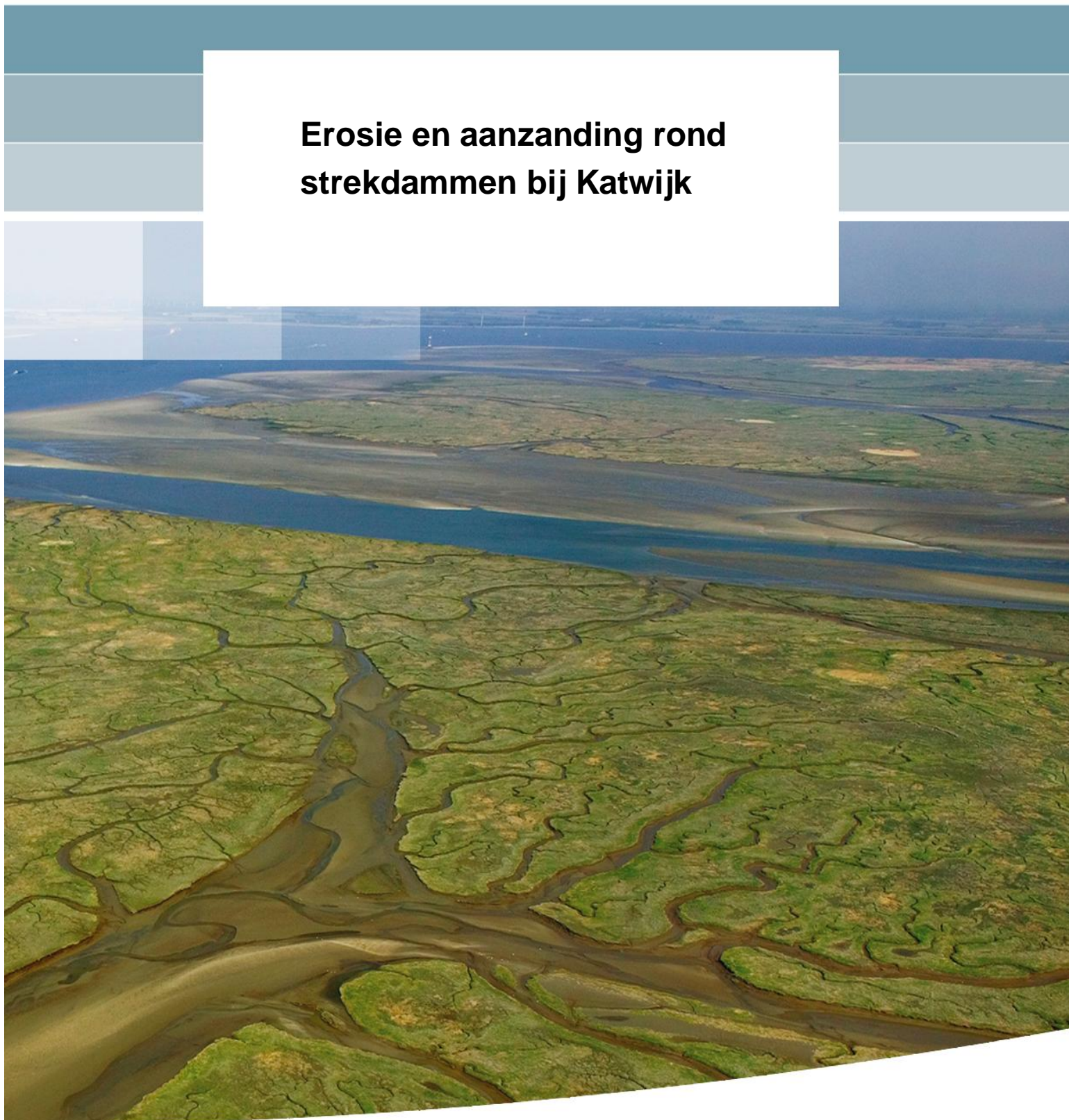


**Erosie en aanzanding rond
strekdammen bij Katwijk**



Titel

Erosie en aanzanding rond strekdammen bij Katwijk

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Waterdienst	1203736-000	1203736-000-HYE-0004	21

Trefwoorden

Hollandse kust, strekdammen

Samenvatting

Om de zwemwaterkwaliteit bij Katwijk te verbeteren wordt overwogen om twee lange strekdammen in zee te bouwen, waarmee water van boezemgemaal Katwijk tot op grote afstand uit de kust wordt afgevoerd. Verwacht wordt dat deze maatregel invloed op de aanliggende kust zal hebben.

Een korte deskstudie is uitgevoerd om de effecten van lange strekdammen op de aanliggende kust en zeebodem globaal te voorspellen op basis van expert kennis en interpretatie.

Geconcludeerd wordt dat lange dichte dammen (orde 1 à 2 km) bij Katwijk een aanzienlijke invloed op het kustgedrag hebben, waarbij aan de zuidzijde voornamelijk aanzanding wordt verwacht (maar initieel ook lokaal erosie) en aan de noordzijde voornamelijk erosie (maar lokaal ook enige aanzanding).



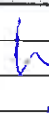
Voor drijvende dammen is het effect sterk afhankelijk van het ontwerp. Effecten van ondiep stekende lichte en diep stekende zware drijvende dammen worden besproken.

In dit rapport zijn erosie en aanzandingssnelheden van de kustlijn globaal geschat voor de korte en lange termijn.

Referenties

Deltares offerte met referentie 1203736-000-HYE-0001, dd. 11 oktober 2010

Rijkswaterstaat Waterdienst opdrachtbrief met referentie 4500169847 dd. 22 oktober 2010

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
01	Nov 2010	J.H. de Vroeg		K.J. Bos		W.M.K. Tilmans	
02	Dec 2010	J.H. de Vroeg		K.J. Bos		W.M.K. Tilmans	

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	2
1.1 Beschrijving van de studie	2
1.2 Uitgangspunten	2
2 Zandtransport langs de kust nabij Katwijk	3
2.1 Inleiding	3
2.2 Zandtransport	3
3 Relevante processen rond strekdammen	6
3.1 Inleiding	6
3.2 Dichte dammen	6
3.2.1 Verandering van het golfgedreven langtransport in de brandingszone	6
3.2.2 Verandering van het getijgedreven langtransport	6
3.3 Drijvende dammen	8
4 Erosie en sedimentatie rond IJmuiden en Scheveningen	11
4.1 Kustlijnverandering	11
4.2 Veranderingen op dieper water	16
5 Voorspelling van erosie en aanzanding rond dammen bij Katwijk	17
5.1 Voorspelling effecten dichte dammen	17
5.2 Voorspelling effecten tijdelijke 2 m diep stekende drijvende dammen	20
6 Conclusies en aanbevelingen	21
6.1 Conclusies	21
6.2 Aanbevelingen	21

1 Inleiding

1.1 Beschrijving van de studie

Om de zwemwaterkwaliteit bij Katwijk te verbeteren wordt overwogen om twee lange strekdammen in zee te bouwen, waarmee water van boezemgemaal Katwijk tot op grote afstand uit de kust wordt afgevoerd. Verwacht wordt dat deze maatregel invloed op de aanliggende kust zal hebben.

Op basis van de Deltares offerte (referentie 1203736-000-HYE-0001, dd. 11 oktober 2010) heeft Rijkswaterstaat Waterdienst opdracht verleend voor een deskstudie naar kusterosie en aanzanding als gevolg van dergelijke strekdammen (opdrachtbrief met referentie 4500169847 dd. 22 oktober 2010). De studie is uitgevoerd door ir. J.H. de Vroeg.

Een korte deskstudie is uitgevoerd om de effecten van de strekdammen op de aanliggende kust en zeebodem globaal te voorspellen op basis van expert kennis en interpretatie.

Om de effecten van ingrepen in de kustzone te kunnen voorspellen is inzicht in het zandtransport nabij Katwijk en in de sedimentbalans vereist. Deze worden in hoofdstuk 2 kort beschreven.

In hoofdstuk 3 worden de gangbare processen rond strekdammen en de invloed van deze processen op de grootschalige zandbalans besproken. Er zijn geen berekeningen gemaakt.

In hoofdstuk 4 wordt de kustontwikkeling rond vergelijkbare ingrepen langs de Hollandse kust beschreven. Hiervoor zijn de morfologische veranderingen na de bouw van de havendammen van IJmuiden en Scheveningen beschouwd.

In hoofdstuk 5 wordt op basis van deze beschouwingen de verwachte ontwikkelingen rond 2 km lange strekdammen bij Katwijk beschreven, voor het geval van dichte dammen en voor drijvende dammen.

Het rapport wordt afgesloten met conclusies en aanbevelingen, zie hoofdstuk 6.

1.2 Uitgangspunten

Op het moment dat deze bureaustudie werd uitgevoerd, waren er geen concrete ontwerpvarianten voor de strekdammen voorhanden. Op basis van informatie verstrekt door Grontmij zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Gedacht wordt aan dammen met een lengte in de orde van 1 à 2 km.
- In eerste instantie wordt gedacht aan dichte dammen, welke boven de waterspiegel uitsteken en welke dus de gehele waterkolom beïnvloeden.
- Vanuit het idee dat dit wellicht minder invloed op de kust zou hebben, wordt ook gedacht aan drijvende dammen ("flexibele dammen"), welke dus alleen het bovendee van de waterkolom direct beïnvloeden. Op dit moment wordt gedacht aan 2 m diep stekende drijvende dammen, welke alleen gedurende het zwemseizoen (zeg 5 à 6 maanden) aanwezig zouden zijn.

2 Zandtransport langs de kust nabij Katwijk

2.1 Inleiding

Om de effecten van ingrepen in de kustzone te kunnen voorspellen is inzicht in het zandtransport en de sedimentbalans vereist. Voor een vergelijking van de Katwijk situatie met andere locaties met dammen is een grootschalige beschouwing vereist.

In dit hoofdstuk wordt het langs- en dwarstransport in de kustcel tussen Hoek van Holland en IJmuiden kort beschreven, op basis van in de literatuur aanwezige gegevens. Ook de grootschalige sedimentbalans zal worden gepresenteerd. Hierbij is vooral uitgegaan van het werk van Van Rijn (1995), welke op basis van berekeningen, proceskennis en data-analyse een grootschalige zandbalans voor de Hollandse kust heeft opgesteld.

2.2 Zandtransport

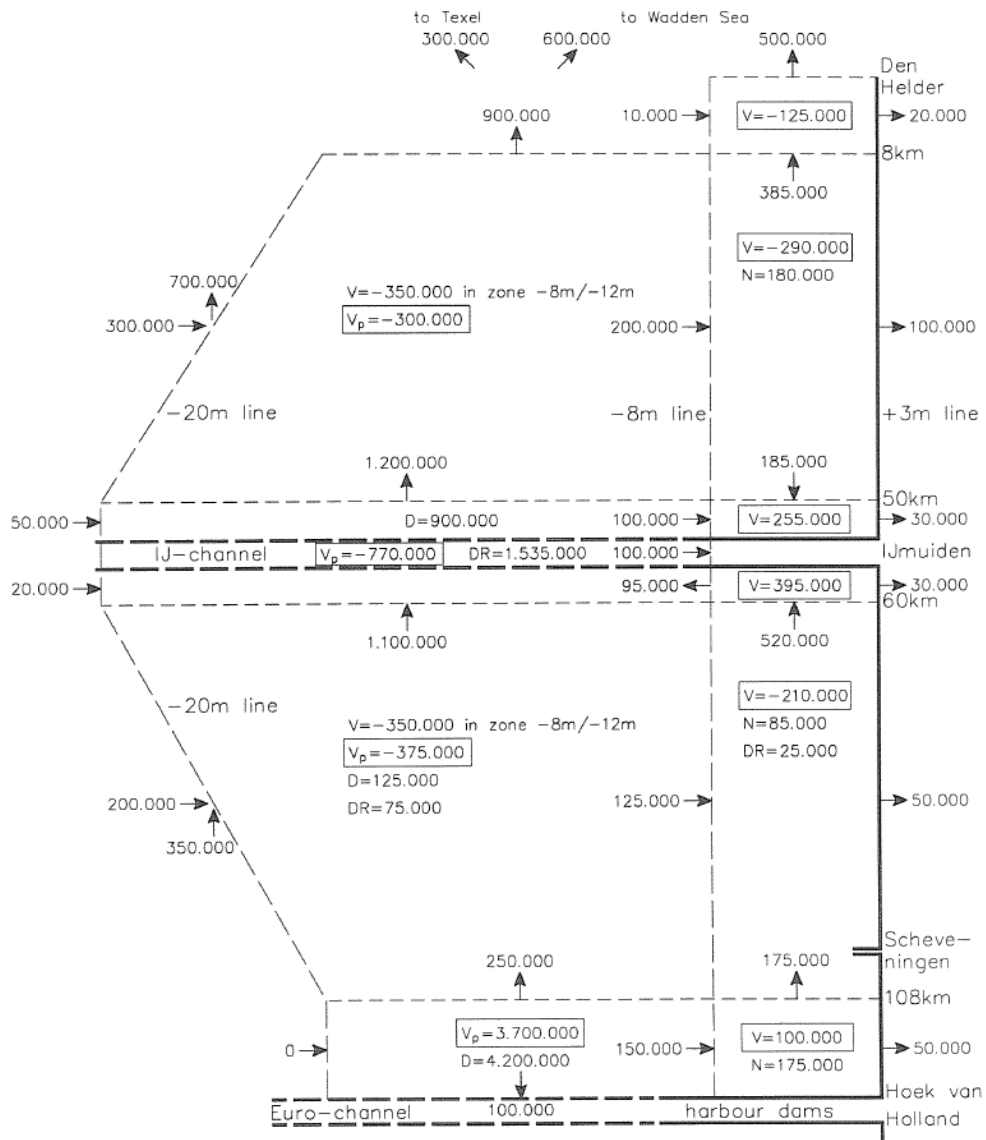
Een globaal beeld van de zandbalans voor de Hollandse kust - zoals bepaald door Van Rijn (1995) - is gepresenteerd in Figuur 2.1. In deze figuur ligt Katwijk op een afstand van 86 à 87 km van Den Helder (zie rechteras van de figuur).

De figuur toont aan dat de zandbalans van de nearshore zone (dit is het gebied boven de NAP -8 m lijn in Figuur 2.1) wordt bepaald door zand langtransport en dwarstransport. Daarnaast spelen zandsuppleties ('nourishments') een belangrijke rol.

Zoals in Hoofdstuk 3 nader zal worden toegelicht is voor het voorspellen van het effect van lange strekdammen vooral het langstransport van belang. In de nearshore zone wordt het langstransport voornamelijk aangedreven door scheef invallende golven welke dicht bij de kust breken. Dit transport vindt voornamelijk plaats in een relatief smalle strook langs de kust (de brandingszone).

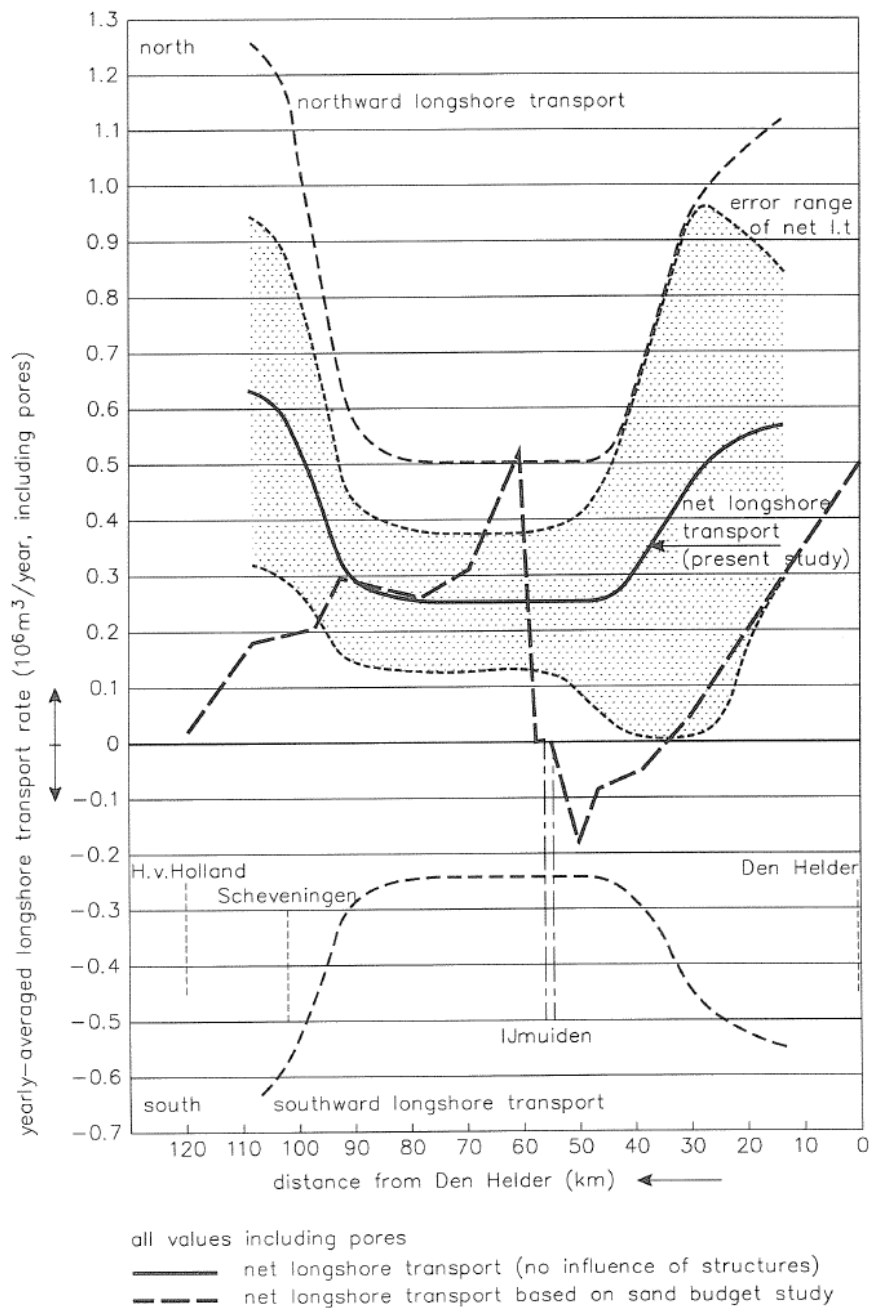
Een schatting van het netto langstransport in de nearshore zone langs de Hollandse kust (uit Van Rijn (1995)) is gepresenteerd in Figuur 2.2. Het netto transport is noordwaarts gericht en is het resultaat van een noordgaand transport (aangedreven door golven uit (globaal) de sector Zuid-West) en een zuidgaand transport (aangedreven door golven uit de sector Noord-West). De bovenste en onderste lijn in de figuur geven een indicatie van deze bruto transporten. De getrokken lijn geeft het netto transport aan voor het geval er geen constructies langs de kust aanwezig zouden zijn. De gestreepte lijn geeft een indicatie van het geschatte netto transport inclusief het effect van bestaande constructies.

Figuur 2.2 toont aan dat het netto transport nabij Katwijk (86 à 87 km van Den Helder) 200,000 a 300,000 m³/jaar is, een typische waarde voor de Zuid-Hollandse kust.



V = volume change based on measured data (m³/year, including pores)
 V_p = volume change based on computations (m³/year, including pores)
 N = beach nourishment (m³/year, including pores)
 D = dumping (m³/year, including pores)
 DR = dredging (m³/year, including pores)
 → yearly-averaged sand transport (m³/year, including pores)

Figuur 2.1 Grootschalige zandbalans Hollandse kust (referentie: Van Rijn, 1995)



Figuur 2.2 Langtransport van zand langs de Hollandse kust volgens Van Rijn (1995)

3 Relevante processen rond strekdammen

3.1 Inleiding

Lange strekdammen veranderen het golfgedreven langstransport in de brandingszone en het getijgedreven langstransport.

Hoe deze veranderingen in het algemeen inwerken op de morfologie wordt in paragraaf 3.2 toegelicht voor dichte dammen en in paragraaf 3.3 voor drijvende dammen. Een meer kwantitatieve voorspelling van deze effecten voor mogelijke dammen bij Katwijk wordt gemaakt in hoofdstuk 5.

3.2 Dichte dammen

3.2.1 Verandering van het golfgedreven langstransport in de brandingszone

Lange dammen welke ver door de brandingszone steken vormen een fysieke blokkade voor het netto golfgedreven langstransport. Als gevolg van de interruptie hoopt zich aan de bovenstroomse zijde zand tegen de dam op. Omdat aan de benedenstroomse zijde het transport op enige afstand van de dam onveranderd blijft maar de aanvoer van zand door de dam is geblokkeerd, treedt hier lijszijde erosie op, zie Figuur 3.1.

Daarnaast wordt in de schaduwzones van lange dammen het nearshore golfklimaat veranderd. Hierdoor worden de van de dammen af gerichte bruto transporten verkleind, terwijl de naar de dammen toe gerichte bruto transporten gelijk blijven. Hierdoor ontstaan netto naar de dammen toe gerichte golfgedreven transporten, zie Figuur 3.1. Deze patronen worden in het algemeen nog versterkt door golfopzetverschillen binnen en buiten de schaduwzone.

Bij deze patronen hoort een erosie-aanzandingspatroon als aangegeven in Figuur 3.1. De bovenstroomse (links) erosiezone kan na verloop van tijd overgaan in een neutrale tot aanzandende zone, omdat de zone van aanzanding tegen de dam aan zich langs de kust uitbreidt met de tijd, en zodoende op termijn de erosieve gradiënt kan over-compenseren.

Door langs de dammen gecreëerde muistromen kan (eventueel na voldoende aanzanding bovenstrooms) enige zand-bypass optreden.

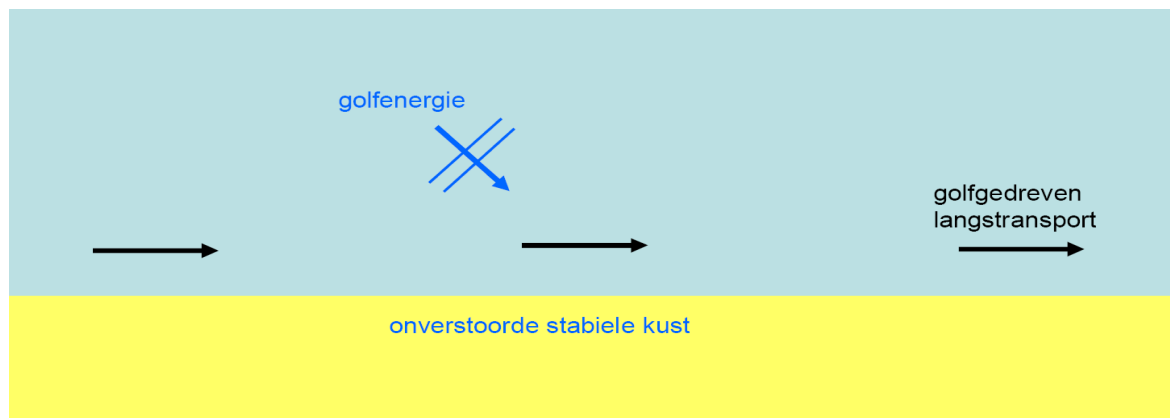
3.2.2 Verandering van het getijgedreven langstransport

Ook beïnvloeding van het getijgedreven langstransport door lange dammen leidt in het algemeen tot een toename van naar de dammen toe gerichte zand transporten. Dit is geïllustreerd in Figuur 3.2. Aan de bovenstroomse zijde (links in Figuur 3.2) loopt de getijstroom – de daarmee ook het getijgedreven zandtransport – tot dicht tegen de dammen. Aan de lijszijde (rechts) ontstaat een luwte zone met neren, waardoor er aan de lijszijde weinig zand van de dammen wordt weg getransporteerd. Bij omkering van het getij keert ook dit patroon om (neren links in Figuur 3.2). Het resulterende effect van deze patronen is dat er netto door het getij zand naar beide zijden van de dammen wordt getransporteerd. Dit

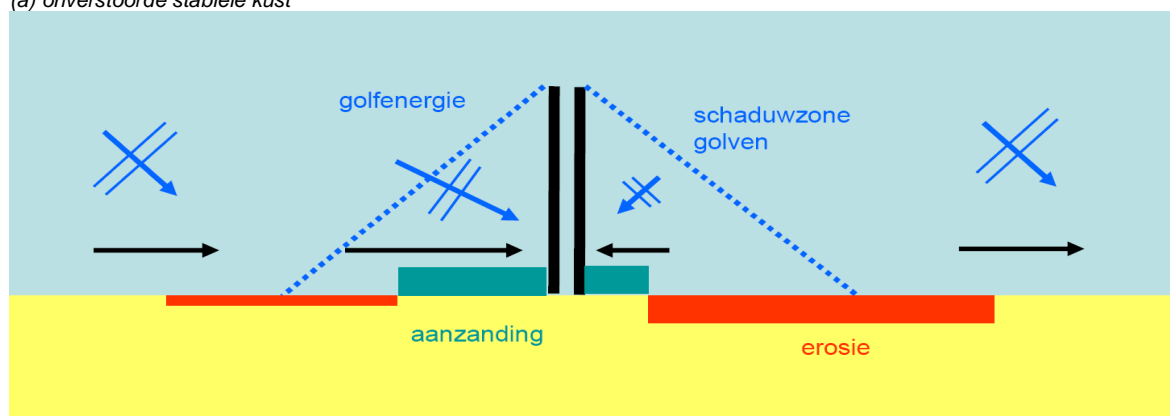
patroon versterkt globaal het in paragraaf 3.2.1 beschreven patroon veroorzaakt door de golfafscherming.

Door het effect van het getij kan in zekere mate bypass van zand langs de dammen optreden.

Een ander effect, ook geïllustreerd in Figuur 3.2 is dat door stroomcontractie nabij de koppen van de dammen vaak ontgroning optreedt (zie Zone C, local scour'). Deze ontgroning kan aanzienlijk zijn.

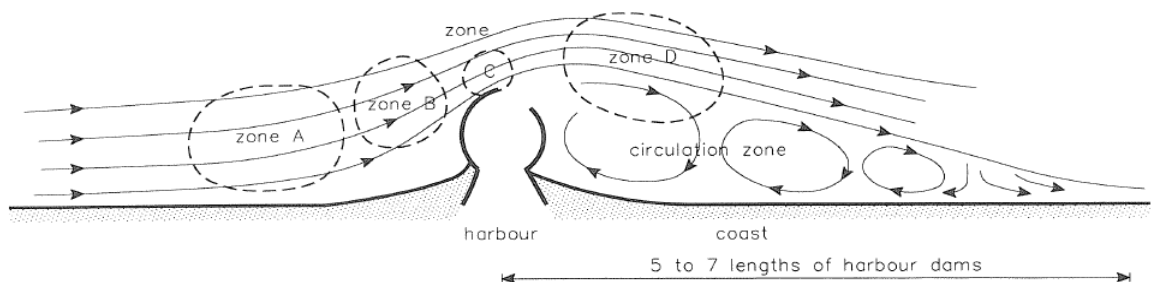


(a) onverstoorde stabiele kust



(b) effect van lange dichte dammen op kustgedrag

Figuur 3.1 Illustratie blokkade effect en schaduwzone op kustgedrag



zone A : erosion by converging current

zone B : sedimentation due to reduced wave stirring effect (deeper water)

zone C : local scour by increased velocities

zone D : diffusive sedimentation in circulation zone generated by diverging current

Figuur 3.2 Illustratie effect op getijstroom

3.3 Drijvende dammen

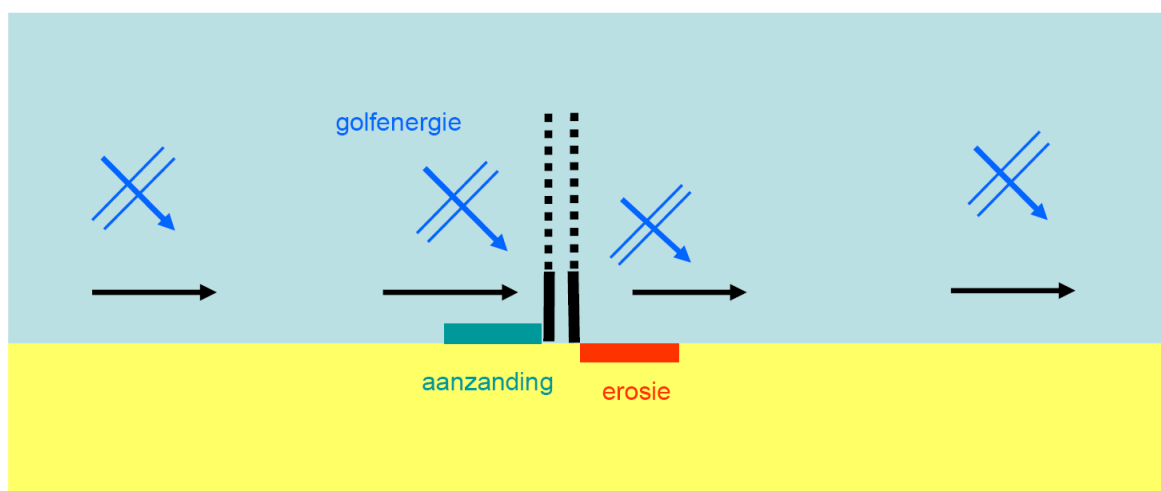
In plaats van dichte dammen wordt ook gedacht aan drijvende dammen. Er is nog geen gedetailleerd ontwerp gemaakt, maar door de projectgroep wordt gedacht aan 2 m diep stekende drijvende dammen, waarbinnen het relatief warme te lozen water hoog in de waterkolom wordt afgevoerd. Deze drijvende dammen zullen alleen gedurende het zwemseizoen (zeg 5 à 6 maanden) aanwezig zijn.

Rond drijvende dammen zijn de fysische processen complexer dan rond dichte dammen. Hierdoor bestaat er meer onzekerheid in de effecten op erosie en aanzanding dan bij vaste dichte dammen. In onderstaande zullen de belangrijkste processen voor de morfologische veranderingen globaal worden besproken. Er worden geen uitspraken gedaan over andere aspecten (zoals bij voorbeeld de technische haalbaarheid of effecten op zwemcondities).

Ondiep stekende drijvende dammen

Op dit moment wordt gedacht aan 2 m diep stekende drijvende dammen, welke alleen gedurende het zwemseizoen (zeg 5 à 6 maanden) aanwezig zouden zijn.

De 2 m diep stekende dammen zullen in het bovendee van het kustprofiel tot een waterdiepte van circa 2 m een fysieke blokkade van het zandtransport vormen over de gehele waterkolom. Iets verder zeewaarts, zeg langs het traject met een waterdiepte van 2 à 3 m, zal ook de golfhoogte nog worden gereduceerd, maar nog verder zeewaarts zal het effect van de drijvende dammen op de golven snel afnemen. De golven lopen daar als het ware onder de dammen door en verliezen daarbij slechts weinig energie. Een grote golfschaduw zone zoals in Figuur 3.1 geschetst wordt in dit geval dus niet verwacht. Daardoor blijft de transportgradiënt aan de bovenstroomse kant gering en wordt aan de lijzijde geen omkering van het netto transport verwacht. Het patroon zal meer zijn zoals geschetst in Figuur 3.3. Door de fysieke blokkade van het zandtransport boven een waterdiepte van 2 m zal bovenstrooms wat aanzanding optreden en benedenstrooms erosie.



Figuur 3.3 Effect van lange ondiep stekende drijvende dammen

Door stroomcontractie kan net zeewaarts van de 2 m waterdiepte, waar het water onder de dammen door gaat stromen, enige ontgronding optreden onder en tussen de dammen. Omdat de stroomcontractie op die diepte gering is, en omdat er op die diepte tussen de dammen wel geringere golfwerking is, valt het ook niet uit te sluiten dat zich lokaal of onder

bepaalde omstandigheden enig zand tussen de dammen afzet op een waterdiepte tussen 2 à 3 m. De 2 m diepte contour ligt voor grote delen van de tijd midden in de brandingszone waar veel transport plaats vindt, en er kan dus veel bypass van zand langs de geblokkeerde sectie worden verwacht. Dit zou effect kunnen hebben op de functionaliteit van de dammen voor het afvoeren van water. Wellicht is het lozingsdebiet voldoende groot om risico op aanzanding binnen de dammen uit te sluiten.

Potentieel is er het gevaar dat met name aan de bovenstroomse zijde waar aanzanding optreedt steeds meer van de drijvende elementen in het zand komen te liggen, waardoor de fysieke blokkade van de (bovenstroomse) dam in de tijd toeneemt.

Indien de dammen na 5 à 6 maanden zwemseizoen worden verwijderd kan worden verwacht dat de relatief hoge golven in het herfst- en winterseizoen het ontstane aanzandings-erosie patroon nagenoeg geheel wordt uitgevlakt.

Uit bovenstaande volgt dat de 2 m stekende dammen relatief weinig invloed hebben op de golven en het getij op wat grotere waterdiepte (zeg groter dan 3 m). De golven en het getij lopen als het ware onder de dammen door, zonder daarbij sterk gereduceerd te worden. Dit betekent dat de waterbeweging tussen de dammen aanzienlijk is en dat ook stroomcomponenten in dwarsrichting onder de dammen door ontstaan (zoals het getij, de omgeleide brandingsstroom en de orbitaalbeweging van scheef invallende golven). Indien het af te voeren water in de bovenlaag mengt met het onder de dammen door stromende water zou het kunnen weglekken nog voor het eind van de dammen bereikt is. Geadviseerd wordt derhalve om bij het functioneel ontwerp goed naar deze menging te kijken en de diepte van de drijvende dammen indien nodig daarop af te stemmen. Echter, mocht een aanzienlijke verdieping en verzwaring nodig blijken, dan kan dit consequenties hebben voor de effecten van de dammen op aanzanding en erosie.

Enkele beschouwingen rond diep stekende drijvende dammen

Mocht gedurende het ontwerpproces van de drijvende dammen blijken dat de dammen toch aanzienlijk dieper moeten steken dan 2 m en zwaar moeten worden uitgevoerd om de waterbeweging tussen de dammen te beperken, dan zal het effect op de kust toenemen.

Diep stekende zware drijvende dammen kunnen het nearshore golfklimaat aan beide zijden beïnvloeden, op een vergelijkbare manier als beschreven in 3.2.1 voor dichte dammen. Als de drijvende elementen groot zijn en diep steken gaan ze het nearshore golfklimaat in vergelijkbare mate beïnvloeden als dichte dammen.

Bij lange dammen (orde 1 à 2 km) betekent dit een omkeerpunt in het netto transport aan de lijzijde van de dammen, zoals geïllustreerd in Figuur 3.1, d.w.z. aan beide zijden is het transport naar de dammen gericht. Dit heeft hetzelfde effect als een fysieke blokkade van het transport. Met andere woorden, de drijvende dam vormt weliswaar geen fysieke blokkade voor het zandtransport (dat zich voornamelijk onderin de waterkolom plaatsvindt), maar de aandrijvende krachten (de golven en de stroming) om het zand verder langs te kust te transporteren veranderen door de dammen zodanig dat dit doorgaand transport niet optreedt en het zand zich rond en tussen de dammen ophoopt.

Op dieper water kan worden verwacht dat diep stekende drijvende dammen leiden tot iets minder convergentie van de getijstroom dan dichte dammen. Er moet echter nog steeds een aanzienlijke ombuiging van de getijstroom als aangegeven in Figuur 3.2 worden verwacht.

Al met al wordt voor diep stekende zware drijvende dammen globaal een vergelijkbaar effect verwacht als voor dichte dammen, uiteraard afhankelijk van de uiteindelijke diepte van de elementen.

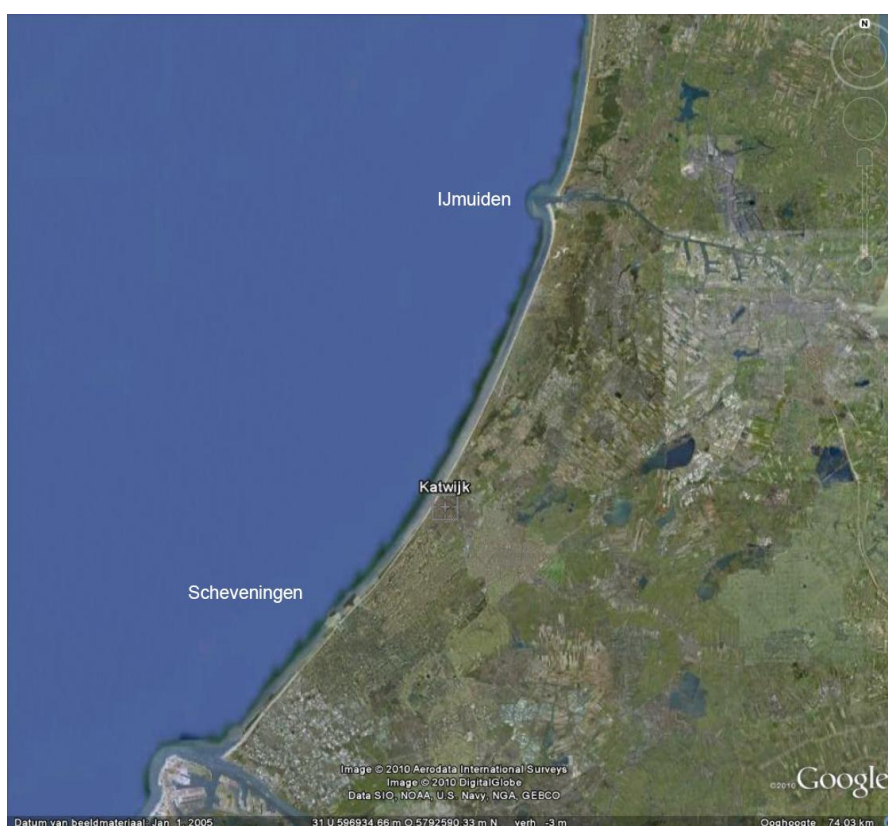
Het in Figuur 3.1 geschetste transportpatroon zal op het lozingspunt tot aanzanding leiden. Dit zou tot problemen bij het lozen kunnen leiden.

Indien diep stekende dammen ook slechts de helft van het jaar aanwezig zijn, dan zal net als bij de ondiepe dammen het effect gedurende een half jaar beperkt blijven en zal het ontstane aanzanding-erosie patroon tussen de zwemseizoenen nagenoeg geheel worden uitgevlakt.

4 Erosie en sedimentatie rond IJmuiden en Scheveningen

4.1 Kustlijnverandering

Enig inzicht in het effect van strekdammen bij Katwijk kan worden verkregen door vergelijkbare ingrepen langs de Hollandse kust te beschouwen. Lange dammen zijn gebouwd bij IJmuiden en Scheveningen, zie Figuur 4.1.



Figuur 4.1 Locaties met havendammen (IJmuiden en Scheveningen)

Beide voorbeelden betreffen dichte dammen.

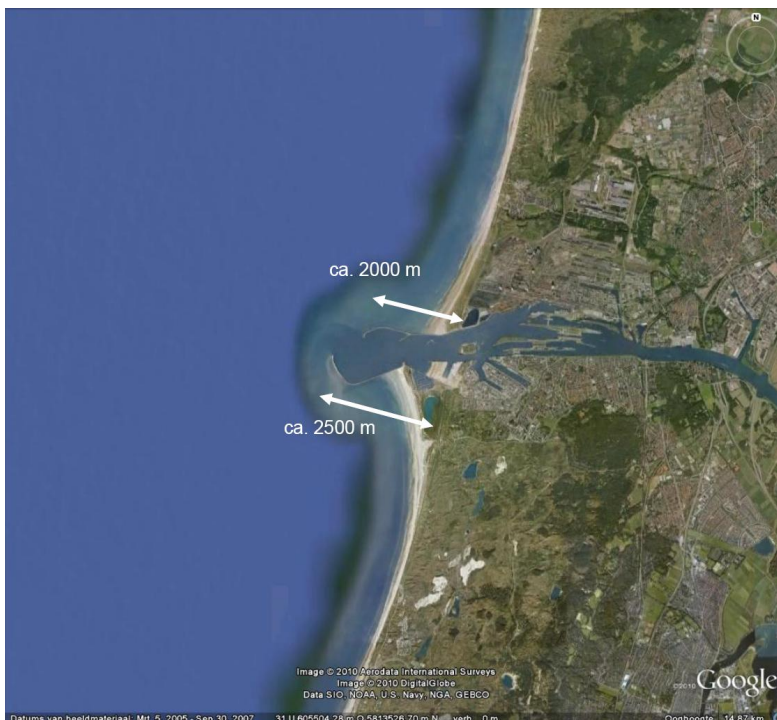
De havendammen van IJmuiden zijn rond 1870 gebouwd, met een lengte van bijna 1,5 km. Rond 1965 zijn ze verlengd tot hun huidige lengte van 2 a 2,5 km (zie Figuur 4.2).

In Figuur 4.3 is de Laag Waterlijn (LW = blauwe lijn), de Hoog Waterlijn (HW = groene lijn) en de duinvoet (= rode lijn) rond de dammen gepresenteerd voor de jaren 1873 (rond de bouw), 1964 (net voor verlenging) en 2008 (recent). Te zien is dat tussen 1873 en 1964 de kust met name net ten noorden van de haven duidelijk zeewaarts is verplaatst. Dit wordt bevestigd door Figuur 4.4, waarin het kustlijngedrag te zien is zoals gepresenteerd in Van Rijn (1995). Deze laat ook lijsijde erosie op enige afstand ten noorden van de haven zien. Vreemd genoeg was de aanzanding aanvankelijk aan de noordkant groter dan aan de zuidkant, hetgeen op basis van de in Hoofdstuk 3 beschreven processen niet zou worden verwacht. In de literatuur

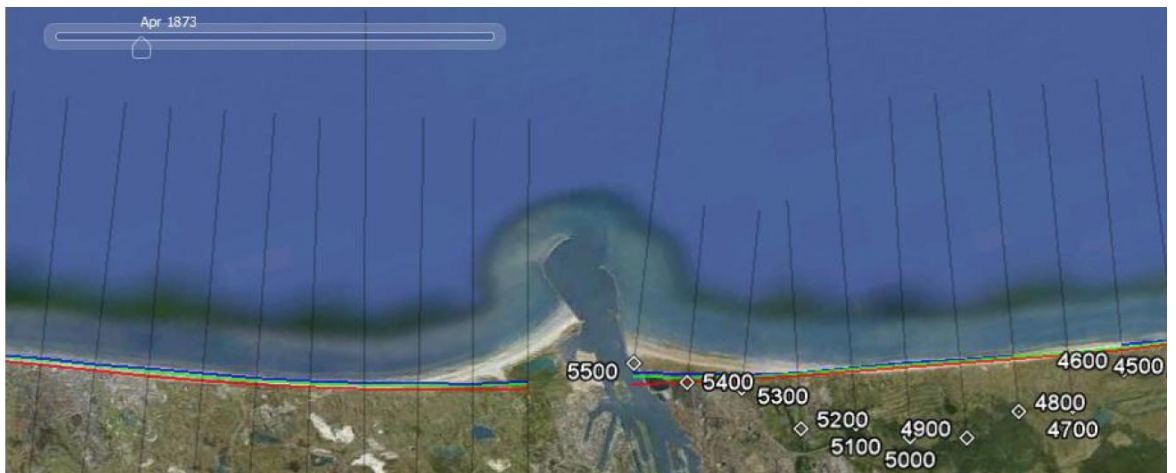
is hiervoor geen verklaring te vinden. Verschillende theorieën zijn mogelijk, maar geen daarvan is ooit goed uitgezocht.

Pas na verlenging van de havendammen in 1965 is het verwachte patroon van aanzienlijke aanzanding ten zuiden van de haven goed op gang gekomen. In de afgelopen 45 jaar is de kust tegen de zuidelijke dam zo'n 1000 m zeewaarts geschoven. Het volume zand dat zich in de aanzandingszone afzet is in de orde van 300,000-400,000 m³/jaar. Zoals besproken in paragraaf 3.2 gaat een dergelijke lokale afzetting van zand ten koste van andere zones, in dit geval voornamelijk ten koste van de benedenstroomse kust (zg. "lijzijde erosie"). Figuur 2.2 toont aan dat door Van Rijn (1995) is bepaald dat langstransport-gradiënten zowel ten zuiden als ten noorden van de haven over een afstand van meer dan 10 km aanzienlijk worden beïnvloed.

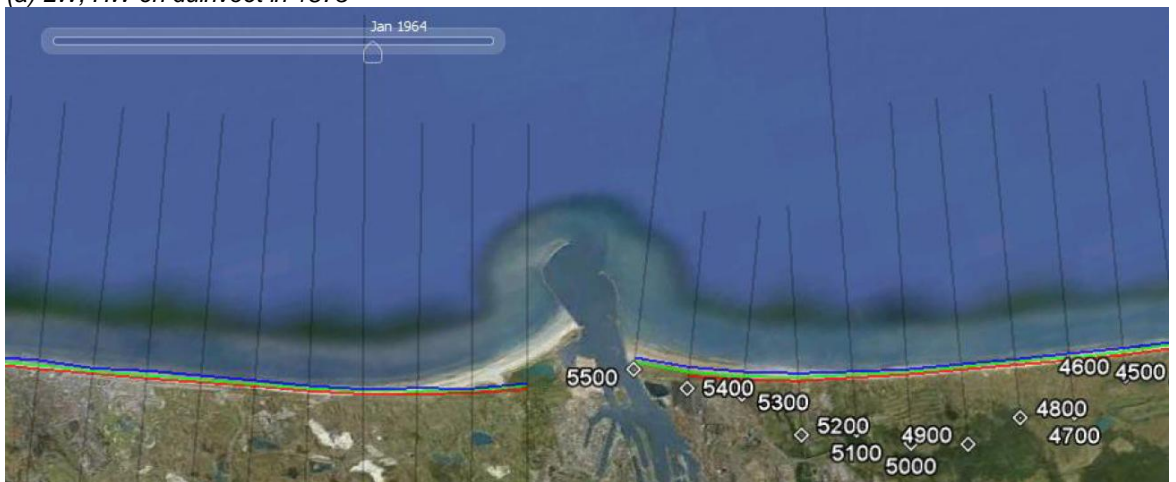
Ondanks dat het grootste deel van het netto transport wordt geblokkeerd door de haven, is de lijzijde erosie op enige afstand van de haven beperkt gebleven. Door Van Rijn (1995) kon de zandbalans rond IJmuiden alleen worden verklaard door net ten noorden van de haven een landwaarts gericht transport over de NAP -8 m lijn aan te nemen van netto 100,000 m³/jaar, zie Figuur 2.1. Een duidelijke fysische verklaring voor dit netto transport ontbreekt. Mogelijk zou een dergelijke zandaanvoer kunnen worden veroorzaakt door zand uit de ontgrondingskuil bij de koppen dat zich aanvankelijk op wat dieper water ten noorden van de ingang heeft afgezet en vervolgens naar de kust is getransporteerd. Echter, ook met geavanceerde numerieke modellen is tot op heden een dergelijk mechanisme niet duidelijk in die omvang aangetoond. Figuur 2.1 toont verder aan dat in het kustvak ten noorden van IJmuiden boven RSP= 50 km in het verleden relatief veel zandsuppletie plaats heeft gevonden, waardoor grootschalige lijzijde effecten van de dammen enigszins worden gemaskeerd.



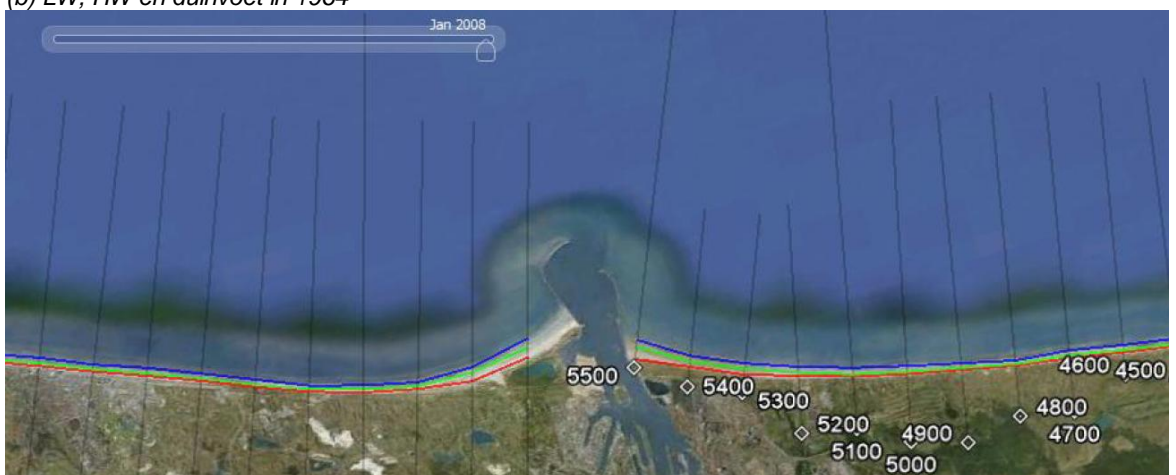
Figuur 4.2 Havendammen IJmuiden



(a) LW, HW en duinvoet in 1873

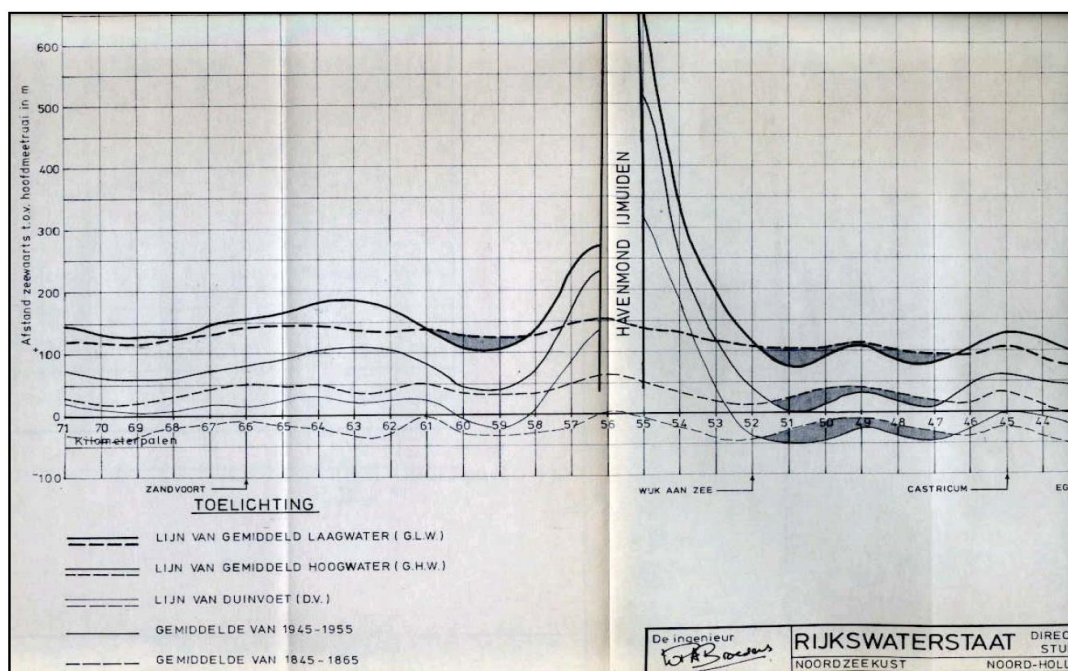


(b) LW, HW en duinvoet in 1964



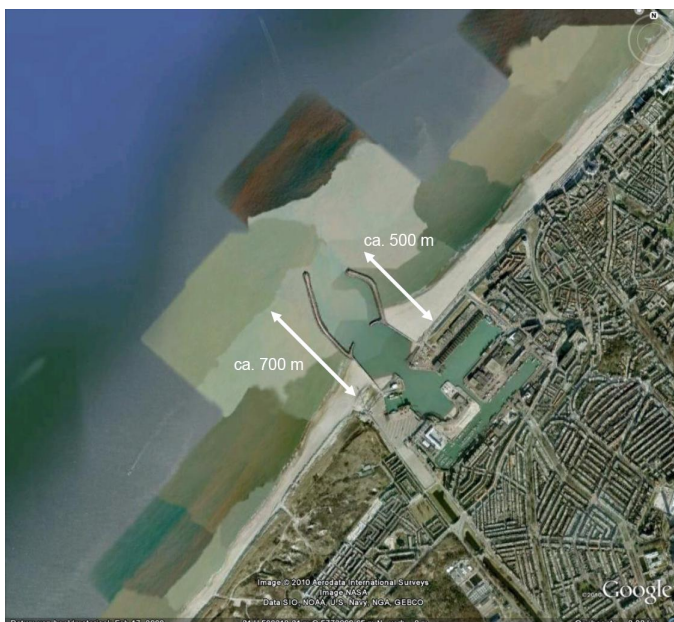
(c) LW, HW en duinvoet in 2008

Figuur 4.3 Ligging LW-lijn (blauw), HW-lijn (groen) en duinvoet (rood) rond IJmuiden in 1873, 1964 en 2008



Figuur 4.4 Ontwikkeling kustlijn rond IJmuiden haven tussen ca 1855 en 1950

De havendammen van Scheveningen zijn gebouwd rond 1905, met een oorspronkelijke lengte van ongeveer 250 m. Rond 1970 zijn zij verlengd naar hun huidige lengte van 500 a 700 m, zie Figuur 4.5.



Figuur 4.5 Havendammen Scheveningen

In Figuur 4.6 is de Laag Waterlijn (LW = blauwe lijn), de Hoog Waterlijn (HW = groene lijn) en de duinvoet (= rode lijn) rond de dammen gepresenteerd voor de jaren 1969 (net voor verlenging) en 2008 (recent).

Te zien is dat in beperkte mate aanzanding is opgetreden na de verlenging van de dammen. Ten noorden van de haven moet regelmatig worden gesuppleerd om de lijzijde erosie van de kust te compenseren. Het geobserveerde kustgedrag hier wordt dus sterk gedomineerd door zandsuppleties.

In de literatuur is niet veel gepubliceerd over analyses van de zandbalans rond de havendammen van Scheveningen.



(a) LW, HW en duinvoet in 1969



(b) LW, HW en duinvoet in 2008

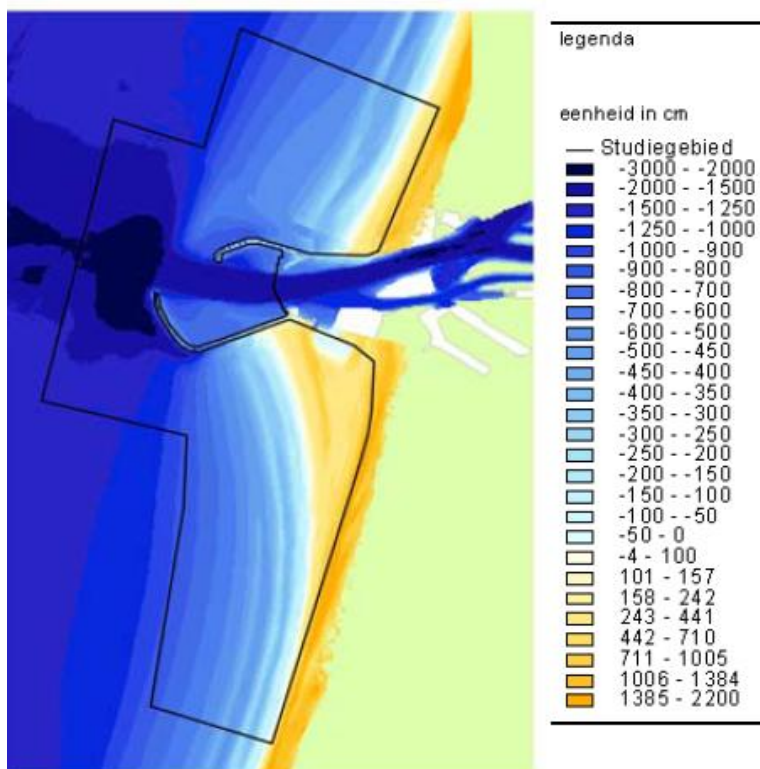
Figuur 4.6 Ligging LW-lijn (blauw), HW-lijn (groen) en duinvoet (rood) rond Scheveningen in 1969 en 2008

4.2 Veranderingen op dieper water

Zoals geïllustreerd in Figuur 3.2 treedt zeewaarts van de dammen (bij de koppen) contractie van de getijstroom op. Als gevolg van de lokale verhoging van de stroomsnelheid die hierdoor wordt veroorzaakt treedt nabij de koppen ontgronding op. Het geërodeerde materiaal zet zich in het algemeen in eerste instantie vlakbij de ontgrondingskuil af, in de zone waar relaxatie van de stroom optreedt.

Figuur 4.7 toont de ontgrondingskuil van IJmuiden. Op het diepste punt ligt de bodem 10 a 15 m dieper dan de omliggende bodem (bodemplugging in kuil NAP -25 a -30 m). Bij de haven van IJmuiden heeft het meeste zand uit de ontgrondingskuil zich net ten noorden, dicht bij de kop van het havenhoofd, afgezet.

1999/2001



Figuur 4.7 Ontgrondingskuil IJmuiden (uit RIKZ 2003)

5 Voorspelling van erosie en aanzanding rond dammen bij Katwijk

5.1 Voorspelling effecten dichte dammen

Gegeven de bathymetry bij Katwijk reiken 2 km lange dammen tot een diepte van ongeveer NAP -11 m (en 1 km lange dammen tot circa NAP -7 m).

Na de bouw van de dammen wordt globaal het klassieke aanzandings-erosie patroon als beschreven in paragraaf 3.2 verwacht.

Voor een orde-grootte schatting van de hoeveelheden zand die met het tegengaan van negatieve effecten op de kust gemoeid zijn is gebruik gemaakt van het door Van Rijn (1995) geschatte effect van IJmuiden op het langstransport door de havendammen van IJmuiden, waarvan de lengte vergelijkbaar is met die bedacht voor Katwijk. Zoals geïllustreerd in Figuur 5.1 is door deze dammen ten zuiden van IJmuiden initieel een erosieve gradiënt van orde 250,000 m³/jaar gecreëerd en ten noorden van orde 200,000 m³/jaar. Een totaal negatief effect – te verwachten op enige afstand noord en enige afstand zuid van de dammen – wordt initieel derhalve geschat op orde 350,000 à 550,000 m³/jaar. Eventuele maatregelen ter compensatie zouden dus van deze orde-grootte dienen te zijn.

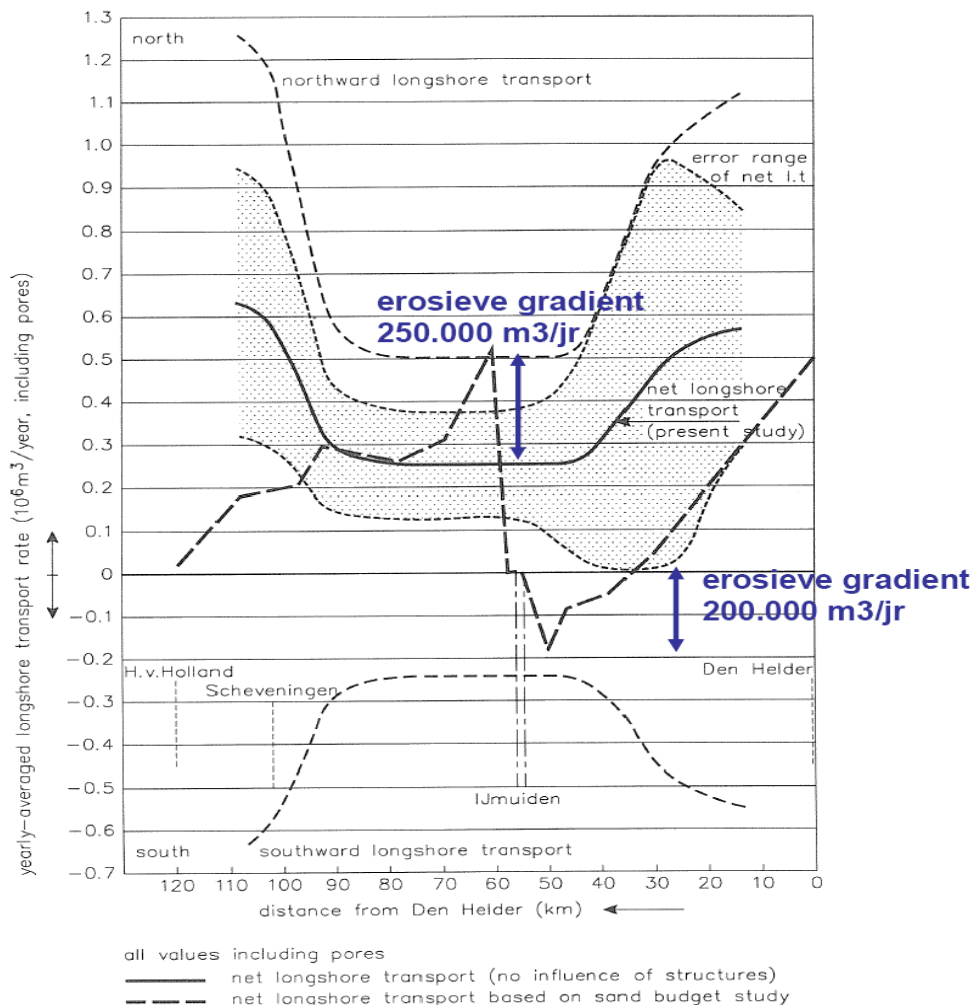
In de loop van de tijd zal met name de erosieve gradiënt ten zuiden van de dammen afnemen. Voor de langere termijn zou rekening dienen te worden gehouden met een totaal negatief effect van orde 200,000 à 400,000 m³/jaar, voornamelijk te verwachten op enige afstand ten noorden van de dammen.

In uitvoering zijnd onderzoek bij Deltares met numerieke procesmodellen lijkt aan te geven dat de beïnvloede langszone rond IJmuiden wat kleiner is dan de analyse van Van Rijn (1995) aangeeft. Op basis van afweging van beide bronnen (sedimentbalans-analyse van Van Rijn en recent resultaat numerieke modellen) is in de Figuren 5.2 en 5.3 een globale schatting gemaakt van aanzandings- en erosiesnelheden van de kustlijn in de sterk beïnvloede zone. Figuur 5.2 geeft het initiële globale patroon weer, zeg voor de eerste jaren na de bouw. Figuur 5.3 geeft het globale patroon na enkele decennia weer.

Verwacht wordt dat over een afstand van 5 a 10 km zowel ten zuiden als ten noorden van de dammen een duidelijk merkbare invloed op het langstransport optreedt. Door het ontstane patroon zal initieel direct ten zuiden aanzanding overheersen, met een geschatte aanzandingsnelheid dicht bij de dammen van orde 10-40 m/jaar, zie Figuur 5.2. Op enkele kilometers afstand ten zuiden van de dammen zal initieel erosie optreden, met een geschatte snelheid van orde 2-8 m/jaar. Ten noorden van de dammen zal de erosie overheersen, met een geschatte initiële erosiesnelheid van 4-12 m/jaar. In een kleine zone tegen de noorderdam zal aanzanding optreden.

Op termijn zal de erosie ten zuiden reduceren en overgaan in aanzanding, als de aanzandingszone zich naar het zuiden toe heeft uitgebreid, zie Figuur 5.3. Doordat de zone van aanzanding langer wordt, neemt de aanzandingsnelheid af. De lijkzijde erosie ten noorden van de dammen zal zich ook op de lange termijn voortzetten. Ook de erosiezone strekt zich op termijn verder uit langs de kust, waardoor de erosiesnelheid wat afneemt.

Typische aanzandingssnelheden net ten zuiden van de dammen worden dan geschat op 5-10 m/jaar en typische erosiesnelheden op enige afstand van de dammen op 1-5 m/jaar.



Figuur 5.1 Illustratie van erosieve gradiënten geïnduceerd door ca 2 km lange dammen

Een ontgrondingskuil van vergelijkbare orde-grootte als voor IJmuiden kan worden verwacht rond the koppen van de dammen. Verwezen wordt naar paragraaf 4.2.

Voor kortere dammen, zeg met een lengte tussen 1 en 2 km zijn de patronen en erosie-aanzandingssnelheden globaal vergelijkbaar met die geschetst voor 2 km lange dammen. Het initieel beïnvloede gebied langs de kust zal aan beide zijden wat korter zijn, omdat de golfklimaten en getijstroming over wat kortere afstand worden beïnvloed. Hierdoor zal met name de erosieve zone ten zuiden van de dammen wat korter worden dan aangegeven in Figuur 5.2. De initiële erosiesnelheid kan wel wat groter zijn. De lizijde erosie ten noorden van de dammen zal vergelijkbaar zijn met die voor 2 km lange dammen, omdat ook voor iets kortere dammen aanvankelijk nagenoeg geen zand bypass optreedt. Op de wat langere termijn zal het patroon steeds meer op dat gepresenteerd in Figuur 5.3 gaan lijken, totdat aanzienlijke zand-bypass gaat optreden. Dat gebeurt echter pas na enkele decennia (afhankelijk van de exacte lengte van de dammen).



Figuur 5.2 Schets van geschatte grootschalige effecten van 2 km lange dammen – initieel (eerste paar jaar) – geel geeft aanzandende zones aan, rood eroderende zones – niet op schaal



Figuur 5.3 Schets van geschatte grootschalige effecten van 2 km lange dammen – na enkele decennia – geel geeft aanzandende zones aan, rood eroderende zones – niet op schaal

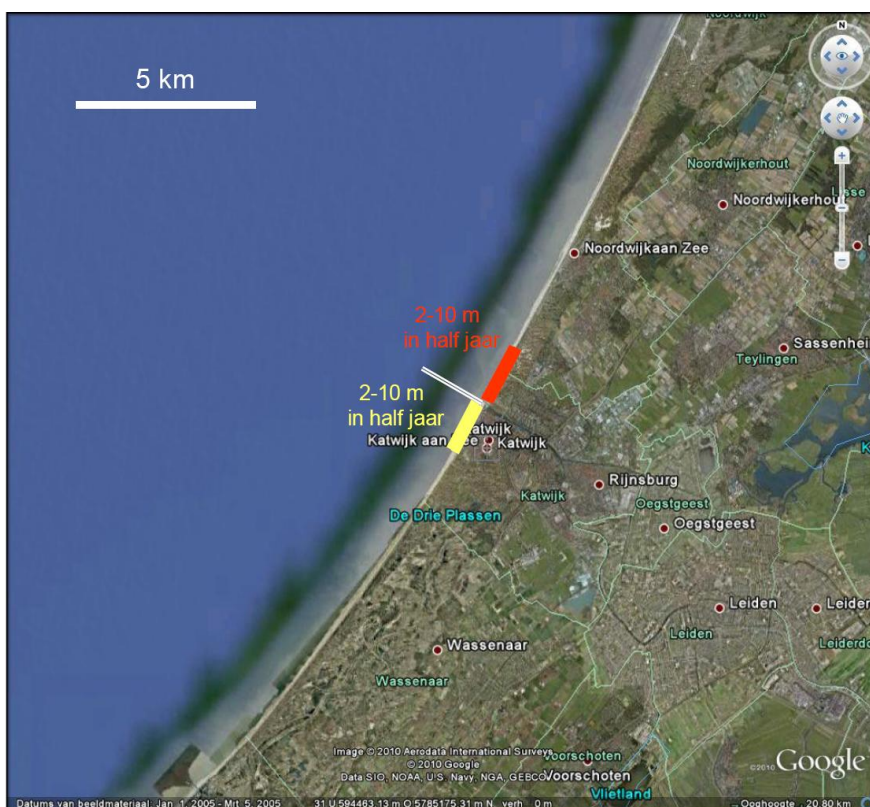
5.2 Voorspelling effecten tijdelijke 2 m diep stekende drijvende dammen

Zoals beschreven in Sectie 3.3 is voor de 2 m diep stekende drijvende dammen het transportpatroon aanzienlijk anders dan bij dichte dammen. Bovendien is de fysieke blokkade van de dammen veel korter (tot een waterdiepte van 2 m) en wordt een deel van het zand direct langs de dammen getransporteerd ("bypass"). Ook de tijd dat aanzanding en erosie optreedt is slecht beperkt tot een half jaar.

Tijdens de 5 à 6 maanden aanwezigheid van dammen worden effecten als in Figuur 5.4 verwacht. Over een korte lengte wordt bovenstrooms wat aanzanding van 2-10 m verwacht, en benedenstrooms een vergelijkbare erosie van 2-10 m.

Indien het in Sectie 3.3 genoemde verschijnsel van een toenemende zandblokkade onder en tegen de bovenstroomse drijvende dam optreedt, dan kan de aanzanding en erosie in een half jaar oplopen tot 5 -20 m

Deze aanzanding en erosie verdwijnen in de periode zonder dammen nagenoeg geheel.



Figuur 5.4 Schets van geschatte effecten van 2 km lange ondiep stekende drijvende dammen – geel geeft aanzandende zones aan, rood eroderende zones – niet op schaal

Boven gepresenteerd patroon geldt voor ondiep stekende lichte dammen, welke momenteel worden overwogen. Zoals besproken in Sectie 3.3 zullen voor diep stekende zware drijvende dammen andere patronen ontstaan.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Lange dammen (1 à 2 km) bij Katwijk om water van het boezemgemaal tot op grote afstand uit de kust af te voeren zullen een aanzienlijke invloed op het kustgedrag hebben. Over een afstand van 5 à 10 km aan weerszijde kan worden verwacht dat de invloed duidelijk merkbaar is met typische erosie en aanzandingseffecten als weergegeven in de Figuren 5.2 (voor de korte termijn) en 5.3 (voor de lange termijn). Ten zuiden van de dammen overheerst aanzanding, ten noorden ervan overheerst erosie.

Op de korte termijn wordt het totale negatieve effect – te verwachten op enige afstand noord en enige afstand zuid van de dammen – geschat op orde 350,000 à 550,000 m³/jaar. In de loop van de tijd zal met name de gradiënt ten zuiden van de dammen afnemen. Voor de langere termijn zou rekening dienen te worden gehouden met een totaal negatief effect van orde 200,000 à 400,000 m³/jaar, voornamelijk te verwachten op enige afstand ten noorden van de dammen. Eventuele maatregelen ter compensatie zouden dus van deze orde-grootte dienen te zijn.

Voor tijdelijke 2m diep stekende drijvende dammen wordt tijdens hun 5 à 6 maanden aanwezigheid effecten als geschetst in Figuur 5.4 verwacht. Over een korte lengte wordt bovenstrooms wat aanzanding van 2-10 m verwacht, en benedenstrooms een vergelijkbare erosie van 2-10 m. Deze aanzanding en erosie verdwijnen in de periode zonder dammen nagenoeg geheel.

6.2 Aanbevelingen

De resultaten van deze bureaustudie zijn zeer indicatief en bedoeld om de orde-grootte van de verwachte effecten te voorspellen. Indien de optie van twee lange strekdammen in meer detail wordt uitgewerkt, dient ook de impact op de kust nader te worden uitgewerkt, met behulp van numerieke modellering van de relevante processen.

Als drijvende dammen worden toegepast verdient het aanbeveling om in detail na te gaan of morfologische effecten de functionaliteit van de dammen voor het afvoeren van water niet negatief zullen beïnvloeden.

Literatuur

RIKZ, 2003

Evenwichtsligging Kennemerstrand en aanzanding havenmond IJmuiden

RIKZ/2003.054

Van Rijn, 1995

Sand budget and coastline changes of the central coast of Holland between Den Helder and Hoek van Holland , period 1964-2040

Delft Hydraulics report H2129