

Prof. Ir. E. Stamhuis

~~Hist. Verz. L.L.~~



~~Landbouwniversiteit  
Historische Verzameling  
Nr. D.4. Stamhuis~~

## DELTAONTWIKKELING

Landbouwniversiteit

Wageningen

DELTAONTWIKKELING  
DE BETEKENIS VAN DE WEG- EN WATERBOUWKUNDE  
VOOR DE ONTWIKKELING VAN DELTAGEBIEDEN

Rede  
uitgesproken op 12 maart 1987  
in de Aula van de Landbouwuniversiteit

door

Prof.Ir. E. Stamhuis

bij zijn afscheid als hoogleraar  
in de Weg- en waterbouwkunde  
aan de Landbouwuniversiteit

## *Dames en Heren,*

Het lijkt goed ons onderwerp te benaderen vanuit een ruim kader. Gebruikelijk en voor de hand liggend is om over de betekenis van de weg- en waterbouwkunde te spreken vanuit de Nederlandse geschiedenis, de vaderlandse traditie, de ervaring in het treffen van weg- en waterbouwkundige voorzieningen en het effect daarvan in de loop van de laatste vier eeuwen met als culminatiepunten de Zuiderzeewerken en de Deltawerken.

Wij willen van deze benaderingswijze niets afdoen. Want zonder traditie en ervaring kan men op dit vakgebied geen zinvolle dingen doen of er zinvolle opmerkingen over maken. Dat geldt ook voor de wetenschappelijke benadering van weg- en waterbouwkundige problemen. Ook die benaderingswijze heeft immers zijn historische bepaaldheid. Maar om de klip van het historisme te omzeilen willen we wel trachten aan deze benaderingswijze iets toe te voegen door onderscheid te maken tussen historische feiten en historische normen.

## *De waterhoeveelheden op aarde*

In de weg- en waterbouwkunde is er veel aandacht voor rivieren. Daarnaast is er belangstelling voor meren en kustwateren. Het is van belang te weten hoe de verhoudingen liggen tussen de waterhoeveelheden waarover we hier spreken en de totale waterhoeveelheden op aarde. Het gaat hier om hydrologische feiten en cijfers die eigenlijk iedereen wel kent en die - als het goed is - op de middelbare school al worden geleerd. Maar een waterbouwkundige gaat er niet alleen mee werken, maar ook aan sleu-

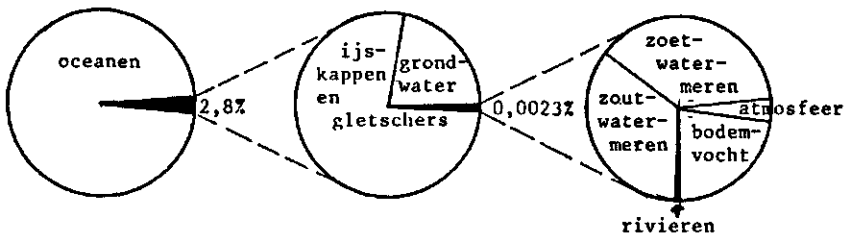
telen en hij moet dan voortdurend ook deze feiten als achtergrond van zijn werk in rekening brengen. Hij is immers mede verantwoordelijk voor wat er mee wordt gedaan.

We geven deze cijfers eerst in tabelvorm.

Verdeling waterhoeveelheden op aarde

Plaats	Oppervlakte in $10^6$ km <sup>2</sup>	Waterhoeveelheid in $10^6$ km <sup>3</sup>	Percentage van het totaal
<u>Oppervlaktewater</u>			
zoetwatermeren	0,855	0,125	0,0092
zoutwatermeren	0,699	0,1042	0,0077
rivieren	-	0,00125	0,0001
<u>Grondwater</u>			
tot 800 m diepte	129,5	4,168	0,3065
dieper dan 800 m	129,5	4,168	0,3065
bodemvocht	129,5	0,0667	0,0049
<u>IJskappen (polen)</u>			
en gletschers	17.871	29,175	2,1452
<u>Oceanen</u>	361,304	1321,205	97,2170
<u>Atmosfeer</u>		0,0129	0,0010
totaal	opp. aardbol = $510 \cdot 10^6$ km <sup>2</sup>	1359,02605 $\approx$ $1360 \cdot 10^6$ km <sup>3</sup>	100%

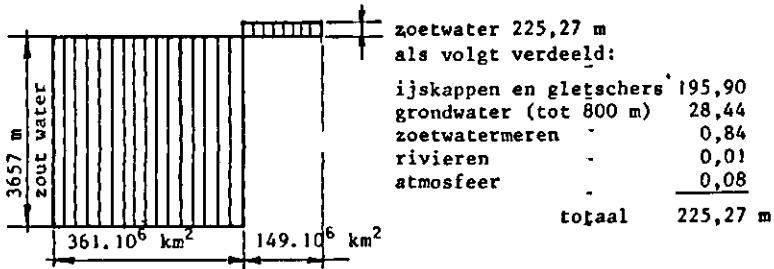
De totale hoeveelheid wordt bijna geheel geleverd door de oceanen, terwijl van de rest (= 2,8%) een groot deel niet of moeilijk bereikbaar is, omdat het in bevroren toestand verkeert of tot het (diepe) grondwater behoort. Slechts ca. 0,03% is min of meer bereikbaar voor de mensen, terwijl een groot deel hiervan ook nog zout is. In de meeste gevallen maakt de mens gebruik van rivierwater, waartoe ook de putten in stroomdalen worden gerekend. Nu is de hoeveelheid water in rivieren slechts één miljoenste deel van al het water op aarde. Naar schatting wordt rond 10% van dit rivierwater geëxploiteerd door de mens. Hier komt dus de weg- en waterbouwkunde in het vizier. In onderstaande grafiek is deze verdeling nog eens aanschouwelijk voorgesteld.



Alle rivieren te zamen bevatten slechts één miljoenste deel van de totale waterhoeveelheid op aarde.

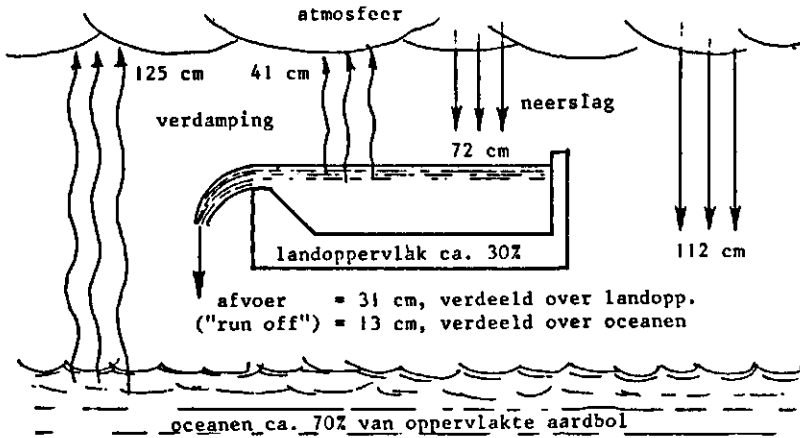
Als we nu - weer met een zekere afronding en dus globaal - al het zoute water gespreid denken over de wereldoceaan dan krijgt deze een gemiddelde diepte van 3657 m. Als we voorts al het zoete water - met uitzondering van het grondwater dieper dan 800 m - gelijkmatig over het aardoppervlak verdeeld denken, dan

zou dit een laag vormen van 225,27 m, waarvan het leeuwenaan-  
deel door de ijskappen en gletschers wordt geleverd. Dit is gra-  
fisch voorgesteld in onderstaande figuur.



Verdeling tussen zout en zoet water op aarde.

Opvallend is het overheersende aandeel van het landijs en de ijs-  
kappen aan de polen (1). Bekend is uit recente studies (2) dat  
door menselijk toedoen klimaatsveranderingen zijn te verwachten  
die ook op de gemiddelde zeestand een verhogend effect zullen  
hebben. Het gebruik van fossiele brandstoffen leidt tot de vorm-  
ing van een CO<sub>2</sub>-deken in de atmosfeer waardoor vanwege het  
broeikaseffect een stijging van de gemiddelde temperatuur wordt  
verwacht met het zojuist vermelde gevolg. De schattingen van de  
zeespiegelrijzing variëren nog van 0,5 tot 2,0 m voor de komende  
eeuw, waarbij vooral de volumevergroting ten gevolge van de  
temperatuurverhoging van het oceaanwater een belangrijke rol  
speelt. Rekenen we ook nog met het afsmelten van een deel van  
het landijs dan kan onze ongerustheid alleen maar groter wor-  
den. Het zijn immers juist de laaggelegen en dicht bevolkte del-  
tagebieden die door een zeespiegelrijzing worden bedreigd. Van-  
daar deze enigszins lange aanloop tot ons eigenlijke verhaal.



Eenvoudig model van de kringloop van het water.

Verder wordt hier een eenvoudig model weergegeven van de hydrologische kringloop (1). Daarin zijn de gemiddelde jaarcijfers voor afvoer, verdamping en neerslag vermeld. Voegt men dit samen met de cijfers voor de waterhoeveelheden dan zijn de gemiddelde verblijftijden globaal te berekenen. Er blijkt dan dat de cyclus verdamping - neerslag - afvoer vrij kort is: gemiddeld komt rivierwater in rond 10 dagen tot afstroming in zee. Als men dus een vervuiliingsbron, b.v. een lozingspunt van chemicaliën aan een rivier, stopt dan is het effect daarvan op het rivierwater al bereikt na enkele weken. Rekent men de zoetwatermeren mee - deze vormen vaak accumulatiebassins voor rivieren - dan voltrekt zich het herstel veel langzamer, gemiddeld over ongeveer drie jaar. Dit is in nog sterkere mate het geval bij bo-

demverontreinigingen, waarvoor tientallen jaren van herstel nodig zijn. Overziet men deze globale cijfers dan valt te begrijpen dat weliswaar rivierwater na het stoppen van de vervuillingsbron snel weer schoon kan zijn, maar dat dit niet geldt voor de bedding van de rivier, vooral niet in die delen waar de rivier in de omgeving in de ondergrond infiltreert

Uiteraard zijn dit zeer globale gemiddelde waarden, die slechts de algemene strekking weergeven. In de werkelijkheid van een bepaald gebied zal een bodemverontreiniging, ook na het stoppen van de bron ervan, veel meer tijd kunnen vereisen om door uitspoeling te worden verwijderd; zo iets kan ook gemakkelijk een paar honderd jaar vergen.

Dat kan gevolgen hebben voor ons werk als waterbouwkundigen. Een voorbeeld is het toevoeren van irrigatiewater naar een landbouwgebied waar periodiek watertekorten zijn. Dit water bevat immers zouten, die achterblijven nadat de plant het water via verdamping heeft verbruikt. Die zouten hopen zich op tot ze uiteindelijk de bodem voor landbouw ongeschikt hebben gemaakt. In de Nijldelta zijn daarvan duidelijke voorbeelden aan te wijzen. Dit houdt meteen in dat een waterbouwkundige die tot het voorbereiden en uitvoeren van dergelijke werken wordt uitgenodigd de plicht heeft om de beleidsmakers hierop te wijzen. Want politiek bedrijven is vrijwel altijd korte termijn werk, terwijl de gememoreerde effecten vaak pas op zeer lange termijn zichtbaar worden.

### *Erosie*

Van het vasteland van onze aarde, groot  $149.10^6 \text{ km}^2$ , ontvangt



2/3 deel neerslag die tot afvoer komt, terwijl 1/3 deel bestaat uit ijsmassa's en woestijnen. Dat 2/3 deel bestaat dus uit stroomgebieden, elk waarvan het water zich verzamelt tot een rivier. Elke rivier kent dus zijn eigen stroomgebied of vanggebied als we aan de neerslag denken.

De afstroming van deze neerslag gaat gepaard met bodemerosie: De bodemdeeltjes worden door de regenval losgemaakt en door het afstromende water via rillen, geulen, beken en rivieren meegevoerd.

De hydrologische kringloop werkt daardoor dus op het aardoppervlak als een slijpsteen, die bergen en heuvels van aarde ontdoet. Dalen en beddingen worden benedenstrooms opgevuld en bij de uitstroming in zee wordt door bezinking van zand en slib nieuw land opgebouwd, vaak in de vorm van een rivierdelta.

#### Waterbalans continenten in cm/jaar

	Neerslag	Verdamping	Afvoer ("runoff")
Afrika	67	51	16
Azië	61	39	22
Australië	47	41	6
Europa	60	36	24
Noord Amerika	67	40	27
Zuid Amerika	135	86	49
Continenten	72	41	31
Oceanen	112	125	-13
Gehele aarde	100	100	0

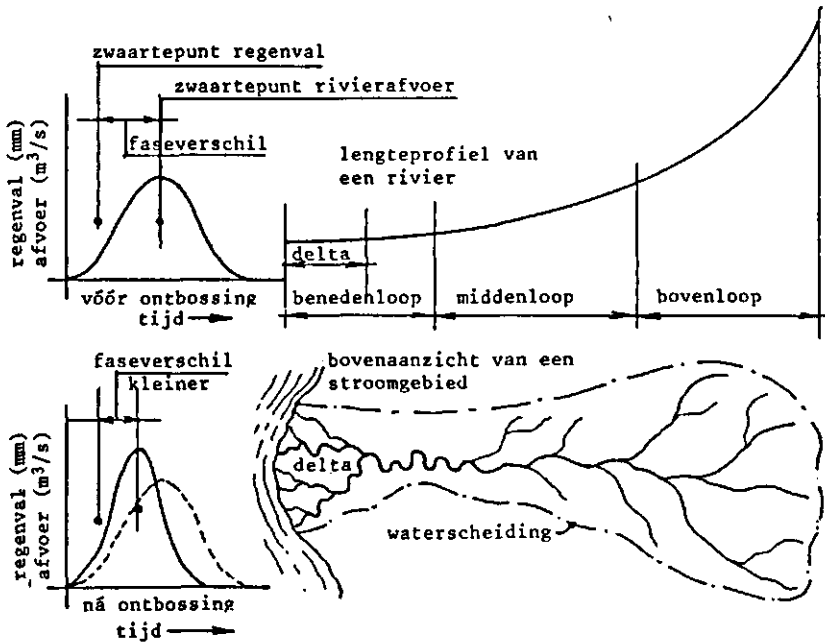
## Verdeling erosie over continenten

	stroomge- bieden in $10^6$ km <sup>2</sup>	afgevoerde erosievracht in $10^6$ ton/jaar	Bodem- verlies ton/km <sup>2</sup> /jaar	P.M. "runoff" cm/jaar
Afrika	20	550	28	16
Azië	27	16.170	600	22
Australië	5	230	45	6
Europa	9	330	35	24
Noord Amerika	21	1.990	96	27
Zuid Amerika	19	1.220	63	49
Continenten	101	10.490	203	31

Tussen de continenten bestaan er in hydrologisch en morfologisch opzicht grote verschillen, zoals is weergegeven in de tabellen van de waterbalans en de erosie ten gevolge van de afstroming. Wat opvalt is de grote droogte van Australië, (de woestijnen), de zeer zware neerslag in Zuid Amerika (regenwouden), de bijzonder grote erosie van Azië (de lössgebieden die zeer erosiegevoelig zijn) en de erosie in Noord Amerika (stroomgebied van de Mississippi met grootschalige landbouw).

*Het stroomgebied van een rivier*

Een stroomgebied is een natuurlijke eenheid; er is immers een zeer directe samenhang tussen het neerslagoverschot en de afvoer, terwijl ook de bodemerosie, de morfologie van de bedding



en de bodemvorming door sedimentatie stroomafwaarts gaande steeds afhankelijk zijn van alles wat er bovenstrooms plaatsvindt. Veranderingen in landgebruik in de bovenloop kunnen verder hun invloed doen gelden op het benedenstroomse gedeelte. De ontbossing van hellingen teneinde deze voor landbouw te bestemmen is daarvan een voorbeeld: Het gevolg is immers dat de neerslag eerder tot afstroming komt, dat de afvoerpiek niet alleen eerder beneden is maar ook hoger is en dat de erosie toeneemt, waarna de sedimentatie benedenstrooms soms problemen geeft.

Als b.v. Limburgse boeren in het stroomgebied van de Geul grasland scheuren om meer mais te kunnen verbouwen dan wordt daarmee een goede bodembedekker vervangen door een minder goede, waardoor het erosiegevaar toeneemt en er verder naar beneden problemen kunnen ontstaan door de sedimentatie van de getransporteerde lössgrond.

Analoge opmerkingen kunnen worden gemaakt t.a.v. de grote rivier de Ganges, die vanwege de ontbossing van de zuidelijke hellingen van de Himalaya veel erosiemateriaal transporteert via India en Bangladesh naar de Golf van Bengalen.

Uit deze voorbeelden blijkt dat er eveneens een samenhang bestaat tussen de sociale en economische gedragingen van de verschillende bevolkingsgroepen die het stroomgebied bewonen en het gedrag van een rivier. Deze samenhang is des te sterker naarmate het gebruik van bodem en water in het bovenstroomse gebied intensiever is. Men kan daar b.v. aan de rivier water onttrekken t.b.v. de landbouw of men kan het water verontreinigen door het te gebruiken voor een chemisch proces. Zo voelt Bangladesh zich bedreigd door de bouw van een stuwdam in de Ganges in India, waardoor de laagste afvoeren dermate kunnen worden beperkt dat in het mondingsgebied van de rivier in Bangladesh een tekort kan ontstaan voor landbouwkundig gebruik, voor de scheepvaart en voor het terugdringen van de zoutgrens. En over de gevolgen voor Nederland van de verontreiniging van het rivierwater door Rijnsoeverstaten hoef ik hier niet uit te weiden.

Een grensoverschrijdende rivier geeft altijd problemen, die vaak

in de loop der geschiedenis zijn ontstaan en door verdragen moeten worden opgelost. De verplichting van een vrije vaart ook in het benedenstroomse deel zou gepaard moeten gaan met verplichtingen t.a.v. kwantiteit en kwaliteit ook in de hoger gelegen delen van de rivier. Hier ligt, dunkt mij, nog een rijk arbeidsveld voor juristen van het internationale recht.

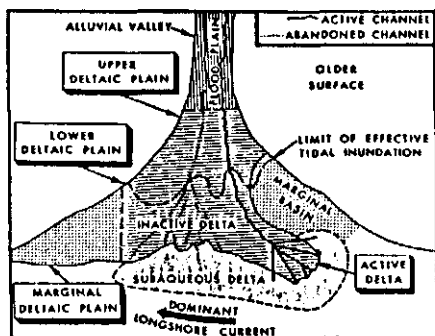
Analoge opmerkingen kunnen worden gemaakt ten aanzien van rivieren die als grens tussen twee soevereine staten fungeren. Thans echter ontbreekt de tijd daarop nader in te gaan.

We komen nu bij ons onderwerp: Het deltagebied. Het stroomgebied in zijn geheel en de rivier zelf is in velerlei opzicht verbonden met het werk van de waterbouwkundige. We willen hier volstaan met het slechts noemen van enkele onderwerpen die voor de landbouwkundig ingenieur van belang zijn en tot zijn taakgebied kunnen worden gerekend, als de geulbeteugeling, de bodem- en waterconservering, de drinkwatervoorziening van kleine woongemeenschappen en de irrigatie; alle onderwerpen die we kunnen rekenen te behoren tot de cultuurtechnische weg- en waterbouwkunde.

### *Deltagebieden*

Rivierdelta's behoren tot de rijkste en dichtstbevolkte gebieden ter wereld. De door de rivier aangevoerde erosieproducten komen hier tot bezinking, waarbij er vaak diepe en vruchtbare bodems zijn gevormd en nog steeds worden gevormd, waarop een rijke vegetatie groeit. Gronden die geschikt zijn voor het telen

van voedingsgewassen en dus voor bewoning, voor het in cultuur nemen. Doordat deze bodem niet steenachtig is en er nauwelijks hellingen voorkomen is de grondbewerking niet bijzonder inspannend en is het evenmin moeilijk om in een goede waterverdeling te voorzien. Als het stroomgebied van de rivier groot is en grotendeels nog met bos bedekt dan zijn de voorwaarden aanwezig voor een goed in de tijd gespreide rivierafvoer. Daardoor zijn de inundaties in de lagere delen van de delta goed te voorspellen en kan de cyclus van grondbewerking, zaaien en oogsten goed worden ingepast in de regelmaat van de seizoenen. Is daarentegen de ontbossing van het stroomgebied in de midden- en/of bovenloop van de rivier ver voortgeschreden dan zien we in het algemeen voor een delta, liggende in de tropen met een moessonklimaat, problemen ontstaan in de watervoorziening: De natte periode duurt te kort voor de tweede oogst.



Algemeen model van een rivierdelta.

De aanwezigheid van veel oppervlaktewateren in een delta maakt een rijke visvangst mogelijk. Ook opent het direct herkenbare perspectieven voor de scheepvaart en is er daardoor een gemak-

kelijke communicatie mogelijk, ook met de wereld over zee. Er ontwikkelen zich reeds vroeg in de geschiedenis havens en al de bedrijvigheid en handel die daarmee annex is.

Tegenover deze gunstige omstandigheden staan ook nadelen. We noemden reeds een paar maal de gevolgen van ontbossing in de bovenloop de daardoor periodiek optredende wateroverlast dan wel zoetwatertekorten in het deltagebied. Juist in die laatste periode dringt immers de zoutgrens op vanuit de zee.

Wat in dit verband zeker als nadeel moet worden genoemd is de kans op catastrofale overstromingen ten gevolge van stormvloed van zee, gepaard gaande aan hoge rivierafvoeren.

De door de rivier aangevoerde erosiestoffen, zand en slib, mogen dan gunstig zijn voor de bodemvorming aan de monding, er zijn ook omstandigheden waaronder zich geen vruchtbare kalkrijke bodems vormen, maar zure sulfaatgronden met een geringe vruchtbaarheid voor belangrijke voedingsgewassen, zoals b.v. rijst.

Verder komt het voor dat laaggelegen gebieden van een goede ontwatering worden beroofd doordat er langs de riviermondingen aan- en opwassen ontstaan die hoger liggen dan meer landinwaarts gelegen gronden. In het stagnerende water van de lagere gebieden vormen zich moerassen, veengebieden. Deze zijn vruchtbaar te maken door waterbeheersing, maar ze bieden ook kansen aan bepaalde ziekten, die aan water zijn gebonden, zoals malaria.

Bij dit alles vormt ook de drinkwatervoorziening nogal eens een

probleem. Een oplossing hiervoor is vaak gelegen in het slaan van (soms diepe) putten.

In deltagebieden vragen bouwwerken vaak een diepe en kostbare fundering omdat de draagkrachtige grondlaag diep ligt. Allerlei natuurlijke, maar ook kunstmatige waterlopen bevorderen weliswaar het scheepvaartverkeer, maar belemmeren tevens het landverkeer. De ontwikkeling komt eerst goed op gang als er dure bruggen en eventueel tunnels zijn gebouwd. Ook is wegeaanleg vaak kostbaar vanwege de zachte ondergrond.

### *Ontwikkelvragen I*

Over de vraag wat nu eigenlijk de kenmerken van een goede ontwikkeling (moeten) zijn is gedurende de laatste decennia zeer veel geschreven en gediscussieerd. De meningen daarover lopen nogal uiteen, waarbij op de achtergrond de vaak totaal verschillende politieke en ook levensbeschouwelijke inzichten van de participanten zichtbaar worden.

Het is nu niet de gelegenheid deze discussie voort te zetten. Maar als we spreken over delta-ontwikkeling voel ik wel de noodzaak mijn ideeën over ontwikkeling in het kort te vermelden. Veel van de hier vermelde beschouwing is ingegeven door het baanbrekende werk van DOOYEWEERD (3)(4).

Ontwikkeling is een ander woord voor historie: Het is het vormgeven aan de samenleving op normatieve wijze. Ontwikkelnormen zijn dus geen natuurwetten, maar cultuurnormen en ontwikkeling kan men beter geen groei noemen naar analogie met de natuurlijke groei, maar met het woord ontsluiting of ontplooiing



of zo u wilt: progressie aanduiden. Als men dat maar niet vertaald met het beladen woord "vooruitgang", want dat slaat bijna altijd eenzijdig op de economische kant van ontwikkeling. Met ontsluiting wordt dan bedoeld: Een differentiëringsproces waarbij de verschillende kanten van het maatschappelijk leven zich naar hun eigen aard ontplooiën in een op elkaar afgestemde wijze. Aspecten die aanvankelijk verstrengeld liggen in het familie- en stamverband maken zich daaruit los om zich elk op zijn eigen wijze in de samenleving in velerlei vorm en kleur te manifesteren. Taalvorming en sociale verbanden, economische ontwikkeling en het kunstzinnige leven, het juridische bestel en de morele- en geloofsaspecten met betrekking tot allerlei samenlevingsvormen krijgen een ontplooiingskans zonder dat het éne heerst over het andere. De sleutel tot het welslagen van een ontwikkelingsproces ligt in drie zaken: Het proces moet historisch gezien op de juiste tijd inzetten en de verschillende aspecten van deze ontwikkeling moeten harmonisch, d.w.z. goed op elkaar afgestemd, manifest worden. Een ontijdig opgedrongen ontwikkeling wordt niet begrepen en niet aanvaard, terwijl ook een disharmonie, waarbij het een het andere overvleugelt, vaak de oorzaak is van mislukkingen.

Laat ik een voorbeeld noemen: Een irrigatie- en/of drainagesysteem is vanwege economische overwegingen zodanig ontworpen en aangelegd dat de gekozen technische vormgeving alleen tot zijn recht kan komen als er een centrale bediening plaatsvindt die vanuit een daartoe opgerichte boerencoöperatie wordt geleid. Er treedt echter stagnatie op als deze vorm van samenwerking nog geen steun vindt in de sociale traditie. Of het mislukt omdat er door de centrale bedienaren misbruik van bevoegdheid wordt ge-

maakt omdat de onderlinge rechtsregels terzake nog niet zijn uitgekristalliseerd. Of de rechtsregels zijn goed beschreven, maar er is geen onafhankelijk toezicht op de naleving ervan.

Wat ik met dit voorbeeld wil zeggen is dat we geen technische vormgeving moeten nastreven die niet aansluit bij de bestaande traditie al moet het zeker ook een verdere ontwikkeling stimuleren. Voor het welslagen van de ontwikkeling stimulerende maatregelen is verder van beslissende invloed of deze een goede onderlinge afstemming hebben met betrekking tot alle facetten van het maatschappelijke leven. Sommige onderzoekers komen langs een wat andere weg tot dezelfde conclusie. De grote moeilijkheid in de praktijk is veelal een goede coördinatie van de ontwikkelingen op de verschillende terreinen.

Daarom moeten we nu ook de derde normatieve eigenschap van een ontwikkeling noemen, te weten het integratieproces. Integreeren is meer dan coördineren van uiteenlopende belangen; het is veeleer ook het doorbreken van grenzen in het bevorderen van het onderlinge verkeer tussen stammen en volken. Het is het herkennen van een gemeenschappelijke erfenis en taak, het leren spreken van dezelfde taal, het overgaan van het stamverband naar de vorming van een natie, het aanvaarden van verplichtingen en verantwoordelijkheden over en weer.

Weg- en waterbouwkundig laat zich dit vertalen in het stichten van maatschappelijke verbanden voor het aanleggen van wegen, het beheren van waterbeheersingswerken, het onderhouden van scheepvaartverbindingen, het stichten van zeehavens etc. Juist in een deltagebied krijgt het integratieproces goede mogelijkheden, veel meer dan in een berggebied waar de bevolking his-

torisch langer geïsoleerd blijft.

### *Weg- en waterbouwkundige werken*

Naast hetgeen zo juist is genoemd is de algemene functie van weg- en waterbouwkundige werken het bewerkstelligen van een nieuw en meestal tussen nauwere grenzen dan voorheen liggend dynamisch evenwicht in waterbeheersing. In het algemeen immers is een periodiek tekort aan water danwel een incidentele overlast bedreigend voor mens, dier en gewas en voor de wijze waarop ze van elkaar afhankelijk zijn. En wat hier over de kwantiteit is gezegd moet ook over de kwaliteit van het water worden opgemerkt, want die twee zijn meestal verstrengeld in het probleem aanwezig: Beschavingsontwikkeling en natuurbehoud zijn de twee brandpunten van het weg- en waterbouwkundige bedrijf naar zijn normzijde. Maar naar zijn subjectszijde, naar de wijze waarop wij technisch vorm geven aan de terzake te stellen eisen, wijken we van die norm nogal eens ver af. De oorzaak daarvan ligt vaak in onze eenzijdige interpretatie van beschavingsontwikkeling als economische groei.

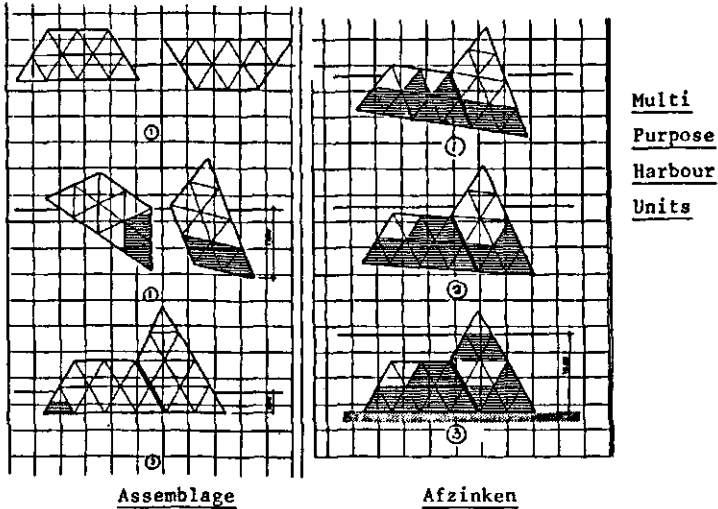
Dit laatste neemt echter niet weg dat het uiterst zinvol is en soms zelfs ontontkoombaar om bepaalde problemen op te lossen met behulp van de weg- en waterbouwkundige technieken. Ik spreek liever niet van technologieën want het gaat hier niet alleen om wetenschappelijke kennis omtrent de techniek, maar ook en vooral om de techniek zelf. En die heeft een veel langere traditie en is veel complexer en rijker dan de wetenschappelijke analyse ervan, die altijd fragmentarisch blijft en aspectgericht.

*Militaire en civieltechnische weg- en waterbouwkunde*

Als we nader specificeren zien we dat de weg- en waterbouwkunde vele heren kan dienen. Behalve de cultuurtechnische die zich vooral met de landbouw bezig houdt en dan in de breedste zin des woords, is er de civieltechnische weg- en waterbouwkunde en de militaire weg- en waterbouwkunde. Met deze laatste kwamen we gedurende de 2e wereldoorlog in aanraking. Toen was er de bouw van kazematten en de Hollandse waterlinie die de opmars van vijandelijke legers moest vertragen; verder de inspanningen van de bezetter in de z.g. Atlantic Wall om een invasie vanuit zee door de geallieerden te verhinderen, c.q. te vertragen en last but not least de aanleg van de invasiehavens aan de Normandische kust. Over het algemeen zijn we met deze taak van de weg- en waterbouwkunde weinig bekend, ook al omdat ze niet aan de weg timmert. Mijn eigen ervaring beperkt zich tot het aandragen van een ontwerp voor een multi-purpose-harbour-unit, waarmee men zodanig zou kunnen manoeuvreren dat er langs allerlei kusten golfbrekers en havenkaden mee kunnen worden aangelegd, die eventueel ook weer kunnen worden verwijderd. Het systeem is uiteraard ook voor vredesdoeleinden te gebruiken.

En wie herinnert zich niet de Bailey bruggen uit de 2e wereldoorlog die zo sterke analogie vertoonden met het Engelse speelgoedstelsel Meccano?

Vaak zien we voor het militaire bedrijf zoveel geld beschikbaar gesteld dat er ruimte ontstaat voor experimenten waarvan de resultaten dan weer vruchtbaar blijken te zijn voor burgerlijke doeleinden in vreedstijd. Dat spreekt vooral voor de uitvinding



**Assemblage**                      **Afzinken**

Driehoekige (niet geschetst) en trapeziumvormige pontons, met eenheidsmaat 12,20 m. Door vullen en ledigen van compartimenten zijn grotere eenheden samen te stellen en evt. af te zinken. Te gebruiken voor tijdelijke golfbrekers, dammen, steigers, transport- en opslagtanks.

van allerlei materialen met bijzondere eigenschappen, die b.v. in de geneeskunde toepassing vinden. Maar ook constructiesystemen kunnen hier worden genoemd. En dan kom ik weer terug op het gebruik van caissons voor het aanleggen van de invasiehavens. Uit diezelfde caissonvoorraad is geput voor het dichten van het sluitgat bij de droogmaking van Walcheren (5) en, in een gemoediceerde vorm, voor het dichten van het sluitgat van de

Braakman in Zeeuws Vlaanderen. Daaruit zijn de verdere ideeën gegroeid voor de doorlaatcaissons van het Veerse Gat, al moet hierbij worden aangetekend dat er ook voor de sluitgaten van de Afsluitdijk van de Zuiderzee reeds door ir. Booy een voorstel is gedaan om doorlaatcaissons te gebruiken in de vorm van drijvend aan te voeren en af te zinken uitwateringsluizen. Nieuw was de idee om doorlaatcaissons te gebruiken voor de Deltawerken dus niet.

En om nog even over de verbinding tussen het werk van de militaire- en de civiel ingenieur verder te spreken: Aan weinigen is bekend dat ook de alternatieve methode voor het sluiten van zeegaten, te weten met behulp van kabelbanen, mede aan het militaire bedrijf ontleend was. In de 2e wereldoorlog lag nl. een deel van de Britse vloot, naar men dacht, veilig voor anker in de baai van Scapa Flow in Schotland. Een vrij nauwe toegang met een onregelmatige rotsachtige bodem sloot de baai vrijwel af. Toch zag een Duitse U-bootkapitein kans om een opening voor een onderzeeër te vinden en niet alleen met zijn torpedo's een aantal schepen tot zinken te brengen maar zelfs om aanvankelijk nog langs dezelfde route onder water ook weer te ontsnappen. Om herhaling te voorkomen is daarna aan een aannemingsbedrijf dat in het bezit was van een kabelbaan, opgedragen deze kabelbaan over de nauwe toegang te installeren en met behulp van de loopkat met een te hijsen en vieren kantelbak de toegang goeddeels af te sluiten door middel van een stenen dam met slechts een nauwe opening. Ook toen zijn daarvoor reeds betonblokken gebruikt, naast breuksteen.

Voor de uiteindelijke vorm van de kabelbanen, gebruikt voor de

deltawerken, werd na studie en aan de hand van allerlei overwegingen gekozen voor een type baan met zelfaangedreven wagens. Dat was ontleend aan een nieuwe technische oplossing van het los- en laadprobleem voor schepen langs een zandige kust, een oplossing door de Franse firma Neyrpic ontwikkeld voor Marokko en aangepast aan de door de Deltadienst gestelde eisen. De verdere ontwikkeling is door de Rijkswaterstaat zelf verzorgd.

Op de achtergrond van deze studies en oplossingen speelde het probleem van de riskante funderingen voor de sluitkaden of sluitdammen vanwege de losgepakte zandlagen, een probleem dat ook voor de stormvloedkering in de Oosterschelde zo'n grote rol heeft gespeeld.

Ik heb het genoeg gehad zo'n 12 jaar zeer nauw betrokken te zijn geweest bij de ontwikkeling van deze afsluitingstechnieken. Veel is hierover reeds gepubliceerd, vooral op waterloopkundig gebied. Maar over allerlei details in de ontwerpen en over heel veel ervaringen in het werken met caissons en kabelbanen zijn ook voor vandaag nog van wezenlijk belang zijnde opmerkingen te maken.

Verder kan het van belang zijn om allerlei alternatieve ideeën die ook van buitenaf zijn aangedragen nog eens te tonen en te bespreken. Er is altijd veel belangstelling geweest, speciaal voor de afsluitingstechnieken en -methoden, ook van de kant van mensen die meeleeften, maar zelf niet in het vak zaten. En ook vanuit verwante vakkringen werden ideeën aangedragen, meestal ontleend aan constructies uit de eigen praktijk van dijkbouw, havenbouw, bruggen- en sluizenbouw, e.d. Daar waren soms heel interessante ideeën bij, maar vaak werd bij zo'n idee wel een belangrijk detail over het hoofd gezien.

Een achtergrondstudie en een evaluatie kan in feite alleen goed gelukken met medewerking van de mensen die erbij geweest zijn; veel aantekeningen zijn nimmer uitgewerkt omdat de tijd ontbrak in de hitte van de strijd. Het zou een daad van nuchter verstand zijn dat nu te doen, want over 10 jaar is het te laat.

Sprekend over de verbindingsdraden tussen de militaire en de civieltechnische weg- en waterbouwkunde zijn we terechtgekomen bij een detailonderwerp: De afsluitingstechniek voor riviermondingen en estuaria. Uiteraard is dit niet het eerste waar de civieltechnische weg- en waterbouwkunde zich mee bezighoudt als zij haar aandacht richt op deltagebieden.

De hoofdproblemen beginnen dan bij de afvoerhydrologie in relatie tot de invloeden van de zee in de vorm van getijden en stormvloed. Historisch gezien gaat de cultuurtechnische weg- en waterbouwkunde dààraan weer vooraf; historisch, maar in feite ook systematisch. Toch willen we dit onderwerp - de cultuurtechnische weg- en waterbouwkunde - nog even laten rusten teneinde eerst nog enkele hoofdonderwerpen van de civieltechnische weg- en waterbouwkunde in deltagebieden te memoreren. En daarbij willen we dan uitgaan van de Nederlandse bijdrage op dit gebied gedurende de jongste geschiedenis in de 20e eeuw.

### *Mathematisch-fysische grondslagen*

Toen de plannen voor de afsluiting van de Zuiderzee in hoofdlijnen bij wet waren vastgesteld werd in datzelfde jaar 1918 een Staatscommissie ingesteld om te onderzoeken in hoeverre als ge-



volg van deze afsluiting te verwachten was, dat tijdens storm hogere waterstanden en een grotere golfoploop dan tot die tijd het geval was, zouden voorkomen vóór de kust van het vasteland van Noordholland, Friesland en Groningen, alsmede vóór de daarvoor gelegen Noordzee-eilanden.

Van verschillende zijden was ongerustheid geuit m.b.t. de plannen juist aangaande de stormvloedstanden (6) en de Commissie moest blijkbaar met goed onderbouwde cijfers komen om die ongerustheid weg te nemen. Zij krijgt als voorzitter LORENTZ, buitengewoon hoogleraar aan de Rijks Universiteit te Leiden, een fysicus met een wereldnaam en toen reeds 65 jaar. Bij de leden treffen we vanaf 1919 ook THIJSSSE aan, de latere initiator en eerste directeur van het Waterloopkundig Laboratorium, maar toen nog tijdelijk ingenieur. De Commissie brengt aan de Directie van de Zuiderzeewerken haar dank uit, o.a. aan "de heer ir. J.P. MAZURE, voor de moeite die deze zich bij langwijlige berekeningen voor haar getroost heeft" (7). Het onderwerp heeft MAZURE blijkbaar zo geboeid dat hij er in 1937 op promoveert (8), bij BURGERS, aan de Technische Hogeschool te Delft. Ik kom daarop straks terug. De Commissie Lorentz volgt drie berekeningswijzen, voortbouwend op de toenmalige stand van de wetenschap, aangevuld met het werk dat reeds eerder door sommige commissieleden (GALLÉ en LELY) was verricht. Maar overheersend is toch wel de door LORENTZ zelf aangedragen bijdrage, de toepassing van de harmonische analyse op het tot een lineair netwerk geschematiseerde model van geulen met de ondiepten en platen als kombergingsgebieden. De door de Commissie berekende voorspellingen blijken na het tot stand komen van de afsluitdijk met een grote mate van nauwkeurigheid in overeen-

stemming te zijn met de toen verrichte waarnemingen. Vermeldenswaard is voorts dat de Commissie zich de vraag stelt "of in plaats van de getijdeberekeningen niet beter metingen in een model van de Zuiderzee kunnen worden uitgevoerd". "Het denkbeeld is ernstig overwogen, maar het bleek dat de kleine schaal, waarop men zou moeten werken, zó grote bezwaren met zich bracht, dat er van moest worden afgezien". Het tijdperk van de fysische modellen waardoor het Waterloopkundig Laboratorium groot zou worden en waartoe THIJSSSE de animator en uitvoerder is geweest, moest nog aanbreken.

MAZURE (8) voegt aan de methode LORENTZ de berekening van de invloed van de rivierafvoer toe. Daardoor wordt ook het deltag gebied van de benedenrivieren in het Zuid-westen van ons land toegankelijk voor een nadere analyse van de invloed van stormvloeden, gepaard gaande met hoge rivierafvoeren. Een paar jaar later, in 1939, promoveert DRONKERS in Leiden (9). Hij heeft een werkkring bij de Studiedienst van de directie Benedenrivieren van de Rijkswaterstaat en verwerkt in zijn dissertatie de kritiek op MAZURE in enkele stellingen, waarbij en waarna hij details geeft van een eigen methode, in de wandeling de exacte methode genaamd.

Inmiddels was er nog een andere suggestie gedaan met betrekking tot het onderhavige probleem. VAN VEEN, benoemd tot hoofd van bovengenoemde studiedienst, had de analogie gezien tussen de stromingsverschijnselen van water en die van electriciteit en hij stelde in het weekblad "De Ingenieur" in feite een analoge computer voor, bestaande uit geleiders, condensato-

ren en weerstanden (10). Evenals MAZURE als voorbeeld een deel van de Lek als proefvak voor zijn beschouwingen en berekeningen had gekozen, liet VAN VEEN een electrisch model van dit riviervak bouwen. Later is dit uitgegroeid tot het grote electrische analogon van de benedenrivieren, dat ons bij alle afsluitingsontwerpen en zelfs van dag tot dag bij de sluitingsoperaties zelf heeft begeleid.

Maar in de beginjaren van de 2e wereldoorlog was dit nog niet gerealiseerd. Elke berekening van het getij op de benedenrivieren, tezamen met een bepaalde afvoer en een aangenomen stormvloed, werd door een groepje van mensen doorgerekend op electrische tafelrekenmachines die slechts de elementaire bewerkingen konden uitvoeren en vrijwel geen geheugen bezaten. Zoiets vergde dagen van rekenwerk, waarbij de methode MAZURE werd toegepast met de methode DRONKERS als contrôle. Ik kan u verzekeren dat wij ons toen inderdaad "veel moeite voor deze langwijlige berekeningen hebben getroost".

Inmiddels had WEMELSFELDER de statistische beschouwingwijze toegepast op de stormvloedbestanden langs onze kust (11). Deze publikatie verergerde de ongerustheid bij VAN VEEN met betrekking tot de kans op een op handen zijnde catastrofe. De studiedienst verrichtte nl. ook een uitgebreide inspectie van de dijkhoogten langs onze benedenrivieren en zeearmen en daaruit bleek, tezamen met de berekeningen en de statistische beschouwingwijze, dat op verscheidene plaatsen overstroming van de dijkskruin zou plaats vinden bij een stormvloed die eens per 300 jaar kon voorkomen.

Dan was er ook nog de vanuit zee opdringende zoutgrens als een symptoom van de bodemdaling. Redenen genoeg om plannen

te ontwerpen om verschillende eilanden samen te voegen met behulp van dammen, zodat een stormvloed minder ver landinwaarts kon dringen en de zoutgrens door de rivierafvoer weer verder naar de kust zou worden verplaatst. De resterende primair kerende dijken konden dan verder zodanig worden verhoogd dat de kans op overstroming sterk zou worden verminderd.

Zo ontstonden de drie-, vier- en vijf-eilandenplannen, die vanwege de ernst van de toestand door VAN VEEN met grote klem onder de aandacht van de beleidsmakers werden gebracht. Maar er werd niet positief op gereageerd; integendeel, VAN VEEN kreeg tegenwind. Dat verbitterde hem, ik weet dat uit de persoonlijke gesprekken met hem. Maar de wetenschappelijke basis voor het deltaplan was gelegd en er lag tevens een geweldige rijkdom aan gegevens uit de veldwaarnemingen klaar toen deze nodig waren om reeds kort na de stormvloed van 1953 te worden ingezet en toegepast.

Het vervolgverhaal toont een versnelde groei en bloei van mathematische modellen voor de berekening van de waterbeweging in deltagebieden. DRONKERS geeft daarvan een overzicht in 1964 (12).

Lange tijd bleven de berekeningen echter zeer tijdrovend. Fysische stromingsmodellen, zoals getijdemodellen van de zeearmen in Zuid Holland en Zeeland, boden een goed alternatief. Maar toen eenmaal de elektronische computer ook op dit gebied zijn toepassing had gevonden breidden de mogelijkheden voor het in korte tijd doorrekenen van allerlei variantoplossingen zich enorm uit. De ééndimensionale modellen voor de stroming in een netwerk werden uitgebreid met de mogelijkheid ook het zandtransport in de berekeningen mee te nemen (b.v. in het programma

NET-FLOW). Dan wordt ook van de twee-dimensionale horizontale stroming een programma ontwikkeld, waarin mede het zand- en slibtransport kan worden bepaald (WAQUA-programma; WA = water, QUA = kwaliteit; deze termen kunnen ook afzonderlijk worden ingevoerd). Veel werk voor deze ontwikkelingen werd en wordt verricht door de Rijkswaterstaat en het Waterloopkundig Laboratorium tezamen en het is uiteraard niet zo dat er bij deze nieuwe ontwikkelingen geen kinderziektes zouden voorkomen. Vooral het ijken kan problemen opleveren, omdat in een uitgestrekt deltagebied in feite overal gelijktijdig waarnemingen moeten worden gedaan en de meetapparatuur of de middelen in het algemeen daartoe soms niet geheel toereikend zijn.

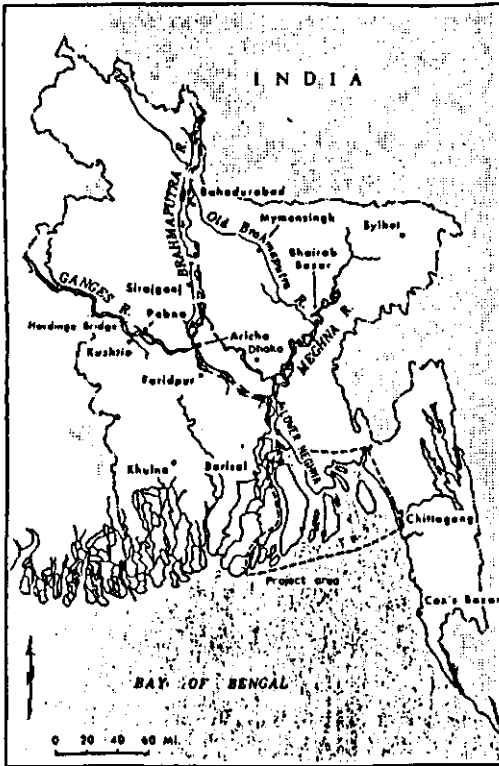
Het vorenstaande moge voldoende duidelijk hebben gemaakt dat het ontwikkelen van nieuwe methoden en technieken altijd strijd, moeite en tijd kost, dat is inherent aan de geschiedenis. Er zijn nu dus gereedschappen gemaakt die langzamerhand de noodzaak van fysische modellen in vele gevallen heeft verdrongen en vervangen door het gebruik van mathematische modellen. Ogen-schijnlijk is de kennis daarvan en zijn de programma's daarvoor gemakkelijk overdraagbaar naar instellingen in de derde wereld. Toch kan dit niet altijd direct, want er is de basis van een traditie nodig om het gereedschap ook met vrucht te kunnen gebruiken.

### *Totaalplannen*

De hydrologie van een deltagebied heeft dus een stevige basis gekregen voor het opzetten van een algemeen verbeteringsplan. Zo'n grootschalig plan is in bepaalde gevallen nodig, maar in an-

dere gevallen niet geoorloofd omdat het historisch gezien te vroeg komt: De tijd is er dan nog niet rijp voor. Ik kom daar straks op terug.

Er zijn een aantal zaken in een deltagebied die op meer dan lokale of regionale schaal aandacht vragen om te worden verbeterd of min of meer in hun ontwikkeling te worden bepaald. Enkele voorbeelden: De morfologische toestand van zo'n gebied is aan voortdurende verandering onderhevig en men zal altijd beginnen om te trachten de oorzaak, de tendens en zo mogelijk de grootte van deze morfologische processen te doorzien. Daarvoor is altijd een studie van de gehele rivier en van het totale stroomgebied nodig. Omdat er, zoals ik eerder opmerkte, gemakkelijk conflicten zijn tussen landen die een grens overschrijdende rivier gemeenschappelijk hebben, is het vooral voor de lager gelegen landen vaak moeilijk om de juiste gegevens te verkrijgen, b.v. met betrekking tot bodemerosie, vaak door menselijk toedoen ontstaan of versterkt, of met betrekking tot de lozing van afvalstoffen. Die landen hebben dan wel elk een probleem, maar ze hebben in de eerste plaats een gemeenschappelijk probleem. En dat behoort door overleg te worden bestudeerd en zo veel mogelijk opgelost, waarbij politieke verschillen voor zover ze in feite niet zo relevant zijn voor het probleem, geen overheersende invloed mogen hebben. Dat betekent dus dat in zo'n geval een commissie van deskundigen wordt benoemd met een welomschreven opdracht waaruit de politieke elementen zo veel mogelijk zijn geweerd. Ik denk hierbij b.v. aan Rijn-commissies, aan het Mekong-secretariaat en aan het overleg tussen India en Bangladesh m.b.t. de Ganges.



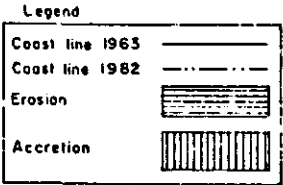
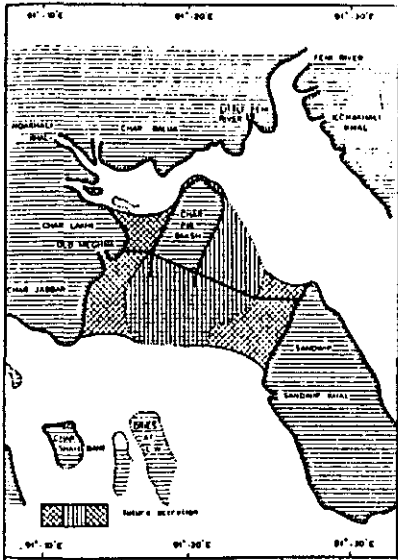
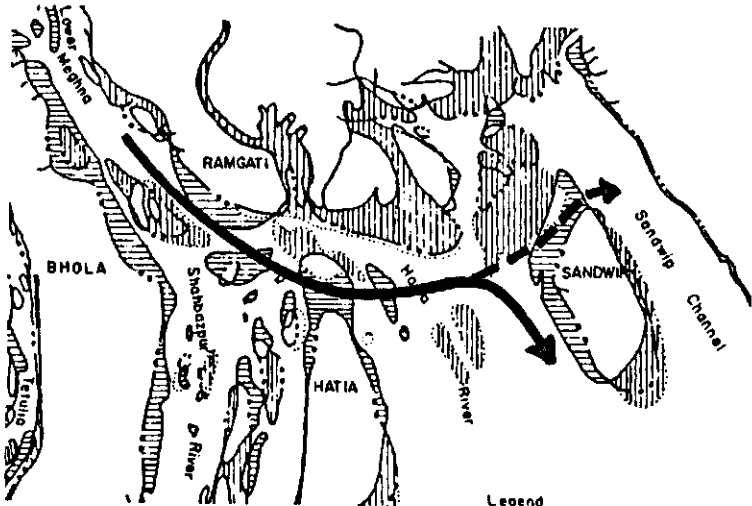
Kaart van Bangladesh, delta van de Ganges, de Brahmaputra en de Meghna.

Een ander voorbeeld van een algemeen probleem in een delta-gebied dat op een historisch bepaald moment om een oplossing vraagt is dat van de keuze van de hoofdmonding van de rivier. Deze verplaatst zich soms onder invloed van de getijstroming langs de kust. Ook door andere natuurlijke oorzaken kunnen bepaalde riviertakken verzanden, terwijl andere in belangrijkheid

toenemen. Dit kan tot gevolg hebben dat een vroeger belangrijke haven tot verval komt b.v. omdat het baggerwerk de ontwikkeling van de scheepvaart niet kan bijhouden. Dan moet, vaak tegen gevestigde belangen in, het roer worden omgelegd en dat kan alleen op nationale schaal aan de hand van een planning die steun vindt in een betrouwbaar model. De Nederlandse geschiedenis kent zulke voorbeelden, de Rotterdamse Waterweg b.v. Een voorbeeld uit de huidige tijd is de uitmonding van de Ganges en de Brahmaputra via de Lower Meghna in de Golf van Bengalen. In feite is Bangladesh één groot deltagebied, waarvan het oostelijk deel nog onophoudelijk in beweging is. Nog niet zo lang geleden liep de uitmonding van deze rivieren via Sandwip Channel, dus langs Chittagong. Hatia River was van geringere importantie. Maar dat is in de loop van de laatste tientallen jaren veranderd: De hoofdgeul is nu Hatia River geworden en een oude vrijwel verzande geul is afgedamd.

Sindsdien is Sandwip Channel een estuarium, voornamelijk gevoed vanuit de Golf van Bengalen. Nu is er een faseverschil tussen de getijden in Sandwip Channel en Hatia River, met als gevolg een dwarsstroming door de geul vlak ten noorden van Sandwip. En dit heeft weer tot gevolg dat deze noordoever aan zeer sterke erosie onderhevig is; hij gaat enkele honderden meters per jaar achteruit, waardoor de reeds eeuwen in cultuur gebracht landbouwgrond met nederzettingen en dorpen in snel tempo verloren gaat: Jaarlijks treedt een verlies op van 250 ha goede landbouwgrond terwijl zo'n 3000 mensen worden verdreven; het is gewoon aangrijpend om dit aan te zien. Weliswaar wast er op andere plaatsen in de delta door sedimentatie ook veel nieuw land aan, maar het duurt uiteraard enkele jaren eer dit rijp is en voldoende





Door een verbindingsdam tussen het eiland Sandwip en het vasteland wordt de erosie van Sandwip gestopt, worden Sandwip Channel en Hatia River van elkaar gescheiden, wordt de linker rivieroever vastgelegd en wordt door aan- en opwassen veel nieuw landbouwgrond verkregen.

CROSS-DAM AND AREA WITH ACCRETION

de ontzilt.

Het is eigenlijk al snel duidelijk wat hier gebeuren moet: De nieuwe hoofdgeul waarmee deze immense rivieren vnl. via Hatia River naar de Golf van Bengalen afstromen moet niet alleen worden geaccepteerd (hoe kan het ook anders) maar ook geconsolideerd. Dat betekent dus het dichten van het "lek" tussen Hatia River en Sandwip Channel en het vastleggen van de linker riviéroever door een dam vanaf het vasteland door de geulen over de platen en aansluitend op Sandwip. Het regiem van de riviermonding wordt dan gescheiden van het oostelijk gelegen estuarium waaraan de haven Chittagong is gelegen en waarop dan alleen nog de Feni River uitmondt.

Aldus liggen thans deze plannen als voorstellen ter tafel. De aanleg van deze "Crossdam" heeft op de toegankelijkheid van Chittagong geen direct aantoonbare invloed. Wel zal de morfologische ontwikkeling blijvend moeten worden gevolgd. Wat wel voorspelbaar is, is een snelle aanwas en opwas van nieuw land ter weerszijden van de aan te leggen dam en ook op nog enkele andere plaatsen. Tezamen met ook nu al groeiende aanwassen komt daar dan binnen enkele decennia naar globale berekening 36 000 ha landbouwgrond beschikbaar. Dat kan een rijke belofte inhouden voor het groeiende leger van landloze boeren en het is te hopen dat de eis van Nederland om er dan ook déze bestemming aan te geven kan worden gehandhaafd. Op te merken valt dat deze eis geheel strookt met de officiële Bengaalse politiek. In elk geval geeft de daar in de nabijheid liggende proefpolder, waaraan jaren is gewerkt, de voorsprong van de ervaring op cultuurtechnisch gebied, maar ook in sociaal en economisch opzicht.

Met deze laatste opmerkingen zijn we op het terrein gekomen van de cultuurtechnische weg- en waterbouwkunde. Daarover dan ook verder nog een enkel woord.

### *Cultuurtechnische weg- en waterbouwkunde I*

Een globale typering van cultuurtechnische weg- en waterbouwkunde zou kunnen zijn dat zij in dienst staat van de rurale ontwikkeling, de plattelandsontwikkeling. Zij bemoeit zich b.v. met landbouwwegen of nog wat ruimer: met plattelandswegen, terwijl de civieltechnische weg- en waterbouwkunde haar aandacht meer richt op het hoofdwegennet. De cultuurtechnische weg- en waterbouwkunde staat in dienst van de polderinrichting en zal dus dienstig zijn voor het aanleggen van b.v. polderdijken, terwijl de civiel-technische waterbouwkunde zich richt op rivier- en zeedijken. Het is niet mijn bedoeling deze opsomming voort te zetten, men komt dan ook in overgangsgebieden. Het is ook niet alleen een kwestie van de schaal waarop de werken voorkomen, al speelt dat wel een rol. Het eigenlijke verschil in taak is nog het beste getypeerd door te stellen: De cultuurtechnische weg- en waterbouwkunde ligt aan het begin van de ontwikkeling, terwijl de civiel-technische weg- en waterbouwkunde in de ontwikkeling later komt, historisch gezien dus volgt. Daarna lopen ze min of meer parallel en dan begint ook de schaal van werken een rol te spelen. De eerste staat meer in dienst van de rurale ontwikkeling, de tweede van de urbane ontwikkeling en de industrialisatie. De militaire weg- en waterbouwkunde is, historisch gezien, helaas altijd aanwezig geweest.

Men kan dit illustreren aan onze eigen geschiedenis. Ik moge

hiervoor b.v. verwijzen naar de dissertatie en de verdere publicaties van BAARS (13)(14) over de Nederlandse waterbouwkundige ontwikkeling in de 17e eeuw.

Ook ben ik van gevoelen dat een nog verder teruggaan in de historie van de cultuurtechnische waterbouwkunde bijzonder leerrijk zal zijn voor ons begrip van ontwikkeling. Elk land, elk volk, elke cultuur heeft zo zijn eigen beschavingsontwikkeling, anders zouden we immers niet kunnen onderscheiden tussen verschillende culturen. Maar er zijn ook gemeenschappelijke trekken, want anders zou er van beschaving, cultuur, geschiedenis, als zodanig geen sprake zijn.

Als we zien dat de cultuurtechnische weg- en waterbouwkunde historisch eerder begint dan de civiel-technische weg- en waterbouwkunde dan zou men daaruit kunnen afleiden dat het inbrengen van moderne, voldragen civiel-technische werken in de beschavingsgeschiedenis van een ontwikkelingsland ontijdig kan plaats vinden en derhalve dan ook onjuist kan zijn. Die conclusie lijkt mij in zijn algemeenheid terecht, al zijn er wel degelijk uitzonderingen. Een ontwikkeling moet per slot van rekening herkenbaar zijn en daarmee ook aanvaardbaar door het volk en de samenleving die ze ondervindt. Men kan de geschiedenis wel in een soort stroomversnelling brengen, maar men kan niet zo maar een traject overslaan.

De uitzonderingen liggen naar mijn gevoelen altijd daar waar men een catastrofale ontwikkeling van zijn dreiging verlost. Voor wat de weg-en waterbouw aangaat betreft het dan al gauw werken die van natuurlijke processen de extreme en catastrofale kanten afsnijden. Dan gaat het dus over schrikbarende overstromingen of over perioden van grote droogte; beide zijn vaak oor-

zaak van veel menselijk leed en met waterbouwkundige maatregelen kan men daar wat tegenover stellen, moet men daar wat tegen ondernemen. B.v. door met behulp van "flood control" de pieken in de rivierafvoer af te snijden (dat is dus civieltechnische waterbouwkunde), door herbebossing en erosiebestrijding in de bovenloop (dat is ten dele cultuurtechnische waterbouwkunde) en door het achter dammen verzamelde water in het droge jaargetijde voor irrigatie te gebruiken (dat is weer cultuurtechnische waterbouwkunde). Treffen we dezelfde catastrofale toestanden van overstromingen en droogtes aan in een delta-gebied dan zijn eveneens waterbouwkundige maatregelen mogelijk om ze te bestrijden. Maar zelfs in al deze gevallen is een geïntegreerde aanpak nodig en is het motief van economische groei alleen niet voldoende.

### *Ontwikkelingsvragen II*

Ik pleit er dus voor om bij ontwikkelingssamenwerking de continuïteit in de beschavingsgeschiedenis van het volk waarvoor men zich dienstbaar stelt te respecteren. Dat betekent in de eerste plaats dat men zich in die geschiedenis verdiept, dat men van binnenuit ook door eigen aanschouwing en studie, zich een idee vormt over de cultuur die zo'n samenleving vorm geeft.

Dit houdt overigens niet in, dat men de vorm waarin die samenleving zich manifesteert ook in alle opzichten positief moet waarderen, laat staan ze met een zekere romantiek moet vereren. Men treft dat nog steeds aan; dan worden de samenlevingsvormen die men elders aantreft wat geïdealiseerd en vergeleken met eigen falen in onze westerse maatschappij. Zo iets levert altijd een

scheef beeld op en een dergelijk motief verliest vaak na korte tijd zijn kracht; het fungeert als modebeeld en de glans gaat er spoedig af. Als men iets voor een samenleving wil betekenen moet men van mensen houden, dat vind ik heel centraal staan. Maar dat betekent niet dat men die samenleving kritiekloos aanvaardt.

Verder spreek ik hier over de structuur van ontwikkeling en niet over haar doelstelling. Er is nog al eens de misvatting dat men de structuur uit de doelstelling kan afleiden; mij lijkt dat onjuist en op zijn minst verwarrend. Wel wordt het doel van de Nederlandse ontwikkelingsamenwerking - bestrijding van structurele armoede - het beste gediend door te handelen overeenkomstig structurele normen voor ontwikkeling, speciaal de eerder genoemde norm van een harmonische afstemming tussen de verschillende aspecten van een ontwikkeling.

### *Cultuurtechnische weg- en waterbouwkunde II*

Keren we terug tot ons onderwerp, de cultuurtechnische weg- en waterbouwkunde, dan moet in de eerste plaats worden opgemerkt dat de ontwikkeling altijd plaats vindt van lokale, via regionale naar nationale maatregelen voor waterbeheersing en verkeersverbindingen en voor het beheer van de werken die daartoe dienen. Dit in tegenstelling tot de civieltechnische weg- en waterbouwkunde, die van groot naar klein werkt, van het algemene naar het bijzondere, van het nationale, via het regionale naar het lokale. Dit laatste hangt samen met de traditie die van oorsprong mede geworteld is in het militaire bedrijf; de waterstaatsorganisatie is dan ook hiërarchisch geordend. Vandaar dat door som-

migen in dit kader allerlei lokale waterbouwkundige en waterstaatkundige maatregelen ervaren en verklaard worden als afgeleiden van het centrale systeem. Dat kan wel eens een onjuiste benadering blijken te zijn omdat het plaatselijk meer verstoort dan dat het goed doet. Ten eerste omdat het lokaal niet wordt begrepen en aanvaard, maar ook omdat de aard van de rurale problemen een centrale aanpak meestal niet rechtvaardigt. Zij verschillen te zeer van streek tot streek en verdragen geen uniforme oplossing.

Nu kan het ook juist wél uit de aard van het probleem volgen dat er centrale bindende regels zijn. Een voorbeeld daarvan is onze kustverdediging. Ik schetste u zojuist de beginfase van de mathematische benadering van het stormvloed- en afvoerprobleem in modellen die voor onze kustverdediging grondlegend zijn. Dat is een gemeenschappelijk probleem van algemene aard en het vereist dan ook een centrale aanpak wat normstelling en contrôle aangaat. Het probleem is bovendien boven de lokale mogelijkheden en belangen uitgegroeid. Een analoog geval noemde ik u in Bangladesh: Het consolideren van de rivierloop vanwege de catastrofale aantasting van een bewoond en vruchtbaar eiland met als gunstig effect van de maatregelen dat na verloop van tijd op uitgebreide schaal voor landbouw geschikte gronden worden gevormd ten behoeve van landloze boeren. Het mes snijdt hier naar alle kanten.

In Nederland heeft die centrale aandacht een plaats gekregen sinds ca. 1800, toen Waterstaat vorm en gestalte kreeg. Jan Blanken, over wie dezer dagen een tentoonstelling is ingericht in het Rijksmuseum, was van die ontwikkeling een duidelijke re-

presentant. Hij kwam uit het milieu van ambachtslieden, maakt carrière als genie-officier, was actief in de Franse tijd en groeit dan uit tot een van de eerste grote mannen van Waterstaat.

Naast die centrale aandacht en aanpak voor en van waterstaatkundige problemen is in Nederland altijd het lokale en regionale werk blijven bestaan bij gemeentelijke en provinciale waterstaatsdiensten en vooral bij de Waterschappen. Daar overlappen civiel-technische en cultuurtechnische waterbouwkunde elkaar voor een zeker deel. Na de uitvoerige aandacht die ik aan een bepaalde episode uit de geschiedenis van de Rijkswaterstaat heb geschonken zou het passend zijn het zoeklicht langdurig te richten op allerlei facetten van de lokale en regionale zorg voor de waterstaatkundige en ook waterhuishoudkundige toestand. Wij zouden dan stil moeten staan bij de details van dat fijnmazige borduurwerk, dat zo bepalend is voor ons landschapsbeeld, vooral in het lage deel van ons land. Wij zouden dan ook onze aandacht eens moeten richten op de kwetsbaarheid ervan vanuit een oogpunt van milieu en milieubeheer en op de aanpassingen daaraan in beheers- en bestuurlijk opzicht die dientengevolge nodig zijn gebleken. Naarmate men daarvan meer kennis neemt komt men dieper onder de indruk. Er verschijnen de laatste jaren meer en meer boeken en andere publikaties die voor het werk van b.v. één bepaald waterschap aandacht vragen door in de archieven te duiken en aan de hand van zo'n voorbeeld de historische wortels en groei van ons waterstaatkundig bestel voor een breed publiek aan het daglicht te brengen. Ik juich dat zeer toe, want ik weet uit ervaring dat die geschiedenis voor vele mensen die meer centraal met de waterbouwkundige vragen bezig zijn, vrijwel een

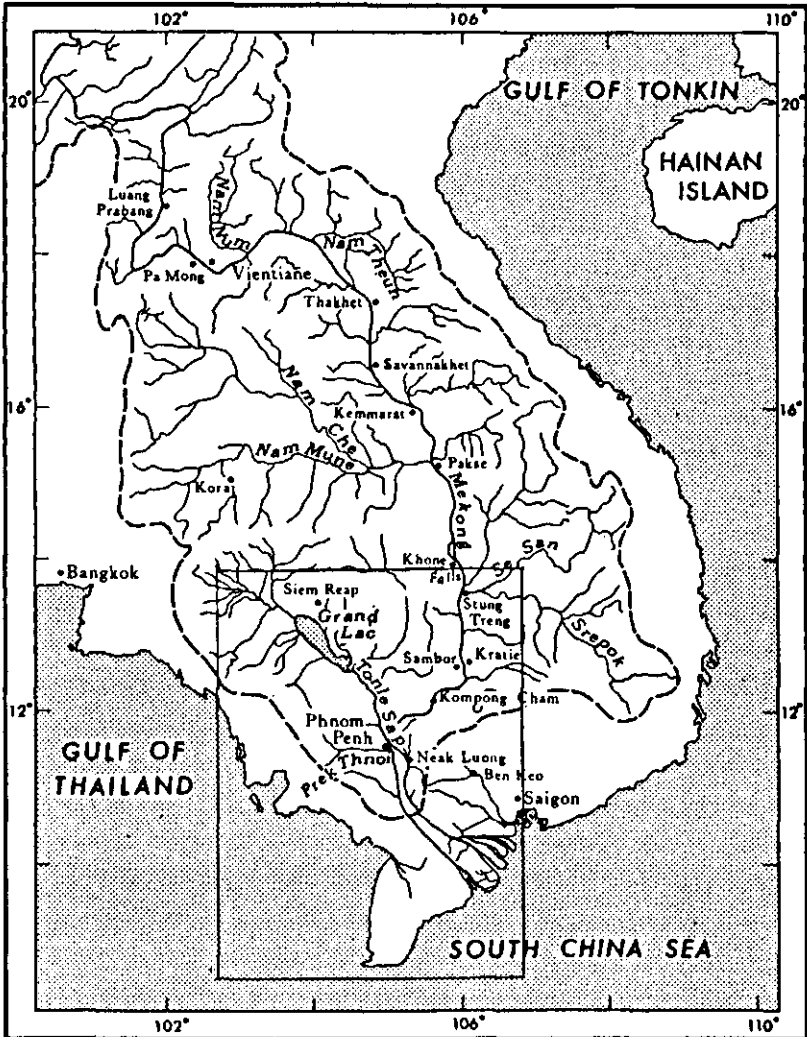


gesloten boek is. Toch vindt men daar, in die geschiedenis, de basis voor wat ik zojuist de cultuurtechnische waterbouw heb genoemd. Een paar van zulke publikaties zou eigenlijk verplichte lectuur moeten zijn voor elke wetenschapper die zich bemoeit met waterbouwkundige problemen in ontwikkelingslanden.

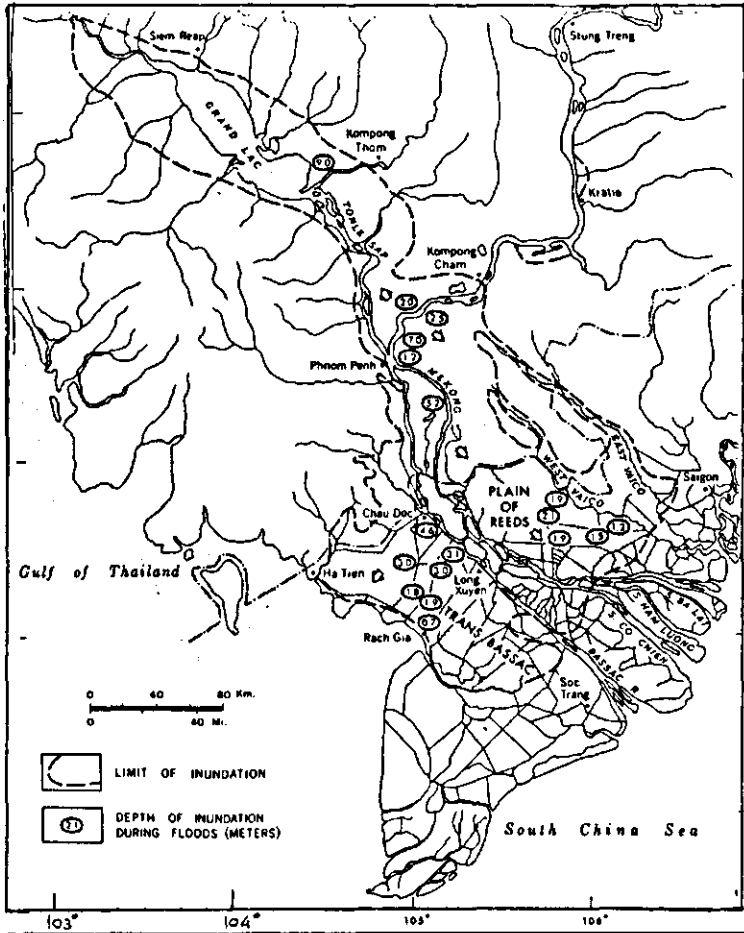
Met deze opmerking ben ik meteen bij het laatste deel van mijn betoog. De tijd ontbreekt ons immers om op die eigen geschiedenis zodanig in te gaan dat de zojuist gemaakte opmerkingen reliëf krijgen. Want we willen voor de betekenis van de cultuurtechnische weg- en waterbouwkunde in deltagebieden van ontwikkelingslanden nog wat meer aandacht vragen. We hebben dat even gedaan toen we gelet hebben op de situatie in Bangladesh, waar op dit waterbouwkundige gebied een situatie kan worden verwacht die vergelijkbaar is met de inrichting van de IJsselmeerpolders. Veel vaker echter treft men in een ontwikkelingsland een reeds historisch gegroeide situatie aan, waar mensen soms al eeuwen lang een rurale traditie hebben opgebouwd, waarbij een bepaald landgebruik en een zekere vorm van waterbeheersing passen in het totale levenspatroon van zulk een samenleving. Je kunt als iemand wiens medewerking wordt gevraagd dan uiteraard niet met een schone lei beginnen, maar je moet aansluiten bij het bestaande. Want dat bestaande heeft zijn reden, zijn achtergrond, zijn geschiedenis.

#### *Een voorbeeld van cultuurtechnische weg- en waterbouwkundige problemen*

Staat u mij toe nogmaals een voorbeeld te kiezen uit eigen ervaring, nl. de delta van de Mekong rivier, gelegen in het zuiden



Groot deel stroomgebied Mekong.



De "Grand-Lac" heeft een afvlakkend effect op de inundaties in de delta.

van Vietnam. Sinds 1978 heeft onze Landbouwuniversiteit een contract met de Landbouwuniversiteit te Can Tho, een stad die centraal in die delta is gelegen. Het contract is ingebracht in een ruimere universitaire samenwerking tussen beide landen.

Nu is de samenwerking ginds tussen het wetenschappelijke onderwijs en de plattelandsbevolking vrij direct en nauwer dan wij hier gewend zijn. Dientengevolge leert men het platteland ook wat nader kennen dan anders het geval zou zijn.

De delta heeft een oppervlakte van ca.  $4 \cdot 10^6$  ha, waarvan 50% bestaat uit zure sulfaatgronden en potentiële zure sulfaatgronden, in het Nederlands ook wel katekleien genaamd. De aanvoer van sediment is zodanig dat de kust jaarlijks groeit met zo'n 100 m; deze snelle groei zorgt ervoor dat de vorming van katekleien aan de kust nu niet meer plaats vindt.

De delta heeft een moessonklimaat en is goeddeels nog onbedijkt. Langs bepaalde delen van de riviermondingen en de zee kust komen dijken ter bescherming wel voor, maar deze zijn relatief laag, want de opwaaiing is over het algemeen niet zo hoog; de kustvorm geeft daar nl. geen aanleiding toe. Ook zijn er verder naar binnen hier en daar delen van het land van een lage omringkade voorzien, waarbij kleine gemalen en sluizen worden toegepast om de waterstand te beheersen. Dat zijn dus polders geworden.

Het belangrijkste gewas is rijst, het hoofdvolkvoedsel. Meestal zijn er twee oogsten, een traditionele rijstsoort en een H(igh) Y(ielding)V(ariety). Ook andere gewassen als soya, cassave, etc. komen veel voor. De boerderijen zijn 1 à  $1\frac{1}{2}$  ha groot, het land is meest particulier bezit, de families zijn groot, de bevol-

king groeit met 2,6% per jaar, cultuur en religie zijn Boeddhistisch, de regering is sinds 1975 Marxistisch, er zijn daarna ook grote staatsboerderijen ingericht, gelegen in onontgonnen gebieden met zure sulfaatgronden.

Er is een chronisch tekort aan rijst vanwege de groeiende bevolking. Het doel van ons onderzoek is steun te geven aan de pogingen om de zure sulfaatgronden te verbeteren en geschikt te maken voor hogere opbrengsten. Die steun bestaat vrijwel uitsluitend in kennisoverdracht met betrekking tot de researchresultaten en researchmethoden die hier aan de Landbouwniversiteit bekend zijn. Daartoe zijn er opleidingen, stages en colleges verzorgd en is er een bodemkundig op zure gronden onderzoek gespecialiseerd laboratorium en een proefpolder tje ingericht. Na een selectie van delen die voor verbetering in aanmerking komen (kartering) wordt deze verbetering van de zure sulfaatgronden gezocht in de keuze van het gewas, de groundbewerking, de bemesting en in hydrologische maatregelen. Op dit laatste gaan we nog even nader in, want daarbij komt ook de weg- en waterbouwkunde naar voren.

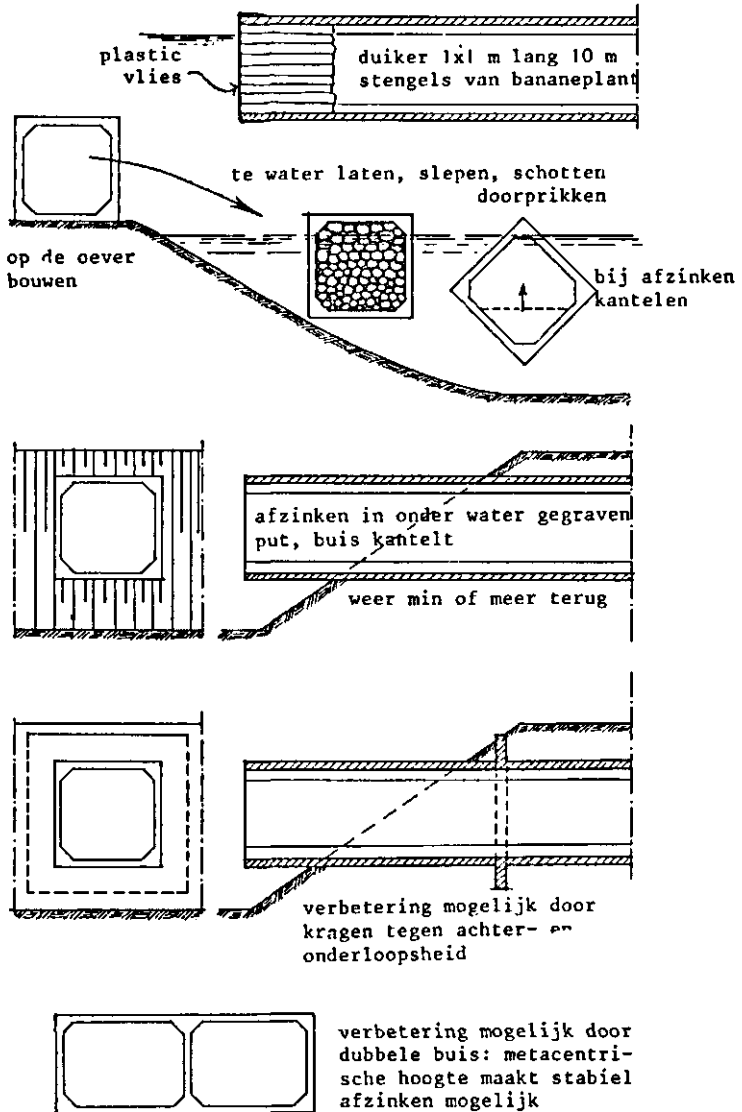
Bekend is dat potentiële zure sulfaatgronden in snel tempo gaan verzuren als ze aan de lucht worden blootgesteld, dus als ze worden ontwaterd. In het natte jaargetijde staan grote delen van de delta onder water, afkomstig van de gezwollen rivieren en vooral van de overvloedige regens. Trekken de rivieren zich weer terug en is de regentijd voorbij, dan komen ook de potentiële zure sulfaatgronden weer droog te liggen met het gevolg dat ze sterk gaan verzuren en minder geschikt worden voor rijstbouw. Men zal dus trachten het water zo lang mogelijk vast

te houden en de gewassenkeuze ook op deze situatie afstemmen. Daartoe is door de boeren zelf een eenvoudig maar wel vernuftig systeem van waterbeheersing bedacht, aangepast aan de lokale situatie en in stand gehouden met behulp van sloten, duikers, sluisjes, dammetjes etc. In een bepaalde zône, waar de indringing van het zoute oppervlaktewater vanuit zee zulks aan het einde van het droge seizoen mogelijk maakt, wordt het zure water uit de bouwvoor gespoeld met behulp van het zoute oppervlaktewater. De eerste regens verdrijven het zout en vervolgens wordt de rijst geplant, waarna de jonge rijstplant juist die aanzet heeft verkregen die voor een redelijke oogst nodig is (15). Dit is maar een voorbeeld van situaties en daarop aangepaste tradities zoals die door de boeren zijn ontwikkeld en nader wetenschappelijk worden onderzocht; er zou veel meer te noemen zijn.

Ook het hele stelsel van waterlopen is, mede in verband met de krekens en de naar binnen dringende getijden, sterk empirisch bepaald. Dit geldt tevens voor de grotere duikers en de sluizen aan de kust, die vrijwel uitsluitend zijn gedimensioneerd op grond van waargenomen waterstanden en debieten.

Een van de middelen ter verbetering van de rijst-opbrengsten van zure sulfaatgronden lijkt te zijn gelegen in het handhaven van een hoog grondwaterpeil tussen de periodes waarin de rijstvelden geïnundeerd zijn. Voor andere gewassen gelden weer andere normen met betrekking tot de waterbeheersing en zulks verschilt ook nog weer van streek tot streek naar gelang de opbouw van het bodemprofiel. Veranderingen in het watermanagement vereisen voorafgaand onderzoek: Bodemonderzoek, hydrologisch onderzoek, onderzoek naar de gewassen, de grondbewerking, etc.

Vietnamese methode om duikers te prefabriceren en af te zinken bij een zachte bodem (veen en klei) en hoge (grond)waterstand. Geen bemalen bouwput nodig, verder geen fundering of vleugelmuren.



Ook onderzoek en in kaart brengen van landschap en milieu, van opbrengsten en sociale verhoudingen zijn nodig. Zo komt het voor dat tijdens de natte moesson de zoetwatervis uit de rivier de geïnunderde velden intrekt om kuit te schieten en omdat het daar voedsel vindt. Bij dalende waterstand verlaat ook de jonge vis de velden, waarbij ze wordt gevangen.

Voor sommige boeren is de opbrengst aan vis in geld uitgedrukt meer dan de opbrengst aan rijst. Maar het hele proces is wel aan een tijdsorde gebonden. Brengt men nu veranderingen aan in de waterstaatkundige toestand om de rijstopbrengsten te verhogen dan wijzigt men verder niet alleen het milieu, maar dan verstoort men ook lokaal of regionaal een bron van inkomsten, waardoor het totale effect wel eens negatief zou kunnen uitvallen.

Nog een voorbeeld: Op andere plaatsen, aan de kust en daar waar (potentiële) zure sulfaatgronden te vinden zijn, zijn door de boeren poldertjes ingericht met een sluisje aan de waterkant. Daarin wordt tijdens de natte moesson rijst geteeld en in de droge tijd garnalen door te inunderen met zout water (16).

Een gemengd bedrijf is in de Mekong delta dus weer wat anders dan in Nederland.

Waterbeheersing vraagt om waterbeheer en dat vraagt weer om een organisatie en om regels voor rechten en plichten. In sommige streken is er met betrekking tot het waterbeheer reeds lang een kleine gemeenschap van boeren gevormd, op andere plaatsen werkt men individueel en heeft elke boer zijn eigen klepduiker. Dat hangt ook samen met de ontstaanswijze en de ouderdom van de bodem en het landschap.



Voor het verder tot ontwikkeling brengen van zure sulfaatgronden zijn dus niet alleen bodemkarteringen en hydrologische waarnemingen nodig, maar ook allerlei belangrijke regionale aspecten van de samenleving, die voor het landgebruik mede bepalend zijn, moeten nader worden waargenomen en onderzocht. Dit geldt trouwens ook voor andere grondsoorten. Beide soorten onderzoek zijn immers nodig om een zeker inzicht te krijgen, te weten natuurwetenschappelijk onderzoek met bodemkundige, agrohydrologische en hydrologische waarnemingen als basis en ten tweede onderzoek naar maatschappelijke aspecten zoals economische, sociale en juridische kanten van de samenleving. Beide groepen van aspecten zijn te zijner tijd nodig voor de keuze van de technische maatregelen voor ontwikkeling. Hetzelfde geldt voor het vaststellen van omvang, grenzen en taak van eventuele lokale of regionale waterstaatkundige eenheden en organisaties. Die keuze heeft daarmee wel een wetenschappelijke basis, maar zij is daarmee niet een wetenschappelijke handeling. Kiezen doet men op grond van inzicht in de onderlinge samenhang van de aspecten en dat integreren van zaken gaat in feite de wetenschappelijke analyse te boven. Techniek is immers geen toegepaste natuurwetenschap en zij is evenmin een afgeleide van het maatschappelijke gebeuren.

Blijven we ons in deze beschouwing voorlopig beperken tot het natuurwetenschappelijke vlak dan kunnen wel uit waarneming en onderzoek goede bouwstenen worden aangedragen. Als voorbeeld mag ik hiervoor nog even weer teruggrijpen op de berekening van de te verwachten stormvloedstanden langs onze benedenrivieren. We beschikten daartoe over getijwaarnemingen op ver-

scheidene plaatsen gedurende ruim 80 jaar, nl. vanaf ongeveer 1850. Deze lange waarnemingsreeksen gaven een betrouwbare basis voor de berekeningen. Ook voor het opstellen en hanteren van regionale hydrologische modellen in de Mekong delta zal het nodig zijn systematisch waarnemingen te verrichten met betrekking tot waterstanden, zoutgehalten en de zuurgraad. Ook zal men eens moeten nagaan hoe men deze gegevens kan verwerken in modellen van verschillend karakter, b.v. in een NETFLOW-model en in een WAQUA-model. Daaruit kan dan worden afgeleid hoe dicht een meetnet moet zijn om zo'n model met een redelijke mate van betrouwbaarheid te kunnen hanteren. En tenslotte kan dan worden nagegaan hoe regionale modellen kunnen worden ingepast in een overzichtsmodeel en van welk type zo'n overzichtsmodeel zal moeten zijn.

Dan komt er tevens de mogelijkheid en het gereedschap om de gevolgen van een eventuele langzame zeespiegelrijzing eens in kaart te brengen. Voor Nederland is dat nu eens globaal gedaan (17) en juist uit dit soort inleidende studies blijkt hoe nuttig en nodig een overzichtsmodeel is. Wel moeten we naar mijn gevoelen erkennen dat deze zeespiegelrijzing met alle gevolgen van dien de consequentie is van onze levenswijze en dat we derhalve onze verantwoordelijkheid tegenover deltagebieden en hun bevolking in de zg. derde wereld hebben te aanvaarden. Waar moeten al die miljoenen mensen uit de Mekong delta eventueel naar toe? Welk enorm areaal aan landbouwgrond gaat er alleen daar al verloren? Dat zijn vragen waar we ons niet van af mogen maken.

*Dames en Heren,*

Politiek is korte termijn werk; een minister moet binnen een paar jaar succes hebben en zijn naam vestigen anders komt hij voor een volgende termijn niet meer in aanmerking.

Voor een zekere continuïteit op middellange termijn zorgen de ambtelijke diensten. Maar een hogere ambtenaar die zich met het beleid op lange termijn bezighoudt heeft een gerede kans zijn positie in gevaar te brengen. Denkt u maar aan het voorbeeld van Van Veen over wie ik u sprak.

Lange termijn werk is alleen betrouwbaar als ze ook wetenschappelijk gedragen wordt. De functie van de Universiteit is nog altijd in de eerste plaats die wetenschappelijke fundering te leggen en ook het gebied dat nog achter de horizon ligt in kaart te brengen. Daarbij hoeft ze de actualiteit niet te schuwen, maar zij moet zich er toch nimmer door laten beheersen.

De weg- en waterbouwkunde is een vak van lange adem, dat ver vooruit kan kijken omdat het zijn verleden kent. De cultuurtechnische kant van dit vakgebied behoort voor een belangrijk deel tot het takenpakket van de Landbouwuniversiteit en het is tevens een stuk gereedschap waarmee we ons werk moeten doen ten behoeve van ons eigen land en van de derde wereld.

De noodzaak om mogelijke veranderingen in landgebruik in Nederland te bestuderen vanwege de overproduktie in de landbouw zal zich steeds sterker aandienen. Dat zal eventueel ons landschap sterk veranderen en om een wetenschappelijke begeleiding vragen in velerlei opzicht, ook op het gebied van de cultuurtechnische weg- en waterbouwkunde. Het gaat tevens om beheer

en onderhoud van een nationale investering van zeer vele miljarden.

Grote en dichtbevolkte lage landen in deltagebieden in de derde wereld, waarvan de ontwikkeling nog in een beginfase verkeert, worden periodiek door een verstoorde waterhuishouding ontwricht en op langere termijn door een stijgende zeespiegel bedreigd. De voedselproduktie van een miljoenenbevolking verkeert permanent in een wankel evenwicht met de vraag. De Nederlandse weg- en waterbouwkundige traditie ook op cultuurtechnisch gebied is in staat op aangepaste wijze haar bijdrage te leveren in de oplossing van problemen die van gindse zijde aan ons worden voorgelegd, in het bijzonder door te zorgen voor een wetenschappelijke vorming van jonge mensen. De vraag is maar of wij er ook toe bereid zijn.

Onkunde, kortzichtigheid en niet onmacht kan de oorzaak zijn dat wij onze plichten ten aanzien van de wereld in ontwikkeling niet nakomen op dit punt. Aan u en mij de verantwoordelijkheid daarop met volharding te blijven wijzen.

Ik dank u voor uw aandacht.

- (1) De hier gegeven cijfers zijn mede door omrekening naar het metrieke stelsel ontleend aan Peter S. Eagleson: "Dynamic Hydrology" Mc. Graw Hill, 1970.
- (2) J.E. Prins c.s. "Impact of sea level rise on society". Delft, 1986.
- (3) Herman Dooyeweerd Dr.jur.: "A new critique of theoretical thought", 1969.
- (4) Hendrik van Eikema Hommes: "Inleiding tot de wijsbegeerte van Herman Dooyeweerd", 's-Gravenhage, 1982 (Met Bibliografie van Herman Dooyeweerd).
- (5) P.Ph. Jansen: "Eenige ervaringen bij de droogmaking van Walcheren en de mogelijkheid van hare toepassing bij de afsluiting van de Zandkreek", Inaugurale rede Delft, 1946.
- (6) b.v. L.H. Mansholt: "De afsluiting der Zuiderzee, een ernstig gevaar voor Friesland en Groningen", Noordhoff, 1916 (genoemd in het Commissierapport).
- (7) Verslag van de Staatscommissie etc. Zuiderzee, 's-Gravenhage, Algemene Landsdrukkerij, 1926.
- (8) J.P. Mazure: "De berekening van getijden en stormvloed en op benedenrivieren", Den Haag, 1937.

- (9) J.J. Dronkers: "Over stratificeerbare congruenties", Amsterdam, 1939.
- (10) J. van Veen: "Getijdestroomberekeningen met behulp van wetten analoog aan die van Ohm en Kirchhoff." De Ingenieur, Den Haag, 1937.
- (11) P.J. Wemelsfelder: "Wetmatigheden in het optreden van stormvloed". De Ingenieur, Den Haag, 1939.
- (12) J.J. Dronkers: "Tidal Computations in rivers and coastal waters", Amsterdam, 1964.
- (13) C. Baars: "De geschiedenis van de landbouw in de Beijerlanden", Diss. LU Wageningen, 1973.
- (14a) C. Baars: "Geschiedenis van de bedijking van het delta-gebied". Landbouwkundig tijdschrift/PT91 (1979) nr. 2 en 92 (1980) nr. 1.
- (14b) C. Baars: "De oorspronkelijke verkaveling van de polders in het deltagebied". Landbouwkundig tijdschrift/PT92 (1980) nr. 12.
- (14c) C. Baars: "Oorspronkelijke verkaveling en grootte van de bezitting in enige polders in Noord-Holland". Landbouwkundig tijdschrift/PT93 (1981) nr. 7.

- (15) Vo-Tong Xuan, Nguyen Kim Quang en Le Quang Tri: "Rice cultivation on acid sulphate soils in the Vietnamese Mekong Delta". Proceedings of the Bangkok symposium on acid sulphate soils, Wageningen, 1982.
- (16) Vo-Tong Xuan, Nguyen Van Sanh, Duong Van Ni, Ngo Thi Ut en Huynh Minh Hoang (University of Can Tho): "The rice-shrimp cropping system on potential and actual acid sulphate soils in the Mekong Delta". Proceedings of the 3rd International Symposium on Acid Sulphate Soils. Dakar, Senegal, 1986.
- (17) Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren: "Zeespiegelrijzing", 's-Gravenhage, 1986.