

Staat en Toekomst van de Delta

Achtergronddocument Thema Veiligheid

Projectgroep Thema Veiligheid

**Tom Bucx
Ed Calle
Niels Eernink
Mark van Koningsveld
Jan Mulder
Leo van Rijn
Harry Schelfhout
Ad van der Spek**

DELTARES

Maart 2008

Inhoudsopgave

1. PARADIGMA'S BIJ DUURZAAMHEID EN WATERVEILIGHEID	3
1.1 DOMINANTE FOCUS OP WATER	3
1.2 FOCUS OP SEDIMENT	3
1.3 VERRUIMING VAN PERSPECTIEF	4
1.4 OPLOSSINGSRUIMTE VOOR ADAPTATIE	4
2. DE HUIDIGE WATERVEILIGHEIDSBENADERING	5
2.1 INLEIDING	5
2.2 RISICOBENADERING	5
2.2.1 Veiligheidsnormen	5
2.2.2 Kansen en gevolgen	5
2.2.3 Invloedsfactoren	6
2.2.4 Flexibiliteit in de risicobenadering	7
2.2.5 Integrale aanpak voor risicobenadering	8
2.3 WATERVEILIGHEID EN GEBIEDSINRICHTING	9
2.3.1 Maatschappelijke aansluiting	9
2.3.2 Ruimtedruk	9
2.3.3 Beleid en draagvlak voor oplossingen	10
2.3.4 Conclusies	10
3. VAN WATER PERSPECTIEF NAAR SEDIMENT PERSPECTIEF: HET CONCEPT VAN SUPERBREDE DIJKEN.....	11
3.1 KENMERKEN VAN EEN TRADITIONELE DIJK	11
3.2 KENMERKEN VAN EEN SUPERBREDE DIJK	12
3.3 KANSSEN EN MOGELIJKHEDEN VAN SUPERBREDE DIJKEN.....	13
4. ZAND ERONDER! ADAPTATIE OPTIES VANUIT EEN SEDIMENT PERSPECTIEF	15
4.1 ACHTERGROND: LANGE TERMIJN DYNAMIEK VAN DE BASISLAAG	15
4.1.1 Laagland: bedijking blokkeert afzetting van zand en klei	15
4.1.2 Kust: een kwestie van vraag en aanbod	15
4.1.3 Holoceen: netto aanvoer sediment geleidelijk tot minimum gedaald	16
4.2 SYSTEEMDEFINITIES	16
4.3 KUSTFUNDAMENT: MEEGROEIEN DOOR ZANDSUPPLETIE	17
4.3.1 Kustonderhoud: handhaven van de 'klimaatbuffer'	17
4.3.2 Zandmotor: vergroten van de 'klimaatbuffer'	18
4.4 LAAG NEDERLAND: GELEIDELIJK, STRATEGISCH OPHOGEN	18
4.4.1 Omvang sedimenttekort en technische haalbaarheid	18
4.4.2 Strategisch ophogen	19
4.4.3 Ophoogstrategie: nieuwbouwlocaties	20
4.4.4 Een klimaatbestendig Nederland groeit met de zeespiegel omhoog	21
4.5 NOORDZEE: ZANDBRON OF EILANDENRIJK ?	22
4.5.1 Noordzeezand ons witte goud	22
4.5.2 Eilandenrijk	22
5. REFERENTIES.....	24

1. Paradigma's bij duurzaamheid en waterveiligheid

1.1 Dominante focus op water

In discussies over duurzaamheid en opties voor klimaatadaptatie in deltagebieden, spelen water en veiligheid tegen overstromingen een dominante rol. Recente nederlandse beleidsnota's weerspiegelen dit: een verhoging van waterstanden op zee en een toename van rivierafvoeren noopt primair tot aandacht voor veiligheid in het waterbeheer (ref 1). In de top 44 van mogelijke klimaatadaptatie opties voor Nederland is ongeveer de helft min of meer rechtstreeks gekoppeld aan water (ref 2). In de nationale adaptatiestrategie (ref 4) worden de effecten van klimaatverandering voor veiligheid, leefklimaat, biodiversiteit en economie geïllustreerd met watervoorbeelden: hetzij een teveel aan water, hetzij een tekort.

Deze focus op water is terecht en historisch verklaarbaar. Al zo'n duizend jaar vormt waterkeren de nationale strijd van Nederland. Maar is deze focus voldoende om een antwoord te vinden op de vraagstukken rond duurzaamheid en waterveiligheid?

1.2 Focus op sediment

In beleidsnota's (ref 1, 3) worden kustverdediging en waterbeheer vaak *naast* elkaar genoemd, terwijl tegelijkertijd kustverdediging wordt beschouwd als *onderdeel van* het waterbeheer (ref 3). Deze schijnbare tegenstelling wordt verklaarbaar als we kijken naar hoe de huidige kustverdediging wordt vormgegeven.

Sinds 1990 is het kustbeleid gericht op Dynamisch Handhaven van de kustlijn door het aanvullen van de zandtekorten met zandsuppleties. Impliciet is daarmee bij de verdediging tegen overstromingen vanuit zee, de focus verschoven. Kustbeheer is zandbeheer; de focus ligt niet op water, maar op sediment ! Niet zo zeer relatieve zeespiegelstijging staat centraal, maar relatieve bodemdaling (Fig. 1). Deze andere focus verklaart de bijzondere plaats van kustverdediging binnen het waterbeheer.

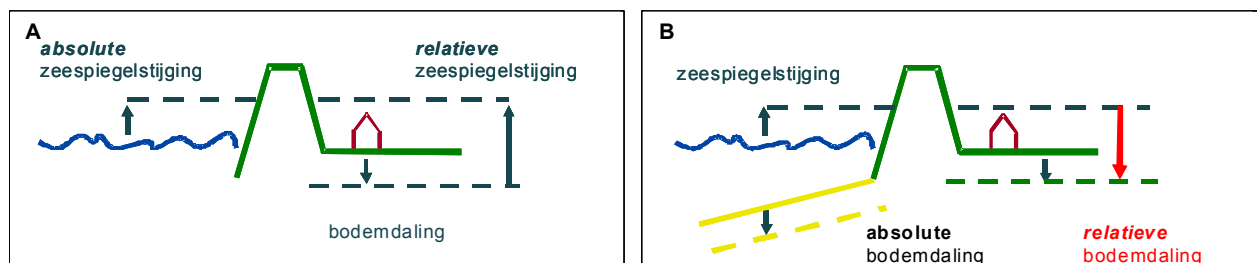


Fig.1 Twee perspectieven op hetzelfde probleem: (A) relatieve zeespiegelstijging vanuit waterperspectief (vgl. ref. 5) tegenover (B) relatieve bodemdaling vanuit sediment perspectief.

Het kustbeheer is succesvol. De kustlijn wordt gehandhaafd, het kustfundament groeit mee met de zeespiegel, het aantal plekken waar jaarlijks de basiskustlijn wordt overschreden is teruggelopen van 32 % in 1990 tot minder dan 10% (ref 6), op de meeste plaatsen is het duinvolume gegroeid (ref 7).

Dit succes, gevoegd bij de beschikbare technische mogelijkheden om sediment te verplaatsen en de ruime zandvoorraden in de Noordzee, vraagt om een verdere verkenning van de mogelijkheden van een sedimentperspectief. In hoeverre kan een focus op sediment alternatieve opties leveren voor de waterveiligheid in Laag Nederland ?

1.3 Verruiming van perspectief

Feitelijk is een verruiming van het perspectief naar water en zand (bodem), een logische stap. Dat kan worden toegelicht vanuit de lagenbenadering zoals toegepast in de ruimtelijke ordening (zie fig. 2; ref. 8). In deze benadering wordt de ondergrond (of basislaag) bestaande uit water, bodem en het zich daarin bevindende leven, beschouwd als ruimtelijke drager voor achtereenvolgens de netwerklaag en de occupatielaag. Mogelijkheden en beperkingen van de onderliggende laag bepalen wat er in een laag kan worden gedaan. De basislaag wordt gekenmerkt door een lage dynamiek; veranderingen voltrekken zich langzaam op een tijdschaal van >100 jaar. Als zodanig is de basislaag bij uitstek de laag waarop trage processen ingrijpen, zoals klimaatverandering. Een primaire focus op water en sediment (de elementen die de basislaag vormgeven) is vanuit een oogpunt van duurzaamheid dan ook voor de hand liggend.

De basislaag draagt de netwerklaag: alle vormen van zichtbare en onzichtbare (infra)structuur, aangeduid als de ruimtelijke structuur. De netwerklaag wordt gekenmerkt door processen met een typische tijdschaal van 20-80 jaar (middel dynamisch niveau). Boven de netwerklaag komt de occupatielaag: invulling door ruimtelijke patronen die ontstaan tengevolge van menselijk gebruik. Deze ruimtelijke inrichtingslaag is hoogdynamisch met kenmerkende processen op een tijdschaal van 10-40 jaar. De mogelijkheden om in te grijpen zijn groter, naarmate de dynamiek hoger is. Bij klimaatadaptatie verdient de occupatielaag (en het menselijk handelen) dan ook nadrukkelijk aandacht. Om de volledige oplossingsruimte voor adaptatie strategieën weer te geven moet daarom het water- en zandperspectief verruimd worden met een derde perspectief: de mens (fig.3). Het menselijk handelen komt o.a. tot uiting in de waterveiligheidsfilosofie met zijn normering en regelgeving en onderliggende percepties, en heeft zijn weerslag op de ruimtelijke ordening. Fysieke mogelijkheden voor dit handelen – het reduceren van overstromingsrisico's door ingrepen in de basislaag – komen in beeld door een combinatie van de drie perspectieven: mens, water en zand.

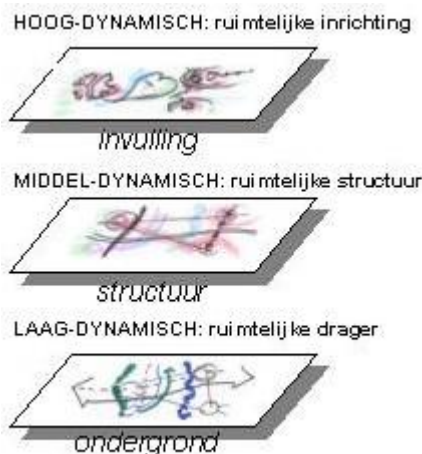


Fig.2 Lagenbenadering (ref.8)

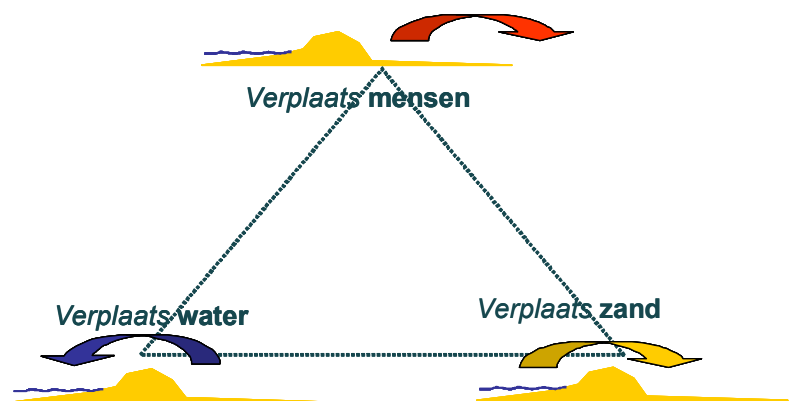


Fig. 3 Oplossingsruimte voor adaptatie opties

1.4 Oplossingsruimte voor adaptatie

De overheersende nadruk op het waterperspectief bij het schetsen van oplossingen voor de klimaatproblematiek, belemmert het zicht op de volledige oplossingsruimte voor duurzame adaptatie opties. Om dat inzichtelijk te maken geven wij een aantal aanvullende opties vanuit een mens-perspectief (hoofdstuk2 waterveiligheid in relatie tot gebiedsontwikkeling), vanuit een water-perspectief dat uitgroeit naar een sediment-perspectief (hoofdstuk 3 over superbrede dijken) en tot slot volledig vanuit een sediment-perspectief (hoofdstuk 4 over de achtergronden en mogelijkheden van het ophogen van de bodem).

2. De huidige waterveiligheidsbenadering

2.1 Inleiding

De basis van de huidige waterveiligheidsbenadering is in de jaren zestig van de vorige eeuw gelegd door de Deltacommissie. Het vertrekpunt daarbij was een risicobenadering, die heeft geleid tot de huidige veiligheidsnormen. Het concept uit de jaren zestig is toe aan een 'update' en roept om een integrale benadering met een breder afwegingskader voor meerdere strategieën en oplossingsrichtingen. Hierbij speelt gebiedsinrichting een grote rol. Gezien de klimaatverandering, economische- en bevolkingsgroei en de hiermee samenhangende grote ruimtedruk is het de vraag of de delta in termen van risico nog voldoende veilig is. Vooral de ruimtedruk is noodzaak en aanleiding om gebiedsinrichting en waterveiligheid in gezamenlijke context te beschouwen. De overlap van waterveiligheid en Ruimtelijke Ordening biedt de mogelijkheid om te komen tot een integrale benadering.

2.2 Risicobenadering

2.2.1 Veiligheidsnormen

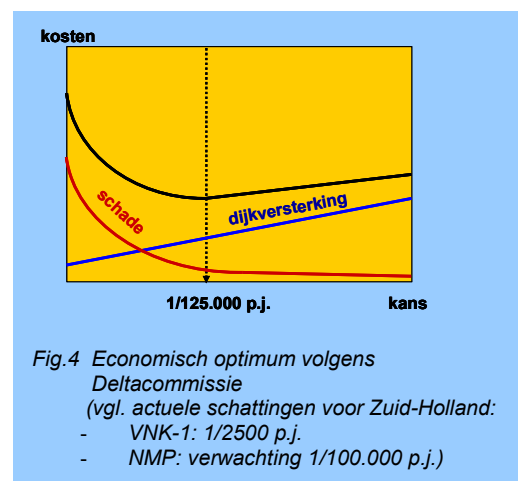
De Deltacommissie heeft bij het vaststellen van de veiligheidsnormen rekening gehouden met de economische waarde in de te beschermen gebieden. In 1960 kwam de Deltacommissie tot de formulering van een basispeil voor Hoek van Holland van 5 m +NAP met een overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 per jaar. Het basispeil was het vertrekpunt voor de bepaling van de ontwerppeilen van de dijkkringgebieden. De overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 was gerelateerd aan (een op basis van een kosten-baten-analyse bepaalde) economisch optimale bescherming tegen overstroming van

Centraal-Holland met een overstromingskans van 1/125.000 per jaar. De kosten-baten-analyse bestond uit het bepalen van een economisch optimum van de verwachtingswaarde van de schade na een overstroming -contant gemaakt voor de planperiode- versus de investeringen voor maatregelen om de overstromingskans te reduceren (fig.4).

De Delta Commissie was van mening dat met waterkeringen die in staat zijn het 1/10 000 ontwerppeil te keren deze optimale overstromingskans van 1/125 000 gerealiseerd zou worden.

2.2.2 Kansen en gevolgen

De belangrijkste elementen binnen de risicobenadering zijn de kansen op en de gevolgen van een overstroming. In de onderstaande figuur 5 is aangegeven hoe de kansen, de gevolgen en het totale overstromingsrisico met elkaar in verband staan.



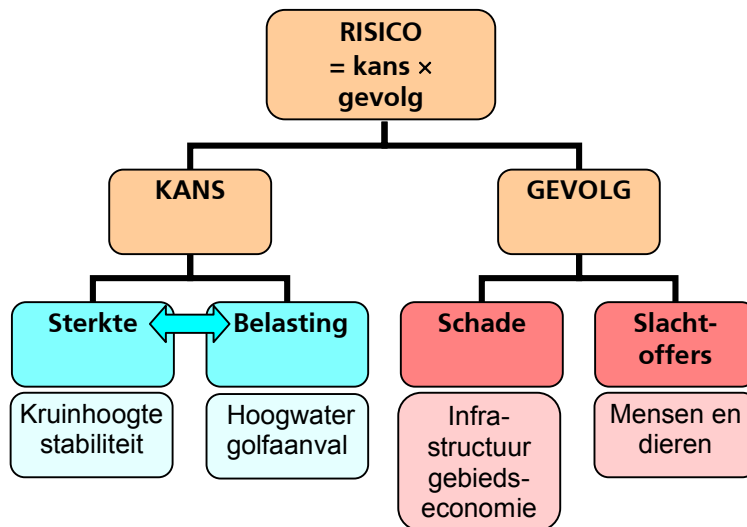


Fig.5 Verband tussen risico, kansen en gevolgen

Onder het overstromingsrisico verstaat men de kans op een overstroming maal het gevolg van een overstroming. Deze overstromingsrisicobenadering heeft als doel om middels een risicokwantificering te komen tot een economisch optimale veiligheidsnorm. De kans op een overstroming wordt bepaald door de sterkte van de waterkering en de belasting die erop uitgeoefend wordt.

2.2.3 Invloedsfactoren

Invloedsfactoren zijn geen vaste maar dynamische gegevens. Factoren die het risico bepalen zijn te onderscheiden in factoren die de kans op overstroming beïnvloeden (sterkte en belasting) en factoren die de gevolgen van een overstroming (schade en slachtoffers) beïnvloeden.

Invloedsfactoren / draaiknoppen



Deze kunnen niet los worden gezien van autonome ontwikkelingen, menselijke ingrepen en de ruimtelijke inrichting van het gebied. Autonome ontwikkelingen en menselijke ingrepen kunnen overstromingsrisico's beïnvloeden. Autonome ontwikkelingen aan de kansenkant zijn bijvoorbeeld versnelde zeespiegelstijging en verhoogde rivierafvoeren en aan de gevolgenkant economische groei en toename van het aantal inwoners. Bij alle aspecten spelen tijdseffecten en onzekerheden een grote rol. Dit houdt in dat de invloed van onzekerheden op het risico ook inzichtelijk moeten worden gemaakt. Dit kan in het model worden meegenomen (fig. 6).

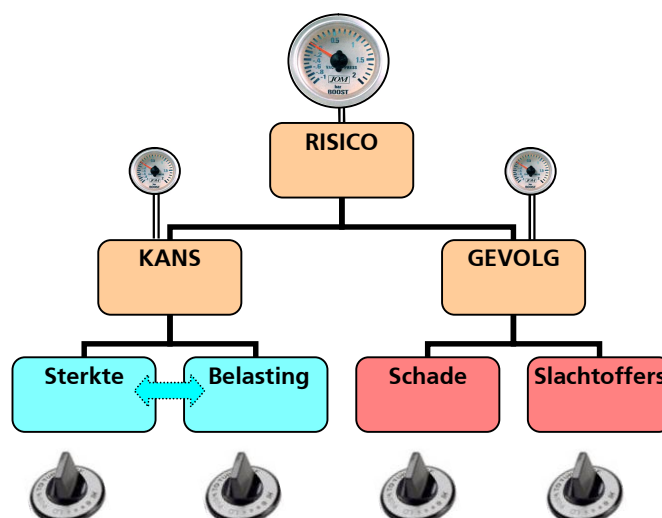


Fig.6 Invloedsfactoren (draaiknoppen) als onderdeel van het risicomodel

Op de sterkte zijn maatregelen zoals dijkversterkingen en andere menselijke ingrepen van invloed.

Op de belasting zijn zeespiegelstijging, golfaanval, verhoogde rivierafvoeren en het creëren van ruimte voor de rivier van invloed.

Op de schade zijn de kwetsbaarheid en ruimtegebruik van het gebied van invloed. Hierbij gaat het om grondgebruik, economische, ecologische en sociaal-culturele waarden.

Op slachtoffers zijn in de lijn van de beoordeling bij externe veiligheid (gevaarlijke stoffen) het individueel (of plaatsgebonden) risico en het groepsrisico van invloed.

2.2.4 Flexibiliteit in de risicobenadering

Afhankelijk van het na te streven risiconiveau kan men vanuit de risicobenadering kiezen om een accent te leggen op het verkleinen van kansen of gevolgen. Dit biedt een afwegingskader voor de voor- en nadelen van de verschillende oplossingsrichtingen.

Er zijn veel invloedsfactoren die middels een verandering van de kans of het gevolg het totale risico veranderen. Een klein deel is in de tabel 1 hieronder weergegeven. De eerste categorie bestaat uit autonome ontwikkelingen, de tweede is gericht op menselijke ingrepen en de derde op ingrepen die gericht zijn op het veranderen van het veiligheidssysteem.

Tabel 1. Overzicht van invloedsfactoren in relatie tot het overstromingsrisico

	INVLOEDSFACTOR	KANS	GEVOLG	RISICO	Beïnvloedbaar?
Autonome ontwikkelingen	zeespiegelstijging/toename afvoer	↑		↑	-
	bodemdaling		↑	↑	-
	groei economie/bevolking		↑	↑	o
Menselijke ingrepen	dijkversterking/superdijken	↓		↓	+
	verleggen kustlijn	↓		↓	+
	eilanden/riffen voor de kust	↓		↓	+
	ruimte voor de rivier	↓		↓	+
Ingrepen veiligheidssysteem	compartimentering	↓	↓	↓	+
	landaanwinning		↓	↓	+
	bouwen op terpen		↓	↓	+

↑ = risicoverhogend
↓ = risicoverlagend

Samenvattend: Met een risicoboordeeling is het mogelijk om de invloed van menselijke ingrepen en autonome ontwikkelingen op het systeem zichtbaar te maken. Daarbij kunnen tevens de consequenties van ruimtelijke inrichtingsvarianten voor nu en voor de toekomst in termen van risico worden weergegeven. Ook wordt daarbij een vergelijking met andere risicodomeinen, zoals bv. externe veiligheid mogelijk.

2.2.5 Integrale aanpak voor risicobenadering

Een technische vraag, waarbij ook maatschappelijke perceptie een rol speelt, is de vraag of de destijds ontwikkelde veiligheidsnormen voor nu en de toekomst voldoende waarborg geven voor de veiligheid van het te beschermen gebied. Na de stormramp van 1953 is de strijd tegen het water gevoerd op basis van meegroeien met de belasting door het uitvoeren van versterkingswerken. Daarmee is de kans op een overstroming door overloop of bezwijken van de dijk kleiner geworden. Echter, uit de studie 'Veiligheid van Nederland in Kaart' blijkt dat andere faaloorzaken zoals piping (zandmeevoerende wellen) en het niet-sluiten van kunstwerken belangrijk zijn. Verder zijn de economie en de bevolking sinds 1960 flink gegroeid en is de bodem gezakt, waardoor de gevolgen van een eventuele overstroming zijn toegenomen.

In 'Waterveiligheid 21ste eeuw' is beschreven hoe in de toekomst de waterveiligheid van Nederland zal worden beoordeeld met het concept 'overstromingsrisico'.

De maatschappelijke perceptie van risico richt zich op verschillende manieren op de combinatie van kansen en gevolgen. Deze percepties gaan vaak gepaard met één of meerdere van de volgende omgevingseisen: de omgeving moet mooi, duurzaam en veilig zijn. Tevens is de inrichting van een gebied van invloed op het huidige en toekomstige risico. Bij het inspelen op maatschappelijk relevante thema's als 'duurzaam bouwen' en 'bouwen met de natuur' is het noodzakelijk om de maatschappelijke percepties op kansen en gevolgen in acht te nemen. Hiervoor is een geïntegreerde aanpak noodzakelijk. Hoewel er vaak gepoogd wordt de impact van gebiedsinrichting op overstromingsrisico in beeld te brengen, gebeurt dit nog niet met een geïntegreerde aanpak.

Voor een integrale aanpak is een kijk op zowel de kansen en gevolgen noodzakelijk, zowel vanuit het perspectief van (water)veiligheid als vanuit het perspectief van ruimtelijke inrichting.

2.3 Waterveiligheid en gebiedsinrichting

2.3.1 Maatschappelijke aansluiting

Op lange termijn zal in Nederland een aantal ontwikkelingen doorzetten, in de vorm van dalend land enerzijds en stijgend water anderzijds. Kwel en verzilting zullen daarbij toenemen. In de traditionele aanpak zullen de dijken hoger moeten worden en zal de pompcapaciteit vergroot moeten worden om Nederland droog te houden. Wateroplossingen zoals Ruimte voor de Rivier, dijkversterkingen en het identificeren van zwakke schakels zijn anticiperend hierop. Oplossingen zoals Ruimte voor de Rivier werken de risicobenadering uit met als doel een reductie van de overstromingskansen. De risicobenadering wordt in dit geval vanuit een waterperspectief uitgewerkt. Andere zienswijzen komen veel minder aan bod, terwijl deze gezien de ruimtelijke ontwikkelingen meer mogelijkheden bieden.

De inrichting van gebieden valt binnen de domeinen van zowel de Ruimtelijke Ordening als waterveiligheid. Ondanks deze overlap, is, historisch gezien, enkel in het begin van het afwegingskader van de waterveiligheid rekening gehouden met ruimtelijke inrichting op dat moment. Het reduceren van de kansen op een overstroming is sindsdien leidend geweest en heeft meestal een voorwaarde-stellende invloed op gebiedsinrichting. Het onvoldoende benutten van deze overlap heeft geleid tot toekomstig gevaar om gebieden niet duurzaam in te richten.

In deze context is het gewenst om bij gebiedsinrichting de toegevoegde economische waarde af te stemmen met de toename in het totale overstromingsrisico. Een mogelijkheid die zich hiervoor aandient is het benutten van de overlap tussen Ruimtelijke Ordening en waterveiligheid en te komen tot een integrale aanpak

2.3.2 Ruimtedruk

Wonen, werken, natuur en veiligheid hebben gemeen dat ze ruimte innemen. Elke vierkante meter in Nederland heeft een bestemming. Er zijn veel verschillende zienswijzen op de verdeling van de ruimte. Bedachtzaamheid met betrekking tot de manier waarop we die beperkte ruimte inrichten is geboden en het op innovatieve manieren creëren van meer ruimte is een uitdaging.

Voor een integrale benadering die rekening houdt met maatschappelijk relevante thema's, zoals duurzaam bouwen kan men gebruik maken van het feit dat alle functies, waar we het gebied mee in kunnen richten, ruimte innemen en daardoor hun eigen bijdrage leveren aan ruimtedruk. In figuur 7 hiernaast zijn de ruimtedruk en de bijdragende ruimtelijke factoren weergegeven.

De economische, ecologische en sociaal-culturele functies komen van oudsher aan bod bij Ruimtelijke Orderings-vraagstukken. Of een oplossing duurzaam is zal men kunnen aangeven na het waarderen van de verschillende ruimtelijke functies die ermee gepaard gaan. Waterveiligheid als ruimtelijke functie kan bij de Ruimtelijke Orderings een gelijkwaardige rol innemen en hierdoor ook haar eigen mogelijkheden benutten. In het geheel wordt de ruimtedruk vanuit een integraal afwegingskader beheerst.

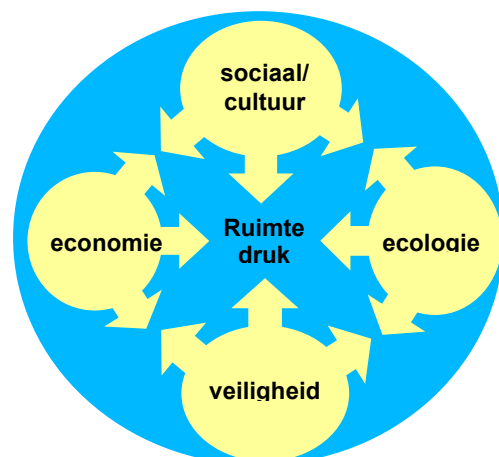


Fig.7 Ruimtedruk als gevolg van ruimtelijke functies

2.3.3 Beleid en draagvlak voor oplossingen

Door ruimtelijke planners wordt bij de beoordeling van inrichtingsplannen gebruik gemaakt van een 3-lagen-benadering. Daarbij wordt bij de toekenning van functies rekening gehouden met de specifieke kenmerken van de ondergrond, de infrastructuur en het grondgebruik op maaiveldniveau. Deze lagen spelen ook een rol bij de waterveiligheid, zodat deze in dat opzicht goed is te combineren met de lagenbenadering. Vanuit iedere functie kunnen zowel specifieke eisen en randvoorwaarden worden gesteld als wensen en mogelijkheden worden ingebracht, die op een gelijkwaardig niveau kunnen worden afgewogen. Op deze manier kan ook inzicht worden verkregen in de consequenties daarvan voor tijd, geld en ruimte. In feite leent het ruimtedruk-model zich goed om ontwikkelingen en concrete oplossingen vanuit een overstijgend perspectief te evalueren en kansen te benutten. In praktijk kan dit worden ontwikkeld tot een integraal afwegingskader voor bestuurders.

Op dit moment zijn waterveiligheid en Ruimtelijke Ordening nog verschillende domeinen en liggen de verantwoordelijkheden bij verschillende partijen. Daarbij ligt voor de waterveiligheid het zwaartepunt bij het rijk en de waterschappen en voor de ruimtelijke ordening bij het rijk, de provincies en de gemeenten. Voor de waterveiligheid is de watertoets ontwikkeld, waarmee bestemmingsplannen worden beoordeeld op wateroverlast (kombergingsseis 10% van het oppervlakte). Andere specifieke veiligheidsaspecten zijn daarbij nog niet aan de orde, wat bij een sectoraaloverstijgende aanpak kan worden verbeterd. Om tot het beoogde brede afwegingskader te kunnen komen is het nodig dat nadere afspraken tussen de verantwoordelijke partijen worden gemaakt en dat specifieke tools en toetsingkaders op landelijk en regionaal niveau worden ontwikkeld.

2.3.4 Conclusies

Door waterveiligheid en Ruimtelijke Ordening te koppelen ontstaan er meer mogelijkheden voor de ontwikkeling van een veilige en duurzame gebiedsinrichting. Daarbij kan inzicht worden gegeven in de korte en lange termijn effecten van maatschappelijke thema's, strategieën en oplossingsrichtingen.

Dit biedt tevens kansen voor het benutten van ruimtelijke mogelijkheden en kunnen de vele innovatieve en flexibele oplossingen worden beoordeeld vanuit een breder perspectief. Op die manier kan een beter beeld worden verkregen van de oplossingen die niet alleen op korte termijn vanwege de ruimtedruk nodig zijn, maar zodanig flexibel zijn dat deze een op de langere termijn kunnen uitgroeien naar een robuuste en duurzame oplossing. Dit breder perspectief kan leiden tot oplossingen met een breder draagvlak.

3. Van water perspectief naar sediment perspectief: het concept van superbrede dijken

3.1 Kenmerken van een traditionele dijk

Traditioneel worden dijken zo hoog gemaakt dat ze de maatgevende hoogwaterstanden kunnen weerstaan. Bij een relatief smalle kruin, die in de praktijk varieert tussen 3 en 10 meter en taludhellingen van 1 : 3 tot 1 : 5, al dan niet met toepassing van steunbermen, kan aan de sterkte en stabiliteitseisen worden voldaan.

Bij het ontwerpen van dijken wordt uitgegaan van een planperiode van 50 jaar en worden de afmetingen gebaseerd op een ontwerpbelasting, die bestaat uit een extreme buitenwaterstand, eventueel in combinatie met golfaanval. Daarbij wordt de sterkte van de dijk betrokken door analyse van een aantal faaloorzaken. Voor de bepaling van de kerende hoogte zijn overloop en golfoverslag maatgevend. Voor de beoordeling van de stabiliteit zijn afschuiving en zandmeevoerende wellen, ook wel piping genoemd, bepalend. Voor de breedte van de kruin geldt dat deze minstens 3 meter moet zijn. Indien de hoogte of de stabiliteit niet meer aan de eisen voldoet wordt een versterkingsplan gemaakt volgens dezelfde basisprincipes. De oorzaken, waardoor het bij een dijk mis kan gaan worden in onderstaande figuur 8 weergegeven.

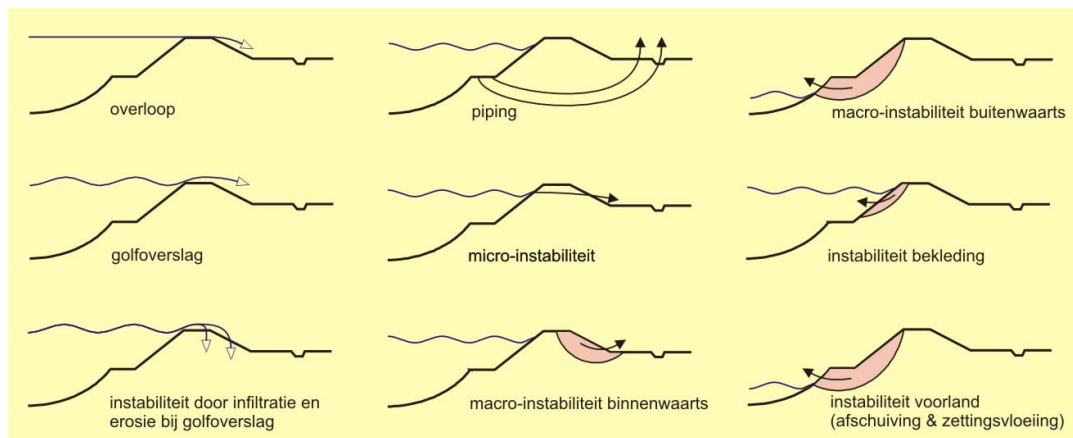


Fig.8 Overzicht van faaloorzaken van dijken

Bij een dijk met een veel grotere kruinbreedte, wordt de kans op een doorbraak kleiner, omdat een aantal faaloorzaken komt te vervallen. Tevens biedt de bredere kruin mogelijkheden voor meerdere gebruiksfuncties. Op het hogere aanlegniveau kunnen tevens de meest kwetsbare en vitale functies worden gesitueerd. Het nadeel van deze oplossing is dat bij aanleg een groter ruimtebeslag nodig is dan bij een traditionele dijk, zodat er meer compensatie moet plaatsvinden van waarden die verloren gaan.

Als voorbeeld wordt uitgegaan van een rivierdijk op een slappe ondergrond. Bij het ontwerp van de dijkverbreding worden de volgende uitgangspunten en randvoorwaarden gehanteerd:

- kruinhoogte bestaande dijk: 5 m+NAP
- hoogte bestaand maaiveld: 1,5 m-NAP (tevens polderpeil)

- bodemdaling: 0,5 m per eeuw
- Toetspeil: 4 m+NAP
- waakhoogte (verschil tussen kruinhoogte en buitenwaterstand): 0,5 m (geen golfaanval)
- zetting/klink/bodemdaling: 0,5 m per eeuw

De benodigde afmetingen worden bepaald voor een extreem klimaatscenario met na 500 jaar een peilstijging van 5 m. Voor de bepaling van de vereiste aanleghoogte gelden dan de volgende ontwerpparameters:

- maatgevend hoogwater = toetspeil + peilstijging = 9 m+NAP
- minimaal vereiste kruinhoogte (dijktafelhoogte) = maatgevend hoogwater + waakhoogte = 9,5 m+NAP
- minimaal vereiste aanleghoogte = dijktafelhoogte + zetting/klink = 12 m+NAP

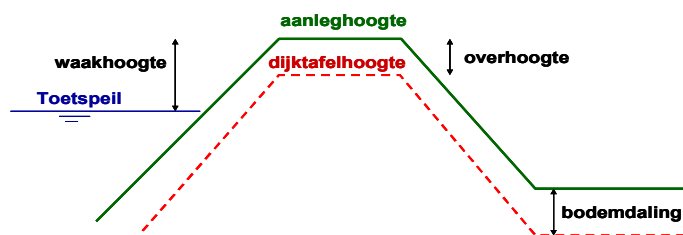


Fig.9 Doorsnede van een traditionele rivierdijk

3.2 Kenmerken van een superbrede dijk

Bij het ontwerp van de superbrede dijk wordt onderscheid gemaakt in een zone met een waterkerende functie en een zone met andere functies. Uitgangspunt is dat de waterkeringszone breed genoeg is om toekomstige peilstijgingen met relatief eenvoudige maatregelen op te kunnen vangen. Binnen de waterkeringszone gelden er beperkingen voor niet-waterkerende functies. De waterkeringszone wordt aan de buitenzijde begrensd door het fysiek aanwezige profiel en aan de binnenzijde door een theoretisch profiel.

Bij een dijkontwerp wordt de vereiste taludhelling berekend aan de hand van stabiliteitsberekeningen. In de praktijk blijkt dat voor een rivierdijk een taludhelling van 1 : 3 voldoet. Deze helling kan zowel voor het theoretisch profiel als voor de te maken taluds worden toegepast. Afhankelijk van het hoogteverschil tussen de kruin en het polderniveau kunnen een of meer steunbermen nodig zijn.

Bij een superbrede dijk wordt de kruinbreedte zo breed gemaakt dat een aantal faaloorzaken niet meer tot een dijkdoorbraak kunnen leiden. Zo kunnen golven de polder niet meer bereiken en wordt na een afschuiving aan de polderzijde het waterkerend vermogen niet aangetast. Als bovendien het grondlichaam voldoende breed wordt aangelegd is er ook geen gevaar voor piping meer. Om dat te bewerkstelligen moet de aanlegbreedte van het grondlichaam groter zijn dan de minimaal benodigde kwelweglengte L , die afhankelijk is van het verval H over de waterkering (maatgevend hoogwaterstand minus polderpeil) en de grondeigenschappen van de zandvoerende lagen. Voor de bepaling van de benodigde kwelweglengte wordt gebruik gemaakt van de pipingregel van Bligh (zie Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen): $L = C \times H$. Hierin C een factor die afhankelijk is van de korrel diameter van het diepe zand.

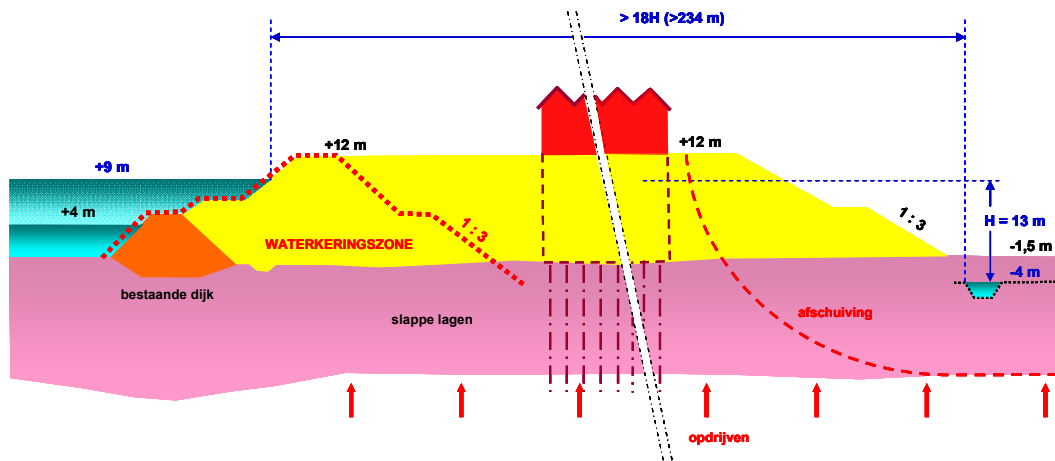


Fig. 10 Doorsnede van een superbrede dijk op slappe ondergrond

Voor dit geval wordt uitgegaan van de ongunstigste waarde van $C = 18$, die geldt voor zeer fijn zand. H is in dit geval $9 + 4 = 13$ m. De benodigde kwelweglengte komt hiermee op of $L = 18 \times H = 234$ m, afgerond 240 m (fig. 10).

Bij een grote grondaanvulling en slappe lagen in de ondergrond kunnen tijdens de aanleg en de gebruiksfase ontoelaatbare zettingen en vervormingen optreden. Deze kunnen worden ondervangen door:

- gefaseerde ophoging, al dan niet met toepassing van verticale drainage
- grondverbetering middels geheel of gedeeltelijke vervanging van de slappe lagen zand; tijdens de uitvoering is bij het graven van het cunet de stabiliteit van de bestaande dijk een aandachtspunt
- toepassing van vacuümconsolidatie
- toepassing van innovatieve technieken, zoals 'SmartSoils'

De vraag is of bij de aangenomen extreme bodemdaling van 2,5 m van het achterland het maaiveld in de polder niet zo ver is gezakt, dat mede gezien de grotere kans op opdrijven of opbarsten van het achterland de leef- en woonbaarheid niet in het geding komt. Waarschijnlijk zullen in de loop van de tijd maatregelen worden genomen om dit te voorkomen.

3.3 Kansen en mogelijkheden van superbrede dijken

De superbrede dijk biedt nieuwe kansen en mogelijkheden. Door combinatie met het concept van 'duurzaam bouwen' kan vrijkomende baggerspecie in de kern van het grondlichaam worden verwerkt. In dat kader bieden innovatieve technieken, zoals bijvoorbeeld versterkte baggerspecie nieuwe mogelijkheden.

Verder biedt de superbrede dijk vanwege de grote breedte zowel in dwarsprofiel als in de lengterichting meer speelruimte voor herstel van de natuurlijke rivierdynamiek en het creëren van extra ruimte voor de rivier. Bij de sanering van bestaande of aanleg van nieuwe woonwijken in de omgeving van de bestaande dijk valt te overwegen om nu al het concept van een superbrede dijk in de vorm van een dijkterp aan te leggen. Win-win-situaties in de vorm van meer ruimtelijke kwaliteit en gedifferentieerd bouwen (zowel boven- als ondergronds) dienen zich aan.

Indien de lokale omstandigheden dat vergen kan het ruimtebeslag van de superbrede dijk worden beperkt door toepassing van verticale schermen in plaats van taluds. Deze kunnen tevens als kwelscherm dienen, die een positieve bijdrage leveren aan het verkleinen van de kwelweglengte.

In de tijd gezien is ook een flexibele oplossing mogelijk, waarbij op korte termijn kan worden ingespeeld op het multifunctioneel gebruik van de dijk en door middel van een gefaseerde aanpak kan worden toegegroeid naar een robuuste oplossing (Fig. 11) .

Wonen op de dijk

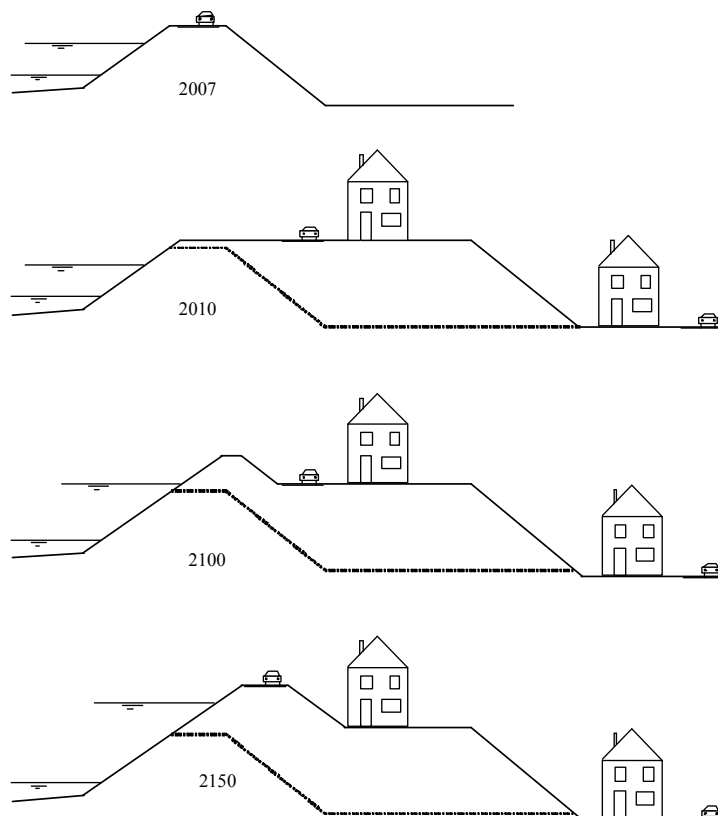


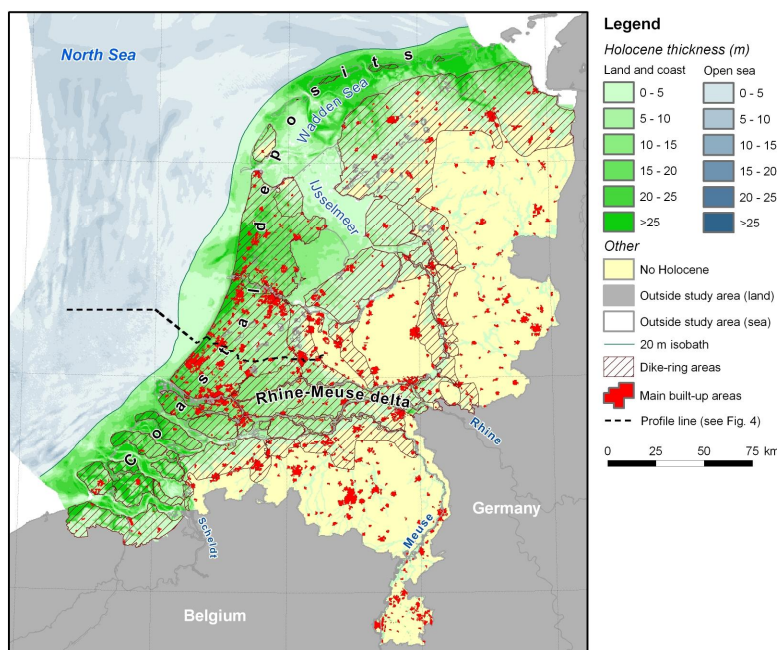
Fig. 11 Flexibele, gefaseerde oplossing voor multifunctioneel ruimtegebruik

4. Zand eronder! Adaptatie opties vanuit een sediment perspectief

4.1 Achtergrond: lange termijn dynamiek van de basislaag

4.1.1 Laagland: bedijking blokkeert afzetting van zand en klei

Het Nederlandse laagland was ooit een actief sedimentatiegebied, waar gedurende het Holocene zo'n 225 miljard m³ aan zand, klei en veen zijn afgezet, bij een voortdurende, maar gemiddeld in snelheid afnemende zeespiegelstijging. Na een verdrinkingsfase in de eerste millennia van het Holocene, heeft sedimentatie de stijging tussen ongeveer 6000 en 1000 jaar geleden kunnen bijhouden. Daarna is de afzetting van sediment in het overgrote deel van het laagland vrijwel geheel stopgezet door bedijking (Fig. 12). In plaats daarvan treedt inmiddels bodemdaling op, door een vicieuze cirkel van drainage, veenoxidatie en inklinking. Ook heeft de winning van veen tot een substantieel, nog altijd zichtbaar volumeverlies geleid. Het resultaat van dit alles is de bekende Nederlandse laaglandtopografie, met gebieden die inmiddels meters onder zeeniveau liggen en een bodemdaling die hier en daar oploopt tot een meter per eeuw (ref 10).



Figuur 12. De verbreiding en dikte van het Nederlandse Holocene. In de dijkringen vindt inmiddels geen sedimentatie van betekenis meer plaats.

4.1.2 Kust: een kwestie van vraag en aanbod

De ontwikkeling van een kust op een tijdschaal van decennia en langer wordt bepaald door de vraag en aanbod van sediment.

De vraag naar sediment ontstaat door relatieve stijging van het zeeniveau, met name in de getijbekkens en estuaria van een kustgebied. Bepalend voor deze vraag is het verschil in sterkte tussen de binnenkomende vloedstroom en de uitgaande ebstroom. De sterkere stroming bij vloed kan meer sediment naar binnen vervoeren dan door de zwakkere ebstroom weer kan worden afgevoerd. Het resultaat is dat er elke getij sediment in de bekkens achterblijft. Dat proces gaat voortdurend door. Tenminste, zo lang in de bekkens ruimte is om sediment te bergen en zo lang er sediment beschikbaar is. Zo lang de

zeespiegel stijgt, of de bodem daalt ontstaat voortdurend nieuwe bergruimte. Hoe zit het dan met het sediment aanbod ?

Het aanbod wordt geleverd door sedimentaanvoer vanuit zee, vanuit rivieren en vanuit aangrenzende kustvakken door interne herverdeling binnen het kuststelsel.

4.1.3 Holocene: netto aanvoer sediment geleidelijk tot minimum gedaald

De kust van Nederland is gevormd vanaf ca. 6000 jaar geleden, toen de zeespiegelstijging als gevolg van het smelten van het landijs uit de laatste ijstijd zo goed als voorbij was. De snelheid van zeespiegelstijging was toen teruggelopen tot 0,3 a 0,4 meter per eeuw en het sedimentaanbod was in verhouding groot. Hierdoor konden de eerder gevormde getjebekkens / waddegebieden verlanden, de zegaten verondiepen en ten slotte sluiten en de kust uitbouwen. Dit laatste was vooral het geval langs de huidige Hollandse kust, welke vanaf die tijd ca. 8 km zeewaarts uitbouwde. Dit ondanks een stijging van de zeespiegel die twee keer zo snel was als tegenwoordig en die in de buurt ligt van hetgeen verwacht wordt voor de komende eeuw ! De uitbouw van de Hollandse kust werd gevoed door het opruimen van oudere afzettingen van de rivier de Rijn en oudere kustafzettingen. Bovendien bracht de Rijn in deze periode zelf ook nog sediment naar zee. Het volume van de Holocene kustafzettingen in Nederland is ca. 225 miljard m³. Het overgrote deel van deze hoeveelheid is afgezet in voormalige getjebekkens en estuaria. Als we de netto sedimentaanwas in het kuststelsel door de tijd beschouwen, zien we dat deze afneemt met de tijd. Oorzaken: een combinatie van het uitgeput raken van de sedimentbronnen en een afname van de transportcapaciteit welke het sediment naar het kuststelsel moet brengen.

Vandaag de dag ontvangt de Nederlandse kust netto vrijwel geen sediment meer vanuit de zee en rivieren, waardoor interne herverdeling overheerst. Zand en slib worden van de Noordzeekust naar de waddegebieden en estuaria verplaatst; de sedimentvraag (zandhonger) van de bekkens gaat ten koste van de Noordzeekust die structureel achteruit gaat.

4.2 Systeemdefinities

Adaptatie opties vanuit sedimentperspectief worden achtereenvolgens uitgewerkt voor de volgende deelsystemen (Fig. 13): het kustfundament als onderdeel van het actieve kuststelsel (paragraaf 4.3); Laag Nederland (paragraaf 4.4) en de Noordzee (paragraaf 4.5).

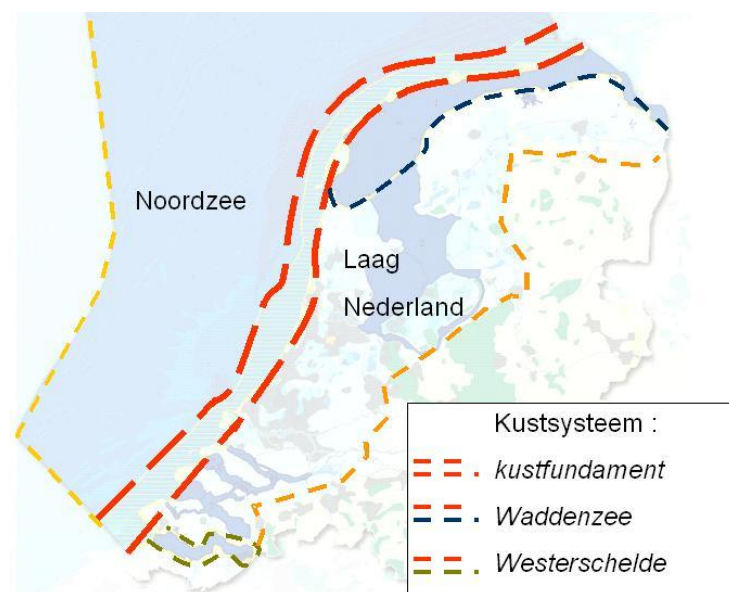


Fig. 13 Grootchalige deelsystemen van Nederland

4.3 Kustfundament: meegroeien door zandsuppletie

4.3.1 Kustonderhoud: handhaven van de 'klimaatbuffer'

Om de structurele erosie van de kust tegen te gaan wordt vanaf 1990 de kustlijn gehandhaafd. Het achterliggend strategisch beleidsdoel is het *duurzaam* handhaven van de veiligheid tegen overstroming en van de functies en waarden in het duingebied.

Voor de kustlijnhandhaving was van 1990 – 2000 gemiddeld 6 miljoen m³ zand per jaar beschikbaar. Toen rond 1995 werd ontdekt dat dit onvoldoende was om ook de zandverliezen op dieper water te compenseren, werd in 2000 het jaarlijkse budget verhoogd naar 12 miljoen m³. Dit budget is afgestemd op het doel om het gehele kustsysteem – gedefinieerd als het zanddelende systeem van Waddenzee, Westerschelde en het kustfundament; de zone van duinmassief tot de onderkant van de kust op 20 m diepte, – te laten meegroeien met de zeespiegel. 12 miljoen m³/jaar dekt het langjarig gemiddelde zandtekort dat ontstaat bij de huidige zeespiegelstijging van 18 cm/eeuw. De 3^e Kustnota meldt dat bij een toename van de stijgsnelheid de benodigde suppletiehoeveelheid evenredig zal toenemen. Het beleid is om die reden *reactief* te noemen.

Als uitvoering van het beleid is gekozen voor het *Dynamisch* Handhaven: zoveel mogelijk gebruik maken en behouden van de natuurlijke dynamiek; zandsuppletie als belangrijkste middel, de natuur zorgt voor herverdeling.

In de suppletieplanning is de jaarlijkse toets op overschrijdingen van de BasisKustLijn (BKL), welke een maat is voor de zandinhoud van het kustprofiel, leidend. De suppletie van het jaarbudget van 12 miljoen m³ - afgestemd op het langjarig gemiddelde tekort van het gehele kustfundament - wordt jaarlijks *geconcentreerd* op een aantal strategische locaties: kustlangs op de plekken waar de BKL in gevaar is, kustdwars in een dieptezone die varieert tussen - 7m en het strand. Vanuit deze locaties verdeelt het zand zich over het *gehele* kustsysteem. Deze herverdeling verloopt echter langzamer (tijdschaal van decennia) dan de snelheid en frequentie van suppleren (tijdschaal jaren). Dit verklaart het succes van de huidige suppletie-uitvoering met zijn herhaalde concentratie van suppleties in de relatief ondiepe zone: de kustlijn wordt niet alleen op zijn plek gehouden, maar op de meeste plaatsen zelfs zeewaarts verplaatst. Gemiddeld voor de gehele Hollandse kust is sinds 1990 de duinvoet zo'n 15 – 20 meter zeewaarts verplaatst; een areaalwinst van rond de 200 ha (naar ref. 7).

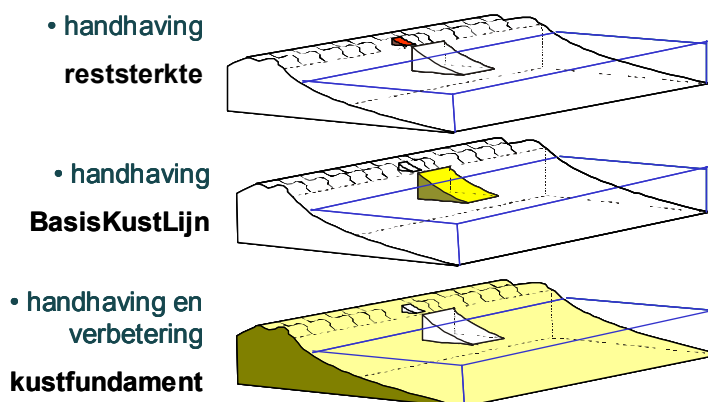


Fig. 14 Schaalbenadering in het kustbeheer: tactische doelen voor grote schaal scheppen de randvoorwaarden voor doelen op de kleinere schaal (naar: ref 9; Mulder et al., 2006)

Om het kustfundament te laten meegroeien met de zeespiegel, moet de hoeveelheid zand die actief bijdraagt aan de kustvormende processen (de "actieve" zandinhoud van het kustfundament) gelijk blijven. Dat is belangrijk om op langere termijn de kustlijn te kunnen

handhaven; op zijn beurt is dat weer van belang om op langere termijn de sterkte van de duinen (en dus de veiligheid tegen overstroming) te kunnen garanderen. De zandinhoud van het kustfundament is daarmee bepalend voor de veiligheid op de lange termijn, handhaven van de kustlijn voor de veiligheid op de middellange termijn; handhaven van de duinsterkte tenslotte bepaalt de veiligheid tegen overstroming (zie ook fig. 14).

Kustonderhoud richt zich op het instand houden van het kustfundament en het handhaven van de kustlijn. Aldus wordt de 'klimaatbuffer' gehandhaafd; de randvoorwaarden voor het meegroeien van de duinen en daarmee het handhaven van de veiligheid tegen overstroming, blijven gelijk. Essentieel hierbij is wel dat de natuurlijke processen vrij spel behouden; alleen dan kunnen wij Dynamisch Handhaven.

4.3.2 Zandmotor: vergroten van de 'klimaatbuffer'

Het handhaven van het veiligheidsniveau aan de kust is gegarandeerd door het kustonderhoudsprogramma, dat zorg draagt voor het aanvullen van de zandtekorten die voortdurend ontstaan zolang de zeespiegel stijgt. Bij de huidige zeespiegelstijgsnelheid suppleren wij daartoe 12 miljoen m³/jaar. Wanneer in de toekomst de stijgsnelheid van de zeespiegel toeneemt, nemen de zandtekorten in de kust evenredig toe. Zonder verhoging van de onderhoudsinspanning zal dit leiden tot kustachteruitgang en een afname van de veiligheid. Voor dit probleem is zowel een re-actieve als een pro-actieve oplossing mogelijk.

Het huidig beleid is re-actief: het onderhoudsbudget en de onderhoudsinspanning zijn afhankelijk van de waargenomen stijgsnelheid. Proactief is een oplossing om de klimaatbuffer in de kust te vergroten, zodanig dat deze op voorhand is berekend op een (mogelijk) versterkte teruggang in de toekomst. Het vergroten van de klimaatbuffer (vergroting van de 'kreukelzone') laat zich goed verenigen met het stimuleren van natuur- en recreatiefuncties.

Een bruikbare methode om tot pro-actieve kustontwikkeling te komen lijkt de inzet van een zandmotor : het toevoegen van een overmaat aan zand (dwz meer dan nodig is voor het onderhoud bij de huidige zeespiegelstijgsnelheid) en deze door natuurlijke processen over het kuststelsel laten verdelen.

Een grootschalige proef voor de Zuid Hollandse kust zoals aangekondigd in de Watervisie (ref. 3) is in voorbereiding.

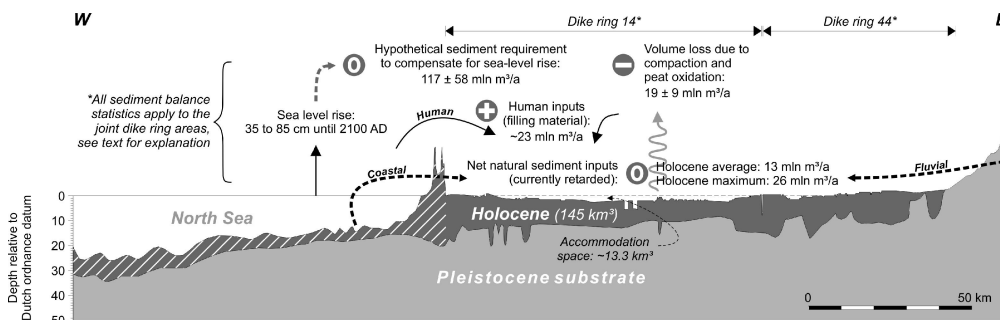
4.4 Laag Nederland: geleidelijk, strategisch ophogen

4.4.1 Omvang sedimenttekort en technische haalbaarheid

Om een beeld te vormen van het sedimenttekort in Laag Nederland is onlangs een sedimentbalans gemaakt voor de dijkkringgebieden (Fig. 15)¹. Hieruit volgt dat er sprake is van een jaarlijks sedimenttekort van 140 miljoen m³, bestaand uit de hypothetische hoeveelheid sediment die nodig zou zijn om zeespiegelstijging bij te houden (85%) en het effect van drainage (veenoxidatie en klink; 15%) te niet te doen. Het reeds opgelopen tekort als gevolg van het waterbeheer in de afgelopen eeuwen, dus de onbenutte sedimentatieruimte in Nederland, wordt geschat op ca. 13 miljard m³; dit komt neer op meer dan twee keer het volume van het IJsselmeer.

¹ (Ref. 10) Van der Meulen M.J., Van der Spek A.J.F., De Lange G., Gruijters S.H.L.L., Van Gessel S.F., Nguyen B.L., Maljers D., Schokker J., Mulder J.P.M., Van der Krogt R.A.A. (2007): Regional Sediment Deficits in the Dutch Lowlands: Implications for Long-Term Land-Use Options. J Soils Sediments 7(1), 9-16

Het jaarlijkse tekort ligt boven wat er gemiddeld jaarlijks is aangevoerd in het recente geologische verleden. Daarom – en omdat sedimentatieprocessen überhaupt zijn stilgelegd – resten alleen menselijke tegenmaatregelen; vanuit het sedimentperspectief betekent dat: ophogen.



Figuur 15. Sedimentbalans voor de Nederlandse dijkkringgebieden (ref 10; Van der Meulen et al., 2007).

De beschikbaarheid aan ophoogzand in de Noordzee is vrijwel onbeperkt. Om de gedachten te bepalen: 2 m verlaging van het Nederlands Continentaal Plat is voldoende om geheel Laag Nederland 5 m op te hogen. Nederland gebruikt momenteel ca. 45 miljoen m³ ophoogmateriaal per jaar; voor een belangrijk deel gaat het hierbij om zand dat op zee wordt gewonnen. Naar schatting wordt 23 miljoen m³ zand gebruikt binnen de dijkringen; dit vormt hier in feite de belangrijkste volumecompensatie voor het geschatte sedimentdeficiet.

Het potentieel van zandverzet is dus groot in verhouding tot de hier behandelde problematiek. Dit geldt zeker als bedacht wordt dat er voldoende tijd is om wat te ondernemen: er is geen acuut veiligheidsprobleem. Bij een verdrievoudigd landelijk ophoogzandgebruik zou er bijvoorbeeld binnen een eeuw op het sedimenttekort kunnen worden ingelopen.

4.4.2 Strategisch ophogen

Technisch gesproken lijkt ophogen in principe dus haalbaar. Dat wil niet zeggen dat vanaf nu moet worden ingezet op een integrale ophoging van heel Nederland. Dat lijkt niet zinnig en niet wenselijk vanuit verschillende belangen. Toch zijn er in aanvulling en aansluiting op de traditionele waterbeheer aanpak, wel degelijk functies en locaties aanwijsbaar waar ophogen als bewuste strategie potentie heeft.

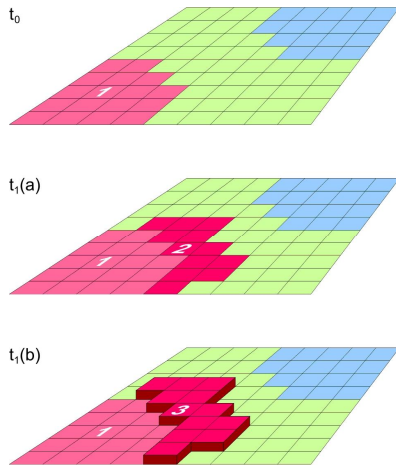
Op korte termijn valt dan te denken aan de toepassing van superdijken in het rivierengebied, om te beginnen op die locaties waar de veiligheidsnorm van de dijken niet wordt gehaald (zie hoofdstuk 3).

Pas op de veel langere termijn, biedt het ophogen van bewoond gebied binnen de dijkringen een duurzaam perspectief. Maar ook hier kan op kleine schaal en korte termijn al wel worden begonnen; bijvoorbeeld op nieuwbouwlocaties (zie 4.4.3), waar toch al ophoging is voorzien, maar waar het ophoogniveau klimaatbestendig kan worden gemaakt. Door te kiezen voor een geleidelijk groeimodel kan ervaring worden opgedaan en kan draagvlak worden verworven voor een daadwerkelijk duurzaam en klimaatbestendige oplossing voor het leven in de Delta.

Op termijn biedt het sediment perspectief daarmee soelaas voor het waterperspectief; naarmate er meer bewoond gebied door ophoging relatief onkwetsbaar is geworden voor overstroming en wateroverlast, wordt het makkelijker om in de overige gebieden ruimte te scheppen voor water.

4.4.3 Ophoogstrategie: nieuwbouwlocaties

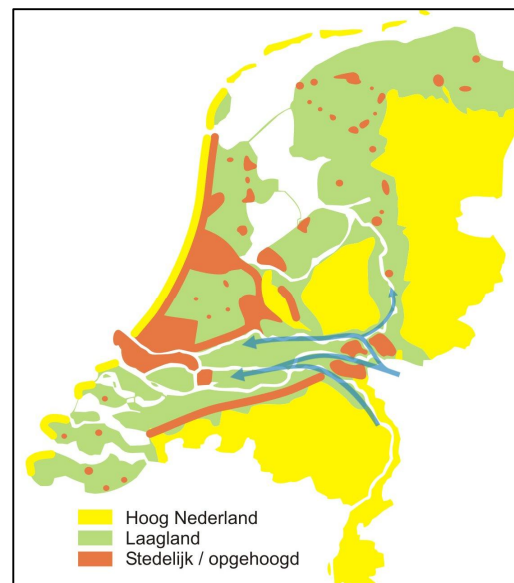
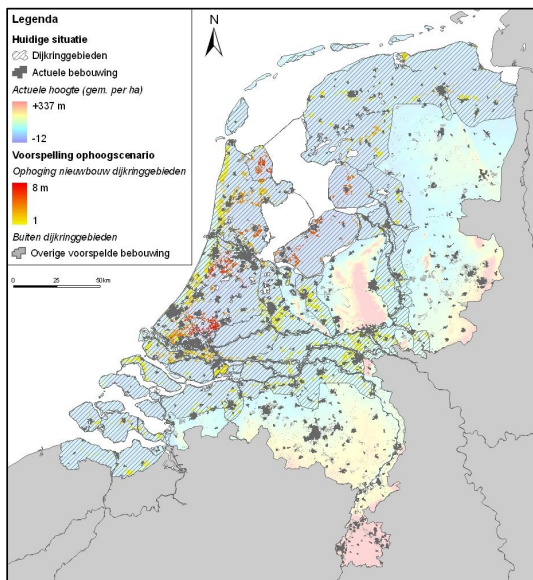
Het is hierboven al genoemd: momenteel wordt orde 45 miljoen m³ ophoogzand per jaar gebruikt voor diverse bouwprojecten; een verdrievoudiging van dit volume zou voldoende zijn om de jaarlijkse toename in sediment tekort van Laag Nederland te compenseren. Hoe zou zo'n scenario er uit kunnen zien?



Figuur 3. Globale werkwijze ophoogscenario's: (1) bebouwd gebied; (2) voorspelde bebouwing; (3) ophoging tot veilige hoogte.

Als eerste verkenning van een ophoogscenario is, gekeken naar de gebieden, die volgens de planologische verkenningen de komende decennia zullen gaan uitbreiden. Vervolgens is verondersteld een ophoogstrategie toe te passen in deze gebieden (Fig. 16)²; bij ligging beneden NAP een ophoging tot NAP +1 m, elders een ophoging tot 1 meter boven het maaiveld (Fig. 17a).

De benodigde zandhoeveelheid voor dit scenario is ongeveer 100 miljoen m³ per jaar; dat wil zeggen zo'n 75 miljoen m³ meer dan momenteel in het laagland wordt gebruikt. Het eindbeeld (Fig. 17b) toont het ontstaan van verhoogde stedelijke vlaktes en 'zandlinies' in Holland, met elders een landschap van megaterpen.



Figuur 17.a. Ophoging van nieuwbouwgebieden in het Nederlandse laagland tussen 2010 en 2040.
b. Eindbeeld; ruwe schets gebaseerd op de linkerkaart. Het onderliggende ruimtelijke scenario is aangeleverd door de VU-IVM (afd. Ruimtelijke Economie) (ref 11).

In een eerste ruwe beoordeling lijkt, gelet op de gefaseerde aanleg en de hoeveelheden zand, dit scenario in principe technisch uitvoerbaar. Dat geldt ook financieel: de geschatte kosten bedragen rond de 1 miljard euro per jaar, enkele procenten van de totale jaarlijkse bouwinvesteringen. Voldoende aanleiding voor nader onderzoek om tot een gedegen beoordeling te kunnen komen.

² ref 11; AVV (Aandacht voor Veiligheid) - studie, door VU-IVM, TNO, RWS-RIKZ (2007) in prep.

Aspecten die bij vervolgonderzoek aan de orde komen, zijn bijvoorbeeld vanuit zand- en waterperspectief:

- wat zijn de uitdagingen en kansen met de daaraan gerelateerde kosten en baten, zowel op technisch als op morfologisch en ecologisch gebied?

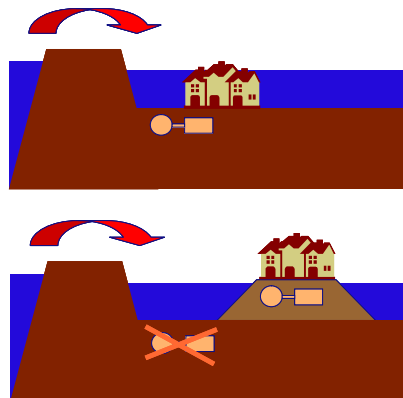
En vanuit mens-perspectief bijvoorbeeld:

- wat zijn beperkingen en kansen van ruimtelijke ordening, regelgeving en maatschappelijke acceptatie; en op het terrein van landschap, cultuur-historie en archeologie?

Uitwerking van deze vragen in een vervolgonderzoek biedt volop kansen voor innovatie.

De voordelen van ophogen op lange termijn lijken evident, maar zijn er ook voordelen te benoemen op de korte termijn die een zelf versterkende prikkel kunnen vormen om verhoogd te bouwen? Het is duidelijk dat op dit moment zo'n prikkel ontbreekt. Er is bijvoorbeeld geen sprake van een hogere verzekeringspremie bij vestiging onder NAP, omdat er binnen dijk-ringen niet wordt gewerkt met een concept van een gedifferentieerd risico voor wat betreft de hoogwaterveiligheid.

Als voorbeeld voor een praktische opvatting, die ook op korte termijn voordelen biedt zou de adaptatiefunctie gecombineerd kunnen worden met een multifunctioneel ruimtegebruik in de



form van het Megaterpen-concept. Het belangrijkste uitgangspunt hierbij is dat een ophoging multifunctioneel is, en dus meer biedt dan alleen bescherming op een termijn die voor de meeste mensen onafzienbaar is. Ondergrondse infrastructuur zou bijvoorbeeld bovengronds kunnen worden aangelegd en vervolgens worden afgedekt met alle kostenbesparingen van dien (Fig. 18), wateroverlast wordt beperkt, er zijn mogelijkheden voor waterberging met tegelijkertijd zowel een functie als buffer in droge tijden als tegenwicht tegen opdringende verzilting, er ontstaan interessante stedenbouwkundige ontwerpopties etc.

Fig. 18 Principe van ondergronds bouwen op het maaiveld

4.4.4 Een klimaatbestendig Nederland groeit met de zeespiegel omhoog

Een sediment perspectief op klimaatadaptatie biedt in aanvulling op de opties vanuit water perspectief, voor Nederland een reeks opties die bij lange na nog niet volledig zijn verkend. Een eerste verkenning geeft aan dat een strategisch en geleidelijk ophogen van Nederland veelbelovende kansen biedt.

De mythe dat we “Nederland eens (met een zucht van verlichting) aan de zee moeten prijs geven”, kan naar het rijk der fabelen worden verwezen.

4.5 Noordzee: zandbron of eilandenrijk ?

4.5.1 Noordzeezand ons witte goud

Bij het verder verkennen van een ophoogstrategie voor Nederland is het van belang nader aandacht te besteden aan de beschikbaarheid van ophoogzand in de Noordzee.

Fysisch gesproken lijken de zandvoorraden in de Noordzee schier onbeperkt. De sedimentsamenstelling is overwegend zandig (Fig. 19).

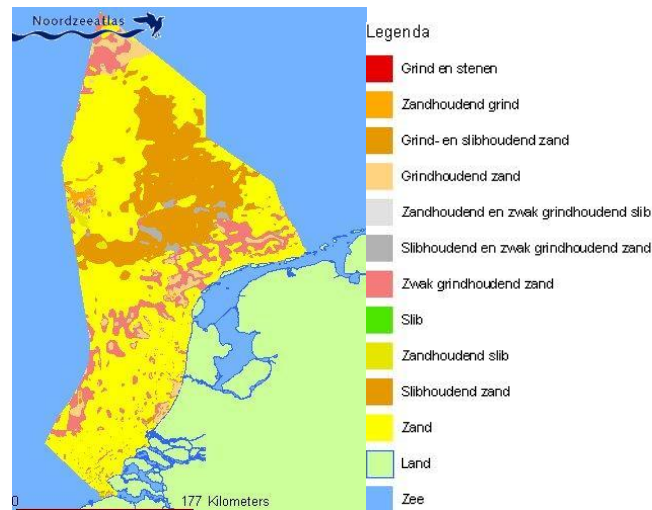


Fig. 19 Sedimentsamenstelling Noordzee (www.noordatlas.nl)

Een meer gedetailleerd inzicht in de samenstelling van de diepere lagen is wenselijk om de mogelijkheden van differentiatie te kunnen inschatten bij een verdergaande ophoogstrategie. Minstens zo belangrijk is echter meer inzicht te krijgen in de procedureel-juridische mogelijkheden van grootschalige zandwinning en in de relatie met ecologische ontwikkeling. Interessant hierbij is om de gehele zandketen te bekijken. Bij een ophoogstrategie lijken op de aanleglocatie (per definitie) de positieve aspecten duidelijk; de uitdaging is om ook op de winlocatie verbeteringen te realiseren.

Naast dit alles is het van belang om in de ruimtelijke plannen te zorgen voor ruimtereservering voor zandwinning in de toekomst: het Noordzeezand is ons witte goud; de verzekeringspremie voor de toekomst van Nederland.

4.5.2 Eilandenrijk

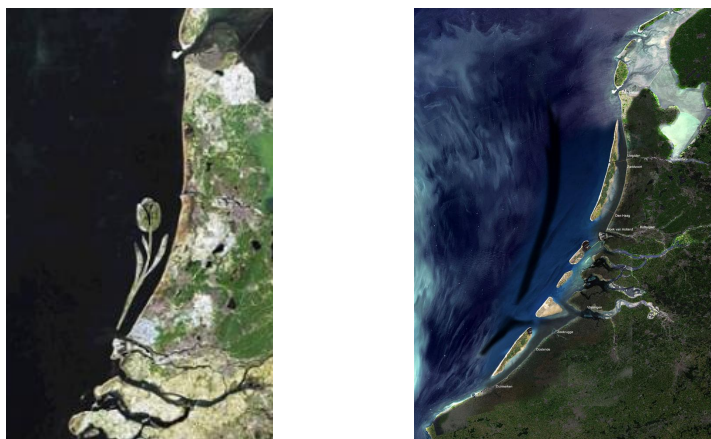


Fig. 20 Verschillende plannen voor eilanden voor de kust (a) motie Atsma; (b) BosKalis – A. Geuze

Vanuit sedimentperspectief kan de Noordzee behalve als locatie voor zandwinning, ook zelf worden beschouwd als locatie voor ophoging. Voor een deel gebeurt dat al door de ophoogstrategie van het kustfundament. Er verschijnen echter ook voortdurend plannen voor de aanleg van eilanden voor de kust.

Soms betreft dit een eilandvariant in de vorm van een polder (motie Atsma), soms in de vorm van opgespoten eilanden (plan BosKalis – Geuze)(Fig. 20). Gemeenschappelijk in alle varianten is de claim dat hiermee een oplossing kan worden geboden voor het ruimteprobleem op het vaste land en dat een bijdrage wordt geleverd aan het verbeteren van de kustverdediging.

Deze plannen verdienen een nadere beoordeling. Wij noemen enkele aspecten die bij deze beoordeling aan de orde dienen te komen.

In het licht van een meer algemene ophoogstrategie (paragraaf 4.4), is aandacht nodig voor de beschikbaarheid van het zand en de concurrentie voor verschillende bestemmingen. Eilanden leggen een ruimtebeslag op een deel van de Noordzeebodem, dat ook zeer interessant is voor zandwinning ten dienste van kustfundament en landbestemmingen (relatief dicht bij, dus relatief goedkoop). Een opgespoten eiland op een diepte van meer dan 20m, legt bovendien zelf een onevenredig groot beslag op de nabije zandbronnen. Dit aspect van ruimteconcurrentie heeft daarnaast een verbinding met het hele vraagstuk van de ruimtelijke planning op de Noordzee.

Een bijdrage van eilanden voor de kust aan de kustverdediging van het vaste land is geen vanzelfsprekendheid. De eilanden hebben geen effect op het stijgen van de zeespiegel; om het kustfundament te laten meegroeien met de zeespiegel zal dus aan de kust een evenredige suppletie inspanning nodig blijven. Omdat ook de nieuwe, op diep water gelegen eilanden onderhouden dienen te worden, zal de totale kustonderhoudinspanning dus flink toenemen.

Wel hebben de eilanden effect op de getijstroming en de golven. Door de meer beschutte ligging achter de eilanden, neemt voor de oude kust de totale hoeveelheid hydrodynamische energie af. De Waddenzee toont waartoe dit kan leiden. In het rustiger milieu nemen de omstandigheden voor de sedimentatie van fijn materiaal toe, de energie om zand naar de kust te verplaatsen neemt af. Op termijn ontwikkelt zich een wad-achtig milieu, terwijl aan de oude kust de strand- en duinvorming stagneert.

Tijdens stormen leidt de beschutte ligging tot een geringere golfaanval op de oude kust. Daar staat echter tegenover dat in de 'binnenzee' bij storm het water hoger kan worden opgestuwd dan het geval was bij de vroegere open kust.

De voors- en tegens van mogelijke eilanden vragen om een meer integrale afweging; bovengenoemde kwalitatieve beschouwingen verdienen daarbij verdere uitwerking.

5. Referenties

- (1) De staat van het klimaat. Actueel onderzoek en beleid nader verklaard, 2006, Platform Communication on Climate Change
- (2) Naar een klimaatbestendig Nederland. Samenvatting routeplanner, 2006, Stichting Klimaat voor Ruimte, Leven met Water, Habiforum en CURNET
- (3) Nederland veroveren op de toekomst. Kabinetsvisie op het waterbeleid. Watervisie, 2007, Min. V&W
- (4) Maak ruimte voor klimaat. Nationale adaptatiestrategie – de beleidsnotitie ARK, 2007, Min. VROM, V&W, LNV, EZ, IPO, VNG, Unie van Waterschappen
- (5) Klimaatscenario's '06, 2006, KNMI
- (6) Richtlijnen voor onderwatersuppleties (2007) rapport RWS- RIKZ
- (7) 'Duingroei na 1990 voor de kust van Noord- en Zuid Holland', rapport in opdracht van RWS-RIKZ , Koster Engineering (november2006)
- (8) <http://duurzaam bouwen.senternovem.nl/begrippen/lagenbenadering/>
- (9) Mulder, Jan P.M., Gertjan Nederbragt, Henk J. Steetzel, Mark van Koningsveld, Zheng B. Wang, (2007), Different implementation scenarios for the large scale coastal policy of the Netherlands, Proc. 30th Int.Conf.Coast.Eng, San Diego USA, Vol. 2 (1705 – 1717)
- (10) Van der Meulen M.J., Van der Spek A.J.F., De Lange G., Gruijters S.H.L.L., Van Gessel S.F., Nguyen B.L., Maljers D., Schokker J., Mulder J.P.M., Van der Krogt R.A.A. (2007): Regional Sediment Deficits in the Dutch Lowlands: Implications for Long-Term Land-Use Options. J Soils Sediments 7(1), 9-16
- (11) AVV (Aandacht voor Veiligheid) - studie, door VU-IVM, TNO, RWS-RIKZ (2007) in prep.

Gebruikte literatuur voor hoofdstuk 2

[TAW:jan-1998]

Grondslagen voor waterkeren

[RWS-DWW: feb-2001]

Standaardmethode Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen
Rapport PR236

[RIVM:mei-2004]

Risico's in bedijkte termen

[Deltares: apr-2007]

Stijgend water: kan de Nederlandse Delta standhouden?
Verkenningen van oplossingen
Rapport nr. A0092.07

[VROMRaad: mei-2007]

De hype voorbij
Klimaatverandering als structureel ruimtelijk vraagstuk
Advies 060

[WL | delft hydraulics: mrt-2006]

Differentiatie in bescherming tegen overstromingen?
Discussiestuk voor 'Waterveiligheid 21^e eeuw'
Rapport nr. Q4044/Q4143

[Immink:2007]

Voorbij de risiconorm
Proefschrift

[WL | delft hydraulics: jun-2007]

Overstromingsrisico's in Nederland in een veranderend klimaat
Verwachtingen, schattingen en berekeningen voor het project Nederland Later
Rapport nr. Q4290.00

[RPB:2007]

Overstromingsrisico als ruimtelijke opgave

[V&W:aug-2007]

Hydraulische Randvoorwaarden primaire Waterkeringen
voor de derde toetsronde 2006-2011

[V&W:aug-2007]

Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen
voor de derde toetsronde 2006-2011