

stowa



Water tegen de dijk

Het functioneren van waterkeringen tijdens het winterhoogwater 2023/2024



enw | expertisenetwerk
waterveiligheid



Samengevat

Het hoogwater van 2023/2024 zorgde voor significante¹ belastingen op veel Nederlandse dijken, leidde tot veel inspanningen bij waterkeringbeheerders en zorgde voor aandacht in de media. De waterkeringen hebben zich goed gehouden. Desondanks hebben zich situaties voorgedaan waar we van kunnen en moeten leren. Deze hoogwaterevaluatie is gestart om belangrijke lessen voor dijkbeheer vast te leggen. Het streven van deze evaluatie is niet om compleet te zijn, maar om op basis van bijdragen uit verschillende organisaties de belangrijkste lessen en kennisvragen te destilleren. Dit rapport is opgesteld door een groep waterprofessionals werkzaam bij waterschappen, in het bedrijfsleven, bij kennisinstellingen of universiteit en uitgevoerd onder auspiciën van het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW).

Het hoogwater van 2023/2024 kenmerkte zich door een reeks gebeurtenissen die zorgde voor significante belastingen op waterkeringen: stormvloed op zee, hoogwaters op de hoofdrievieren en regionale rivieren en langdurige regenval. De meerpeilen op het IJsselmeer en Markermeer bereikten recordhoogtes. Vooral de opeenvolging en combinatie van gebeurtenissen maakten het een bijzonder hoogwater. Voor de hoofdrievieren was de piekwaterstand niet extreem (herhalingstijd² in de orde van 5 jaar), maar het totale afvoervolume over een periode van 30 à 60 dagen was uitzonderlijker (herhalingstijd in de orde van 40 jaar voor de Rijn bij Lobith). Ongetwijfeld kan dit gerelateerd worden aan de vele regenval in de winterperiode in Nederland en Duitsland: de neerslagsom over 3 maanden in De Bilt had een herhalingstijd in de orde van 100 jaar. Voor het IJsselmeer en Markermeer waren de herhalingstijden van de pieken van de meerpeilen nog groter (orde 100 jaar) en zijn de hoogste meerpeilen sinds de afronding van de Houtribdijk in 1976 gemeten. Aangezien de sterkte van gronddijken naast de waterhoogte ook wordt bepaald door belastingduur en neerslag was het gecombineerde belastingeffect lokaal zeldzaam.

De waterkeringen hebben het goed gehouden. Conform verwachting zijn geen dijkdoorbraken of grote schades geconstateerd. Toch zijn er enkele interessante observaties gedaan:

- Meerdere kilometers dijkversterkingen waren 'in uitvoering'. Bij deze dijkversterkingen zijn daarom noodmaatregelen getroffen zoals zandzakken en krammatten. De maatregelen zijn echter op verschillende plaatsen beschadigd geraakt. Het plannen en oefenen met het nemen van noodmaatregelen is waardevol om schades hieraan te voorkomen.
- De toegenomen populatie van bevers en dassen in de nabijheid van waterkeringen heeft geleid tot veel graverijen. Vooral de bevers hebben nieuwe gangen gegraven in dijken tijdens het opkomende water.

¹ Met significant wordt in deze context bedoeld: meer dan het gemiddelde, maar geen extreme belastingen.

² De herhalingstijd van de piekwaterstand is een statistische maat die aangeeft hoe vaak een bepaalde waterstand gemiddeld verwacht kan worden.

Ondanks extra inspecties tijdens hoogwater zijn de nieuwe gangen pas na het hoogwater gedetecteerd. De graverijen hebben niet tot grote veiligheidsproblemen geleid, maar wel tot veel extra inspanning voor waterkeringbeheerders.

- Onvoorziene gebeurtenissen zoals drijfhout en micro-instabiliteit hebben lokaal voor schade aan dijken gezorgd.
- Ondanks dat het hoogwater niet heel uitzonderlijk was, bleek er, mede door de lange duur, veel inspanning nodig van waterbeheerders, onder meer voor overlastbeperking in buitendijkse gebieden. Ook bleek het voor de media lastig om het hoogwater op een correcte manier te duiden.

De belangrijkste overkoepelende les van het hoogwater 2023/2024 voor waterveiligheid is dat de omgeving van de waterkering verandert. Klimaat, maatgevende belastingcombinaties, natuurontwikkeling, en een toenemend aantal kilometers dijkversterking 'in uitvoering' zorgen voor andere randvoorwaarden en nieuwe risicofactoren. Het is essentieel om na te denken over de eisen die dit stelt aan het ontwerp, de uitvoering, en het beheer van waterkeringen. Dit is nodig om de waterveiligheid ook in deze veranderende omgeving te waarborgen.

Aangezien deze en vorige evaluaties voornamelijk tot stand zijn gekomen op ad-hoc initiatief van enkele betrokken waterprofessionals, eindigen we met een oproep om dergelijke evaluaties standaard en centraal gecoördineerd uit te voeren na elk hoogwaterseizoen. En dit zodanig in te richten dat ook tijdens het hoogwater de informatie gestructureerd wordt opgehaald.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Hydraulische belastingen	3
2.1.	Afvoer rivieren	3
2.2.	Meerpeilen Markermeer / IJsselmeer	6
2.3.	Zeewaterstanden	8
2.4.	Neerslag en wind	9
2.5.	Samenvallen regenval en hoogwater	11
3	Functioneren waterkeringen	12
3.1.	Dijken in uitvoering	12
3.2.	Graverij	14
3.3.	Onvoorziene gebeurtenissen	15
3.4.	Wellen	17
3.5.	Schade aan bekledingen	19
3.6.	Noodmaatregelen	19
3.7.	Waterbouwkundige constructies	20
4	Buitendijkse gebieden	22
4.1.	Buitendijkse gebieden tijdens hoogwater	22
4.2.	Buitendijkse gebieden Markermeer	24
5	Overige observaties	27
5.1.	Druk op de waterkeringbeheerders	27
5.2.	Media en sociale media	28
5.3.	Informatievoorziening	29
6	Lessen en kennisvragen	30
6.1.	Belangrijkste lessen	30
6.2.	Kennisvragen	31
6.3.	Tot slot	32
7	Bronnen	33

1 Inleiding

Aanleiding en doel

In de periode tussen december 2023 en januari 2024 heeft zich een reeks van gebeurtenissen voorgedaan waardoor de Nederlandse waterkeringen significante belastingen te verwerken kregen. Verschillende stormen zorgden voor hoge waterstanden langs de kust waardoor stormvloedkeringen werden gesloten. Een uitzonderlijk natte winter leidde tot meerdere golven van verhoogde afvoeren op de rivieren. Door de combinatie hiervan met verminderde spuicapaciteit door hoge zeewaterstanden steeg het peil in het IJsselmeer en Markermeer tot recordhoogtes.

Er hebben zich geen grote calamiteiten voorgedaan. Wel was er verhoogde waakzaamheid bij verschillende waterschappen en was er veel aandacht voor het hoogwater en de lokale gebeurtenissen in de media. Vele waterprofessionals waren betrokken en daarmee zijn veel ervaringen opgedaan en is data verzameld. Ondanks dat er geen waterkeringen zijn doorgebroken, zijn er enkele interessante lessen te leren. Deze publicatie heeft tot doel om de ervaringen rondom het functioneren van de waterkeringen zo veel mogelijk te bundelen en hieruit de belangrijkste lessen en kennisvragen te destilleren. Dit past in een waardevolle traditie om observaties en ervaringen rondom hoogwater en overstromingen vast te leggen in rapporten door de voorganger van het huidige Expertise Netwerk Waterveiligheid (TAW, 1994; TAW, 1995).

Afbakening

Deze inventarisatie richt zich vooral op het functioneren van de waterkeringen (sterkte en belastingen), waarbij ook enkele bredere waterveiligheidsvraagstukken worden beschouwd, zoals schade in buitendijkse gebieden. Stormvloedkeringen en overige waterbouwkundige werken worden niet behandeld aangezien deze in andere evaluaties al aan bod komen. De inventarisatie richt zich op het vastleggen van constatering en feiten, niet op de interpretatie hiervan. Uit de observaties worden eerste kennisvragen en lessen gedestilleerd. Het streven is hierbij niet om compleet te zijn en diepgravende analyses te doen, wel om een representatief overzicht te geven zodat de belangrijkste lessen kunnen worden getrokken.

Totstandkoming

Dit verslag is tot stand gekomen door bijdrages van de TU Delft, Waterschap Rivierenland, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Waterschap Limburg, STOWA, HKV, Fugro en Deltares. De coördinatie is uitgevoerd door Deltares en Fugro.

De bevindingen in dit verslag zijn vooral gebaseerd op ervaringen van de waterschappen Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK), Waterschap Rivierenland (WRSL) en Waterschap Limburg (WL) en zijn breed gedeeld op de kennisdag Professionaliseren Instandhouding Waterkeringen (PIW)

op 11 april 2024. Ook zijn de resultaten voorgelegd aan andere waterschappen (onder meer Waterschap Drents Overijsselse Delta) en het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW). Hier werden de resultaten herkend en ondersteund. Door het breed bespreken van de resultaten is de verwachting dat de resultaten voldoende representatief zijn voor Nederland, ondanks dat niet alle waterschappen direct betrokken zijn geweest. Van sommige observaties zijn de locaties niet vermeld, omdat deze vertrouwelijk zijn. De locaties zijn wel bekend bij de auteurs.

Dit initiatief is financieel ondersteund door de Stichting Toegepast Onderzoek Waterkeringen (STOWA) en het ENW, met daarnaast in-kind bijdrages van de betrokken partijen.

Raakvlakken

Door verschillende organisaties zoals Rijkswaterstaat en de waterschappen zijn ook interne (proces)evaluaties uitgevoerd. De meerwaarde van onderhavige evaluatie zit in de focus op waterkeringen en generieke lessen met betrekking tot waterveiligheid. Ook komen enkele specifieke zaken aan bod die voor de veiligheid van waterkeringen van belang zijn, maar elders minder aandacht krijgen.

Leeswijzer

Een samenvatting van de belangrijkste feiten en een interpretatie in de inventarisatie zijn in vier groepen opgenomen: hydraulische belastingen (hoofdstuk 2), functioneren van waterkeringen (hoofdstuk 3), buitendijkse gebieden (hoofdstuk 4) en overige observaties (hoofdstuk 5). Hoofdstuk 6 gaat in op de belangrijkste lessen en kennisvragen.

2 Hydraulische belastingen

Het hoogwater van 2023/2024 kenmerkte zich door een reeks gebeurtenissen die ervoor zorgde dat de waterkeringen significante belastingen te verwerken kregen. Vooral de opeenvolging en combinatie van gebeurtenissen maakten het een bijzonder hoogwater. De tijdslijn van de gebeurtenissen is weergegeven in Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tijdslijn van gebeurtenissen.

Periode	Gebeurtenis
oktober – december 2023	Veel neerslag in Nederland en Duitsland
18 december 2023	Eerste piek hoogwater grote rivieren
21 december 2023	Storm Pia, stormvloed op de Noordzee
21 december 2023	Sluiting Maeslantkering en andere stormvloedkeringen
27 december 2023	Tweede piek hoogwater grote rivieren
27 december 2023	Piek in meerpeil IJsselmeer ³
2/3 januari 2024	Storm Henk, windopzet Markermeer (Hoorn, Enkhuizen) en Friese kant van het IJsselmeer
7 januari 2024	Derde piek hoogwater grote rivieren
7/8 januari 2024	Piek in gemiddeld peil Markermeer

2.1. Afvoer rivieren

Deze paragraaf gaat in op de afvoer, herhalingstijd en duur van de afvoer op de hoofdrijen Rijn, IJssel en Maas. De Overijsselse Vecht wordt ook meegenomen omdat er primaire keringen langs liggen. In paragraaf 2.1.3 wordt ingegaan op enkele regionale rivieren waar ook extreme piekafvoeren waren.

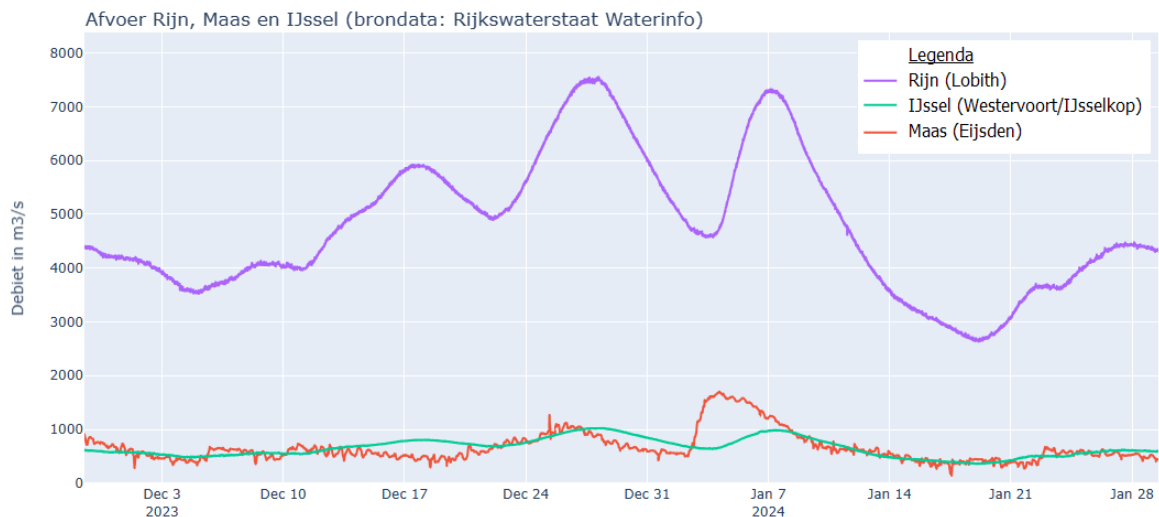
Afvoer hoofdrijen

Op de Rijn bij Lobith passeerden drie hoogwaterpieken, zie Figuur 2.1. De afvoeren van de IJssel en Maas staan ook in de figuur gegeven. De IJssel volgt grotendeels het patroon van de Rijn, maar wordt ook

³ Het gemiddelde wordt berekend over meerdere locaties en geeft het volume aan water weer in het IJsselmeer.

beïnvloed door de afvoer van zijrivieren, zie paragraaf 0. De Maas laat vooral een stijging zien in de eerste week van 2024.

De afvoer van de Overijsselse Vecht bij Vilsteren was ongeveer 400 m³/s (schattingen FEWS-Vecht). Verder benedenstrooms kwam daar naar schatting nog ongeveer 85 m³/s bij vanuit het gemaal Zedemuden en 65 m³/s van de Sallandse Weteringen (schattingen FEWS en Rijkswaterstaat). De waterstand bij Emlichheim (Duitse grens) was met een piek van N.A.P. +13,16 m de hoogste ooit gemeten (oude record was in 1998).



Figuur 2.1. De afvoer van de Rijn bij Lobith, IJssel bij Westervoort en Maas bij Eijsden (brondata: Rijkswaterstaat Waterinfo).

Herhalingstijden piekwaterstanden

Over het algemeen kan gesteld worden dat de piekafvoer niet leidde tot extreme waterstanden. De herhalingstijden in termen van afvoer, liggen op basis van de historie tussen de 3 en 4 jaar, zie Tabel 2.2 en Figuur 2.3. Een uitzondering hierop is de Overijsselse Vecht.

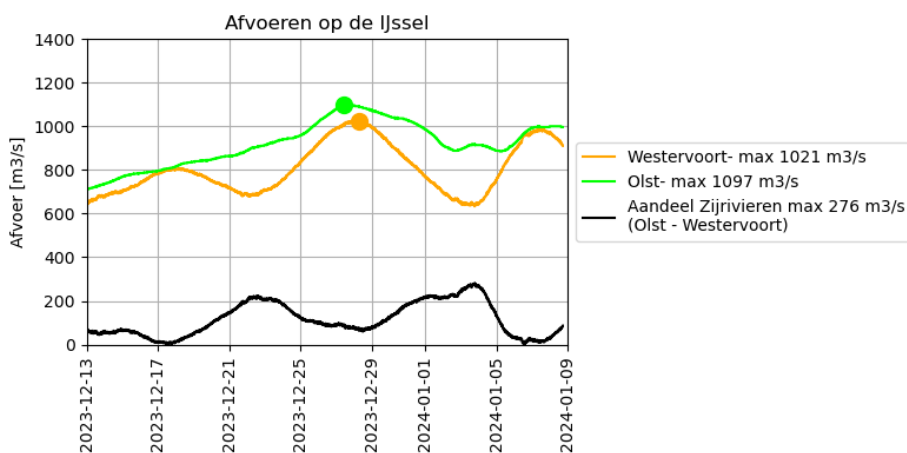
Het is niet bekend wat de exacte herhalingstijden zijn van afvoeren van de Overijsselse Vecht op diverse locaties. Aan de grens met Duitsland bij Emlichheim trad de hoogste gemeten waterstand ooit op (6 cm hoger dan 1998, toen was de piek N.A.P. +13,10 m, zie HKV (2002)). Dat zou mogelijk betekenen dat op die locatie de hoogst gemeten piekafvoer was in de periode van meten (~60 jaar). Dan zou de herhalingstijd op die locatie dus groter zijn dan 50 jaar.

Tabel 2.2 Piekafvoeren en geschatte herhalingsstijden.

Rivier	Locatie	Piekafvoer (m ³ /s)	Herhalingsstijd (jaar)
Rijn	Lobith	7.500	4
Maas	Borgharen	1.700	3
IJssel	Olst	1.100	4
Overijsselse Vecht	Vilsteren	Ca. 400	>50

Afvoer regionale rivieren

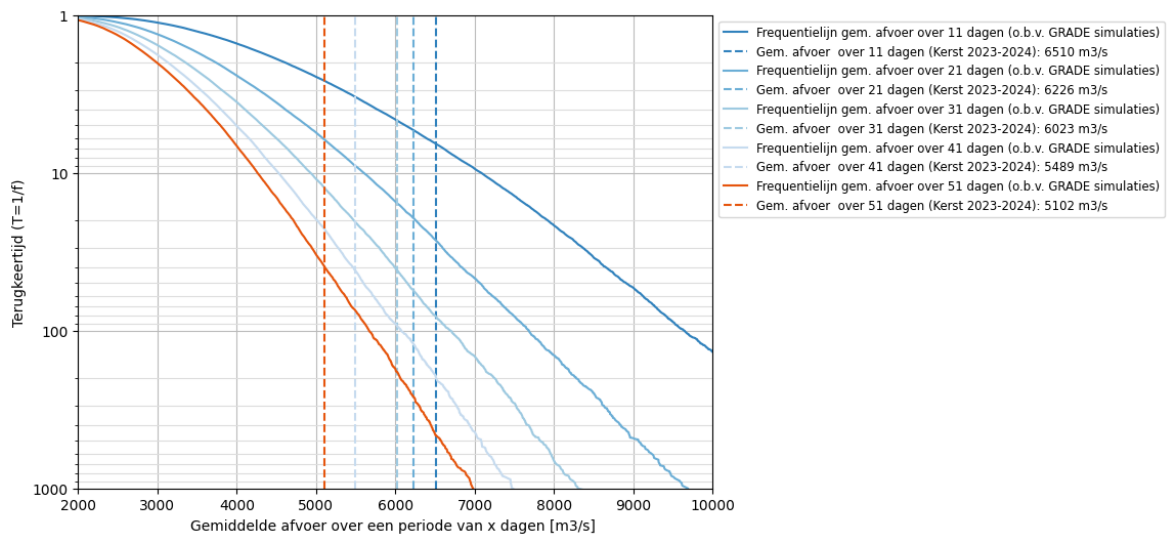
Langs de IJssel waren er hoge afvoeren vanuit de zijrivieren Oude IJssel, Twentekanaal en Berkel. Opmerkelijk is dat de piekafvoer van de IJssel bij Olst (benedenstrooms) eerder optrad dan de piekafvoer bij Westervoort (bovenstrooms) als gevolg van de bijdrage van de zijrivieren, zie Figuur 2.2. Het samenvallen van hoge afvoeren op de IJssel en zijrivieren heeft meer effect op de waterstanden in zijrivieren dan op waterstanden in de IJssel, aangezien de afvoer van de IJssel in verhouding veel groter is dan de afvoer van de zijrivieren.



Figuur 2.2 Afvoeren IJssel en bijdrage zijrivieren bij locaties Westervoort (net ná de IJsselkop op de IJssel) en Olst (verder benedenstrooms).

Duur hoge afvoeren

De hoogte van de belasting als gevolg van de piekafvoer was dus niet bijzonder. De grote rivieren (Rijntakken, Maas) kregen wel te maken met relatief lang aanhoudend hoogwater van orde een maand. Voor verzadiging van waterkeringen is het afvoervolume over een bepaalde tijd een belangrijke parameter. De overschrijdingskans van de totaal afgevoerde hoeveelheid water over 51 dagen wordt geschat op 1/40 per jaar, zie Figuur 2.3.



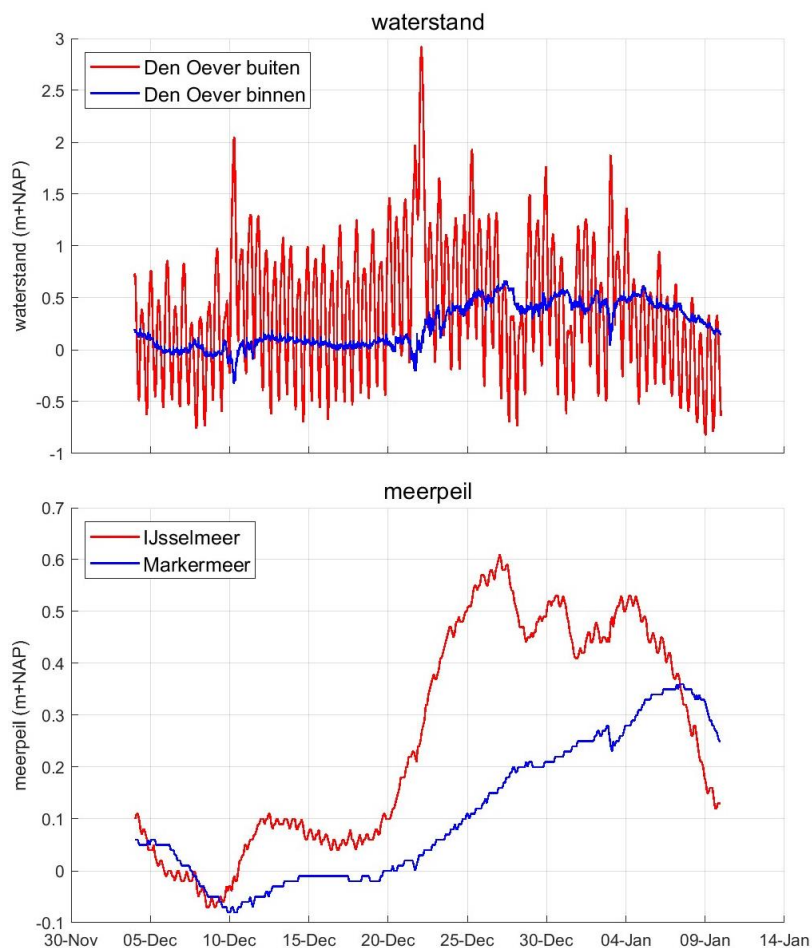
Figuur 2.3. Geschatte overschrijdingsfrequenties van het gemiddelde afvoervolume over een periode van meerdere dagen van de Rijn bij Lobith op basis van GRADE.

2.2. Meerpeilen Markermeer / IJsselmeer

De peilen op zowel het IJsselmeer als het Markermeer hebben recordhoogtes bereikt (sinds de afronding van de Houtribdijk in 1976). Het bestaande record op het IJsselmeer was een meerpeil van N.A.P. +0,52 m (november 1998), tijdens dit hoogwater was het N.A.P. +0,61 m (december 2023). Het betreft hier het ruimtelijk gemiddelde over een periode van 3 uur. Het bestaande record op het Markermeer was een meerpeil van N.A.P. +0,18 m (november 1998) en is nu N.A.P. +0,37 m (januari 2024).

Vooraf het Markermeer is een traag reagerend systeem omdat de instroom beperkt is; het is daarom vooral vanwege de lange duur van de instroom dat daar recordhoogtes bereikt zijn. Het peil op het IJsselmeer was te hoog om vanuit het Markermeer te kunnen spuien. De stormen hebben gezorgd voor spuibeperkingen bij de Afsluitdijk door hoge waterstanden in de Waddenzee. Vooral in de dagen voor kerst (storm Pia) heeft dat geleid tot een snelle stijging van het IJsselmeerpeil, zie Figuur 2.4. Door de hoge afvoer van de IJssel, Overijsselse Vecht en regionale wateren is het IJsselmeerpeil lange tijd, tot ongeveer 10 januari, boven de NAP +0,2 m gebleven. Verder hebben stormen (o.a. storm Henk op 2-3 januari) extra windopzet op het IJsselmeer en Markermeer veroorzaakt.

In de media was er ophef over het peil op het Markermeer, dat Rijkswaterstaat te hoog zou hebben laten staan na de zomer⁴. Volgens Rijkswaterstaat was het hoge Markermeerpeil echter vooral het gevolg van de beperkte spuumogelijkheden richting Waddenzee.



Figuur 2.4. Tijdsverloop van waterstanden aan de binnenzijde en buitenzijde van de Afsluitdijk bij Den Oever (boven) en Peilverloop IJsselmeer en Markermeer (onder), bron: Rijkswaterstaat.

⁴ <https://www.nhnieuws.nl/nieuws/330196/rijkswaterstaat-pareert-kritiek-van-omwonenden-over-waterpeil-markermeer>

Bij de gemeten waarden in het Markermeersysteem waren grote schommelingen waarneembaar waren ten opzichte van de voorspelling. Bijvoorbeeld bij Krabbersgat Zuid bereikte de waterstand een niveau van N.A.P. +0,77 m, terwijl de voorspelde waterstand N.A.P. +0,49 m was en het normale winterpeil N.A.P. - 0,40 m. Daarnaast trok op 4 januari vanaf de Noordzee een lagedrukgebied over het Markermeer; dit liet zich heel moeilijk voorspellen door het Watermanagementcentrum Nederland (WMCN) en het KNMI. Met name het wind-gestuurde systeem van het Markermeer is lastig, omdat een kleine verandering van windrichting in korte tijd tot een forse opzet langs de randen kan leiden.

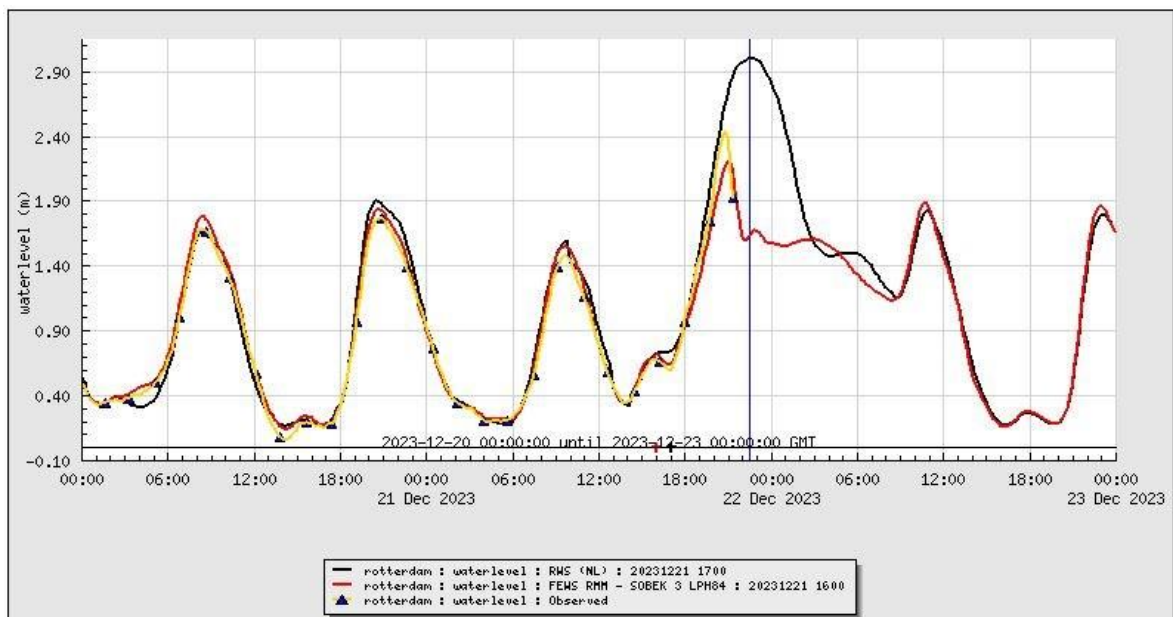
De meerpeilen bereikten de hoogste waarden in de meetreeks sinds het ontstaan van het huidige watersysteem in 1976. Verder zijn dit ook de hoogste waarden in de gesimuleerde reeks van meerpeilen voor de periode 1932-1976, waarbij in de simulaties is aangenomen dat de Houtribdijk ook in die periode al bestond. Een eerste orde schatting is derhalve dat deze gebeurtenis een herhalingsstijd heeft van orde 90 jaar, aangenomen dat de reeks sinds 1932 homogeen is. Meer gedetailleerde analyses duiden op langere herhalingsstijden dan 90 jaar, dit wordt in opdracht van Rijkswaterstaat nog verder uitgezocht.

Een speciaal geval binnen het Markermeer is het eiland Marken. De norm hier is 1/100 per jaar, lager dan omliggende trajecten. Een deel van de dijken wordt versterkt omdat de norm niet gehaald wordt. Er zijn daarom extra inspecties uitgevoerd.

2.3. Zeewaterstanden

De Maeslantkering is in de nacht van 21 op 22 december 2023 voor het eerst in de geschiedenis automatisch gesloten om het achterland te behoeden voor hoge waterstanden. Al drie tot vier dagen voorafgaand kwamen de eerste voorspellingen binnen dat de waterstand boven het sluitpeil zou kunnen uitkomen. De sluitprocedure is gestart om 20:15 uur op 21 december en rond 22:00 uur was de kering gesloten. Om vijf uur 's ochtends de volgende dag is de kering weer geopend.

Figuur 2.5 toont een voorspelling van de waterstand op de Nieuwe Waterweg op 21 december voor de volgende dag met en zonder sluiting van de stormvloedkering. Dat de (voorspelde) waterstand tot boven de N.A.P. +3,0 m kwam, werd mede veroorzaakt door het feit dat de piek van het getij (om 22:15 uur op N.A.P. +1,27 m zie getijtabel Rotterdam) en de piek van de stormopzet vrijwel gelijktijdig optraden. Figuur 2.5 toont hoe de daadwerkelijk opgetreden waterstanden gereduceerd zijn door de sluiting van de kering (verschil tussen de zwarte en gele/rode lijn).



Figuur 2.5 Meting (gele lijn) en voorspelling (zwarte en rode lijn) op 21 december om 17u van de waterstand op de Nieuwe Waterweg voor de volgende dagen. De rode lijn is de voorspelling in geval van een gesloten kering, de zwarte lijn is de voorspelling in geval van een niet gesloten kering. Bron: Matroos viewer Rijkswaterstaat.

2.4. Neerslag en wind

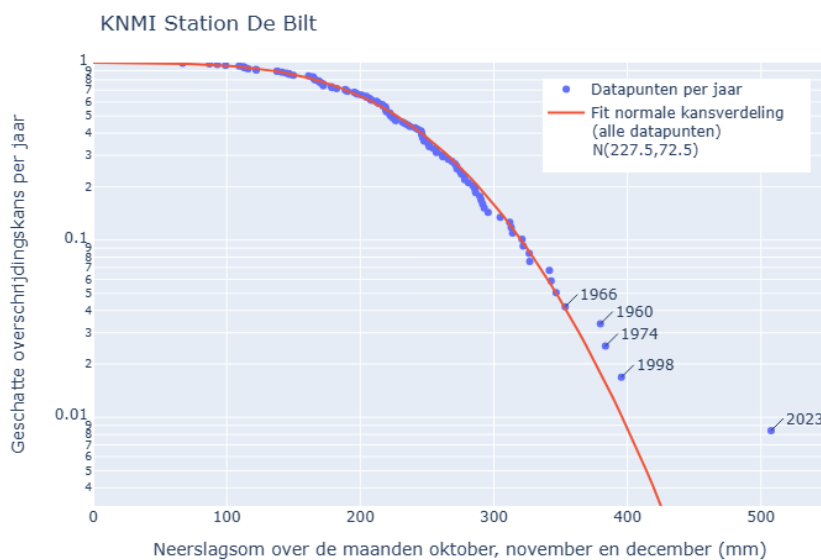
Het KNMI schrijft⁵ dat het jaar 2023 het natste jaar was sinds tenminste 1906, het begin van de landelijke meetreeks van neerslag in Nederland. Landelijk gemiddeld viel er 1153 millimeter neerslag. Hiermee werd het record van 1998 (1109 millimeter) verbroken. Normaal (1991-2020) valt er 851 millimeter per jaar.

Uit de data van de neerslagsom over de maanden oktober tot en met december (zie Figuur 2.6) blijkt dat oktober-december 2023 het natste was sinds de start van de metingen in 1906, veel natter dan het vorige record van 1998. Hieruit volgt een herhalingstijd van 100 jaar of meer. Opvallend is dat de drie hoogste neerslagsommen in 1974, 1998 en 2023 alle zware El Niño jaren betreft.⁶ Alleen het sterke El Niño jaar 1984 is een uitzondering met een relatief droog najaar (neerslagsom rond de 190 mm).

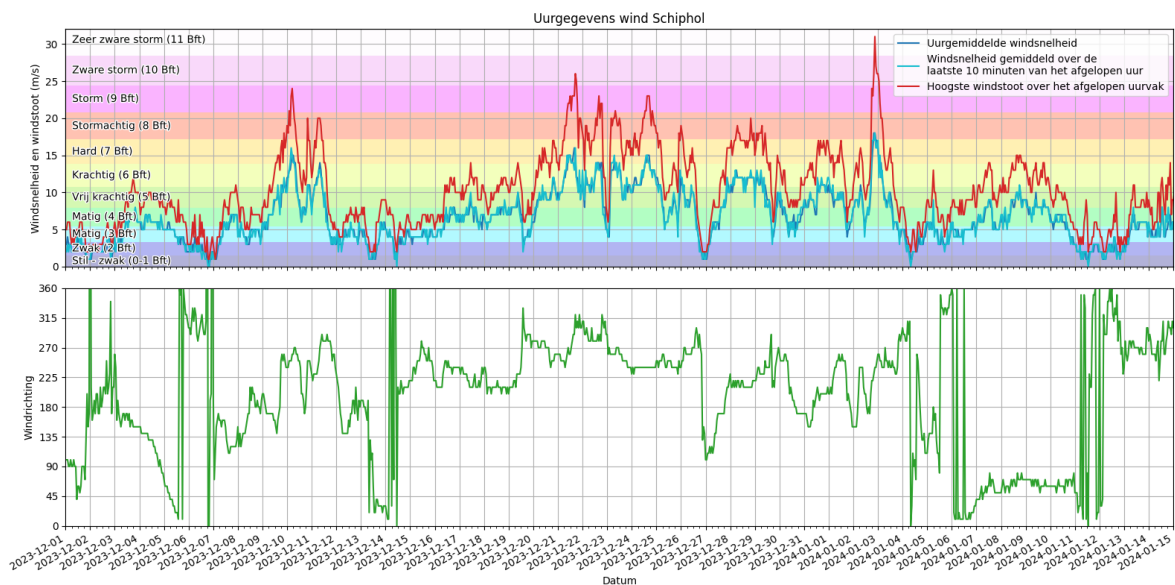
⁵ <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/de-staat-van-ons-klimaat-2023-warmste-en-natste-jaar-ooit-gemeten>

⁶ <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/el-nino-dit-jaar-zeer-sterk>

De windsnelheid en windrichting bij Schiphol staan in Figuur 2.7. Storm Henk op 2/3 januari is duidelijk zichtbaar. Ook duidelijk zichtbaar is de naar het (noord)oosten draaiende wind na het overtrekken van storm Henk, welke voor de hoge waterstanden langs de Markermeerdijken rond 7/8 januari zorgde.



Figuur 2.6. Empirische data van de overschrijdingskans van neerslagsommen oktober, november, en december in De Bilt (brondata: KNMI).



Figuur 2.7 De windsnelheid en richting bij Schiphol van 1 december 2023 tot 10 januari 2024 (bron: KNMI).

2.5. Samenvallen regenval en hoogwater

De verzadiging van de dijk wordt voornamelijk bepaald door de hoogte en duur van de buitenwaterstand en de hoeveelheid neerslag. Dit gecombineerde belastingeffect is vooral van belang voor geotechnische mechanismen. Tijdens het afgelopen hoogwater heeft het samenvallen van de regenval (overschrijdingskans kleiner dan 1/100 per jaar) en langdurig hoogwater (orde 1/40 per jaar voor de rivieren en nog kleiner voor de meren) geleid tot zeldzame belastingeffecten. In ieder geval zeldzamer dan alleen op basis van de piekwaterstanden wordt gevonden. Voor de kans van optreden van geotechnische mechanismen is dit waarschijnlijk bepalender dan analyses op basis van alleen de piekwaterstand.

Eerste analyses van peilbuisreeksen langs de Markermeerdijken laten zien dat de freatische stijghoogtes gedurende het hoogwater veelal hoger liggen dan de buitenwaterstand. Dit is voor de Markermeerdijken meestal het geval. De peilbuismetingen bevestigen het beeld dat de waterspanning vooral reageert op neerslag en in veel mindere mate op de buitenwaterstand. Daarmee wordt het belang van neerslag als relevante en mogelijk maatgevende belasting benadrukt.

Hoe extreem de belastingeffecten zijn geweest en wat hier nog verder van kan worden geleerd is een belangrijke kennisvraag. Ook is het de vraag in hoeverre dit nieuw licht werpt op de gebruikte belastingcombinaties in ontwerp en beoordeling, aangezien hier vaak wordt uitgegaan van het niet-samenvallen van extreme neerslag en hoge waterstanden. Belastingcombinaties waarbij ook regenval expliciet wordt meegenomen kunnen voor bijvoorbeeld meerdijken maatgevend worden. Hetzelfde geldt voor de duur van het hoogwater welke, in combinatie met regenval, bij het meenemen van tijdsafhankelijkheid en niet-stationaire stroming kan leiden tot andere maatgevende belastingcombinaties.

3 Functioneren waterkeringen

Over het algemeen hebben de dijken het goed gehouden en er zijn geen doorbraken geweest. Wel zijn er verschillende relevante observaties. De navolgende paragrafen gaan achtereenvolgens in op observaties gerelateerd aan dijkversterkingen, graverij, onvoorziene gebeurtenissen, wellen, schade aan bekleding, noodmaatregelen en waterbouwkundige constructies.

3.1. Dijken in uitvoering

Verschillende dijken verkeerden in de uitvoeringsfase van een versterking, of was die versterking nog niet lang geleden afgerond. Hierdoor had de dijk nog niet de beoogde sterkte bereikt, bijvoorbeeld omdat de grasbekleding onvoldoende was ontwikkeld. Dit is op diverse locaties opgelost door krammatten neer te leggen. Een krammat is een bescherming van bijvoorbeeld geotextiel die tijdelijk wordt aangebracht ter bescherming van een talud. Deze krammatten waren grotendeels effectief. Het lijkt erop dat dijkbeheerders bedreven zijn in het aanleggen van dit soort noodvoorzieningen, gezien de snelheid waarmee dit gebeurde. Toch was er op verschillende plekken ook schade aan vers grondwerk dat was afgedekt met krammatten (erosie tot 2 m³/per strekkende meter dijkbreedte). Het mogelijk falen van noodmaatregelen is dus iets om rekening mee te houden.



Figuur 3.1 Dijken in uitvoering. Links het aanbrengen van krammatten op een dijk in uitvoering (bron: W. Halter). Rechts schade aan afdekkende doeken bij Zutphen (bron: Waterschap Rijn en IJssel).

Enkele andere voorbeelden van specifieke maatregelen die zijn getroffen om dijken gedurende de aanleg te beschermen tegen het hoogwater waren:

- Tijdig klei binnendijks halen, bijvoorbeeld bij de noordelijke Waaldijk tussen Wolferen en Sprok. Kleidepots liggen veelal buitendijks in verband met beperkte ruimte en kunnen dus overstromen en tijdens hoogwater onbereikbaar en/of te nat worden.
- Het uitvullen van door heiwerkzaamheden ontstane scheuren met bitumen.
- Het afdekken van grote scheuren, heisleuven en erosiebuffers / kleidepots met rijplaten.
- Het deels vullen van heisleuven met grond.

Desondanks was er schade aan dijken in uitvoering of aan recent afgeronde dijken, waaronder:

- Bij de versterking van de Markermeerdijken was er schade aan de buitendijkse werkbanen, welke ook een functie hebben ten aanzien van de veiligheid van de waterkering tijdens de bouwfase. Deze werkbanen zijn extra geïnspecteerd en tussentijds (deels) bijgevuld waar zand weggeslagen was.
- Bij diverse dijkversterkingsprojecten in het rivierengebied is bij hoogwaters erosie waargenomen van vers grondwerk en grondwerk met een grasmat van minder dan 2 jaar oud, zie bijvoorbeeld Figuur 3.2.

Een deel van de maatregelen was al onderdeel van het hoogwateractieplan (bijvoorbeeld klei binnendijks halen), andere maatregelen, zoals het vullen van scheuren, nog niet. Deze ervaringen kunnen worden gebruikt om de hoogwateractieplannen aan te scherpen.



Figuur 3.2. Schade aan bekleding buitentalud van de dijk bij Spijk, die recent versterkt is met gras 1,5 à 2 jaar oud (bron: Waterschap Rijn en IJssel).

3.2. Graverij

Graverij, en dan met name door bevers, was een belangrijk punt van zorg voor beheerders. Onder normale omstandigheden is een dijk niet de meest voor de hand liggende habitat voor bevers en kunnen eventuele holen worden opgespoord en hersteld. De zorg is er vooral tijdens hoogwater, aangezien bevers zich door het stijgende water gaan verplaatsen naar hogere gronden. De dijk is dan een mogelijke nieuwe plek voor een hol of om tijdelijk te schuilen. Bevers graven dan nieuwe tunnels in de dijk, die tijdens het hoogwater erg moeilijk zijn op te sporen.

Tijdens het hoogwater is door verschillende waterschappen extra intensief geïnspecteerd op mogelijke beverholen, onder andere met inzet van nachtkijkers en drones. Er is nog geen landelijk beeld van de graverij door bevers en andere dieren. Eerste inschattingen van Waterschap Rivierenland laten echter ongeveer twintig locaties met graafschade door bevers zien, waarvan drie grotere schades waarbij het einde van de gang niet zichtbaar is. De rest is vrij oppervlakkig met een diepte van maximaal 1 meter. Dit zijn tijdelijke schuilplekken.

Er stond over een lengte van ongeveer 250 km aan primaire waterkering meer dan 0,5 m water boven de buitenteen van de dijk. De graverijen zijn merendeels gevonden tijdens de tijdelijke daling van het water in de periode tussen kerst en de jaarwisseling en waren voor het hoogwater waarschijnlijk nog niet aanwezig, zie bijvoorbeeld Figuur 3.3. Van de ongeveer twintig graafschades zijn er slechts drie kleinere tijdens het hoogwater gevonden. De vrees dat bevergraverij juist tijdens hoogwatersituaties op kan treden, lijkt hiermee bevestigd te worden.

Dat graverij sterk lokaal is blijkt onder meer uit het voorbeeld van de noordelijke Waaldijk en de noordelijke Lekdijk. Langs beide trajecten lijken de bevergraverijen tijdens dit hoogwater beperkt te zijn geweest, en relatief beperkter dan aan de overzijde (zuidoevers) van de rivier. Dijkbeheerders zien de windrichting als een mogelijke verklaring.



Figuur 3.3 Bevergraverij ontdekt na het zakken van het hoogwater (bron: Waterschap Rivierenland). Links in een oprit, rechts in het buitentalud.

3.3. Onvoorziene gebeurtenissen

Drijfvuil

Drijfvuil heeft op verschillende plekken tot schade aan taluds geleid. Bijvoorbeeld bij de noordelijke Waaldijk tussen Tiel en Dodewaard is 80 cm ontgronding gemeten in de grasbekleding van het buitentalud. Deze ontgronding is ontstaan doordat een omgevallen boom was aangespoeld tegen een rivierdijk. Door stroming en wind ging deze rollen en schuren en zorgde zo voor erosie aan het dijktalud.

Dijkbeheerders geven aan dat natuurontwikkeling in uiterwaarden leidt tot meer drijfhout tegen de dijk en een verhoogde beheerinspanning. Als aanbeveling door beheerders is genoemd om elk jaar voorafgaand aan het gesloten seizoen een opruimactie te doen om losse boomstammen weg te halen. Een constatering is dat in erosiemodellen vooral wordt gekeken naar erosie door water en nauwelijks naar erosie door drijfvuil. Een recente uitzondering is het ontwerp van een mobiele waterkering bij Waterschap Limburg, waarbij testen zijn gedaan en modelberekeningen zijn uitgevoerd met een impactbelasting door een drijvende boomstam.



Figuur 3.4 Drijfvuil langs een rivierdijk (bron: Oscar van Dam).

Micro-instabiliteit

Op diverse rivierdijklocaties was sprake van een verweekt, opgebold binnentalud en/of uittredend water uit het binnentalud, bijvoorbeeld bij de noordelijke Waaldijk tussen Tiel en Dodewaard, die de komende jaren wordt versterkt. Dit is (dreigende) micro-instabiliteit. Het valt op dat dit (faal)mechanisme al bij vrij algemene hoge waterstanden op relatief veel locaties voorkwam, terwijl het risico op micro-instabiliteit niet naar voren was gekomen bij dijkbeoordelingen. Een mogelijke oorzaak is dat het een lokaal fenomeen is (zandinsluiting, te dunne kleibekleding, etc.) dat niet goed opvalt in grondonderzoek en dwarsprofieltekeningen en daarom in de beoordeling veelal niet volledig wordt onderkend. Ook roept dit de vraag op in hoeverre ontwerpen met een afdeklaag van klei op een zandkern kwetsbaar zijn voor dit mechanisme.

Ondiepe afschuiving

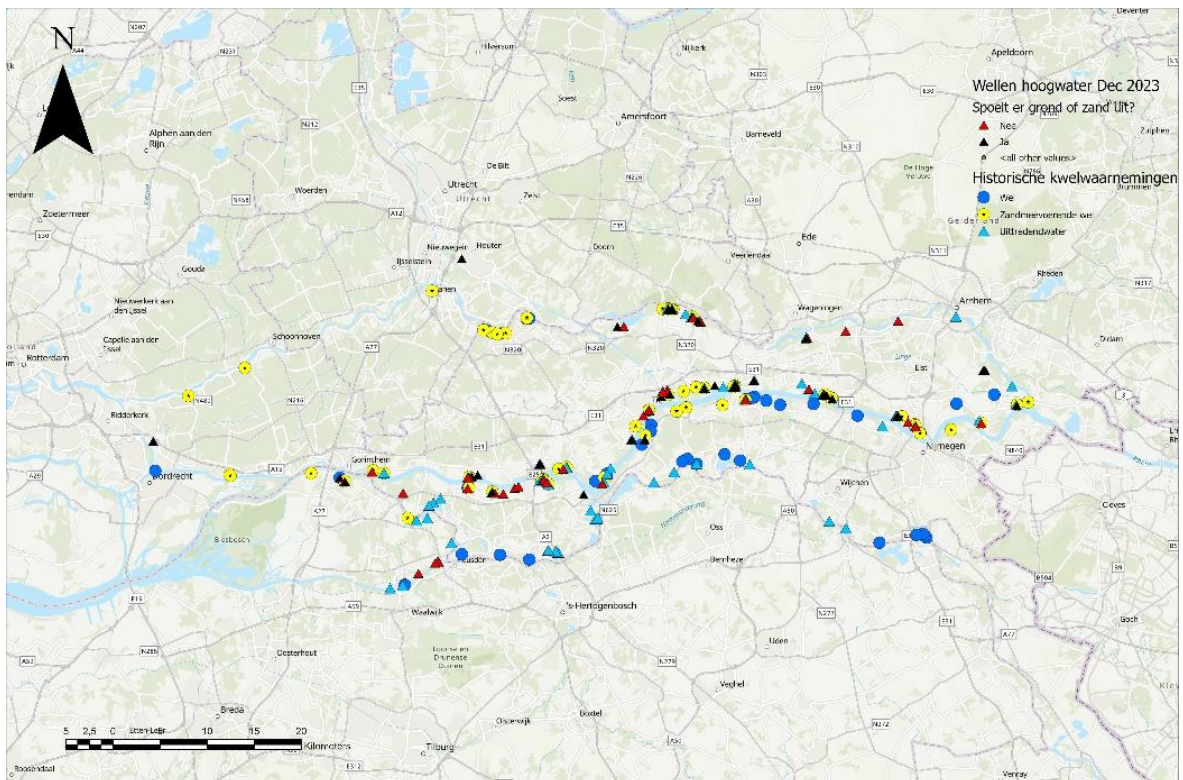
Er was een observatie met een ondiep afgeschoven binnentalud door verweking na extreme neerslag, bij een waterbufferdam in Limburg.

Combinatie van onvoorziene gebeurtenissen

Op sommige locaties was sprake van een combinatie van onvoorziene gebeurtenissen. Op een rivierdijklocatie was bijvoorbeeld gelijktijdig sprake van een onverwachte hoge kwel bij een wiel, graafwerkzaamheden in het voorland door een kleiwinbedrijf, schade aan een zomerkade door erosie en beperkte bereikbaarheid voor inspecties. Hoewel individuele gebeurtenissen op zichzelf niet per se gevaarlijk zijn (of gemitigeerd kunnen worden), kan de combinatie van verschillende gebeurtenissen wel leiden tot gevaarlijke situaties voor de waterveiligheid. In het dijkontwerp en/of de beoordeling wordt over het algemeen niet expliciet rekening gehouden met dit soort samenlopen van omstandigheden.

3.4. Wellen

Er is nog geen landelijk beeld van opgetreden zandmeevoerende en watervoerende wellen beschikbaar. Door STOWA wordt gewerkt aan een landelijk wellenportaal waarin gegevens over bekende en nieuwe wellen worden ontsloten, zie wellenportaal.nl. Voor Waterschap Rivierenland is een dergelijk overzicht er al wel. De opgetreden wellen staan in Figuur 3.5, voorbeelden van opgekiste wellen in Figuur 3.6. Er zijn rond de 150 wellen waargenomen. Dit is grotendeels op locaties waar al historische waarnemingen bekend zijn, maar ook op verschillende nieuwe locaties. De meeste waarnemingen zijn gedaan tijdens de laatste hoogwaterpiek van januari 2024. In het algemeen worden er steeds meer innovatieve technieken ingezet om wellen op te sporen, zoals infraroodcamera's aan drones. Deze gegevens worden ook in het bovengenoemde wellenportaal opgenomen. Dit kan een mogelijke verklaring zijn dat er relatief veel wellen zijn waargenomen. Ook de relatief lange duur van het hoogwater kan een rol hebben gespeeld.



Figuur 3.5 Wellen Waterschap Rivierenland hoogwater 2023/2024.

Enkele andere anekdotische ervaringen zijn:

- Op een locatie langs een rivierdijk zijn tijdens dit hoogwater substantieel meer zandmeevoerende wellen aangetroffen dan bij eerdere hoogwaters. Analyse moet uitwijzen waarom deze wellen eerder niet zijn opgetreden of gedetecteerd. Op een gedeelte van een dijktraject (afgekeurd in verband met macro-instabiliteit) lijkt het aantal en de omvang van scheuren in de asfaltweg op de kruin te zijn toegenomen.
- Achter recent aangebrachte heaveschermen (o.a. dijkversterking Wolferen - Sprok) en bij de grofzandbarrière (GZB)-locatie in Gameren zijn zandmeevoerende wellen aangetroffen. Dat dit bij een hoogwater kan gebeuren, was reeds voor aanleg bekend en ingecalculeerd, maar leidt wel tot onrust bij mensen in de omgeving.
- Een aantal natte plekken en enkele wellen bij nog te versterken delen van de projecten van Sterke Lekdijk. Deze aandachtslocaties worden meegenomen in de verdere uitwerking van de ontwerpen, bijvoorbeeld de posities van de zandbanen.
- Bij de Wieringermeerkering langs het IJsselmeer zijn op één locatie over circa 150 meter geringe zandmeevoerende wellen waargenomen in de teensloot. Hier is het slootpeil hoger opgezet en gemonitord.



Figuur 3.6 Opgekiste wellen (bron: Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden).

3.5. Schade aan bekledingen

Vooral in het IJsselmeer- en Markermeergebied is er schade aan bekledingen en steenbestortingen ontstaan. In het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK), met uitzondering het deel van het Markermeerdijkenproject, zijn 70 schademeldingen gedaan. De schades zijn veroorzaakt door hoogwater in combinatie met harde wind. Het gaat om verschillende soorten schades, zie enkele voorbeelden in Figuur 3.7. Op de Zuiderdijk (Hoorn-Enkhuizen) ligt op een deel Noorse steen en basaltblokken van 300+ kg (rechts in Figuur 3.7). Deze zijn tijdens het hoge water in combinatie met de harde wind verplaatst.

Tijdens een hoogwater ontstaan er veelal veekranden (het spoor, dat vuil, zeewier en schelpen op de dijkrand achterlaten). De ervaring is dat veekranden tot 10 cm dik nauwelijks leiden tot schade. Veekranden van 20 cm of dikker kunnen echter leiden tot significante schade aan de grasmat die na een jaar nog zichtbaar is.



Figuur 3.7 Schade aan bekledingen IJsselmeer en Markermeer (bron: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier).

3.6. Noodmaatregelen

Op veel locaties zijn noodmaatregelen ingezet. Een uitputtend overzicht is geen onderdeel van deze evaluatie, maar enkele sprekende voorbeelden zijn:

- Langs de kades bij Deventer zijn big bags en zandzakken geplaatst, dit ging allemaal om het beschermen van buitendijks gebied.
- Bij Durgerdam zijn over circa 300 meter preventief zandzakken aangebracht. De reden hiervoor is dat de dijk daar afgekeurd is op onder andere hoogte, en gelet op de onvoorspelbaarheid van de waterstand door slingeringen in het Markermeersysteem.

Enkele observaties bij het toepassen van noodmaatregelen:

- Uit gesprekken met dijkbeheerders bleek dat dit (beperkte) hoogwater tot een aanzienlijke inspanning heeft geleid voor dijkbeheerders en aannemers en tot schaarste van materiaal/materieel. Voorbeelden: een dijkbeheerder had slechts één dag vrij tijdens het hoogwater dat een maand duurde, bijna alle pompen in Nederland waren verhuurd, er moesten in een paar weken circa tachtig omgevallen en weggespoelde bomen langs 30 km rivierdijk worden weggehaald, marktpartijen moesten hun beschikbare klei aan meerdere dijkversterkingen toezeggen.

Het verder opschalen van deze beheerinspanning lijkt beperkt mogelijk. In de huidige ontwerpfilosofie voor dijken wordt gerekend met reststerkte. Schades aan de dijk tijdens hoogwater die niet direct tot doorbraak leiden worden geaccepteerd, ervan uitgaande dat deze snel kunnen worden hersteld. Het lijkt echter nog onvoldoende onderbouwd welke capaciteit hiervoor nodig is en in hoeverre hieraan een limiet zit door tekort aan personeel en materieel.

- Landelijk is veelvuldig gebruikt gemaakt van noodmaatregelen met zandzakken en big bags. Innovatieve tijdelijke waterkeringen, bijvoorbeeld de box barrier en andere systemen zoals die worden onderzocht bij Flood Proof Holland, lijken nog nauwelijks te worden toegepast. Waterschap Limburg vormt hierop een uitzondering, mede omdat zij door de vele coupures in hun gebied relatief veel ervaring hebben met noodmaatregelen.
- Het is niet altijd duidelijk of de keringbeheerder verantwoordelijk is voor het treffen van tijdelijke maatregelen om schade te voorkomen. Daardoor worden problemen soms niet of met vertraging opgepakt.

Voorbeelden hiervan:

- Overmatige kwel achter een dijk bij zandwinning in het voorland.
- Zandmeevoerende wellen in een sloot in een woonwijk op 100 m achter de dijk.
- (Dreigende) micro-instabiliteit in een dijk die over een paar jaar wordt versterkt.
- Schade aan een buitentalud door de uitschurende werking van drijfvuil.
- Plotselinge toename in scheurvorming in een dijkweg, die binnenkort wordt vervangen in verband met een dijkversterking.

3.7. Waterbouwkundige constructies

De waterbouwkundige constructies vallen buiten de scope van deze evaluatie en worden daarom niet in detail besproken. De eerste 'echte' sluiting van de Maeslantkering mag echter niet onvermeld blijven. Ook de andere stormvloedkeringen zijn gesloten zonder grote problemen.

De overlaatdam Bosscherveld bij Maastricht is doorgebroken met veel media-aandacht tot gevolg. Het doorbreken is niet direct een waterveiligheidsprobleem, maar kan door cascade-effecten (woonboot slaat los, komt tegen benedenstroomse brug die beschadigd raakt) wel een invloed hebben op de waterveiligheid. Het

noodherstel is uitgevoerd in samenwerking met Defensie. Ook hier was sprake van materiaalschaarste: stenen om de dam te dichten waren niet in de buurt voorradig en moesten van Neeltje Jans en uit de Ardennen worden gehaald. Deltares voert in opdracht van Rijkswaterstaat Zuid-Nederland een oorzakelijk onderzoek uit. De bevindingen zijn rond de zomer 2024 beschikbaar. Opvallend is dat deze overlaat in 2021 bij het hoogwater ook kapot ging, zie ENW (2021). Daarnaast waren er nog verschillende operationele problemen met de stuwen in de Maas.

De kunstwerken hebben over het algemeen naar behoren gefunctioneerd. Wel waren er enkele incidenten. Bij de Sassluis bij Enkhuizen bijvoorbeeld zijn er dubbele deuren (vloed- en stormdeuren). De buitenste deuren sloten niet helemaal goed omdat er een steen tussen de aanslag en de deur bleek te liggen. Daarnaast zijn verschillende kunstwerken eerder gesloten dan het draaiboek hoogwater voorschrijft. Dit gebeurde deels om wateroverlast te voorkomen, ongerustheid van mensen (havenmeester van Hoorn was wel zeventig keer gebeld), maar ook vanwege de grote onvoorspelbaarheid in de modelvoorspellingen voor het Markermeer.

4 Buitendijkse gebieden

Het overstroom van buitendijkse gebieden en de tijdelijke maatregelen om deze gebieden te beschermen hebben veel aandacht gekregen tijdens het hoogwater. Zo stond de situatie bij de buitendijkse kade in Deventer tijdens de kerstperiode veel in de aandacht. Tijdens het hoogwater vroegen de buitendijkse gebieden veel capaciteit en inzet van waterkeringbeheerders, gemeenten en omwonenden. Daarom wordt er in dit hoofdstuk nader op ingegaan.

4.1. Buitendijkse gebieden tijdens hoogwater

De ontwikkeling van buitendijkse gebieden is al lang gaande, zie onderstaand citaat:

“Het (economische) belang van buitendijkse gebieden is de laatste jaren vergroot. Tegelijkertijd is de acceptatie van (schade door) inundatie verkleind. Dit heeft een proces in gang gezet waarbij de kaden in een aantal gevallen versterkt en verhoogd worden. De kaden krijgen daardoor steeds meer een sterkte waarbij de kans op overstroming of doorbraak in de buurt komt van die van primaire waterkeringen. Daardoor loopt het buitendijkse gebied zelden tot nooit onder. De druk vanuit de maatschappij neemt daardoor toe om deze gebieden te beschermen als waren ze gelegen achter een primaire waterkering.” – TAW (1995)

Tijdens het afgelopen hoogwater is een groot aantal buitendijkse gebieden langs de rivieren en meren ondergelopen. Zo was de waterstand in de IJssel lange tijd verhoogd, wat aanleiding gaf tot het nemen van maatregelen bij Deventer. Door zandzakken over een lengte van 200 meter tegen de kademuur te zetten, werd de kade met 40 centimeter verhoogd, vooral om de bereikbaarheid van de binnenstad te kunnen borgen, zie Figuur 4.1.

Door sluiting van de Maeslantkering zijn de waterstanden in de Rijnmond beperkt gebleven. De waterstand met sluiting was ongeveer N.A.P. +2,4 m, tegenover ongeveer N.A.P. +3,0 m in het geval dat de Maeslantkering niet gesloten was. Ter illustratie, de kades op het Noordereiland in Rotterdam zijn op het laagste punt N.A.P. +2,4 m. Ook voor andere buitendijkse gebieden achter de Maeslantkering, zoals Vlaardingen, Maasluis en Dordrecht, is de inundatie beperkt gebleven door het succesvol sluiten van de Maeslantkering.



Figuur 4.1 Zandzakken aan de IJsselkade in Deventer. Foto: Ronald Roosjen.

In het algemeen kan worden opgemerkt dat communicatie een belangrijk aspect is bij buitendijkse gebieden. Het is de vraag of bewoners ervan op de hoogte zijn dat hun huis buitendijs ligt. Ook het onderscheid tussen buitendijkse gebieden (waar overstroming tot de mogelijkheden behoort) en daadwerkelijke hoogwaterveiligheid (van beschermde gebieden) kan beter gecommuniceerd worden door de media.

De hydraulische belastingen in het Markermeer waren gezien de hoge terugkeertijd het meest uitzonderlijk, daarom worden de buitendijkse gebieden van het Markermeer uitgelicht in deze inventarisatie. Echter, ook in buitendijkse gebieden van het rivierengebied is schade ontstaan.

4.2. Buitendijkse gebieden Markermeer

Het Markermeer (exclusief IJmeer) telt ongeveer 1000 buitendijkse objecten,⁷ waarvan 850 (vakantie)huizen en 140 bedrijfs- of industriepanden. Het overstromingsrisico van deze objecten is afhankelijk van de hoogteligging, waarbij het merendeel van de objecten boven N.A.P. +1,0 m ligt (Tabel 4.1). In enkele buitendijkse woonwijken liggen lokaal lagere tuinen en/of terrassen.

Tabel 4.1 Hoogte van buitendijkse objecten in het Markermeer.

Hoogte [m+NAP]	Aantal objecten	Percentage
< 0	27	3%
0 – 0,5	164	16%
0,5 – 1,0	174	18%
1,0 <	623	63%



Figuur 4.2 Buitendijkse gebieden Markermeer die lager liggen dan N.A.P. +0,50 m en niet omsloten zijn door een hoge kade of dijk (rood is beschouwd gebied buiten primaire kering en oranje is beschouwd gebied binnen primaire kering (RWS, 2018)). Het hier getoonde aantal gebieden is wat anders dan de genoemde objecten in Tabel 4.1.

⁷ Basisregistratie van Adressen en Gebouwen (BAG).

Tijdens het hoogwater zijn vrijwel alle buitendijkse gebieden ondergelopen. Onder andere in Volendam (Slobbeland), Hoorn (Visserseiland) en Monnickendam ontstond schade door wateroverlast. Het gaat hierbij om ondergelopen kelders, schade aan recreatieterreinen, verzakkingen en schade aan infrastructuur. De totale schade wordt nog onderzocht, daarvoor lopen verschillende evaluaties (zie bijvoorbeeld Feitenrelaas Edam-Volendam⁸). De beheerder (HHNK) geeft aan dat waterstanden en golven sterk varieerden gedurende het hoogwater, voornamelijk door draaiing van de wind. Dit leverde onvoorspelbare situaties op, waarbij voorlanden en buitendijkse bewoonde gebieden snel onder water liepen.

Tijdens het hoogwater worden veel (nood)maatregelen genomen om wateroverlast en schade te beperken. Zo meldde de gemeente Waterland dat er circa vijftienduizend euro aan kosten is gemaakt voor het plaatsen van zandzakken en de inzet van lokale aannemers.⁹ Op meer plekken langs het Markermeer zijn zandzakken geplaatst, zo zijn de honderden zandzakken die in Volendam waren neergezet pas eind maart weggehaald.



Figuur 4.3 Europarcs Markermeer bij Bovenkarspel tijdens het hoogwater (links) en schade aan voorlanden (rechts).

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier geeft aan dat de schade aan voorlanden enkele miljoenen euro's bedraagt. Het gaat hierbij om schade aan de stortsteen bescherming en erosie van het voorland (Figuur 4.3). Een volledig beeld van de schade is nog niet bekend aangezien veel inventarisaties nog niet zijn

⁸ <https://groot-waterland.nl/2024/01/26/bestuursopdracht-edam-volendam-feitenrelaas-en-nafase-extreem-hoogwater-markermeer>

⁹ <https://groot-waterland.nl/2024/01/24/intern-feitenrelaas-van-de-wateroverlast-in-waterland>

afgerond. Dit komt onder meer doordat de voorlanden als gevolg van de aanhoudende hoge waterstanden lastig begaanbaar zijn voor het uitvoeren van inspecties.

Uit de inventarisatie op basis van aanvullende gesprekken komt een aantal aanbevelingen:

- Early warning systeem voor overstroming van buitendijkse gebieden, aanvullend op voorspellingsstelsel voor waterstanden. Een geautomatiseerd waarschuwingssysteem voor het onderlopen van voorlanden zou kunnen helpen om bewoners tijdig te waarschuwen zodat ze de juiste maatregelen kunnen treffen.
- Aandacht voor het herstel van voorlanden en keringen. Herstelwerkzaamheden aan voorlanden vergt maatwerk en tijd. Dit komt onder meer doordat voorlanden niet direct na een hoogwater begaanbaar zijn.
- Voor inspecties tijdens en na hoogwater is technische achtergrondkennis belangrijk, zodat extra aandacht wordt besteed aan aspecten die relevant zijn voor de waterveiligheid. Zo bleek bijvoorbeeld dat de precieze ligging van primaire keringen tijdens inspecties niet altijd bekend was. Technische achtergrondkennis maakt het mogelijk om gericht zwakke plekken te identificeren en relevante inzichten uit eerdere projecten mee te nemen.
- Samenwerking tussen partijen is noodzakelijk. In buitendijks gebied zijn er verschillende verantwoordelijke partijen, zoals gemeenten, waterschappen en ondernemers. Voor het tijdig nemen van beheermaatregelen en het informeren van bewoners is het noodzakelijk dat er voortdurende afstemming is tussen deze partijen.

5 Overige observaties

Dit hoofdstuk gaat in op enkele meer generieke observaties. De observaties hebben niet specifiek betrekking op het presteren van de waterkeringen, maar zijn wel noemenswaardig omdat deze aspecten in andere evaluaties minder aandacht krijgen. Daarbij merken we op dat de ervaringen en percepties van verschillende personen zeer verschillen, afhankelijk van hun rol of functie, of en hoe men betrokken was bij de gebeurtenissen. Binnen de grote verscheidenheid aan percepties is het overkoepelende beeld dat hoogwaterbescherming goed georganiseerd is en dat dat positief wordt uitgedragen.

Dit hoofdstuk gaat achtereenvolgens in op de belangrijkste constatering ten aanzien van de druk op de organisaties die verantwoordelijk zijn voor het water(kering)beheer, de aandacht voor de gebeurtenissen in de reguliere en sociale media, en de informatievoorziening over waterstanden en de staat van de waterkeringen.

5.1. Druk op de waterkeringbeheerders

De ervaring van waterkeringbeheerders is dat zij te maken hebben gehad met een lange periode waarin zij alert moesten zijn op hoge waterstanden. Een breed takenpakket en lange diensten worden genoemd, zoals het inspecteren van bekledingen, wellen, graverij en andere schades, het verwijderen van drijfhout, het aanbrengen van noodreparaties, et cetera. Dit vergde veel tijd en energie van de betrokken personen. De indruk was dat men in de buurt van de maximaal mobiliseerbare capaciteit kwam, ondanks dat het geen extreem hoogwater was. Bijvoorbeeld bij de Ramspolkering was de bemensing een zorgpunt omdat de kering binnen enkele weken vele malen open- en dichtging.

Andere ervaringen waren dat communicatie intern (afstemming) en extern (inwoners, media) veel tijd kostte en dat veel taken bij enkele personen lagen. Positief was de actiebereidheid om te helpen bij het aanbrengen van krammatten, zoals bij Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (zie paragraaf 3.1). Naast de druk op de waterkeringbeheerders door de directe waterveiligheidsstaken, was er dus ook grote maatschappelijke druk, wat een onbalans gaf vanuit inspanningen die niet direct aan de waterveiligheid zijn gerelateerd.

Het bovenstaande roept vragen op over de beschikbare capaciteit van beheerders en de grenzen ervan in extreme situaties. De situatie in Limburg in 2021 illustreerde bijvoorbeeld hoe de concentratie van overlast in één gebied het mogelijk maakte om middelen uit de rest van het land te gebruiken. Het samenvallen van de

gebeurtenissen in 2023/2024, waarbij op meerdere locaties aandacht nodig is, maakt duidelijk dat een gecoördineerde, nationale afstemming nodig is om effectief overstromingsrisico's te kunnen beheersen. Daar komt bij dat de beschikbare ervaren mankracht waarschijnlijk niet zal toenemen in de toekomst en er dus goed nagedacht moet worden over de effectiviteit van beheer.

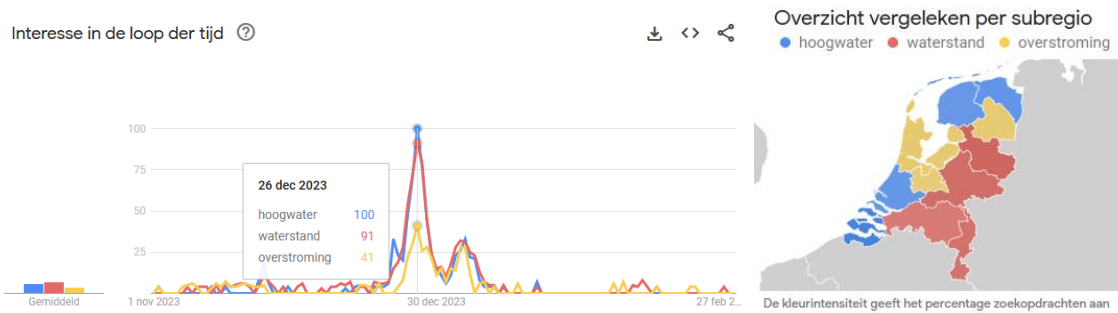
Medewerker HHNK: "Ik heb 11 dagen piketdienst gehad en veel te maken gehad met beantwoording van de pers. Ik merkte echt dat ze er bovenop zaten. Dit is wel erg intensief geweest. Ten aanzien van buitendijkse gebieden hebben wij heel duidelijk kunnen maken dat die niet onder onze verantwoordelijkheid vallen. Overigens heeft onze dijkgraaf wel constant in contact gestaan met de gemeentes langs de Markermeerdijken om ze te waarschuwen voor het gevaar van wateroverlast bij de buitendijkse gebieden."

5.2. Media en sociale media

Het hoogwater en de maatregelen kregen veel aandacht in de media, waren het gesprek van de dag op de sociale media, en waren populaire zoektermen op het internet, zie Figuur 5.1.

Het valt op dat dat buitendijkse wateroverlast soms verward wordt met maatregelen voor hoogwaterveiligheid. De verschillen tussen buitendijks en binnendijks zijn voor inwoners niet duidelijk. Een kade die overloopt in Deventer wordt door sommigen gezien als een bijna overstroming van heel Deventer, onder meer vanwege de noodkeringen die waren aangelegd.

Een ander voorbeeld is dat de media veel vragen stellen over Ruimte voor de Rivier-maatregelen, en met name hoe effectief deze waren. Echter, bij de opgetreden afvoeren zijn de Ruimte voor de Rivier-maatregelen, zoals de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld en het Reevediep, nagenoeg niet geactiveerd. Dit komt omdat deze conform ontwerp pas bij hogere afvoeren actief worden. Dit hoogwater was derhalve geen (serieuze) testcase voor Ruimte voor de Rivier-maatregelen. Wel is het Reevediep bij Kampen voor het eerst (net aan) geactiveerd.



Figuur 5.1 Google Trends. Links de interesse van de zoektermen hoogwater, waterstand, en overstroming gedurende de periode. Rechts een kaartje van Nederland die de geografische spreiding laat zien van de interesse van de zoektermen hoogwater, waterstand, en overstroming.

5.3. Informatievoorziening

De website Waterinfo¹⁰ wordt heel goed gevonden door burgers en media. De staat van de keringen wordt er echter niet in beschouwd. Het is tijdens een hoogwater zeer lastig om een objectief beeld van de dreiging op dijkdoorbraken en overstromingen via de media te krijgen. Daar is het Waterveiligheidsportaal¹¹ voor bedoeld. De kansen in de eerste landelijke beoordelingsronde (LBO1) zijn echter relatief groot (zie ENW, 2024a) en stroken niet altijd met de communicatie dat alles onder controle is. Overigens wordt dit portaal door journalisten (nog) niet gevonden. Enkele ideeën met betrekking tot communicatie en presentatie van informatie die in dit verband geopperd zijn:

- Aandacht voor nut en noodzaak: Er zijn ook bij het afgelopen hoogwater tal van buitendijkse gebieden ondergelopen die nauwelijks aandacht hebben gekregen en waar ook niemand (blijkbaar) behoefte aan heeft gehad, bijvoorbeeld natuurgebieden. Ook het onderscheid tussen buitendijkse gebieden (waar overstroming in de lijn der verwachting ligt) en daadwerkelijke hoogwaterveiligheid (van beschermde gebieden) kan beter gecommuniceerd worden.
- Maak een kaart van buitendijks gebied met daarin gemiddelde herhalingstijden wanneer daar water verwacht kan worden (bijvoorbeeld buitendijks gebied T10, en T50).
- Definieer termen zoals 'kritiek punt' in de berichtgeving: "Om 06.15 uur vanochtend stond het waterpeil in Deventer op 6,21 meter. Dat is maar iets lager dan het *kritieke* punt van 6,30 meter waarop de IJssel overstroomt."¹²

¹⁰ <https://waterinfo.rws.nl/#/nav/expert>

¹¹ <https://waterveiligheidsportaal.nl/nss/assessment-lbo1>

¹² <https://www.rtlnieuws.nl/nieuws/nederland/artikel/5426374/water-waterpeil-waterschappen-zandzakken-noodsituatie-hoge-water>

6 Lessen en kennisvragen

Bij het hoogwater van 2023/2024 zijn er geen doorbraken van waterkeringen geweest. De situatie lijkt ook nergens kritiek te zijn geweest. Wel is er schade aan dijken en in buitendijkse gebieden ontstaan en zijn er veel beheerinspanningen nodig geweest. Er zijn nieuwe aspecten aan het licht gekomen waar we wat mee moeten, zoals het samenvallen gebeurtenissen (regen, hoogwater, duur), onvoorziene gebeurtenissen zoals schade aan keringen door diergraverij en drijfhout, en schade aan dijken in uitvoering.

6.1. Belangrijkste lessen

De belangrijkste overkoepelende les van het hoogwater 2023/2024 voor waterveiligheid is dat de omgeving van de waterkering verandert. Klimaat, maatgevende belastingcombinaties, natuurontwikkeling, en een toenemend aantal kilometers dijkversterking 'in uitvoering' zorgen voor andere randvoorwaarden. Het is essentieel om na te denken over de eisen aan het ontwerp, de uitvoering, en het beheer van waterkeringen, ook tijdens calamiteiten. Dit is nodig om de waterveiligheid ook in deze veranderende omgeving te waarborgen.

Lessen die hieruit volgen zijn:

- 1 Kijk niet alleen naar de piekwaterstanden maar ook naar de duur en samenhang met andere gebeurtenissen, zoals neerslag.
- 2 Graverij door bevers tijdens hoogwater vraagt aanvullende maatregelen, aangezien bevers tijdens hoogwater de dijk ingraven op plekken waar ze daarvoor nog niet zaten, en ze daarbij niet gedetecteerd kunnen worden.
- 3 Externe factoren zorgen voor aantasting van de dijksterkte, bijvoorbeeld drijfhout of kleine gaten welke voor micro-instabiliteit zorgen. Er wordt meer drijfhout waargenomen door toenemende vegetatie in de uiterwaarden. Dit vraagt aanvullende maatregelen tegen externe factoren om de veiligheid te waarborgen.
- 4 Bij dijkversterkingen moeten noodmaatregelen worden ontworpen om de waterveiligheid voldoende te verzekeren wanneer zich een hoogwater voordoet; gebruik hierbij de leerpunten uit dit rapport.
- 5 Het effectief blijven beheren van waterkeringen vraagt een klein(er) en doelgericht takenpakket. Het hoogwater was niet heel uitzonderlijk, maar vergde toch een grote inzet van de waterschappen, bijvoorbeeld ten aanzien van voorlanden, beverdetectie en beantwoorden van vragen door de media. Daarnaast leidt de aandacht vanuit de maatschappij tot meer druk op de beheerorganisaties, waarbij geleerd moet worden hoe hier effectief mee om te gaan.

6.2. Kennisvragen

De belangrijkste vraag is hoe de waterveiligheidssector zich kan aanpassen aan de veranderende omstandigheden. En welke handvatten hiervoor nodig zijn op strategisch, tactisch en operationeel niveau.

Inhoudelijk volgen de onderstaande kennisvragen uit de observaties van het hoogwater 2023/2024:

- **Belastingcombinaties:** Welke belastingcombinaties zijn maatgevend voor de sterkte van waterkeringen, en met welke belastinggevallen en combinaties moet men rekening houden bij de stabiliteitsbeoordeling? Een eerste stap hierbij is het analyseren van beschikbare peilbuisdata van de Markermeerdijken: wat waren de terugkeertijden van waterspanningen, hoe hingen deze af van het hoogwater en neerslag en wat kan hiervan geleerd worden op basis van bewezen sterkte.
- **Externe factoren: graverij, drijfhout, micro-instabiliteit:** Is de huidige omgang met onvoorziene gebeurtenissen voldoende in relatie tot waterveiligheid? Een eerste stap hierbij is het uitwerken op welke faalpaden de externe factoren invloed hebben en hoe deze meegenomen kunnen worden in faalkansanalyses. Vooral de groeiende populatie bevers en de mogelijke effecten hiervan op de veiligheid van de waterkeringen en druk op het beheer verdient op korte termijn aandacht, zie ook een brief van het ENW hierover (ENW, 2024). Een ander punt is dat er in ontwerpen veel geoptimaliseerd wordt, waarmee ook meer overslag wordt toegelaten. In verder onderzoek is het interessant om te kijken of er hierdoor niet te veel robuustheid voor externe factoren zoals drijfhout verdwijnt.
- **Wellen:** Wat kunnen we leren van de opgetreden wellen? Dit vraagt een nadere analyse van de locaties van de wellen bij de opgetreden waterstanden. Betreft dit nieuwe wellen of zijn deze al eerder geobserveerd op dezelfde plek, en in hoeverre kunnen wellen worden verklaard op basis van modellen?
- **Dijken in uitvoering:** Hoe kan de waterveiligheid gehandhaafd worden gedurende dijkversterkingen? De aanbeveling is om expliciet de veiligheid in relatie tot hoogwateractieplannen te beschouwen. Daarnaast is het een interessante vraag hoe er ook in het traditionele hoogwaterseizoen veilig gebouwd kan worden en wat hiervoor nodig is. In nader onderzoek zou bekeken kunnen worden of, door klimaatverandering, ook buiten het gesloten seizoen expliciet rekening moet worden gehouden met (zomer)hoogwaters.
- **Druk op de organisaties voor water(kering)beheer:** Moet de inzet van mens en materiaal al voorafgaand aan een hoogwater worden geprioriteerd? Hoe kan er effectief worden omgegaan met vragen en druk vanuit de maatschappij? Hierbij kan het helpen om te bekijken wat er bij verschillende belastingsituaties nodig is van de waterbeheerders, en of hier genoeg capaciteit voor is qua medewerkers en materieel. Hierbij wordt aangeraden om breder te kijken dan enkele waterschappen, omdat hoogwaters meerdere waterschappen tegelijkertijd kunnen beïnvloeden. Daarnaast lijkt het nuttig om te onderzoeken in hoeverre beheerinspanningen meegenomen kunnen worden bij het afwegen van versterkingsalternatieven. Deze vraag speelt ook breder: hoe kunnen de organisaties voor het waterbeheer zo effectief mogelijk ingezet worden?

6.3. Tot slot

Het hoogwater van 2023/2024 heeft gelukkig, maar wel conform verwachting, niet geleid tot dijkdoorbraken of andere grote calamiteiten. Toch zien we dat ook bij relatief beperkte hoogwaters veel te leren valt en dat er ook hierbij weer nieuwe inzichten zijn opgedaan. De omgeving van de dijk, de droog/nat-variaties gedurende de levensduur, alsmede de randvoorwaarden van dijkversterkingen veranderen snel. De verwachting is dat er ook zonder hoogwater vinger aan de pols moet worden gehouden. Daarnaast geldt dat deze (en vorige) evaluaties vooral tot stand zijn gekomen op ad-hoc initiatief van enkele betrokken waterprofessionals. Daarom sluiten we af met de oproep om dergelijke evaluaties standaard en centraal gecoördineerd uit te voeren na het hoogwaterseizoen en dit zodanig in te richten dat ook tijdens het hoogwater de informatie gestructureerd wordt opgehaald. Het initiatief hiervoor zou kunnen liggen bij een overkoepelende beheerorganisatie zoals de Unie van Waterschappen of de STOWA.

7 Bronnen

ENW – Expertise Netwerk Waterveiligheid (2021). Hoogwater 2021. Feiten en Duiding. Versie / uitgave: versie 2, 20 september 2021. <https://www.enwinfo.nl/>

ENW – Expertise Netwerk Waterveiligheid (2024a). Analyse grote overstromingskansen LBO-1. Vastgesteld op 07-02-2024. <https://www.enwinfo.nl/>

ENW – Expertise Netwerk Waterveiligheid (2024b). Invloed van bevergraverij op waterveiligheid.

[HKV \(2002\). Klimaat effecten in de Vechtdelta. Verkenning mogelijke oplossingsrichtingen. HKV Lijn in Water rapport PR506. Februari 2006](#)

RWS – Rijkswaterstaat (2018). Peilbesluit IJsselmeergebied.
https://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/138359/peilbesluit_ijsselmeergebied_14_juni_2018_tcm318-398693.pdf

[TAW – Technische Adviescommissie voor de waterkeringen \(1994\). Water tegen de dijk 1993. De toestand van de rivierdijken tijdens het hoogwater van december 1993. Delft, maart 1994](#)

[TAW – Technische Adviescommissie voor de waterkeringen \(1995\). Druk op de dijken 1995. De toestand van de rivierdijken tijdens het hoogwater van januari -februari 1995](#)

Geraadpleegde websites:

- <https://www.nhnieuws.nl/nieuws/330196/rijkswaterstaat-pareert-kritiek-van-omwonenden-over-waterpeil-markermeer>
- <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/de-staat-van-ons-klimaat-2023-warmste-en-natste-jaar-ooit-gemeten>
- <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/el-nino-dit-jaar-zeer-sterk>
- <https://groot-waterland.nl/2024/01/26/bestuursopdracht-edam-volendam-feitenrelaas-en-nafase-extreem-hoogwater-markermeer>
- <https://groot-waterland.nl/2024/01/24/intern-feitenrelaas-van-de-wateroverlast-in-waterland>
- <https://www.rijkswaterstaat.nl/nieuws/archief/2024/01/terugblik-hoogwater-marken-januari-2024>
- <https://www.waterforum.net/39405-problemen-met-schuiven-in-stuwen-borgharen-en-lith/>

Colofon

Bijdrages	Door
Projectleiding	Wim Kanning (Deltares), Mark van der Krogt (Deltares), Martin van der Meer (Fugro), Werner Halter (Fugro).
Projectteam	Erik Vastenburg (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier), Sander Kapinga, Hugo Hoogendoorn (Waterschap Rivierenland), Bart Strijker (HKV, TU Delft), Cees Oerlemans (HKV, TU Delft), Ferdinand Diermanse (Deltares), Remon Pot (Deltares), Huub de Bruijn (Deltares), Oscar van Dam (STOWA). Wim Kanning (Deltares), Mark van der Krogt (Deltares), Martin van der Meer (Fugro), Werner Halter (Fugro).
Review	Bas Jonkman (TU Delft) en ENW Kerngroep.

Colofon

Uitgave van het Expertise Netwerk Waterveiligheid
© 2024

Contactgegevens

Expertise Netwerk Waterveiligheid
p/a Rijkswaterstaat WVL, afdeling Waterkeringen
t.a.v. ir. N.R. van der Sleen
Postbus 2232, 3500 GE Utrecht

E enwsecretariaat@rws.nl
I www.enwinfo.nl

The logo for Stowa, consisting of the word "stowa" in a bold, blue, lowercase sans-serif font. A thick blue underline is positioned beneath the letters "o", "w", and "a".