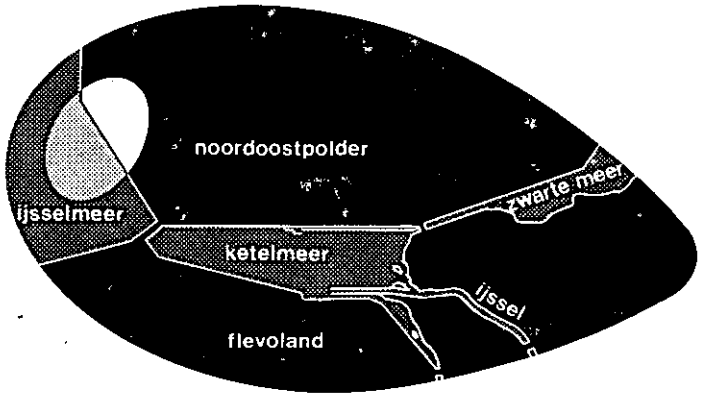
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

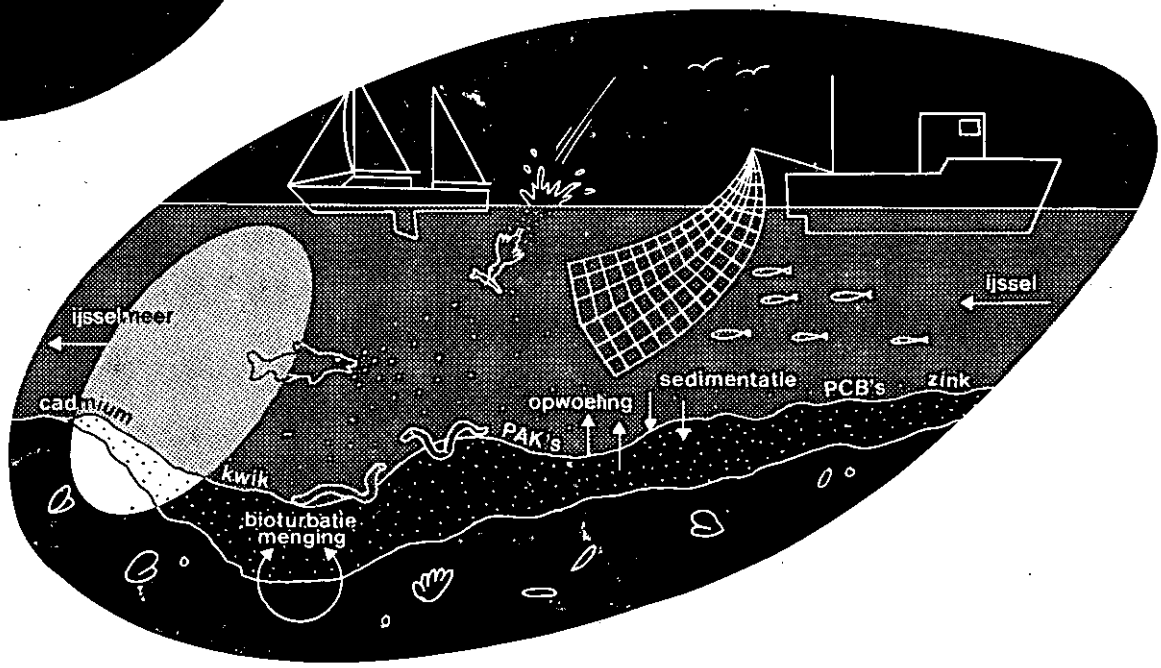
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Directie Flevoland

bx
76693

Integraal waterbeheer Ketelmeer erosie van slib ten gevolge van scheepvaart vervolgonderzoek





rijkswaterstaat bibliotheek
directie flevoland
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
8200 AP Lelystad
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directie Flevoland

Integraal waterbeheer Ketelmeer erosie van slib ten gevolge van scheepvaart vervolgonderzoek

Lelystad, maart 1992
E.J. van de Kaa
L.J. Kappe
M.G. de Rijk

Postbus 600
8200 AP Lelystad

Smedinghuis
Zuiderwagenplein 2
Tel. (03200) 99111
Telex 40115

bx
76693

Verantwoording

Deze nota wordt uitgebracht door de projectgroep Ketelmeer.
De projectgroep Ketelmeer is door de hoofdingenieur-directeur van de directie Flevoland van Rijkswaterstaat ingesteld om:

- door onderzoek meer kennis en inzicht te verkrijgen van de verschillende aspecten van het watersysteem Ketelmeer;
- met behulp van verkregen inzichten het integraal waterbeheer voor het Ketelmeer beter gestalte te geven.

In de projectgroep zijn vertegenwoordigers opgenomen van verschillende Rijkswaterstaatsdiensten (zie bijlage 6).

In de huidige situatie wordt verontreinigd slib in het Ketelmeer zowel door wind als door scheepvaart in suspensie gebracht. In 1988 is een eerste inventariserend onderzoek gedaan om het relatieve aandeel van scheepvaart aan de resuspensie van slib te bepalen [1].
Dit rapport is de verslaglegging en analyse van praktijkmetingen waarin getracht is de slibopwerveling ten gevolge van scheepvaart nader te kwantificeren en waarbij is nagegaan of de scheepvaart oudere bodemlagen opwoelt.

Inhoud

		blz
SAMENVATTING		7
1 INLEIDING		9
2 EEN NADERE KWANTIFICERING VAN DE EROSIEFLUX		11
2.1	Opzet van de metingen	11
2.2	Bewerking en betrouwbaarheid van de ruwe resultaten	11
2.3	Globale analyse	11
2.4	Effecten van combinaties van onafhankelijke variabelen	15
2.5	Operationaliseren verband kielspeling en resuspensie	17
2.6	Effect van meerpeil op erosie door scheepvaart	20
2.7	Schatting jaarlijkse erosie flux	20
3 EROSIE OF RESUSPENSIE		23
4 VALSNELHEDEN		25
4.1	De valsnelheidsverdeling	25
4.2	Mogelijke horizontale verplaatsing van het slib	25
5 DISCUSSIE		27
LITERATUUR		29
TABELLEN		
Tabel 1	Resultaten meetinstruktie 1 en 2 (Schepenjacht en Slibkwaliteit)	31
Tabel 2	Vaarsnelheden	34
Tabel 3	Aantal passerende geladen schepen per jaar	35
Tabel 4	Actuele diepgang geladen vrachtschepen meetinstrukties 1 en 2 onderverdeeld naar laadvermogenklasse	35
Tabel 5A	Berekening totaal door jaarlijks scheepsbewegingen geërodeerde hoeveelheden sediment op traject 1	36
Tabel 5B	Berekening totaal door jaarlijks scheepsbewegingen geërodeerde hoeveelheden sediment op traject 1	37
Tabel 6	Cadmium/Scandium verhouding van door schepen geërodeerd slib	38
Tabel 7	Fractieverdeling van zwevende stof naar valsnelheid	39
BIJLAGEN		
Bijlage 1	Meetinstruktie 1 "Schepenjacht"	41
Bijlage 2	Meetinstruktie 2 "Slibkwaliteit"	43
Bijlage 3	Inzinking van schepen	47
Bijlage 4	Definities gebruikte regressie methoden	51
Bijlage 5	Analyseresultaten kwaliteit slib achter vrachtschepen	53
Bijlage 6	Samenstelling projectgroep Ketelmeer	57

Samenvatting

Het vervolgonderzoek erosie door scheepvaart valt in 2 onderwerpen uiteen:

1. Nadere kwantificering van de erosieflux ten gevolge van scheepvaart.
2. Vergelijking van de mate van verontreiniging van het door scheepvaart opgewerveld slib met die van het slib dat als achtergrondconcentratie in het Ketelmeer aanwezig is.

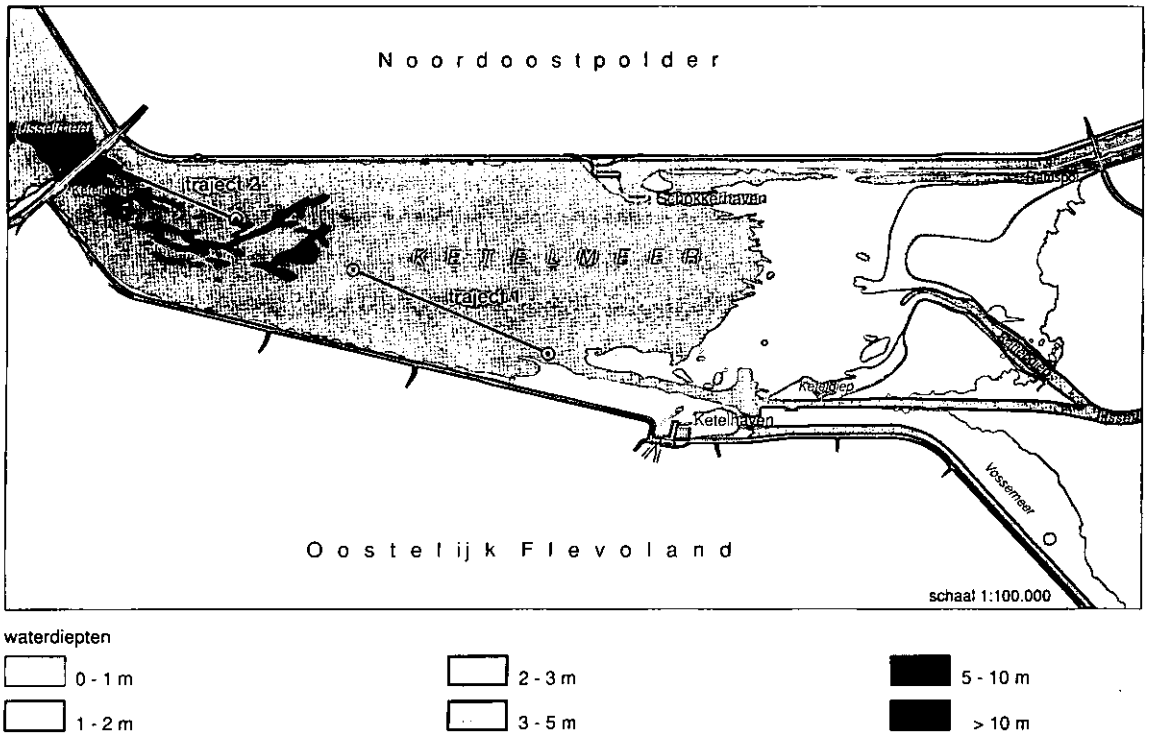
1.
In de scheepvaartroute Ketelbrug-IJsselmonding zijn op twee trajecten met verschillende bodemdiepte metingen gedaan. Het sterk turbulente water van het zogenaamde zog achter 52 schepen van verschillende grootte-klassen is bemonsterd op zwevende stof concentraties. Vervolgens is er een relatie gelegd tussen de geconstateerde concentratieverhoging ten gevolge van een passerend schip en de kielspeling van het schip. Met reeds bekende gegevens over het jaarlijks aantal scheepspassages per scheepsklasse in het Ketelmeer en bovengenoemde relatie is een schatting gemaakt van de te verwachten jaarlijkse resuspensieflux ten gevolge van scheepvaart.

Deze schatting resulteert in minstens 0,7 miljoen ton per jaar en ligt daarmee in dezelfde orde van grootte als de schatting van 0,6 miljoen ton per jaar uit de vorige rapportage. [1]
Uitgaande van de eerder door Beurskens [2] geschatte totale resuspensieflux van 5 miljoen ton per jaar (wind, scheepvaart en stroming tesamen) betekent dit een relatief aandeel van de scheepvaart van 12 à 15 procent.
Uit recenter onderzoek [3] is een resuspensieflux van 4,1 miljoen ton berekend. Het aandeel van de scheepvaart daarin wordt dan 15 à 18 procent.

2.
In de afgelopen jaren is de concentratie in het Ketelmeerslib van het zware metaal Cadmium (Cd) afgenomen. Daarom is de Cadmium/Scandium verhouding in het slib (concentratie Cadmium gecorrigeerd voor kleipercentage van het slib) een bruikbare maat voor zowel de gemiddelde ouderdom als de vervuiling van het slib.

De Cd/Sc verhouding van het door de IJssel aangevoerde zwevende slib bedraagt ongeveer 0,6. Tengevolge van mengingsprocessen (onder andere ten gevolge van wind) in het Ketelmeer is de Cd/Sc verhouding in het slib in het water dat het Ketelmeer verlaat hoger. De verhouding in het slib in het water ter hoogte van de Ketelbrug bedroeg op basis van 9 onderzochte monsters gemiddeld 1,1 (standaardafwijking: 0,3). De gemiddelde waarde van de Cd/Sc verhouding van 7 mengmonsters over de bovenste 5 cm van de Ketelmeerbodem bedroeg 1,9 (± 0,9).
De Cd/Sc verhouding in het zwevende slib in het zog van 9 schepen ter plaatse van het ondiepe traject (zie figuur 1) is bepaald en bedroeg gemiddeld 2,0 (± 0,2).
Deze waarde is vergeleken met de bovengenoemde waarden en op grond hiervan wordt geconstateerd dat door de scheepvaart in verhouding tot de windgolven diepere, meer verontreinigde bodemlagen worden opgewoeld.

Figuur 1



Kaart 1 Ligging trajecten 1 en 2 bijlage bij meetinstruktie "schepenjacht".

1. Inleiding

In deze rapportage wordt verslag gedaan van het vervolgonderzoek naar de erosie van Ketelmeer sediment zoals veroorzaakt door scheepvaart. Het rapport is het vervolg op het in 1990 verschenen rapport "Integraal waterbeheer Ketelmeer. Erosie van slib door scheepvaart" [1].
In de eerste rapportage werd de jaarlijkse resuspensieflux ten gevolge van scheepvaart geschat op 0,6 miljoen ton. Omdat deze schatting gebaseerd is op een meting achter slechts een tweetal schepen, is in het vervolgonderzoek getracht deze schatting nader te kwantificeren. Het vervolgonderzoek is tevens gericht op de verontreinigingsgraad van het opgewervelde sediment. Daarmee kan worden vastgesteld of door scheepvaart alleen recent bezonken materiaal wordt geresuspendeerd, of dat ook oudere sliblagen worden geërodeerd.

2. Een nadere kwantificering van de erosieflux

2.1 Opzet van de metingen

In het eerste onderdeel van het vervolgonderzoek zijn per scheepsklasse een aantal schepen bij het onderzoek betrokken. In totaal werden voor dit deel van het onderzoek metingen achter 52 schepen uitgevoerd.
Tijdens de metingen werd het zog van een vrachtschip continu bemonsterd tijdens de vaart over 2 trajecten. Traject 1, het ondiepe traject, heeft een lengte van 2,8 km en een gemiddelde diepte van N.A.P - 3,7 m (standaard afwijking van 0,10 m, n=27). Traject 2, het diepe traject, heeft een lengte van 1,7 km en een gemiddelde diepte van N.A.P. - 4.6 m (standaard afwijking 0,36 m, n=17). De ligging van de beide trajecten is aangegeven in figuur 1.
Het meetschip voer tijdens de metingen in het zog van het vrachtschip. De afstand tussen monstername apparatuur en vrachtschip was circa 25 m. Over de totale lengte van het vaartraject werd het water in een monstervat verzameld. Van dit water werd een monster genomen waarvan het droge stofgehalte ("zwevende stof") in het laboratorium is bepaald.
Van alle schepen werden de hoofdafmetingen, het (maximale) laadvermogen, de (actuele) diepgang tijdens de meting opgevraagd en genoteerd. Tevens werden per traject de begin- en eindtijd van de monstername genoteerd. Omdat de trajectlengte bekend is, ligt daarmee ook globaal de scheepssnelheid "over de grond" vast. Het actuele motorvermogen en de stroomsnelheid van het water werden niet bepaald. In de meetinstructie "schepenjacht" wordt de opzet wat uitvoeriger beschreven (zie bijlage 1).
Bij een tweede serie metingen werd achter 9 schepen alleen de concentratieverhoging op het ondiepe traject gemeten, zie verder hoofdstuk 3. Er is tijdens de eerste serie van 52 metingen geprobeerd per grootte-klasse zowel een aantal geladen als lege schepen in te meten. Dat is vrij goed gelukt. Verder is aan de schippers gevraagd tijdens de meting zoveel mogelijk met een constant motorvermogen te varen. Er is niet gevraagd harder of langzamer dan normaal te varen. Een en ander betekent dat de resultaten redelijk representatief kunnen worden geacht voor de andere schepen in dezelfde grootte- annex beladingsklasse.

2.2 Bewerking en betrouwbaarheid van de ruwe meetresultaten

Een overzicht van de meetgegevens is opgenomen in tabel 1 en 2.
De waterstand is achteraf bepaald aan de hand van geregistreerde peilschaalwaarnemingen. De concentratieverhoging is berekend als het verschil tussen de in het zogwater gemeten concentratie zwevende stof en de achtergrondconcentratie van het Ketelmeer. De achtergrondconcentratie tijdens de bij rustig weer uitgevoerde metingen varieerde van (meet)dag tot dag. De waarden liepen van 0 mg/l tot 30 à 40 mg/l. Ook gedurende de dag treedt een zekere variatie in achtergrondconcentratie op, mede veroorzaakt door de scheepvaart. De berekende waarden van de concentratieverhoging hebben dan ook een onnauwkeurigheidsmarge van 25 à 50 mg/l. Mede in verband met de inherente onnauwkeurigheden bij de bepaling kunnen dus "negatieve" concentratieverhogingen verwacht worden bij schepen die geen resuspensieverhoging veroorzaken. Berekende toe- of afnamen tot 25 mg/l hebben dan ook geen fysische betekenis.
Voor ieder schip staat deze concentratieverhoging per traject vermeld in tabel 1 en wel in de kolom aangeduid met RC1 en RC2 voor respectievelijk traject 1 en 2.

2.3 Globale analyse

Op het ondiepe traject worden incidenteel hoge zwevende stof concentraties geconstateerd, zoals een concentratieverhoging van meer dan 3200 mg/l in het geval van het vrachtschip Koophandel. Dit is veel meer dan de hoogste waarde van 600 mg/l die in het eerste onderzoek werd gemeten.
Uit een eerste globale analyse aan de hand van tabel 1 blijkt de grote invloed van de waterdiepte, de belading, de scheepsgrootte, de diepgang en de kielspeling. Dat kan worden geïllustreerd aan de hand van de volgende constateringen.

2.3.1 *Waterdiepte*

De invloed van de waterdiepte op de resuspensie kan globaal worden ingeschat door vergelijkingen van de berekende concentratieverhogingen in raai 1 (gemiddelde waterdiepte circa 3,4 m) en raai 2 (gemiddelde waterdiepte circa 4,3 m). Daarbij wordt het volgende geconstateerd:

a. De gemiddelde concentratieverhoging bij 52 schepen is in het ondiepe traject 374 mg/l en in het diepe traject 21 mg/l.
b. Zeer sterke resuspensie (> 1000 mg/l) treedt alleen in raai 1 op.
c. Wanneer meetbare resuspensie (> 25 mg/l) in raai 2 optreedt (8 waarnemingen) is de resuspensie door hetzelfde schip in raai 1 steeds groter.
d. In 14 gevallen treedt in raai 1 wel maar in raai 2 geen resuspensie op.

2.3.2 *Belading*

In tabel 1 is zowel het maximaal laadvermogen van de schepen (MAXLV) als het actuele laadvermogen (ACTLV) gepresenteerd. Negentien schepen waren ongeladen (ACTLV=0 ton), en bij drie schepen was het actuele laadvermogen kleiner dan 75 % van het maximale (verder "halfgeladen" genoemd). De overige schepen (> 75 % geladen) worden verder "geladen" genoemd.

a. Alleen geheel of gedeeltelijk geladen schepen veroorzaakten verhoogde resuspensie (> 25 mg/l).
b. De 19 ongeladen schepen en 2 van de 3 ongeveer halfgeladen schepen verhoogden de resuspensie niet, hoewel het maximale laadvermogen van de helft van de schepen ruim boven de 1000 ton lag.

2.3.3 *Scheepsgrootte*

Als maat voor de scheepsgrootte kan het maximale laadvermogen in tonnen worden gehanteerd. Deze maat hangt nauw samen met lengte, breedte en maximale diepgang van de schepen. Uit tabel 1 kan het volgende worden afgeleid:

a. Alle geheel of gedeeltelijk geladen schepen met een laadvermogen boven 1000 ton veroorzaakten een toename van de resuspensie in raai 1. De uitzondering betreft één slechts gedeeltelijk geladen schip (actueel laadvermogen 770 ton).
b. Acht van de negen geladen schepen met een laadvermogen beneden 850 ton veroorzaakten in raai 1 geen verhoogde resuspensie. Dit hoewel de kielspeling (0,95- 1,60 m) in raai 1 bij alle vaarten in de range lag waar geladen schepen > 1000 ton zonder uitzondering wel resuspensie veroorzaakten. De uitzondering betreft één schip met een laadvermogen van 630 ton en een bruto kielspeling van 1,19 m.
c. Zeer hoge resuspensie in raai 1 (> 1000 mg/l) wordt alleen door de grootste geladen schepen veroorzaakt (1150- 2300 ton); toename van de resuspensie tussen 25 en 1000 mg/l werd veroorzaakt door schepen tussen 630 en 1830 ton.
d. Alleen middelgrote tot grote geladen schepen (≥ 810 ton) verhoogden de resuspensie in raai 2.

2.3.4 *Diepgang (actueel)*

De actuele diepgang (ACTD) in tabel 1 hangt samen met scheepsgrootte en belading. Uit tabel 1 kan het volgende worden afgeleid:

a. Zeer sterke resuspensie (> 1000 mg/l) trad in raai 1 op bij voor dit vaarwater grote diepgangen (tussen 2,7 en 3,3 m), merkbare tot grote resuspensie (25- 1000 mg/l) trad op in raai 1 bij beperkte tot grote diepgangen (1,95 -2,90 m).
b. In raai 2 trad slechts resuspensie op bij diepgangen boven de 2,4 m.
c. Alle schepen waarvan de actuele diepgang meer dan 2,5 m bedroeg veroorzaakten in raai 1 verhoogde resuspensie.
d. Geen van de schepen met een diepgang beneden 1,95 m (raai 1) respectievelijk 2,35 m (raai 2) verhoogde de resuspensie merkbaar.

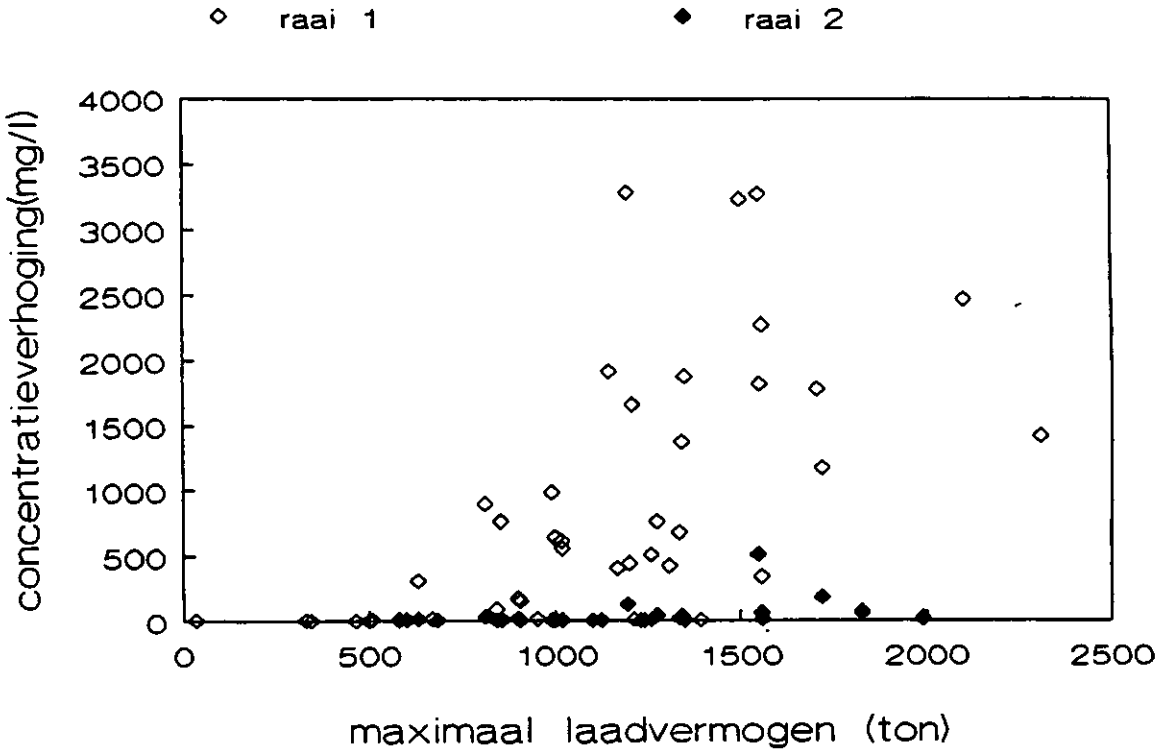
2.3.5 *Kielspeling (bruto)*

Onder de bruto kielspeling wordt de (fictieve) kleinste afstand tussen een (stilliggend) schip en de waterbodem verstaan. Deze maat is in tabel 1 aangeduid met KIEL1 respectievelijk KIEL2 voor traject 1 en 2. De actuele of netto kielspeling is altijd kleiner omdat een varend schip als gevolg van de opgewekte waterstoming inzinkt. In relatie tot de concentratieverhoging blijkt het volgende:

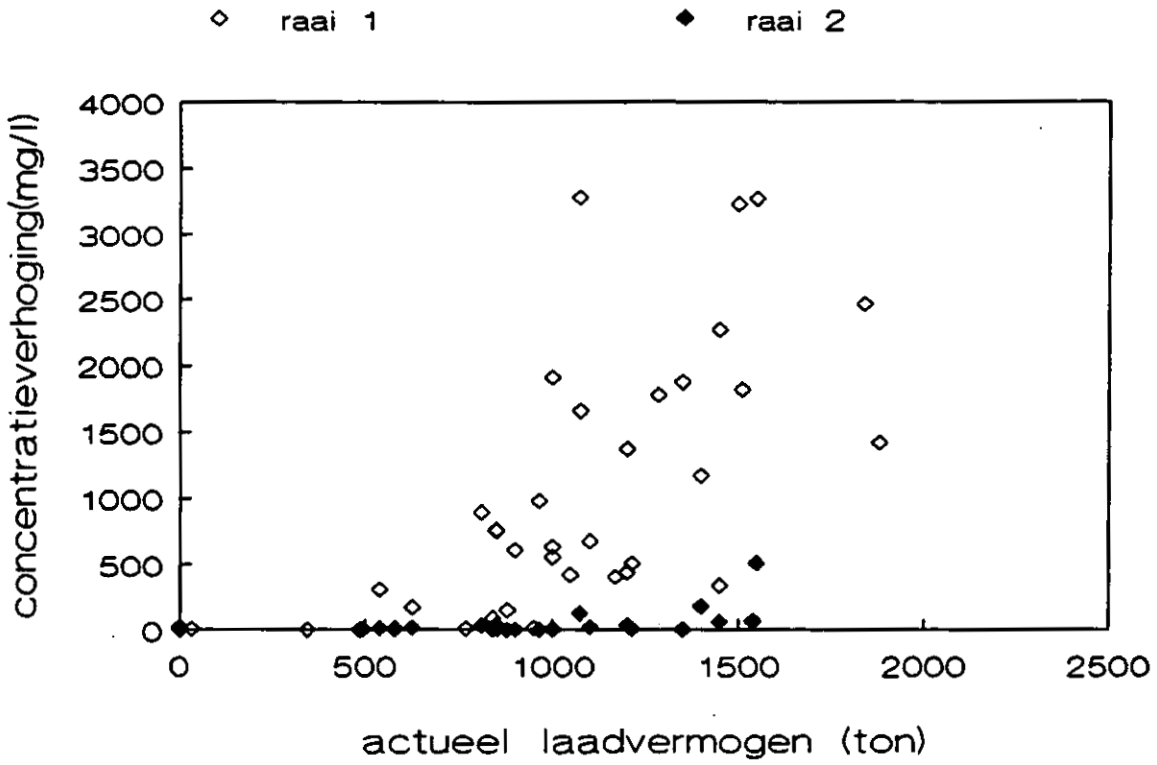
a. De grootste bruto kielspeling waarbij nog een significante (maar zeer beperkte) resuspensie werd waargenomen, bedroeg 1,85 m.
b. Bij alle condities met een bruto kielspeling tot 0,95 m werd verhoogde resuspensie geconstateerd.
c. Bij de vaarten met zeer grote resuspensie (> 1000 mg/l) lag de bruto kielspeling tussen 0,25 m en 0,85 m.
d. Merkbare tot grote resuspensie (25- 1000 mg/l) werdt geconstateerd bij vaarten met een bruto kielspeling tussen 0,60 en 1,85 m.

2.3.6 *Grafische weergave resultaten*

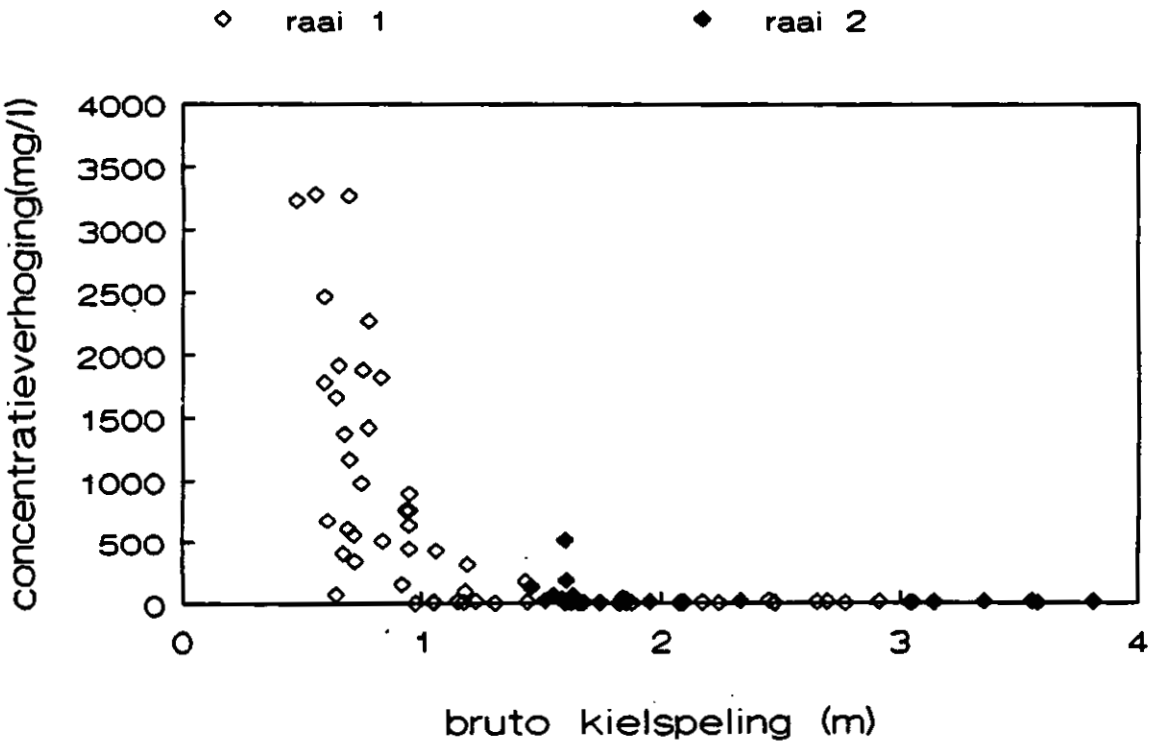
De concentratieverhogingen zijn uitgezet tegen de belangrijkste variabelen, en wel maximaal laadvermogen, actueel laadvermogen en bruto kielspeling (figuur 2 t/m 4).
Uit deze grafische analyse blijkt opnieuw een verschil in concentraties tussen het ondiepe traject 1 en het diepe traject 2. De verschillende behandelde effecten zijn duidelijk herkenbaar, zij het dat de onafhankelijkheid bij uitzetten tegen maar één onafhankelijke variabele een grote spreiding oplevert. De beste samenhang komt dan ook naar voren als de concentratieverhoging wordt uitgezet tegen de bruto kielspeling, die in feite is opgebouwd uit scheepsgrootte (max. laadvermogen, max. diepgang), de belading (gecombineerd met de scheepsgrootte levert dat de actuele diepgang) en de waterdiepte (voornamelijk bepaald door de raai).



Figuur 2 Concentratieverhoging zwevende stof tegen maximum laadvermogen



Figuur 3 Concentratieverhoging zwevende stof tegen actueel laadvermogen



Figuur 4 Concentratieverhoging zwevende stof tegen bruto kielspeling

2.4 Effecten van combinaties van onafhankelijke variabelen

2.4.1 Kielspeling

Het is duidelijk dat resuspensie door scheepvaart pas optreedt wanneer een zekere drempel is overschreden. Dat geldt zowel voor de waterdiepte als voor de scheepsgrootte, de actuele diepgang (afhankelijk van scheepsgrootte en belading) en de (bruto)kielspeling. De (bruto) kielspeling is in feite een samenstel van de andere onderzochte variabelen. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de door een schip veroorzaakte concentratieverhoging van de zwevende stof het meest duidelijk naar voren komt als deze wordt gerelateerd aan de (bruto) kielspeling, zie figuur 4.
Zoals in 2.3.5 opgemerkt is, is de (bruto) kielspeling altijd groter dan de actuele of netto kielspeling omdat een varend schip onder invloed van de door het schip opgewekte waterbeweging inzakt. Bepalend voor de mate van inzinking is de snelheid van het schip ten opzichte van het water. Helaas is tijdens de metingen noch het actuele motorvermogen, noch de exacte snelheid van de schepen ten opzichte van het water vastgelegd.

2.4.2 Scheepssnelheid

De scheepssnelheid wordt bepaald door de fysische omstandigheden en door het actuele motorvermogen dat door de schipper wordt ingesteld. Het actuele motorvermogen is in het algemeen lager dan het in het schip geïnstalleerde vermogen. Het is niet uitgesloten dat het geconstateerde verschil in sedimentbeweging tussen raai 1 en 2 mede bepaald werd door een verschil in snelheid. Daarom is deze grootheid zo goed mogelijk nader geanalyseerd. Per raaipassage zijn de begin- en eindtijd opgenomen in minuten nauwkeurig. De tijden zijn "geklokt" bij het in- en uitvaren van het traject, zodat de tussen deze tijdstippen afgelegde weg kan afwijken van de gewenste trajectlengte. Naast de nauwkeurigheid waarmee het passeren van de raaien kan worden bepaald, maakt vooral de afronding van de tijdstippen in minuten een grote afwijking in de berekende scheepssnelheid mogelijk. Cumulatief moet hierdoor zeker met fouten in de aldus bepaalde snelheid tijdens individuele metingen tot circa 0,5 m/s worden gerekend. De resultaten van de bewerking zijn gegeven in tabel 2. De resultaten per traject zijn gerangschikt naar vaarrichting, belading en scheepsgrootte.
Wat direct opvalt is dat de meeste schepen sneller varen in raai 1 dan in raai 2. In het algemeen varen schepen sneller naarmate ze een grotere kielspeling hebben. Nadere analyse leert dat de 16 afgeladen schepen met meer dan 900 ton laadvermogen op één na op traject 1 inderdaad gemiddeld langzamer of (ongeveer) even snel varen als op traject 2. Desondanks is er waarschijnlijk toch sprake van een systematisch afwijkend vaargedrag op de twee trajecten. Wellicht hangt dit samen met de nabijheid van de Ketelbrug of de passage van de hoogspanningsleiding. Omdat het actuele motorvermogen niet is geregistreerd is dit niet meer na te gaan. Mede daarom mag niet worden uitgesloten dat andere fysische invloeden, bijvoorbeeld een minder vlakke bodemligging op traject 2, het snelheidsverschil verklaren.

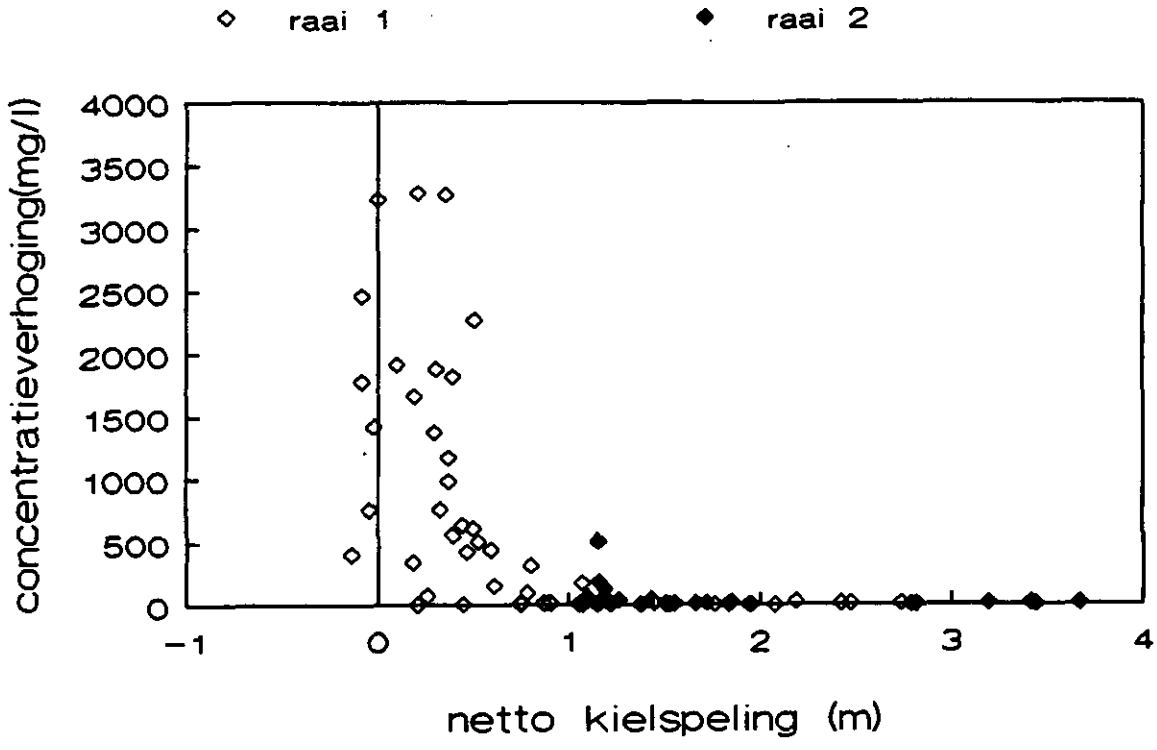
Een tweede opvallend effect is dat de oostgaande schepen in raai 1 sneller lijken te varen dan de westgaande schepen. Hieraan mag echters slechts beperkte waarde worden gehecht omdat de oostgaande schepen vrijwel allemaal ongeladen of klein (< 600 ton) waren.

2.4.3 Inzinking

De inzinking van een schip neemt zeer sterk toe als de scheepssnelheid de zogenaamde grenssnelheid (V_l) nadert. Op ondiep, onbeperkt breed water is de grenssnelheid gelijk aan de maximale voortplantingssnelheid van een golf op ondiep water. De gemiddelde inzinking van een schip en de spiegeldaling van het water daarnaast bedraagt onder die omstandigheden ongeveer 20 % van de waterdiepte (h), waaruit volgt $V_l = V\ 0{,}9gh$ (zie onder andere [6]).
De theoretische maximale snelheid op traject 1 komt daarmee op ruim 5 m/s, en op traject 2 op 5,8 à 6 m/s. Bij de globaal berekende snelheden van de geladen grote schepen leidt dat tot een inzinking in de orde van enige decimeters tot een halve meter bij berekening volgens de methode-Schijf (aangehouden fictieve vaarwegbreedte: 2 x de scheepslengte, waarbij A_m/A_c voor binnenschepen $\leq 0{,}05$, zie onder andere [6]).

Er bestaan naast de methode-Schijf die eigenlijk voor beperkt breed water geldt, diverse empirische methoden om de inzinking van schepen op ondiep water te bepalen. Door PIANC [7] wordt voor gebruik in maritieme toegangswegen onder andere de methode van Barras aanbevolen (zie bijlage 3). Daarbij wordt wel opgemerkt dat de methode aan de veilige kant is -dat wil zeggen een relatief (te) hoge inzinking voorspelt- en dat er voor snelle schepen gebrek aan praktijkinformatie bestaat.
Voor de diep geladen schepen leidt de methode Barras op traject 1 soms tot inzinkingen die tot bijna 1 m oplopen, en op traject 2 soms tot een inzinking van meer dan 0,5 m. Voor diverse vaarten wordt met deze methode in traject 1 een netto kielspeling kleiner dan nul gevonden. Dergelijke grote inzinkingen lijken minder reëel en betekenen in feite dat voor binnenschepen die ten opzichte van zeeschepen over relatief veel krachtiger motoren beschikken deze methode niet geschikt is. Ook de onnauwkeurigheid in de bepaling van de scheepssnelheid maakt dat rekening moet worden gehouden met afwijkingen in de orde van 1 dm en meer.
Ook de berekeningen van Schijf geven in een enkel geval een netto kielspeling die kleiner dan nul is. Er is dan ook naar verwachting soms sprake geweest van enige bodemberoering.

De grote onzekerheid in de berekende inzinking maakt dat een analyse van de slibopwerveling op grond van de netto kielspeling nauwelijks meer informatie zal leveren dan een analyse op grond van de bruto kielspeling. Dit wordt geïllustreerd in figuur 5. In feite levert dit vrijwel hetzelfde beeld als figuur 4. In de verdere analyse wordt mede gezien de grote onzekerheden in de werkelijk opgetreden scheepsinzinking niet meer met de netto kielspeling rekening gehouden.



Figuur 5 Concentratieverhoging zwevende stof tegen netto kielspeling (volgens Barras)

2.5 Operationaliseren verband kielspeling en resuspensie

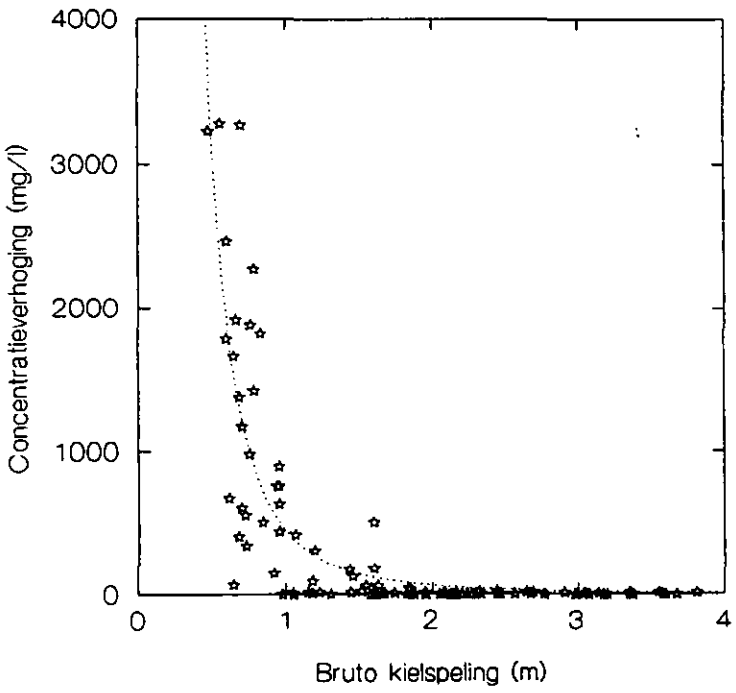
Er is een uitgebreide statistische analyse van de data uitgevoerd zie [8]. Hierbij is uitgegaan van het volgende verband:

$$Y = a \times (X)^b$$

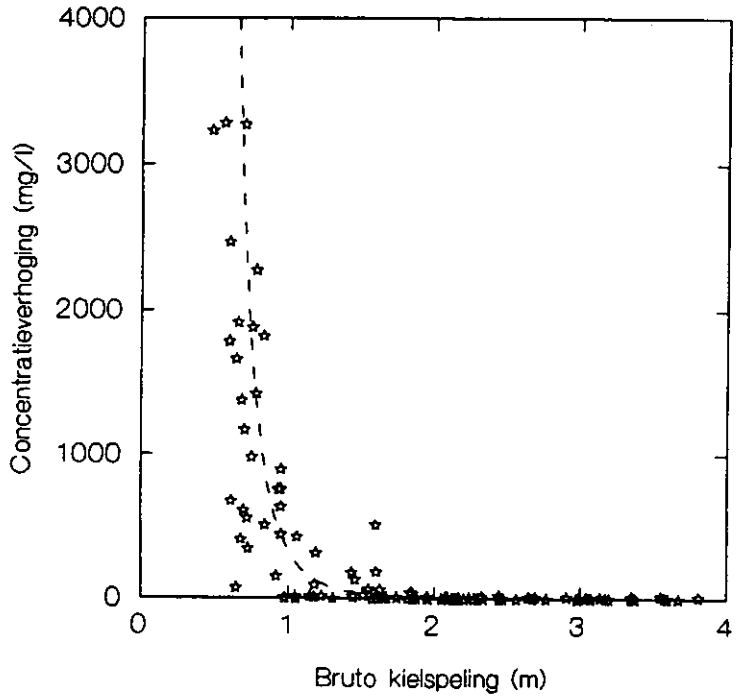
met:

Y: concentratieverhoging
X: kielspeling
a en b: constanten.

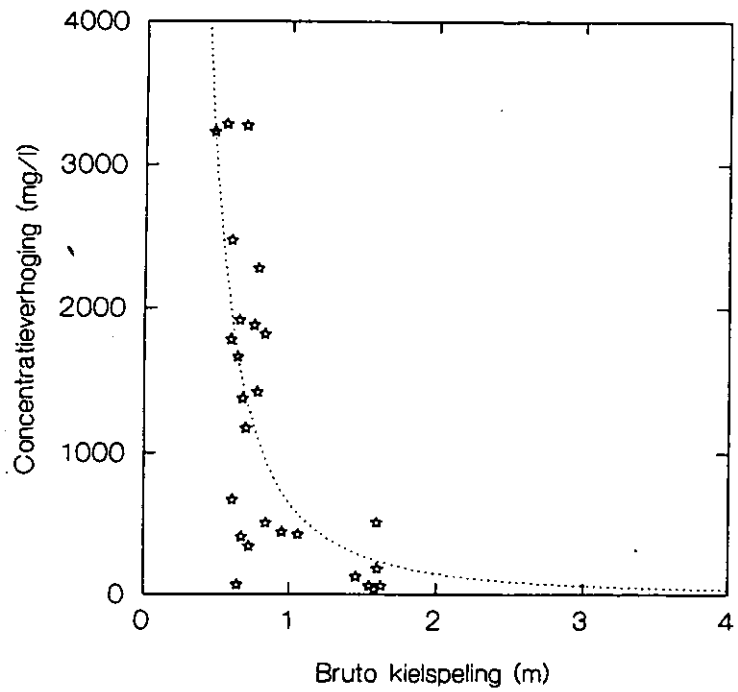
De regressie is volgens 2 methoden uitgevoerd. De 'standaard' regressie methode waarbij de punten in de 'y-richting' worden geminimaliseerd ten opzichte van de gezochte functie en een regresssie methode waarbij de 'loodrechte' afstand tussen de punten en de gezochte functie wordt geminimaliseerd (zie voor de definities bijlage 5). De resultaten zijn weergegeven in de figuren 6 en 7 voor de 'standaard' respectievelijk de 'loodrechte' methode.
Beide methoden geven op het oog goede resultaten. Wel blijkt dat met de 'loodrechte' methode bij kleine waarden van de bruto kielspeling de berekende concentratieverhogingen erg hoog worden, de berekende waarden gaan sterk afwijken van de gemeten waarden.



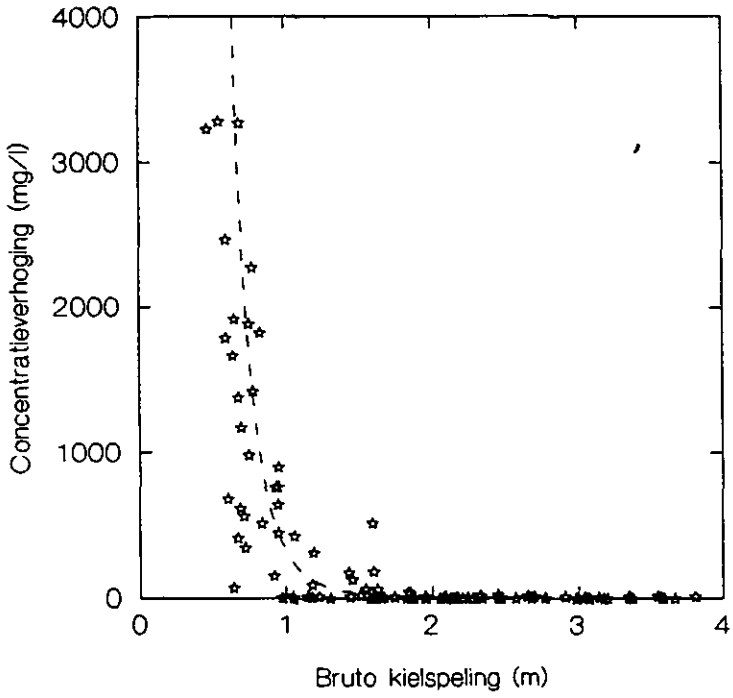
Figuur 6 Concentratieverhoging (y) versus kielspeling (x),alle schepen. Er geldt: $y = 445 \times x^{-2.80}$ ("standaard" methode)



Figuur 7 Concentratieverhoging (y) versus kielspeling (x), alle schepen. Er geldt: $y = 328 \times x^{-5.79}$ ("loodrechte" methode)



Figuur 8 Concentratieverhoging (y) versus kielspeling (x), geladen schepen 1050 ton en concentratieverhoging > 30 mg/l. Er geldt: $y=648 \times x^{-2.16}$ ("standaard" methode)



Figuur 9 Concentratieverhoging (y) versus kielspeling (x), geladen schepen 1050 ton en concentratieverhoging > 30 mg/l. Er geldt: $y=335 \times x^{-3.88}$ ("loodrechte" methode)

Door desaggregatie van data kan vaak een betere 'fit' verkregen worden. Op grond van de globale analyse in hoofdstuk 2.3 is de volgende desaggregatie van de data gemaakt: Een opsplitsing in geladen en ongeladen schepen, en hierin weer een splitsing in schepen met een maximaal laadvermogen groter respectievelijk kleiner dan 1050 ton. Met 2 grootteklassen is volstaan gezien het beperkte aantal waarnemingen, de waarde van 1050 ton is gekozen omdat deze grootte een klasse-grens betreft bij de statistische informatie over het scheepsaanbod.

De resultaten zijn weergegeven in tabel 2.5

klasse	R^2	a	b	waarnemingen
alle schepen	0.76	445	-2.80	113
> 1050 ton, geladen	0.79	617	-2.21	31
> 1050 ton, ongeladen	0.99	430	-8.45	20
< 1050 ton, geladen	0.66	251	-3.25	36
< 1050 ton, ongeladen	-	-	-	26

R^2 is een maat voor de 'goodness of fit'. Deze maat is gelijk aan 1 indien het model de waarnemingen volledig voorspelt, en gelijk aan 0 indien er helemaal geen verband bestaat. De maat hangt af van het gebruikte model en het aantal waarnemingen. Zie voor de definitie van R^2 bijlage 4.

Het kleinste aantal waarnemingen van 20 is statistisch nog net verantwoord. De hoge fit kan hiermede door verklaard worden. Voor de laatste klasse zijn te weinig onafhankelijke data om een model te kunnen fitten (veel nullen). Geconcludeerd is dat het zinvol is om onderscheid te maken in de voorgestelde klassen. De constanten voor de geladen schepen zoals gevonden in tabel 2.5 zijn gebruikt voor de schatting van de jaarlijkse erosieflux in hoofdstuk 2.7.
Met de 'loodrechte' regressie methode is voor de klasse geladen schepen groter dan 1050 ton de functie ook bepaald. Zie ter vergelijking de figuren 8 en 9.

Er is onderzocht of de introductie van een constante in de vergelijking

$$Y = a \times (X-c)^b$$

met:

Y: concentratieverhoging
X: kielspeling
a, b en c: constanten

een verbetering van de fit oplevert. Dit blijkt niet het geval.

2.6 Effect van meerpeil op erosie door scheepvaart

De relatie tussen kielspeling en zwevende stof concentratie betekent dat het meerpeil van invloed is op de gevonden zwevende stof concentratie. Zomer- en winterpeil van het Ketelmeer liggen op respectievelijk N.A.P. - 0,20 en - 0,40 m. Een schip met grote diepgang zal in de winter een sterkere erosie veroorzaken dan in de zomer. Dit effect zal overigens deels teniet worden gedaan omdat de schepen bij grotere waterdiepte sneller varen. Daarnaast zou het verschil nog verder teniet gedaan kunnen worden indien schippers bij zomerpeil dieper afladen. Er is geen reden om aan te nemen dat dit gebeurt omdat voor de schepen die het traject Ketelbrug-IJsselmond passeren de beladingsgraad 's zomers in eerste instantie beperkt wordt door de waterdiepte op de IJssel.

2.7 Schatting jaarlijkse erosie flux

De wijze van berekenen

Voor een schatting van de jaarlijkse erosie flux zijn de ongeladen schepen buiten beschouwing gelaten. De verwachting van het aantal scheepsbewegingen per jaar over het Ketelmeer is bekend uit [1], zie tabel 3. Per scheepsklasse is bovendien de (gemiddelde) actuele diepgang van de geladen schepen berekend, zie tabel 4. In combinatie met de waterdiepte wordt voor het zomer- en het winterhalfjaar de gemiddelde bruto kielspeling berekend. Vervolgens is op basis van de relaties tussen bruto kielspeling en zwevende stof concentratie zoals gevonden in hoofdstuk 2.5 een per scheepsklasse karakteristieke concentratie in het zog van de schepen afgeleid.
Door nu de verwachte aantallen scheepsbewegingen van geladen schepen per klasse te vermenigvuldigen met de karakteristieke zwevende stof concentratie en het volume van het scheepsspoor kan een eerste indruk worden gekregen van de hoeveelheid materiaal die per jaar door scheepvaart in suspensie wordt gebracht.

Het volume van het scheepsspoor

Voor het volume van het scheepsspoor geldt de volgende redenering: De bemonstering in het zog vond plaats op 25 m achter het schip, op een diepte van 2 m. Verwacht mag worden dat de slibopwerveling plaats vindt ten gevolge van de drukverhoging op de waterbodem bij de boeg van het schip en door de door het schip opgewekte zeer turbulente grenslaagstroming, zie onder andere [9]. De dikte van deze stroming bedraagt bij het hek van een binnenschip als regel tussen 0,5 en 1,0 m. Verwacht mag worden dat het opgewervelde slib in de zeer turbulente stroming nabij het hek van de schepen goed gemengd zal zijn, over een breedte gelijk aan de scheepsbreedte plus 1 à 2 m. Achter het schip gedraagt het zog zich in principe als een straalstroming, die divergeert. De snelheid en concentratie in het centrum (het hart) van een straal blijft tot op zekere afstand achter de oorsprong constant. Afhankelijk van de soort stroming is dat ter plaatse van het hart van de straal over zeker 3 à 6 x de breedte/diameter vanaf de oorsprong het geval. Bij een scheepsbreedte van 10 m is de gemeten concentratie op 25 m achter het hek dus vrijwel zeker representatief voor de concentratie direct achter het hek, bij kleinere schepen kan ter plaatse van de meting wel sprake zijn van een zekere afname. Een ondergrens van de hoeveelheid opgewerveld materiaal wordt dus gevonden door het produkt te bepalen van de gemeten concentratie, de waterdiepte en de scheepsbreedte. Voor de

breedte van het scheepsspoor wordt dus 1 x de breedte van het schip aangehouden. Dit lijkt ook op basis van luchtfoto's en veldwaarnemingen een redelijke schatting.

De jaarlijkse erosieflux

De berekening van de jaarlijkse erosieflux aan de hand van het aantal scheepspassages per klasse, de karakteristieke concentratie in het zog en volume van het scheepsspoor staat in tabel 5a weergegeven voor traject 1.
Het blijkt dat naar schatting 0,4 miljoen ton zwevende stof per jaar wordt geërodeerd of geresuspendeerd, waarvan 0,14 miljoen ton in het zomerhalfjaar en 0,25 miljoen ton in het winterhalfjaar.
In tabel 5b is de schatting opnieuw gemaakt waarbij voor de concentratieverhoging per scheepsklasse voor de schepen > 1050 ton gebruik werd gemaakt van de functie die met de 'loodrechte' regressie methode is verkregen. De totale jaarlijkse flux ligt in dezelfde ordegrootte: 0,46 miljoen ton waarvan 0,12 in het zomerseizoen en 0,34 in het winterseizoen.

De berekeningen hebben betrekking op raai 1, een traject van 2823 m lengte (bodemdiepteligging N.A.P. -3,7 m). De resuspensie in de rest van de circa 10 km lange vaarweg vanaf de Ketelmond tot de Ketelbrug is niet verwaarloosbaar. Van deze resterende circa 7 km heeft 1,5 à 2 km dezelfde diepte als traject 1, de Ketelmond (circa 2 km) is 0,4 à 0,5 m dieper en de rest (circa 3 km, waaronder traject 2) is ongeveer 1 m dieper. Voor de respuspensie (RC) door de geladen grote schepen geldt de formule RC = 648 * (Kielspeling $^{-2,16}$) respectievelijk RC = 335 * (Kielspeling $^{-3,88}$). Dat betekent dat over 1,5 à 2 km dezelfde resuspensie optreedt als op traject 1, over circa 2 km treedt slechts 25 à 30 % respectievelijk 10 à 15 % van deze resuspensie op en over circa 3 km nog slechts 15 à 20 % respectievelijk minder dan 5 %. De totaal berekende resuspensie komt daarmee bij hantering van beide regressiemethoden uit op circa 0,70 miljoen ton respectievelijk 0,74 miljoen ton.

De totale flux zal dan ook aanzienlijk hoger zijn dan de op basis van een minder adequate regressiemethode eerder in een concept van dit rapport bepaalde 0,4 miljoen ton per jaar. Gezien het voorgaande lijkt ook de eerdere schatting van 0,6 miljoen ton uit de vorige rapportage nog aan de lage kant. Een schatting van bijna driekwart miljoen ton lijkt op dit moment het meest reëel.

De flux per m^2

De schatting van de flux per m^2 per scheepspassage is gelijk aan het produkt van de concentratietoename en de waterdiepte. Bij drie vaarten lag deze flux boven 10 kg/m^2, wat slechts verklaard kan worden bij een zeer grote erosiediepte (gemiddeld over dit traject circa 1 cm). Bij meer dan 20 metingen is gezien de concentratietoename (> 0,6 kg/m^3) en waterdiepte naar verwachting sprake geweest van een erosiediepte van gemiddeld 2 mm. Gezien de aard van het erosieverschijnsel (grenslaag-stroming met grootschalige turbulentie) en het daarbij te verwachten scheepsgedrag, mede in verhouding tot de bodemligging, zal de maximale erosiediepte plaatselijk nog aanzienlijk hoger zijn.

3. Erosie of resuspensie

In het tweede deel van het vervolgonderzoek is aandacht besteed aan de vraag of de scheepvaart het recent bezonken materiaal resuspendeert of dat er sprake is van erosie van oudere, diepere lagen. Deze oudere lagen zijn sterker verontreinigd dan de jongere afzettingen van het IJsselslib. Door de erosie van oude lagen zouden scheepsbewegingen kunnen bijdragen aan een verhoogde belasting van IJsselmeer en Ketelmeer met microverontreinigen.

De meting

In het zog van 9 schepen is bemonsterd. De meting werd voor een belangrijk deel op dezelfde manier uitgevoerd als in onderdeel 1. In dit geval werd het bemonsterde zog geconcentreerd met behulp van een doorstroomcentrifuge. Voor een beschrijving van de meting wordt verwezen naar bijlage 2.
Van het geconcentreerde materiaal zijn de concentraties van verschillende zware metalen bepaald. Zie voor de analyse resultaten bijlage 5.

Resultaten

De Cadmium/Scandium verhouding [2] geeft aan of het slib afkomstig is uit oudere dan wel jonge slibafzettingen. In tabel 6 staan deze verhoudingen vermeld. Het blijkt dat de verhouding een gemiddelde waarde heeft van 2,0 ± 0,2 (n=9).
De gevonden waarde ten gevolge van de opwoeling door scheepvaart is vergeleken met de waarde voor het zwevende slib in het Ketelmeer ter hoogte van meetpunt IJ12 (nabij de Ketelbrug): 1,1 ± 0,3 (n=9). Deze waarde is een goede indicatie voor de kwaliteit van het zwevende slib zoals dat het Ketelmeer verlaat. Tevens is gekeken naar de gemiddelde waarde voor de Cd/Sc verhouding in de bovenste 5 centimeters van het Ketelmeersediment. Deze bedraagt volgens ten Hulscher et al [3] 1,9 ± 0,9 (n=7).

De gemiddelde Cd/Sc verhouding in door scheepvaart opgewerveld slib (2,0) komt overeen met die van de bovenste 5 centimeters van het Ketelmeersediment (1,9). Mits gesteld kan worden dat ook de bovenste laag van het sediment in de vaargeul een Cd/Sc verhouding van circa 2 heeft, kan dus geconcludeerd worden dat het opgewerveld slib afkomstig is uit de bovenste 5 cm van het slib.

De Cd/Sc verhouding in het door scheepvaart opgewerveld slib is significant hoger dan die van het zwevende slib in het Ketelmeer (1,1). Dit zwevende slib is voornamelijk opgewerveld door wind, en is afkomstig uit de bovenste millimeters van het sediment. Dit dunne, waterige toplaagje bestaat grotendeels uit recent bezonken slib, met een veel lagere Cd/Sc verhouding (IJsselslib: Cd/Sc verhouding circa 0,6). Dit geeft aan dat scheepvaart slib van diepere lagen opwoelt dan wind. Dat past ook bij de waarneming dat scheepvaart veel grotere hoeveelheden slib per tijdseenheid opwervelt. Een concentratieverhoging van duizenden mg/l in enkele seconden wordt gemeten, terwijl wind een concentratieverhoging van enkele tientallen mg/l in enkele uren kan veroorzaken [5].
Dit leidt er toe dat de hoeveelheid "schoon" IJsselslib die eventueel door scheepvaart wordt opgewerveld uit het zeer dunne toplaagje verwaarloosbaar klein is in vergelijking met de hoeveelheid dieper gelegen slib. Alleen hierdoor kan al verwacht worden dat door scheepvaart opgewerveld slib dezelfde samenstelling heeft als het gemiddele van de bovenste centimeters van het Ketelmeer sediment. De resultaten bevestigen de conclusie uit paragraaf 2.7 dat herhaaldelijk door schepen een erosie van 1 cm of (soms aanzienlijk) meer wordt veroorzaakt.

Conclusie

Als gevolg van scheepvaart worden tijdelijk dikkere lagen van het sediment geërodeerd dan door wind. Er is daardoor sprake van een continue erosie van oudere bodemlagen met een hogere verontreinigingsgraad.

4. Valsnelheden

4.1 De valsnelheidsverdeling

Om een indruk te krijgen van de afstand die eenmaal opgewoeld slib kan afleggen, is evenals in het vorige onderzoek "Erosie van slib ten gevolge van scheepvaart" bepaald wat de valsnelheidsverdeling van het slib is. Hiertoe is het zog van twee schepen bemonsterd. De in het veld genomen monsters zijn naar het laboratorium vervoerd en daar is de valsnelheidsverdeling bepaald volgens de pipetmethode [4].
In tabel 6 is de verdeling in klassen en de verdeling over de verschillende klassen van de monsters weergegeven. Het blijkt opnieuw dat een groot gewichtspercentage een valsnelheid heeft die groter is dan 1,6 10^{-4} m/s (0,58 m/uur). Gezien de aard van de meting is de valsnelheid van de fractie met de grootste valsnelheid niet exact vast te stellen.
Wat betreft de verblijftijd van de deeltjes in de waterkolom kan het volgende opgemerkt worden. Bij een waterkolom van 3 m heeft minimaal 87 gewichtsprocent van de deeltjes (de zwaarste fractie, fractie 4) een verblijftijd in de waterkolom korter dan 5,2 uur. Een gemiddelde gewogen valsnelheid voor de fracties 3 en 2 is bepaald volgens de methode beschreven in bovengenoemde literatuur. Deze zijn dan respectievelijk 0,094 m/uur en 0,392 m/uur. Na 5,2 uur hebben deeltjes uit fractie 3 gemiddeld 2 m afgelegd. Voor een waterschijf van 3 meter betekent dit dat na 5,2 uur ook 67 % van fractie 3 is verwijderd. Van fractie 2 is na 5,2 uur 16 % verwijderd. Na 5,2 uur is in het totaal dus ongeveer 91 gewichtsprocenten van het slib uit de waterkolom verdwenen.

4.2 Mogelijke horizontale verplaatsing van het slib

Bij een stroomsnelheid in het Ketelmeer van 0,05 m/s en een gemiddelde waterkolom van 3 m zal 87 gewichtsprocent (de zwaarste fractie, fractie 4) van het door scheepvaart opgewervelde slib zich over een afstand van 936 m of minder verplaatsen. De één na zwaarste fractie (fractie 3) zal zich gemiddeld 1,4 km verplaatsen. Fractie 2 gemiddeld bijna 6 km en de lichtste fractie (fractie 1) gemiddeld meer dan 6 km. Deze twee lichtste fracties maken 7 à 8 gewichtsprocenten van het opgewervelde slib uit.

5. Discussie

Uit het vervolgonderzoek naar de erosie en resuspensie van slib door scheepvaart blijkt dat de kielspeling een bepalende factor is voor de slibconcentratie in het schroefwater van vrachtschepen. Verder blijkt opnieuw dat de flux per m^2 erg groot kan zijn.
Lokaal zal scheepvaart dan ook zeker van invloed zijn op het gedrag van slib in het Ketelmeer. Uit deze metingen is naar voren gekomen dat vooral in de ondiepe gebieden, zoals traject 1, veel erosie plaatsvindt. In de diepere meerdelen, zoals traject 2, is dat in veel mindere mate het geval. De flux van zwevend materiaal wordt voor traject 1 geschat op 0,4 miljoen ton per jaar. De flux voor het hele Ketelmeer zal naar verwachting bijna 0,75 miljoen ton per jaar zijn. De schatting uit het eerdere onderzoek van 0,6 miljoen ton lijkt dus aan de lage kant.

Uit het onderzoek naar de verontreiniging van het slib blijkt dat de verhouding tussen de elementen Cadmium en Scandium in het zwevende materiaal na opwoeling door scheepvaart, hoger is dan de achtergrondsconcentratie van het zwevende slib in het Ketelmeer. Dit kan worden verklaard door aan te nemen dat de scheepsbewegingen oudere slibafzettingen eroderen dan bijvoorbeeld windgolven. Dat dit het geval is blijkt ook uit de erosiediepte die volgt uit de concentratieverhoging van gesuspendeerd materiaal, zoals tijdens een aantal scheepspassages werd gemeten. Resuspensie van recent bezonken materiaal speelt in mindere mate een rol.

Uit experimenten waarin de valsnelheidsverdeling is bepaald bleek dat na ruim 5 uur, 91 gewichtsprocenten van het geërodeerde materiaal weer bezonken is. Bij een stroomsnelheid van 0,05 m/s en een waterkolom van gemiddeld 3 meter, zal 87 gewichtsprocent van het slib binnen maximaal een kilometer weer bezonken zijn. Voor de 2 lichtste fracties, ongeveer 8 gewichtsprocenten, is de mogelijke verplaatsing gemiddeld 6 of meer km. De invloed van het geërodeerde materiaal blijft daarmee niet beperkt tot het vaartraject zelf.

Literatuur

1 B. Kappe, P. van Koningsbruggen en L. Voogt (Projectgroep Integraal Waterbeheer Ketelmeer). Erosie van slib ten gevolge van scheepvaart. Lelystad, Rijkswaterstaat directie Flevoland, juni 1989.

2 J.E.M. Beurskens, T.E.M. ten Hulscher en L.E. van der Velde (Projectgroep Integraal Waterbeheer Ketelmeer). Verspreiding van microverontreinigingen in IJssel, Ketelmeer en IJsselmeer. Lelystad, Rijkswaterstaat Dienst Binnenwateren/RIZA, december 1988.

3 Th.E.M. ten Hulscher, G.A.J. Mol and F. Lüers. "Release of micropollutants from polluted sediments in a shallow lake: Quantifying resuspension". Artikel in "Hydrobiologia" september 1992.

4 E.H.S. van Duin en A.M.T. Kuipers. Fractiegrootteverdeling van en exstinctie door zwevende stof in water in het Markermeer in 1988. Lelystad, Rijkswaterstaat directie Flevoland, Intern rapport 1989-27 liw, 1989.

5 C. Toet en G. Blom (Projectgroep Integraal Waterbeheer Ketelmeer). Slibtransportmodel voor het Ketelmeer. Lelystad, Rijkswaterstaat directie Flevoland, juni 1992.

6 E.J. van de Kaa. Onderzoek naar waterbeweging in vaarwegen, kwantificering van hydraulische randvoorwaarden. Kunststoffen en Oeverbescherming, Culemborg, Educaboek 1975.

7 P.I.A.N.C. Underkeel clearance for large ships in maritime fairways with hard bottom. Brussels, Report of a working group of the PIANC, T.C. II, 1985.

8 M. Kok. Statistische analyse slibopwerveling ten gevolge van scheepvaart in het Ketelmeer. Waterloopkundig Laboratorium, de Voorst, 1992.

9 E.J. van de Kaa. Power and speed of push-tows in canals. Delft, DHL publ. 216, august 1979.

Tabel 1 Gegevens en resultaten schepenjacht I en II

Toelichting op de afkortingen:

datum	datum monstername
naam	scheepsnaam
lengte	lengte schip (m)
breedte	breedte schip (m)
maxlv	maximaal laadvermogen (ton)
actlv	actueel laadvermogen (ton)
maxd	maximale diepgang (m)
actd	actuele diepgang (m)
waterst	waterstand beneden N.A.P. (m)
kiel 1	kielspeling in raai 1 : (3,7 -waterst) - actd
kiel 2	kielspeling in raai 2 : (4,6 -waterst) - actd
bc1	beginconcentratie raai 1 (g/m^3)
ec1	eindconcentratie raai 1 (g/m^3)
ac1	achtergrondconcentratie raai 1 (gemiddelde bc1 en ec1) (g/m^3)
c1	concentratie raai 1 t.g.v. de scheepspassage
rc1	concentratieverhoging in raai 1 : rc1 = c1 - ac1 (g/m^3)
0,00	niet bepaald

	DATUM	NAAM	LENGTE	BREEDTE	MAXLV	ACTLV	MAXD	ACTD	WATERST	KIEL1	KIEL2
Resultaten meetinstruktie I											
1	890920	marianne	34,00	6,20	328,00	222,00	2,10	1,90	0,225	1,575	2,475
2	890920	dintelstroom	54,00	6,67	500,00	486,00	2,50	2,40	0,225	0,975	1,875
3	890920	ostfriesland	70,00	7,50	1558,00	1450,00	3,00	2,75	0,225	0,725	1,625
4	890921	anna justina	80,00	9,50	950,00	950,00	2,25	2,25	0,225	1,225	2,125
5	890921	gelderland	67,00	8,60	990,00	0,00	2,80	1,60	0,225	1,875	2,775
6	890921	everdina	73,00	8,20	1100,00	0,00	2,69	0,80	0,225	2,675	3,575
7	890921	adios	38,00	6,30	345,00	345,00	2,17	2,17	0,225	1,305	2,205
8	890921	eage	50,00	6,60	508,00	0,00	2,30	0,78	0,225	2,695	3,595
9	890921	amor	49,50	6,00	464,00	0,00	2,48	1,00	0,225	2,475	3,375
10	890921	gerrie d	55,00	6,63	600,00	494,00	2,62	2,30	0,225	1,175	2,075
11	890922	kraggenburg	62,00	7,20	700,00	0,00	2,53	1,20	0,200	2,3	3,2
12	890922	inconstant	67,00	8,20	853,00	853,00	2,55	2,55	0,200	0,95	1,85
13	890925	brakzand	67,00	8,20	858,00	0,00	2,50	1,80	0,230	1,67	2,57
14	890925	vagant	39,00	5,05	331,00	0,00	2,42	1,00	0,230	2,47	3,37
15	890925	steile bank	34,15	5,60	33,00	33,00	1,30	1,30	0,230	2,17	3,07
16	890925	lambertha	67,00	8,20	999,00	0,00	2,70	0,70	0,230	2,77	3,67
17	890925	par force	80,00	8,20	1213,00	770,00	2,72	2,03	0,230	1,44	2,34
18	890926	karslruhe	85,00	9,50	1572,00	0,00	2,90	1,30	0,225	2,175	3,075
19	890926	corrita	64,00	8,04	800,00	0,00	2,35	1,20	0,225	2,275	3,175
20	890926	koophandel	70,00	8,80	1196,00	1073,00	3,18	2,85	0,225	0,555	1,455
21	890926	deo gratias	80,00	9,00	1350,00	1350,00	2,72	2,72	0,225	0,755	1,655
22	890927	amor	49,50	6,00	464,00	440,00	2,48	2,40	0,250	1,05	1,95
23	890927	ancora	67,00	8,20	841,00	841,00	2,31	2,27	0,250	1,18	2,08
24	890927	kojac	60,00	6,70	669,00	580,00	2,50	2,30	0,250	1,15	2,05
25	890927	beveland	53,50	7,38	580,00	580,00	2,47	2,40	0,250	1,05	1,95
26	890927	peter	85,00	9,50	1720,00	1400,00	3,32	2,75	0,250	0,7	1,6
27	890927	rhein	80,00	9,00	1200,00	1200,00	2,50	2,50	0,250	0,95	1,85
28	890928	irene	67,00	8,20	1000,00	0,00	2,66	1,00	0,250	2,45	3,35
29	890928	liberte	67,00	8,20	900,00	0,00	2,52	0,80	0,250	2,65	3,55
30	890928	erny	70,00	9,50	1559,00	0,00	3,04	0,54	0,250	2,91	3,81
31	890928	christian	100,00	9,50	1990,00	0,00	2,95	1,00	0,250	2,45	3,35
32	890928	beveland	53,50	7,38	580,00	580,00	2,47	2,40	0,250	1,05	1,95
33	890928	laxans	80,00	8,25	1124,00	0,00	2,61	1,30	0,250	2,15	3,05
34	891003	emeli	55,00	7,28	682,00	0,00	2,62	1,10	0,360	2,24	3,14
35	891003	maik	85,00	9,00	1242,00	0,00	2,51	1,20	0,360	2,14	3,04
36	891003	lena	85,00	8,22	1260,00	1214,00	2,60	2,50	0,360	0,84	1,74
37	891004	pealko	80,00	9,50	1394,00	0,00	2,75	1,20	0,410	2,09	2,99
38	891004	johanza	61,00	7,30	632,00	540,00	2,30	2,10	0,410	1,19	2,09
39	891009	gelderland	67,80	8,60	990,00	965,00	2,80	2,63	0,320	0,75	1,65
40	891010	quo vades	67,00	8,20	900,00	627,00	2,51	1,95	0,320	1,43	2,33
41	891010	speranza	80,00	8,60	1343,00	1200,00	3,00	2,70	0,320	0,68	1,58
42	891010	libretaras	85,00	8,15	1231,00	0,00	2,81	1,30	0,320	2,08	2,98
43	891010	korana	80,00	9,50	1310,00	1047,00	2,65	2,32	0,320	1,06	1,96
44	891101	alliance	80,00	8,07	1337,00	1100,00	3,15	2,70	0,390	0,61	1,51
45	891101	stella maris	64,00	8,00	811,00	811,00	2,36	2,36	0,390	0,95	1,85
46	891109	noordster	72,00	8,90	1018,00	1000,00	2,69	2,65	0,330	0,72	1,62
47	891109	geertje	70,00	9,00	1000,00	1000,00	2,40	2,42	0,330	0,95	1,85
48	891208	albatros	70,00	8,57	1277,00	850,00	3,30	2,40	0,365	0,935	1,835
49	900116	an ge	67,00	8,20	905,00	880,00	2,53	2,50	0,280	0,92	1,82
50	900129	christina	67,00	8,25	1017,00	900,00	2,98	2,75	0,255	0,695	1,595
51	900129	ostfriesland	70,00	7,50	1558,00	1550,00	2,75	2,75	0,255	0,695	1,595
52	900130	spes salutis	90,00	9,50	1826,00	1540,00	3,14	2,75	0,305	0,645	1,545
Resultaten meetinstruktie II											
53	900206	elizabeth	80,00	7,55	1208,00	1075,00	3,01	2,75	0,305	0,645	1,545
54	900206	pandora	85,00	9,50	1705,00	1285,00	3,20	2,80	0,305	0,595	1,495
55	900321	donge stroom	90,00	11,40	2100,00	1840,00	3,10	2,86	0,245	0,595	1,495
56	900321	rapide	70,00	8,24	1145,00	1000,00	3,10	2,80	0,245	0,655	1,555
57	900322	ruhrtank 12	90,00	9,00	1551,00	1511,00	2,74	2,70	0,170	0,83	1,73
58	900322	nomadisch	100,00	10,56	2307,00	1880,00	3,18	2,75	0,170	0,78	1,68
59	900322	ostfriesland	70,00	7,50	1558,00	1450,00	3,00	2,75	0,170	0,78	1,68
60	900409	connie D	96,00	9,00	1500,00	1500,00	3,00	3,00	0,225	0,475	1,375
61	900410	wardy	80,00	8,00	1168,00	1168,00	2,80	2,80	0,225	0,675	1,575

BC1	EC1	AC1	BC2	EC2	AC2	C1	C2	RC1	RC2
19,00	19,00	19,00	21,00	16,00	18,50	9,80	12,00	-9,20	-6,50
19,00	19,00	19,00	21,00	16,00	18,50	21,00	13,00	2,00	-5,50
19,00	19,00	19,00	21,00	16,00	18,50	360,00	80,00	341,00	61,50
18,00	6,00	12,00	13,00	7,00	10,00	27,00	6,70	15,00	-3,30
18,00	6,00	12,00	13,00	7,00	10,00	16,00	9,80	4,00	-0,20
18,00	6,00	12,00	13,00	7,00	10,00	0,50	14,00	-11,50	4,00
18,00	6,00	12,00	13,00	7,00	10,00	13,00	4,90	1,00	-5,10
18,00	6,00	12,00	13,00	7,00	10,00	23,00	2,80	11,00	-7,20
18,00	6,00	12,00	13,00	7,00	10,00	12,00	8,10	0,00	-1,90
18,00	6,00	12,00	13,00	7,00	10,00	20,00	13,00	8,00	3,00
14,00	5,80	9,90	11,00	9,70	10,35	9,30	10,00	-0,60	-0,35
14,00	5,80	9,90	11,00	9,70	10,35	770,00	17,00	760,10	6,65
1,40	9,10	5,25	11,00	11,00	11,00	12,00	0,50	6,75	-10,50
1,40	9,10	5,25	11,00	11,00	11,00	11,00	10,00	5,75	-1,00
1,40	9,10	5,25	11,00	11,00	11,00	12,00	0,50	6,75	-10,50
1,40	9,10	5,25	11,00	11,00	11,00	5,90	2,90	0,65	-8,10
1,40	9,10	5,25	11,00	11,00	11,00	16,00	8,20	10,75	-2,80
19,00	18,00	18,50	8,50	15,00	11,75	18,00	10,00	-0,50	-1,75
19,00	18,00	18,50	8,50	15,00	11,75	13,00	11,00	-5,50	-0,75
19,00	18,00	18,50	8,50	15,00	11,75	3300,00	140,00	3281,50	128,25
19,00	18,00	18,50	8,50	15,00	11,75	1900,00	17,00	1881,50	5,25
21,00	35,00	28,00	45,00	10,00	27,50	9,00	0,50	-19,00	-27,00
21,00	35,00	28,00	45,00	10,00	27,50	120,00	31,00	92,00	3,50
21,00	35,00	28,00	45,00	10,00	27,50	42,00	19,00	14,00	-8,50
21,00	35,00	28,00	45,00	10,00	27,50	39,00	39,00	11,00	11,50
21,00	35,00	28,00	45,00	10,00	27,50	1200,00	210,00	1172,00	182,50
21,00	35,00	28,00	45,00	10,00	27,50	470,00	23,00	442,00	-4,50
14,00	3,00	8,50	0,50	3,00	1,75	-1,00	-1,00	-9,50	-2,75
14,00	3,00	8,50	0,50	3,00	1,75	20,00	17,00	11,50	15,25
14,00	3,00	8,50	0,50	3,00	1,75	21,00	12,00	12,50	10,25
14,00	3,00	8,50	0,50	3,00	1,75	32,00	14,00	23,50	12,25
14,00	3,00	8,50	0,50	3,00	1,75	14,00	12,00	5,50	10,25
14,00	3,00	8,50	0,50	3,00	1,75	2,00	7,00	-6,50	5,25
8,90	13,00	10,95	7,60	6,70	7,15	14,00	14,00	3,05	6,85
8,90	13,00	10,95	7,60	6,70	7,15	8,80	11,00	-2,15	3,85
8,90	13,00	10,95	7,60	6,70	7,15	520,00	14,00	509,05	6,85
27,00	12,00	19,50	24,00	18,00	21,00	26,00	20,00	6,50	-1,00
27,00	12,00	19,50	24,00	18,00	21,00	330,00	33,00	310,50	12,00
21,00	11,00	16,00	14,00	15,00	14,50	1000,00	18,00	984,00	3,50
17,00	32,00	24,50	16,00	24,00	20,00	200,00	39,00	175,50	19,00
17,00	32,00	24,50	16,00	24,00	20,00	1400,00	58,00	1375,50	38,00
17,00	32,00	24,50	16,00	24,00	20,00	27,00	13,00	2,50	-7,00
17,00	32,00	24,50	16,00	24,00	20,00	450,00	16,00	425,50	-4,00
26,00	19,00	22,50	15,00	18,00	16,50	700,00	37,00	677,50	20,50
26,00	19,00	22,50	15,00	18,00	16,50	920,00	50,00	897,50	33,50
16,00	28,00	22,00	8,80	18,00	13,40	580,00	17,00	558,00	3,60
16,00	28,00	22,00	8,80	18,00	13,40	660,00	22,00	638,00	8,60
7,60	12,00	9,80	5,70	3,20	4,45	770,00	46,00	760,20	41,55
41,00	35,00	38,00	26,00	24,00	25,00	190,00	26,00	152,00	1,00
30,00	27,00	28,50	53,00	45,00	49,00	640,00	52,00	611,50	3,00
30,00	27,00	28,50	53,00	45,00	49,00	3300,00	560,00	3271,50	511,00
26,00	29,00	27,50	23,00	47,00	35,00	98,00	97,00	70,50	62,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1663,50	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1783,50	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2466,50	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1916,50	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1822,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1422,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2272,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3231,50	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	406,50	0,00

Tabel 2 Vaarsnelheid in relatie tot vaarrichting

			raai 1				raai 2				tussen raai 1 & 2	
naam schip	maxlv ton	bel. graad	begin	eind	tijd min	V1 m/s	begin	eind	tijd min	V2 m/s	tijd min	V3 m/s
WESTGAANDE												
spes-salutis	1830	gel	15:10	15:23	13	3,6	15:31	15:38	7	4,2	8	3,6
peter	1720	gel	14:44	14:58	14	3,4	15:05	15:12	7	4,2	7	4,2
ostfriesland	1550	gel	12:44	12:58	14	3,4	13:06	13:14	7	4,2	9	3,2
ostfriesland	1500	gel	17:16	17:27	11	4,3	17:33	17:40	7	4,2	6	4,9
deo gratias	1350	gel	16:06	16:19	12	3,9	16:27	16:33	6	4,9	8	3,6
speranza	1340	gel	15:10	15:23	13	3,6	15:30	15:38	8	3,6	7	4,2
koreana	1310	gel	16:36	16:46	10	4,7	16:54	17:01	7	4,2	8	3,6
lena	1260	gel	16:57	17:11	14	3,4	17:19	17:28	9	3,2	8	3,6
koophandel	1200	gel	14:36	14:50	14	3,4	14:58	15:07	9	3,2	8	3,6
rhein	1200	gel	17:40	17:53	13	3,6	18:01	18:09	8	3,6	8	3,6
noordster	1018	gel	12:20	12:34	14	3,4	12:42	12:51	9	3,2	8	3,6
christina	1017	gel	09:45	10:03	18	2,6	10:09	10:16	7	4,2	6	4,9
geertje	1000	gel	14:40	14:51	11	4,3	15:00	15:07	7	4,2	9	3,2
gelderland	990	gel	15:55	16:08	13	3,6	16:15	16:22	7	4,2	7	4,2
anna justina	950	gel	09:25	09:36	11	4,3	09:43	09:50	7	4,2	7	4,2
an-ge	905	gel	13:58	14:12	14	3,4	14:22	14:30	8	3,6	10	2,9
inconstant	850	gel	12:12	12:21	10	4,7	12:30	12:38	8	3,6	8	3,6
johanna	630	gel	15:21	15:33	12	3,9	15:39	15:46	7	4,2	6	4,9
beveland	580	gel	13:01	13:19	18	2,6	13:21	13:29	8	3,6		
amor	500	gel	07:54	08:07	13	3,6	08:15	08:24	9	3,2	8	3,6
marianne	320	gel	13:55	14:04	9	5,2	14:10	14:17	7	4,2	6	4,9
adios	320	gel	13:00	13:10	10	4,7	13:17	13:23	6	4,9	7	4,2
albatros	1280	hgel	09:13	09:21	8	5,9	09:33	09:40	7	4,2	12	2,4
par force	1213	hgel	16:20	16:30	10	4,7	16:35	16:44	9	3,2	5	5,8
quo vadis	900	hgel	13:42	13:54	12	3,9	14:02	14:08	6	4,9	8	3,6
erny	1600	leeg	11:58	12:09	11	4,3	12:16	12:23	7	4,2	7	4,2
pealko	1400	leeg	13:37	13:49	12	3,9	13:55	14:03	8	3,6	6	4,9
laxans	1120	leeg	16:02	16:12	10	4,7	16:19	16:26	7	4,2	7	4,2
everdina	1100	leeg	12:20	12:28	8	5,9	12:35	12:43	8	3,6	7	4,2
liberte	900	leeg	10:55	11:06	11	4,3	11:13	11:21	8	3,6	7	4,2
kraggenburg	700	leeg	10:40	10:50	10	4,7	10:57	11:08	11	2,6	7	4,2
emeli	680	leeg	13:27	13:38	11	4,3	13:45	13:51	6	4,9	7	4,2
amor	500	leeg	15:30	15:39	9	5,2	15:45	15:53	8	3,6	6	4,9
esge	500	leeg	14:10	14:21	11	4,3	14:29	14:36	8	3,6	8	3,6
gemiddeld					11,9	4,1			7,6	3,9	7,5	4
OOSTGAANDE												
koophandel	1195	gel	14:15	14:28	13	3,6	14:01	14:09	8	3,6	6	4,9
ancora	840	gel	10:06	10:18	12	3,9	09:45	09:56	11	2,6	10	2,9
kojac	670	gel	12:12	12:27	15	3,1	11:53	12:02	9	3,2	10	2,9
beveland	580	gel	15:43	15:53	10	4,7	15:28	15:36	8	3,6	7	4,2
dintelstroom	500	gel	16:37	16:46	9	5,2	16:51	16:58	7	4,2	5	5,8
christian	1990	leeg	12:57	13:08	11	4,3	12:41	12:49	8	3,6	8	3,6
karlsruhe	1570	leeg	10:50	11:00	10	4,7	11:10	11:18	8	3,6	10	2,9
maik	1240	leeg	15:47	15:59	12	3,9	15:34	15:41	7	4,2	6	4,9
libretaras	1230	leeg	16:06	16:17	11	4,3	15:51	16:00	9	3,2	6	4,9
irene	1000	leeg	09:46	09:57	11	4,3	09:32	09:40	8	3,6	6	4,9
gelderland	990	leeg	11:10	11:21	11	4,3	11:29	11:38	9	3,2	8	3,6
brakzand	860	leeg	15:44	15:53	9	5,2	15:30	15:38	8	3,6	6	4,9
corita	800	leeg	12:58	13:06	8	5,9	12:40	12:50	10	2,9	8	3,6
gemiddeld					10,9	4,4			8,5	3,5	7,4	4,1

Tabel 3 Aantal passerende geladen schepen, per laadvermogenklasse, per jaar

scheepsklasse	1	2	3	4	5	6	7	8
laadvermogen (ton)	0-249	250-449	450-649	650-849	850-1049	1050-1249	1250-1799	>1800
aantal schepen	130	860	1460	1130	1140	1080	810	160

Tabel 4 Actuele diepgang geladen vrachtshepen (m), meetinstructies 1 en 2, onderverdeeld naar laadvermogen

laadvermogen (ton)	0-249	250-449	450-649	650-849	850-1049	1050-1249	1250-1799	>1800
diepgang \								
	1,30	2,17	2,15	2,27	2,25	2,85	2,75	2,75
			1,62	2,3	2,63	2,75	2,72	2,86
			2,40	2,36	1,95	2,80	2,75	2,75
			2,40		2,65	2,80	2,50	
			2,10		2,42	2,50	2,70	
			2,30		2,75		2,32	
			2,40		2,55		2,7o	
					2,50		2,75	
							2,80	
							2,70	
							2,75	
							3,00	
gem. diepg.	1,30	2,17	2,24	2,31	2,46	2,74	2,70	2,79
std. afw.	nvt	nvt	0,30	0,05	0,26	0,14	0,16	0,06

Tabel 5A Berekening totaal jaarlijks door scheepsbewegingen geërodeerde hoeveelheid sediment op traject 1

De totaal per schip geërodeerde hoeveelheid sediment wordt berekend met de relaties:
Conc. verhoging (RC) = 648 *(KIELspeling $^{-2,16}$) voor geladen schepen > 1050 ton en
RC = 251 *(KIELspeling $^{-3,25}$) voor geladen schepen < 1050 ton.

flux zomerseizoen

scheeps-klasse	diep-gang m	water-diepte m	kiel-speling m	conc. g/m3	breedte spoor 1) m	lengte spoor m	volume spoor m3	gesusp. per sch. ton
8	2,79	3,5	0,71	1315	11,4	2823	112638	148
7	2,70	3,5	0,80	1010	9,5	2823	93865	95
6	2,74	3,5	0,76	1132	8,2	2823	81020	92
5	2,46	3,5	1,04	221	8,2	2823	81020	18
4	2,31	3,5	1,19	143	7,2	2823	71140	10
3	2,24	3,5	1,26	118	6,6	2823	65211	8
2	2,17	3,5	1,33	99	5,1	2823	50391	5
1	1,30	3,5	2,20	19	5,0	2823	49403	1

scheeps-klasse	aantal schepen per jaar	aantal per zomer	gesusp. per sch. ton	totaal gesusp. ton	flux kg/m2 per zomer
8	319	160	148	23629	734
7	810	405	95	38407	1432
6	1080	540	92	49508	2139
5	1140	570	18	10204	441
4	1130	565	10	5732	282
3	1460	730	8	5638	303
2	860	430	5	2153	150
1	130	65	1	62	4
totaal	6929	3465		135333	5484

flux winterseizoen

scheeps-klasse	diep-gang m	water-diepte m	kiel-speling m	conc. g/m3	breedte spoor 1) m	lengte spoor m	volume spoor m3	gesusp. per sch. ton
8	2,79	3,3	0,51	2732	11,4	2823	106201	290
7	2,70	3,3	0,60	1908	9,5	2823	88501	169
6	2,74	3,3	0,56	2222	8,2	2823	76390	170
5	2,46	3,3	0,84	442	8,2	2823	76390	34
4	2,31	3,3	0,99	259	7,2	2823	67074	17
3	2,24	3,3	1,06	208	6,6	2823	61485	13
2	2,17	3,3	1,13	169	5,1	2823	47511	8
1	1,30	3,3	2,00	26	5,0	2823	46580	1

scheeps-klasse	aantal schepen per jaar	aantal per winter	gesusp. per sch. ton	totaal gesusp. ton	flux kg/m2 per winter
8	319	160	290	46286	1438
7	810	405	169	68387	2550
6	1080	540	170	91669	3960
5	1140	570	34	19261	832
4	1130	565	17	9828	484
3	1460	730	13	9322	500
2	860	430	8	3447	239
1	130	65	1	80	6
totaal	6929	3465		248280	10009

totaal zomer en winter: **383613** **15494**

Tabel 5B Berekening totaal jaarlijks door scheepsbewegingen geërodeerde hoeveelheid sediment op traject 1

De totaal per schip geërodeerde hoeveelheid sediment wordt berekend met de relaties:
Conc. verhoging (RC) = 335 *(KIELspeling $^{-3,88}$) voor geladen schepen > 1050 ton en
RC = 251 *(KIELspeling $^{-3,25}$) voor geladen schepen < 1050 ton.

flux zomerseizoen

scheeps-klasse	diep-gang m	water-diepte m	kiel-speling m	conc. g/m3	breedte spoor 1) m	lengte spoor m	volume spoor m3	gesusp. per sch. ton
8	2,79	3,5	0,71	1265	11,4	2823	112638	143
7	2,70	3,5	0,80	796	9,5	2823	93865	75
6	2,74	3,5	0,76	972	8,2	2823	81020	79
5	2,46	3,5	1,04	221	8,2	2823	81020	18
4	2,31	3,5	1,19	143	7,2	2823	71140	10
3	2,24	3,5	1,26	118	6,6	2823	65211	8
2	2,17	3,5	1,33	99	5,1	2823	50391	5
1	1,30	3,5	2,20	19	5,0	2823	49403	1

scheeps-klasse	aantal schepen per jaar	aantal per zomer	gesusp. per sch. ton	totaal gesusp. ton	flux kg/m2 per zomer
8	319	160	143	22730	706
7	810	405	75	30270	1129
6	1080	540	79	42508	1836
5	1140	570	18	10204	441
4	1130	565	10	5732	282
3	1460	730	8	5638	303
2	860	430	5	2153	150
1	130	65	1	62	4
totaal	6929	3465		119298	4851

flux winterseizoen

scheeps-klasse	diep-gang m	water-diepte m	kiel-speling m	conc. g/m3	breedte spoor 1) m	lengte spoor m	volume spoor m3	gesusp. per sch. ton
8	2,79	3,3	0,51	4567	11,4	2823	106201	485
7	2,70	3,3	0,60	2431	9,5	2823	88501	215
6	2,74	3,3	0,56	3177	8,2	2823	76390	243
5	2,46	3,3	0,84	442	8,2	2823	76390	34
4	2,31	3,3	0,99	259	7,2	2823	67074	17
3	2,24	3,3	1,06	208	6,6	2823	61485	13
2	2,17	3,3	1,13	169	5,1	2823	47511	8
1	1,30	3,3	2,00	26	5,0	2823	46580	1

scheeps-klasse	aantal schepen per jaar	aantal per winter	gesusp. per sch. ton	totaal gesusp. ton	flux kg/m2 per winter
8	319	160	485	77368	2404
7	810	405	215	87141	3249
6	1080	540	243	131071	5662
5	1140	570	34	19261	832
4	1130	565	17	9828	484
3	1460	730	13	9322	500
2	860	430	8	3447	239
1	130	65	1	80	6
totaal	6929	3465		337518	13377

totaal zomer en winter:	456816	18227

Tabel 6 Cadmiun/Scandium verhouding van door schepen geërodeerd slib

Schepen	Cd	Sc	Cd/Sc
pandora	6	3	2.00
eliabeth	6	3	2.00
donge stroom	7.3	3.4	2.15
rapide	7.5	3.3	2.27
nomadisch	6.4	3.3	1.94
ruhrtank 12	6.6	3.2	2.06
ostfriesland	5.8	3.4	1.71
connie D	8	4	2.00
wardy	4.9	3	1.63
gemiddeld	6.50	3.29	1.97

Tabel 7 Fractieverdeling van droge stof naar valsnelheid

vrachtschip Connie D. beginconcentratie 1263 mg/1

t uur	Ws =< m/s	ds mg/1	%
12:29 AM	1.61E-04	145	11.5
01:48 AM	4.01E-05	83.2	6.6
06:04 AM	1.10E-05	44.9	3.6

fractie	Ws (m/s)	%
1	W =< 1.1 E-5	3.6
2	1.1 E-5 =< W =< 4.0 E-5	3.0
3	4.0 E-5 =< W =< 1.6 E-4	4.9
4	1.6 E-4 =< W	88.5
Totaal		100.0

vrachtschip Denzo. beginconcentratie 1847 mg/1

t uur	Ws =< m/s	ds mg/1	%
12:29 AM	1.61E-04	253	13.5
01:48 AM	4.01E-05	153	8.2
06.04 AM	1.10E-05	102	5.4

fractie	Ws (m/s)	%
1	W =< 1.1 E-5	5.4
2	1.1 E-5 =< W =< 4.0 E-5	2.8
3	4.0 E-5 =< W =< 1.6 E-4	5.4
4	1.6 E-4 =< W	86.3
Totaal		99.9

* Ws = Valsnelheid
* ds = Totaal-drooggewicht

Bijlage 1 Meetinstruktie 1 "schepenjacht"

1. Doel

Doel van de proef is het vaststellen van de invloed van waterdiepte op resuspensie en erosie van Ketelmeer-sediment door vrachtschepen

2. Meetlokatie

De meetlokaties zijn de trajecten 1 en 2 in het Ketelmeer (zie kaart 1). De trajecten liggen in elkaars verlengde.
Het ondiepe traject 1 ligt tussen de coordinaten (178.600X, 511.400Y) en (176.000X, 512.500Y).
Het diepe traject 2 ligt met een rechte lijn in het verlengde hiervan tussen de punten (174.400X, 513.200Y) en (172.800X, 513.900Y). Het ondiepe traject heeft een lengte van 2830 m, het diepe van 1770 m. De gemiddelde diepte in het ondiepe traject is N.A.P. -3,7 m met een standaard afwijking van 0,10 m (n=27) In het diepe traject is de gemiddelde diepte N.A.P. -4.6 m met een standaard afwijking van 0,36 m (n=17).
Het begin en eindpunt van de trajecten worden voorzien van een boei die zichtbaar is voor de scheepvaart. Van de 2 trajecten zullen echogrammen gemaakt worden.

3. Meetprocedure

3.1 Taakverdeling

DFL: De meting wordt uitgevoerd door de afdeling metingen van de directie Flevoland. Deze afdeling zorgt voor het meetvaartuig met plaatsbepalingsapparatuur, marifoon.
DBW: De dienst Binnewateren assisteert in de verwerking van gegevens.
TAUW: Het laboratorium van TAUW analyseert de monsters op droge stof concentraties.

3.2 Randvoorwaarde

De meting wordt uitgevoerd bij rustig weer (windkracht 3, 3,4 - 5,4 m/s).

3.3 Methode

3.3.1 Meetprocedure

De meting vindt plaats vanaf het eerder genoemde meetvaartuig.

1. Vaststellen begin concentratie. Aan het begin van de meetdag worden de trajecten 1 en 2 bemonsterd, om zo een begin concentratie vast te stellen (zie voor monstermame 3.3.1).
2. Wachten op melding. Na deze actie is het wachten op melding van vrachtschip. Via de marifoon (kanaal 39) wordt kontakt onderhouden met de Houtribsluizen en de brug bij Kampen. Vanuit de Houtribsluizen wordt telefonisch kontakt onderhouden met de Prinses Margrietsluizen te Lemmer.
3. Selectie van vrachtschip. Van alle scheepsklassen worden tenminste 4 schepen bemonsterd: 2 beladen en 2 onbelade vrachtschepen. Afhankelijk van de reeds bemonsterde schepen wordt beoordeeld of het schip aan de meting deel kan nemen. Zie voor de te bemonsteren schepen bijlage 1.
3. Innemen positie. Wanneer een vrachtschip wordt gemeld uit de richting Ketelbrug wordt er positie ingenomen bij de Ketelbrug. Wanneer een vrachtschip vanuit Kampen nadert wordt er positie ingenomen voor de boei aan het begin van traject 1 (einde betonning vaargeul).
4. Kontakt met schipper. Per marifoon wordt de schipper van het vrachtschip op de hoogte gesteld van de meting. De schipper wordt verzocht medewerking te verlenen aan de meting. Indien de schipper medewerking verleent wordt hem verzocht tijdens doorvaart van het Ketelmeer zoveel mogelijk een konstant motorvermogen te gebruiken. Verder wordt de schipper verzocht het traject zoals gemarkeerd door de 4 boeien aan te houden. Evt. koers opgeven. Evt. foto nemen.

5. Invullen meetformulier. Aan de hand van het meetformulier HAS 218 worden gegevens over het schip opgevraagd en genoteerd.
6. Positie innemen achter schip. Voor de passage van de boeien moet de positie achter het vrachtschip ingenomen zijn. Afhankelijk van wat acceptabel wordt geacht kan de afstand tot het schip op 25 m worden gehouden. (afwijkende schip-schip afstand noteren).
7. Monstername. Bij de passage van de begin boei van het traject start de monstername (zie 3.3.2)
8. Monstername. Bij de passage van de begin boei van het volgende traject start de tweede monstername.
9. Na de tweede monstername wordt de schipper van het vrachtschip bedankt voor de medewerking. De procedure kan opnieuw gestart worden zoals beschreven onder 2.

3.3.2. Bemonstering

Monsterdiepte: 2m.
Vaarsnelheid: 12 km/h of de vaarsnelheid van het te volgen schip.
Monstername apparatuur: meetvis met adapter voor deelstroom.
Alleen voor eerste meting: Vooraf wordt het kraantje van de adapter, die is opgenomen in de leiding van de meetvis, ingesteld op een debiet van ca. 0,3 l/min (5 ml/s). Dit gebeurd met een maatcylinder (1 l) en stopwatch.
Bij de passage van de begin- en eind-boei van de trajecten wordt de tijd genoteerd (uren en minuten). Met de stopwatch wordt de vaartijd van het traject gemeten (minuten en seconden) en op het meetformulier geschreven.
Over de totale lengte van het traject 1 wordt het opgepompte water opgevangen in een monsterfles van 5 l. Deze fles wordt voorzien van een label.

4. Meetperiode

De metingen zullen verspreid over verschillende dagen plaatsvinden, afhankelijk van de beoordeling van de afdeling metingen van directie Flevoland. In de maand augustus kunnen de metingen worden gestart.

5. Personeel

Directie Flevoland voorziet in de bemanning van het meetvaartuig en de 2 waarnemers

6. Materiaal

- dienstbus
- 1 meetvaartuig
- meetvis met pomp
- adapter voor debiet meetvis
- 50 containers, inhoud 5 l.
- kratten voor containers
- marifoon
- 4 boeien
- 40 formulieren HAS 218
- fototoestel met film
- stopwatch
- maatcylinder 1l.
- schrijfmateriaal
- monsterstaat formulieren

Bijlage 2 Meetinstruktie 2 "slibkwaliteit"

1. Doel

Doel van de proef is het vaststellen van de kwaliteit van het door vrachtschepen geerodeerde en geresuspendeerde slib. Daarnaast wordt de verandering in slibconcentratie in het schroefwater bepaald m.b.v. een troebelheidsmeter.

2. Meetlokatie

De meetlokatie is traject 1. Dit traject ligt tussen de coordinaten (178.600X, 511.400Y) en (176.000X, 512.500Y). Het traject heeft een lengte van 2830 m, met een gemiddelde diepte van N.A.P. -3,7m met een standaard afwijking van 0,10 m (n=27).
De begin en eindpunten van het traject is reeds voor de meting "schepenjacht" voorzien van een boei die zichtbaar is voor de scheepvaart.
Van het traject zal een echogram worden gemaakt.

3. Meetprocedure

3.1 Taakverdeling

DFL: De meting wordt uitgevoerd door de afdeling metingen van de directie Flevoland. Deze afdeling zorgt voor het meetvaartuig met plaatsbepalingsapparatuur, marifoon.
Medewerkers van Liz van Duin zullen assisteren bij de bepaling van valsnelheden van de fracties.

DBW: De dienst Binnenwateren assisteert in de verwerking van gegevens en assisteert bij de meetvoorbereiding.

DVK: De dienst Verkeerskunde analyseert de gegevens van de bij de proef betrokken schepen.

TAUW: Het laboratorium van TAUW analyseert de monsters op de volgende zware metalen: Sc, Cd, Zn, Pb, Fe, Mn, Al.

3.2 Randvoorwaarde. De meting wordt uitgevoerd bij rustig weer (windkracht 3, 3,4 - 5,4 m/s).

3.3 Methode

3.3.0 Meting en meetopstelling

1. Van 10 schepen met een kielspeling van 1 m of minder wordt het schroefwater continu bemonsterd.
2. Van het water wordt het zwevende stof gehalte bepaald overeenkomstig meetinstruktie 1, maar in plaats van 1 worden er nu 4 monsters achter elkaar genomen.
3. Bovendien wordt het water gecentrifugeerd om voldoende slib te verzamelen voor de bepaling van zware metalen.
4. In de leiding naar de centrifuge wordt een adapter opgenomen waardoor het mogelijk is om de meetcel van een troebelheidsmeter in de leiding op te nemen.
   De troebelheidsmeter is verbonden met een datalogger zodat berekeningen en bewerkingen van het signaal mogelijk worden.
5. Het centrifugaat wordt tevens tijdsproportioneel bemonsterd zodat het mogelijk is om het rendement van de centrifuge te berekenen.
6. Bij 2 schepen wordt wan het water dat niet door de centrifuge wordt gebruikt 4x een 20 liter monster genomen ter bepaling van de valsnelheid.

3.3.1 Meetprocedure

De meting vindt plaats vanaf het eerder genoemde meetvaartuig.

1. De centrifuge en de troebelheidsmeter worden gereed gemaakt voor monstername resp. meting. Zie voor een schema van de opstelling bijlage 1.
2. Wachten op melding. Na deze actie is het wachten op de melding van vrachtschip. Via de marifoon (kanaal 39) wordt kontakt onderhouden met de Houtribsluizen en de brug bij Kampen. Vanuit de Houtribsluizen wordt telefonisch kontakt onderhouden met de Prinses Margrietsluizen te Lemmer.
3. Selectie van vrachtschip. Afhankelijk van het tonnage van het vrachtschip wordt beoordeeld of het schip aan de meting deel kan nemen. De kielspeling moet 1 m of minder bedragen. Dit is waarschijnlijk het geval bij een geladen vrachtschip met een tonnage groter dan 1250. Dit komt overeen met CEMT klasse IV en hoger of Alternatieve scheepsklasse 7 en hoger.
3. Innemen positie. Wanneer een vrachtschip wordt gemeld uit de richting Ketelbrug wordt er positie ingenomen bij de Ketelbrug. Wanneer een vrachtschip vanuit Kampen nadert wordt er positie ingenomen voor de boei aan het begin van traject 1 (einde betonning vaargeul).
4. Kontakt met schipper. Per marifoon wordt de schipper van het vrachtschip op de hoogte gesteld van de meting. De schipper wordt verzocht medewerking te verlenen aan de meting. Indien de schipper medewerking verleent wordt hem verzocht tijdens doorvaart van het Ketelmeer zoveel mogelijk een konstant motorvermogen te gebruiken. Verder wordt de schipper verzocht het traject zoals gemarkeerd door de 4 boeien aan te houden. Evt. koers opgeven. Evt. foto nemen.
5. Invullen meetformulier. Aan de hand van het meetformulier HAS 218 worden gegevens over het schip opgevraagd en genoteerd. Probeer zoveel mogelijk het formulier volledig in te vullen.
6. Positie innemen achter schip. Voor de passage van de boeien moet de positie achter het vrachtschip ingenomen zijn. Afhankelijk van wat acceptabel wordt geacht kan de afstand tot het schip op 25 m worden gehouden. (afwijkende schip-schip afstand noteren).
7. Monstername. Bij de passage van de begin boei van het traject start de monstername (zie 3.3.2)
9. Na de monstername kan de procedure opnieuw gestart worden zoals beschreven onder 1.

3.3.2. Bemonstering

Monsterdiepte: 2m.
Vaarsnelheid: de vaarsnelheid van het te volgen schip.
Monstername apparatuur: meetvis met adapter voor de troebelheidsmeter, gekoppeld aan centrifuge. De troebelheidsmeter staat ingesteld. Tijdens de meting worden de gegevens opgeslagen in een datalogger.
Bij de passage van de begin- en eind-boei van het traject wordt de tijd genoteerd (uren en minuten). Met de stopwatch wordt de vaartijd van het traject gemeten (minuten en seconden) en op het meetformulier geschreven.
Om de 4 minuten wordt er een zwevende stof monster genomen.
Van 2 metingen wordt er bovendien 4x een 20 liter vat gevuld met water.
Over de totale lengte van het traject wordt het opgepompte water gecentrifugeerd. Het effluent van de centrifuge wordt steeds met een proportioneel monstername apparaat bemonsterd.
Na de bemonstering wordt de teflon plaat verwijderd en afgeschraapt. Het materiaal wordt in een monsterfles (0,5 l) gedaan die voorzien is van een label.

4. Meetperiode

De metingen zullen verspreid over verschillende dagen plaatsvinden, afhankelijk van de beoordeling van de afdeling metingen van directie Flevoland. In de maand januari kunnen de metingen worden gestart.

5. Personeel

Directie Flevoland voorziet in de bemanning van het meetvaartuig en de 2 waarnemers

6. Materiaal

- dienstbus
- 1 meetvaartuig
- meetvis met pomp
- adapter voor troebelheidsmeter
- centrifuge
- tijdsproportioneel monstername app. voor centrifuge (DBW)
- troebelheidsmeter MEX 3
- datalogger voor MEX 3
- extra mengvat voor het nemen van zwevende stof monsters
- 10 containers, inhoud 0,5 l.
- 8 containers, inhoud 20 l
- kratten voor containers
- 10 formulieren HAS 218
- fototoestel met film
- stopwatch
- monsterstaat formulieren

Bijlage 3 Inzinking van schepen

De waterbeweging die door varende schepen op beperkt vaarwater wordt opgewekt is een complex geheel van afzonderlijk te onderscheiden waterbewegingscomponenten. In de figuur b3 is een overzicht gegeven van de verschillende waterbewegingscomponenten die als volgt zijn te typeren:

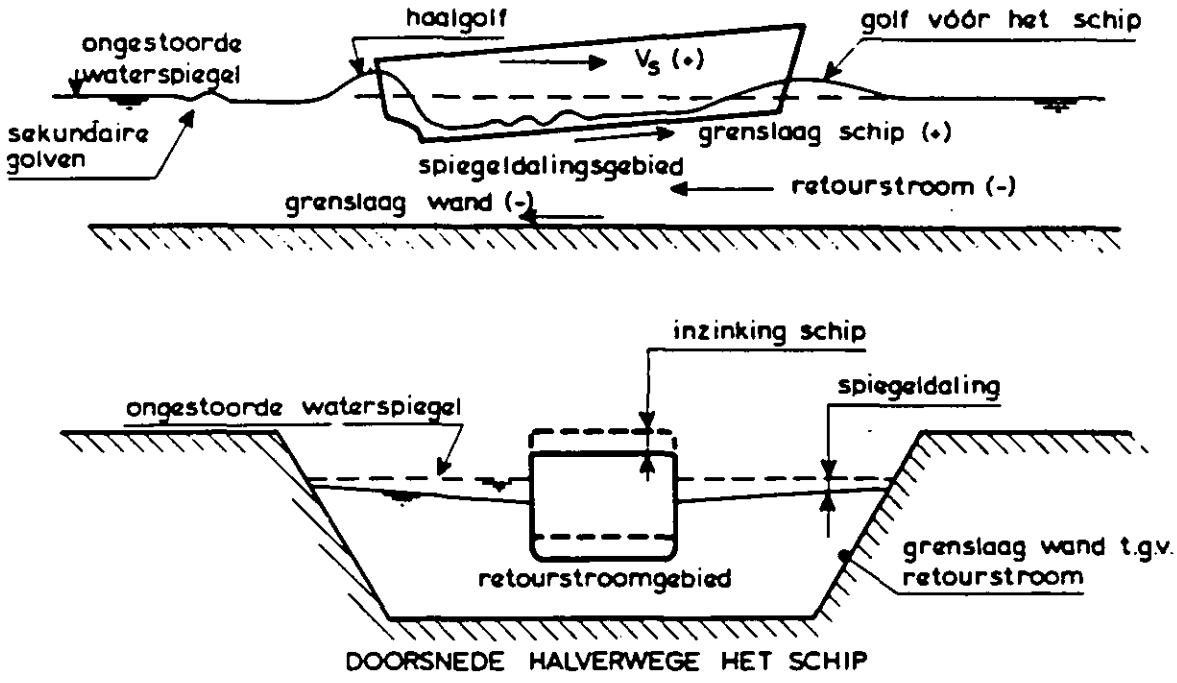
- stroming;
- waterspiegelfluctuaties.

Vaarsnelheid

De snelheid waarmee een schip zal gaan varen wordt bepaald door de schipper met behulp van:
a. de grenssnelheid of
b. een snelheidspredictie

Grenssnelheid en inzinking volgens Schijf

De maximale vaarsnelheid die een schip op in breedte en/of in diepte beperkt vaarwater kan bereiken, is afhankelijk van de afmetingen van het schip en de vaarweg. Deze zogenaamde grenssnelheid V_L wordt bepaald met de daarvoor door Schijf afgeleide relatie:



Figuur b3 Elementen van waterbeweging t.g.v. scheepvaart in vaarweg

$$\frac{V_L}{\sqrt{(gh')}} = (2/3)^{3/2} . [1 - A_M/A_C + \{ V_L^2/(2gh') \}]^{3/2}$$

waarbij $h' = A_C/b_w$

waarin:

V_L	is grenssnelheid	(m/s)
g	is zwaartekrachtsversnelling	(m/s^2)
h'	is imaginaire waterdiepte = A_C/b_w	(m)
A_C	is natte dwarsdoorsnede	(m^2)
b_w	is breedte van de vaarweg op de waterspiegel	(m)
A_M	is natte gedeelte grootspantoppervlak	(m^2)

Op ruim water is de voortplantingssnelheid van een lange golf (gh) bepalend. In dat geval treedt naast een schip een spiegeldaling op van circa 20 %.
De grenssnelheid wordt dan $V_L = 0{,}8$ gh $\simeq 0{,}9$ gh.
De inzinking op ondiep, breed water kan globaal bepaald worden door uit te gaan van de formule voor beperkt water, door uit te gaan van een fictieve breedte gelijk aan 2 x de scheepslengte. Een grovere eerste benadering kan worden gevonden door $A_C = 20\ A_M$ te nemen.

Inzinking volgens Barras

Barras stelt op grond van model- en prototypemetingen op beperkt diep water ($1{,}1 < \frac{h}{T} < 1{,}5$) de volgende formule voor ter berekening van de maximale inzinking (bij boeg of hek wordt niet aangegeven):

$$S_{max} = Y\ c_B \left(\frac{A_m}{A_c - A_m}\right)^{2/3} v_s^{2,08}$$

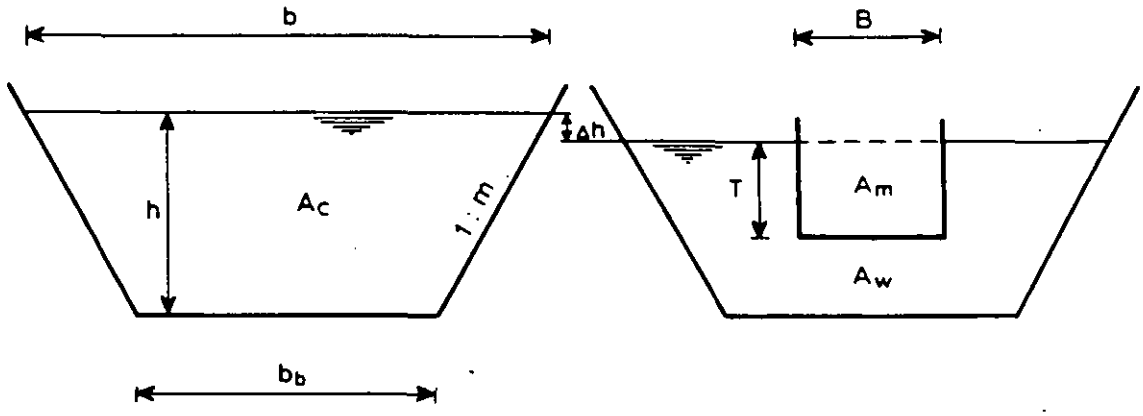
Waarbij Y = 0,133 in prototype
Y = 0,121 in model

Voor schepen op onbeperkt breed water (wel dieptebeperking!) leidde Barras een uitdrukking af voor de effektieve breedte met behulp van elektrische analoge experimenten.

$$b_{eff} = \{ 7{,}7+45(1-c_w)^2 \} B$$

toelichting bij gebruikte formules:

Ac = oppervlak natte kanaaldoorsnede m^2), zie tekening.
Am = ondergedompeld grootspantoppervlak (m^2) zie tekening.
B = scheepsbreedte (m)
L = scheepslengte
vs = scheepsnelheid (m/s)
cB = blockkoëfficiënt van schip (-) zie tabel.
cw = koëfficiënt voor horizontale scheepsdoorsnede (-).
cw is een verhouding tussen waterlijnoppervlak met l x B en voor elk binnenschip ongeveer gelijk, stel cw = 0.95.



proef nr.	schip	schaal	L_{pp} (m)	B (m)	T (m)	c_B (m)	c_S	c_τ	zwaartepunt (voor het midden) (m)
1	VLCC	1:100	316,00	48,70	20,30	0,850	1,341	1,556	+11,0
2	LNG	1:125	270,36	42,82	10,97	0,740	1,311	-0,628	+ 0,3
3	LPG	1:100	226,20	35,47	12,75	0,795	1,330	0,460	+ 3,2
4	TANKER	1:82,5	310,00	37,17	18,90	0,850	1,348	0,811	+ 6,3
5	Rijn-Herne-kanaalschip	1:25	77,42	9,50	2,50	0,872	1,361	0,674	+ 1,4
6	Kempenaar	1:12,5	49,00	6,50	2,35	0,847	1,352	0,623	+ 0,9
7	Duweenheden	1:25	75,00	11,40	3,30	-	-	-	-
8	(gegeven maten voor 1 duwbak)	1:1 (OEBES '81)	75,00	11,40	3,00	-	-	-	-

Tabel Enige gegevens van de gebruikte scheepstypen

Bijlage 4 Definities gebruikte regressiemethoden

1. De 'standaard' regressie methode

In dit geval wordt gerekend met een afstandsmaat die alleen afstanden in de 'y-richting' bepaalt. Geoptimaliseerd wordt de volgende vergelijking:

$$\underset{a,b}{\text{minimaliseer}} \sum_{\substack{i \\ n}} (y_i - a * (x_i)^b)^2$$

2. De 'loodrechte' regressie methode

In dit geval wordt de 'loodrechte' afstand tussen de punten en de gezochte functie geminimaliseerd (in geval van een niet-lineaire functie dient hier gelezen te worden: de raaklijn van de functie).

$$\underset{a,b}{\text{minimaliseer}} \sum_{i=1}^{n} \sqrt{\left(\frac{x_i - ab + y_i b}{1+b^2} - x_i\right)^2 + \left(a + b\,\frac{x_i - ab + y_i b}{1+b^2} - y_i\right)^2}$$

Definitie R^2:

R^2 is gedefineerd als:

$$R^2 = 1 - \frac{\Sigma(y_i - \hat{y}_i)^2/\mathrm{var}(y_i)}{\Sigma(y_i - y_{gem})^2/\mathrm{var}(y_i)}$$

TAUW Infra Consult B.V.

Raadgevend ingenieursbureau voor
- Milieu en Technologie
- Civiele Techniek en Bouwzaken

QUALIFIED BY STERLAB

A N A L Y S E R E S U L T A T E N

Projektnummer :1.241.903
Analyselijstnr :15270-1
blad 1 van 1

Betreffende: onderwaterbodemmonsters
Projekt : Bepaling kwaliteit slib achter vrachtschepen

Datum monsterneming: 10-04-1990
Datum ontvangst : 17-04-1990
Bemonsterd door : RWS Dir. Flevoland

Omschrijving monsters:
I : connie - D slib
II : war - dg slib
III :
IV :
V :

Analyse	Eenheid	I	II	III	IV	V
KLASSIEK CHEMISCHE ANALYSES						
Droge stof	%	57.4	55.7			
Gloeirest	% van ds	92	94			
CaCO3	% van ds	10.5	11.5			
Fracties <2um	% van ds	10.4	8.6			
Organisch stof (IB-methode)	% van ds	6.6	3.8			
ZWARE METALEN						
Cadmium (Cd)	mg/kg ds	8.0	4.9			
Chroom (Cr)	mg/kg ds	110	76			
Koper (Cu)	mg/kg ds	74	50			
Kwik (Hg)	mg/kg ds	1.7	1.2			
Nikkel (Ni)	mg/kg ds	30	23			
Lood (Pb)	mg/kg ds	130	70			
Zink (Zn)	mg/kg ds	1200	730			
Arseen (As)	mg/kg ds		14			
Arseen (As) 1e meting	mg/kg ds	19				
Arseen (As) 2e meting	mg/kg ds	36				
Mangaan (Mn) (#)	mg/kg ds	960	760			
Aluminium (Al) (#)	mg/kg ds	14	12			
IJzer (Fe) (#)	mg/kg ds	21	21			
Scandium (Sc) (#)	mg/kg ds	4	3			

Alle op dit blad genoemde analyses, m.u.v. met # gemerkte analyses zijn door STERLAB erkend.

Handelsregister Deventer nr. 14985

Deventer, Handelskade 11, Postbus 479 7400 AL, Telefoon 05700 - 99911, Telefax 99270, Telex 49545
Milieulaboratorium, Handelskade 13, Postbus 479, 7400 AL, Telefoon 05700 - 99761, Telefax 05700 - 99761, Telex 49545
Bezoekadres Civiele Techniek en Bouwzaken: Diepenveensweg 159, Deventer.
Regionale vestigingen: Almere, Capelle a/d IJssel, Groningen, Tilburg.
Het milieulaboratorium van TAUW Infra Consult is door STERLAB erkend en onder no. 5 ingeschreven in het register

TAUW Infra Consult B.V.

Raadgevend ingenieursbureau voor
- Milieu en Technologie
- Civiele Techniek en Bouwzaken

QUALIFIED BY STERLAB

A N A L Y S E R E S U L T A T E N

Projektnummer :1.241.903
Analyselijstnr :14850-1
blad 1 van 1

Betreffende: onderwaterbodemmonsters
Projekt : Bepaling kwaliteit slib achter vrachtschepen
Referentie : ANM-890901
Datum monsterneming: 21 t/m 23-03-1990
Datum ontvangst : 27-03-1990
Bemonsterd door : RWS Dir. Flevoland

Omschrijving monsters:
I : Donge stroom
II : Rapide
III : Normadisch
IV : Ruhrtank 12
V : Ostfriesland

Analyse	Eenheid	I	II	III	IV	V
KLASSIEK CHEMISCHE ANALYSES						
Droge stof	%	53.6	54.2	54.8	49.7	59.3
Gloeirest	% van ds	92	92	92	92	91
CaCO3	% van ds	10.2	10.3	10.7	10.4	10.5
Fracties <2um	% van ds	11.8	10.3	11.5	10.0	12.2
ZWARE METALEN						
Cadmium (Cd)	mg/kg ds	7.3	7.5	6.4	6.6	5.8
Chroom (Cr)	mg/kg ds	120	130	115	120	110
Koper (Cu)	mg/kg ds	86	90	79	83	79
Kwik (Hg)	mg/kg ds	1.3	1.6	1.6	1.9	1.5
Nikkel (Ni)	mg/kg ds	34	37	35	35	31
Lood (Pb)	mg/kg ds	120	120	100	110	100
Zink (Zn)	mg/kg ds	1050	1100	900	900	820
Arseen (As)	mg/kg ds	14	17	18	17	17
Mangaan (Mn) (#)	mg/kg ds	850	920	920	740	870
Aluminium (Al) (#)	g/kg ds	14	14	14	13	14
IJzer (Fe) (#)	g/kg ds	27	28	26	24	24
Scandium (Sc) (#)	mg/kg ds	3.4	3.3	3.3	3.2	3.4

Alle op dit blad genoemde analyses, m.u.v. met # gemerkte analyses zijn door STERLAB erkend.

Handelsregister Deventer nr. 14985

Deventer, Handelskade 11, Postbus 479 7400 AL, Telefoon 05700 - 99911, Telefax 99270, Telex 49545
Milieulaboratorium, Handelskade 13, Postbus 479, 7400 AL, Telefoon 05700 - 99761, Telefax 05700 - 99761, Telex 49545
Bezoekadres Civiele Techniek en Bouwzaken: Diepenveensweg 159, Deventer.
Regionale vestigingen: Almere, Capelle a/d IJssel, Groningen, Tilburg.
Het milieulaboratorium van TAUW Infra Consult is door STERLAB erkend en onder no. 5 ingeschreven in het register

TAUW Infra Consult B.V.

Raadgevend ingenieursbureau voor
- Milieu en Technologie
- Civiele Techniek en Bouwzaken

QUALIFIED BY STERLAB

A N A L Y S E R E S U L T A T E N

Projektnummer :1.241.903
Analyselijstnr :13973-1
blad 1 van 1

Betreffende: zuiveringsslibmonsters
Projekt : Bepaling kwaliteit slib achter vrachtschepen.
Referentie : ANM-890901
Datum monsterneming: week 6
Datum ontvangst : 12-02-1990
Bemonsterd door : RWS Dir. Flevoland

Omschrijving monsters:
I : Pandora boven
II : Pandora onder
III : Elizabeth boven
IV : Elizabeth onder
V :

Analyse	Eenheid	I	II	III	IV	V
ZWARE METALEN						
Droge stof	%	25.9	60.5	60.8	27.3	
Cadmium (Cd)	mg/kg ds	<1	6	6	8	
Lood (Pb)	mg/kg ds	140	65	100	170	
Zink (Zn)	mg/kg ds	1200	960	960	1200	
Mangaan (Mn) (#)	mg/kg ds	1150	1200	1000	1250	
Aluminium (Al) (#)	g/kg ds	37	12	14	37	
IJzer (Fe) (#)	g/kg ds	49	32	34	48	
Scandium (Sc) (#)	mg/kg ds	6	3	3	6	

Alle op dit blad genoemde analyses, m.u.v. met # gemerkte analyses zijn door STERLAB erkend.

Deventer, Handelskade 11, Postbus 479 7400 AL, Telefoon 05700 - 99911, Telefax 99270, Telex 49545
Milieulaboratorium, Handelskade 13, Postbus 479, 7400 AL, Telefoon 05700 - 99761, Telefax 05700 - 99761, Telex 49545
Bezoekadres Civiele Techniek en Bouwzaken: Diepenveenseweg 159, Deventer.
Regionale vestigingen: Almere, Capelle a/d IJssel, Groningen, Tilburg.
Het milieulaboratorium van TAUW Infra Consult is door STERLAB erkend en onder no. 5 ingeschreven in het register

Bijlage 6 Samenstelling projectgroep Ketelmeer

ir. E.J. van de Kaa	(voorzitter) Rijkswaterstaat, directie Flevoland
ir. J. Driebergen	(secretaris) Rijkswaterstaat, directie Flevoland
drs. F.A.M. Claessen	Rijkswaterstaat, DBW/RIZA
drs. C. van de Guchte	Rijkswaterstaat, DBW/RIZA
dr.ir. T. Reitsma	Rijkswaterstaat, DBW/RIZA
ir. E.J.B. Uunk	Rijkswaterstaat, DBW/RIZA
ir. A.J. Kolvoort	Rijkswaterstaat, directie Flevoland
ir. E. Schultz	Rijkswaterstaat, directie Flevoland
ir. S.H. Plantenga	Rijkswaterstaat, Hoofddirectie
ir. J.E. van de Weyer	Rijkswaterstaat, directie Gelderland
ing. L. Bakker	provincie Flevoland
ing. H. Post	provincie Overijssel
ir. J.C. Barreveld	Rijkswaterstaat, directie Overijssel
ir. F.G. Bisschop	Inspectie Milieuhygiëne