

T1107

AFGEHANDELD



Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren

## Regressievergelijking zwevend stof en zichtdiepte

Verslag onderzoek

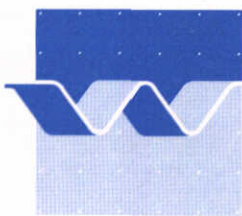
Juli 1993

	<b>bibliotheek</b> postbus 177 - 2600 MH Delft waterloopkundig laboratorium/WL
<b>BB</b>	68924
<b>WL</b>	TINTERVALLEN T1107
<b>EXPL</b>	 R0005524

## Regressievergelijking zwevend stof en zichtdiepte

Verslag onderzoek

Juli 1993



# Inhoud

1	Inleiding . . . . .	1 — 1
2	Beschrijving van de meetgegevens . . . . .	2 — 1
3.	De regressie-analyse . . . . .	3 — 1
	3.1 Fysische achtergrond . . . . .	3 — 1
	3.2 Statistische achtergrond . . . . .	3 — 2
4.	Resultaten . . . . .	4 — 1
5.	Conclusie . . . . .	5 — 1
1	Literatuurlijst . . . . .	L — 1
	Bijlage . . . . .	B — 1

# 1 Inleiding

Het huidige onderzoek TROEBEL III is een aanvulling op het eerder verrichtte onderzoek "Troebelheid Nederlandse zoute wateren" in het kader van het project "Watersysteem Verkenningen" (WSV).

De doelstelling van het onderzoek is als volgt geformuleerd: "Is het mogelijk om door middel van een regressievergelijking tussen zwevend stof gehalten en zichtdiepten met enige mate van nauwkeurigheid de zichtdiepte te voorspellen op basis van een zwevend stof meting?"

De aanpak voor het onderzoek is als volgt:

Eerst worden voor de clusters (gebiedseenheden), welke in het kader van TROEBEL II [WL, 1993] reeds zijn vastgesteld, simultane metingen van zichtdiepte en zwevend stof gehalten bepaald. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de in dat onderzoek opgebouwde NIOZ en WORSRO bestanden. De nieuwe dataset wordt onderverdeeld in een zomer- en een winterperiode.

Vervolgens wordt op basis van fysische overwegingen een regressievergelijking opgesteld die de zichtdiepte, als functie van het zwevend stof gehalte, beschrijft. De vergelijking heeft voor alle clusters en seizoenen dezelfde vorm:

$$\text{zichtdiepte}_i = \frac{1}{k_1 + k_2(\text{Zwevendstof})_i} + \text{residu}_i$$

Per cluster en seizoen worden vervolgens met regressie-analyse de onbekende parameters per cluster en seizoen bepaald.

Tenslotte wordt nagegaan met welke nauwkeurigheid de zichtdiepte, per cluster en seizoen, zou kunnen worden voorspeld.

Het project TROEBEL III is uitgevoerd door ir. K.D. Maiwald en ir. L. Postma, beiden van de Sector Waterbeheer en Milieu van het Waterloopkundig Laboratorium. Het rapport is conform de procedures binnen het Waterloopkundig Laboratorium intern gescreend door ir. J.A. van Pagee.

De begeleiding vanuit RWS-DGW werd verzorgd door drs. J.H.M. de Ruig.

## 2 Beschrijving van de meetgegevens

Uitgangspunt voor de studie zijn de in het kader van Troebel II [WL,1993] opgebouwde NIOZ- en WORSRO- gegevensbestanden van zichtdiepte (gemeten m.b.v. Secchi-schijf) en zwevend stof gehalten in de Noordzee. In de bestanden zijn de NIOZ metingen uit de periode september 1966 tot oktober 1969 en de DGW-RWS metingen uit de periode 1975 tot 1990 verwerkt. De DGW-RWS metingen staan in het WORSRO-bestand. In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van het aantal beschikbare metingen. Zichtdiepte en zwevend stof gehalte zijn niet altijd simultaan gemeten, in enkele gevallen is alleen de zichtdiepte gemeten. In veel gevallen, vooral in het WORSRO bestand, is alleen het zwevend stof gehalte beschikbaar. Voor het huidige onderzoek zijn uitsluitend die metingen bruikbaar waarbij simultaan zichtdiepte en zwevend stof gehalte zijn gemeten (N = 1178).

Tabel 1. Aantal metingen N van zichtdiepte en zwevend stof gehalte

	NIOZ	WORSRO	Totaal
<b>zichtdiepte</b>	689	2165	2854
<b>zwevend stof gehalte</b>	673	15383	16056
<b>simultaan</b>	254	924	1178

Opmerking : In het WORSRO-bestand kwamen oorspronkelijk 1668 simultane metingen voor. De metingen met een zichtdiepte  $\geq 3.00$  m (N = 744) zijn onbetrouwbaar en worden daarom voor de verdere berekeningen niet gebruikt.

Oorspronkelijk was het de bedoeling om voor ieder WORSRO station apart de relatie tussen zichtdiepte en zwevend stof gehalte te onderzoeken. Het aantal simultane meetpunten per station wordt dan echter zo klein dat geen betrouwbare analyse mogelijk is. In overleg met de opdrachtgever is daarom besloten over te gaan tot clusteren van meetstations.

Op basis van de vaste ligging van de WORSRO meetstations is het onderzoeksgebied onderverdeeld in een zestal gebieden:

- Eén component van de onderverdeling is de ligging langs de Nederlandse kust. De meetraaien Appenzak, Walcheren, Schouwen en Goeree plus aangrenzende gebieden ter breedte van de halve afstand tussen twee meetraaien zijn gedefinieerd als zuidelijke deelgebied, de meetraaien Terheijde, Noordwijk, IJmuiden, Egmond en Callantsoog plus twee aangrenzende gebieden als noordelijk deelgebied. Voor de uitgebreide beschrijving van deze onderverdeling in zogenaamde WORSRO-clusters wordt verwezen naar de rapportage van TROEBEL II [WL,1993].

- De andere component van de onderverdeling is de afstand tot de kust. Er zijn 3 zones onderscheiden, te weten een kustzone op 0 tot 3.5 km tot de kust, een middenzone op 3.5 tot 17.5 km tot de kust en een veraf zone op 17.5 tot 235 km van de kust. De ligging van de meetpunten is gegeven in figuur A.
- Naast de ruimtelijke onderverdeling is een seizoensindeling aangebracht. Het jaar wordt verdeeld in een zomer- en een winterperiode. In eerder onderzoek [Visser, 1970] is namelijk gebleken dat de seizoenen een belangrijke invloed hebben op doorzicht en zwevend stof. In navolging van genoemd onderzoek is de zomerperiode gedefinieerd als de periode van mei tot en met oktober, de winterperiode van november tot en met april.

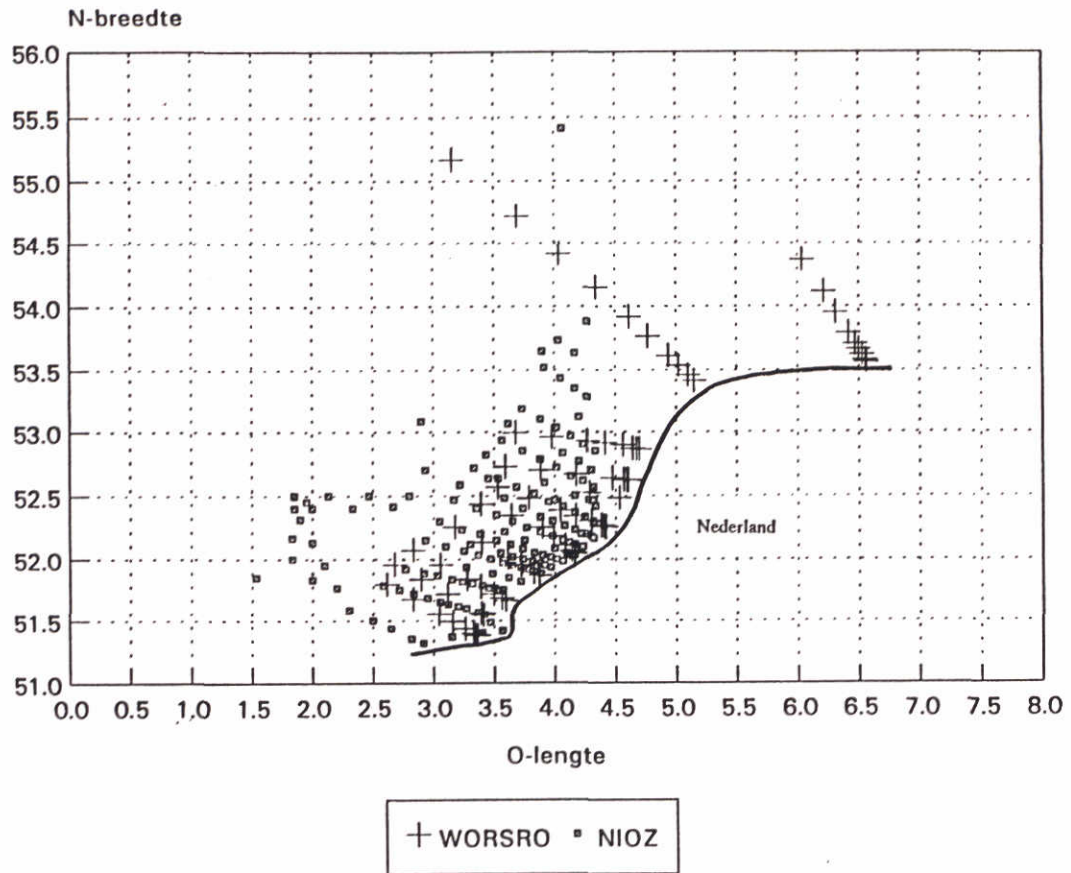
In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de beschikbare aantallen simultaan gemeten zichtdiepten en zwevend stof gehalten voor de verschillende clusters en seizoenen.

Tabel 2. Aantal N van de simultane metingen voor de regressie-analyse

Gebied	Herkomst/ periode	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Noordelijk deel Noordzee	NIOZ zomer	16	33	41
	NIOZ winter	12	29	28
	WORSRO zomer	144	114	16
	WORSRO winter	76	69	30
	Totaal zomer	160	147	57
	Totaal winter	88	98	58
Zuidelijk deel Noordzee	NIOZ zomer	5	20	30
	NIOZ winter	6	16	18
	WORSRO zomer	100	126	59
	WORSRO winter	45	71	74
	Totaal zomer	105	146	89
	Totaal winter	51	87	92

Toelichting : Zone 1 = kustzone, km 0-3.5  
 Zone 2 = middenzone, km 3.5-17.5  
 Zone 3 = veraf zone, km 17.5-235.

Het aantal WORSRO metingen in de veraf zone is betrekkelijk klein. Dit wordt veroorzaakt door het weglaten van metingen met zichtdiepte  $\geq 3$  m, die als onbetrouwbaar moeten worden gekwalificeerd.



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

### 3. De regressie analyse

#### 3.1 Fysische achtergrond

Zichtdiepte wordt gemeten met een Secchi-schijf. Uitgedrukt in meters is de zichtdiepte de diepte waarop de Secchi-schijf uit het zicht verdwijnt [Ebben,1992].

Er wordt verondersteld dat deze diepte  $z_d$  overeenkomt met een diepte waarop de lichtintensiteit  $I$  nog maar een bepaalde fractie  $f_1$  (bijvoorbeeld 1%) is van de lichtintensiteit aan het wateroppervlak  $I_0$ , in formulevorm:

$$I(z_d) = f_1 \cdot I_0 \quad (1)$$

Daarnaast geldt de bekende formule van Lambert Beer voor de afname van de lichtintensiteit met de diepte:

$$I(z_d) = I_0 \cdot \exp(-\epsilon \cdot z_d) \quad (2)$$

Substitutie van (1) in (2) en aan beide kanten de logaritme nemen levert dan:

$$\ln(f_1) = -\epsilon \cdot z_d \quad (3)$$

Tenslotte wordt verondersteld dat de extinctie  $\epsilon$  is opgebouwd uit een achtergrondextinctie  $\epsilon_A$  en een term die evenredig is met het zwevend stof gehalte ZwSt. De evenredigheidsconstante heet de specifieke extinctie  $\epsilon_Z$ . In formulevorm:

$$\epsilon = \epsilon_A + \epsilon_Z \cdot \text{ZwSt} \quad (4)$$

Substitutie van (4) in (3) en vervangen van de constante  $-\ln(f_1)$  door de constante  $f_2$  levert dan:

$$f_2 = (\epsilon_A + \epsilon_Z \cdot \text{ZwSt}) z_d \quad (5)$$

ofwel

$$z_d = \frac{1}{k_1 + k_2 \cdot \text{ZwSt}} \quad (6)$$

met

$$k_1 = \epsilon_A / f_2 \text{ en } k_2 = \epsilon_Z / f_2.$$

Vergelijking (6) wordt vervolgens gebruikt om de zichtdiepte te voorspellen uit de gemeten zwevend stof gehalten. Hiervoor worden met behulp van de beschikbare metingen schatters afgeleid voor de constanten  $k_1$  en  $k_2$ . De statistische techniek om deze schatters af te leiden is de niet-lineaire regressie-analyse. Ebben [1992] betoogt dat de constanten als functie van plaats en tijd sterk kunnen variëren. De analyses zijn dan ook voor verschillende WORSRO-clusters en voor verschillende seizoenen uitgevoerd.



### 3.2 Statistische achtergrond

Zowel de gemeten zichtdiepte als de gemeten zwevend stof gehalten zijn stochastische variabelen met (onbekende) verdelingsfuncties. Technieken om (6) op te lossen waarbij beide variabelen stochastisch verdeeld zijn zijn niet beschikbaar. Er moet daarom een keus worden gemaakt om één van de twee variabelen als deterministisch te beschouwen en de andere variabele als stochastische variabele. Gezien de doelstelling van het onderzoek, voorspellen van zichtdiepte uit zwevend stof metingen, is ervoor gekozen de zichtdiepte als stochastische variabele te beschouwen en het zwevend stof gehalte als deterministische grootte. De zichtdiepte wordt dan de te verklaren variabele genoemd en het zwevend stof gehalte de verklarende variabele. Soms wordt de terminologie onafhankelijke variabele (ZwSt) en afhankelijke variabele ( $z_d$ ) gebruikt.

Er zijn in totaal 36 regressieberekeningen uitgevoerd voor 6 WORSRO-clusters, 2 seizoenen en de verschillende herkomst van de gegevens (NIOZ, WORSRO en beide samen). De regressievergelijking voor ieder van de 36 berekeningen luidt conform vergelijking (6) en de hierboven gemaakte keus en verklarende variabele als volgt:

$$(z_d)_i = \frac{1}{k_1 + k_2 \cdot ZwSt_i} + r_i \quad (7)$$

met  $(z_d)_i$  = gemeten zichtdiepte op tijdstip  $i$ ,  $i = 1, \dots, N$   
 $ZwSt_i$  = gemeten zwevend stof gehalte op tijdstip  $i$   
 $r_i$  = residu op tijdstip  $i$ .

Voor iedere regressieberekening moet voldaan zijn aan drie algemene voorwaarden [SPSS, 1990]:

1. *Normaliteit en gelijkheid van variantie.* Voor iedere vaste waarde van de onafhankelijke variabele moeten de residuen normaal verdeeld zijn met gemiddelde 0 en overal gelijke variantie  $\sigma^2$ . Indien niet aan deze voorwaarde is voldaan wordt veelal een transformatie toegepast. Nadeel van een transformatie is dat de duidelijke fysische relatie waarop de regressievergelijking is gebaseerd, verloren kan gaan. Er zijn geen mogelijkheden de voorwaarden vooraf te toetsen. Meestal zal achteraf nagegaan moeten worden of min of meer voldaan is aan deze voorwaarden.
2. *Onafhankelijkheid.* De gemeten zichtdiepten moeten onderling onafhankelijk zijn. Hieraan is in het algemeen zeker voldaan omdat de NIOZ metingen en de WORSRO metingen, zowel in plaats als in tijd, onderling voldoende ver uit elkaar liggen.
3. *Geldigheid van de modelvergelijking.* Er wordt verondersteld dat de regressievergelijking het onderlinge verband correct weergeeft.

Mits voldaan is aan deze voorwaarden kunnen in een *lineaire* regressieberekening statistisch juiste 95% - betrouwbaarheidsintervallen berekend worden voor:

- de onbekende parameters,
- het populatiegemiddelde (de regressielijn),
- de individuele voorspellingsfout.

De regressievergelijking (7) is echter *niet-lineair*. Dit geeft aanleiding tot een stelsel niet-lineaire vergelijkingen dat iteratief opgelost moet worden. Bovendien kunnen in het niet-lineaire geval slechts *benaderende* oplossingen van de genoemde 95% - betrouwbaarheidsintervallen berekend worden.

Voor het oplossen van (7) en het schatten van de betrouwbaarheidsintervallen is gebruik gemaakt van de procedure NLIN [SPSS,1990]. Voor de achtergronden van de gebruikte schattingen wordt verwezen naar de in [SPSS,1990] genoemde literatuur.

## 4. Resultaten

Er zijn 12 regressieberekeningen uitgevoerd, waarbij gebruik is gemaakt van de gecombineerde NIOZ en WORSRO gegevens. Bij berekening 4 zijn twee metingen weggelaten (zeer hoog zwevend stof gehalten in combinatie met grote zichtdiepte). De resultaten worden in dit hoofdstuk gepresenteerd in tabel 3 en figuur 1 t/m 12.

In de bijlage worden bovendien in tabel 4 en 5 resultaten gepresenteerd van 24 verdere berekeningen. Deze zijn gebaseerd op de NIOZ-metingen respectievelijk de WORSRO-metingen alleen. Door de beperkte omvang van deze datasets zijn deze resultaten minder betrouwbaar dan de resultaten verkregen met de gehele dataset.

### Beschrijving van de uitvoer

Per berekening worden in tabelvorm de volgende grootheden uitgevoerd:

1. De beschrijving van het WORSRO-cluster en het seizoen.
2. Het aantal metingen  $N$ .
3. De waarden van de parameters  $k_1$  en  $k_2$  en het benaderde 95% - betrouwbaarheidsinterval van de parameters. Een groot interval betekent dat de parameters onnauwkeurig bepaald kunnen worden.
4. De waarde van de  $R^2$ .  $R^2$  is een maat voor de kwaliteit van de regressie-analyse.  $R^2 = 1$  betekent dat alle meetpunten precies op de regressielijn liggen.  $R^2 = 0$  betekent dat er geen hyperbolische relatie is tussen zichtdiepte en zwevend stof gehalte. Het betekent overigens niet dat er niet een andere (betere) relatie zou kunnen bestaan.

In de grafieken (figuur 1 t/m 12) wordt het volgende weergegeven:

1. Het nummer van de berekening en een code. NOWI1 betekent NOordelijk deel Noordzee, WInterperiode, zone 1 (= dichtbij).
2. Langs de horizontale as de zwevend stof gehalten in [mg/l].
3. Langs de verticale as de zichtdiepte in [m]. De schalen in de verschillende figuren zijn niet gelijk ten gevolge van de grote verschillen in meetbereik.
4. De meetpunten, weergegeven met een vierkantje.
5. De berekende regressielijn, alleen geldig voor het betreffende meetbereik van het zwevend stof gehalte.
6. Met twee dunne doorgetrokken lijnen het benaderde 95% - betrouwbaarheidsinterval van het populatiegemiddelde, ook wel aangeduid als het benaderde 95% - betrouwbaarheidsinterval van de regressielijn. Een klein 95% - betrouwbaarheidsinterval (= de verticale afstand tussen de lijnen voor een vaste waarde van het zwevend stof gehalte) betekent dat de regressielijn zelf met grote mate van betrouwbaarheid bepaald kan worden.
7. Met twee dunne onderbroken lijnen het benaderde 95% - betrouwbaarheidsinterval van een individuele voorspelling. Een groot 95% - betrouwbaarheidsinterval betekent dat bij een zekere waarde van het zwevend stof gehalte de bijbehorende zichtdiepte met grote mate van onbetrouwbaarheid voorspeld wordt.

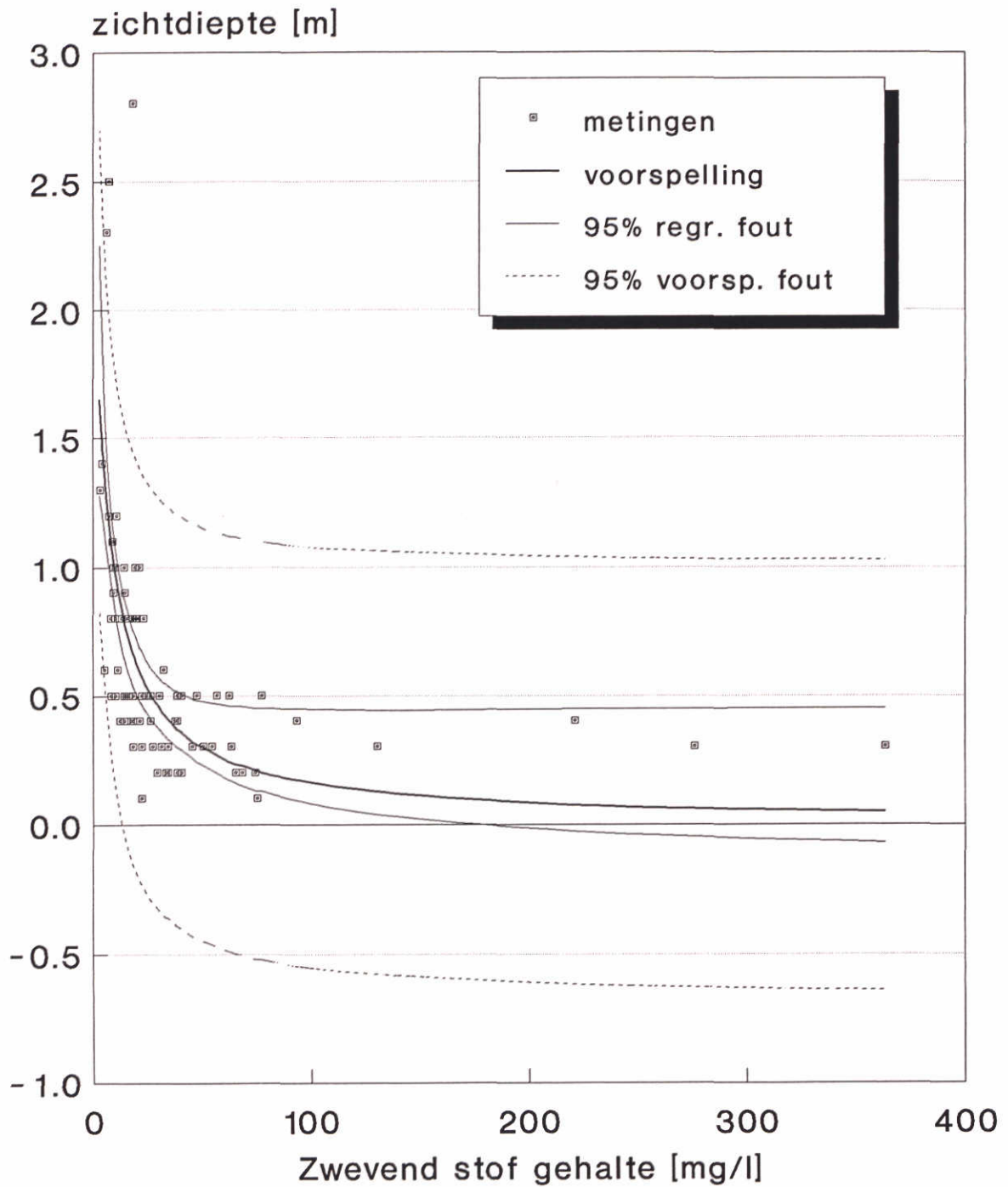
De resultaten van berekening (8) zijn tweemaal weergegeven, eenmaal met de normale schaal voor de zwevend stof gehalten en eenmaal na log-transformatie van de horizontale as.

Tabel 3. Resultaten niet-lineaire regressie (alle metingen)

Nr.	Deelgebied	Seizoen	zone	Parameters	95% betr. interval
1.	Noord	Winter	kust	N : 88 k <sub>1</sub> : 0.43 k <sub>2</sub> : 0.059 R <sup>2</sup> : 0.39	(0.22, 0.64) (0.038, 0.080)
2.			midden	N : 98 k <sub>1</sub> : 0.39 k <sub>2</sub> : 0.043 R <sup>2</sup> : 0.26	(0.30, 0.49) (0.023, 0.064)
3.			veraf	N : 58 k <sub>1</sub> : 0.13 k <sub>2</sub> : 0.025 R <sup>2</sup> : 0.11	(0.08, 0.17) (-0.002, 0.053)
4.	Noord	Zomer	kust	N : 158 k <sub>1</sub> : 0.61 k <sub>2</sub> : 0.031 R <sup>2</sup> : 0.20	(0.53, 0.70) (0.019, 0.042)
5.			midden	N : 147 k <sub>1</sub> : 0.43 k <sub>2</sub> : 0.017 R <sup>2</sup> : 0.10	(0.37, 0.49) (0.004, 0.029)
6.			veraf	N : 57 k <sub>1</sub> : 0.14 k <sub>2</sub> : 0.010 R <sup>2</sup> : 0.03	(0.10, 0.18) (-0.011, 0.031)
7.	Zuid	Winter	kust	N : 51 k <sub>1</sub> : 1.63 k <sub>2</sub> : 0.012 R <sup>2</sup> : 0.23	(1.07, 2.20) (0.002, 0.021)
8.			midden	N : 87 k <sub>1</sub> : 0.03 k <sub>2</sub> : 0.069 R <sup>2</sup> : 0.62	(0.00, 0.06) (0.053, 0.084)
9.			veraf	N : 92 k <sub>1</sub> : 0.21 k <sub>2</sub> : 0.033 R <sup>2</sup> : 0.32	(0.16, 0.26) (0.017, 0.048)

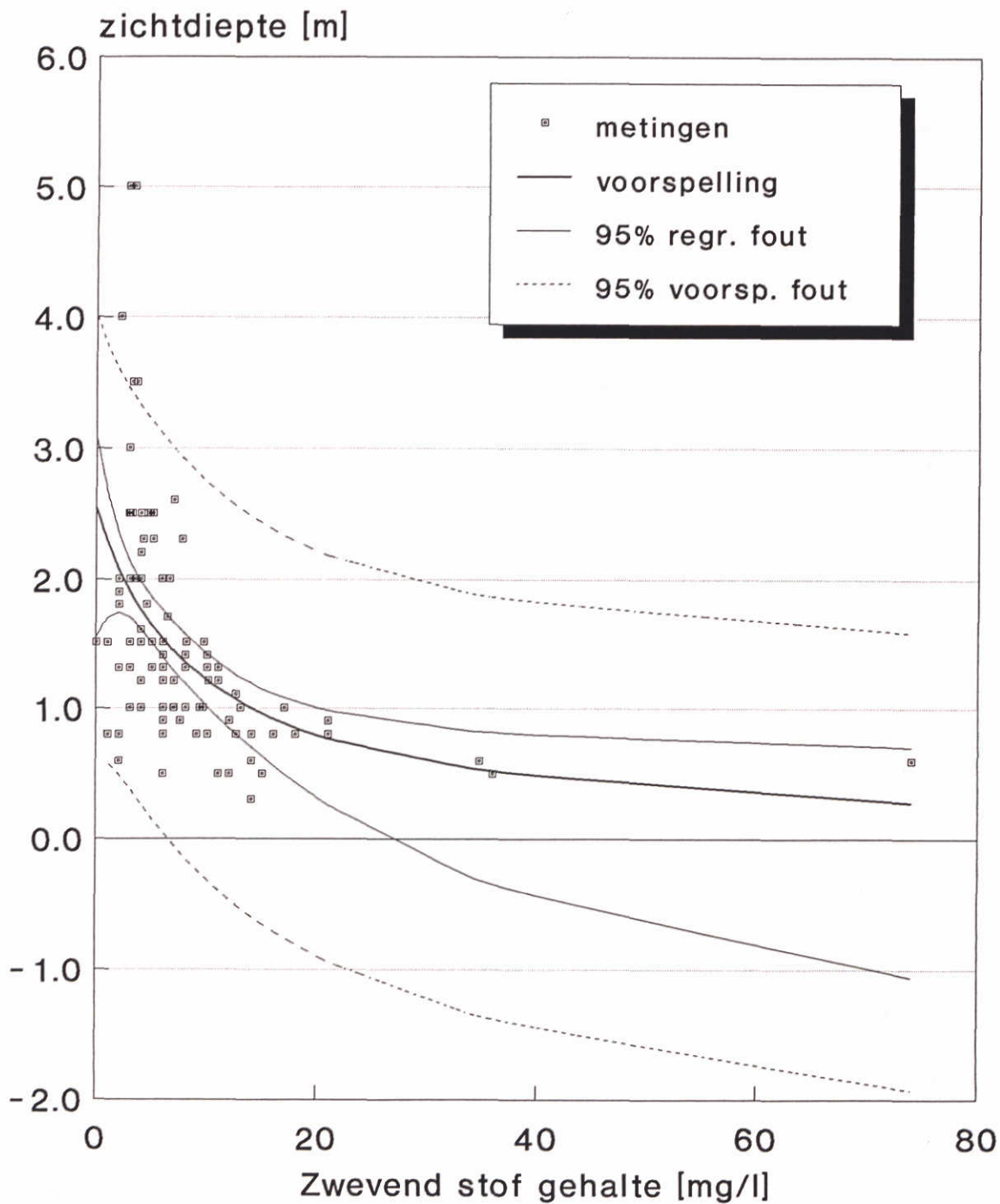
10.	Zuid	Zomer	kust	N : 105 k <sub>1</sub> : 0.47 k <sub>2</sub> : 0.025 R <sup>2</sup> : 0.58	(0.37, 0.56) (0.017, 0.034)
11.			midden	N : 146 k <sub>1</sub> : 0.31 k <sub>2</sub> : 0.038 R <sup>2</sup> : 0.47	(0.25, 0.38) (0.028, 0.049)
12.			veraf	N : 89 k <sub>1</sub> : 0.11 k <sub>2</sub> : 0.043 R <sup>2</sup> : 0.27	(0.06, 0.17) (0.016, 0.070)

# 1. NOWI1



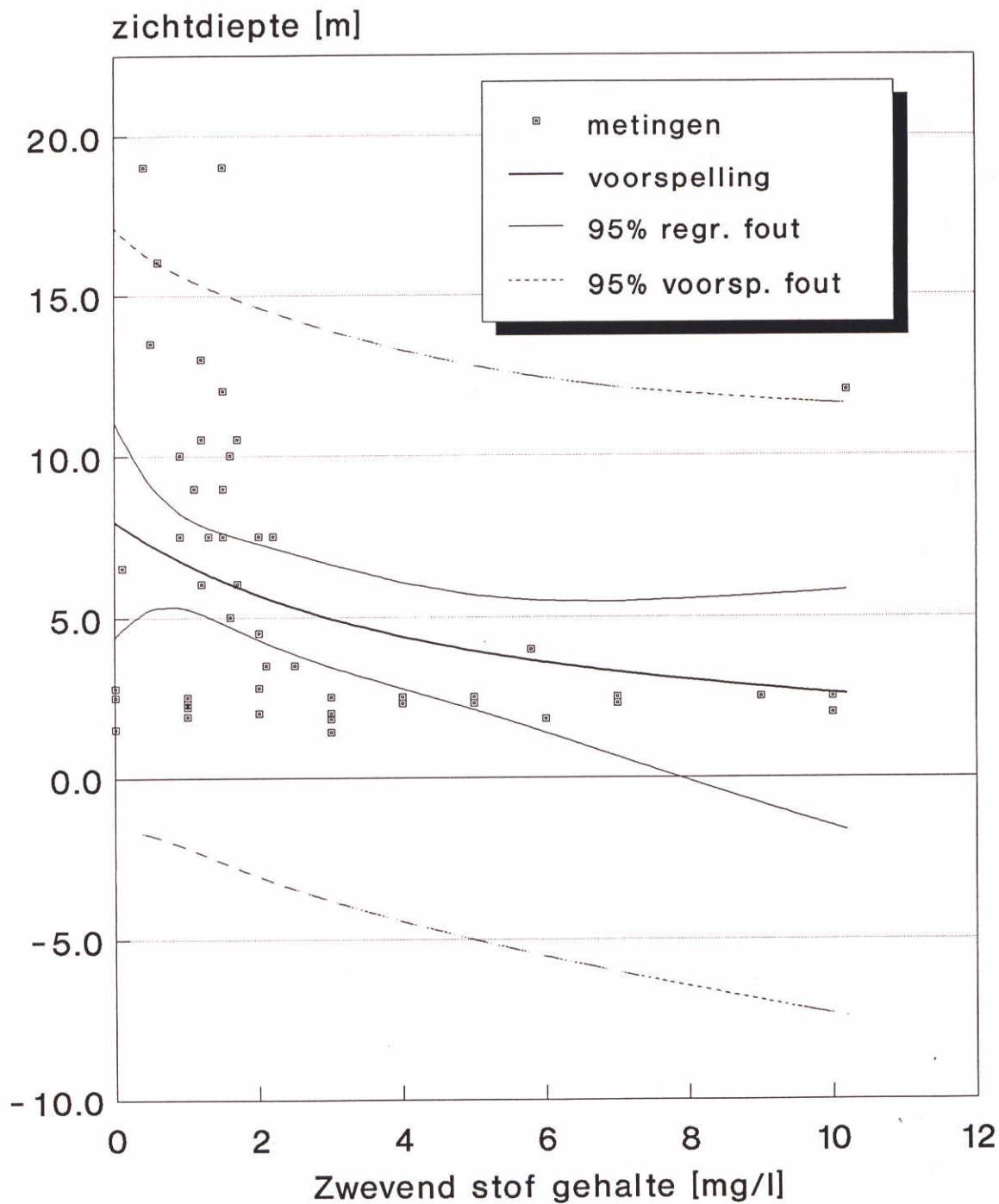
Figuur 1: Resultaten regressie-analyse  
Noordelijk deel, kustzone, winter.

## 2. NOWI2



Figuur 2: Resultaten regressie-analyse  
Noordelijk deel, middenzone, winter.

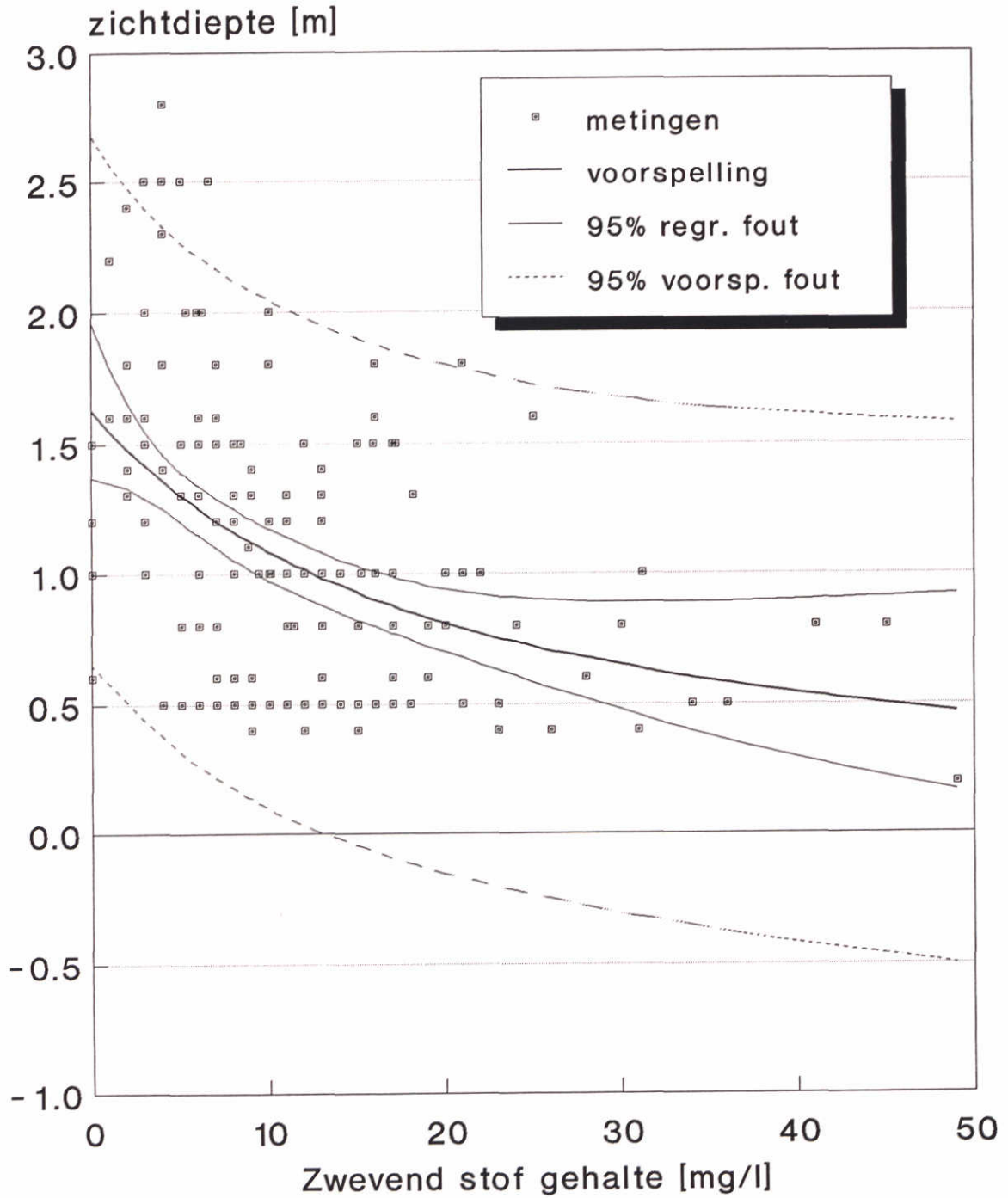
### 3. NOWI3



Figuur 3: Resultaten regressie-analyse  
Noordelijk deel, veraf zone, winter.

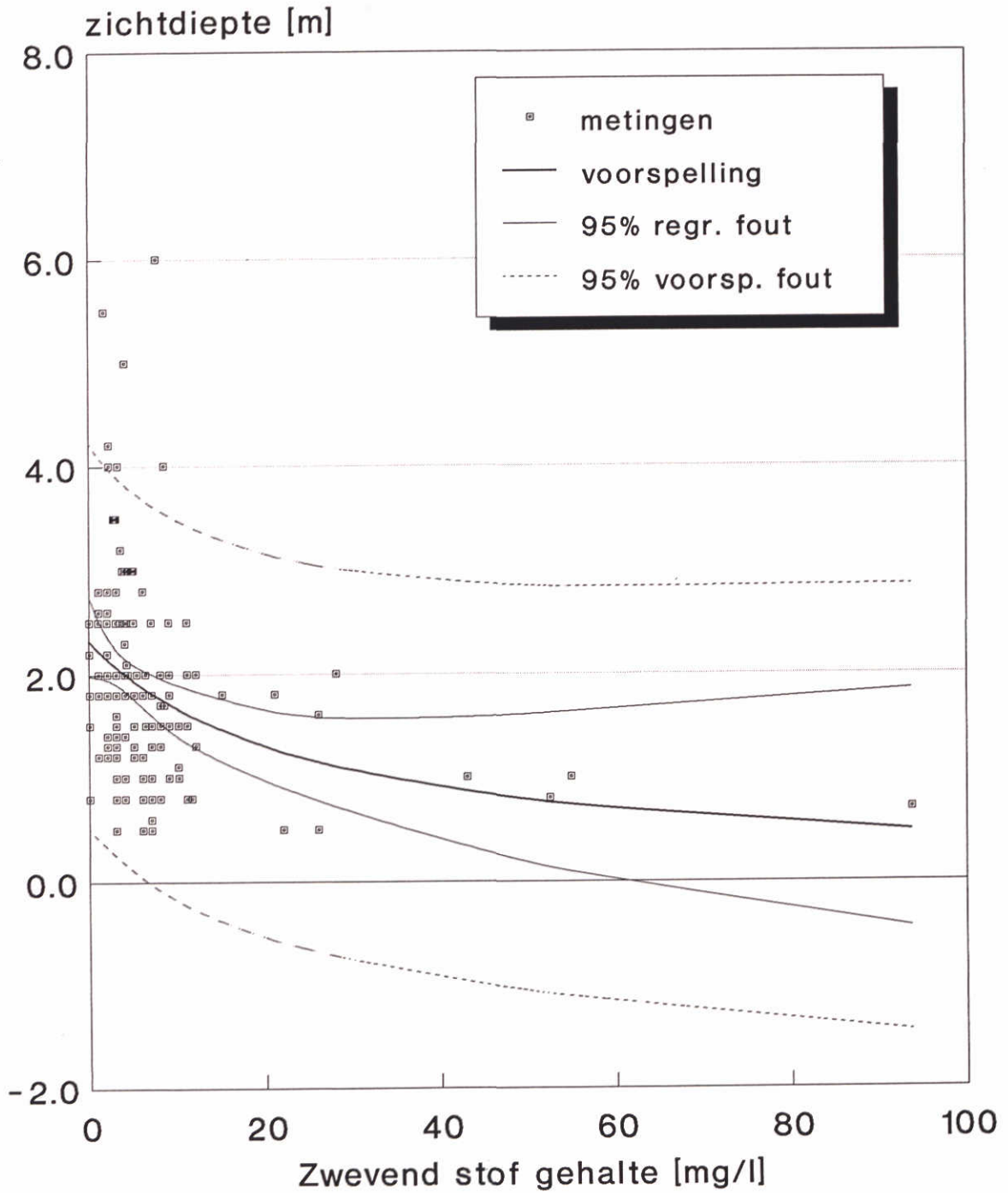


# 4. NOZO1



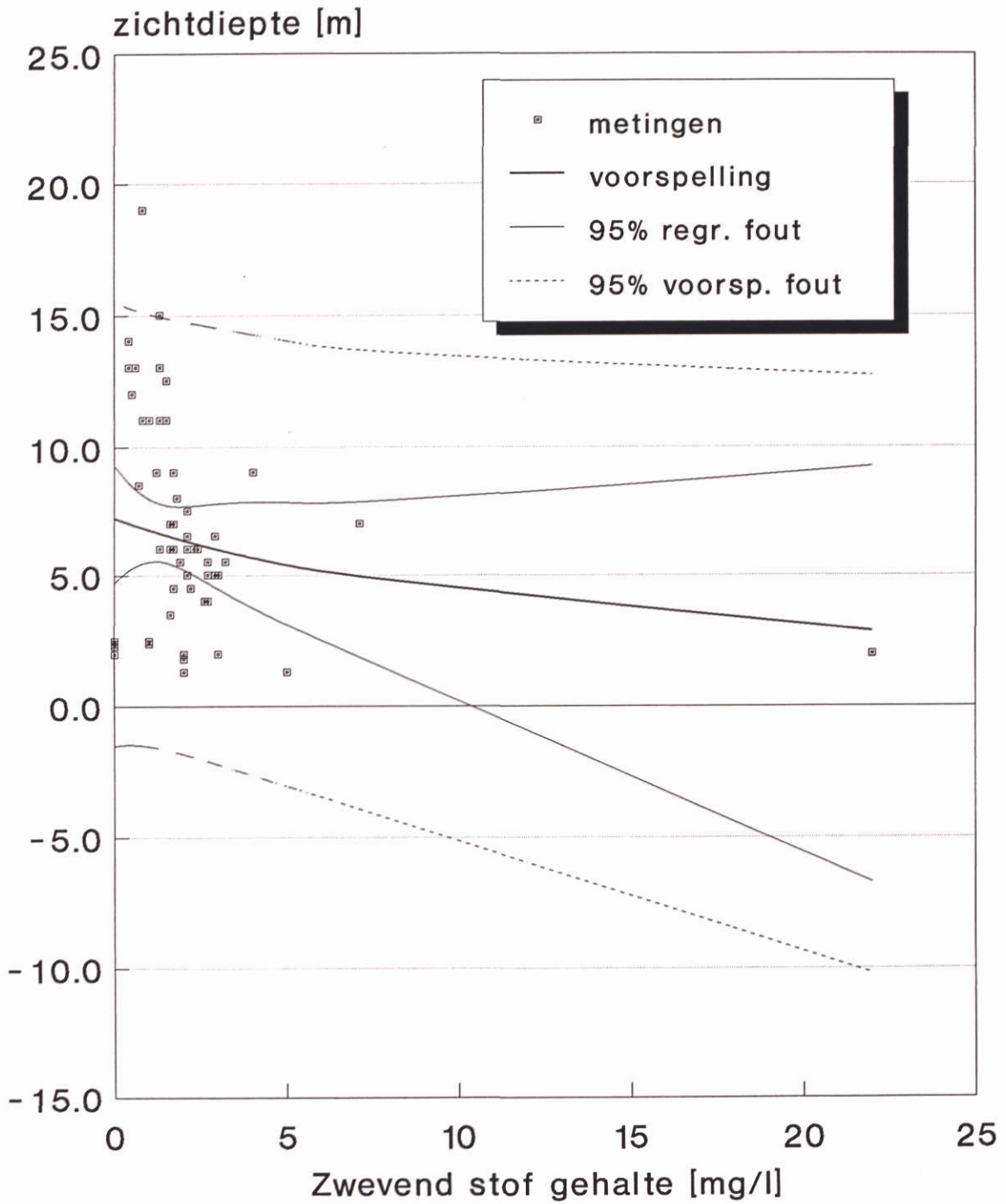
Figuur 4: Resultaten regressie-analyse  
Noordelijk deel, kustzone, zomer.

# 5. NOZO2



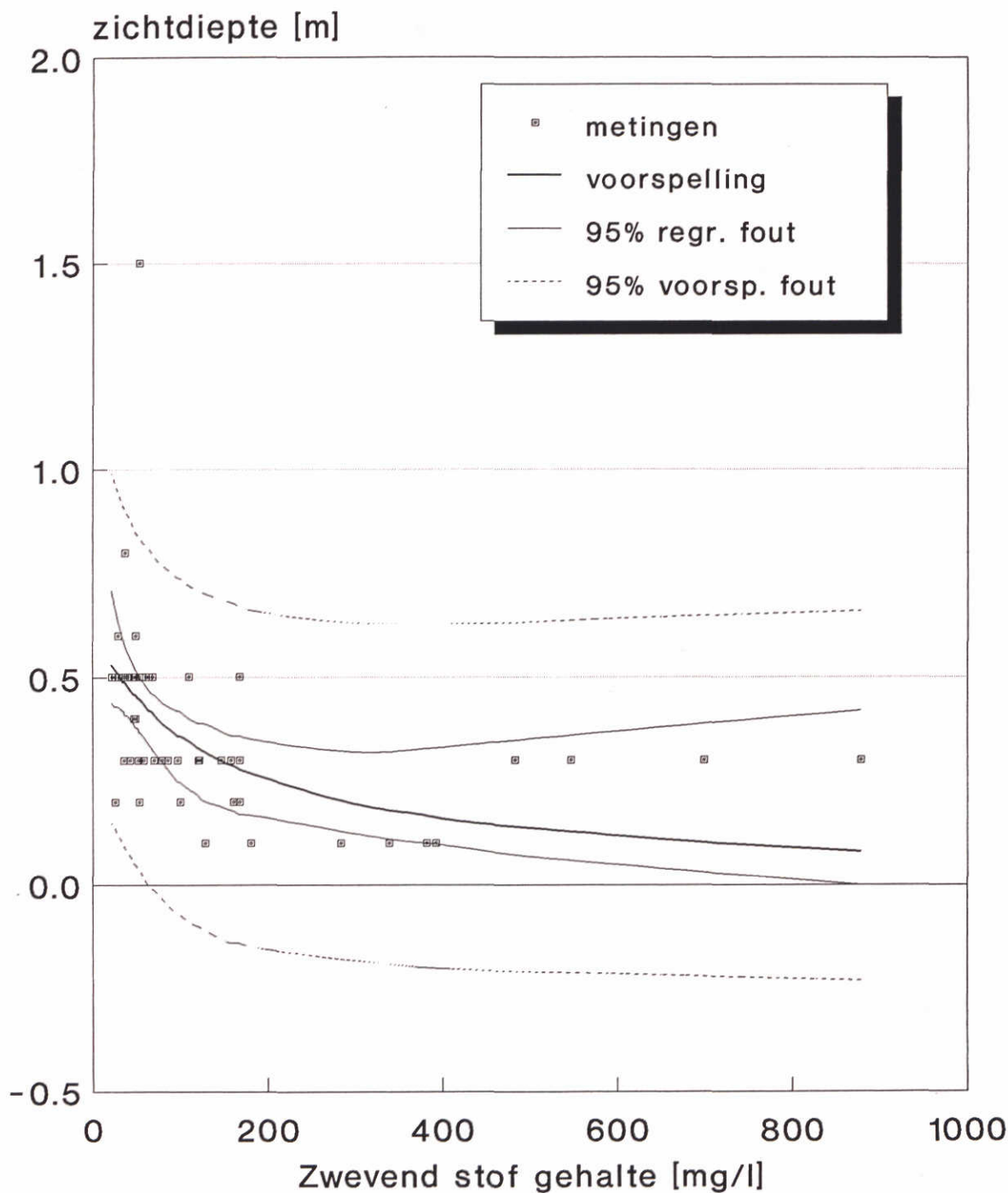
Figuur 5: Resultaten regressie-analyse  
Noordelijk deel, middenzone, zomer.

## 6. NOZO3



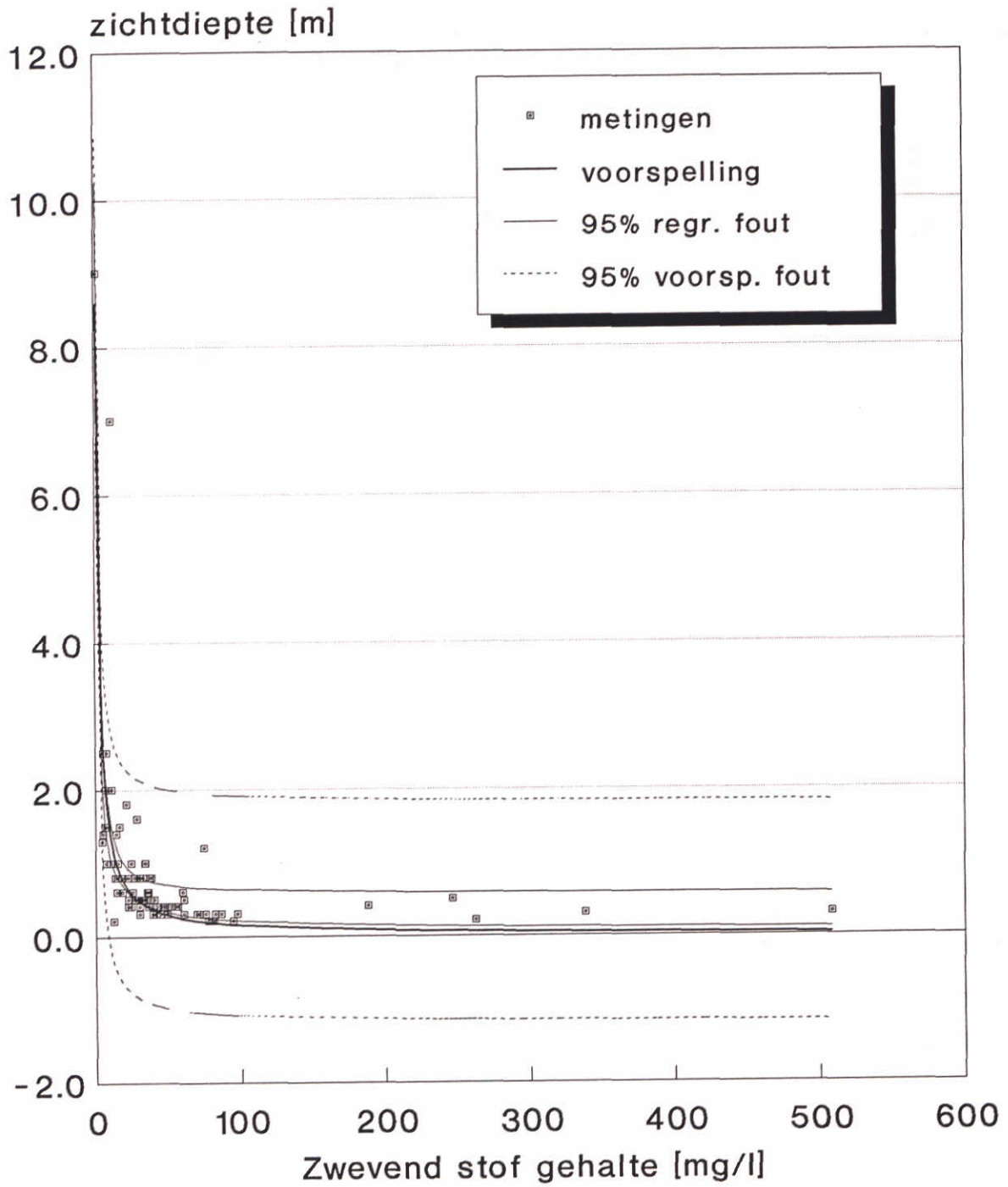
Figuur 6: Resultaten regressie-analyse  
Noordelijk deel, veraf zone, zomer.

## 7. ZUWI1



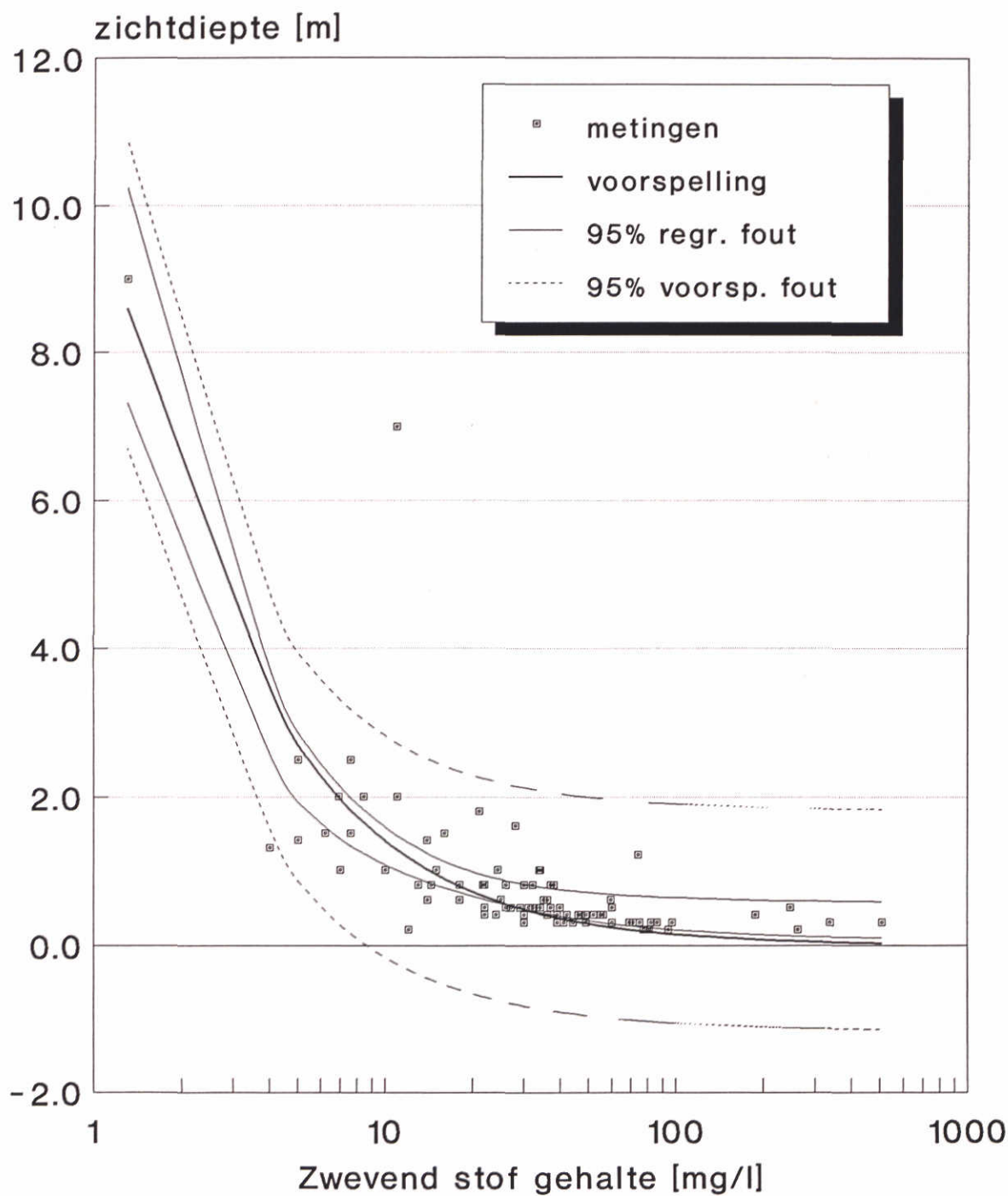
Figuur 7: Resultaten regressie-analyse  
Zuidelijk deel, kustzone, winter

# 8. ZUWI2



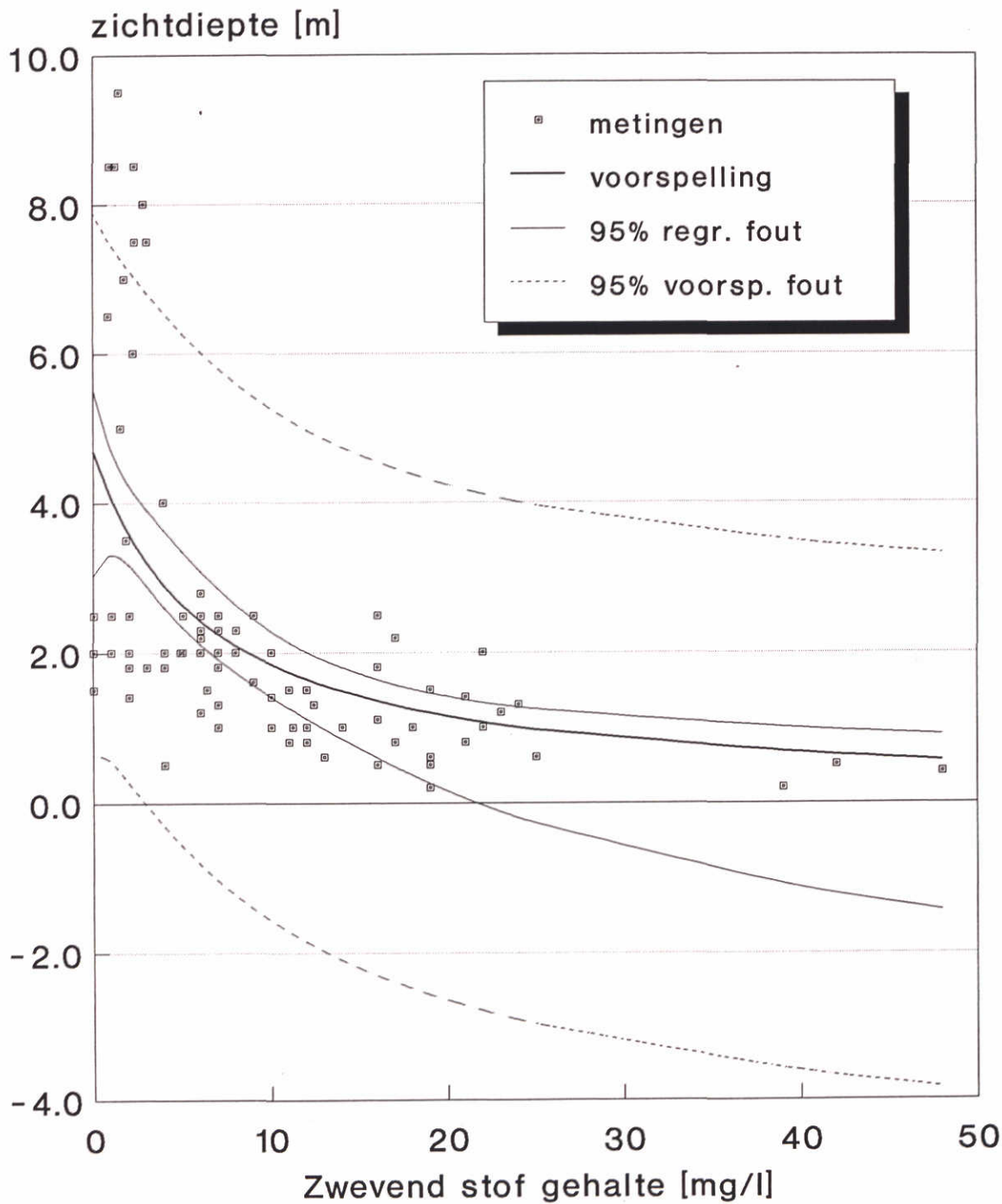
Figuur 8a: Resultaten regressie-analyse  
Zuidelijk deel, middenzone, winter

# 8. ZUWI2



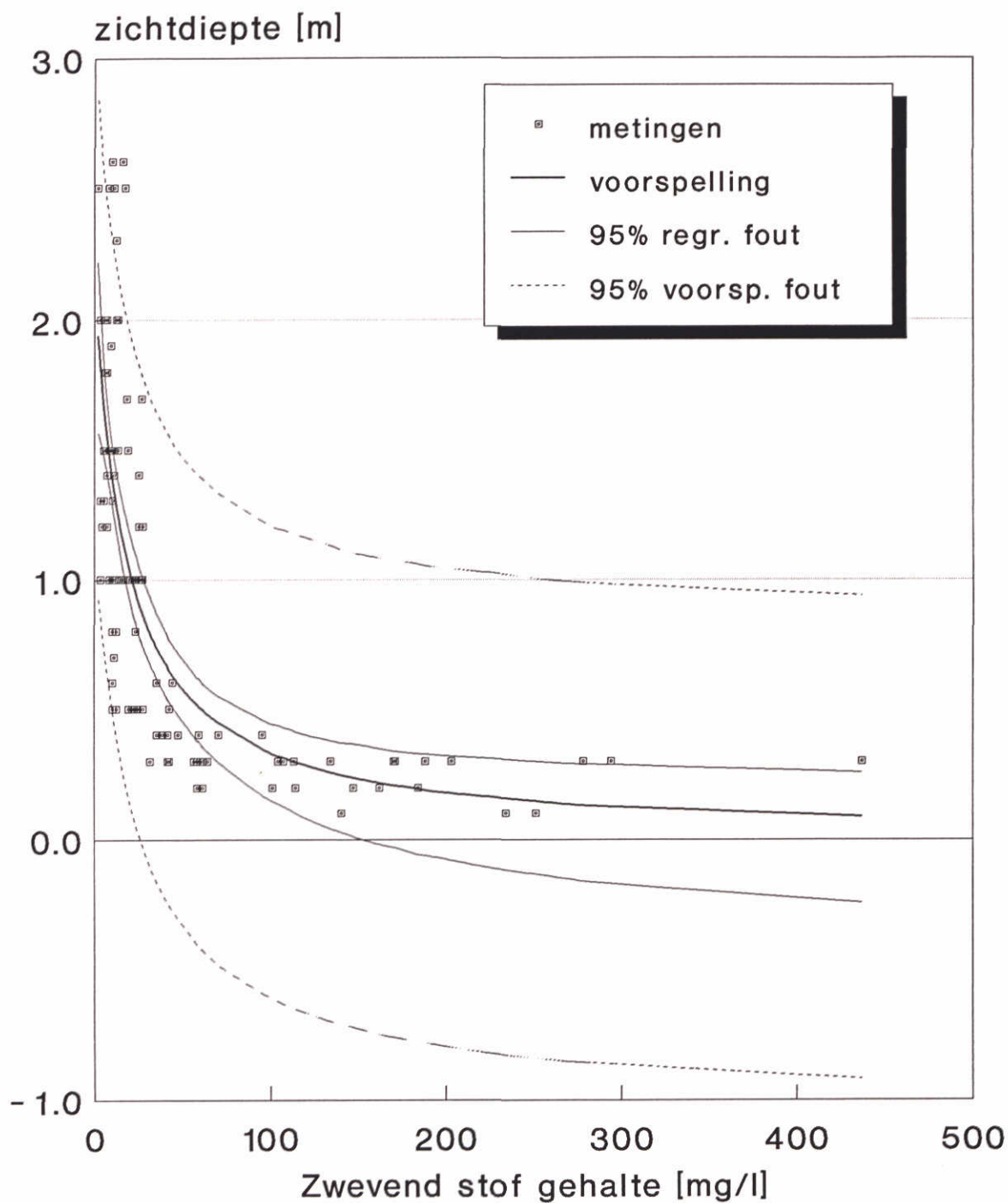
Figuur 8b: Resultaten regressie-analyse  
Zuidelijk deel, middenzone, winter

# 9. ZUWI3



Figuur 9: Resultaten regressie-analyse  
Zuidelijk deel, veraf zone, winter

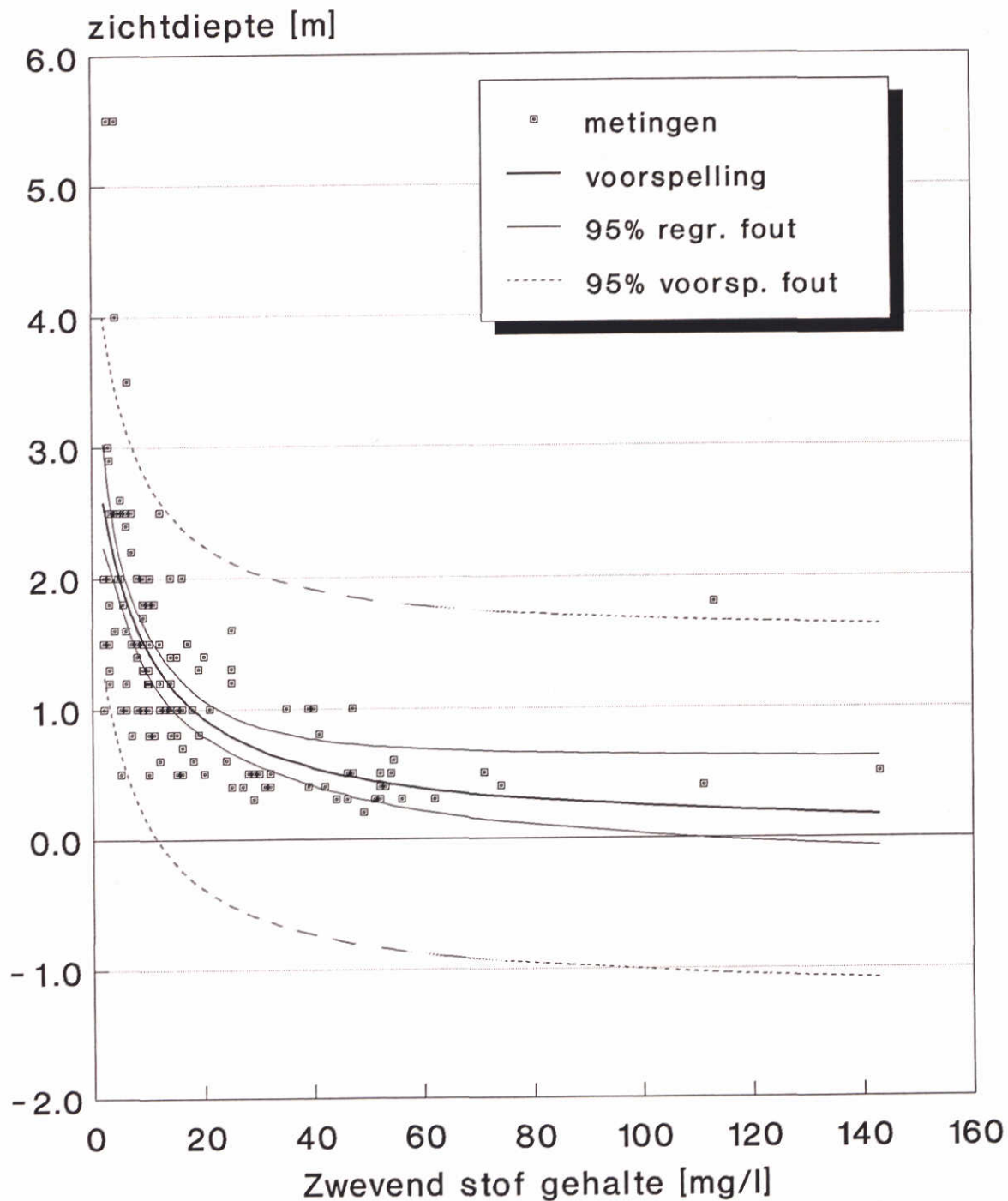
# 10. ZUZ01



Figuur 10: Resultaten regressie-analyse  
Zuidelijk deel, kustzone, zomer

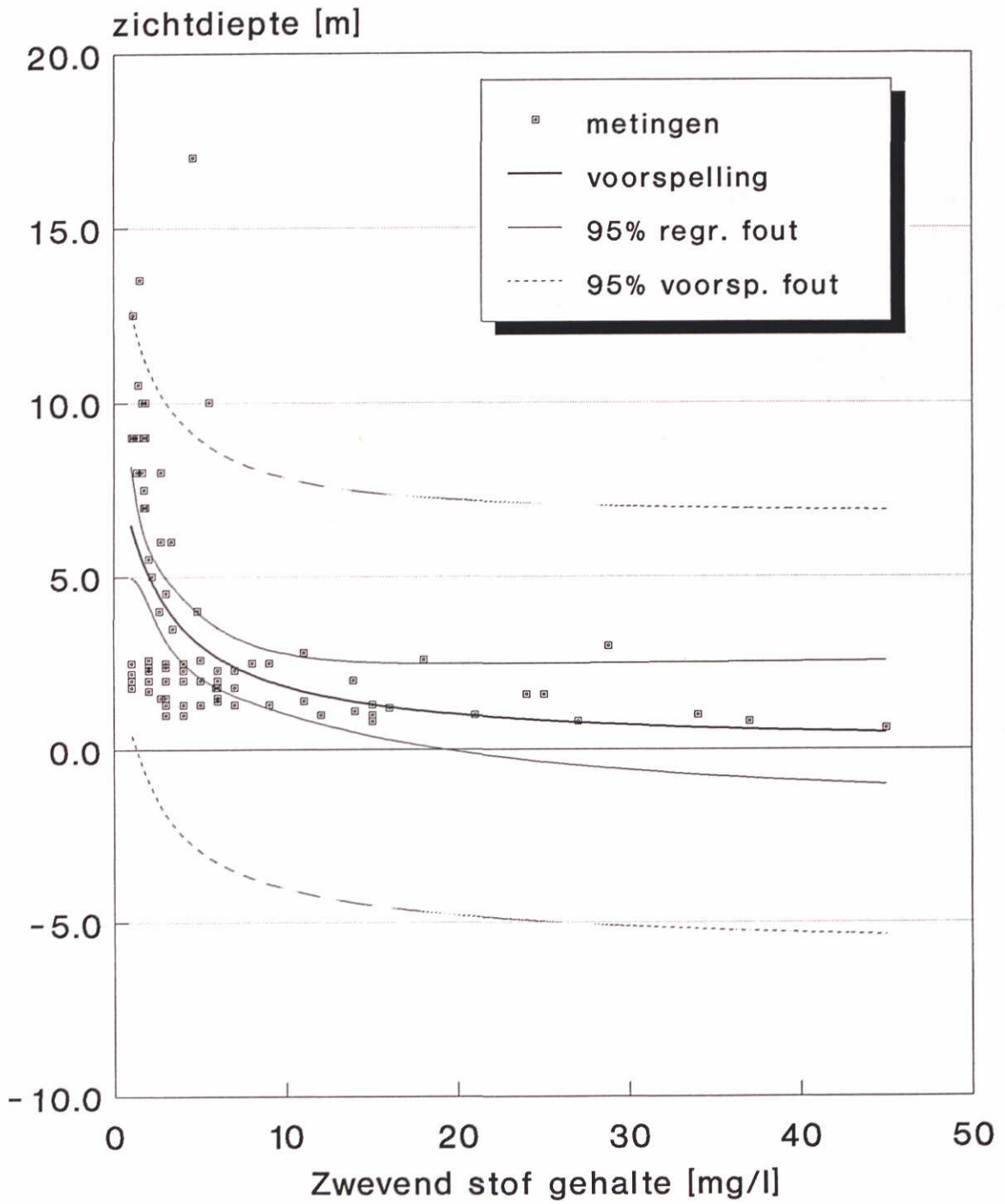


# 11. ZUZ02



Figuur 11: Resultaten regressie-analyse  
Zuidelijk deel, middenzone, zomer

## 12. ZUZO3



Figuur 12: Resultaten regressie-analyse  
Zuidelijk deel, veraf zone, zomer

### **Discussie normaliteit**

Achteraf, dat wil zeggen na het uitvoeren van de regressieberekeningen, is nagegaan in hoeverre de residuen voldoen aan de eerste voorwaarde voor regressie-analyse (normaliteit) met behulp van een visuele weergave van de gestandaardiseerde residuen tegen de verwachtingswaarde. In de bijlage zijn histogrammen van de 12 berekeningen voor de gehele dataset weergegeven. In het algemeen wordt redelijk voldaan aan de voorwaarde voor normaliteit.

### **Discussie parameters**

De parameters  $k_1$ , blijken sterk afhankelijk van de zone. Dit kan samenhangen met het verschil in kleuring bij verschillende saliniteit. Een eventuele multivariatie, analyse met saliniteit als tweede verklarende variabele, zou hierover uitsluitsel kunnen geven.

## 5. Conclusie

Voor alle clusters en seizoenen zijn, met behulp van de gecombineerde WORSRO en NIOZ metingen, regressie-analyses uitgevoerd. De resultaten zijn in alle gevallen zo dat bij een laag zwevend stof gehalte gemiddeld een grote gemiddelde zichtdiepte behoort en bij een hoog zwevend stof gehalte een kleine gemiddelde zichtdiepte. In die zin voldoen de resultaten aan de verwachting en zijn ze ook bruikbaar om uitspraken te doen omtrent wijzigingen in de te verwachten gemiddelde zichtdiepte bij eventuele wijzigingen in zwevend stof gehaltenes.

Echter, in alle gevallen is de voorspellingsfout voor een individuele zichtdiepte bij een gegeven zwevend stof gehalte zo groot dat de vraagstelling:

"Is het mogelijk om door middel van een regressievergelijking tussen zwevend stof gehaltenes en zichtdiepten met enige mate van nauwkeurigheid de variabele zichtdiepte te voorspellen op basis van een zwevend stof meting?"

negatief beantwoord moet worden.

## 1 Literatuurlijst

SPSS/PC+ Advanced Statistics 4.0  
Marija J. Norusis/SPSS Inc.  
Chicago, 1990

Ebben, M.H.M.,  
Troebelheid, doorzicht en extinctie  
H<sub>2</sub>O (25) 1992, nr.23

Waterloopkundig Laboratorium - Delft, 1993  
Rapport TROEBEL II: Troebelheid Nederlandse zoute wateren, inventarisatie en trend analyse  
1930 - 1990.  
T1003, maart 1993



## Bijlage

Tabel 4. Resultaten niet-lineaire regressie (NIOZ metingen)

Nr.	Deelgebied	Seizoen	Zone	Parameters	95% betr. interval
1.	Noord	Winter	kust	N : 12 k <sub>1</sub> : -0.18 k <sub>2</sub> : 0.097 R <sup>2</sup> : 0.72	(-0.75, 0.38) (0.030, 0.164)
2.			midden	N : 29 k <sub>1</sub> : 0.07 k <sub>2</sub> : 0.076 R <sup>2</sup> : 0.70	(-0.03, 0.17) (0.048, 0.103)
3.			veraf	N : 28 k <sub>1</sub> : 0.07 k <sub>2</sub> : 0.023 R <sup>2</sup> : 0.09	(0.04, 0.11) (-0.002, 0.049)
4.	Noord	Zomer	kust	N : 16 k <sub>1</sub> : 0.25 k <sub>2</sub> : 0.046 R <sup>2</sup> : 0.48	(0.04, 0.46) (0.017, 0.075)
5.			midden	N : 33 k <sub>1</sub> : 0.17 k <sub>2</sub> : 0.037 R <sup>2</sup> : 0.44	(0.07, 0.26) (0.012, 0.063)
6.			veraf	N : 41 k <sub>1</sub> : 0.05 k <sub>2</sub> : 0.044 R <sup>2</sup> : 0.48	(0.04, 0.07) (0.029, 0.060)
7.	Zuid	Winter	kust	N : 6 k <sub>1</sub> : 1.59 k <sub>2</sub> : 0.010 R <sup>2</sup> : 0.67	(0.97, 2.21) (-0.002, 0.021)
8.			midden	N : 16 k <sub>1</sub> : 0.06 k <sub>2</sub> : 0.044 R <sup>2</sup> : 0.64	(0.00, 0.12) (0.016, 0.073)
9.			veraf	N : 18 k <sub>1</sub> : 0.09 k <sub>2</sub> : 0.035 R <sup>2</sup> : 0.61	(0.04, 0.14) (0.009, 0.060)

10.	Zuid	Zomer	kust	N : 5 k <sub>1</sub> : 1.29 (-1.85, 4.45) k <sub>2</sub> : -0.019 (-0.152, 0.114) R <sup>2</sup> : 0.06
11.			midden	N : 20 k <sub>1</sub> : 0.12 (-0.02, 0.26) k <sub>2</sub> : 0.046 (0.012, 0.079) R <sup>2</sup> : 0.54
12.			veraf	N : 30 k <sub>1</sub> : 0.23 (0.15, 0.30) k <sub>2</sub> : -0.025 (-0.038, -0.012) R <sup>2</sup> : 0.82



Tabel 5. Resultaten niet-lineaire regressie (WORSRO metingen)

Nr.	Deelgebied	Seizoen	Zone	Parameters	95% betr. interval
1.	Noord	Winter	kust	N : 76 k <sub>1</sub> : 0.48 k <sub>2</sub> : 0.060 R <sup>2</sup> : 0.36	(0.23, 0.73) (0.036, 0.084)
2.			midden	N : 69 k <sub>1</sub> : 0.59 k <sub>2</sub> : 0.036 R <sup>2</sup> : 0.27	(0.48, 0.70) (0.017, 0.054)
3.			veraf	N : 30 k <sub>1</sub> : 0.44 k <sub>2</sub> : -0.001 R <sup>2</sup> : 0.00	(0.40, 0.48) (-0.010, 0.008)
4.	Noord	Zomer	kust	N : 144 k <sub>1</sub> : 0.65 k <sub>2</sub> : 0.030 R <sup>2</sup> : 0.13	(0.55, 0.75) (0.017, 0.042)
5.			midden	N : 114 k <sub>1</sub> : 0.51 k <sub>2</sub> : 0.017 R <sup>2</sup> : 0.09	(0.45, 0.57) (0.005, 0.029)
6.			veraf	N : 16 k <sub>1</sub> : 0.46 k <sub>2</sub> : 0.007 R <sup>2</sup> : 0.08	(0.41, 0.51) (-0.007, 0.020)
7.	Zuid	Winter	kust	N : 45 k <sub>1</sub> : 1.66 k <sub>2</sub> : 0.012 R <sup>2</sup> : 0.21	(1.01, 2.31) (0.001, 0.022)
8.			midden	N : 71 k <sub>1</sub> : 0.37 k <sub>2</sub> : 0.043 R <sup>2</sup> : 0.51	(0.23, 0.51) (0.031, 0.055)
9.			veraf	N : 74 k <sub>1</sub> : 0.42 k <sub>2</sub> : 0.021 R <sup>2</sup> : 0.39	(0.36, 0.48) (0.012, 0.029)
10.	Zuid	Zomer	kust	N : 100 k <sub>1</sub> : 0.46 k <sub>2</sub> : 0.026 R <sup>2</sup> : 0.59	(0.37, 0.55) (0.017, 0.035)

11.	midden	N : 126 k <sub>1</sub> : 0.43 k <sub>2</sub> : 0.032 R <sup>2</sup> : 0.50	(0.35, 0.50) (0.024, 0.042)
12.	veraf	N : 59 k <sub>1</sub> : 0.44 k <sub>2</sub> : 0.018 R <sup>2</sup> : 0.36	(0.38, 0.50) (0.009, 0.026)

Histogram - Standardized Residual Berekening = 1. NOWI1

N Exp N (\* = 1 Cases, . : = Normal Curve)

1	.00	Out	*
0	.00	4.50	
0	.01	4.00	
2	.04	3.50	**
0	.21	3.00	
1	.81	2.50	:
0	2.45	2.00	.
0	5.77	1.50	.
2	10.65	1.00	**
18	15.37	.50	*****.***
27	17.37	.00	*****.*****
29	15.37	-.50	*****.*****
6	10.65	-1.00	*****
1	5.77	-1.50	*
1	2.45	-2.00	*
0	.81	-2.50	.
0	.21	-3.00	
0	.04	-3.50	
0	.01	-4.00	
0	.00	-4.50	
0	.00	Out	

Histogram - Standardized Residual Berekening = 2. NOWI2

N Exp N (\* = 1 Cases, . : = Normal Curve)

2	.08	Out	**
0	.15	3.00	
1	.38	2.67	*
1	.87	2.33	:
1	1.79	2.00	*
0	3.28	1.67	.
3	5.38	1.33	***
5	7.90	1.00	*****
8	10.41	.67	*****
13	12.28	.33	*****.*
15	12.97	.00	*****.**
21	12.28	-.33	*****.*****
13	10.41	-.67	*****.***
9	7.90	-1.00	*****.*
3	5.38	-1.33	***
2	3.28	-1.67	**
1	1.79	-2.00	*
0	.87	-2.33	.
0	.38	-2.67	
0	.15	-3.00	
0	.08	Out	

Histogram - Standardized Residual Berekening = 3. NOWI3

N Exp N (\* = 1 Cases, . := Normal Curve)

0	.04	Out
1	.09	3.00 *
1	.23	2.67 *
1	.52	2.33 :
1	1.06	2.00 :
0	1.94	1.67 .
3	3.18	1.33 **:
4	4.68	1.00 ****:
3	6.16	.67 *** .
5	7.27	.33 ***** .
8	7.68	.00 *****:
11	7.27	-.33 *****:*****
8	6.16	-.67 *****:**
9	4.68	-1.00 *****:*****
3	3.18	-1.33 **:
0	1.94	-1.67 .
0	1.06	-2.00 .
0	.52	-2.33 .
0	.23	-2.67
0	.09	-3.00
0	.04	Out

Histogram - Standardized Residual Berekening = 4. NOZO1

N Exp N (\* = 1 Cases, . := Normal Curve)

0	.12	Out
1	.25	3.00 *
1	.63	2.67 :
2	1.43	2.33 :*
5	2.92	2.00 **:**
7	5.35	1.67 *****:**
7	8.78	1.33 ***** .
8	12.90	1.00 ***** .
11	16.99	.67 ***** .
22	20.04	.33 *****:*****:**
22	21.18	.00 *****:*****:**
20	20.04	-.33 *****:*****:
18	16.99	-.67 *****:*****:**
23	12.90	-1.00 *****:*****:*****
8	8.78	-1.33 ***** .
4	5.35	-1.67 ***** .
0	2.92	-2.00 .
1	1.43	-2.33 :
0	.63	-2.67 .
0	.25	-3.00
0	.12	Out

Histogram - Standardized Residual Berekening = 5. NOZO2

N Exp N (\* = 1 Cases, . : = Normal Curve)

3	.11	Out	***
0	.23	3.00	
0	.57	2.67	.
2	1.31	2.33	.*
2	2.68	2.00	**.
4	4.91	1.67	****.
1	8.07	1.33	* .
9	11.86	1.00	***** .
15	15.61	.67	*****.
17	18.42	.33	*****.
25	19.46	.00	*****.*****
18	18.42	-.33	*****.
19	15.61	-.67	*****.***
24	11.86	-1.00	*****.*****
6	8.07	-1.33	***** .
2	4.91	-1.67	** . .
0	2.68	-2.00	.
0	1.31	-2.33	.
0	.57	-2.67	.
0	.23	-3.00	
0	.11	Out	

Histogram - Standardized Residual Berekening = 6. NOZO3

N Exp N (\* = 1 Cases, . : = Normal Curve)

0	.04	Out	
1	.09	3.00	*
0	.22	2.67	
0	.51	2.33	.
1	1.04	2.00	:
2	1.91	1.67	*:
4	3.13	1.33	**.*
4	4.60	1.00	****.
4	6.05	.67	****.
4	7.14	.33	**** .
11	7.54	.00	*****.***
7	7.14	-.33	*****.
4	6.05	-.67	**** .
11	4.60	-1.00	*****.*****
4	3.13	-1.33	**.*
0	1.91	-1.67	.
0	1.04	-2.00	.
0	.51	-2.33	.
0	.22	-2.67	.
0	.09	-3.00	
0	.04	Out	

Histogram - Standardized Residual Berekening = 7. ZUWI1

N Exp N (\* = 1 Cases, . : = Normal Curve)

1	.04	Out	*
0	.08	3.00	
0	.20	2.67	
0	.45	2.33	
0	.93	2.00	.
1	1.70	1.67	*
1	2.80	1.33	*
1	4.11	1.00	*
2	5.42	.67	**
11	6.39	.33	*****
10	6.75	.00	*****
11	6.39	-.33	*****
8	5.42	-.67	****
3	4.11	-1.00	***
1	2.80	-1.33	*
1	1.70	-1.67	*
0	.93	-2.00	.
0	.45	-2.33	
0	.20	-2.67	
0	.08	-3.00	
0	.04	Out	

Histogram - Standardized Residual Berekening = 8. ZUWI2

N Exp N (\* = 1 Cases, . : = Normal Curve)

1	.07	Out	*
0	.13	3.00	
0	.34	2.67	
0	.78	2.33	.
0	1.59	2.00	.
0	2.91	1.67	.
2	4.77	1.33	**
3	7.02	1.00	***
4	9.24	.67	****
9	10.90	.33	*****
26	11.52	.00	*****
35	10.90	-.33	*****
3	9.24	-.67	***
1	7.02	-1.00	*
2	4.77	-1.33	**
0	2.91	-1.67	.
0	1.59	-2.00	.
1	.78	-2.33	:
0	.34	-2.67	
0	.13	-3.00	
0	.07	Out	

## Histogram - Standardized Residual Berekening = 9. ZUWI3

```

N Exp N    (* = 1 Cases, . : = Normal Curve)
1  .07 Out *
1  .14 3.00 *
3  .36 2.67 ***
2  .82 2.33 :*
1  1.68 2.00 *
0  3.08 1.67 .
2  5.05 1.33 **
0  7.42 1.00 .
5  9.77 .67 *****
9 11.53 .33 *****
21 12.18 .00 *****
23 11.53 -.33 *****
11 9.77 -.67 *****
6  7.42 -1.00 *****
5  5.05 -1.33 *****
2  3.08 -1.67 **
0  1.68 -2.00 .
0  .82 -2.33 .
0  .36 -2.67
0  .14 -3.00
0  .07 Out

```

## Histogram - Standardized Residual Berekening = 10. ZUZ01

```

N Exp N    (* = 1 Cases, . : = Normal Curve)
1  .08 Out *
1  .16 3.00 *
2  .41 2.67 **
2  .94 2.33 :*
0  1.92 2.00 .
3  3.51 1.67 ***
2  5.76 1.33 **
6  8.47 1.00 *****
7 11.15 .67 *****
13 13.15 .33 *****
19 13.90 .00 *****
22 13.15 -.33 *****
9 11.15 -.67 *****
10 8.47 -1.00 *****
4  5.76 -1.33 *****
3  3.51 -1.67 ***
1  1.92 -2.00 *
0  .94 -2.33 .
0  .41 -2.67
0  .16 -3.00
0  .08 Out

```

Histogram - Standardized Residual Berekening = 11. ZUZO2

```

N Exp N    (* = 1 Cases, . : = Normal Curve)
2  .11 Out **
1  .22 3.00 *
1  .57 2.67 :
1  1.30 2.33 :
1  2.66 2.00 * .
0  4.88 1.67 .
5  8.01 1.33 *****
5  11.78 1.00 *****
22 15.51 .67 *****.*****
12 18.29 .33 *****
25 19.33 .00 *****.*****
36 18.29 -.33 *****.*****
13 15.51 -.67 *****
12 11.78 -1.00 *****:
5  8.01 -1.33 *****
3  4.88 -1.67 ***
0  2.66 -2.00 .
2  1.30 -2.33 :*
0  .57 -2.67 .
0  .22 -3.00
0  .11 Out
    
```

Histogram - Standardized Residual Berekening = 12. ZUZO3

```

N Exp N    (* = 1 Cases, . : = Normal Curve)
1  .07 Out *
0  .14 3.00
1  .35 2.67 *
1  .79 2.33 :
1  1.62 2.00 *.
3  2.98 1.67 **:
3  4.88 1.33 ***
2  7.18 1.00 **
9  9.45 .67 *****:
5  11.15 .33 *****
22 11.78 .00 *****.*****
18 11.15 -.33 *****.*****
6  9.45 -.67 *****
11 7.18 -1.00 *****:****
4  4.88 -1.33 ****
2  2.98 -1.67 **:
0  1.62 -2.00 .
0  .79 -2.33 .
0  .35 -2.67
0  .14 -3.00
0  .07 Out
    
```





Waterstoftechnologie laboratorium | WL

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

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

