

De ramp in New Orleans op 29 augustus 2005 is niet te wijten aan de *hurricane Katrina* alleen, maar is het catastrofale gevolg van een samenloop van omstandigheden, en een combinatie van natuurlijke en menselijke oorzaken. Waarom ging het in New Orleans zo verschrikkelijk mis? En was de ramp te voorkomen geweest?

Op 29 augustus 2005 trof orkaan Katrina de Amerikaanse stad New Orleans. Het waterpeil in Lake Pontchartrain aan de noordkant van de stad werd 6 m opgestuwd, waardoor *floodwalls* en dijken bezweken en 80 procent van de stad onder water liep. Op sommige plaatsen kwam het water meer dan 7 m hoog te staan. Bruggen stortten in, de elektriciteit viel uit, er was geen drinkwater meer, het water raakte vervuild met olie, pijpleidingen braken, houten huizen werden weggevaagd, in hoge wolkenkrabbers sneuvelden alle ruiten, bomen raakten ontworteld en overal dreef puin. Circa 25.000 mensen zochten dekking in de Superdome, een reusachtig overdekt stadion. Er speelden zich daar mensonterende taferelen af in de bijna ondraaglijke hitte van 35°C en een extreem hoge luchtvochtigheid.

New Orleans

Gone with the wind and the water

Nog eens 20.000 mensen werden opgenomen in het Convention Center. Uiteindelijk werden beide gebouwen op 4 september ontruimd. Circa 1 miljoen mensen raakten ontheemd, er braken plunderingen uit en de hulpverlening kwam uiterst moeizaam op gang. Het aantal doden is nog niet precies bekend, maar zal de duizend overschrijden. Er raakten 293.000 huizen beschadigd. Geschatte kosten: 200 miljard dollar. Hoe kon het zover komen in het rijkste land ter wereld?

Kom

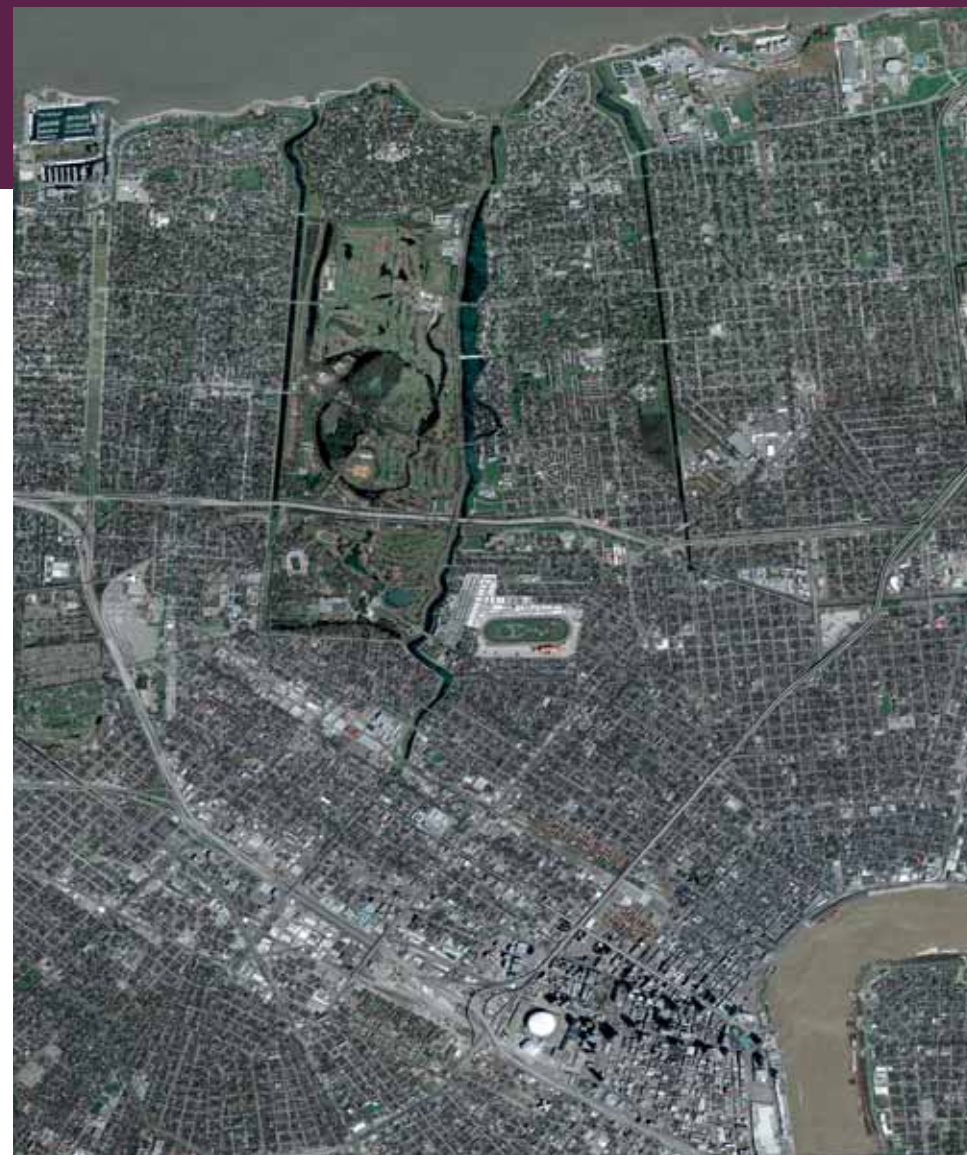
De oorspronkelijke stad werd gebouwd op een hoge oeverwal aan een buitenbocht van de Mississippi. Dit gebied (*downtown*, inclusief het French Quarter) ligt 3 tot 5 m boven de zeespiegel, en bleef tijdens de ramp voor overstroming gespaard. In noordelijke richting gaat de oeverwal over in een lager gelegen komgebied. Omdat de stad in een halve maanvorm rond de meanderbocht werd gebouwd, kreeg New Orleans de bijnaam 'the Crescent City'. De eerste dijken werden al gebouwd

in het begin van de 17de eeuw. Halverwege de 18de eeuw werd de zorg voor de dijken toevertrouwd aan het Army Corps of Engineers, en de stad breidde zich geleidelijk uit tot in het lager gelegen komvormige gebied tussen de Mississippi en Lake Pontchartrain.

De stad ligt thans ingeklemd tussen de Mississippi aan de zuidkant, en Lake Pontchartrain aan de noordkant. Lake Pontchartrain ligt ongeveer op zeeniveau. De stad is omgeven door dijken en flood walls, betonnen of stalen structuren die worden toegepast wanneer er onvoldoende ruimte is voor dijken. Aan de zuidkant zijn de dijken 7-8 m hoog, en aan de noordkant, langs Lake Pontchartrain, 5-6 m. Het grootste deel van de stad ligt beneden zeeniveau – het noorden zo'n 1 m tot 3 m.

De Mississippi heeft het op twee na grootste stroomgebied ter wereld. Grote overstromingen traden op in 1912, 1913, 1927 en 1998, en veroorzaakten vele miljoenen dollars schade. Bij New Orleans is de Mississippi ongeveer 1,6 km breed (viermaal zo breed als de Waal), en circa 30 m diep.

De situatie is in veel opzichten te vergelijken met die in Nederland, met twee belangrijke verschillen: de schaal en het feit dat er in Nederland geen orkanen voorkomen.



New Orleans op 9 maart 2004 (links) en op 31 augustus 2005 (NASA EO-1 satelliet). De oeverwal waarop downtown New Orleans en de French Quarter liggen, is droog gebleven. City Park aan de noordkant van de stad staat geheel onder water. De helder witte halve cirkel in het zuiden van het park is de tribune van het openlucht stad Gormley Stadion. Lake Pontchartrain is zichtbaar in het noorden.

Katrina

Orkaan Katrina ontstond op 23 augustus als een depressie bij de Bahama-eilanden en werd een *tropical depression* op 24 augustus. Op 25 augustus nam de kracht verder toe en werd het een orkaan (*hurricane*). Aan het eind van de dag bereikte de orkaan de kust van Florida. Op 27 augustus was de kracht verder toegenomen tot een categorie-3-hurricane, en op 28 augustus tot een categorie-4-hurricane. Later die dag werd het zelfs even een categorie-5-hurricane, met gedurende korte tijd windsnelheden van bijna 300 km/uur. Met een minimum luchtdruk van 902 hPa was het de vierde meest intense storm ooit. Daarna verzwakte de orkaan iets tot een categorie-4-hurricane, met windsnelheden van 225 km/u. Bij de grens van Louisiana en Mississippi was de windsnelheid afgenomen tot 200 km/u. Na 160 km boven land was de windsnelheid verder geslonken tot minder dan orkaankracht. Op 31 augustus werd de storm voor het laatst herkend in het gebied van de oostelijke Grote Meren.

Op 28 augustus gaf de National Weather Service (NWS) in New Orleans een waarschuwing uit en voorspelde daarbij catastrofale schade: '[...] Most of the area will be uninhabitable for weeks [...] perhaps longer. At least one half of well constructed homes will have roof and wall failure [...] the majority of industrial buildings will become non functional [...] all wood framed low rising apartment buildings will be destroyed [...]. High rise office and apartment buildings

will sway dangerously, [...] a few to the point of total collapse. All windows will blow out [...]. Airborne debris will be widespread [...] and may include [...] even light vehicles. Persons [...] and livestock exposed to the winds will face certain death if struck. Power outages will last for weeks. Water shortages will make human suffering incredible by modern standards [...]'

Naar aanleiding van deze waarschuwing besloot burgemeester Ray Nagin – mede op aandringen van president Bush – tot een verplichte evacuatie, een bevel dat overigens niet door iedereen direct werd opgevolgd. Circa 100.000 mensen die niet beschikten over eigen vervoer, moesten worden geëvacueerd. Al snel werd duidelijk dat de rampenplannen niet voldeden. Door het wegvallen van de elektriciteit werkten de communicatiemiddelen niet, er waren onvoldoende hulpgoederen en water, er waren niet genoeg buschauffeurs om de gestrande bewoners te evacueren, en diverse overheden bleken onvoldoende voorbereid op de ontstane situatie.

Op 29 augustus brak een dijk langs het Industrial Canal (een 9 km lange verbinding tussen de Mississippi en de Intracoastal Waterway). Op 30 augustus bezweek de floodwall langs 17th Street Canal en stroomde het water vanuit het noorden de stad binnen. Later die dag brak ook een floodwall langs het London Avenue Canal. 80 procent van de stad liep onder water. Het was een geluk bij een ongeluk dat de Mississippi niet tegelijkertijd ook hoog water had.

Op 29 augustus zaten er 9000 mensen in de Super-



FOTO: MICHAEL E. BEST / DOD

New Orleans, 3 september. Propellerboot van het Amerikaanse leger brengt overlevenden van de hurricane Katrina in veiligheid.

dome, later liep dat op tot circa 25.000. De Superdome staat 1 m boven zeeniveau, en kan windsnelheden weerstaan van 320 km/uur en een waterpeil van 10 m, en werd daarom gezien als een veilig toevluchtsoord. Omdat de omgeving van de Superdome onder water liep en de toestand in het gebouw volstrekt onhoudbaar werd, moest het uiteindelijk worden ontruimd. Het dak was beschadigd door de wind, en het interieur was veranderd in een enorme afvalberg. Het is nog onduidelijk of het immense stadion hersteld kan worden of moet worden afgebroken.

De totale schade wordt momenteel geschat op bijna 200 miljard US dollar. Het aantal doden is onzeker, maar betreft tenminste circa 1000.

Samenloop

Hoewel de orkaan de directe oorzaak was van de catastrofe in New Orleans, is deze ramp niet te wijten aan één enkele oorzaak, maar aan een samenloop van omstandigheden, en een combinatie van natuurlijke en menselijke oorzaken.

- In de afgelopen eeuw is de zeespiegel wereldwijd circa 15 cm gestegen. Dit heeft directe gevolgen gehad voor New Orleans, omdat Lake Pontchartrain vrijwel op

zeeniveau ligt.

- Als gevolg van de onttrekking van grondwater, olie en gas (er staan circa 6000 olie-installaties langs de Gulf Coast) is compactie opgetreden, waardoor de bodem is gedaald en het hoogteverschil tussen oeverwal en kom is toegenomen. De combinatie van zeespiegelstijging en bodemdaling heeft ertoe geleid dat de vloedstanden nabij New Orleans in de afgelopen eeuw circa 1 m hoger zijn geworden. Daardoor zijn ook de hurricanes gevaarlijker geworden.

- Door de vermindering van het *wetlands*-oppervlak en door erosie van de kustbarrière worden hurricanes minder afgeremd en is New Orleans kwetsbaarder geworden. Hurricanes verliezen namelijk snel aan kracht wanneer ze boven land komen. De kust van Louisiana bestaat van oorsprong uit een langgerekte reeks strandwallen (*cheniers*), met daarachter een wadden- en kweldergebied.

Als gevolg van bodemdaling is het totale oppervlak aan wetlands afgenomen met een snelheid van 65-90 km² per jaar. Sinds 1930 gaat het in totaal om bijna 5000 km² (een zesde van de oppervlakte van Nederland), en een deel van de kustbarrière is geërodeerd. Het erosieproces is versterkt door het graven van kanalen door de olie-industrie. Dit betekent dat de stormvloedhoogte bij hurricanes toeneemt en de gevolgen verder landinwaarts reiken. De ernst van het verlies aan wetlands is door de politiek lang niet serieus genomen. Er bestaat een plan voor het herstel van wetlands in de komende dertig jaar voor een bedrag van 11 miljard US dollar, te betalen uit olie- en gasinkomsten, maar de uitvoering ervan is

voorlopig geblokkeerd door de overheid.

- Door de bedijking hield de opslibbing op, waardoor de hoogteverschillen tussen oeverwallen en kommen zijn toegenomen. Deze situatie is vergelijkbaar met die in Nederland.
- De kust van Louisiana ligt in de baan van hurricanes die ontstaan in het westelijk deel van de Atlantische Oceaan, en die vooral in de zeer warme Golf van Mexico in het zomerseizoen sterk aan kracht kunnen winnen. De piek van het hurricaneseizoen valt in september.
- De dijken zijn niet hoog genoeg. Nadat hurricane Betsy (categorie-3) de stad trof in 1965 (schade 1 miljard US dollar), waarbij een vloedgolf ontstond van 3 m hoogte en ook grote overstromingen optraden, werd besloten de dijken te verhogen tot 4 m. Sindsdien zijn de dijken – het gaat in totaal om 830 km – verder opgehoogd tot zo'n 5 m. De laatste ophoging stamt van na 1998, toen hurricane Georges de stad trof en 14.000 mensen dekking zochten in de Superdome. Deze ophoging was net klaar, maar bleek onvoldoende: de dijken langs Lake Pontchartrain waren berekend op een langzaam bewegende categorie-2 hurricane of een snelle categorie-3-hurricane. Toen hurricane Katrina aan land kwam, ongeveer 20 km ten oosten van de stad, was het een categorie-4-hurricane (windsnelheden van 235-250 km/u).

Het was al lang bekend dat een sterkere hurricane de stad voor een groot deel onder water zou kunnen zetten, en scenario's gingen ervan uit dat daarbij meer dan 25 miljard US dollar schade zou kunnen ontstaan en 25.000 tot 100.000 mensen zouden kunnen verdrinken. Op het moment dat hurricane Katrina toesloeg, werd er gewerkt aan een haalbaarheidsstudie om de dijken te versterken zodat ze een categorie-4 of -5 hurricane zouden kunnen weerstaan. De studie werd gestart in 2000, maar het duurt zeker nog enkele jaren voordat hij voltooid is.

- De kans op overstroming is onderschat. De kans op een *direct hit* van een categorie-5-hurricane werd geschat op 1 per 500 jaar. Het aantal hurricanes per seizoen is de laatste jaren niet toegenomen, maar de kracht ervan wel, waardoor de kansberekeningen waarop de dijkhoogte is gebaseerd, niet meer kloppen.
- Er was onvoldoende geld voor het onderhoud van de

Bedragen voor onderhoud en versterking van dijken (in mln US dollars)

| | 2004 | 2005 |
|---------------------|------|------|
| Aanvraag Army Corps | 11 | 22,5 |
| Voorstel Bush | 3 | 3,9 |
| Toekenning Congres | 5,5 | 5,7 |



FOTO: BRIEN AHO / US NAVY

Zoals altijd in dit soort situaties worden de armsten – in New Orleans de negerbevolking – het zwaarst getroffen.

dijken. De tabel geeft een overzicht van de aangevraagde en toegekende bedragen voor dijkonderhoud en dijkverbetering.

Het is duidelijk dat de regering Bush weinig geld beschikbaar wilde stellen voor *hurricane prevention*. Dit hangt ongetwijfeld samen met de enorme kosten van de militaire operaties in Afghanistan en Irak, de belastingverlaging en de kosten van terrorismebestrijding. Daardoor is voor vele projecten te weinig geld beschikbaar, of worden ze vertraagd uitgevoerd. Toch is het te simpel de ramp helemaal toe te schrijven aan een tekort aan ter beschikking gestelde middelen. Ook als de aanvragen van het Corps geheel gehonoreerd zouden zijn, had de ramp waarschijnlijk niet voorkomen kunnen worden. In het gunstigste geval was de schade beperkter geweest. Het op sterkte brengen van de dijken voor een hurricane van categorie 5 is een omvangrijke operatie die 20 tot 25 jaar vergt. En dan nog zal absolute veiligheid niet gegarandeerd zijn. Politiek en economisch gezien was de bezuiniging op hurricane prevention echter kortzichtig: de schadepost bedraagt nu circa 200 miljard US dollar, en kan zelfs de kosten van de militaire operaties in Afghanistan en Irak gaan benaderen.

Ironisch genoeg zijn juist de dijken die al verbeterd waren, doorgebroken. De belangrijkste doorbraak vond plaats bij een betonnen muur die in de afgelopen twee jaar was gebouwd.

- Omdat de hurricane ten oosten van de stad in noordelijke richting bewoog, draaide de wind van zuidwest via oost naar noord. Daardoor kwam de dijk langs Lake Pontchartrain loodrecht op de wind te liggen en werd het water opgestuwd tot meer dan 6 m boven zeeniveau. De floodwall langs 17th Street Canal was hierop niet berekend en het water stroomde eroverheen. Daarbij werd de binnenzijde ondermijnd en ontstond een doorbraak over een lengte van enkele honderden meters. De belangrijkste doorbraken vonden plaats bij 17th Street Canal en Industrial Canal.

De situatie in New Orleans is in veel opzichten vergelijkbaar met die in Nederland, met twee belangrijke verschillen: de schaal en de hurricanes.

Geblander

Nadat de stad onder water gelopen was, ging er ook nog van alles mis.

- De locale, *state* en federale overheid reageerden traag en blunderend op de ramp. De onderlinge communicatie was slecht, en het leger werd veel te laat ingezet. Bijna de helft van de National Guard van Louisiana zat in Irak. Aan de andere kant: slechts 10 procent van het Amerikaanse leger is betrokken bij de militaire operaties in het buitenland. Waarom werd de rest niet ingezet?
- De evacuatieplannen vertoonden tal van tekortkomingen. Deze waren al eerder aan het licht gekomen, onder meer in 2004 toen hurricane Ivan de Gulf Coast trof. Hoewel New Orleans toen geen grote schade ondervond, trachtten 1 miljoen mensen de stad en omgeving te ontvluchten. Daarbij ontstond een file van 100 km tussen New Orleans en Baton Rouge. Het duurde zeven uur om deze afstand te overbruggen.
- De opvang in de Superdome was ogenschijnlijk een goede preventieve maatregel, maar bleek achteraf gezien een slechte greep. De Superdome had geen of in ieder geval veel te weinig elektriciteit, was omgeven door water en kon de aanzwellende stroom vluchtelingen niet aan.
- Meer dan 120 schoolbussen die gebruikt hadden kunnen worden voor evacuatie, stonden op een terrein dat onder water liep.
- Er kwam een stroom van verwijten los, vooral aan het adres van het FEMA (Federal Emergency Management Agency), en directeur Brown werd gedwongen af te treden. Ook werd de overheid beschuldigd van racisme, omdat zoals altijd in dit soort situaties de armsten (met een oververtegenwoordiging van zwarten) het zwaarst werden getroffen.

Te voorzien?

Scenario's van het Army Corps of Engineers en Louisiana State University voorspelden al jaren een ongekende ramp. Het ontwerp van de dijken was onvoldoende om een vloedgolf van 6 m te kunnen keren. Uit scenario-studies bleek dat honderdduizenden mensen hun huis konden verliezen, en er zouden maanden nodig zijn om de stad droog te pompen. De economie zou voor jaren in duigen liggen. Mark Fischetti schreef in 2001 in het artikel 'Drowning New Orleans' in de *Scientific American*: 'New Orleans is a disaster waiting to happen.'

Zoals vaak heeft de politiek niet op tijd willen luisteren. Nu is de schade 10.000 maal zo groot als het bedrag dat het Corps of Engineers jaarlijks vroeg voor onderhoud en verbetering van de dijken. ■

VOOR LESMATERIAAL: WWW.GEOGRAFIE.NL

Het Nederlands landschap is ontstaan uit eeuwenlange menselijke activiteit. Zeker de afgelopen decennia is het onder invloed van bevolkingsgroei en toegenomen mobiliteit sterk gewijzigd. Dat ging niet overal even hard. Door kaarten uit het verleden te digitaliseren kunnen de veranderingen exact in kaart gebracht worden. En dat leidt soms tot verrassende conclusies.

Snel en traag

Veranderingen in het landschap

Wie iets wil weten over landschappen in het verleden is vaak aangewezen op schilderijen, historische beschrijvingen en oude topografische kaarten. Van schilderijen is de realiteitswaarde vaak onzeker. Historische werken beschrijven meestal de ontwikkelingen in een bepaalde periode zonder aan te geven waar die ontwikkelingen exact plaatsvonden. Op topografische kaarten is dat wel goed te zien, maar ze geven geen informatie over de ontwikkeling in de tijd. Gedigitaliseerde historische kaarten geven zowel een ontwikkeling in de tijd weer als een exacte plaatsbepaling van die ontwikkeling. Ze zijn daarom zeer geschikt om veranderingen over een langere periode te bestuderen. We schetsen de mogelijkheden aan de hand van een casestudy met kaarten van het gebied op de grens van Oost-Nederland en Duitsland.

Gedigitaliseerd

We onderzochten een gebied in Oost-Nederland en de West-Duitse grensstreek, 60 bij 60 kilometer groot, met in het midden de steden Arnhem en Nijmegen. We wilden nagaan welke delen de afgelopen 150 jaar, vanaf de vooravond van de industrialisatie in Nederland, sterk in gebruik veranderd zijn. Zou de sterke ruimtelijke dynamiek van de laatste decennia een nieuwe trend zijn of onderdeel van een veel langere ontwikkeling? Voor het onderzoek hebben we topografische kaarten gebruikt uit de jaren 1850, 1900, 1930, 1960 en 1990. Deze zijn gescand en vervolgens gedigitaliseerd naar negen verschillende vormen van grondgebruik, te weten grasland, akker en braakliggende grond, heide en hoogveen, loofbos en naaldbos, bebouwing en verharde wegen, water, rietmoeras, stuifduinen en overige. Door de gedigitaliseerde kaarten dezelfde legenda mee te geven zijn ze onderling vergelijkbaar en wordt de ruimtelijke dynamiek van het grondgebruik over een periode van 150 jaar scherp en objectief in beeld gebracht.

Het studiegebied is heel divers. Door de grote rivieren en snelwegen vormt het een schakel tussen West-Nederland en het nabijgelegen Duitsland. In het noordelijke deel liggen bossen en stuifzandgebieden op de in een ijstijd gevormde stuwwallen van de Veluwe. Oost, zuid en west bestaan vooral uit zanderige landbouwgronden, zoals de Gelderse Vallei, de Achterhoek