

**nota DDWT-77.048 Intern**

WELKE ZIJN DE GEVOLGEN VAN EEN  
PERMANENTE ZOETWATERLOZING GROOT  
10-20 of 30 m<sup>3</sup>/sec EN EEN EXTRA  
PERIODIEKE LOZING GROOT 50 of  
100 m<sup>3</sup>/sec OP DE WESTERSCHELDE,  
VOOR HET ZOUTGEHALTE?

Projectcode V76D207L

titel:

auteur(s): J. Veenstra

datum: mei 1977

bijlagen: 3

samenvatting: 1. INLEIDING

Ter beantwoording van de gestelde vraag is het Westerschelde gebied in twee gebieden verdeeld, een gedeelte ten oosten van Perkpolder en een gebied ten westen daarvan tot het mondingsgebied.

## 2. Stochastisch input-output model <sup>1)</sup>

Voor het oostelijk deel van de Westerschelde (ten oosten van Perkpolder) is een single input-single output model ontworpen. Input voor het model zijn de maandgemiddelde Scheldeafvoeren, output zijn de maandgemiddelde zoutgehalten in een vast punt van de Westerschelde. Het verband tussen input en output wordt verondersteld lineair te zijn t.a.v. de tijd.

Voorts wordt aangenomen dat de afwijkingen tussen de maandgemiddelde zoutgehalten, bepaald uit natuurmetingen en de zoutgehalten berekend met het model, stochastisch van aard zijn. Deze afwijkingen worden veroorzaakt door niet-systematische onnauwkeurigheden bij de bepaling van het maandgemiddelde zoutgehalte.

De parameters in het lineaire model zijn gegenereerd met statistische technieken toegepast op gegevens ontleend aan bijlage 5 van nota 74.2 van de Studiedienst Vlissingen. Bijlage 1 presenteert deze gegevens en geeft de met behulp van het model berekende zoutgehalten te Bath weer.

De lengte van de tijdreeksen, waarmee de parameters zijn bepaald, beperken het model in zijn voorspellend karakter. De grootste maandgemiddelde Scheldeafvoer van de gebruikte tijdreeks is kleiner dan  $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ .

Voor het westelijke gedeelte van de Westerschelde kan dit model niet zonder meer worden toegepast; voor dat gebied zou het model uitgebreid moeten worden tot een multiple input-single output model. De verzoeting van het gedeelte ten westen van Perkpolder is nog onderwerp van nadere studie. Tevens zal het effect van lozing van gedempt getijdewater uit de Oosterschelde te Hansweert op de Westerschelde in de beschouwingen worden opgenomen. De resultaten hiervan zullen in een desbetreffende nota worden opgenomen.

Het verloop van de maandgemiddelde zoutgehalten te Liefkenshoek, te Bath en Hansweert is op grond van bijlage 5 van reeds genoemde nota en bijgevoegde bijlage 2 op een constante na ongeveer gelijk; de getekende zoutgehalten voor genoemde stations lopen in de tijd

<sup>1)</sup> Een uitgebreidere beschrijving van dit model zal worden gegeven in een afzonderlijke nota

vrijwel evenwijdig. Het zoutgehalteverloop bij deze stations reageert derhalve rond een gemiddelde waarde  $c_m(x)$  op ongeveer dezelfde wijze op veranderingen van de Scheldeafvoer rond een gemiddelde waarde  $q_m$ .

3. Wiskundige beschrijving van een model voor het oostelijk deel van de Westerschelde

In het oostelijk deel van de Westerschelde wordt het zoutgehalte op een bepaalde plaats x (b.v. Bath en Hansweert) beschreven met behulp van de volgende betrekking:

$$C_i(x) = C_0(x) + \sum_{k=1}^K r_k(x) Q_{i-k+1}^i \dots \dots \dots (1)$$

$C_i(x)$  = het zoutgehalte in de kalendermaand i op de plaats x (bv. Bath)

$C_0(x)$  = een constante die afhankelijk is van de plaats x in het beschouwde deel van de Westerschelde (bv. Bath en Hansweert).

$Q_1^i, \dots, Q_{i-K+1}^i$  zijn de verschillen met de gemiddelde Scheldeafvoer in de kalendermaand i t/m i-K+1.

$r_1(x), \dots, r_K(x)$  zijn parameters van het systeem op de plaats x, die gegeneerd zijn met behulp van tijdreeksen uit de periode sept. '53 t/m okt. '55.

K = "geheugen" van het systeem in maanden.

De parameters  $r_1, r_2$  enz. kan men de responsieparameters van het fysisch systeem noemen. Onder "geheugen" van het systeem verstaat men het aantal maanden waarover de invloed van de veranderingen in de Scheldeafvoeren nog van invloed zijn op het zoutgehalteverloop.

Voor de periode september '53 t/m oktober '55 laat zich het zoutgehalteverloop te Liefkenshoek en Bath goed berekenen met een "geheugen" van drie maanden.

De onderlinge verschillen tussen de responsieparameters te Liefkenshoek en Bath zijn gering, hetgeen een bevestiging is van de constatering dat de zoutgehalten in de tijd te Liefkenshoek en Bath vrijwel parallel verlopen. (zie tabel).

parameters plaats	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_1+r_2+r_3$
Liefkenshoek	$-21 \pm 5$	$-18 \pm 9$	$-13 \pm 8$	$-52 \pm 5$
Bath	$-24 \pm 5$	$-18 \pm 8$	$-15 \pm 6$	$-57 \pm 4$

De eenheden zijn  $\text{mg Cl}^- \text{ sec/l m}^3$

Het zoutgehalteverloop te Bath en Hansweert in de tijd is eveneens vrijwel evenwijdig (zie bijlage 2)

#### 4. Het voorspellende vermogen van het model (bijlage 2)

Het voorspellende vermogen van het model is getest met behulp van Scheldeafvoeren van het jaar 1975 (gegevens van de Antwerpse Zeediens-ten). De voorspelde zoutgehalten zijn vergeleken met de gegevens ontleend aan de kwartaaloverzichten over 1975 van de Rijkswaterstaat, het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening. Bijlage 2 presenteert de resultaten van de test. Het voorspelde zoutgehalte te Bath is weergegeven als een gearceerd gebied. Dit gearceerde gebied is ontstaan door bij elke voorspelling de statistisch bepaalde betrouwbaarheidsgrenzen aan te geven. de voorspelling met het model ligt tussen de aangegeven grenzen in.

Het ontworpen model heeft a) een lineair karakter en b) een beperkt "geheugen". Op grond van de vergelijking tussen voorspelling en gemeten zoutgehalten te Bath (maart, april en mei 1975) laat zich concluderen dat de lineaire benadering van het niet lineaire karakter van het systeem zelfs bij hoge Scheldeafvoeren betrouwbare resultaten geeft. Voor de periode juni tot oktober 1975 blijkt dat de voorspelling te Bath te hoge zoutgehalten geeft, terwijl de Scheldeafvoeren fluctueren rond de  $45 \text{ m}^3/\text{sec}$ . De evenwichtstoestand wordt in oktober 1975 bereikt. De voorspelling geeft dit evenwicht reeds in augustus 1975. Het verschil laat zich verklaren door het feit, dat hoge afvoeren, die optreden in januari en maart 1975 langer dan drie maanden van invloed zijn. Bij hoge Scheldeafvoeren is een "geheugen" van drie maanden te beperkt om het verloop van het zoutgehalte te Bath betrouwbaar weer te geven op korte termijn. In dit geval is de voorspelling op korte termijn minder betrouwbaar. Op langere termijn convergeren voorspelde en gemeten zoutgehalten. Dit is ook aannemelijk te maken met de vaststelling dat de responsieparameters afnemen en klein worden in de vierde, vijfde en zesde maand. Zijn de afwijkingen van de gemiddelde Scheldeafvoer niet te groot, dan is de bijdrage van deze maanden gering. In het geval van grote afwijkingen is de bijdrage van die maanden niet meer te verwaarlozen.

De parameters zijn gegenereerd door gebruik te maken van tijdreeksen uit de periode 1953-1955. Een "geheugen" van drie maanden is in dit geval voldoende gebleken om de zoutgehalten te Bath betrouwbaar te simuleren. De maandgemiddelde Scheldeafvoeren zijn in deze periode

kleiner dan  $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ . De invloed van de maandgemiddelde Scheldeafvoeren groter dan  $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ . en kleiner dan  $260 \text{ m}^3/\text{sec}$ . is onderzocht door de meetgegevens uit de periode 1953-1955 en 1975 te koppelen. Deze koppeling is tot stand gebracht door interpolatiewaarden te berekenen met behulp van de responsieparameters gegenereerd uit de gegevens van 1953-1955 en het waarnemings-materiaal te gebruiken uit deze periode en 1975. De aldus verkregen geïnterpoleerde waarden zijn aangegeven op bijlage 3. Opnieuw zijn de responsieparameters gegenereerd maar nu voor een periode van vijf maanden. Met dit "geheugen" van vijf maanden zijn de zoutgehalten te Bath opnieuw berekend.

Vergelijken we bijlage 1 en bijlage 3 dan vinden we hierin een bevestiging van de stelling dat voor berekening met behulp van een "geheugen" van drie of vijf maanden voor de periode 1953-1955 de resultaten vrijwel gelijk zijn. De maanden juli t/m oktober 1975 worden met een afwijking van ongeveer  $1 \text{ gr. Cl}^-/\text{l}$ . voorspeld. Het langere "geheugen" geeft een verbetering te zien in de voorspelling. Geconcludeerd kan worden, dat grote afwijkingen van de gemiddelde Scheldeafvoer met een beperkt "geheugen" op korte termijn niet voldoende betrouwbare voorspellingen geven. De responsieparameters zijn in het geval van vijf maanden "geheugen" respectievelijk -21, -20, -8, -5 en -4.

Het is van belang om te konstateren dat  $\sum_{k=1}^K r_k$  hier nauwelijks afwijkt van het geval, waar een "geheugen" van drie maanden beschouwd werd (nl.  $58 \pm 3$  i.p.v.  $57 \pm 4$ ). In beide gevallen wordt dus bij constante vergroting van de afvoer dezelfde vermindering van concentratie voorspeld.

5. De invloed van zoetwaterlozingen achter in 'de Westerschelde

We veronderstellen dat het hier gaat om lozingen met een zeer laag zoutgehalte, die zodanig geschieden dat geen grote verticale dichtheidsverschillen ontstaan in de nabijheid van het lozingspunt. Men mag dan aannemen, dat de invloed van dergelijke lozingen dezelfde is, als die van een overeenkomstig verhoogde Scheldafvoer.

Als het lozingsdebiet constant is over drie maanden en gelijk aan  $\Delta Q$ , dan kan de daardoor veroorzaakte variatie van het zoutgehalte  $\Delta C$  bij Bath berekend worden d.m.v. (1):

$$\Delta C = \Delta Q \sum_{k=1}^K r_k \dots \dots \dots (2)$$

Het lineaire karakter van het model impliceert dat de verandering van concentratie  $\Delta C$  onafhankelijk is van het zoutgehalte bij afwezigheid van lozing. Deze lineariteit wordt bevestigd door natuurmetingen, zolang de totale zoetwaterafvoer  $Q$  blijft binnen de grenzen

$$50 \leq Q \leq 250 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Daarom moet gesteld worden dat formule (2) alléén geldt, als de Scheldafvoer groter is dan  $50 \text{ m}^3/\text{sec}$  en de som van Scheldeafvoer en zoetwaterlozing kleiner dan  $250 \text{ m}^3/\text{sec}$ .

Formule (2) kan derhalve niet in zeer droge of zeer natte periodes gebruikt worden; zij geeft aan, welke variatie in zoutgehalte verwacht mag worden in vrij gemiddelde omstandigheden.

Door substitutie van numerieke waarden in vgl. (2), verkrijgt men voor de variatie van zoutgehalte:

$$\Delta C = (57 \pm 4) \Delta Q, \text{ mg Cl}^-/1 \dots \dots \dots (3)$$

die geldt zowel bij Bath als bij Hansweert.

Hieruit volgt o.a. een verlaging van concentratie van:

$$\Delta C = 1,2 \pm 0,1 \text{ gr. Cl}^-/1. \text{ als } \Delta Q = 20 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\Delta C = 2,9 \pm 0,2 \text{ gr. Cl}^-/1. \text{ als } \Delta Q = 50 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

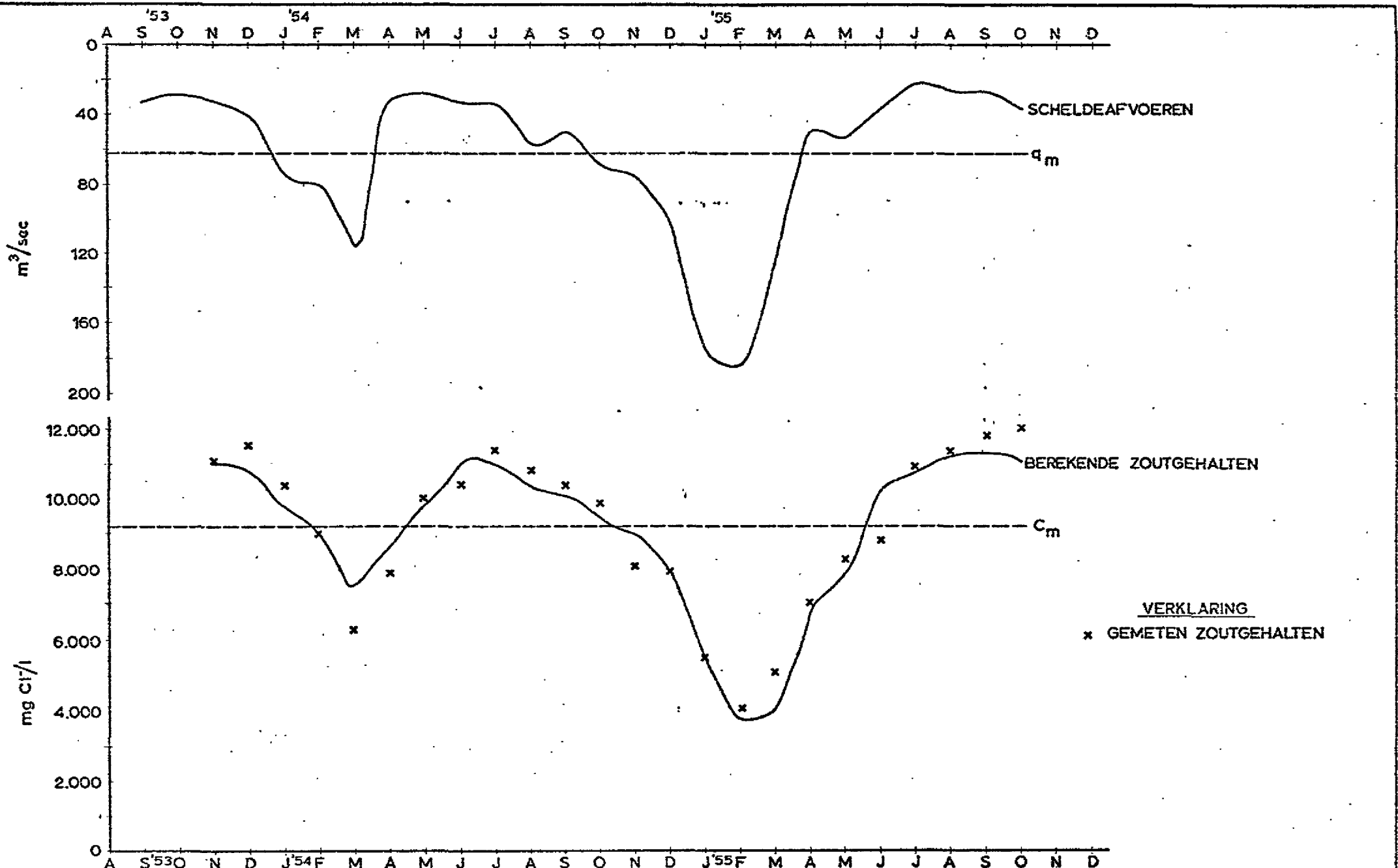
Den Haag, december 1976

(J. Veenstra)

LIJST VAN BIJLAGEN

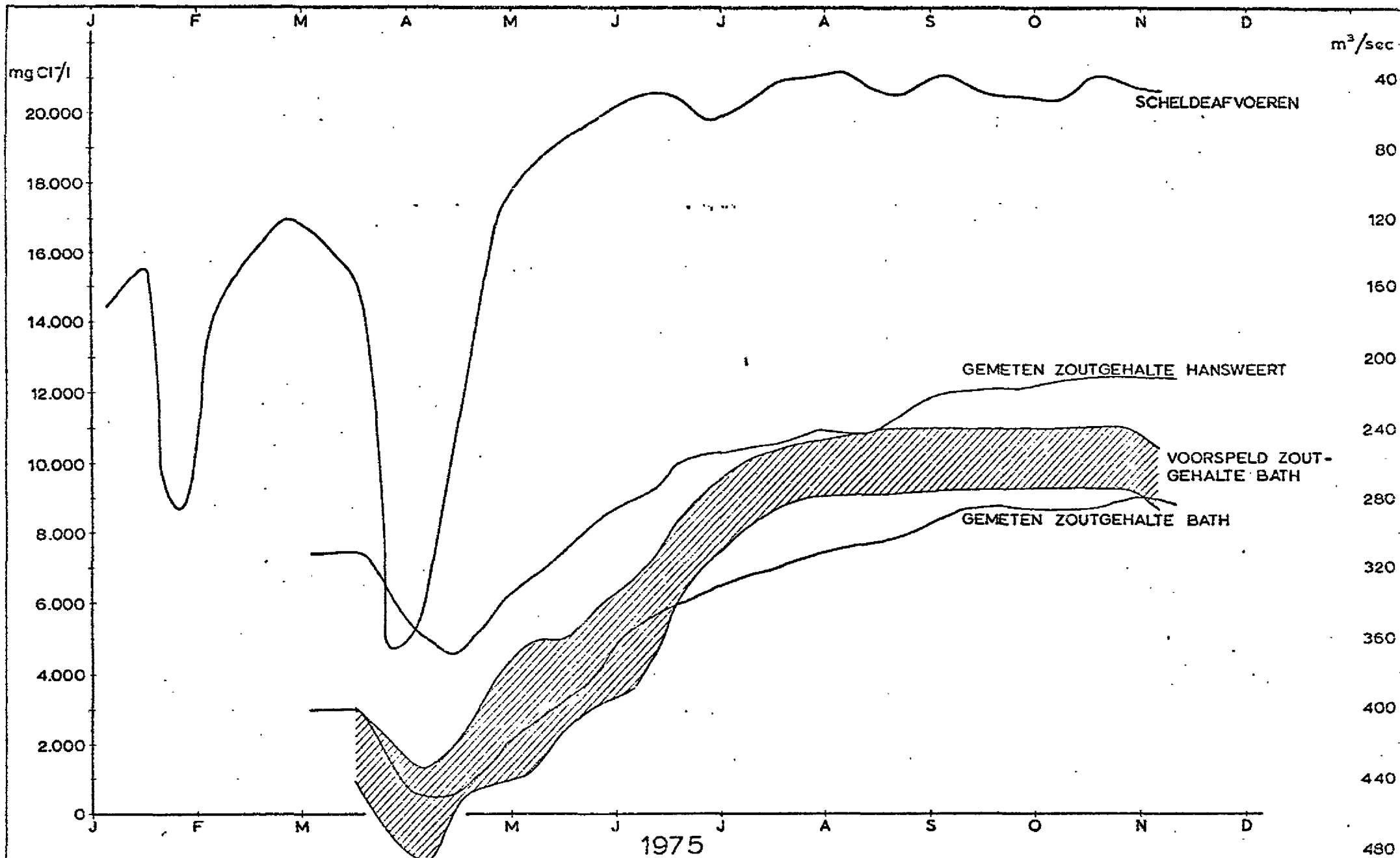
1. Afvoeren en zoutgehalten waaruit de reponsie-parameters van het model bepaald zijn. DIN A3 76W0600
2. Voorspelde zoutgehalten te Bath voor het jaar 1975 vergeleken met meetresultaten. DIN A3 76W0601
3. Modelkromme verkregen uit gekoppelde meetgegevens voor de perioden 1953-1955 en 1975. DIN A3 76W0602





VERKLARING  
 x GEMETEN ZOUTGEHALTEN

rijkswaterstaat	notekend	in coörd	projectcode
directie - hoofddivisie waterlooskunde	J.B.		E769207M
AFVOEREN EN ZOUTGEHALTEN WAARUIT DE RESPONSEPARAMETERS VAN HET MODEL BEPAALD ZIJN	nota w-	bijlage 1	
	plan A 3	nr 72W.0600	

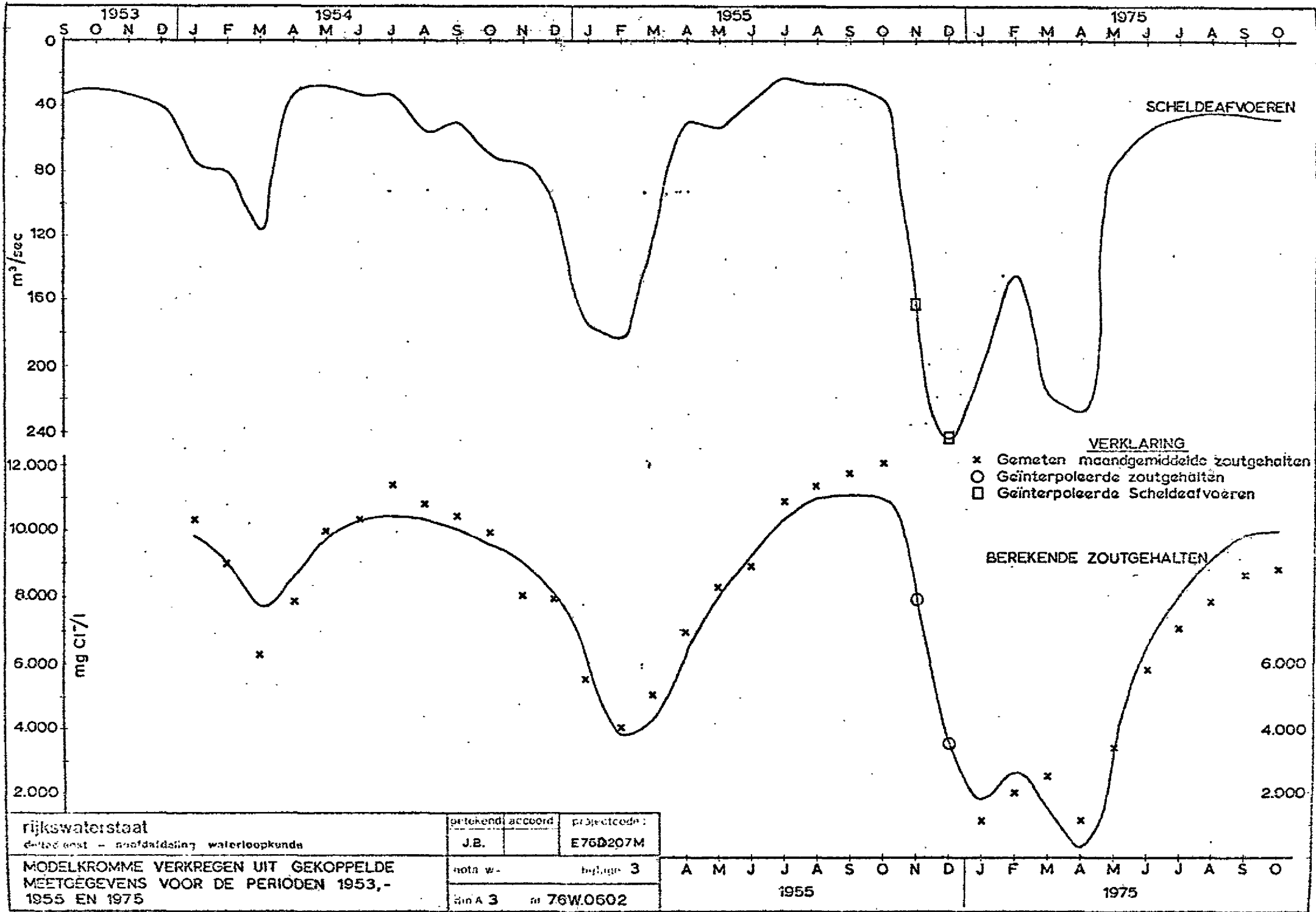


rijkswaterstaat  
 Zoutdienst - hoofd afdeling waterloopkunde

VOORSPELDE ZOUTGEHALTEN TE BATH VOOR  
 HET JAAR 1975 VERGELEKEN MET MEET-  
 RESULTATEN

getekend: J.B.	gecorrigeerd:	proj. nr.: E76D207M
nota w-:	bijlage 2	
d. A 3	76W.0601	

m<sup>3</sup>/sec  
 40  
 80  
 120  
 160  
 200  
 240  
 280  
 320  
 360  
 400  
 440  
 480  
 520



rijkswaterstaat  
 dienst voor de afvalwaterloopkunde

MODELKROMME VERKREGEN UIT GEKOPPELDE  
 MEETGEGEVENS VOOR DE PERIODEN 1953,-  
 1955 EN 1975

getekend	accoord	projectcode
J.B.		E76D207M
nota w-	bijlage 3	
plan A 3	nr 76W.0602	

A M J J A S O N D J F M A M J J A S O  
 1955 1975