



# KUST BESCHERMING

SLIMME IDEEËN,  
DUURZAME  
OPLOSSINGEN

# THESEUS INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR SAFER EUROPEAN COASTS IN A CHANGING CLIMATE

THESEUS wordt gefinancierd door de Europese Commissie  
binnen het KP7 -THEMA 6 Milieu (inclusief klimaatveranderingen)  
Toelage Nr. 244104

1 December 2009 - 30 November 2013

<http://www.theseusproject.eu>



# KUSTOVERSTROMINGEN EEN RISICO?

Zijn we ons voldoende bewust van de potentiële rampen die zich bij ons kunnen voordoen? Mogelijk niet. Hoewel we via nieuwsberichten vertrouwd zijn met tsunamis en allesverwoestende overstromingen, is voor de meesten onder ons de overstromingsproblematiek toch veeleer een “ver van ons bed” show.

Onterecht zo blijkt: tussen 1998 en 2009 vonden er in Europa 213 grote overstromingen plaats die samen 1126 slachtoffers eisten en voor meer dan 50 miljard euro aan schade aanrichtten.

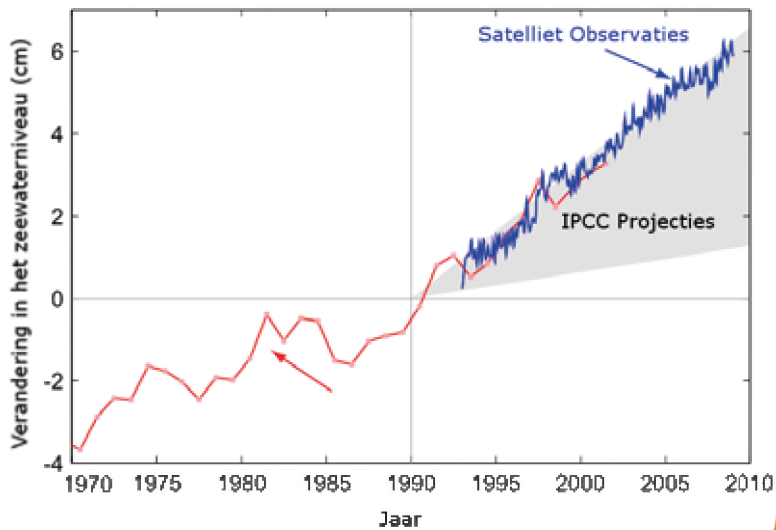
Meestal zijn het rivieren die buiten hun oevers treden, maar recente stormen toonden ons dat ook de Europese kusten kwetsbaar zijn. Zo veroorzaakte storm Becky in november 2010 aanzienlijke schade in een twintigtal havens langs de kusten van Galicië in Noord-Spanje. En eerder dat jaar (eind februari) eiste de storm Xynthia reeds 47 levens langs de Atlantische kust van Frankrijk.

# DE STIJGENDE ZEESPIEGEL

Een van de voornaamste parameters die het overstromingsgevaar bepalen is het zeewaterniveau. De stijging van de zeespiegel onder invloed van de klimaatsverandering verhoogt het effect van stormvloed en de kans op overstromingen en kusterosie. Tegen 2080 zouden er in Europa daarvoor een extra 1,6 miljoen mensen hinder kunnen ondervinden door overstromingen.

Tijdens de 20e eeuw steeg het gemiddelde zeeniveau immers met 1,7 mm per jaar. Op basis van observaties met satellieten en getijmeters kan men afleiden dat het gemiddelde zeeniveau in Europa de afgelopen 15 jaar zelfs steeg met ongeveer 3,1 mm per jaar. Volgens de projecties van het Inter-gouvernementeel Klimaatpanel (IPCC) zal het zeeniveau op het einde van de 21e eeuw tussen 18 en 59 cm hoger liggen dan het gemiddelde niveau in 1980-2000 en er zijn indicaties dat de stijging nog sterker zou kunnen zijn...

Het is daarom evident dat er bij het ontwerp van nieuwe of bij het beheer van bestaande maatregelen ter bescherming van onze kust rekening gehouden wordt met de verwachte stijging van het zeeniveau met zo'n 50 cm. Maar het is ook erg relevant om na te gaan wat de impact is bij meer extreme scenario's.



^ Veranderingen in het zeespiegelniveau sinds 1970 op wereldschaal, gemeten met getijmeters (rode lijn) en op basis van satellietobservaties (blauwe lijn). De projecties van het Klimaatpanel worden in de grijze zone weergegeven. Tot nu toe bevestigen de satellietobservaties het meest pessimistische scenario. Uit: Trends in sea level rise since 1970. Copenhagen Diagnosis, 2009 aangepast door VLIZ

# OVERSTROMINGS- GEVAAR EVALUEREN

De eerste stap bij de inschatting van overstromingsgevaar, is het risico op een objectieve manier te kwalificeren en te kwantificeren. Risico kan gedefinieerd worden als de waarschijnlijkheid dat een ramp plaatsvindt vermenigvuldigd met zijn gevolgen.

**Risico = waarschijnlijkheid x gevolgen**

De waarschijnlijkheid en de gevolgen van een overstroming kunnen uitgezet worden in een risicomatrix, waarin de risico's worden gerangschikt.

GEVOLGEN	Ernstig			Onaanvaardbaar
	Beduidend			
	Minimaal	Aanvaardbaar		
		Onwaar- schijnlijk	waar- schijnlijk	zeer waarschijnlijk
	WAARSCHIJNLIJKHEID			

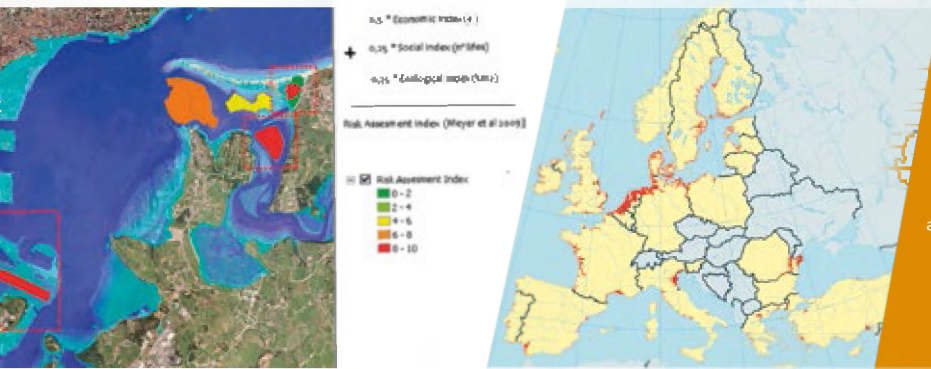


Gebeurtenissen die zelden voorkomen en weinig gevolgen hebben kunnen genegeerd worden, terwijl gebeurtenissen die vaak zouden voorkomen met ernstige gevolgen absoluut vermeden moeten worden.

De risicomatrix is gebaseerd op een combinatie van gegevens (waterstanden, golfhoogtes, windkracht en neerslag) afkomstig van waarnemingen, van simulaties met wiskundige modellen en van statistische analyses. Daaruit wordt de kans berekend dat een kustbeschermingssysteem faalt in een bepaalde situatie.

De potentiële gevolgen van een overstroming kunnen dan in kaart gebracht worden op basis van de geschatte schade aan publieke en privé eigendommen, aan mensen en aan de natuur. Economische verliezen kunnen gekwantificeerd worden. Eventuele schade gerelateerd aan verlies aan habitat of het inboeten aan levenskwaliteit is minder tastbaar maar daarom niet onbelangrijk.

Technische hulpmiddelen zoals het in THESEUS ontwikkelde beleidsondersteunend instrument (DSS - Decision Support System) kunnen een belangrijke ondersteuning bieden bij het afwegen van alternatieven en het nemen van beslissingen.



◀ Kaart van laaggelegen Europese kustgebieden. Vooral lager gelegen kustgebieden (aangeduid in rood) zijn kwetsbaar voor een stijging van de zeespiegel. Kaart EEA aangepast door VLIZ.

^ Binnen THESEUS werd beleidsondersteunende software (DSS) ontwikkeld. Gebaseerd op vooraf voorbereide scenario's kunnen bijvoorbeeld risico zones gevisualiseerd worden. Hier een toepassing op de baai van Santander.

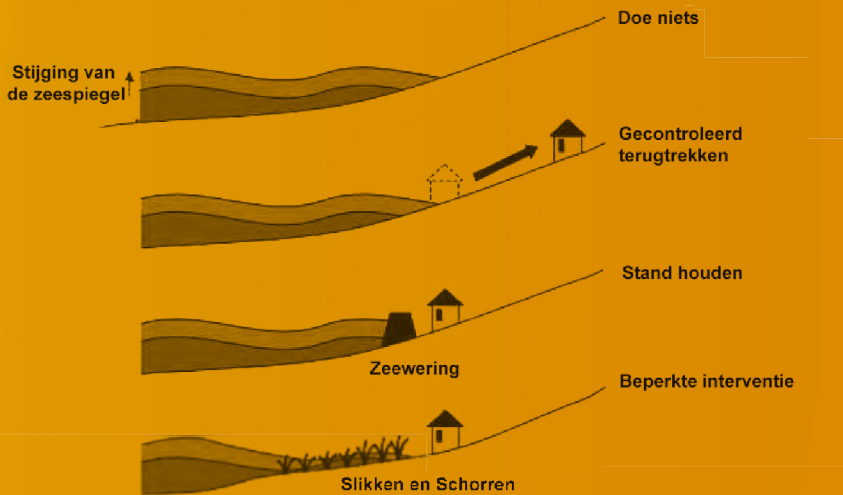
# HET RISICO BEHEERSEN

Zodra het risico geëvalueerd is kan bekeken worden hoe men er het best mee omgaat. Via risico verzachtende maatregelen (mitigatie) probeert men de schade aan diensten, goederen en personen te beperken. Dit kan door de **intensiteit van het gevaar te verminderen** (vb via het plaatsen van barrières, het afzwakken van golven of via zandsuppleties), door de **blootstelling aan het gevaar te verminderen** (vb via waarschuwingssystemen en evacuatieplannen) en/of door **de sociale en economische weerbaarheid te versterken** (vb via verzekeringssystemen en risicocommunicatie).

Door de stijging van de zeespiegel dienen vele van de huidige structuren vervangen of versterkt te worden om het gewenste beschermingsniveau op peil te houden. In vele gevallen zullen innovatieve alternatieven ontwikkeld moeten worden. Enkele voorbeelden van alternatieve ideeën die aan populariteit winnen zijn het herstellen en ondersteunen van de natuurlijke ontwikkeling van zandduinen en van slikken en schorren; het aanleggen van overstromingsgebieden die geopend kunnen worden bij extreem hoge zeewaterstanden en het artificieel dempen van de energie van de golven.



Risico mitigatie is vandaag de dag multidisciplinair. Er dient een uitgebreide kosten-batenanalyse plaats te vinden waarin zowel **bouwkundige, sociaal economische, ecosysteem gebaseerde** of **gecombineerde opties**, bekeken worden. Deze analyse dient integraal deel uit te maken van het beslissingsproces.



^ Verschillende beleidsopties voor kustbeheersing. Uit 'A guide to coastal erosion management' Heurtefeux et al. 2004, ook beschikbaar via <http://www.coastalwiki.org>, aangepast door VLIZ.

# HOGERE DIJKEN?

Een sterke (tijdelijke) verhoging van het zeewaterpeil (tot enkele meters) boven het normale zeeniveau is gekend als een stormvloed. Een stormvloed wordt veroorzaakt door sterke stormwinden en zorgt ervoor dat het water hoog opgestuwd wordt tegen de kustbeschermingsstructuren. Zeker in combinatie met hoge getijwaterstanden (springtij) kan dit tot gevaarlijke situaties leiden.

De overstroming van kustgebieden wordt meestal veroorzaakt door golf-overslag of door het doorbreken van de beschermingsstructuren. Dijken kunnen begeven bij aanhoudende golfoverslag door erosie van de land-  
waartse dijkhelling. In het slechtste geval kan dit leiden tot instabiliteit van het dijkta-  
lud en het falen van de hele dijk.

›Een schematische voor-  
stelling van een dijk met  
kruindrainage. De golf-  
overslag wordt opgevangen in  
het basin en afgevoerd naar  
een veilige plek landin-  
waarts.

Uit Jørgen Harck Nør-  
gaard, et al. 2011.  
THESEUS ID 2.2, Part  
H. Upgrade of rubble  
mound structures.,  
aangepast door VLIZ.



Indien een beetje golfoverslag aanvaardbaar is kan de weerbaarheid van het landwaartse dijktaalud verbeterd worden door de hellingsgraad te verkleinen en door een erosiebestendige deklaag aan te brengen. Anderzijds kan ook de golfoverslag beperkt worden door de hellingsgraad van het zeewaartse dijktaalud te verminderen, door zijn ruwheid te vergroten, door zeewaarts een berm aan te brengen of door de dijk hoger te maken.

**Golfwoelbakken** zijn een voorbeeld van een innovatieve oplossing. Zulke bakken bestaan uit een open zeewaartse muur, een bassin en een tweede landwaartse muur. In het bassin wordt de energie van de binnenkomende golven getemperd zodat er geen golfoverslag van de landwaartse muur meer plaatsvindt. Door de openingen in de zeewaartse muur kan het water weer naar zee stromen.

Een **dijk met kruindrainage** is een vergelijkbare constructie en een optie indien golfoverslag niet voorkomen kan worden. Het bassin wordt op de top van de dijk geplaatst om de golfoverslag op te vangen. Het water stroomt vervolgens via afvoerbuizen terug naar zee of landinwaarts naar een opvangbekken.



^ Het Zeeshieldplein te Oostende is een mooi voorbeeld van een golfwoelbak.  
Foto: VLIZ (Decler)

# EN GOLF- BREKERS?

Het dempen van golven nog voor ze de dijken bereiken is een "hot topic". **Natuurlijke barrières**, (overvloedige) **zandsuppleties**, **artificiële riffen** en innovatieve **drijvende golfbrekers** worden steeds populairder als mogelijke alternatieven voor kustbescherming.

**Artificiële riffen** zijn harde structuren die op de zeebodem geplaatst worden. Deze structuren beïnvloeden de lokale hydrodynamiek. Net als golfbrekers kunnen artificiële riffen gebruikt worden om golven te dempen. Als bijkomend voordeel kunnen ze de lokale biodiversiteit verhogen en zo de impact op de omgeving beperken.

› 'Reef balls' worden in zee geplaatst om artificiële riffen te vormen  
Foto: VLIZ



Het nieuwe Belgische **actieplan Zeehond** experimenteert met artificiële riffen om de lokale biodiversiteit te verhogen. Er wordt verwacht dat de plaatsing van artificiële riffen zal leiden tot locaties met minder stroming waar o.a. schelpkokerwormen natuurlijke rifstructuren kunnen vormen. Deze artificiële riffen zelf vormen mogelijk een geschikt substraat voor oesterbanken.

**Drijvende golfbrekers** kunnen een alternatief vormen voor traditionele golfbrekers. Ook dit soort golfbrekers dempt golven en kan een deel van de golfenergie reflecteren waardoor ze erosie en het overstromingsgevaar beperken.

Het grote voordeel van drijvende golfbrekers is dat ze even efficiënt werken bij een hoog zeeniveau als bij een laag zeeniveau, ze verplaatst kunnen worden indien nodig en goedkoper zijn dan traditionele golfbrekers. Vooral op diepe locaties zijn drijvende golfbrekers een interessante optie. Nadelen zijn dan weer de noodzakelijke verankering en het esthetische aspect.



▲ Een drijvende golfbreker werd op 24 uur geïnstalleerd te Holy Loch, Scotland  
Foto: Intermarine Limited

# EEN CASE STUDIE SCHELDE ESTUARIUM

Net als veel andere estuaria in Europa, kampt ook de Schelde met tegenstrijdige belangen. Havens streven ernaar om zo groot mogelijke vrachtschepen zo snel mogelijk tot bij hen te krijgen. Maar de daarvoor noodzakelijk verdiepingen kunnen ten koste gaan van de veiligheid en natuurlijkheid van het estuariene systeem. In de Schelde hebben de verdiepingen er voor gezorgd dat het verschil tussen laag en hoog water langsheen de Schelde in de laatste eeuw aanzienlijk is gestegen. Dit houdt in dat een groter volume water de zeearm in- en uitstroomt, wat de stromingspatronen beïnvloedt en de natuur onder druk zet. Bovendien neemt met de toename van het hoogwaterniveau ook de kans op overstromingen toe.

Het stroomgebied van het Schelde estuarium kreeg reeds meerdere overstromingen te verwerken. De meest recente grote overstromingen zijn die uit 1953 toen vooral Nederland getroffen werd en die uit 1976 waarbij Vlaanderen het zwaar te verduren kreeg. Deze rampen leidden respectievelijk tot de Delta Werken in Nederland en tot de implementatie van het Sigma-plan in Vlaanderen.

De uitvoering van dit soort grootschalige plannen duurt decennia en beide kustbeschermingsplannen werden tijdens de uitvoering ervan bijgestuurd.

Zo was oorspronkelijk gepland om de Oosterschelde volledig af te sluiten in plaats van de uiteindelijk uitgevoerde half doorlaatbare en bij storm af te sluiten Oosterscheldekering. Recent werd ook het oorspronkelijke sigmaplan herzien en werd de aanleg van overstromingsgebieden opgenomen; een oplossing waarbij zowel de scheepvaart, de veiligheid en de natuur wel varen.

De Vlaams-Nederlandse Scheldec commissie werd opgericht om het beheer van het dit complexe estuariene systeem te sturen. Een visie op lange termijn (2030) helpt bij het maken van gebalanceerde beslissingen die rekening houden met de veiligheid, de socio-economische ontwikkeling en de natuurwaarden van de Schelde.



De Oosterscheldekering.  
Foto's:  
< Wikimedia, Rens Jacobs  
^Nils van der Burg, aangepast  
door VLIZ.

# DE SCHELDE- NATUUR WAARDEREN



^ Erosie van schorren is een potentieel probleem voor de kustveiligheid.

Foto: Jim van Belzen



^ Sensor om golf uitdemping te meten boven oesters

Foto: Jim van Belzen

De natuur van het Schelde estuarium wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van duinen, schorren en slikken. Lokaal zijn er ook mosselbanken, oesterriffen en zeegrasvelden aan te treffen.

De **duinen** vind je in de buurt van de riviermonding. Sommige duinen halen hier hoogtes tot 20 meter en vormen zo natuurlijke barrières tegen overstromingen.



**Slikken** en **schorren** zijn niet enkel vanuit natuuroogpunt interessant. Ze hebben ook een functie als kustbescherming doordat de vegetatie de golven dempt en daardoor de druk op de dijken vermindert. Onderzoek toonde aan dat ook mosselbanken, oesterriffen en zeegrasvelden golven dempen en bijdragen tot de bescherming van de kust.



◀ Een lappendeken van mossels en slik.  
Foto: Jim Van Belzen

Het integreren van deze natuurlijke ecosystemen in kustbescherming heeft belangrijke voordelen. Ecosystemen kunnen zich op natuurlijke wijze aanpassen en hebben een zelfherstellend vermogen na (storm)beschadiging. Indien er voldoende sedimenten (zand en slib) in het water zitten, is het bijvoorbeeld mogelijk dat de bodem gelijke tred houdt met de stijging van de zeespiegel. Een dijk dient steeds onderhouden en hersteld te worden.

Integratie van dergelijke ecosystemen in het geheel van de kustbescherming kan resulteren in lagere bouw- en onderhoudskosten doordat dijken minder hoog dienen te zijn om een zelfde beschermingsniveau te halen. Bovendien vormen deze ecosystemen prachtige landschappen met hoge ecologische en recreatieve waarden.

# DENDER- MONDE EN OMGEVING

Het gebied rond Dendermonde is overstromingsgevoelig door zijn ligging. Hier vloeien de Schelde en zijn voornaamste bijrivier de Dender samen.

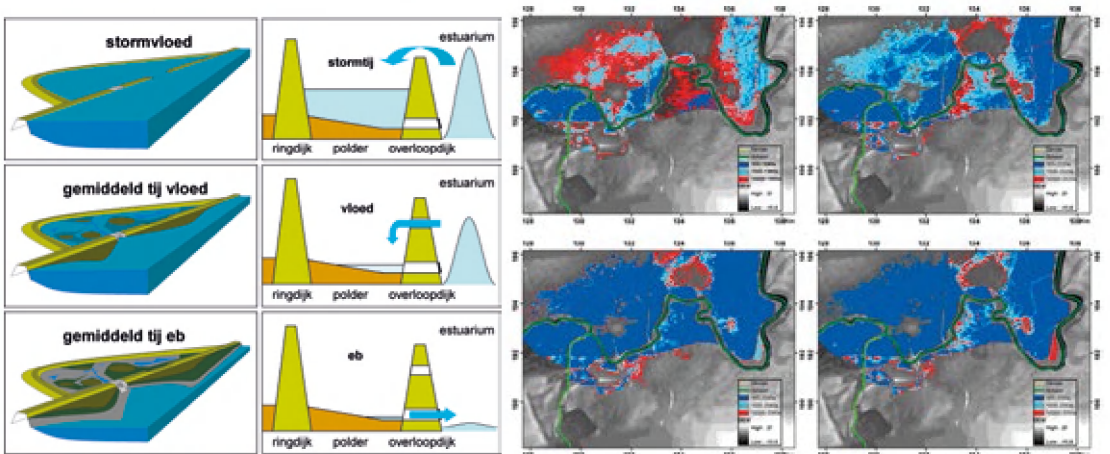
Tijdens hoog tij worden op de Dender ter hoogte van Dendermonde en de meer stroomopwaarts gelegen stuwsluizen gesloten. Het water dat stroomafwaarts loopt wordt dan tijdelijk opgevangen tussen de gesloten stuwsluizen langs het traject van deze rivier. Overstromingen kunnen zich voordoen tijdens periodes met extreem hoog tij (stormvloed) of een extreem hoge waterafvoer door veel regenval. Enerzijds kan het waterniveau in de Schelde de hoogte van de dijken overstijgen, anderzijds is het mogelijk dat de opslagcapaciteit van de rivier onvoldoende blijkt om de waterafvoer in het stroomgebied op te vangen. De oorzaak van dit laatste kan liggen bij een langdurig hoog getij (waardoor de stuwsluizen lang gesloten blijven), bij een hoog debiet van de rivier of een combinatie van beide.

› Overstromingsgebied (Lippenbroek) langs de Zeeschelde. Tijdens vloed en stormvloed wordt water in het overstromingsgebied opgeslagen. Tijdens laag tij wordt een sluis geopend en stroomt het water terug naar de rivier.



Tijdens het THESEUS project werd op een innovatieve manier de mogelijke impact van de klimaatsverandering bepaald. Er werden drie klimaatscenario's onderzocht voor de omgeving van Dendermonde tegen 2080; i) een extreem scenario waarbij een extreme stijging van de zeespiegel (2m) werd gecombineerd met een hoger stormopzetsniveau (+21%) en een hoger stroomopwaarts debiet (+30%); ii) een hoog scenario vergelijkbaar met het extreme stormopzet maar met een meer algemeen verwachte stijging van de zeespiegel (0,6 m) en iii) een gemiddeld scenario waar een zeespiegelstijging van 0,6 meter wordt gecombineerd met minder extreme stijgingen in stormopzetsniveau (6% meer) en stroomafwaarts debiet (16% meer). Innovatief in de benadering van de klimaatscenario's is dat er rekening wordt gehouden met het verband tussen stormopzet en bovenafvoer (neerslag).

Op de resulterende overstromingskaart voor Dendermonde is de impact van de klimaatsverandering duidelijk zichtbaar. Wat voor 1990 bestempeld werd als een gebeurtenis met heel kleine kans van voorkomen (1 / 10.000 per jaar), heeft een redelijke kans van voorkomen (1 / 100 per jaar) in 2080.



^ Figuur: Ecobe UA aangepast door VLIZ

^ Overstromingskaart voor Dendermonde. Bovenaan links 1990 en dan in wijzerzin 2020, 2050 en 2080 voor het hoog scenario. Retourperiodes: donkerblauw=1/100; lichtblauw=1/1000; rood=1/10000.



# MEER INFORMATIE

Theseus Project

<http://www.theseusproject.eu>

Europese overstromingsrichtlijn

[http://ec.europa.eu/environment/water/flood\\_risk/index.htm](http://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/index.htm)

Permanent Service for Mean Sea Level

<http://www.psmsl.org/>

Vlaams-Nederlandse Scheldec commissie

<http://www.vnsc.eu/>

Sigmaplan

<http://www.sigmaplan.be/nl>

Deltawerken online

<http://www.deltawerken.com/>