



Informatiebronnen voor slib

Een inventarisatie anno 2000

Rapport RIKZ/2001.010

Auteur: H.J. Hoogenboom
gecontroleerd door: H.L. Evers
goedgekeurd door: H.L.H. Cox

februari 2001

Samenvatting

Doel van deze inventarisatie is om een overzicht geven van informatiebronnen over slib en slib transport in de Noordzee. Deze bronnen worden vervolgens beoordeeld op relevantie, kwaliteit, dekking, beschikbaarheid, risico, acceptatie, kosten. De resultaten van deze inventarisatie dienen als basis voor de discussie over een optimale informatievoorziening voor beleidsvoorbereiding en beheer.

De stap van de informatiebehoefte naar een inwinplan is lastig maar essentieel. Kennis van de processen die bij slibtransport een rol spelen is de sleutel tot het definiëren van een set van relevante parameters.

Er zijn voor het inwinnen van informatie voor slibtransport vele meettechnieken en modellen beschikbaar. In appendices zijn beschikbare meettechnieken en modellen opgenomen met een korte beschrijving van iedere meettechniek. Het voert te ver om voor elke techniek afzonderlijk een uitgebreide beoordeling te maken. Daarom zijn in dit rapport de informatiebronnen gegroepeerd in de volgende categorieën:

- bestaande informatie;
- metingen: meetschepen, vaste meetstations, remote sensing en veerboten
- modellen.

De beoordeling ten aanzien van zwevende stof concentratie en stromingen zijn samengevat in twee tabellen. Voor de criteria relevantie en kosten is geen beoordeling gemaakt, aangezien dit helemaal afhangt van de informatiebehoefte. Deze afweging kan dus alleen samen met een probleemhebber worden gemaakt.

Een algemene conclusie op basis van deze inventarisatie is dat innovatieve meetplatforms zoals remote sensing en meetboeien operationeel worden. Vanwege de grote nauwkeurigheid en robuustheid kunnen laboratorium bepalingen hierbij dienen als referentie en ijkpunt voor de overige technieken, met name als absolute hoeveelheden worden afgeleid. Ook modellen worden steeds vaker voor operationele taken ingezet. Dit vergroot de mogelijkheden om deze informatiebronnen in te zetten voor concrete beleids- en beheersvragen. Daarbij is het een voordeel dat de informatie van de verschillende bronnen complementair aan elkaar zijn, met name wat betreft ruimtelijke en temporele dekking.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	7
1.1	Achtergrond	7
1.2	Informatiebehoefte	7
1.3	Informatiestrategie	9
2	Informatie over slibtransport	11
2.1	Meetbare grootheden als uitgangspunt	11
2.2	Zwevende stof concentratie	11
2.3	Stroming en debiet	12
2.4	Troebelheid	13
2.5	Slib op de bodem	13
2.6	Parameters voor transportmodellen	14
2.7	Samenvatting	14
3	Informatiebronnen voor slibtransport	17
3.1	Verschillende typen informatiebronnen	17
3.1.1	Bestaande informatie	17
3.1.2	Metingen	17
3.1.3	Modellen	19
3.2	Criteria voor beoordelen informatiebronnen	19
3.3	Meetschepen	22
3.4	Vaste meetstations	24
3.5	Remote Sensing	25
3.6	Modellen	28
3.7	Samenvatting	30
4	Conclusies en aanbevelingen	33
	Literatuur	37
	Appendix A Bestaande informatie	41
	Appendix B Meetinstrumenten	43
	Appendix C Modellen	47

Dankwoord

Een inventarisatie voor zo'n breed onderwerp als slibtransport is alleen mogelijk door gebruik te maken van de kennis van diverse experts. Roger Salden en Robert Vos hebben een belangrijke bijdrage geleverd bij het opzetten van de beoordelingssystematiek en de uitwerking ervan in de vorige inventarisatie die in het kader van het project 'Ontwikkeling Nationale Luchthaven' heeft plaats gevonden.

Diverse mensen hebben stukken aangeleverd. Henk Cox heeft een overzicht gemaakt van meetmethoden voor het meten van stroming en debieten. Gerard Spronk heeft een beschrijving gegeven van laboratorium analyses. De beschrijving van de modellen zijn grotendeels afkomstig van een recente inventarisatie naar operationele modellen, uitgevoerd in opdracht van Meetstrategie 2000+. Johan de Kok heeft daar een beschrijving van het SLIB3D model aan toegevoegd. Cedy Heins en Anke Zindler hebben data beschikbaar gesteld uit het PROVESS project waarvan illustraties in dit rapport zijn opgenomen. Tenslotte hebben Anke Zindler, Ad Stolk, Henk Cox en Erik Evers voor hun commentaar op de eerdere versies van dit rapport.

Tabel 1. Beoordeling van de informatiebronnen voor zwevende stof concentratie.

++ = hoog,
+ = voldoende,
0 = redelijk/matig,
- = onvoldoende,
? = onbekend.

	Kennis	Scheepsmetingen	boeien, meetpalen	veerboot	remote sensing	modellen
Kwaliteit	?	+	o	o	o	o
Dekking	?	z	z,t	x,t	x,y	x,y,z,t
Beschikbaarheid	o	+	o	+	+	+
Risico	+	+	-	+	+	o
Acceptatie	+	++	+	o	o	+

Tabel 2 Beoordeling van de informatiebronnen voor stroomsnelheid

++ = hoog,
+ = voldoende,
0 = redelijk/matig,
- = onvoldoende,
? = onbekend.

	Kennis	Scheepsmetingen	boeien, meetpalen	veerboot	remote sensing	modellen
Kwaliteit	?	++	++	+	+	o
Dekking	?	z	z,t	x,z,t	x,y	x,y,z,t
Beschikbaarheid	+	+	o	o	-	+
Risico	+	+	o	+	o	o
Acceptatie	++	++	++	+	o	+

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Aanleiding voor deze inventarisatie is een vraag van Directie Noordzee om voor het onderwerp slib en slibtransport alle informatiebronnen op een rij te zetten. Met informatiebronnen worden zowel meetinstrumenten als modellen bedoeld. Het gaat daarbij niet alleen om een opsomming maar vooral ook om een beoordeling van die bronnen: wat kun je er nou mee? Er is behoefte aan een standaard 'receptenboek' waarin staat welke technieken je moet combineren om zo optimaal mogelijk een bepaalde beleids- of beheersvraag te beantwoorden. Bij het RIKZ is veel expertise aanwezig over het meten en modelleren van slib en slibtransport. Bij de afdeling Hydro-instrumentatie wordt, in het kader van het TNWSENS project, kennis over bestaande en innovatieve meettechnieken vergaard en onderhouden. Om deze kennis beschikbaar te maken was een statusrapport voor slib en slibtransport voorzien. In dit rapport zijn de twee initiatieven van Directie Noordzee en RIKZ gecombineerd.

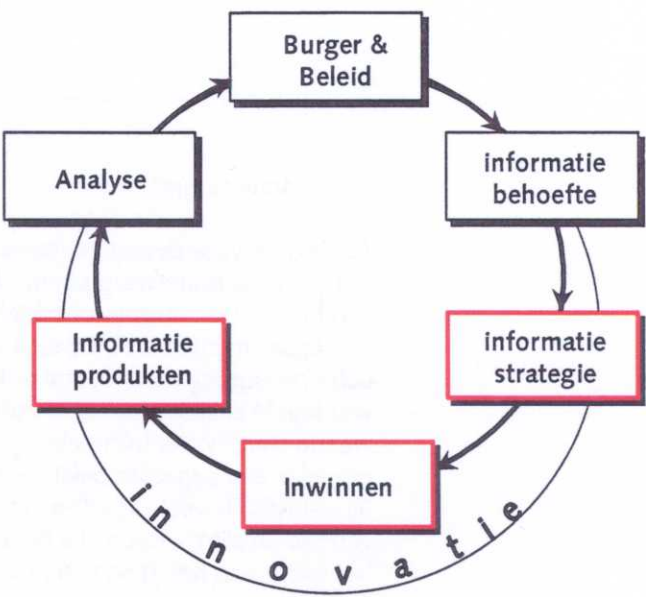
Dit rapport beoogt een overzicht te geven van informatiebronnen over slibtransport in de Noordzee. Dit overzicht is bedoeld voor diegenen bij zowel regionale directies als specialistische diensten die de informatievoorziening voor een beleids- of onderzoeksvraag op moeten zetten. De informatiebronnen worden vervolgens ook beoordeeld op relevantie, kwaliteit, dekking, beschikbaarheid, risico, acceptatie en kosten. De resultaten van deze inventarisatie dienen als basis voor de discussie over een optimale informatievoorziening. Dit moet leiden tot het gevraagde receptenboek voor het maken van informatieproducten. Dit rapport beperkt zich tot de inventarisatie en gaat niet in op het proces om vraag en aanbod bij elkaar te brengen (de zogenaamde INFOPLAN methodiek van Meetstrategie2000+).

1.2 Informatiebehoefte

De behoefte aan kwalitatieve en kwantitatieve informatie over slib en zwevende stof is evident voor de beleidsterreinen waar RWS verantwoordelijkheid draagt. Beleidsthema's als water- en waterbodembodemkwaliteit, trendmonitoring, ingrepen in de fysische en ecologische infrastructuur, morfologische processen en baggerspecieverspreiding vragen specifieke informatie over slib en zand. Dat geldt zowel voor de zoete als voor de zoute wateren. Er is de laatste jaren, mede door de inspanning van Meetstrategie 2000+, veel aandacht geweest voor het expliciet maken van de informatiebehoefte voor beleidsvoorbereiders, waterbeheerders en burgers. Onlangs is nog een overzicht gemaakt van de vragen bij Directie Noordzee, zie Zindler (2000). In het algemeen kan worden gesteld dat het doel van de informatievoorziening is het maken van informatieproducten die antwoord geven op deze vragen. Hiervoor is de informatiecycclus bedacht die is weergegeven in Figuur 1.1. De informatiecycclus is binnen rijkswaterstaat een geaccepteerd concept en de ervaringen met de praktische uitvoering ervan zijn positief. De informatiecycclus lijkt één geheel maar in de praktijk blijkt er nog steeds

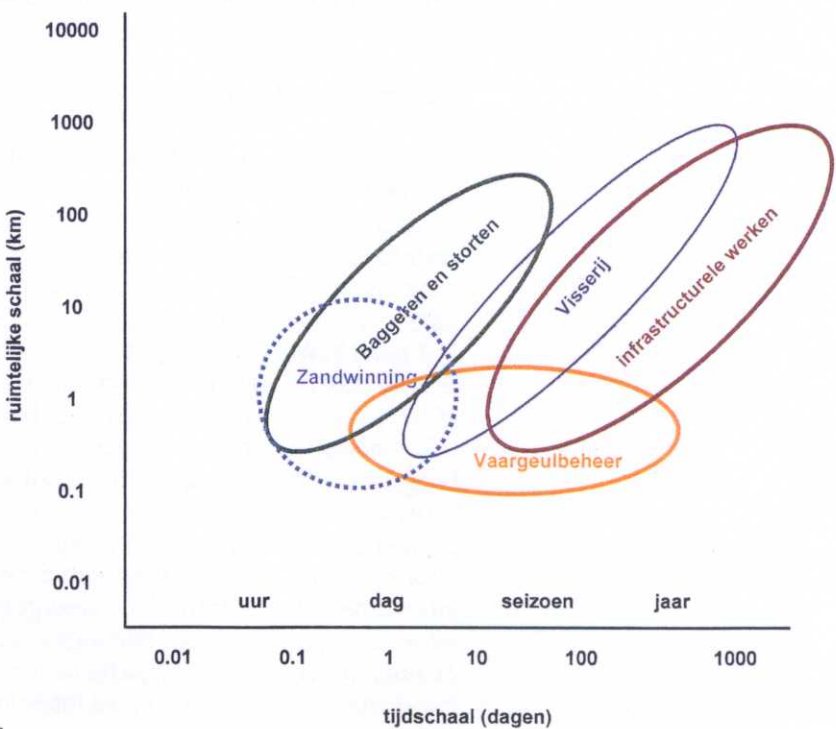
een scheidslijn tussen de bovenste helft, de vraag, en de onderste helft, het aanbod.

Figuur 1.1 De informatiecycclus koppelt vraag en aanbod van informatie. Binnen het programma Basisinformatie PBNi wordt gewerkt aan de innovatie van het aanbod van informatie (Technologische Vernieuwing, Meetstrategie2000+)



Bij het samenbrengen van vraag en aanbod moet rekening worden gehouden met twee valkuilen. De eerste is dat de informatiebehoefte voor beleidsvoorbereiding en ~evaluatie een hoger aggregatieniveau heeft dan meet- en modelresultaten. Bijvoorbeeld: wat is een kosten effectieve manier van baggeren en storten zodat de vaargeul op een veilige diepte blijft? Deze vraag moet vertaald worden naar vragen zoals: wat is de slibflux van de stortlocatie naar de haven? Maar die kan niet rechtstreeks gemeten worden dus wordt de uiteindelijke vraag: wat is de slibconcentratie op een of twee locaties waarmee een transportmodel gekalibreerd kan worden. De verschillende percepties over wat de informatiebehoefte eigenlijk is, leidt snel tot miscommunicatie tussen probleemhebber en adviseur. Een tweede valkuil is dat vooraf niet duidelijk is op welke ruimtelijke en

Figuur 1.2 De ruimtelijke en tijdschaal van de informatiebehoefte bij Directie Noordzee. (bron: Zindler 2000).



temporele schaal de informatie kan worden geleverd. Om bij hetzelfde voorbeeld te blijven: de opdrachtgever is geïnteresseerd in het effect van stormen op de baggerwerkzaamheden van de haven. Dit betekent dat de informatie zich moet richten op een korte periode na een storm en bijvoorbeeld niet op het jaargemiddelde slibtransport. Een goede communicatie van de ruimtelijke en tijd schaal die gewenst en haalbaar is, helpt bij het maken van een keuze uit informatiebronnen. Dit is geïllustreerd in Figuur 1.2 waarin de ruimtelijke en tijdschaal van de vragen van Directie Noordzee tegen elkaar zijn uitgezet (uit Zindler, 2000).

1.3 Informatiestrategie

De kloof tussen de informatiebehoefte enerzijds en een inwinplan voor het meten en modelleren van gegevens anderzijds kan worden overbrugd met de zogenaamde INFOPLAN-methodiek. Deze methodiek is bedacht om op een gestructureerde wijze de informatiebehoefte van de probleemhebber te vertalen naar een zo goed mogelijk inwinplan. In zijn huidige vorm worden in de INFOPLAN-methodiek vijf stappen doorlopen:

1. Input analyse: controleren van opgestelde informatiebehoefte op consistentie en volledigheid, en zorgen dat de informatiebehoefte vertaald wordt naar concrete (dwz te meten of modelleren) parameters, inclusief de gewenste ruimtelijke en temporele dekking. Deze vertaling is de lastigste stap in het hele proces waar vaak te snel over heen wordt gestapt.
2. Inventarisatie informatiebronnen: inventariseren van meettechnieken en modellen die bekend zijn (traditioneel of innovatief). Uit oogpunt van efficiëntie moet ook nadrukkelijk bestaande kennis worden meegenomen. De informatiebronnen worden beschreven aan de hand van een aantal beoordelingscriteria zoals relevantie, kwaliteit, dekking, beschikbaarheid, risico, acceptatie, kosten. Deze stap is het onderwerp van dit rapport.
3. Bepalen 2 à 3 inwinplannen (scenario's): middels een workshop worden voorstellen gedaan voor de inzet van (een combinatie van) informatiebronnen, gestuurd door de informatiebehoefte.
4. Uitwerken inwinplannen: uitwerken van de voorstellen uit de workshop tot een of twee concept informatie-inzamelplannen.
5. Vaststellen gegevens inzamelplan: aan de opdrachtgever voorleggen van concepten uit stap 4 en daaruit een keuze maken.

Bij de INFOPLAN methodiek wordt geredeneerd vanuit de vragen om te komen tot een inwinplan. Daarnaast is het nuttig om in deze fase ook de gewenste informatieproducten te omschrijven, zodat bij de inwinning daar rekening mee gehouden kan worden. Dit zou een goede aanvulling zijn op de huidige procedure, omdat daarmee expliciet wordt gemaakt wanneer aan de informatiebehoefte wordt voldaan. Immers, pas na de overdracht van de informatieproducten kan de informatiecyclus gesloten worden.

2 Informatie over slibtransport

2.1 Meetbare grootheden als uitgangspunt

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de fysische en chemische parameters die een rol spelen bij het transport van slib. Deze parameters vormen de basisgegevens waaruit later de informatieproducten vervaardigd moeten worden. Zoals al eerder opgemerkt, is het belangrijk om te beseffen dat een verzameling gegevens niet hetzelfde is als een informatieproduct. Bij de inputanalyse van de INFOPLAN methodiek (stap 1) moeten de vragen van beleidsvoorbereiders en beheerders op een of andere manier vertaald worden naar een set parameters zoals hieronder beschreven. De natuurlijke variabiliteit (in ruimte en tijd) van het slibtransport heeft consequenties voor de manier waarop de gegevens moet worden ingewonnen: waar, wanneer, hoe vaak, etc.

Wat is slib? Deze vraag is niet eenduidig te beantwoorden omdat er verschillende definities in omloop zijn. Veelal wordt slib gedefinieerd als al het anorganische en organische materiaal kleiner dan 63 mm. In Smedes (1997) wordt uitgebreid ingegaan op de standaardisering van het meten aan slib, met name in relatie tot de water- en bodemkwaliteit. Metingen van de slibconcentratie volgens bovenstaande definities zijn alleen mogelijk in het laboratorium. Alle overige metingen aan de slibconcentratie zijn indirect. Slib is dus in principe iets anders dan zwevende stof, dat gedefinieerd is als al het materiaal groter dan 0.45 mm (overigens worden in de literatuur ook voor zwevende stof verschillende definities gehanteerd). Het zwevende stof bestaat voor een deel uit algen (behalve picoplankton dat door het filter kan). Vrijwel alle in situ en remote sensing instrumenten zijn niet voorzien van een filter en meten dus al het zwevende materiaal en vaak ook nog opgeloste stoffen. Deze mismatch tussen de definitie en wat feitelijk gemeten kan worden is een belangrijke foutenbron bij het vertalen van een meting naar de concentratie slib danwel concentratie zwevende stof.

2.2 Zwevende stof concentratie

Er worden al decennia lang zwevende stof concentraties (TSM: Total Suspended Matter) gemeten in de Noordzee, onder andere door RWS en het NIOZ. Deze zijn voor het merendeel opgeslagen in de centrale database van RWS, DONAR, en onlangs opnieuw geanalyseerd door het RIKZ, zie Suijlen (concept). Een historische dataset geeft vooral inzicht in de variabiliteit op lange termijn, zoals in de jaargemiddelde concentraties.

Voor het in situ meten van de zwevende stof concentratie wordt doorgaans gebruik gemaakt van optische instrumentatie, waarbij het gemeten signaal wordt vertaald naar TSM. Voor de interpretatie zijn kalibratiemetingen nodig waarbij TSM en eventueel de slibconcentratie worden bepaald in het laboratorium. Voor nauwkeurige metingen is ook de variatie in deeltjesgrootte een belangrijke parameter. Daarnaast is voor het kalibreren van optische sensoren kennis nodig van de absorptie

en verstrooiing door stoffen in water.

Indirecte metingen van de zwevende stof concentratie zijn onnauwkeuriger dan een analyse in het laboratorium. Bijvoorbeeld, een gemeten signaal van een troebelheidsmeter wordt omgerekend naar slibconcentratie. Daarbij treden afwijkingen op ten opzichte van de werkelijke concentratie. Deze afwijking wordt de onzuiverheid genoemd. Hoewel de absolute waarde van de slibconcentratie moeilijk kan worden bepaald met indirecte metingen, kunnen relatieve veranderingen (in ruimte en tijd) in de zwevende stof concentraties wel precies worden gemeten. Dit wordt precisie genoemd. Laboratorium analyses scoren minder goed wat betreft precisie, omdat het aantal monsters vaak beperkt is. Hierdoor kunnen alleen veranderingen op langere tijdschalen worden gevolgd.

Dit betekent dat indirecte metingen met name waardevol zijn voor het volgen van relatieve veranderingen in de tijd en ruimte. Afhankelijk van de gewenste dekking in ruimte en tijd kunnen diverse meettechnieken worden gecombineerd. Kaarten van zwevende stof concentraties in de kustzone kunnen worden gebruikt voor modelvalidatie. Metingen van een meetpaal of boei op enkele relevante locaties kunnen helpen bij het volgen van de zwevende stof in de tijd.

2.3 Stroming en debiet

Om iets over het transport van slib te kunnen zeggen moet de stroming en/of het debiet bekend zijn. Van oudsher worden stromingen gemeten. Het meetprincipe van deze stroommeetinstrumenten veranderde in de loop der tijd van de mechanische propellermethode naar de elektromagnetische inductiemethode en later naar de akoestische looptijdverschil- en Dopplermethode. In appendix B.2 is een overzicht opgenomen van meettechnieken voor stroming en debieten. De technieken kunnen worden uitgesplitst naar de volgende type metingen:

- Puntmeting: een puntmeting geeft informatie over stroomsnelheid en eventueel -richting in één punt. Puntmetingen kunnen o.a. worden gebruikt voor het onderzoek naar orbitaalsnelheden en het meten van turbulenties.
- Snelheidsprofiel: een verticaalmeting geeft informatie over stroomsnelheid en -richting als functie van de diepte. Verticaalmetingen worden o.a. gebruikt als basis voor sedimenttransportmetingen.
- Debietmeting: een debietmeting geeft informatie over de hoeveelheid water die per tijdseenheid door een dwarsdoorsnede stroomt. Incidentele debietmetingen worden uitgevoerd voor projectmatige toepassingen zoals ijking van kunstwerken en ijking van Q/h -relaties. Permanente debietmetingen vinden plaats als onderdeel van de standaard monitoring (MWTL-zie Appendix A.1), en worden gebruikt voor operationele toepassingen zoals hoogwaterberichtgeving, regeling van kunstwerken, controle op wateronttrekking of -lozing en handhaving van het ecologisch milieu.
- Horizontale stromingspatroon: deze meting geeft informatie over stromingspatronen in een horizontaal vlak, vaak over een gemiddelde van de waterkolom of een deel daarvan. Dergelijke metingen zijn van belang bij onderzoek aan en toepassing van modellen, waarin bijvoorbeeld windinvloed op de stroming wordt meegenomen.

2.4 Troebelheid

De zwevende stof concentratie in het water is gerelateerd aan de troebelheid van het water, maar het zijn in principe verschillende parameters. Troebelheid is in de eerste plaats een nauw omschreven grootheid die gemeten kan worden met een troebelheidsmeter. Daarnaast wordt troebelheid gebruikt als een algemene benaming voor de beschikbare hoeveelheid licht in de waterkolom. Deze algemene betekenis wordt vooral gebruikt in relatie tot ecologische processen zoals fotosynthese van algen. Extra verwarrend is dat soms troebelheid als synoniem voor slibconcentratie of TSM wordt gebruikt.

Voor het bepalen van de troebelheid in de brede betekenis van het woord zijn behalve troebelheid zelf ook andere parameters bruikbaar, de belangrijkste zijn: de verticale (diffuse) verzwakkingscoëfficiënt, de bundelverzwakkings-coëfficiënt en de reflectantie. Historische metingen over de lichtuitdoving in water zijn voornamelijk gebaseerd op doorzicht, gemeten met een Secchischijf.

Verder is ook het meten van de hoeveelheid licht in water van belang, vooral om de beschikbaarheid van het licht voor het ecosysteem te bepalen. Hiervoor komen in aanmerking radiantie en irradiantie metingen, bij voorkeur als functie van de golflengte. Het bepalen van een verticaal profiel van het lichtklimaat kan van belang zijn voor het bodemleven en voor algen soorten die hun drijfvermogen aanpassen aan de beschikbaarheid van licht.

Voor het modelleren van de beschikbare lichthoeveelheid (en voor het kalibreren van optische sensoren) is het nodig de specifieke inherente optische eigenschappen (SIOP) van het slib, algen en opgeloste stoffen in water te meten. Deze eigenschappen zijn de absorptiecoëfficiënt en de verstrooiingscoëfficiënt. Een gekalibreerd optisch model kan tevens gebruikt worden om de veranderingen in de lichtomstandigheden te voorspellen ten gevolge van een andere TSM. Het RIKZ beschikt over het HYDROLIGHT model dat een nauwkeurige oplossing geeft voor alle typen wateren en waarmee ook diepteprofielen kunnen worden berekend.

Uit de gemeten optische parameters kan de TSM worden afgeleid, hetzij via een statistische relatie (troebelheid) danwel via een optisch model (spectrale metingen). Met spectrale metingen (dat zijn metingen als functie van de golflengte) kunnen daarnaast ook de concentraties algen worden geschat. Voor een correcte omrekening van optische eigenschappen van water naar de concentraties van slib en algen is een optisch model nodig. Dit optisch model wordt gekalibreerd met de specifiek inherente optische eigenschappen (SIOP) van de deeltjes.

2.5 Slib op de bodem

Het transport van slib is sterk gekoppeld aan de beschikbaarheid van slib in de bodem. Bij het meten van slib op de bodem wordt onderscheid gemaakt tussen de slibhoeveelheid en de slibsamenstelling.

De slibhoeveelheid kan momenteel alleen gemeten worden in het veld. Daartoe worden op de Noordzee kernen gestoken uit boxcores. Op droogvallende platen worden op verscheiden lokaties referentiepaaltjes gebruikt die de dikte ter plaatse aangeven. Recentelijk zijn ook nabij-infrarood (NIR) en video sondes beschikbaar gekomen die in de bodem gestoken kunnen worden (zie Kruijt & van Oort 1999). Inmiddels zijn er aanwijzingen dat met remote sensing het areaal van slib op de platen op een aantal momenten in het jaar kan worden bepaald, zie Kokke et al. (2000).

De slibflux over de bodem zal vermoedelijk grotendeels in de winter

plaatsvinden, en kent dan een hoge natuurlijke variabiliteit. Het nauwkeurig bepalen van de flux van slib naar bijvoorbeeld havens is een lastige zaak. Het effect op de havens kan mogelijk eenvoudiger worden gecontroleerd middels frequente meting van de dikte van de sliblaag op een aantal locaties. Ook dient de hoeveelheid gebaggerd slib dan nauwkeurig te worden geadministreerd. De herkomst van het havenslib kan middels bepaling van radioactiviteit van het slib mogelijk worden vastgesteld.

Voor het modelleren van slibflux naar havens dient een fijnmazige modelschematisatie te worden gebruikt. Voor het opstellen van een juiste massabalans van het havenslib in het model moet echter ook bijzondere aandacht besteed worden aan de hierboven genoemde parameters als dikte van de sliblaag, hoeveelheid afgevoerd baggerslib en tijdstip van baggeren (als nauwkeurige modelinvoer). Voor het modelleren van fluid mud dienen speciale modellen te worden gebruikt (Winterwerp, 1999).

Naast de hoeveelheid slib en de slibflux bij de bodem is ook de slibsamenstelling een parameter die gemeten kan worden. Voor de voedselbeschikbaarheid in het water is vooral het organisch gehalte van het slib van belang. Voor de slibsamenstelling zijn analyses in het laboratorium het meest gangbaar. Zie appendix B.4 voor een overzicht van gebruikte methoden.

2.6 Parameters voor transportmodellen

Voor de voorspelling van het slibtransport met behulp van modellen zijn aanvullende metingen nodig. Deze zijn:

- de slibconcentratie, waterstand en het debiet aan de rand van het model.
- Voor het modelleren van de waterbeweging zijn ook meteorologische parameters als windrichting, windsnelheid en atmosferische druk nodig.
- Voor de kalibratie van de waterbewegingsmodellen zijn naast boven genoemde metingen zout en temperatuur bepalingen nodig op verschillende dieptes in de kustzone. Verder zijn gegevens nodig van de bathymetrie. Ook de windschuifspanning moet bekend zijn aan het wateroppervlak bij verschillende windrichtingen en windsnelheden. Tenslotte zijn metingen gewenst van valsnelheid van sedimentdeeltjes, de schuifspanning bij de bodem, en het slibgehalte aan de bodem.

2.7 Samenvatting

De stap van de informatiebehoefte naar een set van meetbare en modelleerbare parameters (de databehoefte) is lastig maar essentieel voor het maken van een goed inwinplan. Kennis van de processen die bij slibtransport een rol spelen is de sleutel tot definiëren van een set van relevante parameters. Er kan nog onderscheid gemaakt worden tussen parameters die direct toeleveren aan de informatiebehoefte en parameters die nodig zijn voor een succesvolle toepassing van modellen en meettechnieken.

De parameters die een indicatie zijn voor slibtransport:

- slibconcentratie (g m^{-3});
- zwevende stof concentratie (g m^{-3});
- stroming (m s^{-1}) en debiet ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$);

- troebelheid (FTU, NTU) en/of verticale verzwakkingscoëfficiënt (m^{-1});
- hoeveelheid gebaggerd havenslib (tonnen per jaar);
- dikte (mm) en samenstelling van de sliblaag op de bodem.

Parameters die nodig zijn voor de aandrijving van transportmodellen zijn:

- saliniteit (ppm), temperatuur ($^{\circ}\text{C}$);
- windsnelheid (m s^{-1}), windrichting (graden) en atmosferische druk (Pa);
- waterstanden (cm);
- slibconcentratie (g m^{-3}) aan de rand van het model.

Parameters die nodig zijn voor de kalibratie van modellen en meettechnieken zijn:

- bodemdiepte of bathymetrie (m);
- valsnelheid van gesuspendeerd materiaal (m s^{-1});
- schuifspanning, slibgehalte (-en samenstelling) en erosiesnelheid van de bodem;
- deeltjesgrootteverdeling;
- (specifieke) optische eigenschappen van stoffen in water.

Merk op dat hier alleen de parameters zijn genoemd die gerelateerd zijn aan slibtransport. Parameters die gerelateerd zijn aan ecologische of ecotoxicologische processen, bijvoorbeeld het meten van primaire produktie, vallen buiten het kader van deze studie.

3 Informatiebronnen voor slibtransport

3.1 Verschillende typen informatiebronnen

Er zijn voor het inwinnen van informatie voor slibtransport vele meettechnieken en modellen beschikbaar. In Appendix B is een lijst van beschikbare meettechnieken opgenomen met een korte beschrijving van iedere meettechniek. Een overzicht van operationele modellen voor het berekenen van slibtransport is gegeven in Appendix C. Het voert te ver om voor elke techniek afzonderlijk een uitgebreide beoordeling te maken. Daarom zijn in dit hoofdstuk de informatiebronnen gegroepeerd in de volgende categorieën:

- bestaande informatie;
- metingen: meetschepen, vaste meetstations, remote sensing en veerboten
- modellen.

Hieronder worden ze kort besproken.

3.1.1 Bestaande informatie

Er wordt al lang aan slib en slibtransport gemeten. Via modellen is inzicht verkregen in de processen die een rol spelen bij slibtransport. Veel kennis uit het verleden is opgeslagen in databanken, beschreven in literatuur en aanwezig bij experts. De experts zijn door hun ervaring met de processen en het gebied een belangrijke bron bij het borgen van de kwaliteit van informatie.

Databanken zijn een belangrijke bron van historische (meet)gegevens. Door het uniforme formaat van de gegevens zijn analyses van bijvoorbeeld tijdreeksen relatief gemakkelijk uit te voeren. Een bekend voorbeeld is de centrale database van Rijkswaterstaat, DONAR. Goede meta-informatie vormt in databanken een belangrijk criterium voor het beoordelen van de kwaliteit van de gegevens. Sommige databanken bestaan zelfs alleen uit meta-informatie, bijvoorbeeld omdat de data zelf verspreid is opgeslagen, zoals Geoloket voor ruimtelijke informatie. Daarnaast zijn er veel gegevens die voor een specifiek project zijn verzameld en buiten een van de grote databanken worden gehouden. Een aantal daarvan worden behandeld in Appendix A.

Verder is de (grijze) literatuur een belangrijke bron van bestaande kennis. Resultaten uit onderzoek worden bijvoorbeeld in een werkdocument beschreven en leiden soms niet of pas (veel) later tot officiële publikaties. Rapporten en werkdocumenten zijn een goede manier om data uit projecten te achterhalen en toegankelijk te maken. De literatuurlijst achterin dit rapport is slechts een aanzet en bevat voornamelijk recente publicaties (inventarisaties, reviews, etc.). Omdat bestaande kennis een alomvattend begrip is, waarvan ook metingen en modellen een onderdeel zijn, is geen beoordeling van deze informatiebron gemaakt.

3.1.2 Metingen

Een meting is het resultaat van de inzet van een meettechniek. Bijvoorbeeld, als een troebelheidsmeter op één lokatie wordt

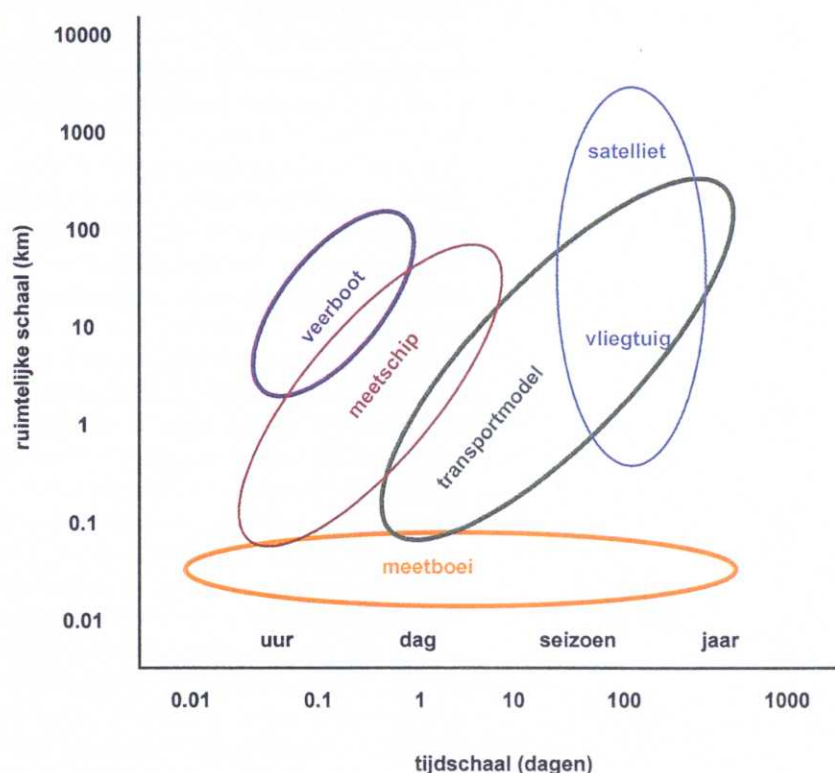
neergelaten om een profiel te meten levert dit een ander soort meting op dan wanneer dezelfde troebelheidsmeter in een meetvis is geplaatst waarmee transecten worden gevaren. Hoewel de meettechniek hetzelfde is zorgt een andere inzet voor een ander type meting.

Omdat de meeste kosten zitten in het inrichten en operationeel houden van een meetplatform en niet in de afzonderlijke instrumenten is het logischer om meetplatform te evalueren met daarop een set instrumenten:

- Meetschip: monsternamen, OBS of MEX (troebelheid), Datasonde (geleidendheid /temperatuur/diepte) , ott-molen (stroomsnelheid) of ADCP (stroomprofiel), LISST-100 (bundelverzwakking en deeltjesgrootte), AZTM (zand), Licor (PAR, lichtverzwakking), ac-9 (lichtabsorptie en verzwakking), PR650 (reflectantie);
- Vaste meetstations zoals meetboei, meetpaal of bodemframe: monsternamen (beperkt), OBS of MEX (troebelheid), Datasonde (geleidendheid /temperatuur/diepte) , ott-molen (stroomsnelheid) of ADCP (stroomprofiel), LISST-100 (bundelverzwakking en deeltjesgrootte), AZTM (zand), Licor (PAR, lichtverzwakking), ac-9 (lichtabsorptie en verzwakking), SATlantic (reflectantie);
- Remote sensing (satelliet of vliegtuig): SeaWiFS (zwevende stof), EPS-A (zwevende stof, chlorofyl, olie), NOAA (temperatuur), ERS, SPOT, etc.
- Veerboten: ADCP (stroomprofiel), Datasonde (geleidendheid /temperatuur/diepte), SATlantic (reflectantie);

In appendix B worden de verschillende instrumenten kort behandeld.

Figuur 3.1 De ruimtelijke en tijdschaal die gedekt worden door verschillende informatiebronnen. Voor schepen en modellen geldt dat een hogere ruimtelijke resolutie in het algemeen leidt tot een lagere tijdsresolutie.



In figuur 3.1 is te zien dat deze meetplatforms ieder een ander ruimte-tijd schaal dekken. Daarmee zijn ze dus geen concurrenten maar zijn ze complementair aan elkaar. Metingen verricht vanaf een meetschip op een beperkt aantal locaties zijn traditioneel de belangrijkste bron voor onze gegevens over slib en zwevende stof. Deze metingen worden nog

steeds gebruikt voor de kalibratie en validatie van nieuwe meettechnieken en modellen. In het standaard RWS meetprogramma MWTL worden tweewekelijks zo'n twintig locaties bemeten. Sommige meetschepen zijn uitgerust met een meetframe dat in het water wordt gehangen tijdens het varen. Bij varend meten ontstaat een meetreeks die een combinatie is van tijd en ruimte, die ideaal is voor het vaststellen van gradienten.

De laatste jaren zijn ook vaste meetstations, zoals meetpalen, boeien of meetframes op de bodem, ingericht voor het continu meten van zwevende stof concentraties en stroming. Deze leveren lokaal maar met een hoge frequentie (hoge temporele resolutie) gegevens over een aantal basis parameters, tot zo'n 2 Hz. Deze metingen worden vaak gemiddeld tot 10-15 minuten om de hoeveelheid data te beperken. Vanwege de kosten worden doorgaans slechts enkele vaste meetopstellingen ingericht.

Daarnaast zijn er ook metingen die een ruimtelijk beeld geven van de zwevende stof concentratie. Met remote sensing wordt in korte tijd een beeld gevormd van de horizontale verdeling in twee richtingen.

Afhankelijk van de gebruikte techniek kunnen veranderingen van enkele meters tot 1 kilometer in kaart worden gebracht. De frequentie van beelden is gemiddeld zo'n 1 per week.

Het vierde type meetplatform is de veerboot. Een veerboot heeft het voordeel dat dagelijks één tot vele malen hetzelfde traject gevaren wordt. Groot verschil met het varend meten met een meetschip is dat alle metingen autonoom moeten worden uitgevoerd en dat de gegevens radiografisch of telefonisch moeten worden binnengehaald. Op dit moment is alleen de TESO veerboot tussen Den Helder en Texel uitgerust met instrumenten om stroomsnelheid en zwevende stof concentratie te bepalen, zie www.nioz.nl/projecten en Hoogenboom et al. (2000). Vooral de bepaling van zwevende stof is nog in een onderzoeksstadium. Vandaar dat er in deze inventarisatie geen uitgebreide beoordeling is opgenomen. De verwachting is dat binnen één tot twee jaar de gebruikte technieken operationeel zullen zijn.

3.1.3 Modellen

Modellen zijn een belangrijke informatiebron voor het voorspellen van slibtransport. Voor het berekenen van slibtransport en de effecten op de ecologie wordt niet één model gebruikt maar een cascade van modellen die op elkaar aansluiten, zoals in SIMONA. Er zijn aparte modellen voor waterbeweging, transport van stoffen (zoals slib en nutriënten) en ecologie. Afhankelijk van het gebied van interesse kan gekozen worden uit verschillende schematisaties die het gebied in discrete blokjes opdelen. Een veel gebruikte schematisatie is het Kuststrook model. Een realistische voorspelling hangt van factoren als numerieke nauwkeurigheid, adequaatheid van procesformuleringen, nauwkeurigheid van randvoorwaarden (debeten aan de rand van het model) en meteorologische gegevens, maar ook van de kwaliteit van het kalibratie en validatieproces van het model. In Appendix C is een korte beschrijving van waterbewegings- en slibtransportmodellen gegeven.

3.2 Criteria voor beoordelen informatiebronnen

Om goede keuzes te kunnen maken in het aanbod van informatiebronnen bij het maken van een inwinplan, moet duidelijk zijn wat hun status is. Voor de beoordeling van informatiebronnen zijn

criteria geformuleerd waarop deze getoetst kunnen worden. In deze studie worden 7 criteria onderscheiden:

1. dekking
2. kwaliteit
3. relevantie
4. beschikbaarheid
5. risico
6. kosten
7. acceptatie

In deze inventarisatie hebben we de informatiebronnen beoordeeld op het niveau van een meetplatform met daarop een set instrumenten die voor dat meetplatform geschikt is. Hoogenboom et al. (1999) hebben deze beoordelingsystematiek uitgewerkt voor de slibconcentratie en stromingen in de vorm van tabellen met plussen en minnen. In dit hoofdstuk is voor een meer beschrijvende aanpak gekozen.

Dekking

Elk meetplatform meet een andere doorsnede van de processen in ruimte en tijd, zie figuur 3.1. De dekking is daarmee sterk gekoppeld aan de natuurlijke variabiliteit die waargenomen kan worden:

- seizoenvariatie: dit kan met twee-wekelijkse metingen worden gedekt. Hiervoor zijn alle informatiebronnen geschikt.
- Dood-springtij variatie: hiervoor zijn dagelijkse metingen nodig, dus vast meetstation, veerboot en model.
- Eb-vloed getij variatie: hiervoor zijn metingen met een tijdsinterval van ongeveer 10-15 min nodig: vaste meetstations en veerboten, 13 uren metingen met meetschip, modellen.
- chaotische tijdschaal: dit zijn korte fluctuaties die worden veroorzaakt door turbulentie en andere chaotische processen. Hiervoor is een tijdinterval tussen twee metingen van ongeveer 1 sec of minder nodig: vast meetstation en meetschip.
- diepte z: de intervallen die nodig zijn bij profiel metingen hangt af van het proces dat gevolgd moet worden. De resolutie moet zo gekozen worden dat de belangrijkste gradienten nog gevolgd kunnen worden: profielmetingen met meetschip, model.
- horizontaal vlak x,y: ook hier hangt de ruimtelijk resolutie af van de gradienten en patronen die nog waargenomen moeten worden: remote sensing.
- transect x,z: dit zijn diepte profielen langs een transect: meetvis op meetschip en veerboot.

Kwaliteit

De kwaliteit van de gegevens die door een meetplatform geleverd worden is een belangrijk criterium. Het oordeel voor dit criterium is een som van vier onderdelen:

- zuiverheid: in hoeverre wijkt de gemeten of gemodelleerde waarde af van de werkelijke waarde? Voor slibconcentratie bijvoorbeeld zijn alleen laboratorium analyses echt zuiver.
- precisie: wat is de kleinste verandering in de gemeten of gemodelleerde grootheid die nog kan worden waargenomen? Dit is vooral van belang bij in situ en remote sensing metingen waar het waarnemen van (relatieve) veranderingen vaak een belangrijke rol speelt.
- reproduceerbaarheid: wordt onder verschillende omstandigheden dezelfde meetwaarde geproduceerd?
- meta-informatie: is te achterhalen hoe de gegevens tot stand zijn gekomen?

Relevantie

Met relevantie wordt bedoeld in hoeverre een informatiebron (kennis, meettechnieken of modellen) bijdraagt aan de informatiebehoefte. Levert het informatie die niet op een andere manier kan worden ingewonnen en zonder welke geen antwoord gegeven kan worden op de vragen? Of gaat het om informatie die wellicht ons inzicht vergroot maar niet direct bijdraagt aan de informatiebehoefte? Dit criterium is ook toepasbaar wanneer uit een enorme dataset (denk aan maanden lang continu meten met een meetboei) de relevante informatie gedestilleerd moet worden.

Beschikbaarheid

Bij de beschikbaarheid van informatiebronnen kan men denken aan:

- Is de meetmethode of model operationeel en breed (d.w.z. op meerdere stations) inzetbaar?
- Zijn (bestaande en nieuwe) gegevens snel toegankelijk voor diegenen die ze moet verwerken?
- Zijn er veel bewerkingen nodig om uit gemeten signaal de gewenste parameter te berekenen?
- Kunnen (bestaande en nieuwe) gegevens eenvoudig worden geselecteerd op basis van meta-informatie?

In het algemeen krijgen metingen hun waarde pas na een reeks stappen, waaronder: verwerking, analyse, archivering, rapportage etc. In veel projecten wordt daar te weinig aandacht aan besteed, en richt zich men teveel op het meten zelf. Het verleden leert dat hierdoor een schat aan potentiële informatie onbeschikbaar kan blijven. Dit vormt een risico waar terdege rekening mee gehouden moet worden in het kader van de kwaliteitsborging. Verder is het wenselijk om al tijdens het project de informatiecycclus meer dan eens te doorlopen. Dit betekent dat bijvoorbeeld eens per kwartaal alle gegevens worden geanalyseerd en beschikbaar gesteld aan de opdrachtgever.

Risico

Het risico is een combinatie van de kans dat er iets mis gaat en de gevolgen die dat heeft voor de informatievoorziening. Bijvoorbeeld, een boei of bodemframe op de bodem raakt soms wel eens 'zoek'. Bij de beoordeling gaat om de volgende zaken:

- Zijn het meetplatform en de gebruikte instrumenten robuust?
- Kunnen instrumenten snel en goedkoop vervangen worden?
- Wat zijn de gevolgen als gegevens ontbreken?

Kosten

Uiteraard zijn de kosten voor de inzet van een meetplatform een belangrijk criterium. Daarbij spelen de installatie en operationele kosten een belangrijke rol, maar ook de kosten voor dataverwerking en afschrijvingen. De verantwoordelijkheid voor het beoordelen van de kosten ligt bij de opdrachtgever. Daarom is voor dit criterium geen oordeel gegeven in termen van duur of goedkoop.

Acceptatie

Bij het criterium acceptatie gaat om de vraag of de meetgegevens worden geaccepteerd door de belanghebbenden (onderzoekers, opdrachtgever, belangengroepen). De acceptatie wordt voornamelijk bepaald door:

- een geaccepteerde werkwijze zoals vastgelegd in ISO, NEN of CEN normen of procedures uit de Goede Meet Praktijk (GMP);
- ervaringen uit het verleden: men is gewend aan een bepaald type metingen en kent daar de sterke en zwakke kanten van;

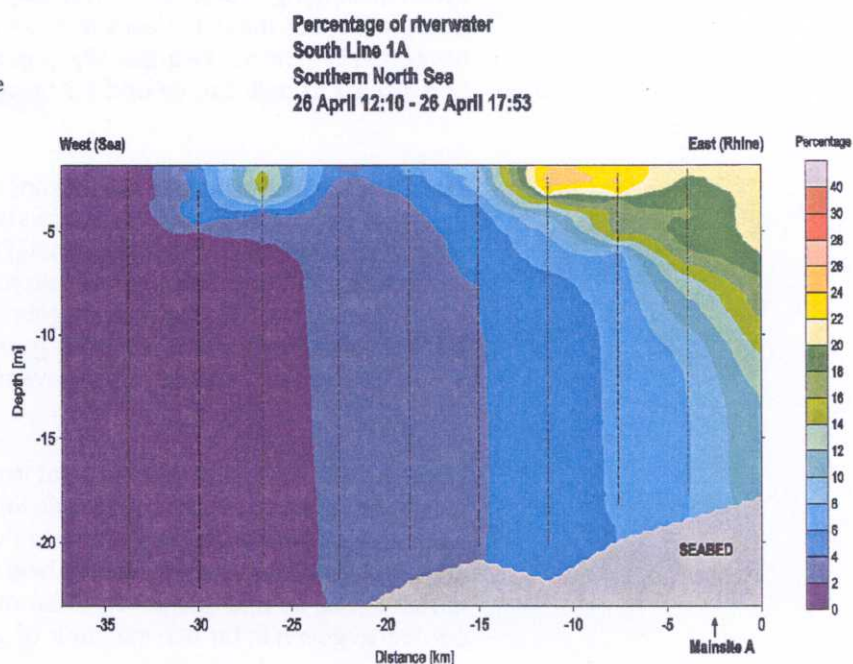
3.3 Meetschepen

Meetschepen zijn de meest gebruikelijke manier om informatie in te winnen over slibtransport. Het is op dit moment de enige manier om watermonsters te verzamelen die deels aan boord en deels in het laboratorium geanalyseerd worden. De meetschepen van rijkswaterstaat varen door de week bijna continu, behalve bij slecht weer. Meetschepen worden ook gebruikt om profielmetingen te doen. In een frame zitten diverse standaard instrumenten voor het meten van parameters zoals geleidendheid, temperatuur, druk, diepte, troebelheid, lichtverzwakking (extinctie), fluorescentie, opgelost zuurstof, etc. Daarnaast is het mogelijk om tussen de meetstations continue metingen met een meetvis te verrichten. In een meetvis kunnen dezelfde standaard instrumenten worden geplaatst en er is ook een aanzuigmond voor het nemen van watermonsters aanwezig. Dit geeft informatie langs een transect.

Dekking

De ruimtelijke en temporele dekking hangt af van welke metingen worden verricht. Wanneer verschillende profielmetingen worden geïnterpoleerd krijg je een dwarsdoorsnede langs een transect. In Figuur 3.2 is als voorbeeld het percentage rivierwater uitgezet bij een transect ter hoogte van Noordwijk (de gegevens zijn afkomstig uit het PROVESS project, zie Baretta et al. (in druk)). Bij het gebruik van een meetvis is de informatie een reeks waarden op één diepte langs het transect, zie Figuur 3.3.

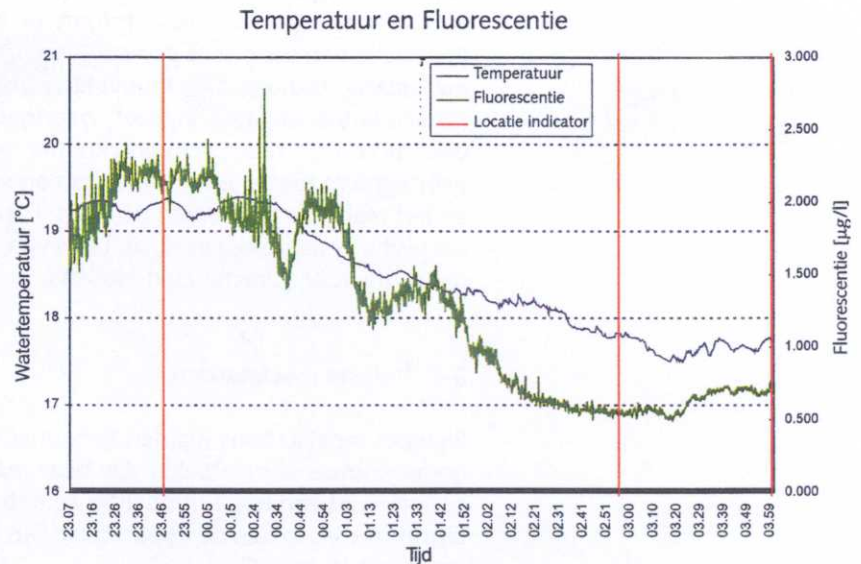
Figuur 3.2 Verschillende profielmetingen kunnen worden gecombineerd tot een dwarsdoorsnede langs een transect
(bron: Zindler et al., concept).



Kwaliteit van de informatie

De kwaliteit van de geanalyseerde monsters is goed, mede omdat het RIKZ een SterLab is. Ook de kwaliteit van de overige metingen is doorgaans goed. Er kan gewerkt worden met schone en gekalibreerde instrumenten. De metingen kunnen vaak real time gevolgd worden zodat ingegrepen kan worden als er iets mis gaat. Wel kan de zuiverheid van afgeleide parameters beduidend minder zijn. Een bekend voorbeeld waarbij de zuiverheid matig kan is het berekenen van de zwevende stof concentratie uit troebelheidsmetingen.

Figuur 3.3 een transectmeting van de meetvis op de Mitra langs Rottemraai op 14 augustus 2000 (bron: weekrapport 33 in 2000 van DNZ).



Relevantie

Met scheepsmetingen (in combinatie met laboratoriumanalyses) kan een zeer uitgebreide set parameters worden gemeten. Dit kan met name van belang zijn bij het onderzoek naar de relatie tussen de fysische omgeving en de ecologie. De profielmetingen zijn relevant voor het verkrijgen van inzicht in verticale hydrodynamische processen. Meetschepen zijn verder onmisbaar voor het nemen van bodemonsters.

Beschikbaarheid

Rijkswaterstaat heeft diverse meetschepen tot zijn beschikking. De schepen varen volgens een vaarplan dat meestal lang van te voren is vastgelegd. Voordeel is dat metingen met een vast tijdsinterval worden uitgevoerd. Nadeel is dat het vaak moeilijk is om in te springen op bijzondere gebeurtenissen zoals een optredende algenbloei of bijvoorbeeld het meten tijdens een piek van rivierafvoer of een storm.

Risico

Het risico dat er een instrument verloren gaat of zelfs dat een meetschip vergaat is erg klein. Daarbij zijn er voor verschillende instrumenten reserve onderdelen aan boord. Het enige risico is dat er niet gevaren wordt tijdens stormachtig weer zodat er geen gegevens tijdens storm beschikbaar zijn.

Kosten

Meetschepen zijn arbeidsintensief. Als richtbedrag kan 30.000 per dag worden aangehouden, waarin naast operationele kosten ook onderhoudskosten verwerkt zijn. Daarnaast zijn er kosten voor het analyseren van de monsters in het laboratorium.

Acceptatie

Metingen verricht met meetschepen zijn algemeen geaccepteerd als referentie. Dit geldt in ieder geval voor de monsternamen t.b.v. zwevende stof concentratie. Het gebruik van een troebelheidsmeter in een meetvis/meetframe wordt ook geaccepteerd, ondanks dat de onzuiverheid van dit instrument aanzienlijk kan zijn.

Ontwikkelingen

Binnen het Programma Basis Informatie wordt in het project TNWSENS (innovatie van sensoren) gewerkt aan het inrichten van een meetframe met daarop standaard en innovatieve instrumenten voor het meten van slib. Zo wordt de LISST ingezet, waarmee in situ deeltjesgrootte en volume concentraties gemeten kunnen worden. Belangrijke aspect bij geïntegreerd meten is het simultaan en synchroon inwinnen van de data en het real-time verwerken daarvan. Hiervoor wordt een speciaal data-acquisitie systeem opgezet, op basis van 'Varend Meten', een applicatie die al draait bij Directie Zuid-Holland.

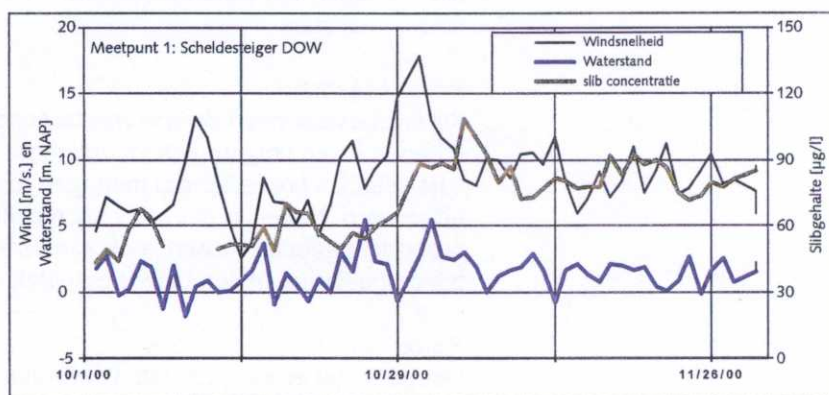
3.4 Vaste meetstations

Bij vaste meetstations worden instrumenten geplaatst op meetboeien, in bodemframes of meetpalen. Op deze manier kan tijdens een lange periode met een hoge frequentie gemeten worden. Dit stelt wel bijzondere eisen aan de apparatuur. Een bijzonder meetplatform is meetpost Noordwijk.

Dekking

Het belangrijkste kenmerk van vaste meetopstellingen is de hoogfrequente gegevens gedurende een lange periode op één lokatie, zie Figuur 3.4. Dit geeft informatie over de variabiliteit op zowel korte als lange tijdschalen. De parameters die gemeten kunnen worden zijn: troebelheid, stroomsnelheden, lichtmetingen, snelheid, CTD, fluorescentie, deeltjesgrootte, nitraat, opgeloste zuurstof en meteogegevens. In een bodemframe kan ook een zandtransportmeter worden geplaatst.

Figuur 3.4 Vaste meetstations leveren hoogfrequente gegevens op één locatie gedurende langere tijd. Hier zijn de troebelheid (omgerekend naar slibconcentratie), waterstand en windsnelheid uitgezet, gemiddeld over twee getijperiodes. De metingen zijn verricht bij Terneuzen.
bron: van Maldegem et al. 1999



Kwaliteit van de informatie

Omdat de instrumenten lange tijd onder water blijven zal door aangroei de kwaliteit afnemen met de tijd. Met name aangroei door algen maar ook zeepokken en zeesterren kunnen problemen opleveren. Als regel wordt een station eens in de twee weken bezocht voor onderhoud. In de Noordzee wordt een test uitgevoerd met twee boeien waarbij elke maand de boeien verwisseld worden, zodat er steeds één aan wal kan worden onderhouden. Deze boeien hebben overigens een instrument waarmee autonoom monsters genomen kunnen worden voor analyse in het laboratorium.

Relevantie

De relevantie is gekoppeld aan de continuïteit van de metingen, waardoor er ook gegevens beschikbaar komen tijdens korte, bijzondere omstandigheden zoals stormen of algenbloeiën. In de Westerschelde

wordt een meetpaal gebruikt om de dagelijkse verspreiding van boorspecie te monitoren die steeds in een korte tijd (ongeveer een uur) in de Westerschelde wordt gebracht. Deze gegevens worden vaak gemist bij andere informatiebronnen. Bodemframes zijn onmisbaar om dynamische processen vlak boven de bodem te volgen.

Beschikbaarheid

In het kader van onderzoeksprojecten zoals SILTMAN (zie {ref}) zijn een aantal meetboeien gebruikt voor het meten van slibtransport. Het is niet duidelijk hoeveel boeien momenteel beschikbaar zijn binnen Rijkswaterstaat. Hetzelfde geldt voor bodemframes. Meetboeien inclusief instrumenten worden door diverse leveranciers geleverd (CEFAS, NOAA, Ifremer).

Omdat het om projectmatige metingen gaat zijn de gegevens die worden ingewonnen zijn doorgaans beperkt toegankelijk voor derden. Dit komt mede omdat er geen uniforme afspraken zijn hoe hoogfrequente gegevens moeten worden opgeslagen. Ook is de meta-informatie gebrekkig.

Risico

Het grootste risico is dat een instrument het begeeft. Immers het duurt vaak weken voordat het apparaat vervangen kan worden. Ook is het wel voorgekomen dat de instellingen (bijvoorbeeld het bereik) verkeerd was ingesteld waardoor meetgegevens onbruikbaar worden. Verder bestaat het risico dat de boei of het frame verloren gaat, bijvoorbeeld door een storm of aanvaring. Dit risico kan worden verkleind door grotere meetboeien te gebruiken. Overigens bleek dat een niet zo grote boei van CEFAS de najaarstormen en een aanvaring heeft overleefd (D. Mills, pers. comm.).

Kosten

De kosten zijn voornamelijk het wegzetten en het regelmatig onderhouden van de instrumenten. Ook de verwerking van de gegevens is nu nog erg arbeidsintensief. Een bijzonder meetstation is Noordwijk 10. Dit is een groot platform met veel faciliteiten dat beheerd wordt door Directie Noordzee. Op dit moment wordt gediscussieerd over het in stand houden van Noordwijk 10, gezien de aanzienlijke kosten voor onderhoud (circa 1 miljoen gulden per jaar).

Acceptatie

De instrumenten die nu gebruikt worden in de meetboeien en bodemframes zijn vaak dezelfde als die gebruikt worden in een meetvis en algemeen geaccepteerd.

Ontwikkelingen

Er is een tendens om meer instrumenten op een meetboei te plaatsen. In de toekomst zal aandacht moeten worden geschonken aan de operationele aspecten van het meten vanaf boeien, zoals een online verbinding met de boei, antifouling, en een snelle verwerking van de gegevens.

3.5 Remote Sensing

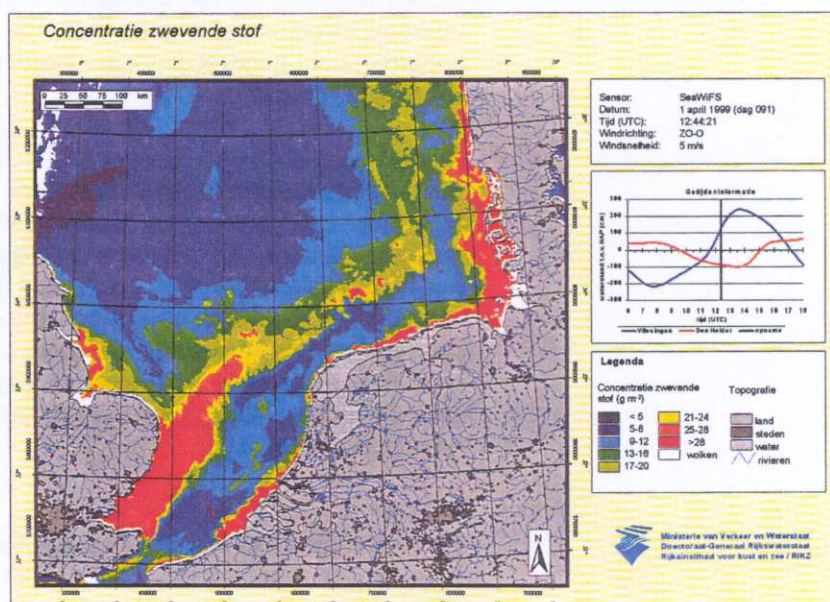
Remote sensing voor waterkwaliteit is gebaseerd op optische sensoren. Deze worden zowel in een satelliet als vliegtuig geplaatst. Remote sensing beelden met behulp van een vliegtuig scanner leveren na bewerking kaarten op van de zwevende stof concentratie, verticale verzwakkings coefficient (extinctie), doorzicht en biologische

parameters. Met satelliet instrumenten zijn voornamelijk zwevende stof kaarten geproduceerd. De techniek heeft de afgelopen jaren een sterke ontwikkeling doorgemaakt. Ook komt inmiddels operationele productie van waterkwaliteitskaarten op gang.

Dekking

In Figuur 3.5 is een zwevende stof kaart te zien die is berekend uit een SeaWiFS beeld. De ruimtelijke resolutie varieert sterk: 30 m tot 1 km voor satellieten en 3 tot 10 m voor vliegtuigen. De ruimtelijke resolutie hangt samen met de grootte van het gebied dat opgenomen wordt (met één beeld). Bij een resolutie van 1 km wordt de hele Noordzee in één keer opgenomen. Beelden met een resolutie van ongeveer 10 m zijn ongeveer 100 bij 100 km. Voor vliegtuig remote sensing worden bij een resolutie van 1 m stroken van ongeveer 2 km breed opgenomen.

Figuur 3.5 Een zwevende stof kaart van de Noordzee op basis van een SeaWiFS beeld
(bron: van der Woerd et al., 2000)



Kwaliteit van de informatie

Remote sensing metingen zijn onnauwkeuriger dan metingen aan een monster in het laboratorium. Voor zwevende stof kaarten in de Noordzee is de nauwkeurigheid ongeveer 5 g m^{-3} terwijl laboratorium metingen een nauwkeurigheid van $0,1 \text{ g m}^{-3}$ hebben. Echter, de kwaliteit van de informatie wordt ook bepaald door representativiteit van de informatie voor een heel gebied. Vanwege de hoge ruimtelijke resolutie is de kwaliteit van remote sensing voor dit aspect hoog, terwijl puntmetingen daar weer slechter scoren. De nauwkeurigheid waarmee ruimtelijk verschillen in zwevende stof concentraties kan worden gemeten (de precisie) is voor de Noordzee ongeveer 1 g m^{-3} . Met remote sensing wordt een ruimtelijk beeld gegeven van de bovenlaag in het water. De parameter wordt gemiddeld over de diepte. Deze diepte hangt sterk af van de watersamenstelling en varieert van 25 cm in extreem troebele wateren tot 30 m in helder water.

Relevantie

Remote sensing is met name relevant om snel een overzicht te krijgen van de zwevende stof concentratie in een groot gebied. Remote sensing is momenteel vooral interessant voor adviseurs en onderzoekers die op zoek zijn naar (gedetailleerde) kennis over de verspreiding van stoffen. In de Westerschelde wordt remote sensing ingezet om te kijken hoe representatief een vast meetstation bij Terneuzen is.

Beschikbaarheid

De beschikbaarheid van remote sensing beelden is de laatste jaren sterk toegenomen. De belangrijkste beperking van optische remote sensing is de aanwezigheid van wolkenvelden, en helaas hebben we daar in Nederland regelmatig mee te maken. Desalniettemin zijn er per jaar dertig tot vijftig beelden beschikbaar. Dat is bijna een per week, hoewel in de zomer wat meer goede beelden voorkomen dan in de winter. Op dit moment worden een dertigtal SeaWiFS beelden uit 1999 verwerkt tot een zwevende stof atlas voor de Noordzee.

Risico

In het verleden was er een risico dat er geen instrument beschikbaar was. Inmiddels zijn meerdere sensoren operationeel en de verwachting is dat ook in de toekomst steeds verschillende satellieten tegelijkertijd in de lucht zijn. Dit waarborgt de continuïteit van remote sensing, een belangrijk aspect van operationele monitoring. De ervaringen met de EPS-A van RWS hebben duidelijk gemaakt dat aan het zelf bezitten en onderhouden van een zeer geavanceerd instrument gepaard gaat met grote (financiële) risico's, zeker bij een prototype zoals de EPS-A. Een risico van een andere orde heeft te maken met de geschiktheid van een beeld. Vaak moet op basis van een klein en vaag plaatje van het hele beeld worden besloten tot de aanschaf van een beeld.

Kosten

De kosten bestaan voornamelijk uit twee componenten: de kosten voor de aanschaf van beelden en de kosten voor de bewerking daarvan. Er zijn geen kosten voor onderhoud, met uitzondering van het EPS-A instrument want die is eigendom van Rijkswaterstaat. De prijs van een remote sensing beeld varieert van 0,- tot fl 9000,-, afhankelijk van het instrument en de toepassing. Ook de verwerking van remote sensing beelden tot waterkwaliteitskaarten varieert, van 1000 tot 5000 per beeld. Dit is afhankelijk van het aantal beelden en de mogelijkheid om een standaard verwerking toe te passen. Soms is aanvullend onderzoek nodig voor het meten van de optische eigenschappen van het water en vaststellen van een optisch model dat wordt gebruikt bij de interpretatie. Nu meer en meer gebruik gemaakt wordt van (semi-)automatische verwerkingsprocedures en er reeds veel kennis is over de optische eigenschappen in Nederlandse wateren zullen de kosten verder dalen.

Acceptatie

Remote sensing producten worden al jaren gebruikt door onderzoekers en worden ook geaccepteerd. Bij andere gebruikers is de acceptatie lager: ze zien remote sensing producten vooral als mooie plaatjes die extra geld kosten. Dit komt voor een deel omdat remote sensing altijd als alternatieve techniek is gepromoot. De acceptatie zal afhangen van het succes waarmee remote sensing als aanvullende informatiebron kan worden ingezet bij concrete adviesprojecten met een duidelijke vraagstelling. Voorbeelden zijn de monitoring van de verspreiding van boorspecie in de Westerschelde en het onderzoek naar het 'groene gordijn' bij het Friese Front.

Ontwikkelingen

Op de korte termijn is de ontwikkeling voor wat betreft slib vooral gericht op het vertrouwd raken met remote sensing producten, door middel van het gebruik voor beleid en beheer. Daarbij zal de combinatie met andere informatiebronnen zoals gegevens van meetboeien een belangrijke rol spelen. Op de middellange termijn zal aandacht geschonken worden aan het operationeel maken van remote sensing van chlorofyl. Uiteraard zal ook de techniek niet stil staan. Nauwkeuriger

meten en een zeer hoge ruimtelijke resolutie zullen wellicht nieuwe toepassingen opleveren.

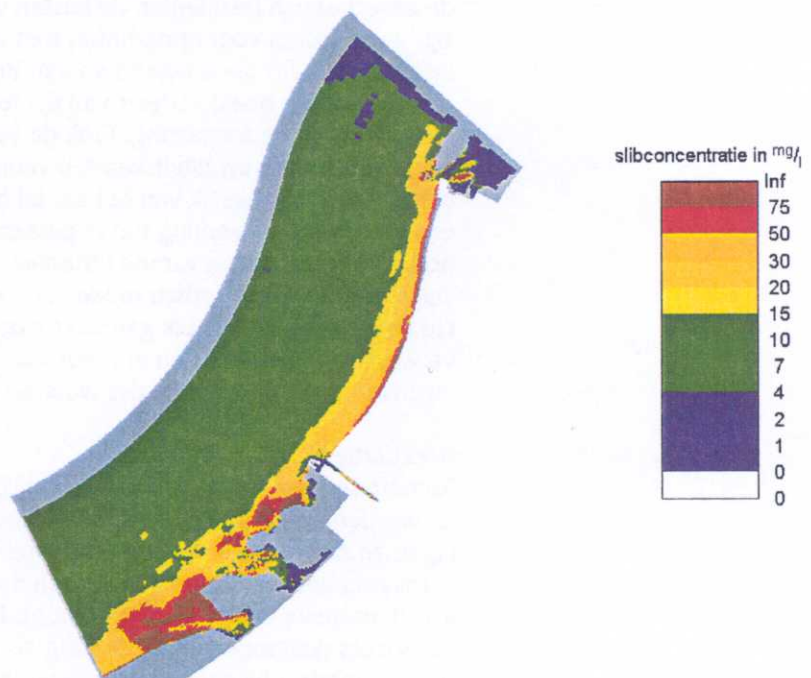
3.6 Modellen

In een recent verschenen rapport van Meetstrategie 2000+ wordt een overzicht gegeven van operationele modeltoepassingen binnen Rijkswaterstaat, zie MS2000.2000.11. In appendix C worden de modellen die relevant zijn voor het berekenen van slibtransport behandeld. In plaats van verschillende modellen kan wellicht beter gesproken worden over één modelinstrumentarium met daarin verschillende modules voor waterbeweging, transport, ecologie, etc.

Dekking

De dekking van modellen varieert sterk. Er zijn 1, 2 en 3-dimensionale modellen, waaraan de dimensie tijd nog kan worden toegevoegd. Vervolgens zijn er grofmazige en fijnmazige schematisaties van een gebied mogelijk. Tenslotte kan met kleine of grote tijdstappen worden gerekend. Omdat computertijd op een gegeven moment een beperkende factor wordt is het niet mogelijk om in een groot gebied een heel fijnmazige schematisatie te maken en ook met korte tijdstappen door te rekenen. Dit is geïllustreerd in Figuur 3.1. Het is duidelijk dat de metingen die voor invoer of kalibratie van de modellen worden gebruikt qua dekking moeten aansluiten.

Figuur 3.6 voorbeeld van een zwevende stof kaart (vertikaal gemiddeld) in mg/l tijdens hoogwater Hoek van Holland, berekend met het kuststrook model onder gemiddelde weersomstandigheden.
(bron: De Kok, 2000)



Kwaliteit van de informatie

Modellen verschillen in nauwkeurigheid (gemeten ten opzichte van veldmetingen) door:

- De numerieke nauwkeurigheid van de modellering: gebiedsschematisatie, de tijdstapgrootte en het numerieke schema.
- De proceskennis (transport vergelijkingen) die in het model wordt gestopt
- De kwaliteit van de kalibratie: is de kwaliteit van gebruikte veldgegevens voldoende? Wordt er voldoende rekentijd gestoken in de modelafregeling?

Vanwege de grote vrijheid om het model af te regelen en de vaak gebrekkige gebiedskennis, is er bij modellers een grote behoefte aan aanvullende informatie. Probleem hierbij is dat door de sanering van de meetnet-activiteiten er onvoldoende gegevens beschikbaar zijn om een verantwoorde calibratie laat staan validatie uit te voeren: "tussen Lobith en Maassluis wordt nauwelijks nog waterkwaliteit gemeten". Indien de benodigde informatie vaak niet op korte termijn beschikbaar kan worden gemaakt, moeten de resultaten van vele modeltoepassingen als 'zacht' worden beschouwd. De modelberekeningen worden in dergelijke gevallen meestal gebruikt om aan te geven in welke richting er veranderingen in het systeem zullen plaatsvinden en minder voor een beschouwing van de absolute veranderingen van de concentratieniveau's.

Relevantie

Modellen zijn onmisbaar bij het voorspellen van slibtransport in niet bestaande situaties in de (verre) toekomst. Ook spelen modellen een belangrijke rol bij calamiteiten. Daarnaast kunnen modellen gebruikt worden bij onderzoek om inzicht te krijgen in processen die een rol spelen bij slibtransport. Deze kennis helpt bij het opzetten van een meetplan.

Beschikbaarheid

Het RIKZ en WLIDelft Hydraulics beschikken over een uitgebreid modelinstrumentarium. Daarnaast draaien er modellen bij een aantal operationele model-centra voor hoogwater voorspelling en waarschuwing, calamiteiten voorspelling en begeleiding, en advisering of berichtgeving aan de scheepvaart.

Veel modellen komen voort uit een onderzoeksomgeving en het gebruik ervan vereist nogal wat specialistische kennis. Ook ontbreekt vaak informatie over waar het model wél en niet voor bedoeld is, wat er nodig is om het model te gebruiken en wat de kwaliteit is van de modeluitkomsten. Inzet in de operationele praktijk vereist vaak nogal wat aanpassingen.

Risico

Het grootste risico met modellen is een onoordeelkundig gebruik, en dan geldt 'onzin in is onzin uit'. Het handboek Good Modelling Practice (zie Waveren et al., 1999) noemt als mogelijke fouten: onzorgvuldig omgaan met invoergegevens, onvoldoende calibratie en validatie, werken buiten het geldigheidsgebied van het model en uitgaan van verkeerde modelaanname. Het risico van fouten is groter bij flexibele modellen zoals de 'stand-alone' versie van DELWAQ. Een minder kundige gebruiker kan door de grote vrijheid en mogelijkheden van DELWAQ een modeltoepassing formuleren die het toepassingsgebied en/of mogelijkheden van DELWAQ te buiten gaat (MS2000+.2000.11). Kortom, werken met waterkwaliteits modeltoepassingen blijft specialistenwerk, vooral als voorspellingen nodig zijn voor omstandigheden die niet eerder zijn opgetreden en waarvoor derhalve nooit calibratie gevolgd door validatie heeft kunnen plaatsvinden.

Kosten

De kosten voor operationele modelsystemen voor rivieren en deltagebieden zijn met name hoog door het verzamelen en actueel houden van het informatiesysteem waarop de kalibratie en aansturing van modellen wordt gebaseerd, BASELINE. Met name de jaarlijkse en 5-jaarlijk actualisatie betekent een continue investering.

Acceptatie

De operationele modellen zijn algemeen geaccepteerd.

Ontwikkelingen

Mede omdat de gebruikers hogere eisen zijn gaan stellen aan de koppelbaarheid van afzonderlijke modellen en de gebruikersvriendelijkheid van een model of modelsysteem, valt er een tendens richting integrale generieke modelinstrumentaria waar te nemen. Verwacht mag worden dat in de nabije toekomst meerdere instituten in Nederland zich zullen aansluiten bij de recent gestarte samenwerking tussen Rijkswaterstaat en WL I Delft Hydraulics om te komen tot de ontwikkeling van één gezamenlijk Open Model Systeem (OMS) voor complexe waterloopkundige modellen in Nederland. Daarnaast worden in toenemende mate Decision Support Systemen (DSS'en) gebouwd en ingezet voor integraal waterbeheer en beleid, waarbij modellen worden gekoppeld aan GIS-toepassingen.

3.7 Samenvatting

Voor het inwinnen van informatie voor slibtransport zijn de bronnen gegroepeerd in de categorieën bestaande informatie, metingen en modellen. De informatiebronnen over meetbare/modelleerbare grootheden, ingedeeld volgens deze categorieën, zijn in dit hoofdstuk kort beschreven. In de rapporten MS2000+.2000.11 en Hoogenboom et al. (2000a) zijn respectievelijk modellen en informatiebronnen beoordeeld middels plussen en minnen. Deze zijn weergegeven in onderstaande tabellen.

Tabel 3.1 Beoordeling van operationele modellen.
Bron: MS2000+.2000.11

Criteria	TRIWAQ	SIMPAR	Delft3D*)	DELWAQ	SOBEK
Kwaliteit	++	+	++	++	++
Dekking	++	0	+++	++	++
Relevantie	++	+	+++	++	++
Beschikbaarheid bij RWS	++	++	0	++	++
Acceptatie door RWS	++	+	0	+++	++

Tabel 3.2 Beoordeling van de informatiebronnen voor zwevende stof concentratie.

++ = hoog,
+ = voldoende,
0 = redelijk/matig,
- = onvoldoende,
? = onbekend.

	Kennis	Scheepsmetingen	boeien, meetpalen	veerboot	remote sensing	modellen
Kwaliteit	?	+	0	0	0	0
Dekking	?	z	z,t	x,t	x,y	x,y,z,t
Beschikbaarheid	0	+	0	+	+	+
Risico	+	+	-	+	+	0
Acceptatie	+	++	+	0	0	+

Tabel 3.3 Beroordeling van de informatiebronnen voor stroomsnelheid

++ = hoog,
+ = voldoende,
0 = redelijk/matig,
- = onvoldoende,
? = onbekend.

	Kennis	Scheepsmetingen	boeien, meetpalen	veerboot	remote sensing	modellen
Kwaliteit	?	++	++	+	+	0
Dekking	?	z	z,t	x,z,t	x,y	x,y,z,t
Beschikbaarheid	+	+	0	0	-	+
Risico	+	+	0	+	0	0
Acceptatie	++	++	++	+	0	+

4 Conclusies en aanbevelingen

Dit rapport beoogt een overzicht te geven van de huidige mogelijkheden voor het inwinnen van informatie over slibtransport. Doel is het leveren van basiskennis die kan worden gebruikt bij de discussie over hoe we de informatievoorziening voor slibtransport kunnen verbeteren, opdat beter kan worden ingespeeld op de informatiebehoefte van burgers, politici en waterbeheerders. Deze inventarisatie bevat een opsomming van alle meettechnieken die op dit moment beschikbaar zijn. In de evaluatie van informatiebronnen zijn meerdere instrumenten gebundeld zowel per parameter (Hoofdstuk 2) als per meetplatform (Hoofdstuk 3). De typen meetplatforms die worden onderscheiden zijn: meetschepen, vaste meetopstellingen (meetboeien/bodemframes), remote sensing en veerboten (ships of opportunity). Elk type meetplatform levert informatie met een andere ruimtelijke en temporele dekking. De overige informatiebronnen zijn: bestaande informatie, metingen in het laboratorium en computermodellen. In dit hoofdstuk worden per onderwerp de belangrijkste conclusies en aanbevelingen gegeven. Daarbij wordt zoveel mogelijk de volgorde uit de informatiecyclus aangehouden.

Informatiebehoefte

Het vaststellen van de informatiebehoefte ten aanzien van slibtransport is geen onderdeel van deze studie, zie daarvoor Zindler (2000). De vragen die daarin worden gesteld zullen moeten worden vertaald naar een set parameters die kan worden gemeten en gemodelleerd. De ruimtelijke en temporele dekking speelt bij de keuze van de informatiebronnen een grote rol. Ook kan onderscheid gemaakt worden tussen vragen die betrekking hebben op slib in de waterkolom (effecten op troebelheid/ecologie) en vragen die betrekking hebben op slib op en vlak boven de bodem (aanslibben havens).

Uitgangspunt bij deze inventarisatie is een lijst van fysische en chemische parameters die een rol spelen bij het meten of modelleren van slibtransport. De belangrijkste zijn in dit verband de zwevende stof concentratie en de stroming van (zee)water, die samen de slibflux bepalen. Andere parameters zijn de volume concentratie, deeltjesgrootteverdeling, troebelheid en licht verzwakking.

Informatiestrategie

Het vertalen van de informatiebehoefte van burgers en politici naar bovengenoemde parameters is niet eenvoudig. Het afstemmen van de informatievoorziening op de informatiebehoefte is het doel van de INFOPLAN methodiek. De methodiek is een aantal keer gedemonstreerd. Het is aan te bevelen om de methodiek op te nemen als een standaard stap bij start van projecten waar informatievoorziening een belangrijke rol speelt.

Het vertalen van de informatiebehoefte naar een concreet inwinplan is nu vraaggestuurd. Het zou voor de discussie goed zijn om ook eens de antwoorden, d.w.z. de informatieproducten, als uitgangspunt te nemen. Het is nuttig om in een aparte audit de huidige informatieproducten te evalueren met oog op de oorspronkelijke informatiebehoefte. Er bestaat een Goede Meet Praktijk (GMP) op het niveau van

Individuele instrumenten. Het herhaadelijk uitvoeren van de INFOPLAN methodiek zou kunnen leiden tot een GMP op een hoger niveau: richtlijnen voor het meten van slib en slibtransport in bijvoorbeeld havens, getijderivier en kuststreek. Op basis van een evaluatie van het succes of juist falen van inwinplannen uit het verleden zouden lessen getrokken moeten worden. Hieruit kunnen richtlijnen worden opgesteld voor toekomstige inwinplannen (een 'receptenboek').

Bestaande informatie

Op basis van de bestaande gegevens kan een indruk worden gekregen van de natuurlijke variabiliteit van de zwevende stof concentratie in de Noordzee op lange tijdschalen (meerdere jaren). Ook voor Westerschelde, Oosterschelde, Waddenzee en Eems-Dollard zijn klimatologische data bekend van oppervlakteconcentraties en verticale verdelingen. Over fluxen bestaat nog een grote onzekerheid. De indruk bestaat dat in het algemeen nog te weinig met bestaande informatie wordt gedaan. Een van de redenen is dat informatieproducten niet eenduidig worden vastgelegd en gedocumenteerd, in tegenstelling tot de ruwe meetgegevens waarbij over het algemeen wel het geval is (DONAR).

Remote sensing

Technisch gezien is het maken van zwevende stof kaarten op basis van satellietbeelden (SeaWiFS) operationeel. Er zal een set kaarten worden gemaakt van de in 1999 opgetreden zwevende stof concentraties in de Noordzee die als basis kan dienen om te kijken welke informatie over slibtransport eruit kan worden gedestilleerd. De verwachting is dat volgend jaar ook vliegtuig beelden van de Rijkswaterstaat scanner (EPS-A) operationeel kunnen worden geleverd. Vliegtuig remote sensing heeft als voordelen dat je meer in detail kan kijken en dat je in principe flexibel bent voor wat betreft het tijdstip en gebied van interesse. Overigens valt dit laatste bij de EPS-A op dit moment wat tegen door logistieke problemen. Het is raadzaam om voor de toekomst na te denken over een ander platform voor de EPS-A of zijn opvolger, bijvoorbeeld een eigen vliegtuig of wellicht een luchtschip (zeppelin).

Vaste meetstations

Er is inmiddels de nodige ervaring opgedaan met het meten vanaf meetboeien en bodemframes. Vaste meetopstellingen zijn noodzakelijk om inzicht te krijgen in de variabiliteit op korte tijdschalen. Ook voor het verkrijgen van informatie tijdens stormen zijn het de belangrijkste informatiebronnen. Het aantal instrumenten dat geschikt is voor een langer verblijf in het water neemt toe. Voor de optische apparatuur is aangroei een probleem waarvoor nog een geschikte oplossing moet worden gezocht.

Transport van slib vlak boven de bodem is met name van belang voor het aanslibben van havens, en de erosie van platen. Het SILTMAN project heeft al de nodige kennis opgeleverd, maar er blijven een aantal witte vlekken.

Het is zeker de moeite waard te onderzoeken wat de mogelijkheden zijn van het plaatsen van meerdere meetboeien en/of bodemframes, bijvoorbeeld op een aantal meetlocaties van MWTL. Wat zou dat betekenen voor de manier waarop we monitoren?

Veerboten

Veerboten zijn potentieel interessant omdat het een combinatie is van geregelde metingen met een hoge ruimtelijke resolutie. Vooral voor het monitoren van gradiënten dwars op de kust/oever is een veerboot zeer

geschikt. Het meervoudig gebruik van dit soort schepen leidt tot relatief lage kosten. De kwaliteit en de meerwaarde van deze metingen zal gedemonstreerd moeten worden.

Modellen

Modellen zijn cruciaal voor het voorspellen van het slibtransport. Daarnaast zijn modellen vaak noodzakelijk om informatie uit meetgegevens te halen, bijvoorbeeld om het effect van de slibconcentratie op de primaire productie te kwantificeren. Dit betekent wel dat slibtransport modellen gekoppeld moeten worden aan ecologische modellen. Hetzelfde geldt voor ecotoxicologische modellen voor het transport van microverontreinigingen.

Integratie van informatie

Het blijkt lastig om informatie van verschillende bronnen te combineren tot één informatieproduct, bijvoorbeeld een zwevend stof kaart en een puntmeting. Hoewel beseft wordt dat combinatie van puntmetingen, vaste meetopstellingen en remote sensing nuttig en soms zelfs noodzakelijk is, is het in de praktijk moeilijk tot integratie te komen, ondanks dat het technisch mogelijk is. Een eerste maar belangrijke stap op weg naar integratie is het naast elkaar leggen van de verschillende typen informatie en te kijken of er een consistent beeld ontstaat. Vanwege de grote nauwkeurigheid en robuustheid kunnen laboratorium bepalingen hierbij dienen als referentie en ijkpunt voor de overige technieken, mits rekening wordt gehouden met de geringe representativiteit met betrekking tot variabiliteit in ruimte en tijd. Op basis hiervan kan een betere afweging worden gemaakt op welke (innovatieve) meetmethoden moet worden ingezet.

Naar informatieproducten

De innovatieve meetmethoden die hier worden beschreven genereren over het algemeen veel meer gegevens dan 'traditionele' metingen. De verwachting is dat in de toekomst de datastroom exponentieel zal toenemen. Om te ontkomen aan het Data Rich Information Poor Syndroom moet nu worden geïnvesteerd in het (semi-)automatisch verwerken van gegevens tot het gewenste product. Goede verwerkingssoftware is tevens de sleutel voor het succesvol combineren van verschillende instrumenten op één platform zoals een meetboei of meetvis.

Een tweede stap is het archiveren en verspreiden van kennis en informatieproducten die in verschillende projecten worden vervaardigd. Bijvoorbeeld door ze op te nemen in een actuele (digitale) atlas van de Noordzee. De huidige Atlas van de Noordzee is 10 jaar oud. Een nieuwe versie met daarin nieuwe informatieproducten zoals de slibklimaatkaarten, modelresultaten en remote sensing kaarten is welkom. Wel moet na verloop van tijd het gebruik van een dergelijke atlas bekeken worden.

Advies, Kennis en innovatie

Ook al zijn de vragen rond slibtransport helder, dan is daarmee nog niet duidelijk hoe die vragen beantwoord moeten worden. Vanwege de complexiteit van zowel het slibtransport en de gevolgen van slib op het ecosysteem, is voor een goed advies kennis nodig over de processen. Die kennis kan doorgaans alleen worden verworven door het gebruik van innovatieve (meet)methoden. Uitzonderingen daargelaten zijn tot nu toe de ontwikkeling van een adviesinstrumentarium, kennisopbouw en innovatie teveel gescheiden. Deze drie 'poten' zouden binnen RIKZ beter kunnen samenwerken. Een concrete aanbeveling is het verder in kaart brengen van de rol van slib voor de ecologie.

Tot slot

Dit rapport is een momentopname en gezien de snelle ontwikkelingen op het gebied van instrumentatie en het operationeel maken daarvan binnen Rijkswaterstaat is te verwachten dat er nog veel zal veranderen. Het is goed om de vinger aan de pols te houden en over een of twee jaar opnieuw de status van de verschillende informatiebronnen vast te stellen.

Literatuur

Boon, J. G. and Baart, A. C. 1996 Meetstrategie 2000+, Integration of remote sensing, in-situ observations and model simulations of suspended matter in the Dutch coastal zone. Delft Hydraulics Report Z2066.

Boon, J., Van der Kaaij, T., Vos, R.J. and Gerritsen, H. 1997 Modelling of suspended matter (SPM) in the North Sea, model set up and first sensitivity analysis. Delft Hydraulics Research Report Z2025..

De Kok, J.M., Slibtransport rond de Maasmond; Resultaten van het SILTMAN onderzoek (2000). RIKZ rapport RIKZ/2000.027, 51 pp.

De Kok, J.M., Salden, R.M. & Rozendaal, I.D.M. (1999). Drie-dimensionale modellering van het transport van zwevend stof in de Nederlandse kustwateren. Den Haag: RIKZ. RIKZ-95.019.

Delft3D, 1997 Delft 3D-modelling system, User and Reference Manuals, Delft Hydraulics <http://www.wldelft.nl/d3d/index.html>

Durand, D., Pozdnyakov D., Sandven S., Cauneau F., wald L., Jacob A., Koster K. and Miores M., 'Characterisation of Inland and Coastal waters with Space sensors', A study for centre for earth observation CEO (No. 1409-1968-06 F1ED ISP NO), February 1999

Eisma, D. and G. Irion, 'Suspended matter and sediment transport in: 'Pollution of the North Sea: an Assessment' (W. Salomons, B.L. Bayne, E.K. Duursma and U. Förstner, Eds.) pp. 20-35, Springer Verlag, Berlin, 1988.

Fluxmanche II, 'Hydrodynamics and biogeochemical Processes and Fluxes in the Channel', MAST 2-CT 94-0089, 'Second MAST days and EUROMAR market', 7-10 November 1995, Project reports, Volume 1, pp121-136, 1995.

Gerritsen, H., Vos, R.J., van der Kaaij, T., Lane, A., Boon, J.G. (2000). Suspended sediment modelling in a shelf sea (North Sea). Coastal Engineering 41 (2000) 317-352.

GOOS, 'The Global Ocean Observing system', Prospectus 1998, IOC/UNESCO, 1998, Paris.

Hagman, F.A. red. (1999); Inventarisatie remote sensing toepassingen V&W; Stand van zaken en vooruitblik; rapport Ministerie Verkeer en Waterstaat.

Hoogenboom H.J., Dekker A.G., Hakvoort J.H.M., Peters S.W.M., Pasterkamp R. (2000), 'The current status of the new generation ocean colour sensors for monitoring Dutch waters', NRSP rapport 99-28, BCRS, Delft.

Hoogenboom H.J., Vos R.J., Salden R.M. (2000a). Informatiebronnen

voor slibtransport. Een inventarisatie ten behoeve van het ONL project. RIKZ werkdocument RIKZ/IT99.138X.

Kleinhans, M.G. Sediment transport in de Waal; betrouwbaarheidsanalyse en meetstrategie. Utrecht: Vakgroep Fysische Geografie, Universiteit Utrecht. (1999). ICG 97/3.

Kokke, J.M.M. (ed) (2000); RESTWES: remote sensing as a tool for integrated monitoring of the Western Scheldt, NRSP-2 00-09, BCRS, Delft.

Kruyt, N.M. en van Oort R.C., 'Bodem beter bemeten', Innovatieve survey van de waterbodem', Rapport MS2000+ 99.04, RWS-RIKZ, 1999
Leussen W. van, Radach G., van Raaphorst W., Colijn F. and Laane R., 'The North-West European Shelf Project (NOWESP): integrated analysis of shelf processes based on existing data sets and models, ICES Journal of Marine Science, 53,(926-932), 1996.

Maldegem, D. van, Winder, B. van. Arends, A. (1999). Slib in de Westerschelde; een beschrijving van de troebelheid en slibverspreiding in de Westerschelde voor de periode december 1998 tot juli 1999. RIKZ rapport RIKZ-99.026.

Meetstrategie (2000); INFOPLAN Stappen naar een integraal meetplan; brochure Meetstrategie 2000+.

Meetstrategie (2000); Status Operationele Modelsystemen; rapport MS2000+.2000.11;

McManus J.P. and Prandle D., 'Development of a model to reproduce observed suspended sediment distributions in the southern North Sea using Principal Component Analysis and Multiple Linear Regression', Cont. Shelf. Res. 17(7), 761-778, 1997.

Morel A., 'Minimum requirements for an operational Océano-Colour Sensor for the open ocean', IOCCG Report 1, ISSN: 1098-6030, 1999
NERC (Natural Environmental Research Council), North Sea Project data CD-ROM, BODC (British Oceanographic Data Centre), 1992
NODC (National oceanographic Data Centre/The Netherlands), The Netherlands station for data exchange and advisory services on data management, http://www.nodc.nl/welcome_uk.html

North Sea ATLAS for Netherlands Policy and Management/ ICONA, Stadsuitgeverij Amsterdam, ISBN 90-5366-047-X, Amsterdam 1992
Prandle D., Hydes D.J., Jarvis J. and McManus J., 'The seasonal cycles of temperature, salinity, nutrients and suspended sediment in the Southern North Sea in 1988 and 1989', Est. Coast. Shelf. Sc. 45, pp669-680, 1997.

Prandle, D. Tidal characteristics of suspended sediment concentrations. J. Hydr. Eng., 123(4), 341—350, 1998.

Roberti, J.R. & Tansini, W. Vergelijkend onderzoek troebelheidsmeters. Den Haag: RIKZ. (1999). RIKZ/IT 99.124X.

Salden R.M., 'Een model voor het transport van slib in de Nederlandse Kustzone', Rapportage van SILTMAN deelprojecten 11&14, Werkdocument RIKZ/OS-98.199X, April 1998.

Smedes, F. (1997). Zand slib en zeven: standaardisering van contaminant gehalten in mariene sedimenten. RIKZ, Notanr. RIKZ/96.043, pp. 135.

Stel (editor), 'Operational Oceanography, the challenge for european co-operation', Elsevier Oceanography series 62, Elsevier, Amsterdam, 1997
Suijlen, J.M., Duin, R.N.M. (concept), Climatological atlas of total suspended matter concentrations in the upper layer of the Dutch coastal zone in the North Sea.

Sündermann J., ed. 'Circulation and contaminant Fluxes in the North Sea', Springer-Verlag, 1994

Swertz O.C., Colijn F., Hofstraat H.W. and Althuis B.A., 'Temperature, salinity and fluorescence in the Southern North Sea: high resolution data sampled from a ferry', RWS-RIKZ, 1997

Tanaka T., 'Status and plans for satellite Ocean-color missions: considerations for complementary missions', IOCCG Report 2, ISSN: 1098-6030, 1999

Thoolen P., Baptist M., Herman P., 'BEON Habitat MICRO MACRO, Comparing patterns in macrofauna structure at different scales: within tidal flats, between tidal flats and between estuaries', BEON Rapport nr. 98-14, 1997

Van Alphen, J. S. L. J. 1987 Silt occurrence on the Dutch and Belgian continental shelf sections. Rijkswaterstaat, North Sea Directorate, Internal Document nr. NZ-N-87.09b (in Dutch).

Van Breukelen, M. (1999), Uitgewerkte aspectenstructuur voor de informatiebehoefte van ONL, TNO rapport DIS-RPT-990030.

Van Raaphorst W., Philippart C.J.M., Smits J.P.C., Dijkstra F.J. and Malschaert J.F.P., 'Distribution of suspended particulate matter in the North Sea as inferred from NOAA/AVHRR reflectance images and in situ observations', Journal of Sea Research 39, pp197-215, 1998.

Van Rijn, L.C., 'Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas'. Aqua Publications, Amsterdam, 1993.

Villars M.T. and Vos R.J. (1999). RESTWES Remote sensing as a tool for integrated monitoring of the Western Scheldt. WLI Delft Hydraulics report Z2472, Delft.

Vos, R.J., ten Brummelhuis, P.G.J., Gerritsen, H.(2000). Integrated data-modelling approach for suspended sediment transport on a regional scale. Coastal Engineering 41 (2000), 177-200

Vos R.J. and Schuttelaar M., 'RESTWAQ, Data assessment, data-model integration and application to the Southern North Sea', BCRS report 95-19, Delft, The Netherlands, 1995.

Vos R.J. and Schuttelaar M., 'An integrated data-model system to support monitoring and assessment of marine systems', pp507-515 in J.H. Stel ed., Proc. First Int. Conf. on EuroGOOS, Elsevier Oceanography Series 62, The Hague, The Netherlands, 1997.

Waveren, R.H. van, Groot, S., Scholten, H. et al. (1999); Vloeiend modelleren in het waterbeheer; Handboek good modelling practice. RIZA rapport 99.036. ISBN 90-5773-056-1.

Woerd, H.J. van der, J.H.M. Hakvoort, H.J. Hoogenboom, N. Omtzigt, R. Pasterkamp, S.W.M. Peters, K. Ruddick, C. de Valk and R.J. Vos. (2000). Towards an operational monitoring system for turbid waters; POWERS final report. IVM report nr O-00/16, Inst. for Env. Studies, Amsterdam. Winterwerp H., 'On the dynamics of high-concentrated mud suspensions', Ph.D. Thesis Technical University Delft, 1999.

Wilkens, D.H. Measuring Sediment transport in Sand-bed rivers. Delft: Delft Hydraulics. (1999).

Zindler, J.A. (2000). Informatiebehoefte voor slib bij Directie Noordzee; Een inventarisatie van de huidige en de toekomstige informatiebehoefte. RIKZ werkdocument RIKZ/OS/2000.143X

Zindler, J.A. et al. (concept); Non-turbulent dynamics and water column biology and physics; Data analysis Southern North Sea in April 1999, RIKZ, Den Haag.

Appendix A Bestaande informatie

A.1 MWTL programma

MWTL staat al sinds 1971 voor de Monitoring van de Waterstaatkundige Toestand des Lands. Onder monitoring wordt verstaan: het inwinnen van informatie ten behoeve van het nationale beheer en beleid van de rijkswateren. In opdracht van het Hoofdkantoor van de Rijkswaterstaat worden verschillende MWTL-programma's uitgevoerd door de specialistische diensten RIKZ en RIZA. Het overgrote deel van de benodigde informatie wordt gedestilleerd uit meetresultaten van fysische, chemische en biologische meetprogramma's en kan worden gebruikt voor het:

- formuleren en evalueren van waterbeleid, middels
- het signaleren van trends
- het toetsen van meetresultaten aan normen en streefbeeld
- nakomen van (inter)nationale afspraken

Fysische meetprogramma's

Het fysische meetprogramma omvat de volgende onderdelen:

- Afvoeren
- waterstanden
- golven
- watertemperatuur en
- kust en bodem

Informatie over afvoeren is van belang voor de landelijke waterhuishouding en de bepaling van stofvrachten. Het afvoerregime is in vele opzichten een basisgegeven voor nationaal en internationaal waterbeleid. Doel is het vaststellen van de afvoerverdeling. Informatie over waterstanden is cruciaal om veiligheid tegen overstroming te kunnen garanderen en voor kustverdediging, waterhuishouding en scheepvaart. De belangrijkste toepassingen zijn getijvoorspelling, bepaling van de overschrijdingskansen van waterstanden en debieten, bepaling van maatgevende hoogwaterstanden, randvoorwaarden voor waterbouwkundige constructies en zeespiegelstijging, de afregeling van mathematische waterbewegingsmodellen en het berekenen van transporten. Deze toepassingen vragen om "historische" gegevens in de vorm van veeljarige, soms zelfs zeer lang lopende, meetreeksen. Daarnaast wordt ook actuele informatie verkregen voor waarschuwingdiensten, de bediening van kunstwerken (sluizen, stuwen en stormvloedkeringen) en de uitvoering van werken en vaardiepten ten behoeve van de scheepvaart.

Chemische meetprogramma's

De informatie uit de chemische meetprogramma's is van belang bij de voorbereiding en de evaluatie van de waterkwaliteitsdoelstellingen. Het meten van de zwevende stof concentratie is onderdeel van dit programma. In nationaal verband worden de gemeten concentraties getoetst aan de streef- en grenswaarden uit de Vierde nota Waterhuishouding. Metingen worden ook gebruikt om trends in de tijd te detecteren. In internationaal verband worden meetgegevens gebruikt

om afspraken in het kader van onder andere de Europese Unie, de Internationale Rijncommissie (IRC) en de Oslo-Parijse Commissies (OSPAR) na te komen.

CONTACTPERSOON: BASISINFODESK (RIKZ)

A.2 Projecten

Naast het continue meetprogramma wordt er ook veel gemeten in het kader van (onderzoeks)projecten. Hieronder volgt een selectie van recente projecten waarbij informatie over slib en slibtransport is ingewonnen en geanalyseerd.

GRAADMFYS

In opdracht van Directie Noordzee heeft het RIKZ een lange reeks meetgegevens van zwevende stof in de Noordzee geanalyseerd. De meetgegevens zijn afkomstig van het MWTL programma (zie boven) en opgeslagen in DONAR. Doel van de analyse is om te komen tot een slibklimaatatlas. Op basis van gegevens uit de periode zijn statistische maten zoals gemiddelde, modus en mediaan uitgerekend op de MWTL locaties, zie Suijlen (concept). Die waarden zijn ruimtelijk geïnterpoleerd tot kaarten zoals hert jaargemiddelde in de figuur hieronder. Naar aanleiding van de kennis die hierbij is opgedaan zal een graadmeter rapport worden opgesteld waarbij aandacht wordt besteed aan: concentraties slib in het water in ruimte en tijd, praktische toepassing in het veld, relatie met overvloed van verschillende zandwintechiniken en relatie met toetsingskader. De inventarisatie van informatiebronnen in dit rapport is ook onderdeel van dit project (in samenwerking met het programma Technologische Vernieuwing TNW).

CONTACTPERSOON: JO SUIJLEN (RIKZ)

SILTMAN

Het SILTMAN onderzoek had als doel een drietal vragen met betrekking tot de aanslibbing van havens en scheepvaartwegen in het Maasmondgebied te beantwoorden. De gestelde vragen waren :

1. Waar komt het aangeslibde materiaal vandaan?
2. Wat zijn de belangrijkste transportmechanismen?
3. Onder welke condities vindt er sedimentatie/aanslibbing plaats.

Door middel van in situ onderzoek, via numeriek modelonderzoek en met gebruikmaking van de resultaten van eerder verricht onderzoek zijn er kwalitatieve en kwantitatieve antwoorden op deze vragen verkregen. De resultaten zijn gepubliceerd in diversen rapporten en CDROMs, zie de Kok (2000) voor meer informatie.

CONTACTPERSOON: JOHAN DE KOK (RIKZ)

Smart Mooring

RIKZ is in 1998 een project gestart waarbij wordt samengewerkt met het Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Sciences (CEFAS). Met behulp van een meetboei en een meetframe op de bodem zijn gedurende de periode jan-mei 1999 fysische, chemische en biologische metingen verricht in het Marsdiep. Met de boei worden geleidendheid, temperatuur, dichtheid, chlorofyl concentratie (fluorometer) en troebelheid (OBS) gemeten. Met het meetplatform op de bodem werden horizontale stroomsnelheden, troebelheid, zandconcentratie (ABS), druk en temperatuur gemeten. Vanaf maart 2000 is de meetboei verplaatst naar Noordwijk 10 en wordt vanaf die tijd continu gemeten.

CONTACTPERSOON: JOB BARETTA (RIKZ)

Appendix B Meetinstrumenten

B.1 Zwevende stof concentratie

Troebelheidsmeters

zie paragraaf B.3 over troebelheid

LISST-100

In 1999 is een project gestart ter evaluatie van de LISST-100 voor zowel deeltjesgrootte bepaling als voor nauwkeurige sediment concentratie metingen. De resultaten hiervan zullen bepalend zijn voor verschillende vervolgprojecten. Voor het meten van valsnelheden is de LISST-ST van Sequoia Scientific een optie. Momenteel wordt dit systeem door het RIZA geëvalueerd met ondersteuning vanuit ITH.

CONTACTPERSOON: HANS ROBERTI (RIKZ)

AZTM

Voor het meten van zandconcentratie wordt gebruik gemaakt van de verouderde AZTM. Akoestische systemen die intensiteitsmetingen doen (zoals de AZTM) zijn niet zonder meer te vertalen naar absolute sedimentconcentratie. De vertaling hangt sterk af van de deeltjesgrootte van het gesuspendeerd sediment. Het LIB heeft nu alleen AZTMs beschikbaar die regelmatig bij het Waterloopkundig Laboratorium worden getest. De (analoge) electronica is verouderd.

CONTACTPERSOON: HENK COX (RIKZ)

Spectrale optische instrumenten: Satlantic

Met spectrale instrumenten zoals de Satlantic apparatuur kunnen slibconcentraties en chlorofyl concentraties worden bepaald door kleurmetingen boven het wateroppervlak. RWS heeft een instrument aangeschaft dat samen met het NIOZ zal worden getest op de veerboot van den Helder naar Texel. Satlantic is een Canadese firma, gespecialiseerd in optische meetsystemen voor mariene- en remote sensing toepassingen. Geleverd kunnen worden; losse radiantie en irradiantie meters, combinaties van deze voor profiel metingen, boeismaten en optische validatie systemen voor satelliet toepassingen. Deze instrumenten worden gebruikt om de neerwaartse- en terugverstrooide, in en boven water, zonnestraling te meten. Aan de boven- en onderkant van het instrument bevinden zich de lichtcollectoren. Er kan een keuze gemaakt worden uit 25 standaard golflengten (banden) bij de diverse meetapparatuur.

CONTACTPERSOON: ERIN HOOGENBOOM (RIKZ)

SeaWiFS

De Sea-Viewing Wide Field of View Sensor (SeaWiFS), ontworpen door NASA en het bedrijf Orbimage, is het eerste ocean colour instrument dat voor operationele monitoring kan worden ingezet. Er is een professioneel en toegankelijk data-distributie systeem, en standaard software is beschikbaar voor het bewerken van ruwe beelden tot waterkwaliteitskaarten met een resolutie van ongeveer 1 km. Voor relatief troebele wateren zoals de Noordzee kunnen slibkaarten worden berekend, middels speciaal hiervoor ontworpen rekenmethoden.

Voorbeelden van slibkaarten zijn terug te vinden in Hoogenboom et al. (concept).

CONTACTPERSOON: ERIN HOOGENBOOM (RIKZ)

EPS-A

De EPS-A scanner is een door RWS aangeschaft instrument dat is ingebouwd in het remote sensing vliegtuig van RWS. Hij is speciaal ontworpen voor het karteren van waterkwaliteit, olie en vegetatie. Momenteel wordt het instrument getest en geoperationaliseerd. Naar verwachting zal in 2000 de EPS-A permanent beschikbaar zijn. Meer informatie over de toepassingen van EPS-a staan in Hakvoort et al. (in voorbereiding).

CONTACTPERSOON: DIAN JANSEN (MD)

NOAA

De NOAA satellieten leveren een aantal maal per dag beelden van de oppervlakte temperatuur en de reflectie van Noordzee. Deze worden gearhiveerd en verspreid door het KNMI. De reflectiebeelden geven een kwalitatieve indruk van de verspreiding van slib, met een resolutie van ongeveer 1 km. De patronen in de temperatuur beelden zeggen iets over de uitstroom van zoet rivier water in de Noordzee en kunnen gebruikt worden voor de kalibratie en validatie van waterbewegingsmodellen.

Contactpersoon: Hans Roozembrans (KNMI)

B.2 Transport van Water (Stroming en Debiet)

In de meetvraag met betrekking tot stromingen en debieten kan worden voorzien met de volgende meetinstrumentatie:

Propellermeters Ott-C31

Het LIB beschikt over een circuit waarin alle binnen RWS in gebruik zijnde Ott-meters (dienen te) worden gekalibreerd. De Ott-molens worden ingezet voor langdurige puntstroommetingen in een afgezonden frame. Het principe is inmiddels verouderd en zal op termijn worden vervangen door andere meetprincipes.

CONTACTPERSOON: DAM VAN DIJK (RIKZ)

Akoestische Doppler Stroomsnelheidsmeters ADCP

De laatste jaren wordt steeds vaker gebruik gemaakt van ADCPs. Varende ADCPs zijn ingebouwd op een schip en meten verticale profielen van stroomsnelheid en -richting. Hieruit is middels meegeleverde software een debiet te berekenen. Een ADCP wordt ook vaak gebruikt in een afgezonden frame voor het meten van verticale profielen. Het LIB verzorgt het onderhoud voor alle ADCPs van het merk RD Instruments, en levert voor Workhorse ADCP. Voor veel toepassingen zal de ADCP geschikt zijn. Echter voor het meten van de stroomsnelheidsvector in een punt (zoals bijv. turbulentie metingen) is de ADCP niet geschikt.

CONTACTPERSOON: PETER VERBURGH (RIKZ)

Akoestische debietmeters FLOW2000 en SURFLOW

Een Akoestische debietmeter ADM wordt gebruikt voor het permanent meten van debieten. Eigenlijk wordt met een ADM in combinatie met een waterstandsmeting (DNM) een Q(V,H) relatie bepaald.

Contactpersoon: Dam van Dijk (RIKZ)

Horizontale ADCP

In 1999 is een evaluatie van een horizontale ADCP plaats gevonden voor het meten van debieten. De methode is veelbelovend en heeft de

potentie om op termijn de om de ADM te vervangen.

CONTACTPERSOON: RINUS SCHROEVERS (RIKZ)

HF-radar

Informatie omtrent stroomsterkte en -richting kan ook verkregen worden met HF radar systemen. Toepassingsmogelijkheden liggen in de sfeer van scheepvaartbegeleiding, kalibratie/validatie van waterbewegingsmodellen, morfologische studies. Via deelname in internationale projecten (SCAWVEX) is de kennis omtrent de operationele mogelijkheden van HF radar vergroot. Daarnaast is de afgelopen jaren in Nederland een viertal pilots met een VHF (50.75 MHz) radarsysteem uitgevoerd om toepassingsmogelijkheden te exploreren. De pilot-ervaringen leren dat er nog de volgende bottlenecks voor met name operationeel gebruik van HF radar in Nederland zijn:

- het onder de verwachtingen gebleven bereik van het toegepaste systeem (en de variatie in dat bereik);
- twijfels omtrent de nauwkeurigheid van de stroomgegevens, die het HF radar stroommeetsysteem (incl. 1DV model) oplevert;

CONTACTPERSOON: JOS KOKKE (RIKZ)

B.3 Troebelheid en lichtverzwakking

MEX, OBS

Voor het meten van slibconcentratie worden vaak optische troebelheidsmeters zoals de MEX en OBS sensoren ingezet. Ook voor optische systemen die intensiteitsmetingen doen geldt dat de vertaling naar slibconcentratie sterk afhangt van de deeltjesgrootte van het gesuspendeerd sediment. Het LIB heeft nu uitsluitend een optische troebelheidsmeter beschikbaar in combinatie met andere meters (DATASONDE). Er is inmiddels een vergelijkende test gedaan van verschillende optische troebelheidsmeters (Roberti & Tansini, 1999)

CONTACTPERSOON: MARK HARTOGS (RIKZ)

Spectrale absorptie en verzwakkingsmeters: WETLabs

WETLabs is in 1992 gestart en specialiseerde zich in optische meettechnieken om o.a. de inherente eigenschappen, absorptie en de bundelverzwakking, van zoet en zout water te bepalen. Een veel gebruikt instrument is de 9 bands absorptie- en bundelverzwakkingsmeter, ac9. The ac9 bepaald de spectrale transmissie en absorptie bij 9 golflengten. Het meetprincipe is gelijk aan de ac3. De lichtbundel wordt door 2 dichte tubes (cilinders), padlengte 10 of 25 cm, geleid. De standaard configuratie bestaat uit de (SeaWiFS) golflengten 412, 440, 488, 510, 555, 630, 650, 676, 715 nm zowel voor de bepaling van de absorptie- als de bundelverzwakkings coëfficiënt. Sinds kort is er ook een hoogspectrale variant, de HISTAR – Hyperspectraal absorptie en bundelverzwakkingsmeter. Met een resolutie van 3.3nm wordt tussen 400 tot 730nm (100 banden) de spectrale transmissie en absorptie gemeten.

CONTACTPERSOON: ERIN HOOGENBOOM (RIKZ)

Satellieten: SeaWiFS, EPS-A

SeaWiFS en EPS-A (zie slibconcentratie voor een gedetailleerde omschrijving) kunnen worden ingezet voor het maken van kaarten van de diffuse verzwakkingscoëfficiënt (extinctie) K_d .

B.4 Bodemslib

Bepaling van percentage van het organisch materiaal in het slib (te bepalen met meting van totaal slib en de verbrandingsrest) vindt plaats in het laboratorium. Overigens is het meten van de verbrandingsrest is niet geschikt voor zoute monsters, en daarom wordt bij het RIKZ een alternatieve methode toegepast om nauwkeurig organisch koolstof te bepalen. De hoeveelheid koolstof in het sediment van de waterbodem wordt tegenwoordig ook gemeten met een in situ methode gebaseerd op infraroodabsorptie. Voor ijking en voor metingen op land of op platen zijn echter kalibratiemetingen nodig.

Voor de slibsamenstelling zijn analyses in het laboratorium het meest gangbaar. Een voorbeeld hiervan is de zgn McLaren-methode om sediment te klassificeren. Hierbij wordt van monsters in-loco een opname gemaakt van de deeltjesgrootteverdeling. De opname wordt vervolgens gecorreleerd met laboratoriummetingen van een beperkt aantal monsters. Deze manier van werken maakt het mogelijk grofmazig te bemonsteren en toch redelijk nauwkeurige resultaten te krijgen, die ook nog eens vergelijkbaar zijn met de gebruikelijke methoden. (zie RIKZ/IT 97.0807).

Voor de bepaling van percentage van het organisch materiaal in het slib volstaat men meestal met een aantal metingen gedurende het seizoen. Een methode, waarmee dieper in de processen gekeken kan worden, is de bepaling van de isotopen ratio's $C^{13}/^{14}$ en $N^{14}/^{15}$. Hiermee kan onderscheid worden gemaakt tussen aan slib gebonden koolstof en stikstof afkomstig van de Rijn en afkomstig van de Noordzee. Voor een globale meting van de bodemsamenstelling langs een aantal raaien is de MEDUSA te gebruiken. Hiermee is onder andere ervaring opgedaan in de Loswal Noordwest.

CONTACT PERSOON: THOMAS RUTTEN (RIKZ)

CONTACT PERSOON MEDUSA: HANS ROBERTI (RIKZ)

Appendix C Modellen voor waterbeweging en slibtransport

Zonder volledig te willen zijn, worden hier een aantal modellen voor waterbeweging en slibtransport behandeld. Een aantal gangbare modellen zijn:

1. WAQUA (RIKZ);
2. TRIWAQ (RIKZ);
3. SIMPAR (RIKZ);
4. SLIB3D (RIKZ);
5. DELWAQ (WL | Delft Hydraulics);
6. DELFT3D (WL | Delft Hydraulics);
7. SOBEK (RIZA, WL | Delft Hydraulics).

De modellen van het RIKZ zijn ondergebracht in één modelinstrumentarium, SIMONA.

De nu volgende omschrijvingen zijn overgenomen uit het rapport "Status Operationele Modelsystemen" dat in opdracht van Meetstrategie 2000+ is gemaakt door het WL-Delft Hydraulics. Zie Delft-Hydraulics (2000) voor meer informatie over generieke aspecten, toepassingen en achtergrond documentatie.

C.1 WAQUA

WAQUA is een van de oudste en meest gebruikte rekenmodellen bij Rijkswaterstaat. Het generieke model WAQUA is inmiddels door specialisten en door gebruikers geaccepteerd als een betrouwbaar instrument dat gebruikt kan worden voor advisering. Het modelsysteem WAQUA, met name in combinatie met BASELINE, wordt als een modelsysteem beschouwd dat volledig operationeel is. Wel blijft men dit modelsysteem verder operationaliseren door verbetering van met name de user-interface, de versnelling van het rekenhart en een koppeling met een 2-dimensionale morfologische module.

Het 2-dimensionale hydrodynamische model WAQUA berekent waterstanden, waterstromingen en stoftransporten in open wateren. WAQUA werkt met diepte-gemiddelde waterstromingen; er wordt verondersteld dat deze niet variëren over de diepte van de rivier, estuarium of zee die wordt gesimuleerd (dit is een 2-dimensionale benadering).

RIKZ richt zich op de ontwikkeling van modellen voor de Noordzee, de kustgebieden en de estuaria. Vanwege de ruimtelijke aspecten is 2D-modellering met behulp van WAQUA (of 3D-modellering met behulp van TRIWAQ) noodzakelijk. Bij de modelkeuze speelt ook hier de vereiste rekensnelheid een belangrijke rol. Binnen het Nautilus project is WAQUA de basis van een informatie-instrumentarium, waarbij een model van de Voordelta, het Rijnmondgebied en het Noordelijk Deltabekkengebied wordt ontwikkeld (RIJMAMO). Voor de verschillende estuaria in Zeeland zijn WAQUA-modellen operationeel; zo wordt voor onderzoek en advisering met betrekking tot de Westerschelde het SCALWEST model gebruikt (bijvoorbeeld verdieping vaargeul, vaste oeververbinding). Ook voor de Waddenzee en de Eems-

Dollard zijn gedetailleerde schematisaties (rekenroosters) beschikbaar. Bij RWS wordt de informatie uit de info-database in BASELINE als uitgangspunt genomen voor het opzetten van de gebiedsschematisaties en het aanleveren van randvoorwaarden en fysische kenmerken van het rekennetwerk voor zowel WAQUA als SOBEK. Op deze wijze worden op een flexibele en eenduidige manier vrijwel volledig geautomatiseerd de meest recente (of juist historische) gegevens aan WAQUA toegeleverd. De inhoud van BASELINE wordt jaarlijks aangevuld voor wat betreft vergunningen en eventuele aanpassingen van de infrastructuur. Iedere 5 jaar vindt er in het kader van de MHW-cyclus een grote aanvulling plaats, waarbij de resultaten van meetcampagnes voor bijvoorbeeld vegetatie en bodemligging worden ingevoerd. Contactpersoon: Krystyna Robaczewska (RIKZ)

C.2 TRIWAQ

Het 3-dimensionale hydrodynamische model TRIWAQ berekent waterstanden en waterstromingen in open wateren. In TRIWAQ kunnen waterstromingen wel variëren over de diepte van het water. Dit is een 3-dimensionale benadering. TRIWAQ zal over het algemeen het fysisch gedrag van een watersysteem nauwkeuriger benaderen dan WAQUA doet, dit echter ten koste van een grotere rekentijd en geheugenbeslag van de computer.

TRIWAQ wordt door specialisten en door gebruikers bij RWS geaccepteerd als een betrouwbaar operationeel instrument dat gebruikt kan worden voor onderzoek en advisering ten aanzien van problemen met duidelijke 3-dimensionale aspecten.

TRIWAQ wordt met name gebruikt voor modellering van watersystemen met grote verticale dichtheidsverschillen, zoals de Nederlandse kust waar zoet water van de Nieuwe Waterweg uitstroomt en randzeeën waar 3D-circulaties een grote rol spelen.

Bij de WAQUA 2D-modeltoepassingen lag de nadruk op de hydrodynamica voor wat betreft de benodigde meetgegevens voor definitie, validatie en verificatie van de modeltoepassingen. Dit verschuift steeds meer naar stoftransport en 3D-modellering zodat er andere eisen gesteld gaan worden voor wat betreft de mate van detail voor de hydrodynamica maar ook voor wat betreft de te meten parameters (bijvoorbeeld turbulentiegraad). Ook zullen voldoende gegevens beschikbaar moeten zijn over diverse transportparameters waaronder de concentraties aan zout en slib.

CONTACTPERSOON: KRYSTYNA ROBACZEWSKA (RIKZ)

C.3 SIMPAR

SIMPAR is een deeltjesmodel ('particles') voor de berekening van stoftransport, op basis van een (meestal door WAQUA) berekende waterbeweging. Het is operationeel in gebruik bij het Hydro-Meteo Centrum Zeeland (HMCZ) voor modellering van calamiteiten in de Westerschelde, Oosterschelde en Voordelta. Daarnaast is het gebruikt binnen de groep Toegepast Onderzoek Water (TOW) bij Directie Zeeland voor onderzoeks- en beleidsvragen. In de nabije toekomst wordt SIMPAR operationeel gebruikt bij Directie IJsselmeer voor de modellering van calamiteiten op het IJsselmeer. Bij RIKZ is SIMPAR in gebruik voor onderzoeks- en beleidsvragen.

SIMPAR is een model dat het transport van deeltjes in water simuleert. Deeltjes kunnen drijvend of opgelost zijn, als representant van drijvende of opgeloste stoffen (zoals olie of chemicaliën). Het volgen van deeltjes

is vooral geschikt voor het modelleren van momentane lozingen (calamiteiten) van olie, chemicaliën, bacteriën, containers, gifzakjes of van andere voorwerpen en stoffen die overboord zijn geslagen of worden geloosd. SIMPAR is bij uitstek geschikt om sterk geconcentreerde verontreinigingen te volgen die vrijkomen bij calamiteiten zoals scheepsrampen en giflozingen.

Er zijn twee soorten resultaten als uitvoer van SIMPAR beschikbaar:

1. Het is mogelijk om het gehele deeltjesveld op een bepaald tijdstip weer te geven. Hiermee kan informatie over de mate van verspreiding van een lozing worden afgeleid.
- 2) Er is een optie aanwezig om een geselecteerd deeltje (of een aantal deeltjes) in de tijd te volgen. Hiermee wordt inzicht verkregen in het gedrag van het deeltje onder invloed van de stroming.

Bij de Directie Zeeland is een SIMPAR-toepassing operationeel in het HMCZ sinds begin jaar 2000. Enkele voorbeelden van recente toepassingen zijn:

- adviezen ten aanzien van slibverspreiding in de Voordelta en Westerschelde;
- analyse van de effecten van baggeren van (scheep)kanalen op het slibtransport;
- transportroute van salmonella-bacteriën in de Oosterschelde (mosselpercelen);
- dispersie van mosterd-gas afkomstig van oude munitie in Zeebrugge.

CONTACTPERSOON: MUSTAPHE ELORCHE (RIKZ)

C.4 SLIB3D

SLIB3D is de naam van modelprogrammatuur voor het berekenen van de drie-dimensionale verspreiding van opgeloste en zwevende stoffen in water. De programmatuur sluit aan op TRIWAQ. Er bestaat ook een koppeling met Delft3D, maar deze is op dit moment niet operationeel. De programmatuur wordt vooral gebruikt voor het berekenen van concentraties van gesuspendeerd slib en de verspreiding van afvalwater. SLIB3D werkt op basis van de drie-dimensionale advection-diffusievergelijking voor stof concentraties. In principe beschrijft het model alleen opgelost en suspensietransport. Transport in fluid mud lagen wordt niet meegenomen. De oplossingsmethode is massabehoudend en geschikt voor kromlijnige modelroosters. De numerieke oplossingsmethode verenigt de goede eigenschappen van deeltjesmethoden (à la SIMPAR) met die van de geïjkte eindige differentiemethoden (zoals DELWAQ). De methode is zeer nauwkeurig in het berekenen van verspreidingspatronen rond al dan niet continue puntbronnen en is daarom zeer geschikt voor het berekenen van de verspreiding van baggerspecie na het storten in zee en van de verspreiding van afvalwater dat vanuit leidingen in zee wordt geloosd. De methode is vooral sterk in het representeren van grote concentratiegradienten. Slibconcentratiegradienten kunnen in zee zowel horizontaal als vertikaal zeer groot zijn, reden waarom deze methode zeer veel gebruikt wordt voor het berekenen van de slibhuishouding in kustgebieden en rond zeehavens.

In het model wordt het uitzakken van slib gerepresenteerd door het voorschrijven van een per deelgebied uniforme verticale valsnelheid w_s , die niet van de slibconcentratie afhangt. Het model berekent depositie en sedimentatie op de bodem en resuspensie en erosie in principe volgens de formules van Krone en Partheniades. De parameters kunnen

per deelgebied worden ingesteld. Voor het bodemcompartiment wordt per horizontaal vak een aparte massabalans bijgehouden. De invloed van golfgeïnduceerde bodemschuifspanningen wordt in rekening gebracht door een verlaging van de kritische erosie- en sedimentatiesnelheden.

Toepassingen van het model tot dusver zijn:

- Klimatologische weergave van de slibhuishouding in de Nederlandse kustzone. Concentratie gradienten, kustlangse fluxen, transporten richting riviermondingen en door zeegaten Wadden zee. Kuststrookmodel.
- Bepaling van de slibbalans voor de Westerschelde. Westerscheldemodel
- Prognose gevolgen aanleg Maasvlakte2 varianten. RIJMAMO-model: Slibfluxen door de Maasmond en Haringvlietmond. Aanslibbingen in Maasmond en Haringvlietmond gebied.
- Kuststrookmodel: invloed op slibfluxen en -concentraties langs de Nederlandse kust. Invloed op het onderwaterlichtklimaat t.b.v. effecten op primaire productie.
- Optimalisatie strategie m.b.t het storten van baggerspecie in zee met het oog op een zo gering mogelijk transport (terug) van slib naar de Maasgeul. RIJMAMO en ZEEDELTAmodel.
- Bepalen effecten van het invoeren van een ander beheer van de Haringvlietstuiven (getemd getij) op de slibhuishouding in de Haringvlietmond en de slibaanvoer naar de Maasmond.
- Bepaling van de verspreiding van E-collibacteriën via het lozingswater van de waterzuiveringsinstallatie Houtrust in de Haag.

CONTACTPERSOON: JOHAN DE KOK (RIKZ)

C.5 DELWAQ

DELWAQ is een waterkwaliteits modelinstrumentarium met een grote hoeveelheid mogelijkheden en opties voor een eenvoudig gebruik in uiteenlopende situaties en toepassingen. DELWAQ beschouwt alleen de waterkwaliteit, hetgeen betekent dat de informatie over de waterbeweging als invoergegeven moet worden aangeleverd.

Het 1, 2 en 3-dimensionale model DELWAQ wordt op vele plaatsen als onderdeel in vele operationele modelsystemen toegepast. Vanwege de generieke eigenschappen is DELWAQ als module gekoppeld aan SOBEK (als module WQ) en Delft3D (als module WAQ) en aan WAQUA en TRIWAQ. Belangrijkste toepassingen vormen de analytische studies en de planvorming-projecten. De generieke waterkwaliteitsmodule DELWAQ is inmiddels door specialisten en door gebruikers geaccepteerd als een betrouwbaar en operationele module die gebruikt kan worden voor advisering.

De beschouwde waterkwaliteitsveranderingen betreffen over het algemeen een tijdschaal van ordegrrootte weken of langer. Vaak is de beschouwde tijdschaal vergelijkbaar met de tijdschaal waarop de afvoer verandert. Als de tijdschaal van verandering kort is betreft het meestal een calamiteit en worden alarmmodellen ingezet; voor een beschouwing van de stofconcentraties op die korte tijdschaal is DELWAQ niet toegerust.

Een enorme hoeveelheid proceskennis is samengebracht in de procesbibliotheek. Voor iedere procescoëfficiënt is een op de literatuur gebaseerde range vermeld voor de waarde van de desbetreffende coëfficiënt. Vanwege deze mogelijke range aan modelcoëfficiënten en de vaak gebrekkige gebiedskennis op dit punt, is er in principe een grote behoefte aan informatie. Omdat die benodigde informatie vaak niet op

korte termijn beschikbaar kan worden gemaakt, moeten de resultaten van vele modeltoepassingen als 'zacht' worden beschouwd. De modelberekeningen worden in dergelijke gevallen meestal gebruikt om aan te geven in welke richting er veranderingen in het systeem zullen plaatsvinden en minder voor een beschouwing van de absolute veranderingen van de concentratieniveau's.

Grootste probleem bij de verschillende toepassingen is dat door de sanering van de meetnet-activiteiten er onvoldoende gegevens beschikbaar zijn om een verantwoorde calibratie laat staan validatie uit te voeren. Zo worden de waterkwaliteitsmodellen gestuurd door globale gegevens over bronnen: puntbronnen worden vaak op jaarbasis geïnventariseerd, afvoeren soms op dagbasis en diffuse bronnen in het gunstigste geval per decade.

Bij de toepassing van DELWAQ op Friesland voor de beschouwing van nutriënten, eutrofiëring, lichtklimaat en algengroei zijn pogingen gestart op met behulp van remote sensing calibratiegegevens te verzamelen. Hetzelfde is gebeurd voor een toepassing van DELWAQ in de Noordzee en de Westerschelde voor het berekenen van slibtransport. Voordeel van remote sensing informatie is dat gedetailleerde (2-D) informatie over het gehele studiegebied op één specifiek moment beschikbaar komt. Omdat met remote sensing technieken (lang) niet alle belangrijke waterkwaliteitsparameters kunnen worden bepaald, is vaak alleen een globale afregeling van de modeltoepassing mogelijk.

CONTACTPERSOON: MARINUS BOKHORST (RIKZ)

C.6 DELFT3D

Het modelinstrumentarium Delft3D is ontwikkeld door WL | Delft Hydraulics voor haar adviespraktijk. Delft3D biedt functionaliteit voor waterbeweging, korte golven, waterkwaliteit, ecologie, sediment transport en morfologie en de verschillende interacties. Onder Delft3D vallen de volgende specifieke modellen:

- Delft3D-FLOW (2-D en 3-D hydrodynamica);
- Delft3D-WAVE (golven);
- Delft3D-MOR (morfologie);
- Delft3D-SED (slibtransport);
- Delft3D-PART (deeltjesmodel);
- Delft3D-WAQ (waterkwaliteit);
- Delft3D-ECO (ecologie/algen);
- Delft3D-CHEM (chemie).

Delft3D is een geïntegreerd modellensysteem, dat is samengesteld uit verschillende modellen die door verschillende disciplines separaat binnen (en buiten) WL waren ontwikkeld. Het is nu één van de belangrijkste modelsystemen die in de wereld worden gebruikt.

Enkele modules binnen Delft3D zijn sterk gerelateerd aan modules binnen SIMONA. Zo zijn er overeenkomsten in functionaliteit tussen Delft3D-FLOW en WAQUA/TRIWAQ, maar ook tussen Delft3D-PART en SIMPAR. In het kader van de OMS-samenwerking zullen de modules uit Delft3D en SIMONA geïntegreerd worden.

Het Delft3D instrumentarium is een volledig operationeel software pakket en wordt gebruikt door zowel consultants, research instituten als overheden in binnen en buitenland. Buiten Nederland is Delft3D geïnstalleerd bij meer dan honderd consultants, overheden en universiteiten. Delft3D wordt ingezet in onderzoeks- en adviesprojecten voor meren, rivieren, estuaria, kusten en zeeën.

Voor het beter kunnen afregelen (calibreren) van modellen zal in toenemende mate gebruik gemaakt gaan worden van nieuwe

technieken om uit meetgegevens modelparameters af te leiden en te kwantificeren. Met behulp van data-assimilatie tools en geadjungeerde modellering kunnen op basis van gemeten waarden modelparameters bijgesteld worden.

De nadruk bij het gebruik van meetgegevens voor definitie, validatie en verificatie van modellen verschuift steeds meer van hydrodynamica naar stoftransport. Dat betekent enerzijds dat er voor de hydrodynamica andere eisen gesteld gaan worden voor wat betreft de mate van detail maar ook voor wat betreft de te meten parameters (bijvoorbeeld de turbulentiegraad), en anderzijds dat er voldoende gegevens beschikbaar moeten zijn met betrekking tot diverse transportparameters waaronder concentraties. Omdat deelsystemen van Delft3D steeds vaker onderdeel worden van operationele (voorspellings- en 'Decision Support') systemen, wordt de koppeling met on-line meetinformatie steeds belangrijker.

CONTACTPERSOON: GERRIT VERBOOM (WLIDELFT HYDRAULICS)

C.7 SOBEK

SOBEK is een 1-dimensionaal modelinstrumentarium voor de water sector, ontwikkeld door RIZA en WL I Delft Hydraulics in samenwerking met diverse overheidsdiensten, GTI's en adviesbureaus. Het instrumentarium beoogt een efficiënte ondersteuning te leveren bij het oplossen van een breed spectrum van waterkwantiteits-, morfologische en waterkwaliteitsvraagstukken met betrekking tot rivieren, drainage-, irrigatie- en rioleringsystemen. De bij de ontwikkeling en instandhouding van SOBEK betrokken partijen hebben de ambitie om SOBEK te ontwikkelen tot de de-facto standaard voor 1-D modellering van watervraagstukken in Nederland en om een topproduct te leveren dat zich kan meten met de internationale concurrentie.

Het generieke modelinstrument SOBEK is inmiddels door specialisten en door gebruikers geaccepteerd als een betrouwbaar instrument dat gebruikt kan worden voor advisering. Het modelsysteem SOBEK, met name in combinatie met info-database BASELINE waarmee snel de basisgegevens (zoals bijvoorbeeld bodemligging en vegetatie) kunnen worden geselecteerd en geconverteerd, wordt als een volledig operationeel modelsysteem beschouwd. Uiteraard blijft men dit modelsysteem verder operationaliseren door verbetering, aanvulling, onderhoud en training. In sommige operationele modelsystemen gebaseerd op SOBEK, zoals voor de Maaslandkering in de Nieuwe Waterweg, moet het vertrouwen (credibility) nog groeien, ook al is het modelsysteem op zich wel geaccepteerd.

Voor wat betreft de hydrodynamica, worden momenteel toepassingen van SOBEK voor de Rijn en de Maas afgeregeld (gecalibreerd). Bij de toepassing van SOBEK voor hoogwatervoorspellingen op de Rijn (FloRijn) is een schematisatie opgezet voor het deel vanaf Koblenz. Daarnaast zijn er operationele modelsystemen in het kader van IVB-DOS (Discussie Ondersteunend Systeem), IVR (Integrale Verkenning Rivieren), RvR (Ruimte voor Rivieren), BOS-NWW (de bediening van de Maaslandkering, zij het met een apart door WL ontworpen user-interface) en dergelijke opgezet.

CONTACTPERSOON: ADRI VERWEY (WL), AAD DOLLE (RIZA)