

# Kwaliteitsverbetering in spaarbekkens (slot \*)

## Grondslagen Basisplannen 5

### 5. Parallelschakeling van een doorstroombekken met spaarbekkens

In het voorgaande werd aangenomen dat in een normaal jaar een chloridegehalte van 150 mg/l in het afgeleverde water acceptabel is. Een economische bedrijfsvoering met reservoirs zal, zoals werd uiteengezet in „Grondslagen basisplannen 3” [1], erop gericht zijn zo snel mogelijk deze grens te bereiken en zo mogelijk te handhaven. Bij toepassing van één groot spaarbekken bepalen de mengcondities in dit spaarbekken het tijdstip waarop de gestelde grens wordt bereikt, handhaving vindt plaats door uitputting.

Vervroeging van het tijdstip waarop water met een chloridegehalte van 150 mg/l kan worden afgeleverd kan plaats vinden door kunstmatige beïnvloeding van de mengcondities door parallelschakeling van reservoirs. In het volgende zal dit worden verduidelijkt voor het geval dat wordt beschikt over één doorstroombekken, waarin het waterpeil niet varieert (reservoir I met chloridegehalte  $c_{eI}$ ) met een inhoud van 10 % van de jaar-

productie en één spaarbekken, waarin het waterpeil wel mag variëren (reservoir II met chloridegehalte  $c_{eII}$ ) met een inhoud van 30 % van de jaarproductie, parallel geschakeld volgens de opstelling van afb. 11. Ten tijde  $t = 0$  zijn beide reservoirs gevuld met water met een chloridegehalte van 100 mg/l. De resultaten van de bedrijfsvoering met deze reservoirs (zie afb. 12) kunnen worden vergeleken met de resultaten bij gebruikmaking van één groot spaarbekken met een inhoud van 40 % van de jaarproductie (zie afb. 7). In beide gevallen is een pompcapaciteit van  $5 Q_u$  m<sup>3</sup>/dag geïnstalleerd, waarmee het spaarbekken na een fase van peilverlaging snel kan worden gevuld.

In het normale jaar is aanvankelijk alleen doorstroombekken I in bedrijf; in dit bekken is ten tijde  $t = 240$  dagen het chloridegehalte gestegen tot 150 mg/l. Bij toepassing van één groot spaarbekken met een inhoud van 40 % van de jaarproductie werd in de doorstroomfase dit resultaat eerst na 298 dagen bereikt (zie afb. 7). Na 240 dagen wordt naast doorstroombekken I spaarbekken II in bedrijf genomen in de doorstroomfase. Door menging van water uit de bekkens I en II kan nu zonder peilverlaging het chloridegehalte van het afgeleverde water worden gehandhaafd op 150 mg/l, waarbij  $\alpha \cdot Q_u$  uit reservoir I en  $\beta \cdot Q_u$  uit reservoir II wordt betrokken en aangevoerd, zodanig dat geldt:

$$\alpha \cdot Q_u \cdot c_{eI} + \beta \cdot Q_u \cdot c_{eII} = Q_u \cdot 150 \text{ en}$$

$$\alpha + \beta = 1$$

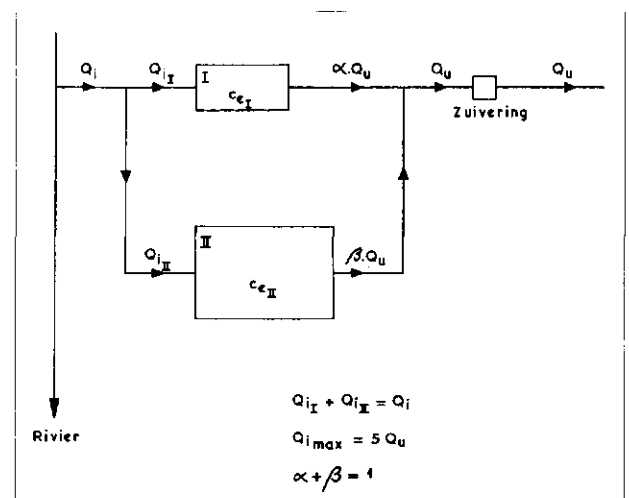
Intussen zijn  $c_{eI}$  en  $c_{eII}$  ook afhankelijk van  $\alpha$  en  $\beta$ . Op de berekening van deze afhankelijkheid is uitvoerig ingegaan in „Grondslagen basisplannen 3”.

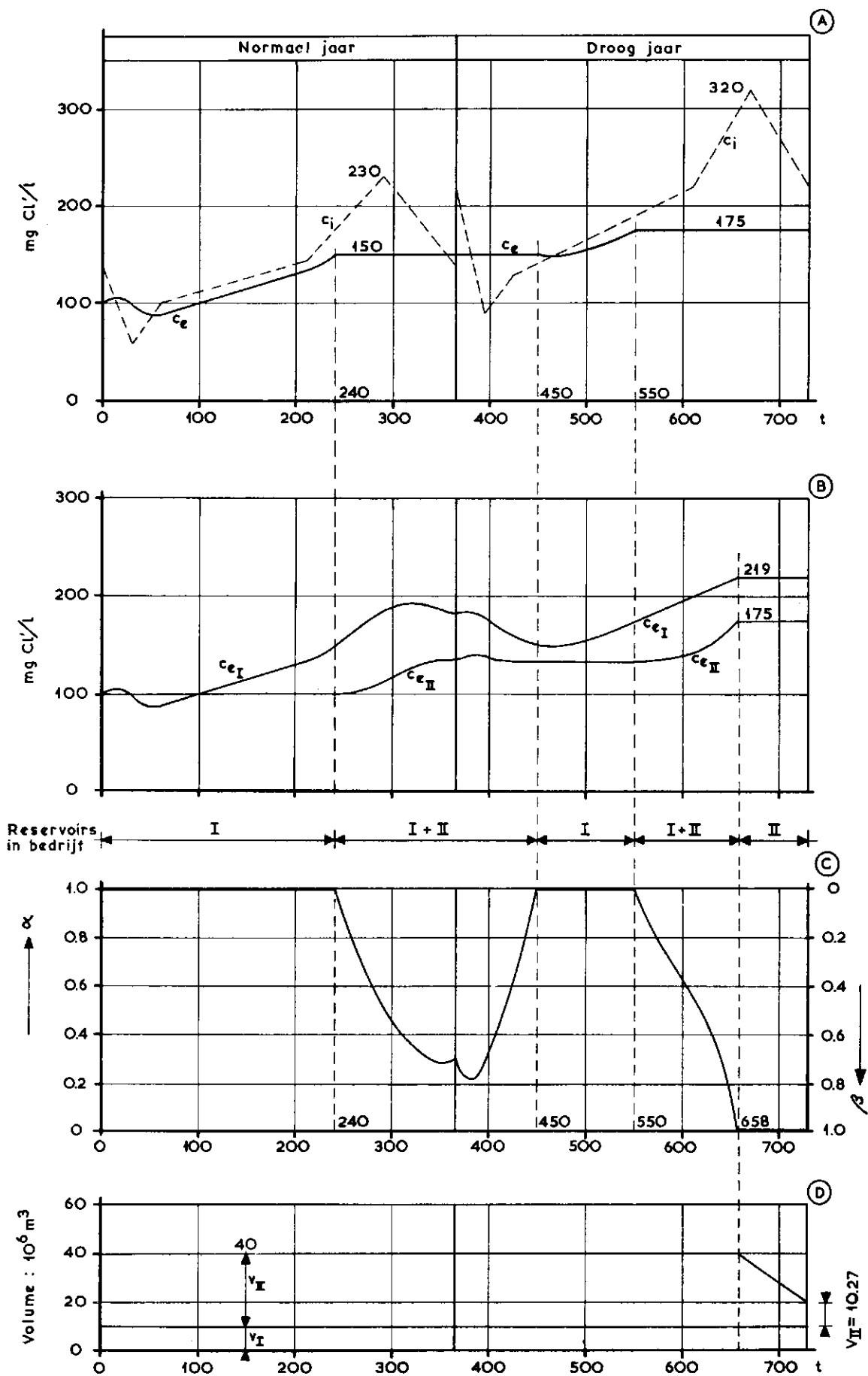
\* Het eerste deel van dit artikel verscheen in nummer 21 van H<sub>2</sub>O, 17 oktober 1968, pag. 482 t/m 488.

In het op het normale jaar volgende droge jaar wordt een chloridegehalte van 175 mg/l als acceptabel aangenomen. Van  $t = 450$  tot  $t = 550$  dagen wordt met behulp van doorstroombekken I het chloridegehalte tot deze grens verhoogd. Van  $t = 550$  tot  $t = 658$  dagen wordt via menging van water afkomstig uit de reservoirs I en II het chloridegehalte van het afgeleverde water gehandhaafd op 175 mg/l. Ten tijde  $t = 658$  dagen is  $c_{eI} = 219$  en  $c_{eII} = 175$ , terwijl het chloridegehalte van het rivierwater meer dan 175 mg/l bedraagt. Via menging kan nu geen water meer met een chloridegehalte van 175 mg/l worden afgeleverd. Dit is slechts mogelijk door peilverlaging van reservoir II. Aan het einde van het droge jaar bedraagt de inhoud van reservoir I  $10 \times 10^6$  m<sup>3</sup> en van reservoir II  $10,27 \times 10^6$  m<sup>3</sup>. De bedrijfsvoering zoals boven werd beschreven is grafisch weergegeven in afb. 12 (A t/m D). Afb. 12 A geeft het verloop van het chloridegehalte in het afgeleverde water weer. In afb. 12 B is het verloop van de chloridegehalten in de reservoirs I en II aangegeven, terwijl in afb. 12 C de waarden van  $\alpha$  en  $\beta$  zijn uitgezet. Tenslotte geeft afb. 12 D het verloop van de inhoud van beide reservoirs weer.

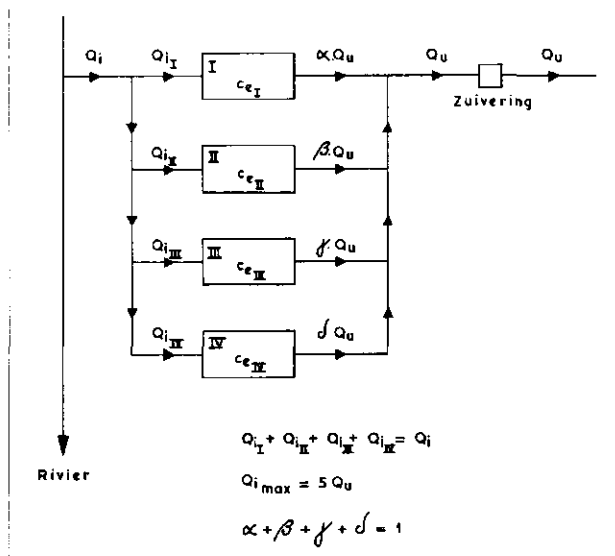
In paragraaf 3 werd uiteengezet dat een minimum inhoud van 10 % van de jaarproductie altijd beschikbaar moet blijven. In het beschreven geval wordt aan het einde van het droge jaar nog over 20,27 % van de jaarproductie beschikt, hetgeen dus rijkelijk veel en niet noodzakelijk is. Voorts kan worden opgemerkt dat reservoir II  $\frac{658}{730} \times 100 \% = 90 \%$  van de beschouwde periode buiten bedrijf of in de fase van doorstroming verkeert en derhalve 10 % van de tijd in de fase van peilverlaging. In „Grondslagen basisplannen 3” werd uiteengezet dat

Afb. 11 - Opstelling van reservoirs in het geval van parallelschakeling van een doorstroombekken (I) en een spaarbekken (II). Maximale innamecapaciteit  $5 \cdot Q_u$ .





Afb. 12 - Bereikte resultaten in een droog jaar voorafgegaan door een normaal jaar bij parallelschakeling volgens afb. 11 van een doorstroombekken met een inhoud van 10 % van de jaarproductie (I) en een spaarbekken met een inhoud van 30 % van de jaarproductie (II).



Afb. 13 - Opstelling van reservoirs in het geval van parallelschakeling van een doorstroombekken (I) met een aantal spaarbekkens (II t/m IV). Maximale innamecapaciteit  $5 \cdot Q_u$ .

het met betrekking tot doorstroombekkens lonend is de beschikbare inhoud te verdelen over zoveel mogelijk reservoirs. In het volgende is daarom nagegaan welke resultaten kunnen worden bereikt indien wordt beschikt over één doorstroombekken met een inhoud van 10 % van de jaarproductie (reservoir I met chloridegehalte  $c_e$ ) en daaraan parallel geschakeld een aantal spaarbekkens; spaarbekkens II en III ieder met een inhoud van 10 % van de jaarproductie en met chloridegehalten van respectievelijk  $c_{e_{II}}$  en  $c_{e_{III}}$ . Zoals hierna is berekend behoeft spaarbekken IV slechts een inhoud van 3,5 % van de jaarproductie te bevatten om aan onderstaande richtlijnen te voldoen. Opstelling van de reservoirs als aangegeven in afb. 13.

Aanvankelijk zijn alle reservoirs gevuld met water met een chloridegehalte van 100 mg/l en is alleen reservoir I in bedrijf tot het chloridegehalte van het afgeleverde water is gestegen tot 150 mg/l in het normale jaar. Vervolgens komt reservoir II mede in bedrijf, eerst in doorstroomfase en daarna in fase van peilverlaging, hierna komt reservoir III in bedrijf enz. Het is mogelijk dat de spaarbekkens in de loop van de tijd weer kunnen worden gevuld. Dit moet snel kunnen geschieden, vandaar dat een maximale pompcapaciteit is geïnstalleerd van  $5 \cdot Q_u$  m<sup>3</sup>/dag, mede om de resultaten van de bedrijfsvoeringen met de diverse systemen vergelijkbaar te maken. De resultaten van de bedrijfsvoering volgens dit systeem zijn weergegeven in afb. 14.

Het blijkt nu dat met een totale inhoud van 33,5 % van de jaarproductie aan de gestelde richtlijnen kan worden voldaan, namelijk:

1. maximale chloridegehalte normale jaar 150 mg/l en droge jaar 175 mg/l;
2. zo gelijkmatig mogelijk chloridegehalte in het afgeleverde water;
3. beschikbare inhoud nooit kleiner dan 10 % van de jaarproductie.

Tenslotte moet worden opgemerkt dat de aan het einde van het droge jaar aanwezige minimale beschikbare in-

houd van 10 % van de jaarproductie is geborgen in doorstroombekken I, het chloridegehalte van dit water is hoog en bedraagt 223 mg/l. Op de consequenties van deze laatste omstandigheid wordt nader ingegaan in paragraaf 7.

## 6. Parallelschakeling van een doorstroombekken met spaarbekkens en toepassing van versnelde doorspoeling op dit systeem

Het principe van de versnelde doorspoeling is besproken in paragraaf 9 van „Grondslagen basisplannen 3”. Het komt hierop neer, dat in perioden van aanbod van rivierwater met een laag chloridegehalte de bekken die geheel zijn gevuld met water met een hoger chloridegehalte dan dat van het rivierwater, worden doorgespoeld met rivierwater. Indien wordt beschikt over bekken met een inhoud van 10 % van de jaarproductie en een kleinste gemiddelde verblijftijd van 36,5 dag als gewenst wordt beschouwd dan kan de doorspoelcapaciteit worden vastgesteld op maximaal 0,274 % van de jaarproductie per dag =  $Q_u$  m<sup>3</sup>/dag. In dat geval immers kan op ieder moment ieder reservoir in bedrijf worden genomen. Er kan ook worden besloten een reservoir sneller door te spoelen om het vervolgens enige tijd buiten productie te stellen teneinde op het ogenblik van inbedrijfstelling aan de gewenste verblijftijd te kunnen voldoen. Indien dus over een zekere doorspoelcapaciteit wordt beschikt, bijvoorbeeld  $4 \cdot Q_u$  m<sup>3</sup>/dag kan één van de reservoirs met dit debiet worden doorgespoeld of een aantal reservoirs kunnen met een kleiner debiet worden doorgespoeld.

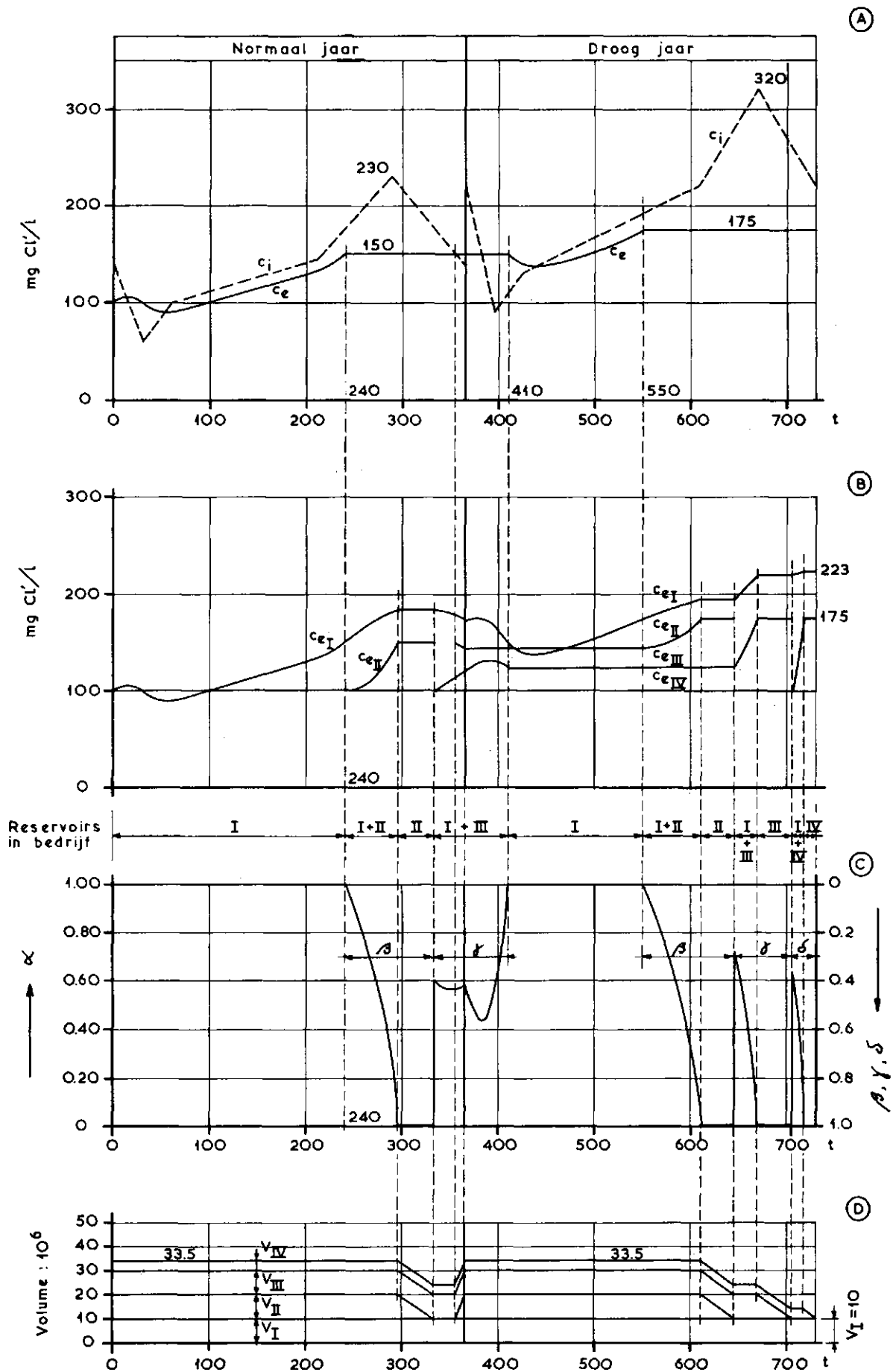
In het onderstaande zal worden nagegaan welke resultaten kunnen worden bereikt in een normaal jaar en een opvolgend droog jaar, indien wordt beschikt over één doorstroombekken (I) met daaraan parallel geschakeld twee spaarbekkens (II en III). De reservoirs hebben ieder een inhoud van 10 % van de jaarproductie. Ten tijde  $t = 0$  geldt voor alle reservoirs  $c_e = 100$ .

De opstelling van de reservoirs kan geschieden als aangegeven in afb. 15. Met de drie reservoirs en de toepassing van het systeem van versnelde doorspoeling kan aan de 3 voorwaarden die aan het einde van paragraaf 5 zijn gememoreerd worden voldaan. Het resultaat van de berekeningen is weergegeven in afb. 16. Aan het einde van het droge jaar zijn de volgende inhouden en chloridegehalten aanwezig:

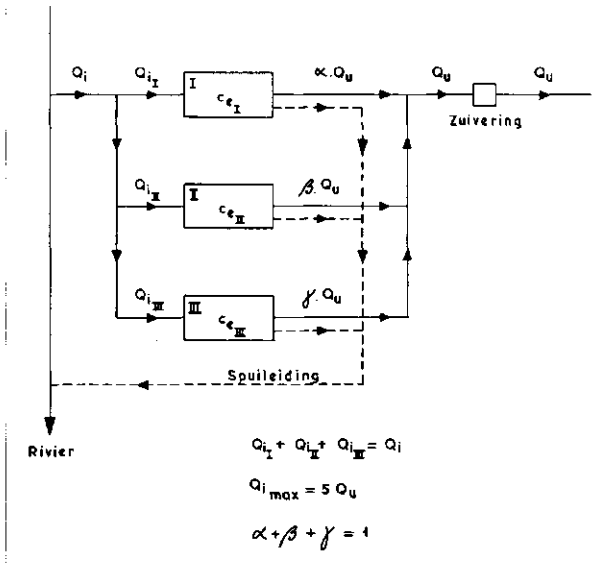
doorstroombekken	I	$V = 10 \times 10^6 \text{ m}^3$	$c_e = 229 \text{ mg/l}$
spaarbekken	II	$V = \dots$	$c_e = \dots$
spaarbekken	III	$V = 2 \times 10^6 \text{ m}^3$	$c_e = 175 \text{ mg/l}$

Indien het droge jaar wordt gevolgd door een normaal jaar zal het, aangezien spaarbekken III voor 20 % is gevuld met water met een chloridegehalte van 175 mg/l, onmogelijk zijn water met een chloridegehalte van 150 mg/l af te leveren. Door middel van de versnelde doorspoeling en menging zal moeten worden getracht zo snel mogelijk water met dit gehalte te distribueren. Er zal dus van enige nawerking van het droge jaar in het opvolgende normale jaar sprake zijn. Hiertegen bestaat geen overwegend bezwaar. In het opvolgende normale jaar dient de gemiddelde verblijftijd van het afgeleverde water echter scherp in het oog te worden gehouden.

De gemiddelde verblijftijd van het water afkomstig uit een bekken is in „Grondslagen basisplannen 3” vastgesteld op minimaal 36,5 dag. In dit artikel is deze ver-



Afb. 14 - Bereikte resultaten in een droog jaar voorafgegaan door een normaal jaar bij parallelschakeling volgens afb. 13 van een doorstroombekken met een inhoud van 10% van de jaarproduktie (I), twee spaarbekkens ieder met een inhoud van 10% van de jaarproduktie (II en III) en één spaarbekken met een inhoud van 3,5% van de jaarproduktie (IV).



Afb. 15 - Opstelling van reservoirs in het geval van parallelschakeling van een doorstroombekken (I) met twee spaarbekken (II en III), waarbij versnelde doorspoeling wordt toegepast.

blijftijd pas gememoreerd in het begin van deze paragraaf bij de bepaling van de mogelijke doorspoelcapaciteit. De volgende paragraaf zal geheel zijn gewijd aan een beschouwing over de verblijftijden.

Indien een normaal jaar door een zeer droog jaar wordt gevolgd, kan met het in deze paragraaf beschreven systeem in het zeer droge jaar water worden afgeleverd met een chloridegehalte van maximaal 200 mg/l. Het resultaat van deze berekening is weergegeven in afb. 17.

## 7. Verblijftijden

In de doorstroomfase geldt dat de gemiddelde verblijftijd

$T$  van het water in een reservoir met een inhoud  $V$  kan worden berekend met de formule

$$T = \frac{V}{Q_u}$$

waarbij  $Q_u$  het in- en uitgaande debiet voorstelt.

In de fase van peilverlaging kan  $T$  worden berekend met de formule

$$T = \frac{V}{Q_u} + t$$

waarin  $V$  het volume van het reservoir in de voorafgaande doorstroomfase voorstelt en  $t$  het tijdstip na de overgang van doorstroomfase op fase van peilverlaging.

Tijdens de fase van peilverhoging wordt aan het in het reservoir aanwezige water, hierna te noemen het „oude water” in versneld tempo, afhankelijk van  $n$ , een zekere hoeveelheid „nieuw water” toegevoegd. De afgevoerde hoeveelheid water  $Q_u$  is gedeeltelijk afkomstig uit het „oude water” en gedeeltelijk uit het „nieuwe water”. De gemiddelde verblijftijd van dit water wordt bepaald door de verhouding tussen de hoeveelheden „nieuw water” en „oud water” en hun respectievelijke verblijftijden.

Nu geldt dat:

ten tijde  $t = 0$ ,  $V = V_0$  en  $T = T_0$  en

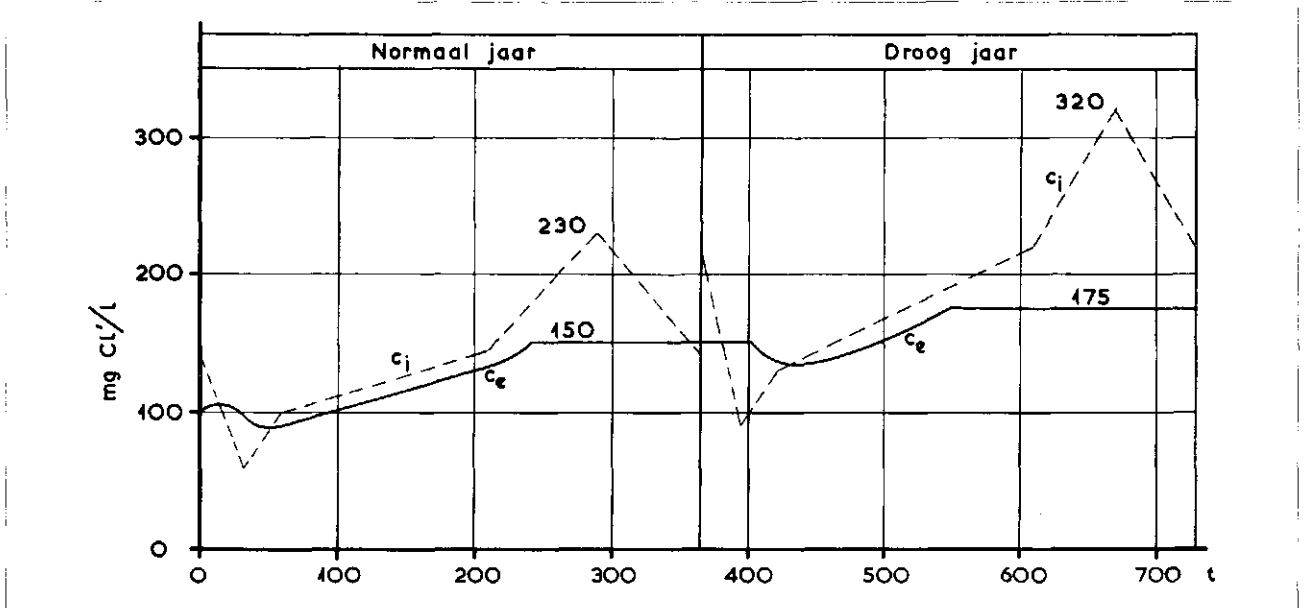
ten tijde  $t = t$ ,  $V = V_0 + (n - 1)Q_u \cdot t$  en  $T = T_0$ .

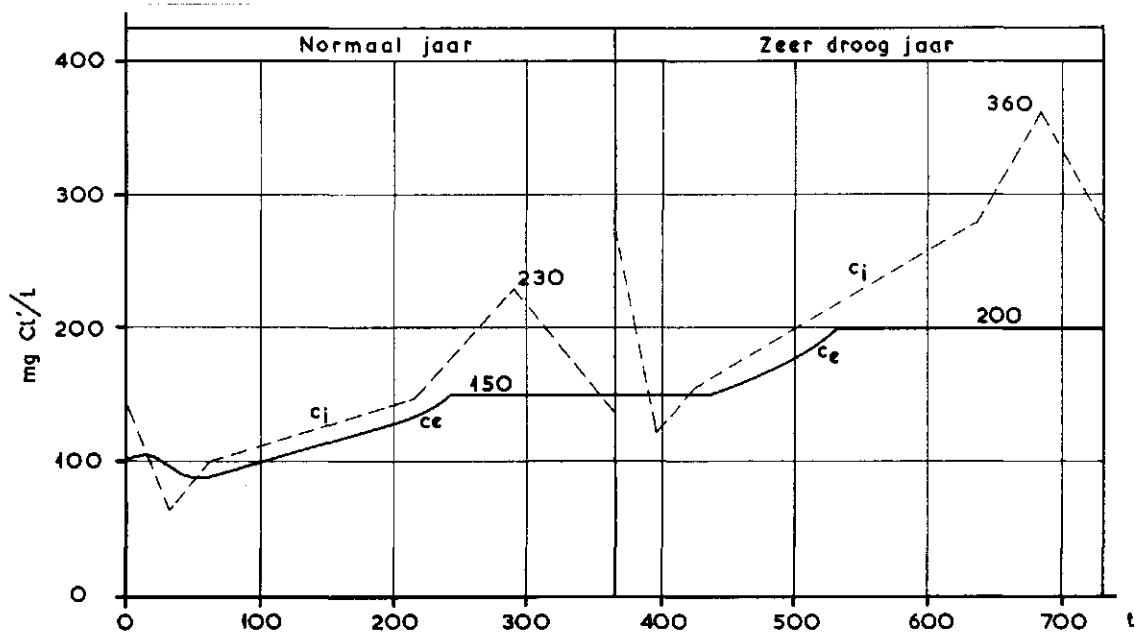
$V_0$  is hierbij het volume van het reservoir aan het begin van de fase van peilverhoging terwijl  $t$  het tijdstip aangeeft na aanvang van de fase van peilverhoging.

In de fase van peilverhoging levert vergroting van  $t$  met  $dt$  een stijging van  $T$  met  $dT$  volgens de betrekking:

$$T + dT = \frac{V_0(T + dt) + n \cdot Q_u \cdot dt \cdot t}{V_0 + (n - 1) \cdot Q_u \cdot dt}$$

Afb. 16 - Bereikte resultaten in een droog jaar voorafgegaan door een normaal jaar bij parallelschakeling volgens afb. 15 van een doorstroombekken en twee spaarbekken ieder met een inhoud van 10% van de jaarproductie, onder toepassing van het systeem van versnelde doorspoeling.





Afb. 17 - Bereikte resultaten in een zeer droog jaar voorafgegaan door een normaal jaar bij parallelschakeling volgens afb. 15 van een doorstroombekken en twee spaarbekkens ieder met een inhoud van 10 % van de jaarproductie, onder toepassing van het systeem van versnelde doorspoeling.

Hieruit kan de volgende differentiaalvergelijking worden opgesteld:

$$\frac{dT}{dt} = 1 - \frac{V_0 \cdot T}{n \cdot Q_u \cdot t + (n-1) \cdot V_0}, \text{ met als oplossing:}$$

$$T = \frac{1}{1-2n} \cdot \left[ \frac{V_0}{Q_u} \cdot \left\{ 1 + \frac{(n-1) \cdot Q_u \cdot t}{V_0} \right\}^n - 1 \right] \cdot \left\{ 1 - \frac{(2n-1) \cdot T_0 \cdot Q_u}{V_0} \right\} \cdot \frac{V_0}{Q_u} \cdot \left\{ 1 + \frac{(n-1) \cdot Q_u \cdot t}{V_0} \right\} \quad (3)$$

In paragraaf 6 is het geval geanalyseerd, waarbij één doorstroombekken is parallel geschakeld met twee spaarbekkens. De reservoirs hebben ieder een inhoud van 10 % van de jaarproductie. Indien deze jaarproductie werd vastgesteld op  $100 \times 10^6 \text{ m}^3$  dan werd aan het einde van het droge jaar het volgende resultaat genoteerd:

doorstroombekken	I	$V = 10 \times 10^6 \text{ m}^3$	$c_e = 229 \text{ mg/l}$
spaarbekken	II	$V = \dots$	$c_e = \dots$
spaarbekken	III	$V = 2 \times 10^6 \text{ m}^3$	$c_e = 175 \text{ mg/l}$

De opgestelde maximale pompcapaciteit bedraagt  $5 Q_u$  ( $n = 5$ ).

Indien het droge jaar weer wordt gevolgd door een normaal jaar kan worden besloten aanvankelijk alleen spaarbekken III in gebruik te nemen, dit is immers gevuld met water met het laagste chloridegehalte.

Er kan worden vastgesteld dat de gemiddelde verblijftijd van de aan het einde van het droge jaar aanwezige hoeveelheid water in spaarbekken III 237 dagen bedraagt ofwel  $T_0 = 237$ . Indien  $5 Q_u \text{ m}^3/\text{dag}$  in spaarbekken III wordt geleid, dan kan de gemiddelde verblijftijd  $T$  van het afgeleverde water in de fase van peilverhoging van bekken III ten tijde  $t$  worden berekend met formule 3, waarin de volgende gegevens moeten worden ingevuld:

$$n = 5 \quad Q_u = 0,274 \times 10^6$$

$$V_0 = 2 \times 10^6 \quad T_0 = 237$$

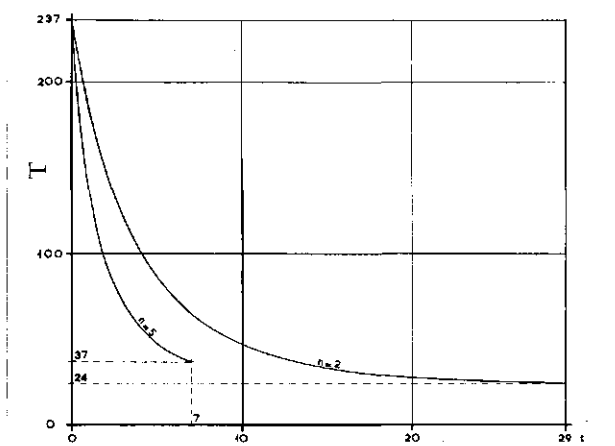
In afb. 18 is het resultaat van de berekening voor

$n = 5$  weergegeven. Het is ook mogelijk dat wordt besloten om  $3 Q_u \text{ m}^3/\text{dag}$  te gebruiken om doorstroombekken I door te spoelen en  $2 Q_u \text{ m}^3/\text{dag}$  te reserveren voor vulling en productie uit spaarbekken III. In dit geval ( $n = 2$  voor spaarbekken III) is eveneens in afb. 18

het verloop van  $T$  in de fase van peilverhoging van spaarbekken III aangegeven.

Uit afb. 18 blijkt dat aan een minimale gemiddelde verblijftijd van 36,5 dag kan worden voldaan indien aan het begin van het normale jaar de gehele beschikbare pompcapaciteit ( $n = 5$ ) in dienst wordt gesteld van spaarbekken III. Wordt voor spaarbekken III  $n = 2$  gekozen dan daalt  $T$  tot 24 dagen hetgeen, gezien de gestelde aannamen, als niet aanvaardbaar moet worden verworpen. Tenslotte wordt opgemerkt dat na vulling van spaarbekken III de bedrijfsvoering met dit bekken kan worden overgeschakeld op de doorstroomfase, waarbij de toevoer en afvoer kan worden bepaald op  $Q_u = 0,274 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{dag}$ . De gemiddelde verblijftijd van het afgeleverde water blijft dan gehandhaafd op 36,5 dag. De beschikbare pompcapaciteit kan nu mede worden aangewend voor versnelde doorspoeling van doorstroombekken I en vulling van spaarbekken II.

Uiteraard is bij alle berekeningen rekening gehouden met de in deze paragraaf naar voren gebrachte beschouwingen omtrent de verblijftijden van het water. In het geval dat wordt beschikt over één spaarbekken (zie paragraaf 3) of één doorstroombekken parallel geschakeld met één spaarbekken (zie paragraaf 5) treden ook in het op het droge of zeer droge jaar volgende normale jaar geen moeilijkheden op ten aanzien van de verblijftijden. Anders is dit gesteld met het geval waarbij wordt beschikt over één doorstroombekken met een inhoud van 10 % van de jaarproductie en drie spaarbekkens, waarvan twee met een inhoud van 10 % en één



Afb. 18 - Gemiddelde verblijftijd  $T$  van het afgeleverde water uit spaarbekken III.

met een inhoud van 3,5 % van de jaarproductie (zie laatste deel van paragraaf 5). In dit geval wordt aan het einde van het droge jaar slechts beschikt over het doorstroombekken met een inhoud van 10 % van de jaarproductie, gevuld met water met een chloridegehalte van 223 mg/l. In het opvolgende normale jaar wordt door de rivier water aangeboden met een chloridegehalte van 140 mg/l. Dit kan echter niet worden gedistribueerd vanwege de geringe verblijftijd. De consequentie is dat de eerste dag van het normale jaar water zou moeten worden afgeleverd met een chloridegehalte van 223 mg/l. Deze methode moet derhalve als niet aanvaardbaar worden verworpen. Zoals in paragraaf 6 werd beschreven brengt de versnelde doorspoeling, toegepast op dit systeem, uitkomst. Hiermede kon bovendien de nodige inhoud worden beperkt.

## 8. Samenvatting en conclusies

In het artikel van prof. ir. L. Huisman en ir. Th. G. Martijn, „Kwaliteitsverbetering in doorstroombekkens, Grondslagen basisplannen 3”, is een onderzoek ingesteld naar de verschillende methoden waarop met doorstroombekkens de anorganische kwaliteit van Rijnwater, gekarakteriseerd door het chloridegehalte, kan worden verbeterd.

Uitgangspunten van deze studie waren de eisen:

1. de minimale gemiddelde verblijftijd van het afgeleverde water moet 1/10 jaar ofwel 36,5 dag bedragen;
2. in een normaal jaar mag het chloridegehalte van het afgeleverde water een grens van 150 mg/l niet overschrijden, eveneens als rekenvoorbeeld is deze grens voor het droge jaar vastgesteld op 175 mg/l en voor het zeer droge jaar op 200 mg/l;
3. het chloridegehalte van het afgeleverde water dient zich gelijkmatig te wijzigen en bij voorkeur constant te zijn.

De auteurs van genoemd artikel kwamen tot de conclusie dat om aan deze eisen te voldoen moet worden beschikt over een voorraad van 50 % van de jaarproductie, verdeeld over 5 doorstroombekkens, ieder met een inhoud van 10 % van de jaarproductie met toepassing van het systeem van parallelschakeling en versnelde doorspoeling.

In dit artikel is de kwaliteitsverbetering door middel

van spaarbekkens onderzocht. Dit zijn bekkens waarin het waterpeil, in tegenstelling tot de doorstroombekkens, wel mag variëren.

Als uitgangspunten van deze studie is aan de genoemde drie eisen nog een vierde toegevoegd:

4. de minimale beschikbare inhoud dient altijd 10 % van de jaarproductie te bedragen.

De volgende systemen van bedrijfsvoering zijn onderzocht:

### a. Bedrijfsvoering met één spaarbekken

Uit dit onderzoek is gebleken dat aan de gestelde eisen kan worden voldaan indien wordt beschikt over één spaarbekken met een inhoud van 42 % van de jaarproductie en voorts dat het bij een beschikbare bekkensinhoud tussen 10 % en 32 % van de jaarproductie voordeliger is dit bekkens als doorstroombekken in te richten dan als spaarbekken.

### b. Bedrijfsvoering met één doorstroombekken met een inhoud van 10 % van de jaarproductie en hiermede parallel geschakeld één spaarbekken

Indien de totale inhoud van dit systeem gelijk wordt gekozen aan de inhoud van één spaarbekken, dan blijken met de parallel geschakelde bekkens aanmerkelijk betere resultaten bereikbaar te zijn dan met slechts één spaarbekken. Nog gunstiger resultaten kunnen met het volgende systeem worden bereikt.

### c. Parallelschakeling van één doorstroombekken met een inhoud van 10 % van de jaarproductie en een aantal spaarbekkens eveneens met een inhoud van 10 % van de jaarproductie

Indien op dit systeem de bedrijfsvoering met versnelde doorspoeling wordt toegepast, blijkt aan alle eisen te kunnen worden voldaan wanneer wordt beschikt over een reservoirinhoud van 30 % van de jaarproductie, verdeeld over één doorstroombekken met een inhoud van 10 % van de jaarproductie en hieraan parallel geschakeld twee spaarbekkens ook ieder met een inhoud van 10 % van de jaarproductie.

De conclusie kan worden getrokken dat bij gebruikmaking van spaarbekkens aan de gestelde voorwaarden kan worden voldaan met een beschikbare inhoud van 30 % van de jaarproductie, terwijl hiertoe bij gebruikmaking van doorstroombekkens een minimale inhoud van 50 % van de jaarproductie noodzakelijk was.

Tenslotte moet nog worden opgemerkt dat in het geval dat een normaal jaar wordt gevolgd door een droge periode van langere duur dan in de beschouwingen werd betrokken, de toepassing van spaarbekkens tot moeilijkheden kan leiden die ernstiger vormen aannemen dan bij de toepassing van doorstroombekkens het geval is. Bij de dimensionering van de spaarbekkens is er immers van uitgegaan dat deze aan het einde van een droge periode zijn uitgeput tot een toelaatbaar geacht niveau. Voortzetting van de droge periode heeft tot gevolg dat water met een zeer hoog chloridegehalte zal moeten worden afgeleverd, de mengcapaciteit is aanzienlijk geslonken. Anders ligt dit bij de toepassing van doorstroombekkens waar de volle mengcapaciteit aanwezig blijft en de voortzetting van de droge periode tot minder hoge chloridegehalten in het afgeleverde water aanleiding zal geven.

Uit constructief oogpunt zijn spaarbekkens in het nadeel ten opzichte van doorstroombekkens. Als belangrijkste

nadelen kunnen worden genoemd de mogelijke beïnvloeding van de grondwaterstand in de omgeving en de grote taludlengte die tegen golfslag dient te worden beschermd. Aan de andere kant heeft deze studie bewezen dat een kleinere oppervlakte door spaarbekkens wordt ingenomen, wanneer een zelfde resultaat wordt nagestreefd als bij toepassing van doorstroombekkens. Uiteraard wordt hierbij aan gelijke diepte voor beide bekken-systemen gedacht.

In de praktijk zal geval voor geval de meest geëigende oplossing moeten worden bepaald.

Overigens kunnen de in dit artikel gegeven berekeningsmethoden worden aangewend voor de beoordeling van ieder voorkomend of te ontwerpen systeem van bedrijfsvoering met spaarbekkens, waarbij mogelijk met andere

bedrijfsvoeringen, dan waarvan in dit artikel werd uitgegaan, nog betere resultaten worden verkregen.

Het rekenwerk dat moest worden verzet om de diverse systemen te kunnen beoordelen was aanzienlijk. De auteur ontving hierbij alle medewerking van de Wiskundige Dienst van de Technische Hogeschool te Delft.

#### Literatuur

1. Huisman, L. en Martijn, Th. G., *Kwaliteitsverbetering in doorstroombekkens*, Grondslagen basisplannen 3, H<sub>2</sub>O, 8 februari 1968 nr. 3 en 22 februari 1968 nr. 4.
2. Martijn, Th. G., *Afvoer- en chloridekarakteristieken van de Rijn in verband met voorraadvorming*, Grondslagen basisplannen 1, Water, 23 februari 1967, nr. 4.