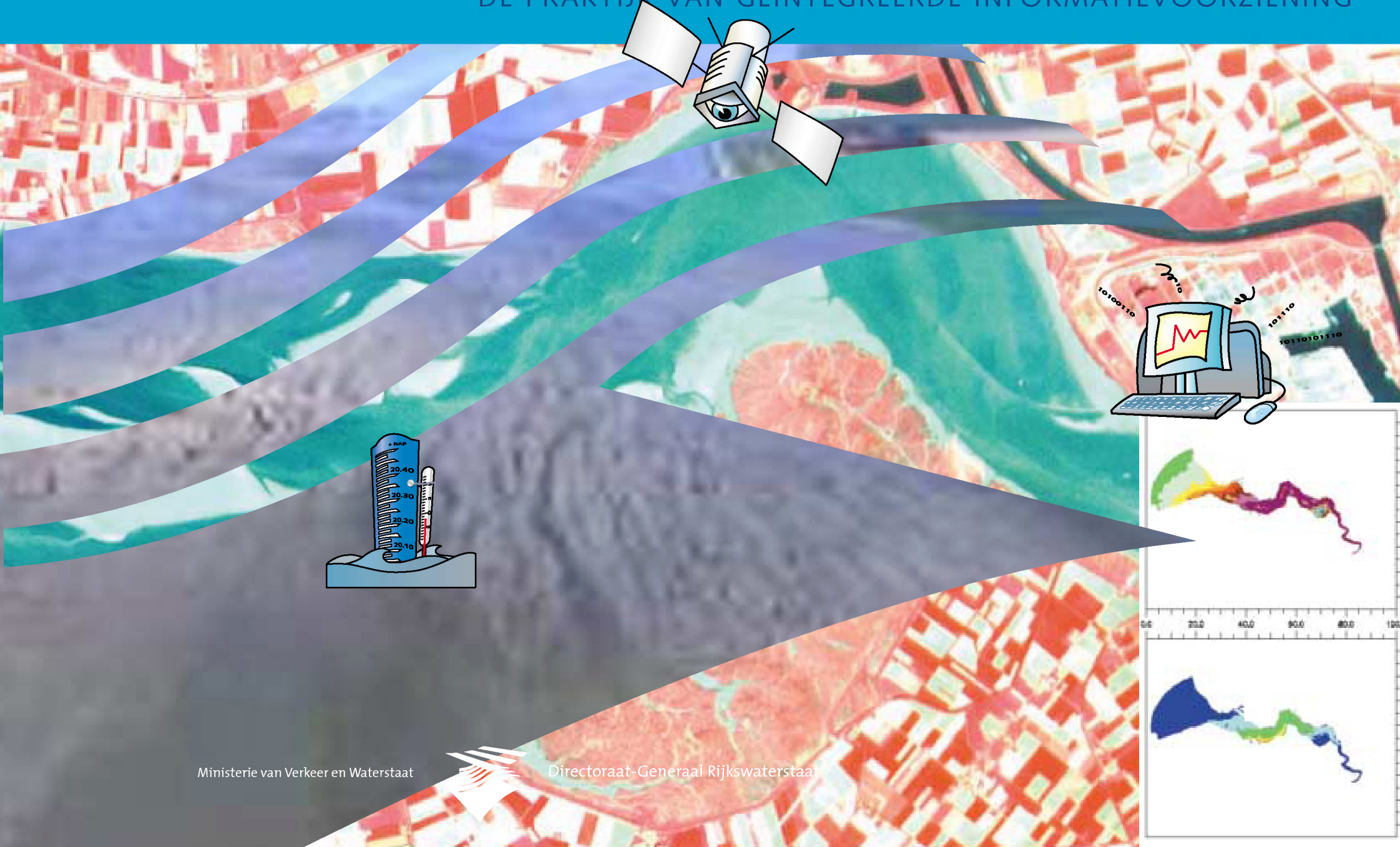


TE LAND, TER ZEE EN VANUIT DE LUCHT

DE PRAKTIJK VAN GEÏNTEGREERDE INFORMATIEVOORZIENING



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Inleiding

Deze brochure gaat over het optimaal combineren van informatiebronnen. De afgelopen jaren is er al veel gezegd en geschreven over de mogelijkheden om op een innovatieve manier verschillende meetmethoden te integreren. Met een combinatie van in-situ metingen, remote sensing en modellering zouden we de sterke kanten van elke techniek optimaal kunnen benutten, en zo beter én efficiënter vragen kunnen beantwoorden. In theorie, althans. In de praktijk worden zulke innovatieve combinaties voorlopig nog weinig gebruikt.

Dat is jammer, want uit een demonstratieproject rond de aanleg van de Westerscheldetunnel is gebleken dat het integreren van informatie uit verschillende bronnen vruchten afwerpt. Dit project, RESTWES, heeft voorafgaand aan de verspreiding van boor-

specie in de Westerschelde, slibverspreidingspatronen in de Westerschelde gemonitord. Dat gebeurde in de vorm van een "schaduwmonitoring", parallel aan een traditioneel ingericht monitoringsprogramma dat de uitgangssituatie vóór verspreiding (TO-situatie) in kaart bracht.

De ervaringen met RESTWES laten zien dat de gebruikte combinatie van meettechnieken praktisch én breed toepasbaar is, ook buiten de Westerschelde of bij het meten van andere zaken dan slibconcentraties. Meten is maatwerk, en per situatie zal gezocht moeten worden naar de meetmethode die het beste bij de informatiebehoefte aansluit. Deze brochure laat dan ook de sterke en zwakke kanten van elke gebruikte techniek zien, en illustreert hoe ze elkaar in geïntegreerde meetmethoden aanvullen.

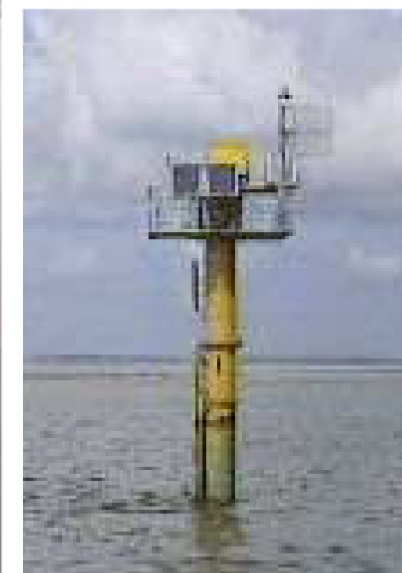


Bij de aanleg van de Westerscheldetunnel tussen Terneuzen en Ellewoutsdijk komt de nodige boorspecie vrij. Deze specie mag onder strenge milieuvorwaarden in de Westerschelde gestort worden. Parallel aan een traditioneel ingericht monitoringsprogramma is de TO-situatie met behulp van geïntegreerde informatievoorziening in kaart gebracht in het project RESTWES.

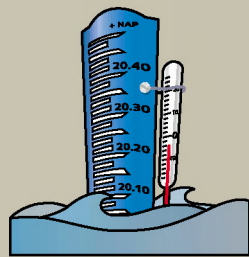


Meten in

De meest klassieke vorm van meten of monitoren maakt gebruik van in-situ metingen. Zulke plaatsgebonden metingen zijn "écht" in de zin dat ze zonder allerlei verstaalslagen of verdere bewerking betrouwbare meetresultaten opleveren. Ze vinden in het watersysteem zelf plaats, bijvoorbeeld met behulp van meetpalen of meetschepen. Zulke metingen geven voor één locatie een heel gedetailleerd meetresultaat, waarbij ook op verschillende dieptes tegelijk kan worden gemeten. Daardoor ontstaat een goed overzicht van de hele waterkolom. In het geval van de Westerschelde laten in-situ



het echt



IN SITU METINGEN

- + Zijn 'échte' metingen: betrouwbaar en exact
- + Geven overzicht van de hele waterkolom
- + Laten historisch verloop zien
- Zijn plaatsgebonden
- bieden weinig ruimtelijk overzicht
- Zijn onderhoudsintensief



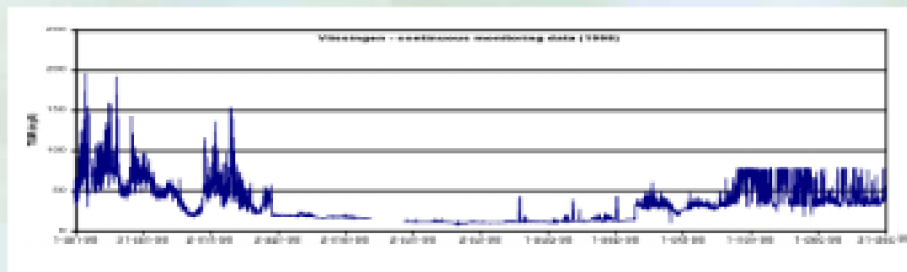
Naast deze langlopende maar gemiddelde metingen maakte REST-WES gebruik van continu-metingen: precieze metingen die gedurende één jaar elke tien minuten werden gedaan. Zulke metingen verfijnen het beeld aanzienlijk. Fluctuaties in slibconcentratie doen zich immers niet alleen per seizoen voor maar ook in cycli van ongeveer twee weken (onder invloed van de springtij-doodtij cyclus) en van ongeveer 12,5 uur (onder invloed van de getijdenbeweging).

Als deze natuurlijke variatie in slibverspreiding eenmaal bekend is, wordt het mogelijk om uit in-situ informatie af te lezen hoe groot de invloed van bijvoorbeeld storm, baggerstort of bodemerrosie is.

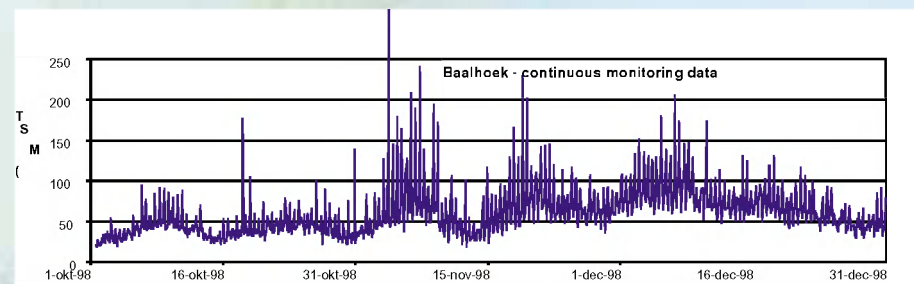
Kortom, in-situ metingen geven, voor de locatie waar ze plaatsvinden, een gedetailleerd beeld van slibconcentraties en laten in veel gevallen goed zien welke fluctuaties het gevolg zijn van natuurlijke patronen en welke op menselijk handelen zijn terug te voeren. Willen we echter een compleet beeld van slibverspreiding in het hele estuarium hebben, dan zijn in situ-reeksen niet toereikend.

metingen bijvoorbeeld zien dat slib zich doorgaans gelijkmatig over de verschillende diepteniveaus verdeelt.

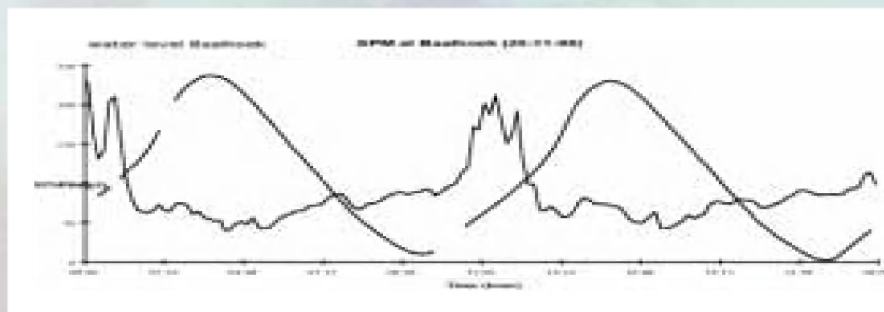
Voor de Westerschelde waren maandelijkse gemiddelden van slibconcentraties aanwezig voor negen locaties, voor de periode 1970-1990. Met behulp van deze reeksen kunnen seizoensfluctuaties en langjarige trends worden gevolgd. Slibconcentraties blijken 's winters hoog en 's zomers laag te zijn. Ook kunnen we uit deze reeksen aflezen dat de concentraties aan de Belgische kant van de Westerschelde hoger zijn dan aan de zeezijde.



Continu-metingen tonen het historisch verloop, in dit geval van slibconcentraties in de Westerschelde bij Vlissingen. Deze metingen over 1998 laten een duidelijke seizoensvariatie zien, met relatief hoge concentraties in de winter en (zeer) lage concentraties in de zomer.



Naast seizoensvariatie zijn ook andere fluctuaties in de continu-metingen zichtbaar. Deze gegevens van het meetstation Baalhoek laten zien dat de slibgehalten duidelijk beïnvloed worden door de springtij-doodtij cyclus (14,5 dagen), waarbij de hoogste waarden worden gemeten bij springtij.



De derde natuurlijke variatie komt op naam van de dagelijkse eb- en vloedcyclus. Deze gegevens beschrijven de situatie bij Baalhoek op 20 november 1998 en laten zien dat de hoogste concentraties zich voordoen wanneer vloed op komt zetten, en dat de laagste concentraties samenvallen met de hoogste waterstanden.

Meten op afstand

REMOTE SENSING

- + Biedt ruimtelijk overzicht
- + Gegevens zijn al beschikbaar en hoeven alleen maar opgevraagd te worden
- Geeft voorlopig nog momentopnamen (historische reeksen zijn nog in opbouw)
- Is afhankelijk van weersomstandigheden
- Biedt alleengegevens van bovenste laag

Remote sensing-beelden - afkomstig van sensoren op meetvliegtuigen of satellieten - zijn in principe de perfecte aanvulling op in-situ data. In vergelijking tot de regelmatig herhaalde in-situ metingen geven remote sensing-beelden voorlopig "slechts" een momentopname. Daar staat tegenover dat er een compleet, ruimtelijk overzicht wordt geboden dat met in-situ metingen maar moeizaam samen te stellen is.

In RESTWES werd gebruik gemaakt van verschillende soorten satellietbeelden. Per situatie zal bekeken

moeten worden welke satelliet de meest geschikte beelden levert en welke van de beschikbare beelden bij de specifieke informatiebehoefte past. Hoe meer de informatievrager wil "inzoomen", hoe hoger de benodigde resolutie bijvoorbeeld zal zijn. Een andere overweging is welke satelliet op het juiste moment over de juiste locatie langskomt. De frequentie waarmee satellieten overkomen neemt echter toe, net als de kwaliteit van de sensoren aan boord, dus satellietinformatie wordt steeds beter inzetbaar.

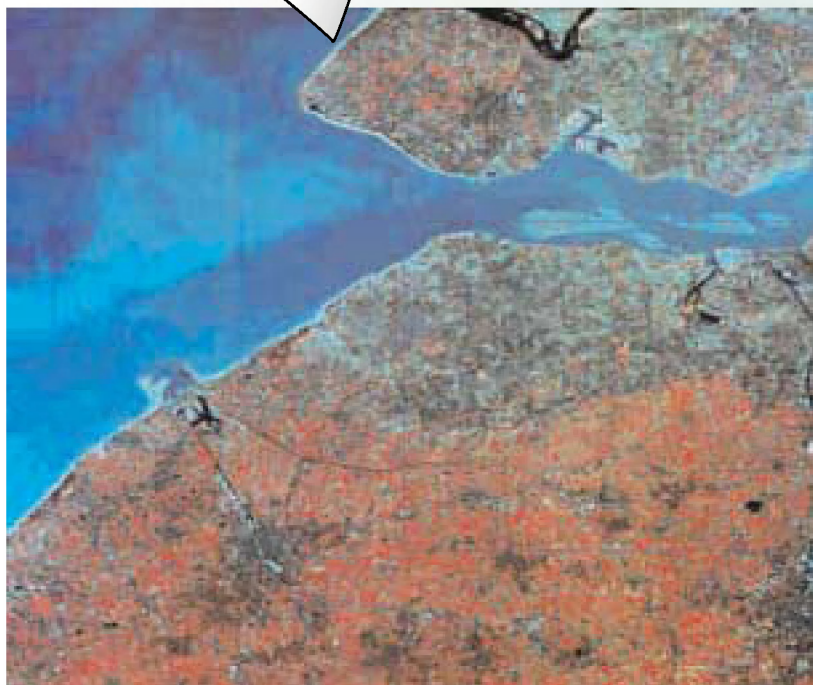
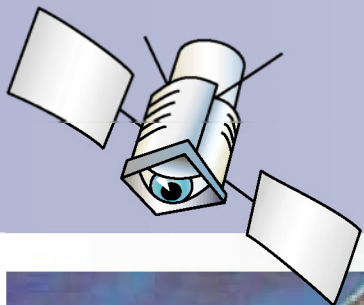


Remote sensing-informatie geeft een gedetailleerd ruimtelijk overzicht. In deze opname van de Westerschelde tussen Terneuzen en Antwerpen is duidelijk te zien hoe vanuit het Belgische deel van de Schelde hoge concentraties zwevend stof de Westerschelde in gevoerd worden.

De voor RESTWES gebruikte beelden geven een momentopname van de kleur van de bovenste waterlaag in het hele Westerschelde-estuarium. Die "kleur" kan met behulp van een model vertaald worden naar een bepaalde slibconcentratie. Dat levert betekenisvolle kaarten op, die het ruimtelijke potentieel van remote sensing-gegevens goed benutten.

Zo werd er een relatief hoge slibconcentratie geconstateerd op een plek waar men deze niet vermoed had en waar tot dan toe zelfs nauwelijks op de klassieke manier was gemeten. Op andere plekken blijkt de concentratie juist lager dan men op basis van bodemeigenschappen of eerdere in-situ metingen veronderstelde. In andere gevallen bevestigden remote

sensing-beelden conclusies die uit in-situ metingen worden getrokken. Op basis van in-situ metingen op een handjevol plekken werd bijvoorbeeld geconcludeerd dat de troebelheid in de Westerschelde toeneemt naarmate de Belgische grens in zicht komt. Slibkaarten op basis van remote sensing bevestigden dit.



Remote sensing biedt uitkomst op plekken waarover weinig of geen in-situ gegevens voorhanden zijn. Deze opname laat een driehoekig gebied zien in de monding van de Westerschelde waar slibconcentraties hoog zijn. Op deze plek - de "Vlakte van Raan"- was tot dusverre nooit naar slibconcentraties gemeten, en op grond van de bodemgesteldheid verwachtte men ook niet zulke hoge concentraties zwevend stof. Zo'n verwachting kan met behulp van opnamen als deze bijgesteld worden.

De monitoringsmogelijkheden van remote sensing nemen voortdurend toe. Sensoren op vliegtuigen en satellieten worden steeds geschikter voor kwantitatieve kartering, en Rijkswaterstaat beschikt momenteel over een vliegtuigscanner waarmee

gerichte meetvluchten kunnen worden uitgevoerd. Op termijn kunnen remote sensing-gegevens net als in-situ informatie wellicht "historische" meetreeksen produceren.

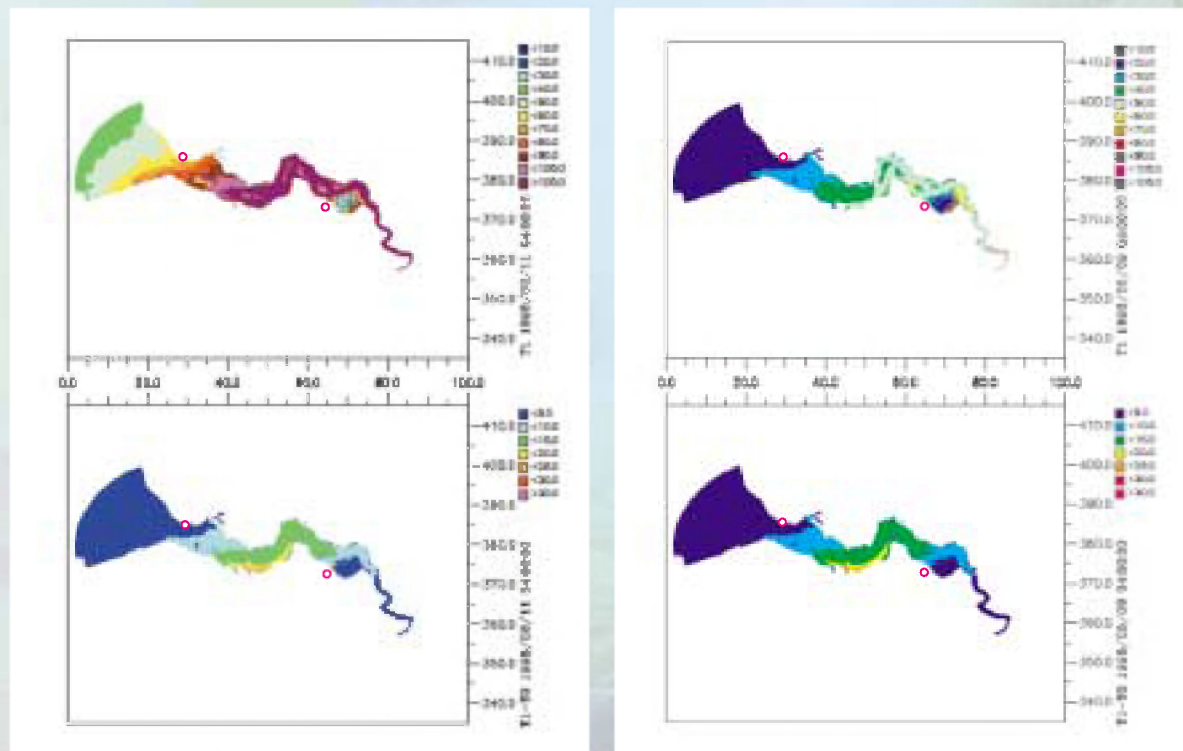
"Meten" achter het bureau

Zowel in-situ metingen als remote sensing-beelden zeggen iets over de échte wereld. Dat is vertrouwenwekkend, maar ook een beperking. De meerwaarde van modellen steekt daarentegen in de mogelijkheid om voor élk gewens-

te locatie, op élk gewenst moment benodigde antwoorden te berekenen. Dat is nuttig bij het reconstrueren van gebeurtenissen in het verleden (zeker als "échte" metingen ontbreken), én bij het voorspellen van toekomstige effecten. En hoe

meer veldgegevens in het model worden gebruikt, hoe dichter modeluitkomsten de werkelijkheid benaderen.

In RESTWES is een slibtransportmodel gebruikt waarin rekening wordt



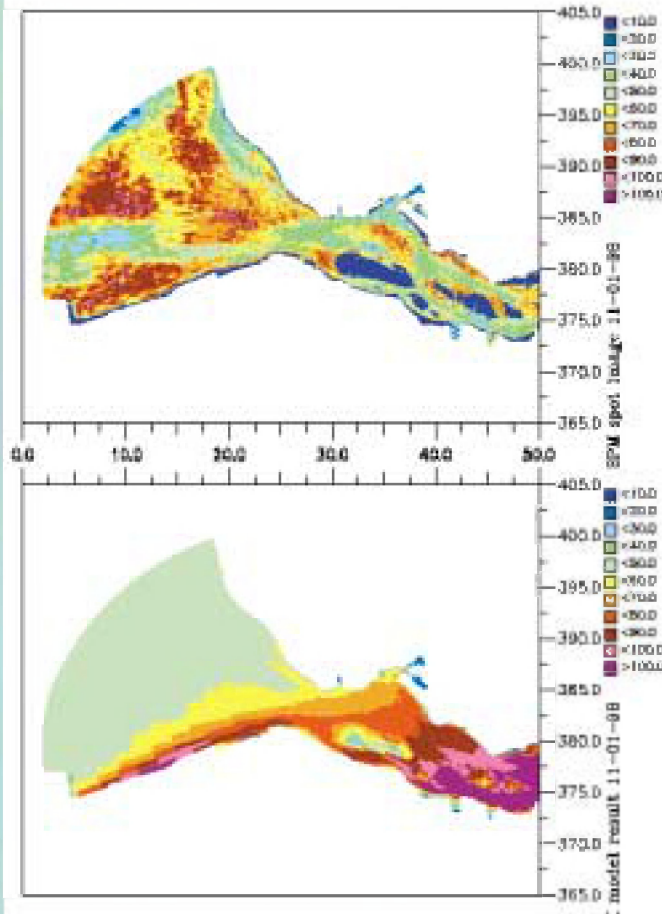
Modelvoorspellingen kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan het opstellen van een monitoringsprogramma. Deze kaartjes laten zien hoe het slib zich naar verwachting zal verspreiden: in een gebied van zo'n 25 km rondom Terneuzen. Deze voorspellingen laten zien dat metingen bij Baalhoek en Vlissingen aan de rand van dit gebied liggen en dus weinig informatie over slibtransport zullen kunnen geven.

MODELLERING

- + Reconstructie én prognose
- + Geeft informatie voor elke gewenste plaats en elk tijdstip - in heden óf verleden
- + Biedt mogelijkheid gegevens uit andere bronnen te integreren
- Is niet exact
- Is slechts een "model" van de werkelijkheid
- Kwaliteit is afhankelijk van beschikbare meetgegevens



Een voordeel van modellering is dat er ook toekomstvoorspellingen mee kunnen worden gedaan. Om zulke voorspellingen betrouwbaarder te maken, is het nuttig het model af te regelen met informatie uit andere bronnen.



gehouden met de verschillende natuurlijke patronen en cycli, bodemligging, actuele windgegevens en baggerstortingen. In-situ metingen en remote sensing-gegevens dienden als begin- en randvoorwaarden. Daarnaast kan het model, door berekende uitkomsten met de observaties van meetpalen en satellieten te vergelijken, tussentijds bijgesteld worden. Bij het in kaart brengen van de TO-situatie in de Westerschelde konden de gaten en leemtes in-situ en remote sensing-gegevens worden opgevuld en konden eerdere conclusies worden geverifieerd.

Daarnaast kan een model iets wat voor andere technieken onmogelijk is: prognoses doen. Zo kan voorspeld worden welke effecten het verspreiden van boorspecie uit de tunnel zal hebben. Verhoging van slibconcentraties blijkt bijvoorbeeld vooral in de zomer zichtbaar te zijn, omdat 's winters de concentratieverhoging moeilijk te onderscheiden is van de natuurlijke fluctuaties. Ook blijkt de specie zich snel in de Westerschelde te zullen verspreiden. Deze conclusies kunnen niet alleen vertaald worden naar ecologische effecten, maar geven ook nuttige aanwijzingen bij het opstellen van een monitoringsprogramma. Als verhoogde slibconcentraties alleen

Uit deze twee kaarten blijkt dat het model (onder), dat rekening hield met erosie door wind, hogere concentraties voorspelde dan met remote sensing-opnames (boven) werden waargenomen. De effecten van erosie worden in het model wellicht overschat. Dergelijke onvolkomenheden in een model kunnen door integratie van gegevens uit andere bronnen dus worden verholpen.



's zomers zichtbaar zijn, kan de monitoring zich op die periode concentreren. En als een model, afgeregeld met in-situ metingen en remote sensing-beelden, berekent in welke

richting de specie zich verspreidt, kan daar bij het uitkiezen van locaties voor meetpalen rekening mee gehouden worden.

Kortom... Innovatief meten



Hoe

In-situ metingen, remote sensing-beelden en modelleringen hebben ieder hun specifieke sterke punten. Integratie van deze informatiebronnen kan een nauwkeuriger, efficiënter en (daardoor wellicht goedkoper) meet- of monitoringsprogramma opleveren. RESTWES gaf een aanzet tot een mogelijke opzet voor innovatieve monitoring van slibverspreiding in de Westerschelde, maar deze vorm van geïntegreerd meten kan in allerlei gevallen uitkomst bieden.

Wat

Naast slibverspreiding zijn er nog de nodige andere toepassingsmogelijkheden voor een geïntegreerd meetprogramma. Te denken valt aan oliedetectie, het voorspellen van algenverspreiding, stroom-informatie en zelfs het aanvullen van informatie over waterstanden. Ook de temperatuur van het wateroppervlak is met verschillende meettechnieken in beeld te brengen. Deze worden momenteel bijvoorbeeld ingezet bij een onderzoek naar verbetering van de doorspoeling in het Veerse Meer om gelaagdheid (van zout en temperatuur) tegen te gaan.

Waar

De combinatie van meettechnieken die in de Westerschelde is gebruikt, is breed toepasbaar.

De Westerschelde stelde met haar vele en grote fluctuaties hoge eisen aan het meetprogramma. In een relatief stabiel gebied als de Noordzee moet het meetprogramma dan ook goed uit de voeten kunnen. En hoewel de RESTWES-demonstratie gekoppeld werd aan het in kaart brengen van een T0-situatie, is ook geïntegreerde monitoring een reële optie, zeker naarmate de kwaliteit en toepasbaarheid van remote sensing-beelden toeneemt.

Colofon

Deze brochure is een uitgave van het program-mabureau Meetstrategie 2000+, dat was ondergebracht bij het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ).

Voor meer informatie over RESTWES kunt u terecht bij Jos Kokke (RIKZ, tel. 070-3114515). Met vragen of opmerkingen over Meetstrategie kunt u zich wenden tot Roger Salden (RIKZ, tel. 070-3114292).

Tekst en productie:

Direct Dutch Publications B.V., Den Haag

Vormgeving:

Gerard Bik BNO, Den Haag

Druk:

NEROC, Rijswijk

Op achterpagina nog een afzender?