

HET BEREKENEN VAN DE VEILIGHEID TEGEN OVERSTROMINGEN IN ZUIDWEST NEDERLAND

Ing. Henk de Deugd

henk.de.deugd@rws.nl

Adviseur waterbeweging en waterhuishouding Rijkswaterstaat Zuid-Holland, Postbus 556, 3000 AN Rotterdam

Veiligheid

Het begrip veiligheid kent vele invalshoeken. Eén ervan is bescherming tegen (hoog)water. De laatste tijd hebben we regelmatig te maken met water op straat. Dit soort wateroverlast ontstaat door problemen met water afvoeren na bijvoorbeeld extreme neerslag. Deze situaties veroorzaken wel veel ongemak, maar zijn over het algemeen niet bedreigend en vallen niet onder de veiligheid die in dit artikel aan de orde is. Het gaat hier om veiligheid tegen overstromingen als gevolg van het overstromen en/of doorbreken van primaire waterkeringen in Zuidwest Nederland, met name in de Rijn-Maasmonding. De primaire waterkeringen zijn de waterkeringen die het buitenwater (het rijkswater) keren. In het onderhavige gebied wordt met buitenwater o.a. Nieuwe Waterweg, Oude en Nieuwe Maas, Haringvliet, Hollandsch Diep, etc. bedoeld.

Watersysteem

De waterbeweging in de Rijn-Maasmonding is afhankelijk van de afvoeren van de bovenrivieren Rijn en Maas, de zee-

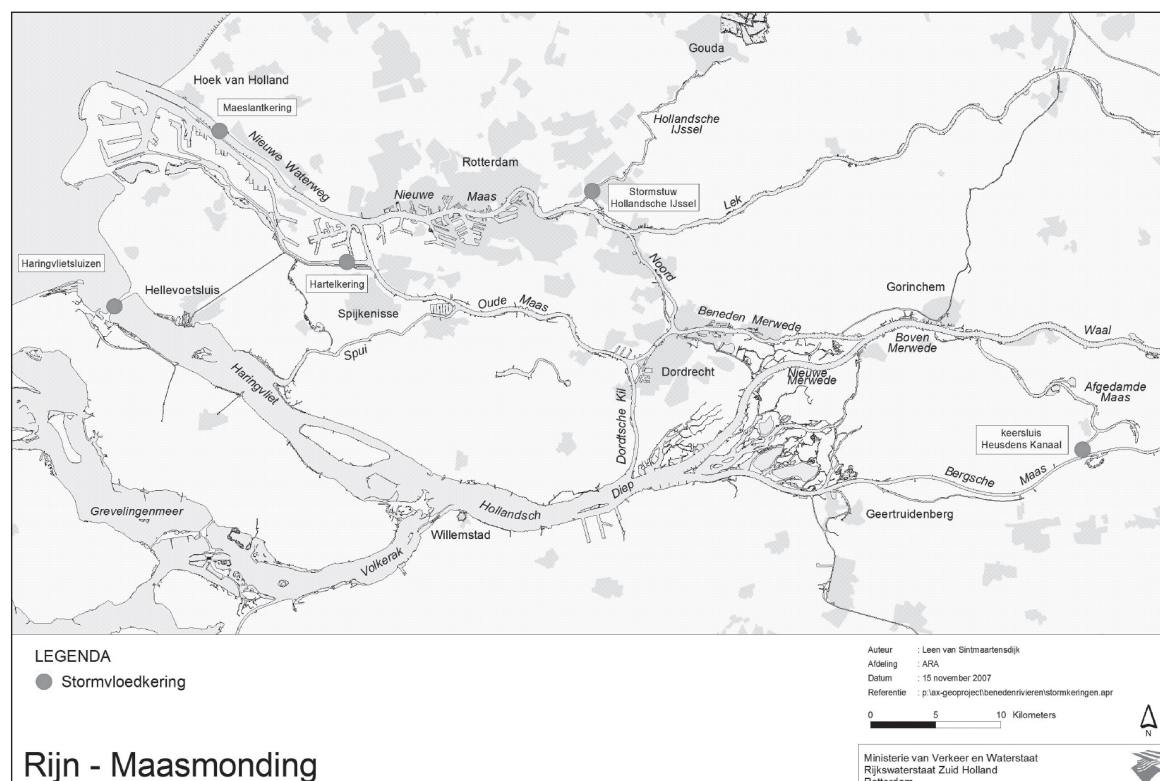
waterstanden en het lokale windveld boven het gebied. De zeewaterstand is onderhevig aan de getijbeweging en kan daarnaast sterk verhoogd worden tijdens een stormvloed die ontstaat door een storm boven de Noordzee. De waterstanden in het gebied worden tevens beïnvloed door een aantal beweegbare kunstwerken: de Maeslantkering in de Nieuwe Waterweg, de Hartelkering in het Hartelkanaal, de Haringvlietstuizen, de stormstuw in de Hollandsche IJssel en de keersluis in het Heusdensch Kanaal. Tijdens bedreigende hoogwatersituaties is het beheer van deze kunstwerken van cruciaal belang voor bescherming tegen overstromingen.

Bescherming

Van oudsher moeten we ons tegen het water beschermen. Het wonen op terpen en het aanleggen van waterkeringen, zoals dijken en dammen (al of niet beweegbaar), biedt bescherming. Verstedelijking, bodemverlaging en klimaatveranderingen, met als gevolg rijzing van de zeespiegel en hogere afvoergolven van de bovenrivieren Rijn en Maas,

maken bescherming in toeneemende mate noodzakelijk.

De dreiging van het water en het als maar verhogen en versterken van dijken hebben tot de gedachte geleid om de rivier meer ruimte (terug) te geven en daarmee hogere waterstanden te voorkomen. In de wijze van beschermen dienen maatschappelijke belangen afgewogen te worden en keuzes omtrent na te streven veilig-





heidsniveaus van de dijkringen¹ gemaakt te worden. Het rekenen aan veiligheid ter ondersteuning van deze belangrijke (beleids)beslissingen is noodzakelijk geworden. Er zijn verschillende methoden om veiligheid te benaderen en te kwantificeren. Hierin is een ontwikkeling geweest en nog steeds gaande.

Hoogste waterstand

In het verleden werd de veiligheid benaderd door middel van vastgelegde waarnemingen van hoogwaterstanden. Deze werden vaak als merkteken op een muur aangegeven, zoals de foto weergeeft. De ontwerphoogte van de dijk werd iets hoger aangenomen dan het hoogst opgetreden niveau. Hierbij blijft de vraag hoe veilig is dat.

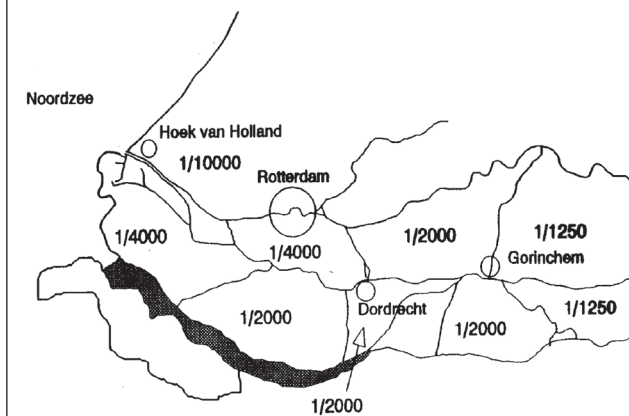
Een andere, betere methode is gebaseerd op de kans dat een zekere hoogwaterstand wordt overschreden.

Veiligheidsniveau en mhw

Bijgaand kaartje geeft het wettelijk voorgeschreven veiligheidsniveau per gebied (dijkkring) aan. Dit zijn gekozen toelaatbare overschrijdingsfrequenties, waarvoor het gebied tegen overstroming gewaarborgd dient te zijn. Bij zo'n frequentie hoort een hoogwaterstand, de zogenaamde maatgevende hoogwaterstand of kortweg mhw. De mhw is een maat voor de ontwerphoogte van de dijk. De berekening van de dijkhoogte gaat uit van een waterstand aan de oever (teen van de dijk), die weer wordt afgeleid uit de mhw in de as van de rivier. Vervolgens worden ook de windgolven en de

¹ Een gebied dat door een stelsel van primaire waterkeringen en/of hoge gronden beveiligd moet zijn tegen overstroming door het buitenwater. De in de Wet op de Waterkering genoemde dijkkringgebieden worden beschermd door primaire waterkeringen.

Frequenties van maatgevende hoogwaterstanden

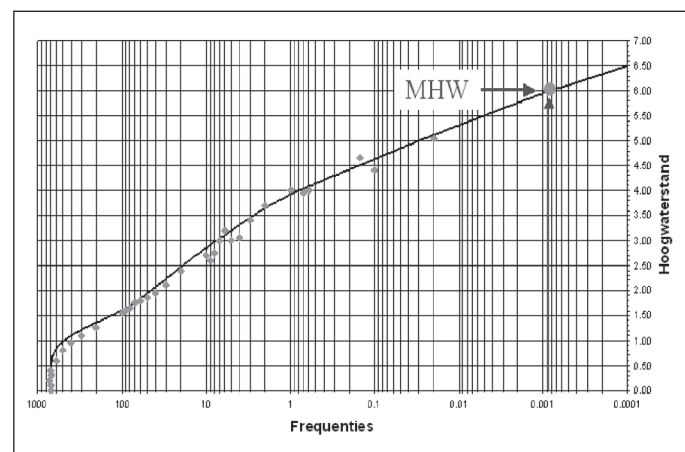


ligging c.q. eigenschappen van de dijk, zoals taludhelling en bekleding, in rekening gebracht om tot de ontwerphoogte te komen.

In het oosten, waar afvoergolven van de Rijn en Maas de belangrijkste bedreiging tegen overstroming vormen, zien we bijvoorbeeld 1/1250. Dit betekent dat gemiddeld éénmaal in 1250 jaar een overstroming kan plaatsvinden. In het westen, waar stormvloed uit zee de bedreiging vormen, zien we 1/10000. Waarom is deze kans lager? Dit wordt veroorzaakt door afwegingen op grond van economische waarde, dichtheid van de bevolking en de aard en voorspelbaarheid van de bedreiging. Bedreigende situaties uit zee zijn over het algemeen slechts op zeer korte termijn te voorspellen, terwijl afvoergolven meerdere dagen vooraf in het bovenstroomse gebied al zichtbaar zijn. Hierdoor is voor evacuatie van mensen en soms bezittingen meer tijd beschikbaar.

Hoogwateroverschrijdingsfrequentie

Waargenomen hoogwaterstanden, de rode stippen in de figuur, worden uitgezet tegen de frequentie van optreden gedurende een lange periode; de waarnemingsperiode. Met behulp van een statistische methode wordt uitgaande van de waarnemingen een lijn geconstrueerd en geëxtrapoleerd. Deze lijn, de hoogwateroverschrijdingsfrequentielijn, geeft het verband weer tussen de hoogwaterstand en het aantal keren dat



die hoogwaterstand overschreden wordt. Uitgaande van het gekozen veiligheidsniveau, bijvoorbeeld 1/1250, kan de daarbij behorende hoogwaterstand afgelezen worden. Deze stand is de maatgevende hoogwaterstand (mhw).

De mhw ligt in het geëxtrapoleerde gebied met de nodige onnauwkeurigheid, want het verloop van de lijn is sterk afhankelijk van de hoogste waarnemingen.

Een ander groot nadeel vormen eventuele wijzigingen of toekomstige wijzigingen in het watersysteem. Omdat het voor deze methode essentieel is over veel waarnemingen te beschikken is het niet mogelijk om effecten van (toekomstige) wijzigingen of maatregelen te kwantificeren. Denk hierbij aan de bouw van de Maeslantkering in de Nieuwe Waterweg en de diverse projecten die thans in het kader van ruimte voor de rivier in uitvoering zijn.

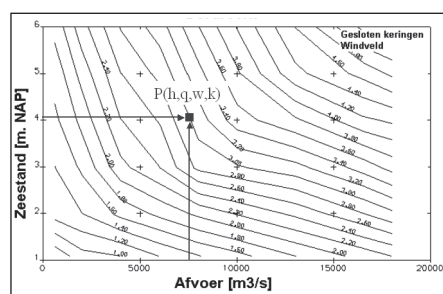
Modelmatige, probabilistische aanpak

Tegenwoordig maken we gebruik van wiskundige waterbewegingsmodellen². In deze modellen kunnen we maatregelen inbouwen (simuleren) en waterstanden bij diverse (extreme) omstandigheden in het gehele gebied uitrekenen. Deze berekende waterstanden 'vervangen' in feite de waargenomen waterstanden van voorgaande methode.

Een (hoog)waterstand op een gegeven locatie in de Rijn-Maasmonding kan door diverse omstandigheden van bovenrivierafvoeren, zeestanden, lokale windvelden en beheersituaties van de kunstwerken ontstaan. De mhw's worden daarom probabilistisch berekend. Dat wil zeggen dat alle mogelijke, veronderstelde belastingsgevallen met het waterloopkundige model worden doorgerekend (gesimuleerd) en dat de kans van voorkomen van elk belastingsgeval een bijdrage levert aan het uiteindelijke resultaat. Hiervoor wordt een probabilistisch belastingmodel³ toegepast.

Waterloopkundige berekeningen

De (hoog)waterstanden in de Rijn-Maasmonding worden voor een groot aantal belastingsgevallen (circa 3500 stuks) uitgerekend. Belastingsgevallen zijn combinaties van rivierafvoeren, zeewaterstanden, keringsituaties, windsnelheden en windrichtingen, die als stochastische variabelen worden beschouwd en als randvoorwaarden voor het waterbewegingsmodel worden toegepast. De belastingsgevallen zijn samengesteld uit 6 stormvloed, variërend van ca. NAP+1.13 m tot NAP +6.00 m, gecombineerd met 9 afvoerniveaus van de Bovenrijn, variërend van 600 m³/s tot 18000 m³/s, zowel bij open keringsituatie als de situatie met werkende



(gesloten) kerringen en ruim 30 windvelden, variërend van windsnelheden 0 tot 42 m/s uit de westelijke sectoren. Ook de eigenschappen van de kunstwerken, zoals sluitty-

pe, moment van sluiten en openen, sluit- en opensnelheden, kerende hoogten, eventuele lekopeningen in gesloten toestand, etc. zijn in het waterbewegingsmodel gemodelleerd.

In de figuur zijn resultaten van het waterbewegingsmodel op een zekere locatie in het gebied, herleid tot lijnen van gelijke waterstand, weergegeven. Het is één van de weergaven in het zeewaterstand (h) en afvoer (q) vlak bij gesloten kerringen (k) en een bepaald windveld (w). De figuur maakt duidelijk dat een waterstand van bijvoorbeeld NAP +3,00 m kan ontstaan bij hoge zeestand met lage afvoer of bij lagere zeestand met hogere afvoer bij die keringsituatie en windveld. De partiële kans (P) op een zekere waterstand is afhankelijk van de statistiek van de stochastische variabelen (h,q,k,w).

Frequentieberekeningen

Het belastingmodel berekent voor verschillende (hoog)waterstanden de bijbehorende overschrijdingsfrequentie door integratie van de partiële kansen boven die waterstandniveaus. Op deze wijze ontstaat de hoogwateroverschrijdingsfrequentielijn, die bij de eerdere methode is behandeld en waaruit, uitgaande van het veiligheidsniveau van bijvoorbeeld een dijkkring, de mhw weer afgelezen kan worden.

Statistiek zeestanden en bovenrivierafvoeren

Van de stochastische variabelen is de statistiek bekend. Uit lange waarnemingsreeksen (ruim 100 jaar) van de afvoeren van de Rijn en Maas en hoogwaterstanden bij Hoek van Holland zijn de statistieken voor het belastingmodel vastgesteld. Zonodig zijn de waarnemingsreeksen gehomogeniseerd naar de huidige situatie. Dit is van belang indien er sprake is van beïnvloeding door veranderende situaties in het verleden, zoals bijvoorbeeld de aanleg van de Maasvlakte en de kanalisatie van de Rijn.

Wind-waterstandstatistiek

De zeewaterstand te Hoek van Holland en de windsnelheid en windrichting boven het gebied zijn gecorreleerd. Tijdens een stormvloed, die hoofdzakelijk zal optreden bij één van de richtingen ZW, WZW,..., N, moet rekening worden gehouden met (sterk) verhoogde windsnelheden. Daarom wordt in het belastingmodel voor deze richtingen gebruik gemaakt van de zogeheten wind-waterstandstatistiek, waarin de gezamenlijke kansen op windsnelheden, windrichtingen en zeewaterstanden worden beschouwd.

Kans op beheerssituatie Maeslant- en Hartelkering

De Maeslant- en Hartelkering sluiten tijdens hoge stormvloed op basis van waterstandvoorspellingen voor Rotterdam en Dordrecht. Deze voorspellingen worden gevormd door de voorspelde zeewaterstand te Hoek van Holland, windvoorspellingen en de voorspelde afvoeren van de Rijn en de Maas. Het sluitcriterium is NAP +3 m voor Rotterdam en NAP +2.9 m voor Dordrecht: indien de voorspelde waterstand op minstens een van deze locaties boven het gestelde criterium komt, wordt het sluitcommando voor de Maeslant- en Hartelkering gegeven.

De kerringen worden dus tijdens iets minder hoge storm-

² 1-dimensionaal waterbewegingsmodel SOBEK-NDB wordt toegepast

³ HYDRA-B, probabilistisch model voor het Benedenrivierengebied



vloeden niet gesloten, omdat het vanwege de scheepvaart onwenselijk is de keringen vaak te sluiten.

De kans bestaat dat bij een onjuiste voorspelling van de waterstand de keringen tijdens een gevaarlijke stormvloed niet of te laat worden gesloten, of juist sluiten terwijl de sluitcriteria uiteindelijk niet gehaald worden ('onterecht sluiten').

Om deze reden worden berekeningen gemaakt waarin twee beheerssituaties van de Maeslant- en Hartelkering voorkomen: de keringen blijven onder alle omstandigheden open (zogenaamde open-situatie) en worden onder alle omstandigheden gesloten (zogenaamde gesloten situatie).

De beheerssituaties van de overige beweegbare kunstwerken worden in de huidige methodiek nog op deterministische wijze in de waterstandsberekeningen meegenomen.

In het belastingsmodel wordt rekening gehouden met de kans op een onjuiste voorspelling.

De voorspelling van de zeewaterstand bevat namelijk een voorspelfout: de werkelijk optredende waterstand zal afwijken van de voorspelde waterstand. Voor de kans van de voorspelde zeewaterstand wordt een normale verdeling verondersteld. Rekeninghoudend met de standaarddeviatie en de gemiddelde voorspelfout wordt de kans op een gesloten keringsituatie bepaald.

Faalkans Maeslant- en Hartelkering

Er bestaat een kans dat een kering faalt, in de zin dat deze bezwijkt of niet op de juiste manier geopend en/of gesloten kan worden. Er wordt rekening gehouden met de kans op

niet sluiten van de Maeslant- en Hartelkering. Een verhoogde kans op niet sluiten leidt tot een grotere kans op open keringsituaties met een hogere mhw tot gevolg.

Ontwikkelingen

Op dit moment vindt een uitbreiding van het rekeninstrumentarium plaats. Tot nu toe is altijd alleen een falende niet sluitende Maeslant- en Hartelkering beschouwd, terwijl aangenomen werd dat de andere beweegbare keringen 100% functioneren. De uitbreiding maakt het rekenen met meerdere falende keringen mogelijk en bovendien kunnen ook faalmechanismen als niet openen in rekening gebracht worden. Een uitbreiding naar drie keringen en twee faalmechanismen per kering geeft een verhoging van het aantal belastingsgevallen met een factor 13,5 (van 2^1 tot 3^3 gevallen voor de keringen).

Een nieuwe veiligheidsfilosofie is in studie. Deze veiligheidsbenadering gaat uit van overstromingsrisico's, zijnde overstromingskans maal gevolg. Hierbij wordt veiligheid uitgedrukt in het risico van verwachte potentiële schade als gevolg van overstromingen in tegenstelling tot de huidige methode waarbij veiligheid uitgedrukt wordt in waterhoogte behorende bij een vooraf gekozen toelaatbare overschrijdingskans.

In de huidige benadering is de inzet van computers al niet meer weg te denken. De uitbreiding en de nieuwe filosofie zullen de inzet van computers in de toekomst nog meer doen toenemen.