

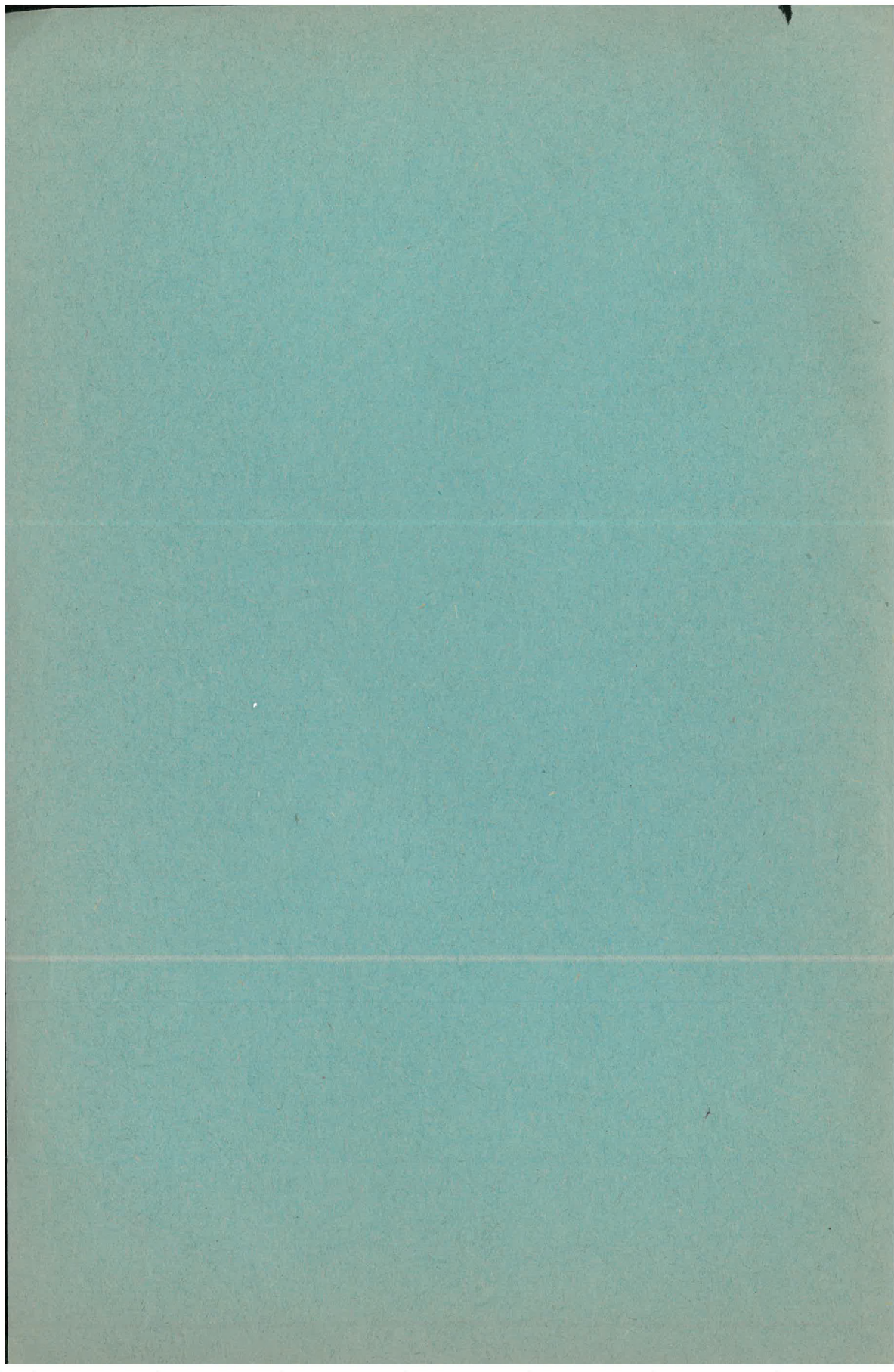
~~17128~~

Overgedrukt uit het « Natuurwetenschappelijk Tijdschrift »
Natuurwet. Tijdschr., 38, pp. 89-99, 2 fig., Pl. VI-VII. Gent, 31-10-1956

146286

Eolisch Zandtransport langs het Belgisch Strand

door F. SNACKEN (Gent)



Eolisch Zandtransport langs het Belgisch Strand

door F. SNACKEN (Gent)

(PLATEN VI-VII)

EOLIAN MOVEMENT OF SAND ALONG THE BELGIAN COAST

Summary. — Eolian movement of beach-sand becomes important along the Belgian coast as soon as strong winds of at least 6m/sec strike on dry and loose beach-sand. The required conditions occur rather in the spring season, when strong northeasterly winds, and direct insolation are frequent, than under the dominant but usually rainy westerlies.

On the basis of this viewpoint, an attempt is made to explain some morphological characteristics of beach and dunebelt.

Ondanks de aanzienlijke technische middelen die gebruikt werden en heden nog gebruikt worden om de Belgische kust te stabiliseren, blijft de beweging van zeezand langs het strand een dagelijkse realiteit. Studies verricht naar de oorzaken van het zandtransport waren vooral georiënteerd naar het mechanisme van dit transport in marien milieu. Het komt ons echter voor dat de beweging van zeezand in een niet te verwaarlozen mate ook langs eolische weg geschiedt.

Tussen 1950 en 1956 verkeerden we in de gelegenheid in verband hiermee occasionele alsook een reeks dagelijkse waarnemingen te verrichten, waarvan de resultaten hierna worden aangegeven en besproken.

Weerkundige omstandigheden onder dewelke eolisch zandtransport plaats grijpt

Tijdens dagelijkse waarnemingen, verricht op het strand te Oostende van 21 april tot 30 mei 1954, werd genoteerd wanneer en onder welke weersomstandigheden zandverstuiving optrad. Hierbij werd onderscheid gemaakt onder dagen met continu optredende zandverstuiving, dagen met intermittente zandverstuiving en dagen zonder zandverstuiving. De waarnemingen werden uitsluitend tijdens de dag verricht. De resultaten zijn aangegeven in tabel I, tesamen met de meteorologische gegevens opgenomen te Oostende (pier)¹.

Vooraleer de gegevens te ontlede dient er op gewezen dat tot de dagen met intermittente verstuiving diegene worden gerekend, die niet duidelijk door continu verlopende of door afwezige zandverstuiving zijn gekenmerkt. Hieronder vindt men dus naast dagen met spasmodische stuifperiodes onder constant windregiem ook dagen met weersverandering en een overgang van b.v. zwak-winderig zonder transport naar sterk-winderig met continu transport. De meteorologische gegevens in de tabel aangegeven weerspiegelen de dominerende toestand gedurende de dag. Overgangstoestanden en sterk variërende weerskenmerken zijn uit de gegevens af te leiden. De metingen werden niet op het strand verricht maar op de pier, ongeveer

¹ Door het Oostends Station van het Koninklijk Meteorologisch Instituut.

TABEL I. — Dagelijkse weerkundige gegevens te Oostende en het verloop van eolisch zandtransport op het strand van 21 april tot 30 mei 1954.¹

Data	Graad van bewolking ¹	Dominerende windrichting	Windkracht Beaufort-schaal	Zeggang	Regeenschlag in mm	Relatieve luchtvochtigheid	Temperatuur in °C		Luchtdruk in mbar	Eolisch zandtransport		
							max.	min.		Continu	Intermittent	Geen
21-4	8-0	ENE	5	4	—	83	9,2	6,3	1023	×	—	—
22	8	ENE	4	3	—	84	9,1	5,4	1024	×	—	—
23	7	NE	2-3	2	—	83	8,0	5,4	1023,5	—	—	×
24	6-0	NE	3	3	—	82	9,4	5,4	1023	—	×	—
25	8-3	ENE	4-6	3-4	—	87	9,4	5,4	1021-1019	×	—	—
26	2-0	ENE	6	5	—	81	10,8	5,9	1018	×	—	—
27	0-4	ENE	6	3	—	78	8,9	5,8	1019-1022	×	—	—
28	0-7	NE-ENE	4-5	2	—	80	9,2	4,4	1023	×	—	—
29	2-4	ENE	3	1	—	95	10,4	5,8	1023-1016	—	×	—
30	0	NW	2	1	—	83	12,1	3,7	1014-1007	—	—	×
1-5	0-7	SW-NW	3	1	—	69	14,5	3,1	1006- 999	—	—	×
2	6-7	W	4-7	5	1,9	74	11,3	7,0	999- 993	—	×	—
3	8-5	W	4-5	3	7,7	83	11,7	6,2	992-1000	—	—	×
4	8	var.	0-3	2-1	—	90	10,7	4,8	1001-1012	—	—	×
5	8	W	4-5	2-4	—	87	10,8	5,8	1015	—	×	—
6	3	WNW	4-6	4	—	80	10,5	8,8	1013-1020	×	—	—
7	0-6	WNW-N	1	4-2	—	81	12,8	8,1	1021-1026	—	—	×
8	0-2	ESE-ENE	1-5	1-3	—	77	17,0	5,8	1026-1022	—	×	—
9	0	ESE	2-4	3	—	71	12,8	5,9	1021-1016	—	—	×
10	7	ENE	0-3	1	—	83	23,0	7,2	1017-1019	—	—	×
11	0-8	W	2	1	—	86	16,4	12,8	1020	—	—	×
12	6-0	ENE	0-3	1	—	87	17,8	11,8	1021	—	—	×
13	0-7	kalm	0-3	1	—	81	25,4	11,0	1021	—	—	×
		ENE-ESE										
14	5	SE	3-4	2	—	64	22,1	11,0	1022-1019	—	—	×
15	7	E-NE	4-6	2-5	—	88	13,8	11,4	1018-1016	×	—	—
16	8	NE	5	4	—	90	14,0	9,1	1015-1013	×	—	—
17	7	NE	6	4-5	—	88	10,6	9,2	1012-1016	×	—	—
18	7-5	NNE-NE	5	4	—	85	10,2	8,0	1017-1022	×	—	—
19	8	N	4	4	—	81	10,5	7,8	1023	×	—	—
20	8	N	4-2	4-3	—	90	10,5	8,3	1023-1019	—	×	—
21	6	N	4-2	3	1,2	83	10,8	9,0	1018-1015	—	×	—
22	8	NW	5-3	4	4,5	92	9,0	7,2	1011-1013	—	×	—
23	8	SW-ESE	2-0	2	3,4	91	12,2	6,8	1013	—	—	×
24	8	SW	0-2	2	—	83	15,2	6,2	1015	—	—	×
25	3	S	3	2	—	61	22,5	7,6	1018	—	—	×
26	5	S-N	2	2	—	83	17,8	14,0	1023	—	—	×
27	3	SE	1	1	—	82	24,6	13,0	1018	—	—	×
28	7	kalm	0	1	9,6	83	24,0	15,2	1015	—	—	×
29	4	W	2	3	—	90	14,3	11,4	1019	—	—	×
30	8	W	2	3	—	98	13,2	10,3	1015	—	—	×

¹ Voor de betekenis van de hier gebruikte codecijfers, zie tabel Ibis.

TABEL Ibis. — Betekenis van de code-cijfers uit tabel I.

Code	Graad van bewolking	Code	Met Beaufortschaal overeenkomstige windsnelheden in m/sec.	Code	Zeegang
0	blauwe hemel	0	0,0— 0,2	0	spiegelglad
1	zonder wolken	1	0,3— 1,5	1	rimpelend
2		2	1,6— 3,3	2	kabbelend
3		3	3,4— 5,4	3	licht golvend
4		4	5,5— 7,9	4	golvend
5		5	8,0—10,7	5	aansietende zee
6		6	10,8—13,8	6	wilde zee
7		7	13,9—17,1	7	hoge zee
8	geheel overtrokken	8		8	zeer hoge zee

één kilometer van de zone der waarnemingen en dit op een hoogte boven de zeespiegel die merkkelijk groter is dan de hoogte van stuivend zand boven de strandvlakte. Voor de sterke aanlandige winden — en het zijn vooral deze die bij dit onderzoek van belang zijn — is het verschil zo gering dat het zonder enige invloed is op de geldigheid van dit betoog.

Wanneer nagegaan wordt onder welke omstandigheden eolisch zandtransport voorkomt, dan blijken er op de 40 observatiedagen 20 te zijn met eolisch zandtransport, waarvan 12 met continu verstuiwing (tabel II). Van deze 12 dagen zijn er 11 met winden uit de noordoostelijke sector (noord tot oost) en 1 met winden uit de westelijke sector (noord-west tot zuid-west)¹. Met inbegrip van de dagen met intermitterende verstuiwing wordt de verhouding 15 tot 4. Bovendien zijn er meer dan dubbel zoveel dagen zonder verstuiwing onder het westelijk regiem dan onder het noordoostelijk.

TABEL II. — Windrichting en zandtransport.

Aantal dagen	Winden uit de sectoren			
	NE	W	andere	Totalen
met continu verstuiwing	11	1	0	12
met intermitterende verstuiwing	4	3	1	8
zonder verstuiwing	3	8	9	20
totalen	18	12	10	40

Wanneer nagegaan wordt welke de windsnelheden zijn tijdens de dagen zonder zandtransport dan blijkt uit tabel III dat van de 20 dagen zonder zandtransport er 14 zijn, gekenmerkt door windkrachten gelegen tussen 0 en 3 Beaufortschaal (0,0 en 3,3 m/sec).

¹ Deze sectorindeling wijkt van de gewone indeling af omdat hij in de hier aangegeven vorm meer aan de realiteit beantwoordt. Inderdaad, kwamen gedurende de observatieperiode slechts uitzonderlijk en kortstondig winden uit het noord-noord-westen voor, zodat de sector gelegen tussen het noorden en het noord-westen buiten beschouwing kan blijven.

TABEL III. — Windkracht en zandtransport.

Aantal dagen	Windkracht in Beauforteenheden					Totalen
	0-2 en 0-3	3 en 2-4	4 en 3-5	5 en 4-7	1-5	
met continu verstuiwing	—	—	3	9	—	12
met intermittente verstuiwing	—	4	2	1	1	8
zonder verstuiwing	14	5	1	—	—	20
totalen	14	9	6	10	1	40

De intermittente vorm der zandverstuiwing wordt voor het eerst waargenomen onder windkrachtregiem 3 (3,4 tot 5,4 m/sec). Nochtans zijn er op 9 dagen onder dit regiem, 5 zonder verstuiwing, wat laat vermoeden dat het de hogere waarden van dit regiem zijn die het zand in beweging houden en mogelijks zelfs nog krachtigere windstoten die de zandopname aan gang zetten. Onder windkrachtregiem 4 (5,5 tot 7,9 m/sec) gaat de intermittente vorm naar de continue over, behalve onder bepaalde ongunstige omstandigheden, die verder worden behandeld. De kritische windsnelheid waarbij droog strandzand continu opgenomen en eolisch verplaatst wordt blijkt dus tussen 6 en 8 m/sec te liggen. Deze gegevens vertonen overeenkomst met verwante toestanden in de Sahara, waar volgens S. M. De Backer intense zandverstuiwing ontstaat bij windsnelheden van de orde van 8 m/sec¹.

Wat in de tabellen I en III echter opvalt, is het voorkomen van dagen met intermittent of zonder zandtransport, onder een windregiem dat soms ver boven de kritische waarde gelegen is. Chronologisch gerangschikt betreft het voornamelijk de data 2, 3, 21, 22 en 28 mei. Behalve 28 mei onderscheiden deze dagen zich van de overige sterk winderige dagen door het optreden van regenneerslag, dicht bewolkte tot overtrokken hemel, met winden uit de westelijke sector.

Herhaaldelijk kon worden vastgesteld dat onder dergelijke weersomstandigheden droog en stuivend strandzand niet meer opgenomen wordt van zodra een regenbui het oppervlakkig gedeelte van dit strandzand bevochtigt.

Wat hierbij van belang blijkt is niet zozeer het feit dat het zand vochtig is, dan het feit dat de neerslaande regendruppels een structuurwijziging veroorzaken van het oppervlakkige strandzand en wel zodanig dat dit zand een zekere cohesie gaat vertonen en als het ware aaneenkit (Pl. VI, 1). Na een lichte regenbui bereikt de dikte van het verkitte laagje 1 à 2 cm. Het is vochtig en rust op droog zand. Naarmate nieuwe buien ook nieuwe hoeveelheden water in de bodem aanbrengen, neemt de dikte van het verkitte laagje toe, doch deze toename geschiedt langzamer dan het doordringen van het doorzijpelend regenwater, zodat tenslotte drie horizonten ontstaan : een « verkit » en vochtig laagje, los vochtig zand, droog los zand.

¹ S. M. DE BACKER. — Les tempêtes de sable au Sahara. — Verhand. Kon. Belg. Meteor. Inst. XXII, Brussel, 1945, p. 7.

Het verschijnsel kon bijzonder goed nagegaan worden de 28e mei toen, omstreeks 17 uur na een zonnige en windstille dag, een onweder kwam opzetten uit zuid-zuidwestelijke richting. Hevige wervelwinden deden het strandzand ongevoelbaar hoog opstuiven en daar de windrichting aflandig was, werd spoedig het vochtig strandzand beneden de hoogwaterlijn, met een dun laagje droog zand bedekt, zodat het onmogelijk werd de oorspronkelijk duidelijke grens tussen het vochtige en het droge strand weer te vinden. Tergelijkertijd maakte de blauwe hemel plaats voor een laag en dicht wolkende, waaruit spoedig een overvloedige regen neerkwam. Ondanks het aanhouden van een sterke wind verminderde de intensiteit van de zandverstuiving dadelijk in sterke mate en ze hield geheel op vooraleer deze eerste regenbui, die nauwelijks een kwart uur geduurd had, over was. Ook nadien vermochten de aanhoudend sterke winden het niet, weerom zand op te nemen. Meerdere regenbuien volgden tijdens de daaropvolgende nacht en toen 's anderendaags om 11 uur, onder droog en matig bewolkt weer met intermitterende zonneschijn de toestand van het reeds partiëel gedroogde strandzand werd nagegaan, kon de coherente structuur van het oppervlakkige zandlaagje nog duidelijk worden waargenomen. Toevallig was de windsnelheid te laag om zandtransport te veroorzaken doch klaarblijkelijk zou het broze pantser voldoende resistent geweest zijn om het dieper gelegen droge strandzand ook bij sterkere winden tegen verstuiving te beschermen.

Hieruit blijkt dat het bereiken van de kritische windsnelheid geen voldoende voorwaarde is om strandzand, gelegen tussen de duinen en de hoogwaterlijn, op te nemen en te verplaatsen. Het is van belang dat de aan de oppervlakte gelegen zandkorrels los liggen, een toestand die zich bij voorkeur onder verdrogende atmosferische omstandigheden ontwikkelt. Deze verdrogende omstandigheden nemen toe met de windkracht, en met de intensiteit van de rechtstreekse insolatie. Luchttemperatuur en relatieve luchtvochtigheid bleken gedurende de observatieperiode slechts van geringe betekenis: warm en droog weer ging gewoonlijk gepaard met winden die te zwak waren om droog en los zand te verplaatsen, terwijl onder sterk windregiem de luchttemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid, zowel onder westelijk als onder noord-oostelijk windregiem, nagenoeg dezelfde waarden bereikten (tabel I). Inderdaad, van de 16 sterkwinderige dagen¹ (tabel IV) waren er op de 11 dagen met noordoostelijk windregiem 11 met continu zandtransport: het weer was steeds droog en overwegend zonnig, alhoewel soms kleine tot uitgestrekte cumulus-formaties de rechtstreekse insolatie onderbraken. Op de 5 dagen met westelijk windregiem was er slechts één met continu zandtransport, deze laatste gedateerd 6 mei, toen bij regenloos en vrij zonnig weer, winden uit het WNW gemiddelde windkrachten tussen 4 en 6 bereikten. Ondanks het overheersen van even grote en zelfs grotere windkrachten gedurende de vier overige dagen, was het zandtransport gering: meerdere regenbuien veroorzaakten de hogerbeschreven structuurverandering alsook de bevochtiging van het strandzand, wat telkens de opname er van stop zette.

¹ Tot de sterkwinderige dagen worden gerekend deze gedurende dewelke de dominerende windkracht 4 of meer bedraagt.

TABEL IV. — Zandtransport onder de onderscheidene weertypen

Aantal dagen										
Aantal dagen	met winden uit de noordoostelijke sector				met winden uit de westelijke sector				mooi weer met zwakke variable winden	totalen
	droog en helder weer		bewolkt, vochtig en regenbuien		droog en helder		bewolkt, vochtig en regenbuien		alsook «over- gangs- weer»	
	$v \geq 4$	$v < 4$	$v \geq 4$	$v < 4$	$v \geq 4$	$v < 4$	$v \geq 4$	$v < 4$		
met continu verstuiwing	11	—	—	—	1	—	—	—	—	12
met intermittente verstuiwing	—	3	—	—	—	—	3	—	2	8
zonder verstuiwing	—	3	—	—	—	5	1	2	9	20
totalen	11	6	0	0	1	5	4	2	11	40

De zeldzaamheid van rechtstreekse insolatie had bovendien voor gevolg dat het opdrogingsproces uiterst langzaam verliep, wat ten nadele uitviel van het zandtransport aangezien meestal een nieuwe regenbui kwam opzetten vooraleer op het strandoppervlak weerom droog en los zand voor opname beschikbaar was gesteld.

Dat de beschouwde observatieperiode gunstig was tot het nagaan van eolisch zandtransport lijdt geen twijfel en uit het betoog is gebleken dat de ontwikkeling van hoogdrukgebieden met bestendig winden uit de noordoostelijke sector, daarvan de oorzaak waren. Alhoewel de frekwentie van deze winden hoger was dan voor de maanden april en mei normaal mag genoemd worden, toch kennen de lentemaanden in het algemeen en april in het bijzonder een veelvuldigheid en een bestendigheid van noordoostelijke winden die groter is dan voor om 't even welke andere periode van het jaar¹. Anderzijds is het algemeen bekend dat regenneerslag en een zwaar bewolkte tot geheel overtrokken hemel de normale begeleiders zijn van de winden uit de westelijke sector. Maar alhoewel het toch voorkomt — zoals dit trouwens gedurende één dag uit de observatieperiode het geval was — dat sterke westerwinden met droog en zonnig weer gepaard gaan, dan is de frekwentie van dergelijke dagen over de seizoenen bekeken eerder gering vergeleken bij het aantal dagen met sterke noordoosterwinden², zodat het leeuwenaandeel in de eolische zandaanvoer ongetwijfeld aan deze laatste dient toegeschreven. Wij kunnen bijgevolg de mening niet delen o.a. uitgedrukt door M. A. Lefèvre³, dat zandaanvoer op het strand en in de duinen hoofdzakelijk onder westelijk windregiem geschiedt.

1 Maandelijks bulletins van het Meteorologisch Instituut van België, alsook de Atlas van België, Climatologie II (windrosetten).

2 Voor 1954 was de verhouding 1 tot 5.

3 M. A. LEFEVRE. — Morphologie éolienne littorale entre Nieuport et la frontière française. Bull. Soc. belge Etudes géogr. I, 1931, p. 42.

Zandtransport en strandmorphologie onder krachtig windregiem uit de noordoostelijke sector

Eolisch zandtransport en de er mee gepaard gaande strandmorphologie werden meer nauwkeurig nagegaan de 17e mei 1954, een representatieve dag uit een typische stuifperiode.

Langs de kust waait een bestendige en stijve noordoosterbries waarvan de windkracht 6 bedraagt (10,8 tot 13,8 m/sec). Er heerst droog en helder weer. In het relatief belangrijke wolkendek komen kleine tot grote openingen voor, wat plaatselijk intermitterende directe insolatie voor gevolg heeft. De dagtemperatuur is constant en bedraagt ongeveer 10°C. Het is hoogwater omstreeks 13 uur. Op het strand stuift het zand continu. Het verplaatst zich landwaarts onder een zeer scherpe hoek, die te Oostende 15 à 20° met de algemene richting van de kustlijn vormt.

Van zodra deze winden de hoogwaterlijn bereiken nemen ze zand en fijn schelpgruis uit het droge strandmateriaal op. Grotere en zwaardere bestanddelen, voorheen door de brekende golven bij de hoogwaterlijn afgezet, blijven achter. Er vormt zich een typisch deflatiegebied, waarvan het oppervlak bestrooid is met schelpen, grof schelpgruis, wieren, fragmenten van turfblokken, hout, baksteen, enz. (Pl. VI, 2).

Het zand, aan de deflatiezone ontnomen, wordt afgezet gedeeltelijk op het strand zelf, gedeeltelijk verder landwaarts op de zeedijk, in de straten en in de duinen. Het accumuleert onder de vorm van kleine lengteduinen, die op het strand zo dicht naast elkaar liggen dat hun individualiteit er door verdwijnt.

Behalve zand en zeer fijn schelpgruis komen in deze afzettingen geen grovere bestanddelen voor. De afzetting begint reeds op 5 à 10 m van de hoogwaterlijn, wat aanleiding geeft tot de vorming van een zandfront dat grosso modo evenwijdig met deze lijn loopt. Daar de hoogwaterlijn echter een sinueus tracé volgt, varieert de breedte van de tussenbeide gelegen deflatiezone soms vrij sterk. Het zandfront vormt zich zonder tussenkomst van planten of van enige hindernis, tenzij deze gevormd door een gelijkmatig omhooglopend strand.

Tot ongeveer 2 uur na hoogwater zet het deflatieproces zich op dezelfde wijze voort, maar vanaf dat ogenblik, of toch daaromtrent, kan men zand zien stuiven op het vochtige strandgedeelte tussen de hoogwaterlijn en de zich terugtrekkende zee. Een paar uren sterke wind en een weinig zonneschijn zijn voldoende gebleken om strandzand, dat kort tevoren nog door zeewater werd overspoeld, oppervlakkig te verdrogen en voor eolisch transport vatbaar te maken (Pl. VII, 3).

Naarmate de vrijgekomen strandvlakte groter wordt en de opdroging verder gaat, ontstaat er een belangrijke landwaarts gerichte stroming van salterend zand, van tijd tot tijd onderbroken ten gevolge van kortstondige luwten in de windkracht.

Van zodra dit zand de deflatiezone bereikt, verkrijgt het, door botsing met het daar aanwezige grof en hard materiaal, nieuwe saltatieënergie zodat het dadelijk ver over het zandfront heen gevoerd wordt, na in de deflatiezone zelf een extra-erosie te hebben veroorzaakt. Inderdaad, door de impakt van dit zand worden in

deze zone opnieuw zandkorrels rond en zelfs onder de zwaardere bestanddelen weggehaald. Aldus ontstaan kleine « paddestoelen » waarvan de zwaardere top uiteindelijk overtuimelt en aan 't rollen gaat, om dan een eindje verder te blijven liggen, waar zich een weinig nadien weerom hetzelfde voordoet. Hierdoor ontstaat verbreding van de deflatiezone ten koste van het zandfront, dat geleidelijk achteruitgedreven wordt. De reden waarom, na drie dagen verstuiwing, de deflatiezone slechts 5 à 10 m breedte bereikt, is hoofdzakelijk te wijten aan de evolutie der getijden van normaal hoogwater naar springtij, waardoor bij elke nieuwe vloed de hoogwaterlijn hoger op het droge strand komt te liggen, met het gevolg dat de deflatiezone er telkens haar zeewaarts gelegen grensgebied moet bij inboeten (fig. 1).

Uit de gegevens van tabel I is reeds gebleken dat zich tussen 21 april en 30 mei twee belangrijke stuifperiodes hebben voorgedaan, waarvan de eerste, op een korte onderbreking na, gedurende zeven dagen en de tweede gedurende vijf dagen achtereenvolgens heeft geduurd. Tijdens elk van deze periodes werd herhaaldelijk windkracht 6 bereikt. Gedurende vier dagen was het de dominerende waarde. Dit had een ongewone uitbreiding van het deflatiegebied voor gevolg, hetwelk zich bij

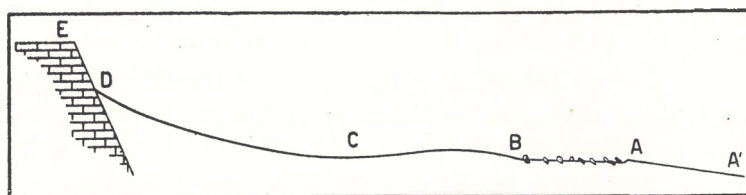


Fig. 1. — Geschematiseerde verhanglijn van het strand.
Simplified profile across the beach.

- ABCD : het droge strand boven de HWL.
the dry sandy part of the beach above HTL.
- AB : deflatiezone.
area where deflation predominates.
- B : zandfront.
sandfront.
- BC : gebied met zandaccumulatie onder de vorm van kleine lengteduinen.
area of sand accumulation, mainly as small longitudinal dunes.
- CD : depressie voor en zandhelling tegen de zeedijk.
beach-profiles in front of the sea-dike.
- DE : zeedijk in baksteen.
brickstone sea-dike.
- A : hoogwaterlijn, de 17e mei.
high tide line as on May 17.
- A' : hoogwaterlijn, de dag daarvoor.
high tide line the day before.

lage tij tussen de laagwaterlijn en het zandfront over een breedte van meer dan 200 m uitstrekte. Dat de landwaartse verstuiwing een aanzienlijk zandtekort in dit gebied teweegbracht kan vooral in het accumulatiegebied worden nagegaan, waar pas ontstane lengteduintjes met grote snelheid aangroeiden.

Het zandtekort op het vochtige strandgedeelte wordt mettertijd weer aangevuld door de aanvoer uit zee van vers zeezand, aangenomen dat dit laatste in het voorkustgebied beschikbaar is. Aldus wordt het gestoorde strandprofiel weer in zijn evenwichtstoestand hersteld.

Terecht rijst hier de vraag of de hoeveelheid zand die eolisch verplaatst wordt, door andere dan de opgesomde, in hoofdzaak, meteorologische factoren bepaald wordt.

In verband hiermee was het ons opgevallen dat op het strand onder droog en krachtig noordwestelijk windregiem (o.a. op 6 mei) minder zand aan 't stuiven ging dan onder even sterk noordoostelijk windregiem. De bijzonderste oorzaak daarvan ligt o.i. in het hoekverschil waaronder de wind over het strand strijkt. Inderdaad, wanneer de wind uit het noordwesten waait dan verplaatsen de luchtdeeltjes zich bijna dwars over het strand (van A naar B, fig. 2). Onder noordoostelijk windregiem is de hoek zeer scherp (α) en het traject door een luchtdeeltje afgelegd (AC) is ten minste 3 maal groter. Voor hoek $\alpha = 20^\circ$ is

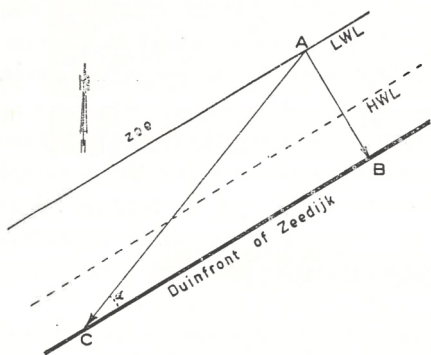


Fig. 2

$$AC = \frac{AB}{\sin 20^\circ} = \pm 3. AB$$

Vooreerst is voor eenzelfde strandoppervlak het verdrogend effect van de luchtdeeltjes groter wanneer ze zich van A naar C begeven dan van A naar B. Bovendien zijn de kansen voor een bepaalde zandkorrel op dit strandoppervlak gelegen, om hetzij voortgestoten hetzij opgenomen te worden groter onder noordoostelijk dan onder noordwestelijk windregiem.

Wat voor de noordoostelijke windrichting geldt is theoretisch eveneens toepasbaar op de zuidwestelijke, doch hoger werd reeds aangetoond dat onder deze omstandigheden zandtransport eerder zeldzaam is.

Tenslotte dient vermeld dat de hoeveelheid strandzand die per tijdseenheid voor eolisch transport ter beschikking wordt gesteld ook afhankelijk is van de helling van het strand en van de amplitude der getijden: enerzijds, hoe sterker de strandhelling des te kleiner het strandoppervlak, anderzijds, hoe sterker de getijdeamplitude des te groter het strandoppervlak. Onder dit opzicht is er een treffend verschil tussen het westelijk en het oostelijk gedeelte van het Belgische strand. Zo is tussen Nieuwpoort en De Panne de strandhelling geringer en de getijdeamplitude groter dan tussen Blankenberge en Het Zoute. Hieruit volgt dat op het westelijk strand grotere hoeveelheden strandzand ter beschikking worden gesteld dan op het oostelijk strand, wat gedeeltelijk verklaart waarom de duingordel in het westen een grotere breedte en grotere hoogten bereikt dan in het oosten.

Het ontstaan van micro-reliefovormen in de duinen.

Van het zand dat landwaarts over het strand stuift komt er doorgaans een gedeelte in de duinen terecht, waarin het in hoofdzaak langs duingaten binnendringt. Deze duingaten hebben een speciale morfologie en een constante oriëntatie.

In het duinfront tekenen ze zich af in de nabijheid van delta-achtige accumulatiekegels, waarboven zich een insnijding voordoet die aansluit bij een smalle geul, met de opening naar het W of SW gericht. De helling van deze geul is van de orde van 30 à 40° en haar lengte in de aangegeven richting gewoonlijk 1 à 3 m. Een weinig verder buigt de geul zich om naar het SE, over het S naar het SW; ze wordt meteen breder en haar basis wordt veel vlakker. De kleinere vormen U-vormige trogdalen, de grotere vertonen een breed en plat dalvlak, overdekt met een tapijt van schelpen, steentjes, enz., waarop geen vegetatie voorkomt. De wanden bestaan uit vers geaccumuleerd zand van het strand afkomstig.

Wanneer zich toevallig achter dergelijk dalvlak een (eventueel met duinhelm begroeid) duin bevindt, dan wordt dit duin door erosie aangetast. Zoals in het deflatiegebied op het strand wordt ook hier het eroderend vermogen van het salterend zand door het tapijt van de grotere en zwaardere schelpfragmenten vergroot en elke hindernis in de as van de geul gelegen wordt onvermijdelijk aangetast. Het verschijnsel is echter minder eenvoudig in zijn voorkomen dan op het strand omdat in de duinen de lokale duintopografie plaatselijk de windrichting wijzigt en de vegetatie het eolisch transportvermogen in sterke mate vermindert. Aldus ontstaat een gevarieerde gamma van accumulatievormen, waarin nochtans overal het proto-type van het lengteduin in weer te vinden is. Hierbij wordt vaak de typische microreliefvorm waargenomen die bekend staat als « slip-face »¹, een strook waarachter een windschaduw heerst en bijgevolg een gebied waarin zand wel terecht komt maar er niet meer uit geraakt.

Waarnemingen verricht in maart en in mei 1956 toonden aan dat lengteduinen en slip-face ontstaan waren onder invloed van winden uit de noordoostelijke sector. Een gelijkaardige oriëntatie werd aangetroffen in de voorduinen bij Oostduinkerke (Pl. VII, 4). Hogervermelde microreliefsvormen blijken echter weinig stabiel, want nooit werden er aangetroffen waarop zich een plantendek had gevestigd. Het blijken dus jonge, tijdelijke vormen te zijn, die onder invloed van winden uit andere sectoren (mogelijks westenwinden) uitgewaaid worden en dan aansluiten bij het macrolief van de paraboolduinen, van dewelke trouwens algemeen bekend is dat ze met de open zijde naar het westen georiënteerd zijn.

Door het veelvuldig beplanten van droog duinzand met duinhelm, zijn de duinen grotendeels gefixeerd geworden, wat het dus actueel moeilijker maakt het verloop van het uitwaaiingsproces te volgen. Niet alleen heeft de beplanting van de duinkoppen en -hellingen de beweeglijkheid van het duinzand verminderd doch de duinpannen zijn droger geworden en daardoor ook minder stabiel. Het pompen van water uit de duinen heeft verlaging van het grondwater voor gevolg gehad, hetwelk op zijn beurt het vegetatiedek der duinpannen heeft aangetast en dit laatste een meer xerophiel karakter heeft gegeven. Vóór het systematisch ingrijpen van de mens was het contrast duinpanne tegenover duinkop groter dan nu, en de evolutie heeft zich ten koste van het uitwaaiingsverschijnsel voltrokken.

Tenslotte dient gewezen op de scherpte, zowel morfologisch als lithologisch, van de grens tussen duingordel en polderstreek. Het laatste duin uit de duingordel

¹ R. A. BAGNOLD. — The physics of blown sand and desert dunes. London 1954, p. 202.



Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4

is gewoonlijk aan zijn SE-zijde niet begroeid (hoogstens met een weinig duinhelm). Bij NE wind is er zandtransport doch het salterend zand verlaat het duingebied niet: het «loopt» langs de helling tot waar het in een luwte op een «slip-face» afgezet wordt. Wanneer zandtransport onder westelijk windregiem plaats grijpt, geschiedt hetzelfde in noordoostelijke richting. Dit strookt volkomen met het feit dat achter de duingordel slechts weinig duinzand op de polderklei is afgezet. Op 200 m achter de duinen komt praktisch geen duinzand meer voor¹. Dit wijst erop dat de landwaartse verplaatsing van de duinen zich heeft voorgedaan door aangroei van slip-face-complexen, waarschijnlijk in hoofdzaak onder droge weersomstandigheden met noordoostelijk windregiem en soms ook onder westelijk windregiem. De landwaartse groei geschiedde dus niet dwars op de kustlijn in een zuidoostelijke, maar ongeveer evenwijdig ermee in een zuidwestelijke of noordoostelijke richting. Daar de Belgische kust niet volkomen rechtlijnig verloopt en vooral in haar westelijk gedeelte meer naar het westen buigt, is het duinzand dat zich ongeveer evenwijdig met de kust verplaatste, vooral in de nabijheid van het buigpunt het land binnengedrongen, wat gedeeltelijk verklaart waarom de duingordel tussen Nieuwpoort en de Franse grens, een zo grote breedte inneemt.

SAMENVATTING

Eolisch zandtransport wordt belangrijk langs het Belgisch strand wanneer de windsnelheden van de orde van 6 m/sec overschrijdt en onder het verdrogend effect van rechtstreekse insolatie over losliggende zandkorrels strijkt. Deze omstandigheden doen zich niet zozeer voor onder het dominerend regiem der westenwinden, doch veeleer gedurende de lentemaanden, wanneer sterke winden uit de noord-oostelijke sector veelvuldig voorkomen. Er wordt getracht sommige morfologische trekken van strand en duinen in dit licht te verklaren.

VERKLARING DER PLATEN VI-VII

Plaat VI:

- Foto 1. — Cohesie van oppervlakkig strandzand veroorzaakt door het neerslaan van regendruppels. Vulpen tot schaal.
Cohesion of the uppermost beach-sand due to raindrop-impact. Fountain pen as scale.
- Foto 2. — Van rechts naar links: Vochtig strandzand; hoogwaterlijn (HWL); deflatiezone met grove bestanddelen; zandfront en accumulatiegebied. Sleutel tot schaal.
From right to left: moist beach-sand; high tide line (HTL); coarse textured stroke where deflation predominates; front of the zone with sand-accumulation. Key as scale.

Plaat VII:

- Foto 3. — Landwaarts stuivend zand tussen HWL en LWL, bij NE-wind en windkracht 6.
Sand blowing landward between HTL and LTL, under a northeasterly wind of force 6.
- Foto 4. — Microrelief van de voorduinen te Oostduinkerke ontstaan onder noordoostelijk windregiem.
Microrelief of pre-frontal dunes at Oostduinkerke, generated under northeasterly wind-

Universiteit te Gent
Laboratorium voor
Fysische Aardrijkskunde

(Ingekomen 13 juli 1956)

¹ Bodemkaart van België, kaartbladen Oostende e.a., vnl. manuscripten 1:10.000, opname J. B. Ameryckx, archief IRSIA, Centrum voor Bodemkartering, Gent.

