

DI: 13 50 13

ministerie van verkeer en waterstaat

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee
adviesdienst vlissingen

notitie WWKZ-81.V294

projectcode									
V	8	1	4	9	A	1	0		

aan : Projectgroep VWG
van : Ir. J.W. Daamen
datum : Juli 1981
onderwerp :

Verdieping Westerschelde, stand van zaken t.a.v.
het onderzoek naar de invloed op de chloridege-
halten.



DI: 13 20 13



behoort bij: notitie WWKZ nr. 81.V294
datum: juli 1981
bladnr: 1

1. Inleiding.

Ten behoeve van de projectgroep "Getij" van het project Verdieping Westerschelde (VWG) worden bij de Adviesdienst Vlissingen berekeningen uitgevoerd met het doel een indruk te kunnen geven van de mogelijke veranderingen die door de voorgestelde verdieping van de Westerschelde tot 43/48 voet in de chloridegehalte zouden kunnen optreden. Dit als bijdrage aan hoofdstuk 4.1.5 van de toekomstige nota over deze verdieping.

Deze notitie heeft tot doel de VWG een tussentijds beeld van het onderzoek te geven. Tevens kunnen de huidige voortgang en de mogelijk gewenste berekeningen worden geplaatst in het kader van de planning en voortgang van het project Verdieping Westerschelde.

In de volgende paragrafen wordt achtereenvolgens aandacht geschonken aan de huidige chloridegehalten, het toegepast rekenmodel, de thans aanwezige resultaten en het vervolg van het onderzoek.

Opgemerkt dient dat deze notitie een globaal karakter heeft; met name de gepresenteerde getalwaarden kunnen in een meer definitieve fase nog verandering ondergaan.

*effort meerdere rath
relatie afvoer - saltgehalte?*

2. Huidige situatie.

2.1 Chloridegehalten.

Sinds 1971 worden in de Westerschelde op een aantal punten 14-daags monsters van oppervlaktewater genomen en op het gehalte aan chloor-ionen onderzocht (RIZA).

Voor drie punten (Vlissingen, boei SS/VH; Hansweert, boei ZG 49 en de Belgisch-Nederlandse grens, boei 87) zijn de gemeten chloridegehalten -herleid naar waarden voor halftij- weergegeven op bijlage 1 (getrokken lijnen). De ligging van de betreffende boeien is aangegeven op bijlage 4.

De gemeten variatie blijkt groot (tabel 1).

Tabel 1: Gemeten chloridegehalten (in gCl⁻/l), herleid naar halftij.

Plaats (boei)	gemiddelde	max.	min.	max. variatie
Vlissingen (SS/VH)	16,5 - 17	19,5	14	5,5
Hansweert (ZG 49)	10 - 11	17	4	13
Grens B-N (87)	6 - 8	14,5	0,5	14

Het chloridegehalte blijkt duidelijk te variëren met de afvoer van de Westerschelde, dat wil zeggen met lage chloridegehalten in de winter en hoge in de zomer.

2.2 Afvoeren.

Bijlage 2 geeft de afvoeren op het Westerscheldebekken (tot Vlissingen) zoals deze zijn verzameld dan wel berekend door de Adviesdienst over de jaren 1971 t/m 1979. De bronnen resp. berekeningswijzen van deze afvoergegevens zijn vermeld in [1].

Opvallend zijn de relatief hogere zomerafvoeren te Schelle na 1975 (het extreem droge jaar 1976 toont bijvoorbeeld nog hogere zomerafvoeren dan het jaar 1973). In par. 4.1 wordt hierop teruggekomen. De hier gepresenteerde afvoergegevens zijn gebruikt als invoer voor het rekenmodel, besproken in par. 3 en 4.

Uit de bijlagen blijkt dat de afvoer te Schelle in 1971-1979 heeft gevarieerd tussen ca. 15 en 470 m³/s met een gemiddelde van ca. 80 m³/s.

3. Het rekenmodel.

Het rekenmodel VEDWAM (opvolger van DFENST 20) is een één-dimensionaal waterkwaliteitsmodel, waarmee zowel stationaire als niet-stationaire toestanden kunnen worden doorgerekend (afvoer kan variëren als functie van de tijd). De differentiaal-vergelijking die aan het model ter grondslag ligt luidt:

$$A(x) \frac{\partial C(x,t)}{\partial t} = - \frac{\partial}{\partial x} \{ R(x,t)C(x,t) - A(x,t)K(x) \frac{\partial C(x,t)}{\partial x} \}$$

Continuïteits vergelijking

+ bron of puttermen

Hierin is:

- A = natte doorsnede van de rivier (m²)
- C = concentratie (kg/m³)
- R = rivierafvoer (m³/s)
- K = dispersiecoëfficiënt (m²/s)
- x = afstand langs de as van het estuarium (m)

Bij de numerieke oplossing wordt het estuarium verdeeld in vakken. Bij de onderhavige toepassing is de Westerschelde van Schelle (Rupelmonding) tot Cadzand verdeeld in 22 vakken van 5000 m lengte.

Per vak moet worden opgegeven:

- A en volume V in getijgemiddelde toestand;
- Afvoer R als functie van de tijd;
- Uitwisselingscoëfficiënt K tussen de vakken (stationair);
- Bron- en puttermen als functie van de tijd.

Verder aan de randen van het model de (stationaire) concentratie C₀ (rivier) en C_Z (zee).

Het model is geijkt op de Westerschelde voor de periode 1973 tot en met 1975 [1]. De hierbij gevonden waarden voor de parameter K (per vak variërend, zie [1], par. 8.1 en bijlage 22, hier gereproduceerd op bijlage 4) zijn bij de thans besproken toepassingen ook gebruikt (bijlage 1, periode 1973 tot en met 1975). De concentraties aan de randen zijn resp. C₀ = 1,2 kg Cl⁻/m³ te Schelle (vak 1) en C_Z = 17,9 kg Cl⁻/m³ te Cadzand (vak 22).

3.1 Beperkingen van het model.

Het zal duidelijk zijn dat bij een dergelijk model beperkingen in de mogelijkheden tot weergave van de werkelijkheid aanwezig zijn. De belangrijkste worden hier vermeld:

- a) De eis tot een stationaire concentratie aan de rand. Dit betekent dat men moet zoeken naar randen waar het gehalte (in dit geval Cl^-) niet varieert. Dit is uiteraard niet mogelijk. Uit de ijking 1973-1975 blijkt echter dat met de thans gehanteerde randen een redelijke reproductie van het chloridegehalte wordt verkregen over een afvoertraject te Schelle van ca. 15 tot 470 m²/s.
- b) De dispersiecoëfficiënt K kan in het model alleen als stationaire grootheid worden ingevoerd. Uit vele theorieën blijkt dat de K afhankelijk kan zijn van afvoer (of seizoen) met name in die gebieden waar bij hoge afvoeren dichtheidsstromingen voor kunnen komen (ruwweg bij Cl^- gehalten lager dan 8000 mg/l). Overigens blijkt dat ook hier (zie bijlage 1, periode 1973-1975 boei 87 = grens) dat het niet stationair zijn van K kernelijk geen grote rol speelt (immers ook met een stationaire K worden de metingen over de ijkperiode 1973-1975 redelijk gesimuleerd). Ook het feit dat de theorie geen antwoord geeft op de vraag hoe de relatie afvoer-dispersiecoëfficiënt luidt, speelt mee in de conclusie dat hier met een stationaire K kan worden gerekend.
- c) Het model is een ééndimensionaal getijgemiddelde model, dat wil zeggen dat variaties in dwarsrichting en over de vertikaal niet beschreven worden. Ook moet in dit verband bedacht worden dat de meetgegevens van bijlage 1 bestaan uit oppervlakte monsters op één bepaalde plaats in een raai. Bij de herleiding naar halftij is deze meetwaarde ook herleid naar een gemiddelde over de vertikaal ([1], par. 6), doch dit is steeds gebaseerd op één vertikaal uit het gehele dwarsprofiel. Het is dus niet zeker of de meetwaarden representatief zijn voor de dwarsdoorsneden. Bij de bespreking van de resultaten van berekeningen over 1975-1979 voor Hansweert wordt hierop teruggekomen.

Het model is niet geschikt voor het aangeven van maxima en minima over het getij en variaties in de dwarsdoorsnede. Ook is het model (bij de huidige ijking) niet geschikt voor het berekenen van het effect van afvalwaterlozingen in verband met onzekerheden ten aanzien van de stationaire zeerand voor concentraties van stoffen anders dan chloride.

3.2 Nauwkeurigheid van het model.

Het model is geijkt voor de periode 1973 tot en met 1975 (bijlage 1). Rekening houdend met onnauwkeurigheden in de meetwaarden en

behoort bij: notitie WWKZ nr. 81.V294
datum: juli 1981
bladnr: 5

de herleiding daarvan wordt op basis van bijlage 1 periode 1973 tot en met 1975 de nauwkeurigheid geschat op ± 1000 mg/l.

Aangenomen wordt dat het model voorspellend gebruikt mag worden (voor chloride !) voor het afvoertraject te Schelle van 15 - 470 m³/s en voor variaties in de totale zoetwaterbelasting op het estuarium tot Vlissingen van 10 - 700 m³/s (bijlage 2, periode 1973 tot en met 1975). Bij voorspellingen zal rekening gehouden moeten worden met een extra onnauwkeurigheid als gevolg van onzekerheden in de bepaling van de coëfficiënt K.

behoort bij: notitie WWKZ nr. 81.V294
 datum: juli 1981
 bladnr: 6

4. Resultaten.

4.1 Berekening 1, bijlage 1.

Op bijlage 1 is het resultaat gepresenteerd van een berekening over de periode 1971 tot en met 1979, met de constanten zoals geijkt over 1973 tot en met 1975. De gedachte hierachter is dat de verwachting dat de dispersiecoëfficiënt K niet noemenswaardig zal veranderen uit de resultaten 1971-1979 (waarin een aanzienlijke verdieping na 1975) door het rekenmodel wordt bevestigd, zodat een voorspelling van de K-waarden na 1990 gemaakt kan worden, en een voorspelling van de Cl⁻ gehalten door het draaien van het model met aangepaste A en V.

Opvallend is de afwijking na + 1975. Wanneer het extreme jaar 1976 buiten beschouwing blijft omdat eventuele onzekerheid in de verdampingscijfers juist daar een grote rol kan spelen (bij de gebruikte gegevens is de verdamping ongeveer de helft van de totale afvoer) komt men tot het volgende beeld:

- boei SS/VH (Vlissingen) gemiddelde iets lager dan de waarnemingen (0,5 à 0,6 g/k)
- boei ZG 49 (Hansweert) systematisch 1 à 2 g/l te laag
- boei 87 (grens) systematisch 1 à 2 g/l te laag bij lage afvoeren, geen significante afwijking bij hoge afvoeren
- de gradiënt Vlissingen-Hansweert is in het rekenmodel te groot, de gradiënt Hansweert-grens is ongeveer goed.

Oorzaken zijn gezocht in:

- a De verdiepingen die na 1975 zijn opgetreden. Aanpassing van de waarden A (doorsnede) en V (volume per vak) leidt echter slechts tot verhogingen van het chloridegehalte te Hansweert en grens van respectievelijk ca. 0,1 en ca. 0,5 g/l (inclusief oorzaak b).
- b Effect in gebruikstelling Kreekraksluizen (september 1975). Dit heeft geleid tot een schutwaterverlies naar de Oosterschelde en een equivalent zoetwaterverlies uit de Westerschelde van 2 m³/s. Het effect is opgenomen in het genoemde effect onder a. De resultaten van berekening 2, waarin de A en V na 1975 zijn aangepast aan de nieuwe omstandigheden en de verandering ten gevolge van de Kreekraksluizen is aangebracht zijn weergegeven op bijlage 1 en op bijlage 3 (de lijn "1975-1979 inclusief verdieping en aanpassing R bij Schelle"). Het is duidelijk dat de systematische afwijkingen met deze aanpassingen nog niet zijn verdwenen.
- c Numerieke instabiliteit-niet aanwezig.
- d De afvoer te Schelle. Van Belgische zijde is bericht ontvangen dat de afvoer te Schelle sinds + 1975 op een andere wijze berekend wordt, hetgeen met name in perioden met lage afvoeren kan leiden tot een relatief hogere afvoer dan bij de oude methode. Dit geeft een discontinuïteit in de randvoorwaarden die vooral bij lage af-

behoort bij: notitie WWKZ nr. 81.V294
datum: juli 1981
bladnr: 7

voeren groot effect kan hebben. Volgens voorlopige opgave dienen de afvoeren te Schelle zoals thans gebruikt, teneinde vergelijkbaar te zijn met de afvoeren te Schelle vóór 1975 met de in tabel 2 genoemde gemiddelde bedragen te worden verminderd.

Lees voorlopige schadting.

Tabel 2: Benodigde vermindering van afvoer Schelle ten behoeve van vergelijkbare situatie met ijkperiode 1973-1975 (correctie in m³/s).

	1975	1976	1977	1978
januari	2	2	2	1
februari	2	2	1	1
maart	2	3	2	1
april	2	5	1	1
mei	3	6,5	2	1
juni	3	10	6	6
juli	4	11	7	7
augustus	4	11	10	10
september	4	11	10	10
oktober	4	10,5	9	9
november	3	6	1,5	5
december	2	4	1,5	1,5

Binnenkort zal een meer definitieve opgave van de correcties komen, vooralsnog is met de bovengenoemde voorlopige opgave een berekening gemaakt (bijlage 3).

4.2 Berekening 3, bijlage 3.

De periode 1975 tot en met 1978 is doorgerekend, waarbij in de randvoorwaarden rekening is gehouden met de verdieping "1975", de Kreekraksluizen en de voorlopige correctie van de afvoer Schelle. De dispersiecoëfficiënt K is gelijk gehouden aan die van berekening 1.

Nu blijkt het volgende (N.B., van 1979 is nog geen correctie aanwezig).

- De reproductie van boei SS/VH wordt iets beter (+ 0,1 g/l).
- De reproductie van boei ZG 49 (Hansweert) blijft systematisch nog 1 à 1,5 g/l te laag.
- De chloridegehalten van boei 87 (grens) worden niet significant anders dan in 1971-1975 gereproduceerd.

behoort bij: notitie WWKZ nr. 81.V294
datum: juli 1981
bladnr: 8

De conclusie is dat dit model, met diffusiecoëfficiënten K, geijkt over een periode 1973-1975 in staat is om de chloridegehalten te Vlissingen en aan de grens redelijk te reproduceren wanneer de veranderingen na 1975 (verdieping en Kreekraksluizen) aangebracht worden. Het model reproduceert bij deze constant gehouden K waarden het punt Hanweert na 1975 systematisch ca. 1,5 g/l te laag.

Wanneer we voor dit laatste verschijnsel de oorzaken in de natuur zoeken, moeten dit gebeurtenissen zijn die ter plaatse van boei ZG 49 of ten westen daarvan hebben plaatsgevonden.

Uit kuberingen van de Adviesdienst is gebleken dat na 1975 de Overloop van Hansweert sterk verdiept is (gemiddeld 15 à 20%) en het Middelgat met ca. 5% is afgenomen. Dit kan aanleiding hebben gegeven tot een sterkere circulatie met ter plaatse een grotere K en een flauwere gradiënt in het chlorideverloop dan vroeger.

Ook de representativiteit van het monsterpunt ZG 49 kan een rol spelen; de boei ligt aan de zuidzijde van het vaarwater en het is bekend, met name uit het Volkerak, dat in het profiel in de dwarsrichting aanzienlijk chlorideverschillen kunnen optreden. Wanneer de stroomrichting dan geringe veranderingen ondergaat kan dit plaatselijk tot grote veranderingen aanleiding geven. Deze hypothesen zijn echter niet aan natuurmetingen of berekeningen (IMPLIC) te toetsen.

behoort bij: notitie WWKZ nr. 81.V294

datum: juli 1981

bladnr: 9

5. Effect Zoommeer.

Naar het effect van de aanleg van het Zoommeer zijn nog geen berekeningen met het model VEDWAM gemaakt. Vooralsnog kan verwezen worden naar eerdere rapporten op dit gebied [2]. Enige resultaten hiervan, gebaseerd op een aanname over het meest waarschijnlijk spuiregime te Bath zijn in onderstaande tabel vermeld.

Tabel 3: Effect aanleg Zoommeer op de gemiddelde chloridegehalten (mg/l).

Plaats	zomer		winter	
	thans	na 1985	thans	na 1985
Bath (boei 76)	7200	5100	5100	3850
Hansweert (ZG 49)	11900	9900	9950	8300
Vlissingen (SS/VH)	16700	15800	15800	15100

Opgemerkt dient dat in de meer definitieve rapportage meer aandacht zal worden besteed aan de variaties ter plaatse, nu en in de toekomst.

Vervolg

6. Verslag van de studie.

De studie wordt sterk beperkt door het tijdschema van het onderzoek verdieping Westerschelde. De volgende werkzaamheden liggen nog in het voornemen, een en ander afhankelijk van de voortgang die geboekt wordt en het tijdschema.

- a Na ontvangst definitieve afvoeren Schelle herijken van het model voor periode 1975-1979. Daaruit meer zekerheid of het model voorspellend kan worden gebruikt voor het chloridegehalte aan de grens, en meer inzicht in de systematische verandering bij Hansweert.
- b Berekening met aanleg Zoommeer.
- c Presentatie van histogrammen van de chloridegehalten teneinde meer inzicht te geven in de variatie.
- d Benadering van het probleem met een eenvoudig statistisch model teneinde na te gaan of verschillende benaderingen tot gelijke conclusies ten aanzien van opgetreden veranderingen na 1975 leiden.

Opgemerkt wordt dat het in rekening brengen van het effect van circulatie-veranderingen zeer moeilijk is de theorie verschaft hier weinig houvast en mogelijke wijzigingen in circulaties kunnen alleen met behulp van tweedimensionale getijmodellen benaderd worden (mits de daarin opgenomen morfologische veranderingen juist zijn voorspeld). Om deze redenen is, mede gezien het tijdschema, voorlopig afgezien van basisonderzoek naar tweedimensionale effecten op de waarde van de dispersiecoëfficiënt in ééndimensionale modellen en de chloridegehalteveranderingen daarbij.

behoort bij: notitie WWKZ nr. 81.V294

datum: juli 1981

bladnr: 11

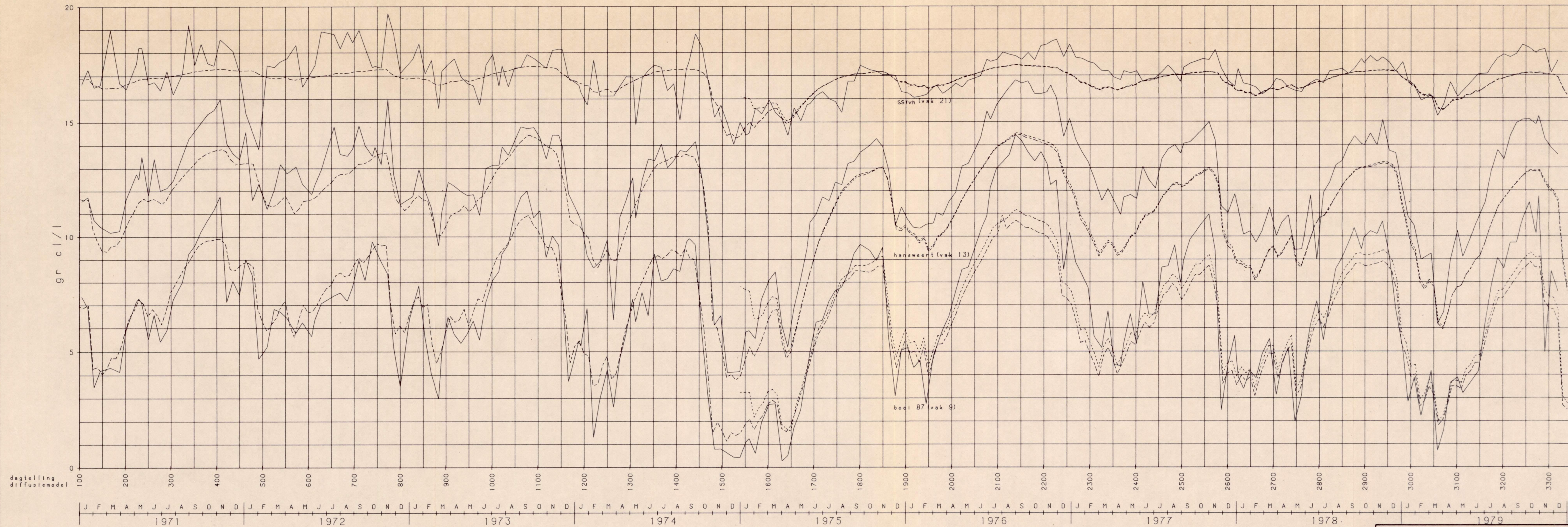
Literatuur

- [1] Nota WWKZ-80.V023.
De ijking van het ééndimensionaal waterkwaliteits-
model DFENST 20 van de Westerschelde en Schelde.

- [2] Memo Vl. 77.10 (Studiedienst Vlissingen).
De gevolgen van het lozen van het doorspoeldebiet
van het Zoommeer op de zoutgehalten van de Wester-
schelde.

DI: 135013

chloridegehalten op de westerschelde



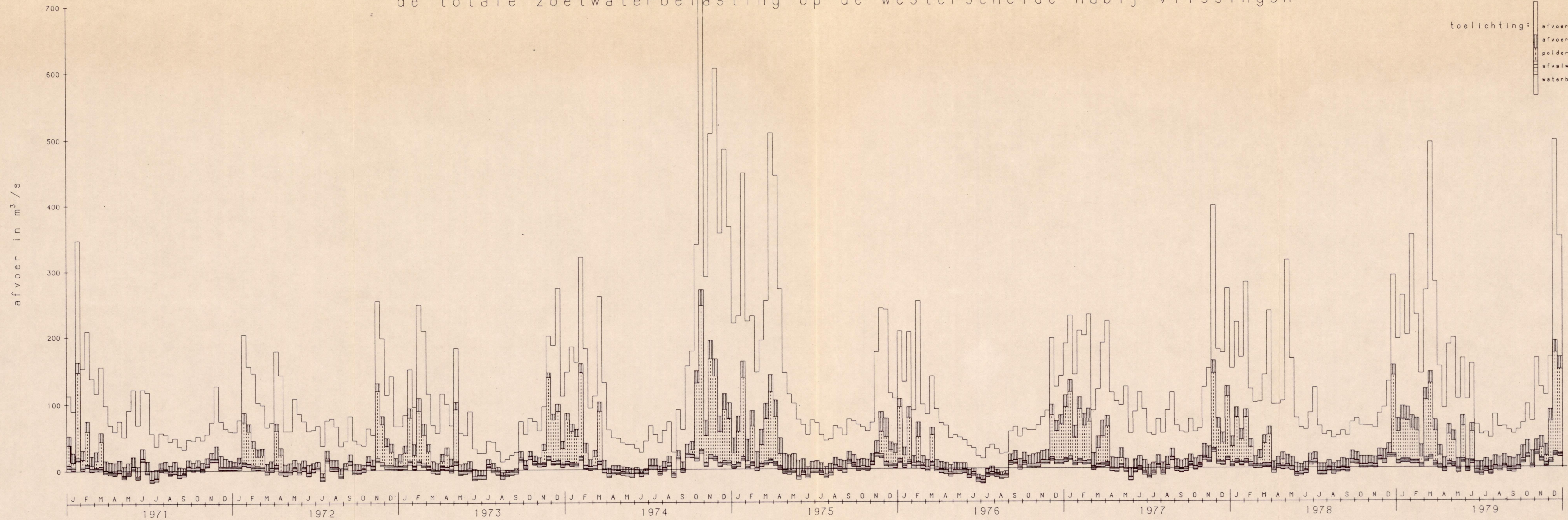
toelichting: — gemeten herleide gehalten
berekenningsresultaten
vedwam
— 1971-1979
- - - 1975-1979 incl. verdieping
aanpassing R bij Kreek-
raksluizen

dagtelling
diffusiemodel

rijkswaterstaat		get. j.l.b.	bijl.
directie waterhuishouding en waterbeweging		gec. <i>pen</i>	
district kust en zee - adviesdienst vliissingen		gez. <i>g</i>	schaal
westerschelde		akk. <i>ak</i>	nr. A4-81.459
chloridegehalten			

DI: 135013

de totale zoetwaterbelasting op de westerschelde nabij vliissingen

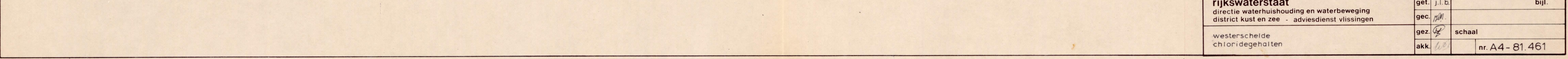


toelichting:

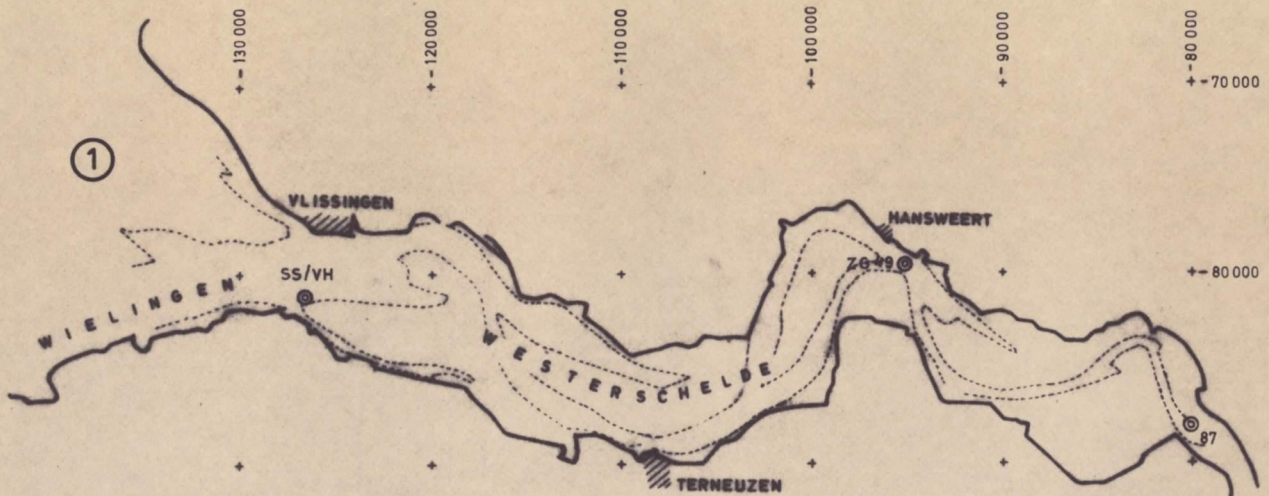
- afvoer schelde bij schelle
- afvoer kanaal gent-terneuzen
- polderafvoeren
- afvalwaterlozingen
- waterbelasting vrije wateropp.

rijkswaterstaat directie waterhuishouding en waterbeweging district kust en zee - adviesdienst vliissingen	get.	j.l.b.	bijl.	
	gec.	MM		
westerschelde zoetwaterbelasting nabij vliissingen	gez.	P	schaal	
	akk.	W		nr. A4 - 81.460

DI: 135013

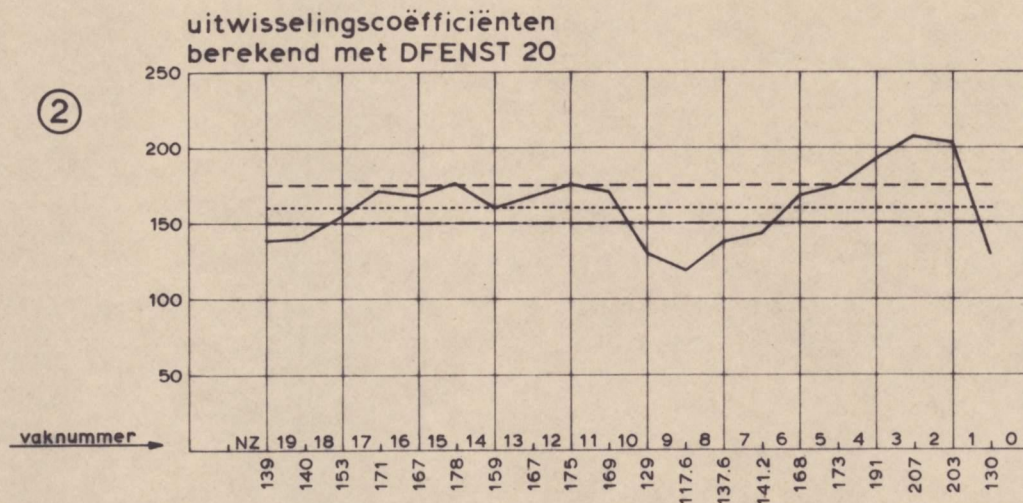


situering van punten met herleidingsgrafieken chloridegehalte
van oppervlaktegehalte naar gem. in de vertikaal gemiddeld
per gem. getij (1971.0)



positie in R.D. coördinaten			
	- X	- Y	
SS/VH	126730	81330	
Z.G. 49	95300	79500	

situering boeien SS/VH, ZG 49 en 87



simulatie: oktober 1975

$R = 48 \text{ m}^3/\text{s}$

uitwisselingscoëfficiënten K per vak volgens ijking

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - adviesdienst vliссingen

westerschelde

situering boeien en uitwisselingscoëfficiënten

get. a.s.b.

bijl.

gec. ϵ

gez. ϕ

schaal

akk. μ

A1

nr. 81.462