

HET STRAND: DE RELATIE TUSSEN PROCESSEN, MATERIALEN EN VORMEN, EN EEN PROEVE VAN TERMINOLOGIE-GEBRUIK

door

L. W. S. DE GRAAFF*

1. INLEIDING

Noordwester stormen vormen in Nederland een bedreiging voor stranden en duinen. Van tijd tot tijd bereiken ons na het passeren van stormdepressies via de nieuwsmidia de berichten over sterke afslag van de natuurlijke zeevering. Anderzijds ontbreekt ten onrechte een — meer geruststellende — berichtgeving, die de mate van aanwas en ophoging van stranden onder andere weerkondities vermeldt. De morfologie en positie van stranden en kustlijnen zijn namelijk de weerspiegeling van een uitermate gevoelig evenwicht tussen alle processen, die zich op de grens van land en water afspelen. Voortdurend wijzigen zich de omstandigheden die het evenwicht op korte termijn bepalen: de steeds wisselende uitwerking van eb en vloed, wind- en golfwerking, met hun stromingen en materiaaltransport, is daarvoor verantwoordelijk. Over een periode van vele jaren bezien kan de totale uitwerking van de processen, werkzaam binnen dit dynamisch milieu, opvallend konstant blijven; er is dan sprake van een evenwicht op lange termijn. Vaak echter blijkt het tegendeel uit een gestadig land- of zeewaarts verplaatsen van de kustlijn. Verandering van één enkele natuurlijke faktor kan dit als gevolg hebben, b.v. een toe- of afname van de gemiddelde jaarlijkse stormfrequentie. Er zijn andere natuurlijke factoren te noemen, die zich daarenboven uitermate gemakkelijk door de mens laten beïnvloeden. Zo zijn er — om Nederland nog maar eens als voorbeeld te nemen — grote wijzigingen in de waterhuishouding rond onze kust opgetreden door alle civieltechnische ingrepen, gerekend vanaf de eerste

aanleg van dijken in de vroege middeleeuwen, tot en met de huidige werken van Rijkswaterstaat. Voorts valt te noemen de invloed van de algemene, maar door de mens (bemaling) versterkte bodemdaling, vooral in de klei- en veengebieden. Tenslotte is sinds het begin van deze eeuw door het uitbaggeren van de grote rivieren en riviermondingen van Rijn en Maas ten behoeve van de zand- en grindwinning en van de scheepvaart, de natuurlijke aanvoer van beddingmateriaal naar de riviermondingen vrijwel afgesneden. Dit alles heeft zijn uitwerking op de stabiliteit van de Hollandse kustlijn. Afgezien van de gevolgen van menselijke activiteiten in dichtbevolkte kustgebieden, is het interessant nader in te gaan op de processen, die zich langs stranden voordoen. Dat wij daarbij gekonfronteerd worden met een zeer dynamisch milieu komt het beste tot uitdrukking wanneer wij ons realiseren welke materiaaltransporten gemoeid zijn met de grote energie van golfwerking en getijdestromen. Een voorzichtige schatting, alleen sprekend van het materiaaltransport onder invloed van golfwerking in de lengterichting van het strand, geeft het cijfer van 3.1×10^7 ton sec⁻¹ als totaal voor alle stranden op aarde (Inman en Brush, 1973). De gezamenlijke sedimentafvoer naar de kustwateren door alle rivieren op aarde ("slechts" ca. 530 ton sec⁻¹) wordt daarmee met een faktor 5.8×10^4 overtroffen!

Binnen de geomorfologie heeft het onderzoek van kustgebieden vanwege zijn grote verscheidenheid aan vormen van oudsher in de belangstelling gestaan. Was men vroeger vooral geïnteresseerd in klassifikatie-systemen, de laatste decennia bestudeert men in de eerste plaats de precieze samenhang tussen vormen en processen, waardoor men de vormenassociaties beter leert begrijpen. De uitgebreide, meest

* Fysisch geografisch en bodemkundig laboratorium, Universiteit van Amsterdam.

engelstalige vakliteratuur is — ook voor insiders — niet gemakkelijk toegankelijk. Zeker in de oudere literatuur ontbreekt iedere eenheid in terminologie, terwijl de recente publikaties — geschreven vanuit verschillende disciplines — vaak detail-technisch van opzet zijn. Het gevolg van een en ander is de op veel punten onvolledige, of soms gebrekkige weergave van dit onderwerp in de gangbare fysisch geografische en geologische handboeken. Toch zijn er de laatste tijd zeer leesbare en boeiende samenvattingen verschenen, waaronder de 2e druk van Cuchlaine King's "Beaches and Coasts" (1972) voorlopig als het meest complete werk beschouwd kan worden. Andere recente uitgaven zijn van Bird (1968) en van Davies (1972). Dit artikel is bedoeld om enige moderne inzichten over het ontstaan van karakteristieke strandvormen op de lezer over te brengen, en dient tevens als een bijdrage tot, en voorstel voor een strikt gebruik van de geomorfologische vaktaal. Waar nodig zijn nieuwe Nederlandse termen ingevoerd of bestaande termen in een nieuwe, meer precieze betekenis gehanteerd c.q. gedefinieerd. Daarnaast zijn de equivalenten engelse geomorfologische benamingen gegeven. De schrijver steunt hierbij op zijn werk verricht binnen de "Werkgroep voor Geomorfologische Terminologie" ¹ van het Fysisch Geografisch en Bodemkundig Laboratorium van de Universiteit van Amsterdam. De bijdrage van andere commissieleden wordt hier gememoreerd. Dit artikel verschijnt echter onder de uitsluitende verantwoordelijkheid van de auteur. Gangbare (en juiste) nederlandse termen — al of niet door de schrijver opnieuw gedefinieerd — worden bij hun eerste gebruik in deze publikatie cursief gedrukt; betreft het nieuw ingevoerde of weinig gebruikelijke termen (hiervan volgt dan bronvermelding) dan staan deze cursief en tussen aanhalingstekens geplaatst. (Nog) gangbare, maar naar het oordeel van de schrijver verwerpelijke nederlandse termen worden, waar gebruikt, tussen aanhalingstekens geplaatst. Voor de vermelde engelse termen gelden bovenstaande regels niet; eventuele opmerkingen hierover worden in de tekst zelf opgenomen.

1.1. Enkele basisbegrippen

Bij gebruik van sommige vaktermen in dit artikel en elders kan op eenvoudige wijze ieder misverstand worden vermeden door naar voorbeeld van Thornbury (1960) e.a. uit te gaan van een aantal vaste afspraken. Met name komen de volgende begrippen hiervoor in aanmerking:

- a. *Oever* ("shore"); hiertoe wordt de relatief smalle zone gerekend, direct grenzend aan ieder groot water (in het bijzonder een zee of groot meer), en gelegen tussen de laagwaterlijn q.v. en de landinwaartse limiet van golfwerking.
N.B. — Bij een rivier gaat het om de betrekkelijk steile stroken land aan weerskanten die bij de hoogste waterstanden nog door het water worden bedekt. In het Engels spreekt men van "riverbank". Een begrip als "de limiet van golfwerking" lijkt misschien nogal vaag, maar kan worden vastgesteld als de maximale landwaartse grens (de kustlijn q.v.) tot waar het water zonder noemenswaardige afslag te veroorzaken, regelmatig — minimaal een paar maal per jaar — reikt. Bij afslag van betekenis treedt een landinwaartse verschuiving van deze grens op.
- b. *Kust* ("coast"); dit is een strook land van niet nader te definiëren breedte, die zich aan de landzijde van de oever uitstrekt.
N.B. — De oever wordt dus niet tot de kust gerekend!
Over de omschrijving van het begrip kust bestaat van oudsher veel verschil van mening. Verschillende door morfologie, vegetatie of klimaat bepaalde landschapselementen kunnen "kustgebonden" zijn, zonder dat hun regionale verspreiding geheel of zelfs maar ten dele samenvalt. Soms zijn helemaal geen duidelijke criteria aanwezig op grond waarvan de begrenzing van een kuststrook mogelijk is; vandaar bovenstaande definitie.
- c. *Kustlijn* ("coast line"); deze vormt de grens tussen oever en kust.
- d. *Oeverlijn* ("shore line"); de snijlijn van land en water op een willekeurig moment.
- e. *Hoogwaterlijn* ("high-water line"; "high-tide (shore) line"); hieronder wordt verstaan de snijlijn van het (een) hoogwaterniveau met het land.
- f. *Laagwaterlijn* ("low-water line"; "low-tide (shore) line"); de snijlijn van het (een) laagwaterniveau met het land.
- g. *Strand* ("beach"); hiervan is sprake wanneer een oever geheel of ten dele bestaat uit ongekonsolideerd sediment (zoals rotsen, grind, zand, schelpen, of mengsels daarvan). In dit verband wordt onderscheid gemaakt tussen het *natte strand* ("foreshore") — het deel dat onder normale omstandigheden bij vloed overstromd wordt en onder invloed van golfwerking komt te liggen —, en het hoger gelegen *droge strand* ("backshore"), dat enkel bij extreem hoge waterstanden en/of

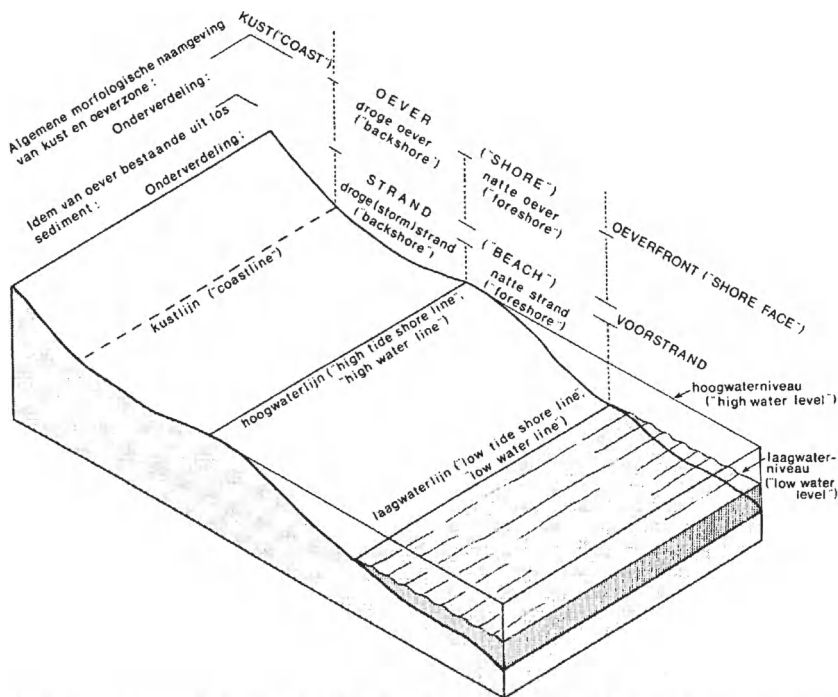


Fig. 1. Weergave nederlandse en engelse basisbegrippen inzake de morfologie van de kust en de oever- c.q. strandzone.

intensieve golfwerking bij storm wordt overspoeld.

Schematisch kunnen de bovengenoemde en enige andere begrippen worden weergegeven in een eenvoudig blokdiagram (fig. 1). Strand en zeebodem kunnen een verscheidenheid van erosie- en akkumulatievormen vertonen; het merendeel van deze vormen is zo specifiek aan bepaalde processen gebonden, dat ze later bij de behandeling daarvan ter sprake zullen worden gebracht. Met betrekking tot de naamgeving van kustnabije akkumulatievormen lijkt het echter eveneens dienstig tijdig een paar afspraken te maken ter voorkoming van dezelfde misverstanden die voor de literatuur over dit onderwerp zo kenmerkend zijn. Wij doelen hier op het volgende:

Op zeebodem of strand kunnen door werking van golven en/of stromingen lokale verhogingen ontstaan door opeenhoping van sediment. In dit verband dient de onderstaande tweedeling te worden doorgevoerd:

1. Een akkumulatievorm die zich onder water bevindt, of die tenminste bij hoogwater onderloopt, wordt aangeduid als *bank* ("bar");
2. Een akkumulatievorm die permanent boven water uitreikt dient te worden aangeduid met de term *wal* ("barrier").

Gezien onze vorige definities moet een wal doorgaans als kust beschouwd of tot de kust gerekend worden, een bank niet! Ook in samenstellingen, zoals schoorwal, zandbank, enz., is het eenvoudig aan bovenstaande definities vast te houden, hoewel in recente publikaties nog zelden konsekwent wordt gedaan. In de engelse literatuur werd echter reeds door Price (1951) en Shepard (1952) op het noodzakelijk in te voeren onderscheid tussen "bar" en "barrier" gewezen.

Het strand en het aangrenzende continentale plat vormen een belangrijk marien sedimentatie-

milieu voor de door rivieren afgevoerde afbraakproducten van het land. In dit verband wordt de strandzone in de aardwetenschappelijke literatuur gewoonlijk de *litorale zone* genoemd. Bij het zich zeewaarts daarvan uitstrekken de continentale plat, dat op een diepte van ca. 180 m overgaat in de continentale helling (de grens wordt wel daar gelegd, waar de helling van de zeebodem steiler wordt dan 1:40), wordt van *neritische zone* gesproken. Voorbij deze grens strekt zich de *bathyale zone* uit, tot een diepte van 2000 m, grotendeels samenvallend met de continentale helling. Sommige auteurs voeren argumenten aan om de bathyale zone bij een andere diepte te begrenzen; er bestaat hierover nog geen vaste afspraak. De diepe delen der oceaan worden, behoudens de diepzee-troggen, aangeduid als *abyssaal*.

1.2. Ligging en vorm van de kustlijn

Vorm en ligging van de meeste kustlijnen op aarde blijken zich in de loop van de tijd ingrijpend te wijzigen. Enerzijds is dit het gevolg van relatieve veranderingen in de stand van het gemiddeld zeeniveau, anderzijds dragen *afslag* (erosie) of *aanwas* (sedimentatie) hiertoe in belangrijke mate bij. Lage kustgebieden die zijn opgebouwd uit ongeconsolideerde afzettingen reageren vanzelfsprekend veel sneller op evenwichtsverstoringen dan steile en hoge rotskusten. Bij de "gevoelige" kusten blijken vorm en positie van strand en kustlijn uiterst subtiel indicatoren te zijn voor iedere wijziging in het evenwicht tussen land en water. Veranderingen op korte termijn, zoals de invloed van één enkele storm, of veranderingen op langere termijn (weken, maanden of jaren) kunnen worden bestudeerd. Ten aanzien van de stabiliteit in de positie van de kustlijn bestaan er drie mogelijkheden:

- a. De kustlijn verplaatst zich zeewaarts door een relatieve daling van het zeeniveau, die ook kan worden aangeduid als een *negatieve niveauverandering*, en/of door *aanwas*. In het laatste geval spreekt men ook wel van *progradatie* ("progradation").
- b. De kustlijn neemt een stationaire positie in als gevolg van een zeker evenwicht tussen zeespiegelstand, afslag en aanwas. Dit evenwicht kan zich zelfs handhaven bij een niet te snelle relatieve stijging of daling van het gemiddeld zeeniveau, door een compenserende activiteit van respectievelijk sedimentatie of erosie.
- c. De kustlijn verplaatst zich landwaarts door relatieve stijging van het zeeniveau (*positieve*

niveauverandering) en/of door afslag (*retrogradatie*; engels "retrogradation").

Bij een geleidelijk voortgaande landwaartse verplaatsing van de kustlijn breiden de mariene invloeden zich dus steeds verder uit over het vroegere landoppervlak. Wordt dit oppervlak daarbij overdekt met mariene sedimenten, dan reiken de jongste afzettingen het meest ver landinwaarts ten opzichte van de voormalige kustlijn ("onlap of strata"). Gewoonlijk pleegt men deze situatie aan te geven met de term *transgressie* ("transgression"). In het omgekeerde geval, waarbij een "offlap of strata" optreedt, spreekt men van oudsher in de sedimentologie van *regressie* ("regression"), (fig. 2a en b).

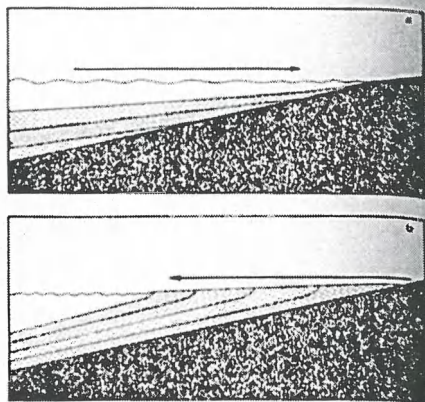


Fig. 2. Mariene transgressie (a), en regressie (b).

Reeds geruime tijd is voorgesteld om beide termen los te koppelen van de begrippen "onlap" en "offlap of strata", en ze eenvoudig te gebruiken om er de landwaartse dan wel zeewaartse migratie van de kustlijn mee aan te geven (Curry, 1964). Dit was en is inmiddels reeds tot gewoonte geworden, zie b.v. het gebruik van deze termen door Van Straaten in "Algemene Geologie" (1974). Uitbreiding van de zee over het land, en wijziging van het milieu van terrestrisch naar marien hoeft immers niet samen te gaan met sedimentatie. Door Curry werd het onderstaande diagram samengesteld, waarin het bereik en de snelheid van landwaartse of zeewaartse migratie van de kustlijn, in relatie met positieve of negatieve niveauveranderingen, en met erosie of sedimentatie, schematisch wordt weergegeven (fig. 3).

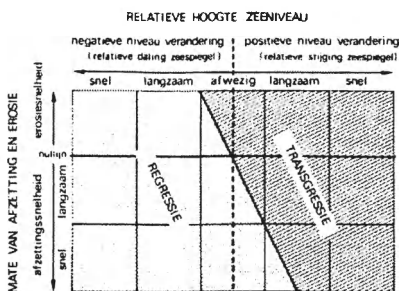


Fig. 3. Verplaatsing van de kustlijn als functie van de mate van verandering in de relatieve hoogte van het zeeniveau, en van de netto balans tussen afzetting en erosie (naar Curray, 1969).

Los van bovenstaande begrippen wordt in de geomorfologie nog de term *ingressie* gebruikt als neutraal begrip ter aanduiding van het lokaal binnendringen van de zee in (de lage delen van) het land, met gewoonlijk als resultaat het tot stand komen van een zeer onregelmatige en gelobde kustlijn. De vormen die daardoor zijn ontstaan hebben in het verleden een belangrijke rol gespeeld bij het opzetten van allerlei systemen van kustklassifikatie, en de invoering van termen als *riakust* e.a. (zie b.v. Bos atlas).

1.3. Herkomst van sedimenten langs stranden

Aanwaskusten rond sedimentatiebekkens ontvangen het merendeel van hun materiaal direct of indirect uit de aanvoer van sediment door de rivieren. Andere sedimentbronnen zijn aan stranden grenzende kustgedeelten die door afslag worden aangetast; onder bepaalde omstandigheden leveren ondiepe delen van de zeebodem zelf nog enig sediment. Van betekenis is uiteindelijk hoeveel, en welk materiaal op welke plaatsen in zee worden gebracht; voorts hoe het materiaal door mariene processen verder wordt verspreid, gesorteerd, en afgezet binnen een sedimentatiegebied van geheel eigen aard, vorm en grootte. Schommelingen in de gemiddelde stand van het zeeniveau, lokale of regionale tektoniek, en het inklinken van reeds afgezette jonge sedimenten spelen daarbij een actieve rol.

1.4. Zee- en getijdestromen als transportmechanismen

De invloed van grote zeestromen op stranden kan doorgaans worden verwaarloosd. Wel kan zich erosie en sedimenttransport voordoen over

de zeebodem in zeestraten, waar zich door omstandigheden stroomsnelheden kunnen ontwikkelen die daarvoor toereikend zijn. Een voorbeeld is de Straat van Florida waardoor de Caraïbische Stroom wordt geperst, welke laatste de aanzet vormt voor de Golfstroom.

Zijn zeestromen van betekenis in dieper water, anders ligt dit bij de getij-stromen, die zich juist het sterkst doen gelden in binnenzeen en trechtervormige estuaria met relatief ondiep water. Het gaat hier (evenals bij golven het geval is) om een grote totale energieflex. Deze wordt in totaal voor de binnenzeen van de hele wereld geschat op ca. 2.2×10^9 kW, equivalent met de totale energieproductie van 10.000 grote krachtcentrales (Inman en Brush, 1973). Op sommige delen van de zeebodem kunnen onder invloed van getij-stromen grote asymmetrische "zandgolven" ("sand waves") ontstaan. In de Noordzee worden die tot op 150 m diepte aangetroffen op plaatsen waar het niveau-verschil tussen eb en vloed meer dan 3 m en de snelheid van de getij-stromen aan het zeeoppervlak tenminste circa 2 km/h bedraagt (King, 1972). De zandgolven vormen zich dwars op de stroomrichting van het getij, en bereiken golfengten tot wel 800 m, bij hoogten van meer dan 10 m. Over dergelijke vormen heen, en ook elders op de zeebodem, worden vaak weer de bekende en veel kleinere stromingsribbels aangetroffen, eveneens gevormd bij snelheden van de getij-stroom, die aan het zee-oppervlak al meer dan 2 km/h moeten bedragen. Het sedimenttransport op diepten beneden 9 à 12 m (King, 1972) binnen het neritisch milieu en naar de randen van het continentale plat kan, wanneer het laatstgenoemde ter plaatse van behoorlijke afmetingen is, vrijwel geheel op rekening van de getij-stromen worden geschreven.

De direkte betekenis als sediment-transporterend agens op lange en rechte stranden is gewoonlijk beperkt.

In de buurt van riviermondingen, zeegaten en in zee uitstekende kustgedeelten, kunnen echter door getijstromen sedimentbanken worden opgebouwd, omgeven en doorsneden met getijdegeulen. In bepaalde gevallen kunnen dergelijke sedimentbanken onder invloed van golfwerking kustwaarts "wandelen", en daarmee in de voeding van een aldaar aanwezig strand voorzien. Voor de morfologie van stranden zal het beurte-lings rijzen en dalen van het waterniveau tijdens de getijdencyclus — met de minimale hoogteverschillen tijdens *doodtij* ("neap tide"), en de maximale verschillen tijdens *springtij* ("spring-tide") — van veel meer invloed blijken.

2. GOLVEN EN HUN WERKING

De energie voor nagenoeg al het materiaal-transport naar en over stranden langs gesloten en langgerekte kustlijnen wordt direct of indirect ontleend aan de wrijvingskracht die de wind uitoefent op het aardoppervlak. De directe eolische invloed (duinvorming etc.) laten wij in dit artikel buiten beschouwing. De indirecte invloed van de wind is de overdracht van energie naar het water middels het opwekken van golven die deze energie kunnen transporteren. De golfwerking is de belangrijkste vormgevende kracht die op stranden van invloed is. Inman en Brush (1973) geven als totale energieflux die inwerkt op 's werelds stranden ca. $2,5 \times 10^9$ kW. Een voorbeeld: één golf met een amplitude van 3 m levert per strekkende meter ca. 100 kW, of 100.000 kW per km, gelijkwaardig in kracht aan een gesloten front van vol gas aanstormende auto's van 270 PK (!). Voor theorieën met betrekking tot het opwekken van golven wordt naar de literatuur verwezen (zie overzicht in King, 1972, deel II, hfdst. 3). Voor ons doel is het wel nodig om op de eigenschappen van golven in te gaan, die bepalend zijn voor hun uitwerking op stranden. De maximale afmetingen en daarmee de maximale energie, die een golf bij opwekking verkrijgt hangt af van vier factoren:

- a) de windkracht;
- b) het "opwekkings-traject" ("fetch"), dat is de afstand waarover de wind de golven in eenzelfde richting voortstuwt;
- c) de tijdsduur waarover de wind uit dezelfde hoek blijft waaien;
- d) de waterdiepte ter plaatse.

Als het water diep genoeg is, zoals in de oceanen, vormt d) nimmer een beperkende factor, en wordt een limiet aan primaire energie der golven door de eerste drie factoren gesteld. In binnenzeeën of randzeeën, zoals de Noordzee, kunnen golven nooit de energie of afmetingen verkrijgen van de grote golven die op de open oceanen kunnen ontstaan.

Voortplantingssnelheid en energie van golven hangen nauw samen met golflengte (L) en golfhoogte (H). De uitwerking op stranden hangt echter niet in de eerste plaats van de energie, maar van de vorm van de golf af, uitgedrukt in de verhouding H/L ("wave steepness"): boven een kritische waarde werkt een golf, ook al is hij klein en van lage energie, destructief in op een gegeven strand, beneden die waarde is de invloed juist konstruktief, ook bij grote golven met een hoge energie! De verhouding H/L kan overigens theoretisch en

experimenteel niet groter worden dan 1/7, en de tophoek der golven niet minder dan 120°, daar een golf anders zijn stabiliteit verliest; op open water worden deze grenswaarden echter nooit bereikt.

De energie van golven is half potentieel — door de hoogte van de watermassa in de golf rug boven het normale waterniveau —, en half kinetisch, vanwege de beweging der waterdeeltjes. Beide vormen van energie zijn onderling uitwisselbaar. De potentiële energie beweegt zich met de golf voorwaarts, maar de kinetische energie blijft ter plaatse achter in de door de passerende golf opgewekte beweging van de waterdeeltjes. Deze waterdeeltjes beschrijven bij het passeren van een golf vrijwel cirkelvormige banen, waarbij een zeer geringe netto verplaatsing optreedt in de voortplantingsinrichting (zie fig. 4a). Met toenemende diepte neemt de diameter van deze bewegingscirkels snel af. De kinetische energie wordt voorts weer gebruikt voor het opwekken c.q. in standhouden van nieuwe of volgende golven. Deze situatie wordt goed geïllustreerd door het aanschouwen van een *golfveld* ("wave train") van een beperkt aantal golven, dat zich — na kunstmatige opwekking — over een stilstaand, rimpelloos wateroppervlak voortbeweegt. Het blijkt dan dat het golfveld zich verplaatst met een snelheid half zo groot als van de afzonderlijke golven. Wij zien aan de achterzijde van het veld nieuwe golven ontstaan, opgewekt uit de resterende kinetische energie der waterdeeltjes, en vooraan de golven uitsterven en verdwijnen, met hun energie de (cirkelvormige) beweging der waterdeeltjes op gang brengend. In de praktijk is waargenomen dat door dit proces de voortplantingssnelheid der golven wel eens hoger kan worden dan van de wind die als generator optreedt!

De aktief door de wind aangedreven golven worden in het engels aangeduid als "sea" (waves). In het nederlandse bestaat hiervoor geen gangbare term. Na het wegvallen van de wind planten de golven zich verder voort als *deining* ("swell"), waarbij de golfvorm geleidelijk verandert van enigszins trochoidaal (scherpe top, rond golfdal) tot nagenoeg sinusoidaal. De golven worden dan regelmatig in opeenvolging en grootte, waarbij de grootste golven overblijven, die de energie van de kleinere lijken te absorberen. De golfhoogte neemt daarbij aanvankelijk sterk af, maar de golflengte aanzienlijk toe. Stormgolven van hoge energie kunnen zich in deze vorm over duizenden kilometers voortplanten, totdat ze uiteindelijk uitsterven, of doodlopen op oceaankusten.

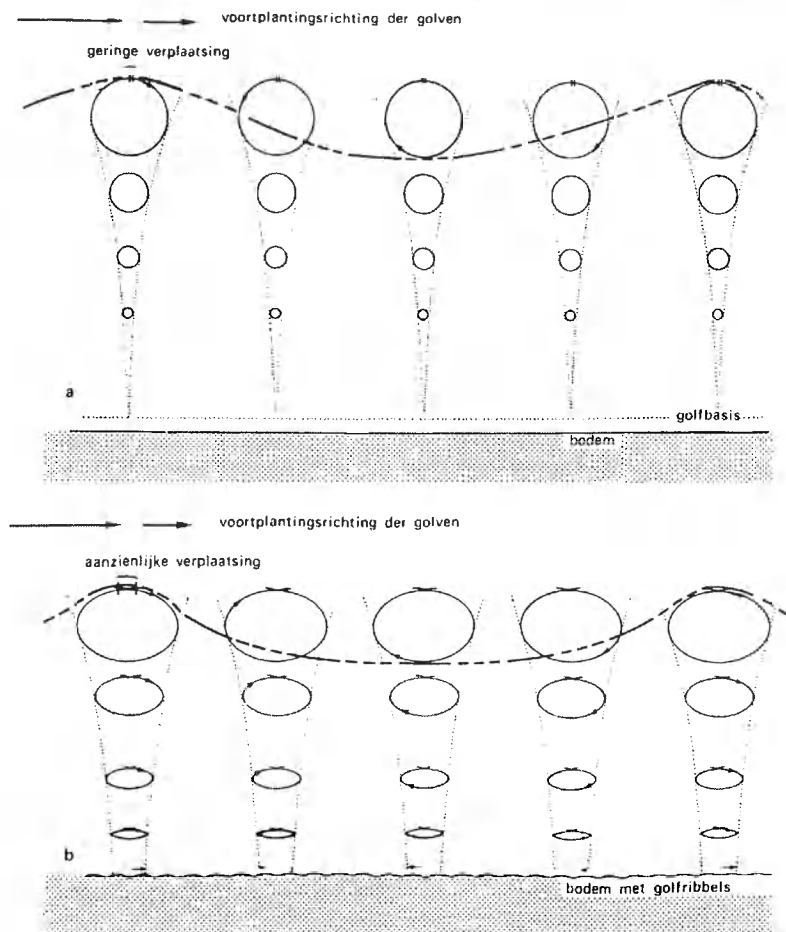


Fig. 4. Beweging der afzonderlijke waterdeeltjes, en voorstelling van de netto-waterverplaatsing bij het passeren van een golf.

- a) situatie in diep water;
b) situatie in ondiep water.

Bereiken golven — al of niet als deining — ondiep water, dan begint daarmee hun activiteit als geomorfologisch agens. In dit verband wordt een tweetal begrippen onderscheiden:

a) *golfbasis* ("wave base"), dat is de onderste grens tot waar golven in staat zijn op de bodem sedimentdeeltjes in beweging te brengen, en

b) *abrasie-terminante*, ("surf base"), waaronder wordt verstaan de maximale diepte tot waarop golven vast gesteente kunnen eroderen en aanzienlijke transporten van sediment kunnen bewerkstelligen (def. King, 1972, p. 553). Dat een golf invloed van de bodem ondervindt wordt in de praktijk merkbaar, wanneer de waterdiepte minder wordt dan de helft van de

golfenlengte. De in hun beweging geremde waterdeeltjes gaan banen beschrijven die steeds meer afgeplat (ellipsvormig) worden, waarbij een niet meer te verwaarlozen verplaatsing van die deeltjes in de voortplantingsrichting der golven gaat optreden (zie fig. 4b); het ontstaan van een gradiënt (helling) in het waterniveau is het gevolg, wanneer die waterverplaatsing door land of toenemende ondiepte wordt geblokkeerd. Het daarbij optredende energieverlies uit zich aanvankelijk in een afname van golfhoopte, -lengte en voortplantingssnelheid. Volgen wij de golf op haar weg naar steeds ondieper water, dan zien we dat de golflengte en voortplantingssnelheid blijven afnemen, maar dat de golfhoopte na een geringe afname toch weer groter wordt (door de overtollige kinetische energie der waterdeeltjes) en blijft toenemen totdat de golf breekt. Op dat moment ligt de hoogte zelfs aanzienlijk boven de initiële hoogte van de golf vóór deze het ondiepe water had bereikt, en heeft de golf ca. 10% van zijn energie verloren. In fig. 5a en b wordt het verband tussen golfhoopte en -lengte en afnemende waterdiepte visueel en grafisch voorgesteld.

Vanaf het breekpunt ontwikkelt zich een *brandingsgolf* ("surf wave") van het "overslaande type" ("plunging breaker") of van het "schuim-

koptype" ("rolling breaker"; "spilling breaker"), welke laatste we doorgaans voor de nederlandse kust aantreffen. Het water wordt daarbij in heftige beroering gebracht (de resterende 90% energie der golven komt dan vrij!) en woelt veel sediment van de zeebodem omhoog, dat vervolgens bij aanwezigheid van stromingen in het water kan worden verplaatst. Hierover handelt de navolgende tekst.

2.1. Sedimenttransport onder invloed van golfwerking

Voor de sedimenthuishouding onder invloed van golfwerking zijn in principe twee transport-richtingen van belang:

- de verplaatsing van sediment van en naar het strand in een richting dwars op de kust (2.1.1);
- de verplaatsing van sediment in de brandingszone en langs het strand evenwijdig hieraan (2.1.2).

2.1.1. Het transversale sedimenttransport

In de vorige paragraaf is beschreven hoe de toenemende horizontale verplaatsing van waterdeeltjes door golven op hun weg bij afnemende

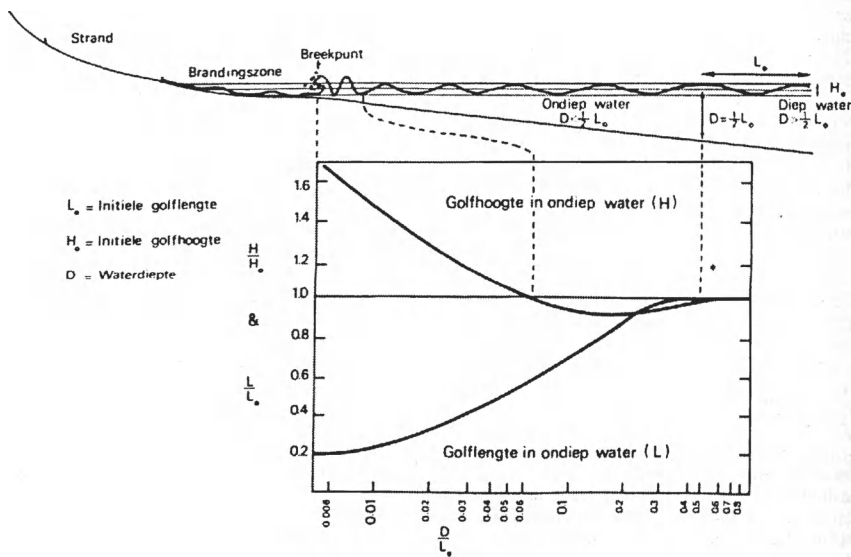


Fig. 5.

Boven: De verandering van golflengte en -hoogte bij afnemende waterdiepte.

Onder: Idem grafisch voorgesteld; de afnemende waterdiepte is hier in een logaritmische schaal uitgedrukt als verhoudingsgetal t.o.v. de oorspronkelijke golflengte L_0 (naar Russell en MacMillan, 1952, en King, 1972).

diepte zorgt voor het ontstaan van een opwaartse gradiënt in de stand van het gemiddeld waterniveau naar b.v. een strand. Het gevolg is dat het water al buiten de brandingszone zal proberen uit te wijken of terug te stromen naar zee. Staat de voortplantingsrichting der golven loodrecht op een lang en recht strand, dan kan het terugvloeien van water langzaam en over de gehele breedte geschieden zoals voorgesteld in fig. 6. Men heeft de in deze figuur weergegeven

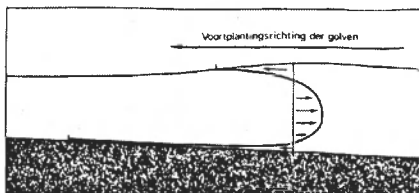


Fig. 6. De horizontale waterverplaatsing na het passeren van enige lange golven in een golfbuk (naar King, 1974).

waterbewegingen bij modelexperimenten kunnen vaststellen. waarbij opvallend was, dat aan het oppervlak en langs de bodem geleidelijk een landwaartse verplaatsing van het water optreedt, welke gecompenseerd wordt door een zee-waartse verplaatsing in het midden van de waterkolom. De waterverplaatsing langs de bodem was echter gering en alleen aantoonbaar als de bodem volkomen vlak bleef, de aanwezigheid van golf- of stromingsribbels maakt deze in de praktijk al niet meer waarneembaar. Daar bleek ook, dat door het bovengeschetste stromingspatroon niet of nauwelijks enig landwaarts gericht sedimenttransport wordt veroorzaakt. Wel kan er langzaam maar zeker een dergelijk materiaaltransport optreden onder invloed van de heen en weer gaande waterbeweging, die door de golfbeweging zelf langs de zeebodem ontstaat (zie fig. 4b). Voorwaarden daartoe zijn :

- a) een waterdiepte die belangrijk minder is dan de helft van de golfengete;
- b) de aanwezigheid van sediment dat fijn genoeg is om getransporteerd te kunnen worden.

Langs "open" oceaankusten blijkt er beneden diepten van ca. 20 meter nauwelijks nog meetbaar zandtransport op te treden. Bij uitzondering komen echter golfribbels voor tot ruim 30 meter onder zeeniveau. De relatief geringe betekenis van sedimentverplaatsing door golfwerking beneden een zekere diepte (vaak wordt 9 of 10 meter als kritische waarde genoemd) wordt aangetoond met de vergeefse poging een met afslag bedreigd strand aan de

oostkust van de Verenigde Staten kunstmatig te "voeden" door het dumpen van zand op een diepte van ca. 12 meter, buiten de brandingszone (Harris, 1955). Na jaren bleek dit zand slechts in geringe mate verplaatst te zijn over de zeebodem en weinig tot het behoud van het strand te hebben bijgedragen. Effectief zijn deze maatregelen pas wanneer het zand in ondieper water, en liefst binnen de brandingszone, wordt toegevoerd. Uit onderzoek van Ippen en Eagleson in 1955 (zie King, 1972) is gebleken dat er vermoedelijk voor iedere korrelgrootte-fractie van het aanwezige sediment voor elk strand een (diepte)lijn is aan te wijzen waarboven een landwaarts transport van die zandfractie plaatsheeft, en waarbeneden dit sediment tendent om in geringe mate verder zee-waarts te kruipen. Voor de fijne frakties van het sediment ligt deze lijn meer zee-waarts dan voor de grovere frakties. Tevens liggen bij hoge golven al deze lijnen verder zee-waarts dan bij lage; een steilere gradiënt doet ze in omgekeerde richting verschuiven. Van belang is het slechts te stellen dat hiermee een sortering van materiaal gaat optreden dwars op het strand. Fijne frakties liggen vaak op diepten van 5 à 20 meter, de meer grove frakties in de buurt van brandingszone en strand.

Bij bestudering van de textuur van de zandige afzettingen van de Zuidhollandse kust, strand en zeebodem langs de lijn Voorburg-Scheveningen bleek een vergelijkbare sortering op te treden (zie Van Straaten, 1961, 1963, 1965). Het strandzand vertoont zijn hoofdfractie tussen 0,2 en 0,3 mm diameter. Op diepten van 4 tot 7 meter voor de kust wordt fijn zand aangetroffen (belangrijkste fractie van 0,1-0,15 mm). Dieper is dit fijne zand duidelijk gemengd met grover zand van 0,3 tot 0,4 mm, dat beneden de -10 meterlijn gaat overheersen.

De vraag of ook hier het grovere strandzand, waaruit ook de duinen zijn opgebouwd, door de sorterende werking van golven in zulke grote massa's van de aangrenzende zeebodem is aangevoerd, werd bemoeilijkt door de volgende konstatering. Bij boringen binnen de achterliggende duinzone en onder het strand blijkt een vergelijkbare afwisseling van grof naar fijner en weer grover sediment op vergelijkbare diepten in de direkte ondergrond voor te komen. De veronderstelde (sub)horizontale positie maakt het niet ondenkbeeldig dat deze lagen langs de zeebodem dagzomen en de primaire bron vormen voor de bovenbeschreven sedimentverdeling. Van Straaten beschrijft in zijn publikatie van 1965 te zijn teruggekomen van deze laatste opvatting, die hij in zijn eerdere

publicaties huldigde. Hij benadrukt nu het grote transversale zandtransport dat in het verleden heeft plaatsgehad. Later stelde o.m. Eisma (1968) zich achter deze opvatting.

Dat dit transport van buiten de brandingszone in deze tijd geen grote rol meer speelt kan zeer wel worden toegeschreven aan een zeker evenwicht dat is bereikt, nadat de zee in het Jong-Holocene zijn sterke postglaciale niveau-stijging ging beëindigen. Interessant is dat ook anderen, zoals Davies (1972) gewag maken van deze voor veel stranden op aarde gekonkludeerde subrecente fase van transversale sedimentaanvoer in samenhang met de recente zeespiegelrijzing. Letterlijk schrijft hij, onder verwijzing naar Russell (1967) en Thom (1968): "Many of our 'modern' constructive shore features were probably built at this time of excess of shore sediment and it is now widely suspected that subsequent erosion may largely reflect the cutting off of this supply after the equilibrium ramp was attained".

Binnen de brandingszone is het transversale zandtransport ook nu van groot belang. Eerder — onder 2. — werd reeds gesteld dat golven met een H/L verhouding beneden een kritische waarde konstruktief inwerken op een strand. Vertaald in termen van transversaal materiaaltransport moeten we constateren dat dit betekent dat het netto-effekt van dit transport landwaarts gericht is: het strand wordt opgebouwd. Bij een H/L verhouding boven die kritische waarde is dit zeewaarts gericht: het strand wordt afgebroken. Onder 3. — "De morfologie van stranden" — komen wij hierop terug.

2.1.2. *Het longitudinale sedimenttransport*

Het door golfwerking opgestuwde water gaat zich ook een uitweg zoeken wanneer de brandingszone binnen bereik komt. Onoffenheden zoals zandbanken kunnen de weg terug daarbij blokkeren. Wat gebeurt, is, dat het water zich nu hier in krachtige lokale stromingspatronen gaat bewegen. Wij spreken dan van "door golfwerking opgewekte stromingen" ("wave induced currents" of "wave generated currents"). Het uitwijken van water kan op verschillende wijzen plaatsvinden middels *kompensatiestromen*:

- 1) Er ontstaan, vooral bij stranden met flauwe gradiënten (zandstranden), op zekere onderlinge afstanden zeewaarts gerichte stromingen, aangeduid als "rip currents" (to rip = openscheuren, -rijten); de term "*scheurstroom*" is hiervoor in het nederlands

te gebruiken (zie Van Straaten, in "Algemene Geologie", 1974, pag. 459).

De scheurstromen kunnen zich soms plotseeling vormen, zandbanken doorbreken, en — vooral bij storm — veel sediment vanuit de brandingszone zeewaarts voeren naar dieper water. Dit sediment kan niet meer op korte termijn worden teruggevoerd naar brandingszone of strand, en betekent vaak een permanent verlies aan materiaal.

- 2) Er ontstaat, maar dan alleen als golven het strand onder een scheve hoek bereiken, spoedig na aankomst van de eerste golven van een golfveld een stroming evenwijdig aan het strand: de "*kuststroom*" ("longshore current"), die bij voldoende sterkte, en bij aanwezigheid van niet te grof klastisch materiaal, het sedimenttransport aangeduid als "*kustdrift*" ("longshore drift") in dezelfde richting tot stand brengt (zie fig. 7). Deze stroming en daarmee het transporterend vermogen is het sterkste juist voorbij het breekpunt der golven binnen de brandingszone. Zeewaarts van het breekpunt neemt de stroomsterkte zeer snel in betekenis af, maar landwaarts verloopt de afname zeer geleidelijk, en strekt de stroming zich over de gehele brandingszone uit.

De gangbare termen "*kuststroom*" en "*kustdrift*" zijn eigenlijk slecht gekozen; het zou de voorkeur verdienen voortaan te spreken van "*brandingsstroom*" en "*brandingsdrift*", hoewel een equivalent van de engelse termen, die plaats én richting der stromen c.q. van het materiaaltransport aangeven, niet is te vinden.

De "*longshore current*" blijkt verantwoordelijk voor het vervoer van fijnere sedimenten (vnl. zand) over grote afstanden, waarmee in de natuurlijke "voeding" van de huidige stranden wordt voorzien. Zonder deze zou geen enkel (zand)-strand standhouden, gezien de voortdurend optredende verliezen door de aktiviteit van scheurstromen enerzijds en door windwerking anderzijds (landinwaarts waaien van het strandmateriaal, zoals bij duinvorming).

Naast sedimenttransport door kompensatiestromen treedt er een proces op, dat wordt aangeduid als *stranddrift* ("beach drift"). Hieronder wordt verstaan de netto sedimentverplaatsing die plaatsvindt op het natte strand onder invloed van (scheve) *oploop* ("swash") en *terugloop* ("backwash") van golven. Het strandmateriaal wordt hierbij schuin tegen het strand omhooggevoerd en door het aflopende water weer recht in zee-

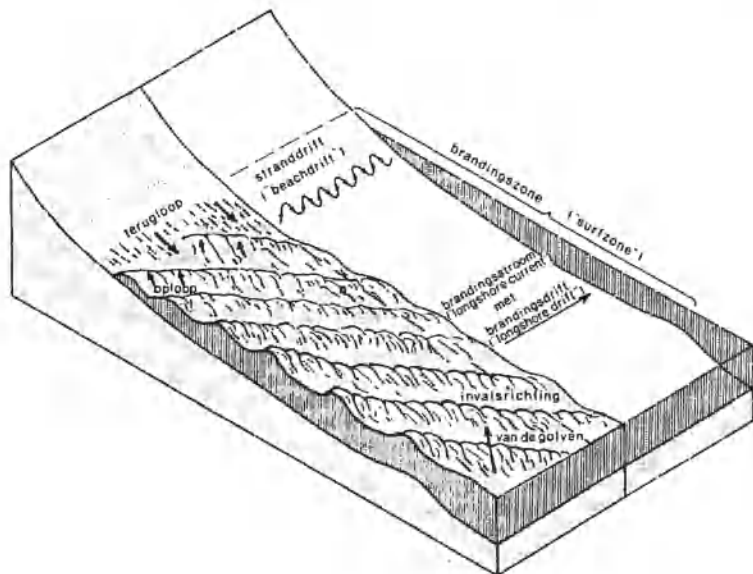


Fig. 7. Het longitudinale materiaaltransport onder invloed van golfwerking vindt plaats in de vorm van "stranddrift" of als "brandingsdrift".

waartse richting meegenomen. De afzonderlijke sedimentdeeltjes verplaatsen zich daarbij in banen over het strand, zoals eveneens weergegeven in fig. 7.

Het netto effect van dit proces kan groot zijn bij stranden die bestaan uit grind of zeer grof zand, voor welk materiaal het transporterend vermogen van de "brandingsstroom" veel geringer is dan voor het transport van fijnzandige sedimenten. Overigens is het transporterend vermogen bij dit proces, behalve van golfenergie en materiaaltype, vooral een functie van de hoek van inval van het golfveld. Lopen de golven evenwijdig aan het strand, dan vindt geen stranddrift plaats; naarmate de invalshoek van 0° naar een hogere waarde gaat toenemen, wordt er meer sediment getransporteerd, om een maximum te bereiken bij een hoek van ca. 47° . Vervolgens neemt dit transport weer af tot de waarde nul bij 90° .

Langs de Zuidhollandse Noordzeekust is het resulterend zandtransport onder invloed van golfwerking (brandingsdrift en stranddrift) aanvankelijk noordwaarts gericht. Verschillen in de samenstelling t.o.v. het strandzand

dat in het noorden van Noord-Holland wordt aangetroffen wijzen erop dat het gemiddeld resultaat van het longitudinale transport niet langs de gehele kuststrook noordwaarts gericht is (Van Straaten, 1965; Eisma, 1968 en Winkelmolen, 1969). Ten aanzien van het sediment dat in suspensie wordt verplaatst, ligt de situatie anders. De fijnere slibfrakties die door de Nieuwe Waterweg in zee terechtkomen bewegen zich, mede door de getijstromen, eveneens noordwaarts. In het algemeen krijgt dit slib niet de kans in het mondingsgebied geheel uit te vlokken en te bezinken, maar wordt dicht onder de kust (binnen een zone van enkele kilometers breedte) afgevoerd en bereikt met een deel van het vuile Rijnwater de Waddenzee. De oploop en terugloop van golven — konstruktief of destruktief — is van het grootste belang voor de strandvormen, zoals hieronder wordt uiteengezet.

3. DE MORFOLOGIE VAN STRANDEN

Konstruktieve of destruktieve golfwerking komt kenmerkend tot uitdrukking in de vorm van

het dwarsprofiel door een strand. Dit profiel zal verder worden aangeduid als *strandprofiel* ("beach profile"), een begrip waaraan om praktische redenen — zoals ook in de moderne literatuur gebruikelijk is — een (te) ruime betekenis wordt toegekend: het omvat namelijk niet alleen een doorsnede van het strand, maar tevens van een klein deel van de kust enerzijds, en van de aangrenzende zeebodem tot buiten de brandingszone anderzijds. In het kort gesteld, hangt de vorm van een strandprofiel af van de volgende factoren:

- a. aard van het strandmateriaal;
- b. initiële hellingshoek van het aardoppervlak op het contact van land en water;
- c. golftype, -energie en -periode;
- d. seculaire invloed van de wind;
- e. veranderingen in het gemiddeld waterniveau, voornamelijk als gevolg van getijde-werking.

Bij het beschouwen van de invloed van bovenstaande factoren op de relatie tussen processen en vormen, blijken er essentiële verschillen te bestaan tussen stranden aangelegd in grof materiaal (rolstenen, grind) en stranden opgebouwd uit fijner materiaal (zand). Beide strandtypen worden daarom afzonderlijk behandeld. De invloed van de overige factoren komt daarbij, waar nodig, in de verdere tekst al of niet in een afzonderlijke paragraaf of alinea tot uitdrukking.

3.1. Rolsteen- en grindstranden

In het engels zijn verschillende termen in zwang voor stranden aangelegd in grof-klastisch materiaal. Vaak wordt er gesproken van "*shingle beach*" (identiek met "cobble beach", "boulder beach" of "pebble beach"), in het Nederlands te vertalen met "*rolsteenstrand*". Is het strandmateriaal van fijnere textuur, maar grover dan zand, dan is "*gravel beach*" (*grindstrand*) een veel gebruikte uitdrukking.

De in deze paragraaf te bespreken morfologie

van rolsteen- en grindstranden is door middel van een getekend (ideaal) strandprofiel weergegeven in fig. 8; al de te gebruiken termen vinden wij hierin terug.

Uitgaande van golven van middelmatige energie, die inwerken op een egale, niet te steil aflopende oever bestaande uit rollen van een uniforme diameter, zien wij het volgende gebeuren. Het oplopende water verandert de oorspronkelijke hellingshoek zodanig, dat beide met elkaar in evenwicht komen. Deze evenwichtshelling ("*oploophelling*", engels: "*swash slope*") zal vrij steil zijn en enigszins konkaaf; het oplopende water zakt direct weg in het sterk permeabele strandmateriaal, waardoor het omhooggevoerde sediment niet wordt teruggespoeld maar blijft liggen. Met andere woorden, terugloop van water treedt nauwelijks op. Strandopwaarts zien wij dat de oploophelling wordt begrensd door een knik in het strandprofiel: de "*oploopknik*" of — al naar gelang de vorm — "*oplooptrede*" ("*swash step*") genoemd. Vervolgen we het nieuw ontstane profiel onder water, dan vinden we eveneens een knik ontwikkeld op de plaats waar de aankomende golven breken. Deze kan het beste worden aangeduid als "*brandingsknik*" (of "*breekpuntknik*", naar het engelse "breakpoint step").

In de praktijk wordt het zich ontwikkelende strandprofiel mede beïnvloed door zich wijzigende waterstanden. Beweegt het gemiddeld waterniveau onder invloed van eb en vloed zich periodiek — en met een behoorlijk grote amplitude — omhoog en omlaag, dan zal het strandprofiel zich voortdurend aan de nieuwe waterstanden proberen aan te passen. Halverwege opkomend of afnemend getij verschuift het waterniveau zo snel, dat hier niet of nauwelijks iets van terecht komt. Rond hoogwater en rond laagwater ligt dit anders, en vindt er wel een duidelijke aanpassing plaats. Het gevolg is, dat zich min of meer een dubbel profiel ontwikkelt, met een tweetal brandingsknikken en een tweetal oploopknikken. Het best gevormd is dan de brandingsknik ontstaan bij laagwater, en de oploopknik bij hoogwater. Dit is begrijpelijk, omdat de ontwikkeling van alle "*tussentiggende profielknikken*" wordt tegengewerkt bij de andere waterstanden dan waarbij ze worden aangelegd. De morfologie wordt nog meer ingewikkeld, als de verschillen tussen springtij en doodtij ter plaatse erg groot worden, wat het geval is bij zeer grote niveauverschillen tussen eb en vloed. Voorts zijn ook de golfhoogten niet gelijk. Het natte strand kan daarom soms een reeks van knikken vertonen, die in de engelse literatuur gezamenlijk worden aange-

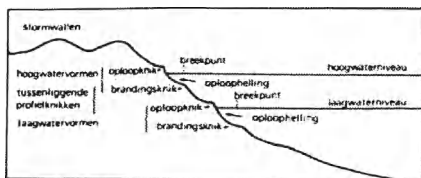


Fig. 8. Karakteristiek dwarsprofiel door een grindstrand bij grote getijden-amplitude (naar King, 1972). Zie voor de Engelse benamingen de tekst.

duid als "foreshore steps" (de bij laagwater zichtbare "tussenliggende profielknikken").

De invloed van golven met een hoge waarde voor H/L, zoals die bij stormweer wordt bereikt, is bij grind- en rolstreanden veel minder destructief dan bij zandstranden. De kritische waarde van H/L ligt in de buurt van 0,017 (tegen gemiddeld 0,011 voor zandstranden). Omdat hoge golven eerder breken, zal zich een brandingsknik verder zeewaarts in het profiel ontwikkelen. De destructieve werking uit zich in het "gladstrijken" van alle eerder gevormde profielknikken, waarbij relatief minder sediment zeewaarts verloren raakt dan bij zandstranden. Landwaarts zien we een heel nieuw verschijnsel optreden: onder de oploop van stormgolven kunnen grind en rolstenen zodanig in beweging worden gebracht, dat ze met grote kracht uit het water en op de kust gesmeten worden. Het gevolg is het opwerpen van een hoge wal evenwijdig aan het strand, die na verloop van tijd kan uitgroeien tot vele meters boven het hoogwaterniveau. In de literatuur treffen wij voor dergelijke vormen namen aan als "strandrug" of "strandwal" ("beach ridge"), namen die echter ook bij zandstranden in allerlei betekenissen zijn gebezigd. Gezien het bovenbeschreven zeer specifieke wordingsproces en de vorm en positie van deze wallen, is het raadzaam hiervoor de niet met andere vormen en processen te verwarren term "*stormwal*" in te voeren (engels: "shingle beach ridge"). Merkwaardig is het feit dat er, zoals ook getekend in fig. 8, soms een dubbele stormwal wordt aangetroffen. In de literatuur wordt daarvoor geen bevredigende verklaring gegeven. Mogelijk zijn ook hierin de waterstandsverschillen tussen eb en vloed weerspiegeld; een andere verklaring kan zijn, dat onder een overheersende aanvoer van nieuw sediment een zekere aanwas is opgetreden, en er ouderdomsverschillen tussen beide ruggen bestaan. Een argument voor de laatste opvatting kan zijn dat de ruggen zelden veel in hoogte verschillen. Bij duidelijke gevallen van voortgaande aanwas treffen wij series van stormwallen aan, waarvan de oudste ver landinwaarts kunnen liggen, eveneens zonder grote onderlinge hoogteverschillen. Ze zijn dan vaak van elkaar gescheiden door laaggelegen vlakke gebieden met fijnere sedimenten (zand, silt en klei). Een bekend voorbeeld is Dungeness Foreland in Zuidoost Engeland. Ook bij regressie kan een landschap ontstaan met reeksen stormwallen. In dat geval liggen de oudste ruggen landinwaarts gewoonlijk duidelijk hoger dan de jong gevormde.

Bepaalde grindstranden vertonen een hoge mate

van sortering van het materiaal in de lengterichting van het strand. Bijzonder fraai is dit waarneembaar bij Chesil Beach aan de Engelse zuidkust. Bij Portland (oostzijde) bestaat het strand uit rolstenen van 5 à 7 cm in diameter; de top van de stormwal reikt daarbij tot 13,3 m boven het G.H.W. (gemiddeld hoogwaterniveau)! Naar het westen neemt de diameter van het strandmateriaal steeds verder af, tot 1 à 2 cm bij Abbotsbury, op ca. 29 km afstand van Portland gelegen. De stormwal reikt op die plaats nog tot 7 m boven G.H.W. (zie King, 1972).

3.2. Zandstranden

Bij vergelijking van strandprofielen vallen de grote verschillen in evenwichtsgradiënten direct op. Deze verschillen hangen voornamelijk samen met de granulaire samenstelling van het sediment waaruit de stranden zijn opgebouwd.

Bascom (1951) was één der eersten die bovenstaand verband bestudeerde bij stranden langs de kust van Californië. Hij koos voor het onderzoek stranden onder vergelijkbare condities en met een open ligging ten aanzien van konstruktieve golfwerking vanuit de Stille Oceaan. Hiermee werd de invloed van andere variabele factoren min of meer onder één noemer gebracht, en kon het directe verband tussen korrelgrootte van het strandzand en de bijbehorende evenwichtsgradiënt van de oploophellingen worden vastgesteld. Na zijn onderzoekingen en de publicatie van de uitkomsten daarvan is vervolgens door hem en anderen ook de variatie in uitwerking van diverse golftypen onderzocht. Dit was weer mogelijk door stranden met vergelijkbare sedimentologische opbouw, maar met grote verschillen in expositie te bestuderen. Het bleek voldoende de stranden naar de mate van blootstelling aan golfwerking in te delen in drie groepen: a) stranden met een open ligging, b) stranden met een half open ligging, c) stranden met een beschutte ligging. Bij open stranden werden op hetzelfde materiaal hoge gradiënten gemeten bij evenwicht met de oploep en terugloop van lange golven, met lange golfperiodes en kleine verhoudingen H/L. De laagste gradiënten trof men aan bij beschutte stranden, aangelegd onder invloed van korte golven met korte periodes en een grote verhouding H/L. De samengevatte gegevens van verschillende auteurs voor een reeks van waarnemingen langs stranden aan de westkust in de U.S.A. zijn weergegeven in figuur 9 (uit Davies, 1972, naar Wiegel, 1964).

Zandstranden zijn sterker onderhevig aan voort-

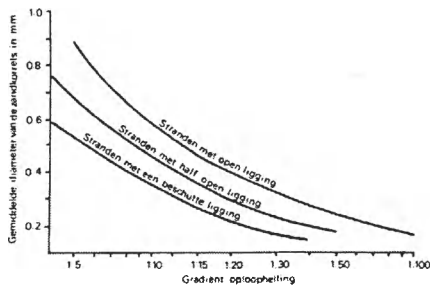


Fig. 9. Het verband tussen evenwichtshelling en gemiddelde korrelgrootte van het strandzand voor stranden met een verschillende mate van expositie t.a.v. konstruktieve golfwerking.

durende vormveranderingen dan rolsteenstranden. Oplappende golven van geringe energie zijn al in staat veel zand te verplaatsen; zo zal zich bij iedere waterstand en iedere golfhoogte een nieuw evenwicht trachten in te stellen langs de oeverlijn. Ondanks deze voortdurende lokale beïnvloeding van het bestaande strandprofiel, is ook bij zandstranden het hele profiel vaak van een zeer karakteristiek type. Bij nadere bestudering valt op dat het voor een goed begrip nuttig is een drietal hoofdprofieltypen — zoals deze onder verschillende omstandigheden kunnen ontstaan onder invloed van konstruktieve golfwerking — afzonderlijk te onderscheiden. Kent men deze profielen en hun genese, dan zullen de tussenvormen of gemengde vormen gemakkelijk kunnen worden herkend en begrepen.

3.2.1. *Het strakke, konkave strandprofiel*

Dit "smooth profile" type is weergegeven in figuur 10a. De ontwikkeling hiervan kan alleen plaatsvinden bij aanwezigheid van strandzand van zeer uiteenlopende korrelgrootte, en voorts onder kondities van relatief geringe sedimentaanvoer (zoals bij ingesloten baaien) en/of een grote getijde-amplitude.

Op het laagste deel van het strandprofiel, dat zich beneden het laagwatermiveau nagenoeg zonder knikken over de zeebodem kan voortzetten, blijkt zich na verloop van tijd het fijnste strandmateriaal te hebben gekoncentreerd, terwijl de grovere zandfrakties op het hogere deel van het profiel worden teruggevonden. Met andere woorden, er is een sterke mate van sortering opgetreden binnen het strandprofiel, waarbij er een evenwicht is ontstaan tussen

de plaatselijke gradiënt en de gemiddelde diameter van het aanwezige sediment, evenredig met de vrijkomende energie per oppervlakte-eenheid van de oplappende golven.

Het proces van sortering versterkt het parabolische karakter van het strandprofiel. Is dit konkave profiel eenmaal ontstaan, dan kan het zich lange tijd handhaven. Uiteindelijk is het hele profiel te beschouwen als één evenwichtshelling, opgebouwd onder invloed van het sortierend effect van de oplappende golven. King (1972, pag. 354) spreekt van het instellen van "the equilibrium swash slope gradient".

Hoewel dit onder de paragraaf over rolsteenstranden niet is genoemd, kan onder vergelijkbare kondities dit profieltype zich ook ontwikkelen in grof materiaal. Op rolsteenstranden is het verschil met een profiel ontstaan onder destrukatieve invloed van stormgolven overigens niet zo groot, behalve dat er dan stormwallen worden gevormd. Voorts ontbreekt hierbij ook de karakteristieke sortering van het strandmateriaal langs het dwarsprofiel.

3.2.2. *Het "brandingsbank-profiel"*

Bij het tweede profieltype — in beeld gebracht in fig. 10b — is de ontwikkeling van langgerekte, permanent onder water liggende sedimentruggen evenwijdig aan het strand, het meest karakteristieke verschijnsel. Deze ruggen vormen zich op het breekpunt van golven wanneer deze gedurende langere tijd in series van gelijke vorm en afmetingen recht op de oever aanlopen. Ter weerszijde van het breekpunt wordt zand opgewoeld dat zich op de plaats van het breekpunt afzet en daar de zeebodem langzaam maar zeker verhoogt. Behalve door een langdurige inwerking van golven van gelijke vorm en energie wordt het ontstaan van deze zandakkumulaties optimaal bevorderd door een gelijkblijvende waterstand (afwezigheid van getijden) en bij aanwezigheid van homogeen en goed gesorteerd zand. In dwarsdoorsnede blijven deze zandbanken min of meer symmetrisch; de maximale hoogte die wordt bereikt onder de geschetste ideale omstandigheden bedraagt ongeveer de helft van de oorspronkelijke waterdiepte.

Wat de naamgeving betreft lijkt het hier juist — analoog aan de eerder ingevoerde term brandingsknik — te spreken van een "brandingsbank". In de literatuur vinden we tal van begrippen terug, naar genese en/of vorm gewoonlijk onduidelijk gedefinieerd, waarmee meestal (maar niet altijd) dezelfde vorm wordt bedoeld.

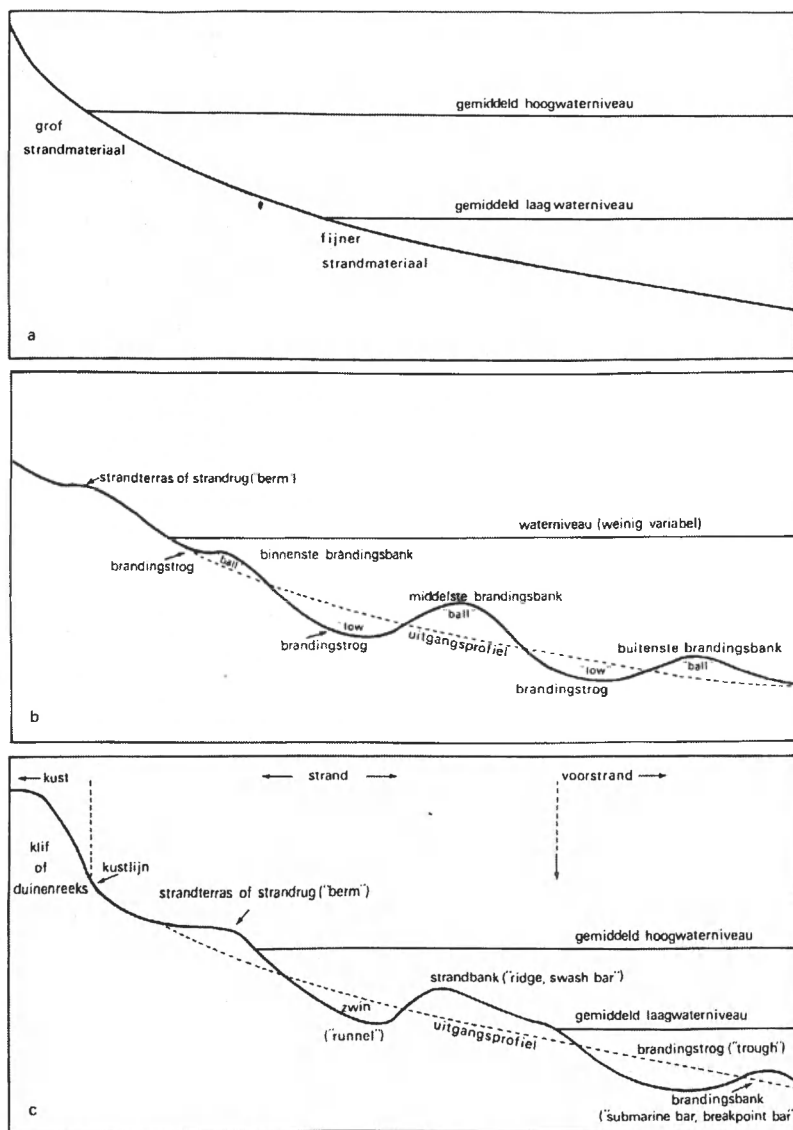


Fig. 10. Karakteristieke profielen door zandstranden.

- a) konkaaf, strak profiel ("smooth profile");
 b) brandingsbankprofiel ("ball and low profile") met een drietal permanent onder water gelegen brandingsbanken (engels: "breakpoint bar" of "submarine bar"; ook "ball") en tussenliggende brandingstroggen (engels: "through"; ook "low");
 c) getijde-strandprofiel ("ridge and runnel profile").

Escher (1950) spreekt van "strandbank", geen juiste benaming omdat in het licht van de eerder gegeven definities de vorm zich niet op het strand, maar vóór het strand bevindt. In de engelse literatuur zijn de termen "(sand)bar", "longshore bar", "offshore bar" en "submerged bar" veel gebruikt. De term "longshore bar" is hiervan de beste, hoewel vanuit het onderzoek van modellen de goede term "breakpoint bar" is geïntroduceerd.

King (1972) signaleert eveneens deze terminologieproblemen en stelt voor om in het engels de term "submarine bar" te gebruiken om daarmee tevens voor eens en altijd het in handboeken nog steeds opduikende sprookje uit de wereld te helpen dat deze brandingsbanken tot boven water zouden kunnen aangroeien om een zogenaamde "(offshore) barrier" of "vrije strandwal" te vormen (zie voorts Evans, 1942 en Shepard, 1950). Ook modelexperimenten hebben onweerlegbaar vastgesteld dat dit niet mogelijk is.

Wanneer dergelijke "vrije strandwallen" (of "strandwalcilanden") al bestaan, dan zijn dat resten van oude gesloten (duin)kusten en/of schoorwallen, overgebleven na het doorbreken daarvan door de zee en eventueel het inrunderen van het achterland. Hierop wordt aan het eind van dit artikel nog nader teruggekeken.

Wel vermeldt Davies (1972), die overigens hetzelfde standpunt inneemt als King, een enkel extreem geval aan de Amerikaanse westkust van het boven water raken van een tijdens storm en springvloed ontstane brandingsbank. Dit gebeurde in een navolgende periode van zeer laag water bij eb, nadat de storm was uitgeraasd. Binnen één enkel etmaal nadien bleek de vorm door golfwerking al weer te zijn afgebroken.

Hoewel de ontwikkeling van brandingsbanken zich voor de meeste stranden in meerdere of mindere mate voordoet, zijn de mooiste voorbeelden van deze ontwikkeling, vnl. door het ontbreken van getijden, te vinden langs de oevers van grote meren op aarde. Deze ideale situaties worden met name aangetroffen langs bepaalde oevers van de grote meren in de U.S.A. Vaak blijken er hier wel twee of maximaal drie brandingsbanksystemen evenwijdig aan elkaar te bestaan. Elke bank korrespondeert met de invloed van een bepaald overheersend golfstype. Gewoonlijk is de buitenste bank weinig ontwikkeld, en gevormd door zeer energierijke, maar weinig frekwent voorkomende stormgolven. De middelste is meestal zeer fraai en korrespondeert met de inwerking van

golven van middelmatige energie, die zijn opgewekt door de aldaar veelvuldig heersende vrij harde wind. In perioden van rustig weer en bij zwakke wind ontwikkelen zich vaak lage golven van geringe energie, die ongehinderd kunnen doorlopen over de verder uit de kust gelegen banken tot vlak voor het strand, waar door breking de binnenste brandingsbank ontstaat. De depressies tussen de banken worden traditioneel in de engelse literatuur aangeduid als "through" of "low". In relatie tot de term "low" wordt ook de term "ball" nog wel eens gebruikt voor het aangeven van de ruggen. In het Nederlands kan de term "brandingstrog" (Escher, 1950) gebruikt worden.

De plaats waar een aanrollende golf breekt is zoals bekend alleen afhankelijk van waterdiepte en golflengte. De verhouding H/L is daarbij nauwelijks belangrijk. Wel blijft deze verhouding van betekenis in de ontwikkeling van het overige deel van het strandprofiel. Zowel bij dit "brandingsbankprofiel" als bij het onder 3.2.3. te behandelen profieltype ontstaat bij konstruktieve golfwerking een opeenhoping van zand tot op het hoogste niveau van de olopende golven. Afhankelijk van de precieze vorm kan hieraan de term "strandterras" of "strandrug" worden toegekend (zie fig. 10b en 11). In het engels gebruikt men hiervoor nu het woord "berm". Vooral bij aanvoer van een overmaat aan sediment (aanwas)-kunnen deze strandruggen of strandterrassen een dusdanige breedte en hoogte bereiken dat deze vormen permanent boven water komen te liggen en uiteindelijk niet meer door golven kunnen worden overspoeld. Op dat moment is de vorm uitgegroeid tot een "strandwal" ("beach ridge"), waarna veelal het eolische agens zorg draagt voor verdere verandering en verhoging van deze nieuwe vorm, en duinvorming optreedt. Men bedenke dat de oude term strandwal in strikte zin weer een weinig geschikte benaming is, omdat, zodra de vorm is ontstaan, het geen "strandvorm" meer is, maar deel uitmaakt van de kust. Misschien is het kiezen van een nieuwe term te ver gezocht, al zou het woord "kustwal", of de oude term "zeereep" hier kunnen dienen; voorts dient te worden opgemerkt dat gezien het primaire ontstaan van deze vorm uit een strandrug op het droge strand de reeds lang ingeburgerde benaming "strandwal" niet zo verwerpelijk is.

3.2.3. Het "getijde-strandprofiel"

Evenals bij rolsteenstranden het geval is, kan de steeds wisselende waterstand bij getijde-



Fig. 11. Strandrug in opbouwfase; foto kort na hoogste vloedstand. Let op het nog natte recent opgebrachte zand.

werking een markante invloed hebben op de profielontwikkeling. Uitgaande van het onder 3.2.2. beschreven profieltype zal het voor de hand liggen dat :

1. de vorming van een kompleks van brandingsbanken wordt tegengewerkt, omdat het breekpunt zich niet opkomen van vloed meer landwaarts, bij het invallen van eb meer zeewaarts verplaatst, en dat
2. de ontwikkeling van een strandterras of strandrug ("berm") bij konstruktieve golfwerking uitsluitend plaatsvindt op en boven het gemiddeld hoogwaterniveau.

Punt 1 betekent in de praktijk, dat er gewoonlijk maar één brandingsbank tot ontwikkeling komt; een goed voorbeeld hiervan treffen wij gewoonlijk aan voor het Hollandse strand.

Ten aanzien van het tweede punt dient een aanvulling te worden gegeven. De accumulatie van sediment op het strand onder de daarvoor geschikte kondities (konstruktieve, loodrecht op het strand invallende golven) vindt namelijk niet alleen tijdens hoogwater plaats. De sedimentaanvoer tijdens de overige waterstanden resulteert gewoonlijk ook in de ontwikkeling van een in dit geval asymmetrische rug van zand met de basis op het laagwaterniveau (zie fig. 12). Een voorwaarde voor het ontstaan van deze "strandbank" ("ridge", volgens de terminologie van King, 1972; of "swash bar", een term die

ingevoerd is na het onderzoek aan laboratoriummodellen) is wel, dat de initiële helling van strand en zeebodem minder steil is dan de evenwichtshelling die de zeewaarts gerichte flank van deze strandbank gaat vormen onder invloed van de oploop en terugloop der golven. Een strandbank verdwijnt bij vloed onder water, en is door een depressie (zwin: engels: "runnel") van het hogere strandgedeelte gescheiden. Zie voor het volledige profiel fig. 10c, en het blokdiagram fig. 13, waarin nog eens een compleet overzicht van vormen en namen wordt gegeven.

In bepaalde gevallen is de ontwikkeling gekompliceerder, en ontstaan er twee of meer strandbanken op het natte strand. Factoren die onder meer hiertoe kunnen leiden zijn :

- a. Extreem hoge getijdeverschillen, waardoor ook de gemiddelde hoogwaterstand per etmaal cyclisch sterk varieert tussen springtij en doodtij (vergelijk dit met de tekst over de ontwikkeling van de "tussenliggende profielknikken" van de grindstranden).
- b. De aanwezigheid van zeer fijn strandzand, waarbij brede stranden met flauwe evenwichtsgradiënten worden aangelegd. Deze stranden reageren gevoelig op iedere wijziging in waterstand, golfwerking, etc.

Hoewel in theorie bij bekende genese nog afzonderlijke namen gegeven zouden kunnen



Fig. 12. Ontwikkelde strandbank met zwin en mui, zoals zichtbaar bij laag water.

worden, is het praktisch voldoende te spreken van een 1e en 2e, en eventueel 3e strandbank tussen laagwaterlijn en het droge strand. Het enkelvoudige of meervoudige *getijde-strand-profiel* wordt in de moderne engelse literatuur aangeduid als een "ridge and runnel profile".

3.2.4. De uitwerking van destructieve golven op zandstranden

Zoals bekend wordt de golfwerking bij inval recht op het strand destructief na het overschrijven van een kritische waarde in de verhouding H/L . Dit betekent dat de netto-balans van het transversale sedimenttransport dan zee-waarts gericht is. Omdat de kritische waarde H/L in het algemeen pas door stormgolven bereikt wordt betekent dit tevens dat het bij destructieve werking ook gaat om golven van hoge energie, die in korte tijd zeer veel zand tot ver buiten de brandingszone kunnen transporteren. Hier staat tegenover dat destructieve golven veel minder frequent voorkomen dan golven met konstruktieve uitwerking. Voor de meeste lange zandstranden op aarde geldt dat het verlies aan materiaal bij storm slechts kan worden gecompenseerd door voldoende longitudinale aanvoer in de vorm van strand-drift en brandingsdrift. Wordt deze door verandering van natuurlijke factoren of door een kunstmatige ingreep afgesneden, dan zal voort-

gaande erosie van het strand het gevolg zijn. Afslag van achterliggende kustgedeelten gaat veelal de kompensatie vormen voor het gebrek aan voeding van die stranden.

Bij storm zien wij, dat het strandprofiel onder afvoer van sediment a.h.w. wordt gladgestreken en veel lager komt te liggen; de gradiënt neemt dan sterk af. Treedt er daarbij afslag op van losse materialen dan ontwikkelt zich vaak een soort zeewaarts hellende terrasvorm van dit afgeslagen en over het strand verspreide materiaal. Deze vorm moet niet worden verward met het eigenlijke "strandterras" of de "strandrug" die onder invloed van konstruktieve golfwerking ontstaat. De duidelijke kenmerken van afslag van het achterliggende kustgedeelte maken het echter goed mogelijk onderscheid te maken.

3.2.5. Secundaire invloed van de wind bij zandstranden

Golfwerking, konstruktief of destructief, wordt versterkt c.q. verzwakt afhankelijk van de richting en sterkte van de heersende wind. Zonder hier in detail op in te gaan kan worden gesteld dat opbouwende werking van golven wordt tegengewerkt wanneer wind het water in de richting van het strand opstuwt. Is de wind actief in tegengestelde richting dan wordt deze werking versterkt. Optimaal konstruktief blijken

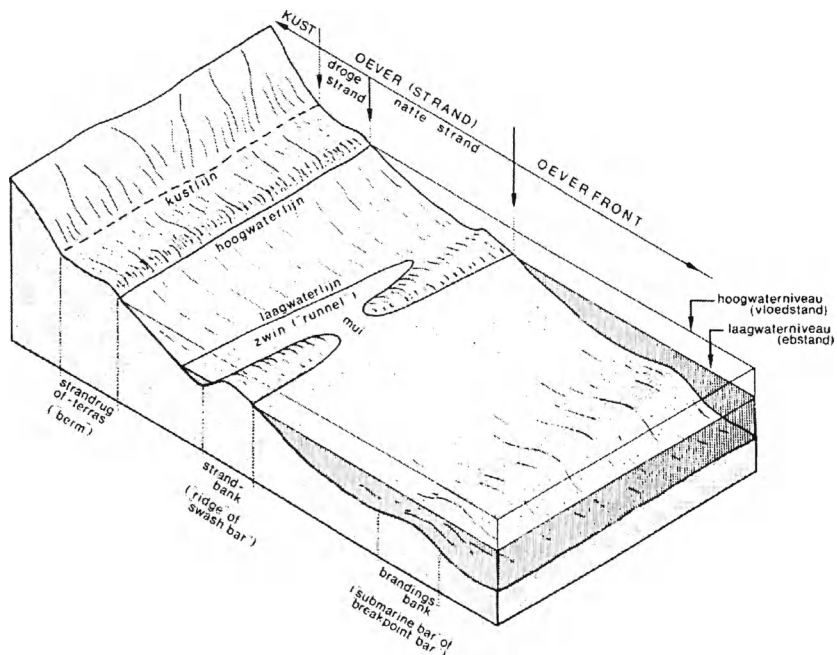


Fig. 13. Blokdiagram van een getijde-strand ("ridge and runnel beach") na periode van konstruktieve golfwerking. Bij voortgaande aggradatie kan de strandrug uitgroeien tot een nieuwe "kustwal" of "zeereep" (ook "strandwal" genoemd); de kustlijn komt dan zeewaarts van deze vorm te liggen.

energie-rijke golven met een lage verhouding H/L (b.v. hoge en zeer lange deiningsgolven), in combinatie met een sterke landwind. In deze omstandigheden kan — zoals vaak bij open oceaanstrengen het geval is — in korte tijd zeer veel sediment uit de brandingszone op het strand worden gebracht. Omgekeerd zijn b.v. voor de Nederlandse strengen sterke westenwinden met energie-rijke, relatief hoge en korte stormgolven spoedig destrukief.

4. DE FORMING VAN HAAKWALLEN EN SCHOORWALLEN

Eerder in dit artikel werd reeds het belang van het longitudinale materiaaltransport langs strengen toegelicht. Metingen langs strengen in Californië spreken van verplaatsingen van wel 500 tot 2500 m³ zand per dag (Norris, 1964). Het transport kan in principe plaatsvinden in één van de twee tegengestelde richtingen langs

het strand. Die richting wordt bepaald door de — variabele — invalshoek der golven. Over langere tijd bezien overheerst bij lange aanengesloten strengen het transport in één van de twee richtingen. Het gevolg is bij voldoende sedimentaanvoer dat het strand zich in die richting tracht te verlengen. Wordt dit niet verhinderd door sterke stromingen, dan zien we de aangroei voortgaan, ook waar zich inhammen of uitsteeksels in of aan de kust bevinden. Er bouwt zich dan in zee een sedimentbank ("haakbank") op, die allengs ook permanent boven water gaat uitsteken: een haakwal ("spit"). Deze vorm kan zich dusdanig verlengen, dat daarbij inhammen worden afgesloten, of dat een positie wordt ingenomen evenwijdig aan een reeds bestaande kustlijn. Er is dan sprake van een schoorwal (afhankelijk van de positie in het engels aan te duiden als: "bay mouth barrier" of "coastal barrier"). Deze schoorwallen, die in de meeste gevallen uiteindelijk aan twee zijden

van het vasteland zijn aangehecht, worden al of niet onderbroken door één of meer getijde- of rivierdoorlaten. Een baai of lagune is daarbij ingesloten, c.q. gevormd. Fraaie voorbeelden van schoorwallen vinden we bij de Noord-duitsse harkusten (zie Bos-atlas). Wordt er zeer veel sediment aangevoerd, dan kan op een schoorwal duinvorming optreden en de vorm sterk worden verhoogd.

Op bovenbeschreven vormen zijn tal van variaties mogelijk. Door getijde-stroming en golfwerking zien we vaak omgebogen vormen van haakwallen: "weerhaakwallen" ("recurved spits"). Een walvorm die de verbinding vormt tussen het vasteland en een eiland, of tussen eilanden onderling, wordt aangeduid als *tombolo* ("waf"). Wordt deze tombolo nog bij hoogwater overspoeld, dan is er sprake van een "tombolo-bank". Een doorgebroken schoorwal, die daarmee geïsoleerd is geraakt van het vasteland, wordt in het Nederlands nog vaak een "vrije strandwal" genoemd (engels: "offshore barrier", "barrier beach"). Maar nogmaals: "vrije strandwallen" duiken niet plotseling uit zee op (zie onder 3.2.2.), maar zijn resten van oude schoorwallen of hebben oorspronkelijk deel uitgemaakt van het vasteland.

Voorgesteld kan worden de term "vrije strandwal" te verlaten en te spreken van "schoorwal-resten" c.q. "kustwaleiland" (of eventueel "strandwaleiland") indien het resterende delen van een oude vaste duinkust betreft, die initieel is opgebouwd uit een reeks op het droge strand gevormde kustwallen (of — vaste — "strandwallen", zie 3.2.2.).

Voor wat betreft de nederlandse kustontwikkeling is reeds een intensieve research gepleegd (zie het huidige overzicht hiervan gegeven door Terwindt en Walther, 1976). Toch zou de door

Van Straaten e.a. gepresenteerde voorstelling van de ontwikkeling van "lagunaire stadia en bijbehorende strandwalssystemen" naar onze mening aan duidelijkheid winnen wanneer deze meer zou zijn gekoppeld aan het principe van schoorwalvorming c.q. het doorbreken van eerder genoemde vaste duinkusten. Kustlijnen ontstaan nu eenmaal niet zomaar ergens in zee, maar groeien aan vanuit bestaande landsituaties, en vaak vanuit de nabijheid van rivierdelta's, van waaruit veel benodigd sediment kan worden geleverd. De zeer actieve opbouw van onze jonge gesloten duinkust kan tot over een grote lengte zeer wel samenhangen met de onder invloed van de mens vergrote sedimentafvoer van de grote rivieren door ontbossing en het in cultuur brengen van het achterland. Deze ontbossingen hebben op grote schaal plaatsgevonden in de Romeinse tijd en de Middeleeuwen. Dit duidt dan tevens weer op de belangrijke rol van het longitudinale sedimenttransport ook in het recente verleden.

5. SLOTOPMERKINGEN

Zonder volledig te kunnen zijn, en zonder te kunnen ingaan op de sedimentologische structuur van strandvormen, is geprobeerd vanuit geomorfologische gezichtspunten een samenvatting te schrijven over het verband tussen vormen, materialen en processen met betrekking tot het strand. De auteur hoopt dat zijn streven naar een zuiver vaktaalgebruik de leesbaarheid ervan heeft bevorderd. Verdere discussie met vakgenoten en belangstellenden over dit onderwerp en bijbehorend terminologiegebruik zal buitendien ten eerste op prijs worden gesteld.

LITERATUUR

Literatuur uitsluitend gebruikt t.b.v. het nomenclatuur-onderzoek en niet in de tekst van dit artikel genoemd, is niet opgenomen in onderstaand overzicht.

- BASCOM, W. N., 1951. The relationship between sand size and beach face slope. *Trans. Am. Geophys. Un.*, 32: 866-874.
 BIRD, E. C. F., 1968. *Coasts*. Canberra.
 CURRAY, J. R., 1964. Transgressions and Regressions: in Miller (ed.), *Papers in Marine Geology*: 175-203. New York.
 DAVIES, J. L., 1972. *Geographical Variation in Coastal Development*. Edinburgh.
 EISMA, D., 1968. Composition, origin, and distribution of

- Dutch coastal sands between Hook of Holland and the Island of Vlieland. *Neth. Journ. Sea Res.* 4 (2): 123-267.
 ESCHER, B. G., 1950. *Grondslagen der Algemene Geologie*. Amsterdam.
 EVANS, O. F., 1972. The origin of spits, bars and related structures. *J. Geol.* 50: 846-865.
 HARRIS, R. L., 1955. Restudy of test shore nourishment by offshore deposition of sand. Long Branch, New Jersey. B.E.B. Techn. Memo. 62.
 INMAN, D. L. en B. M. BRUSH, 1973. *The Coastal Challenge*. Science 181: 20-31.
 IPPEN, A. T. en P. S. EAGLESON, 1955. A study of sediment sorting by waves shoaling on a plane beach. B.E.B. Techn. Memo 63.

- KING, C. A. M., 1972. *Beaches and Coasts*. London. 2e druk.
- NORRIS, R. M., 1964. Dams and beach-sand supply in southern California: in Miller (ed.), *Papers in Marine Geology*: 154-171. New York.
- PRICE, W. A., 1951. Barrier island, not offshore bar. *Science* 113: 487-488.
- PRICE, W. A., 1968. Bars: in Fairbridge (ed.), *Encyclopedia of Geomorphology*: 55-58, New York.
- RUSSELL, J. R., 1967. River plains and sea coasts. Berkeley and Los Angeles.
- RUSSELL, R. C. H. and D. H. MACMILLAN, 1952. *Waves and Tides*. London.
- SHEPARD, F. P., 1950. Longshore Bars and Longshore Troughs, B.E.B. Tech. Memo. 15: 1-31.
- SHEPARD, F. P., 1952. Revised nomenclature for depositional coastal features. *Bull. Am. Assoc. of Petrol. Geol.*, 36 (10): 1902-12.
- STRAATEN, L. M. J. U. VAN, 1961. Directional effects of winds, waves and currents along the Dutch North Sea coast. *Geol. en Mijnb.*, 23: 333-346 en 363-393.
- STRAATEN, L. M. J. U. VAN, 1963. Aspects of Holocene sedimentation in the Netherlands. *Verh. K.N.G.M.G.*, Geol. ser., 21 (1): 149-172.
- STRAATEN, L. M. J. U. VAN, 1965. Coastal barrier deposits in South- and North Holland. *Med. v.d. Geol. Sticht.*, Nwe Ser. 17: 41-76.
- STRAATEN, L. M. J. U. VAN, 1974. Kusten: in Pannekoek (ed.), *Algemene Geologie*: 455-476.
- TERWINDT, J. H. J. en A. W. WALTHER, 1976. Current trends of coastal research in the Netherlands. *Geoscience and Man*, XIV, June 1: 73-87.
- THOM, B. G., 1968. Coastal erosion in eastern Australia. *Austr. Geogr. studies*, 6: 171-173.
- THORNBURY, W. D., 1960. *Principles of Geomorphology* (1e uitgave, 5e herdruk). London.
- WIEGEL, R. L., 1964. *Oceanographical engineering*. New York.
- WINKELMOLEN, A. M., 1969. *Experimental rollability*. Thesis. Groningen.

NOOT

- ¹ De W.v.G.T. bestaat uit de leden drs. L. W. S. de Graaff, drs. F. J. P. M. Kwaad, drs. J. J. M. van der Meer, dr. J. Rupke, dr. A. L. Simons en dr. J. Verhofstad.

MEDEDELING

SYMPOSIUM "LUCHTWAARNEMING"

"REMOTE SENSING ONDERZOEK IN NEDERLAND, IN HET FREQUENTIEGEBIED VAN MICROGOLVEN TOT ZICHTBAAR LICHT"

De Nederlandse Vereniging voor Fotonica is voornemens een symposium "Luchtwaarneming" te organiseren, dat op 1 en 2 september 1977 in de Aula van de Technische Hogeschool te Delft zal worden gehouden.

Behandeld worden enige civiele toepassingen waaraan in Nederland onderzoek van betekenis is verricht. Zo komen aan de orde onderzoek aan gewassen, wateroppervlakken en problemen uit de hydrologie. De stand van kennis en mogelijkheden zal worden uiteengezet en toegelicht vanuit het onderzoek. Hierbij zal een visie op de toekomst niet worden vergeten.

De instrumentatie wordt voornamelijk behandeld als onderdeel van het onderzoek. De benadering van de onderwerpen vindt zowel vanuit de theorie als vanuit het experiment plaats.

Het symposium zal worden ingeleid met een beschouwing over enige beleidsaspecten betreffende de toepassingen van luchtwaarneming in Nederland.

Het programma omvat:

- Enige beleidsaspecten
- Luchtwaarneming, algemene aspecten
- Luchtwaarneming, vliegtechnische aspecten
- Microgolven en gewassen
- Microgolven en watergolven
- Microgolfinstrumentatie
- Warmtebeelden en hydrologie
- Licht en gewassen
- Spectrale metingen van lichtreflecties.

Ned. ver. voor Fotonica

Symp. secr.: Ing. P. W. H. Peteri

Nationaal Licht- en Ruimtevaartlaboratorium

Anthony Fokkerweg 2, Amsterdam.

Tel. 020-5113113.