



Rijksinstituut voor kust en zee/RIKZ

Zoet water in het Schelde-estuarium: veranderingen in de saliniteit

A.M.B. Holland
H. Smit.

Rapport DGW-93.057

30 juni 1994.



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ (voorheen Dienst Getijdewateren)

Rijkswaterstaat
RIKZ
Bibliotheek
Postbus 8039
4330 AE Middelburg

Contactpersoon
A.M.B. Holland
Datum
24 februari 1994
Ons kenmerk
RIKZ/AB-94.60021
Project
SCHOON
Onderwerp
Westerschelde-belasting

Doorkiesnummer
72235
Bijlage(n)
1
Uw kenmerk

Hierbij bied ik U aan, het rapport: "Ontwikkeling in de belasting en de waterkwaliteit van het Schelde-estuarium in de periode 1980-1991". Het rapport is tot stand gekomen in opdracht van en in samenwerking met Rijkswaterstaat, directie Zeeland. De opdracht vloeide voort uit het beleidsplan Westerschelde.

Het rapport onderscheidt de lozingscategorieën: huishoudens, industrie, kanalen, polders en neerslag.

Er worden data gepresenteerd over 19 stoffen, alsmede over de zoetwater toevoer. Daarmee wordt een indruk gegeven van de zuurstofcondities, de trofiegraad en de verontreinigingstoestand van het estuarium tussen Rupelmonde en Vlissingen.

Hoewel niet alle data met een evengrote nauwkeurigheid konden worden verkregen, kunnen de volgende algemene conclusies worden getrokken.

-De grootste belastingbronnen van het Schelde-estuarium zijn: de aanvoer van de rivieren Schelde en Rupel bij Rupelmonde, de industriegebieden in de regio Antwerpen en de kanaalzone Gent-Terneuzen en, in mindere mate, het industriegebied Vlissingen-Oost.

-In het Nederlandse deel van het Schelde-estuarium wordt vanaf 1991 geen ongezuiverd huishoudelijk afvalwater meer geloosd. In het Belgische deel is een groot deel van de huishoudelijke belasting nog ongezuiverd.

-Tussen 1982 en 1991 is de belasting van bijna alle onderzochte stoffen fors afgenomen op de meeste punten in het Nederlandse deel van het gebied. Op het Belgische deel was de afname veel kleiner. De belasting op het Belgische deel door zwevend stof, fosfor (en fosfaat) en nitraat is zelfs toegenomen.

Vestiging Middelburg
Postbus 8039, 4330 EA Middelburg
Bezoekadres Grenadlerweg 31

Telefoon 01180-72200
Telefax 01180-16500



-De toename van nitraat (met tegelijkertijd afname van ammonium) is het gevolg van toename van het aantal RWZI's. Om die reden zijn de zijdelingse nitraatbelastingen in het Nederlandse deel toegenomen tussen 1982 en 1991.

-De zijdelingse belasting van linaan is op het Nederlandse deel in vijf segmenten toegenomen. In vier segmenten daalde de zijdelingse belasting, alsmede die van het Belgische- naar het Nederlandse deel. Netto kwam er in 1991 ten opzichte van 1983 minder linaan op het onderzochte deel van het estuarium.

-Sinds de ingebruikname van het Spuikanaal van Bath (1987) wordt het oostelijk deel van de Westerschelde zwaarder belast met nutriënten en enige zware metalen. Hetzelfde geldt voor de belasting als gevolg van een grotere zoetwatertoevoer via de Antwerpse havens. Deze relatief grotere belastingen vertaalden zich niet in verhogingen in concentraties in het water.

-De uitgevoerde saneringen resulteren, zoals verwacht, in afnemende concentraties en gehalten in het estuarium zelf. Deze zijn het duidelijkste waar te nemen op het grenspunt tussen België en Nederland, waar de invloed van het Noordzeewater het kleinste is. Het betreffen de concentraties van het biochemisch zuurstof verbruik, stikstof, fosfor en de zware metalen.

-De concentraties van de organische microverontreinigingen benzo(a)pyreen, fluorantheen, PCB 52 en PCB 153, zijn vanaf 1988 onderzocht in de Westerschelde, tussen het grenspunt met België en Vlissingen. Deze concentraties lijken over het hele gebied af te nemen.

De in de bijlage opgenomen kaarten zijn met een Geografisch Informatie Systeem (GIS) gemaakt. De kaarten zijn een belangrijk hulpmiddel geweest bij de analyse en rapportage. In DGW rapport 93.009: "Geografisch Informatie Systeem Projekt Schoon" vindt U meer over het GIS-gedeelte.

Nadere informatie over rapport DGW-92.042 kunt U verkrijgen bij Dr. G.Th.M. van Eck of bij A.M.B. Holland, van de afdeling Advies en Beleidsanalyse Delta (ABD).

Hoogachtend,
De hoofdingenieur-directeur,
1.HID,


ir. H. Smit.

25-02-94 OM 1:24 nm.

Pagina 1

naam/voorl.	directie	organisatie
Redactie de Stem		
Redactie NRC/Handelsblad		
Redactie Trouw		
Redactie P&C		
H.A. Udo de Haas	Bond Beter Leefmilieu	
Bibliotheek	Centrum voor Milieukunde	
	CHO-SAMWAT	
	Consulentschap NBLT	
	Cultuurtechn. Tijdschrift	
	Delta Consult	
	Delta Federatie	
R. Hupkes	ICWS	
drs. F. Rietkamp	ICWS	
Bibliotheek	Inst. voor Natuurbehoud	
dr. P. Meira & dr. T. Ysebaert	Inst. voor Natuurbehoud	
	Inst. v. Milieuvraagstukken	
NEDECO	Land & Water Intern.	
De Grote Rivieren	Limnologisch Instituut	
Bibliotheek	Milieucentrum	
prof. dr. C.H.R. Heip	NIOO-COMO	
	NIOO-COMO	
Bibliotheek	RIVM	
Bibliotheek	Staringcentrum	
B20	Tijdschr. v. Watervoorz.	
mw. M.E. Plugge	secr. Taakgroep Westersch Gemeente Vlissingen	
	Depot Nederl. Publicaten Koninklijke Bibliotheek	
Bibliotheek		NIOZ
		Provincie Zeeland
ir. Tj. van der Meer	staat	Provincie Zeeland
drs. R. Bijkerk	Dir. Milieu en Waterstaat	Provincie Zeeland
		RDD (aquatic systems)
ir. J.P.G. v.d. Kamer	Dienst Binnenwateren	Rijkswaterstaat
ir. C.J. van Westen	Dienst Weg- & Waterbouw	Rijkswaterstaat
Bibliotheek	Directie Flevoland	Rijkswaterstaat
ir. G.D. van der Wildt	Directie Flevoland	Rijkswaterstaat
ir. L.A. Adriaanse	Directie Zeeland	Rijkswaterstaat
ing. J.C. Spekman		
ing. N.C. Bansen		
ir. F.L. de Bruijckere	Directie Zeeland	Rijkswaterstaat
drs. E.A.M.G. Daemen	Directie Zeeland	Rijkswaterstaat
drs. M. Houtekamer	Directie Zeeland	Rijkswaterstaat
drs. A.R. Kop	Directie Zeeland	Rijkswaterstaat
drs. R. Postma	Directie Zeeland	Rijkswaterstaat
drs. C.M. Reu	Directie Zeeland	Rijkswaterstaat
ing. J.A. de Rooij	Directie Zeeland	Rijkswaterstaat

naam+voorl.	directie	organisatie
dr. H.L.F. Saeijs	Directie Zeeland	Rijkswaterstaat
ir. L. Santhbergen (seor, ISG)	Directie Zeeland	Rijkswaterstaat
ir. E. Turkstra	Directie Zeeland	Rijkswaterstaat
Bibliotheek	Directie Zuid-Holland	Rijkswaterstaat
Bibliotheek	Hoofddirectie	Rijkswaterstaat
ir. I. de Boer	Hoofddirectie	Rijkswaterstaat
dhr. J.H. Jansen	Hoofddirectie	Rijkswaterstaat
ing. D. den Hoed	Meetdienst Zeeland	Rijkswaterstaat
Bibliotheek	Meetkundige Dienst	Rijkswaterstaat
Bibliotheek	RIKZ	Rijkswaterstaat
Bibliotheek	RIKZ	Rijkswaterstaat
Bibliotheek	RIKZ	Rijkswaterstaat
ir. P.H.A. Hoogweg	RIKZ	Rijkswaterstaat
dr. M. Knoester	RIKZ	Rijkswaterstaat
ir. F.J. Kwak	RIKZ	Rijkswaterstaat
dr. R.W.P.M. Laane	RIKZ	Rijkswaterstaat
ir. A. Langerak	RIKZ	Rijkswaterstaat
drs. J.M. Lourens	RIKZ	Rijkswaterstaat
F.A.J. Minneboo	RIKZ	Rijkswaterstaat
dr. J.P.M. Mulder	RIKZ	Rijkswaterstaat
ing. H.J.M. Oosterwijk	RIKZ	Rijkswaterstaat
ir. B. Oudemans	RIKZ	Rijkswaterstaat
ir. T. Pieters	RIKZ	Rijkswaterstaat
J. de Ridder	RIKZ	Rijkswaterstaat
drs. R. Ritsema	RIKZ	Rijkswaterstaat
drs. J.H.M. Schobben	RIKZ	Rijkswaterstaat
P.G. Schouten	RIKZ	Rijkswaterstaat
A. Schouwenaar	RIKZ	Rijkswaterstaat
ing. W. Schreurs	RIKZ	Rijkswaterstaat
ir. H. Smit	RIKZ	Rijkswaterstaat
ir. A. van Urk	RIKZ	Rijkswaterstaat
ir. J. Voegt	RIKZ	Rijkswaterstaat
drs. I. de Vries	RIKZ	Rijkswaterstaat
ir. J. Vroon	RIKZ	Rijkswaterstaat
dr. W. de Waal	RIKZ	Rijkswaterstaat
T. Walhout	RIKZ	Rijkswaterstaat
G. Wattel	RIKZ	Rijkswaterstaat
drs. L.P.M.J. Wetsteyn	RIKZ	Rijkswaterstaat
drs. K.J. Wulffraat	RIKZ	Rijkswaterstaat
L. Bijlsma	RIKZ (AB)	Rijkswaterstaat
G.P. Bollebakker	RIKZ (ABD)	Rijkswaterstaat
ing. J. Consemulder	RIKZ (ABD)	Rijkswaterstaat
drs. J. Coosen	RIKZ (ABD)	Rijkswaterstaat
dr. G.T.M. van Eek	RIKZ (ABD)	Rijkswaterstaat
ir. J. Hendriksen	RIKZ (ABD)	Rijkswaterstaat
H. van der Wiel	RIKZ (ABE)	Rijkswaterstaat

naam+voorn.	directie	organisatie
ing. J. Stronkhorst	RIKZ (ABL)	Rijkswaterstaat
drs. P. Otto	RIKZ (ABLA)	Rijkswaterstaat
dr. V.N. de Jonge	RIKZ (ABW)	Rijkswaterstaat
M. Besters	RIKZ (DFM)	Rijkswaterstaat
mw. S. van Panelen	RIKZ (DFM)	Rijkswaterstaat
J.F.W. de Brabander	RIKZ (DFV)	Rijkswaterstaat
J. van de Broeke	RIKZ (DFV)	Rijkswaterstaat
ir. L.J. Droppert	RIKZ (IT)	Rijkswaterstaat
mw.ir. I. Akkerman	RIKZ (ITL)	Rijkswaterstaat
J. Vreeke	RIKZ (ITSM)	Rijkswaterstaat
dr. J. Bronkers	RIKZ (OS)	Rijkswaterstaat
dr. F. Colijn	RIKZ (OSB)	Rijkswaterstaat
dr. A. Opperhuizen	(OCC)	
Bibliotheek	RIZA	Rijkswaterstaat
Bibliotheek	Studiecentr.v.Milieu-ond.	SCMO-TNO
chr. G. Slob		Staatsbosbeheer
		Stichting Het Zeeuwse Lan
		Stichting Reinwater
Bibliotheek, afd. grijze lit.		Technische Universiteit
prof. M. Donze	Gez.heidstechn.+Waterkw.	Technische Universiteit
Bibliotheek	Hoofdgr. Maatsch. Techn.	TNO
Bibliotheek		Tweede Kamer der Staten G
	Vaste Comm. Milieubeheer	Tweede Kamer der Staten G
	Vaste Commissie V&W	Tweede Kamer der Staten G
chr. Kretschmar		Uitgeverij Spectator
Bibliotheek		Unie van Waterschappen
Bibliotheek		Vlaamse Milieu Maatschap.
Bibliotheek		VNO
	Centrum voor documentatie	VROM
	Tijdschr. over waterprobl	Water
Bibliotheek		Waterloopkundig Lab.
ir. R. Klomp		Waterloopkundig Lab.
		Zeeuwse Milieufederatie
P. van de Berg		Zeeuwse Milieufederatie
ir. D. Ludikhuizen	RIZA	
dr. R. Dijkema	RIVO	
ir. P.B.M. Stortelder	RIZA	
A.M.B. Holland	RIKZ	
mw.drs. B. Kater	RIKZ	
F. Lefèvre	RIKZ	
ing. D. van Maldegem	RIKZ	
J. Vreeke	RIKZ	
J. Pieters	RIKZ	
ing. E. Stikvoort	RIKZ	



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

Aan
Rijkswaterstaat
RIKZ (DFM)
M. Besters
Postbus 8039
4330 EA Middelburg

Contactpersoon
A.M.B. Holland
Datum
18 oktober 1994
Oms kenmerk
RIKZ/AB-94.60112
Project
SCHOON
Onderwerp
Aanbieding rapport DGW-93.057

Doorkiesnummer
01180-72235
Bijlage(n)
1
Uw kenmerk
-

Hierbij bied ik u aan het rapport "Zoet water in het Schelde-estuarium: veranderingen in de saliniteit."

Een estuarium is volgens van Dale "Een wijde trechtervormige riviermond waarin eb en vloed zich duidelijk doen gevoelen". De uitstroom van het zoete water heeft in het estuarium een zoutgradiënt tot gevolg. Langs deze zoutgradiënt bestaan verschillende habitats, die hun specifieke eigenschappen danken aan het daar heersende getij en zoutgehalte. De zoutgradiënt wordt, als resultaat van menging, bepaald door de vorm en afmeting van het estuarium en de hoeveelheid zoet water die wordt aangevoerd.

De mens heeft door het beheer en gebruik van het rivierwater in het Schelde stroomgebied een behoorlijke invloed op de vorm van de zoutgradiënt in het Schelde estuarium en daarmee op de ligging en de oppervlakte van de verschillende habitats.

De zoetwateraanvoer door de Schelde is door afleidingen en onttrekkingen veel kleiner dan vroeger. Het rapport geeft de resultaten van een oriënterende studie naar historische veranderingen in de ligging van de zoutgradiënt in het Schelde-estuarium. Ook is onderzocht welke mogelijkheden voor herstel van de zoutgradiënt er zijn, door vermindering van de afleidingen. Het belang van een beoordeling en evaluatie van de zoutgradiënt wordt onderstreept. Er wordt gepleit voor het ontwikkelen van een beleid voor de zoutgradiënt in het kader van het Scheldeverdrag.

Vestiging Middelburg
Postbus 8039, 4330 EA Middelburg
Bezoekadres Grenadlerweg 31

Telefoon 01180-72200
Telefax 01180-16500



RIKZ/AB-94.60112

Voor vragen, opmerkingen of suggesties verwijs ik u graag naar de auteurs van het rapport.

Hoogachtend,
De Hoofdingenieur-directeur,
namens deze,
het hoofd van de afdeling Advies en Beleidsanalyse Delta

ir. H. Smit

Referaat

Dit rapport geeft de resultaten van een oriënterende studie naar de ligging en de betekenis van de zoutgradiënt in het Schelde-estuarium. De ligging is veranderd, voornamelijk door zoetwaterafleidingen, nieuwe zoetwatertoevoer, morfologische veranderingen en zoutlozingen. Met het waterkwaliteitsmodel Westerschelde wordt voorspeld hoe de ligging verandert bij vermindering van afleidingen. Een stelsel van normen en waarden voor de zoutgradiënt ontbreekt nog, maar wordt van groot belang geacht. In het rapport wordt gepleit voor het ontwikkelen van een beleid voor de saliniteitsgradiënt in het kader van het recent gesloten Scheldeverdrag.

Trefwoorden

Westerschelde - Schelde - zoutindringing - zoutgradiënt - chloride - waterafvoer

Inhoudsopgave

1	Inleiding.	4
2	Het belang van een evenwicht tussen zout en zoet water.	6
3	De zoetwater toevoer naar het Schelde-estuarium.	8
4	Opgetreden veranderingen in de zoet-zout gradiënt.	10
5	Invloed van verdiepingen op de zoutgradiënt.	13
6	Mogelijkheden voor beheer van de saliniteitsgradiënt.	14
7	Samenvatting.	17
8	Literatuurlijst.	18

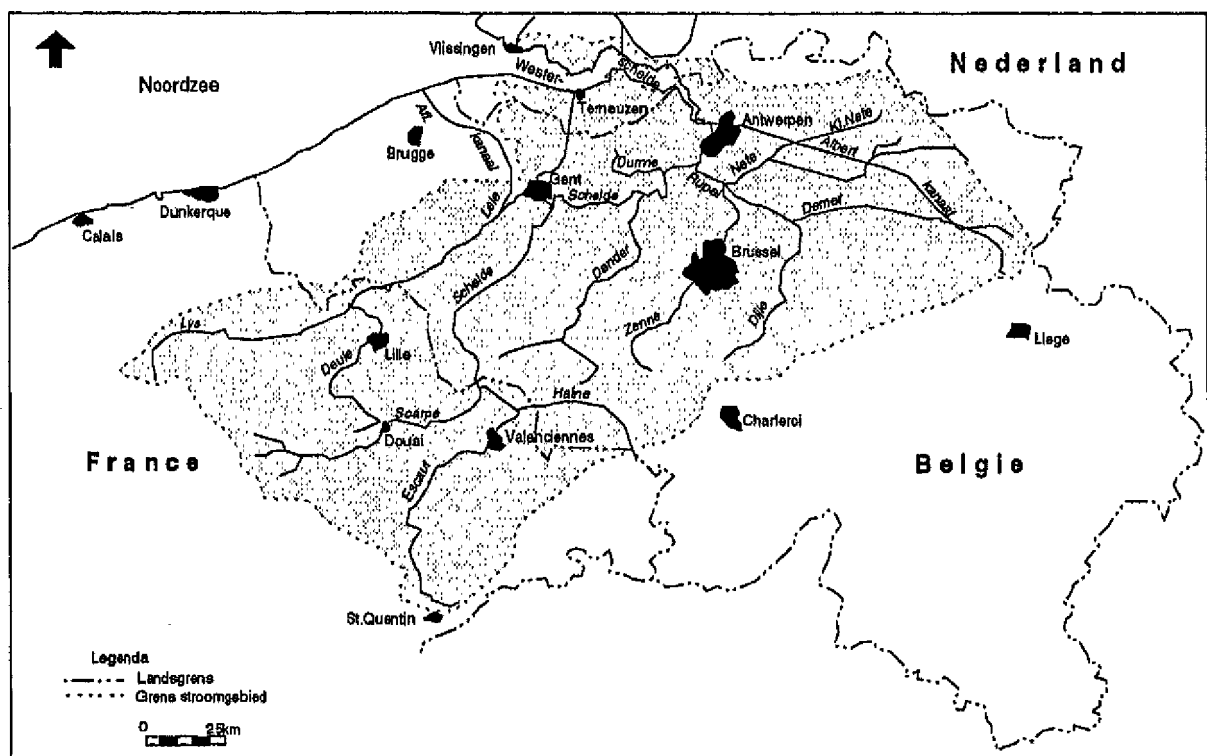
1 Inleiding.

Het Schelde-estuarium is het langste nog overgebleven rivierdelta estuarium van West-Europa. Het herbergt nog een redelijk volledige zoet-zout gradiënt en echte zoetwater-getijdegebieden [1]. Het estuarium wordt echter bedreigd door diverse menselijke activiteiten. Naast chemische vervuiling [2] blijken ook fysische ingrepen grote invloed op het systeem te hebben [3]. De nadellge effecten van fysische ingrepen worden de laatste jaren steeds meer als maatschappelijk probleem onderkend [4]. Tot nu toe hebben studies betreffende fysische ingrepen zich vooral gericht op de bagger- en stortproblematiek en het begrijpen van de onderliggende processen.

Effecten van hydrologische ingrepen op het Schelde-estuarium hebben tot nu toe weinig aandacht gekregen.

Toch hebben in het (recente) verleden grote veranderingen plaatsgevonden in de aanvoer van zoet water. Deze kunnen de saliniteitsgradiënt in het estuarium sterk wijzigen, hetgeen grote gevolgen kan hebben voor het estuarine ecosysteem.

Menselijke beïnvloeding van de saliniteitsgradiënt is door de waterbeheerder wel als potentieel probleem gesignaleerd [1]. Het betreft echter een probleem, waarvan de omvang nog niet duidelijk is en waarvoor nog geen toetsingskader aanwezig is. Er bestaan geen normen voor, zoals bij chemische vervuiling.



Figuur 1. Het stroomgebied van de Schelde en haar belangrijkste zijrivieren.

Dit rapport is een eerste verkenning naar de aard en omvang van het saliniteitsvraagstuk in het Schelde-estuarium.

De volgende vragen worden behandeld:

- In hoeverre is de zoetwatertoevoer naar het estuarium veranderd door menselijke beïnvloeding? (hoofdstuk 3)
- Welke veranderingen in saliniteitsgradiënt van het estuarium hebben de afgelopen decennia plaatsgevonden en wat zijn de belangrijkste beïnvloedende factoren geweest? (hoofdstuk 4)
- Hebben vaarwegverdiepingen invloed op de saliniteitsgradiënt? (hoofdstuk 5)
- Hoe zou de saliniteitsgradiënt veranderen, indien een deel van de bovenstroomse afleidingen weer op het estuarium zouden afwateren? (hoofdstuk 6)
- Hoe ernstig is het saliniteitsprobleem en hoe zou het hanteerbaar gemaakt kunnen worden? (hoofdstuk 2 en 7)

2 Het belang van een evenwicht tussen zout en zoet water.

Karakteristiek voor een estuarium is de menging van zout zeewater en zoet water van de rivier. Dit resulteert onder natuurlijke omstandigheden in een geleidelijke overgang van zoet via brak naar zout water. Ten gevolge van het getij en sterk variërende afvoeren van de rivier en de toevoerkanalen treden door het estuarium heen sterke schommelingen in het zoutgehalte op. De saliniteitsgradiënt met haar sterke fluctuaties staat aan de basis van een keten van estuarine processen, die zorgen voor hoge natuurwaarden van estuariala. Zo stuurt de saliniteitsgradiënt in sterke mate het gedrag van slib. Een van de bestanddelen van het slib is de particulier organische stof, een belangrijke voedingsbron voor micro-organismen (met name bacteriën) in het estuarium. Hogere zoutgehalten bevorderen flocculatie en daarmee sedimentatie van slib. Als het slib eenmaal beland is in de onderste waterlaag wordt het weer stroomopwaarts getransporteerd door de getijwerking. Een langere verblijftijd is daarvan het gevolg. Estuariala staan dan ook bekend als chemische en biologische filters [5]. De effectiviteit van de zuiverende werking en het oppervlak waarover dat optreedt wordt bepaald door het evenwicht van zoet en zout water. Verandering van de saliniteitsgradiënt heeft dus grote invloed op de verschillende processen en het oppervlak waar die optreden.

De Schelde wordt gekarakteriseerd door grote fluctuaties in lengterichting, maar veel minder over de vertikaal. In de Schelde is daardoor onder omstandigheden van gemiddelde afvoer in de waterkolom geen groot verschil in zoutgehalte tussen bodem en oppervlak. Dit komt door de grote mate van turbulentie in het water, als gevolg van getijbewegingen door het wijde en bochtige estuarium. Wel komt er, naast de langgerekte oostwest gradiënt, verschil in zoutgehalte voor in het horizontale vlak, tussen vloed- en ebgeulen. Het Schelde estuarium heeft door zijn vorm en afmetingen grote potenties voor een volledige en uitgebreide gradiënt van habitats en bijbehorende levensgemeenschappen. Als de habitats voldoende groot en stabiel zijn, dan komen daardoor de specifieke planten en dieren tot goede ontwikkeling. Er kan een hoge primaire productiviteit optreden in het water en op de platen, die per habitat belangrijk is voor de productiviteit van hogere trofische niveau's.

De huidige zoetwatertoevoer is zodanig, dat stroomopwaarts van Rupelmonde (de plaats waar de Rupel in de Schelde uitmondt) in de Schelde en in de Durme nog redelijk intacte zoetwatergetijdegebieden kunnen bestaan. Stroomafwaarts van de Rupelmonding liggen brakwatergetijdegebieden. De brakwaterzone in de Westerschelde omvat diverse schorren, slikken en platen. De aangetroffen macrofauna (ongewervelde dieren > 1mm) bestaat voor 95% uit zogenaamde euryhaliene mariene soorten. Dat wil zeggen, soorten die van oorsprong in zee voorkomen, maar brak water met grote wisselingen in het zoutgehalte tolereren. Het aantal typische brakwatersoorten van de macrofauna is klein, vergeleken met het aantal in zoute getijdegebieden [6]. Door het grote voedselaanbod (slib) komen de euryhaliene mariene soorten vaak wel in grote dichtheden voor, waardoor ze in principe een

geschikte voedselbron zijn voor vissen en vogels. Het brakwaterdeel van het estuarium vervult een belangrijke kinderkamerfunctie voor jonge platvis. Het estuarium biedt verder goede fysische omstandigheden voor anadrome trekvis. Deze groep vissen wordt aangetrokken door de zoetwater lokstroom en schakelt tijdens de trek over van een fysiologie gericht op zout water naar een fysiologie gericht op zoet water. Door het bestaan van geleidelijke overgangen van zout naar zoet is deze groep in staat tot de fysiologische omschakeling. Door de slechte zuurstofcondities bovenstrooms komen anadrome trekvis momenteel slechts beperkt voor (voornamelijk fint). De verwachting is echter dat de zuurstofcondities zullen verbeteren, waardoor deze functie van het estuarium ook zal toenemen.

Het voorkomen van typische zoetwatersoorten, of euryhaline zoetwatersoorten (die dus wat zout kunnen verdragen), is momenteel sterk beperkt door de zuurstofarmoede in een groot deel van de rivier en het geringe oppervlak intergetijdegebied [7].

In de zoete getijdegebieden kunnen veel meer soorten macrozobenthos (bodemdieren > 1 mm.), andere bodemfauna en vissen, voorkomen dan nu het geval is [8]. Voor deze soortenrijkdom is het dus belangrijk dat de zoete getijdegebieden "niet te zout" zijn en de zoute getijdegebieden "zout genoeg".

In de Westerschelde vormen de schorren een belangrijke habitat, met hoge natuurwaarde. Door inpolderingen (Sloe, Braakman, Ossendrecht) zijn grote oppervlakken zoute schorren verloren gegaan. Brakke schorren, zoals Saeftinge, beslaan een relatief groot oppervlak.

Op de brakwaterschorren groeit vooral zeeaster, zeebies en riet. Deze hoogproductieve plantensoorten vormen een goede voedingsbron voor vooral Grauwe ganzen. De schorren bieden ook een foerageer- en broedplaats voor meeuwen en een rust- en ruplaats voor diverse eend- en ganzesoorten [9]. Het Verdrongen Land van Saeftinge is een brakwaterschor van internationaal belang. De 1% norm voor Grauwe gans, Kolgans, Smient en Pijlstaart wordt regelmatig overschreden. Vooral voor de overwinteraars vervult Saeftinge een zeer belangrijke functie.

De zeebies-velden trekken grote aantallen Grauwe Ganzen aan. De zoete getijdegebieden zijn, ook in Europees verband een zeer zeldzaam habitat geworden. Zij kunnen bestaan uit riet- en biezenschor, wilgenbroekbos of dicht ruigtestruweel. De bovenloop van de zijriviertjes van de Schelde kan weer belangrijk worden als paaigebied voor anadrome vis.

3 De zoetwater toevoer naar het Schelde-estuarium.

Als gevolg van waterverlies in het stroomgebied is de zoetwater afvoer tegenwoordig lager dan de natuurlijke afvoer. Oorzaak hiervan zijn diverse afleidingen ten gevolge van waterloopkundige aanpassingen in de loop der eeuwen.

Al in de twaalfde eeuw werd er bij Gent een dam in de rivier gelegd en werd de waterhuishouding op dat punt geregeld met een stelsel van sluizen en kanalen. Sindsdien wordt een deel van de Schelde-afvoer op dat punt afgeleid naar de Noordzee. Van recentere datum zijn waterhuishoudkundige ingrepen zoals een afleidingskanaal in Noord-Frankrijk [10], een afleidingskanaal van de zijrivier de Leie en sluizen die bij Gent de Schelde rivier verbinden met het Kanaal van Gent naar Terneuzen.

De afleidingskanalen zijn aangelegd ten behoeve van de scheepvaart, voor het peilbeheer van oppervlaktewateren en vooral voor het afvoeren van water na overvloedige regenval. De afleidingskanalen worden tegenwoordig ook gebruikt om de rivier te ontlasten van een te grote hoeveelheid verontreinigingen uit industriegebieden.

Het Kanaal van Gent naar Terneuzen is om nautische reden aangelegd. Voeding met zoet water uit het Schelde stroomgebied is noodzakelijk, om zo de zoutindringing vanuit de Westerschelde tegen te gaan.

In de zijrivieren die stroomafwaarts van Gent in de Schelde uitmonden, bevinden zich stuwen om het peil te beheersen; op andere plaatsen staan kanalen via sluizen met het estuarium in verbinding. Deze kanalen zorgen voor een zoetwater toevoer. De herkomst van dat water is zeer verschillend. Via het Spuikanaal van Bath wordt water uit het Volkerak-Zoommeer aangevoerd. Dat water is van oorsprong een mengsel van Rijn- en Maaswater, in het Volkerak-Zoommeer aangevuld met het water van twee Brabantse rivieren: Dintel en Roosendaalse en Steenbergse Vliet. Uit de Antwerpse havenpanden komt via de schutsluizen zoet water op de Zeeschelde. Dat water is deels water uit het Volkerak-Zoommeer, dat via de Schelde-Rijn verbinding wordt aangevoerd om het havenpeil op hoogte te houden, en deels is het Maaswater dat via het Albertkanaal op de havenpanden wordt geloosd. De huidige zoetwaterafvoer van het Schelde-stroomgebied op het onderzochte deel van het Schelde estuarium is in tabel 1 gegeven met de debieten van het jaar 1989. Het jaar 1989 benadert in meteorologisch opzicht een gemiddeld jaar over de periode 1970 tot 1990, als gekeken wordt naar de afvoer die te Schelle wordt gemeten. De afvoer was er in 1989 slechts 5% lager dan de gemiddelde afvoer in die periode van 20 jaar.

Tabel 1

Jaargemiddelde zoetwater-
afvoer uit het Schelde-
stroomgebied in m³/s
naar het Schelde estua-
rium tussen Gent en Bath

	1989 actueel	afvoer zonder afleidingen (meteo 1989)	minimalisering afleidingen (meteo 1989)
Scheldeafvoer te Gent	30	90	47
Dende	9	9	9
Durme	7	7	7
Rupel	55	55	55
Antwerpse havens	9	0	9
Spuikanaal Bath	14	0	14
Riolen, polderlozingen etc.	15	4	15
Totaal	139	165	156

De bovengrens van het gebied in tabel 1 is gelegd bij Gent, omdat daar de zoetwatertoevoer door de Schelde-rivier wordt gereguleerd. De benedenrand is gelegd bij Bath, zodat het Spuikanaal nog meetelt in de actuele zoetwaterafvoer. Tabel 1 heeft dus betrekking op een gebied, iets groter dan de Zeeschelde. De afleidingen en onttrekkingen tot Gent zijn anno 1989 als volgt: Leie en Schelde afleidingen in N. Frankrijk 22 m³/s. Afwateringskanaal van de Leie te Gent 21 m³/s en afwatering via het Kanaal van Gent naar Terneuzen 17 m³/s.

De actuele zoetwateraanvoer is bij benadering 140 m³/s. Als er van en naar dat gebied geen kunstmatige afleiding en toevoer zouden zijn, dan zou de zoetwatervracht naar schatting 165 m³/s zijn geweest, uitgaande van de meteorologische omstandigheden van 1989 (tabel 1). Voor deze schatting zijn neerslag/oppervlakte relaties gebruikt uit [11] en toegepast op het gehele stroomgebied. De afvoer bij minimalisering van de afleidingen is gebaseerd op een ongewijzigd waterbeheer benedenstrooms Gent, terwijl er is verondersteld dat de afleidingen bovenstrooms Gent zoveel mogelijk zijn uitgeschakeld. Dit scenario is gekozen om een idee te krijgen van de mate waarin de zoutgradiënt verschuift ten gevolge van een zoetwaterafvoer die misschien mogelijk is.

De verschillen met de actuele situatie zitten in de lagere afvoer van de Schelde te Gent (vanwege de afleidingen in het bovenstroomse deel boven Gent; de Leie en de Schelde), en in de hogere toevoer via havens, kanalen en riolen.

De totale zoetwateraanvoer op het deel van het stroomgebied tussen Gent en Bath is tegenwoordig 85% van de natuurlijke aanvoer. Eerdere prognoses [12] komen daarmee overeen.

4 Opgetreden veranderingen in de zoet-zout gradiënt.

De huidige zoutgradiënt in het Schelde-estuarium.

De hoeveelheid zoet water die nu bij gemiddelde afvoer door de rivier de Schelde wordt aangevoerd is kleiner dan vroeger, terwijl er op de Beneden Zeeschelde een zoetwatertoevoer bestaat die er vroeger niet was. Vanaf het punt waar de Rupel in de Schelde stroomt begint tegenwoordig het (getijgemiddeld) chloridegehalte op te lopen. In het begin van de zestiger jaren was deze ondergrens in chloridegehalte 0,3 g Cl/l. Tegenwoordig is dat 0,7 g Cl/l.

Veranderingen in het verloop van de zoutgradiënt over het estuarium zijn geanalyseerd door getijgemiddelde gegevens uit de periode 1950-1970 te vergelijken met getijgemiddelde gegevens van het jaar 1989. De getijgemiddelde chloride-isolijnen in de periode 1950 tot 1970 zijn afgeleid uit het artikel van R. Peelen [13], waarin isolijnen voor de getijgemiddelde situatie 1953-1963 worden gegeven, en de "Zoutgehalten 1970 (kaart II-2.4)" uit [14]. Laatstgenoemde kaart geeft, volgens een mededeling van R. Peelen, de ligging van isohalinen onder getijgemiddelde omstandigheden beter weer dan de figuur in zijn artikel [13]. Dat had vooral consequenties voor de ligging van de de 10-promille chloride isoconcentratie-lijn.

Het jaar 1989 is gekozen omdat de waterafvoer in dat jaar representatief is voor de gemiddelde afvoer in de periode 1970-1990. In dat jaar waren ook belangrijke beheersinstrumenten die de zoutgradiënt beïnvloeden, zoals het Spuikanaal Bath, operationeel. De chloride-concentratielijnen van 1989 geven derhalve een goed beeld van de huidige situatie.

De gegevens van 1989 zijn gegenereerd met het Waterkwaliteitsmodel van het Schelde-estuarium (SAWES). Dit was nodig omdat metingen worden uitgevoerd op het moment van laagwaterkentering. Het model berekent daaruit de getijgemiddelde waarden. Er worden over het algemeen per meetpunt 26 metingen per jaar uitgevoerd en er zijn 10 meetpunten.

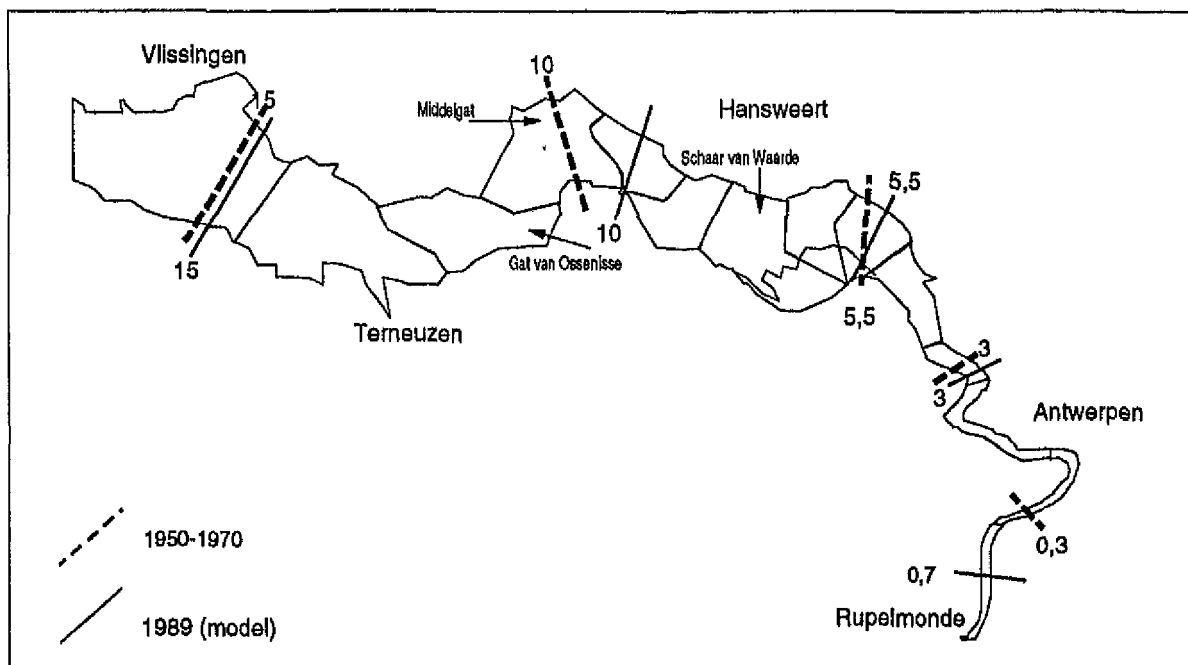
In figuur 2 zijn isoconcentratielijnen van vroeger en nu weergegeven. De isoconcentratielijnen zijn gebaseerd op een definitie van saliniteits-trajecten naar [15]. Het classificatie-systeem staat bekend als het "Venice System", dat tijdens het "Symposium of Classification of Brackish Waters" in Venetië in 1958 werd voorgesteld.

Euhalinicum	:	van	22	tot	16.5	g Cl/l.
Polyhalinicum	:	van	16.5	tot	10	g Cl/l.
α Mesohalinicum	:	van	10	tot	5.5	g Cl/l.
β Mesohalinicum	:	van	5.5	tot	3	g Cl/l.
Oligohalinicum	:	van	3	tot	0.3	g Cl/l.
Fresh water	:				lager dan 0.3	g Cl/l.

Omdat de ondergrens van het euhalinicum buiten het gemodelleerde gebied valt is de isoconcentratielijn van 15 g Cl/l in de figuur opgenomen.

De betrouwbaarheid van de gegevens van vroeger en nu wordt geacht vergelijkbaar te zijn. Er is echter geen mogelijkheid om dat voor beide gevolgde methoden vast te stellen. Ook wordt er geen rekening gehouden met de mogelijkheid dat de "18,6-jarige cyclus in het getij" de gegevens minder goed vergelijkbaar zou maken.

Getijgemiddelde chloride gehalten in g.Cl/l.



Figuur 2. Isoconcentratie lijnen chloride, in verleden en heden.

De isoconcentratie lijnen weergegeven in figuur 2 laten zien, dat de zoetwater concentratie van 0,3 g Cl/l tegenwoordig niet meer in het beschouwde gebied voorkomt onder getijgemiddelde omstandigheden. De laagste chlorideconcentratie onder getijgemiddelde omstandigheden in de huidige situatie is 0,7 g Cl/l.

In de zestiger jaren nam het chloridegehalte richting Antwerpen af tot 0,3 g Cl/l bij Hoboken, terwijl die lage waarde tegenwoordig veel verder stroomopwaarts moet liggen.

Blijkbaar is het verloop van de chloridegradiënt in de Zeeschelde tegenwoordig vlakker dan vroeger. De isohalinen van 5,5 g Cl/l van vroeger en tegenwoordig vallen bijna samen en liggen in de omgeving van Bath.

De ligging van de isohalinen van 10 en 15 g Cl/l laat zien dat het midden en het westelijk deel van de Westerschelde zouter is geworden. Dat de 5,5 g Cl/l-isohaline tegenwoordig bijna op dezelfde plaats ligt als vroeger is een gevolg van de nieuwe zoetwaterlozing via het Spuikanaal van Bath.

Op de Belgisch/Nederlandse grens ligt nu dus een soort omslagpunt. Stroomopwaarts zijn de zoutgehalten onder getijgemiddelde omstandigheden verhoogd door chloride-lozingen in het bovenstroomse gebied, stroomafwaarts is er de verhoogde zoutindringing van zeewater waardoor zoutgehalten tegenwoordig hoger zijn dan in de zestiger jaren.

Er zijn aanwijzingen voor oorzaken van de hogere zoutbelasting van de Schelde en haar zijrivieren. In twee zijrivieren van de Rupel; de Demer en de Grote Laak, vinden industriële zoutlozingen plaats. Hoewel hiervan nog geen compleet beeld bestaat, laten verspreide waarnemingen zien dat de zoutlozingen waarschijnlijk aanzienlijk zijn. In 1983 werden in afvalwaterstromen van de petrochemische industrie in de Boven-Zeeschelde hoge chlorideconcentraties aangetroffen en in de rivier werden verhoogde chloridegehalten gemeten [16]. Tijdens een onderzoek in 1989 werd in het afvalwater van een fabriek die in Gent loost op de Schelde een chloridegehalte van meer dan 50 g Cl/l aangetroffen. In de Grote Nete, een zijrivier van de Rupel is toen een chloridegehalte van bijna 1 g Cl/l aangetoond [17].

De zoutindringing vanuit zee die is geconstateerd kan geen gevolg zijn van verminderde zoetwateraanvoer van 1989 ten opzichte van 1970, omdat er tegenwoordig juist meer zoet water wordt aangevoerd (via Antwerpse havens en Spuikanaal Bath). Zeer waarschijnlijk spelen de veranderingen in de ruimtelijke structuur een grote rol in de ligging van de gepresenteerde isoconcentratielijnen. Als gevolg van de natuurlijke dynamiek van het estuarium, ondersteund door baggerwerkzaamheden, is de eb- en vloeddominantie van geulen veranderd.

Zo is na 1963 de Schaar van Waarde verondiept en de vaargeul is in het Gat van Ossensisse komen te liggen ten koste van het Middelgat. Tevens is de komberging van Het Verdrongen Land van Saeftinge verder afgenomen.

Het water gaat bij eb en vloed met een andere snelheid door deels andere geulen, met als gevolg een verdere doordringing van zout water.

Er zijn dus eigenlijk twee verschuivingen opgetreden. Ten eerste heeft het zoete deel van het estuarium een verhoogd zoutgehalte door zoutlozingen en ten tweede beslaat het Polyhalinum (16.5 tot 10 g Cl/l) een groter gebied ten koste van het α Mesohalininum (10 tot 5.5 g Cl/l).

Beide veranderingen kunnen in principe door beheersmaatregelen worden verkleind of ongedaan worden gemaakt. De zoutgehalten in het zoete deel kunnen worden verlaagd door de zoutlozingen te saneren. Voor het oplossen van het tweede probleem zou het verhogen van de zoetwatertoevoer naar het estuarium helpen. Als aan dit soort beheersmaatregelen wordt gedacht mag echter de invloed van andere ingrepen, bijvoorbeeld ingrepen in de fysische structuur, niet worden vergeten.

5 Invloed van verdiepingen op de zoutgradiënt.

In toenemende mate worden de vaargeulen in de Westerschelde ten behoeve van de scheepvaart verdiept en vastgelegd. De stroom wordt daarmee in de hoofdgeul geconcentreerd. Natuurlijke wisselingen in eb- en vloeddominantie van geulen wordt zo verminderd. Versnelde verlanding van intergetijdegebieden en fixatie van de hoofdgeul is het gevolg. Het getij dringt daardoor verder in het estuarium door, waardoor de zee-invloed groter wordt [1]. De komende verdieping 48'/43' zal tevens grote invloed hebben op de zoet/zout-gradiënt, omdat verwacht wordt dat daarmee een toename in de zoutwater doordringing gaat ontstaan. In oriënterende studies [18] is de volgende prognose gegeven: een geringe verhoging van het chloridegehalte in het oostelijk deel van de Westerschelde, van circa 80 mg/l (± 300 mg/l) bij Hansweert tot circa 400 mg/l (± 1250 mg/l) bij de grens. Deze invloed van de verdieping is tot nu toe onderbelicht gebleven. Binnen het project OOSTWEST wordt aandacht besteed aan de effecten die ingrepen in de fysische structuur van het Schelde-estuarium hebben, waaronder ook de effecten van de verdieping. Met het in dat kader ontwikkelde instrumentarium kan de invloed van de komende verdieping op de zoutgradiënt bepaald worden.

6 Mogelijkheden voor beheer van de saliniteitsgradiënt.

Het is nog onduidelijk of een vergrote zoetwater toevoer nu een gunstig effect heeft op het ecosysteem van de Westerschelde, zeker zolang het zoete water sterk verontreinigd is.

Voor een duurzaam als estuarium functionerende Westerschelde is een zoutgradiënt wenselijk, waarbij verschillende habitats die kunnen worden onderscheiden een zo groot mogelijk oppervlak hebben. Als er een onderscheid wordt gemaakt in de habitats zoetwater intergetijdegebieden, brakwater intergetijdegebieden en zoutwater intergetijdegebieden, dan moet er voor het Schelde-estuarium vooral gestreefd worden naar uitbreiding van de zoetwater intergetijdegebieden. Dat betekent sanering van zoutlozingen bovenstrooms en vermindering van de zoetwater-afleidingen, opdat de chloride-isoconcentratielijn van 0,3 g Cl/l, als getijgemiddelde ondergrens voor zoet water, richting zee verschuift. Vanuit deze optie zou het wenselijk zijn dat deze lijn onder gemiddelde getij-omstandigheden komt te liggen ter hoogte van Antwerpen-centrum. Daarmee gaan de intergetijdegebieden in de Rupel, in de Schelde boven de Rupel-Instroom en die in de Schelde tot Antwerpen tot de zoetwater intergetijdegebieden behoren. Voor de mogelijk in de toekomst te realiseren pot-polders, die met name in dat gebied gezocht moeten worden, betekent dat, dat die het karakter van zoetwater-overstromingsgebieden zullen krijgen. Dat is uit oogpunt van de functies natuur en viswater een na te streven situatie.

Daarnaast is uit oogpunt van na te streven diversiteit in de Delta als geheel een uitgebreide brakwaterzone in de Westerschelde zeer wenselijk. Door uitvoering van de Deltawerken is dit milieutype sterk in oppervlakte achteruit gegaan, mede omdat destijds het idee leefde dat de hoogste natuurwaardes in echte zoute, of in echte zoete, watersystemen bereikt konden worden. Inmiddels is de maatschappelijke waardering voor de soortenarme, maar hoogdynamische en hoogproductieve brakke systemen weer toegenomen.

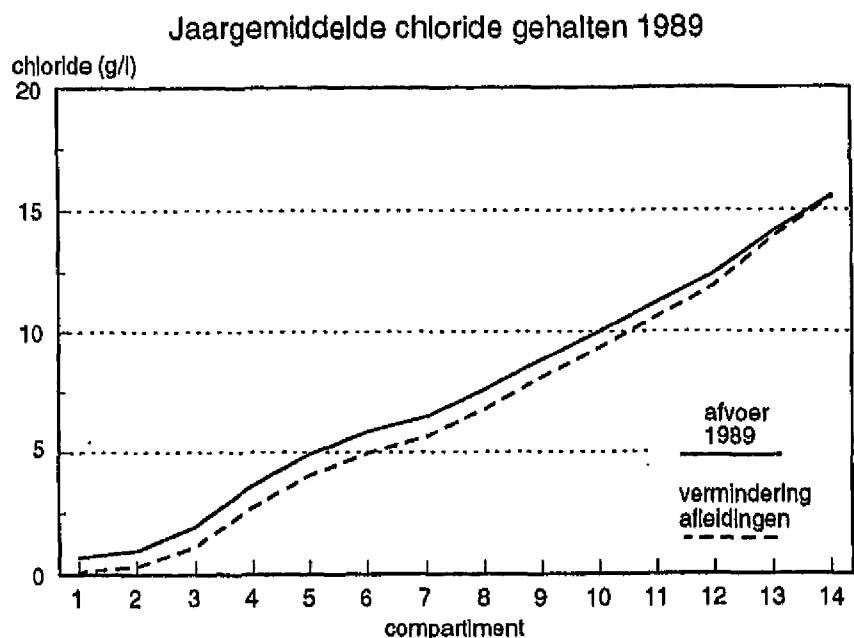
Men mag echter stellen dat de huidige extra zoetwater toevoer via Bath en het Antwerpse havenbekken de verminderde zoetwater toevoer uit het stroomgebied deels gecompenseerd heeft.

Naar de toekomst toe valt niet te verwachten dat deze extra bronnen groter zullen worden. De zoetwater behoefte in het stroomgebied zal daarentegen wel blijven toenemen, zodat het gevaar van een geleidelijke verdere verzilting reëel is. Dit geldt zeker als daarbij de effecten van toekomstige verdiepingen in beschouwing worden genomen.

Het is daarom verstandig in stroomgebied-verband goede afspraken over wateronttrekkingen te maken. Daarbij zouden bij lage afvoeren deze onttrekkingen aan een maximum gebonden moeten zijn. Voor een mogelijk scenario zijn wij er van uitgegaan dat er in de toekomst minder Scheldewater nodig is om vervuilingseenheden van de industrie af te voeren, en dat de debieten voor zoutterugdringing en peilbeheer in het stroomgebied worden geminimaliseerd. Wij verwachten dat er dan een zoetwatertoevoer mogelijk moet zijn van

156 m³/s bij de meteorologische toestand van 1989. De afvoer vanuit het Volkerak-Zoommeer en de Antwerpse havens wordt verondersteld gelijk te blijven. Zie ook tabel 1.

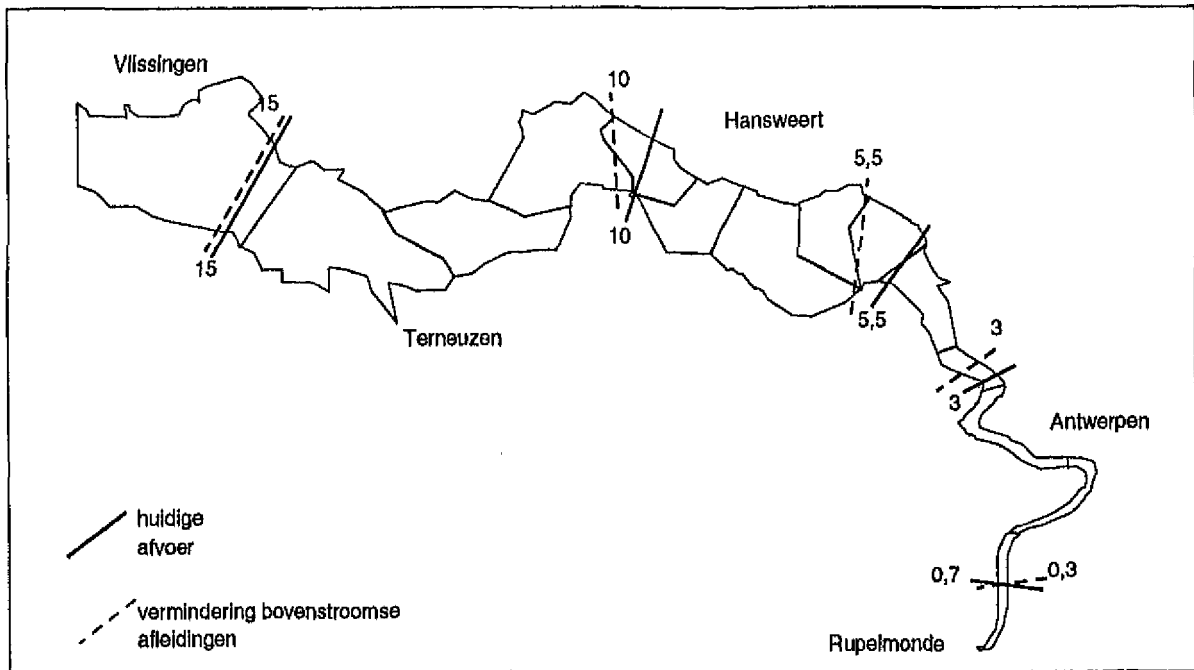
Figuur 3 geeft het resultaat van een modelberekening met het waterkwaliteitsmodel voor de Westerschelde [19]. De zoutverdeling onder de huidige omstandigheden (peiljaar 1989) is vergeleken met de berekende verdeling die ontstaat bij vermindering van de afleidingen in het stroomgebied. Daarbij is tegelijk voor het getijgemiddelde chloridegehalte over het jaar in het eerste segment 0,3 g Cl/l aangenomen. Een modelberekening met de huidige randconcentratie van 0.7 g Cl/l in segment 1 laat namelijk alleen een extra invloed op de chloridegradiënt zien in de eerste drie segmenten van het geschematiseerde gebied.



Figuur 3. Modelberekening chloridegradiënt bij verhoging zoetwatertoevoer.

Met behulp van figuur 3 is de ligging van de eerder gedefinieerde chloride concentratielijnen bepaald, voor de actuele situatie en voor de situatie bij vermindering van de afleidingen, waarbij het chloridegehalte op de bovenstroomse rand van het gebied tevens is verlaagd. In figuur 4 zijn deze chlorideconcentratielijnen op het gebied geprojecteerd. De zoutindringing wordt inderdaad teruggedrongen.

Getijgemiddelde chloride gehalten in g.Cl/l.



Figuur 4. Isoconcentratielijnen chloride bij huidige afvoer en bij vermindering van bovenstroomse afleidingen.

Dit rapport heeft laten zien dat diverse vormen van menselijk handelen de saliniteitsgradiënt op verschillende manieren hebben beïnvloed. De ingrepen vonden plaats zonder dat van enig samenhangend beleid sprake was.

Met de ondertekening van het multilaterale verdrag over de Schelde is een internationaal kader geschapen, waarin ook hydrologische vraagstukken kunnen worden behandeld. Om eventuele Nederlandse wensen te kunnen formuleren en onderbouwen is een toetsingskader nodig. Er zouden normen ontwikkeld kunnen worden. Deze zullen echter anders van aard zijn dan bijvoorbeeld waterkwaliteitsnormen. Voor het ontwikkelen van een toetsingskader of van normen is nader onderzoek wenselijk. Met name zal meer inzicht moeten komen in de effecten van zoetwatertoevoer op fluctuaties in saliniteit en slib, en op belangrijke organismegroepen. Het RIKZ is gaarne bereid hieraan een bijdrage te leveren.

7 Samenvatting.

Op basis van waterloopkundige gegevens die ons medio 1993 ter beschikking stonden is onze inschatting, dat 65% van het tot Gent aangevoerde Schelde-water wordt afgeleid. Voorbij Gent wordt via zijrivieren, kanalen, uitwateringssluizen en riolen zoveel zoet water toevoerd dat er op het Westerschelde-estuarium momenteel 85% van de "natuurlijke" hoeveelheid zoet water wordt geloosd (tabel 1). Ten opzichte van de periode 1950-1970 is de getijgemiddelde zoutgradiënt van het Schelde-estuarium veranderd, hetgeen zich weerspiegelt in het volgende.

1. Door zoutlozingen heeft het "zoete" water in de bovenloop van het estuarium onder getijgemiddelde omstandigheden een chloridegehalte gekregen van 0,7 g Cl/l, en is dus eigenlijk licht brak geworden.
2. Op de Zeeschelde is het verloop van de zoutgradiënt als gevolg van de hogere chloridegehalten in de bovenafvoer vlakker geworden.
3. Zout water dringt vanuit zee verder in het estuarium door dan dertig jaar geleden. Dat is het gevolg van een andere ligging en diepte van eb- en vloedgeulen.
4. De vergrote zoutindringing wordt in de omgeving van de Belgisch/Nederlandse grens gecompenseerd door de zoetwaterlozingen vanuit het Volkerak/Zoommeer en de Antwerpse havens.
5. De zoutindringing als gevolg van verminderde zoetwatertoevoer en opeenvolgende verdiepingen heeft tot gevolg dat de brakwaterzone in elkaar gedrukt is.

Naar verwachting zal de komende verdieping van de Westerschelde een verdere vergroting van de zoutindringing tot gevolg hebben.

Als de afleidingen van zoet water bovenstrooms van Gent worden teruggebracht en als de zoutlozingen worden gesaneerd, zal een aanzienlijke verlaging van de zoutgehalten tussen Rupelmonde en Bath optreden met naar verwachting positieve effecten voor de zoet- en brakwater getijdegebieden. De effecten voor de zoetwater intergetijdegebieden zullen naar verwachting het grootste zijn.

Het bestaan van een evenwichtige verdeling van zout naar zoet langs de zoutgradiënt is een basale randvoorwaarde voor het functioneren van een estuarium. Het past in de filosofie van integraal waterbeheer om hier bewust en zorgvuldig mee om te gaan. Beleid hiervoor bestaat nog niet, maar is wel wenselijk om beheersmaatregelen en toekomstige ingrepen te toetsen.

De studie in dit rapport is gebaseerd op getijgemiddelde omstandigheden. Om aangepast beleid te ontwikkelen is meer gedetailleerde kennis nodig. Dat betekent dat er bijvoorbeeld meer inzicht moet worden verkregen in de effecten van fluctuaties in zout- en slibconcentraties op habitats en organismen bij een veranderende zoetwater afvoer.

8 Literatuurlijst.

-
1. Saeljs, H.L.F., Pieters, P. & Turkstra, E., 1993.
Van graven met de hand naar beheren met verstand.
Hogeschool Zeeland, HZ gazet, Jaargang 6, april-mei 1993, nr 8-9.
 2. Lefèvre, F., 1994.
Ontwikkeling in de belasting en de waterkwaliteit van het Schelde-
estuarium in de periode 1980-1991.
Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren & Directie Zeeland, Middelburg.
Rapport DGW-92.042.
 3. Pieters, T., Storm, C., Walhout, T. & Ysebaert, T., 1991.
Het Schelde estuarium meer dan een vaarweg.
Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren & Directie Zeeland, Middelburg.
Nota GWWS-91.081.
 4. Blijnsdorp, R. (ed.), 1993.
Beleidsplan Westerschelde. Voortgangs- en evaluatierapportage. Periode
1991-1992.
Bestuurlijk Overleg Westerschelde. Provincie Zeeland, Middelburg.
 5. Kennedy, V.S. (ed.), 1984.
The estuary as a filter.
Academic Press, London; 511 pp.; ISBN 0124050700.
 6. Ysebaert, T., P. Meire, D. Maes and J. Buijs, 1990.
The benthic macrofauna along the estuarine gradient of the Schelde
estuary.
Neth. J. Aquat. Ecol., 27: 327-341.
 7. Ysebaert, T. & Meire, P., 1992.
Het vóórkomen van macrozoöbenthos in het Schelde- en Eems-
estuarium.
Rapport RUGent-WWE nr. 29.
 8. Schmidt - van Dorp, A.D., 1979.
Literatuuronderzoek naar de soortenrijkdom van het makrozoöbenthos
in relatie tot het zoutgehalte.
Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke. Rapporten en
verslagen nr.1979 - 5.
 9. Meire, P., Rossaert, G., De Regge, N., Ysebaert, T. & Kuljken, E.,
1992.
Het Schelde-estuarium: ecologische beschrijving en visie op de
toekomst.
Rapport RUGent-WWE nr. 28; Rapport I.N. (Instituut voor
Natuurbehoud, België) nr. A 92.57
 10. Ovaa, B.P.S.A., 1991.
Naar een samenhangend beheer van het riviersysteem van de Schelde,
in het perspectief van duurzame ontwikkeling.
Wageningen, december 1991. Uitgebracht voor Rijkswaterstaat, Dienst
Getijdewateren & Directie Zeeland, Middelburg en de Vlaamse

Milieumaatschappij, Aalst België.

11. Claessens, J., 1988.

Het hydraulisch regime van de Schelde.

Water nr. 43 - november/december 1988, p.163-169.

12. Bijlsma, L., 1991.

Schelde, wereldrivier, wereldvoorbeeld.

OTAR(1992)2.

13. Peelen, R., 1967.

Isohalines in the Delta Area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt.

Classification of waters in the Delta Area according to their Chlorinity and the changes in these waters caused by hydro-technical constructions.

Netherlands Journal of Sea Research. 3,4,1967,p.575-597.

14. Contact-Commissie voor Natuur- en Landschapsbescherming, 1972.

De kleuren van Zuidwest-Nederland - visie op milieu en ruimte.

Stichting voor Natuur- en Landschapsbescherming, Amsterdam.

15. Wolff, W.J., 1973.

The estuary as a habitat. An analysis of data on the softbottom macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt.

Zoöl.Verh. Leiden, no. 126.

16. Blom, A., 1986.

Fliessende Welle Schelde.

ICWS-International Centre of Water Studies, juni 1986.

17. Anonymus. De Schelde, 1989.

Vlaamse delta ekologisch rampgebied.

Bond Beter Leefmilieu, Brussel. Stichting Reinwater, Amsterdam, juli 1989.

18. Technische Scheldecommissie, subcommissie Westerschelde. 1984.

Verdieping Westerschelde Programma 48'/43', deel 1 en 2. Studie rapport.

Antwerpen/Middelburg, 1984.

19. Kater, B., 1993.

De operationalisatie van het waterkwaliteitsmodel Schelde Estuarium.

Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Middelburg.

Rapport RIKZ-94.006