

Werkdocument

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ (voorheen Dienst Getijdewateren)

Aan

Van
G.C. Spronk
Datum
23 december 1994

Doorkiesnummer
01180-72256
Bijlage(n)

Nummer
RIKZ/AB/94.883X

Project

Onderwerp
Invloed slib onttrekking Beneden-Zeeschelde op waterkwaliteit op de Belgisch-Nederlandse grens

Samenvatting:

In de lopende WVO vergunning voor het onderhoudsbaggerwerk van de vaarweg naar Antwerpen staat als eis dat in de jaren 92-94 rondom Antwerpen 1,3 miljoen ton slib aan het systeem wordt onttrokken en in depots wordt geborgen. De vraag is of deze maatregel nu al invloed heeft op de kwaliteit van water en bodem van de Westerschelde.

Alvorens deze vraag te beantwoorden dient allereerst geconstateerd te worden dat het (Beneden) Zeeschelde gebied zelf de afgelopen jaren is veranderd: het spuikanaal Bath is gegraven (gereed 1987), de waterhuishouding van de Antwerpse kanaalpanden is veranderd door Zoommeer en Albertkanaal, de Waaslandhaven met Kallosluis is aangelegd (gereed begin jaren tachtig) en de Berendrechtlsuis is gebouwd (in gebruik genomen in 1989).

Verder kan geconcludeerd worden dat ook het onderhoudsbaggerwerk zelf is veranderd in de afgelopen jaren. Grote hoeveelheden specie uit de toegangsgeulen en havendokken werden voor 1987 teruggestort in de Beneden Zeeschelde. Deze hoeveelheid is na 1987 sterk gereduceerd en na 1990 is er helemaal geen slib meer teruggestort. De specie is toen op land en in natte cellen in de Waaslandhaven geborgen. Het op diepte houden van de toegangsgewen naar de sluizen door middel van ploegen is wel doorgegaan.

De 1,3 miljoen ton slib van de WVO-vergunning uit de jaren 92-94 is

Vestiging Middelburg
Postbus 8039, 4330 EA Middelburg
Bezoekadres Grenadierweg 31

Telefoon 01180-72200
Telefax 01180-16500

vrijwel geheel afkomstig uit de toegangsgeul van de Kallosluizen. In 1987, niet in 1991, is er dus een trendbreuk geweest in het onderhoudsbaggerspecie activiteiten rondom Antwerpen. De trendbreuk betreft nogmaals het niet meer terugstorten in de Beneden Zeeschelde van grote hoeveelheden slib uit havendokken en toegangsgeulen in de Beneden Zeeschelde.

De vraag is dus of deze ingreep (al) effect heeft (gehad) op de waterkwaliteit van de Westerschelde. Allereerst is deze vraag beperkt tot effecten op de kwaliteit bij Schaar van Ouden Doel. Waargenomen veranderingen van de kwaliteit bij Schaar van Ouden Doel kunnen echter allerlei oorzaken hebben. Naast de slibmaatregel is de belangrijkste andere oorzaak emissie reductie stroomopwaarts. Waterkwaliteitskenmerken zijn dus lastig bruikbaar om de invloed van de maatregel eenduidig vast te stellen. Gezocht is dus naar een parameter die het best bruikbaar is. Hieruit is het percentage fluviatiel slib naar voren gekomen. Gekeken is dus of het percentage fluviatiel slib bij Schaar van Ouden Doel is veranderd. Dit kon niet rechtstreeks gebeuren omdat het percentage fluviatiel slib niet rechtstreeks wordt gemeten. Een aanbeveling is dan ook om dit in de toekomst wel te gaan doen. Het percentage fluviatiel slib is nu bepaald met het element chroom omdat dit element grotendeels aan slib is gebonden en zich conservatief gedraagt. Bij uitwerking van de vraag trad echter als complicerende factor op dat metingen van chroom van diverse laboratoria niet met elkaar vergeleken kunnen worden. Hierdoor viel het gebruik van metingen van het chroomgehalte van slib af. Bleef over het berekenen van het chroom gehalte van slib uit totaal en opgeloste concentratie metingen van chroom in de waterfase. Uit de zo berekende chroom gehalten van het zwevend materiaal kan worden vastgesteld dat vanaf 1987 het percentage fluviatiel slib bij Schaar van Ouden Doel in de zomer voortdurend is gedaald en wel van 75% naar 40%, maar in de winter gelijk is gebleven.

Uit de berekende chroomgehalten kan voorts nog een andere belangrijke conclusie worden getrokken. De basis hiervan vormt de hypothese over het transport gedrag van slib tussen Rupelmonde en Schaar van Ouden Doel. De eerste mogelijkheid is dat het slib wordt getransporteerd als water. In dit geval is het uitvoersignaal bij Schaar van Ouden Doel (het percentage fluviatiel slib op de grens) min of meer gelijk aan het invoersignaal bij Rupelmonde (het percentage fluviatiel slib in zoetwater). De tweede mogelijkheid is dat al het bij Rupelmonde aangevoerde slib sedimenteert in de Beneden Zeeschelde en wordt gemengd met de aanwezige voorraad in de bodem. Dit resulteert in een uitvoersignaal bij Schaar van Ouden Doel dat veel meer uitgedempt is dan het invoersignaal bij Rupelmonde of zelfs constant in de tijd is. Uit het feit dat het percentage fluviatiel slib bij Schaar van Ouden Doel is afgenomen en bovendien het invoersignaal bij Rupelmonde in zekere mate volgt in de tijd kan dus geconcludeerd worden dat een deel van het fluviatiele slib in de Beneden-Zeeschelde een korte verblijftijd heeft.

De import van marien slib naar de Beneden Zeeschelde kan verder zijn toegenomen, omdat daarin een slibval is gemaakt (de gebouwde toegangsgeulen) zodat de eb retour stroom kan zijn verminderd. Het bepalen van de

Index:

Samenvatting

1.	Inleiding	(pagina 4)
2.	Systeembeschrijving Beneden-Zeeschelde	(pagina 4)
3.	Hydrologie Zeeschelde	(pagina 7)
4.	Slibbalans Schelde-estuarium	(pagina 7)
5.	Baggerwerken	(pagina 11)
6.	Invloed slib onttrekking	
6.1	Plan van aanpak	(pagina 15)
6.2	Verandering percentage fluviatiel slib bij Schaar van Ouden Doel	(pagina 18)
6.3	Veranderingen van de bodem kwaliteit van de Beneden-Zeeschelde	(pagina 22)
6.4	Verandering van de waterkwaliteit bij Schaar van ouden Doel	(pagina 24)
7.	Conclusies	(pagina 28)
8.	Aanbevelingen	(pagina 29)

Bijlage 1:	lijst van afkortingen gegevens slibbalans	(pagina 30)
------------	--	-------------

Literatuur verwijzingen.	(pagina 31)
--------------------------	-------------

gesedimenteerde hoeveelheden slib en de verhouding fluviatiel-marien in de toegangsheulen moet dit kunnen aantonen.

Aan de hand van chroom is vastgesteld dat de hoeveelheid fluviatiel slib in het bodemsediment van de drempels in de Beneden-Zeeschelde is gedaald. Daardoor is te verwachten dat de vervuilinggraad van dat sediment is veranderd. Om de verandering van de vervuilinggraad vast te stellen kan ook een data-analyse uitgevoerd worden met de andere bodemkwaliteitsgegevens.

Daarna is opnieuw gekeken naar de veranderingen in de waterkwaliteit bij Schaar van Ouden Doel vanaf 1987. Daarbij blijkt dat een aantal waterkwaliteitskenmerken als NH_4 , DOC sterk zijn veranderd. Het gemeenschappelijke van deze kenmerken is dat hun concentraties in poriënwater veel hoger zijn dan in oppervlakte water. De oorzaak van deze veranderingen kan dus ook heel goed het niet meer terugstorten van slib uit toegangsheulen en havendokken in de Beneden-Zeeschelde zijn.

Tenslotte de veranderingen in de overige kenmerken die bij Schaar van Ouden Doel worden gemeten. Enkele daarvan als zuurstof hebben geen of geen duidelijke relatie met de ingreep. Voor andere, en het betreft hierbij met name de particuliere gehalten aan microverontreinigingen van het zwevende stof, is de geconstateerde verandering bij Schaar (veel) groter dan verklaard kan worden uit de berekende veranderingen in het percentage fluviatiel slib. Hiervoor moeten emissie reducties dan verantwoordelijk zijn. Om dit te controleren kan een studie worden uitgevoerd naar verandering van de emissie van de betreffende stoffen.

Samengevat lijkt het er dus op dat na 1987 door het niet meer terugstorten van baggerspecie in de beneden-Zeeschelde het percentage fluviatiel slib in de zomer bij Schaar van Ouden Doel is gehalveerd. Tevens zijn de concentraties van een aantal waterkwaliteitskenmerken, die hoog zijn in poriënwater, flink gedaald.

1. Inleiding:

Sinds 1985 wordt in het kader van de "Wet Verontreiniging Oppervlaktewater" door Nederland een vergunning verlangd voor het terugstorten van baggerspecie op stortlocaties in de Westerschelde¹. Op 18 mei 1988 is door Nederland de eerste WVO-vergunning aan België afgegeven. De geldigheidsduur van de vergunning bedroeg 3 jaar. In de tweede vergunning² staan een aantal afspraken om de kwaliteit van water en bodem te verbeteren. Deze afspraken richten zich op het terugdringen van de emissies en het verwijderen van baggerslib uit de Beneden-Zeeschelde en aanliggende havens. Ten aanzien van de verwijdering van baggerslib is concreet afgesproken in de periode 1992-1994 1,3 miljoen ton slib, gemeten als drogestof, uit het systeem te verwijderen.

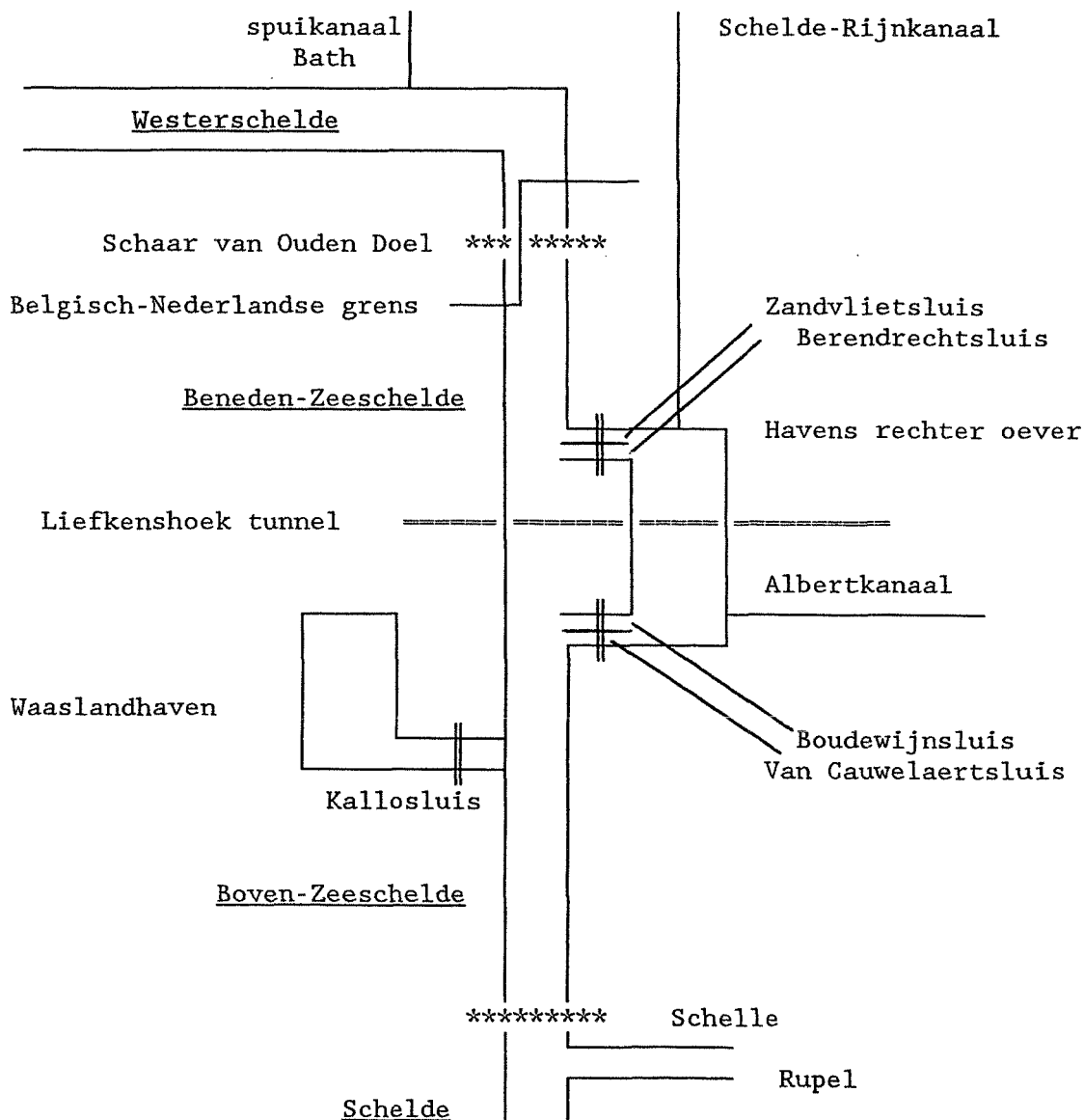
In verband met het opnieuw opnemen van de eis tot slib onttrekking aan de Beneden-Zeeschelde in de nieuwe WVO-vergunning voor het terugstorten van slib in de Westerschelde door België is door Directie Zeeland aan RIKZ gevraagd aan te geven of de maatregelen, die voorgeschreven staan in de lopende vergunning nu reeds effect hebben op de waterkwaliteit van de Westerschelde. Dit rapport richt zich vooral op de effecten van permanente slib onttrekking.

In onderstaande tekst wordt eerst een systeembeschrijving van de Beneden-Zeeschelde gegeven. Hierin komen de geografie en de infrastructurele veranderingen sinds 1980 aan de orde, omdat die voor de studie van belang zijn. Dan volgt een paragraaf over de hydrologie van de Zeeschelde en een paragraaf over de slib balans van het estuarium. Het volgende onderdeel van het rapport behandelt de onderhoudsbaggerwerken. Samen met de paragraaf over de slibbalans wordt hiermee inzicht in de slibhuishouding verkregen. Daarna wordt besproken hoe de invloed van de slibberging op de kwaliteit van de Westerschelde bepaald is en wat de resultaten waren. Het rapport besluit met conclusies en aanbevelingen.

Dit werkdocument is gemaakt in het kader van een interne stage van 1 april tot 1 oktober 1994 van G. Spronk (ITLM) bij ABD. De dagelijkse begeleiding was in handen van B.v.Eck. Inhoudelijk is het rapport becommentarieerd door de Werkgroep Slib, waarin zitting hebben: F. de Bruijkere (Directie Zeeland), B. van Eck, A. Holland, D. van Maldegem, G. Spronk, S. Vereeke (Directie Zeeland) en J. Vroon. Ir Claessens van de Antwerpse Zeehavendienst wordt bedankt voor het beschikbaar stellen van gegevens en het leveren van ideeën.

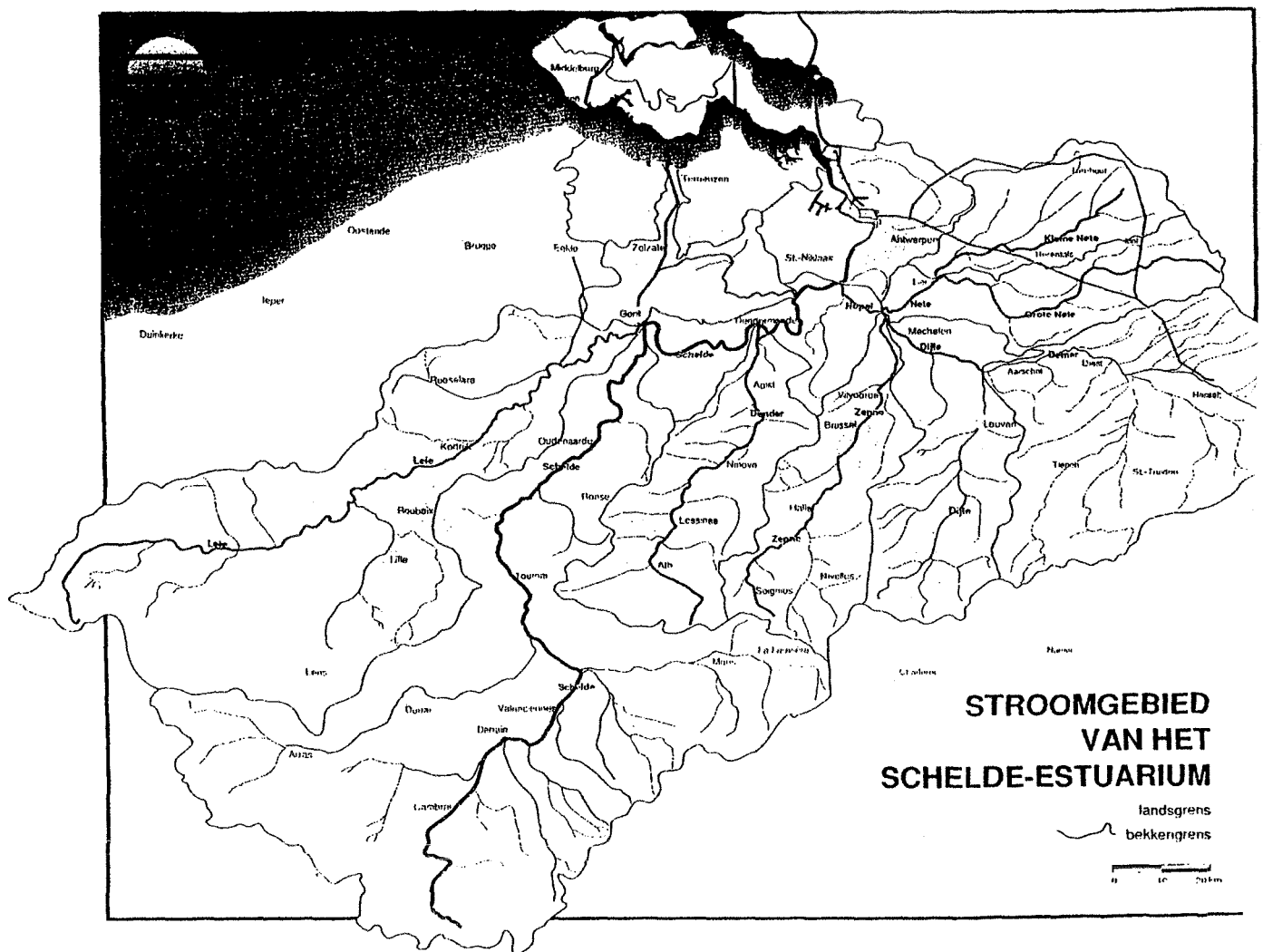
2. Systeembeschrijving Beneden-Zeeschelde:

De Zeeschelde is het deel van de Schelde dat ligt tussen Gent en de Nederlands-Belgische grens. In figuur 1 is het gebied van de Zeeschelde schematisch weergegeven. Stroomopwaarts vanaf Antwerpen heet de rivier Boven-Zeeschelde en stroomafwaarts Beneden-Zeeschelde. Op Nederlands grondgebied wordt de naam Westerschelde gebruikt. In het Zeescheldegebied bevinden zich naast industrieën ook de Antwerpse havens en de stad Antwerpen. De havens staan via sluizen in verbinding met de Zeeschelde.



Figuur 1: schematische weergave van de Zeeschelde

De rivier de Rupel is de laatste rivier voor de Belgisch-Nederlandse grens die uitmondt in de Zeeschelde. Het water dat de dwarsdoorsnede bij Schelle passeert is afkomstig uit geheel België, aangevoerd door verschillende rivieren, en uit Noord-Frankrijk. In figuur 2 is het stroomgebied van de Schelde getekend.³ De Zeeschelde ontvangt verder via het Albertkanaal en de havens in de rechteroever ook water uit het Maasbekken en via het Schelde-Rijnkanaal en het spuikanaal bij Bath uit het Rijn stroomgebied. Dit laatste is pas sinds het gereedkomen van het Zoommeer in 1987 het geval.



figuur 2: stroomgebied van de Schelde. (Uit: Water nr 60)

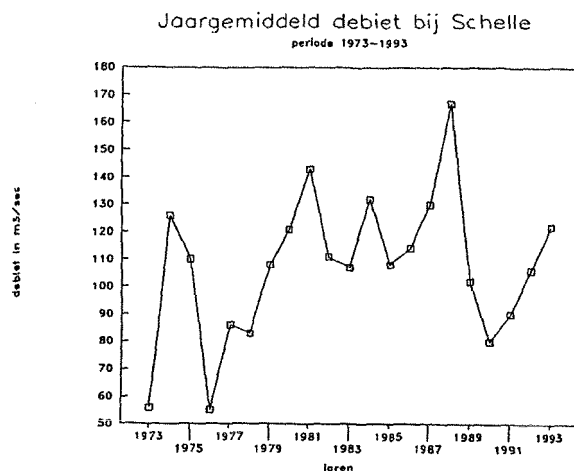
Het Beneden-Zeeschelde gebied is onderhevig aan talrijke ingrepen ten behoeve van de infrastructuur.¹ Eind zeventiger jaren is in de linkeroever de Waaslandhaven uitgegraven. Om deze haven met de Zeeschelde te verbinden is toen ook de Kallosluis gebouwd. Begin jaren tachtig is de verbinding tussen de Kallosluis en de Zeeschelde gemaakt en is voor de scheepvaart een toegangsgeul gebaggerd met een diepte van -14 meter. Midden jaren tachtig is in de rechteroever de Berendrechtsluis aangelegd, die in 1989 in gebruik is genomen. Ook voor deze sluis is een diepe toegangsgeul gebaggerd.

Naast de aanleg van havens en sluizen moet ook nog het verdiepen van de Beneden-Zeeschelde zelf vermeld worden, de aanleg van de Liefkenshoek-tunnel en de containerkaai ten zuiden van de Berendrechtsluis. Bij deze werken zijn grote hoeveelheden zand vrijgekomen, die gebruikt zijn voor de aanleg van industrie- en haventerreinen. Bij de aanleg van de Liefkenshoek-tunnel is ook een flinke hoeveelheid slib uit de Beneden-Zeeschelde gebaggerd ($2 \times 10^6 \text{ m}^3$). Dit slib is geborgen in cellen in de bodem van de Waaslandhaven.

3. Hydrologie Zeeschelde (zie figuur 1)

De Schelde is een regenrivier en laat dan ook sterk wisselende debieten zien. Het jaargemiddelde debiet sinds 1973 bedraagt $107\text{m}^3/\text{sec}$, met een minimum van $55\text{m}^3/\text{sec}$ in 1976 en een maximum van $167\text{m}^3/\text{sec}$ in 1988⁹. In figuur 3 wordt het jaargemiddelde debiet grafisch weergegeven. De hoeveelheid zoetwater dat via het spuikanaal bij Bath geloosd wordt bedraagt over de periode 1987 tot 1994 jaargemiddeld $14\text{m}^3/\text{sec}$ met een maximum van $22\text{m}^3/\text{sec}$ en een minimum van $7\text{m}^3/\text{sec}$.

Het debiet van het Schelde-Rijnkanaal bedraagt jaargemiddeld $4\text{m}^3/\text{sec}$ en van het Albertkanaal $11\text{m}^3/\text{sec}$. (mondelinge mededeling Directie Zeeland)

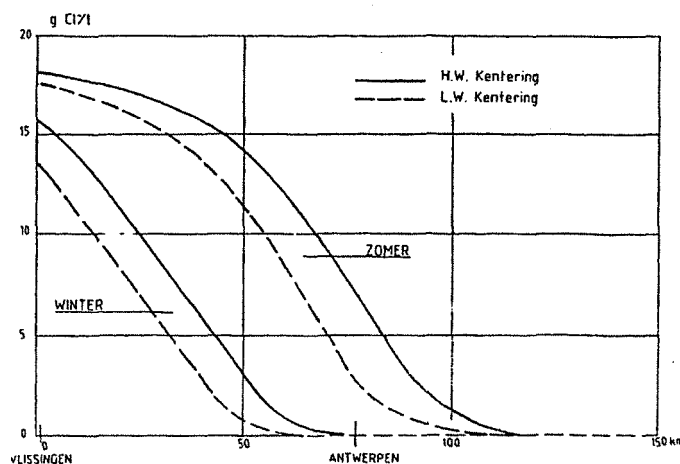


figuur 3: jaargemiddelde debiet

4. Slibbalans Schelde-estuarium:

In de Westerschelde is de resultante van de eb- en vloedstroom aan de bodem stroomopwaarts gericht en in de Boven-Zeeschelde stroomafwaarts. De plaats waar deze bewegingen elkaar opheffen wordt het troebelheidsmaximum genoemd, omdat daar accumulatie van slib plaats vindt.^{4,5,6} De plaats waar deze bewegingen elkaar opheffen is echter niet stationair, maar is bijvoorbeeld afhankelijk van de hoeveelheid zoetwater dat door de rivier wordt afvoerd. In de zomermaanden bij lage rivierafvoer bevindt dit gebied zich in de Beneden-Zeeschelde en in najaar en winter, bij hoge rivierafvoer, bevindt dit gebied zich verder stroomafwaarts. In figuur 4 is de zoutgradiënt getekend voor de winter- en de zomersituatie. De verschuiving van het troebelheidsmaximum hoeft overigens niet exact overeen te komen met de verplaatsing van de zoutgradiënt, omdat met het verschuiven richting zee ook de morfologie van de rivier verandert. De Westerschelde is door het voorkomen van geulen en platen namelijk beter gemengd dan de Zeeschelde. Uit onderzoek met radio actieve tracers¹⁰ blijkt dat het aangevoerde slib bezinkt tussen de monding van de Rupel en het Land van Saeftinge. Uit dit onderzoek blijkt ook dat fluviaal slib slechts in periode van hoge rivierafvoer de zee bereikt. Het troebelheidsmaximum ligt dan kennelijk veel verder afwaarts tot in de Westerschelde. Dit blijkt ook uit opnamen van de kaolinveldjes in het Land van Saeftin-

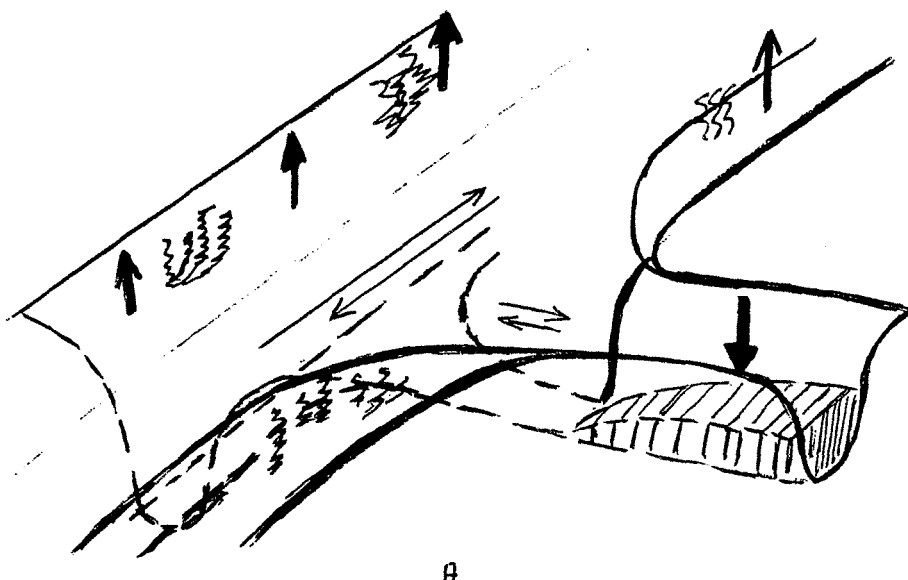
ge^{7,8} waarbij is vastgesteld dat tijdens de hoogwaterafvoer in de winter van 1993/1994 40% van de jaarlijkse slibaanvoer naar de schorren is afgezet.



figuur 4: zoutgradiënt in de Schelde bij winter- en zomerafvoer
(Uit: Water nr 43)

Hoe de sedimentatie precies verloopt in de verschillende delen van de Schelde en onder verschillende omstandigheden valt buiten deze verslaggeving en is mogelijk een onderwerp voor nadere studie. Bekend is dat het gedrag van slib uiterst dynamisch kan zijn. Een samenspel van transport, flocculatie, sedimentatie, resuspensie, consolidatie etc. bepaalt het gedrag

In de praktijk is gebleken dat een groot deel van het slib dat in de Beneden-Zeeschelde wordt aangevoerd zich vooral verzameld in de toegangsgeulen naar de zeesluizen en via schutten in de havens⁹ zelf terecht komt. De toegangsgeulen naar de sluizen werken kennelijk als sedimentval, wat gezien het meer stilstaande karakter van het water in de geulen, dwars op de hoofdstroom wel min of meer te verwachten is. In figuur 5 is de situatie schematisch weergegeven .



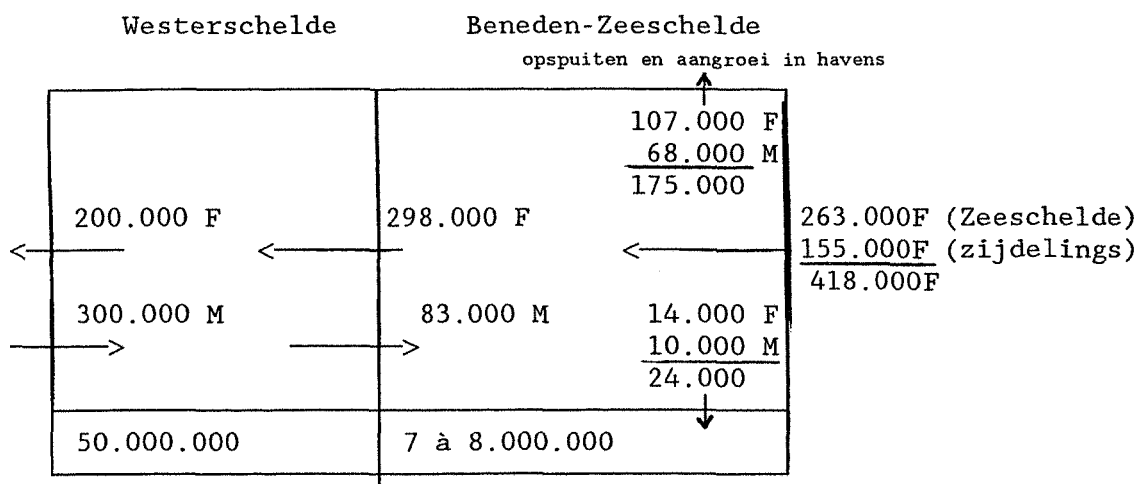
figuur 5: Situatie toegangsgeul tot een sluis t.o.v. de vaargeul in de Zeeschelde.

De effectiviteit van deze sedimentval wordt vergroot doordat het slib ten gevolge van het getij periodiek heen en weer wordt gevoerd. Deze beweging beslaat een afstand van ca 12km. Slib dat in de omgeving van de toegangsgeulen bezinkt kan daar echter na een veel langere periode uiteindelijk toch nog in terecht komen als het tengevolge van gewijzigde turbulentie ter plaatse via opwerveling weer in het water terecht is gekomen. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij hoge rivierwaterafvoer of bij storm.

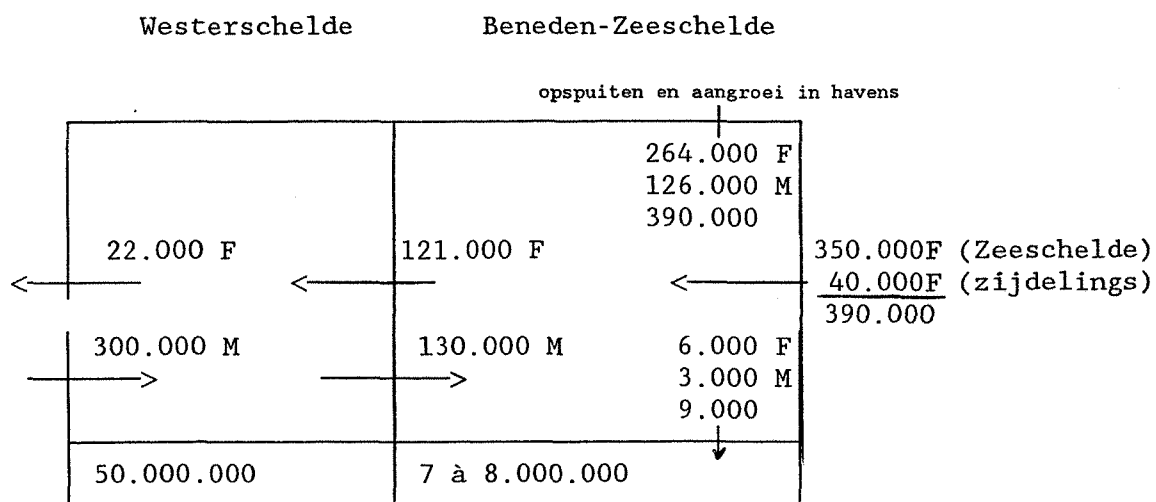
Een effect van de sedimentval kan zijn dat marien slib nu sneller accumuleert in de Beneden-Zeeschelde dan voorheen het geval was. Voor de aanleg van de toegangsgeulen werd namelijk een deel van het aangevoerde marien slib bij eb weer mee terug genomen naar de Westerschelde. Dit slib kan nu effectief worden afgevangen en achterblijven in de toegangsgeulen.

Op basis van de hoeveelheid opgespoten slib en peilingen gedurende de periode 1989-1993 heeft de AZ berekend dat er 420.000 ton drogestof per jaar de havens in de rechteroever binnen dringt¹⁰. Berekening van de hoeveelheid drogestof, gebruikmakend van de relatie van Migniot, zoals voorgesteld door Van Maldegem¹¹, geeft 360.000 ton droge stof. De waargenomen slib indringing is gemeten na de ingebruikname van de Berendrecht-sluis. Hoeveel de indringing voor ingebruikname was is onbekend, maar vermoedelijk minder. Bovendien was er toen een aangroei van slib van 200.000 ton drogestof per jaar⁴. Het is niet bekend of dit nu nog het geval is. De indringing in de Waaslandhaven (linkeroever) is veel geringer omdat daar in vergelijking met de havens in de rechteroever veel minder geschut wordt.

Het bovenstaande is samengevat in figuur 6 en 7 waarin schematisch de slibbalans van voor¹² en van na¹³ 1991 weergegeven. De slibbalansen zijn berekend met hetzelfde model, maar met gegevens, die voor die periode relevant waren. Er zijn duidelijke verschillen.



Figuur 6: schematische weergave slibbalans voor 1991. (van Maldegem)
(F=fluviaatliel slib en M=marien slib)



Figuur 7: schematische weergave slibbalans na 1991. (Vereeke)

Een van de verschillen is de aanvoer van fluviaatliel slib in de Beneden-Zeeschelde. Vóór 1991 is uitgegaan van een jaarlijkse aanvoer van 263.000 ton fluviaatliel slib door de Schelde tegen 350.000 ton na 1991. Dit verschil wordt, wat het model betreft, gecompenseerd door een daling van de zijdelingse aanvoer van slib van 155.000 ton naar 40.000 ton na 1991. De totale invoerterm laat daardoor slechts een klein verschil zien (418.000 ton/jaar voor 1991 en 390.000 na 1991).

Een groot verschil is verder de indringing van slib in de havens. Voor 1991 werd uitgegaan van totaal 175.000 ton/jaar en na 1991 van 390.000 ton. Het slib dat de havens binnendringt is een mengsel van fluviaatliel

slib en van marien slib. Omdat voor het binnendringende slib in beide modelberekeningen ongeveer dezelfde verhouding fluviatiel-marien wordt aangehouden geeft het model in de 1991 balans een sterke stijging van de hoeveelheid fluviatiel materiaal te zien dat de havens binnendringt. Voor 1991 was dat 107.000 ton/jaar en na 1991 264.000 ton/jaar. Deze stijging gaat in de berekening ten koste van de hoeveelheid fluviatiel slib, dat de Nederlands-Belgische grens passeert. De hoeveelheid fluviatiel materiaal dat de grens passeert daalt volgens het model van 298.000 ton/jaar naar 121.000 ton/jaar.

De invoer van marien slib in de Beneden-Zeeschelde is geen gemeten term maar sluitpost van de berekening.

In bijlage 1 zijn de verschillende gegevensbronnen naast elkaar gezet en wordt aangegeven welke in- en uitvoer waarden momenteel voor de slibbalans als juist worden aangenomen.

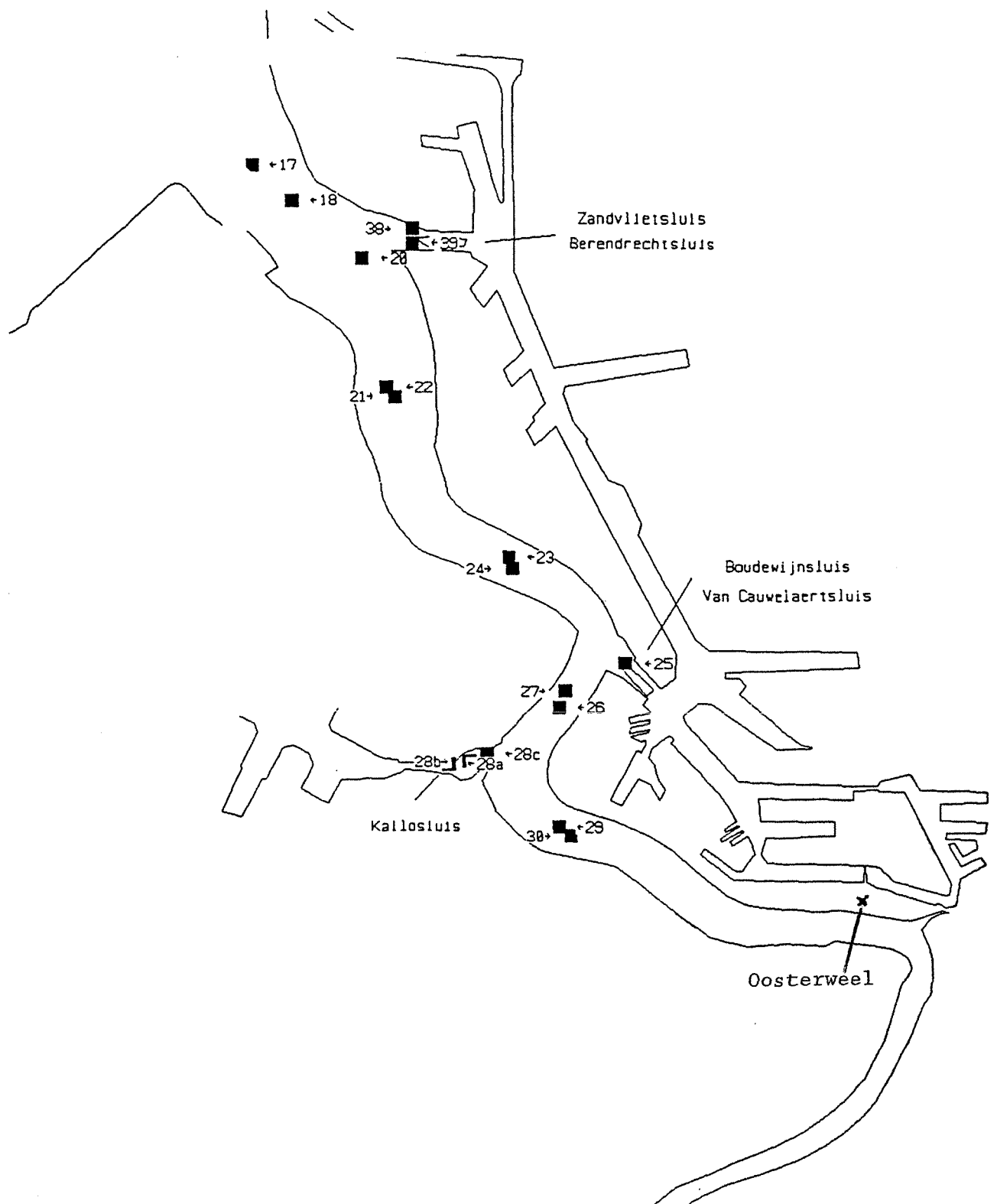
5. Baggerwerken

In de Beneden-Zeeschelde wordt (naast baggerwerken in verband met infrastructurele aanpassingen) voortdurend onderhoudsbaggerwerk uitgevoerd. Plaatsen waar geregeld onderhoud plaatsvindt zijn de drempels in de Zeeschelde, de toegangsgeulen naar de havens en de havens zelf.

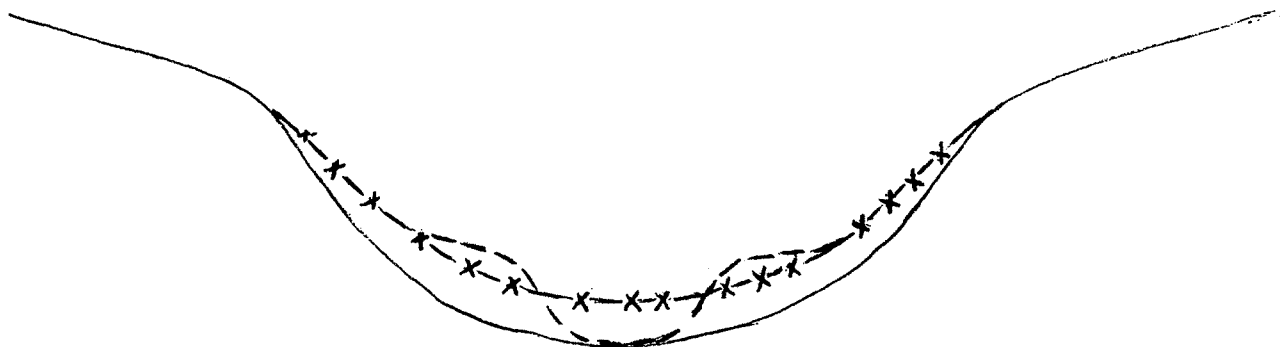
In figuur 8 is een kaart getekend, waarop de ligging van de drempels is aangegeven. De baggerspecie die vrijkomt bij de onderhoudsbaggerwerken in de vaargeul bestaat, afhankelijk van de plaats, uit zand of uit een zand-slib mengsel. Zand wordt gestort bij Schaar van Ouden Doel. (Hier wordt overigens ook zand onttrokken voor commerciële doeleinden). Baggerspecie met hoge slibgehalten werd gestort bij de Plaat van het Boomke, nabij Oosterweel (zie figuur 8).

Direkt al bij de aanleg van de toegangsgeul tot de Kallosluis blijkt dat zich snel en veel slib verzamelt in deze geul ($4000\text{m}^3/24\text{uur}^{14}$). Ook in de andere toegangsgeulen tot de sluizen verzamelt zich veel slib. Deze toegangsgeulen worden op twee manieren op diepte gehouden. Namelijk met een ploeg (ook wel sweepbeam genoemd), en met een zuiger. Voor 1992 werd een hopperzuiger gebruikt en daarna een veegzuiger.

Bij het gebruik van een ploeg blijft het slib in het systeem. Het is voor het scheepvaart verkeer niet noodzakelijk om de hele breedte van de toegangsgeul op diepte te houden, maar er kan volstaan worden met een veel smallere geul. In figuur 9 is een doorsnede getekend van een geul, die door ploegen op diepte is gebracht.



figuur 8: Beneden-Zeeschelde ligging en naamgeving van drempels en toegangseulen tot de havens.



figuur 9: Dwarsdoorsnede van een toegangsgeul naar de zeesluizen, op
scheepvaartdiepte gehouden door ploegen.
————— bij aanleg,
-x-x-x-x- met gesedimenteerd slib,
----- na ploegen.

Bij het gebruik van de zuigers worden grote hoeveelheden slib opgebaggerd. Voor 1987 werd het grootste deel daarvan teruggestort in de Zeeschelde. Met ingang van 1987 is er geen baggerspecie uit de toegangsgeulen tot de havens meer teruggestort in de Zeeschelde. De gebaggerde specie is opgespoten op land of geborgen in cellen in de bodem van de Waaslandhaven.

Via de toegangsgeulen dringt bij schutten slib de havens binnen. Om de havens op diepte te houden wordt het slib opgebaggerd en teruggestort in de Zeeschelde. Na 1986 is de hoeveelheid teruggestort slib sterk verminderd (zie tabel 2) en na 1990 is er helemaal geen slib meer teruggestort. Momenteel wordt het binnengedrongen slib opgespoten op land, geborgen in cellen in de bodem van de Waaslandhaven en gestort in overdiepten in de havens in de rechteroever.

Van al de gebruikte baggermethoden (hopperzuiger, veeghopper en ploegen) wordt door de Antwerpse Zeehavendiensten gezegd dat de opwerveling van slib beperkt blijft.

In onderstaande tabellen wordt een overzicht gegeven van de datums waarop werkzaamheden zijn uitgevoerd, de gebaggerde hoeveelheden slib en de hoeveelheden slib, die geborgen zijn.

Tabel 1: Datums waarop baggerwerkzaamheden in de toegangsgeulen tot de sluizen zijn uitgevoerd.

plaats	datum
kallosluis	1991 eerste kwartaal
Kallosluis + Zandvlietsluis	1992 nov. - dec.
Kallosluis	1993 vierde kwartaal
Kallo-, Boudewijn-, Berendrecht- en Zandvlietsluis	1994 eerste kwartaal

Tabel 2: Uit de Beneden-Zeeschelde verwijderde hoeveelheid slib in verband met onderhoud vaargeul (drempels en toegangsgeulen havens).

	Slib in zand	Uit het systeem verwijderd
slib in zand	1981-1986	0,28*10 ⁶ ton drogestof
	1987-1993	0,35*10 ⁶ ton drogestof
puur slib	1981-1986	1,52*10 ⁶ ton drogestof
	1987-1993	1,35*10 ⁶ ton drogestof
	1994	0,56*10 ⁶ ton drogestof
	Totaal	4,06*10 ⁶ ton drogestof

Tabel 3: Uit de havens van de rechteroever teruggestorte hoeveelheden slib in de periode 1980-1990

	hoeveelheid in m ³	hoeveelheid in ton drogestof (densiteit nat=1,2)
1981	745.255	0,242*10 ⁶
1982	185.010	0,060*10 ⁶
1983	455.375	0,148*10 ⁶
1984	755.800	0,246*10 ⁶
1985	172.250	0,056*10 ⁶
1986	128.510	0,042*10 ⁶
1987	57.200	0,019*10 ⁶
1988	38.150	0,014*10 ⁶
1989	7.150	0,002*10 ⁶
1990	21.450	0,006*10 ⁶

Tabel 4: Geborgen hoeveelheden slib uit de havens van de rechteroever (periode 1989-1993).

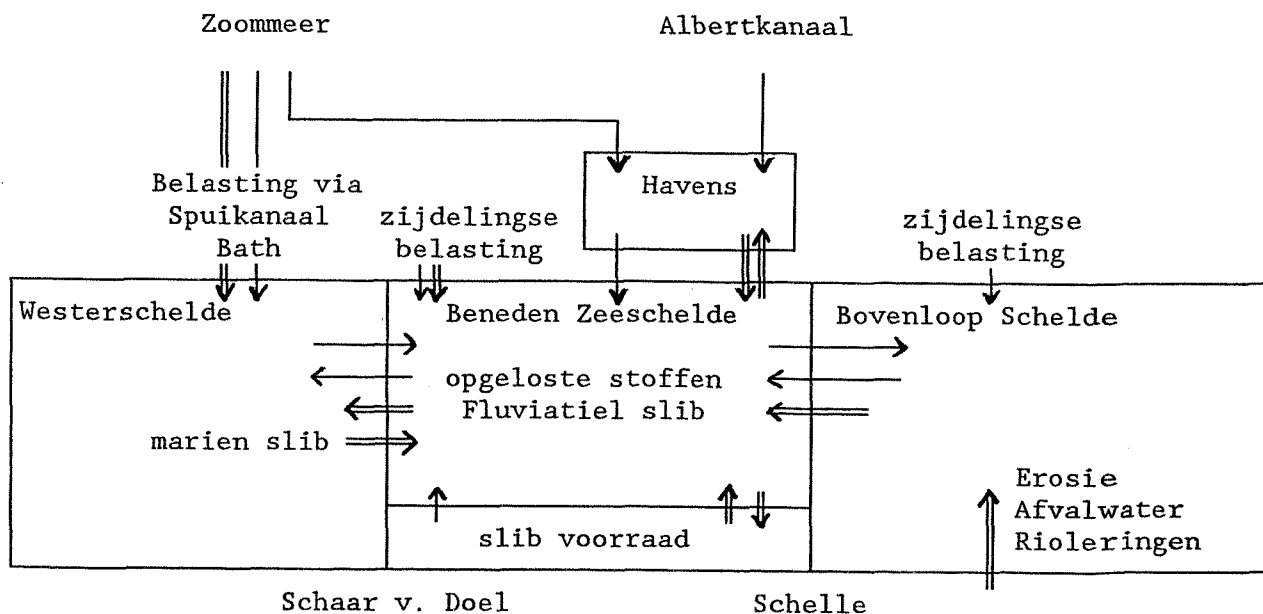
opgespoten op land	1.083.954 ton drogestof
geborgen in overdiepten	1.006.580 ton drogestof
Totaal	2.090.534 ton drogestof

6. Invloed van de slibonttrekking op de kwaliteit van de Westerschelde:

6.1 Plan van aanpak

Een estuarium als de Westerschelde is een zeer complex geheel. Om de invloed van de maatregelen op de Schelde te kunnen beoordelen is het zinvol de aandacht in eerste instantie te vestigen op het herkennen van veranderingen bij Schaar van Ouden Doel.

Figuur 10 geeft een schematisch overzicht van de stofstromen, die van invloed zijn op de water- en slibkwaliteit bij Schaar van Ouden Doel. De afspraken in de WVO-vergunning houden in dat bijna alle samenstellende delen van figuur 10 van grootte veranderen.



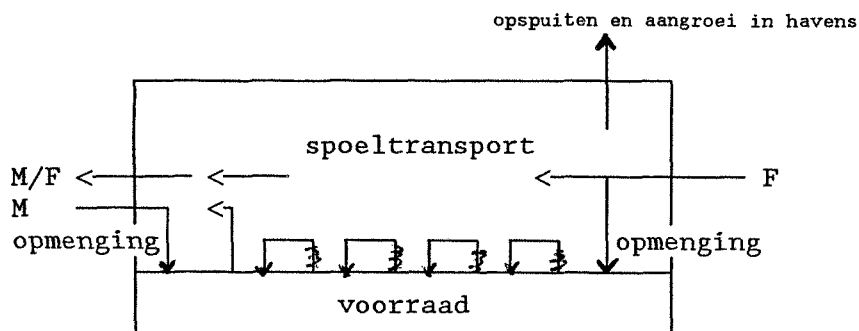
Figuur 10: Schematisch overzicht van de stofstromen in de Beneden-Zeeschelde. — opgeloste stof
 === slib

Om een verandering te kunnen vaststellen, die het gevolg is van één bepaalde maatregel, in dit geval het onttrekken van slib, is het nodig een parameter te vinden die specifiek is voor die maatregel en weinig wordt beïnvloed door andere maatregelen. Dus om de effecten van slib onttrekking te kunnen meten moet een parameter gevonden worden die ongevoelig is voor emissie reductie. De meeste chemische parameters zijn dan niet geschikt omdat ze vaak op zodanige wijze aan andere parameters zijn gecorreleerd, dat veranderingen teniet worden gedaan of worden weggedempt door het optreden van andere reacties. Onderzoek naar de veranderingen in bijvoorbeeld de zuurstofconcentratie levert een heel complex beeld op. Via de vermindering van de hoeveelheid slib komt er minder organisch koolstof in het water. Het biologisch zuurstof verbruik daalt en het zuurstofgehalte van het water stijgt. Als zich minder slib in het water bevindt neemt ook de lichtdoordringbaarheid toe, waardoor de primaire productie toeneemt. Gevolg nog meer zuurstof in het water. In het overgangsgebied tussen zoeten en zoutwater sterven de algen echter weer af. Bij het mineralisatieproces wordt dan weer zuurstof gebruikt. Bovendien zijn deze processen afhankelijk van de watertemperatuur¹⁵, die van jaar tot jaar varieert. Daarnaast spelen veranderingen in de emissie van zuurstofbindende stoffen een belangrijke, zometen bepalende rol waarbij eventueel ook fluctuaties in de conjunctuur van invloed kunnen zijn. Ook het zuurstof verbruik door processen als nitrificatie of chemische oxidatie kan genoemd worden. Het is dus zeer moeilijk in dit complex de verandering van zuurstofconcentraties toe te schrijven aan één proces. Een even complex beeld ontstaat bij analyse van bijvoorbeeld de fosforbalans of de stikstofbalans.

Na evaluatie van de mogelijke kandidaten blijft het percentage fluviatiel slib over als beste mogelijkheid om veranderingen ten gevolge van slib onttrekking bij Schaar van Ouden Doel te kunnen waarnemen.

Uit de gegevens over slibstortingen in de Beneden-Zeeschelde¹⁶ is verder gebleken dat er na 1986 al veel minder slib, met name uit de havens, is teruggestort dan voorheen. Om de effecten van de maatregelen te kunnen evalueren moet dus niet alleen de periode 1991-1993 worden vergeleken met de periode daarvoor maar ook de periode 1987 met die ervoor.

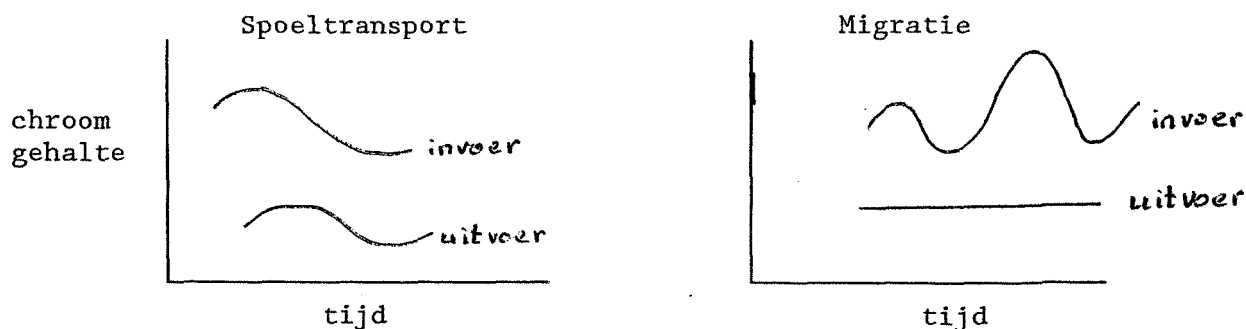
Verder kan uit de snelheid, waarmee het percentage fluviatiel slib in de tijd verandert, iets gezegd worden over de wijze waarop het slibtransport plaatsvindt. In figuur 11 zijn de twee uitersten van de mogelijke transportmechanismen van slib schematisch weergegeven. De eerste mogelijkheid is spoeltransport. Bij dit soort transport is het slib vrijwel voortdurend in suspensie. De verblijftijd is dan gelijk aan de verblijftijd van het water.



figuur 11: schematische weergave van de slibbalans met daarin de mogelijke transportprocessen.

De tweede mogelijkheid is migratie. Het slib bezinkt en komt slechts bij bepaalde hydraulische omstandigheden of bij storm weer in suspensie. In dat geval wordt de verblijftijd in belangrijke mate bepaald door de frequentie en de mate van opwerveling.

De transportmechanismen kunnen herkend worden door het invoersignaal (percentage fluviatiel slib in zoetwater) in de tijd te vergelijken met het uitvoersignaal (percentage fluviatiel slib op de grens). In figuur 12 zijn theoretisch invoer- en uitvoersignalen getekend, die horen bij de beschreven transportmechanismen.



figuur 12: Invoer- en uitvoersignaal

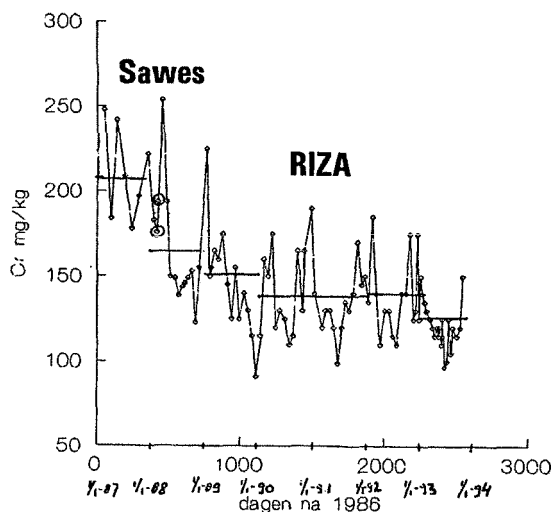
Als er sprake is van spoeltransport dan moet vermindering van de aanvoer van vervuild slib in de Zeeschelde op korte termijn meetbaar zijn op de grens evenals de effecten op de waterkwaliteit.

Is er sprake van migratie dan wordt het slib op de grens geleverd uit de voorraad in de Beneden-Zeeschelde. Het gewenste effect op de waterkwaliteit zal dan pas na (vele) jaren optreden.

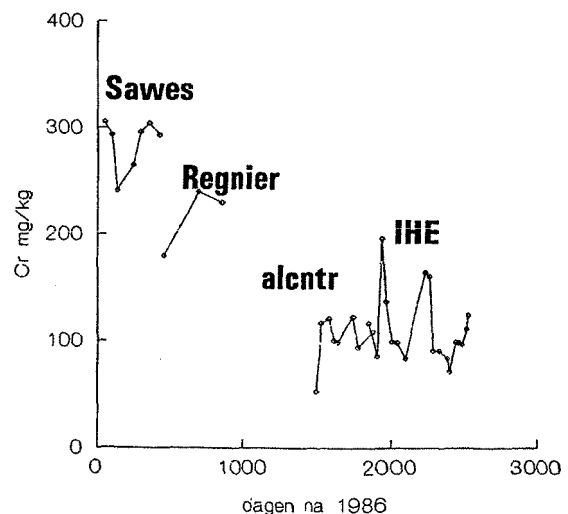
6.2 Verandering percentage fluviatiel slib bij Schaar van Ouden Doel

Het percentage fluviatiel slib is c.q. wordt niet direct gemeten. Dit kan overigens wel met de koolstofisotopen C^{12} en C^{13} . Het wordt dan ook aanbevolen om dit in de toekomst wel te gaan doen. Hier is het percentage fluviatiel slib dus berekend en wel uit het chroomgehalte, omdat chroom een conservatief gedrag vertoont ten opzichte van de menging van zoet- en zoutwater.^{17,18}

In 1988 is door het RIZA een aanvang gemaakt met de geregelde bemonstering van het zwevend materiaal bij Schaar van Ouden Doel. RIKZ doet dat voor drie andere locaties op de Westerschelde.¹⁹ In 1987 is zwevend materiaal bemonsterd ten behoeve van het SAWES project. Vóór 1987 zijn er alleen watermonsters genomen. In figuur 13 zijn de chroomgehalten in het slib, dat verzameld is bij Schaar van Ouden Doel door centrifugeren, uitgezet tegen de tijd.



figuur 13: Chroom in slib bij
Schaar van Ouden Doel



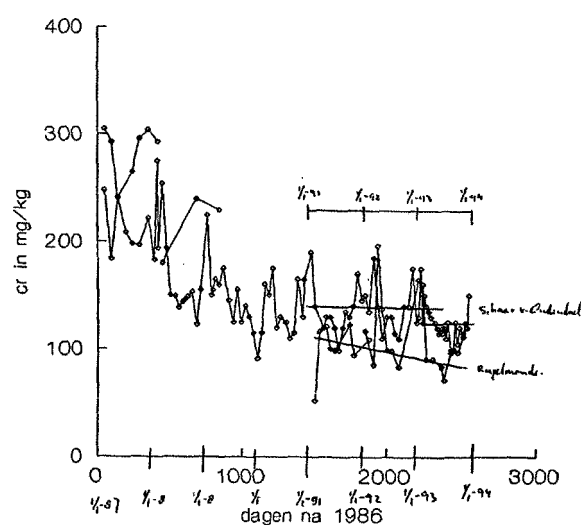
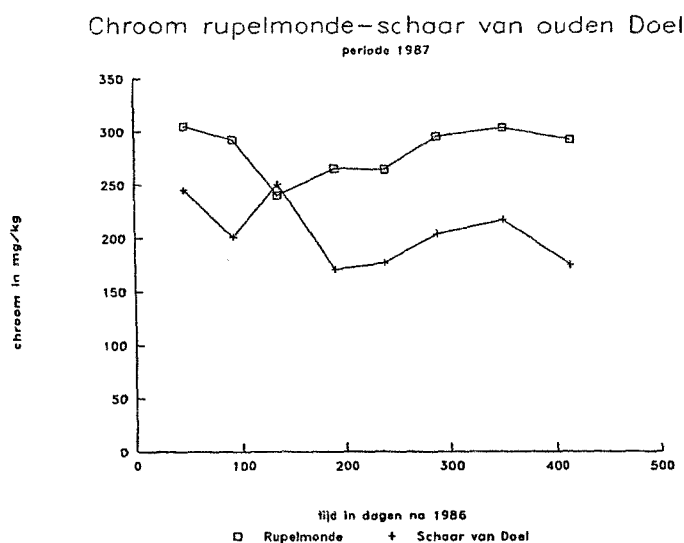
figuur 14: Chroom in slib bij
Rupelmonde

Bij Rupelmonde is met tussenposen zwevend materiaal bemonsterd: In 1987 tbv SAWES²⁰; in 1988 tbv ULB¹⁸(Regnier); in 1991 tbv DGW²¹; in 1992-1993 tbv AZ.⁹ In figuur 14 zijn de chroomgehalten bij Rupelmonde uitgezet tegen de tijd.

De monsters zijn door verschillende laboratoria geanalyseerd, waarbij verschillende ontsluitingsmethoden zijn toegepast: SAWES en Regnier ontsluiten met waterstoffluoride, Alcontrol en RIZA met salpeterzuur en zoutzuur en IHE met salpeterzuur. Door de verschillende ontsluitingsmethoden kunnen, vooral bij chroom, grote verschillen ontstaan. Het WL vindt bijvoorbeeld waarden die 2 maal zo hoog zijn als van het IHE.²² Ook ten opzicht van het RIZA vindt het IHE lagere waarden. Op het concentratie niveau van de monsters bedraagt dit een factor 1,6. Een en ander betekent

dat slechts een beperkt deel van de gegevens bruikbaar is. Eigenlijk kunnen alleen de gegevens bij Rupelmonde en Schaar van Ouden Doel die in 1987 zijn gemeten direkt worden vergeleken. Van de periode 1991-1993 kan alleen het patroon vergeleken worden.

In figuur 15 en 16 zijn de invoer- en uitvoersignalen bij Rupelmonde en Schaar van Ouden Doel getekend. In figuur 15 voor het jaar 1987 (Sawes gegevens) en in figuur 16 voor de jaren 1991, 1992 en 1993.



figuur 15:

Signaal vergelijking 1987

Het invoer- en uitvoersignaal in de jaren '91 t/m '93 laat zien dat hoge pieken bij Rupelmonde gevolgd worden door hoge pieken bij Schaar van Ouden Doel. Tijdens grote rivierafvoer zijn de gehalten op beide plaatsen even hoog. Het troebelheidsmaximum ligt dan vermoedelijk in de Westerschelde. Door de problemen met de bepaling van chroom kan uit de directe metingen van chroom in het zwevend materiaal niet veel geconcludeerd worden.

figuur 16:

Signaal vergelijking 1991, 1992, 1993

Bij Schaar van Ouden Doel echter zijn naast centrifuge monsters ook watermonsters genomen. Alle analyses zijn uitgevoerd door het RIZA. Uit het gehalte Totaalchroom, Opgelost-chroom en het zwevendstofgehalte is het gehalte chroom per kg slib berekend. In figuur 17 zijn de zo berekende gehalten uitgezet tegen de tijd. Ook voor de andere meetpunten op de Westerschelde is het gehalte Chroom per kg slib berekend als boven. Deze chroom gehalten zijn uitgezet tegen de saliniteit. Omdat chroom conservatief gedrag vertoont ten opzichte van verdunning met zeewater ontstaat er een rechte lijn. Met behulp van lineaire regressie zijn de waarden geschat bij saliniteit 0 en 35. Dat is chroom in fluviatiel slib respectievelijk in marien slib. Deze waarden zijn gebruikt om het percentage fluviatiel slib bij Schaar van Ouden Doel te berekenen. Omdat het chroomgehalte in

fluviatiel slib ten gevolge van emissie veranderingen kan wijzigen is de berekening van het chroom gehalte in fluviatiel slib en marien slib voor elk jaar uitgevoerd. Grote verschillen werden niet gevonden (Gemiddeld 249mg chroom/kg fluviatiel slib met een standaard afwijking van 35 mg/kg). In figuur 17 is ook het percentage fluviatiel slib in de droge en de natte periode aangegeven. Ter ondersteuning van de interpretatie is in figuur 18 het decade-gemiddelde debiet weergegeven. In tabel 5 wordt een overzicht gegeven van het fluviatiele aandeel van het slib; in de droge periode (mei t/m september) en de natte periode (oktober-april).

tabel 5: percentage fluviatiel slib berekend uit het chroomgehalte van zwevendstof

jaar	% fluviatiel droge periode- gemiddeld	% fluviatiel natte periode- gemiddeld
		98 %
1987	62 %	
		91 %
1988	96 %	
		113 %
1989	74 %	
		108 %
1990	52 %	
		53 %
1991	52 %	
		110 %
1992	28 %	
		55 %
1993	43 %	
		88 %

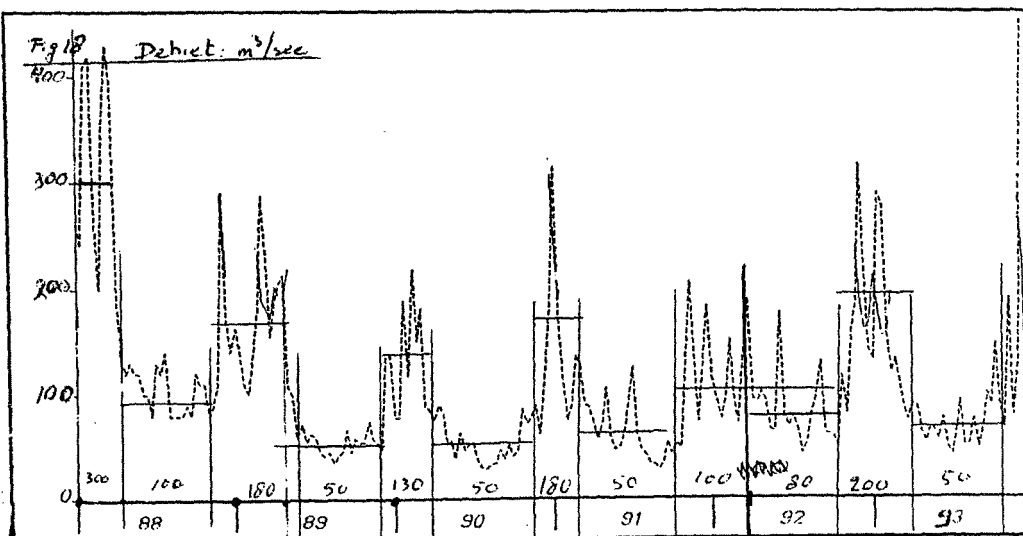
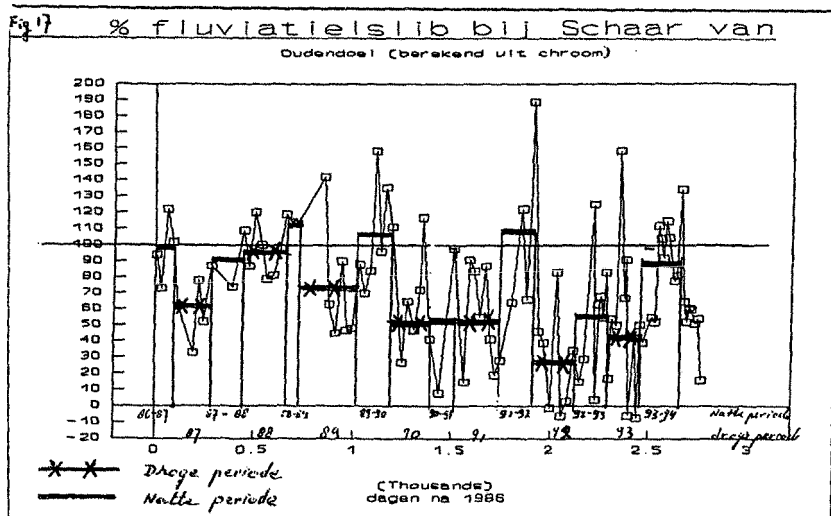
Uit de tabel is af te lezen dat het percentage fluviatiel slib in de droge periode is gedaald van ca 75% (gemiddelde 1987 t/m 1989) naar ca 40% (gemiddelde 1991 t/m 1993), terwijl het debiet in de droge perioden telkens ongeveer even groot is (ca 50m³/sec).

Uit de tabel blijkt verder dat er tijdens natte perioden bij Schaar van Ouden Doelvoornamelijk fluviatiel slib aanwezig is. Dit is in overeenstemming met onderzoek⁶ en waarnemingen in het Land van Saeftinge⁸.

In de winter van 1992-1993 is het percentage fluviaal slib echter veel lager (55%) gebleven dan in de winter van 1991-1992, ondanks het feit dat er in 1991-1992 lagere debieten zijn gemeten. In de winter van 1993-1994 bedraagt het percentage fluviaal slib 88% en is ook het debiet weer hoog.

Percentages hoger dan 100% fluviaal slib zijn theoretisch natuurlijk niet mogelijk. Vermoedelijk vinden ze deels hun oorsprong in de resuspensie van oud, met chroom verontreinigd slib.

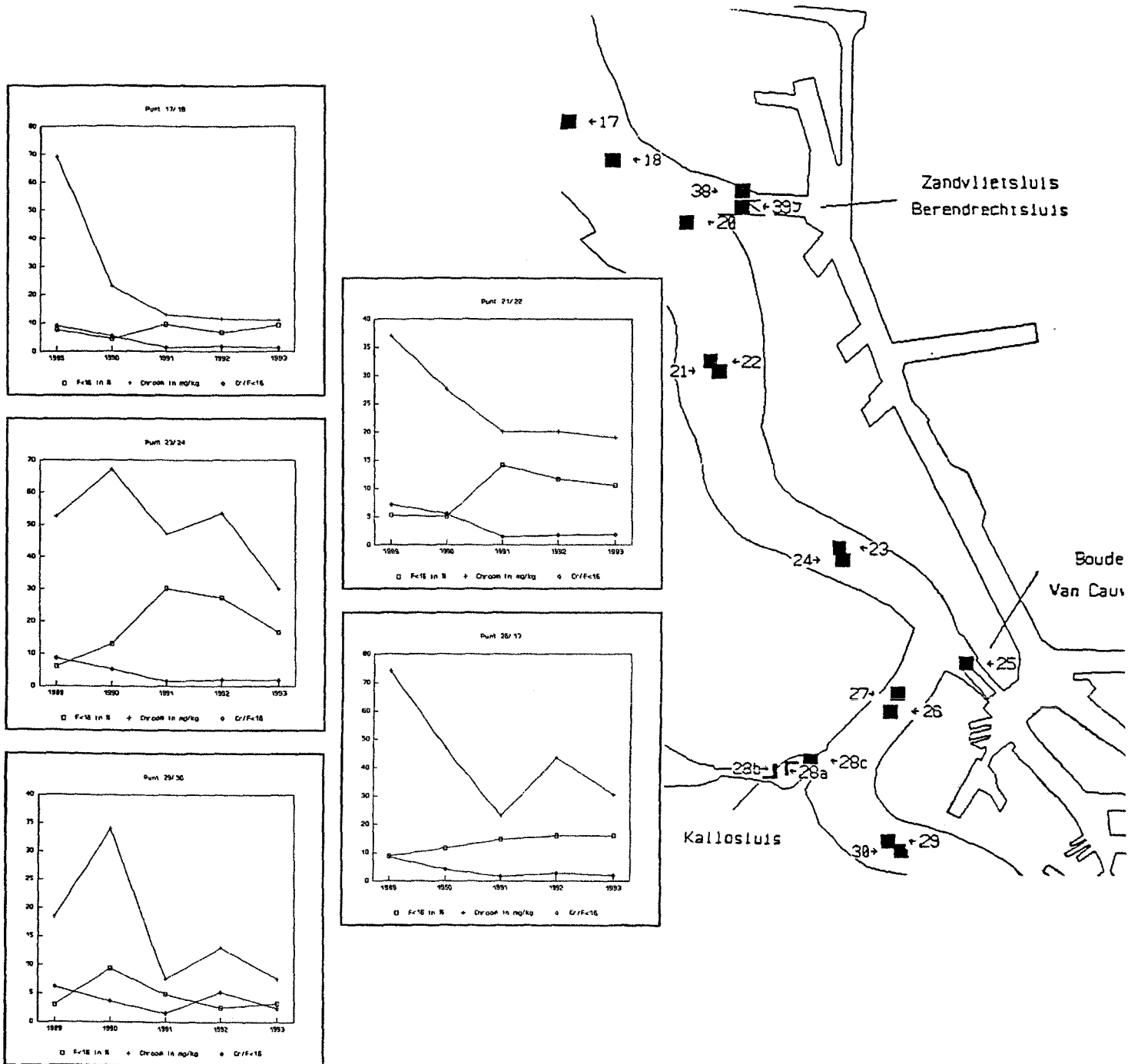
Uit de snelle verandering van het percentage fluviaal slib in de tijd (tabel 5) en het gelijktijdig optreden van pieken bij Rupelmonde en Schaar van Ouden Doel (figuur 16) kan verder geconcludeerd worden dat een deel van het slib via spoeltransport wordt getransporteerd.



6.3 Veranderingen van de bodem kwaliteit van de Beneden- Zeeschelde:

Uit de Beneden-Zeeschelde zijn de afgelopen jaren grote hoeveelheden vervuild slib verwijderd. De vraag is of hierdoor ook de bodem kwaliteit van de beneden-Zeeschelde is verbeterd. In figuur 19 is een overzicht van de Beneden-Zeeschelde getekend. Daarnaast zijn grafieken opgenomen waarin de deeltjesgrootte verdeling, het chroom gehalte en hun ratio op een aantal belangrijke drempels in beeld is gebracht.

In de grafieken is te zien dat de fraktie $<16\mu\text{m}$ van het sediment op de Drempel van Frederik (punt 21/22) en op de Drempel van Lillo (punt 23/24) is gestegen. Op de drempels van Zandvliet (punt 17/18), de drempel van de Parel (punt 26/27) en de drempel van Krankeloon (punt 29/30) is de fraktie $<16\mu\text{m}$ redelijk constant gebleven. Dit zelfde geldt ook voor de fraktie $<2\mu\text{m}$. Op alle lokaties is het gehalte Chroom in het sediment gedaald. De oorzaak van deze daling kan dus niet in verandering van het sediment samenstelling gezocht kan worden. Omdat chroom een maat is voor de hoeveelheid fluviatiel slib kan voorzichtig geconcludeerd worden dat het percentage fluviatiel slib op de drempels is verminderd. Gecontroleerd moet nog worden of ook de gehalten van andere microverontreinigingen zijn afgenomen.



figuur 19: Overzicht Beneden-Zeeschelde.
 punt 17/18 drempel van Zandvliet
 punt 21/22 drempel van Frederik
 punt 23/24 drempel van Lillo
 punt 26/27 drempel van de Parel
 punt 29/30 drempel van Krankeloon

- 6.4 Verandering van de waterkwaliteit van Schaar van Ouden Doel:
Tenslotte is ook nog gekeken naar veranderingen in de waterkwaliteitskenmerken bij Schaar van Ouden Doel.

Watertemperatuur.

De gemiddelde watertemperatuur is in de periode 1987-1993 hoger geweest dan in de daarvoor liggende periode. Dit wordt veroorzaakt door de hogere wintertemperatuur. In de periode 1980-1987 bedroeg de laagste wintertemperatuur gemiddeld 2°C en in de periode 1987-1993 was dat 5°C.

zuurgraad.

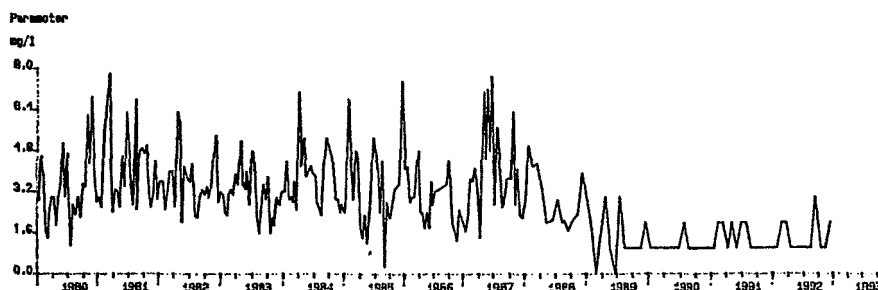
Op de grens is de pH sinds 1987 licht afgenomen. Naar zee toe wordt een licht stijging van de pH waargenomen.

Zuurstof.

In 1988 wordt een laag percentage zuurstof waargenomen. Na 1988 stijgt het percentage zuurstof weer tot de waarden van daarvoor.

Biologisch zuurstof verbruik.

BOD vertoont na 1988 een daling van ca 3mg/l naar 1mg/l. Ter verduidelijking is in figuur 20 een grafiek opgenomen, waarin het BOD is uitgezet tegen de tijd.



figuur 20: BOD in de periode 1980-1992 bij Schaar van Ouden Doel.

Totaal Organisch Koolstof en opgelost organisch koolstof

TOC is na 1988 duidelijk afgenomen. Ook vertoont TOC na 1988 meer amplitude. DOC is sinds 1987 geleidelijk afgenomen.

Fosfor

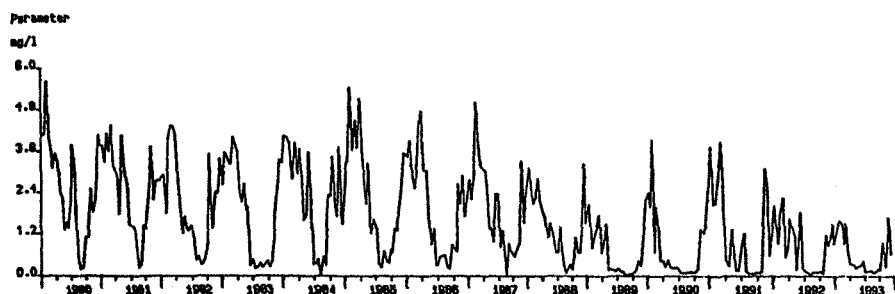
Totaal fosfaat vertoont een geleidelijke afname. Ditzelfde geldt voor ortho-fosfaat, waarbij ook de amplitude vermindert.

Silicium

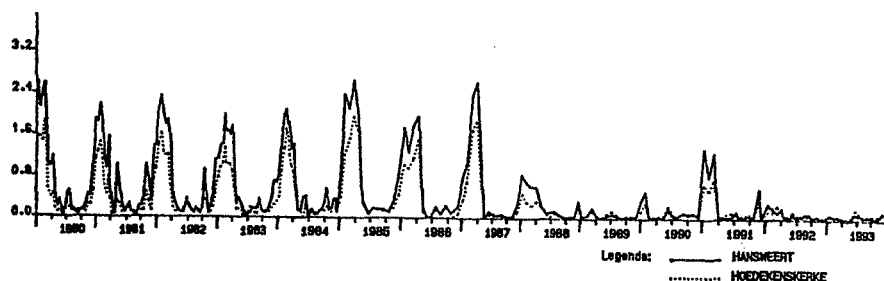
Het gehalte reaktief-silicaat is na 1988 lager. Wat opvalt is dat vooral de winterwaarden lager zijn geworden.

Stikstof

Kjeldahl-stikstof vertoont na 1988 lagere waarden en ook de amplitude is afgenomen. Nitriet is na 1988 ook lager, vertoont minder amplitude en er worden ook geen nulwaarden meer waargenomen. Nitraat vertoont na 1988 grotere amplituden. Ammonium vertoont in 1987 al een afname, die in de daarop volgende jaren flink doorzet. Ook verder op in de Westerschelde is een duidelijke verlaging van het ammoniumgehalte waar te nemen. In figuur 21 en 22 zijn de ammoniumgehalten bij Schaar van Ouden Doel resp. Hansweert weergegeven.



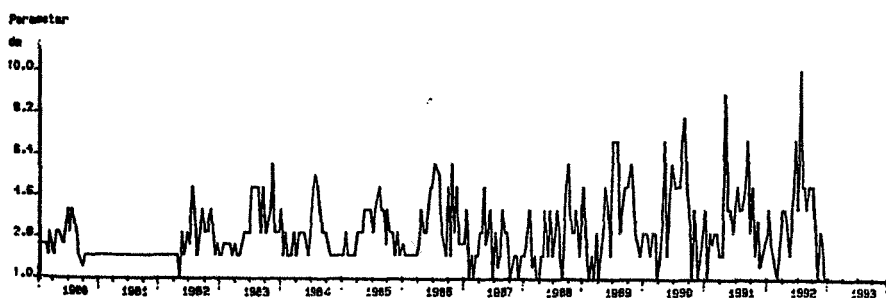
figuur 21: Ammoniumgehalte in de periode 1980-1993 bij Schaar van Ouden Doel.



figuur 22: Ammoniumgehalte in de periode 1980-1993 bij Hansweert.

Doorzicht

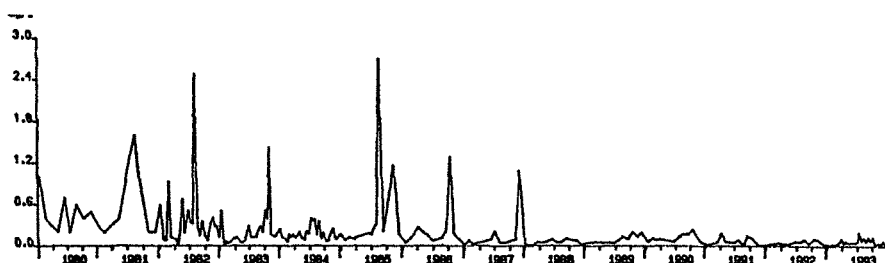
Het gemiddelde doorzicht neemt vanaf medio 1988 toe van ca 2,5dm tot 4dm in 1992. Ook de amplitude is sterk toegenomen. Zie onderstaande figuur.



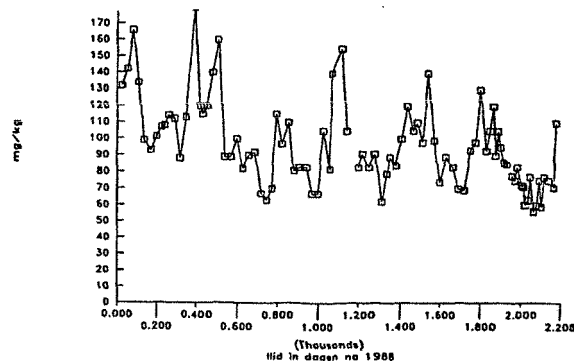
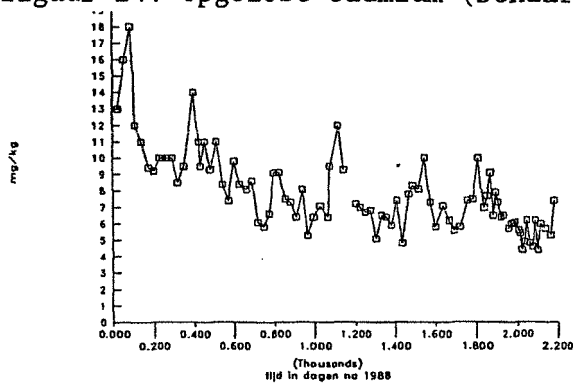
Figuur 23: Doorzicht bij Schaar van Ouden Doel in de periode 1980-1993.

Cadmium

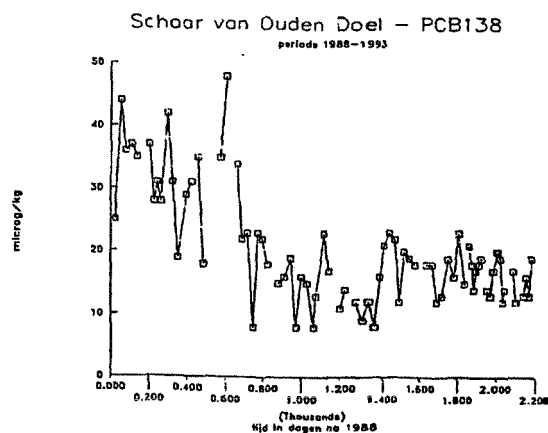
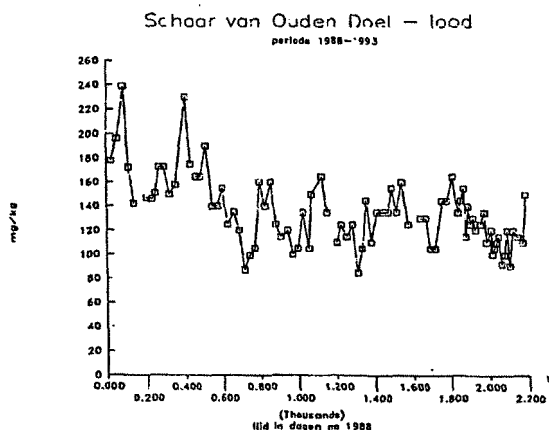
Totaal cadmium vertoont een geleidelijke afname. Na 1988 zijn ook de amplituden veel lager. Opgelost cadmium vertoont eveneens een geleidelijke afname. De amplituden zijn hier na 1987 vrijwel verdwenen. Ook de cadmiumgehalten in het slib, dat in het kader van het zwevendstofmeetnet is verzameld geven een sterke reductie te zien. In figuur 24 wordt het verloop van de gehalten van opgelost cadmium aangegeven en in figuur 25 wordt dat gedaan voor cadmium in slib.



figuur 24: Opgelost cadmium (Schaar van Ouden Doel)



figuur 25: Cadmium in zwevendstof (centrifuge) bij Schaar van Ouden Doel
figuur 26: idem koper



figuur 27: idem lood in zwevendstof (centrifuge) bij Schaar van Ouden Doel
figuur 28: idem PCB-138

koper, ijzer, zink en kwik.

Wat betreft deze metalen is er weinig veranderd in de gehalten. Wel zijn de amplituden na 1988 afgenomen. De kopergehalten die bepaald zijn in slib (zwevendstofmeetnet) laten een daling zien van ca 110mg/kg naar ca 70 mg/kg. (zie figuur 26)

Lood

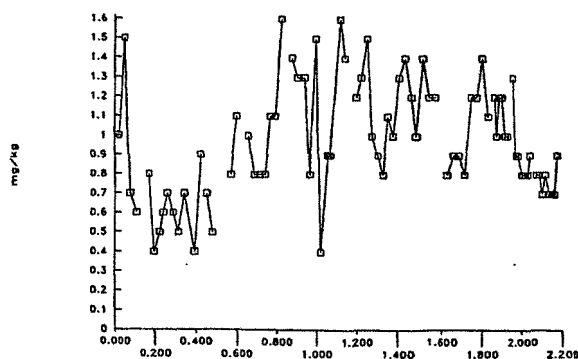
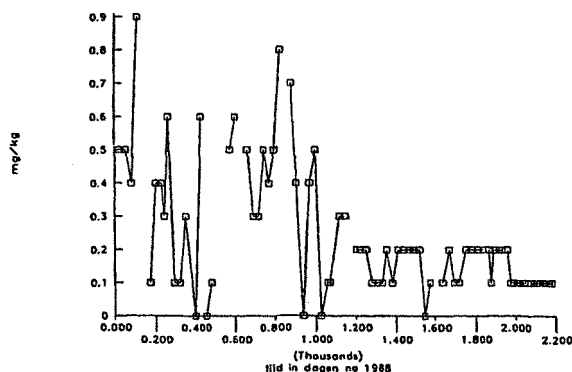
Ook voor lood is in het zwevendstof een daling te zien. Deze bedraagt ca 30%. (zie figuur 27)

PCB's

In het kader van het monitoringmeetnet zwevendstof zijn ook PCB's gemeten. Uit de gegevens blijkt dat er voor de PCB-28 geen verandering is waar te nemen. PCB-52, PCB-101 en PCB-118 vertonen na 1989 een verlaging van ca 35%. PCB-138 en PCB-153 vertonen na 1989 een verlaging van ca 50%. In figuur 28 is het verloop voor PCB 138 afgebeeld.

Poly Aromatische Koolwaterstoffen.

Bij de PAK's die bepaald zijn in het zwevendstof zijn geen echte veranderingen op te merken. Alleen Antraceen vertoont een verlaging (zie figuur 29). Voor Benzo (b) fluorantheen is zelfs in de jaren 89 t/m 93 een verhoging van de gehalten waar te nemen. (figuur 30)



Figuur 29: Antraceen zwevendstof (centrifuge) bij Schaar van Ouden Doel.
Figuur 30: idem Benzo (b) fluorantheen

Zwevendstof

In de zwevendstofgehalten op zich is geen verandering waar te nemen. Wel is er een verandering waar te nemen in de deeltjesgrootte verdeling van het zwevendstof. Met name de fractie kleiner dan $10\mu\text{m}$ is afgenomen. In de fractie kleiner dan $2\mu\text{m}$ en de fractie kleiner dan $63\mu\text{m}$ is echter geen verschil waar te nemen. De verandering blijft dus beperkt tot de fraktie tussen 2 en $63\mu\text{m}$.

Discussie over de waterkwaliteit

Het bediscussiëren van de parameters uit het waterkwaliteitsmeetnet is niet afzonderlijk gedaan, omdat er vaak een samenhang is tussen de verschillende parameter onderling.

Zo lijkt de verandering van TOC, DOC, Kjeldahl-stikstof, ammonium, nitraat, nitriet en silicium samen te hangen met het niet meer terugstorten van slib, omdat al deze parameters een verbindend-element vinden in poriënwater. In poriënwater worden namelijk hogere gehalten aan silicium, ammonium, TOC en DOC gevonden dan in oppervlaktewater. Deze stoffen komen bij terugstorten van slib in de waterfase terecht en zorgen daar voor verhogingen van de concentraties. Nu het slib niet meer wordt teruggestort zijn de gehalten van de genoemde stoffen dan ook lager, hoewel de waargenomen verschillen hieruit alleen niet verklaard kunnen worden. De in rapporten vermelde teruggestorte hoeveelheid is daarvoor te gering. De verschillen kunnen alleen verklaard worden als wordt aangenomen dat veel grotere hoeveelheden in de waterfase worden gebracht

Een significante verandering treedt op in Doorzicht. Ook deze parameter is direkt gerelateerd aan het terugstorten van slib, omdat er daardoor minder fijn materiaal in de waterfase terecht komt.

De verandering van BOD kan ook al te maken hebben met het niet meer terugstorten van slib. Naast TOC en DOC bevat het slib ook veel gereduceerd materiaal. Het gemeten BOD is dus eigenlijk een optelling van BOD en COD.

De metalen, bepaald in watermonsters zijn met uitzondering van cadmium niet veel in gehalte veranderd na 1987. Uit gegevens van het zwevendestofmeetnet blijkt echter dat de metaal en hogere PCB gehalten bij Schaar van Ouden Doel sinds 1988 met 30-50% zijn gedaald.

De daling van de particulaire gehalten is uit het berekende verminderd aanbod van fluviaal slib bij Schaar van Ouden Doel alleen niet te verklaren. Reductie van emissies moeten hierin ook een rol spelen.

Dat de cadmium gehalten sterker zijn gedaald (ca 50%) dan de andere metaalgehalten kan misschien zijn oorzaak vinden in wat hogere emissie reducties.

Het verdwijnen van de pieken opgelost cadmium na 1987 zou ook zijn oorzaak in het niet meer terug storten kunnen hebben, omdat cadmium in het poriënwater nabij de oppervlakte in extreem hoge concentraties kan voorkomen. (persoonlijke mededeling G.J Zwolsman).

Conclusies:

- De (Beneden)-Zeeschelde is de afgelopen jaren veranderd. De belangrijkste veranderingen in het kader van dit rapport zijn de aanleg van de Waaslandhaven met Kallosluis en de aanleg van de Berendrechtsluis. Hierdoor is de hoeveelheid slib naar de havens vermoedelijk sterk toegenomen en zou de toevoer van marien slib naar de Beneden-Zeeschelde kunnen zijn vergroot.

- Vanaf 1987 is er een trendbreuk in het onderhoudsbaggerwerk rondom Antwerpen en wordt het slib uit de toegangsgeulen en havendokken niet meer in de Beneden-Zeeschelde teruggestort maar aan het systeem onttrokken. De 1,3 miljoen ton, die volgens de WVO vergunning onttrokken zou moeten is inderdaad ook onttrokken aan het systeem en was vrijwel geheel afkomstig uit de toegangsgeul naar de Kallosluis.
- Het niet meer terugstorten van slib en de onttrekking van 1,3 miljoen ton slib hebben tot gevolg gehad dat in de droge periode (zomer) het percentage fluviatiel slib op de Belgisch-Nederlandse grens vanaf 1988 is afgenomen van 70% naar 40% in 1993. In de natte periode (winter) is er geen afname. Een deel van het fluviatiele slib lijkt via spoeltransport te worden getransporteerd en de drempels lijken minder fluviatiel materiaal te bevatten.
- Het niet meer terugstorten van slib in de Beneden-Zeeschelde na 1987 lijkt verder bij Schaar van Ouden doel afnemende concentraties te veroorzaken van een aantal waterkwaliteitskenmerken, als TOC, DOC, stikstof en silicium, die gevoelig zijn voor deze activiteit. Gehalten aan zware metalen en hogere PCB's in het zwevend materiaal zijn vanaf 1988 met 30-50% gedaald. Gehalten lagere PCB's en PAK's zijn gelijk gebleven of zelfs gestegen. De daling is uit het verminderd aanbod van fluviatiel slib alleen niet te verklaren. reductie van emissie moet ook een rol spelen.

Aanbevelingen:

De indringing van slib in de havens is ten opzichte van de periode voor 1991 veel groter geworden. De herkomst van dit slib is niet duidelijk. Verdwijnt al het door de Schelde aangevoerde slib in de havens? Is dit slib afkomstig uit de beneden-Zeeschelde zelf, omdat het evenwicht is verstoord door de aanleg van de toegangsgeulen tot de havens? Is er geen aangroei van slib meer in de Beneden-Zeeschelde, voor 1986 bedroeg de aangroei nog 200.000ton droge stof per jaar? Is er sprake van een sterke toename van marien slib? Om deze vragen te kunnen beantwoorden wordt aanbevolen opnieuw een opname van de Beneden-Zeeschelde te maken, zoals die in 1986 door Bastin is gemaakt. Aan deze opname kan dan een nieuwe slibbalans voor de Beneden-Zeeschelde worden gekoppeld, waardoor meer zekerheid over de invoer van marien slib kan worden verkregen.

Aanbevolen wordt om op de grens routine matig het percentage fluviatiel slib van het zwevend materiaal aan het oppervlak en nabij de bodem te gaan bepalen met $C^{12/13}$.

Nu een groot deel van het slib uit de toegangsgeulen tot de sluizen is verwijderd, wordt aanbevolen om de accumulatie van marien daarin slib via $C^{12/13}$ te bepalen, omdat het binnendringen van meer marien slib de effectiviteit van de maatregel doet teruglopen.

De signaal analyse is uitgevoerd met chroom als maat voor het percentage fluviatiel materiaal. Om de aangegeven problemen met de vergelijkbaarheid

van de chroomanalyses door de verschillende laboratoria te ondervangen, kan de signaal vergelijking nogmaals worden uitgevoerd met een andere stof, die bij de chemische ontsluiting volledig in oplossing is gegaan en die net als chroom conservatief gedrag vertoont ten opzichte van verdunning met zeewater. Een geschikte kandidaat is lood. Momenteel wordt onderzocht of de centrifuge monsters van het zwevendstof meetnet nog beschikbaar zijn. Als dat het geval is kan hierin alsnog het percentage fluviatiel materiaal bepaald worden met $C^{12/13}$.

Aan de hand van chroom is vastgesteld dat de hoeveelheid fluviatiel slib in het bodem sediment van de drempels in de Beneden-Zeeschelde is gedaald. Het is nuttig na te gaan met andere stoffen of de bodem kwaliteit van de drempels is verbeterd.

lijst van afkortingen:

AZ :Antwerpse Zeehavendienst
DGW :Dienst Getijdewateren (na 1993 RIKZ)
RIZA :Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwater.
RIKZ :Rijks Instituut voor Kust en Zee
ULB :Université Libre Brussel
IHE :Instituut voor Hygiene en Epidemiologie
IMDC :International Marine & dredging Consultant
WVO :Wet op de Verontreiniging van Oppervlaktewater

Momenteel algemeen geaccepteerde in- en uitvoer waarden voor de slibbalens van de Beneden Zeeschelde:

- Slibvoorraad:

studie Bastin: 6,95 miljoen ton drogestof
berekeningen Claessens: 8,24 miljoen ton drogestof
berekeningen IMDC: 6,80 miljoen ton drogestof

algemeen aanvaard: 7 a 8 miljoen ton drogestof

- Aanvoer via de Schelde:

studie Bastin²/Claessens⁴: 360.000 ton/jaar
via slibmetingen in 1992¹³ 290.000 ton/jaar
aanvoer 1973-1986 (gem.) 305.000 ton/jaar
op basis van slibproductie
IMDC²³ 340.000-600.000 ton/jaar
Wollast en Marijns 750.000 ton/jaar waarvan 50% de Zeeschelde bereikt.

algemeen aanvaard 350.000 ton/jaar

- Zijdelingse belasting:

aanvoer 1992 21.000 ton/jaar
aanvoer 1973-1986 (gem.) 20.000 ton/jaar
IMDC (slibproductie) 10.000 a 31.000 ton/jaar

algemeen aanvaard 20.000 ton/jaar

- Aanvoer via het Schelde-Rijn kanaal 5.000 ton/jaar

- Binnendringing in de haven: voor 1991: 175.000 ton/jaar
na 1991: 390.000 ton/jaar

- Aangroei snelheid van de hoeveelheid sediment in de Beneden-Zeeschelde:
voor 1986: 200.000 ton/jaar.
huidige: onbekend.

1. De baggerwerken in de Schelde en de kwaliteit van water en bodem; VMM; (1991)
2. WVO-vergunning
3. Het hydraulisch regime van de Schelde; J. Claessens; Water nr43 (1988)
4. Evaluatie van de hoeveelheid slib in de Beneden-Zeeschelde; A. Bastin (1993)
5. Estuarine macroflocs, thier role in fine-grained sediment transport; W.v Leusen; (1994)
6. Origen and fate of artificial radionuclides in the Scheldt estuary; J. Martin, R. Wollast, M. Loijens, A. Thomas, J. Mouchel, J. Nieuwenhuize; 1994
7. Saeftinge: een probleemanalyse; N. Houtekamer;
8. D. van Maldegem; Ontwikkeling kaolienplots schorgebeiden Westerschelde in relatie tot extreme Schelde afvoer winter 1993/1994 (RIKZ 24 juni 1994-concept werkdocument)
9. Beneden-Zeeschelde- slibbalans 1992 en 1993; J. Claessens;
10. Haven van Antwerpen; slibbalans 1989-1993 (ontwerp); G. Verliefde, W. Nielandt, W. Vanthienen;
11. Droge dichtheid van "geconsolideerd" slib in het Schelde-estuarium; van Maldegem; 1994
12. De slibbalans van het Schelde-estuarium; D. van Maldegem; (1991)
13. Geactualiseerde slibbalans Schelde-estuarium; S. Vereeke; (1994)
14. The impact of flow pattern and sediment transport on maintenance dredging in the Kallo access channel; J. Claessens, M. Sas;
15. Veranderingen in het Schelde-estuarium door maatregelen België; A. Holland, G. van Eck; (1994)
16. Slibstortingen in de Beneden-Zeeschelde vanuit de haven van Antwerpen: opgave Antwerpse Zeehavendienst; J. Claessens; (1994)
17. Geochemistry of suspended matter in the Scheldt estuary; J. Zwolsman; 1991
18. Distribution of trace metals in suspended matter of the Scheldt estuary; P. Regnier, R. Wollast; 1993

19. Milieumeetnet Rijkswateren; RIZA/RIKZ;
20. SAWES: modelstudie Westerschelde
21. Huter; Onderzoek naar concentraties (en variaties hierin) van nutriënten, PCB's, PAK's en pesticiden in de Schelde ter hoogte van Rupelmonde in 1991 en 1992 voor het beter definiëren van de invoer parameter "belasting te Rupelmonde" van het Sawes-model. (1994)
22. De chemische kwaliteit van baggerspecie in de Westerschelde en in de Zeeschelde; uitgave IHE; 1989, 1990, 1991, 1992 en 1993
23. Gedrag van particulier materiaal in het Schelde-estuarium; IMDC;

