

Buitendijks andere methode basisveiligheid nodig

Het bepalen van het risico op overlijden door overstromingen in buitendijkse gebieden vergt een andere aanpak dan in binnendijkse gebieden. In kustgebieden moet bovendien rekening gehouden worden met golfoverslag. Het effect van overslaande golven op het overlijdensrisico is momenteel niet bekend. Wel is bekend dat mensen hun evenwicht verliezen wanneer het overslagdebiet groter is dan 30 l/s/m. De combinatie van kwantitatieve methoden (voor de bepaling van de overstromingskans) en een meer kwalitatieve redenering (voor bepaling van de mortaliteit) geeft een indruk van het overlijdensrisico.

DR. IR. T. TERPSTRA / IR. G. PLEIJTER

Dat blijkt uit de casus IJmuiden aan Zee, een onderzoek naar het risico op overlijden als gevolg van overstromingen in het buitendijks gebied rondom de jachthaven van IJmuiden.

Het Deltaprogramma ontwikkelt nieuwe normen voor de bescherming van mens en economie tegen overstromingen. Een nieuw element hierin is 'basisveiligheid': de kans op overlijden voor een individu ten gevolge van een overstroming mag niet groter zijn dan 1 op de 100.000 per jaar. Deze norm is momenteel uitsluitend be-

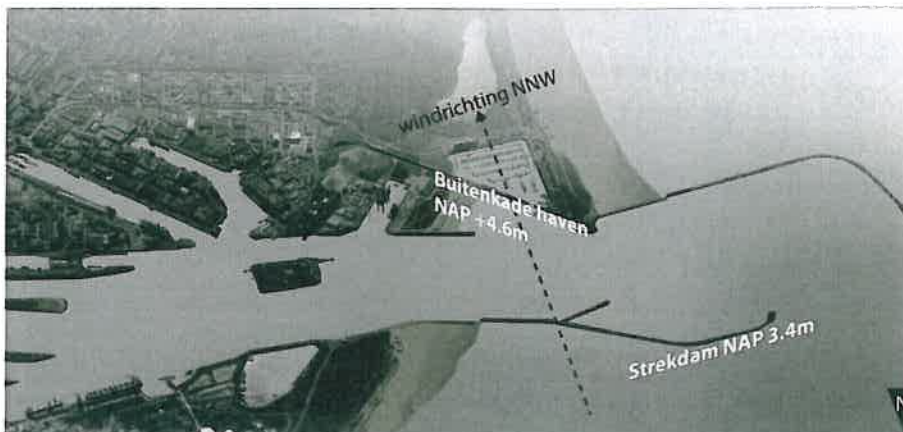
IN 'T KORT - OVERLIJDENSRISSICO

Het overlijdensrisico berekenen van buitendijkse gebieden vergt een specifieke aanpak

In binnendijkse gebieden kunnen bijvoorbeeld dijken worden versterkt

Waterstand en de hoogte van het maaiveld zijn bepalend bij de overstromingskans

Klimaatverandering speelt een rol: door zeespiegelstijging neemt het overlijdensrisico toe



Het plangebied IJmuiden aan zee: noordelijke strekdam, buitenkade en golfrichting.

doeld voor gebieden die achter de primaire waterkeringen liggen: binnendijkse gebieden. In verschillende provincies wordt momenteel nagedacht over de beheersing van overstromingsrisico's in buitendijkse gebieden en over de vraag of basisveiligheid ook hier een geschikt criterium is voor de bescherming van mensenlevens. De vraag is of de 'binnendijkse methode' ook is te gebruiken voor buitendijkse gebieden. Het project 'Meerlaagsveiligheid IJmuiden aan Zee – Basisveiligheid als eis in buitendijks gebied?' geeft handvatten. Dit onderzoek is onlangs uitgevoerd door HKV Lijn in water, in opdracht van Deltaprogramma Kust en gemeente Velsen.

Binnendijks versus buitendijks

Basisveiligheid wordt getoetst aan het Lokaal Individueel Risico (LIR). In jargon: basisveiligheid bestaat wanneer het LIR kleiner is dan 1:100.000 per jaar. Het LIR wordt beïnvloed door drie factoren:

- De overstromingskans van de waterkering;
- De kans op overlijden (mortaliteit) op een bepaalde locatie gegeven de specifieke kenmerken van een overstroming, zoals de waterdiepte, stroomsnelheid en stijgsnelheid;
- De mogelijkheden om voorafgaand aan een overstroming (preventief) te evacueren, uitgedrukt in een evacuatiefractie (het percentage mensen dat naar verwachting tijdig het bedreigde gebied kan verlaten).

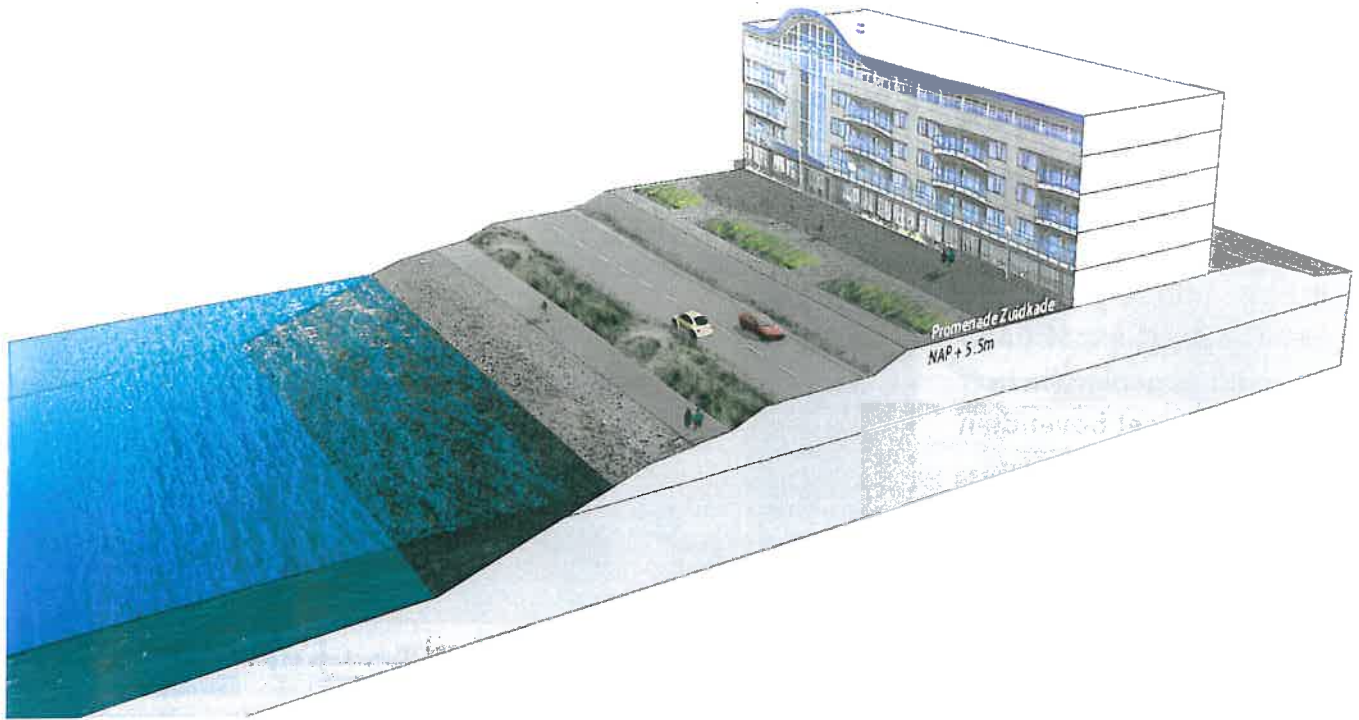
In formulevorm: $LIR = \text{overstromingskans} * \text{mortaliteit} * (1 - \text{evacuatiefractie})$.

Binnendijks is het mogelijk de overstromingskans te verkleinen, bijvoorbeeld door dijkversterking of door ruimte voor rivieren te maken. De mortaliteit is (lokaal) te beïnvloeden door bijvoorbeeld nieuwbouwwijken verhoogd aan te leggen, zodat de overstromingsdiepte afneemt. Met evacuatieplannen en risico- en crisiscommunicatie is bovendien de evacuatiefractie te verbeteren.

In buitendijkse gebieden is echter sprake van een aantal andere mechanismen, waardoor de methode die voor binnendijkse gebieden is ontwikkeld, niet (zonder meer) is toe te passen. In buitendijkse gebieden is veelal sprake van bescherming tegen overstromingen door een hoge ligging van het maaiveld. De overstromingskans wordt feitelijk bepaald door de kans dat het water hoger komt te staan dan het maaiveld. Bovendien kunnen in buitendijkse gebieden golven een belangrijke rol spelen, bijvoorbeeld in gebieden langs IJssel/Markermeer en langs de kust. Dit betekent dat waterstanden die lager zijn dan het maaiveldniveau toch ook kunnen leiden tot natte voeten, en voor gevaarlijke situaties kunnen zorgen vanwege golfoverslag. Hierbij komt dat de bepaling van deze mortaliteit niet kan worden uitgevoerd met de standaard methode voor slachtofferbepaling, die binnendijks wordt toegepast (zie Jonkman, 2007; Maas-kant et al., 2009). De reden hiervoor is het verschil in overstromingskenmerken. Bij dijkdoorbraken is sprake van relatief snel stijgend en snel stromend water, terwijl in buitendijkse gebieden de waterstanden vaak langzaam stijgen. Tot slot dient voor buitendijkse gebieden een aanname gedaan te worden voor de evacuatiefractie. Deze gebieden zijn veel kleiner dan de evacuatiegebieden binnendijks. Een evacuatie is daarmee organisatorisch en verkeerskundig beter uitvoerbaar. Het succes van een evacuatie zal hierdoor sterker afhangen van het risicobewustzijn en gedrag van mensen.

Casus IJmuiden aan Zee

IJmuiden aan Zee is het buitendijks gelegen gebied rondom de jachthaven aan de monding van het Noordzeekanaal (Gemeente Velsen, Provincie Noord-Holland). In het verleden is verkend of de waterveiligheid gerealiseerd zou kunnen worden via een nieuw aan te leggen regionale waterkering. Dit bleek echter een financieel en



Het plangebied IJmuiden aan zee: impressie promenade zuidkade met hotel.

ruimtelijk te ingrijpend. In dit artikel concentreren we ons op de promenade langs de Zuidkade (NAP +5,5m), het hoogst gelegen deel van de haven. De hydraulische omstandigheden op de promenade hangen af van de waterstand en de golven. De jachthaven staat in open verbinding met het buitenwater, zodat de waterstanden in de haven gelijk zijn aan de waterstand op het buitenwater. Voor de golfhoogte geldt dat niet. De golven verliezen energie doordat zij worden geremd door de noordelijk gelegen strekdam (NAP +3,4 m) en de buitenkade van de haven (NAP +4,6 m). Uit de berekeningen blijkt dat er alleen in een 1/10.000-situatie grote hoeveelheden water overslaan op de promenade: gemiddeld ongeveer 200 liter per seconde per strekkende meter kade. In werkelijkheid slaat er niet per seconde eenzelfde hoeveelheid water over, het gaat immers om golven waarbij er steeds enige tijd verstrijkt tot de volgende golf arriveert. Daarnaast verschillen de golven in hoogte. Hierdoor varieert het overslagvolume. Bij de helft van de golven slaat per strekkende meter kade 1,1 kubus of meer over (mediane overslagvolume), en 10 pro-

cent van de golven heeft een overslagvolume van meer dan 5,2 kubus (berekend m.b.v. Eurotop, 2007).

Inschatting overlijdensrisico

Om het overlijdensrisico buitendijks te bepalen, is een alternatieve methode ontwikkeld. De overstromingskans van buitendijkse gebieden wordt bepaald door de waterstand en de hoogte van het maaiveld. Waterstanden die hoger zijn dan het maaiveld leiden tot het (langzaam) overstroom van het gebied met een bepaalde waterdiepte. Iedere waterdiepte heeft dus een kans van voorkomen, die kan worden afgeleid uit de waterstandfrequentielijn (terugkeertijden van waterstanden). De waterdiepte bij een gegeven waterstand is vervolgens de basis voor de inschatting van de mortaliteit. Dus, gegeven de hoogte van het maaiveld kan voor iedere waterstand een inschatting worden gemaakt van de overstromingskans en de mortaliteit. Het product van kans, mortaliteit en evacuatiefractie levert bij iedere waterstand een inschatting van het LIR. Door deze LIR-waarden te sommeren over een range aan waterstanden kan het tota-

le LIR worden berekend. In de casus IJmuiden aan Zee is de evacuatiefractie in eerste instantie buiten beschouwing gelaten (evacuatiefractie 0 procent), om zo een bovengrens van het LIR af te kunnen leiden. De formule voor het LIR is formule 1, links onder deze pagina. Op de promenade slaan er alleen bij een 1/10.000-situatie golven over. Formule 1 kan daarom worden vereenvoudigd tot formule 2. Wanneer op de promenade aan basisveiligheid (LIR < 1*10⁻⁵ per jaar) moet worden voldaan, mag de mortaliteit niet groter zijn dan 1,8 procent. Met andere woorden: in een situatie waarin gemiddeld 200 l/s/m overslaat, mag de kans om ten gevolge van die golfoverslag te overlijden niet groter zijn dan 1,8 procent. De vraag is: is dat aannemelijk, of is de overlijdenskans groter?

Kritieke overslagdebiet

Er zijn studies bekend waarin is onderzocht onder welke omstandigheden mensen hun evenwicht verliezen als gevolg van golfoverslag (Jonkman, 2007). Het kritieke overslagdebiet waarbij mensen hun evenwicht verliezen varieert tussen 1-10 l/s/m (Bruce et al., 2002) en 20-30 l/s/m (Smith, 1999). Dit overslagdebiet geldt voor een zekere 'overslagzone' die begint aan de rand van de promenade. Een tweede criterium heeft betrekking op de combinatie van waterdiepte en stroomsnelheid. Dat wil zeggen, het overslaande water komt terecht op de promenade. Dit leidt tot een waterstroom met een bepaalde diepte en snelheid. Uit een tweetal studies (Abt et al., 1989; Karvonen et al., 2000) blijkt dat de eerste mensen hun evenwicht verliezen en omvallen wanneer het product van waterdiepte (m) en stroomsnelheid (m/s) groter dan 0.6 m²/s bedraagt. Wanneer dit product 2 m²/s bedroeg, bleef geen van de proefpersonen

$$LIR_{x,y} = \frac{1}{T_{10.000}} \times M_{x,y,10.000} + \frac{1}{T_{1.000}} - \frac{1}{T_{10.000}} \times \frac{M_{(x,y)10.000} + M_{(x,y)1.000}}{2} + \left(\frac{1}{T_{100}} - \frac{1}{T_{1.000}} \right) \times \frac{M_{(x,y)1.000} + M_{(x,y)100}}{2} + \left(\frac{1}{T_{10}} - \frac{1}{T_{100}} \right) \times \frac{M_{(x,y)100} + M_{(x,y)10}}{2}$$

Formule 1 voor de berekening van het LIR.

$$LIR_{x,y} = \frac{1}{T_{10.000}} \times M_{x,y,10.000} + \frac{1}{T_{1.000}} - \frac{1}{T_{10.000}} \times \frac{M_{(x,y)10.000}}{2}$$

Formule 2: de vereenvoudigde versie van formule 1.

staan. Op de rand van de promenade is het overslagdebiet met ongeveer 200 l/s/m ruim hoger en in de eerste 7 meter vanaf de rand wordt ook het criterium van 0,6 m³/s overschreden. Met andere woorden, het is zeer aannemelijk dat mensen die zich in een zone van ongeveer 10 m van de rand bevinden, hun evenwicht verliezen als gevolg van overslaand water. Dit betreft een significant deel van de promenade, die ongeveer 35 m breed is. De overslagzone moet daarom als een zeer gevaarlijke locatie worden beschouwd.

Dit gevaar wordt bovendien niet alleen veroorzaakt door overslaande golven, maar ook door de hoge windsnelheden, en de temperatuur van de buitenlucht en het zeewater. Mensen verschillen bovendien in hun fysieke conditie; ouderen en kinderen zijn kwetsbaarder. Gezamenlijk bepalen deze factoren hoe snel mensen raken uitgeput. Een persoon die zich in de overslagzone bevindt, zal omver worden geworpen, op een obstakel botsen (bijvoorbeeld een gebouw op de promenade) of in het water belanden. De kans op verwondingen is daarbij tamelijk groot. Zeker wanneer mensen ongelukkig terechtkomen, en hoofdletsel oplopen of bewusteloos raken, is er een kans dat zij komen te overlijden als gevolg van het opgelopen letsel of door verdrinking. Gegeven deze omstandigheden is een mortaliteit van orde grootte 1 procent in de overslagzone goed voorstelbaar. Om aan basisveiligheid te voldoen mag de mortaliteit niet groter zijn dan 1,8 procent. We gaan er daarom

vanuit dat het overlijdensrisico in de huidige situatie in de buurt van basisveiligheid ligt.

In deze redenering is nog geen rekening gehouden met de mogelijkheden van evacuatie. Wanneer de lokale autoriteiten het risicobewustzijn van bewoners vergroten en over een evacuatie- en communicatiestrategie beschikken, kan het overlijdensrisico worden verlaagd. Omdat het hier gaat om een tamelijk klein gebied, is een evacuatie goed uitvoerbaar.

Klimaatverandering

Door zeespiegelstijging neemt het overlijdensrisico in de toekomst toe. Het water staat hoger en de golfhoogte neemt toe doordat de golfremmende constructies (buitenpier, het caisson voor de haven) bij extreme stormen dieper onder water liggen. In de studie zijn de effecten van twee KNMI'06-klimaatscenario's onderzocht: 20 cm (Scenario G) en 50 cm zeespiegelstijging (Scenario W+)

over een periode van 50 jaar. Bij 20 cm zeespiegelstijging leidt alleen een 1/10.000 storm tot extreme golfoverslag (ongeveer 500 l/s/m). De helft van de overslaande golven heeft een volume van meer dan 2,5 kuub en 10 procent van de golven heeft een volume van meer dan 12,5 kuub. Bij 50 cm zeespiegelstijging staat het water in een 1/1.000 situatie 30 cm onder de kruin, en in 1/10.000 situatie tegen de kruin van de promenade. Golven met een hoogte van orde 1 tot 1,5 m slaan op de promenade en zorgen voor extreme overslaggebieden. De conclusie is dat de promenade in geen van

IJMUIDEN AAN ZEE

Dit artikel is tot stand gekomen op basis van het project 'Ijmuiden aan Zee'. Het project is uitgevoerd in opdracht van het Deltaprogramma Kust en gemeente Velsen, in samenwerking met provincie Noord-Holland, Hoogheemraadschap Rijnland en Okra landschapsarchitecten. Afbeeldingen zijn gemaakt door Okra. De auteurs danken hen voor hun hulp bij dit artikel.

beide klimaatscenario's aan basisveiligheid voldoet.

Om te zorgen dat de promenade wel voldoet, moeten maatregelen worden genomen, bijvoorbeeld het ophogen van de promenade. Bij het hanteren van het voorzorgprincipe zou de promenade zodanig kunnen worden opgehoogd dat het golfoverslagdebiet beneden de 30 l/s/m blijft. De ophoging bedraagt dan minstens 1 m (bij 20 cm zeespiegelstijging) tot 1,75 m nodig (bij 50 cm zeespiegelstijging). Maar ook meer uitgekiende ontwerpen zijn mogelijk, waarbij ophoging wordt gecombineerd met golfremmende constructies, zoals een woelbak en effectieve evacuatieplannen.

Teun Terpstra en Gerbert Pleijter zijn werkzaam bij HKV lijn in water.

Golfoverslag ([l/s/m] op de promenade.

Zeespiegelstijging	T = 100	T = 1.000	T = 10.000
Geen (huidige situatie)	0	1	194
20 cm (Scenario G)	0	11	466
50 cm (Scenario W+)	0	76	1139

Hydraulische randvoorwaarden (HR2006) bij wind uit richting noord-noordwest

Terugkeertijd [jaar]	Waterstand HR2006 [m+NAP]	Significante golfhoogte op open water [m]	Significante golfhoogte zuidkade [m]	Gemiddeld overslagdebiet promenade (l/s/m)*
100	3.6	5.0	0.5	0
1.000	4.3	5.3	0.9	1
10.000	5.0	5.7	1.3	194

*Op basis van EurOtop, 2007