

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen

**BROMIDEBALANSBEREKENINGEN VOOR HET HOOGHEEMRAADSCHAP VAN DELFLAND**

**VOOR DE PERIODE SEPTEMBER 1979 TOT EN MET AUGUSTUS 1980**

- dr. Ph. Hamaker - Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding,  
Wageningen
- dr. H. de Heer - Instituut voor Onderzoek Bestrijdingsmiddelen,  
Wageningen
- drs. R.C.C. Wegman - Rijks Instituut voor de Volksgezondheid, Bilthoven

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-  
middelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een  
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderen  
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen  
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek  
nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut  
in aanmerking

17 DEC. 1982

JSN 1750/5-01

## I N H O U D

	Blz.
1. INLEIDING	1
2. WATER- EN BROMIDEBALANSVERGELIJKINGEN	2
3. BASISGEGEVENS	4
4. BEREKENING VAN DE POSTEN VAN DE BROMIDEBALANS	7
4.1. Aanvoer van bromide via de neerslag	7
4.2. Aanvoer van bromide met het ingelaten water	9
4.3. Afvoer van bromide via lozingen van water	10
4.3.1. Berekening van de geloosde waterhoeveelheden	10
4.3.2. Berekening van de geloosde bromidehoeveelheden	15
4.4. Aanvoer van bromide via zoute kwel	17
4.5. Afvoer van bromide via wegzijging	19
4.5.1. Berekening van de waterhoeveelheden	19
4.5.2. Wegzijging van bromide bij bodemgebruik glastuinbouw	20
4.5.3. Wegzijging van bromide bij overige bodemgebruikscategorieën	22
4.6. Aanvoer en afvoer van bromide via lozingen op en onttrekkingen aan het oppervlaktewater	24
4.7. Afvoer van bromide via agrarische produktie	25
4.8. Aanvoer van bromide via gebruik van strooizout	27
5. BESPREKING VAN DE BROMIDEBALANS EN CONCLUSIES	27
6. SAMENVATTING	30
LITERATUUR	33
BIJLAGE	34

## 1. INLEIDING

In de periode vanaf mei 1979 tot oktober 1980 werd door het Rijks Instituut voor de Volksgezondheid (RIV) in opdracht van het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne en in overleg met het Instituut voor Onderzoek Bestrijdingsmiddelen (IOB) en het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW) een onderzoek naar de bromidehuishouding van het gebied onder beheer van het Hoogheemraadschap van Delfland uitgevoerd. Het onderzoek had primair ten doel de invloed van het gebruik van methylbromide als grondontsmettingsmiddel in de glastuinbouw op de bromideconcentraties in het oppervlaktewater van het gebied te bepalen. Daartoe werden polder- en boezemwateren in zowel specifieke glastuinbouwgebieden als in graslandgebieden regelmatig bemonsterd. De resultaten van dat onderzoek zijn in een RIV-rapport verwerkt (WEGMAN e.a., 1982).

In deze ICW-nota is getracht de invloed van het gebruik van methylbromide op de bromidehuishouding van het Hoogheemraadschap van Delfland nader te kwantificeren. Daartoe is een bromidebalans opgesteld aan de hand van berekeningen van de grootte van de diverse posten die bijdragen tot respectievelijk de aanvoer naar en de afvoer uit het gebied. De bromidebalans heeft betrekking op de periode vanaf september 1979 tot en met augustus 1980 en bestrijkt dus een periode van precies één jaar.

De balansberekeningen zijn vrijwel geheel gebaseerd op reeds beschikbare gegevens. Dit betrof in de eerste plaats genoemd RIV-rapport. Daaraan werden met name gegevens over bromideconcentraties in watermonsters van neerslagstations en in boezemwatermonsters ontleend. Verder is gebruik gemaakt van een aantal bestaande rapporten met betrekking tot de water- en chloridehuishouding van het Hoogheemraadschap van Delfland en van gegevens die van het Hoogheemraadschap

en andere instanties werden verkregen. Tenslotte werd een beperkt aantal aanvullende watermonsters geanalyseerd om leemten in de RIV-gegevens op te vullen.

Na afsluiting van het RIV-onderzoek in het najaar van 1980 is na overleg tussen het ICW, het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas (Naaldwijk) en het Hoogheemraadschap van Delfland besloten de regelmatige bemonstering van een aantal boezemwateren voort te zetten. Dit bemonsteringsprogramma vindt thans nog steeds voortgang. Inmiddels zijn vanaf januari 1981 een aantal beperkende maatregelen van kracht geworden waardoor het gebruik van methylbromide sterk is verminderd. Het voortgezette bemonsteringsprogramma maakt het mogelijk om het effect van het verminderde gebruik van methylbromide op de bromidebalans te bepalen. Dit zal in een afsluitende rapportage na beëindiging van het onderzoek in 1983 of 1984 nader worden uitgewerkt.

## 2. WATER- EN BROMIDEBALANSVERGELIJKINGEN

Berekening van de bromidebalans van Delfland betekent een kwantificering van de bromidehuishouding van het gebied. Daarbij worden de aanvoer naar en afvoer vanuit het gebied alsmede de toe- of afname van de bromidehoeveelheid binnen de gebiedsgrenzen gekwantificeerd.

De bromidebalans is direct gekoppeld aan de waterbalans die kan worden geformuleerd in de vorm van de vergelijking:

$$\Delta W = \sum W (\text{aanvoer}) - \sum W (\text{afvoer}) \quad (1)$$

waarin:  $\Delta W$  = verandering van de waterberging binnen de gebiedsgrenzen gedurende de beschouwde periode

$\sum W$  (aanvoer) = som van alle bijdragen tot de aanvoer van water naar het gebied

$\sum W$  (afvoer) = som van alle bijdragen tot de afvoer van water vanuit het gebied

Hoeveelheden water worden uitgedrukt in  $10^6 \text{ m}^3$ , tenzij anders aangegeven. De aanvoer en afvoer in vergelijking (1) kunnen als volgt nader worden uitgesplitst:

$$\sum W \text{ (aanvoer)} = W_i + W_n + W_k + W_\ell \quad (2)$$

$$\sum W \text{ (afvoer)} = W_u + W_e + W_w + W_o + W_p \quad (3)$$

waarin:  $W_i$  = ingelaten water

$W_n$  = neerslag

$W_k$  = kwel

$W_\ell$  = lozingen van industrieel en huishoudelijk afvalwater op oppervlaktewater binnen gebiedsgrenzen

$W_u$  = lozingen vanuit gebied via sluizen en gemalen

$W_e$  = verdamping

$W_w$  = wegzijging

$W_o$  = onttrekking aan oppervlaktewater binnen gebiedsgrenzen door drinkwatermaatschappijen en industrieën

$W_p$  = afvoer van water via agrarische producten (melk, geogoste vruchten enz.)

Overeenkomstig de waterbalans kunnen de volgende vergelijkingen worden geschreven voor de bromidebalans:

$$\Delta B = \sum B \text{ (aanvoer)} - \sum B \text{ (afvoer)} \quad (4)$$

$$\text{met } \sum B \text{ (aanvoer)} = B_i + B_n + B_k + B_\ell + B_g + B_r \quad (5)$$

$$\text{en } \sum B \text{ (afvoer)} = B_u + B_w + B_o + B_p \quad (6)$$

waarin:  $B_g$  = hoeveelheid bromide die binnen de gebiedsgrenzen vrijkomt als residu bij toepassing van methylbromide als grondontsmettingsmiddel

$B_r$  = hoeveelheid bromide samenhangend met gebruik van strooizout voor gladheidsbestrijding

De overige grootheden houden direct verband met de grootheden uit de waterbalansvergelijking met dezelfde index en behoeven daarom geen nadere definitie. Wel moet nog worden opgemerkt dat de verdamping  $W_e$  geen afvoer van bromide tot gevolg heeft zodat een corresponderende grootheid in de bromidebalansvergelijking ontbreekt. De opname van bromide door gewassen via de transpiratiestroom en de daarmee verband

houdende afvoer van bromide via geoogste gewassen en vruchten is verwerkt in de grootheid  $B_p$ . Hoeveelheden bromide worden uitgedrukt in  $10^3$  kg.

Zoals in hoofdstuk 1 is opgemerkt zijn de balansberekeningen uitgevoerd voor een periode van precies één jaar. Er is dan ook aangenomen dat de grootheden  $\Delta W$  en  $\Delta B$  verwaarloosbaar klein zijn ten opzichte van de overige grootheden. Combinatie van de bromide aan- en afvoervergelijkingen resulteert dan in:

$$B_g = B_u + B_w + B_o + B_p - B_i - B_n - B_k - B_l - B_r \quad (7)$$

waarin  $B_g$  als restterm is opgevat. Alle grootheden ter rechterzijde kunnen berekend of bij benadering geschat worden. Daarbij worden in het algemeen bromidehoeveelheden ( $B$ ) afgeleid uit waterhoeveelheden ( $W$ ) en bromideconcentraties ( $C$ ) volgens:

$$B = W \cdot C \quad (8)$$

waarbij  $C$  wordt uitgedrukt in  $g \cdot m^{-3}$ . De berekeningen voor de onderscheiden grootheden worden in hoofdstuk 4 in detail uitgewerkt. De grootheden  $B_i$  en  $B_u$  worden daarbij voor opeenvolgende perioden van een halve maand berekend. De grootheid  $B_n$  wordt per maand berekend. De overige grootheden tenslotte worden direct voor de totale balansperiode van één jaar gekwantificeerd.

De noodzakelijke bromideconcentratiegegevens zijn hoofdzakelijk aan het in hoofdstuk 1 genoemde RIV-rapport ontleend. De waterbalansberekeningen werden gebaseerd op diverse bronnen van informatie en bestaande rapporten. Hierop wordt in het volgende hoofdstuk nader ingegaan.

### 3. BASISGEGEVENS

Bij de berekening van de grootheden van de water- en bromidebalansvergelijkingen is behalve van gegevens uit het RIV-rapport van WEGMAN e.a. (1982) ook gebruik gemaakt van gegevens van eerder onderzoek naar de water- en zouthuishouding van het gebied. Het gaat hierbij

vooral om de studies van de WERKGROEP MIDDEN-WEST-NEDERLAND (1976), van het WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM (1979) en van het INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISSHOUDING (1981).

In de eerstgenoemde studie zijn de kwel- en wegzijgingsgebieden in Midden-West-Nederland in kaart gebracht, evenals de chlorideconcentraties van het grondwater tot een diepte van 50 m. Het overgrote deel van het Hoogheemraadschap van Delfland was bij die studie betrokken. Het kaartmateriaal van dat onderzoek uit 1976 werd gebruikt bij laatstgenoemde ICW-studie van 1981 met betrekking tot de zoetwatervoorziening van de Hoogheemraadschappen van Rijnland, Delfland en Schieland. Dat laatste onderzoek werd uitgevoerd om de wateraanvoerbehoeftte voor boezem- en polderpeil handhaving en om de zoutbelasting van de oppervlaktewateren van genoemde waterschappen te kwantificeren. Het gehele studiegebied werd opgedeeld in eenheden van 25 ha. Elke eenheid werd door middel van een codering gekarakteriseerd. Onder meer wat betreft de volgende aspecten:

- bodemgebruik;
- grootte van kwel of wegzijging (m.u.v. de oppervlakte-eenheden met glastuinbouw als bodemgebruik);
- chlorideconcentratie van het grondwater op 35 m-NAP (voor zover het oppervlakte-eenheden met kwel betreft).

De onderscheiden categorieën bodemgebruik en de bijbehorende oppervlakten binnen het Hoogheemraadschap van Delfland in tabel 1 zijn overgenomen uit INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISSHOUDING (1981). Stedelijk gebied en grasland blijken elk ruwweg eenderde deel van de totale oppervlakte te beslaan. De aan elke oppervlakte-eenheid toegeschreven kwel of wegzijging en de chlorideconcentratie van het diepe grondwater waren gebaseerd op het eerdergenoemde kaartmateriaal uit de studie van 1976. Binnen Delfland werden twee kwelklassen, twee wegzijgingsklassen en zes chlorideconcentratieklassen onderscheiden. Een en ander komt nader ter sprake in de par. 4.4 en 4.5.

In het kader van de ICW-studie van 1981 zijn ook de lozingen van afvalwater en de onttrekkingen door industrieën en drinkwatermaatschappijen geïnventariseerd. De lozingen op het oppervlaktewater

Tabel 1. Oppervlakten van de onderscheiden bodemgebruiksvormen  
binnen het Hoogheemraadschap van Delfland

Bodemgebruik	Oppervlakte (ha)
Stedelijk gebied met externe lozing van rioolwater	6 525
Stedelijk gebied met interne lozing van rioolwater	6 475
Droge natuurlijke terreinen	750
Recreatie- en bosterreinen	2 325
Open water	1 500
Grasland	12 225
Bouwland	2 050
Glastuinbouw	4 025
	<hr/> 35 875

binnen Delflands grenzen zijn beperkt tot een drietal kleine rioolwaterzuiveringsinstallaties. De onttrekkingen, met name die door de Westlandse Drinkwater Maatschappij, zijn kwantitatief van meer belang. De lozingen en onttrekkingen komen aan de orde in par. 4.6.

De studie van het WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM (1979) betreft een deelonderzoek dat ook in het kader van de al genoemde studie naar de zoetwatervoorziening van de Hoogheemraadschappen van Rijnland, Delfland en Schieland plaats vond. Het WL-rapport betreft berekeningen van de invloed van schut- en lekwater bij sluizen en gemalen aan de Nieuwe Waterweg op de chlorideconcentraties in de boezemwateren van het Hoogheemraadschap van Delfland. Die informatie is gebruikt bij de berekeningen in par. 4.3 van de afvoer van water en bromide via sluizen en gemalen.



#### 4. BEREKENING VAN DE POSTEN VAN DE BROMIDEBALANS

##### 4.1. Aanvoer van bromide via de neerslag

De aanvoer van bromide via de neerslag is berekend uit de neerslaghoeveelheden en de bromideconcentraties in neerslagmonsters van negen waarnemingsstations binnen de grenzen van het Hoogheemraadschap. De stations zijn aangegeven in fig. 1. De neerslagmonsters werden per maand verzameld en geanalyseerd. De bromidehoeveelheden zijn dan ook per maand berekend. De neerslaghoeveelheden en de bromideconcentraties, gemiddeld over de negen stations, zijn opgenomen in tabel 2.

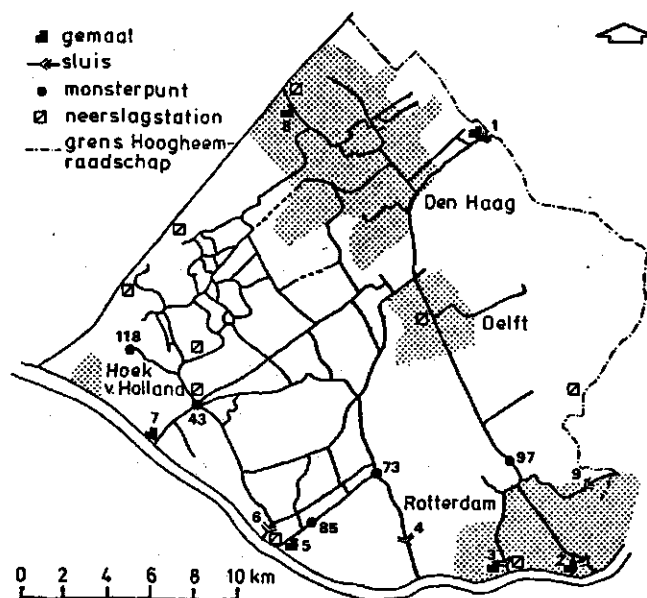


Fig. 1. Overzichtskaart van het gebied onder beheer van het Hoogheemraadschap van Delfland

Het bruto-oppervlak van Delfland volgens de bodemstatistiek (CBS, 1977) is 35 875 ha. Dat is het totale oppervlak dat onderaan in tabel 1 is opgenomen. Het oppervlak dat bij de berekeningen van de bromidebalans betrokken moet worden is echter kleiner. De balans heeft immers alléén betrekking op dát oppervlak dat vanuit Delflands boezem van water wordt voorzien in droge perioden met een verdampings-

Tabel 2. Maandelijks neerslag en bromideconcentraties in neerslagmonsters, gemiddeld over negen waarnemingsstations binnen het Hoogheemraadschap van Delfland. De hoeveelheden water en bromide zijn berekend op basis van een netto oppervlakte van 27 600 ha (zie tekst)

Periode	Water		Bromide	
	neerslag (mm)	hoeveelheid ( $10^6 \cdot m^3$ )	concentratie ( $g \cdot m^{-3}$ )	hoeveelheid ( $10^3$ kg)
September 1979	32,3	8,91	0,09	0,80
Oktober	70,9	19,57	0,04	0,78
November	82,1	22,66	0,10	2,27
December	127,0	35,05	0,10	3,51
Januari 1980	64,4	17,77	0,11	1,96
Februari	50,6	13,97	0,06	0,84
Maart	75,7	20,89	0,09	1,88
April	28,2	7,78	0,28	2,18
Mei	17,2	4,75	0,06	0,28
Juni	72,0	19,87	0,04	0,79
Juli	102,6	28,23	0,04	1,13
Augustus	42,5	11,73	0,17	1,99
Totaal	765,5	211,18		18,41

overschot en waarvan het overtollige water via de boezemgemalen en/of sluizen wordt afgevoerd in natte perioden met een neerslagoverschot. Daarom zijn op het bruto oppervlak de volgende correcties toegepast.

- Blijkens tabel 1 ligt binnen het Hoogheemraadschap een oppervlakte van 6525 ha dat wordt omschreven als extern lozend stedelijk gebied. De neerslag op deze oppervlakte komt niet via de boezemgemalen of sluizen tot afvoer en is derhalve niet in de balansberekeningen opgenomen.
- Blijkens tabel 1 ligt binnen het Hoogheemraadschap een oppervlakte van 750 ha dat wordt omschreven als droog natuurlijk terrein; dit

is voornamelijk duingebied met een waterhuishouding die onafhankelijk is van die van het boezem- en poldergebied. Ook deze oppervlakte is daarom niet meegerekend.

- In het uiterste zuid-westen van Delfland ligt de polder Noordland en Nieuwland met een oppervlakte van ca. 1000 ha; dit is een opmalingsgebied dat vanuit Delflands boezem van water wordt voorzien door een klein gemaal ter plaatse van monsterpunt 118 (zie fig. 1). In natte perioden wordt de overtollige neerslag via een sifon rechtstreeks op de Nieuwe Waterweg geloosd. De bij punt 118 opgemalen hoeveelheden water worden geregistreerd maar de via de sifon geloosde hoeveelheden zijn niet bekend; daarom is het opgemalen water als een lozing vanuit Delfland beschouwd en is genoemde polder niet tot het bromidebalansgebied gerekend.

De uiteindelijk resterende oppervlakte waarop de water- en bromidebalans betrekking heeft is dan 27 600 ha. Op basis van deze oppervlakte zijn de water- en bromidehoeveelheden in tabel 2 berekend.

#### 4.2. Aanvoer van bromide met het ingelaten water

De grootheden  $W_i$  en  $B_i$  van de balansvergelijkingen (2) en (5) hebben betrekking op respectievelijk de aanvoer van water en bromide via het inlaatpunt bij Leidschendam, aangegeven als gemaal 1 in fig. 1. Daar wordt door het gemaal mr. dr. Th.F.J.A. Dolk water vanuit Rijnlands boezem ingemalen. Dit is het enige inlaatpunt van Delfland.

De grootte  $W_i$  wordt berekend volgens:

$$W_i = W_i^g - (W_u^s + W_u^l) \quad (9)$$

waarin:  $W_i^g$  = ingelaten hoeveelheid

$W_u^s$  = verlies aan schutwater vanuit Delfland naar Rijnland

$W_u^l$  = lekverlies via de schutsluis

De grootte  $W_i^g$ , berekend uit de draaiuren en de capaciteit van het gemaal en gesommeerd per halve maand, werd ontleend aan WEGMAN e.a. (1982). De berekening van de correctiegrootheden  $W_u^s$  en  $W_u^l$  wordt toegelicht in bijlage 1.

De netto wateraanvoer  $W_i$ , de aan WEGMAN e.a. (1982) ontleende bromideconcentraties  $C_i$  van het ingelaten water en de daaruit berekende bromide-aanvoer  $B_i$  zijn opgenomen in tabel 4 (zie blz. 14). De berekeningen zijn per halve maand uitgevoerd. Voor een aantal perioden met een minimale wateraanvoer vond geen bemonstering plaats. Er is in die gevallen gerekend met een gemiddelde concentratie van  $0,40 \text{ g.m}^{-3}$ . De desbetreffende concentraties zijn in tabel 4 tussen haakjes geplaatst. Onderaan in de tabel is de totale aanvoer op jaarbasis berekend.

#### 4.3. Afvoer van bromide via lozingen van water

##### 4.3.1. Berekening van de geloosde waterhoeveelheden

De locaties van de punten waar lozing van overtollig water vanuit het Hoogheemraadschap van Delfland plaats vindt zijn in fig. 1 aangegeven met de nummers 2 tot en met 9 en 118. Deze nummering is overgenomen uit WEGMAN e.a. (1982) met uitzondering van locatie 9, die daarin niet wordt genoemd.

Tabel 3 geeft een nadere omschrijving. Bij de locaties 2 en 3 liggen zowel een sluis als een gemaal. De schutsluizen bij de locaties 2, 3 en 4 worden ook als sluisluis gebruikt. De sluis bij locatie 6 wordt uitsluitend als spuisluis gebruikt. Bij locatie 9 vindt alléén verlies van water vanuit Delfland naar Schieland plaats als schut- en lekwater. Gemakshalve wordt ook dit dus als een lozing van overtollig water beschouwd. Bij locatie 118 wordt water vanuit Delflands boezem opgemalen naar de polder Noordland en Nieuwland. Deze polder is buiten de bromidebalans gehouden om redenen die in par. 4.1 zijn uiteengezet. Daarom is ook het gemaal bij punt 118 als lozingspunt beschouwd.

De wijze van berekening van de grootheid  $W_u$  in de balansvergelijking (3) is niet voor alle lozingspunten dezelfde. De drie onderscheiden situaties worden nu achtereenvolgens besproken.

Bij de lozingspunten 2b, 3b, 4 en 6 ligt een sluis terwijl ter plaatse de gemiddelde waterstand in de Nieuwe Waterweg hoger is dan die van Delflands boezem. Daarom moet rekening worden gehouden met binnendringing van schut- en lekwater. De vergelijking voor berekening

Tabel 3. Overzicht van de lozingspunten van het Hoogheemraadschap van Delfland en van de bijbehorende boezembemonsteringspunten

Locatie (zie fig. 1)	Omschrijving	Boezem bemonsterings- punt (zie fig. 1)
2a	gemaal 'Parksluizen' te Rotterdam	97
2b	grote en kleine Parksluis te Rotterdam (schutsluizen)	97
3a	gemaal 'Schiegemaal' te Schiedam	97
3b	sluis aan de Koopmansbeurs te Schiedam (schutsluis)	97
4	Vlaardingerdriesluis te Vlaardingen (schutsluis)	73
5	gemaal 'Mr. dr. C.P. Zaayer' te Maassluis	85
6	Wateringschesluis te Maassluis (spuisluis)	43, 73, 85
7	gemaal 'Westland' tussen Maassluis en Hoek van Holland	43
8	gemaal te Scheveningen	8
9	Bergsluis te Rotterdam (schutsluis)	97
118	gemaal aan de Heen- en Geestvaart bij 's Gravenzande	118

van  $W_u$  is dan:

$$W_u = W_u^g - (W_i^s + W_i^l) \quad (10)$$

waarin:  $W_u$  = lozing als gedefinieerd door de waterbalansvergelijking

$W_u^g$  = werkelijke lozing via de sluis

$W_i^s$  = binnendringing van schutwater

$W_i^l$  = binnendringing van lekwater

De indices u en i worden gebruikt om aan te geven dat de betreffende grootheden betrekking hebben op respectievelijk uit- en instroming van water. De werkelijke lozingen  $W_u^g$  werden door het Hoogheemraadschap van Delfland berekend uit gegevens over de duur van het spuien, het verschil tussen de waterstanden aan weerszijde van de sluis tijdens het spuien en de karakteristieke eigenschappen van de sluis. De

resultierende lozingsgegevens zijn aan WEGMAN e.a. (1982) ontleend. De berekeningen van de toe te passen correcties voor schut- en lekwater worden toegelicht in bijlage 1.

Ter voorkoming van misverstanden wordt opgemerkt dat de berekeningen van  $W_u$  voor opeenvolgende perioden van een halve maand zijn uitgevoerd en dat de grootheden in bovenstaande vergelijking dus op een dergelijke deelperiode betrekking hebben. Binnen een deelperiode vindt binnendringing van schutwater uiteraard alléén plaats op momenten dat daadwerkelijk wordt geschut. Binnendringing van lekwater treedt daarentegen continu op, behalve op momenten dat via de desbetreffende sluis wordt gespuid. Verder is het van belang op te merken dat voor elke deelperiode van een halve maand geldt  $(W_i^s + W_i^l) > 0$ . Dit heeft tot gevolg dat in perioden met een relatief kleine lozing geldt  $(W_i^s + W_i^l) > W_u^g$  zodat de grootte  $W_u$  negatief is. Er vindt dan in feite aanvoer van water (en bromide) van buitenaf naar Delflands boezem plaats, en  $W_u$  voldoet dan niet aan de definitie volgens vergelijking (3). In zo'n situatie wordt bijvoorbeeld berekend dat:

$$W_u(n-1) < 0 \quad \text{en} \quad W_u(n) > 0$$

voor respectievelijk de  $(n-1)$ ste en  $n$ -de deelperiode. Om de bromide afvoer te berekenen worden dan voor  $W_u$  vervangende lozingen  $W_u^*$  ingevoerd volgens:

$$W_u^*(n-1) = 0 \quad \text{en} \quad W_u^*(n) = W_u(n) + W_u(n-1)$$

Hierbij is stilzwijgend aangenomen dat:

$$W_u(n) > -W_u(n-1) \quad \text{zodat} \quad W_u^*(n) > 0$$

Indien dat niet het geval is moet ook de  $(n+1)$ ste deelperiode bij de invoering van vervangende lozingen  $W_u^*$  betrokken worden. Dit was alleen het geval bij lozingspunt 2b.

Lozingspunt 9, de Bergsluis te Rotterdam, neemt een aparte positie in. Hier treedt verlies van lek- en schutwater op omdat het boezempeil van het aangrenzende Hoogheemraadschap van Schieland lager

is dan van Delfland. De volgende vergelijking is van toepassing:

$$W_u = W_u^s + W_u^l \quad (11)$$

waarin  $W_u^s$  en  $W_u^l$  respectievelijk het schut- en lekverlies zijn. Steeds geldt dat  $W_u > 0$ . De berekeningen worden toegelicht in bijlage 1.

Bij de resterende lozingspunten 2a, 3a, 5, 7, 8 en 118 liggen gemalen. Uit het eerdergenoemde rapport van het WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM (1979) blijkt dat bij een aantal van die gemalen lekwater binnendringt, zodat:

$$W_u = W_u^g - W_i^l \quad (12)$$

Uit de gegevens van het WL-rapport blijkt dat de hoeveelheden lekwater bij de gemalen langs de Nieuwe Waterweg en bij Scheveningen verwaarloosbaar klein zijn. Dit is ook aangenomen voor het gemaal bij punt 118 zodat voor alle gemalen geldt:

$$W_u \approx W_u^g \quad (13)$$

De lozingen werden door Delfland berekend uit gegevens over draaiuren van de gemalen, aantal ingeschakelde pompen en pompcapaciteiten. De resultaten van die berekeningen zijn uit het RIV-rapport overgenomen.

In tabel 4 zijn de lozingen voor elk lozingspunt per deelperiode opgenomen. De gegevens voor de punten 2 en 3 hebben betrekking op de totale lozing via de sluis en door het gemaal. De vervangende lozingen  $W_u^*$  zijn met een \* aangeduid. Uit de tabel blijkt dat voor lozingspunt 2 de hoeveelheid schut- en lekwater vanaf midden april tot het einde van de periode van onderzoek groter is geweest dan de som van lozingen via sluis en gemaal. Voor de andere lozingspunten met een sluis, de punten 3, 4 en 6 was de invloed van lek- en schutwater relatief veel kleiner dan voor punt 2. De totale afvoer van water op jaarbasis is onderaan in tabel 4 berekend. Daarbij zijn negatieve  $W_u$ -waarden niet meegerekend.

Tabel 4. Water- en bromide-aanvoer via het inlaatwater bij Leidschendam en afvoer via de losingspunten van het Hoogheemraadschap van Delfland

Periode	Leidschendam			Rotterdam			Schiedam			Vlaardingen			Naassluis			Hoek van Holland			Scheveningen			Rotterdam			Gravenzande														
	W <sub>1</sub> (10 <sup>6</sup> l)	C <sub>1</sub> (g/l)	B <sub>1</sub> (10 <sup>3</sup> kg)	W <sub>2</sub> (10 <sup>6</sup> l)	C <sub>2</sub> (g/l)	B <sub>2</sub> (10 <sup>3</sup> kg)	W <sub>3</sub> (10 <sup>6</sup> l)	C <sub>3</sub> (g/l)	B <sub>3</sub> (10 <sup>3</sup> kg)	W <sub>4</sub> (10 <sup>6</sup> l)	C <sub>4</sub> (g/l)	B <sub>4</sub> (10 <sup>3</sup> kg)	W <sub>5</sub> (10 <sup>6</sup> l)	C <sub>5</sub> (g/l)	B <sub>5</sub> (10 <sup>3</sup> kg)	W <sub>6</sub> (10 <sup>6</sup> l)	C <sub>6</sub> (g/l)	B <sub>6</sub> (10 <sup>3</sup> kg)	W <sub>7</sub> (10 <sup>6</sup> l)	C <sub>7</sub> (g/l)	B <sub>7</sub> (10 <sup>3</sup> kg)	W <sub>8</sub> (10 <sup>6</sup> l)	C <sub>8</sub> (g/l)	B <sub>8</sub> (10 <sup>3</sup> kg)	W <sub>9</sub> (10 <sup>6</sup> l)	C <sub>9</sub> (g/l)	B <sub>9</sub> (10 <sup>3</sup> kg)	W <sub>10</sub> (10 <sup>6</sup> l)	C <sub>10</sub> (g/l)	B <sub>10</sub> (10 <sup>3</sup> kg)	W <sub>11</sub> (10 <sup>6</sup> l)	C <sub>11</sub> (g/l)	B <sub>11</sub> (10 <sup>3</sup> kg)						
Sept. 1979	2,499	0,18	0,450	-0,187	-	0,049	0,74	0,036	0,085	2,65	0,172	0,393	3,23	1,317	-0,001	-	0,166	0,289	8,10	2,341	0,000	-	0,066	0,74	0,066	0,74	0,066	0,74	0,066	0,74	0,066	0,74	0,066	0,74	0,066	0,74			
Oct.	1,721	0,42	0,721	0,485	1,70	0,825	0,650	1,70	0,825	0,650	1,70	0,825	0,650	1,70	0,825	0,650	1,70	0,825	0,650	1,70	0,825	0,650	1,70	0,825	0,650	1,70	0,825	0,650	1,70	0,825	0,650	1,70	0,825	0,650	1,70	0,825	0,650	1,70	0,825
Nov.	0,791	0,31	0,245	0,057	3,29	0,182	0,171	3,20	0,347	0,089	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,486	8,20	3,821	1,20	0,302	0,031	1,70	0,031	1,70	0,031	1,70	0,031	1,70	0,031	1,70	0,031	1,70	0,031	1,70	0,031	1,70	
Dec.	0,148	(0,40)	0,059	0,326	2,20	0,717	1,353	2,20	0,717	1,353	2,20	0,717	1,353	2,20	0,717	1,353	2,20	0,717	1,353	2,20	0,717	1,353	2,20	0,717	1,353	2,20	0,717	1,353	2,20	0,717	1,353	2,20	0,717	1,353	2,20	0,717	1,353		
Jan. 1980	0,047	(0,40)	0,007	2,272	2,10	4,771	1,790	2,10	4,771	1,790	2,10	4,771	1,790	2,10	4,771	1,790	2,10	4,771	1,790	2,10	4,771	1,790	2,10	4,771	1,790	2,10	4,771	1,790	2,10	4,771	1,790	2,10	4,771	1,790	2,10	4,771	1,790		
Febr.	0,465	0,76	0,355	0,228	1,03	2,392	1,930	1,03	2,392	1,930	1,03	2,392	1,930	1,03	2,392	1,930	1,03	2,392	1,930	1,03	2,392	1,930	1,03	2,392	1,930	1,03	2,392	1,930	1,03	2,392	1,930	1,03	2,392	1,930	1,03	2,392	1,930		
Maart	0,601	0,38	0,228	0,463	1,10	0,509	0,317	1,10	0,509	0,317	1,10	0,509	0,317	1,10	0,509	0,317	1,10	0,509	0,317	1,10	0,509	0,317	1,10	0,509	0,317	1,10	0,509	0,317	1,10	0,509	0,317	1,10	0,509	0,317	1,10	0,509			
April	0,618	1,10	0,680	0,501	0,78	0,391	0,489	0,78	0,391	0,489	0,78	0,391	0,489	0,78	0,391	0,489	0,78	0,391	0,489	0,78	0,391	0,489	0,78	0,391	0,489	0,78	0,391	0,489	0,78	0,391	0,489	0,78	0,391	0,489	0,78	0,391	0,489		
Mei	1,644	0,79	1,299	-0,360	-	0,000	0,163	0,163	0,000	-	0,000	0,163	0,163	0,000	-	0,000	0,163	0,163	0,000	-	0,000	0,163	0,163	0,000	-	0,000	0,163	0,163	0,000	-	0,000	0,163	0,163	0,000	-	0,000	0,163		
Juni	4,873	0,32	1,559	-0,498	-	-0,032	-	-	-0,003	-	-	0,000	-	-0,002	-	0,000	0,195	1,14	0,222	0,171	1,65	0,282	0,000	-	0,000	0,195	1,14	0,222	0,171	1,65	0,282	0,000	-	0,000	0,195				
Juli	3,532	0,06	0,212	-0,419	-	0,000	-	-	-0,004	-	-	0,000	-	-0,003	-	0,000	1,567	2,60	4,074	0,369	3,10	1,444	0,094	0,10	0,009	1,567	2,60	4,074	0,369	3,10	1,444	0,094	0,10	0,009	1,567				
Aug.	0,699	0,31	0,217	0,000	-	0,000	0,74	0,984	-0,005	-	-	4,237	1,90	8,030	0,041	2,31	1,440	3,33	4,795	0,000	-	-	0,000	0,000	-	1,440	3,33	4,795	0,000	-	-	0,000	0,000	-	-				
Totaal	2,630	0,59	1,434	0,000	-	1,331	1,25	1,664	-0,004	-	-	0,360	2,55	0,918	-0,001	-	48,224	119,013	8,677	22,185	95,879	10,554	9,954	1,054	1,061	0,849	5,266	0,849	5,266	0,849	5,266	0,849	5,266	0,849	5,266				



#### 4.3.2. Berekening van de geloosde bromidehoeveelheden

De afvoer van bromide via het geloosde water wordt in principe berekend volgens:

$$B_u = W_u \cdot C_u \quad (14)$$

waarin  $W_u$  en  $B_u$  de afvoer van respectievelijk water en bromide zijn en  $C_u$  de bromideconcentratie in het geloosde water. Bij de lozingspunten met een sluis (2, 3, 4 en 6) is binnendringing van schut- en lekwater van belang voor een aantal van de deelperioden. De berekeningen moeten dan worden uitgevoerd met  $W_u^*$  als vervangende lozing, zoals uiteengezet in de vorige paragraaf.

Ook de in vergelijking (14) te gebruiken bromideconcentraties  $C_u$  verdienen nadere aandacht. In het kader van het onderzoek van WEGMAN e.a. (1982) is bij elk van de lozingspunten met uitzondering van punt 9 een proportionele bemonstering van het geloosde water nagestreefd. De vraag kan worden gesteld in hoeverre de bromideconcentraties in de proportionele monsters inderdaad representatief zijn voor de lozingen  $W_u$  als gedefinieerd door vergelijking (3). Het is immers aannemelijk dat de concentraties in de ter plaatse van een lozingspunt verzamelde proportionele monsters worden beïnvloed door binnendringing van schut- en/of lekwater. De concentratie zou dan in feite representatief zijn voor de lozing  $W_u^g$  als gedefinieerd door vergelijking (10) of (12). Dit zou dus bij alle lozingspunten met uitzondering van punt 9 het geval kunnen zijn. In principe zou een correctie doorgevoerd kunnen worden op basis van de bromideconcentratie van het schut- en lekwater. Praktisch is dit echter bij de lozingspunten 2 tot en met 7 niet mogelijk omdat de bromideconcentratie in het vanuit de Nieuwe Waterweg binnendringende schut- en lekwater onder invloed van de getijdebeweging aan voortdurende veranderingen onderhevig is.

Om een en ander nader te analyseren is in fig. 2 het verloop van de concentratie in de proportionele monsters voor de lozingspunten 2 tot en met 7 als blokdiagram weergegeven. Daarnaast is het concentratieverloop ter plaatse van de in fig. 1 en in tabel 3 opgenomen monsterpunten in het 'achterland' aangegeven. Uit de deelfiguren blijkt dat voor de lozingspunten 2, 3, 4, 5 en 6 de concentratie ter

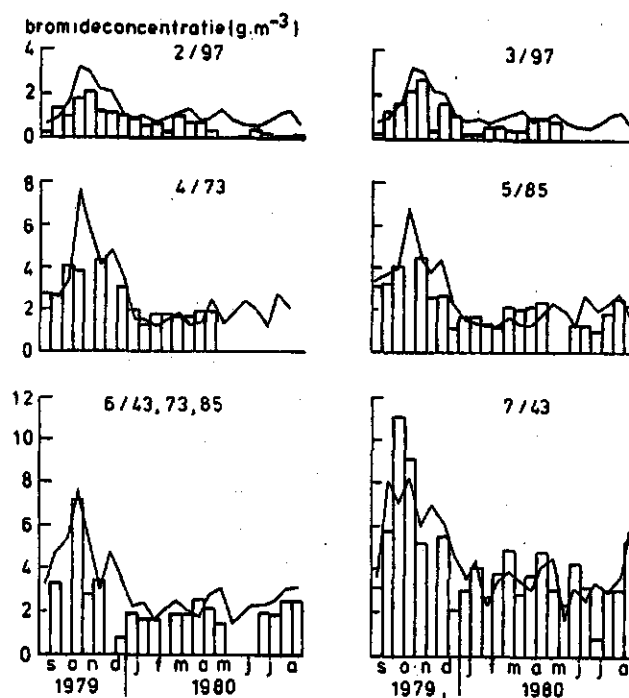


Fig. 2. Verloop van de bromideconcentratie in proportionele monsters verzameld bij de lozingspunten 2 tot en met 7 (blokdiagrammen) en in de nabij de lozingspunten wekelijks genomen boezemwatermonsters (—). Nummers van lozingspunten en van boezembemonsteringspunten, per deelfiguur aangegeven, corresponderen met de nummers in fig. 1 en tabel 3

plaatsse van de nabij gelegen boezembemonsteringspunten over de gehele periode van onderzoek gerekend hoger zijn dan de bromideconcentratie in de proportionele monsters. Daarnaast blijkt de bromideconcentratie ter plaatse van de boezembemonsteringspunten over het algemeen regelmatigiger te verlopen dan de concentratie in de corresponderende proportionele monsters. Deze verschillen zouden inderdaad een gevolg kunnen zijn van een invloed van schut- en/of lekwater op de proportionele monsters. Daarom is besloten de bromidelozingen te berekenen uitgaande van de concentraties bij de boezembemonsteringspunten in het 'achterland'. In tabel 4 zijn dan ook die concentraties als  $C_u$  bij de punten 2 tot en met 7 opgenomen. Voor de lozingspunten 8 en 118 is wèl gebruik gemaakt van de gegevens voor de proportionele

monsters omdat daar géén nabij gelegen boezembemonsteringspunten lagen.

#### 4.4. Aanvoer van bromide via zoute kwel

In hoofdstuk 3 is een omschrijving gegeven van een ICW-onderzoek naar de water- en zouthuishouding van onder meer het Hoogheemraadschap van Delfland (INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISSHOUDING, 1981). De gegevens in de tabellen 5 en 6 met betrekking tot de grootte van de kwel, de oppervlakten binnen Delfland en de chlorideconcentraties van het diepe grondwater zijn aan dat onderzoek ontleend. Zo kan bijvoorbeeld uit tabel 5 worden afgelezen dat in Delfland een oppervlakte van 450 ha (18 oppervlakte-eenheden van 25 ha) ligt met een kwel van  $0,25 \text{ mm.dag}^{-1}$  en een chlorideconcentratie van het diepe grondwater van  $350 \text{ g.m}^{-3}$ . Zoals in hoofdstuk 3 is opgemerkt werden de oppervlakte-eenheden met glastuinbouw als bodemgebruiksvorm niet gecodeerd ten aanzien van kwel en chlorideconcentratie. Wel werden specifieke glastuinbouwgebieden met zoute kwel onderscheiden. Deze vier gebieden (waaronder drie polders) zijn in tabel 6 opgenomen.

Tabel 5. Gegevens met betrekking tot gebieden met kwel, uitgezonderd glastuinbouwgebieden, in het Hoogheemraadschap van Delfland en de daaruit afgeleide bromidebelasting van het oppervlaktewater

Kwel (mm.dag <sup>-1</sup> )	Oppervlakte (ha)	Concentraties		Belastingen	
		chloride (g.m <sup>-3</sup> )	bromide (g.m <sup>-3</sup> )	water (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> .jr <sup>-1</sup> )	bromide (10 <sup>3</sup> kg.jr <sup>-1</sup> )
0,25	575	100	1,2	0,52	0,63
0,25	450	350	2,0	0,41	0,82
0,25	575	750	3,4	0,52	1,78
0,25	2200	1500	6,0	2,01	12,04
0,25	2900	3500	12,8	2,65	33,87
0,25	175	6000	21,4	0,16	3,42
0,50	50	350	2,0	0,09	0,18
0,50	225	750	3,4	0,41	1,40
0,50	225	1500	6,0	0,41	2,46
0,75	75	100	1,2	0,21	0,25
Totaal				7,39	56,85

Tabel 6. Gegevens over specifieke glastuinbouwgebieden met kwel in het Hoogheemraadschap van Delfland en de daaruit afgeleide bromidebelasting van het oppervlaktewater

Gebieds- omschrijving	Kwel (mm.dag <sup>-1</sup> )	Oppervl. (ha)	Concentraties		Belastingen	
			chloride (g.m <sup>-3</sup> )	bromide (g.m <sup>-3</sup> )	water (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> .jr <sup>-1</sup> )	bromide (10 <sup>3</sup> kg.jr <sup>-1</sup> )
De Lange Stukken	0,25	600	3500	12,8	0,54	7,00
Boschpolder	0,25	125	3500	12,8	0,11	1,46
Poëlpolder	0,25	55	3500	12,8	0,05	0,64
Woudse Droogmakerij	0,25	90	3500	12,8	0,08	1,05
Totaal					0,78	10,15

Om de bromidebelasting te berekenen moet ook de bromideconcentratie in het kwelwater bekend zijn. In het RIV-rapport zijn chloride- en bromideconcentraties voor een zestal monsters van het diepe grondwater gegeven. In het kader van de samenstelling van deze nota zijn in aanvulling daarop op acht andere locaties binnen Delfland kwelwatermonsters genomen en geanalyseerd. Bovendien werd het zeewater direct aan de kust ter hoogte van 's Gravenzande bemonsterd. Fig. 3 heeft betrekking op de analyseresultaten. De chloride- en bromideconcentraties blijken sterk gecorreleerd te zijn.

De volgende regressievergelijking werd hieruit berekend:

$$C_{Br} = 3,44 \times 10^{-3} C_{Cl} + 0,85 \quad r = 0,99 \quad (15)$$

waarin  $C_{Br}$  en  $C_{Cl}$  de bromide- en chlorideconcentraties zijn, beide uitgedrukt in g.m<sup>-3</sup>. De bromideconcentraties in de tabellen 5 en 6 zijn met vergelijking (15) berekend. De verdere berekening van de bromidebelasting op jaarbasis behoeft dan geen nadere toelichting.

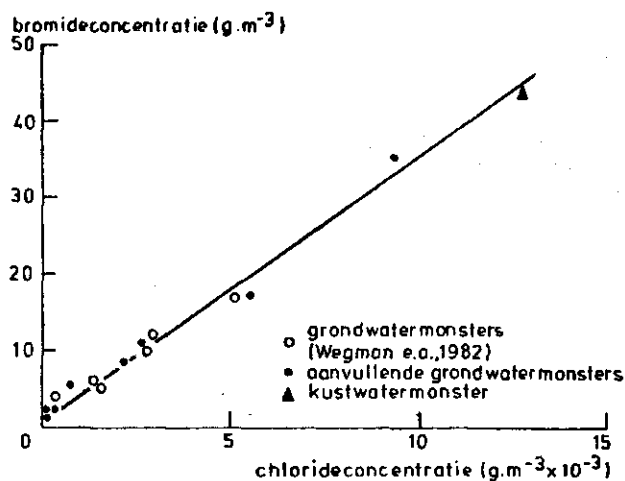


Fig. 3. Chloride- en bromideconcentraties in grondwatermonsters en een kustwatermonster

#### 4.5. Afvoer van bromide via wegzijging

##### 4.5.1. Berekening van de waterhoeveelheden

De basisgegevens in tabel 7 voor berekening van de afvoer van bromide via wegzijging naar het diepe grondwater zijn, met uitzondering van de wegzijging bij de bodemgebruiksvorm glastuinbouw, ontleend aan het INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING (1981).

Tabel 7. Oppervlakten bodemgebruikscategorieën met wegzijging in het Hoogheemraadschap van Delfland

Bodemgebruiksvorm	Oppervlakte (ha)	Wegzijging (mm.dag <sup>-1</sup> )
Grasland + recreatiegebied	8650	} 0,25
Open water	900	
Bouwland	675	
Grasland	200	0,25
Totaal	10 425	0,26*
Glastuinbouw	750	0,25

\*berekend als gewogen gemiddelde

De desbetreffende oppervlakte glastuinbouw van 750 ha met wegzijging ligt in het oostelijk deel van Delfland. Dit gedeelte van het Hoogheemraadschap kan worden gekarakteriseerd als een gebied met een wegzijging van  $0,25 \text{ mm.dag}^{-1}$  (WERKGROEP MIDDEN-WEST-NEDERLAND, 1976).

Schatting van de gemiddelde bromideconcentratie van het wegzijgende water levert meer problemen op. Het ligt voor de hand dat de concentratie bij het bodemgebruik glastuinbouw hoger zal zijn dan bij de overige vormen van bodemgebruik. Daarom zullen in de twee volgende paragrafen aparte berekeningen worden opgezet voor enerzijds de glastuinbouw en anderzijds de overige vormen van bodemgebruik.

#### 4.5.2. Wegzijging van bromide bij bodemgebruik glastuinbouw

De glastuinbouw in het oostelijk deel van Delfland met een gemiddelde wegzijging van  $0,25 \text{ mm.dag}^{-1}$  beslaat ca. 750 ha. De concentratie in het grondwater wordt in sterke mate bepaald door het al dan niet gebruiken van methylbromide als grondontsmettingsmiddel. Naar verhouding wordt op de in het algemeen zware gronden van oostelijk Delfland veel gestoomd en weinig gebruik gemaakt van methylbromide. Hier wordt aangenomen dat grondontsmetting met methylbromide plaats vindt op 20% van het kasareaal, dus op 150 ha. Verder wordt op grond van uitspoelonderzoek (WEGMAN e.a., 1980) aangenomen dat de gemiddelde bromideconcentratie in het ondiepe grondwater in deze kassen op  $25 \text{ g.m}^{-3}$  kan worden gesteld. In de resterende 600 ha moet met een lagere bromideconcentratie worden gerekend, die afhankelijk is van de concentratie  $C_s$  van het voor de gewasberekening gebruikte oppervlaktewater. Omdat het hier om het oostelijk deel van Delfland gaat, is die gemiddelde concentratie berekend uit de concentraties voor de monsterpunten 1, 73 en 97 in fig. 1. Uitgaande van gegevens uit het rapport van WEGMAN e.a. (1982) wordt berekend dat  $C_s = 1,3 \text{ g.m}^{-3}$ . Door 'indikking' van het beregende oppervlaktewater in de wortelzone zal het wegzijgende water een hogere concentratie hebben. Als de opname van bromide door het gewas wordt verwaarloosd geldt:

$$R \cdot C_s = (R - E) \cdot C_w \quad (16)$$

waarin: R = berekening in de kas

E = verdamping in de kas

$C_s$  = bromideconcentratie in het voor de berekening gebruikte oppervlaktewater

$C_w$  = bromideconcentratie in het bodemwater dat vanuit de wortelzone het grondwater bereikt

Als vuistregel voor de glastuinbouw wordt algemeen aangenomen dat:

$$(R - E)/R = 0,25 \quad (17)$$

waaruit dan direct volgt dat:

$$C_w = 4 \cdot C_s \quad (18)$$

Een en ander leidt dan tot de in tabel 8 opgenomen bijdragen van de glastuinbouw in oostelijk Delfland tot de wegzijging van bromide.

Tabel 8. Gegevens over gebieden met wegzijging in het Hoogheemraadschap van Delfland en de daaruit berekende afvoer van bromide

Bodemgebruik	Oppervlak (ha)	Water		Bromide	
		(mm.dag <sup>-1</sup> )	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> .jr <sup>-1</sup> )	(g.m <sup>-3</sup> )	(10 <sup>3</sup> kg.jr <sup>-1</sup> )
Glastuinbouw, met methylbromide ontsmet	150	0,25	0,14	25,0	3,42
Glastuinbouw, niet met methylbromide ontsmet	600	0,25	0,55	5,2	2,85
Grasland, bouwland, open water	10 425	0,26	9,89	0,46	4,55
Totaal			10,58		10,82

#### 4.5.3. Wegzijing van bromide bij overige bodemgebruikscategorieën

Uit tabel 7 kan worden afgeleid dat de wegzijing bij de bodemgebruikscategorieën grasland, open water en bouwland, berekend als gewogen gemiddelde,  $0,26 \text{ mm.dag}^{-1}$  is. Dit komt neer op 95 mm per jaar.

Schatting van de gemiddelde concentratie van het wegzijgende water is minder eenvoudig dan voor de glastuinbouw. Voor een perceel grond omringd door sloten in een gebied met wegzijing kan de volgende waterbalansvergelijking worden geschreven

$$N + I + R = W + A + E \quad (19)$$

waarin: N = neerslag

I = infiltratie vanuit de sloten in het zomerhalfjaar

R = beregening in het zomerhalfjaar

W = wegzijing

A = afvoer naar de sloten van overtollig water in het winterhalfjaar

E = evapotranspiratie

De vergelijking heeft betrekking op een balansperiode van één jaar bij 'gemiddelde' omstandigheden. Daarom ontbreekt een verandering van de vochtinhoud van het profiel als grootheid in vergelijking (19).

Een schatting van de grootheden levert het volgende op:

- N = 775 mm, gebaseerd op neerslaggegevens van het KNMI;
- I + R = 140 mm, gebaseerd op niet gepubliceerde resultaten van modelberekeningen van het ICW; deze berekeningen werden uitgevoerd voor de zomerhalfjaren van de periode 1971 tot en met 1978 met het model dat in INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING (1981) is beschreven; de berekeningen vonden echter niet in het kader van het onderzoek naar de bromidebelans van Delfland plaats en daarom zijn de grootheden I en R niet als afzonderlijk rekenresultaat beschikbaar; daarom wordt aangenomen dat de verdeling van het totaal zodanig was dat I = 120 mm en R = 20 mm;
- W = 95 mm, zoals aan het begin van deze paragraaf is opgemerkt;
- E = 525 mm, gebaseerd op gegevens van VAN BOHEEMEN (1980); als seizoenwaarde van de potentiële evapotranspiratie (periode van 1 april tot 1 oktober) voor grasland in het westelijk veenweide-



gebied in een 50% jaar wordt 475 mm opgegeven; op grond van de gegevens in tabel 7 is ter vereenvoudiging aangenomen dat het gehele oppervlak van 10 425 ha met wegzijging als grasland mag worden opgevat; verder is aangenomen dat de evapotranspiratie in het winterhalfjaar op 50 mm kan worden gesteld;

- $A = 295 \text{ mm}$ , berekend als restterm van de waterbalansvergelijking (19).

Behalve bovenstaande waterbalansgegevens zijn uiteraard ook de bromideconcentratie  $C_n$  van de natuurlijke neerslag en de bromideconcentratie  $C_s$  van het infiltrerende of voor berekening gebruikte oppervlaktewater van belang. Hiervoor zijn de volgende schattingen gemaakt:

- $C_n = 0,1 \text{ g.m}^{-3}$ , berekend als gewogen gemiddelde uit de gegevens in tabel 2;
- $C_s = 1,0 \text{ g.m}^{-3}$ , berekend als gemiddelde van de concentraties bij de monsterpunten 1, 73 en 97 in fig. 1; deze concentratie is lager dan de in de vorige paragraaf als gemiddelde berekende concentratie; dit houdt verband met het feit dat de infiltratie en berekening buiten de glastuinbouw beperkt zijn tot het zomerhalfjaar; de middeling heeft hier dan ook alléén over de gegevens voor het zomerhalfjaar plaatsgevonden.

Twee benaderingen zijn nu mogelijk die leiden tot een schatting van respectievelijk de maximale en minimale afvoer van bromide via wegzijging. In de eerste benadering wordt uitgegaan van volledige menging van de neerslag en het infiltrerende en beregende oppervlaktewater. De onverzadigde zone van het bodemprofiel wordt dan opgevat als mengvat waarop de volgende balansvergelijking van toepassing is:

$$(I + R) \cdot C_s + N \cdot C_n = (A + W) \cdot C_w \quad (20)$$

waarin  $C_w$  de gemiddelde concentratie van het water is dat vanuit de wortelzone het grondwater bereikt en naar het diepe grondwater wegzijgt of naar het oppervlaktewater wordt afgevoerd. Invullen van de eerder in deze paragraaf opgesomde gegevens resulteert dan in  $C_w = 0,56 \text{ g.m}^{-3}$ .

In de tweede benadering wordt de nadruk gelegd op de verhouding tussen de afvoer A die in het winterhalfjaar plaats vindt en de tegengesteld gerichte infiltratie I in het zomerhalfjaar. Uit de waterbalansgegevens blijkt dat  $A/I \approx 2,5$ . Op grond hiervan wordt aangenomen dat het in het zomerhalfjaar geïnfiltreerde water ten dele door het gewas wordt opgenomen en voor de rest weer naar het oppervlaktewater wordt afgevoerd in het winterhalfjaar. Dit geldt dan uiteraard ook voor de bromide in het infiltrerende water. In deze gedachtengang levert de infiltratie géén bijdrage tot de wegzijging, die dus alléén verband zou houden met de natuurlijke neerslag en de berekening. Het aannemen van volledige menging is dan alléén van toepassing op dát gedeelte van het perceel dat niet door infiltratiewater beïnvloed wordt. Daarvoor geldt dan de balansvergelijking:

$$N \cdot C_n + R \cdot C_s = (A + W - I) \cdot C_w$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in  $C_w = 0,36 \text{ g.m}^{-3}$ .

De berekening van de bijdrage van het gras- en bouwlandgebied via wegzijging in tabel 8 is uiteindelijk gebaseerd op  $C_w = 0,46 \text{ g.m}^{-3}$  als gemiddelde van de geschatte minimale en maximale bromideconcentraties in het bodemwater dat het grondwater bereikt.

#### 4.6. Aanvoer en afvoer van bromide via lozingen op en onttrekkingen aan het oppervlaktewater

Slechts een klein gedeelte van het huishoudelijk en industrieel afvalwater van Delfland wordt op boezem- of polderwateren geloosd. Uit gegevens in INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING (1981) blijkt dat het om een totale hoeveelheid van ca.  $0,95 \times 10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{jr}^{-1}$  gaat. Er zijn géén gegevens over de bromideconcentraties van de lozingen. Wanneer wordt aangenomen dat die in de orde van  $0,5 \text{ g.m}^{-3}$  liggen volgt daaruit voor de bromidelozing  $B_g \approx 0,5 \times 10^3 \text{ kg.jr}^{-1}$ .

De wateronttrekkingsgegevens in tabel 9 zijn aan hetzelfde

Tabel 9. Onttrekking van water voor industrieel en huishoudelijk gebruik in het Hoogheemraadschap van Delfland (naar INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING, 1981) en de daaruit afgeleide afvoer van bromide

Onttrekking	Locatie	Water- onttrekking ( $10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{jr}^{-1}$ )	Bromide		
			monsterpunt (fig. 1)	concentratie ( $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )	onttrekking ( $10^3 \text{ kg} \cdot \text{jr}^{-1}$ )
Industrie	Rotterdam	4,73	97	1,09	5,16
Industrie	Den Haag	4,10	1	0,41	1,68
Drinkwatermij	Monster	3,00	WDM	2,40	7,20
Totaal		11,83			14,04

ICW-rapport ontleend. Als bromideconcentraties voor de industriële onttrekkingen in Rotterdam en Den Haag zijn de gemiddelden van de concentraties voor respectievelijk de monsterpunten 97 en 1 in fig. 1 genomen. De betreffende gegevens zijn aan WEGMAN e.a. (1982) ontleend. De bromideconcentratie in het door de Westlandse Drinkwater Maatschappij (WDM) aan de boezem onttrokken en in de duinen geïnfiltreerde water is gebaseerd op gegevens die door de WDM werden verstrekt. De concentratie in tabel 9 is de gemiddelde concentratie over de balansperiode van 1 september 1979 tot en met 31 augustus 1980, gebaseerd op tweewekelijkse bemonstering van de boezem ter plaatse van het onttrekkingspunt tussen Monster en Loosduinen.

#### 4.7. Afvoer van bromide via agrarische produktie

De berekening van de afvoer van bromide via de agrarische produktie blijft beperkt tot de geproduceerde melk en de belangrijkste tuinbouwprodukten. De berekeningen zijn gebaseerd op opbrengstgegevens en bromidegehalten. De basisgegevens zijn in tabel 10 opgenomen.

De veilingaanvoergegevens voor de groentegewassen zijn ontleend aan de jaarverslagen over 1980 van de veilingen Westland-noord, Westland-zuid, Westerlee, Pijnacker en Bleiswijk. De aanvoer van de veiling Bleiswijk is naar schatting voor tweederde deel uit Schieland

Tabel 10. Gegevens over de agrarische produktie in het  
Hoogheemraadschap van Delfland en de daarmee samenhangende  
afvoer van bromide uit het gebied

Produkt	Veilingaanvoer (10 <sup>6</sup> kg)	Bromidegehalte (mg.kg <sup>-1</sup> )	Bromide-afvoer (10 <sup>3</sup> kg)
Tomaat	244,7	22	5,38
Komkommer	132,3	8	1,02
Sla	51,4	36	1,85
Paprika	20,7	16	0,33
Radijs	10,0	24	0,24
Aubergine	3,4	18	0,06
Chrysanten	19,2	50	0,96
Melk	105,0	5	0,52
Totaal			10,36

en voor eenderde deel uit Delfland afkomstig. De aanvoer van deze veiling is bij het opstellen van tabel 10 dan ook slechts voor eenderde deel meegerekend. De bromidegehalten zijn gebaseerd op gegevens van het CENTRAAL BUREAU VAN DE TUINBOUWVEILINGEN (1981). Voor de balansperiode waren alléén gegevens voor sla beschikbaar. De gegevens voor de overige gewassen hebben betrekking op monsters die in het eerste halfjaar van 1981 zijn genomen. Het is van belang op te merken dat sindsdien veel aandacht is besteed aan maatregelen om de bromidegehalten van voor de consumptie bestemde tuinbouwprodukten te verlagen. Dit heeft inmiddels geleid tot een aanzienlijke daling ten opzichte van de in tabel 10 opgenomen gehalten.

Wat de siergewassen betreft is vooral het areaal met chrysanten onder glas van betekenis. Volgens gegevens van het PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS (1982) was de oppervlakte met jaar-rond chrysanten in 1979 in het Westland ca. 250 ha. Voor het overige deel van Delfland is 25 ha in rekening gebracht. De produktie aan verse massa wordt

geschat op ca.  $7 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{jr}^{-1}$  (100 takken per  $\text{m}^2$  met een gemiddeld gewicht van 70 g per tak). Gegevens over het bromidegehalte ontbreken volledig. De veronderstelling van het relatief hoge gehalte van  $50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  in tabel 10 is gebaseerd op het feit dat in de chrysantenteelt weinig uitspoeling plaats vindt na grondontsmetting met methylbromide.

#### 4.8. Aanvoer van bromide via gebruik van strooizout

De grootheid  $B_r$  in de bromide balansvergelijking heeft betrekking op de hoeveelheid bromide, samenhangend met het gebruik van strooizout voor de gladheidsbestrijding. Het gemiddelde jaarlijkse zoutverbruik (natrium chloride) voor gladheidsbestrijding in Nederland over de periode 1966 tot en met 1979 was  $2,5 \times 10^8 \text{ kg} \cdot \text{jr}^{-1}$  (HOEKS, 1980). De oppervlakte van het Hoogheemraadschap van Delfland maakt ca. 1% uit van de totale landoppervlakte van Nederland. Daarom is aangenomen dat binnen de gebiedsgrenzen gemiddeld  $2,5 \times 10^6 \text{ kg}$  strooizout wordt toegepast hetgeen neerkomt op ca.  $1,5 \times 10^6 \text{ kg}$  chloride. Verder is aangenomen dat de massaverhouding tussen bromide en chloride in strooizout gelijk is aan de verhouding in het onderzochte kustwater en zoute grondwater. Die verhouding kan dan ontleend worden aan fig. 3 en is ca.  $3,5 \times 10^{-3}$ . Met behulp van deze gegevens wordt de bromide-aanvoer via strooizout dan berekend op gemiddeld ca.  $5 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{jr}^{-1}$ .

### 5. BESPREKING VAN DE BROMIDEBALANS EN CONCLUSIES

Na de berekening van de aan- en afvoerposten in hoofdstuk 4 kan de bromidebalans in haar totaliteit worden opgesteld. Daartoe zijn de resultaten van de berekeningen uit het vorige hoofdstuk in tabel 11 bijeengebracht. De grootheid  $B_u$  is gelijk aan de som van de lozingen via de onderscheiden lozingspunten in tabel 4. De grootheid  $B_q$ , berekend in par. 4.6 als ca.  $0,5 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{jr}^{-1}$ , is afgerond op  $1 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{jr}^{-1}$ .

In tabel 11 is ook de som van respectievelijk de gekwantificeerde aanvoer- en afvoerposten opgenomen. Volgens de vergelijkingen

Tabel 11. Overzicht van de in hoofdstuk 4 berekende aanvoerposten (bovenste gedeelte tabel) en afvoerposten (onderste gedeelte tabel) van de bromidebalans van het Hoogheemraadschap van Delfland

Aan-/afvoerpost	Aanduiding	Hoeveelheid bromide $10^3 \text{ kg.jr}^{-1}$
Neerslag	$B_n$	18 (tabel 2)
Ingelaten water	$B_i$	12 ( " 4)
Zoute kwel	$B_k$	57 ( " 5)
Lozingen afvalwater	$B_l$	1 -
Gladheidsbestrijding	$B_r$	5 -
Totaal aanvoer		103
Geloosde water	$B_u$	283 (tabel 4)
Wegzijging	$B_w$	11 ( " 8)
Onttrekking oppervlaktewater	$B_o$	14 ( " 9)
Agrarische produktie	$B_p$	10 ( " 10)
Totaal afvoer		318

(4), (5) en (6) moet het verschil worden toegeschreven aan bromide die als residu vrijkomt bij het gebruik van methylbromide als grondontsmettingsmiddel ( $B_g$ ) en aan een verandering van de hoeveelheid bromide binnen de gebiedsgrenzen ( $\Delta B$ ). Uit de gegevens in tabel 11 volgt dan:

$$B_g - \Delta B = 215 \times 10^3 \text{ kg.jr}^{-1}$$

In hoofdstuk 2 is ook opgemerkt dat  $\Delta B$  voor een onderzoeksperiode van precies één jaar onder 'gemiddelde' omstandigheden verwaarloosbaar klein zal zijn. Hierover kan het volgende worden opgemerkt. De totale neerslag gedurende de periode van onderzoek was 765 mm (zie tabel 2). Deze neerslaghoeveelheid wijkt slechts weinig af van het

langjarig gemiddelde voor het gebied. Dit rechtvaardigt de berekeningen in de par. 4.4 en 4.5 van de bijdragen van kwel en wegzijging op basis van 'gemiddelde' omstandigheden. Ook een significante toe- of afname van de hoeveelheid bromide binnen de gebiedsgrenzen ligt dan niet voor de hand. Een verandering van de bromideberging binnen de gebiedsgrenzen zou verder verwacht mogen worden bij sterk gewijzigde omstandigheden tijdens de periode van onderzoek in vergelijking met de omstandigheden in de voorafgaande jaren, zoals bijvoorbeeld een belangrijke toe- of afname van het gebruik van methylbromide of een verandering van de technische uitvoering van de grondontsmetting. Het verbruik lag in de periode 1979-1980 ruwweg op hetzelfde niveau als daarvoor. Veranderingen in de toepassingstechniek hebben zich evenmin voorgedaan. Op grond van deze overwegingen mag worden gesteld dat  $\Delta B \approx 0$  zodat  $B_g \approx 215 \times 10^3 \text{ kg.jr}^{-1}$ . De restterm  $B_g$  blijkt de grootte van alle andere grootheden van de bromidebalans met uitzondering van de afvoer  $B_u$  ver te boven te gaan. Dit houdt in dat zelfs relatief grote fouten in moeilijk te kwantificeren grootheden, zoals bijvoorbeeld  $B_w$ , slechts een relatief kleine invloed zullen hebben op de berekende  $B_g$ . Dit geldt ook voor de verwaarlozing van mogelijke onbekende restposten.

Het totale jaarlijkse verbruik van methylbromide in de glastuinbouw binnen de grenzen van de Hoogheemraadschappen van Delfland en Schieland in de periode waarin het onderzoek plaats vond was ca.  $2000 \times 10^3 \text{ kg}$ . Het ontsmette oppervlak zou dan bij een gemiddelde dosering van  $100 \text{ g.m}^{-2}$  2000 ha zijn geweest. Het totale glasareaal in genoemde Hoogheemraadschappen was 4550 ha waarvan 4025 ha oftewel 88% in Delfland. Bij een evenredige verdeling van de toegepaste hoeveelheid methylbromide zou dit neerkomen op een hoeveelheid van ca.  $1760 \times 10^3 \text{ kg.jr}^{-1}$  in Delfland. Bij volledige afbraak zou hieruit een hoeveelheid bromide van ca.  $1480 \times 10^3 \text{ kg.jr}^{-1}$  bromide vrijkomen (berekend m.b.v. atoomgewicht van bromide (= 80) en molecuulgewicht van methylbromide (= 95)). De verhouding tussen de uit de bromidebalans afgeleide grootte van  $B_g$  en de hoeveelheid bromide die zou zijn vrijgekomen bij volledige afbraak is dan 0,15 (= 215/1480). Met andere woorden: van de totale bij grondontsmetting toegepaste hoeveelheid methylbromide zou ca. 15% in de bodem zijn omgezet. De

resterende 85% zou gedurende de grondontsmetting via luchtmissie tot afvoer zijn gekomen.

DAELEMANS (1978) heeft een gedetailleerd onderzoek verricht naar de invloed van de grondsoort, de temperatuur en het vochtgehalte op de afbraak van methylbromide. Hij concludeerde dat de afbraak bij grondontsmetting onder praktijkomstandigheden in de orde van 10-30% lag. De uit het balansonderzoek afgeleide afbraak van 15% valt binnen het door Daelemans gevonden traject en moet worden beschouwd als een gemiddelde voor de sterk uiteenlopende bodemtypen die in de glastuinbouwgebieden van Delfland voorkomen.

Het is van belang op te merken dat de bromidebalans voor de periode 1979-1980 in sterke mate bepaald wordt door de toen gebruikelijke praktijkomstandigheden bij de grondontsmetting. Hiermee wordt bedoeld op het ontsmette areaal (geschat op ca. 1750 ha in Delfland), de dosering (geschat op gemiddeld  $100 \text{ g.m}^{-2}$ ), het gebruikte afdekfolie (lage dichtheid polyetheen, aangeduid als LDPE) en de toen gebruikelijke afdektijd (gemiddeld drie dagen). Na 1980 zijn een aantal beperkende maatregelen van kracht geworden waardoor het ontsmette areaal is verkleind, de dosering is verlaagd, het gebruik van afdekfolie met een lagere permeatie is voorgeschreven en de afdektijd is verlengd. Verdere balansberekeningen zullen moeten uitwijzen in hoeverre de grootte  $B_g$  van de bromidebalans hierdoor is verlaagd.

#### SAMENVATTING

Deze nota heeft betrekking op bromidebalansberekeningen voor het Hoogheemraadschap van Delfland. De berekeningen zijn opgezet om de invloed van het gebruik van methylbromide als grondontsmettingsmiddel op de bromidehuishouding van het gebied te kwantificeren en te plaatsen tegenover andere posten die bijdragen tot de bromidebalans.

De berekeningen hebben betrekking op de periode vanaf september 1979 tot en met augustus 1980 en zijn grotendeels gebaseerd op bestaande gegevens. Dit betrof in het bijzonder een recent rapport van het Rijks Instituut voor de Volksgezondheid (WEGMAN e.a., 1982) waaraan gegevens over de bromideconcentraties in regenwater en in het grond- en oppervlaktewater zijn ontleend. Daarnaast is veelvuldig gebruik



gemaakt van gegevens uit een onderzoek van het INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING (1981) naar de water- en zout-huishouding van het gebied. Met behulp van deze en andere gegevens werden op jaarbasis de volgende aanvoerposten van de bromidebalans gekwantificeerd:

- aanvoer vanuit het diepe grondwater in gebieden met zoute kwel (ca.  $67 \times 10^3$  kg);
- aanvoer via de neerslag (ca.  $18 \times 10^3$  kg);
- aanvoer via het voor polder- en boezempeilbeheersing ingelaten water in droge perioden (ca.  $12 \times 10^3$  kg);
- aanvoer via strooizout voor gladheidsbestrijding (ca.  $5 \times 10^3$  kg);
- aanvoer via lozingen van afvalwater (ca.  $1 \times 10^3$  kg).

Daartegenover zijn de volgende afvoerposten berekend:

- afvoer via het voor polder- en boezempeilbeheersing geloosde water in natte perioden (ca.  $283 \times 10^3$  kg);
- afvoer via het voor huishoudelijk en industrieel gebruik onttrokken boezemwater (ca.  $14 \times 10^3$  kg);
- afvoer naar het diepe grondwater in gebieden met wegzijging (ca.  $11 \times 10^3$  kg);
- afvoer via melk- en tuinbouwprodukten (ca.  $10 \times 10^3$  kg).

Het verschil tussen de som van de berekende afvoerposten en de som van de aanvoerposten is  $215 \times 10^3$  kg. Deze restpost wordt toegeschreven aan het vrijkomen van bromide als residu in de grond bij ontsmetting met methylbromide. Dit blijkt dus een relatief grote post in de bromidebalans van het Hoogheemraadschap te zijn.

Het totale methylbromide verbruik in Delfland in de balansperiode 1979-1980 is geschat op ca.  $1750 \times 10^3$  kg. Bij volledige afbraak in de grond zou hieruit ca.  $1475 \times 10^3$  kg bromide als residu zijn vrijgekomen. De via de balans berekende en aan het gebruik van methylbromide toegeschreven hoeveelheid bromide van  $215 \times 10^3$  kg blijkt dan dus ca. 15% te zijn van de hoeveelheid die bij volledige afbraak zou zijn vrijgekomen. Dit is in overeenstemming met literatuurgegevens die wijzen op een afbraak in de orde van 10 tot 30%, afhankelijk van vooral de bodemkundige omstandigheden (DAELEMANS, 1978).

Na de balansperiode zijn in 1981 een aantal voorschriften van kracht geworden waardoor het met methylbromide ontsmette oppervlak is verkleind en de dosering is verlaagd. De aanvoer van bromide via zoute kwel, via de neerslag, via het ingelaten water, via het gebruik van strooizout en via lozingen van afvalwater zullen daardoor niet zijn beïnvloed. De aanvoer via gebruik van methylbromide en de vier genoemde afvoerposten daarentegen zullen daardoor zijn verlaagd. In vervolgberekeningen zal de betekenis van de beperkingen van het methylbromide gebruik op de bromidebalans worden gekwantificeerd.

## LITERATUUR

- BOHEEMEN, P.J.M. VAN, 1980. Seizoen en piekbehoefte aan kunstmatige watervoorziening bij gras, aardappelen en tuinbouwgewassen. ICW-nota 1211.
- CENTRAAL BUREAU VAN DE TUINBOUWVEILINGEN, 1981. Niet gepubliceerde gegevens.
- CENTRAAL BUREAU VOOR DE STATISTIEK, 1977. Bodemstatistiek per 1-1-1977. (CBS).
- DAELEMANS, A., 1978. Het gedrag van methylbromide in de bodem en de opname van bromide uit ontsmette gronden. Proefschrift, Katholieke Universiteit Leuven, Faculteit der Landbouwwetenschappen.
- HOEKS, J., 1980. Lokale belasting van het grond- en oppervlaktewater bij verkeerswegen en vuilstortplaatsen in de provincie Noord-Holland. ICW-nota 1178.
- INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING, 1981. Voortgezet onderzoek kanaal Waddinxveen-Voorburg, deelrapport 1. ICW-nota 1249.
- PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS, 1982. Persoonlijke communicatie.
- WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM, 1979. Onderzoek naar de waterbehoefte ter bestrijding van de externe verzilting van de Hoogheemraadschappen Delfland en Schieland. Rapport R 1452.
- WEGMAN, R.C.C., Ph. HAMAKER en H. DE HEER, 1980. Methylbromide en anorganisch bromide in drainwater en oppervlaktewater tijdens uitspoeling van kasgronden na ontsmetting met methylbromide. RIV-rapport nr 71/80 RA.
- , H. de Heer en Ph. HAMAKER, 1982. De bromidehuishouding van het Hoogheemraadschap van Delfland in de periode mei 1979 tot en met oktober 1980. RIV-rapport nr 217901003.
- WERKGROEP MIDDEN-WEST-NEDERLAND, 1976. Hydrologie en Waterkwaliteit van Midden-West-Nederland. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Regionale Studies 9.

## Bijlage 1

### BEREKENING VAN SCHUT- EN LEKWATER BIJ SLUIZEN

#### Methode van berekening

De hoeveelheden schut- en lekwater bij de in tabel 1.1 opgenomen contactpunten tussen Delflands boezem en het oppervlaktewater buiten het Hoogheemraadschap moeten bij de bepaling van de waterbalans in rekening worden gebracht. Bij de schutsluizen is onderscheid gemaakt tussen enerzijds de contactpunten 1 en 9 waar wegstroming van water vanuit Delfland optreedt en anderzijds de langs de Nieuwe Maas en Nieuwe Waterweg gelegen contactpunten 2, 3 en 4 waar water Delfland binnendringt. De berekening van de hoeveelheid schutwater in de onderscheiden situaties verloopt volgens de vergelijkingen:

$$W_u^S = N \cdot l \cdot b \cdot (h_d - h_e) \quad (1.1)$$

$$\text{en } W_i^S = N \cdot l \cdot b \cdot (h_e - h_d) \quad (1.2)$$

waarin:  $W_u^S$  = hoeveelheid schutwater die vanuit Delflands boezem wegstroomt (bij contactpunten 1 en 9)

$W_i^S$  = hoeveelheid schutwater die van buitenaf naar Delflands boezem toestroomt (bij contactpunten 2, 3 en 4)

$N$  = aantal schutcyclussen

$l$  = lengte schutkolk

$b$  = breedte schutkolk

$h_d$  = boezempeil van Delfland ten opzichte van NAP (= NAP-0,40 m)

$h_e$  = waterpeil buiten Delfland ten opzichte van NAP ter plaatse van het desbetreffende contactpunt

De berekeningen zullen nu nader worden toegelicht. Daarbij is uitgegaan van de gegevens in tabel 1.1 die aan het in hoofdstuk 3 genoemde rapport van het WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM (1979) zijn ontleend. De noodzakelijke gegevens met betrekking tot het scheepvaart verkeer waaruit de aantallen schutcyclussen in de tabellen 1.2 en 1.3 zijn afgeleid werden via het Hoogheemraadschap van Delfland verkregen.

Tabel 1.1. Basisgegevens voor berekening van de hoeveelheden schutwater en de hoeveelheden lekwater bij sluizen van het Hoogheemraadschap van Delfland; GHW en GLW zijn gemiddeld hoogwater- en laagwaterpeil ten opzichte van NAP;  $h_e$  is gemiddeld waterpeil buiten Delfland ter plaatse van betreffende sluis ten opzichte van NAP;  $\ell$  en b zijn lengte en breedte van de schutkolk;  $W_i^{\ell}$  is hoeveelheid lekwater

Contactpunt	GHW (m)	GLW (m)	$h_e$ (m)	$\ell$ (m)	b (m)	$W_i^{\ell}$ ( $10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{maand}^{-1}$ )
1. Leidschendam	-	-	-0,60	$\ell.b. = 762 \text{ m}^2$	-	-
				161,4	14,0	
2. Rotterdam	+1,16	-0,52	+0,32			0,030
				158,3	6,0	
3. Schiedam	Sluis a/d Koopmansbeurs +1,20	-0,50	+0,35	80,0	9,0	0,003
4. Vlaardingen	Vlaardingerdriesluis zie tabel 1.3			22,0	4,9	0,006
9. Rotterdam	Bergsluis	-	-1,20	85,0	6,0	-

Bijlage 1 vervolg

Berekeningen voor de contactpunten 1 en 9

Het aantal schutcyclussen per maand voor de contactpunten 1 en 9 is opgenomen in tabel 1.2. Gegevens over de dimensies van de schutkolk staan in tabel 1.1. Bij de berekeningen is verder uitgegaan van  $h_d = \text{NAP} - 0,40 \text{ m}$  zodat  $(h_d - h_e)$  gelijk wordt aan  $+0,20 \text{ m}$  voor contactpunt 1 en  $+0,80 \text{ m}$  voor contactpunt 9. De met vergelijking 1.1 berekende hoeveelheid schutwater per maand is in tabel 1.2 opgenomen.

Tabel 1.2. Het aantal schutcyclussen N en de met behulp van tabel 1.1 daaruit berekende hoeveelheden schutwater  $W_u^s$  die per maand vanuit het Hoogheemraadschap van Delfland wegstromen ter plaatse van de contactpunten 1 en 9

Periode	Contactpunt 1 sluis Leidschendam		Contactpunt 9 Bergsluis Rotterdam	
	N	$W_u^s$	N	$W_u^s$
	(maand <sup>-1</sup> )	( $10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{maand}^{-1}$ )	(maand <sup>-1</sup> )	( $10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{maand}^{-1}$ )
September 1979	401	0,061	326	0,133
Oktober	372	0,057	152	0,062
November	242	0,037	38	0,016
December	138	0,021	10	0,004
Januari 1980	104	0,016	9	0,004
Februari	131	0,020	22	0,009
Maart	212	0,032	28	0,011
April	343	0,052	151	0,062
Mei	484	0,074	441	0,180
Juni	500	0,076	385	0,157
Juli	571	0,087	463	0,189
Augustus	526	0,080	481	0,196

## Berekeningen voor de contactpunten 2, 3 en 4

Bij de contactpunten 2, 3 en 4 is het peilverschil ( $h_e - h_d$ ) variabel in verband met de getijdebeweging. Bovendien is bij contactpunt 4 een schutbeperking van kracht. In het rapport van het Waterloopkundig Laboratorium wordt aangetoond dat het voor de contactpunten 2 en 3, waarvoor géén schutbeperkingen gelden, verantwoord is de berekeningen uit te voeren met een benadering voor het gemiddelde waterpeil buiten Delfland volgens:

$$h_e = \frac{1}{2}(GHW + GLW)$$

waarin: GHW = gemiddelde waterstand bij hoogwater ten opzichte van  
NAP

GLW = gemiddelde waterstand bij laagwater ten opzichte van  
NAP

De gemiddelde hoogwater- en laagwaterstanden voor de contactpunten 2 en 3 zijn opgenomen in tabel 1.1. Met  $h_d = \text{NAP} - 0,40$  m volgt dan dat  $(h_e - h_d) = 0,72$  m voor contactpunt 2 en  $(h_e - h_d) = 0,75$  m voor contactpunt 3.

Voor contactpunt 4 wordt door het Hoogheemraadschap een register bijgehouden waarin voor elke schutting het verval over de sluis wordt genoteerd. Hieruit is per maand het gewogen gemiddelde van het verval ( $h_e - h_d$ ) berekend. Dit gegeven is in tabel 1.3 naast het aantal schutcyclussen N opgenomen.

Invullen van de desbetreffende gegevens in vergelijking 1.2 resulteert dan uiteindelijk in de in tabel 1.3 voor de contactpunten 2, 3 en 4 opgenomen hoeveelheden schutwater  $W_i^s$ .

Tabel 1.3. Het aantal schutcyclussen (N), het peilverschil ( $h_e - h_d$ ) (alleen voor contactpunt 3) en de daaruit volgens vergelijking (1.2) met behulp van de gegevens in tabel 1.1 berekende toestroming van schutwater ( $W_i^s$ ) naar Delflands boezem

Periode	Contactpunt 2 - Parksluizen Rotterdam			Contactpunt 3 - Schiedam			Contactpunt 4 - Vlaardingen		
	grote sluis	kleine sluis	totaal	sluis a/d Koopmansbeurs	Vlaardingerriesluis	N	$h_e - h_d$	$W_i^s$	
	$N$ (maand <sup>-1</sup> ) ( $10^6 \cdot 3$ maand <sup>-1</sup> )	$N$ (maand <sup>-1</sup> ) ( $10^6 \cdot 3$ maand <sup>-1</sup> )	$W_i^s$ ( $10^6 \cdot 3$ maand <sup>-1</sup> ) ( $10^6 \cdot 3$ maand <sup>-1</sup> )	$N$ (maand <sup>-1</sup> ) ( $10^6 \cdot 3$ maand <sup>-1</sup> )	$W_i^s$ ( $10^6 \cdot 3$ maand <sup>-1</sup> ) ( $10^6 \cdot 3$ maand <sup>-1</sup> )	$N$ (maand <sup>-1</sup> ) ( $10^6 \cdot 3$ maand <sup>-1</sup> )	(m)	$W_i^s$ ( $10^6 \cdot 3$ maand <sup>-1</sup> )	
September 1979	422	160	0,109	128	0,069	98	0,20	0,002	
Oktober	597	136	0,093	140	0,076	71	0,19	0,001	
November	416	132	0,090	137	0,074	67	0,30	0,002	
December	313	60	0,041	105	0,057	7	0,25	0,000	
Januari 1980	349	92	0,063	92	0,050	6	0,06	0,000	
Februari	510	107	0,073	126	0,068	7	0,01	0,000	
Maart	563	105	0,072	114	0,062	13	0,05	0,000	
April	544	124	0,085	185	0,100	111	0,18	0,002	
Mei	505	209	0,143	186	0,100	219	0,05	0,001	
Juni	566	194	0,133	184	0,099	102	0,24	0,003	
Juli	424	246	0,168	181	0,098	142	0,27	0,004	
Augustus	530	175	0,120	175	0,095	117	0,27	0,003	