

# Zandgolven en strandhoofden

De effectiviteit van strandhoofden in het licht van recente resultaten van zandgolfonderzoek.

door: Ir. H. J. Verhagen,

Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft

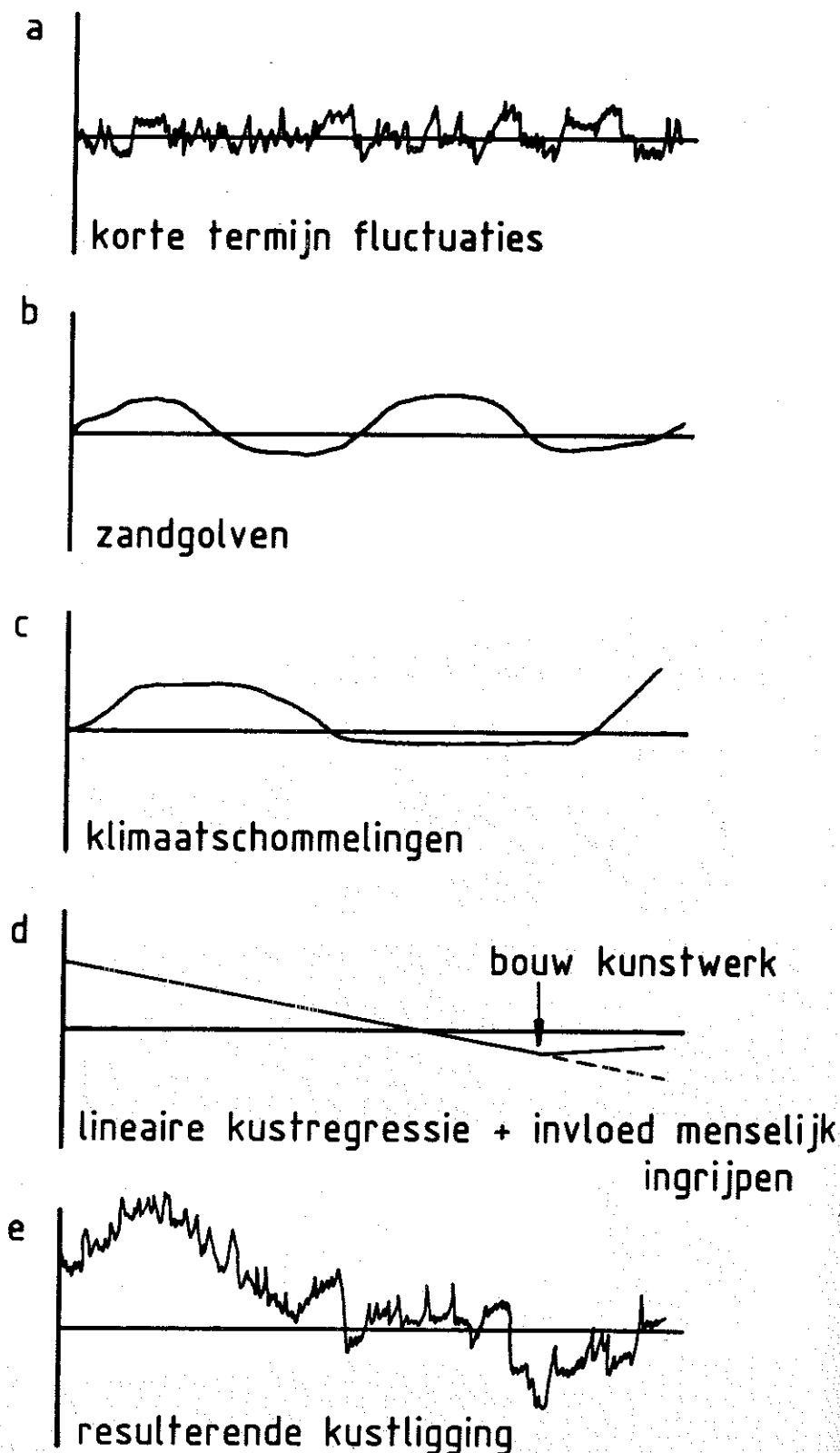
Langs vrijwel de gehele Nederlandse kust worden zgn zandgolven aangetroffen. Dit zijn erosieve en aanzandende gebieden die langzaam van zuid naar noord langs de kust trekken. Door deze golven vertoont de kust een cyclisch kustgedrag. De periode van deze golven is de orde van 50 - 150 jaar. Kennis van het gedrag van deze golven is belangrijk voor de planning van het langjarig kustonderhoud en voor de planning van grootschalige kustverdediging. Voor de kust van Walcheren is een vrij gedetailleerde studie uitgevoerd (Maranus en Verhagen, 1987)

Bij dit onderzoek kon gebruik gemaakt worden van een zeer lange reeks van profiellodgingen in dit gebied (vanaf 1880). Dergelijke lodingsreeksen zijn niet voor geheel Nederland beschikbaar. Wel zijn langs de gehele Nederlandse kust vanaf ca 1850 gegevens beschikbaar over de ligging van de laagwaterlijn, de hoogwaterlijn en de duinvoet. Aan de hand van deze gegevens kan eenzelfde soort analyse gemaakt worden, alhoewel dit een wat minder nauwkeurig beeld oplevert

## Kustprocessen

Langs de kust treden processen op met een verschillende tijdschaal. In dit artikel zullen een vijftal processen gebruikt worden, ieder met zijn eigen tijdschaal.

- Korte termijn fluctuaties  
Ieder jaar ligt de kustlijn op een iets andere plaats. Deze jaarlijkse verschillen worden veroorzaakt door het feit dat het niet ieder jaar even stormachtig is
- Zandgolven  
Min of meer periodieke erosie en aanzanding van de kust met periodes van 50 - 150 jaar
- Klimaatschommelingen  
Doordat het windklimaat zich zo nu en dan wijzigt, verandert ook de gemiddelde ligging van de kustlijn
- Langdurige kustregressie.  
Lineaire voor- of achteruitgang van de kust op een tijdschaal van eeuwen.
- Effect van menselijk ingrijpen  
Een trendbreuk in de langjarige kust-



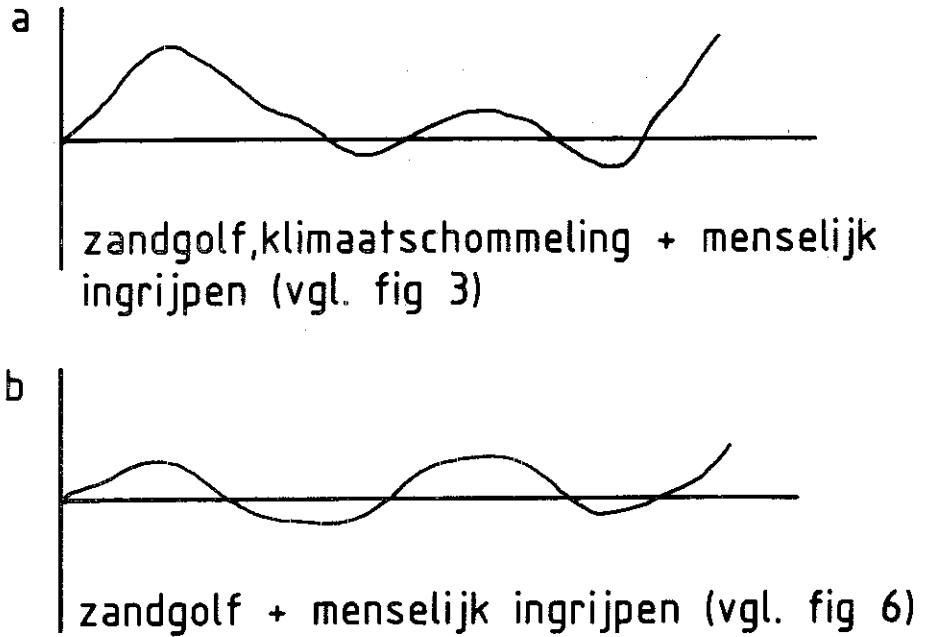
Figuur 1 Kustprocessen

regressie, veroorzaakt door de aanleg van kunstwerken

In fig 1 zijn deze vijf processen weer-gegeven. Waargenomen kan worden alleen de resultante van deze 5 processen de lijn van fig. 1e. Voor het praktisch beleid ten aanzien van kustonderhoud en het kustbeheer is het met name nodig om het 5e proces (menselijk ingrijpen) goed in beeld te krijgen. Dit kan echter alleen als de andere vier processen ook gekwantificeerd kunnen worden. Hierbij blijkt het onderkennen van zandgolven en klimaatschommelingen van essentieel belang te zijn.

**De Hollandse kust**

Het bovenstaande zal in dit artikel nader uitgewerkt worden voor de 118 km lange Hollandse kust (Hoek v. Holland - Den Helder). Van dit kustvak zijn vanaf ca 1850 o.a. de ligging van hoog- en laagwaterlijn bekend op vaste punten die 1 km uit elkaar liggen. Voor de verdere analyse wordt de "kustlijn" gedefinieerd als het gemiddelde van de hoog- en laagwaterlijn. Op deze wijze krijgt men 118 kustgrafieken (dus grafieken zoals fig. 1e). Het eerste proces, de jaarlijkse fluctuaties, kan vrij een-



*Figuur 2 Samengestelde kustprocessen*

voudig uit de kustgrafieken verwijderd worden door toepassing van een filter; met andere woorden er wordt een vloeiende lijn door de kustgrafieken getrokken. Ook de langjarige kustregressie kan simpel geëlimineerd worden, door een

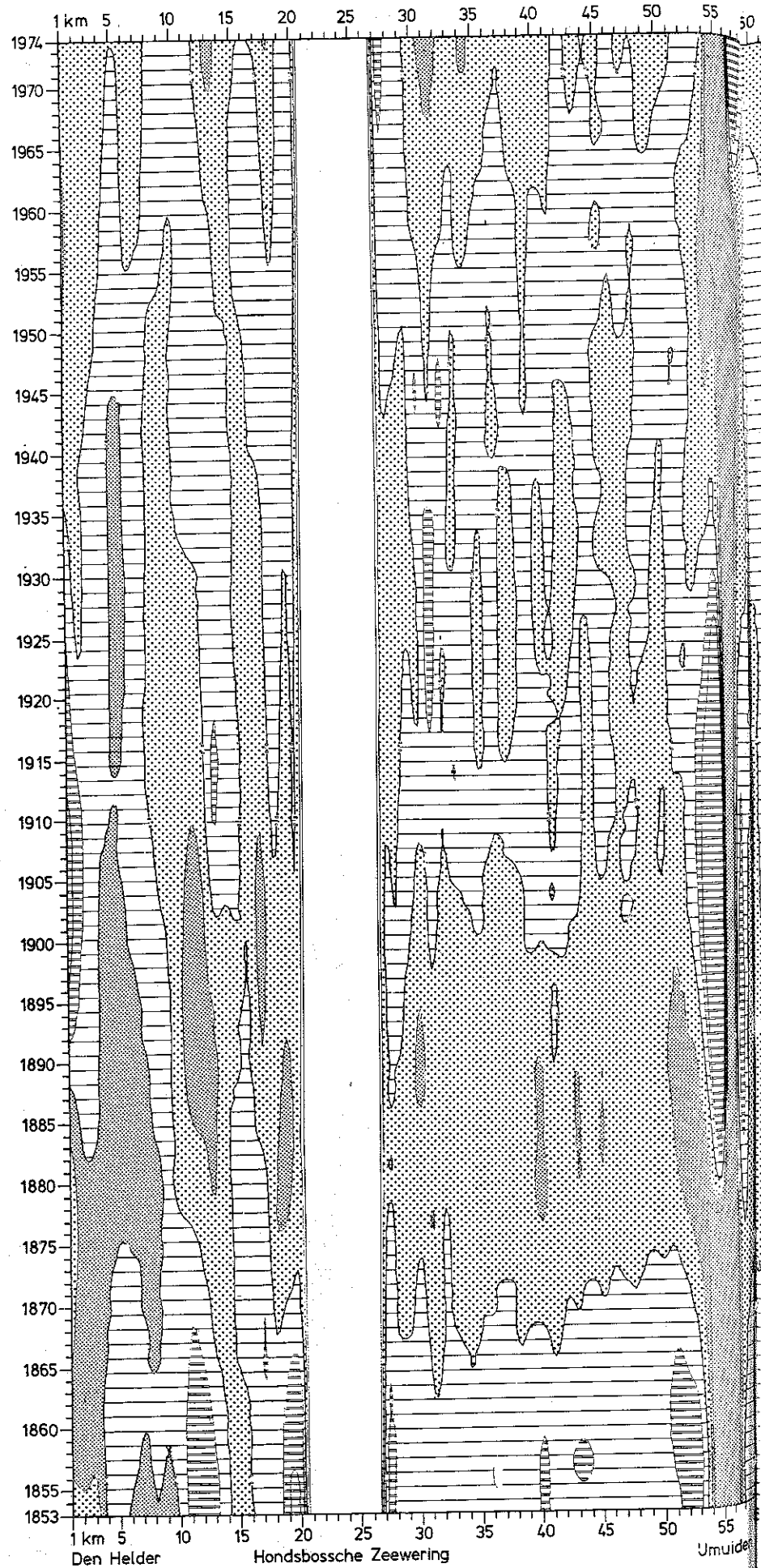
lineaire regressie-analyse toe te passen en de residuele waarde ten opzichte van de regressielijn te plotten. De nu gevonden lijn (fig. 2a) bevat dus de zandgolven, klimaatschommelingen en het effect van menselijk ingrijpen.

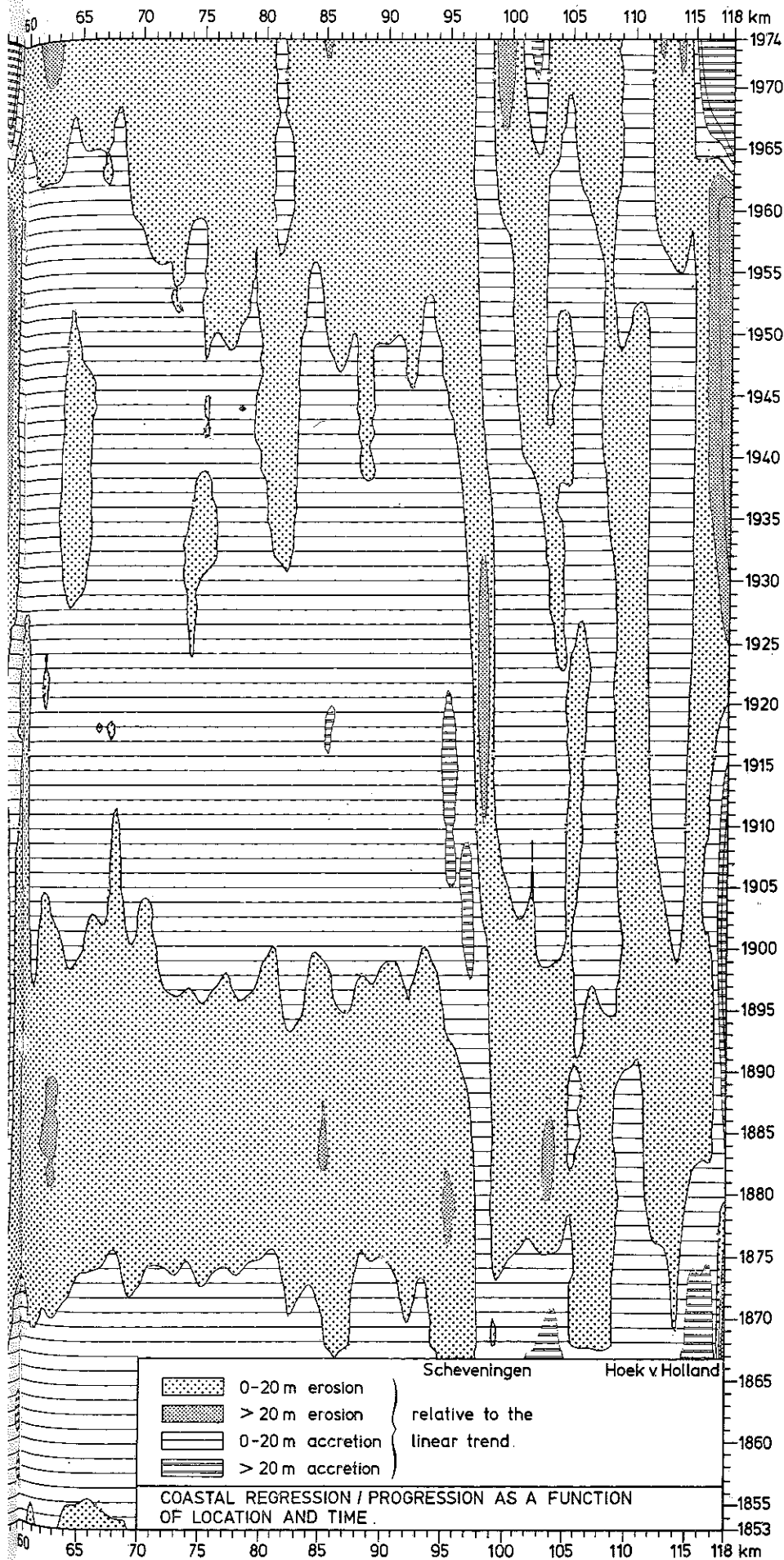


Het is mogelijk om de resultaten van al deze berekeningen weer te geven in een tweedimensionale grafiek (fig. 3). Hier is langs de horizontale as de kilometrerings uitgezet en langs de vertikale as staat de tijd. In deze grafiek staan isolijnen voor de residuele kustverplaatsing uitgezet. Afgelezen kan worden dat bijv. in km 66 in 1900 de kust 20 m meer landwaarts lag, dan hij volgens de lineaire regressie voor dit punt zou moeten liggen. Opvallend in fig. 3 is de horizontale band met meer landwaartse kustliggingen in de periode tussen 1875 en 1900. Het blijkt dat deze periode overeenkomt met een periode waarin er relatief veel westen en zuidwesten wind was. Dit fenomeen is reeds beschreven door Van Straaten (1960); fig. 4a en 4b zijn ontleend aan deze publicatie. Dit is dus typisch een klimaat-schommeling. Het is zeer aanmerkelijk dat het effect van zo'n klimaat-schommeling overal langs de Hollandse kust gelijk is, omdat de oriëntatie van de kust overal hetzelfde is. De klimaat-schommeling is uit fig. 3 te verwijderen door voor ieder jaar een middeling over alle gemeten kustliggingen uit te voeren. Het resultaat is weergegeven in fig. 5. Dit is dus de gemiddelde ligging van de Hollandse kust als functie van de tijd, relatief ten opzichte van de ligging ten gevolge van de lineaire regressie. Het is nu mogelijk om fig. 5 van fig. 3 af te trekken. Het resultaat is fig. 6. Fig. 6 bevat dus slechts nog informatie over 2 processen, nl. zandgolven en effecten van menselijk ingrijpen (zie ook fig. 2b). De zandgolven zijn met name in het noordelijk deel en het zuidelijk deel goed te herkennen. In het middendeel met name tussen IJmuiden en de Hondsbossche Zeewering is dat wat moeilijker. De loop-snelheid van de golven is eenvoudig uit de grafiek af te lezen, deze is 65 m/jaar. Het blijkt dat de zandgolf-amplitude sterk varieert, maar een top-dal afstand van minstens 50 m komt vrijwel overal voor.

**Strandhoofden**

Het proces 'menselijk ingrijpen' moet ook terug te vinden zijn in fig. 6. Het blijkt echter een groot probleem dit te traceren. Bij de havendammen van IJmuiden en Hoek van Holland ziet men dat de amplituden van de zandgolven duidelijk veel groter zijn. Ook bij de zandgolf die kort na aanleg van de havendammen van Scheveningen passeerde, is een amplitudevergroting. De aanleg van strandhoofden is in fig. 6 eigenlijk niet terug te vinden. Het tijdstip van aanleg van zowel de Delflandse hoofden als de hoofden tussen Hondsbossche Zeewering en Den Helder is in fig. 6 aangegeven. Het blijkt dat vrijwel alle hoofden rond het passeren van een





dal van een zandgolf zijn aangelegd. Na aanleg ging de gemiddelde kustligging vooruit. Het ligt voor de hand dat men dacht dat de kustverbetering veroorzaakt werd door de aanleg van het strandhoofd. Uit fig. 6 blijkt echter dat de kustvoortgang ook zonder strandhoofden zou plaats vinden. Het is zeer goed verklaarbaar dat het besluit tot aanleg van een strandhoofd samenvalt met het passeren van een zandgolfdal. Bij het passeren van een top is er een brede zandbuffer en niemand zal dan kustbeschermingsmaatregelen overwegen. Na het passeren van de top gaat het strand eroderen. In de eerste tijd wordt de zandbuffer opgeruimd en zal er nog niemand echt een probleem zien. Als het dal van de golf in zicht komt, ontstaat er toch wel enige zorg en dan gaat men maatregelen overwegen.

Gezien de tijd die nodig is voor de besluitvorming valt aanleg dan vaak precies samen met het dieptepunt van de golf. Op een aantal plaatsen is waar te nemen dat men met de aanleg van hoofden precies het dal van de zandgolf volgt. In een aantal gevallen werkt men sneller en gaat men hoofden aanleggen in de dalende tak van de zandgolf. In die gevallen blijkt dat men met hoofden zandgolven niet kan tegenhouden. Voorbeelden hiervan zijn langs de gehele Hollandse kust te vinden.

### Noordelijk Noord-Holland

In 1898 heeft men bij km 13 een hoofd gebouwd (dus precies midden in het dal van de zandgolf). Dit hoofd had succes. Direct na aanleg ging de kust vooruit. Al 10 jaar later kon men duidelijk verbetering waarnemen. In de periode voor 1898 was de erosie 1,3 m per jaar. Tussen 1899 en 1907 ging de kust 70 m vooruit, wat een aanzanding van bijna 9 m per jaar is. Inderdaad een spectaculaire verbetering, die naar de inzichten van die tijd, geheel aan het strandhoofd te danken was. Het hoofdenstelsel werd vervolgens vrij snel noordwaarts uitgebreid. Na de bouw van strandhoofd 11 in 1902 was nog verbetering waar te nemen, maar na de bouw van de hoofden bij km 7 en 9 in 1906 en 1910 werd geen kustvoortgang meer waargenomen. Integendeel, na aanleg van de hoofden ging de kust nog sneller achteruit. Rond 1915 werd een serie hoofden gebouwd tussen km 13 en 18, ook met een zeer wisselend succes (Rakhorst, 1984).

In fig. 6 kan gezien worden waarom bepaalde hoofden wel en andere geen succes hadden. Alleen bij hoofden die in het dal van een zandgolf aangelegd werden, trad

Figuur 3 Isolijnen van relatieve kustlijnverplaatsing



aanzanding op. Uit het grootschalige beeld van fig. 6 is te zien dat deze aanzanding weinig tot niets met de aanleg van het hoofd te maken heeft. Het geheel wordt veroorzaakt door het passeren van de zandgolf ter plekke. De gedachte dat de hoofden goed werkten werd nog versterkt doordat de aanleg van de hoofden samen viel met het einde

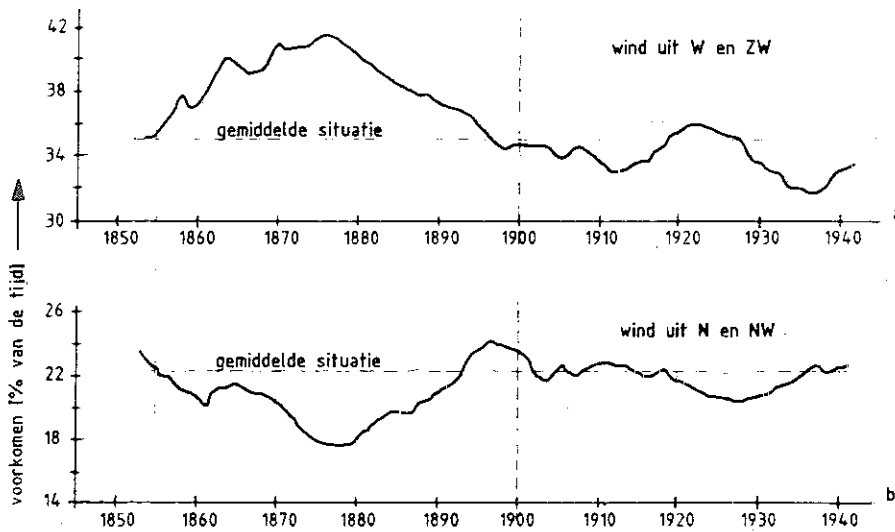
van de Van Straaten-periode (zie fig. 4 en 5). Hierdoor ging de gehele Hollandse kust aanzanden, maar dat kon men toen natuurlijk nog niet weten

**Delfland**

Hetzelfde ziet men ook in Delfland. Ook daar worden rond de eeuwwisseling hoofden gebouwd in de dalen van de

zandgolven. Zie Van der Kolff (1983). Vele hoofden leken zeer effectief te zijn, omdat zij op het "goede" moment gebouwd zijn. Ook hier werd de positieve indruk versterkt door het einde van de Van Straatenperiode. Overigens zijn er voor 1870 ook hoofden langs de kust van Delfland gebouwd. Deze hoofden zijn niet in dit onderzoek in beschouwing genomen. Omdat voor 1870 de morfologische toestand (door een andere ligging van de maasmond) principieel anders was, zijn uitspraken over die periode alleen mogelijk na een meer detailonderzoek over die periode. Zeer illustratief is ook het effect van de aanleg van de havendammen van Scheveningen in 1900-1904 (km 105.5). Deze dammen zijn in het aanzandingspatroon in de jaren na 1900 nauwelijks terug te vinden. Het enige wat men ziet is dat in de periode 1910-1930 de amplitude van de zandgolf tot ca. 5 km ten noorden van de haven wat vergroot is. Omdat bij Hoek van Holland en IJmuiden ook dit soort "versterkingen" wordt waargenomen, ligt het voor de hand te veronderstellen dat deze amplitudevergroting door de aanleg van de dammen veroorzaakt wordt. Overigens heeft een vergroting van de amplitude (bij de waterlijn) nog niet te betekenen dat de zandgolf ook groter is





Figuur 4 Voorkomen van wind

**Moeten we strandhoofden opruimen?**

Gezien de conclusie dat strandhoofden in Nederland op veel plaatsen geen invloed hebben op de doorgaande kusterosie en gezien het feit dat het onderhoud aan de hoofden een kostbare zaak is, ligt het voor de hand voor te stellen om die hoofden dan maar op te ruimen. Toch moet men dit niet te snel doen.

Ook het opruimen van een hoofd kost veel geld. Het is niet aan te raden hoofden eenvoudig te laten vervallen. Er zullen dan op zeer ongecontroleerde plaatsen geulen op het strand ontstaan, die het kustbeheer zeer zullen bemoeilijken. Bovendien heeft de kust zich in de loop der jaren (langzaam) aangepast aan de aanwezigheid van hoofden. Het dwarsprofiel is vermoedelijk anders dan bij een onverdedigde kust. Als nu plotseling de hoofden verwijderd worden is er een kans dat er ook plotseling profiel-aanpassingen plaats vinden. Op de lange duur zal dit geen invloed hebben, maar op de korte termijn zou het wel eens een wat sterkere duinafslag kunnen betekenen. Geredeneerd vanuit het kustbeheer is dit zeer onwenselijk.

**Conclusie**

Uit het kustgedrag van de afgelopen 130 jaar moet geconcludeerd worden dat de strandhoofden langs de Hollandse kust geen invloed gehad hebben op de langjarige kusterosie in deze periode. Het blijkt dat hoofden slechts in zeer specifieke gevallen de kusterosie beïnvloeden. Met de aanleg van nieuwe strandhoofden zal grote terughoudendheid betracht moeten worden. Aan de andere kant kan afbraak van bestaande hoofden gedurende enkele jaren grote problemen veroorzaken. Tot opruiming van hoofden moet alleen worden overgegaan na een gedetailleerd morfologisch onderzoek. Bovenstaande conclusies zijn alleen mogelijk doordat we in Nederland de beschikking hebben over lange, betrouwbare meetreeksen. Het is derhalve van het grootste belang dat de gegevens van een goed kustmeetprogramma met jaarlijkse waarnemingen te allen tijde beschikbaar zijn.

**Referenties**

Maranus, W. & Verhagen H. J.

Figuur 5 Gemiddelde ligging van de Hollandse kust

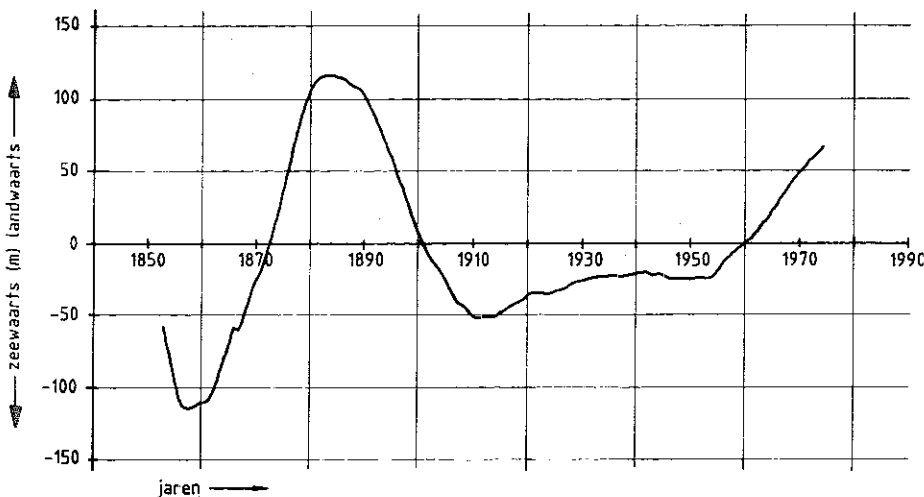
geworden. Het kan best zo zijn dat de strandhelling verandert. Dan wordt de amplitude op enkele meters diepte, kleiner. Naar dit fenomeen is nog nader onderzoek nodig.

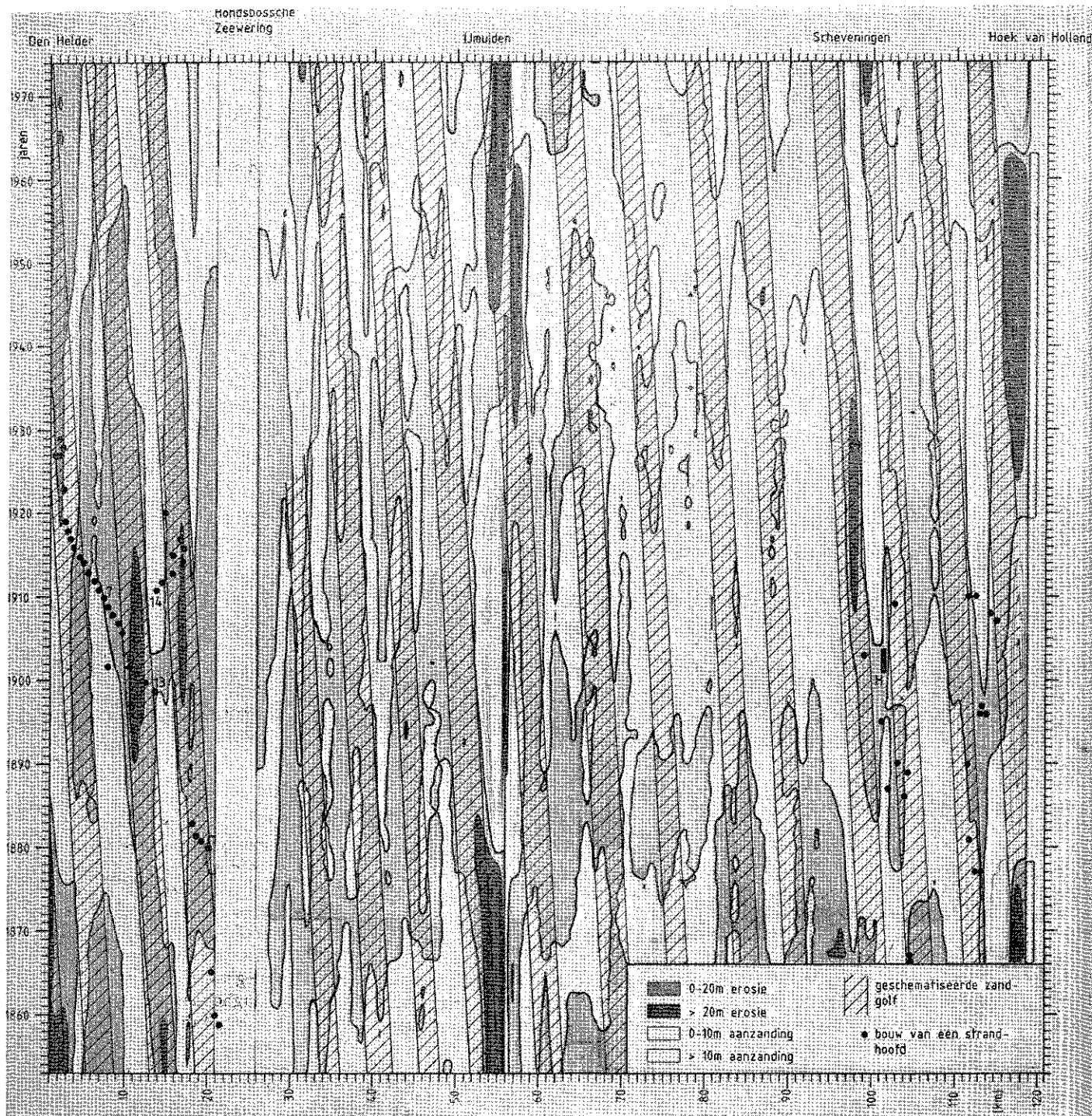
**Werken strandhoofden?**

Uit het bovenstaande moet geconcludeerd worden dat de aanleg van hoofdenstelsels in Noord-Holland en in Delfland, rond de eeuwwisseling geen enkele invloed gehad heeft op de langjarige kustachteruitgang in dit gebied. Gegeven de huidige kennis moeten er dus vraagtekens gezet worden bij het besluit dat destijds genomen is om deze hoofden te bouwen. Dit moet niet als verwijt in de richting van de toenmalige kustingenieurs worden gezien; men had eenvoudigweg de middelen en de gegevens niet om een figuur als fig. 6 te tekenen. Ook op andere plaatsen in Nederland heeft men hetzelfde moeten constateren (N.W.-kust van Walcheren, paalschermen op Schouwen; zie Maranus & Verhagen, 1987). Dit wil natuurlijk niet zeggen dat

het aanleggen van strandhoofden altijd een zinloze zaak is. Er zijn tenminste twee gevallen aan te geven waarbij de aanleg van strandhoofden zeer effectief kan zijn, nl.:

- Als de kust aangevallen wordt door een sterke getijstroom. De strandhoofden werken dan als stroomkribben; ze vereisen dan meestal zware bestortingen rond de koppen; voorbeelden hiervan zijn te vinden in Zeeuws Vlaanderen en bij de koppen van de Waddeneilanden.
- Als de kust door scheef invallende golven (steeds uit ongeveer dezelfde richting) aangevallen wordt, die een brandingsstroom genereren; de kust moet dan een duidelijke zaagandvorm krijgen en het totale zandtransport rond de kop moet relatief klein zijn; goede voorbeelden hiervan zijn in Nederland moeilijk te vinden, bij de Zuid-Westkust van Walcheren is dit gedeeltelijk het geval.





Zandgolven en Kustverdediging in Zeeland  
 Polytechnisch Tijdschrift/civiel 42;2 pp 34-38

Straaten, I. M. J. U. van (1960)  
 Directional effects of Winds, Waves and  
 Currents along the Dutch North Sea coast  
 Geologie en Mijnbouw 40;pp 310-391

Kolff, J. van der (1983)  
 Het ontstaan van Delflands zeewering  
 Polytechnisch Tijdschrift/civiel 38;10,pp 6-14

Rakhorst, H. D. (1984)  
 Werking strandhoofden Noord-Holland.

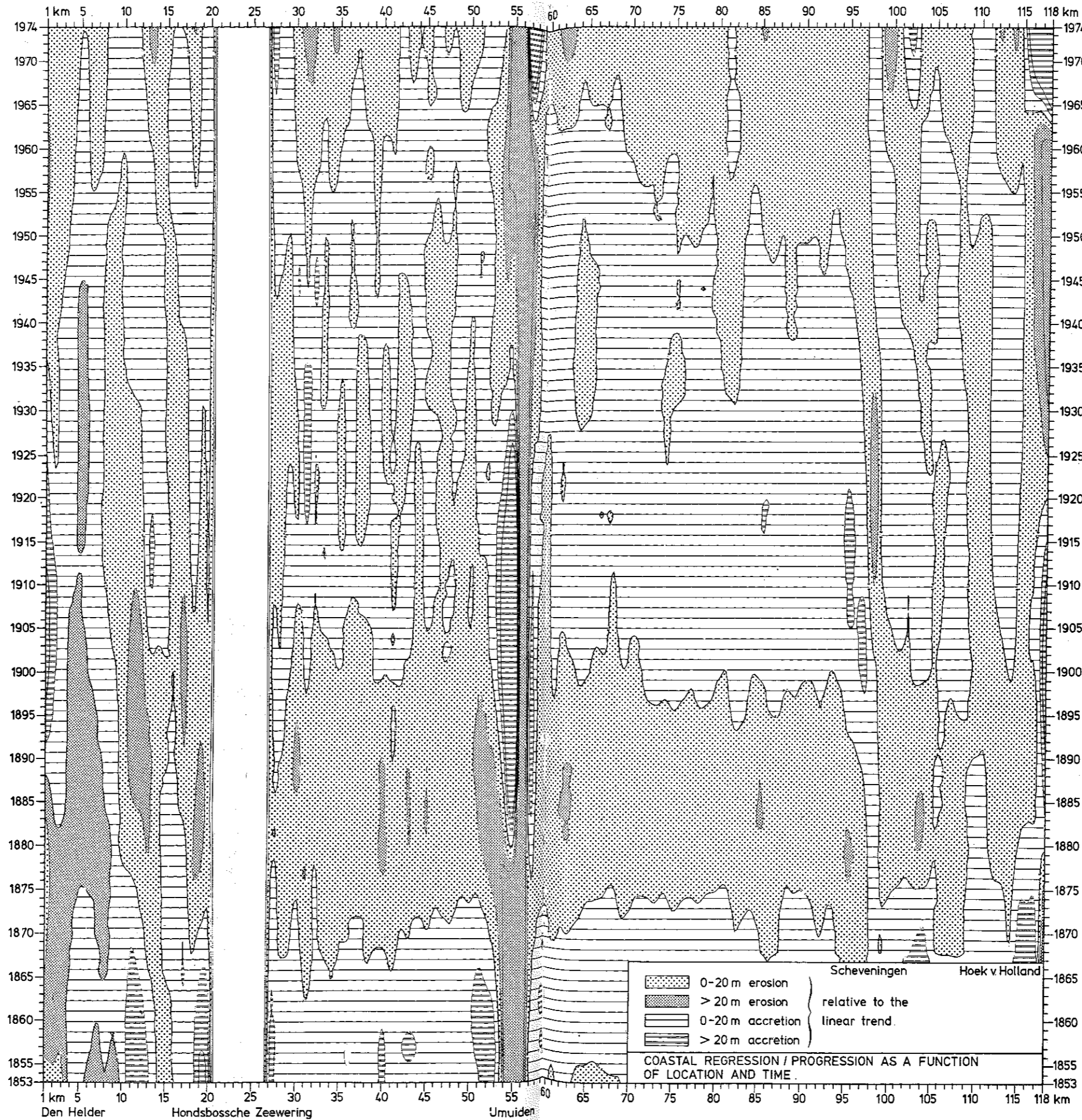
Figuur 6 Isolijnen van relatieve kustlijn-  
 verplaatsing, gecorrigeerd door klimaat-  
 schommelingen

Texel, Vlieland  
 Kust en Zee, 3,pp 13-23

Het is mogelijk om de resultaten van al deze berekeningen weer te geven in een tweedimensionale grafiek (fig 3) Hier is langs de horizontale as de kilometrerung uitgezet en langs de verticale as staat de tijd. In deze grafiek staan isolijnen voor de residuele kustverplaatsing uitgezet. Afgelezen kan worden dat bijv. in km 66 in 1900 de kust 20 m meer landwaarts lag, dan hij volgens de lineaire regressie voor dit punt zou moeten liggen. Opvallend in fig 3 is de horizontale band met meer landwaartse kustliggingen in de periode tussen 1875 en 1900. Het blijkt dat deze periode overeenkomt met een periode waarin er relatief veel westen en zuidwesten wind was. Dit fenomeen is reeds beschreven door Van Straaten (1960); fig 4a en 4b zijn ontleend aan deze publicatie. Dit is dus typisch een klimaatschommeling. Het is zeer aanmerkelijk dat het effect van zo'n klimaatschommeling overal langs de Hollandse kust gelijk is, omdat de oriëntatie van de kust overal hetzelfde is. De klimaatschommeling is uit fig 3 te verwijderen door voor ieder jaar een middeling over alle gemeten kustliggingen uit te voeren. Het resultaat is weergegeven in fig 5. Dit is dus de gemiddelde ligging van de Hollandse kust als functie van de tijd, relatief ten opzichte van de ligging ten gevolge van de lineaire regressie. Het is nu mogelijk om fig 5 van fig 3 af te trekken. Het resultaat is fig 6. Fig 6 bevat dus slechts nog informatie over 2 processen, nl. zandgolven en effecten van menselijk ingrijpen (zie ook fig 2b). De zandgolven zijn met name in het noordelijk deel en het zuidelijk deel goed te herkennen. In het middendeel met name tussen IJmuiden en de Hondsbossche Zeewering is dat wat moeilijker. De loopnelheid van de golven is eenvoudig uit de grafiek af te lezen, deze is 65 m/jaar. Het blijkt dat de zandgolf-amplitude sterk varieert, maar een top-dal afstand van minstens 50 m komt vrijwel overal voor.

**Strandhoofden**

Het proces 'menselijk ingrijpen' moet ook terug te vinden zijn in fig 6. Het blijkt echter een groot probleem dit te traceren. Bij de havendammen van IJmuiden en Hoek van Holland ziet men dat de amplituden van de zandgolven duidelijk veel groter zijn. Ook bij de zandgolf die kort na aanleg van de havendammen van Scheveningen passeerde, is een amplitudevergroting. De aanleg van strandhoofden is in fig 6 eigenlijk niet terug te vinden. Het tijdstip van aanleg van zowel de Delflandse hoofden als de hoofden tussen Hondsbossche Zeewering en Den Helder is in fig 6 aangegeven. Het blijkt dat vrijwel alle hoofden rond het passeren van een



dal van een zandgolf zijn aangelegd. Na aanleg ging de gemiddelde kustligging vooruit. Het ligt voor de hand dat men dacht dat de kustverbetering veroorzaakt werd door de aanleg van het strandhoofd. Uit fig 6 blijkt echter dat de kustvoortgang ook zonder strandhoofden zou plaats vinden. Het is zeer goed verklaarbaar dat het besluit tot aanleg van een strandhoofd samenvalt met het passeren van een zandgolfdal. Bij het passeren van een top is er een brede zandbuffer en niemand zal dan kustbeschermingsmaatregelen overwegen. Na het passeren van de top gaat het strand eroderen. In de eerste tijd wordt de zandbuffer opgeruimd en zal er nog niemand echt een probleem zien. Als het dal van de golf in zicht komt, ontstaat er toch wel enige zorg en dan gaat men maatregelen overwegen.

Gezien de tijd die nodig is voor de besluitvorming valt aanleg dan vaak precies samen met het dieptepunt van de golf. Op een aantal plaatsen is waar te nemen dat men met de aanleg van hoofden precies het dal van de zandgolf volgt. In een aantal gevallen werkt men sneller en gaat men hoofden aanleggen in de dalende tak van de zandgolf. In die gevallen blijkt dat men met hoofden zandgolven niet kan tegenhouden. Voorbeelden hiervan zijn langs de gehele Hollandse kust te vinden.

**Noordelijk Noord-Holland**

In 1898 heeft men bijv. bij km 13 een hoofd gebouwd (dus precies midden in het dal van de zandgolf). Dit hoofd had succes. Direct na aanleg ging de kust vooruit. Al 10 jaar later kon men duidelijk verbetering waarnemen. In de periode voor 1898 was de erosie 1,3 m per jaar. Tussen 1899 en 1907 ging de kust 70 m vooruit, wat een aanzanding van bijna 9 m per jaar is. Inderdaad een spectaculaire verbetering, die naar de inzichten van die tijd, geheel aan het strandhoofd te danken was. Het hoofdenstelsel werd vervolgens vrij snel noordwaarts uitgebreid. Na de bouw van strandhoofd 11 in 1902 was nog verbetering waar te nemen, maar na de bouw van de hoofden bij km 7 en 9 in 1906 en 1910 werd geen kustvoortgang meer waargenomen. Integendeel, na aanleg van de hoofden ging de kust nog sneller achteruit. Rond 1915 werd een serie hoofden gebouwd tussen km 13 en 18, ook met een zeer wisselend succes (Rakhorst, 1984).

In fig 6 kan gezien worden waarom bepaalde hoofden wel en andere geen succes hadden. Alleen bij hoofden die in het dal van een zandgolf aangelegd werden, trad

Figuur 3 Isolijnen van relatieve kustlijnverplaatsing