

ALTERRA

Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

ICW nota 1812
Werkgroep Zuid-Holland IV
oktober 1987



nota

CHLORIDECONCENTRATIES VAN DE KWEL OP GOEREE-OVERFLAKKEE,
VOORNE-PUTTEN EN IN DE HOEKSE WAARD

ing. G. Slijkhuis en dr. Ph. Hamaker



NOTA/1812

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. EERDER ONDERZOEK	2
3. VELDONDERZOEK	4
3.1. Tijdstip van bemonstering	4
3.2. Bemonsteringslocaties	6
3.3. Bemonsteringstechniek en monsteranalyse	6
4. BEWERKING VAN DE GEGEVENS EN RESULTATEN	8
4.1. Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten	8
4.2. Hoekse Waard	11
5. EVALUATIE	13
6. SAMENVATTING	16
LITERATUUR	18

ALTERRA

Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

NOTA/1812

1

1. INLEIDING

In opdracht van Provinciale Waterstaat Zuid-Holland (PWS) heeft het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW) onderzoek gedaan naar de waterhuishouding van het zuidelijk deel van de provincie. Het onderzoek richtte zich op de volgende twee aspecten:

- de aanvoerbehoefte voor peilhandhaving, in afhankelijkheid van infiltratie en gebruik van het oppervlaktewater voor beregening
- de aanvoerbehoefte voor doorspoeling ter bestrijding van de interne verzilting als gevolg van zoute kwel.

De zoutbelasting van het oppervlaktewater ten gevolge van zoute kwel wordt bepaald door de grootte van de kwel en het zoutgehalte van het kwelwater, in deze nota verder uitgedrukt in de chloride-concentratie (Cl-concentratie), in kg.m^{-3} . De resultaten van het geohydrologische onderzoek met betrekking tot de grootte van de kwel worden elders besproken (WIT en TE BEEST, 1987). Deze nota heeft betrekking op het onderzoek naar de Cl-concentratie van de kwel. Dit blijft beperkt tot die delen van het studiegebied waar zoute kwel van belang is:

Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en de Hoekse Waard.

Na een bespreking van de hoofdpunten uit eerdere onderzoeken in hoofdstuk 2 wordt in hoofdstuk 3 het thans uitgevoerde veldonderzoek beschreven. De bewerking van de veldgegevens tot een voor de modellering van de Cl-belasting bruikbare vorm komt aan de orde in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 tenslotte worden de resultaten van het veldonderzoek vergeleken met de uit isohalinenkaarten van de Rijkswaterstaat afgeleide Cl-concentratie voor het diepe grondwater.

2. EERDER ONDERZOEK

Zoute kwel van betekenis komt niet in het gehele studiegebied voor maar is beperkt tot Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en de Hoekse Waard. Dit blijkt duidelijk uit onderzoek in de vijftiger jaren naar de verzilting van het oppervlaktewater in de provincie Zuid-Holland (STOL en VRIJHOF, 1958). Dat onderzoek, vooral bekend als het zogenaamde COLN-onderzoek, vond plaats in de periode 1952-1956, dus vóór uitvoering van de deltawerken. De Cl-concentraties in het oppervlaktewater werden verwerkt tot verziltingskaarten voor respectievelijk de voorjaarsperiode (bemonstering in april) en de zomersituatie (bemonstering in juli). De gegevens voor het jaar 1952 bleven buiten beschouwing omdat zowel de bemonstering in april als die in juli vielen in een periode met veel neerslag. Derhalve zouden die gegevens niet bijdragen tot een representatief beeld van de 'normale' voorjaars- en zomersituatie. In verband met de inundaties in februari 1953 bleef de monsternamen in dat jaar geheel achterwege.

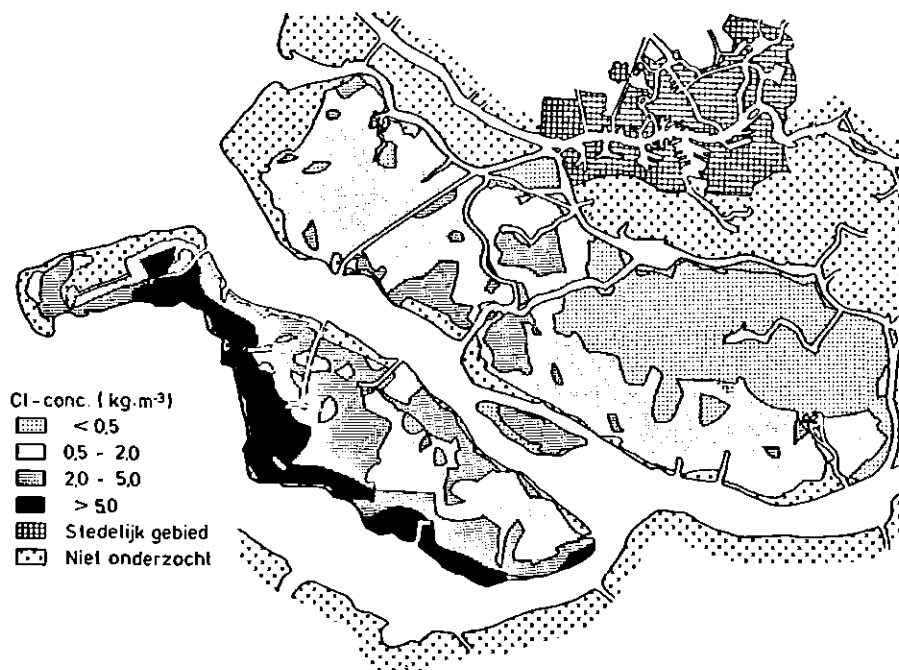


Fig. 1. Verziltingskaart van het polderwater op Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en in de Hoekse Waard (naar STOL en VRIJHOF, 1958)

Figuur 1 is een vereenvoudigde weergave van de verziltingskaart uit het COLN-onderzoek. De Cl-concentraties op Goeree-Overflakkee hebben betrekking op de zomersituatie (die overigens vrijwel gelijk was aan de voorjaarssituatie). De concentraties op Voorne-Putten en in de Hoekse Waard hebben betrekking op de voorjaarssituatie. In beide laatstgenoemde gebieden werd in de periode van onderzoek plaatselijk zoet water ingelaten in de zomermaanden. Onder die omstandigheden was de relatie tussen de Cl-concentratie van het oppervlaktewater en het vóórkomen van zoute kwel minder duidelijk. Uit figuur 1 blijkt duidelijk dat de verzilting van het oppervlaktewater toeneemt in de volgorde Hoekse Waard, Voorne-Putten, Goeree-Overflakkee. In het noordelijk gedeelte van de Hoekse Waard was de Cl-concentratie lager dan $0,5 \text{ kg.m}^{-3}$. Uit de oorspronkelijke kaarten blijkt dat de concentraties daar zelfs overwegend lager dan $0,3 \text{ kg.m}^{-3}$ waren. Als andere uiterste kan geweest worden op de zuidzijde van Goeree-Overflakkee, langs de Grevelingen. Dáár werden concentraties van meer dan $5,0 \text{ kg.m}^{-3}$ gevonden. Voor wat de Cl-concentraties van de kwel betreft mag alléén worden geconcludeerd dat die tenminste even hoog moeten zijn geweest als de in figuur 1 aangegeven oppervlaktewaterconcentraties. De figuur geeft naar mag worden aangenomen een redelijke indruk van de ruimtelijke verdeling van de Cl-belasting van het oppervlaktewater door zoute kwel.

3. VELDONDERZOEK

3.1. Tijdstip van bemonstering

In de zomerhalfjaarperioden van 1985 en 1986 is veldonderzoek uitgevoerd op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten. Het onderzoek was gericht op de bepaling van de Cl-concentratie van het grondwater onder de bodem van de open-watergangen (kavelsloten en grotere watergangen). De achterliggende gedachte wordt toegelicht aan de hand van figuur 2.

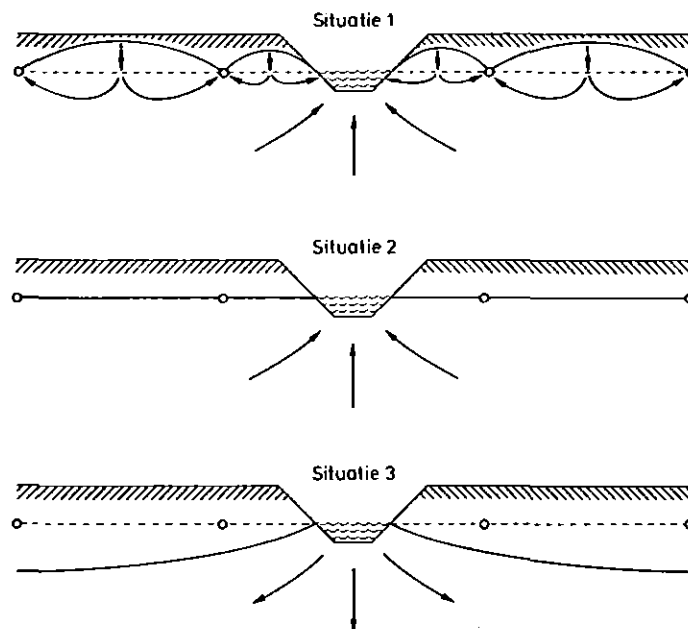


Fig. 2. Geschematiseerde weergave van de onderscheiden hydrologische situaties; situatie 1: winterperiode met afvoer neerslagoverschot; situatie 3: zomerperiode met infiltratie vanuit oppervlaktewater; situatie 2: overgang van winter- naar zomerperiode of omgekeerd

In de figuur worden drie situaties onderscheiden. Situatie 1 treedt op in perioden met een neerslagoverschot. Er is afvoer via de drains en ook direct op de open-watergangen. De kwel is geheel op de open-watergangen gericht. Situatie 1 is typerend voor de winterhalfjaarperiode.

Situatie 3 treedt op in perioden met een verdampingsoverschot, dus in de zomermaanden. De grondwaterspiegel is als gevolg van capillaire opstijging gedaald tot beneden het polderpeil. Vanuit de open-watergangen vindt infiltratie plaats en de kwelstroming (niet aangegeven in figuur) is op de tussen de watergangen liggende kavels gericht. Situatie 2 treedt op bij de overgang van situatie 1 naar 3 in het voorjaar en omgekeerd, bij de overgang van situatie 3 naar 1 in het najaar.

De koppeling van de situaties 1 en 3 aan respectievelijk het winterhalfjaar en het zomerhalfjaar geldt alléén voor de "normale" situatie. Onder daarvan afwijkende omstandigheden, zoals bijvoorbeeld een natte zomer kan situatie 1 gedurende een deel van of zelfs de gehele zomerhalfjaarperiode blijven bestaan.

Bij de bemonstering van het grondwater met het doel de Cl-concentratie van de kwel te bepalen moet met het voorgaande rekening worden gehouden. Zo zou bemonstering van het grondwater onder de bodem van de open watergangen in een langdurige periode van droogte in het zomerhalfjaar Cl-concentratiegegevens kunnen opleveren die géén representatief beeld geven van de Cl-concentratie van de zoute kwel. Uiteraard speelt daarbij ook de infiltratieweerstand een rol. Die is immers bepalend voor de infiltratie van oppervlaktewater bij een gegeven verschil tussen polderpeil en grondwaterstand. Bij een grote infiltratieweerstand blijft de infiltratie beperkt zodat bemonstering van het grondwater gedurende een langere periode kan worden voortgezet.

In het algemeen kan worden geconcludeerd dat de bemonstering bij voorkeur zou moeten worden uitgevoerd in perioden waarin het neerslagoverschot geleidelijk overgaat in een verdampingsoverschot. Normaliter zal die periode in het voorjaar vallen.

De bemonsteringen in 1985 vonden plaats in de periode van mei tot november. In 1986 werd alléén in de maanden mei en juni bemonsterd. De zomer van 1985 kende slechts een beperkt verdampingsoverschot zodat infiltratie naar wordt aangenomen zeer beperkt was. De zomerperiode van 1986 was veel droger zodat infiltratie van meer betekenis moet zijn geweest. De monsternamen werden toen echter al in juni afgesloten. Het laat zich dan ook aanzien dat redelijk aan de gestelde voorwaarde ten aanzien van de bemonsteringsperiode werd voldaan.

3.2. Bemonsteringslocaties

Op Goeree-Overflakkee zijn in totaal 275 locaties bemonsterd en op Voorne-Putten 95. Dit kwam neer op één bemonstering per ca 80 ha op Goeree-Overflakkee en één bemonsterings per ca 175 ha op Voorne-Putten. Dit verschil in dichtheid hing samen met de beschikbare tijd en met ernst van de zoutproblematiek.

Er is een gelijkmatige spreiding van de locaties over de gebieden nagestreefd. Bij de preciese plaatsbepaling speelde de toegankelijkheid mede een rol. Dijk- en weglichamen zijn van invloed op de hydrologische situatie ter plaatse. Daarom zijn bemonsteringen in berm- en dijksloten voor zover mogelijk vermeden.

3.3. Bemonsteringstechniek en monsteranalyse

De bemonsteringstechniek wordt toegelicht aan de hand van figuur 3. Er is gebruik gemaakt van PVC-monsterbuizen met een doorsnede van 0,015 m en een lengte van ca 1,50 m. De monsterbuis is aan de onderkant afgesloten met een houten punt. De onderste 0,10 m van de buis is geperforeerd. Om de monsterbuis wordt een mantelbuis geschoven die circa 0,10 m korter is. Bij plaatsing wordt het geheel door de modderlaag van de slootbodem gedrukt en vervolgens de vaste slootbodem ingeslagen (fig. 3, situatie a). Hierbij is een hulpstuk op de buis geplaatst zodat de perforaties van de monsterbuis binnen de mantelbuis blijven. Is eenmaal de gewenste bemonsteringsdiepte bereikt (normaliter 0,3 à 0,5 m onder de bodem), dan wordt het hulpstuk verwijderd en de monsterbuis uit de mantelbuis geslagen; totdat de bovenkanten van beide buizen samenvallen (fig. 3, situatie b). Het onderste gedeelte van de monsterbuis is daarbij uit de mantelbuis vrijgekomen en het grondwater kan nu via de perforaties instromen.

In veel gevallen stroomde met het grondwater ook fijn zand de buis in. Vooral op Goeree-Overflakkee was dat het geval. In sommige gevallen was al na enkele minuten voldoende grondwater de monsterbuis ingestroomd om te kunnen bemonsteren. In andere gevallen duurde dat veel langer, soms wel tot 24 uur toe. Daarom werden bij een werkperiode van

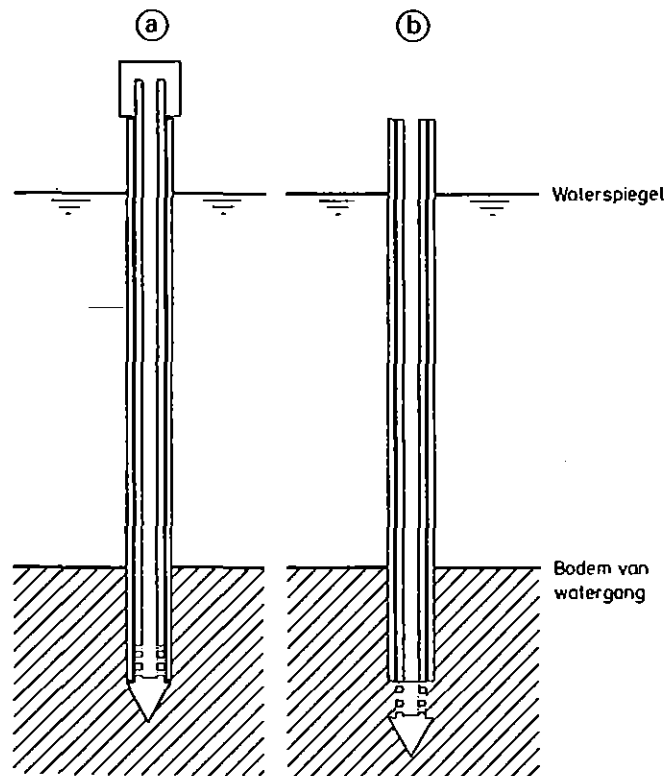


Fig. 3. Illustratie van bemonstering grondwater onder bodem van open watergangen (zie tekst, niet op schaal)

twee dagen in het veld de monsterbuizen geplaatst op de eerste dag en bemonsterd op de tweede dag. Op deze wijze konden per periode van twee dagen 30 à 40 locaties bemonsterd worden.

De monsters werden aan de buis onttrokken via een slang en een fietspompje om vacuum te trekken. Daarna werden de buizen omhoog getrokken en schoongespoeld vóór hernieuwd gebruik. De meeste monsters roken sterk naar zwavelwaterstofgas. Dit wees op gereduceerde omstandigheden. De monsters werden in het laboratorium gefiltreerd. Daarna werd de Cl-concentratie titrimetrisch bepaald.

4. BEWERKING VAN DE GEGEVENS EN RESULTATEN

4.1. Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten

Bij de berekening van de aanvoerbehoefte voor peilbeheer en doorspoeling wordt in het ICW-onderzoek uitgegaan van vierkante oppervlakte-eenheden van 25 ha, die worden aangeduid als vakken. De indeling in vakken sluit aan op de indeling volgens de topografische kaart. De waterhuishouding van elk vak wordt gemodelleerd op basis van het bodemgebruik, bodemtype, kwel, ontwateringsdiepte en drainageweerstand. Deze gegevens zijn in gecodeerde vorm in een zogenaamde vakkenfile opgenomen. Er zijn aparte vakkenfiles voor Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en de Hoekse Waard. In die files moet ook de Cl-concentratie van de kwel worden opgenomen om de zoutbelasting van het oppervlaktewater op vakniveau te kunnen berekenen. Voor de gebieden Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten, dat wil zeggen, voor de gebieden waartoe het veldwerk zich beperkte werd dit als volgt bereikt.

Voor alle vakken waarbinnen bemonstering van het grondwater had plaatsgevonden werd de gemeten Cl-concentratie als representatief beschouwd voor de concentratie van de kwel voor de gehele oppervlakte van 25 ha. Waar meer dan één monsterpunt binnen hetzelfde vak lag werden de Cl-concentraties gemiddeld. Tabel 1 geeft een overzicht van de aantallen bemonsterde vakken met Cl-concentraties binnen de aangegeven grenzen. Er zijn in totaal 10 concentratie-klassen onderscheiden.

In de vakkenfiles worden de Cl-concentraties op vakniveau in gecodeerde vorm opgenomen, gebruik makend van de codering volgens tabel 1. In figuur 4 zijn de Cl-concentraties voor alle bemonsterde vakken in kaart gebracht, gebruik makend van die codering. De niet bemonsterde vakken zijn door een stip weergegeven.

De Cl-concentraties voor de niet bemonsterde vakken zijn berekend door interpolatie: daarbij zijn de niet bekende concentraties berekend als de gemiddelden van de Cl-concentraties van de zes dichtstbijliggende vakken waarbinnen wèl bemonstering had plaatsgevonden. Het resultaat van deze bewerking is opgenomen in tabel 2 en weergegeven in figuur 5. De vakken met bodemgebruik "stedelijk gebied" of "droog natuurlijk terrein" zijn buiten beschouwing gebleven. De desbetreffende vakken zijn in figuur 5 door stippen aangegeven.

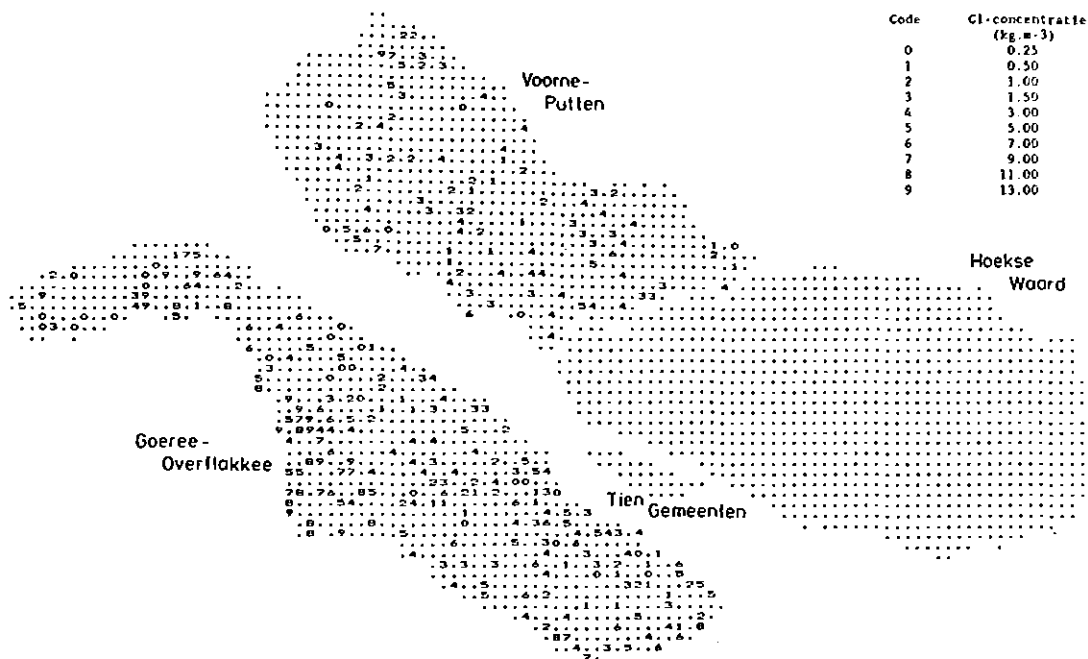


Fig. 4. Weergave van resultaten veldonderzoek naar Cl-concentratie van kwel op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten (geen veldonderzoek gedaan in Hoekse Waard); elke stip of cijfer vertegenwoordigt een oppervlakte van 25 ha; de cijfers geven de gecoördeneerde Cl-concentratie voor die vakken waarbinnen daadwerkelijk bemonstering heeft plaatsgevonden.

Tabel 1. Aantal vakken waarbinnen bemonstering van het grondwater plaatsvond, ingedeeld naar de gevonden Cl-concentraties

Cl-conc. (kg.m ⁻³)	Codering	Aantal vakken	
		Goeree-Overflakkee	Voorne-Putten
< 0,25	0	26	6
0,25- 0,50	1	21	10
0,50- 1,00	2	19	17
1,00- 2,00	3	24	19
2,00- 4,00	4	39	26
4,00- 6,00	5	27	6
6,00- 8,00	6	20	3
8,00-10,00	7	9	2
10,00-12,00	8	13	0
> 12,00	9	14	1
		<u>212</u>	<u>90</u>



Fig. 5. Weergave van Cl-concentratie van kwel op Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en in de Hoekse Waard; elk cijfer of stip vertegenwoordigt een oppervlakte van 25 ha; stippen zijn stedelijk gebied of droog natuurlijk terrein; cijfers geven Cl-concentraties in gecodeerde vorm

Tabel 2. Aantal vakken en procentuele oppervlakten met gemeten of berekende Cl-concentraties van het grondwater binnen de aangegeven klassen, voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten

Cl-conc. (kg.m ⁻³)	Code-ring	Goeree-Overflakkee* aantal vakken	% van totale oppervl.	Voorne-Putten* aantal vakken	% van totale oppervl.	Decodering bij berekeningen (kg.m ⁻³)
< 0,25	0	23	3,0	5	0,9	0,25
0,25- 0,50	1	37	4,9	15	2,8	0,50
0,50- 1,00	2	60	7,9	75	13,7	1,00
1,00- 2,00	3	114	15,0	240	44,0	1,50
2,00- 4,00	4	238	31,3	169	30,9	3,00
4,00- 6,00	5	144	18,9	28	5,1	5,00
6,00- 8,00	6	57	7,5	11	2,0	7,00
8,00-10,00	7	41	5,4	2	0,4	9,00
10,00-12,00	8	33	4,3	0	0,0	11,00
> 12,00	9	14	1,8	1	0,2	13,00
		<u>761</u>	<u>100,0</u>	<u>546</u>	<u>100,0</u>	

*exclusief vakken stedelijk gebied en droog natuurlijk terrein

4.2. Hoekse Waard

In de Hoekse Waard is geen veldonderzoek uitgevoerd. Daarom is een andere weg bewandeld om de Cl-concentratie van de kwel op vakkniveau vast te leggen.

Gebruik makend van de kaarten van het COLN-onderzoek (fig. 1) en van het huidige onderzoek (fig. 4) is voor de gebieden Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten de relatie vastgesteld tussen de Cl-concentratie van het oppervlaktewater en de Cl-concentratie van het grondwater onder de bodem van de open-watergangen (dat wil zeggen: de Cl-concentratie van de kwel). Dit is gedaan door de beide kaarten (fig. 1 en fig. 4) over elkaar te leggen. Vervolgens werd de gewogen gemiddelde Cl-concentratie voor de vakken waarbinnen bemonstering van het grondwater plaatsvond berekend, per oppervlakte met een gegeven Cl-concentratie van het oppervlaktewater.

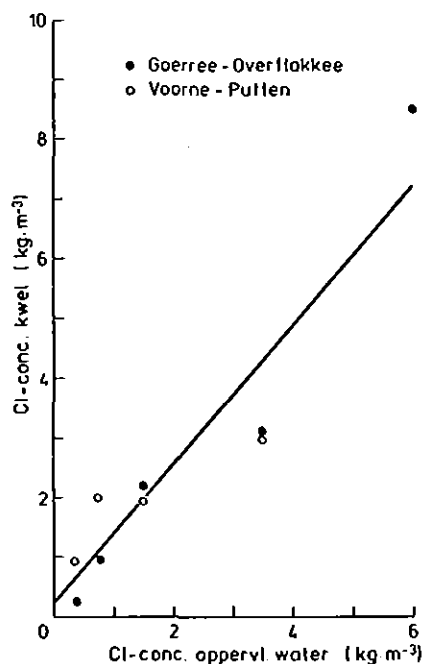


Fig. 6. Relatie tussen Cl-concentratie oppervlaktewater (volgens COLN-onderzoek) en Cl-concentratie kwelwater (volgens huidige onderzoek) voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten

Het resultaat van de bewerking is weergegeven in figuur 6. De relatie tussen de Cl-concentratie van het grondwater onder de open-watergangen en de concentratie van het oppervlaktewater wordt gegeven door

$$C_k = 1,17 C_o + 0,2$$

$$r^2 = 0,90$$

waarin: C_k = Cl-concentratie van grondwater (= Cl-concentratie van kwel), in kg.m^{-3}

C_o = Cl-concentratie van oppervlaktewater, in kg.m^{-3}

Er is aangenomen dat bovenstaande relatie ook van toepassing is op de Hoekse Waard. De concentratie C_k op vakniveau voor dát gebied is dan ook berekend uit de Cl-concentratie van het oppervlaktewater als weergegeven in figuur 1, gebruik makend van bovenstaande relatie. De in figuur 5 weergegeven ruimtelijke verdeling van C_k is voor wat de Hoekse Waard betreft op de hier beschreven werkwijze gebaseerd.

5. EVALUATIE

Aan de hand van isohalinenkaarten van Rijkswaterstaat zijn de resultaten van het onderzoek, vastgelegd in figuur 5, globaal geëvalueerd. Die evaluatie beperkte zich in eerste instantie tot de gewogen gemiddelde Cl-concentratie van de kwel voor geheel Goeree-Overflakkee en voor het deel van Voorne ten westen van het kanaal door Voorne. Later is ook nog het deelgebied Holle Mare, gelegen op Voorne net ten westen van het kanaal en tegen het Brielse Meer, apart bekeken.

Als eerste stap is voor geheel Goeree-Overflakkee en voor Voorne ten westen van het kanaal de gewogen gemiddelde Cl-concentratie berekend, uitgaande van figuur 5. Daartoe is het aantal vakken per concentratieklasse geteld. Het resultaat is opgenomen in tabel 3 (rechter gedeelte). Als tweede stap werd voor dezelfde gebieden een kaart met de vakkenindeling over de isohalinenkaart van Rijkswaterstaat gelegd. Per vak werd daarna de Cl-concentratieklasse van de isohalinenkaart afgelezen. De aantallen vakken per klasse werden geteld. Het resultaat van de tellingen is opgenomen in tabel 3 (linker gedeelte).

Uit de gegevens in tabel 3 zijn de gewogen gemiddelde Cl-concentraties berekend. Voor Goeree-Overflakkee waren de concentraties respectievelijk circa $3,95 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ voor het veldonderzoek en circa $5,15 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ volgens de isohalinenkaart (verhouding: 1,3). Voor Voorne waren die concentraties respectievelijk $2,1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ en $3,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (verhouding: 1,5). Hieruit blijkt dat voor beide gebieden de Cl-concentraties volgens de isohalinenkaart duidelijk hoger waren dan de uit het veldonderzoek afgeleide concentraties. Dit zou uiteraard ook doorwerken in de Cl-belasting van het oppervlaktewater.

De vraag rijst hoe de verschillen verklaard kunnen worden. Het is denkbaar dat tijdens en na plaatsing van de monsterbuizen "lekkage" van minder zout oppervlaktewater langs de buiswand heeft plaatsgevonden. In dat geval zou de Cl-concentratie van het aan de buis onttrokken monster niet representatief zijn voor de Cl-concentratie van het grondwater onder de bodem van de desbetreffende watergang. Zonder nader onderzoek is niet vast te stellen of dit een rol heeft gespeeld. Overigens moet wel bedacht worden dat de invloed van een niet representatieve bemonstering niet beperkt blijft tot dat vak zelf. Gezien de manier van bewerking van de gegevens zou ook de Cl-concentratie voor niet bemonsterde vakken in de omgeving worden onderschat.

Tabel 3. Aantal vakken van 25 ha op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten (gedeeltelijk) met Cl-concentraties van de kwel binnen de aangegeven grenzen, volgens de isohalinenkaarten van Rijkswaterstaat en volgens het veldonderzoek naar de concentraties in het grondwater onder open-watergangen

Cl-conc. klasse- grenzen kg.m ⁻³	Cl-conc. gemiddeld kg.m ⁻³	Aantal vakken (excl. stedelijk gebied en duinterrein)	Cl-conc. klasse- grenzen kg.m ⁻³	Cl-conc. kg.m ⁻³	Aantal vakken (excl. stedelijk gebied en duinterrein)
Gebied Goeree-Overflakkee					
Isohalinenkaart NAP - 20 m			Veldonderzoek (fig. 5)		
< 1.0	0,5	164	< 0,25	0,25	23
1.0- 2.0	1,5	102	0.25- 0.5	0,5	37
2.0- 5.0	3,5	179	0.5 - 1.0	1,0	60
5.0-10.0	7,5	173	1.0 - 2.0	1,5	114
10.0-13.0	11,5	58	2.0 - 4.0	3,0	238
> 13.0	13,0	85	4.0 - 6.0	5,0	144
		—	6.0 - 8.0	7,0	57
		761	8.0 -10.0	9,0	41
			10.0 -12.0	11,0	33
			> 12.0	13,0	14
					—
					761
<hr/>					
Gebied Voorne (gedeeltelijk)					
Isohalinenkaart NAP - 25 m			Veldonderzoek (fig. 5)		
< 1.0	0,5	99	< 0,25	0,25	3
1.0- 2.0	1,5	60	0.25- 0.5	0,5	14
2.0- 5.0	3,5	120	0.5 - 1.0	1,0	59
5.0-10.0	7,5	65	1.0 - 2.0	1,5	178
10.0-13.0	11,5	6	2.0 - 4.0	3,0	63
> 13.0	13,0	0	4.0 - 6.0	5,0	20
		—	6.0 - 8.0	7,0	10
		350	8.0 -10.0	9,0	2
			10.0 -12.0	11,0	0
			> 12.0	13,0	1
					—
					350

In het voorgaande is stilzwijgend voorbijgegaan aan de vraag op welke diepte de gebruikte isohalinenkaarten betrekking hadden. Voor Goeree-Overflakkee was dat het niveau NAP - 20 m en voor Voorne NAP - 25 m. Er waren echter ook kaarten voor andere niveaus beschikbaar. In het algemeen blijkt hoe dieper het niveau hoe hoger de concentratie. Met andere woorden: de overeenstemming tussen de resultaten van het veldonderzoek en de Cl-concentratie volgens de isohalinenkaart is sterk afhankelijk van het niveau waarop die kaart betrekking heeft. Dit wordt nader geïllustreerd door de volgende evaluatie voor het gebied Holle Mare:

In het kader van een onderzoek naar de toepassing van bepaalde meettechnieken heeft een adviesbureau ook de water- en zoutbalans van genoemd gebied, met een oppervlakte van ca 1500 ha, bekeken (IWACO, 1984). De Cl-concentratie van de kwel werd afgeleid uit Cl-concentratiegegevens van een tiental door Rijkswaterstaat geplaatste monsterbuizen met filters in het eerste en tweede watervoerende pakket. Er is aangenomen dat de Cl-concentratie in het eerste (holocene) pakket representatief was voor de Cl-concentratie van het kwel. Verwerking van de gegevens voor de periode 1966-1982 resulteerde in een gemiddelde Cl-concentratie van $1,61 \text{ kg.m}^{-3}$. Gebruik makend van figuur 5 is voor hetzelfde gebied de gewogen gemiddelde concentratie berekend. Die kwam uit op $1,43 \text{ kg.m}^{-3}$. De verhouding tussen de concentraties was in dit geval 1,13 ($1,61/1,43$). Met andere woorden: in dit geval was sprake van betere overeenstemming tussen de concentraties gebaseerd op het veldonderzoek enerzijds en op de gegevens van Rijkswaterstaat anderzijds. Volledigheidshalve wordt opgemerkt dat dit niet het geval geweest zou zijn bij vergelijking met de concentraties in het tweede watervoerende pakket. Daarvoor werd een gemiddelde berekend van ca $3,0 \text{ kg.m}^{-3}$.

6. SAMENVATTING

In opdracht van Provinciale Waterstaat Zuid-Holland heeft het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding een onderzoek gedaan naar de waterbehoefte voor peilhandhaving en doorspoeling ter bestrijding van de interne verzilting voor het zuidelijk deel van de provincie. Het gebied omvat de Hollandse eilanden en waarden. Deze nota heeft speciaal betrekking op het laatstgenoemde aspect: de interne verzilting.

In het kader van de studieopdracht zijn modellen ontwikkeld om de waterbehoefte te berekenen. Daarbij is het gehele gebied onderverdeeld in oppervlakte-eenheden van 25 ha. Om de waterbehoefte voor doorspoeling te berekenen moet de zoutbelasting van het oppervlaktewater per eenheid van 25 ha gekwantificeerd worden. De kwelintensiteit en de zoutconcentratie van de kwel zijn bepalend voor die belasting. Het in deze nota beschreven onderzoek was gericht op de bepaling van de zoutconcentratie.

Uit een inventarisatie van de bestaande literatuur bleek dat zoute kwel van betekenis wat het studiegebied betreft beperkt was tot Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten en het zuidelijk deel van de Hoekse Waard (fig. 1). Op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten is veldonderzoek gedaan, gericht op bepaling van de chloride-concentratie van het grondwater onder de bodem van open-watergangen. Op grond van overwegingen van hydrologische aard werd geconcludeerd dat de chloride-concentratie van het grondwater dáár overeen moet komen met de concentratie van de kwel die tot de belasting van het oppervlaktewater leidt (fig. 2).

Monsterbuizen met een doorsnede van 0,015 m, aan de onderzijde afgesloten met een puntige houten plug, voorzien van perforaties over een lengte van ca 0,1 m en omgeven door een mantelbuis werden de bodem ingeslagen tot een diepte van ca 0,5 m. De monsterbuis werd dan uit de mantelbuis geslagen zodat het grondwater via de perforaties naar binnen kon stromen (fig. 3). Via de buis werd het grondwater na verloop van tijd bemonsterd en op chloride geanalyseerd. Op Goeree-Overflakkee werden in totaal 275 locaties bemonsterd en op Voorne-Putten 90. De chloride-concentratie werd dan representatief beschouwd voor de concentratie van de kwel voor de gehele oppervlakte-eenheid van 25 ha waarbinnen de bemonstering had plaatsgevonden (fig. 4). De concentra-

tie voor alle eenheden waarbinnen geen bemonstering had plaatsgevonden werden berekend door interpolatie.

In de Hoekse Waard werden geen bemonsteringen uitgevoerd. Voor dat gebied werd de chloride-concentratie van de kwel gekwantificeerd, uitgaande van gegevens met betrekking tot de concentraties van het oppervlaktewater en de voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten gevonden relatie tussen de chloride-concentraties van de kwel en van het oppervlaktewater (fig. 6). Dit komt in feite neer op extrapolatie van de onderzoeksresultaten voor Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten naar de Hoekse Waard.

Als eindresultaat werd een kaart verkregen waarop de indeling van het gebied in oppervlakte-eenheden van 25 ha is aangegeven, met per eenheid de chloride-concentratie van de kwel in gecodeerde vorm (fig. 5). De concentratie op Goeree-Overflakkee liep uiteen van ca $0,25 \text{ kg.m}^{-3}$ tot meer dan $13,0 \text{ kg.m}^{-3}$, op Voorne-Putten van $0,25 \text{ kg.m}^{-3}$ tot ca $8,0 \text{ kg.m}^{-3}$ en in de Hoekse Waard van $0,25 \text{ kg.m}^{-3}$ tot ca $6,0 \text{ kg.m}^{-3}$. De gewogen gemiddelden voor de drie gebieden waren respectievelijk circa 4,0, 2,2 en $1,6 \text{ kg.m}^{-3}$.

De gevonden verdeling van de chloride-concentratie van de zoute kwel over het gebied bleek in grote lijnen overeen te komen met het verdeelingspatroon volgens isohalinenkaarten van Rijkswaterstaat. Bij vergelijking van het concentratieniveau was de overeenkomst afhankelijk van de diepte waarop de desbetreffende isohalinenkaart van Rijkswaterstaat betrekking had. Het concentratieniveau volgens het veldonderzoek kwam redelijk overeen met dat volgens de isohalinenkaarten voor het eerste watervoerende pakket. Voor het tweede watervoerende pakket waren de concentraties volgens de isohalinenkaarten duidelijk hoger dan volgens het veldonderzoek.

Voor één deelgebied op Voorne (polder Holle Mare) bleken de resultaten van het onderzoek alleszins bevredigend overeen te komen met de resultaten afgeleid uit een eerdere water- en zoutbalansstudie. Uit een en ander is geconcludeerd dat het resultaat van het uitgevoerde onderzoek een redelijk bruikbare en betrouwbare basis vormde voor modelmatige berekening van de chloridebelasting van het oppervlaktewater.

LITERATUUR

- IWACO, 1984. Onderzoek naar de toepassing van het waterspanningssondeerapparaat ten behoeve van C-waarde bepaling van het holocene afdekkend pakket. Rapport van Adviesbureau voor Water en Milieu IWACO BV, Rotterdam.
- STOL, Ph.Th. en B. VRIJHOF, 1958. De landbouwwaterhuishouding in de provincie Zuid-Holland. Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland-TNO, Rapport no 9.
- WIT, K.E. en J.G. TE BEEST, 1988. Hydrologisch onderzoek in het zuidelijk gedeelte van de provincie Zuid-Holland. Nota ICW (in voorbereiding).