



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Stormvloedrapport SR101

Stormvloed tijdens storm **Pia**
van **21 en 22 december 2023**



WMCN

Datum: **5 april 2024**

Colofon

Uitgegeven door	Watermanagementcentrum Nederland (WMCN)
Auteurs	Annette Zijderveld, Samuel Netel, Rik Verboeket, Joost Driebergen (RWS) Marcel van Schaik, Lars van Galen (KNMI), Erik Boertjes (bloomngdata.nl)
Opmaak	Gesloten Maeslantkering, Jurjen van der Most, RWS WNZ
Foto Titelpagina	WMCN Stormvloedwaarschuwingen Kust en Benedenrivieren
Informatie	088 – 798 5050
Telefoon	wmcn-kust@rws.nl
E-mail	5 april
Datum	1.0
Versie	Definitief
Status	

Inhoud

Inleiding 4

1 Analyse weersituatie 5

- 1.1 Algemene beschrijving meteobeeld 5
- 1.2 Modelverwachtingen meteo 7
 - 1.2.1 Algemeen beeld 7
 - 1.2.2 Evaluatie meteo verwachtingen 7
 - 1.2.3 Conclusie 9

2 Waterstanden tijdens de stormvloed 10

- 2.1 Algemeen 10
- 2.2 Chronologisch verslag van de stormvloeden 11
 - 2.2.1 Lange termijn verwachtingen voor 21 en 22 december 2023 11
 - 2.2.2 Uitgegeven verwachtingen voor het hoogwater van 21 en 22 december 2023 13

3 Analyse verwachtingen en waarschuwingen 16

- 3.1 Analyse absolute verschillen in de verwachtingen 17
- 3.2 Analyse statistische parameter 18

4 Golven tijdens de stormvloed 21

- 4.1 Algemeen 21
- 4.2 Golfhoogte 22
- 4.3 Golfperiode 23

5 Classificatie van de stormvloed 25

6 Inzet van Keringen 26

- 6.1 Maeslantkering 26
- 6.2 Oosterscheldekering 27

7 Bijlagen 29

Inleiding

Toen de lange termijn modelverwachtingen de eerste signalen van een te verwachten stormvloed afgaven, waren de teams van het Watermanagement Centrum Nederland (WMCN) al goed geoefend door eerdere stormen in het seizoen. En toch was snel duidelijk dat het een bijzondere stormvloed zou worden, vlak voor kerst 2023. De naam Pia voor de storm werd gegeven door de Deense meteorologische dienst.

In de aanloop naar stormvloed Pia wisselenden de weersscenario's zich in rap tempo af, en de verwachtingen liepen dan ook sterk uit elkaar. Het astronomische getij bevond zich rond doortij, ook daarom waren de hoge voorspellingen bijzonder.

Uiteindelijk trok de stormdepressie noordelijker en ook sneller weg, waardoor de waterstanden nog maar voor één getij boven waarschuwingsspeilen uitkwamen. Maar de kracht van het windveld was nog steeds groot, de extra wateropzet zorgde in 2 kustsectoren voor waterstanden boven alarmpeil, in 4 kustsectoren kwamen de waterstanden boven het grenspeil uit, dat is de waterstand die statistisch gezien 1 keer per 2 jaar optreedt.

De gemeten golven tijdens deze stormvloed laten zien dat door een windveld over de gehele Noordzee met windrichting N-NW stevige golven de Nederlandse kust bereiken. In het noordelijke Waddengebied bij Schiermonnikoog kwamen de metingen van significante golfhoogtes en golfperiodes op plaats 3 terecht van alle metingen sinds 1979.

Conform afspraak wordt dit stormvloedrapport opgesteld, SR101. 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 name Rijkswaterstaat en de watersector zelf maar ook een breder publiek van geïnteresseerde lezers.

Het Watermanagement Centrum Nederland (WMCN) heeft voor stormvloed Pia in totaal 4 alarmeringen, 3 waarschuwingen en 1 voorwaarschuwing uitgegeven.

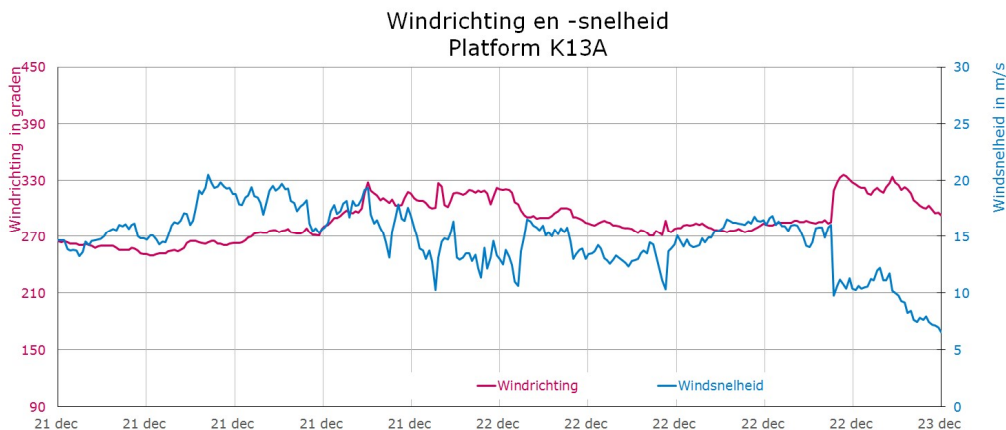
Tijdens deze periode zijn alle stormvloedkeringen van Nederland gesloten. Voor de Maeslantkering was het de eerste automatische sluiting op normaal sluitpeil sinds de oplevering van de kering in 1997. Korte verslagen van de sluiting van de Maeslantkering en Oosterscheldekering zijn in het rapport opgenomen.

Tussen de laatst gerapporteerde stormvloed van februari 2022 (SR100) en de hier beschreven stormvloed is het waarschuwbureau van WMCN-KUST verschillende malen actief geweest voor hoge vloed. Deze hoge vloed zijn gerapporteerd in stormvloedflitsen. Alle uitgebrachte stormvloedflitsen en stormvloedrapporten zijn in te zien op en te downloaden van de website van Rijkswaterstaat: <https://waterberichtgeving.rws.nl/owb/waterveiligheid/hoogwater-kust-benedenrivieren>.

1 Analyse weersituatie

In dit hoofdstuk wordt een chronologisch overzicht gegeven van het weer 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 maritieme meteorologen 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.



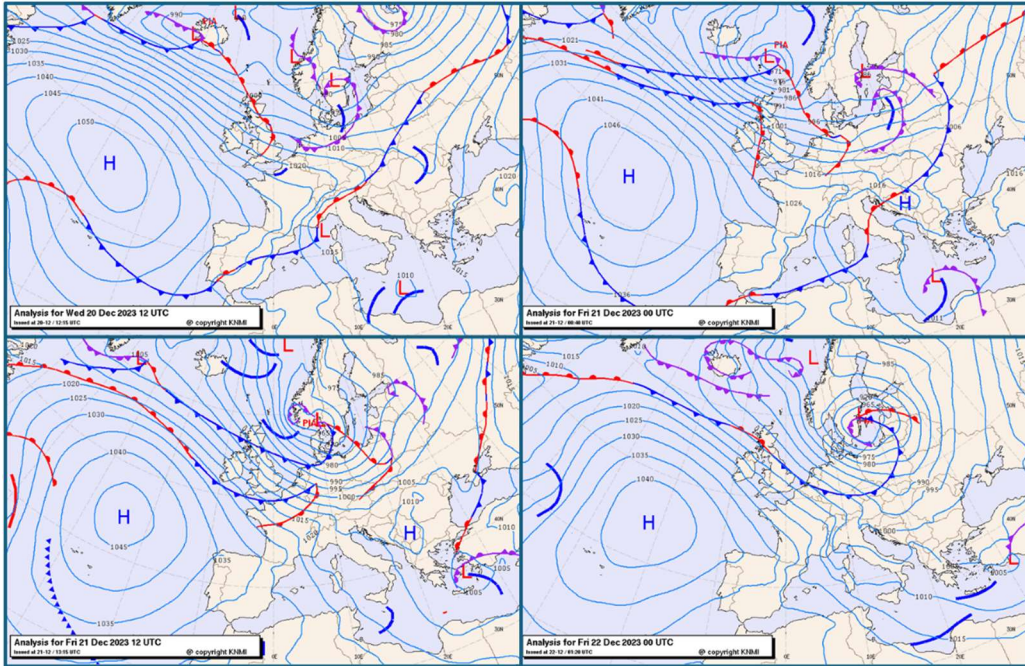
Figuur 1: windsnelheid en windrichting bij meetstation K13. Verdere windgrafieken zijn de vinden in Bijlage 5. Locatie van de meetstations kan op waterinfo.rws.nl worden ingezien.

1.1 Algemene beschrijving meteobeeld

Een stormdepressie genaamd Pia ontwikkelde zich op woensdag 20 december in de buurt van IJsland. Pia lag rond het middaguur precies boven IJsland. Onder invloed van een zeer krachtige wind op hoogte (straalstroom) trok dit laag vervolgens snel al uitdiepend richting Scandinavië. Slechts 24 uur later kwam Pia aan boven Zuid-Zweden. In deze tijdsperiode daalde de kerndruk van 985 naar 960 hPa. Daarna trok Pia langzaam oostwaarts en bereikte in de nacht naar vrijdag 22 december de Oostzee.

Op nadering van Pia stond er op donderdagochtend 21 december op de Noordzee een harde tot stormachtige westenwind, windkracht 7-8. In de tweede helft van de ochtend en in de middag passeerde een koufront behorende bij Pia de Noordzee van noord naar zuid en kwam boven het zuidwesten van Nederland tot stilstand. Daarachter ruimde de wind naar het west-tot noordwesten en trok verder aan. Ten

noorden van de Wadden kwam een storm te staan, windkracht 9. Op de noordelijke Noordzee kwam zelfs enige tijd windkracht 10 te staan. Ten westen van Nederland bleef het bij een stormachtige wind, windkracht 8.



Figuur 2 - De ontwikkeling van storm Pia op (linksboven) woensdag 20 december 13:00 lokale tijd (LT), (rechtsboven) donderdag 21 december 01:00 LT, (linksonder) donderdag 21 december 13:00 LT en (rechtsonder) vrijdag 22 december 01:00 LT.

Met het wegtrekken van Pia nam de wind in de avond af naar windkracht 8 (af en toe 9) ten noorden van de Wadden en windkracht 7 op de zuidelijke Noordzee. Deze windafname ging in de nacht naar vrijdag door. Vanuit het zuidwesten zwakte de wind steeds verder af naar windkracht 6-7. De windafname bereikte het noordoosten pas in de ochtend van vrijdag 22 december, daar stond tot in de vroege ochtend nog een windkracht 8 uit het west- tot noordwesten met windstoten rond 80-90 km/uur.

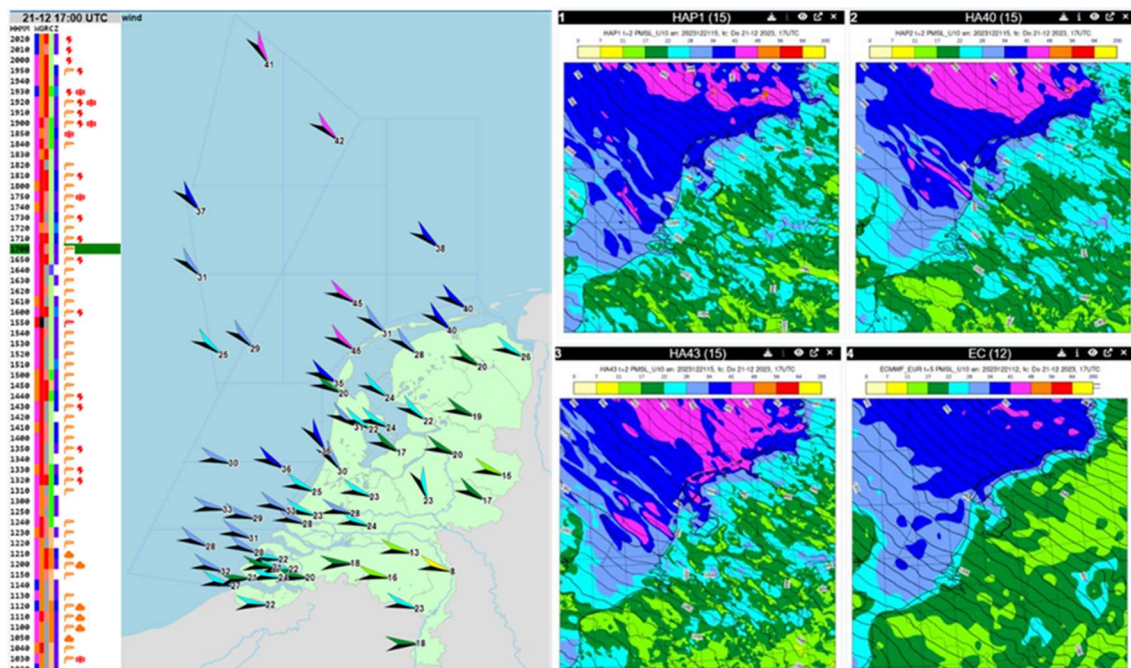
Bij het koufront van Pia en ten noorden ervan trokken ook enkele buien over. De meest stevige buien met de zwaarste windstoten kwamen voor bij het koufront. Toen het koufront verder naar het zuidwesten trok, werden de buien bij het koufront steeds minder intensief. Bij het hoogwater van Hoek van Holland lag het koufront daar in de buurt, maar de buien waren toen al minder intensief. Hierdoor was de invloed op de hoogwaters beperkt. De buien ten noorden van het koufront waren ook niet opvallend zwaar en hadden weinig invloed op de hoogwaters.

1.2 Modelverwachtingen meteo

1.2.1 Algemeen beeld

De modelverwachtingen waren over het algemeen consistent met elkaar en met de waarnemingen. Het gebruikelijke verschil waarbij ECMWF¹ wat minder wind berekent dan de verschillende HARMONIE¹-versies was ook bij deze situatie zichtbaar. Echter had dit weinig effect op de hoogwaterverwachtingen. De opgetreden windsnelheden zaten uiteindelijk vaak tussen ECMWF en de verschillende Harmonie-versies in.

Voor de analyses hieronder is gebruikgemaakt van modelverwachtingen met verschillende initialisatietijdstippen. Omdat de modelruns onderling weinig verschilden en de waterstandsverwachtingen per nieuwe modelrun nagenoeg hetzelfde bleven, heeft dit geen invloed op de conclusies uit dit hoofdstuk.



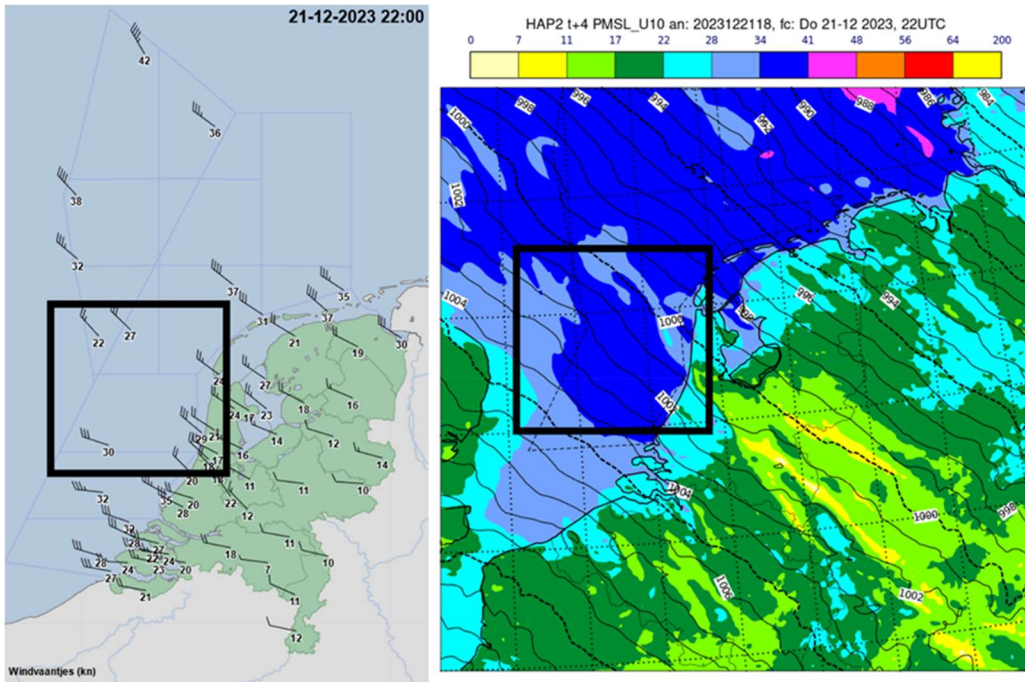
Figuur 3: De opgetreden windsnelheden (links) en de berekende windsnelheden van (1) Harmonie Hap1, (2) Harmonie 40, (3) Harmonie 43 en (4) ECMWF rechts op donderdag 21 december om 18:00 lokale tijd.

1.2.2 Evaluatie meteo verwachtingen

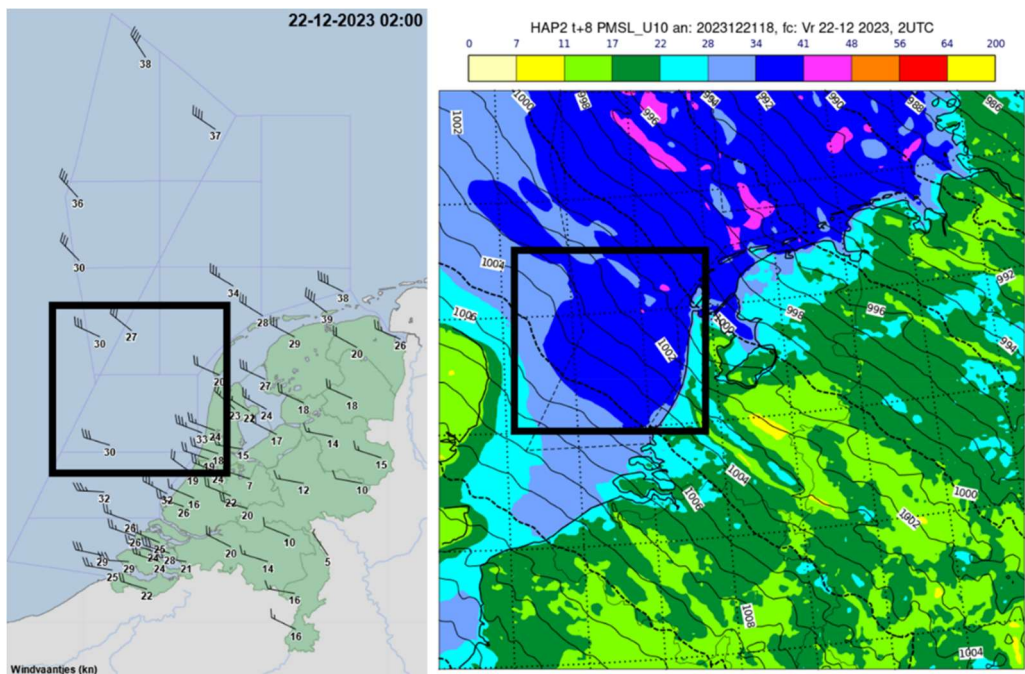
Overschatting wind Harmonie tweede helft avond en eerste helft nacht

In grote lijnen presteerden de modellen goed wat wind betreft. In de tweede helft van de avond en eerste helft van de nacht berekende Harmonie echter wat te veel wind ten westen van Noord-Holland. ECMWF zat beter op de verwachte wind in deze periode (hier niet getoond).

¹ Zie Bijlage 8 voor een korte uitleg voor modellen



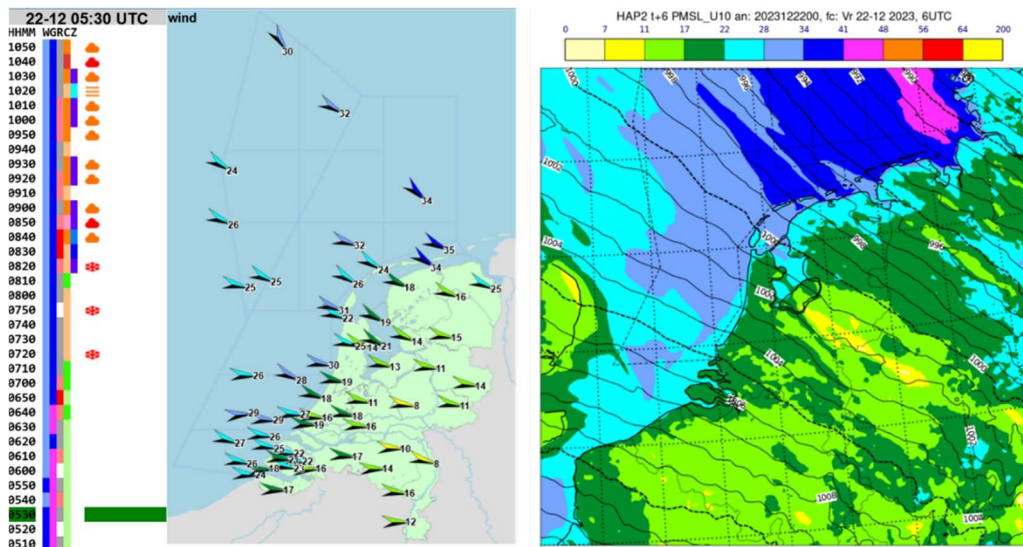
Figuur 4: De opgetreden windsnelheden (links) en de berekende windsnelheden van Harmonie 40 (rechts) op donderdag 21 december op 23:00 lokale tijd. In het zwarte vierkant is het gebied gearceerd waar de wind door Harmonie 40 werd overschat.



Figuur 5 - De opgetreden windsnelheden (links) en de berekende windsnelheden van Harmonie 40 (rechts) op vrijdag 22 december op 03:00 lokale tijd. In het zwarte vierkant is het gebied gearceerd waar de wind door Harmonie 40 werd overschat

Nauwelijks windafwijking tijdens hoogwater Delfzijl

Tijdens het hoogwater van Delfzijl kwam de windverwachting van Harmonie weer goed overeen met de actualiteit. Er is een lichte overschatting te zien ten noordwesten van Nederland, maar deze overschatting lijkt kleiner dan de overschatting eerder in de nacht. Het onderzoek naar windrichting en duur van het windveld loopt nog en kan nog niet worden gepresenteerd.



Figuur 6 - De opgetreden windsnelheden (links) en de berekende windsnelheden van Harmonie 40 (rechts) op vrijdag 22 december om 06:30 lokale tijd.

1.2.3

Conclusie

Over het algemeen kwamen de berekening van de meteomodel goed overeen met de waargenomen wind. Alleen was de berekende wind op donderdagavond en vrijdagnacht ten westen van Noord-Holland in Harmonie duidelijk wat te hoog.

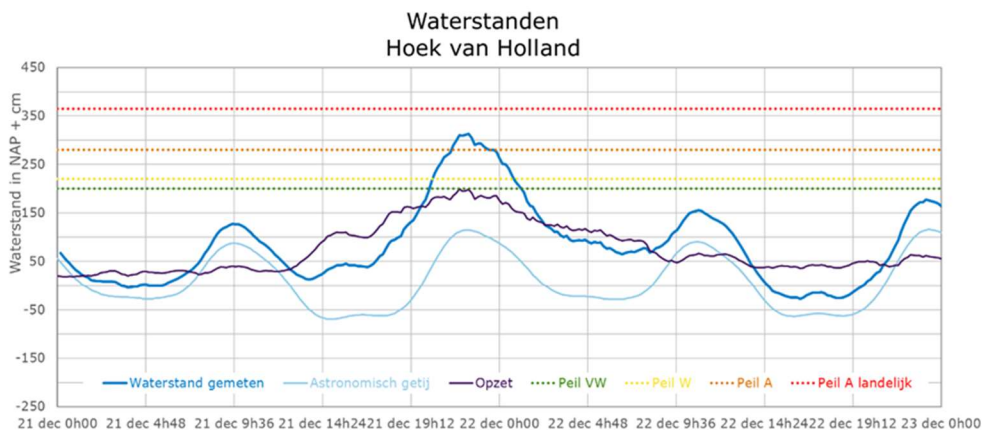
Het WMCN heeft bij Deltares een hindcast-studie in opdracht gegeven, hiermee kunnen de verschillende modeluitkomsten nader worden geanalyseerd.

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 Stormvloedflits en indien een opgetreden waterstand boven het grenspeil (waterstand die gemiddeld eens per 2 jaar voorkomt) is uitgekomen, wordt een Stormvloedrapport opgesteld.



Figuur 7 : Astronomisch getij en opgetreden waterstanden tijdens stormvloed Pia 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 september 2023). Alle afspraken over de waarschuwingssystematiek zijn tevens na te lezen in het Landelijke Draaiboek Hoogwater en Overstromingen, LDHO: [Landelijk Draaiboek Hoogwater en Overstromingsdreiging | Informatiepunt Leefomgeving \(iplo.nl\)](https://www.rws.nl/landelijk-draaiboek-hoogwater-en-overstromingsdreiging) .

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 (of tevens Bijlage 1).

Overzicht sectoren



Figuur 8: Indeling kustsectoren

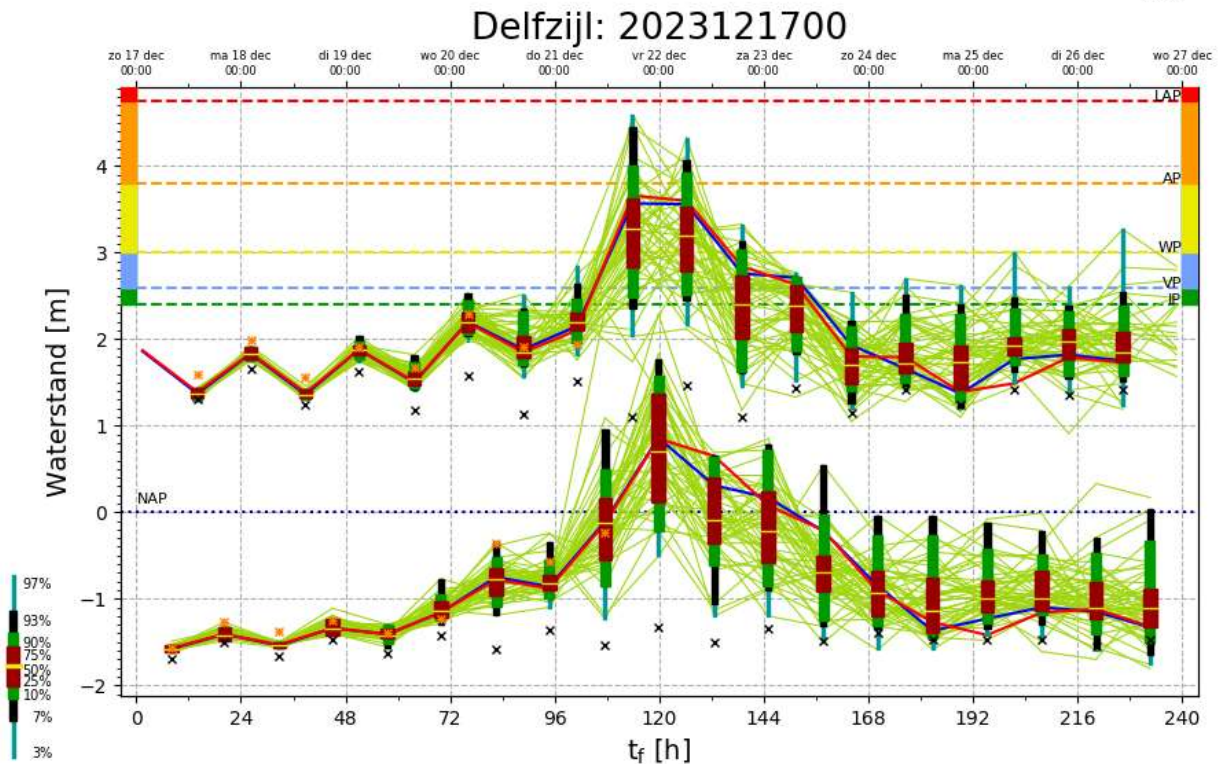
2.2 Chronologisch verslag van de stormvloeden

In dit hoofdstuk geven we de hydrologische situatie, de lange en korte termijn modelvoorspellingen en de uiteindelijk uitgegeven RWS-eindverwachting weer.

2.2.1 Lange termijn verwachtingen voor 21 en 22 december 2023

In de lange termijn verwachting was de komst van de stormdepressie Pia goed zichtbaar, al was de spreiding en waren de verschillen in de weerscenario's bijzonder groot.

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

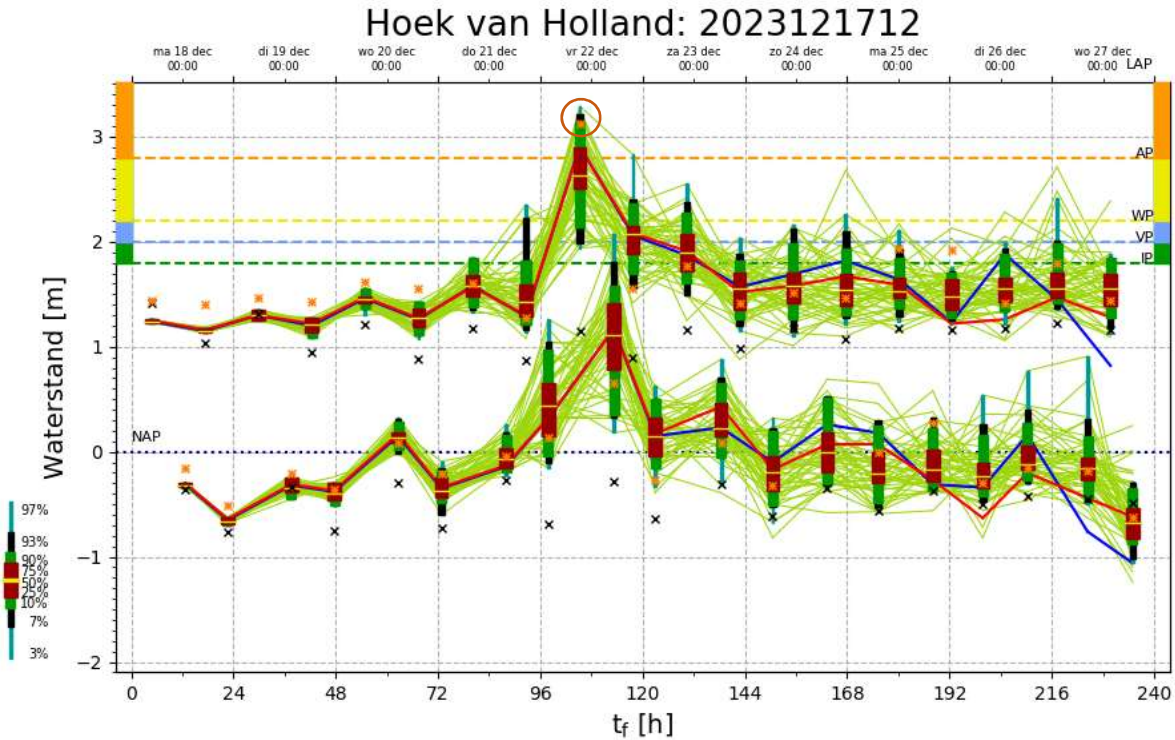


uitgeeft. Hiermee kunnen we op basis van de afgeleide waterstandsverwachtingen een inschatting maken over de kans dat bepaalde grenswaardes 4 tot 10 dagen vooruit worden bereikt.

Figuur 9: Ensemble voorspellingen op basis van het ECMWF weermodel en het hydrodynamische model DCSMv5 voor de waterstanden bij Delfzijl uitgegeven op 17 december 2023 1 uur. De stippellijnen in kleur geven verschillende waarschuwniveaus weer.

Deze lange termijn verwachtingen zijn belangrijke informatie om alle teams te mobiliseren en gereed te staan voor de komst van de stormvloed. Het was vroegtijdig, meer dan een week voor de storm duidelijk dat er een stormvloed op komst was. Verder wisselden de scenario's binnen het ensemble sterk in de dagen voor de storm, waardoor het lastig was om vroeg een duidelijke waterstand af te geven. In de lange termijn verwachting was eerst sprake van meerdere verhoogde getijgolven, uiteindelijk bleef daar één getijgolf over, het nachthoogwater van 21 op 22 december.

Vanuit de lange termijn verwachtingen voor de Rijn en de Maas was duidelijk dat er verhoogde, maar geen extreme rivierafvoeren te verwachten waren. Op 20 december startte de statusberichtgeving voor de Rijn op, voor de Maas was dat pas na de storm, 23 december.



Figuur 10: Ensemble voorspellingen op basis van het ECMWF weermodel en het hydrodynamische model DCSMv5 voor de waterstanden bij en Hoek van Holland uitgegeven op 17 december 2023 om 13 uur. De stippellijnen in kleur geven verschillende waarschuwningsniveaus weer. Het is goed te zien dat de uiteindelijk bereikte waterstand (oranje sterretje) in het bovenste bereik van de ensemble verwachting zit.

2.2.2 Uitgegeven verwachtingen voor het hoogwater van 21 en 22 december 2023

Vanaf 20 december waren de modelvoorspellingen van de deterministische modellen beschikbaar, deze zijn gebaseerd op het KNMI weermodel HARMONIE en ECMWF². Het WMCN trof al tijdens de dagen vooraf aan de storm voorbereidingen en monitorde de ontwikkelingen nauw.

De opzet door storm Pia veranderde in de aanloop naar de stormvloed in de verwachtingen sterk. Uiteindelijk ging het om één getijgolf. Er werd dus in zeer korte tijd veel opzet opgebouwd. De getijgolven vóór en na het stormvloed getij van storm Pia bleven zelfs voor alle sectoren, met uitzondering van Delfzijl, lager dan de informatiepeilen.

Op woensdagmiddag 20 december schaalde het team WMCN-KUST officieel op en werd het waarschuwningsbureau geopend in de waterkamer te Lelystad. Er is toen een waarschuwningsbericht voor de sector Delfzijl uitgestuurd. In de ochtend van 21 december was het aan een nieuw team om de berichtgeving en alarmeringen te doen voor de getijgolf van stormvloed Pia. De uitgegeven en gemeten waterstanden zijn weergegeven in Tabel 1.

² Zie Bijlage 8 voor een korte uitleg.

Het was al in de aanloop naar de stormvloed duidelijk dat de sluiting van de keringen, inclusief de Europoortkering (Maeslant- en Hartelkering), waarschijnlijk was. De keringbeheerders werden hierover tijdig geïnformeerd. Uiteindelijk zijn alle keringen gesloten tijdens deze stormvloed. Uitzonderlijk was in deze dat het hoogwater vlak naar doortij was en de astronomische waterstanden redelijk laag waren.

Waterstanden en uitgegeven waarschuwingen voor hoofdlocaties van sectoren:

Sector	Station	Astronomisch HW			Tijdstip uitgifte	Type ¹	RWS eind-verw.	Opgetreden HW		Scheve opzet ²
		Datum 2023	Tijd	Stand				Tijd	Stand	
Delfzijl	Delfzijl	21 dec	18:52	110	20 dec 20:30	W	350	19:00	338	228
Schelde	Vlissingen	21 dec	21:27	182	21 dec 09:00	W	360	21:50	348	166
West Holland	Hoek van Holland	21 dec	22:15	115	21 dec 10:00	A	310	22:20	313	198
Beneden rivieren	Dordrecht	21 dec	23:58	094	21 dec 13:00	W	240	22:30	197*	103
Den Helder	Den Helder	22 dec	02:45	080	21 dec 14:00	A	270	02:00	251	171
Harlingen	Harlingen	22 dec	04:48	111	21 dec 15:00	A	350	03:00	324	213
Delfzijl	Delfzijl	22 dec	07:15	146	21 dec 18:00	A	470	06:30	412	266
Schelde	Vlissingen	22 dec	09:51	168	22 dec 8:00		220	09:40	220	52
West Holland	Hoek van Holland	22 dec	10:44	090	22 dec 8:00		159	10:50	156	66
Beneden rivieren	Dordrecht	22 dec	12:24	088	22 dec 00:00	VW	190	12:30	173	85

Tabel 1: Uitgegeven en opgetreden waterstanden hoofdlocaties

¹ Type waarschuwing: **Voorwaarschuwing**, **Waarschuwing** of **Alarmering**
Waterstand (indien van toepassing) boven plaatselijk **voorwaarschuwingspeil**, **waarschuwingspeil**, of **alarmpeil**

² De scheve opzet is het verschil tussen de opgetreden hoogwaterstand en de astronomische hoogwaterstand

* WMCN-kust geeft in de verwachtingen waterstanden uit met geopende Maeslant- en Hartelkering. Door het sluiten van deze keringen, vallen de waterstanden in het benedenrivieren gebied lager uit.

Waterstanden en verwachtingen voor referentie locaties keringen:

Kering	Station	Datum 2023	Astronomisch HW		Tijdstip uitgifte	RWS ver-wachting	Opgetreden HW		Scheve opzet ²
			Stand	Tijd			Stand	Tijd	
OSK	Roompot Buiten	21 dec	142	21:38	21 dec 09:00	310	327	21:00	185
MLK	Rotterdam	21 dec	127	23:13	21 dec 10:00	300	244*	21:50	117
HIJK	Krimpen ad IJssel	21 dec	120	23:33	21 dec 10:00	294	234*	22:00	114
OSK	Roompot Buiten	22 dec	124	10:00	22 dec 8:00	268	264	03:40	140
MLK	Rotterdam	22 dec	105	11:45	22 dec 8:00	250	234	04:50	129
HIJK	Krimpen ad IJssel	22 dec	103	12:04	22 dec 8:00	250	223*	05:00	120

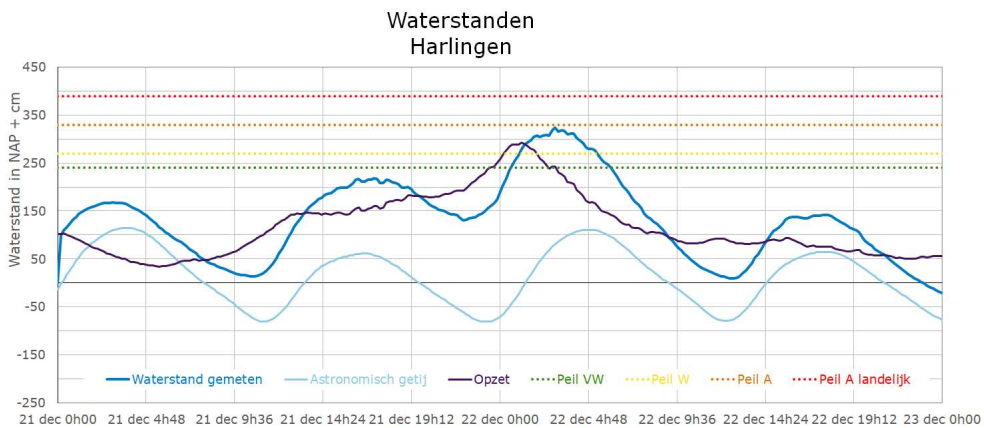
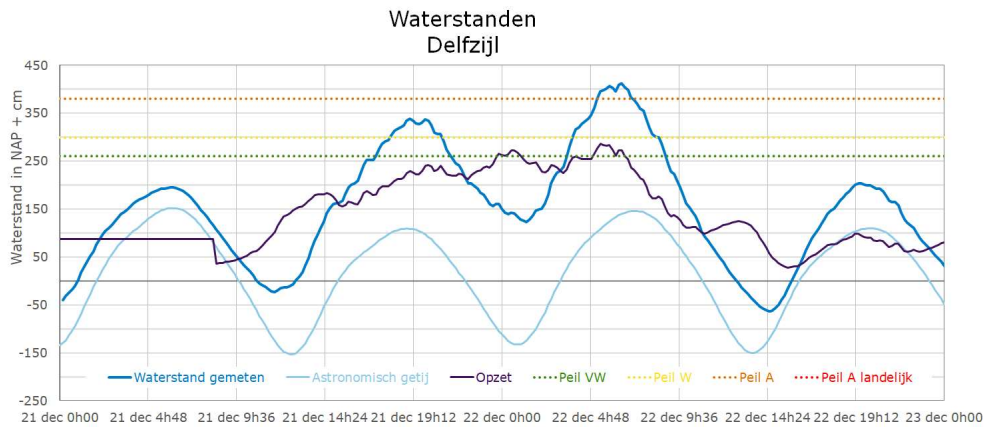
Tabel 2: uitgegeven en opgetreden waterstanden bij de referentie locaties keringen. Accentueerde waterstanden zijn boven het (operationele) sluitpeil van de kering.

* WMCN-kust geeft in de verwachtingen waterstanden uit met geopende Maeslant- en Hartelkering. Door het sluiten van deze keringen, vallen de waterstanden in het benedenrivieren gebied lager uit.

In de sector Benedenrivieren speelde naast de stormvloed ook een verhoogde afvoer door de rivieren. Dankzij de sluiting van de Maeslantkering bleef grote overlast in dat gebied uit.

In de ochtend van 22 december werd het waarschuwbureau van WMCN-KUST gesloten. In de media was toen nog volop aandacht voor de stormvloed, alle vragen werden via de Landelijke Coördinatiecommissie Overstromingsdreiging (LCO) gebundeld en beantwoord.

De stormvloed van 21 en 22 december is in de classificatie een middelbare stormvloed zoals gedefinieerd op basis van statistische herhaaltijden. Hierop wordt nader ingegaan in hoofdstuk 5. De opgetreden waterstanden bereikten voor 2 sectoren waterstanden het alarmeringsniveau. Bij de basis stations Hoek van Holland, Den Helder, Harlingen en Delfzijl kwamen de waterstanden boven het grenspeil uit, zie hiervoor het getijboek 2023, pagina 16/17.

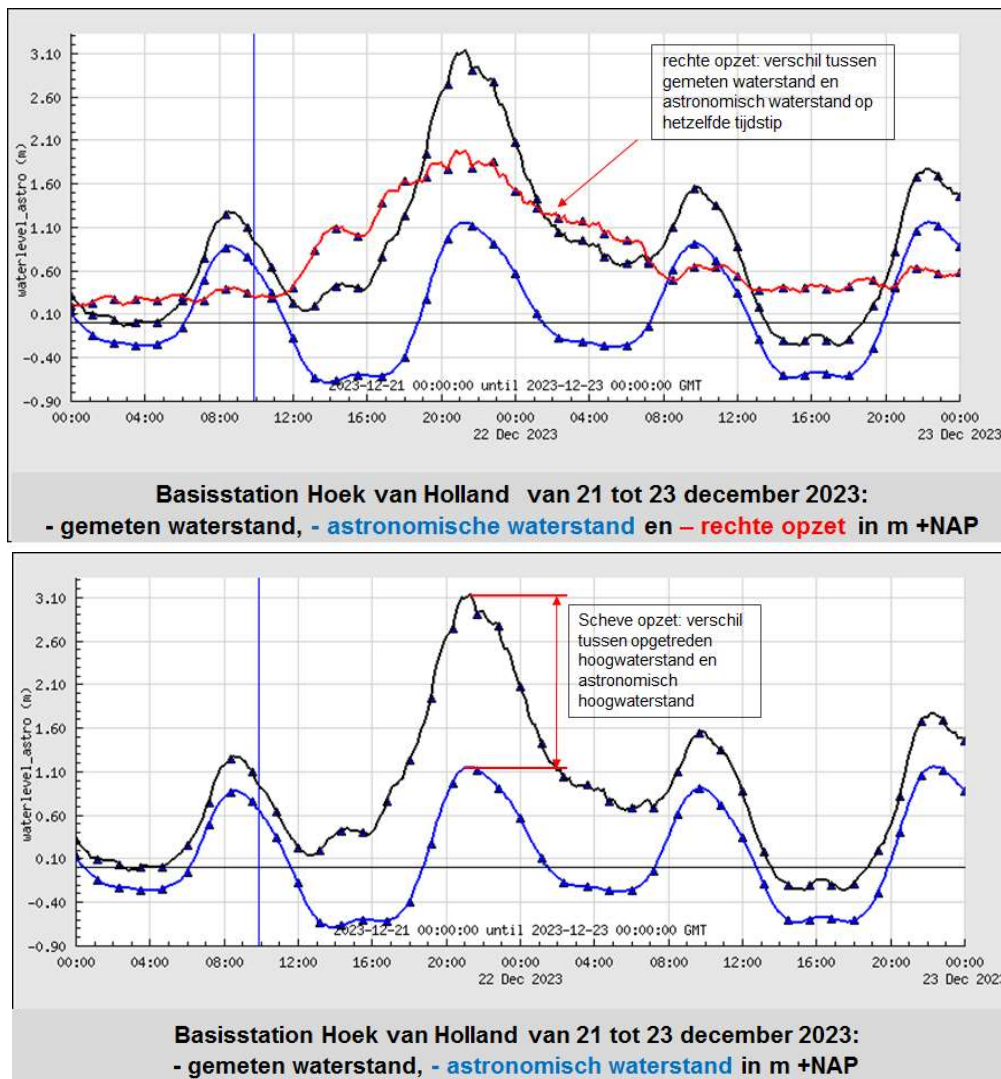


Figuren 11 en 12: Opzetverloop bij station Harlingen en Delfzijl.

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 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".



Figuur 13: Verschil rechte en 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 13 zijn beide begrippen in beeld gebracht.

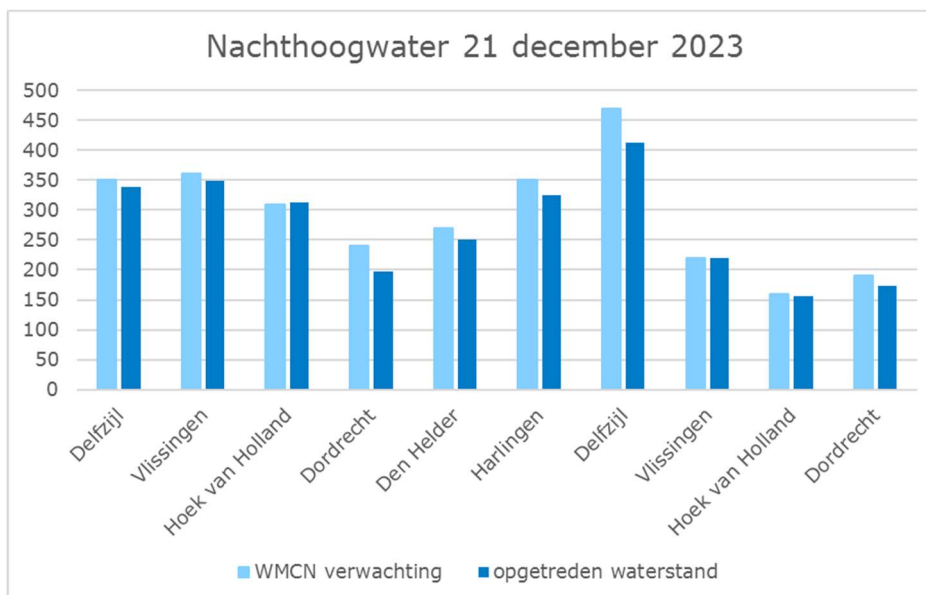
3.1 Analyse absolute verschillen in de verwachtingen

Het WMCN heeft op basis van de modelvoorspellingen tijdens de stormvloed van Storm Pia 1 voorwaarschuwing, 3 waarschuwingen en 4 alarmeringen uitgegeven.

In de noordelijke sectoren (Den Helder, Harlingen en Delfzijl) traden lagere waterstanden op dan de uitgegeven waterstanden. De oorzaak hiervan was een iets minder krachtig windveld en meer een meer westelijke windrichting. In de hindcast run met analyse wind (deze komt nagenoeg overeen met het opgetreden windveld) waren de modelvoorspellingen duidelijk lager dan tijdens het besluitmoment op 21 december.

Er werden geen waarschuwingen in deze periode gemist. In de sector Benedenrivieren bleven de waterstanden lager dan in de verwachting afgegeven, omdat door het sluiten van de Maeslantkering de vloed werd tegengehouden. Alle waarschuwingen en RWS eindverwachtingen werden – zoals eerder afgesproken met de kering beheerders – met een open-kering situatie afgegeven. Gesprekken met beheerders en belanghebbenden moet uitwijzen of deze stelregel in toekomst aangepast moet worden om misverstanden bij het publiek te voorkomen.

Het verschil tussen afgegeven waterstand en opgetreden waterstand bij de sectorstations liep uiteen tussen 3 cm te laag tot 58 cm te hoog. Gezien de grote onzekerheid in het windveld en het mogelijk optreden van buistoten waren de afgegeven verwachtingen wel gerechtvaardigd.



Figuur 14: overzicht RWS eindverwachting en meting tijdens stormvloed Pia

Alle uitgegeven waarschuwingen waren op tijd uitgegeven door het WMCN, dat betekent minimaal 12 uur voor hoogwater. Figuren 14 geeft een overzicht van de uitgegeven verwachtingen (lichtblauw) tegenover de uiteindelijk gemeten waterstanden (donkerblauw) tijdens de stormvloed Pia.

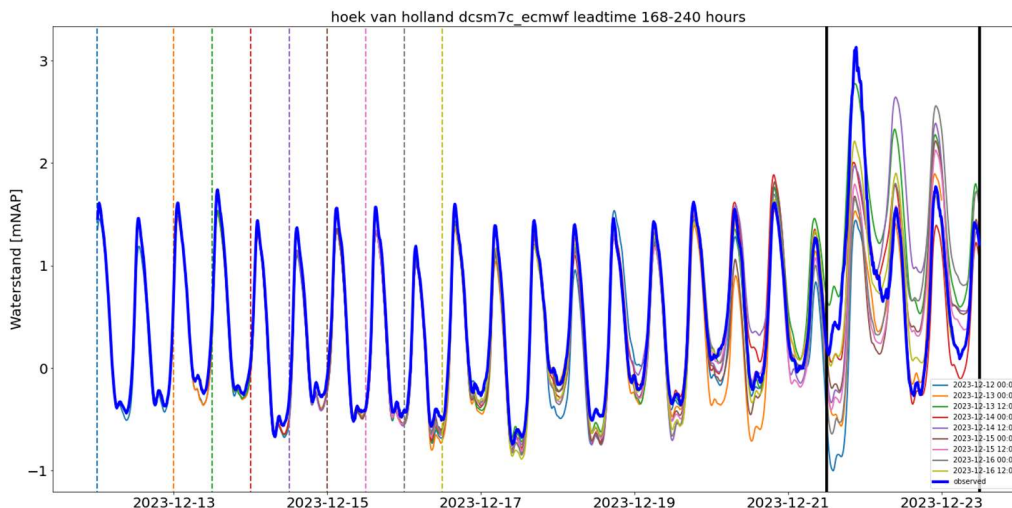
In het algemeen was de kwaliteit van de afgegeven verwachtingen goed en bleven binnen de afgesproken PIN normen. Volgens deze normen moeten alle waarschuwingen uiterlijk 12 uur voor het desbetreffende hoogwater zijn uitgegeven en mag de opgetreden waterstand maximaal 65 cm afwijken van de afgegeven waterstand.

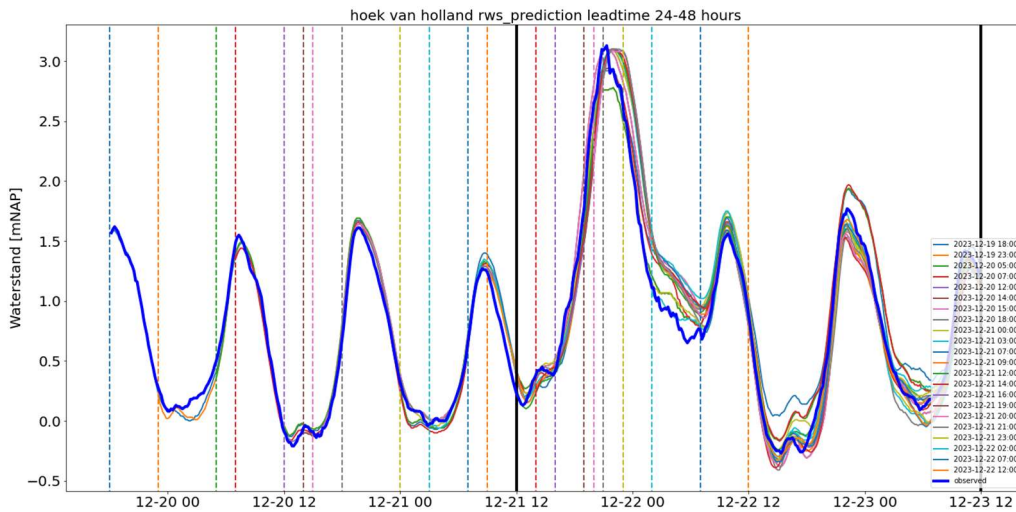
3.2 Analyse statistische parameter

WMCN-KUST maakt gebruik van verschillende typen hydrodynamische modellen om tot een waterstandsverwachting te komen. Er bestaat een grof model dat gevoed wordt met ECMWF data en geoperationaliseerd is voor de lange termijn verwachting (tot 240 uur vooruit). Daarnaast zijn er fijne modellen die tot 48 uur vooruit verwachtingen maken gebaseerd op het HARMONIE meteo product van onder andere het KNMI.

In onderstaande grafieken worden deze twee typen modellen per hoofdlocatie verder belicht. Hierbij wordt de aanloop getoond van de verschillende modelruns. De stippellijnen geven aan wanneer de T0 (startmoment) van de specifieke modelrun was. Met de twee zwarte verticale lijnen wordt de periode van de stormvloed en de daaropvolgende getijgolven gearceerd. Deze periode is nog verder op ingezoomd in de grafiek eronder om zo meer inzicht te krijgen in wat de verschillende modelruns hebben gedaan t.o.v. de meting (observed). Tevens is de linker lijn ongeveer gelijk met het moment waarop de keuze wordt gemaakt tot definitieve uitgifte van de waarschuwing, 12 uur voor het hoogwater.

In figuren 15 en 16 zijn de verschillende modelruns en de daarbij verwachte waterstanden te zien voor de getijgolf behorende bij storm Pia. De eerste figuur toont ECMWF meteo input en de tweede figuur HARMONIE input.





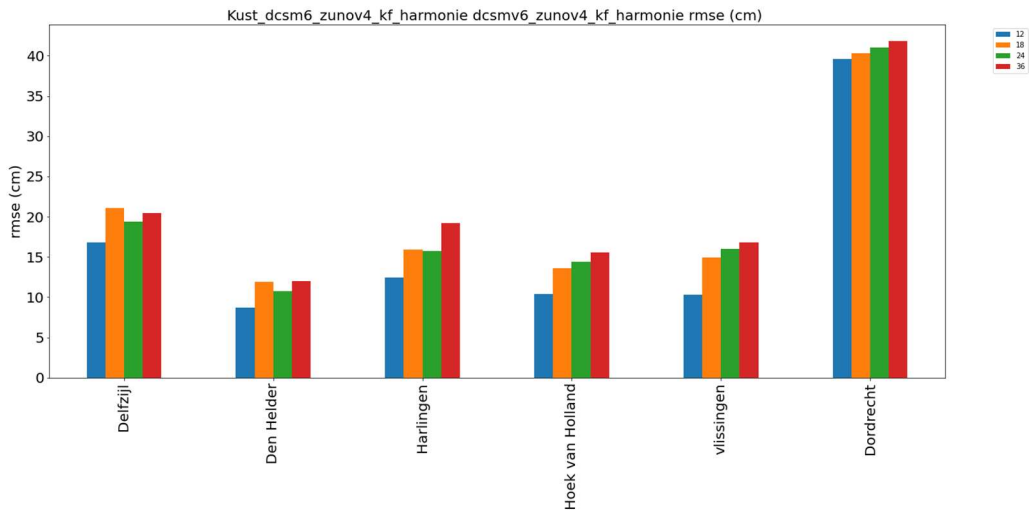
Figuur 15 en 16: analyse waterstandsverwachtingen voor ECMWF (eerste grafiek) en Harmonie (tweede grafiek) bij verschillende zichttijden

Naast de absolute getallen wordt altijd ook naar statistische parameter gekeken. Echter, vanwege de korte duur van de stormvloed Pia is het lastig statistische parameters te gebruiken. Voor de volledigheid laten we een aantal parameters zien, met de kanttekening dat de onderliggende data niet voldoende is qua aantal om conclusies hieraan te verbinden. Een hindcast studie die nog wordt uitgevoerd in 2024 gaat wel goed onderbouwde statistieken leveren.

Het foutmaat RMSE (root-mean-square error) is een statistische parameter die vooral extreme afwijkingen (fouten) in een voorspelling afstraft.

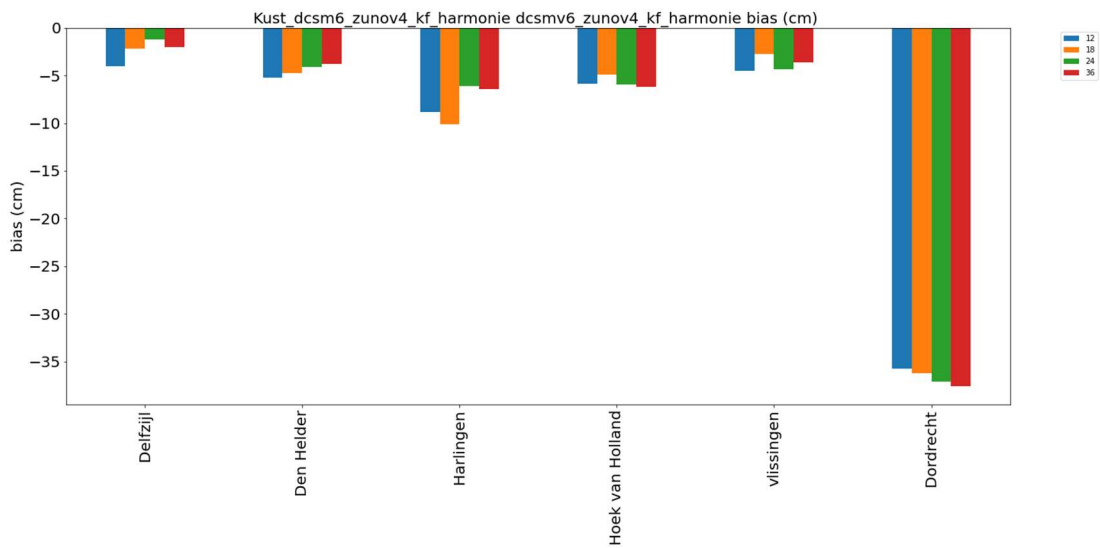
De eerste grafiek, Figuur 17, laat voor alle hoogwaters (maxima) voor de periode 21 t/m 23 december 2023 de RMSE waardes zien voor het vigerende model (DCSMv6Zunov4KF), afhankelijk van de zichttijd (12, 18, 24 of 36 uur vooruit).

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. Voor Dordrecht is het model niet goed ingesteld, voor deze locatie worden dan ook andere modellen (SOBEK modellen) gebruikt als basis voor de verwachting.



Figuur 17: RMSE waarden van het DCSMv6-Zunov4-model met Kalman filter voor alle hoofdstations voor de periode 21-23 december 2023.

De tweede grafiek, Figuur 28, gaat over de BIAS van het DCSMv6ZunoKF-model, wederom voor verschillende zichttijden, in dezelfde periode.



Figuur 18: BIAS waarden van het DCSMv6-Zunov4-model voor alle hoofdstations voor de periode 21-23 december 2023.

Ook hier is te zien dat het basis Noordzeemodel niet goed werkt voor het benedenrivierengebied. Harlingen heeft een grotere negatieve bias (model onderschat de waterstand) dan de andere locaties. Nogmaals, bij deze kleine aantal datapunten is het niet mogelijk hier conclusies aan te verbinden.

4 Golven tijdens de stormvloed

4.1 Algemeen

De significante golfhoogtes op het Nederlandse Continentale Plat liggen rond de 2-3 m voordat het windveld van storm Pia op zich op de Noordzee opbouwt. De golven nemen in de loop van 21 december aan hoogte en periode toe, vooral in het Waddengebied komen hoge en lange golven tijdens de storm aan de kust: bij het meetstation Schiermonnikoog Noord worden in deze stormvloed de hoogste en zwaarste golven gemeten.



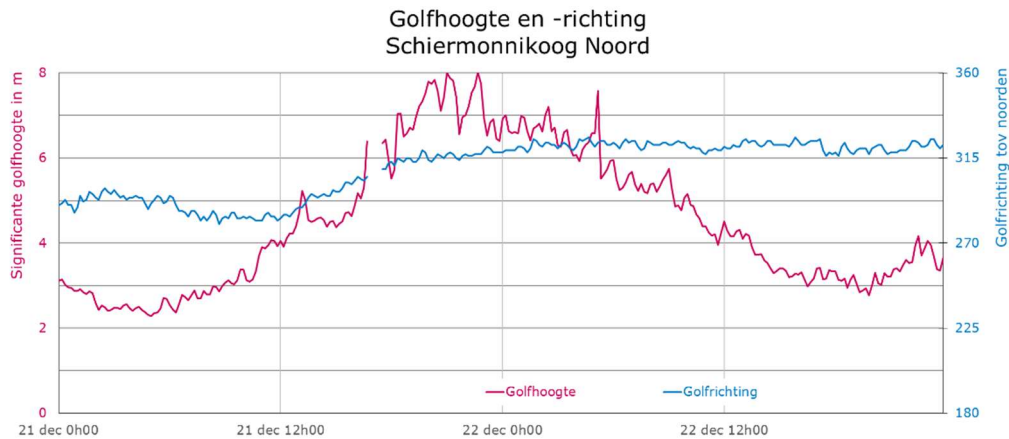
Figuur 19: Wind- en golfmeetlocaties op het Nederlandse deel van de Noordzee

In Figuur 20 is het verloop van de golfhoogte en -richting gegeven bij het meetpunt Schiermonnikoog Noord. In Figuur 21 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.

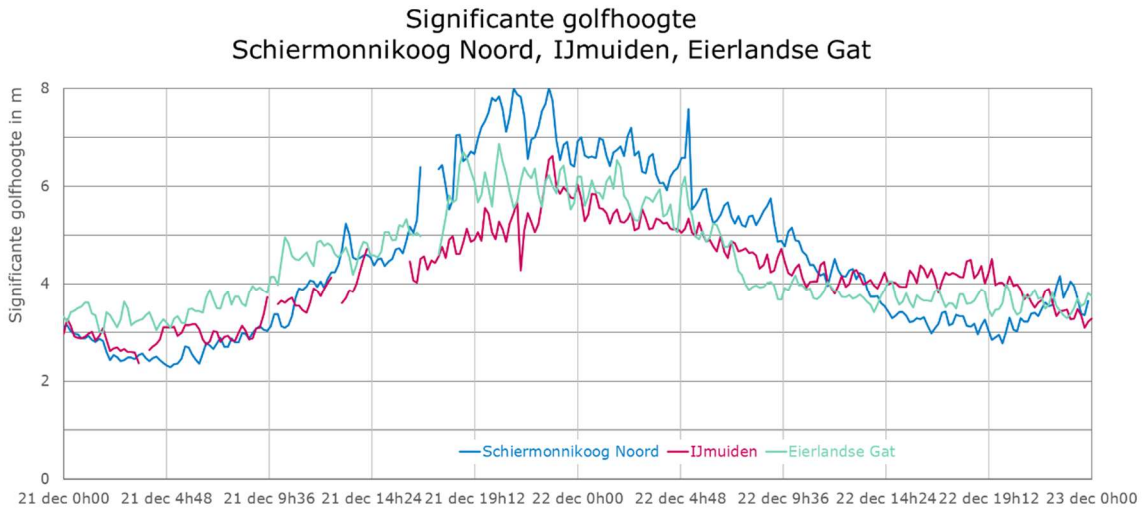
De parameter significante golfhoogte geeft een representatief gemiddelde in een onregelmatig golfveld dat bestaat uit grotere en kleinere individuele golven. Deze parameter wordt berekend als het gemiddelde van het hoogste derde deel van de individuele golfhoogten over een periode van 20 minuten. Voor 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 20 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 20: Golfhoogte en -richting Schiermonnikoog Noord

Tijdens het overtrekken van de storm zien we een verhoging van de significante golfhoogtes bij verschillende stations tot 4-8 m. het zwaartepunt verschilt hierin: in het noordelijke wadengebied (Schiermonnikoog Noord) traden de hoogste golven op in de nacht van 21 op 22 december. Voor platform K13A trad de hoogste significante golfhoogte al wat eerder op in de avond, zie Bijlage 10.

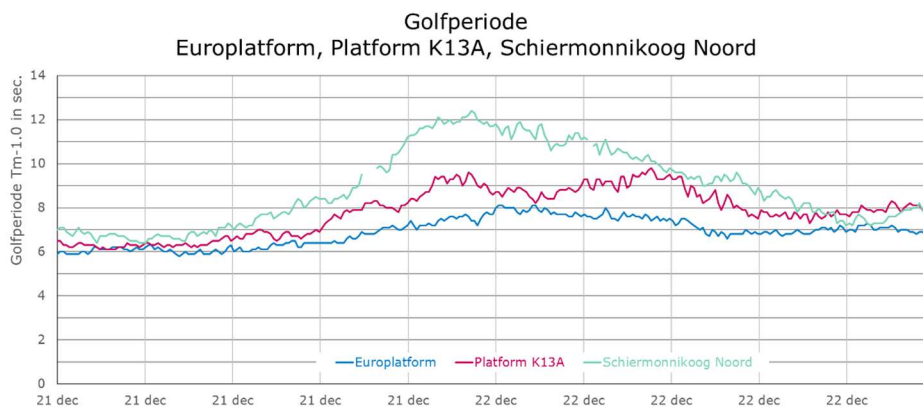
De gemeten significante golfhoogtes zijn behoorlijk hoog. Sinds 1979 zijn van verschillende meetlocaties betrouwbare golfwaarnemingen beschikbaar. De hoogste globaal gecorrigeerde significante golfhoogten bij Schiermonnikoog Noord staat op plaats 3, voor station IJmuiden op plaats 7 en voor het station Eierlandse Gat op plaats 12 (zie Bijlage 12). Voor het station Scheur west Wandelaar waren helaas geen metingen beschikbaar.



Figuur 21: Golfhoogte metingen bij Schiermonnikoog Noord, IJmuiden en Eierlandse Gat

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 golfperiodes 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 22: 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 ten noorden van het waddengebied rond middernacht terwijl bij platform K13A de hoogste waarde al iets

eerder bereikt worden. Daarnaast is uit de grafieken ook op te maken dat de piek bij Schiermonnikoog Noord sneller daalt, terwijl verhoogde waarden voor de golfperiode bij K13a en Europlatform geleidelijk afnemen.

Van de locaties Schiermonnikoog Noord staat de meten golfperiode op plaats 3, IJmuiden op plaats 11 en Eierlandse Gat op plaats 12 in de top 50 van de hoogste golfperiodes 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 vooral de opzetten in de sectoren Schelde en West-Holland bijzonder waren. Het was doordij, bij gemiddeld of springtij waren de waterstanden nog hoger uitgekomen, voor gemiddeld springtij bij Vlissingen zelfs boven de 400 cm +NAP.

Hoogwater	Station	scheve opzet in NAP +cm	Overschrijdingsfrequentie in HW's per 100 jaar
21-12 18:52	Delfzijl	228	31
21-12 21:27	Vlissingen	166	6
21-12 22:15	Hoek van Holland	198	5
21-12 23:58	Dordrecht	103	78
22-12 02:45	Den Helder	171	32
22-12 04:48	Harlingen	213	32
22-12 07:15	Delfzijl	266	15

Tabel 3: Herhalingsfrequenties voor de hoogste gemeten scheve opzet per station tijdens de stormvloed

In Tabel 3 zijn de overschrijdingsfrequenties en classificaties gegeven van de tijdens de stormvloed opgetreden **scheve opzetten** van de 6 basisstations. Hieruit blijkt dat de hoogste stormvloedopzetten in de al genoemde sectoren 5-6 keer per 100 jaar voorkomen. In de noordelijke kustsectoren Den Helder en Harlingen hebben we een stormvloedopzet gezien die ca 30 keer per 100 jaar voorkomt. De scheve opzet in de Eems-Dollard was iets hoger, met een frequentie van voorkomen van ca.15 keer per 100 jaar.

In Tabel 4 zijn de overschrijdingsfrequenties van **de waterstanden** gegeven. Op basis hiervan valt deze stormvloed in de classificatie van een middelbare stormvloed, hierbij geldt altijd de hoogste waarde die wordt bereikt onafhankelijk in welke sector. 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
21-12 18:52	Delfzijl	338	78			*
21-12 21:27	Vlissingen	348	56			*
21-12 22:15	Hoek van Holland	313	6	*		
21-12 23:58	Dordrecht	197	120			*
22-12 02:45	Den Helder	251	24		*	
22-12 04:48	Harlingen	324	27		*	
22-12 07:15	Delfzijl	412	13		*	

Tabel 4: Gemeten hoogste waterstanden tijdens stormvloed Pia, de bijhorende overschrijdingsfrequentie en classificatie.

6 Inzet van Keringen

Tijdens de stormvloed van Pia werden alle keringen gesloten. De sluitcriteria zijn in onderstaande tabel weergegeven.

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

Tabel 5: Operationele Sluitpeilen van de Stormvloedkeringen

6.1 Maeslantkering

Bijdrage door Don de Bake, Leider Keerproces voor deze sluiting

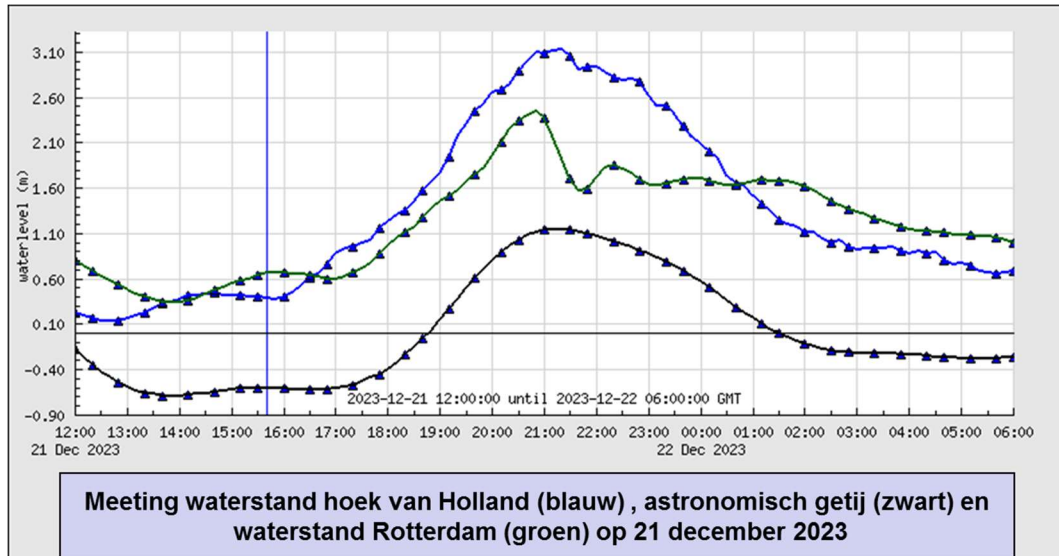
Tijdens storm Pia op donderdag 21 december 2023 sloten de Maeslantkering en de Hartelkering voor het eerst vanwege een verwachte waterstandsoverschrijding van 3,0m +NAP in Rotterdam. Niet eerder sinds de opening in van de Maeslantkering in 1995 werd dit formele sluitpeil overschreden.

Rond 01.00 op 21 december verstuurde het Beslis Ondersteunend Systeem (BOS) van de Maeslantkering de semafoonoproepen (pieper) naar de leden van het Operationeel Team. Twee uur later was het team compleet op zowel Maeslantkering Noordzijde, Zuidzijde als op de Hartelkering. Het verwachte sluitmoment voor beide keringen was op dat moment 21 december 2023 20:10. Om 12.10 is de voorwaarschuwing naar de haven uitgegaan en om 16.30 is het stremverzoek verstuurd. Het havenbedrijf heeft dan nog twee uur om de scheepvaart stil te leggen nabij de Maeslantkering. Om 18.30 gingen de seinen bij de Maeslantkering daadwerkelijk op rood. Bij de Hartelkering was dat rond 18:10.

De waterstandsverwachtingen waren in de aanloop naar de sluiting behoorlijk constant. De Maeslantkering is uiteindelijk om 20.10 horizontaal uitgevaren, conform het oorspronkelijke bepaald sluitmoment dus. Op hetzelfde moment zakten de twee schuiven van de Hartelkering (na elkaar) vanuit Veilige Stand naar de bodem van het Hartelkanaal. Een half uur later startte het afzinken van de Maeslantkering en rond 21.30 stonden beide sectordeuren op de bodem van de Nieuwe Waterweg. De automatische sluiting werd volledig aangestuurd door het BOS. Het Operationeel Team heeft de belangrijke taak toezicht te houden op de sluiting en in te grijpen als het BOS een foutieve beslissing lijkt te gaan nemen of onverhoopt uitvalt. Dat was niet aan de orde.

De waterstanden in het Noordelijke Deltabekken nemen vanwege de sluiting niet verder toe door de stijgende zeewaterstand. Dat is duidelijk zichtbaar in onderstaande figuur van de waterstanden aan de rivier- en zeezijde van de Maeslantkering (meetpunten Hoek van Holland en Rotterdam). Duidelijk zichtbaar zijn ook de translatiegolven die zich vanaf de Maeslantkering stroomopwaarts

verspreiden aangezien het vloedwater binnenkomt en door de sluiting wordt gestopt.



Figuur 23: Verschil waterstanden voor en achter de Maeslantkering tijdens stormvloed Pia.

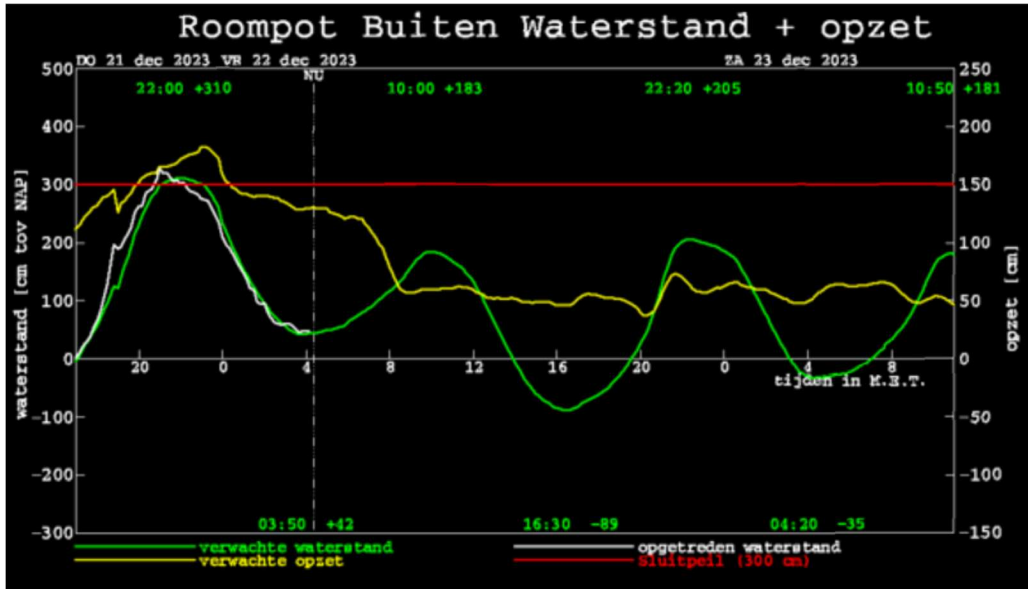
Vroeg in de morgen van 22 december, rond 02.00, was er bij de gesloten Maeslantkering sprake van 'negatief verval'. De rivierafvoer zorgde voor toenemende waterstanden aan de rivierzijde van de kering, terwijl de waterstand op zee juist afnam na de piek van de storm en het neergaande getij. Tegen 04.00 was de Maeslantkering volledig opgedreven en een klein half uur later weer horizontaal ingevaren ofwel terug in het dok. Tegen 05.00 werd de scheepvaart op de Nieuwe Waterweg weer vrijgegeven. Bij de Hartelkering was al iets eerder weer scheepvaart mogelijk.

Het Operationeel Team is tegen 06.00 ontbonden, moe maar voldaan!

6.2 Oosterscheldekering

Bijdrage vanuit Verslag OSK 89 met dank aan Stefan Nieuwehuis

Op donderdagochtend 21 december werd om 10.11 de automatische melding gestuurd dat rond 21:50 een top waterstand van 3.20m +NAP verwacht werd bij Roompot Buiten. Het team is vervolgens samengekomen op de kering en heeft de voorbereidingen gestart. Een belangrijk aspect tijdens deze sluiting was het sterk verhoogde laagwater, na afloop van het hoogwater. Hierdoor was vrij lang onzeker of de kering open kon tijdens het laagwater. Of dat deze gesloten moest blijven tot na het tweede hoogwater. Voor het openen van de kering moet de waterstand buiten de kering (Noordzezijde) namelijk lager zijn dan de waterstand aan de binnenzijde (Oosterschelde). In deze situatie was het vrij krap was omdat bij het eerste hoogwater waarop gesloten wordt, gestreefd wordt naar een lage waterstand achterin het Oosterscheldebekken (van 1 meter +NAP bij Stavenisse). Uiteindelijk trad toch een -gering- verval op bij laagwater en kon de kering als gebruikelijk openen vanaf gelijk water.



Figuur 24: Verachte en opgetreden waterstanden vanuit het BSS van de kering te Roompot Buiten.

7 Bijlagen

1. Sectorindeling WMCN-Kust
2. Overzicht maatgevende standen
3. Depressiebaan 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 golfperioden
12. 50 hoogste significante golfhoogten

Bijlage 1 Sectorindeling waarschuwingen Kust- en Benedenrivieren

Overzicht sectoren



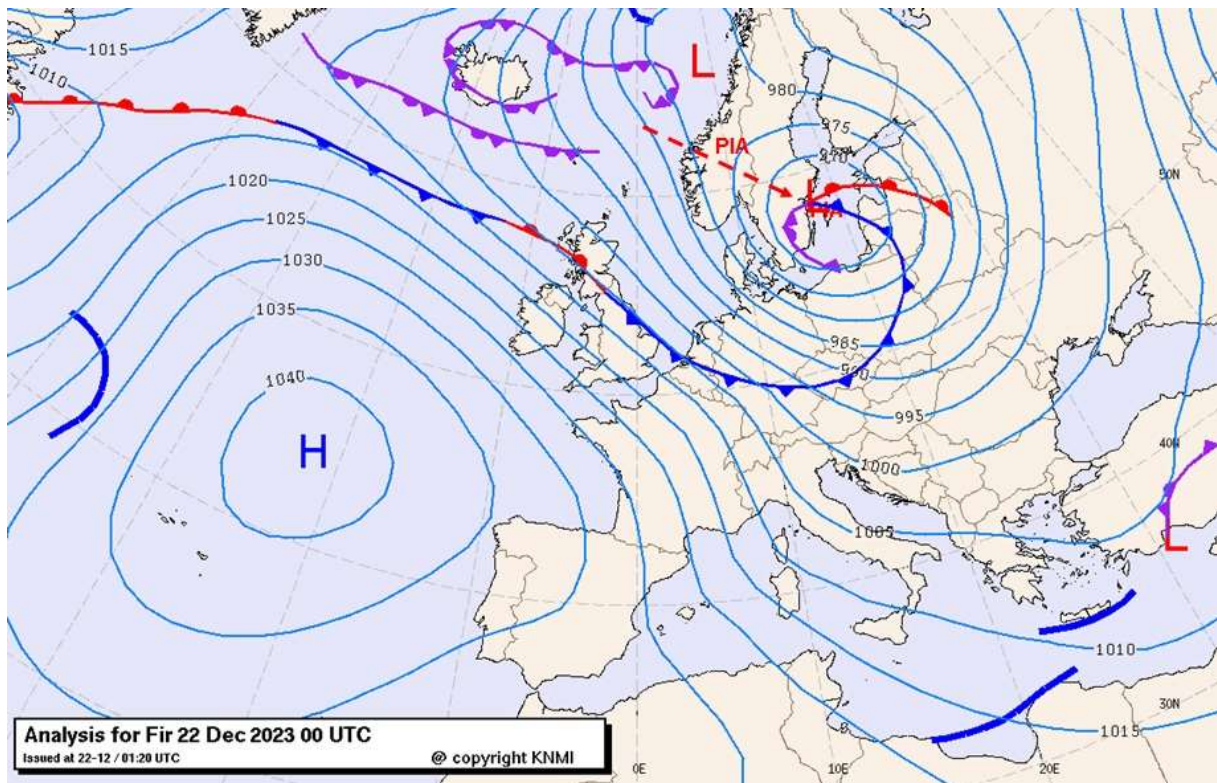
Bijlage 2: Overzicht maatgevende standen in cm + NAP

Sector	Schelde	West Holland	Beneden- rivieren	Den Helder	Harlingen	Delfzijl	Overschrijdings kans in gemid- deld 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
Voorwaarschuwing speil	310	200	180	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
Waarschuwing speil	330	220	200	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
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 2006	530	510	300	450	490	600	$5 \cdot 10^{-4}$ á 10^{-4}
Extreme stormvloed	≥ 550	≥ 510	≥ 315	≥ 450	≥ 510	≥ 640	$\leq 10^{-4}$
Hoogst bekende stand ¹	476 1 feb 1953	406 1 feb 1953	257 28 jan 1994	340 1 feb 1953	389 3 jan 1976	491 28 januari 1901	

¹ De hoogst bekende standen zijn gecorrigeerd voor zeespiegelstijging.

Bijlage 3 Depressiebaan

De grafiek laat de "stormtrack" van de depressie PIA zien:



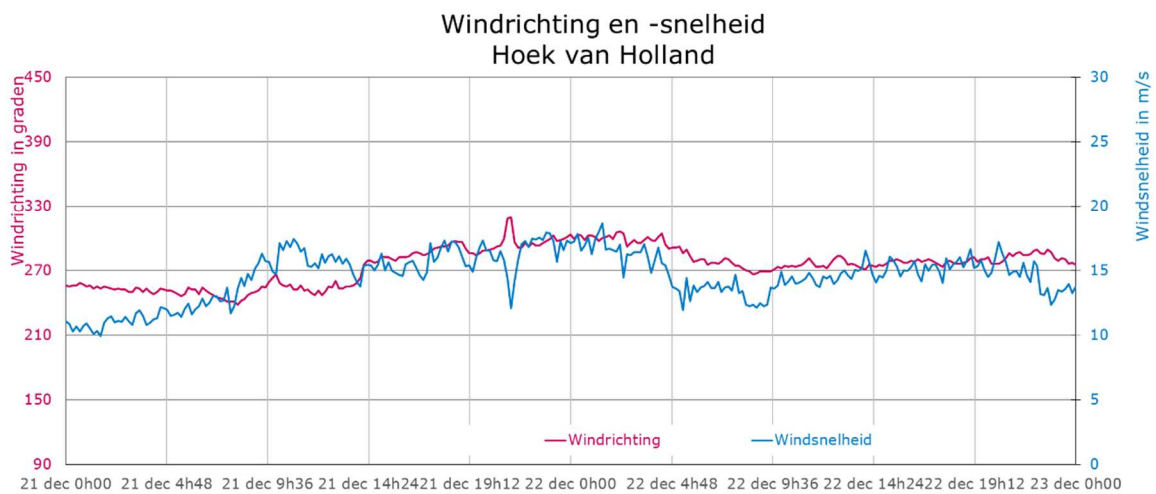
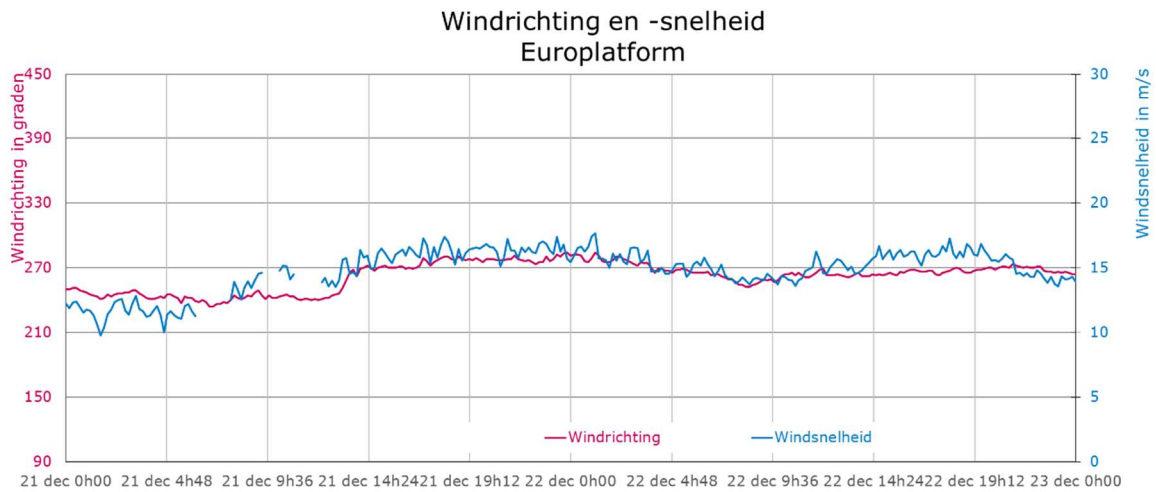
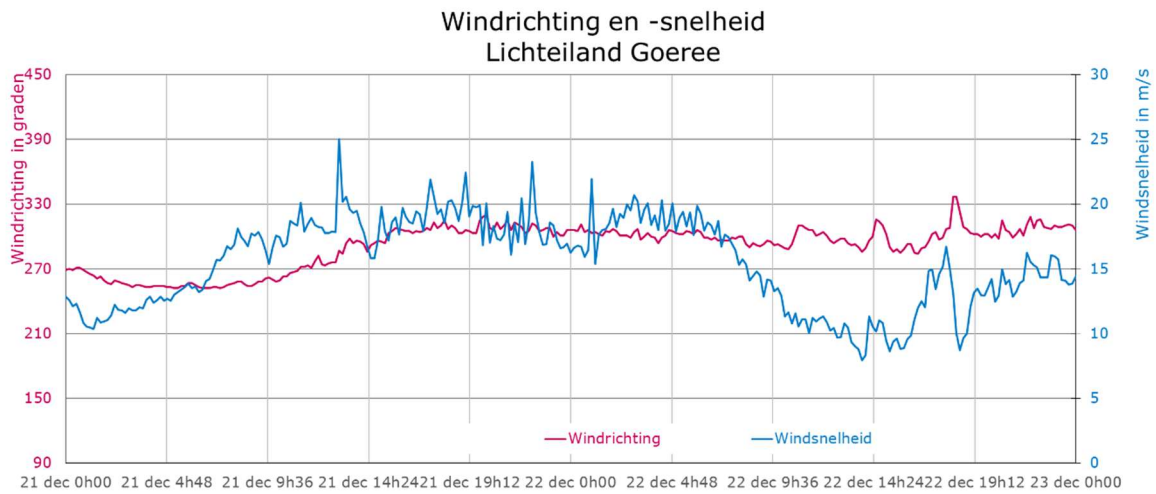
Bijlage 4

Schaal van Beaufort

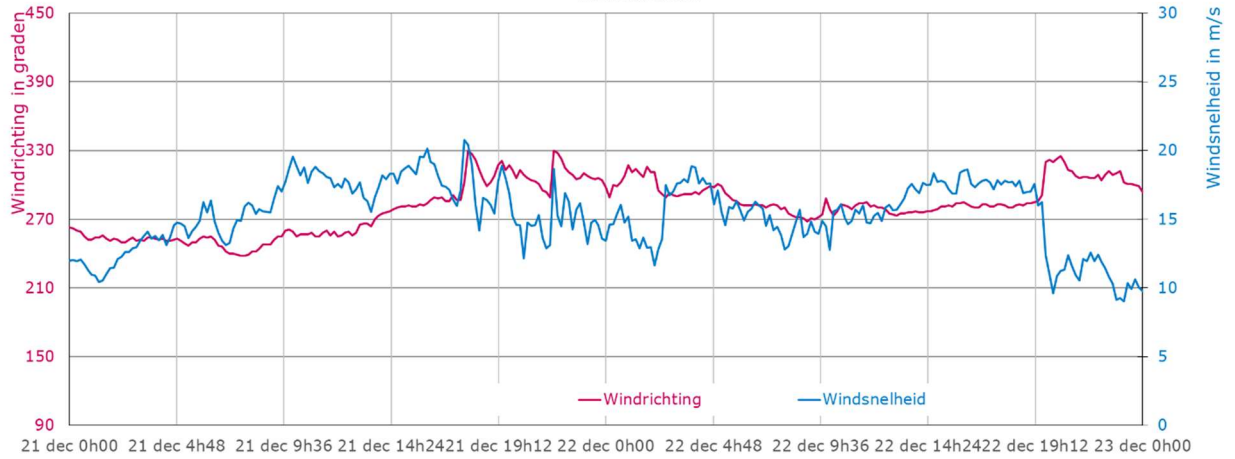
Windsterkte in Beaufort	Windsnelheid op 10m hoogte		benaming
	in knopen	in m/s	
0	<1	0,0 - 0,2	stil
1	1 - 3	0,3 - 1,5	zwakke wind
2	4 - 6	1,6 - 3,3	zwakke wind
3	7 - 10	3,4 - 5,4	matige wind
4	11 - 16	5,5 - 7,9	matige wind
5	17 - 21	8,0 - 10,7	vrij krachtige wind
6	22 - 27	10,8 - 13,8	krachtige wind
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



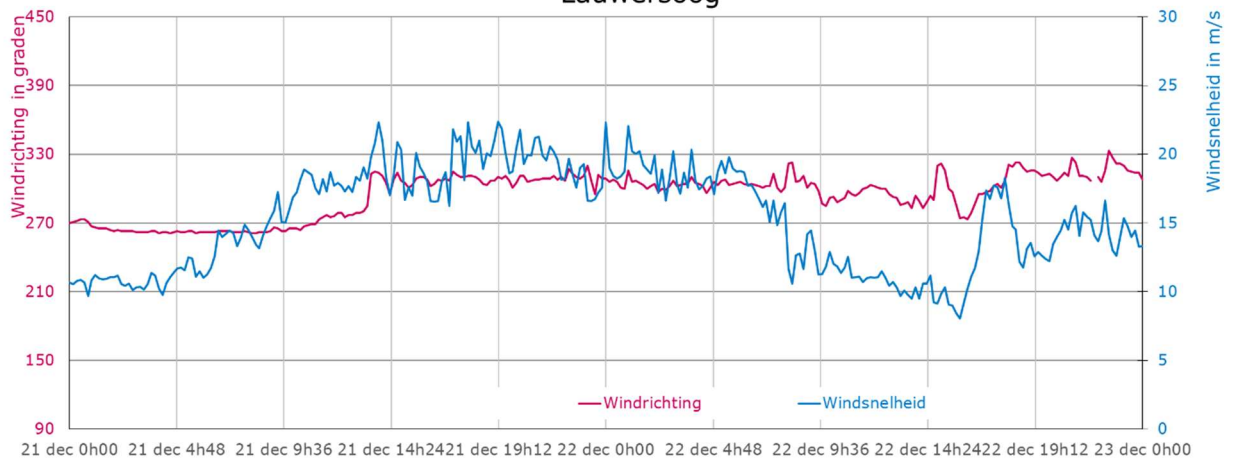
Windrichting en -snelheid
IJmuiden



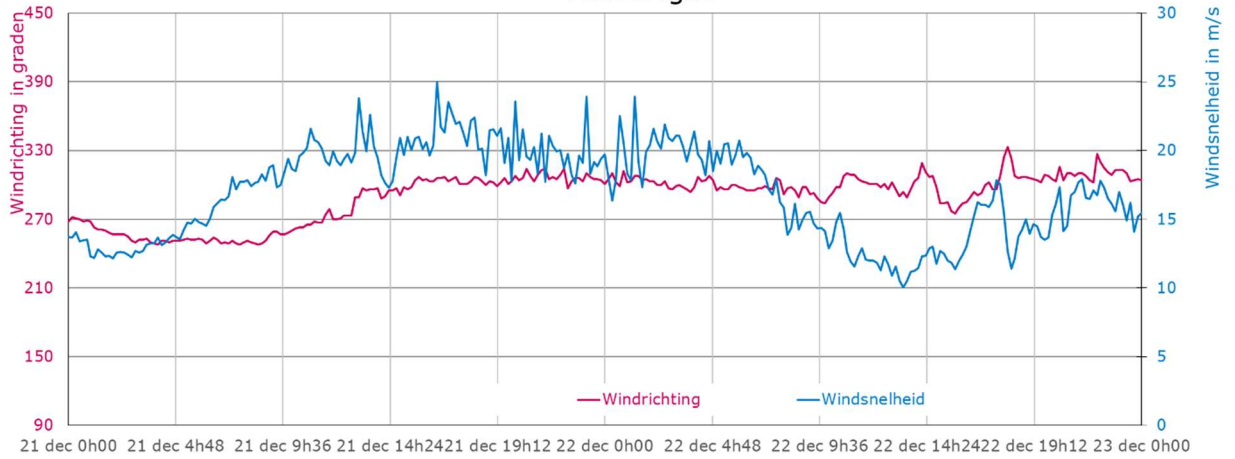
Windrichting en -snelheid
Platform K13A



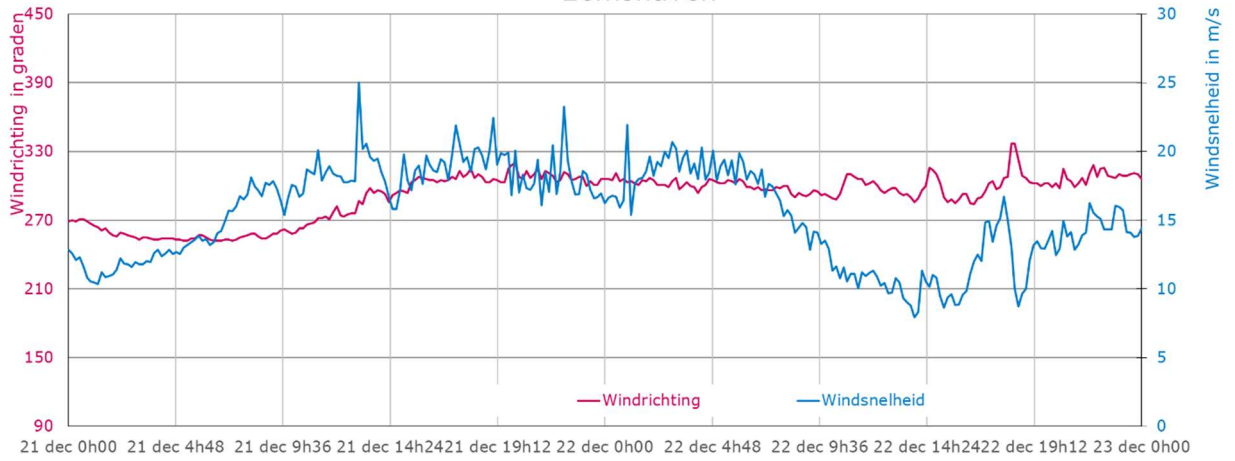
Windrichting en -snelheid
Lauwersoog



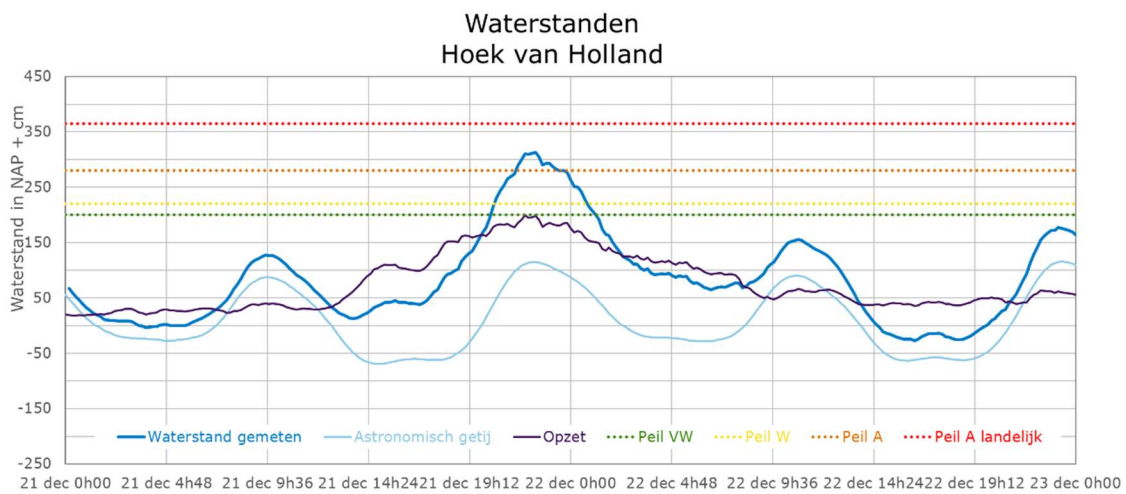
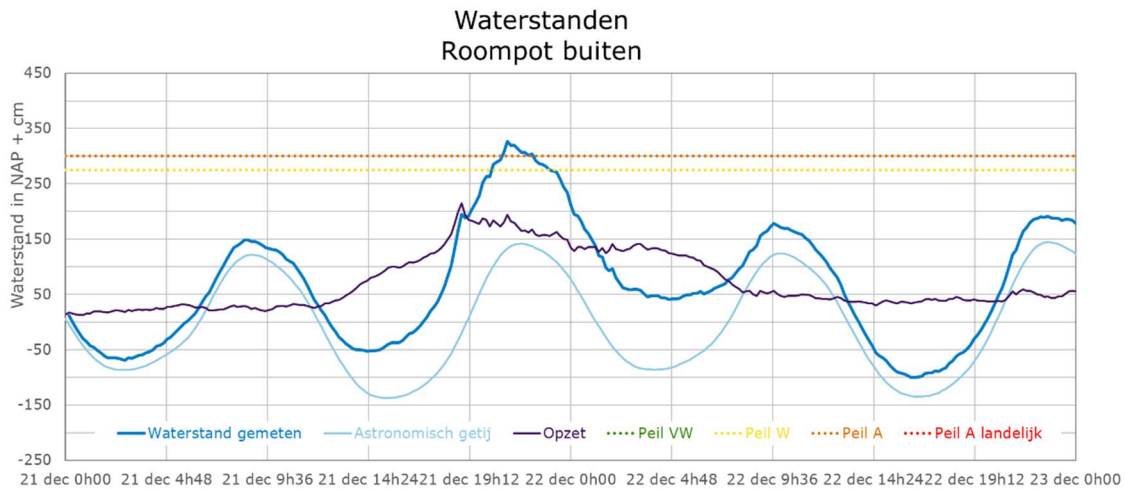
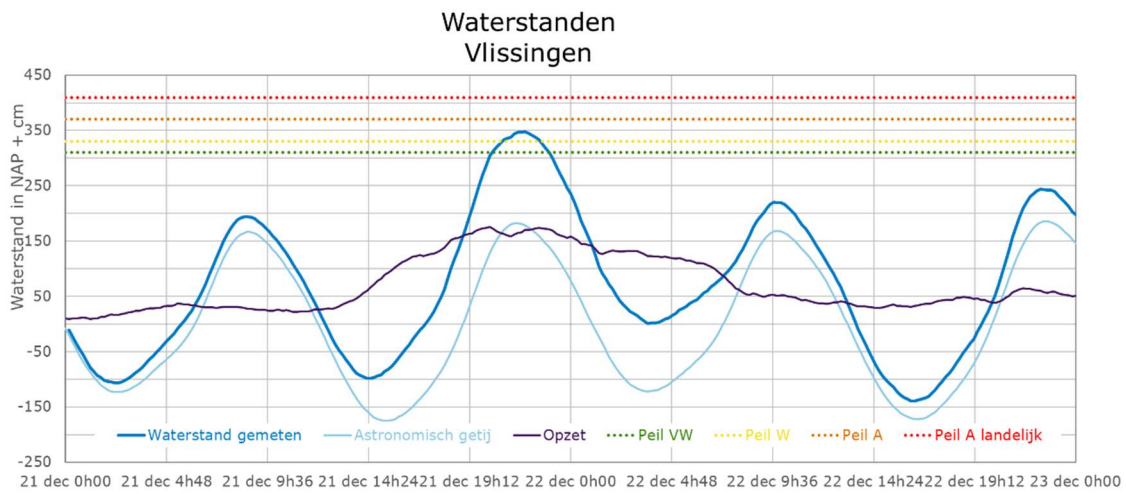
Windrichting en -snelheid
Huibertgat



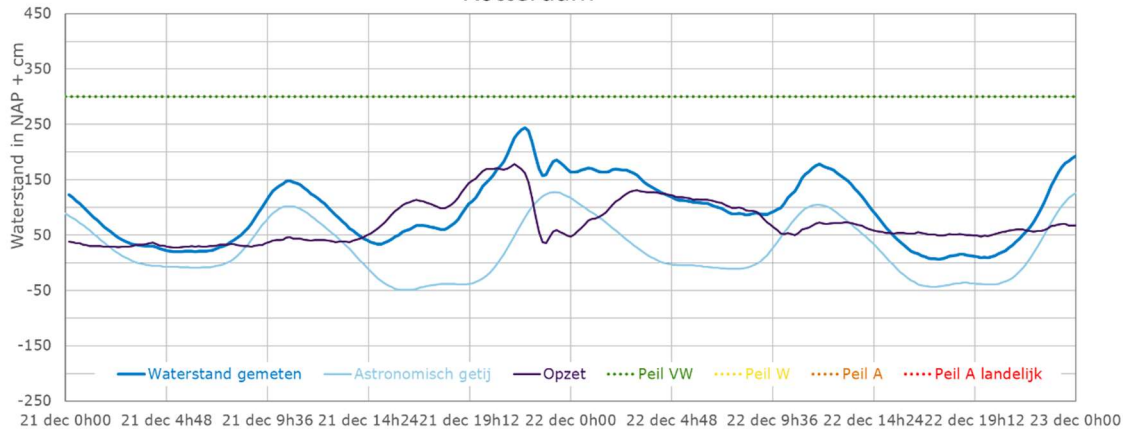
Windrichting en -snelheid
Eemshaven



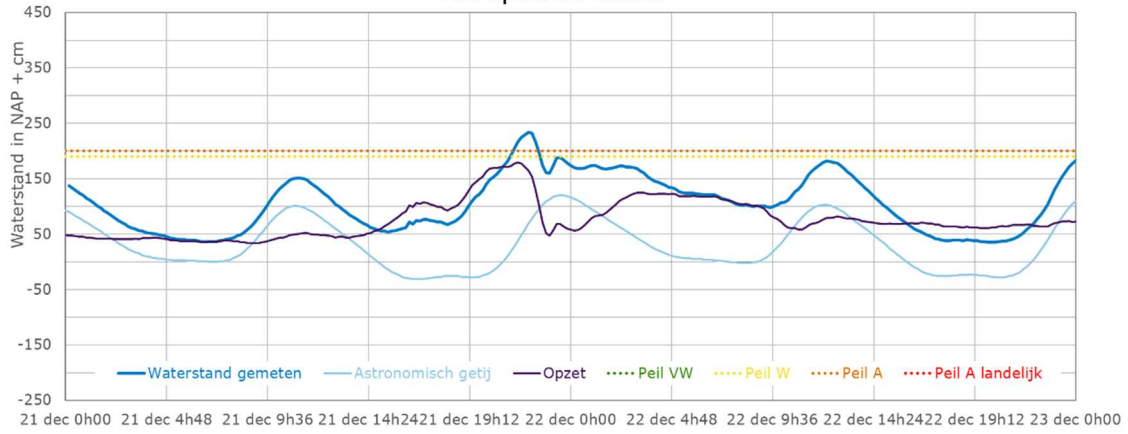
Bijlage 6: Opgetreden waterstanden hoofdstations kust en keringen



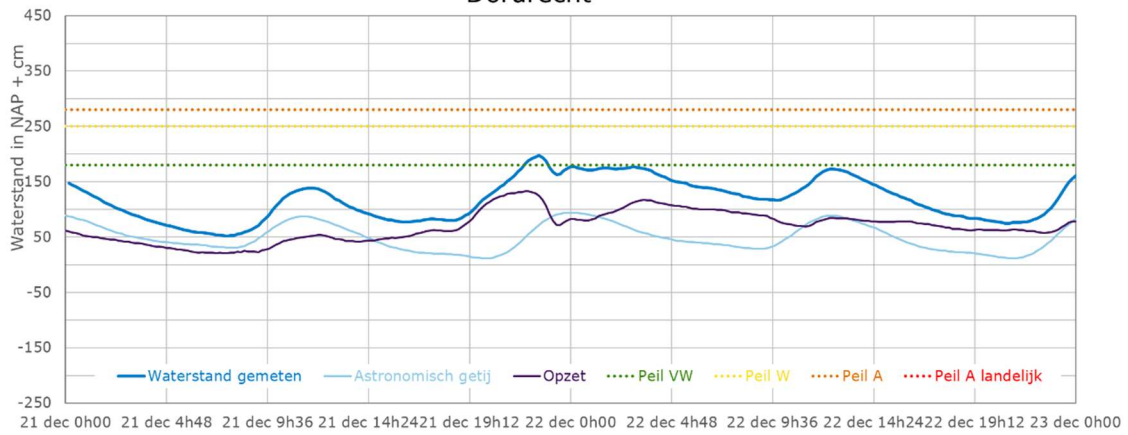
Waterstanden Rotterdam



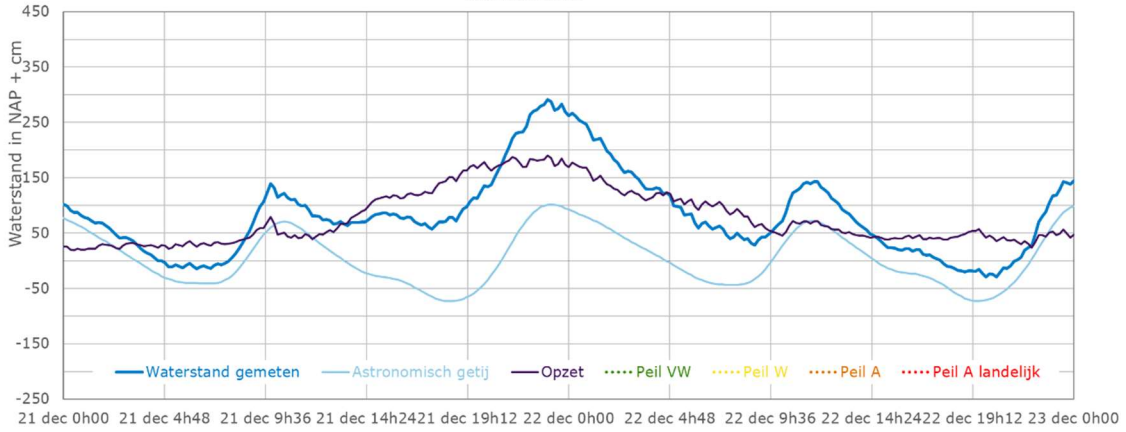
Waterstanden Krimpen ad IJssel



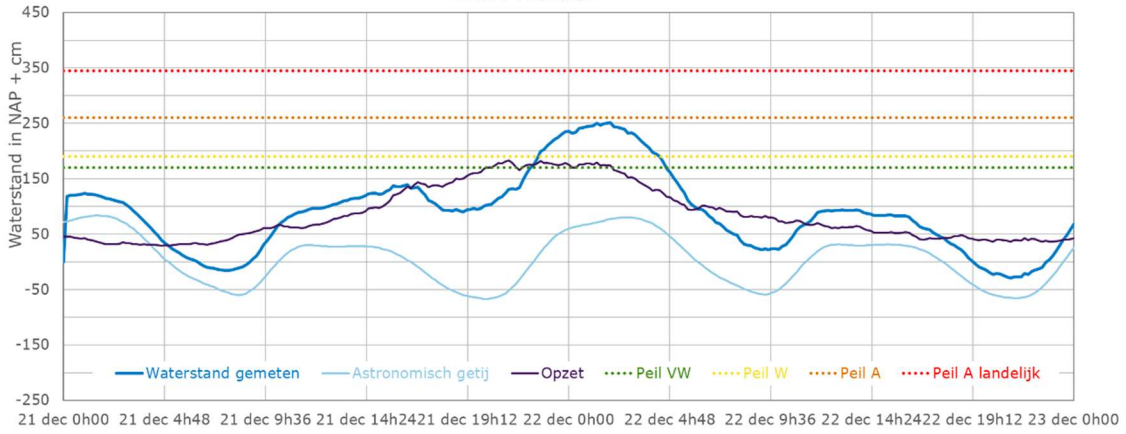
Waterstanden Dordrecht



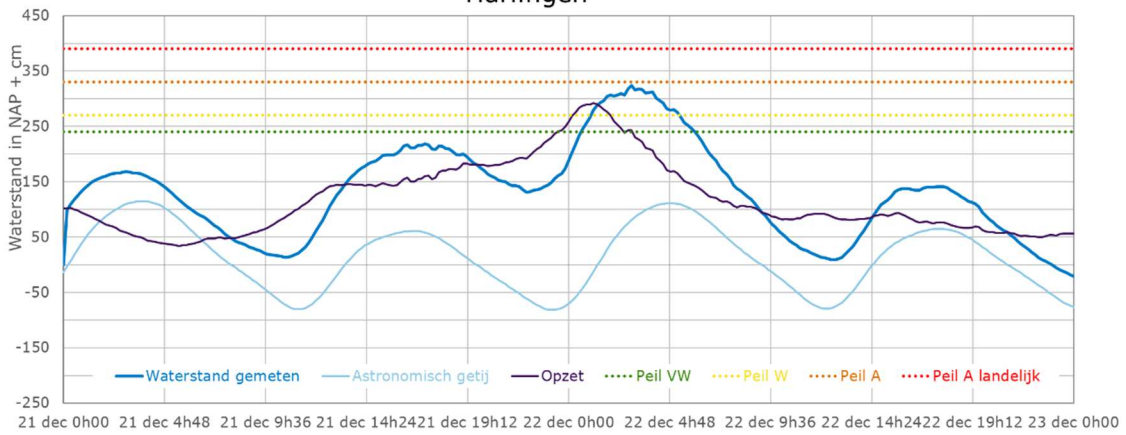
Waterstanden IJmuiden



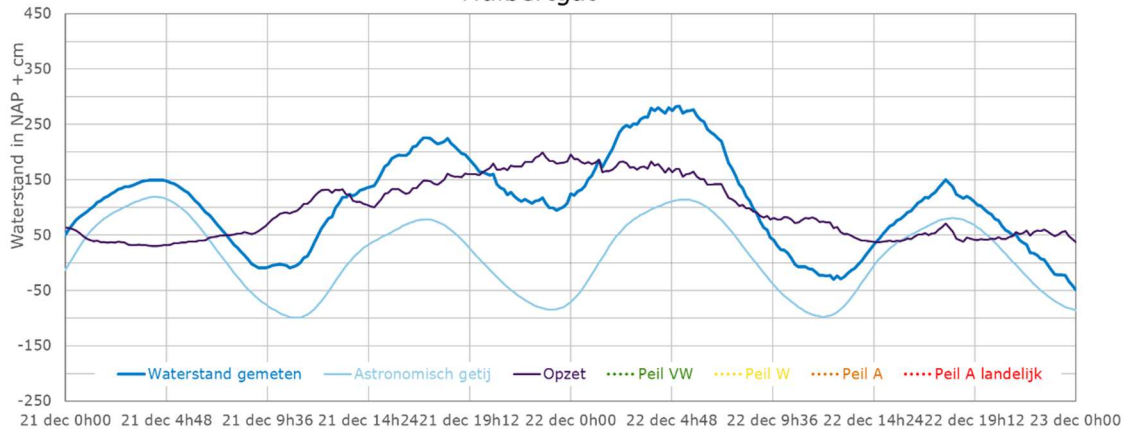
Waterstanden Den Helder



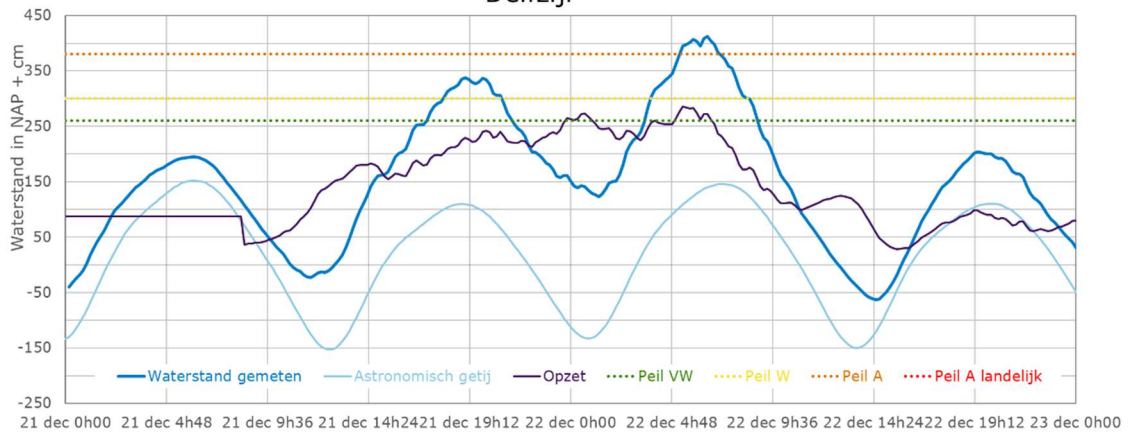
Waterstanden Harlingen



Waterstanden Huibertgat



Waterstanden Delfzijl



Bijlage 7

Overzicht verwachte en opgetreden HW-standen stormvloed Pia

datum 2023	station	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
		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	cm
1	2	3a	3b	4	5a	5b	6 (5a-3a)	7 (5b-3b)	8 (5b-4)	9	10a (4-9)	10b (5b-8)	11	12a (4-11)	12b (5b-11)	
21 dec	Delfzijl	18h52	110	350	19h00	338	+8	228	-12	280	+70	+58	220	+130	+118	
21 dec	Vlissingen	21h27	182	360	21h50	348	+23	166	-12	300	+60	+48	260	+100	+88	
21 dec	Roompot buiten 1)	21h38	142	310	21h00	327	-38	185	+17	225	+85	+102	200	+110	+127	
21 dec	Hoek van Holland	22h15	115	310	22h20	313	+5	198	+3	250	+60	+63	-	-	-	
21 dec	Rotterdam 2)	23h13	127	300	21h50	244	-83	117	-56	260	+40	-16	190	+110	+54	
21 dec	Krimpen a/d IJssel 2)	23h33	120	294	22h00	234	-93	114	-60	330	-36	-96	270	+24	-36	
21 dec	Dordrecht	23h58	94	240	22h30	197	-88	103	-43	380	-140	-183	300	-60	-103	
22 dec	Den Helder	2h45	80	270	2h00	251	-45	171	-19	370	-100	-119	330	-60	-79	
22 dec	Harlingen	4h48	111	350	3h00	324	-108	213	-26	300	+50	+24	275	+75	+49	
22 dec	Delfzijl	7h15	146	470	6h30	412	-45	266	-58	280	+190	+132	220	+250	+192	

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.

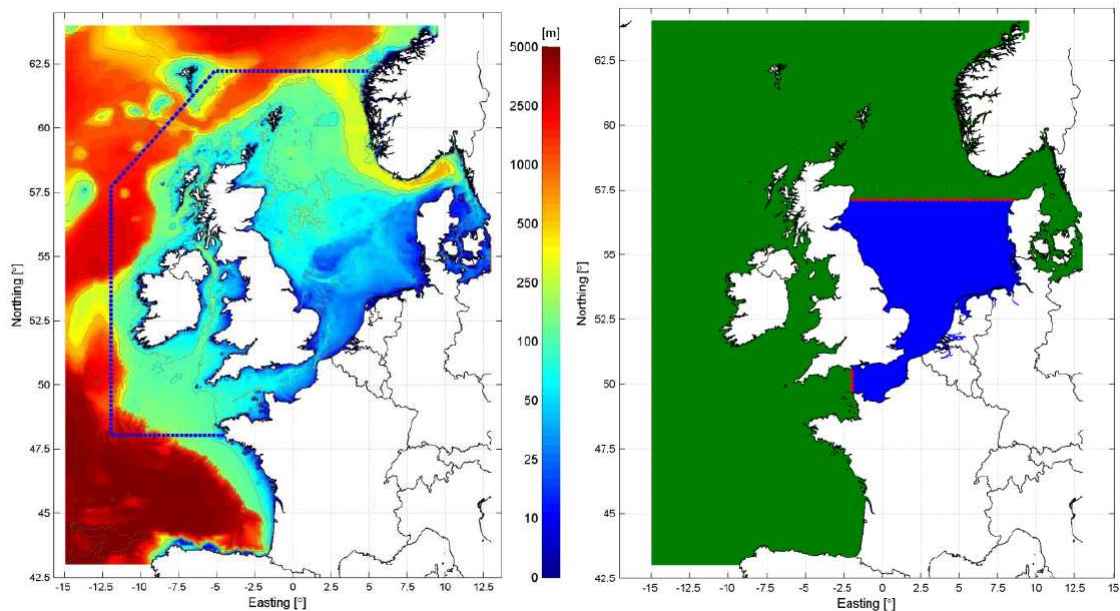
ECMWF

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

50 hoogste stormvloeden bij de basisstations langs de kust

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

Bijgewerkt t/m 1 januari 2024 voor top 200

nr	Viissingen		Hoek van Holland		Dordrecht		Den Helder		Harlingen		Delfzijl	
	datum	stand in NAP +cm	datum	stand in NAP +cm	datum	stand in NAP +cm	datum	stand in NAP +cm	datum	stand in NAP +cm	datum	stand in NAP +cm
1	01-02-1953	455	01-02-1953	385	28-01-1994	250	01-02-1953	325	22-12-1954	369	01-11-2006	483
2	06-12-2013	400	09-11-2007	318	02-01-1995	235	31-01-1953	312	26-02-1990	366	06-12-2013	482
3	03-01-1976	394	21-12-2023	313	02-02-1983	234	03-01-1976	297	23-12-1954	366	28-01-1901	453
4	12-03-1906	392	06-12-2013	303	06-01-2012	233	22-12-1954	289	31-01-1953	366	13-03-1906	451
5	28-01-1994	386	23-12-1954	300	14-12-1973	229	23-12-1954	277	01-02-1983	355	04-02-1944	448
6	27-02-1990	384	13-01-1916	300	24-01-1986	226	26-02-1990	275	20-01-1976	353	16-02-1962	446
7	14-11-1993	383	03-01-1976	298	28-02-1990	226	09-11-2007	271	09-11-2007	350	04-01-1976	435
8	01-03-1949	382	26-11-1928	296	03-01-1976	224	01-02-1983	270	28-01-1994	344	13-01-1916	432
9	26-11-1928	374	30-12-1904	296	10-02-2020	224	21-02-1993	265	05-12-2013	342	06-12-2013	425
10	15-11-1977	373	12-03-1906	290	18-12-1974	222	05-12-2013	254	16-02-1962	340	28-01-1994	425
11	16-11-1966	373	28-01-1994	288	06-12-2013	222	14-02-1989	253	01-02-1953	334	09-11-2007	421
12	15-11-1993	372	31-01-2022	285	28-11-1974	220	22-12-2023	251	21-02-1993	331	19-11-1973	419
13	02-01-1995	371	27-02-1990	284	01-01-1995	219	01-03-2008	251	18-01-2007	330	22-12-2023	412
14	02-02-1983	371	16-11-1966	280	27-02-1990	217	16-02-1962	251	27-02-1990	330	22-12-2023	412
15	28-02-1990	370	10-12-1965	280	25-01-1993	214	06-12-1940	251	01-01-1995	329	21-01-1976	408
16	23-11-1930	370	14-02-1989	279	02-01-1995	214	22-12-2023	251	13-12-1973	327	03-01-1976	406
17	09-11-2007	367	14-12-1973	279	01-02-1995	214	27-02-1990	250	01-11-2006	326	10-01-1995	404
18	21-03-1961	367	22-10-2014	277	02-02-1995	214	22-10-2014	248	22-12-2023	324	22-10-2014	402
19	10-12-1965	365	21-03-2008	275	14-12-1973	213	20-01-1976	248	18-02-2022	324	14-12-1973	399
20	30-12-1904	365	21-12-2003	272	15-11-1977	213	18-03-2007	245	22-12-2023	324	31-12-1977	396
21	01-03-1990	364	01-01-1995	271	11-02-2020	212	18-01-2007	242	22-10-2014	321	22-12-1954	393
22	01-02-1953	364	24-12-1954	270	08-02-2004	210	28-01-1994	242	18-03-2007	320	14-01-2017	392
23	29-08-1996	361	01-03-1949	270	07-02-1984	208	12-01-2007	240	20-01-1960	320	27-02-1990	392
24	03-01-2018	360	07-04-1943	268	25-01-1993	208	29-01-1938	240	06-12-2013	319	24-11-1981	391
25	01-12-1936	360	15-11-1977	267	06-11-1998	208	01-11-2006	238	03-01-1976	319	02-02-1983	388
26	10-02-2020	359	26-01-1944	267	11-02-2020	208	02-02-1969	238	01-12-1936	319	28-02-1990	387
27	26-01-1944	358	21-02-2022	267	18-12-1979	207	01-01-1995	237	01-03-2008	318	24-11-1981	385
28	02-01-1995	357	23-11-1908	266	27-02-1990	207	06-12-2013	236	10-01-2015	314	30-01-2000	383
29	31-01-2022	357	14-11-1993	265	25-11-2023	207	10-01-2015	235	08-01-2019	311	02-12-1917	382
30	23-12-1954	356	25-01-1993	265	01-03-1990	206	28-01-1994	234	12-01-2007	308	18-03-2007	379
31	27-02-1990	355	01-02-1953	265	11-12-1974	205	20-12-1991	233	03-11-1970	305	12-01-2007	379
32	14-12-1973	355	06-12-1940	265	07-02-1984	205	13-12-1973	233	07-12-1940	305	08-01-2019	378
33	11-11-1992	354	01-12-1936	265	22-10-2014	205	27-10-2002	231	14-11-1977	304	11-01-2015	377
34	24-11-1984	354	28-02-1990	264	18-01-1983	204	18-12-1979	231	28-01-1994	303	06-12-1973	373
35	21-02-2022	354	02-02-1983	264	21-02-1993	204	20-01-1960	230	24-11-1981	303	01-03-2008	372
36	22-10-2014	353	06-11-1921	263	04-01-1976	203	19-01-1945	230	30-12-1977	303	19-02-2022	372
37	13-01-1916	353	17-02-1962	262	14-12-1981	203	20-10-1935	229	02-02-1969	302	12-12-1929	368
38	29-10-1996	352	11-11-1912	262	15-01-1986	203	08-01-2019	229	09-01-1958	302	03-12-1999	366
39	28-02-1967	352	02-01-1995	261	05-01-2012	203	01-12-1936	228	12-12-1990	300	02-01-1995	366
40	28-11-1974	351	01-03-1990	261	11-01-2015	203	30-01-2000	227	24-11-1981	300	28-01-1994	366
41	13-11-1973	350	21-01-1976	257	08-02-1984	202	24-11-1981	227	16-11-1973	300	18-09-1914	366
42	25-01-1993	349	23-02-1946	256	21-02-2022	202	09-01-1958	227	20-12-1991	299	03-12-1917	365
43	13-11-1977	349	21-02-1993	254	18-12-1974	201	12-12-1990	225	23-02-1967	299	29-10-2017	364
44	21-01-1976	349	02-02-1969	254	24-11-1977	201	13-11-1973	224	13-01-2017	298	05-02-1999	359
45	14-12-1973	349	02-12-1917	254	16-12-1979	201	21-11-1971	222	30-11-1966	298	13-11-1973	357
46	21-12-2023	348	29-10-1996	253	04-01-1984	201	07-04-1943	222	16-12-1982	297	16-11-1973	356
47	13-11-1977	345	01-12-1936	253	28-10-1974	200	05-12-1988	220	25-01-1993	296	13-03-1994	354
48	05-10-1967	344	23-11-1930	253	21-03-2008	200	14-01-1986	220	14-02-1989	296	02-11-1921	354
49	16-10-1958	344	08-02-2004	252	06-12-2013	200	16-12-1982	220	13-11-1973	296	08-04-1943	353
50	11-02-2020	343	22-12-1954	252	28-10-1974	199	30-12-1977	220	13-03-1994	295	07-01-1905	353

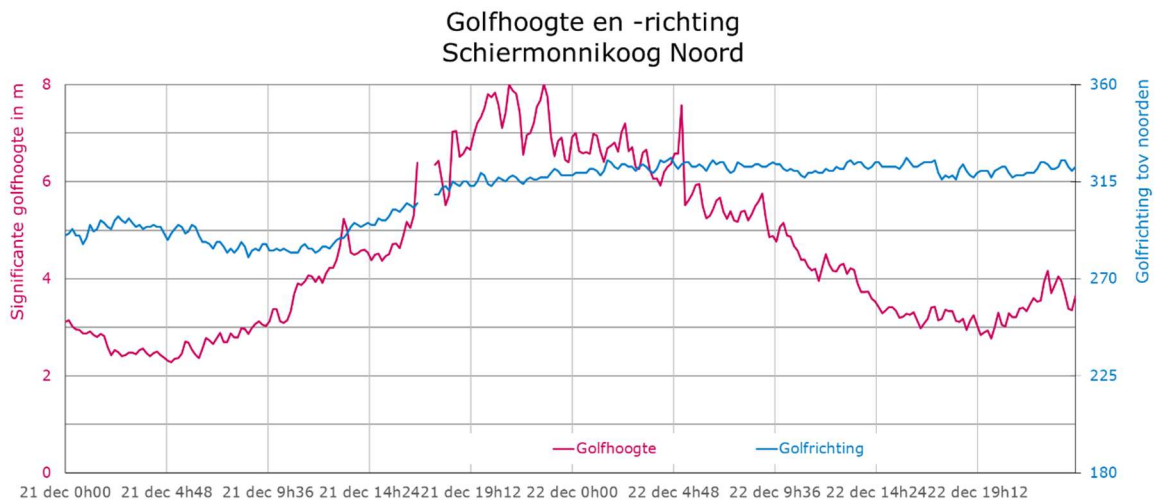
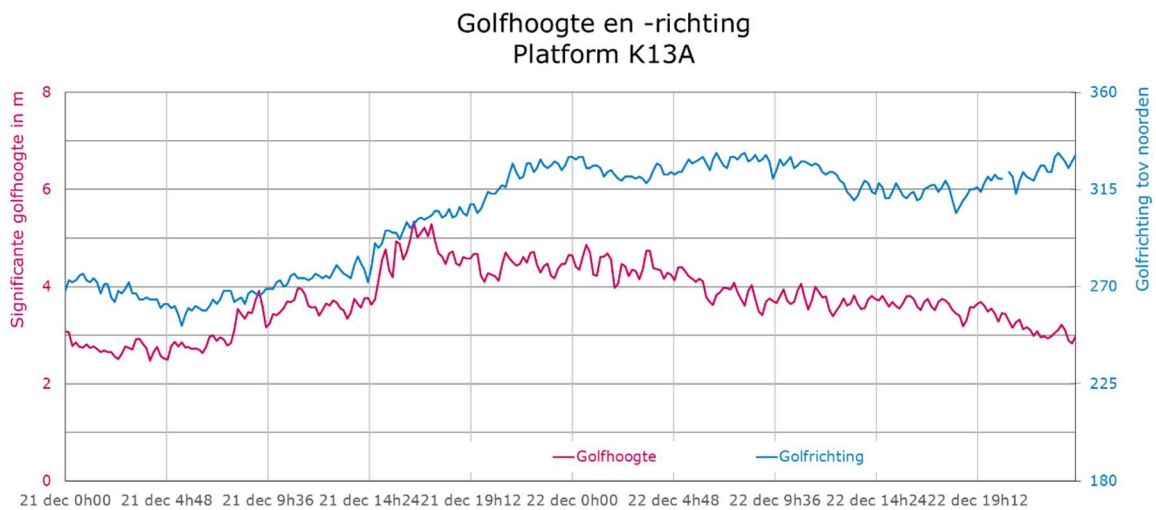
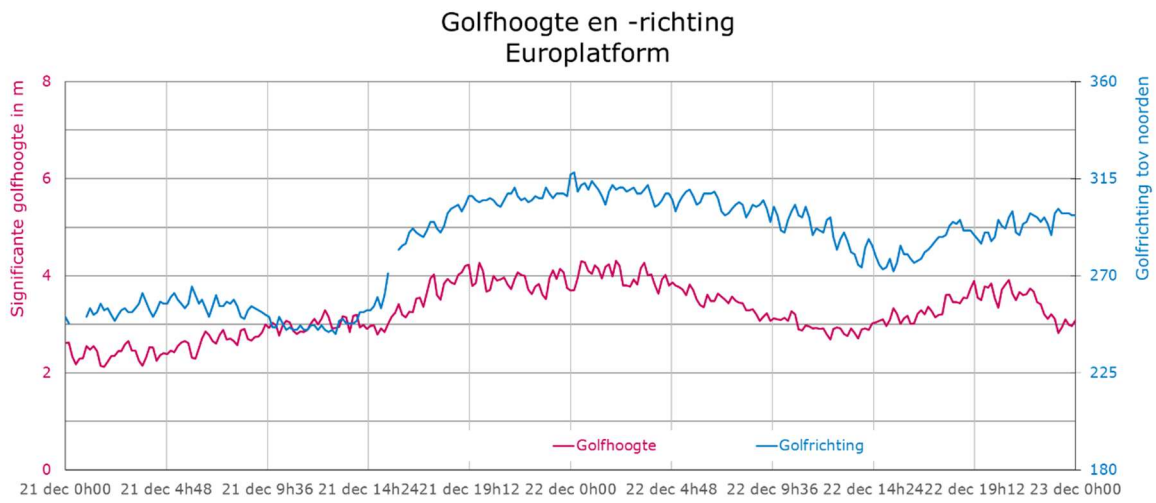
Waterstand boven Waarschuingspeil

Waterstand boven Alarmpeil

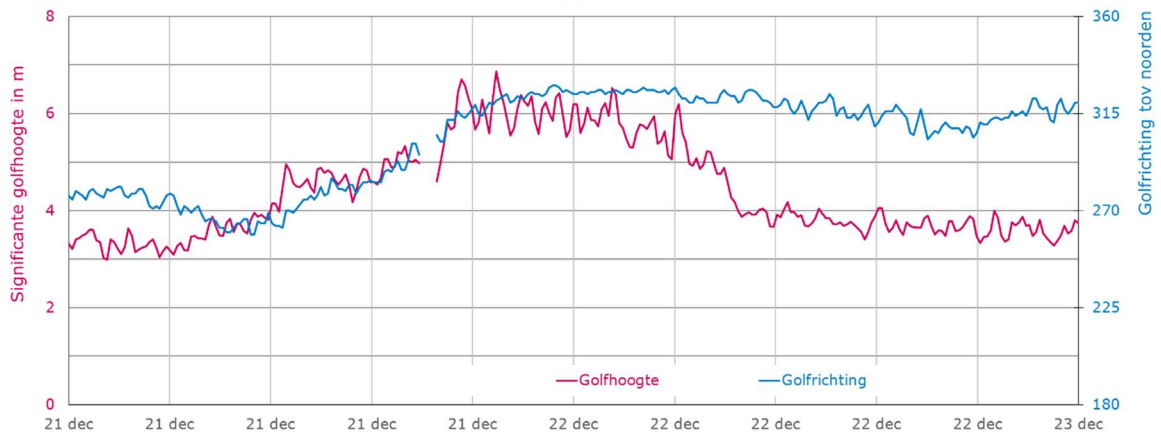
Waterstand boven landelijk Alarmpeil

Waterstand boven MHW

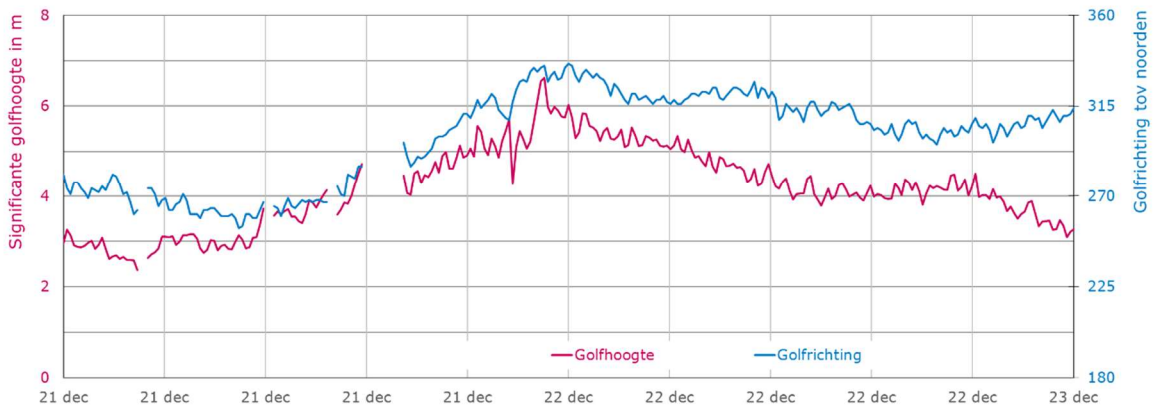
Bijlage 10: Opgetreden golfgegevens



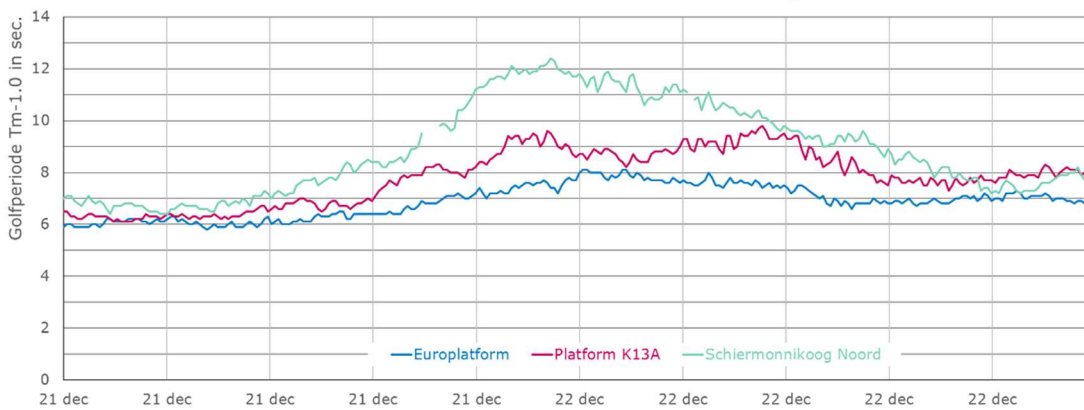
Golfhoogte en -richting
Eierlandse Gat



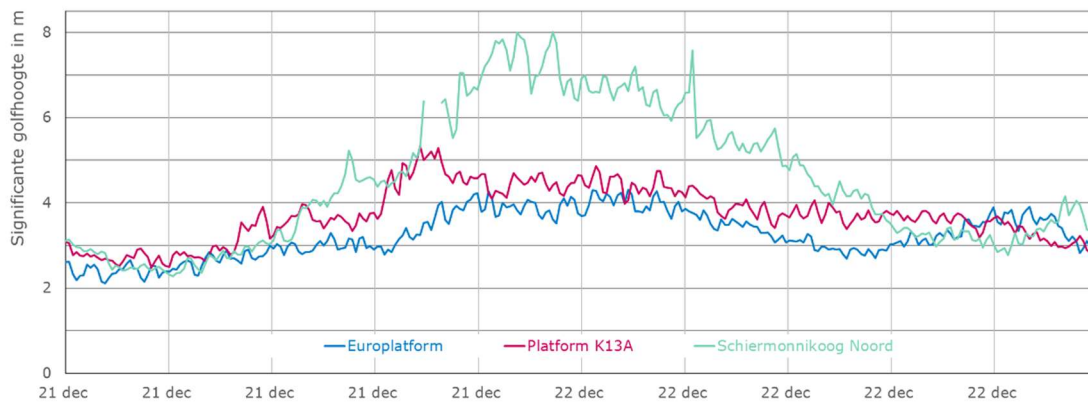
Golfhoogte en -richting
IJmuiden



Golfperiode
Europlatform, Platform K13A, Schiermonnikoog Noord



Significante golfhoogte Europlatform, Platform K13A, Schiermonnikoog Noord



Bijlage 11

50 hoogste globaal gecorrigeerde golfperioden na 1979

nr	Scheur west wandelaar		Euro platform		IJmuiden munitiestortplaats		Eierlandse gat		Schiermonnikoog noord	
	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	21-2-1993	12,7
2	13-12-1990	9,4	7-12-2013	10,3	12-12-1990	12,0	9-11-2007	12,1	13-1-2017	12,6
3	7-12-2013	9,0	30-1-2022	10,2	14-1-2017	11,8	13-1-2017	11,7	21-12-2023	12,3
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	24-11-1981	11,6
10	13-9-1998	8,5	2-1-1995	9,2	29-2-1988	10,8	10-1-1995	11,1	11-1-2015	11,6
11	29-2-1988	8,5	14-1-2017	9,1	21-12-2023	10,7	8-1-2019	11,0	14-2-1989	11,5
12	5-4-2000	8,4	4-4-2000	9,0	6-11-1985	10,5	21-12-2023	10,7	6-11-1985	11,4
13	14-1-2017	8,4	25-1-1990	8,9	11-11-1985	10,4	5-2-1999	10,8	22-10-2014	11,4
14	2-1-1995	8,3	21-3-2007	8,9	17-4-1991	10,4	17-4-1991	10,6	19-11-1992	11,3
15	12-4-1985	8,3	8-1-2019	8,9	30-1-2000	10,4	20-4-1980	10,6	18-1-1983	11,1
16	14-2-1989	8,3	29-10-2017	8,8	2-11-1985	10,4	20-11-1987	10,5	3-11-1985	11,0
17	10-12-1990	8,2	1-1-1985	8,8	20-4-1980	10,3	1-1-1985	10,2	12-2-2020	10,9
18	29-8-1996	8,2	17-4-1991	8,7	28-1-1994	10,3	28-12-2001	10,2	26-12-2001	10,9
19	8-10-1989	8,2	23-2-1988	8,7	22-10-2014	10,3	1-1-1981	10,1	3-12-1999	10,9
20	22-12-2001	8,2	19-1-1983	8,7	26-12-2001	10,3	15-11-1993	10,1	1-3-2008	10,8
21	28-4-1985	8,1	22-10-2014	8,7	28-2-1993	10,2	26-12-2001	10,1	30-10-1996	10,8
22	14-12-1993	8,1	3-3-1984	8,7	19-2-1993	10,2	16-9-1994	10,0	15-12-2000	10,6
23	20-1-1998	8,1	16-4-1992	8,7	18-1-2007	10,1	25-11-1981	10,0	25-1-1993	10,5
24	20-3-2007	8,1	17-2-1999	8,6	28-4-1985	10,1	18-1-2007	10,0	27-12-1991	10,5
25	21-11-1987	8,1	8-11-2001	8,6	5-2-1999	10,1	2-10-1991	10,0	22-11-2001	10,5
26	26-3-1983	8,0	14-12-1993	8,6	15-11-1993	10,1	3-1-2018	9,9	18-12-1979	10,5
27	13-9-1996	8,0	10-12-1983	8,6	21-11-1987	10,1	25-1-1993	9,9	17-2-1999	10,5
28	14-1-1984	8,0	28-1-1990	8,5	27-3-1995	10,0	23-11-2001	9,9	3-12-1980	10,4
29	12-10-1998	8,0	8-10-1998	8,5	20-3-2007	9,9	15-12-2000	9,9	2-2-1983	10,3
30	24-1-1986	8,0	28-2-1993	8,5	21-3-2008	9,8	16-1-1981	9,9	12-1-2007	10,3
31	27-2-1990	8,0	27-10-2002	8,5	16-9-1994	9,8	20-2-2007	9,8	28-2-1993	10,3
32	2-11-1986	8,0	28-4-1985	8,5	20-1-1998	9,8	1-2-1983	9,8	20-12-1993	10,3
33	23-2-1988	7,9	18-10-1991	8,4	19-1-1983	9,8	29-2-1988	9,7	21-12-1991	10,2
34	26-1-1995	7,9	21-3-2008	8,4	1-1-1981	9,8	14-1-1984	9,7	8-1-1984	10,2
35	5-2-1999	7,9	20-12-2001	8,4	17-2-1999	9,7	19-12-1986	9,6	24-12-1988	10,2
36	7-1-1985	7,9	16-10-1987	8,4	4-4-2000	9,7	16-4-1992	9,6	29-1-2002	10,2
37	28-11-1980	7,9	6-11-1985	8,4	15-1-1984	9,7	3-11-1985	9,6	5-11-1981	10,2
38	22-10-2014	7,8	26-12-2001	8,4	4-3-2000	9,7	10-9-2001	9,6	23-1-1993	10,2
39	2-3-1990	7,8	28-1-1994	8,3	29-10-1996	9,7	28-2-1993	9,6	15-12-1980	10,1
40	25-10-1998	7,8	16-11-1995	8,3	28-10-2002	9,7	5-1-1998	9,5	16-12-1982	10,1
41	25-1-1990	7,8	13-9-1996	8,3	5-1-1998	9,6	27-2-1990	9,5	29-10-1988	10,1
42	7-12-1988	7,8	14-11-2001	8,3	15-1-1986	9,6	3-12-1999	9,5	17-1-1984	10,1
43	27-10-2002	7,8	24-1-1986	8,3	25-1-1990	9,6	9-12-1993	9,5	28-12-2001	10,0
44	1-2-1986	7,8	1-2-1986	8,3	3-12-1980	9,6	20-9-1990	9,5	21-11-1981	10,0
45	20-10-1986	7,8	5-2-1999	8,3	6-11-1999	9,5	23-2-2002	9,4	27-12-1998	10,0
46	29-10-2017	7,8	16-9-1994	8,3	16-10-1987	9,5	28-11-1980	9,4	6-11-1996	10,0
47	21-2-2002	7,8	6-1-1985	8,3	1-3-1998	9,5	18-11-1980	9,4	28-10-2002	10,0
48	15-2-1990	7,8	1-4-1994	8,3	16-4-1992	9,5	12-9-1996	9,4	21-11-1987	10,0
49	12-4-1983	7,8	6-11-1999	8,3	16-12-2000	9,5	9-1-1991	9,4	17-2-1996	10,0
50	12-2-1990	7,8	13-9-1998	8,3	21-8-1980	9,4	4-4-2000	9,4	15-3-1992	9,9

0,0 22-12-2023 8,1 21-12-2023 10,7 21-12-2023 10,7 21-12-2023 12,3

N.B. Meetgegevens bij de meetlocatie Scheur West Wandelaar ontbreken tijdens deze stormvloed.

Bijlage 12

50 hoogse globaal gecorrigeerde significante golfhoogten na 1979

nr	Scheur west wandelaar		Euro platform		IJmuiden munitiestortplaats		Eierlandse gat		Schiermonnikoog noord	
	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	12-12-1990	7,4	9-11-2007	8,3
2	29-8-1996	4,4	14-11-1993	6,4	14-1-1984	7,1	9-11-2007	7,4	13-1-2017	7,9
3	8-11-2001	4,3	16-10-1987	6,4	21-2-1993	7,1	3-1-2018	7,3	21-12-2023	7,9
4	14-11-1993	4,3	12-12-1990	6,3	27-10-2002	7,0	21-2-1993	7,2	29-10-2017	7,5
5	19-2-1996	4,2	27-10-2002	6,0	12-12-1990	6,8	18-1-2007	7,0	22-10-2014	7,5
6	12-4-1985	4,2	9-11-2007	6,0	1-11-2006	6,7	8-1-2019	6,9	12-12-1990	7,5
7	12-1-1995	4,1	19-12-1986	5,8	21-12-2023	6,6	28-12-2001	6,7	21-2-1993	7,4
8	21-2-1993	4,1	21-2-1993	5,6	29-10-2017	6,6	28-1-1994	6,7	24-11-1981	7,2
9	12-12-1990	4,0	8-11-2001	5,5	2-1-1995	6,5	25-1-1993	6,6	5-2-1999	7,1
10	2-3-1987	4,0	1-4-1994	5,4	6-12-2013	6,5	2-10-1991	6,6	8-1-2019	7,1
11	27-10-2002	4,0	22-10-2014	5,4	25-1-1990	6,4	10-1-1995	6,6	30-1-2000	7,1
12	28-1-1994	4,0	12-1-1995	5,4	12-1-1995	6,4	21-12-2023	6,6	28-1-1994	7,0
13	26-1-1995	4,0	29-2-1988	5,4	22-10-2014	6,3	6-1-1991	6,5	10-1-2015	6,9
14	15-2-1990	3,9	15-2-1990	5,4	25-1-1993	6,0	2-1-1995	6,5	14-2-1989	6,7
15	22-10-2014	3,9	19-2-1996	5,3	28-1-1994	6,0	4-1-1998	6,4	1-3-2008	6,4
16	24-1-1986	3,9	27-2-1990	5,3	9-3-1990	6,0	14-1-1984	6,4	1-2-1983	6,3
17	19-12-1986	3,9	14-2-1989	5,3	14-11-1993	5,9	9-12-1993	6,4	18-1-1983	6,2
18	25-1-1990	3,8	28-1-1994	5,2	5-2-1999	5,9	6-12-2013	6,4	27-10-2002	6,1
19	14-2-1989	3,8	5-1-1998	5,2	27-2-1990	5,9	25-1-1990	6,4	12-2-2020	6,1
20	4-4-2000	3,8	20-10-1986	5,2	1-3-2008	5,8	14-2-1989	6,4	6-11-1985	6,1
21	15-1-1986	3,8	27-3-1987	5,2	18-1-2007	5,8	11-2-2020	6,3	12-1-2007	6,1
22	20-1-1998	3,8	25-10-1998	5,2	29-2-1988	5,7	27-10-2002	6,3	22-11-2001	6,0
23	11-11-1992	3,8	19-1-1986	5,1	5-1-1998	5,7	5-2-1999	6,2	27-12-1991	5,9
24	28-4-1985	3,7	1-1-1985	5,1	14-1-2017	5,6	1-2-1983	6,2	3-12-1999	5,9
25	1-11-2006	3,7	9-12-1993	5,1	18-12-1979	5,6	27-2-1990	6,1	23-2-2002	5,9
26	29-2-1988	3,7	1-1-1995	5,1	4-1-1984	5,6	26-2-2002	6,0	28-4-1985	5,8
27	11-3-1998	3,7	13-1-2017	5,1	15-1-1986	5,5	6-11-1985	6,0	7-10-1990	5,8
28	14-9-1998	3,7	5-12-2013	5,1	1-4-1994	5,5	18-1-1983	6,0	29-10-1996	5,7
29	20-10-1986	3,7	6-1-1991	5,0	2-10-1991	5,5	18-3-2007	5,9	16-3-2007	5,7
30	3-3-1984	3,7	9-2-2020	5,0	14-2-1989	5,5	18-11-1990	5,9	9-9-2001	5,6
31	3-2-1990	3,7	15-12-1979	5,0	20-11-1987	5,5	1-1-1985	5,9	25-1-1993	5,6
32	13-1-2017	3,6	17-3-1994	5,0	11-1-2007	5,4	21-2-2002	5,9	28-12-1990	5,5
33	11-1-1979	3,6	15-1-1986	5,0	20-1-1998	5,3	3-1-1984	5,8	19-11-1992	5,5
34	29-10-1996	3,6	1-11-2006	4,9	16-9-1994	5,3	19-12-1986	5,8	20-12-1993	5,5
35	1-1-1985	3,6	24-1-1986	4,9	14-2-1990	5,3	3-12-1999	5,8	18-11-1990	5,5
36	18-12-1979	3,6	6-1-1988	4,9	17-3-1994	5,3	29-2-1988	5,8	17-2-1999	5,5
37	8-10-1989	3,6	13-9-1998	4,9	6-1-1991	5,3	18-12-1979	5,7	16-12-1982	5,4
38	28-11-1980	3,6	3-3-1984	4,9	20-4-1980	5,3	15-11-1993	5,7	4-1-1984	5,4
39	15-12-1979	3,6	3-12-1999	4,9	23-9-1988	5,3	28-4-1985	5,7	28-12-2001	5,4
40	21-2-2002	3,6	29-10-1996	4,9	28-4-1985	5,3	18-3-1995	5,7	17-2-1996	5,4
41	9-12-1993	3,6	25-1-1993	4,9	10-1-1995	5,3	20-11-1987	5,7	14-2-1990	5,4
42	28-5-2000	3,6	12-4-1985	4,9	28-12-2001	5,3	17-2-1999	5,7	9-1-1991	5,4
43	2-1-1995	3,6	17-2-1999	4,9	9-3-2002	5,2	5-12-1988	5,7	20-11-1987	5,3
44	6-12-2001	3,6	14-1-1984	4,9	6-11-1985	5,2	11-1-2007	5,6	19-2-1996	5,3
45	10-12-1990	3,6	3-3-1995	4,9	3-3-1995	5,2	16-9-1998	5,6	8-10-1988	5,3
46	11-3-1982	3,6	3-1-2018	4,8	19-12-1986	5,2	29-10-1996	5,5	15-3-1992	5,3
47	26-3-1983	3,5	27-11-1983	4,8	3-12-1999	5,2	1-1-1981	5,5	6-7-1990	5,3
48	25-1-1993	3,5	1-3-2008	4,8	16-12-1979	5,1	20-4-1980	5,5	4-12-1981	5,3
49	3-5-1987	3,5	28-12-2001	4,8	17-1-1984	5,1	8-10-1988	5,5	3-12-1980	5,3
50	14-1-1984	3,5	20-12-1991	4,8	17-2-1995	5,1	16-9-1994	5,5	28-2-1988	5,3

0,0 22-12-2023 4,2 21-12-2023 6,6 21-12-2023 6,6 21-12-2023 7,9

N.B. Meetgegevens bij de meetlocaties Scheur West Wandelaar ontbreken tijdens deze stormvloed.