

AFGEHANDELT

Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren

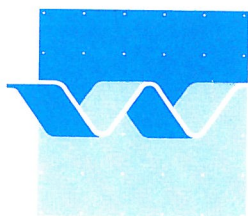
## Troebelheid Nederlandse zoute wateren fase II

Getij-invloed, modelmatige benadering  
en trendanalyse 1930-1990

Maart 1993

# Troebelheid Nederlandse zoute wateren fase II

Getij-invloed, modelmatige benadering  
en trendanalyse 1930-1990



**waterloopkundig laboratorium | WL**



# Inhoud

|          |                                                                 |              |
|----------|-----------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>1</b> | <b>Inleiding</b> .....                                          | <b>1 — 1</b> |
| 1.1      | Algemeen .....                                                  | 1 — 1        |
| 1.2      | Doel van de studie .....                                        | 1 — 2        |
| 1.3      | Aanpak .....                                                    | 1 — 2        |
| 1.4      | Hoofdstuk indeling .....                                        | 1 — 3        |
| <b>2</b> | <b>Beschrijving van de meetgegevens</b> .....                   | <b>2 — 1</b> |
| 2.1      | Meetgegevens periode 1903-1969 in het artikel van Visser .....  | 2 — 1        |
| 2.2      | Het NIOZ-bestand .....                                          | 2 — 1        |
| 2.3      | Het WORSRO-bestand .....                                        | 2 — 2        |
| 2.4      | De 13-uurs metingen van de Waddenzee .....                      | 2 — 5        |
| <b>3</b> | <b>Ruimtelijke clustering van meetgegevens</b> .....            | <b>3 — 1</b> |
| 3.1      | VISSER-hokjes .....                                             | 3 — 1        |
| 3.2      | WORSRO-hokjes .....                                             | 3 — 1        |
| 3.3      | Clustering van WORSRO-hokjes tot clusters .....                 | 3 — 2        |
| <b>4</b> | <b>Analyse van de getij-invloed op de waddenzee</b> .....       | <b>4 — 1</b> |
| 4.1      | Verloop zwevend stof gehalte over het getij in de Waddenzee ... | 4 — 1        |
| 4.2      | Verloop doorzicht over het getij in de Waddenzee .....          | 4 — 5        |
| 4.3      | Implicaties voor de gevonden trends in de Waddenzee .....       | 4 — 7        |

|          |                                                     |              |
|----------|-----------------------------------------------------|--------------|
| <b>5</b> | <b>Trendanalyse zwevend stof gegevens Noordzee</b>  | <b>5 — 1</b> |
| 5.1      | Het voorkomen van schijntrends                      | 5 — 1        |
| 5.1.1    | Ruimtelijke spreiding van meetgegevens              | 5 — 1        |
| 5.1.2    | Verandering in de bemonstering en analyse           | 5 — 1        |
| 5.1.3    | Invloed van seizoensspreiding                       | 5 — 3        |
| 5.1.4    | Getij-invloeden                                     | 5 — 5        |
| 5.2      | Trends per cluster                                  | 5 — 7        |
| 5.2.1    | Jaargemiddelde per cluster                          | 5 — 7        |
| 5.2.2    | Lineaire trends                                     | 5 — 14       |
| 5.2.3    | Kwadratische trends                                 | 5 — 15       |
| 5.2.4    | Sinusvormige trend                                  | 5 — 19       |
| 5.3      | Wind als verklaring voor de gevonden trends         | 5 — 21       |
| <b>6</b> | <b>Trendanalyse doorzicht gegevens Noordzee</b>     | <b>6 — 1</b> |
| 6.1      | Het voorkomen van schijntrends                      | 6 — 1        |
| 6.1.1    | Verandering in de bemonstering                      | 6 — 1        |
| 6.1.2    | Invloed van de seizoensspreiding                    | 6 — 3        |
| 6.2      | Trends per Visserhokje                              | 6 — 5        |
| 6.3      | Trends per cluster                                  | 6 — 5        |
| <b>7</b> | <b>Modelmatige benadering en detecteerbaarheid</b>  | <b>7 — 1</b> |
| 7.1      | Onderscheidend vermogen                             | 7 — 1        |
| 7.2      | Te verwachten veranderingen in zwevend stof gehalte | 7 — 4        |
| <b>8</b> | <b>Conclusies</b>                                   | <b>8 — 1</b> |
| <b>9</b> | <b>Literatuurlijst</b>                              | <b>9 — 1</b> |



|                                                                               |                  |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>Bijlage A NIOZ-bestand</b> .....                                           | <b>A — 1</b>     |
| A1 Structuur van het NIOZ-bestand .....                                       | <b>A — 2</b>     |
| A2 Fouten in het NIOZ-bestand .....                                           | <b>A — 3</b>     |
| <br><b>Bijlage B WORSRO-bestand</b> .....                                     | <br><b>B — 1</b> |
| B1 Structuur van het WORSRO-bestand .....                                     | <b>B — 2</b>     |
| B2 Namen en coördinaten van de WORSRO stations .....                          | <b>B — 7</b>     |
| B3 Fouten in het WORSRO-bestand .....                                         | <b>B — 9</b>     |
| <br><b>Bijlage C meettijdstoppen ten opzichte van getij</b> .....             | <br><b>C — 1</b> |
| <br><b>Bijlage D Figuren getijanalyse Waddenzee</b> .....                     | <br><b>D — 1</b> |
| <br><b>Bijlage E Figuren trendanalyse zwevend stof gehalten</b> .....         | <br><b>E — 1</b> |
| <br><b>Bijlage F Doorzicht per Visser-hokje: Visser, NIOZ en WORSRO</b> ..... | <br><b>F — 1</b> |
| <br><b>Bijlage G het gekoppelde bestand van nioz en worsro</b> .....          | <br><b>G — 1</b> |
| <br><b>Bijlage H Statistische bewerkingen</b> .....                           | <br><b>H — 1</b> |
| <br><b>Bijlage I Correlatie windsnelheden</b> .....                           | <br><b>I — 1</b> |

# 1 Inleiding

## 1.1 Algemeen

In het kader van het project "Watersysteemverkenningen" (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" (TROEBEL) 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)).

Dit onderzoek is mede tot stand gekomen vanwege de Watersysteemverkenningen, als ook vanwege een waarneming van biologische veranderingen in de Noordzee. Men veronderstelt dat troebelheid daarin een sturende grootheid is [Oosterbaan, 1989].

Het onderzoek "Troebelheid Nederlandse zoute wateren" is ingedeeld in meerdere fasen. Begin 1992 is met het gereedkomen van het rapport 'Troebelheid Nederlandse zoute wateren; inventarisatie en trendanalyse 1930-1990' (TROEBEL, fase I) [WL, 1992], de eerste fase van het project TROEBEL afgerond. De eerste fase omvatte een literatuurstudie, een gespreksronde en een eerste grove analyse van beschikbare gegevens. In deze tweede fase van het project ligt de nadruk op een analyse van een aantal datasets. Het doel is om door middel van inzicht in optredende trends in het zwevend stof gehalte en doorzicht (op empirische en modelmatige gronden) uitspraken te doen over de mogelijke menselijke invloed.

Deze tweede fase van het onderzoek is uitgevoerd door:

ir. K.D. Maiwaild, ir. A.A. Markus, 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 Rijkswaterstaat werd verzorgd door:

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

Het rapport is, conform de procedures binnen het Waterloopkundig Laboratorium, intern gescreend door ir. L. Postma.

## 1.2 Doel van de studie

Het doel van het project TROEBEL is om aan te geven in hoeverre de mens in staat is gewild of ongewild invloed uit te oefenen op het doorzicht en, direct daaraan gekoppeld, op het zwevend stof- en slibgehalte van een zout watersysteem.

Ten eerste heeft in het kader van TROEBEL II een nadere analyse van de meetgegevens van de Waddenzee plaats gevonden. Reeds in 1991 werd in het rapport 'Trendanalyse van zwevend stof gegevens van de Waddenzee over de periode 1973-1990' [WL, 1991] aangegeven dat een verhoging in het begin van de jaren 80 van het zwevend stof gehalte misschien deels is toe te schrijven aan een verandering in meetstrategie. Een analyse van de getij-invloed in de Waddenzee kon nu plaatsvinden omdat 13-uurs metingen aan het Waterloopkundig Laboratorium beschikbaar zijn gesteld door DGW.

In de tweede fase van TROEBEL worden uitspraken gedaan omtrent mogelijke veranderingen van het zwevend stofgehalte in de Noordzee. Daartoe is de meetreeks van de Noordzee, die in TROEBEL I werd gehanteerd (1975-1990), verder geanalyseerd en verlengd met een viertal jaren (1966-1969).

Als laatste heeft TROEBEL II een modelmatige benadering van de problematiek uitgevoerd. Daarbij is gekeken naar de grootte orde van de veranderingen in het zwevend stof gehalte die zouden kunnen plaatsvinden als gevolg van menselijke ingrepen. Deze veranderingen worden afgezet tegen het detectie vermogen van de huidige dataset.

## 1.3 Aanpak

Het onderzoek is ingedeeld in drie onderdelen:

- I Analyse zwevend stofgegevens en doorzicht over een getij in de Waddenzee;
- II Verdere bewerking/filtering meetgegevens Noordzee;
- III Modelmatige benadering van slibfluxen.

Onderdeel I bestaat uit een analyse van de getij-invloed op het zwevend stof gehalte. De WORSRO-meetreeks waarmee in 1991 een trendanalyse is uitgevoerd (WL, 1991) kan niet dienen om de getij-invloed te specificeren. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van 13-uurs metingen van DGW. Dit zijn meetreeksen waarbij over één getijcyclus elke twee uur een meting heeft plaatsgehad. Met de dertien-uurs-metingen is per plaats de afhankelijkheid van het zwevend stofgehalte van de getijfase te bepalen, daar waar deze bestaat.

Voor onderdeel II is het noodzakelijk een trendanalyse uit te voeren. Tijdens fase I van TROEBEL is gebleken dat voor een trendanalyse in de tijd een langere periode noodzakelijk is dan de reeks 1975 - 1990.



Daarom wordt nu voorgesteld om, na enige voorbereiding (clustering, opdeling in seizoenen), een trendanalyse uit te voeren met een verlengde reeks (1966 - 1990). Daarvoor is een koppeling van twee bestanden noodzakelijk. Het eerste bestand is het NIOZ-bestand met doorzicht en zwevend stof gegevens uit de periode 1966 - 1969. Het tweede bestand is het WORSRO-bestand van Rijkswaterstaat met doorzicht en zwevend stof gegevens uit de periode 1975 - 1990. De aanwezige gegevens zijn weergegeven in tabel 1.1.

De trendanalyse van de zwevend stof meetreeks resulteert in een uitspraak over een mogelijke absolute verandering in het gehalte die heeft plaats gevonden. Door middel van mathematische modellering is beoordeeld wat de grootte orde is van veranderingen in de concentratie (in absolute zin), die verwacht mogen worden, ten gevolge van een menselijke ingreep. Door beiden te vergelijken is te beoordelen of mogelijke concentratie veranderingen ten gevolge van menselijke ingrepen groot genoeg zijn om waargenomen te worden met trendanalyse van de verlengde zwevend stof reeks.

Tabel 1.1 Overzicht beschikbaarheid van metingen

| Variabele    | 1903-1965                                               | 1966-1969                               | 1970-1974 | 1975-1978 | 1979-nu |
|--------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------|-----------|---------|
| Doorzicht    | Incidenteel, metingen zijn opgenomen in [VISSEER, 1970] | NIOZ (ook opgenomen in [VISSEER, 1970]) | geen      | WORSRO    | geen    |
| Zwevend stof | geen                                                    | NIOZ                                    | geen      | WORSRO    | WORSRO  |

## 1.4 Hoofdstuk indeling

Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van gebruikte meetgegevens. De structuur, de beschikbaarheid van de metingen en de ligging van de meetstations komen daarbij aan de orde.

In hoofdstuk 3 zijn de gegevens ruimtelijk geclusterd. De WORSRO-metingen zijn gedurende 15 jaar op dezelfde lokaties genomen. De NIOZ metingen zijn nooit exact op die lokaties genomen. Om toch de twee reeksen te koppelen is voor elke meting uit het NIOZ-bestand het WORSRO-station op de kortste afstand bepaald. Aan dat station zijn de NIOZ-metingen gekoppeld. Vervolgens zijn, omdat het aantal metingen van een WORSRO-station met bijbehorende NIOZ-metingen te laag is, een aantal WORSRO-stations samengevoegd tot clusters.

Hoofdstuk 4 behandelt de getij-invloed op de zwevend stof gehalten. De getij-invloed zal berekend worden op de Waddenzee.

Hoofdstuk 5 en 6 geven de trendanalyse van zwevend stof en doorzicht weer. Daarbij is aandacht besteed aan de betrouwbaarheid van de gevonden trends. De kwaliteit van de meetgegevens, de ruimtelijke en seizoenmatige spreiding van de gegevens en het meettijdstip ten opzichte van het getij spelen daarbij een belangrijke rol.

Hoofdstuk 7 geeft een weergave van de modelberekeningen op de Noordzee (onderdeel III). Het rapport wordt afgesloten met aanbevelingen en conclusies.

## 2 Beschrijving van de meetgegevens

### 2.1 Meetgegevens periode 1903-1969 in het artikel van Visser

De oudste gegevens voor doorzicht zijn weergegeven in een publikatie van Visser [VISSEr,1970]. De originele gegevens zijn niet beschikbaar. Volgens de publikatie dateren zij uit een lange periode, van 1903 tot aan de publikatie van het artikel in 1970. De verschillende auteurs en meetinstanties, die in het artikel zijn genoemd, zijn: Reichard (?), Kalle (?), Graham (1938), Gilson (1911), Gall (1949), KNMI, NIOZ. In het rapport 'Troebelheid Nederlands Zoute Wateren, Inventarisatie en trendanalyse 1930-1990' (TROEBEL I), [WL,1992] is reeds nader ingegaan op het artikel.

De Noordzee is door Visser onderverdeeld in "vierkanten" van een halve lengtegraad bij een halve breedtegraad. De vierkanten en de meetgegevens zijn weergegeven in bijlage F. Per hokje is voor twee seizoenen (winter en zomer) het gemiddelde, het aantal metingen en de standaardafwijking gegeven.

De Visser hokjes zijn georiënteerd langs lengte- en breedtegraden en hebben geen relatie tot de feitelijke ruimtelijke verdeling van de beschouwde variabelen. Bovendien zijn de afmetingen van de Visser hokjes dermate groot dat binnen één Visser hokje erg grote verschillen optreden in de afstand tot aan de kust. Juist de afstand tot de kust is belangrijk voor het zwevend stof gehalte of het doorzicht. Waarschijnlijk is de ruimtelijke verdeling van de metingen binnen een hokje de oorzaak van de soms zeer grote standaardafwijkingen in een hokje.

### 2.2 Het NIOZ-bestand

In het kader van het eerder genoemde onderzoek [WL,1992] is een bestand van metingen afkomstig van het NIOZ door DGW-RWS aan WL toegeleverd. Dat bestand zal verder het NIOZ-bestand worden genoemd. Bijlage A geeft de oorspronkelijke en aangepaste (voor dit project) recordbeschrijving van het NIOZ-bestand.

Het NIOZ-bestand bevat in ieder record onder meer informatie over plaats, datum, tijd, doorzicht (indien gemeten) en zwevend stof gehalte op een bepaalde waarnemingsdiepte. Alleen de meting aan het wateroppervlak is voor dit onderzoek relevant.

De meetperiode loopt van 1 september 1966 tot 16 oktober 1969.

Het totale aantal metingen (records) is 2930, het aantal metingen op een diepte van circa 0.5 m is 1025. Deze meetdiepte is vergelijkbaar met de diepte waarop in het kader van WORSRO is gemeten. Tabel 2.1 geeft het aantal metingen per jaar.

In het NIOZ-bestand zijn 228 verschillende meetpunten te onderscheiden. In figuur 2.1 zijn de meetpunten weergegeven.



Tabel 2.1 Overzicht aantal meetgegevens NIOZ per jaar op ca 0,5 m diepte

| Jaar   | NIOZ<br>Doorzicht | NIOZ<br>Zwevend stof |
|--------|-------------------|----------------------|
| 1966   | 78                | 86                   |
| 1967   | 132               | 136                  |
| 1968   | 270               | 265                  |
| 1969   | 209               | 186                  |
| Totaal | 689               | 673                  |

In één record bleek een foutieve tijd te zijn ingevuld. Deze waarde is gecorrigeerd (bijlage A2).

## 2.3 Het WORSRO-bestand

In het kader van het onderzoek 'Troebelheid Nederlands Zoute Wateren, Inventarisatie en trendanalyse 1930-1990' (TROEBEL I) is door DGW-RWS aan WL een bestand met gemeten zwevend stof gehalten en doorzicht toegeleverd. In het vervolg zal dat bestand worden aangeduid met het WORSRO-bestand. Het bestand beslaat de periode 1975 tot 1990 en bevat zwevend stof gehalten en doorzicht metingen. Bij de meting is de stationsnaam, de datum en de tijd aangegeven. Bijlage B geeft meer informatie over de opbouw van het bestand. Aan de naam van de stations zijn de geografische coördinaten toegevoegd. De coördinaten van WORSRO-stations zijn opgenomen in bijlage B2.

De meetperiode loopt van 20 mei 1975 20:45 uur tot en met 20 december 1990 02:22 uur voor zwevend stof en van 17 juni 1975 10:50 uur tot en met 16 december 1985 08:55 voor doorzicht. Uit tabel 2.2 blijkt overigens dat de doorzicht metingen zich concentreren in de periode 1975-1978. In deze perioden zijn van de parameter zwevend stof 15386 records beschikbaar, van de parameter doorzicht slechts 2165 records, allen dieptecode 0. Er zijn in totaal 79 meetstations voor zwevend stof en 73 voor doorzicht. Tabel 2.2 geeft het aantal waarnemingen per jaar. Bijlage B1 geeft een overzicht van de beschikbaarheid van meetwaarden per station en per jaar.

Tabel 2.2 Overzicht aantal meetgegevens WORSRO per jaar

| Jaar   | WORSRO<br>Doorzicht | WORSRO<br>Zwevend<br>stof |
|--------|---------------------|---------------------------|
| 1975   | 395                 | 910                       |
| 1976   | 550                 | 1373                      |
| 1977   | 740                 | 1674                      |
| 1978   | 437                 | 1635                      |
| 1979   | 2                   | 1516                      |
| 1980   |                     | 1582                      |
| 1981   |                     | 1540                      |
| 1982   | 1                   | 1614                      |
| 1983   | 5                   | 649                       |
| 1984   | 5                   | 539                       |
| 1985   | 30                  | 472                       |
| 1986   |                     | 460                       |
| 1987   |                     | 505                       |
| 1988   |                     | 327                       |
| 1989   |                     | 311                       |
| 1990   |                     | 276                       |
| Totaal | 2165                | 15383                     |

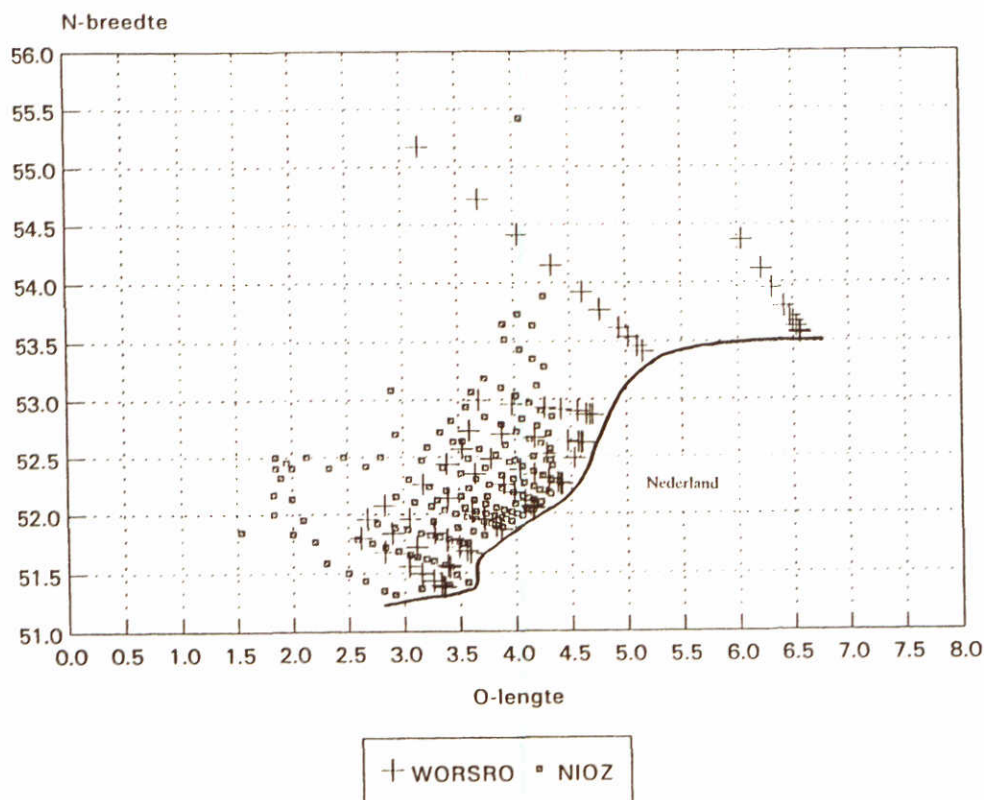
Een aantal metingen zijn niet correct in het bestand opgenomen, bijvoorbeeld door een verkeerde tijd. De metingen die daardoor zijn komen te vervallen staan in bijlage B3.

De raaien waarlangs de meetboten hebben gevaren tijdens de meetcampagne liggen min of meer loodrecht op de kust. De afstanden tussen de stations op één raai zijn vlak onder de kust klein en verder uit de kust groter. In tabel 2.3 is een overzicht gegeven van WORSRO-meetstations. Meetfrequenties en meetperioden kunnen per station sterk verschillen. In de tabel zijn alle stations opgenomen waarvan metingen beschikbaar zijn.

In figuur 2.1 wordt de ligging van de NIOZ-meetpunten en WORSRO-meetstations weergegeven. De WORSRO-meetraaien loodrecht op de kust zijn duidelijk herkenbaar. Voor de kust van Noord- en Zuidholland komen zowel NIOZ-meetpunten als WORSRO-meetstations voor. Voor de kust van België komen alleen NIOZ metingen voor, bij Friesland en Groningen daarentegen alleen WORSRO-metingen.

Omdat WORSRO-meetstations en NIOZ-meetpunten nergens exact samenvallen zal voor het vergelijken van de diverse metingen op een of andere wijze ruimtelijk geclusterd moeten worden. Daarop wordt in het volgende hoofdstuk nader ingegaan.





Figuur 2.1 Ligging van de NIOZ-meetpunten en WORSRO-stations

Tabel 2.3 Overzicht van de raaien en kilometers van de WORSRO-meetstations

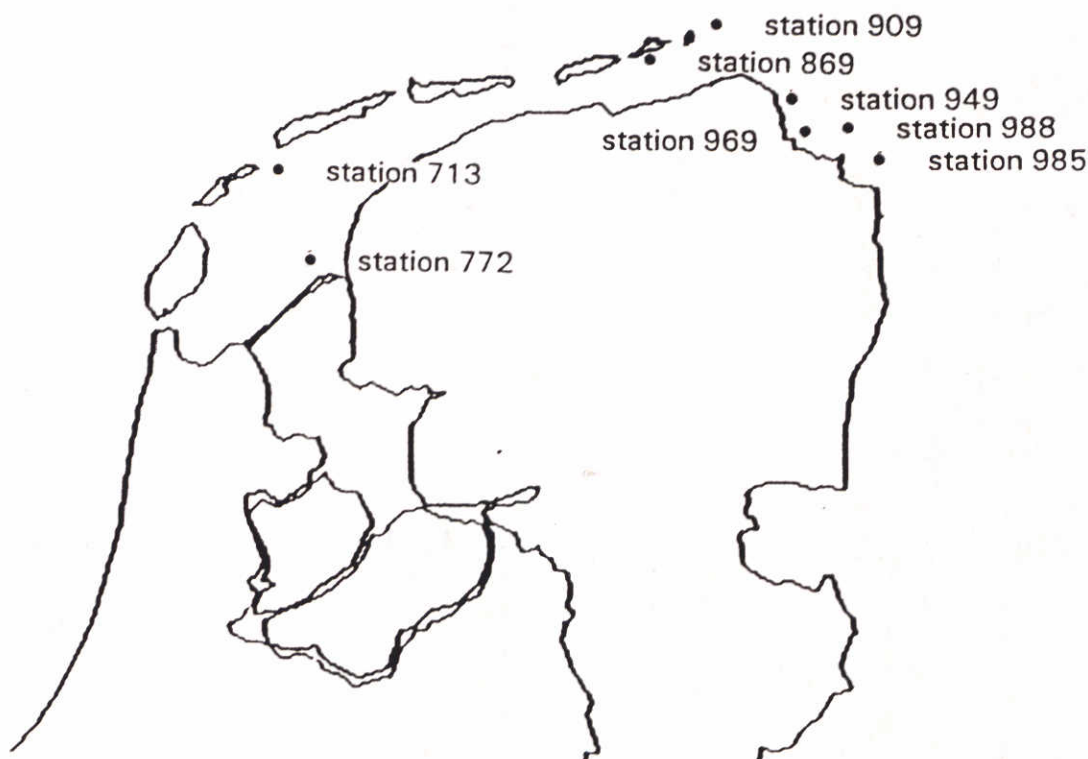
| Raai | Code | Naam      | Nr:                                           |
|------|------|-----------|-----------------------------------------------|
|      |      |           | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16        |
|      |      |           | KM:                                           |
|      |      |           | 1 2 3 4 5 6 10 15 20 30 50 70 100 135 175 235 |
| 1    | AP   | Appelzak  | 1 2 4 10 20 30 50 70                          |
| 2    | WC   | Walcheren | 1 2 4 30 50 70                                |
| 3    | SW   | Schouwen  | 1 4 10 20 30 50 70                            |
| 4    | GR   | Goeree    | 6 10 20 30 50 70                              |
| 5    | TH   | Terheijde | 1 2 4 10 20 30 50 70                          |
| 6    | NW   | Noordwijk | 1 2 4 10 20 30 50 70                          |
| 7    | YM   | IJmuiden  | 3 20                                          |
| 8    | EM   | Egmond    | 1 2 4 10 30 50 70                             |
| 9    | CL   | Call'oog  | 1 2 4 10 20 30 50 70                          |
| 10   | TS   | Tersch.   | 4 10 20 30 50 70 100 135 175 235              |
| 11   | RT   | Rottum    | 3 5 10 15 20 30 50 70 10                      |

## 2.4 De 13-uurs metingen van de Waddenzee

Door DGW, afdeling Watersystemen Wadden is een bestand met 13-uurs metingen Waddenzee toegeleverd. Het betreft metingen van zwevend stof aan het wateroppervlak en metingen van doorzicht voor 9 stations. Daarbij is de stationsnaam, de datum en het tijdstip ten opzichte van het getij vermeld.

De 13-uurs metingen zijn bij de 9 stations een aantal keren herhaald. Per getij zijn (slechts) 7 metingen verricht. De meettijdstippen zijn telkens 1,3,5,7,9,13 uur. Bij sommige getijcycli ontbreekt één of meer waarden. De eerste meting (uur=1) valt volgens de meegezonden beschrijving samen met het tijdstip van laagwater. Uiteraard valt dan uur=7 ongeveer samen met hoogwater en uur=13 met het daarop volgende laagwater. In totaal zijn 1138 metingen beschikbaar.

De meetstations liggen verspreid over de Waddenzee. Een aantal stations ligt ver in de Eems Dollard. Bij die stations is het zwevend stof gehalte beduidend hoger. Figuur 2.2 geeft de ligging van de stations weer.



Figuur 2.2 Ligging van de Waddenzee-metstations



### 3 Ruimtelijke clustering van meetgegevens

Er zijn meerdere mogelijkheden om gegevens ruimtelijk te clusteren. Het is noodzakelijk om op de één of andere manier te clusteren omdat het aantal metingen exact op één en dezelfde lokatie te laag is. Dit hoofdstuk behandelt achtereenvolgens de indeling in "VISSER-hokjes", een indeling in WORSRO-hokjes en de gekozen indeling in clusters.

#### 3.1 VISSER-hokjes

Voor het vergelijken van de doorzicht-metingen uit de periode 1903-1969 met de metingen uit latere periodes moet rekening gehouden worden met de variatie in doorzicht over het jaar en over het gebied. Alleen metingen uit overeenkomstige gebieden en seizoenen mogen met elkaar vergeleken worden.

De Noordzee wordt door Visser (metingen uit de periode 1903-1969) onderverdeeld in "rechthoeken" van een halve lengtegraad bij een halve breedtegraad. In paragraaf 2.1 staat de achtergrond van deze meetreeks. In het totaal ontstaat zo een net van 11 hokjes horizontaal en 9 hokjes verticaal.

Om de vergelijking uit te voeren zijn de gegevens uit de latere periode (WORSRO-bestand) op dezelfde manier als in het document van VISSER toebedeeld aan hokjes. Van het WORSRO-bestand (periode 1975-1978) staan per VISSER-hokje het gemiddelde, het aantal metingen en de standaardafwijking in bijlage F. Deze indeling van WORSRO-gegevens ligt niet voor de hand, maar is de enige mogelijkheid om tot een vergelijking te komen.

#### 3.2 WORSRO-hokjes

Om binnen een cluster vergelijkbare afstanden tot de kust aan te houden is besloten de WORSRO- en de NIOZ-gegevens ook ruimtelijk te clusteren op een wijze die meer relatie heeft met de natuurlijke ruimtelijke gradiënten van de gemeten variabelen. Uitgangspunt daarbij is de bestaande verdeling van WORSRO-raaien en WORSRO-metstations langs die raaien. In paragraaf 2.3 zijn de lokaties van de WORSRO-metstations aan de orde gekomen.

Als eerste stap bij het clusteren zijn de raaien waar onvoldoende stations aanwezig zijn aangevuld met fictieve meetstations. Zij zijn bepaald door lineaire interpolatie tussen de coördinaten van de bestaande WORSRO-metstations. Op die manier ontstaat een rooster van 11x16 "WORSRO"-stations, waarbij sommige stations dus geen WORSRO-gegevens bevatten.

Vervolgens worden de NIOZ-metpunten bij dit rooster van "WORSRO"-stations ingepast. Elk NIOZ-metpunt hoort bij het dichtstbijliggende "WORSRO"-station.

De raaien Rottum (raai 11) en Terschelling (raai 10) worden buiten beschouwing gelaten omdat in die omgeving geen NIOZ-gegevens beschikbaar zijn.

Bij de hierboven beschreven procedure kan het voorkomen dat NIOZ-gegevens, welke ver ten zuiden van raai Appelzak (raai 1) respectievelijk ver ten noorden van raai Callantsoog (raai 9) liggen, toch worden gekoppeld aan een station in raai 1 of raai 9. Om dit te voorkomen zijn "dummy-raaien" 0 en 10 ingevoerd op een afstand van de naaste buur-raai (1 en 9) even groot als de afstand van raai 2 en 8 tot die raai, maar dan aan de buitenzijde. NIOZ-gegevens die bij deze raaien 0 en 10 horen zijn verder in de beschouwing niet meegenomen.

### 3.3 Clustering van WORSRO-hokjes tot clusters

Om iets over het verloop in de tijd te kunnen zeggen moeten WORSRO-hokjes bij elkaar gevoegd worden om een voldoende groot aantal waarnemingen per cluster ter beschikking te hebben. Op basis van aantallen waarnemingen en het verloop van het gemiddelde zijn WORSRO-hokjes geclusterd tot een aantal clusters. Het verloop van het gemiddelde is afgeschat aan de hand van tabel 3.1 en 3.2, waarin de gemiddelden voor de WORSRO-hokjes staan. Er is gepoogd de grenzen zodanig te trekken dat een cluster zo homogeen mogelijk is met voldoende meetgegevens.

Tabel 3.1 Gemiddelde van de gemeten zwevend stof gehalten periode 1966-1969 (NIOZ) mg/l

| km<br>Raai | 1  | 2  | 3  | 4 | 5  | 6  | 10 | 15 | 20 | 30 | 50 | 70 | 100 | 135 | 175 | 235 |
|------------|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 1 AP       | 36 |    |    |   |    |    |    |    |    |    | 3  | 3  |     |     | 2   |     |
| 2 WC       | 61 | 48 |    |   |    | 32 |    | 8  | 11 | 4  | 2  | 2  |     |     | 6   |     |
| 3 SW       |    |    |    |   |    | 17 | 18 | 8  | 4  | 3  | 2  | 3  |     |     | 3   |     |
| 4 GR       |    | 27 |    |   |    | 30 | 13 | 5  | 5  | 2  | 2  | 2  | 3   | 2   |     |     |
| 5 TH       | 47 |    |    |   | 20 | 4  | 12 | 7  | 4  | 3  | 2  | 2  | 2   |     |     |     |
| 6 NW       | 12 | 5  | 12 |   | 6  |    | 5  | 4  | 2  | 1  | 2  | 2  | 2   |     |     |     |
| 7 YM       |    |    | 13 | 9 | 18 |    | 4  | 4  | 2  | 2  | 14 | 1  |     |     |     |     |
| 8 EM       | 23 | 11 |    |   | 4  | 3  | 2  |    | 2  | 2  | 2  |    |     |     |     |     |
| 9 CL       |    |    |    |   |    |    | 4  |    | 3  | 1  | 3  | 2  |     |     | 2   |     |

Tabel 3.2 Gemiddelde zwevend stof gehalten periode 1975-1990 (WORSRO) mg/l

| km<br>Raai | 1   | 2   | 3  | 4  | 5 | 6  | 10 | 15 | 20 | 30 | 50 | 70 | 100 | 135 | 175 | 235 |
|------------|-----|-----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 1 AP       | 160 | 121 |    | 67 |   |    | 66 |    | 21 | 10 | 5  | 4  |     |     |     |     |
| 2 WC       | 27  | 36  |    | 40 |   |    |    |    |    | 5  | 4  | 4  |     |     |     |     |
| 3 SW       | 25  |     |    | 26 |   |    | 18 |    | 8  | 6  | 5  | 4  |     |     |     |     |
| 4 GR       |     |     |    |    |   | 26 | 13 |    | 7  | 4  | 4  | 5  |     |     |     |     |
| 5 TH       | 17  | 12  |    | 8  |   |    | 6  |    | 4  | 4  | 4  | 4  |     |     |     |     |
| 6 NW       | 30  | 16  |    | 9  |   |    | 6  |    | 4  | 4  | 3  | 5  |     |     |     |     |
| 7 YM       |     |     | 21 |    |   |    |    |    | 3  |    |    |    |     |     |     |     |
| 8 EM       | 19  | 15  |    | 10 |   |    | 5  |    |    | 3  | 3  | 4  |     |     |     |     |
| 9 CL       | 39  | 28  |    | 14 |   |    | 5  |    | 3  | 3  | 4  | 4  |     |     |     |     |

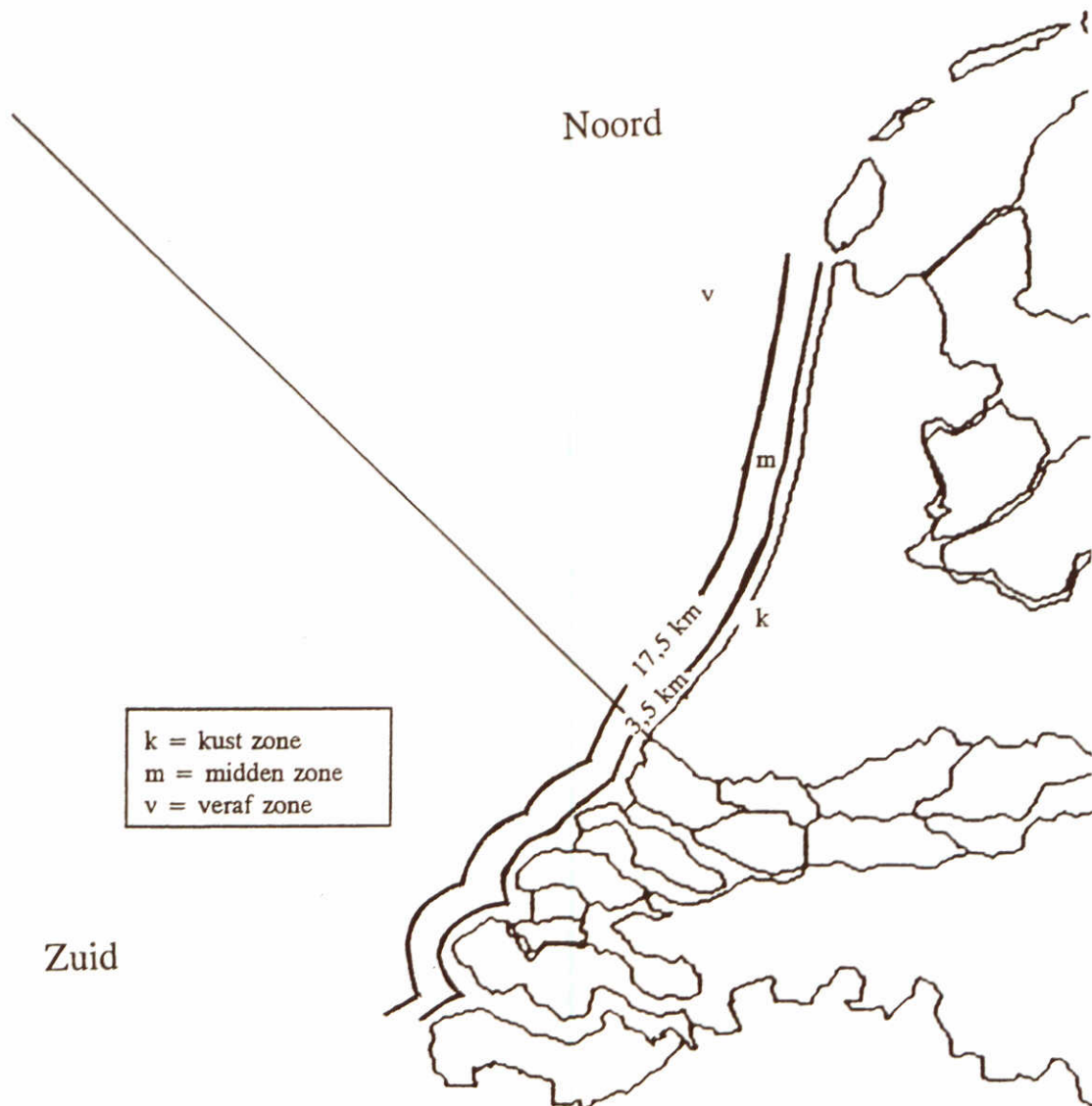


In tabel 3.3 worden de clusters en het aantal zwevend stof metingen vermeld. Figuur 3.1 geeft het resultaat ruimtelijk weer.

De naamgeving van de clusters bestaat uit twee delen. Ten eerste Noordelijke of Zuidelijke, waarmee de raaien zijn gekozen. Ten tweede de ligging ten opzicht van de kust, onderverdeeld in Kust, Midden en Veraf.

Tabel 3.3 Clustering van de WORSRO-hokjes met aantal zwevend stof metingen

|                                   |               | Zone 1<br>km 0-3,5<br>KUST ZONE | Zone 2<br>km 3,5-17,5<br>MIDDEN ZONE | Zone 3<br>km 17,5-235<br>VERAF ZONE |
|-----------------------------------|---------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Noordelijk deel<br>Raai 5,6,7,8,9 | NIOZ zomer    | 23                              | 57                                   | 99                                  |
|                                   | NIOZ winter   | 13                              | 34                                   | 59                                  |
|                                   | WORSRO zomer  | 1035                            | 908                                  | 1767                                |
|                                   | WORSRO winter | 871                             | 760                                  | 1485                                |
| Zuidelijk deel<br>Raai 1,2,3,4    | NIOZ zomer    | 8                               | 38                                   | 94                                  |
|                                   | NIOZ winter   | 7                               | 24                                   | 61                                  |
|                                   | WORSRO zomer  | 613                             | 794                                  | 1601                                |
|                                   | WORSRO winter | 505                             | 658                                  | 1367                                |



Figuur 3.1 Indeling in 6 clusters



## 4 Analyse van de getij-invloed op de waddenzee

Factoren, die een kort durend effect hebben op het gemiddelde zwevend stof gehalte, 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 rivierafvoeren.

Tijdens een eerdere analyse van de WORSRO-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 veroorzaakt door de getijstroming, door wind geïnduceerde golfwerking en door menging. De getijstroming op zijn beurt is ook weer te zien als een combinatie van een getijcyclus tussen dood- en springtij terplaatse en een invloed van windgedreven stromingen.

Het onderzoek 'Troebelheid Nederlands Zoute Wateren, Inventarisatie en trendanalyse 1930-1990' (TROEBEL, fase I), [WL,1992] is reeds ingegaan op literatuur onderzoeken naar deze verschijnselen. Dit hoofdstuk geeft een analyse van de getij invloed aan de hand van empirische gegevens. De gegevens zijn afkomstig van een aantal stations op de Waddenzee (zie paragraaf 2.4).

### 4.1 Verloop zwevend stof gehalte over het getij in de Waddenzee

De verwachting is dat bij hoge stroomsnelheden de zwevend stof gehalten hoog zullen zijn en bij lage stroomsnelheden laag. Het verband is echter niet algemeen geldig en het verband tussen getij en stroomsnelheden is tevens niet eenduidig, maar afhankelijk van de lokatie.

Bij deze metingen is elke twee uur gemeten tijdens een getijcyclus. Achteraf beschouwd is het interval van 2 uur te lang om vast te kunnen stellen waar de pieken zijn opgetreden. Uit de literatuur is tweemaal gebleken dat dergelijke pieken een uur of drie uur voor laag water kunnen voorkomen [ESSINK, 1985 en POSTMA, 1961]. Dat is dan precies tussen twee metingen in.

In tabel 4.1 zijn de gemiddelde zwevend stofgehalten voor de verschillende Waddenzeestations gegeven. Bij elk station is meerdere malen een getijcyclus bemeaten.

Tabel 4.1 13-uur metingen Waddenzee, gemiddeld zwevend stof in mg/l

| Uur   | Station   |     |     |     |     |              |     |     |     |      |
|-------|-----------|-----|-----|-----|-----|--------------|-----|-----|-----|------|
|       | Waddenzee |     |     |     |     | Eems Dollard |     |     |     |      |
|       | 707       | 713 | 772 | 869 | 909 | 949          | 969 | 985 | 988 | Gem. |
| 1 LW  | 37        | 45  | 41  | 49  | 46  | 55           | 45  | 64  | 132 | 52   |
| 3     | 105       | 91  | 75  | 82  | 67  | 162          | 134 | 239 | 225 | 130  |
| 5     | 87        | 67  | 49  | 156 | 52  | 75           | 62  | 167 | 129 | 88   |
| 7 HW  | 42        | 48  | 35  | 54  | 42  | 45           | 35  | 76  | 59  | 46   |
| 9     | 50        | 77  | 47  | 94  | 55  | 53           | 127 | 155 | 212 | 79   |
| 11    | 83        | 89  | 47  | 71  | 102 | 149          | 138 | 391 | 456 | 148  |
| 13 LW | 54        | 54  | 38  | 46  | 44  | 65           | 50  | 68  | 146 | 61   |
| Gem.  | 65        | 67  | 47  | 79  | 58  | 86           | 85  | 169 | 194 | 86   |

LW = Laag water

HW = Hoog water

Alle stations vertonen hetzelfde verloop van het gemiddelde zwevend stof gehalte in de tijd. Bij hoog-en laagwater is het gemiddelde laag en daartussen treden de pieken op. Figuur 4.1 geeft het verloop weer over het getij bij station 707. In bijlage D staan alle figuren van alle stations weergegeven.

Het valt op dat voor *alle* stations geldt dat de waarde ten tijde van de kentering circa 50% lager is dan het gemiddelde over het getij, ten tijde van de hoogste stroomsnelheden tussen de kenteringen in circa 50% hoger dan het gemiddelde. Een eenvoudige approximatiefunctie over het getij is

$$z_s^* = z_s^{\wedge} (1 - \alpha \cos(4\pi(t-\phi)/T))$$

Hierbij is  $z_s^{\wedge}$  = het gemiddelde voor station S

$\alpha$  = te bepalen coëfficiënt

$\phi$  = te bepalen faseverschuiving

t = tijd in uren vanaf laagwater

T = getijperiode 12.5 uur

$Z_s^*$  = de gevonden benadering voor het station S

Met behulp van de methode van de kleinste kwadraten is voor alle meetreeksen samen (dus niet voor afzonderlijke stations) de relatie gevonden, waarin

$$\alpha = 0.50$$

$$\phi = 0.0.$$

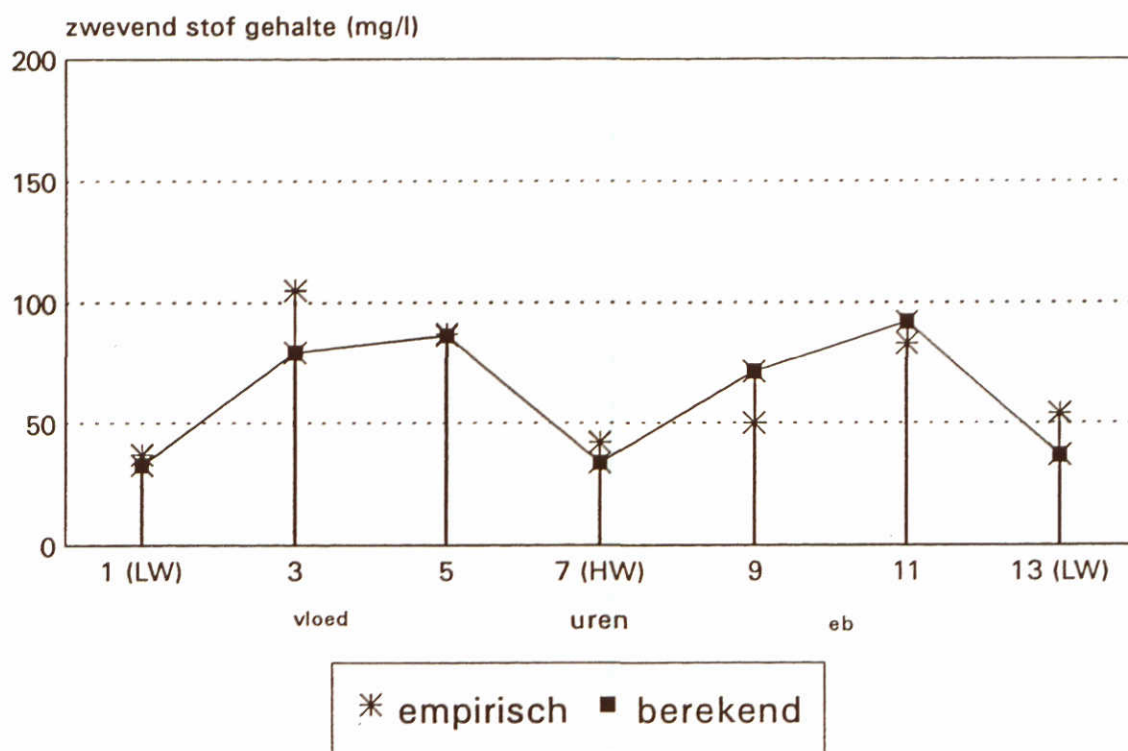
De bijbehorende waarde van  $R^2$  is 0.32. Dit is een redelijk goede waarde gelet op de aard van het signaal, vooral enkele hoge gemeten waarden van het zwevend stof gehalte hebben grote invloed en verlagen de  $R^2$ .

In figuur 4.1 en in bijlage D zijn de empirische en de door middel van de vergelijking berekende waarden weergegeven. Het verschil tussen de empirische en berekende waarden is voor elk station anders. De ene keer zal de berekende piek te hoog zijn, de andere keer te laag. Het blijkt dat in de natuur de hoogste piek zowel bij de vloed stroom als bij de ebstroom kan voorkomen. Met de benadering is de piek bij vloed en bij eb gelijk.



# Zwevend stof gehalte over het getij

station 707 Waddenzee



LW = Laagwater  
HW = Hoogwater

Figuur 4.1 Het zwevend stof gehalte over het getij in de waddenzee

## 4.2 Verloop doorzicht over het getij in de Waddenzee

Vanzelfsprekend verwacht men ook een invloed van het getij op het doorzicht. Opvallend is echter dat de fluctuatie van het doorzicht over het getij geringer lijkt te zijn dan de fluctuatie van zwevend stof gehalten. Tabel 4.2 geeft de gemiddelden voor alle stations. De fluctuatie van het doorzicht over het getij is ongeveer 20%. Voor *alle* stations geldt niet dezelfde approximatiefunctie, maar ongeveer kan men stellen dat de waarde ten tijde van de kentering circa 20% hoger is dan het gemiddelde over het getij, ten tijde van de hoogste stroomsnelheden tussen de kenteringen in circa 20% lager dan het gemiddelde. Figuur 4.2 geeft voor een station een weergave van het verloop over het getij. Bijlage D geeft de figuren van alle stations. Voor doorzicht is geen approximatieformule vastgesteld. In eerste instantie is de approximatieformule namelijk alleen bedoeld om een indicatie te geven van de invloed van het getij op trends gevonden op de waddenzee van zwevend stof gehalten.

Tabel 4.2 13-uur metingen Waddenzee, gemiddeld doorzicht in [m]

| Uur   | Station |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | 707     | 713  | 772  | 869  | 909  | 949  | 969  | 985  | 988  | Gem. |
| 1 LW  | 1.09    | 0.94 | 0.70 | 0.83 | 0.78 | 0.40 | 0.49 | 0.28 | 0.16 | 0.70 |
| 3     | 0.68    | 0.79 | 0.80 | 0.73 | 0.72 | 0.35 | 0.36 | 0.20 | 0.15 | 0.53 |
| 5     | 0.84    | 0.94 | 0.88 | 0.53 | 0.87 | 0.47 | 0.45 | 0.26 | 0.18 | 0.62 |
| 7 HW  | 1.10    | 1.05 | 0.93 | 0.81 | 1.08 | 0.59 | 0.54 | 0.22 | 0.20 | 0.78 |
| 9     | 1.11    | 0.86 | 0.81 | 0.58 | 0.99 | 0.49 | 0.48 | 0.20 | 0.16 | 0.70 |
| 11    | 0.87    | 0.90 | 0.76 | 0.70 | 0.82 | 0.39 | 0.48 | 0.17 | 0.11 | 0.63 |
| 13 LW | 1.26    | 1.25 | 0.62 | 0.83 | 0.90 | 0.44 | 0.50 | 0.20 | 0.14 | 0.80 |
| Gem.  | 0.97    | 0.96 | 0.81 | 0.71 | 0.88 | 0.45 | 0.47 | 0.22 | 0.16 | 0.67 |

LW = Laag water

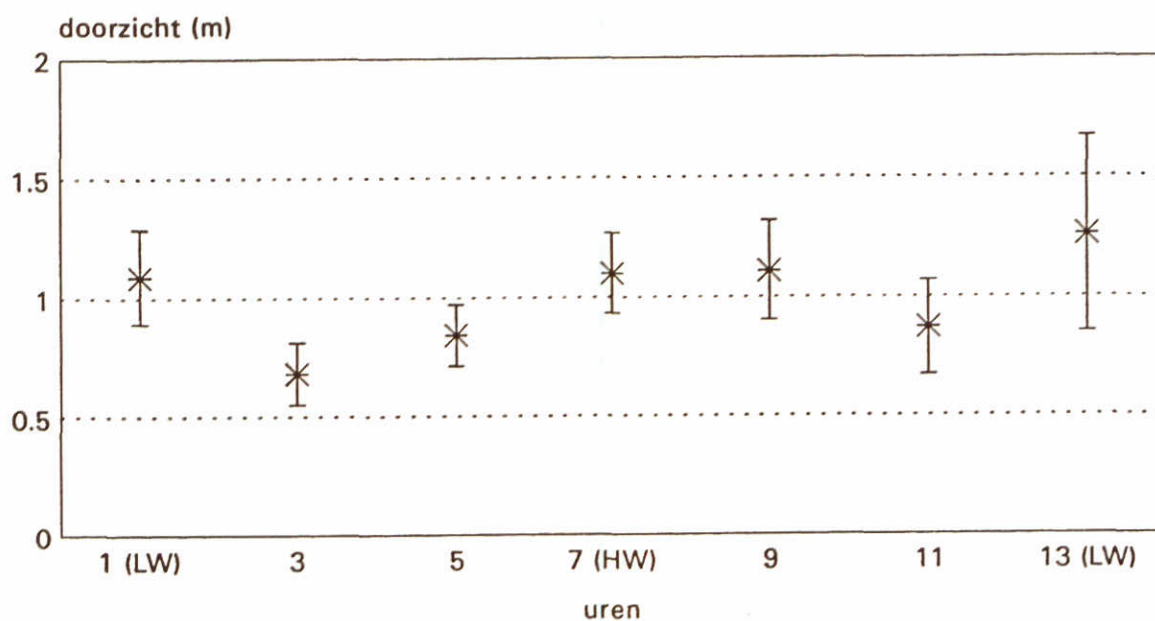
HW = Hoog water

Om een idee te geven van de betrouwbaarheid van het gemiddelde wordt in figuur 4.2 gebruik gemaakt van de benadering:

$$95\% \text{-betrouwbaarheidsinterval} = \text{GEM} \pm t \cdot \text{STD} / \sqrt{(N-1)} \text{ (t afhankelijk van het aantal metingen)}$$

# Doorzicht over het getij

## station 707 Waddenzee



I 95% betrouwbaarheid \* gemiddeld

LW = Laagwater  
HW = Hoogwater

Figuur 4.2 Verloop van doorzicht over het getij in de Waddenzee



### 4.3 Implicaties voor de gevonden trends in de Waddenzee

Uit paragraaf 4.1 blijkt dat het tijdstip van meten binnen het getij grote invloed heeft op de meting van het zwevend stofgehalte (tot maximaal 50%). Altijd meten rond de kentering geeft een te lage schatting voor het gemiddelde, altijd meten tussen de kenteringen geeft een te hoge schatting voor het gemiddelde. Een systematische verschuiving van het meettijdstip binnen het getij kan aanleiding geven tot een (pseudo-)trend. Dit treedt niet op als altijd random binnen het getij wordt gemeten, of als gedurende de hele periode op vaste tijden ten opzichte van het getij wordt gemeten.

Bij de 14-daagse metingen in de Waddenzee is in sommige gevallen het meettijdstip binnen het getij inderdaad systematisch veranderd in de loop der jaren [WL,1991]. Het blijkt dat voor alle stations 1976, 1982 of 1983 een cruciaal jaar in de meetstrategie is geweest. De meetstations in de Eems Dollard zijn allen in 1982 overgegaan van een meting op een willekeurig tijdstip naar een meting op een vast tijdstip in het getij. De stations die in de Waddenzee behoren tot het Noordzee-netwerk (code NZ) zijn in 1983 juist overgegaan van een vast tijdstip t.o.v. het getij naar een willekeurig tijdstip. Als laatste worden de stations op de Waddenzee genoemd. Voor 1976 werd op willekeurige tijdstippen bemonsterd. Van 1976 tot 1982 was het meettijdstip vast. Daarna heeft men wel vastgehouden aan een vast tijdstip maar is het tijdstip veranderd. De veranderingen zijn weergegeven in tabel 4.3. De lokaties en de meettijdstippen die hier zijn genoemd zijn overgenomen uit 'trendanalyse van zwevend stof gegevens van de Waddenzee' [WL,1991]. Zij komen overeen met de standaard WORSRO-benaming.

Bij het onderzoek 'trendanalyse van zwevend stof gegevens van de Waddenzee' [WL,1991] zijn voor een aantal stations in de Waddenzee trends aangetoond. Tabel 4.3 geeft per station de gevonden trends.

De stelling die in dit onderzoek aan de orde is luidt:

De trends in het zwevend stof gehalte over de periode 1973-1990 worden verklaard door de trends in het meettijdstip binnen het getij in diezelfde periode.

Het bewijs is in zijn algemeenheid niet te geven voor alle meetstations omdat de geconstateerde trends per meetlocatie verschillen. De stelling wordt derhalve per meetlocatie getoetst. Daarbij is de aanname dat de benadering die is vastgesteld in paragraaf 4.1 geldig is voor de hele Waddenzee. Tabel 4.4 geeft per station de voorspelde verandering in het gemiddelde zwevend stof gehalte ten tijde van de verandering van het meettijdstip in 1982. De verandering kan positief en negatief zijn, afhankelijk van het meettijdstip. De berekening van het gemiddelde zwevend stof gehalte bij een vast meettijdstip is als volgt:

$$Z_{\text{voorspeld}}(t) = Z_{\text{gemiddeld, 1973-1990}} (1 - 0.5 \cdot \cos(4\pi t / 12.5))$$

met

$$t = \text{meettijdstip t.o.v. laagwater (in uren)}$$

Bij een willekeurig meettijdstip in het getij is het gemiddelde zwevend stof gehalte gelijk aan het meerjarige gemiddelde in de tweede kolom.

De conclusie is dat de gedetecteerde significante trends in het zwevend stof gehalte in de Waddenzee over de periode 1973-1990 voor geen enkel station kunnen worden verklaard door de veranderingen in het meettijdstip binnen het getij. Alleen het niet optreden van een trend is verklaard doordat de voorspelde staptrend ook gering is.

Tabel 4.3 Trends in zwevend stof gehalte en meettijdstip

| Meetlocatie | Trend<br>zwevend stof<br>in mg/l/jaar |           | Meettijdstip<br>in uren t.o.v. LW |              |
|-------------|---------------------------------------|-----------|-----------------------------------|--------------|
|             | Periode                               | Periode   | Periode                           | Periode      |
|             | 1973-1981                             | 1982-1990 | 1976-1981                         | 1982-1990    |
| ED110 (969) | 5.5                                   | 5.5       | willekeurig                       | -3           |
| ED250 (909) | 2.6                                   | -3.0      | willekeurig                       | +1           |
| ED30 (985)  | 6.6                                   | -6.8      | willekeurig                       | +1.5         |
| ED40 (988)  | 10.5                                  | 10.5      | willekeurig                       | +1           |
| ED90 (959)  | 3.5                                   | -1.4      | willekeurig                       | +1.5 of -1.5 |
| NZCL2 (271) | -                                     | -         | -3                                | willekeurig  |
| NZRT3 (290) | -                                     | -         | -3                                | willekeurig  |
| NZTS20(282) | -                                     | -         | -3                                | willekeurig  |
| NZTS4 (280) | -                                     | -         | -4                                | willekeurig  |
| WZ110 (778) | 2.0                                   | -2.4      | -2                                | -2           |
| WZ190 (713) | 3.1                                   | -3.3      | 0                                 | -1.5         |
| WZ230 (763) | 1.9                                   | -1.7      | +3 of -3                          | -0.5         |
| WZ30 (707)  | 4.7                                   | -4.7      | -2                                | -2           |
| WZ310 (761) | -                                     | -         | +0.5 of -4.5                      | -0.5         |
| WZ460 (743) | 5.1                                   | -4.7      | lin. verloop van -3 tot           | -0.5         |
| WZ480 (749) | 7.0                                   | -6.9      | lin. verloop van -3 tot           | 0            |
| WZ540 (869) | 7.9                                   | -7.0      | -2                                | -2           |
| WZ590 (865) | 10.4                                  | -10.4     | lin. verloop van -2 tot           | 0            |

Tabel 4.4 Voorspelde trend in zwevend stof ten gevolge van verschuiving in het meettijdstip

| Station | Gem.<br>zw.stof<br>73-90 | Gem.<br>zw.stof<br>13u geg. | Voorspelde trend<br>zwevend stof | Verklaart de<br>voorspelde trend<br>de gemeten<br>trend? |
|---------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------|
| ED110   | 79                       |                             | Staptrend +39 mg/l in 81/82      | Enigszins                                                |
| ED250   | 45                       | 58                          | Staptrend -12 mg/l in 81/82      | Nee                                                      |
| ED30    | 127                      | 169                         | Staptrend - 4 mg/l in 81/82      | Nee                                                      |
| ED40    | 142                      | 194                         | Staptrend -38 mg/l in 81/82      | Nee                                                      |
| ED90    | 88                       |                             | Staptrend - 3 mg/l in 81/82      | Nee                                                      |
| NZCL2   | 28                       |                             | Staptrend -14 mg/l in 81/82      | Nee                                                      |
| NZRT3   | 38                       |                             | Staptrend -19 mg/l in 81/82      | Nee                                                      |
| NZTS20  | 3                        |                             | Staptrend - 1 mg/l in 81/82      | Ja                                                       |
| NZTS4   | 15                       |                             | Staptrend - 5 mg/l in 81/82      | Enigszins                                                |
| WZ110   | 32                       |                             | Geen trend                       | Nee                                                      |
| WZ190   | 39                       | 67                          | Staptrend +18 mg/l in 81/82      | Nee                                                      |
| WZ230   | 57                       |                             | Staptrend -53 mg/l in 81/82      | Nee                                                      |
| WZ30    | 58                       | 65                          | Staptrend +12 mg/l in 81/82      | Nee                                                      |
| WZ310   | 55                       |                             | Staptrend -15 mg/l in 81/82      | Nee                                                      |
| WZ460   | 78                       |                             | Lin. trend -4.3 mg/l/jaar        | Nee                                                      |
| WZ480   | 73                       |                             | Lin. trend -4.3 mg/l/jaar        | Nee                                                      |
| WZ540   | 107                      | 79                          | Geen trend                       | Nee                                                      |
| WZ590   | 105                      |                             | Lin. trend -4.3 mg/l/jaar        | Nee                                                      |



## 5 Trendanalyse zwevend stof gegevens Noordzee

### 5.1 Het voorkomen van schijntrends

#### 5.1.1 Ruimtelijke spreiding van meetgegevens

Het zwevend stof gehalte neemt af naarmate de afstand tot de kust toeneemt. Daarom is de spreiding in de zwevend stof concentraties binnen de VISSER-hokjes die georiënteerde zijn langs geografische graden, groot. Voor de trendanalyse is een keuze van hokjes die zo homogeen mogelijk zijn beter. Een beperking is echter het aantal metingen. Daarom is voor de verdere trendanalyse gekozen voor de indeling in clusters (zie paragraaf 3.3.). Binnen een cluster liggen meerdere WORSRO-hokjes. De spreiding van het gemiddelde over een cluster is nog aanzienlijk, zoals blijkt uit de tabellen in paragraaf 3.3.

De NIOZ-gegevens liggen binnen een cluster ongeveer net zo verspreid als de WORSRO-gegevens. In die zin wordt er dus geen verschil verwacht tussen de NIOZ-periode en de WORSRO-periode.

In de clusters langs de kust zijn weinig metingen van NIOZ. Uit tabel 3.3 blijkt dat het aantal metingen daar in het noordelijk deel slechts 36 is en in het zuidelijk deel zelfs maar 15. Een verlenging van de periode naar 1966 is dan weinig zinvol.

#### 5.1.2 Verandering in de bemonstering en analyse

In de meetperiode, die na koppeling van NIOZ en WORSRO 25 jaar beslaat (1966-1990) zijn zowel de bemonstering en de analyse van monsters veranderd. In het rapport 'Troebelheid Nederlandse zoute wateren; inventarisatie en trendanalyse 1930-1990' (TROEBEL, fase I) [WL, 1992] is reeds aandacht besteed aan de verandering in bemonstering en analyse. De heer Holland (DGW-RWS) heeft hierop gereageerd met aanvullingen. De conclusies staan samengevat in tabel 5.1.

Tabel 5.1 Verandering in bemonstering en analyse

| techniek                               | periode   | gehanteerde methode                                                    |
|----------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------|
| positiebepaling van de meetlocaties    | 1975-1979 | aan de hand van boeien, die wel eens werden verlegd                    |
|                                        | 1980-1990 | vastgelegd met coördinaten                                             |
| inname van het monster                 | 1975-1982 | monsterflessen met een pomp na elkaar gevuld                           |
|                                        | 1983-1990 | verzamelvat in één keer gevuld en vervolgens verdeeld                  |
| poriëngrootte van het filter           | 1975-1986 | 7 micron/<br>0,45 micron                                               |
|                                        | 1987-1990 | 1 micron                                                               |
| materiaal van het filter               | 1975-1986 | papierfilter/<br>membraamfilter                                        |
|                                        | 1987-1990 | glasfiber filters                                                      |
| spoeling van het filter met demi-water | 1975-1986 | niet spoelen (RIZA?)                                                   |
|                                        | 1987-1990 | wel spoelen (DGW)                                                      |
| wijze van filtreren                    | ?-?       | voorheen onderdruk met een waterstraalpomp en daarna onder 1 atmosfeer |
| tijdstip ten opzichte van hoogwater    | 1975-1983 | vast tijdstip                                                          |
|                                        | 1984-1990 | willekeurig tijdstip                                                   |

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).

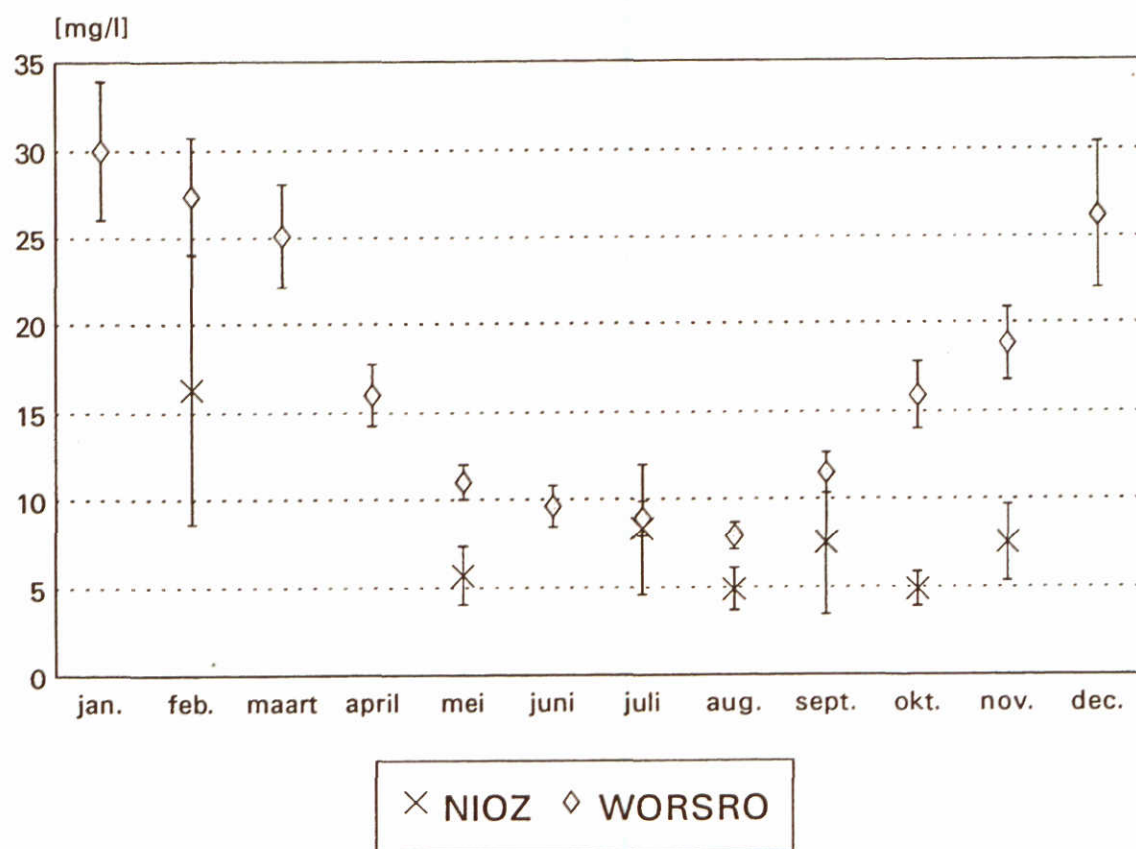
### 5.1.3 Invloed van seizoensspreiding

In figuur 5.1 wordt het seizoensverloop van het zwevend stof gehalte gegeven. Vooral in de WORSRO-gegevens is een duidelijke sinusvormige seizoensfluctuatie te zien. Bij de NIOZ-gegevens is de seizoensvariatie minder dominant. Omdat de verschillen tussen zomer en winter optreden is het verstandig om een onderscheid te maken in een winter en zomer periode. Het is onduidelijk waar de grens zou moeten liggen. Er is voor gekozen dezelfde grenzen tussen zomer en winter aan te houden als in het artikel van Visser [VISSE, 1970]. De zomerperiode loopt van mei tot en met oktober. De winter van november tot en met april.

Om een idee te geven van de betrouwbaarheid van het gemiddelde wordt in figuur 5.1 gebruik gemaakt van de benadering: 95%-betrouwbaarheidsinterval =  $GEM \pm t \cdot STD / \sqrt{(N-1)}$  (t afhankelijk van aantal metingen). De metingen van het NIOZ laten minder een sinus vorm zien. Dit kan mede verband houden met het feit dat het NIOZ projectgewijs meet en in bepaalde maanden naar bepaalde, niet steeds dezelfde, lokaties uitvaart voor monsternamen.



# Zwevend stof gehalte Noordzee



Figuur 5.1 Maandgemiddelde zwevend stof gehalte Noordzee

In het NIOZ-bestand zijn niet van alle maanden meetgegevens beschikbaar. Het blijkt dat het aantal keren dat in de winterperiode is gemeten (258 keer) lager is dan in de zomerperiode (415). Tabel 5.2 geeft het aantal keren dat per maand is gemeten.

Tabel 5.2 Aantal keren dat is gemeten per maand.

|         |           | NIOZ      | WORSO     |
|---------|-----------|-----------|-----------|
| seizoen | maand     | 1966-1969 | 1975-1990 |
| winter  | januari   | -         | 978       |
| winter  | februari  | 122       | 1393      |
| winter  | maart     | -         | 1212      |
| winter  | april     | -         | 1253      |
| zomer   | mei       | 133       | 1358      |
| zomer   | juni      | -         | 1378      |
| zomer   | juli      | 29        | 1682      |
| zomer   | augustus  | 109       | 1499      |
| zomer   | september | 116       | 1306      |
| zomer   | oktober   | 28        | 1414      |
| winter  | november  | 136       | 1099      |
| winter  | december  | -         | 811       |
|         | totaal    | 673       | 15383     |

#### 5.1.4 Getij-invloeden

Om te beginnen is het niet a priori zeker of de voor de Waddenzee gevonden maximale invloed op het zwevend stof gehalte (zie hoofdstuk 4) ook geldt voor de Noordzee. Voorlopig is de grove aanname gedaan dat de getij-invloed op de Noordzee gelijkvormig is aan de invloed op de Waddenzee. Dit betekent waarschijnlijk een overschatting want de Noordzee heeft een schonere bodem, is dieper en heeft op lokaties een minder duidelijke kentering.

De WORSO-gegevens zijn van 1975 tot en met 1982 verricht op vaste tijden binnen het getij. De NIOZ-gegevens (periode 1966-1969) en vanaf 1983 ook de WORSO-gegevens zijn ten opzichte van het getij op willekeurige tijdstippen verricht. De meettijdstippen ten opzichte van het getij zijn niet bekend. De bepaling van wel of niet een vast tijdstip ten opzichte van het getij is afgeschat volgens een methode. Bijlage C geeft de methode en het resultaat.

Bij het vergelijken van zwevend stof metingen van voor 1975 (NIOZ) en latere metingen (WORSO tot 1982, WORSO vanaf 1983) moet in feite rekening gehouden worden met deze systematische verschillen in meettijdstip binnen het getij, er altijd nog van uitgaand dat ook

in de Noordzee een aanzienlijke getij-invloed aanwezig is.

Een eerste inventarisatie van jaargemiddelden van de WORSRO-gegevens van 1975-1982 (tabel 5.3) en van de periode 1983-1990 (tabel 5.4) ondersteunt deze aanname *niet*. Het lijkt niet een duidelijke stapfunctie te zijn. In de tabellen zijn geen grote verschillen waargenomen.

Een neveneffect van het meten op vaste tijdstippen in het getij zou nog kunnen zijn dat de gradiënt van zwevend stof uit de kust, dus langs een raai, wordt over- of onderschat. De normale gradiënt is: hoge gehalten langs de kust en lage gehalten verder op zee. Men heeft gedurende de periode dat op vaste tijdstippen werd bemonsterd altijd uit de eerste raai gevaren en dan terug over de tweede raai, enzovoort. De gradiënt wordt overschat als men van de kust vandaan vaart en tevens vlak voor een kentering uitvaart en het zwevend stof gehalte dus uit de kust "te" laag wordt geschat naarmate de kentering nadert. De gradiënt wordt onderschat als men vlak na een kentering uitvaart en de gehalten dus aan de kust te laag worden geschat. Dit neveneffect is verder niet onderzocht. Bij de directie Noordzee (mondelinge mededeling Kints, [WL,1992]) werd verondersteld dat men uit een raai ging varen twee uur voor hoog water bij Hoek van Holland. Dat zou betekenen dat de gradiënt over de raaien waar werd uitgevaren is overschat (nog steeds uitgaande van een gelijk verloop over het getij op de Noordzee en de Waddenzee).

Tabel 5.3 Jaargemiddelde zwevend stof (periode 1975-1982) in mg/l

| km<br>Raai | 1   | 2   | 3  | 4  | 5  | 6  | 10 | 15 | 20 | 30 | 50 | 70 | 100 | 135 | 175 | 235 |
|------------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 1 AP       | 159 | 149 |    | 68 |    |    | 67 |    | 20 | 10 | 5  | 4  |     |     |     |     |
| 2 WC       | 27  | 33  |    | 39 |    |    |    |    |    | 6  | 5  | 4  |     |     |     |     |
| 3 SW       | 25  |     |    | 26 |    |    | 16 |    | 8  | 6  | 5  | 4  |     |     |     |     |
| 4 GR       |     |     |    |    |    | 29 | 13 |    | 7  | 4  | 4  | 5  |     |     |     |     |
| 5 TH       | 17  | 12  |    | 8  |    |    | 6  |    | 5  | 4  | 4  | 4  |     |     |     |     |
| 6 NW       | 31  | 16  |    | 9  |    |    | 5  |    | 4  | 4  | 3  | 3  |     |     |     |     |
| 7 YM       |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
| 8 EM       | 19  | 15  |    | 10 |    |    | 5  |    |    | 3  | 3  | 4  |     |     |     |     |
| 9 CL       | 38  | 27  |    | 14 |    |    | 5  |    | 3  | 3  | 4  | 4  |     |     |     |     |
| 10 TS      |     |     |    | 16 |    |    | 4  |    | 3  | 3  | 3  | 2  |     |     |     |     |
| 11 RT      |     |     | 37 |    | 22 |    | 14 | 7  | 4  | 4  | 3  | 3  | 3   |     |     |     |



Tabel 5.4 Jaargemiddelde zwevend stof (periode 1983-1990) in mg/l

| km    | 1   | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 10 | 15 | 20 | 30 | 50 | 70 | 100 | 135 | 175 | 235 |
|-------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| raai  |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
| 1 AP  | 182 | 88 |    | 30 |    | 42 |    |    | 22 | 10 | 4  | 4  |     |     |     |     |
| 2 WC  | 56  | 39 |    | 59 |    |    |    |    |    | 4  | 4  | 5  |     |     |     |     |
| 3 SW  | 20  |    |    | 26 |    | 20 |    |    | 8  | 4  | 3  | 2  |     |     |     |     |
| 4 GR  |     |    |    |    | 23 | 7  |    | 7  | 1  | 2  | 3  |    |     |     |     |     |
| 5 TH  | 18  | 13 |    | 9  |    | 5  |    | 4  | 4  | 4  | 3  |    |     |     |     |     |
| 6 NW  | 29  | 17 |    | 8  |    | 6  |    | 4  | 3  | 4  | 3  |    |     |     |     |     |
| 7 YM  |     |    | 21 |    |    |    | 3  |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
| 8 EM  | 31  | 24 |    | 11 |    | 5  |    |    | 3  | 3  | 3  |    |     |     |     |     |
| 9 CL  | 63  | 28 |    | 18 |    | 6  |    | 3  | 2  | 3  | 5  |    |     |     |     |     |
| 10 TS |     |    | 14 |    | 4  |    |    | 3  | 4  | 5  | 3  | 4  | 4   | 3   | 3   |     |
| 11 RT |     | 39 |    | 25 | 12 | 6  | 16 | 2  | 2  | 5  | 1  |    |     |     |     |     |

## 5.2 Trends per cluster

### 5.2.1 Jaargemiddelde per cluster

De clusters en de seizoenen zijn in de trendanalyse afzonderlijk behandeld. Voor alle jaren afzonderlijk zijn de gemiddelde zwevend stof gehalten bepaald. Figuur 5.2 tot en met figuur 5.7 geven de jaargemiddelden. In de periode 1970-1975 is niet gemeten. In de eerste twee jaren van de NIOZ-periode (1966-1967) is in een aantal clusters niet gemeten. Verder is deze periode heel weinig in het zuid cluster gemeten. Opnieuw wordt het betrouwbaarheidsinterval rond het gemiddelde aangegeven. De methode om het betrouwbaarheidsinterval te berekenen gaat uit van een normale verdeling.

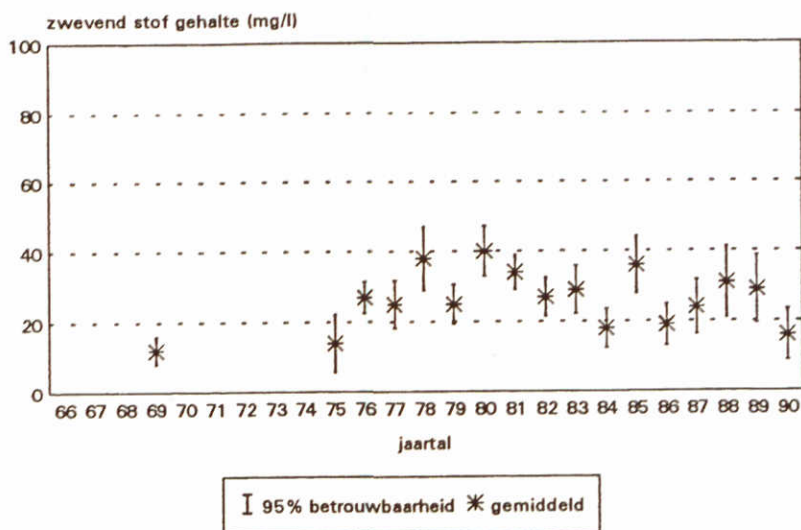
Met name in het zuidelijk deel in de kustzone is het aantal NIOZ-gegevens erg schaars (zomer en winter samen 15 metingen), de betrouwbaarheid van het gemiddelde navenant gering.

Het blijkt uit de figuren met de gemiddelden dat er wel een trend zichtbaar is. De specifieke vorm van de trend is niet van te voren vastgesteld. Te denken valt aan een staptrend, een lineaire trend of een kwadratische trend. Van een analyse van een staptrend is echter afgezien, omdat uit visuele inspectie blijkt dat een dergelijke trend niet waarschijnlijk is. Een lineaire en kwadratische trend zijn wel mogelijk.

Daarom is voor de zwevend stof gegevens besloten om verder te zoeken naar een mogelijke trend. Daarvoor dienen de afzonderlijke metingen als uitgangspunt en niet deze jaargemiddelden.

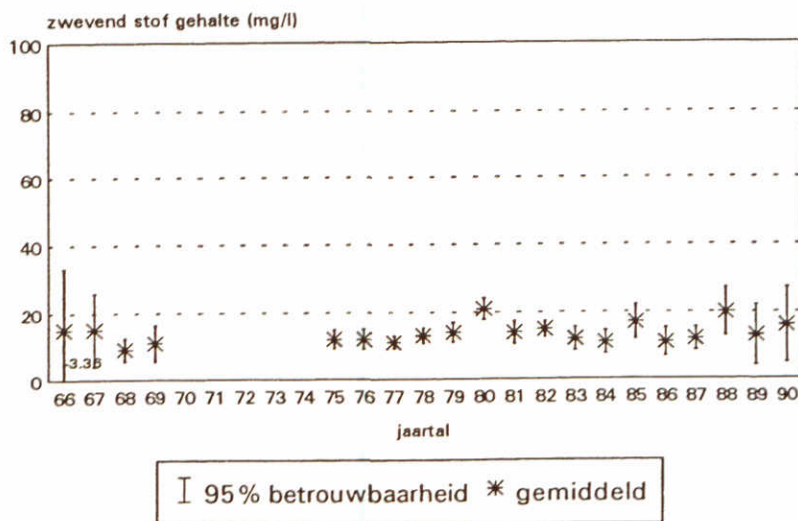
## Noordelijke Noordzee

winter periode  
kust (1 - 3 km)



## Noordelijke Noordzee

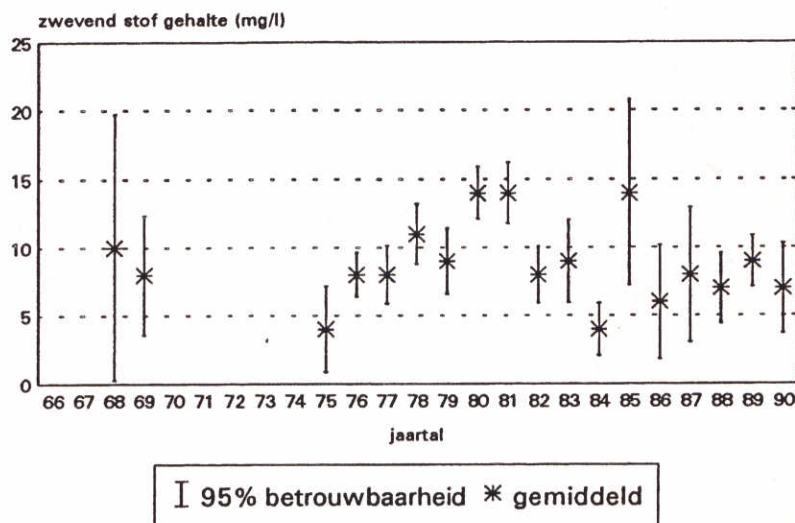
zomer periode  
kust zone (1 - 3 km)



Figuur 5.2 Jaargemiddelde zwevend stof gehalte, noordelijke Noordzee, kust zone

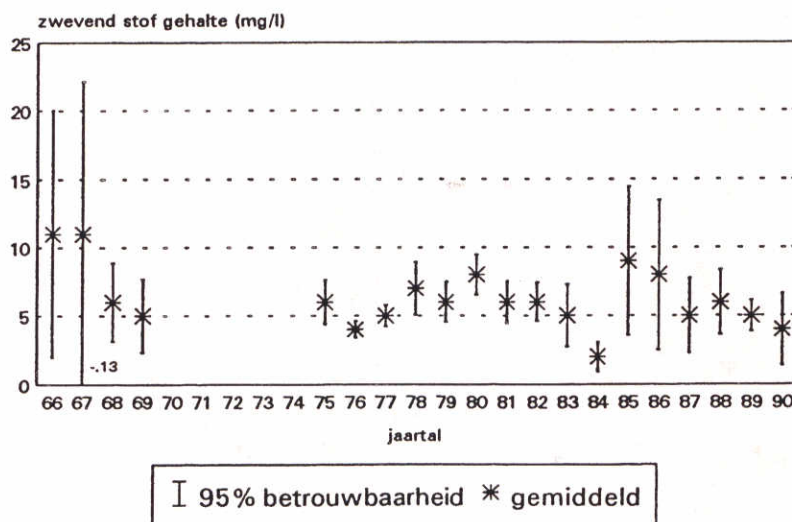
## Noordelijke Noordzee

winter periode  
midden zone (4 - 15 km)



## Noordelijke Noordzee

zomer periode  
midden zone (4 - 15 km)

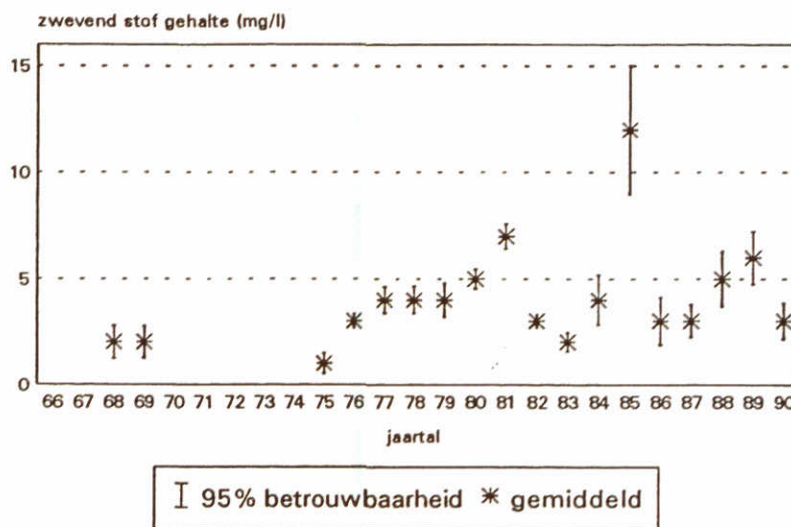


Figuur 5.3 Jaargemiddelde zwevend stof gehalte, noordelijke Noordzee, midden zone



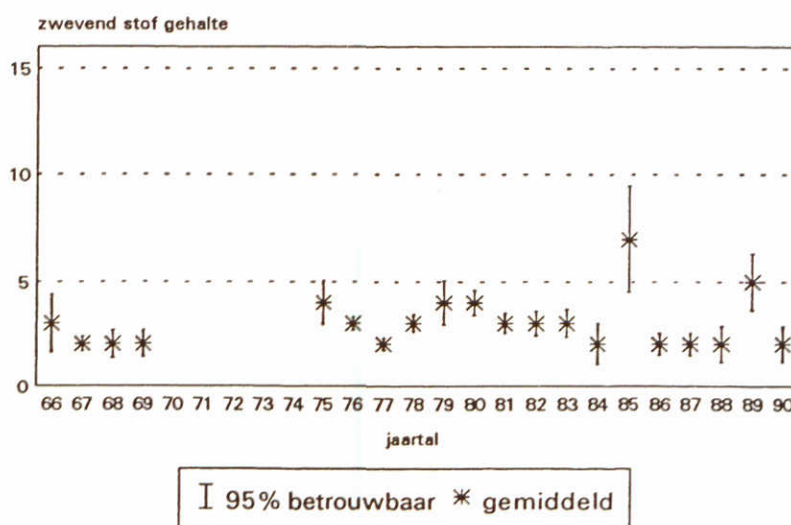
# Noordelijke Noordzee

winter periode  
veraf zone (20 - 235 km)



# Noordelijke Noordzee

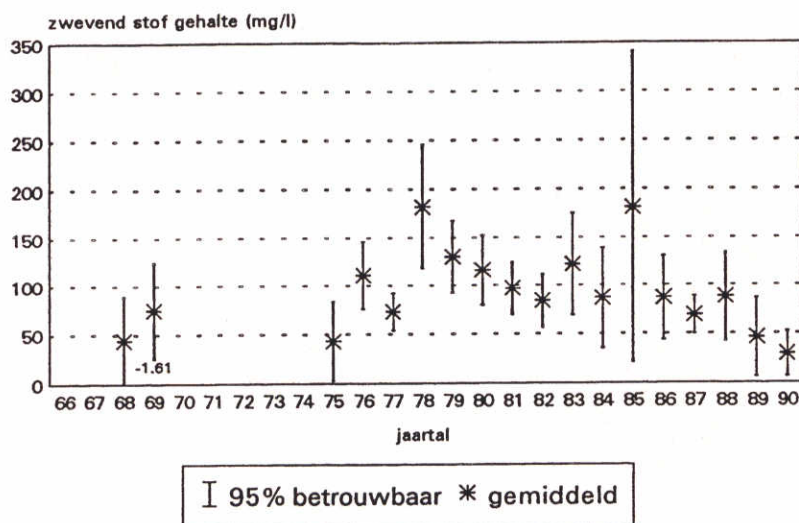
zomer periode  
veraf zone (20 - 235 km)



Figuur 5.4 Jaargemiddelde zwevend stof gehalte, noordelijke Noordzee, veraf zone

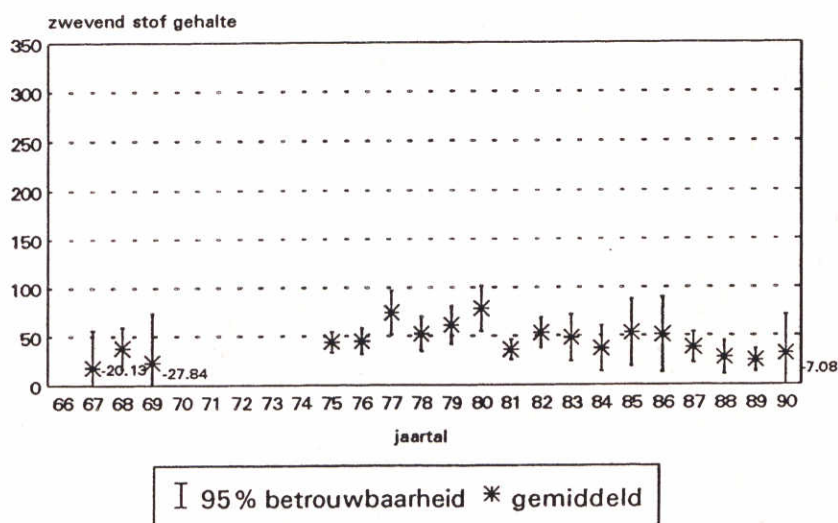
## Zuidelijke Noordzee

winter periode  
kust zone (1 - 3 km)



## Zuidelijke Noordzee

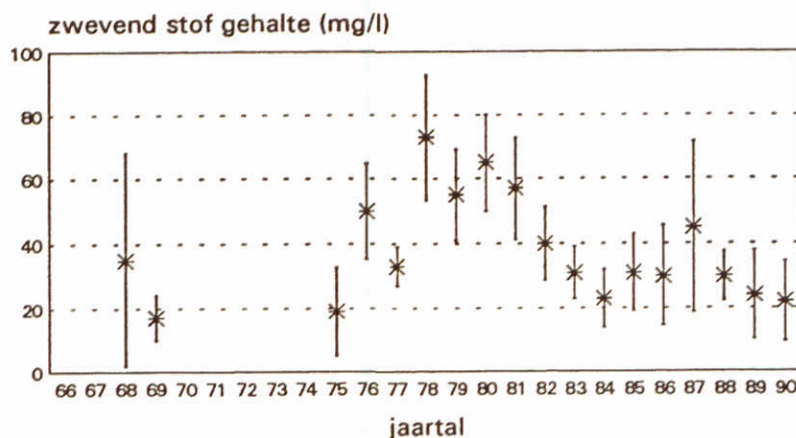
zomer periode  
kust zone (1 - 3 km)



Figuur 5.5 Jaargemiddelde zwevend stof gehalte, zuidelijke Noordzee, kust zone

## Zuidelijke Noordzee

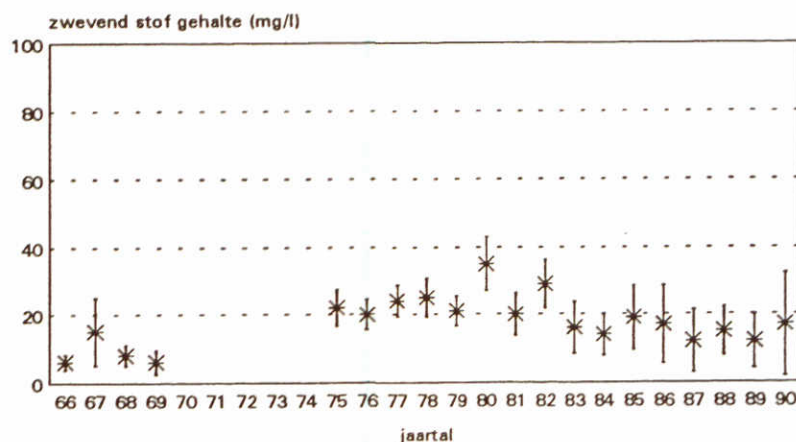
winter periode  
midden zone (4 - 15 km)



I 95% betrouwbaar \* gemiddeld

## Zuidelijke Noordzee

zomer periode  
midden zone (4 - 15 km)



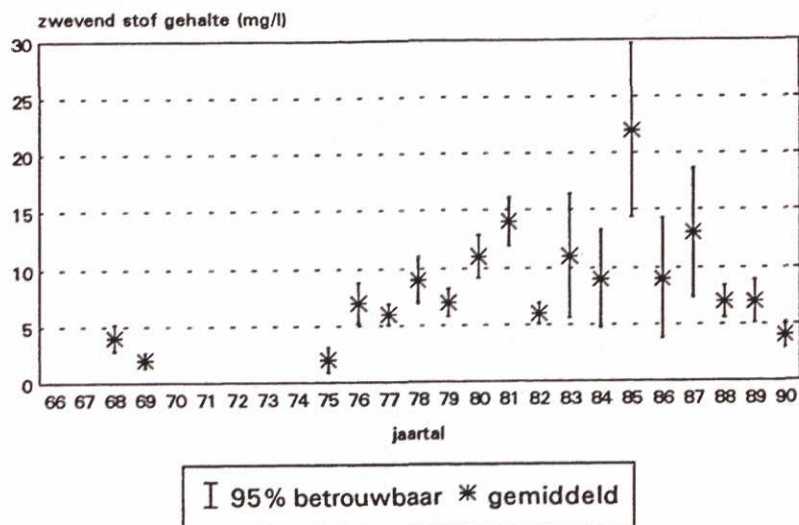
I 95% betrouwbaarheid \* gemiddeld

Figuur 5.6 Jaargemiddelde zwevend stof gehalte, zuidelijke Noordzee, midden zone



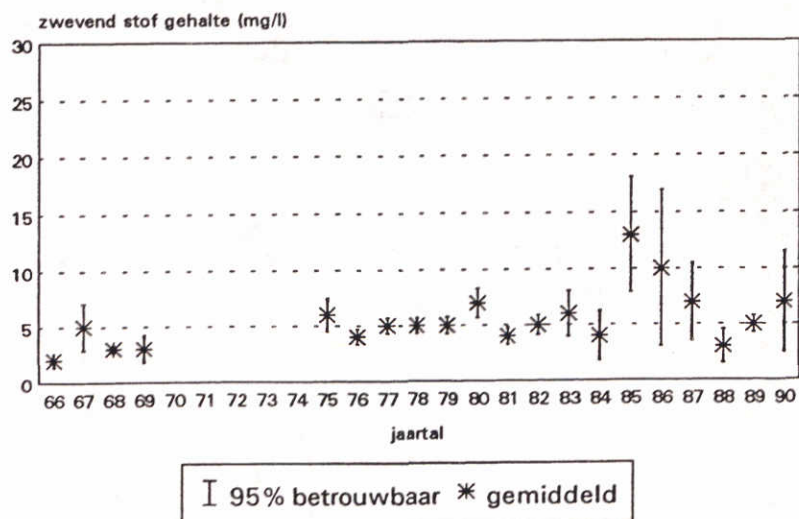
## Zuidelijke Noordzee

winter periode  
veraf zone (20 - 235 km)



## Zuidelijke Noordzee

zomer periode  
veraf zone (20 - 235 km)



Figuur 5.7 Jaargemiddelde zwevend stof gehalte, zuidelijke Noordzee, veraf zone

### 5.2.2 Lineaire trends

De metingen zijn niet normaal verdeeld. De uitschieters naar boven liggen veel verder dan de uitschieters naar beneden. Dat wordt veroorzaakt door een ondergrens bij de detectiegrens en omdat negatieve zwevend stof gehalten niet voor kunnen komen. Stof concentraties met een negatieve procesterm (bezinking bij zwevend stof, afbraak bij stikstof) zijn altijd scheef verdeeld. Voor de verdere statistische verwerking van gegevens is het wenselijk met een normaal verdeelde of bij benadering normaal verdeelde stochastische variabele te maken te hebben.

Eén van de methoden om dit te bereiken is een transformatie van de oorspronkelijke gegevens. In het onderhavige geval is een logtransformatie (basis 10) toegepast. De methode staat beschreven in bijlage H1.

Bij het bepalen van een trend worden de afzonderlijke, getransformeerde metingen uitgezet in de tijd. De significantie van een trend wordt bepaald met behulp van de  $F_{ratio}$  test. De  $F_{ratio}$  is de verhouding van de gemiddelde kwadratische fouten van het model en de overgebleven variantie. De alpha geeft de onbetrouwbaarheid van de relatie aan. Een alpha van 0.05 staat gelijk met een 95% significante relatie tussen tijd en log (zwevend stof). De grootte van de verklaarde variantie in log (zwevend stof) door middel van de lineaire trend wordt aangegeven met de  $R^2$ . De methode staat beschreven in bijlage H2. De resultaten van de trendanalyse met één vrijheidsgraad (lineair) staan weergegeven in tabel 5.5.

Tabel 5.5 Resultaten van de lineaire trendanalyse

|       |        |        | $a_0$<br>[logmg/l] | $a_1$<br>[log(mg/l/jaar)] | trend<br>[mg/l/jaar] | alpha  | $R^2$  |
|-------|--------|--------|--------------------|---------------------------|----------------------|--------|--------|
| Noord | kust   | zomer  |                    |                           |                      | 0.6074 |        |
|       |        | winter | 1.4295             | -0.0074                   | -0.37                | 0.0273 | 0.0044 |
|       | midden | zomer  |                    |                           |                      | 0.8515 |        |
|       |        | winter |                    |                           |                      | 0.4279 |        |
|       | veraf  | zomer  |                    |                           |                      | 0.5183 |        |
|       |        | winter | 0.5858             | 0.0055                    | 0.06                 | 0.0010 | 0.0071 |
| Zuid  | kust   | zomer  |                    |                           |                      | 0.4077 |        |
|       |        | winter |                    |                           |                      | 0.4832 |        |
|       | midden | zomer  |                    |                           |                      | 0.5385 |        |
|       |        | winter |                    |                           |                      | 0.6090 |        |
|       | veraf  | zomer  | 0.6087             | 0.0143                    | 0.10                 | 0.0000 | 0.0144 |
|       |        | winter | 0.6384             | 0.0143                    | 0.22                 | 0.0000 | 0.0287 |

$$^{10}\log(zs) = zs' = a_0 + a_1 * (\text{jaartal}-66)$$

trend = toename per jaar van zs (terug-getransformeerde zs')

De bijbehorende figuren staan in bijlage E.

Blijkbaar is alleen aan de kust in de winter in het noordelijke deel van de Noordzee een afname van het zwevend stof gehalte geconstateerd. Verder is overal of geen trend geconstateerd of een toename.

### 5.2.3 Kwadratische trends

Kwadratische trends hebben één vrijheidsgraad meer dan de lineaire trends. De tweede vrijheidsgraad is het kwadraat van de tijd. De berekening van kwadratische trends staat in bijlage H3.

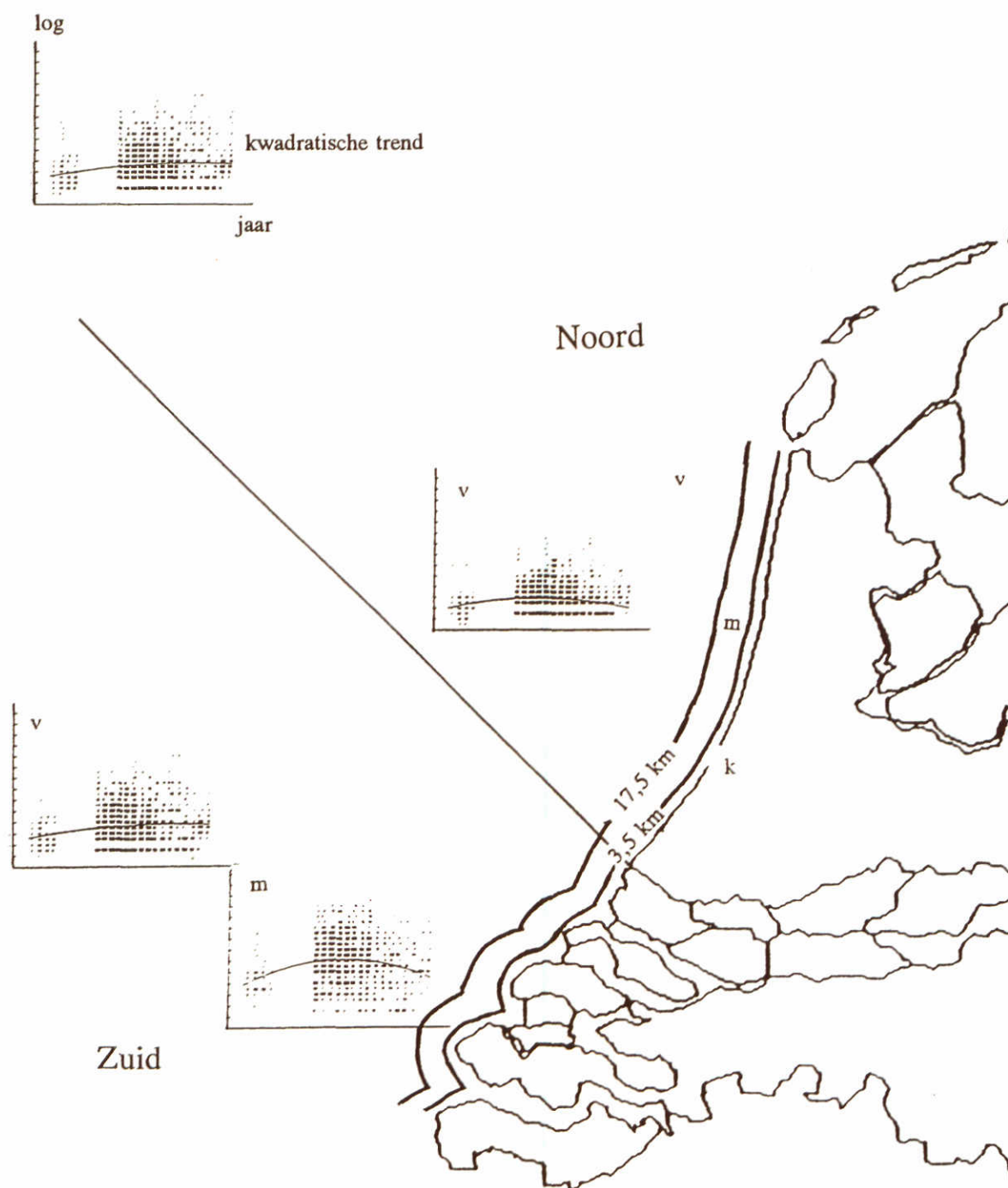
De resultaten van de trendanalyse staan weergegeven in tabel 5.6. Bijlage E geeft de bijbehorende figuren.

In figuur 5.8 staan de figuren uit die bijlage nog eens in een overzichtsfiguur van de Noordzee.

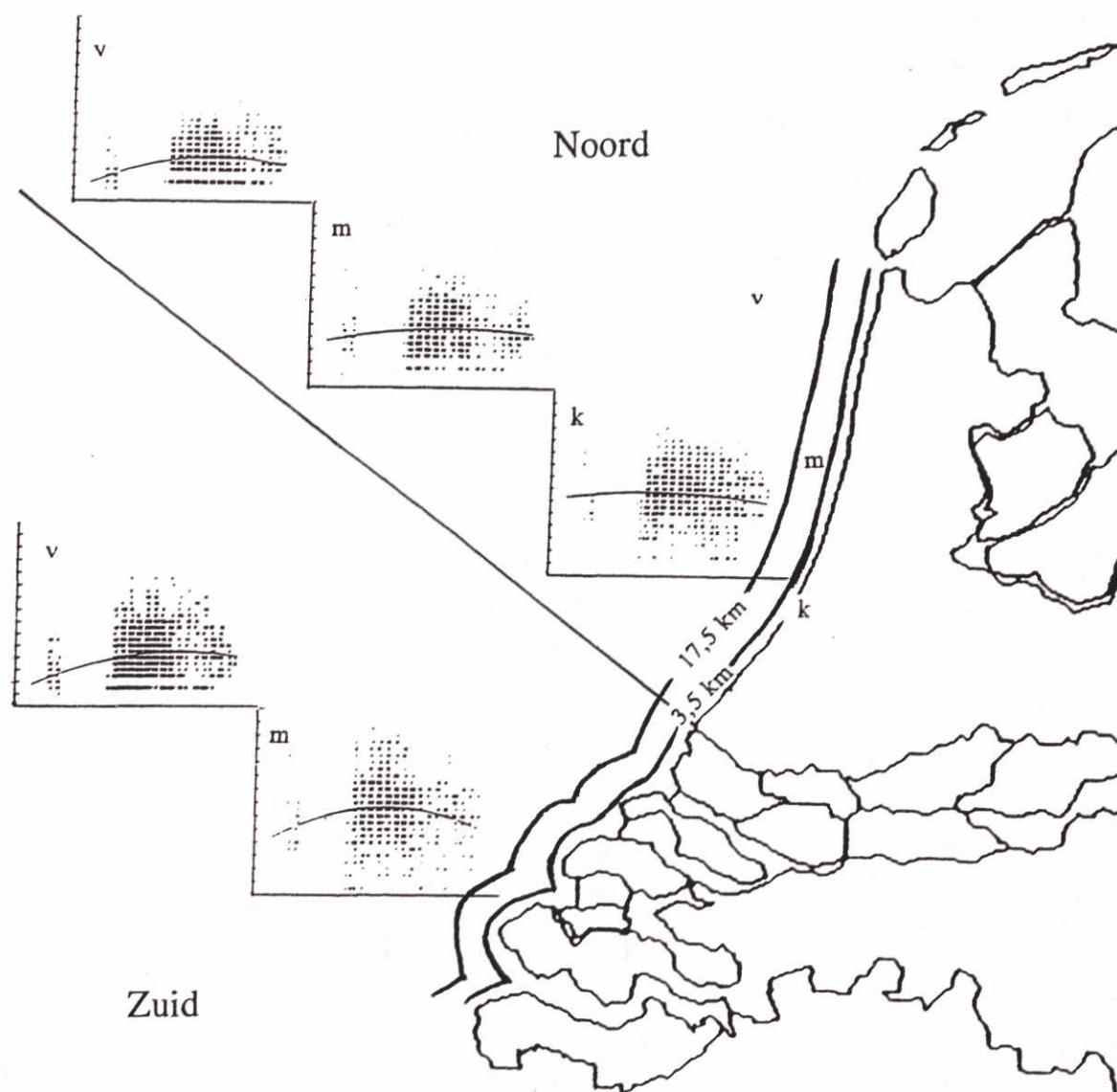
Het blijkt dat langs de kust in het zuidelijk deel van de Noordzee geen significante kwadratische trend kan worden aangetoond. De trends die wel significant zijn vertonen allen een maximum binnen de meetperiode. Het jaar waarop het maximum optreedt staat aangegeven in tabel 5.6.

In de figuren is duidelijk te zien dat de afronding op hele mg/l gehalten voor zwevend stof een brokkelig beeld geeft bij lage gehalten. Naarmate de gehalten hoger worden neemt dit effect af. Van de NIOZ waarnemingen is te zien dat ook een cijfer achter de komma is meegenomen. In de figuren zijn alleen de significante trends weergegeven.





Figuur 5.8a Significante kwadratische trends zwevend stof gehalte Noordzee, zomer.



Figuur 5.8b Significante kwadratische trends zwevend stof gehalte Noordzee, winter.

|       |        |        | $b_0$<br>[log(mg/l)] | $b_1$<br>[log(mg/l/jaar)] | $b_2$<br>[log(mg/l/jaar <sup>2</sup> )] | jaar<br>max | gemidd.<br>toename<br>[mg/l/jaar] | gemidd.<br>afname<br>[mg/l/jaar] | alpha  | R <sup>2</sup> |
|-------|--------|--------|----------------------|---------------------------|-----------------------------------------|-------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------|----------------|
| Noord | kust   | zomer  |                      |                           |                                         |             |                                   |                                  | 0.2862 |                |
|       |        | winter | 1.2577               | 0.0168                    | -0.0008                                 | 1976        | 0.39                              | -0.49                            | 0.0327 | 0.0055         |
|       | midden | zomer  |                      |                           |                                         |             |                                   |                                  | 0.9253 |                |
|       |        | winter | 0.7344               | 0.0273                    | -0.0009                                 | 1981        | 0.22                              | -0.16                            | 0.0275 | 0.0068         |
|       | veraf  | zomer  | 0.3991               | 0.0329                    | -0.0012                                 | 1979        | 0.12                              | -0.11                            | 0.0000 | 0.0301         |
|       |        | winter | 0.2739               | 0.0547                    | -0.0018                                 | 1981        | 0.20                              | -0.16                            | 0.0000 | 0.0492         |
| zuid  | kust   | zomer  |                      |                           |                                         |             |                                   |                                  | 0.2584 |                |
|       |        | winter |                      |                           |                                         |             |                                   |                                  | 0.2131 |                |
|       | midden | zomer  | 0.7708               | 0.0671                    | -0.0025                                 | 1979        | 0.81                              | -0.77                            | 0.0000 | 0.0392         |
|       |        | winter | 1.0573               | 0.0690                    | -0.0025                                 | 1979        | 1.63                              | -1.57                            | 0.0000 | 0.0277         |
|       | veraf  | zomer  | 0.5164               | 0.0243                    | -0.0006                                 | 1984        | 0.12                              | -0.04                            | 0.0000 | 0.0195         |
|       |        | winter | 0.3563               | 0.0592                    | -0.0016                                 | 1985        | 0.31                              | -0.18                            | 0.0000 | 0.0506         |

$$^{10}\log(zs) = zs' = a_0 + a_1 * (\text{jaartal}-66) + a_2 * (\text{jaartal}-66)$$

gemidd. toename (afname) = is de gemiddeld toename/afname per jaar tussen het maximum en het begin gehalte bij 1966.

De eenheid is mg/l, er is teruggetransformeerd



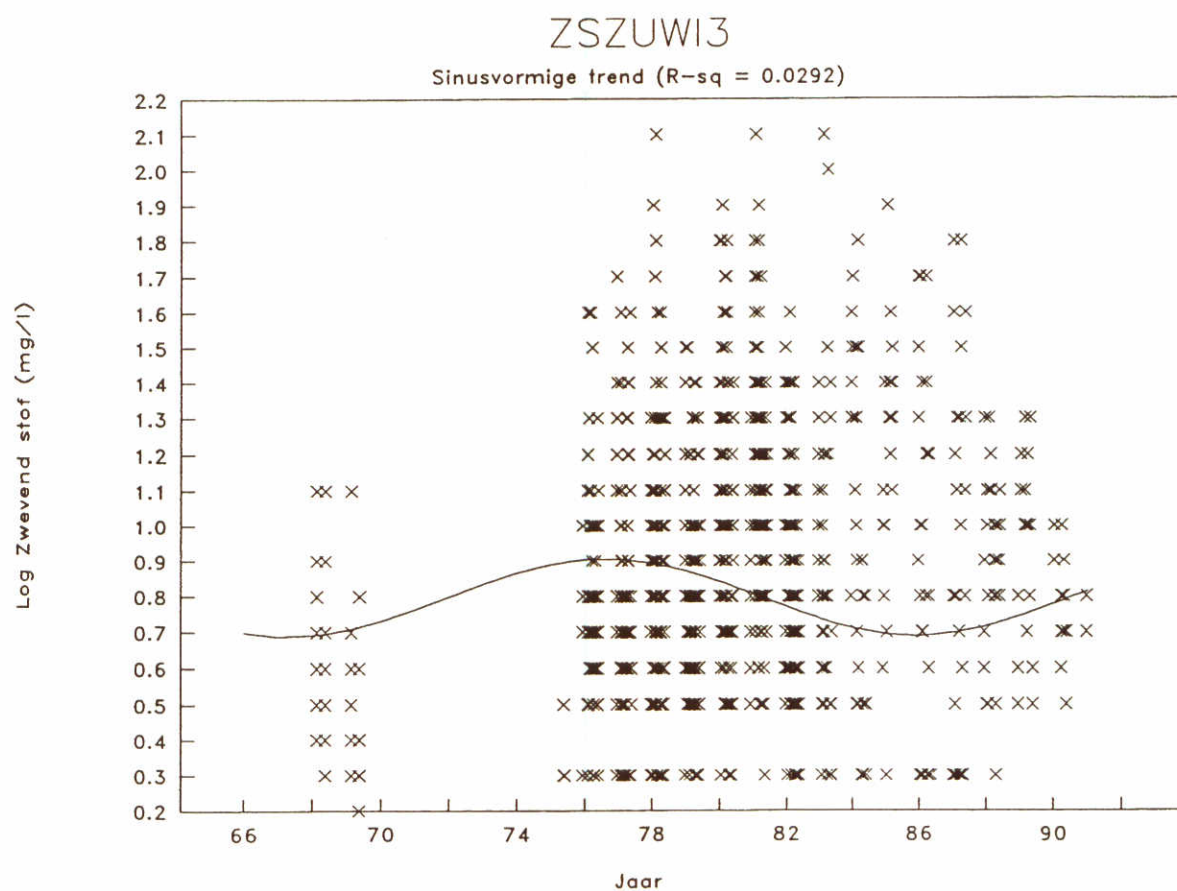
#### 5.2.4 Sinusvormige trend

Het voorkomen van een hoger zwevend stofgehalte rond 1980 zowel in de Waddenzee [WL,1991] als in de Noordzee [WL,1992] heeft geleid tot de veronderstelling dat de 18.6 jaarcyclus in het getij hiervan een oorzaak kan zijn. In dit onderzoek is voor één cluster en seizoen, waar de piek in 1984 optrad en de kwadratische trend significant was ( $R^2 = 0.05$ ) getracht een sinusvormige trend te fitten. Het blijkt dat het model van de sinusvormige lijn niet meer variantie verklaart dan het kwadratische model. Hieruit is voorlopig geconcludeerd dat een sinusvormig model geen betere uitkomst zal bieden.

Het gehanteerde model is:

$$\log(zs_{\text{voorspeld}}) = a_0 + a_1 * \cos(2\pi(\text{jaartal}-1966)/18.6 - a_2)$$

De verklaarde variantie met dit model is slechts 0.0292 in tegenstelling tot 0.0506 met het kwadratische model. Figuur 5.9 geeft de sinusvormige trend weer. Het maximum zou volgens deze figuur ongeveer in 1977 moeten liggen wanneer de cyclus 18,6 jaar zou beslaan. Wellicht wordt de ligging van de sinus ook in belangrijke mate bepaald door de lagere metingen in '68-'69.



Figuur 5.9 Sinusvormige trend cluster zuidelijke Noordzee veraf zone, winter

### 5.3 Wind als verklaring voor de gevonden trends

De trends die zijn aangetoond in paragraaf 5.2.3 kunnen niet worden verklaard uit gemiddelde windgegevens. Daarvoor kunnen twee bewijzen aangevoerd worden.

1. Als wind de oorzaak is voor het optreden van een maximum dan zou dat maximum voor de verschillende clusters in hetzelfde jaar moeten liggen. De clusters blijken echter niet sterk aan elkaar gecorreleerd te zijn. De correlatie coëfficiënt is maximaal 0.76 (zuidelijke Noordzee kust en midden zone).
2. Voor alle jaren waarover de trend is berekend zijn de jaargemiddelde windsnelheden opgevraagd bij het KNMI voor de stations Vlissingen en de Kooy. Het blijkt dat de windsnelheid niet is gecorreleerd aan de optredende jaargemiddelde zwevend stof gehaltes (correlatiecoëfficiënt maximaal 0.56, bij significantie 0.01). De variantie over de jaren dat windsnelheden zijn opgevraagd is zeer laag. Alleen in de beginjaren is de windsnelheid in de Kooy iets hoger. Tabel 5.10 geeft de gemiddelde windsnelheden per jaar.

De correlatiecoëfficiënten staan weergegeven in bijlage I.

Een eventueel verband met de meteorologie binnen het jaar is wel gevonden in het onderzoek "retrospectief onderzoek zwevend stof Noordzee" [WL, 1989]. Hier is een jaar-periodiciteit in zwevend stof gehaltes gevonden met een maximum in de winter. Deze periodiciteit was zwak en blijkbaar is de relatie met wind onvoldoende direct om op jaargemiddelde basis tot een significante samenhang te komen.



Tabel 5.10 Gemiddelde windsnelheid per jaar.

| Jaar | Wind    | Wind       |
|------|---------|------------|
|      | de Kooy | Vlissingen |
|      | [m/s]   | [m/s]      |
| 66   | 7,5     | 6          |
| 67   | 7,5     | 6          |
| 68   | 7       | 5,5        |
| 69   | 7       | 5,5        |
| 75   | 5,5     | 6          |
| 76   | 5,5     | 6          |
| 77   | 6       | 6          |
| 78   | 6       | 6          |
| 79   | 6       | 6          |
| 80   | 6       | 6,5        |
| 81   | 6       | 6,5        |
| 82   | 6       | 6,5        |
| 83   | 6       | 6,5        |
| 84   | 5,5     | 6          |
| 85   | 6       | 6          |
| 86   | 6       | 6,5        |
| 87   | 5,5     | 5,5        |
| 88   | 6,5     | 6,5        |
| 89   | 5,5     | 6          |
| 90   | 6       | 7          |

## 6 Trendanalyse doorzicht gegevens Noordzee

### 6.1 Het voorkomen van schijntrends

#### 6.1.1 Verandering in de bemonstering

Bij een aantal voorlopige berekeningen met de doorzicht gegevens van het WORSRO-bestand ontstond de indruk dat er een aantal onverklaarbaar hoge uitschieters in het bestand voorkwamen. Om deze indruk te onderbouwen zijn frequentieverdelingen van de doorzichtgegevens van het WORSRO-bestand en het NIOZ-bestand opgesteld (tabel 6.1 en 6.2).

Tabel 6.1 Frequentieverdeling van doorzicht uit het WORSRO-bestand

| Doorzicht<br>metingen<br>[m] | aantal<br>[-] | Doorzicht<br>metingen<br>[m] | aantal<br>[-] | Doorzicht<br>metingen<br>[m] | aantal<br>[-] |
|------------------------------|---------------|------------------------------|---------------|------------------------------|---------------|
| 0.1                          | 11            | 1.4                          | 38            | 2.9                          | 1             |
| 0.2                          | 37            | 1.5                          | 69            | 3.0                          | <u>919</u>    |
| 0.3                          | 76            | 1.6                          | 25            | 3.2                          | 2             |
| 0.4                          | 54            | 1.7                          | 5             | 3.3                          | 9             |
| 0.5                          | 120           | 1.8                          | 56            | 3.5                          | 113           |
| 0.6                          | 41            | 1.9                          | 3             | 3.6                          | 2             |
| 0.7                          | 2             | 2.0                          | 99            | 4.0                          | 3             |
| 0.8                          | 84            | 2.2                          | 14            | 4.5                          | 2             |
| 0.9                          | 5             | 2.3                          | 20            | 5.0                          | 1             |
| 1.0                          | 117           | 2.4                          | 9             | 7.5                          | 1             |
| 1.1                          | 7             | 2.5                          | 81            | 33.0                         | 1             |
| 1.2                          | 44            | 2.6                          | 10            | 69.5                         | 2             |
| 1.3                          | 60            | 2.8                          | 21            | 90.8                         | 1             |

Tabel 6.2 Frequentieverdeling van doorzicht in het NIOZ-bestand

| Doorzicht | N   | Doorzicht | N   | Doorzicht | N   |
|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|
| [m]       | [-] | [m]       | [-] | [m]       | [-] |
| 0.3       | 4   | 2.3       | 6   | 8.0       | 32  |
| 0.4       | 3   | 2.5       | 46  | 8.5       | 8   |
| 0.5       | 23  | 2.7       | 1   | 9.0       | 20  |
| 0.6       | 7   | 2.8       | 1   | 9.5       | 7   |
| 0.7       | 4   | 3.0       | 32  | 10.0      | 18  |
| 0.8       | 20  | 3.2       | 3   | 10.5      | 8   |
| 0.9       | 8   | 3.5       | 29  | 11.0      | 11  |
| 1.0       | 30  | 3.8       | 4   | 11.5      | 1   |
| 1.1       | 5   | 4.0       | 36  | 12.0      | 5   |
| 1.2       | 13  | 4.2       | 5   | 12.5      | 3   |
| 1.3       | 9   | 4.3       | 1   | 13.0      | 7   |
| 1.4       | 4   | 4.4       | 1   | 13.5      | 3   |
| 1.5       | 28  | 4.5       | 19  | 14.0      | 5   |
| 1.6       | 4   | 4.7       | 1   | 15.0      | 3   |
| 1.7       | 3   | 5.0       | 28  | 16.0      | 2   |
| 1.8       | 15  | 5.5       | 18  | 17.0      | 1   |
| 1.9       | 1   | 6.0       | 28  | 19.0      | 3   |
| 2.0       | 40  | 6.5       | 20  |           |     |
| 2.1       | 1   | 7.0       | 31  |           |     |
| 2.2       | 2   | 7.5       | 18  |           |     |

Uit tabel 6.1 en 6.2 blijkt dat de waarnemer(s) voor WORSRO en NIOZ een sterke voorkeur hebben voor waarden van hele en halve meters. Dit suggereert dat de meting van doorzicht met een Secchi schijf een afleesnauwkeurigheid heeft van 0.5 m.

Het doorzicht 3.0 m is buitengewoon favoriet bij de waarnemer(s) in WORSRO kader en wordt in 42% van alle gevallen afgelezen. Hiervoor kunnen statistische noch fysische verklaringen gegeven worden. Wellicht is bedoeld dat het doorzicht in die gevallen *minstens* 3.0 m is. Bij de NIOZ-gegevens worden de waarden van 3.0 m en hoger blijkbaar niet in één categorie samengevoegd; de afgelezen waarden lopen veel verder door. Bij een koppeling van de NIOZ- en WORSRO-bestanden zal op de een of andere wijze rekening gehouden moeten worden met deze interpretatie.

In het WORSRO-bestand komen inderdaad uitschieters voor, die in de verdere analyse worden weggelaten. De gemeten doorzicht van 33.0 m, 69.5 m en 90.8 m zijn gezien de frequentieverdeling van de overige waarden (uit het WORSRO- en NIOZ-bestand) en de diepte ter plaatse zeer onwaarschijnlijk en worden als fouten bij de gegevens verwerking beschouwd. De betreffende meetwaarden zijn in het gekoppelde bestand vervangen door missing values.



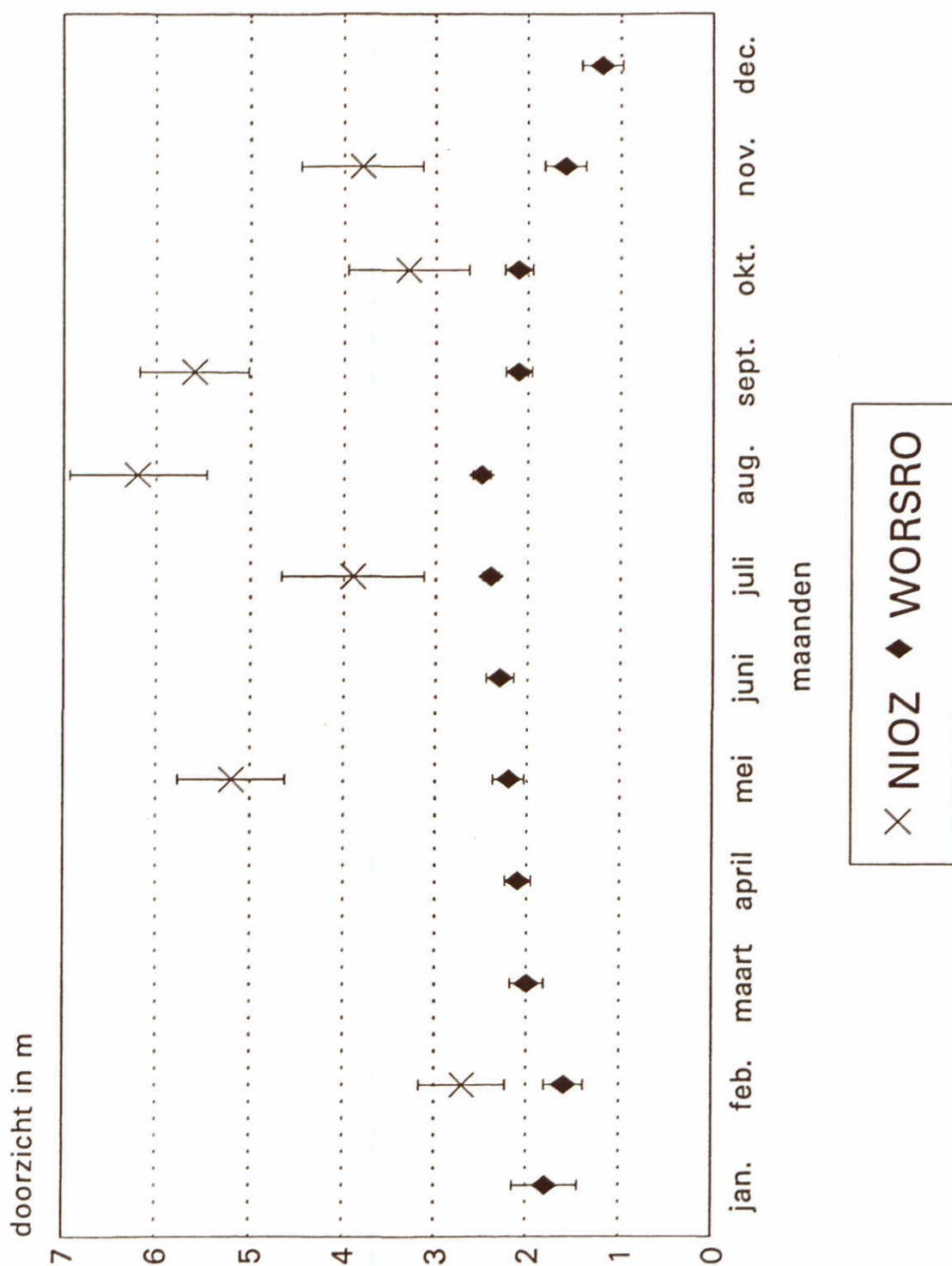
### 6.1.2 Invloed van de seizoensspreiding

In figuur 6.1 wordt het maandelijks gemiddelde van de doorzichtgegevens gepresenteerd. De variatie over het jaar is wel zichtbaar, maar niet erg sterk. Van de NIOZ-gegevens ontbreken enkele maanden.

Om een idee te geven van de betrouwbaarheid van het gemiddelde wordt in figuur 6.1 gebruik gemaakt van de benadering: 95%-betrouwbaarheidsinterval =  $GEM \pm t \cdot STD / \sqrt{(N-1)}$  (t afhankelijk van aantal metingen).

In navolging van eerder onderzoek (Visser, 1970)) wordt onder "zomer" verstaan de periode juni tot en met november. De "winter" loopt dan van december tot en met mei.

# Doorzicht Noordzee



Figuur 6.1 Maandgemiddeld doorzicht

## 6.2 Trends per Visserhokje

Te toetsen is de hypothese dat de gemiddelden per gebiedseenheid en per seizoen niet significant van elkaar verschillen tussen de periode 1903-1969 en de periode 1975-1990.

De resultaten van Visser (1970) en van de berekeningen van WORSRO-meetgegevens per VISSEr-hokjes staan vermeld in bijlage F. Visser heeft de gegevens vermeld per seizoen. Om de WORSRO-gegevens met de Visser gegevens te kunnen vergelijken zijn de WORSRO-gegevens ook per seizoen gegeven. Omdat de originele gegevens uit de Visser dataset (periode 1903-1969) niet beschikbaar zijn, is variantie analyse op de gemiddelde toegepast (t-toets<sup>1</sup>). Hiervoor zijn nodig de aantallen keren dat gemeten is ( $N_1$  en  $N_2$ ), de standaardafwijkingen ( $s_1$  en  $s_2$ ) en de gemiddelden doorzichten ( $X_1$  en  $X_2$ ). Een kanttekening die hierbij gemaakt moet worden is wel dat het aantal metingen in de periode Visser zeer laag is ten opzichte van het aantal metingen in de periode WORSRO. Daarmee wordt de toets wel minder discriminerend.

Alleen voor hokjes met meer dan 10 metingen in de periode 1903-1970 (Visser) is een t-toets uitgevoerd. In de zomer (juni - november) zijn dat 9 hokjes, waarvan in de winter (december - mei) slechts 6 hokjes overblijven. Drie van de hokjes liggen direct langs de Hollandse kust (Den Helder tot Walcheren). Tegen die drie hokjes liggen de andere 6 hokjes aan. De hokjes het verst van de kust (tot 75 km) zijn in de winterperiode onvoldoende bemonsterd.

Het gemiddelde in de periode 1975 - 1990 (WORSRO) is overal lager dan in de eerdere periode (Visser). Uit de t-toets is gebleken dat dit verschil altijd significant is. Overigens blijkt dat het verschil dus ook systematisch is. Het verschil bedraagt 50% tot 70%.

## 6.3 Trends per cluster

In eerste instantie is alleen gekeken naar de jaargemiddelden. Voor een trendanalyse zoals die is uitgevoerd voor zwevend stof is de meetreeks tekort. In drie periodes is doorzicht gemeten. In de periode 1966 - 1969 zijn door het NIOZ 689 metingen uitgevoerd. In het WORSRO-bestand staan 2122 metingen in de periode 1975 - 1978 en slechts 41 metingen in de laatste periode van 1982 tot 1985. Voor een uitgebreide trendanalyse is dat te weinig. De interpretatie die in het WORSRO-bestand misschien is gemaakt ten aanzien van de 3.0 m. limiet, geeft een dusdanige fout dat een dergelijke analyse niet uitgevoerd zou mogen worden. Het verschil in variantie tussen de twee datasets is daarvoor te groot.

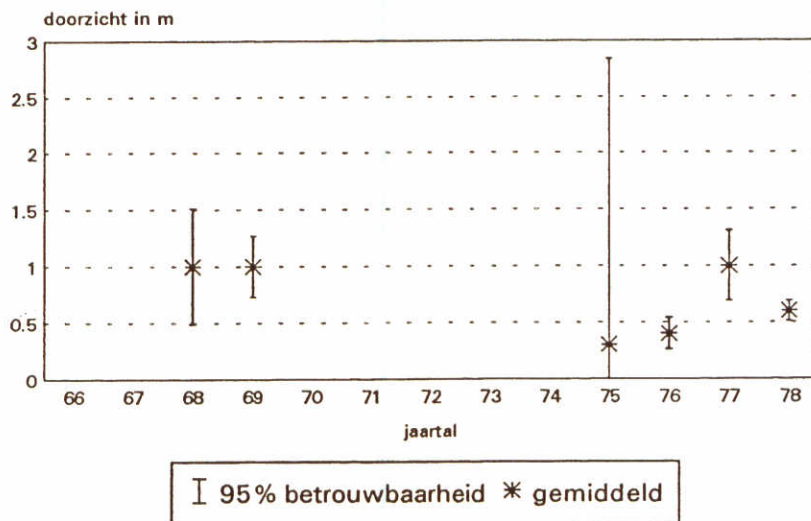
Ter illustratie zijn in figuur 6.2 tot en met 6.7 de jaargemiddelden uitgezet. Het gemiddelde in de NIOZ-periode ligt beduidend hoger. In hoeverre dat kan worden veroorzaakt door de fout, die wordt gemaakt door het invoeren van 3.0 m. als de maximale meetwaarde, blijkt uit figuur 6.8. De gemiddelden zijn daar bepaald door alle waarden hoger dan 3.0 m. te vervangen door 3.0 m. In de figuren wordt opnieuw gebruik gemaakt van het betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde. Het betrouwbaarheidsinterval wordt berekend met een methode (zie figuur 6.1) waarbij geen rekening is gehouden met de scheve verdeling van de meetwaarden.

<sup>1</sup> Veronderstellingen: Small sampling theory ( $N > 30$ ), normale verdeling [Spiegel, 1972]



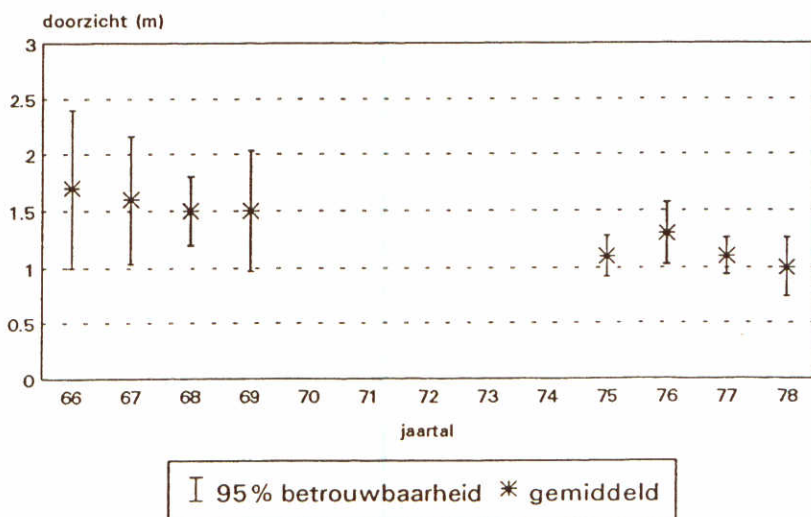
## Noordelijke Noordzee

winter periode  
kust zone (1 - 3 km)



## Noordelijke Noordzee

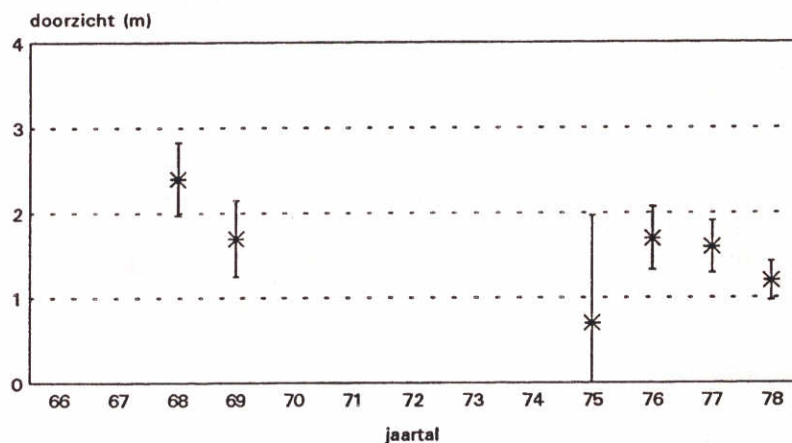
zomer periode  
kust zone (1 - 3 km)



Figuur 6.2 Jaargemiddelde doorzicht, noordelijke Noordzee, kust zone

## Noordelijke Noordzee

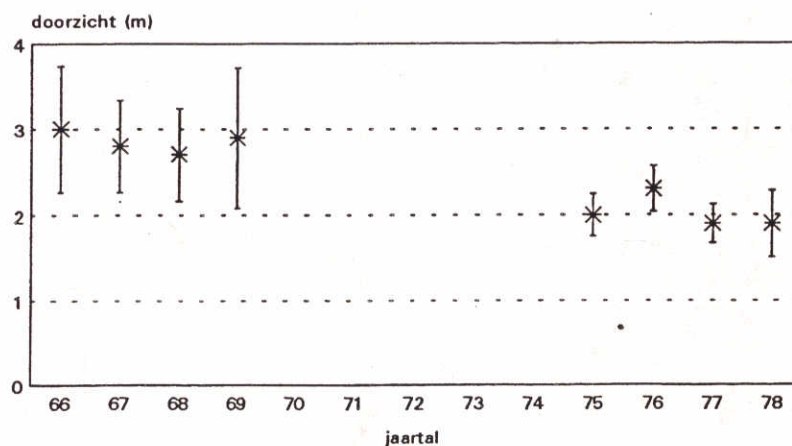
winter periode  
midden zone (4 - 15 km)



I 95% betrouwbaarheid \* gemiddeld

## Noordelijke Noordzee

zomer periode  
midden (4 - 15 km)

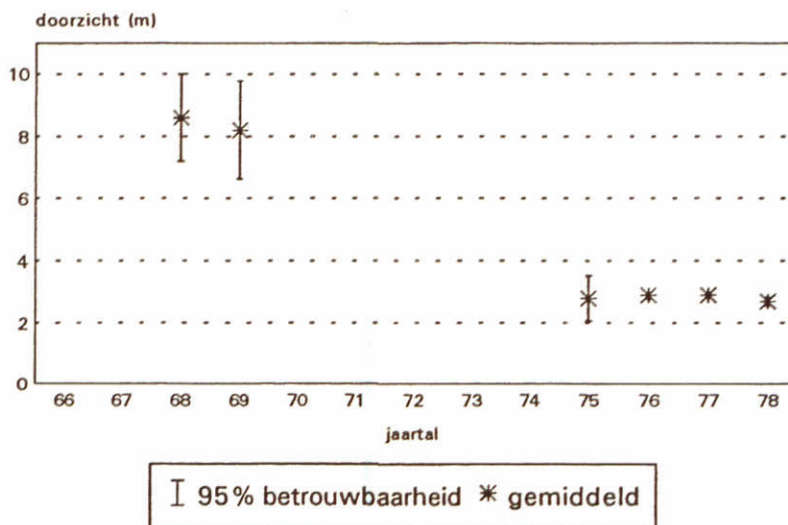


I 95% betrouwbaarheid \* gemiddeld

Figuur 6.3 Jaargemiddelde doorzicht, noordelijke Noordzee, midden zone

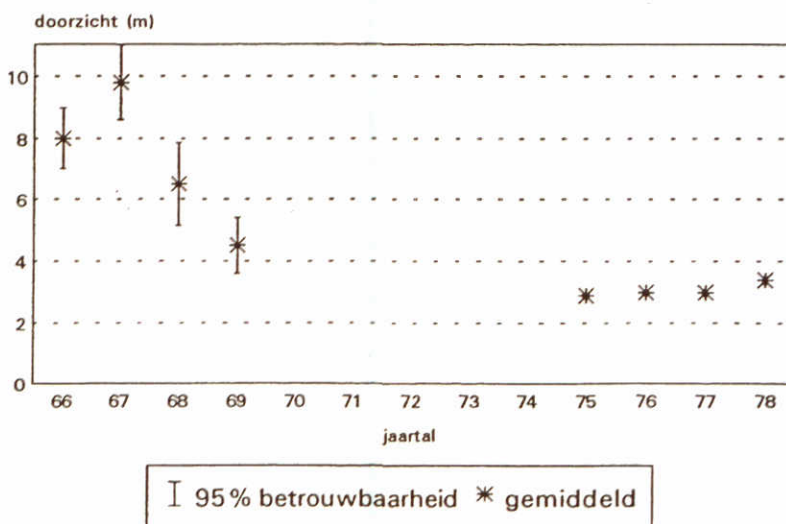
## Noordelijke Noordzee

winter periode  
veraf zone (20 - 235 km)



## Noordelijke Noordzee

zomer periode  
veraf zone (20 - 235 km)

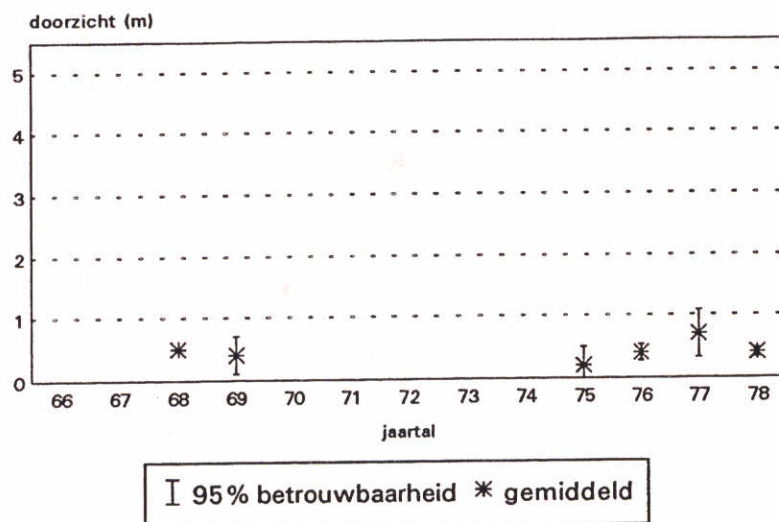


Figuur 6.4 Jaargemiddelde doorzicht, noordelijke Noordzee, veraf zone



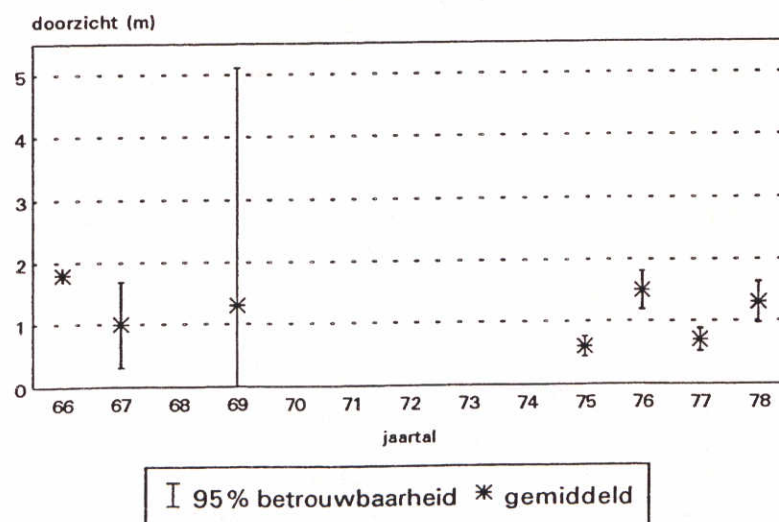
## Zuidelijke Noordzee

winter periode  
kust zone (1 - 3 km)



## Zuidelijke Noordzee

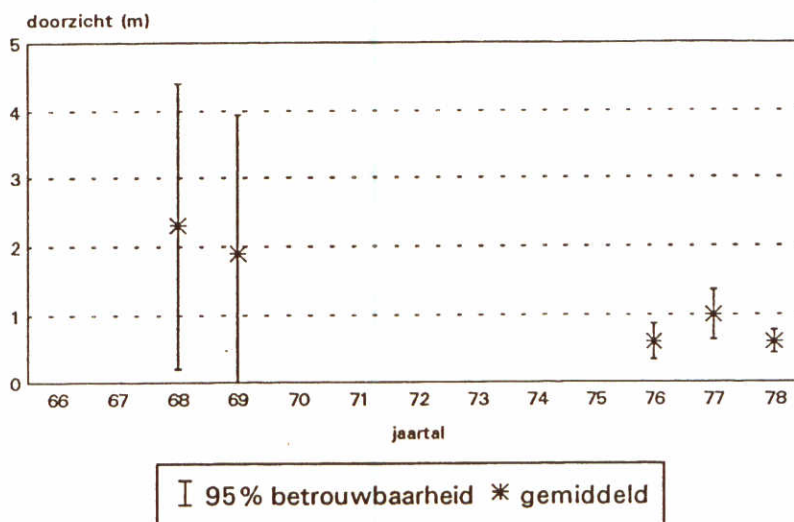
zomer periode  
kust zone (1 - 3 km)



Figuur 6.5 Jaargemiddelde doorzicht, zuidelijke Noordzee, kust zone

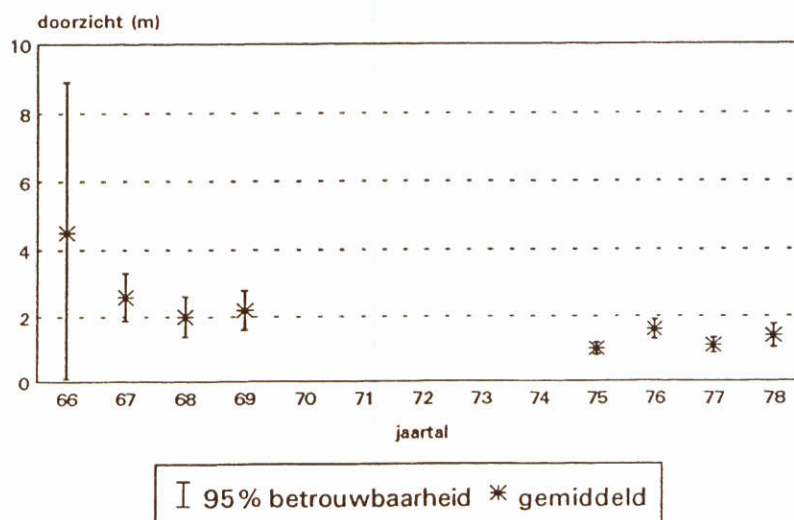
## Zuidelijke Noordzee

winter periode  
midden zone (4 - 15 km)



## Zuidelijke Noordzee

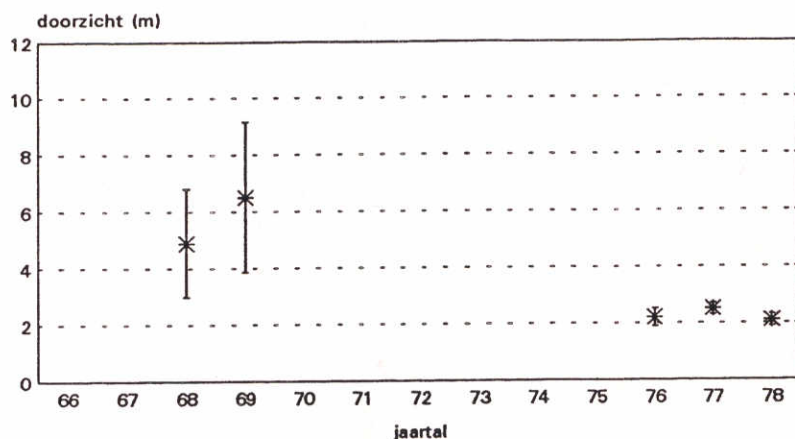
zomer periode  
midden zone (4 - 15 km)



Figuur 6.6 Jaargemiddelde doorzicht, zuidelijke Noordzee, midden zone

## Zuidelijke Noordzee

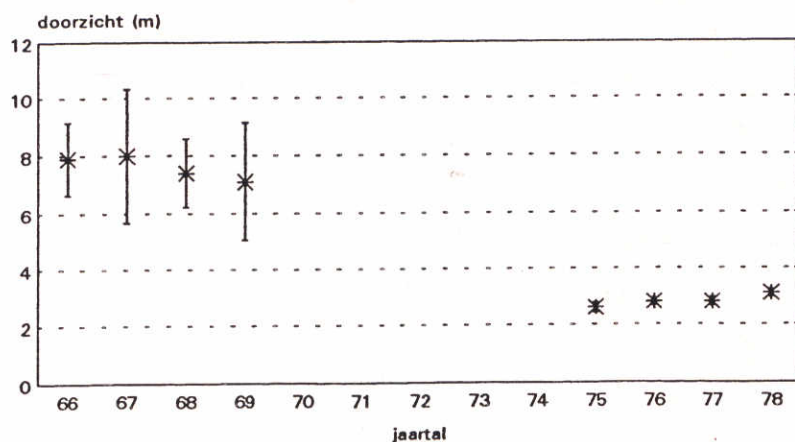
winter periode  
veraf zone (20 - 235 km)



I 95% betrouwbaarheid \* gemiddeld

## Zuidelijke Noordzee

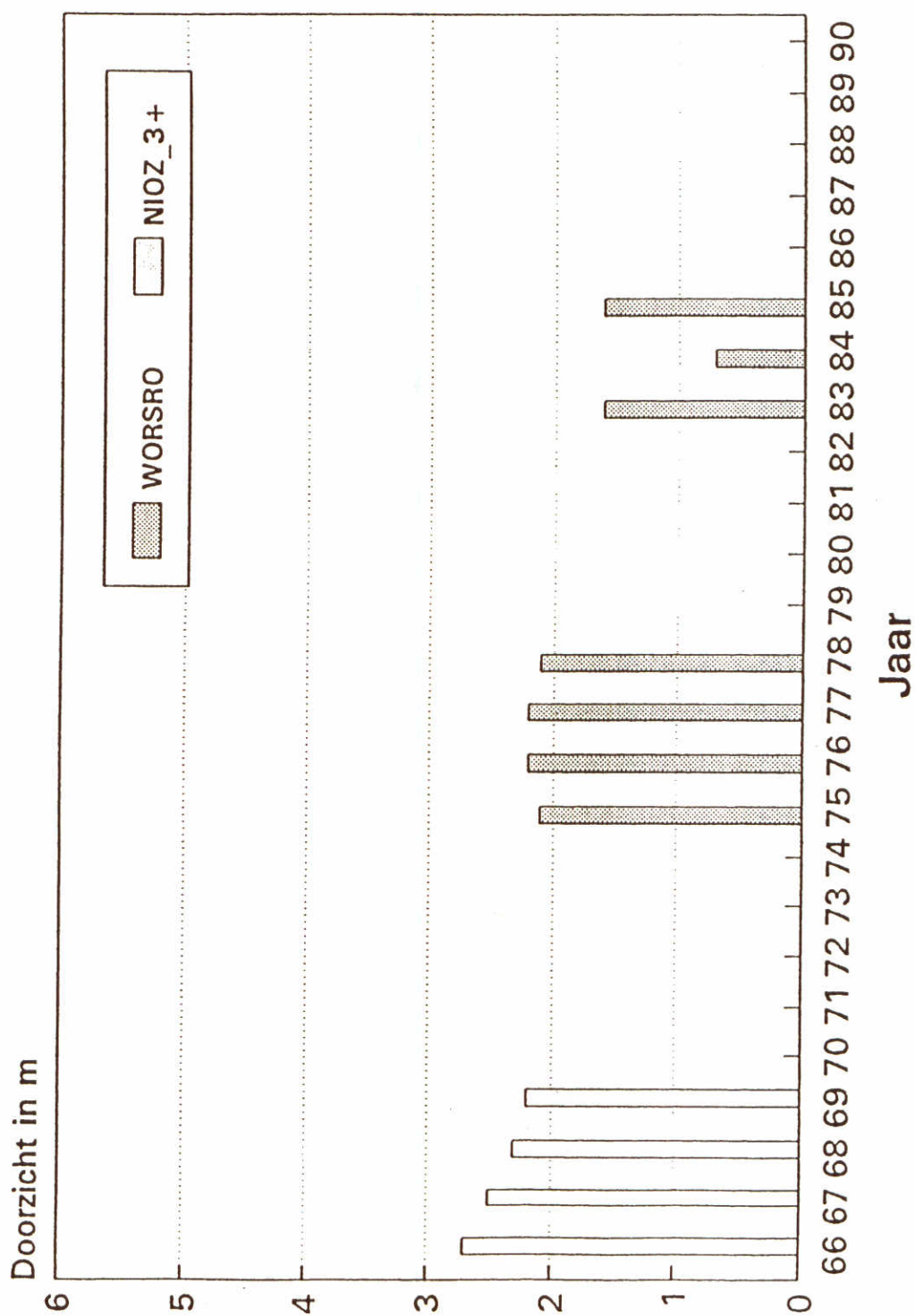
zomer periode  
veraf zone (20 - 235 km)



I 95% betrouwbaarheid \* gemiddeld

Figuur 6.7 Jaargemiddelde doorzicht, zuidelijke Noordzee, veraf zone





Figuur 6.8 Jaargemiddelde doorzicht, NIOZ afgerond op 3.0 m.

## 7 Modelmatige benadering en detecteerbaarheid

In de overige hoofdstukken van dit rapport is aangegeven of en zo ja welke meerjarige trend kan worden waargenomen uit de meetgegevens. Essentieel daarbij is dat de trend groot genoeg is om zich te onderscheiden van door waarnemingsruis ontstane toevallige trends. Als de waarnemingsruis groot is, kan het zijn dat een trend ook groot moet zijn om opgemerkt te worden. Aangezien begrippen als groot altijd relatief zijn, is in dit hoofdstuk geprobeerd nader te onderbouwen hoe groot de te verwachten trends kunnen worden op basis van een wiskundig model. Deze grootte wordt dan vergeleken met de grootte die gezien de meetruis nog detecteerbaar is in de huidige dataset.

Aan de ene kant is daar het onderscheidend vermogen van de meetreeksen tot heden. Aan de andere kant is daar de verandering in zwevend stof gehalte die veroorzaakt zou kunnen worden door bijvoorbeeld eutrofiëring, natuurlijke verandering of menselijk ingrijpen op basis van enkele civiel technische ingrepen.

### 7.1 Onderscheidend vermogen

Voor ons eenvoudige doel zullen wij het onderscheidend vermogen van een meetreeks definiëren als de grootte van de trend die zich nog van ruis onderscheidt. Als een kleine trend al is te onderscheiden van de meetruis, is het onderscheidend vermogen van de meetreeks groot.

Het onderscheidend vermogen wordt gediend door een langere meetreeks aan te bieden. Dit is één van de activiteiten in het kader van het vervolg-onderzoek Troebel zoals in dit rapport beschreven. Door metingen van verschillende herkomst, zich over een langere periode uitstrekkend, onderling vergelijkbaar te maken is een eventuele trend beter onderscheidbaar.

Significantie wordt altijd uitgedrukt in de vorm van een kans op een onjuiste conclusie. Een trend is bijvoorbeeld 95% significant wanneer de kans dat ten onrechte tot een relatie wordt besloten kleiner is dan 5%. Hiertoe wordt aangenomen dat de fout die na trend-detectie overblijft tussen metingen en regressielijn normaal verdeeld is met gemiddelde nul. In dat geval heeft de trend ook een normale verdeling met een gemiddelde en een standaardafwijking. Tot significantie wordt dan besloten wanneer nul (geen trend) buiten het betrouwbaarheidsinterval van de gedetecteerde trend ligt. Omgekeerd kan men ook stellen dat de echte trend nul is en kijken of de gedetecteerde trend buiten het betrouwbaarheidsinterval rond nul ligt. Daar komt hetzelfde uit.

Essentieel is dus de standaardafwijking van de gedetecteerde lineaire trend. Deze is als volgt te benaderen:

$$\sigma_a^2 = \frac{\sigma_e^2}{(N-1) s_x^2} \quad \text{of} \quad \sigma_a = \frac{\sigma_e}{s_x \sqrt{N-1}}$$

met  $\tau_a$  = standaardafwijking in de gedetecteerde trend;  
 $\sigma_e$  = standaardafwijking van de residuen na trendanalyse;  
 $s_x$  = standaardafwijking van de monstertijdstippen;  
 $n$  = aantal waarnemingen.

Uit de formule blijkt dat spreiding van een gelijk aantal monstertijdstippen over een langere periode (grotere  $S_x$ ) een kleinere standaard afwijking van de gedetecteerde trend geeft, wat verwacht kan worden. Verder geeft toename van het aantal monsters een trend met kleinere standaard afwijking; ook dat mocht verwacht worden.

De residuele standaardafwijking  $\sigma_e$  kan veroorzaakt worden door meetruis, fluctuaties in de meteorologie of andere niet-systematische bijdragen aan de variabiliteit. Wat opvalt echter, is dat de trend zelf niet direct als term in de formule voor de standaardafwijking van de trend verschijnt.

Gegeven de meetruis, meteorologie en andere niet-systematische componenten, verwoord in  $\sigma_e$ , gegeven ook de meetfrequentie en periode, ligt de standaardafwijking van de gedetecteerde trend vast. In  $\sigma_e$  zit echter de grootte van de trend verscholen, hoe groter de trend ten opzichte van de variantie, hoe kleiner  $\sigma_e$ .

Nu kan de omkering van de redenering voltooid worden. Gegeven het meetnet dat in het verleden door de verschillende instituten is gebruikt, is aan te geven hoe groot de trend moet zijn om gedetecteerd te kunnen worden. Trends kleiner dan deze trend kunnen niet anders gedetecteerd worden dan door uitbreiding van de meetreeks.

Voor grotere steekproeven kan de detecteerbaarheid nu gedefinieerd worden met de volgende benaderende formule:

$$d = t * \frac{s_y}{s_x} * \frac{1}{\sqrt{N}}$$

met  $d$  = Kleinst nog waarneembare lineaire trend (detecteerbaarheid);  
 $t$  = student t-waarde voor 2-zijdige overschrijding;  
 $s_x, y$  = standaardafwijking in  $x$  (tijd) en  $y$  (zwevend stof);  
 $N$  = steekproefgrootte.

Op basis van de clustering zoals aangegeven in de vorige hoofdstukken is de volgende detecteerbaarheid af te leiden.



| Cluster                          | kust<br>[mg/l/jaar] | midden<br>[mg/l/jaar] | veraf<br>[mg/l/jaar] |
|----------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|
| winter<br>noordelijke Noordzee   | +0.9/-0.15          | +0.23/-0.05           | +0.06/-0.02          |
| winter<br>zuidelijk<br>Noordzee  | +5.3/-0.6           | +0.18/-0.25           | +0.18/-0.04          |
| zomer<br>noordelijke<br>Noordzee | +0.3/-0.06          | +0.12/-0.02           | +0.05/-0.015         |
| zomer<br>zuidelijke<br>Noordzee  | +0.23/-0.26         | +0.68/-0.10           | +0.24/-0.06          |

In verband met de log-normale verdeling worden dalingen eerder gedetecteerd (in mg/l) dan stijgingen. Een relatieve verandering (stijging of daling) wordt even snel gedetecteerd. Men moet er bij de interpretatie van de getallen rekening mee houden dat de onderliggende dataset 25 jaren besloeg en de trend zich dus over deze periode moet uitstrekken.

## 7.2 Te verwachten veranderingen in zwevend stof gehalte

Een indicatie van te verwachten veranderingen in het zwevend stof gehalte langs de Nederlandse kust is moeilijk te geven. Het meeste inzicht bestaat nog in de veranderingen in de menselijke activiteiten, die een invloed kunnen hebben op het zwevend stof gehalte. Op basis van deze veranderingen is door [van ALPHEN, 1990] een zwevend stof balans voor de Nederlandse kust zone opgesteld.

Belangrijke activiteiten zoals door van Alphen genoemd zijn:

- Baggerwerkzaamheden ten behoeve van de haven van Zeebrugge: 1,5 miljoen ton zwevend stof per jaar extra als bronterm van 1980 tot en met 1985.
- Afsluiting Haringvliet, gecombineerd met het stortingsregime op Loswal Noord tussen 1970 en 1980: vermindering van het zwevend stof debiet Noordwaarts van Loswal Noord van 0.9 miljoen ton per jaar.
- Stortingsregime Loswal Noord in de periode 1980 - 1985, verminderd transport naar het noorden van 0.2 miljoen ton zwevend stof per jaar.
- Extra import in Oosterschelde van 1 miljoen ton per jaar en effect van de Slufter op Loswal Noord van 0.8 miljoen ton per jaar na 1986.

Om enige indruk te krijgen van de betekenis van deze veranderingen voor het zwevend stof gehalte zelf, is het MANS model instrumentarium gebruikt.

In figuur 7.1 is het gemodelleerde zwevend stof gehalte, zoals gebruikt in het MANS-voorspellings instrument, weergegeven. Deze simulatie vertoont afwijkingen met gemeten gehalten. Desalniettemin mag aangenomen worden dat de veranderingen in de modeluitkomsten ten gevolge van de veranderingen in een lozingsbron, een goede indicatie geven van de veranderingen in zwevend stof gehalten die voor de Nederlandse kust verwacht worden.

Met dit MANS instrument is een gevoeligheidsanalyse gedaan door 4 relevante brontermen met 10% te verminderen.

In de figuren 7.2, 7.3, 7.4 en 7.5 staan de reducties in gehalte (mg/l) aangegeven bij reductie van de brontermen uit respectievelijk de Schelde, Het Haringvliet, de Vlaamse banken en de Nieuwe Waterweg met 10%.

In onderstaande tabel worden de model-brontermen gegeven en de grootte van de reductievracht in tonnen per jaar.

Tabel 7.2 In het model toegepaste brontermen en reducties

| Bron            | model-bronterm (1985)<br>[10 <sup>6</sup> ton/jaar] | reductie<br>[10 <sup>6</sup> ton/jaar] |
|-----------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Vlaamse banken  | 1.0                                                 | 0.1                                    |
| Scheldes        | 0.3                                                 | 0.03                                   |
| Haringvliet     | 0.3                                                 | 0.03                                   |
| Nieuwe waterweg | 1.0                                                 | 0.1                                    |

Te verwachten veranderingen in het zwevend stof gehalte:

- Periode 1970-1980

Deze periode onderscheidt zich van voorgaande jaren door de afsluiting van het Haringvliet en het stortingsregime op Loswal Noord. De vermindering van 0.9 miljoen ton per jaar is ongeveer 70% van de 1985 waarde voor beide brontermen (zie tabel 7.2), 1.0 en 0.3.

Een verandering van 7\* figuur 7.3 (Haringvliet) + 7\* figuur 7.5 (Nieuwe Waterbrug) is dus te verwachten. Dit betekent voor de noordelijke clusters aan de kust ca. 2.5 mg/l, tot 17,5 km circa 1mg/l en daarbuiten nauwelijks merkbaar (oude grootte 0.1 mg/l).



- periode 1980 - 1985

Ten opzichte van de periode 1970 - 1980 mag ten gevolge van de baggerwerkzaamheden te Zeebrugge en het regime op Loswal Noord circa 15 \* de waarde van figuur 7.4 (Vlaamse banken) min circa 2 \* de waarde van figuur 7.5 (Nieuwe Waterweg) verwacht worden. Dit bedrag is in totaal een toename.

Voor de zuidelijke clusters komt dit neer op circa 3 mg/l aan de kust, circa 1 mg/l tot 17.5 km en 0.1 mg/l wat verder uit de kust.

Voor de noordelijke clusters komt dit neer op circa 2,5 mg/l aan de kust, circa 0.7 mg/l tot 17.5 km. en 0.1 mg/l verder uit de kust.
- periode 1986

Vanwege het einde van het bagger bezwaar wordt vergeleken met de periode 1970-1980.

Ten opzichte van de periode 1970 - 1980 is een afname te verwachten van circa 30 \* figuur 7.3 (Haringvliet) ten gevolge van de Delta werken (1.0 miljoen ton Oosterschelde) en circa 10 \* figuur 7.5 (Nieuwe Waterweg) (1.0 miljoen ton Loswal Noord).

Dit betekent voor de noordelijke clusters langs de kust een afname van circa 5.0 mg/l, circa 1.5 mg/l tot 17.5 km en nauwelijks effect daarbuiten, alles t.o.v. 1970-1980. In tabel 7.3 zijn de veranderingen uitgedrukt t.o.v. de vorige periode.

Resumerend zijn de veranderingen in een tabel vervat.

Tabel 7.3 Verwachte veranderingen in zwevend stof gehalte ten opzichte van de voorgaande periode in mg/l

| noordelijke Noordzee | kust<br>[mg/l] | midden<br>[mg/l] | veraf<br>[mg/l] |
|----------------------|----------------|------------------|-----------------|
| periode              |                |                  |                 |
| 1970 - 1980          | - 2.5          | -1.0             | -               |
| 1980 - 1985          | + 2.5          | + 0.7            | + 0.1           |
| 1986 - heden         | - 7.5          | - 2.2            | - 0.1           |
| totale periode       | - 7.5          | - 0.5            | 0.0             |
| zuidelijke Noordzee  | kust<br>[mg/l] | midden<br>[mg/l] | veraf<br>[mg/l] |
| periode              |                |                  |                 |
| 1970 - 1980          | -              | -                | -               |
| 1980 - 1985          | + 3.0          | + 1.0            | + 0.1           |
| 1986 - heden         | - 3.0          | - 1.0            | - 0.1           |
| totale periode       | 0.0            | 0.0              | 0.0             |

De detecteerbaarheid met behulp van de huidige meetreeks kan vergeleken worden met te verwachten fluctuaties in het zwevend stof gehalte ten gevolge van constructieve werken. Deze vergelijking gaat in die zin mank, dat een periode van 25 jaar meetdata is onderzocht en van de veranderingen steeds perioden van 5 a 10 jaar bedragen.



Teneinde toch een indicatie te geven is een tabel opgenomen met daarin de te verwachten veranderingen (mg/l) gedeeld door de detecteerbaarheid (mg/l/jaar) maal de meetperiode (jaar). Het resulterend getal is dimensieloos.

Tabel 7.4 Verwachte veranderingen gedeeld door de detecteerbaarheid

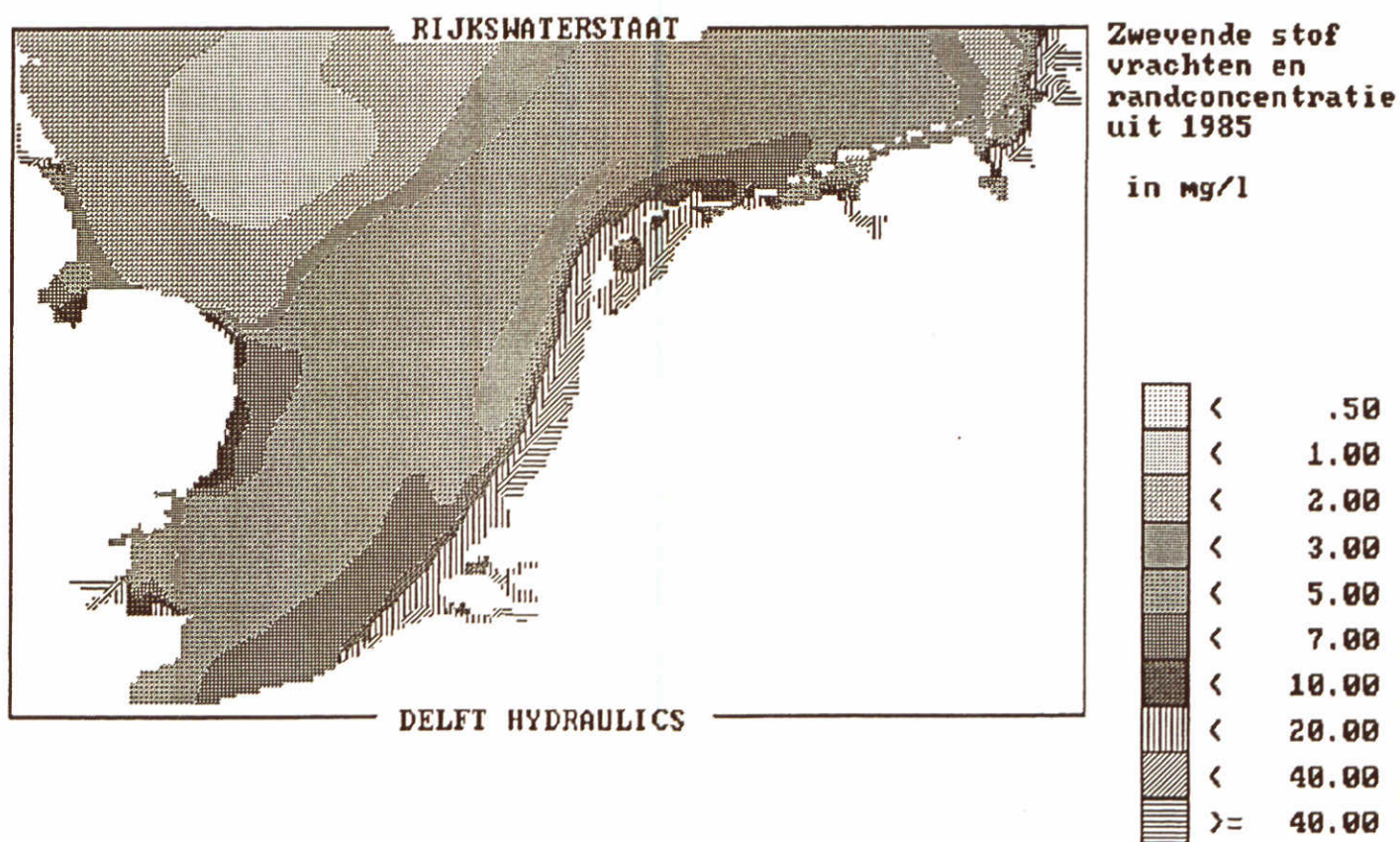
| noordelijke Noordzee | kust   | midden | veraf  |
|----------------------|--------|--------|--------|
| periode              |        |        |        |
| 1970 - 1980          |        |        |        |
| winter               | - 0.67 | - 0.8  |        |
| zomer                | - 1.67 | - 0.2  |        |
| 1980 - 1985          |        |        |        |
| winter               | 0.11   | 0.12   | 0.07   |
| zomer                | 0.33   | 0.23   | 0.08   |
| 1986 - heden         |        |        |        |
| winter               | - 2.0  | - 1.76 | - 0.2  |
| zomer                | - 5.0  | - 4.4  | - 0.27 |
| totale periode       |        |        |        |
| winter               | - 2.0  | - 0.4  | 0.0    |
| zomer                | - 5.0  | - 1.0  | 0.0    |
| zuidelijke Noordzee  | kust   | midden | veraf  |
| periode              |        |        |        |
| 1970 - 1980          |        |        |        |
| winter               |        |        |        |
| zomer                |        |        |        |
| 1980 - 1985          |        |        |        |
| winter               | 0.02   | 0.22   | 0.02   |
| zomer                | 0.52   | 0.06   | 0.02   |
| 1986 - heden         |        |        |        |
| winter               | - 0.2  | - 0.16 | - 0.1  |
| zomer                | - 0.46 | - 0.4  | - 0.07 |
| totale periode       |        |        |        |
| winter               | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| zomer                | 0.0    | 0.0    | 0.0    |

Wanneer de indicatie in tabel 7.4 gelijk is aan 1.0 of -1.0 wil dit zeggen dat de betreffende verandering waarschijnlijk opgemerkt zal worden gedurende de 24 jarige meetreeks. Zoals gesteld gaat vergelijking in die zin mank dat de tijdschaal van de verandering korter is.

De daling van het zwevend stof gehalte in 1970 in het Noordelijk deel zou met name 's zomers aan de kust en in het midden opgemerkt zijn. Hetzelfde geldt voor de daling na 1986 voor beide seizoenen. Ook de veranderingen over de totale periode zouden merkbaar moeten zijn.

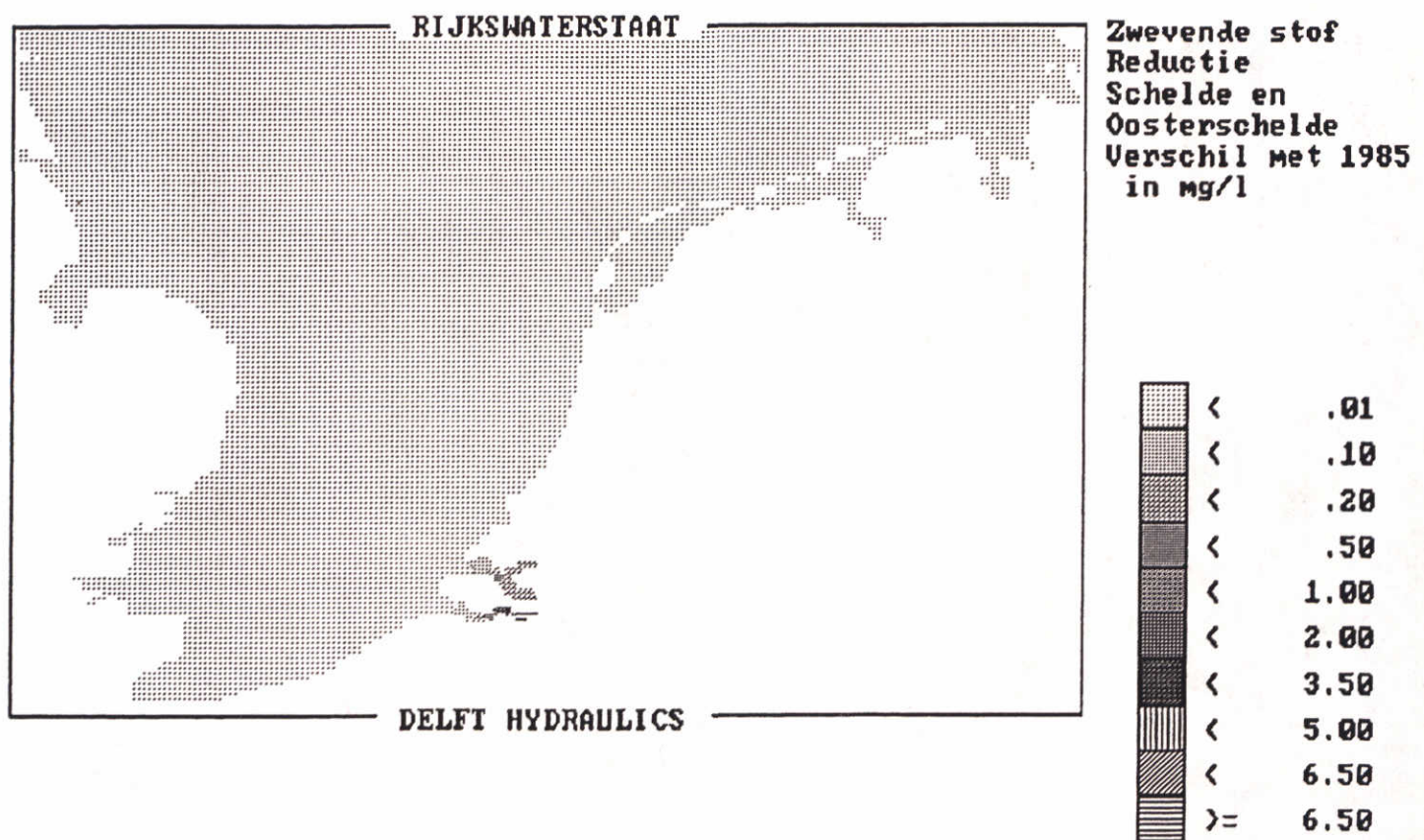
Voor het zuidelijke deel wordt geen detectie verwacht.

Vergelijken we deze uitkomsten met de lineaire trendanalyse van hoofdstuk 5.2.2, dan blijkt dat de afname van 0.37 mg/l/jaar over de 25 jarige periode, die aan de kust is gedetailleerd, goed overeenkomt met de afname van 7.5 mg/l over de periode van voor 1970 tot na 1986. De in hoofdstuk 5.2.2 wel gedetecteerde stijgende trend in de open-zee clusters, zowel Noord als Zuid, is niet verklaarbaar uit verwachtingen rond menselijk ingrijpen zoals weergegeven in dit hoofdstuk.

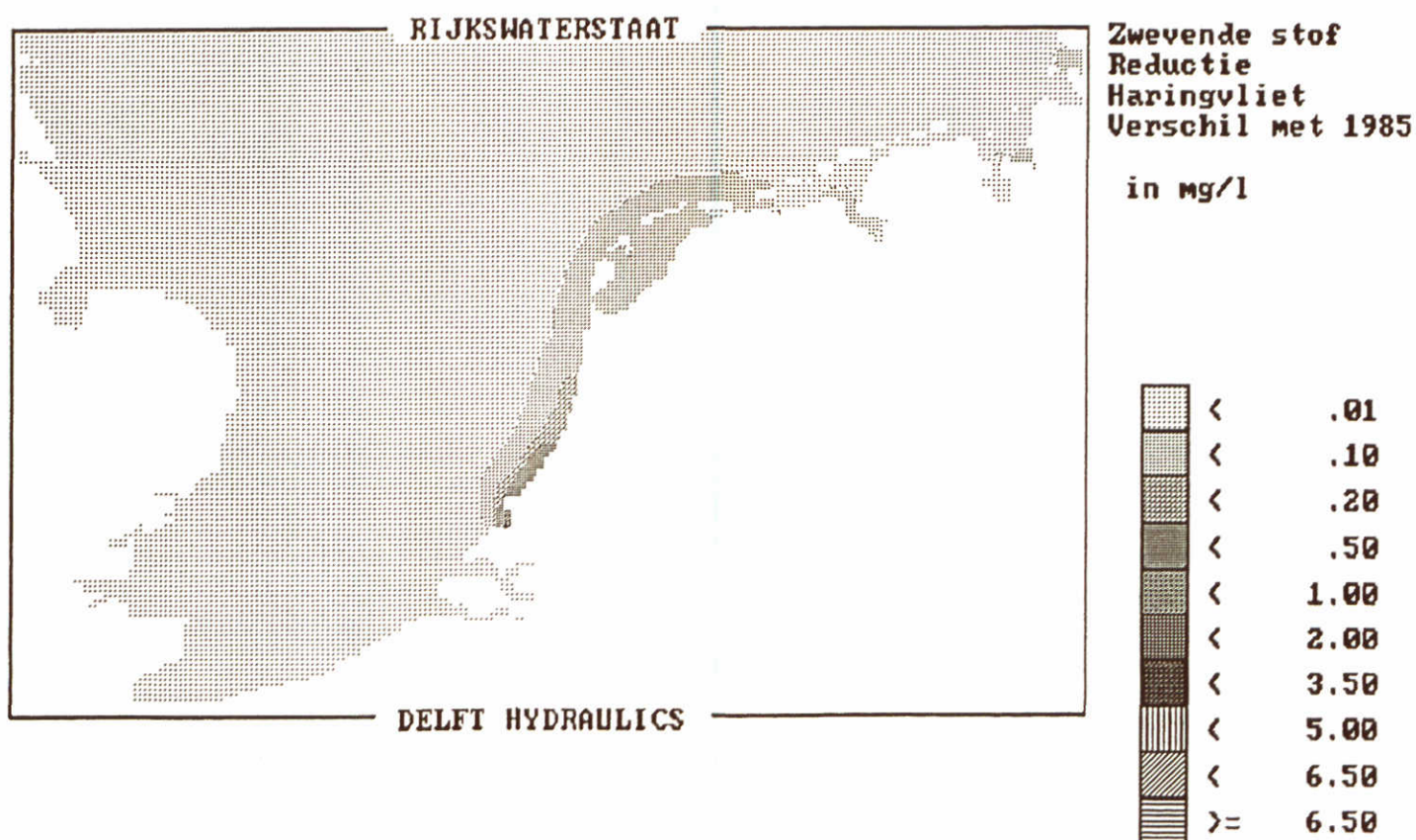


Figuur 7.1 brontermen in het MANS-voorspellings instrument



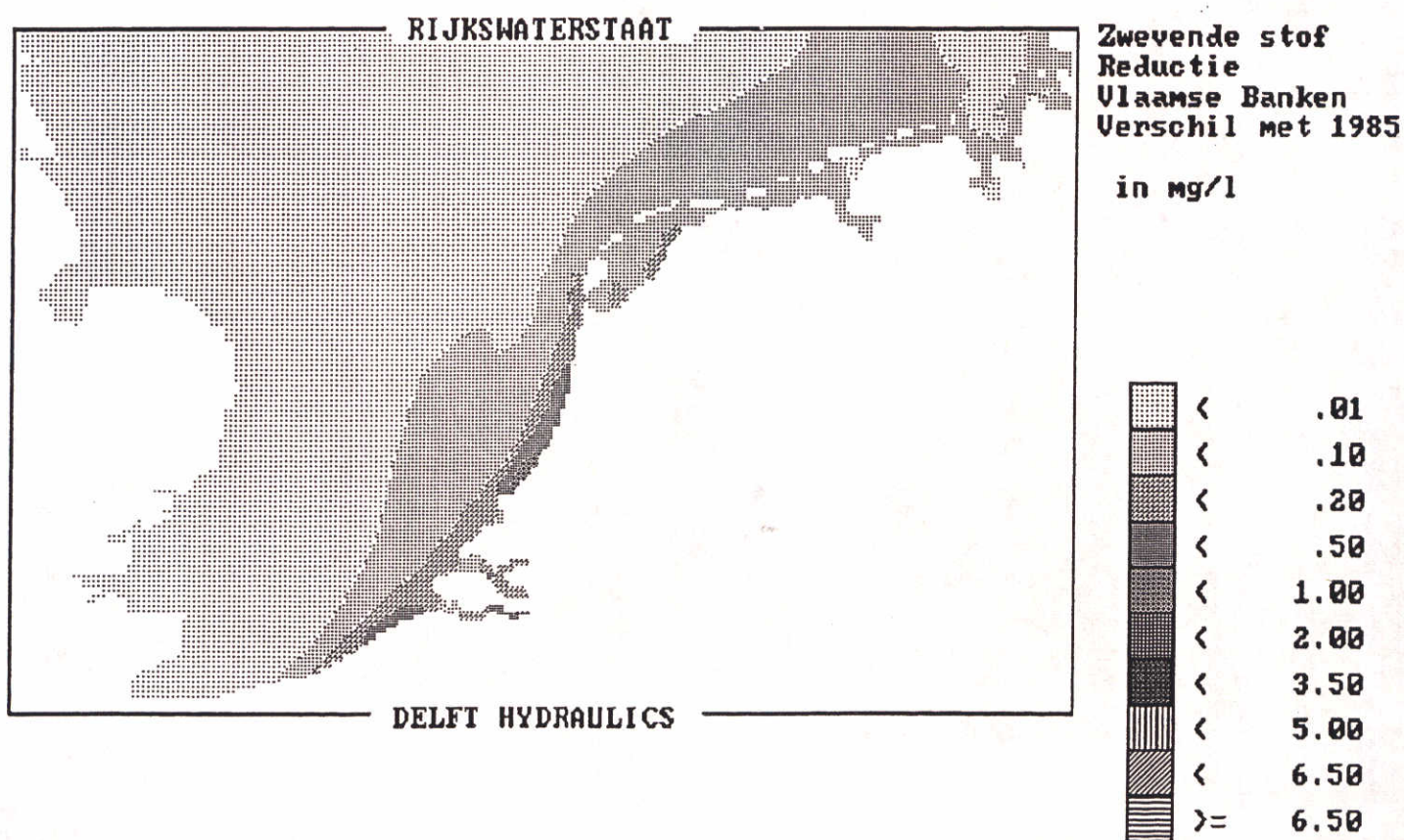


Figuur 7.2 Verandering bronterm Schelde



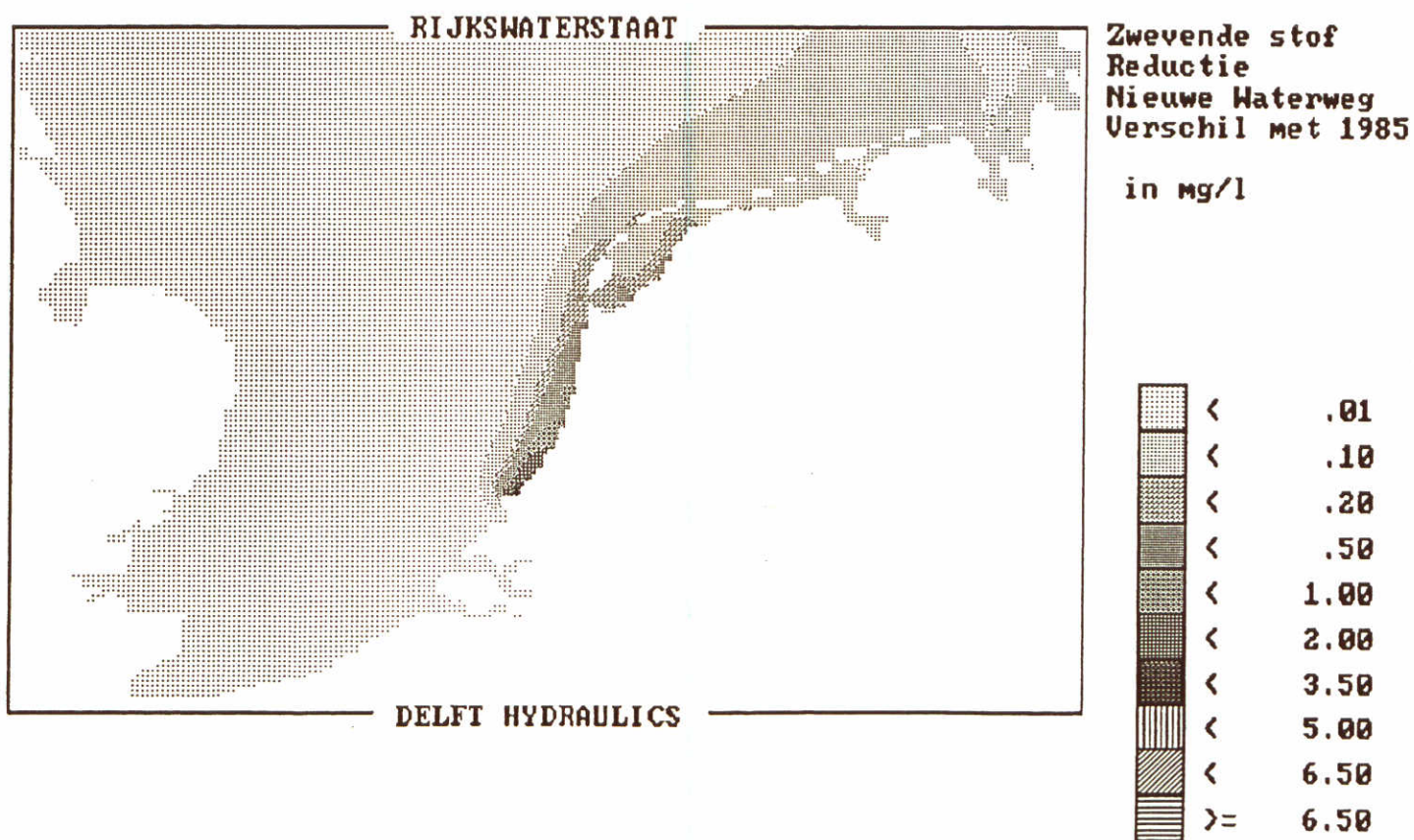
Figuur 7.3 Verandering bronterm Haringvliet





Figuur 7.4 Verandering bronterm Vlaamse banken





Figuur 7.5 Verandering bronterm Nieuwe Waterweg

## 8 Conclusies

De conclusies zijn ingedeeld in 3 delen:

- I        Getij-invloed op de Waddenzee;
- II       trendmatige veranderingen op de Noordzee;
- III      modelmatige benadering van de vraag naar het menselijke ingrijpen.

### I Getij-invloed op de Waddenzee

Uit de metingen is gebleken dat de getij-invloed op het zwevend stof gehalte groot kan zijn, maar op doorzicht kleiner is. Alle stations vertonen hetzelfde verloop van het gemiddelde zwevend stof gehalte in de tijd. Bij hoog- en laagwater is het gemiddelde laag en daartussen treden de pieken op. Het valt op dat voor *alle* stations geldt dat het zwevend stof gehalte ten tijde van de kentering circa 50% lager is dan het gemiddelde over het getij en dat de waarde ten tijde van de hoogste stroomsnelheden tussen de kenteringen in circa 50% hoger is dan het gemiddelde. Voor doorzicht is het effect andersom, een (ongeveer 20%) hogere waarde ten tijde van de kenteringen, een lagere waarde daartussenin.

Bij de 14-daagse metingen, die bij het onderzoek 'trendanalyse van zwevend stof gegevens van de Waddenzee over de periode 1973-1990' [WL,1991] werden geanalyseerd, is in sommige gevallen het meettijdstip binnen het getij systematisch veranderd in de loop der jaren. De trends in het zwevend stof gehalte die werden aangetoond bij dat onderzoek zouden eventueel verklaard kunnen worden door deze systematische verandering. De conclusie van deze fase van het TROEBEL onderzoek is dat de gedetecteerde significante trends in het zwevend stof gehalte in de Waddenzee over de periode 1973-1990 voor geen enkel station kunnen worden verklaard door de veranderingen in het meettijdstip binnen het getij.

### II Trendmatige veranderingen op de Noordzee

Bij het onderzoek 'Troebelheid Nederlandse zoute wateren; inventarisatie en trendanalyse 1930-1990' (TROEBEL, fase I) [WL,1992] werden reeds enkele lineaire en kwadratische trends aangetoond over de periode 1975-1990 per WORSRO-station.

De verlenging van de reeks met een viertal jaren (1966-1969) heeft enerzijds een duidelijke verbetering van de trendanalyse opgeleverd, omdat men een uitspraak doet over een langere periode. Anderzijds kon de koppeling van de twee datasets alleen plaatsvinden door eerst een ruimtelijke clustering toe te passen. Dit betekende een verslechtering van de trendanalyse, omdat een cluster ruimtelijk niet homogeen is voor de variabele zwevend stof. Daardoor is de verklaarde variantie met de kwadratische trend vergelijking juist afgenomen ten opzichte van de eerdere berekeningen per station.

In zijn algemeenheid moet voorzichtigheid worden betracht met het concluderen uit een op deze wijze verlengde reeks. Omdat voor de verlenging een andere bemonsterings instantie en -procedure is toegepast, kunnen gevolgen daarvan mede van invloed zijn op gevonden trends.



De kwadratische trends per station (TROEBEL, fase I) vertoonden, met uitzondering van één station op de Rottumraai die in deze beschouwing niet is meegenomen, een piek rond 1980 (1979, 1980, 1981 en 1982). Door het clusteren van NIOZ-meetpunten en WORSRO-meetstations tot clusters en het verlengen van de reeks naar 1966 is de piek onduidelijker geworden. De piek ligt voor de beide clusters in de Midden zone (3,5 km - 17,5 km van de kust) nog steeds rond 1980 (geen trend aangetoond in Noordelijk, Midden zone, zomer). De clusters langs de kust vertonen geen significante trend. Alleen in de winter in het noordelijke cluster langs de kust is een trend aangetoond met een piek in 1976. Het zuidelijke cluster vanaf op zee ( $< 17,5$  km) vertoont een latere piek, in de zomer in 1984 en in de winter in 1985. Het noordelijke cluster vanaf vertoont weer de piek rond 1980 voor zomer (1979) en winter (1981).

De gemiddelde zwevend stof gehalten per cluster vertonen nauwelijks correlatie met de naast gelegen clusters. Daaruit kan men concluderen dat de wind en/of een 18.6 jarige getijcyclus alléén geen oorzaak kan zijn van de trends. Immers de invloed zou dan op de 6 clusters gelijkvormig moeten zijn. De pieken in de gemiddelde zwevend stof gehalten kunnen niet worden verklaard met de gemiddelde windsnelheden, omdat die weinig tot geen variantie vertoonden. Voor één cluster is getracht een sinus met een periode van 18.6 jaar door de meetwaarden te fitten. de verklaarde variantie is lager dan de verklaarde variantie met het kwadratische model.

Het blijkt dat de meting van doorzicht in de WORSRO-periode niet hoger kon zijn dan 3 meter. Het is nog onbekend of dit werd veroorzaakt door een te korte ketting aan de Secchi-schijf, door foutief invullen in de bestanden of door nog onbekende oorzaken. Dit maakt het trekken van conclusies nagenoeg onmogelijk.

Het doorzicht lijkt te zijn afgenomen tussen 1969 en 1975. Ten eerste zijn de gemiddelden in de periode 1903 - 1969, afkomstig uit [VISSER, 1970], significant hoger dan de gemiddelden in de periode 1975 - 1978, afkomstig van WORSRO. Ten tweede is er een trend zichtbaar als per cluster en per seizoen de gemiddelden voor de gehele periode 1966 - 1978 worden uitgezet.

### III Modelmatige benadering van de vraag naar het menselijke ingrijpen

Er is een vergelijking gemaakt tussen de te verwachten veranderingen in het zwevend stof gehalte op grond van modelberekeningen en de eigenschappen van de dataset voor trendanalyse.

Op grond hiervan moet een detectie van een stijging van het zwevend stof gehalte tot het midden der 80'er jaren en een daling daarna, waarschijnlijk zijn voor zomerperioden en noordelijke clusters dichterbij 17.5 km bij de kust. Voor de zuidelijke clusters is de waarschijnlijkheid van detectie wat geringer en beperkt zich mogelijk tot de kuststrook.

Al hoewel ook 's winters een dergelijke trend merkbaar kan zijn komt deze moeilijker boven de achtergrond ruis uit. Er is op deze wijze geen onderbouwing gevonden voor trends op grotere afstanden van de kust. Er moet echter niet uitgesloten worden dat voor deze gebieden de modelvoorspellingen een beperkter betekenis hebben omdat modelfouten ten opzichte van gemeten gehalten groter kunnen zijn.



## 9 Literatuurlijst

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)

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.

OOSTERBAAN A.A.F, 1989

Veranderingen in de Hollandse kustfauna, beschrijving van de veranderde kustfauna voor de kust van Hoek van Holland tot Den Helder, periode 1931-1985, Wetenschappelijke mededelingen Kon. Ned. Natuurhistorische Vereniging KNNV, vr. 193

POSTMA, H. (NIOZ), 1961

Transport and accumulation of suspended matter in the Dutch Wadden Sea in: Netherlands Journal of Sea Research, vol. 1, 1/2, 1961, pp 148-190

VISSER M.P., 1970

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

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM - DELFT, 1989a

Retrospectief onderzoek zwevend stof Noordzee; deel I gegevens analyse, rapport nr. T0147 deel I, maart 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

Troebelheid Nederlandse zoute wateren, inventarisatie en trendanalyse 1930 - 1990, rapport nr. T911, februari 1992





## **Bijlage A NIOZ-bestand**



## A1 Structuur van het NIOZ-bestand

De opbouw van het bestand is nogal onregelmatig. Meestal is op één tijdstip op 3 verschillende diepten gemeten, soms op 2 diepten en in enkele gevallen op 1 diepte. De waarnemingsdiepten zelf zijn ook telkens verschillend. Meestal wordt gemeten circa 0.5 m onder het oppervlak, ergens halverwege tussen wateroppervlak en de zeebodem en een paar meter boven de zeebodem. Soms ontbreekt de meting vlak onder het wateroppervlak. Indien er op de betreffende plaats doorzicht gemeten is wordt deze in het NIOZ bestand bij iedere waarnemingsdiepte opnieuw vermeld. De variabele Secchi diepte is dezelfde als de variabele doorzicht.

Tabel 1 Opbouw van het NIOZ bestand

| Veldnummer | Identificatie                 | Voorbeeld |
|------------|-------------------------------|-----------|
| 1          | Jaar                          | 1966      |
| 2          | Maand                         | 9         |
| 3          | Dag                           | 1         |
| 4          | Tijd                          | 10:20     |
| 5          | Noord (graden)                | 51        |
| 6          | Noord (minuten)               | 45        |
| 7          | Noord (seconden)              | 0         |
| 8          | Oost (graden)                 | 3         |
| 9          | Oost (minuten)                | 34        |
| 10         | Oost (seconden)               | 5         |
| 12         | Secchi diepte                 |           |
| 13         | Waarnemingsdiepte             | 0.5       |
| 17         | Suspensie (zwevend stof geh.) | 10.1      |

Het in kolom 3 gegeven voorbeeld betekent het volgende:

"Op 1 september 1966 is op de positie 51°45'0" N-breedte en 3°34'5" O-lengte om 10:20 uur een meting verricht. Doorzicht is niet gemeten. De totale waterdiepte is 10 m. Op een waarnemingsdiepte van 0.5 m onder het wateroppervlak is het gemeten zwevend stof gehalte 10.1 mg/l".

Voor dit onderzoek is het bestand aangepast ten behoeve van multivariante analyses. Het resultaat staat in tabel 2.

Tabel 2 Opbouw van het gemodificeerde NIOZ-bestand

| Veldnummer | Identificatie                                       | Voorbeeld |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------|
| 1          | N-breedte locatie                                   | 53.0347   |
| 2          | W-lengte locatie                                    | 4.6514    |
| 3          | Jaar                                                | 1966      |
| 4          | Maand                                               | 09        |
| 5          | Dag                                                 | 05        |
| 6          | Uur                                                 | 16        |
| 7          | Minuut                                              | 44        |
| 9          | Secchi diepte in m                                  | 3.2       |
| 13         | Suspensie in mg/l aan oppervlak (zwevend stof geh.) | 7.8       |

Het voorbeeld gegeven in de 3e kolom van tabel 2.3 betekent het volgende:

"In de locatie met geografische coördinaten 53.0347 N-breedte en 4.6514 O-lengte is op 5 september 1966 om 16:44 een meting verricht. Doorzicht is 3.2 m. Het zwevend stof gehalte op een diepte van 0.5 m is 7.8 mg/l".

## A2 Fouten in het NIOZ-bestand

Bij het koppelen van de zwevend stof gegevens op verschillende waarnemingsdiepten en het gemeten doorzicht is ook bij het NIOZ bestand een fout naar voren gekomen.

Overzicht dubbele waarneming in het NIOZ bestand

| Datum       | Tijd  | N_breedte | O_lengte |
|-------------|-------|-----------|----------|
| 9 sept 1966 | 14:10 | 52.9347   | 3.5567   |
| 9 sept 1966 | 14:10 | 52.7833   | 3.8833   |

De tijd in het tweede record is vermoedelijk ooit (met de hand) verkeerd ingevoerd. Vermoedelijk had bij het tweede record in tabel 8 een tijd van 16:10 uur moeten staan. Dit is achterhaald door de achtereenvolgende meetposities op die dag te plotten. Het betreffende record is met een gecorrigeerde tijd van 16:10 in het bestand opgenomen.







## **Bijlage B WORSRO-bestand**

## B1 Structuur van het WORSRO-bestand

Tabel 1 Velden in het WORSRO-bestand

| Veldnummer | Identificatie | Voorbeeld |
|------------|---------------|-----------|
| 2          | Station       | NZRAP1    |
| 3          | Parameter     | ZS        |
| 4          | Datum         | 750520    |
| 5          | Tijd          | 2045      |
| 9          | Diepte        | 00        |
| 12         | Meetwaarde    | 26        |
| 13         | Eenheid       | mg/l      |

Het in de 3e kolom van tabel 1 gegeven voorbeeld betekent het volgende:

"In het Noordzee-station (NZ) 'Appelzak 1' (AP1) is het zwevend stof gehalte (ZS) op 20 mei 1975 om 20:45 uur op een diepte van 0 meter (d.i. vlak onder het oppervlak) gelijk aan 26 mg/l". In de naam van het station herkent men een plaatsnaam langs de kust van Nederland en de afstand vanaf de kust [km].

Na aanpassing van de structuur voor dit project ontstaan de velden die in tabel 2 zijn aangegeven.

B1: Tabel 2 Opbouw van het gemodificeerde WORSRO-bestand

| Veldnummer | Identificatie        | Voorbeeld |
|------------|----------------------|-----------|
| 1          | N-breedte station    | 51.4950   |
| 2          | W-lengte station     | 3.1592    |
| 3          | Jaar                 | 75        |
| 4          | Maand                | 07        |
| 5          | Dag                  | 14        |
| 6          | Uur                  | 18        |
| 7          | Minuut               | 55        |
| 8          | Zwevend stof in mg/l | 16.0      |
| 9          | Doorzicht in m       | 1.2       |

Het voorbeeld in de 3e kolom van tabel 2.7 betekent het volgende:

"In het meetpunt met geografische coördinaten 51.4950 (N\_breedte) en 3.1592 (W\_lengte) is op 14 juli 1975 om 18:55 uur het gemeten zwevend stof gehalte 16.0 mg/l en het gemeten doorzicht 1.2 m".

Tabel 3: Aantal meetwaarden zwevend stof per station per jaar

|          | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | ALL |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| NZRAP1   | 15 | 21 | 24 | 24 | 22 | 23 | 22 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 177 |
| NZRAP10  | 15 | 21 | 24 | 24 | 22 | 23 | 22 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 177 |
| NZRAP2   | 15 | 21 | 24 | 24 | 22 | 23 | 22 | 23 | 21 | 18 | 16 | 39 | 47 | 3  | 0  | 0  | 318 |
| NZRAP20  | 15 | 21 | 24 | 24 | 21 | 23 | 22 | 23 | 21 | 20 | 16 | 15 | 16 | 2  | 0  | 0  | 263 |
| NZRAP30  | 15 | 20 | 24 | 24 | 22 | 23 | 22 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 176 |
| NZRAP4   | 15 | 21 | 24 | 24 | 22 | 23 | 22 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 177 |
| NZRAP50  | 12 | 20 | 24 | 24 | 22 | 23 | 21 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 172 |
| NZRAP70  | 13 | 20 | 24 | 24 | 22 | 23 | 21 | 22 | 17 | 15 | 16 | 12 | 15 | 3  | 0  | 0  | 247 |
| NZRCL1   | 14 | 17 | 18 | 17 | 20 | 20 | 19 | 22 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 150 |
| NZRCL10  | 13 | 18 | 23 | 22 | 21 | 22 | 22 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 167 |
| NZRCL2   | 14 | 17 | 20 | 17 | 20 | 20 | 19 | 22 | 19 | 20 | 16 | 15 | 16 | 3  | 0  | 0  | 238 |
| NZRCL20  | 13 | 19 | 23 | 23 | 21 | 22 | 21 | 22 | 20 | 20 | 16 | 15 | 15 | 3  | 0  | 0  | 253 |
| NZRCL30  | 11 | 20 | 23 | 23 | 21 | 22 | 22 | 22 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 167 |
| NZRCL4   | 14 | 20 | 22 | 22 | 21 | 22 | 22 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 169 |
| NZRCL50  | 14 | 20 | 23 | 23 | 21 | 22 | 21 | 22 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 169 |
| NZRCL70  | 14 | 21 | 23 | 23 | 21 | 22 | 21 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 171 |
| NZREM1   | 14 | 17 | 21 | 20 | 20 | 21 | 22 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 161 |
| NZREM10  | 14 | 20 | 23 | 23 | 21 | 22 | 22 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 171 |
| NZREM2   | 14 | 22 | 23 | 23 | 21 | 21 | 21 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 171 |
| NZREM30  | 11 | 22 | 23 | 22 | 21 | 22 | 22 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 169 |
| NZREM4   | 14 | 22 | 23 | 23 | 21 | 22 | 22 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 173 |
| NZREM50  | 12 | 21 | 23 | 22 | 21 | 22 | 22 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 169 |
| NZREM70  | 13 | 21 | 23 | 22 | 21 | 22 | 21 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 169 |
| NZRGR10  | 14 | 21 | 24 | 23 | 22 | 23 | 22 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 175 |
| NZRGR20  | 14 | 21 | 24 | 23 | 22 | 23 | 22 | 23 | 21 | 20 | 16 | 15 | 15 | 13 | 12 | 12 | 296 |
| NZRGR30  | 12 | 21 | 24 | 23 | 22 | 23 | 21 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 172 |
| NZRGR50  | 0  | 0  | 23 | 22 | 22 | 23 | 21 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 137 |
| NZRGR6   | 13 | 21 | 24 | 23 | 22 | 23 | 22 | 23 | 20 | 20 | 16 | 15 | 17 | 13 | 12 | 12 | 296 |
| NZRGR70  | 0  | 0  | 23 | 23 | 22 | 22 | 22 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 138 |
| NZRNW1   | 11 | 20 | 23 | 20 | 21 | 21 | 22 | 20 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 10 | 12 | 12 | 195 |
| NZRNW10  | 12 | 21 | 24 | 23 | 21 | 22 | 22 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 36 | 48 | 12 | 267 |
| NZRNW2   | 14 | 20 | 24 | 23 | 21 | 20 | 22 | 23 | 21 | 19 | 16 | 15 | 17 | 13 | 12 | 12 | 292 |
| NZRNW20  | 12 | 21 | 24 | 23 | 20 | 22 | 22 | 23 | 21 | 20 | 16 | 15 | 15 | 13 | 12 | 12 | 291 |
| NZRNW30  | 12 | 20 | 24 | 20 | 21 | 22 | 22 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 10 | 12 | 12 | 201 |
| NZRNW4   | 13 | 21 | 24 | 23 | 21 | 22 | 22 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 10 | 12 | 12 | 206 |
| NZRNW50  | 11 | 20 | 24 | 21 | 20 | 22 | 22 | 23 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 10 | 12 | 12 | 200 |
| NZRNW70  | 13 | 18 | 24 | 20 | 20 | 22 | 22 | 21 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 10 | 12 | 12 | 197 |
| NZRRT10  | 13 | 17 | 21 | 22 | 19 | 21 | 19 | 20 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 153 |
| NZRRT100 | 12 | 18 | 21 | 21 | 19 | 21 | 19 | 20 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 152 |
| NZRRT15  | 13 | 18 | 21 | 22 | 19 | 21 | 19 | 19 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 153 |
| NZRRT20  | 12 | 16 | 21 | 22 | 19 | 21 | 20 | 20 | 17 | 21 | 14 | 18 | 20 | 0  | 0  | 0  | 241 |
| NZRRT3   | 13 | 17 | 21 | 22 | 16 | 21 | 18 | 19 | 37 | 45 | 41 | 41 | 47 | 0  | 0  | 0  | 358 |
| NZRRT30  | 11 | 17 | 21 | 22 | 19 | 21 | 19 | 20 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 151 |
| NZRRT5   | 13 | 16 | 21 | 22 | 16 | 21 | 18 | 19 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 147 |
| NZRRT50  | 13 | 19 | 21 | 22 | 19 | 21 | 20 | 20 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 156 |



|          |     |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |       |
|----------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| NZRR70   | 13  | 17   | 21   | 22   | 19   | 21   | 20   | 20   | 2   | 4   | 4   | 2   | 3   | 0   | 0   | 0   | 168   |
| NZRSW1   | 15  | 21   | 20   | 22   | 21   | 12   | 18   | 21   | 2   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 152   |
| NZRSW10  | 14  | 21   | 24   | 23   | 22   | 23   | 22   | 23   | 20  | 20  | 16  | 15  | 17  | 13  | 12  | 12  | 297   |
| NZRSW20  | 15  | 21   | 24   | 23   | 21   | 23   | 22   | 23   | 21  | 20  | 16  | 14  | 15  | 13  | 12  | 12  | 295   |
| NZRSW30  | 14  | 21   | 24   | 23   | 22   | 22   | 22   | 23   | 3   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 174   |
| NZRSW4   | 15  | 21   | 20   | 22   | 21   | 12   | 19   | 21   | 2   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 153   |
| NZRSW50  | 14  | 21   | 24   | 23   | 22   | 23   | 21   | 23   | 3   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 174   |
| NZRSW70  | 15  | 21   | 24   | 23   | 22   | 23   | 22   | 22   | 2   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 174   |
| NZRTH1   | 13  | 22   | 24   | 20   | 21   | 22   | 22   | 23   | 21  | 20  | 15  | 15  | 17  | 3   | 0   | 0   | 258   |
| NZRTH10  | 13  | 22   | 24   | 23   | 21   | 22   | 22   | 23   | 19  | 18  | 16  | 15  | 16  | 3   | 0   | 0   | 257   |
| NZRTH2   | 14  | 22   | 24   | 23   | 21   | 22   | 22   | 23   | 31  | 31  | 46  | 38  | 38  | 3   | 0   | 0   | 358   |
| NZRTH20  | 9   | 21   | 24   | 23   | 21   | 21   | 22   | 23   | 21  | 20  | 16  | 15  | 15  | 3   | 0   | 0   | 254   |
| NZRTH30  | 13  | 20   | 24   | 23   | 21   | 22   | 22   | 23   | 18  | 18  | 16  | 15  | 16  | 3   | 0   | 0   | 254   |
| NZRTH4   | 14  | 22   | 24   | 23   | 21   | 22   | 22   | 23   | 19  | 18  | 16  | 15  | 16  | 3   | 0   | 0   | 258   |
| NZRTH50  | 13  | 21   | 24   | 22   | 21   | 21   | 22   | 23   | 18  | 18  | 16  | 15  | 16  | 3   | 0   | 0   | 253   |
| NZRTH70  | 14  | 20   | 24   | 22   | 20   | 22   | 21   | 23   | 18  | 17  | 16  | 15  | 16  | 3   | 0   | 0   | 251   |
| NZRTS10  | 13  | 19   | 22   | 22   | 20   | 21   | 20   | 20   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 10  | 12  | 12  | 192   |
| NZRTS100 | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 10  | 12  | 12  | 34    |
| NZRTS135 | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 10  | 12  | 12  | 34    |
| NZRTS175 | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 10  | 12  | 12  | 34    |
| NZRTS20  | 12  | 18   | 22   | 22   | 20   | 21   | 20   | 20   | 17  | 19  | 16  | 15  | 15  | 3   | 0   | 0   | 240   |
| NZRTS235 | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 10  | 11  | 12  | 33    |
| NZRTS30  | 12  | 19   | 22   | 22   | 20   | 21   | 20   | 20   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 157   |
| NZRTS4   | 13  | 18   | 22   | 22   | 20   | 21   | 20   | 20   | 17  | 18  | 16  | 15  | 16  | 13  | 12  | 12  | 275   |
| NZRTS50  | 11  | 18   | 22   | 22   | 20   | 21   | 19   | 20   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 10  | 12  | 12  | 188   |
| NZRTS70  | 10  | 19   | 21   | 22   | 19   | 21   | 20   | 20   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 153   |
| NZRWC1   | 15  | 21   | 24   | 21   | 21   | 22   | 22   | 23   | 3   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 172   |
| NZRWC2   | 15  | 21   | 23   | 24   | 22   | 23   | 22   | 23   | 21  | 20  | 16  | 15  | 17  | 13  | 12  | 12  | 299   |
| NZRWC30  | 11  | 20   | 24   | 24   | 22   | 23   | 21   | 23   | 2   | 0   | 0   | 0   | 0   | 10  | 12  | 12  | 204   |
| NZRWC4   | 15  | 21   | 24   | 24   | 22   | 23   | 22   | 23   | 3   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 177   |
| NZRWC50  | 0   | 0    | 24   | 24   | 21   | 23   | 21   | 23   | 3   | 0   | 0   | 0   | 0   | 10  | 12  | 12  | 173   |
| NZRWC70  | 0   | 0    | 24   | 24   | 22   | 23   | 21   | 22   | 3   | 0   | 0   | 0   | 0   | 10  | 12  | 12  | 173   |
| NZRYM20  | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 15  | 20  | 16  | 15  | 15  | 3   | 0   | 0   | 84    |
| NZRYM3   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 16  | 20  | 16  | 14  | 17  | 3   | 0   | 0   | 86    |
| ALL      | 910 | 1373 | 1674 | 1635 | 1516 | 1582 | 1540 | 1614 | 649 | 539 | 472 | 463 | 505 | 327 | 311 | 276 | 15386 |

Tabel 4: Aantal meetwaarden doorzicht per station per jaar

|          | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 82 | 83 | 84 | 85 | ALL |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| NZRAP1   | 8  | 4  | 10 | 6  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 28  |
| NZRAP10  | 8  | 4  | 9  | 7  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 28  |
| NZRAP2   | 9  | 4  | 10 | 6  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 29  |
| NZRAP20  | 8  | 4  | 8  | 5  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 25  |
| NZRAP30  | 8  | 4  | 8  | 6  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 26  |
| NZRAP4   | 9  | 4  | 10 | 7  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 30  |
| NZRAP50  | 7  | 4  | 9  | 4  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 24  |
| NZRAP70  | 7  | 3  | 10 | 4  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 24  |
| NZRCL1   | 5  | 4  | 6  | 6  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 21  |
| NZRCL10  | 5  | 5  | 6  | 6  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 22  |
| NZRCL2   | 5  | 4  | 7  | 6  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 22  |
| NZRCL20  | 5  | 5  | 7  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 25  |
| NZRCL30  | 6  | 5  | 6  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 25  |
| NZRCL4   | 5  | 6  | 7  | 6  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 24  |
| NZRCL50  | 6  | 8  | 6  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 28  |
| NZRCL70  | 6  | 11 | 6  | 9  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 32  |
| NZREM1   | 6  | 9  | 12 | 5  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 32  |
| NZREM10  | 6  | 12 | 15 | 5  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 38  |
| NZREM2   | 6  | 12 | 15 | 5  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 38  |
| NZREM30  | 7  | 12 | 12 | 6  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 37  |
| NZREM4   | 6  | 12 | 15 | 5  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 38  |
| NZREM50  | 7  | 12 | 12 | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 39  |
| NZREM70  | 6  | 11 | 11 | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 36  |
| NZRGR10  | 6  | 5  | 6  | 6  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 23  |
| NZRGR20  | 6  | 6  | 6  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 26  |
| NZRGR30  | 6  | 11 | 7  | 9  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 33  |
| NZRGR50  | 0  | 0  | 9  | 11 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 20  |
| NZRGR6   | 6  | 5  | 6  | 6  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 23  |
| NZRGR70  | 0  | 0  | 14 | 11 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 26  |
| NZRNW1   | 5  | 9  | 11 | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 28  |
| NZRNW10  | 5  | 9  | 10 | 5  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 29  |
| NZRNW2   | 5  | 9  | 11 | 5  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 30  |
| NZRNW20  | 5  | 9  | 10 | 5  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 29  |
| NZRNW30  | 4  | 9  | 9  | 5  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 27  |
| NZRNW4   | 5  | 9  | 10 | 5  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 29  |
| NZRNW50  | 4  | 9  | 7  | 5  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 25  |
| NZRNW70  | 5  | 9  | 14 | 4  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 32  |
| NZRRT10  | 5  | 3  | 7  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 18  |
| NZRRT100 | 3  | 4  | 10 | 6  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 23  |
| NZRRT15  | 4  | 2  | 7  | 4  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 17  |
| NZRRT20  | 4  | 2  | 8  | 4  | 0  | 0  | 1  | 1  | 7  | 27  |
| NZRRT3   | 5  | 4  | 7  | 3  | 0  | 0  | 4  | 4  | 23 | 50  |
| NZRRT30  | 4  | 3  | 10 | 4  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 21  |
| NZRRT5   | 5  | 4  | 7  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 19  |
| NZRRT50  | 3  | 2  | 10 | 4  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 19  |
| NZRRT70  | 3  | 4  | 10 | 4  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 21  |

|         |     |     |     |     |   |   |   |   |    |      |
|---------|-----|-----|-----|-----|---|---|---|---|----|------|
| NZRSW1  | 5   | 12  | 10  | 7   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 34   |
| NZRSW10 | 5   | 14  | 16  | 8   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 43   |
| NZRSW20 | 5   | 14  | 16  | 8   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 43   |
| NZRSW30 | 6   | 14  | 14  | 8   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 42   |
| NZRSW4  | 4   | 12  | 10  | 7   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 33   |
| NZRSW50 | 7   | 14  | 13  | 10  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 44   |
| NZRSW70 | 8   | 14  | 11  | 11  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 44   |
| NZRTH1  | 7   | 5   | 12  | 5   | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 30   |
| NZRTH10 | 7   | 5   | 12  | 5   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 29   |
| NZRTH2  | 8   | 5   | 12  | 5   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 30   |
| NZRTH20 | 7   | 6   | 11  | 4   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 28   |
| NZRTH30 | 7   | 6   | 12  | 3   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 28   |
| NZRTH4  | 8   | 5   | 12  | 5   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 30   |
| NZRTH50 | 7   | 7   | 11  | 3   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 28   |
| NZRTH70 | 7   | 6   | 12  | 3   | 1 | 0 | 0 | 0 | 0  | 29   |
| NZRTS10 | 6   | 15  | 14  | 7   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 42   |
| NZRTS20 | 6   | 15  | 14  | 7   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 42   |
| NZRTS30 | 6   | 15  | 13  | 8   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 42   |
| NZRTS4  | 7   | 15  | 14  | 6   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 42   |
| NZRTS50 | 5   | 16  | 11  | 8   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 40   |
| NZRTS70 | 4   | 14  | 12  | 7   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 37   |
| NZRWC1  | 4   | 8   | 11  | 6   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 29   |
| NZRWC2  | 4   | 8   | 11  | 7   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 30   |
| NZRWC30 | 2   | 9   | 8   | 5   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 24   |
| NZRWC4  | 4   | 8   | 11  | 6   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 29   |
| NZRWC50 | 0   | 1   | 7   | 6   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 14   |
| NZRWC70 | 0   | 1   | 7   | 5   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 13   |
| ALL     | 395 | 550 | 740 | 437 | 2 | 1 | 5 | 5 | 30 | 2165 |



## B2 Namen en coördinaten van de WORSRO stations

| NAAM_RAAI     | STATION  | NB       | WL       |
|---------------|----------|----------|----------|
| Appelzak1     | NZRAP1   | 51:22:51 | 03:21:56 |
| Appelzak10    | NZRAP10  | 51:26:04 | 03:15:43 |
| Appelzak2     | NZRAP2   | 51:23:08 | 03:21:05 |
| Appelzak20    | NZRAP20  | 51:29:42 | 03:09:33 |
| Appelzak30    | NZRAP30  | 51:33:21 | 03:02:49 |
| Appelzak4     | NZRAP4   | 51:23:53 | 03:19:47 |
| Appelzak50    | NZRAP50  | 51:40:35 | 02:49:51 |
| Appelzak70    | NZRAP70  | 51:47:47 | 02:36:58 |
| Callantsoog1  | NZRCL1   | 52:51:53 | 04:41:46 |
| Callantsoog10 | NZRCL10  | 52:53:51 | 04:33:44 |
| Callantsoog2  | NZRCL2   | 52:51:55 | 04:40:25 |
| Callantsoog20 | NZRCL20  | 52:54:46 | 04:24:52 |
| Callantsoog30 | NZRCL30  | 52:55:39 | 04:16:10 |
| Callantsoog4  | NZRCL4   | 52:52:08 | 04:38:35 |
| Callantsoog50 | NZRCL50  | 52:57:35 | 03:58:45 |
| Callantsoog70 | NZRCL70  | 52:59:41 | 03:40:47 |
| Egmond1       | NZREM1   | 52:37:22 | 04:36:24 |
| Egmond10      | NZREM10  | 52:38:16 | 04:28:23 |
| Egmond2       | NZREM2   | 52:37:25 | 04:35:41 |
| Egmond30      | NZREM30  | 52:40:04 | 04:10:43 |
| Egmond4       | NZREM4   | 52:37:34 | 04:34:04 |
| Egmond50      | NZREM50  | 52:41:58 | 03:53:08 |
| Egmond70      | NZREM70  | 52:43:43 | 03:35:35 |
| Goeree10      | NZRGR10  | 51:53:47 | 03:49:44 |
| Goeree20      | NZRGR20  | 51:57:15 | 03:43:18 |
| Goeree30      | NZRGR30  | 52:00:57 | 03:36:42 |
| Goeree50      | NZRGR50  | 52:08:10 | 03:23:51 |
| Goeree6       | NZRGR6   | 51:52:11 | 03:52:25 |
| Goeree70      | NZRGR70  | 52:15:20 | 03:10:38 |
| Noordwijk1    | NZRNW1   | 52:15:23 | 04:25:13 |
| Noordwijk10   | NZRNW10  | 52:18:08 | 04:18:09 |
| Noordwijk2    | NZRNW2   | 52:15:41 | 04:24:22 |
| Noordwijk20   | NZRNW20  | 52:20:30 | 04:10:30 |
| Noordwijk30   | NZRNW30  | 52:23:15 | 04:02:53 |
| Noordwijk4    | NZRNW4   | 52:16:08 | 04:22:57 |
| Noordwijk50   | NZRNW50  | 52:28:51 | 03:47:12 |
| Noordwijk70   | NZRNW70  | 52:34:10 | 03:31:53 |
| Rottum10      | NZRRT10  | 53:37:29 | 06:31:39 |
| Rottum100     | NZRRT100 | 54:22:06 | 06:02:16 |
| Rottum15      | NZRRT15  | 53:39:57 | 06:29:53 |
| Rottum20      | NZRRT20  | 53:42:29 | 06:28:15 |
| Rottum3       | NZRRT3   | 53:33:57 | 06:33:51 |
| Rottum30      | NZRRT30  | 53:47:34 | 06:25:01 |
| Rottum5       | NZRRT5   | 53:34:53 | 06:33:13 |
| Rottum50      | NZRRT50  | 53:57:12 | 06:18:35 |

|            |         |          |          |
|------------|---------|----------|----------|
| Rottum70   | NZRRT70 | 54:07:03 | 06:12:51 |
| Schouwen1  | NZRSW1  | 51:40:00 | 03:35:35 |
| Schouwen10 | NZRSW10 | 51:43:12 | 03:29:43 |
| Schouwen20 | NZRSW20 | 51:46:46 | 03:23:13 |
| Schouwen30 | NZRSW30 | 51:50:16 | 03:16:33 |
| Schouwen4  | NZRSW4  | 51:41:05 | 03:33:39 |
| Schouwen50 | NZRSW50 | 51:57:23 | 03:03:20 |

| NAAM_RAAI       | STATION  | NB       | WL       |
|-----------------|----------|----------|----------|
| -----           | -----    | -----    | -----    |
| Schouwen70      | NZRSW70  | 52:04:23 | 02:50:03 |
| Terheijde1      | NZRTH1   | 52:02:48 | 04:10:07 |
| Terheijde10     | NZRTH10  | 52:06:38 | 04:05:13 |
| Terheijde2      | NZRTH2   | 52:03:14 | 04:09:35 |
| Terheijde20     | NZRTH20  | 52:11:01 | 03:59:35 |
| Terheijde30     | NZRTH30  | 52:15:19 | 03:54:03 |
| Terheijde4      | NZRTH4   | 52:04:03 | 04:08:30 |
| Terheijde50     | NZRTH50  | 52:20:46 | 03:38:33 |
| Terheijde70     | NZRTH70  | 52:26:08 | 03:23:20 |
| Terschelling10  | NZRTS10  | 53:27:40 | 05:06:03 |
| Terschelling100 | NZRTS100 | 54:08:58 | 04:20:31 |
| Terschelling135 | NZRTS135 | 54:24:56 | 04:02:28 |
| Terschelling175 | NZRTS175 | 54:43:09 | 03:41:30 |
| Terschelling20  | NZRTS20  | 53:32:16 | 05:01:16 |
| Terschelling235 | NZRTS235 | 55:10:20 | 03:09:27 |
| Terschelling30  | NZRTS30  | 53:36:50 | 04:56:18 |
| Terschelling4   | NZRTS4   | 53:24:55 | 05:09:02 |
| Terschelling50  | NZRTS50  | 53:46:03 | 04:46:01 |
| Terschelling70  | NZRTS70  | 53:55:07 | 04:36:51 |
| Walcheren1      | NZRWC1   | 51:22:51 | 03:21:56 |
| Walcheren2      | NZRWC2   | 51:32:56 | 03:24:39 |
| Walcheren30     | NZRWC30  | 51:43:06 | 03:06:49 |
| Walcheren4      | NZRWC4   | 51:33:41 | 03:23:29 |
| Walcheren50     | NZRWC50  | 51:50:14 | 02:53:48 |
| Walcheren70     | NZRWC70  | 51:57:25 | 02:40:45 |
| IJmuiden20      | NZRYM20  | 52:31:30 | 04:17:09 |
| IJmuiden3       | NZRYM3   | 52:29:02 | 04:31:59 |

### B3 Fouten in het WORSRO-bestand

Bij het koppelen van de zwevend stof gegevens en doorzicht gegevens is veel extra werk verricht omdat de toegeleverde WORSRO-gegevens blijkbaar niet foutvrij zijn. Bij de opzet van de REFLEX applicatie voor het koppelen van de bestanden was ervan uitgegaan dat er geen duplo's of "bijna-duplo's" voorkomen. Dat is echter wel het geval, met name bij de volgende records:

Tabel 4. Overzicht dubbele metingen in WORSRO

| Station | Datum     | Tijd  | Zwevend stof<br>in mg/l |
|---------|-----------|-------|-------------------------|
| NW10    | 9 Nov 88  | 18:35 | 7 (*)                   |
| NW10    | 9 Nov 88  | 18:35 | 9                       |
| TH2     | 17 Jan 86 | 00:00 | 11                      |
| TH2     | 17 Jan 86 | 10:39 | 11 (*)                  |
| TH2     | 27 Jan 86 | 00:00 | 5                       |
| TH2     | 27 Jan 86 | 10:39 | 5 (*)                   |
| TH2     | 10 Feb 86 | 00:00 | 69                      |
| TH2     | 10 Feb 86 | 10:39 | 69 (*)                  |

Alleen de met een (\*) aangegeven waarden zijn gehandhaafd, op arbitraire gronden.





## **Bijlage C Meettijdstippen ten opzichte van getij**



Bij de detectie van de fasering van meettijdstippen in het getij is uitsluitend gekeken naar het tijdsverschil tussen twee opeenvolgende metingen op dezelfde plaats. Als dat tijdsverschil een geheel aantal keren past in de periode van het  $M_2$ -getij ( $T = 12\text{h } 25.236\text{ min}$ ) hebben we te maken met metingen op vaste tijdstippen binnen het getij (synodische metingen). Als dat niet het geval is, wordt blijkbare willekeurigheid binnen het getij bemonsterd (niet-synodische metingen).

Hiermee is uiteraard nog niet bekend hoeveel uur na laagwater een specifieke meting heeft plaatsgevonden. Uit eerder onderzoek [WL, 1992] is wel bekend dat bij de WORSRO metingen een aantal jaren rekening gehouden is met het getij. Het meetvaartuig vertrok voor een bepaalde meetraai op een vast tijdstip t.o.v. hoogwater (communicatie met dhr. Kints) en keerde via een tweede raai terug naar de kust. Bij de derde raai werd weer gewacht op een vast tijdstip t.o.v. hoogwater, enzovoorts. Het is duidelijk dat deze werkwijze voor de betreffende jaren een (pseudo-) gradiënt loodrecht op de kust kan opleveren, als men uitgaat van een verband tussen getijfase (stroomsnelheid) en zwevend stof gehalte of doorzicht.

De WORSRO-metingen worden gesorteerd op tijd, vervolgens wordt het tijdsverschil tussen twee opeenvolgende metingen bepaald. Dat tijdsverschil wordt gedeeld door de periode  $T$  van het  $M_2$  getij. Als het quotiënt een geheel getal of bijna een geheel getal is heeft men rekening gehouden met het getij (synodische meting), anders niet. Als definitie voor "bijna een geheel getal" is aangehouden dat de rest moet liggen tussen  $-0.2$  en  $+0.2$ . Bij random metingen is dit het geval in 40% van alle opeenvolgende metingen. In onderstaande tabel is aangegeven hoe vaak opeenvolgende metingen van het zwevend stof gehalte een geheel aantal keren in het  $M_2$  getij passen.

Voor de NIOZ-metingen ontstond het probleem dat op dezelfde plaats niet vaak genoeg is gemeten om te concluderen. De NIOZ-metingen zijn daarom gekoppeld aan het dichtst bij liggende WORSRO-station, zodat een groepje van metingen ontstaat in een hokje rondom een WORSRO-station (zie hoofdstuk 3). Verder is de analyse voor NIOZ en WORSRO gelijk.

Uit de tabel blijkt dat de WORSRO metingen van 1975 tot en met 1982 verricht zijn op vaste tijden binnen het getij. De NIOZ metingen en de WORSRO metingen vanaf 1983 zijn ten opzichte van het getij op willekeurige tijdstippen verricht.



Tabel 1: Aantallen synodische metingen Noordzee

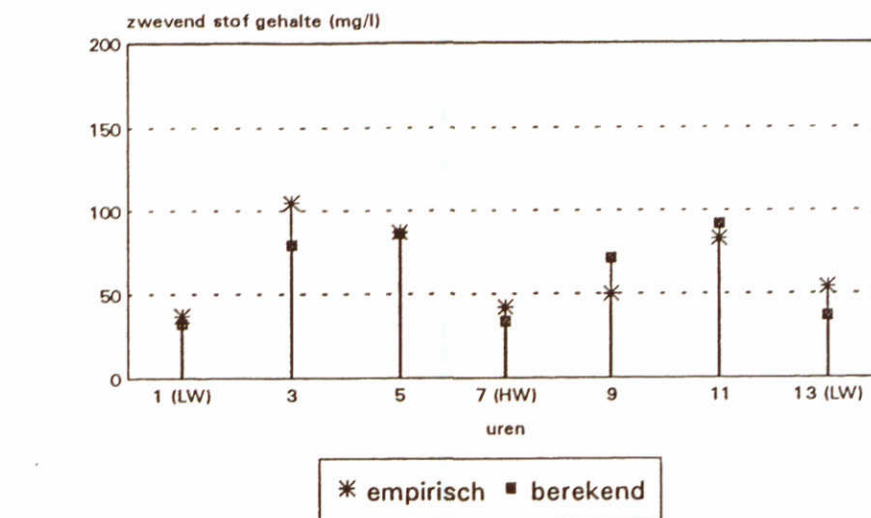
| Jaar | N (synodisch) | N (niet-syn.) | N (totaal) | %-<br>synodisch |
|------|---------------|---------------|------------|-----------------|
| 66   | 50            | 84            | 134        | 0.37            |
| 67   | 64            | 142           | 206        | 0.31            |
| 68   | 105           | 291           | 396        | 0.26            |
| 69   | 147           | 146           | 293        | 0.50            |
| 75   | 805           | 117           | 922        | 0.87            |
| 76   | 1349          | 36            | 1385       | 0.97            |
| 77   | 1644          | 33            | 1677       | 0.98            |
| 78   | 1619          | 22            | 1641       | 0.98            |
| 79   | 1455          | 61            | 1516       | 0.96            |
| 80   | 1572          | 10            | 1582       | 0.99            |
| 81   | 1518          | 22            | 1540       | 0.99            |
| 82   | 1582          | 32            | 1614       | 0.98            |
| 83   | 357           | 292           | 649        | 0.55            |
| 84   | 166           | 373           | 539        | 0.31            |
| 85   | 226           | 248           | 474        | 0.47            |
| 86   | 146           | 314           | 460        | 0.32            |
| 87   | 187           | 318           | 505        | 0.37            |
| 88   | 131           | 196           | 327        | 0.40            |
| 89   | 126           | 185           | 311        | 0.41            |
| 90   | 107           | 169           | 276        | 0.38            |



## **Bijlage D Figuren getijanalyse Waddenzee**

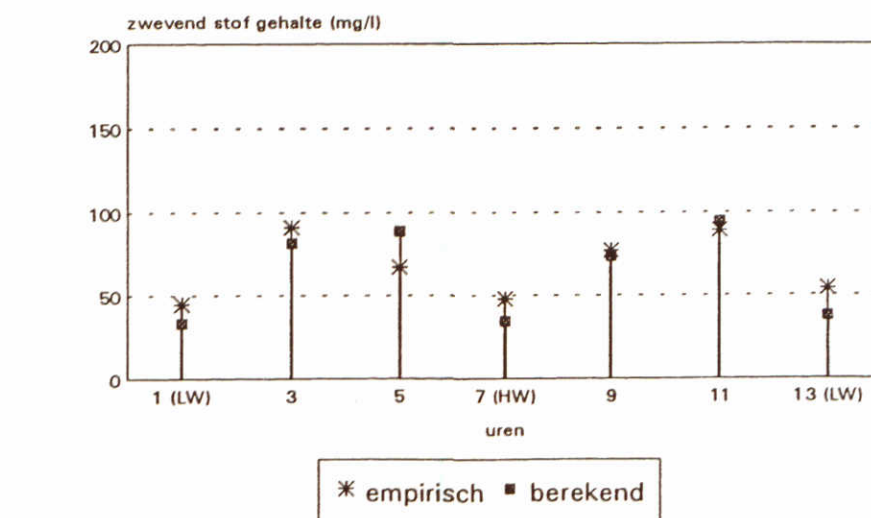


## Zwevend stof gehalte over het getij station 707 Waddenzee



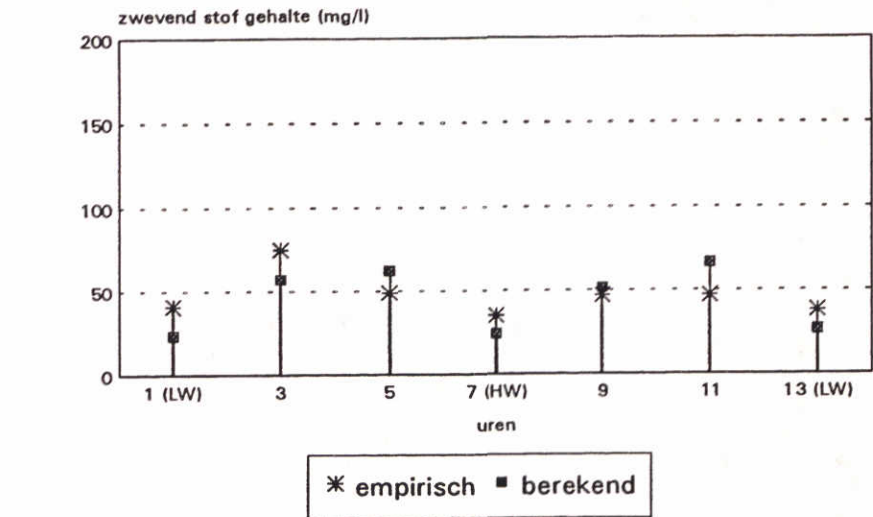
LW = Laagwater  
HW = Hoogwater

## Zwevend stof gehalte over het getij station 713 Waddenzee



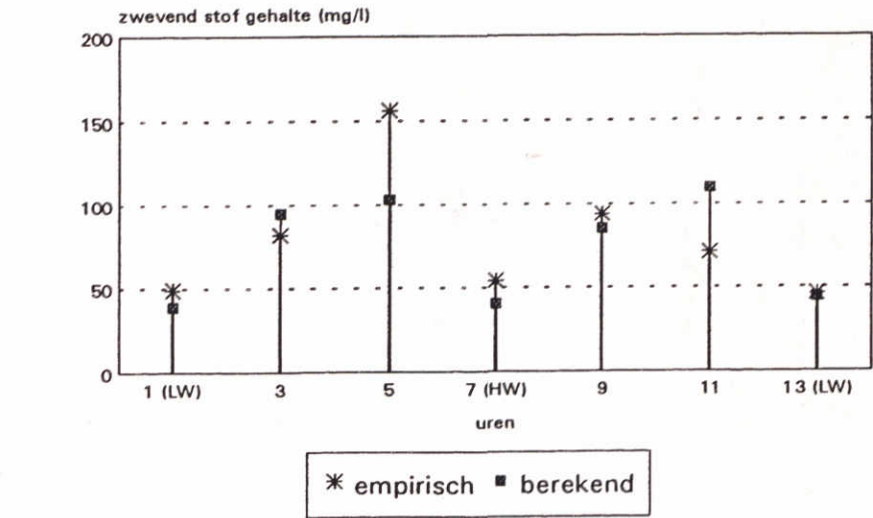
LW = Laagwater  
HW = Hoogwater

# Zwevend stof gehalte over het getij station 772 Waddenzee



LW = Laagwater  
HW = Hoogwater

# Zwevend stof gehalte over het getij station 869 Waddenzee

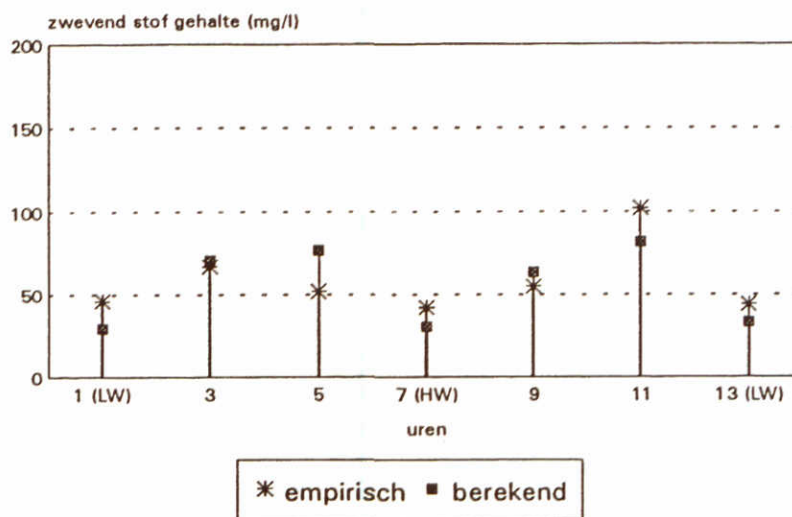


LW = Laagwater  
HW = Hoogwater

Bijlage D Figuur 2 Zwevend stof gehalte over het getij, station 772 en 869

## Zwevend stof gehalte over het getij

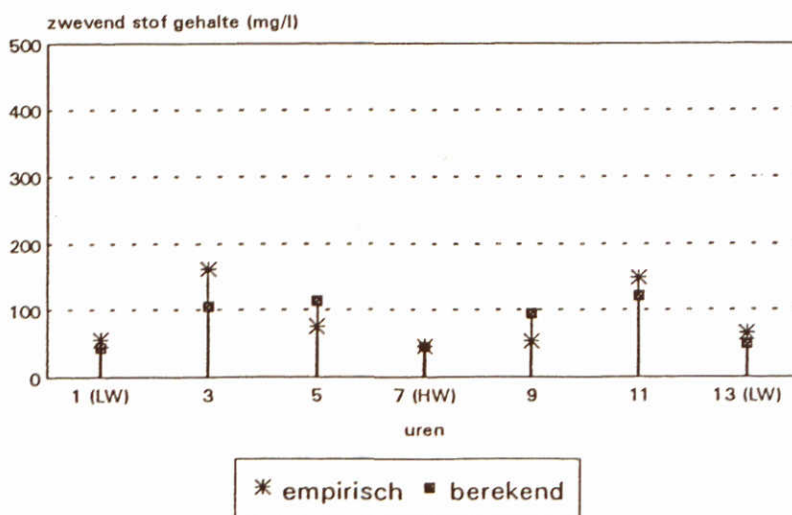
station 909 Waddenzee



LW = Laagwater  
HW = Hoogwater

## Zwevend stof gehalte over het getij

station 949 Eems Dollard

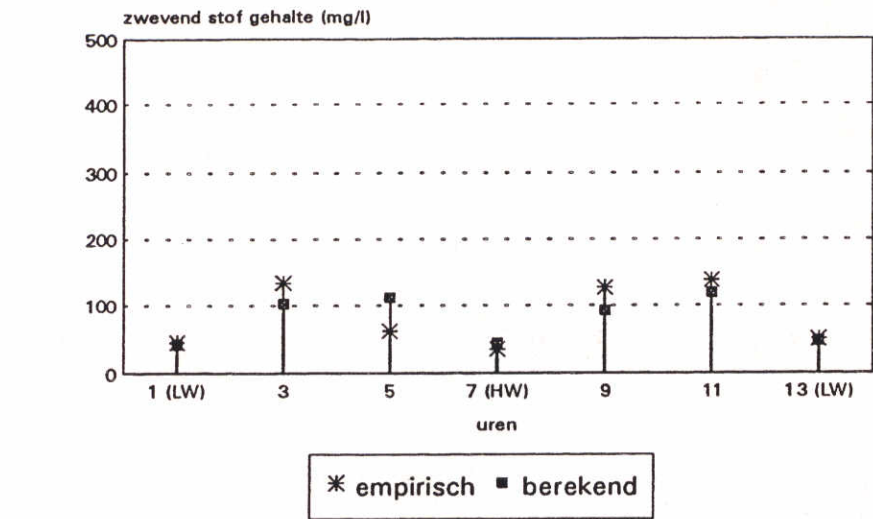


LW = Laagwater  
HW = Hoogwater



# Zwevend stof gehalte over het getij

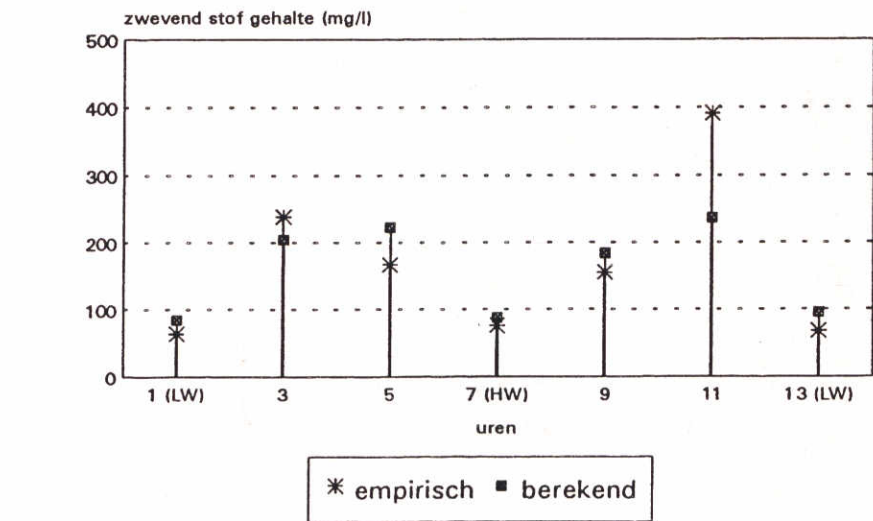
station 969 Eems Dollard



LW = Laagwater  
HW = Hoogwater

# Zwevend stof gehalte over het getij

station 985 Eems Dollard

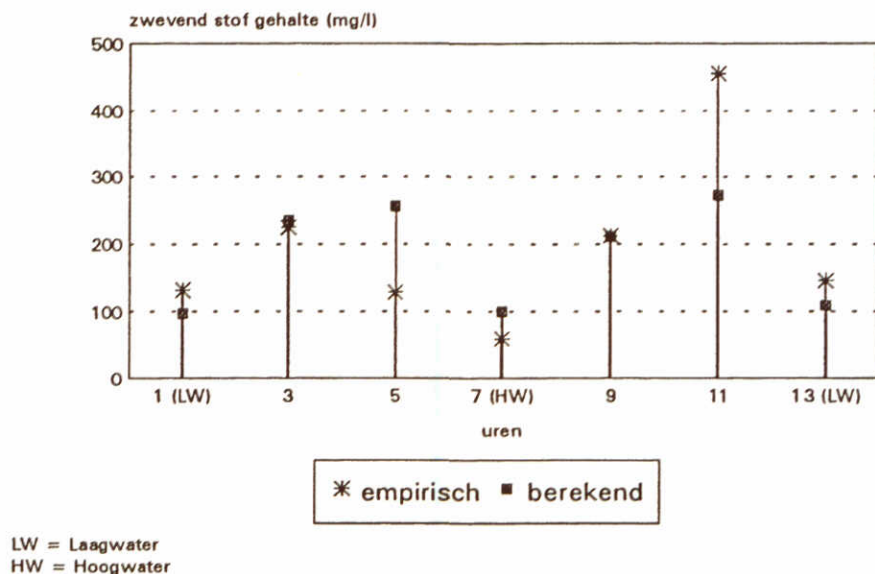


LW = Laagwater  
HW = Hoogwater

Bijlage D Figuur 4 Zwevend stof gehalte over het getij, station 969 en 985

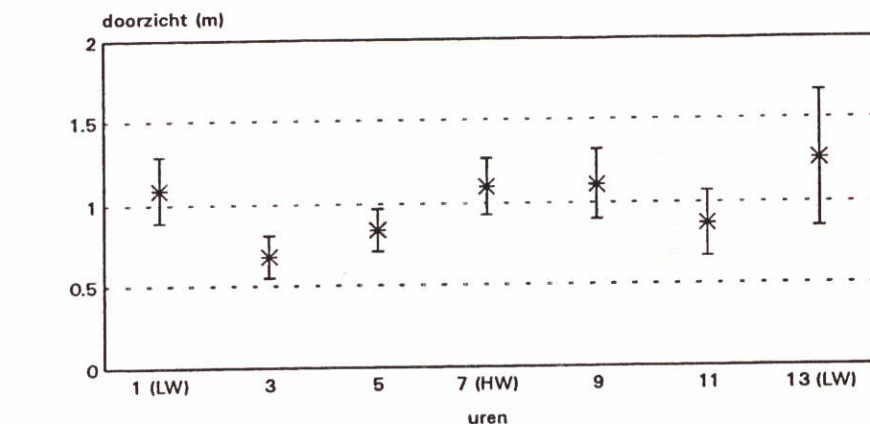
## Zwevend stof gehalte over het getij

station 988 Eems Dollard



## Doorzicht over het getij

station 707 Waddenzee

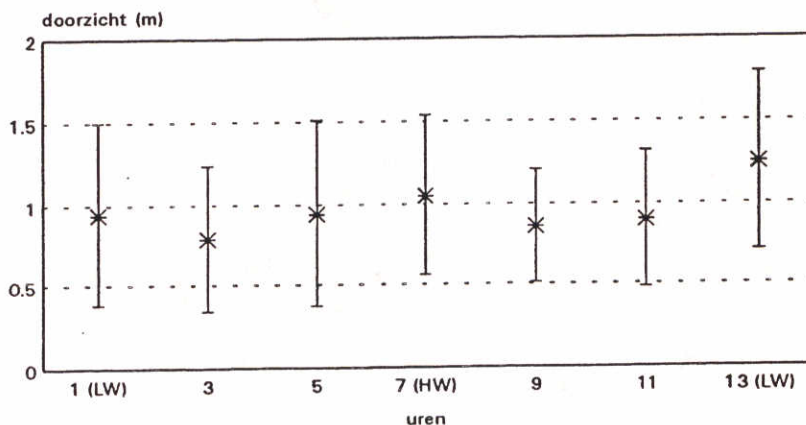


I 95% betrouwbaarheid \* gemiddeld

LW = Laagwater  
HW = Hoogwater

## Doorzicht over het getij

station 713 Waddenzee



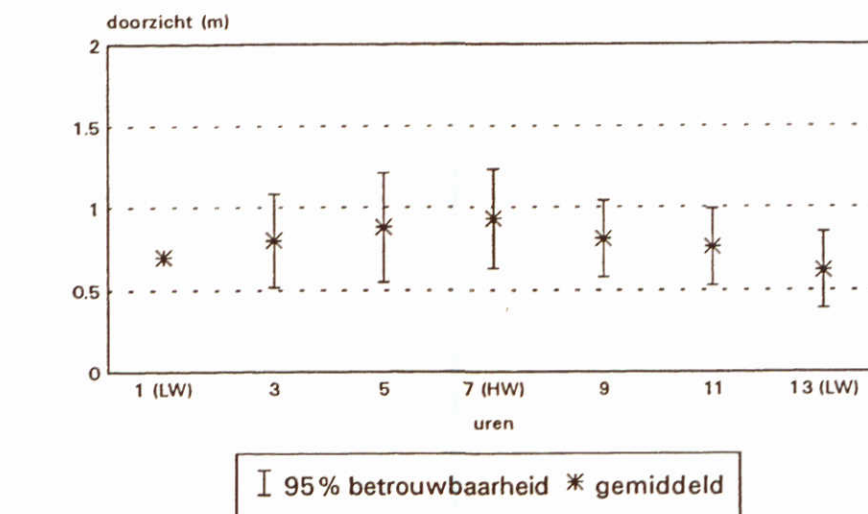
I 95% betrouwbaarheid \* gemiddeld

LW = Laagwater  
HW = Hoogwater



## Doorzicht over het getij

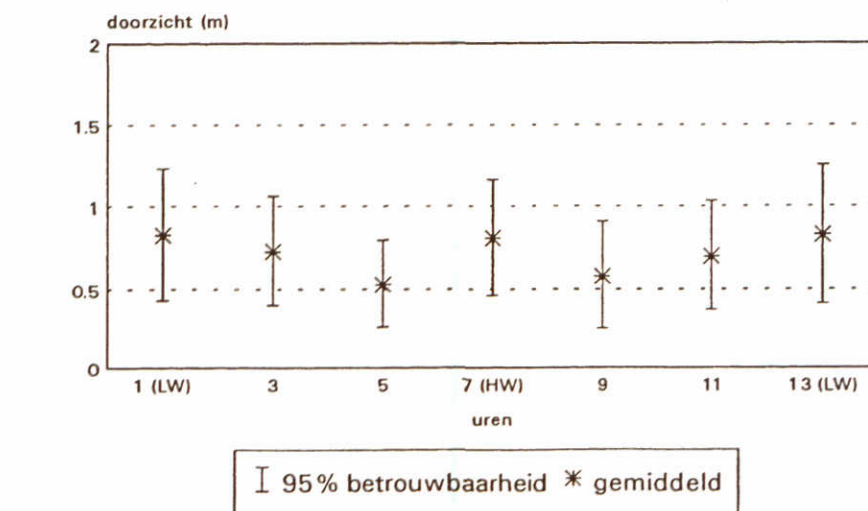
station 772 Waddenzee



LW = Laagwater  
HW = Hoogwater

## Doorzicht over het getij

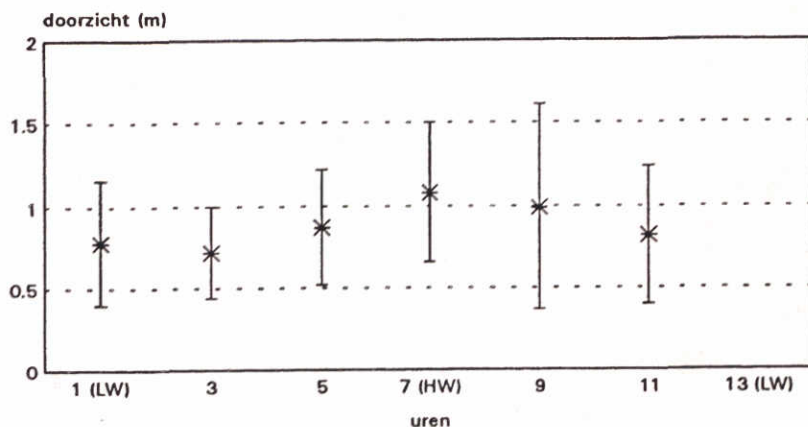
station 869 Waddenzee



LW = Laagwater  
HW = Hoogwater

## Doorzicht over het getij

station 909 Waddenzee

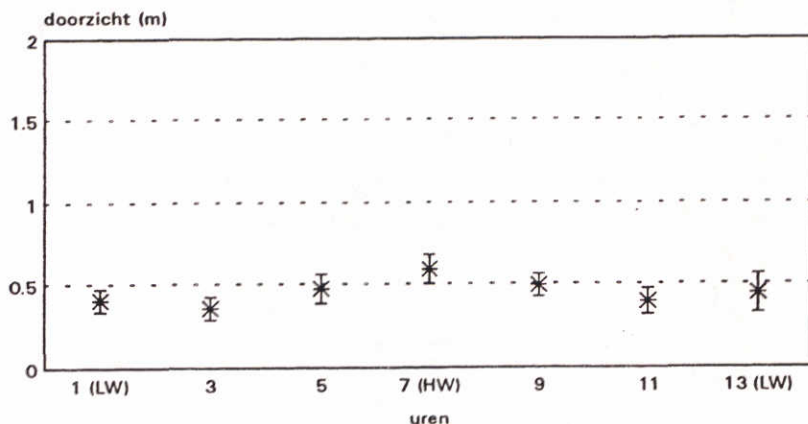


I 95% betrouwbaarheid \* gemiddeld

LW = Laagwater  
HW = Hoogwater

## Doorzicht over het getij

station 949 Eems Dollard

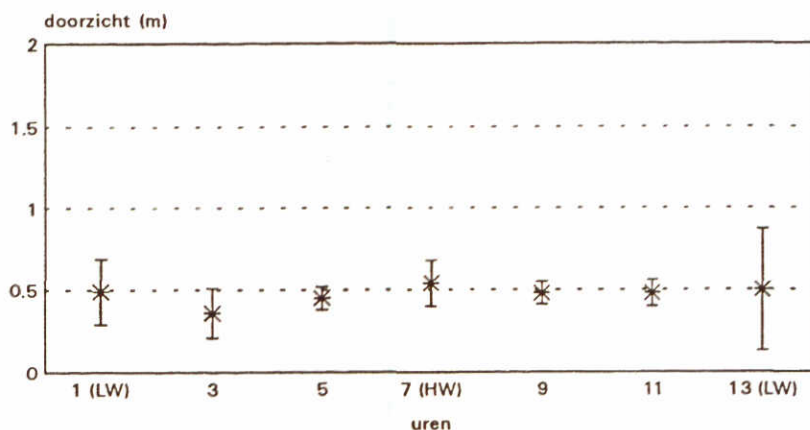


I 95% betrouwbaarheid \* gemiddeld

LW = Laagwater  
HW = Hoogwater

## Doorzicht over het getij

station 969 Eems Dollard

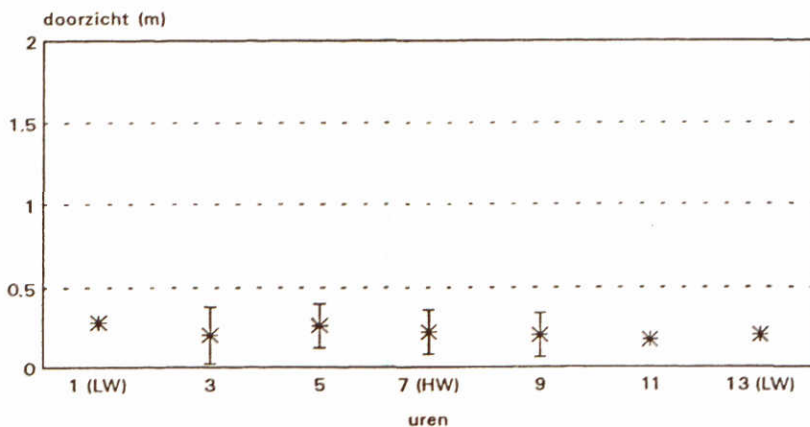


I 95% betrouwbaarheid \* gemiddeld

LW = Laagwater  
HW = Hoogwater

## Doorzicht over het getij

station 985 Eems Dollard



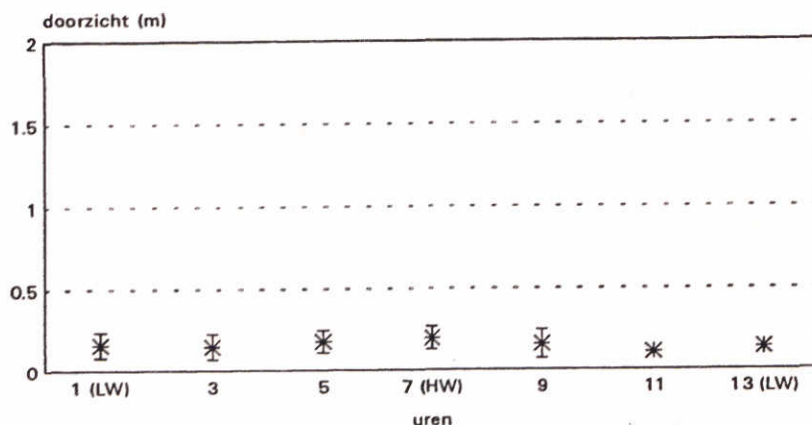
I 95% betrouwbaarheid \* gemiddeld

LW = Laagwater  
HW = Hoogwater



## Doorzicht over het getij

station 988 Eems Dollard

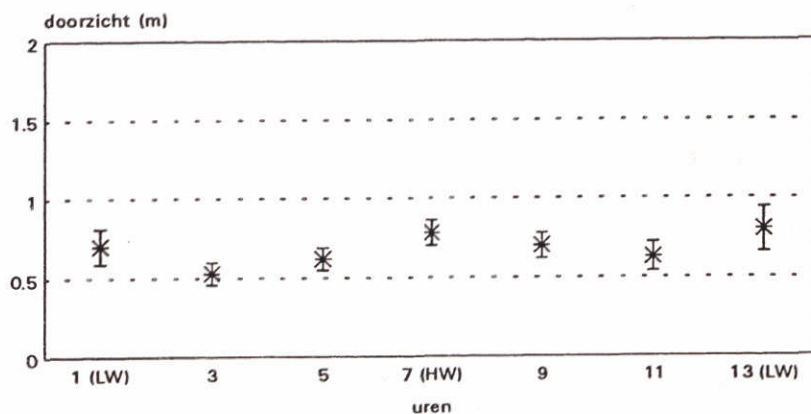


I 95% betrouwbaarheid \* gemiddeld

LW = Laagwater  
HW = Hoogwater

## Doorzicht over het getij

alle stations



I 95% betrouwbaarheid \* gemiddeld

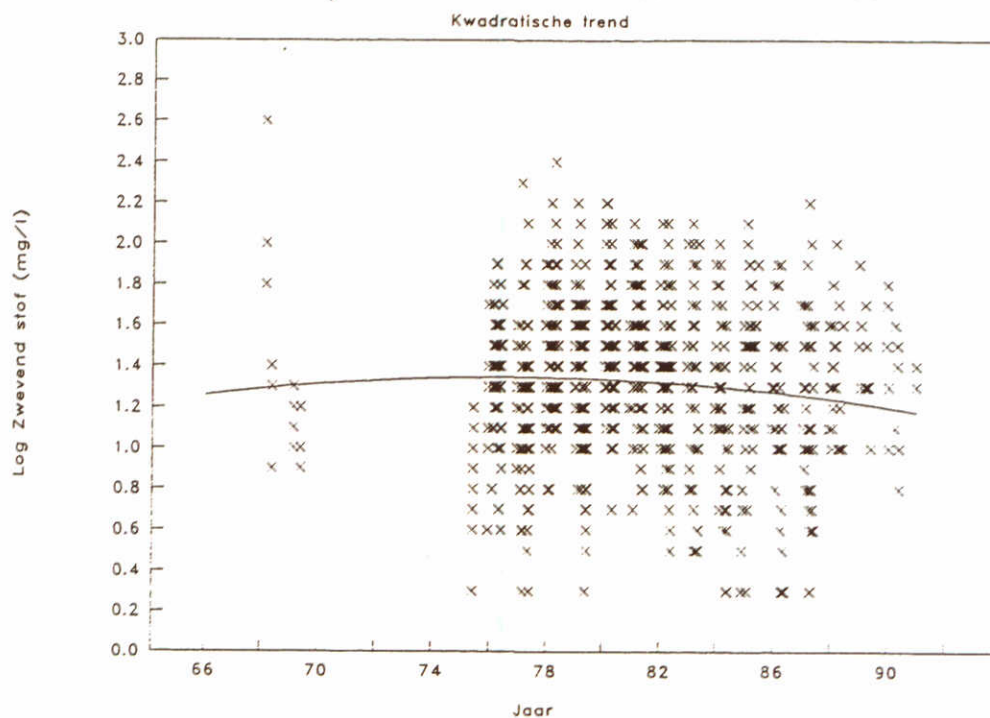
LW = Laagwater  
HW = Hoogwater



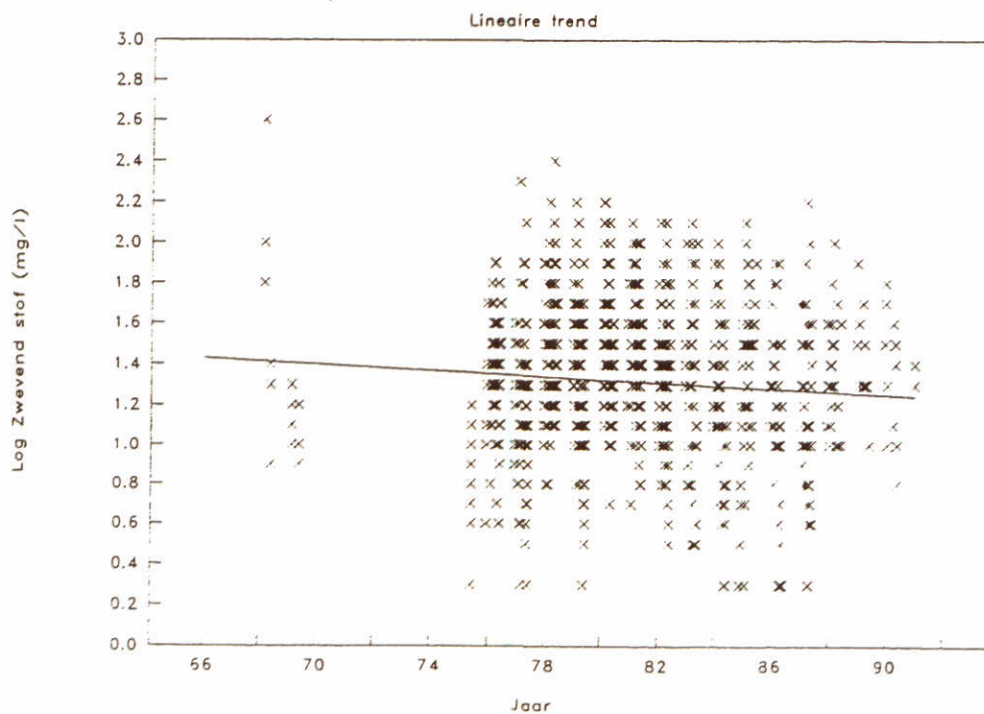
## **Bijlage E Figuren trendanalyse zwevend stof gehaltenes**



# Noordelijke Noordzee Kust zone Winter

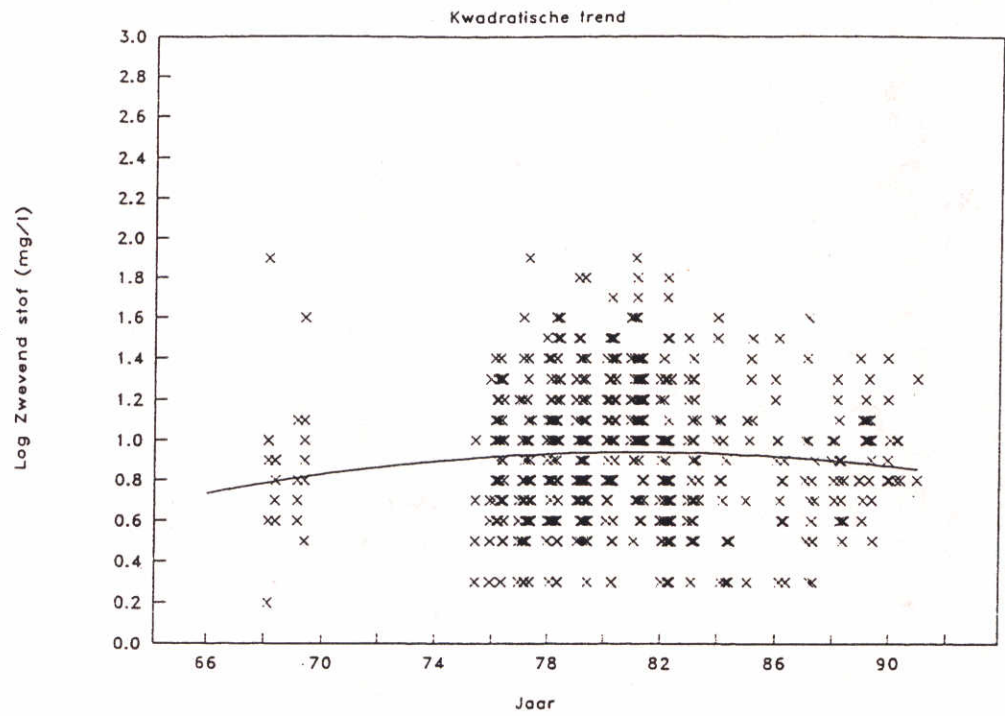


# Noordelijke Noordzee Kust zone Winter

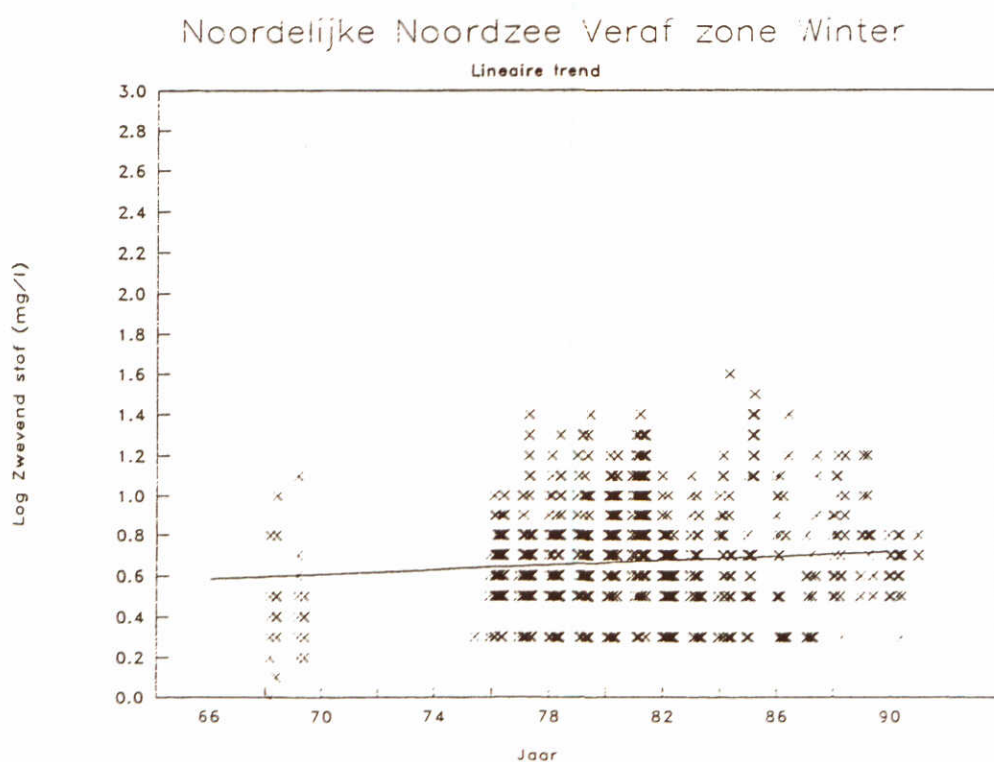
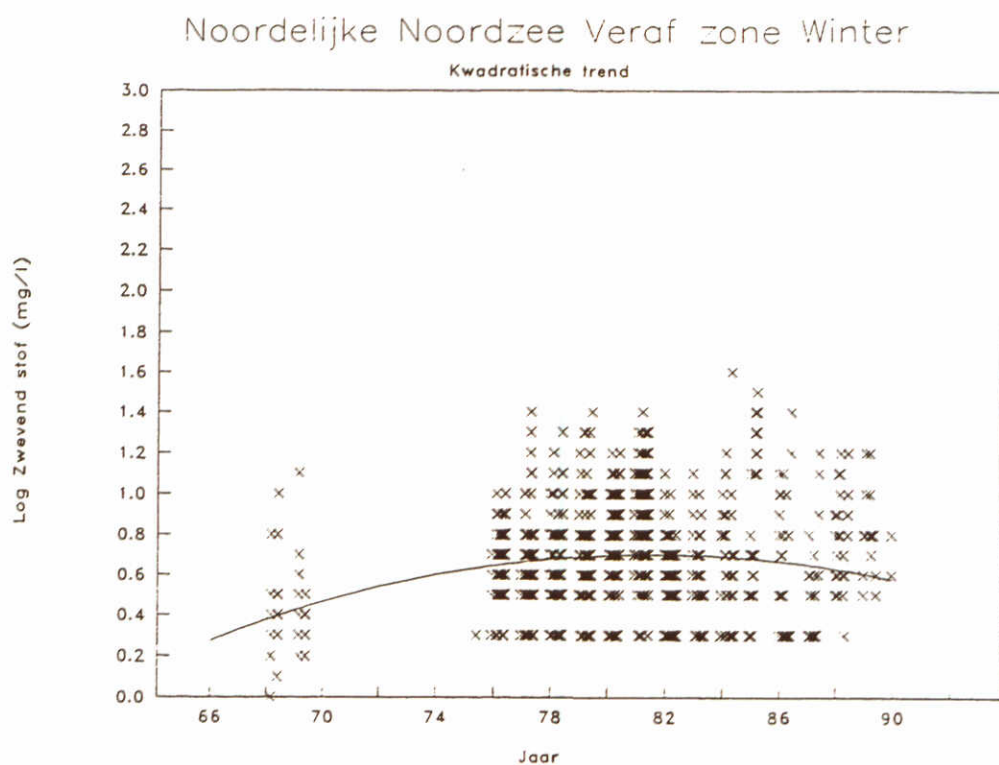


Bijlage E Figuur 1 Zwevend stof noordelijke Noordzee kust, winter

## Noordelijke Noordzee Midden zone Winter

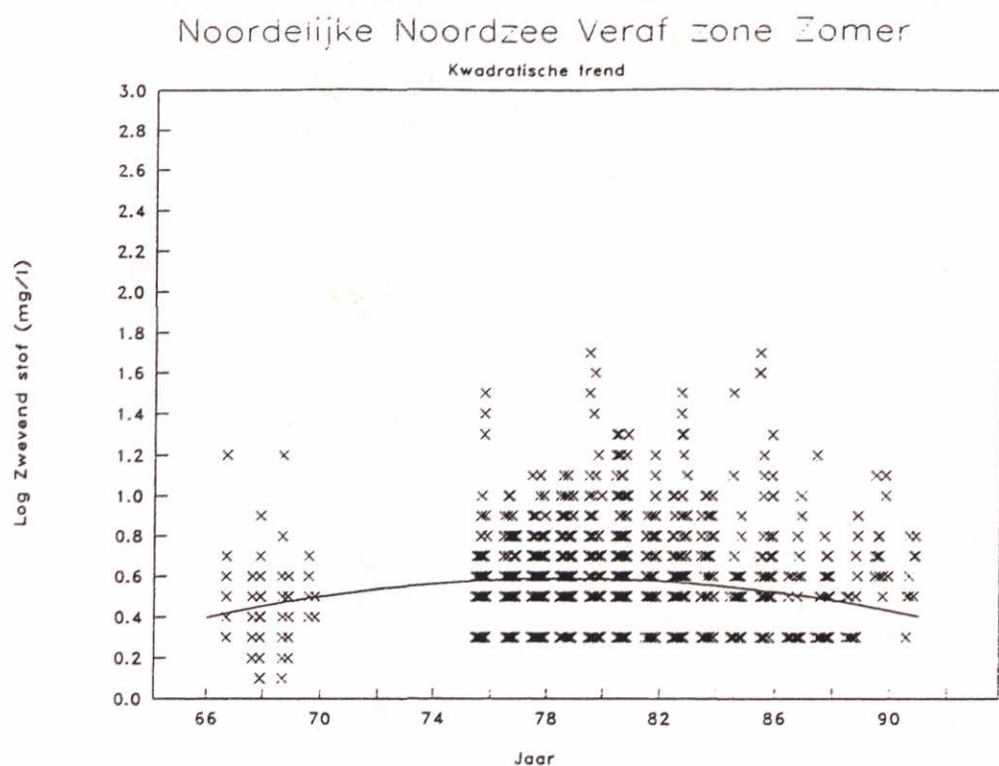


Bijlage E Figuur 2 Zwevend stof noordelijke Noordzee midden, winter

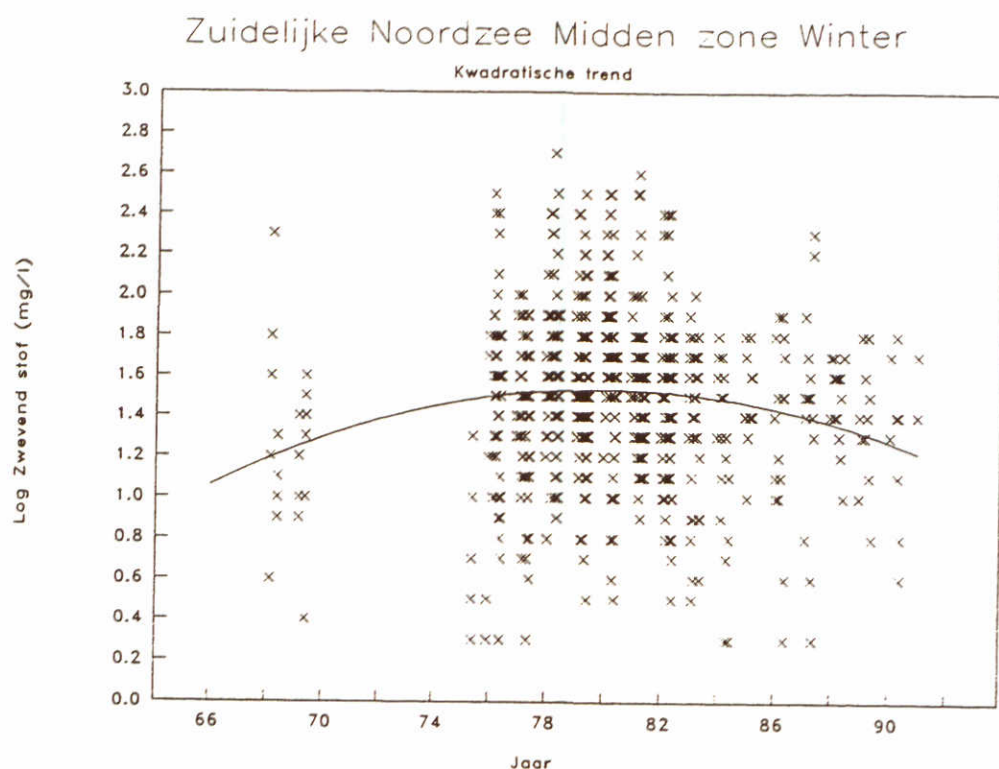


Bijlage E Figuur 3 Zwerend stof noordelijke Noordzee veraf, winter

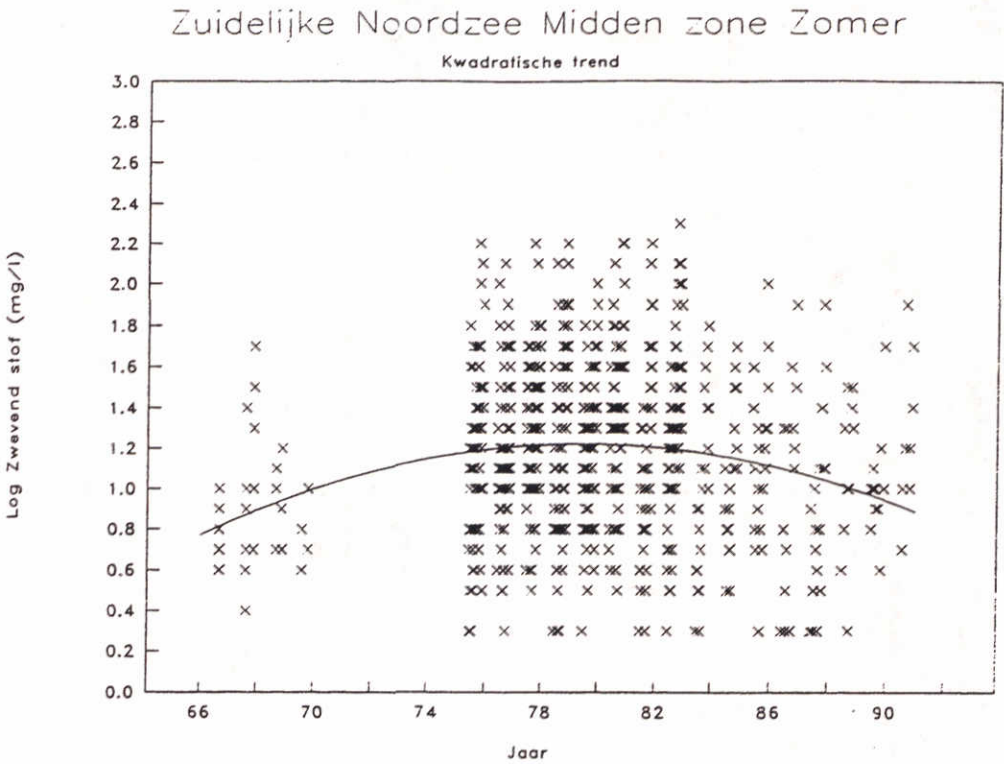




Bijlage E Figuur 4 Zwevend stof noordelijke Noordzee veraf, zomer



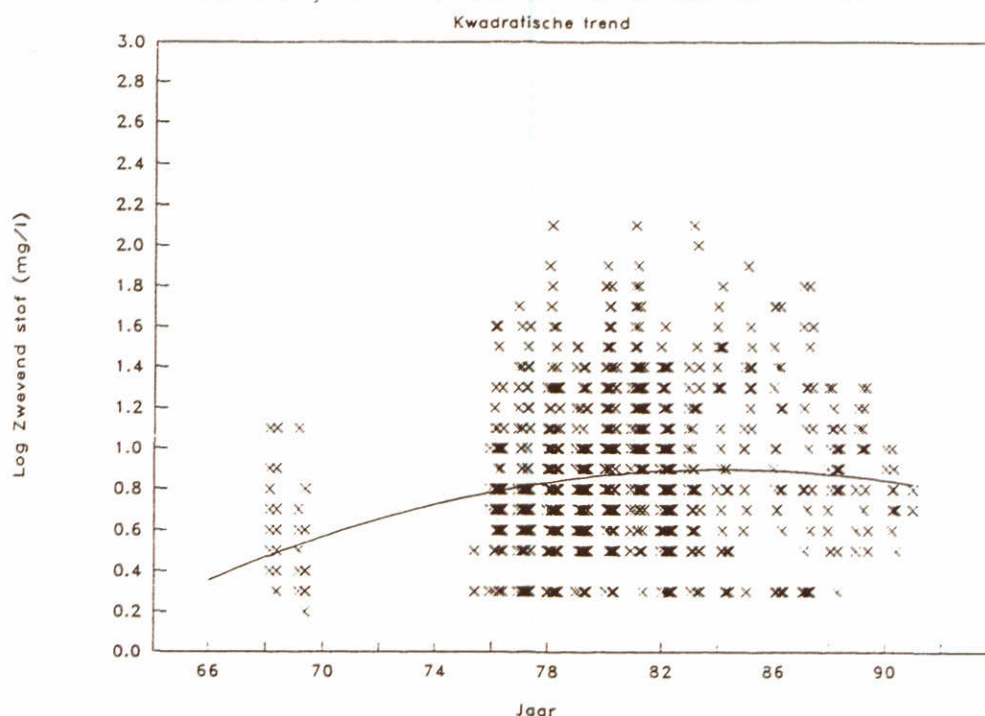
Bijlage E Figuur 5 Zwevend stof zuidelijke Noordzee midden, winter



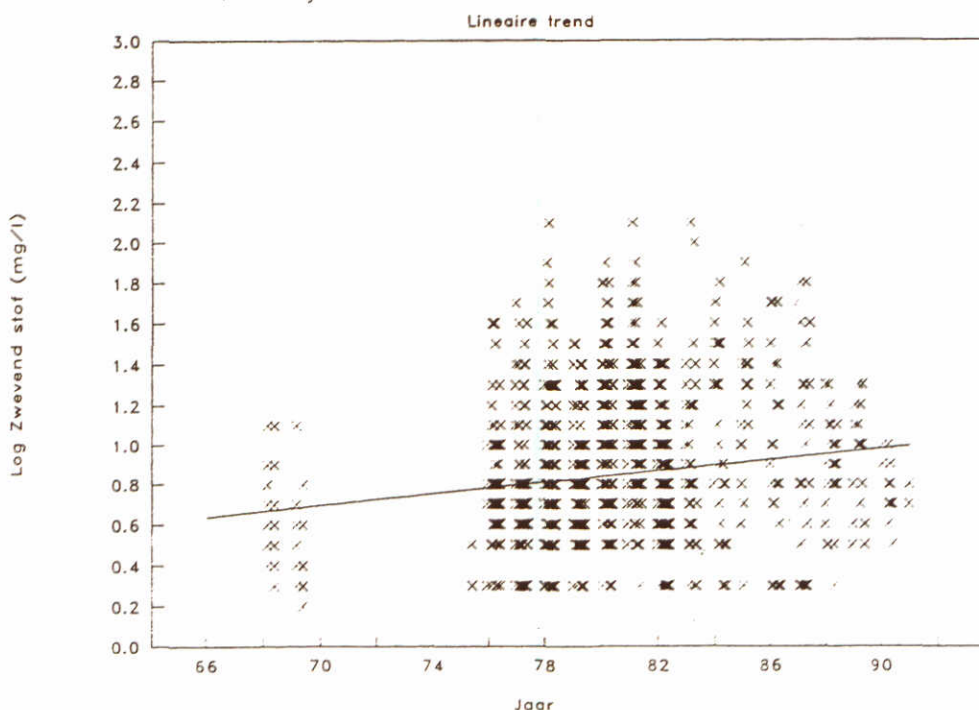
Bijlage E Figuur 6 Zwevend stof zuidelijke Noordzee midden, zomer



# Zuidelijke Noordzee Veraf zone Winter

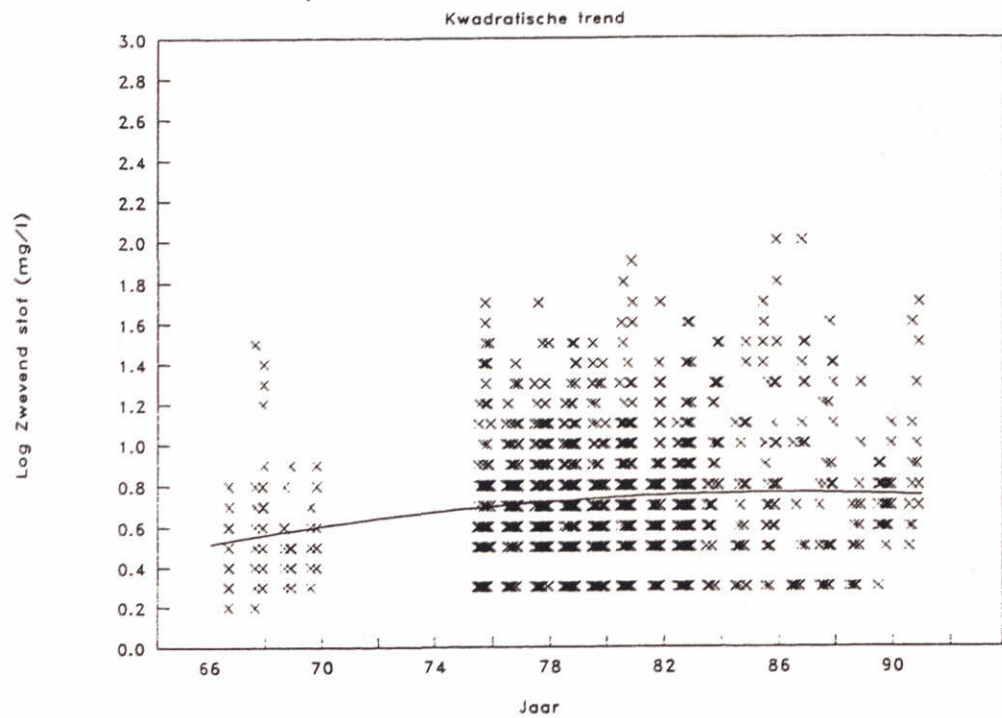


# Zuidelijke Noordzee Veraf zone Winter

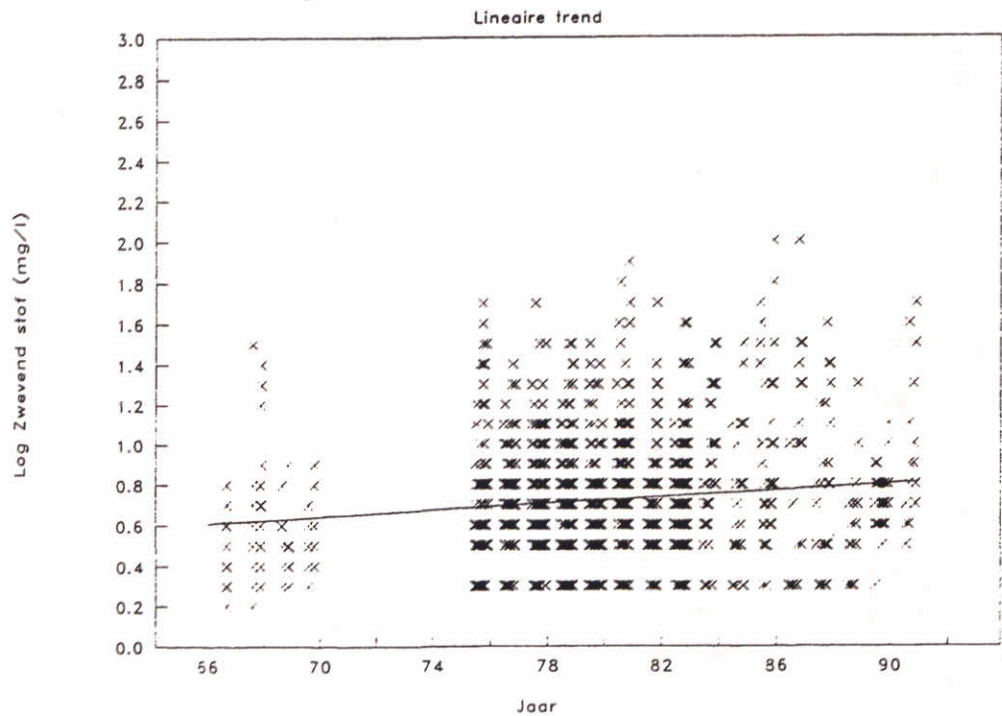


Bijlage E Figuur 7 Zeevend stof zuidelijke Noordzee veraf, winter

## Zuidelijke Noordzee Veraf zone Zomer



## Zuidelijke Noordzee Veraf zone Zomer



Bijlage E Figuur 8 Zeevend stof zuidelijke Noordzee veraf, zomer







## **Bijlage F Doorzicht per Visser-hokje: Visser, NIOZ en WORSRO**

Tabel 1 Doorzicht (Visser) in december/mei (N=228)

| J<br>I | 1 | 2               | 3               | 4                | 5                | 6                | 7                | 8        | 9 | 10 | 11 |
|--------|---|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------|---|----|----|
| 9      |   |                 |                 |                  |                  |                  |                  |          |   |    |    |
| 8      |   |                 |                 |                  |                  |                  |                  |          |   |    |    |
| 7      |   |                 |                 |                  |                  |                  | 7.0<br>7<br>3.8  | 4.0<br>1 |   |    |    |
| 6      |   |                 |                 |                  | 5.5<br>1         | 5.0<br>3<br>1.7  | 4.5<br>1         |          |   |    |    |
| 5      |   |                 |                 |                  | 4.0<br>1         | 5.0<br>19<br>1.7 | 3.4<br>14<br>1.4 |          |   |    |    |
| 4      |   |                 |                 | 4.8<br>3<br>0.6  | 9.2<br>7<br>3.8  | 4.9<br>33<br>2.2 | 2.6<br>29<br>1.5 |          |   |    |    |
| 3      |   | 2.7<br>2<br>1.2 | 6.8<br>3<br>2.4 | 6.0<br>7<br>2.8  | 7.5<br>14<br>3.7 | 2.3<br>37<br>2.3 | Nederland        |          |   |    |    |
| 2      |   | 7.5<br>2<br>0.7 | 6.9<br>3<br>1.3 | 3.2<br>12<br>3.0 | 1.6<br>15<br>0.7 |                  |                  |          |   |    |    |
| 1      |   |                 | 2.5<br>4<br>2.5 | 0.5<br>7<br>0.1  |                  |                  |                  |          |   |    |    |

Toelichting: 1e regel = gemiddelde doorzicht in m  
 2e regel = aantal waarnemingen  
 3e regel = standaardafwijking in m.

Tabel 2 Doorzicht (Visser) in juni/november (N=497)

| J | 1                | 2               | 3                | 4                 | 5                | 6                 | 7                | 8 | 9               | 10 | 11 |
|---|------------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|---|-----------------|----|----|
| I |                  |                 |                  |                   |                  |                   |                  |   |                 |    |    |
| 9 |                  |                 |                  |                   |                  |                   |                  |   |                 |    |    |
| 8 |                  |                 |                  |                   |                  |                   |                  |   |                 |    |    |
| 7 |                  | 14.0<br>1       |                  | 12.0<br>1         |                  |                   | 5.5<br>1         |   |                 |    |    |
| 6 |                  |                 |                  | 9.0<br>1          | 4.5<br>1         | 6.9<br>10<br>1.5  | 6.3<br>9<br>2.0  |   | 5.8<br>2<br>0.4 |    |    |
| 5 | 3.7<br>1         |                 | 10.0<br>1        |                   | 8.6<br>8<br>3.4  | 10.1<br>42<br>3.3 | 5.2<br>45<br>2.8 |   |                 |    |    |
| 4 | 1.5<br>1         | 8.2<br>2<br>5.9 | 9.0<br>1         | 10.0<br>6<br>3.1  | 9.5<br>21<br>3.9 | 8.0<br>71<br>3.7  | 3.5<br>40<br>2.3 |   |                 |    |    |
| 3 | 2.8<br>3<br>1.9  | 7.8<br>3<br>3.3 | 10.9<br>3<br>2.6 | 11.0<br>14<br>2.6 | 6.6<br>37<br>2.9 | 2.9<br>70<br>1.9  | Nederland        |   |                 |    |    |
| 2 | 1.7<br>2<br>1.1  | 6.0<br>5<br>2.5 | 9.6<br>12<br>2.0 | 5.2<br>23<br>4.2  | 3.0<br>27<br>2.2 |                   |                  |   |                 |    |    |
| 1 | 10.8<br>4<br>5.9 |                 | 2.5<br>12<br>2.1 | 0.8<br>6<br>0.3   |                  |                   |                  |   |                 |    |    |



Tabel 3 Doorzicht (NIOZ) in december/mei (N=289)

| J | 1               | 2               | 3               | 4                | 5                | 6                | 7                | 8               | 9 | 10 | 11 |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|---|----|----|
| I |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                 |   |    |    |
| 9 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                 |   |    |    |
| 8 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                 |   |    |    |
| 7 |                 |                 |                 |                  |                  |                  | 7.0<br>7<br>3.5  | 4.0<br>1<br>0.0 |   |    |    |
| 6 |                 |                 |                 |                  | 5.3<br>2<br>0.3  | 5.8<br>4<br>1.8  | 4.5<br>1<br>0.0  |                 |   |    |    |
| 5 |                 |                 |                 |                  | 14.0<br>1<br>0.0 | 5.6<br>13<br>1.8 | 2.8<br>23<br>1.2 |                 |   |    |    |
| 4 | 1.0<br>1<br>0.0 | 1.0<br>1<br>0.0 |                 |                  | 11.1<br>8<br>2.1 | 6.2<br>25<br>3.8 | 2.2<br>10<br>1.2 |                 |   |    |    |
| 3 | 3.9<br>2<br>3.1 | 2.9<br>2<br>2.1 |                 | 8.3<br>10<br>4.3 | 6.6<br>35<br>3.4 | 2.2<br>56<br>2.1 | 1.2<br>12<br>0.5 |                 |   |    |    |
| 2 |                 | 6.2<br>6<br>1.9 | 7.3<br>9<br>1.2 | 3.3<br>16<br>3.5 | 1.5<br>27<br>1.2 |                  |                  |                 |   |    |    |
| 1 |                 |                 | 3.8<br>7<br>3.0 | 0.5<br>7<br>0.0  | 0.6<br>3<br>0.1  |                  |                  |                 |   |    |    |

Nederland

Tabel 4 Doorzicht (NIOZ) in juni/november (N=400)

| J | 1               | 2               | 3                | 4                 | 5                 | 6                | 7                | 8         | 9               | 10 | 11 |
|---|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------|-----------------|----|----|
| I |                 |                 |                  |                   |                   |                  |                  |           |                 |    |    |
| 9 |                 |                 |                  |                   |                   |                  |                  |           |                 |    |    |
| 8 |                 |                 |                  |                   |                   |                  |                  |           |                 |    |    |
| 7 |                 |                 |                  |                   |                   |                  | 5.5<br>1<br>0.0  |           |                 |    |    |
| 6 |                 |                 |                  |                   | 5.3<br>2<br>0.8   | 6.7<br>9<br>1.5  | 6.3<br>9<br>1.9  |           | 5.8<br>2<br>0.3 |    |    |
| 5 |                 |                 |                  |                   | 9.0<br>3<br>1.6   | 7.3<br>19<br>2.6 | 4.2<br>40<br>2.5 |           |                 |    |    |
| 4 | 1.5<br>1<br>0.0 |                 | 9.0<br>1<br>0.0  | 11.2<br>5<br>1.0  | 10.8<br>14<br>3.9 | 5.7<br>43<br>2.8 | 2.3<br>21<br>1.0 |           |                 |    |    |
| 3 | 3.3<br>3<br>2.0 | 8.0<br>1<br>0.0 | 10.3<br>2<br>3.3 | 11.1<br>17<br>2.5 | 6.4<br>39<br>2.7  | 3.0<br>56<br>2.4 | 1.7<br>19<br>0.7 | Nederland |                 |    |    |
| 2 | 0.9<br>1<br>0.0 | 6.0<br>3<br>2.2 | 8.8<br>9<br>1.1  | 3.6<br>24<br>2.5  | 3.0<br>40<br>1.9  | 0.8<br>1<br>0.0  |                  |           |                 |    |    |
| 1 |                 |                 | 2.6<br>9<br>1.9  | 0.6<br>4<br>0.2   | 1.0<br>2<br>0.5   |                  |                  |           |                 |    |    |

Tabel 5 Doorzicht (WORSRO) in december/mei (N=749)

| J<br>I | 1 | 2 | 3                | 4                | 5                | 6                | 7                | 8                | 9 | 10               | 11               |
|--------|---|---|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---|------------------|------------------|
| 9      |   |   |                  |                  |                  |                  |                  |                  |   |                  |                  |
| 8      |   |   |                  |                  |                  |                  |                  |                  |   |                  |                  |
| 7      |   |   |                  |                  |                  |                  |                  |                  |   | 2.9<br>21<br>0.4 |                  |
| 6      |   |   |                  |                  |                  |                  | 3.0<br>39<br>0.1 | 2.8<br>13<br>0.5 |   | 2.3<br>37<br>0.7 | 1.1<br>32<br>1.3 |
| 5      |   |   |                  |                  |                  |                  |                  | 1.5<br>25<br>1.0 |   |                  |                  |
| 4      |   |   |                  |                  | 3.0<br>54<br>0.2 | 2.6<br>44<br>0.6 | 1.0<br>70<br>0.9 |                  |   |                  |                  |
| 3      |   |   | 2.9<br>13<br>0.2 | 2.9<br>32<br>0.3 | 2.6<br>48<br>0.6 | 1.3<br>95<br>0.9 |                  |                  |   |                  |                  |
| 2      |   |   | 2.7<br>27<br>0.5 | 1.9<br>82<br>1.1 | 0.9<br>50<br>0.7 |                  |                  |                  |   |                  |                  |
| 1      |   |   |                  | 0.5<br>67<br>0.6 |                  |                  |                  |                  |   |                  |                  |

Nederland



Tabel 6 Doorzicht (WORSRO) in juni/november (N=1412)

| J | 1 | 2 | 3                | 4                 | 5                 | 6                 | 7                 | 8                | 9 | 10               | 11               |
|---|---|---|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|---|------------------|------------------|
| I |   |   |                  |                   |                   |                   |                   |                  |   |                  |                  |
| 9 |   |   |                  |                   |                   |                   |                   |                  |   |                  |                  |
| 8 |   |   |                  |                   |                   |                   |                   |                  |   |                  |                  |
| 7 |   |   |                  |                   |                   |                   |                   |                  |   | 3.0<br>23<br>0.2 |                  |
| 6 |   |   |                  |                   |                   |                   | 3.0<br>80<br>0.3  | 3.1<br>29<br>0.2 |   | 3.0<br>47<br>0.6 | 1.4<br>55<br>0.9 |
| 5 |   |   |                  |                   |                   |                   |                   | 2.5<br>59<br>0.7 |   |                  |                  |
| 4 |   |   |                  |                   | 3.1<br>113<br>0.3 | 2.9<br>81<br>0.4  | 1.7<br>127<br>0.9 |                  |   |                  |                  |
| 3 |   |   | 3.0<br>31<br>0.3 | 3.1<br>41<br>0.2  | 3.0<br>94<br>0.3  | 1.7<br>195<br>0.9 |                   |                  |   |                  |                  |
| 2 |   |   | 3.0<br>47<br>0.3 | 2.3<br>199<br>0.9 | 1.5<br>89<br>0.7  |                   |                   |                  |   |                  |                  |
| 1 |   |   |                  | 0.6<br>102<br>0.5 |                   |                   |                   |                  |   |                  |                  |

Nederland



## **Bijlage G Het gekoppelde bestand van NIOZ en WORSRO**



De koppeling van de WORSRO gegevens en de NIOZ gegevens komt tot stand door het samenvoegen van de records uit het gemodificeerde WORSRO bestand (zie tabel 2.5 in hoofdrapport) en het gemodificeerde NIOZ bestand (zie tabel 2.2 in hoofdrapport).

#### Opbouw van het gekoppelde WORSRO/NIOZ bestand

| Veldnummer | Identificatie                                       | Voorbeeld |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------|
| 1          | N-breedte                                           | 51.4950   |
| 2          | W-lengte                                            | 3.1592    |
| 3          | Jaar                                                | 75        |
| 4          | Maand                                               | 07        |
| 5          | Dag                                                 | 14        |
| 6          | Uur                                                 | 18        |
| 7          | Minuut                                              | 55        |
| 8          | Doorzicht in m                                      | 1.2       |
| 9          | Zwevend stof in mg/l                                | 16.0      |
| 10         | Secchi diepte in m                                  |           |
| 11         | Suspensie in mg/l aan oppervlak (zwevend stof geh.) |           |

De naamgeving van de parameters is consistent met de naamgeving in de oorspronkelijke bestanden. Doorzicht is een meting afkomstig uit het WORSRO bestand, Secchi diepte is een gegeven afkomstig uit het NIOZ bestand. Beiden staan ze voor dezelfde fysieke grootheid: doorzicht. Hetzelfde geldt voor zwevend stof en suspensie, die beiden zwevend stof gehalte betekenen. In het rapport wordt alleen de naamgeving zichtdiepte en zwevend stof gehalte gehanteerd.

Het komt niet voor dat op eenzelfde tijdstip en plaats zowel NIOZ als WORSRO gegevens beschikbaar zijn.



## **Bijlage H Statistische bewerkingen**



## H1 Log-transformatie

Bij de trendanalyse van de zwevend stof gehalten ("neemt het zwevend stof gehalte toe of af in de tijd?") wordt gebruik gemaakt van regressieanalyse. Voorwaarde voor het toepassen van deze technieken is onder meer dat de afwijkingen tussen de met een lineair of kwadratisch model voorspelde waarden en de gemeten waarden voor ieder tijdstip normaal verdeeld zijn met gemiddelde nul en variantie  $\sigma_2$ .

De metingen van het zwevend stof gehalte voldoen hieraan in het algemeen niet. De verschillen tussen de grootste waarde en het gemiddelde (op zeker tijdstip) zijn veel groter dan de verschillen tussen de laagste waarden en het gemiddelde; de afwijkingen zijn *positie scheef verdeeld*.

Als standaard-methode wordt in de statistiek een log-transformatie toegepast teneinde de gewenste normale verdeling te verkrijgen, dan wel een verdeling die beter lijkt op een normale verdeling dan de oorspronkelijke scheve verdeling. In een eerder onderzoek (T 753, Trendanalyse van zwevend stof gegevens van de Waddenzee) is gebleken dat de residuen van de loggetransformeerde zwevend stof gehalten normaal verdeeld zijn  $N(0, \sigma_2)$ , waarmee voldaan is aan genoemde voorwaarde voor de regressie.

Teneinde negatieve of niet-gedefinieerde waarden te vermijden zijn alle zwevend stof gehalten verhoogd met een constante waarde 1. De logtransformatie is dan als volgt gedefinieerd:

$$\text{getransformeerd zwevend stof gehalte} = {}^{10}\log (\text{zwevend stof gehalte} + 1).$$

Uiteraard heeft het superponeren van een constante waarde géén invloed op het detecteren van een trend.

## H2 F-ratio

Voor onderzoek naar significantie van trend wordt gebruik gemaakt van de zogenaamde F-ratio test. Deze test speelt ook in de variantie analyse een grote rol en wordt hier eigenlijk gebruikt voor een bijzondere vorm van variantie analyse.

Wanneer een trend van enige voorgeschreven vorm goed bij de meetdata past, verklaard de trendformule een deel van de variantie in metingen. Het onverklaarde deel is het residu. Dit onverklaarde deel is altijd kleiner dan of gelijk aan de variantie in de metingen zelf. Als toets wordt nu de F grootheid geïntroduceerd. Dit is de variantie van het residu gedeeld door de oorspronkelijke variantie. Als deze waarde in de buurt van 1.0 ligt is het verklaarde deel klein. Als deze waarde in de buurt van 0.0 ligt is het verklaarde deel groot. In een tabel met de F verdeling kan voor iedere waarde, afhankelijk van het aantal meetpunten worden afgelezen hoe groot de kans is dat ten onrechte wordt geconcludeerd dat de residuele variantie kleiner is dan de oorspronkelijke variantie. Dit is de zogenaamde  $\alpha$  waarde. Bij een  $\alpha$  van 0.05 hoort de uitdrukking "95 % significant".

### H3 Kwadratische trend

Een *lineaire trend* in het zwevend stof gehalte (lineaire toename of afname met de tijd) kan met een lineair model worden gedetecteerd. Een eventuele *staptrend* (plotselinge toename of -afname) kan bij benadering met een lineair model worden gedetecteerd. Analyse van de residuen zal in dit geval wel aantonen het een niet-adequaat model is gebruikt. Een *kwadratische trend* (toename zwevend stof gehalte gevolgd door een afname of afname gevolgd door een toename) kan met een lineair model niet goed gedetecteerd worden, met name niet als de extreme waarde ergens in het midden van het beschouwde tijdsinterval ligt. Het eenvoudigste model waarmee een kwadratische trend beschreven kan worden is een parabool:

$$\text{voorspelde waarde (t)} = a_0 + a_1t + a_2t^2 + \text{ruis.}$$

Als meetwaarden worden de log-getransformeerde zwevend stof gehalten gebruikt.

### H4 Student t-waarde

Voor toetsen van verschil in ligging van normaal verdeelde grootheden, wordt nogal eens de Student t-waarde genoemd. Deze is terug te voeren op het feit dat de steekproefgrootheid

$$\frac{\bar{x} - \mu}{s} * \sqrt{n}$$

met  $\bar{x}$  het gemiddelde van de populatie;  $s$  de standaard afwijking en  $n$  het aantal waarnemingen (.. is een constante), niet meer normaal verdeeld is. Deze grootte heeft de verdeling van Student, of de t-verdeling. Deze verdeling is getabelleerd op dezelfde wijze als de eerder genoemde F verdeling voor verschillen in variaties. Hier wordt echter het verschil van gemiddelden getoetst ( $\bar{x} - \mu$ ).







## **Bijlage I Correlatie windsnelheden**

Tabel 1: correlatie tussen gemiddeld zwevend stof gehalte in de 6 clusters en windsnelheden

|                 | Noord<br>kust | Noord<br>midden | Noord<br>veraf | Zuid<br>kust | Zuid<br>midden | Zuid<br>veraf | Wind<br>Kooij | Wind<br>Vliss |
|-----------------|---------------|-----------------|----------------|--------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| Noord<br>kust   | 1.00          | 0.30            | 0.27           | 0.22         | <b>0.38</b>    | 0.08          | 0.11          | -0.05         |
| Noord<br>midden |               | 1.00            | 0.35           | 0.08         | 0.14           | 0.28          | <b>0.56</b>   | 0.02          |
| Noord<br>veraf  |               |                 | 1.00           | <b>0.41</b>  | 0.28           | <b>0.57</b>   | -0.33         | 0.12          |
| Zuid<br>kust    |               |                 |                | 1.00         | <b>0.76</b>    | <b>0.40</b>   | <b>-0.41</b>  | 0.12          |
| Zuid<br>midden  |               |                 |                |              | 1.00           | 0.23          | <b>-0.44</b>  | 0.23          |
| Zuid<br>veraf   |               |                 |                |              |                | 1.00          | -0.30         | 0.08          |

De correlatiecoëfficiënt is vet gedrukt als het significantie niveau hoger is dan 0.9.

Wind Kooij = gemiddelde windsnelheden in de Kooij (voorheen station: den Helder)

Wind Vliss = gemiddelde windsnelheden in Vlissingen



**main office**  
**Rotterdamseweg 185**  
**p.o. box 177**  
**2600 MH Delft**  
**The Netherlands**  
**telephone (31) 15 - 56 93 53**  
**telefax (31) 15 - 61 96 74**  
**telex 38176 hydel-nl**

**location 'De Voorst'**  
**Voorsterweg 28, Marknesse**  
**p.o. box 152**  
**8300 AD Emmeloord**  
**The Netherlands**  
**telephone (31) 5274 - 29 22**  
**telefax (31) 5274 - 35 73**  
**telex 42290 hylvo-nl**

