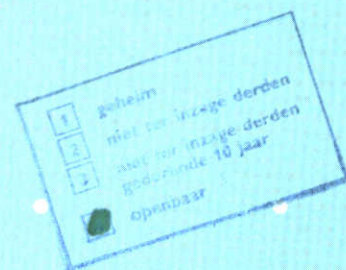


opdrachtgever:

Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren

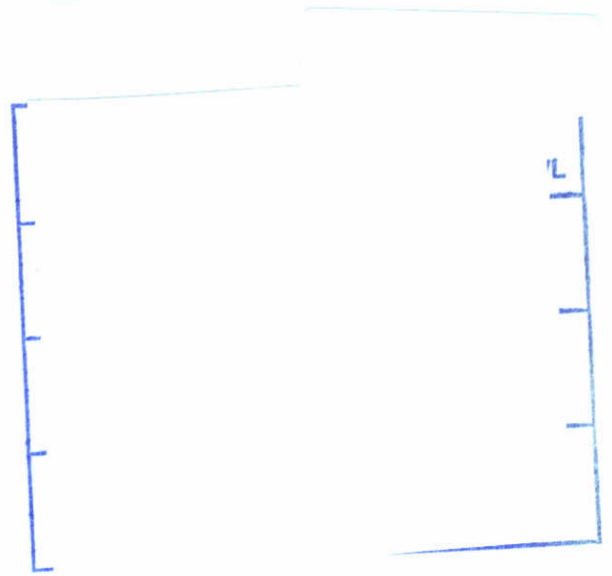
## troebelheid Nederlandse zoute wateren

inventarisatie en trendanalyse 1930-1990



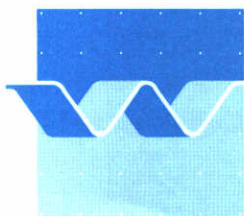
eindrapportage

februari 1992



# troebelheid Nederlandse zoute wateren

inventarisatie en trendanalyse 1930-1990



## SAMENVATTING

In het kader van het project "Watersysteem Verkenningen" (WSV) zijn meer dan 100 zogenaamde doelvariabelen uitgekozen. Een doelvariabele is een kenmerkende fysische, chemische of ecologische parameter van een watersysteem die het functioneren van het ecosysteem in dat water mede bepaalt en waarvan de waarde in zekere mate is te beïnvloeden door menselijk handelen.

In WSV-kader worden twee vragen gesteld:

- I In hoeverre heeft de mens invloed op het watersysteem, met name op de doelvariabelen?
- II Kunnen voor de verschillende Nederlandse watersystemen uiteindelijk toestands-, referentie- en streefwaarden, als bedoeld in de WSV, geformuleerd worden?

Het onderzoek "Troebelheid Nederlandse zoute wateren" behandelt alleen de doelvariabele "Doorzicht" in Nederlandse zoute wateren en de aan doorzicht verwante grootheden extinctie (in  $m^{-1}$ ), troebelheid (in JTU-eenheden) en zwevend stof concentratie (in mg/l). In dit rapport wordt verslag gedaan van de eerste fase van dit onderzoek: "Inventarisatie en trendanalyse 1930-1990". Het doel van deze fase is (a) het inventariseren van gegevens over doorzicht en de daarmee samenhangende grootheden en (b) het onderzoeken van de bruikbaarheid van de gegevens voor het beantwoorden van de in WSV-kader gestelde vragen.

Ten behoeve van de inventarisatie van gegevens is literatuur verzameld en zijn gesprekken gevoerd met betrekking tot de doorzicht-gegevens van de Nederlandse zoute wateren voor de langst mogelijke periode. De belangrijkste resultaten van de inventarisatie zijn:

- overzicht van de beschikbare meetgegevens (vanaf 1903) voor dit onderzoek;
- overzicht van bestaande onderzoeken (tevens trendanalyses) op het gebied van doorzicht en aan doorzicht gerelateerde grootheden.

Uit het opgestelde overzicht blijkt dat het mogelijk is om met de beschikbare gegevens toestandswaarden te geven van de huidige situatie door middel van zomer- en wintergemiddelden van zwevend stof gehalten voor de



afgelopen 15 jaar. Echter, het betreft dan alleen zwevend stof gehalten (met een zeer grote standaardafwijking) en niet doorzicht.

Voor de referentiesituatie dient in principe (WSV-uitgangspunt) de situatie rond 1930 te worden vastgesteld. Voor de periode rond 1930 zijn in ieder geval niet in voldoende mate gegevens beschikbaar. Een alternatieve oplossing is gevonden in het artikel van Visser [VISSER,1970]. Visser schetst in zijn artikel [VISSER,1970] de situatie voor wat betreft doorzicht in de periode van vóór 1970. Hij heeft gemiddelde waarden berekend op basis van gegevens voornamelijk uit de periode 1959-1969 en enkele metingen uit een eerdere periode (1903-1956). De standaard afwijking is hoog.

Worden deze waarden als referentiewaarden gehanteerd dan betreffen toestands- en referentiewaarden andere grootheden. Om de huidige situatie te kunnen toetsen aan de referentiesituatie dient dan de toestandswaarde gebaseerd te worden op lichtgrootheden. In WSV-kader is daarom verzocht voortaan weer doorzicht-metingen uit te voeren en op te nemen in het WOSRO-bestand. Een andere optie is het uitdrukken van de referentiewaarden in zwevend stof gehalten op basis van een te berekenen regressievergelijking. De regressievergelijking maakt een belangrijk deel uit van de aanbevelingen van deze studie.

Vervolgens zijn voor de Noordzee twee analyses uitgevoerd met de meest relevante beschikbare gegevens. Op basis van het WAKWON/WAKWAL/WOSRO-bestand (periode 1975-1990) is gezocht naar een significante trend in de tijd. Een eerste globale, statistische analyse van de WAKWON/WAKWAL/WOSRO-gegevens (zwevend stof gehalten) over de afgelopen 15 jaar toont voor een aantal stations een trend aan. De verklaarde variantie is echter zeer laag. Een uitbreiding van de periode waarvoor nu een trendanalyse is uitgevoerd is mogelijk. Aanbevelingen zijn geformuleerd voor de wijze waarop dit zou kunnen gebeuren.

Gegevens afkomstig van het NIOZ (periode 1966-1969) en het WAKWON/WAKWAL/WOSRO bestand (periode 1975-1978) zijn gebruikt in een eerste poging een relatie te leggen tussen zwevend stof concentraties en doorzicht. Er is in deze studie gebleken dat tussen zwevend stof gehalten en doorzicht een significante relatie bestaat op de Noordzee. De relatie die in deze studie is aangetoond is nog te weinig onderzocht op ruimtelijke



variatie, op mogelijke beïnvloeding van een klein aantal stations langs de kust en op andere fysische/biologische invloeden om direct toegepast te worden. Bijvoorbeeld een clustering van stations is een mogelijkheid om hier duidelijkheid over te verschaffen. De relatie zou aanzienlijk kunnen verbeteren door het verlagen van de variantie. Mogelijkheden daarvoor moeten worden gezocht in: (a) ruimtelijke clustering van stations, (b) een andere indeling in seizoenen, (c) het relateren van meetwaarden aan getij en wind en (d) door het onderscheiden van de organische fractie en de anorganische fractie.

Resumerend zijn de belangrijkste aanbevelingen:

- 1 Een uitwerking van de regressievergelijking, voor het vertalen van de referentiesituatie, dan wel de toestandswaarden en voor het verlengen van de periode waarover een trendanalyse is uitgevoerd.
- 2 Een uitbreiding van de trendanalyse,
  - a. door combinatie van de meetgegevens van WAKWON/WAKWAL/WOSRO en NIOZ tot één reeks (verlengde periode van 1966-1990) na clustering van de lokaties en
  - b. door een combinatie van de gegevens onder a. met oudere doorzichtgegevens op basis van een regressievergelijking tussen doorzicht en zwevend stof gehalten.

## INHOUD

1	Inleiding	1
1.1	Algemeen	1
1.2	Doel van de studie	2
1.3	Aanpak van de studie	2
1.4	Opzet van het rapport	3
2	Beschikbare meetgegevens en literatuur	5
2.1	Grootheden, bemonstering en analyse	5
2.2	Beschikbaarheid van gegevens	9
2.3	Literatuur	11
2.3.1	Beperkingen van het literatuuronderzoek	11
2.3.2	Algemene resultaten uit de literatuur	13
3	Onderlinge vergelijkbaarheid van meetgegevens	17
3.1	Transformatie van grootheden	17
3.2	Verstoring van de meetreeks door externe omstandigheden met een kort-durende invloed	20
3.3	Veranderingen in de bemonstering en analyse	23
3.4	Conclusies ten aanzien van de onderlinge vergelijkbaarheid van meetgegevens	24
4	Analyse van zwevend stof concentraties en doorzicht gegevens (1966-1990) voor de Noordzee	27
4.1	Algemene beschrijving van de gegevens	27
4.2	Methodiek voor de trendanalyse	33
4.3	Resultaten van de trendanalyse	35
4.4	Relatie zwevend stof gehalte en doorzicht	37
5	Conclusies en aanbevelingen	39
5.1	Conclusies	39
5.2	Aanbevelingen	41

Literatuur

Figuren

Bijlagen



## TABELLEN

- 2.1 Trendanalyses van zwevend stof concentraties en beïnvloedende factoren
- 2.2 Gemiddelde zwevend stof concentraties in de Oosterschelde [BRINKE, 1991]
- 3.1 Relaties tussen verschillende grootheden met literatuurverwijzing
- 3.2 Studies naar de verstoring in de zwevend stof concentratie veroorzaakt door externe factoren, met invloed op de korte termijn
- 4.1 Overzichtstabel zwevend stof gehalten van het WOSRO bestand, gemeten gedurende de periode 1975-1990
- 4.2 Overzichtstabel zwevend stof gehalten van het NIOZ bestand, gemeten gedurende de periode 1966-1969
- 4.3 Overzichtstabel doorzicht gehalten van het WORSO en het NIOZ bestand, gemeten gedurende resp. 1966-1969 en 1975-1978
- 4.4 Overzichtstabel zwevend stof gehalte per station (1975-1990)
- 4.5 Overzichtstabel doorzicht gegevens per station (1975-1978)
- 4.6 Lineaire trend van zwevend stof per station (winter-periode)
- 4.7 Kwadratische trend stof per station (winter-periode)
- 4.8 Relatie tussen zwevend stof gehalten en doorzicht in het WORSO-bestand en in de NIOZ-gegevens

## FIGUREN

- 2.1 Troebelheids-, extinctie- en verticale extinctiemetingen
- 2.2 Remote sensing beeld van de Noordzee
- 2.3 Ruimtelijke spreiding van meetgegevens: Meetnet WAKWON, WAKWAL en WOSRO
  - a: situatie tot 1983 (1 \* per twee á drie weken) (WAKWON)
  - b: situatie 1983 - 1988 (1 \* per kwartaal) (WAKWAL)
  - c: situatie 1983 - 1988 (1 \* per twee weken) (WAKWAL)
  - d: situatie na 1988 tot op heden (1 \* per vier weken) (WOSRO)
- 2.4 Doorzicht in de Nederlandse zoute wateren in 1965 [HYDROGRAFISCH BUREAU, 1965]
- 2.5 Doorzicht in de Noordzee in de zomer (a) en in de winter (b) [VISSER, 1970]
- 2.6 Zwevend stof concentraties in de Noordzee gemiddeld in de periode 1975-1983
- 2.7 Aandeel organische stof in zwevend stof [EISMA, 1990]
- 2.8 Slibbalans voor de Noordzee [naar EISMA, 1981 en ALPHEN, 1989]
- 2.9 Trendanalyse in de Waddenzee [WL, 1991]
- 2.10 Zwevend stof concentratie in de Waddenzee gemiddeld in de periode

1973-1990

- 2.11 Oppervlakte bemonstering Westerschelde, seizoensgemiddelde zwevend stof concentraties (mg/l), periode '69-'80/'73-'80 [SWART,1982]
- 2.12 Zwevend stof concentratie in het Eems Dollard estuarium gemiddeld in de periode 1976-1980
- 3.1 Slibgehalten gedurende de winter in 1974 langs de Nederlandse kust [GOSSE,1976]
- 3.2 Getij-invloed op de zwevend stof concentratie in de Waddenzee [POSTMA,1961]
- 3.3 Invloed van de rivierafvoer op de zwevend stof concentratie [SYDOW,1987]
- 4.1 Spreiding van de meetpunten in de NIOZ dataset
- 4.2 Histogrammen van zwevend stof, station AP20
- 4.3 Histogram van log10-getransformeerde zwevend stof gegevens, station AP20
- 4.4a Ruimtelijke weergave kwadratische trends per station op de Noordzee
- 4.4b Zomer- en wintergemiddelden per station op de Noordzee
- 4.5 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station AP2
- 4.6 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station AP20
- 4.7 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station AP70
- 4.8 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station CL2
- 4.9 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station CL20
- 4.10 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station GR6
- 4.11 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station GR20
- 4.12 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station NW2
- 4.13 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station NW20
- 4.14 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station RT3
- 4.15 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station RT20



- 4.16 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station RT70
- 4.17 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station SW10
- 4.18 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station SW20
- 4.19 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TH1
- 4.20 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TH2
- 4.21 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TH4
- 4.22 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TH10
- 4.23 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TH20
- 4.24 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TH30
- 4.25 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TH50
- 4.26 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TH70
- 4.27 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TS4
- 4.28 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TS20
- 4.29 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station WC2
- 4.30 Regressie analyse doorzicht en zwevend stof (zomer 1975-1978)
- 4.31 Regressie analyse doorzicht en zwevend stof (winter 1975-1978)
- 4.32 Regressie analyse doorzicht en zwevend stof (zomer 1966-1969)
- 4.33 Regressie analyse doorzicht en zwevend stof (winter 1966-1969)
- 5.1 Doorzicht diepte in de periode december-mei [VISSER,1970]
- 5.2 Doorzicht diepte in de periode juni-november [VISSER,1970]

#### BIJLAGEN

- 1 Overzicht van meetgegevens, die beschikbaar zijn voor het onderzoek
- 2 Gevoerde gesprekken met deskundigen (a. telefonisch, b. bezoek)
- 3 Transformatie-formules voor verschillende grootheden
- 4 Theoretische achtergrond regressie analyse

## 1 INLEIDING

### 1.1 Algemeen

In het kader van het project "Watersysteem Verkenningen" (WSV) zijn meer dan 100 zogenaamde doelvariabelen uitgekozen. Een doelvariabele is een kenmerkende fysische, chemische of ecologische parameter van een watersysteem die het functioneren van het ecosysteem in dat water mede bepaalt en waarvan de waarde in zekere mate is te beïnvloeden door menselijk handelen. Het WSV project streeft er naar voor iedere doelvariabele de huidige toestandswaarde, de natuurlijke referentiewaarde en de na te streven doelwaarde vast te stellen. Daarnaast moet voor elke doelvariabele de invloed van menselijk handelen worden onderzocht. Deze kennis omtrent de doelvariabelen zal gebruikt worden bij de opzet van een voor het beheer en beleid inzetbaar management informatie model.

Het onderzoek "Troebelheid Nederlandse zoute wateren" behandelt alleen de doelvariabele "Doorzicht" en de aan doorzicht verwante grootheden extinctie (in  $m^{-1}$ ), troebelheid (in JTU-eenheden) en zwevend stof concentratie (in mg/l).

Het onderzoek zal mogelijkheden aangeven om de vragen, die in WSV-kader gesteld worden, te beantwoorden. De gestelde vragen luiden:

- I In hoeverre heeft de mens invloed op het doorzicht en, direct daaraan gekoppeld, op extinctie, troebelheid, zwevend stof en slib concentratie van een watersysteem? Daaruit afleidende: In hoeverre kan hij hier sturend in optreden (stuurvariabele(n))? Is slibmanagement mogelijk?
- II Kunnen voor de verschillende Nederlandse watersystemen uiteindelijk toestands-, referentie- en streefwaarden, als bedoeld in de WSV, geformuleerd worden? Wanneer dit het geval is, moet aangegeven worden hoe betrouwbaar deze zijn en in hoeverre ze te meten en te toetsen zijn ('meet- en toetsstrategie' (MTS)).

Aanleiding voor dit onderzoek is, naast de Water Systeem Verkenningen, een publikatie over biologische veranderingen in de Noordzee. Langs de



Nederlandse kust worden in de periode 1931-1985 veranderingen in de kustfauna geconstateerd, die mogelijkwijs aan veranderingen in doorzicht kunnen worden toegeschreven [OOSTERBAAN,1989].

Het onderzoek "Troebelheid Nederlandse zoute wateren" is ingedeeld in meerdere fasen. In dit rapport wordt de eerste fase "Inventarisatie en trendanalyse 1930-1990" behandeld. In afwachting van de conclusies van de eerste fase zullen de volgende fasen nader worden gedefinieerd. De eerste fase betreft een literatuurstudie, een gespreksronde en een eerste grove analyse van beschikbare gegevens.

Deze fase van het onderzoek is uitgevoerd door:

ir. J.G. Boon, ir. E.A. Dekker, ir. L. Postma en ir. A.A.M. de Savornin Lohman, allen van de Sector Waterbeheer en Milieu van het Waterloopkundig Laboratorium;

De begeleiding vanuit Rijks Waterstaat werd verzorgd door:

Drs. J.H.M. de Ruig, drs. F.H.I.M. Steyaert en dr. R. Spanhoff.

Het rapport is, conform de procedures binnen het Waterloopkundig Laboratorium, intern gescreend door drs. F.J. Los.

### 1.2 Doel van de studie

Het doel van het onderzoek "Troebelheid Nederlandse zoute wateren; fase 1: Inventarisatie en trendanalyse 1930-1990" is het inventariseren van gegevens over doorzicht en daarmee samenhangende grootheden. Een tweede doel is het onderzoeken van de bruikbaarheid van de gegevens voor het beantwoorden van de in WSV-kader gestelde vragen, die genoemd zijn in paragraaf 1.1.

### 1.3 Aanpak van de studie

Ten eerste is een literatuurstudie uitgevoerd met betrekking tot de doorzicht-gegevens van de Nederlandse zoute wateren voor de langst mogelijke periode. Als resultaat van de literatuurstudie zijn meerdere overzichten verkregen van meetgegevens (vanaf 1903) en bestaande onderzoeken op het gebied van doorzicht en aan doorzicht gerelateerde

grootheden.

Ten tweede hebben verschillende gesprekken plaats gevonden. In overleg met de begeleidingscommissie zijn de volgende instanties benaderd voor gesprekken: RWS - DGW, RWS - Directie Noordzee, RWS - Directie Zuid Holland, RWS - Directie Noord Holland, RWS - RIZA, KNMI, NIOZ, Instituut voor Meteorologie en Oceanografie Rijksuniversiteit Utrecht (IMOU-RUU), RUU - Instituut voor Ruimtelijke Ordening. De gevoerde gesprekken zijn samengevat in bijlage 2.

Ten derde is voor de Noordzee een analyse uitgevoerd met gegevens uit de periode 1966-1990, waarbij is gezocht naar een trend in de tijd en naar een relatie tussen zwevend stof concentraties en doorzicht.

#### 1.4 Opzet van het rapport

Hoofdstuk 2 behandelt de algemene problematiek van dit onderzoek. Achtereenvolgens worden de grootheden (kenmerken, bemonstering en analyse), de beschikbaarheid van gegevens en de literatuur besproken. Hoofdstuk 2 wordt afgesloten met enkele conclusies uit de literatuur, die van belang worden geacht voor dit onderzoek.

Voor een analyse van meetgegevens gericht op het vaststellen van enerzijds een referentiewaarde en anderzijds de opgetreden veranderingen in de tijd, is het noodzakelijk om gegevens onderling te kunnen vergelijken. Op de (on)mogelijkheden daarvan, zoals gevonden tijdens het literatuuronderzoek, wordt in hoofdstuk 3 ingegaan. De conclusies uit hoofdstuk 3 hebben als basis gediend voor de keuze van de meetreeksen waarmee, binnen deze eerste fase, een trendanalyse wordt uitgevoerd.

In hoofdstuk 4 worden voor de Noordzee het WAKWON/WAKWAL/WOSRO-bestand (periode 1975-1990) en de gegevens van het NIOZ (1966-1969) geanalyseerd. Ten eerste is gezocht naar een trend of een trendbreuk binnen de periode 1975-1990. Het doel van deze analyse is het tot stand brengen van een relatie tussen antropogene ingrepen en zwevend stof concentraties. Het betreft alleen een grove eerste analyse. Uitspraken over trends zullen in een volgende fase onderzocht moeten worden op hun nauwkeurigheid, mede door

detailstudies. Ten tweede is onderzocht of de zwevend stof gegevens en de doorzicht gegevens een aantoonbare regressie vertonen. Daarmee is de bruikbaarheid van de gegevens, zoals besproken in hoofdstuk 3, verder onderbouwd. Met behulp van de gevonden relaties is het mogelijk om een grootheid (doorzicht) te transformeren in een andere grootheid (zwevend stof gehalte) in geval van het ontbreken van meetgegevens van de grootheid in een bepaalde periode. Op deze manier kan de periode verlengd worden waarover een trendanalyse kan worden uitgevoerd.

Als laatste worden in hoofdstuk 5 conclusies getrokken ten aanzien van de mogelijkheden om de vragen gesteld in WSV-kader te beantwoorden.



## 2 BESCHIKBARE MEETGEGEVENS EN LITERATUUR

### 2.1 Grootheden, bemonstering en analyse

Gedurende de afgelopen 90 jaar is een verschuiving opgetreden in de gemeten grootte van de meting van licht-grootheden naar de meting van zwevend stof concentraties. De licht-grootheden zijn doorzicht, troebelheid, extinctie en verticale extinctie. Het verschil tussen een troebelheids-, extinctie- en verticale extinctiemeting wordt uitgebeeld in figuur 2.1.

In deze paragraaf worden eerst de grootheden doorzicht, troebelheid, extinctie, verticale extinctie en zwevend stof concentratie achtereenvolgens behandeld, gevolgd door remote sensing technieken.

#### **Doorzicht**

Doorzicht is een maat voor de lichtindringing in oppervlakte water. De Secchi-schijf wordt gehanteerd in zoete en zoute wateren ter indicatie van het doorzicht. Doorzicht wordt ook wel zichtdiepte (visibility depth) of Secchi-diepte genoemd.

Bij een meting van doorzicht wordt een Secchi-schijf in het water gelaten. De waarnemer kijkt tot op welke diepte de tekening (ruiten) op de Secchi-schijf nog kan worden onderscheiden. De meetwaarde wordt uitgedrukt in meters of decimeters. De Secchi-schijf meting kan alleen worden gedaan bij daglicht. De stand van de zon, de bewolgingsgraad, het zichtvermogen van de waarnemer en de deining van het schip spelen een rol bij doorzichtmetingen.

#### **Troebelheid**

Door middel van een lichtbundel en een instrument om een lichtbundel op te vangen wordt gekeken hoeveel licht wordt verstrooid onder een hoek van  $90^\circ$  door de zwevende deeltjes in het monster. De maat voor troebelheid is de hoeveelheid licht die wordt opgevangen onder die hoek. De eenheid is troebelheidseenheden (JTU) en de uitkomst is afhankelijk van de gehanteerde methode. Daarom worden troebelheidsmetingen alleen gebruikt om direct om te zetten in zwevend stof concentraties door middel van een ijkformule (dagelijks of wekelijks ijken van instrument, zie grootte "zwevend stof concentratie").

### Extinctie

Extinctie is een maat voor de uitdoving van licht over een bepaalde lengte (niet onder een hoek). Extinctie wordt ook wel uitdoving, light attenuation of beam attenuation genoemd. De spectrumband kan variëren door het gebruik van kunstlicht (rood licht wordt het meest toegepast). De eenheid is fraktie per meter.

Extinctie wordt met een monster of in situ gemeten. Monsters kunnen aan boord in een spectrophotometer geanalyseerd worden. Anderzijds kan een spectrophotometer ook in situ te water worden gelaten. De spectrum-band van het gebruikte licht beïnvloedt de verstrooiing en daardoor de gemeten uitdoving.

### Verticale extinctie

De verticale extinctie wordt gemeten via een gelijksoortige meting als extinctie, zoals hierboven genoemd wordt, maar niet door een willekeurig monster maar altijd door de verticaal vanaf het wateroppervlak. De meting wordt verricht door het licht dat boven het wateroppervlak wordt gemeten te vergelijken met het licht dat op zekere diepte vanaf het wateroppervlak nog wordt waargenomen (uitdoving). Verticale extinctie wordt ook wel verticale uitdoving, vertical attenuation genoemd. Verticale extinctie wordt altijd in situ gemeten. De spectrumband kan ook hier weer variëren bij het gebruik van kunstlicht, maar daglicht wordt ook veel toegepast. In de biologie is het gebruikelijk om de extinctie-waarde om te rekenen naar de waterdiepte waar nog 1% van het daglicht doordringt, omdat dit een belangrijke maat is voor de biologische activiteit.

### Zwevend stof concentratie

De zwevend stof concentratie wordt bepaald door middel van het filtreren van een monster, vervolgens het spoelen van het filter met demi-water (verwijderen zout) en drogen (bij 105°C) waarna het filter gewogen wordt. De keuze van het filter (poriëngrootte en materiaal) bepaalt de uitkomst van de meting. De zwevend stof concentratie is gedefinieerd als het gewicht van de deeltjes die op het filter achterblijven gedeeld door het volume van het monster (eenheid mg/l). Tot zwevend stof behoren onder andere algen, detritus en slibdeeltjes. Over het algemeen is de korrelgrootte van de gemeten zwevend stof deeltjes  $> 45\mu\text{m}$  (afhankelijk van het filter kan dit



ook grover of fijner zijn)

Zwevend stof is sinds 1975 opgenomen in het WAKWON/WAKWAL/WOSRO-bestand. De monsters zijn genomen van het bovenste oppervlak van de zee (diepte code 0 - 1). In de praktijk kan door de deining van het schip het monster ook veel dieper worden genomen, minstens tot aan 3 meter diepte (gesprek KINTS, 9/8/1991). Door het aangeven van het tijdstip van meting is het mogelijk om de tijdsduur ten opzichte van hoog water bij Hoek van Holland te achterhalen en de weersomstandigheden op zee.

Filters:

1973 - 1984 papierfilter Schleicher & Schüll no. 589-2 witband, poriëngrootte van dit filter is ongeveer 7  $\mu\text{m}$  [ESSINK, 1985];  
Norm NEN 3235 4.1/4.2 [TIELLENS, gesprek 18/9/1991];

1984 - nu membraamfilter poriëngrootte 0.45  $\mu\text{m}$ ;  
Norm NEN 6484;  
[RWS, 1987, notitie GWIO 87.013]: cellulose-nitraat (0.45  $\mu\text{m}$ , Satorius 11306).

Er bestaan ook reeksen van zwevend stof concentraties waar de concentratie niet is gemeten door middel van wegen, maar waarin de concentratie is berekend door middel van een troebelheid- of extinctiemeting. In een dergelijk geval wordt de troebelheids- of extinctiemeter regelmatig (bijvoorbeeld wekelijks) geijkt, zodat een ijkrelatie tussen de troebelheids- of extinctiemeting en de zwevend stof concentratie vast wordt gesteld behorende bij de monstersamenstelling. De ijklijn geldt echter alleen voor die situatie, dat moment, instrument en die samenstelling van het monster.

In paragraaf 3.3 komen vormen van technieken aan de orde die tussentijds gewijzigd zijn.

#### Remote sensing technieken

Een goed beeld van de ruimtelijke spreiding over de gehele Noordzee van het doorzicht kan verkregen worden uit satellietbeelden. Sensoren aan boord van satellieten registreren de reflectie en emissie in een bepaald spectrum van zowel het oppervlak als de atmosfeer. De reflectie van rood licht door



zeewater wordt bepaald door reflectie en emissie van dit licht door zwevend stof in de bovenlaag en kan dus gebruikt worden als een maat voor het doorzicht. In dit kader zijn de beelden van de AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) sensor, aan boord van de TIROS/N satellieten van NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration, USA), het meest geschikt voor de Noordzee. Deze satellieten beschrijven een baan rond de polen, waardoor iedere satelliet per dag twee volledige beelden van de Noordzee maakt. Momenteel zijn er twee van deze satellieten werkzaam. Het oplossend vermogen van de sensor is 1.1 kilometer en kanaal 1 meet de reflectie van rood licht (580 - 680 nanometer).

Sinds januari 1990 worden de beelden door het KNMI ontvangen en bewerkt. Hiervoor gebeurde dit door de University of Dundee. Een geometrische correctie wordt toegepast om de gegevens te kunnen projecteren op een kaart. De bijdrage van de atmosfeer aan de reflectie wordt verrekend met behulp van de gemeten reflectie in kanaal 2 (nabij infra-rood, 725 - 1100 nanometer) ([ROOZEKRANS,1989]). Gebieden die vermoedelijk bewolkt zijn worden als zodanig geclassificeerd volgens het algoritme van [ROOZEKRANS en PRANGSMA,1986]. Om de bewolkingsgraad te verminderen combineert het KNMI alle beelden van een week. Deze weekcomposieten worden getransformeerd tot zwevend stof gehalte door ijking op de 24 WOSRO meetpunten voor de Nederlandse kust ([PRANGSMA en ROOZEKRANS,1989]). Voor ieder weekcomposiet levert deze ijking andere transformatiecoëfficiënten op. Vooralsnog is het resultaat van deze ijking weinig betrouwbaar ([PIETERS,1990] en [HARKINK,1991]). Daarom beperkt de bruikbaarheid van satellietbeelden zich op het moment tot een kwalitatief beeld van de ruimtelijke spreiding van zwevend stof of doorzicht.

Op grond van een onderzoek van de weekcomposieten uit de periode van juni 1990 tot en met juli 1991 ([WL,1992]) is geconcludeerd dat de helft van de beschouwde beelden geen goed beeld geeft van de ruimtelijke spreiding vanwege verstoring van het reflectie patroon door niet gecorrigeerde invloed van de atmosfeer of door een te grote bewolkingsgraad. De overige beelden blijken een in grote lijnen overeenkomstig reflectie patroon te vertonen:

1. Hoge reflectie langs de kusten.
2. Een maximum van de reflectie in een strook van East-Anglia naar het

noordoosten.

3. Lage reflectie ten noorden en westen van deze strook.
4. Een maximum van de reflectie langs de kust ten noorden van de monding van de Thames.
5. Een maximum van de reflectie bij de Vlaamse Banken.
6. Een minimum van de reflectie ten westen van de Nederlandse kust.
7. Een minimum van de reflectie ten noorden van de Nederlandse en Duitse Waddeneilanden.

Eén van de weekcomposieten uit het onderzoek is opgenomen in figuur 2.2.

Vanwege de onnauwkeurige transformatie is het niet mogelijk reflectie te vergelijken met andere grootheden die het doorzicht beschrijven. De grote temporele variatie in reflectie, die niet evenredig is met de variatie in zwevend stof gehalte, maakt een temporele analyse van de beelden zinloos. Daarom zijn satellietbeelden bij de gegevens inventarisatie buiten beschouwing gelaten.

## 2.2 Beschikbaarheid van gegevens

Een overzicht van de beschikbare meetgegevens wordt gepresenteerd in bijlage 1.

In het verleden is veelvuldig in de Nederlandse zoute wateren gemeten aan doorzicht en aan met doorzicht samenhangende grootheden. Dit betroffen incidentele metingen. Deze incidentele metingen worden in vele artikelen besproken (zie literatuurlijst en de literatuurverwijzingen achter de kolom de beschikbare meetgegevens in bijlage 1).

Samenvattend zijn de belangrijke metingen:

### Incidenteel:

- 1903 - 1968 Allerlei lichtmetingen (doorzicht, extinctie en verticale extinctie), waarbij het spectrum varieerde, rood-, wit- of daglicht. De metingen worden samengevat in in een artikel van Visser [VISSER,1970];
- 1960 - 1969 Lichtmetingen en metingen van de zwevend stof concentratie door NIOZ en KNMI, bijvoorbeeld gebruikt in [OTTO,1967];
- 1970 - 1990 Incidentele metingen van zwevend stof concentraties (bijvoorbeeld voor onderzoek in de Voor-Delta of bij Loswal



Noord);

1988 - 1990 Gedurende drie jaar extinctie metingen project EUZOUT  
[gesprek PEETERS, 8/8/91];

Continue:

1975 - 1990 WAKWON/WAKWAL/WOSRO, gedurende de gehele periode de zwevend  
stof concentratie. Alleen in de eerste drie jaar een aantal  
doorzicht metingen. De naam is tweemaal gewijzigd; van  
WAKWON naar WAKWAL en uiteindelijk naar WOSRO.

In eerste instantie lijken er redelijk veel gegevens beschikbaar te zijn.  
Echter, de onderlinge vergelijkbaarheid laat te wensen over. In hoofdstuk 3  
zal duidelijk worden waarom de meetgegevens onderling moeilijk  
vergelijkbaar zijn.

Gegevens zijn niet altijd verkregen door monsterring op dezelfde lokatie.  
Elk incidenteel meetprogramma diende een ander onderzoek en had dus een  
ander doel en vond plaats in een ander onderzoeksgebied. Alleen in het  
WAKWON/WAKWAL/WOSRO meetnet zijn de lokaties gelijk gebleven, maar is het  
meetnet wel gedurende de jaren uitgedund. In 1975 bestond het meetnet nog  
uit 76 lokaties, waar 1 keer per 2 of 3 weken werd bemonsterd. In 1983  
werden 30 lokaties permanent niet, 12 lokaties slechts één keer per  
kwartaal en de overige lokaties slechts 1 keer per maand bemonsterd. Na  
1988 is het meetnet verder uitgedund tot 26 lokaties, waar 1 keer per maand  
wordt gemeten. In detail is het WAKWON/WAKWAL/WOSRO-meetnet weergegeven in  
figuur 2.3 (a,b,c en d).

De vier figuren geven weer:

- a: situatie tot 1983 (1 \* per twee á drie weken) (WAKWON)
- b: situatie 1983 - 1988 (1 \* per kwartaal) (WAKWAL)
- c: situatie 1983 - 1988 (1 \* per twee weken) (WAKWAL)
- d: situatie na 1988 tot op heden (1 \* per vier weken) (WOSRO)

In de overzichtstabel van de beschikbare metingen (bijlage 1) staat waar de  
metingen ongeveer hebben plaatsgevonden. De WAKWON/WAKWAL/WOSRO-reeks omvat  
slechts een gebied van geringe omvang in vergelijking tot de omvang van het  
gebied waar incidenteel is gemeten. Eigenlijk wordt alleen de kustzone  
beschreven met de continue WAKWON/WAKWAL/WOSRO-reeks.



## 2.3 Literatuur

Het doel van de literatuurstudie is het vergaren van zoveel mogelijk meetgegevens van doorzicht en daarmee samenhangende grootheden in de Nederlandse zoute wateren. Een overzicht van de beschouwde literatuur staat achterin dit rapport (voor de figuren). Een overzicht van de beschikbare meetgegevens, gevonden in de literatuur, staat in bijlage 1.

### 2.3.1 Beperkingen van het literatuuronderzoek

Onbewerkte gegevens die niet in artikelen zijn opgenomen zijn niet beschikbaar voor deze studie. Een uitzondering daarop zijn de gegevens van het NIOZ, periode 1966-1969, die in hoofdstuk 4 geanalyseerd zijn. Andere data van het NIOZ, die niet gecomputeriseerd zijn en waar niet over gepubliceerd is, zijn niet opgenomen.

De verzamelde literatuur geeft een volledig beeld van de beschikbare meetgegevens, die verwerkt zijn in de literatuur. Echter, het beeld dat nu is ontstaan van beschikbare literatuur is onvolledig gebleven.

- Niet altijd zijn alle achterliggende documenten van een publicatie achterhaald, als in de desbetreffende publicatie resultaten (en bijbehorende meetgegevens) van de achterliggende documenten worden herhaald. De inspanning die vereist zou zijn om alle achterliggende documenten van elke publicatie te achterhalen zou onevenredig groot zijn geweest in vergelijking met de toevoegingen die dat zou opleveren voor het aantal meetgegevens.
- Een aantal artikelen zijn altijd ongepubliceerd gebleven, omdat zij intern als werkdocument zijn gebruikt of omdat de resultaten niet voldoende bevredigend waren. Dergelijke artikelen zijn niet opgenomen.
- De nadruk heeft gelegen op het fysische aspect van zwevend stof en doorzicht en niet op de biologische gevolgen van troebelheid.
- Er is, in eerste instantie, alleen gezocht naar Nederlandse literatuur.
- Een laatste beperking was dat er een redelijk directe relatie moest bestaan met dit onderzoek, dus bijvoorbeeld een trendanalyse over een langere periode of een beeld van doorzicht in de Noordzee in eerdere jaren. Een groot aantal publikaties behandelen slechts kortdurende, zeer plaatselijke verschijnselen en zijn niet in het overzicht opgenomen.

Tabel 2.1 Trendanalyses van zwevend stof concentraties en beïnvloedende factoren

periode	gebied	literatuurverw.	conclusie en kanttekeningen
1969 - 1980	Westersch.	Swart 1982	Slechts twee stations op zee zijn in het onderzoek opgenomen Alle stations vertonen een piek in jan/febr.
1954 + 1970 - 1979	Eems Dollard	Jonge 1983	Constaateert een toename van zw.st. met een factor 1.3 tot 2.1 tussen 1954 en 1979.
1969 - 1986	Noordzee	Alphen 1990	Slibbalans is beïnvloed door de delta-werken en uitdiepen haven Zeebrugge. De invloed van stormen op de slibbalans is groot.
1975 - 1987	Noordzee	Buiting 1988	Geen trend die significant is in zw.st. conc. Alleen in Appelzak raaien een bergparabool met max. in 1978/1980.
1975 - 1982	Noordzee	RWS 1983	Alle WAKWON/WAKWAL-stations geanalyseerd voor zw.st. conc.: geen trend in de tijd die significant is.
1975 - 1983	Noordzee	WL 1987	Geen significante trend in zw.st. conc. op de Noordzee, ook niet na seizoenscorrectie.
1973 - 1990	Waddenzee	WL 1991	Stijging in zw.st. conc. tot 1982, daarna afname. Logtransformatie toegepast.
1977 - 1982	Noordzee	Visser et al, 1991	Totale hoeveelheid slib varieert over die jaren.
1988 - 1990	Oostersch.	Brinke 1991	Relatie met getij, maar relatie met stormen overheersend.
1987 - toek.	Delta	RWS 1986	Toekomstvoorspelling: door afname stroomsnelheid een afname in zw.st. conc.



### 2.3.2 Algemene resultaten uit de literatuur

In alle Nederlandse zoute wateren is gemeten aan doorzicht en aan doorzicht gerelateerde grootheden. Deze paragraaf geeft voor de verschillende watersystemen een globaal beeld van de zwevend stof concentraties en de trendanalyses die zijn uitgevoerd. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de bestaande trendanalyses die zijn uitgevoerd met de bijbehorende perioden en het watersysteem. Het betreft alleen zwevend stof concentraties. Voor de andere grootheden, die met doorzicht samenhangen, zijn geen trendanalyses bekend.

#### **Noordzee**

Langs de Nederlandse kust worden in de periode 1931-1985 veranderingen in de kustfauna geconstateerd, die mogelijkwijs aan veranderingen in doorzicht als gevolg van eutrofiëring kunnen worden toegeschreven [OOSTERBAAN,1989]. In de jaren 60 zijn een aantal algemene soorten helemaal niet of nauwelijks gemeld door waarnemers. Uitspraken over die periode moeten wel worden gerelativeerd door een verminderde activiteit van de waarnemers. Oosterbaan concludeert dat er aanwijzingen zijn dat de kustfauna in die periode tijdelijk verarmde.

Het Hydrografisch Bureau heeft reeds in 1965 een kaart van de Nederlandse zoute wateren gemaakt met de gemiddelde doorzicht-dieptes (zie figuur 2.4). De gemiddelde doorzichtdiepte (gemeten met een Secchi-schijf, a-select voor seizoen, wind of getij) is langs de Nederlandse kust 1,5 tot 4 meter. Vanaf ongeveer 20 km uit de kust bedraagt het doorzicht 3 tot 10 meter. Bij de gegevens van het Hydrografisch Bureau is geen spreiding in de meetwaarden en geen tijdstip van meting aangegeven. Een overzichtsstudie naar doorzicht op de Noordzee is in 1970 verricht aan het KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut), gepubliceerd door Visser [VISSER,1970]. In zijn artikel verwijst hij naar andere studies en naar verschillende meetreeksen van zowel het KNMI als het NIOZ (Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee / Netherlands Institute for Sea Research). Naast de gegevens die in dit artikel zijn verwerkt zijn geen gegevens uit de periode voor 1970 bekend met betrekking tot metingen op de Noordzee. In figuur 2.5 zijn de belangrijkste resultaten van deze studie weergegeven.



In 1985 werd dit beeld aangevuld met het overzicht van de gemiddelde zwevend stof concentraties over de periode 1975-1983 (gebaseerd op meetgegevens uit WAKWON/WAKWAL) [WL, 1985] (zie figuur 2.6). De concentratie varieert van 100 mg/l langs de Nederlandse kust bij de monding van de Westerschelde tot aan 3 mg/l langs 54° Noorderbreedte. In deze figuur is geen onderscheid gemaakt naar getij-, wind- of seizoensinvloeden.

Daarnaast zijn er verschillende inspanningen verricht om op de zwevend stof concentraties een trendanalyse in de tijd toe te passen. Voor de Noordzee zijn dat vier analyses geweest over een langere periode [ALPHEN,1990], [BUITING,1988], [RWS,1983], [WL,1987]. [ALPHEN,1990] hanteerde data van Centre National pour L'EXploitation des Oceans (CNEXO) en het WAKWAL/WAKWON-bestand van Rijks Waterstaat. De andere drie auteurs hebben gebruik gemaakt van het WAKWON/WAKWAL-bestand. De conclusie van Buiting, RWS en WL is dat er geen significante trend op de Noordzee is aan te tonen (voor de periode tot 1985).

Veel auteurs hebben onderzoek gewijd aan de slibbalans voor de Noordzee (zie figuur 2.7) [ALPHEN,1986,1987,1989,1990], [CREUTZBERG,1979], [DAM,1989], [DRONKERS,1990], [EISMA,1979,1987,1990], [GOSSE,1976], [PULS,1987]. Daarbij gaat men uit van jaarlijkse gemiddelde transportbalansen. Het onderzoeken van depositie- en suspensieverschijnselen is een belangrijk onderdeel van dergelijke studies.

Tegenwoordig wordt veel aandacht besteed aan de eutrofiërings-problematiek op de Noordzee. Doorzicht en eutrofiëring beïnvloeden elkaar op de Noordzee. Licht is in de winter op de gehele Noordzee en in de zomer op veel kustlocaties de beperkende factor voor de groei van algen. Dat betekent overigens niet dat een lagere anorganische zwevend stof gehalte tot een verhoging van de zichtdiepte zal leiden. Juist doordat licht limiterend is, zal iedere verlaging van lichtadsorptie door anorganisch materiaal vrijwel direkt en volledig worden gecompenseerd door een toename van algen en detritus. De uiteindelijke extinctie/zichtdiepte blijft onveranderd. Het organisch deel van het zwevend stof variëert in de zomer sterker dan in de winter en beïnvloedt het doorzicht aanzienlijk [EISMA,1987a], [BROCKMANN,1990]. Het organisch gehalte (in procenten van het totaal aan zwevend stof, gedefinieerd als < 125µm in diameter) is

kleiner dan 20 % langs de Nederlandse kust en wordt hoger naarmate men verder van de kust verwijderd is. Dit wordt veroorzaakt door het relatief grote aandeel van de zeebodem aan het totale zwevend stof gehalte langs de kust in vergelijking met het aandeel verder op zee. Het aandeel van organisch materiaal is het hoogst in de Noordelijke Noordzee (variërend van 40 tot hoger dan 60 %, ter hoogte van 57°N), veroorzaakt door het grote aandeel van zwevend stof afkomstig uit de oceaan (zie figuur 2.8).

### Waddenzee

Voor de Waddenzee en enkele Noordzee-stations heeft het WL onlangs een trendanalyse toegepast op de zwevend stof concentraties voor de periode 1973-1990 (zie figuur 2.9). In de Waddenzee werden bij verschillende stations trends aangetoond in de vorm van een bergparabool met een maximum rond 1982. De trend is niet significant aantoonbaar voor de stations op de Noordzee.

De gemiddelde waarden voor de zwevend stof concentraties zijn weergegeven in het onderzoek van het Waterloopkundig Laboratorium [WL,1991]. De gemiddelden zijn weergegeven in figuur 2.10.

[POSTMA,1980 en ESSINK,1985] hebben tevens onderzoek gedaan naar de zevend stof concentraties in de Waddenzee.

### Oosterschelde

In tabel 2.2 zijn de gemiddelden van de zwevend stof concentraties in de Oosterschelde ter hoogte van de Oosterschelde dam weergegeven [BRINKE,1991]. Opvallend zijn de grote verschillen tussen zomer en winter/herfst. De periode (2 jaar) is te kort voor een trendanalyse zoals bedoeld is in deze studie.

Tabel 2.2 Gemiddelde zwevend stof concentraties in de Oosterschelde, [BRINKE, 1991]

Periode	eb	vloed
herfst 1988 (kalm)	27.3	26.3
winter 1989 (stormachtig)	35.2	38.7
zomer 1989	8.9	8.3
herfst 1989 (kalm)	31.8	34.2
winter 1990 (stormachtig)	57.3	65.6
zomer 1990	10.3	9.6

### Westerschelde

In de Westerschelde is de zwevend stof concentratie gemeten [SWART,1982]. De resultaten zijn weergegeven in figuur 2.11.

Een trendanalyse met gegevens vanaf het begin van de jaren zeventig is uitgevoerd door [MALDEGEM en STORM,1990]. De conclusie van de studie luidt: de range van de natuurlijke variatie is vele malen groter dan de gemiddelde verandering op een termijn van meerdere jaren (de zogenaamde trends). Zij hanteerden twee data sets. De eerste set is tevens de bron voor figuur 2.11 en bestaat uit 9 lokaties, bemonsterd vanaf 1969. De andere set is het WAKWAL/WOSRO-bestand en bestaat sinds 1972 in de Westerschelde.

### Eems estuarium

In het Eems estuarium is op 8 stations het zwevend stof gehalte gemeten van 1976 tot 1980 [COLIJN,1982], weergegeven in figuur 2.12. Andere onderzoeken voor het Eems estuarium zijn [JONGE,1983] en [ESSINK,1985]. De Jonge toonde een toename van de gemiddelde zwevend stof concentratie aan over de periode 1954 tot 1979 (gemiddelde voor een aantal stations en het hele jaar). Hij bracht de toename in verband met de baggeractiviteiten in het gebied.



### 3 ONDERLINGE VERGELIJKBAARHEID VAN MEETGEGEVENS

Voor een analyse van meetgegevens waarbij gezocht wordt naar een verandering in de tijd is het noodzakelijk om gegevens onderling te kunnen vergelijken. De bepaling van een trend aan de hand van chronologisch opeenvolgende meetwaarden is problematisch, doordat:

- verschillende grootheden zijn gemeten, die onderling getransformeerd dienen te worden (paragraaf 3.1);
- kortdurende verstoringen optreden (paragraaf 3.2);
- meettechnieken zijn gewijzigd (paragraaf 3.3).

#### 3.1 Transformatie van grootheden

De onderlinge vertaling van de grootheden is een groot struikelblok in de analyse naar veranderingen in de tijd. In het verleden werden bijna alleen de grootheden verbonden aan licht gemeten en de afgelopen 20 jaar werden bijna alleen zwevend stof concentraties gemeten.

De problematiek bij het onderling vergelijken van licht-grootheden en zwevend stof concentraties kan als volgt worden samengevat:

Doorzicht, troebelheid en extinctie (licht-grootheden) worden bepaald door het *aantal* deeltjes (onopgelost én opgelost). Daarentegen is de zwevend stof concentratie alleen afhankelijk van het *gewicht* van de deeltjes (alleen de onopgeloste fractie). De licht-grootheden worden voor een belangrijk deel bepaald door de fijnste fractie van de zwevend stof. De zwevend stof concentratie wordt juist door de grovere deeltjes sterk bepaald (hoger gewicht per deeltje). De relatie tussen licht-grootheden en zwevend stof concentraties is derhalve afhankelijk van de samenstelling van het monster.

Een vergelijking onderling van verschillende grootheden verbonden aan licht (doorzicht - extinctie - verticale extinctie) lijkt eenvoudiger. Echter, bij een aantal extinctie metingen in het verleden gebruikte men geen daglicht maar kunstlicht met vastgestelde spectra, zoals rood of blauw licht. In een dergelijk geval zijn de grootheden onderling niet vergelijkbaar, hoewel zij allen aan licht gerelateerd zijn.

Tabel 3.1 Relaties tussen verschillende grootheden met literatuurverwijzing

Literatuur verwijzing	grootheden	Conclusie (uitgebreider weergegeven in bijlage 3)
Otto 1966	Doorzicht	Meerdere relaties uit de literatuur, relatie is een lineair verband: doorzicht * vert.ext. = constante. Constante varieert van 0.61 tot 0.95, bij de verschillende auteurs.
	Doorzicht	Waddenzee en langs kust goede relatie (corr.coëff. 0.86-0.97); Central North Sea slechte relatie (corr.coëff. 0.56). Relatie heeft de vorm: extinctie = constante /doorzicht - constante.
	Extinctie	Deels uit de literatuur en eigen onderzoek; geen relatie aangetroffen in de Noordzee (corr.coëff. 0.24), wel in de Waddenzee (corr.coëff. 0.7 0.98). Meting in het voorjaar. Vorm van de relatie: vert.ext. = constante * zw.st.conc +/- constante
Otto 1967	Extinctie	Geen relatie tussen deze grootheden in continental Coastal Waters, wél in English Coastal Waters. Betrof (i.t.t. [OTTO 1966])meting in de winter.
Visser 1970	Doorzicht	Gemiddelde over hele zuidelijke Noordzee, waarden voor 2 seizoenen opgesplitst. Winter goede correlatie (0.95), zomer slechter (0.66). Gewerkt met gemiddelden over een gebied, dus alleen statistische waarde en niet voor een moment-opname op één plaats. Vorm van de relatie: zie Otto, 1966
	Vert.ext.	Heeft Visser uit literatuur en eigen onderzoek
	Vert.ext.	Vert.ext. = 1.25(of 1.7) * Doorzicht
Gall 1949	Secchi-schijf	Voor verschillende weersomstandigheden (ruwe en kalme zee). Vorm van de relatie: zie bijlage 3
	Extinctie	
Voor [JOSEPH, 1953], [COLIJN, 1982], [JONES, 1956] en [POSTMA, 1961] wordt verwezen naar bijlage 3.		

Pogingen om de grootheden onderling vergelijkbaar te maken zijn ondernomen door verschillende auteurs [VISSER,1970, OTTO,1966, OTTO,1967 en anderen]. Een overzicht van de verschillende pogingen staat in tabel 3.1. Een uitbreiding van tabel 3.1 (ondermeer met de resultaten en transformatieformules) staat in bijlage 3.

Bij dergelijke formules moet men in acht nemen dat:

- de formule alleen geldt voor een monster van gelijke samenstelling. De grootte van de deeltjes, de vorm van de deeltjes en de hoeveelheid (on)opgeloste stof beïnvloeden de meting met licht en de meting van de zwevend stof concentratie verschillend.
- de formule samengesteld is met statistisch bewerkte gegevens (bijvoorbeeld gemiddelden) en niet van directe meetwaarden. Men moet zich afvragen wat de oorspronkelijke gegevens zijn en of de aangetoonde relatie dan ook bij een momentopname geldig is.

Bij het transformeren van gegevens moet de afwijking, die mogelijkwerijs optreedt door het toepassen van een transformatieformule, worden aangegeven. In bepaalde gevallen is de onnauwkeurigheid zo groot dat moet worden afgezien van transformatie. De in de literatuur gepresenteerde relaties zijn gebonden aan tijd en plaats.

Aanvullend op de literatuur in bijlage 3 is binnen dit onderzoek specifiek gezocht naar de transformatie van doorzicht naar zwevend stof concentraties in de Noordzee (paragraaf 4.4).



### 3.2 Verstoring van de meetreeks door externe omstandigheden met een kort-durende invloed

Verstorende factoren, die slechts een kort durend effect hebben en dus de meetreeks beïnvloeden zonder dat het watersysteem gemiddeld is veranderd, zijn:

- hydrodynamische condities; die bepaald worden door
  - golven (veroorzaakt door wind),
  - stromingen (bepaald door getij en dichtheidsverschillen) en het zoutgehalte (van belang voor flocculatie, uiteenvallen van vlokken, sedimentatie op de bodem, resuspensie vanaf de bodem en accumulatie van slib);
- baggeractiviteiten;
- variaties in rivier afvoeren.

Tijdens de analyse van de WAKWON/WAKWAL/WOSRO-gegevens op de Waddenzee [WL,1991] is gebleken dat de invloeden van hydrodynamische condities groot kunnen zijn. Met name turbulentie in de waterkolom is van belang, ook vlak boven de bodem. Deze turbulenties worden enerzijds veroorzaakt door de getijdestroming, anderzijds door wind geïnduceerde golfwerking en door menging. De getijdestroming op zijn beurt is ook weer te zien als een combinatie van een getijcyclus tussen dood- en springtij ter plaatse en een invloed van windgedreven stromingen.

In deze paragraaf worden achtereenvolgens behandeld: hydrodynamische

beïnvloedende factor	literatuurverw.	gebied
wind	Gossé 1976	Noordzee
	Eisma 1979	Noordzee
	Vlemmix 1980	Monding nieuwe Waterweg
	Essink 1985	Eems Dollard
	Louisse 1987	Hoek van Holland
	WL 1989	Noordzee
	Brinke 1991	Oosterschelde
getij	Visser 1970	Noordzee
	Essink 1985	Eems Dollard
	WL 1991	Waddenzee
	Brinke 1991	Oosterschelde
baggeractiviteit (incl. depots)	Jonge 1983	Eems Dollard
	Buiting 1988	Noordzee, Waddenzee
	Blokland 1988	baggerlokatie in haven
	Alphen 1990	Noordzee
	Maldegem 1990	Westerschelde
	Spanhoff 1990	Loswal Noord
	Kok	Loswal Noord
rivier toevoer	Essink 1985	Eems Dollard (Eems toevoer)
	Sydow 1987	Noordwijk, Rijn toevoer
schijn-invloed <sup>1</sup>	Essink 1985	Eems Dollard en oostelijke Waddenzee
	Buiting 1988	Noordzee, Waddenzee

<sup>1</sup> dat is een toename in gemiddelde meetwaarden maar in werkelijkheid geen toename, o.i.v. veranderingen in bemonstering en analyse

Tabel 3.2 Studies naar de verstoring in de zwevend stof concentratie veroorzaakt door externe factoren, met invloed op de korte termijn

### Hydrodynamische condities

#### wind

Uit de opsomming van processen kan men een windinvloed op de concentraties van zwevend stof verwachten. In [WL,1989] wordt zelfs gesproken over een significante tijdsverschuiving tussen het langjarig windsignaal en de zwevend stof concentratie. Hierbij moet nog opgemerkt dat het uitvaren bij zeer zware storm een uitzondering is, waardoor op de momenten waarop een

hoge zwevend stof concentratie wordt verwacht minder metingen zijn verricht.

Een duidelijk voorbeeld van de invloed van weersomstandigheden tijdens één seizoen is de reeks van meetgegevens van slibgehalte in 1974 van Gossé [GOSSE,1976]. In figuur 3.1 zijn 4 afbeeldingen uit dat rapport van het slibgehalte langs de Nederlandse kust onderling vergeleken. Alleen door de verschillende weersomstandigheden kan het verschil in concentratie worden verklaard. Het blijkt niet te gaan om de weersomstandigheden op het moment van meten, maar vooral ook om voorafgaande weersomstandigheden.

### Getij

De trend in de zwevend stof concentratie is afhankelijk van de stroomsnelheid, die verloopt onder invloed van het getij en de waterdiepte. Twee voorbeelden uit de literatuur geven een dergelijke invloed aan:

- In de Eems Dollard is de concentratie een uur voor laag water het hoogst, vervolgens neemt de concentratie sterk af tijdens en na laag water. Enkele uren voor hoog water kan er weer een kleinere piek ontstaan, maar van zeer geringe omvang vergeleken met de piek voor laag water [ESSINK,1985].
- In de Waddenzee ten zuiden van Ameland in het hoofdkanaal treedt een soortgelijk verschijnsel op, waarbij de piek drie uur voor laag water optreedt. In figuur 3.2 staan de zwevend stof concentraties uitgezet tegen de tijd, gedurende een getijgolf [POSTMA,1961].

Deze voorbeelden dienen ter illustratie en hebben geen algemene geldigheid.

### **Baggeractiviteit (korte-duur invloeden bij meting)**

Lokaal kan de meting worden beïnvloed door een toename van de aanvoer van slib (door stort van baggerspecie, bijv. Loswal Noord). Anderzijds kan ook door het baggeren zelf een invloed merkbaar zijn als gevolg van het omwoelen van de bodem. Volgens STEYAERT [gesprek 14/8/91] blijft de invloed beperkt tot 1 km rondom de baggeractiviteit en op de Noordzee zelfs nog tot een kortere afstand. Op de langere termijn kunnen baggeractiviteiten een morfologisch effect hebben waardoor de zwevend stof concentratie langdurig beïnvloed is. Dan is er geen sprake van een verstoring van de meetreeks, zoals in deze paragraaf is bedoeld, maar van een langdurige verandering. Dergelijke lange-duur veranderingen, die een werkelijke trend en een



verandering in doorzicht betekenen, zouden uit de verschillende trendanalyses moeten volgen.

#### Rivier afvoer

Als in de directe invloedssfeer van rivieren (zoals de Eems, de Schelde en de Rijn) significante verhogingen in het slibgehalte in de rivier optreden, is dat ook merkbaar voor het doorzicht in de aangrenzende zeeën of estuaria. Bijvoorbeeld na hevige regenval zal de rivier een groot deel van de jaarlijkse slibafvoer in één keer afvoeren. Sydow merkt op in [SYDOW,1987] dat in de periode juli-oktober een lage zwevend stof concentratie bij Noordwijk in de Noordzee kan worden veroorzaakt door een lage afvoer in de Rijn (zie figuur 3.3). Daarnaast kunnen dischtheidsverschijnselen door de aanvoer van zoet water een rol spelen.

### 3.3 Veranderingen in de bemonstering en analyse

De belangrijkste veranderingen tussen 1975 en 1990 in de bemonstering en analyse van gegevens in het WAKWON/WAKWAL/WOSRO-bestand zijn [ESSINK, 1985]:

- aantal meetlokaties (zie figuur 2.2);
- meetfrequentie (zie figuur 2.2);
- positiebepaling van de meetlocaties (voorheen uitgevoerd aan de hand van boeien, die wel eens werden verlegd, sinds 1979 vastgelegd met koördinaten);
- inname van het monster (tot 1982 werden de monsterflessen met een pomp na elkaar gevuld, na 1982 werd een verzamelvat in één keer gevuld en vervolgens verdeeld);
- poriëngrootte van het filter (zie paragraaf 2.4)
- materiaal van het filter (zie paragraaf 2.4)
- de spoeling van het filter met demi-water (men verwacht dat deze routine nooit achterwege is gelaten [telefoongesprek TIELLENS, 18/9/1991]);
- detectiegrens (de detectiegrens is sinds 1991 verlaagd doordat het monster niet meer beperkt blijft tot één liter maar wordt uitgebreid totdat het filter weegbaar zwaarder is geworden);
- tijdstip ten opzichte van hoogwater;

- wijze van filtreren (voorheen onderdruk met een waterstraalpompe en daarna onder 1 atm).

Dergelijke veranderingen hebben een effect op de meetreeks. De resultaten kunnen hoger of lager uitvallen. Echter, het exacte effect van elke afzonderlijke verandering en het totale effect van alle veranderingen samen is onbekend. De effecten zijn zonder detailonderzoek moeilijk te kwantificeren, de veranderingen zijn niet lineair en voor meerdere veranderingen in de meettechniek geldt niet het superpositiebeginsel (effecten niet eenvoudig optelbaar).

Een veel voorkomende verandering is het verlagen van detectiegrenzen. In WAKWON/WAKWAL/WOSRO, bijvoorbeeld, zal vanaf heden (1991) de detectiegrens (1 mg/l) worden verlaagd<sup>1</sup>. Op de Noordzee wordt in de zomermaanden meerdere malen geen zwevend stof aangetoond en wordt de detectiegrens of 0.0 als meetwaarde ingevuld (het is onduidelijk waar de keuze op is gebaseerd). Het verlagen van de detectiegrens zal in die maanden de nauwkeurigheid doen toenemen en het gemiddelde doen verlagen of verhogen (afh. van het invullen van de detectiegrens of 0.0).

### 3.4 Conclusies ten aanzien van de onderlinge vergelijkbaarheid van meetgegevens

Na een analyse van de beschikbare incidentele gegevens bleek:

- De gegevens zijn ruimtelijk zeer gespreid. Op één plaats is nooit zeer lang achterelkaar gemeten (bijvoorbeeld alleen een jaar, of over een aantal getij-cycli).
- De grootheden zijn moeilijk vergelijkbaar omdat, behalve overduidelijk verschillende typen, zoals extinctie en zwevend stof concentratie, ook "verborgen" verschillen worden geconstateerd (zoals lichtspectra).
- De gegevens, die ten grondslag liggen aan [VISSER, 1970] zijn niet vertaalbaar naar huidige gegevens, te weten WAKWON/WAKWAL/WOSRO (zwevend

---

<sup>1</sup> De oorzaak daarvan is dat men voorheen een monster van 1 liter naar het laboratorium stuurde. Bij het wegen van een filter, na filtratie, kan men geen toename van het gewicht van het filter wegen kleiner dan 1 mg. De detectiegrens is dan 1 mg/l. Vanaf heden wordt een onbeperkt monster aan boord gefiltreerd, totdat de toename van het gewicht van het filter aantoonbaar is.

stof concentraties) en EUZOUT (extinctie met daglicht). Deze mening wordt gedeeld met VISSER (telefoongesprek 18/9/91) en EISMA (telefoongesprek 18/9/91). Er kan dus niet worden gezocht naar een trend in de tijd, langer dan de periode die WAKWON/WAKWAL/WOSRO bestrijkt (vanaf 1975). Eventueel kunnen de gegevens van het NIOZ (periode 1966-1969) wel worden vergeleken met de WAKWON/WAKWAL/WOSRO-gegevens, omdat in de NIOZ-reeks ook zwevend stof concentraties voorkomen. De bemonsteringlocaties van NIOZ verschillen echter van de locaties in WAKWON/WAKWAL/WOSRO. Voor de trendanalyse, zoals benodigd voor het beantwoorden van de in het kader van WSV gestelde vragen, is besloten om de WAKWON/WAKWAL/WOSRO gegevens te hanteren. De resultaten zijn weergegeven in hoofdstuk 4.



#### 4 ANALYSE VAN ZWEVEND STOF EN DOORZICHT GEGEVENS (1966-1990)

Om de vragen in het kader van de Water Systeem Verkenningen te beantwoorden is, naast de literatuurstudie en de gespreksronde, een eerste grove analyse van de beschikbare gegevens uitgevoerd.

Bij dit deel van het onderzoek zijn het WAKWON/WAKWAL/WOSRO-bestand (periode 1975-1990) en het NIOZ-bestand (periode 1966-1969) gebruikt.

Met de gegevens in deze bestanden zijn een tweetal analyses uitgevoerd:

- trendanalyse in de tijd (1975-1990), dit om aan te tonen of er een antropogene invloed op de troebelheid van de Noordzee aantoonbaar is (en bestaat);
- relatie tussen zwevend stof gehalten en doorzicht, om na te gaan of de oude doorzicht gegevens (van voor 1966) vergelijkbaar zijn met de huidige gegevens gebaseerd op massametingen van zwevend stof.

##### 4.1 Algemene beschrijving van de gegevens

Bij de analyse worden alleen gegevens van de Noordzee gebruikt. Tijdens de literatuurstudie is gebleken dat gegevens over Nederlandse zoute wateren, anders dan de Noordzee, al in voldoende mate geanalyseerd zijn.

Vanuit het WAKWON/WAKWAL/WOSRO bestand zijn door RWS ten behoeve van deze studie meetgegevens van de zwevend stof concentratie vanaf 1975 toegeleverd. De zwevend stof concentraties zijn hierbij aan het oppervlakte bemonsterd (dieptecode = 0). In de periode 1975-1978 is tevens het doorzicht per station gemeten. De stations worden gecodeerd door middel van de naam van de raai en het aantal kilometers vanaf de kustlijn (bijvoorbeeld station "AP2" = raai Appelzak, 2 km. uit de kust).

Het NIOZ bestand bevat zwevend stof concentraties en doorzicht metingen verspreid over het zuidelijke gedeelte van de Noordzee over de periode 1966-1969. Per lokatie is bemonsterd op een drietal observatie dieptes. Om tot een vergelijking met de zwevend stof gegevens uit het WAKWON/WAKWAL/WOSRO bestand te komen, is alleen gebruik gemaakt van de metingen aan het oppervlak. In figuur 4.1 is grofweg de spreiding van de bemonsteringspunten uit het NIOZ meetnet op de Noordzee weergegeven. Daaruit blijkt, ruimtelijk gezien, dat circa 89% van de metingen binnen de

grenzen van het WOSRO bestand liggen. Alleen de NIOZ gegevens die binnen dit gebied vallen zijn voor de verdere analyse gebruikt (zowel bij de trendanalyse als voor de relatie tussen zwevend stof en doorzicht).

Uit visuele inspectie van de WAKWON/WAKWAL/WOSRO- en de NIOZ-gegevens is besloten om onderscheid te maken in een zomer en winter data set. Om tot een vergelijking te komen met gegevens uit een belangrijke eerdere studie van [VISSER,1970] is besloten om de winter te definiëren als de periode van 1 december tot 30 mei en de zomer van 1 juni tot 30 november.

#### **Gegevens voor de trendanalyse in de tijd:**

Voor een trendanalyse in de tijd waren onvoldoende gegevens van doorzicht bekend. Daarom is besloten om vooralsnog alleen een trend voor zwevend stof gehalten te onderzoeken. De zwevend stof gegevens van het NIOZ (1966-1969) zijn niet gebruikt bij de trendanalyse, omdat de lokatie van de metingen niet overeenstemde met die van het WAKWON/WAKWAL/WOSRO meetnet en daardoor de periode 1975-1990 niet werd verlengd met deze gegevens. De gegevens zijn wel gebruikt om een vergelijking te maken tussen de gemiddelden in die eerdere periode en in de huidige WAKWON/WAKWAL/WOSRO reeks. De trendanalyses van de zwevende stof gehalten zijn uitgevoerd per station. Er zijn geen ruimtelijke klusters van stations gemaakt. Naar een trend in de ruimte is geen onderzoek gedaan in dit kader. Er is voor de trendanalyse gebruik gemaakt van die set van gegevens uit het WAKWON/WAKWAL/WOSRO bestand die een zo lang mogelijke tijdspanne omvat (maximale tijdspanne van 1975-1990).

#### **Gegevens voor de relatie tussen zwevend stof gehalten en doorzicht:**

Voor de bepaling van de relatie tussen zwevend stof gehalten en doorzicht zijn beide bestanden gebruikt. Daarbij zijn de stations niet regionaal geclusterd, maar is gezocht naar één relatie per seizoen (zomer en winter) voor alle stations samen.

Om een indruk te geven van de gemiddelde grootte en de (temporele en ruimtelijke) spreiding in de meetgegevens is in de tabellen 4.1, 4.2 en 4.3 het gemiddelde, de standaard afwijking en de minimale en maximale waarde aangegeven van de verschillende meetreeksen.



Tabel 4.1: Overzichtstabel zwevend stof gehalten van het WOSRO bestand, gemeten gedurende de periode 1975-1990

	Zwevend stof				
	N	gem. (mg/l)	st. afw	min. (mg/l)	max. (mg/l)
totaal '75-'90					
zomer	3413	14.3	29.2	1.0	638
winter	2940	25.7	53.3	1.0	747
zonder AP2					
zomer	3236	10.7	15.2	1.0	230
winter	2799	18.3	23.7	1.0	218

De standaard afwijkingen in tabel 4.1 zijn erg groot. Deze worden veroorzaakt door zeer hoge gehalten in de Appelzak raai (meest zuidelijke raai) op een afstand van 2 km vanaf de kust (plaatscode: AP2). Analyse van de meetgegevens zonder de data van AP2 resulteert in lagere gemiddelden en aanzienlijk kleinere standaard afwijkingen (tabel 4.1).

Tabel 4.2: Overzichtstabel zwevend stof gehalten van het NIOZ bestand, gemeten gedurende de periode 1966-1969

	Zwevend stof				
	N	gem. (mg/l)	st. afw	min. (mg/l)	max. (mg/l)
totaal '66-'69					
zomer	391	6.8	15.5	0.1	225
winter	241	10.9	31.7	0.1	364

In tabel 4.2 is, evenals in tabel 4.1, de spreiding rond het gemiddelde van de metingen erg hoog. Hoge zwevend stof gehalten kunnen bijvoorbeeld veroorzaakt worden door hoge windsnelheden wat op ondiepe plaatsen tot veel opwerveling van het zwevende stof kan leiden en door lokale dumpingen van slib. Omdat er geen nadere gegevens beschikbaar zijn die hierop betrekking hebben kunnen we hierover geen uitsluitsel geven. Het gemiddelde van de NIOZ-gegevens ligt lager dan het gemiddelde van de WAKWON/WAKWAL/WOSRO-gegevens. Een mogelijke verklaring is het frequenter voorkomen van NIOZ metingen verder uit de kust, waar de concentratie over het algemeen lager is. Een gedetailleerde inventarisatie naar de ligging van de NIOZ



bemonsteringslokaties kan hierin meer duidelijkheid verschaffen.

Tabel 4.3: Overzichtstabel doorzicht gehalten van het NIOZ en het WOSRO bestand, gemeten gedurende resp. 1966-1969 en 1975-1978.

	Doorzicht				
	N	gem. (dm)	st. afw	min. (dm)	max. (dm)
periode '66-'69					
zomer	392	50.0	3.53	3.0	190
winter	271	41.0	3.53	3.0	190
periode '75-'78					
zomer	460	20.5	10.3	1.0	50.0
winter	256	16.1	11.5	1.0	75.0

De verwachting is dat een hoger zwevend stof gehalte resulteert in een geringer doorzicht. Dit effect ziet men in tabel 4.3 in de gemiddelde afname van het doorzicht in de latere periode, welke samenvalt met een gemiddeld hoger zwevend stof gehalte in het WOSRO bestand.

In tabel 4.4 volgt een overzicht van de gemiddelde en standaard afwijking van de zwevend stof gehalten per station uit het WAKWON/WAKWAL/WOSRO bestand. Uit de tabel blijkt dat de gemiddelde zwevend stof concentraties van de WOSRO stations binnen een afstand van 20 km. uit de kust aanzienlijk hoger zijn dan de verder gelegen stations en derhalve het totale gemiddelde sterk kunnen optrekken. Tevens vallen de verschillen tussen zomer en winter gemiddelden op, met name voor de dicht langs de kust gelegen stations is dit verschil groot. In de winter periode komen er over het algemeen hogere windsnelheden voor dan in de zomer periode. Als gevolg van deze hoge windsnelheden kan door opwerveling van bodemmateriaal in de ondiepe gedeeltes langs de kust, de zwevend stof concentratie hoog zijn.

Merk op dat in tabel 4.1 het gemiddelde is berekend over de in zowel de tijd als de plaats variërende zwevend stof gegevens terwijl in tabel 4.4 het gemiddelde per station staat weergegeven, waarna het gemiddelde over al deze stations-gemiddelden is berekend (géén gewogen gemiddelde). In dit laatste geval is de standaardafwijking onderaan tabel 4.4 een maat voor de ruimtelijke spreiding.

Tabel 4.4: Overzichtstabel zwevend stof gehalte per station (1975-1990)

Station	Zomer			Winter		
	N	Gem. (mg/l)	Stand. dev.	N	Gem. (mg/l)	Stand. dev.
AP2	177	80.7	87.5	141	172.3	160.2
AP20	139	16.4	15.6	117	27.1	25.4
AP70	113	3.9	4.7	105	5.5	5.4
WC2	160	24.5	22.2	134	50.3	36.1
SW10	159	12.7	13.3	131	25.5	29.9
SW20	147	6.6	7.6	130	10.9	9.9
GR6	158	19.4	18.2	132	35.9	27.3
GR20	148	6.9	6.4	129	8.6	7.8
TH1	141	12.6	11.8	115	23.3	21.1
TH2	180	8.2	8.2	171	17.6	19.7
TH4	135	6.8	6.3	115	10.6	8.7
TH10	129	5.1	6.0	110	7.3	7.0
TH20	125	4.4	5.6	106	5.5	4.7
TH30	125	3.8	5.5	103	4.9	4.8
TH50	117	3.9	5.5	110	5.3	6.3
TH70	112	3.5	4.6	104	5.1	5.2
NW2	153	11.4	12.7	130	22.8	19.9
NW20	123	4.4	5.3	121	5.1	4.3
CL2	127	19.0	19.7	109	37.9	29.5
CL20	103	3.7	5.2	103	4.0	3.5
TS4	144	7.7	7.4	123	24.8	25.4
TS20	103	3.1	5.8	88	4.5	4.4
RT3	199	31.8	28.0	159	46.5	33.8
RT20	121	8.6	14.5	94	9.8	8.7
RT70	75	3.8	4.0	60	3.9	3.4
Totaal	3413	12.5	15.7	2940	23.0	33.4

In tabel 4.5 staan de doorzicht gegevens van het WAKWON/WAKWAL/WOSRO bestand weergegeven per station.

Tabel 4.5: Overzichtstabel doorzicht gegevens per station (1975-1978)

Station	Zomer		Winter	
	Gem. (dm)	Stand.dev.	Gem. (dm)	Stand. dev.
AP2	2.9	0.8	2.8	1.3
AP20	10.5	2.5	11.1	8.6
AP70	30.0	0.1	28.8	4.1
WC2	13.7	6.2	11.8	9.9
SW10	18.9	7.6	11.3	9.1
SW20	26.0	6.9	18.3	9.7
GR6	10.4	4.2	5.9	6.2
GR20	21.8	7.7	15.7	7.8
TH1	8.5	3.7	7.2	5.9
TH2	9.3	3.9	8.4	5.8
TH4	11.9	4.4	11.3	5.1
TH10	18.3	6.2	16.1	7.6
TH20	28.3	6.1	22.6	5.9
TH30	29.2	2.2	24.5	9.1
TH50	30.5	1.5	30.0	0.1
TH70	30.3	1.1	30.5	1.5
NW2	12.3	6.4	5.8	2.4
NW20	27.4	5.7	23.8	3.8
CL2	16.3	8.0	9.0	8.2
CL20	30.8	1.9	27.3	2.8
TS4	20.9	6.9	8.3	6.2
TS20	30.9	1.9	27.8	4.7
RT3	11.7	9.5	10.7	16.4
RT20	31.8	9.9	22.3	7.4
RT70	29.8	2.6	27.9	4.5
Totaal	20.5	8.9	16.8	8.7

De winter gemiddelde zwevend stof gehalten zijn hoger dan die van de zomer gegevens, wat resulteert in een lager doorzicht gemiddelde in de winter (tabel 4.5). Dit aspect is tevens terug te vinden in de resultaten van [VISSER,1970]. De resultaten van Visser zijn opgenomen in figuur 2.5. Bij vergelijking van de resultaten van deze analyse met die van VISSER (doorzicht gegevens voornamelijk periode 1959-1969), moet enige voorzichtigheid in acht worden genomen. De resultaten van Visser hebben betrekking op een ruimtelijk veel grotere schaal (gehele zuidelijke Noordzee), waardoor de spreiding rond het gemiddelde groot kan worden. Met dit in gedachte kan er geconstateerd worden dat de resultaten van beide analyses redelijk overeenkomen voor de stations dicht bij de kust (tot 50 km). Voor de verder gelegen stations is in het WAKWON/WAKWAL/WOSRO meetnet een geringer doorzicht gemeten.



#### 4.2 Methodiek voor de trendanalyse

Uit visuele inspectie van de data-sets en uit de hoge standaard deviatie van de metingen (overzichtstabel 4.4) is te zien dat het zwevend stof gehalte scheef verdeeld is. Als illustratie is het histogram van de zwevende stof van station AP20 weergegeven in figuur 4.2.

Voor de verdere statistische bewerking van de gegevens is het wenselijk de gegevens dusdanig te transformeren dat zij een bij benadering normale verdeling volgen. Een methode om dit te bereiken is een logaritmische transformatie ( $10\log$ ) van de oorspronkelijke gegevens.

Resultaat van de transformatie is een nieuwe stochastische variabele, waarbij de afwijkingen t.o.v. het gemiddelde veel minder extreem uit elkaar liggen dan de oorspronkelijke data (zie figuur 4.3).

Voor een aantal stations is de Kolmogorov-Smirnov toets op normaliteit uitgevoerd. Deze test maakt gebruik van het grootste verschil tussen de cumulatieve verdeling van de metingen en van de normale verdelingsfunctie. Vervolgens wordt deze toetingsgrootte gebruikt in de "goodness-of-fit" test. Dit resulteerde voor de stations in het niet verwerpen van de hypothese dat de log-getransformeerde data een normale verdeling volgen.

De specifieke vorm van de te onderzoeken trend was niet a priori vastgelegd. Voor de stations is er onderzoek gedaan naar een eventuele lineaire en kwadratische trend in de tijd. In het eerste geval is de toename (of afname) per tijdseenheid constant over de gehele meetperiode. In het tweede geval is er sprake van een niet-constante toename (of afname), welke opgevolgd kan worden na een piek door een afname (of toename) als de extreem van de parabool binnen de meetperiode valt.

In het geval van een lineaire trend wordt er een rechte lijn door de getransformeerde waarnemingspunten gefit. In het geval van een kwadratische trend een parabool. De coëfficiënten voor de lineaire of kwadratische vergelijking worden bepaald met behulp van een methode die de som van de kwadratische afwijkingen tussen de rechte of de parabool en de metingen minimaliseert. De kwaliteit van de fit wordt uitgedrukt in een  $R^2$ . De  $R^2$  geeft de door de vergelijking verklaarde variantie weer (maximaal 1).

In bijlage 4 staat een korte theoretische uiteenzetting van de regressie-analyse.

Er dient rekening te worden gehouden met het feit dat een gemeten trend in

de tijd kan worden beïnvloed en zelfs worden veroorzaakt door een overgang naar een andere meetmethodiek of verandering in de meetomstandigheden in de loop van de beschouwende meetperiode. Te denken valt bijvoorbeeld aan de verdeling van de monsters over de periode, meettijdstip binnen de getijfase of de windsnelheid gedurende de meting. In hoofdstuk 3 is hier uitgebreid op in gegaan.

Eventuele meetfouten en variatie in de metingen, veroorzaakt door bijvoorbeeld verandering in de meetomstandigheid of verandering van meetmethodiek, zijn niet meegenomen.

Door gebrek aan gegevens m.b.t. meetomstandigheden gedurende de bemonstering is er op dit moment geen inzicht in de effecten van deze variatie op de gevonden trend.

De  $R^2$  bij de kwadratische fitting zal altijd gelijk of groter zijn aan die bij de lineaire fit a.g.v. de extra verklarende variabele. Er wordt tevens getoetst of de coëfficiënten significant van 0 verschillen. In dit geval wordt de trend in het zwevend stof gehalte berekend.

Voorwaarden voor de regressieberekening zijn dat de fouten tussen de vergelijking en de meetgegevens normaal verdeeld zijn en de variantie in de waarnemingen constant is over de meetperiode. Op dit moment zijn er geen redenen om aan te nemen dat dit niet zo is.

Omdat in de zomerperiode vaak de detectiegrens wordt gemeten is vooralsnog alleen de trend berekend voor de winterperiode.

#### 4.3 Resultaten van de trendanalyse

In tabel 4.6 staan de resultaten van de lineaire trendanalyse en in tabel 4.7 van de kwadratische trend analyse.

Tabel 4.6: Lineaire trend van zwevend stof per station (winter-periode)

STATION	R <sup>2</sup>	Gemiddeld mg/l	Gem. toename mg/l/jaar	Gem. afname mg/l/jaar
AP2	0.08	172.3	-	14.8 (1975-1988)
AP20	0.00	27.1	-	-
AP70	0.00	5.5	-	-
WC2	0.00	50.3	-	-
SW10	0.00	25.5	-	-
SW20	0.00	10.9	-	-
GR6	0.00	35.9	-	-
GR20	0.00	8.6	-	-
TH1	0.00	23.3	-	-
TH2	0.00	17.6	-	-
TH4	0.00	10.6	-	-
TH10	0.00	7.3	-	-
TH20	0.00	5.5	-	-
TH30	0.00	4.9	-	-
TH50	0.04	5.3	-	0.25 (1976-1988)
TH70	0.02	5.1	-	-
NW2	0.00	22.8	-	-
NW20	0.00	5.1	-	-
CL2	0.00	37.9	-	-
CL20	0.00	4.0	-	-
TS4	0.00	24.8	-	-
TS20	0.04	4.5	-	0.18 (1976-1988)
RT3	0.00	46.5	-	-
RT20	0.25	9.8	0.45 (1975-1987)	-
RT70	0.00	3.9	-	-

Voor de meeste stations is geen significante lineaire trend ontdekt. Uit tabel 4.6 volgt dat voor de 4 stations waar wel een significante trend (betrouwbaarheidsdrempel van 95%) is gevonden, de modellen slechts een gering gedeelte van de waarnemingen verklaren. Meer dan 25% verklaarde variantie wordt nergens gevonden (station RT20). Dit betekent dat 75% van de totale variantie niet wordt verklaard door de lineaire trend. Dit a.g.v. eventuele grote variaties in de metingen of door een gebrekkige modelformulering. Om het analyse resultaat te verbeteren is er vervolgens een kwadratische trendanalyse uitgevoerd.



Tabel 4.7: Kwadratische trend zwevend stof per station (winter-periode)

STATION	R <sup>2</sup>	Gemiddeld mg/l	Gem. toename mg/l/jaar	Gem. afname mg/l/jaar
AP2	0.12	172.3	5.5 (1975-1979)	10 (1979-1988)
AP20	0.03	27.1	1.1 (1975-1982)	1.2 (1982-1988)
AP70	0.16	5.5	0.35 (1976-1982)	0.44 (1982-1988)
WC2	0.00	50.3	-	-
SW10	0.00	25.5	-	-
SW20	0.01	10.9	-	-
GR6	0.01	35.9	-	-
GR20	0.01	8.6	-	-
TH1	0.00	23.3	-	-
TH2	0.01	17.6	-	-
TH4	0.03	10.6	0.54 (1975-1982)	0.57 (1983-1988)
TH10	0.03	7.3	0.29 (1975-1982)	0.34 (1982-1988)
TH20	0.01	5.5	-	-
TH30	0.05	4.9	0.23 (1976-1982)	0.33 (1982-1988)
TH50	0.12	5.3	0.19 (1976-1981)	0.40 (1982-1988)
TH70	0.09	5.1	0.20 (1976-1981)	0.33 (1982-1988)
NW2	0.00	22.8	-	-
NW20	0.00	5.1	-	-
CL2	0.02	37.9	1.3 (1975-1982)	1.5 (1982-1988)
CL20	0.03	4.0	0.13 (1975-1981)	0.16 (1984-1988)
TS4	0.01	24.8	-	-
TS20	0.07	4.5	0.15 (1976-1980)	0.23 (1980-1988)
RT3	0.01	46.5	-	-
RT20	0.26	9.8	0.88 (1976-1987)	-
RT70	0.01	3.9	-	-

Figuur 4.4a geeft het ruimtelijke beeld op de Noordzee van de kwadratische trends per station aan. In figuur 4.4b staan ruimtelijk de zomer-en winter gemiddelden per station weergegeven. In de figuren 4.5 t/m 4.29 staan de kwadratische trends afzonderlijk per station weergegeven. Evenals bij de lineaire trend is de verklaarde variantie niet groter dan 26% voor de significante trends. Uit de tabel 4.7 volgt dat als een trend significant is, de gemiddelde afname/toename circa 5% is van het gemiddelde zwevende stof gehalte over de meetperiode. In andere woorden, om een significante trend aan te tonen, moeten de antropogene ingrepen een zodanige invloed op het zwevende stof hebben, dat er circa 5% toe/afname is van het gemiddelde zwevende stof gehalte per jaar.

De trends worden gebruikt om tot een algemeen beeld te komen van het verloop van het zwevend stof gehalte in de tijd op de Noordzee. Opvallend

is dat, als de kwadratische trend een maximum vertoont binnen de periode, waarbij het extreem in de meeste gevallen rond 1981 ligt. De 18.6 jarige getij komponent (a.g.v. verandering in de knopenlijn van de maansbaan) heeft eveneens een maximum rond 1981 en vertoont dus qua verloop een nauwe overeenkomst met de gevonden kwadratische trends. Om een eventueel oorzakelijk verband te onderzoeken moet een trendanalyse van de getijhoogte worden uitgevoerd. Tijdens een studie naar de zwevend stof gehalten in de Waddenzee werd een soortgelijk verschijnsel aangetroffen [WL,1991].

#### 4.4 Relatie zwevend stof gehalte en doorzicht

Aan de hand van de gegevens van WAKWON/WAKWAL/WOSRO (1975-1978) en de gegevens van het NIOZ (1966-1969) is een poging gedaan een relatie te vinden tussen zwevend stof gehalten en doorzicht. Daarbij zijn stations niet regionaal geclusterd, maar is gezocht naar één relatie per seizoen voor alle stations samen. In de hierna volgende tabel 4.8 staan de resultaten weergegeven van de regressie-analyse uitgevoerd op beide meetsets.

Tabel 4.8: Relatie tussen zwevend stof gehalten en doorzicht in het WOSRO-bestand en in de NIOZ-gegevens

relatie $1/dz-zs$	a	b	R <sup>2</sup>
periode '75-'78			
zomer	0.43	0.030	0.34
winter	0.71	0.031	0.35
periode '66-'69			
zomer	0.22	0.022	0.51
winter	0.44	0.013	0.57
$1/dz = a + b * zs$ dz=doorzicht(m), zs=zwevend stof(mg/l) a en b zijn constanten, die variëren voor verschillende perioden/seizoenen			

In de figuren 4.30 t/m 4.33 staan de regressies tussen doorzicht en zwevend stof afgebeeld voor resp. de WAKWON/WAKWAL/WOSRO en de NIOZ gegevens in de zomer en in de winter. Uit de figuren blijkt dat in een betrekkelijke kleine range van het zwevend stof gehalte het doorzicht sterk kan variëren.



Tevens is te zien dat het regressie resultaat vooral wordt bepaald door de hoge zwevend stof concentraties (langs te kust). Wegens de ruimtelijke spreiding van de bemonsteringslokaties over de Noordzee zal een eenduidige (betrouwbare) beschrijving van de relatie tussen zwevend stof en doorzicht bijgevolg moeilijk zijn te realiseren. Wederom kan clustering van de lokaties op de Noordzee hierin meer duidelijkheid verschaffen. Meer inzicht in de relatie tussen doorzicht en zwevend stof kan worden verkregen als het zwevende stof wordt onderscheiden in een organisch en anorganisch gedeelte. Uit figuur 2.7 blijkt dat circa 20% van het zwevend stof bestaat uit organisch materiaal. Uit studies ([WL,1988 en RIJKSWATERSTAAT (DBW/RIZA),1988]) is bekend, dat de coëfficiënt ( $R^2$ ) voor fytoplankton en detritus veel hoger is dan voor anorganisch zwevend materiaal. In geval van voldoende chlorofyl en detritus gegevens, zal een meervoudige regressie analyse het resultaat naar verwachting duidelijk verbeteren.

Als de relatie tussen doorzicht en zwevend stof na clustering van de stations wordt bepaald door een hoog percentage van de meetpunten en als de  $R^2$  hoog is, kan de afgeleide regressie functie per gebied (cluster) gebruikt kunnen worden om het zwevend stof gehalte te bepalen uit doorzicht gegevens van een eerdere periode, mits de meetomstandigheden en meetmethodiek in deze periode niet zijn veranderd. Als dit het geval zou zijn kunnen de relaties afgeleid uit de NIOZ gegevens gebruikt worden om het zwevende stof uit de doorzicht gegevens van voor 1966 te bepalen. Vervolgens kan dan een lange termijn trendanalyse worden toegepast. Men moet dan wel in gedachte houden dat er een fout wordt geïntroduceerd omdat de afgeleide modelformulering niet alle variatie in de metingen beschrijft. Er zijn regressie technieken bekend die hiermee rekening kunnen houden, door minder gewicht aan de berekende meetset toe te kennen.



## 5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 5.1 Conclusies

Deze studie geeft mogelijkheden aan om de vragen, die in het kader van de Water Systeem Verkenningen zijn gesteld, te beantwoorden.

*De eerste vraag luidt:*

*In hoeverre heeft de mens invloed op het doorzicht en, direct daaraan gekoppeld, op extinctie, troebelheid, zwevend stof en slib concentratie van een watersysteem?*

Bij lokaties verder dan 70 km. van de kust wordt geen antropogene beïnvloeding verwacht, omdat het belangrijkste deel van het materiaal afkomstig is van de Atlantische oceaan. Men zou wel van lokaties langs de kust een antropogene beïnvloeding van doorzicht en daaraan gerelateerde grootheden verwachten. Onderzoek van Oosterbaan [OOSTERBAAN, 1989] verwacht een dergelijke verandering naar aanleiding van een veranderende kustfauna in die periode. Een eerste globale, statistische analyse van de WAKWON/WAKWAL/WOSRO-gegevens (zwevend stof gehalten) over de afgelopen 15 jaar toont voor een aantal stations een trend aan. De verklaarde variantie is echter zeer laag. De trendanalyse is uitgevoerd voor de zwevend stof gehalten, omdat daarvan de langste reeks meetgegevens beschikbaar is. Zwevend stof gehalten, gemeten vóór 1975 zijn slechts voor enkele punten (NIOZ) en van vóór 1966 in het geheel niet beschikbaar. Alleen door transformatie van in die periode gemeten grootheden (doorzicht, extinctie) naar zwevend stof gehalten is een trend over een langere periode mogelijk. Op basis van een eerste, globale regressieanalyse van door het NIOZ gemeten zwevend stof gehalten en doorzicht in de periode 1966-1969 kan gesteld worden dat het zeer wel mogelijk lijkt voor de Nederlandse kust een relatie tussen doorzicht en zwevend stof aan te tonen. Daarmee zouden dan de doorzicht gegevens van voor 1966 vertaald kunnen worden naar zwevend stof gehalten.

*De tweede vraag luidt:*

*Kunnen voor de verschillende Nederlandse zoute watersystemen uiteindelijk toestands-, referentie- en streefwaarden, als bedoeld in de WSV, geformuleerd worden?*

Met de beschikbare gegevens is het mogelijk om toestandswaarden te geven van de huidige situatie door middel van zomer- en wintergemiddelden van zwevend stof gehalten te geven voor de afgelopen 15 jaar. Echter, het betreft dan alleen zwevend stof gehalten (met een zeer grote standaardafwijking) en niet doorzicht.

Voor de referentiesituatie dient in principe (WSV-uitgangspunt) de situatie rond 1930 te worden vastgesteld. Voor de periode rond 1930 zijn in ieder geval niet in voldoende mate gegevens beschikbaar. De gegevens in ongepubliceerde documenten of onbewerkte gegevens zouden onderzocht kunnen worden. Vanwege de moeizame transformatie van grootheden en andere verstoringen in de gegevens lijkt dat niet zinvol. Visser schetst in zijn artikel [VISSER,1970] de situatie voor wat betreft doorzicht in de periode van vóór 1970. Hij heeft gemiddelde waarden berekend op basis van gegevens voornamelijk uit de periode 1959-1969 en enkele metingen uit een eerdere periode (1903-1956). De standaard afwijking is hoog. Worden deze waarden als referentiewaarden gehanteerd dan betreffen toestands- en referentiewaarden andere grootheden. Om de huidige situatie te kunnen toetsen aan de referentiesituatie dient dan de toestandswaarde gebaseerd te worden op lichtgrootheden. In WSV-kader is daarom verzocht voortaan weer doorzicht-metingen uit te voeren en op te nemen in het WOSRO-bestand. Een andere optie is het uitdrukken van de referentiewaarden in zwevend stof gehalten op basis van een te berekenen regressievergelijking.

Bij het vaststellen van streefwaarden treedt een ander probleem op, dat niet tijdens deze studie is behandeld. In het algemeen kan gesteld worden dat de streefwaarden in de Nederlandse zoute wateren niet gelijk zijn aan de waarden die in het verleden werden aangetroffen (bijvoorbeeld in 1930), de zogenaamde referentiewaarden. Het bereiken van streefwaarden moet binnen de mogelijkheden van de waterbeheerder liggen. In de Nederlandse zoute wateren treedt het probleem op dat men niet kan streven naar de oorspronkelijke toestand, omdat een aantal ingrepen, waarvan verondersteld



wordt dat ze gevolgen hebben voor het doorzicht, zoals het aanleggen van de afsluitdijk en de Deltawerken, nu deel uitmaken van het watersysteem.

## 5.2 Aanbevelingen

Binnen de studie "Troebelheid Nederlandse zoute wateren" is met opzet gekozen voor een indeling in meerdere fasen. Dit rapport behandelt alleen fase 1. In deze paragraaf komen aanbevelingen voor vervolgfases aan de orde en enkele algemene aanbevelingen voor het meetnet.

Uitbreiding trendanalyse:

1. Na deze analyse zijn wij tot de conclusie gekomen dat een verdere uitbreiding van de trendanalyse zinvol is door combinatie van de meetgegevens van WAKWON/WAKWAL/WOSRO en NIOZ tot één reeks (verlengde periode van 1966-1990). Daarvoor is het noodzakelijk om de meetlocaties van WAKWON/WAKWAL/WOSRO en NIOZ ruimtelijk te clusteren, zodanig dat per cluster voldoende gegevens beschikbaar zijn en de variatie binnen één cluster minimaal is.
2. De periode kan nog verder uitgebreid worden door gebruik te maken van gegevens van voor 1966 (lichtgrootheden). Daarvoor is een regressievergelijking tussen doorzicht en zwevend stof gehaltenes benodigd (zie aanbeveling 3.). Toepassing van de op basis van de gegevens over de periode 1966-1969 gevonden regressievergelijking is mogelijk, mits de meetomstandigheden en meetmethodiek in deze periode niet zijn veranderd.

De relatie zwevend stof gehalte en doorzicht:

3. Er is in deze studie gebleken dat tussen zwevend stof gehaltenes en doorzicht een significante relatie bestaat op de Noordzee. De relatie die in deze studie is aangetoond is nog te weinig onderzocht op ruimtelijke variatie, op mogelijke beïnvloeding van een klein aantal stations langs de kust en op andere fysische/biologische invloeden om direct toegepast te worden. Bijvoorbeeld een clustering van stations is een mogelijkheid om hier duidelijkheid over te verschaffen. De relatie zou aanzienlijk kunnen verbeteren door het verlagen van de variantie (zie aanbeveling 4.).



Aanbeveling voor het verlagen van de variantie van meetwaarden:

4. Door het reduceren van de variantie zal een toename of afname van het zwevend stof gehalte (die wordt aangetoond bij de trendanalyse) eerder significant aantoonbaar zijn. Bij het aantonen van een relatie tussen zwevend stof gehalten en doorzicht zal de relatie aanzienlijk verbeteren als meerdere variabelen in de vergelijking worden opgenomen (in deze studie is alleen onderscheid in zomer en winter gemaakt en niet voor plaats, wind en getij).

Voor een ruimtelijke clustering wordt voorgesteld om onderscheid te maken in de gegevens van bemonsteringslocaties in een zone tot 20 kilometer uit de kust waar vooral het bodemmateriaal invloed heeft op het zwevend stof gehalte en gegevens van locaties verder dan 20 kilometer uit de kust. Het is niet zinvol om een meer gedetailleerde clustering uit te voeren omdat het aantal metingen per cluster dan sterk zal worden gereduceerd, wat de nauwkeurigheid van de analyses niet ten goede komt.

Een andere indeling in zomer en winter zou ook onderdeel kunnen vormen van een verdere uitbreiding van de analyse.

Hydrodynamische invloeden: Door middel van het relateren van meetwaarden aan getij en wind zal het mogelijk moeten zijn, op fysische gronden, de variantie af te laten nemen.

Door het onderscheiden van de organische fractie en de anorganische fractie zal de regressievergelijking waarschijnlijk verbeteren. Daarmee wordt de mogelijkheid om de regressievergelijking toe te passen wel beperkt tot metingen waar gemeten is aan organische componenten (chlorofyl).

Analyse van de mogelijke antropogene invloed:

5. Door middel van modelberekeningen kan de relatieve grootte van antropogene maatregelen (bijvoorbeeld afsluiten Haringvliet) worden bepaald, al geeft een dergelijke exercitie alleen een relatieve uitspraak en geen absolute waarden. Daarmee kan een aanzet worden gegeven voor de mogelijkheid om een trend aan te tonen. Is immers de antropogene invloed volgens modelberekeningen kleiner dan de toe/afname die nodig is om een trend significant aan te tonen (ook na een verdere verlaging van de variantie) dan is een verdere uitbreiding van de trendanalyse niet zinvol.

Verdere analyse van de aangetoonde trends:

6. In de trends zijn pieken aantoonbaar rond 1981. Deze hebben echter een lage verklaarde variantie. Dat is ook aangetoond voor de Waddenzee [WL, 1991]. In een volgende fase zou verder aandacht kunnen worden besteed aan de mogelijke oorzaken van dit verschijnsel.

Aanbevelingen voor het meetnet:

7. Het meettijdstip zou niet moeten variëren t.o.v. van het getij. Deze conclusie is overgenomen uit literatuurbronnen en van eerder onderzoek van het Waterloopkundig Laboratorium [WL,1991]. Voor een verdere analyse van de gegevens (zie aanbeveling 1) moeten de metingen onderling vergelijkbaar zijn.
8. Voor de bepaling van de toestandswaarden van het watersysteem is het noodzakelijk een grootheid te meten die in eerdere perioden bekend is (waarvan referentiewaarden bekend zijn). Daarom bevelen wij aan, zoals in WSV-kader ook reeds is gebeurd, om doorzicht weer toe te voegen aan het WOSRO-meetnet.
9. Bij het overgaan op verbeterde meetmethoden en bij het overgaan op andere grootheden zal men gedurende een bepaalde periode (minstens één jaar) beiden technieken en grootheden in het meetnet moeten worden opgenomen. Na een dergelijke overgangsperiode moet men een relatie kunnen vaststellen tussen de twee methoden of grootheden.



## LITERATUUR

- ALPHEN, J.S.L.J. VAN, 1986  
Het slibvoorkomen van de Oestergronden; omvang, samenstelling en ouderdom.  
Notitie NZ-N-86.17
- ALPHEN J. VAN, RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE NOORDZEE, 1987  
Slibvoorkomens op het Nederlands en Belgisch deel van het Continentaal  
Plat, rapport nr. NZ-N-87.09b, juli 1987
- ALPHEN J. VAN, RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE NOORDZEE, 1989  
Schatting van de omvang van het slibtransport door het Nauw van Calais,  
rapport nr. NZ-N-88.15, februari 1989
- ALPHEN J. VAN, A. BEUKEMA, 1989  
Monitoring van het Watersysteem Noordzee: aandachtspunten voor de komende  
jaren, Notitie NZ-N-89.07, maart 1989
- ALPHEN J.S.L.J. VAN, 1990  
A mud balance for Belgian-Dutch coastal waters between 1969 and 1986, in:  
Netherlands Journal of Sea Research 25 (1/2): 19-30 (1990)
- BLOKLAND T., G.H. VAN RAALTE, 1988  
Determination of dredging induced turbidity, augustus 1988
- BRINKE W.B.M. TEN, 1991  
Quantifying mud exchange between the Eastern Scheldt tidal basin and the  
North Sea, in: Coastal sediments 1991
- BROCKMANN U.H., R.W.P.M. LAANE EN H. POSTMA, 1990  
Cycling of nutrient elements in the North Sea, in: Netherlands Journal of  
Sea Research 26 (2-4): 239-264 (1990)
- BUITING M., R. VAN DER MADE, 1988  
Relaties tussen ontgroningen, getij-amplitude en het zwevende stof  
gehalte in estuaria. Afstudeerverslag van de studie milieukunde prof. H.C.  
van Hall Instituut, Groningen, juni 1988
- COLIJN F., 1982  
Light absorption in the waters of the Ems-Dollard Estuary and its  
consequences for the growth of phytoplankton and microphytobenthos  
in: Netherlands Journal of Sea Research, Vol. 15 (2), pp. 196-216 (1982)
- CREUTZBERG F., H. POSTMA (NIOZ), 1979  
An experimental approach to the distribution of mud in the southern North  
sea, in: Netherlands Journal of Sea Research 13 (1): 99-116 (1979)
- DAM G.C. VAN, 1989  
Dispersion of dissolved matter in the North Sea, presented at the 77th  
statutory meeting of the International council for the exploitation of the  
sea (ICES); paper C.M. 1989/c:13, october 1989, RWS nota GWAO-89.025
- DRONKERS J., J.S.L.J. VAN ALPHEN, J.C. BORST, 1990  
Suspended Sediment Transport Processes in the Southern North Sea, in:  
Coastal and Estuarine Studies, Vol.38 R.T.Chang (ed.); Residual Currents  
and Long-term Transport, Berlijn 1990
- DUURSMA E.K. (NIOZ, NETHERLANDS INSTITUTE FOR SEA RESEARCH), 1961



dissolved organic carbon, nitrogen and phosphorus in the sea  
in: Netherlands Journal of Sea Research, 1961, Vol.1, No.1/2, pp.1-147

EISMA D., J. KALF (NIOZ, NETHERLANDS INSTITUTE FOR SEA RESEARCH), 1979  
Distributie en deeltjes grootte van opgeschort materiaal in de zuidelijke  
bight van de Noordzee en de oostelijke doorgang, in: Netherlands Journal of Sea  
Research 13 (2): 298-324 (1979)

EISMA D., J. KALF (NIOZ, NETHERLANDS INSTITUTE FOR SEA RESEARCH), 1987a  
Distributie, organische inhoud en deeltjes grootte van opgeschort materiaal in  
de Noordzee, in: Netherlands Journal of Sea Research 21 (4): 265-285  
(1987)

EISMA D., J. KALF (NIOZ, NETHERLANDS INSTITUTE FOR SEA RESEARCH), 1987b  
Dispersie, concentratie en afzetting van opgeschort materiaal in de Noord-  
zee, in: Journal of the Geological Society vol. 144: 166-178 (1987)

EISMA D., G. IRION, 1987c  
Suspended Matter and Sediment Transport, in: onbekend (maar na 1987)

EISMA D., 1990  
Transport and Deposition of Suspended Matter in the North Sea and the  
Relation to Coastal Siltation, Pollution, and Bottom Fauna Distribution  
in: Aquatic Sciences, Volume 3, Issues 2 & 3, pages 181-216, 1990

ESSINK K., A.J. VAN DEN WIJNGAARD, 1985  
Het zwevend stof gehalte in het Eems-Dollard estuarium en de oostelijke  
Waddenzee. Problemen bij de interpretatie van gegevens uit het  
"Waterkwaliteitsonderzoek in de Rijkswateren"  
RWS-RIZA Rapport nr. BI-MV 8503

GALL M.H.W., 1949  
Measurements to determine extinction coefficients and temperature  
gradients in the North Sea and the English Channel  
in: Journal of Marine Biological Association, U.K. 28, pp.757-780

GIESEN W., 1990  
Wasting disease and present eelgrass condition  
Nijmegen, Laboratorium voor Aquatische Ecologie, Katholieke Universiteit  
Nijmegen, in opdracht van DGW-RWS, 1990

GIJSSSEN A. VAN DER, W.P.M. DE RUYTER EN J.C. BORST, 1990  
Three-dimensional current structure in the dutch coastal zone, in:  
Netherlands Journal of Sea Research 25 (1/2): 45-55 (1990)

GOSSÉ J. G., RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE WATERHUISSHOUDING EN WATERBEWEGING, 1975  
Concentratie verdeling van zwevend sediment in een strook van ca. 60 km  
breedte langs de Nederlandse kust, gemeten in de periode oktober 1974 -  
januari 1975 (interim rapportage), rapport nr. RWS: 76-FA-102

GRAHAM M., 1938  
Trial of methods of measuring transparency of sea water  
Fisheries Laboratory, Lowestoft. ICES, Rapports Procès-verbaux Vol. 108,  
part II:3, pp 14-17

GROENENDIJK F.C., 1989  
CTD-, zuurstof-, en troebelheidsmetingen in drie dimensies in de

Nederlandse kustzône 1988 (ook beschikbaar 1989), RWS nota R90-3 (en 4)1990

HARKINK, L., 1991.

Towards the operationalisation of NOAA/AVHRR products for the purposes of marine ecology research. BCRS report 91-09.

HEUVEL T. VAN, J.W. THEUNE, 1989

Metingen ter plaatse van Loswal Noord 1988, nota RWS GWIO-89.526, juli 1989

HOOZEMANS F.M.J., 1989

Het windklimaat ter hoogte van de Nederlandse kust over de periode 1907 - 1980. Analyse van lichtschipwaarnemingen, RWS notitie: GWAO 89.010, 1989

HOOZEMANS F.M.J., 1990

Long term changes in wind and wave climate on the North Sea?, in: 22nd International Conference on Coastal Engineering, Delft, 1990, chapter 142, pg 1888 - 1894

HYDROGRAFISCH BUREAU, 1965

Some oceanographic and Meteorological Data of the Southern North Sea  
Special Issue Number I to Volume 1 of the Hydrographic Newsletter  
Published by the Netherlands Hydrographer

ICONA, INTERDEPARTEMENTALE COÖRDINATIECOMMISSIE VOOR NOORDZEE-AANGELEGENHEDEN, 1981

Inventarisatierapport noordzee

JONES D., M.S. WILLS, 1956

The attenuation of light in sea and estuarine waters in relation to the concentration of suspended solid matter  
in: Journal of Marine Biological Association U.K., Vol. 35, pp.431-444

JONGE, V.N. DE, 1983

Relations between annual dredging activities, suspended matter concentrations and the development of the tidal regime in the Ems Estuary, Can. J. Fish.Aquat.Sci. 1983; vol.40 (suppl.1):289-300

JONGE V.N. DE, D.J. DE JONG, 1991

Role of tide, light and fisheries in the decline of *zostera marina* l. in the dutch wadden Sea  
Nog niet gepubliceerd

JOSEPH J., 1953

Die trübungsverhältnisse in der südwestlichen Nordsee während der "Gauss"-Fahrt im Februar/März 1952  
in: Berichte d. Deutsch. Wissenschaftl. Kommission f. Meeresforschung. Neue Folge, Vol. 13, nr. 2, pp.93-103, Stuttgart 1953

KALLE K., 1937

Nährstoff-Untersuchungen als hydrografisches Hilfsmittel zur Unterscheidung von Wasserkörpern  
in: Annalen der Hydrographie und Maritiem Meteorologie, Vol. 65, nr.1, pp.1-18

KALLE K., 1953

Der Einfluss des englischen Küstenwassers auf den Chemismus der



Wasserkörper in der südlichen Nordsee  
in: Ber. Dtsch. Wiss. Komm. Meererforsch Vol.13, nr. 2, pp.130-135

- LOUISSE C.J., RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDWATEREN, 1987a  
Aard en omvang van het slibtransportgebeuren op Loswal Noord, rapport nr. GWAO-87.002, januari 1987
- LOUISSE C.J., RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDWATEREN, 1987b  
Analyse van permanente slibconcentratie metingen in de kustzone nabij Hoek van Holland, rapport nr. GWAO-87.002, januari 1987
- MALDEGEM, D., STORM, K.; MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT, 1990  
Verloop van slibconcentraties Scheldeestuaria in relatie tot de baggerwerken.
- MANUELS, M.V., J.W. ROMMETS; NIOZ, NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ONDERZOEK DER ZEE, 1973  
Metingen van zoutgehalte, temperatuur en zwevend materiaal in de Waddenzee, april 1970 - oktober 1972; intern verslag over werkzaamheden verricht op het NIOZ in het tijdvak april 1970 - oktober 1972  
Publicaties en Verslagen nummer 1973-6
- MCCAVE I.N., 1973  
mud in the North Sea  
in: E.D. Goldberg. North Sea Science. M.I.T. Press, Cambridge, Mass.: 75-100
- NIHOUL J.C.J., 1975  
Effect of the Tidal Stress on Residual Circulation and Mud Deposition in the Southern Bight of the North Sea, in: Pure Applied Geophysics (Pageoph) Volume 113 (1975) 557 - 581
- OOSTERBAAN A.A.F., 1989  
Veranderingen in de Hollandse kustfauna, Beschrijving van de veranderende kustfauna voor de kust van Hoek van Holland tot Den Helder, periode 1931 - 1985, Wetenschappelijke medelingen Kon. Ned. Natuurhistorische Vereniging KNNV nr.193
- OTTO L. (KNMI), 1966  
Light attenuation in the North Sea and the Dutch Wadden Sea in relation to secchi disc visibility and suspended matter  
in: Netherland Journal of Sea Research, Vol.3, 1, 1966, pp.28-51
- OTTO L., (KNMI), 1967  
Investigations on optical properties and water-masses of the Southern North Sea  
in: Netherlands Journal of Sea research, Vol.3, 4, 1967, pp.532-551
- PIETERS, M., 1990.  
NOAA satellites and waterquality management of the North Sea.  
Rijkswaterstaat, North Sea Directorate.
- POSTMA, H. (NIOZ), 1961a  
Transport and accululation of suspended matter in the Dutch Wadden Sea  
in: Netherlands Journal of Sea Research, vol. 1, 1/2, 1961, pp. 148-190
- POSTMA, H. (NIOZ), 1961b  
Suspended matter and Secchi disc visibility in coastal waters



- in: Netherlands Journal of Sea Research, vol. 1, 3, 1961, pp. 359-390
- POSTMA, H. (NIOZ), 1981  
Exchange of materials between the North sea and the Wadden sea, in: Marine Geology, 40 (1981) 199-215; received june 1980
- PRANGSMA, G.J., en J.N. ROOZEKRANS, 1989.  
Using NOAA AVHRR imagery in assessing water quality parameters. Int. J. Remote Sensing, 1989, vol. 10, nos. 4 and 5, pp. 811-818.
- PULS W. (GKSS RESEARCH CENTER), 1987  
Simulation of suspended dispersion in the North Sea, in: International council for the exploitation of the sea (ICES) C.M. 1987/c:37, ref.MEQC
- RIJKSWATERSTAAT (RIZA, DIRECTIE NOORDZEE EN DIRECTIE WATERHUISHOUDING EN WATERBEWEGING), 1983  
De Waterkwaliteit van de Noordzee 1975-1982; resultaten van het routinematig onderzoek, rapport nr. 83.084, oktober 1983
- RIJKSWATERSTAAT EN WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM - DELFT, 1985  
Harmonisatie Noordzeebeleid; Waterkwaliteitsplan Noordzee, achtergronddocument "de ecologie van de Noordzee" deel 2A: beschrijving en deel 2B: analyse, juni 1985
- RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDWATEREN THEMAGROEP "UITGANGSSITUATIE", 1986  
Te verwachten ontwikkelingen in het Oosterscheldebekken na 1987, Nota GWAO-86.106, april 1986
- RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDWATEREN, 1988  
Een verkenning van een veranderend watersysteem: de Voordelta, nota nr. GWAO-88.002, juli 1988
- RIJKSWATERSTAAT (DBW/RIZA), 1988  
Beschrijving van licht extintie in oppervlaktewater op basis van spectrale eigenschappen van stoffen. nota nr. 88.058X, september 1988
- ROOZEKRANS, J.N., en G.J. PRANGSMA, 1986.  
Cloud clearing algorithms without AVHRR-channel 3. Summary proceedings of the 2nd AVHRR Users Meeting held at the Rutherford Appleton Laboratory, Chilton, Didcot, England, on 15-16 April 1986. Reports of abstracts compiled by R.W. Saunders at the Rutherford Appleton Laboratory, pp. 19-21.
- ROOZEKRANS, J.N., 1989.  
Rapportage t.a.v. verwerking NOAA-AVHRR beelden 1989. Intern rapport KNMI.
- SCHÜTTENHELM R.T.E., 1980  
The superficial geology of the dutch sector of the North Sea, In: Marine Geology, 34 (1980) M27 - M37
- SPANHOFF R., T.J. VAN HEUVEL, J.M. DE KOK, 1990a  
Fate of the dredged material dumped off the dutch shore, in: Twenty-second Coastal Eng. Conference, Coastal Eng. Res Council/ASCE, July 2-6, 1990/Delft, The Netherlands
- SPANHOFF R., J.M. DE KOK, 1990b  
3D-model and field studies of silt transport in the dutch coastal zone of the North Sea with emphasis on dump sites, in: IAWPRC/IEWPCA International

Conference on North Sea Pollution; Technical Strategies for Improvement, Aquatec 1990, Amsterdam, 10 - 14 September 1990

STRONKHORST J., RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDWATEREN MIDDELBURG, 1986  
Troebelheidspatronen in de deltawateren van zw Nederland op TM en MSS satellietbeelden, rapport nr. GWWS Nota.405, augustus 1986

SWART, J.P. RIJKSWATERSTAAT, DIRECTIE WATERHUISHOUDING EN WATERBEWEGING, DISTRICT KUST EN ZEE, ADVIESDIENST VLISSINGEN, 1982  
Onderzoek oppervlaktebemonstering slib in de Westerschelde, periode 1969 - 1980, nota nr. WWKZ-82.V003, mei 1982  
Met bijlage met de grafieken waarin de meetwaarden in de tijd zijn uitgezet, met een trend daarin (voor zover gevonden).  
Met drie kaarten van het bemonsterde gebied.

SYDOW, J.S. RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE NOORDZEE, 1987  
Onderzoek Representativiteit Meetpost Noordwijk voor routinematige waterkwaliteitsmetingen, rapport nr. NZ-N-87.20, 1987

TERWINDT J.H.J., 1964  
Fysisch-chemische eigenschappen van slib in het deltagebied, nota RWS-K-237, 1964

TERWINDT J.H.J., 1977  
Mud in the dutch delta area, in: Geologie en Mijnbouw, volume 56(3) p 203-210, 1977

VISSER D., 1987  
Analysis of wind measurements at light-vessels Noord-hinder and Texel over the period 1951-1981. Report 87-3, Inst. Meteorology and Phys. Oceanography, University of Utrecht: 1-31

VISSER M.P., 1970  
The Turbidity of the Southern North Sea, in: der Deutschen Hydrographischen Zeitschrift, Band 23, 1970, Heft 3

VISSER M., W.P.M. DE RUYTER AND L. POSTMA, 1989  
On the distribution of suspended matter in the dutch coastal area, presented at the 77th statutory meeting of the International council for the exploitation of the sea (ICES); paper C.M. 1989/c:26, october 1989

VISSER M., W.P.M. DE RUYTER AND L. POSTMA, 1991  
The distribution of suspended matter in the dutch coastal zone, in: Netherlands Journal of Sea Research 27 (2): 127-143, 1991

VLEMMIX, IR. W. RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE NOORDZEE, 1980  
Metingen van de verticale verdeling van het zwevende stofgehalte in het zeegebied voor de monding van de Waterweg; Najaar 1978, rapport nr. NZ-N-80.04, januari 1980

WEIDEN, M.J.J. VAN DER, 1986  
De Voordeltabodem in 1984/1985 en de veranderingen sinds 1961 voor de Brouwersdam en voor de Oosterscheldemonding, concept: oktober 1986, nota RWS GWA0-86.112

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM - DELFT, 1987  
Analyse waterkwaliteitsgegevens monitoring meetnet Noordzee, rapport nr. T0171, maart 1987



WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM - DELFT, 1988

Empirische lichtmodellering voor een aantal Nederlandse meren, rapport nr. T0387, augustus 1988

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM - DELFT, 1989a

Retrospectief onderzoek zwevende stof Noordzee; deel I gegevens analyse, rapport nr. T0147 deel 1, maart 1989

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM - DELFT, 1989b

Retrospectief onderzoek zwevende stof Noordzee; deel 2 procesonderzoek, rapport nr. T0147 deel 2, juni 1987 (concept, wat is datum definitief rapport, waarschijnlijk 1989)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM - DELFT, 1991

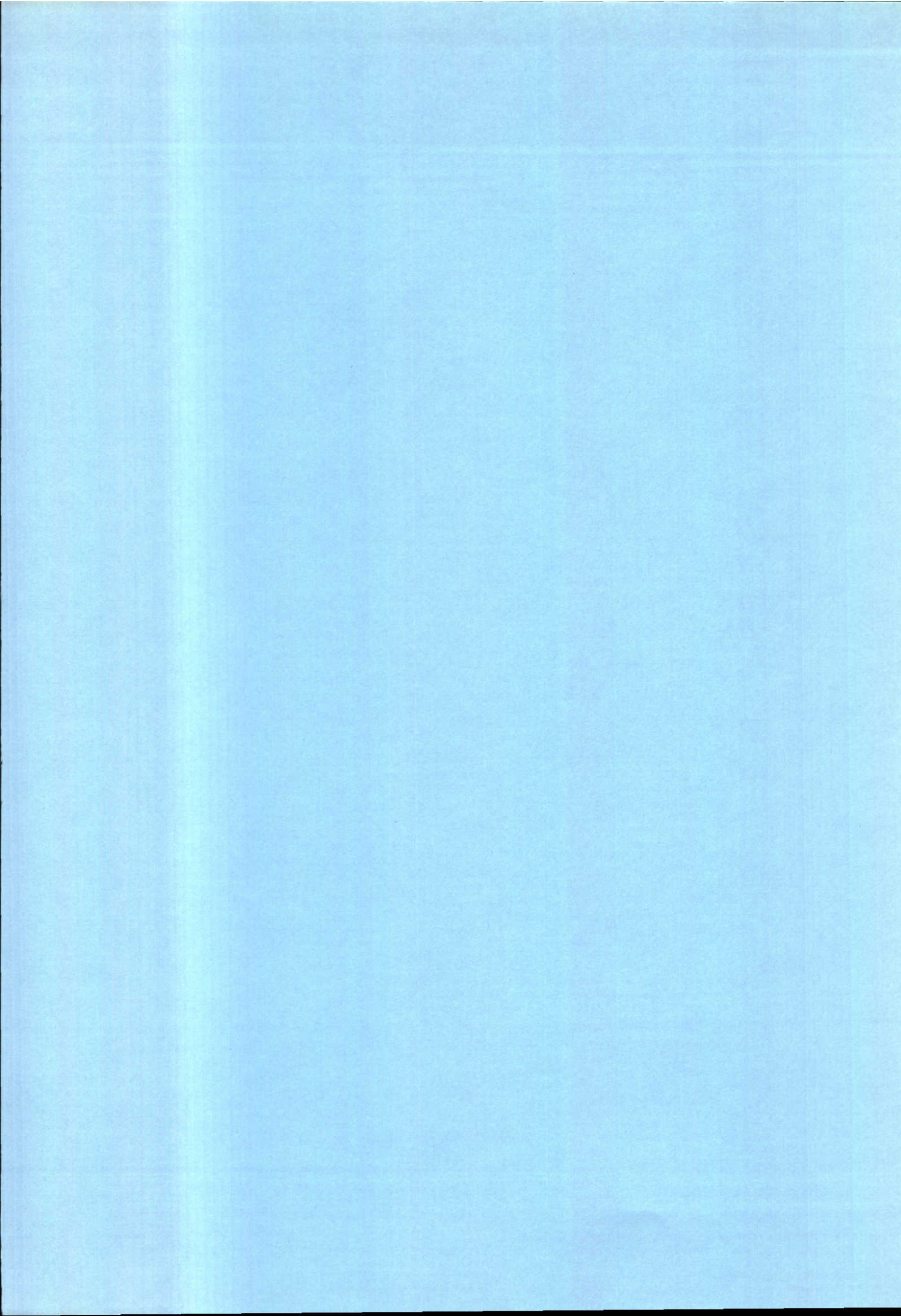
Trendanalyse van zwevend stof gegevens van de Waddenzee, over de periode 1973-1990, rapport nr. T753, april 1991

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM - DELFT, 1992.

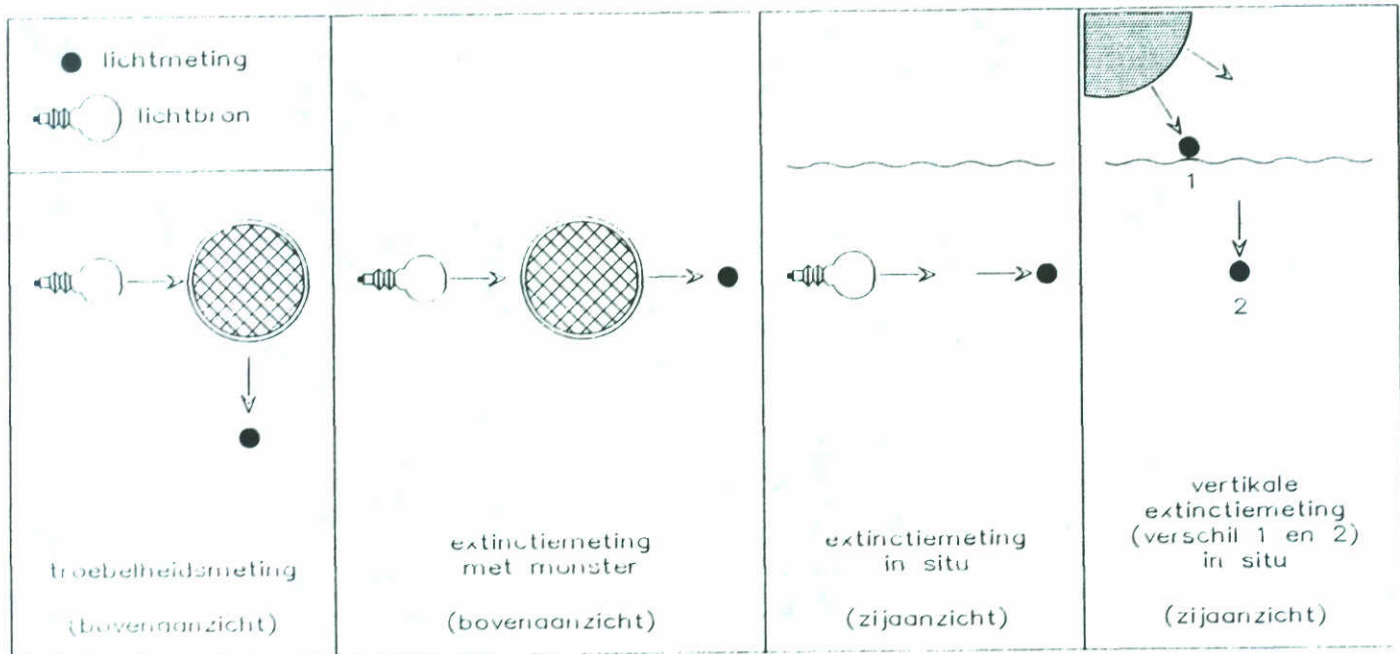
De relatie tussen simulatie en remote sensing van het zwevend stof gehalte van de Noordzee. In prep.

ZUO Z., D. EISMA, G.W. BERGER (NIOZ), 1989

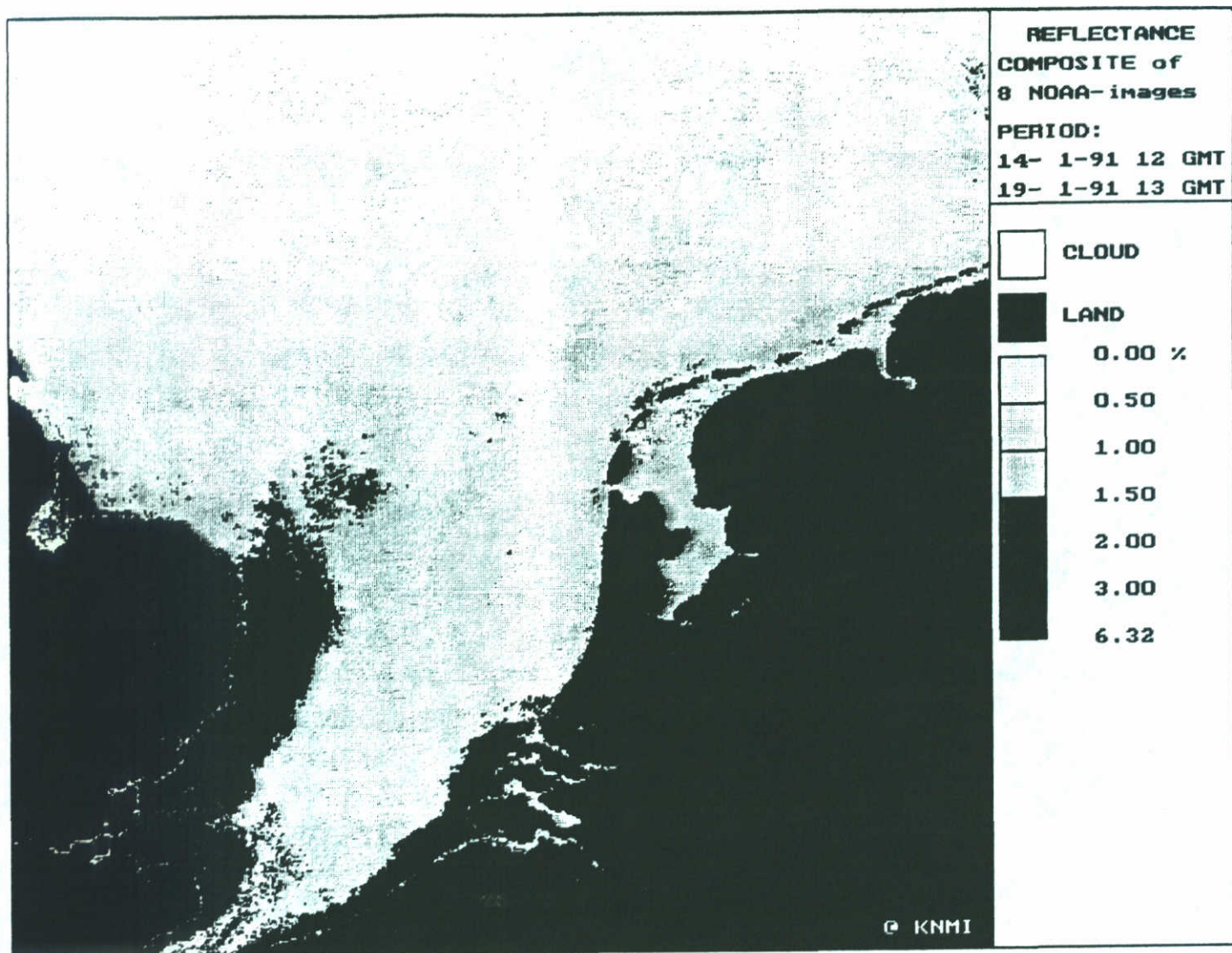
Recent sediment deposition rates in the oyster ground, North sea, in: Netherlands Journal of Sea Research 23 (3): 263-269 (1989)





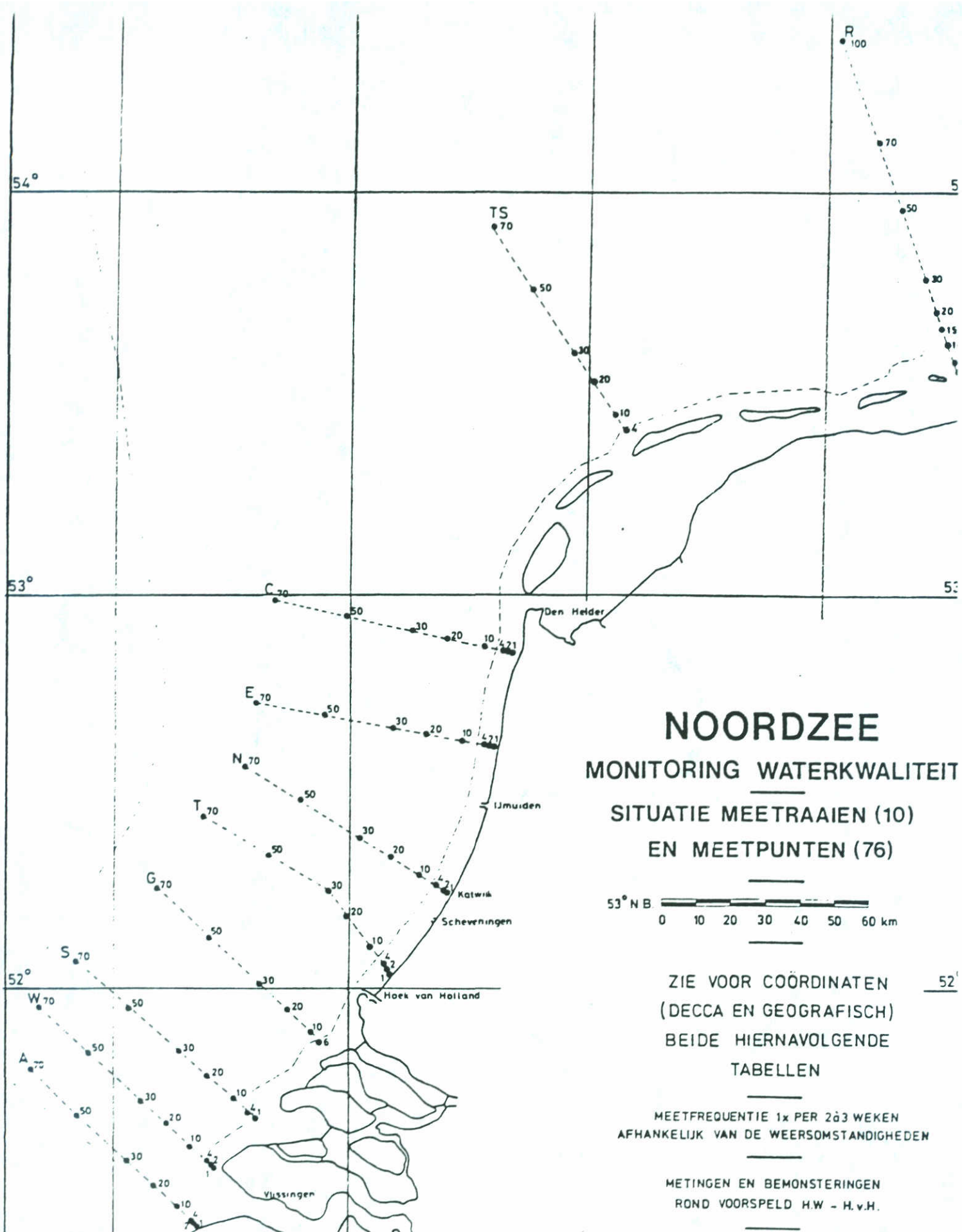


Figuur 2.1 Troebelheids-, extinctie- en verticale extinctiemetingen

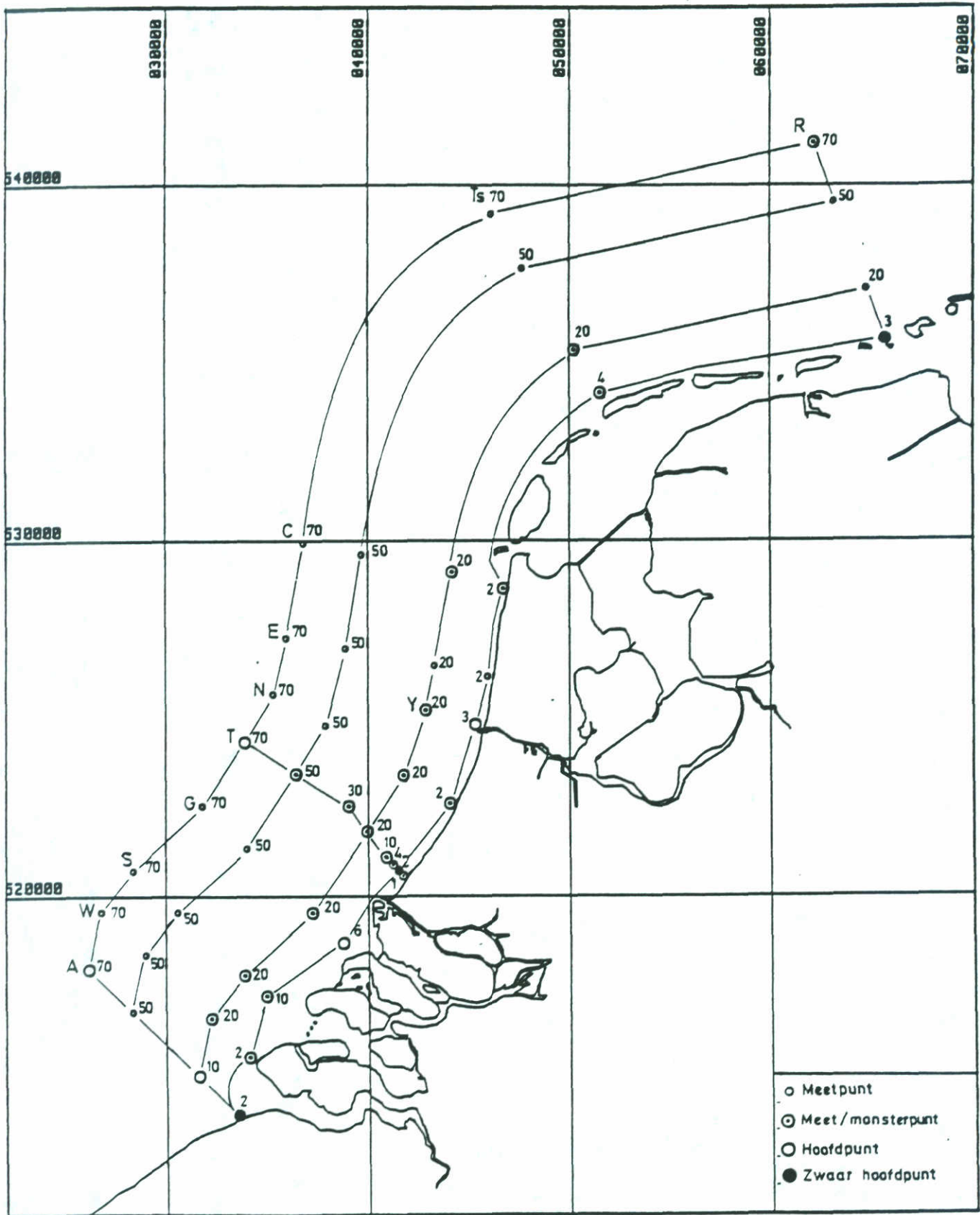


Figuur 2.2 Remote sensing beeld van de Noordzee



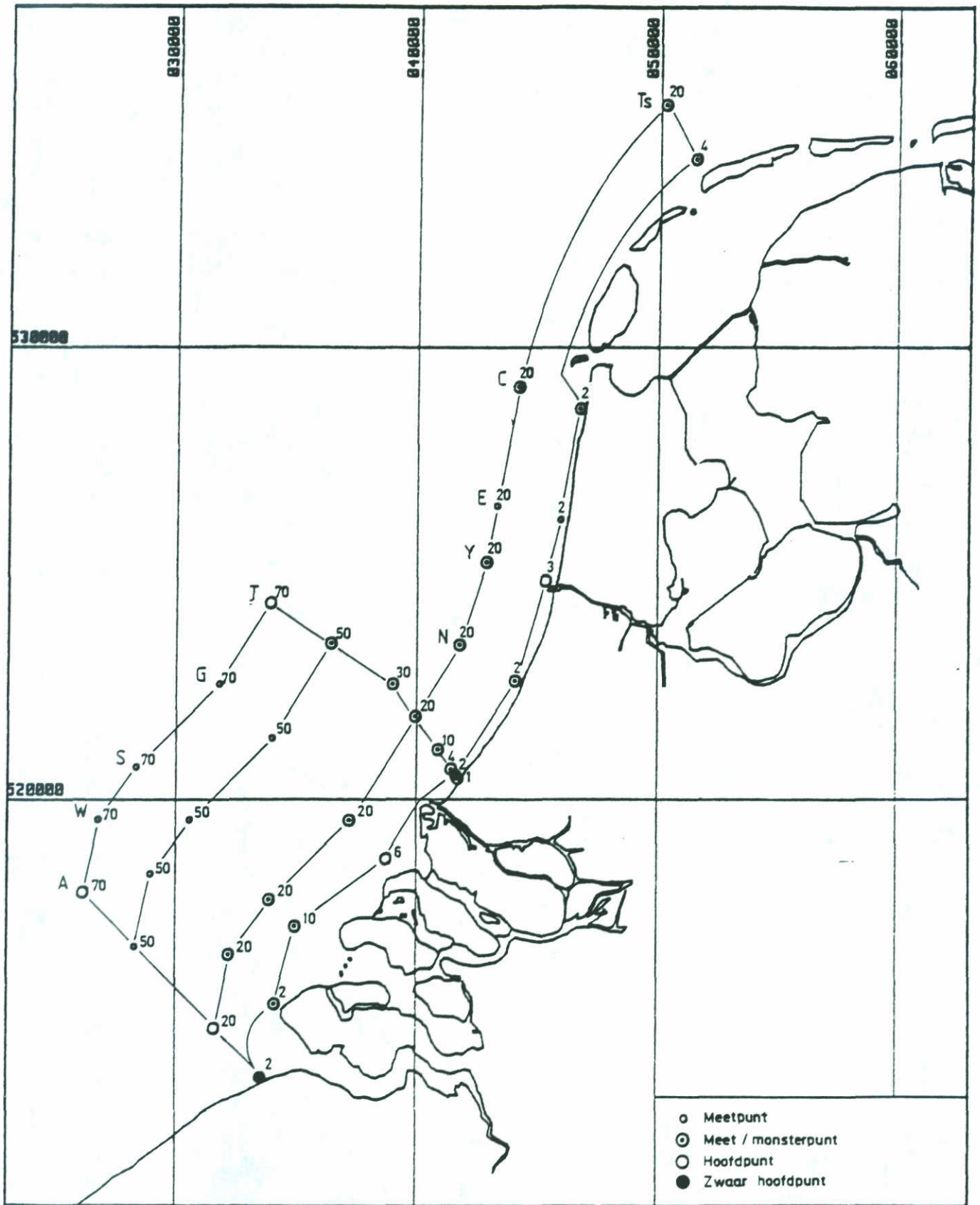


Figuur 2.3a Meetnet WAKWON/WAKWAL, WOSRO; situatie tot 1983 (1 \* per twee á drie weken) (WAKWON)

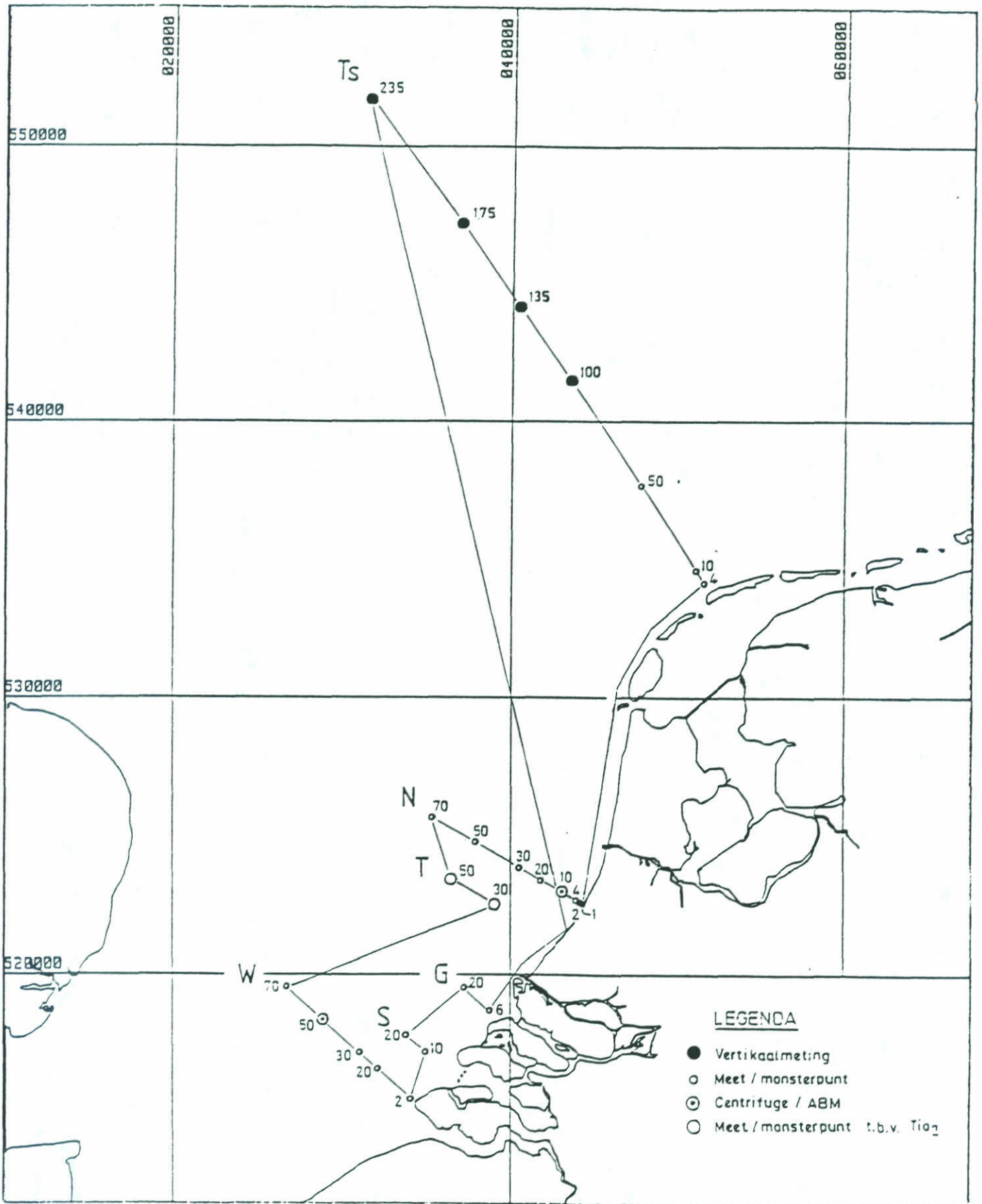


Figuur 2.3b Meetnet WAKWON/WAKWAL, WOSRO; situatie 1983 - 1988 (1 \* per kwartaal) (WAKWAL)



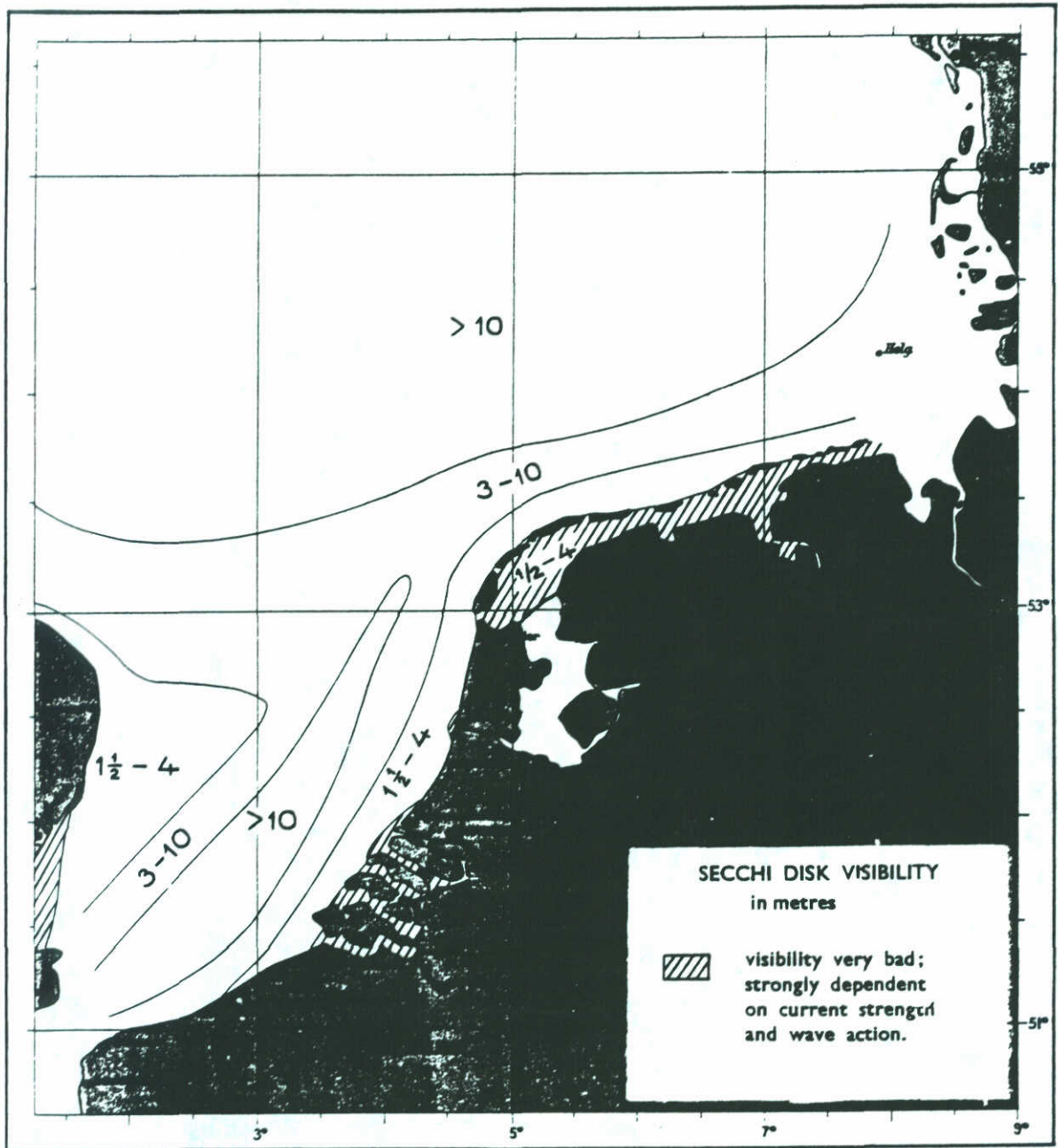


Figuur 2.3c Meetnet WAKWON/WAKWAL, WOSRO; situatie 1983 - 1988 (1 \* per vier weken) (WAKWAL)

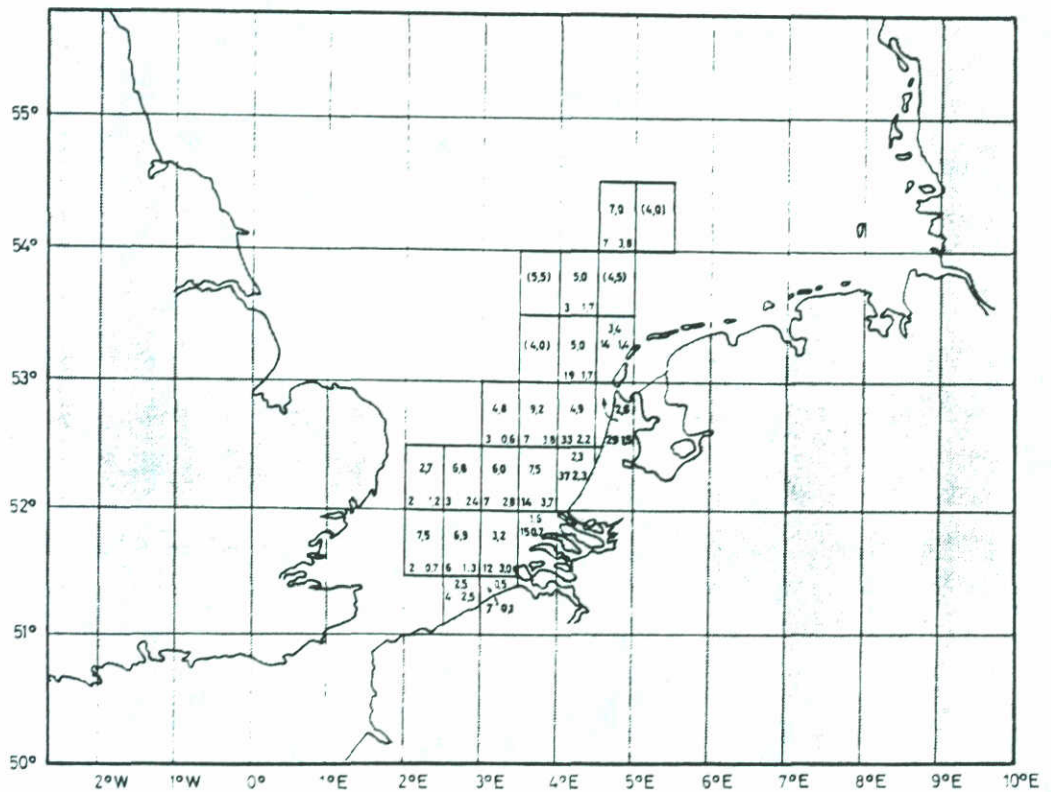
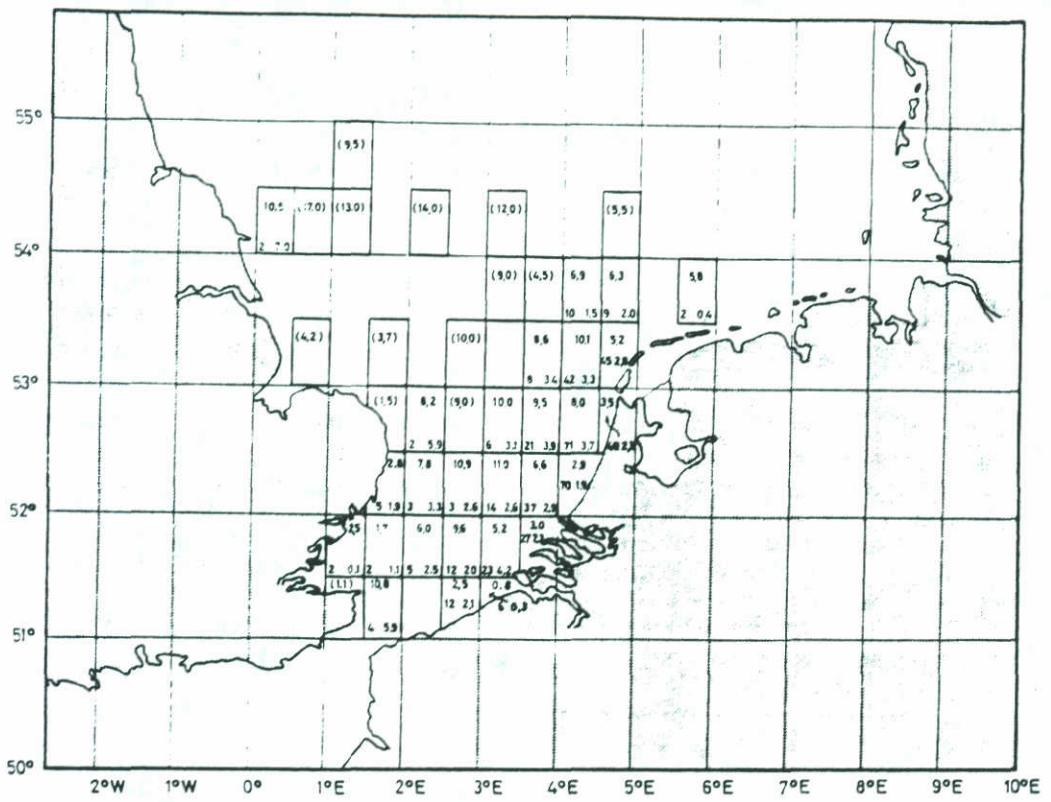


Figuur 2.3d Meetnet WAKWON/WAKWAL, WOSRO; situatie na 1988 tot op heden (1 \* per vier weken) (WOSRO)



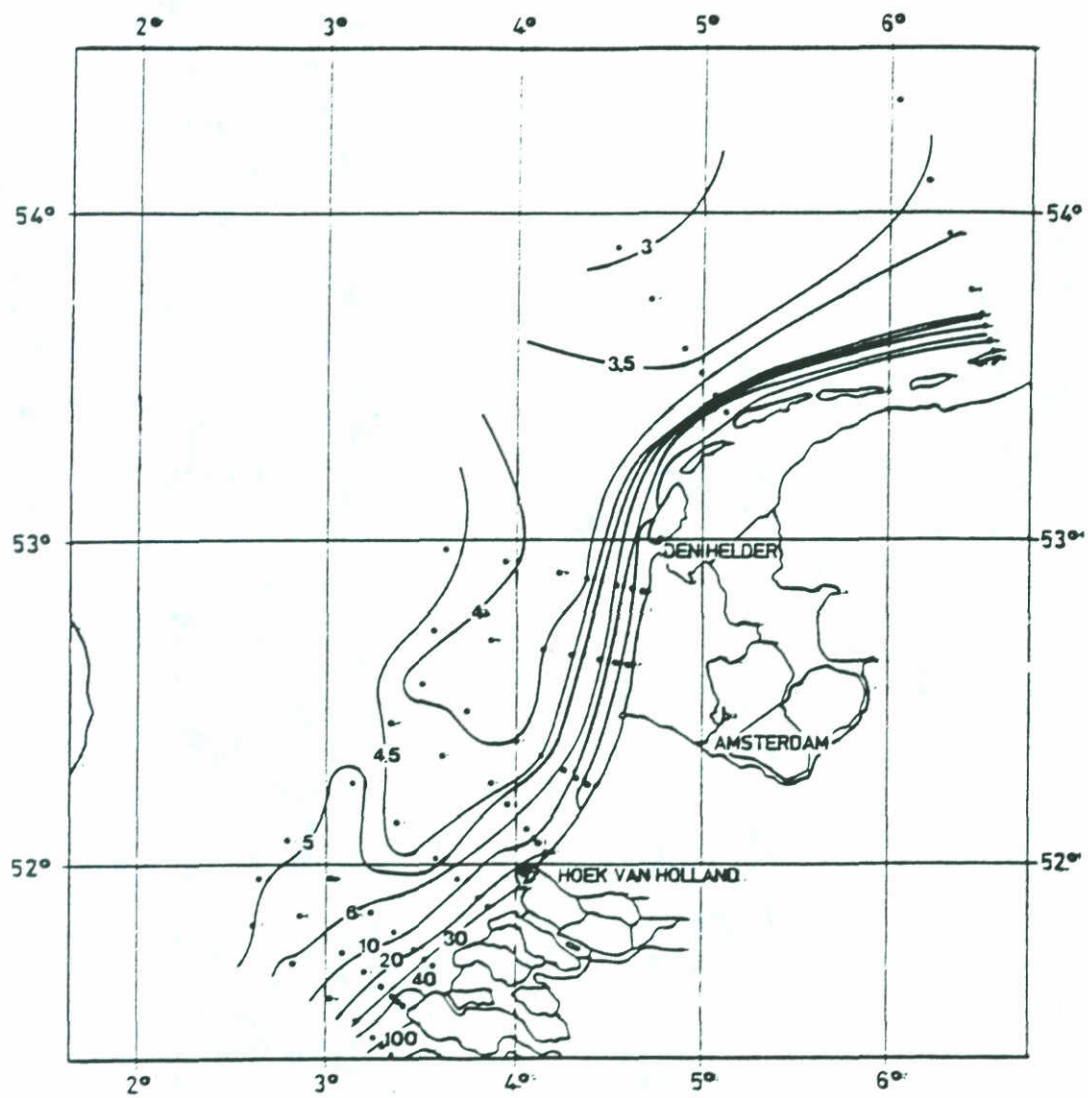


Figuur 2.4 Doorzicht in de Nederlandse zoute wateren in 1965  
 [HYDROGRAFISCH BUREAU, 1965]



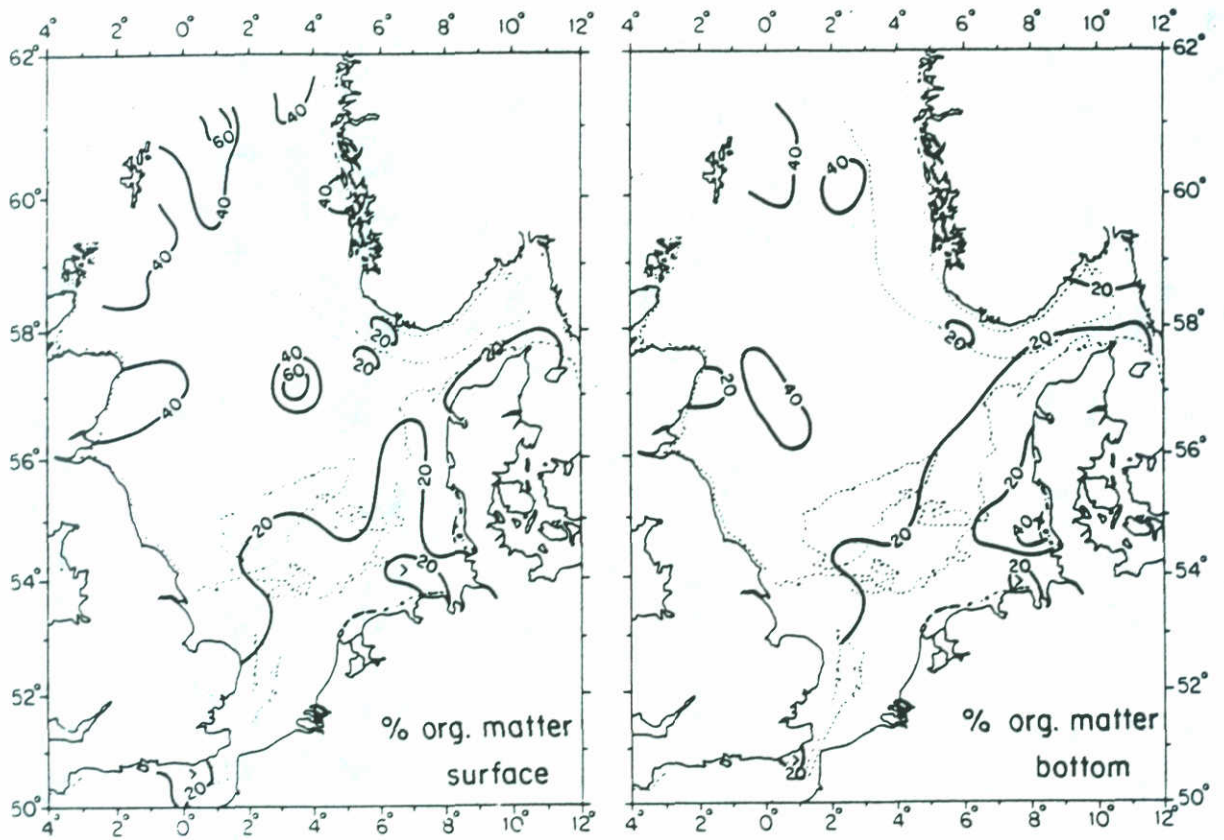
Verklaring: midden = gemiddelde Secchi-diepte (in m), het gemiddelde is weergegeven tussen haakjes als het aantal metingen 1 is  
 linksonder = aantal metingen  
 rechtsonder = standaardafwijking

Figuur 2.5 Doorzicht in de Noordzee in de zomer (a) en in de winter (b) [VISSER, 1970]

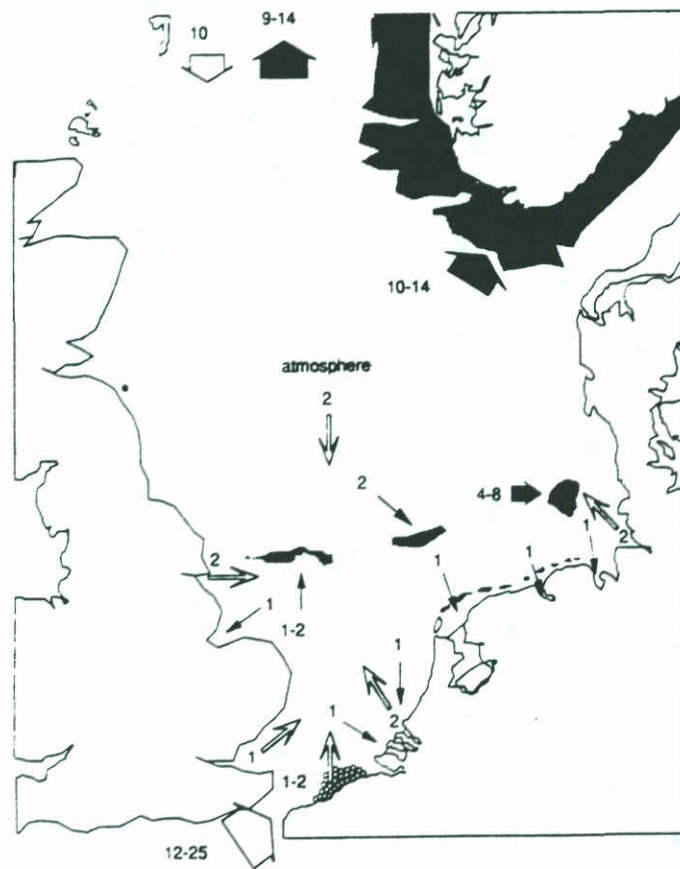


Figuur 2.6 Zwevend stof concentraties in de Noordzee gemiddeld in de periode 1975-1983 [WL,1985]

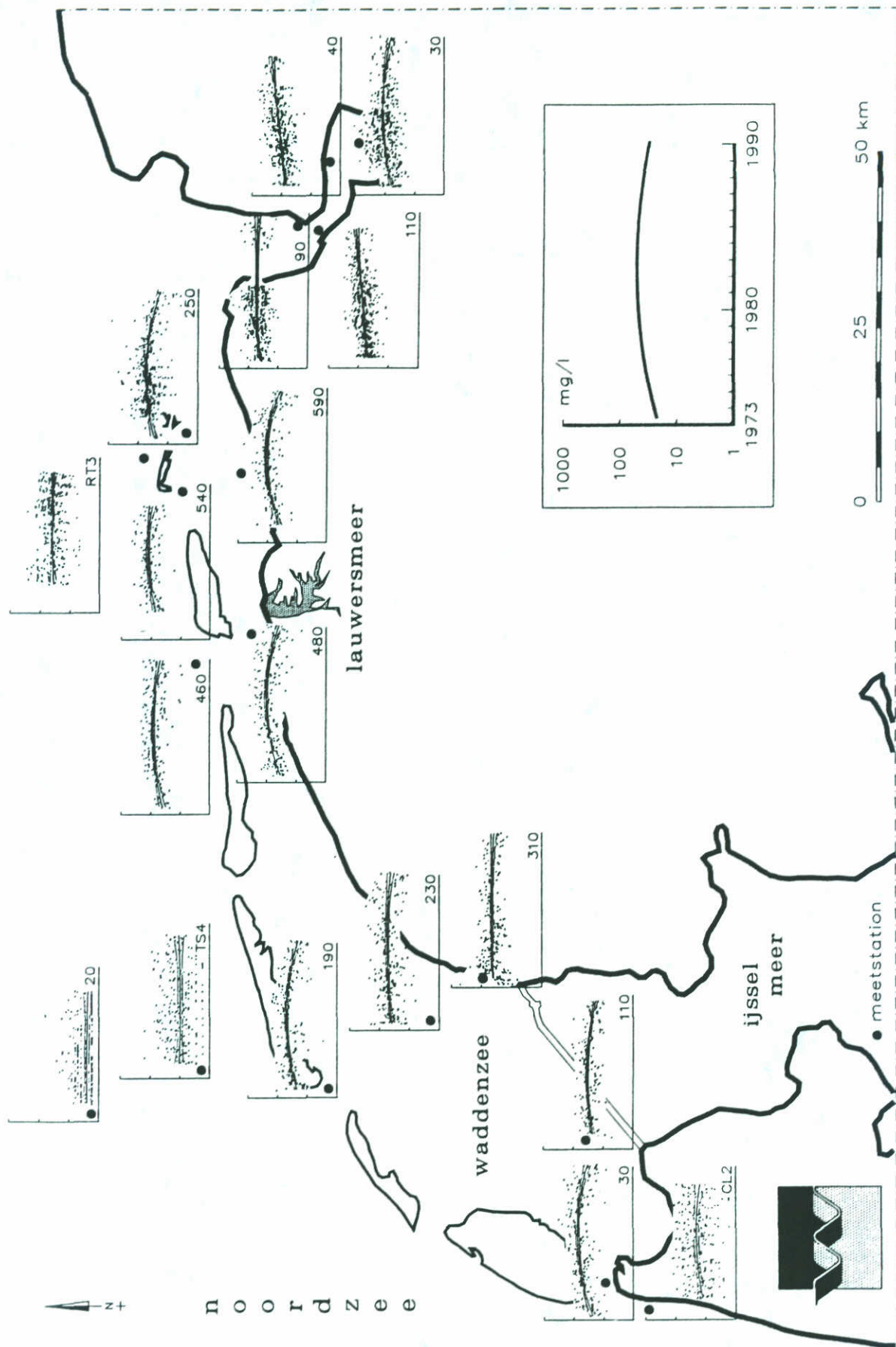




Figuur 2.7 Aandeel organische stof in zwevend stof [EISMA,1990]

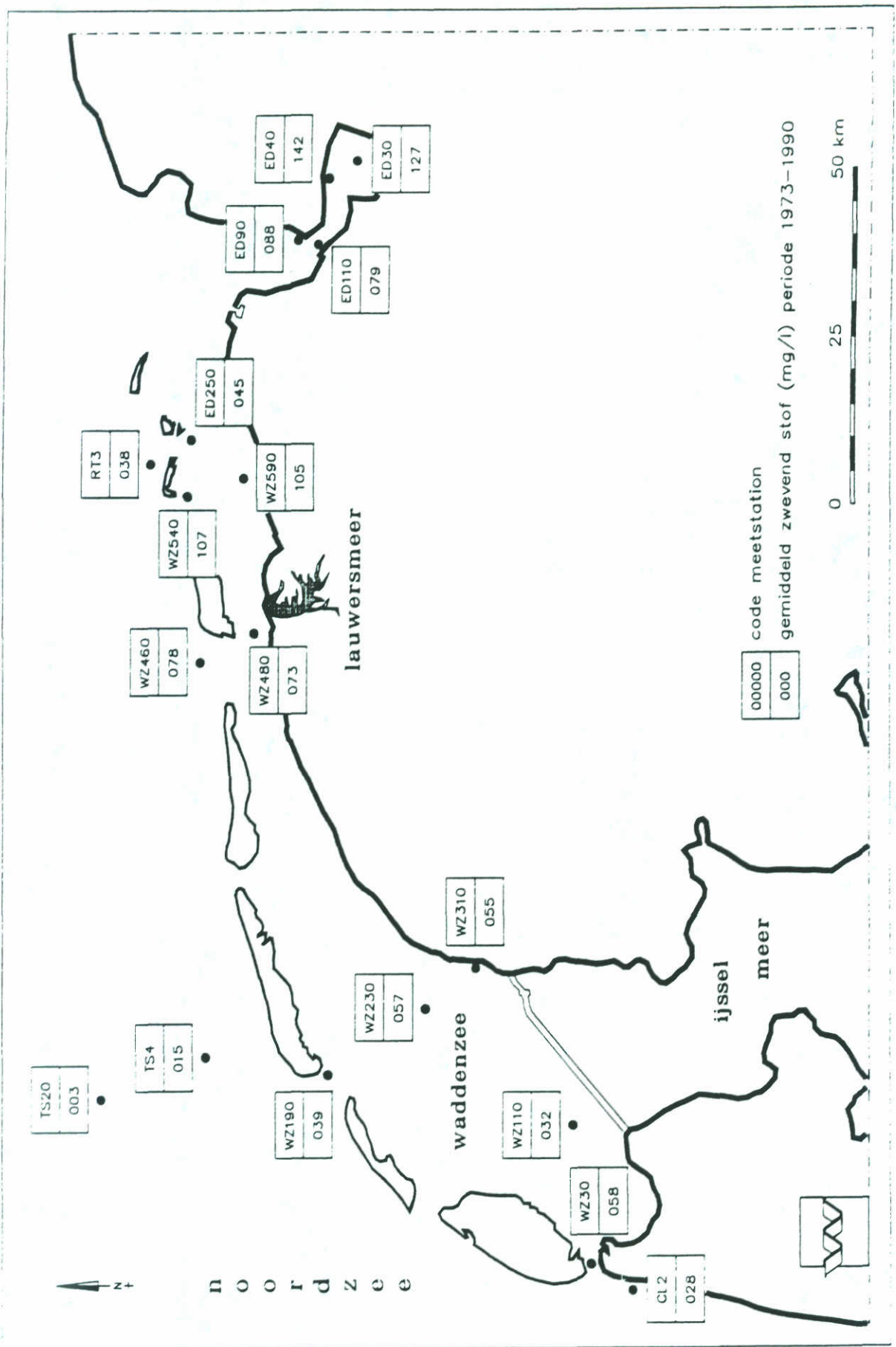


Figuur 2.8 Slibbalans voor de Noordzee [naar EISMA,1981 en ALPHEN,1989] in  $10^6$  ton/jaar

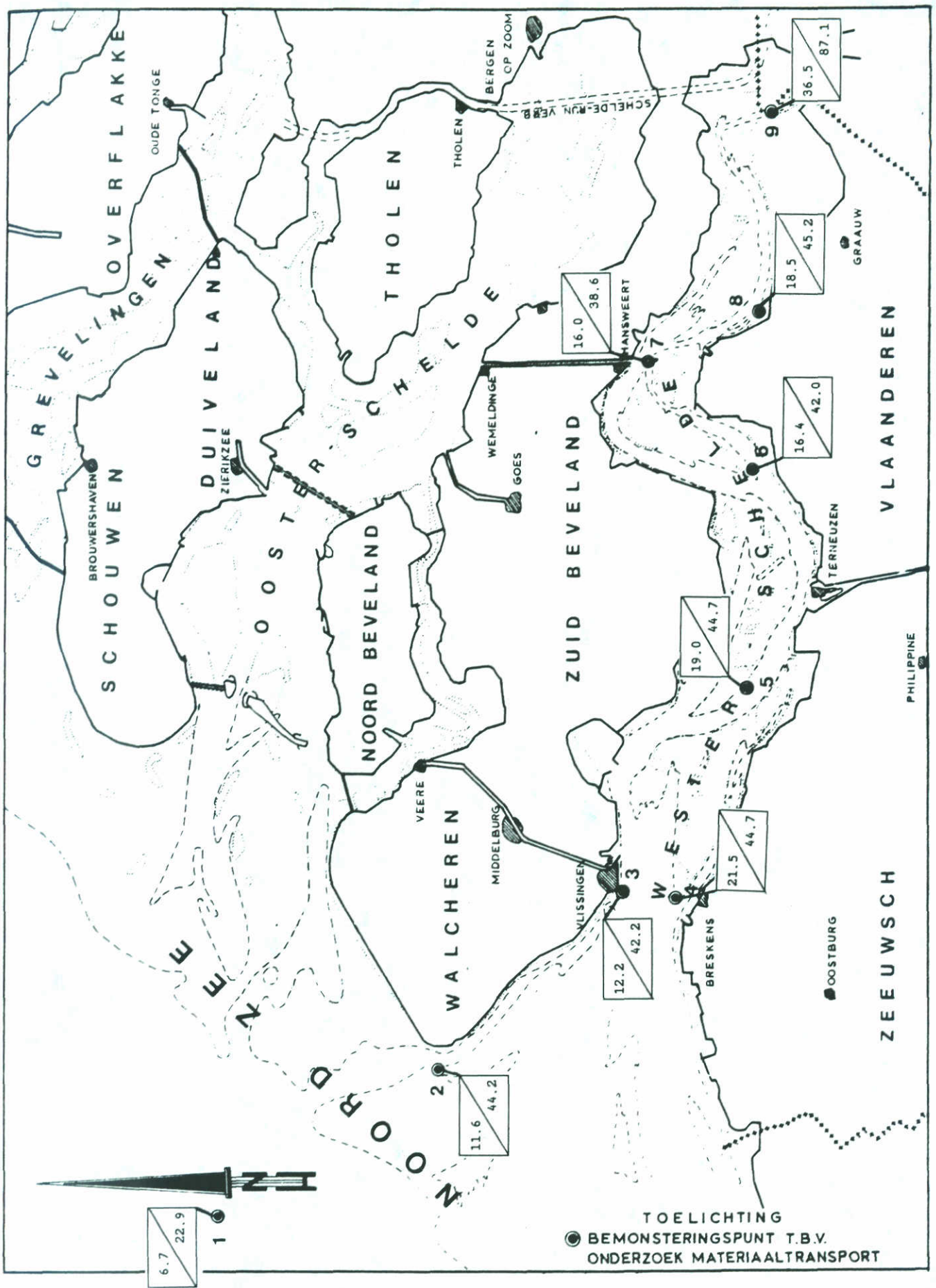


Figuur 2.9 Trendanalyse in de Waddenzee [WL,1991]

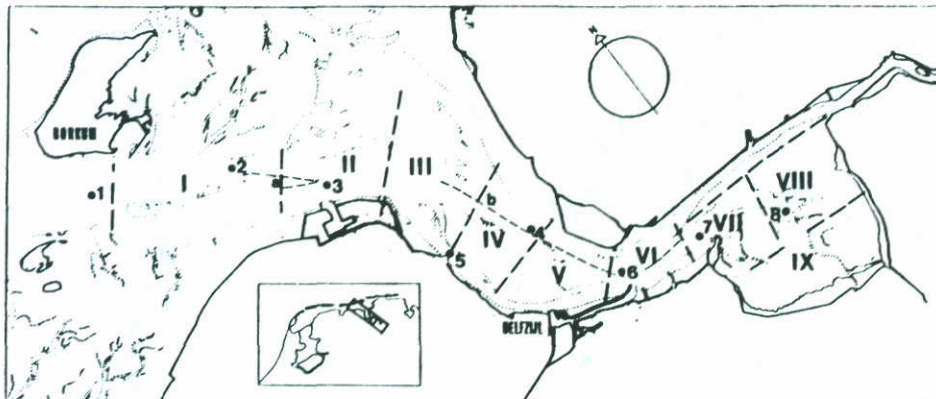




Figuur 2.10 Zwevend stof concentratie in de Waddenzee gemiddeld in de periode 1973-1990



Figuur 2.11 Oppervlakte bemonstering Westerschelde, seizoensgemiddelde zwevend stof concentraties (mg/l), periode '69-'80/'73-'80 [SWART, 1982]



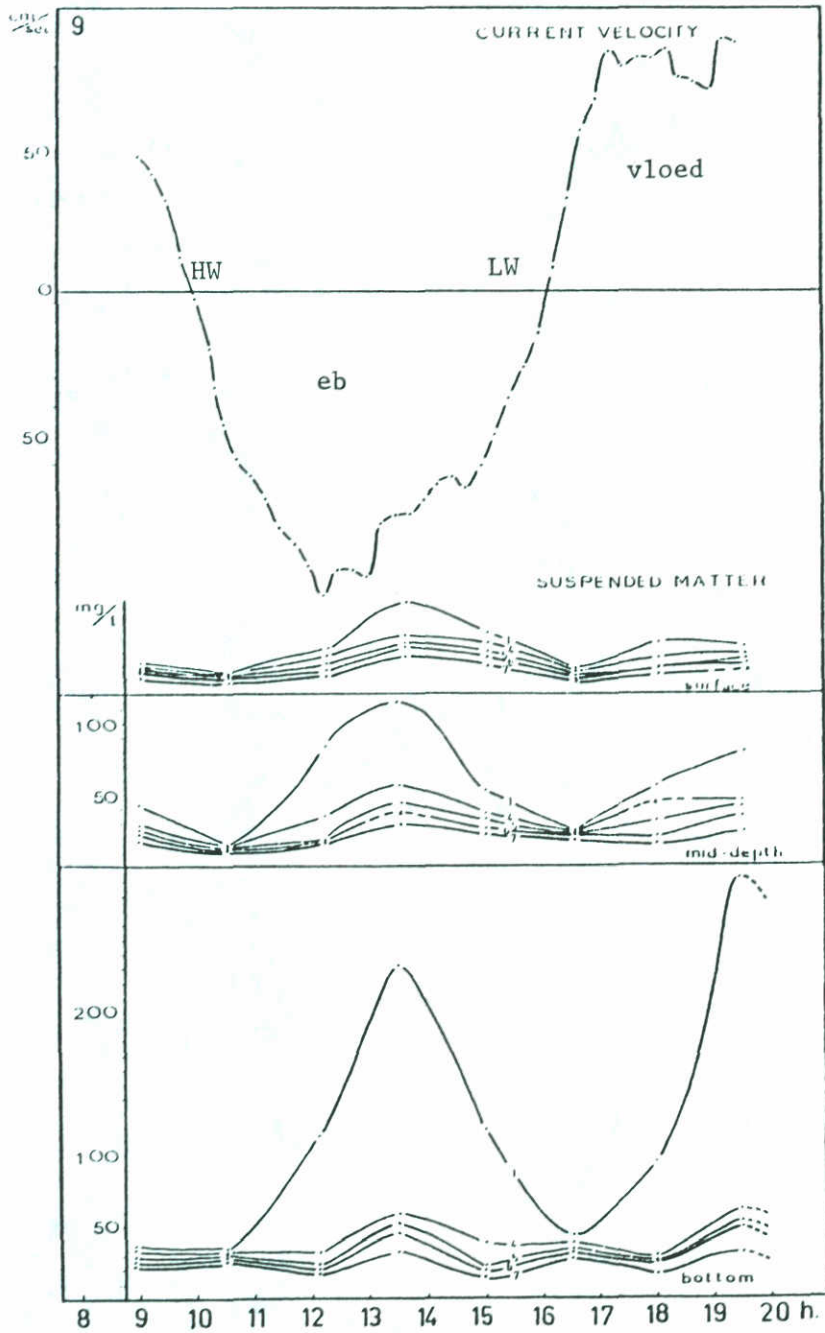
Mean values, standard deviations (sd) and numbers of observations ( $n$ ) of  $K_d$  ( $m^{-1}$ ), salinity (‰) and suspended matter ( $mg \cdot l^{-1}$ ) at 8 channel stations in the Ems-Dollard estuary with increasing distance (km) from station 1; 1976 to 1980.

Station	Distance (km)	Attenuation			Salinity			Susp. matter		
		( $m^{-1}$ )	sd	$n$	(‰)	sd	$n$	( $mg \cdot l^{-1}$ )	sd	$n$
1	0.	1.59	1.13	37	29.2	2.4	37	29.8	20.2	32
2	9.2	1.73	1.01	31	27.8	2.3	33	36.3	22.0	26
3	17.4	2.10	1.26	35	26.2	3.3	38	42.1	25.4	32
4	31.4	3.44	1.64	34	21.0	4.2	37	67.2	36.9	32
5	23.4	3.47	1.43	30	22.5	3.6	34	63.2	32.9	30
6	36.4	4.41	1.92	38	19.0	3.8	38	86.6	49.0	32
7	42.5	5.88	2.62	29	16.5	4.3	35	151.3	115.8	33
8	46.7	6.67	2.22	22	14.1	3.4	29	193.0	150.3	25

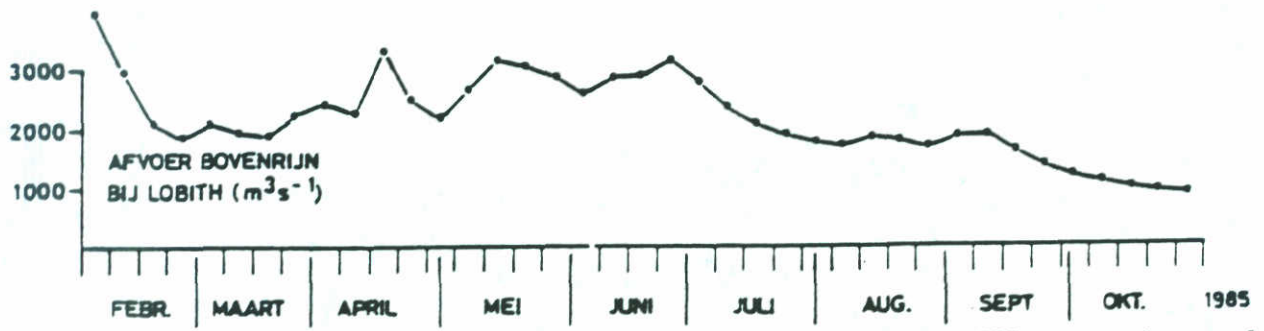
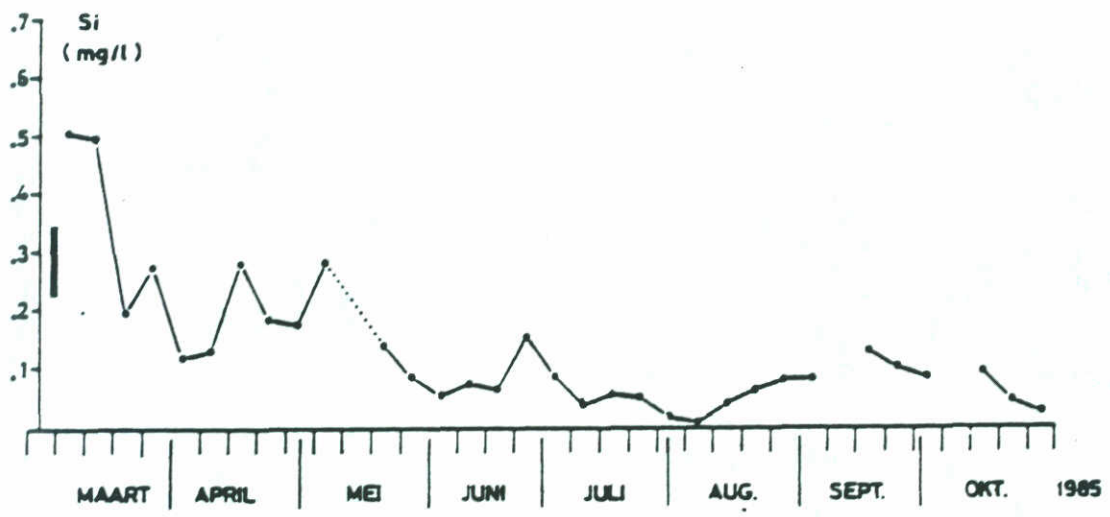
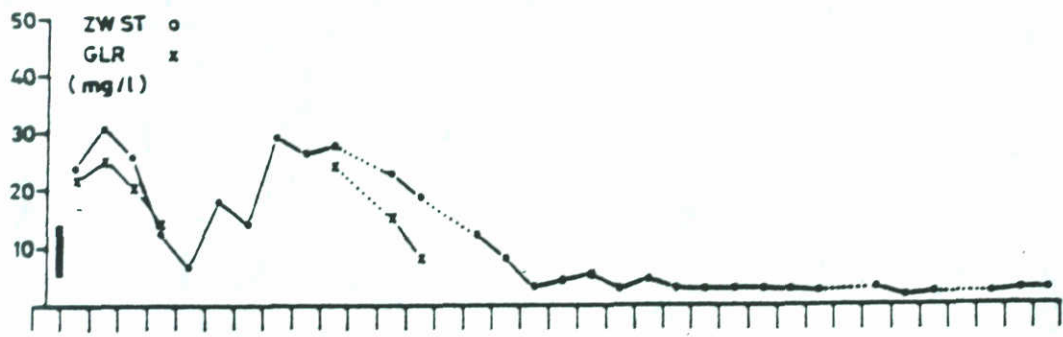
Figuur 2.12 Zwevend stof concentratie in het Eems Dollard estuarium gemiddeld in de periode 1976-1980







Figuur 3.2 Getij-invloed op de zwevend stof concentratie in de Waddenzee [POSTMA, 1961]



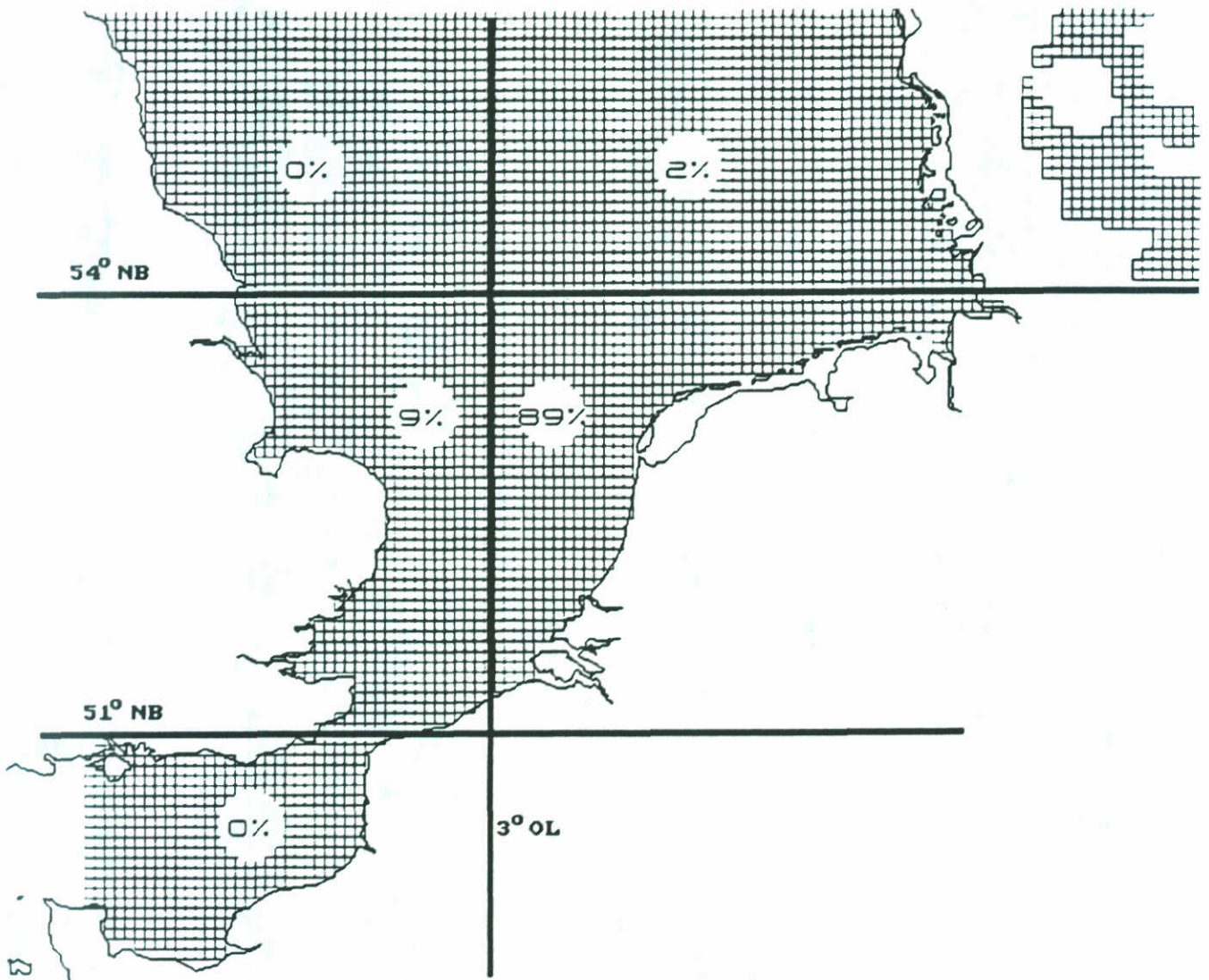
**rijkswaterstaat**

directie noordzee

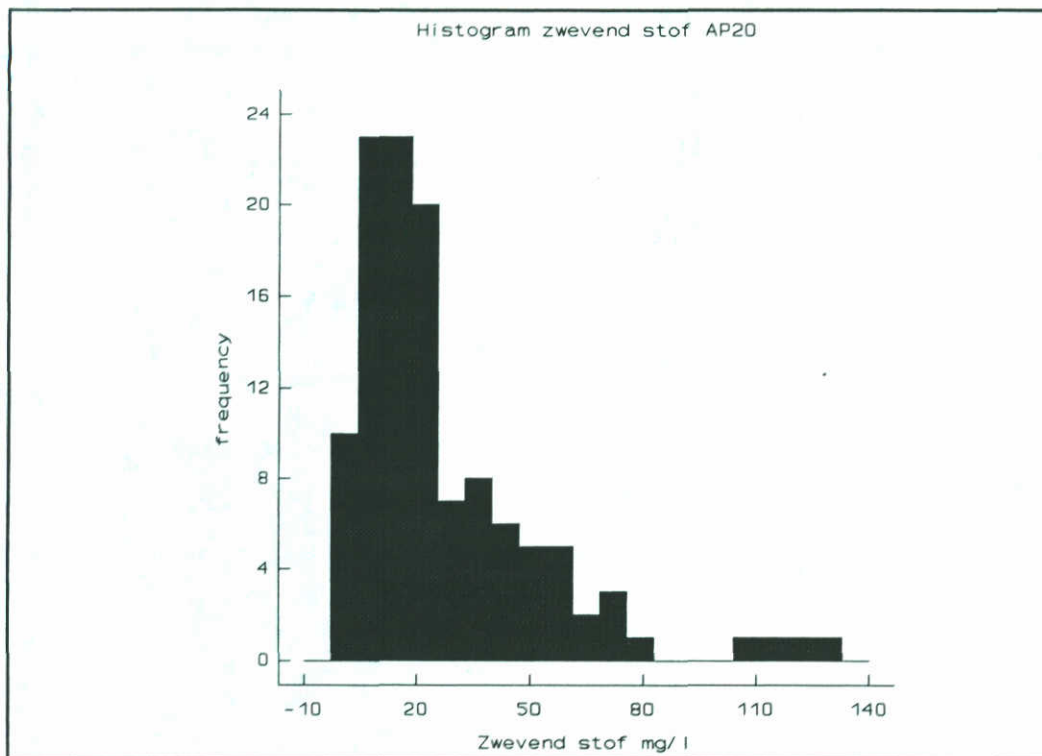
WEEKGEMIDDELDEN DIVERSE PARAMETERS IN DE TIJD UITGEZET  
 | : GETIJVARIATIES AFGELEID UIT EEN 3-TAL 13 UURS METINGEN BIJ DE MEETPOST NOORDWIJK

Figuur 3.3 Invloed van de rivierafvoer op de zwevend stof concentratie [SYDOW, 1987]

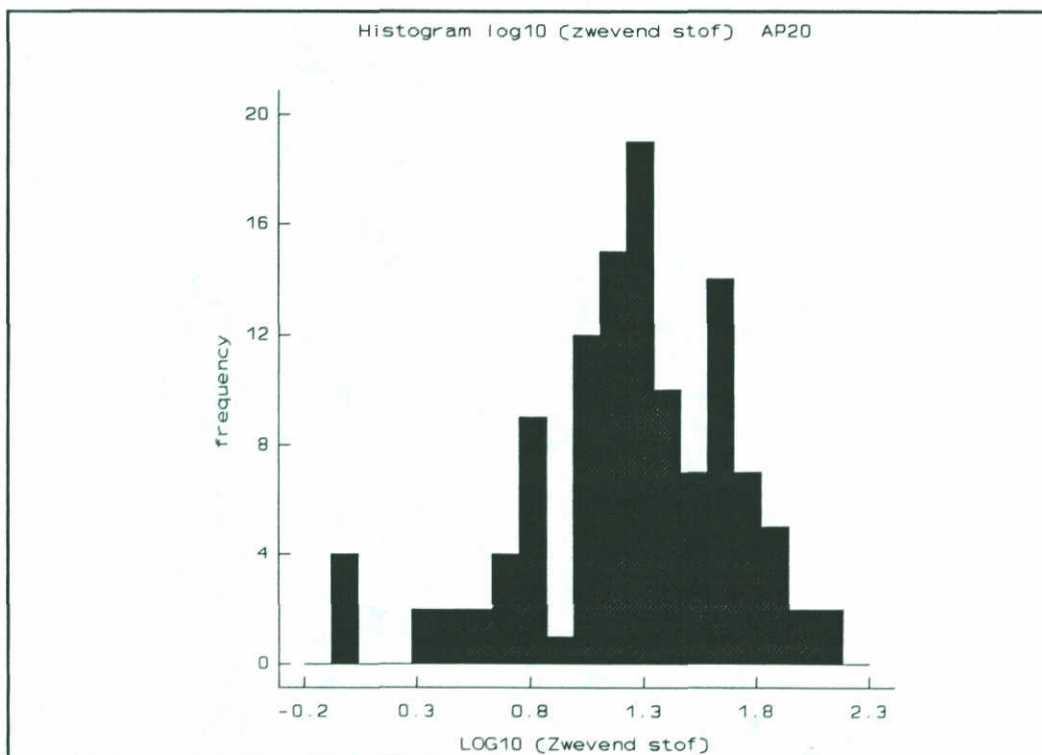




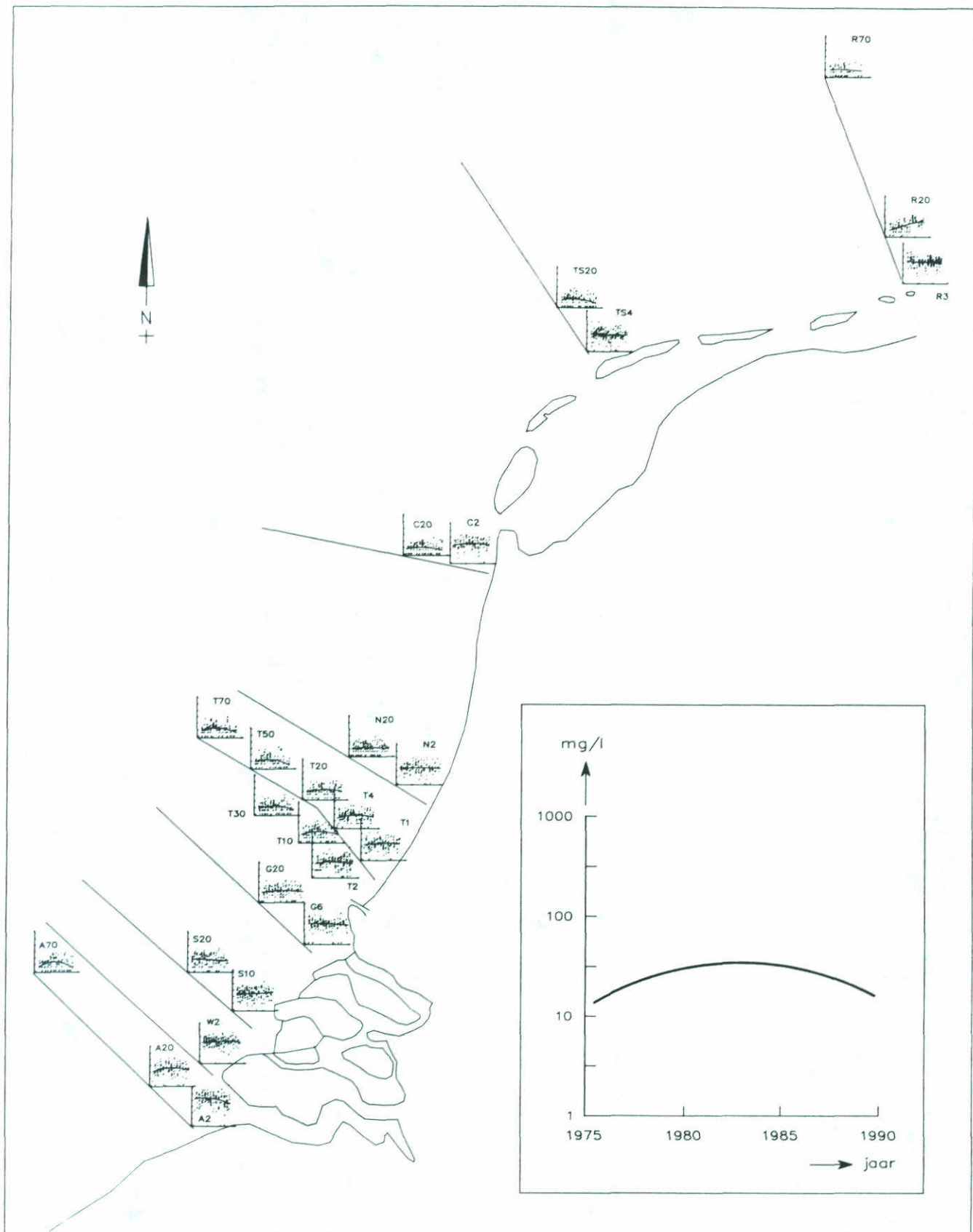
Figuur 4.1 Spreiding van de meetpunten in de NIOZ dataset



Figuur 4.2 Histogram van zwevend stof station AP20

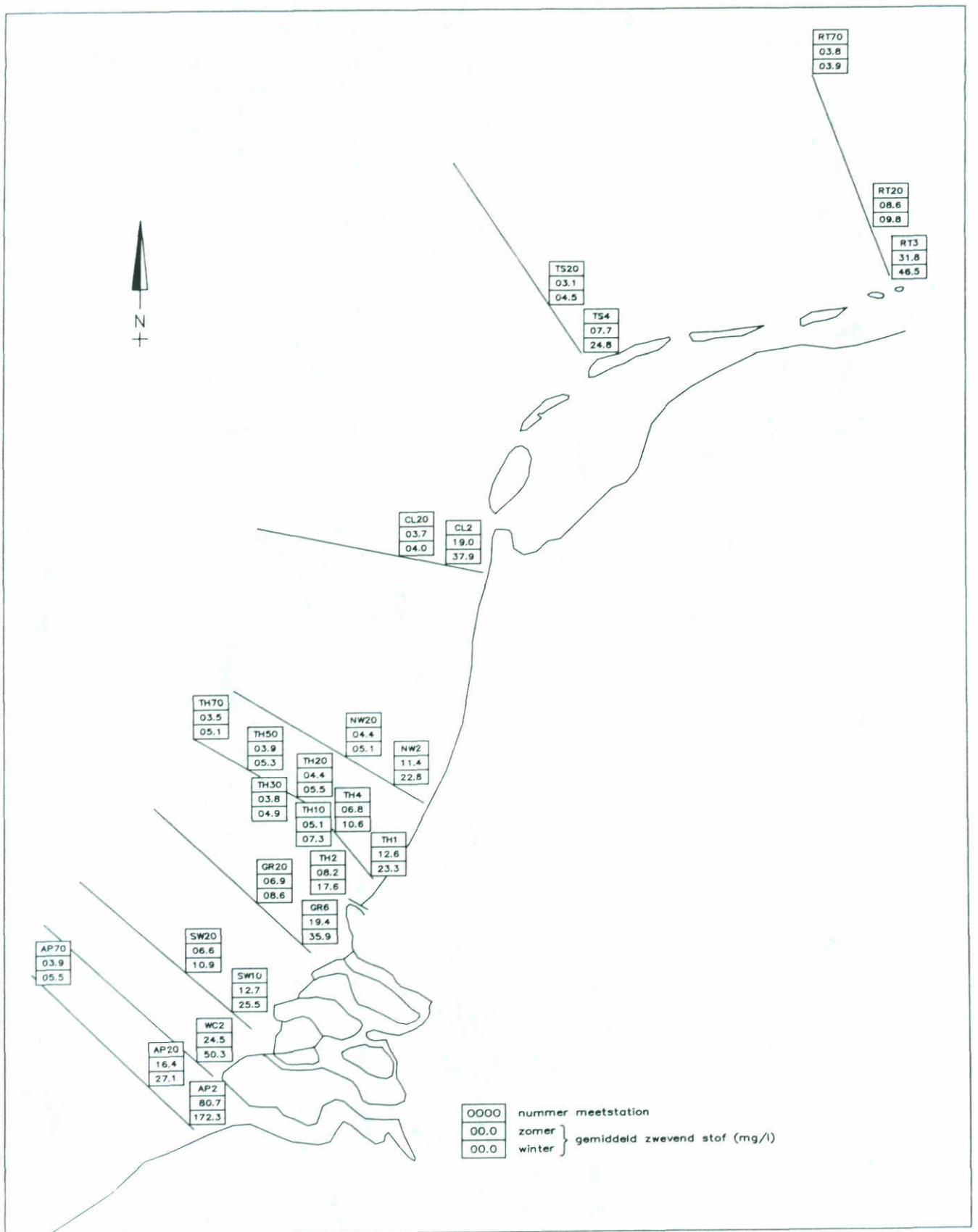


Figuur 4.3 Histogram van log10-getransformeerde zwevend stof gegevens. station AP20

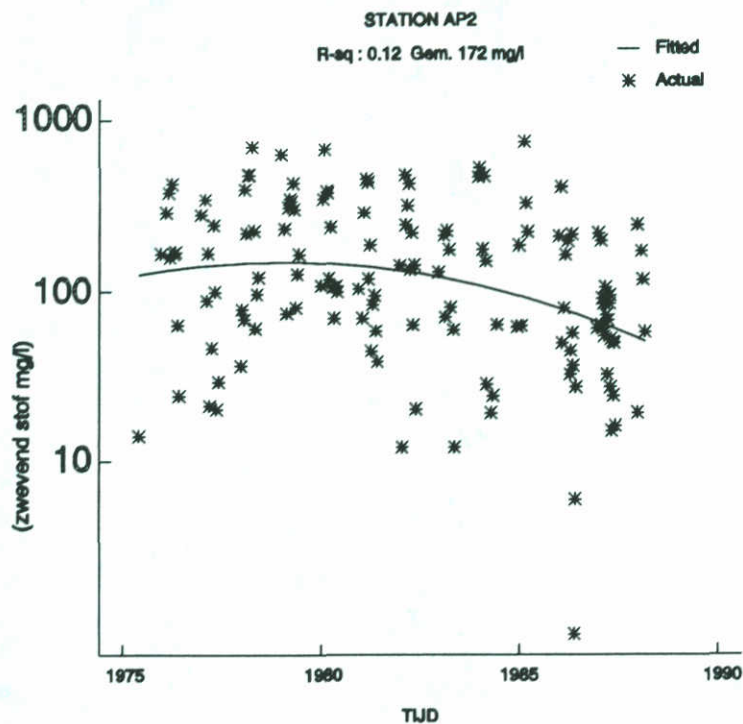


Figuur 4.4a Ruimtelijke weergave kwadratische trends per station op de Noordzee

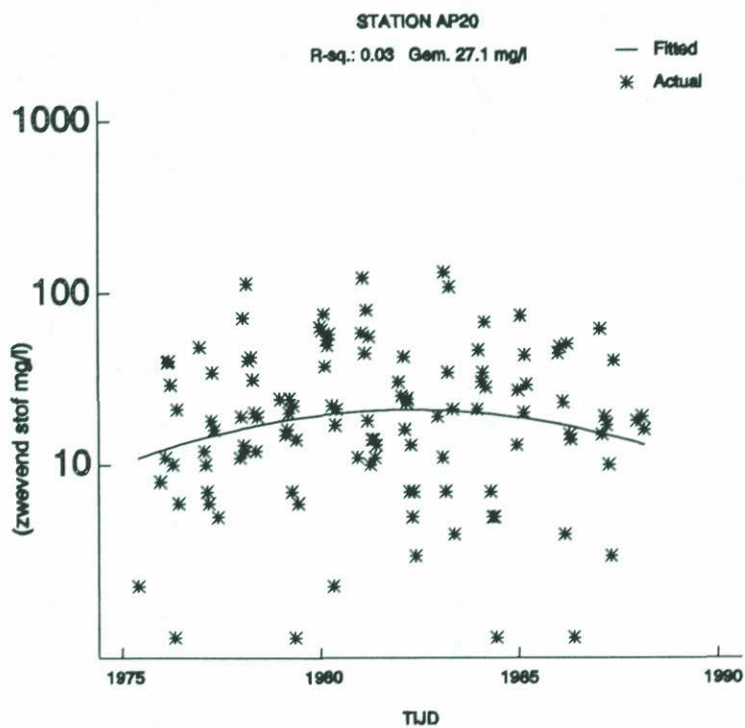




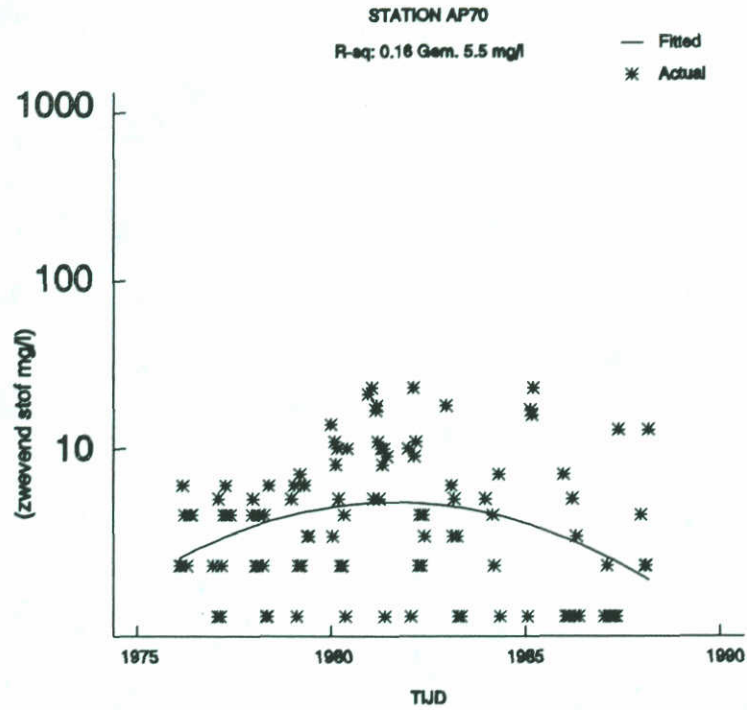
Figuur 4.4b Zomer- en Wintergemiddelden per station op de Noordzee



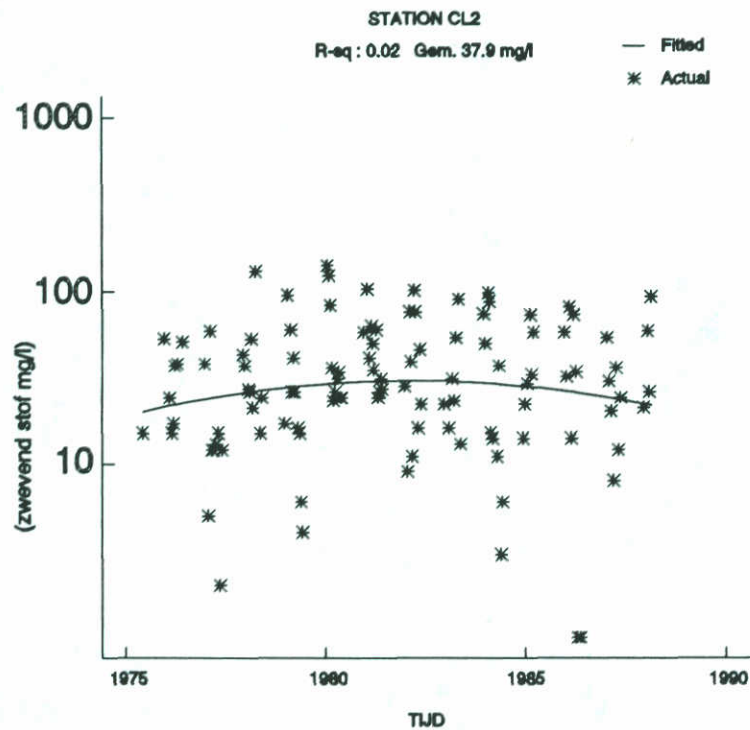
Figuur 4.5 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station AP2



Figuur 4.6 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station AP20

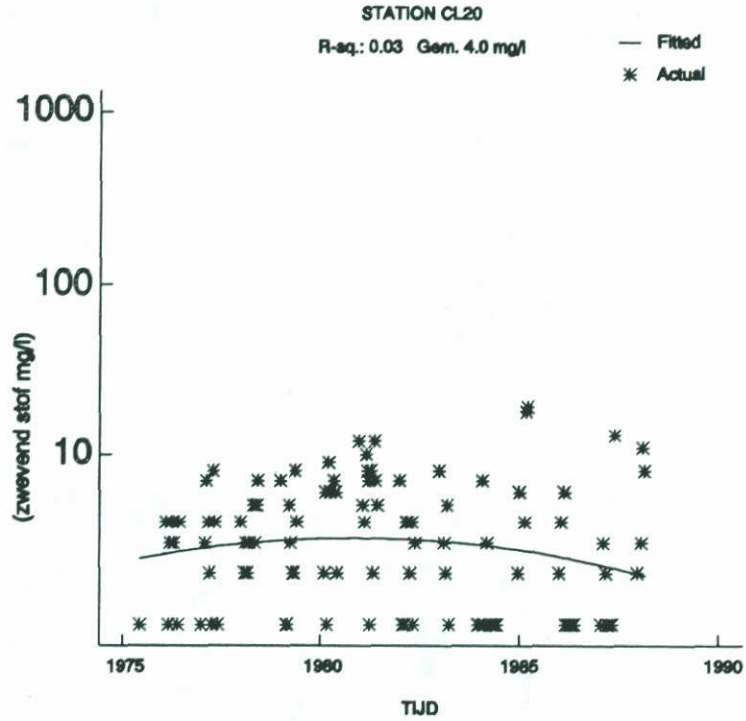


Figuur 4.7 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station AP70

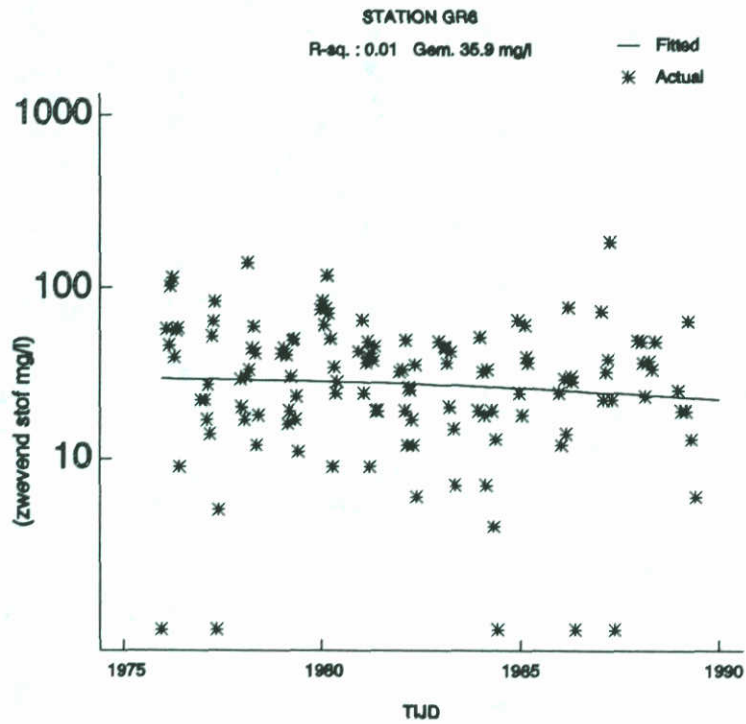


Figuur 4.8 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station CL2

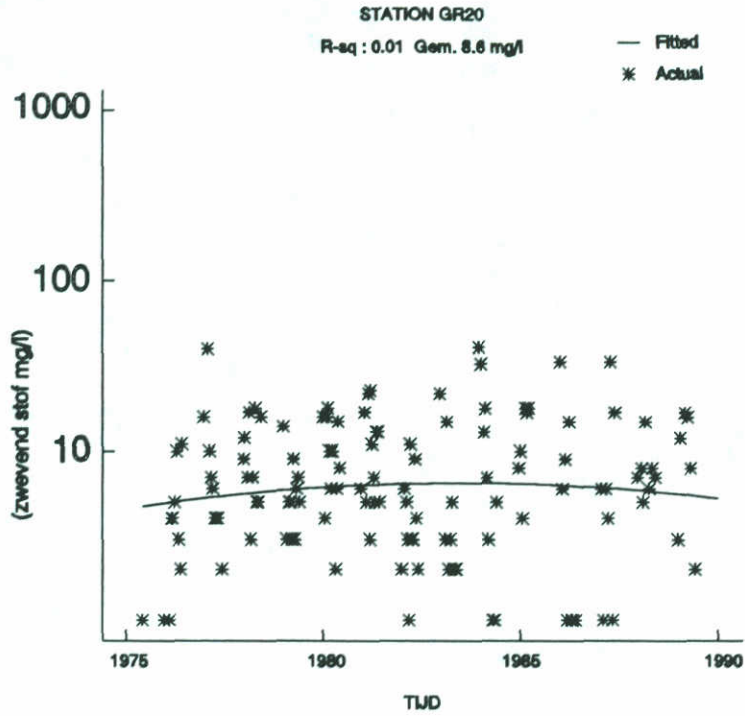




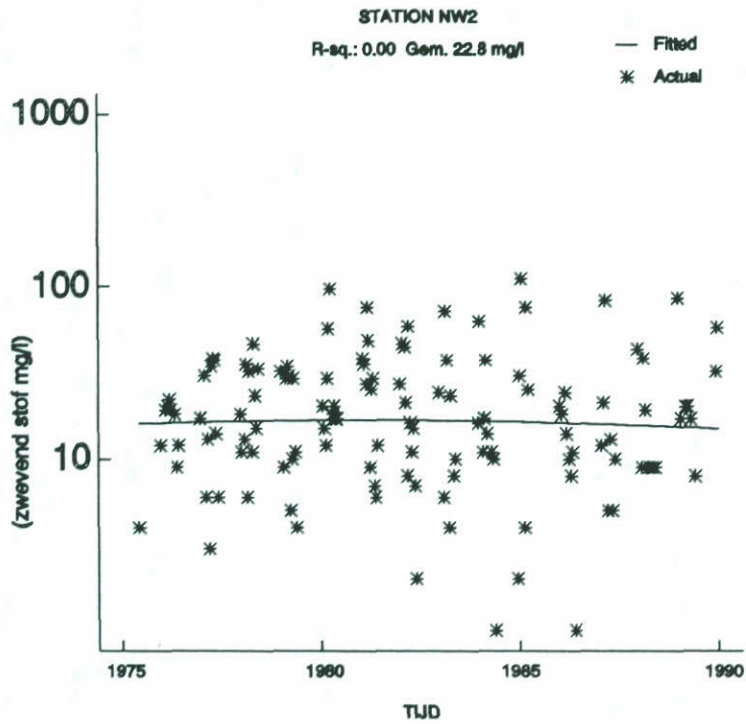
Figuur 4.9 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station CL20



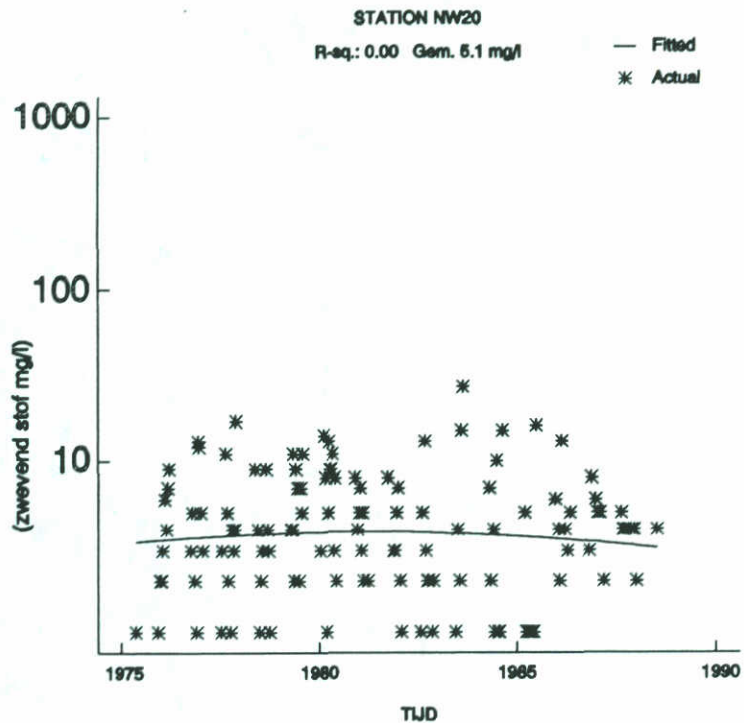
Figuur 4.10 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station GR6



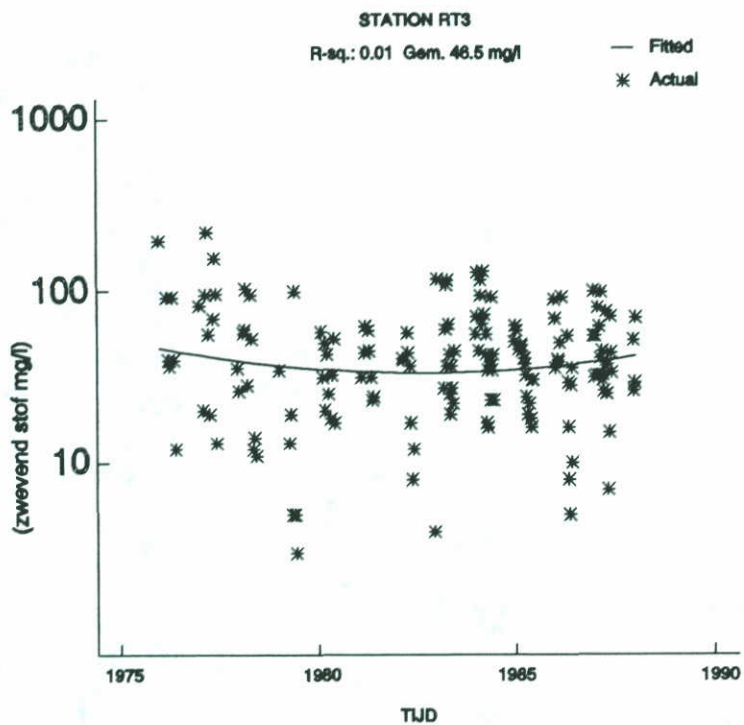
Figuur 4.11 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station GR20



Figuur 4.12 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station NW2

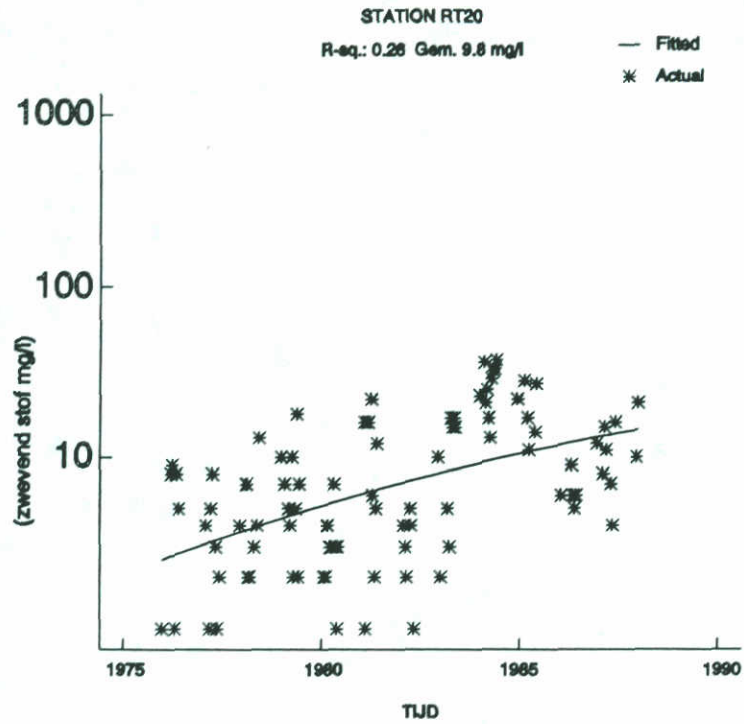


Figuur 4.13 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station NW20

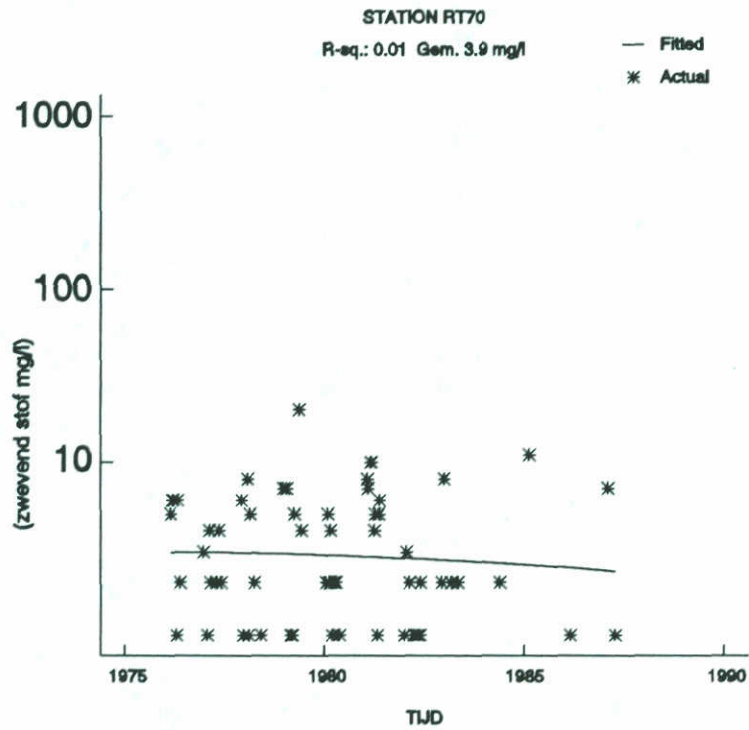


Figuur 4.14 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station RT3

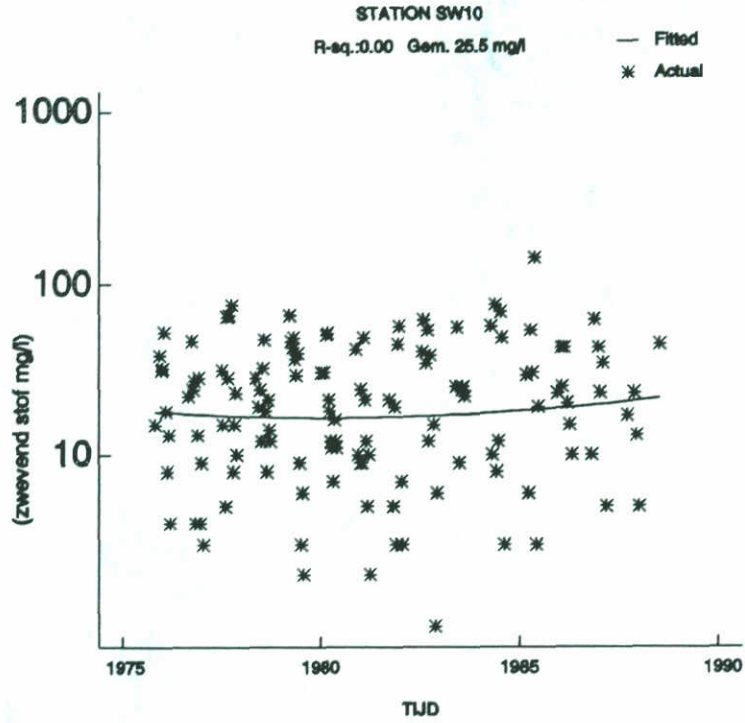




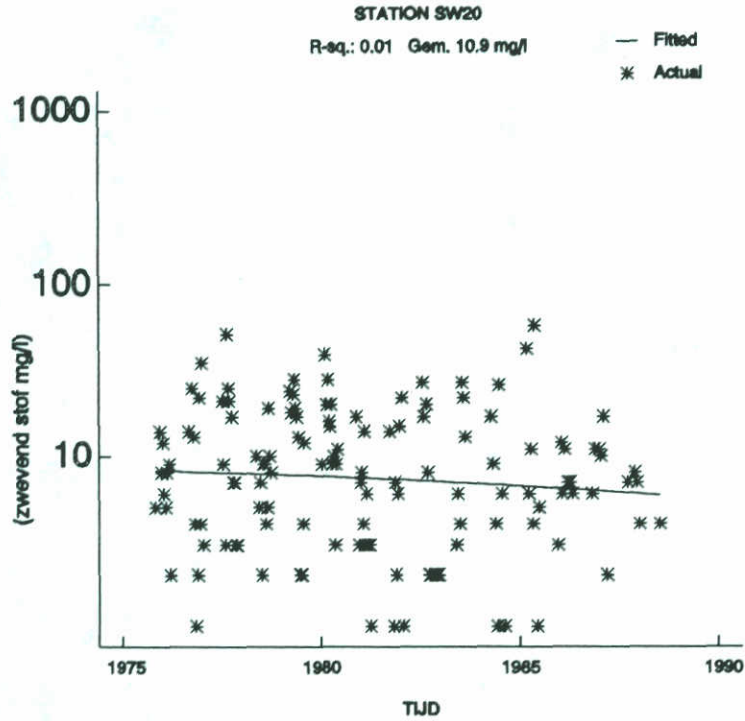
Figuur 4.15 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station RT20



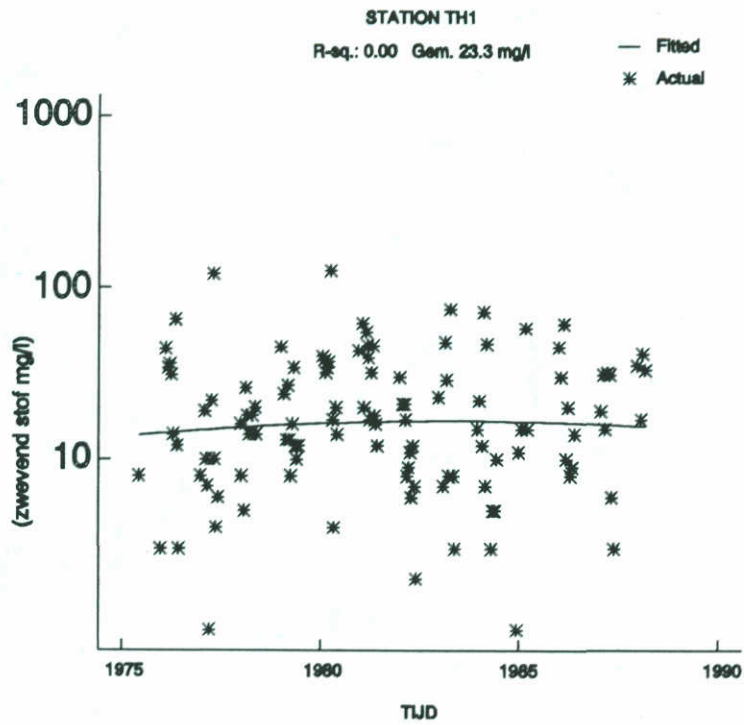
Figuur 4.16 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station RT70



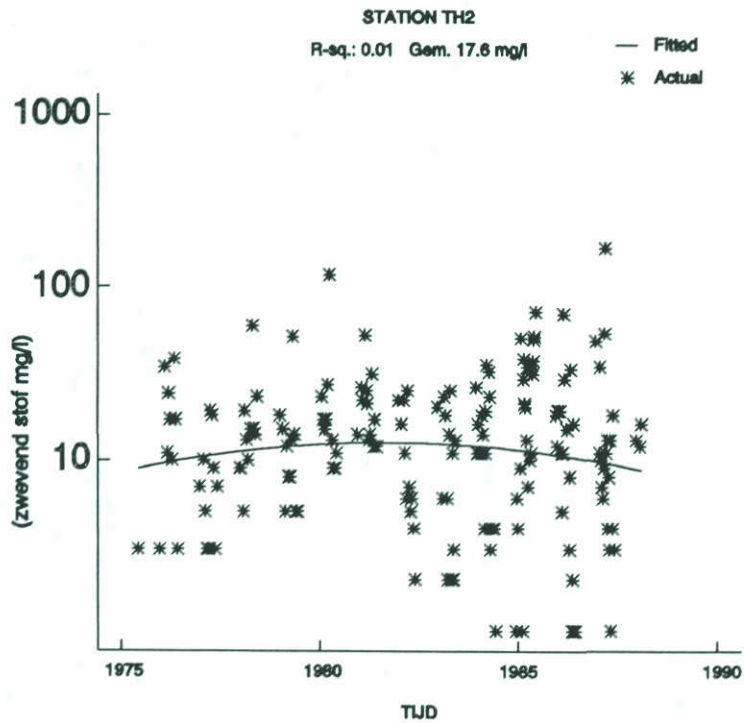
Figuur 4.17 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station SW10



Figuur 4.18 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station SW20

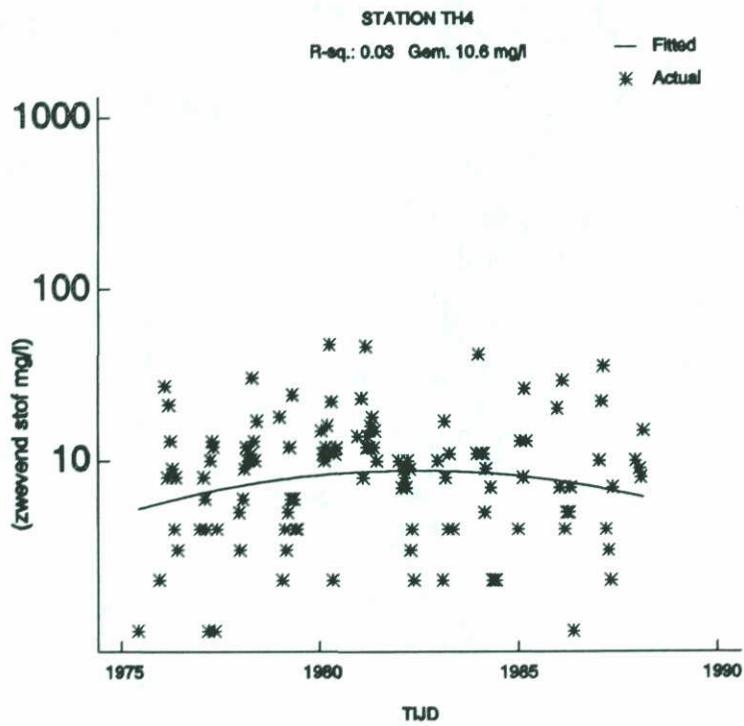


Figuur 4.19 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TH1

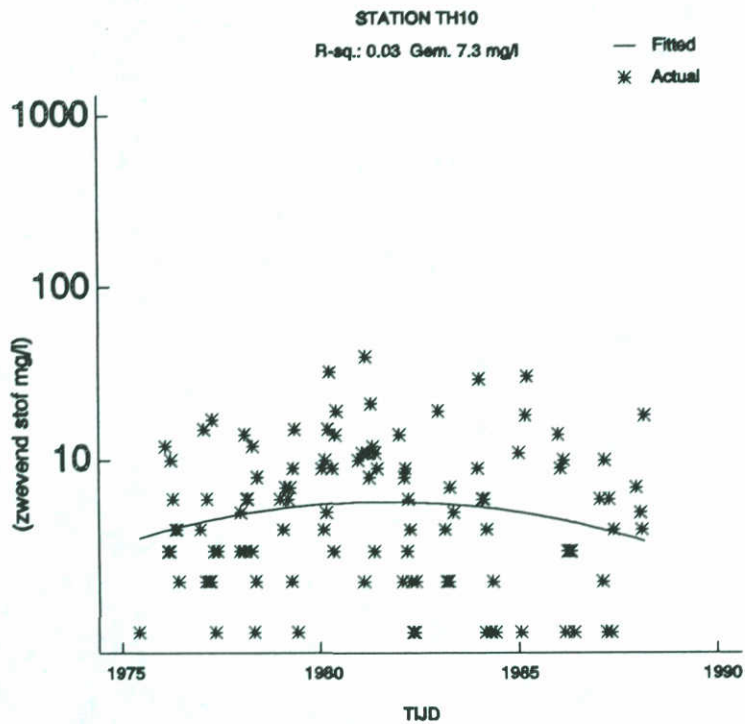


Figuur 4.20 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TH2

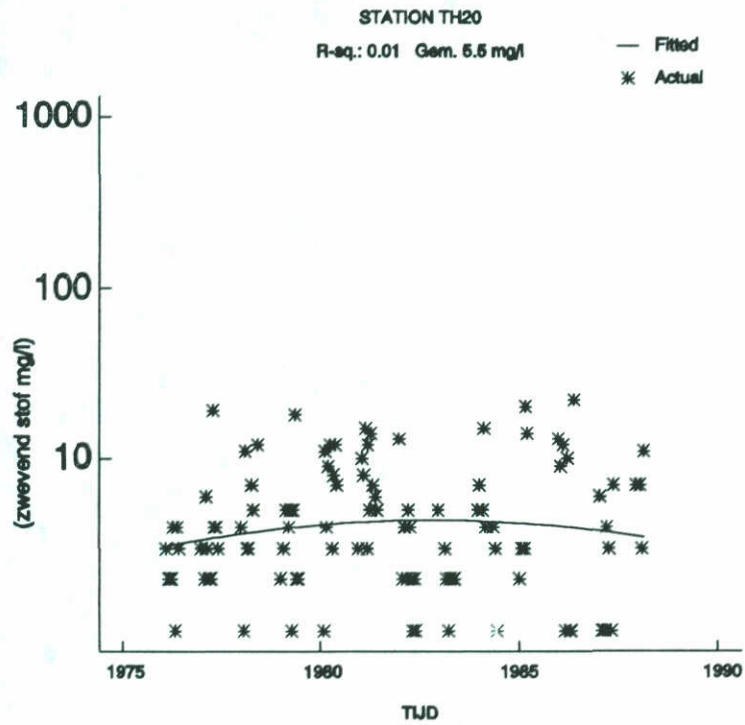




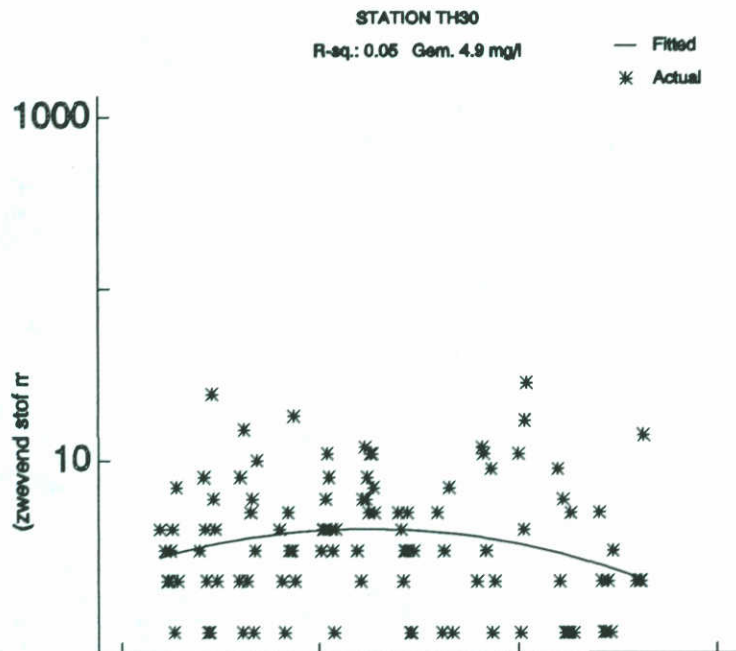
Figuur 4.21 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TH4



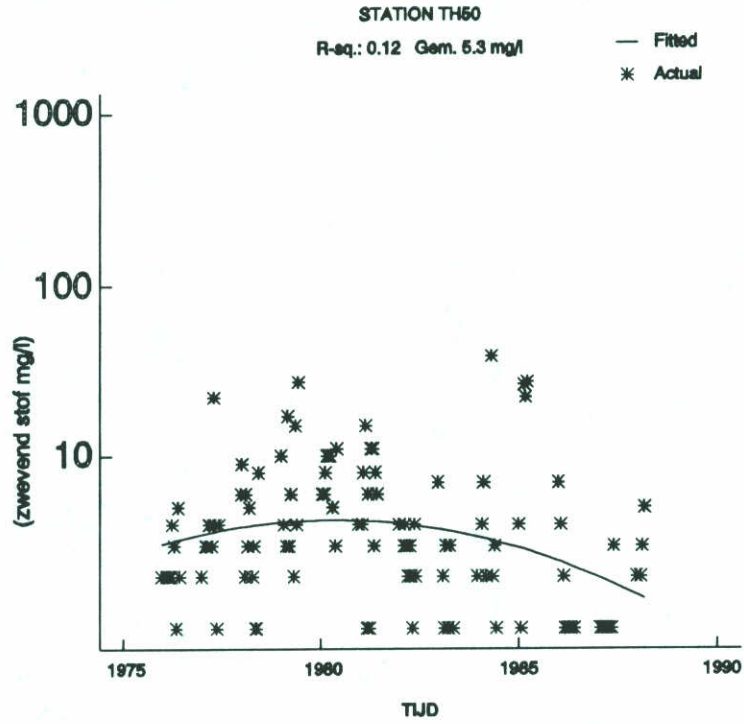
Figuur 4.22 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TH10



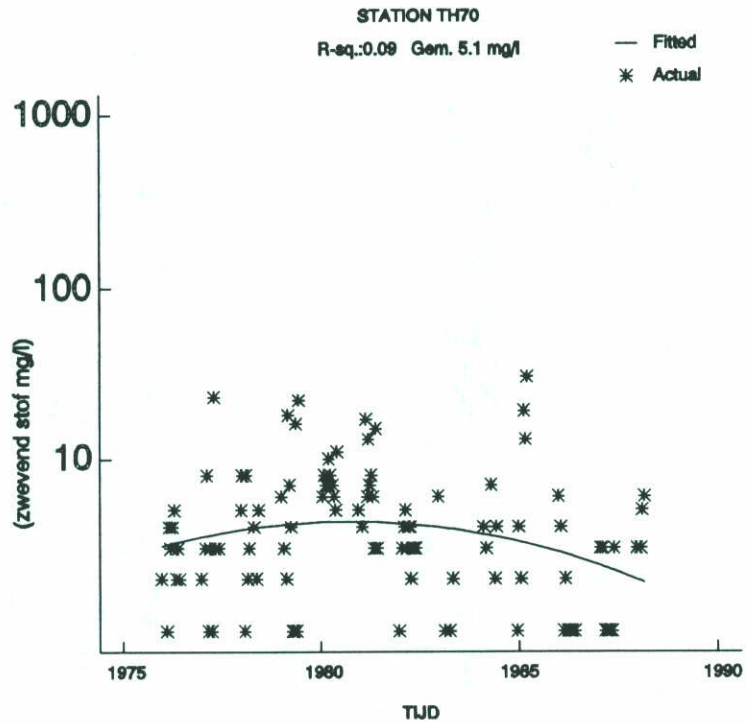
Figuur 4.23 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TH20



Figuur 4.24 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TH30

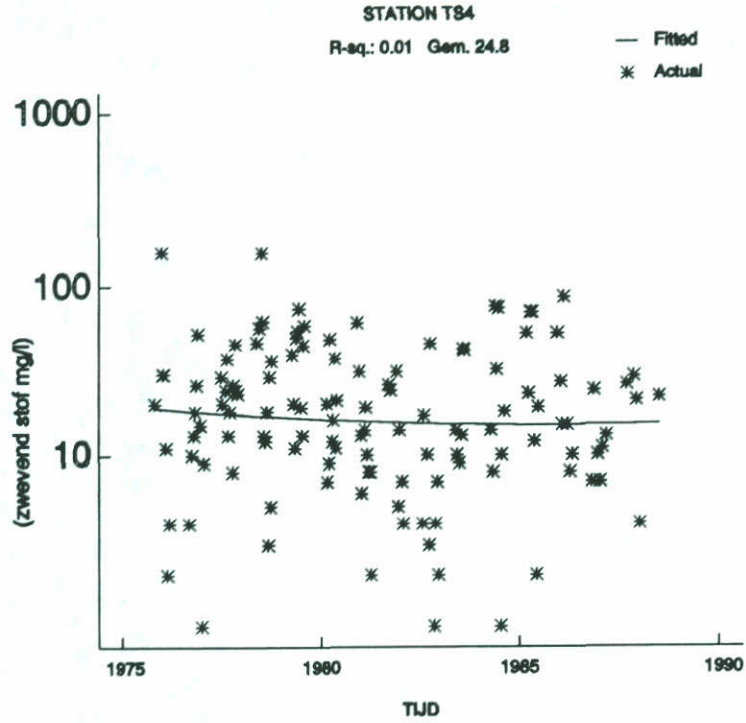


Figuur 4.25 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TH50

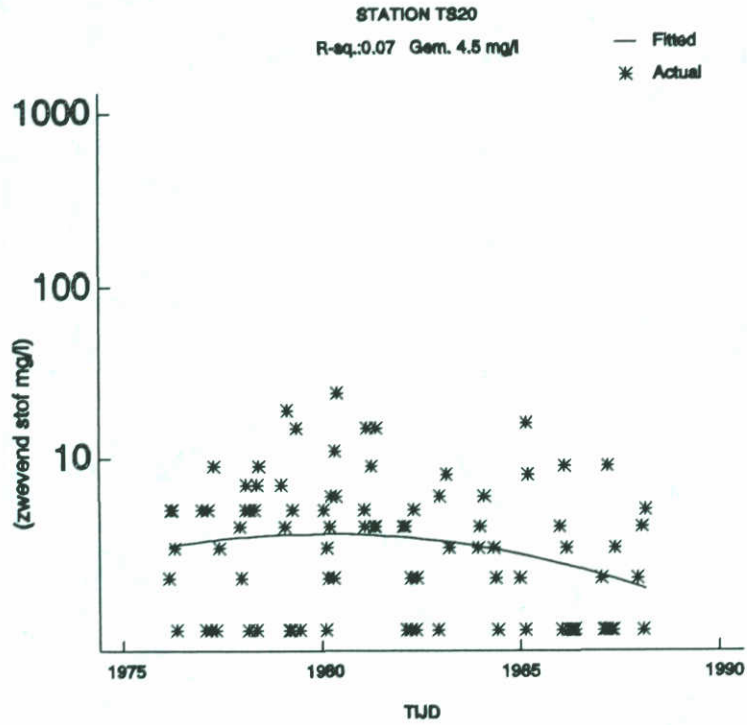


Figuur 4.26 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TH70

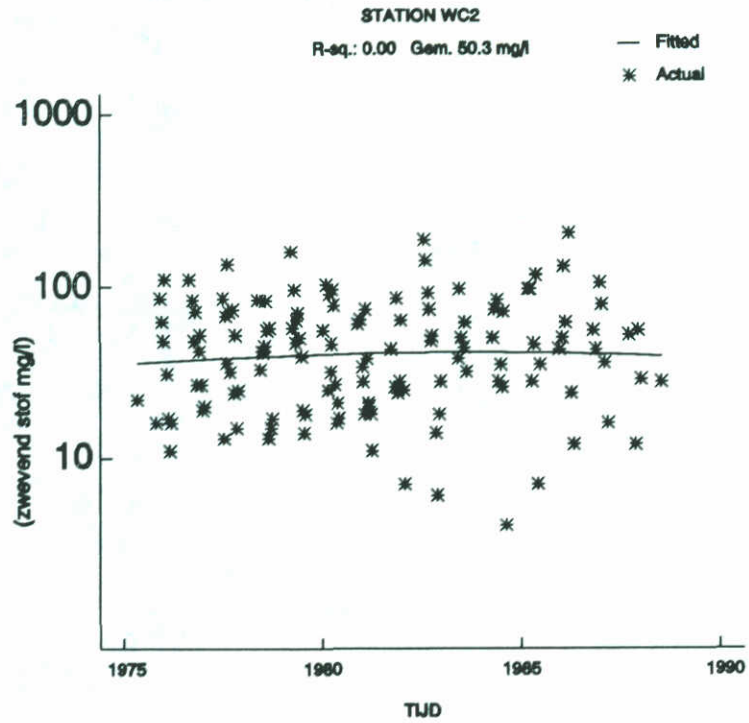




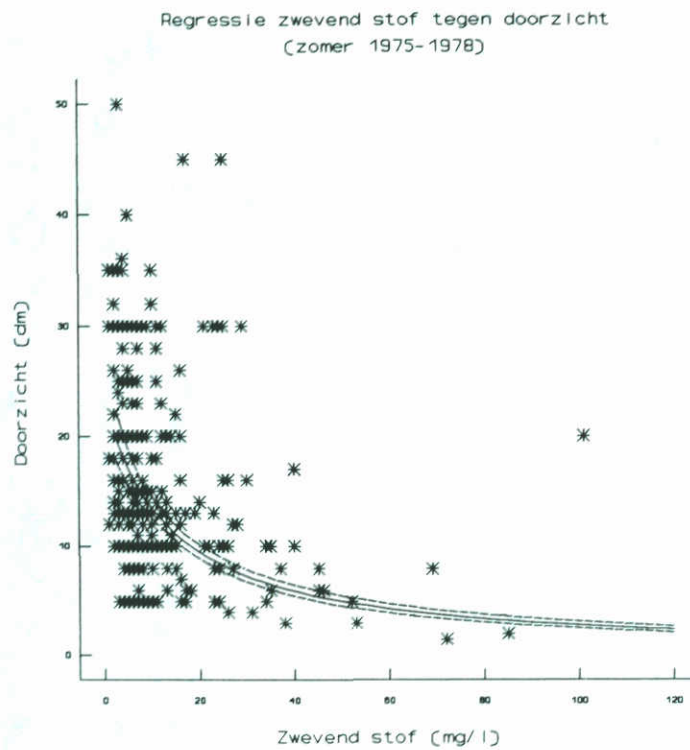
Figuur 4.27 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TS4



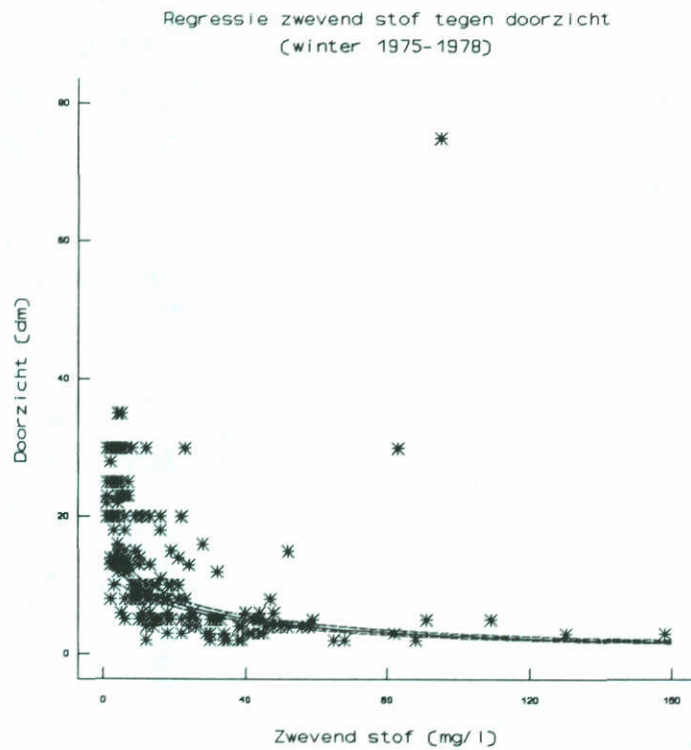
Figuur 4.28 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station TS20



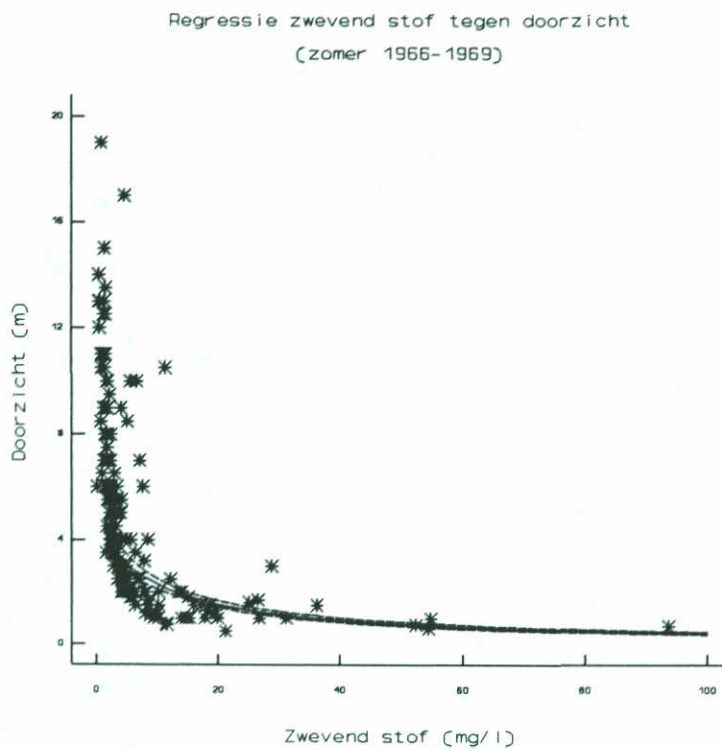
Figuur 4.29 Zwevend stof metingen van 1975-1990 met bijbehorende kwadratische trend, station WC2



Figuur 4.30 Regressie analyse doorzicht en zwevend stof (zomer 1975-1978)



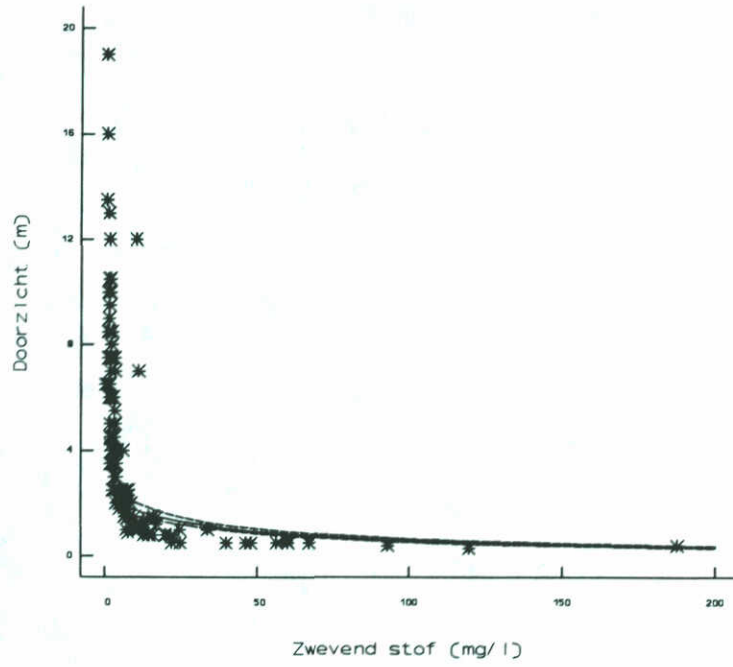
Figuur 4.31 Regressie analyse doorzicht en zwevend stof (winter 1975-1978)



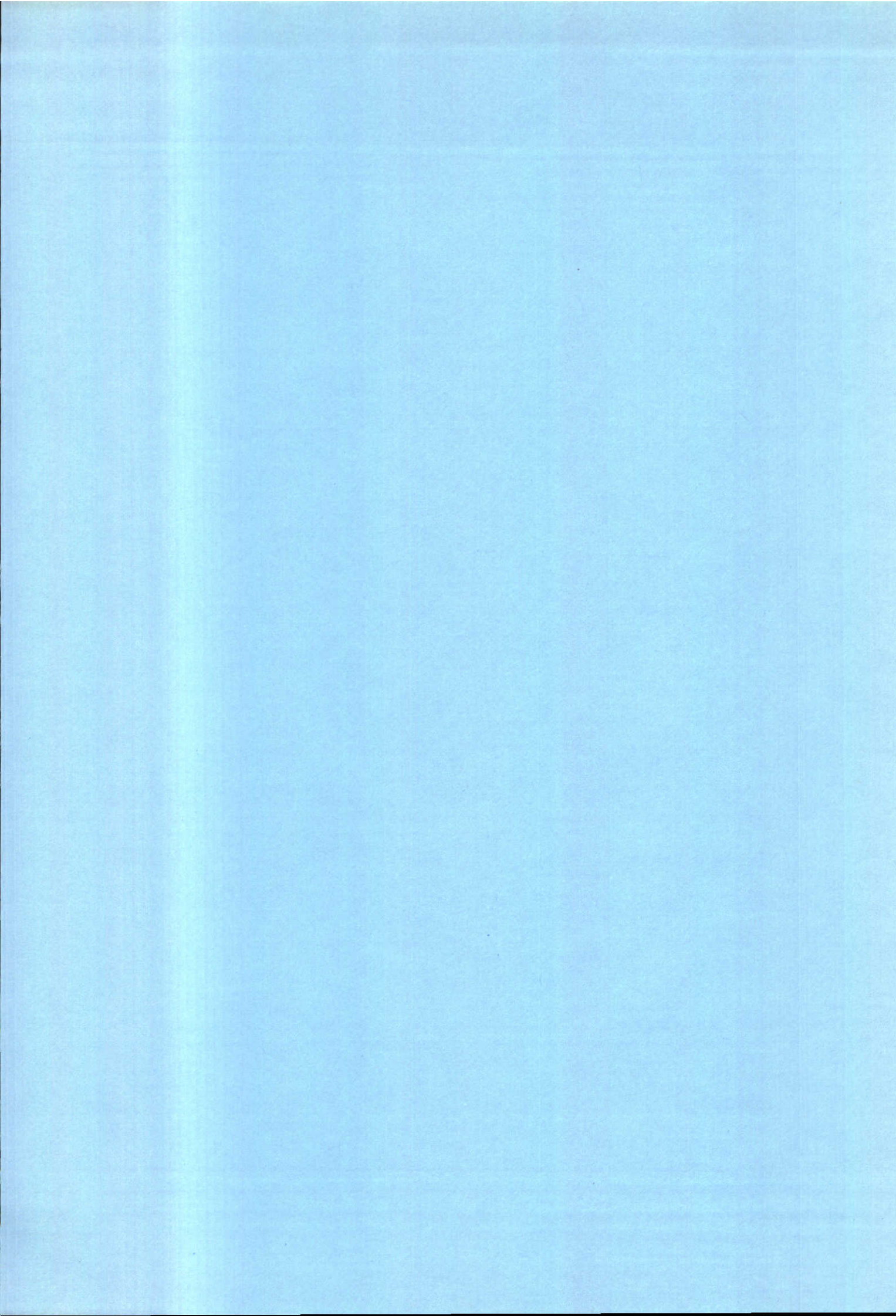
Figuur 4.32 Regressie analyse doorzicht en zwevend stof (zomer 1966-1969)



Regressie zwevend stof tegen doorzicht  
(winter 1966-1969)



Figuur 4.33 Regressie analyse doorzicht en zwevend stof (winter 1966-1969)



Bijlage 1: Overzicht van meetgegevens, die beschikbaar zijn voor het onderzoek

periode	Parameters	instantie/persoon	literatuurverwijzing	gebied / lokatie
1903 - 1908 1937	Doorzicht	Reichard Kalle	Visser 1970	Helgoland 54°10'N, 7°30'E ?
4-5/'37	Extinctie	Lüneburg, 1939		Elbe I, 54°01'N, 8°13'E
8/'37	Doorzicht Vert. ext.	Graham, 1938		zuidelijke Noordzee helemaal
1911	Doorzicht	Gilson, 1911		Belgische kust
7-8-9/'48	Doorzicht Vert. ext.	Gall, 1949		zuidelijke Noordzee, ten zuiden van Hoek van Holland - Lowestoft lijn
1953		Joseph		
1956		Banse		
7/'59	Extinctie	?		Scottish coast 56°00'N, 00°07'E
6/'62	Extinctie	?		Texel 53°00'N, 4°28'E
4/'63	Extinctie	?		Texel
3/'64	Doorzicht Extinctie	?		Texel & Lowestoft 52°30'N, 2°40'E
'66-'68	Doorzicht	?		Texel
??	Doorzicht	KNMI, NIOZ		zuidelijke Noordzee geheel
na 1959	Extinctie	KNMI, NIOZ		zuidelijke Noordzee geheel
alle metingen zijn samengenomen in de figuren in het artikel van Visser 1970				
7-8-9/'48	Doorzicht Vert. ext.		Gall, 1949	zuidelijke Noordzee, zuiden van Hoek van Holland - Lowestoft lijn
8/'37	Doorzicht Vert. ext.		Graham, 1938	zuidelijke Noordzee helemaal

vervolg volgende pagina



vervolg bijlage 1

periode	parameters	instantie/persoon	literatuurverwijzing	gebied / lokatie
2-3/'52	Extinctie Vert. ext. Zw.st. conc.		Joseph, 1953	Zuid west Noordzee
5/'53	Zw. st.conc. Doorzicht Extinctie		Jones, 1956	Engelse kust Noordzee
1/'35 6/'51 2-3/'52	Extinctie		Kalle, 1937 en 1953	Noordzee
9/11/'60 26/5/'61 9/'63 25-30/5/'61 20-21/3/'64 22-25/3/'64	Fluorescentie Zoutgehalte Zw. st. conc. Extinctie Doorzicht		Otto, 1966	Waddenzee Waddenzee Waddenzee Noordzee coastal water 52°30'N 02°40'E 2 stations bij Texel op Noordzee
28/2-4/3/'66 30/1-3/2/'67	fluorescentie zoutgehalte extinctie Doorzicht		Otto, 1967	Noordzee zuidelijk deel Noordzee zuidelijk deel
'66-'69	Zw.st.conc. Doorzicht	NIOZ	ongepubliceerd beschikb. op tape	Noordzee, zuidelijke deel, inclusief engelse kust
4/'70-10/'72	zw.st.conc.	NIOZ	Manuels 1973 Jonge 1983	Waddenzee t/m Eems Dollard

vervolg volgende pagina

vervolg bijlage 1

periode	parameters	instantie/persoon	literatuurverwijzing	gebied / lokatie
'71-'81	sediment verticaal	RWS	geen (kaart+lijst in archief)	nadruk Loswal en Haringvliet
10/'74-1/'75	zw.st. conc. extinctie wind stroom	RWS	Gossé 1976	60 km langs kust Noordzee
4 juni 1981	sediment stromsnelh.	RWS	geen (figuren in archief)	Loswal Noord 4 verticaalmetingen
najaar 1978	zw.st. conc.	D. Nzee	Vlemmix 1980	Maasmondgebied
1976 - 1979	zw.st. conc.	NIOZ	Eisma 1979	gehele Noordzee
1969 - 1980	zw.st. conc. golfhoogte, windsnelheid	RWS	Swart 1982	Westerschelde (7 lokaties) N-zee (2 lokaties)
1977 - 1983 6/'79	zw.st. conc.	NIOZ	Eisma 1987 a, b en c	Skagerrak (Puls 1987) Noordzee (2 raaien tot aan Bergen)
1/'80				gehele Noordzee, voorbij Bergen en Nauw van Calais
2/'85-4/'85	zw.st. conc. wind e.a.	RWS DGW	Louisse 1987	nabij Hoek van Holland
'76-'80	Zw.st conc. Extinctie		Collijn, 1982	Eems Dollard

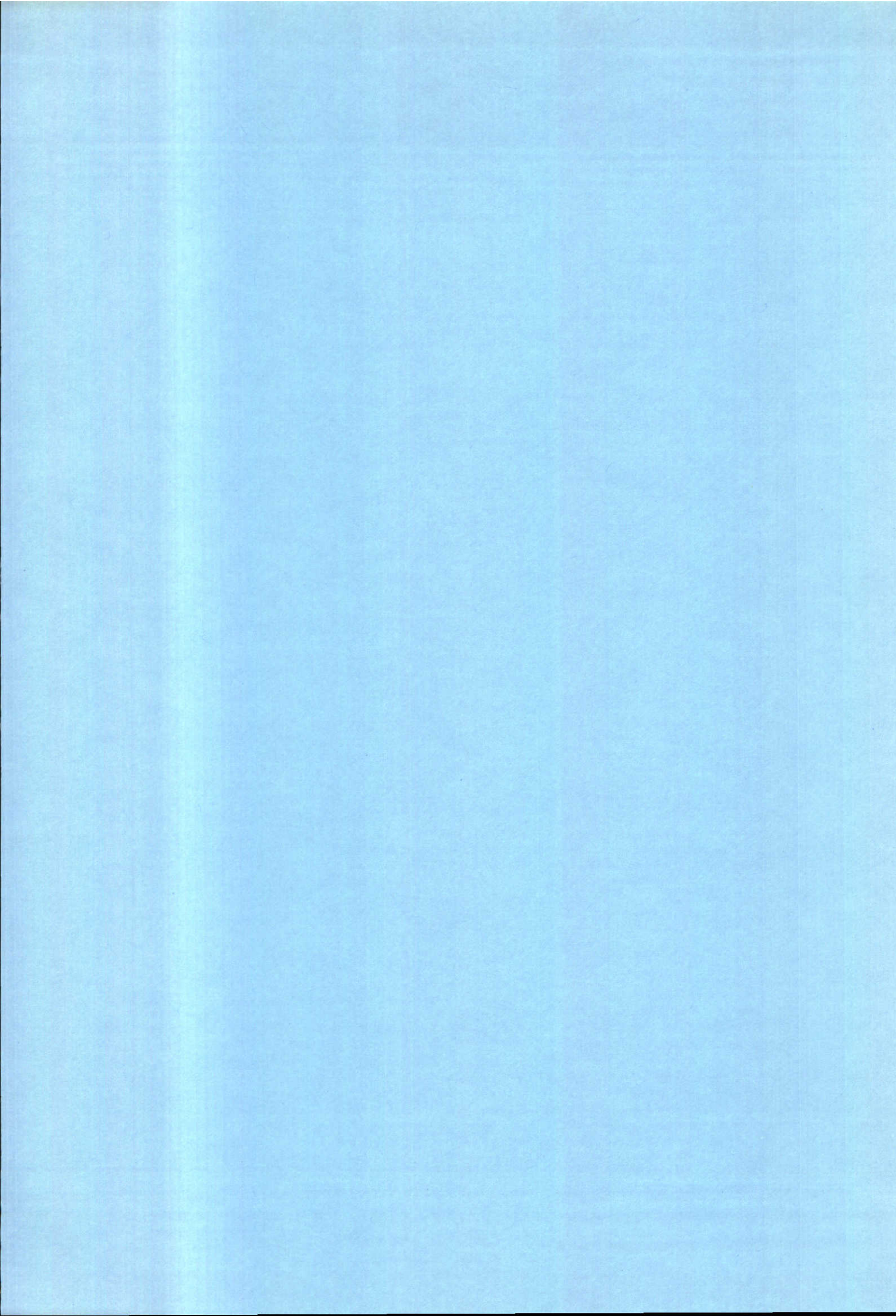
vervolg volgende pagina

vervolg bijlage 1

periode	parameters	instantie/persoon	literatuurverwijzing	gebied / lokatie
3/'77-6/'80 11/'86	zw.st. conc. D.Nzee	CNEXO D.Nzee	Alphen 1989 en 1990	Nauw van Calais
'72-'75	Zw.st.conc.	RWS	Terwindt, 1977	Voor-Delta
3/'85-3/'86	zw.st. conc. wind e.a.	D. Nzee	Sydow 1987	Noordwijk
1988 - 1990	zw.st. conc.	RWS DGW	Brinke 1991	Oosterschelde
1975 - 1990 (figuur 2.8 in hoofdrapport)	zw.st. conc. gl.rst.	RWS WAKWON/WAKWAL/WOSRO	WL 1987 WL 1989 deel 1 WL 1989 deel 2 Visser 1989 RWS/WL 1985 WL 1991 RWS 1983 Essink 1985 Buiting 1988 Jonge 1983	Noordzee; mei 1975 - aug. 1985 Noordzee; 1976 - 1982 idem idem Noordzee; 1975 - 1983 Waddenzee; 1973 - 1990 Noordzee; 1975 - 1982 oostelijke Waddenzee en Eems Dollard Noordzee en Waddenzee (WAKWON) Waddenzee en Eems estuarium
1988 - 1990	Zw.st. conc. Vert. ext.	DGW (EUZOUT)	Peeters (gesprek)	Terschellingraai (tot 370 km uit kust) en Noordwijkraai (tot 100 km uit kust)
3/'83-3/'84 3/'78 9/'78+1/'86	zw.st. conc. baggerbezwaar	DGW	Louisse 1987	Loswal Noord
1988 - 1989	zw.st. conc.	DGW (frontmet.)	Groenendijk 1988/1989	omgeving Loswal Noord
1988	zw.st. conc.	DGW	Heuvel 1989	Loswal Noord
1989	zw.st. conc.	DGW	Spanhoff 1990b	Loswal Noord, semi-permanent station

einde bijlage 1 beschikbare meetgegevens







## Bijlage 2 Gevoerde gesprekken met deskundigen

a Telefoongesprekken

(Tijdens de telefoongesprekken is niet altijd geïnformeerd naar de volledige naam en titels van de personen, excuses voor foutief vermelde namen)

K. Storm (DGW-AO)	2-8-91
drs. G.T.M. van Eck (DGW-AO)	5-8-91
drs. J.S.L.J. van Alphen (dir. Noordzee)	5-8-91
drs. R.H. van Otterloo (Dir. Zuid-Holland)	5-8-91
Ir. L. Voogt (RIZA, Dordrecht)	5-8-91
S. Poel (Dir. Noord-Holland)	6-8-91
drs. H. Verbeek (RIZA, Dordrecht)	12-8-91
drs. F.M.J. Hoozemans (WL, de Voorst)	14-8-91
W.D. Rokosch (Dir. Noordzee)	15-8-91
ir. S.H. Hosper (RIZA, Lelystad)	15-8-91
A. Boonk (RIZA, Lelystad)	16-8-91
drs. V.N. de Jonge (DGW, Haren)	19-8-91
M.P. Visser (KNMI, de Bilt)	19-8-91
	17-9-91
	30-9-91
dr. R.W.P.M. Laane (DGW, Den Haag)	20-8-91
R. Heijmen (RIZA, Lelystad)	12-9-91
drs. J.C.H. Peeters (DGW, Middelburg)	13-9-91
ing. J. Stronkhorst (DGW, Middelburg)	13-9-91
Mw. G.C.M. Tielens-Wester (RIZA Lelystad)	16-9-91
prof. dr. D. Eisma (NIOZ)	18-9-91
drs R.H. van Otterloo (RWS-directie Zuid-Holland)	23-9-91
drs. J.W. van Bergum (RWS-directie Zuid-Holland)	23-9-91
ing. A. Broekhuizen (RWS-directie Zuid-Holland)	23-9-91
prof. dr. H. Postma (NIOZ)	25-9-91
P.Hoekstra (RUU, Geografisch Instituut)	25-9-91

b Bezoeken

**drs. W.B.M. ten Brinke (DGW Middelburg) 8-8-91**

doel van zijn onderzoek: bepalen transport van kleine deeltjes (<53  $\mu\text{m}$ ) naar de Noordzee vanuit de Oosterschelde.

metingen: op één punt (vlakbij Oosterschelde werken), gedurende twee jaren, continue meting van turbiditeit met turbidity-meter, wat met een ijkcurve is omgezet naar concentratie fijne deeltjes (<53  $\mu$ ) per kubieke meter. Periode oktober 1988 tot en met juni 1990.

Door de grote invloed van biologische aspecten (o.a. mosselen) zal de variatie in de zomer en tussen verschillende zomers groot zijn. Zijn verwachting is dat mosselen de grootste invloed hebben. Daarnaast spelen, vooral in de winter natuurlijk, stormen een grote rol. Daarbij is niet alleen de grote van de golfenergie ten gevolge van de storm van belang, maar ook de duur van de storm. Hij heeft vooralsnog geen relatie gelegd tussen concentratie zw.st. en de golfenergie, omdat dat voor zijn onderzoek niet relevant is, maar zou dit alsnog kunnen overwegen. Dan geldt een dergelijke relatie alleen op dat punt in de Oosterschelde en onder de biologische omstandigheden van die jaren ('88-'90). In de figuren in het artikel is wel duidelijk de relatie met de golfenergie zichtbaar [BRINKE,1991]. Aan een relatie tussen zwevend stof en andere

## II

beïnvloedende factoren (zoals aantallen mosselen) waagt Wilfried zich niet. Dat is veel gecompliceerder en absoluut niet eenduidig. Waarschijnlijk een te grote hoeveelheid verschillende factoren, die indirect ook elkaar beïnvloeden en door het zw.st. gehalte beïnvloed worden. In de winter zijn de anorganische deeltjes veel belangrijker dan de organische. In de zomer is dat andersom. Er bestaat de mogelijkheid om, als POC is gemeten, het organische deel af te trekken.

In de zomer zijn er zoveel meer aspecten die meespelen, dat het misschien voor de Noordzee beter is eerst alleen de wintercijfers op een trend te onderzoeken. Als daar een trend kan worden gevonden, die niet alleen door stormen en duur van stormen verklaard kan worden, kunnen we gaan kijken naar zomer-waarden.

drs. J.C.H. Peeters (DGW Middelburg)

8-8-91

Projectleider van project EUZOUT, doel: relatie te vinden tussen extinctie en chlorofyl, Chloor (want hoeveelheid zout geeft aan hoeveelheid zoet-water en dus hoeveel humus), particulier C en zwevend stof concentratie.

metingen voor dit onderzoek vinden plaats op dezelfde punten als WOSRO:  
frekwentie: elke maand, maar elke meting tussen de maandelijkse metingen van WOSRO, dus samen (WOSRO + EUZOUT) om de 14 dagen.

periode: gedurende 1988, 1989 en 1990  
in 1987 4 meettochten

parameters: zwevend stof, extinctie, POC e.a. samenhangend met eutrofiëring

Richard Duin heeft trendanalyse uitgevoerd op deze serie van drie jaar, maar niet voor zwevend stof concentraties.

Van zwevend stof is het organische deel afgetrokken, anders zou het erg voor de hand liggen dat er een relatie is met eutrofiëring. het gaat er hier om om aan te tonen dat door het zwevend stof minder licht kan doordringen en dus geen fotosynthese kan plaatsvinden. Organische deel kon bepaald worden doordat de POC-gehalten gemeten zijn.

Op zee is het water vanaf mei helder, doordat:

- snellere bezinking doordat er meer organisch materiaal is die aaneelkaar plakken, dus grotere vlokken die niet uitelkaar vallen en dus eerder zinken;
- rustiger water;
- warmer dus viscoser

W. Schreurs (DGW Middelburg)

8-8-91

Na 1986 worden de monsters die door directie Noordzee met "de Holland" op de Noordzee worden genomen niet meer in het laboratorium van het RIZA geanalyseerd maar in het laboratorium van DGW Middelburg. Zij corrigeren voor zout, daartoe spoelen zij de monsters met demi water. Hij kan niet garanderen of dat voorheen, bij het RIZA ook gebeurde.

Het innemen van een monster vanaf een schip kan op verschillende manieren gebeuren. Al vanaf 1986, maar misschien ook al langer, wordt het monster met een zuiger ingenomen en in een verzamelvat gelaten. Daarvoor gebruikte men een "happer" en daarvoor misschien zelfs emmers.



ir. F. Hallie (Directie Noordzee)

9-8-91

Naast vele tips voor verdere contacten en literatuur:

Ten noorden van Terschelling komt nu een continue station.

Er wordt wel in de diepte gemeten maar dat wordt niet in de verslagen van RIZA gerapporteerd.

Zandwinning of zand opspuiten langs de kust heeft waarschijnlijk weinig invloed. De gebieden waar gewerkt wordt komt alleen zand voor, geen kleinere deeltjes dus goede bezinking. Effect binnen half uur weg.

Het indelen in clusters is geschied bij WL project T171, maar niet aangehouden bij Directie Noordzee. Het is geen standaard. Of het werkbare eenheden zijn voor zwevend stof zou met een statistische analyse uitgezocht moeten worden.

M. Kints (Directie Noordzee, meetschip de Holland) 9-8-91

Het meetprogramma (WAKWON/WAKWAL/WOSRO) is aan veranderingen onderhevig. Deels wetenschappelijk, deels meettechnisch, deels beleidsmatig en deels organisatorisch van aard.

#### monster inname

Op het schip worden de monsters genomen. Daar kunnen ze natuurlijk niet worden gewogen (het schip beweegt teveel). Daarom ging vroeger 1 liter voor de zwevend stof meting naar Middelburg (voor 1986 naar lab. RIZA Lelystad). Tegenwoordig sturen ze niet 1 liter maar filteren zelf, totdat het filter verstopt raakt en sturen dan dat filter op met de mededeling hoeveel water er overheen is gegaan. Dat kan soms veel meer dan een liter zijn. Het verschil is dat nu (vanaf 1991) vaker ook in heel helder water nog een zwevend stof gehalte kan worden gemeten.

De monsters worden ingenomen met een zuiger of met een happer. Een zuiger is voor het oppervlaktewater (volgens de boekjes tot 1 m. diep, volgens hem toch wel tot 3 meter (deining)). Een zuiger is beter gemengd. In de happer kan een deel "uitzakken". Door drukmeter weet je precies hoe diep de happer ligt.

#### parameters

De happer heeft ook in situ een troebelheidsmeter mee, maar die wordt niet genoeg geijkt, volgens hem. Dat gebeurt in Middelburg. De gegevens worden niet in WAKWAL gepresenteerd omdat de gegevens vrij onbruikbaar zijn (geen eenheid, invloed deeltjes verdeling).

Zichtdiepte gaat weer gemeten worden, heeft een tijd stil gelegen. Bij deze meting schat hij door deining schip e.a. factoren een fout van 0.5 meter. Waarom dat nu weer gemeten moet is onduidelijk bij hem.

#### meetnet

Voor project biomonitoring (Wanda Zevenboom) wordt Rottumraai weer toegevoegd.

#### getij

De invloed van het getij, zoals geconstateerd bij Waddenzee zet mij aan het denken over MONO-88. Wat blijkt: voor 1988, dus voor MONO-88, toen het meetnet nog 76 punten telde, werd altijd met het getij rekening gehouden, vaste methode van varen (uitleg volgt). Nu wordt daar helemaal niet meer op gelet. Men vaart aldoor andere routes. De mogelijkheden zijn groot en men laat zich door de wind sturen. Mogelijkheden: eerst rondje zuid, altijd met de klok mee, want raai Noordwijk moet van buiten naar binnen. Dan noorden, Terschelling raai (nieuw station op Terschelling raai op 35 km uit de kust) naar buiten of naar binnen naar gelang richting van de wind. Voortaan moet, door het permanente meetstation (waar instrumenten bekeken en hersteld moeten worden) een tijd gewacht worden bij dat nieuwe station. Dus die raai wordt nu, ook anders. Voortaan komt Rottumraai er bij voor biologisch onderzoek.



## Methode voor 1988:

10 raaien (Appelzak, Walcheren, Schouwen, Goeree, Terheyden, Noordwijk, Egmond, Callantsoog, Terschelling, Rottum; allemaal tot 70 km uit de kust, Terschelling ook 10, 135, 175 en 235 uit de kust). De eerste raai naar buiten, over de volgende terug, enzovoort. Elke keer bij het weer naar buiten varen (dus begin van eerste, derde, vijfde, zevende en negende raai) van een nieuwe raai, werd gewacht op een vast tijdstip ten opzichte van het getij. Hij dacht twee uur voor hoogtij. Moet even nagekeken. De variatie kan dus niet groot zijn ten opzichte van het getij. Alleen als er onderweg ineens gestopt moest, bijvoorbeeld voor een incidentele meting of een defect.

drs. F.H.I.M. Steyaert (DGW, Haren)

14-8-91

De log-transformatie die in het onderzoek van WL voor de Waddenzee [WL,1991] is uitgevoerd met de gegevens was noodzakelijk om een normale verdeling te krijgen van de gegevens. De verdeling in de Noordzee is zeker niet normaal verdeeld omdat er veel metingen zijn waar de detectiegrens is opgegeven, dus een verdeling die scheef is, met de nadruk op de lagere metingen. Hij betwijfelt of de verdeling normaal is na log-transformatie, vooral in de zomer lage metingen.

## Invloed op troebelheid, doorzicht en zwevend stof

## 1. via veranderen turbulentie van de stroom:

- getijverschillen, die weer op hun beurt veroorzaakt worden door:
  - \* afdamming;
  - \* broeikas-effect;
  - \* geulveranderingen (door baggeren);
  - \* 18.6 jaarcyclus;
  - \* zeespiegelstijging;
- windinvloeden, zie Hoozemans (WL) (inmiddels gebeld).

## 2. verhogen/verlagen aanvoer van deeltjes:

- aanleggen dammen, reservoirs;
- verminderen mogelijkheden tot afzetten, verminderen accumulatie gebieden, bijv. indijken van kwelders;
- aanvoer van slib door stort van baggerspecie, bijv. Loswal Noord.

## 3. blokkade in afvoer of verhogen van afvoer,

bijvoorbeeld de retourstroom langs waddeneilanden kan afnemen/toenemen door geulveranderingen, getijveranderingen (veranderingen in doorstroomprofielen).

Baggeren (zoals Eems Dollard), opwoelen bodem. Volgens Frank blijft de invloed beperkt tot 1 km. Op Noordzee misschien nog minder.

De slibbalansen zijn opgebouwd door stroming van deeltjes, dit kan een hele andere verandering in de tijd geven dan veranderingen in de tijd van de troebelheid ter plaatse. Bijvoorbeeld het gemiddelde gehalte aan zw.st. blijft gelijk, maar de retourstroom van deeltjes is heel sterk toegenomen en de instroming is heel erg afgenomen, gemiddeld blijft dat gelijk, maar de netto balans van het gebied is een reductie aan vracht wat er instroomt.



dr. R. Spanhoff en drs. J.M. de Kok (DGW-AO, Den Haag)  
27-8-91

Binnenkort zal een publicatie verschijnen van de eerste jaren dat het semi-permanente station bij Loswal-Noord heeft gefunctioneerd. Bij dat station worden zwevend stof, stroomsnelheden en -richtingen gemeten. Het zwevend stof gehalte wordt gemeten met een licht-gevoeligheidsmeting (verstrooiing)

In het onderzoek van Spanhoff en Kok zijn ook bodempeilingen en bodemonsters van belang geweest. Voor een relatie met de zwevend stof gehalten werd ook gebruik gemaakt van wind gegevens van het KNMI. Daarnaast ook het 3-d-stromingsmodel voor de Noordzee. Voor het onderzoek "troebelheid Nederlandse zoute wateren" zijn dergelijke basisgegevens minder relevant.

In oktober 1990 is door een engels onderzoeksbureau (lid van MAST) gemeten langs de Nederlandse kust. Deze gegevens worden beschikbaar gesteld aan DGW (omdat zij ook lid zijn van MAST), maar voorlopig nog geen zicht op een publicatie.

In 1988 en 1989 (en andere jaren?) werd ook over de verticalen gemeten (de zogenaamde front-metingen).

Directie Noordzee maakt een overzicht per jaar van baggerbezwaren, hoeveelheden gedumpt etc.

Let op: als er meer gebaggerd wordt hoeft dat niet te betekenen dat er een groter baggerbezwaar is: het toenemen kan ook veroorzaakt worden door een diepere streefdiepte of een periode waarin gebaggerd werd ver onder de streefdiepte. Het op peil houden van de geulen wordt constant uitgevoerd, ook als de streefdiepte al bereikt is wordt door gebaggerd, onder dat peil, als een soort reserve berg-capaciteit.

Plotselinge "stoot" uit de Rijn kan opgevangen in een reserve capaciteit, maar levert wel een tijdelijke verhoging van de baggeractiviteit. Wat de oorzaak is van de plotselinge stoot is niet altijd duidelijk (behalve natuurlijk verschijnselen zoals een storm).

De oorsprong van het project "troebelheids Nederlandse zoute wateren" moet gezocht in het boekje van Oosterbaan [OOSTERBAAN,1989]. Daarin wordt gesuggereerd dat er veel is veranderd en men veronderstelt een verband met troebelheid. Daarbij is het dan wel van belang om ver in de tijd terug te gaan. In ieder geval verder dan 1975 (begin WAKWAL). Daarom suggereert Spanhoff om de gegevens, ook al zijn zij zeer sporadisch, van voor 1970 allemaal wel te analyseren. Anders schiet je het doel van dit onderzoek voorbij. Het aantonen van een trend over 60 jaar bijvoorbeeld, waarin de gehalten met 5 % zijn toegenomen is niet aantoonbaar met een reeks van 15 jaar.

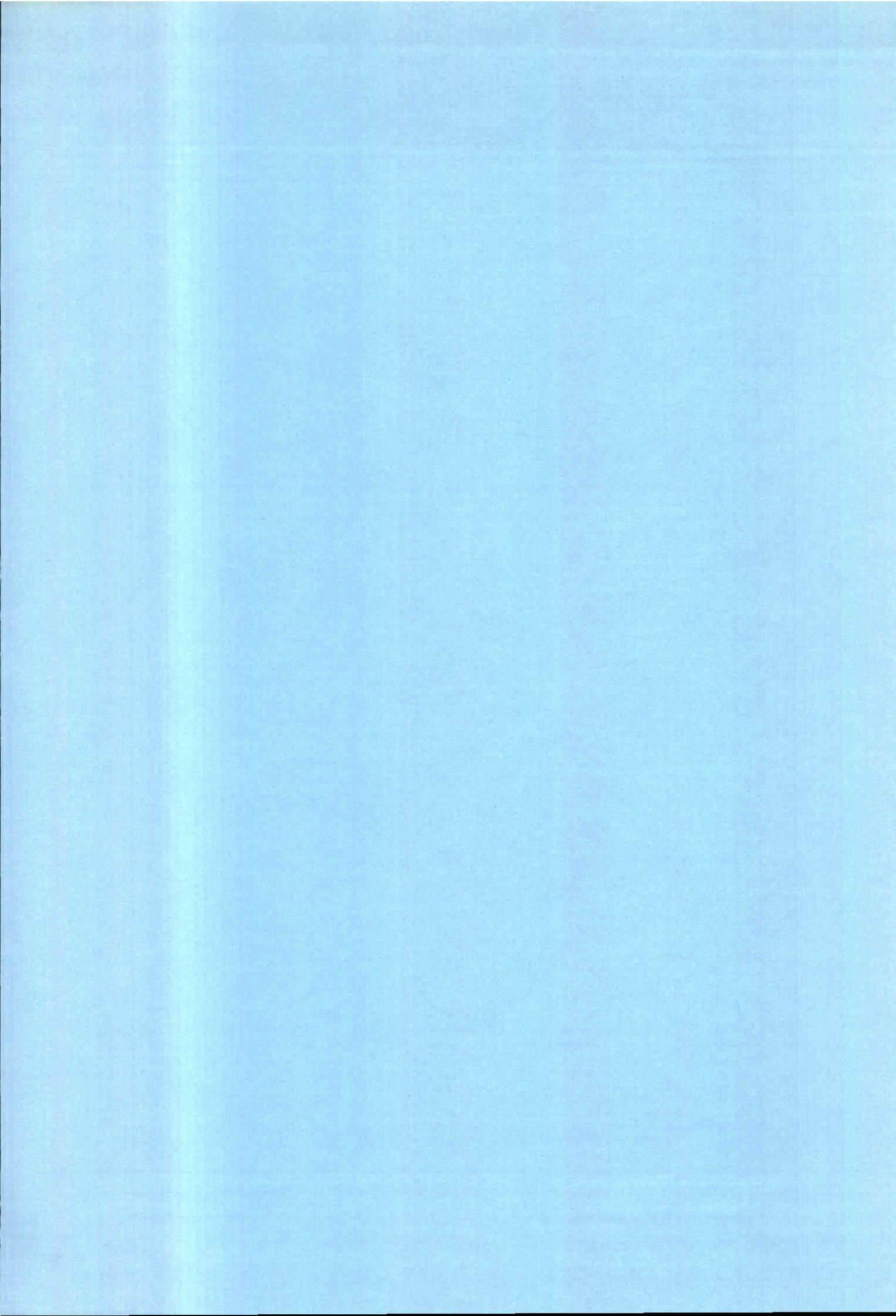
dr. R.W.P.M. Laane

28-10-91

Het onderzoek zou antwoord moeten geven op de vraag: Is de grootte doorzicht stuurbaar? Conclusie moet ook betrekking hebben op functioneren huidige meetnet en of het zinnig is om doorzicht als doelvariabele te hanteren. Aandacht in het onderzoek is vereist voor: de invloed van baggeren en berging baggerspecie en scheepvaart, de rol van organismen in de zee en op de bodem (zeegrasvelden, mosselen) en lange duur effecten (zeespiegelstijging).

Trendanalyse clusteren naar windsterkte. Niet zozeer naar getij.







### Bijlage 3 RELATIE TUSSEN VERSCHILLENDE GROOTHEDEN

In tabel 3.1 worden een aantal auteurs genoemd die een onderzoek hebben verricht op het gebied van de transformatie van grootheden. In deze bijlage worden de gevonden relaties voor de transformaties gegeven. De relaties wijken onderling af. Ze zijn blijktbaar, wat de auteurs ook al aangeven, gebonden aan plaats en tijdstip (seizoensinvloeden, getijinvloeden). De plaats en de tijd bepalen de samenstelling van het zwevende materiaal en daardoor de uitkomst van de meting.

In de tabellen 1 t/m 5 en in de figuren 1 t/m 4 worden relaties gepresenteerd tussen verschillende grootheden. De relaties gelden maar op één plaats, voor één meetreeks en niet voor een heel seizoen, maar slechts voor een aantal dagen.

De relaties die achtereenvolgens behandeld worden zijn:

- 1 Doorzicht (gemeten met Secchi-schijf) in relatie tot verticale extinctie (vanaf wateroppervlak)
- 2 Doorzicht (gemeten met Secchi-schijf) in relatie tot extinctie
- 3 Extinctie in relatie tot zwevend stof concentratie
- 4 Doorzicht in relatie tot zwevend stof concentratie

In de formules worden de volgende afkortingen gehanteerd:

S = Doorzicht gemeten met Secchi-schijf [m]

c' = Extinctie [1/m]

c\* = Extinctie verticaal [1/m]

formule voor het berekenen van c met een transmissie-meter

$$c' \text{ (extinctie)} = 1/L * \log(F_0/F_L)$$

$$c^* \text{ (verticale extinctie)} = 1/D * \log(F_0'/F_D)$$

waarbij:  $F_0$  = radiant flux bij de bron of aan het wateroppervlak  
(bij vertical extinctie)

$F_L$  = radiant flux afstand L [m] vanaf de bron

$F_D$  = radiant flux diepte D [m]

G = zwevend stof concentratie [mg/l]

r = transmissie ratio [%]

gem. = gemiddelde van meetwaarden over een periode of van een aantal stations of gemeten over een bepaalde diepte

Geraadpleegde literatuur:

Otto L. KNMI, 1966 en 1967

Gall M.H.W. Pembroke College, Cambridge, 1949

Postma H. Nederlands Instituut voor Onderzoek ter Zee, 1961b

Joseph J., 1953

Colijn F. Universiteit Groningen, 1982

Jones E. EN M.S. Willis, Royal Naval Scientific Service, 1956

Jonge V.N. de, D.J. de Jong, 1991

1 Doorzicht (gemeten met secchi-schijf) in relatie tot verticale extinctie

Otto verwijst voor de relatie tussen doorzicht en verticale extinctie naar de literatuur. Een tabel met de literatuur-verwijzingen uit zijn artikel staan in tabel 1.

Tabel 1 Relatie tussen doorzicht en verticale extinctie [OTTO 1966]

Auteur	Relatie
Atkins & Poole	$S \cdot c' = 0.74$
Le Grand	0.65 (voor troebel water) 1.74 (voor helder water)
Clarke (1941)	0.74 (Z-W- sectie Noord atl.oceaan)
Joseph & Wattenberg (1952)	0.95
Tibby & Barnard (1963)	0.61
Hanaoka et al	$S^{0.3} c' = \text{constant}$ (maar hier heeft Otto twijfels bij)

Gall heeft een relatie gevonden, waarbij hij onderscheid maakt voor de toestand van de zee.

ruwe zee  $S$  (Doorzicht met secchi-schijf) = 24.1%  $r$  (transmission ratio)

kalme zee  $S$  (Doorzicht met secchi-schijf) = 19.5%  $r$  (transmission ratio)

Transmission ratio ( $r$ ) is een grootte die kan worden omgerekend door middel van een formule naar de verticale extinctie coëfficiënt op verschillende dieptes. In formule:

$$c' \text{ (op 5 meter diepte)} = (2.3(\log r_0 - \log r_{10}))/10$$

voor 15 meter diepte wordt  $r$  op 10 meter en 20 meter genomen.



## 2 Doorzicht (gemeten met secchi-schijf) in relatie tot extinctie

Otto en Postma verwijzen naar één relatie tussen doorzicht en extinctie uit de literatuur:

Jones and Wills (1956):  $S \cdot c' = 1.90$

Postma acht deze formule geldig voor de Noordzee, ook langs de Nederlandse kust [POSTMA 1961].

Verder heeft OTTO relaties berekend met metingen van het KNMI. De resultaten van die berekeningen zijn weergegeven in tabel 2.

Tabel 2 Relatie tussen Doorzicht (met secchi-schijf) en de gemiddelde waarde voor extinctie (gemiddelde van de meetwaarden tussen wateroppervlak en Secchi-diepte), (rood licht) [OTTO 1966]

Gebied & Datum	Aantal observ.	range S	correl. coëff.	relatie $c_R'$ en S
Centrale Noordzee 17-25/7/'59	8	12-20	0.56	$c_R' = 2.00 \cdot 1/S - 0.055$
Malzwin (Waddenz.) 9/11/'60	24	0.5-1	0.90	$= 1.72 \cdot 1/S - 0.96$
Lightvessel Texel 13-17/4/'61	6	5-8	0.88	$= 2.00 \cdot 1/S - 0.168$
Noordzee W. Texel 14-17/6/'62	32	3-15	0.80	$= 1.43 \cdot 1/S - 0.042$
Noordzee W. IJmuiden 23/4/'63	5	1.8-5	0.97	$= 2.47 \cdot 1/S - 0.399$
Noordzee Z. 17-26/3/'64	10	2-6	0.86	$= 1.10 \cdot 1/S - 0.022$

opmerkingen bij tabel 2:

- $c_R'$  = relatieve extinctie =  $c'$  (meetwaarde) -  $c_0'$  (helder water)
- Otto middelde de waarden voor  $c'$  die werden gemeten tussen het water oppervlak en ter hoogte van de doorzicht-diepte (gemeten met de Secchi-schijf).

De relatie tussen doorzicht en extinctie is tevens onderzocht door Visser [VISSER, 1970]. Visser heeft eerst de meetwaarden gemiddeld voor gebieden (clusters van metingen) en over een lange periode (1903-1970) en vervolgens tussen de gemiddelden een relatie gezocht. Dit geeft dus geen relatie voor individuele metingen. Het resultaat is weergegeven in figuur 1.

### 3 Extinctie in relatie tot zwevend stof concentratie

Gedurende de afgelopen 90 jaar is een verschuiving opgetreden van licht grootheden naar zwevend stof concentraties, zoals blijkt uit de gegevensbeschikbaarheid beschreven in paragraaf 2.2. De licht-grootheden (doorzicht, troebelheid en extinctie) worden bepaald door het aantal deeltjes, terwijl de zwevend stof concentratie afhankelijk is van het gewicht van de deeltjes. De licht-grootheden worden voor een belangrijk deel bepaald door de fijnste fractie van de zwevend stof. De zwevend stof concentratie wordt juist door de grovere deeltjes sterk bepaald (hoger gewicht per deeltje). Door dergelijke afwijkingen bestaat geen constante relatie tussen zwevend stof concentratie en extinctie of doorzicht (zie onder 4). De relatie is afhankelijk van de samenstelling van het monster.

Naar de relatie tussen extinctie en zwevend stof concentratie is door verschillende auteurs onderzoek gedaan. Otto geeft een overzicht van de verschillende onderzoeken in zijn twee publicaties [OTTO,1966] en [OTTO,1967]. In tabel 3 staan de auteurs waarnaar Otto refereert. Otto heeft, naast zijn literatuur onderzoek ook additionale metingen verricht en met die gegevens relaties opgesteld (zie tabel 4 en 5). Voor de Eems-Dollard is onderzoek gedaan door Colijn [COLIJN,1982].

Tabel 3 Relatie tussen extinctie en zwevend stof concentratie [OTTO 1966]

Auteur	Gebied	Relatie
Jones & Wills (1956)	Thames-monsters	$c' = 0.22 G$
id.	Thames estuarium	$c' = 0.11 G$
Joseph (1953)	Centrale Zuid Noordzee	$c_{R'} = 0.12 + 0.095 G$
id.	Engelse kust	$c_{R'} = 0.09 + 0.16 G$
id.	Continentale kust	$c_{R'} = 0.14 + 0.23 G$
Joseph (1954)	Noordzee Texel, met up-stirred bodem zand	$c_{R'} = 0.25 + 0.085 G$
Hanaoka c.s (1956)	?	$c' = 0.14 G$

De twee relaties van Jones & Wills staan in figuur 2. De rechte lijnen zijn het laboratorium experiment en de kromme lijn is het experiment ter zee.

De drie relaties van [JOSEPH,1953] staan grafisch weergegeven in figuur 3.

Vervolgens heeft Otto ook een poging ondernomen om de relatie te vinden met gegevens, specifiek gemeten voor dit onderzoek. Voor de Waddenzee zijn de resultaten weergegeven in tabel 4. Een soortgelijke relatie is aangetoond door de Jong (zal gepubliceerd worden).



Tabel 4 Relatie tussen extinctie en zwevend stof concentratie in de Waddenzee [OTTO 1966]

Positie	dag	diepte	getij	nr. obs.	correl. coëff.	relatie tussen $c_R'$ en G
Malzwin	9/11/'60	surf.	vloed	5	0.98	$c_R' = -0.021G + 0.27$
			vloed	5	0.98	$-0.066G - 0.79$
			ebb	11	0.69	$-0.063G - 0.81$
		6 m	vloed	10	0.71	$-0.025G + 0.57$
			ebb	10	0.95	$-0.056G - 0.90$
		12 m	vloed	10	0.70	$-0.032G + 0.60$
			ebb	11	0.78	$-0.047G - 0.37$
Marsdiep	26/5/'61	surf.	ebb	7	0.83	$-0.24G + 0.63$
			+vloed			
Texelstroom 19,20,25/9/'63						
1 m		vloed		14	0.90	$-0.050G - 0.11$
			ebb	13	0.85	$-0.028G - 0.03$
15 m		vloed		14	0.94	$-0.023G + 0.07$
			ebb	9	0.97	$-0.026G - 0.01$

Vervolgens heeft Otto een soortgelijke tabel samengesteld voor de Noordzee. In de Noordzee werd of geen relatie gevonden of werd een relatie gevonden die zeer sterk afweek van eerdere onderzoeksresultaten [JOSEPH 1953]. De relaties van OTTO 1966 staan weergegeven in tabel 5. Mede op basis van deze conclusie is een nieuw meetprogramma gestart wat is geplubliceerd in 1967 [OTTO 1967]. Toen verwachtte hij betere relaties te vinden doordat de meetactie toen in de wintermaanden plaats vond (minder verstoring door organisch materiaal). Er werd echter weer geen relatie gevonden tussen zwevend stof concentratie en extinctie in de continentale kustwateren. Conclusie van OTTO in 1967: De meetgegevens lenen zich, zelfs bij gelijktijdig meten, niet voor omzetting van de eene grootheid naar de ander. Blijkbaar is zwevend stof concentratie niet een grootheid die gecorreleerd kan worden aan grootheden gemeten met licht.

Tabel 5 Relatie tussen extinctie en zwevend stof concentratie in de Noordzee [OTTO, 1966]

Gebied	Datum	nr. obs.	correl. coëff.	Relatie tussen $c_R'$ en G
Continent. kustwater	25-30/5/'61	10	0.82	$c_R' = -0.039G + 0.005$
52°30'N 02°40'E	20-21/3/'64	14	0.83	$-0.036G + 0.19$
2 stations bij Texel	22-25/3/'64	16	0.24	no correlation



## VI

In de Eems Dollard zijn gedurende 1976 tot 1980 metingen verricht voor zowel extinctie als zwevend stof concentratie [COLIJN,1982]. Van alle 8 stations is het 5 jarig-gemiddelde berekend voor de zwevend stof concentratie en extinctie. Tussen die gemiddelden is een relatie gelegd. Een dergelijke relatie is niet toepasbaar voor individuele metingen, maar is enkel van statistische waarde.

Resultaat:  $c = 0.40 + 0.40 * G$   $r^2=0.98$  (c berekend met ln)

Colijn heeft dezelfde relatie berekend voor een meetreeks van één dag (29/9/1980), waar de volgende relatie bleek:

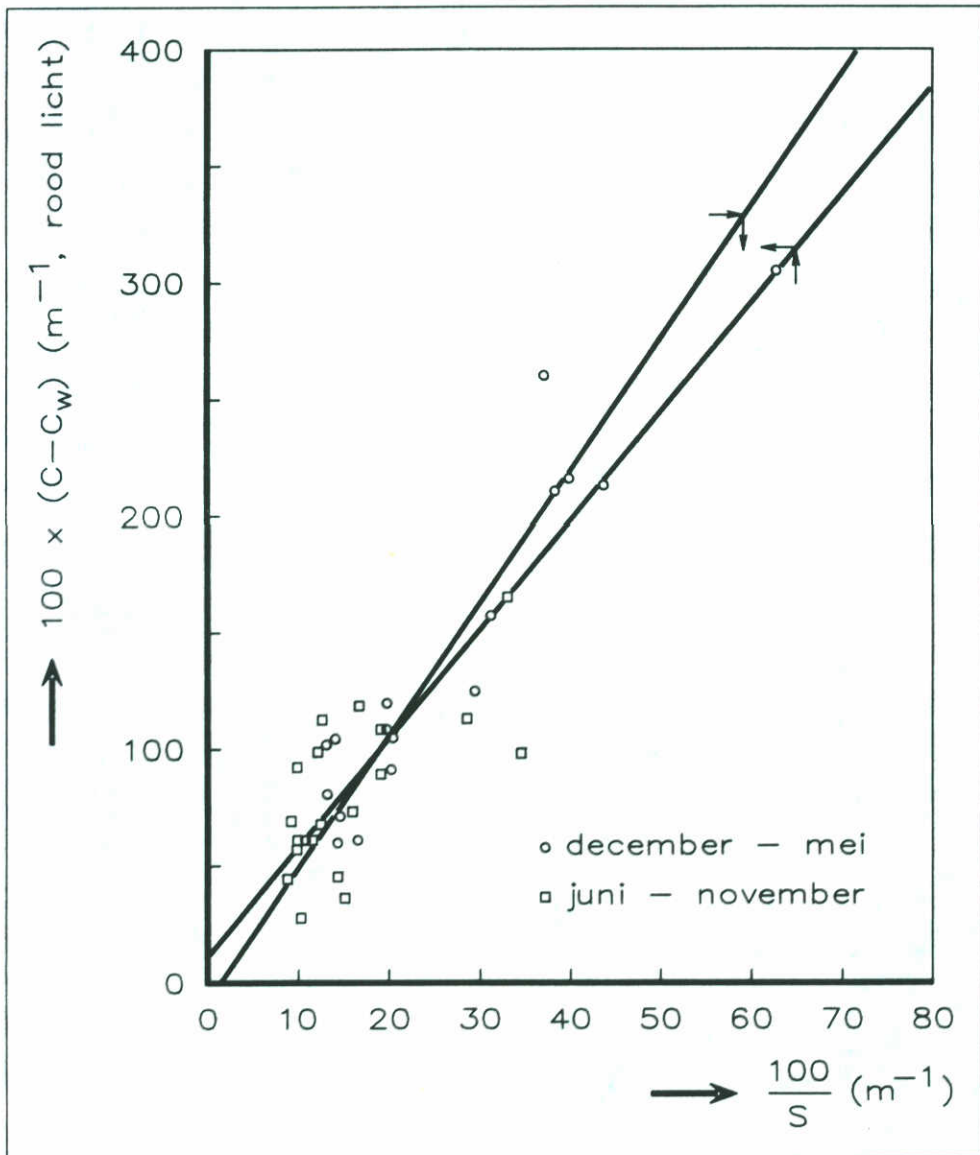
$c = 0.43 + 0.05 * G$   $r^2=0.89$

Figuur 4 illustreert de twee relaties.

#### 4 Doorzicht in relatie tot zwevend stof concentratie

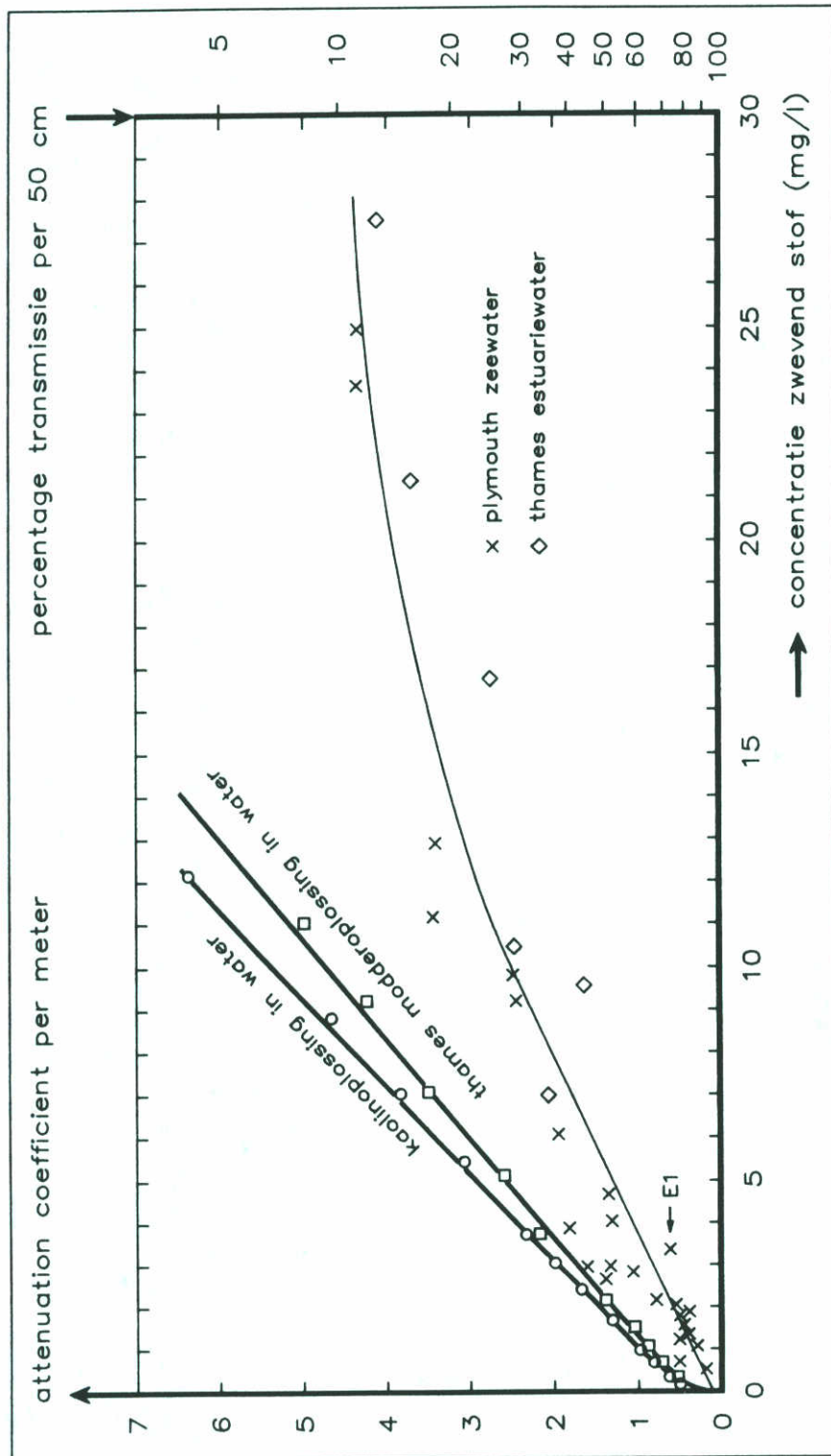
Postma heeft in [POSTMA,1961] de relatie van Joseph [JOSEPH 1954] tussen verticale extinctie en zwevend stof concentratie en de formule van Jones en Willis (zie onder 2) gecombineerd tot een relatie voor de relatie tussen doorzicht en zwevend stof concentratie. Daarnaast heeft hij in het laboratorium met monsters met korrels van verschillende diameter proeven gedaan. Afhankelijk van de korreldiameter kwamen er redelijke resultaten uit. Echter, in de natuur komt ook organisch materiaal voor, waardoor de relatie wordt verstoord. Zijn conclusie luidt: een doorzichtmeting geeft een zinvolle aanvulling voor het onderzoek naar de vorm van de deeltjes, naast massa's die worden vastgesteld door de meting van zwevend stof concentraties.

In dit rapport "troebelheid van de Nederlandse zoute wateren" is in hoofdstuk 4 een analyse opgenomen van de relatie tussen zwevend stof en doorzicht met metingen van het NIOZ (periode 1966-1969) en van WAKWON/WAKWAL/WOSRO (periode 1975-1990).

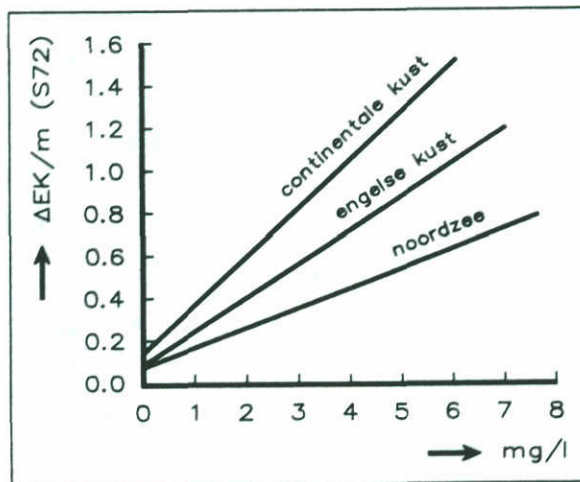


Figuur 1 Relatie tussen extinctie (attenuation) en doorzicht (Secchi-schijf) [VISSER, 1970].

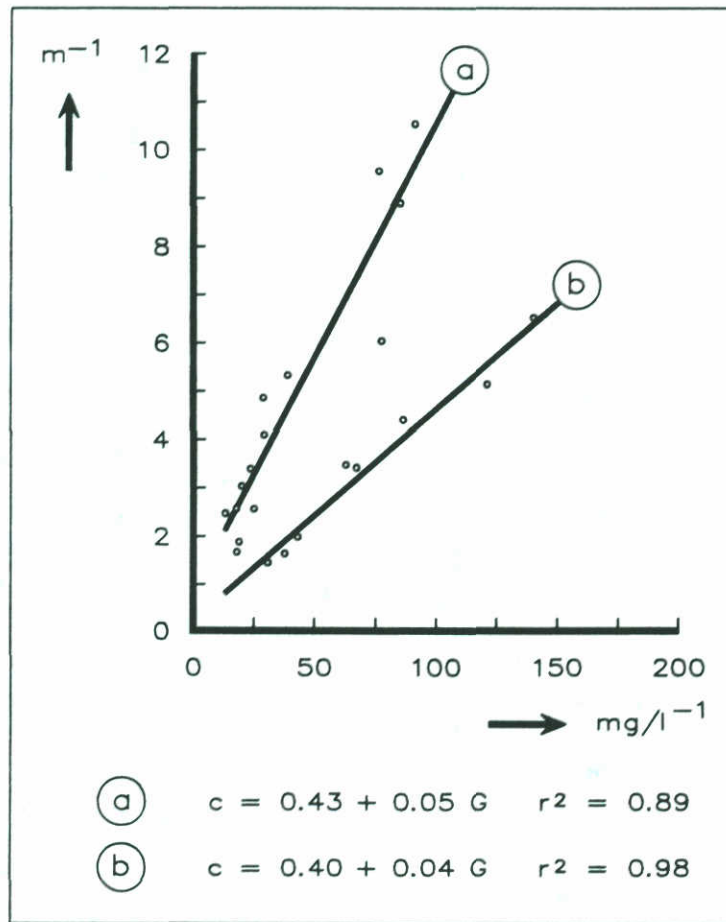




Figuur 2 Relatie tussen attenuation coëfficiënt per meter en de zwevend stof concentratie [JONES AND WILLIS, 1956]

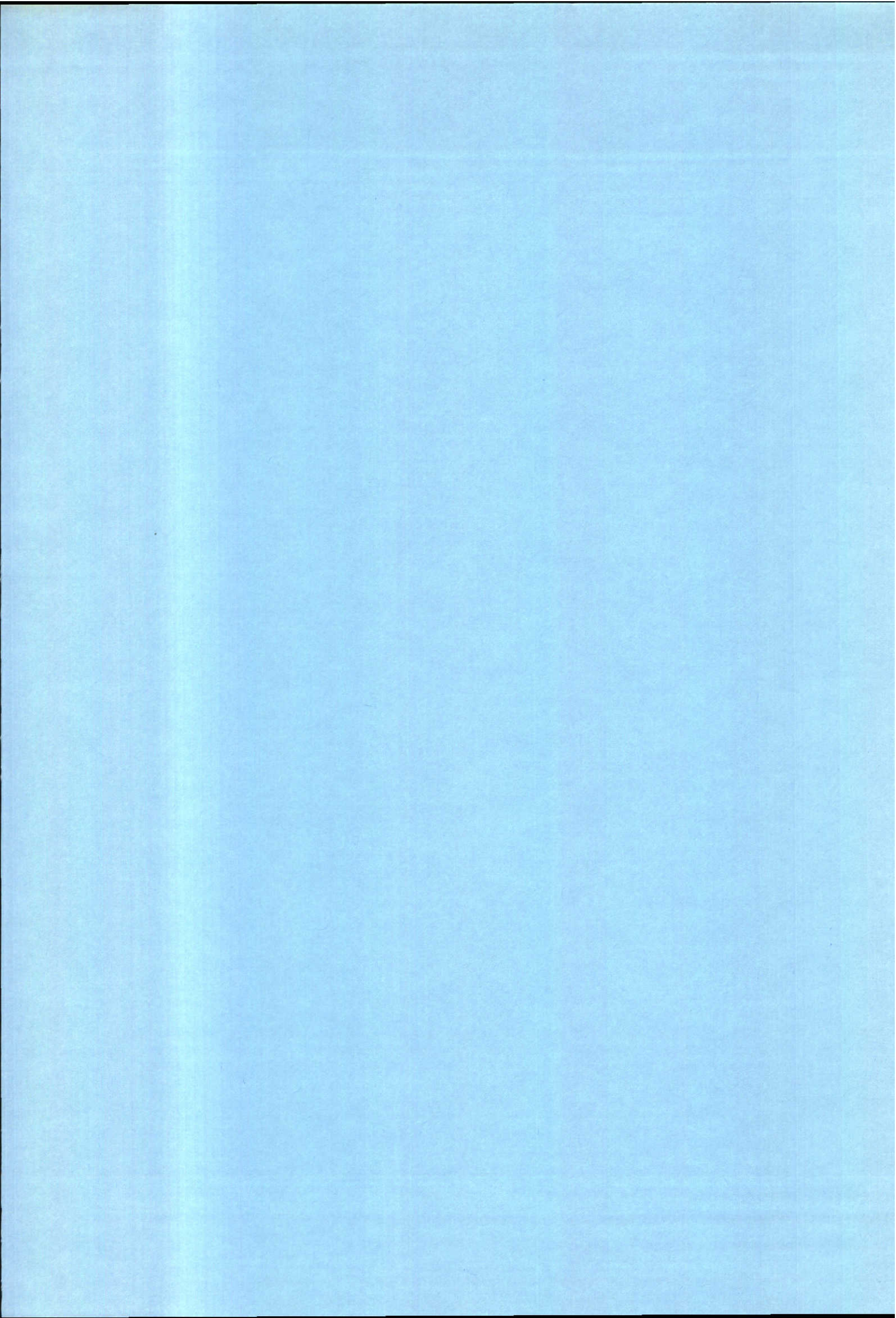


Figuur 3 Vergelijking van de drie relaties tussen extinctie en zwevend stof concentratie voor verschillende watersystemen [JOSEPH, 1953]



Figuur 4 Relatie tussen zwevend stof concentratie en attenuation in de Eems Dollard [COLIJN,1982].





Bijlage 4: THEORETISCHE ACHTERGROND LINEAIRE REGRESSIE

Heel vaak wil men een kwantitatieve grootheid of eigenschap Y verklaren of voorspellen m.b.v. één of meer eigenschappen X.

Stel de volgende relatie :  $\hat{Y} = \alpha + \beta \cdot X$

In het algemeen zal tussen Y en  $\hat{Y}$  altijd een discrepantie bestaan (de modeluitkomsten zijn immers zelden gelijk aan de metingen over de gehele steekproef). De regressie coëfficiënten  $\alpha$  en  $\beta$  kunnen geschat worden met de kleinste kwadraten methode. Dat betekent dat de schattingen a en b zo bepaald worden dat de som van de kwadraten van de verticale afwijking van de waargenomen punten tot de te schatten lijn minimaal is. Of te wel:

$$S = \sum (Y_i - (a + b \cdot X_i))^2 \quad \text{minimaliseren naar a en b}$$

Dit levert:

$$a = \bar{Y} - b \cdot \bar{X}$$

$$b = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2}$$

Er kunnen vervolgens drie termen gedefinieerd worden welke de variatie van de afhankelijke variabele weergeeft.

1) Totale som van de kwadraten :  $SS_T = \sum (Y_i - \bar{Y})^2$   
(gedeeld door (n-1) geeft de variantie in Y)

2) Som van kwadraten a.g.v. regressie :  $SS_R = \sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$   
Als  $Y_i$  en  $\hat{Y}_i$  corresponderen voor alle meetpunten zullen de beide som van kwadraten gelijk zijn. Is dit niet het geval dan is de  $SS_R$  kleiner en bestaat er een restvariatie, uitgedrukt in  $SS_D$ .

3) Som van kwadraten a.g.v. afwijking :  $SS_D = SS_T - SS_R$   
(geeft een maat voor het falen van het model)

De "goodness of fit" van de lijn op de metingen wordt uitgedrukt in:

$$R^2 = SS_R / SS_T$$

Deze waarde, welke varieert tussen 0 en 1, geeft de door het model verklaarde variantie weer. Een lage waarde kan veroorzaakt worden door een hoge variatie in de metingen of een gebrekkige modelformulering.



De hierboven gedefinieerde som van kwadraten worden gebruikt in variantie analyse. Hierbij kan onderzocht worden of de regressie coëfficiënten significant van 0 verschillen.

Bron	Som van kwadraten	Vrijheids graden	Gemiddelde kwadraten	F-test
Lineaire Regressie	$SS_R$	1	$MS_R$	
Afwijking	$SS_D$	$n-2$	$MS_D$	$MS_R/MS_D$
Totale variatie	$SS_T$	$n-1$	$\sigma^2$	

$$H_0 : \beta = 0$$

$$H_a : \beta \neq 0$$

De gemiddelde kwadraten worden bepaald door de som van kwadraten te delen door de vrijheidsgraden. De berekende toetsingsgrootte ( $MS_R/MS_D$ ) volgt de F (Fisher) verdeling. Afhankelijk van de gewenste betrouwbaarheid en de vrijheidsgraden kan het kritieke gebied bepaald worden uit de F-verdeling. Als de toetsingsgrootte in het kritieke gebied valt wordt de nul hypothese verworpen, of te wel er is met de gewenste betrouwbaarheid aangetoond dat de coëfficiënt significant van nul verschilt.

Het kritieke gebied is dus afhankelijk van de gewenste betrouwbaarheid en van het aantal metingen.





**hoofdkantoor**  
Rotterdamseweg 185  
postbus 177  
2600 MH Delft  
telefoon (015) 56 93 53  
telefax (015) 61 96 74  
telex 38176 hydel-nl

**locatie 'De Voorst'**  
Voorsterweg 28, Marknesse  
postbus 152  
8300 AD Emmeloord  
telefoon (05274) 29 22  
telefax (05274) 35 73  
telex 42290 hylvo-nl

