

Een analyse van de accumulatie van verontreinigingen bij hergebruik van water

1. Inleiding

Hergebruikprocessen staan de laatste jaren sterk in de belangstelling omdat toepassing ervan een vermindering van het grondstoffenverbruik alsmede een vermindering van de belasting van het milieu met afvalstoffen tot gevolg kan hebben. In het geval van hergebruik van water vindt een indirecte toepassing reeds jaren plaats doordat steden en industrieën hun afvalwater lozen op oppervlaktewater, dat als bron voor de drinkwatervoorziening gebruikt wordt. Al sedert de ontdekking van bacteriën en

gebruik van water wordt veroorzaakt door het feit dat tijdens het gebruik van water in huishoudens en industrieën verontreinigende stoffen in het water terecht komen. Afhankelijk van het toegepaste hergebruik-systeem kan dit leiden tot een accumulatie van verontreinigingen hetgeen een (verhoogd) risico voor de volksgezondheid met zich mee kan brengen.

In dit artikel wordt een recirculatiemodel beschreven, waarmee het concentratieverloop bij hergebruik berekend kan worden als functie van enkele procesvariabelen, zoals de effectiviteit van de zuivering en de mate van hergebruik.

Met dit model is het mogelijk een analyse te maken van de accumulatie van verontreinigingen bij hergebruik van water.

Door Kuiper en Wechsler is een hergebruikmodel ontwikkeld dat gebaseerd is op een evenwichtssituatie [2]. Hiermee is het niet mogelijk om dynamische verschijnselen bij het recirculatieproces te beschouwen, terwijl ook de bovengenoemde accumulatie-analyse niet verricht kan worden. Bovendien kan

dit model niet toegepast worden op indirect hergebruik via het oppervlaktewater.

2. Open recirculatiemodel

Het model kan toegepast worden zowel op indirect hergebruik van water via het oppervlaktewater als op direct hergebruik in een kringloopsysteem. In het eerste geval stelt Q de hoeveelheid afvalwater voor, die geloosd wordt op het oppervlaktewater. (zie afb. 1).

In veel gevallen zal deze hoeveelheid klein zijn t.o.v. de afvoer van het oppervlaktewater (M), zodat de hergebruikfactor (R) eveneens klein zal zijn (bij Rijn is R ongeveer 0,05). In het tweede geval is Q de hoeveelheid afvalwater die in het beschouwde systeem gerecirculeerd wordt (zie afb. 2).

Deze methode zal in het algemeen pas toegepast worden wanneer de waterbehoefte in het voorzieningsgebied groter is dan de capaciteit van de conventionele bron. Dit betekent dat Q bepaald wordt door het verschil tussen capaciteit en waterbehoefte; een randvoorwaarde hierbij is dat



IR. J. C. VAN DIJK
TH Delft
(thans werkzaam bij DHV)



IR. H. HOFMAN
RID

hun vermogen om besmettelijke ziekten te veroorzaken, heeft men gewezen op het gevaar van een dergelijk indirect hergebruik van water. De ontwikkeling van desinfectie-technieken als langzame zandfiltratie, chloring en ozonisatie, heeft dit gevaar in het verleden weliswaar ondervangen, maar het is de vraag of deze technieken ook in de toekomst afdoende zullen werken. Het aandeel van het afvalwater in de totale afvoer van het oppervlaktewater neemt immers door de groei van de bevolking en de groei van het hoofdelijk waterverbruik de laatste jaren voortdurend toe. Bovendien vindt een verschuiving plaats in de aard van de verontreinigingen doordat een steeds groter aantal chemische verontreinigingen met mogelijk toxische of carcinogene eigenschappen in het afvalwater voorkomt.

De discussie over de gevolgen voor de volksgezondheid van deze chemische verontreinigingen heeft een nieuwe impuls gekregen door de publikatie van het zgn. New Orleans Report [1]. In dit rapport wordt een relatie gelegd tussen het consumeren van drinkwater bereid uit vervuild oppervlaktewater en het voorkomen van verschillende soorten kanker. Ook het aantonen van carcinogene stoffen in drink- en afvalwater heeft ertoe bijgedragen dat men de noodzaak van een diepgaand onderzoek naar de gezondheidsaspecten van direct en indirect hergebruik van water is gaan inzien.

Het potentiële gezondheidsrisico van her-

Symbolenlijst

- C_n = Concentratie van een verontreiniging A in het drinkwater in de n -de cyclus.
 ΔC = 'Use increment', dit is het verschil tussen de concentratie van A in het afvalwater en de concentratie in het drinkwater.
 $C_{(n+1)a}$ = Concentratie van A in het afvalwater na de afvalwaterzuivering (zuivering 1).
 C_m = Concentratie van A in de conventionele bron (oppervlaktewater, grondwater).
 C_{me} = Concentratie van A in de conventionele bron na de drinkwaterzuivering (zuivering 2); dit is tevens de concentratie van A in het drinkwater tijdens de 1e cyclus.
 Q = Hoeveelheid gerecirculeerd afvalwater per tijdseenheid.
 M = Hoeveelheid water die per tijdseenheid door de conventionele bron geproduceerd wordt.
 P = Hoeveelheid water die per tijdseenheid uit het systeem verdwijnt. Hieronder vallen de verliezen ten gevolge van tuinsproeien, lekken in leidingen, verdamping enz.; de hoeveelheid water die het systeem infiltreert (bijv. regenwater) dient hierop in mindering te worden gebracht. Het is gemakkelijk aan te tonen dat het vereenvoudigen van deze hoeveelheden tot het 'netto verlies' P volledig verantwoord is. De gevonden relaties worden hierdoor niet beïnvloed.
 R = De hergebruikfactor; dit is de verhouding tussen de hoeveelheid gerecirculeerd afvalwater en de hoeveelheid water die per tijdseenheid geproduceerd wordt door de conventionele bron ($R = \frac{Q}{M}$).
 $S_{1,2}$ = De scheidingsfactor; dit is de verhouding tussen de concentratie van A voor en na de zuivering 1 resp. 2. De werking van de zuiveringsinstallaties kan ook uitgedrukt worden in het zuiveringsrendement

$$\eta = \frac{\text{concentr. voor zuiv.} - \text{concentr. na zuiv.}}{\text{concentratie voor zuivering}} \times 100 \%$$

Deze beide factoren zijn aan elkaar gerelateerd volgens $S = \frac{100}{100 - \eta}$.

$$A = \frac{1}{S_1} \cdot \frac{Q}{Q+M}$$

$$B = \frac{1}{S_2} \cdot \frac{Q}{Q+M}$$

$M - P \geq 0$. Uitwerking van deze voorwaarden levert dat de hergebruikfactor R in een kringloopsysteem minimaal $1/3$ en maximaal 3 zal zijn.

Door toepassing van een massabalans op het in afb. 1 weergegeven model kan afgeleid worden dat de concentratie van verontreiniging A in het drinkwater na n -keer hergebruik wordt:

$$C_n = A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \dots A_n \cdot C_0 + B_n \cdot C_{mn} + A_n (\Delta C_n + B_{mn-1} C_{mn-1} + A_{n-1} (\Delta C_{n-1} + B_{mn-2} C_{mn-2} + A_{n-2} (\dots))) \quad (1)$$

Deze vergelijking waarin alle parameters onafhankelijk en variabel zijn, kan gebruikt worden voor simulatie-studies.

Voor eenvoudige demonstraties van de toepassingsmogelijkheden van het model is de vergelijking echter te ingewikkeld.

Wanneer we aannemen dat A , B , ΔC en C_m constant zijn, geldt vergelijking (2):

$$C_n = A^n \cdot C_0 + \Delta C \sum_{n=1}^{n=n} A^n + B C_m \sum_{n=0}^{n=n} A^n \quad (2)$$

Voor $n \rightarrow \infty$ wordt de evenwichtswaarde bereikt:

$$C_\infty = \frac{1}{1-A} \{A \cdot \Delta C + B \cdot C_m\} \quad (3)$$

Substitutie van A , B , R en C_{me} levert:

$$C_\infty = \Delta C \cdot \frac{R}{S_1(R+1) - R} + C_{me} \cdot \frac{S_1}{S_1(R+1) - R} \quad (4)$$

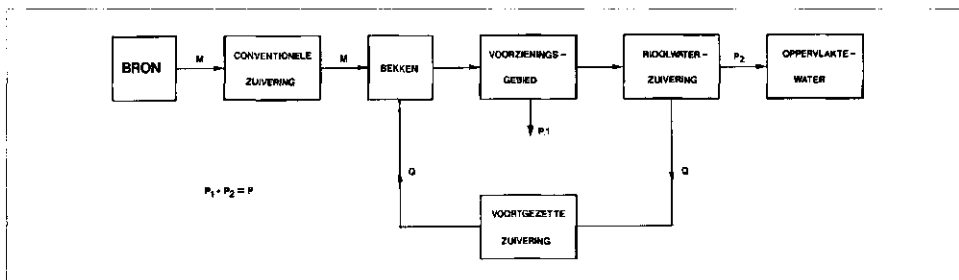
Het blijkt dat de concentratie bij een recirculatieproces nadert tot een limiet welke bepaald wordt door 4 factoren, namelijk:

1. de concentratie van de beschouwde stof in de conventionele bron na de zuivering (C_{me});
2. de 'use increment' van de beschouwde stof (ΔC);
3. de hergebruikfactor (R), die bij een kringloopproces vrij groot is en bij indirect hergebruik (nu nog) relatief klein;
4. de scheidingsfactor (S_1), die afhankelijk is van de toegepaste (afvalwater)zuiveringsprocessen.

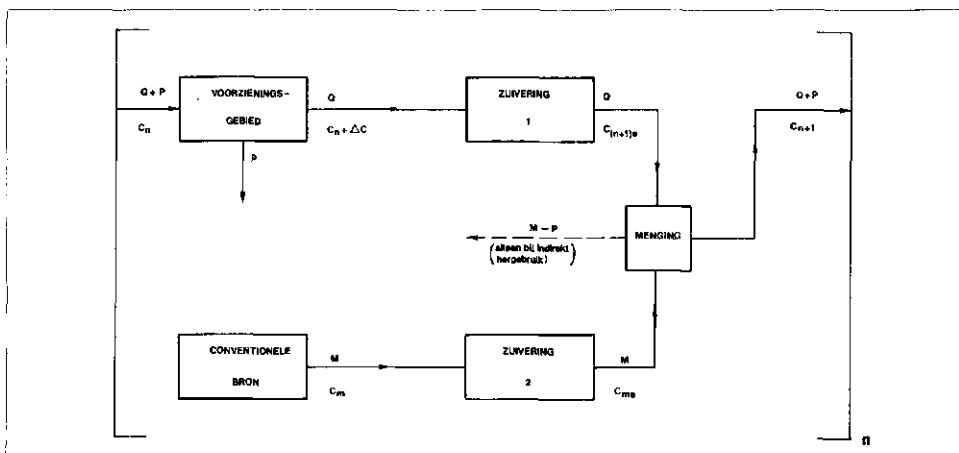
Wanneer geen zuivering wordt toegepast of wanneer de beschouwde stof in de zuivering niet verwijderd wordt, dan heeft S_1 de waarde 1. Vergelijking (4) is in dit geval te vereenvoudigen tot:

$$C_\infty = C_{me} + \Delta C \cdot R \quad (5)$$

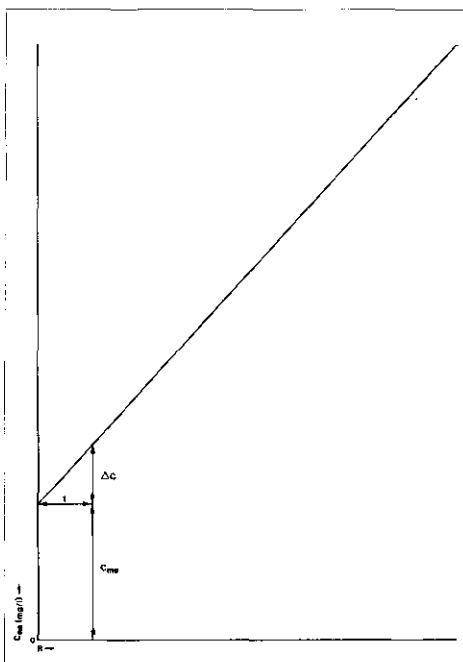
De eindwaarde van de concentratie is lineair afhankelijk van de hergebruikfactor R , zoals in afb. 3 is weergegeven.



Afb. 1 - Open recirculatie model.



Afb. 2 - Kringloopsysteem.



Afb. 3 - Concentratieverloop bij hergebruik van een stof die niet verwijderd wordt in de zuivering.

3. Toepassingen

Hoewel zowel van direct als van indirect hergebruik van water vele voorbeelden bekend zijn, zijn kwantitatieve gegevens over het concentratieverloop bij recirculatie in de literatuur opmerkelijk schaars.

Van bekende projecten als die te Wind-

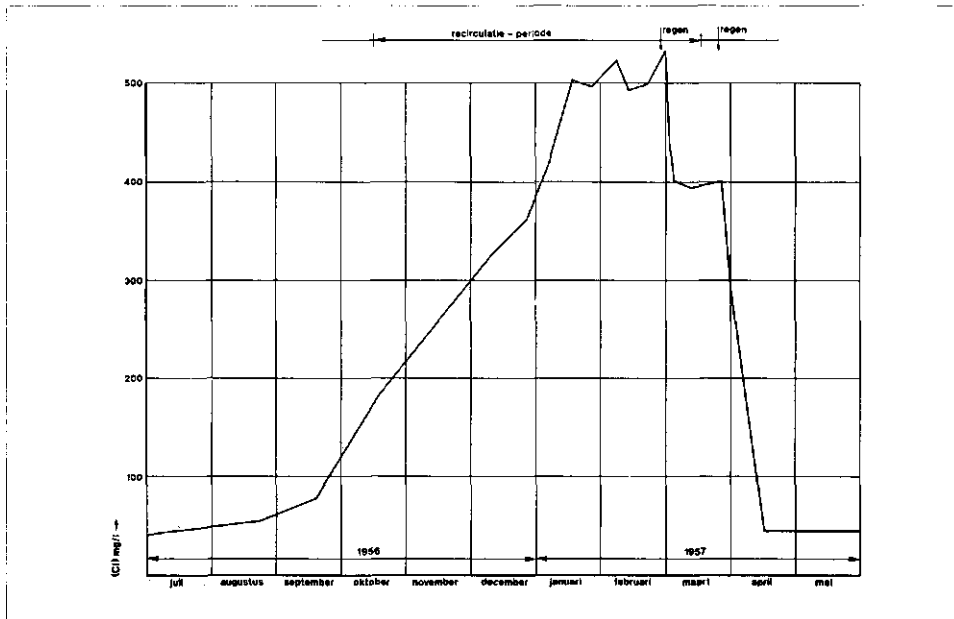
hoek [4], Oranje County [5] en Dan Region [6] ontbreken (in de literatuur) deze gegevens geheel, terwijl van het Chanute-project [7] onvoldoende gegevens bekend zijn. Bij dit laatste voorbeeld werd wel het verloop van de chloride-concentratie in de tijd gemeten (zie afb. 4), maar omdat andere relevante gegevens ontbreken, is het toch niet mogelijk het model hierop toe te passen.

In de industrie wordt hergebruik van water reeds veelvuldig toegepast; ook hierbij zijn gegevens over het verloop van de concentratie bij recirculatie echter schaars.

In enkele gevallen — welke voornamelijk te vinden zijn in de papierindustrie — zijn deze gegevens wel bekend.

In de papierindustrie en met name in de bedrijfstakken die papierafval verwerken, onderzoekt men de laatste jaren de mogelijkheid om te komen tot een volledige kringloop van water en afvalwater. Het doel hiervan is de eliminatie van de vervuiling van het oppervlaktewater, doordat men geen afvalwater meer loost. Bijkomende voordelen zijn de terugwinning van grondstoffen en de vermindering van het water- en energieverbruik.

Bij een recent project in de Verenigde Staten [3] bleek dat het mogelijk was het afvalwater van een bedrijf dat bitumieuze dakbedekkingsmaterialen vervaardigt uit papier- en houtafval, volledig te recirculeren.



Afb. 4 - Verloop van chloride-concentratie in drinkwater tijdens winter 1956-57 in Chanute, Kansas (van 14 oktober 1956 tot 14 maart 1957 werd in een noodsituatie afvalwater in het drinkwaterbekken ingelaten).

Het toegepaste zuiveringssysteem bestond uit zeven en microzeven. De kwaliteit van het dakvilt veranderde niet, terwijl ook de gevreesde corrosieproblemen gemakkelijk ondervangen konden worden door de pH van het recirculerende water boven 6,0 te handhaven. De verhoogde bedrijfskosten die hiervan (en van andere oorzaken) het gevolg waren, bleken volledig gecompenseerd te worden door de verminderde kosten voor energie en waterwinning. Van een aantal parameters werd de concentratie in het afvalwater bij verschillende waarden van de hergebruikfactor R gemeten. Volgens vergelijking (5) geldt voor de evenwichtswaarde van de concentratie in drink

water:
proces

$$C_{\infty} = C_{me} + \Delta C \cdot R$$

De concentratie in het afvalwater is dus:

$$C_{\infty} + \Delta C = C_{me} + \Delta C (R + 1)$$

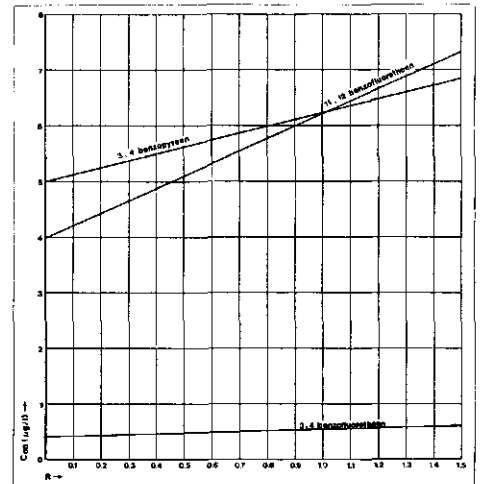
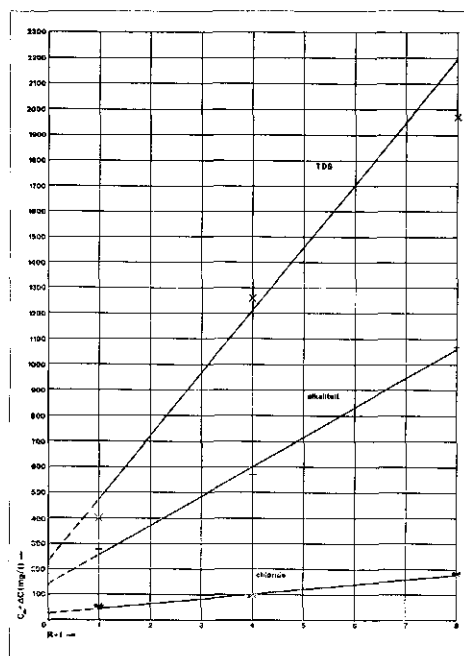
Afb. 5, die opgesteld is met behulp van gegevens ontleend aan literatuur [3], toont aan dat er inderdaad een lineair verband optrad tussen de evenwichtsconcentratie van opgeloste stoffen (die bij de toegepaste zuivering niet verwijderd werden) en de factor R + 1.

Door het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening zijn in het kader van het onderzoekprogramma naar de implicaties van hergebruik van water de concentraties van drie carcinogene verbindingen bepaald in resp. het effluent van een drinkwaterzuiveringsinstallatie, het gezuiverde drinkwater en het afvalwater [8]. Met behulp

van de eerste 2 gegevens kan de scheidingsfactor van het toegepaste waterzuiveringssysteem berekend worden en met behulp van de laatste 2 de 'use increment'.

In afb. 6 is weergegeven hoe de concentratie van deze verbindingen zou toenemen wanneer het afvalwater direct via de bestaande drinkwaterzuivering gerecirculeerd zou worden. In het betreffende zuiveringssysteem wordt de concentratie van de onderzochte verbindingen met een factor 5 - 50 verlaagd.

Afb. 5 - Concentratieverloop van enkele anorganische parameters bij recirculatie (Big Chief Roofing Co, lit. [3]).



Afb. 6 - Hypothetisch concentratieverloop van enkele carcinogene stoffen in drinkwater.

4. Accumulatie

Zoals gezegd vormt de mogelijkheid van accumulatie van persistente stoffen een van de meest belangrijke risico's van het hergebruik van water. Veel stoffen in drinkwater behoren namelijk tot de systeemvreemde factoren die ongewenst en hoogstens bij een bepaalde concentratie aanvaardbaar zijn [9].

Wanneer door recirculatie de concentratie van deze stoffen in het drinkwater toeneemt, zal de invloed hiervan op de gezondheid nimmer positief en soms negatief zijn. We kunnen dan ook stellen dat de invloed op de gezondheid bij een hogere concentratie van deze verontreinigingen groter is dan bij een lagere concentratie.

Gedefinieerd wordt nu de accumulatiefactor α :

$$\alpha = \frac{C_{\infty}}{C_{me}} = \frac{\text{eindwaarde van de concentratie in drinkwater}}{\text{oorspronkelijke waarde van de concentratie in drinkwater}}$$

Een accumulatiefactor > 1 betekent dat de eindwaarde van de concentratie groter is dan de concentratie in het oorspronkelijke drinkwater. De invloed van deze concentratieverhoging op de gezondheid zal voor iedere stof verschillend zijn en dient met behulp van dosis-werkingsrelaties bepaald te worden. Een probleem hierbij is overigens dat van vele verontreinigingen dergelijke relaties nog niet bekend zijn:

Met behulp van vergelijking (4) is het mogelijk om de grootte van de accumulatiefactor te bepalen:

$$\alpha = \frac{C_{\infty}}{C_{me}} = \frac{1}{S_1 R + S_1 - R} \left(S_1 + \frac{\Delta C}{C_{me}} R \right) \quad (6)$$

Door middel van een literatuuronderzoek is de toenamefactor $\frac{\Delta C}{C_{me}}$ voor een groot aantal parameters bepaald (tabel I).

TABEL I - Grootte van de toenamefactor voor een aantal parameters. Tussen haakjes staat het aantal literatuuropgaven waarop de gegevens berusten, vermeld. Als 'use increment' is genomen het concentratieverschil tussen secundair effluent en drinkwater.

Parameter	Toenamefactor
Algemene factoren	
Zwevende stof	40—980 (4)
Troebeling	< 440 (2)
Kleur	23 (1)
Reuk	27,2 (1)
Biologische factoren	
BOD	< 10 (4)
KMnO ₄ -verbruik	40—160 (4)
Microbiologische factoren	
Coliformen	> 10 ³ —10 ⁶ (5)
Virussen	> 250 (3)
Chemische factoren	
<i>Organisch</i>	
COD	22—159 (4)
TOC	6—36 (2)
CCE	62,5 (1)
CAE	10,9 (1)
Org-N	< 1000 (6)
Fenolen	< 200 (2)
Detergenten	< 100 (3)
PAH-totaal	< 20 (1)
11,12 Benzofluorantheen	5,8 (1)
3,4 Benzofluorantheen	67 (1)
3,4 Benzopyreen	77 (1)
<i>Anorganisch</i>	
Na	0,08—1,3 (9)
K	0,58—1,66 (6)
Ca	0,01—2 (6)
Mg	0—1,20 (6)
Fe	0,33—50 (6)
Mn	1,5—50 (6)
Pb	< 18,4 (5)
As	< 1 (3)
Ba	< 1,97 (2)
Cd	< 0,6 (2)
Cr	0,22 (1)
Se	< 0,5 (3)
Al	1 (1)
Co	0,1 (1)
Cu	0,60 (1)
Ag	1 (1)
Ni	21 (1)
Ur	0,005 (1)
Zn	< 0,75 (2)
B	< 0,8 (3)
Hg	< 5 (3)
Cl	< 2 (12)
F	< 1 (5)
CN	< 0,2 (1)
PO ₄	< 150 (9)
SO ₄	< 0,82 (8)
NH ₄	< 7880 (4)
NO ₂	< 1 (3)
NO ₃	< 2,6 (3)
TDS	0,5—2,5 (10)
Totale hardheid	0,06—2,6 (7)

Hierbij kan worden opgemerkt dat de concentratieverhoging per gebruikscyclus (ΔC) van iedere parameter beïnvloed wordt door een veelvoud aan factoren, die plaatsgebonden (verhouding industrieel/huishoudelijk afvalwater, toegepast rioolstelsel, gebruikspatroon en ontwikkelingsgraad van de bevolking enz.), dan wel tijdsgebonden (bijdrage van de neerslag, discontinu lozen

industrie en/of bevolking enz.) kunnen zijn. De grootte van de oorspronkelijke concentratie in het drinkwater C_{me} kan eveneens sterk variëren naar plaats en tijd, maar zal in ieder geval lager behoren te zijn dan de grenswaarde die voor drinkwater gesteld is.

Bij het samenstellen van deze tabel bleek dat zeer weinig gegevens voorhanden zijn betreffende de concentraties van vele verontreinigingen in drink- en afvalwater. Slechts op enkele plaatsen zijn uitgebreide analyses verricht, hetgeen tot gevolg heeft dat de gegevens van tabel I slechts als een voorlopige oriëntatie mogen worden gezien. Om tot een verantwoorde evaluatie van de gezondheidseffecten van hergebruik van water te komen, is gedetailleerd onderzoek vereist.

Het bovenstaande in aanmerking genomen, kan uit tabel I geconcludeerd worden:

1. Een groot aantal (meest anorganische) parameters heeft een kleine toenamefactor (d.w.z. < 2,5).
2. Een aantal parameters heeft een grote tot zeer grote toenamefactor.

Het blijkt dat deze laatste juist die parameters zijn waarmee heden ten dage hetzij bij de drinkwaterbereiding hetzij bij het kwaliteitsbeheer van oppervlaktewater moeilijkheden ondervonden worden (organische stof, stikstof, fosfor, micro-organismen, zwevende stof, troebeling, kleur, reuk en enkele zware metalen). Dit is ook niet verwonderlijk omdat het huidige systeem van afvalwaterlozing in en drinkwateronttrekking aan het oppervlaktewater in feite een recirculatie inhoudt.

In afb. 7 is de grootte van de accumulatiefactor als functie van de hergebruikfactor, de scheidingsfactor en de toenamefactor gegeven.

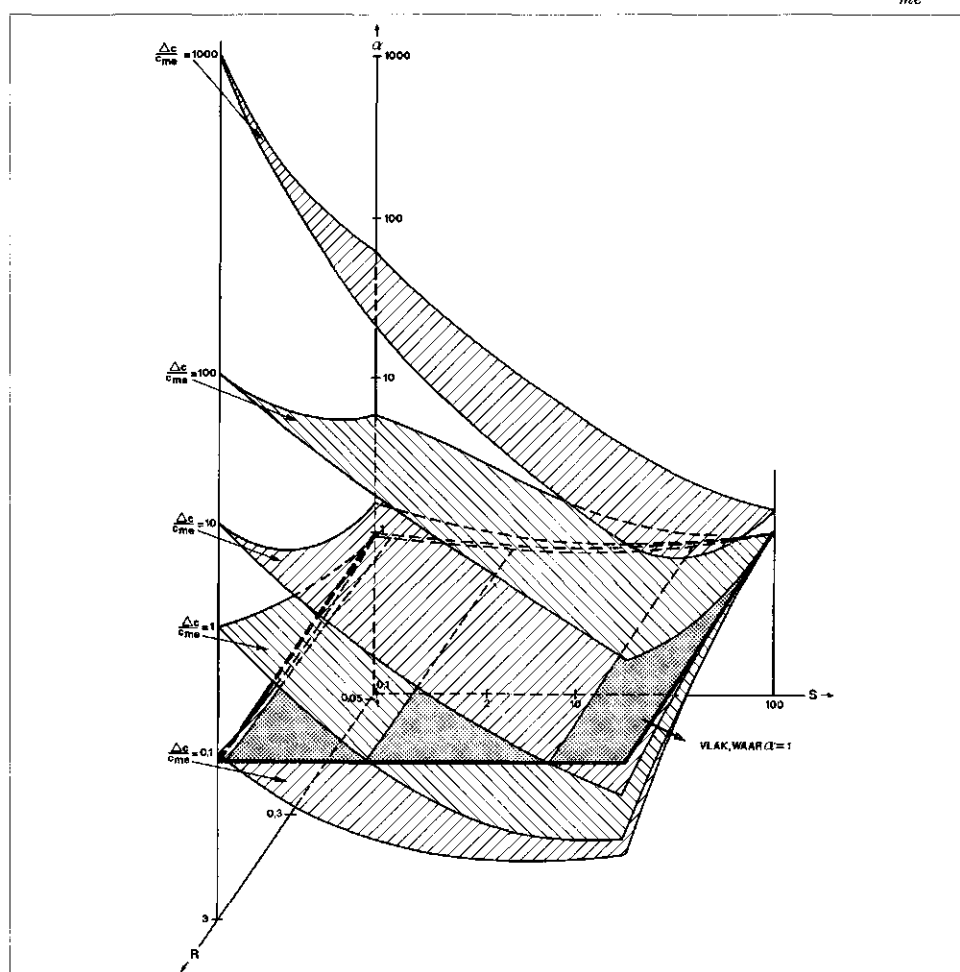
Uit deze afbeelding en vergelijking (6) kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

1. De grootte van de accumulatiefactor is sterk afhankelijk van de grootte van de toenamefactor; het is dus zaak om speciale aandacht te schenken aan stoffen met een hoge toenamefactor.
2. Bij toenemende effectiviteit van de zuivering wordt de accumulatiefactor snel kleiner.

Afb. 7

Accumulatiefactor als functie van scheidingsfactor S, hergebruiksfactor R en toenamefactor

$$\frac{\Delta c}{c_{me}}$$



© 1977 by D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland.

5. Gevoeligheidsanalyse

Vergelijking (6) en afbeelding 7 geven de accumulatiefactor als functie van de andere variabelen. Deze wijze van voorstellen heeft als voordeel dat ze inzicht verschaft in de invloed van de diverse factoren. In de praktijk zal men echter primair geïnteresseerd zijn in de scheidingsfactor die — voor een bepaalde stof en bij een hergebruikfactor — vereist is om een zekere gekozen accumulatiefactor α_0 niet te overschrijden.

De keuze van de accumulatiefactor dient gebaseerd te zijn op wetenschappelijke informatie in de vorm van dosis-werkingsrelaties, hoewel ook sociale, politieke en andere factoren een rol kunnen spelen. Desalniettemin is het interessant om de invloed van een variatie in α_0 en in andere factoren op de vereiste scheidingsfactor S_1 te onderzoeken. Vergelijking (6) kan daartoe als volgt geschreven worden:

$$\frac{S_1}{S_1(R+1)-R} + \frac{\Delta C}{C_{me}} \cdot \frac{R}{S_1(R+1)-R} \leq \alpha_0$$

Uitwerken levert:

$$S_1 \geq \frac{\alpha_0 + \frac{\Delta C}{C_{me}}}{\alpha_0 - 1 + \frac{R}{C_{me}}} \quad (7)$$

Deze vergelijking is in afb. 8 grafisch weergegeven.

Hierbij kan het volgende worden opgemerkt:

1. De invloed van de toenamefactor op de vereiste scheidingsfactor blijkt zeer groot te zijn. Wanneer de accumulatiefactor 1 is, wordt de vereiste scheidingsfactor zelfs geheel bepaald door de toenamefactor

$$\text{volgens } S = 1 + \frac{\Delta C}{C_{me}}$$

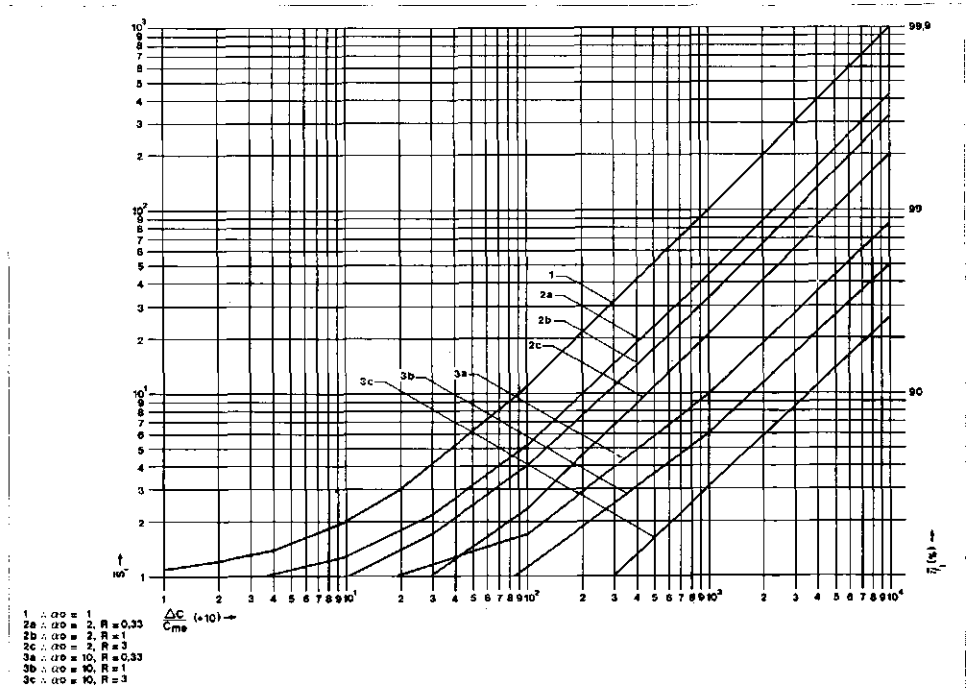
Hieruit blijkt wederom dat het noodzakelijk is het zuiveringssysteem te richten op parameters met een hoge toenamefactor.

2. De invloed van de hergebruikfactor op de vereiste scheidingsfactor blijkt beperkt te zijn.

3. Het accepteren van een hogere accumulatiefactor heeft tot gevolg dat de vereiste scheidingsfactor geringer wordt; deze invloed manifesteert zich het meest duidelijk bij stoffen met een lage toenamefactor.

6. Conclusies

Met behulp van het beschreven model is het mogelijk het verloop van de concentratie van verontreinigingen te berekenen als functie van enkele procesvariabelen. Door recirculatie kunnen de verontreinigingen accumuleren, hetgeen een verhoogd risico voor de volksgezondheid met zich



Afb. 8 - Vereiste scheidingsfactor als functie van accumulatiefactor α_0 , hergebruiksfactor R en toenamefactor

mee kan brengen. Om hierin meer inzicht te krijgen, is een accumulatiefactor gedefinieerd. De grootte van deze accumulatiefactor blijkt afhankelijk te zijn van de hergebruikfactor, de scheidingsfactor en de toenamefactor.

De hergebruikfactor heeft voor een bepaald recirculatiesysteem een constante waarde. Deze zal bij indirect hergebruik via het oppervlaktewater meestal kleiner zijn dan bij direct hergebruik in een kringloopstelsel. Het is echter niet uitgesloten dat in de toekomst door het toenemende aandeel van het afvalwater in de totale afvoer van het oppervlaktewater ook bij indirect hergebruik hogere waarden van de hergebruikfactor voor zullen komen. Bij het literatuuronderzoek dat verricht werd ter bepaling van de beide andere variabelen, bleek dat er een zeer groot gebrek aan gegevens is betreffende de verwijdering tijdens zuiveringsprocessen, de invloed op de gezondheid en de concentraties in drink-, afval- en oppervlaktewater van de vele duizenden verontreinigingen die in water voor kunnen komen. De publikatie van het IRC [8] kan gezien worden als een eerste aanzet tot een inventarisatie van deze gegevens.

Geconcludeerd dient te worden dat een exacte kwantificering van het gezondheidsrisico van hergebruik van afvalwater voornamelijk gelegen is in het feit dat het inzicht kan verschaffen in de invloed van de procesvariabelen op de accumulatie van verontreinigingen.

Verantwoording

Bij het RID wordt speurwerk verricht naar de technologische en toxicologische aspecten verbonden aan de bereiding van drinkwater uit vervuilde bronnen.

Tegelijkertijd werd bij de vakgroep Gezondheidstechniek van de TH Delft een theoretische simulatie studie uitgevoerd in het kader van het afstudeerwerk van J. C. van Dijk en H. Reuvekamp. Vanwege de gelijkvormigheid der rekenmethoden werd besloten tot gezamenlijke publikatie.

Literatuur

1. Zoeteman, B. C. J., *Workshop over hergebruik van afvalwater in de Verenigde Staten*, H₂O (8), 12, 1975, p. 244.
2. Kuiper, D., Wechsler, R. *Hergebruik van water*, KIWA NV, 1973.
3. Streebin, L., a.o., *Water re-use in a paper reprocessing plant*, Tappi (59), 5, 1976, p. 105.
4. *Special Report 43, 44 en 45*, Council for scientific and industrial research, South Africa, Pretoria.
5. *1974 Annual report on basin resources management, groundwater conditions, water supply and basin utilisation*, Orange Country, Feb. 1976
6. *Advanced treatment and re-use of municipal waste water*, Mekerot water Co. and Tahal planning for Israel Ltd. 1976, Israel.
7. Metzler, D. F., e.a., *Emergency use of reclaimed water for potable supply at Chamute (Kansas)*, Journal AWWA, 1958, pag. 1021.
8. WHO International Reference Centre for Community Water Supply, *Health effects relating to direct and indirect re-use of water for human consumption, held at Amsterdam*, WHO-Technical Paper no. 7 (1975).
9. Zielhuis, R., *Achtergronden van normstelling*, H₂O (4), 1971, p. 264.

