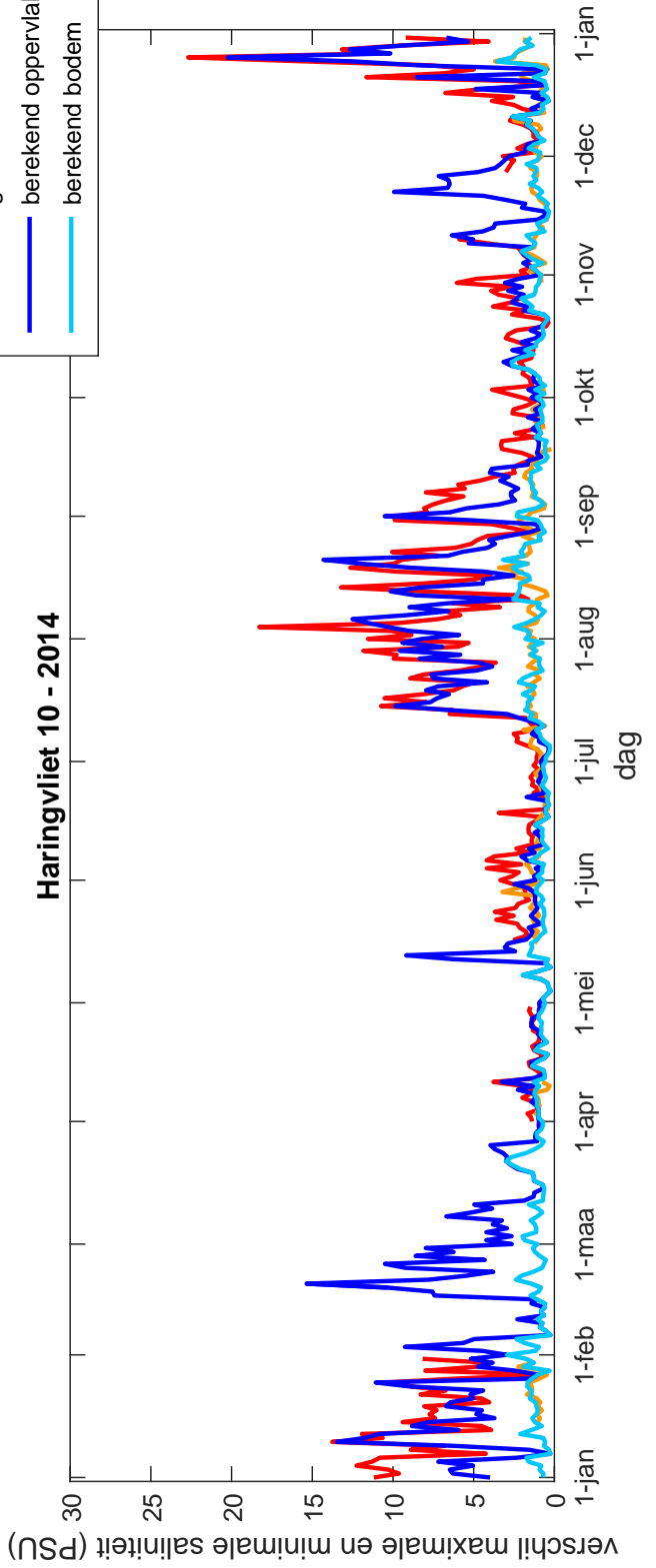


Dag-analyse van de saliniteit, vergelijking van gemiddelde en variatie per dag tussen meting en berekening in station Brouwershavensche Gat 8

### Haringvliet 10 - 2014



### Haringvliet 10 - 2014



Dag-analyse van de saliniteit, vergelijking van gemiddelde en variatie per dag tussen meting en berekening in station Haringvliet 10