

DI:108494

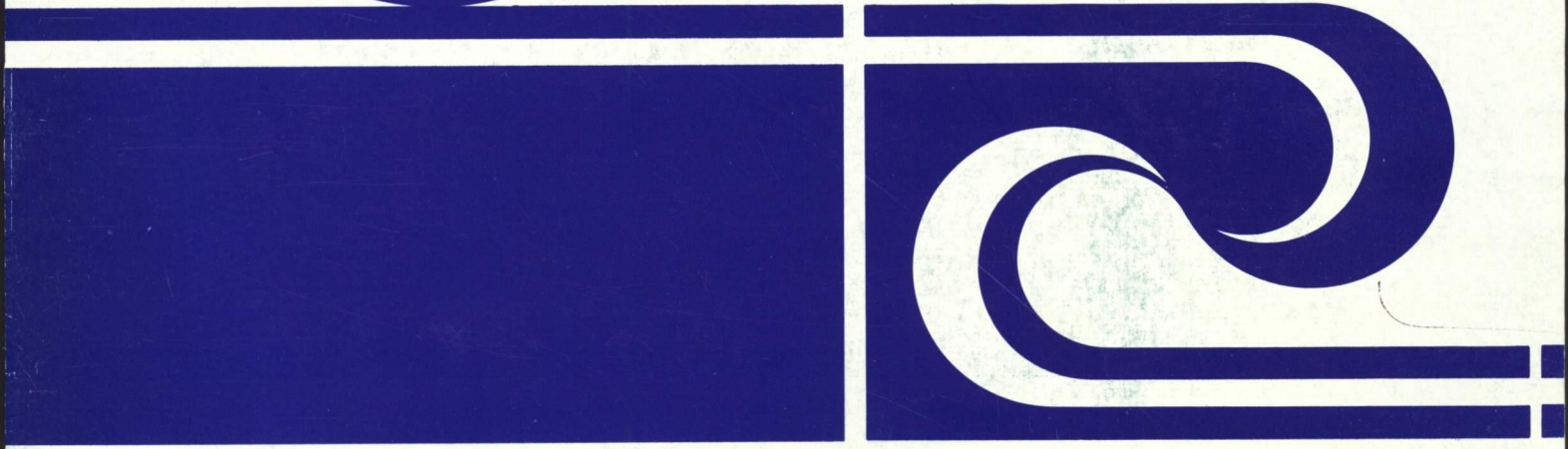
ministerie van verkeer en waterstaat

rijkswaterstaat

dienst getijdewateren

rijkswaterstaat
dienst getijdewateren
nr. C 2110
bibliotheek
950

van
micromolens
naar
produktontwikkeling



Inleiding

Het symposium 'Van micromolen naar produktontwikkeling' probeert een beeld te geven van de ontwikkelingsgang in Nederland van fysische meetmethoden naar instrumenten voor 'waterbeheer'. Een activiteit die zijn oorsprong vindt in de voortdurende strijd van mensen uit de lage landen tegen het alom aanwezige water.

In de titel is een parallel te vinden met de ontwikkeling van fysische schaalmodellen naar wiskundige modellen. Deze modeltechnieken trachten de natuur en de ingrepen hierop door de mens zo goed mogelijk te 'beschrijven' en hieraan een voorspellende waarde te ontlenuen. De ontwikkeling van fysische meetmethoden en instrumenten binnen de beschikbare technologie, heeft het mogelijk gemaakt om zowel vanuit de schaalmodellen als vanuit het prototype betrouwbare meetresultaten te verkrijgen.

Voor de uitvoering van de Deltawerken is hiervoor een belangrijke stimulans geweest. Deze geweldige uitdaging om het systeem water te leren kennen heeft ook geleid tot een unieke relatie tussen de Rijkswaterstaat, de grote Nederlandse onderzoeksinstituten en de Industrie. Door een gezamenlijke aanpak is hierdoor een kennisreservoir en een produkten-

pakket ontstaan dat op wereldschaal gezien mag worden.

Terugblikkend over de afgelopen dertig jaren is hierbij één man als grote inspirator en drijvende kracht voor velen herkenbaar. Ir. J. van der Wel begon bij het WL op laboratoriumschaal (micromolen) en zette zijn werk voort bij RWS (Hydro-Instrumentatie) met de opdracht om te meten onder de meest ongunstige omstandigheden. De resultaten gingen verder en leidden tot commerciële (export)produkten. In zijn nieuwe functie bij de Hoofddirectie van Rijkswaterstaat (produktontwikkeling) zal zijn ervaring van grote waarde zijn.

Het organisatiecomité en de Dienst Getijdewateren zijn verheugd dat zovelen bereid zijn gevonden aan dit symposium te willen meewerken of door hun aanwezigheid blijk te geven van hun belangstelling.

*Namens het organisatiecomité,
Ir. L. J. Droppert
(Hoofd van de afdeling Hydro-Instrumentatie
Dienst Getijdewateren)*

Technologische veranderingen in de meettechniek

Prof. ir. B. Veltman, Technische Universiteit Delft, Afd. Technische Natuurkunde

In de afgelopen 30 jaar is de klassieke meettechniek (voornamelijk individuele, pseudo-statische, metingen die met schrijvers op papier werden geregistreerd), uitgegroeid tot de wetenschap van het verzamelen, bewerken en interpreteren van informatie, langs automatische weg, over het totaal-gedrag van fysische of technische objecten.

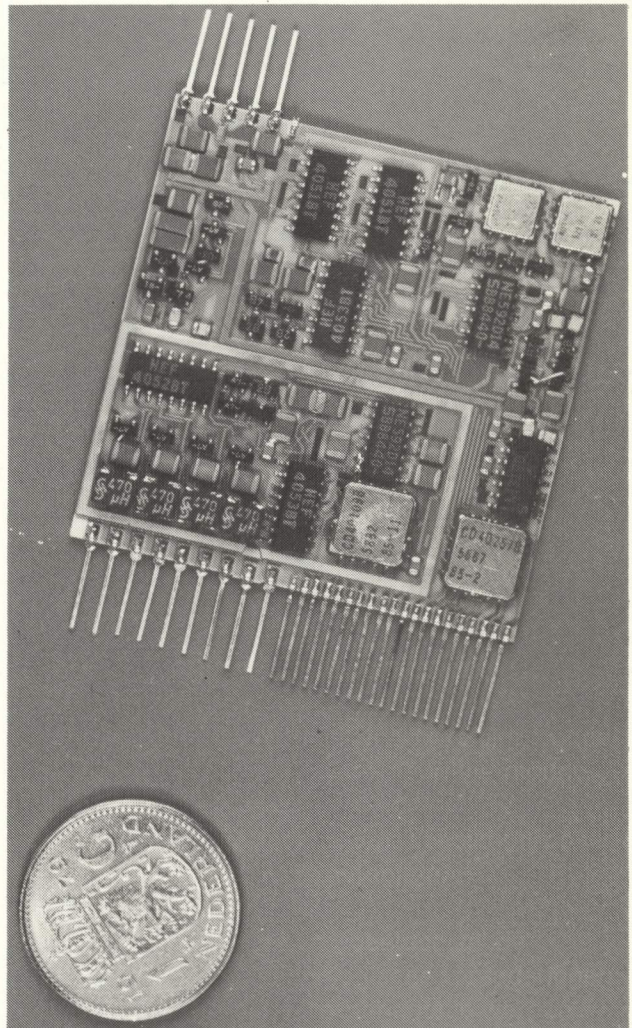
Naast de traditionele belangstelling voor de transducenten is er een omvangrijk kennispakket ontstaan over signaalverwerking, waaronder beeldbewerking, en zijn er veelbelovende ontwikkelingen gaande over beslissings-ondersteunende expertsystemen. Voorts is duidelijk dat metingen in schaalmodellen hier en daar verdrongen worden door 'metingen' in computersimulaties.

Specifieke veranderingen in de technologie van meten en instrumentatie zijn onder meer:

- Nieuwe materialen voor conventionele meetopnemers: kunststoffen, keramiek, vezelversterkte materialen.
- Nieuwe sensoren: halfgeleiders, electro-optische elementen, bio-membranen. Al dan niet in arrays bijeen.
- Nieuwe telecommunicatie mogelijkheden: single-sideband, optische fibers, digitale netten, satellietverbindingen. Alsmede zeer nauwkeurige plaatsbepalingssystemen.
- Nieuwe meetmethoden: laser-doppler- en akoestische snelheidsmetingen.
- Nieuwe rekencomponenten: microprocessoren; logic-gate arrays.
- Nieuwe signaalverwerkingsmethoden: multidimensionale spectrale analyse, digitaal filteren. Allerlei parameterschattingstechnieken.

- Nieuwe montage technieken: dikke film, dunne film, 'multiwire', 'multilayers', 'surface-mounting'.
- Nieuwe simulatie-technieken: special-purpose processoren, cellulaire automata.

Aan de hand van enige voorbeelden zal de betekenis van deze technologische veranderingen voor de 'natte' fysische instrumentatie worden toegelicht.



Samenwerkingsverband Rijkswaterstaat–Instituten

Ir. J. Delcour, directeur Technisch Fysische Dienst TNO-TH

De relatie van Rijkswaterstaat met instituten op het gebied van de hydro-instrumentatie omvat voornamelijk die met het Waterloopkundig Laboratorium en de TNO-instituten: TPD (TNO-TH), FEL en het Produktcentrum.

Als voorbeeld van zo'n relatie wordt die met de TPD beschreven; de conclusies zijn ook voor de andere geldig.

De TPD raakte betrokken bij metingen voor waterloopkundige toepassingen in het begin van de jaren 50 (evaluatie van een elektrisch analogon van een rivierloop). Hieruit zijn later het ontwerp en de bouw van de Deltar (model van de benedenrivieren) voortgekomen.

Bij het begin van de Deltawerken werd de TPD gevraagd meetinstrumenten te ontwikkelen die aan veel hogere eisen moesten voldoen dan tot dan toe, en die op afstand moesten worden afgelezen. Zo is ook telemetrie vanaf het begin een activiteit geweest. Later werd dit uitgebreid tot de hele keten van opnemen, telemetrie, verwerken, interpreteren. Ook het gebruik van computermodellen voor het verkrijgen van inzicht in de fysische grondslag van de metingen neemt nu een grote plaats in.

Kenmerkend voor het werken van de TPD voor RWS is:

- RWS is vooral opdrachtgever, geen subsidieverstrekker.
- RWS is bereid aan bepaalde onderwerpen langere tijd onderzoek te laten verrichten, zodat een op de toekomst gerichte expertise ontstaat.
- RWS heeft zelf een hoog kennisniveau (geen kenniskloof).
- TPD werkt probleemoplossend, verdiept zich in het probleem van de opdrachtgever; daardoor kan de technische fysica effectief worden benut.



Steeltjes-stappenbaak voor meting van golven en getij (ontwikkeld eind jaren 50)

RWS heeft zelf vaak grensverleggend werk gedaan of een behoefte aan grensverleggend onderzoek gegenereerd. Dit is een belangrijke functie van een overheidsdienst. RWS heeft hiermee niet alleen een primaire functie in de instandhouding van een belangrijk deel van de infrastructuur, maar draagt ook in grote mate bij tot het niveau van het toegepast wetenschappelijk onderzoek. Men mag hopen dat Nederlandse overheidsinstellingen deze rol blijven vervullen.

Ontwikkelingsgang van Waverider naar Wavec

Ir. P. J. Rademakers, directeur Datawell b.v.

Reeds bij de oprichting van Datawell in 1961 bestonden plannen om een golfmeetboei met gestabiliseerde versnellingsmeter te ontwikkelen. Toen bestond het idee om de metingen uit te voeren met een slingersysteem en een 'hydraulische versnellingsmeter'. De voorgestelde verankering was een zg. horizontale verankering. In 1962 werd van het Waterloopkundig Laboratorium in Delft opdracht verkregen tot het ontwikkelen van 'een apparaat voor het waarnemen van golfbeweging'.

De ontwikkelingen zouden verder in overleg met RWS, KNMI, en WL plaatsvinden. De fondsen zouden ter beschikking worden gesteld door Nedeco. Het onderzoek is in een later stadium gedragen door RWS.

In 1968 is de officiële productie van golfmeetboeien (Waveriders) opgestart.

Tot nu toe is het oorspronkelijke meetprincipe ongewijzigd gebleven. Dit mag enige verbazing wekken, doch bij nadere beschouwing blijkt dat er drie hoofdredenen bestaan waarom het na bijna 25 jaar nog bestaat.

- 1e. De sensor is geheel toegesneden op zijn specifieke toepassing, wat tot uiting komt in een relatief lage prijs.
- 2e. Een laag energieverbruik, van essentieel belang in meetboeien en moeilijk met behulp van gyro's te realiseren.
- 3e. Het systeem is 'passief' (geen bewegende delen, dus geen slijtage).

Een en ander heeft een lange ontwikkelingstijd gevergd en heeft geleid tot een onorthodoxe constructie, wat gemakkelijk leidt tot negatieve verrassingen. Deze ietwat ongewone ontwikkeling was mogelijk doordat hiervoor in de onderzoeksopdracht door RWS de ruimte werd gelaten.

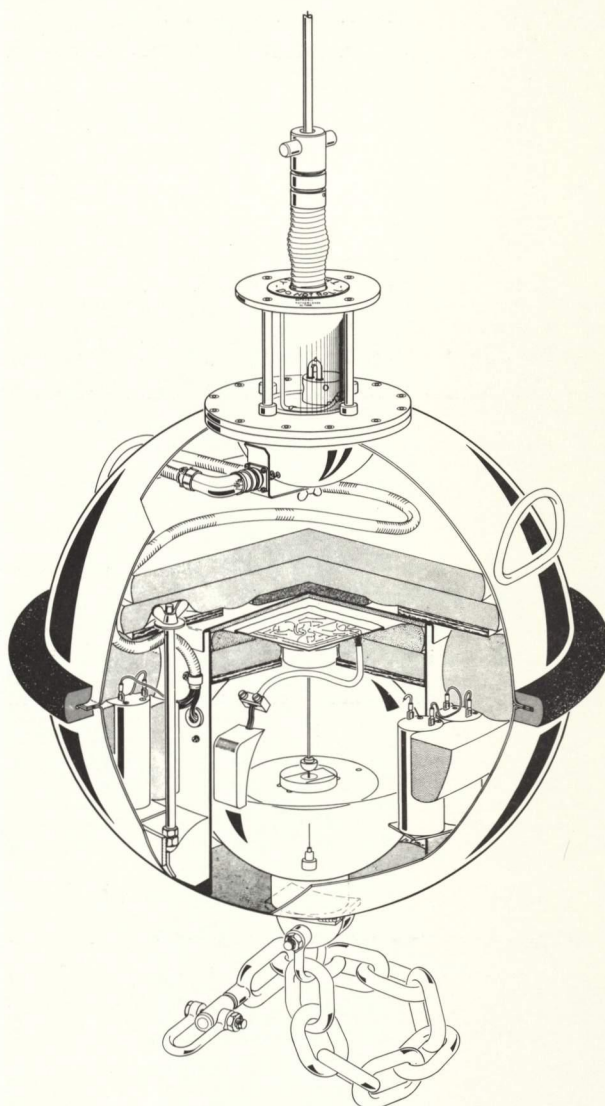
De sensor is later uitgebreid met elektromagnetische spoelen, zodanig dat behalve de verticale bewegingen ook de pitch-roll kan worden gemeten.

Ondanks het feit dat de typische voordelen van passiviteit en klein energiegebruik aan boord van schepen veel minder zwaar wegen dan in boeien,

wordt deze sensor vaak aan boord van schepen gebruikt voor pitch-roll-metingen. Deze heave-pitch-roll sensor vormt tezamen met een kompas de voor RWS ontwikkelde golfrichtingsmeetboei, de WA(ve) VEC(tor).

De vorm van de boei is zodanig gekozen dat de golfhellingen gevolgd kunnen worden. De WAVEC is inmiddels operationeel en is opgenomen in het Noordzee-metnet.

Van de Waverider zijn sinds 1968 ca. 240 exemplaren verkocht in Nederland, op een totaal van ca. 2500 wereldwijd.



Ontwikkeling van het akoestisch debietmeetsysteem FLOW-2000

Ir. J. G. Drenthen, Stork - Servex

Hoewel akoestische technieken al bijna 200 jaar bekend zijn, is de toepassing in de instrumentatie pas na 1960 goed op gang gekomen door de opkomst van de halfgeleider-electronica en de computer.

Voorbeelden zijn:

- stroomsnelheidsmeters gebaseerd op verschillende meetprincipes, zoals Doppler-, looptijd- en correlatie-techniek,
- ultrasonore (afbeeldings)instrumentatie o.a. ten behoeve van de medische techniek en de seismiek.

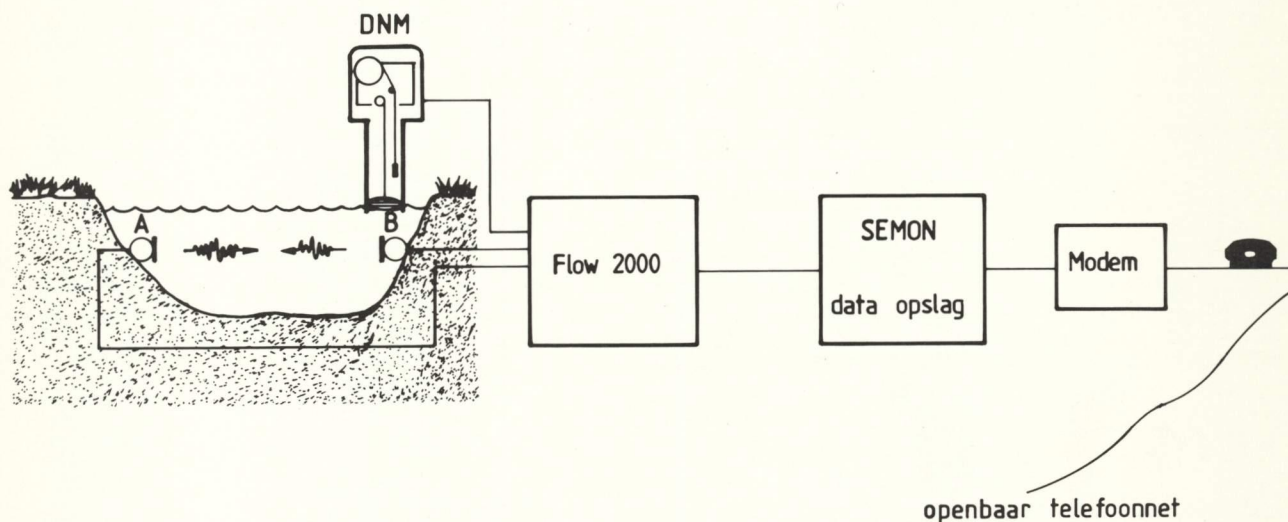
De ontwikkeling van akoestische stroomsnelheidsmeters voor gebruik in open water is omstreeks 1960 gestart in de V.S. door Westinghouse, hetgeen in 1964 leidde tot de eerste akoestische debietmeter. Het onderhoud van deze systemen (geheel hardware) was zo problematisch, dat van een echte doorbraak in de toepassing nog geen sprake was. Pas met de komst van de IC-technologie, snelle elektronica en minicomputers werd het mogelijk om betrouwbare en service-vriendelijke akoestische debietmeters te bouwen.

Vanuit RWS (afdeling Hydro-Instrumentatie) is de ontwikkeling van een akoestisch debietmeetsysteem bij TPD/TNO-TH sterk gestimuleerd en is de operationele toepasbaarheid in Nederland onderzocht. Dit resulteerde in een eerste akoestische debietmeter van Nederlands fabrikaat: de AKWA 76. Bij de toepassing van deze meters bleek voor interpretatie van de resultaten meer kennis nodig van stromingspatronen in rivieren en kanalen en van akoestische overdracht.

Op basis van:

- de ervaringen met 5 debietmeters AKWA 76,
- een stromingsonderzoek (i.s.m. TNO),
- en een onderzoek naar akoestische overdracht gekoppeld aan:
 - nieuwe IC-technieken,
 - snelle en geavanceerde microprocessors,
 - en nieuwe inzichten in de opzet van geautomatiseerde meetnetten

is in 1983 in samenwerking met Stork-Servex een nieuw akoestisch debietmeetsysteem ontworpen: FLOW-2000.



Ontwikkeling van akoestische meetmethoden

Ir. J. Vogel, Technisch Fysische Dienst TNO-TH

In de natte waterbouw zal altijd een veelheid aan meettechnieken worden toegepast. Boven de waterlijn zullen de optische technieken centraal staan. Onder water is het zicht te gering om op enige afstand te kunnen meten, daarom wordt gemeten met geluid (onderwaterakoestiek).

Voor de TPD heeft de afdeling Hydro-Instrumentatie (HI) altijd een belangrijke rol gespeeld in de ontwikkeling van akoestische technieken. Als opdrachtgever heeft HI een duidelijk herkenbare filosofie ten opzichte van het opdrachtenwerk. Daarin staan de continuïteit en de integrale aanpak centraal. Enerzijds wordt basisresearch ondersteund, anderzijds wordt gestreefd naar concentratie van activiteiten bij één onderwerp of techniek.

Continuïteit in de basisresearch zorgt er voor dat bij de ontwikkelingen geput kan worden uit een brede kennisbank. Met de concentratie wordt bereikt dat binnen een beperkte tijd een meet-systeem kan worden ingezet.

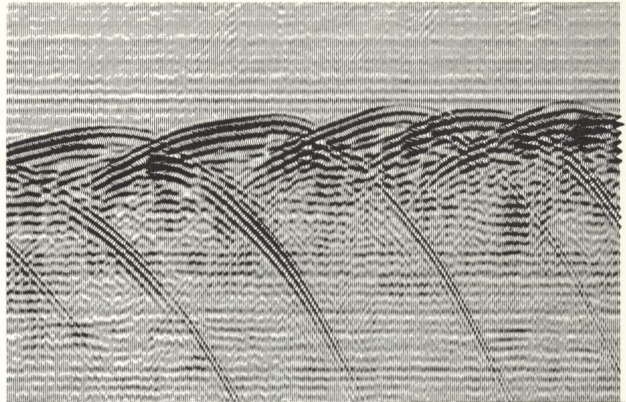
Uit internationale contacten blijkt dat deze aanpak in brede kring als succesvol wordt gezien en navolging krijgt.

Als voorbeeld van een binnen deze aanpak gerealiseerd meetsysteem zal het SONAR WORKSTATION (SWS) worden beschreven.

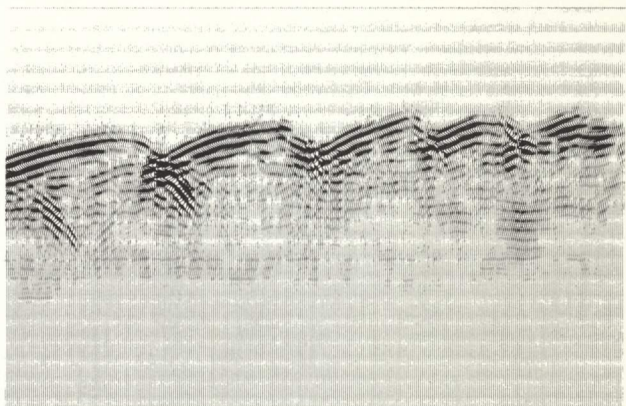
Hiermee kan voor een groot aantal toepassingen onderzoek worden verricht op het gebied van de onderwaterakoestiek.

Het workstation is een research instrument voor de ontwikkeling van akoestische instrumenten. Het biedt ruime data-acquisitiemogelijkheden, waarmee de implementatie van diverse technieken gericht op de studie van strooiingsverschijnselen in het water, snelheidsmetingen, hoge resolutie echoloding en subbottom-profiling mogelijk zijn.

Ter illustratie van het SWS-systeem wordt de toepassing van een seismische rekentechniek, de migratie, op een sonarregistratie getoond.



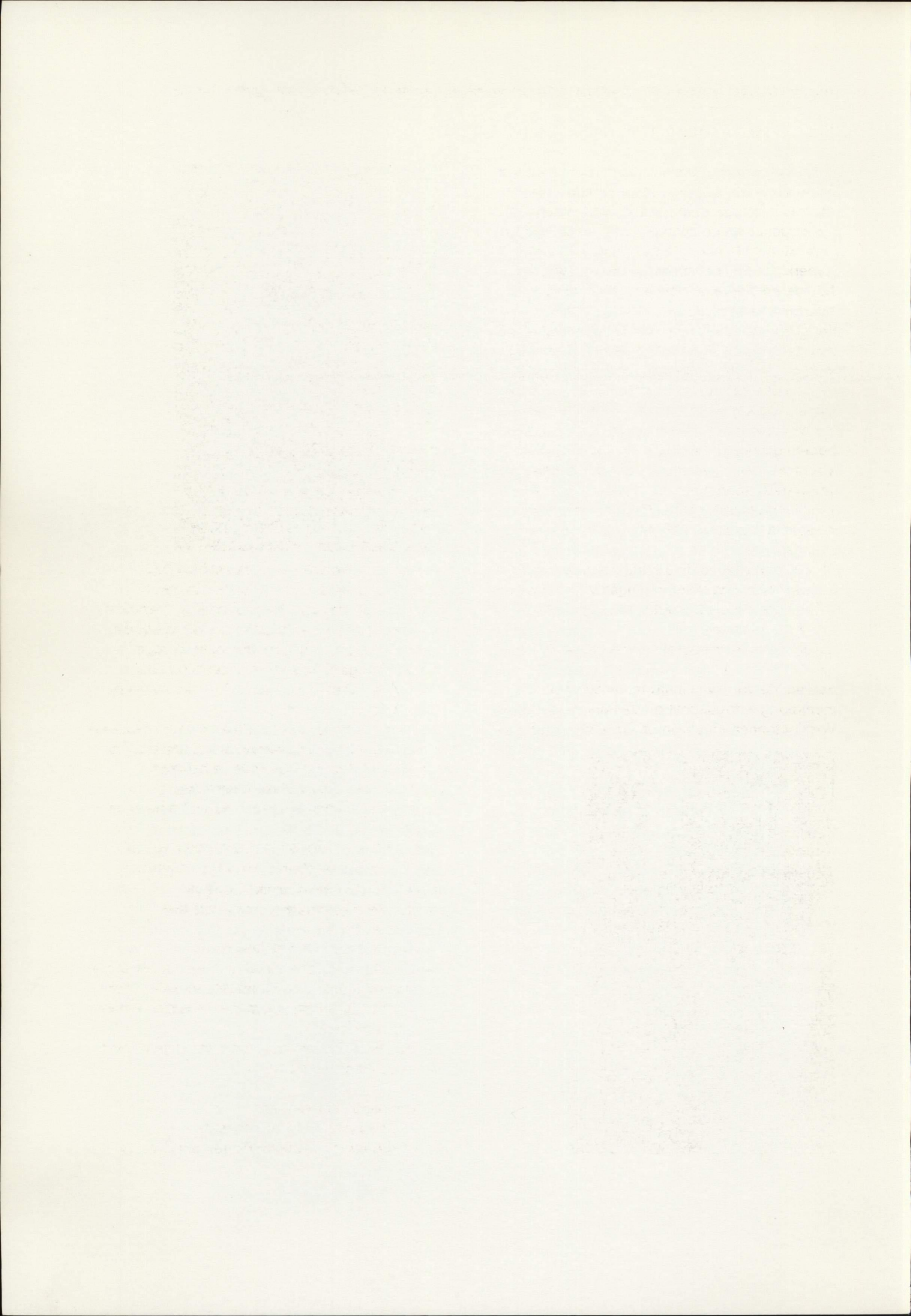
Figuur 1



Figuur 2

Figuur 1 toont een registratie met een 5 kHz penetrerend echolood. In deze registratie zijn de structuur van de bodem en de mogelijke aanwezigheid van objecten niet te herkennen. Na de migratie, wordt een gefocuseerde afbeelding verkregen (figuur 2) die een karakteristiek zandribbelpatroon laat zien op een overigens schone bodem.

In de komende jaren zal het SWS worden ingezet voor diverse studies en meetproblemen. Daarnaast wordt het als een ontwikkelomgeving voor producten gebruikt. Voor applicaties met een specifiek karakter wordt een ad hoc meet-systeem binnen het SWS gesimuleerd.



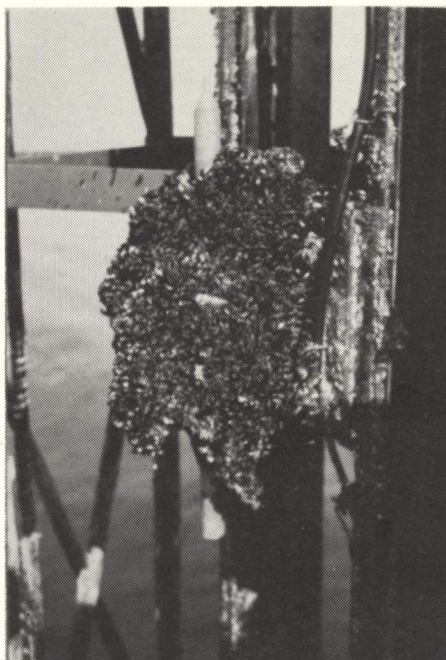
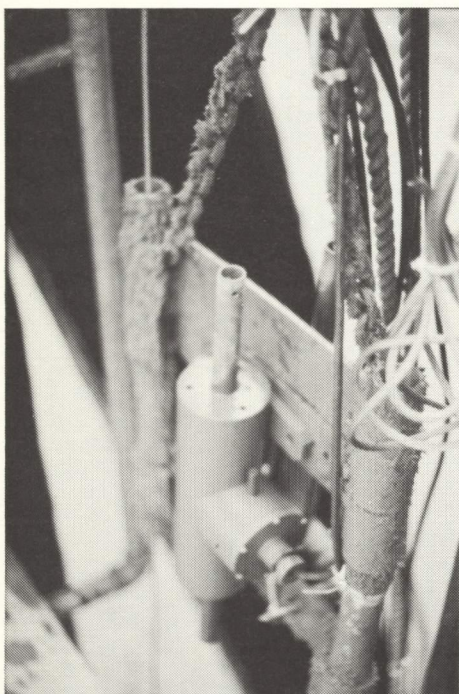
Instrumentatie voor monitoring en de exploitatie van civiel-technische werken

Prof. Ir. Jan F. Agema

In Nederland is het geen cultuur om civiel-technische werken te voorzien van instrumentatie om actuele informatie m.b.t. sterkteparameters van constructies en de daarop werkende belastingen in te winnen. Monitoring van dijken is tot nu toe beperkt tot meting van de geometrie, waaronder hoogte en diepte, visuele aspecten en het beproeven van monsters uit de constructie. Bij waterkeringen wordt bij extreme omstandigheden zoals stormvloeden een manuele dijkbewaking ingesteld om de sterkte te observeren en om eventueel maatregelen te treffen. Een vorm van monitoring was het meten van grondwaterstanden in peilbuizen, vooral in de dijkvakken waar de bodem gevoelig is voor zettingsvloeiingen. Vooral als gevolg van het scherper ontwerpen van waterbouwkundige constructies, wordt het van belang sterkteparameters als functie van belastingen te meten. Hiervoor gelden twee redenen:

- a) een controle op de sterkte als onderdeel van een totaal kwaliteitsborgingssysteem, vooral van constructies waarbij de veiligheid een grote rol speelt,
- b) om de ontwerp-berekeningen te verifiëren.

Een eerste vorm van instrumentatie voor monitoring is toegepast op de Haringvlietsluizen. Voor betonnen en stalen offshore constructies is



het door de verzekeringsmaatschappijen verplicht zulke systemen toe te passen. M.i. zou dit ook moeten gebeuren voor andere belangrijke civiel-technische werken als bodemen oeverbeschermingen, dammen, bruggen, sluisen, hoge gebouwen e.d. zoals b.v. de instrumentatie van de golfbreker van de haven van Zeebrugge (België).

In het buitenland is het met name voor stuwdammen verplicht een monitoringssysteem continu operationeel te hebben voor de bewaking. Behalve voor de eindfase toestanden spelen monitor systemen eveneens een rol tijdens de bouw.

Een andere groep van instrumentatie wordt gevormd door systemen die worden gebruikt voor operationele doeleinden zoals:

- beheersing van de scheepvaart (zee- en binnenvaart),
- bediening van schutsluisen,
- het sluiten en openen van stormvloedkeringen,
- het kwalitatieve en kwantitatieve waterbeheer,
- waarschuwingssysteem voor verwachte hoge waterstanden,
- de uitvoering van waterbouwkundige werken in en langs het water.

Voorbeelden hiervan zijn:

- Histos systeem Oosterschelde
- Hydro-meteo systeem Rotterdam-Europoort

Meetmethoden-ontwikkeling van laboratorium naar prototype

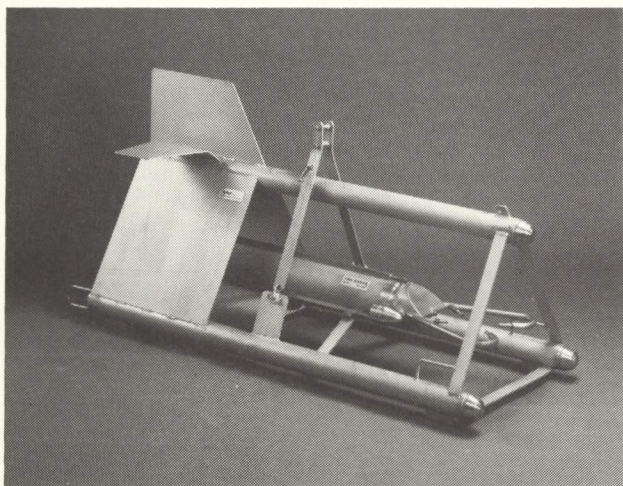
dr. A. C. E. Wessels, Waterloopkundig Laboratorium, Delft

De ontwikkeling van methoden voor het meten van fysische grootheden, vanaf de eerste laboratoriumexperimenten tot aan een in het veld inzetbaar prototype, is lang en biedt een aantal specifieke moeilijkheden.

Zo moet de instrumentatie die nodig is voor de uitvoering aan bijzondere eisen voldoen. Daarom is een speciale aanpak bij de realisatie van zo'n meetmethode noodzakelijk.

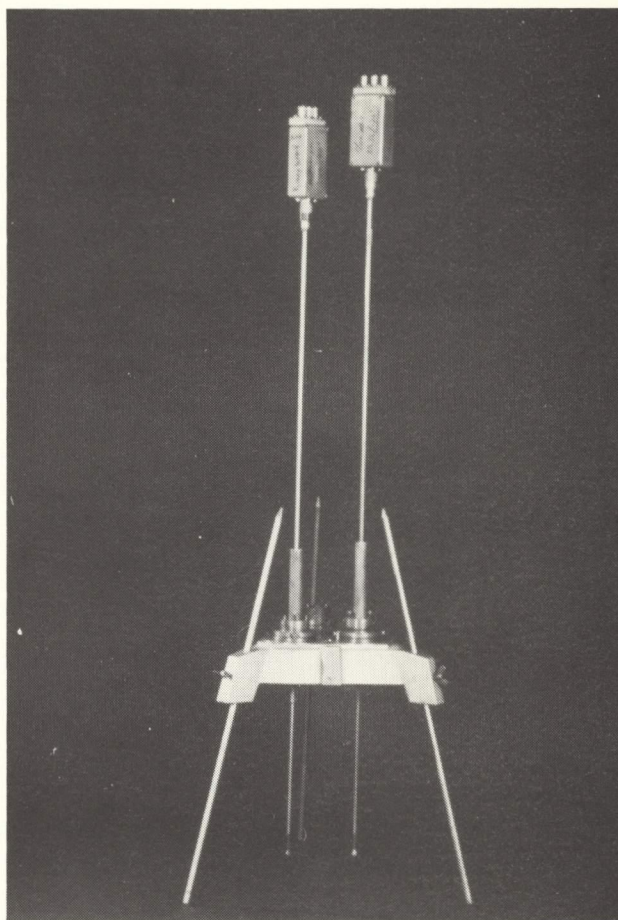
De apparatuur wordt meestal ingezet in een instrument-onvriendelijke omgeving, staat bloot aan ruwe behandelingen, en moet aan hoge constructieve eisen voldoen, wat vaak moeilijk is te verenigen met het eigenlijke doel van het instrument, het meten.

Een ander aspect, van meettechnische aard, is dat de kennis van de processen die zich afspelen vaak onvoldoende is om direct een bruikbaar programma van eisen voor een te ontwikkelen instrument op te stellen. In dit soort ontwikkelingen komt dit tot stand in een samenspraak tussen de opdrachtgever (de procesdeskundige) en de opdrachtnemer (de instrumentatiedeskundige). Het hoofddoel is vanzelfsprekend dat het instrument die gegevens levert die de opdrachtgever bij de uitvoering van zijn taak nodig heeft.



Serie-uitvoering AZTM

Daarvoor is enerzijds nodig dat het juiste instrument wordt ontwikkeld en anderzijds dat het ontwikkelde instrument zodanig in de organisatie wordt gebracht dat het goed tot zijn



Laboratoriumuitvoering AZTM

recht komt. Daaronder valt ook de zorg voor de interpretatie van de gegevens die door een nieuw type instrument worden geleverd en vaak onverwachte moeilijkheden blijken op te leveren. Het eerste doel kan worden bereikt door een of meerdere medewerkers van de opdrachtgever zeer nauw bij het ontwikkelingsproject te betrekken waarbij zij onder meer hun proceskennis inbrengen. Anderzijds moeten mensen die de ontwikkeling van de meetmethode hebben uitgevoerd ook nauw betrokken zijn bij de introductie van het instrument in de organisatie. Ook in de intensieve nazorg die, naar de ervaring leert, nodig is moeten zij een belangrijke rol spelen.

Deze werkwijze zal worden toegelicht aan de hand van de ervaringen opgedaan bij de ontwikkeling van de Akoestische ZandTransportmeter (AZTM).

Ontwikkelde (Nederlandse) specialistische producten en hun exportkansen

Ing. H. Brand, Stork – Servex

De Nederlandse producten, waar in het kader van dit symposium over wordt gesproken, behoren tot de soort 'specialistische' producten.

De mogelijkheden en de problemen bij de export van deze producten wijken sterk af van de problematiek bij producten uit de consumptiesector. Voor specialistische producten is stimulering door derden onontbeerlijk. Te noemen zijn o.a. baggerindustrie/natte aanneming, gaswinning en -distributie, en Rijkswaterstaat.

Dergelijke bedrijven en instanties leveren een thuismarkt die sterk genoeg is qua financiën en qua technische know-how om levensvatbare producten op te leveren en geven daarnaast stimulansen voor nieuwe ontwikkelingen.

Het ontwikkelen van een markt voor specialistische apparatuur gaat langzaam, omdat naast het produkt ook veel know-how moet worden overgedragen. Hierdoor loopt de ondernemer het risico van een te lange aanloopfase zonder inkomsten.

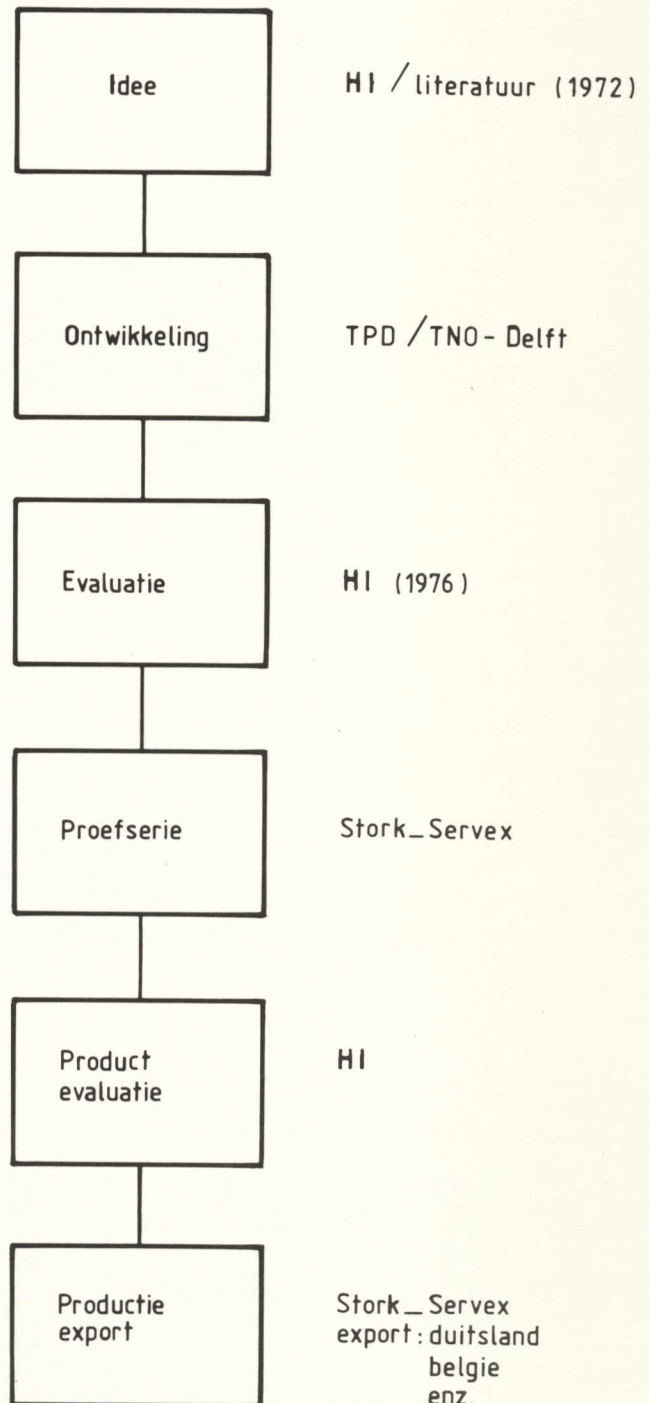
Aanbevelingen die uit het bovenstaande kunnen worden afgeleid, zijn:

1. De initiatiefnemende instantie (Leading Customer), moet in een zo vroeg mogelijk stadium *alle* partijen inschakelen (onderzoeksinstituut en bedrijfsleven) teneinde de ontwikkelingen te kunnen afstemmen op de uiteindelijke marktmogelijkheden, zonder de initiatiefnemende instantie tekort te doen.
2. Een strikt onderscheid tussen onderzoek en produktie.
Onderzoeksinstituten dienen zich in principe niet op produktie te richten.
3. Ontwikkelde specifieke kennis dient 'beschermde kennis' te zijn, wil de industrie een gereede kans maken met exportacties.
4. De industrie dient in een vroeg stadium mee te denken met de Leading Customer en met het onderzoeksinstituut, en zich in te zetten voor commercialisering van nieuwe ontwikkelingen.

Ervaringen met de FLOW 2000 hebben geleerd dat er voor de ontwikkelde specialistische Nederlandse producten uitstekende exportkansen zijn.

Er wordt gepleit voor een werkgroep (Nederland b.v.) om de mogelijkheden ter vergroting van die kansen na te gaan.

Rijkswaterstaat FLOW 2000 Productontwikkeling



Toepassingen van meetsystemen binnen RWS en daarbuiten

Ir. A. M. v.d. Vlucht, Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Afdeling Hydro-Instrumentatie

Rijkswaterstaat heeft de zorg voor het landelijk 'waterbeheer' m.b.t. veiligheid, economie en milieu. Hiervoor is het noodzakelijk om o.a. te kunnen beschikken over adequate meetapparatuur, die meestal niet commercieel voorhanden is. Dit is niet zo verwonderlijk, omdat de beperkte afzetmarkt het de industrie niet toelaat om in het vereiste, dure onderzoek te investeren en de noodzakelijke proces-kennis (waaraan moet worden gemeten?) in huis te hebben.

Behalve bij RWS bestaan vaak identieke behoeften aan meetinstrumentatie bij regionale of lokale diensten (Prov. Waterstaten, Waterschappen, Havendiensten) en bij bedrijven (Oliemaatschappijen, Bagger/Bouw-ondernemingen). Het mondiale karakter van 'waterbeheer' maakt de RWS-behoefte van internationale betekenis.

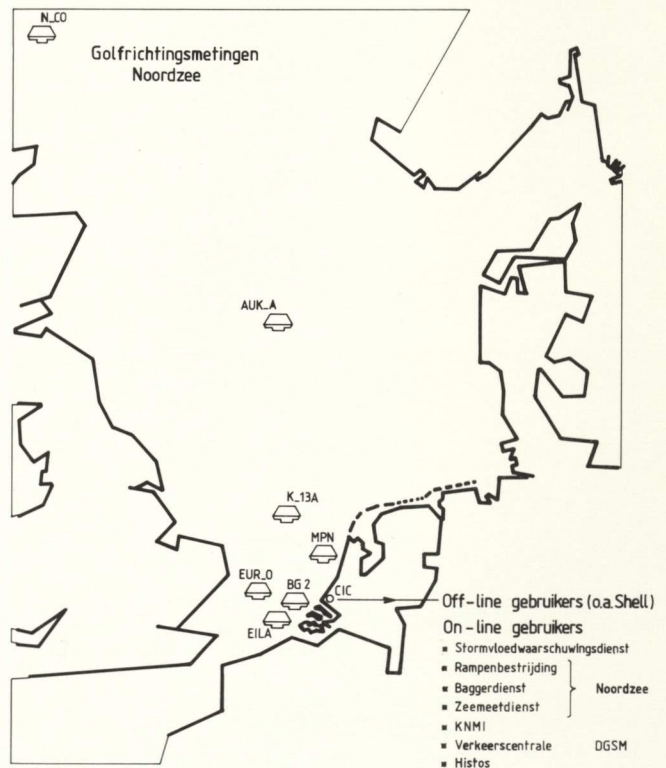
Om te voorzien in de RWS-behoefte aan meetinstrumenten heeft Hydro-Instrumentatie een centrale rol met o.a. taken in de ontwikkeling van meetmethoden (noodzakelijke proces-kennis binnen de RWS-organisatie), produkt-ontwikkeling van methode naar (gebruiksvriendelijk) commercieel instrument, beschikbaar stellen en onderhouden van meetinstrumenten t.b.v. RWS en derden (Landelijk Instrumenten Bestand = LIB). Deze centralisatie bevordert de uniformiteit en de efficiency.

Uniformiteit (standaardisatie) wordt (inter)nationaal verkregen door een leidende rol van Nederland in de instrumentatie-ontwikkeling en toepassing van RWS-instrumenten. Hiermee wordt de uitwisselbaarheid van gegevens (denk aan grensoverschrijdende golfgegevens) sterk

bevorderd. Ook voor commerciële produktie is (inter)nationale standaardisatie van belang. Het LIB draagt in sterke mate bij aan een efficiënt gebruik van meetinstrumenten door het potentieel te verdelen, het onderhoud te concentreren, en eenduidige calibraties uit te voeren.

Voorbeelden van meetsystemen, die binnen en buiten RWS (ook internationaal) worden toegepast, zijn:

Waverider, Wavec, Flow-2000.



Historisch perspectief en toekomstvisie Nederlandse Instrumentatieprodukten

Ir. J. v.d. Wel, Hoofddirectie Rijkswaterstaat

'The bitterness of poor quality remains long after the sweetness of low price has been forgotten'.

De instrumentatieprodukten zijn in dit kader toegespitst op het systeem water, zowel op laboratorium- als op prototype-schaal.

Het proces van het introduceren van meetmethoden en -technieken in een nieuwe gebruikerswereld, vanaf de pioniersfase tot een zekere volgroeiheid, wordt behandeld en geïllustreerd met gebeurtenissen uit de historie.

Factoren die in dit proces een rol spelen zijn de ontwikkelingen:

- de vraag naar aard en omvang vanuit de gebruikers,
- de technische mogelijkheden en het inspelen hierop, (technologie),
- de relaties met TNO en de industrie.

Produktontwikkeling, waarbij in een vroeg stadium industriële vormgeving wordt geïntroduceerd, leidt tot de productie van instrumenten met grote toegevoegde waarde. Hierdoor wordt verkoop naar buitenlandse gebruikers mogelijk. Tegen deze achtergrond worden enige opmerkingen gemaakt over de toekomst van Nederlandse specialistische instrumentatieprodukten zoals:

- meer internationale samenwerking bij ontwikkeling en beproeving (meer specialistische inbreng; opent deur naar buitenlandse markt),
- RWS als leading customer (continuïteit, geld, deskundigheid),
- samenwerkingspatroon RWS - instituten - bedrijven.

