

NN31545.1072

NOTA 1072

augustus 1978

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen

DE WATER- EN MINERALENBALANS VAN EEN GLASTUINBOUWBEDRIJF  
IN DE PERIODE 1976/77

Ph. Hamaker

A.A.M. van der Burg (Proefstation Naaldwijk)

BIBLIOTHEEK  
STADIONBOUW

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.

ISN 180901 -02

Deze nota 1072 is ook verschenen als rapport van het Proefstation te Naaldwijk

## I N H O U D

	pag.
1. INLEIDING	1
2. GEVOLGEN VAN DE GEWIJZIGDE BEDRIJFSSITUATIE OP HET ONDER- ZOEK	1
3. METINGEN MET BETREKKING TOT DE WATERBALANS	3
4. METINGEN MET BETREKKING TOT DE MINERALENBALANS	4
5. VERWERKING VAN DE GEGEVENS	6
6. BESPREKING VAN DE WATERBALANS	8
6.1. Inleidende opmerkingen	8
6.2. Waterbalans voor de komkommerteelt	10
6.3. Waterbalans voor de tomatenteelt	11
6.4. Waterbalans tijdens uitspoeling	13
7. BESPREKING VAN DE TERMEN VAN DE MINERALENBALANSVERGELIJKING	13
7.1. Inleidende opmerkingen	13
7.2. Verloop van de zout- en bemestingstoestand	14
7.3. Mineralen in het grond- en drainwater	24
7.4. Gewasopname	26
7.5. Aanvoer en afvoer van mineralen	29
8. BESPREKING VAN DE MINERALENBALANS	32
9. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	40
10. LITERATUUR	42

## 1. INLEIDING

Deze nota heeft betrekking op het voortgezette onderzoek naar de water- en mineralenhuishouding op een glastuinbouwbedrijf. De achtergronden en doelstellingen van het onderzoek zijn uitvoerig behandeld in ICW-nota 981, evenals de resultaten van het onderzoek dat werd uitgevoerd in de periode van 1-8-1975 tot 1-8-1976. Gedurende dat eerste jaar van onderzoek vonden op het bedrijf achtereenvolgens een nateelt van komkommers en een stookteelt van tomaten plaats.

In deze nota komt de periode van 1-8-1976 tot 1-12-1977 aan de orde. Het oppervlak onder glas werd in het voorjaar van 1977 door de bouw van een nieuwe kas aanzienlijk uitgebreid. De gevolgen hiervan voor wat betreft het onderzoek naar de water- en mineralenhuishouding worden in hoofdstuk 2 besproken. De uitvoering van het onderzoek komt in de hoofdstukken 3 en 4 slechts aan de orde voor zover deze afweek van hetgeen hierover in Nota 981 is geschreven. De veranderde bedrijfs-situatie was ook van invloed op de verwerking van de experimentele gegevens. Hierop wordt in hoofdstuk 5 nader ingegaan. Tenslotte worden de resultaten, die in dit geval betrekking hebben op een nateelt van komkommers gevolgd door een stookteelt-doorteelt van tomaten, besproken in de hoofdstukken 6, 7 en 8.

## 2. GEVOLGEN VAN DE GEWIJZIGDE BEDRIJFSSITUATIE OP HET ONDERZOEK

Fig. 1 is een plattegrond van het glastuinbouwbedrijf na voltooiing van de bouw van een derde afdeling. Het bedrijf bestond daarvoor uit de door een middengevel gescheiden afdelingen A en B met oppervlakten van respectievelijk  $5200 \text{ m}^2$  en  $5600 \text{ m}^2$ . In het voorjaar van 1977 werd afdeling C met een oppervlak van  $6500 \text{ m}^2$  gebouwd. De

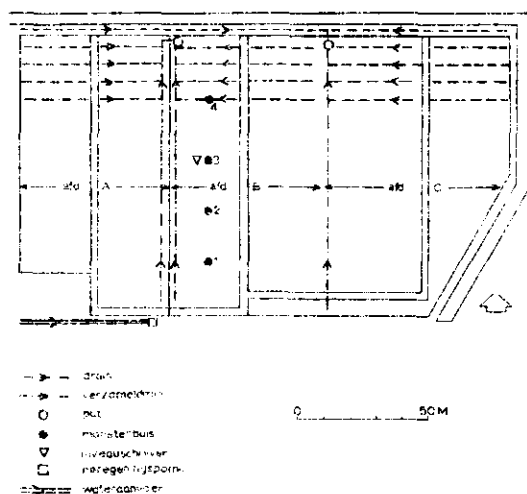


Fig. 1. Plattegrond van het bedrijf na de bouw van kasafdeling C in het voorjaar van 1977

oorspronkelijke buitengevel aan de oostzijde van afdeling B werd verwijderd zodat de afdelingen B en C één geheel gingen vormen. Het reeds bestaande drainagesysteem werd niet veranderd, zodat het drainewater van de afdelingen A en B enerzijds en van afdeling C anderzijds in aparte onderbemalingsputten uitstroomde.

De bouw van afdeling C was van invloed op het teeltplan. In de voorafgaande periode van augustus 1975 tot augustus 1976 waren de afdelingen A en B wat het teeltplan betreft geheel vergelijkbaar. De situatie voor de periode van augustus 1976 tot december 1977 is samengevat in tabel 1.

Tabel 1. Teeltplan voor de periode van 1-8-1976 tot 1-12-1977

	Afdeling A	Afdeling B	Afdeling C
Komkommers	12-8-76 = 9-11-76	12-8-76 = 9-11-76	
Tomaten	12-12-76 = 14-10-77 hoofdteelt-doorteelt	12-12-76 = 20-6-77 hoofdteelt  7-7-77 = 15-11-77 nateelt	7-7-77 = 15-11-77 nateelt
Uitspoelen	5-11-77 = 20-11-77	december 1977	december 1977

Uit de tabel blijkt dat in 1977 bij de teelt van tomaten een differentiatie werd doorgevoerd in een hoofdteelt-doorteeft in afdeling A en een hoofdteelt gevolgd door een nateelt in afdeling B. Deze nota heeft uitsluitend betrekking op de water- en mineralenbalans voor de komkommerteelt in het najaar van 1976 en de hoofdteelt-doorteeft van tomaten in 1977. De gegevens voor de nateelt in de afdelingen B en C in de periode na 20-6-1977 blijven dus buiten beschouwing.

Tijdens de komkommerteelt in het najaar van 1976 vond het onderzoek plaats in de afdelingen A en B. De balansperiode werd gerekend van 1-8-1976 tot 15-11-1976. Bij de hoofdteelt-doorteeft vond het onderzoek aanvankelijk eveneens in de afdelingen A en B plaats tot de beëindiging van de teelt in afdeling B in juni 1977. Voor de periode van 20-6-1977 tot het einde van de teelt op 14-10-1977 waren alleen gegevens die op afdeling A betrekking hadden van belang. De totale balansperiode voor de tomatenteelt werd gerekend van 15-11-1976 tot 1-11-1977.

Na de beëindiging van de tomatenteelt in afdeling A vond grondontsmetting met methylbromide plaats in de tweede helft van oktober. Daarna werd in november 375 mm beregend om het profiel uit te spoelen. De balansperiode voor het uitspoelen werd gerekend van 1-11-1977 tot 1-12-1977.

De differentiatie in een hoofdteelt-doorteeft en een nateelt gaf problemen bij het berekenen van de water- en mineralenbalans uit de experimentele gegevens. Zo waren voor de periode na 20-6-1977 de gegevens betreffende de drainafvoer voor de onderbemalingsput waarin het drainwater van de afdelingen A en B uitstroomde niet langer representatief voor de hoofdteelt-doorteeft. De gevolgde berekeningsprocedure om de invloed van afdeling B te elimineren komt in hoofdstuk 5 ter sprake. Zoals zal blijken was het daartoe noodzakelijk ook de waterhuishouding van de afdelingen B en C in de periode na 20-6-1977 te blijven bestuderen.

### 3. METINGEN MET BETREKKING TOT DE WATERBALANS

De waterbalansvergelijking is in detail besproken in Nota 981 en

daarom wordt hier met een herhaling van de hoofdpunten volstaan. De vergelijking brengt tot uiting dat de verandering van de vochtberging ( $\Delta B_w$ ) in de wortelzone gelijk is aan de beregende hoeveelheid water (R) verminderd met de drainafvoer (D) en de verdamping (E):

$$\Delta B_w = R - D - E \quad (1)$$

De E-term werd in dit onderzoek als restterm beschouwd. Verder werd er vanuit gegaan dat nauwkeurige bepaling van  $\Delta B_w$  niet nodig was omdat verwacht mocht worden dat deze term voor de beschouwde perioden klein zou zijn in vergelijking met de termen R, D en E.

Wat betreft het meetprogramma voor de bepaling van R en D zijn als aanvulling op het in Nota 981 gestelde de volgende opmerkingen van belang. De bepaling van de beregeningsintensiteit aan de hand van metingen van de watergift van een aantal sproeidoppen werd herhaald. Deze metingen vonden plaats in de afdelingen A en B tijdens de komkomerteelt en tijdens de tomatenteelt vóór beëindiging van de teelt in afdeling B. Bij de nateelt van tomaten in de afdelingen B en C werd een tweede gietpomp in gebruik genomen waarmee afdeling C en de aangrenzende helft van afdeling B werden beregend. De beregeningsintensiteit bij gebruik van deze pomp werd eveneens opgemeten.

De werking van de pompen in de beide onderbemalingsputten werd continu geregistreerd. Een en ander verliep geheel overeenkomstig de in Nota 981 beschreven werkwijze zodat nadere toelichting hier achterwege kan blijven.

Tenslotte wordt opgemerkt dat vergelijking (1) van toepassing is op situaties waar geen kwel of wegzijging optreedt. Hierop wordt teruggekomen in de hoofdstukken 5 en 6.

#### 4. METINGEN MET BETREKKING TOT DE MINERALENBALANS

De mineralenbalans van het bedrijf hangt nauw samen met de waterbalans. De balansvergelijking geeft aan dat de verandering van de totale hoeveelheid van een minerale stof in het profiel en het grondwater ( $\Delta B_m$ ) gelijk is aan het verschil tussen aan- en afvoer. Tot de aanvoer dragen de in vaste vorm aangevoerde hoeveelheid  $I_s$  (gestrooide

kunstmest, organische bemesting) en de met het beregeningswater aangevoerde hoeveelheid  $I_1$  (in oppervlaktewater aanwezige mineralen, opgeloste meststoffen) bij. Afvoer van mineralen vindt plaats met het drainwater ( $U_d$ ) en via het geoogste product en het uit de kas verwijderde gewas ( $U_p$ ). De balansvergelijking is

$$\Delta B_m = I_s + I_1 - U_d - U_p \quad (2)$$

Voor de bepaling van  $I_s$  en  $I_1$  wordt naar Nota 981 verwezen. Wat de overige termen betreft zijn de volgende opmerkingen van belang.

Een kwantitatieve bepaling van  $\Delta B_m$  werd niet nagestreefd. Het onderzoek bleef beperkt tot de analyse van grondmonsters volgens de 1:2 volume-extract methode (SONNEVELD en VAN DEN ENDE, 1971) en van grondwatermonsters. Het grondwater werd op de vier in fig. 1 aangegeven plaatsen in afdeling B om de twee weken bemonsterd. Deze bemonstering was in verband met de beëindiging van de tomatenteelt op 20-6-1977 in afdeling B slechts tot die datum van belang voor de hoofdteeltdoorteelt.

Het grondonderzoek werd in vergelijking met het voorafgaande jaar geïntensiveerd. De looppaden en teeltstroken werden steeds apart bemonsterd in drie lagen tot 60 cm diepte. Tijdens de tomatenteelt werd verder onderscheid gemaakt tussen de teeltstrook onder de kasnok en de teeltstrook onder de kasgoot. De bemonstering vond om de twee of drie weken plaats. Tijdens de komkommerteelt in 1976 en tijdens de tomatenteelt tot 20-6-1977 werd steeds alleen afdeling B bemonsterd. Daarna werden de monsters in afdeling A gestoken.

Om  $U_d$  te berekenen waren gegevens betreffende de concentraties in het drainwater vereist. Daarbij kon in de periode tot 20-6-1977 gebruik gemaakt worden van de automatische bemonstering van het uit de afdelingen A en B afkomstige en uit de betreffende onderbemalingsput weggepompte water. Deze bemonsteringsprocedure zou voor de periode na 20-6-1977 geen representatief monster hebben gegeven omdat toen verschillende teelten in de afdelingen A en B plaatsvonden. Daarom werden de berekeningen voor de periode na 20-6-1977 uitgevoerd aan de hand van de concentraties van het één maal per week apart bemonsterde drainwater van afdeling A. Tijdens uitspoeling in november 1977



vond de bemonstering zelfs dagelijks plaats.

In de monsters van het grondwater, het drainwater en het oppervlaktewater en in het 1:2 volume-extract werden het geleidingsvermogen, Cl, N, P, K en Mg bepaald. De N-bepaling had betrekking op de som van  $\text{NO}_3\text{-N}$  en  $\text{NH}_4\text{-N}$  of op  $\text{NO}_3\text{-N}$  alléén. Hierbij wordt aangetekend dat  $\text{NH}_4\text{-N}$  normaliter alleen in het beregende water een rol van betekenis speelde in verband met de dosering van  $\text{NH}_4\text{-N}$  houdende meststoffen. De P-bepaling had alleen betrekking op het ortho-fosfaat. In de periode vanaf 1-1-1977 werd in de watermonsters ook Na, Ca en  $\text{HCO}_3$  bepaald. Tenslotte werd bij het grondonderzoek steeds het A-cijfer (g vocht per 100 g stoofdroke grond) en de bij de bereiding van het 1:2 volume-extract verbruikte gewichtshoeveelheden veldvochtige grond en gedestilleerd water bepaald.

In Nota 981 werd voor de berekening van de plantopname  $U_p$  voor de komkommerteelt in het najaar van 1975 al gebruik gemaakt van de gegevens voor de teelt in 1976 zodat hier volstaan wordt met verwijzing naar genoemde nota. Tijdens de tomatenteelt werden regelmatig vrucht- en bladmonsters genomen en gedroogd. Deze monsters waren tot 20-6-1977 afkomstig uit afdeling B en voor de resterende periode uit afdeling A. Na beëindiging van de hoofdteelt-doorteelt werden 20 planten genomen waarbij stengel en blad apart werden bemonsterd. Alle verzamelde blad- en vruchtmonsters werden uiteindelijk samengevoegd tot twee blad- en twee vruchtmonsters die als representatief beschouwd konden worden voor respectievelijk de eerste en tweede helft van de gehele hoofdteelt-doorteelt periode. De gehalten aan Cl, N, P, K en Mg werden in deze blad- en vruchtmonsters en in het monster van de plantstengel bepaald.

Bij het opstellen van vergelijking (2) werd geen rekening gehouden met het optreden van kwel of wegzijging. Daarnaast zou voor wat N betreft denitrificatie en afvoer van het gevormde  $\text{N}_2$ -gas van belang kunnen zijn. Ook deze term ontbreekt in de balansvergelijking.

## 5. VERWERKING VAN DE GEGEVENS

Door het optreden van kwel of wegzijging kan de uit de experimen-

tele gegevens afgeleide drainafvoer afwijken van de door de vergelijkingen (1) en (2) gedefinieerde termen  $D$  en  $U_d$ . Ter onderscheiding wordt de werkelijke drainafvoer van water en mineralen aangeduid als respectievelijk  $D^*$  en  $U_d^*$ .

Tijdens de komkommerteelt in het najaar van 1976 en tijdens de tomatenteelt in de periode tot 20-6-1977 kwam de situatie overeen met die in het voorafgaande jaar zodat de berekeningen konden worden uitgevoerd zoals beschreven in Nota 981. De bepaling van  $D^*$  en  $U_d^*$  voor afdeling A in de periode na 20-6-1977 maakte verdere berekeningen noodzakelijk omdat de uit de draai- en rusttijden van de pomp in de betreffende onderbemalingsput afgeleide drainafvoer steeds betrekking had op het totale oppervlak van de kasafdelingen A en B samen. Bij deze verdere berekeningen werd weer uitgegaan van vergelijking (1) met verwaarlozing van de term  $\Delta B_w$ . Ook werd aangenomen dat kwel of wegzijging geen rol van betekenis speelden zodat geen onderscheid tussen  $D^*$  en  $D$  gemaakt hoeft te worden. De berekeningsterm, de drainafvoer en de verdamping voor afdeling A werden aangeduid als respectievelijk  $R(A)$ ,  $D(A)$  en  $E(A)$ . Evenzo hadden  $R(B)$ ,  $D(B)$ ,  $E(B)$  en  $R(C)$ ,  $D(C)$ ,  $E(C)$  betrekking op de kasafdelingen B en C. Als eerste stap werd nu voor de periode van 20-6-1977 tot 14-10-1977 de waterbalans van afdeling C berekenen. De termen  $R(C)$  en  $D(C)$  werden berekend met behulp van de in Nota 981 beschreven computerprogramma's waarna  $E(C)$  werd gevonden door  $D(C)$  van  $R(C)$  af te trekken. Als tweede stap werd de waterbalans van afdeling B bestudeerd. Omdat de nateelt in de afdelingen B en C gelijktijdig van start ging en omdat zich tijdens de teelt geen duidelijke verschillen in de ontwikkeling van het gewas openbaarden werd aangenomen dat  $E(B)$  gelijk was aan  $E(C)$ . De term  $R(B)$  werd direct uit de experimentele gegevens berekend waarna de onbekende  $D(B)$  uit de waterbalansvergelijking voor afdeling B kon worden opgelost. Door  $D(B)$  af te trekken van de berekende drainafvoer van de afdelingen A en B samen werd dan uiteindelijk  $D(A)$  verkregen. Daarna kon aan de hand van de analysegegevens van het wekelijks bemonsterde drainwater van afdeling A ook de drainafvoer  $U_d$  van mineralen worden berekend.

Een ander probleem deed zich voor tijdens uitspoeling van afdeling A in november 1977. De drainafvoer werd toen zó groot dat een tweede pomp in de betreffende onderbemalingsput werd ingeschakeld. De

draai- en rusttijden van deze pomp werden niet geregistreerd zodat berekening van de drainafvoer was uitgesloten. Tijdens uitspoeling van afdeling C in december 1977 werden echter wel alle metingen verricht waaruit zowel  $D^*(C)$  als  $R(C)$  konden worden berekend. Op grond van de min of meer vergelijkbare ligging van de afdelingen A en C werd aangenomen dat gedurende de perioden van uitspoeling in respectievelijk november en december de verhouding tussen de drainafvoer en de beregende hoeveelheid water voor beide afdelingen gelijk was, dus

$$D^*(A)/R(A) = D^*(C)/R(C)$$

De onbekende  $D^*(A)$  kon uit deze vergelijking worden opgelost. Er moet overigens nog op gewezen worden dat de grondwaterstand tijdens uitspoeling hoog was zodat wegzijging plaatsvond. Vandaar dat in dit geval wel onderscheid gemaakt diende te worden tussen D en  $D^*$ .

## 6. BESPREKING VAN DE WATERBALANS

### 6.1. Inleidende opmerkingen

Fig. 2 heeft betrekking op de cumulatieve berekening R en de cumulatieve drainafvoer  $D^*$  voor het bedrijf. De neerslag en drainafvoer van het perceel aan de oostzijde in de periode vóór de bouw van afdeling C zijn uitgezet in fig. 3.

De waterbalans zal nu achtereenvolgens worden besproken voor de komkommerteelt, de tomatenteelt en de periode van uitspoeling. De waterbalansgegevens zijn samengevat in tabel 2. Tabel 3 heeft betrekking op een vergelijking van de gegevens voor de periode 1976/77 met de gegevens uit Nota 981 voor de periode 1975/76.

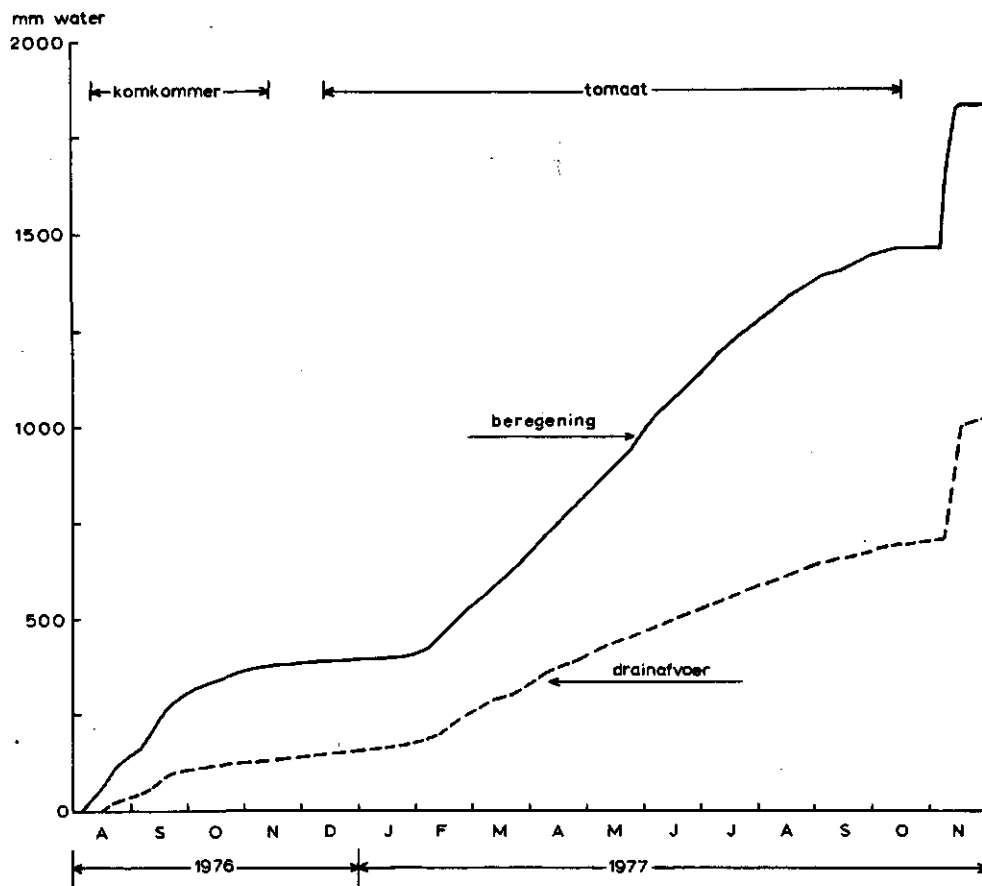


Fig. 2. De cumulatieve berekening en drainafvoer van het bedrijf gedurende de periode van 1-8-1976 tot 1-12-1977

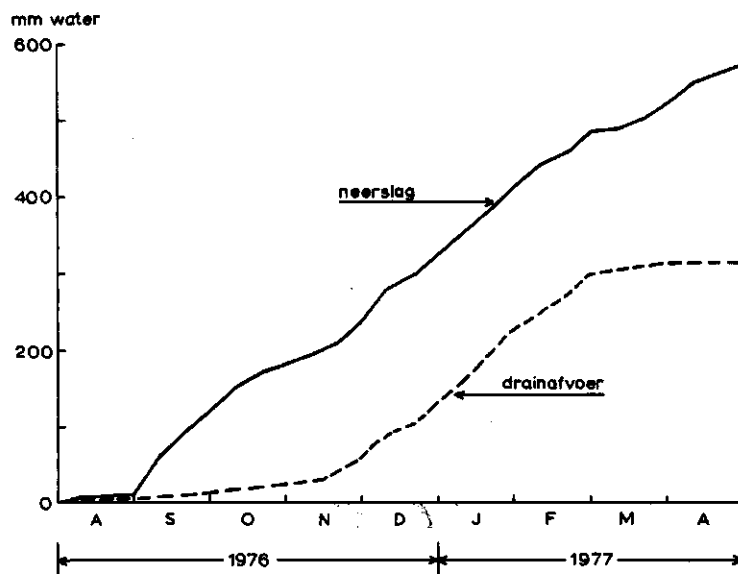


Fig. 3. De cumulatieve regenval en drainafvoer van het perceel aan de oostzijde van afdeling B in de periode vóór de bouw van afdeling C

Tabel 2. Samenvatting van de waterbalansgegevens

Periode	mm water					
	D*	K	R	D	$\Delta B_w$	E
1- 8-76 - 15-11-76 (komkommers)	130	-35	375	165	0	210
15-11-76 - 20- 1-77	50	+50	20	0	-15	35
20- 1-77 - 1- 4-77	150	0	280	150	+15	115
1- 4-77 - 15- 7-77	220	0	530	220	0	310
15- 7-77 - 1-11-77 (tomaten)	145	0	250	145	-15	120
1-11-77 - 1-12-77 (uitspoeling)	315	-35	375	350	+15	10
1- 8-76 - 1-12-77 (totaalbalans)	1010	-20	1830	1030	0	800

Tabel 3. Vergelijking van de waterbalansgegevens voor de perioden 1975/1976 en 1976/1977

Periode	mm water					
	D*	K	R	D	$\Delta B_w$	E
<b>komkommerteelt</b>						
1- 8-75 - 15-11-75	175	-25	425	200	0	225
1- 8-76 - 15-11-76	130	-35	375	165	0	210
<b>tomatenteelt</b>						
15-11-75 - 15- 7-76	430	+25	955	405	-25	575
15-11-76 - 15- 7-77	420	+50	830	370	0	460

## 6.2. Waterbalans voor de komkommerteelt

De komkommerteelt duurde van 12-8-1976 tot 9-11-1976. De balansperiode werd gerekend te lopen van 1-8-1976 tot 15-11-1976. De totale berekening R was 375 mm en de drainafvoer D\* 130 mm. De neerslag buiten was 200 mm en de drainafvoer van het aangrenzende perceel 30 mm.

De drainafvoersnelheid van het aangrenzende perceel bleek alleen in de periode van 9-11-1976 tot 15-11-1976 door de neerslag buiten beïnvloed te worden. De drainafvoer in deze periode van zes dagen was 5 mm. De neerslag van bijna 200 mm in de periode tot 9-11-1976 werd dus kennelijk geheel verbruikt voor verdamping en verandering van de vochtberging in de onverzadigde zone. Op grond hiervan werd aangenomen dat de drainafvoer van het aangrenzende perceel in de periode tot 9-11-1976 een gevolg was van wegzijging uit afdeling B naar de noord- en oostzijde van het bedrijf. Dit kwam neer op een hoeveelheid water van circa  $185 \text{ m}^3$ . Indien werd aangenomen dat naar het grasland aan de westzijde en naar de zuidzijde een even grote wegzijging optrad, dan zou de totale wegzijging neerkomen op tenminste  $370 \text{ m}^3$ . Omgerekend op het kasoppervlak was dit circa 35 mm. Deze wegzijging is in tabel 2 als negatieve kwel K opgenomen.

Uit een vergelijking van de gegevens voor de komkommerteelten in respectievelijk 1975 en 1976 aan de hand van tabel 3 bleek dat zowel R als D en E kleiner waren in 1976. De verhouding tussen D en R, gerekend over de totale duur van de komkommerteelt, was teruggebracht van 0,47 in 1975 tot 0,44 in 1976.

### 6.3. Waterbalans voor de tomatenteelt

De tomatenplanten werden gepoot op 12-12-1976 en de teelt werd beëindigd op 14-10-1977. De waterbalans werd opgesteld voor vier deelperioden waarvan de eerste drie samenvielen met de in Nota 981 onderscheiden deelperioden.

In de periode van 15-11-1976 tot 20-1-1977 was R slechts 20 mm. Uit de daling van het A-cijfer van de bemonsterde profiellagen werd berekend dat  $\Delta B_w$  omstreeks -15 mm was. Het verloop van de drainafvoersnelheid in de kas vertoonde grote overeenkomst met het verloop van de drainafvoersnelheid van het perceel aan de oostzijde, die weer direct verband hield met het neerslagpatroon. Hieruit werd geconcludeerd dat de drainafvoer D\* in de beschouwde periode geheel door kwel werd veroorzaakt. Het is in dit verband ook van belang er op te wijzen dat het verschil tussen de cumulatieve neerslag en de cumulatieve drainafvoer blijkt fig. 3 in de periode van december 1976 tot maart 1977

slechts weinig veranderde. Hieruit werd geconcludeerd dat verreweg het grootste gedeelte van de kwel van 50 mm afkomstig was vanuit het niet gedraineerde perceel grasland aan de westzijde.

In de periode van 20-1-1977 tot 1-4-1977 was  $D^*$  voor de kas 150 mm. De drainafvoer van het aangrenzende perceel was 120 mm. Hier zou geconcludeerd kunnen worden dat er wegzijging uit de kas naar het perceel aan de oostzijde moet zijn opgetreden. De invloed van het niet-gedraineerde grasland aan de westzijde bemoeilijkt echter het trekken van duidelijke conclusies. Gerekend over de gehele duur van deze periode is waarschijnlijk kwel opgetreden vanuit het graslandperceel aan de westzijde en wegzijging naar het gedraineerde perceel aan de oostzijde. Er is uiteindelijk aangenomen dat de totale hoeveelheden kwel en wegzijging voor deze deelperioden aan elkaar gelijk waren. Uit fig. 3 blijkt dat de drainafvoer van het perceel aan de oostzijde in maart 1977 duidelijk achter bleef bij de neerslag. Dit was een gevolg van de voltooiing van het glasdek van afdeling C die toen in aanbouw was.

De volgende deelperiode liep van 1-4-1977 tot 15-7-1977. In deze periode werd de stookteelt in afdeling B beëindigd. In het voorafgaande jaar werd een wegzijging van 25 mm in rekening gebracht. Het was aannemelijk dat zo er al wegzijging optrad in 1977 deze kleiner was. Dit hing enerzijds samen met de grotere neerslag en de lagere potentiële verdamping in 1977 en anderzijds met de minder intensieve berekening in de kas. Deze factoren droegen bij tot minder grote verschillen tussen de grondwaterstand binnen en buiten de kas. Daarom werd de kwel ook voor deze deelperiode op nul gesteld in 1977.

De periode van 15-7-1977 tot 1-11-1977 leverde de meeste problemen op omdat  $D^*$  niet direct gemeten kon worden. De berekeningen als in Hoofdstuk 5 voorgesteld leidden tot een drainafvoer  $D^*$  van 145 mm. De kwel K werd op nul gesteld.

De tomatenteelt in het voorafgaande jaar werd al op 15 juli beëindigd zodat een vergelijking van de waterbalansgegevens in tabel 3 beperkt bleef tot de periode vóór die datum. Er bleken aanzienlijke verschillen te zijn. De als restterm berekende gewasverdamping in 1976/77 kwam goed overeen met de resultaten van lysimeteronderzoek (DE GRAAF en HAMAKER, 1978). Voor 1975/76 werd waarschijnlijk een te hoge verdamping berekend als gevolg van een onderschatting van de

wegzijing vanuit de kas. Het is overigens wel zeker dat de verdamping in 1975/76 beduidend hoger is geweest dan in 1976/77 vanwege de grotere instraling. Voor de beschouwde periode was de verhouding tussen de cumulatieve globale straling in 1976/77 en 1975/76 gelijk aan 0,86. Indien werd aangenomen dat de verhouding tussen de door het gewas verdamppte hoeveelheid water en de stralingsom in 1975/76 gelijk was aan de verhouding in 1976/77 en indien verder werd aangenomen dat de in tabel 3 opgegeven verdamping van 460 mm voor 1976/77 juist was, dan zou de verdamping in 1975/76 slechts 535 mm zijn geweest.

#### 6.4. Waterbalans tijdens uitspoeling

De berekening in verband met de uitspoeling van het profiel na grondontsmetting vond plaats in de week van 5-11-1977 tot 12-11-1977. De totale berekening R was 375 mm. De drainafvoer  $D^*$  werd berekend op grond van de veronderstelde overeenkomst tussen het quotient van R en  $D^*$  voor de afdelingen A en C, zoals besproken in Hoofdstuk 5. De berekening en drainafvoer tijdens uitspoeling van afdeling C waren respectievelijk 350 mm en 295 mm zodat  $D^*(C)/R(C) = 0,84$ . Dit leidde met  $R(A) = 375$  mm tot een berekende drainafvoer  $D^*(A)$  van 315 mm. Bij een geschatte vochtbergingsverandering van 15 mm en een verdamping van 10 mm zou dan tijdens uitspoeling een wegzijing van 35 mm zijn opgetreden.

### 7. BESPREKING VAN DE TERMEN VAN DE MINERALENBALANSVERGELIJKING

#### 7.1. Inleidende opmerkingen

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens de verschillende termen van de mineralenbalansvergelijking besproken. Alle termen van de balansvergelijking werden voor de komkommerteelt, de tomatenteelt en de periode van uitspoeling gekwantificeerd, met uitzondering van  $\Delta B_m$ . Wat deze bergingsterm betreft bleef het onderzoek beperkt tot bepaling van het verloop van de zout- en bemestingstoestand van het profiel en het verloop van de concentraties in de verzadigde zone.

Waar sprake is van de N-concentratie, uitgedrukt in me/l, wordt



steeds de som van de concentraties van de  $\text{NO}_3^-$ -ionen en  $\text{NH}_4^-$ -ionen in me/l bedoeld. Overigens speelt  $\text{NH}_4^-$ -N eigenlijk alleen in het beregende water een rol van betekenis. In het grond- en drainwater en normaliter ook in het 1:2 volume-extract komt N vrijwel uitsluitend als  $\text{NO}_3^-$ -N voor.

## 7.2. Verloop van de zout- en bemestings- toestand

### 7.2.1. Komkommerteelt 1976

De analysegegevens van het 1:2 volume-extract van de tijdens de komkommerteelt gestoken grondmonsters zijn opgenomen in tabel 4. De planten werden gepoot op 12-8-1976. De daaraan voorafgaande bemonstering van 27-7-1976 vond plaats na een periode van zoutuitspoeling met omstreeks 200 mm water en vóór toediening van een voorraadbemesting. De invloed van de voorraadbemesting kwam bij de eerstvolgende bemonstering op 31-8-1976 vooral in een stijging van het geleidingsvermogen en van de N-, K- en Mg-cijfers van de bovengrond tot uiting.

De zout- en bemestingstoestand van de bovengrond bleek in het looppad onder de nok duidelijk hoger te zijn dan in de onder de kasgoot gelegen teeltstrook. De hogere zout- en bemestingstoestand in de paden was vooral een gevolg van een verdichting door het lopen ter plaatse waardoor een deel van het beregende water naar de stroken afstroomde. Er vond dus in de looppaden minder uitspoeling plaats.

Voor de laag 20-40 cm was de stijging van de zout- en bemestings- toestand gedurende de komkommerteelt minder uitgesproken, zeker voor wat betreft P, K en Mg. Het viel op dat het Cl-cijfer in de laag 20-40 cm in het looppad na de bemonstering op 31-8-1976 geen verdere stijging van betekenis vertoonde, in tegenstelling tot het Cl-cijfer in de laag 0-20 cm. Dit zou een verdere aanwijzing kunnen zijn dat ter plaatse van de looppaden weinig uitspoeling plaatsvond. Tegenover de kleine veranderingen van het Cl-cijfer in de laag 20-40 cm van het looppad stond een aanzienlijke toename van het N-cijfer. Bij een kleine in- spoeling vanuit de laag 0-20 cm zou een verklaring voor deze stijging van het N-cijfer vooral gezocht moeten worden in mineralisatie van organische N.

Tabel 4. Vochtgehalten (A-cijfer) en analysegegevens van het 1:2 volume-extract van grondmonsters, die tijdens de komkommerteelt in 1976 werden gestoken

Monster- datum	Laag 0-20 cm						Laag 20-40 cm						Laag 40-60 cm								
	A-cijfer g/100 g	EC mmho/cm	Cl me/l	N me/l	P me/l	Mg me/l	A-cijfer g/100 g	EC mmho/cm	Cl me/l	N me/l	P me/l	Mg me/l	A-cijfer g/100 g	EC mmho/cm	Cl me/l	N me/l	P me/l	Mg me/l			
27-7-76	30,0	0,7	2,1	0,7	2,6	1,0	0,9	28,8	0,7	2,5	0,6	1,0	0,8	1,0	25,9	0,8	3,0	1,0	0,1	0,5	1,3
31-8	31,8	1,1	2,3	1,7	4,4	1,4	1,3	30,8	0,9	2,6	1,8	1,7	1,0	1,0	24,8	0,8	2,4	1,2	0,4	0,8	0,6
13-9	35,1	0,9	2,5	1,2	4,0	1,2	1,1	31,7	0,9	2,7	1,5	1,0	1,1	1,2	24,4	0,9	2,4	1,5	0,1	0,7	1,2
27-9	33,5	0,9	1,9	1,7	3,5	1,0	1,2	30,0	0,9	2,4	2,4	1,3	1,1	0,6	24,4	0,8	2,4	1,3	0,1	0,6	0,5
11-10	32,0	1,0	2,5	2,4	3,0	1,2	1,5	28,3	1,0	3,1	1,7	1,1	1,0	1,4	22,4	0,9	2,5	1,4	0,3	0,6	1,3
25-10	32,3	1,1	2,9	2,2	4,0	1,2	1,7	29,7	1,1	3,6	1,9	1,4	1,0	1,4	23,0	0,9	2,6	1,3	0,4	0,5	1,2
8-11	31,0	1,2	3,4	2,5	3,2	1,5	1,4	29,0	1,1	3,2	1,9	1,0	1,0	1,0	22,3	0,9	2,6	1,4	0,1	0,6	0,8
27-7-76	30,3	0,9	2,1	0,8	4,2	1,6	1,4	28,2	0,8	2,2	0,9	0,6	1,0	1,3	25,0	0,9	2,6	1,5	0,1	0,4	1,3
31-8	27,7	1,4	2,4	4,8	3,0	1,9	2,0	29,5	0,8	2,5	0,9	1,4	1,0	0,7	23,9	0,9	2,6	0,9	0,1	0,8	0,8
13-9	33,1	1,5	3,3	5,6	4,4	2,2	2,4	28,4	0,9	2,1	1,7	1,0	1,1	1,0	24,9	0,9	2,6	1,4	0,2	0,8	1,3
27-9	33,1	1,4	3,1	4,7	5,1	1,9	2,0	30,7	0,9	2,8	1,4	1,4	0,9	0,9	24,4	0,9	2,6	1,3	0,1	0,7	0,8
11-10	31,3	1,6	3,6	6,1	3,4	2,3	3,2	27,5	1,0	2,5	2,7	1,3	1,1	1,0	24,0	0,9	2,4	1,4	0,3	0,5	1,0
25-10	30,7	1,9	3,9	7,3	3,4	2,5	3,1	28,3	1,0	2,6	3,0	1,6	1,2	1,3	24,4	0,8	2,5	1,3	0,3	0,6	0,8
8-11	31,5	1,9	3,9	7,3	3,6	2,5	3,1	27,0	1,1	2,7	3,3	1,0	1,1	1,0	23,9	1,0	2,3	2,2	0,4	0,6	0,9

Voor de laag 40-60 cm waren zowel de veranderingen in de zout- en bemestingstoestand in de tijd als de verschillen tussen strook en pad klein. De K-cijfers en vooral de P-cijfers waren laag. Gezien de blijkens tabel 2 aanzienlijke doorspoeling tijdens de komkommerteelt zou een groter verloop in de Cl-cijfers voor de laag 40-60 cm voor de hand hebben gelegen. Daarbij moet echter rekening gehouden worden met het feit dat vooral veel werd berekend in de periode tussen het poten van de planten op 12-8-1976 en de eerstvolgende bemonstering op 31-8-1976. Daarna is de toestand in de laag 40-60 cm niet noemenswaardig meer veranderd wat inhield dat de in- en uitspoeling bij benadering aan elkaar gelijk bleven.

#### 7.2.2. Tomatenteelt 1977

Tijdens de tomatenteelt werden de teeltstrook onder de kasnok, de teeltstrook onder de kasgoot en het daartussen gelegen looppad apart bemonsterd. De betreffende gegevens zijn opgenomen in de tabellen 5, 6 en 7.

Na de voorraadbemesting in november 1976 en het poten van de planten in december vond de eerste bemonstering plaats op 3-1-1977. Daarbij bleek de zout- en bemestingstoestand van het pad en de nokstrook redelijk gelijk te zijn. De cijfers voor de gootstrook lagen op een duidelijk lager niveau. Dit hield verband met de verandering van de ligging van paden en stroken. De nokstrook en het looppad bij de tomatenteelt lagen op de plaats van het looppad bij de komkommerteelt. De gootstrook bij de tomatenteelt kwam overeen met de teeltstrook bij de komkommerteelt. De bij de beëindiging van de komkommerteelt bestaande verschillen tussen strook en pad werden dus bij aanvang van de tomatenteelt teruggevonden als verschillen tussen goot- en nokstrook. Het is in dit verband van belang op te merken dat de bij de beëindiging van de komkommerteelt bestaande verschillen gehandhaafd bleven omdat geen uitspoeling plaatsvond na de grondontsmetting met methylobromide in november 1977.

De zout- en bemestingstoestand van de nok- en gootstrook tijdens de tomatenteelt vertoonde een vrij regelmatig verloop, waarbij de onderlinge verschillen steeds kleiner werden. Voor P en K bleek bij beëindiging van de teelt in oktober 1977 nog steeds een verschil tussen

Tabel 5. Vochtgehalten (A-cijfer) en analysegegevens van het 1:2 volume-extract van grondmonsters, die tijdens de tomatenteelt in de strook onder de kasgoot werden gestoken

Monster- datum	Laag 0-20 cm							Laag 20-40 cm							Laag 40-60 cm						
	A-cijfer g/100 g	EC mmho/cm	Cl me/1	N me/1	P mg/1	K me/1	Mg me/1	A-cijfer g/100 g	EC mmho/cm	Cl me/1	N me/1	P mg/1	K me/1	Mg me/1	A-cijfer g/100 g	EC mmho/cm	Cl me/1	N me/1	P mg/1	K me/1	Mg me/1
3-1-77	29,7	1,8	4,4	3,7	3,8	1,7	2,4	27,8	1,3	3,4	2,9	1,2	1,0	1,7	24,4	1,1	2,9	1,9	0,1	0,6	1,3
18-1	29,3	1,9	4,5	4,9	5,1	2,5	3,9	27,0	1,3	3,6	2,7	1,1	1,2	1,6	22,3	1,0	2,8	1,8	0,3	0,5	1,4
31-1	29,1	2,0	4,4	4,6	4,6	2,3	3,0	27,5	1,2	3,4	2,3	0,8	0,9	1,6	23,4	1,1	3,0	1,9	0,2	0,6	1,3
14-2	33,7	2,1	4,3	6,0	4,6	2,2	3,8	28,2	1,3	3,5	2,3	0,6	0,7	1,5	23,4	1,0	2,8	1,8	0,2	0,4	1,3
28-2	32,7	1,8	2,9	4,7	6,4	2,4	3,2	28,6	1,5	3,7	2,4	0,8	0,9	1,8	25,4	1,2	3,0	2,1	0,1	0,6	1,2
14-3	32,7	1,3	2,2	3,9	5,2	2,2	2,6	26,3	1,3	3,6	3,2	0,8	1,0	2,5	23,7	1,0	2,8	2,3	0,2	0,7	1,6
28-3	32,3	1,4	2,3	4,4	5,2	2,3	2,9	26,2	1,2	3,3	3,0	0,6	0,8	2,1	21,6	1,0	2,9	2,2	0,3	0,4	1,4
12-4	34,0	1,2	1,8	3,1	4,6	1,6	2,7	30,4	1,3	3,3	3,2	0,4	0,7	2,5	25,2	1,1	2,7	2,5	0,1	0,5	1,6
25-4	32,8	1,3	2,0	2,9	3,8	1,9	2,3	28,4	1,3	2,9	3,2	0,6	0,7	1,8	25,0	1,2	2,8	2,7	0,3	0,5	1,4
9-5	33,6	1,3	2,4	3,2	3,6	2,1	2,4	29,7	1,3	2,7	3,6	0,8	0,9	2,0	24,0	1,2	2,7	2,9	0,1	0,6	1,5
23-5	35,1	1,3	2,5	2,4	3,5	1,9	2,4	31,3	1,3	2,4	2,9	0,8	0,9	2,3	26,0	1,2	2,4	2,7	0,2	0,7	1,8
6-6	34,1	1,0	2,3	2,0	3,7	1,6	1,5	31,7	1,1	2,4	2,3	1,3	1,1	1,7	26,9	1,1	2,5	2,5	0,5	0,7	1,6
20-6	31,8	1,1	2,4	2,4	2,6	1,7	1,9	29,7	1,1	2,4	2,2	0,9	1,0	1,8	25,3	1,0	2,2	2,1	0,3	0,7	1,5
11-7	33,4	1,3	3,0	2,5	3,4	2,4	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-8	32,6	1,2	3,2	3,1	2,2	1,9	1,8	30,5	1,2	3,2	2,6	1,0	1,0	1,9	25,6	1,2	3,0	2,5	0,4	0,7	1,8
22-8	34,6	1,3	3,1	2,6	2,4	1,7	2,0	30,9	1,3	3,0	2,6	0,8	0,8	1,7	25,6	1,2	2,6	2,6	0,3	0,4	1,4
12-9	31,2	1,2	2,8	2,2	2,4	1,7	1,9	29,4	1,2	2,8	2,0	1,2	1,2	1,9	25,7	1,0	2,6	1,6	0,4	0,8	1,5
3-10	32,7	1,3	3,4	1,9	1,9	1,7	2,1	29,6	1,3	3,2	2,2	0,6	1,2	1,8	25,8	1,2	2,9	2,1	0,1	0,8	1,5
4-11	28,0	1,3	3,5	2,1	3,0	1,7	2,2	27,4	1,3	3,3	2,0	1,4	1,4	1,9	24,5	1,1	2,8	1,8	0,6	1,0	1,7
11-11	37,5	0,4	1,2	0,4	3,6	0,8	0,8	38,6	0,5	1,2	0,5	2,1	0,9	0,8	31,0	0,7	2,0	1,0	0,7	1,0	1,1

Tabel 6. Vochtgehalten (A-cijfer) en analysegegevens van het 1:2 volume-extract van grondmonsters, die tijdens de tomatenteelt in de strook onder de kasnok werden gestoken

Monster- datum	Laag 0-20 cm							Laag 20-40 cm							Laag 40-60 cm						
	A-cijfer	EC	Cl	N	P	K	Mg	A-cijfer	EC	Cl	N	P	K	Mg	A-cijfer	EC	Cl	N	P	K	Mg
	g/100 g	mmho/cm	me/1	me/1	mg/1	me/1	me/1	g/100 g	mmho/cm	me/1	me/1	mg/1	me/1	me/1	g/100 g	mmho/cm	me/1	me/1	mg/1	me/1	me/1
3-1-77	27,3	2,5	4,8	7,8	7,6	2,8	4,6	27,8	1,6	3,4	4,8	2,7	2,2	2,8	24,4	1,1	2,9	2,4	0,1	0,9	1,6
18-1	27,1	2,5	4,7	8,6	6,4	3,6	4,9	28,2	1,6	3,5	5,3	2,6	2,3	2,7	24,5	1,2	3,0	3,6	0,3	1,2	1,8
31-1	28,0	2,4	4,9	8,4	5,7	3,3	5,1	28,3	1,5	3,5	5,1	2,0	1,8	2,2	25,4	1,1	2,9	2,8	0,2	1,0	1,5
14-2	31,1	2,5	4,3	11,0	7,5	3,5	4,8	30,6	1,7	3,8	5,8	1,6	1,9	2,7	24,8	1,3	3,0	3,2	0,3	1,1	1,5
28-2	31,9	2,0	3,0	6,3	7,8	3,3	4,0	30,2	2,0	4,3	6,6	1,5	2,1	3,0	26,1	1,5	3,6	4,3	0,1	1,2	1,7
14-3	31,2	1,6	2,4	5,3	6,9	3,0	3,6	29,8	1,7	3,9	6,1	1,6	2,1	3,2	24,2	1,4	3,8	4,8	0,2	1,2	2,4
28-3	29,6	1,5	2,3	5,2	6,1	3,0	3,1	28,7	1,7	3,6	6,0	1,1	2,2	3,2	23,3	1,5	3,5	4,6	0,8	1,3	2,2
12-4	32,7	1,1	1,6	3,2	5,9	2,4	2,2	30,2	1,6	3,1	5,7	1,4	2,2	3,3	25,9	1,5	3,3	4,8	0,1	1,3	2,6
25-4	31,9	1,3	1,6	3,1	6,8	2,5	2,1	31,1	1,7	2,9	5,7	2,1	2,3	2,7	27,0	1,6	3,3	5,0	0,4	1,4	2,5
9-5	30,5	1,3	2,1	3,2	6,2	2,6	2,3	31,6	1,6	2,7	5,4	1,6	2,3	2,9	25,2	1,6	2,9	5,2	0,2	1,4	2,5
23-5	33,9	1,2	2,1	2,1	5,3	2,3	2,0	31,3	1,3	2,1	3,3	1,8	2,3	2,1	25,4	1,3	2,1	4,2	0,3	1,6	2,0
6-6	34,2	1,2	2,4	2,0	4,6	1,9	2,0	32,3	1,3	2,2	3,3	2,0	1,9	2,2	25,5	1,3	2,3	3,9	0,4	1,3	2,2
20-6	30,3	1,2	2,6	2,2	3,9	2,1	2,0	30,6	1,2	2,5	3,1	1,8	2,0	2,3	25,8	1,2	2,1	3,1	0,3	1,4	1,8
11-7	30,2	1,3	2,6	2,2	4,1	2,5	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-8	32,4	1,2	3,2	2,1	4,2	2,1	1,8	32,1	1,4	3,4	2,7	3,4	2,3	2,4	27,6	1,3	2,8	3,1	0,5	1,7	2,1
22-8	33,1	1,4	3,0	2,5	5,2	2,1	2,3	33,7	1,6	3,3	2,7	3,3	2,1	2,5	27,3	1,3	2,8	2,8	0,4	1,4	1,9
12-9	30,0	1,2	2,7	1,5	3,8	1,9	1,8	30,4	1,4	3,1	2,2	2,4	1,9	2,2	26,4	1,3	2,8	2,3	0,4	1,5	2,0
3-10	30,5	1,3	3,0	2,0	3,2	2,0	1,9	31,6	1,4	3,1	2,0	2,4	2,1	2,4	26,5	1,3	2,9	2,4	0,2	1,6	1,9
4-11	27,9	1,3	3,3	2,2	3,2	2,0	2,1	28,4	1,3	3,3	2,3	3,0	2,0	2,4	24,9	1,2	2,8	2,3	0,9	1,6	1,9
11-11	36,4	0,5	1,1	0,3	3,8	0,9	0,7	34,9	0,4	0,9	0,3	4,0	0,9	0,6	29,7	0,8	1,8	1,0	0,6	1,2	1,3

Tabel 7. Vochtgehalten (A-cijfer) en analysegegevens van het 1:2 volume-extract van grondmonsters, die tijdens de tomatenteelt in het looppad werden gestoken

Monster- datum	Laag 0-20 cm							Laag 20-40 cm							Laag 40-60 cm						
	A-cijfer	EC	Cl	N	P	K	Mg	A-cijfer	EC	Cl	N	P	K	Mg	A-cijfer	EC	Cl	N	P	K	Mg
	g/100 g	mmho/cm	me/l	me/l	me/l	me/l	me/l	g/100 g	mmho/cm	me/l	me/l	me/l	me/l	me/l	g/100 g	mmho/cm	me/l	me/l	me/l	me/l	me/l
3-1-77	29,0	2,9	5,0	7,4	9,0	4,4	6,8	30,2	1,8	3,4	4,4	2,7	2,2	3,0	24,4	1,3	2,8	2,8	0,1	0,6	1,6
18-1	30,0	2,4	4,6	7,3	7,7	3,7	6,5	29,3	1,7	3,0	3,9	3,4	2,4	3,0	23,8	1,1	2,5	2,7	0,2	0,8	2,0
31-1	30,4	2,6	4,4	7,8	8,8	4,0	6,6	30,7	1,6	3,1	4,2	2,8	2,5	2,8	25,0	1,1	2,6	2,5	0,1	0,8	1,4
14-2	31,7	2,8	4,6	10,5	9,4	4,1	6,7	30,7	1,7	3,1	4,9	2,4	2,2	3,3	23,8	1,2	2,5	2,5	0,1	0,6	1,5
28-2	31,2	2,7	4,4	8,7	9,6	3,8	6,7	30,6	1,7	3,3	4,0	1,6	2,0	2,4	24,9	1,3	2,7	2,6	0,8	0,8	1,4
14-3	29,8	2,5	4,4	8,4	8,6	4,0	6,7	28,7	1,7	3,7	4,2	2,0	2,2	3,3	22,7	1,1	2,8	2,4	0,2	0,6	1,6
28-3	29,9	2,6	4,1	9,9	12,0	4,9	7,3	27,4	1,7	3,6	4,4	0,3	2,2	3,0	21,9	1,2	3,0	2,7	0,1	0,7	1,7
12-4	31,4	2,5	4,4	9,8	10,5	4,2	7,3	29,9	1,7	4,2	4,5	1,4	2,2	3,8	24,5	1,2	3,1	2,7	0,1	0,6	1,9
25-4	30,6	2,9	4,2	10,2	11,6	4,4	7,0	29,7	2,1	3,9	5,8	2,1	2,2	3,8	24,4	1,4	3,0	3,4	0,3	0,7	1,7
9-5	29,5	2,9	5,0	11,6	9,1	4,3	8,8	30,0	2,1	4,1	6,3	1,4	2,5	4,0	23,5	1,5	3,3	3,8	0,1	0,7	2,1
23-5	29,2	3,0	4,6	8,7	9,0	4,4	8,0	30,1	2,2	4,5	5,6	1,8	2,4	3,8	24,7	1,5	3,1	3,5	0,2	0,7	2,1
6-6	28,2	3,2	5,4	11,6	9,4	5,0	8,9	30,8	2,3	4,1	7,3	2,5	2,7	5,4	25,7	1,8	3,4	5,1	0,4	1,2	3,2
20-6	28,2	2,7	5,0	8,8	7,1	3,9	7,5	28,8	1,9	3,9	5,2	1,3	2,1	3,6	23,1	1,4	3,1	3,8	0,2	0,8	2,1
11-7	29,3	2,6	5,1	7,0	7,6	4,1	6,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-8	26,5	2,7	5,1	7,5	7,4	4,2	6,2	29,6	2,0	4,0	6,1	4,6	3,0	4,4	27,5	1,4	3,1	4,7	0,4	1,3	2,1
22-8	28,3	2,7	5,2	4,6	7,8	4,1	5,5	31,4	1,8	3,5	4,2	2,5	2,3	2,8	26,0	1,4	3,1	3,6	0,4	0,8	1,9
12-9	25,9	2,9	5,5	5,8	6,8	3,9	5,2	28,1	1,8	3,3	3,9	3,1	2,3	3,4	26,0	1,5	3,1	3,2	0,4	1,2	2,2
3-10	26,4	2,5	5,1	4,9	5,5	3,6	5,1	30,1	1,7	3,2	3,6	1,4	2,2	3,1	23,8	1,4	2,9	3,1	0,2	1,2	1,8
4-11	25,2	1,9	4,2	4,0	4,6	2,9	3,9	26,7	1,6	3,4	3,5	2,4	2,2	3,1	23,8	1,5	3,1	3,4	0,6	1,3	2,2
11-11	33,9	0,5	0,8	0,4	4,0	1,0	0,9	34,3	0,6	1,2	0,4	2,3	1,2	0,9	29,1	0,8	1,6	0,9	0,2	1,0	1,1

nok- en gootstrook te bestaan. Het verloop van de cijfers voor het looppad was over het algemeen minder groot en minder regelmatig.

Aan de hand van de gegevens in de tabellen 5, 6 en 7 werd het verloop van de  $\text{NO}_3^-$  en Cl-concentratie in de bodemoplossing nader bestudeerd. Hiertoe werd de concentratie in het 1:2 volume-extract vermenigvuldigd met de factor  $f$  waarmee de bodemoplossing bij de bereiding van het 1:2 volume-extract werd verdund. De verdunningsfactor werd berekend volgens

$$f = \frac{G_w}{G_s} \left( 1 + \frac{100}{A} \right) + 1 \quad (3)$$

$G_w$  = de bij bereiding van het 1:2 volume-extract verbruikte hoeveelheid gedestilleerd water (g)

$G_s$  = de verbruikte hoeveelheid veldvochtige grond (g)

$A$  = het vochtgehalte van het grondmonster (g/100 g)

Resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in de figuren 4, 5 en 6. Fig. 4 laat zien dat het verschil tussen nok- en gootstrook voor Cl klein was, zowel wat betreft het niveau als wat betreft het verloop. De sterke daling van de Cl-concentratie in de laag 0-20 cm in de periode van februari tot mei hing samen met de in verhouding tot

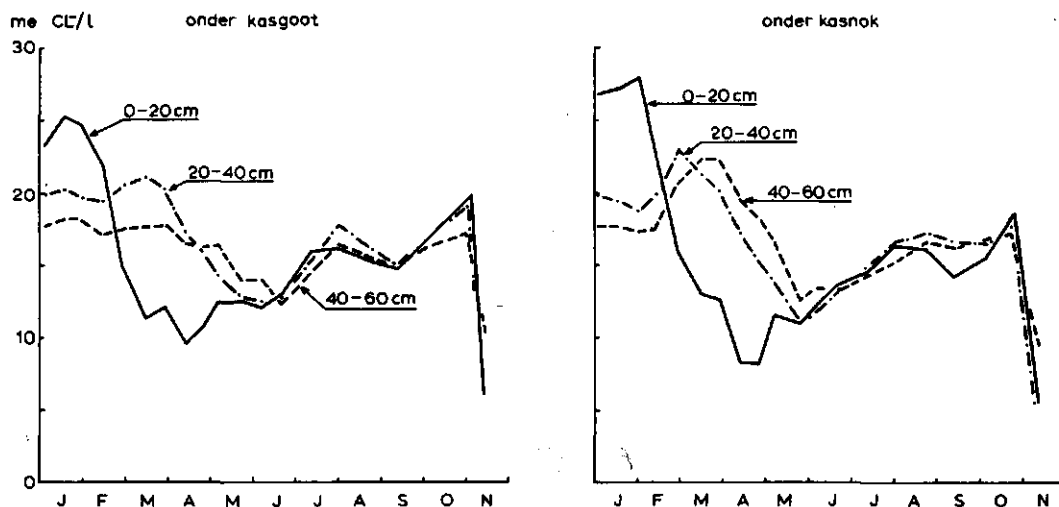


Fig. 4. Het berekende verloop van de Cl-concentratie in de bodemoplossing in de teeltstrook voor de profiellagen 0-20 cm, 20-40 cm en 40-60 cm tijdens de tomatenteelt in 1977

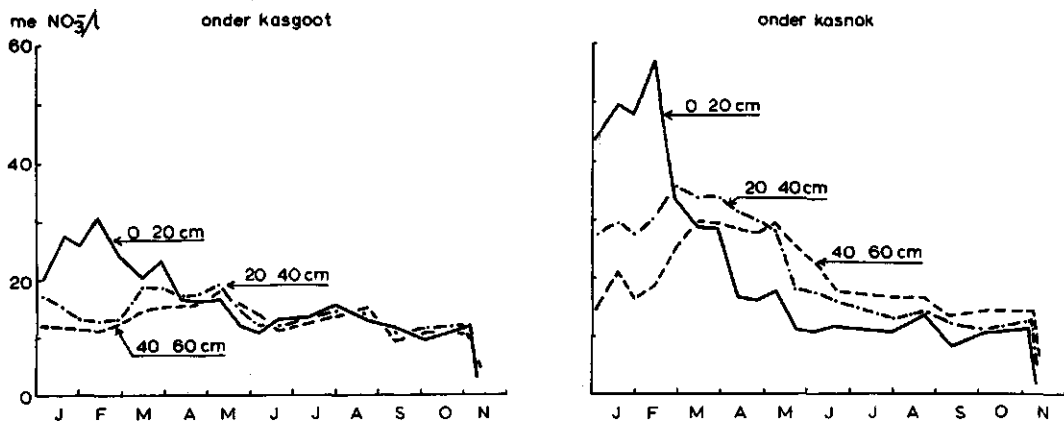


Fig. 5. Het berekende verloop van de  $\text{NO}_3^-$ -concentratie in de bodemoplossing in de teeltstrook voor de profiellagen 0-20 cm, 20-40 cm en 40-60 cm tijdens de tomatenteelt in 1977

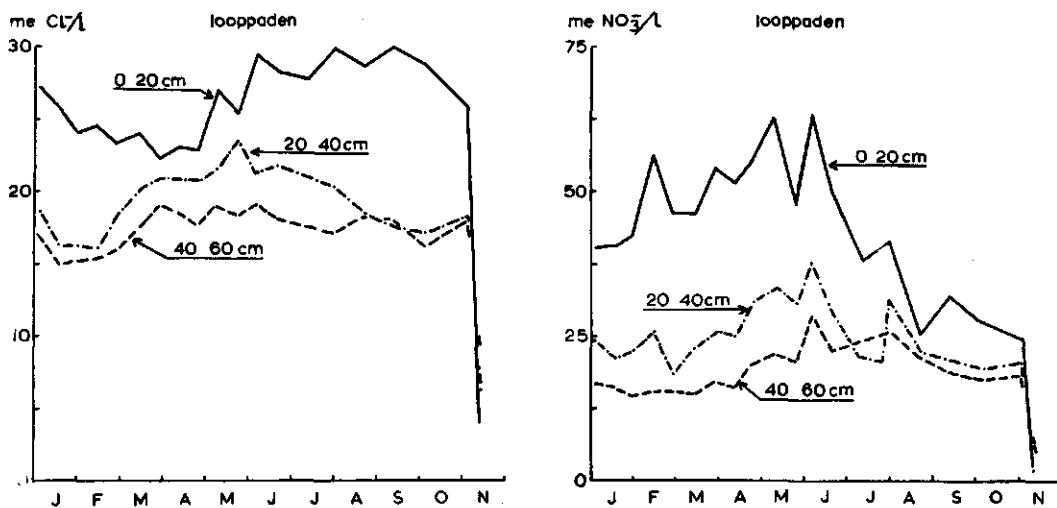


Fig. 6. Het berekende verloop van de  $\text{Cl}^-$  en  $\text{NO}_3^-$ -concentraties in de bodemoplossing in het looppad voor de profiellagen 0-20 cm, 20-40 cm en 40-60 cm tijdens de tomatenteelt in 1977

de gewasverdamping zeer intensieve berekening. Dit had een grote uitspoeling tot gevolg, zoals ook uit de gegevens van tabel 2 valt af te leiden. Het was opvallend dat de grote uitspoeling uit de laag 0-20 cm slechts een zeer beperkte stijging van de  $\text{Cl}^-$ -concentratie in de laag 20-40 cm tot gevolg had. Vanaf de maand mei tot de beëindiging



van de teelt in oktober nam de Cl-concentratie toe waarbij het opviel dat de concentratieverschillen tussen de drie profiellagen minimaal bleven.

Het grote verschil tussen de  $\text{NO}_3$ -concentratie in de nok- en gootstrook komt in fig. 5 duidelijk tot uiting. In januari en begin februari steeg de  $\text{NO}_3$ -concentratie in de laag 0-20 cm. Er werd in deze periode weinig beregend en er vond geen bemesting plaats. De stijging van de  $\text{NO}_3$ -concentratie was vermoedelijk vooral een gevolg van nitrificatie van de als voorraadbemesting gebruikte  $\text{NH}_4$ -N-houdende meststoffen. In de tweede helft van februari begon de  $\text{NO}_3$ -concentratie in de laag 0-20 cm te dalen. Vooral in de nokstrook trad een duidelijke toename van de  $\text{NO}_3$ -concentratie in de lagen 20-40 cm en 40-60 cm op. De uit fig. 7 blijkende zware N-bemesting via de regenleiding in de tweede helft van februari, in maart en in de eerste helft van april in combinatie met de daling van de concentratie in de laag 0-20 cm leidde tot de conclusie dat in deze periode veel  $\text{NO}_3$ -uitspoeling plaatsvond. Er trad in de periode na mei geen stijging van de  $\text{NO}_3$ -concentratie op zoals voor Cl wel het geval was. Dit was onder meer een gevolg van opname van  $\text{NO}_3$  door het gewas. Tenslotte blijkt uit fig. 7 dat de N-bemesting via de regenleiding in augustus sterk afnam waarbij de N-concentratie van het beregende water daalde van gemiddeld 7 me/l naar minder dan 2 me/l. Het was opvallend dat deze daling van de concentratie van het beregende water in fig. 5 niet of nauwelijks tot uiting kwam.

Uit fig. 6 blijkt dat de Cl- en  $\text{NO}_3$ -concentratie in het looppad duidelijk anders verliepen dan in de stroken. De veranderingen in de Cl-concentraties waren relatief klein. In de periode van intensieve beregening was de daling van de Cl-concentratie in de laag 0-20 cm slechts gering. Er vond dus weinig uitspoeling plaats doordat tijdens beregening veel afstroming van water plaatsvond naar de stroken. De latere stijging van de Cl-concentratie in de laag 0-20 cm was een gevolg van de toenemende verdamping vanaf het padoppervlak en mogelijk ook van wateronttrekking door de in de paden aanwezige plantenwortels. Het verloop van de  $\text{NO}_3$ -concentratie was minder regelmatig en werd onder meer beïnvloed door de tijdens de teelt met de hand gestrooide kunstmest, die voor een groot gedeelte op de paden terecht kwam. Een

bevredigende verklaring voor de sterke daling van de  $\text{NO}_3^-$ -concentratie in de laag 0-20 cm in de zomer- en herfstmaanden was moeilijk te vinden. Gezien het verloop van de  $\text{Cl}^-$ -concentratie zou uitspoeling in ieder geval niet van grote betekenis kunnen zijn geweest.

### 7.2.3. Periode van zoutuitspoeling

De laatste twee bemonsteringsdata in november 1977 hadden betrekking op de situatie voor en na uitspoeling. Uit de gegevens in de tabellen 5, 6 en 7 blijkt dat de beregening van 375 mm water een grote invloed heeft gehad op de zout- en bemestingstoestand van het profiel. De verschillen tussen de nokstrook, de gootstrook en het pad bleken bij de bemonstering op 11-11-1977 bijna geheel verdwenen te zijn.

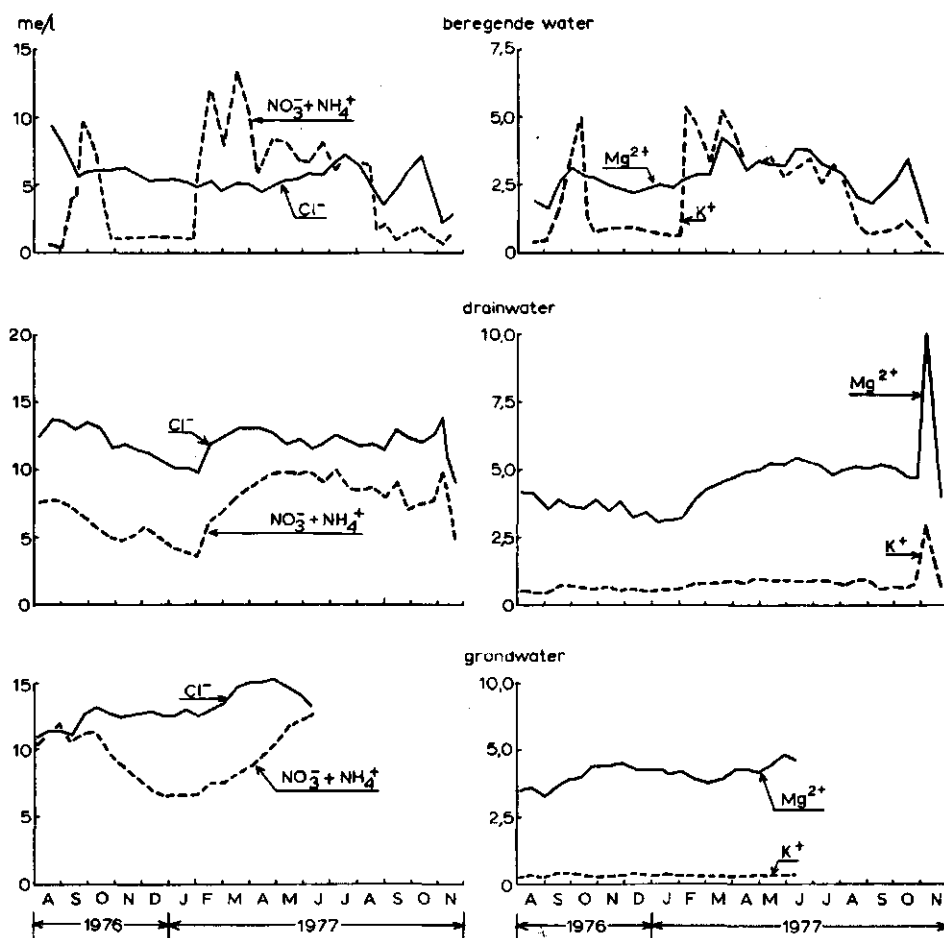


Fig. 7. Het verloop van de concentraties van  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{N}$ ,  $\text{K}$  en  $\text{Mg}$  in het beregende water, het drainwater en het grondwater

Uit fig. 7 blijkt dat de concentraties in het beregende oppervlaktewater tijdens uitspoeling laag waren. Zo was de Cl-concentratie slechts circa 2,5 me/l. De Cl-concentratie van de bodemoplossing in de laag 0-20 cm was na beëindiging van de uitspoeling volgens de figuren 4 en 6 gemiddeld circa 5 me/l. Hieruit bleek dat het profiel zelfs na uitspoeling met 375 mm water nog niet volledig 'schoon' was. Kennelijk was een gedeelte van het Cl moeilijk uitspoelbaar. Dit zou erop kunnen wijzen dat een gedeelte van de bodemoplossing niet bij de massastroming betrokken was. Een gedeelte van het Cl zou dan pas na langzame diffusie vanuit deze niet-mobiele bodemoplossing kunnen worden uitgespoeld.

### 7.3. Mineralen in het grond- en drainwater

In fig. 7 is het verloop van de gemiddelde concentratie van de aan de vier monsterbuizen in afdeling B onttrokken grondwatermonsters weergegeven. De gegevens voor de buizen afzonderlijk zijn uitgezet in de figuren 8 en 9. Omdat de tomatenteelt in afdeling B op 14-6-1977 werd beëindigd is het concentratieverloop slechts tot die datum weergegeven.

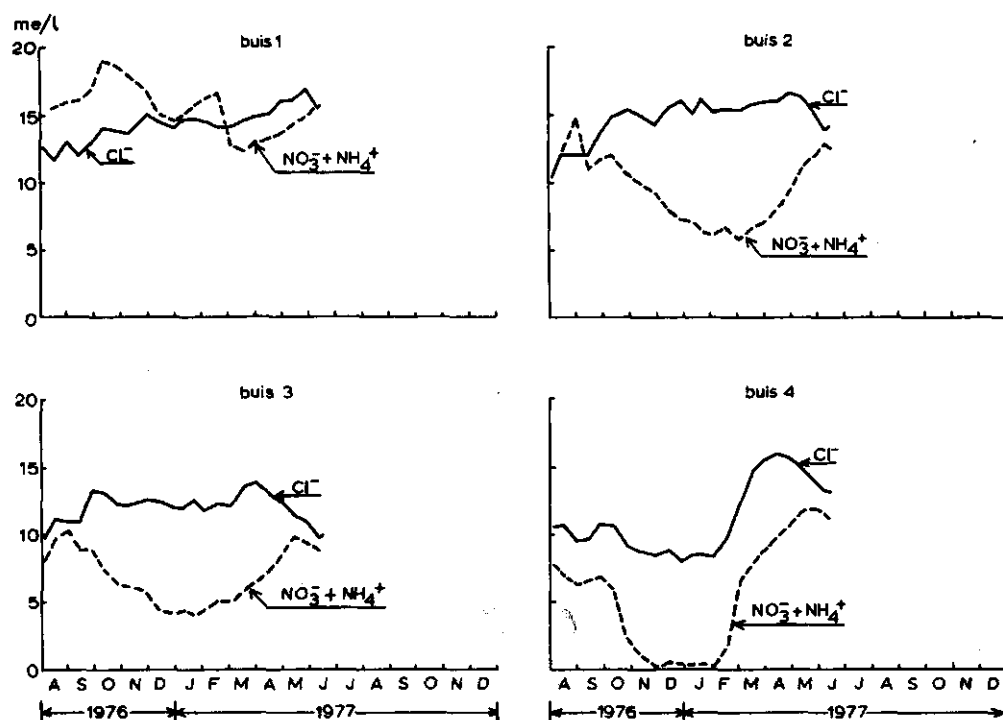


Fig. 8. Het verloop van de concentraties van Cl en N in de aan de vier buizen in kasafdeling B onttrokken grondwatermonsters

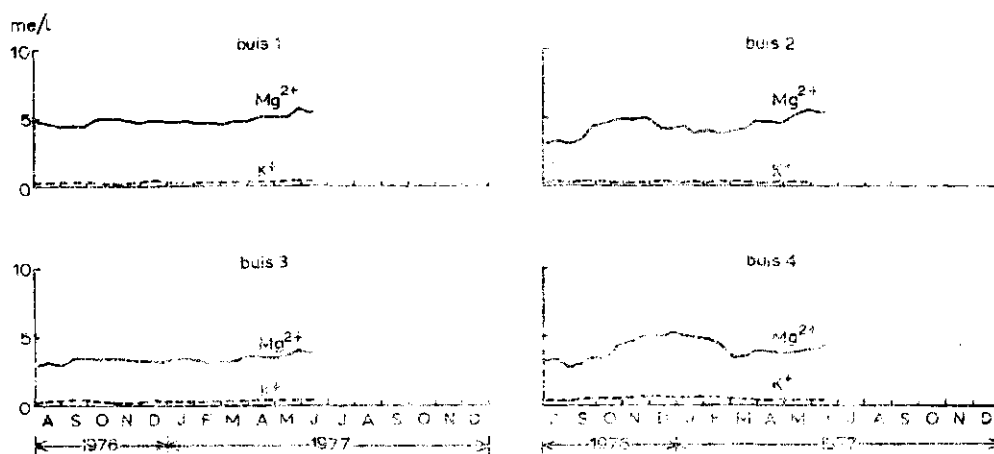


Fig. 9. Het verloop van de concentraties van Mg en K in de aan de vier buizen in kasafdeling B onttrokken grondwatermonsters

Ten opzichte van de in Nota 981 besproken periode lagen de Ca en Mg-concentraties in het grondwater op een iets hoger niveau. Dit was in nog sterkere mate het geval voor Cl. De hoge Cl-concentratie in het oppervlaktewater gedurende de droge zomer van 1976 zou hierbij van invloed geweest kunnen zijn. Bij de bespreking van de waterbalans is gebleken dat de beregende hoeveelheid water R in 1976/77 kleiner was dan in 1975/76. Het was echter niet aanmerkelijk dat dit van veel invloed is geweest omdat de verhouding D/R (leaching fraction) voor de teelten in 1975/76 en 1976/77 praktisch gelijk was. Er mocht dus in beide jaren ook een even grote 'indikking' van het beregende oppervlaktewater verwacht worden.

De concentratie van de vrijwel uitsluitend als  $\text{NO}_3$  in het grondwater voorkomende stikstof vertoonde een duidelijk afwijkend verloop. Dit kwam in sterke mate overeen met de situatie in het voorafgaande jaar, zodat naar Nota 981 wordt verwezen voor een nadere verklaring.

In fig. 7 is ook het verloop van de concentraties in het drainwater weergegeven. De intensieve beregening in de periode van februari tot mei komt in het verloop van de Ca-, de N- en de Mg-concentratie duidelijk tot uiting, evenals de periode van uitspoeling in november 1977. De laagste concentraties werden gevonden in de maanden december 1976 en januari 1977. De drainschoer in deze periode werd in sterke mate bepaald door kwel van buiten de kas. De K-concentratie in het

drainwater verliep over het geheel genomen zeer gelijkmatig, behalve tijdens uitspoeling. De concentratie was gemiddeld circa 0,8 me/l, wat neerkwam op bijna een verdubbeling ten opzichte van de in Nota 981 behandelde periode van onderzoek.

De concentraties van het ortho-P in het grondwater en drainwater lagen in de orde van grootte van 0,2 tot 0,3 mg/l, behalve tijdens uitspoeling. Toen werden in het drainwater concentraties tot 1,2 mg P/l gevonden.

De gegevens in tabel 8 geven een indruk van de Na-, Ca- en HCO<sub>3</sub>-concentraties in het grond- en drainwater. Het zijn de gemiddelden van de concentraties in de watermonsters die in de periode van begin maart 1977 tot midden juni 1977 werden verzameld. Er vonden in deze periode in totaal tien bemonsteringen plaats.

Tabel 8. De gemiddelde Na-, Ca- en HCO<sub>3</sub>-concentraties in het oppervlakte-, drain- en grondwater voor de periode van 1-3-1977 tot 15-6-1977

		Na	Ca	HCO <sub>3</sub>
		me/l	me/l	me/l
Oppervlaktewater		4,9	7,1	3,0
Drainwater		10,4	30,4	6,4
Grondwater	buis 1	10,7	46,9	5,6
	buis 2	11,5	35,3	5,9
	buis 3	10,4	29,6	6,1
	buis 4	10,9	29,9	4,9

#### 7.4. Gewasopname

De gegevens in de tabellen 9 en 10 hebben betrekking op de opname van mineralen door het gewas. Voor de komkommerteelt komen de gegevens overeen met die in Nota 981, met uitzondering van de opname en afvoer met de geoogste vruchten. Dit hield verband met het feit dat de berekeningen voor de teelt in het najaar van 1975 werden gebaseerd op de oogstgegevens voor dat jaar en de analysegegevens van de tijdens de

Tabel 9. Minerale samenstelling van de droge stof van het komkommer- en tomatengewas

Gewas	Deel van de plant	% van de droge stof				
		Cl	N	P	K	Mg
Komkommer	vruchten	1,0	3,6	0,5	4,2	0,3
	blad	4,0	3,2	0,7	3,6	1,0
	hoofdstengel	2,9	2,4	0,7	5,3	0,3
	zijranken	4,1	2,9	0,5	5,4	0,4
Tomaat	vruchten	0,8	2,1	0,5	5,2	0,2
	blad	2,3	2,8	0,4	3,8	0,7
	stengel	2,2	1,4	0,4	3,8	0,5

teelt van 1976 verzamelde monsters. Dezelfde analysegegevens zijn uiteraard hier weer gebruikt voor berekening van de opname in 1976, maar nu in combinatie met de oogstgegevens van de teelt in 1976. Omdat de oogst in 1976 kleiner was dan in 1975 viel de berekende opname en afvoer met de geoogste vruchten in tabel 10 iets lager uit dan de opname in de vergelijkbare tabel van Nota 981. Er bleven geen plantresten op het bedrijf achter zodat de door het gewas opgenomen hoeveelheid gelijk was aan de term  $U_p$  van de mineralenbalansvergelijking.

De tijdens de tomatenteelt genomen blad- en vruchtmonsters werden uiteindelijk samengevoegd tot twee blad- en twee vruchtmonsters die apart werden geanalyseerd. De onderlinge verschillen in de minerale samenstelling tussen de beide blad- en vruchtmonsters waren betrekkelijk klein. De betreffende gegevens in tabel 9 zijn de gemiddelden voor de twee blad- en vruchtmonsters. De minerale samenstelling van de stengel werd bepaald aan de hand van de bemonstering bij de beëindiging van de teelt.

De totale tomatenoogst in 1977 was 256 ton/ha met een gemiddeld droge stof gehalte van bijna 5%. Bij de berekeningen van de droge stof produktie van blad en stengel werd aanvankelijk uitgegaan van 25 000 planten per ha. De droge stof produkties van blad en stengel in tabel 10 werden verkregen door de op basis van 25 000 planten be-

Tabel 10. Droge stof produktie en onttrekking van mineralen door het komkommer- en tomatengewas

Gewas	Deel van de plant	Droge stof kg/ha	Opname in kg/ha				
			Cl	N	P	K	Mg
Komkommer	vruchten	2 675	27	96	13	112	8
	blad	1 115	45	36	8	40	11
	hoofdstengel	380	11	9	3	20	1
	zijranken	260	11	8	1	14	1
Totaal onttrokken door gewas			94	149	25	186	21
Totaal afgevoerd van bedrijf - $U_p$			94	149	25	186	21
Tomaat	vruchten	12 630	101	265	63	657	25
	blad	6 100	140	171	24	232	43
	stengel	3 240	71	45	13	123	16
Totaal onttrokken door gewas			312	481	100	1012	84
Totaal afgevoerd van bedrijf - $U_p$			228	378	86	873	58
Voor periode	opgenomen		406	630	125	1198	105
1-8-76 tot	afgevoerd - $U_p$		322	527	111	1059	79
1-12-77	achtergebleven - $I_s^P$		84	103	14	139	26

rekende produkties met 15% te verlagen. Dit hield verband met uitval van planten tijdens de teelt (botrytis, witkoppen).

De totale droge stof produktie en de onttrekking van mineralen tijdens de hoofdteelt-doorteleel in 1976/77 was uiteraard groter dan voor de kortere teeltperiode in 1975/76. Bij de beëindiging van de teelt in oktober 1977 werd het afgedragen gewas niet zoals in het voorgaande jaar ter plaatse versnipperd en ondergewerkt, maar afgevoerd. Vandaar dat de afgevoerde hoeveelheid mineralen in verhouding tot de door het gewas opgenomen hoeveelheid in 1977 groter was. De achtergebleven hoeveelheid hield verband met de tijdens de teelt geplukte en niet afgevoerde bladmassa. Naar schatting betrof dit 60% van de totale door de bladmassa geproduceerde droge stof. Dit gedeelte van de gewasopname werd niet tot de afvoerterm  $U_p$  van de mineralenbalansvergelij-

king gerekend maar tot de term  $I_s$ , die betrekking had op de aanvoer van mineralen in vaste vorm en waarvan ook de gestrooide kunstmest deel uitmaakte. Ter onderscheiding worden de aanvoer met de geplukte bladmassa en de gestrooide kunstmest verder aangeduid als respectievelijk  $I_s^P$  en  $I_s^m$ .

#### 7.5. A a n v o e r e n a f v o e r v a n m i n e r a l e n

In de mineralenbalansvergelijking hebben de termen  $I_s$  en  $I_1$  betrekking op de aanvoer van mineralen en  $U_d$  en  $U_p$  op de afvoer. Onder punt 7.4 werd de term  $U_p$  besproken, evenals de deelterm  $I_s^P$  die betrekking had op het in de kas achtergebleven deel van de door het gas opgenomen hoeveelheid. Hier wordt nader ingegaan op de aanvoertermen  $I_s^m$  en  $I_1$  en op de afvoer  $U_d$ . De term  $I_1$  is onderverdeeld in een deel  $I_1^W$  dat betrekking heeft op aanvoer met het beregende oppervlaktewater en een deel  $I_1^m$  waarmee de via de beregeningsinstallatie gedoseerde kunstmest in rekening wordt gebracht.

In de figuren 10, 11 en 12 zijn de som  $(I_s^m + I_1)$  en de niet voor kwel of wegzijging gecorrigeerde drainafvoer  $U_d^*$  uitgezet tegen de tijd voor de bij het onderzoek betrokken minerale stoffen. De bijdragen van  $I_s^m$  hadden tot gevolg dat de aanvoer voor N, P, K en Mg niet continu verliep. De aanvoer van Cl verliep wel continu omdat de gestrooide kunstmest chloride-arm was, zodat alleen aanvoer met het beregende oppervlaktewater plaatsvond. De bijdrage van  $I_1^W$  tot de totale aanvoer van P was beperkt tot omstreeks 10 kg P/ha. Deze kleine hoeveelheid werd bij het tekenen van fig. 12 verwaarloosd.

Bij de berekening van  $I_1$  aan de hand van de concentraties in de verzamelde watermonsters deden zich voor N en K dezelfde problemen voor als in het voorafgaande jaar. Voor een nadere uitleg van deze met de aanwezigheid van  $NH_4$ -N samenhangende moeilijkheden en de daarvoor gevonden oplossing wordt naar Nota 981 verwezen.

Het verloop van de drainafvoer  $U_d^*$  voor Cl, N en Mg vertoonde grote overeenkomst. De verschillende teeltperioden waren duidelijk te onderscheiden. De afvoer van K was in verhouding tot de aanvoer klein. De gemiddelde ortho-P concentratie in het drainwater was slechts 0,3 mg P/l. De totale drainafvoer voor P was omstreeks 5 kg P/ha en kon daardoor niet in fig. 12 worden weergegeven.



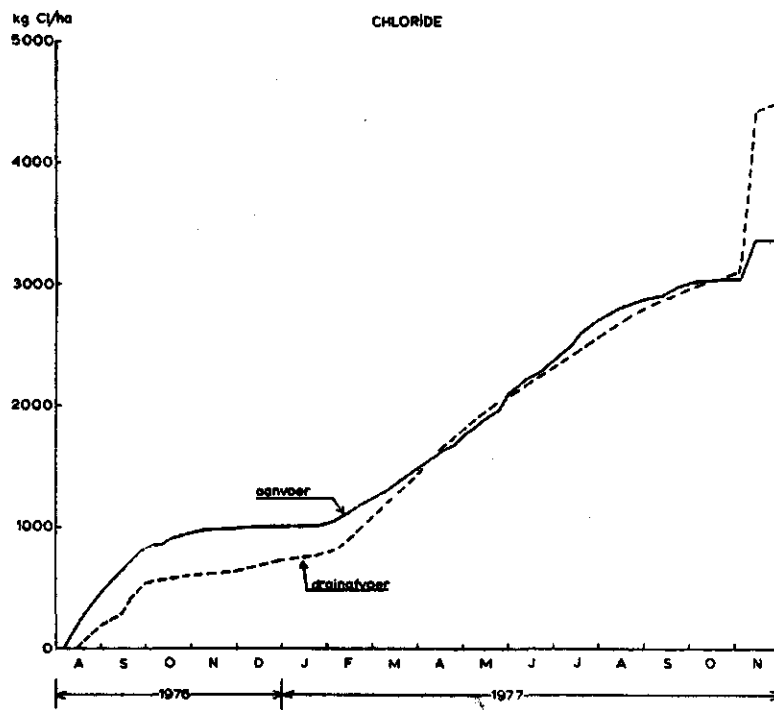
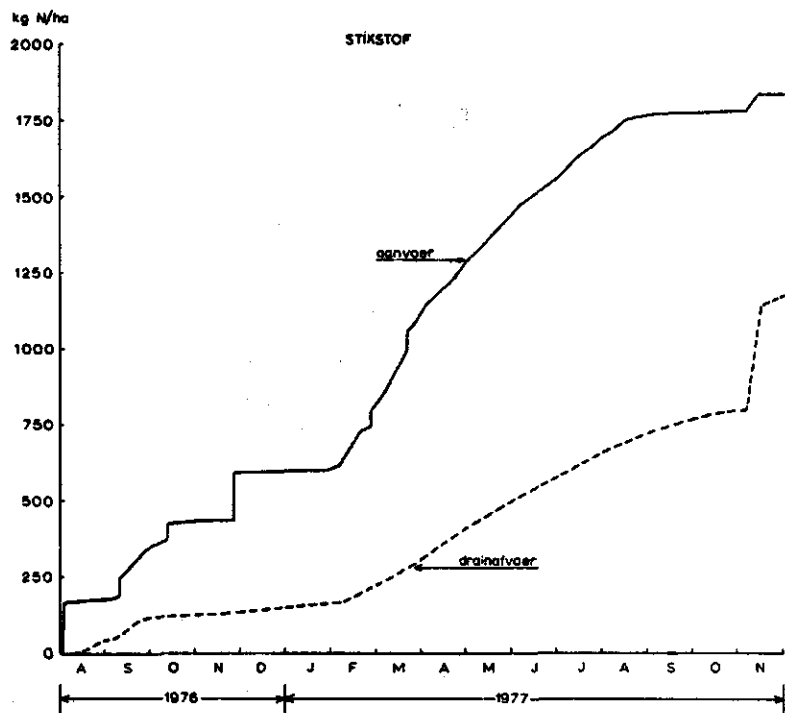


Fig. 10. De cumulatieve aanvoer ( $I_s^m + I_1$ ) en drainafvoer ( $U_d^*$ ) van Cl en N gedurende de periode van 1-8-1976 tot 1-12-1977

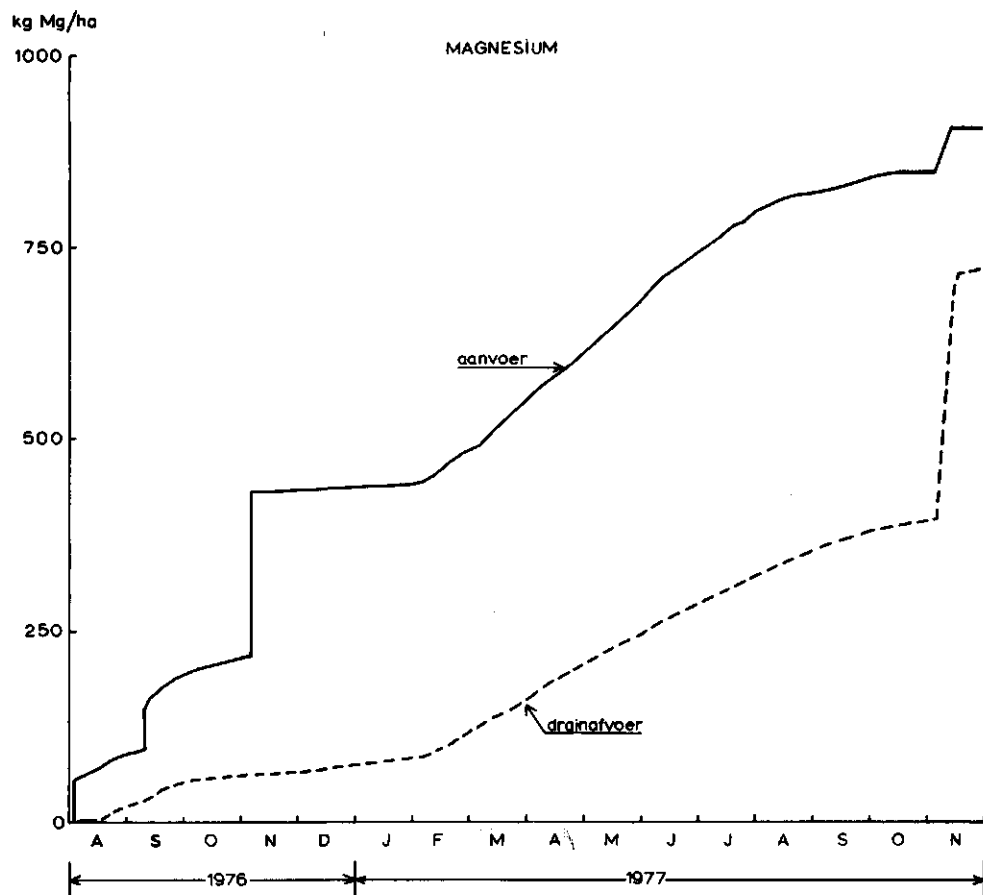
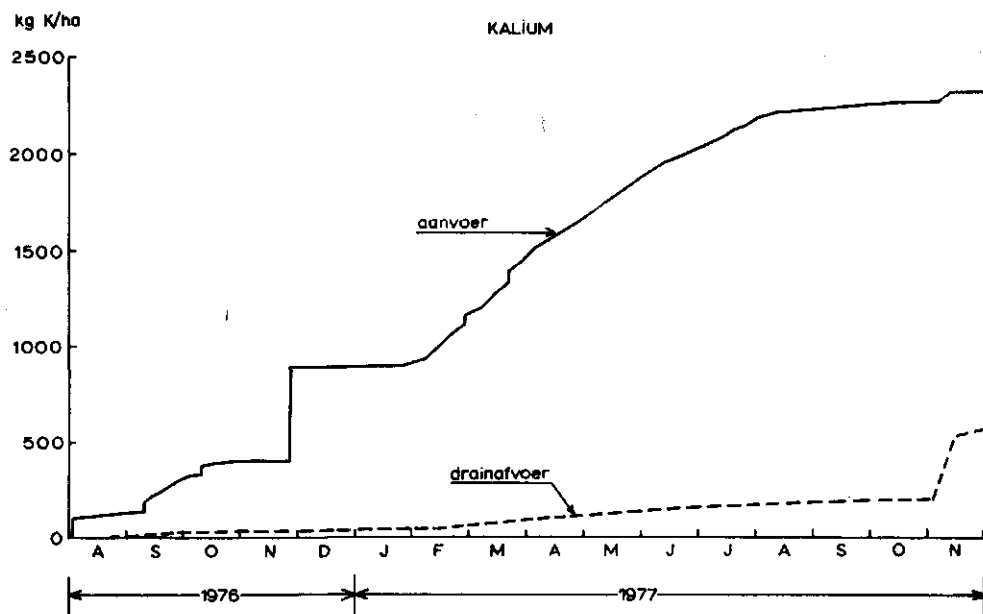


Fig. 11. De cumulatieve aanvoer ( $I_s^m + I_1$ ) en drainafvoer ( $U_d^*$ ) van K en Mg gedurende de periode van 1-8-1976 tot 1-12-1977

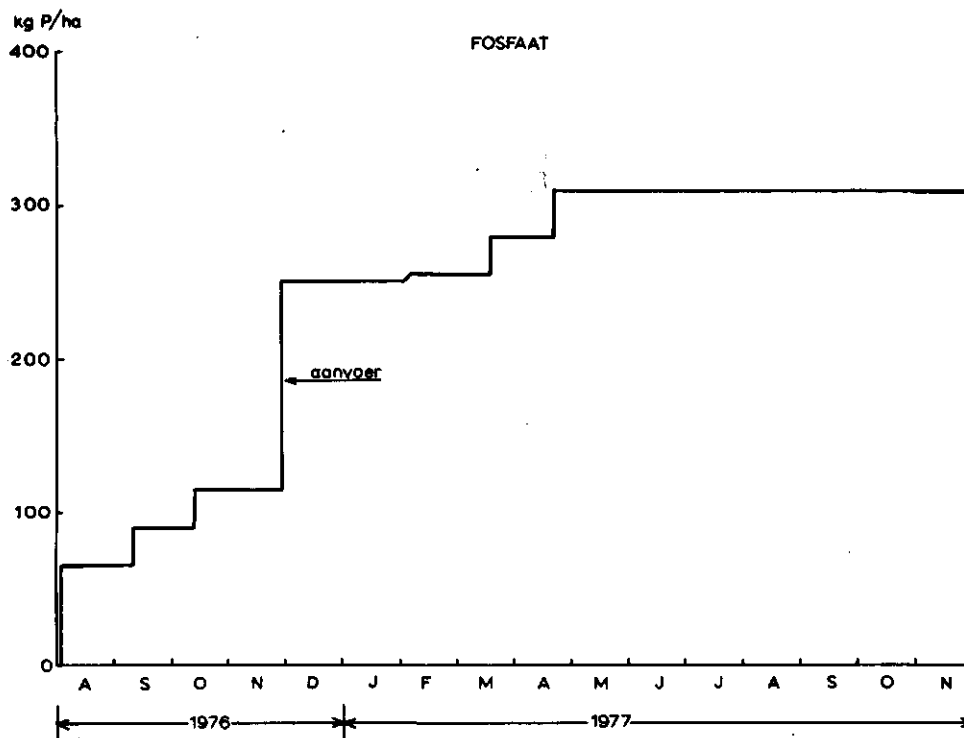


Fig. 12. De cumulatieve aanvoer ( $I_s^m$ ) van P gedurende de periode van 1-8-1976 tot 1-12-1977

## 8. BESPREKING VAN DE MINERALENBALANS

De resultaten van de berekeningen betreffende de mineralenbalans voor het tijdvak van 1-8-1976 tot 1-12-1977 zijn samengevat in tabel 11. Er is onderscheid gemaakt tussen de komkommerteeltperiode, de tomatenteeltperiode en de periode van uitspoeling. De gemeten drainafvoerterm  $U_d^*$  werd gecorrigeerd voor kwel en wegzijging om de afvoerterm  $U_d$  van vergelijking (2) te verkrijgen. De grootte van de in tabel 11 opgenomen correcties werd volgens de in Nota 981 beschreven procedure berekend. De correctietermen werden positief gerekend voor perioden waarin wegzijging plaatsvond en negatief voor de periode van 15-11-1976 tot 20-1-1977 waarin kwel vanuit de omgeving optrad.

Onderaan in tabel 11 is het verschil tussen de som van de aanvoertermen  $I_s$  en  $I_l$  en de som van de afvoertermen  $U_d$  en  $U_p$  berekend. Dit verschil zou volgens vergelijking (2) voor Cl, P, K en Mg gelijk zijn aan de verandering  $\Delta B_m$  van de bergingsterm. Voor N kon ook nog deni-

Tabel 11. Samenvatting van de mineralenbalansgegevens

	Hoeveelheden in kg/ha												Mg				
	Cl			N			P			K			I	II	III		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III					
I komkomerteelt																	
II tomatenteelt																	
III uitspoeling																	
Gestrooide kunstmest				167	162	-	67	136	-	104	491	-	56	215	-	-	-
{ voorraad																	
{ bijmesten				109	123	-	48	53	-	91	101	-	50	-	-	-	-
Organische bemesting				84	-	-	-	14	-	-	139	-	-	26	-	-	-
Aanvoerterm I <sub>s</sub>				84	-	-	276	388	-	115	203	-	195	731	-	106	241
Met oppervlaktewater	967	2082	333	32	120	55	3	7	1	100	295	44	104	302	59	-	-
Opgeloste meststoffen	-	-	-	124	974	-	-	5	-	105	974	-	13	109	-	-	-
Aanvoerterm I <sub>d</sub>	967	2082	333	156	1094	55	3	12	1	205	1269	44	117	411	59	-	-
Aanvoer { per periode	967	2166	333	432	1482	55	118	215	1	400	2000	44	223	652	59	-	-
I <sub>s</sub> + I <sub>d</sub> { 1-8-76 = 1-12-77		3466			1969		334			2444			934				
Gemeten drainafvoer U <sub>d</sub>	620	2420	1395	131	670	380	61	1	3,6	31	168	365	62	327	325	-	-
Correcties voor kwel	+160	-	-	+34	-	-	-	-	-	+7	-	-	+16	-	-	-	-
{ 1-8-76 = 15-11-76																	
{ 15-11-76 = 20-1-77																	
{ 1-11-77 = 1-12-77																	
Afvoerterm U <sub>d</sub>	780	2235	1545	165	635	420	1	1	4	38	158	405	78	307	360	-	-
Gewasopname U <sub>p</sub>	94	228	-	149	378	-	25	86	-	186	873	-	21	58	-	-	-
Afvoer U <sub>d</sub> + U <sub>p</sub> { per periode	874	2463	1545	314	1013	420	26	87	4	224	1031	405	99	365	360	-	-
{ 1-8-76 = 1-12-77		4882			1747		117			1660			824				
Aanvoer-afvoer (I <sub>s</sub> +I <sub>d</sub> )-(U <sub>d</sub> +U <sub>p</sub> )	+93	-297	-1212	+118	+469	-365	+92	+128	-3	+176	+969	-361	+124	+287	-301	-	-
{ 1-8-76 = 1-12-77		-1416			+222		+217			+784			+110				

trificatie van belang geweest zijn waarbij dan het verschil tussen aan- en afvoer in tabel 11 gelijk zou zijn aan de som ( $\Delta B_m + U_g$ ) waarbij  $U_g$  de door denitrificatie afgevoerde hoeveelheid N is.

De gegevens in tabel 11 zijn in verband met het ten opzichte van het voorafgaande jaar gewijzigde teeltplan slechts voor wat de komkommerteelt betreft vergelijkbaar met de balansgegevens in Nota 981. In tabel 12 zijn de balansgegevens voor de komkommerteelten in 1975 en 1976 en voor de tomatenteelten tot respectievelijk 15-7-1976 en 15-7-1977 samengebracht. De beperking tot de periode vóór 15 juli hield verband met de beëindiging van de tomatenteelt op die datum in 1976. De afvoerterm  $U_p$  kon voor de tomatenteelt in de periode tot 15 juli niet uit de in 1977 verzamelde gegevens worden afgeleid. Daarom is de  $U_p$ -term voor de periode tot 15-7-1977 gelijk gesteld aan de aan Nota 981 ontleende  $U_p$ -term voor 1976.

De beregende hoeveelheid water tijdens de komkommerteelt was blijkens tabel 3 in 1976 kleiner dan in 1975. Dit had een lager verbruik van oplosbare meststoffen in 1976 tot gevolg waardoor de  $I_1$ -term voor N, K en Mg kleiner was dan in het najaar van 1975. De  $I_1$ -term voor Cl was daarentegen juist groter in 1976 tengevolge van de hoge Cl-concentratie van het oppervlaktewater in augustus 1976. Tegenover het lagere verbruik van oplosbare K- en Mg-meststoffen in 1976 stond een grotere hoeveelheid gestrooide kunstmest zodat de totale K- en Mg-bemesting voor de komkommerteelt in 1976 vrijwel gelijk was aan die voor de teelt in 1975. De drainafvoer D was in 1976 kleiner dan in 1975. Omdat echter de K- en Mg-concentraties in het drainwater hoger waren in 1976 bleef de  $U_d$ -term voor deze mineralen vrijwel gelijk aan die in het voorafgaande jaar. De Cl-concentratie van het drainwater was in het najaar van 1976 zelfs zoveel hoger dat de  $U_d$ -term groter was dan in 1975.

De verschillen tussen de termen van de mineralenbalansvergelijking voor de vergelijkbare perioden in 1976 en 1977 waarin tomaten werden geteeld waren groter. Hierbij moet worden opgemerkt dat de perioden tot 15 juli in 1976 en 1977 niet volledig vergelijkbaar zijn omdat de planning voor de perioden na 15 juli al van invloed geweest kan zijn op het handelen van de tuinder in de perioden voorafgaande aan die datum, bijvoorbeeld ten aanzien van de watervoorziening en het bijmes-

Tabel 12. Mineralenbalansgegevens voor vergelijkbare perioden in 1975/76 en 1976/77

	Hoeveelheden in kg/ha															
	Cl		N				K				Mg					
	I-75	I-76	II-76	II-77	I-75	I-76	II-76	II-77	I-75	I-76	II-76	II-77	I-75	I-76	II-76	II-77
I komkommerteelt																
II tomatenteelt (tot 15 juli)																
Gestrooide kunstst	-	-	-	-	146	167	187	162	-	104	471	491	50	56	142	215
bijlasten	-	-	-	-	169	190	59	123	55	91	145	101	-	50	-	-
Aanvoerterm $I_s$	-	-	-	-	295	276	256	285	55	195	616	592	50	106	142	215
Met oppervlaktewater	709	967	1957	1527	40	32	79	85	92	100	183	232	107	104	260	237
Opgeloste kunstst	-	-	-	-	239	24	527	850	263	105	720	896	54	13	40	108
Aanvoerterm $I_l$	709	967	1957	1627	279	156	606	935	355	205	903	1128	161	117	300	345
Aanvoer $I_s + I_l$	709	967	1957	1627	574	432	862	1220	410	400	1519	1720	211	223	442	560
Drainafvoer $U_d$	668	780	1331	1690	248	165	538	470	23	38	69	140	80	78	172	225
Gewasopname $U_p$	97	94	178	178	163	149	379	379	199	186	745	745	33	31	65	65
Afvoer $U_d + U_p$	765	874	1509	1778	411	314	917	849	222	224	814	885	113	109	237	290
Aanvoer-afvoer ( $I_s + I_l$ ) - ( $U_d + U_p$ )	-56	+93	+448	-151	+163	+118	-55	+371	+188	+176	+705	+835	+98	+114	+205	+270

ten. De verminderde berekening in 1977 kwam tot uiting in een kleinere aanvoer van Cl. Het meststoffenverbruik was echter in 1977 groter. Uit de gegevens in tabel 12 blijkt dat dit voor N en K vooral een gevolg was van een toegenomen bemesting via de regenleiding. De intensievere bemesting in 1977 hield verband met de kwaliteitsproblemen, die zich bij de teelt van tomaten in 1976 hadden voorgedaan. Ondanks de kleinere drainafvoer D in 1977 was de  $U_d$ -term voor Cl, K en Mg groter dan in 1976 ten gevolge van hogere concentraties in het drainwater. De afvoer van K was zelfs verdubbeld. De gemiddelde N-concentraties van het drainwater waren tijdens de tomatenteelten in 1976 en 1977 vrijwel gelijk zodat de lagere  $U_d$ -term voor 1977 een gevolg was van de lagere drainafvoer D.

De gegevens in tabel 13 hebben betrekking op de perioden van uitspoeling in juli 1976 en november 1977. De aanvoer van K en Mg met het beregende oppervlaktewater was in beide gevallen vrijwel gelijk omdat de grotere berekening R in 1977 samenging met lagere concentraties. De Cl-concentratie in het oppervlaktewater was in 1977 zelfs uitzonderlijk laag, zodat de aanvoer slechts iets meer dan de helft van de aanvoer in 1976 was, ondanks de veel grotere R-term in 1977. De toename van de  $U_d$ -term voor Cl en N in 1977 lag in de lijn der verwachting gezien de toename van de drainafvoer D met een factor twee. De drainafvoer van P, K en Mg in 1977 was echter veel meer dan twee maal zo groot als in 1976. De afvoer van K was zelfs bijna het zevenvoudige van de drainafvoer tijdens uitspoeling in juli 1976.

De invloed van de uitspoeling van het profiel komt ook tot uiting in de gegevens van tabel 14, die betrekking hebben op de analyse van de grondmonsters die in 1976 en 1977 direct vóór en na uitspoeling werden gestoken. De gegevens voor 1976 zijn aan Nota 981 ontleend en de gegevens voor 1977 aan de tabellen 5, 6 en 7, waarbij de cijfers voor de beide teeltstroken en het looppad werden gemiddeld. Bij een vergelijking van de toestand vóór uitspoeling valt op dat de P-, K- en Mg-cijfers voor de lagen 20-40 cm en 40-60 cm in 1977 hoger waren dan in 1976. Het effect van de veel intensievere uitspoeling in 1977 komt in tabel 14 ook naar voren bij een vergelijking van de situaties na uitspoeling. De hogere P- en K-cijfers in de laag 40-60 cm na uitspoeling in 1977 vallen daarbij op. Dit wees op een toegenomen mobili-

Tabel 13. De aanvoer van mineralen met het beregende oppervlaktewater en de afvoer met het drainwater tijdens uitspoeling in juli 1976 (R = 220 mm, D = 170 mm) en in november 1977 (R = 375 mm, D = 350 mm)

	Hoeveelheden in kg/ha											
	Cl		N		P		K		Mg			
	1976	1977	1976	1977	1976	1977	1976	1977	1976	1977	1976	1977
Aanvoerterm I <sub>l</sub>	616	333	13	55	2	1	41	44	57	59		
Drainafvoer U <sub>d</sub>	895	1545	221	420	0,6	4	59	405	108	360		
Aanvoer-afvoer I <sub>l</sub> -U <sub>d</sub>	-279	-1212	-208	-365	+1,5	-3	-18	-361	-51	-301		

Tabel 14. De vochtgehalten en analysecijfers van het 1:2 volume-extract van grondmonsters, die voor en na uitspoeling van het profiel in juli 1976 en november 1977 werden gestoken

Monster- datum	Laag 0-20 cm						Laag 20-40 cm						Laag 40-60 cm						
	A-cijfer g/100 g	EC mmho/cm	Cl me/1	N me/1	P mg/1	K me/1	A-cijfer g/100 g	EC mmho/cm	Cl me/1	N me/1	P mg/1	K me/1	A-cijfer g/100 g	EC mmho/cm	Cl me/1	N me/1	P mg/1	K me/1	Mg
5-7-76	27,4	1,8	4,3	3,9	3,7	2,4	27,7	1,5	3,0	3,5	1,2	1,4	23,4	1,2	2,3	2,8	0,3	0,5	1,3
27-7-76	29,7	0,7	2,1	1,0	3,7	1,2	27,8	0,9	2,5	1,1	1,2	1,0	26,0	0,9	2,7	1,4	0,1	0,5	1,2
4-11-77	26,6	1,6	3,8	3,1	3,8	2,4	27,3	1,4	3,3	2,8	2,3	1,9	24,2	1,3	2,9	2,7	0,7	1,3	2,0
11-11-77	35,4	0,5	1,0	0,4	3,8	0,9	35,5	0,5	1,1	0,4	2,7	1,0	29,7	0,8	1,8	1,0	0,5	1,1	1,2



Tabel 14. De vochtgehalten en analysecijfers van het 1:2 volume-extract van grondmonsters, die voor en na uitspoeling van het profiel in juli 1976 en november 1977 werden gestoken

Monster- datum	Laag 0-20 cm						Laag 20-40 cm						Laag 40-60 cm								
	A-cijfer g/100 g	FC mhho/cm	Cl me/l	N mg/l	P mg/l	K me/l	Mg me/l	A-cijfer g/100 g	EC mhho/cm	Cl me/l	N mg/l	P mg/l	K me/l	Mg me/l	A-cijfer g/100 g	EC mhho/cm	Cl me/l	N mg/l	P mg/l	K me/l	Mg me/l
5-7-76	27,4	1,8	4,3	3,9	3,7	2,4	2,5	27,7	1,5	3,0	3,5	1,2	1,4	2,2	23,4	1,2	2,3	2,8	0,3	0,5	1,3
27-7-76	29,7	0,7	2,1	1,0	3,7	1,2	1,2	27,8	0,9	2,5	1,1	1,2	1,0	1,3	26,0	0,9	2,7	1,4	0,1	0,5	1,2
4-11-77	26,6	1,6	3,8	3,1	3,8	2,4	3,0	27,3	1,4	3,3	2,8	2,3	1,9	2,6	24,2	1,3	2,9	2,7	0,7	1,3	2,0
11-11-77	35,4	0,5	1,0	0,4	3,8	0,9	0,8	35,5	0,5	1,1	0,4	2,7	1,0	0,8	29,7	0,8	1,8	1,0	0,5	1,1	1,2

teit van P en K, een conclusie die in overeenstemming was met de hogere P- en K-concentraties in het grond- en drainwater ten opzichte van de in Nota 981 besproken periode van onderzoek.

Uit de gegevens van tabel 13 blijkt dat de periode van uitspoeling een veel grotere invloed heeft gehad op de mineralenbalans voor het tijdvak 1976/77 dan op de balans voor de in Nota 981 besproken periode. Volgens tabel 11 was het verschil tussen de aanvoer en afvoer van Cl in de periode van 1-8-1976 tot 1-12-1977 omstreeks 1400 kg/ha. De Cl-berging in het bodemvocht en het grondwater zou dus met deze hoeveelheid moeten zijn afgenomen. De afname van de Cl-berging in het profiel tot 60 cm diepte kon bij benadering worden gevonden door de hoeveelheid Cl in de bodemoplossing op 27-7-1976 en 11-11-1977 met elkaar te vergelijken. Daartoe werd de hoeveelheid Cl in de bemonsterde profiellagen berekend volgens

$$Q = f \times c \times l \times d \times M \times A \times 10^{-3}$$

Q = de hoeveelheid Cl (kg/ha)

f = de verdunningsfactor volgens vergelijking (3)

c = de concentratie in het 1:2 volume-extract (me/l)

l = de laagdikte (cm)

d = het droog volumegewicht van de betreffende laag (g/cm<sup>3</sup>)

M = het atoomgewicht van Cl

A = het vochtgehalte van de grond (g/100 g)

De waarden van f en d zijn opgenomen in tabel 15, evenals de aan tabel 14 ontleende concentraties van het 1:2 volume-extract. Om de Cl-berging op 27-7-1976 en op 17-11-1977 met elkaar te kunnen vergelijken, werd op beide data met dezelfde A-cijfers gerekend. De afname van de hoeveelheid Cl bleek omstreeks 500 kg/ha te zijn. Hieruit werd geconcludeerd dat een totale afname van de hoeveelheid Cl in de bodemoplossing en het grondwater met 1400 kg/ha niet onaannemelijk was.

Ondanks de intensieve uitspoeling aan het einde van de periode van onderzoek viel de balans voor N positief uit. Dit zal onder meer een gevolg zijn geweest van de ten opzichte van het voorafgaande jaar toegenomen N-bemesting tijdens de periode waarin de tomatenteelt plaatsvond. Het positieve verschil tussen de aan- en afvoer had voor

Tabel 15. De hoeveelheid Cl in de bodemoplossing tot 60 cm diepte na uitspoeling van de kasgrond in juli 1976 en november 1977

Datum	Laag	f	$c_{1:2}$ me/l	A g/100 g	d g/cm <sup>3</sup>	Q kg/ha
27- 7-76	0-20	5,56	2,1	30	1,0	249
	20-40	5,78	2,5	28	1,2	345
	40-60	5,74	2,7	26	1,4	400
						994
11-11-77	0-20	5,07	1,0	30	1,0	108
	20-40	5,16	1,1	28	1,2	135
	40-60	5,43	1,8	26	1,4	252
						495

N betrekking op de som ( $\Delta B_m + U_g$ ) waarbij  $U_g$  de door denitrificatie afgevoerde hoeveelheid N was. Uit de gegevens in tabel 14 betreffende de N-concentraties in het 1:2 volume-extract op respectievelijk 27-7-1976 en 11-11-1977 kon worden afgeleid dat de hoeveelheid N in de bodemoplossing tot 60 cm beneden maaiveld was afgenomen. Tegenover deze daling van de hoeveelheid in de bodemoplossing zou dan een toename van de hoeveelheid in het grondwater en/of een na denitrificatie afgevoerde hoeveelheid en/of een toename van de gebonden hoeveelheid N moeten staan om tot een positief verschil van ruim 200 kg/ha tussen aanvoer en afvoer in tabel 11 te komen.

Evenals voor de in Nota 981 behandelde periode van onderzoek was ook nu het verschil tussen aanvoer en afvoer positief voor P, K en Mg. Hoewel de drainafvoer  $U_d$  van P meer dan drie maal zo groot was als in het tijdvak 1975/76 had dit op de P-balans geen invloed van betekenis omdat  $U_d$  nog steeds zeer klein was ten opzichte van de aanvoer en de gewasopname. De drainafvoer van K was daarentegen toegenomen van 150 kg/ha in 1975/76 tot circa 600 kg/ha nu. Toch was het verschil tussen de aanvoer en afvoer nog bijna 800 kg/ha, hetgeen wees op fixatie van een aanzienlijke hoeveelheid K. De drainafvoer van Mg nam toe van 360 kg/ha in 1975/76 tot 745 kg/ha in 1976/77. Dit wees op een minder

sterke vastlegging van Mg in het profiel.

## 9. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

In deze nota werden de resultaten van het voortgezette onderzoek naar de water- en mineralenhuishouding op een glastuinbouwbedrijf besproken. De metingen vonden plaats gedurende de periode van 1-8-1976 tot 1-12-1977 bij een komkommerteelt in het najaar van 1976 gevolgd door een tomatenteelt van december 1976 tot oktober 1977. Aangezien het teeltplan in de periode 1976/77 afweek van dat in de periode 1975/1976 waren de resultaten van het onderzoek slechts voor de periode van 1-8-1976 tot 15-7-1977 vergelijkbaar met de in Nota 981 besproken resultaten voor de periode van 1-8-1975 tot 15-7-1976.

De resultaten van het onderzoek en de daaraan verbonden conclusies kunnen als volgt puntsgewijze worden samengevat.

- 1) De metingen betreffende de waterbalans verliepen in het algemeen zonder problemen. Nauwkeurige berekeningen van de grootte van de toe te passen correcties voor kwel of wegzijging waren niet mogelijk. Het lag voor de hand dat de wegzijging uit de kas kleiner was dan in het voorafgaandè jaar vanwege de minder intensieve beregning en kleinere drainafvoer in 1976/77 en vanwege de minder extreme weersomstandigheden in het voorjaar en de zomer van 1977.
- 2) De beregende hoeveelheden water gedurende de komkommerteelt in het najaar van 1976 en gedurende de daarop volgende tomatenteelt in de periode tot 15 juli lagen 10 tot 15% lager dan in dezelfde perioden van het voorafgaande jaar. In verband met de kleinere stralingsommen was ook de gewasverdamping in 1976/77 kleiner dan gedurende de vergelijkbare perioden in het tijdvak 1975/76. De verhouding tussen de drainafvoer en de beregning was echter voor de komkommerteelten in 1975 en 1976 praktisch gelijk, evenals voor de tomatenteelten in de perioden tot 15 juli in 1976 en 1977.
- 3) De bepaling van de aanvoer van mineralen met het beregende oppervlaktewater en door bemesting en van de afvoer met het drainwater en de geoogste produkten verliep zonder noemenswaardige problemen.

- 4) Bij een beoordeling van de mineralenbalans en vooral bij een vergelijking met de gegevens van Nota 981 is het van belang niet alleen rekening te houden met het gewijzigde teeltplan en de langere duur van de balansperiode. Daarnaast heeft het vruchtkwaliteitsprobleem bij de teelt van tomaten in 1976 geleid tot een groter meststoffenverbruik tijdens de tomatenteelt in 1977. Verder hadden de verscherpte normen ten aanzien van het bromidegehalte van glastuinbouwproducten een veel intensievere uitspoeling na ontsmetting met methylbromide tegen het einde van de balansperiode in november 1977 tot gevolg dan aan het einde van de voorafgaande periode van onderzoek in juli 1976 het geval was geweest. De invloed hiervan op de Cl-balans van het bedrijf werd nog versterkt door de zeer lage Cl-concentratie van het oppervlaktewater tijdens uitspoeling in november 1977 waar tegenover een juist abnormaal hoge concentratie in juli 1976 stond.
- 5) Het verschil tussen de som van de aanvoertermen en de som van de afvoertermen, gerekend over de totale balansperiode, was negatief voor Cl en positief voor N, P, K en Mg. Het negatieve verschil voor Cl was grotendeels toe te schrijven aan de lage Cl-concentratie van het oppervlaktewater en de intensieve uitspoeling in november 1977. Het positieve verschil voor P, K en Mg was een gevolg van vastlegging van deze mineralen respectievelijk in de vorm van onoplosbare fosfaten, door K-fixatie en door de vorming van Mg-hydroxide of Mg-Ca-carbonaten. Het positieve verschil tussen de aan- en afgevoerde hoeveelheid N zou kunnen duiden op denitrificatie.
- 6) Wat betreft de tot de eutrofie van het oppervlaktewater bijdragende mineralen N en P werd vastgesteld dat de uitspoeling en drainafvoer van P als ortho-P klein was en van N als  $\text{NO}_3\text{-N}$  groot. Wel was de ortho-P concentratie van het drainwater gemiddeld hoger dan tijdens de in Nota 981 besproken periode. Meer dan de helft van de totale drainafvoer van ortho-P vond tijdens uitspoeling in november 1977 plaats. Voor  $\text{NO}_3\text{-N}$  was dit circa 1/3 gedeelte van de totale drainafvoer. Deze gegevens benadrukken de invloed van de periode van uitspoeling op de mineralenbalans.
- 7) De K-concentratie in het drainwater was hoger dan in het voorafgaande jaar. Tweederde gedeelte van de totale drainafvoer voor de

periode van 1-8-1976 tot 1-12-1977 vond plaats tijdens uitspoeling in november 1977.

- 8) Ook de Mg-concentratie in het drainwater was hoger dan in de periode 1975/76. De hoogste concentraties werden tijdens uitspoeling in november 1977 gevonden. Daardoor vond bijna de helft van de totale drainafvoer van Mg in die periode plaats.
- 9) Van de totale aanvoer van mineralen vond een gedeelte plaats met het beregende oppervlaktewater. Voor Cl was dit praktisch voor 100% het geval, bij Mg voor 50%, bij K voor 18%, bij N voor 11% en bij P voor circa 3%.

#### 10. LITERATUUR

SONNEVELD, C. en J. VAN DEN ENDE, 1971. Soil analysis by means of a 1:2 volume extract. Plant and Soil 35: 505-516.

HAMAKER, Ph. en J. VAN BEUSEKOM, 1977. Onderzoek naar de water- en mineralenhuishouding op een glastuinbouwbedrijf. Nota ICW 981 (ook verschenen als rapport van het Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk).

GRAAF, R. DE en Ph. HAMAKER, 1978. Onderzoek naar de waterhuishouding bij een teelt van stooktomaten in 1977. Verslag van het Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk.