

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee
adviesdienst vliedingen

notitie WWKZ-83.V286

projectcode							
V	8	2	4	9	A	1	0

aan :

van : J.W. Daamen en F.O.B. Lefèvre

datum : januari 1983

onderwerp :

Beschouwingen omtrent de chloridegehalten op de
Westerschelde in de periode 1971 - 1980.

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee
adviesdienst vliissingen

AAN: geadresseerde

(zie adreslijst)

uw kenmerk:

uw brief van:

projectcode							
V	8	2	4	0	A	1	0

In behandeling bij: Ir. J.W. Daamen
onderwerp: Chloridegehalte
Westerschelde.

vliissingen,

ona kenmerk:

verzonden:

bijlagen:

14. APR. 1983

883

notitie WWKZ-83.V286

Hierbij zend ik u ter kennisname de notitie WWKZ-83.V286
getiteld: "Beschouwingen omtrent de chloridegehalten op
de Westerschelde in de periode 1971 - 1980". Eventueel
commentaar uwerzijds zal ik gaarne vernemen.

Het Hoofd van de Adviesdienst Vliissingen,

ir. A. Hoekstra.

*Graag volg. de
werk mee
Zien in zage*

RIJKSWATERSTAAT			
DIRECTIE WATERHOUWING EN WATERBEWEGING DISTRICT KUST EN ZEE ADVIESDIENST VLISSINGEN			
14 APR. 1983			
03-FA-257			
Parant	Ronck	V. Dam	adm felt

orig.

*X
brief.*

4382 NR vliissingen

prins hendrikweg 3

tel. (01184) 6 04 00 - 6 41 40 - 6 61 20 - 6 66 20

telex 55316

rijkswaterstaat

behoort bij: brief

nr.

datum:

bladnr: 2

Adreslijst

Het Hoofd van het district Kust en Zee van de
Rijkswaterstaat,
t.a.v. ir. H.W. Brunsveld van Hulten,
Van Alkemadeaan 400,
2597 AT 'S-GRAVENHAGE.

Het Hoofd van de Adviesdienst Hoorn,
Postbus 601,
1620 AR HOORN.

Het Hoofd van de Afdeling Hellevoetsluis,
Postbus 3,
3220 AA HELLEVOETSLUIS.

Het Hoofd van de Meet- en Adviesdienst Delfzijl,
Postbus 20003,
9930 PA DELFZIJL.

Directie Waterhuishouding en Waterbeweging,
Fysische Afdeling, t.a.v. ir. C.J. Louisse,
Postbus 20907,
2500 EX 'S-GRAVENHAGE.

Deltadienst, Afdeling WTF,
t.a.v. ir. J. Dronkers,
Van Alkemadeaan 400,
2597 AT 'S-GRAVENHAGE.

Directie Waterhuishouding en Waterbeweging,
District Zuidwest, t.a.v. ir. G.J. Schiereck,
Postbus 510,
3300 AM DORDRECHT.

Rijks Instituut voor Zuivering van Afvalwater,
t.a.v. ir. C. Venema,
Postbus 17,
8200 AA LELYSTAD.

behoort bij: notitie WWKZ nr. 83.V286
 datum: januari 1983
 bladnr: i

Inhoudsopgave

	<u>blz</u>
1. Inleiding.	1
2. De invloed van de afvoergegevens op de diffusiecoëfficiënten.	2
3. Het verband tussen de chloridegehalten en de 3-maands gemiddelde afvoer te Schelle.	6
4. Beschrijving van het chloridegehalte met behulp van multiplecorrelatie.	12
4.1 Opstellen multiple correlatiemodel.	12
4.2 Toepassing van het model voor het effect van toekomstige Zoommeer-lozingen.	14
5. Conclusies.	16
Literatuur.	17
Lijst van bijlagen.	18

behoort bij: notitie WWKZ nr. 83.V286
datum: januari
bladnr: 1

1. Inleiding.

Uit lit 1 (Berekeningen naar het effect van verdiepingswerken en lozingen van het Zoommeer op de chloridegehalte op de Westerschelde) bleek dat de diffusiecoëfficiënten die in het ééndimensionaal model VEDWAM moeten worden aangehouden in de periode 1971 t/m 1974 sterk afwijken van de diffusiecoëfficiënten voor de periode 1975 - 1980 (bijlage 2).

Dit verschijnsel wordt deels verklaard door het feit dat de afvoergegevens van de Schelde te Schelle sinds 1975 volgens een gewijzigde methode berekend worden, waarbij met name in droge perioden de nieuwe berekeningsmethode hogere afvoeren geeft dan de oude methode; voor het andere deel moet de verklaring gezocht worden in verandering van de mengingsprocessen in de Westerschelde.

In vervolg op lit 1 is daarom nagegaan hoe groot het effect van de gewijzigde afvoerberekening op de diffusiecoëfficiënten is, en daarnaast of het geconstateerde verschijnsel ook uit statistische bewerking van de gemeten chloride- en afvoergegevens blijkt.

In hoofdstuk 2 is de invloed van de gewijzigde afvoerberekening op de diffusiecoëfficiënten nagegaan. In hoofdstuk 3 is met behulp van het verband tussen het chloridegehalte en de 3-maands gemiddelde afvoer gezien of ook op deze wijze een verschil tussen de periode 1971 - 1974 en 1975 - 1980 was te constateren. In hoofdstuk 4 tenslotte is gezien hoe de chloridegehalten op de Westerschelde met behulp van meer-voudige correlatie zo goed mogelijk beschreven kunnen worden. De uitkomst daarvan is tevens gebruikt om het effect van de lozingen van het Zoommeer voor een fictieve lozingsreeks in de periode 1971 - 1974, additioneel aan de berekeningen in lit 1, na te gaan.

behoort bij: notitie WWKZ nr. 83.V286
 datum: januari 1983
 bladnr: 2

2. De invloed van de afvoergegevens op de diffusiecoëfficiënten.

De basisvorm van het in VEDWAM gehanteerde ééndimensionale diffusiemodel luidt:

$$A \frac{\partial c}{\partial t} = - \frac{\partial}{\partial x} (Q \cdot c - A \cdot D \frac{\partial c}{\partial x}) + \text{bron- of puttermen} \quad (1)$$

hierin is:

- A = natte dwarsdoorsnede op niveau N.A.P. op punt x [m²]
- c = getijgemiddelde concentratie gemiddeld over A als functie van x en t [kg/m³]
- Q = restdebiet door A [m³/s]
- D = "diffusie" coëfficiënt [m²/s]

Bedacht moet worden dat de "diffusie"coëfficiënt D in dit model niet gelijk is aan de fysische diffusiecoëfficiënt die bepaald wordt door de moleculaire en turbulente (micro) diffusie. De vereenvoudigingen die zijn aangebracht door het gedrag van de concentraties ééndimensionaal te beschouwen worden namelijk ook in de "diffusiecoëfficiënt" D tot uitdrukking gebracht. Hierbij valt o.a. te denken aan:

- menging door getij-oscillatie en horizontale en verticale circulaties
- dispersie door het verwaarlozen van verticale en horizontale concentratiegradiënten in de doorsnede A.

In de literatuur wordt daarom veelal gesproken van de "dispersiecoëfficiënt" teneinde het onderscheid tussen diffusie (moleculair en turbulent) en dispersie (een rekengrootheid die naast de moleculaire en turbulente diffusie ook als maat voor de invloed van de grootschalige mengingsprocessen en de modelschematisering staat). In deze notitie zal voor coëfficiënt D verder wel de term diffusiecoëfficiënt gehanteerd worden.

behoort bij: notitie WWKZ nr. 83.V286

datum: januari 1983

bladnr: 3

De diffusiecoëfficiënten die in het model gebruikt worden zijn door ijken bepaald: uitgaande van het gemeten verloop van c en Q wordt de vergelijking (1) opgelost met verschillende waarden voor de coëfficiënt D , totdat bij een bepaalde waarde van D de beste overeenkomst tussen gemeten en berekende concentratieverloop in tijd en plaats ontstaat.

De randvoorwaarde Q (rivierafvoer te Schelle) wordt bepaald uit waterstanden en Q - h relaties die bij de Belgische stuwen worden gemeten. In de periode na 1975 is de berekeningsmethode van deze afvoeren door de betrokken instanties herzien: met name is toen ingevoerd dat aan alle stuwen bij zeer lage afvoer een forfaitaire afvoer van $1 \text{ à } 2 \text{ m}^3/\text{s}$ wordt toegekend. Hierdoor zijn de afvoergegevens in de periode 1975 - heden onder klimatologisch gelijke omstandigheden hoger dan de afvoergegevens 1971 - 1974, met name in droge perioden. Dat wil zeggen dat het model onder vergelijkbare klimatologische omstandigheden in de perioden 1971 - 1974 en 1975 - 1980, waarin dus eenzelfde concentratiegradiënt zal optreden, bij een verschillende Q (ontstaan a.g.v. verschil in berekeningsmethode van Q) toch dezelfde uitkomst t.a.v. de gradiënt moet geven. Dit kan alleen als de diffusiecoëfficiënt D in het model gewijzigd wordt.

In lit 1 bleek dat de diffusiecoëfficiënten die volgden uit een ijking over de periode 1971 - 1974 sterk afweken van de diffusiecoëfficiënten uit de ijking 1975 - 1980. In deze notitie is nagegaan welk deel van deze afwijking is veroorzaakt door de verandering in de berekening van de afvoer Q te Schelle.

Bijlage 1 geeft de situatie met vakindeling weer. Op bijlage 2 is het resultaat van de ijking voor de periode 1971 - 1974 (A) en van 2 ijkingen voor de periode 1975 - 1980 weergegeven. De periode 1975 - 1980 is eerst geijkt voor de waarden van Q zoals die thans sinds 1975 berekend worden (B), daarna is deze periode

- nogmaals -

behoort bij: notitie WWKZ nr. 83.V286
 datum: januari 1983
 bladnr: 4

nogmaals geijkt met afvoeren Q zoals die zouden zijn opgegeven wanneer de berekeningsmethode voor Q uit de periode 1971 - 1974 ook voor de jaren 1975 - 1980 zou zijn toegepast (C).

Het verschil tussen A en B is in lit 1 besproken. Aangegeven is toen dat het verschil in diffusiecoëfficiënten deels werd veroorzaakt door de gewijzigde berekening van Q. Het verschil tussen B en C geeft de invloed van de berekeningsmethode van Q op de diffusiecoëfficiënten: een wijziging van de diffusiecoëfficiënt D over nagenoeg het gehele traject grens-Vlissingen (vak 9 - vak 21) van ca. 20 m²/sec. (De vakken 1 - 9 zijn niet interessant; hier ontbreken teveel chloridegegevens om een nauwkeuriger bepaling van de coëfficiënt D uit te voeren.)

Dit betekent dat het overblijvende verschil tussen A en C uit andere wijzigingen verklaard moet worden. Dit verschil is voornamelijk aanwezig op het traject Hansweert - Vlissingen (vak 13 - vak 21) waar de diffusiecoëfficiënten van ca. 180 m²/s toenamen tot ca. 260 m²/sec.

Mogelijke oorzaken hiervoor zijn in lit 1 reeds aangegeven:

- a) Toename restcirculatie door wijziging van het rivierregime in het traject Vlissingen - Hansweert.
- b) Kortere afstand naar zee doordat het Gat van Ossenisse hoofdgeul is geworden in plaats van het Middellgat (verschil ca. 2,5 km).
- c) Discontinuïteiten in randvoorwaarden die niet in de ingevoerde reeks randvoorwaarden tot uitdrukking komen, bijvoorbeeld:
 - afvoerverdeling Kanaal Gent-Terneuzen en Schelle
 - andere aanstroming van de boeien waar de concentratiegegevens worden ingewonnen (een discontinuïteit in de plaats van de boeien of de verwerkingsmethode van de gemeten chloridegehalten is niet aanwezig).

- Het -

behoort bij: notitie WWKZ nr. 83.V286

datum: januari 1983

bladnr: 5

Het verder doorzetten van het zoeken of de verandering van de diffusiecoëfficiënten veroorzaakt is door discontinuïteiten in de randvoorwaarden kost een onevenredig grote inspanning en is daarom niet meer overwogen.

Teneinde toch meer zekerheid te krijgen omtrent de vraag of er tussen de perioden 1971 - 1974 en 1975 - 1980 iets veranderd is ten aanzien van de gradiënten op de Westerschelde is besloten om de gegevens nog eens statistisch te analyseren.

behoort bij: notitie WWKZ nr. 83.V286
 datum: januari 1983
 bladnr: 6

3. Het verband tussen de chloridegehalten en de 3-maands gemiddelde afvoer te Schelle.

De vraag die gesteld wordt is: is er omstreeks 1975 een significante verandering ontstaan in het verband tussen het getijgemiddelde chloridegehalte te Hansweert en de zoetwaterafvoeren?

Om een vergelijking van beide perioden eenvoudig mogelijk te maken is gekozen voor een analyse van het verband tussen het maandgemiddelde getijgemiddelde chloridegehalte ter plaatse van de boeien Songa (Vlissingen), 42 (Hansweert), 59a (Zuidergat) en 87 (grens Nederland België) en de gemiddelde afvoer te Schelle over de betreffende en de twee voorgaande maanden. Uiteraard zijn hiervoor de afvoergegevens gebruikt zoals die in de periode 1971 - 1974 berekend werden, zodat het effect van een gewijzigde berekening van de afvoer te Schelle is geëlimineerd.

Op bijlage 3 t/m 6 is het waarnemingsmateriaal voor elke boei weergegeven. Opvallend is dat alle 4 bijlagen aangeven dat in de periode 1971 - 1974 vier punten een zeer afwijkende plaats innemen (relatief hoge chloridegehalten bij een hoge afvoer). Deze punten blijken op alle bijlagen de waarnemingen weer te geven in de maanden september t/m december 1974, een periode waarin een extreem hoge afvoerpiek van de Schelde optrad. Deze punten zijn -onder aanname dat de chloridegehalten bij deze extreme afvoeren niet tot de normale populatie behoren- bij de verdere bewerking niet meegenomen.

Verder geven de bijlagen de indruk dat de punten in de periode 1971 - 1974 iets lager liggen dan de punten in de periode 1975 - 1980. Teneinde deze indruk te kunnen kwantificeren is het lineair verband tussen de geplote punten bepaald volgens:

$$C(t) = C(o) + a.Q_s \quad (2)$$

behoort bij: notitie WWKZ nr. 83.V286

datum: januari 1983

bladnr: 7

hierin is:

$C(t)$ = chloridegehalte in maand t [kg/m^3]

$C(o)$ = constante [kg/m^3]

a = constante

Q_s = afvoer te Schelle, gemiddeld over de maanden t , $t-1$ en $t-2$ [m^3/s]

De gevonden lineaire verbanden zijn weergegeven op bijlage 7 en in de navolgende tabel.

Tabel 1: Resultaten lineaire regressie tussen maandgemiddeld chloridegehalte en 3-maands gemiddelde afvoer te Schelle.

plaats	periode 1971-1974				periode 1975-1980			
	C_o	a	$r^1)$	$\sigma^1)$	C_o	a	r	σ
Vlissingen	17,9	-0,010	0,28	0,8	17,9	-0,012	0,71	0,6
Hansweert	16,0	-0,054	0,78	1,0	16,1	-0,047	0,85	1,3
Zuidergat	15,2	-0,063	0,80	1,1	15,7	-0,055	0,86	1,6
Grens	11,4	-0,070	0,76	1,4	11,9	-0,059	0,84	1,8

¹⁾ r = correlatiecoëfficiënt, σ = standaardafwijking in g/l

Behalve bij Vlissingen is de correlatie redelijk goed. De gemiddelde afvoer te Schelle bedroeg in de periode 1971 t/m 1980 ca. $80 \text{ m}^3/\text{s}$; bij deze gemiddelde afvoer zouden de chloridegehalten na 1975 volgens deze regressie zijn gewijzigd volgens tabel 2.

- Tabel 2 -

behoort bij: notitie WWKZ nr. 83.V286
 datum: januari 1983
 bladnr: 8

Tabel 2: Verandering gemiddeld chloridegehalte in de periode 1975 - 1980 ten opzichte van de periode 1971 - 1974 bij een gemiddelde afvoer van 80 m³/s te Schelle.

plaats	toename in g/l
Vlissingen	-0.1
Hansweert	+0.6
Zuidergat	+1.1
Grens Nederland-België	+1.4

Alhoewel deze veranderingen binnen de standaardafwijking van de regressie liggen (tabel 1) dringt toch het beeld op dat de chloridegehalten zijn toegenomen en wel meer naarmate men verder stroomopwaarts komt.

Dit beeld strookt met de verwachting dat de toegenomen getij-amplitudes in het oostelijk deel zouden leiden tot een verdere indringing van de zeeinvloed [1],

ke zie
 die andere
 conclusie
 met!

Opgemerkt moet worden dat de berekeningen met het ééndimensio-
 naal model tot een iets andere conclusie leiden:

In principe geeft het model ook een relatie tussen afvoer en chloridegehalte. Uit de berekeningen in lit 1 bleek dat het model, wanneer dit met de diffusiecoëfficiënten die voor de periode 1971 - 1974 gelden wordt toegepast op de periode 1975-1980, het volgende beeld geeft:

- de gemeten chloridegehalten te Hansweert zijn na 1975 ca. 1,5 g/l hoger dan de berekende onder gelijke afvoeromstandigheden
- de chloridegehalten bij de grens worden in beide perioden onder gelijke afvoeromstandigheden goed gesimuleerd, dat betekent dat het model een eventuele toename van de chloridegehalten bij de grens (tabel 2) goed weergeeft.

- Schematisch -

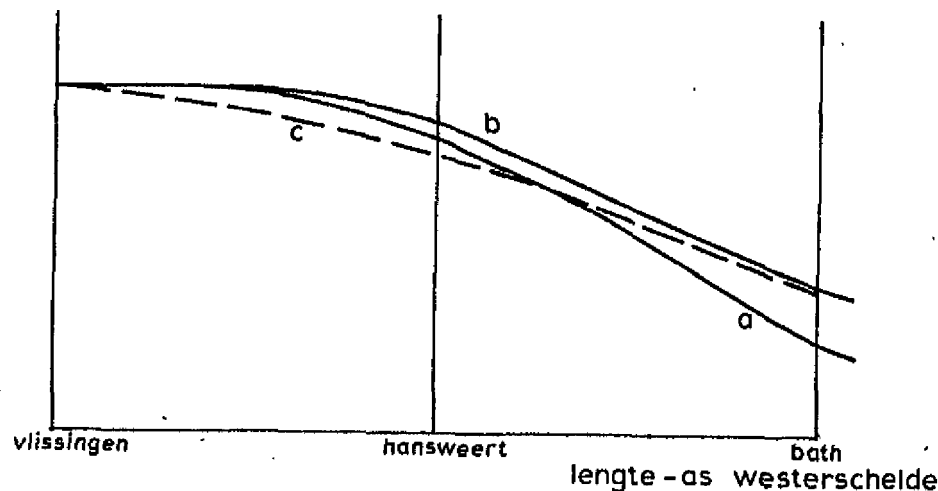
Wardt hier het volgende bedoeld?

1. uit het verloop van lyn a uit de figuur blijkt dat het model de rentevoet, voor de periode 71-74 goed voorspelt
 $\Rightarrow$
2. indien de situatie ongewijzigd zou zijn zou het verloop v.b. rente hetgeen de lyn c uit de figuur volgen.
3. het verschil ~~in~~ ^{had} tussen ~~de~~ werkl. rentevet. verloop en het verloop bij ongewijzigde situatie (lyn b versus lyn c) vertoont de volgende kenmerken:

behoort bij: notitie WWKZ nr. 83.V286
 datum: januari 1983
 bladnr: 9

Schematisch ziet het resultaat van de berekeningen met VEDWAM er als volgt uit:

Chloridegradiënten Westerschelde.



- a = gemeten chloridegehalteverloop (gemiddeld) 1971 - 1974 = berekend chloridegehalteverloop 1971 - 1974 (met diffusiecoëfficiënten geijkt voor 1971 - 1974).
- b = gemeten chloridegehalteverloop (gemiddeld) 1975 - 1980 = berekend chloridegehalteverloop 1975 - 1980 (met diffusiecoëfficiënten geijkt voor de periode 1975 - 1980)
- c = berekend chloridegehalteverloop 1975 - 1980 met diffusiecoëfficiënten die gelden voor de periode 1971 - 1974

Het valt op dat het model, wanneer dit met diffusiecoëfficiënten "1971 - 1974" wordt toegepast op de situatie 1975 - 1980 het volgende beeld geeft (lijn c):

- de gradiënt Vlissingen - Hansweert is te groot;
- de gradiënt Hansweert - Bath is te klein;
- het chloridegehalte bij de grens wordt goed gereproduceerd.

Een mogelijke verklaring hiervoor is - afgezien van eventuele discontinuïteiten in randvoorwaarden- de volgende:

- - Door -

behoort bij: notitie WWKZ nr. 83.V286

datum: januari 1983

bladnr: 10

- Door de wijzigingen in Middelgat en Gat van Ossenissee is de menging in het westelijk deel van de Westerschelde toegenomen (restcirculatie?), ofwel de werkelijke afstand via de as van de hoofdgeul tot Vlissingen is korter geworden. Een aanwijzing hiervoor is te vinden in de toename van de diffusiecoëfficiënten over het traject Vlissingen - Hansweert tussen de perioden 1971 - 1974 en 1975 - 1980.
- Door baggerwerken en stortingen is in het oostelijk deel van de Westerschelde de menging afgenomen. Dit zou bijvoorbeeld kunnen wanneer de restcirculaties zijn afgenomen door de achteruitgang van de vloedscharen en de toename van de hoofdgeulen.

Deze verklaring wordt niet zo sterk ondersteund door de wijzigingen in de diffusiecoëfficiënten tussen Hansweert en de grens tussen de periode 1971 - 1974 en 1975 - 1980 (bijlage 2): van een sterke afname van de diffusiecoëfficiënten kan niet worden gesproken.

De conclusies die hieruit getrokken worden zijn:

- Bij gebruik van het ééndimensionaal diffusiemodel voor voorspellingen omtrent toekomstige situatie op de Westerschelde moet men rekening houden met onzekerheidsmarges als gevolg van de onbekendheid met toekomstige diffusiecoëfficiënten. In het onderhavige geval bedraagt deze onzekerheid maximaal 1,5 g/l chloride (Hansweert).
- Voor onderzoek met het diffusiemodel ten behoeve van vragen omtrent de huidige situatie (bijvoorbeeld waterkwaliteitsonderzoek) moet steeds de meest recente ijking worden gebruikt, teneinde de onzekerheden zoveel mogelijk te beperken. Op regelmatige tijden zal een nieuwe ijking moeten worden uitgevoerd.
- Statistisch onderzoek levert een welkome aanvullende informatie bij onderzoek naar wijzigingen in de zoutgradiënt in estuarium. Een diffusiemodel is hiervoor minder geschikt, omdat veranderingen

*gelekt voor elke
model
ook bij het model leeft
wanneer veranderingen niet
direct in de tabel.*

behoort bij: notitie WWKZ nr. 83.V286
datum: januari 1983
bladnr: 11

gen elders in het estuarium de conclusies voor een bepaalde plaats beïnvloeden. Dat is bij een statistische beschouwing niet het geval. Zie bijvoorbeeld in de voorgaande figuur de resultaten ter plaatse van de grens.

4. Beschrijving van het chloridegehalte met behulp van multiple-correlatie.

4.1 Opstellen multiple correlatiemodel.

Uit eerder onderzoek was reeds gebleken dat de chloridegehalten op de Westerschelde redelijk goed te beschrijven zijn met een multiple correlatie tussen chloridegehalte (maandgemiddelde) en de gemiddelde afvoer in een aantal voorgaande maanden.

Met een dergelijk statistisch model zijn ook voorspellingen mogelijk voor toekomstige situaties, mits de toekomstige situatie binnen de range van de bekende randvoorwaarden (afvoeren) ligt en mits er geen verschijnselen optreden die de berekende relaties ongeldig maken (verandering mengingsprocessen).

2e
pag 10

Het volgende statistisch model is gezien:

$$C_t(x) = C_o(x) + \sum_{k=0}^n \alpha_k(x) Q_{t-k} \quad (3)$$

hierin is:

C_t = maandgemiddeld chloridegehalte op plaats x in maand t [mg/l]

$C_o(x)$ = constante op plaats x

$\alpha_k(x)$ = regressieconstante op plaats x

Q_{t-k} = gemiddelde afvoer Schelde te Schelle in maand t-k [m^3/s]

k = teller ("geheugen" van het systeem in maanden)

Allereerst is nagegaan hoe groot het geheugen in maanden zou moeten zijn om een redelijke correlatiecoëfficiënt te verkrijgen. Hiervoor is voor elk van de punten een correlatieberekening uitgevoerd voor waarden van k variërend van 0

behoort bij: notitie WWKZ nr. 83.V286
 datum: januari 1983
 bladnr: 13

tot 7 (zie bijlage 8). Het bleek dat de correlatiecoëfficiënten nauwelijks nog toenemen bij waarden van k groter dan 2, d.w.z. dat de afvoer van meer dan 2 maanden terug voor het chloridegehalte geen rol van betekenis meer speelt.

De berekende waarden voor C_o , α_k , σ (standaardafwijking) en r (correlatiecoëfficiënt) voor het geval $k = 2$ zijn in tabel 2 op bijlage 8 aangegeven.

Om een indruk te geven van de nauwkeurigheid van het statistisch model is op bijlage 9 het verloop van het chloridegehalte in 4 stations over de periode 1975 - 1980 weergegeven zoals dat volgens metingen en zoals dat volgens het statistisch model zou zijn.

Het blijkt dat de overeenkomst met de natuur ondanks de hoge correlatiecoëfficiënten van 0,86 tot 0,95 met het statistisch model iets minder goed is als de overeenkomst die met VEDWAM werd bereikt (lit. 1). Vooral bij het meest stroomopwaarts gelegen punt (boei 87, grens) zijn er grote verschillen tussen berekend en gemeten chloridegehalte; met name in het droge jaar 1976 (afwijking ca. 3500 mg/l). Bij de overige boeien is de overeenkomst tussen gemeten en berekend chloridegehalte veel beter (maximum afwijking ca. 1000 mg/l), behalve in 1976 (afwijking ca. 2000 mg/l).

verloop
 is ook
 niet erg lineair
 (zie bijl. 6)

Op bijlage 10 zijn de berekende en gemeten chloridegehalten weergegeven volgens de cumulatieve frequentieverdeling in zomer en winter. Ook hier blijkt dat vooral boei 87 minder goed wordt weergegeven door het model.

behoort bij: notitie WWKZ nr. 83.V286
datum: januari 1983
bladnr: 14

4.2 Toepassing van het model voor het effect van toekomstige Zoommeer-lozingen.

Voor de jaren 1971 - 1974 is er een gesimuleerde reeks afvoergegevens beschikbaar die de lozing van het Zoommeer per decade aangeven, indien dat meer in de jaren 1971 - 1974 zou hebben bestaan en er op dat meer een bepaald beheer gevoerd zou zijn.

De reeks gegevens draagt een zeer voorlopig karakter, gezien de aannamen en schematisatie die er aan ten grondslag liggen. In lit. 1 is deze reeds gebruikt voor een berekening van het effect van het Zoommeer met behulp van het model VEDWAM. In deze notitie wordt het effect van het Zoommeer nogmaals berekend, met dezelfde gegevens, doch nu met het multiple-correlatiemodel.

Het multiple-correlatiemodel volgens formule 3 (blz), afgeleid uit gegevens over de periode 1971 - 1974 is vermeld op bijlage 8 tabel 3. Aangenomen wordt dat het effect van de lozingen van het Zoommeer Q_z in het statistisch model kan worden gesimuleerd door de lozing Q_z op te tellen bij de afvoer Q_s te Schelle.

lozen Q_z
by grens
geeft heel
anderes resul-
o

laat dan Q_z lozen by overschrijding

zie ook pag 15

De afname van het gemiddelde chlōridegehalte (50% overschrijdingswaarde) te Vlissingen, Hansweert en bij de grens Nederland-België volgens het diffusiemodel VEDWAM en volgens het statistisch model zijn in de onderstaande tabel weergegeven. De resultaten van het statistisch model zijn tevens weergegeven op bijlage 11.

behoort bij: notitie WWKZ nr. 83.V286
 datum: januari 1983
 bladnr: 15

Tabel 3: Afname gemiddeld chloridegehalte (50% overschrijdingswaarde) in g/l als gevolg van een aangenomen reeks lozingen van het Zoommeer.

	volgens diffusiemodel		volgens statistisch model	
	zomer	winter	zomer	winter
Vlissingen	0,4	0,6	0,8	0,7
Hansweert	2,1	2,3	1,4	1,6
Grens	3,3	2,1	1,5	1,7

Het blijkt dat het statistisch model een minder grote afname van het chloridegehalte voorspelt. Bij Hansweert wordt de voorspelde afname 0,7 g/l minder en bij de grens ca. 2 g/l (zomer). De verschillen tussen de twee methoden bij de grens zijn grotendeels verklaarbaar uit het feit dat bij het statistisch model is aangenomen dat de lozing van het Zoommeer kan worden geschematiseerd door het lozingsdebiet op te tellen bij de bovenafvoer Q_s , terwijl in het diffusiemodel de effecten van het Zoommeer op de juiste plaats worden ingebracht (Zandvlietssluis voor het zoetwaterverlies via de Kreekraksluizen en Spuimiddel Bath voor de geloosde debieten).

in
nabijheid
dus
zinnige
vergelijking

Ten aanzien van het verschil in Hansweert kan worden opgemerkt dat beide modelbenaderingen hun beperkingen hebben ten aanzien van het voorspellen van toekomstige situaties. Het verschil te Hansweert kan dan ook worden opgevat als een indicatie van de onzekerheidsmarge in de voorspelling van het effect van de lozing van het Zoommeer.

snop de niet

behoort bij: notitie WWKZ nr. 83.V286
 datum: januari 1983
 bladnr: 16

5. Conclusies.

- 1) De verandering van de diffusiecoëfficiënten op het traject Vlissingen - Hansweert van ca. $80 \text{ m}^2/\text{s}$ tussen de perioden 1971 - 1974 en 1975 - 1979 is voor ca. 25% te verklaren uit het feit dat de bovenafvoeren te Schelle sinds 1975 op een andere manier bepaald worden. Voor de overige 75% moet de verklaring voornamelijk gezocht worden in veranderingen in het rivierregime.
- 2) Uit vergelijking van het statistisch verband tussen afvoer en chloridegehalte volgt een vermoeden dat de chloridegehalten op de Westerschelde ten oosten van Vlissingen na 1975 onder overigens gelijke omstandigheden gestegen zijn. Deze stijging is groter naarmate men verder stroomopwaarts komt en zou bij de grens België-Nederland ca. $1,4 \text{ g/l}$ kunnen bedragen (bij gemiddelde afvoer).
- 3) Deze bevinding ondersteunt de conclusie in lit 1 dat als gevolg van de verdiepingswerken en de daarmee samenhangende vergroting van de getijamplitude de chloridegehalten in stroomopwaartse richting zullen toenemen.
- 4) De maandgemiddelde chloridegehalten op de Westerschelde kunnen beschreven worden met een statistisch verband tussen chloridegehalte en de afvoer in de betreffende en de twee voorgaande maanden. De correlatiecoëfficiënten zijn bevredigend (0,86 - 0,95). Het statistisch model is een welkome aanvulling op het diffusiemodel bij onderzoek naar veranderingen in de chloridegradiënten.

Opmer: kwaliteitsverschil diff model en stat. model komt wel uit de verf.

behoort bij: notitie WWKZ nr. 83.V286

datum: januari 1983

bladnr: 17

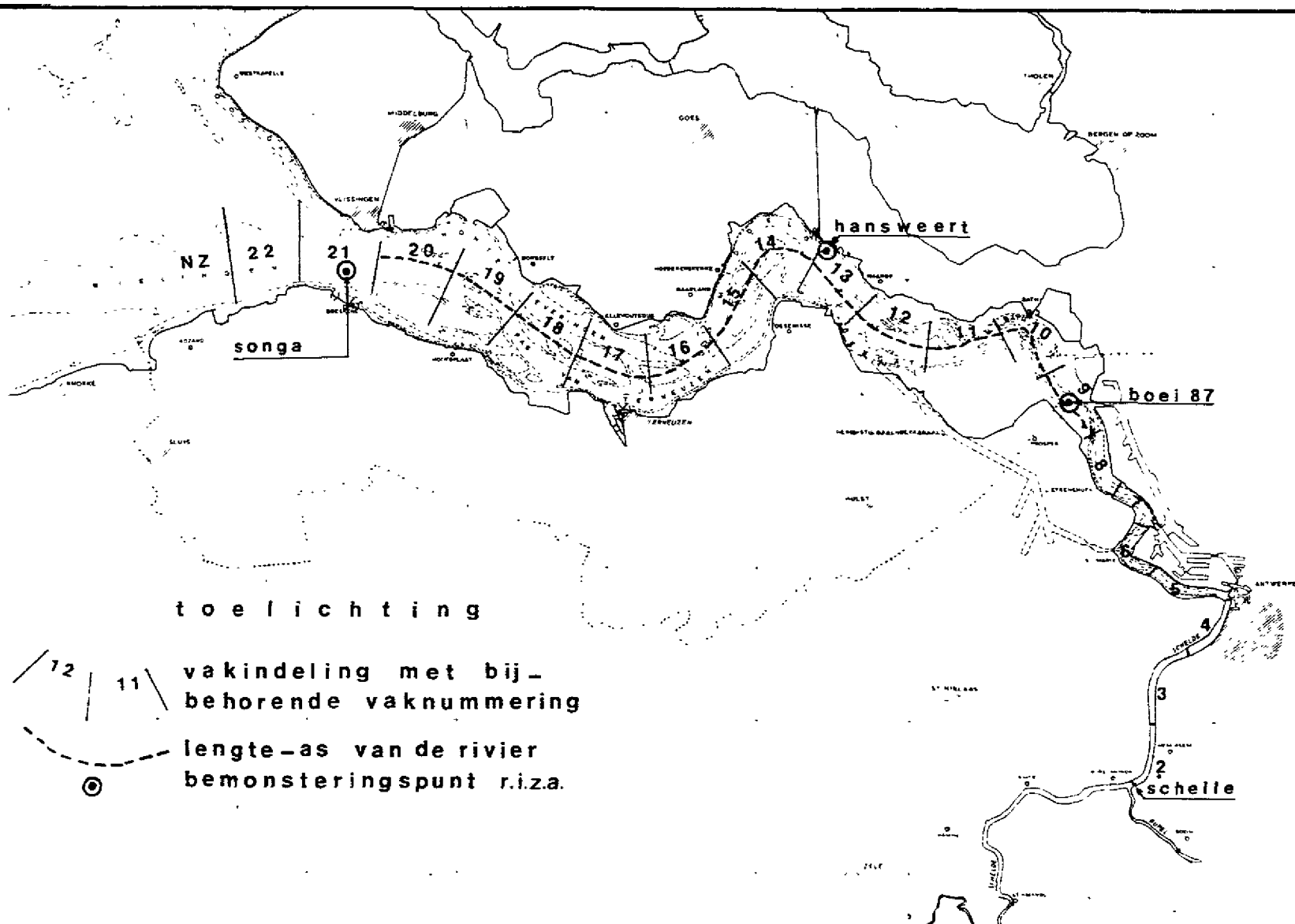
Literatuur

- 1 Rijkswaterstaat Adviesdienst Vlissingen.
Nota WWKZ-82.V009 d.d. mei 1982.
Berekeningen naar het effect van verdiepingswerken
en lozingen van het Zoommeer op de chloridegehalten
op de Westerschelde.

behoort bij: notitie WWKZ nr. 83.V286
datum: januari 1983
bladnr: 18

Lijst van bijlagen

bijlage nr.	omschrijving	tekening nr.
1	Situatie model VEDWAM met vakindeling.	A4-83.208
2	Overzicht diffusiecoëfficiënten.	A4-83.209
3	Verband chloridegehalte - afvoer boei Songa (Vlissingen).	A4-83.210
4	Idem boei 42 (Hansweert).	A4-83.211
5	Idem boei 59a (Zuidergat).	A4-83.212
6	Idem boei 87 (grens).	A4-83.213
7	Lineaire regressies tussen chloridegehalte en 3-maands gemiddelde afvoer op 4 plaatsen in de Westerschelde.	A3-83.214
8	Tabellen met gegevens omtrent multiple correlatie.	
9	Verloop van gemeten en met behulp van het multiple correlatiemodel berekende chloride- gehalte 1975 - 1980.	A1-83.215
10	Cumulatieve frequentieverdeling chloride- gehalten 1975 - 1980 (berekend en gemeten).	A2-83.216
11	Cumulatieve frequentieverdeling chloride- gehalten 1971 - 1974 berekend met en zonder lozing Zoommeer.	A2-83.217



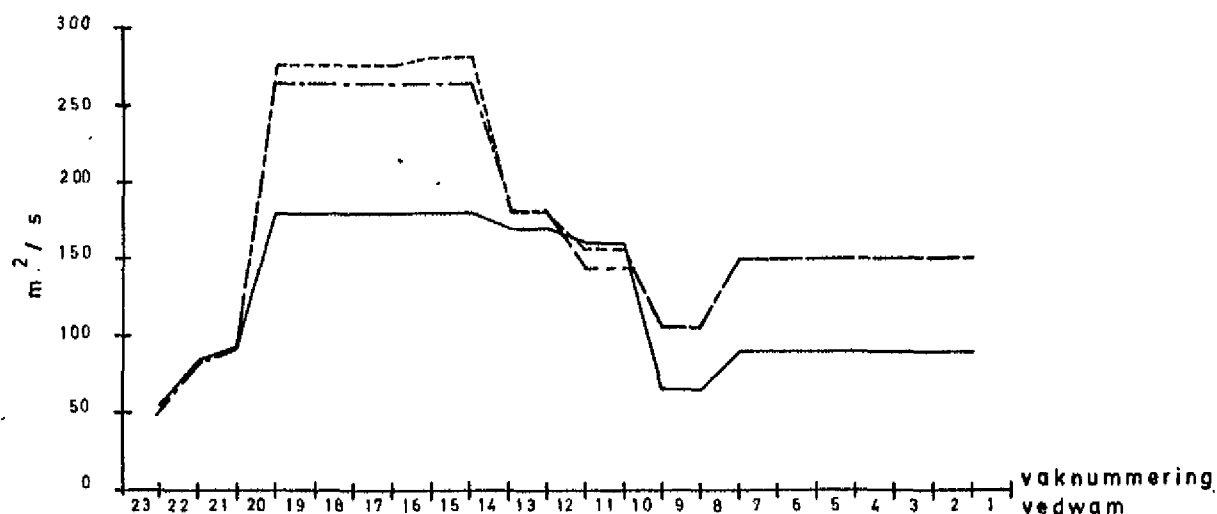
rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vlissingen

westerschelde - schelde
eendimensionaal diffusie model "vedwam"
situatie met vakindeling

get.	a.d.	bijl. 1	
gec.	<i>l</i>		
gez.	<i>A</i>	schaal 1: 400 000	
akk.	<i>akk</i>	A4	nr. 83.208

diffusiecoëfficiënten definitief model



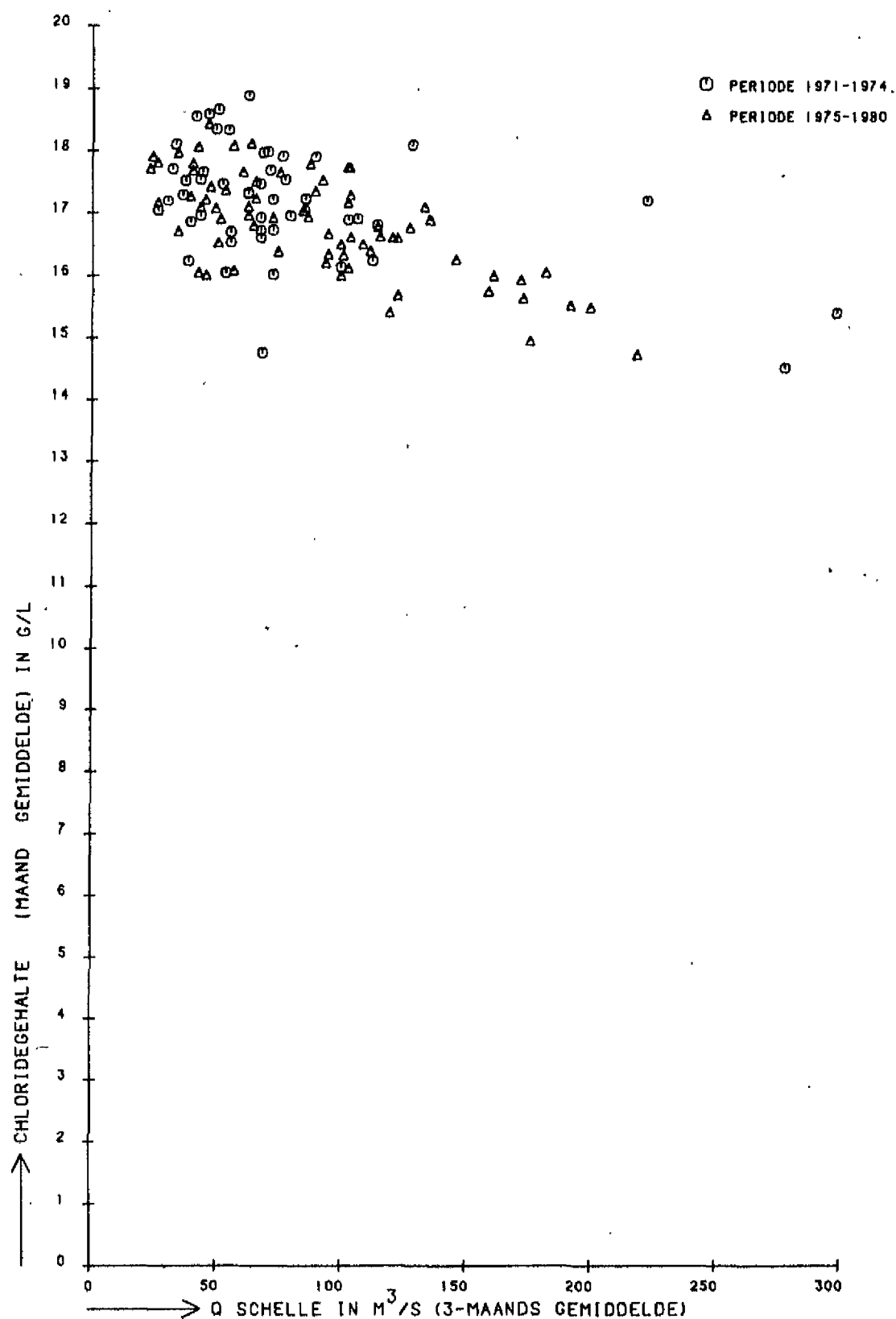
- A ————— diffusiecoëfficiënten periode : 1971-1974
- B - - - - - diffusiecoëfficiënten periode : 1975-1980 (Q-schelle volgens huidige berekeningsmethode)
- C - diffusiecoëfficiënten periode : 1975-1980 (Q-schelle volgens oude berekeningsmethode)

rijkswaterstaat
directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliссingen

westerschelde - schelde
overzicht diffusiecoëfficiënten

get.	a.d.	biji. 2	
gec.	<i>h</i>		
gez.	<i>h</i>	schaal	
akk.	<i>h</i>	A4	nr. 83.209

SONGA

**rijkswaterstaat**directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingenwesterschelde - schelde
verband chloridegehalte - afvoer
songa (vliissingen)

get. a.s.b.

bijl. 3

gec. E.

gez. R.

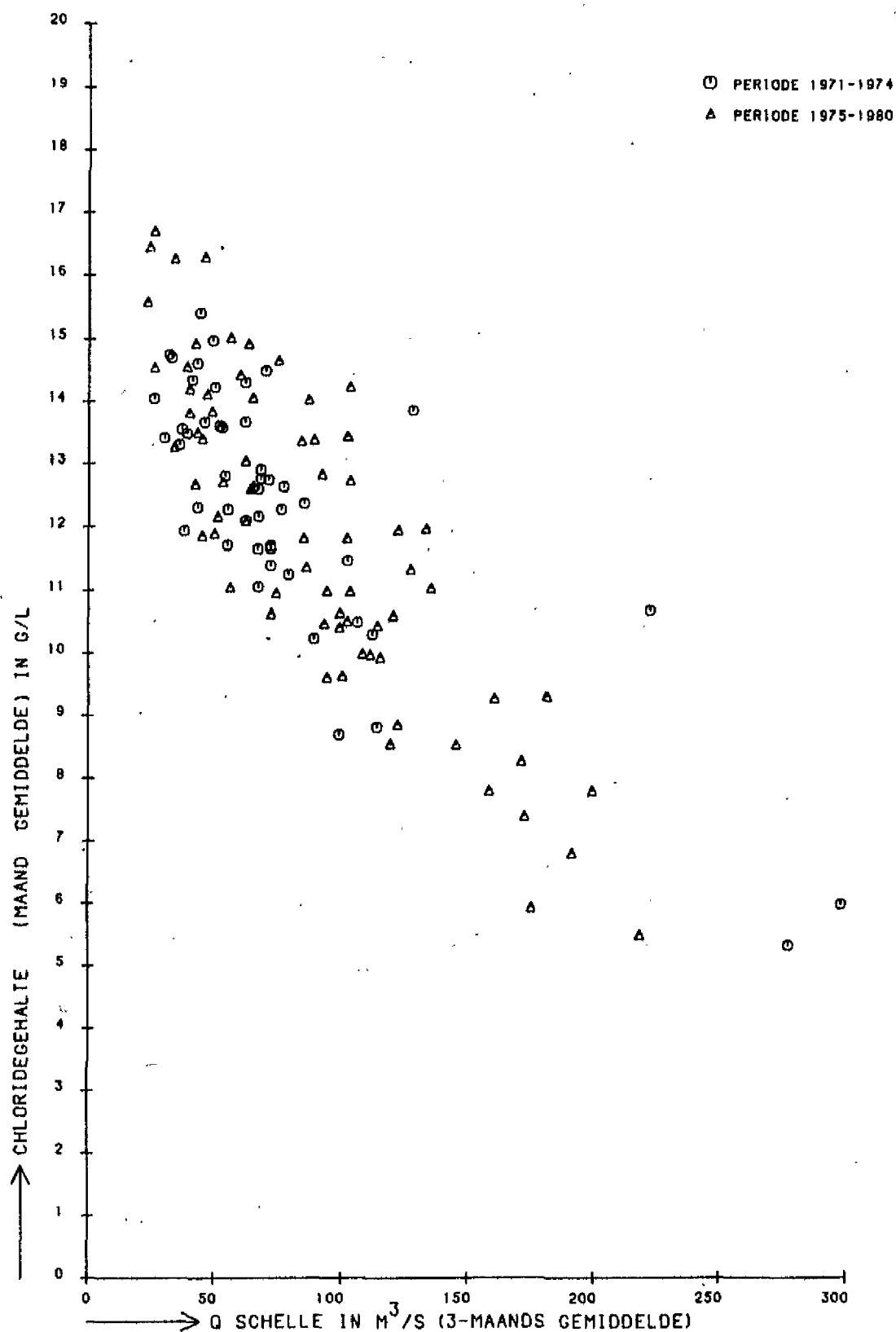
schaal

akk. *MM*

A4

nr. 83.210

BOEI 42

**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - schelde
verband chloridegehalte - afvoer
boei 42 (hansweert)

get. a.s.b.

bijl. 4

gec. E.

gez. 2

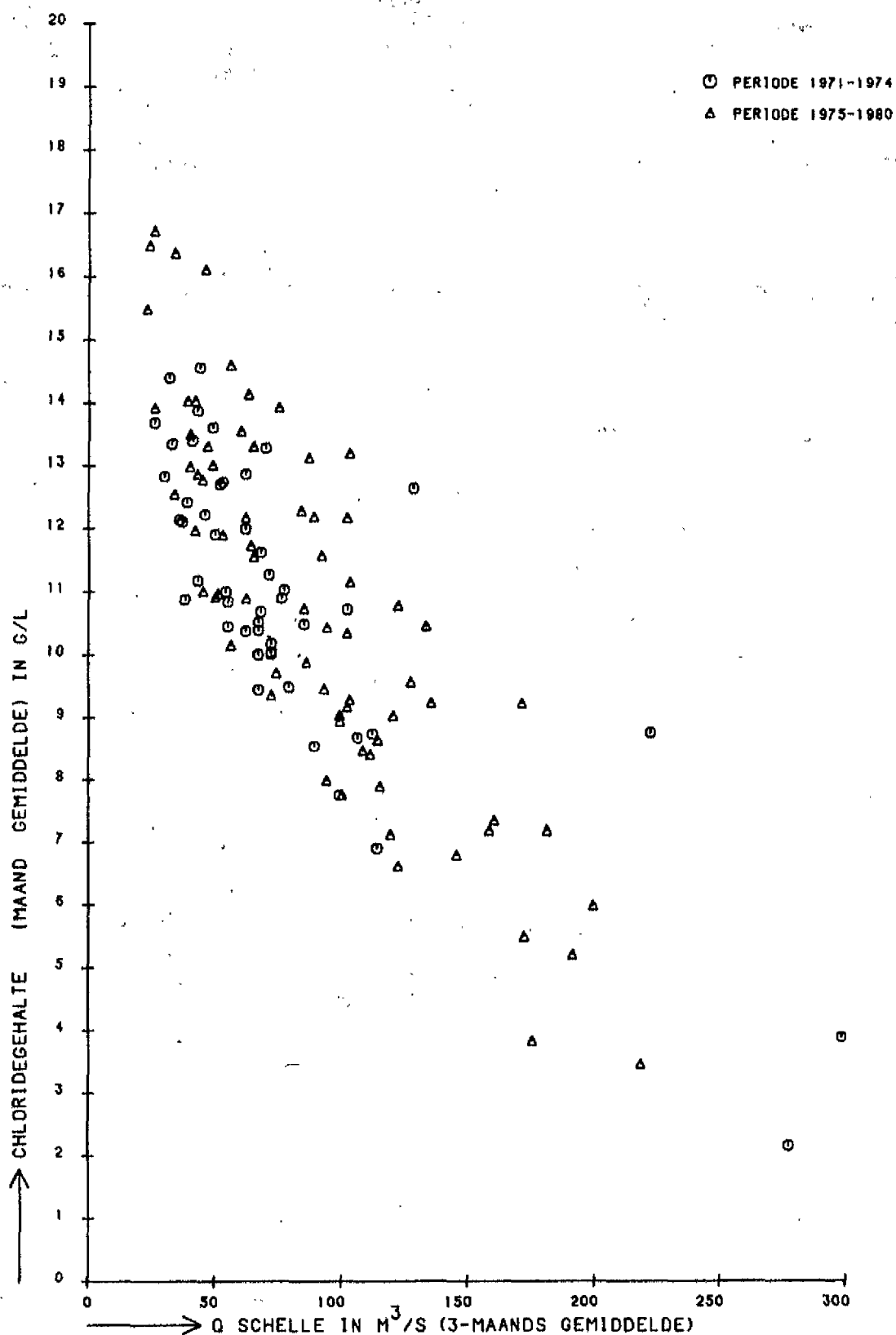
schaal

akk. *[signature]*

A4

nr. 83.211

BOEI 59a



rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

westerschelde - schelde
verband chloridegehalte - afvoer
boei 59a (zuidergat)

get. a.s.b.

bijl. 5

gec.

E

gez.

S

schaal

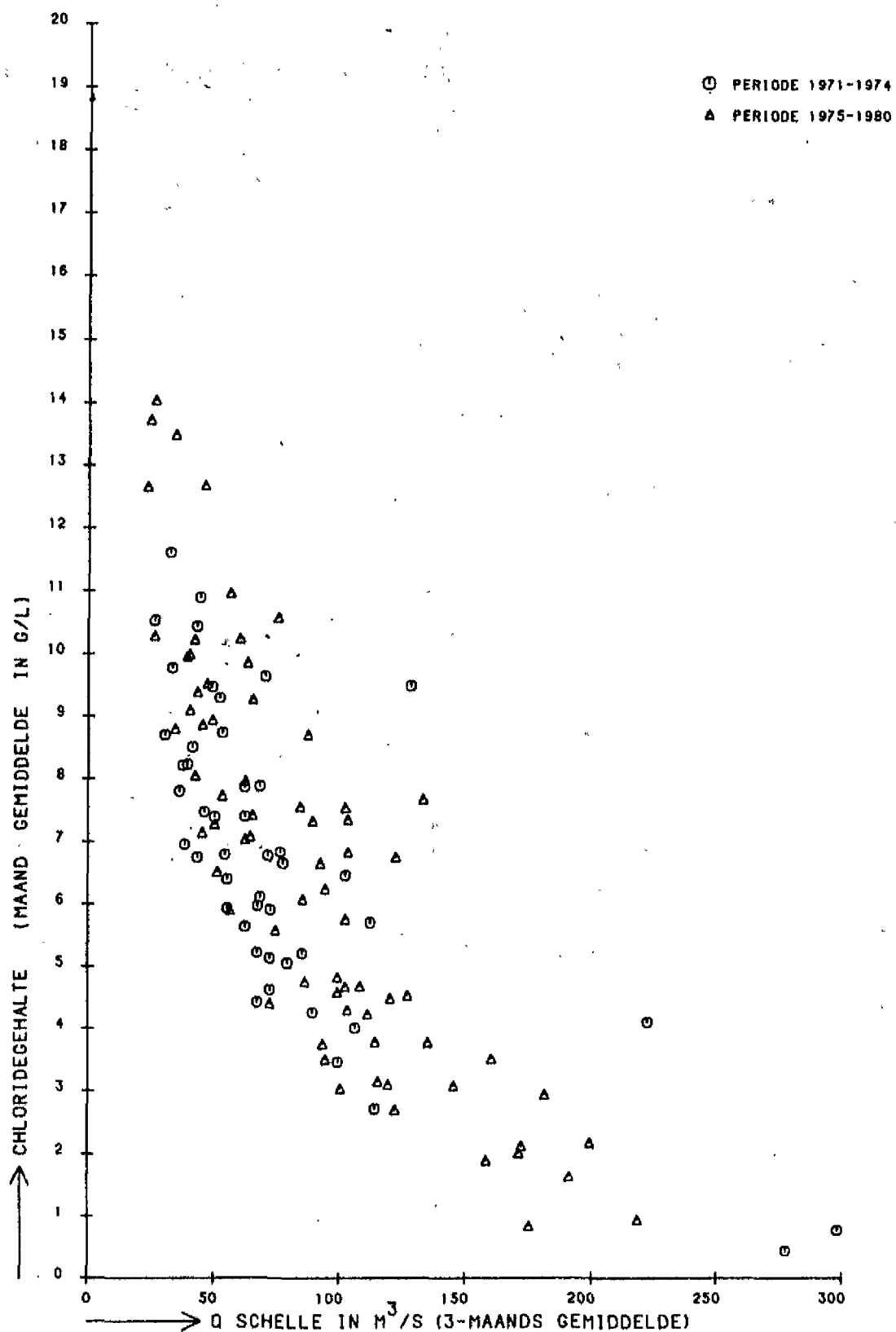
akk.

MM

A4

nr. 83.212

BOEI 87

**rijkswaterstaat**directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingenwesterschelde - schelde
verband chloridegehalte - afvoer
boei 87 (grens)

get.

a.s.b.

bijl. 6

gec.

E.

gez.

J

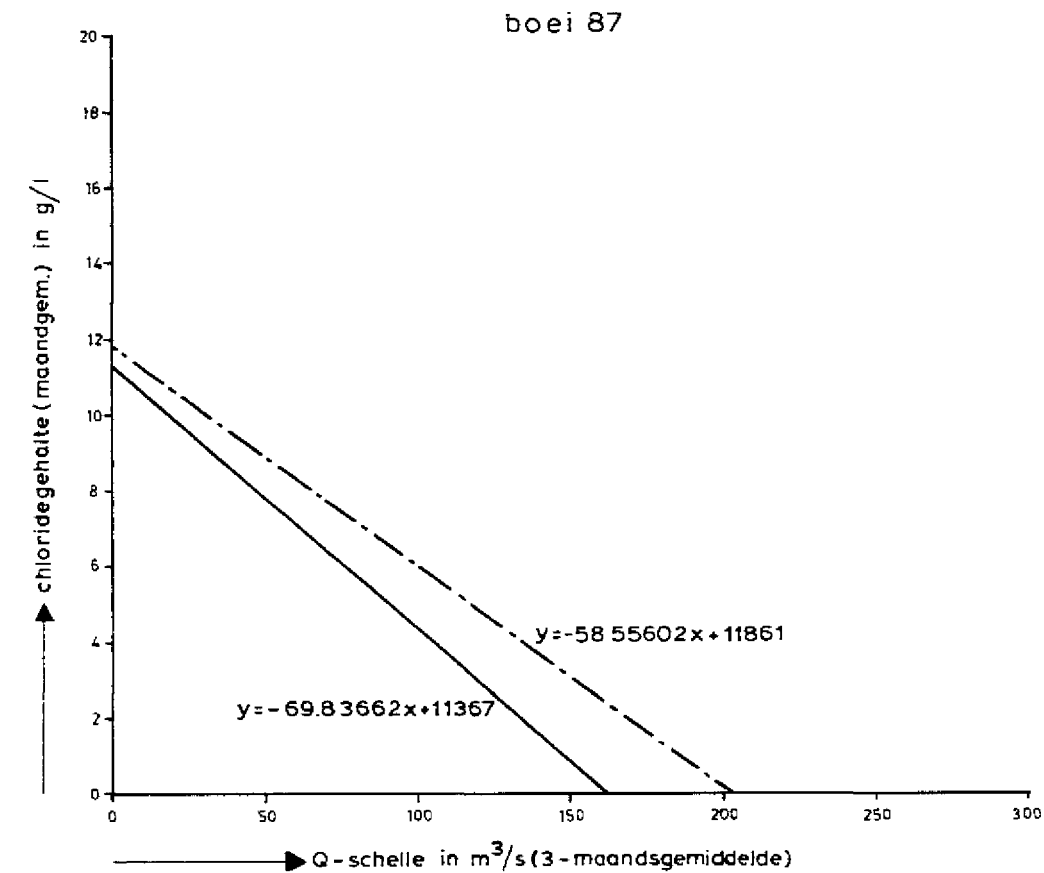
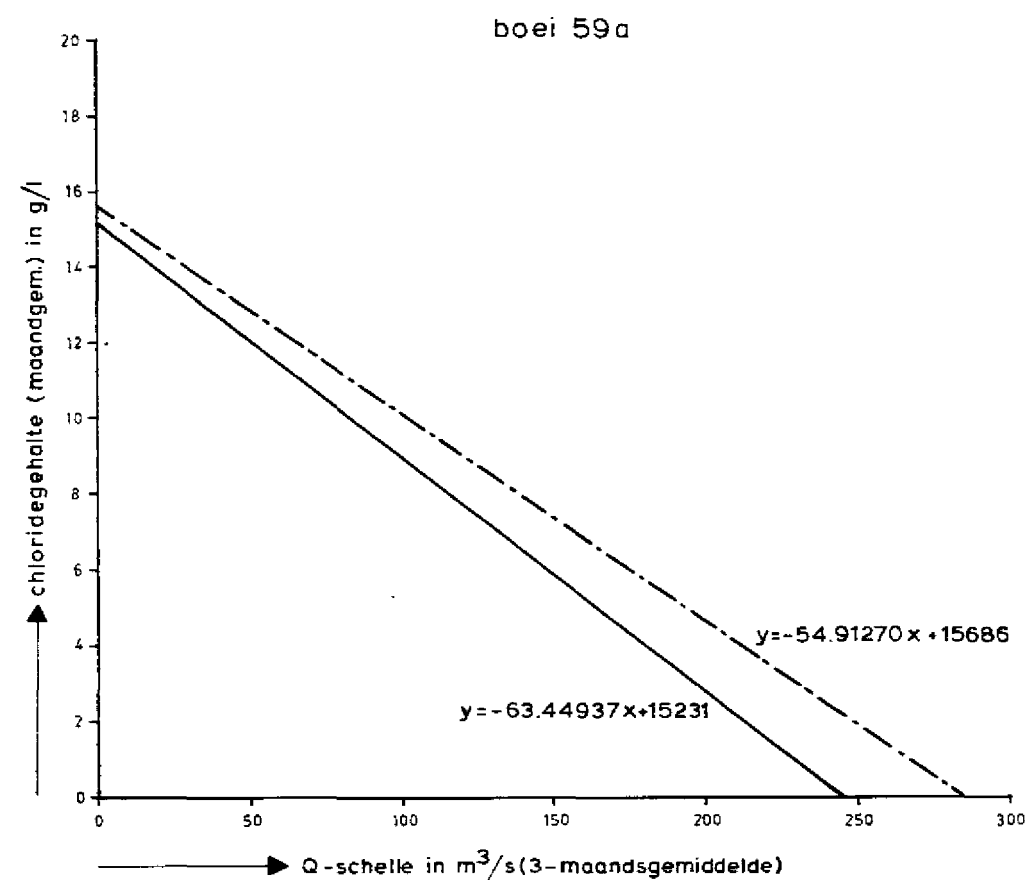
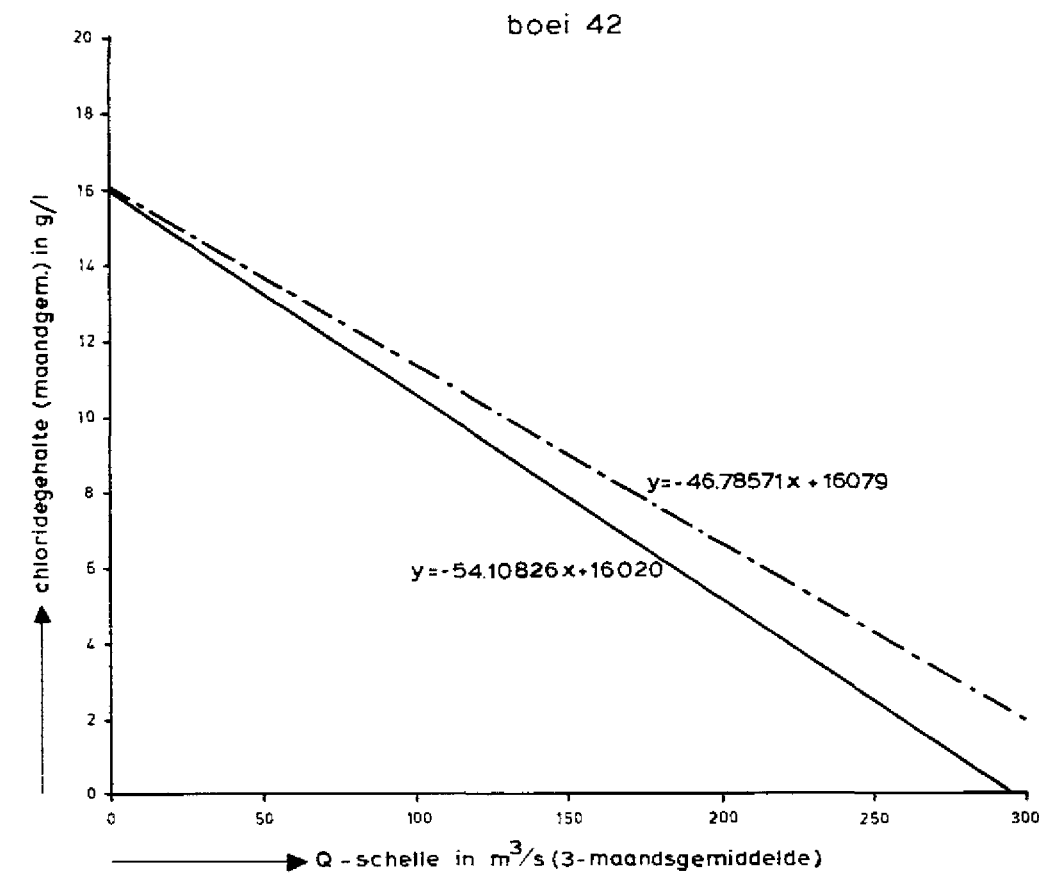
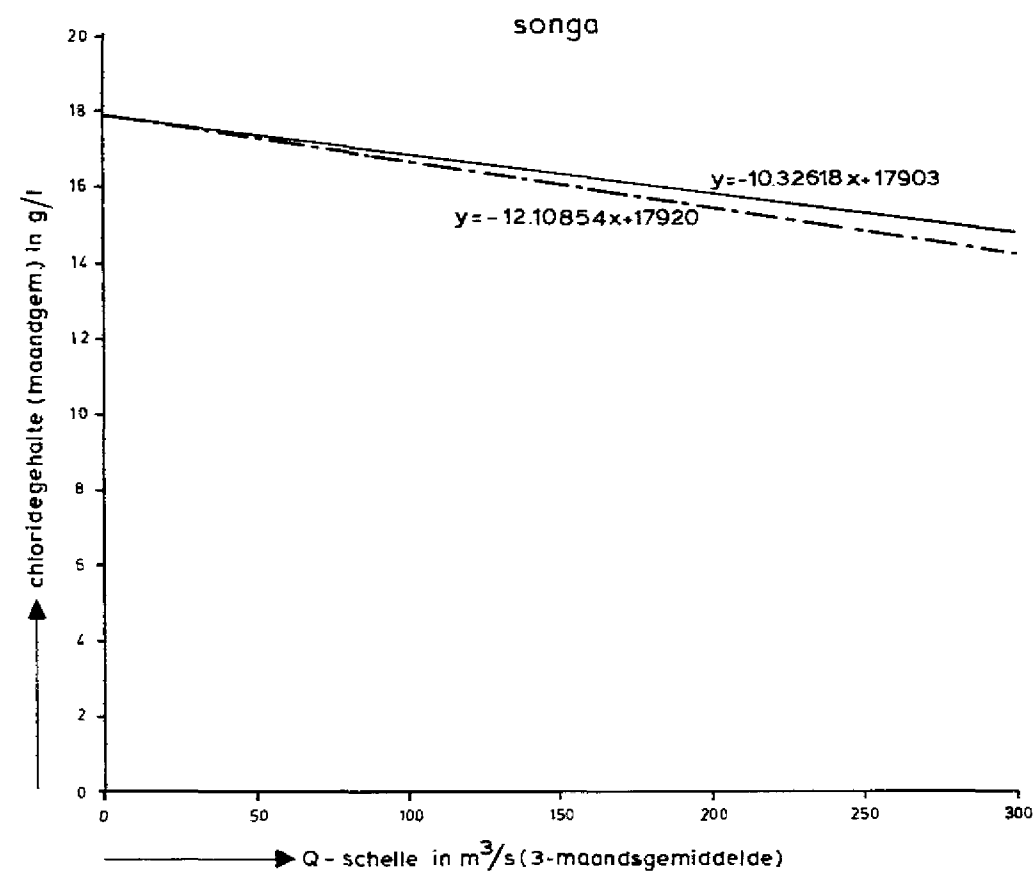
schaal

akk.

M

A 4

nr. 83.213



toelichting

— periode 1971 - 1974
 - - - periode 1975 - 1980

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
 district kust en zee - adviesdienst vliissingen

lineaire regressies tussen chloridegehalte en
 3-maandsgemiddelde afvoer
 op vier plaatsen in de westerschelde

get. a.s.b.

bijl. 7

gec. E.

gez. 2

schaal

akk. *AKK*

A3

nr. 83.214

TABEL 1: Correlatiecoëfficiënten en standaardafwijkingen in de meervoudige correlatie tussen chloridegehalte en afvoer (k geeft het aantal voorafgaande maanden aan dat in de correlatie is betrokken).

station	k=0		k=1		k=2		k=3		k=4		k=5		k=6		k=7	
	r	σ	r	σ	r	σ	r	σ	r	σ	r	σ	r	σ	r	σ
Boei 87	0.779	2043	0.879	1561	0.895	1474	0.896	1478	0.897	1481	0.897	1491	0.898	1499	0.898	1308
Boei 59a	0.793	1831	0.920	1184	0.944	1010	0.948	981	0.950	963	0.951	964	0.951	971	0.951	979
Boei 42	0.772	1628	0.926	971	0.951	805	0.954	781	0.956	770	0.957	767	0.957	773	0.958	778
Songa	0.627	623	0.811	471	0.859	415	0.868	406	0.881	389	0.884	388	0.884	390	0.887	389

TABEL 2: Parameters meervoudige regressie voor periode 1975 - 1980 voor k=2.

station	C_0	α_1	α_2	α_3	σ	r	r^2
Boei 87	12163	-27.72	-19.80	-11.22	1474	0.89	0.80
Boei 59a	16156	-23.81	-20.06	-12.99	1010	0.94	0.89
Boei 42	16491	-17.74	-19.33	-11.35	805	0.95	0.90
Songa	18109	- 3.35	- 5.24	- 4.70	415	0.86	0.74

TABEL 3: Parameters meervoudige regressie voor periode 1971 - 1974 voor k=2.

station	C_0	α_1	α_2	α_3	σ	r	r^2
Boei 87	9812	-14.46	-15.96	-11.73	1391	0.83	0.69
Boei 59a	14326	-11.81	-23.01	-12.24	886	0.93	0.87
Boei 42	15187	- 9.20	-21.04	- 8.93	861	0.92	0.84
Songa	17964	- 0.46	- 8.48	- 1.95	778	0.59	0.34

Toelichting bij de tabellen 1, 2 en 3:

De regressies zijn uitgevoerd volgens de formule:

$$C_t(x) = C_o(x) + \sum_{k=0}^n \alpha_k(x) Q_{t-k}$$

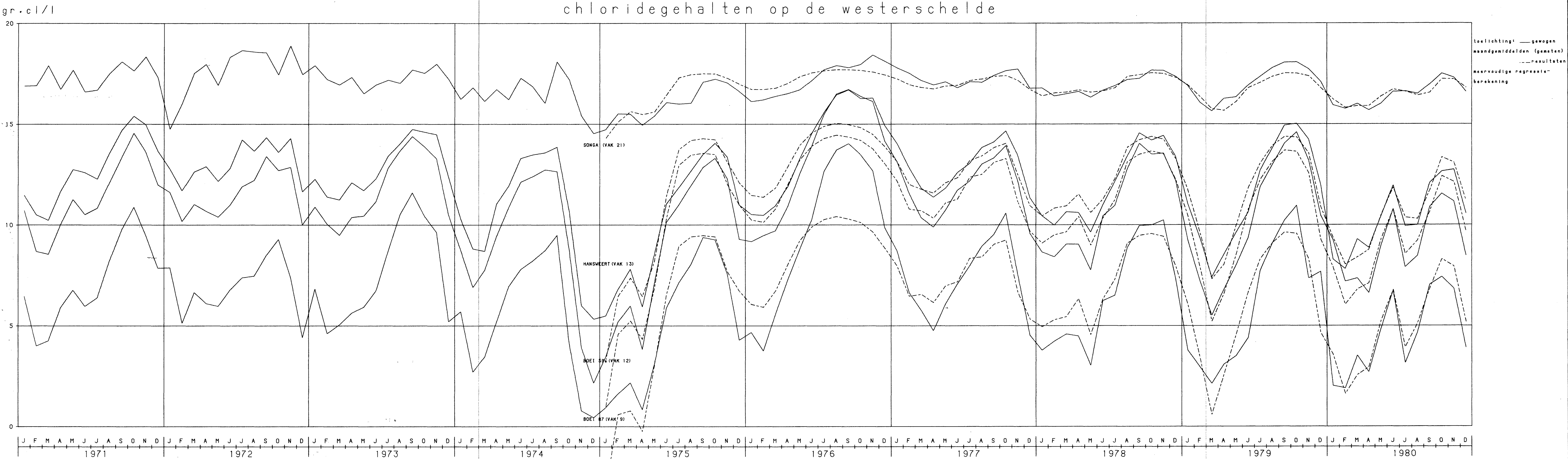
$C_t(x)$ = maandgemiddeld chloridegehalte in maand t op plaats x

$C_o(x)$ = constante

$\alpha_k(x)$ = regressieconstante

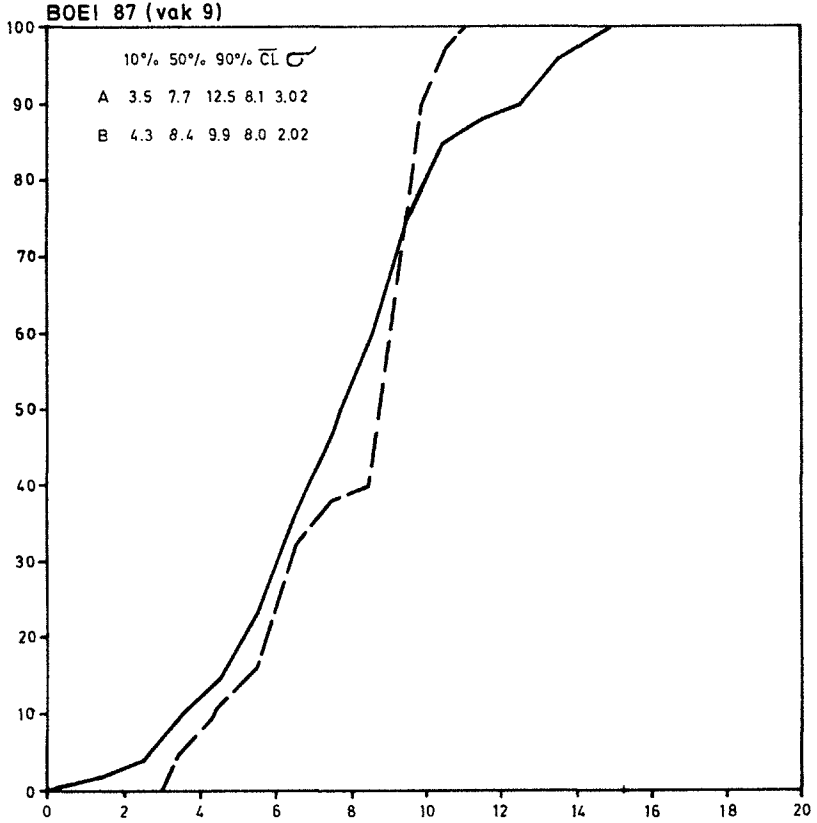
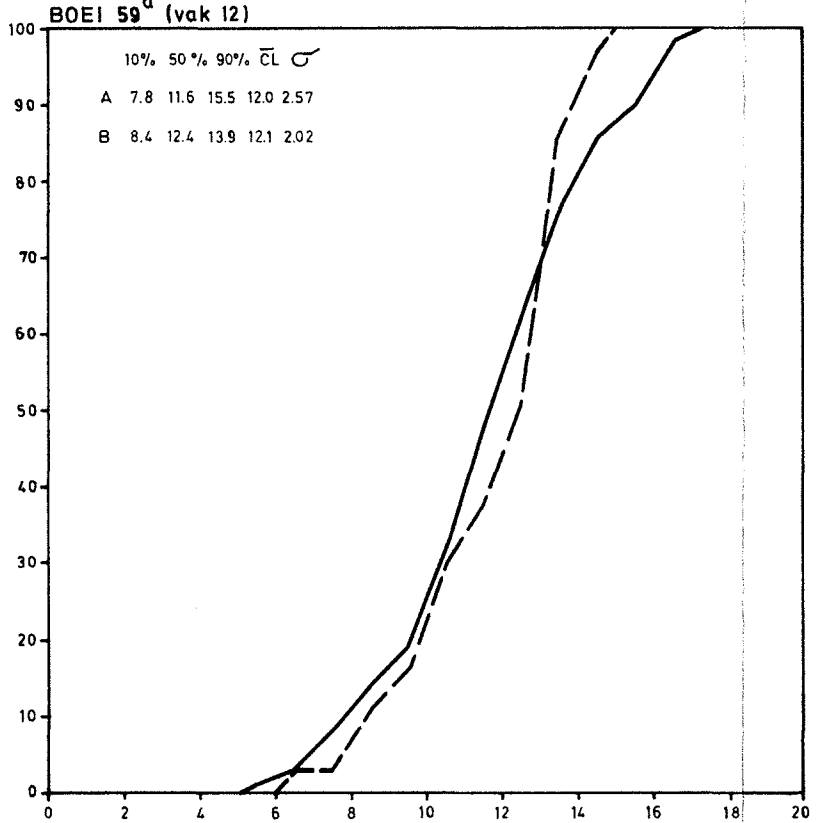
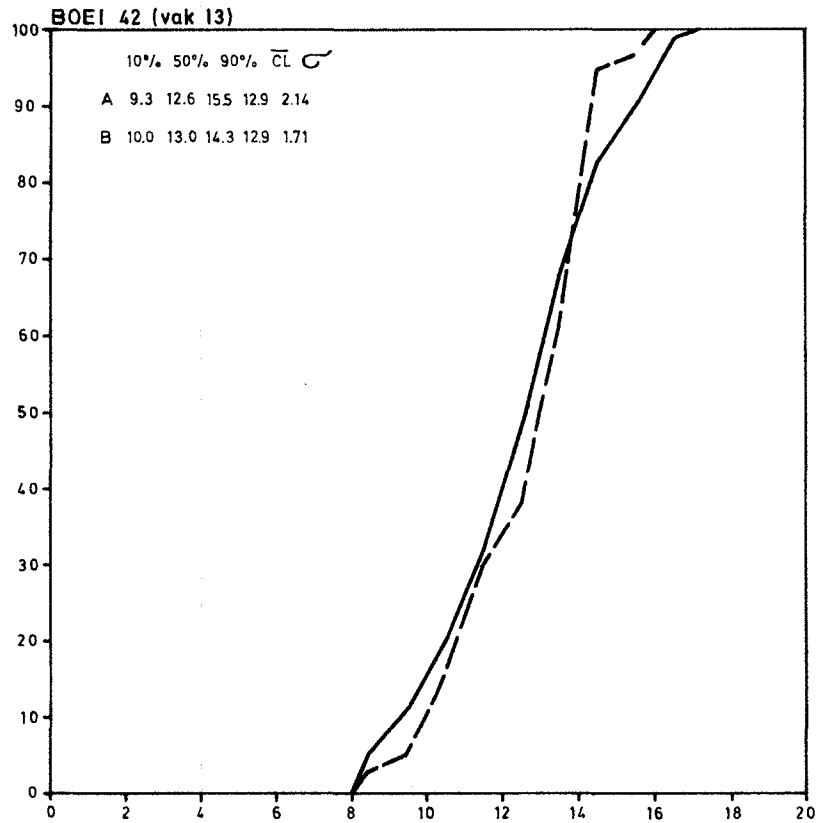
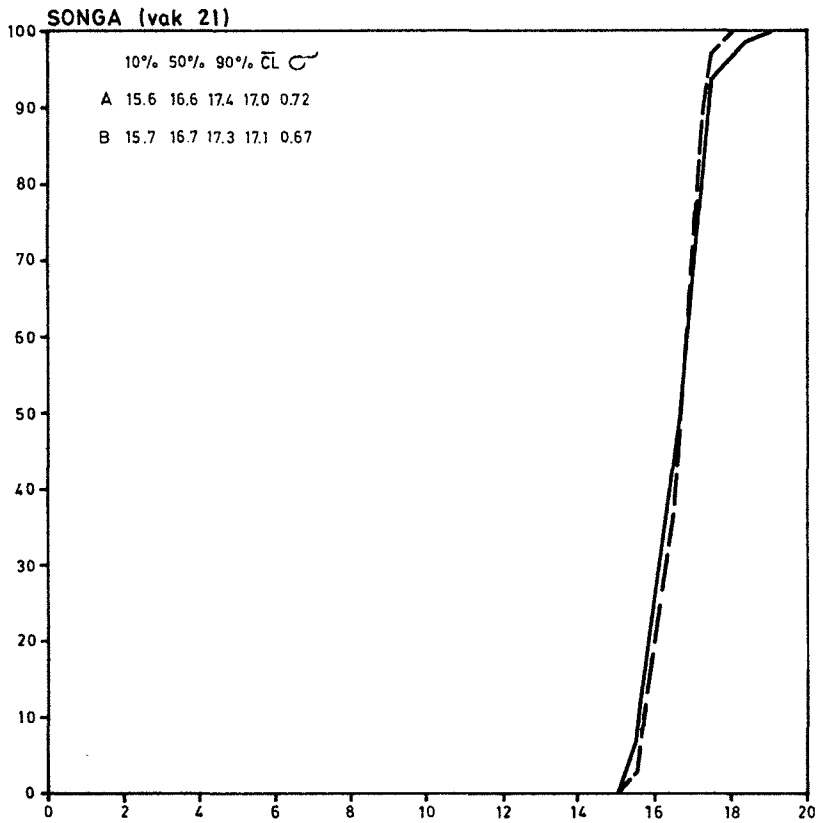
Q_{t-k} = gemiddelde afvoer van de Schelde te Schelle in maand t-k

k = teller (geheugen van het systeem in maanden)

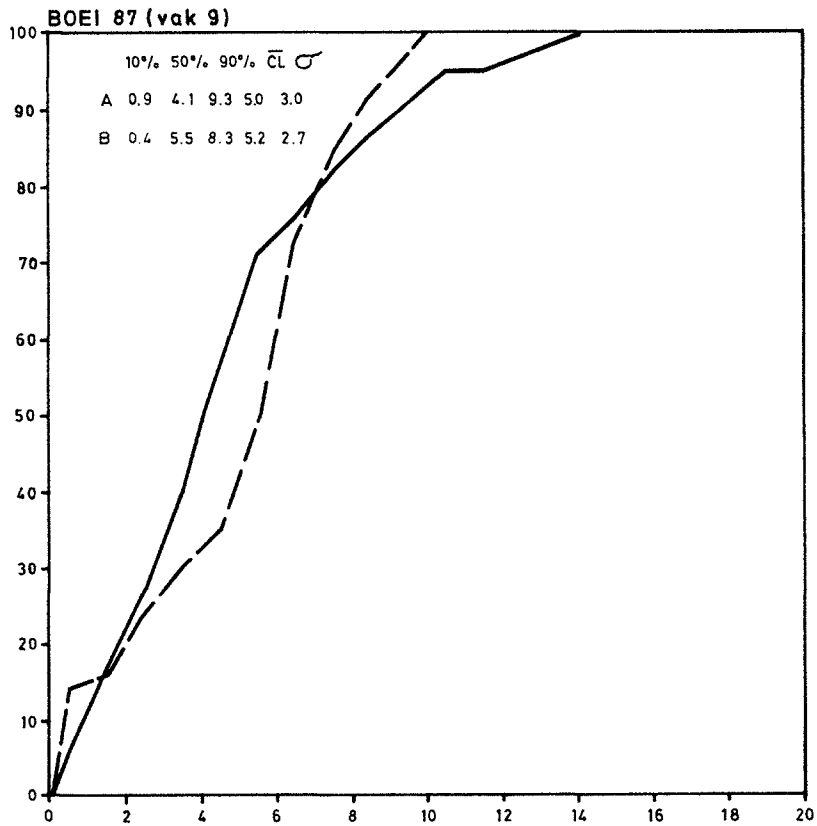
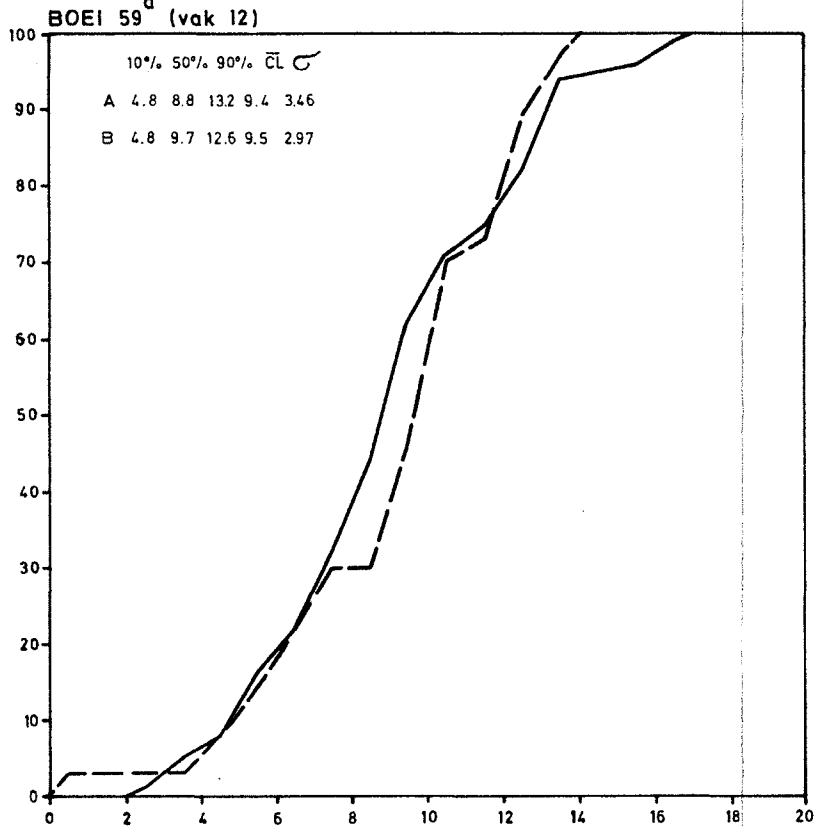
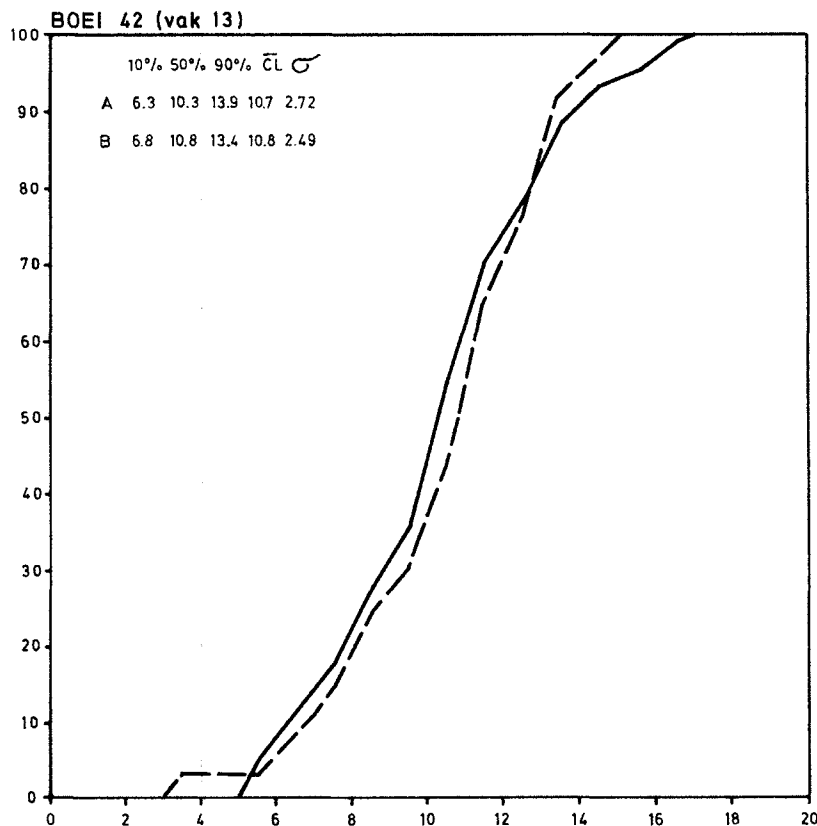
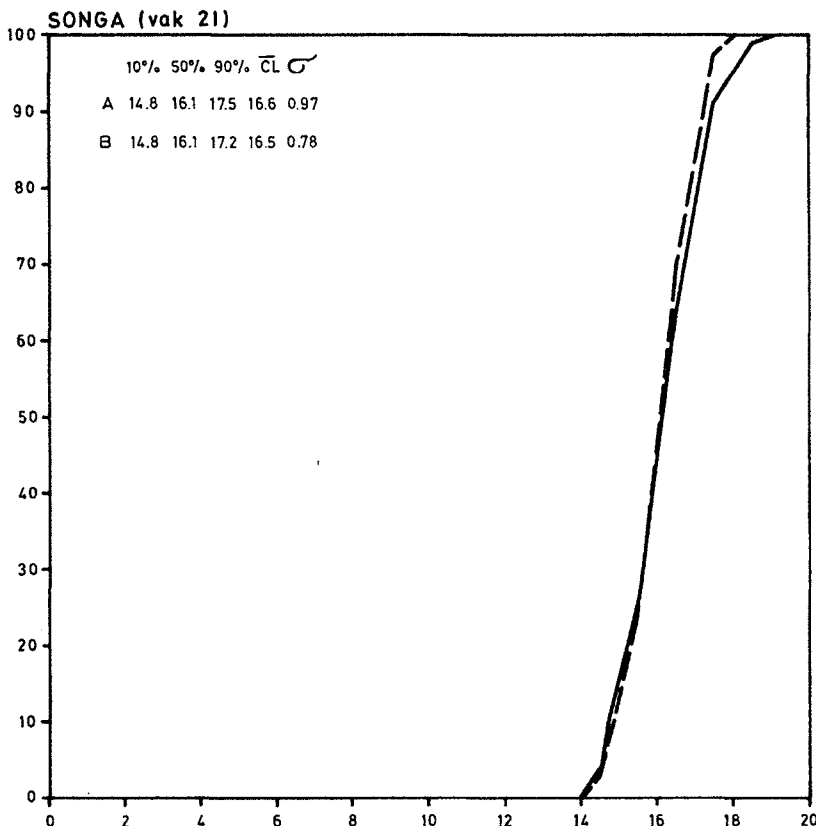


rijkswaterstaat directie waterhuishouding en waterbeweging district kust en zee - adviesdienst vissingen	get.	a.s.b.	bijl. 9	
	gec.	E.		
	gez.	A	schaal	
	akk.	MM	A1	nr. 83.215
verloop van gemeten en m.b.v. het multiple correlatiemodel berekend chloridegehalte 1975 - 1980				

zomer (mei t/m oktober)



winter (november t/m april)



↑ cumulatieve frequentie in %

————→ chloridegehalte in g/l

toelichting

berekeningsresultaten afvoerreeks 1971-1974 (oude berekeningsmethode Q - schelle)

———— herleide gewogen maandgemiddelden (A)

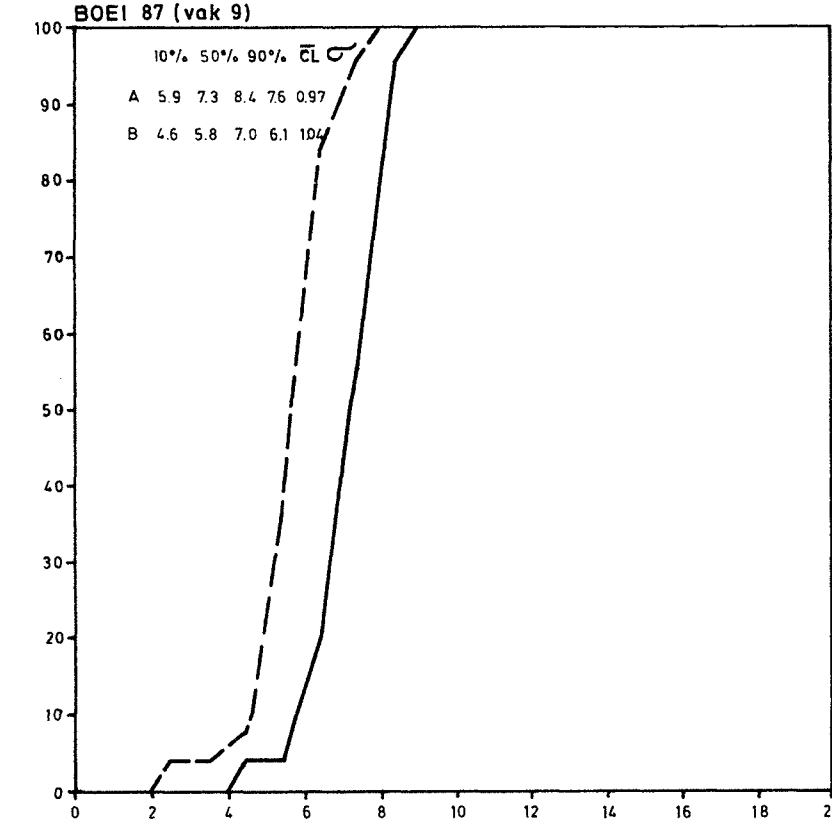
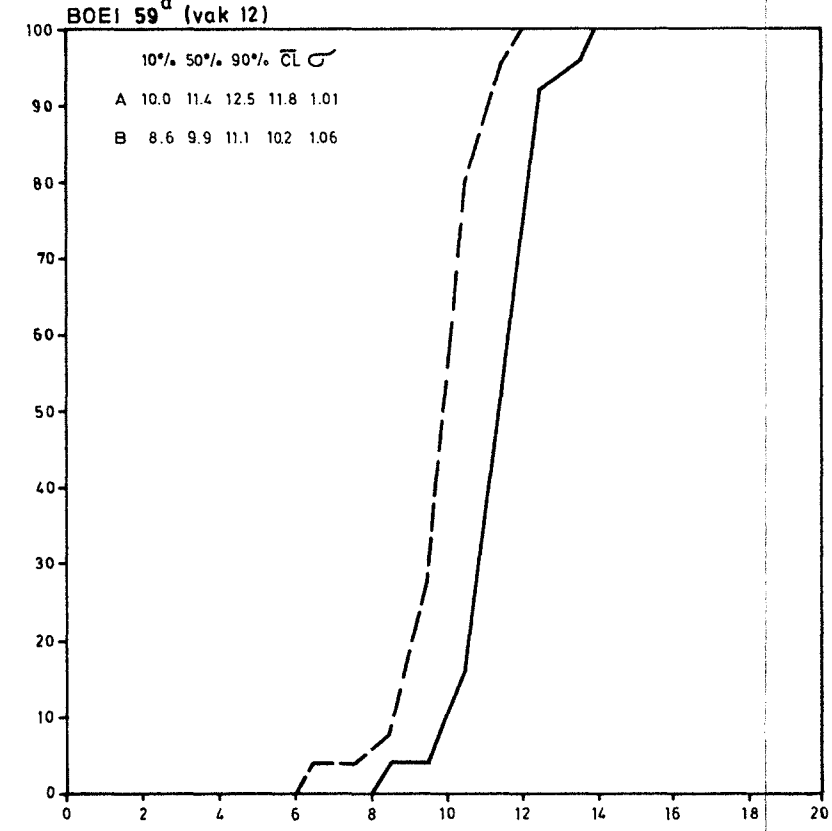
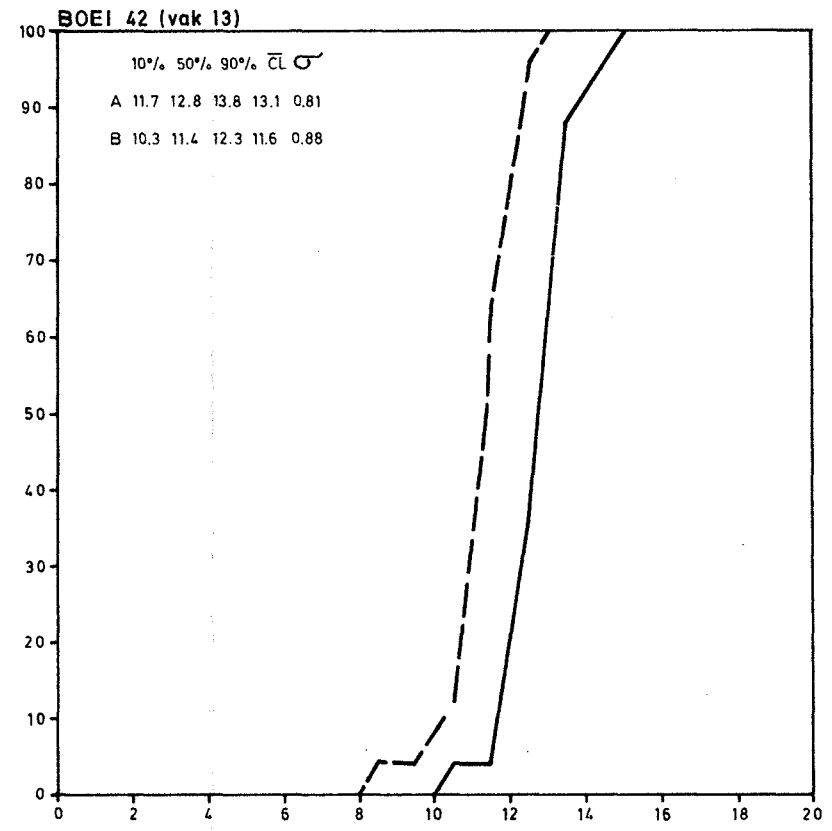
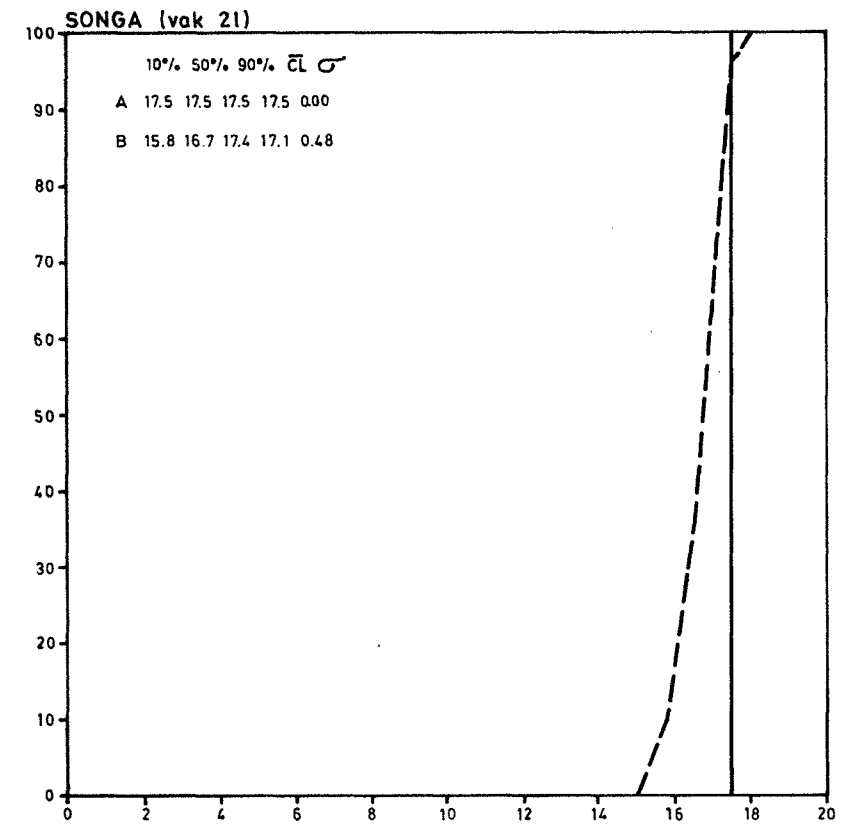
----- berekend volgens regressiemodel (B)

rijkswaterstaat
directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliissingen

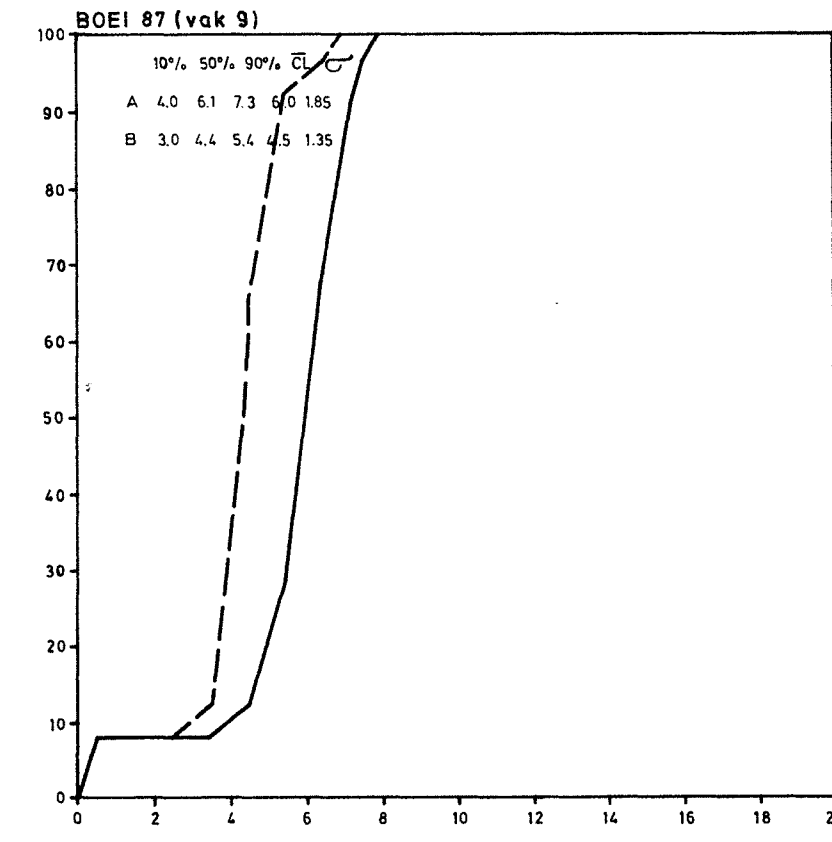
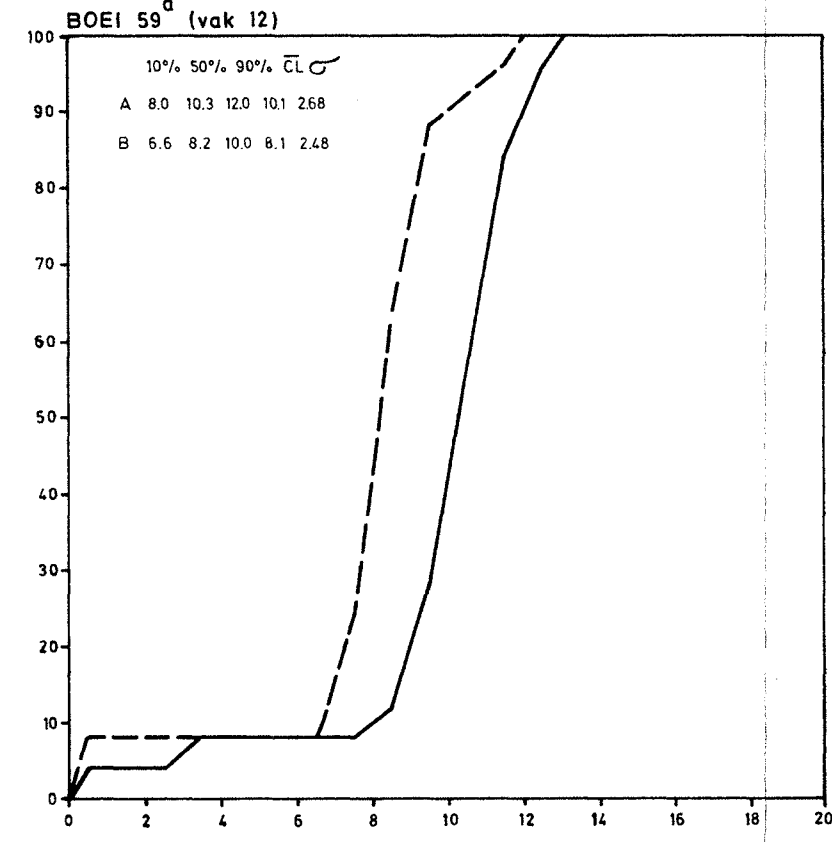
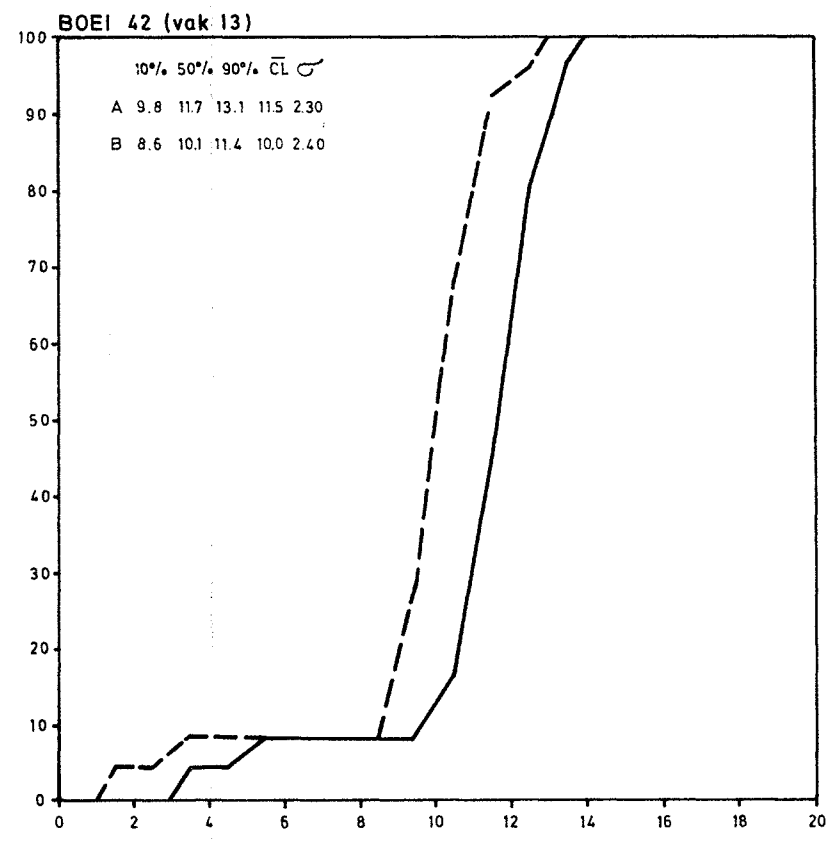
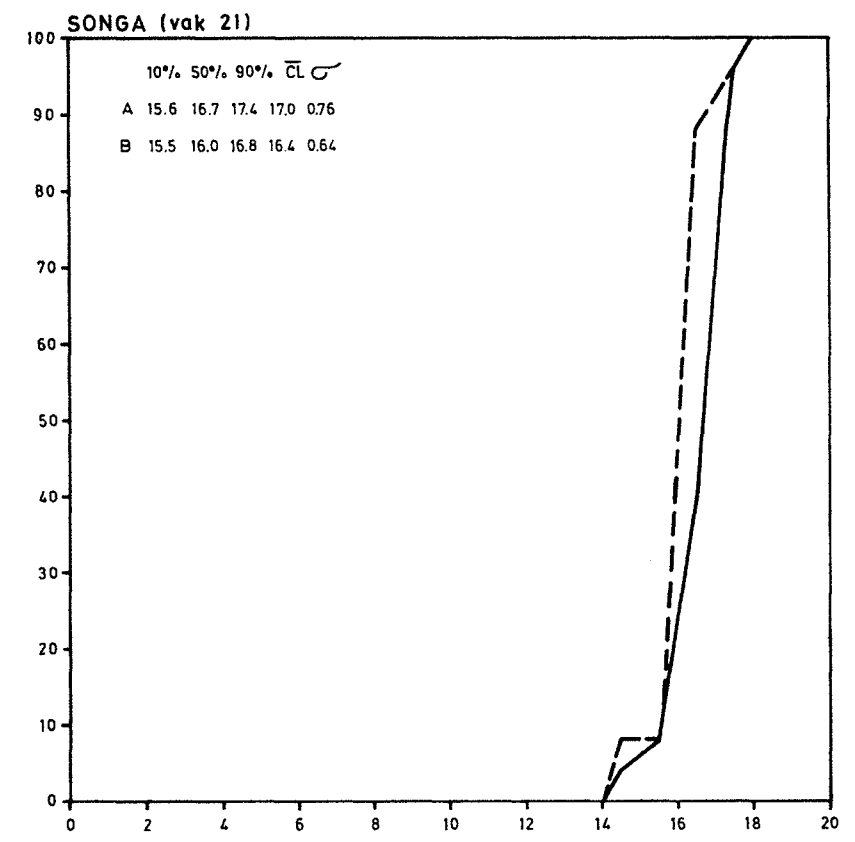
westerschelde - schelde
cumulatieve frequentieverdeling chloridegehalten 1975-1980
(berekend en gemeten)

get.	a.s.b.	bijl. 10	
gec.	E.		
gez.	2	schaal	
akk.	AKK	A2	nr. 83.216

zomer (mei t/m oktober)



winter (november t/m april)



↑ cumulatieve frequentie in %

→ chloridegehalte in g/l

toelichting

berekeningsresultaten afvoerreeds 1971-1974 (oude berekeningsmethode Q - schelle)

———— berekend met regressiemodel zonder lozing zoommeer (A)

----- berekend met regressiemodel met lozing zoommeer (B)

rijkswaterstaat directie waterhuishouding en waterbeweging district kust en zee - adviesdienst vliissingen	get.	a.s.b.	bijl. 11
	gec.	E.	
	gez.	A	schaal
	akk.	akk.	A2 nr. 83.217