



Voor Van Landen 1993

BN 206

KUST 2002

Deel 1

DE ZEEWERENDE FUNKTIE VAN DE KUST

Stand van zaken

Vorbereidend rapport

Departement Leefmilieu en Infrastructuur / Administratie Waterinfrastructuur en Zeezeven / Bestuur Havens / datum uitgave : 15-07-1993

MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP
DEPARTEMENT LEEFMILIEU EN INFRASTRUCTUUR
ADMINISTRATIE WATERINFRASTRUCTUUR EN ZEEWEZEN
BESTUUR HAVENS
W.T.C.-TOREN 3
SIMON BOLIVARLAAN 30
1210 BRUSSEL
TEL. : 02/212 44 42
FAX : 02/212 44 61

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap

VOORWOORD

De Lage Landen aan de Noordzee zijn van oudsher gekenmerkt door een niet aflatende strijd tegen de zee, wat zowel het land als zijn bewoners mee bepaald heeft.

Vroeger lag de klemtoon vaak op het winnen van land op de zee. Thans gaat het voornamelijk om het beveiligen van laaggelegen gebieden.

Overstromingsrampen in het recente verleden (1953,1976) illustreren op pijnlijke wijze dat de strijd tegen de zee niet ongestraft gestaakt mag worden.

Als gevolg van de hierboven vermelde rampen werden in Nederland en België grootschalige plannen opgezet en in uitvoering gebracht voor de bescherming tegen overstromingen van respectievelijk het Nederlandse deltagebied (Deltaplan) en het Scheldebekken (Sigmoplan).

De Belgische kust bezit, naast haar toeristisch-recreatieve en ecologische functies, ook een zeeverende functie waarvan het veiligheidsniveau niet in zijn globaliteit gekend is.

Menselijke ingrepen door urbanisatie en recreatieve activiteiten, en natuurlijke invloeden zoals stranderosie en duinafslag maken van de zeevering een dynamisch, voortdurend aan wijzigingen onderhevig systeem.

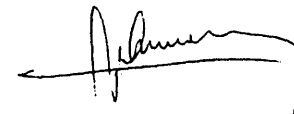
Onafgebroken waakzaamheid is geboden. Als instrument daartoe wordt een coherent plan voorbereid dat op korte en middellange termijn een vaste programmering moet toelaten van een geheel van zowel kleinere als méér grootschalige werken en maatregelen.

Dit beleidsplan, dat de naam Kust 2002 meekreeg, zal gedurende de volgende paar jaar worden uitgewerkt. Daarbij zal een ruime consultatie worden gevoerd van alle betrokken instanties.

Er bestaat bijgevolg een dringende behoefte om de Vlaamse zeevering aan een diepgaand onderzoek te onderwerpen en hieruit een plan af te leiden voor een geïntegreerd beleid inzake kustbeveiliging.

Het voorliggend document is een eerste voorbereidend rapport waarin de zeeverende functie van de kust op een diepgaande manier behandeld wordt. Later komen de toeristisch-recreatieve, de ecologische, de mobiliteits- en de juridische aspecten aan bod.

Elk rapport is te beschouwen als een beleidsvoorbereidend document ten gebuike van de politieke verantwoordelijken. Eens aanvaard, zal het een vaste leidraad zijn voor alle betrokken uitvoerende instanties.



ir. J. DEMOEN

Directeur-Generaal

SAMENVATTING

Zowel de natuurlijke evolutie van de Vlaamse kust als het toenemende, multifunktionele gebruik van het kustmilieu nopen tot het opstellen van een beleidsplan, dat erop gericht is voor de hele kuststreek op een eenvormige wijze een maximale veiligheid te garanderen. Het bedoelde beleidsplan wordt met de naam plan "Kust 2002" aangeduid.

De onderhavige nota bereidt het opstellen van het plan "Kust 2002" voor. Het ontbrak immers tot op heden aan een overzicht van de vele gegevens die vandaag reeds ter beschikking staan om de veiligheid van de kust te analyseren. Dat overzicht wordt hier geboden, en de gebieden waarop verdere informatie dient te worden ingewonnen of geanalyseerd, worden duidelijk aangegeven. Bovendien wordt een eerste vermelding gemaakt van de studietechnieken, die op de meetgegevens dienen te worden toegepast.

Van de gelegenheid wordt gebruik gemaakt om de complexe problematiek van kustveiligheid te omschrijven. De talrijke definities en illustraties in deze nota hebben tevens tot doel een breder publiek en de diverse betrokken beleidsinstanties te informeren over het belang en de aard van de kustveiligheidsproblematiek. Bovendien werd een overzichtelijke beschrijving opgenomen van de huidige situatie met betrekking tot onze kustverdediging.

In een inleidend gedeelte (par. 1.1) wordt de ontstaansgeschiedenis van de kust en de kustvlakte geschetst. Uit het relaas van de talrijke overstromingen en landverliezen in het verleden blijkt dat de strijd tegen de zee onverminderd moet worden verdergezet, en dit des te meer omdat de menselijke aanwezigheid en het economisch belang van de kuststreek hoger zijn dan ooit tevoren.

Uit de geografische analyse van het kustgebied volgt dat de kustbeveiligingselementen horen tot twee "kustverdedigingslijnes" (par. 1.2). De eerste kustverdedigingslinie is de strandwal, het complex van vooroever, strand en de gordel van zeewerende duinen, dat op vele plaatsen bijkomend is versterkt met zeedijken, strandhoofden, enz. (fig. 1.9). De tweede kustverdedigingslinie is het stelsel van spoorwegbermen, wegen in ophoging en dijken, dat gedeeltelijk als waterkering zou fungeren mocht er zich een doorbraak van de eerste kustverdedigingslinie voordoen. De continuïteit van de tweede kustverdedigingslinie is immers niet bekend, noch gegarandeerd.

Het falen van een kustverdedigingslinie, met overstroming tot gevolg, betekent dat deze niet opgewassen is tegen de hoge zeespiegelstanden en extreme golfaanvallen (par. 1.3). Kustveiligheid wordt gedefinieerd in termen van een aanvaarde faalkans van de kustverdedigingslinie (par. 1.5), en deze kans moet vertaald worden in type-stormkondities, overschrijdingsfrequenties, enz.

Het studiegebied voor het veiligheidsplan "Kust 2002" wordt zeewaarts afgebakend door een denkbeeldige lijn op 1.500 m uit de basislijn van de strandwaarnemingen en landwaarts door de topografische hoogtelijn van +5 m T.A.W. (par. 1.7).

De strandwal, het hoofdbestanddeel van onze eerste kustverdedigingslinie, is per definitie een mobiel systeem, waarbij natuurlijke krachten gegeneerd door golven, getij en wind inwerken op het loskorrelige materiaal zand (hoofdst. 2). De interactie van de mens in dit natuurlijk systeem is zeer complex en ingrepen door de mens uitgevoerd in het kustmilieu kunnen het zeeverend effect van de kustverdedigingslinie zowel verhogen als schade toebrengen (hoofdst. 3). Voor een betere kennis van de kustprocessen is een verdergezette inspanning inzake meetprogramma's en studie in het kustmilieu zeer zeker nodig en verantwoord.

In hoofdstuk 4 wordt een overzicht geboden van de huidige situatie inzake kustverdedigingsinfrastructuur en regelmatig uitgevoerde werken langs de Vlaamse kust. De aangewende types ingrepen en infrastructuur worden verduidelijkt en geïllustreerd.

Daarop volgt een gedetailleerde opsomming van fysische parameters die een invloed hebben op het veiligheidsniveau : wind, golven, getij, zeespiegelstand, zandbalans (hoofdst. 5). Er wordt aangetoond hoe de huidige meetprogramma's statistisch materiaal opleveren voor de analyse van deze informatie, gericht op de kustveiligheid. Een systematische statistische analyse dient met de recentste gegevens aangevuld te worden. Het ter beschikking hebben van een akkuraat instrumentarium is des te belangrijker, indien men rekening houdt met mogelijke externe trendwijzigingen, zoals b.v. verwacht ten gevolge van het broeikas-effect.

In par. 6.3 wordt uiteengezet op welke wijze het veiligheidsniveau van de huidige eerste kustverdedigingslinie dient te worden bepaald. Het veiligheidsniveau is de mate waarin de huidige natuurlijke zeevering en de bestaande infrastructuur veiligheid bieden tegen stormvloedschade en overstromingen. De interrelatie met de andere onderdelen van de kustveiligheidsstudie wordt verduidelijkt d.m.v. een flow-chart.

Reeds vóór de analyse m.b.t. het huidige veiligheidsniveau wordt doorgevoerd, zijn er enkele zwakke punten in onze eerste kustverdedigingslinie bekend, en deze plaatsen worden dan ook opgesomd (par. 6.4).

In het laatste gedeelte van deze nota (par. 6.5) wordt het belang aangetoond van een zorgvuldig doorgevoerde geografische inventarisatie en risico-analyse van de overstroombare gebieden. Enerzijds dienen de exakte verbreidingszones van mogelijke overstromingen te worden nagegaan. Hierbij is zowel een simulatiestudie van dijk- en duindoelbraken en een studie van de bouwkundige staat van de infrastructuur vereist als een gedetailleerde topografische opname van alle terreinelementen die voor het inperken van het overstromingsgevaar van belang zijn. Anderzijds dient de demografische, economische, ekologische, ... waarde te worden geïnventariseerd van alle gebieden met een overstromingsrisiko. Het spreekt vanzelf dat deze waardebepaling mee beslissend moet zijn voor een uiteindelijk na te streven veiligheidsniveau.

Uit deze nota blijkt dus dat op een aantal gebieden in het kader van het beleidsplan "Kust 2002" verdere terreininformatie dient te worden ingewonnen, nl. inzake de zandvolumes en mobiliteit van de strandwal, de standvastheid van de zeeveringsinfrastructuur, de gedetailleerde topografie en waarde van de overstroombare gebieden. Verder blijkt de nood aan een doorgedreven statistische verwerking van hydrometeorologische gegevens. Diverse simulaties van golfimpakt en morfologische evolutie van de strandwal zullen moeten toelaten het huidige veiligheidsniveau van de eerste kustverdedigingslinie te bepalen.

Uit verdere studie moet een antwoord verkregen worden op de volgende vragen :

- welke veiligheid moeten we beogen voor de Vlaamse kust en de kustvlakte ?
- voldoet de huidige kustverdediging aan deze veiligheid ?
- welke maatregelen moeten er genomen worden om deze veiligheid te garanderen ?

INHOUD

	p.
VOORWOORD	1
SAMENVATTING	i
INHOUD	iv
INLEIDING	1
1. Het plan "Kust 2002"	1
2. Het deel I van het plan "Kust 2002" : De zeeverende funktie van de kust	2
3. De zeeverende funktie : huidige stand van zaken. Voorbereidend rapport	3
1. DEFINITIE VAN HET GEBIED	6
1.1. Wordingsgeschiedenis van onze kust in het recent-geologische en historische verleden	7
1.2. Elementen van onze kustbeveiliging	16
1.3. Waartegen moet men beveiligen ?	17
1.4. Situatie in het buitenland	22
1.5. Definitie van kustveiligheid	23
1.6. Beheers- en eigendomsstatuut	24
1.7. Afbakening van het gebied	24
2. BESCHRIJVING VAN HET MECHANISME VAN DE ZEEWERING	25
2.1. Getij	26
2.2. Golven	26
2.3. Wind	27
3. INVLOED VAN DE MENS OP DE ZEEWERING	28
3.1. Ingrepen van de mens die het zeeverend karakter van de kust verhogen	29
3.1.1. Harde infrastructuurwerken	29
3.1.2. Zachte infrastructuurwerken	29
3.2. Activiteiten en ingrepen van de mens die schade kunnen toebrengen aan het zeeverend karakter van de kust	29
3.2.1. Toerisme	30
3.2.2. Havens en scheepvaart	31
3.2.3. De kust als militaire verdedigingslinie	31
3.2.4. Waterwinning in de duinen	31
4. BESCHRIJVING VAN DE DIVERSE TYPES ZEEWERING	32
4.1. Van de Belgisch-Franse grens tot Koksijde	36
4.2. Van Koksijde tot Nieuwpoort	37
4.3. Van Lombardsijde tot Westende	38

4.4.	Van Middelkerke tot Mariakerke	39
4.5.	Oostende en Bredene	40
4.6.	Van Bredene tot Wenduine	41
4.7.	Blankenberge tot Zeebrugge	43
4.8.	Van Knokke-Heist tot het Zwin	45
4.9.	Noodzaak tot inventaris van de huidige zeevering	47
5.	WAARNEMINGEN EN PROGNOSES VAN RELEVANTE FENOMENEN DIE VAN INVLOED ZIJN OP HET VEILIGHEIDSNIVEAU ..	48
5.1.	Windklimaat	48
5.2.	Golfklimaat	52
5.3.	Tijstromingen	59
5.4.	Zeespiegelstand en zeespiegelrijzing	61
5.5.	Broeikasfeffekt	63
5.6.	Zandbalans	64
6.	WISKUNDIGE VEILIGHEIDSSSTUDIE met een eerste analyse van de zwakke punten en het produceren van een "bressenkaart"	68
6.1.	Inleiding	68
6.2.	Het belang van de kustveiligheid	69
6.3.	Wiskundige veiligheidsstudie	71
6.3.1.	Analyse van de beschikbare gegevens en normstelling	72
6.3.2.	Bepaling van het veiligheidsniveau langsheen de Vlaamse kust	72
6.3.2.1.	Zones beschermd door zandstrand met duin	73
6.3.2.2.	Zones beschermd door zandstrand met dijk	73
6.3.2.2.1.	Zandstrand	74
6.3.2.2.2.	Het dijklichaam zelf	74
6.3.2.2.3.	Singuliere punten	75
6.4.	Inherent zwakke punten	75
6.5.	Risico-analyse van de overstroombare gebieden	75
6.5.1.	Inventarisatie van gegevens en opbouw van een GIS	77
6.5.2.	Simulatie van dijk- en duindoorkraak	78
6.5.3.	Bepaling van de overstroombare gebieden en hun waarde	78
6.5.4.	Kartografische voorstelling van elementen uit de risico-analyse	79
7.	BESLUIT	80

INLEIDING

1. Het plan "Kust 2002"

Door de wet van 8 augustus 1988 (wet tot wijziging van de bijzondere wet van 8 augustus 1980 tot hervorming der instellingen) werd aan de Vlaamse Gemeenschap onder meer de bevoegdheid over de zeevering toebedeeld.

Deze bevoegdheid die de bescherming van de kuststrook tegen de zee inhoudt, kan echter niet los gezien worden van de andere aspecten van het kustbeheer zoals de toeristisch-recreatieve en de landschappelijke.

Zeevering en kustbescherming kunnen evenmin losgezien worden van de ecologische aspecten : de verontreiniging van het strandwater, de vervuiling van strand en duin, het in stand houden van de delikate evenwichten in strand- en duinopbouw.

Bij het beheer van de zeevering dient ook rekening gehouden te worden met de mobiliteitsaspecten. Het vervoer van en naar de kust moet immers geoptimaliseerd worden. Dit kan slechts gebeuren door alle vervoersmodi op een geïntegreerde manier bij dit beheer te betrekken.

De Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen die o.a. belast is met het instandhouden van de zeevering heeft daarom van meetaf aan voorgesteld om dit instandhouden te beschouwen als een totaalopdracht die moet kaderen in een ruimer beleidsplan.

Dit beleidsplan kreeg de naam : plan "Kust 2002".

Volgende functies en aspecten dienen aan bod te komen bij de uitwerking van dit plan:

1. de zeeverende functie van de kust;
2. de toeristische en recreatieve aspecten;
3. de havens, en meer bepaald hoe de havenfunctie kan verzoend worden met de andere functies en aspecten;
4. de ecologische aspecten;
5. het globale mobiliteitsaspect;
6. de juridische aspecten.

Het is verder zonder meer duidelijk dat voor de opstelling van dit plan er een nauwe samenwerking nodig zal zijn tussen de Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen en de andere regionale en nationale autoriteiten en instellingen die betrokken zijn bij de kustproblematiek.

2. Het deel I van het plan "Kust 2002" : De zeeverende functie van de kust.

In het eerste deel van het beleidsplan zal een grondige analyse dienen te gebeuren van de zeeverende functie van de kust.

De kustbeveiliging langs de Vlaamse Kust wordt verzekerd door 2 afzonderlijke kustverdedigingslinies, nl. :

- a. de strandwal, opgebouwd uit de onderwateroever, het strand en het duin, inclusief de kustverdedigingswerken (zeedijken, ...) en de singuliere punten (schutsluizen, ...);
- b. de binnenlandse indijkingen die een bescherming vormen tegen de voortplanting van een overstroming.

Het gebied dat voor overstromingen vanuit zee vatbaar is wordt afgebakend door de topografische + 5 m TAW-hoogtelijn.

Het kustveiligheidsniveau dat thans geboden wordt door de 2 voornoemde kustverdedigingslinies dient dringend bepaald te worden teneinde de eventueel benodigde maatregelen te kunnen nemen. Dit wordt in hoofdzaak geargumenteed door de steeds groter wordende waarde van de kuststreek op gebied van bevolking, toerisme, ecologie en economie. Hierdoor worden ook de risico's steeds groter, zelfs bij gelijkblijvende faalkans van de 1ste en/of de 2de kustverdedigingslinie.

Het opstellen van een geïntegreerd kustverdedigingsplan vergt geëigende studies waarin bovenvermelde sociale, culturele, economische en ecologische aspecten aan bod komen, parallel aan de strikt technische elementen met betrekking tot de kustverdedigingsinfrastructuur en de strandwal zelf. Inderdaad zal het accent gelegd worden op een grondige veiligheidsanalyse van de strandwal, inclusief strand en duin. Konkreet zullen deze studies dus volgende objectieven hebben:

1. de definitie van het na te streven kustveiligheidsniveau op basis van een aanvaardbaar risico;
2. de bepaling van het huidige kustveiligheidsniveau van de eerste kustverdedigingslinie, bestaande uit de natuurlijke strandwal en de aanwezige kustinfrastructuur;
3. de afbakening van de tweede kustverdedigingslinie en de bepaling van het huidig en na te streven veiligheidsniveau rekening houdend met de economische, toeristische en ecologische waarden van het Vlaams kustgebied;
4. de beschrijving van de te nemen maatregelen om het na te streven kustveiligheidsniveau te verwezenlijken en/of te handhaven en een gedetailleerd advies m.b.t. de te nemen beleidsopties.

3. De zeeverende functie : huidige stand van zaken. Voorbereidend rapport

In de hierboven beschreven optiek heeft de Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen onderhavige nota opgemaakt in de vorm van een beleidsvoorbereidend document met het oog op de uitvoering van de specifieke onderzoeksprojecten en de realisatie van een veilige kustverdediging. De specifieke onderzoeksprojecten waarvan sprake moeten leiden tot het opstellen van een zogenaamd veiligheidsplan "Kust 2002" waarin de criteria voor het beleid van kustverdediging bepaald worden, en de realisatie van een veilige kustverdediging.

Het ontbrak immers tot op heden aan een overzicht van de vele gegevens die vandaag reeds ter beschikking staan om de veiligheid van de kust te analyseren. Dat overzicht wordt hier geboden, en de gebieden waarop verdere informatie dient te worden ingewonnen of geanalyseerd, worden duidelijk aangegeven. Bovendien wordt een eerste vermelding gemaakt van de studietechnieken, die op de meetgegevens dienen te worden toegepast.

Van de gelegenheid wordt gebruik gemaakt om de complexe problematiek van kustveiligheid te omschrijven. De talrijke definities en illustraties in deze nota hebben tevens tot doel een breder publiek en de diverse betrokken beleidsinstanties te informeren over het belang en de aard van de kustveiligheidsproblematiek. Bovendien werd een overzichtelijke beschrijving opgenomen van de huidige situatie met betrekking tot onze kustverdediging.

De nota werd in 7 hoofdstukken ingedeeld.

Hoofdstuk 1 omschrijft het gebied dat door het veiligheidsplan "Kust 2002" onderzocht wordt. De definitie van het concept kustveiligheid wordt ook meer in detail beschreven.

In de volgende hoofdstukken worden de diverse zeeverende functies van de kust beschreven, nl. :

- het natuurlijke mechanisme van de zeevering;
- de invloed van de mens op de zeevering;
- een beschrijving van diverse types zeevering langsheen onze kust;
- de waarnemingen en prognoses van de fenomenen die relevant zijn voor het veiligheidsniveau;
- de wiskundige veiligheidsstudie van de zwakke punten van de kust.

Hoofdstuk 7 bevat de conclusies en aanbevelingen van dit beperkt vooronderzoek.

Onderhavig rapport werd opgesteld door het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, en meer bepaald door het Bestuur Havens en de Dienst der Kusthavens behorend tot de Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen van het Departement Leefmilieu en Infrastructuur.

Medewerking bij de opstelling van het rapport werd geleverd door

- Harbour and Engineering Consultants, HAECON N.V., Deinsessesteenweg 110, B-9031 Gent;*
- Eurosense Belfotop N.V., Nerviërslaan 54, B-1780 Wemmel.*

Tot slot waren medewerkers bij de totstandkoming van dit rapport : B. De Putter, P. De Wolf, D. Fransaer, R. Houthuys, B. Lahousse, B. Malherbe, J. Strubbe, D. Vandenbossche, E. Van den Eede.

Lijst van gebruikte afkortingen

AWZ	Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen
DDKH	Dienst der Kusthavens
HW	hoogwater
LW	laagwater
NAP	Normaal Amsterdams Peil (Nederlands referentiepeil voor hoogtegegevens; het nulpeil in NAP stemt overeen met 2,34 m TAW)
TAW	Tweede Algemene Waterpassing (nationaal referentiepeil voor hoogtegegevens)

1. DEFINITIE VAN HET GEBIED

- 1.1. Wordingsgeschiedenis van onze kust in het recent-geologische en historische verleden
- 1.2. Elementen van onze kustbeveiliging
- 1.3. Waartegen moet men beveiligen ?
- 1.4. Situatie in het buitenland
- 1.5. Definitie van kustveiligheid
- 1.6. Beheers- en eigendomsstatuut
- 1.7. Afbakening van het gebied

De kustveiligheid van de ca. 65 km lange Vlaamse kust vergt een grondige analyse met betrekking tot het veiligheidsniveau dat door de huidige infrastructuur en door de natuurlijke zeevering geboden wordt. Hiermede kan dan een efficiënt ontwerp van de desnoods te nemen maatregelen en acties gemaakt worden.

Kustveiligheid houdt alle maatregelen in, die instaan voor het beveiligen van de bestaande natuurlijke zeevering, kustinfrastructuur, kuststeden en inwoners alsmede de achterliggende polderlanden. Zodoende is een kustveiligheidsplan niet los te denken van economische, recreatieve en milieu-ekologische belangen.

In deze conceptnota wordt de toestand van de kust meer in detail beschreven, alsmede de krachtlijnen van de overeenkomstige kustveiligheidsaspecten die dan meteen ook het kader aangeven van de studie veiligheidsplan "Kust 2002".

In de inleiding van deze conceptnota wordt het kader van het veiligheidsplan "Kust 2002" beschreven aan de hand van de volgende onderwerpen :

1. Wordingsgeschiedenis van onze kust in het recent-geologische en historische verleden
2. Elementen van onze kustbeveiliging
3. Waartegen moet men beveiligen ?
4. Beheers- en eigendomsstatuut
5. Afbakening van het gebied

De Vlaamse Kust (lengte 65,4 km) is opgebouwd uit een zandige strandwal, gekenmerkt door twee aaneensluitende "kustbogen". De eerste kustboog loopt van Dunkerque (Fr) tot Wenduine (B) ; de tweede kustboog loopt van Wenduine (B) tot Breskens (NL).

De strandwal vormt de zeevering en is opgebouwd uit de volgende elementen (fig. 1.1) :

- a) vooroever (onderwateroever);
- b) strand (natstrand : onderhevig aan normaal getij ; droogstrand : boven de hoogwaterlijn);
- c) duin.

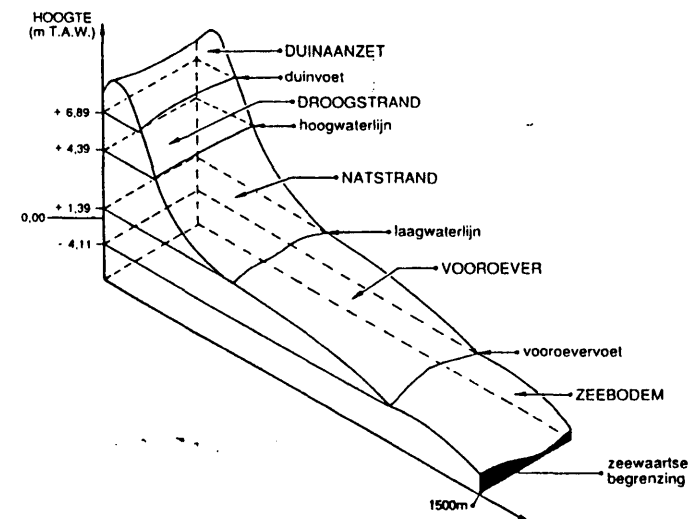


Fig. 1.1. De strandwal als zeevering; definitie van de elementen van de strandwal.

Deze natuurlijke strandwal langs de Vlaamse Kust wisselt af met infrastructuurwerken die een belang hebben voor de economie (havens, havengeulen), het toerisme of de kustverdediging (dijken, strandhoofden).

1.1. WORDINGSGESCHIEDENIS VAN ONZE KUST IN HET RECENT-GEOLOGISCHE EN HISTORISCHE VERLEDEN ⁽¹⁾

In de recente geologie, gedurende de laatste 2,5 miljoen jaar, hebben zich minstens een tiental belangrijke wereldwijde klimaatwisselingen voorgedaan. Voor het ontstaan van de morfologie in het Noordzeebekken en van de Vlaamse kust is vooral de laatste ijstijd en de erop volgende opwarmingsperiode van groot belang.

Ijstijden traden op met een frequentie van 100.000 à 200.000 jaar. Gedurende de ijstijden reikte de polaire ijskap veel verder zuidelijk dan nu het geval is, en als gevolg van de grote berging van water onder de vorm van ijs waren de zeespiegelstanden tijdens ijstijden tot 150 m lager dan vandaag. In de tussenijstijden kenden onze streken een gematigd warm klimaat en was de zeespiegelstand hoog.

¹ Deze wordingsgeschiedenis is gebaseerd op overzichtartikels en monografieën (Verhulst, 1965; Eisma, 1980; Eisma & Fey, 1982; Rottier & Arnoldus, 1984; De Moor & Ozer, 1985; De Moor, 1986,1988; Köhn, 1989; ...) en op eigen gegevens van de auteurs.

De laatste ijstijd kende een koude-maximum ca. 20.000 jaar geleden. Het polaire ijs bedekte Skandinavië en het noordelijk gedeelte van de Noordzee. De zeespiegel lag ca. 100 m lager dan de huidige. De Noordzeebodem voor onze kust vormde een breed dal waardoor het water van Theems, Rijn, Maas en Schelde zuidwaarts afvloeide door het Nauw van Calais en het Kanaal naar de Atlantische Oceaan. Grote gedeelten van de zuidelijke Noordzee lagen droog en mogelijk kende de prehistorische mens hier een bestaan als jager en visser.

De opwarming na de laatste ijstijd veroorzaakte een zeespiegelrijzing (fig. 1.2). De zeespiegelstijging in de Noordzee wordt toegeschreven aan het smelten van de ijskap van de laatste ijstijd, het thermisch uitzetten en toenemen van het zeewatervolume, en het dalen van de Noordzeebodem als compensatie van de stijging van Skandinavië². De klimaatsopwarming en de ermee gepaard gaande zeespiegelstijging gebeurde versneld in de periode tussen 10.000 en 5.000 jaar geleden. 6.000 jaar geleden had het oceaانwater via het Nauw van Calais en ook vanuit het noordwesten, omheen Schotland, de Noordzee reeds voor een groot gedeelte weer opgevuld. De zeespiegel stond ca. 8 m lager dan de huidige.

Nadien lag het ritme van de zeespiegelrijzing lager, ca. 0,10 à 0,20 m per eeuw aan de Vlaamse kust. De uitbouw van de huidige kustvlakte in zee-waartse richting gedurende deze periode is te danken aan de vorming van een barrière, ongeveer ter hoogte van de huidige kust. Waar voldoende zandig materiaal aanwezig is wordt door de zee immers van nature een begrenzen barrière opgeworpen daar waar het zand nog wel door de golven vanuit zee kan worden aangevoerd, maar niet meer afgevoerd. Deze zandbarrière, een opeenvolging van strandwallen, is het complex van voor-oever, strand en duinen. Dit zandlichaam is verschillende honderden meters breed en een paar tientallen meters hoog. De ligging, aard en vorm van de barrière kust zijn het eindresultaat van de werking van diverse krachten t.g.v. wind, golven, getij, zeestromingen op de voorradige en aangevoerde zandmassa. Aangezien alle factoren die deze krachten bepalen (klimaat, windrichting, zeepil, getijbereik, hoeveelheid beschikbaar zand, ...) voortdurend geleidelijk veranderen in de tijd, veranderen geleidelijk ook de ligging en afmetingen van de barrière kust. Zo wordt b.v. bij stijgend zeepil de invloed van grote, steile golven op het strand belangrijker. De bestaande strandwal wordt dan gedeeltelijk afgebroken door de golven, maar tegelijk in landwaartse richting meer uitgebouwd en opgehoogd. Aldus is de positie en grootte van een uit strandwallen bestaande zandbarrière een waar dynamisch evenwicht, bepaald door de som van alle inwerkende krachten. Het is recent-geologisch en historisch aan te tonen, dat de positie van de strandwal licht gewijzigd is in de loop van de geschiedenis. In de voorbije millennia lag zij op sommige plaatsen, b.v. ter hoogte van Knokke, verder in zee en op andere plaatsen meer landwaarts (hiervan getuigt b.v. de fossiele duinenrug te Adinkerke bij De Panne).

² De stijging van Skandinavië trad op als gevolg van drukontlasting, tijdens het afsmelten van de ijskap van de laatste ijstijd.

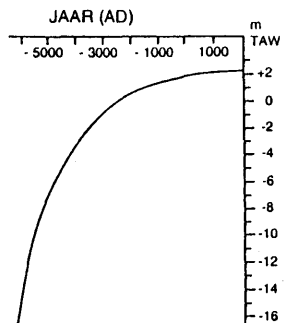


Fig. 1.2. De zeespiegelrijzing gedurende de laatste duizenden jaren (naar Köhn, 1989).

Tussen het droge vasteland en de barrière kust bevond zich 5.000 jaar een vlak gebied van strandmeren, geulen en waddenplaten. Dit getijdengebied, zowel als de overstromde rivierdmondningen, werd in de loop van de eeuwen opgevuld met veen, zand, fijn zand en klei. Het veen ontstaat wanneer door de beginnende stijging van de watertafel de concentratie van zoet water groter wordt en er zich in uitgestrekte schorregieden een vegetatie van waterminnende planten, zoals riet, zandzegge, maar vooral veenmos vestigt. Wanneer de groei van deze vegetatie gelijke tred kan houden met de nog steeds verder gaande stijging van het waterpeil, komen afgestorven plantendelen onder de waterspiegel terecht, waar ze vervenen. Op de lange duur ontstaan op deze plaatsen veenlagen.

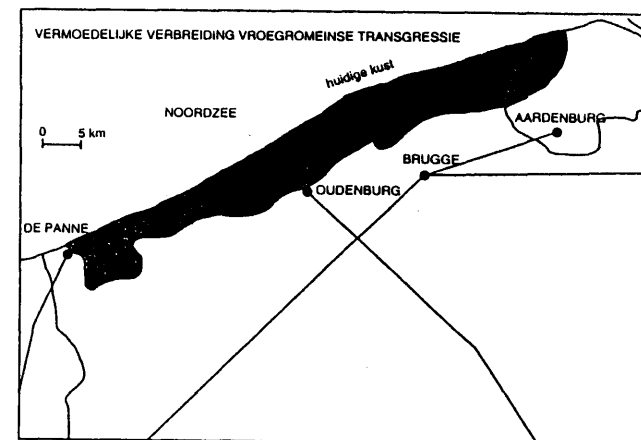


Fig. 1.3. Vermoedelijke verbreiding van de Vroegromeinse transgressie (2de eeuw voor Christus - 1ste eeuw na Christus).

De strandwal is doorheen de tijd geen aaneengesloten barrière, maar is op sommige plaatsen, variabel in de tijd, doorbroken door zeegaten, zoals het nu nog bestaande Zwin. Deze zeegaten voeden de binnengaats zee bij hoogwater en draineren haar bij laagwater. De toestand van de kustvlakte is in zulke tijden te vergelijken met de huidige Waddenzee.

Aan de verlandende zijde overstromt de kustvlakte alleen nog bij hoogwater. In de periode 2de eeuw voor Christus - 1ste eeuw na Christus waren er verschillende vrij grote doorbraken, o.a. te Oostduinkerke en De Haan. Men noemt deze periode de "Vroegromeinse transgressie", en de afzettingen uit deze tijd worden aangeduid met de naam "Duinkerke I" (fig. 1.3). De kusteilanden werden echter reeds bewoond. Andere nederzettingen in de kustvlakte bevonden zich op de hoogst gelegen punten. De belangrijkste Romeinse nederzettingen aan de rand van de kustvlakte waren Oudenburg en Aardenburg. Deze plaatsen konden waarschijnlijk via kreken door schepen vanuit zee bereikt worden.

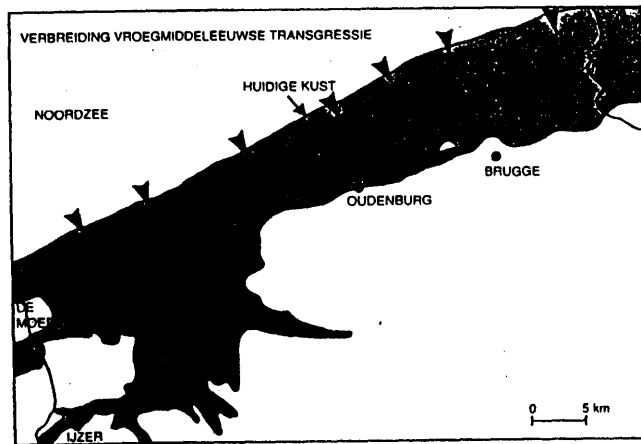


Fig. 1.4. Verbreiding van de Vroegmiddeleeuwse transgressie (4de-5de eeuw). De doorbraken worden met pijlen aangeduid.

De doorbraken in de 4de-5de eeuw waren belangrijker en talrijker. Er ontstonden grote krekenselsels die in zee uitmondten in de buurt van Veurne, Nieuwpoort, Middelkerke-Oostende, Bredene, Wenduine, Zeebrugge en Heist-Knokke. Hierdoor werd de volledige kustvlakte, tot haar huidige landwaartse begrenzing met de hoogtelijn van 5 m, overspoeld bij hoogwater. Men duidt deze fase aan als de "Vroegmiddeleeuwse transgressie" (fig. 1.4). In de kustvlakte ontstond een ingewikkeld landschap van krekens en tot eilandjes doorsneden veenlagen. Deze werden bedekt met fijn slib en klei, behalve waar het mosveen zeer hoog was opgegroeid: De Moeren aan de Franse grens, de Moere van Meetkerke en gedeelten van de Moere van Gistel. De afzettingen worden aangeduid met de naam "Duinkerke II".

In de 8ste-9de eeuw was de verlanding van de krekens zover gevorderd, dat de hoogste gedeelten van de schorre begroeid werden door een vegetatie, die eerst het beweiden door schapen en nadien door runderen toeliet. Deze terreinen werden als schaapsdriften geëxploiteerd door hoeven die afhingen van grote abdijen. In de 9de eeuw waren op de hoogste plaatsen permanent bewoonde boerderijen aanwezig. Het beweiden gebeurde echter grotendeels vanuit de aanpalende, hoger gelegen Zandstreek.

De huidige landbouwgronden van de polders tonen nog duidelijk deze periode uit de ontstaansgeschiedenis van de kustvlakte, die men de "Karolingische regressiefase" noemt. Gebieden waar kleigrond en veen werd afgezet, kompakteerden bij ontwatering meer dan de krekens en zeegaten, waarin zand werd afgezet. Deze laatste liggen in het huidige reliëf enkele decimeters hoger (de zgn. kreekkruggen) en zijn omgeven door de lagere komgronden. Sporen van de kronkelige kreekkruggen zijn vaak duidelijk te zien op luchtfoto's en satellietbeelden (fig. 1.5). Het zijn plaatsen waarop vele wegen en akkerland zijn gelegen. Deze zgn. reliëfsinversie (de vroegere laagstgelegen zones, de krekens, liggen nu hoger) deed zich in grote



Fig. 1.5. Het poldergebied tussen Jabbeke en De Haan. De ligging van de zone met veel akkers gaat terug op een kreekrug. (Uittreksel uit satellietbeeld van de Vlaamse kust.)

mate voor in de 10de en de 11de eeuw. Als gevolg van de omkering van het reliëf werden in deze periode de meeste eerste nederzettingen verlaten en hersticht op de kreekkruggen. Omstreeks het jaar 1000 werd de kustvlakte steeds dichter bewoond en ontstonden mogelijk reeds enkele dorpen.

In de eerste helft van de 11de eeuw drong de zee weer met meer kracht binnen via twee grote (reeds bestaande) zeegaten: de grote kreek bij het latere Nieuwpoort, waardoor de IJzer afwaterde, en een zeeboezem tussen de duinen van Knokke en het eiland Cadzand, die "Sincfal" werd genoemd, het latere Zwin. Deze Postkarolingische transgressie is de eerste waartegen de mens zich door de aanleg van kilometerslange dijken heeft beschermd. Dankzij de geleidelijke aanleg van aarden dijken werd een gedeelte van de kustvlakte met succes van overstroming gevrijwaard. Het gedeelte van de kustvlakte dat in de 11de eeuw en ook nadien nooit meer overstroomd werd, wordt het "Oudland" genoemd. Het betreft enerzijds de omgeving van Veurne en de westelijke helft van de IJzervlakte, die tegen overstroming vanuit de IJzerekreek werd beschermd door de "Oude Zeedijk" die liep van de duinen bij Oostduinkerke tot de IJzer in de omgeving van Lo. Het andere oudland is het gebied tussen Bredene, Oudenburg, Brugge en Blankenberge. Aan het westen werd dit gebied beschermd door de "dijk van de Blankenbergse watering" of "Ziedelingendijk", die loopt van Bredene over Blauwe Sluis en Plassendale tot Oudenburg. De oostelijke zeeverende dijk was de "Blankenbergse Dijk" of "Gentele Dijk", die van Blankenberge zuidwaarts liep over Sint-Pieters-op-den-Dijk tot Brugge.

De ontwikkeling van de rest van de kustvlakte wordt bepaald door de inpolderingen (zie fig. 1.6). Polders zijn door indijking gewonnen land; het woord wordt voor het eerst vermeld in het tweede kwart van de 12de eeuw.

Vanaf het einde van de 11de eeuw werd de IJzerekreek, stroomafwaarts vanaf Diksmuide, geleidelijk meer en meer ingedijkt. De inpoldering werd

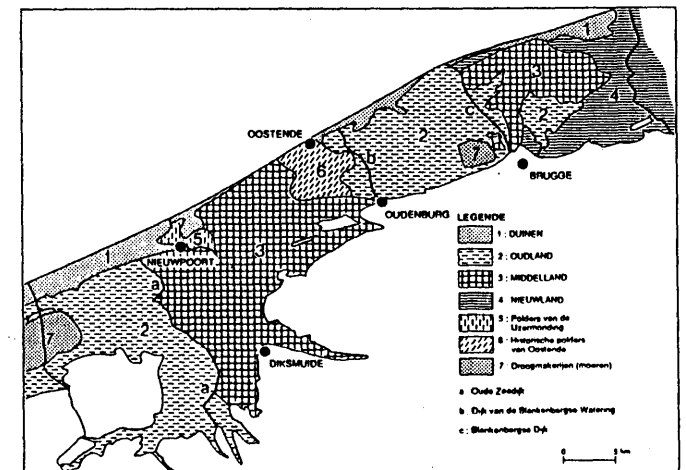


Fig. 1.6. Inpolderingszones in de Vlaamse kustvlakte.

ondernomen vanuit grote bedrijven, die afhingen van abdijen, voornamelijk de Duinenabdij te Koksijde, de O.L.V.-abdij te Bourbourg en de Sint-Niklaasabdij te Veurne. Het aldus in de loop van de 12de eeuw gewonnen land wordt "Middelland" genoemd. Tegen het einde van de 12de eeuw was de gehele IJzer ingedijkt tot de hoogte van Nieuwpoort. Deze havenstad werd in 1163 gesticht door graaf Filips van de Elzas, op het oostelijk uiteinde van een strandreep en aansluitende lage duinenrug die vanaf de Groenendijkduinen oostwaarts liep. Het driehoekig gebied tussen Groenendijk (Oostduinkerke), Nieuwpoort-Stad, Sint-Joris en Westende-Dorp was reeds in de 12de eeuw gedeeltelijk van de open zee afgesloten door strandwallen met duinen ter hoogte van Lombardsijde-Dorp en in de 13de eeuw ter hoogte van de huidige kust. Deze schorre werd, op initiatief van abdijen, in fasen ingedijkt op het einde van de 12de en de eerste helft van de 13de eeuw (Bamburgpolder te Westende en Groot-Noord-Nieuwlandpolder bij Sint-Joris). De polders rond de huidige IJzermonding te Lombardsijde en Nieuwpoort-Bad werden rond 1300 ingedijkt.

Van Westende tot Oostende strekte zich een kusteiland uit, waarvan het landwaartse gedeelte in de 11de eeuw werd overspoeld vanuit een kreek die in de IJzer uitmondde te Nieuwendamme, tussen Sint-Joris en Westende. Deze kreek stond in verbinding met een zeegat tussen Oostende en Bredene. Het aldus begrensde eiland, Testerep of Ter Streep geheten, bevatte op het einde van de 12de eeuw de dorpen Westende, Middelkerke, Walravensijde en Onze-Lieve-Vrouw. Vanuit dat dorp, later Mariakerke genoemd, ontstond in 1267 Oostende. De zeewaartse zijde van het eiland Ter Streep was voortdurend aan erosie onderhevig en tot in het begin van de 13de eeuw ging hier een strook land, waarop nederzettingen lagen, verloren. De lage duinengordel aan de zeezijde van het eiland verplaatste zich landwaarts. De meest zeewaarts gelegen dijk werd in het begin van de 15de eeuw op last van graaf Jan zonder Vrees versterkt over de hele lengte van het eiland. De huidige duinen liggen aan de zeezijde van deze zgn. Graaf-Jansdijk (die o.m. teruggevonden wordt in de huidige Duinenweg te Middelkerke). Aan de landwaartse zijde van het eiland werd vanaf het midden van de 12de eeuw land gewonnen op de brede kreek die het van Slijpe, Leffinge, Stene en Bredene scheidde. Deze grond was rond 1200 reeds in gebruik als akkerland. Van de oorspronkelijke kreek bleef slechts een afwateringsgracht over, nl. het Groot Geleed.

De geschiedenis van Oostende weerspiegelt deze van het eiland Ter Streep. De parochiekerk diende tweemaal landwaarts herbouwd te worden, eenmaal reeds in de 13de eeuw, een tweede maal in 1434. Het grondgebied van de stad werd tegelijkertijd landwaarts uitgebreid, terwijl het oudste gedeelte van de stad in de 16de eeuw voorgoed in de golven verdween.

Ten noorden van Brugge was, na de overstromingen van het begin van de 11de eeuw, reeds rond 1100 een groot gedeelte van de kustvlakte ingedijkt; hier ontstonden de dorpen Lissewege, Uitkerke, Dudzele, Westkapelle en Oostkerke. Het gebied werd aan de zeezijde beschermd door de Kalvekededijk, Evendijk en Bloedloze Dijk. De Evendijk liep van Blankenberge naar Heist, de Kalvekededijk van Heist naar Westkapelle, en de Bloedloze Dijk liep in een boog ten noorden rond Westkapelle.

Omstreeks 1134 werd vanuit het zeegat Sinfal een nieuwe zeearm gevormd, die vanuit het huidige Sluis vrijwel tot in Brugge reikte (fig. 1.7). Deze ver in het binnenland doordringende kreek werd in 1187 voor het eerst Zwin genoemd. Het hiervoor genoemde middelland diende tegen de nieuwe kreek beschermd te worden met dijken, nl. de Krinkeldijk en de dijk van Romboutswerve. De Zwinkreek werd in 1180 afgedamd te Damme, dat toen door Filips van de Elzas werd gesticht. Brugge werd met Damme verbonden door een nieuw gegraven kanaal, de Reie, de voorloper van de huidige Damse Vaart. Aan de zuidkant van de Zwinkreek (Moerkerke, Maldegem) was een eerste bedijking voltooid in 1228. Het gedeelte van de overstromingsvlakte van het Zwin tussen Damme, Sluis en Moerkerke (met het huidige dorp Lapscheure) werd door bedijkingsondernemers ingepolderd in de 13de eeuw. Door deze inpolderingen vergemakkelijkte de verlanding van de Zwinkreek. De stad Sluis werd, dicht bij de monding van het Zwin, als haven gesticht op het einde van de 13de eeuw. Tussen Westkapelle, Sint-Anna-ter-Muiden en de duinen van Knokke werd omstreeks dezelfde tijd land ingedijkt. In het begin van de 15de eeuw werden op last van de graaf de meest zeewaartse dijken versterkt. Aldus ontstond de Graaf Jansdijk die loopt van Blankenberge over Heist naar Knokke. Verdere inpolderingen in de buurt van de Nederlandse grens werden pas uitgevoerd in de 17de en 18de eeuw. De recentste bedijking is de Willem Leopoldpolder, uitgevoerd in 1874, na de aanleg van de Internationale Dijk in 1872.

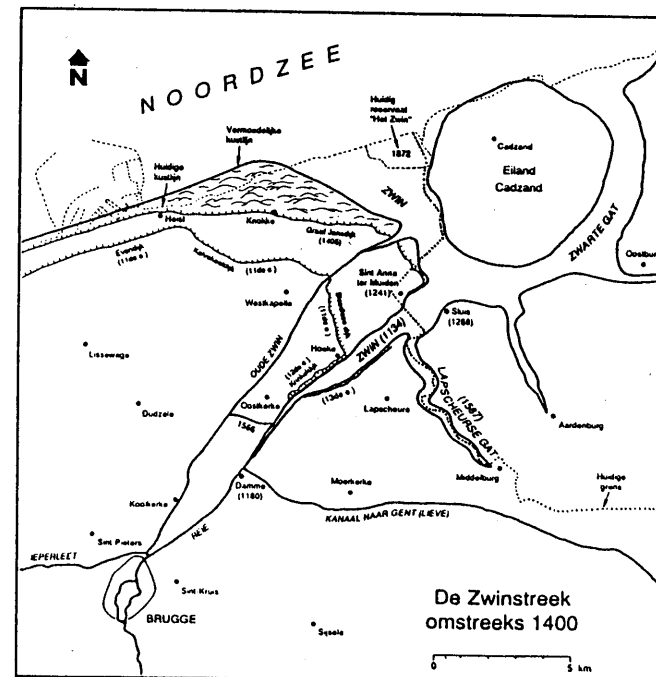


Fig. 1.7. De Zwinstreek omstreeks 1400.

In de woelige 16de en 17de eeuw werden strategische overstromingen veroorzaakt : de overstromingen omheen Oostende zijn hiervan een bekend voorbeeld. De stad, verdedigd door Noordnederlandse troepen, werd in 1584 bedreigd door het Spaanse leger van Parma. Daarom werden de duinen ten oosten van het door dijken en strandhoofden tegen de zee beschermde Oostende afgegraven. Ten gevolge van de overstromingen volgde op die strategische doorsteek van de duinen, vormde zich op het einde van de 16de eeuw een nieuwe geul. Deze ligt aan de basis van de huidige havengeul; de oude, meer westelijk gelegen haven werd opgegeven in 1604, nadat de stad uiteindelijk gevallen was voor de Spaanse belegering. In de periode 1613-1622 werd het kanaal naar Brugge aangelegd, gedeeltelijk volgens een bestaande kreek. De nieuwe havengeul van Oostende was weldra onderhevig aan verzanding. Vanaf ca. 1660 werd een systeem van spoelpolders uitgebouwd in de overstroomde gebieden ten zuiden van de stad. Beurtelings deden de Sint-Katharinapolder, de Snaaskerkepolder en de Kelgnaardpolder dienst als spuibecken. Dit systeem bleef in voege tot 1803. Door de sedimentatie in deze bekkens liggen die zogeheten "historische polders" thans gemiddeld een meter hoger dan het omliggende poldergebied. Andere strategische overstromingen werden verricht rond Veurne en Nieuwpoort, en aan de Nederlandse grens ontstond eveneens aan het einde van de 16de eeuw het Lapscheurse Gat. Ook nog in WO I (Ijzervlakte) en II (o.a. Blankenbergse Polder) werden grote oppervlakten polder om strategische redenen blank gezet.

De belangrijkste droogmakerij in de Vlaamse kustvlakte is De Moeren, gelegen op de grens met Frankrijk. De Moeren vormden een binnenmeer, ontstaan door systematische turfafgravingen in de 12de eeuw. Op deze plaats was immers voor en tijdens de Romeinse tijd een hoog opgroeiende veenkolonie aanwezig. In de periode 1616-1626 werd het meer volgens de plannen van Wenzel Cobergher drooggemaakt. Twintig windwatermolens zorgden voor de afvoer van het water naar de Ringsloot. Het gewonnen gebied werd in grote rechthoekige kavels verdeeld en er kwamen zo'n 140 boerderijen. Het gebied ging in het oorlogsgeweld enkele jaren nadien alweer verloren. Pas in 1823 was de droogmaking definitief voltooid. De Lage Moere van Meetkerke werd omstreeks 1625 volgens een vergelijkbare techniek drooggelegd.

Met de toename van de economische waarde van de kust en de kustvlakte werd het belangrijk om de zee te fixeren. Waar de Vlaamse kust in de Romeinse tijd en de vroege middeleeuwen nogal wat zeegaten vertoonde, zien we samen met de inpolderingsinspanningen vanaf de 11de eeuw het huidige rechthoekige kustverloop verschijnen. Vrijwel gelijktijdig met het geleidelijk inpolderen van de mondingen van de zeegaten (Ijzercreek, Zwin) week de kustlijn landwaarts terug tussen Nieuwpoort en Oostende en tussen Oostende en Blankenberge. Het bedrag van het landverlies is moeilijk te schatten; het kan over verschillende eeuwen op sommige plaatsen wellicht oplopen tot enkele honderden meters. Op basis van middeleeuwse teksten en kaarten kan men opmaken dat in de buurt van Mariakerke en Oostende de kustlijn sinds de 13de eeuw op zijn minst 300 m terugweek.

Tussen Oostende en Blankenberge en ter hoogte van Knokke-Heist was er landverlies aan de zeewaartse zijde in de 14de en het begin van de 15de eeuw. Voor 1408 waren er nederzettingen verloren bij Wenduine, Heist en Knokke. Het historisch bekende landverlies was hier belangrijker dan elders aan de Vlaamse kust. De overstromingen en het landverlies waren echter nog groter en traden ook in recentere eeuwen op in Zeeuwsch-Vlaanderen. Deze moeten in relatie worden gezien met de uitgroei van de Honte tot het huidige grote estuarium van de Schelde.

Zeeverende bedijkingen en rudimentaire strandhoofden werden aangebracht in Oostende (en zijn aangeduid op kaarten uit de 16de eeuw) en ter hoogte van Blankenberge en de huidige vijvers "De Fonteintjes" (aangeduid op de Ferrariskaart van 1758). Een vissershaven te Blankenberge, reeds ontworpen in de 18de eeuw, werd pas uitgevoerd in 1865. De jongste haven aan de Vlaamse kust is die van Zeebrugge. De werken werden aangevat in 1896 en de haven werd officieel in gebruik genomen in 1907. In de jaren '70 en '80 van deze eeuw werd de haven aanzienlijk land- en zeewaarts uitgebreid.

Met de opkomst van het kusttoerisme, dat een aarzelend begin kende vanaf het einde van de 18de eeuw, breidden de bestaande kustplaatsen uit en werden er nieuwe vakantieplaatsen uitgebouwd. De bouw van strandhoofden en zeeverende dijken aan het duinfront hield met deze uitbouw gelijke tred. Het eerst kwamen die steden in opbloei die door de aanleg van spoorlijnen gemakkelijk bereikbaar werden. Oostende was vanaf 1839 per spoor bereikbaar, Blankenberge vanaf 1863 en Heist vanaf 1865. De eerste stoomtram aan de kust verbond Blankenberge met Nieuwpoort vanaf 1886. Tegelijk met de uitbouw van de tramlijn groeiden aan het einde van de 19de eeuw een reeks nieuwe badplaatsen : Knokke, Wenduine, De Haan en Middelkerke. De Westkust werd pas in het begin van deze eeuw toeristisch ontsloten. Zeewaarts van de bestaande polderdorpen Adinkerke, Koksijde, Oostduinkerke en Westende, en zeewaarts van Nieuwpoort, werden badsteden uitgebouwd. De badplaatsen Sint-Idesbald, Bredene-aan-Zee en Het Zoute kwamen ook pas na de eerste wereldoorlog tot ontwikkeling. De koninklijke residentie te Mariakerke stamt uit 1874. De Blankenbergse pier dateert van 1894. De badplaatsen die na 1900 werden uitgebouwd, kregen het uitzicht van echte vrijetijdsgedichten. In het interbellum van deze eeuw werden honderden villa's langs de kust en in de duinen gebouwd. Na de tweede wereldoorlog, tijdens welke de kust door de Duitsers werd uitgebouwd tot een verdedigingslinie tegen een geallieerde invasie vanuit de Noordzee, kende de Vlaamse kust een ware explosie van appartementenbouw.

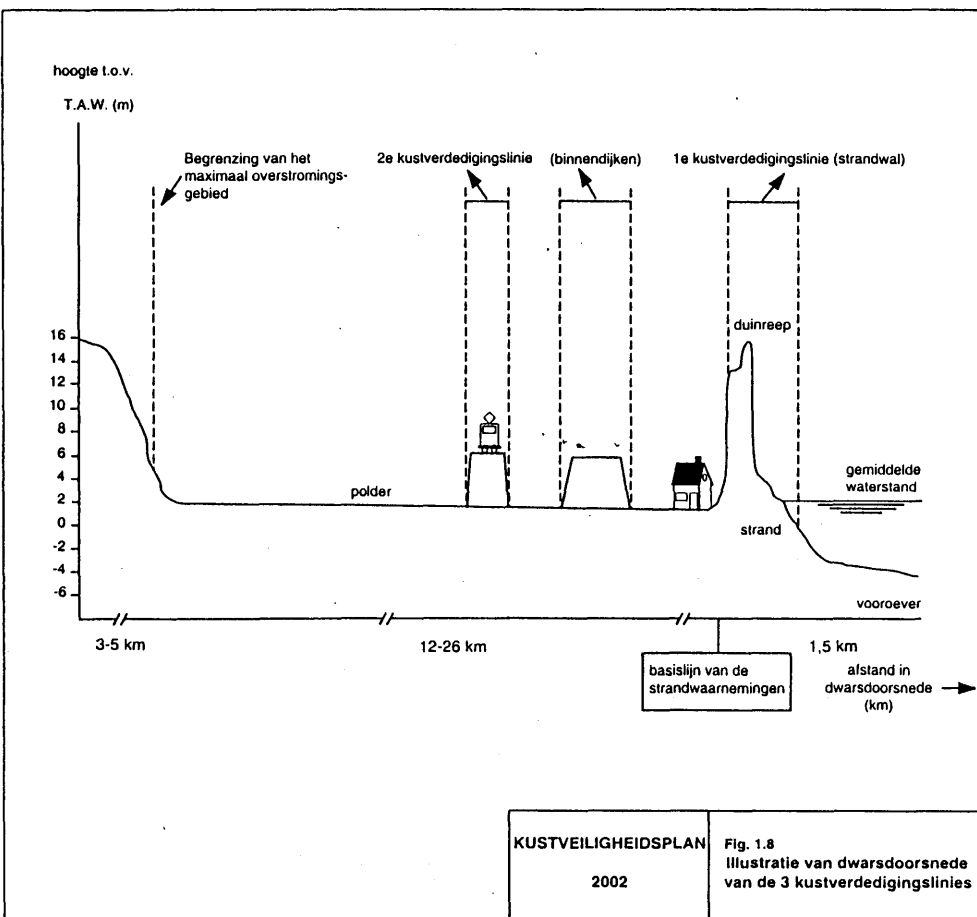
De bondige weergave van de ontstaans- en ontginningsgeschiedenis van de Vlaamse kust en kustvlakte toont duidelijk de zeer complexe recentgeologische en historische evolutie van dit gebied, waarin vanaf de middeleeuwen de invloed van de mens sterker is geweest dan in welk ander landschap ook. Uit het relaas van de talrijke overstromingen en landverliezen in het verleden blijkt dat de strijd tegen de zee onverminderd moet worden verdergezet, en dit des te meer omdat de menselijke aanwezigheid en het economisch belang van de kuststreek hoger zijn dan ooit tevoren.

1.2. ELEMENTEN VAN ONZE KUSTBEVEILIGING

De elementen van kustbeveiliging zijn eigenlijk al de fysische structuren die moderne zeetransgressies kunnen tegengaan. De analyse van de geografie van het studiegebied leert ons dat de kustbeveiligingselementen in twee "kustverdedigingslijnes" gerangschikt kunnen worden (fig. 1.8) :

1. Eerste kustverdedigingslinie : de strandwal

- is opgebouwd uit onderwateroever, strand, duin (gordel) ;
- is al dan niet uitgerust met kustverdedigingswerken (dijken, strandhoofden, ...) ;



- dammen worden beschouwd als singuliere punten in deze eerste kustverdedigingslinie (b.v. Internationale Dijk) ;
- de natuurlijke strandwal staat in dynamisch evenwicht met (golf)klimaat en sedimentkarakteristieken (zand) : m.a.w. de natuurlijke strandwal is per definitie mobiel ;

2. Tweede kustverdedigingslinie : binnenlandse indijkingen (fig. 1.9)

- is opgebouwd uit allerhande topografische verhevenheden, hindernissen en binnendijken achter de duingordel ; zij zijn van natuurlijke (fossiele strandwallen, ...) of van menselijke aard (wegbermen, dijken, ...);
- deze 2de verdedigingslinie is geen continue bedijking die zonder meer in staat is om een verdere uitbreiding van de overstroming van het achtergelegen polderland te verhinderen ;
- voorbeelden van deze 2de kustverdedigingslinie zijn de Wachtdijken (Vosseslag), de Evendijk, ... ; deze binnenlandse indijkingen liggen gemiddeld op zeer variabele peilen tussen +3 à +9 m T.A.W. ;
- de 2de kustverdedigingslinie is het best te vergelijken met de binnendijken van de Nederlandse "dijkringen"; in Vlaanderen is echter de continuïteit van de 2de kustverdedigingslinie niet bekend, noch gegarandeerd.

3. Begrenzing van het maximaal overstromingsgebied door de topografie van de Vlaamse Vlakte (fig. 1.9)

Deze begrenzing wordt bepaald door de topografie van de Vlaamse vlakte (fig. 1.9). Als uiterste landwaartse grens van het overstroombare gebied wordt de hoogtelijn +5,0 m T.A.W. genomen.

Deze hoogtelijn vormde immers de grens van de Duinkerke II transgressie en ook van de overstroming van de IJzerstreek tijdens de eerste wereldoorlog. Er kan hier ook nog aan toegevoegd worden dat er uiteindelijk weinig verschil bestaat tussen de ligging van de hoogtelijnen +5,0 m T.A.W. en +10 m T.A.W.

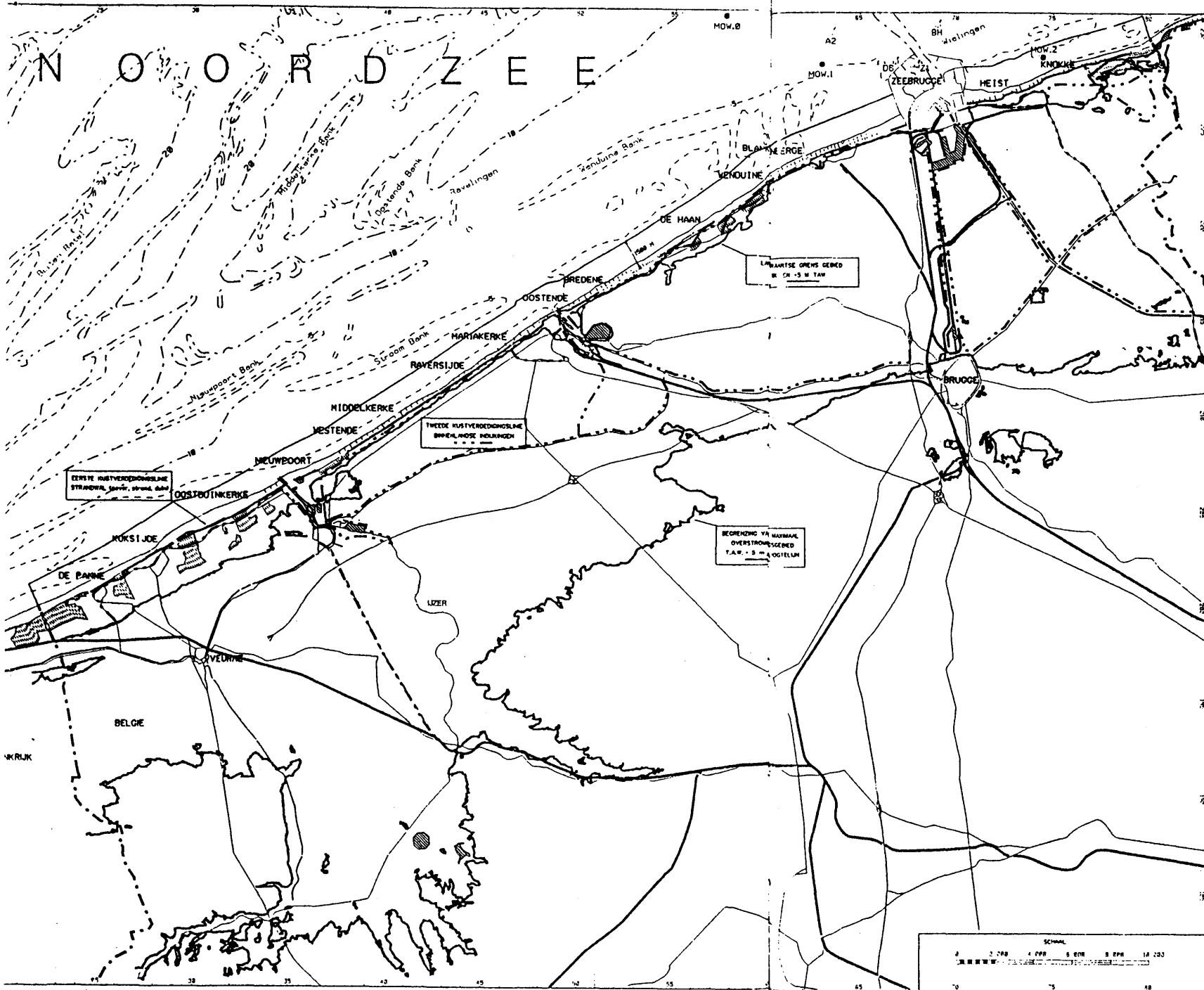
De twee kustverdedigingslijnes vergen elk afzonderlijk een geëigende aanpak m.b.t. hun ontwerp als deel van het kustbeveiligingssysteem. De 2 kustverdedigingslijnes laten specifieke werken toe teneinde de gewenste kustbeveiliging te bereiken. Aard en omvang van deze werken zullen nader in het plan "Kust 2002" beschreven worden.

De +5,0 m T.A.W. bakent het studieareaal van plan "Kust 2002" af aan de landwaartse zijde.

1.3. WAARTEGEN MOET MEN BEVEILIGEN ?

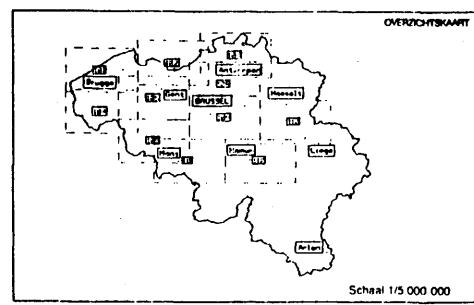
Kustbeveiliging houdt in eerste instantie in dat de kust en het achterliggend land beveiligd worden tegen overstromingen die een gevolg kunnen zijn van het falen van een deel of het geheel van het kustverdedigingssysteem.

Het falen van de kustverdediging (1ste en 2de lijn) kan op zijn beurt in eerste instantie het gevolg zijn van een hoge waterstand van de zeespiegel (opwaaiing en/of zeespiegelrijzing), een bijzondere storm of een combinatie van beide, een zgn. stormvloed.



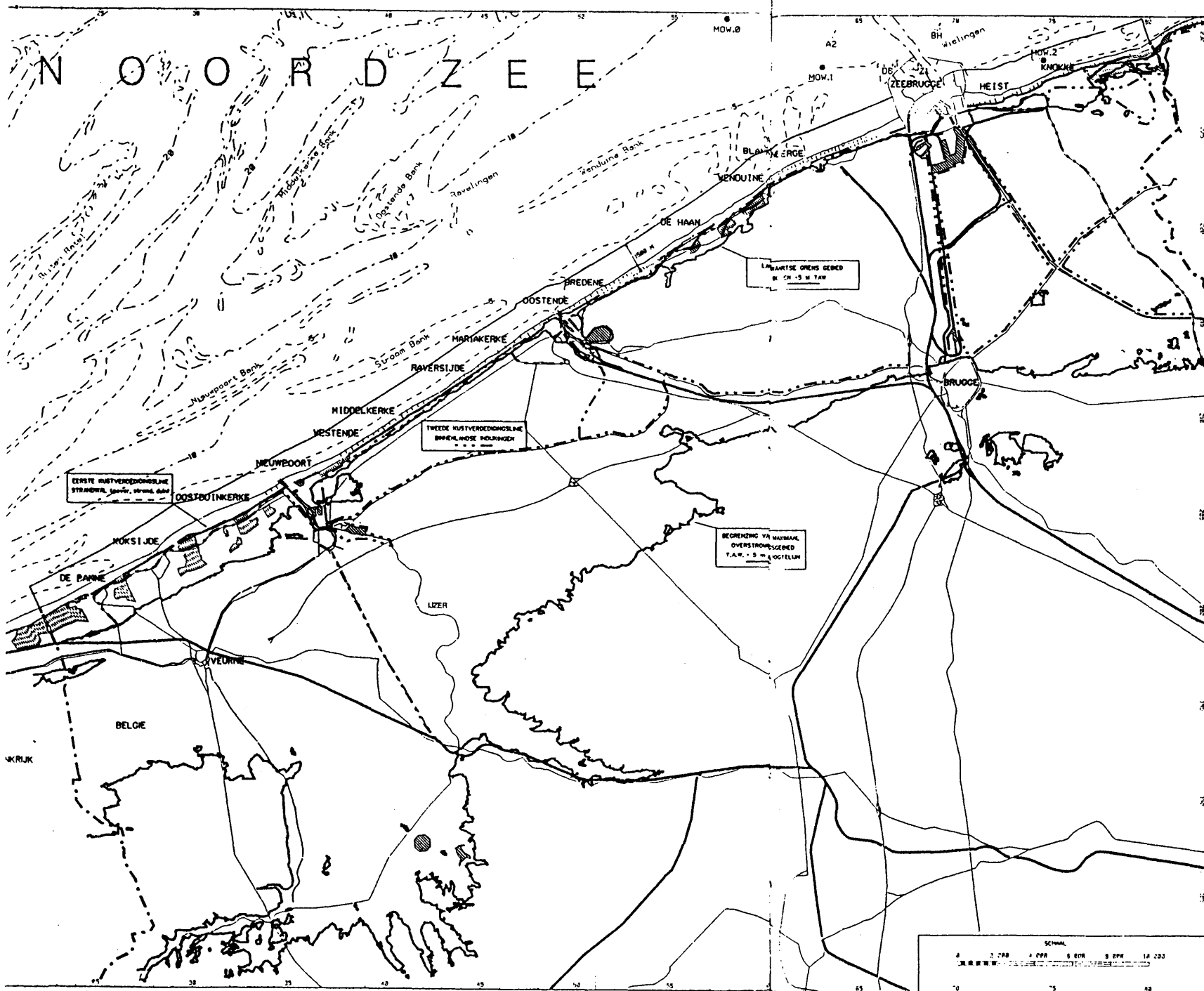
LEGENDE

- AUTOSNELWEG
- HOOFDWEG
- SPOORWEG
- - - OUDE SPOORWEGBERM
- - - LANDSGRENS
- WATERWEG
- ||||| STRANDHOOFDEN EN KRIBDEN
- ||||| LONGARBUIS
- DIJK
- WACHTDIJK
- 0 M DIEPTELIJN T.O.V. H
- 5 M DIEPTELIJN T.O.V. H
- 10 M DIEPTELIJN T.O.V. H
- 20 M DIEPTELIJN T.O.V. H
- ZEEVERENDE DUNEN
- BEHEER+ BESTUUR
- BEHEER+ ANDERE OPEENBARE BESTUREN
- PRIVAAT
- ANDERE
- LANDWAARTSE GRENS GEBIED BOVEN +5 M TAV
- EERSTE VERDEDIGINGSLINIE
- TWEDE VERDEDIGINGSLINIE MIN. +5 M TAV
- 5 MOOETE IN M T.O.V. TAV
- DOLFMEEETBOEI
- MEETPAAL



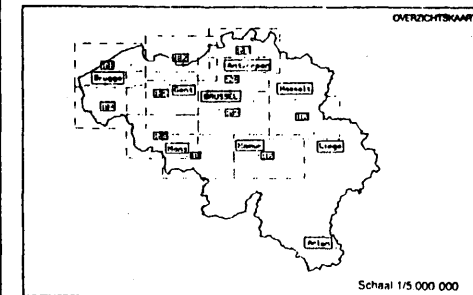
KUSTVEILIGHEIDSPAN 2002
EERSTE EN TWEDE VERDEDIGINGSLINIE
BEGRENZING VAN MAXIMAAL OVERSTROMINGSGBIED

Fig. 1.9



LEGENDE

- AUTOSNELWEG
- HOOFDWEG
- SPOORWEG
- - - OUDE SPOORWEGBERH
- - - LANDSCRENS
- WATERVEG
- ||||| STRANDHOOFDEN EN KRIBDEN
- ||||| LONGARBOUIS
- DIJK
- WACHTDIJK
- 0 M DIEPTELIJN T.O.V. H
- - - 5 M DIEPTELIJN T.O.V. H
- - - 10 M DIEPTELIJN T.O.V. H
- - - 20 M DIEPTELIJN T.O.V. H
- [] ZEEVERENDE OUIJEN
- [] BEHEER+ BESTUUR
- [] BEHEER+ ANDERE OPEENBARE BESTUREN
- [] PRIVAAT
- [] ANDERE
- LANDWAARTE GRENS GEBIED BOVEN +5 M TAV
- EERSTE VERDEDIGINGSLINIE
- - - - - TWEEDE VERDEDIGINGSLINIE MIN. +5 M TAV
- 5 — HOOGTE IN M T.O.V. TAV
- DOELHEETBOEI
- MEETPAAL



KUSTVEILIGHEIDSPAN 2002
EERSTE EN TWEEDE VERDEDIGINGSLINIE
BEGRENZING VAN MAXIMAAL OVERSTROMINGSGBIED

Fig. 1.9

ligheid grensoverschrijdend is. In afwachting van de gespecialiseerde studies terzake t.b.v. het veiligheidsplan "Kust 2002" is het voor overstroming kwetsbare landsgedeelte afgebakend door de +5 m T.A.W.-hoogtelijn.

1.4. SITUATIE IN HET BUITENLAND

Als vergelijkingspunt is de situatie in Nederland en Zeeuwsch-Vlaanderen bekeken, waar konform het Deltaplan een aanvaardbare retourperiode bepaald werd op 10.000 jaar. Op basis van de overschrijdingslijn komt een stormvloed met een retourperiode van 1/10.000 jaar overeen met het peil van +7,30 m T.A.W. (+5 m NAP).

Evenzo zijn in Nederland een 40-tal zgn. dijkringen bepaald die afgebakend worden door een soortgelijke 2de kustverdedigingslinie. Voor elke dijkkring wordt een aanvaardbare overstromingsprobabiliteit bepaald.

Op fig. 1.11 zijn de aanvaarde overstromingsfrequenties aangegeven voor iedere dijkkring. De waarden van aanvaarde overstromingsfrequenties zijn opgenomen in de wet en zijn in hoofdzaak politiek bepaald.

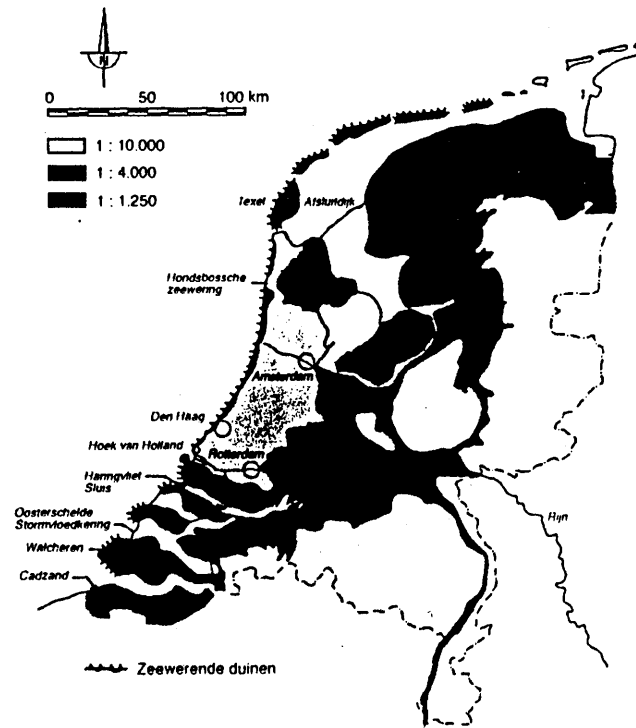


Fig. 1.11. Dijkringen in Nederland en hun (huidige) aanvaardbare overstromingsprobabiliteit (dijkringen zijn laaggelegen gronden omringd door binnendijken).

Een recente analyse van de aanvaardbare overstromingsprobabiliteit, rekening houdend met economische, ecologische, sociale, historische en kulturele aspecten heeft in Nederland geleid tot aanvaardbare overstromingsfrequenties van 1/10.000 tot 1/100.000. Bijgevolg zijn de nieuwe voorgestelde aanvaardbare overstromingsfrequenties ca. een factor 10 hoger dan de huidige. Bovendien moeten de bevoegde autoriteiten instaan voor een regelmatige controle en certificering (1 x per 5 jaar) van de waterkerende funktie van de dijk (hoogte, kwaliteit van de glooiing, enz...). De overschrijdingslijnen worden bovendien iedere 5 jaar herberekend.

Er bestaat een voorstel om de Nederlandse Wet op de Waterkering (1992) aan te passen met deze nieuwe vereisten (hogere prestatie-eisen, periodieke sterkte-beoordeling).

Er zijn momenteel geen gegevens beschikbaar over gelijksoortige kustverdedigingsplannen in Frankrijk of Duitsland.

1.5. DEFINITIE VAN KUSTVEILIGHEID

Kustveiligheid kan gedefinieerd worden als een bepaalde aanvaardbare overschrijdingsfrequentie (of probabiliteit) dat een falen van de kustverdedigingslinie optreedt met als directe konsekventie dat overstroming optreedt.

Afhankelijk van het risico dat men voor een bepaald kustgedeelte aanvaardt kan de overschrijdingsfrequentie variëren (cfr. fig. 1.11).

Het veiligheidsniveau van de Vlaamse Kustvlakte is derhalve te karakteriseren door een bepaalde risikofactor waarbij risico het produkt is van het effect van een doorbraak en de probabiliteit van zulke doorbraak. Hierbij dient er ook een verschil gemaakt te worden tussen kortdurende en langdurende risico's.

In Nederland zijn de poldergebieden onderverdeeld in zgn. dijkringen (zie ook § 1.2.) die elk een wettelijk bepaalde specifieke inundatieprobabiliteit hebben.

Gezien de geografische ligging behoort de Vlaamse Kustvlakte (bijna volledig tot Antwerpen !) tot de Nederlandse dijkkring nr. 32 (m.b.t. de kustveiligheid van Zeeuwsch-Vlaanderen). Dijkkring nr. 32 heeft een aanvaardbare inundatieprobabiliteit van 1/4.000 jaar. In het Delta-comité is de retourperiode voor de ontwerpstorm t.b.v. de dijkverzwaring gesteld op 10.000 jaar (waterpeil +7,30 m T.A.W.).

Voor de Vlaamse kust en, met name, voor de 1ste kustverdedigingslinie (de strandwal) is het thans geboden veiligheidsniveau onbekend, en dient het dringend bepaald te worden. Wel is uit ervaring één en ander gekend over de bezwijkmechanismen van dijken en/of strandwallen bij stormvloed :

- 1) door golfaanval bezwijkt het buitenbeloop (eerst de bekleding en daarna de kern) of wordt het duin systematisch afgeslagen ;

- 2) door toename van waterspanning en door golfoverslag treedt afschuiving van het binnenbeloop op, waarna de dijk erodeert ;
- 3) door zettingsvloeiing (afhankelijk van ondergrond) ;
- 4) door stromingsdruk en uitspoeling van zand ;
- 5) door overtopping t.g.v. hoge waterstanden.

Al deze hydraulische, hydrodynamische en grondmechanische elementen spelen een rol bij :

- a) de bepaling van het huidig geboden kustveiligheidsniveau ;
- b) het benodigd veiligheidsniveau dat nagestreefd (ontworpen en gebouwd) moet worden.

1.6. BEHEERS- EN EIGENDOMSSTATUUT

De verschillende elementen die de kust als fysisch geheel opbouwen kunnen ook vrij verschillende beheers- en eigendomsstatuten bezitten.

Het Vlaamse Gewest staat in voor :

- a) de kustveiligheid in het algemeen ;
- b) de aanleg en het onderhoud van kustverdedigingswerken (dijken, strandhoofden, strandsuppleties, ...) ;
- c) de aanleg en het onderhoud van havens en vaarwegen ;
- d) het beheer van een groot aantal duinen.

De overige duinen zijn ofwel privaat ofwel beheerd door andere administraties. Het Vlaamse Gewest is evenwel verantwoordelijk voor de zeeverende functie van alle duinen.

De gemeenten der kuststeden staan in voor de functies ten behoeve van het toerisme en de strandexploitatie.

1.7. AFBAKENING VAN HET GEBIED

Rekening houdend met de hogervermelde gegevens is in onderhavige nota een eerste aanzet gegeven tot afbakening van het gebied met betrekking tot het veiligheidsplan "Kust 2002". Fig. 1.9 illustreert deze afbakening die ook als volgt te omschrijven is :

1. Zeewaartse grens van het gebied afgelijnd door de 1500 m afstandslijn vanuit de basislijn der strandwaarnemingen.
2. Landwaartse grens van het gebied afgelijnd door de begrenzing van het maximaal overstromingsgebied in de Vlaamse Vlakte, d.w.z. de hoogtelijn T.A.W. +5 m.

2. BESCHRIJVING VAN HET MECHANISME VAN DE ZEEVERING

De kust in België als zeevering bestaat uit drie morfologische eenheden die weliswaar op een natuurlijke wijze in elkaar overgaan, maar niettemin duidelijk te onderscheiden zijn : de vooroever, het strand, en aan de landzijde van het strand de duinengordel (zie fig. 1.1). Het complex van vooroever, strand en duinen is een natuurlijk gevormd zandlichaam dat typisch enkele honderden meters tot hoogstens een paar kilometer breed is, en waarvan de hoogte varieert van een tiental meter tot meer dan dertig meter.

Het materiaal waarmee onze kust is opgebouwd, is grotendeels aangevoerd vanuit de Noordzee zelf. De ligging, aard en vorm van de kust als zeevering is over lange tijd gezien een waar dynamisch evenwicht, het resultaat van de lange-termijn werking van golven, getij, wind en zeestromingen op het losse materiaal zand, voorradig op de zeebodem en aangevoerd door rivieren, waaruit vooroever, strand en duinen werden opgebouwd. Het dynamisch evenwicht impliceert dat ligging, aard en vorm van de kust geleidelijk veranderen wanneer een of meer van de fundamentele basisfactoren veranderen : golfklimaat, windrichting, zeepeil, beschikbaarheid van zand, ...

Om te begrijpen in welke mate veranderingen in deze basisfactoren de zeeverende functie van de kust kunnen beïnvloeden, dient men een inzicht te hebben in de werking van deze factoren en de ontstaansgeschiedenis van de kust. De inwerking van golven, getij, stromingen, ... op het transport en de sedimentatie van zand vormt het voorwerp van breed opgezet wetenschappelijk onderzoek, vaak in internationaal verband. Hieronder wordt een beschrijving gegeven van de voornaamste morfologische processen die bijdragen tot de opbouw en instandhouding van de zeeverende kust.

De meeste van deze processen werden op gang gebracht bij de zeespiegelstijging na de laatste ijstijd. Door deze stijging is het vroegere laaggelegen land verdrongen en volgt de kust op vele plaatsen het oude reliëf, waarbij vroegere dalen gedeeltelijk zijn ondergelopen. Aan de oostzijde van de Zuidelijke Noordzee is sindsdien weer land bijgekomen; in Noord-Frankrijk, België, Nederland, Duitsland en Denemarken zijn brede stroken kust in de historische tijd ontstaan. Dat juist aan de zuidoostzijde van de Noordzee veel nieuw land is ontstaan, is waarschijnlijk het gevolg van een combinatie van omstandigheden, namelijk

- dat het oude landoppervlak was opgebouwd uit losse sedimenten en geen aanleiding gaf tot de vorming van kliffen;
- dat er veel los materiaal, vooral zand, op de zeebodem aanwezig was en is;
- dat de rivieren veel zand en slib in zee brachten, en
- dat de wind voornamelijk uit westelijke richtingen waait, zodat transportprocessen aangedreven door golven en wind vooral aan de oostkant van de Noordzee de kust opbouwen.

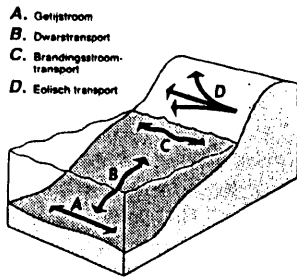


Fig. 2.1. Schematisch overzicht van de voornaamste transportprocessen in het kustmilieu.

Bovendien werd een gedeelte van het sediment heruitgespreid en gesorteerd over de zeebodem. In de buurt van de Vlaamse kust ontstond de typische bankenmorphologie. Het ontstaan en de interactie met de kust van deze langwerpige ondiepten vormt nog steeds het voorwerp van wetenschappelijk onderzoek.

Zand- en grintstranden zijn het resultaat van een dynamisch evenwicht tussen de krachten die op het zand en grint inwerken. Dat is een ingewikkeld proces, waarbij zand en grint zowel dwars op de kust als evenwijdig eraan worden verplaatst, en dit zowel door golven en wind als door stromingen, die het gevolg zijn van golven, wind en getij.

Hieronder worden de verschillende transportprocessen die een rol spelen bij het mechanisme van de zandkust, afzonderlijk behandeld. In werkelijkheid interageren al deze krachten op een vaak moeilijk te voorspellen manier.

2.1. GETIJ

De kuststroom langs de Vlaamse kust wordt voornamelijk gegenereerd door de getijbeweging, de afwisseling van hoog- en laagwater. Hierbij is de vloedstroom, die bij hoogwater langs de kust stroomt van zuidwest naar noordoost, meestal sterker dan de ebstroom, en dit in toenemende mate naarmate men zich naar de kust toe begeeft. Het aandeel van het sedimenttransport o.i.v. de getijdenstroming is wel belangrijker in dieper water, buiten de zone waar golven breken en uitlopen naar het strand, de zgn. brandingszone.

2.2. GOLVEN

Golven ontstaan door de wrijving van de wind over het wateroppervlak. Omdat golven vanuit hun ontstaansgebied uitlopen, bereiken zij ook gebieden die op dat ogenblik niet aan grote winddruk onderhevig zijn. Daar spreken we dan van deininggolven.

Bij zandtransport door golven maakt men vaak het theoretisch onderscheid tussen het transport naar en van de kust (het zgn. "onshore-offshore transport" of dwarstransport) en het transport evenwijdig met de kust (het zgn. "longshore transport", langstransport of brandingsstroomtransport). Beide soorten transport zijn intens in de brandingszone.

Afhankelijk van de vorm van de golven wordt het zand bij het dwarstransport zeewaarts of landwaarts verplaatst: vlakke golven die op het strand komen verplaatsen het zand in de richting van de golf en door de uitlopers van de golven wordt het op het strand neergelegd. Gedurende een periode van rustig weer kan zo het strand worden opgehoogd. Steile golven daarentegen voeren het zand zeewaarts en het strand wordt verlaagd en afgevlakt. Daar de golven en de wind erg veranderlijk zijn, is er een voortdurende afwisseling van landwaarts en zeewaarts transport.

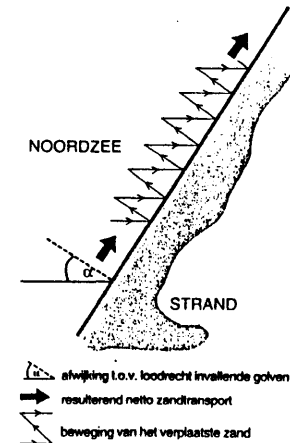


Fig. 2.2. Zigzagbeweging van de zandkorrels op het strand als gevolg van het schuin oplopen van de golven.

Transport in de lengterichting van het strand is in de brandingszone en bij hoogwater grotendeels gedomineerd door golven. Ten gevolge van de uit zee naderende golven en door de wind wordt het water op het strand opgestuwd: het teruglopende water wordt door de erna komende golven gedeeltelijk tegengehouden, waarna het zijwaarts gaat afstromen. Daardoor ontstaan de vlakke geulen op het strand (zwinen of strandplassen) en dwarsgeulen (muien) waardoor het afstromende water onder de branding door naar zee gaat. Wanneer de golven schuin op de kust invallen, wordt het water vooral tegengehouden aan de kant waar de golven vandaan komen en stroomt het water af naar de andere kant. Door het voor de golven wegstromende water wordt zand meegenomen dat op deze manier langs het strand in de richting van de golven wordt verplaatst.

Op het strand zelf wordt ook zand in de golfrichting verplaatst doordat bij schuin invallende golven ook de uitlopers van de golven schuin het strand opkomen en schuin aan de andere kant terugstromen. Zandkorrels die opgenomen worden door de opstroomende uitloper en weer meegenomen worden door de afstromende uitloper maken daardoor een zigzagbeweging in de richting van de golven (fig.2.2).

In de brandingszone, waar de waterbeweging sterk is, wordt ook veel zand zwevend in het water opgenomen. Bij een flinke storm met grote, schuin op de kust invallende golven, kan op deze manier zeer veel zand worden verplaatst.

2.3. WIND

De wind heeft, buiten haar indirecte werking via golven en wind- en golfgeïnduceerde stromingen, ook een belangrijke, directe invloed op het bij laagwater droogvallende gedeelte van het strand en op het droogstrand en de duinvoet. Door dit zgn. eolische transport worden grote hoeveelheden zand over het strand verplaatst. Omdat langs de Vlaamse kust de zuidwesten- tot noordwestenwinden het vaakst voorkomen, wordt heel wat zand naar het noordoosten/zuidoosten verplaatst.

Men kan zich indenken dat tijdens perioden met minder sterke wind en stabiel weer het strand en de zeereep aangroeiden, en dat het aldus op de kust gebrachte zand tijdens de periode met meer westenwinden en minder stabiel weer ging stuiven. Dit mechanisme ligt aan de basis van de duinvorming. Een duintje in zijn ontstaansperiode zal maar overleven wanneer het zand gefixeerd wordt door de plantengroei. Als eerste pioniersplant verschijnt biestarwegras, waarop de kolonisatie door het bekende helmgras volgt. In de periode tot de vroege middeleeuwen bleef duinvorming op vele plaatsen beperkt tot de vorming van lage duintjes op de strandwallen.

3. INVLOED VAN DE MENS OP DE ZEEWERING

- 3.1. Ingrepen van de mens die het zeeverend karakter van de kust verhogen
 - 3.1.1. Harde infrastructuurwerken
 - 3.1.2. Zachte infrastructuurwerken
- 3.2. Activiteiten en ingrepen van de mens die schade kunnen toebrengen aan het zeeverend karakter van de kust
 - 3.2.1. Toerisme
 - 3.2.2. Havens en scheepvaart
 - 3.2.3. De kust als militaire verdedigingslinie
 - 3.2.4. Waterwinning in de duinen

Uit de wordingsgeschiedenis van onze kust in het historische verleden blijkt hoe groot de invloed van de mens wel is geweest in de kuststreek, en op de kustvorming zelf. Zo trad er landverlies op aan de zeevaartse zijde van de kusteilanden, nadat de zeegaten, vanaf het einde van de 11ste eeuw, door de mens werden afgedicht of meer en meer werden ingepolderd. Hierbij kreeg onze kust geleidelijk zijn huidige, rechtlijnige verloop. De ligging van de huidige havens van Nieuwpoort en Oostende, alsook van het Zwin, gaat terug op dergelijke zeegaten (fig. 3.1).



Fig. 3.1. Het laatste restant van een zeegat in de Vlaamse kust : het Zwin, hier gefotografeerd bij hoogwater.

Tegelijk met de ingebruikname van de kustzone als vestigingsplaats van vissers, landbouwers, handelaars, ... en de uitbouw van havens stelde zich de noodzaak van een fixatie van de kust d.m.v. kunstmatige zeekeringen. Afslag van de zeereep en versmalling van het strand werden tegengegaan met strandhoofden in hout en steen, dijken in aarde en later in steen en beton. Havengeulen werden uitgebaggerd en vastgelegd met dammen.

Ook bij het ontstaan vanaf de latere middeleeuwen, na het jaar 800, van de hoge duinruggen zoals we die nu kennen, wordt de invloed van de mens als een belangrijke faktor beschouwd, en dit omdat het windklimaat, voor zover bekend, toen niet drastisch veranderd was. Met name kan het kappen van bos en struweel, dat na de Romeinse tijd op de duinen was gegroeid, stuiven van zand en de vorming van grotere duinen in de hand hebben gewerkt. De aanwezigheid van konijnen en vee, in de duinen ingevoerd in de periode 1400-1500, kan ook een grote invloed op de mate van verstuijing van de duinen hebben gehad. Ook bij het intensieve in gebruik nemen (en verwaarlozen) van de duinen in de 19de eeuw blijkt een

grootschalige verstuijing te zijn opgetreden. Hoe snel duinvorming kan gaan blijkt uit de regelmatige opvolgingen van strand- en duinmorfologie, uitgevoerd in opdracht van de Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen.

De interactie van de hedendaagse mens met het kustmilieu is zeer intens. Met betrekking tot de zeeverende funktie van de kust, kan men de werking van de mens indelen in ingrepen die het zeeverend karakter van de kust verhogen, resp. verlagen.

3.1. INGREPEN VAN DE MENS DIE HET ZEEVEREND KARAKTER VAN DE KUST VERHOGEN

3.1.1. Harde infrastructuurwerken

Meer dan de helft van de Vlaamse kustlengte is bijkomend verdedigd door één of meer van de volgende types infrastructuur : zeedijk, versterking van de duinvoet in schanskorven met betonpenetratie, strandkrib, strandhoofd (fig. 3.2), Longardbuis, schutsluis, afwateringssluis, kaaimuur. Deze types en hun toepassing langsheen de kust worden hieronder beschreven in hoofdstuk 4.

3.1.2. Zachte infrastructuurwerken

De laatste decennia wordt er duidelijk naar gestreefd om in het zeeverende karakter van de kust in te grijpen met "zachte" technieken. Deze verhogen de veiligheid van de kust als zeevering, zonder dat ze al te veel schade toebrengen aan de esthetische en ekologische functies van de kust. Tot dit type infrastructuurwerken horen : strandsuppleties, aanleg van een voedingsberm onder water, het plaatsen van onderwaterschermen, het plaatsen van tijdelijke of permanente windschermen aan de duinvoet, het plaatsen van hagen in rijshout aan de duinvoet (fig. 3.3). Men vindt de beschrijving en toepassing van deze types in hoofdstuk 4. In de duinen zelf worden beplantingen uitgevoerd, worden trappen en verharde doorgangswegen aangelegd en worden sommige gebieden voor het publiek gesloten voor een voldoende lange periode.

3.2. AKTIVITEITEN EN INGREPEN VAN DE MENS DIE SCHADE KUNNEN TOEBRENGEN AAN HET ZEEVEREND KARAKTER VAN DE KUST

Uit de aard van de kustzone zelf, ontmoetingsplaats tussen land en zee, oefent de mens hier zeer vele, verscheiden activiteiten uit. Sommige van deze activiteiten hebben evenwel het ongewenste bij-effekt, dat ze de zee-



Fig. 3.2. Het strand van Knokke-Zoute is bijkomend verdedigd door strandhoofden.



Fig. 3.3. Hagen in rijshout en gekapteerd eolisch zand op het strand te Knokke-Zoute.



Fig. 3.4. Deze camping te Lombardsijde strekt zich uit tot op het strand.

werende functie van de kust kunnen schaden. Hiertoe horen activiteiten van de volgende sectoren :

3.2.1. Toerisme

De grote toeloop van toeristen naar de kust heeft als voornaamste negatieve effect een te grote bezetting van een in uitgestrektheid beperkte ruimte. Hierdoor wordt met name op het duinareaal een steeds grotere druk uitgeoefend. Nog steeds worden stukken duin prijsgegeven aan de nieuwbouw en de uitbreiding van campings (fig. 3.4). Omheen de recreatiepolen lijdt de duinvegetatie aan een hogere betredingsgraad, en hier stelt men dan ook een versnippering en een degradatie van het vegetatiedek vast (fig. 3.5).

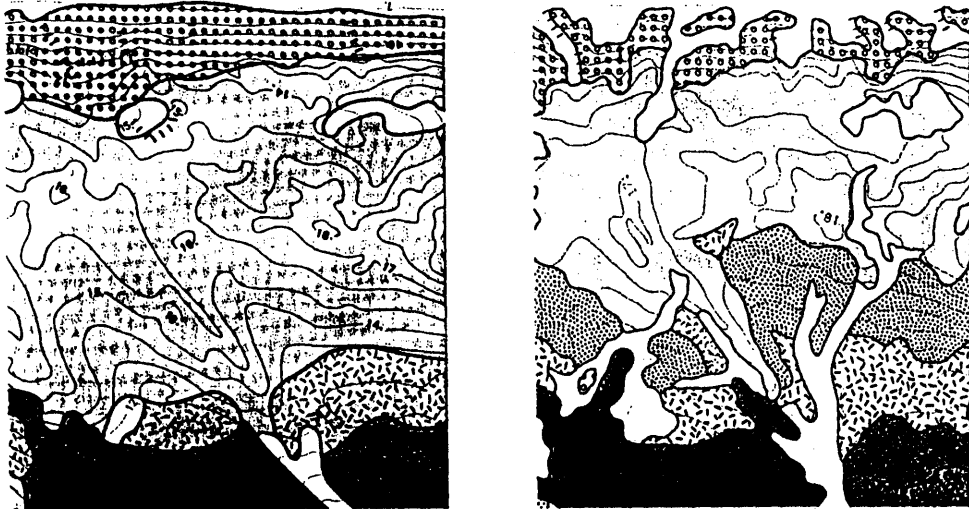


Fig. 3.5. Evolutie van de vegetatie in een duingedeelte ten oosten van De Haan tussen 1986 (links) en 1989 (rechts). Het grasland (groene tinten) en struweel (bruin) was bij de vegetatiekartering van 1989 veel meer versnipperd. (Schaal 1/1.000. De gele zone bovenaan in de kaartfragmentjes is het droogstrand).

3.2.2. Havens en scheepvaart



Fig. 3.6. Een gedeelte van de Schipgatduinen bij Koksijde. In de duinen treft men nog steeds verspreide bunkers aan.

De uitbouw van de Zeebrugse voorhaven in de periode 1977-1986 had een grote invloed op het langstransport van zand langsheen de kust. Doordat deze natuurlijke zandstroom doorsneden werd, groeide het strand aan de westzijde (te Zeebrugge-Strand) alsmaar verder aan, terwijl aan de oostzijde, te Knokke-Heist, reeds twee strandsuppleties werden uitgevoerd om te compenseren voor de afgesneden zandstroom. Minder voor de hand liggend is de invloed van onderhouds- en verdiepingsbaggerwerken voor de scheepvaart en het winnen van zand op de zandbanken voor de kust, maar men kan wel aannemen dat de afremming, die deininggolven hier ondervinden, nu verminderd is.

3.2.3. De kust als militaire verdedigingslinie

Ook vandaag nog is een niet gering gedeelte van de zeeverende duingordel in gebruik als militair gebied. Tijdens de Wereldoorlogen was onze kust een schakel in de Atlantische verdedigingslinie van Duitsland. Vooral in de Tweede Wereldoorlog werden de duinen bezaaid met bunkers. Hoewel de meeste bunkers sindsdien werden afgebroken, treft men deze betonnen gevaartes nog steeds te pas en te onpas in de duinen aan (fig. 3.6).

3.2.4. Waterwinning in de duinen

De duinen bevatten het belangrijkste zoetwatermassief van de kuststreek. Bij de winning hiervan voor drinkwater daalt de watertafel. Hierdoor komt niet alleen de vegetatie van de vochtige duinvalleien in het gedrang, maar ook daalt het bodemvochtigheid, zodat niet begroeide zandgebieden gemakkelijker gaan verstuiven.

Het Longardsysteem bestaat in principe uit een eerste buis (Ø 1,80 m) ter hoogte van de duinvoet en een aantal buizen (Ø 1,00 m) parallel aan en loodrecht op de eerste. Elke buis bestaat uit een uitwendig omhulsel van niet-rotbare gewezen synthetische vezels, bestand tegen UV-straling, olie en chemicaliën, en een inwendig omhulsel in ondoorlatend polyethyleen, opgevuld met zand. Het aanleggen van het Longardbuizenstelsel kan gepaard gaan met het uitvoeren van zandophogingen (zand afkomstig uit zee).



Fig.4.3 Het aanbrengen van een Longardsysteem nabij Bredene (strandtoegang Hippodroom).

Met strandprofleringen worden werkzaamheden op het strand bedoeld waarbij het zand over het strand wordt herverdeeld zonder dat zand van buiten het strand wordt aangevoerd. Deze strandprofleringen beïnvloeden de totale hoeveelheid zand in de sekties niet, vermits enkel een herverdeling over de strandbreedte gebeurt. Bij strandophogingen wordt wel zand op het strand aangevoerd: dit zand is afkomstig vanuit zee en verder worden er opspuitingen verricht met zand dat afkomstig is van de onderhoudsbaggerwerken in de havens.

Met het oog op het instandhouden van een strand dat toeristisch kan worden uitgebaat, wordt in verschillende badplaatsen die te lijden hebben van strandafslag in het late voorjaar een droogstrandberm aangelegd tegen de dijk aan. Deze zandberm sluit met een glooiing aan op het lagergelegen midden- of laagstrand. Deze werken hebben meestal jaarlijks plaats. Het zand wordt gewonnen op het laagstrand, over 't algemeen tegenover het te verhogen gedeelte van het strand (strandproflering), en/of wordt aangevoerd (strandophoging).

Dergelijke profleringen en ophogingen hebben plaats te Koksijde, West-ende, Middelkerke, Raversijde, Oostende, De Haan, Wenduine en Blankenberge.

Strandsuppleties zijn werken waarbij het strand lokaal opgespoten en/of opgehoogd wordt met zand dat in zee gewonnen wordt. Gezien de grote hoeveelheden die gepaard gaan met strandsuppleties worden deze werken meestal in combinatie uitgevoerd met werken waarbij zand moet uitgegraven worden, zoals het compensatiebaggeren. Klassieke suppleties houden een massa-opspuiting op het droogstrand in. Profielsuppleties zijn suppleties waarbij het zand onder zijn natuurlijk profiel over droog- en natstrand uitgespreid wordt. Voedingsbermen zijn onderwatersuppleties.

Onderwaterschermen zijn opgebouwd uit kunststofdoeken (geotextielen) uitgerust met een verankering en een drijflichaam, en zijn bestemd voor het fixeren en/of vertragen van het zandtransport. Vertikale schermen worden onder de laagwaterlijn in verschillende rijen volgens bepaalde patronen geïnstalleerd.

Windschermen zijn schermen (hoogte ca. 1 m) die opgebouwd zijn uit houten pijlers met geotextieldoeken ter bevordering van de afzetting van eolisch getransporteerd zand op het droogstrand.

Strandhagen zijn opgebouwd uit elzehouten en dennenhouten takkenbussels die vertikaal in het strand of op de duin ingeplant worden. Strandhagen vervullen dezelfde rol als windschermen.

Schutsluizen zijn sluizen voor het versassen van schepen van/naar waterwegen die in verbinding staan met de zeehaven. Afwateringsluizen zijn sluizen die het afwateren (bij laagwater) toelaten van poldersloten, wateringen en waterlopen.

Kaaimuren zijn zelfdragende verticale structuren in gewapend beton, metselwerk en/of damplanken, die het aanmeren van schepen in havens mogelijk maken. De kaaimuur stabiliseert de achterliggende grond en dient als aanzet voor de kaai ten behoeve van het laden en lossen van schepen.

Teneinde een zo volledig mogelijk overzicht te geven van de diverse types zeevering die optreden langs de Vlaamse Kust zal de kust systematisch per kustdeel beschreven worden. Ieder hoofdstukje wordt voorafgegaan door een overzichtskaart. De legende bij deze kaartjes vindt men op de uitklapbare achterflap.



Fig. 4.4. Iedere winter worden windschermen geplaatst op het strand te Heist. Men merkt duidelijke zandwinst ter hoogte van de schermen.

4.1. VAN DE BELGISCH-FRANSE GRENS TO KOKSIJDE

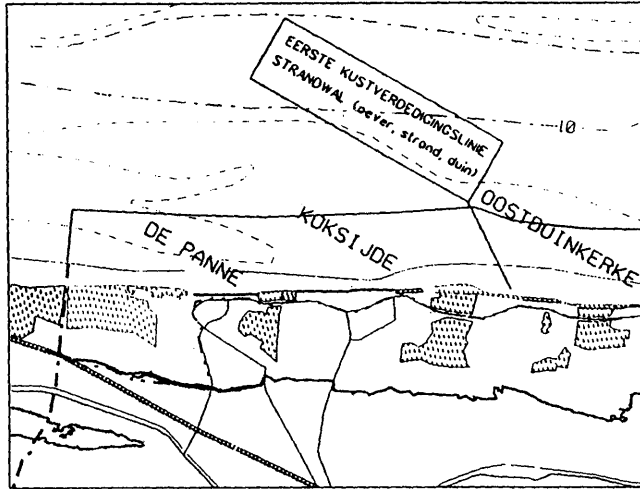


Fig. 4.5. De Panne, ter hoogte van het vissersdorp. Beschadiging aan de versterkte duinvoet trad op als gevolg van de zware stormen van begin 1990.

Tussen de grens en De Panne ligt de oorspronkelijke natuurlijke strandwal opgebouwd uit onderwateroever, strand, steenglooiing en verschillende duingordels. De duinen vormen het natuurreservaat van de Westhoek dat deels bebouwd is met toeristische infrastructuur. De steenglooiing ter versteviging van de duinvoet bestaat uit schanskorven met betonpenetratie.

Te De Panne is een dijk van ca. 1500 m lengte aangelegd (top op peil +9.40 m T.A.W.) zonder strandhophden.

Tussen De Panne en Koksijde is ca. 800 m strandwal met duin (domein Zeepark) die in Koksijde (St. Idesbald) aansluit met een 2800 m lange zeedijk (top op peil +9,90 à +11,00 m T.A.W.). Deze zeedijk wordt aangevuld met een 10-tal strandkribben, waarvan er 2 (nrs. 6 en 10) verlengd werden tot strandhoofden (zeewaartse lengte : ca. 400 m vanuit dijk ; bouwjaar 1987-1988). De lokale versterkte stranderosie te Koksijde wordt toegeschreven aan de erosieve werking van de vloedschaar "Het Potje". Om deze erosieve werking tegen te gaan zijn de 2 voormelde strandkribben verlengd en is een ontwerpstudie uitgevoerd waarin wordt voorgesteld de vloedschaar licht noordwaarts af te leiden door baggeren (compensatie-baggeren). Het vrijgekomen zand wordt simultaan op het strand gespoten voor strandrestauratie.

In afwachting van deze werken worden te Koksijde jaarlijks strandprofieleringen (10.000 m³ in 1988) en strandophogingen (15.000 m³ in 1988) uitgevoerd.

Tussen Koksijde en Oostduinkerke ligt eveneens een 2 km lange kuststrook van natuurlijke strandwal met duinreep (o.m. "Schipgatduinen").

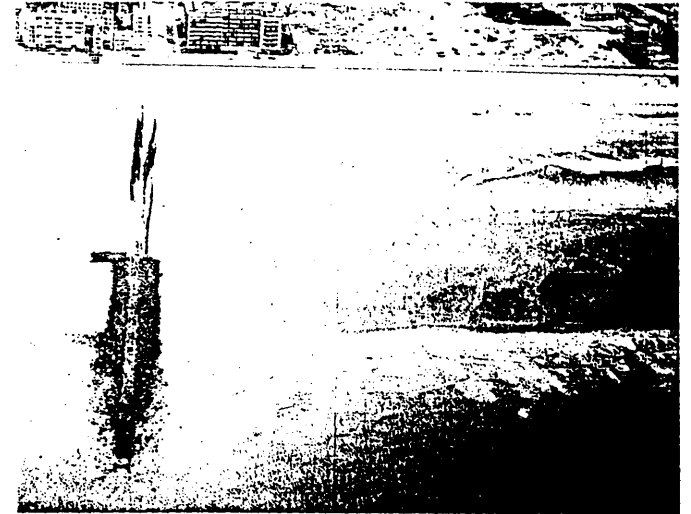
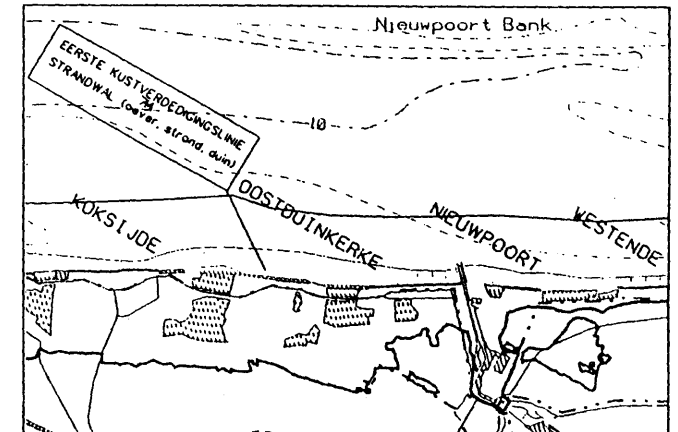


Fig. 4.6. Het strandhoofd nr. 10 te Koksijde werd uitgebouwd in de periode 1987-1988. Men merkt duidelijk de verbreding van het strand naar het strandhoofd toe.

4.2. VAN KOKSIJDE TOT NIEUWPOORT



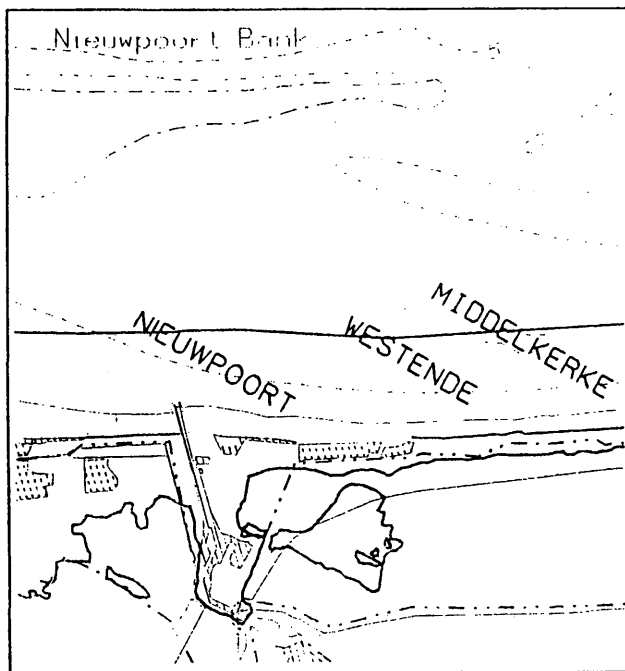
De strandwal met duinreep sluit in Oostduinkerke aan op een wandeldijk (wandeldijk op +9,40 m T.A.W. ; lengte 600 m) die naar Nieuwpoort toe overgaat in een natuurlijke strandwal met duin (lengte 2.300 m ; Groenedijk-Bad). Te Nieuwpoort-Bad is een 1,5 km lange zeedijk (top dijk

op peil +11,90 m T.A.W.) die reikt tot aan het West-staketsel van de vaargeul naar de haven van Nieuwpoort. Het strand is uitgerust met 6 strandkribben (lengte : 60 à 110 m) en 3 strandhoofden (lengte : 450 m ; tussenafstand : 310 m).

De vaargeul van de haven van Nieuwpoort is de monding van de IJzer en heeft een breedte van 100 m. Voor het onderhoud van de vaargeul wordt in deingangskil en in de haven gebaggerd. Het gebaggerde zand wordt o.m. op de vooroever van het strand te Lombardsijde geborgen (ten oosten van de IJzermonding) en op de vooroever te Westende.

Aan de landzijde is de haven van Nieuwpoort afgesloten door het sluisencomplex (schutsluizen en afwateringsluizen) van het Kanaal Nieuwpoort-Plassendale, de Kreek van Nieuwendamme, de IJzer, de Afleidingsvaart van Veurne, en het Kanaal van Nieuwpoort naar Dunkerque).

4.3. VAN LOMBARDSIJDE TOT WESTENDE



Ten oosten van de IJzermonding bestaat een 2,5 km lange natuurlijke strandwal met duinreep. Achter de duinreep ligt het voormalig militair domein van Lombardsijde. Het strand is aldaar uitgerust met een 7-tal strandkribben (lengte : 50 m ; tussenafstand : 70 m).

Te Westende en Lombardsijde wordt een reeks van 12 strandhoofden aangelegd : de strandhoofden 1 tot en met 4 werden aangelegd vóór 1983;

de bouw van de strandhoofden 5 en 6 werd uitgevoerd in 1988; strandhoofd 9 werd uitgevoerd in 1989; de strandhoofden 10 t/m 12 zullen worden aangelegd op het strand te Lombardsijde in 1990-1992.

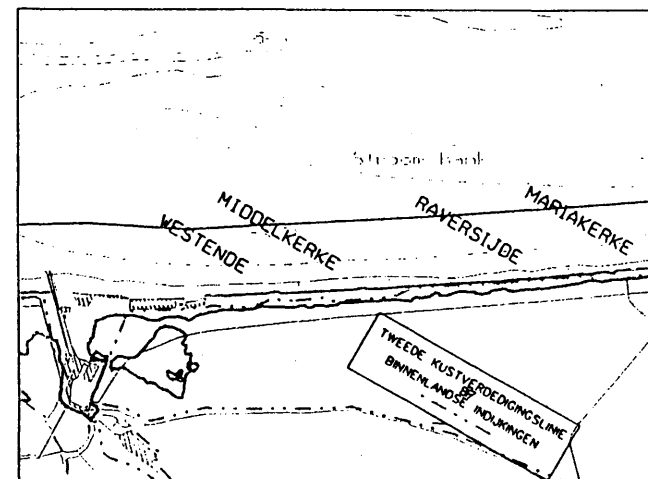
Vermeldenswaard is hier dat de 8 laatste strandhoofden (strandhoofden 5 tot en met 12) worden uitgevoerd met nieuwe materialen op basis van koolwaterstoffen (open en gesloten steenasfalt en zandasfalt voor de kern). Daarenboven is in strandhoofd 9 voor het eerst gebruik gemaakt van vezelversterkt steenasfalt.

Te Westende is ook een ca. 1000 m lange zeedijk aangelegd (wandeling op peil + 10,30 m T.A.W.). Ook bestaan hier en daar nog kleine series van strandkribben die aansluiten op de zeedijk en tussen 2 strandhoofden gelegen zijn.

Te Westende worden ook regelmatig strandprofileringen en strandophogingen uitgevoerd.

Ter stabilisatie van de duinvoet werd, in 1981 te Lombardsijde, een systeem van Longardbuizen aangelegd over een kustlengte van 1250 m. In combinatie met het Longardsysteem is in Lombardsijde ca. 40.000 m³ zand aangevoerd en opgehoogd.

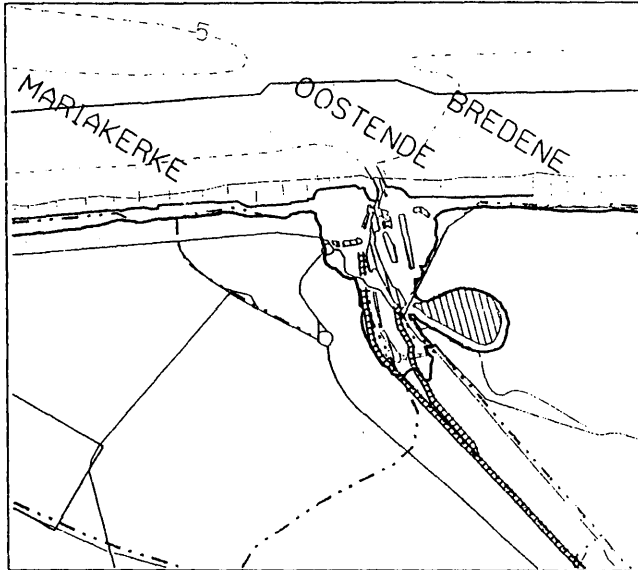
4.4. VAN MIDDELKERKE TOT MARIAKERKE



Ten oosten van Westende is de duinreep van de strandwal gescheiden door de kustbaan. Bovendien kenmerkt de kust zich hier door een continue zeedijk. Te Middelkerke zijn een 16-tal strandhoofden aangelegd (lengte 320 m à 350 m; tussenafstand : 310 m à 370 m).

Te Middelkerke en Raversijde worden regelmatige strandprofileringen en strandophogingen (7.000 m³ te Middelkerke in 1988) uitgevoerd.

4.5. OOSTENDE EN BREDENE



De zeedijk van Mariakerke sluit aan op deze van Oostende (wandeling op +8,60 m à +9,60 m T.A.W.). Heel het kustdeel van Oostende is bovendien uitgerust met strandhoofden tot aan het westelijk havenstaketsel, dat trouwens aanleunt tegen een strandhoofd. Met uitzondering van het domein Z.K.H. Prins Karel is de duinreep nagenoeg volledig bebouwd. De kustlijn te Oostende kent echter een zeewaartse "uitsprong" (uitsprong ca. 150 m) vanaf het Kursaal (Casino) tot het Monument der Zeelieden. Op dit deel van de kust is het badstrand nagenoeg verdwenen bij Hoog Water. Teneinde het strand te restaureren is in 1980 een ontwerp gemaakt van een "zonnestrand" opgebouwd uit een buitenbeloop in grind en een kern van zand. De stadskern van Oostende ligt beneden + 5 m T.A.W.

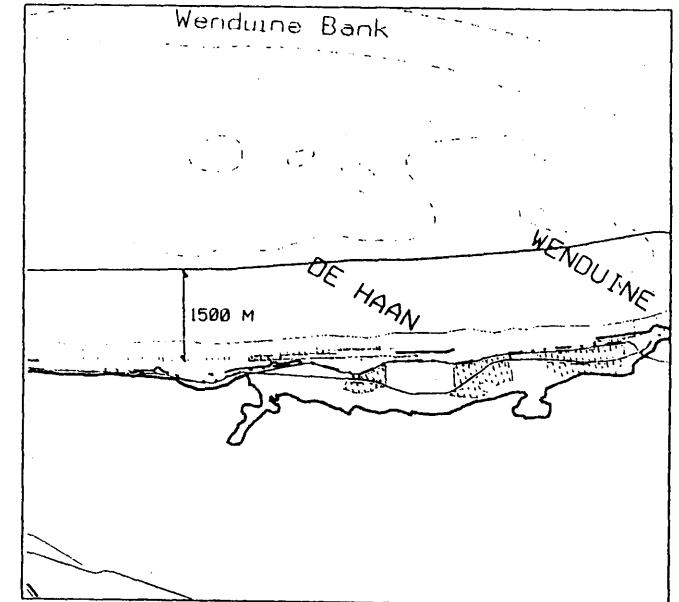
Te Oostende is de kustlijn gekenmerkt door een havengeul (breedte : 100 m ; onderhoudsdiepte : -8 m H).

De haven van Oostende is aan landzijde afgebakend door 3 schutsluizen (Slijkenssas naar kanaal Brugge-Oostende, Mercatorsluis naar yachthaven en De Meysluis naar Vlotdok) en 3 afwateringssluizen (Spuikom, De Noordede, Gauweloze Kreek). De haventerreinen van Oostende liggen op variabele peilen gaande van +6,00 m T.A.W. tot +7,80 m T.A.W.

Ten oosten van deze havengeul (Militair Domein + Fort Napoleon) bestaat een ca. 1500 m lange strandwal met duinreep verdedigd door een zeedijk met een 4-tal strandhoofden (lengte : ca. 380 m).

Te Bredene is de kust verdedigd met een reeks strandhoofden (aantal : 10; lengte : 280 à 380 m; tussenafstand : 250 à 350 m) die te Vosseslag overgaan in strandkribben (aantal 15).

4.6. VAN BREDENE TOT WENDUINE



Met uitzondering van de zeedijk te Bredene, de dijken te De Haan Centrum (lengte : 1000 m ; peil wandeling : +11,00 m T.A.W.) en te Wenduine (lengte : 1800 m ; peil wandeling : +8,50 m à 9,60 m T.A.W.) is dit deel van de kustlijn gekenmerkt door de typische strandwal met duingordel(s). Opvallend is ook de uitzonderlijk geringe bebouwing op de duinen in dit kustdeel.

Tussen het deel met strandkribben en de dijk te De Haan is van 1978 tot 1980 een systeem van Longardbuizen aangelegd ter stabilisatie van de duinvoet over een lengte van ca. 4000 m. Reden hiertoe was de vrij aanzienlijke duinafslag die aldaar opgetreden was op het einde van de jaren '70. In aansluiting met de aanleg van het Longardsysteem is te Vosseslag ca. 1.250.000 m³ zand opgespoten (over ca. 4000 m kustlengte). Als 2de kustverdedigingslinie zijn te Vosseslag en Bredene (Hippodroom) ook zgn. "wachtdijken" opgetrokken (tussen duinreep en baan) die opgebouwd zijn uit klei.

Te De Haan Centrum worden regelmatige strandprofielingen (15.000 m³ in 1988) en -ophogingen (20.000 m³ in 1988) uitgevoerd teineinde een toe-



Fig. 4.7. De strandtoegang "Hippodroom" te Bredene. Op het droogstrand zijn Longardbulzen aanwezig. Op de achtergrond, voor de Koninklijke Baan, merkt men de lusvorm van de wachtdijk.

ristisch badstrand (op +7,0 m T.A.W.) te vrijwaren over een kustlengte van ca. 1000 m (t.o.v. de dijk).

Na de belangrijke afslag van het hoogstrand tijdens de storm van 28.02.1990 is een studie uitgevoerd teneinde een aangepast kustverdedigingsontwerp voor dit kustdeel te presenteren. Het ontwerp (fig. 4.8) hield de combinatie in van een voedingsberm met profielsuppletie te De Haan Centrum en een voedingsberm te Vosseslag, Vlissegem en Nieuwmunster. Dit ontwerp is o.m. gebaseerd op de vastgestelde belangrijke dwarscomponenten van de strandafslag tijdens de storm.

Het zand voor de uitvoering van de suppletie is afkomstig van de Stroombankkil en de Aanzet Scheur (maritieme toegangsgeulen).

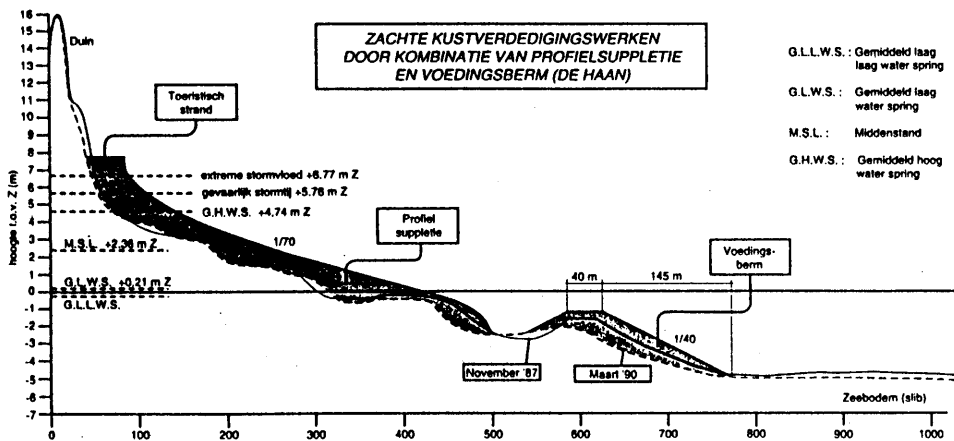


Fig. 4.8. Ontwerp van een 'zachte' kustverdediging voor De Haan.

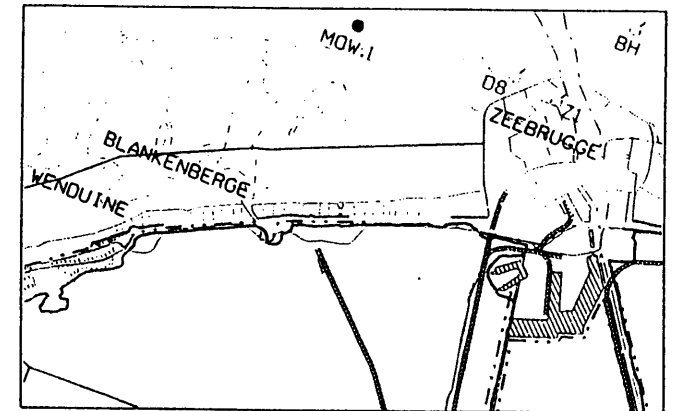
Naast de onderkenning van het belang van het dwarstransport van zand in het dynamisch evenwicht van de strandwal heeft de studie ook indicaties gegeven over cyclische erosie / sedimentatieverschijnselen en het belang van het behoud van de natuurlijke strandhellingen.

De duinreep in dit kustgedeelte is vrij sterk onderhevig aan afslag : door vergelijking van de ligging der zeedijk en duinvoet kan de regressie van de oorspronkelijke duinvoet (ca. 1900) geschat worden op ca. 30 m.

Te Vlissegem en Nieuwmunster is de duinreep bovendien vrij smal (gezien de ligging van de Koninklijke Baan) ; een verdere afslag van het duin moet hier als kritisch beschouwd worden.

Te Wenduine zijn strandhoofden aangelegd in aansluiting met de zeedijk. Ook worden hier regelmatige strandprofileringen en -ophogingen (ca. 5.500 m³ in 1988) uitgevoerd.

4.7. BLANKENBERGE TOT ZEEBRUGGE



Ten westen van de havengeul van Blankenberge bestaat de kust uit de strandwal (met duinreep) verdedigd door een reeks strandhoofden (aantal : 8 ; lengte : 230 m à 260 m ; tussenafstand : 180 m à 250 m).

Ten oosten van de havengeul van Blankenberge is een dijk (peil wandeling : + 9,00 m à + 10,70 m T.A.W.) van 2.050 m aangelegd met strandhoofden (aantal : 10 ; lengte : 160 m à 280 m ; tussenafstand : 200 m). De strandhoofden worden thans herbouwd en verlengd (1985-1986). Sommige strandhoofden worden verwijderd.

De Casino-pier te Blankenberge (lengte : 340 m) sluit eveneens aan bij de dijk.

Tussen de dijk van Blankenberge en de oostelijk gelegen gemeentegrens met Zeebrugge bestaat de kust terug uit de strandwal met duinreep, verdedigd met 6 strandkribben (plannen voor verlenging).

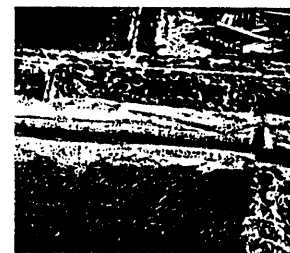


Fig. 4.9. De smalle duinreep ten oosten van Blankenberge wordt bedreigd door duinafslag.

De havengeul van Blankenberge is gelegen tussen 2 staketsels (lengte : ca. 500 m) en heeft een breedte van 60 m. Ter hoogte van de snijding met het strand zandt de havengeul aan waardoor regelmatig gebaggerd dient te worden. Dit gebaggerde zand wordt op het hoogstrand tegen de dijk (ten oosten van de geul en op het kustdeel Blankenberge) opgespoten ter compensatie van de erosie.

Te Blankenberge worden ook strandprofielingswerken uitgevoerd (30.000 m³ in 1988).

De jachthaven en de Spuiikom van Blankenberge zijn omringd door een dijk met kruin op +6,90 m T.A.W. In de Spuiikom van Blankenberge mondt de Blankenbergse Vaart uit (via een afwateringssluis).

Te Zeebrugge is de kust eerst gekenmerkt door een strandwal met duinreep en strandkribben en -hoofden over een lengte van ca. 1.200 m (Natuurreservaat "Fonteintjes").

Deze kuststrook sluit aan op het kustdeel "Zeebrugge-Strand" (lengte ca. 900 m) dat uitgerust is met een dijk (peil wandeling : +9,30 m à +9,60 m T.A.W.).

De dijk van Zeebrugge-Strand sluit onmiddellijk aan op de aanzet van de Westdam van de nieuwe voorhaven.

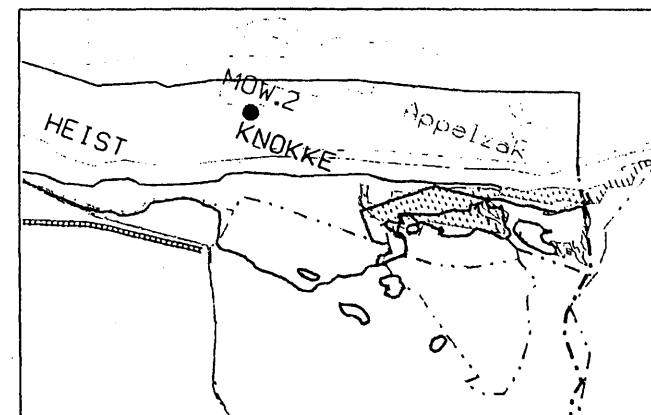
De uitbouw van de voorhaven nam een gedeelte in van de stranden van Zeebrugge en Heist. Aan de westelijke zijde van de haven werd een kustlengte van ongeveer 150 m ingenomen van het Zeebrugse strand, en aan de oostelijke zijde werd een kustlengte van ongeveer 750 m ontnomen van het strand van Heist. De bouw van de strekdammen werd aangevat in 1979 en was voltooid in 1987. Beide dammen steken ongeveer 3.250 m uit in zee.

In de haven van Zeebrugge is het Boudewijnkanaal verbonden met de voorhaven via de oude zeesluis. De achterhaven, die in open verbinding staat met het Boudewijnkanaal is verbonden met de voorhaven via de (nieuwe) Van Damme Zeesluis (plateau op peil +8,89 m T.A.W.).

De haventerreinen van de voorhaven van Zeebrugge zijn ontworpen op het peil +7,89 m T.A.W. Het waterpeil in de achterhaven en het Boudewijnkanaal is +3,39 m T.A.W. terwijl de terreinen van de achterhaven aangelegd zijn op +6,00 m à +6,40 m T.A.W. Een dieptepunt in deze haventerreinen wordt gevormd door de spoorwegkruising onder de Koninklijke Baan.

Het Leopoldkanaal (+ Isabellavaart), het Kanaal van Schipdonk en de Lisseweegse vaart monden uit in de voorhaven via afwateringssluizen.

4.8. VAN KNOKKE-HEIST TOT HET ZWIN



Van de aanzet van de nieuwe Oostdam te Zeebrugge tot de eerste duinen ter hoogte van het Zwin zijn deze kustdelen (m.n. Heist, Duinbergen, Albertstrand, Knokke-Zoute en Lekkerbek) gekenmerkt door een strandwal met dijk en strandhoofden. Het peil van de wandeling ligt op +9,00 m à +10,40 m T.A.W. en de dijk zelf heeft een lengte van ca. 9.100 m. De duinreep is nagenoeg volledig bebouwd, met uitzondering van het Directeur-Generaal Willemspark (Heist-Duinbergen) en het oostelijk uiteinde over een lengte van ca. 1300 m.

De strandhoofden variëren in lengte tussen 350 m en 600 m (tussenafstand : 200 m à 400 m) en sluiten nagenoeg alle aan tegen de dijk.

Gezien de vrij belangrijke stranderosie in deze kustdelen, werd ten oosten van de haven van Zeebrugge, in de jaren 1977-1979 een zandsuppletie uitgevoerd van meer dan 8 miljoen m³, over een strandlengte van ongeveer 9 km, m.n. in de kustdelen Heist, Duinbergen, Albertstrand, Knokke-Zoute en Lekkerbek. Deze suppletie werd uitgevoerd om de erosie tegen te gaan en om een breed, toeristisch strand te Knokke-Heist te herscheppen.

In de strandsekties 50 t/m 61, ter hoogte van Knokke-Zoute en Lekkerbek, werd in het voorjaar van 1986 een tweede zandsuppletie uitgevoerd van ongeveer 1 miljoen m³, om de erosie opgetreden in de periode 1979-1986 te compenseren. De strandsekties 36b en 36 behoren tot het kustdeel Heist en grenzen aan de oostelijke strekdijk van Zeebrugge. Deze sekties werden opgespoten in 1986 met zand, afkomstig van de baggerwerken uit de nieuwe voorhaven van Zeebrugge.

Te Knokke-aan-Zee (tussen strandhoofden 1 en 2) worden ook proeven uitgevoerd met verticale (onderwater)schermen ter stabilisatie van het strand tegen afslag in de dwarse zin.

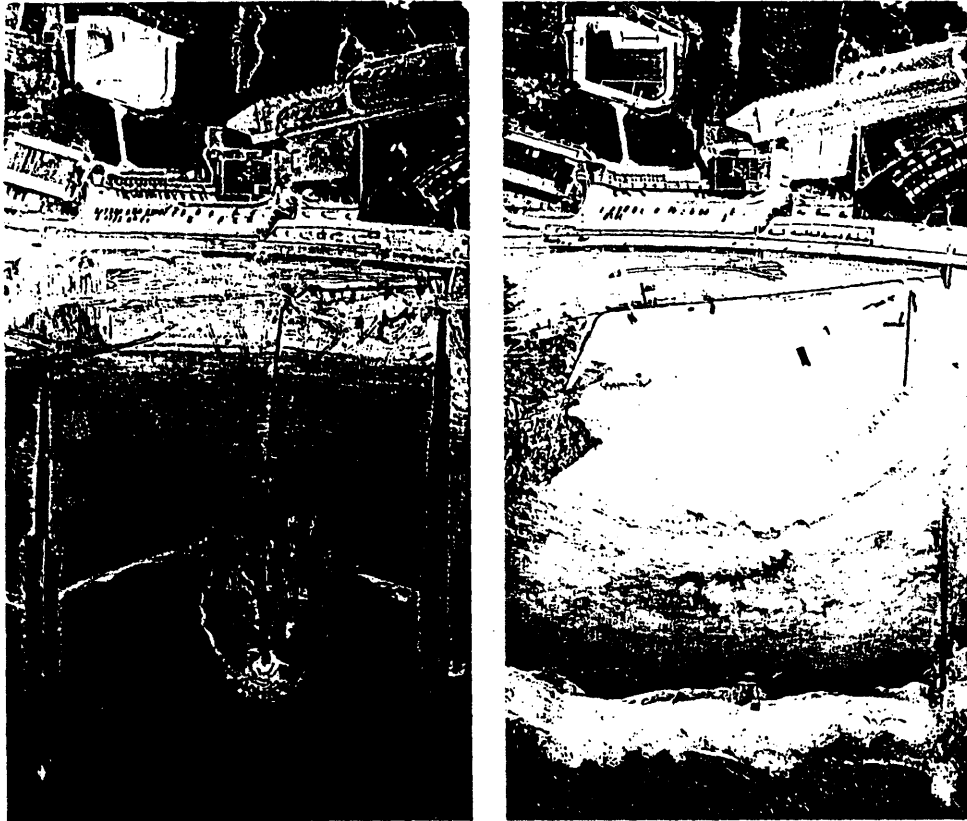


Fig. 4.10. Vertikale luchtopnames uit 1978 van het strand te Knokke (Lekkerbek), ter hoogte van het zwembad. Links : tijdens de suppletie; rechts : onmiddellijk na de suppletie.

De sterke erosie van deze kustdelen wordt o.m. toegeschreven aan de aanwezigheid vlak onder de strandwal van de vloedschaar "Appelzak" die het afgeslagen strandzand door tijwerking aan de strandwal onttrekt.

Ter hoogte van het natuurreservaat "Het Zwin" is de kust opgebouwd uit een strandwal met aangelegde duingordel. Het Zwin is een overblijfsel van een kreek met typische schorre-afzettingen. Het Zwin is in het zuiden afgebakend door de Internationale Dijk (peil van dijkkrui : +11,15 m T.A.W.).

Door de verplaatsing van de monding van de Zwingel naar het oosten, werden de duinen aan de Nederlandse zijde van deze geul door afkalving bedreigd. Daarom diende de ligging van de monding reeds verscheidene malen door Nederlands ingrijpen te worden verlegd naar het westen.

Maatregelen van Belgische kant, die bedoeld zijn om de verzanding van het natuurreservaat Het Zwin tegen te gaan, werden in 1989/1990

uitgevoerd. Onder meer werd de monding van de Zwingel andermaal verlegd naar het westen, werden de duinen te Cadzand aangevuld met zand, afkomstig van uitgravingen en is een zandvang uitgegraven.

Teneinde de verdergaande erosie van het strand te Cadzand tegen te gaan, werden in 1988 en 1990/1991 door Nederland suppleties uitgevoerd. Bovendien werd in 1990/1991 de Internationale Zwindijk op Delta-veiligheid gebracht door Nederland

Deze werken kaderen in een globaal Nederlands kustbeleidsplan van "Behoud van de Huidige Kustlijn". Hierbij wordt ook rekening gehouden met de erosie-mechanismen van verschillende aard, nl. (cyclische) zandgolven, zeespiegelrijzing, ...

4.9. NOODZAAK TOT INVENTARIS VAN DE HUIDIGE ZEEVERING

Bovenstaande paragrafen beschrijven met een zeker detail de huidige natuurlijke en kunstmatige zeeveringselementen. Uit deze beschrijving blijkt de grote diversiteit aan zeeveringselementen langs de Vlaamse Kust. Bovendien blijkt eenzelfde type zeevering (b.v. zeedijk) nogal wisselvallige ontwerpkenmerken te bezitten al naargelang van de badplaats of lokatie. Tenslotte is ook geen omschrijving van de huidige bouwkundige staat van de infrastructuur gegeven.

Dit alles leidt tot de konklusie dat hoogdringend een gedetailleerde expertise van de zeeveringselementen moet worden opgesteld, zelfs alleen reeds met het oog op een preventief onderhoud.

5. WAARNEMINGEN EN PROGNOSES VAN RELEVANTE FENOMENEN DIE VAN INVLOED ZIJN OP HET VEILIGHEIDSNIVEAU

- 5.1. Windklimaat
- 5.2. Golfklimaat
- 5.3. Tijstromingen
- 5.4. Zeespiegelstand en zeespiegelrijzing
- 5.5. Broeikas-effekt
- 5.6. Zandbalans

De specifieke studieopdrachten waarvan sprake in de inleiding moeten leiden tot de bepaling van het te bereiken veiligheidsniveau van het studiegebied.

Dit theoretisch veiligheidsniveau moet dan getoetst worden aan het huidige veiligheidsniveau dat geboden wordt door de 1ste en de 2de kustverdedigingslinie.

De veiligheidsniveau's die nagestreefd moeten worden en die door deze 2 kustverdedigingslijnen geboden worden, zijn op hun beurt bepaald door een aantal externe en intrinsieke parameters en/of fenomenen :

1. Externe parameters en fenomenen :

- windklimaat (te bepalen door de statistische verwerking van het meerjarig hydro-meteo observatieprogramma) ;
- golfklimaat (te bepalen door de statistische verwerking van het meerjarig hydro-meteo observatieprogramma) ;
- tijstromingen (te bepalen door getijmodellen en natuurmetingen) ;
- zeespiegelstand en zeespiegelrijzing (te bepalen door de statistische verwerking van de continue tijregistraties en stormvloedregistraties).

2. Intrinsieke parameters :

- zandbalans van de volledige strandwal (in funktie van de hydro-meteo-gegevens en op basis van het meerjarig waarnemingsprogramma van vooroever, strand en duin) ;
- geotechnische stabiliteit van de bestaande infrastructuurwerken van beide kustverdedigingsliniën (steunmuren, dijken, ...)
- bouwkundige staat van de bestaande infrastructuurwerken (dijkbekledingen, beschoeiingen, ...)
- prognose van reactie van de zeeverende elementen tegenover extreme hydro-meteo kondities ;
- simulatie/evaluatie overstromingsgebieden (bressenplannen).

5.1. WINDKLIMAAT

Met betrekking tot het windklimaat dient een onderscheid gemaakt te worden tussen :

- a) het huidige (en voorbije) opgemeten windklimaat ;
- b) de prognoses van het toekomstig windklimaat.

Het huidige windklimaat wordt opgemeten in 3 verschillende meetpunten (windsnelheid en windrichting op meetpaal MOW5, Uitkijk Zeebrugge en op

Meteopark Zeebrugge) langs de kust in het kader van het meerjarig hydro-meteo data-acquisitieprogramma.

De opgemeten windgegevens over de periode 1977 tot 1986 zijn statistisch verwerkt en gerapporteerd in de "Atlas van hydro-meteo waarnemingen voor de Vlaamse Kust" (ref. rapport Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap - Haecon ZHA732/89.2577).

In tabel 5.1 zijn de voorkomfrequenties (V.F.) en overschrijdingsfrequenties (O.F.) van de waarnemingen te Zeebrugge opgenomen.

LOCATIE: UITKIJK + METEO ZEEBRUGGE
PERIODE: APR. 1977 - DEC. 1986
AANTAL WAARNEMINGEN: 140811 (ALLE RICHT.)

WINDSNEELHEID (m/s)	WINDSECTOR												ALLE RICHT.				
	N	NO	O	OZ	Z	ZW	W	WN	N	NO	NO	NO					
0.0-0.5	3.77	5.80	8.71	8.43	8.14	7.76	5.88	5.55	8.42	11.11	11.11	7.44	7.00	5.71	4.29	3.44	100.00
V.F.	.191	.295	.444	.421	.407	.299	.294	.277	.421	.556	.556	.370	.350	.286	.215	.172	1.418
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
0.5-1.0	3.80	4.94	6.45	6.58	5.98	2.68	3.57	5.44	8.35	11.72	11.43	7.34	4.25	5.47	4.25	3.58	100.00
V.F.	.191	.247	.323	.329	.299	.139	.182	.272	.421	.583	.562	.370	.215	.344	.215	.182	1.281
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
1.0-1.5	3.80	4.51	6.41	6.08	4.77	1.28	2.54	4.44	7.05	10.49	10.58	6.98	4.78	5.84	3.83	3.08	100.00
V.F.	.191	.226	.316	.294	.214	.065	.127	.222	.351	.500	.500	.327	.215	.262	.172	.139	1.070
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
1.5-2.0	3.80	3.73	5.12	5.08	3.17	.49	1.15	2.48	5.32	8.20	8.44	4.25	3.78	4.44	2.87	2.44	100.00
V.F.	.191	.187	.261	.254	.159	.025	.058	.127	.222	.327	.332	.172	.159	.187	.127	.107	.841
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
2.0-2.5	3.80	2.78	3.89	1.68	.78	1.41	1.05	1.73	2.29	1.99	.74	.91	.80	.74	.45	.48	100.00
V.F.	.191	.141	.199	.084	.039	.071	.052	.086	.117	.100	.039	.045	.045	.039	.024	.024	.741
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
2.5-3.0	3.80	2.29	3.38	3.08	1.23	.13	.24	.88	2.48	4.31	4.33	4.39	3.11	2.85	1.84	1.44	100.00
V.F.	.191	.139	.199	.182	.065	.006	.012	.045	.117	.200	.200	.200	.146	.139	.086	.065	.681
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
3.0-3.5	3.80	1.41	1.95	2.33	1.67	.13	.22	.74	2.23	3.44	3.51	2.82	2.43	1.47	1.12	.96	100.00
V.F.	.191	.071	.099	.117	.084	.006	.011	.039	.100	.159	.162	.139	.117	.071	.058	.051	.515
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
3.5-4.0	3.80	.47	1.31	.95	.16	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	100.00
V.F.	.191	.024	.065	.045	.006	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
4.0-4.5	3.80	.19	.34	.21	.02	.00	.00	.01	.03	.14	.12	.14	.14	.14	.14	.14	100.00
V.F.	.191	.009	.017	.011	.001	.000	.000	.001	.001	.007	.006	.007	.007	.007	.007	.007	.007
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
4.5-5.0	3.80	.01	.02	.04	.02	.00	.00	.00	.04	.09	.11	.17	.13	.02	.01	.01	100.00
V.F.	.191	.001	.001	.002	.001	.000	.000	.000	.002	.004	.005	.008	.006	.001	.001	.001	.001
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
5.0-5.5	3.80	.00	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	100.00
V.F.	.191	.000	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
5.5-6.0	3.80	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	100.00
V.F.	.191	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
6.0-6.5	3.80	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	100.00
V.F.	.191	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
6.5-7.0	3.80	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	100.00
V.F.	.191	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
7.0-7.5	3.80	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	100.00
V.F.	.191	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
7.5-8.0	3.80	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	100.00
V.F.	.191	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
8.0-8.5	3.80	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	100.00
V.F.	.191	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
8.5-9.0	3.80	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	100.00
V.F.	.191	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
9.0-9.5	3.80	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	100.00
V.F.	.191	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
9.5-10.0	3.80	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	100.00
V.F.	.191	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
O.F.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
TOTAAL	3.77	5.80	8.71	8.43	8.14	7.76	5.88	5.55	8.42	11.11	11.11	7.44	7.00	5.71	4.29	3.44	100.00
V.F.	.191	.295	.444	.421	.407	.299	.294	.277									

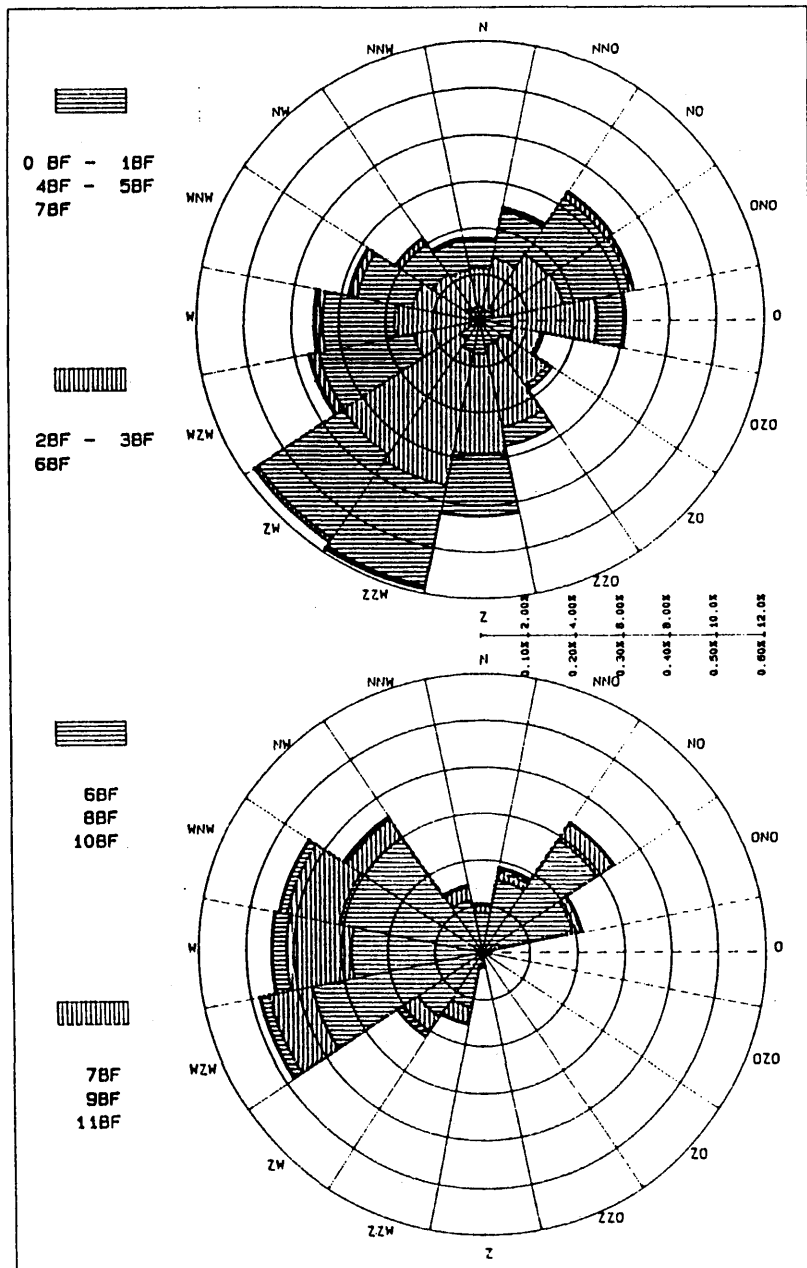


Fig. 5.1. Voorkomingsfrequentie van de wind
 Plaats : Uiltkijk + meteo Zeebrugge
 Periode : apr. 1977 - dec. 1986
 Aantal waarnemingen : 140841

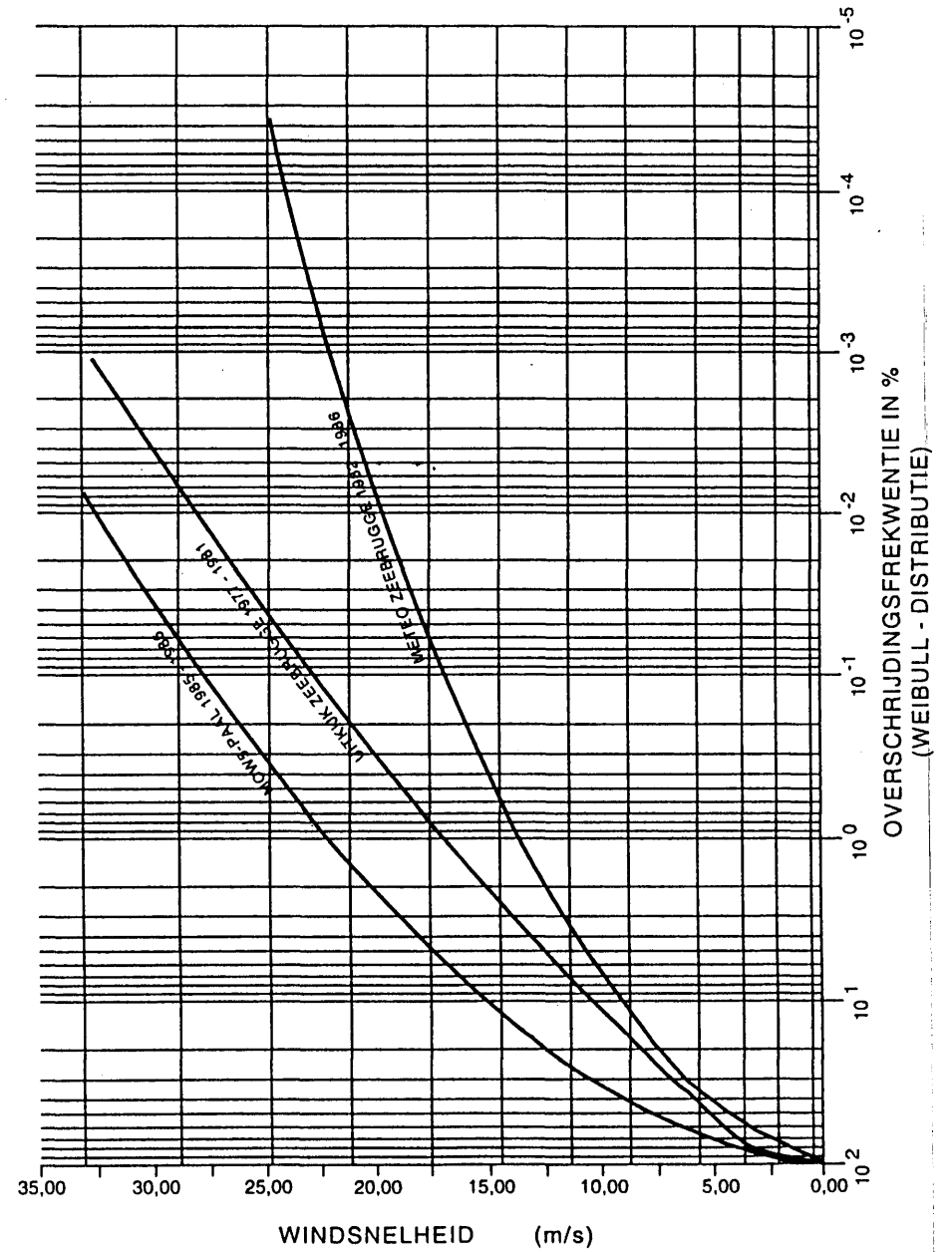


Fig. 5.2. Weibull-distributie van de windsnelheid.
 Plaats : Uiltkijk + Meteo Zeebrugge.
 Periode : 1977 - 1986.
 Windsektor : alle richtingen.
 Aantal waarnemingen : 11546.

Schaal van Beaufort					
BF	in knopen	in m/sec	in km/u	Nederlands	Engels
0	< 1	0-0,2	< 1	Windstil	Calm
1	1-3	0,3-1,5	1-5	Zwakke wind	Light air
2	4-6	1,6-3,3	6-11	Zwakke wind	Light breeze
3	7-10	3,4-5,4	12-19	Matige wind	Gentle breeze
4	11-16	5,5-7,9	20-28	Matige wind	Moderate breeze
5	17-21	8,0-10,7	29-38	Vrij krachtige wind	Fresh breeze
6	22-27	10,8-13,8	39-49	Krachtige wind	Strong breeze
7	28-33	13,9-17,1	50-61	Harde wind	Near gale
8	34-40	17,2-20,7	62-74	Stormachtige wind	Gale
9	41-47	20,8-24,4	75-88	Storm	Strong gale
10	48-55	24,5-28,4	89-102	Zware storm	Storm
11	56-63	28,5-32,6	103-117	Zeer zware storm	Violent storm
12	64 en meer	32,7 en meer	118 en meer	Orkaan	Hurricane

Tabel 5.2. Internationale klassifikatie van windsnelheid en windkracht.

Dit gewijzigd windklimaat zou in onze gematigde streken overeenkomen met een 10% toename van de windsnelheid en een hoekverdraaiing van ca. 10 graden.

5.2. GOLFKLIMAAT

In het kader van de uitbouw van de haven van Zeebrugge en van het meerjarig meetprogramma van acquisitie van hydro-meteorologische gegevens worden sinds 1977 systematische golfmetingen uitgevoerd. Voordien werd de agitatie van het zeeoppervlak in hoofdzaak visueel waargenomen en uitgedrukt in de vorm van een bepaalde "zeegang" (op haven-uitkijken en lichtscheperen).

De golfmetingen gebeuren met behulp van een 5-tal wave-rider boeien en 1 directionele Wavec-boei. Voor de periode 1977-1986 zijn de golfregistraties statistisch verwerkt en gebundeld in de "Atlas van hydro-meteo waarnemingen voor de Vlaamse Kust" (ref. ZHA732/89.2577).

Met betrekking tot de Vlaamse Kust zijn de volgende meetstations van golfklimaat relevant :

- 1) Westhinderboei (ter plekke van het lichtschip Westhinder aan het zuidelijk uiteinde van de Westhinder-bank;
- 2) Akkaert-boei (tussen de Goote Bank en Akkaert Bank);
- 3) A2-boei (ten westen van de Pas van 't Zand);
- 4) Bol van Heist-boei (op de zuidflank van de bank "Bol van Heist"), Wave-Rider en Wavec;
- 5) D8-boei (tegenover de noordwestdam van Zeebrugge).

De lokaties van de golfmeetboeien zijn op fig. 1.9 weergegeven.

Het golfklimaat kan gekenmerkt worden door de volgende parameters :

- 1) golfperiode (gemiddelde golfperiode, GTZ, in sec) ;
- 2) significante golfhoogte of amplitude (gemiddelde van hoogste 33,3 % van de geregistreerde golven, Hs, in m) ;
- 3) grootste golfhoogte (piekwaarde, H 10% en H 1%) ;
- 4) golfenergie dichtheidsspektrum S (f) bepaald op 30' golfregistraties ;
- 5) golfrichting (afgeleid uit de windrichting of opgemeten).

De tabel 5.3 geeft de verdeling weer van de golfperiode GTZ in functie van de golfhoogte, Hs, voor het meetstation "Bol van Heist".

HS (M)	GTZ (SEC)								TOTAAL	
	<= 2,5	2,5 - 3,5	3,5 - 4,5	4,5 - 5,5	5,5 - 6,5	6,5 - 7,5	7,5 - 8,5	8,5 - 9,5		>9,5
<= ,25	,70	4,96	2,25	,48	,04	,00	-	-	,08	9,11
,25 - ,50	2,01	13,10	7,88	1,73	,31	,05	,01	-	-	25,09
,50 - 1,00	1,69	14,73	20,22	4,86	,68	,07	-	-	,01	42,25
1,00 - 1,50	,05	1,16	8,07	5,20	,56	,01	-	-	,00	15,36
1,50 - 2,00	-	,03	1,29	3,02	,73	,06	,01	-	-	5,14
2,00 - 2,50	-	-	,18	1,17	,67	,24	,01	-	-	2,27
2,50 - 3,00	,00	-	,00	,25	,41	,17	,00	-	-	,85
3,00 - 3,50	-	-	-	,03	,13	,03	,02	-	-	,21
3,50 - 4,00	-	-	-	-	,01	-	-	-	-	,01
4,00 - 4,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,50 - 5,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,00 - 5,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,50 - 6,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,00 - 6,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 6,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAAL	4,45	33,99	39,90	16,75	3,54	,65	,04	-	,69	100,00

Tabel 5.3. Statistische verwerking van golfmetingen in het meetstation "Bol van Heist". Verdeling van de golfperiode in functie van de golfhoogte.

Fig. 5.3 geeft de overschrijdingsfrequentie weer van de golfhoogten gemeten in het meetstation "Westhinder" over de periode 1977 t/m 1986 (berekende Weibull-distributie). Uit deze figuur blijkt dat een zekere spreiding van de overschrijdingslijnen der gemeten golfhoogten bestaat afhankelijk van de jaren. Fig. 5.4 geeft de roos aan met de gemeten golfhoogten voor de "Westhinder"-boei.

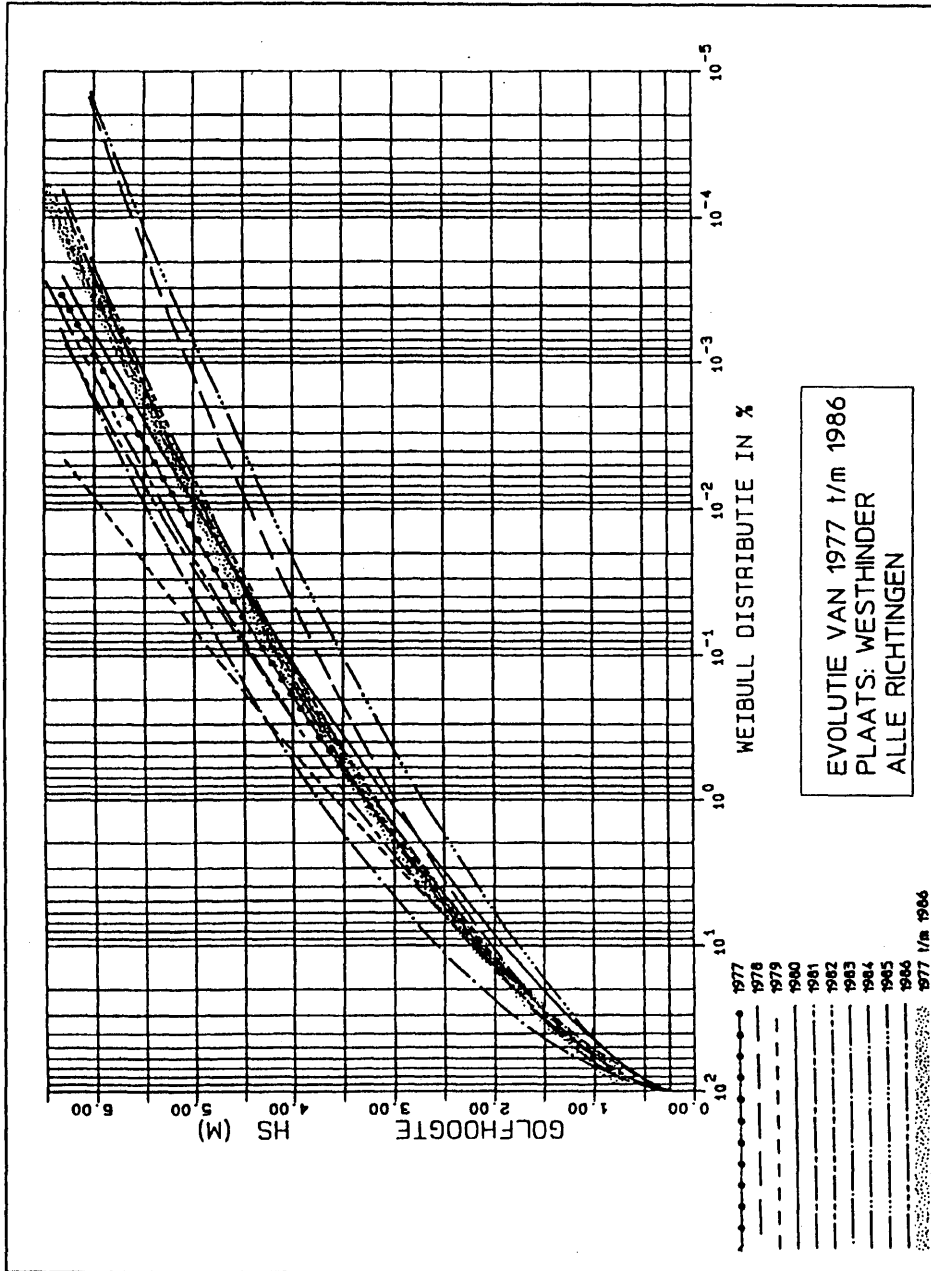


Fig. 5.3. Overzicht van de overschrijdingsfrequentie van de golfhoopte in % (Weibull-distributie).

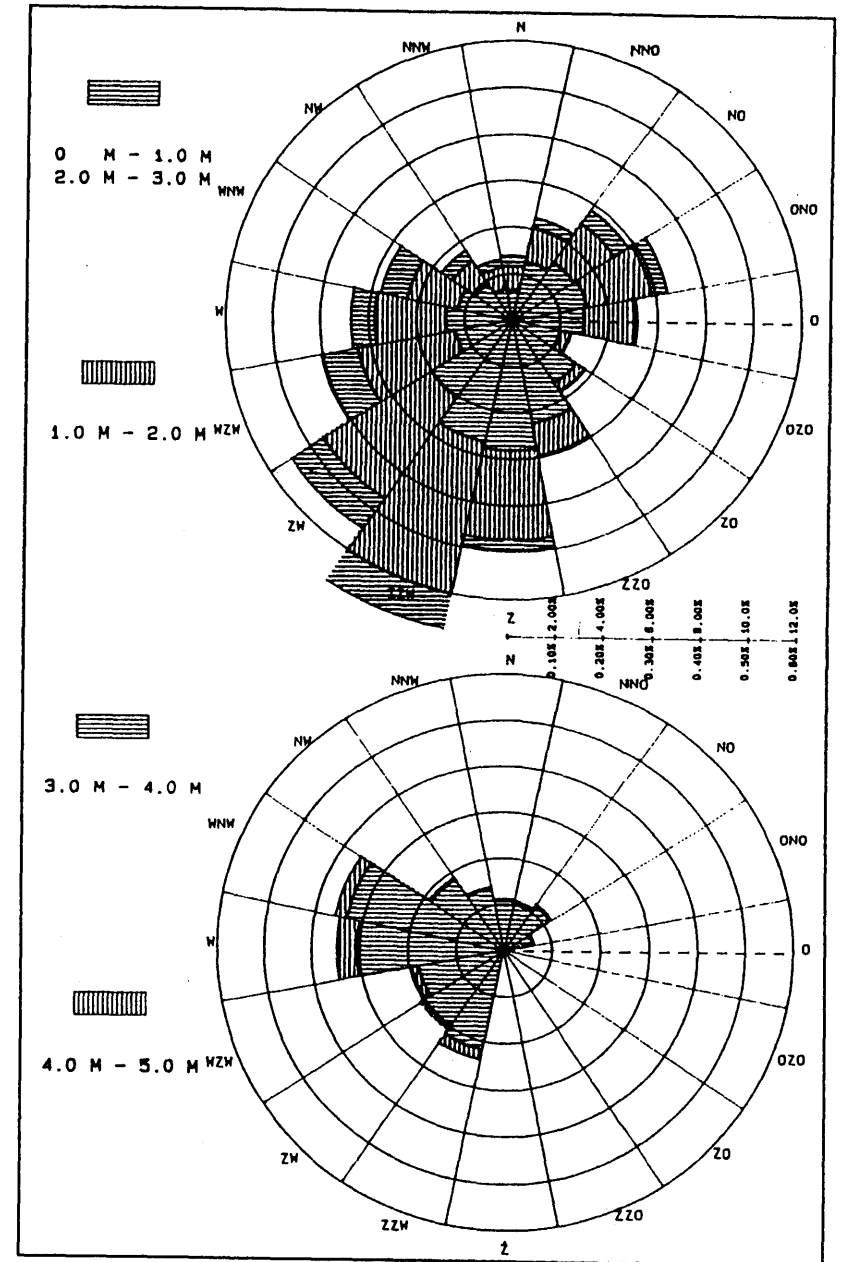


Fig. 5.4. Voorkomensfrequentie van de golfhoopte.
Plaats : Westhinder.
Periode : nov. 1977 - dec. 1988
Aantal waarnemingen : 59826

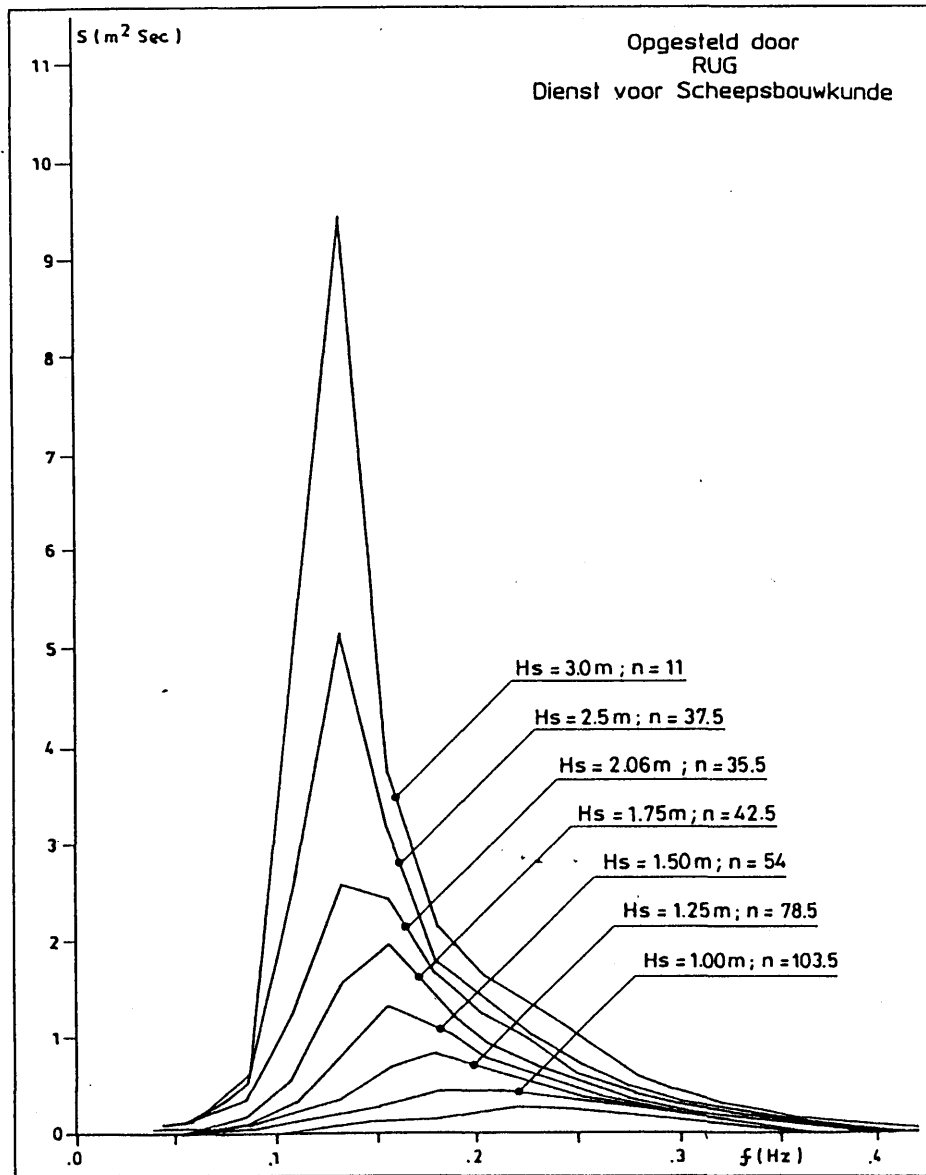


Fig. 5.5. Gemiddeld golfspektrum.
Plaats : Bol van Heist.
Periode : dec. 1977 - okt. 1982
Windsektor : W + WNW + NW

Fig. 5.5 geeft het golfspektrum S (in $m^2 \cdot sec$) in functie van de frekwentie f (in Hz) voor het meetstation "Bol van Heist" weer (periode 1977-1982).

Er is ook een zekere correlatie tussen de opgemeten windsnelheid en golfhoogte, zoals dit aangegeven is op de fig. 5.6.

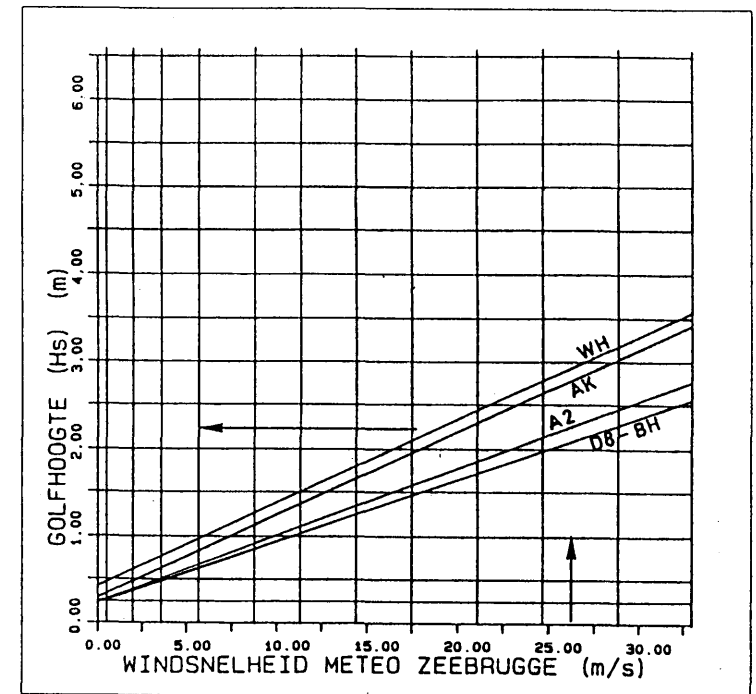


Fig. 5.6. Korrelatie windsnelheid - golfhoogte.
Periode : okt. 1977 - dec. 1986.
Windsektor : alle richtingen.
Waterstand : hoog.

Hogervermelde statistische verwerking geeft aan dat in onze sektor van de Noordzee het golfklimaat gekenmerkt is door :

- a) vrij korte perioden (gemiddelde golfperioden in hoofdzaak tussen 2 en 6 sec) ;
- b) stormgolven ($H_s > 3$ m) komen in hoofdzaak uit de sektoren W tot N;
- c) de dominante windrichting is ZZW tot ZW tot ca. 5 BF ; boven 6 BF is de dominante windrichting WZW tot WNW ; dit geeft ook indicaties met betrekking tot de golfrichting.

De tot nu toe beschikbare statistiek van hydrometeogegevens is uitgevoerd tot en met 1986. Ten behoeve van de kustveiligheidsonderzoekingen dient deze statistische verwerking uitgebreid te worden tot de recentste ge-

gevens teneinde de statistische reeksen uit te breiden en zodoende de representativiteit van de statistiek te verbeteren.

Ten behoeve van kustveiligheid wordt vaak ook een onderscheid gemaakt tussen :

- a) windgolven :
 - die binnen het bereik liggen van het lokaal windveld ;
 - deze vormen het grootste deel van de geregistreerde golven ;
- b) deining :
 - golven met langere perioden ten gevolge van stormen elders in het Noordzeebekken ; de golven met korte periode zijn uitgedempt.
- c) laag-frekvente-golven :
 - golven ten gevolge van aardbevingen, atmosferische drukverschillen ;
 - golven met vrij grote golflengten.

Golven die opgemeten worden in diep water gaan de kust naderen. Bij deze nadering en ten gevolge van de verandering in waterdiepte gaat de golfwijzigingen ondergaan. Hierbij blijft de periode nagenoeg konstant doch de golflengte en de voortplantingssnelheid gaan afnemen : de golf wordt als het ware afgeremd door het "voelen" van de bodem (theoretisch vanaf een diepte die kleiner is dan 50% van de golflengte).

Deze snelheidswijziging veroorzaakt ook een ombuiging van de golfkammen : de golf refracteert bij het naderen van de kust. Uiteraard spelen hierbij zowel de spectrale componenten van de golf een rol als de bathymetrie van het gedeelte zeebodem net voor de kust.

Met beduidende ondiepten en bovenwaterstructuren gaat de golf reageren door diffractie en reflectie.

Tenslotte zal de golf bij het bereiken van de strandwal en bij het bereiken van een zekere limiettoestand m.b.t. voortplantingssnelheid en waterdiepte gaan breken.

Al deze fenomenen van golfvorming, golfspectra, golfvoortplanting, refractie, reflectie, diffractie en breking spelen een rol in de kustprocessen. Het meten van het eigenlijke golfklimaat in de brekerszone is echter een moeilijke opdracht. Daarom wordt vaak een beroep gedaan op de wiskundige benadering van het gewijzigd golfklimaat onder de kust m.b.v. modellen. Ook bestaan er thans nieuwe meettechnieken die toelaten om het gewijzigd golfklimaat bij de kustnadering exakter in te meten. Al deze aspecten met betrekking tot golfwerking op de kust vergen een geëigende studie teneinde de hydrodynamische randvoorwaarden exakter te kunnen bepalen.

Thans is het ook mogelijk geworden om op basis van een (voorspeld) wind en/of drukveld over de Noordzee het golfklimaat te voorspellen. Dit gebeurt met behulp van een wiskundig model van de Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen waarbij opwaaiing en golfklimaat berekend en getoetst worden aan de realiteit.

5.3. TIJSTROMINGEN

Het deel van de Noordzee voor onze kust is gekenmerkt door een licht asymmetrisch bidiurnaal getij (tijcyclus : gemiddelde duur 12u27') met een gemiddelde verticale amplitude van 3,90 m. Het vertikaal getij is rechtstreeks verbonden met een horizontaal getij (tijstromingen) die de waterdeeltjes in ellipsvormige banen doen circuleren (meestal in tegenwijzerzin). De tijstrooming bij opkomend water heet vloedstroom (vloeit in NO-richting), de tijstrooming bij afgaand water heet ebstroom (vloeit in ZW-richting).

Het opmeten van tijstroomingen gebeurt in het kader van het meetprogramma van de Hydrografie (Dienst der Kusthavens) en wordt verwezenlijkt door het uitleggen van zelfregistrerende stroommeters.

De stroommeters worden verankerd en op een diepte gezet die zoveel mogelijk representatief is voor de gemiddelde stroomsnelheid.

Anderzijds worden deze metingen benut voor het ijken van wiskundige tijmodellen die dan in staat zijn om het stroombeeld op een willekeurige plaats en op elk ogenblik van het getij te berekenen. Een voorbeeld van zulke berekening is aangegeven in fig. 5.7 waar de stroomrozen³ op het Belgisch Continentaal Plat uitgezet staan.

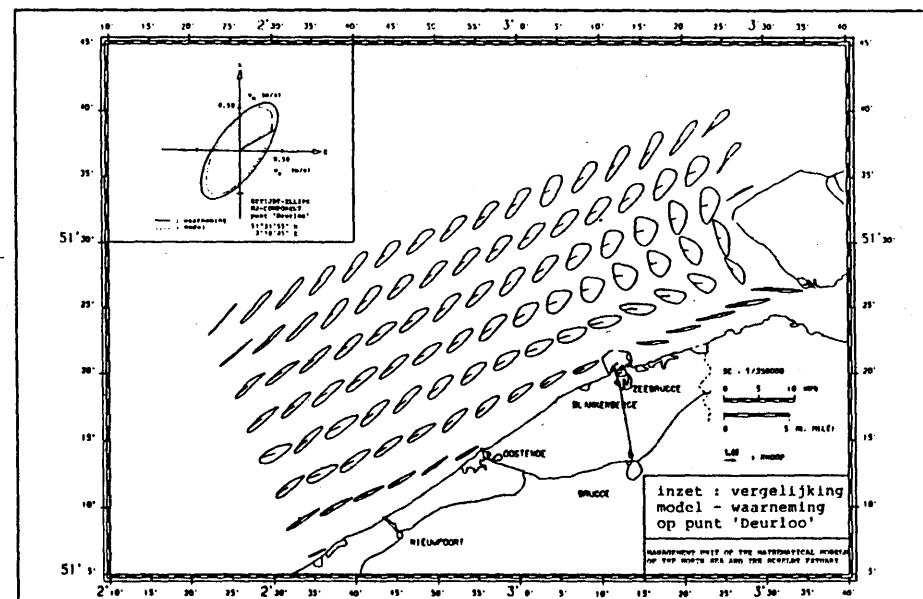


Fig. 5.7. Voorbeeld van berekende stroomrozen m.b.v. een wiskundig tijmodel.

³Een stroomroos is de omhullende van de stroomsnelheidsvektor, gemeten of berekend op een bepaalde plaats, gedurende een volledige getijdencyclus.

Opvallend is hoe de stroomrozen bij de nadering van de kustlijn sterk afgeplat zijn : de lijstroomingen alterneren hier sterk tussen eb en vloed in nagenoeg 1 dimensie. Voor het berekenen van de lijstroomingen vlak onder de kust met interactie met de strandwal-elementen zijn meer gedetailleerde simulaties vereist.

De sterke en snelle alternatie van de eb- en vloedstroom nabij de kustlijn wordt gesimuleerd in detailmodellen. Een voorbeeld van zulke berekening is aangegeven op fig. 5.8. Uit de figuur blijkt ook duidelijk hoe de stroomsterkte afzwakt bij het naderen van de kust.

Met betrekking tot sedimentbewegingen zijn de ogenblikkelijke stromingen en versnellingen van belang voor wat betreft de erosiebestendigheid van het zand en zijn de residuele sedimenttransporten (residueel over b.v. 1 tijcyclus) van belang voor wat betreft de resulterende bewegingen op langere termijn.

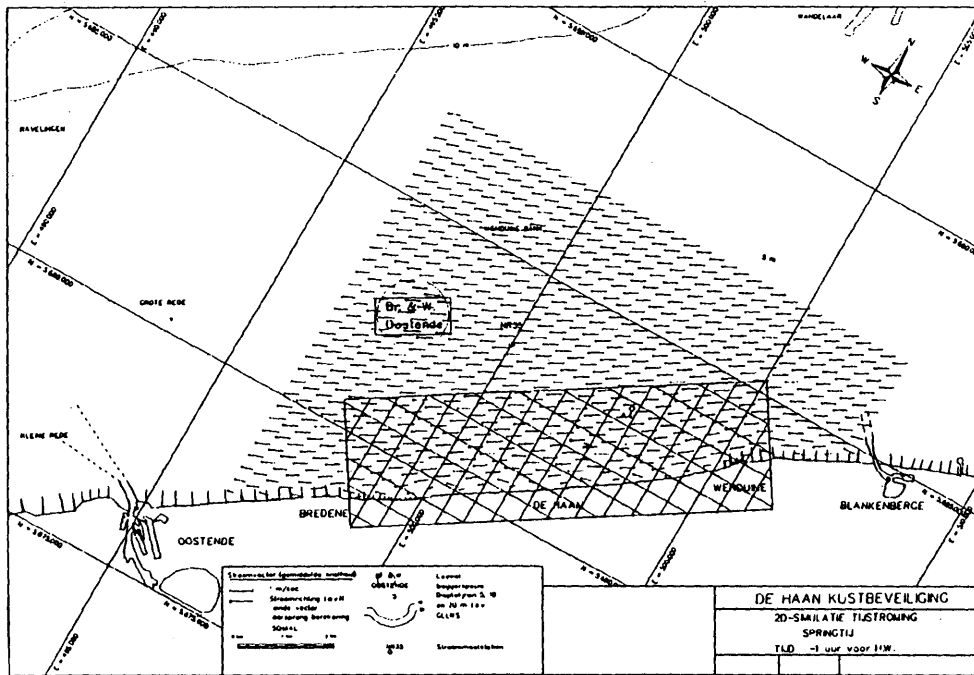


Fig. 5.8 . Voorbeeld van een gedetailleerde simulatie van lijstroomingen ten behoeve van kustverdedigingswerken.

Het gedeelte van de Noordzee voor onze kust is verder gekenmerkt door een complex systeem van eb- en vloedscharen (of geulen). Hierbij komen de vloedgeulen dicht onder de kust voor terwijl de ebgeulen ten gevolge van de lagere waterstand verder van de kustlijn gelegen zijn. Eb- en vloed-

scharen wijzen ook op het dominerend (residueel) sedimenttransport. Er bestaan veel aanwijzingen dat het eb- en vloedscharensysteem nabij de strandwal een rechtstreekse invloed heeft op de zandbewegingen en dus ook op de zandbalans van deze strandwal.

Evenwel dient bij de bepaling van de hydrodynamische randvoorwaarden bij kustverdediging ook rekening gehouden te worden met de gekombineerde actie van stromingen en golven.

5.4. ZEESPIEGELSTAND EN ZEESPIEGELRIJZING

Zoals hoger vermeld is dit deel van de Noordzee gekenmerkt door een vertikaal getij dat de zeespiegelstand continu beïnvloedt. Bovendien wordt de zeespiegelstand ook beïnvloed door windwerking (op- en afwaaiing) en door atmosferische drukken.

Teneinde dit te illustreren kunnen de volgende cijfers met betrekking tot de zeespiegelstand te Oostende vermeld worden (alle peilen in TAW) :

- gemiddeld L.W. bij springtij : + 0,02 m
- gemiddeld L.W. bij doortij : + 0,75 m
- gemiddeld H.W. bij doortij : + 3,78 m
- gemiddeld H.W. bij springtij : + 4,65 m (t-koëfficiënt 1,18)
- gemiddeld H.W. bij extreem springtij : + 5,08 m (t-koëfficiënt 1,30)

Stormvloedwaarschuwing :

- hoogtij : + 5,60 m
- gevaarlijk stormtij : + 5,90 m
- extreem gemeten stormvloedpeil : + 6,66 m (1 feb. 1953)

Wanneer de tijgolf het estuarium van de Westerschelde binnendringt neemt de amplitude toe. In de Westerschelde zijn de alarmpeilen als volgt gedefinieerd :

1. Vlissingen :

- Nederlands B-peil : + 5,60 m (3,30 m + NAP)
- Nederlands U-peil : + 6,00 m (3,70 m + NAP)

2. Antwerpen :

- hoogtij Zeeschelde : + 6,60 m
- gevaarlijk stormtij Zeeschelde : + 7,00 m

De zeespiegelstand is uiteraard een vrij belangrijke parameter bij het evalueren van het veiligheidsniveau van een zeevering en bij het ontwerpen van een kustbeveiligingssysteem. Daarom is het onontbeerlijk om een inzicht te verkrijgen in de hoogte der waterstanden die redelijkerwijs bij stormvloeden verwacht kunnen worden.

Vroeger was het gebruikelijk om de tabellen te raadplegen met de hoogste bekende standen.

Thans maakt men eerder gebruik van statistische extrapolatietechnieken waarbij de overschrijdingsfrequenties bepaald worden aan de hand van geregistreerde waarden.

Fig. 5.9 geeft de zgn. "overschrijdingslijn" voor de tijpost Zeebrugge waarbij de waterstand uitgezet staat in functie van de overschrijdingsfrequentie (per jaar) van de hoogwaterstanden.

Afhankelijk van de zgn. risikofactoren die men kiest en van de retourperiode die men wil benutten voor de bepaling en/of het ontwerp van de kustbeveiliging kan met behulp van zulke overschrijdingslijn de stormvloedstand bepaald worden. Dit dient dus in een geëigende studie uitgevoerd te worden voor het kustbeveiligingssysteem van de Vlaamse Kust.

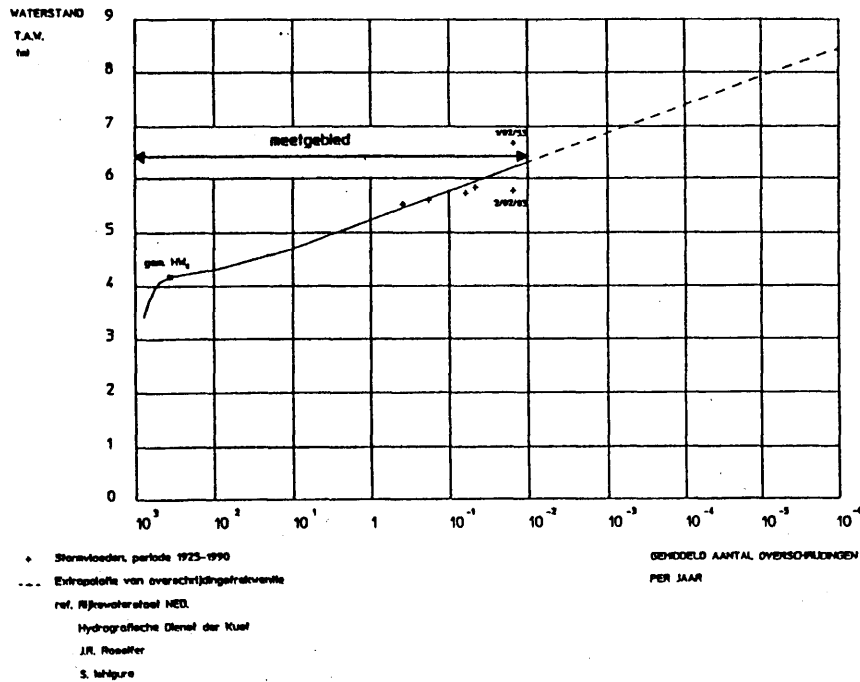


Fig. 5.9. Overschrijdingsfrequentie van de hoogwaterstanden te Zeebrugge.

Vermits deze "ontwerpstormvloedstand" statistisch bepaald wordt is het vanzelfsprekend dat de waarde in de toekomst enigszins kan wijzigen, wanneer er meer gegevens beschikbaar zijn.

De wijziging kan echter ook het gevolg zijn van een verhoogde zeespiegelstand. In de inleiding is reeds vermeld dat wij ons thans in een interglaciale periode bevinden die gekenmerkt is door een zeespiegelrijzing (fig. 5.10).

Op fig. 5.11 wordt de rijzing van de gemiddelde H.W. en L.W.-standen voor de 3 Belgische tijposten aan de kust sinds 1925 uitgezet.

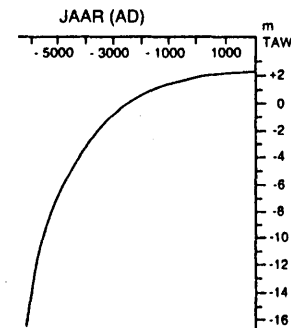


Fig. 5.10. Holocene (relatieve) zeespiegelrijzing (Köhn, 1989).

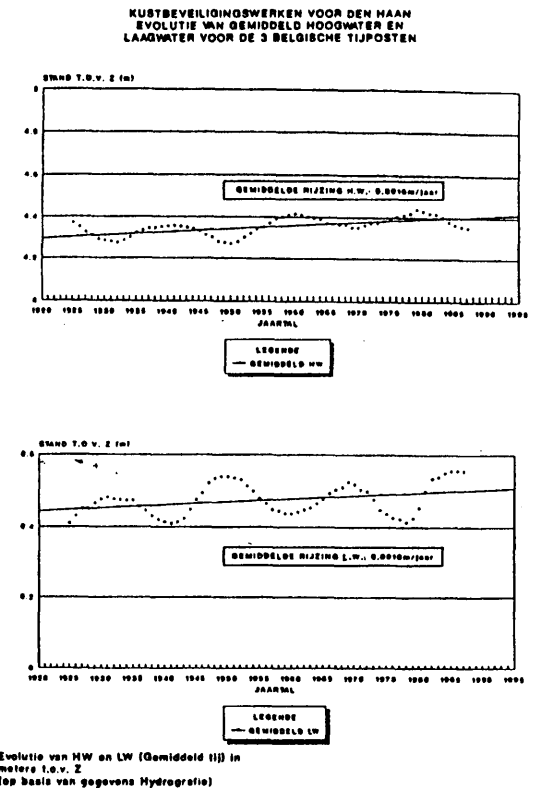


Fig. 5.11. Evolutie van H.W. en L.W. voor de 3 Belgische tijposten.

5.5. BROEIKASEFFEKT

De moderne versterkte CO₂-productie t.g.v. menselijke activiteiten wordt verantwoordelijk geacht voor het zogenaamde broeikaseffekt waarbij o.m. de gemiddelde atmosferische temperatuur stijgt. Door deze temperatuurstoename wordt ook verwacht dat de zeespiegel extra gaat stijgen in versneld tempo en dit ten gevolge van :

- a. extra afsmelten van poolijs en gletsjerijs;
- b. thermische expansie van het zeewater.

De vraag is nu in welke mate dit tempo gaat versnellen. Hiervoor zijn door internationale experts verschillende scenario's gesimuleerd, nl. :

- a) handhaving huidig tempo : 1 à 2 mm/jaar
- b) versterkt tempo t.g.v. broeikaseffekt : tussen 4 à 8 mm/jaar.

De versterkte zeespiegelstijging moet zich op de grafiek van het gemiddeld zeepeil in functie van de tijd vertalen door een trendbreuk.

Er bestaat echter grote onenigheid over de manier waarop de strandwallen en strandeilandengordels ("coastal barriers") op deze versterkte zeespiegelstijging gaan reageren.

Tengevolge van het broeikas effect wordt ook verwacht dat het windklimaat gaat wijzigen waardoor het golfklimaat ook verandering gaat kennen. Een van de voorspelde scenario's schrijft voor dat de gemiddelde windsnelheid met ca. 10 % zal toenemen en dat een hoekverdraaiing van ca. 10 graden van de dominerende windrichting zal optreden.

5.6. ZANDBALANS

Een strandwal met duinreep reageert op de externe hydrometeorologische omstandigheden (getij, golven, wind) door herschikking van de interne zandbalans. Hierbij kan zowel zand extern ingevoerd (netto-winst) of weggevoerd worden (netto-verlies).

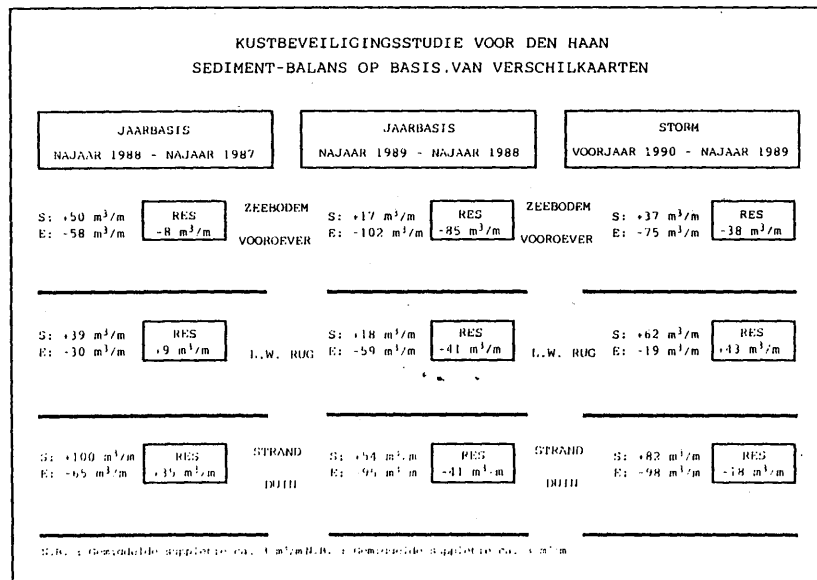


Fig. 5.12. Voorbeeld van zandbalansberekeningen voor de kustdelen van De Haan. (S: sedimentatie, aangroei; E: erosie, afslag).

Wanneer de strandwaarnemingen voldoende ver in zee en over het duin reiken, kan een zandbalans per profiel, per kustsectie of per kustdeel berekend worden. Wanneer het tijdsinterval tussen 2 opeenvolgende waarnemingen voldoende kort is en wanneer de hydrometeorologische condities voldoende bekend zijn, kan ook een interpretatie van het getrans-

porteerde volume zand (richting, debiet) uitgevoerd worden. Een voorbeeld van zulke berekening is voorgesteld in fig. 5.12.

Een spektakulaire afslag van het droogstrand (zoals bijvoorbeeld na de storm van 28.02.90) komt niet noodzakelijk overeen met een significant zandverlies van de 1ste kustverdedigingslinie.

Over langere termijnen kunnen dergelijke zandbalansen ook een vrij krachtig werkinstrument zijn om de eigenlijke erosie (= netto zandverlies) van een strandwal te berekenen.

Over nog langere termijnen (een 10-tal jaren) moet ook de cycliciteit, inherent aan vele natuurlijke processen in het mariene milieu, niet over het hoofd gezien worden. Zo bijvoorbeeld stelde men te Vlissegem een zekere cycliciteit in de positie van de L.W.-lijn, H.W.-lijn en duinvoet vast. Opvallend is dat de cycliciteit enigszins in fase is met de cyclus van de helling van de maanbaan (18 2/3 jaar). Deze cycliciteit is aangeduid in fig. 5.13.

Anderzijds werd in Nederland, waar zeer lange tijdreeksen van waarnemingen van de duinvoet voorhanden zijn, ook het bestaan van zogenaamde "zandgolven" onderkend. Deze zandgolven zijn natuurlijke kustfenomenen die kustlijnveranderingen tot 300 meter veroorzaken. De zandgolven (b.v. langs Walcheren) hebben de volgende karakteristieken:

- periode: 130 jaar;
- golflengte (parallel aan kust): ± 6 km;
- migratiesnelheid: 30-300 m/jaar;
- kustlijnverandering: 50-400 m.

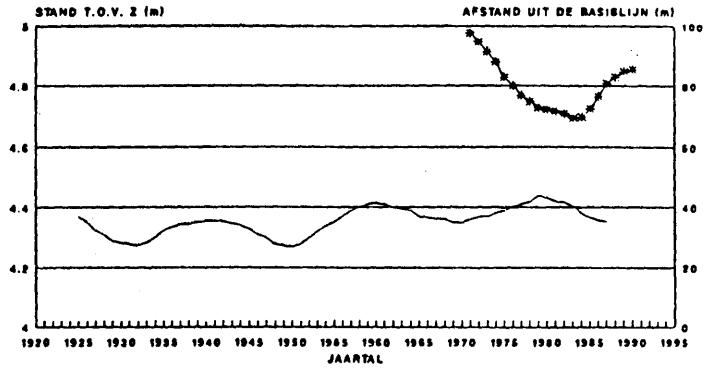
Een illustratie van zulke zandgolf wordt gegeven in fig. 5.14.

Het bestaan van zandgolven is uiteraard van belang voor het kustbeveiligingsbeleid op vrij lange termijn. Om de zandgolven te identificeren zijn ofwel lange tijdreeksen van observaties nodig ofwel simultane opnamen van grote kustgebieden.

In ieder geval verdienen hogervermelde cyclische verschijnselen voor de Vlaamse Kust nader onderzocht te worden met betrekking tot het beleid op middellange en lange termijn.

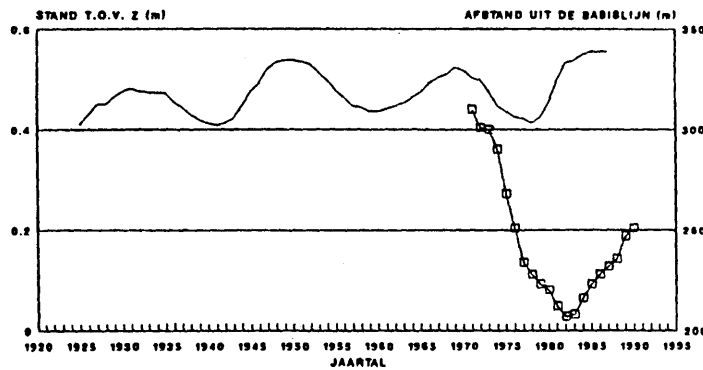
Meer nog, de zandtransportmechanismen dienen met behulp van zandbalansen meer precies geëvalueerd te worden teneinde een beter inzicht te verkrijgen in de processen die de kusterosie bepalen. Pas door een beter inzicht in deze natuurlijke processen kan men komen tot een beter antwoord ontwerp van kustverdediging.

KUSTBEVEILIGINGSWERKEN VOOR DEN HAAN
EVOLUTIE VAN GEMIDDELD HOOGWATER EN
LAAGWATER VOOR DE 3 BELGISCHE TIJPOSTEN



LEGENDE
— GEMIDDELD HW —•— HW-lijn prof.72

Evolutie van HW en LW (Gemiddeld tij) in meters t.o.v. Z (op basis van gegevens Hydrografie)



LEGENDE
— GEMIDDELD LW —□— LW-lijn prof.72

Evolutie van HW en LW (Gemiddeld tij) in meters t.o.v. Z (op basis van gegevens Hydrografie)

Fig. 5.13. Evolutie van gemiddeld H.W. en L.W. voor 3 Belgische tijposten; gemiddeld springtij in vergelijking tot de evolutie van de afstand van de H.W.-lijn en de L.W.-lijn uit de basislijn (profiel 72 te De Haan).

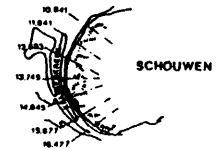
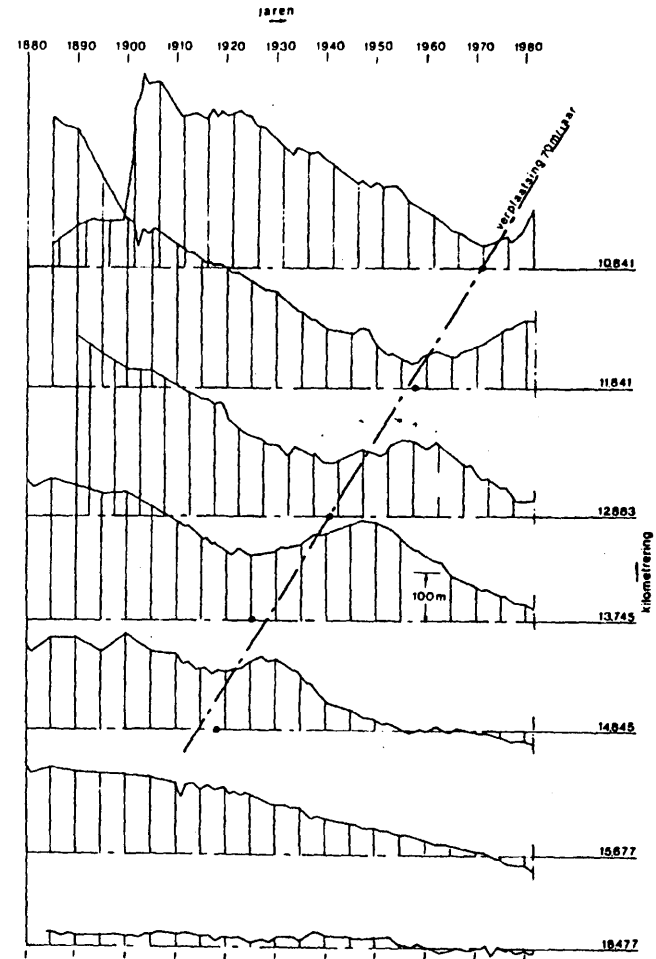


Fig. 5.14. Verplaatsing van een zandgolf langs de kust van Schouwen (Rijkswaterstaat, 1988).

6. WISKUNDIGE VEILIGHEIDSSTUDIE MET EEN EERSTE ANALYSE VAN DE ZWAKKE PUNTEN EN HET PRODUCEREN VAN EEN "BRESSENKAART"

6.1. INLEIDING

- 6.1. Inleiding
- 6.2. Het belang van de kustveiligheid
- 6.3. De wiskundige veiligheidsstudie
 - 6.3.1. Analyse van de beschikbare gegevens en normstelling
 - 6.3.2. Bepaling van het veiligheidsniveau langsheen de Vlaamse kust
 - 6.3.2.1. Zones beschermd door zandstrand met duin
 - 6.3.2.2. Zones beschermd door zandstrand met dijk
 - 6.3.2.3. Singuliere punten
- 6.4. Inherent zwakke punten
- 6.5. Risiko-analyse van de overstrombare gebieden
 - 6.5.1. Inventarisatie van gegevens en opbouw van een GIS
 - 6.5.2. Simulatie van dijk- en duindoorkraak
 - 6.5.3. Bepaling van de overstrombare gebieden en hun waarde
 - 6.5.4. Kartografische voorstelling van elementen uit de risiko-analyse

Dit gedeelte van de beleidsnota zal vooreerst het *belang van de kustveiligheid* onderstrepen (6.2). Hieruit en uit wat reeds voorafging blijkt de nood om in het kader van het veiligheidsplan "Kust 2002" een grondige analyse uit te voeren van het huidig veiligheidsniveau van de Vlaamse kust. Deze analyse (een zgn. wiskundige veiligheidsstudie, 6.3) moet o.m. rekening houden met de aard en de eigenheid van de verschillende types kustverdediging. Hierin kan men drie grote types onderscheiden. Het onderscheid stoelt op de wijze waarop elk van deze drie types zijn rol in de kustverdediging vertolkt.

1. Een zandstrand beschermd door een dijk

Een dijk is een inherent "harde" constructie die de golfaanval moet weerstaan. Schade aan de constructie t.g.v. normale weersomstandigheden wordt in regel niet geduld. Nu wordt voor de meeste stranden beschermd door een dijk, deze tijdens normale weersomstandigheden niet door de golven gesolliciteerd. Een bekende uitzondering hierop vormt evenwel de kuststrook nabij Mariakerke en Oostende.

2. Een zandstrand beschermd door een duin

Een duin is een "zachte constructie" die voortdurend, ook onder normale weersomstandigheden, verandert (aangroeit, afslaat of zich zelfs verplaatst). De kust tussen Blankenberge en Zeebrugge is een voorbeeld van een dergelijke bescherming.

3. Singuliere punten (m.n. de vier kusthavens, het Zwin, enz...)

De singuliere punten vormen uitzonderlijke lokaties die telkens individueel beschouwd dienen te worden.

De uit te voeren studie kan voor de analyse van de stabiliteit of standvastheid van de kustverdediging gebruik maken van de klassieke methoden.

Daarnaast gelden de wetmatigheden van het natuurlijk milieu. Golven, stromingen, winden zijn niet a priori voorspelbaar. Zij vormen stochastische grootheden die door middel van statistische parameters beschreven worden. Zo is er b.v. sprake van de retour-periode van een bepaalde golfhoogte of -periode. De combinatie van beide elementen (het gekende gedrag van de constructie en het stochastische van de natuur) maakt dat de veiligheid van de verschillende kustdelen en/of -types het best op een probabilistische wijze, dus niet in absolute termen, beschreven wordt.

In een wiskundige veiligheidsstudie dient de analyse van de stevigheid van de huidige kustverdediging aan bod te komen. Deze analyse moet echter bekeken worden in samenhang met het veiligheidsniveau. Dit veiligheidsniveau dient vooraf te worden bepaald. Het afleiden van representatieve waarden die als norm gehanteerd kunnen worden voor b.v. significante golfhoogte, golfperiode, stormpeil, stormduur, enz., kan dus het eerste onderdeel vormen van de veiligheidsstudie. Om de veiligheid van de kustverdediging af te wegen, moet men immers op voorhand een norm stellen voor de kustveiligheid.

Het is o.m. uit een dergelijke vergelijking tussen de toestand van de huidige kustverdediging (in relatie met gedefinieerde type-stormen) met het vast te stellen veiligheidsniveau, dat de **zwakke punten** in de kustverdediging kunnen worden bepaald.

Nu echter zijn reeds enkele "inherent" zwakke punten gekend. Deze zullen dan ook kort verderop in deze nota worden beschreven (6.4).

Een optimale kustverdediging dient de kans op overstromingen te beperken (tot beneden een vast te stellen norm), doch kan ze niet uitsluiten. Een risico-analyse (met bijhorende inventarisatie van het huidig potentieel van de Vlaamse kustvlakte) (6.5) van de mogelijke gevolgen van een overstroming is dan ook noodzakelijk. Deze zal immers de te definiëren veiligheidsniveaus beïnvloeden. Een dergelijke inventarisatie van het recreatieve, economische, ecologische, ... potentieel van de kustvlakte moet toelaten het relatieve en absolute belang van de overstromingen te evalueren. De kustverdedigingslijnen zijn gedefinieerd, doch vooral de ligging van de tweede kustverdedigingslijn en dus de afbakening van de in eerste instantie overstrombare gebieden blijft een moeilijk punt. Bijkomende informatie in de zone aansluitend aan de eerste kustverdediging (m.n. hoogtepunten, -lijnen, onderdoorgangen, peilen van duikers, afwateringssloten e.d...) dient supplementair verworven te worden. De overstrombare gebieden moeten expliciet (rekening houdend met verschillende scenario's o.a. qua ligging en grootte van de doorbraak van de eerste kustverdediging) gedefinieerd worden. Een dergelijke definitie kan in een "bressenkaart" gepresenteerd worden. Deze kaart, waarvan voor het gebied rond Oostende een voorbereidend document is bijgevoegd, duidt de kwetsbaarheid van de eerste en de tweede kustverdedigingslijn aan in samenhang met hun fysieke ligging en de invloed hiervan op het omliggende gebied (woonzones, industrie, toerisme, enz...). Hoe dergelijke "bressenkaarten" kunnen geproduceerd worden, wordt ook kort in deze nota besproken.

6.2. HET BELANG VAN DE KUSTVEILIGHEID

Uit de ontstaansgeschiedenis van de Vlaamse kust blijkt dat deze in toenemende mate beschermd diende te worden tegen het zeegeweld. De zorg voor de kustveiligheid, die thans een taak is van de Vlaamse Gemeenschap, moet onverminderd worden waargenomen. Een aantal ontwikkelingen dwingen tot verhoogde waakzaamheid :

1. Het zeepeil, dat sedert vele eeuwen geleidelijk stijgt (het huidige stijgingsritme te Oostende bedraagt ca. 10 cm/eeuw), zal in de nabije toekomst naar alle verwachting een versnelde stijging kennen, en dit als gevolg van het zgn. broeikasfeffect. Afhankelijk van het aangenomen scenario, kan het gemiddeld zeepeil binnen 100 jaar 25 tot 90 cm hoger liggen dan vandaag. De ontstaansgeschiedenis van de kust toont aan, dat bij stijgend zeepeil niet alleen het aantal duinoverstromingen en -doorbraken toeneemt, maar ook wordt de strandwal in haar geheel door de zee aangetast en gewijzigd (inclusief verplaatst).
2. Weerswaarnemingen op wereldschaal van de laatste decennia wijzen aan dat stormfrequentie en -intensiteit vermoedelijk toenemen, mogelijk reeds ten gevolge van het broeikasfeffect. Noordwesterstormen zijn, vooral in een periode van springtij, de gevaarlijkste. Stormen, noordwester of andere, hebben echter niet overal langs de kust eenzelfde effect. Dat hangt in grote mate af van de ligging, de toestand en de aard van de kustverdediging. De Vlaamse kust bestaat immers uit een zandstrand, verstevigd door dijken en duinen. Plaatselijk kan het strand aan de zeewaartse zijde bijkomend verdedigd zijn door strandhoofden (van uiteenlopende types en ouderdom), zgn. Longardbuizen, opgehoogde zandbermen, onderwater-voedingsbermen, zandsuppleties, onderwaterscheren, enz... De aaneengesloten zeevering wordt bovendien op een viertal plaatsen doorbroken door de toegangen tot de kusthavens (Nieuwpoort, Oostende, Blankenberge en Zeebrugge). Voor de kust bevindt zich ook een natuurlijk stelsel van zandbanken en tijgeulen die zelfs bij kalme weersomstandigheden effecten van erosie, en in mindere mate sedimentatie, lokaal kunnen concentreren. Stormen treden onaangekondigd en met wisselende hevigheid op.



Fig. 6.1. Na de zware voorjaarsstormen van 1990 was het droogstrand van De Haan tot nul herleid.

Op elk ogenblik kan een zeer hevige storm opsteken, die een strand zoals b.v. het droogstrand van De Haan tot nul herleidt, zoals in februari 1990. De storm van 28.02.1990 had, afgeleid uit de beschikbare statistische gegevens, een retourperiode van ca. 63 jaar, d.w.z. dat de kans bestaat dat binnen de ontwerperperiode van de kustverdedigingswerken een dergelijke storm terug optreedt. De kans op terugkeer van een storm kan wel berekend worden; alleen het ogenblik van optreden is op lange termijn onvoorspelbaar.

3. Veranderingen in de bathymetrie van de zeebodem en de vorm van de kustlijn worden als gevolg van de steeds grootschaliger ingrepen van de mens in het kustmilieu steeds belangrijker: toegangsheuvelen worden uitgediept, zandbanken worden afgegraven voor de zandwinning, havendammen in Frankrijk, België en Nederland worden zeewaarts uitgebreid, zegaten worden afgesloten of nog beter bedijkt, ... Deze ingrepen en beheersmaatregelen kunnen echter een directe weerslag hebben op de kustveiligheid. Fenomenen van golfopwaaiing, verandering van waterpeil, refraktie en diffraktie worden immers rechtstreeks beïnvloed door veranderingen in de bathymetrie, de vorm van de kustlijn en de mogelijke binnengaatse berging.

Buiten deze "externe" veranderingen blijft het feit dat het hinterland van de Vlaamse kust betrekkelijk laag gelegen is en blijvend aan het gevaar van

overstromingen bloot staat. Het is dus noodzakelijk dat niet alleen de kustverdediging zelf, maar ook het overstroombare gebied, in deze veiligheidsstudie wordt betrokken.

6.3. WISKUNDIGE VEILIGHEIDSSTUDIE

Een wiskundige veiligheidsstudie bestaat best uit de volgende twee delen. Enerzijds dienen normen te worden gedefinieerd waaraan de kustverdediging dient te voldoen. Deze normstelling heeft betrekking op te aanvaardbare risico's en risikofactoren, retourperioden, stormkarakteristieken e.d... Deze kunnen worden afgeleid uit de tot nu toe opgemeten fysische grootheden zoals golfhoogte, -richting, stormduur en -peil, enz... Anderzijds moet de bestaande toestand langs de Vlaamse kust worden bestudeerd, en worden aldus de zwakke en sterke plaatsen in de kustverdediging geïdentificeerd. Beide delen zijn noodzakelijk en op dit ogenblik nog niet beschikbaar. Zij dienen gelijktijdig te worden uitgevoerd. Daarna kunnen beide delen aan elkaar worden getoetst, en kunnen concrete maatregelen m.b.t. de kustveiligheid worden geformuleerd.

De bijgevoegde flow-chart illustreert de plaats van een wiskundige veiligheidsstudie in het geheel van het veiligheidsplan "Kust 2002" (fig. 6.2).

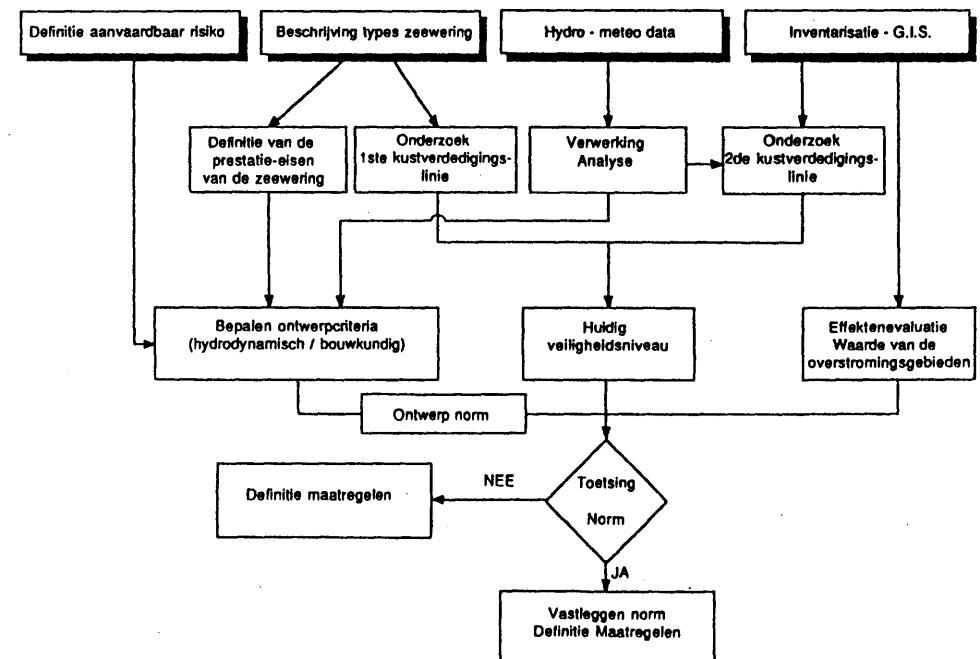


Fig. 6.2. Schematische structuur van het veiligheidsplan "Kust 2002".

6.3.1. Analyse van de beschikbare gegevens en normstelling

De norm is een bepaling (een aanvaarding) van een bepaalde waarschijnlijkheid (b.v. 1/10.000). Hieruit kan men, met behulp van de beschikbare meetgegevens m.b.t. hydro-meteowaarnemingen, typerende statistische parameters voor een storm afleiden. Met behulp van deze statistische parameters worden de huidige "ontwerp"-kondities bepaald, d.w.z. kondities die thans kunnen gelden als norm voor ontwerpen, veiligheidsbepalingen e.d.

Om een idee te krijgen over de soorten waarnemingen, de mogelijke resultaten van hun statistische behandeling enz... kan het hoofdstuk "Waarnemingen en prognoses van relevante fenomenen die van invloed zijn op het veiligheidsniveau" uit deze conceptnota geraadpleegd worden.

De te voorzien bepaling van de huidige ontwerpcriteria dient te steunen op de probabilistische karakterisatie van type-kondities die opgelegd kunnen worden aan een Noordzeestorm langsheen de diverse kustdelen van de Vlaamse kust. Karakterisatie van de te verwachten stormen is mogelijk uit analyses van de beschikbare golf- en getijgegevens m.b.t. golfhoogte, golfperiode, stormpeil, en eventueel stormduur, over de laatste decennia uitgevoerd. Hieruit worden overschrijdingsdiagramma's van de relevante grootheden afgeleid, en eventueel wordt de relatie tussen deze grootheden gededuceerd. Indien nodig kunnen de golfhoogten op diep water met behulp van refraktieprogramma's worden herleid tot golfhoogtes aan de Belgische kust.

Na het bepalen van de norm voor ieder gedeelte van de Vlaamse kust dient deze te worden getoetst aan het bestaand veiligheidsniveau, waarbij wordt bepaald wat de technische en budgettaire consequenties zijn van de initiële aanname. Uit de toetsing volgen de te nemen maatregelen.

6.3.2. Bepaling van het veiligheidsniveau langsheen de Vlaamse kust

De Vlaamse kust, met een lengte van 65,4 km, bestaat uit 26,8 km zandstrand beschermd door duinen, 35 km zandstrand beschermd door een dijk en 3,62 km "singuliere punten". Bovendien zijn van de 26,8 km kust die door duinen beschermd worden nog een aanzienlijk deel verstevigd met een verzwaarde duinvoetbescherming of een wandeldijk.

De topografie van het strand en de aansluitende duinengordel langsheen de Vlaamse kust is goed gekend. Geregelde waarnemingen waarborgen de continue monitoring van deze van nature zeer beweeglijke strandverdediging. Er staan verschillende methoden ter beschikking die de profielen of volumes na een type-storm kunnen bepalen.

Het erosiemechanisme voor zandstranden beschermd door een dijk of een duin is echter merkbaar verschillend. Hierdoor dringen zich dan ook onder-

scheiden berekeningsmethoden op voor zandstranden beschermd door een dijk of een duin.

6.3.2.1. Zones beschermd door zandstrand met duin

Over het algemeen treedt erosie op als gevolg van hevige stormen. De typische Noordzeestormen langsheen de Vlaamse kust worden gekarakteriseerd door bepaalde parameters (b.v. de significante golfhoogte op diep water en het stormpeil, zie normstelling). Vertrekkende van het profiel van het duin (de topografie) en de zandsamenstelling (korrelverdeling) kan het profiel na de storm berekend worden. Per type storm bekomt men aldus een "grensprofiel", d.w.z. het profiel dat het duin zou aannemen mocht er een dergelijke storm opgetreden zijn. Deze grensprofielen bepalen de restveiligheid voor de kustzone. Daarnaast laat de evolutie van de grensprofielen in de tijd (over een periode van meerdere jaren) toe om het kustgedeelte te klassificeren als zijnde stabiel, eroderend of aangroeiend.

Naast de gekende hydraulische wetmatigheden die proefondervindelijk geïllustreerd zijn, zijn er extensieve studies en proefnemingen (o.a. in Nederland, het Verenigd Koninkrijk, de U.S.A., Japan) uitgevoerd om het effect van stormkondities op stranden beschermd door duinen of dijken na te gaan.



Fig. 6.3. Zandstrand beschermd door een duin, in de omgeving van Koksijde. De steile klif in het duin werd gevormd door golfafslag.

6.3.2.2. Zones beschermd door zandstrand met dijk

Voor deze zones moet het effect van een storm gesplitst worden over het zandstrand en het dijklichaam afzonderlijk. Het zandstrand zal zich duidelijk anders gedragen en speelt trouwens ook een andere rol dan de achterliggende dijk. Aldus dienen de stabiliteit van de dijkconstructie en het gedrag van het zandstrand voor het dijklichaam afzonderlijk te worden geanalyseerd.

6.3.2.2.1. Zandstrand

Bij strandsekties beschermd door een dijk kan in de studie van het zandstrand worden aangenomen dat dijken inherent stabiele konstrukties zijn. Bij strandsekties beschermd door een dijk speelt niet zozeer het aspekt veiligheid in absolute zin, als wel de respons van het strand na de storm. Het strand kan zo sterk afslaan dat het niet meer voor recreatieve of toeristische doeleinden kan worden uitgebaat. De zware voorjaarsstormen in 1990 hadden de effectief nuttige strandoppervlakte in De Haan bijna tot nul herleid. De berekeningsmethoden voor dergelijke stranden zoeken dan ook in eerste instantie een antwoord op de vraag : "Waar bevindt zich de hoog- of laagwaterlijn tijdens en na een zware storm?"

De simulaties voor zandstranden beschermd door een dijk zijn niet vergelijkbaar met deze voor zandstranden beschermd door een duin. Immers een duin absorbeert de golfenergie. Tengevolge hiervan wordt een gedeelte van het zand losgemaakt en meegesleurd door de golven. Bij een dijk wordt de golfenergie (volledig of gedeeltelijk) weerkaatst. Het strand voor de dijk wordt dus aan een dubbele sollicitatie onderworpen, nl. zowel door de aanvallende als de weerkaatste golven. Bovendien kunnen de weerkaatste golven een grotere golfhoogte en energie bezitten zodat de erosie nog groter kan zijn.

6.3.2.2.2. Het dijklichaam zelf

Indien er tijdens de storm geen strand meer aanwezig zou zijn, dient vanzelfsprekend gekeken te worden naar het aanzetpeil van het beschermen-de dijklichaam. De storm is immers in staat na de erosie van het strand, de fundering van het dijklichaam aan te tasten, waarna het dijklichaam kan instorten, met zware overstromingen in het hinterland ten gevolge.

Daarnaast moeten vanzelfsprekend de "klassieke" stabiliteitsvoorwaarden van dijklichamen bekeken worden, zoals :

- de structurele weerstand tegen golfaanvallen;
- het glijdingsevenwicht;
- verzakkingen b.v. onder invloed van verhoogde waterdrukken achter het dijklichaam of erosie aan de dijkvoet;
- bijzondere sollicitaties (b.v. aardbevingen).

De bestaande infrastructuurwerken zoals dijken, strandhoofden, ... bezitten bepaalde stabiliteits- en veiligheidskarakteristieken.

Dankzij de eigenschappen van de ondergrond, van de gebruikte materialen en van hun ontwerp bezitten zij hun eigen stabiliteitskarakteristieken tegenover extreme sollicitaties (vertikale belastingen, golven, ...).

In funktie daarvan kan men over de intrinsieke stabiliteit van de bestaande infrastructuurwerken kwalitatief oordelen, met het oog op de beschrijving van de maatregelen, die moeten worden genomen om het nagestreefde veiligheidsniveau te verwezenlijken of te handhaven.

Gelet op de bouwperiode en de leeftijd van bepaalde infrastructuurwerken en de omstandigheden is het niet vanzelfsprekend dat ze hun functies nog volledig vervullen.

De evaluatie van het huidig veiligheidsniveau van de eerste verdedigingslinie veronderstelt bijgevolg ook het opmaken van de bouwkundige staat van de bestaande infrastructuurwerken (zoals beschoeiingen, dijkbekledingen, ...).

6.3.2.2.3. Singuliere punten

De Vlaamse kust heeft 3,62 km "singuliere punten". Deze bestaan uit de IJzermonding (met een breedte van 110 meter), de havengeul van Oostende (breedte 130 meter), de havengeul van Blankenberge (breedte 60 meter), de haven van Zeebrugge (breedte 3,3 km) en de Zwinmonding (waarvan een gedeelte op Belgisch grondgebied ligt). In het veiligheidsplan "Kust 2002" dienen deze singulariteiten eveneens op hun standvastheid onderzocht te worden. Immers één van de reeds gekende inherente zwakke punten ligt juist in de haven van Zeebrugge (zie verder). Bij de havens spelen kaaimuren, sluisdeuren e.d. een rol in de kustverdediging. De strekdammen van Zeebrugge beschermen wel de uitgebouwde voorhaven doch zij maken geen deel uit van de eerste kustverdedigingslinie.

De problematiek van het natuurreservaat "Het Zwin" hoeft niet in het kader van het veiligheidsplan "Kust 2002" te worden onderzocht, maar wel de stabiliteit van de dijken, die de Zwinvlakte omringen.

6.4. INHERENT ZWAKKE PUNTEN

Het is niet alleen van belang om de algemene veiligheid van de gehele kust te bepalen doch ook om de inherente zwakke plekken en de mogelijke gevolgen die dergelijke zwakke plekken kunnen hebben op de veiligheid van het hinterland vast te leggen.

Sommige punten in de bestaande zeevering zijn daarbij nu reeds bijzonder kwetsbaar, b.v. de relatief smalle zeeverende dijklichamen van Oostende en Blankenberge, lage punten in het duin, zoals de strandtoegang "Zwarte Kiezel" tussen De Haan en Wenduine, de spoorwegtoegang tot de voorhaven van Zeebrugge (het spoorwegemplacement ligt op een vaste hoogte van +6,80 m T.A.W. en de toegangstunnel onder de Koninklijke Baan heeft een bodemniveau van slechts +4,75 m T.A.W.; ter vergelijking : het hoogste stormpeil opgemeten te Zeebrugge bedraagt +6,69 m. T.A.W.).

6.5. RISIKO-ANALYSE VAN DE OVERSTROOMBARE GEBIEDEN

Een risico-analyse van de overstroombare gebieden moet in de eerste plaats een klassifikatie leveren van de gebieden in het hinterland naar overstromingsrisiko. Bovendien kan dit onderdeel van de studie maatreg-

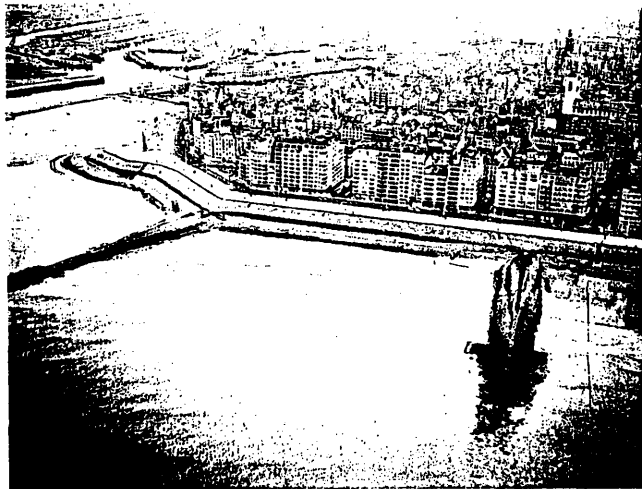


Fig. 6.4. Oostende-Centrum heeft ook bij laagwater geen strand meer.

len aanduiden om deze gebieden te verkleinen en aldus de rest van de kustvlakte beter te beschermen. De bressenstudie dient tevens een inventarisatie in te houden m.b.t. de economische en rekreative situatie, de milieu-ekologische situatie (bepaling van de voorkomende biotopen), en de milieu-ekologische randvoorwaarden (de grondwaterhuishouding en -kwaliteit, e.a. milieu gerelateerde parameters), de toestand van de waterkerings- en kustverdedigingsinfrastructuur (b.v. bepaling van de uitgevoerde investerings- en onderhoudswerken aan de hand van technische, administratieve en kostengegevens).

Met de eerder aangegeven methode is het mogelijk om een veiligheidsniveau toe te kennen aan alle plaatsen van de gehele Vlaamse kust. Deze geeft aldus een beeld van de weerbaarheid van onze kust tegen stormen. Op voorhand kan men echter stellen dat geen enkele kustverdediging een absolute bescherming kan geven. Dit geldt des te meer voor de inherente of structurele zwakheden die men aantreft langs de gehele kust. Het is dus niet alleen van belang om de algemene veiligheid van de gehele kust te bepalen doch ook om de inherente zwakke plekken en de mogelijke gevolgen die dergelijke zwakke plekken kunnen hebben op de veiligheid van het hinterland vast te leggen.

Aldus komt men vanzelf tot een concept van risico-analyse van de overstroombare gebieden. De achterliggende idee kunnen als volgt worden aangeduid:

1. De eerste of primaire kustverdediging kan worden begroot op zijn algemeen veiligheidsniveau. De kwetsbare punten in de kustverdediging dienen te worden geïdentificeerd.



Fig. 6.5. In het vlakke polderland treft men bermen en dijken aan, die bij een doorbraak van de eerste kustverdedigingslijn zouden fungeren als waterkering. Hier de berm van de vroegere spoorlijn Oostende-Torhout, die evenwel toch geen ononderbroken verdedigingslijn vormt.

2. Het absoluut veiligheidsniveau in het hinterland wordt gevormd door een hoogteniveau tussen de +5 m T.A.W. en de +10 m T.A.W. Deze hoogtelijnen liggen relatief dicht bij elkaar doch globaal genomen op zo'n 10 tot 15 km landinwaarts van de kust. In het aldus begrensde gebied liggen steden als Brugge en Oostende.
3. In geval van een dijk- en/of een duindoorkraak zal waarschijnlijk niet het ganse gebied tussen de eerste kustverdedigingslijn en de +5 meter T.A.W. overstroomd worden. De grootte van het overstroomde gebied is afhankelijk van de stormduur, de exakte lokatie van de doorbraak en ook van de plaatselijke terreinomstandigheden in het hinterland (b.v. de aanwezigheid van oude dijken, spoorweg- of wegbermen, duikers, vroegere strandwallen, enz...).

6.5.1. Inventarisatie van gegevens en opbouw van een GIS

Langsheen de gehele kust en in de duinen, die onder het beheer van de Vlaamse Gemeenschap vallen, worden op regelmatige tijdstippen metingen van het totale volume zand, de duinhoogte, duinvegetatie e.d. verricht. In deze zone is de topografie dan ook zeer goed gekend.

De kennis van de topografie in de polders en steden van de kustvlakte is echter met het oog op een mogelijke duin- of dijkdoorbraak absoluut onvoldoende. Slechts hier en daar zijn hoogtepeilen gekend. Supplementaire metingen van weg- en brugpeilen, afmetingen van duikers en hoogteliggingen in de polders zijn noodzakelijk.

Met al deze hoogtepeilen dient een nauwkeurig terreinmodel van de gehele kustvlakte te worden opgebouwd, waarbij tevens rekening wordt gehouden met gekende onderdoorgangen, zoals duikers, bruggen, enz...

Naast de verwerving van nauwkeurige hoogtepeilen, afmetingen en ligging van duikers, enz., dienen ook gegevens te worden verzameld, nodig voor de inventarisatie van de functie en de waarden van de aan overstroming blootstaande gebieden.

Deze gegevens, die moeten toelaten de effecten van mogelijke overstromingen na te gaan, zijn gemakkelijk beschikbaar mits hun opname in een GIS (Geografisch Informatie Systeem). Een GIS is een softwarepakket dat toelaat om grote hoeveelheden ruimtelijke informatie te beheren en te analyseren. De informatie is thematisch opgeslagen en elementen uit verschillende informatielagen kunnen logisch met elkaar worden gekoppeld. Vanzelfsprekend vormt de geografische ligging van de informatie-elementen een van hun belangrijkste kenmerken.

In het GIS vindt tevens de integratie plaats tussen de rasterinformatie (b.v. een digitaal orthofotoplan als "achtergrondlaag"), de lijninformatie (b.v. het toekomstig bodemgebruik, de hoogtelijnen) en de puntinformatie (b.v. individuele hoogtepeilen, ligging en afmeting van duikers en bruggen, de capaciteit van de bemalingsstations, enz...).

6.5.2. Simulatie van dijk- en duindoorkraak

Om de volledige uitgestrektheid van een mogelijk overstromingsgebied te kennen, is het noodzakelijk dijk- en/of duindoorkraak te simuleren met behulp van een wiskundig model. Hierbij veronderstelt men dat, bij bepaalde getij- en stormomstandigheden, een bres ontstaat in de zeekering op een welbepaalde plaats.

Bij duindoorkraak moet men bovendien rekening houden met het feit dat gedurende de overstroming de doorstroomopening geleidelijk groter wordt. Hiervoor bestaan benaderende theoretische beschrijvingen. Deze zijn gesteund op metingen van dijkdoorkraak, zowel werkelijke (in situ) als modelproeven in het laboratorium, langsheen rivierpanden.

Gedurende een storm is het zeewaterpeil echter niet konstant, het is immers getijonderhevig. Het model moet dus ook rekening houden met het veranderend zeepil.

Met al deze gegevens kunnen type-overstromingen gesimuleerd worden. De totale hoeveelheid water die op deze wijze binnenstroomt zal in functie van de plaatselijke topografische en andere omstandigheden, alle vervat in het GIS, een bepaalde oppervlakte overstroomt. De afbakening van deze overstromingsgebieden is een essentiële taak van de risico-analyse van de overstromingsgebieden.

6.5.3. Bepaling van de overstroombare gebieden en hun waarde

De uitgestrektheid van een mogelijke overstroming volgt uit de simulatie van een dijk- of duindoorkraak. Deze gebieden kunnen kartografisch worden weergegeven, in functie van de gesimuleerde doorbraak.

Bijkomend kunnen natuurlijk door gepaste analyse van de bestaande toestand, herstel- en onderhoudswerken worden voorgesteld aan bestaande binnenlandse waterkeringen, zoals b.v. de Graaf Jansdijk, zodat de overstromingsgebieden in oppervlakte beperkt en tegelijkertijd het waterpeil in deze gebieden minimaal gehouden wordt.

De waardebepaling van de overstroombare gebieden dient rekening te houden met diverse maatstaven die op dit vlak moeten worden gehanteerd :

- bevolking (permanente bewoning en seizoenale bezetting);
- dichtheid en toestand van gebouwen en infrastructuur;
- economische waarde (industrie en toerisme);
- militair belang;
- landschappelijke en ecologische waarde.

De afbakening van de overstromingsgebieden kan bovendien leiden tot gepaste verdere analyses van de gevolgen van een doorbraak, b.v. de mogelijke invloed van zoutwater infiltratie op de drinkwaterbevoorrading van de kust, de economische impact op de industrie, ...

6.5.4. Kartografische voorstelling van elementen uit de risico-analyse

In het hierbij gevoegde voorbeeld op gereduceerde schaal van Oostende zijn, naast de topografie, enkele lijnvormige elementen en sekundaire hoogte-informatie bijkomend in kaart gebracht. Het huidige bodemgebruik kan gemakkelijk worden geïnterpreteerd uit digitale kleurorthofotoplannen (opnamedatum 1989). Deze digitale kleurorthofotoplannen zijn ideaal als basislaag in het GIS.

Het geïntegreerde document van fig. 6.6 vat de basisinformatie op een overzichtelijke wijze samen voor het gebied rond Oostende. Het betreft hier een verkleinde weergave van een oorspronkelijk concept op schaal 1:10.000, formaat 100 cm X 70 cm met een effectieve planafmeting van 74 cm X 65 cm.

De simulatie en de resultaten van de mogelijke dijkdoorkraak dienen nog te worden uitgevoerd. Bijkomende informatie i.v.m. de economische en rekreatieve situatie, de milieu-ecologische situatie, de milieu-ecologische randvoorwaarden, en de toestand van de waterkerings- en kustverdedigingsinfrastructuur, dient nog te worden ingezameld en verwerkt.

7. BESLUIT

Het Vlaamse Gewest staat in voor de kustveiligheid, dit is het geheel van maatregelen die de kust zelf en het laag liggende polderland beschermen tegen afslag, schade en overstromingen, veroorzaakt door de werking van de zee. De maatregelen worden ontworpen o.a. op basis van waarnemingen en metingen van en in de kuststrook. De zeevering langs onze kust wordt gevormd door de natuurlijke strandwal (vooroever, strand, duin) en de kustbeveiligingsinfrastructuur (dijken, strandhoofden, ...).

In de onderhavige nota wordt vooreerst een aanzet gegeven tot definitie van het gebied dat kwetsbaar is bij een eventueel falen van de zeevering. Hiertoe wordt op samenvattende wijze de ontstaanswijze van onze kust en de kustvlakte weergegeven, wordt een eerste beschrijving gegeven van de bestaande kustverdedigingslijnen en de begrenzing van het maximaal overstroombare gebied, en wordt het begrip kustveiligheid gedefinieerd als de aanvaarde probabiliteit dat de bestaande of nog uit te bouwen kustverdediging faalt.

In de volgende hoofdstukken worden de elementen die van invloed zijn op de zeeverende functie van de Vlaamse kust geanalyseerd, voor zover de thans beschikbare informatie dat toelaat.

Uit de beschrijving van de types van zeevering langsheen de kust blijkt een grote diversiteit in uitvoering en ouderdom van de zeeveringselementen. De kennis van deze diversiteit en van de nogal wisselvallige ontwerpkenmerken is op dit ogenblik onvoldoende en er is dan ook nood aan een gedetailleerde expertise van de elementen van de zeevering.

Dan volgt een analytische beschrijving van fenomenen die de kustveiligheid rechtstreeks beïnvloeden : wind- en golfklimaat, het getij, de evolutie van de zeespiegel en de beschikbaarheid en het transport van zand. Uit de tot op heden voor handen zijnde metingen en waarnemingen kunnen slechts matig gestaafde prognoses worden gedaan over de evolutie van deze belangrijke grootheden in de nabije toekomst, en het vaststellen van ontwerpparameters voor kustbeveiligingswerken levert om dezelfde redenen problemen op. Er is dan ook noodzaak aan een verdere uitbouw en integratie van de bestaande meetprogramma's.

Een verantwoord beleid inzake kustverdediging veronderstelt echter ook verder doorgedreven analyses, die moeten toelaten het huidige en het in de nabije toekomst wenselijke veiligheidsniveau te omschrijven. Bovendien heeft kustverdediging betrekking op de veiligheid die geboden wordt ten aanzien van sociale, economische, toeristische en ecologische waarde-elementen in het kustgebied. De veiligheid dient derhalve onderzocht te worden met betrekking tot mogelijke rechtstreekse of onrechtstreekse schade door de werking van de zee en hiermee verbonden is het onderzoek van de staat van de 2 kustverdedigingslijnen van groot belang.

Daarom is het aangewezen dat alle gegevens die verband houden met kustverdediging en/of kustveiligheid opgenomen worden in een digitaal databestand, dat met het oog op de bepaling van het veiligheidsniveau optimaal geëxploiteerd kan worden.

Uit de onderhavige nota blijkt dat het thans nog ontbreekt aan informatie met betrekking tot het huidige veiligheidsniveau dat door de 1ste en 2de kustverdedigingslijn geboden wordt. Evenmin is het na te streven veiligheidsniveau bepaald. Om de betekenis, de standvastheid en eventuele verbeteringen aan de tweede kustverdedigingslijn te kunnen evalueren zou men o.m. een beroep kunnen doen op mathematische simulaties van dijk- en duindoelbraken. Met betrekking tot de eerste kustverdedigingslijn zouden de hydrodynamische randvoorwaarden die de kusterosiemechanismen bepalen nader beschreven moeten worden met behulp van geactualiseerde statistische dataverwerking van de recentste hydrometeorologische gegevens. Ook dienen deze gegevens statistisch verwerkt te worden teneinde "overschrijdingslijnen" te bepalen. Met behulp van risico-analyse kan dan het aanvaardbare risico bepaald worden en, via de overschrijdingslijnen, ook de gewenste veiligheids-ontwerpkriteria.

Bovendien moet de analyse van de zandtransportmechanismen in de toekomst meer inzicht geven in de erosieprocessen. Dit inzicht draagt bij tot een beter ontwerp van kustverdedigingsmaatregelen.

Om de inspanningen voor kustverdediging te situeren tegenover het bedreigde patrimonium dient ook de sociale, economische, toeristische en ecologische waarde van het kustgebied bepaald te worden. Slechts in het licht van deze waarde kan het huidige en het na te streven aanvaardbare risico worden gedefinieerd.

Rekening houdend met de bestaande kennis betreffende de kust, zoals die in dit rapport gesynthetiseerd wordt, lijkt het van groot belang om de visie op kustveiligheid te kaderen in een zgn. veiligheidsplan "Kust 2002".

De voornaamste objectieven van een dergelijk veiligheidsplan "Kust 2002" kunnen als volgt samengevat worden :

1. Definitie van het na te streven kustveiligheidsniveau op basis van een aanvaardbaar risico.
2. Bepaling van het huidige kustveiligheidsniveau van de eerste kustverdedigingslijn, bestaande uit de natuurlijke strandwal en de aanwezige kustinfrastructuur.
3. Bepaling van de tweede kustverdedigingslijn en vaststelling van het huidige en na te streven veiligheidsniveau tegen het licht van sociale, economische, toeristische en ecologische waarden van het Vlaams kustgebied.
4. Beschrijving van de te nemen maatregelen om het na te streven kustveiligheidsniveau te verwezenlijken en/of te handhaven en advies m.b.t. de te nemen beleidsopties.

Bij het ontwerpen van een geïntegreerd kustbeveiligingssysteem moet maximaal gestreefd worden naar het behoud en het benutten van de na-

tuurlijke processen. Hier wordt vooral gedacht aan de processen die betrekking hebben op de dynamica van de strandwal en aan de interactie tussen mens en natuur, zoals het betreden van duinen en natuurréservaten het bouwen, e.d.m.

Koksijde-strand na 3 herfststormen in 1996

M.-Th. Vanhaelen

We konden niet lang uitblazen na de twee zomerstormen (Vanhaelen, 1996) want heel vlug was er weer boeiend speurwerk te verrichten op het strand; we kregen immers 3 herfsttempeesten cadeau !

Het aanspoelsel was telkens zo overvloedig, dat ik me beperk tot het bespreken van de meest karakteristieke vondsten van elke storm, bijvoorbeeld zeer talrijke, zeldzame of levende soorten.

Eerste herfststorm : 13 september 1996 : hevige Noordwestenwind

Waarnemingen : 15-9 (KOK), 16-9 (KOK) en 17-9 (ODK)

- In de vloedlijn lag vooral veel rommel, waaronder een hele garderobe die al een tijd in zee had vertoefd, want alle soorten schoeisel, sjaals, polo's en petjes zaten vol kolonies zeeden, zeedraad, zeecypres, gekromde zeeborstel, enz....
- Als mollusken vielen vooral veel golfbrekerbewoners op : 100-den levende mossels, *Mytilus edulis*, meer dan 300 Japanse oesters, ± de helft levend en enkele 100-den gevlochten fuikhorens waarvan slechts één met stervend dier.
- In het medio-litoraal kropen 5 fluwelen zeemuizen, *Aphrodite aculeata* in kellen vol zeedennetjes en gezaagde zee-eik. Ook drie kolonies dodemansduin, *Alcyonium digitatum* lagen ertussen; één was opmerkelijk vers en groot : ± 10 cm x 5 cm x 1,5 cm.
- Wat lager was een zalm aangespoeld ! De kop was nog intact, maar al het vlees was bijna tot op de graat afgepikt ! (Een culinair feestje voor de meeuwen !) De totale lengte bedroeg 65 cm.
- De mooiste vondsten deed ik bij de eblijn : in kluwens hydropoliepen leefden 15 gewone pissebedden, *Idotea baltica* en 1 exemplaar van een andere pissebed *Idotea spec.* en bij het opschudden en omkeren van verse bruinwieren sprongen een 100-tal

strandvlooien, *Talitrus saltator* (fig. 1.) in het rond. De pissebedden hadden opvallend mooie kleuren : 6 waren zo groen als darmwier; van de 9 licht- tot donkerbruine dieren waren er 3 volledig gespikkeld en 3 hadden witte vlekken op middenrug en langs de zijden. (Terloops weze hier gezegd dat, bij het vinden van verse en levende organismen, best dadelijk de kleur beschreven wordt, want deze verdwijnt of verandert meestal zéér vlug.)

- Tussen het talrijk aangespoelde bruinwier, vielen vooral zeer veel knotswieren, *Ascophyllum nodosum* op. Eén gezaagde zee-eik zat vast op een oude *Patella vulgata*.
- Bij de schaaldieren telde ik ondermeer 37 dode helmkrabben *Corystes cassivelaunus*: 24 mannetjes en 13 vrouwtjes.

Tweede herfststorm : 28 en 29 oktober 1996 : zuidwesterstorm (10 Beaufort)

Waarnemingen : 30-10, 31-10, 1-11, 2-11 en 3-11 te Koksijde

- Na deze zware storm zorgden vooral de Solenidae voor de verrassing : in 5 dagen raapte ik 137 *Ensis arcuatus*, 5 *Solen marginatus* en 2 *Ensis minor*. Het betrof hier telkens zeer verse lege doubletten. Het intensief zoeken tussen de bergen *Ensis directus* (lengte tot 17,3 cm) in de omgeving van de golfbrekers loonde dus de moeite!
- De opvallendste bivalve was wel de tapijtschelp : vele 1000-den grote doubletten *Venerupis senegalensis* sierden het strand; ik kon er 2 levende observeren.
- De afgeknotte gaper is aan een come-back bezig, nadat ze de laatste jaren wat zeldzamer aangespoelde : er lagen 8 levende en 24 verse, lege doubletten *Mya truncata*. Ook één vers *Mya arenaria*-doublet vond ik vrij dicht bij de eblijn.
- Op 30-10 had ik reeds 484 lege fuikhorens, *Nassarius reticulatus* opgeraapt, maar ik schat dat er wel 650 lagen! De volgende dagen vond ik er nog een 300-tal. Verse eikapseltjes met dooier van deze soort lagen er ook talrijk na deze storm.
- *Spisula subtruncata*, de geknotte strandschelp was de talrijkst levend aangespoelde soort : de eerste twee dagen noteerde ik telkens + 100.000 levenden!

- Weinig schaaldieren waren gestrand; toch viel mijn oog op 2 dode gewimperde zwemkrabben, *Liocarcinus arcuatus* en één schildje van deze soort. Zeer eigenaardig was de vondst van meer dan 20 juveniele *Pagurus bernhardus*, heremietkreeftjes in fuikhorens, doch er was geen enkele kleine heremiet, *Diogenes pugilator* te bespeuren.
- Ditmaal waren de roodwieren het opvallendst, met een 6-tal soorten, waaronder enkele 100-den toefjes *Plocamium cartilagineum*, het kammetjeswier, dat de voorbije zomer bijna nooit gevonden werd op het strand.

Derde herfststorm : 30 november 1996 : hevige westerstorm

Waarnemingen : 30-11 en 31-11 te Koksijde

Drie zware afzettingslijnen werden gecontroleerd.

- Ditmaal was *Venerupis senegalensis* nog veel talrijker over het ganse strand verspreid : 10.000-den grote, verse lege doubletten, sommigen tot 6 cm breed kon je bewonderen.
- En ook de afgeknotte gaper was weer goed vertegenwoordigd met 1 levende en 43 verse doubletten.
- De meeste messen lagen nu opgestapeld tegen het lange strandhoofd bij 't Vissersmonument. En opnieuw lag er 1 dubbel vers klein tafelmesheft en 1 dubbele verse messchede; 25 grote zwaardscheden konden eveneens van tussen de massa Amerikaanse zwaardscheden gehaald worden.
- In de vloedlijn vóór de Schipgatduinen bemerkte ik plots tussen een allegaartje van bivalven één verse lege gedoornde hartschelp, *Acanthocardia echinata* en ... nog geen 200m verder lag er weer zo een doublet ! Hun afmetingen : 5,7 cm x 5 cm en 4,8 cm x 4,5 cm.
- Alle fuikhorens oprapen, was weer onbegonnen werk ! Na 447 stuks hield ik het voor bekeken (sport genoeg gedaan!) en schatte (na mijn tocht) het aantal gestranden op minstens dubbel zoveel, zowat een 1000-tal dus. Eén levende *Nassarius*

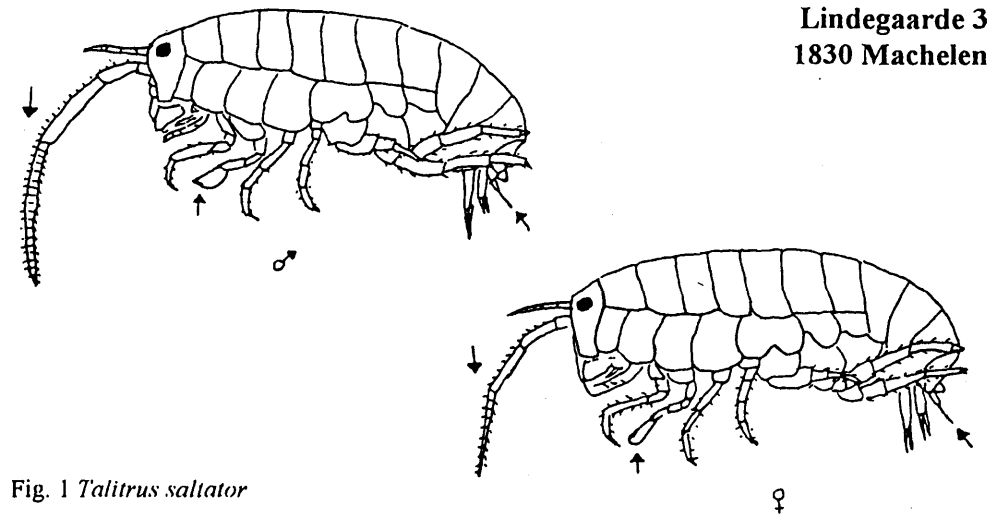
reticulatus en één horentje met een vers dode *Diogenes pugilator* zaten tussen de verzamelde exemplaren.

- Om te besluiten kan die ene vis er nog wel bij : een dode paling, *Anguilla anguilla* van 90 cm.

Zo zien we dat, naargelang de windrichting en -sterkte, de accenten na iedere herfststorm anders lagen. Bovendien bieden de andere seizoenen nog meer afwisseling in specifiek stormaanspoelsel (zie Vanhaelen, 1996). Daarom wachten we nu ongedurig op de eerste zware stormen na de extreem harde winter 1996-1997. Na het witste en koudste winterstrand dat ik ooit zag (februari 1985 was ook niet te versmaden!) zullen er hoogstwaarschijnlijk zeeorganismen op het strand belanden, die we ook niet zo gauw te zien krijgen.

Literatuur

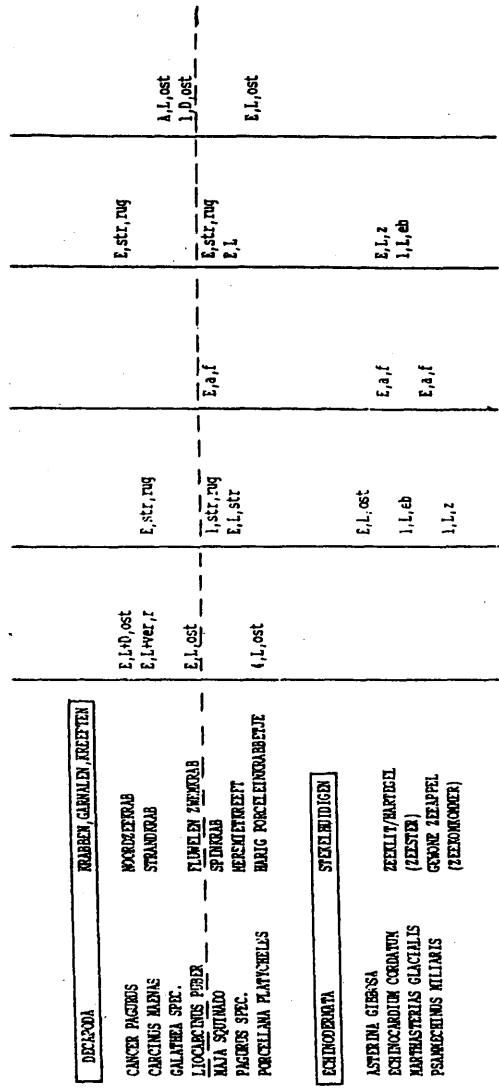
Vanhaelen, M.-Th., 1996. Veel leven op het Koksijdse strand na 2 stormen tijdens de zomer 1996. De Strandvlo 16(4) : 142-148.



Lindegaarde 3
1830 Machelen

Fig. 1 *Talitrus saltator*

Figuren uit : fig. 1. *Talitrus saltator*. Tabellenserie van de Strandwerkgemeenschap. W. Dekker. 1978



Veel leven op het Koksijdse strand na twee stormen tijdens de zomer 1996

M.-Th. Vanhaelen

Het komt allicht niet gauw voor : twee heuse stormen in volle zomerperiode. Dit jaar maakten we het mee ! Het seizoen 1996, met zijn onstabiele weer bracht zo toch heel wat aangename afwisseling voor de strandjutter-waarnemer.

We resumeerden :

- 1. Een overzicht in een notendop van de belangrijkste strandingen gedurende de volledige zomer en
- 2. een gedetailleerde lijst aangespoelde organismen na de twee grote zomerstromen van 13 en 29 augustus.

1. Zomer 1996

- Van 22 juli tot 10 augustus : een lange wierenstrandingsperiode
 - Van 20 tot 26 juli : een oorkwallenperiode
 - Van 22 juli tot 31 augustus : stranding van inktviseieren, *Sepia officinalis*
 - Van 15 tot en met 18 augustus : stranding van dwergpijlinktvisiekapsels, *Alloteuthis subulata* (Vanhaelen, 1996)
- Tussendoor :
- periodes van oostenwind, met aanspoelen van oudere schelpkleppen uit fijnere afzettingen zo onder andere *Nucula spec*, *Arca lactea*, *Venus striatula*, *Nicania montagui*, *Corbicula fluminalis*, *Glycymeris glycymeris*, *Lucinella divaricata*, *Diplodonta rotundata*, *Chlamys varia*,...

2. Vondsten en waarnemingen na de twee zomerstormen van 13 augustus 1996 en 29 augustus 1996. (zie tabel)

Onafhankelijk van elkaar hadden Johan Mares en ik toevallig hetzelfde traject én tijdstip uitgekozen. Op 31 augustus 1996 te Koksijde, Schipgat om de resultaten van de zware storm te komen inschatten. Volledig geconcentreerd op het aanspoelsel, hebben

we zelfs elkaar niet gezien. Er lagen immers verschillende eindeloze afzettingen, min of meer evenwijdig aan elkaar en de hoeveelheid organismen leek onoverzichtelijk !

Nadien hebben we wel onze vondsten en waarnemingen vergeleken (zie tabel).

- Uitzonderlijk was, dat op dezelfde plek na de twee stormen telkens een groene zeedonderpad *Taurulus bubalis* (fig. 1.) aanspoelde.

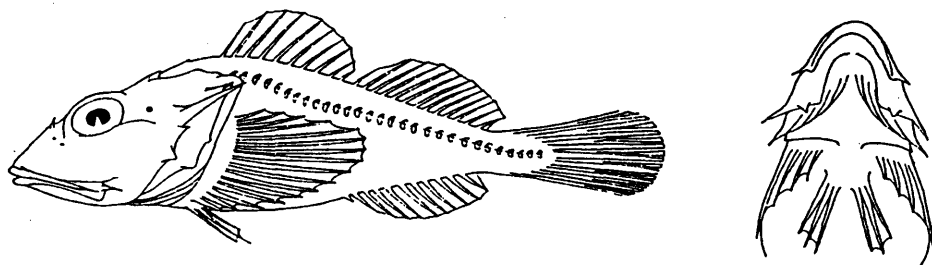


Fig. 1. *Taurulus bubalis*. Herkomst Figuur : Naar A. Wheeler, 1978.

Het visje van 14 augustus leefde nog even. De buikzijde en mondholte waren van het zuiverste turkoois-groen ! Rug, flanken en vooral de waaivormige vinnen waren prachtig groen-bruin gevlekt. De zeer lange stekel op het kieuwdeksel gaf uitsluitend bij het determineren (dus geen gewone zeedonderpad *Myoxocephalus scorpius*). De lengte van het groene zeedonderpadje was ± 10.5 cm. Bij het opdrogen van het inmiddels gestorven visje veranderde de groene kleur geleidelijk in okergeel. Ook het visje dat Johan Mares vond, had een hevig groene buik.

Daar er in de literatuur, zowel bij Wheeler (1978), Nijssen en De Groot (1980) als bij Rappé en Eneman (1988) sprake is van een 'geel'-achtige buik bij de groene zeedonderpad, ging ik te rade bij onze vissenkenner bij uitstek, Eddy Eneman. In het Noordzee-aquarium te Oostende werden immers sinds 1990 tot nu minstens 27 groene zeedonderpadden binnengebracht.

Eddy verduidelijkte dat vooral de σ groene zeedonderpadden tijdens de paaitijd een hevig groene buikzijde vertonen, terwijl die bij de wijfjes zachter groen is en

deze laatsten op de onderzijde van de kop een 'gebloemd' of gemarmerd kleurpatroon hebben.

De groene zeedonderpad is onder meer ook te onderscheiden van de gewone zeedonderpad doordat ze de borstvinnen veel meer opzet dan de, iets meer algemener gewone zeedonderpad *Myoxocephalus scorpius*.

- Eveneens te noteren deze zomer was de vondst door Johan Mares van twee levende kleine heremietkreeften *Diogenes pugilator*. Deze koudegevoelige soort, die massaal stierf bij de vorstperiode van voorbije winter, was sindsdien niet meer gevonden op het strand, en schijnt zich nu toch enigszins te herstellen. Doch., een nieuwe winter kondigt zich dit jaar al vroeg aan met vriestemperaturen !
- Bij de crustacea-vondsten viel ook de totale afwezigheid van de grijze zwemkrab, *Liocarcinus vernalis* op.
- Het enige teennagelkrabje *Thia scutellata* was waarschijnlijk een restant van de winterstranding op 22 en 23 februari 1996 (Vanhaelen, 1996), want het schild was reeds blauw en het abdomen ontbrak.
- Ook de ruwe schaalhoren *Patella aspera* werd weer met riemwier aangevoerd : op 31 juli 1996 vond ik er reeds één met vers dood dier en op 30 juli 1996 was er een riemwiervoetje met een oude, lege *Patella aspera* aangespoeld, telkens te Koksijde.
- Tenslotte wou ik nog graag kwijt dat de twee zomerstormen mij de ideale gelegenheid boden om enkele slibanemonen en een paar paardenanemonen mee te nemen om ze thuis in een bakje zeewater te zien 'openbloeien' ! Deze 'kloddertjes gelei' veranderen dan in de mooiste levende juweeltjes die je je kan indenken ! De donkerbruine, sterk glimmende paardenanemonen vertoonden hun eerder korte dikke bruine tentakels, doch ook een krans van opvallende koninklijk-blauwe blaasjes omheen de mondrand ! De slibanemonen, die eigenlijk een mooiere naam verdienen (slib > verwijst naar hun habitat) komen voor in oneindige kleur- en patroonvarianties : zowel op tentakels als op de mondschijf ! Lila, oranje, wit, beige, groen-achtig, paradijselijke schoonheid en sierlijke bewegingen, die door Marc werden vastgelegd op film. Bloemdieren... ze hebben hun naam niet gestolen !

De zomerstormen lagen nog vers in het geheugen-- en daar hadden we reeds een serie herfststormen waarover later misschien wat meer details. Echt, in 1996 werden de SWG-ers te velde al erg verwend !

Tabel :

	14-8-1996 (waarneming van MTV)	31-8-1996 of 1-9-1996
Wieren		
<i>Chorda filum</i>		enkele - oude (MTV)
<i>Himantalia elongata</i>		20-tal dikke kluwens (MTV)
<i>Ascophyllum nodosum</i>		enkele verse (MTV)
<i>Membranoptera alata</i>		1 zeer vers te Lombardsijde (FB)
<i>Gracilaria foliifera</i>	2	
<i>Enteromorpha spec.</i>	talrijk	
Anemonen		
<i>Actinia equina</i>	enkele, levend	-
<i>Sagartia troglodytes</i>	1000-tal levend ook met paarse tentakels	10.000-den levend ook met paarse tentakels (JM en MTV)
Weekdieren		
<i>Buccinum undatum</i>	-	100-tal lege, oude en recentere (JM en MTV)
<i>Eikapsel Buccinum undatum</i>		diverse (IJ)
<i>Lunatia catena</i>	-	- 4 levende (MTV) - enkele oude (MTV + JM)
<i>Nassarius reticulatus</i>	10-tallen, vers, leeg	- + 100 verse lege (MTV) - enkele (JM)
<i>Eikapsel Nassarius reticulatus</i>		diverse (IJ)
<i>Patella aspera</i>		1 vers, leeg ± 33 mm (MTV)

<i>Philine aperta</i>		1 leeg (IJ)
<i>Abra alba</i>		7 levend (IJ)
<i>Cerastoderma edule</i>	1 levend, 3 verse lege doubletten	- 1 levend, 3 verse lege (MTV) - 1 levend (JM)
<i>Crassostrea gigas</i>	13 levende, 40-tal verse lege	2 (JM)
<i>Donax vittatus</i>	-	enkele levend (JM en MTV)
<i>Ensis arcuatus</i>	-	17 verse lege doubletten (MTV)
<i>Ensis directus</i>	1000-den leeg	massaal levend en met vleesresten (JM en MTV)
<i>Macoma balthica</i>	100-tal, enkele levend	10-tallen levend (MTV en JM)
<i>Mactra corallina</i>	1 vers leeg	een 100-tal levend (JM en MTV)
<i>Mya arenaria</i>		1 levend (MTV)
<i>Mya truncata</i>		3 levend, 10-tal lege doubletten of met vleesresten (JM en MTV)
<i>Mytilus edulis</i>		10-tallen levende (JM en MTV)
<i>Petricola pholadiformis</i>		4 doublet (IJ)
<i>Solen marginatus</i>	-	- 1 vers leeg doublet (MTV) - 1 vers leeg doublet (IJ)
<i>Spisula solida</i>	1 levend	- 100-tal levend (MTV) - enkel levend (JM)
<i>Tellina fabula</i>	100-tal lege doubletten, vers	-
<i>Tellina tenuis</i>	19 lege doubletten, vers	-
<i>Venerupis senegalensis</i>	-	- vele 100-den verse lege doubletten - enkele levend (JM en MTV)
<i>Eieren Sepia officinalis</i>	+ 30	1 verse tros met levende inktvisjes (MTV)
Isopoda		
<i>Idotea balthica</i>		1 levend in hoogwaterlijn (IJ)
Stekelhuidigen		
<i>Asterias rubens</i>	1 levende	vele 1000-den, grote, levende, tot 27 cm (JM en MTV)

<i>Echinocardium cordatum</i>	100-tal, leeg	talrijk, leeg (JM enMTV)
<i>Ophiura texturata</i>	1	- 1 (MTV) - enkel (JM)
<i>Psammechinus miliaris</i>	-	- 10-tal (MTV) 6 (JM)
Kwallen		
<i>Chrysaora hysoscella</i>	3	1 (MTV)
Wormen		
<i>Aphrodite aculeata</i>	1 levend	6 - levend (IJ)
Schaaldieren		
<i>Cancer pagurus</i>	3 dode, 60-tal schilden	1 schild met vlees (JM)
<i>Carcinus maenas</i>	vele 100-den, grote, dood	100-den dood (JM/MTV)
<i>Corystes cassivelanus</i>	8 ♂ en 4 ♀, dood	- 2 levende ♂, 1 dood ♂, 2 dode ♀ (MTV) - 8 (JM)
<i>Diogenes pugilator</i>	-	2 levend in fuikhorens (JM)
<i>Liocarcinus arcuatus</i>	1 schild	- 2 stervend, 7 dode (MTV) - 1 (JM)
<i>Liocarcinus holsatus</i>	+ 200, grote, dood	10-tallen (JM)
<i>Macropodia rostrata</i>		1 dood (MTV)
<i>Pagurus bernhardus</i>		- 1 levend in fuikhoren (JM) - + 30 levend in wulken en fuikhorens (MTV)
<i>Portunus latipes</i>	20-tal dood	algemeen (JM)
<i>Thia scutellata</i>		1 dood (MTV)
Vissen		
<i>Taurulus bubalis</i>	1 levende	1 vers dode (JM)

JM : Johan Mares - waarnemingen van 31 augustus

IJ : Ingrid Jonckheere - waarnemingen van 1 september

MTV : Marie-Thérèse Vanhaelen - waarnemingen van 31 augustus

FB : Franky Bauwens

Literatuur

Nijssen, H. en S.J., De Groot, 1980. Zeevissen van de Nederlandse kust. Wet. Med. KNNV 143 : 1-109.

Rappé, G. en E., Eneman, 1988. De zeevissen van België. De Strandwerkgroep.

Wheeler, A., 1978. Key to the fishes of Northern Europe. London : Warne, 1-380.

Vanhaelen, M.-Th., 1996. grote stranding van zeldzame krabbensoorten na de februaristorm 1996 aan de Westkust. De Strandvlo 16(2) :62-69.

Vanhaelen, M.-Th., 1996. Eikapseltrossen van de dwergpijlintvis *Alloteuthis subulata* (Lamarck, 1798) tijdens de zomer 1996 te Koksijde-Oostduinkerke. De Strandvlo 16(3) : 87-88.

Lindegaarde 3
1830 Machelen

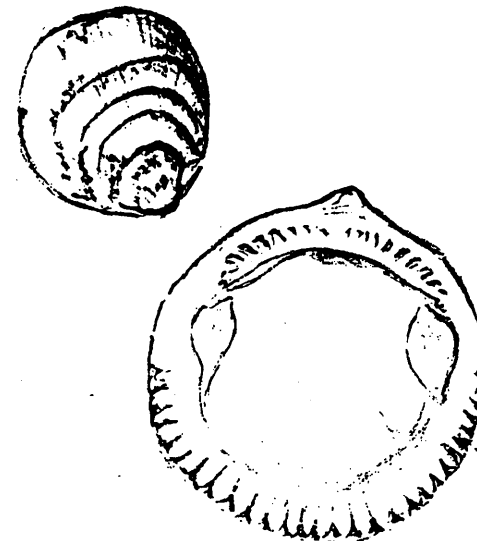


Fig. 2 : Glycymeris glycymeris