



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Stormvloedrapport SR100

Stormvloeden tijdens stormen **Eunice** en
Franklin van **18 t/m 21 februari 2022**



WMCN Kust

Datum: **30 juni 2022**

Colofon

Uitgegeven door	Watermanagementcentrum Nederland
Auteurs	Annette Zijderveld, Rik Verboeket, Berend Jan Bosma (RWS) Ruben Ijpelaar (KNMI), Erik Boertjes (bloomngdata.nl)
Opmaak	RWS West Nederland Zuid, Hollandsche IJsselkering
Foto Titelpagina	WMCN Stormvloedwaarschuwingen Kust en Benedenrivieren
Informatie	088 – 798 5050
Telefoon	Wmcn-kust@rws.nl
E-mail	
Datum	30 juni 2022
Versie	1.0
Status	Definitief

Inhoud

Inleiding 4

1 Analyse weersituatie 5

- 1.1 Algemene beschrijving meteobeeld 5
- 1.2 Storm Dudley 7
 - 1.2.1 Beschrijving modelverwachtingen 8
 - 1.2.2 Algemene meteorologische bevindingen storm Dudley 9
- 1.3 Storm Eunice 10
 - 1.3.1 Beschrijving modelverwachtingen 11
 - 1.3.1.1 Algemene meteorologische bevindingen storm Eunice 13
- 1.4 Storm Franklin 14
 - 1.4.1 Beschrijving modelverwachtingen 15
 - 1.4.2 Algemene meteorologische bevindingen storm Franklin 16

2 Waterstanden tijdens de stormvloed 17

- 2.1 Algemeen 17
- 2.2 Chronologisch verslag van de stormvloeden 18
 - 2.2.1 Lange termijn verwachtingen voor 17- 22 februari 18
 - 2.2.2 Uitgegeven verwachtingen voor het hoogwater van 18/19 februari (Storm Eunice) 20
 - 2.2.3 Uitgegeven verwachtingen voor hoogwater van 21 februari (Storm Franklin) 22

3 Analyse verwachtingen en waarschuwingen 25

- 3.1 Analyse absolute verschillen in de verwachtingen 26
- 3.2 Analyse statistische parameter 27

4 Golven tijdens de stormvloed 30

- 4.1 Algemeen 30
- 4.2 Golfhoogte 31
- 4.3 Golfperiode 33

5 Classificatie van de stormvloed 34

6 Inzet van Keringen 35

- 6.1 Oosterscheldekering 35
- 6.2 Hollandsche IJsselkering 35
- 6.3 Haringvlietsluizen 36

7 Bijlagen 37

Inleiding

Februari 2022 was een uitzonderlijk stormachtige maand. Naast enkele stormachtige situaties in de eerste helft passeerden in de laatste week van deze maand drie stormen die volgens de classificatie van de meteo-instituten een naam kregen: Dudley, Eunice en Franklin. Eunice was qua windkracht de sterkste storm, maar ook storm Franklin leidde tot flink verhoogde waterstanden. Hoog genoeg om voor de periode van woensdag 16 februari tot en met maandag 21 februari dit stormvloedrapport op te stellen. De storm Dudley is omdat de opgetreden waterstanden nauwelijks boven voorwaarschuwingsspeil uitkwamen niet meegenomen in de hydrologische overzichten en de analyse van de waarschuwingen.

Het getij ging in deze periode richting springtij, de hoogwaters waren daarom boven gemiddeld. De opgetreden waterstanden tijdens de storm Eunice en Franklin zijn als lage stormvloed geclassificeerd. Langs de gehele kust zijn in deze periode waterstanden opgetreden die gemiddeld 93 tot 27 maal per 100 jaar voorkomen. Bij de sectorstations Vlissingen, Hoek van Holland, Harlingen en Delfzijl zijn de vastgestelde grenspeilen voor deze classificatie overschreden, en conform afspraak wordt dit stormvloedrapport (SR100) opgesteld.

Het is een bijzondere toevalligheid dat in het 100^{ste} stormseizoen sinds de oprichting van de Stormvloed Waarschuwingdienst bij het KNMI op 1 oktober 1921 ook het 100^{ste} stormvloedrapport verschijnt.

Het doel van dit rapport is het vastleggen van de ontwikkeling van deze stormvloed en het inzichtelijk maken van de door Rijkswaterstaat uitgegeven waarschuwingen. Doelgroep is met namen Rijkswaterstaat en de sector zelf maar ook een breder publiek van geïnteresseerde lezers.

In de periode van 18 februari tot en met 21 februari heeft het Water Management Centrum Nederland (WMCN) 4 voorwaarschuwingen, 9 waarschuwingen en 2 alarmeringen uitgegeven. Het waarschuwbureau van WMCN-Kust was geopend van vrijdag 18 februari 08:00 tot en met zaterdag 19 februari 04:30 en van zondag 20 februari 14:30 tot en met maandag 21 februari 19:00 uur¹.

Tijdens deze periode zijn de Oosterscheldekering, de Hollandsche IJsselkering en de Haringvlietsluizen gesloten. Voor de Maeslantkering en de Hartelkering kwamen de waterstanden niet boven het sluitpeil uit. Ook in de primaire waterkeringen in het noordelijke kustgebied hoefden in deze periode de coupures niet gesloten te worden.

Tussen de laatst gerapporteerde stormvloed van 31 januari 2022 (SR99) en de hier beschreven stormvloeden is het waarschuwbureau van WMCN-KUST verschillende malen actief geweest voor hoge vloeden. Deze hoge vloeden zijn gerapporteerd in stormvloedflitsen. Alle uitgebrachte stormvloedflitsen en stormvloedrapporten zijn in te zien op en te downloaden van de website van Rijkswaterstaat².

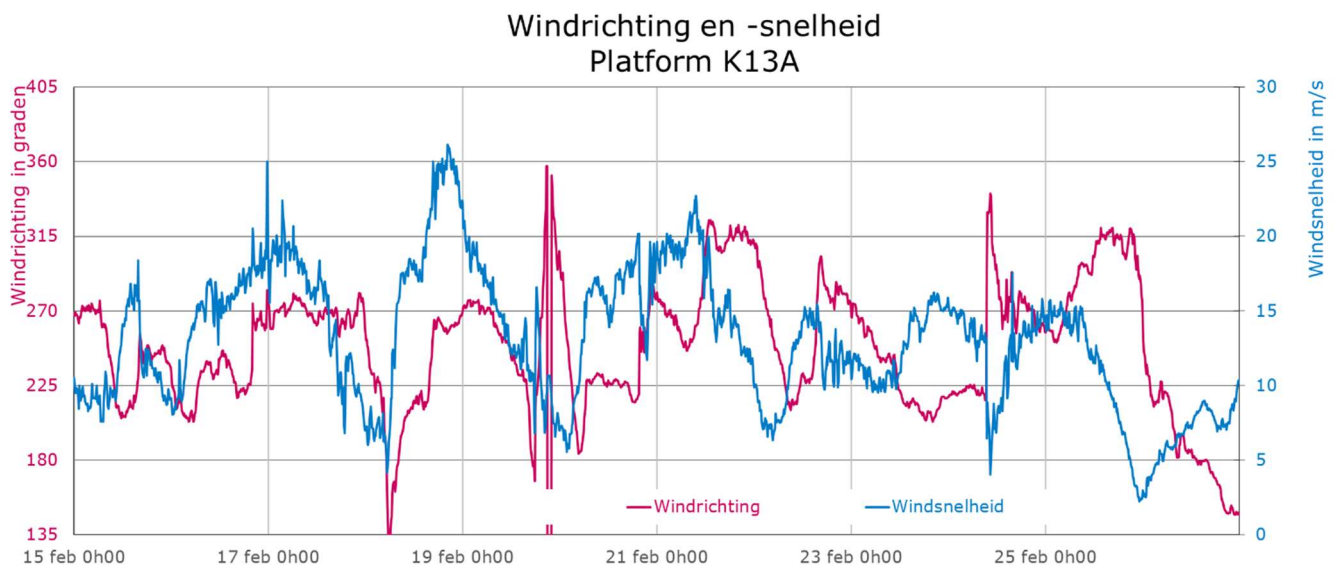
¹ tijdens de stormvloed was de wintertijd van kracht.

² <https://waterberichtgeving.rws.nl/water-en-weer/verwachtingen-water/water-en-weerverwachtingen-waternoordzee/stormvloedrapportages>

1 Analyse weersituatie

In dit hoofdstuk wordt een chronologisch overzicht gegeven van de weersgesteldheid tijdens de stormvloed. Deze informatie is afkomstig uit het door het KNMI voor deze periode opgestelde evaluatierapport.

Gedurende de stormvloed is door het team WMCN-KUST nauw samengewerkt met de getijmeteorologen van de Weerkamer van het KNMI. Als vanwege een dreigende stormvloed een zitting van het waarschuwbureau WMCN-KUST nodig is dan wordt een getijmeteorologen van het KNMI toegevoegd aan het team van WMCN-KUST in de Waterkamer van het WMCN in Lelystad. Het KNMI is in de samenwerking verantwoordelijk voor het inwinnen en verwerken van de benodigde meteorologische gegevens en de juiste toepassing van de meteorologische methodieken, die nodig zijn voor het berekenen van de te verwachten waters-
tandverhogingen.



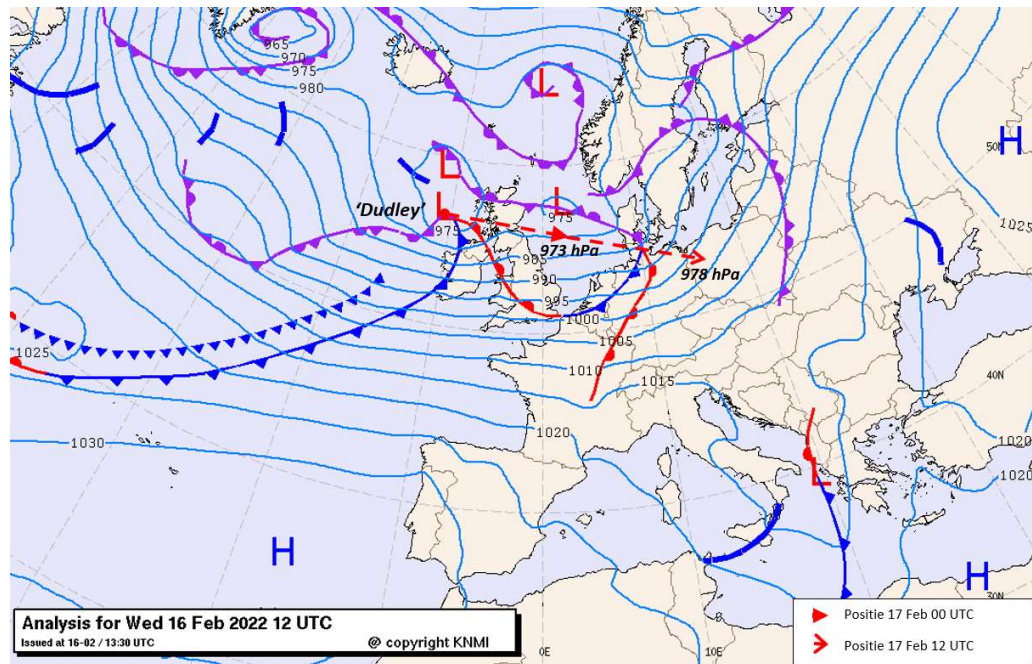
Figuur 1: windsnelheid en windrichting bij meetstation K13. Verdere windgrafieken zijn de vinden in Bijlage 5. Locatie van de meetstations kan op waterinfo.rws.nl worden ingezien.

1.1 Algemene beschrijving meteobeeld

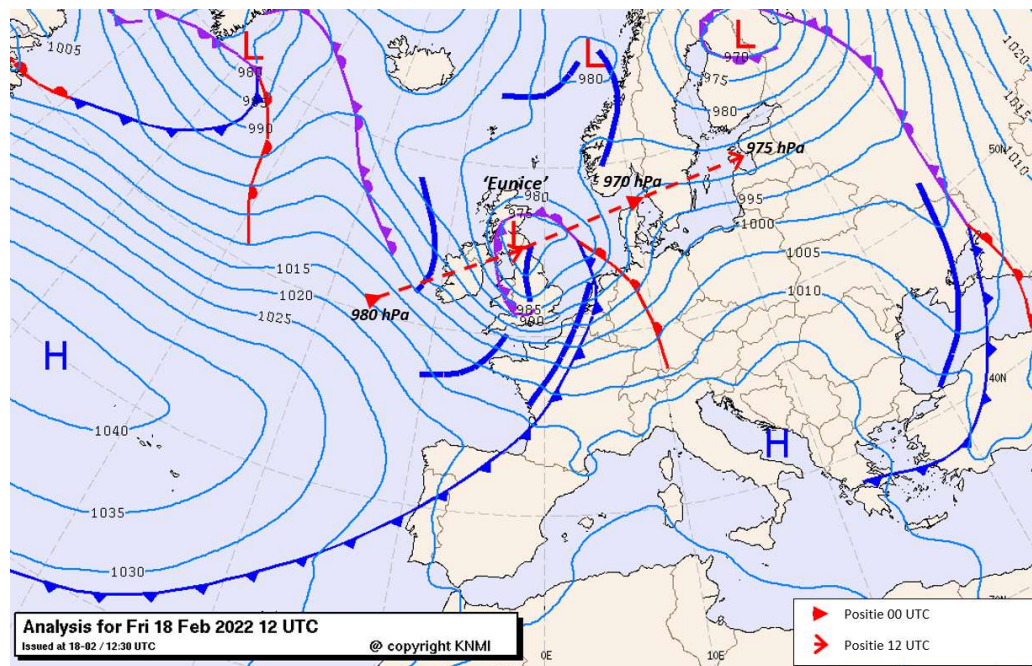
In een sterk westelijke stroming met een krachtige straalstroom kwamen in een week tijd meerdere stormen op de Noordzee tot ontwikkeling waarvan er drie relevant waren voor Nederland en tot stormvloeden leidden: de 'Drielingstorm' Dudley, Eunice en Franklin. In feite was Dudley op donderdag 17 februari een 'aanloop' naar de krachtige storm Eunice op vrijdag 18 februari. Storm Franklin was de afsluiting op maandag 21 februari na een kort rustiger intermezzo in het weekend.

Figuren 2, 3 en 4 tonen de weeranalysekaarten met tracks van de drie overgetrokken stormen. In het algemeen is er sprake van zeer lage luchtdruk in het

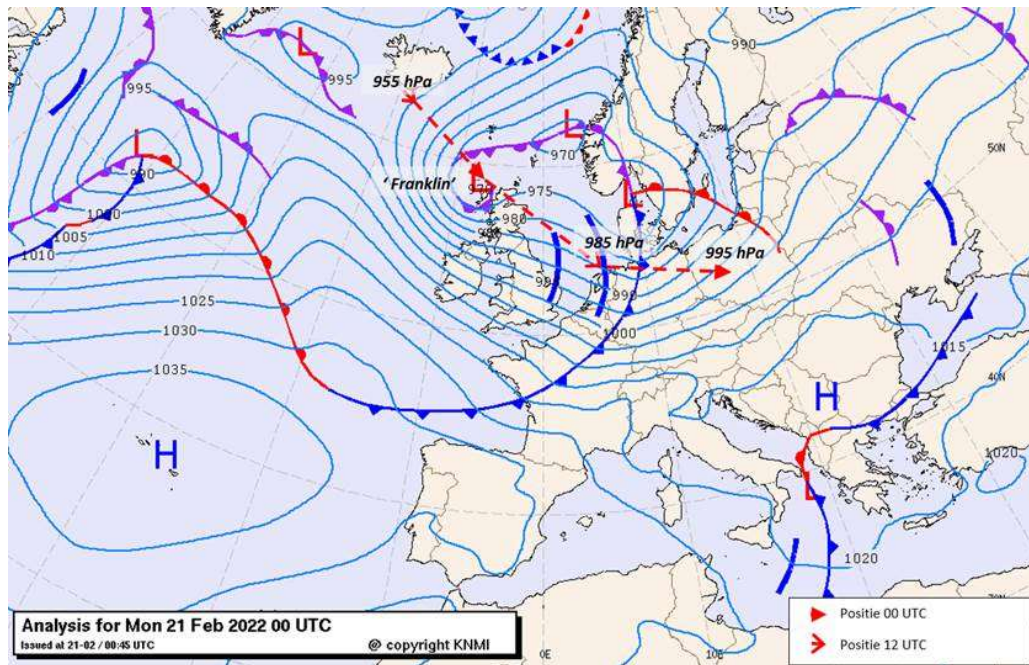
Noordpoolgebied en van hoge luchtdruk rond de Azoren. Bovendien is het temperatuurverschil tussen noord en zuid erg groot waarbij zich in het zuiden relatief zachte, vochtige lucht bevindt en in het noorden koelere, drogere lucht. De scheiding tussen deze luchtmassa is het polaire front. Er staat door deze factoren een krachtige straalstroom waarbij verstoringen in het polaire front makkelijk kunnen uitgroeien tot stormen.



Figuur 2: Track storm Dudley.



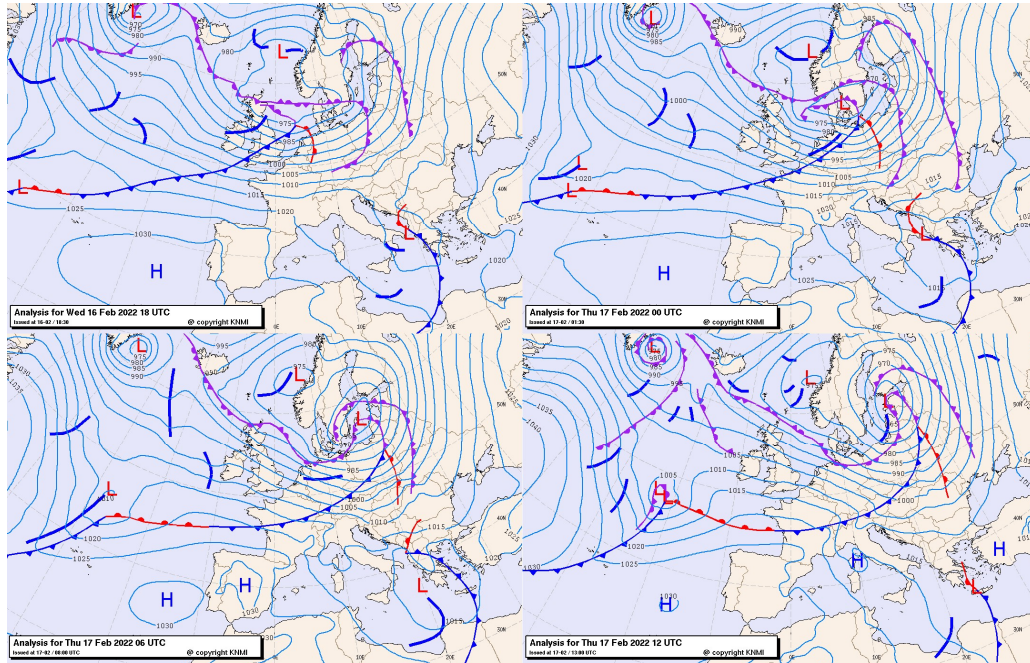
Figuur 3: Track storm Eunice.



Figuur 4: Track storm Franklin.

1.2 Storm Dudley

Een complex lagedrukgebied bevond zich woensdagavond 16 februari boven het noorden van de Noordzee en de Noorse Zee, met een klein 'laag' - genaamd "Dudley" - boven de Vissersbank ten westen van Jutland. De windrichting boven zee was in de avond nog west tot zuidwest, de windkracht 7 à 8, af en toe 9 Bft. Gedurende de avond trok het lagedrukgebied richting Denemarken. Het koufront dat gepaard ging met dit lagedrukgebied trok zuidoostwaarts over Nederland. Na de passage van het front ruimde de wind naar west, in het noordwestelijk kustgebied en het Waddengebied naar west tot noordwest. In dit gebied nam de windsterkte in de vroege nacht toe naar 8 tot 9 Bft en kwamen windstoten voor van 50 tot 55 knopen (10 Bft). Een occlusie (een koufront dat een warmtefront heeft 'ingehaald') schampte in de ochtend en middag van donderdag 17 februari het noordoosten van de Noordzee en het kustgebied, waardoor er enkele buien voorkwamen in deze regio. Gedurende de dag nam de wind geleidelijk weer af.

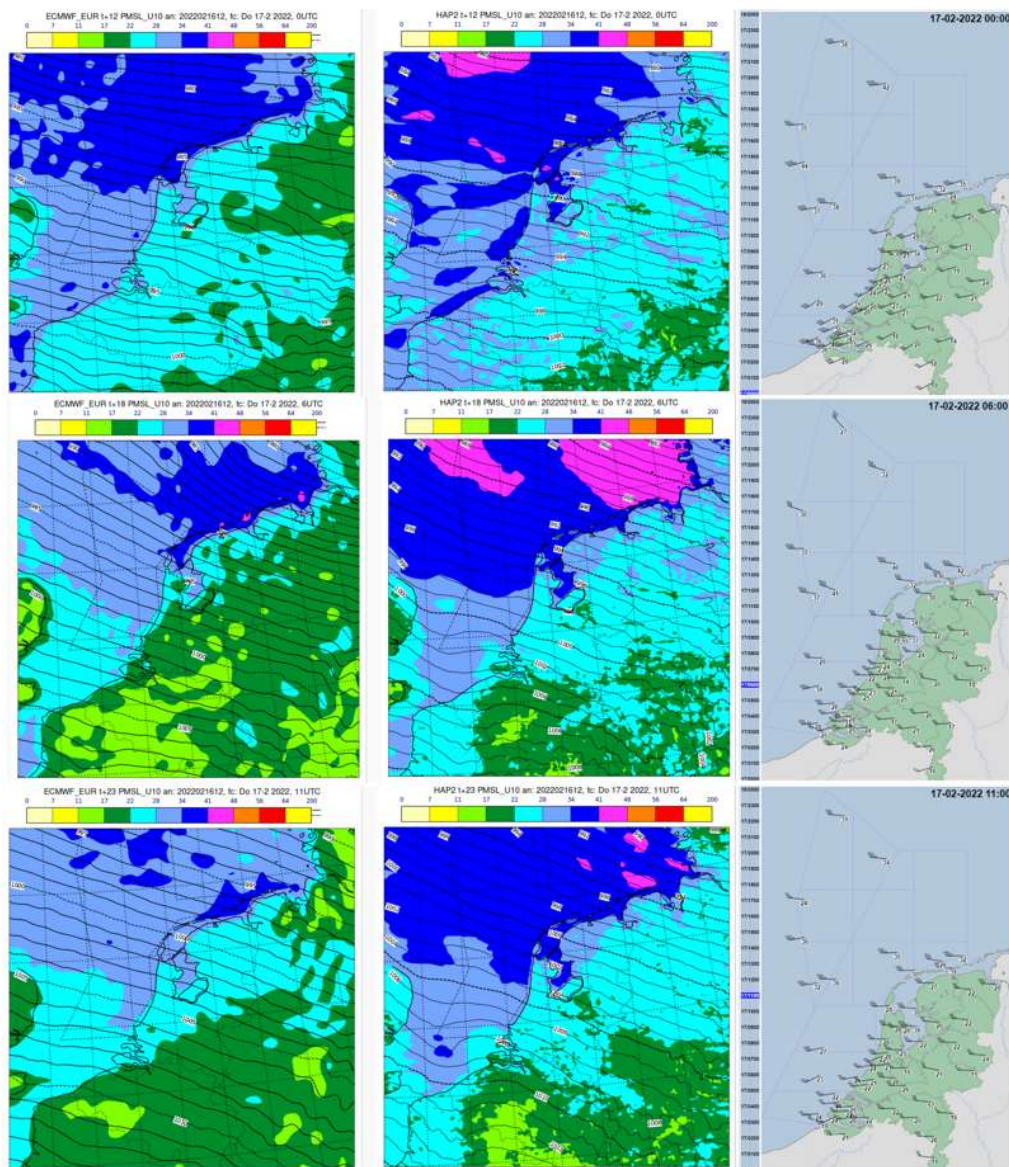


Figuur 5: Weerkaarten KNMI (analyse) tijdens passage uur storm Dudley. Link links boven naar rechts onder: (16 feb 19 uur, 17 feb 01 uur, 17 feb 7 uur en 17 feb 13 uur wintertijd)

1.2.1 Beschrijving modelverwachtingen

De modelverwachtingen voor Dudley waren eenduidig en consistent met relatief weinig onzekerheden, te zien in Figuur 6. De komst van storm Dudley was een week van tevoren al goed in de lange termijnverwachtingen te herkennen. Ook de contouren van de tweelingstorm Eunice werden gaandeweg zichtbaar.

Er is rekening gehouden met heel lokaal een 10 Bft buitengaats op de Noordzee. De uiteindelijke wind is iets lager uitgevallen waardoor het waarschuwingspeil voor Delfzijl net niet gehaald is. De windrichting in de modellen kwam goed overeen met de werkelijk opgetreden situatie en was nooit meer geruimd dan west. Het weermodel Harmonie had de kerndruk van Dudley iets te laag ingeschat, ECMWF bleek in dit geval net beter te scoren. Buien(lijnen) speelden ten tijden van stormsituatie donderdag overdag geen rol van betekenis in optredende waterstanden. Het was op een enkel licht buitje na droog.



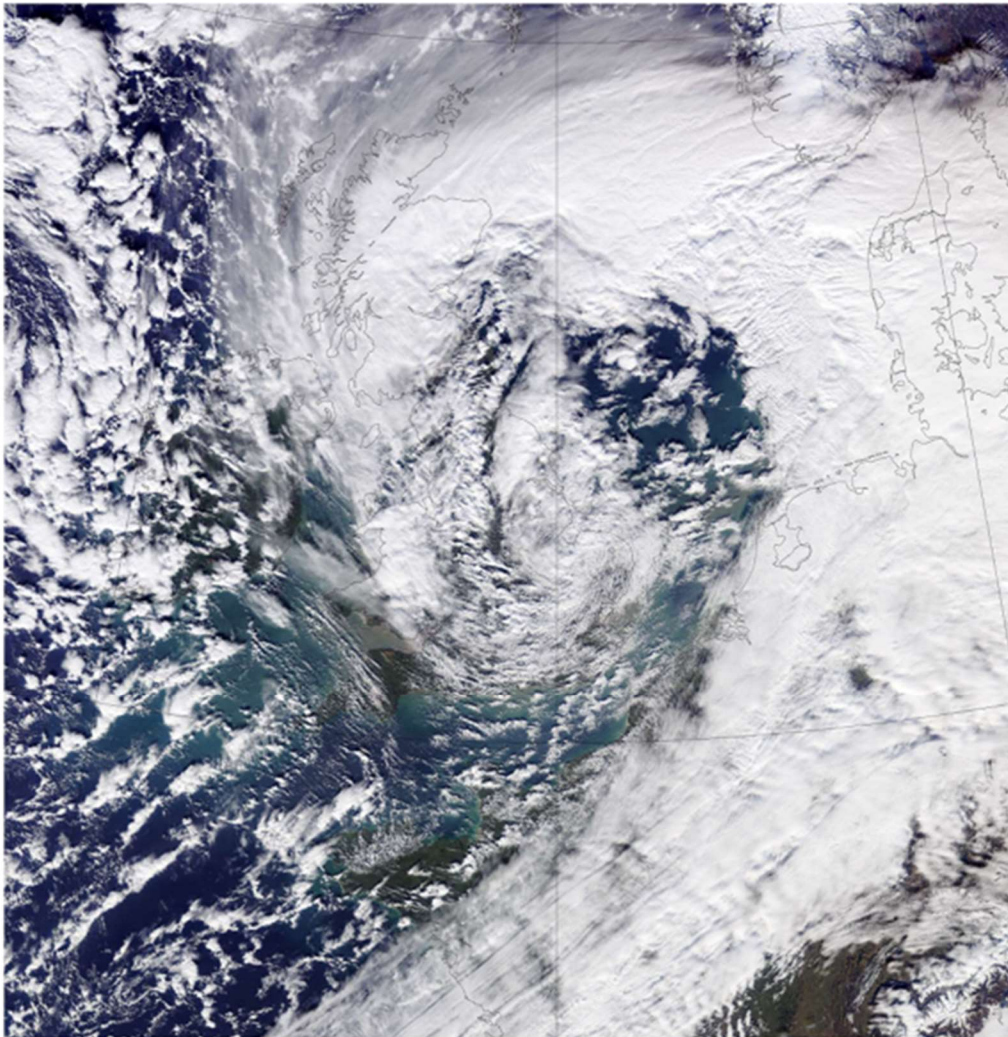
Figuur 6: Vergelijking windsnelheid (kt) op 17 februari tussen ECMWF (links), HAP2 (midden) en metingen (rechts) om 00 UTC, 06 UTC en 11 UTC bij 12_00 run.

1.2.2 Algemene meteorologische bevindingen storm Dudley

- Het model Harmonie overschatte de wind in aanloop (+24 uur) van hoogwater in het noordelijke kustgebied. Dit trok wel bij op kortere termijn.
- Het ECMWF-model zat (m.u.v. kleinschalig windveld in de nacht naar donderdag) iets beter op de waarnemingen. Dit bevestigt het beeld dat een hydrostatische model (zoals ECMWF, HiRLAM) bij grootschalige windvelden prima voldoet.
- Buien en neerslag speelden gezien de timing van de fronten nauwelijks een rol bij de hogere opzetten.

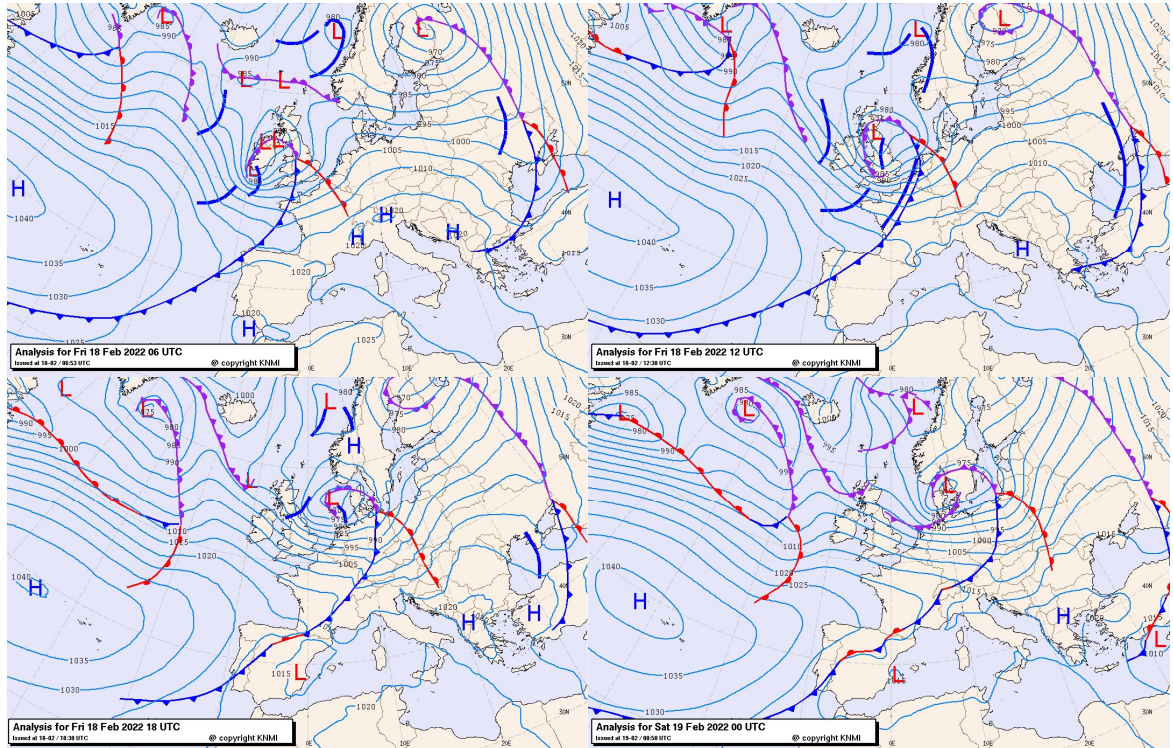
1.3 Storm Eunice

Op vrijdagmiddag 18 februari nam de wind op nadering van storm Eunice langs de Nederlandse kust en het IJsselmeergebied toe naar 9 à 10 Bft uit zuidwestelijke richting. Vanaf het begin van de avond ruimde de wind geleidelijk verder door naar het westen en nam in het noordelijk kustgebied toe tot storm met windkracht 10, lokaal ook 11 Bft in het Waddengebied en in Zeeland. Storm Eunice veroorzaakte een kort, maar zeer krachtig windveld.



Figuur 7: Satellietopname Storm Eunice boven het Noordzeegebied.

Er trok vanaf het einde van de middag en het begin van de avond een uitgebreid buiengebied over, gevolgd door een scherpe buienlijn rond middernacht. Daarna bleven buien in het noordelijk kustgebied actief tot halverwege zaterdagochtend 19 februari. De wind nam in de loop van de nacht geleidelijk af naar west 7 tot 8 Bft, en zaterdagochtend naar 6 à 7 Bft met daarbij de hoogste windsnelheden in het noorden. Daarbij kromp de wind geleidelijk naar zuidwestelijke richting. In Figuur 8 is de passage van Storm Eunice op 18 en 19 februari te zien.



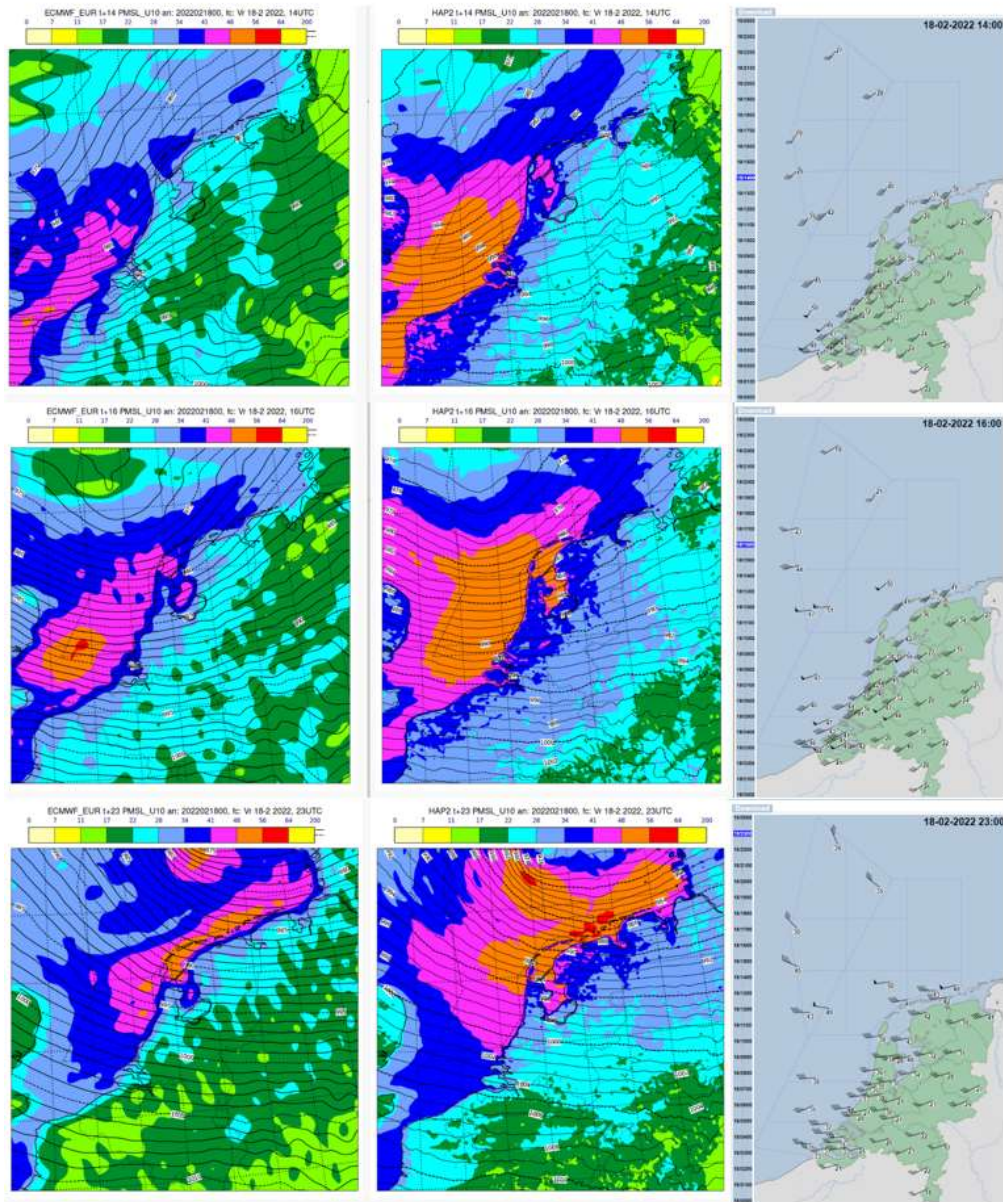
Figuur 8: Weerkaart (analyse) passage storm Eunice. Link links boven naar rechts onder: (18 feb 7 uur, 18 feb 13 uur, 18 feb 19 uur en 19 feb 1 uur wintertijd)

1.3.1 Beschrijving modelverwachtingen

Zoals in de beschrijving van storm Dudley eerder is aangegeven was de opzet van storm Eunice pas later in de lange termijn verwachtingen goed zichtbaar. In feite was er sprake van een sterke westelijke stroming waarbij veel verstoringen optraden waarvan de koers en timing pas gaandeweg duidelijker werden.

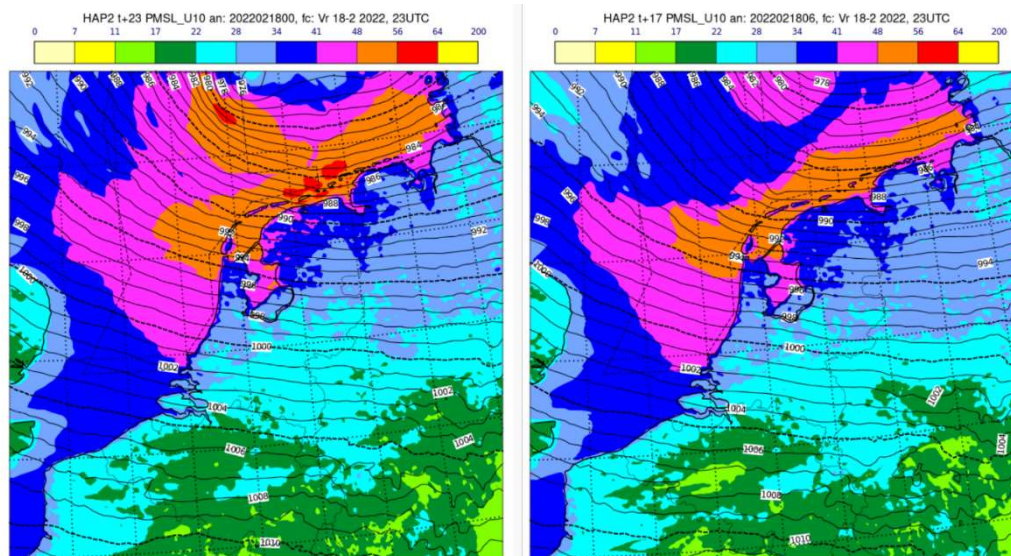
Het stormveld van Eunice kwam in de eerste helft van de middag van 18 februari vanuit de zuidwestelijke Noordzee opzetten en qua patroon zaten alle modellen goed op één lijn. Rond het middaguur was al op meerdere stations sprake van een overschijding van windkracht 10 Bft. Deze was door de Harmonie run wat beter opgepakt dan ten opzichte van die van ECMWF. Dit patroon zette door en aan het einde van de middag was er sprake van een forse windkracht 10 Bft over een hele brede kuststrook, maar ook verder landinwaarts tot aan midden-Nederland. Beide modellen onderschatte deze windstoten landinwaarts, maar Harmonie zat dichterbij de werkelijk opgetreden windsnelheden, zowel in algeheel windpatroon als de windstoten landinwaarts.

Bij de passage van een trog in de avond is juist sprake van een tegenovergesteld patroon. Toen lag het ECMWF-model weer veel meer in lijn met de metingen met windkracht 10 Bft. Harmonie kwam als resultaat met windkracht 11 Bft, maar die is op meetstations niet gemeten. ECMWF was echter wel iets aan de lage kant. De waarheid lijkt in het midden van beide modeluitkomsten te liggen.



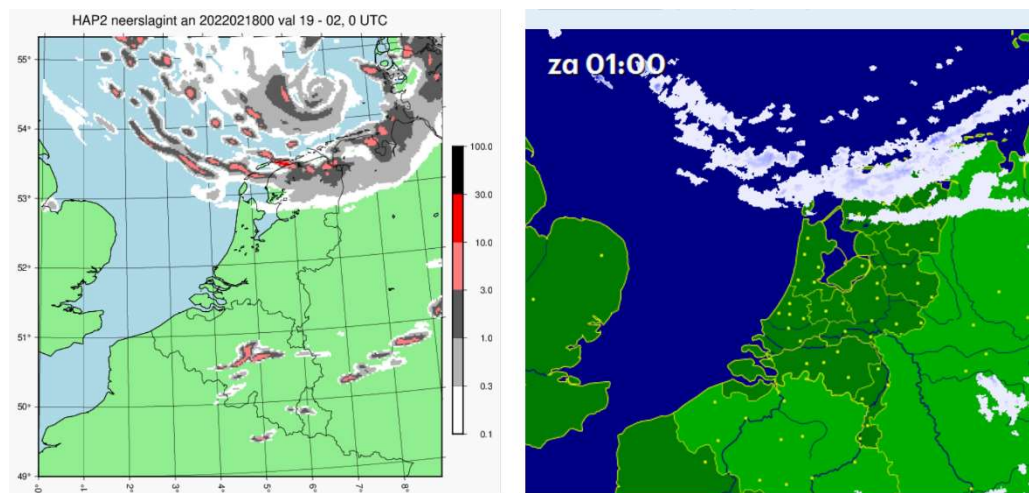
Figuur 9: Vergelijking windsnelheid (kt) op 18 februari tussen ECMWF (links), Harmonie (midden) en metingen (rechts) om 14 UTC, 16 UTC (opzetten windveld) en 23 UTC (passage trog) bij 18_00 run.

In de 18_06 run is Harmonie weer 'bijgetrokken' en komt nu juist het best overeen met de metingen om 23 uur. Dit is goed terug te zien in Figuur 11, waarbij de twee runs naast elkaar zijn gezet op moment van de trogpassage.



Figuur 10: Verschil tussen windsnelheid 23 UTC in Harmonie 18_00 en Harmonie 18_06 runs.

Tot slot is ook gekeken naar eventuele verschillen in verwachte en opgetreden neerslag en timing daarvan (Figuur 11), die vooral relevant waren voor de trogpassage in de avond.



Figuur 11 neerslag Harmonie (links) en radarwaarnemingen (rechts)

Alleen toen speelden buien effecten een relevante rol op de hoogwaters in Delfzijl. De timing van de trog met de buienlijn zat in de 18_00 uur run prima in de verwachting. Frappant is alleen dat het 'ingekrulde' buiengebied wat lijkt op een aparte lagedrukkern in Harmonie niet terug te vinden is in de radarwaarnemingen. Voor de hoogwaters op het einde van de nacht in de sectoren Schelde en Wets-Holland speelden buien geen rol.

1.1.1

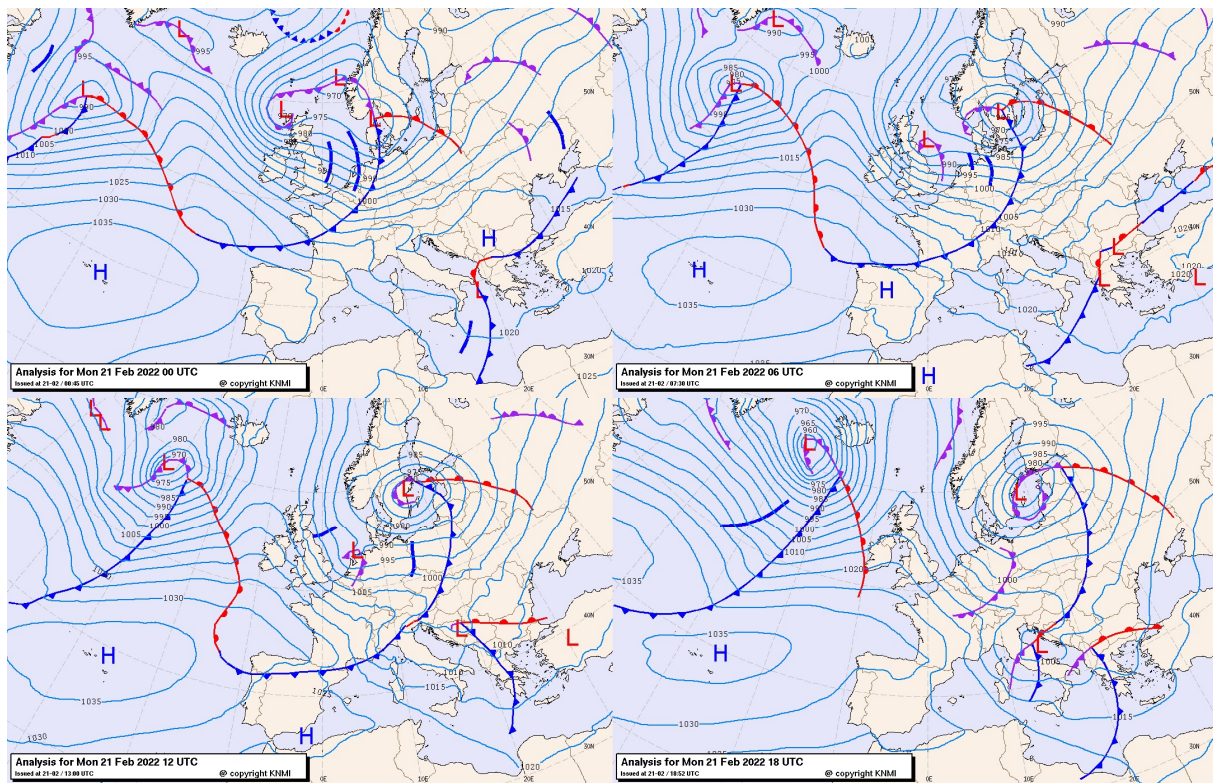
Algemene meteorologische bevindingen storm Eunice

- Bij opzetten van storm Eunice in de middag zat de operationele Harmonie het beste op de uiteindelijke metingen. Het ECMWF model onderschatte het windveld iets.

- Bij passage van de trog in de avond van 18 februari overschatte Harmonie het windpatroon, maar 'trok bij' in de runs 12 en 6 uur voor het hoogwater.
- Algemene patronen windveld en timing passage van de trog zaten goed in de weermodellen.
- Verschillen in wind tussen operationele Harmonie (HAP2/HA40) en beoogde opvolger HA43 zijn gering.
- Buien en neerslag speelden geen noemenswaardige rol rondom uitstaande waarschuwingen en berichtgeving in het IJsselmeergebied.

1.4 Storm Franklin

Het lagedrukgebied dat de naam Franklin had gekregen lag zondagochtend 20 februari net ten zuiden van IJland. In de loop van de ochtend passeerde het bijbehorende warmtefront waarachter de wind toenam naar 5 à 6 Bft uit meest zuidelijke richting. Op nadering van het actieve koufront nam de wind zondagavond toe naar 8 tot 9 Bft. In de tweede helft van de avond passeerde het koufront en ruimde de wind naar west. Op maandag bewoog zich vervolgens in de ochtend een randstoring van Schotland in zuidoostelijke richting naar het noordoosten van Duitsland. Aanvankelijk kwam de stormachtige wind uit het zuidwesten, maar draaide rond het middaguur naar het noordwesten en nam toe naar hard tot stormachtig, 7 à 8 Bft. Aan het einde van de middag was nog sprake van een krachtige noordwestelijke wind, Bft 6 die vervolgens in de avond verder afnam tot 4 Bft. Het passeren van storm Franklin ging gepaard met stevige regen- en onweersbuien. Tijdens het overtrekken van deze buienlijnen ontstond meer wind en daarmee lokaal meer opzet.

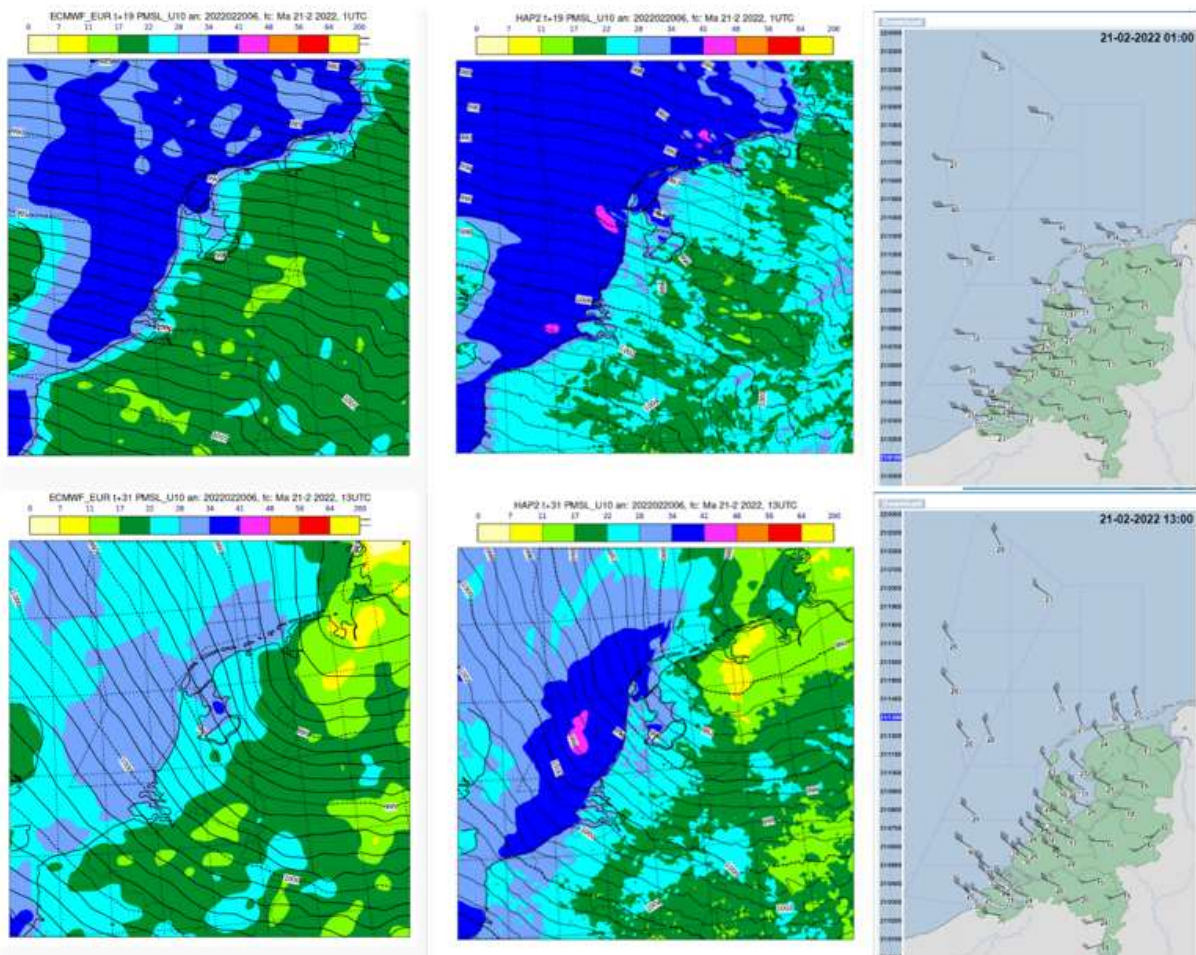


Figuur 12: Weerkaart (analyse) passage storm Franklin.

1.4.1 Beschrijving modelverwachtingen

Op zondag 20 februari is duidelijk dat alle meteorologische modellen behoorlijk eensluidend zijn voor de verwachting van het windveld op zondag overdag en het meest relevante noordwestelijke windveld op maandag. Er volgen daarna geen noemenswaardige wijzigingen in het weerbeeld, er is meer consistentie over koers en sterkte van het windveld dat op maandag passeert.

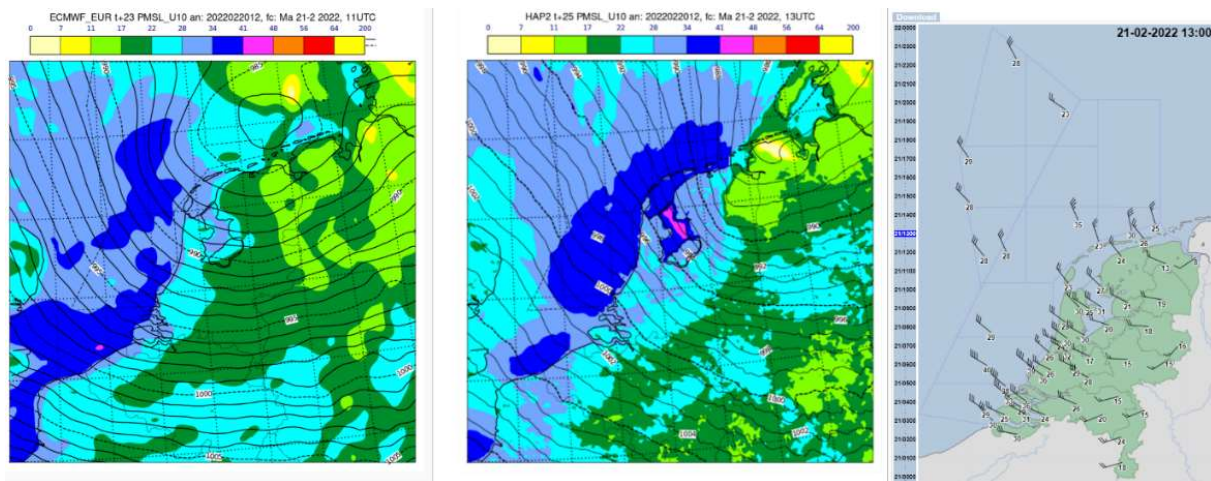
Kenmerkend voor storm Franklin was dat deze al wat eerder dan storm Eunice prominent zichtbaar was qua timing op maandag. Echter, de kansen op optredende hoogwaters fluctueerde in de lange termijnverwachtingen om aan het einde van de periode net als Eunice en Dudley wat meer af te zwakken. Dit kenmerkt de dynamische westelijke stroming met soms kleinere verstoringen in de EPS-leden (ensemble, 'pluim') die wat heviger uitschieten.



Figuur 13: Vergelijking windsnelheid (kt) op 21 februari tussen ECMWF (links), HAP2 (midden) en metingen (rechts) om 01 UTC, 13 UTC (na passage randstoring) bij 20_06 run.

Figuur 13 laat de vergelijking tussen ECMWF en Harmonie zien voor het stormveld in de nacht naar zondag (1 UTC) en na passage van het kleine lagedrukgebied ten noordoosten van Nederland. Opvallend is dat ECMWF en Harmonie in de 20_06 uur run aardig op een lijn liggen in de nacht, maar dat bij de passage van het

kleinschalige laagdrukgebied overdag ECMWF de wind behoorlijk onderschat. De metingen tonen duidelijk lokaal windkracht 9 Bft, wat Harmonie goed representeert. In de daaropvolgende 20_12 run 'trekt ECMWF bij' en komt het model wat meer in overeenstemming met Harmonie, wat te zien is in Figuur 14.



Figuur 14: Vergelijking windsnelheid (kt) op 21 februari tussen ECMWF (links), HAP2 (midden) en metingen (rechts) om 01 UTC, 13 UTC (na passage randstoring) bij 20_12 run.

Neerslag (buien, builijnen) speelde bij de storm Franklin voor de hoogwaterberichtgeving geen noemenswaardige rol. Zondag overdag passeerde weliswaar een actief front, maar daarbij was de wind zuidwestelijk. De IJssel-Vechtdelta waarvoor het overgrote deel van de waarschuwingen van WMCN-Meren uitstond is gevoeliger voor meer westelijk tot westnoordwestelijke windrichtingen.

1.4.2 Algemene meteorologische bevindingen storm Franklin

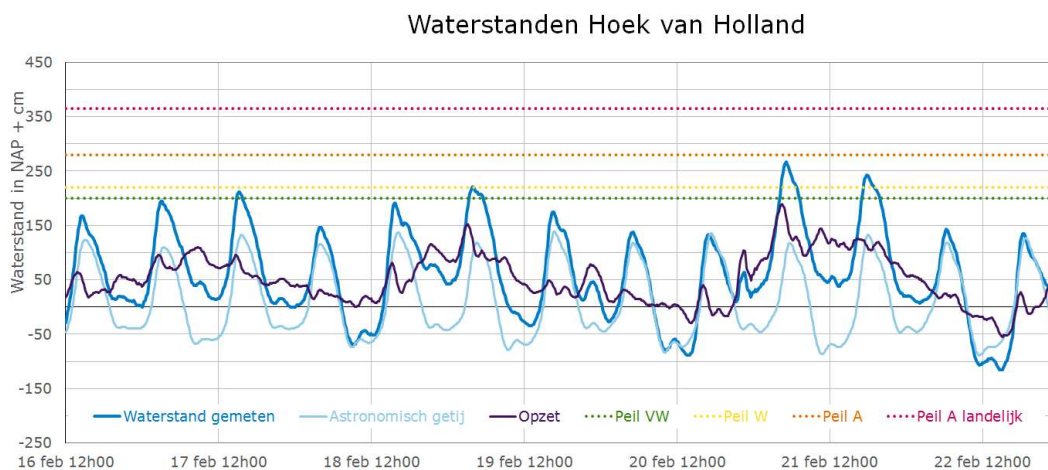
- De modellen waren vooraf behoorlijk eenduidig qua timing en patroon van de wind.
- Het ECMWF-model onderschatte de wind bij passage klein laagdrukgebied op maandag in de zondag 06 UTC run, maar trok goed bij in de run daarna, de zondag 12 UTC run.
- Het model Harmonie onderschatte het windveld vooraf aan de passage van het kleine laagdrukgebied in het IJsselmeergebied, maar zat goed op de opgetreden werkelijke situatie tijdens en na de trogpassage.

2 Waterstanden tijdens de stormvloed

2.1 Algemeen

In dit hoofdstuk wordt een chronologisch verslag gegeven van de uitgegeven verwachtingen, (voor)waarschuwingen, alarmeringen, en de opgetreden waterstanden tijdens de stormvloed. De informatie die hiervoor benodigd was, is afkomstig uit de logboeken en gegevensbestanden van het WMCN.

Het WMCN waarschuwt of alarmeert de waterschappen, rijkswaterstaatsdiensten, provincies, hulpdiensten, en andere belanghebbende instanties en verstrekt indien nodig informatie. Na afloop van een stormvloed legt WMCN-KUST de opgetreden verschijnselen vast in een Stormvloedrapport.



Figuur 15 : Astronomisch getij en opgetreden waterstanden tijdens de februari periode bij Hoek van Holland

Voor de algemene beschrijving van de taken van WMCN-KUST wordt verwezen naar de Algemene beschrijving Stormvloedwaarschuwingen Kust en Benedenrivieren, brochure (versie juli 2021).

Het team WMCN-KUST werkt binnen het Water management Centrum Nederland nauw samen met WMCN-HMC (Hydro Meteo Centrum) en het KNMI. Het Hydro Meteo Centrum verzorgt onder niet-stormvloedomstandigheden onder meer de dagelijkse waterstandsverwachtingen voor het getijgebied.

De kust is voor de stormvloedberichtgeving verdeeld in 6 sectoren. Deze zijn weergegeven in Figuur 16, met daarin per sector het Basisstation (zie tevens Bijlage 1).



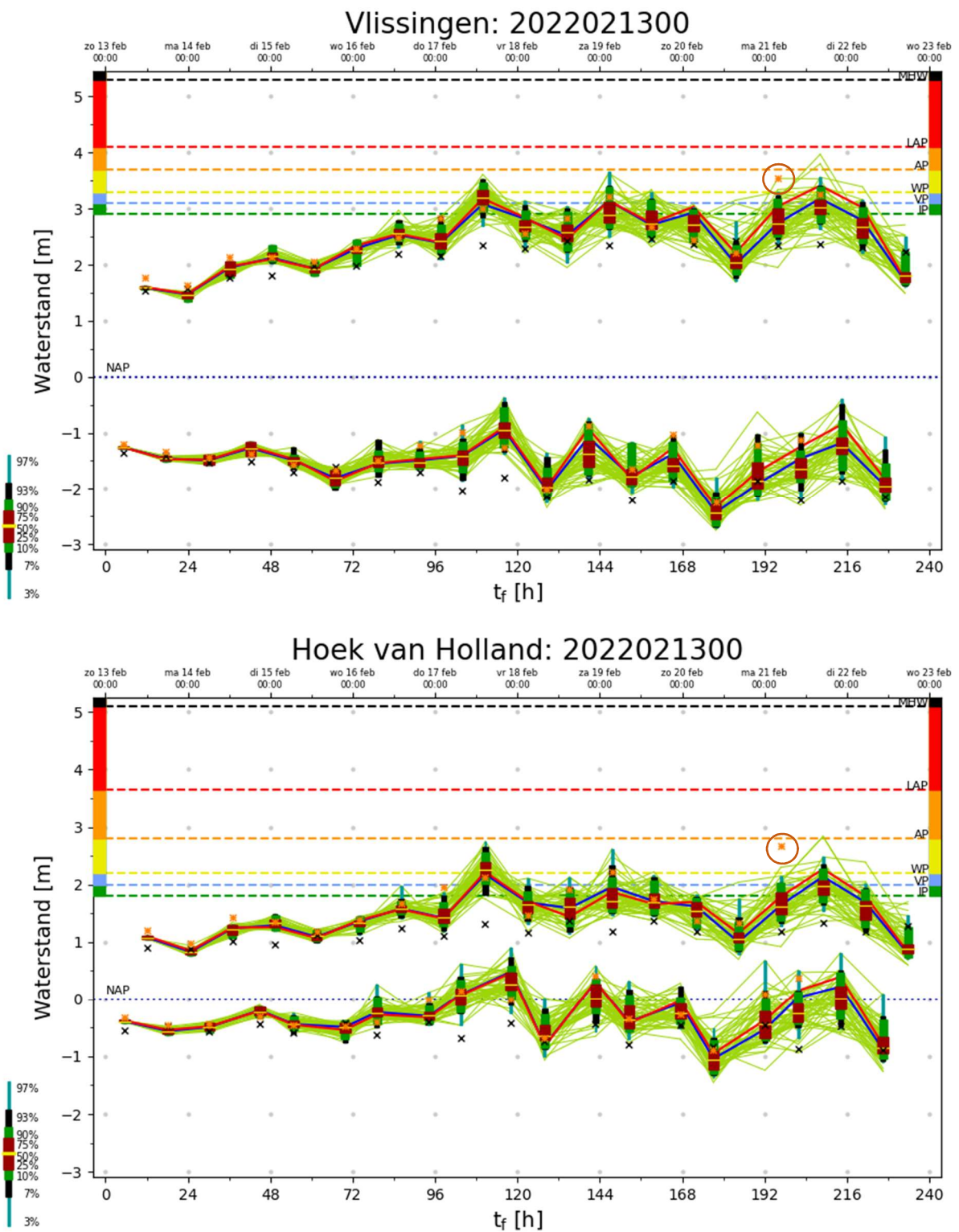
Figuur 16: Indeling kustsectoren en Basisstations

2.2 Chronologisch verslag van de stormvloeden

In dit hoofdstuk geven we de hydrologische situatie, de lange en korte termijn modelvoorspellingen en de uiteindelijk uitgegeven RWS- eindverwachting weer. Zoals in de inleiding al aangegeven laten we de hoogwaters tijdens Dudley in deze achterwege, gezien deze bij geen enkele sector boven het grenspeil zijn uitgekomen.

2.2.1 Lange termijn verwachtingen voor 17- 22 februari

In de lange termijn verwachting was de komst van de stormdepressies Eunice en Franklin goed zichtbaar, al werden het ochtendhoogwater van 19 februari in het noordelijke kustgebied in eerste instantie onderschat. Het WMCN gebruikt voor deze lange termijn verwachting meteorologische modelresultaten van het ECMWF, het *European Center for Middelrange Weather Forecast*, dat een ensemble van 50 modelruns met gevarieerde begincondities uitgeeft. Hiermee kunnen we op basis van de afgeleide waterstandsverwachtingen een inschatting maken over de kans dat bepaalde grenswaardes 4 tot 10 dagen vooruit worden bereikt.



Figuur 18: Ensemble voorspellingen op basis van het ECMWF weermodel en het hydrodynamische model DCSMv5 voor de waterstanden bij Vlissingen (eerste blok) en Hoek van Holland (tweede blok) uitgegeven op 13 februari 2022 1 uur. De stippellijnen in kleur geven verschillende waarschuwningsniveaus weer. Het is goed te zien dat de uiteindelijk bereikte waterstand (oranje sterretje) voor het middaghoogwater van 21 februari afhankelijk iets onderschat werd.

Deze lange termijn verwachtingen is belangrijke informatie om alle teams te mobiliseren en gereed te staan voor de komst van de stormvloed. Het was vroegtijdig duidelijk dat er stormen op komst waren, alleen de precieze timing bleef lang onzeker.

Vanuit de lange termijn verwachtingen voor de Rijn en de Maas was duidelijk dat er geen verhoogde rivierafvoeren te verwachten waren.

2.2.2 Uitgegeven verwachtingen voor het hoogwater van 18/19 februari (Storm Eunice)

Vanaf 17 februari waren de modelvoorspellingen van de deterministische modellen beschikbaar, deze zijn gebaseerd op het KNMI weermodel HARMONIE en ECMWF³. De komst van de stormen Dudley, Eunice en ook Franklin waren intussen al volop in de media. Dudley had minder impact op de waterstanden, er werden alleen voorwaarschuwingsspeilen bereikt, zie Stormvloedflits 2022-06. Het Waarschuwbureau van WMCN-Kust was wel geopend van 16 februari 21 uur tot 17 februari 15 uur. Een dag later, op 18 februari, schaalde het WMCN wederom op voor de verwachte stormvloed Eunice en ging 8 uur in de ochtend in zitting. Op dat moment gaven de modellen aan dat de waterstanden voor twee sectoren mogelijk boven alarmeringspeil zouden uitkomen, het zwaartepunt van de stormvloed werd in de noordelijke provincies verwacht.

In de ochtend werd al een waarschuwing uitgegeven aan de beheerder van de Hollandsche IJsselkering dat de waterstand voor Krimpen aan den IJssel mogelijk 200 cm + Nap zou gaan bereiken.

Daarna volgde een waarschuwing voor de sector Den Helder en een alarmering voor sector Harlingen. De waarschuwing voor de sector Delfzijl werd in de middag van 18 februari nog bijgesteld naar Alarmering, later bleek dat niet nodig geweest te zijn. In de middag nam een nieuw team het werk over en werden vervolgens waarschuwingen uitgegeven voor de sectoren Schelde en West-Holland. Ook voor dit hoogwater kwamen de verwachtingen voor de locatie Krimpen aan den IJssel weer ruim boven het sluitpeil uit en bleef de Hollandsche IJsselkering dicht.

In de vroege ochtend van 19 februari werd het waarschuwbureau van WMCN-Kust weer gesloten.

Waterstanden en uitgegeven waarschuwingen voor hoofd locaties van sectoren:

Sector	Station	Datum 2020	Astronomisch HW		Tijdstip uitgifte	Type*	RWS verwachting	Opgetreden HW		Scheve opzet**
			Stand	Tijd				Stand	Tijd	
Den Helder	Den Helder	18 feb	77	21:18	18 feb 10:00	W	220	214	22:20	137
Harlingen	Harlingen	18 feb	121	23:16	18 feb 11:30	A	340	324	23:10	203
Delfzijl	Delfzijl	19 feb	166	01:28	18 feb 14:00	W	370			
Bijstelling					18 feb 15:00	A	390	372	01:50	206
Schelde	Vlissingen	19 feb	234	03:43	18 feb 16:00	W	340	321	03:40	87
West-Holland	Hoek van Holland	19 feb	118	04:33	18 feb 17:00	W	240	222	04:00	104
Dordrecht	Dordrecht	19 feb	101	06:16	18 feb 17:00		200	183	05:30	82

* Type waarschuwing: Voorwaarschuwing, Waarschuwing of Alarmering
 Waterstand (indien van toepassing) boven plaatselijk voorwaarschuwingsspeil, waarschuwingsspeil, of alarmpeil

³ Zie bijlage 8 voor een korte uitleg

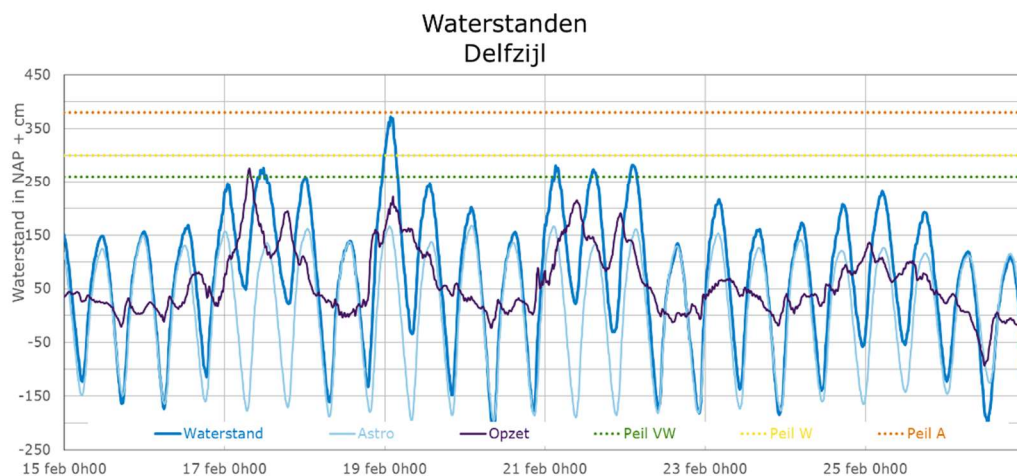
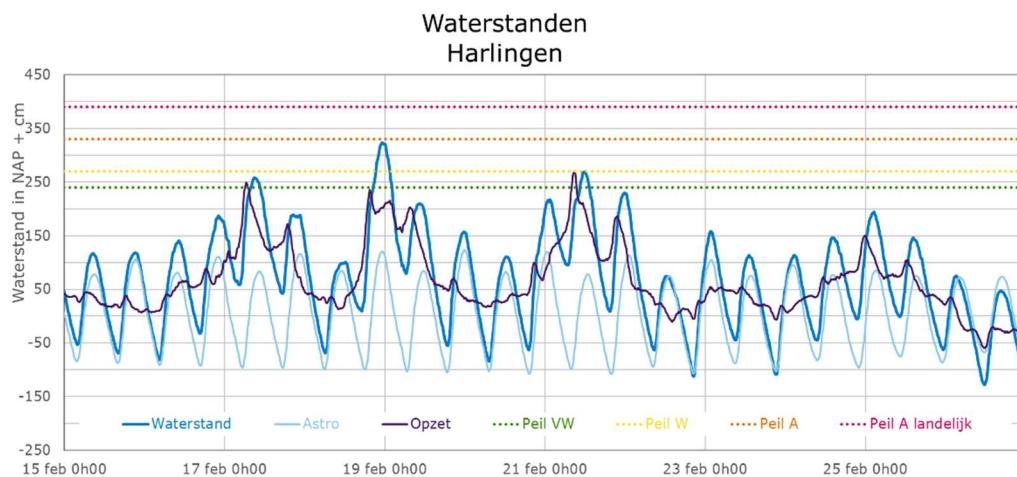
**** De scheve opzet is het verschil tussen de opgetreden hoogwaterstand en de astronomische hoogwaterstand**

Waterstanden en verwachtingen voor referentie locaties keringen:

Kering	Station	Datum 2020	Astronomisch HW		Tijdstip uitgifte	RWS verwachting	Opgetreden HW		Scheve opzet**
			Stand	Tijd			Stand	Tijd	
MLK	Rotterdam	18 feb	149	17:21	18 feb 09:00	215	205	16:50	56
HIJK	Krimpen ad IJssel	18 feb	138	17:50	18 feb 09:00	200	193	17:00	55
OSK	Roompot Buiten	19 feb	169	03:38	18 feb 16:00	268	264	03:40	95
MLK	Rotterdam	19 feb	132	05:43	18 feb 17:00	250	234	04:50	102
HIJK	Krimpen ad IJssel	19 feb	125	06:09	18 feb 17:00	250	223	05:00	95

Accentueerde waterstanden zijn boven het (operationele) sluitpeil van de kering.

De stormvloed van 18/19 februari was in de classificatie een lage stormvloed, er werd uiteindelijk voor geen enkel sector waterstanden op alarmeringsniveau bereikt. Wel kwam de waterstand bij Harlingen en Delfzijl boven het grenspeil uit.



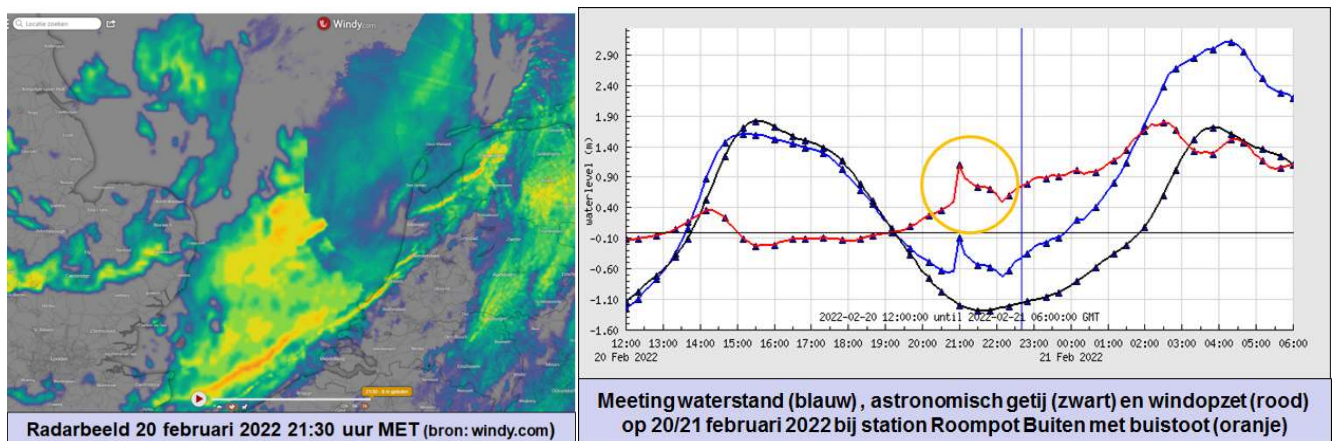
Figuren 19 en 20: Opzetverloop bij station Harlingen en Delfzijl.

2.2.3 Uitgegeven verwachtingen voor hoogwater van 21 februari (Storm Franklin)

Op zondag 20 en maandag 21 februari trok de stormdepressie "Franklin" als derde van de drielingstorm over de Noordzee en Nederland en veroorzaakt wederom hoge waterstanden in de Nederlandse kustgebieden.

Het waarschuwbureau was geopend van 14:30 uur zondagmiddag tot 19 uur maandagavond. Na een voorwaarschuwingsbericht voor de sector Delfzijl volgden waarschuwingsberichten voor de sectoren Schelde en West-Holland.

Het passeren van storm Franklin ging gepaard met stevige regen- en onweersbuien. Tijdens het overtrekken van deze buienlijnen ontstond meer wind, en daarmee lokaal meer opzet. Dit fenomeen wordt ook wel buistoot genoemd. In Figuur 21 hieronder is de buienlijn en de buistoot in de waterstandsmeting bij Roompot Buiten goed te zien.



Figuur 21: radarbeeld en tijdreeksgrafieken met buistoot op 20 februari 2022.

De waterstand bij Roompot Buiten kwam in de vroege ochtend van 21 februari boven 300 cm + NAP uit en de Oosterscheldekering ging alsnog dicht. Door de opstuwing tegen de dichte kering kwam de waterstand uiteindelijk op 311 cm + NAP uit.

Waterstanden en uitgegeven waarschuwingen voor hoofd locaties van sectoren:

Sector	Station	Datum 2020	Astronomisch HW		Tijdstip uitgifte	Type*	RWS verwachting	Opgetreden HW		Scheve opzet**
			Stand	Tijd				Stand	Tijd	
Delfzijl	Delfzijl	21 feb	166	2:38	20 feb 15:30	VW	280	281	3:10	115
Schelde	Vlissingen	21-feb	235	4:53	20 feb 16:00	W	350	354	5:00	119
West-Holland	Hoek van Holland	21-feb	118	5:45	20 feb 17:30	W	240	267	5:10	149
Dordrecht	Dordrecht	21-feb	99	7:22	20 feb 17:30		190	195	7:00	96
Den Helder	Den Helder	21-feb	44	9:58	20 feb 21:30	W	200	199	10:50	155
Harlingen	Harlingen	21-feb	78	12:50	20 feb 22:30	W	270	269	11:50	191
Delfzijl	Delfzijl	21-feb	132	15:00	21 feb 6:30	VW	280	274	14:30	142
Schelde	Vlissingen	21-feb	237	17:14	21 feb 7:00	W	340	326	17:10	89
West-Holland	Hoek van Holland	21-feb	133	18:03	21 feb 7:30	W	250	243	17:50	110
Dordrecht	Dordrecht	21-feb	102	19:41	21 feb 7:30		215	202	19:30	100

Den Helder	Den Helder	21-feb	76	22:45	21 feb 10:00	VW	190	176	22:10	100
Harlingen	Harlingen	22-feb	113	1:13	21 feb 14:30		225	230	23:50	117
Delfzijl	Delfzijl	22-feb	161	3:14	21 feb 14:30	VW	290	282	2:10	121

* Type waarschuwing: Voorwaarschuwing, Waarschuwing of Alarmering

Waterstand (indien van toepassing) boven plaatselijk voorwaarschuwingspeil, waarschuwingspeil, of alarmpeil

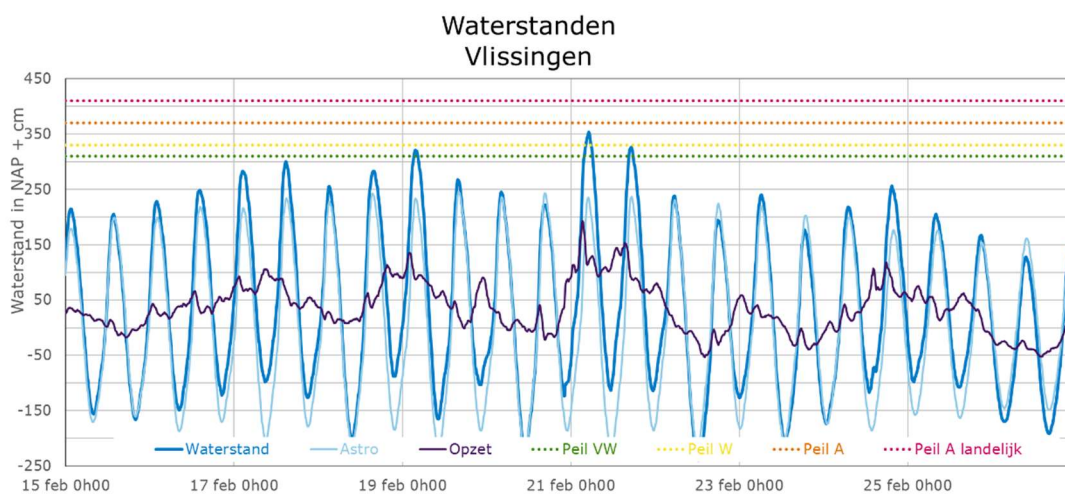
** De scheve opzet is het verschil tussen de opgetreden hoogwaterstand en de astronomische hoogwaterstand

Waterstanden en verwachtingen voor referentie locaties keringen:

Kering	Station	Datum 2020	Astronomisch HW		Tijdstip uitgifte	RWS verwachting	Opgetreden HW		Scheve opzet**
			Stand	Tijd			Stand	Tijd	
OSK	Roompot Buiten	21-feb	171	4:51	20 feb 16:00	280	311	5:20	140
MLK	Rotterdam	21-feb	129	6:52	20 feb 17:30	250	265	6:00	136
HIJK	Krimpen ad IJssel	21-feb	121	7:17	20 feb 17:30	250	245	6:10	124
OSK	Roompot Buiten	21-feb	176	17:12	21 feb 7:00	280	270	16:50	94
MLK	Rotterdam	21-feb	144	19:10	21 feb 7:30	260	252	18:50	108
HIJK	Krimpen ad IJssel	21-feb	131	19:35	21 feb 7:30	250	240	19:00	109

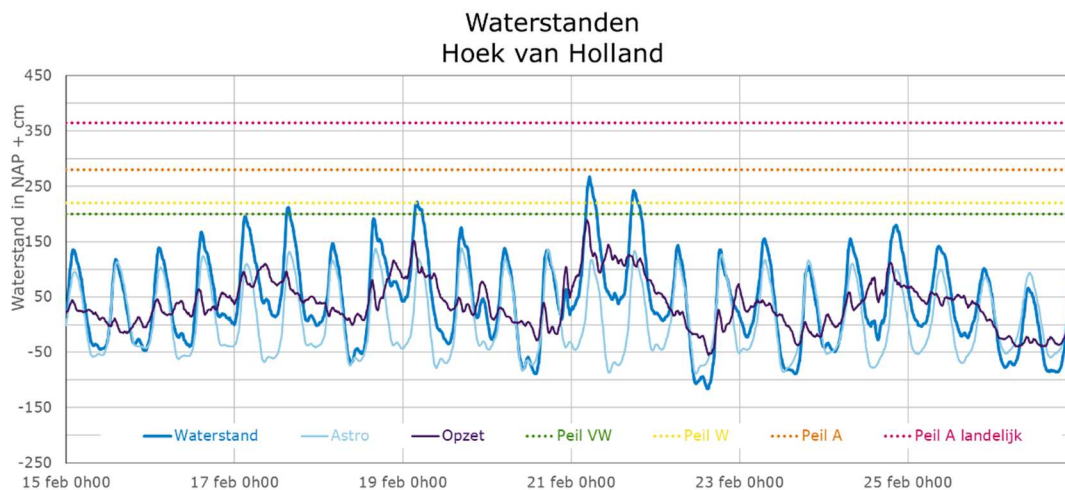
Accentueerde waterstanden zijn boven het (operationele) sluitpeil van de kering.

In de avond van 20 februari werden nog waarschuwingen uitgegeven voor de sectoren Den Helder en Harlingen. De volgende ochtend werd de zitting van het Waarschuwbureau Kust van het WMCN voortgezet vanuit de locatie Rijkswijk, startend met een voorwaarschuwingsbericht voor de sector Delfzijl. De storm was op dat moment nog zeer krachtig, en zou pas eind van de middag afzwakken. Daarmee was duidelijk dat ook voor het middaghoogwater verhoogde waterstanden zouden optreden.



Figuur 22: Opzetverloop bij station Vlissingen.

Om 7 uur werd wederom een waarschuwing uitgegeven voor de Sector Schelde, gevolgd van een waarschuwing voor de sector West-Holland. Ook de verwachting voor de sector Dordrecht kwam op verhoogde waterstanden uit. De waterstanden voor Krimpen aan den IJssel waren zodanig hoog dat de kering niet direct weer open ging en een tweede getijgolf dicht bleef.



Figuur 23: Opzetverloop bij station Hoek van Holland.

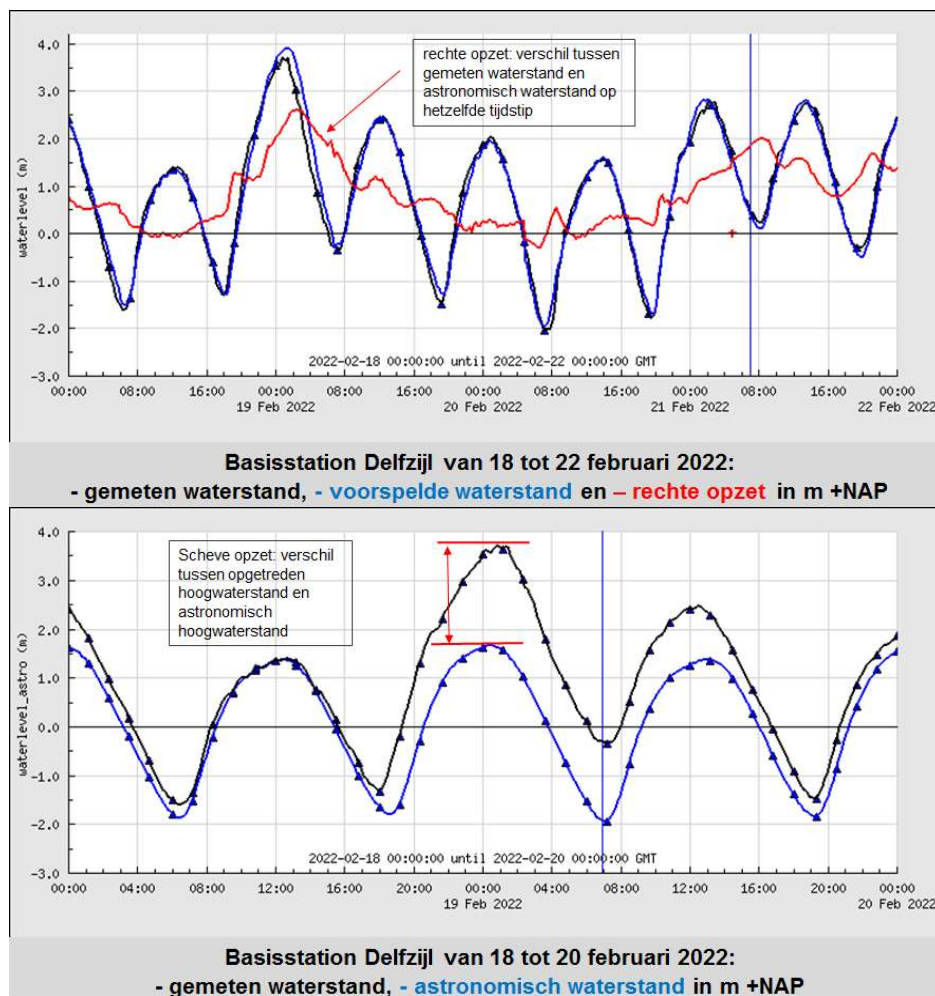
Voor de sectoren Den Helder en Delfzijl werden vervolgens nog een keer voorwaarschuwingen verstuurd voor het nacht hoogwater, maar daarmee kwam ook deze stormvloed tot einde. Het waarschuwingsbureau werd om 19 uur maandag avond 21 februari gesloten.

Daarmee kwam ook een einde aan een zeer onrustige periode met drie stormen achter elkaar. Net als bij de stormperiode van CIARA in 2020 was het vooral een lange periode met verhoogde waterstanden, maar werden geen extreme waterstanden boven alarmering peilen bereikt. De rivierafvoeren waren lager dan in 2020, waardoor de inzet van bijvoorbeeld de Noordwaard polder niet noodzakelijk was. In hoofdstuk 5 wordt nader op de statistieken ingegaan.

3 Analyse verwachtingen en waarschuwingen

De uiteindelijk opgetreden stormvloedhoogwaterstand bij een locatie is een combinatie van het astronomische getij en de verhoging van de waterstand door meteorologische effecten. De verhoging van de waterstand door meteorologische effecten, inclusief de effecten van de getij-interactie, wordt wateropzet genoemd. Daarnaast bestaat er interactie tussen het getij en de wateropzet.

Er zijn twee soorten opzet, te weten de rechte en de scheve opzet. De rechte opzet is het verschil tussen de gemeten en de astronomische waterstand op hetzelfde tijdstip. De scheve opzet is het verschil tussen de hoogte van de gemeten hoogwaterstand en de hoogte van de astronomische hoogwaterstand. Omdat er, vooral tijdens stormvloeden, aanzienlijke tijdverschuivingen in hoog- of laagwatertijdstippen kunnen optreden, spreekt men dan van "scheve opzet". Bij kustlocaties en in het bijzonder die in het Waddengebied kunnen deze tijdsverschuivingen wel tot meer dan 2 uur oplopen. Vanwege vervroeging (of soms ook vertraging) van het getij is de rechte opzet meestal aanzienlijk groter dan de scheve opzet. In Figuur 24 zijn beide begrippen in beeld gebracht.



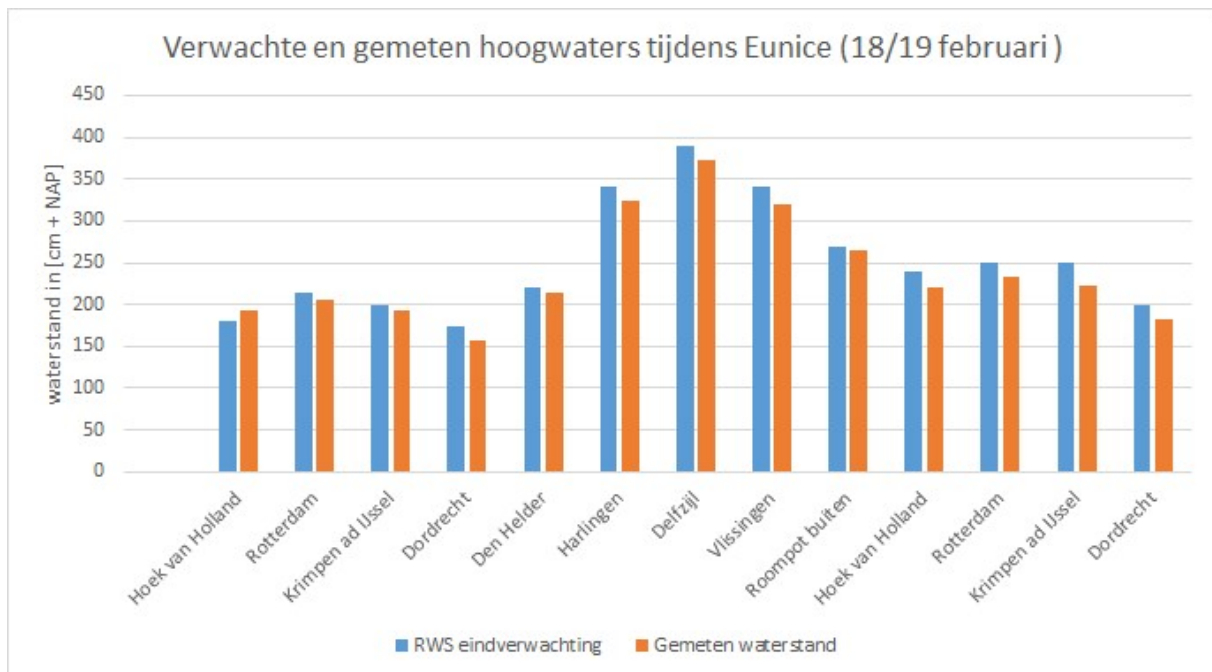
Figuur 24: Verschuivingen in getijwaterstand

3.1

Analyse absolute verschillen in de verwachtingen

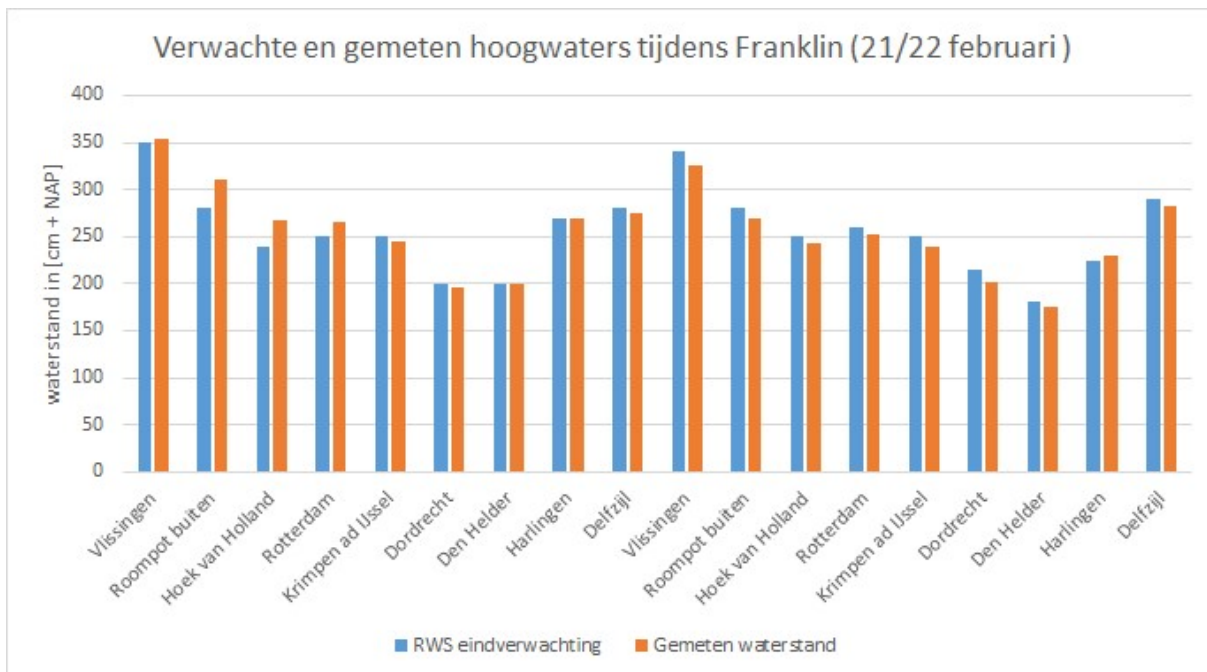
Het WMCN heeft op basis van de modelvoorspellingen tijdens de stormperiodes Eunice en Franklin in totaal 4 voorwaarschuwingen, 10 waarschuwingen en 1 alarmering uitgegeven. En waarschuwing, voor de sector Delfzijl, werd alsnog bijgesteld naar alarmering. De alarmeringen bleken achteraf te hoog afgegeven, de gemeten waterstanden kwamen ruim onder het alarmeringspeil uit. In het zicht van de onzekere timing en een verhoogde onzekerheid in de hydrodynamische modellen zelf was de alarmering echter op dat moment gerechtvaardigd.

In het algemeen was de kwaliteit van de afgegeven verwachtingen goed, er werden geen waarschuwingen in deze periode gemist. Het verschil tussen afgegeven waterstand en opgetreden waterstand bij de sectorstations liep uiteen tussen 27 cm te laag tot 18 cm te hoog, bij de referentie stations voor de keringen van 21 cm te laag tot 27 cm te hoog. Op uitzonderingen na waren de verwachtingen eerder iets te hoog dan te laag.



Figuur 25: overzicht RWS eindverwachting en meeting tijdens stormvloed Eunice

Alle uitgegeven waarschuwingen waren op tijd uitgegeven door het WMCN, dat betekent minimaal 12 uur voor hoogwater. Figuren 25 en 26 geven een overzicht van de uitgegeven verwachtingen (blauw) tegenover de uiteindelijk gemeten waterstanden (rood) tijdens de stormvloeden Eunice en Franklin.



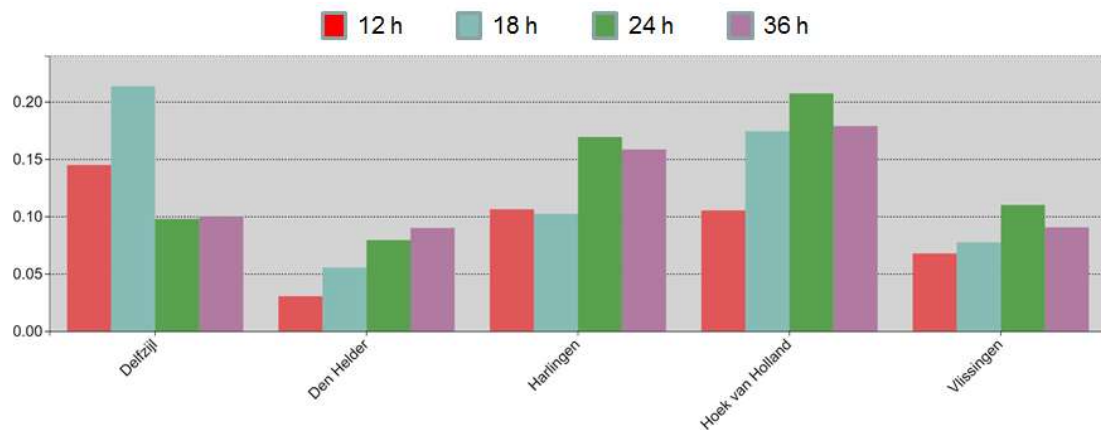
Figuur 26: overzicht RWS eindverwachting en meeting tijdens stormvloed Franklin

3.2 Analyse statistische parameter

Naast de absolute getallen wordt altijd ook naar statistische parameter gekeken. Het WMCN heeft in samenwerking met Deltares een nieuw tool ontwikkeld dat het mogelijk maakt statistische parameters van de modelverwachtingen en de RWS eindverwachting doorlopend bij te houden en ook voor specifieke perioden te analyseren. We laten hier eerste grafieken zien, maar merken op dat de systematiek en ook het tool zich nog in een prototype stadium bevindt, en hier de komende jaren verder aan gewerkt zal worden.

Het foutmaat RMSE (root-mean-square error) is een statistische parameter die vooral extreme afwijkingen (fouten) in een voorspelling afstraft. De eerste grafiek, Figuur 27, laat voor alle hoogwaters (maxima) in de week van 27 januari t/m 2 februari de volgende RMSE waardes zien voor het vigerende model (DCSMv6Zunov4KF) voor de, afhankelijk van de zichttijd (12,14 of 36 uur vooruit). De waardes op de y-as zijn aangegeven in m. Zoals te verwachten nemen de fouten met grotere zichttijden gemiddeld toe, met uitzondering van Delfzijl.

RMSE waarden voor alle hoogwater (scheve opzet) in de periode 16-23 februari 2022 voor de sectorstations voor verschillende zichttijden (DCSMv6ZunoKF model – Meeting)



Figuur 27: RMSE waarden van het DCSMv6-Zunov4-model voor alle hoofdstations voor de week van 16 – 23 februari 2022

De tweede grafiek, Figuur 28, gaat over de BIAS van het DCSMv6ZunoKF-model, wederom voor verschillende zichttijden, in dezelfde periode. We zien vooral bij Harlingen een grotere negatieve bias (model onderschat de waterstand), deze wordt 12 uur voor hoogwater door de correctie middels Kalmanfilter weer kleiner.

BIAS waarden voor alle waterstanden in de periode 16 - 23 februari 2022 voor de sectorstations voor verschillende zichttijden (DCSMv6ZunoKF model – Meeting)



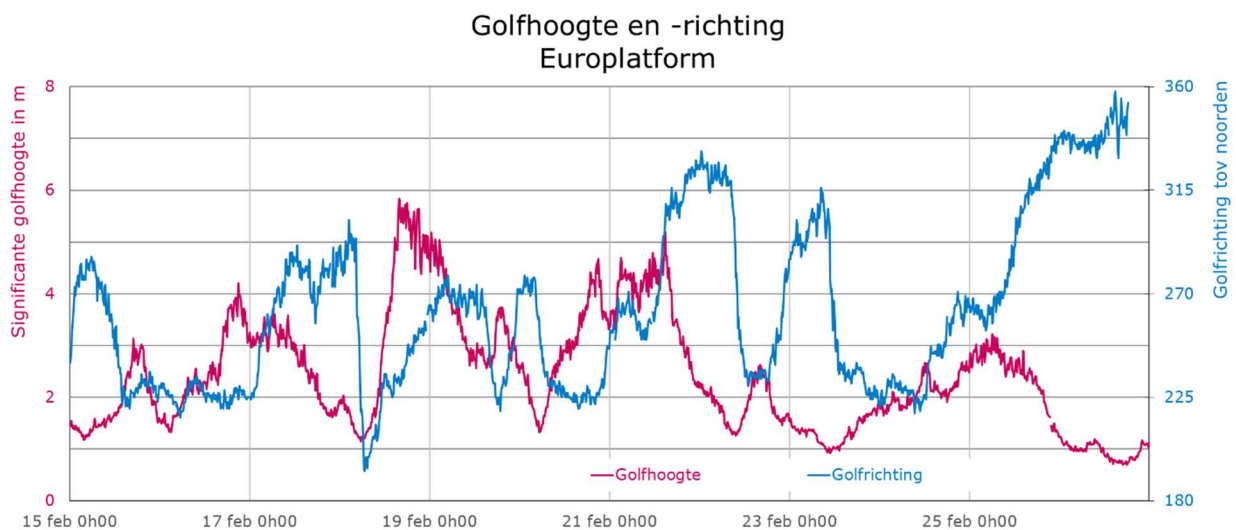
Figuur 28: BIAS waarden van het DCSMv6-Zunov4-model voor alle hoofdstations voor de week van 16 – 23 februari 2022

Voor Delfzijl zien we voor 12 uur vooruit voorspellingen en lichte positieve bias (model overschat), dat kan betekenen dat het Kalmanfilter iets teveel corrigeert voor deze locatie waardoor de modelwaardes te hoog uitkomen.

4 Golven tijdens de stormvloed

4.1 Algemeen

De significante golfhoogtes op het Nederlandse Continentale Plat liggen rond de 2-3 m voordat de eerste storm Dudley overtrekt. Deze nemen toe tijdens de storm en draaien richting noorden. Na een korte rust van 17 naar 18 februari stijgen de golfhoogtes snel met de komst van storm Eunice. Tijdens deze storm worden ook de hoogste golven gemeten in deze periode. Ook de derde storm, Franklin, laat de significante golfhoogte weer toenemen naar 4-5 m, daarna gaan deze weer snel terug naar voor februari gebruikelijke 2 á 3 m.



Figuur 29: golfhoogte en golfrichting voor meetlocatie Europlatform

Voor deze gehele stormperiode was de beschikbaarheid van golfmeetgegevens laag. Van de standard stations, zie Figuur 30, ontbreken golfrichting gegevens van het platform K13, en zijn de meetstations IJmuiden munitiestortplaat, Scheur West-Wandelaar en Eierlandse Gat tijdens de stormvloed geheel buiten bedrijf. Hierdoor kan maar een beperkt beeld worden gegeven van de golfsituatie tijdens de stormen.



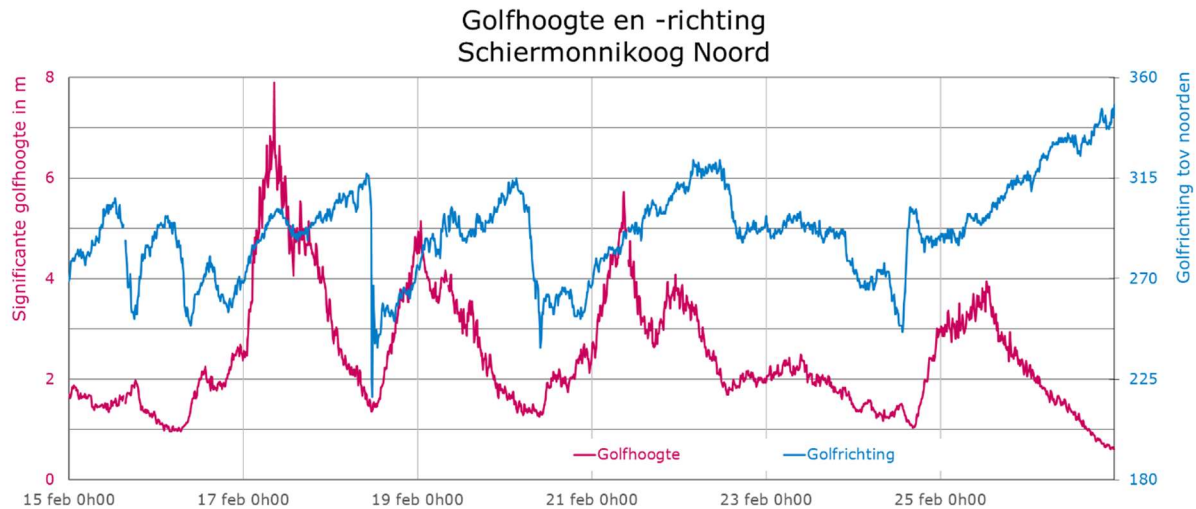
Figuur 30: Wind- en golfmeetlocaties op het Nederlandse deel van de Noordzee

In Figuur 31 is het verloop van de golfhoogte en -richting gegeven bij het meetpunt Schiermonnikoog noord. In Figuur 32 is het verloop van de golfperiodes gegeven bij een aantal locaties. In Bijlage 10 is een uitgebreider overzicht gegeven van de golfmetingen. In Bijlagen 11 en 12 is een overzicht gegeven van hoe de maxima van de golfparameters van deze stormvloed zich verhouden tot de maxima die in de periode 1979 t/m heden zijn gemeten.

4.2 Golfhoogte

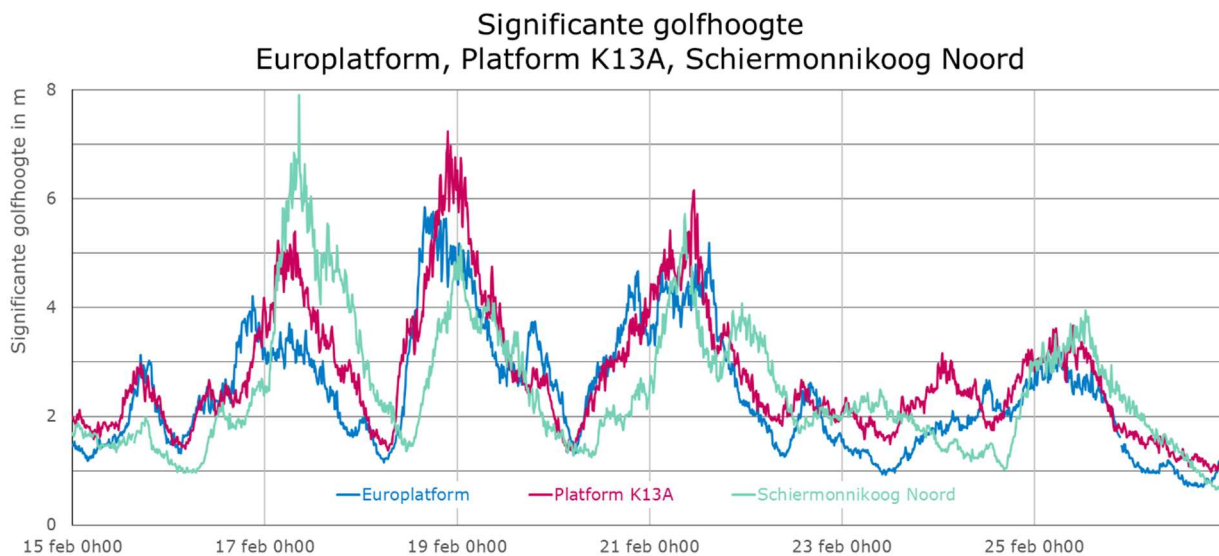
De golfhoogte is de afstand tussen de top en het dal van de golf. De hoogte hangt vooral af van de sterkte van de wind. Ook de duur van een storm en de omvang en diepte van het water zijn van belang.

De parameter significante golfhoogte geeft een representatief gemiddelde in een onregelmatig golfveld dat bestaat uit grotere en kleinere individuele golven. Deze parameter wordt berekend als het gemiddelde van het hoogste derde deel van de individuele golfhoogten over een periode van 20 minuten. Voor langere golven (deining) is deze periode relatief kort waardoor de waarde feitelijk meer een uitgebreide steekproef is uit het golfveld op dat moment, dan een representatieve waarde. In Figuur 31 is te zien dat de significante golfhoogte sterk varieert. Elke 10 minuten worden over de voorafgaande 20 minuten de golfparameters bepaald. Vanwege het sterk variërende karakter wordt de hoogst gemeten waarde globaal gecorrigeerd op basis van een lopend gemiddelde over 3 meetwaarden.



Figuur 31: Golfhoogte en -richting Schiermonnikoog Noord

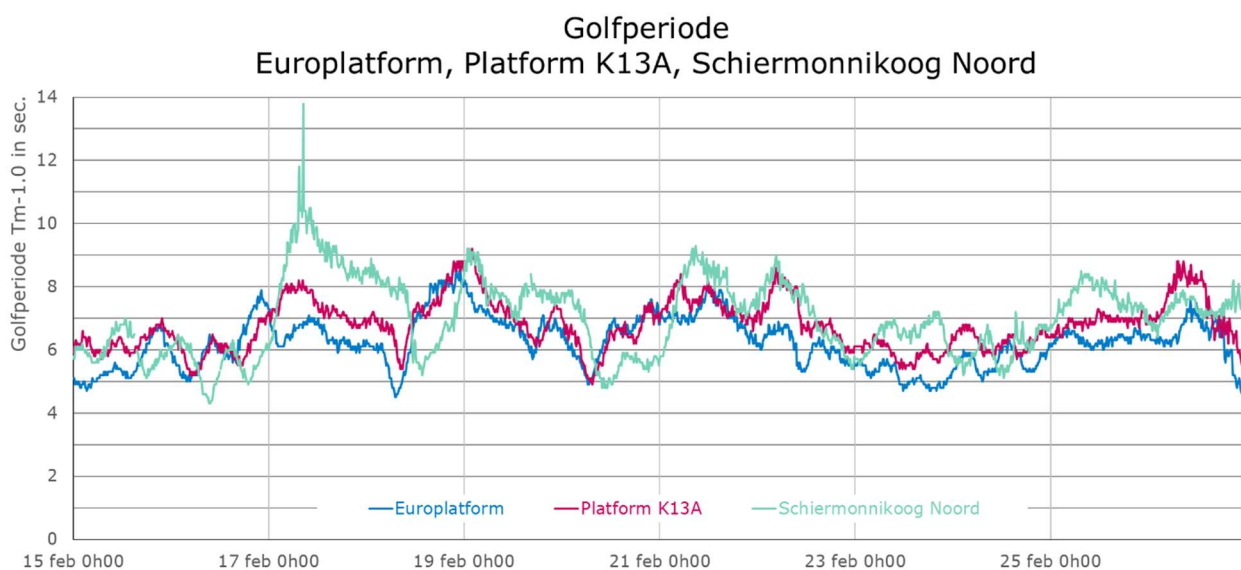
Tijdens het overtrekken van de drie stormen Dudley, Eunice en Franklin zien we een verhoging van de significante golfhoogtes bij verschillende stations tot 6-8 m. het zwaartepunt verschilt hierin: in het noordelijke waddengebied (Schiermonnikoog Noord) traden de hoogste golven op bij storm Dudley op 17 februari, terwijl de piek bij K13 en Europlatform duidelijk bij storm Eunice optreedt, 18 februari. De gemeten significante golfhoogtes zijn behoorlijk hoog. Sinds 1979 zijn van verschillende meetlocaties betrouwbare golfwaarnemingen beschikbaar. De hoogste globaal gecorrigeerde significante golfhoogten bij Europlatform resp. Schiermonnikoog Noord nemen de 8e resp. 9e plaats in bij de top 50 sinds 1979 (zie Bijlage 12). Helaas zijn van de andere drie locaties (Scheur west Wandelaar, IJmuiden en Eierlandsegat) geen metingen beschikbaar voor deze periode en kunnen we geen uitspraken doen over de condities die daar werden bereikt.



Figuur 32: Golfhoogte metingen bij Europlatform, Platform K13A en Schiermonnikoog Noord

4.3 Golfperiode

De golfperiode (T) is de tijdsduur (in seconden) tussen twee golftoppen. De golfperiode is voor iedere individuele golf verschillend. Representatieve maten voor een golfveld zijn de spectrale golfperiode $T_{m-1,0}$ (een gewogen gemiddelde van de golfperioden in een tijdbestek van 20 minuten), en de periode bij de grootste energiedichtheid van het golfspectrum (de periode die het meest voorkomt in de periode van 20 minuten). We laten hier de parameter $T_{m-1,0}$ zien. Net als de significante golfhoogte wordt de golfperiode globaal gecorrigeerd door het lopend gemiddelde te nemen over de laatste 3 waarden.



Figuur 33: Golfperiodes bij de stations Europlatform, platform K13A en Schiermonnikoog Noord

Ten aanzien van de golfperiodes vertonen de locaties langs de kust een vergelijkbaar beeld als bij de golfhoogten. Het maximum ligt in het waddengebied al op 17 februari, terwijl de stations K13A en Europlatform het maximum bij de storm Eunice laten zien. Ook bij de storm Franklin worden golfperiodes van 8 á 9 seconden bereikt. Het golfperiodes blijven door het onrustige weer op de Noordzee ook lang staan en nemen pas na 26 februari echt af.

Van de locaties Schiermonnikoog Noord en Europlatform kunnen de hoogste globaal gecorrigeerde golfperioden worden bijgeschreven als nummer 9 en 29 in de top 50 van de hoogste golfperioden sinds 1979, zie Bijlage 11.

5 Classificatie van de stormvloed

In dit hoofdstuk wordt de stormvloed in relatie gebracht tot eerdere stormvloeden. Worden de opgetreden verhogingen (scheve opzetten) en waterstanden vergeleken met de veeljarige statistieken, dan zien we dat de hoogste scheven opzetten in het noorden tijdens de storm Eunice optraden, in het zuidwesten tijdens de storm Franklin.

Hoogwater	Station	scheve opzet in NAP +cm	Overschrijdingsfrequentie in HW's per 100 jaar
21 feb 1ste HW	Vlissingen	119	70
21 feb 1ste HW	Roompot Buiten	140	42
21 feb 1ste HW	Hoek van Holland	149	38
21 feb 1ste HW	Rotterdam	136	16
21 feb 2de HW	Dordrecht	100	88
21 feb 1ste HW	Den Helder	155	63
18 feb 2de HW	Harlingen	203	48
19 feb 1ste HW	Delfzijl	206	52

Tabel 1: Herhalingsfrequenties voor de hoogste gemeten scheve opzet per station tijdens de stormvloed

In Tabel 1 zijn de overschrijdingsfrequenties en classificaties gegeven van de tijdens beide stormvloeden opgetreden **scheve opzetten** van de 6 basisstations, Roompot Buiten en Rotterdam. Hieruit blijkt dat de hoogste stormvloedopzetten 16 tot 88 maal per 100 jaar voorkomen. Statistisch gezien traden in totaal de hoogste opzetten bij Rotterdam en Hoek van Holland op, met overschrijdingsfrequenties van 16 en 38 hoogwater per 100 jaar.

In Tabel 2 zijn de overschrijdingsfrequenties van **de waterstanden** gegeven. Op basis hiervan vallen beide stormvloeden in de classificatie van een lage stormvloed. De aangegeven classificaties zijn overeenkomstig de sinds 1953 gangbare classificatie van stormvloeden, meer detail informatie over deze classificatie wordt in Bijlage 2 gegeven.

Hoogwater	Station	gemeten waterstand in NAP +cm	Overschrijdingsfrequentie in HW's per 100 jaar	middelbare stormvloed	lage stormvloed	hoge vloed
21 feb 1ste HW	Vlissingen	354	43		*	
21 feb 1ste HW	Roompot Buiten	311	58		*	
21 feb 1ste HW	Hoek van Holland	267	42		*	
21 feb 1ste HW	Rotterdam	265	83			*
21 feb 2de HW	Dordrecht	202	93			*
18 feb 2de HW	Den Helder	214	90			*
18 feb 2de HW	Harlingen	324	27		*	
19 feb 1ste HW	Delfzijl	372	35		*	

Tabel 2: Gemeten hoogste waterstanden tijdens deze stormvloed, de bijhorende overschrijdingsfrequentie en classificatie.

6 Inzet van Keringen

Tijdens de stormperiode in Februari 2022 werden meerderen keringen gesloten. De teams van de Hartelkering en de Maeslantkering, die samen de Europoortkering vormen, waren uiteraard alert en aanwezig op de kering, maar de waterstanden kwamen in deze stormvloed niet zodanig hoog dat ze deze keringen moesten sluiten.

Kering	Oosterscheldekering	Haringvlietsluizen	Europoortkering	Hollandsche IJsselkering
Sluitpeil	+3,00 m NAP bij Roompot Buiten	+2,20 m NAP bij Hoek van Holland	Combinatie van: -Rotterdam: > +3,00 m NAP -Dordrecht: > +2,90 m NAP	+2,00 m NAP bij Krimpen a/d IJssel

Tabel 3: Operationele Sluitpeilen van de Stormvloedkeringen

6.1 Oosterscheldekering

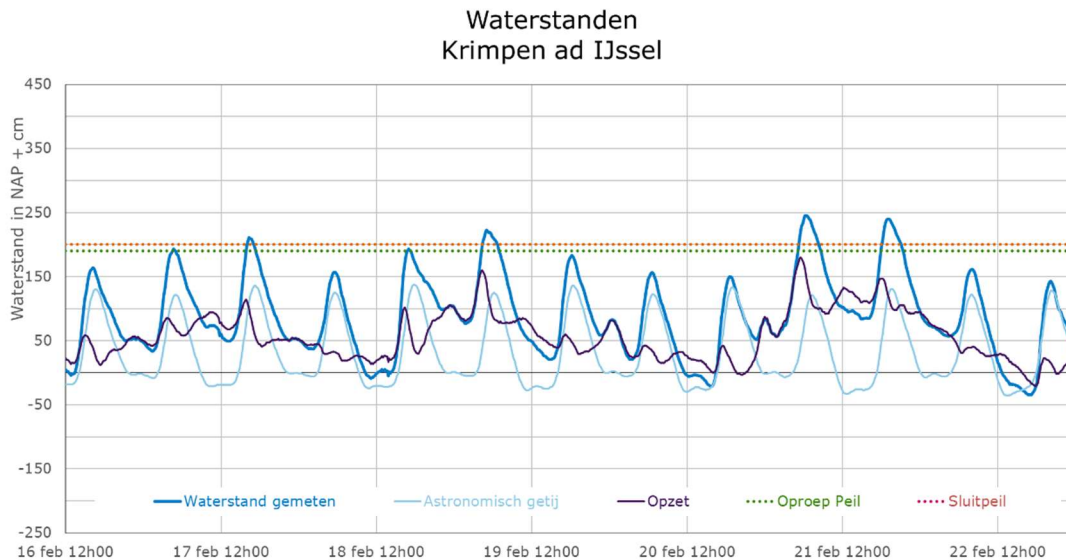
Het operationele team is in deze periode meerdere keren opgeroepen. Op 18 februari werd het team opgeroepen om niet de kering te sluiten, maar om de N57 over de kering af te sluiten vanwege de hoge windsnelheden. De hoogst gemeten windstoot van die dag was 37,4 m/s. Dit komt overeen met orkaankracht. Een paar dagen later zorgde Franklin wel voor een sluiting. Voor 21 februari werd een tweetopper verwacht. In de ochtend was de waterstandsverwachting voor die dag 2,84 meter boven NAP. Door buitstoten ging de waterstand richting 3 meter en ging de kering alsnog sluiten. Het water is uiteindelijk tot 3,11 meter boven NAP gestegen. Voor het hoogwater in de middag is het sluitpeil niet bereikt. Het operationeel team kon daarom na het passeren van het hoogwater de operationele periode afsluiten.

6.2 Hollandsche IJsselkering

In de periode van 17 februari tot en met 21 februari is de Hollandsche IJsselkering drie keer gesloten geweest. Hierbij is de laatste sluiting van de periode, de 10^e sluiting van dit stormseizoen geweest.

Op donderdag 17 februari werd de kering gesloten voor het middaghoogwater. De verwachting was dat de waterstand bij Krimpen aan den IJssel 2,10 meter boven NAP zal bereiken. De uiteindelijke waterstand is 2,11 meter boven NAP geworden.

Op 18 februari zorgde Eunice voor een waterstandsverwachting van 2,00 meter boven NAP. Uiteindelijk is er 1,93 meter boven NAP gemeten. De tweede piek vond plaats op zaterdag 19 februari. Toen werd 2,50 meter boven NAP verwacht en is er uiteindelijk een waterstand van 2,23 boven NAP gemeten. Tussen de twee pieken is de kering gesloten gebleven en spuien was gedurende deze stormsluiting niet nodig.



Figuur 34: waterstand en opzet bij station Krimpen aan den IJssel

Tijdens storm Franklin was de tiende sluiting van dit stormseizoen. Deze storm zorgde ook voor twee pieken; de eerste op 21 februari met een verwachting van 2,50 meter boven NAP 's morgensvroeg (uiteindelijke waterstand werd 2,45 meter boven NAP) en de tweede piek om 19.00 uur, waarbij ook weer 2,50 meter boven NAP werd verwacht. Toen bereikte het water de 2,40 meter boven NAP. Vanwege het feit dat twee hoogwaters elkaar opvolgden, heeft het operationeel team besloten om twee getijden dicht te blijven. Om te voorkomen dat de waterstand op de Hollandsche IJssel achter de kering te snel op zou lopen vanwege de gemalen van de waterschappen en hoogheemraadschappen, is de kering op de ebstroom van de eerste piek een stukje open gezet om water te spuien.

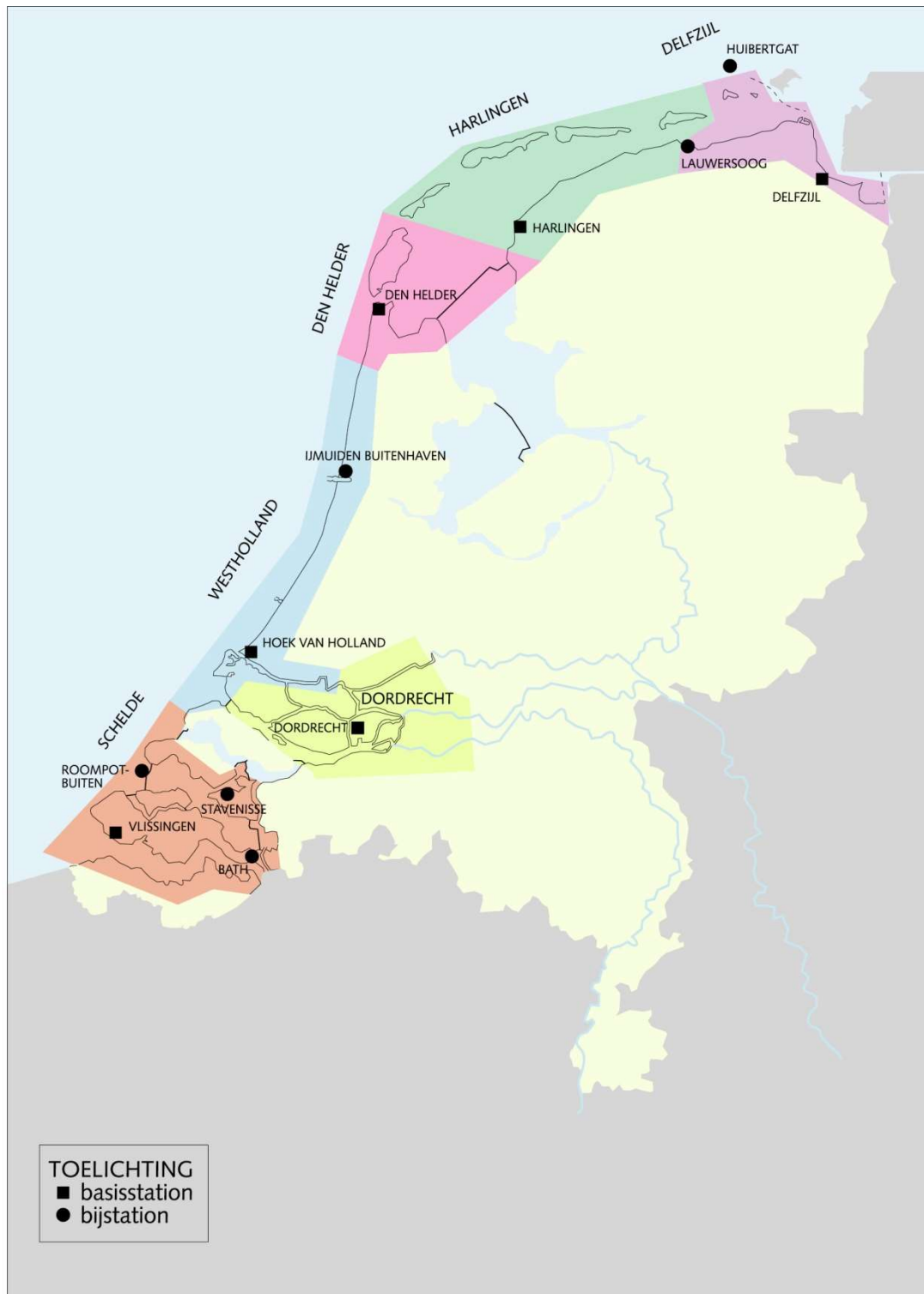
6.3 Haringvlietsluizen

Op 17 februari en 21 februari 's ochtends en 's middags zijn de Haringvlietsluizen in stormsluiting gegaan. De stormsluitingen zijn goed verlopen.

7 Bijlagen

1. Sectorindeling WMCN-Kust
2. Overzicht maatgevende standen
3. Depressiebaan en luchtdrukverdeling van KNMI
4. Schaal van Beaufort
5. Opgetreden windgegevens
6. Opgetreden waterstanden
7. Overzicht verwachte en opgetreden Hoogwater
8. Korte uitleg gebruikte modellen
9. 50 Hoogste waterstanden
10. Opgetreden golfgegevens
11. 50 hoogste significante golfhoogten
12. 50 hoogste golfperioden

Bijlage 1 Sectorindeling Stormvloeden Kust en Benedenrivieren



Bijlage 2 Overzicht maatgevende standen

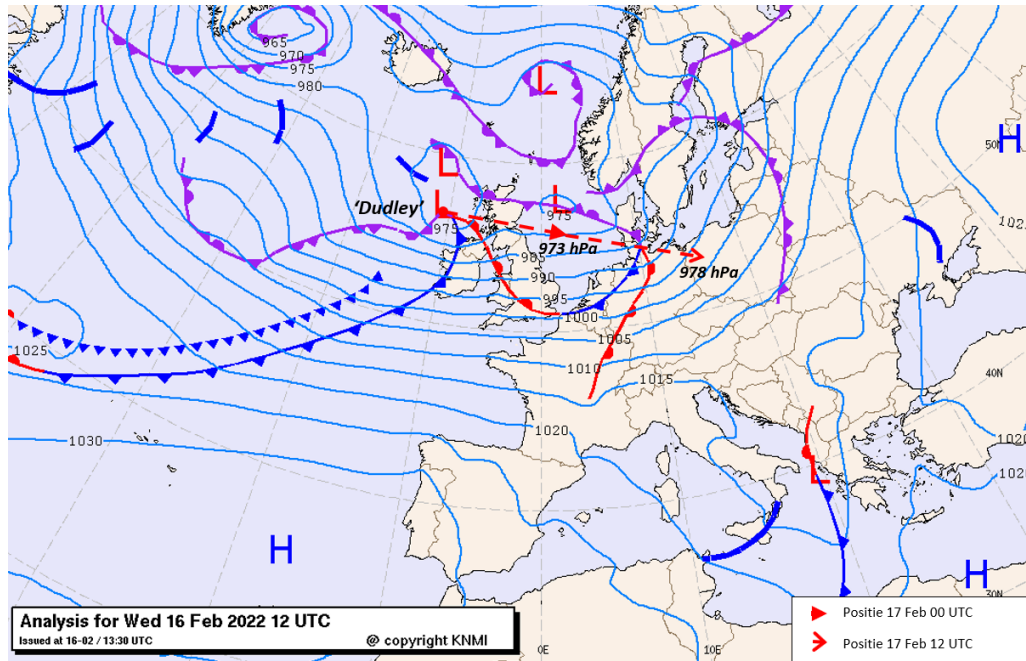
Overzicht maatgevende standen in cm + NAP

sector	Schelde	West Holland	Dordrecht	Den Helder	Harlingen	Delfzijl	Overschrijdingskans in gemiddeld aantal HW's per jaar
basisstation	Vlissingen	Hoek van Holland	Dordrecht	Den Helder	Harlingen	Delfzijl	
Benaming stormvloedcategorie / peil							
Informatiepeil	290	180	-	150	220	240	Ca. 6 - 17
Voorwaarschuwingspeil	310	200	-	170	240	260	Ca. 3 - 7
Hoge vloed	305 á 350	210 á 260	170 á 215	165 á 230	225 á 305	265 á 355	5 á 0,5
Waarschuwingspeil	330	220	-	190	270	300	Ca. 1 - 4
Grenspeil	350	260	215	230	305	355	0,5
Lage stormvloed	350 á 385	260 á 300	215 á 245	230 á 275	305 á 355	355 á 420	0,5 á 0,1
(Regionaal) Alarmeringspeil	370	280	250	260	330	380	Ca. 0,1 á 0,3
Middelbare stormvloed	385 á 440	300 á 360	245 á 275	275 á 340	355 á 415	420 á 505	10^{-1} á 10^{-2}
(Landelijk) Alarmeringspeil	410	365	275	345	390	475	$5 \cdot 10^{-2}$ á 10^{-2}
Hoge stormvloed	440 á 490	360 á 430	275 á 295	340 á 400	415 á 470	505 á 580	10^{-2} á 10^{-3}
Buitengewoon hoge stormvloed	490 á 550	430 á 510	295 á 315	400 á 450	470 á 510	580 á 640	10^{-3} á 10^{-4}
MHW / Toetspeil	530	510	300	450	490	600	$5 \cdot 10^{-4}$ á 10^{-4}
Extreme stormvloed	≥550	≥510	≥315	≥450	≥505	≥620	$\leq 10^{-4}$
Hoogst bekende stand	455 1-feb-53	385 1-feb-53	250 28-jan-94	325 1-feb-53	369 3-jan-76	483 1-nov-06	
Hoogste stand tijdens stormvloed van 30 en 31 januari 2022	357	285	187	216	283	353	

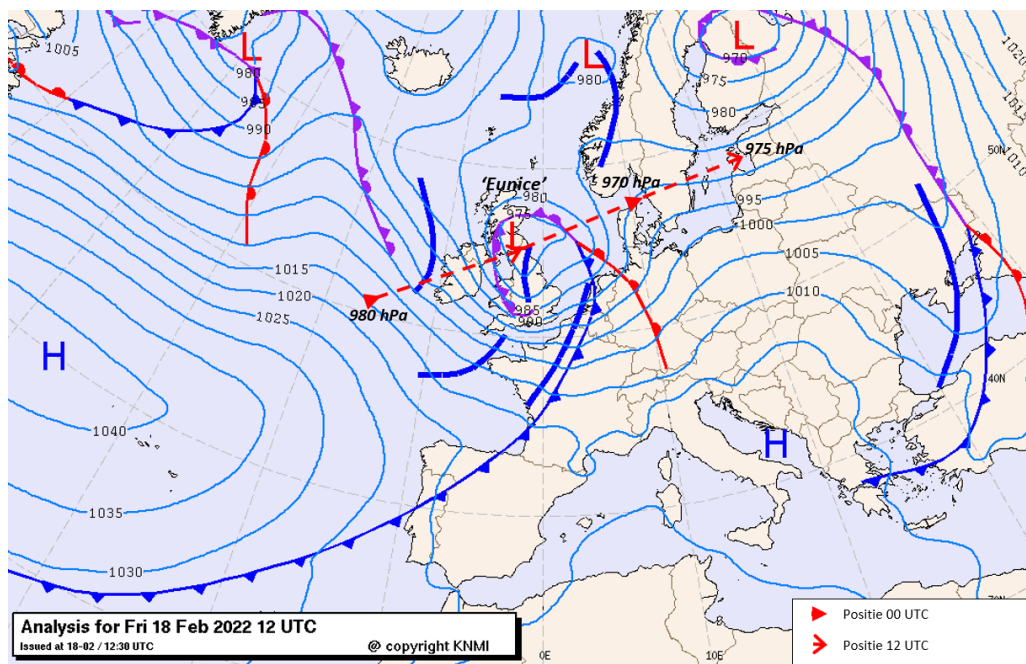
De maatgevende standen zijn per 1-1-2015 aangepast aan de dan geldende waarden.

Bijlage 3 Depressiebaan en luchtdrukverdeling

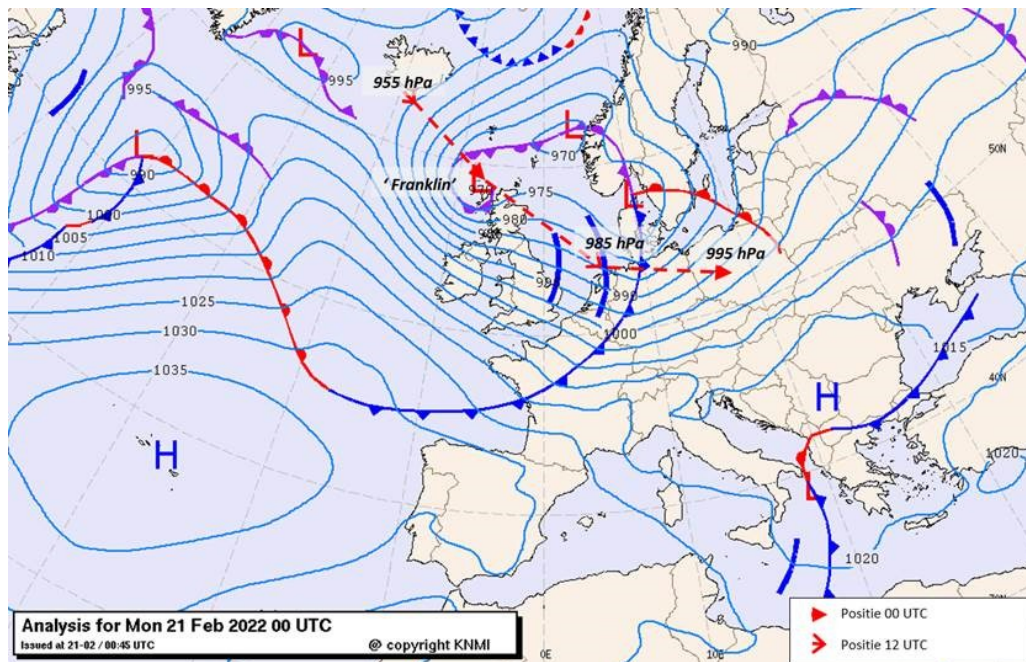
De grafieken laten de 'storm track' zien van alle drie stormen, de analyses zijn afkomstig van KNMI.



Depressiebaan van storm Dudley



Depressiebaan van storm Eunice



Depressiebaan van storm Franklin

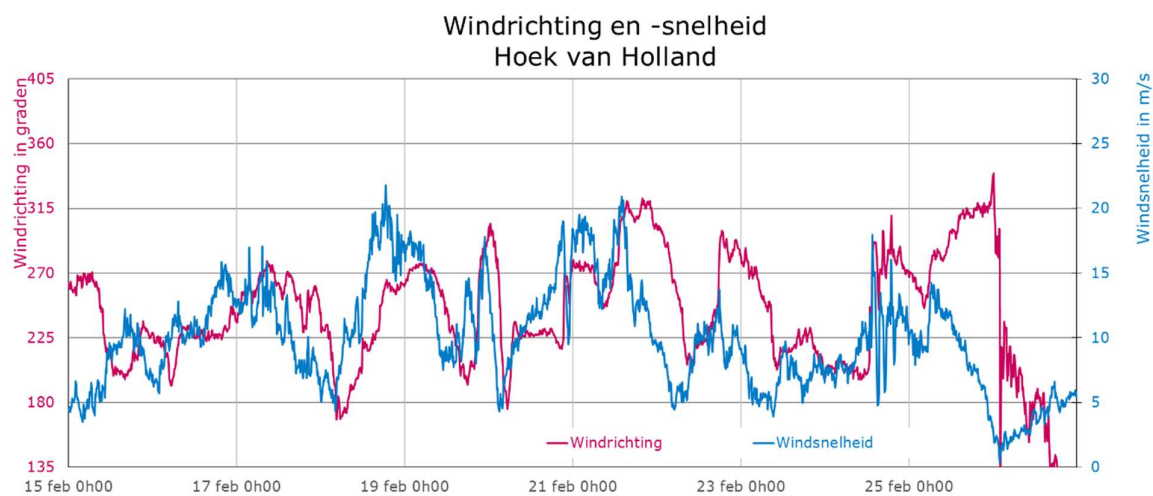
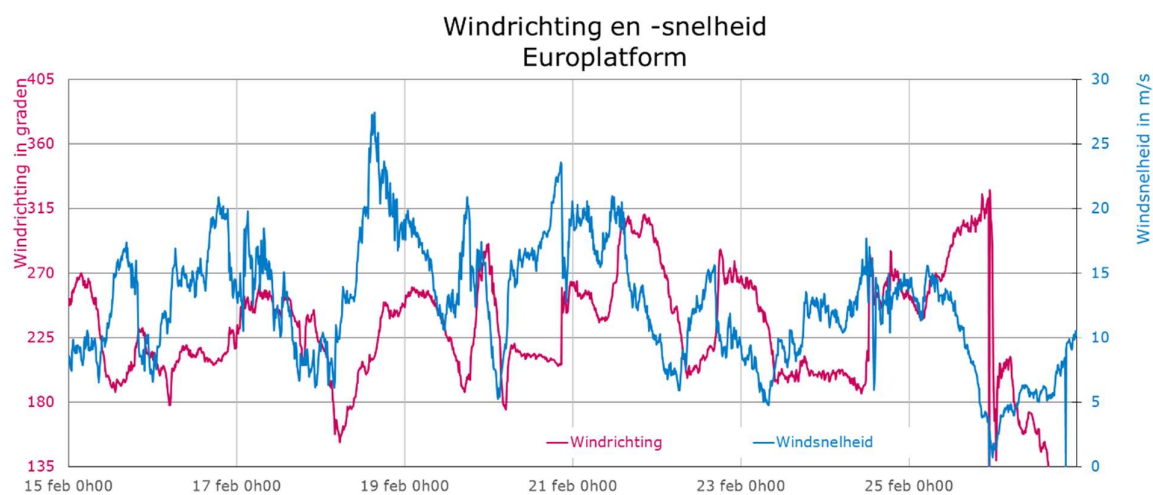
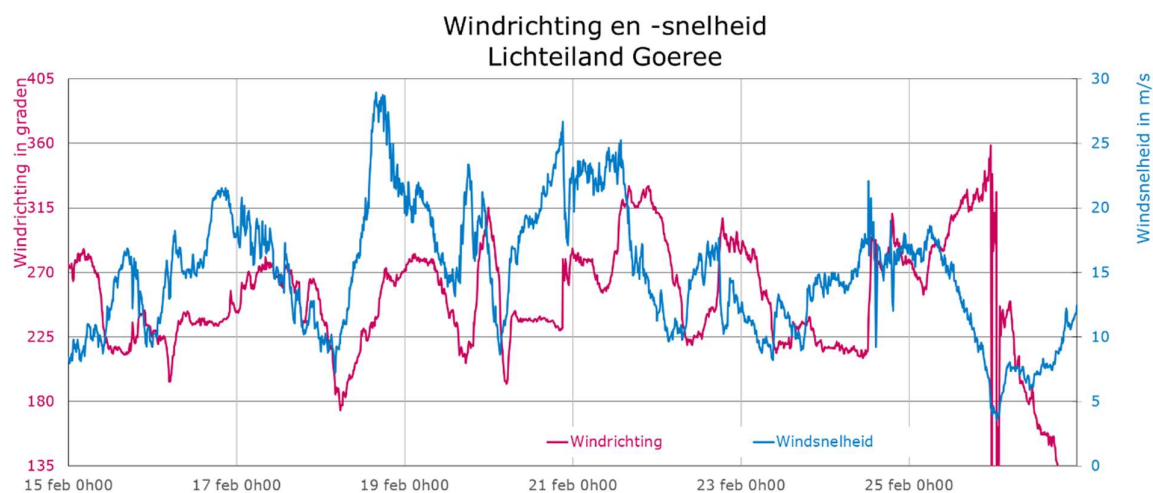
Bijlage 4

Schaal van Beaufort

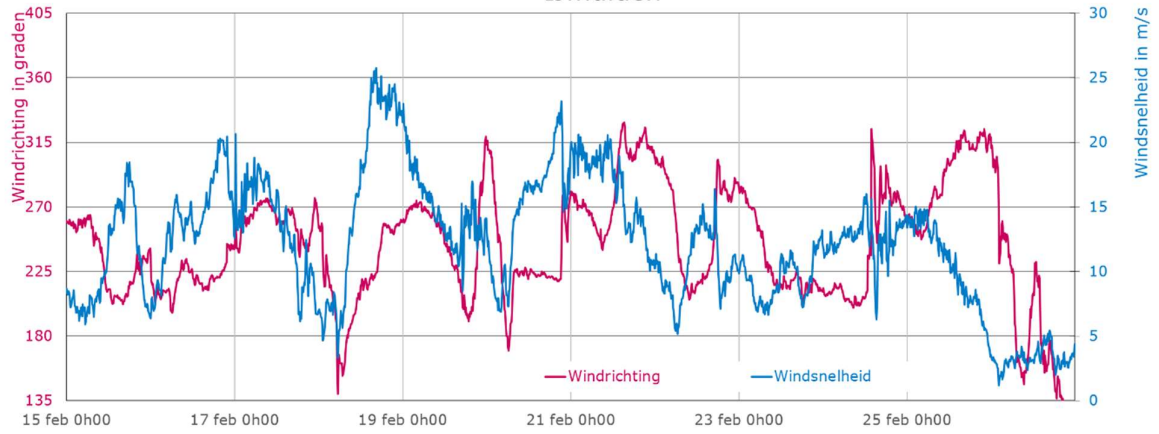
Windsterkte in Beaufort	Windsnelheid op 10m hoogte		benaming
	in knopen	in m/s	
0	<1	0,0 - 0,2	stil
1	1 - 3	0,3 - 1,5	zwakke wind
2	4 - 6	1,6 - 3,3	zwakke wind
3	7 - 10	3,4 - 5,4	matige wind
4	11 - 16	5,5 - 7,9	matige wind
5	17 - 21	8,0 - 10,7	vrij krachtige wind
6	22 - 27	10,8 - 13,8	krachtige wind
7	28 - 33	13,9 - 17,1	harde wind
8	34 - 40	17,2 - 20,7	stormachtige wind
9	41 - 47	20,8 - 24,4	storm
10	48 - 55	24,5 - 28,4	zware storm
11	56 - 63	28,5 - 32,6	zeer zware storm
12	>63	>32,6	orkaan

1 knoop = 1 zeemijl per uur = 1852 m/h = 0,514 m/s

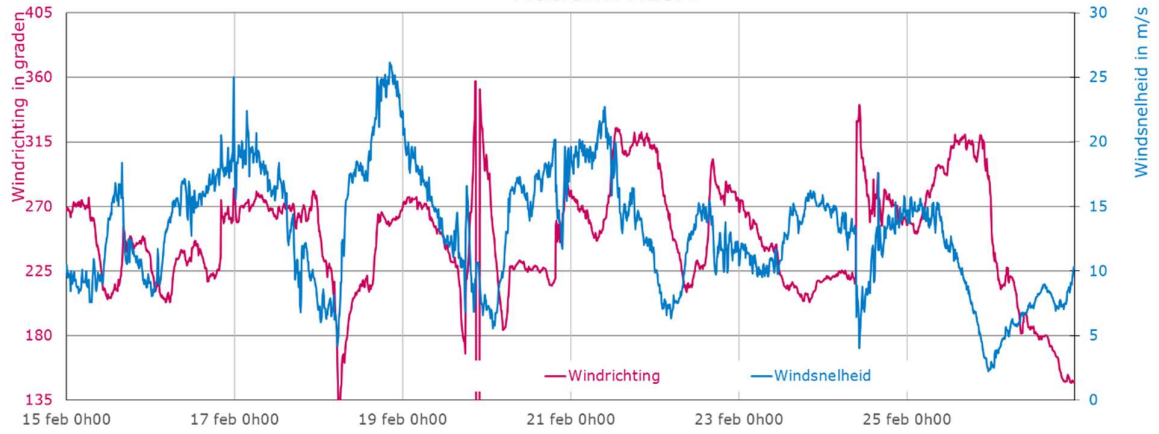
Bijlage 5: Opgetreden windgegevens



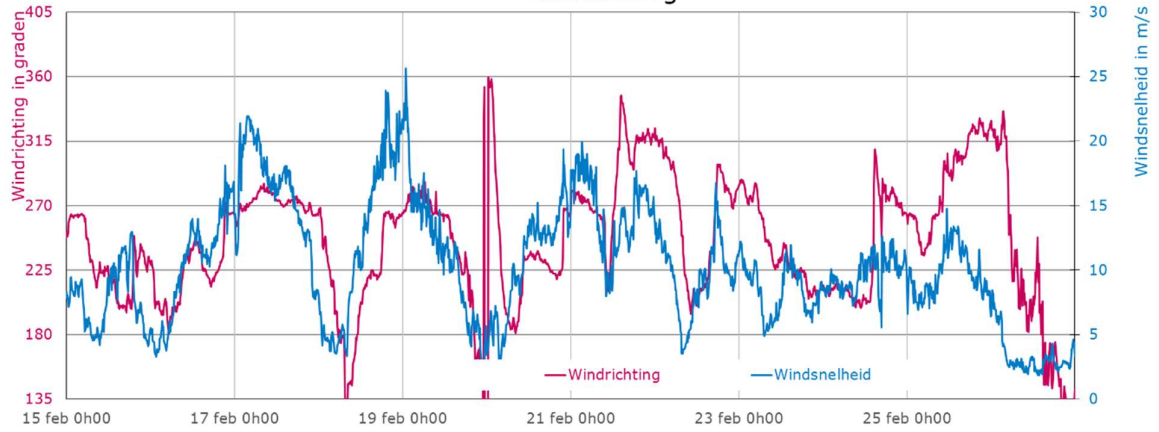
Windrichting en -snelheid
IJmuiden



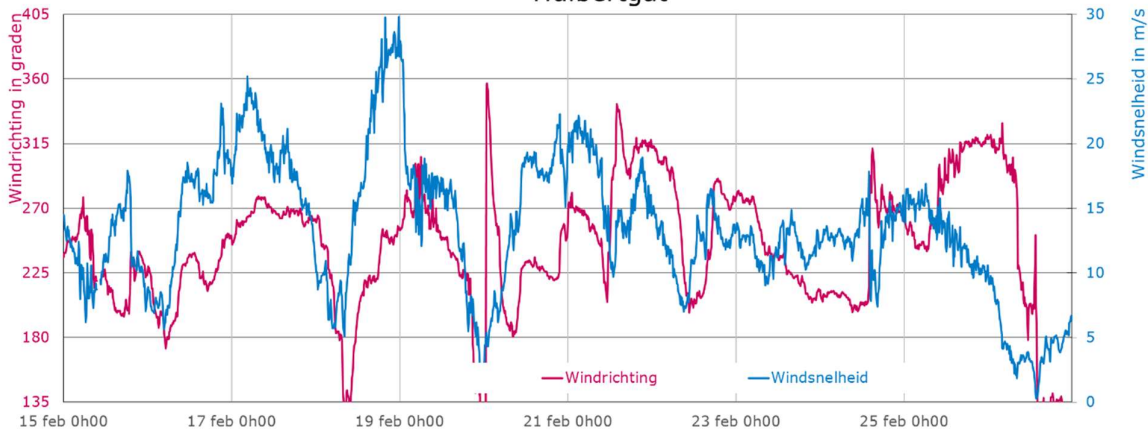
Windrichting en -snelheid
Platform K13A



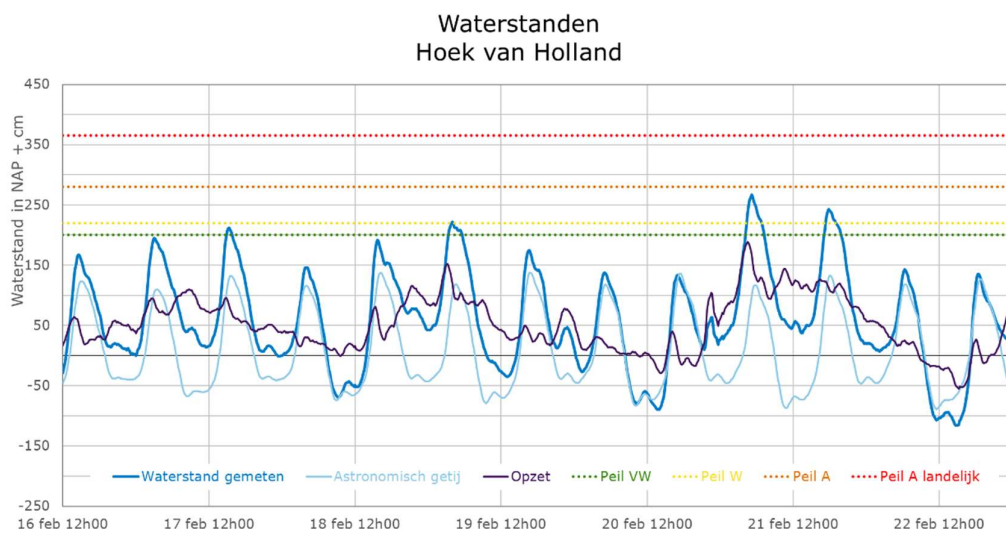
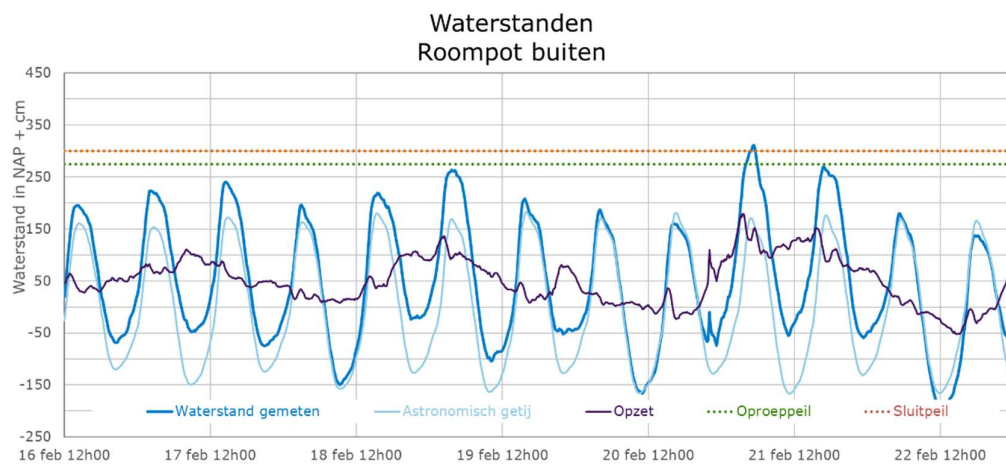
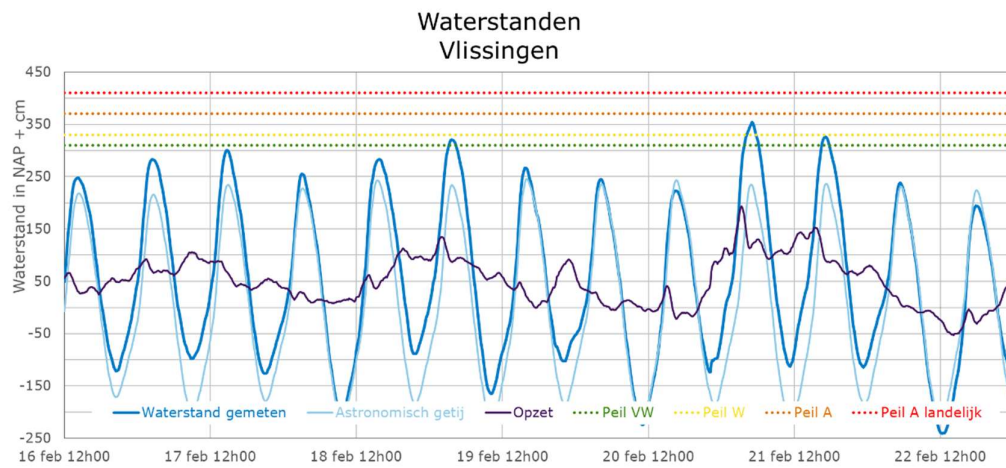
Windrichting en -snelheid
Lauwersoog



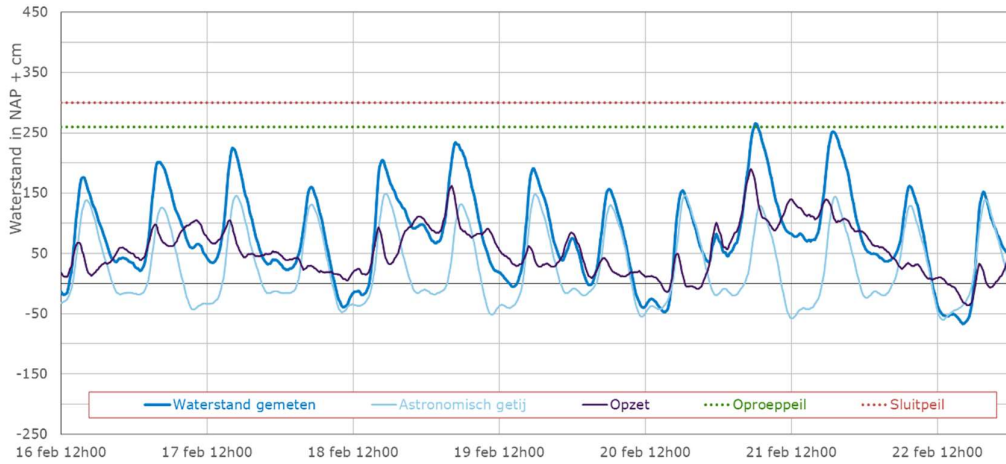
Windrichting en -snelheid
Huibertgat



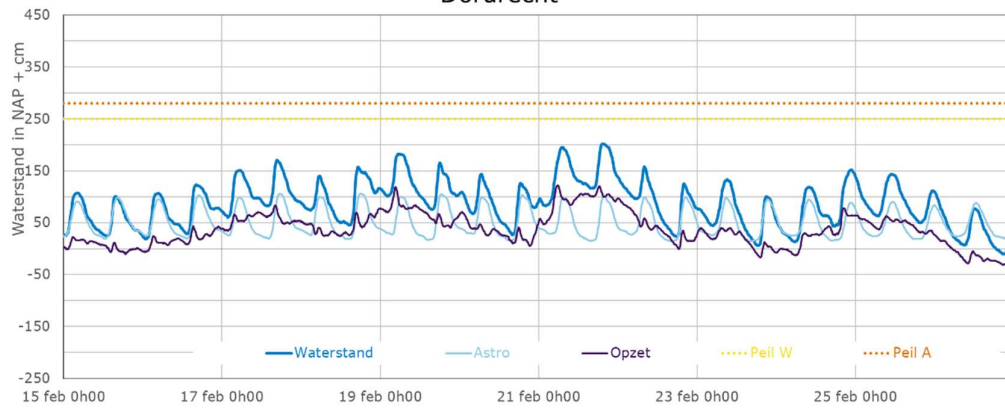
Bijlage 6: Opgetreden waterstanden hoofdstations kust en keringen



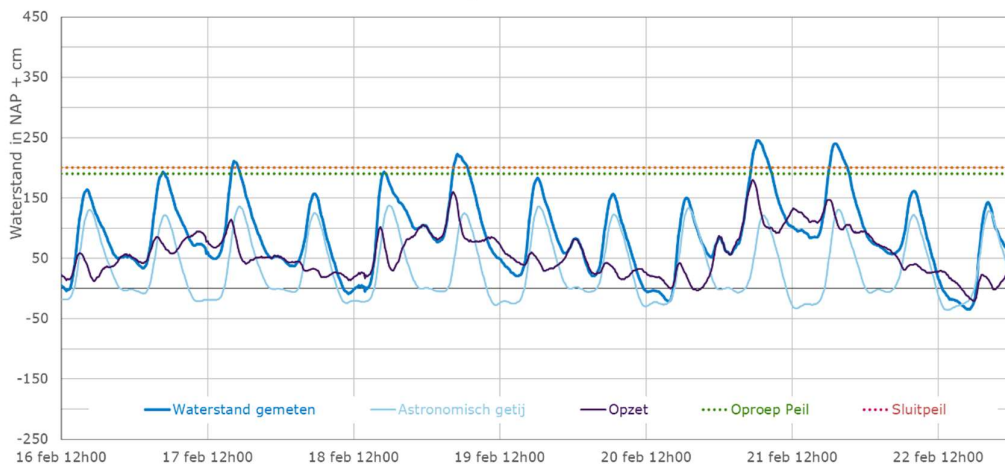
Waterstanden Rotterdam



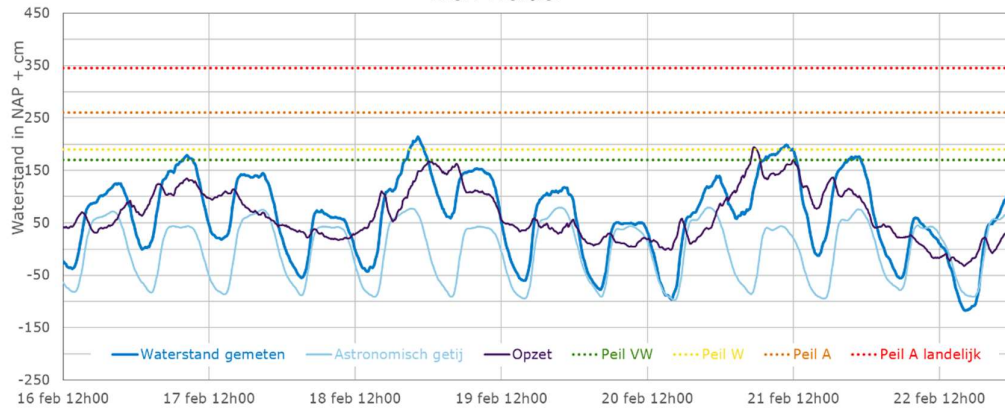
Waterstanden Dordrecht



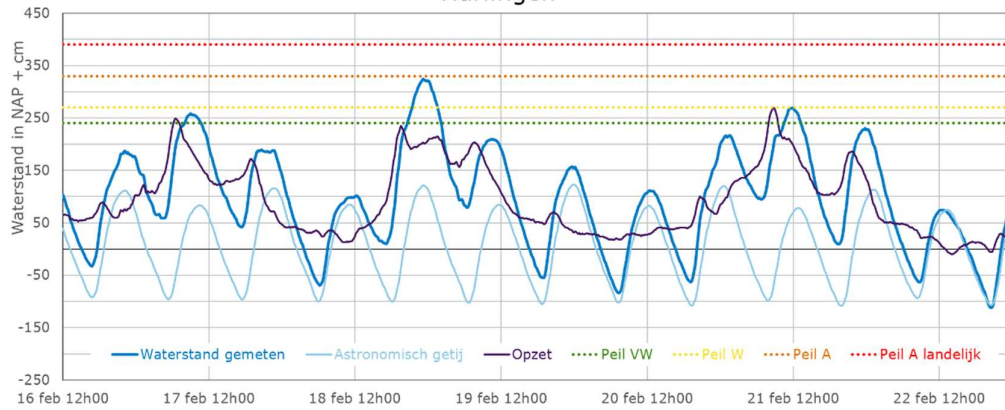
Waterstanden Krimpen ad IJssel



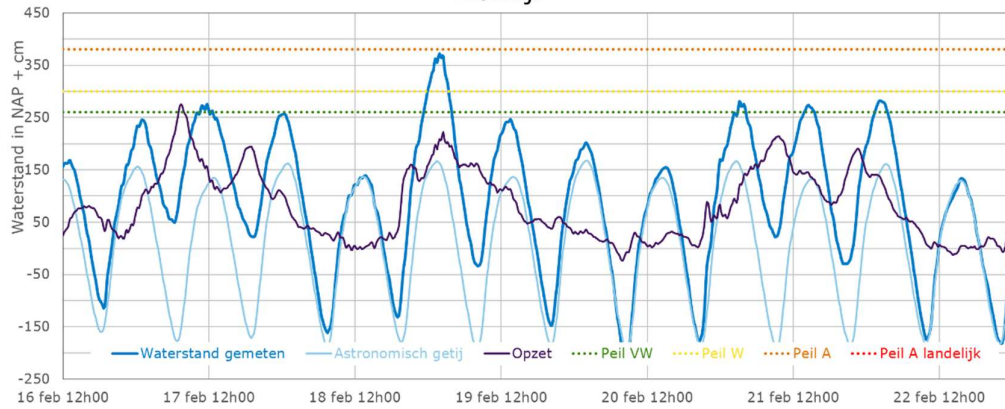
Waterstanden Den Helder



Waterstanden Harlingen



Waterstanden Delfzijl



Bijlage 7a

Overzicht verwachte en opgetreden HW-standen stormvloed Eunice

		astronomisch HW volgens getijtafel		door WMCN 12 uur voor HW verwachte HW-stand	opgetreden HW		vervroeging (-) of verlating (+) van het HW	scheve opzet	opgetreden HW-stand tov verwachte HW-stand	alarmpeil	verwachte HW-stand tov alarmpeil	opgetreden HW-stand tov alarmpeil	waarschu- wingspeil	verwachte HW-stand tov waarschu- wingspeil	opgetreden HW-stand tov waarschu- wingspeil
datum 2022	station	tijd in MET	hoogte in NAP +cm	hoogte in NAP +cm	tijd in MET	hoogte in NAP +cm	minuten	cm	cm	NAP +cm	cm	cm	NAP +cm	cm	cm
							(5a-3a)	(5b-3b)	(5b-4)		(4-9)	(5b-8)		(4-11)	(5b-11)
1	2	3a	3b	4	5a	5b	6	7	8	9	10a	10b	11	12a	12b

18 feb	Hoek van Holland	16h12	137	180	15h40	192	-32	55	+12	280	-100	-88	220	-40	-28
18 feb	Rotterdam 2)	17h21	149	215	16h50	205	-31	56	-10	300	-85	-95	260	-45	-55
18 feb	Krimpen a/d IJssel	17h50	138	200	17h00	193	-50	55	-7	225	-25	-32	200	+0	-7
18 feb	Dordrecht	18h02	106	173	17h20	157	-42	51	-16	250	-77	-93	-	-	-
18 feb	Den Helder	21h18	77	220	22h20	214	+62	137	-6	260	-40	-46	190	+30	+24
18 feb	Harlingen	23h16	121	340	23h10	324	-6	203	-16	330	+10	-6	270	+70	+54
19 feb	Delfzijl	1h28	166	370	1h50	372	+22	206	+2	380	-10	-8	300	+70	+72
19 feb	Vlissingen	3h43	234	340	3h40	321	-3	87	-19	370	-30	-49	330	+10	-9
19 feb	Roompot buiten 1)	3h38	169	268	3h40	264	+2	95	-4	300	-32	-36	275	-7	-11
19 feb	Hoek van Holland	4h33	118	240	4h00	222	-33	104	-18	280	-40	-58	220	+20	+2
19 feb	Rotterdam 2)	5h43	132	250	4h50	234	-53	102	-16	300	-50	-66	260	-10	-26
19 feb	Krimpen a/d IJssel	6h09	125	250	5h00	223	-69	98	-27	225	+25	-2	200	+50	+23
19 feb	Dordrecht	6h16	101	200	5h30	183	-46	82	-17	250	-50	-67	-	-	-

360 Waterstand boven plaatselijk grenspeil

1) Waterstandsverwachting geldt voor open Oosterscheldekering

Alarmpeil Roompot buiten = Sluitpeil Oosterscheldekering

Waarschuingspeil Roompot buiten = Alarmfase Oosterscheldekering

2) Waterstandverwachting geldt voor open Maeslantkering

Alarmpeil Rotterdam = sluitcriterium Maeslantkering

Waarschuingspeil Rotterdam = Alarmfase Maeslantkering

Bijlage 7b

Overzicht verwachte en opgetreden HW-standen stormvloed Franklin

		astronomisch HW volgens getijtafel		door WMCN 12 uur voor HW verwachte HW-stand	opgetreden HW		vervroeging (-) of verlating (+) van het HW	scheve opzet	opgetreden HW-stand tov verwachte HW-stand	alarmpeil	verwachte HW-stand tov alarmpeil	opgetreden HW-stand tov alarmpeil	waarschu- wingspeil	verwachte HW-stand tov waarschu- wingspeil	opgetreden HW-stand tov waarschu- wingspeil
datum 2022	station	tijd in MET	hoogte in NAP +cm	hoogte in NAP +cm	tijd in MET	hoogte in NAP +cm	minuten	cm	cm	NAP +cm	cm	cm	NAP +cm	cm	cm
							(5a-3a)	(5b-3b)	(5b-4)		(4-9)	(5b-8)		(4-11)	(5b-11)
1	2	3a	3b	4	5a	5b	6	7	8	9	10a	10b	11	12a	12b
21 feb	Delfzijl	2h38	166	280	3h10	281	+32	115	+1	380	-100	-99	300	-20	-19
21 feb	Vlissingen	4h53	235	350	5h00	354	+7	119	+4	370	-20	-16	330	+20	+24
21 feb	Roompot buiten 1)	4h51	171	280	5h20	311	+29	140	+31	300	-20	+11	275	+5	+36
21 feb	Hoek van Holland	5h45	118	240	5h10	267	-35	149	+27	280	-40	-13	220	+20	+47
21 feb	Rotterdam 2)	6h52	129	250	6h00	265	-52	136	+15	300	-50	-35	260	-10	+5
21 feb	Krimpen a/d IJssel	7h17	121	250	6h10	245	-67	124	-5	225	+25	+20	200	+50	+45
21 feb	Dordrecht	7h22	99	190	7h00	195	-22	96	+5	250	-60	-55	-	-	-
21 feb	Den Helder	9h58	44	200	10h50	199	+52	155	-1	260	-60	-61	190	+10	+9
21 feb	Harlingen	12h50	78	270	11h50	269	-60	191	-1	330	-60	-61	270	+0	-1
21 feb	Delfzijl	15h00	132	280	14h30	274	-30	142	-6	380	-100	-106	300	-20	-26
21 feb	Vlissingen	17h14	237	340	17h10	326	-4	89	-14	370	-30	-44	330	+10	-4
21 feb	Roompot buiten 1)	17h12	176	280	16h50	270	-22	94	-10	300	-20	-30	275	+5	-5
21 feb	Hoek van Holland	18h03	133	250	17h50	243	-13	110	-7	280	-30	-37	220	+30	+23
21 feb	Rotterdam 2)	19h10	144	260	18h50	252	-20	108	-8	300	-40	-48	260	+0	-8
21 feb	Krimpen a/d IJssel	19h35	131	250	19h00	240	-35	109	-10	225	+25	+15	200	+50	+40
21 feb	Dordrecht	19h41	102	215	19h30	202	-11	100	-13	250	-35	-48	-	-	-
21 feb	Den Helder	22h45	76	190	22h10	176	-35	100	-14	260	-70	-84	190	+0	-14
22 feb	Harlingen	1h13	113	225	23h50	230	+1357	117	+5	330	-105	-100	270	-45	-40
22 feb	Delfzijl	3h14	161	290	2h10	282	-64	121	-8	380	-90	-98	300	-10	-18

360 Waterstand boven plaatselijk grenspeil

- 1) Waterstandsverwachting geldt voor open Oosterscheldekering
Alarmpeil Roompot buiten = Sluitpeil Oosterscheldekering
Waarschuwingsspeil Roompot buiten = Alarmfase Oosterscheldekering

- 2) Waterstandsverwachting geldt voor open Maeslantkering
Alarmpeil Rotterdam = sluitcriterium Maeslantkering
Waarschuwingsspeil Rotterdam = Alarmfase Maeslantkering

Bijlage 8

Korte uitleg van de gebruikte modellen

Weermodellen

Voor de voorspelling van wind- en luchtdrukgegevens worden door het KNMI verschillende numerieke meteorologische modellen gebruikt.

HARMONIE

HIRLAM ALADIN Research on Mesoscale Operational NWP In Euromed: Het HARMONIE weermodel is speciaal voor de korte termijn weersverwachtingen (tot 48 uur vooruit) ontwikkeld binnen de grote Europese samenwerkingsprojecten ALADIN en HIRLAM. Het is een zeer fijnmazig, non hydrostatisch model met een resolutie van 2.5 km. Een nieuwe modelrun komt elke drie uur beschikbaar.

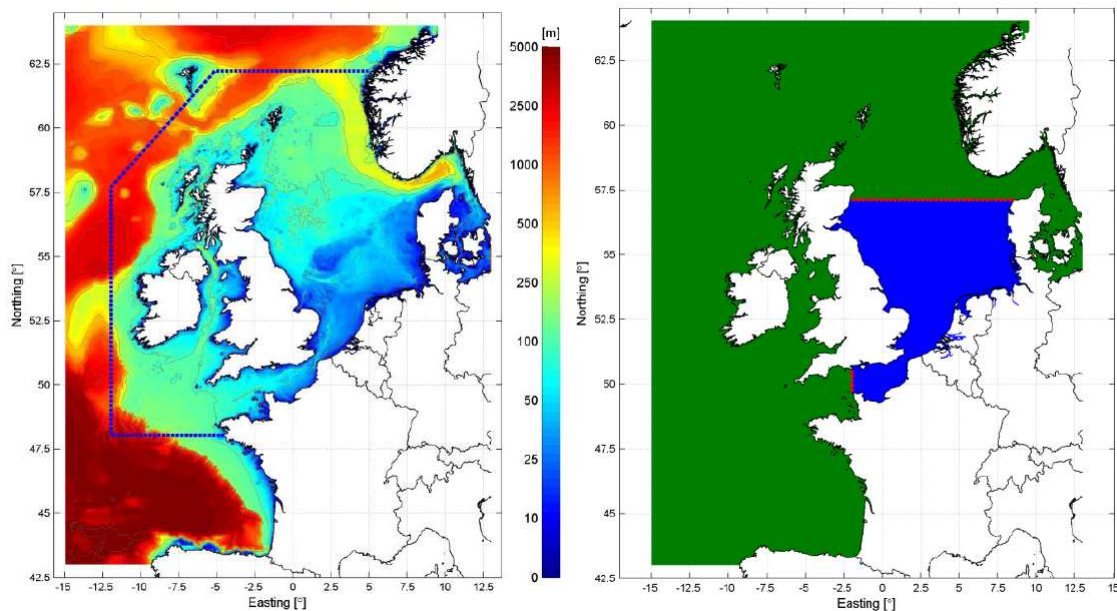
ECMWF

European Centre for Medium-Range Weather Forecasts: Het ECMWF is een onafhankelijke Europese organisatie waarin diverse Europese landen deelnemen. Dit hoge resolutie model (9 km resolutie) gaat 10 dagen vooruit. Twee keer per dag volgt een nieuwe run (00 en 12 UTC). Een kortere termijn (+72 uur) run komt elke zes uur beschikbaar.

Het zogenaamde Ensemble Prediction System (EPS), bestaande uit een totaal van 51 members met een resolutie van 32 km, beslaat een periode van 15 dagen.

Hydrodynamische modellen voor waterstanden

Door Rijkswaterstaat worden vervolgens numerieke hydrodynamische modellen gebruikt die waterstandsvoorspellingen produceren als basis voor de RWS eindverwachtingen.



Model domein van het DCSMv6 model (links, kleuren geven bodemdieptes weer), met de blauwe lijn het domein van het oude DCSMv5 model. Rechts is het domein van het ZUNO model in blauw aangegeven, dit model is dynamisch gelinkt met het DCSMv6 domein.

Waqua-Dcsmv6-j17-v1, alias 'DCSMv6 model'

Dutch Continental Shelf Model: Numeriek Hydrodynamisch model op basis van WAQUA software voor het Noordzeegebied, deze draait 4 keer per dag met input van HiRLAM of HARMONIE resultaten en levert waterstandsverwachtingen voor de Noordzee en kust stations tot 48 uur vooruit. Het model wordt ook met input van het ECNWF ensemble model gedraaid en kan dan voorspellingen leveren tot 10 dagen vooruit.

Waqua-Dcsmv6_zunov4-j17-v1, alias 'DCSMv6-ZUNOV4 model'

Is een numeriek model op basis van Waqua-Dcsmv6-j17-v1 met een extra verfijning van de roosterpunten in het zuidelijke Noordzee deel, zie ook figuur van de schematisaties. Het draait op het moment alleen met HiRLAM input en produceert waterstandsvoorspellingen 48 uur vooruit.

Waqua-Dcsmv6_kf-j17-v1 , Waqua-Dcsmv6_zunov4_kf-j17-v1

Beide basis hydrodynamische modellen draaien ook met een post-processing algoritme (Kalman filter), en de laatste beschikbare metingen integreert om de modelvoorspellingen te verbeteren.

Voor nadere informatie wordt tevens verwezen naar

<https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/applicaties-modellen/modelschematisaties/noordzee-kust/>

Bijlage 9: de 50 hoogste stormvloed en de basisstations langs de kust

Vlissingen, Hoek van Holland, Delfzijl vanaf 1900; Den Helder en Harlingen vanaf 1933, Dordrecht vanaf 1971

Bijgewerkt t/m 20 april 2022 voor top 200

nr	Vlissingen		Hoek van Holland		Dordrecht		Den Helder		Harlingen		Delfzijl	
	datum	in NAP +cm	datum	in NAP +cm	datum	in NAP +cm	datum	in NAP +cm	datum	in NAP +cm	datum	in NAP +cm
1	1-2-1953	455	1-2-1953	385	28-1-1994	250	1-2-1953	325	3-1-1976	369	1-11-2006	483
2	6-12-2013	400	9-11-2007	318	2-1-1995	235	31-1-1953	312	31-1-1953	366	6-12-2013	482
3	3-1-1976	394	6-12-2013	303	2-2-1983	234	3-1-1976	297	23-12-1954	366	28-1-1901	453
4	12-3-1906	392	23-12-1954	300	6-1-2012	233	22-12-1954	289	26-2-1990	366	13-3-1906	451
5	28-1-1994	386	13-1-1916	300	14-12-1973	229	23-12-1954	277	1-2-1983	355	4-2-1944	448
6	27-2-1990	384	3-1-1976	298	28-2-1990	226	26-2-1990	275	20-1-1976	353	16-2-1962	446
7	14-11-1993	383	26-11-1928	296	24-1-1986	226	9-11-2007	271	9-11-2007	350	4-1-1976	435
8	1-3-1949	382	30-12-1904	296	10-2-2020	224	1-2-1983	270	28-1-1994	344	13-1-1916	432
9	26-11-1928	374	12-3-1906	290	3-1-1976	224	21-2-1993	265	5-12-2013	342	6-12-2013	425
10	15-11-1977	373	28-1-1994	288	6-12-2013	222	5-12-2013	254	16-2-1962	340	28-1-1994	425
11	16-11-1966	373	31-1-2022	285	18-12-1974	222	14-2-1989	253	1-2-1953	334	9-11-2007	421
12	15-11-1993	372	27-2-1990	284	28-11-1974	220	1-3-2008	251	21-2-1993	331	19-11-1973	419
13	2-1-1995	371	16-11-1966	280	1-1-1995	219	16-2-1962	251	27-2-1990	330	21-1-1976	408
14	2-2-1983	371	10-12-1965	280	27-2-1990	217	6-12-1940	251	18-1-2007	330	3-1-1976	406
15	28-2-1990	370	14-2-1989	279	2-2-1995	214	27-2-1990	250	1-1-1995	329	10-1-1995	404
16	23-11-1930	370	14-12-1973	279	1-2-1995	214	22-10-2014	248	13-12-1973	327	22-10-2014	402
17	9-11-2007	367	22-10-2014	277	2-1-1995	214	20-1-1976	248	1-11-2006	326	14-12-1973	399
18	21-3-1961	367	21-3-2008	275	25-1-1993	214	18-3-2007	245	18-2-2022	324	31-12-1977	396
19	10-12-1965	365	21-12-2003	272	15-11-1977	213	18-1-2007	242	22-10-2014	321	22-12-1954	393
20	30-12-1904	365	1-1-1995	271	14-12-1973	213	28-1-1994	242	20-1-1960	320	14-1-2017	392
21	1-3-1990	364	24-12-1954	270	11-2-2020	212	12-1-2007	240	18-3-2007	320	27-2-1990	392
22	1-2-1953	364	1-3-1949	270	8-2-2004	210	29-1-1938	240	1-12-1936	319	24-11-1981	391
23	29-8-1996	361	7-4-1943	268	11-2-2020	208	1-11-2006	238	3-1-1976	319	2-2-1983	388
24	3-1-2018	360	15-11-1977	267	6-11-1998	208	2-2-1969	238	6-12-2013	319	28-2-1990	387
25	1-12-1936	360	26-1-1944	267	25-1-1993	208	1-1-1995	237	1-3-2008	318	24-11-1981	385
26	10-2-2020	359	21-2-2022	267	7-2-1984	208	6-12-2013	236	10-1-2015	314	30-1-2000	383
27	26-1-1944	358	23-11-1908	266	27-2-1990	207	10-1-2015	235	8-1-2019	311	2-12-1917	382
28	2-1-1995	357	14-11-1993	265	18-12-1979	207	28-1-1994	234	12-1-2007	308	18-3-2007	379
29	31-1-2022	357	25-1-1993	265	1-3-1990	206	20-12-1991	233	7-12-1940	305	12-1-2007	379
30	23-12-1954	356	1-2-1953	265	22-10-2014	205	13-12-1973	233	3-11-1970	305	8-1-2019	378
31	27-2-1990	355	6-12-1940	265	7-2-1984	205	27-10-2002	231	14-11-1977	304	11-1-2015	377
32	14-12-1973	355	1-12-1936	265	11-12-1974	205	18-12-1979	231	30-12-1977	303	6-12-1973	373
33	11-11-1992	354	28-2-1990	264	21-2-1993	204	20-1-1960	230	24-11-1981	303	1-3-2008	372
34	24-11-1984	354	2-2-1983	264	18-1-1983	204	19-1-1945	230	28-1-1994	303	19-2-2022	372
35	21-2-2022	354	6-11-1921	263	11-1-2015	203	20-10-1935	229	9-1-1958	302	12-12-1929	368
36	22-10-2014	353	17-2-1962	262	5-1-2012	203	1-12-1936	228	2-2-1969	302	3-12-1999	366
37	13-1-1916	353	11-11-1912	262	15-1-1986	203	30-1-2000	227	16-11-1973	300	2-1-1995	366
38	29-10-1996	352	2-1-1995	261	14-12-1981	203	24-11-1981	227	24-11-1981	300	28-1-1994	366
39	28-2-1967	352	1-3-1990	261	4-1-1976	203	9-1-1958	227	12-12-1990	300	18-9-1914	366
40	28-11-1974	351	21-1-1976	257	8-2-1984	202	12-12-1990	225	23-2-1967	299	3-12-1917	365
41	13-11-1973	350	23-2-1946	256	21-2-2022	202	13-11-1973	224	20-12-1991	299	29-10-2017	364
42	25-1-1993	349	21-2-1993	254	4-1-1984	201	21-11-1971	222	30-11-1966	298	5-2-1999	359
43	13-11-1977	349	2-2-1969	254	16-12-1979	201	7-4-1943	222	13-1-2017	298	13-11-1973	357
44	21-1-1976	349	2-12-1917	254	24-11-1977	201	5-12-1988	220	16-12-1982	297	16-11-1973	356
45	14-12-1973	349	29-10-1996	253	18-12-1974	201	14-1-1986	220	13-11-1973	296	13-3-1994	354
46	13-11-1977	345	1-12-1936	253	6-12-2013	200	16-12-1982	220	14-2-1989	296	2-11-1921	354
47	5-10-1967	344	23-11-1930	253	21-3-2008	200	30-12-1977	220	25-1-1993	296	8-4-1943	353
48	16-10-1958	344	8-2-2004	252	28-10-1974	200	23-2-1967	219	18-1-1983	295	7-1-1905	353
49	11-2-2020	343	22-12-1954	252	27-1-1995	199	21-12-2003	218	13-3-1994	295	30-1-2022	353
50	21-2-1993	343	20-4-1980	251	30-12-1977	199	3-1-1984	218	29-1-1938	294	12-12-1990	351

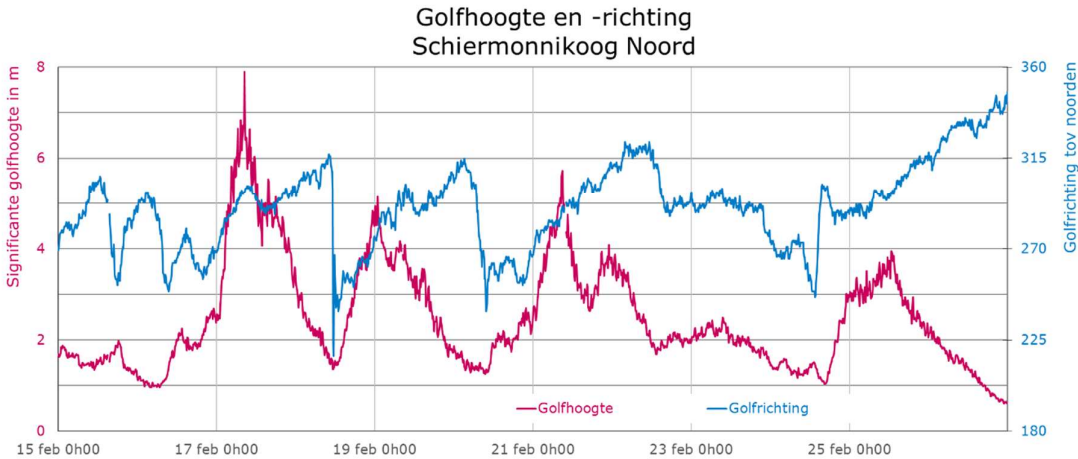
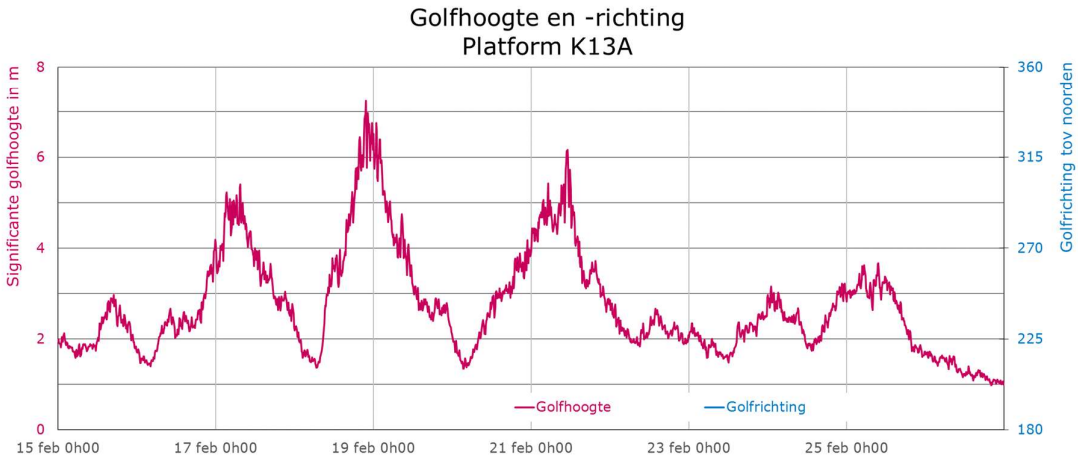
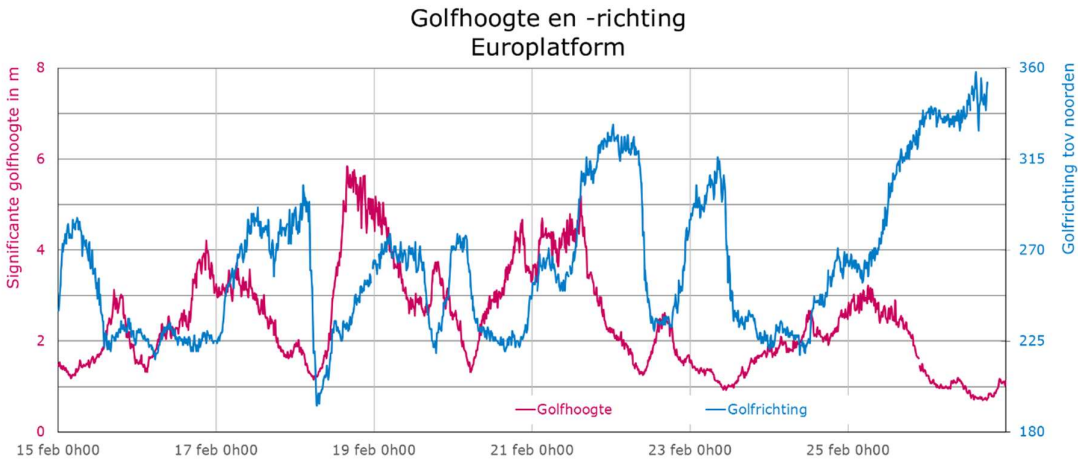
Waterstand boven Waarschuwingsspijl

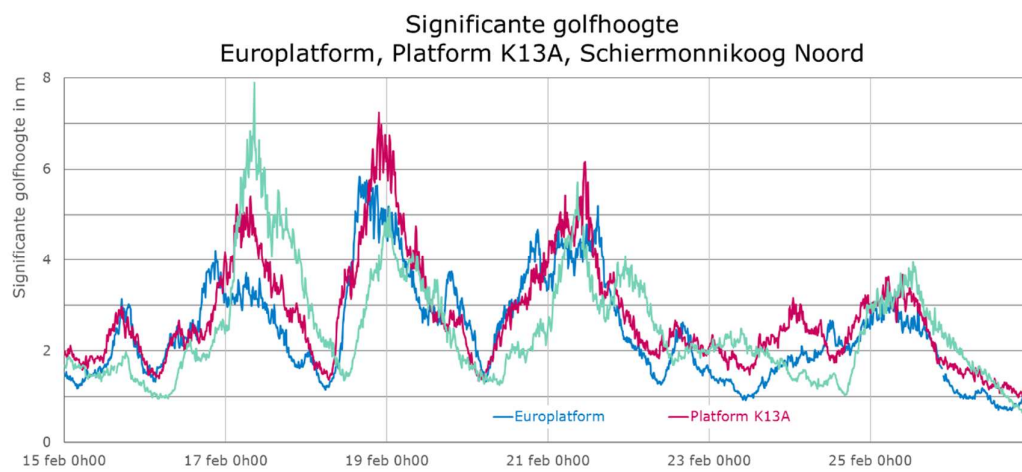
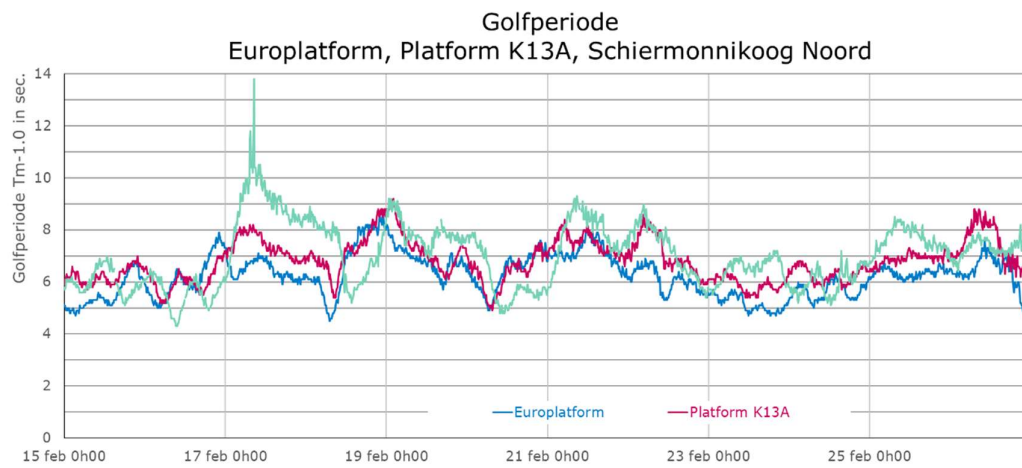
Waterstand boven Alarmpeil

Waterstand boven landelijk Alarmpeil

Waterstand boven MHW

Bijlage 10: Opgetreden golfgegevens





Bijlage 11

50 hoogste globaal gecorrigeerde golfperioden na 1979

	Scheur west wandelaar		Euro platform		IJmuiden munitiestortplaats		Eierlandse gat		Schiermonnikoog noord	
nr	datum	sec	datum	sec	datum	sec	datum	sec	datum	sec
1	8-10-1998	9,5	13-12-1990	10,4	9-11-2007	12,2	12-12-1990	13,0	30-1-2000	12,9
2	13-12-1990	9,4	7-12-2013	10,3	12-12-1990	12,0	9-11-2007	12,1	21-2-1993	12,7
3	7-12-2013	9,0	30-1-2022	10,2	14-1-2017	11,8	13-1-2017	11,7	13-1-2017	12,6
4	12-1-1995	9,0	12-1-1995	9,7	6-12-2013	11,8	6-12-2013	11,7	29-2-1988	12,1
5	19-2-1996	9,0	9-11-2007	9,4	2-1-1995	11,8	21-2-1993	11,7	29-10-2017	12,1
6	8-11-2001	8,9	29-2-1988	9,4	21-2-1993	11,2	1-1-1995	11,2	28-1-1994	12,0
7	2-3-1987	8,8	21-2-1993	9,3	10-1-1995	11,1	30-1-2000	11,2	8-1-2019	11,9
8	15-11-1993	8,8	19-2-1996	9,3	18-10-1991	11,1	18-10-1991	11,2	5-2-1999	11,9
9	21-2-1993	8,7	14-11-1993	9,3	29-10-2017	11,0	28-1-1994	11,1	17-2-2022	11,7
10	13-9-1998	8,5	2-1-1995	9,2	29-2-1988	10,8	10-1-1995	11,1	24-11-1981	11,6
11	29-2-1988	8,5	14-1-2017	9,1	6-11-1985	10,5	8-1-2019	11,0	11-1-2015	11,6
12	5-4-2000	8,4	4-4-2000	9,0	11-11-1985	10,4	5-2-1999	10,8	14-2-1989	11,5
13	14-1-2017	8,4	25-1-1990	8,9	17-4-1991	10,4	17-4-1991	10,6	6-11-1985	11,4
14	2-1-1995	8,3	21-3-2007	8,9	30-1-2000	10,4	20-4-1980	10,6	22-10-2014	11,4
15	12-4-1985	8,3	8-1-2019	8,9	2-11-1985	10,4	20-11-1987	10,5	19-11-1992	11,3
16	14-2-1989	8,3	29-10-2017	8,8	20-4-1980	10,3	1-1-1985	10,2	18-1-1983	11,1
17	10-12-1990	8,2	1-1-1985	8,8	28-1-1994	10,3	28-12-2001	10,2	3-11-1985	11,0
18	29-8-1996	8,2	17-4-1991	8,7	22-10-2014	10,3	1-1-1981	10,1	12-2-2020	10,9
19	8-10-1989	8,2	23-2-1988	8,7	26-12-2001	10,3	15-11-1993	10,1	26-12-2001	10,9
20	22-12-2001	8,2	19-1-1983	8,7	28-2-1993	10,2	26-12-2001	10,1	3-12-1999	10,9
21	28-4-1985	8,1	22-10-2014	8,7	19-2-1993	10,2	16-9-1994	10,0	1-3-2008	10,8
22	14-12-1993	8,1	3-3-1984	8,7	18-1-2007	10,1	25-11-1981	10,0	30-10-1996	10,8
23	20-1-1998	8,1	16-4-1992	8,7	28-4-1985	10,1	18-1-2007	10,0	15-12-2000	10,6
24	20-3-2007	8,1	17-2-1999	8,6	5-2-1999	10,1	2-10-1991	10,0	25-1-1993	10,5
25	21-11-1987	8,1	8-11-2001	8,6	15-11-1993	10,1	3-1-2018	9,9	27-12-1991	10,5
26	26-3-1983	8,0	14-12-1993	8,6	21-11-1987	10,1	25-1-1993	9,9	22-11-2001	10,5
27	13-9-1996	8,0	10-12-1983	8,6	27-3-1995	10,0	23-11-2001	9,9	18-12-1979	10,5
28	14-1-1984	8,0	28-1-1990	8,5	20-3-2007	9,9	15-12-2000	9,9	17-2-1999	10,5
29	12-10-1998	8,0	18-2-2022	8,5	21-3-2008	9,8	16-1-1981	9,9	3-12-1980	10,4
30	24-1-1986	8,0	8-10-1998	8,5	16-9-1994	9,8	20-2-2007	9,8	2-2-1983	10,3
31	27-2-1990	8,0	28-2-1993	8,5	20-1-1998	9,8	1-2-1983	9,8	12-1-2007	10,3
32	2-11-1986	8,0	27-10-2002	8,5	19-1-1983	9,8	29-2-1988	9,7	28-2-1993	10,3
33	23-2-1988	7,9	28-4-1985	8,5	1-1-1981	9,8	14-1-1984	9,7	20-12-1993	10,3
34	26-1-1995	7,9	18-10-1991	8,4	17-2-1999	9,7	19-12-1986	9,6	21-12-1991	10,2
35	5-2-1999	7,9	21-3-2008	8,4	4-4-2000	9,7	16-4-1992	9,6	8-1-1984	10,2
36	7-1-1985	7,9	20-12-2001	8,4	15-1-1984	9,7	3-11-1985	9,6	24-12-1988	10,2
37	28-11-1980	7,9	16-10-1987	8,4	4-3-2000	9,7	10-9-2001	9,6	29-1-2002	10,2
38	22-10-2014	7,8	6-11-1985	8,4	29-10-1996	9,7	28-2-1993	9,6	5-11-1981	10,2
39	2-3-1990	7,8	26-12-2001	8,4	28-10-2002	9,7	5-1-1998	9,5	23-1-1993	10,2
40	25-10-1998	7,8	28-1-1994	8,3	5-1-1998	9,6	27-2-1990	9,5	15-12-1980	10,1
41	25-1-1990	7,8	16-11-1995	8,3	15-1-1986	9,6	3-12-1999	9,5	16-12-1982	10,1
42	7-12-1988	7,8	13-9-1996	8,3	25-1-1990	9,6	9-12-1993	9,5	29-10-1988	10,1
43	27-10-2002	7,8	14-11-2001	8,3	3-12-1980	9,6	20-9-1990	9,5	17-1-1984	10,1
44	1-2-1986	7,8	24-1-1986	8,3	6-11-1999	9,5	23-2-2002	9,4	28-12-2001	10,0
45	20-10-1986	7,8	1-2-1986	8,3	16-10-1987	9,5	28-11-1980	9,4	21-11-1981	10,0
46	29-10-2017	7,8	5-2-1999	8,3	1-3-1998	9,5	18-11-1980	9,4	27-12-1998	10,0
47	21-2-2002	7,8	16-9-1994	8,3	16-4-1992	9,5	12-9-1996	9,4	6-11-1996	10,0
48	15-2-1990	7,8	6-1-1985	8,3	16-12-2000	9,5	9-1-1991	9,4	28-10-2002	10,0
49	12-4-1983	7,8	1-4-1994	8,3	21-8-1980	9,4	4-4-2000	9,4	21-11-1987	10,0
50	12-2-1990	7,8	6-11-1999	8,3	23-11-2001	9,4	14-2-1989	9,3	17-2-1996	10,0

* 18-2-2022 8,5 * * 17-2-2022 11,7

* Meetgegevens voor meetlocaties Scheur West Wandelaar, IJmuiden en Eierlandsegat ontbreken tijdens deze stormvloed.

Bijlage 12

50 hoogse globaal gecorrigeerde significante golfhoogten na 1979

	Scheur west wandelaar		Euro platform		IJmuiden munitiestortplaats		Eierlandse gat		Schiermonnikoog noord	
nr	datum	m	datum	m	datum	m	datum	m	datum	m
1	1-3-1990	4,5	25-1-1990	6,5	9-11-2007	7,4	1-11-2006	7,6	9-11-2007	8,3
2	29-8-1996	4,4	14-11-1993	6,4	14-1-1984	7,1	13-1-2017	7,5	13-1-2017	7,9
3	8-11-2001	4,3	16-10-1987	6,4	21-2-1993	7,1	12-12-1990	7,4	29-10-2017	7,5
4	14-11-1993	4,3	12-12-1990	6,3	27-10-2002	7,0	9-11-2007	7,4	22-10-2014	7,5
5	19-2-1996	4,2	27-10-2002	6,0	12-12-1990	6,8	3-1-2018	7,3	12-12-1990	7,5
6	12-4-1985	4,2	9-11-2007	6,0	1-11-2006	6,7	21-2-1993	7,2	21-2-1993	7,4
7	12-1-1995	4,1	19-12-1986	5,8	29-10-2017	6,6	18-1-2007	7,0	24-11-1981	7,2
8	21-2-1993	4,1	18-2-2022	5,8	2-1-1995	6,5	8-1-2019	6,9	5-2-1999	7,1
9	12-12-1990	4,0	21-2-1993	5,6	6-12-2013	6,5	28-12-2001	6,7	17-2-2022	7,1
10	2-3-1987	4,0	8-11-2001	5,5	25-1-1990	6,4	28-1-1994	6,7	8-1-2019	7,1
11	27-10-2002	4,0	1-4-1994	5,4	12-1-1995	6,4	25-1-1993	6,6	30-1-2000	7,1
12	28-1-1994	4,0	22-10-2014	5,4	22-10-2014	6,3	2-10-1991	6,6	28-1-1994	7,0
13	26-1-1995	4,0	12-1-1995	5,4	25-1-1993	6,0	10-1-1995	6,6	10-1-2015	6,9
14	15-2-1990	3,9	29-2-1988	5,4	28-1-1994	6,0	6-1-1991	6,5	14-2-1989	6,7
15	22-10-2014	3,9	15-2-1990	5,4	9-3-1990	6,0	2-1-1995	6,5	1-3-2008	6,4
16	24-1-1986	3,9	19-2-1996	5,3	14-11-1993	5,9	4-1-1998	6,4	1-2-1983	6,3
17	19-12-1986	3,9	27-2-1990	5,3	5-2-1999	5,9	14-1-1984	6,4	18-1-1983	6,2
18	25-1-1990	3,8	14-2-1989	5,3	27-2-1990	5,9	9-12-1993	6,4	27-10-2002	6,1
19	14-2-1989	3,8	28-1-1994	5,2	1-3-2008	5,8	6-12-2013	6,4	12-2-2020	6,1
20	4-4-2000	3,8	5-1-1998	5,2	18-1-2007	5,8	25-1-1990	6,4	6-11-1985	6,1
21	15-1-1986	3,8	20-10-1986	5,2	29-2-1988	5,7	14-2-1989	6,4	12-1-2007	6,1
22	20-1-1998	3,8	27-3-1987	5,2	5-1-1998	5,7	11-2-2020	6,3	22-11-2001	6,0
23	11-11-1992	3,8	25-10-1998	5,2	14-1-2017	5,6	27-10-2002	6,3	27-12-1991	5,9
24	28-4-1985	3,7	19-1-1986	5,1	18-12-1979	5,6	5-2-1999	6,2	3-12-1999	5,9
25	1-11-2006	3,7	1-1-1985	5,1	4-1-1984	5,6	1-2-1983	6,2	23-2-2002	5,9
26	29-2-1988	3,7	9-12-1993	5,1	15-1-1986	5,5	27-2-1990	6,1	28-4-1985	5,8
27	11-3-1998	3,7	1-1-1995	5,1	1-4-1994	5,5	26-2-2002	6,0	7-10-1990	5,8
28	14-9-1998	3,7	13-1-2017	5,1	2-10-1991	5,5	6-11-1985	6,0	29-10-1996	5,7
29	20-10-1986	3,7	5-12-2013	5,1	14-2-1989	5,5	18-1-1983	6,0	16-3-2007	5,7
30	3-3-1984	3,7	6-1-1991	5,0	20-11-1987	5,5	18-3-2007	5,9	9-9-2001	5,6
31	3-2-1990	3,7	9-2-2020	5,0	11-1-2007	5,4	18-11-1990	5,9	25-1-1993	5,6
32	13-1-2017	3,6	15-12-1979	5,0	20-1-1998	5,3	1-1-1985	5,9	28-12-1990	5,5
33	11-1-1979	3,6	17-3-1994	5,0	16-9-1994	5,3	21-2-2002	5,9	19-11-1992	5,5
34	29-10-1996	3,6	15-1-1986	5,0	14-2-1990	5,3	3-1-1984	5,8	20-12-1993	5,5
35	1-1-1985	3,6	1-11-2006	4,9	17-3-1994	5,3	19-12-1986	5,8	18-11-1990	5,5
36	18-12-1979	3,6	24-1-1986	4,9	6-1-1991	5,3	3-12-1999	5,8	17-2-1999	5,5
37	8-10-1989	3,6	6-1-1988	4,9	20-4-1980	5,3	29-2-1988	5,8	16-12-1982	5,4
38	28-11-1980	3,6	13-9-1998	4,9	23-9-1988	5,3	18-12-1979	5,7	4-1-1984	5,4
39	15-12-1979	3,6	3-3-1984	4,9	28-4-1985	5,3	15-11-1993	5,7	28-12-2001	5,4
40	21-2-2002	3,6	3-12-1999	4,9	10-1-1995	5,3	28-4-1985	5,7	17-2-1996	5,4
41	9-12-1993	3,6	29-10-1996	4,9	28-12-2001	5,3	18-3-1995	5,7	14-2-1990	5,4
42	28-5-2000	3,6	25-1-1993	4,9	9-3-2002	5,2	20-11-1987	5,7	9-1-1991	5,4
43	2-1-1995	3,6	12-4-1985	4,9	6-11-1985	5,2	17-2-1999	5,7	20-11-1987	5,3
44	6-12-2001	3,6	17-2-1999	4,9	3-3-1995	5,2	5-12-1988	5,7	19-2-1996	5,3
45	10-12-1990	3,6	14-1-1984	4,9	19-12-1986	5,2	11-1-2007	5,6	8-10-1988	5,3
46	11-3-1982	3,6	3-3-1995	4,9	3-12-1999	5,2	16-9-1998	5,6	15-3-1992	5,3
47	26-3-1983	3,5	3-1-2018	4,8	16-12-1979	5,1	29-10-1996	5,5	6-7-1990	5,3
48	25-1-1993	3,5	27-11-1983	4,8	17-1-1984	5,1	1-1-1981	5,5	4-12-1981	5,3
49	3-5-1987	3,5	1-3-2008	4,8	17-2-1995	5,1	20-4-1980	5,5	3-12-1980	5,3
50	14-1-1984	3,5	28-12-2001	4,8	16-4-1992	5,1	8-10-1988	5,5	28-2-1988	5,3

* 18-2-2022 5,8 * * 17-2-2022 7,1

* Meetgegevens voor meetlocaties Scheur West Wandelaar, IJmuiden en Eierlandsegat ontbreken tijdens deze stormvloed.