

New Orleans wapent zich met robuuster dijkontwerp

Een cruciaal element in de plannen ter bescherming van New Orleans is het vaststellen van de maatgevende waterstanden en golven en de bijbehorende dijkhoogte van de waterkeringen. De gevolgde methode houdt expliciet rekening met de hydraulische onzekerheden in het dijkontwerp.

In 't kort ONTWERP

- * Ontwerp waterkeringsysteem New Orleans met overstromingskans 1/100 jaar
- * Rekenmodellen voorspellen maximale waterstanden en golfhoogte en -periode
- * Naast hydraulische omstandigheden spelen dijkkenmerken een rol
- * Onzekerheidsanalyses om overslaggebieden voor bepaalde normen vast te stellen

Dr.ir. M. van Ledden / ir. W. de Jong / prof.dr. J. Westerink

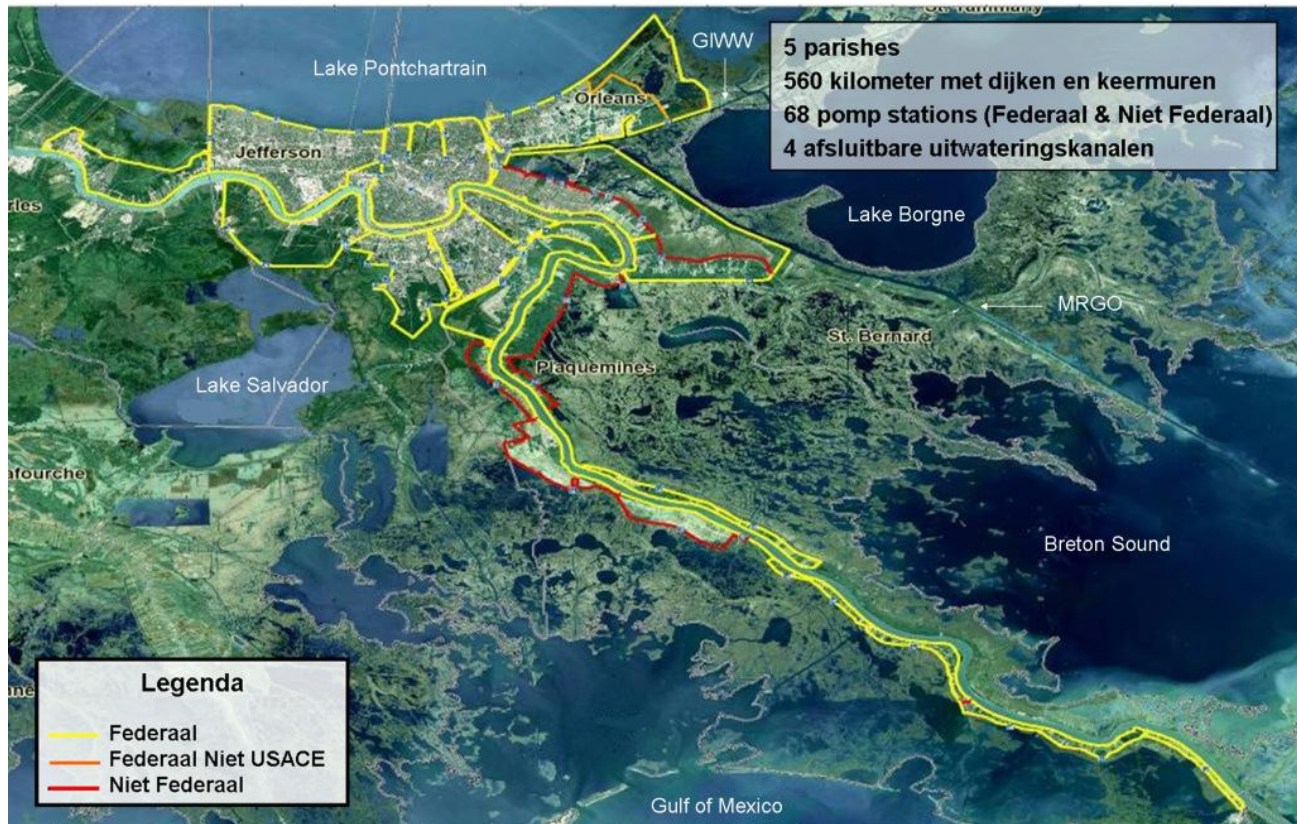
Het waterkeringsysteem rondom New Orleans is in totaal zo'n 560 kilometer lang en bestaat voor een groot deel uit grasdijken. Daarnaast zijn er delen waar hoge betonnen keermuren staan, meestal op plaatsen waar relatief weinig ruimte is voor een dijktafsluiting of waar het vanwege de ondergrond niet mogelijk is om een dijk te bouwen. Ten slotte kent het systeem ook een groot aantal constructies in de waterkering voor onder meer afwatering (zie ook de artikelen 'New Orleans tijdens orkaan Katrina' en 'Problemen waterkeringen New Orleans tijdens Katrina' in *Land+Water* 5 en 6-7/2007).



Bouw van een nieuw uitwateringsgemaal in het London Avenue Canal bij Lake Pontchartrain. FOTO: ROYAL HASKONING

Het US Army Corps of Engineers (USACE) is verantwoordelijk voor de reconstructie van de waterkeringen rond New Orleans. Het doel op korte termijn is om in 2011 een systeem te realiseren met een overstromingskans van 1/100 per jaar. Om dit te bereiken moet het bestaande systeem flink op de schop: grote delen voldoen niet aan dit criterium. De waterkeringen zijn vooral aan de oostzijde van de stad te laag en moeten daar worden verhoogd. Onderdelen van dit plan zijn tevens een stormvloedkering bij de samenvloeiing van de kanalen GIWW (Gulf Intercoastal Waterway) en MRGO (Mississippi River Gulf Outlet) in Lake Borgne en het naar het meer verplaatsen van de pompstations in de uitwateringskanalen van de stad.

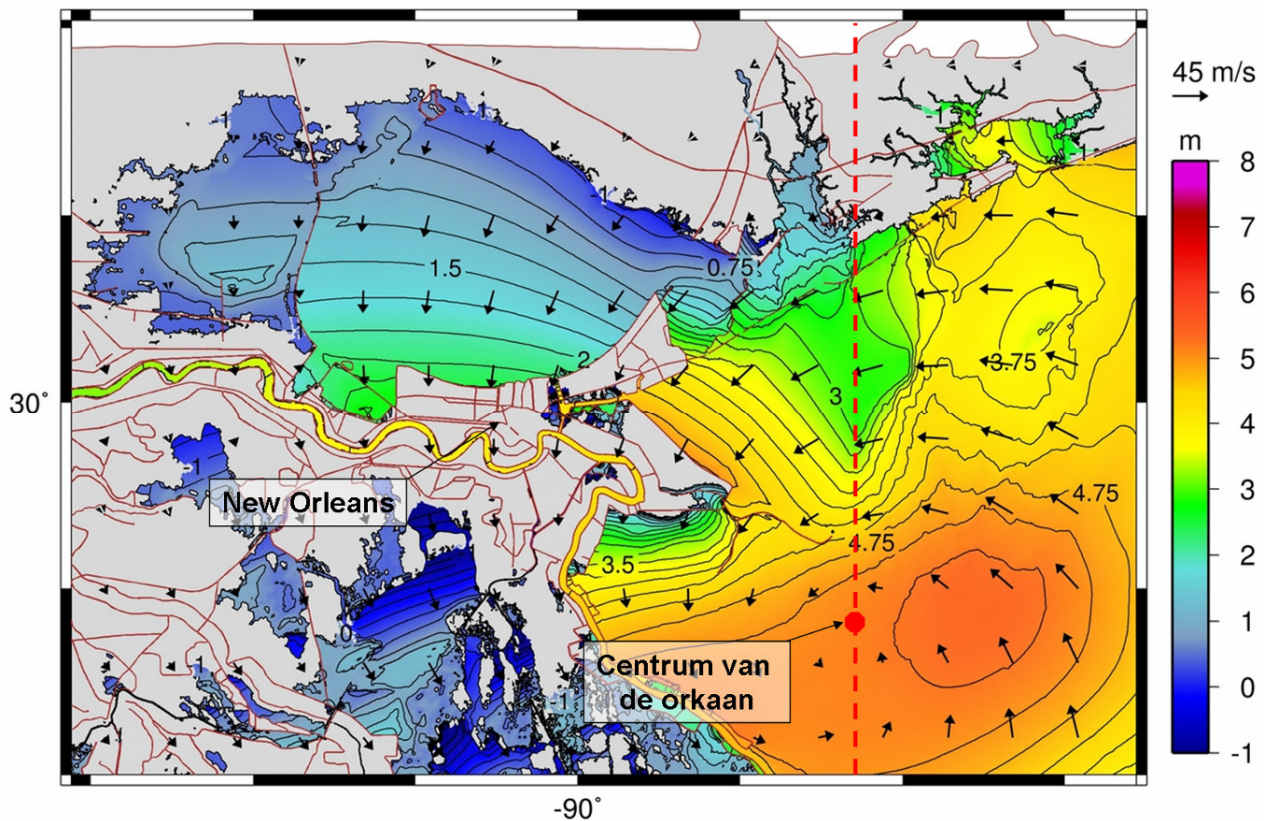
Het veiligheidsniveau van 1/100 per jaar is laag voor een dichtbevolkt gebied als New Orleans. Stel dat iemand 75 jaar in New Orleans woont. De kans dat hij/zij in die periode een overstroming meemaakt is ongeveer 50 procent. In de Randstad is deze kans ongeveer 1 procent. Puur economisch bekeken is een hoger beschermingsniveau in de orde van 1/500 tot 1/5000 per jaar een rationele keuze voor het centrale deel van de stad New Orleans. Het ophogen van de dijken naar een veiligheidsniveau van 1/100 per jaar is dan ook een eerste stap op weg naar een veiliger New Orleans.



Het huidige waterkeringsstelsel rondom New Orleans.
FOTO: USACE

Waterstanden en golven

Ingenieursbureau Royal Haskoning adviseert het USACE bij de toepassing van geavanceerde rekenmodellen om de hoogte van de waterstanden vast te stellen voor het dijkontwerp. De waterstanden worden uitgerekend met het rekenmodel ADCIRC. Dit model heeft een zeer fijn rekenrooster bij de kust om de details van de grillige kustlijn van Louisiana zo goed mogelijk te reproduceren. Uit een vergelijking met metingen tijdens de orkanen Katrina (augustus 2005) en Rita (september 2005) blijkt dat het model in staat is om de maximale waterstanden tijdens een orkaan met ongeveer een halve meter nauwkeurig te voorspellen. Naast de waterstanden wordt het golfmodel STWAVE toegepast om de golfhoogte en golfperiode vast te stellen rondom New Orleans. Een belangrijke beperking van de golfresultaten is dat er geen meetgegevens zijn bij de kust tijdens een orkaan, om de nauwkeurigheid hiervan goed vast te stellen.



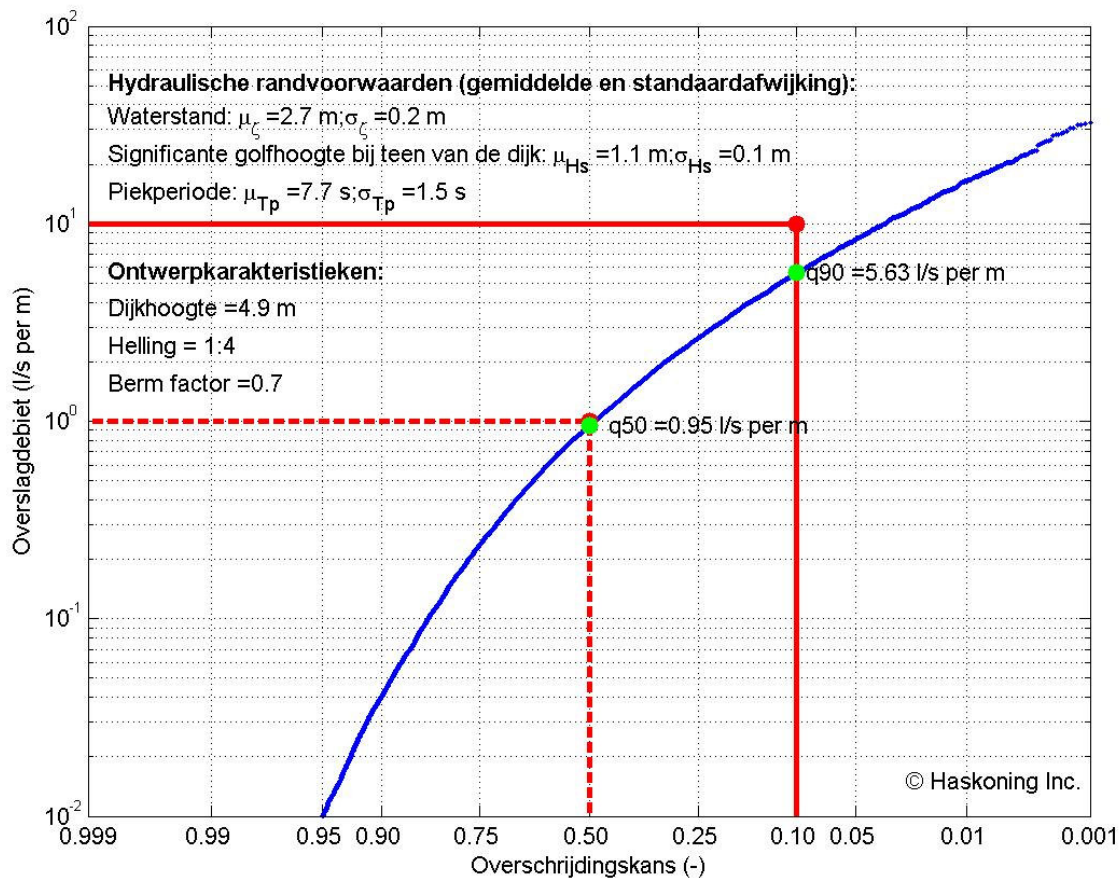
Waterstanden en windsnelheden tijdens orkaan Katrina op 29 augustus 2005, 7.00 uur (lokale tijd) op basis van het ADCIRC-model. De pijltjes geven de windsnelheid weer, de kleuren presenteren de hoogte van de waterstand. De maximale waterstand treedt op ten oosten van het centrum van de orkaan en is circa 6 meter boven gemiddeld zeeniveau. (BRON: ROYAL HASKONING)

In totaal zijn 152 verschillende orkaansituaties doorgerekend met ADCIRC en STWAVE. In deze berekeningen zijn verschillende instellingen voor de orkaankarakteristieken toegepast. Zo zijn er relatief lichte en zware orkanen doorgerekend, en ook orkanen met een verschillend pad door de Golf van Mexico. De gehele stormset is gebruikt om de waterstand en golfkarakteristieken te bepalen bij de dijk met een kans van voorkomen van 1/100 per jaar. Geen model is perfect en dus zijn de waterstand en de golfkarakteristieken met een kans van voorkomen van 1/100 per jaar onzeker. Bijvoorbeeld: de standaardafwijking van de 1/100 jaar waterstand wordt geschat 0,30 tot 0,70 meter. Voor de golfhoogte en de golfperiode wordt de standaardafwijking geschat op 10 respectievelijk 20 procent van de verwachtingswaarde. Deze gegevens vormen de basis voor het ontwerp van de waterkeringen.

Onzekerheden

Bij het bepalen van de dijkhoogte is de hoeveelheid water die over de dijk gaat (het zogenoemde overslagdebiet) leidend. Dit overslagdebiet is afhankelijk van de hydraulische omstandigheden, zoals de waterstand en de golven voor de dijk. Maar ook van de dijkkarakteristieken zelf, zoals de helling, de dijkhoogte en het type bekleding. Voor het vaststellen van het overslagdebiet heeft het ingenieursbureau de Nederlandse TAW-formuleringen (Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen) en het programma PC-overslag bij de Amerikanen geïntroduceerd. Dit programma berekent voor relatief eenvoudige

dijkgeometrieën (bijvoorbeeld een dijk met een enkele golfberm) het overslagdebiet. Voor complexe situaties – de aanwezigheid van een hooggelegen element voor de dijk, zoals een spoorlijn – is een zogenaamd Boussinesq-model ingezet om de golfkarakteristieken bij de teen van de dijk te bepalen.



Resultaat van de onzekerheidsanalyse voor een (fictieve) dijksectie. De blauwe lijn is het resultaat van 10.000 berekeningen van het overslagdebiet met realistische combinaties van waterstand en golfkarakteristieken. De rode lijnen geven de ontwerpcriteria weer voor het overslagdebiet: maximaal 1 l/s/m met 50 procent overschrijdskans en 10 l/s/m met 10 procent overschrijdskans. (BRON: ROYAL HASKONING)

Voor het ontwerp van de grasdijken rondom New Orleans is de nu gehanteerde norm dat het overslagdebiet tijdens de piek van de storm kleiner moet zijn dan 1 l/s/m met een zekerheid van 50 procent, en kleiner dan 10 l/s/m met een zekerheid van 90 procent. Een overslagdebiet van 10 l/s/m is een relatief groot overslagdebiet in vergelijking met de in Nederland gangbare criteria voor grasdijken zonder bekleding op het binnentalud. Een belangrijk verschil met de Nederlandse situatie is dat de totale stormduur en daarmee ook de piek van de storm relatief kort duurt, zodat de grasmat maar een korte periode deze grote hoeveelheid water hoeft te verwerken. Ook speelt de kwaliteit van de grasmat een belangrijke rol in het toelaatbare overslagdebiet. Over de kwaliteit van de grasbekleding is weinig bekend in Louisiana. Meer experimenten, zoals recentelijk gedaan in Groningen in het kader van het

project Comcoast, kunnen inzicht geven in de geldigheid van de nu gehanteerde criteria voor het overslagdebiet voor Louisiana.

Om met een bepaalde zekerheid (bijvoorbeeld 50 procent) te zeggen dat het overslagdebiet kleiner is dan een vastgestelde norm (bijvoorbeeld 1 l/s/m) heeft het ingenieursbureau voor elk dijktraject een onzekerheidsanalyse uitgevoerd. Het overslagdebiet is daarvoor vele malen berekend op basis van de kansverdelingen van de hydraulische belasting en de empirische coëfficiënten in de overslagformulering. Door de resultaten te ordenen van laag naar hoog en elk resultaat een kans toe te kennen, is het mogelijk de kansverdeling van het overslagdebiet te visualiseren. Zo is voor ieder traject gecontroleerd of de 50%-waarde en de 90%-waarde van het overslagdebiet voldoen aan de gehanteerde normen.

Robuustheid

Een belangrijke les van Katrina is dat er specifiek aandacht nodig is voor de robuustheid in het dijkontwerp. Er moet niet alleen sprake zijn van een conservatief ontwerp. Het betekent ook dat de waterkering wel forse schade mag oplopen, maar niet volledig mag falen bij overschrijding van de ontwerpgebeurtenis. Zeker met een relatief laag beschermingsniveau zoals in New Orleans is dit laatste cruciaal om een nieuwe overstroming in de nabije toekomst te voorkomen.

Mathijs van Ledden en Wiebe de Jong zijn werkzaam bij Royal Haskoning in New Orleans. Joannes Westerink is hoogleraar numerieke vloeistofmechanica aan de University of Notre Dame in South Bend, Indiana en heeft het stromingsmodel ADCIRC ontwikkeld.