

# DE AANZANDINGSMECHANISMEN VAN HET ZWIN EN DE MAATREGELEN OM HIERAAN TE VERHELPE

ir. P. KERCKAERT  
Inspekteur-generaal van Bruggen en Wegen  
Ministerie van Openbare Werken - Dienst der Kust

23633

## 1. INLEIDING

Sinds zijn ontstaan uit de Duinkerke transgressies is de morfologie van de zeearm 'het Zwin' steeds gekenmerkt geworden door een voortdurend verlandingsproces. Met verlanding wordt hier bedoeld: het zich stelselmatig blijven opvullen van de zeearm met allerhande afzettingsmateriaal gaande van fijne slibdeeltjes tot grovere zandkorrels.

Dit had voor de bewoners van de streek nefaste gevolgen en menige poging werd ondernomen om de invloed van deze aanslibbing en verzanding vooral op economisch en militair gebied te neutraliseren. Tegen het verlandingsproces zelf stond de mens evenwel machteloos en, wanneer in 1873 aan landwaartse zijde de internationale dijk rondom het restant van de eens zo machtige zeearm werd aangelegd, bleef amper een gebied van 158 ha. over dat heden gekend is als de overstroombare Zwinvlakte.

In de laatste eeuw, en vooral in de laatste decennia onder impuls van enkele vooruitziende natuurminnende personaliteiten, is die Zwinvlakte uitgegroeid tot een uniek natuurreservaat waar een typische slikvegetatie zich heeft kunnen ontwikkelen op de zoute slibbodem.

Het verlandingsproces - heden vooral gekenmerkt door een overwicht aan aanzan-

ding - gaat evenwel door en is vandaag in zoverre vooruitgeschreden dat het de merkwaardige fauna en flora van dit zout intertidiegebied onherroepelijk dreigt aan te tasten. De menselijke strijd tegen de verzanding van het Zwin blijft dus - weze het om andere motieven dan in het verleden - aktueller dan ooit. Met de huidige moderne waterbouwkundige kennis en middelen moet het mogelijk zijn dit enig landschap in zijn huidige vorm te redden.

## 2. HET AANSLIBBINGS- EN AANZANDINGSMECHANISME IN HET ZWINGEBIED

Vooraleer op een oordeelkundige manier bepaalde ingrepen te kunnen voorstellen en realiseren om de voortdurende aanzanding van de Zwinvlakte tegen te gaan, dient men uiteraard eerst over een gedegen kennis en inzicht te beschikken omtrent heel het mechanisme van hydraulische en sedimentologische processen, welke zich op een slib- en zandkust als in de omgeving van het Zwingebied afspelen en er de morfologie van bepalen.

### 2.1. De sedimentologische processen op de kust ter hoogte van het Zwin

De uit het zand en slib bestaande zeebodem voor onze kust is steeds in beweging. Stro-

mingen en golven zijn er oorzaak van dat op bepaalde plaatsen bodemmateriaal over de bodem heen verder wordt gerold (bodentransport) of gewoon in het water in suspensie wordt opgenomen en weg wordt gevoerd (suspensietransport of zwevend transport): op die plaats treedt bodemverlaging of erosie op. Op andere plaatsen gebeurt het omgekeerde en treedt er bodemverhoging of sedimentatie op. Die sedimentologische processen zijn zeer ingewikkeld en wisselvallig en derhalve moeilijk in exacte wetten en formules te omschrijven. Toch is een duidelijke trendbeschrijving en een kwantitatieve benadering ervan meestal mogelijk. Voor de Belgische en Nederlandse kust wordt dit sedimentologisch mechanisme geschematiseerd in figuur 1. Door de dominante vloedstroom (west-oost gericht) en de overheersende Zuidwest- tot Noordwestwinden die zowel de dominante richting van de golfaanval op de kust bepalen als de richting van het eolisch zandtransport, is er een duidelijk sedimenttransportoverschot dat evenwijdig met de kust van west naar oost is gericht. Men moet zich dit langstransport niet voorstellen als een *kontinué* sedimentenstroom welke van west naar oost trekt, maar eerder als een alternerende stroom welke een soort van krabbeweging maakt met een duidelijk overschot in oostelijke richting. Dit langstransport langs de kust treedt dus zowel op in de strand- en duinengordel (wind: eolisch transport) als op de vooroever (golven en getij: brandingstransport) en in de dieper gelegen zeegeulen (getij: off-shore transport). Ook het dwarstransport, vanop het hoger gelegen strand naar de dieper gelegen zeebodem toe, komt in dit west-oost gerichte afvoermechanisme terecht.

Het bestaan van dit mechanisme is overigens gemakkelijk visueel waar te nemen: de uitbouw van de haven van Zeebrugge (zowel in 1907 als in 1979-1987) heeft duidelijk een blokkeringseffect op dit langstransport tot gevolg gehad. Aan de westkant van de haven is een enorme zandvlakte ontstaan met geblokkeerd gebleven zand (dat zich het vlugst afzet bij stroomverlamming) afkomstig van de meer westelijk gelegen kustgedeelten (foto 2).

Het natuurlijk langstransport is evenwel blijven doorgaan op de kust van Knokke zonder dat er sprake was van enige opwaartse voeding van betekenis. De strandzone voor Knokke is dan ook in de voorbije decennia volledig weggeërodeerd totdat in 1977 en 1986 een kunstmatige strandhervoeding van samen ca. 10 miljoen m<sup>3</sup> de toestand van het Knokse strand tijdelijk terug hersteld heeft.



Foto 1: Het Zwingebied - het huidige restant van de toenmalige machtige zeearm.

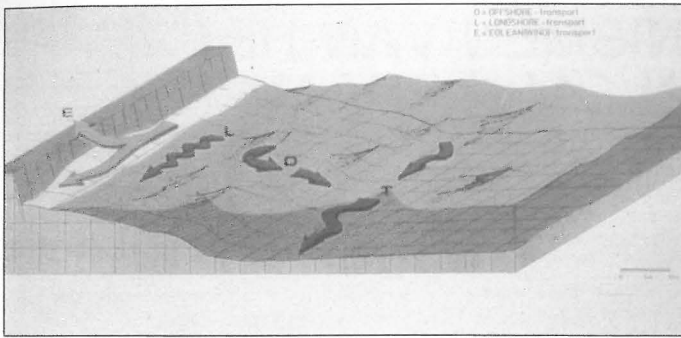


Fig. 1: Schema van het sedimentologisch proces langs de kust.



Foto 2: Het sterk aangegroeid zandstrand vlak ten westen van de Zeebrugse havendam.

De aanslibbing onmiddellijk ten oosten in de luwte van de oostelijke havendam (Heist) is een gevolg van een ander - zuiver lokaal - fenomeen: de fijnere (slib-)materialen welke toch nog in suspensie gebleven zijn, komen hier in een stromingsarme 'neer' terecht en zetten zich af in de oostelijke schaduwzijde van de dam. Beperkt ebtransport bereikt eveneens die zone. Eenmaal gesedimenteerd blijven deze fijnere materialen buiten het bereik van oostwaarts gerichte golven of van vloed- en ebstromen met voldoende grote transportsnelheden om ze terug op te nemen en weg te voeren.

Het kwantificeren van het resulterend langstransport is een moeilijke opgave. De waarnemingen met betrekking tot dit complexe fenomeen zijn meestal te beperkt in ruimte (puntmetingen) en in de tijd. De transportformules zijn slechts betrouwbaar binnen bepaalde marges. De fysische laboratoriummodellen die de werkelijke situatie op schaal zouden kunnen simuleren, staan nog niet op punt. De aan de hand van waarnemingen en semi-empirische formules berekende transportwaarden zijn dus met de nodige voorzichtigheid te hanteren.

Ter gelegenheid van de uitbouw van de nieuwe buitenhaven van Zeebrugge en de erbijhorende strandsuppleties op de Oostkust, werden volgende resulterende sedimenttransporten van west naar oost vóór de kust van Knokke-Heist door berekeningen voorspeld:

- eolisch transport op strand en duin	80.000 m <sup>3</sup> /j.
- brandingstransport op de vooroever:	430.000 m <sup>3</sup> /j.
- verder in zee gelegen langstransport:	400.000 m <sup>3</sup> /j.
	910.000 m <sup>3</sup> /j.

Uit resultaten van waarnemingen in de laatste tien jaar lijken deze waarden aan de hoge kant te liggen. Ze moeten eerder als maximum waarden dan wel als representatieve gemiddelden beschouwd worden.

De drie hiervóór beschreven transporten met de erbijhorende waarden zijn niet allen van hetzelfde belang voor het Zwin.

- Het verder in zee doorgaand langstransport gebeurt te ver van het mondingsgebied en op te diep gelegen plaatsen om het Zwin gebied gevoelig te beïnvloeden.

- Het brandingstransport op de vooroever is daarentegen des te belangrijker. Het is dit bodemmateriaal dat door de golf- en getijdenwerking het gemakkelijkst het Zwin binnendringt: de geul en de erachter gelegen lage slik- en schorgebieden fungeren immers als slib- en zandvang. Recent doorgevoerde berekeningen omtrent dit golftransport ter hoogte van de Zwinmonding op basis van het golfklimaat gedurende het jaar 1985 leverden een transportcapaciteit op van ca. 130.000 m<sup>3</sup>/j. Dit is duidelijk minder dan de reeds geciteerde 430.000 m<sup>3</sup>/j. voor de Oostkust onder meer omdat het Zwin in een bijdraaiend gedeelte van de kust ligt met afnemende golfhoogten als gevolg van refactie en demping op de Raan. Opgemerkt zij ook dat 1985 weinig zware stormen te zien gaf zodat de recent berekende waarde van 130.000 m<sup>3</sup>/j. wellicht als een minimum voor dit brandingstransport moet worden beschouwd. Als conclusie kan gesteld worden dat het voor het Zwin zo belangrijk brandingstransport tussen 130.000 m<sup>3</sup> en 430.000 m<sup>3</sup>/j. moet geschat worden. Op deze belangrijke parameter Q van het resulterende brandingslangstransport wordt hierna nog teruggekomen.

- Het eolisch transport tenslotte is voor de Zwinvlakte slechts in die mate belangrijk dat er een zandverstuiving vanop de duinen en het strand het natuurgebied kan binnendringen door rechtstreeks uit zee gedreven winden. Dit zand blijft daar niet automatisch liggen maar kan opnieuw opgenomen worden. Dit eolisch transport is allicht niet onbelangrijk maar vormt het hoofdprobleem niet voor de huidige Zwinproblematiek.

Naast het belangrijk gegeven van de 'hoeveelheid sedimenttransport' welke in de omgeving van het Zwin aangetroffen wordt, is ook de kennis van de 'aard van dit materiaal' van essentieel belang. De natuurlijke ontwikkeling van het binnengebied van het Zwin was tot voor kort hoofdzakelijk aanslib-

bing en deels aanzanding. De brakke waterplassen en de *slibafzettingen* die een dergelijk natuurlijk slikken- en schorregebied opbouwen, vormen de basis van dit uniek natuurgebied met typisch zoutminnende planten en de erbij horende rijke pleister- en broedplaatsen voor zeer veel vogelsoorten. De sedimentatie in het Zwingebied evolueert evenwel meer en meer naar een *zandafzetting* welke het bestaand evenwicht grondig dreigt te verstoren. Het is duidelijk dat de recente massale zandopspuitingen (foto's 3 en 4) op de Oostkust vóór Knokke de opwaartse sedimentvoeding naar het Zwin toe (west-oost transport) een zandiger karakter hebben gegeven, strijdig met de bestaande vegetatie.

Deze zandopspuitingen zijn daarenboven de oorzaak van een versnelde opvulling van het gebied. Beide effecten zijn nefast voor de toekomst van het natuurgebied in zijn huidige vorm.

## 2.2. De inwerking van het getij in het Zwingebied

Vóór onze kust heerst een vrij belangrijk getijregime. Afhankelijk van de relatieve stand van hoofdzakelijk maan, zon en aarde treden waterstandsverschillen tussen hoog- en laagwater op vanaf 2,50 m. tot 4,50 m. Volgende tabel geeft een overzicht van de belangrijkste cijfers met betrekking tot het astronomisch getij ter hoogte van de Belgische Oostkust (getijmeter te Cadzand).

(De waterstanden worden uitgedrukt t.o.v. H, zijnde de gemiddelde laag laagwaterstanden bij springtij).

Bij stormcondities kunnen die hoogste waterstanden nog sterk overschreden worden (opwaaiing).

Vermits het Zwin een open zeegeul is dringt de getijdenwerking ook het Zwingebied binnen.

	hoogste waterstand	laagste waterstand	tijverschil
gemiddeld springtij	4,63 m.	0,34 m.	4,29 m.
gemiddeld middentij	4,24 m.	0,56 m.	3,68 m.
gemiddeld doortij	3,73 m.	0,90 m.	2,83 m.

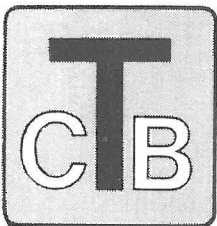
# Huwelijk, jubileum of receptie?..



*U kan er iets onvergetelijks van maken aan het Antwerpse Steen. Daar liggen de origineelste feestzalen afgemeerd. Een Flandria-boot, speciaal uitgerust voor uw feest kan accommodatie verschaffen aan 10 tot 500 personen. Een diner, een koud buffet, een cocktail ... aan de kade of varend op de Schelde. Met Flandria kan het allemaal.*

*Flandria (Rent a Ship)  
Haverstraat 1 2000 Antwerpen  
Tel. 03/231.31.32  
Telefax. 03/231.31.02  
Telex. 35529*

**FLANDRIA**  
*Rent a Ship*



## CIVIELE TECHNIEK BELGIE BVBA

C.T.B. levert engineering en technische producten voor de weg- en waterbouw, cultuurtechniek, milieu, recreatie en industrie. De wereldwijde contacten inzake probleemstelling en oplossing, maakt de ingenieurs van C.T.B. tot de juiste technische partners voor uw projecten.

Leopoldplaats 10<sup>5</sup>  
2000 Antwerpen

Tel. (03) 233 23 44  
Telex 71539 cba b  
Fax (03) 233 18 48

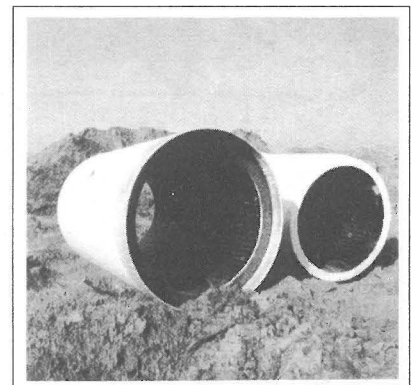
bijvoorbeeld voor :

### T-GRIP Lining systeem in PVC en HDPE

bescherming van betonbuizen en betonconstructies tegen de agressiviteit van afvalwater en vloeistoffen.

- Ontworpen voor een levensduur van meer dan 100 jaar.
- Door speciale lastechnieken geheel water- en gasdichte voegen.
- Een uniek en gegarandeerd systeem tegen corrosie en erosie.

Bel of schrijf voor onze technische documentatie



# CTB-ENGINEERING FOR THE FUTURE

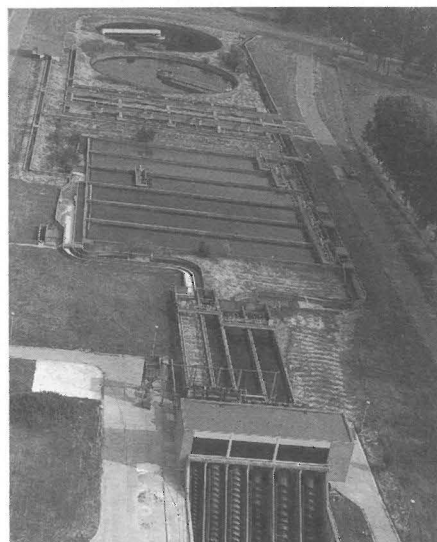
## LIJST VAN DE ADVERTEERDERS

Aquavia	A1
Bankunie	A8
Belconsulting	A8
Belgroma	A12
Bonna	A9
CTB	A6
n.v. L.L. & N. De Meyer	A11
De Nul	A3
Dredging	A15
Ensival	A5
Epuro	A8
Eternit	A13
Eurosense	A4
Flandria	A6
Filtratec	A2
Keramo	A14
Labo De Nayer	A10
MBG	A10
Sanotec	A9
S.E.E.	A7
Seghers Engineering	A8
Sigma Coatings	A2
Socea	A7
Van Hout	A9

Als u Water nodig heeft ? ...

**S.E.E.**

Zuiverings- en Ondernemingsmaatschappij  
Verleent zijn diensten door middel van studie, realisatie,  
en het indienststellen van waterbehandelingsinstallaties  
DRINKWATER, AFVALWATER, INDUSTRIEWATER,  
ZWEMBADWATER



KONTAKTEER  
ONS VOOR  
OM HET  
EVEN WELKE  
INLICHTINGEN.

S.E.E.: tel: 02/230.93.14, tlx: 25.237 See B,  
fax: 02/230.76.13  
Wetenschapsstraat 5 - 1040 brussel

S.E.E.: MEER DAN 60 JAAR ERVARING  
TOT UW DIENST.

Fabrikant van alle mogelijke buistypen in gewapend en voorgespannen beton voor  
aanleg van leidingen (zowel pers- als vrijvervalleidingen) en kokers

Diameters : vanaf **600** tot **3200** mm

Een uitgebreide studiedienst met meer dan 40 jaar ervaring op wereldvlak staat ter  
uwer beschikking voor het oplossen van uw problemen.



N.V. **SOCEA**

Vaartstraat 126  
2231 OELEGEM-RANST

Tel. 03/485.57.21 - 85.50.10 - Telex 31602



Foto's 3 en 4: De opspuitingen op het strand vóór Knokke: toestand vóór en na de werken.

In fig. 2 wordt de huidige situatie van dit intertijdegebied voor het Zwin weergegeven. Enkel de geulen A, B, C, D en de meertjes M1 en M2 kunnen heden nog rechtstreeks door zeewater bevoled worden. Het westelijk gelegen gedeelte van de Zwinvlakte (en meer bepaald het meertje M3) behoort niet rechtstreeks meer tot dit intertijdegebied vermits er geen verbinding meer is met geul B en de waterstand er beheerst wordt door een klepsluis op het westelijk einde van geul D. Bij springvloed wordt via die sluis water in het westelijk Zwingebied binnengebracht. Tijdens eb sluit de sluis zich zodat het water opgehouden wordt en maar langzaam via allerlei kleine slenkjes het gebied kan verlaten. Gedurende een lange periode is dus een groot deel van dit westelijk Zwingebied een ondiep zout binnenmeer met rijke vegetatieranden: het is in dit westelijk gebied dat de meest merkwaardige fauna wordt aangetroffen en in stand wordt gehouden in het Vogelreservaat.

De inwerking van het getij in het nog bereikbaar intertijdegebied kan als volgt beschreven worden. Wanneer in de vloedfase het zeewaterpeil hoog genoeg gestegen is om de drempel van de monding te overstijgen stroomt in een korte periode een belangrijke hoeveelheid water het Zwingebied binnen. Dit water bevat uiteraard ook sedimenten, die zich gedurende de kentering van vloed

naar eb en ook gedurende de ebfase verspreid over het getijdegebied neerzetten. Bij dalend zeepelniveau trekt het water uit het Zwingebied terug weg, echter over een veel

langere periode en met veel kleinere stroomsnelheden dan in de vloedfase. Een en ander wordt in fig. 3 geschematiseerd. (De To lijn geeft de huidige toestand weer).

De bovenste figuur geeft de variatie weer van de waterstanden in open zee, vlak vóór de Zwinmonding, in functie van de tijd voor een gemiddelde jaarlijkse springtijconditie. Daaronder worden de waterstanden weergegeven ter hoogte van de drempel in de Zwinmonding welke zich ongeveer op peil H + 3,10 m. bevindt. De tijd tussen het eerste tijdstip van binnenstromend water en de hoogste waterstand bedraagt amper 1 uur, daarna daalt het water reeds. Op de onderste figuur zijn de stroomsnelheden ter hoogte van die drempel opgetekend. Enkel gedurende 1,5 uur stroomt het water vanuit zee het Zwingebied binnen. Bijna 11 uur vloeit water uit dit gebied terug naar zee, het grootste gedeelte van die tijd met zeer kleine stroomsnelheden.

Het zijn precies die uitstroomsnelheden welke van belang zijn voor de instandhouding van de geul en voor het terug naar zee transporteren van binnengevoerd sedimentmateriaal. Vallen deze stroomsnelheden beneden een kritische waarde dan wordt weinig of geen sediment meer afgevoerd: het intertijdegebied en het geulstelsel zal dan evolueren van waterplas naar slik (gebied zonder vegetatie dat nog bij elk hoog water onderstroomt), van slik naar schorre (gebied met vegetatie dat enkel nog bij de hoogste springtijhoogwaterstanden onderloopt) en tenslotte van schorre tot polder (gebied dat nooit meer door zeewater bevoled wordt).

Men kan voor elk der meer landwaarts gelegen geulaftakkingen, waar de drempels nog hoger liggen, analoge schema's als deze in fig. 3 opstellen. Deze tonen aan dat in het zuidelijk gelegen geulstelsel de drempels zo hoog zijn opgebouwd dat enkel bij springtijcondities nog zeewater naar dit gebied kan doordringen. Dit geeft negatieve effecten

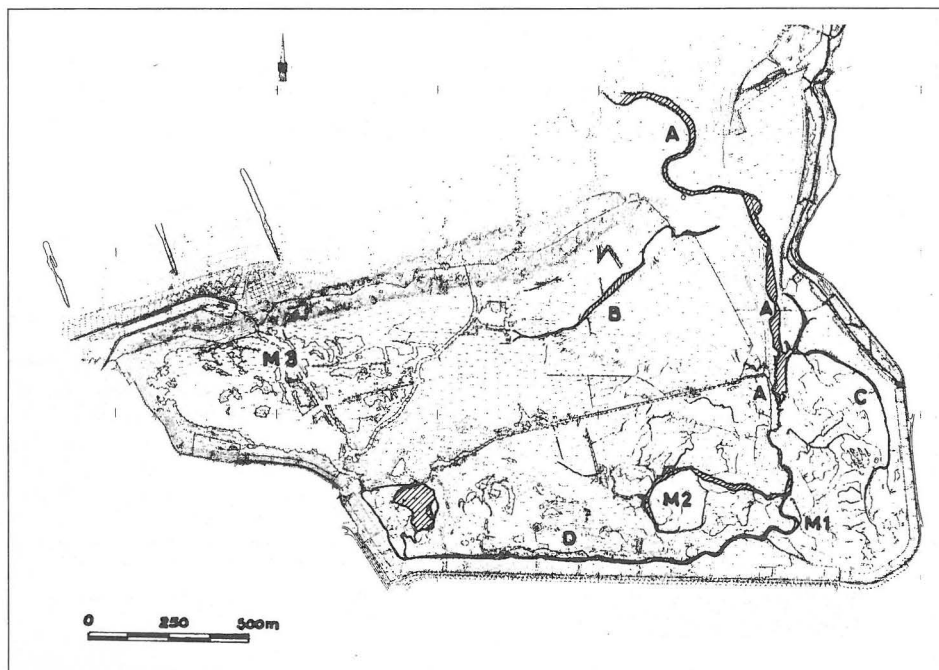


Fig. 2: Huidige situatie van het getijdegebied in het Zwin.

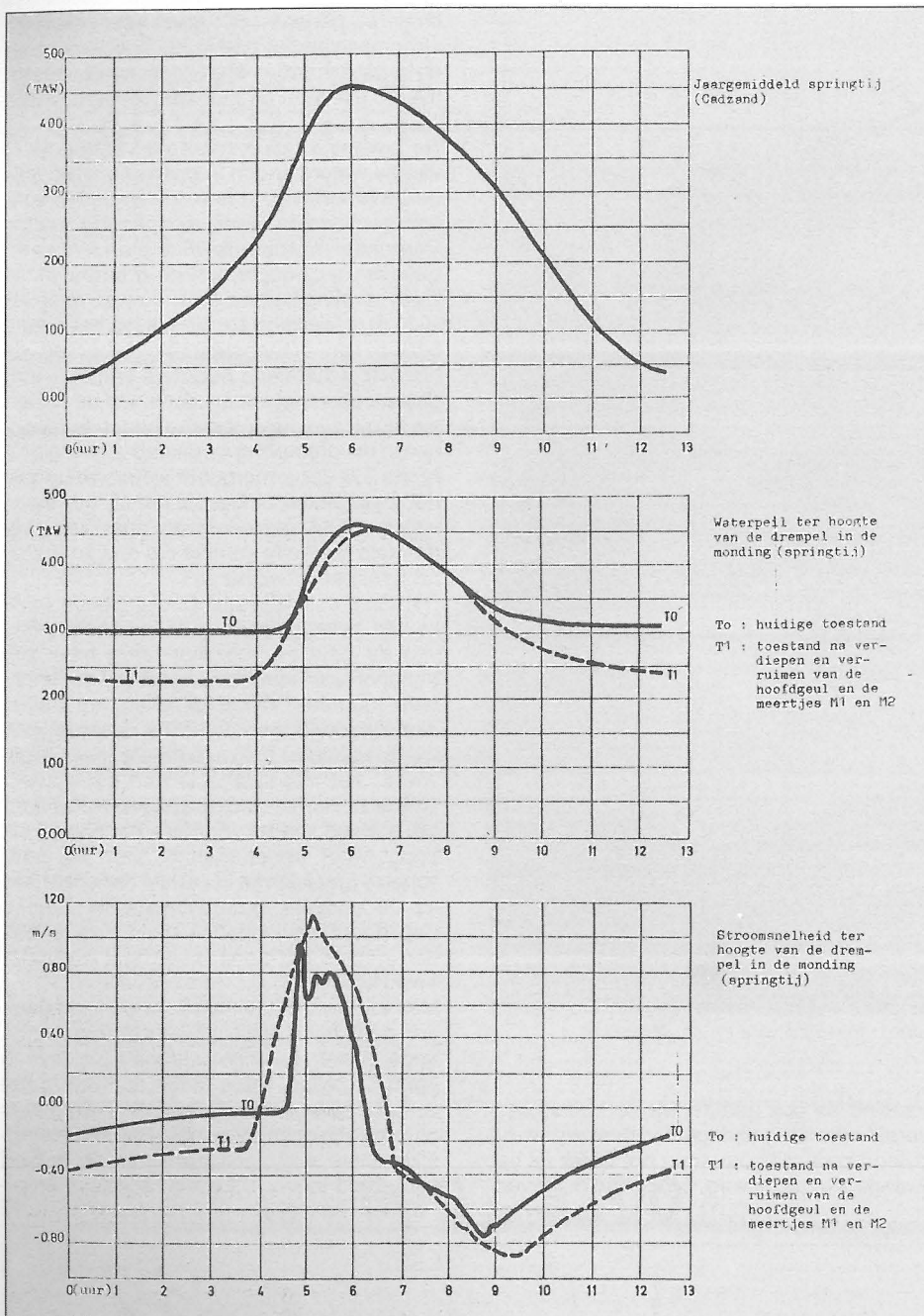


Fig. 3: Relatie tussen de getijdestand in open zee, en de waterstanden en -stroomsnelheden ter hoogte van de geuldrempel in de Zwinmondning.

ten op de huidige slik- en schorrevegetatie en wil men het huidige natuurwetenschappelijk aspect van dit zuidelijk Zwingebied terug herstellen en verder in stand houden, dan moet men dringend zorgen voor een veel frekwenter bevoeiing met zeewater. Daarvoor moeten de bestaande drempels dus verlaagd worden.

Nochtans betekent deze drempelverlaging een verlenging van de instroomfase gepaard gaande met een groter indringend watervolume en dus met meer sedimentaanvoer, wat dan weer een omgekeerd effect kan hebben. Het weggraven van de aanwezige drempels gaat dan ook best gepaard met het verwezenlijken van voldoende overdiepten in de geul om overtollig sedimenttransport te kunnen opvangen.

Een andere methode om dit binnendringend sediment terug kwijt te geraken is het opdrij-

ven van de uitstroomsnelheden bij de ebfa-ze. Deze uitstroomsnelheden worden immers niet alleen beïnvloed door de hoogteligging van de geuldrempels. Ook de komberging (d.i. de oppervlakte van het gebied, dat opwaarts van die drempels nog door het instromend water wordt overspoeld) van het intertijdegebied is hier van primordiaal belang. Bij een oordeelkundig gekozen kombergverruiming kan ernaar gestreefd worden dat de vloedfase nagenoeg niet beïnvloed wordt, maar dat bij de ebfa-ze hogere watersnelheden optreden zodat een beter spui-effect kan bekomen worden. In figuur 3 worden onderaan in streeplijn de berekende watersnelheden weergegeven indien de komberging van het intertijdegebied zou verruimd worden door het verdiepen en ver-ruimen van de bestaande hoofdgeul en van de meertjes M1 en M2 (aangeduid als T1

toestand). De watersnelheden tijdens de uitstroomfase worden inderdaad beduidend groter. Dat illustreert duidelijk het belang van het begrip 'kombergend vermogen'. Het geheel van dit dynamisch stelsel wordt het best gekarakteriseerd door een parameter P: het getijdeprisma. Dit is de hoeveelheid water welke bij een jaargemiddelde getijkonditie in de vloedfase het intertijdegebied kan intrekken. Metingen in 1973 en 1986 hebben toegelaten dit getijdeprisma van het overblijvend intertijdegebied (dus zonder het westelijk gebied rond het meertje M3) te bepalen op ca. 103.000 m<sup>3</sup>. Hierbij valt op te merken dat in 13 jaar nagenoeg geen verandering is opgetreden in dit getijdeprisma van het zuidelijk deel van de Zwin-geulen.

### 2.3. De instabiliteit van de Zwinmondning

In de voorbije paragrafen worden de belangrijkste parameters gedefinieerd, die de morfologische evolutie van het intertijdegebied in het algemeen en van de Zwinmondning in het bijzonder beïnvloeden: het resulterend brandingslangtransport aan sedimenten ( $Q = 130.000 \text{ à } 430.000 \text{ m}^3/\text{j.}$ ) en het getijdeprisma ( $P = 103.000 \text{ m}^3$ ). De stabiliteit van een getij-inlaat wordt in de waterbouwkunde gedefinieerd als zijnde de verhouding  $P/Q$ . Hoe lager dit quotiënt, hoe instabieler de inlaat en hoe sneller deze zich opvult en sluit.

Voor de huidige Zwinmondning bedraagt die coëfficiënt  $P/Q$  maximaal  $103.000 : 130.000 = 0,79$ . Die waarde ligt in een range die zeer duidelijk een 'onstabiele, onbevaarbare getij-inlaat' aangeeft (Stability of tidal inlets - P. Bruun).

Dit ligt uiteraard voor de hand vermits de monding reeds tot een vrij hoog niveau is opgezand. De trend welke heden te verwachten is, is duidelijk een niet verminderde waarde voor Q en een afnemende waarde voor P. De stabiliteitscoëfficiënt dreigt dan ook een kritische grens te onderschrijden, waarna de geul zich op natuurlijke wijze volledig zal sluiten. Buiten het bereik van de dagelijkse getijbeweging zal ter plaatse van de huidige Zwinmondning een doorgaande duinregel ontstaan die ook bij stormvloedden het Zwingebied van overspoeling vrijwaart. Het karakter van intertijdegebied is dan redde-loos verloren.

Tenslotte nog een laatste vaststelling. Fig. 4 toont de evolutie van de ligging van de Zwinmondning in de periode 1979-1987. De monding vertoont een sterke neiging om steeds maar naar het oosten te worden opgedrukt. Die oostwaartse verplaatsings-trend van de monding moet reeds altijd in mindere of meerdere mate hebben bestaan gezien het oostwaarts resulterend langstransport op de kust. Maar tot voor enkele jaren kon aan die toestand gemakkelijk verholpen worden door relatief eenvoudig bulldozerwerk. Door de aangebrachte strand-suppleties westwaarts van de monding is deze oostwaartse ombuiging heden zo sterk doorgezet dat dergelijk eenvoudig bulldozerwerk niet meer kan volstaan. Meer nog: de omgeduwde geulmondning bedreigt rechtstreeks de meest zeewaarts gelegen duinenrij van Cadzand en erodeert nu reeds deze duinvoet. Alhoewel deze duinenrij en

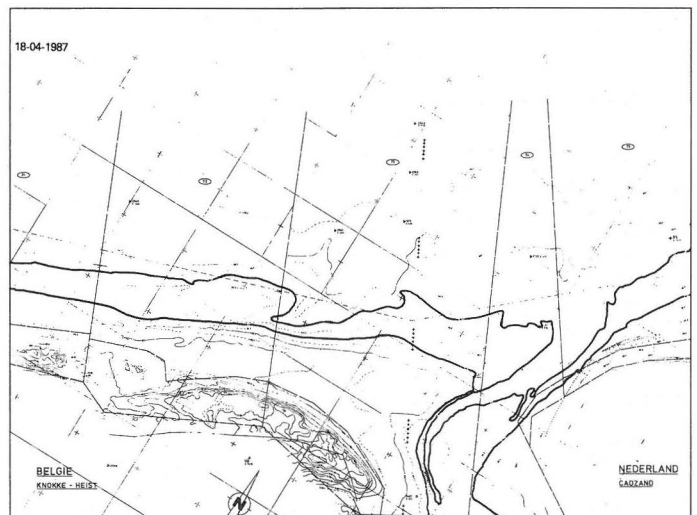
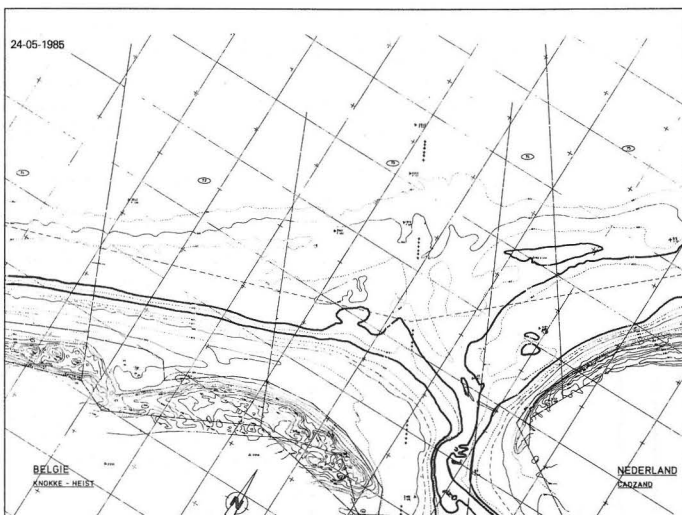
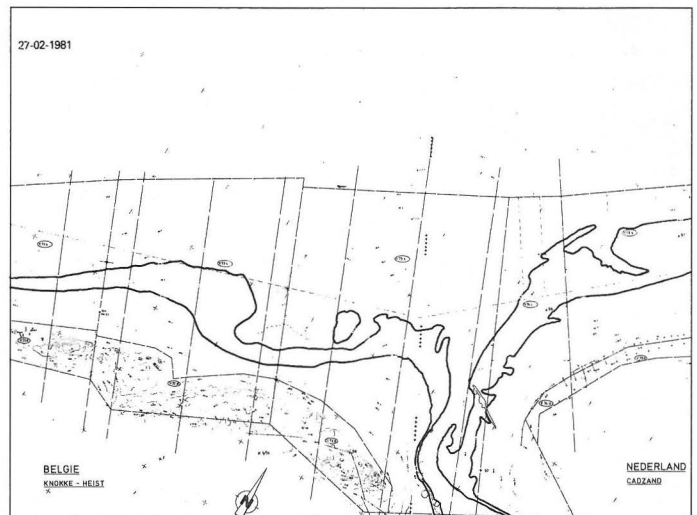
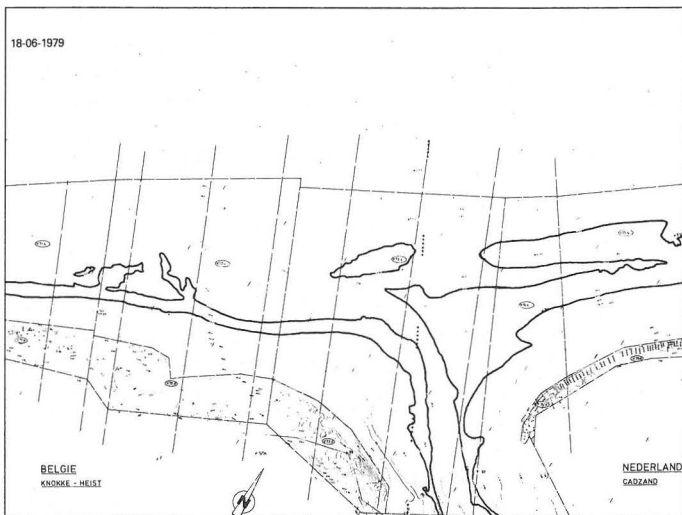


Fig. 4: De evolutie van de Zwinmondning in de periode 1979-1987.

de daarachter gelegen strandvlakte op die plaats niet het karakter van zeevering dragen (de zeeverende duinen liggen nog meer landinwaarts) kan de toestand in een later stadium toch onrustwekkend worden omdat de verlaging van strand en duin op die plaats de golfbrekende functie ervan doet verminderen, wat op termijn toch een bedreiging kan vormen voor de zeevering.

Al deze facetten bewijzen duidelijk dat een gecoördineerde aanpak van het probleem gevolgd door de meest efficiënte werken om de stabiliteit van de Zwingeuil te bevorderen en om de verdere aanzanding van het intertijdegebied tegen te gaan, dringend noodzakelijk zijn.

### 3. MAATREGELEN OM DE VERDERE VERZANDING VAN HET ZWINGEBIED TEGEN TE GAAN, OM HET ZUIDELIJK GEDEELTE TERUG REGELMATIG TE BEVLOEIEN EN OM DE STABILITEIT VAN DE MONDING TE VERBETEREN

Vooraleer dieper in te gaan op een aantal mogelijke maatregelen om het bestaande Zwingebied als dusdanig te redden dient vooraf nog een belangrijk uitgangspunt te worden vermeld welke moet in acht genomen worden voor gelijk welke werkzaamheid in het betrokken gebied: vermits het hier om een natuurreservaat gaat, mogen

de ingrepen niet storend zijn noch voor de landschappelijke waarde noch voor het rijk fauna- en florabestand. Dit sluit al een aantal mogelijkheden van 'harde maatregelen' uit (zoals hoge kribben in zee, taludverstevingen met harde materialen, pompinstallaties, e.d.m.).

Daarenboven moet het de bedoeling zijn om het gebied als intertijdegebied te redden. Drastische maatregelen zoals het volledig afdammen van de geul kunnen immers het probleem van de verzanding ook oplossen (in 1950 werd de geul al eens korte tijd gesloten doch na hevig protest terug open-gemaakt!), maar betekenen dan ook het einde van het natuurreservaat onder zijn huidige vorm.

Uitgaande van de analyse en de bespreking in de vorige paragrafen van de oorzaken van de verzanding en van de geulinstabiliteit, is het relatief eenvoudig om de mogelijke maatregelen op te sommen om aan de huidige precare toestand het hoofd te kunnen bieden.

#### 3.1. Maatregelen welke de vermindering van het resulterend langssedimenttransport beogen

Hoe beperkter het resulterend langssedimenttransport ter hoogte van het Zwingebied kan worden gehouden, hoe minder se-

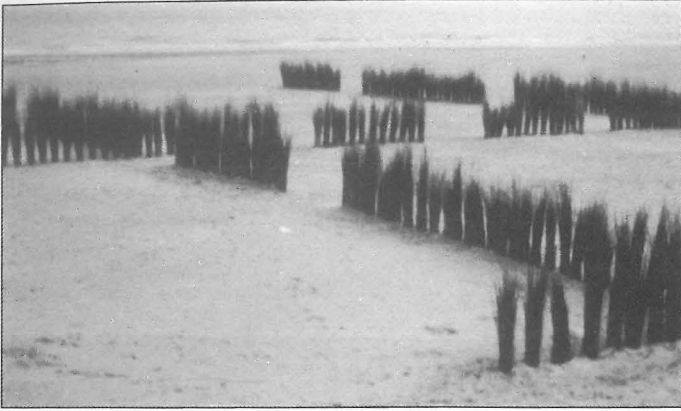
dimenten het Zwingebied binnendringen en er gedeponerd kunnen worden.

##### 3.1.1. Het plaatsen van hagen op strand en duin ter beperking van het eolisch transport

Alhoewel het eolisch zandtransport niet als de grote oorzaak van de huidige problematiek kan worden bestempeld, draagt de zandverstuiving door de wind, vanop het strand- en duingebied naar het Zwingebied, ertoe bij dat het gebied nog een grotere zandoverlast krijgt. Door het oordeelkundig plaatsen van hagen of het planten van duinvegetatie (bv. helmgras) op de stranden en duinen ten westen en ten noordwesten van het Zwingebied kan het eolisch transport sterk gereduceerd worden. Dergelijke ingrepen zijn trouwens reeds ten dele uitgevoerd met spectaculair resultaat. Foto's 5 en 6 tonen de toestand van een stuk strand voor het Zoute op dezelfde plaats vóór en na het plaatsen van strandhagen. Strandverhogingen van meer dan 3 m. in enkele jaren tijd zijn op meerdere plaatsen vastgesteld geworden.

##### 3.1.2. De beperking van het resulterend brandingslangstransport

Zoals reeds uiteengezet is het vooral het sedimenttransport in de brandingszone op



Foto's 5 en 6: Het effect van strandhagen: toestand vóór en na plaatsing.

het vooroevergebied welke de belangrijkste oorzaak is van de aanzanding en geulinstabiliteit (Q).

Een eerste mogelijkheid om dit sedimenttransport te verminderen is het maken van een 'zandvang' onder water aan de monding van de geul. Hiermee wordt een put bedoeld van enkele meter onder het natuurlijke zeebodemniveau en van respectabele afmetingen waarin een deel van het sedimenttransport in zou terechtkomen (sedimenteren) en aldus nooit het Zwingebied meer zou kunnen bereiken. Essentieel is hier ook dat in een dergelijke zandvang de grootste sedimenten (zand) het gemakkelijkst zullen 'gevangen' worden in tegenstelling tot de fijnere frakties (slib): dit kan de strijd tegen de zandoverlast in het Zwin maar ten goede komen.

Anderzijds moet men er zich rekenschap van geven dat een eenmalige operatie hier niet zal volstaan: de zandvang zal zich relatief snel opvullen en zal derhalve moeten onderhouden worden.

Daarbij moet nog opgemerkt worden dat een dergelijke zandvang zowel bij vloedstroom als bij ebstroom door sedimenten zal opgevuld worden, zodat niet met het resulterend sedimenttransport moet worden rekening gehouden om de opvuilsnelheid van de put in te schatten, maar met de som van de transporten uit alle richtingen. Wil men enig resultaat verhoppen (en dat wil nog helemaal niet zeggen dat men het volledig resulterend transport wil elimineren) dan zal men moeten denken aan een te graven put met een grootte van capaciteit van minstens 100.000 m<sup>3</sup>, die men quasi jaarlijks integraal zal moeten hergraven. De aanlegkosten en vooral de steeds weerkerende onderhoudskosten maken deze oplossing dus niet zeer aantrekkelijk, tenzij men met het gewonnen zand nuttig ander werk kan verrichten zoals kunstmatige strandvoeding op onmiddellijk in de nabijheid gelegen stranden (van Knokke bijvoorbeeld). Een laatste probleem dat zich dan in dit verband stelt is het te verwachten gedrag van het Nederlandse strand vóór Cadzand dat een niet te verwaarlozen deel van zijn thans bestaande opwaartse voeding dreigt te verliezen. Een te drastische strandverlaging welke hieruit zou kunnen voortvloeien is immers ook niet te aanvaarden. Het is aanbevelenswaard om - vooraleer de oplossing van een zandvang eventueel volwaardig uit te bouwen - te starten met een proef op beperkte schaal.

Uit de daaropvolgende waarnemingscampagne zullen de nodige conclusies kunnen getrokken worden.

Een andere mogelijkheid om het resulterend langssedimenttransport uit de buurt van de Zwinmonding te houden is het oordeelkundig plaatsen van onderwaterschermen op de vooroever (fig. 5). Deze schermen kunnen dan fungeren als blokkering van het bodemtransport (grovere zandfractie) en als stroomverlamming voor het suspensietransport. Ook hier stelt het probleem zich dat het effect niet blijvend voelbaar zal zijn en dat verdere plaatsing van schermen en/of onderhoud door het wegnemen van het gedeponeerd zand zich zal opdringen. Anderzijds kan een oordeelkundige geometrie bij het plaatsen het sedimentenstroompatroon eventueel 'wegdrukken' van de Zwinmonding, wat ook de beoogde reductie van Q tot gevolg zou hebben voor het Zwingebied. Op die manier blijft ook het sedimenttransport in oostelijke richting doorgaan zodat allicht minder bezwaar zal geuit worden omtrent mogelijke schadelijke effecten op de Nederlandse stranden. De techniek van de onderwaterschermen is evenwel nog niet zeer verspreid en enige prakti-

sche ervaring met de meest recente ontwikkelingen terzake is onontbeerlijk. Ook hier dringt zich dus een proefopstelling op vooraleer een definitieve beslissing te nemen.

### 3.2. Maatregelen welke het vergroten van het getijprisma en van het uitschurend effect van de ebstroom beogen

Hoe groter het getijprisma (P) en het uitschurend effect van de ebstroom, hoe groter de capaciteit van het geulensysteem om de binnendringende sedimenten tegen te gaan en terug af te voeren.

#### 3.2.1. De verlaging van de drempels in de Zwingeul

Teneinde van het zuidelijk Zwingebied terug een volwaardig intertijdegebied te maken is de verlaging van enkele drempels in de Zwingeul een noodzakelijkheid (zie punt 2.2.).

Naast dit imperatief is het daarenboven aanbevelenswaard om bepaalde overdiepten te verwezenlijken ten einde het toch nog resulterend binnendringend sedimenttransport -

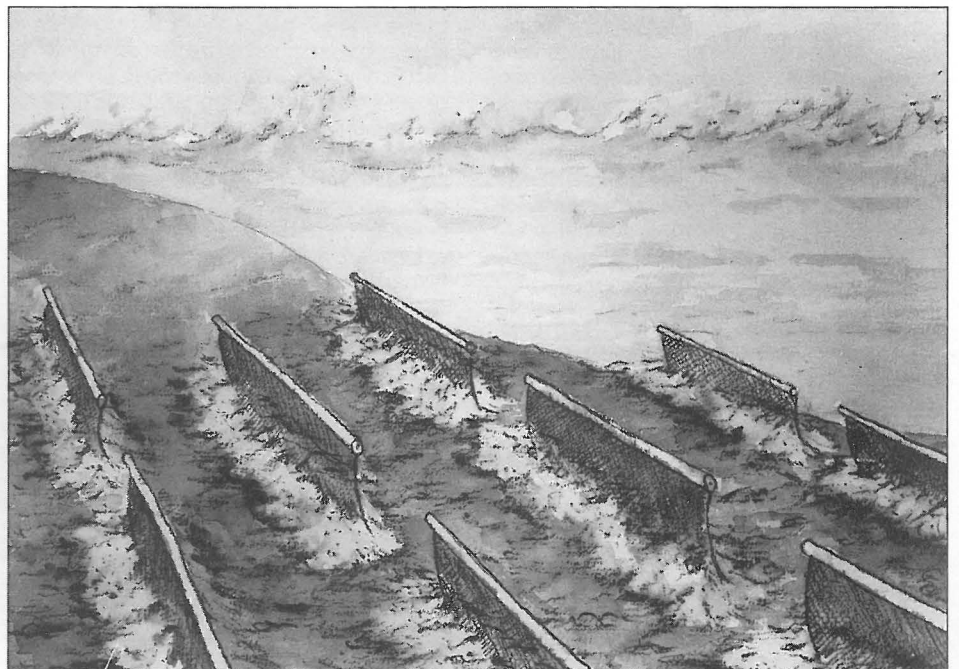


Fig. 5: Het plaatsen van onderwaterschermen - artist impression.



en dan nog hoofdzakelijk het zand - te concentreren in die overdiepten, zodat het eigenlijke natuurgebied er niet rechtstreeks mee belast wordt.

### 3.2.2. Het verhogen van de bergingscapaciteit

Zoals reeds werd aangehaald: hoe groter het gebied waar de getijdewerking kan doordringen, hoe groter komberging en hoe groter het afvoerend vermogen aan sedimenten voor het geulenstelsel wordt. Dit effect is evenwel niet 'lineair': het komt er immers op aan om bepaalde kritische minimumwaarden van de ebstroomsnelheid gedurende voldoende lange periodes te overschrijden om de sedimentafvoer gevoelig te kunnen verbeteren.

Het verhogen van de bergingscapaciteit in het reeds in oppervlakte beperkte Zwingebied is niet zo eenvoudig gezien de reeds bestaande waardevolle fauna- en floragebieden. In feite kunnen slechts een beperkt aantal bijkomende kombergingen *overwogen* worden (fig. 6):

- de huidige hoofdgeul A wordt verruimd en verdiept en de drempel wordt verlaagd tot peil + 2,00 m. (scenario 1A)
- het bestaande zuidelijke meertje M1 wordt uitgediept tot het peil van de zee-waartse drempel, na verruiming en verdieping van de huidige hoofdgeul (scenario 1B)
- het bestaande zuidelijk meertje M2 wordt eveneens uitgediept na realisatie van scenario 1B (scenario 1C)
- de oostelijke strandvlakte wordt uitgediept tot een meertje (M4) zodanig dat, wanneer het zeewater het intertijdsgebied begint binnen te stromen, de extra komberging direct ter beschikking komt (scenario 2).
- het bestaande westelijke meertje (M3) wordt als extra komberging in het systeem opgenomen door het rechtstreeks in

verbinding te stellen met het geulenstelsel via geul B (scenario 3).

Preliminare berekeningen door middel van een één-dimensionaal stromingsmodel hebben aangetoond dat:

- a) bij een jaarlijks gemiddeld springtij:
  - bij scenario 1A het totaal instromend watervolume bij de monding met 18% toeneemt en de maximale ebstroomsnelheid op die plaats ongeveer gelijk blijft.
  - bij scenario 1B neemt het instromend watervolume met 28% toe en de maximale ebstroomsnelheid met 3%.
  - bij scenario 1C zijn die cijfers respectievelijk 44% en 13%. Het vloedstroomeffect neemt evenwel niet noemenswaardig toe.
- b) bij een jaargemiddelde tijdkonditie:
  - bij scenario 2 het totaal instromend watervolume bij de monding met ca. 15% toeneemt en de maximum ebstroomsnelheid op die plaats van 0,46 m/s. tot 0,50 m/s. wordt opgedreven, terwijl de maximum vloedstroomsnelheid niet extra zal toenemen.
  - bij scenario 3 het totaal instromend watervolume bij de monding met ca. 35% toeneemt en de maximum ebstroomsnelheid op die plaats van 0,46 m/s. tot 0,51 m/s. wordt opgedreven, terwijl ook in dit scenario de maximum vloedstroomsnelheid niet zal toenemen.

Deze resultaten vertonen de te verwachten trend maar de bekomen waarden zijn op dit ogenblik niet overtuigend genoeg om met zekerheid te kunnen stellen dat een voldoende gunstig effect met deze ingrepen zal kunnen bekomen worden. Het quotiënt van Bruun wordt in alle scenario's groter, wat uiteraard op een te verwachten mindere instabiliteit van de geul wijst. Het binnendringend zandtransport zal niet noemenswaardig toenemen (de vloedstroomsnelheden nemen immers niet toe) terwijl door de ietwat grotere ebstroomsnelheid de aanzanding waarschijnlijk zal vertragen.

Er is minstens bijkomend onderzoek nodig

(zowel op het terrein als op het model) om over deze scenario's een eendoordeel te vellen.

Er dient evenwel nog een zeer belangrijk aspekt nader toegelicht te worden omtrent scenario 3 waarbij het westelijk gelegen meertje M3 opnieuw in het getijderegime wordt opgenomen. Op het huidig ogenblik vertoont dit meertje een (kunstmatig in stand gehouden) zeer stabiele toestand van schorregebied. Enkel bij zeer hoge waterstanden wordt het gebied met vers zeewater gevoed, praktisch zonder sedimentaanvoer.

Het terug in open verbinding stellen met de getijden in zee zou het gebied misschien wel opnieuw een 'natuurlijk' karakter bezorgen maar houdt verder essentiële nadelen in: de instromende sedimenten en de dagelijkse fluktuatie van de waterstand op die plaats zouden immers een ernstige ingreep betekenen in de bestaande weinig variërende evenwichtstoestand tussen wateroppervlak, vegetatie, broed- en rustplaatsoppervlakte voor de fauna e.d.m. Vanuit het beheersstandpunt van het Belgisch Zwinreservaat is een dergelijke ingreep onverantwoord omdat de mogelijke positieve invloed van kombergverruiming zeker niet opweegt tegen de te verwachten manifeste negatieve effecten.

### 3.2.3. Het hergraven en heroriënteren van de Zwinmonding

Ook tegen het opdringerig meanderen van de Zwinmonding dient spoedig iets gedaan te worden. Harde konstrukties - zoals geleidedammen tot op het strand - passen eigenlijk niet in een dergelijk dynamisch gebied met natuurwetenschappelijke waarde en zouden qua onderhoud een voortdurende bron van zorg zijn. De meest efficiënte ingreep is dan ook de monding te hergraven (meer westwaarts), te heroriënteren in de richting van de ebstroom (met een mogelijk gunstig gevolg op de afvoerapaciteit aan sedimenten tijdens de ebfaze) en te verdiepen (met een lagere drempeldiepte wordt eveneens een gunstig effect bereikt). Met het vrijgekomen zand kan dan het heden geërodeerd gebied bij de meest zee-waarts gelegen duinen vóór Cadzand hervoed worden zodat ook op die plaats de erosiedreiging afneemt.

Verder zal een observatieprogramma omtrent het toekomstig gedrag van de nieuwe monding bijkomende informatie verschaffen omtrent het dynamisch gedrag van het mondingsgebied, zodat de parameters welke dit proces beheersen met meer nauwkeurigheid zullen kunnen begroot worden.

## 4. DE WERKEN WELKE OP KORTE TERMIJN GEPLAND ZIJN

Niet alle hiervoor beschreven maatregelen om de verzanding van het Zwingebied tegen te gaan en om de geulstabiliteit te verbeteren zijn heden reeds zomaar uitvoerbaar. Sommige vergen nog nader onderzoek (bv. het graven van een grote zandvang) en andere zijn kontravercieel (bv. het betrekken van het westelijk gelegen meertje in de komberging). Nochtans zijn nu reeds een aantal nuttige en op korte termijn haalbare ingre-

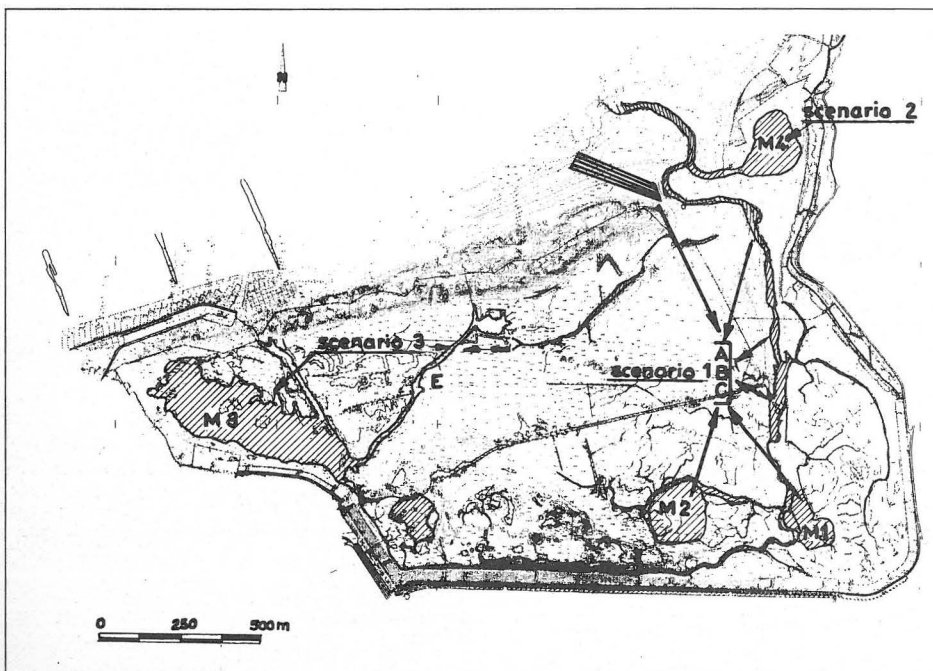


Fig. 6: Het verhogen van de komberging - mogelijke scenario's.

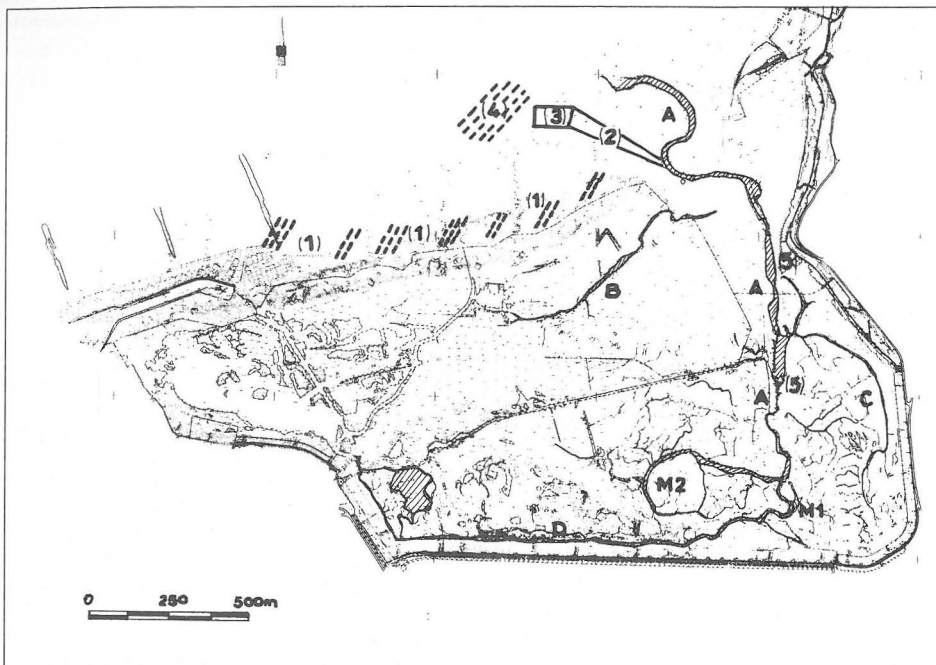


Fig. 7: Overzicht van de op korte termijn geplande werken.

pen gepland of in uitvoering (zie fig. 7).

- het plaatsen van bijkomende hagen op het strand en de duinen westelijk van de Zwinmond (1)
- het hergraven, heroriënteren en verdiepen van de Zwinmond (2)
- het graven van een kleine proefzandvang aan het zeewaartse uiteinde van de her-

- graven monding (3)
  - het uitvoeren van een proef met onderwaterschermen (4)
  - het verlagen van de drempels in de hoofdgeul van het Zwin en het verwezenlijken van een overdiepte in het zuidelijk gedeelte van de geul (5)
- Naast deze opgesomde werken zelf zal een

uitgebreide observatiecampagne over het gehele gebied worden gehouden en zal de studie omvrent de mogelijkheden van kombergverruiming worden voortgezet. Verwacht wordt dat in een periode van 1 jaar na de uitvoering van voormelde werken voldoende verder inzicht in de gehele problematiek zal verkregen zijn om eventuele bijkomende initiatieven in uitvoering te brengen.

## 5. BESLUIT

Met deze bijdrage is een overzicht gegeven van de waterbouwkundige aspecten van de Zwinproblematiek. Er is daarenboven aangetoond dat de mens niet meer zo machteloos staat als vroeger om aan dergelijke problemen het hoofd te kunnen bieden. Betere technische kennis en vooral moderne uitvoeringsmiddelen kunnen heden de basis vormen van doordachte ingrepen. Toch blijken nog een aantal factoren onvoldoende bekend te zijn om nu reeds een ondubbelzinnig succes van alle besliste ingrepen te kunnen voorspellen. Verder observeren is in dit geval de boodschap. Er wordt dus met belangstelling uitgekeken naar de resultaten van de werken en de observaties.

*ir. P. KERCKAERT*  
*Administratief Centrum*  
*Vrijhavenstraat 3*  
*8400 Oostende*



### IN MEMORIAM Prof. ANDRÉ VAN HAUTE

Op 22 oktober 1989 overleed, na een langdurige en slopende ziekte, André Van Haute, gewoon hoogleraar en Directeur van het Instituut voor Industriële Scheikunde van de Katholieke Universiteit te Leuven.

Geboren te Hamme in 1930, behaalde hij in 1953 het diploma van burgerlijk scheikundig ingenieur aan de K.U. Leuven, en een jaar later dat van Master in Chemical Engineering aan het CalTech te Pasadena.

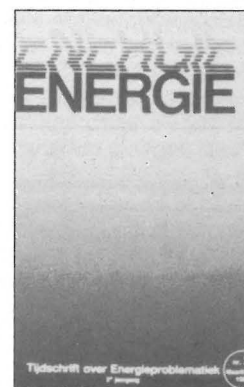
Kort na de aanvang van zijn professoraat richtte hij aan het Instituut een Centrum voor Waterontzouting op, waar voornamelijk membraanprocessen werden bestudeerd. Nagenoeg gelijklopend bouwde hij een Laboratorium van Industriële Elektrochemie uit, dat baanbrekend werk verrichtte inzake putcorrosie van roestvrij staal. Onder zijn impuls kwam te Leuven op het einde van de jaren zestig een specialisatiejaar Milieubeheer tot stand. Van dan af verruimde hij zijn werkterrein met onderzoek in verband met uitvloeking en nutriëntverwijdering, alsmede hergebruik van water.

Als voorzitter van het Genootschap Milieutechnologie van de K.V.I.V legde hij contacten met de NVA en organiseerde hiermee meerdere symposia in België en Nederland.

Prof. Van Haute onderhield veel contacten met onderzoekscentra en universiteiten in het buitenland. In opdracht van ABOS hielp hij aan het Institute of Technology of Surabaya, Indonesië, een specialisatie-richting Sanitary Engineering oprichten. Hij was ook voorzitter van de Belgische Commissie van de IAWPR, en organiseerde in die functie talrijke internationale congressen.

Hij was de auteur van een zestal boeken en van talrijke wetenschappelijke bijdragen, waarvan hij vele op internationale congressen heeft voorgedragen. Van bij de oprichting van het tijdschrift Water maakte A. Van Haute deel uit van de adviesraad WATER.

De tijdschriften WATER en ENERGIE worden uitgegeven door de vzw W.E.L.-Kipdorp 11, 2000 Antwerpen. Tel. 03/231.64.48. Een jaarabonnement kost 1000 Fr. per tijdschrift voor 6 nummers. Een abonnement op de 2 tijdschriften samen kost 1700 Fr. Bedrag te storten op rekening nr. 411-8037251-27 voor ENERGIE of voor een gezamenlijk abonnement op één van beide rekeningen met vermelding «WATER + ENERGIE».



### Inhoudsopgave van het tijdschrift Energie nr. 6 - nov./dec. 1989 :

- ontzwaveling van rookgassen : het amazoneproject
- berekening van de minimale energiebehoeften van procesinstallaties door middel van de punch-methode
- het opengooien van de nationale markten van de toeleveringen aan de elektriciteitsproducenten : de gevolgen voor België
- onrust op de petroleummarkt