



Maarten Spijker, HydroLogic

Jaap Zeeberg, Hoogheemraadschap van Rijnland

Janneke de Graaf, HydroLogic

Jaap Stoop, Hoogheemraadschap van Rijnland

Gebiedsgerichte aanpak noodzakelijk voor waterveiligheid

Op het gebied van waterveiligheid wordt veelal 'groot' gedacht met provincie-overschrijdende primaire dijkringen en potentiële miljardenschades bij doorbraak. De dagelijkse zorg voor waterveiligheid betreft ook de zorg voor regionale keringen. De waterschappen in Noord- en Zuid-Holland en Utrecht moeten deze niet later dan 2015 aan de wettelijke normen laten voldoen. Omdat de waterschappen hiervoor nog honderden kilometers regionale keringen moeten verbeteren, is het van groot belang om op afgewogen wijze de kadeverbetering te prioriteren. Simulatie van overstromingen blijkt daarbij een effectief hulpmiddel. De gevolgen van doorbraak van een boezemkade blijken in deze studie veel groter dan tot nu toe werd aangenomen. Plaatselijk kunnen waterdiepten ontstaan van meer dan drie meter in slechts zes uur tijd. Het onderkennen van de grote ruimtelijke diversiteit in overstromingsrisico biedt de mogelijkheid om de veiligheid met efficiënte en gebiedsgerichte oplossingen te verbeteren. Dit artikel toont de resultaten van een onderzoek waarin een veiligheidsaanpak voor de Haarlemmermeer en de regio Gouda-Boskoop is beproefd.



Kadeverbetering in het beheergebied van Rijnland.

Grote delen van Nederland worden gekenmerkt door een zeer sterk wisselend patroon van landschappen, afwateringsvormen en

bebouwing. Dit gedifferentieerde landschap stelt hoge eisen aan het waterbeheer. Waterdoelen die voor de ene landschappelijke functie volstaan, zijn voor een andere

functie wellicht ongewenst.

Van oudsher is op het gebied van veiligheid onderscheid gemaakt tussen dijk- en kade-ringen. Binnen deze grote eenheden wordt eenzelfde veiligheidsniveau op vergelijkbare wijze nagestreefd. Zo heeft vrijwel heel Zuid-Holland dezelfde veiligheidsnorm voor overstromingen vanuit primair water (1:10.000); op regionaal niveau geldt hetzelfde voor gebieden als de Haarlemmermeer (1:1000). Wel richten recente studies, zoals Veiligheid Nederland in Kaart (VNK), zich meer dan voorheen op het realiseren van een op overstromingsrisico's gebaseerd waterveiligheidsbeleid. VNK heeft echter vooral als doel om de huidige overstromingsrisico's te berekenen en om eventueel op basis hiervan een nieuwe veiligheidsnormering op te stellen.

Dit artikel presenteert de resultaten van onderzoek naar de ruimtelijke verschillen in regionale overstromingsveiligheid in het beheergebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland. Het doel van het onderzoek is het ontwikkelen van een gebiedsgerichte veiligheidsaanpak. Het onderzoek heeft geholpen om:

- inzicht te krijgen in de actuele (huidige) en toekomstige (meer dan 30 jaar) overstromingsrisico's vanuit het boezemsysteem van Rijnland;
- bouwstenen te bieden voor een prioritering van het dijkverbeteringsprogramma van Rijnland. Dit programma streeft ernaar om per jaar 30 km waterkeringen in het beheergebied aan de gestelde normen te laten voldoen;
- te verkennen of en in welke mate gevolgschade bij dijkdoorbraken kan worden gereduceerd door het treffen van gebiedsgerichte maatregelen.

De grote ruimtelijke verschillen in overstromingskans en -gevolg binnen één polder vragen om een gebiedsgerichte aanpak. Via maatwerkoplossingen moet de veiligheid van een gebied verhoogd worden waarbij men rekening houdt met de specifieke ruimtelijke kenmerken van het gebied. De gebiedsgerichte benadering sluit aan bij de vigerende waterveiligheidsnormering.

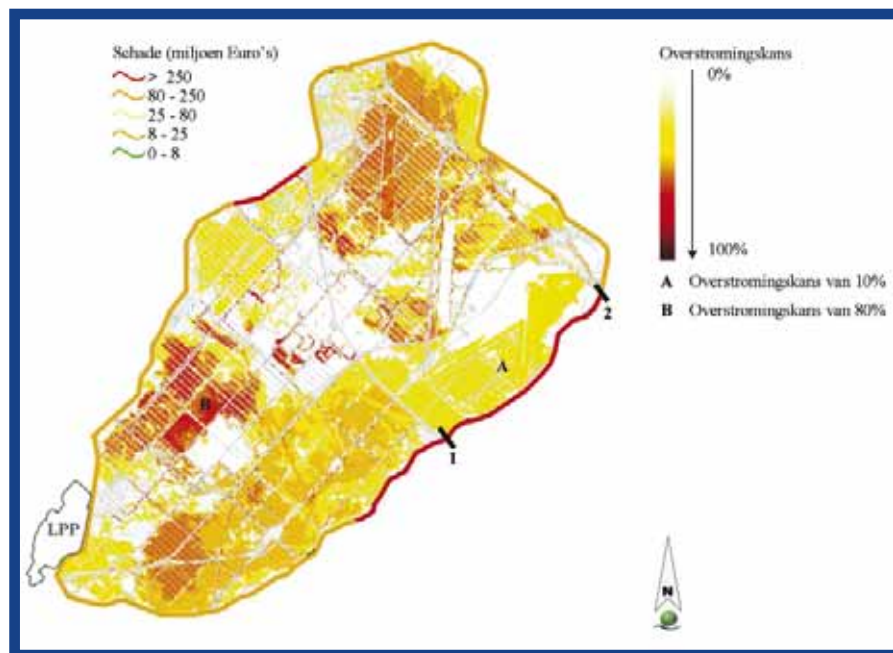
Binnen de gebiedsgerichte benadering zijn er vele mogelijke maatregelen ter vergroting van de waterveiligheid, waarbij op hoofdlijnen onderscheid kan worden gemaakt naar het verkleinen van de overstromingskans en gevolgbeperkende maatregelen. Het ligt voor de hand om - als dat nodig zou zijn - een specifiek deel van de waterkering (bijvoorbeeld tussen 1 en 2 in afbeelding 1) met voorrang te verstevigen als de gevolgen van een doorbraak relatief groot zijn, in dit geval het overstromen van delen van Schiphol.

Gebiedsgerichte aanpak

In de gebiedsgerichte veiligheidsaanpak staan twee elkaar aanvullende benaderingswijzen centraal:

- **Kaderisicobenadering.** Hierbij wordt het veiligheidsbelang van elk kadesegment bepaald door te analyseren wat de gevolgen zijn van een doorbraak. Sommige kaden beschermen een gebied met een hoge economische waarde of een hoge slachtoffergevoeligheid. Door vervolgens specifiek deze waterkeringen te versterken (en hiermee de kans op doorbraak te verkleinen), wordt de veiligheid in het gebied doelmatig vergroot;
- **Gevolgschadebenadering.** In deze benadering wordt de gevolgschade bij doorbraak in het door de waterkering beschermde gebied bepaald. Vervolgens wordt geanalyseerd of en hoe de schade kan worden beperkt door gebruik te maken van de kenmerken van een gebied. Bijvoorbeeld door water in de richting van een landbouwgebied te sturen in plaats van stedelijke kernen te laten overstroom (waterberging).

Om invulling te geven aan beide benaderingswijzen zijn gedetailleerde overstromingsberekeningen uitgevoerd met een hoogwaardig ruimtelijk model (bijvoorbeeld Sobek 1D/2D). Het Hoogheemraadschap van Rijnland heeft hiervoor het calamiteiteninformatiesysteem²⁾ beschikbaar, waarmee eenvoudig grote hoeveelheden berekening kunnen worden



Afb. 1: Ruimtelijke variatie in overstromingskans (percentage in geval van dijkdoorbraak) en kaderisico's (schade) bij doorbraak van de Ringdijk langs de Haarlemmermeer.

uitgevoerd, gebaseerd op een gecorrigeerd hoogtemodel³⁾. Met deze berekeningen ontstaat een helder beeld van de overstromingspatronen na een dijkdoorbraak. Een onderdeel hiervan is de manier waarop water onbedoeld sneller stijgt of van richting verandert door obstakels in het landschap. Uit de berekeningen komt goed naar voren hoezeer de gevolgen van een dijkdoorbraak per locatie verschillen. Op sommige plekken is er nauwelijks schade, terwijl ergens anders in een polder de schade honderden miljoenen euro's kan bedragen. Er zijn delen van polders die ondanks dijkdoorbraken helemaal niet overstroom, omdat het water naar andere (lager gelegen) delen van de polder stroomt. Andere plekken lopen bij iedere dijkdoorbraak onder water.

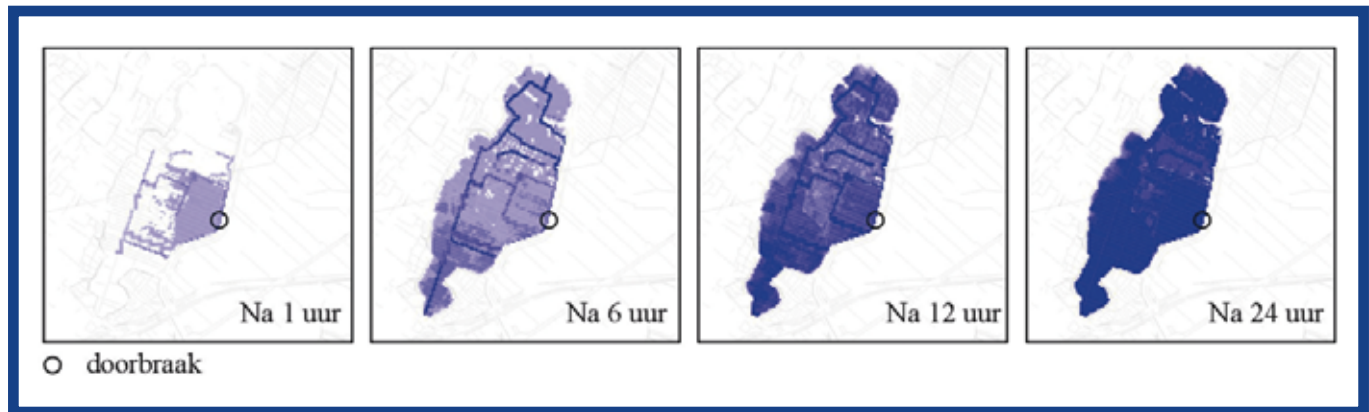
Vervolgens zijn de uitkomsten van de vele berekeningen geïntegreerd en opgeschaald naar een kaderisico- en gevolgschadekaart van de huidige situatie (zie bijvoorbeeld in afbeelding 3). Met deze kaart wordt duidelijk in welke delen van het gebied de schade het grootst is. Het kaderisico wordt uitgedrukt in de gevolgschade die op zou treden bij doorbraak. Vooralsnog is verondersteld dat de faalkans van de gehele waterkering gelijk is aan de norm, aangezien hierover geen andere informatie beschikbaar is. De kaderisicokaart is onderverdeeld in vijf schadeklassen naar analogie van de IPO-kadeklassen⁴⁾. Uit de gecombineerde kade- en gevolgschadekaart volgen kansrijke maatregelen ter vergroting van de veiligheid. Hiervoor is een leidraad ontwikkeld (door HydroLogic en de Universiteit Twente⁵⁾). Deze leidraad is een bruikbaar middel om mede op basis van overstromingsbeelden een voorselectie van effectieve maatregelen te maken, zoals compartimentering⁶⁾. De effectiviteit en kostenafweging van de maatregel is met het ruimtelijke overstromingsmodel berekend.

Over 30 tot 50 jaar spelen ontwikkelingen in het watersysteem, zoals bodemdaling

en wijzigingen in de ruimtelijke ordening, een grote rol. Bodemdaling zal de overstromingspatronen substantieel beïnvloeden en de risico's vergroten. Hetzelfde geldt voor nieuwe woonkernen op overstromingsgevoelige locaties. Toekomstige ontwikkelingen bieden echter ook de mogelijkheid voor bijvoorbeeld het verhoogd aanleggen van een weg waarmee waardevolle industrie extra wordt beschermd.

Toepassing voor de Haarlemmermeer en Gouda

De gebiedsgerichte veiligheidsanalyse ondersteunt in het dijkversterkingsprogramma van Rijnland de afweging van maatschappelijke kosten om een dijk te verzwaren en investeringskosten om het risico in een polder te verkleinen. In het ene geval kan het versterken van een kadesegment veel bijdragen aan de verbetering van de veiligheid, terwijl het ergens anders kosteneffectiever is om een kleine woonkern in een polder met een extra kadering te beschermen. Net als in andere delen van Nederland zijn er ook in het beheergebied van Rijnland binnen de primaire dijkrijn ruimtelijke verschillen in de overstromingskans na dijkdoorbraak en het gevolg van een kadedoorbraak. De ontwikkelde gebiedsgerichte aanpak is voor een aantal gebieden in Rijnland toegepast, waaronder de droogmakerij Haarlemmermeer en het veenweidegebied bij Gouda¹⁾. Naast het inzichtelijk maken van de huidige overstromingspatronen is hiervoor de kaderisicokaart vervaardigd. Deze maakt de ligging van de meest risicovolle strekkingen inzichtelijk. Deze strekkingen worden - wanneer zij niet aan de toetsnormen voldoen - bij kadeverbetering naar voren gehaald. Het zal in de praktijk veelal niet mogelijk zijn om (duurdere) oplossingen, zoals damwanden, voor tientallen kilometers kaden uit te voeren, terwijl dit voor een beperkt aantal kritische dijktrajecten wel haalbaar kan zijn.



Afb. 2: Het in korte tijd vol water lopen van de Lissepoelpolder als gevolg van een doorbraak vanuit de Ringvaart Haarlemmermeer.

In afbeelding 1 is deze ruimtelijke variatie in overstromingskans voor de Haarlemmermeer getoond. Zo is bij een dijkdoorbraak vanuit de Ringvaart de kans dat het gebied bij Nieuw Vennep (B) onder water stroomt 80 procent, terwijl deze kans rondom Schiphol (A) slechts tien procent is. Dat houdt in dat Schiphol alleen onderloopt bij een doorbraak van de ringdijk tussen 1 en 2 (zie kaart). Dit is circa tien procent van de totale lengte van de ringdijk.

Bij Nieuw Vennep is de kans op overstroming vanuit de ringvaart aanmerkelijk groter, omdat dit lage deel van de polder vanuit verschillende richtingen onder water kan lopen.

Het gevolg van de doorbraak van een boezemkade blijkt, door de plaatselijke overstromingsdiepte, in kosten en slachtoffers groter dan tot nu toe werd aangenomen.

Evenals de overstromingskans behoorlijk varieert, verschilt het overstromingsgevolg (schade en slachtoffers) ook sterk. Het maakt voor de gevolgen behoorlijk uit op welke locatie de dijk doorbreekt. Een doorbraak van de ringdijk langs de Haarlemmermeer tussen 1 en 2 resulteert bijvoorbeeld in een schade van meer dan 600 miljoen euro, terwijl een doorbraak van de zuidelijke kade van de Haarlemmermeer tot een veel lagere schade van 150 miljoen leidt (zie tabel 1). In het onderzoeksgebied Gouda / Boskoop is de verhouding tussen hoogste en laagste gevolgsschade afhankelijk van de doorbraaklocatie nog groter.

De overstromingsbeelden laten zien dat vliegveld Schiphol niet volledig overstroomt, maar wel wateroverlast ondervindt in het geval van een doorbraak van het oostelijk deel van de Ringvaart, grofweg tussen 1 en 2

(zie afbeelding 1). Vanwege de ligging nabij de waterkering blijkt het niet mogelijk is om Schiphol met maatregelen als compartimentering volledig te vrijwaren van overlast vanwege de voor compartimentering benodigde reactietijd. Mede vanwege het gebrek aan alternatieve beschermingsmogelijkheden lijkt het daarom voor Schiphol extra belangrijk om dijkdoorbraken te voorkomen en ervoor te zorgen dat deze strekking op normveiligheid wordt onderhouden.

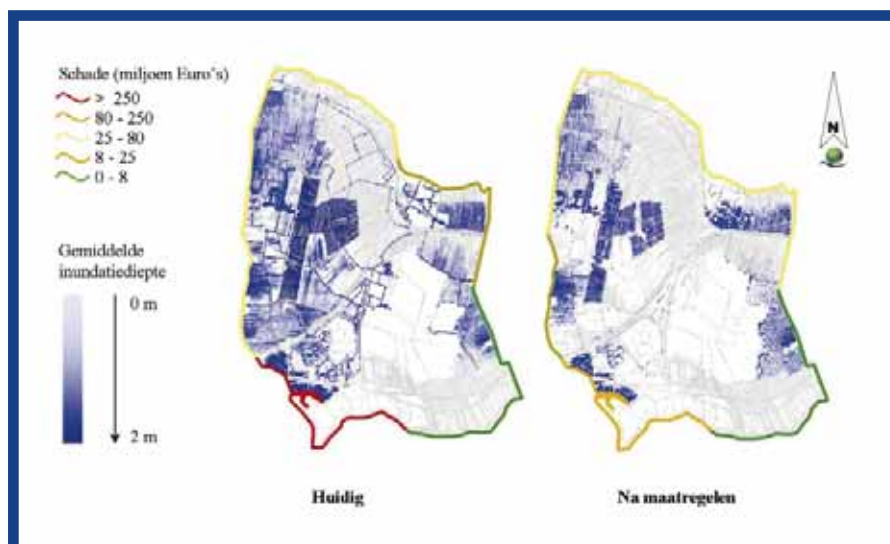
Behalve economische schade is er kans op slachtoffers wanneer een waterkering een kleine en diepe bebouwde polder beschermt tegen overstromen vanuit een groot boezemwater. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de Lissepoelpolder (LPP in afbeelding 1) ten westen van de Haarlemmermeer (afbeelding 2).

In enkele uren stroomt een grote woonwijk vol met water, waarbij vrijwel geen tijd is voor evacuatie en/of compartimentering. Bij de aanpak van een vergelijkbare situatie, de Rijnsaterwoudse polder ten oosten van het Braassemmermeer, is in 2007-2008 versneld een dijkverzwaring uitgevoerd, nadat uit de veiligheidstoets bleek dat deze kade niet aan de normveiligheid voldeed. Ook de kering van de Lissepoelpolder wordt nu versneld getoetst en zo nodig verbeterd.

Tabel 1. Variatie in schade per dijkdoorbraaklocatie en onderzoeksgebied.

	gemiddelde schade (miljoen euro)	variatie in schade miljoen euro)
Haarlemmermeer	250	150-600
Gouda / Boskoop	75	10-250

Afb. 3: Een forse afname in het kaderisico en de te verwachten inundatiediepten door een combinatie van gevolgbeperkende maatregelen in de omgeving van Gouda / Boskoop.



In afbeelding 3 wordt voor het gebied Gouda/Boskoop een voorbeeld gegeven van het resultaat van maatregelen ter vermindering van de overstromingsgevolgen. Een combinatie van waterloopcompartimentering, bemaling en het sturen van water in de richting van de Reeuwijkse plassen maakt dat de gevolgschade in dit gebied met 50 procent vermindert. Naast deze schadereductie neemt ook het inrunderend areaal en de inundatiediepte fors af. De in dit gebied gelegen Middelburg- en Tempelpolder is een diepe polder met twee dorpskernen. Een directe maatregel om deze woonkernen en de nutsfuncties daarbinnen gericht tegen calamiteiten te beschermen, is de aanleg van ringwallen.

Op basis van het met de leidraad⁵⁾ samengestelde maatregelenpakket is het mogelijk een aangepaste kaderisicokaart te berekenen (zie afbeelding 3). Als gevolg van de maatregelen daalt de optredende schade bij doorbraak van een kadeselement.

Conclusies

In dit onderzoek is een gebiedsgerichte aanpak voor overstromingsveiligheid ontwikkeld en toegepast voor het beheergebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland. Deze analyse helpt het hoogheemraadschap waterkeringen te herkennen die een economisch zeer hoogwaardig gebied of een slachtoffergevoelige polder beschermen. Ook kunnen voor deze waterkeringen robuustere verbeteringswerken worden gekozen en kan er intensievere monitoring plaatsvinden.

Met een gebiedgerichte aanpak kunnen de beschikbare middelen efficiënter worden ingezet. Door op detailniveau te berekenen hoe de overstromingskansen en het -gevolg ruimtelijk zijn verdeeld, kan de veiligheidsinvestering en de prioritering daarvan hierop worden afgestemd. De verschillen in overstromingskansen en -gevolg binnen polders zijn groot. De oorzaken hiervan liggen vooral in het maaiveldhoogteverloop, landgebruik, obstakels, wegen en waterlichamen.

De ruimtelijke diversiteit maakt het voor de waterbeheerder noodzakelijk om een gebiedsgericht en uitgekiend veilig-

heidsbeleid te voeren, waarbij middelen optimaal worden ingezet. Berekening van het overstromingsrisico helpt de beheerder bij de ontwikkeling van scenario's voor dijkverbetering en eventueel ook bij evacuatie van een gebied. Het helpt om de doelmatigheid van maatregelen te schatten, bijvoorbeeld het effect van maatregelen om een woonkern te beschermen. Uit het onderzoek blijkt dat de gevolgschade voor Gouda en de Haarlemmermeer met een totaalpakket van maatregelen met 50 tot 70 procent kan worden gereduceerd. Voor de ruimtelijke planning is met de aanpak inzichtelijk gemaakt welke locaties meer of minder geschikt zijn voor bijvoorbeeld woningbouw of de aanleg van recreatiegebieden.

Uit de analyse blijkt (binnen het beheergebied van Rijnland) het gevolg van de doorbraak van een boezemkade, door de plaatselijke overstromingsdiepte, in kosten en slachtoffers aanmerkelijk groter dan tot nu toe werd aangenomen. Dit roept de vraag op of de volgens IPO-methodiek vastgestelde veiligheidsnormen en maatschappelijk aanvaarde risico's nog actueel zijn of dat deze moeten worden aangescherpt.

LITERATUUR

- 1) Zeeberg J. (2009). Waterkering en veiligheid. Dijkversterking door het hoogheemraadschap van Rijnland.
- 2) HydroLogic (2007). Hoogheemraadschap van Rijnland. CIS modellering. Achtergronddocument.
- 3) Zantvoort M., F. van Kruiningen, N. ten Heggeler en M. Spijker (2008). 2D-modelleren waardevol voor regionaal waterbeheer. H₂O nr. 13, pag. 35 t/m 38.
- 4) IPO (1999). Richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau van de boezemkaden.
- 5) Keizer A. (2008). Leidraad voor beperking overstromingsschade na doorbraak regionale waterkeringen. Afstudeerrapport. Universiteit Twente en HydroLogic.
- 6) Spijker M., M. van Keulen, L. Vendrik en J. de Graaf (2005). Compartimentering boezem Amstel, Gooi en Vecht resulteert in aanzienlijke schadereductie. H₂O nr. 3, pag. 33-36.