

NN31545.0824

NOTA 824

augustus 1974

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

HET EFFECT VAN DE AFSLUITING VAN NATUURGEBIEDEN
IN N. W.-OVERIJSEL OP DE BOEZEMFUNCTIE

dr. J. Wesseling

STAN. NO. 1977

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

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende 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.



0000 0347 3796

ISN-1977-11

INHOUD

	blz.
1. INLEIDING	1
2. DE WATERSTAATKUNDIGE TOESTAND	1
3. DE BERGINGSFUNCTIE VAN DE BOEZEM	3
4. HET MECHANISME VAN DE BERGING	5
4.1. Formules voor de waterbeweging	6
5. INVLOED VAN DE AFSLUITING VAN BEPAALDE GEBIEDEN	12
6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	14

1. INLEIDING

Bij de besprekingen over beheersmaatregelen voor het natuurgebied de Weerribben is enige malen de vraag naar voren gekomen of afsluiting van het buitenwater van bepaalde delen van het gebied een oplossing zou kunnen zijn voor het tegengaan van de vervuiling van het water binnen deze gebiedjes. Hierbij kwam echter steeds naar voren, dat afsluiting onmogelijk zou zijn omdat dit een verkleining van de boezem zou inhouden. In tijden van calamiteiten zou de boezem dan te klein worden.

Na bestudering van een aantal rapporten die ons werden verstrekt door ir. Patyi van de Cultuurtechnische Dienst te Zwolle leek het ons gewenst de hoofdlijnen en gedachtengangen die in deze rapporten zijn gevolgd nader uit te werken. Hierbij is vooral de nadruk gelegd op enkele aspecten van het gebied als bergboezem en de invloed van afsluiting van delen van het kragengebied op deze bergingsfunctie.

2. DE WATERSTAATKUNDIGE TOESTAND

Het waterschap Vollenhoven omvat een gebied van 33 000 ha. Behalve van dit gebied wordt door het gemaal Stroink het water verwerkt van:

- a. de polder Nijeveen-Kolderveen met een oppervlakte van 2500 ha.
Dit water wordt in het waterschap gebracht door het gemaal Broammeule;
- b. het stroomgebied van de Steenwijker Aa ter grootte van 16 500 ha.

Het totaal afwaterend gebied van het gemaal Stroink bedraagt dus 52 000 ha (scriptie IWEMA). Volgens de Provinciale Waterstaat van

Overijssel is de capaciteit van het gemaal $14,5 + 16,5 + 18,1 = 49,1 \text{ m}^3/\text{s}$ bij een opvoerhoogte van 75 cm. Deze capaciteit vermindert met $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$ voor elke 10 cm vergroting van de opvoerhoogte. Bij een opvoerhoogte van 1,50 m bedraagt de capaciteit nog $44,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Bij een opvoerhoogte van 75 cm is de bemalingscapaciteit dus $0,94 \text{ l/s.ha}$, bij 150 cm $0,85 \text{ l/s.ha}$, gerekend over het gehele afwaterende gebied. Bij hoge afvoeren via het Meppelerdiep wordt echter voor de ontlasting van het gemaal bij Zwartsluis water via de Beukersluis in de boezem van het waterschap Vollenhoven ingelaten. Volgens de scriptie van Iwema bedraagt de afvoer van het Meppelerdiep:

1 maal per 1000 jaar $167 \text{ m}^3/\text{s}$
 1 " " 100 " $130 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ter completering van deze reeks zou volgens de gegevens van de Commissie Afvloeiingsfactoren (Interimrapport, 1970) bij toepassing van $Q_{100}/Q_1 = 2,3$ en $Q_{10}/Q_1 = 1,75$ deze reeks aangevuld kunnen worden met

1 maal per 10 jaar $100 \text{ m}^3/\text{s}$
 1 " " 1 " $57 \text{ m}^3/\text{s}$.

De capaciteit van het gemaal bij Zwartsluis bedraagt

$112,5 \text{ m}^3/\text{s}$ bij een opvoerhoogte van 0,5 m
 100 " " " " " $1,40 \text{ m}$
 90 " " " " " $1,70 \text{ m}$.

De boezem van het waterschap Vollenhoven bestaat uit rond 2500 ha open water en een kragengebied dat eveneens neerkomt op 2500 ha open water. Het gemiddelde boezempeil wordt in de zomer gehandhaafd op 0,70 m -NAP. Bij watertekort kan water worden ingelaten uit het Meppelerdiep en door de Driewegsluis uit de Friese Boezem. Het winterpeil wordt op 0,80 m -NAP gehouden waarbij een stijging tot 0,60 m -NAP toelaatbaar wordt geacht.

Opgemerkt dient te worden dat het gemaal Stroink slechts mag malen tot het peil in het Vollenhovense meer $1,00 \text{ m} + \text{NAP}$ is. De opvoerhoogte van het gemaal is dan bij volledig gevulde boezem ongeveer $1,60 \text{ m}$, zodat de capaciteit rond $40 \text{ m}^3/\text{s}$ bedraagt.

3. DE BERGINGSFUNCTIE VAN DE BOEZEM

Zoals reeds opgemerkt doet het boezemgebied van het waterschap Vollenhoven dienst als bergingsreservoir bij hoge afvoeren via het Meppelerdiep.

Volgens de Waterstaatskaart is het afwaterend gebied van het Meppelerdiep ongeveer 81 000 ha. Met de in de vorige par. gegeven afvoerfrequenties zou dit neerkomen op resp. 2,06; 1,60; 1,23 en 0,70 l/s. ha. Nemen we aan dat de gronden die behoren tot de afwaterende gebieden van het waterschap Vollenhoven eenzelfde afvoerfrequentie geven als die van het stroomgebied van het Meppelerdiep, dan mag worden verondersteld dat in de situatie die één maal per 1000 jaren optreedt, zich de volgende situatie voordoet:

Afvoer waterschap 52 000 - 5000 ha à 2 l/s. ha	= + 8,1 x 10 ⁶ m ³ /dag.
Inlaat vanuit Meppelerdiep 167 - 90 = 77 m ³ /s	= + 6,7 x 10 ⁶ m ³ /dag.
Afvoer gemaal Stroink 40 m ³ /s	= - 3,5 x 10 ⁶ m ³ /dag
Totaal	11,3 x 10 ⁶ m ³ /dag

Hier is de ongunstigste situatie genomen waarbij het gemaal te Zwartsluis een capaciteit van 90 m³/s haalt en het gemaal Stroink 40 m³/s. De overtollige hoeveelheid water zou kunnen worden opgevangen met een peilverhoging van 22,6 cm. Zou het gemaal Stroink in deze situatie niet kunnen malen, dan zou de peilverhoging 29,6 cm zijn. Zou de boezem met 10% of 500 ha verkleind worden, dan zou de peilverhoging resp. 25,1 en 32,9 cm bedragen. Van de andere kant kan het gemaal Stroink bij een capaciteit van 40 m³/s een verlaging van 7 cm per dag in de boezem teweegbrengen.

Bij een situatie die zich eens per 100 jaar voordoet waarbij gesteld mag worden dat het gemaal te Zwartsluis 100 m³/s kan uitmalen, zou 30 m³/s in de boezem worden ingelaten. Hierbij komt dan 75,2 m³/s voor het afwaterend gebied van het waterschap zelf. Indien uitmaling door het gemaal Stroink mogelijk is, zal het gebied dus 30 + 75,2 - 40 = 65,2 m³/s = 5,6 x 10⁶ m³/dag ontvangen, hetgeen neerkomt op een peilverhoging van 11,2 cm.

Uit bovengegeven berekeningen blijkt, dat er dus geen bezwaar kan bestaan tegen het afsluiten van bepaalde delen van het gebied van de boezem. Overwogen zou kunnen worden deze afsluiting bijv.

op 0,60 à 0,70 m -NAP aan te brengen, zodat toevoer naar het gebied bij zeer hoge waterstanden nog steeds mogelijk blijft terwijl onder normale omstandigheden geen vreemd water behoeft te worden toegelaten. Een bijkomend voordeel zou dan zijn, dat alleen sterk verdund, dus relatief schoon water binnen zal stromen.

Van de totale inhoud van de bergboezem bevindt zich de helft binnen kraggenland. Bij vulling van de boezem zal het water zich snel over de grotere open wateren (meren en kanalen) verdelen. De vulling van het kraggengebied zal trager verlopen, omdat het water zich een weg moet banen door nauwere watergangen. Om een zo gelijkmatig mogelijke vulling van de boezem te verkrijgen zullen de toevoerwegen naar de kraggengebieden een zekere doorstroomcapaciteit moeten hebben. Hiernaar is door het Ingenieursbureau Van Hasselt en De Koning een onderzoek ingesteld. In het daartoe opgestelde rapport wordt aangenomen dat

- a. van elke 100 ha kraggengebied 44 ha geschikt is voor open waterberging;
- b. elke eenheid van 44 ha met een 2000 m lang kanaal is verbonden met het overige open water;
- c. tegen elke 44 ha waterberging in de kraggen ook 44 ha open waterberging in meren staat.

Op grond van deze schematisering is een theoretische berekening uitgevoerd om de afmetingen van de toevoerkanalen te bepalen.

Een zo volledig en snel mogelijke vulling van de berging in het kraggenland betekent, dat bij elke vulling een zo groot mogelijke hoeveelheid vreemd water in deze gebieden wordt gebracht. Zou men daarentegen geen verbetering van de watertoevoerwegen doorvoeren, dan zal, omdat de vulling van het achterliggende kraggengebied steeds achterblijft, minder vreemd water in deze gebieden binnenstromen. De in het Hasko-rapport ontwikkelde theorie zou dan ook kunnen worden toegepast om na te gaan, welk effect gehele of gedeeltelijke afsluiting zal hebben op de aanvoer van water naar het betreffende gebied. Dit is dan ook mede de reden waarom de betreffende theorie in deze nota is weergegeven.

4. HET MECHANISME VAN DE BERGING

In het Hasko-rapport wordt een berekeningsschema toegepast, waarin de totale bergingscapaciteit van de boezem is verdeeld in 2 reservoirs van elk 2500 ha. Het eerste reservoir bestaat uit open water (meren) waarin het peil direct wordt beïnvloed door de aanvoer. Het tweede reservoir bestaat uit kraggenland, dat met vaarten verbonden is gedacht met het open water. Deze verbinding is zodanig, dat tegenover elke 44 ha open berging ook 44 ha kraggenberging staat met een kanaal van 2000 m met elkaar verbonden. Het komt er dus op neer dat er $\frac{2500}{44} = 57$ vaarten ter lengte van 2 km aanwezig zijn die het water transporteren. Het ontworpen stromingspatroon is nu als weergegeven in fig. 1.

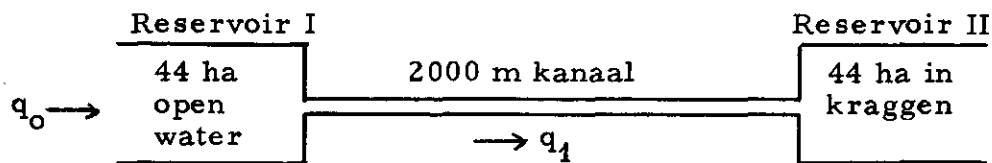


Fig. 1

- Voor de waterbeweging worden nu 3 fasen onderscheiden en wel:
- fase 1. In het eerste reservoir wordt een constante hoeveelheid q_0 ingelaten. Het peil stijgt, waardoor het verhang in het kanaal toeneemt tot een constante waarde wordt bereikt na een tijdsduur t_1 . Het kraggengebied blijft dus een tijd t_1 achter wat de berging betreft.
 - fase 2. Het verhang en daarmee de stroming door de vaart blijft constant zodat beide peilen gelijkmatig stijgen. Het gehele gebied werkt als één reservoir. Tijdsduur van deze fase t_2 .
 - fase 3. Het maximumpeil in de plassen is bereikt en wordt gehandhaafd. De toevoer wordt zodanig verondersteld, dat deze de stroming door het kanaal compenseert; het kraggenland wordt opgevuld tot het peil van de meren. Tijdsduur t_3 .

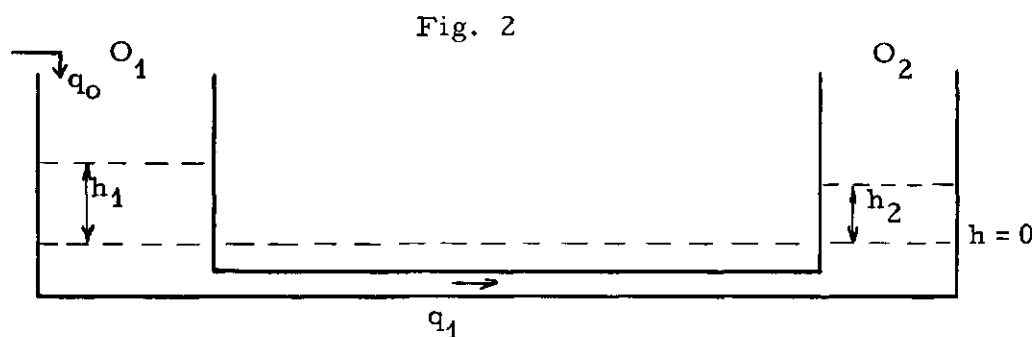
Opgemerkt kan worden dat fase 2 alleen kan bestaan, als de oppervlakten van beide reservoirs hetzelfde zijn. De afgeleide formules

hebben dus niet de algemene geldigheid die gesuggereerd wordt. Bovendien is bij de afleiding van t_1 uitgegaan van de verkeerde veronderstelling dat het peil in het kragengebied niet zal stijgen voordat de toevoer door het kanaal gelijk is aan de helft van q_0 . Bij de afleiding van t_2 wordt van deze foute veronderstelling gebruik gemaakt.

Omdat, zoals reeds werd opgemerkt, een dergelijk berekeningschema ook mogelijkheden inhoudt om de waterbeweging in het kragengebied na te gaan, wordt in de volgende paragraaf eerst een algemenere afleiding gegeven.

4.1. Formules voor de waterbeweging

Bij de afleiding van formules voor de waterbeweging tijdens het opvullen van de berging kunnen we uitgaan van het schema in fig. 2.



Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen de volgende gevallen:

- a. O_1 en O_2 hebben dezelfde orde van grootte. Het geval beschrijft de algemene waterbeweging in het gebied. Door een toevoer q_0 op O_1 treedt peilverhoging op en groeit q_1 aan. De waarde van h_2 (kraggen) stijgt later.
- b. O_2 is klein t. o. v. O_1 . Het geval beschrijft de invloed van (gedeelte) afsluiting van een kragengebied, bijvoorbeeld door vergroting van de weerstand in het verbindingskanaal door middel van begroeiing, damwand of stuw.

Algemeen geldt voor reservoir O_1 :

$$dh_1 = \left(\frac{q_o}{O_1} - \frac{q_1}{O_1} \right) dt \quad (1)$$

en voor reservoir O_2

$$dh_2 = \frac{q_1}{O_2} \cdot dt \quad (2)$$

Voor de stroming door het verbindingskanaal geldt:

$$q_1 = c F \sqrt{R \cdot \frac{h}{L}} \quad (3)$$

waarin h het peilverschil en L de lengte van het kanaal is.

Stel nu

$$a = c F \sqrt{\frac{R}{L}} \quad (4)$$

zodat (3) overgaat in

$$q_1 = a \sqrt{h} \quad (5)$$

Uit (1) en (2) volgt

$$dh = dh_1 - dh_2 = \left(\frac{q_o}{O_1} - \frac{q_1}{O_1} - \frac{q_1}{O_2} \right) dt \quad (6)$$

Invullen van (6) in (5) geeft dan

$$dh = \left(\frac{q_o}{O_1} - \frac{a}{O_1} h^{\frac{1}{2}} - \frac{a}{O_2} h^{\frac{1}{2}} \right) dt \quad (7)$$

Met $h^{\frac{1}{2}} = p \rightarrow h = p^2$ en $dh = 2pdp$ wordt (7):

$$\frac{2 O_1 pdp}{q_o - \left(a + a \frac{O_1}{O_2} \right) p} = dt$$

of met

$$b = a + a \frac{O_1}{O_2} = a \left(1 + \frac{O_1}{O_2} \right) \quad (8)$$

$$\frac{2 O_1 pdp}{q_o - bp} = dt$$

$$t = 2 O_1 \int \left(-\frac{1}{b} \frac{q_o - bp}{q_o - bp} dp + \frac{1}{b} \frac{q_o}{q_o - bp} \right) dp$$

$$t = 2 O_1 \left\{ -\frac{1}{b} p - \frac{q_o}{b^2} \ln (q_o - bp) \right\} + C$$

Indien op $t = 0$ beide peilen gelijk worden verondersteld en q_o begint op $t = 0$, dan is $h = 0$ op $t = 0$. Ingevuld in bovenstaande vergelijking geeft dit

$$C = \frac{2 q_o O_1}{b^2} \ln q_o$$

zodat de oplossing wordt

$$t = 2 O_1 \left[\frac{q_o}{b^2} \ln \frac{q_o}{q_o - b\sqrt{h}} - \frac{1}{b} \sqrt{h} \right]$$

of

$$t = \frac{2 O_1}{b^2} \left[q_o \ln \frac{q_o}{q_o - b\sqrt{h}} - b\sqrt{h} \right] \quad (9)$$

Deze vergelijking is dezelfde als die voor t_1 in het Hasko-rapport, met dien verstande dat daar a in plaats van b voorkomt. Dit is te wijten aan de veronderstelling dat h_2 niet stijgt in de eerste fase.

Volgens het Hasko-rapport bestaat er een fase 1, waarin h een maximale waarde bereikt waarna h_1 en h_2 gelijk stijgen. Dan moet echter $\frac{dh}{dt} = 0$ zijn. Zowel uit (7) als uit differentiëren van (9) volgt dat

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{O_1} (q_o - b\sqrt{h}) \quad (10)$$

Indien $\frac{dh}{dt} = 0$ moet zijn, volgt hieruit dat $q_o = b\sqrt{h}$ of $h = \left(\frac{q_o}{b}\right)^2$ als maximale waarde voor h . Volgens (9) geldt dit echter voor $t = \infty$ omdat het argument van de natuurlijke logaritme dan ∞ wordt. Met andere woorden fase 1 en fase 2 zijn niet te scheiden, omdat h_{\max} slechts bereikt wordt voor $t = \infty$.

De waarde van h_2 kan worden berekend uit de continuïteitsvergelijking

$$h_2 O_2 + (h_2 + h) O_1 = q_o t \quad (11)$$

waaruit volgt

$$h_2 = \frac{q_o t - hO_1}{O_1 + O_2} \quad (12)$$

Voor het berekenen van h_1 kan worden toegepast

$$h_1 = h_2 + h \quad (13)$$

Passen we nu (9), (12) en (13) toe op het in het Hasko-rapport berekende geval, dan krijgen we (zie fig. 3)

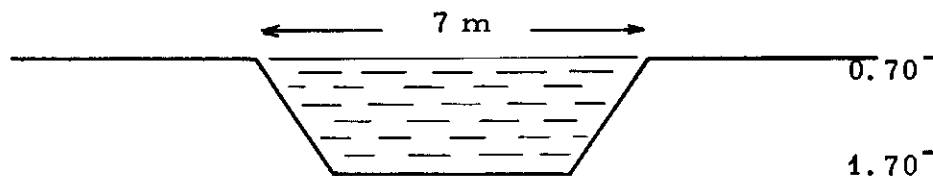


Fig. 3

$F = 6 \text{ m}^2$	$O_1 = 44 \times 10^4 \text{ m}^2$
$O_n = 7,8 \text{ m}^2$	$O_2 = 44 \times 10^4 \text{ m}^2$
$R = 0,77 \text{ m}$	$a = 5,89$
$C = 50$	$b = 11,78$
$L = 2000$	$q_o = 2,2 \text{ m}^3/\text{s}$

Hierbij is uitgegaan van een vulling in 24 uur van de gehele boezem en kanalen die voldoen aan scheepvaartseisen. Berekening geeft dan het resultaat weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. Berekening van peilen volgens (9), (11) en (12) enerzijds en die volgens het Hasko-rapport anderzijds voor de verbeterde toestand (zie fig. 3)

Huidige berekening					Hasko-rapport	
h (m)	t sec	t uren	h_1	h_2		
0,01	3 225	0,90	0,013	0,003	$t_1 = 3$ uur	$h = 3,5$ cm
0,02	9 184	2,55	0,033	0,013	$t_2 = 17$ "	$h_2 = 0,009$ cm
0,03	23 765	6,60	0,074	0,044	$t_3 = 9$ "	$h_o = (h+h_2) =$
0,032	30 800	8,56	0,092	0,060		15,6 cm*
0,034	47 200	13,11	0,135	0,101		
0,035	∞	-	-	-		

* h_o is het maximum peil (0,20 m) van de plassen

Uit de tabel blijkt duidelijk, dat de in het Hasko-rapport gegeven oplossing niet goed kan zijn. Immers als na 24 uur $h_0 - (h+h_2) = 15,6$ cm, dan is h_2 slechts 4,4 cm, d. w. z. dat op $O_1 \frac{29}{24} \times 20 + 15,6 = 24,2 + 15,6 = 39,8$ of rondweg 40 cm water is gebracht. Onze conclusie is, dat in het onderhavige geval het peilverschil $h \approx 3,5$ cm bedraagt na 24 uur. Bij de gegeven toevoer zal het plaspeil dus 3,5 cm hoger zijn dan het peil in de kraggen, zodat niet 20 cm doch ruim 21,5 cm peilverhoging in de plassen moet zijn opgetreden.

Een ander voorbeeld in het Hasko-rapport heeft betrekking op de 'onverbeterde' toestand van de vaarten. Hierbij geldt:

$$\begin{aligned} F &= 3,8 \text{ m}^2 & a &= 3,03 \\ O_n &= 7,5 \text{ m} & b &= 6,06 \\ R &= 0,51 & q_0 &= 2,2 \text{ m}^3/\text{s} \\ C &= 50 \end{aligned}$$

Voor deze situatie geldt volgens verg. (10) $h_{\max} = 0,13$ m. Berekening volgens verg. (9), (11) en (12) geeft de resultaten weergegeven in tabel 2.

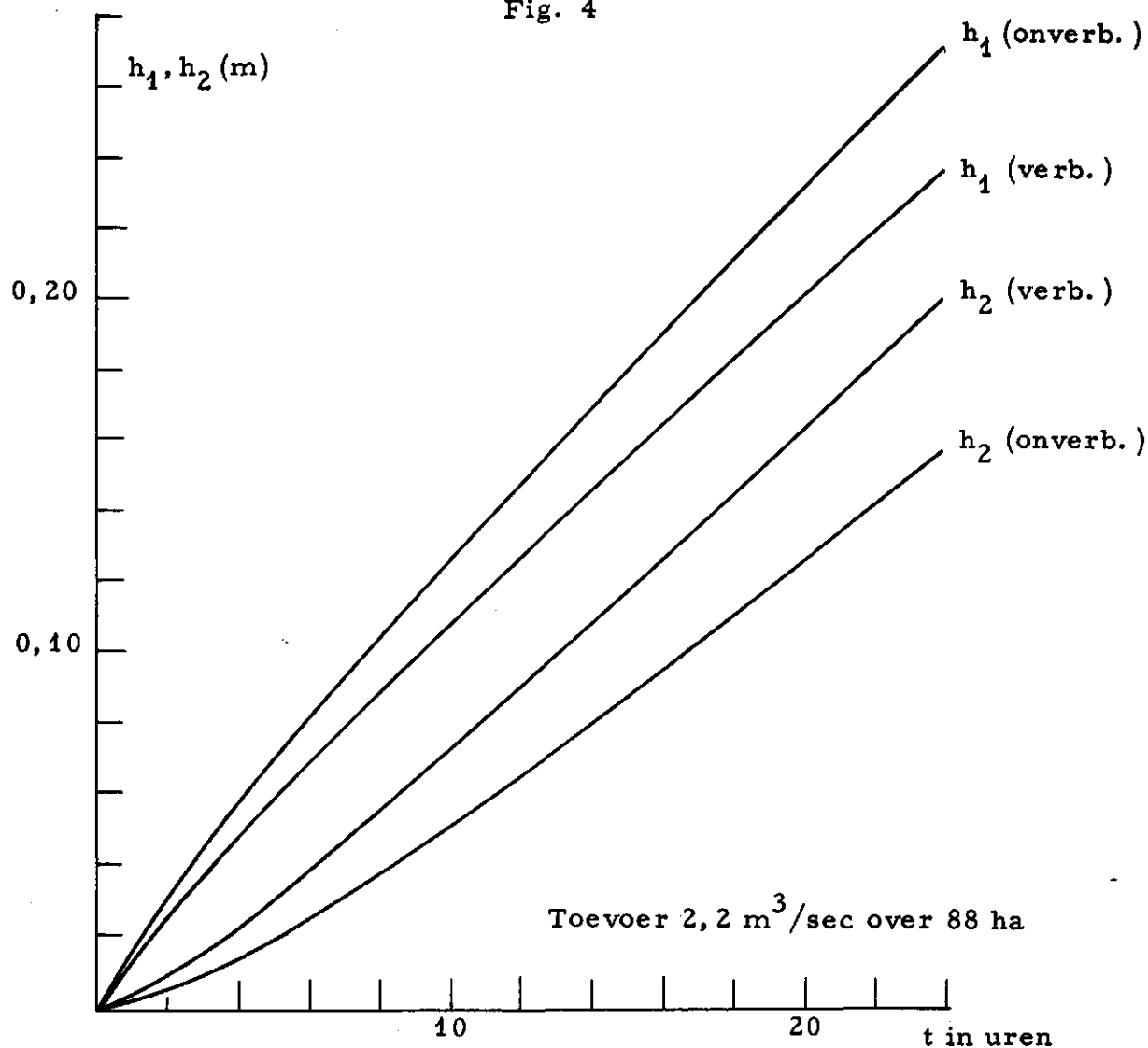
Tabel 2. Berekening van peilen volgens (9), (11) en (12) en die volgens het Hasko-rapport voor de onverbeterde toestand

Huidige berekening					Hasko-rapport	
h (m)	t sec	t uren	h_1	h_2		
0,02	5 254	1,46	0,023	0,003	$t_1 = 11,5$ uur	$h = 13,5$ cm
0,04	13 160	3,66	0,053	0,013	$t_2 = 3,5$ "	$h_2 = 0,035$ cm
0,06	23 637	6,57	0,089	0,029	$t_3 = 30$ "	$h_0 - (h+h_2) =$
0,08	38 535	10,70	0,136	0,056		3,1 cm*
0,10	62 069	17,24	0,205	0,105		
0,12	112 250	31,18	0,341	0,221		

* h_0 is het maximum peil (20 cm) van de plassen

De cijfers van de tabellen 1 en 2 zijn in fig. 4 bijeengebracht. In het onverbeterde geval blijkt na 24 uur het plaspeil gestegen tot 26 cm, dat in de kraggen tot 16 cm. Deze toestand is onvoldoende om aan de gestelde bergingseis te voldoen, doch geeft wel aan dat de

Fig. 4



aanvoer van vreemd boezemwater in de kragengebieden kan worden verminderd door de weerstand in de toevoerkanalen te laten toenemen.

De vraag is echter nog, in hoeverre een verdeling binnen plassen en kraggen gaat optreden als het plaspeil het maximum boezempeil heeft bereikt. Stellen we de maximale verhoging in de boezem op h_0 , het max. verschil tussen plassen en kraggen h_{\max} . De laatste waarde is voor de beide berekende toestanden (zie fig. 4) resp. 3,5 en 11 cm. Voor de kraggen geldt

$$\frac{dh_2}{dt} = \frac{q_i}{O_2} = \frac{a\sqrt{h}}{O_2} \quad (14)$$

Oplossen van deze differentiaalvergelijking geeft

$$t = 2 \frac{O_2}{a} \sqrt{h_{\max}} \quad (15)$$

Voor het verbeterde geval bedraagt $t = 7,76$ uur, voor het onverbeterde geval 26,8 uur.

5. INVLOED VAN DE AFSLUITING VAN BEPAALDE GEBIEDEN

Uit de in par. 3 uitgevoerde berekening blijkt, dat verkleining van de boezem door afsluiten van delen ervan slechts een zeer geringe verhoging van het boezempeil ten gevolge kan hebben. Bij een frequentie van gemiddeld eens per 1000 jaar zal deze peilverhoging niet meer dan 3 cm bedragen als 10% van de open waterberging in de kragengebieden wordt opgeheven. Omdat van elke 100 ha kragengebied gerekend is met 44 ha open waterberging en de laatste 2500 ha bedraagt, zou dit betekenen dat een peilverhoging van ca. 3 cm het afsluiten van $\frac{100}{44} \times 250 = 568$ ha kraggen toe zou laten. Voor hogere frequenties van voorkomen, bijvoorbeeld eens per 100 of eens per 10 jaar zal de extra peilverhoging van 3 cm van nog minder belang zijn.

De in par. 4 uitgevoerde berekeningen tonen duidelijk aan, dat voor de verbetering van de kanalen aanzienlijke peilverschillen moeten zijn voorgekomen tussen plassen- en kragengebieden als gevolg van de te geringe capaciteit van de kanalen. De hierboven aangegeven peilverhoging van 3 cm valt in het niet bij deze berekende verschillen.

Bij de berekeningen is uitgegaan van een toevoer van $2,2 \text{ m}^3/\text{s}$ voor 88 ha open waterberging, hetgeen neerkomt op een totale toevoer van $125 \text{ m}^3/\text{s}$ voor 5000 ha of $10,8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{dag}$. Deze situatie verschilt dus weinig met die welke eenmaal per 1000 jaar op zal treden. Gaan we uit van de genoemde toevoer van $2,2 \text{ m}^3/\text{s}$ op de boezem tijdens 24 uur, dan blijken in de onverbeterde toestand de kraggen $0,27 - 0,16 \text{ m} = 11 \text{ cm}$ achter te blijven. Hierdoor zal het peil in de plassen 7 cm hoger zijn geweest dan de gestelde 20 cm. Ook hieruit blijkt dat een stijging boven 20 cm in de boezem niet nadelig hoeft te zijn.

Opmerkelijk is wel, dat in de onverbeterde toestand de kragengebieden duidelijk achterbleven wat betreft de boezemfunctie. Hieruit kan geconcludeerd worden, dat na de verbetering van de kanalen meer vreemd water in de kragengebieden zal zijn gebracht dan vroeger het geval was.

Reeds eerder werd opgemerkt, dat vermindering van de toevoer van vreemd water naar de kragengebieden kan plaatshebben door vergroting van de weerstanden in de toevoerkanalen. Voor het gedeeltelijk afsluiten van kleinere gebieden door vergroting van de weerstand in de toevoerkanalen mag worden verondersteld dat de berging in deze gebieden te verwaarlozen is ten opzichte van de berging in de gehele boezem. De mate van achterblijven van het peil in het kragengebied kan dan worden weergegeven door

$$h = \frac{a}{2O_2} \cdot t_1^2 \quad (15)$$

(zie afleiding verg.15)

waarin t_1 de tijd is waarover de boezem gevuld wordt (bijv. 24 uur). Voor het naderhand gelijk opvullen van het afgesloten kragengebied zal een tijd $t = \sqrt{\frac{2O_2}{a} h}$ nodig zijn. Wordt het boezempeil direct weer teruggebracht op een lager peil, dan zal minder water in het kragengebied stromen. Door de bemaling via het gemaal Stroink zal een verlaging van ongeveer 7 cm per dag kunnen worden bewerkstelligd. De winst door vergroting van de weerstand van de toevoerkanalen zal dus slechts klein zijn.

Ook is afsluiting van kleinere gebieden mogelijk door middel van bijvoorbeeld een damwand met een hoogte overeenkomend met het hoogst toelaatbare peil in de boezem. Dit zou als voordeel bieden dat in tijden van calamiteiten alsnog gebruik kan worden gemaakt van de (geringe) extra berging terwijl in de meeste gevallen geen water in het kragengebied hoeft te worden toegelaten.

6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

- a. Het te verwachten waterbezwaar in de boezem van het waterschap is zodanig, dat gemiddeld eens per 1000 jaar een verhoging van het boezempeil van ongeveer 25 à 30 cm zal optreden.
- b. In de toestand dat de kanalen naar de kraggen niet verbeterd waren, bleven de kraggen wat betreft de berging achter bij de plassen. Hierdoor zal het peil in de plassen hoger zijn geweest dan in de verbeterde toestand valt te verwachten.
- c. Gezien het te verwachten waterbezwaar kan er weinig tegen het afsluiten van kraggengebieden van de boezem zijn.
- d. Gedeeltelijk afsluiten door vergroten van de weerstand in de toevoerkanalen is weinig effectief. Overwogen kan worden afsluiting te realiseren door bijvoorbeeld damwanden of dammen met een hoogte gelijk aan of iets beneden het maximaal in de boezem toegestane peil.