

NN31545.0981

NOTA 981

augustus 1977

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

ONDERZOEK NAAR DE WATER- EN MINERALEN-
HUISHOUDING OP EEN GLASTUINBOUWBEDRIJF

Ph. Hamaker

en

J. van Beusekom

(Proefstation Naaldwijk)

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**



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 1118'85.01

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. BENADERING VAN HET GESTELDE PROBLEEM	2
3. OVERWEGINGEN BIJ DE KEUZE VAN BEDRIJVEN	3
4. GEGEVENS BETREFFENDE HET GESELECTEERDE BEDRIJF	5
5. WATERBALANS	8
5.1. Balansvergelijking	8
5.2. Meten van de Drainafvoer	8
5.3. Meten van de Berekening	10
6. MINERALENBALANS	12
6.1. Balansvergelijking	12
6.2. Bepaling van de Bergingsterm	12
6.2.1. Bewortelde profiel	12
6.2.2. Grondwater	13
6.3. Bepaling van de Aanvoerterm I_s	14
6.4. Bepaling van de Aanvoerterm I_1	14
6.5. Bepaling van de Afvoerterm U_d	15
6.6. Bepaling van de Gewasopname	16
7. VERWERKING VAN DE GEGEVENS	17
7.1. Berekeningen	17
7.1.1. Programma 'REGEN'	17
7.1.2. Programma 'DRAIN'	19
7.2. Figuren en tabellen	20

	blz.
8. BESPREKING VAN DE WATERBALANS	21
8.1. Inleidende opmerkingen	21
8.2. Waterbalans tijdens de Komkommerteelt	23
8.3. Waterbalans tijdens de Tomatenteelt	24
8.4. Waterbalans tijdens de Zoutuitspoeling	26
9. BESPREKING VAN DE TERMEN VAN DE MINERALENBALANS- VERGELIJKING	26
9.1. Inleidende opmerkingen	26
9.2. Problemen bij de bepaling van de Bergingsterm	27
9.3. Verloop van de Zout- en Bemestingstoestand	29
9.3.1. Komkommerteelt 1975	29
9.3.2. Tomatenteelt 1976	30
9.3.3. Periode van Zoutuitspoeling	36
9.4. Verloop van de concentraties van Mineralen in het Grondwater	36
9.5. Opname van Mineralen door het Gewas	39
9.5.1. Komkommerteelt 1975	39
9.5.2. Tomatenteelt 1976	41
9.6. Aanvoer en Afvoer van Mineralen	42
10. BESPREKING VAN DE MINERALENBALANS	45
11. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	50
12. LITERATUUR	52

werden verkregen besproken. Dit eerste onderzoek vond plaats op een glastuinbouwbedrijf op een zavelgrond tijdens de teelt van achter-eenvolgens komkommers en tomaten.

2. BENADERING VAN HET GESTELDE PROBLEEM

De N- en P-huishouding van glastuinbouwbedrijven wordt door een aantal factoren beïnvloed en zullen van bedrijf tot bedrijf grote verschillen kunnen vertonen. Het ligt voor de hand dat de uitspoeling en afvoer naar het oppervlaktewater wordt beïnvloed door het meststoffenverbruik en het waterverbruik voor beregening. Het verbruik van water en meststoffen is weer afhankelijk van onder meer het geteelde gewas, de grondsoort en het zoutgehalte van het voor beregening gebruikte water. Ook de inzichten van de tuinder zelf spelen mee: men spreekt in dit verband over 'natte' en 'droge' tuinders.

Uit het voorgaande werd geconcludeerd dat het onderzoek niet beperkt mocht blijven tot metingen van de met het drainwater naar het oppervlaktewater afgevoerde hoeveelheden N en P. Daarnaast zou de invloed van de beregening, de bemesting, de grondsoort, het gewas en andere factoren onderzocht moeten worden. Om aan deze doelstelling te kunnen voldoen is besloten het onderzoek te richten op individuele glastuinbouwbedrijven, kassen of kasgedeelten, dus op relatief kleine oppervlakte-eenheden welke voor wat betreft grondsoort, gewas en hydrologie als uniform beschouwd kunnen worden.

Het Cl-ion in het beregende oppervlaktewater speelt een belangrijke rol in de zouthuishouding van kasgronden. In tegenstelling tot stikstof en fosfaat is het Cl-ion niet of nauwelijks betrokken bij fysisch-chemische evenwichten en microbiologische processen in de bodem. De bepaling van de Cl-huishouding biedt dus in principe de mogelijkheid de metingen van de waterhuishouding te controleren en omgekeerd. Daarom werd besloten Cl in het onderzoek te betrekken.

Aangezien alle analyses van grond- en watermonsters op het routine laboratorium van het Proefstation te Naaldwijk zouden plaats-

1. INLEIDING

De uitspoeling van N en P en de invloed van de bemesting daarop zijn in Nederland voor wat bouwland en grasland betreft uitvoerig onderzocht.* Exacte gegevens voor glastuinbouwgebieden ontbreken omdat hier tot heden weinig aandacht aan werd besteed.

Bij een onderzoek van het Proefstation te Naaldwijk naar de waterhuishouding van een tiental glastuinbouwbedrijven in het Zuidhollands Glasdistrict gedurende de periode 1966-1969 werden ook maandelijks drainwatermonsters genomen en onderzocht. In het drainwater werden concentraties tot 60 mg N/l en tot 6 mg P/l gevonden. Dergelijke concentraties zouden kunnen wijzen op een aanzienlijke uitspoeling van stikstof en fosfaat. Verder bleken de concentraties in het drainwater van verschillende bedrijven sterk uiteen te lopen.

In 1974 werd de eutrofie van het oppervlaktewater in glastuinbouwgebieden aan de orde gesteld tijdens besprekingen tussen medewerkers van het Consulentenschap voor Bodemaangelegenheden, het Proefstation te Naaldwijk, het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid en het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding. Bij deze besprekingen is de wenselijkheid van nader onderzoek naar de uitspoeling van minerale stoffen en naar de factoren die daarop van invloed zijn duidelijk naar voren gekomen.

Deze nota behandelt de eerste stappen die daartoe werden ondernomen. Achtereenvolgens worden de methoden van onderzoek en de resultaten welke gedurende de periode van 1-8-1975 tot 1-8-1976

*zie bijvoorbeeld 'Stikstof', nummer 69/1971/band 6, van het Landbouwkundig Bureau der Nederlandse Stikstofmeststoffen Industrie

vinden konden ook de hoofdvoedingselementen K en Mg zonder meer in het onderzoek worden betrokken. De kwantitatief eveneens belangrijke Na-, Ca-, SO_4^- en HCO_3^- -ionen zijn echter buiten beschouwing gebleven.

Samenvattend kan worden opgemerkt dat het onderzoek niet beperkt is gebleven tot de tot eutrofiëring bijdragende mineralen N en P. Daarnaast krijgen aspecten van meer direct tuinbouwkundig belang veel aandacht zoals de waterhuishouding en de huishouding van Cl, K en Mg.

3. OVERWEGINGEN BIJ DE KEUZE VAN BEDRIJVEN

Berekeningen van de mineralenbalans worden voor een belangrijk deel gebaseerd op gegevens betreffende de waterhuishouding. Dit houdt in dat de betrouwbaarheid van de resultaten in sterke mate afhangt van de nauwkeurigheid waarmee de termen van de waterbalans kunnen worden bepaald. Dit aspect verdient bijzondere aandacht bij de keuze van bedrijven of kassen waar het onderzoek zal plaatsvinden, zoals uit het volgende blijkt.

Een van de termen van de waterbalans heeft betrekking op de verdamping door het gewas en vanaf het grondoppervlak. De grootte van de verdampingsterm kan weliswaar bij benadering uit de resultaten van eerdere onderzoeken worden afgeleid maar directe meting in het kader van het huidige onderzoek is niet mogelijk. Dit houdt in dat de verdamping als restterm in de waterbalans voorkomt. Alle overige termen van de waterbalans moeten dus meetbaar zijn.

Nauwkeurige meting van de beregende hoeveelheden water volgens de in 5.3 beschreven methode levert géén problemen op. Daarnaast moet de overmaat berekening die via de bewortelde en onverzadigde zone in het grondwater terecht komt gemeten worden. Hierbij kunnen de drie in fig. 1 weergegeven hydrologische situaties onderscheiden worden.

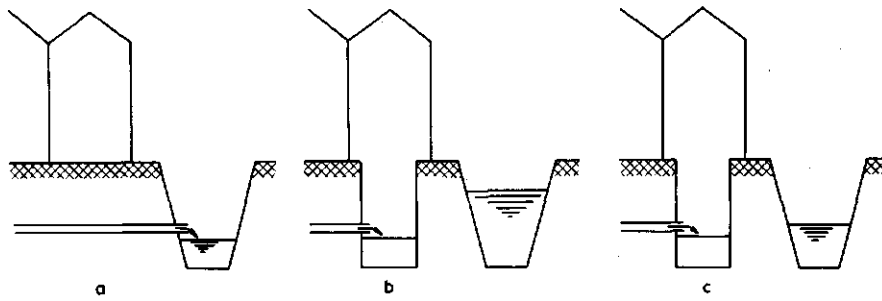


Fig. 1. Schematische weergave van de posities van drainreeksen en slootpeil ten opzichte van elkaar; in geval a. stromen de drains vrij uit in de sloot, in geval b. is een onderbemalingsput met pomp noodzakelijk en in geval c. wenselijk

In het geval van fig. 1a is sprake van vrij uitstromende drains. De grondwaterspiegel zal gedurende lange perioden beneden draindiepte liggen waarbij géén drainafvoer plaatsvindt. Wellicht functioneert het drainagesysteem alléén wanneer tijdens perioden van zoutuitspoeling intensief wordt beregend. Continue metingen van de door het profiel gepercoleerde overmaat beregening zijn dus niet mogelijk.

Bij de in fig. 1b weergegeven situatie liggen de drains beneden het niveau van het oppervlaktewater. Het bedrijf of de kas is voorzien van een drainage-onderbemalingssysteem. De drainafvoer bestaat uit de overmaat beregening vermeerderd met kwel en inzijging vanuit aangrenzende sloten. Ook deze situatie is minder gunstig voor nauwkeurige bepaling van de overmaat beregening.

De meest gunstige situatie is weergegeven in fig. 1c. De drains en het peil van het oppervlaktewater liggen op hetzelfde niveau. Kwel vanuit of wegzijging naar de omgeving zijn dan minimaal. De drainafvoer is gelijk aan het verschil tussen beregening en verdamping mits veranderingen in de vochtberging van het profiel verwaarloosbaar klein zijn.

Bij het selecteren van een bedrijf dat voor onderzoek in aanmerking zou komen is bewust gezocht naar de in fig. 1c weergegeven hydrologische situatie. Uiteraard zouden de resultaten van het

onderzoek moeten uitwijzen in hoeverre toch nog kwel of wegzijging optreedt.

Uiteindelijk mag het onderzoek niet beperkt blijven tot bedrijven met een 'ideale' hydrologische situatie. De verblijftijden van mineralen in het grondwater worden immers mede door de hydrologische situatie bepaald. De langste verblijftijden zullen voorkomen bij de situatie van fig. 1a en de kortste bij de situatie van fig. 1b. De verblijftijden kunnen van invloed zijn op de mineralenbalans. Hierbij dient bijvoorbeeld aan denitrificatie in het grondwater gedacht te worden. Gegevens verkregen op bedrijven met een 'ideale' hydrologische situatie mogen dan ook niet zonder meer naar bedrijven met een andere hydrologische situatie geëxtrapoleerd worden.

4. GEGEVENS BETREFFENDE HET GESELECTEERDE BEDRIJF

Fig. 2 is een plattegrond van het glastuinbouwbedrijf waar het onderzoek van start is gegaan en momenteel plaatsvindt.

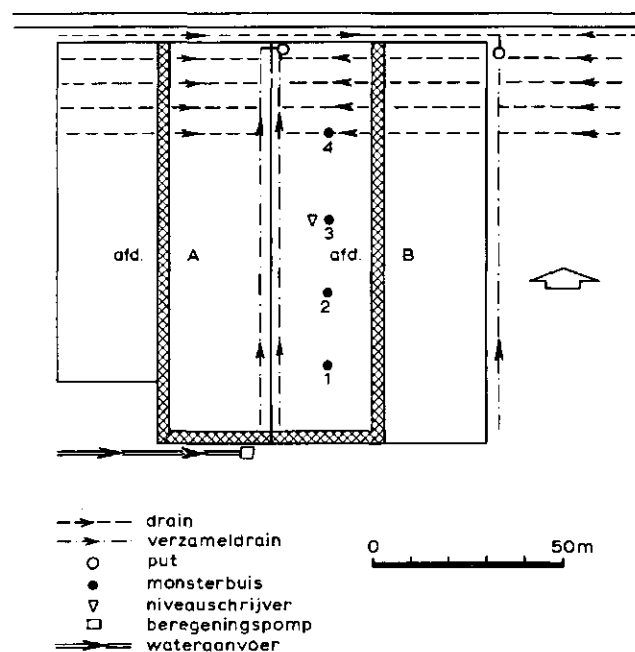


Fig. 2. Plattegrond van het bedrijf waar onderzoek plaatsvindt

Het totale oppervlak onder glas is 11600 m². Er zijn twee afdelingen welke door een middengevel van elkaar zijn gescheiden en in fig. 2 zijn aangeduid als respectievelijk afdeling A en afdeling B. De betonnen paden beslaan in totaal 800 m². Het teeltoppervlak van afdeling A is 5200 m² en van afdeling B 5600 m².

De opstand is een Venlo-type kas met vijf verwarmingsbuizen per kap van 3,2 m breedte. De kas is verder uitgerust met een automatische klimaatsregelaar, een beregeningsinstallatie en een leidingensysteem voor distributie van de afgassen van de aardgasgestookte verwarmingsketel voor CO₂-voeding van het gewas. De bouw van de kas vond plaats in 1972 op een perceel grasland. De verschillen in de hoogteligging van het maaiveld zijn maximaal 15 cm.

De bovengrond werd bij de aanvang van het onderzoek in juli 1975 bemonsterd. Het is een matig lichte zavel (21% slib) met een pH-KCl van omstreeks 7, met omstreeks 3% koolzure kalk en met een organische stofgehalte van 6%. De ondergrond wordt geleidelijk lichter van textuur en is humusarm.

In de kas ligt een drainage-onderbemalingsstelsel. De ligging van de drainreeksen is aangegeven in fig. 2. De kas is om de andere kap gedraineerd zodat de onderlinge afstand tussen de drains 6,4 m is. De draandiepte is gemiddeld 80 cm beneden maaiveld. Het drainwater stroomt via evenwijdig aan de middengevel lopende verzamel-drains naar de onderbemalingsput. De betonnen put is voorzien van een bodem en heeft een diameter van 1,50 m. Het water wordt vanuit de put in de boezemsloot aan de noordzijde van het bedrijf gepompt. Het gemiddelde boezempeil en de drainreeksen liggen bij benadering op hetzelfde niveau.

De beregening vindt plaats met behulp van een regenautomaat waarop in totaal 43 elektrische kranen zijn aangesloten waarvan 21 in afdeling A. Het bijmesten tijdens de teelt vindt hoofdzakelijk via de beregeningsinstallatie plaats met behulp van een concentratiemeter en regelaar. De plaats van de gietpomp is aangegeven in fig. 2. Het gietwater wordt via een ondergrondse koker over een afstand van omstreeks 200 m uit de boezem betrokken. De aanvoer van gietwater en de afvoer van drainwater zijn dus van elkaar gescheiden.

De kas wordt aan de oostzijde begrensd door een eveneens gedraineerd perceel bouwland met een oppervlakte van 6500 m². Het drainagesysteem van dit perceel was oorspronkelijk aangesloten op de onderbemalingsput in de kas. In verband met het huidige onderzoek werd een aparte put met pomp geïnstalleerd buiten de kas op de in fig. 2 aangegeven plaats. De beide putten zijn door een buis op draindiepte met elkaar verbonden. Hiervan wordt tijdens de periode van zoutuitspoeling gebruik gemaakt zoals onder punt 8.4 zal worden besproken.

Tussen de sloot en de gevel aan de noordzijde van de kas ligt een drie meter brede strook grond met één drainreeks welke op de onderbemalingsput buiten de kas is aangesloten. Aan de westzijde van het bedrijf ligt een niet gedraineerd stuk grasland. De bedrijfs-schuur met het ketelhuis liggen aan de zuidzijde. De eerstvolgende sloot aan de zuidzijde van het bedrijf loopt evenwijdig met de zuidgevel van de kas op een afstand van omstreeks 40 m. Tussen deze sloot en de bedrijfsschuur liggen een geasfalteerde weg en een parkeerplaats.

In deze Nota komen later de resultaten van het onderzoek voor de periode van 1-8-1975 tot 1-8-1976 aan de orde. Gedurende deze periode vond een teelt van komkommers plaats van 10-8-1975 tot 10-11-1975, gevolgd door een tomatenteelt van 10-12-1975 tot 12-7-1976. Zowel de komkommerteelt als de tomatenteelt werden in de kasafdelingen A en B gelijktijdig gestart en beëindigd.

Direct na de beëindiging van de tomatenteelt in juli 1976 vond zoutuitspoeling plaats. Grondontsmetting met methylbromide vond plaats na de komkommerteelt in november 1975. Het komkommergewas werd van het bedrijf afgevoerd. Het afgedragen tomatengewas werd ter plaatse versnipperd en in de grond gewerkt vóór de aanvang van zoutuitspoeling.

5. WATERBALANS

5.1. B a l a n s v e r g e l i j k i n g

Bij de formulering van de waterbalansvergelijking wordt uitgegaan van de in fig. 1c weergegeven 'ideale' hydrologische situatie waarbij geen kwel vanuit of wegzijging naar de omgeving plaatsvindt. Bovendien wordt aangenomen dat kwel vanuit of wegzijging naar het diepe grondwater niet van belang zijn. Onder deze omstandigheden is de verandering van de vochtberging in de onverzadigde zone (ΔB_w) gerekend over een bepaalde periode gelijk aan de beregende hoeveelheid water (R) verminderd met de drainafvoer (D) en de verdamping (E):

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

De termen van vergelijking (1) worden uitgedrukt in mm of in m^3/ha . Omdat in de glastuinbouw frequent berekend wordt zijn de veranderingen in de vochtberging relatief klein, zodat de term ΔB_w in veel gevallen buiten beschouwing mag blijven. De vereenvoudigde balansvergelijking is dan

$$D = R - E \quad (1a)$$

De termen D, R en E worden in principe gekwantificeerd door integratie van respectievelijk de drainafvoersnelheid, de beregeningsintensiteit en de verdampingsintensiteit naar de tijd. De bepaling van de drainafvoersnelheid en de beregeningsintensiteit voor het betreffende bedrijf wordt in respectievelijk 5.2 en 5.3 behandeld. De verdampingsintensiteit is niet gemeten zodat de E-term als restterm in bovenstaande vergelijkingen moet worden opgevat. Wel kan natuurlijk de aldus berekende verdamping ter controle vergeleken worden met de resultaten van lysimeteronderzoek dat op het Proefstation heeft plaatsgevonden en nog plaatsvindt.

5.2. M e t e n v a n d e D r a i n a f v o e r

De drainafvoer werd verkregen door integratie van de drainafvoersnelheid naar de tijd. De drainafvoersnelheid kon op betrekkelijk eenvoudige wijze nauwkeurig worden bepaald door continue

In fig. 3 zijn twee roestvrijstalen electrodes aangegeven. De electrodes zijn verbonden met een nivearegelaar. Zodra de stijgende waterspiegel in de put contact maakt met de korte electrode wordt de pomp door de nivearegelaar in werking gesteld. De pomp wordt uitgeschakeld zodra het contact tussen de dalende waterspiegel en de lange electrode wordt verbroken.

Het aan- en afslaan van de pomp werd geregistreerd met behulp van een minirecorder.* In fig. 4 is een met de recorder verkregen registratie weergegeven. De horizontale tijdschaal is anderhalf maal vergroot weergegeven. In werkelijkheid heeft de minirecorder tien aansluitingen. In fig. 4 zijn echter alléén de zes gebruikte aansluitingen getekend. De pomp in de onderbemalingsput in de kas, aangeduid als drainpomp in fig. 4, is aangesloten op de onderste pen. De pen slaat uit zolang de pomp is ingeschakeld. De papierstrook verplaatst zich met een constante snelheid naar links in fig. 4 zodat het in- en uitschakelen van de pomp tot het weergegeven patroon leidt. De berekening van de drainafvoersnelheid en de drainafvoer uit de met de minirecorder verkregen registratie wordt besproken onder 7.1.2.

5.3. M e t e n v a n d e B e r e g e n i n g

Om de beregende hoeveelheden water te kunnen berekenen zijn gegevens betreffende de duur van beregening en de beregeningsintensiteit vereist.

De duur van de beregening werd vastgelegd door de draaiuren van de gietpomp met behulp van de minirecorder te registreren. Dit gaf echter op zichzelf onvoldoende informatie omdat de gietpomp ook voor andere doeleinden wordt gebruikt zoals dakberegening en het vullen van de voorraadbakken voor geconcentreerde mestoplossingen. Daarom werden naast de gietpomp ook de eerste en laatste elektrische kranen van beide kasafdelingen op de recorder aange-

*Miniscript Z, Goerz Electro, Wenen, vertegenwoordigd door Brown Boveri in Rotterdam

registratie van de werking van de pomp in de onderbemalingsput.
 Eén en ander wordt toegelicht aan de hand van fig. 3 en 4.

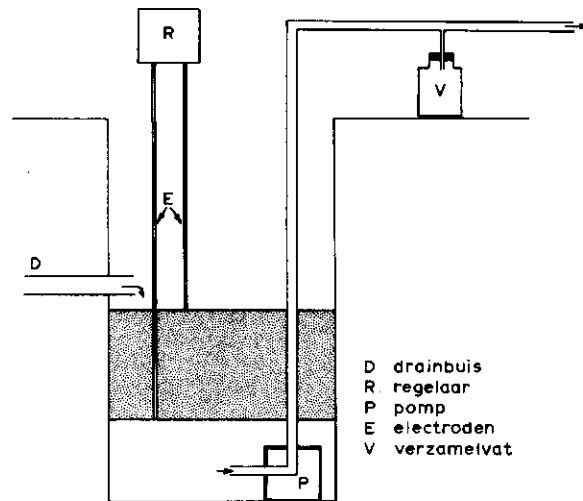


Fig. 3. Dwarsdoorsnede van de onderbemalingsput; de stippeling geeft het watervolume aan dat in een rustperiode van de pomp de put instroomt

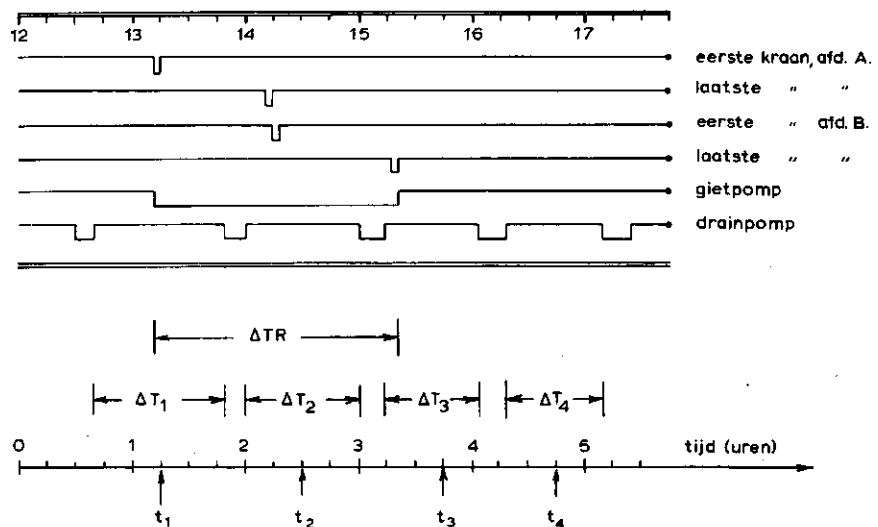


Fig. 4. Voorbeeld van een met de minirecorder verkregen opname (boven) en illustratie van de in hoofdstuk 7 beschreven verwerkings- en berekeningsprocedure (onder)

sloten. Tijdens een normale beregeningscyclus leidt dit tot het door fig. 4 geïllustreerde patroon. Bij het aanslaan van de gietspomp wordt gelijktijdig de eerste kraan van afdeling A geopend. Evenzo wordt gelijktijdig met het afslaan van de pomp de laatste kraan van de afdeling B gesloten. Halverwege de beregeningsronde vindt direct na elkaar beregening plaats via de laatste kraan van afdeling A en de eerste kraan van afdeling B.

De beregeningsintensiteit was afhankelijk van de teelt. Tijdens de komkommerteelt werden door het openen van één elektrische kraan drie kappen gelijktijdig beregend door drie sproeileidingen. De leidingen lagen vlak boven de grond onder de kasgoten. Tijdens de tomatenteelt werden door het openen van één elektrische kraan drie kappen gelijktijdig beregend door zes sproeileidingen. De leidingen lagen vlak boven de grond onder de goten en nokken van de kas. In beide gevallen werd de beregeningsintensiteit berekend uit metingen van de gift per dop per tijdseenheid. De gift werd voor een honderdtal doppen verspreid over het gehele bedrijf gemeten.

Tijdens zoutuitspoeling werden twee kranen tegelijk geopend waardoor zes kappen werden beregend met zes sproeileidingen. Door de ligging van de sproeileidingen op goothoogte onder de nok was het meten van de gift voor een groot aantal doppen niet goed uitvoerbaar. Daarom werd tijdens de komkommerteelt in het najaar van 1976 één keer met twee kranen tegelijk beregend waarbij de gift per dop per tijdseenheid werd gemeten. Deze situatie week alléén af van die tijdens zoutuitspoeling door het verschil in hoogteligging van de sproeileidingen. Om nu de beregeningsintensiteit tijdens zoutuitspoeling te verkrijgen werden de metingen gecorrigeerd voor enerzijds het verschil in hoogteligging van de sproeileidingen en voor anderzijds het drukverlies in de verticale leidingstukken bij laagliggende sproeileidingen.

De resultaten van de metingen van de beregeningsintensiteit zijn samengevat in tabel 1. De verdere berekeningen van de beregende hoeveelheden water uit de basisgegevens worden besproken onder 7.1.1.

6. MINERALENBALANS

6.1. B a l a n s v e r g e l i j k i n g

Bij het opstellen van de mineralenbalansvergelijking is weer uitgegaan van de 'ideale' hydrologische situatie van fig. 1c. In tegenstelling tot de hoeveelheid water in het profiel mag de aanwezige hoeveelheid van een minerale stof niet als constant beschouwd worden. Veranderingen in de berging mogen dus niet verwaarloosd worden. Bovendien zijn veranderingen in de berging niet beperkt tot de onverzadigde zone. Veranderingen zullen ook optreden in het grondwater voor zover dit bijdraagt tot de radiale stroming naar de drainreeksen.

De verandering in de berging (ΔB_m) in het profiel en grondwater is de resultante van de aan- en afvoer. Tot de aanvoer dragen de in vaste vorm aangevoerde hoeveelheid (I_s) en de met het beregende water aangevoerde hoeveelheid (I_1) bij. De afvoer bestaat uit de met het drainwater afgevoerde hoeveelheid (U_d) en de door het gewas opgenomen hoeveelheid (U_p). De balansvergelijking is dan:

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

De termen van vergelijking (2) worden uitgedrukt in bijvoorbeeld kg/ha. Voor wat minerale stikstof betreft dient vergelijking (2) aangevuld te worden met een term welke denitrificatie en afvoer van het daarbij gevormde N_2 -gas tot uitdrukking brengt.

6.2. B e p a l i n g v a n d e B e r g i n g s t e r m

6.2.1. Bewortelde profiel

De bergingsterm voor een minerale stof heeft betrekking op de totale hoeveelheid in de vloeibare en vaste bodemfase, dus op de som van de hoeveelheden in de bodemoplossing, de aan de vaste fase geadsorbeerde hoeveelheid, de in de organische stof vastgelegde hoeveelheid en de hoeveelheid in geprecipiteerde amorfe of kristallijne vorm. Gemakshalve worden ook de mineralen in het

wortelgestel tot de bergingsterm gerekend. Bepaling van de bergingsterm zou een nauwkeurige totaal-bepaling van het betreffende mineraal in een representatief bodemonmonster vereisen. Dit levert vooral voor minerale stoffen die bij fysisch-chemische evenwichten en/of microbiologische processen betrokken zijn grote moeilijkheden op.

Tijdens de periode van onderzoek werden regelmatig grondmonsters op het bedrijf genomen. De monsters werden volgens de 1 : 2 volume-extract methode onderzocht (SONNEVELD en VAN DEN ENDE, 1971). In het extract vonden de bij het bjmestonderzoek gebruikelijke bepalingen plaats van het geleidingsvermogen en de chloride-, stikstof-, orthofosfaat-, kalium-, en magnesiumconcentratie (DEN DEKKER en VAN DIJK).

Tijdens de herfstkomkommerteelt in 1975 vond de bemonstering maandelijks plaats. De bouwvoor ter dikte van 25 cm werd in beide kasafdelingen afzonderlijk bemonsterd. De monsters bestonden uit 40 steken. Het aantal steken uit de looppaden en teeltstroken was evenredig met het oppervlak dat door de paden en stroken werd ingenomen.

Een intensieve bemonstering vond plaats tijdens de tomatenteelt. Om de twee weken werd nu de profiellagen 0-20 cm, 20-40 cm en 40-60 cm afzonderlijk bemonsterd in beide kasafdelingen. De monsters bestonden uit tenminste 40 steken waarvan de helft in de looppaden en de helft in de teeltstroken werd gestoken. Bij alle tijdens de tomatenteelt genomen monsters werd ook het vochtgehalte (A-cijfer) en de bij de bereiding van het 1 : 2 volume-extract gebruikte gewichtshoeveelheden veldvochtige grond en gedestilleerd water bepaald.

6.2.2. Grondwater

Veranderingen in de bergingsterm zijn niet beperkt tot de onverzadigde zone. Bij een onderlinge afstand L van de drainreeksen kan de dikte van de tot de radiale stroming bijdragende verzadigde zone ruwweg op $L/4$ worden gesteld. Op het betreffende bedrijf is de afstand tussen de drains 6,4 m dus de dikte van de relevante verzadigde zone 1,6 m.

Voor de bepaling van veranderingen van de berging van minerale stoffen in de verzadigde zone zouden eveneens totaal-bepalingen in

representatieve monsters moeten worden uitgevoerd. Afgezien van de problemen bij de chemische analyse van de monsters zou ook de bemonstering grote moeilijkheden met zich mee brengen. Daarom werd het onderzoek wat betreft de berging in de verzadigde zone beperkt tot de analyse van grondwatermonsters. De monsters werden om de twee weken onttrokken aan vier in kasafdeling B geplaatste buizen. De posities van de buizen zijn aangegeven in fig. 2. De buizen hebben een filterlengte van 10 cm op 145 cm beneden maaiveld.

6.3. B e p a l i n g v a n d e A a n v o e r t e r m I_s

De met de hand gestrooide kunstmest en de bemesting met organisch materiaal droegen bij tot de term I_s van vergelijking (2). De aanvoer van mineralen met de kunstmest kon nauwkeurig worden berekend aan de hand van de gestrooide hoeveelheden en de procentuele samenstelling van de betreffende meststof. Gegevens over de gestrooide hoeveelheden werden door de tuinder bijgehouden.

Om de aanvoer van mineralen via de bemesting met organische stof te berekenen waren gegevens nodig over de hoeveelheid verse massa, over het droge stof gehalte daarvan en over de minerale samenstelling van de droge stof. De bemesting met organische stof was beperkt tot 750 kg ledermeel als voorraadbemesting voor de tomatenteelt en het versnipperde tomatengewas in juli 1976. Ledermeel is een langzaam werkende stikstofmeststof en heeft een stikstofgehalte van omstreeks 9%. De bijdragen van het versnipperde gewas werden vastgesteld door bij de beëindiging van de tomatenteelt een monster van 40 planten uit beide kasafdelingen te onderzoeken. Het versgewicht, het drooggewicht en de gehalten aan Cl, N, P, K en Mg werden voor de stengels, de bladmassa en de resterende vruchten afzonderlijk bepaald.

6.4. B e p a l i n g v a n d e A a n v o e r t e r m I_1

De aanvoer van mineralen met het beregende water werd berekend aan de hand van de beregende hoeveelheden water en de minerale samenstelling daarvan. De bepaling van de beregende hoeveelheden

water is in 5.3 reeds besproken.

Naast de aanvoer van de in het oppervlaktewater aanwezige mineralen werd veelvuldig via de beregeningsinstallatie bijgemest. De concentraties in het beregende water werden dan dus bepaald door de concentraties in het oppervlaktewater, de instelling van de concentratieregelaar en de samenstelling van de geconcentreerde mestoplossing.

Tijdens de komkommerteelt werd het oppervlaktewater wekelijks bemonsterd. Aangenomen werd dat de gemiddelde samenstelling van het beregende water in de betreffende week overeen kwam met de samenstelling van het watermonster. Gegevens over de via de beregeningsinstallatie verbruikte hoeveelheden kunstmest werden door de tuinder bijgehouden.

Tijdens de tomatenteelt vond een automatische bemonstering van het beregende water plaats door een verzamelvat van 20 liter via een nylon slang te verbinden met één sproeileiding van afdeling A en één van afdeling B. De bemonstering vond dan plaats zodra de betreffende sproeileiding door het openen van de elektrische kraan tijdens een beregeningsronde onder druk kwam. Het verzamelvat werd wekelijks geleegd en bemonsterd. Een bewaarproef toonde aan dat de minerale samenstelling van het aldus verzamelde watermonster gedurende een bewaarperiode van tien dagen niet noemenswaardig veranderde.

De verwerking van deze gegevens wordt nader besproken in hoofdstuk 7. Voor wat betreft de aanvoer van mineralen tijdens de tomatenteelt kan de uit de experimentele gegevens berekende aanvoer van mineralen ter controle worden vergeleken met de uit het meststoffenverbruik afgeleide aanvoer.

6.5. B e p a l i n g v a n d e A f v o e r t e r m U_d

De berekening van de met het drainwater afgevoerde hoeveelheden mineralen vereist gegevens over de drainafvoer en de concentraties in het drainwater. De metingen van de drainafvoer zijn eerder in 5.2. besproken. Het drainwater werd automatisch bemonsterd door een vat van 20 liter aan de persleiding van de pomp in de onderbemalingsput te koppelen, als aangegeven in fig. 3. Het vat werd wekelijks

geleegd en bemonsterd. Ook in dit geval bleek een bewaartijd van tien dagen onder kasomstandigheden niet van invloed te zijn op de minerale samenstelling van het drainwatermonster. De verdere verwerking van de gegevens wordt nader besproken in hoofdstuk 7.

6.6. B e p a l i n g v a n d e G e w a s o p n a m e

De bepaling van de gewasopname U_p van vergelijking (2) tijdens de periode van onderzoek is onvolledig geweest. Zo zijn de gegevens voor de komkommerteelt, met uitzondering van de oogstgegevens, ontleend aan de herfstteelt in 1976. Wat de tomatenteelt betreft werd alléén de hoeveelheid mineralen in het afgedragen en ter plaatse versnipperde gewas volledig bepaald.

Ter bepaling van de opname door en afvoer met de geoogste vruchten in de komkommerteelt van 1976 werden regelmatig oogstrijpe vruchten bemonsterd. De monsters werden in eerste instantie alléén gedroogd. Uiteindelijk werden na de beëindiging van de teelt de gedroogde monsters samengevoegd tot één 'gemiddeld' monster. De minerale samenstelling van dit monster werd bepaald. Aan de hand van de geproduceerde verse massa aan vruchten (oogstgegevens voor 1975), het droge stofgehalte en de minerale samenstelling van de droge stof kon de afvoer van mineralen met de vruchten worden berekend.

De afvoer met het afgedragen komkommergewas werd vastgesteld door na de beëindiging van de teelt van 20 planten uit beide kasafdelingen het versgewicht, het droge stofgehalte en de minerale samenstelling van de droge stof te bepalen.

De hoeveelheid mineralen in het afgedragen en versnipperde tomatengewas werd op dezelfde manier vastgesteld aan de hand van monsters bestaande uit 40 planten uit beide kasafdelingen. De afvoer van mineralen met de geoogste vruchten en met de tijdens de teelt geplukte en afgevoerde bladmassa werd niet bepaald maar geschat. Hierop wordt in 9.5.2 teruggekomen.

Uit het voorgaande blijkt dat alléén de mineralen in het bovengrondse gewas tot U_p worden gerekend. De mineralen in het wortelstelsel zijn buiten beschouwing gelaten. De beschreven methode van

bepaling van U_p geeft alléén gegevens over de totale opname bij de komkommerteelt en de tomatenteelt en niet over het verloop van de opname tijdens teelt.

7. VERWERKING VAN DE GEGEVENS

7.1. B e r e k e n i n g e n

Om de aanvoer van water en mineralen door beregening en de afvoer via het drainagesysteem te berekenen uit de basisgegevens werden twee computerprogramma's ontwikkeld. Het programma 'REGEN' voor berekening van de aanvoer en het programma 'DRAIN' voor berekening van de afvoer worden onder punt 7.1.1. en punt 7.1.2. afzonderlijk besproken.

7.1.1. Programma 'REGEN'

Het programma 'REGEN' berekent de beregende hoeveelheden water en mineralen uit gegevens betreffende de draaiuren van de gietpomp en de concentraties in de watermonsters in het aan de beregeningsinstallatie gekoppelde verzamelvat.

De invoer van gegevens voor de berekeningen omvat de draaitijden van de pomp en de analysegegevens van de watermonsters. De draaitijden, aangeduid als ΔTR in fig. 4 en uitgedrukt in uren, werden vastgesteld door de papierstrook van de minirecorder nauwkeurig op te meten. De invoer omvat verder de in tabel 1 opgenomen capaciteit CAP (m^3 /uur) van de beregeningsinstallatie en het teeltoppervlak OPP (ha) van het bedrijf.

De hoeveelheid water R per beregening, uitgedrukt in m^3 /ha, wordt berekend volgens

$$R = (CAP/OPP) \cdot \Delta TR.$$

De beregende waterhoeveelheid R tussen twee opeenvolgende bemonsteringen van het verzamelvat wordt dan

$$R = (CAP/OPP) (\Delta TR_1 + \Delta TR_2 + \dots + \Delta TR_n)$$

Tabel 1. Gegevens beregeningsinstallatie

	I	II	III
aantal gelijktijdig geopende kranen	1	1	2
" " sproeiende leidingen	3	6	6
" " sproeiende doppen	60	120	120
watergift per dop (liter/minuut)	4.31	3.37	3.14
beregeningsintensiteit (mm/uur)	54	82	40
capaciteit beregeningsinstallatie (m ³ /uur)	15.52	23.51	22.61
I : komkommerteelt			
II : tomatenteelt			
III : zoutuitspoeling			

waarin n het aantal beregeningen in de betreffende periode is. Indien de concentratie in het na de n-de berekening genomen watermonster \bar{c} me/l is voor een z-waardig ion met een minerale stof met atoomgewicht M, dan wordt de beregende hoeveelheid I_1 van dat mineraal in kg/ha berekend volgens

$$I_1 = (R \cdot \bar{c} \cdot M / z) \cdot (10^{-3}) \quad (3)$$

Vergelijking (3) wordt gebruikt voor berekening van de aanvoer van Cl, N, K en Mg.

De ortho-P concentratie in de watermonsters wordt uitgedrukt in mg P/l zodat vergelijking (3) vervangen wordt door

$$I_1 = (R \cdot \bar{c}) (10^{-3}) \quad (3a)$$

om de aanvoer van ortho-P in kg P/ha te berekenen.

Zoals gezegd werd het verzamelvat normaliter wekelijks geleegd en bemonsterd, zodat R en I_1 betrekking hebben op perioden van één week. Deze weekgegevens werden verder gesommeerd zodat ook de cumulatieve berekening en aanvoer van mineralen vanaf de aanvang van de periode waarop de berekeningen betrekking hebben als uitvoer van het programma 'REGEN' werden verkregen.

De papierstrook van de minirecorder werd elke twee weken verwisseld en afgelezen. De samenstelling van het beregende water werd wekelijks bepaald. Deze basisgegevens werden met behulp van het programma 'REGEN' voor perioden van twee tot vier maanden tegelijk verwerkt. De verwerking van de tijdens 'zoutuitspoeling' verzamelde gegevens had echter betrekking op een periode van slechts twee weken.

7.1.2. Programma 'DRAIN'

Het programma 'DRAIN' berekent de afvoer van water en mineralen via het drainage-systeem. De berekeningsprocedure wordt toegelicht aan de hand van fig. 4. De berekende drainafvoer van water en mineralen zullen worden aangeduid als respectievelijk D^* en U_d^* ter onderscheiding van de termen D en U_d in de vergelijkingen (1) en (2). Hiermee wordt aangegeven dat de berekende D^* en U_d^* door kwel of wegzijging beïnvloed kunnen zijn en daarvoor gecorrigeerd moeten worden om D en U_d te verkrijgen.

De invoer van gegevens voor de berekeningen van de waterafvoer omvat de duur ΔT van de rustperioden van de onderbemalingspomp en de tijdstippen t halverwege de rustperioden. Deze gegevens worden van de papierstroken van de minirecorder afgelezen. Daarnaast zijn de hoeveelheid water P die per rustperiode in de put stroomt en het teeltoppervlak OPP van belang. Het volume P is door de stippeling in fig. 3 aangegeven.

De gemiddelde drainafvoersnelheid v in m^3 /uur gedurende een rustperiode van ΔT uur wordt berekend volgens

$$v = P/\Delta T$$

waarbij P wordt uitgedrukt in m^3 . Aangenomen wordt dat deze gemiddelde afvoersnelheid optreedt ten tijde t halverwege het rustinterval. Zoals uit fig. 4 blijkt vallen de tijdstippen t steeds samen met een kwartier-markering op de papierstrook en niet precies halverwege de rustperiode van de pomp.

De drainafvoer D^* in m^3 /ha tussen twee opeenvolgende bemonsteringen van het drainwater in het verzamelvat wordt berekend door

numerieke integratie van de drainafvoersnelheid v naar de tijd volgens

$$D^* = (\frac{1}{2}P/OPP) \cdot \left[(\Delta T_1^{-1} + \Delta T_2^{-1})(t_2 - t_1) + (\Delta T_2^{-1} + \Delta T_3^{-1})(t_3 - t_2) + \dots \right. \\ \left. \dots + (\Delta T_{n-1}^{-1} + \Delta T_n^{-1})(t_n - t_{n-1}) \right] \quad (4)$$

In vergelijking (4) is OPP het teeltoppervlak, uitgedrukt in ha, en n het aantal rustperioden waarvan de duur werd opgemeten. De tijdstippen t_1 en t_n hebben betrekking op respectievelijk de eerste en laatste rustperiode van de bemonsteringsperiode van meestal één week. Het is duidelijk dat altijd voldaan moet worden aan de voorwaarde $t_n > t_{n-1}$. Dit houdt in dat t na afsluiting van de berekeningen voor de eerste dag niet terugspringt van 24 naar 0 maar doorloopt naar 48, 72, .. enz. gedurende de tweede dag, de derde dag, ... enz.

Indien de drainafvoersnelheid gelijkmatig verloopt is het niet nodig alle rustperioden van de papierstrook op te meten. Eén of meer rustperioden kunnen dan steeds worden overgeslagen zonder dat dit noemenswaardige invloed op het resultaat van de berekeningen heeft. Dit werkt uiteraard tijdbesparend zowel wat betreft het opmeten van de papierstroken als het vervaardigen van ponsband met invoergegevens.

De berekening van U_d^* voor Cl, N, K en Mg enerzijds en ortho-P anderzijds, verloopt volgens de vergelijkingen (3) en (3a) waarin R vervangen wordt door D^* en \bar{c} nu de concentratie in het drainwater is.

De per week berekende afvoer werd gesommeerd op dezelfde wijze als in het programma 'REGEN'. De voor een periode van gegeven duur te verwerken hoeveelheid gegevens voor de berekeningen van D^* en U_d^* met het programma 'DRAIN' was veel groter dan voor de berekening van R en I_1 met het programma 'REGEN'. Daarom werden de gegevens per periode van niet meer dan twee maanden tegelijk verwerkt.

7.2. F i g u r e n e n t a b e l l e n

De resultaten van het eerste jaar van onderzoek zijn voor een groot gedeelte weergegeven in figuren en samengevat in tabellen.

De aan- en afvoer van water op het bedrijf zijn verwerkt in fig. 5 en voor het aangrenzende gedraineerde perceel in fig. 6. Fig. 7 heeft betrekking op resultaten en berekeningen over het verloop van de hoeveelheden Cl, N, K en Mg in de bodemoplossing van het bewortelde profiel. De figuren 8, 9 en 10 geven het verloop van de concentraties in het beregende water, het drainwater en het grondwater weer voor de bij het onderzoek betrokken minerale stoffen, met uitzondering van het ortho-P.

Het verloop van de berekende aanvoer van mineralen met het beregende water en via de gestrooide kunstmest en de afvoer met het drainwater is weergegeven in de fig. 11 voor Cl en N, in fig. 12 voor k en Mg en in fig. 13 voor P.

De resultaten van de berekeningen van de waterbalans zijn samengevat in tabel 2. De gegevens van het chemisch grondonderzoek zijn opgenomen in tabel 3 voor de komkommerteelt en in tabel 4 voor de tomatenteelt. De tabellen 5, 6 en 7 hebben betrekking op de opname van mineralen door het gewas. Tabel 8 geeft een overzicht van de mineralenbalans en in tabel 9 zijn meetgegevens en schattingen betreffende de grootte van de bergingsterm samengevat.

8. BESPREKING VAN DE WATERBALANS

8.1. Inleidende Opmerkingen

Uit het verloop van de cumulatieve berekening in fig. 5 kan de grootte van de berekening R van vergelijking (1) direct worden afgeleid voor een willekeurige periode. De cumulatieve drainafvoer D^* in fig. 5 dient echter eerst voor kwel of wegzijging gecorrigeerd te worden om de afvoer D van vergelijking (1) te verkrijgen.

Nu blijkt uit fig. 5 direct dat het verloop van D^* in sterke mate bepaald wordt door het verloop van R. Hieruit mag worden geconcludeerd dat de invloeden van kwel en wegzijging, gerekend over de totale periode van onderzoek relatief klein zijn. Toch zijn er duidelijke aanwijzingen dat kwel vanuit de omgeving heeft plaatsgevonden tijdens perioden van overvloedige regenval. Omgekeerd trad

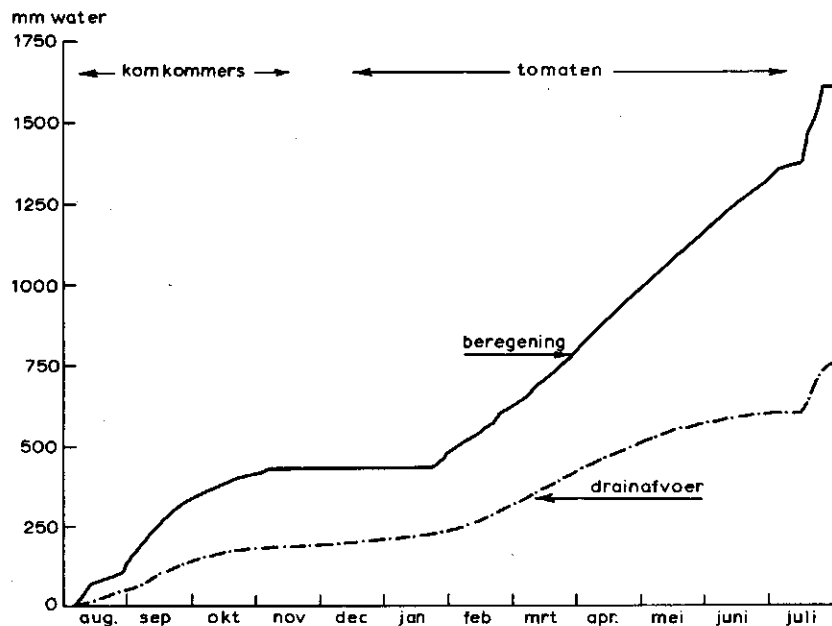


Fig. 5. De cumulatieve berekening en drainafvoer van het bedrijf gedurende de periode van 1-8-1975 tot 1-8-1976

wegzijging op tijdens perioden met weinig regen of bij intensieve berekening in de kas.

Bij de verdere bespreking van de waterbalans tijdens de afzonderlijke teeltperiodes zal getracht worden de invloed van kwel of wegzijging te schatten. Daarbij is behalve fig. 5 ook het verloop van de cumulatieve regenval en drainafvoer in fig. 6 voor het aangrenzende perceel aan de oostzijde van belang. De drainafvoer van dit perceel werd eveneens berekend aan de hand van een continue registratie van de draai- en rusttijden van de betreffende pomp met een minirecorder.

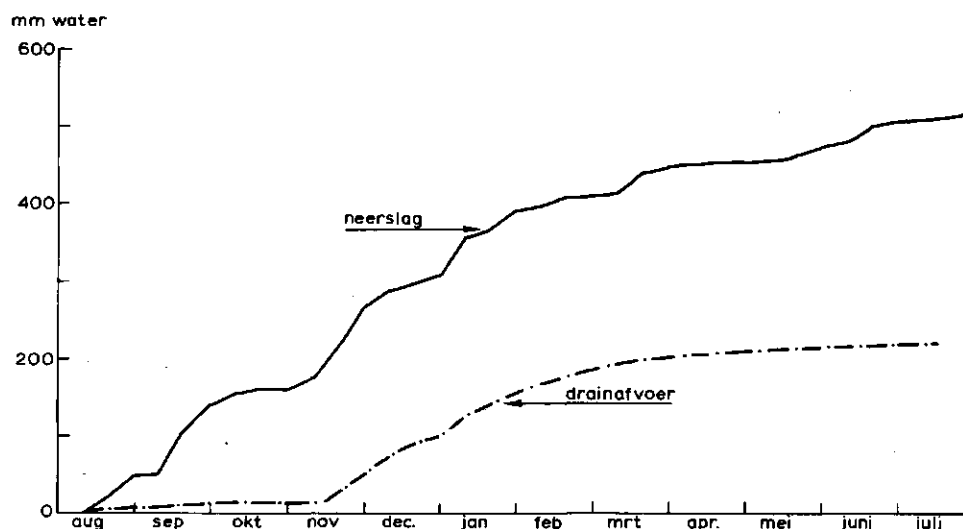


Fig. 6. De cumulatieve regenval en drainafvoer van het perceel buitenland gelegen aan de oostzijde van het bedrijf

8.2. Water balans tijdens de komkommerteelt

De komkommerteelt duurde van 10-8-1975 tot 10-11-1975. De balansperiode wordt gerekend van 1-8-1975 tot 15-11-1975. De totale berekening R in de kas was 425 mm en de drainafvoer D^* 175 mm. De regenval buiten was 200 mm en de drainafvoer van het aangrenzende perceel 15 mm, wat overeenkomt met een hoeveelheid van 100 m^3 water.

De drainafvoersnelheid van het aangrenzende perceel was klein en bleek niet door het regenvalpatroon beïnvloed te worden. Dit wijst er op dat alle neerslag door verdamping en vochtbergingsveranderingen in de onverzadigde zone werd weggewerkt. De drainafvoersnelheid van het aangrenzende perceel werd wèl beïnvloed door de berekening in de kas. Hieruit werd geconcludeerd dat gedurende de beschouwde periode wegzijging vanuit de kas naar de omgeving heeft plaatsgevonden. De drainafvoer D^* was dus kleiner dan de term D van vergelijking (1). Aangenomen werd dat de totale wegzijging naar de noord- en oostzijde van het bedrijf minstens gelijk was aan de drainafvoer van 100 m^3 van het buitenperceel. Verder werd

aangenomen dat een even grote wegzijging heeft plaatsgevonden naar de westzijde. De totale wegzijging zou dan minimaal 200 m^3 of 20 mm bedragen waarbij er vanuit is gegaan dat geen wegzijging van betekenis naar de noord- en zuidzijde heeft plaatsgevonden.

Bovenstaande waterbalansgegevens zijn samengevat in tabel 2. De wegzijging is afgerond op 25 mm . Uit de gegevens blijkt dat de beregende hoeveelheid water ruwweg tweemaal zo groot is geweest als de verdamping. Er heeft dus een relatief grote uitspoeling en drainafvoer plaatsgevonden.

Tabel 2. Samenvatting van de waterbalansgegevens

Periode	mm			water		
	D*	K	R	D	ΔB_w	E
1-8-75 - 15-11-75 (komkommers)	175	-25	425	200	0	225
15-11-75 - 20- 1-76	50	+50	10	0	-15	25
20- 1-76 - 1- 4-76	190	0	370	190	+15	165
1- 4-76 - 15- 7-76 (tomaten)	190	-25	575	215	-25	385
15- 7-76 - 1- 8-76 (uitspoeling)	145	-25	220	170	+25	25
1- 8-75 - 1- 8-76 (jaarbalans)	750	-25	1600	775	0	825

8.3. Waterbalans tijdens de Tomaten- teelt

De tomatenplanten werden op 10-12-1975 gepoot. De teelt werd beëindigd op 10-7-1976. Gemakshalve wordt ook de periode van 15-11-1975 tot 10-12-1975 in de volgende beschouwing betrokken.

De totale berekening was 955 mm en de drainafvoer 430 mm . Vanaf 15-11-1975 tot het einde van januari heeft praktisch geen berekening plaatsgevonden. Er trad dan echter wel drainafvoer op in de kas.

Het verloop van de drainafvoersnelheid in de kas correspondeerde met het verloop van de drainafvoersnelheid van het aangrenzende perceel. Dit wees er op dat de drainafvoer van de kas in de regenkrijke maanden november, december en januari veroorzaakt werd door kwel vanuit de omgeving. De kwel liep op tot omstreeks 50 mm en was grotendeels afkomstig van het niet gedraineerde perceel aan de westzijde van het bedrijf. Dit werd geconcludeerd uit het feit dat de éénmaal per week gemeten drainafvoersnelheid van afdeling A steeds groter was dan die van afdeling B.

In februari nam de drainafvoer van het aangrenzende perceel geleidelijk af. De beregning en drainafvoer van de kas namen daarentegen sterk toe. Een gedetailleerde bestudering van het verloop van de drainafvoersnelheid van de kas en van het aangrenzende perceel wees erop dat in februari en maart zowel perioden met kwel als perioden met wegzijging zijn opgetreden. Aangenomen werd dat de totale kwel en wegzijging in deze periode van twee maanden bij benadering aan elkaar gelijk waren.

Vanaf april tot de beëindiging van de teelt was de regenval klein. De drainafvoersnelheid van het aangrenzende perceel bleek niet door het verloop van de regenval maar wel door het verloop van de beregning in de kas te worden beïnvloed. Er trad dus wegzijging naar de omgeving op. De drainafvoer van het aangrenzende perceel, gerekend vanaf het begin van april tot het einde van de teelt, liep op tot 20 mm. Dit kwam neer op een hoeveelheid van 130 m^3 water. Indien weer werd aangenomen dat naar de westzijde een even grote wegzijging heeft plaatsgevonden, dan is een totale wegzijging van tenminste 260 m^3 water opgetreden, hetgeen neerkomt op omstreeks 25 mm.

De balansgegevens voor de tomatenteeltperiode zijn opgenomen in tabel 2. De netto correctie voor kwel en wegzijging bedroeg uiteindelijk 25 mm, gerekend over de gehele teeltperiode. Bovendien werd voor alle deelperioden een vochtbergingsverandering in rekening gebracht. De negatieve en positieve veranderingen in de perioden van 15-11-1975 tot 20-1-1976 en van 20-1-1976 tot 1-4-1976 hielden verband met de start van de tomatenteelt waarbij aanvankelijk weinig beregend werd. De negatieve bergingsverandering in de periode

van 1-4-1976 tot 15-7-1976 hield verband met de verminderde berekening gedurende de laatste tien dagen van de teelt. Uit fig. 5 blijkt dat de drainafvoer dan verwaarloosbaar klein werd waarbij een daling van het vochtgehalte in het bewortelde profiel optrad.

8.4. Waterbalans tijdens de Zoutuitspoeling

De uitspoeling vond plaats in de tweede helft van juli nadat het versnipperde tomatengewas in de grond was gefreesd. De capaciteit van de pomp in de onderbemalingsput in de kas bleek onvoldoende voor de verwerking van de grote drainafvoer tijdens uitspoeling. Daarom werd deze pomp uitgeschakeld zodat het drainwater via de verbindingsbuis naar de put van het aangrenzende perceel stroomde. De dáár geplaatste pomp had een voldoende grote capaciteit.

De totale berekening tussen 16-7-1976 en 25-7-1976 was 220 mm. Op 1-8-1976 was de drainafvoersnelheid teruggelopen tot 0,5 mm/dag en werd de periode van zoutuitspoeling als beëindigd beschouwd. De grootste dagafvoer was omstreeks 25 mm en de totale afvoer tot 1-8-1976 was 145 mm. Het verschil van 75 mm tussen R en D^* werd toegeschreven aan vochtbergingsveranderingen in het profiel, aan verdamping en aan wegzijging naar de omgeving. Er is aangenomen dat het verschil tussen R en D^* in gelijke hoeveelheden van 25 mm aan deze drie posten mocht worden toebedeeld.

9. BESPREKING VAN DE TERMEN VAN DE MINERALENBALANSVERGELIJKING

9.1. Inleidende opmerkingen

In dit hoofdstuk komen de resultaten van de bepalingen van de mineralenbalans aan de orde. De problemen bij het kwantificeren van de termen van de balansvergelijking (2) spitsen zich toe op de bergingsterm B_m . De moeilijkheden worden in 9.2 toegelicht. Het komt er uiteindelijk op neer dat ΔB_m als restterm moet worden opgevat. Dit blijkt zelfs voor het Cl-ion, waarvan mag worden

aangenomen dat het vrijwel uitsluitend als vrij ion in de bodemoplossing en het grondwater voorkomt, het geval te zijn.

Onder 9.3 wordt ingegaan op de bemestings- en zouttoestand van het bewortelde profiel aan de hand van de analyse gegevens van het 1 : 2 volume-extract. Het betreft dus het in de bodemoplossing aanwezige of wateroplosbare deel van B_m in de bemonsterde profiel-lagen.

In dit hoofdstuk is herhaaldelijk sprake van de N-concentratie, uitgedrukt in me/l. Daarmee wordt steeds de som van de concentraties van de NO_3 -ionen en NH_4 -ionen, beide uitgedrukt in me/l, bedoeld. Overigens komt N in de bodemoplossing vrijwel uitsluitend als NO_3 voor (SONNEVELD, 1969). Dit bleek bij het huidige onderzoek ook voor de N in de grondwater- en drainwatermonsters het geval te zijn. In het beregende water kunnen aanzienlijke NH_4 -concentraties voorkomen als gevolg van het doseren van NH_4 -N bevattende meststoffen via de beregeningsinstallatie.

9.2. P r o b l e m e n b i j d e B e p a l i n g v a n d e B e r g i n g s t e r m

Slechts een deel van de totale hoeveelheid mineralen komt in de bodemoplossing of in direct oplosbare vorm voor en wordt dus bij de analyse van grondmonsters volgens de 1 : 2 volume-extract methode bepaald. De volgende voorbeelden geven de orde van grootte aan van de hoeveelheden mineralen die in andere vorm in de grond kunnen voorkomen.

Een eerste voorbeeld betreft N. Het organische stofgehalte van de bouwvoor van 0 - 30 cm is 6%. Indien wordt aangenomen dat de organische stof voor 4% uit N bestaat en dat de volume-dichtheid van de grond 1.0 g/cm^3 is, dan zou er een hoeveelheid van 7200 kg N/ha vastliggen in de organische stof in de bouwvoor.

Een tweede voorbeeld betreft de hoeveelheden K en Mg aan het adsorptiecomplex. De laag 0 - 30 cm heeft een slibgehalte van 21% waarvan 2/3 deel of 14% tot de lutumfractie wordt gerekend. Voor de lutumfractie wordt een uitwisselcapaciteit van 0,5 me/g en voor de organische stof van 2,0 me/g aangenomen. De totale uitwissel-

capaciteit is dan omstreeks 20 me/100 g. Gerekend over de laag 0 - 30 cm komt dit bij een volume-dichtheid van de grond van 1,0 g/cm³ neer op een uitwisselcapaciteit van 6×10^8 me/ha. Indien verder wordt aangenomen dat de kationen-bezetting voor 70% uit Ca-ionen bestaat en dat Mg, K en Na respectievelijk 15%, 10% en 5% voor hun rekening nemen, dan zou de uitwisselbaar gebonden hoeveelheid in de bouwvoor neerkomen op 1100 kg Mg/ha en 2340 kg K/ha.

Bovenstaande berekeningen zijn beperkt tot de bouwvoor. Indien het gehele bewortelde profiel in de berekeningen wordt betrokken zouden de hoeveelheden mineralen hoger uitvallen, ook al omdat de werkelijke volume-dichtheid groter is dan 1,0 g/cm³.

Problemen van andere aard doen zich voor bij het kwantificeren van de hoeveelheden mineralen in de verzadigde zone. Het is aannemelijk dat Cl in de verzadigde zone uitsluitend in de vloeibare fase voorkomt. Dit mag ook voor N worden aangenomen tenzij gefixeerde NH₄-ionen een rol van betekenis spelen. Het is aannemelijk dat veranderingen in de berging in de verzadigde zone voor wat K en Mg betreft eveneens voornamelijk tot de vloeibare fase beperkt zijn. Adsorptie van K en Mg mogen van minder belang verondersteld worden omdat de uitwisselcapaciteit door het ontbreken van organische stof en het lagere lutumgehalte veel kleiner is dan in het bewortelde profiel. Ook een eventuele fixatie van K zal minder groot zijn dan in de bouwvoor omdat de verzadigde zone nimmer aan uitdroging onderhevig is.

Uit het voorgaande mag worden geconcludeerd dat berekeningen aan de hand van representatieve watermonsters tot redelijk betrouwbare gegevens over de hoeveelheden mineralen in het grondwater zouden leiden. De moeilijkheden hangen vooral samen met de bemonstering. Aannemende dat in de ondergrond géén ondoorlatende lagen voorkomen is de tot het stromingspatroon naar de drains bijdragende verzadigde zone niet begrensd. Bovendien heeft de ligging van de drains een twee-dimensionaal stromingspatroon tot gevolg. Daarom zou ook een twee-dimensionaal net van monsterbuizen loodrecht op de richting van de drainreeksen vereist zijn voor een volledige bemonstering van het grondwater.

De bemonstering van het grondwater op het bedrijf is beperkt gebleven tot de vier buizen in afdeling B welke op de plattegrond

in fig. 2 zijn aangegeven. Op grond van het bovenstaande mag wel worden aangenomen dat de aan deze buizen onttrokken watermonsters geen zuiver beeld geven van de gemiddelde samenstelling van het grondwater.

Onder punt 6.2.2. is gesteld dat de stroming in het grondwater naar de drains bij een drainafstand van L m voornamelijk plaatsvindt in het oppervlakkige grondwater over een diepte van L/4 m. Bij een volumetrisch vochtgehalte van 0,45 tot 0,50 cm^3/cm^3 is de hoeveelheid water in deze zone bij een drainafstand L van 6,40 m gelijk aan 750 mm of 7500 m^3/ha . De hoeveelheden Cl, N, K en Mg in deze zone zijn dan respectievelijk 260 kg/ha, 105 kg/ha, 290 kg/ha en 90 kg/ha bij een gemiddelde concentratie van 1,0 me/l. Bij de bespreking van het verloop van de concentraties in het grondwater in 9.4 wordt hierop teruggekomen.

9.3. Verloop van de Zout- en Bemestings- toestand

9.3.1. Komkommerteelt 1975

De bemonstering was beperkt tot de laag 0-25 cm in beide kasafdelingen. De analyse-gegevens van het 1 : 2 volume-extract zijn opgenomen in tabel 3. De cijfers geven een duidelijk beeld van het verloop van de zout- en bemestingstoestand van de bovengrond maar lenen zich niet voor verdere berekeningen.

Uit tabel 3 blijkt dat de zout- en bemestingstoestand van de beide kasafdelingen weinig verschilde en volgens hetzelfde patroon verliep. Alleen bij de eerste bemonstering op 20-8-1975 was er van enig verschil sprake. De aanvankelijke daling van de zout- en bemestingstoestand in de periode van 20-8-1975 tot 17-9-1975 werd veroorzaakt door de intensieve beregening in deze periode. De daarop volgende stijging van de cijfers hing samen met de afnemende beregening naarmate de herfstteelt ten einde liep. De oorzaak van de relatief grote verschillen tussen de op 17-10-1975 en 4-11-1975 gestoken monsters was niet duidelijk. Mogelijk heeft een verschil in bemonsteringsprocedure hierbij een rol gespeeld.

Tabel 3. Analysegegevens van het 1 : 2 volume-extract van grondmonsters van de laag 0 - 20 cm uit de kasafdelingen A en B, tijdens de herfstkomkommerteelt in 1975

monster datum	monster plaats	EC mmho/cm	Cl me/l	N me/l	P mg/l	K me/l	Mg me/l
20-8-75	afd. A	1.3	2.1	2.8	4.6	1.7	1.8
	afd. B	1.0	1.8	2.2	5.0	1.2	1.0
17-9-75	afd. A	0.9	1.3	2.1	3.6	0.9	0.9
	afd. B	0.8	1.3	1.1	3.4	0.8	0.8
17-10-75	afd. A	1.3	1.7	3.2	3.4	1.1	1.8
	afd. B	1.2	1.7	3.7	3.5	1.0	1.7
4-11-75	afd. A	1.6	2.3	6.0	3.7	1.7	2.6
	afd. B	1.6	2.4	7.0	3.2	1.5	2.5

9.3.2. Tomatenteelt 1976

Tijdens de tomatenteelt werd de bemonstering om de twee weken uitgevoerd tot een diepte van 60 cm. De analyse-gegevens van de vergelijkbare monsters uit de beide kasafdelingen vertoonde géén noemenswaardige verschillen en werden daarom gemiddeld. Deze gemiddelden zijn opgenomen in tabel 4, evenals de vochtgehalten (A-cijfer, uitgedrukt in gram water per 100 gram stoofdrome grond).

De gegevens in tabel 4 wijzen op een regelmatig verloop van de zout- en bemestingstoestand van het profiel. Het verloop bleek samen te hangen met de waterhuishouding. Na het poten van de tomatenplanten op 10-12-1975 werd tot het einde van januari nauwelijks berekend. De zout- en bemestingstoestand onderging in deze periode dan ook geen veranderingen van betekenis. Tegen het einde van januari nam de berekening sterk toe. Dit kwam tot uiting in een stijging van het A-cijfer en een daling van de zout- en bemestingstoestand van de bovengrond ten gevolge van uitspoeling en opname door het gewas. Het fosfaatcijfer vertoonde een afwijkend gedrag. De stijging van de ortho-P-concentratie in het 1 : 2 volume-extract hing waarschijnlijk samen met de uitspoeling van Ca-ionen. Ook het verdere verloop

Tabel 4. Vochtgehalten (A-cijfer) en analysegegevens van het 1 : 2 volume-extract van grondmonsters, gemiddeld voor de monsters welke in de kasafdelingen A en B werden genomen tijdens de tomatenteelt in 1976

monster- datum	Laag 0 - 20 cm						Laag 20 - 40 cm						Laag 40 - 60 cm									
	A-cijfer g/100g	EC mmho	Cl me/l	N me/l	P mg/l	K me/l	Mg me/l	A-cijfer g/100g	EC mmho	Cl me/l	N me/l	P mg/l	K me/l	Mg me/l	A-cijfer g/100g	EC mmho	Cl me/l	N me/l	P mg/l	K me/l	Mg me/l	
22-12	25.4	2.7	3.9	8.4	3.9	2.9	4.7	26.7	1.9	2.9	5.1	1.6	1.4	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-
5-1	24.7	2.7	4.0	9.1	3.7	3.0	4.5	27.5	1.9	2.8	5.8	1.6	1.6	2.1	24.5	1.4	2.2	4.2	.2	.6	1.1	1.1
19-1	26.3	2.7	4.0	9.3	4.7	3.0	4.4	27.8	1.8	2.6	5.2	2.0	1.7	2.4	24.0	1.3	2.1	3.4	.1	.5	1.2	1.2
2-2	30.9	2.4	3.4	7.4	5.0	3.0	4.3	29.7	1.6	2.3	4.8	1.8	1.4	2.1	24.1	1.3	1.9	2.4	.2	.5	1.3	1.3
16-2	30.7	2.0	2.9	6.4	5.4	2.7	3.3	29.2	1.7	2.5	4.7	1.5	1.4	2.3	25.4	1.3	2.0	2.9	.2	.5	1.4	1.4
1-3	31.3	1.9	2.4	6.1	4.7	2.4	2.7	28.8	1.6	2.2	4.8	.9	1.5	2.0	25.4	1.3	1.8	3.4	.1	.5	1.1	1.1
15-3	30.4	1.9	2.6	7.0	6.3	2.4	3.0	29.2	1.6	2.5	5.1	.7	1.2	2.2	24.4	1.3	2.0	3.4	.1	.4	1.3	1.3
29-3	30.6	1.8	2.5	5.0	5.8	2.5	3.4	28.6	1.5	2.3	4.3	1.2	1.4	2.3	24.0	1.2	1.9	3.0	.1	.4	1.4	1.4
12-4	29.7	1.9	2.5	6.0	5.1	2.6	3.2	28.3	1.4	2.2	3.4	.9	1.2	1.9	24.2	1.1	1.9	2.8	.2	.4	1.1	1.1
26-4	29.9	1.7	2.7	5.2	4.9	2.4	3.2	29.4	1.4	2.2	3.7	1.1	1.3	2.3	24.7	1.1	2.0	3.0	.1	.6	1.6	1.6
10-5	29.9	1.8	2.8	5.9	4.3	2.6	3.3	29.7	1.4	2.1	3.5	1.4	1.1	2.0	24.2	1.0	1.6	2.5	.5	.3	1.3	1.3
24-5	29.3	1.8	3.2	5.0	4.1	2.3	3.2	29.3	1.3	2.4	3.4	1.3	1.1	1.9	24.2	1.1	1.9	2.5	.3	.3	.9	.9
8-6	30.2	1.7	3.4	4.5	3.8	2.2	2.9	30.0	1.4	2.6	3.1	1.6	1.2	2.2	24.1	1.1	2.0	2.3	.4	.4	1.4	1.4
21-6	28.9	1.9	3.7	5.3	3.5	2.3	2.9	28.6	1.4	2.8	3.2	1.3	1.3	2.1	24.2	1.0	1.9	2.5	.2	.4	1.3	1.3
5-7	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	.3	.5	1.3	1.3
27-7	29.7	.7	2.1	1.0	3.7	1.2	1.2	27.8	.9	2.5	1.1	1.2	1.0	1.3	26.0	.9	2.7	1.4	.1	.5	1.2	1.2

van de zout- en bemestingstoestand gedurende de teelt is begrijpelijk indien de waterhuishouding, bemesting en gewasopname in aanmerking werden genomen. Een en ander zal nader worden toegelicht aan de hand van berekeningen over het verloop van de concentraties en van de hoeveelheden mineralen in de bodemoplossing.

Bij de analyse van de tijdens de tomatenteelt gestoken monsters werden ook de gewichtshoeveelheden veldvochtige grond en gedestilleerd water bepaald welke bij de bereiding van het 1 : 2 volume-extract werden gebruikt. Aan de hand van deze gewichtshoeveelheden grond en water, aangeduid als respectievelijk G_s en G_w , kan de factor f waarmee de bodemoplossing bij de bereiding van het 1 : 2 volume-extract werd verdund, worden berekend volgens

$$f = \frac{G_w}{G_s} \left(1 + \frac{100}{A} \right) + 1 \quad (5)$$

Uit de analyse van de op het bedrijf gestoken monsters bleek dat $G_w/G_s \approx 1$ bij een A-cijfer van 30 g/100. Volgens vergelijking (5) wordt dan berekend dat $f \approx 5.3$. Deze grootte van f stemt redelijk goed overeen met de grootte van de verdunningsfactor welke uit de onderzoeken van VAN DEN ENDE (1971) en van SONNEVELD en VAN DEN ENDE (1971) naar de relaties tussen de samenstelling van de bodemoplossing en verschillende grondextracten werd afgeleid voor Cl. Uit hun gegevens bleek verder dat de verdunningsfactor voor N slechts weinig van die voor Cl verschilde hetgeen ook verwacht mocht worden omdat N in de bodemoplossing van kasgronden vrijwel uitsluitend als NO_3 voorkomt.

Voor Cl en NO_3 konden dus de concentraties in de bodemoplossing bij benadering berekend worden door de betreffende concentratie van het 1 : 2 volume-extract met de factor $f = 5.3$ te vermenigvuldigen. Zo blijkt uit de gegevens van tabel 4 dat de Cl-concentraties in de laag 0 - 20 cm tijdens de tomatenteelt uiteenliep van 2.5 tot 4.0 me/l. De gemiddelde concentratie in de bodemoplossing zou daarbij variëren van 13 tot 21 me/l. Eenzelfde berekening voor N zou er op duiden dat de daling van de N-concentratie van 9 naar 4 me/l in het extract overeenkwam met een daling van 48 naar 21 me/l in de bodemoplossing.

De resultaten van de onderzoeken van genoemde auteurs laten zien dat de K- en Mg-concentraties in het 1 : 2 volume-extract groter zijn dan op grond van de verdunning van de bodemoplossing verwacht zou worden. Dit zou voornamelijk een gevolg zijn van de uitwisseling van geadsorbeerde ionen bij verdunning van de bodemoplossing. Uit hun gegevens, welke betrekking hebben op 75 verschillende grondmonsters, kan worden afgeleid dat de K-concentratie in het 1 : 2 volume-extract met gemiddeld 3.2 en de Mg-concentratie met gemiddeld 4.4 vermenigvuldigd moeten worden om de concentratie in de bodemoplossing te berekenen. Toepassing van deze vermenigvuldigingsfactoren op de hoogste en laagste concentraties in tabel 4 zou tot de conclusie leiden dat de K-concentratie van de bodemoplossing in de laag 0 - 20 cm gedurende de tomatenteelt is gedaald van omstreeks 9.5 tot 7.5 me/l en de Mg-concentratie van omstreeks 20 tot 12 me/l.

Bij de interpretatie van de ortho-P-concentraties in tabel 4 is het van belang op te merken dat door VAN DEN ENDE (1971) werd gevonden dat de concentraties in grondextracten slechts in geringe mate beïnvloed werden door de bij de bereiding van de extracten gebruikte hoeveelheden grond en water. Hij verbond hieraan de conclusie dat de ortho-P-concentraties in de extracten waarschijnlijk bij benadering gelijk waren aan de concentraties in de bodemoplossing.

Aan de hand van de gegevens van tabel 4 werden ook berekeningen uitgevoerd betreffende het verloop van de hoeveelheden mineralen in de bodemoplossing van de bemonsterde lagen. Voor Cl en N werd daartoe vergelijking (6) afgeleid:

$$Q = f \times c \times l \times d \times M \times A \times 10^{-3} \quad (6)$$

- Q = de hoeveelheid Cl of N (kg/ha)
- f = de verdunningsfactor volgens vergelijking (5)
- c = de concentratie in het 1 : 2 volume-extract (me/l)
- d = de volume-dichtheid van de grond (g/cm^3)
- M = het atoomgewicht van Cl of N
- A = het vochtgehalte van de veldvochtige grondmonsters (g/100g)
- l = laagdikte (cm)

Resultaten van de berekeningen volgens vergelijking (6) zijn weergegeven in fig. 7. Bij de berekeningen is uitgegaan van een

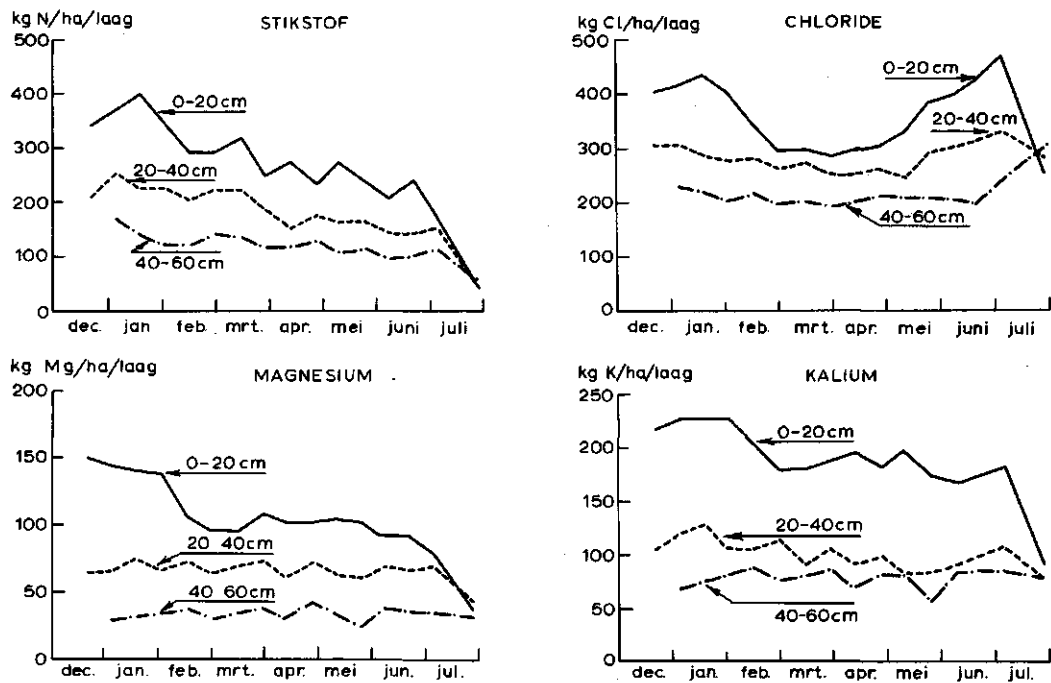


Fig. 7. Het berekende verloop van de hoeveelheden Cl, N, K en Mg in de bodemplossing voor de profiellagen 0 - 20 cm, 20 - 40 cm en 40 - 60 cm tijdens de tomatenteelt in 1976, bij een aangenomen volume-dichtheid van de grond van 1.0 g/cm^3

volume-dichtheid van 1.0 g/cm^3 . De werkelijke volume-dichtheid werd niet bepaald maar was waarschijnlijk groter zodat mag worden aangenomen dat de berekeningen tot een onderschatting van de hoeveelheden Cl en N in de bodemplossing hebben geleid.

Een vergelijking van het verloop van de hoeveelheden Cl en N bracht naast punten van overeenkomst ook verschillen aan het licht. Uit fig. 5 blijkt dat de cumulatieve berekening in de periode van februari tot juli 1976 bijna lineair met de tijd toenam. De gemiddelde dagelijkse berekening in deze periode veranderde dus slechts weinig. Omdat de daglengte steeds toenam en omdat bovendien aanvankelijk het gewas sterk groeide nam de verdamping toe en de drainafvoer af. Door deze ontwikkeling bleef, na de sterke daling in februari, de hoeveelheid Cl in het profiel in maart en april vrijwel constant. Er heerste toen kennelijk een tijdelijke evenwichtstoestand waarbij de beregende hoeveelheid Cl ongeveer gelijk

was aan de som van de uitspoeling en de opname door het gewas.

In de maand mei begon de hoeveelheid Cl in de bovengrond te stijgen. Hiertoe droegen niet alléén de dalende uitspoeling en drainafvoer maar ook de uit fig. 8 blijkende toename van de Cl-concentratie van het oppervlaktewater bij. De aanvoer van Cl in de periode vanaf mei tot de beëindiging van de teelt was blijkens fig. 11 omstreeks 950 kg/ha. De aanvoer bij een constant gebleven concentratie van 6.0 me/l zou in deze periode omstreeks 750 kg/ha geweest zijn. Aan de toename van de Cl-concentratie in het oppervlaktewater na 1-5-1976 kon dus een extra Cl-belasting van 200 kg/ha worden toegeschreven. De toename van de hoeveelheid Cl in de bodemoplossing in de beschouwde periode kwam volgens fig. 7 neer op omstreeks 275 kg/ha. De werkelijke toename zal groter zijn geweest: voor een volume-dichtheid van 1.25 g/cm^3 wordt een toename van omstreeks 350 kg/ha berekend.

De uitgangssituatie voor N in fig. 7 werd vooral bepaald door de in het begin van december 1975 toegepaste voorraadbemesting. In februari 1976 trad een sterke daling op door uitspoeling van de voorraadbemesting en opname van N door het zich snel ontwikkelende gewas. Vanaf maart zette de dalende trend zich vertraagd en enigszins onregelmatig voort. Fig. 11 laat zien dat vooral aanvankelijk een zware N-bemesting plaatsvond in deze periode. De dalende trend in fig. 7 zou er dan op duiden dat de bemesting niet helemaal voldoende was om de som van de gewasopname en uitspoeling te compenseren. Deze conclusie is uiteraard alleen te verdedigen indien vastlegging of mineralisatie van N en denitrificatie verwaarloosbaar zouden zijn. De hoeveelheid N in de bodemoplossing vertoonde niet de voor Cl optredende toename naarmate de teelt teneinde begon te lopen. Weliswaar nam de uitspoeling af maar dit was blijkens fig. 11 ook voor de N-bemesting het geval.

In fig. 7 zijn ook de resultaten van de berekeningen van het verloop van de hoeveelheden K en Mg weergegeven. De berekeningen werden uitgevoerd met behulp van vergelijking (6) waarin de verdunningsfactor f werd vervangen door de eerder besproken vermenigvuldigingsfactoren (3.2 voor K en 4.4 voor Mg). Voor de lagen 0 - 20 cm en 20 - 40 cm werd gerekend met een A-cijfer van 30 g/100g en voor

de laag 40 - 60 cm van 25 g/100 g .

Verder werd rekening gehouden met de tweewaardigheid van Mg. Zoals uit fig. 7 blijkt vertoonde het verloop van de hoeveelheden K en Mg vrij grote overeenkomst met het verloop van de hoeveelheid N.

9.3.3. Periode van Zoutuitspoeling

De gegevens in tabel 4 voor de bemonstering op 27-7-1976 hebben evenals de met deze datum samenvallende punten in fig. 7 betrekking op de toestand na het uitspoelen van de kasgrond met omstreeks 200 mm water. De Cl-concentratie van het oppervlaktewater tijdens uitspoeling was gemiddeld omstreeks 8 me/l. De concentratie van de bodemoplossing zou hieraan uiteindelijk gelijk moeten worden bij voortzetting van het uitspoelen tot het profiel geheel 'schoon' is. Bij een verdunningsfactor $f = 5.3$ zou de concentratie in het 1 : 2 volume-extract van grondmonsters van het 'schone' profiel gedaald moeten zijn tot $8.0/5.3 = 1.5$ me/l. De werkelijke Cl-concentraties waren hoger, zoals uit tabel 4 blijkt. Wat Cl betreft was het profiel dus nog niet 'schoon'. Eenzelfde berekening voor N toonde aan dat de N-concentratie in het 1 : 2 volume-extract na uitspoeling nog meer dan het tienvoudige bedroeg van de voor het 'schone' profiel verwachte concentratie.

De K- en Mg-concentratie van de bovengrond werden door het uitspoelen ruwweg gehalveerd. De daling van de concentratie in de laag 20 - 40 cm was kleiner en in de laag 40 - 60 cm niet merkbaar. De ortho-P concentratie in het 1 : 2 volume-extract bleek na uitspoeling geen verandering van betekenis te hebben ondergaan.

9.4. Verloop van de Concentraties van Mineralen in het Grondwater

In fig. 8 is het verloop van de gemiddelde concentratie van de aan de vier buizen in afdeling B onttrokken grondwatermonsters weergegeven. Gegevens voor de buizen afzonderlijk zijn uitgezet in de figuren 9 en 10.

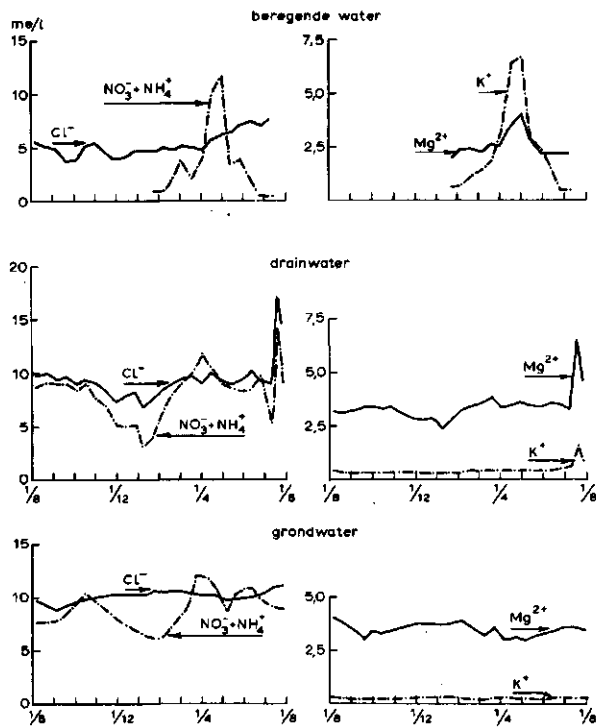


Fig. 8. Het verloop van de concentraties van Cl^- , $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$, K en Mg in het beregende water, het drainwater en het grondwater

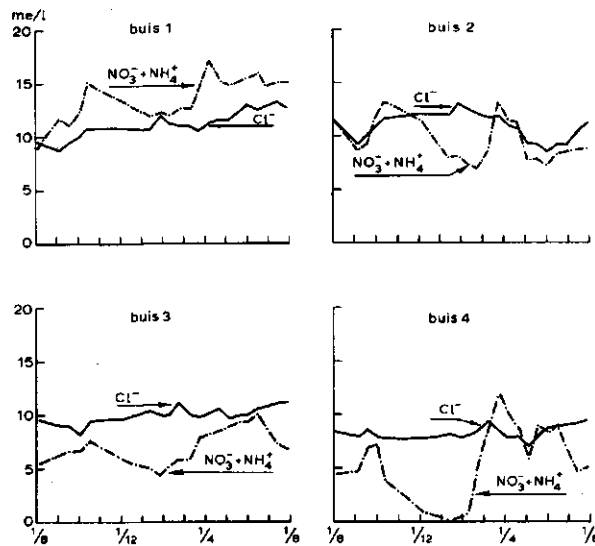


Fig. 9. Het verloop van de concentraties van Cl en $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ in de aan de vier buizen in kasafdeling B onttrokken grondwatermonsters

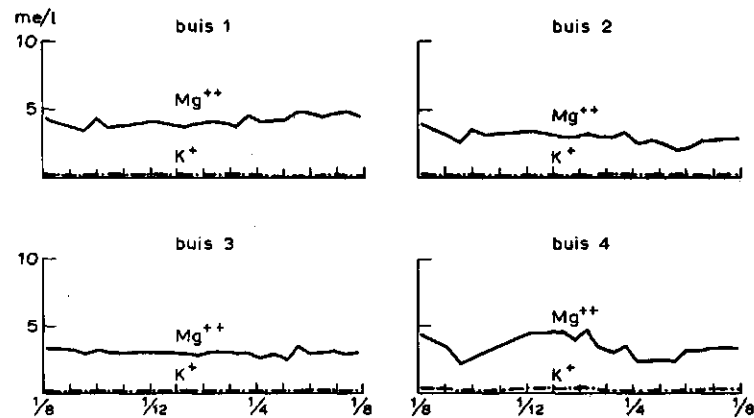


Fig. 10. Het verloop van de concentraties van K en Mg in de aan de vier buizen in kasafdeling B onttrokken grondwatermonsters

De Cl⁻, de K⁻ en de Mg-concentraties in het grondwater bleken vrij gelijkmatig te verlopen en geen grote veranderingen te ondergaan. Hieruit mocht worden geconcludeerd dat de samenstelling van het grondwater ter plaatse van de monsterbuizen niet door kwel van buitenaf werd beïnvloed.

De concentratie van de vrijwel uitsluitend als NO₃-N voorkomende stikstof vertoonde een duidelijk afwijkend verloop. Dit is blijkens fig. 9 in alle monsterbuizen het geval. In de periode van augustus tot oktober 1975 steeg de concentratie ten gevolge van uitspoeling van N-meststoffen in deze periode van intensieve beregening tijdens de komkommerteelt. Daarna trad een daling van de concentratie op welke zich voortzette tot februari 1976. De daling trad dus op in een periode met weinig beregening. De stroming in het grondwater was dientengevolge klein zodat de conclusie voor de hand lag dat de verlaging van de NO₃-concentratie ter plaatse in het grondwater plaatsvond. Het lijkt aannemelijk dat denitrificatie hierbij een rol heeft gespeeld.

De toename van de N-concentratie in februari en maart 1976 hing samen met de uitspoeling van de voorraadbemesting van de tomatenteelt en de via de beregeningsinstallatie toegediende meststoffen in deze periode van intensieve beregening en drainafvoer. Naarmate

de tomatenteelt teneinde liep trad opnieuw een daling van de N-concentratie op, maar in dit geval niet zo uitgesproken en regelmatig als in de periode van oktober 1975 tot februari 1976.

In fig. 8 is ook het verloop van de concentraties in het drainwater weergegeven. De concentraties in het drainwater werden wèl beïnvloed door kwel van buitenaf. Dit bleek uit de daling van de Cl- en Mg-concentraties in november en december 1975 en januari 1976. Ook de daling van de NO₃-concentratie hing ten dele samen met kwel maar werd waarschijnlijk versterkt door de in het grondwater geconstateerde daling.

De concentraties van het ortho-P in het grondwater en het drainwater lagen tijdens de periode van onderzoek in de orde van grootte van 0.1 tot 0.4 mg P/l. De methode van bepaling van ortho-P was niet afgestemd op nauwkeurige bepaling van deze lage concentraties zodat volstaan wordt met het aangeven van de orde van grootte.

Onder punt 9.2 is een berekening uitgevoerd van de hoeveelheden mineralen in het grondwater bij een gemiddelde concentratie van 1.0 me/l. Uit fig. 8 wordt afgeleid dat de gemiddelde concentraties in het grondwater voor Cl neerkwam op omstreeks 10 me/l, voor NO₃ op 9 me/l, voor K op 0.3 me/l en voor Mg op 3.5 me/l. De gemiddelde hoeveelheden in het grondwater zouden dan voor Cl, N, K en Mg uitkomen op respectievelijk 2600 kg/ha, 950 kg/ha, 85 kg/ha en 315 kg/ha.

9.5. O p n a m e v a n M i n e r a l e n d o o r h e t G e w a s

9.5.1. Komkommerteelt 1975

De komkommerooft tijdens de herfstteelt kwam uit op omstreeks 2×10^5 vruchten per hectare met een gemiddeld versgewicht van 500 g per vrucht. Bepaling van de verse massa van stengel en blad vond bij de teelt in 1975 niet plaats, evenmin als de bepalingen van het droge stof gehalte en de minerale samenstelling van de droge stof. De betreffende gegevens in de tabellen 5 en 6 zijn ontleend aan de herfstteelt van 1976. Daarbij werd één gemiddeld vruchtmonster samengesteld door wekelijks 3 tot 5 geogste vruchten te wegen, te drogen

Tabel 5. Vers- en drooggewichten van het komkommer- en tomatengewas

Gewas	Deel van de plant	Verse massa kg/ha	Droge stof		
			%	kg/ha	
komkommers	vruchten	100 000	3.0	3000	
	restmassa	{ stengel	4 450	8.5	380
		{ ranken	4 350	6.0	260
		{ blad	7 950	14.0	1115
tomaten	vruchten	180 000	5.5	9900	
	geplukt blad	10 200	12.4	1265	
	restmassa	{ stengel	17 000	12.4	2110
		{ blad	19 600	12.4	2430
		{ vruchten	6 130	5.5	340

Tabel 6. 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	
komkommers	vruchten	1.0	3.6	0.5	4.2	0.3	
	restmassa	{ stengel	2.9	2.4	0.7	5.3	0.3
		{ ranken	4.1	2.9	0.5	5.4	0.4
		{ blad	4.0	3.2	0.7	3.6	1.0
tomaten	vruchten	0.6	2.6	0.6	5.1	0.2	
	geplukt blad	2.1	2.2	0.5	3.2	0.9	
	restmassa	{ stengel	1.8	1.6	0.5	4.9	0.5
		{ blad	2.1	2.2	0.5	3.2	0.9
		{ vruchten	0.6	2.6	0.6	5.1	0.2

en te malen. Na de beëindiging van de teelt werden uit beide afdelingen 20 planten genomen waaruit de gegevens betreffende de restmassa in de tabellen 5 en 6 werden afgeleid. Met behulp van de gegevens in deze

tabellen werden de opgenomen hoeveelheden mineralen berekend. De resultaten staan in tabel 7.

Tabel 7. Onttrekking van mineralen door het komkommer- en tomatengewas

Gewas	Deel van de plant	kg/ha					
		Cl	N	P	K	Mg	
komkommers	vruchten	30	110	15	125	10	
	restmassa	stengel	11	9	3	20	11
		ranken	11	8	1	14	1
		blad	45	36	8	40	11
totaal onttrokken door gewas		97	163	27	199	33	
totaal afgevoerd van bedrijf		97	163	27	199	33	
tomaten	vruchten	60	255	60	505	20	
	geplukt blad	27	28	6	40	11	
	restmassa	stengel	38	34	11	105	11
		blad	51	53	12	78	22
		vruchten	2	9	2	17	1
totaal onttrokken door gewas		178	379	91	745	65	
totaal afgevoerd van bedrijf		87	283	66	545	31	
voor periode	opgenomen	275	542	118	944	98	
1-8-75 -	afgevoerd	184	446	93	744	64	
1-8-76	achtergebleven	91	96	25	200	34	

9.5.2. Tomatenteelt 1976

Bij de beëindiging van de tomatenteelt in juli 1976 werd uit beide kasafdelingen een monster van 40 planten genomen. Hierop zijn de gegevens betreffende het versnipperde gewas in de tabellen 5 en 6 gebaseerd.

De tomatenogst was 180 ton per hectare. De tijdens de teelt geplukte en afgevoerde bladmassa werd geschat. Verder werd aangenomen

dat het drogestof gehalte en de minerale samenstelling van het geplukte blad en de geveilde vruchten gelijk waren aan dat van de bladmassa en vruchten van het versnipperde gewas. De berekende opname van mineralen is opgenomen in tabel 7.

9.6. 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

De fig. 11, 12 en 13 brengen de cumulatieve aanvoer en afvoer van mineralen met het drainwater in beeld voor de bij het onderzoek betrokken mineralen. De aanvoer heeft betrekking op de som $(I_s + I_1)$

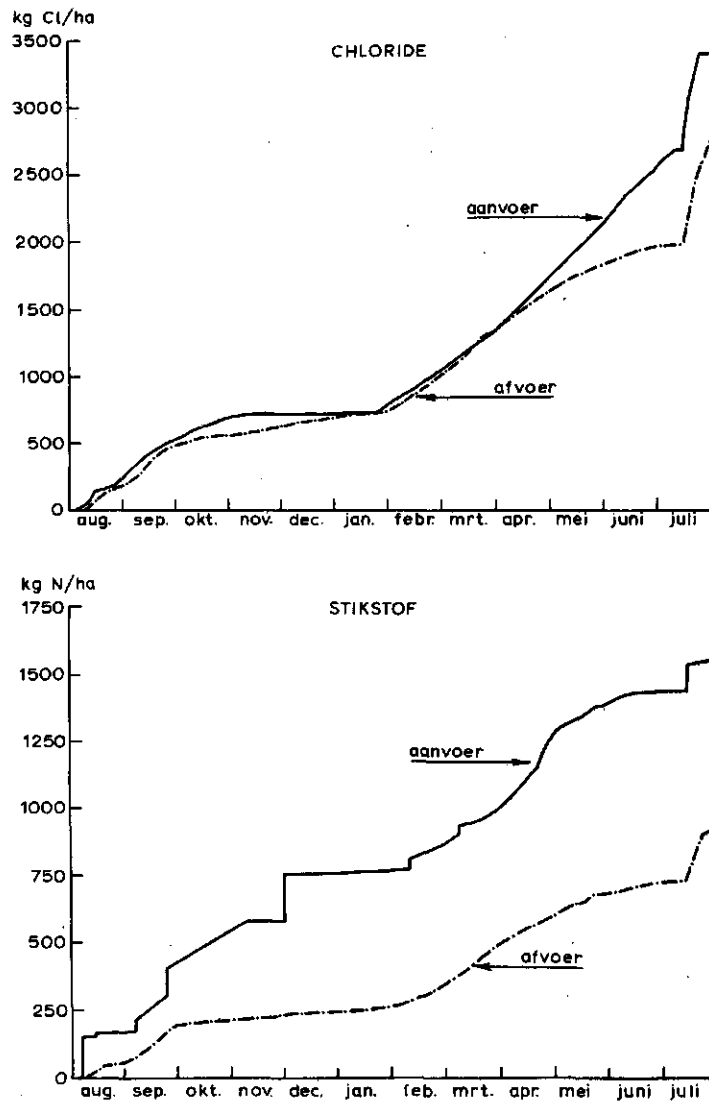


Fig. 11. De cumulatieve aanvoer en drainafvoer van Cl en N gedurende de periode van 1-8-1975 tot 1-8-1976

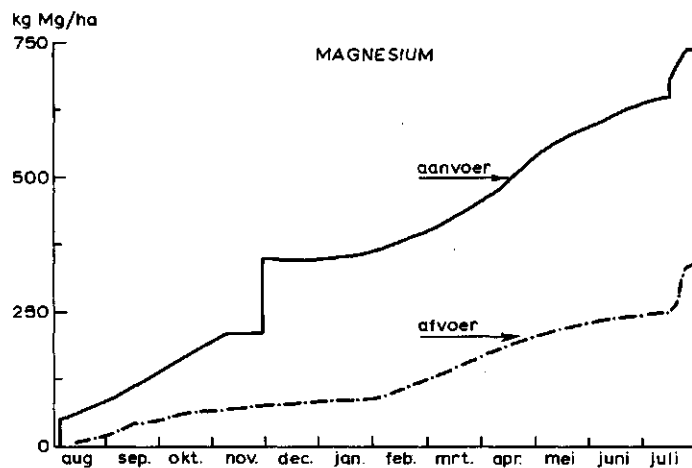
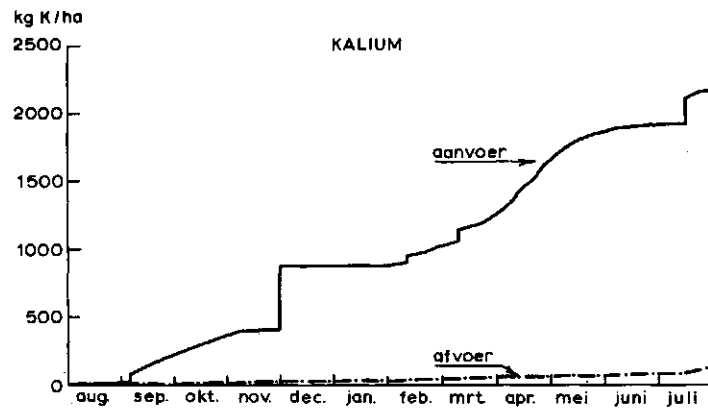


Fig. 12. De cumulatieve aanvoer en drainafvoer van K en Mg gedurende de periode van 1-8-1975 tot 1-8-1976

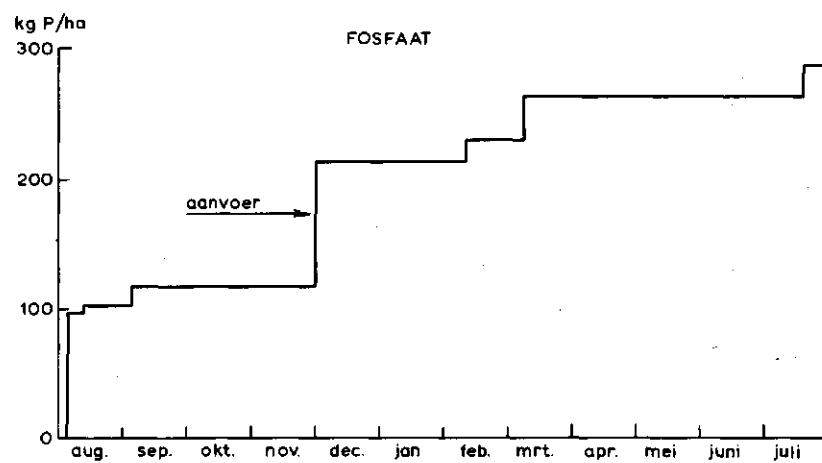


Fig. 13. De cumulatieve aanvoer van P gedurende de periode van 1-8-1975 tot 1-8-1976

en de afvoer op de niet voor kwel of wegzijging gecorrigeerde term U_d^* . De bijdragen van I_s tot de som hadden tot gevolg dat de aanvoer niet continu verliep. Voor Cl was I_s beperkt tot een bijdrage van 90 kg/ha met het versnipperde tomatengewas in juli 1976. De bijdrage van I_1 tot de totale aanvoer van P was beperkt tot 14 kg P/ha. Deze kleine hoeveelheid komt in fig. 13 niet tot uiting zodat de aanvoer geheel stapsgewijze verloopt.

De aanvoer I_1 kon onderverdeeld worden in een deel I_1^w dat betrekking heeft op de aanvoer met het beregende oppervlaktewater en een deel I_1^m waarin de via de beregeningsinstallatie gedoseerde kunstmest in rekening werd gebracht. Tijdens de herfstteelt in 1975 vond nog geen automatische bemonstering van het beregende water plaats. Wel werd het oppervlaktewater wekelijks bemonsterd zodat I_1^w volgens het programma 'REGEN' kon worden berekend. De bijdrage van I_1^m werd afgeleid uit de verbruikte hoeveelheden meststoffen. Een gevolg van deze benaderingswijze was dat het verloop van de aanvoer tijdens de teelt voor N, K en Mg niet precies bekend was. De berekening van de totale aanvoer voor de gehele teeltperiode was echter geheel correct.

De berekeningen van het verloop van de aanvoer tijdens de tomatenteelt leverden andere problemen op. Deze berekeningen werden aanvankelijk uitgevoerd aan de hand van de analysegegevens van het automatisch bemonsterde beregende water, via het programma 'REGEN'. De resultaten werden daarna vergeleken met de som van de hoeveelheden I_1^w en I_1^m welke net als tijdens de herfstteelt uit de concentraties in het oppervlaktewater en het meststoffenverbruik werden afgeleid. Tussen de resultaten van deze beide van elkaar onafhankelijke berekeningen bestond voor Mg goede overeenkomst. Voor N en K was dit niet het geval. De moeilijkheden bleken samen te hangen met de analyse van de watermonsters. De bepaling van N in de monsters is in een aantal gevallen beperkt gebleven tot het NO_3^- -N. Indien tijdens de aan de bemonstering van het verzamelvat voorafgaande periode zwavelzure ammoniak werd gedoseerd gaf dit problemen. De berekeningen van I_1 voor N vielen dan te laag uit. Aan de andere kant werd de K-bepaling in de watermonsters door de aanwezigheid van NH_4^- -ionen

gestoord waardoor de K-concentratie te hoog uitviel. Dit leidde tot berekening van een te hoge aanvoer I_1 van K. Het verloop van de aanvoer van N en K in de fig. 11 en 12 is voor de gesignaleerde afwijkingen gecorrigeerd. Dit is niet het geval voor het verloop van de concentraties in het beregende water in fig. 8. De werkelijke concentraties in de periode van zware mestdosering zullen dus voor N in het algemeen wat hoger en voor K wat lager zijn geweest dan in fig. 8 tot uiting komt.

De drainafvoer U_d^* verliep voor alle mineralen regelmatig. De afzonderlijke teeltperioden en de periode van zoutuitspoeling kwamen in het verloop van U_d^* duidelijk tot uiting, behalve voor P. De gemiddelde ortho-P-concentratie in het drainwater was omstreeks 0.2 mg P/l. Tijdens de zoutuitspoeling werden concentraties tot 0.6 mg P/l gevonden. De totale afvoer van P gedurende de periode van onderzoek was beperkt tot omstreeks 1.5 kg P/ha. Deze lage afvoer kon niet in fig. 13 tot uiting worden gebracht.

10. BESPREKING VAN DE MINERALENBALANS

De resultaten van de berekeningen van de mineralenbalans zijn samengevat in tabel 8. Er is onderscheid gemaakt tussen de komkommer-teelt, de tomatenteelt en de periode van zoutuitspoeling.

De uit de experimentele gegevens berekende drainafvoer U_d^* van mineralen werd gecorrigeerd voor kwel of wegzijging om U_d van vergelijking (2) te berekenen. De correcties voor wegzijging werden uitgevoerd aan de hand van de waterbalansgegevens van tabel 2 en de gegevens betreffende de concentraties in het drainwater van de kas volgens fig. 8. Aangenomen werd dat de concentraties in het wegzijgende water gelijk waren aan de concentraties in het drainwater van de kas gedurende de betreffende periode van wegzijging. Zo was bijvoorbeeld de wegzijging in de periode van 1-8-1975 tot 15-11-1975 volgens tabel 2 gelijk aan 25 mm of 250 m³. Uit fig. 8 wordt afgelezen dat de Cl-concentratie van het drainwater in deze periode gemiddeld omstreeks 9.0 me/l was. Uit deze gegevens werd dan een afvoer van Cl met het wegzijgende water van omstreeks 80 kg/ha berekend. Deze hoeveelheid

Tabel 8. Samenvatting van de mineralen balansgegevens

I II III	I II III	I II III	Hoeveelheden in kg/ha														
			Cl			N			P			K			Mg		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
gestrooide kunstmest organische bemesting aanvoerterm I_s	- - - -	- - 91 91	146 149 - 295	115 69 72 256	- - 96 96	98 20 - 118	94 48 - 142	- - 25 25	- - 200 200	50 - - 50	142 - - 142	- - 34 34					
met oppervlaktewater gedoseerde meststoffen aanvoerterm I_1	709 - 709	1957 - 1957	616 - 616	40 239 279	79 527 606	13 - 13	4 - 4	8 - 8	2 - 2	92 263 355	183 720 903	41 - 41	107 54 161	260 40 300	57 - 57		
aanvoer ($I_s + I_1$)	709 3373	1957 707 3373	707 707	862 1545	109	122 299	150 299	27	241	410 2170	1519	241	211 744	442	91		
gemeten drainafvoer U_d^* correc- ties voor kwel afvoerterm U_d	588 + 80 - - - 668	1386 - -135 (-90) + 80 - 1331	780 - - - - 895	218 + 30 - - - 248	541 - -35 (-10) + 32 - 538	190 - - - - 221	0.3 - - - - 0.3	0.6 - -0.1 (-0.1) +0.1 - 0.6	0.5 - - - - 0.6	20 + 3 - - - 23	71 - -6 (-4) + 4 - 69	50 - - - - 59	70 + 10 - - - 80	178 - -17 (-11) + 11 - 172	93 - - - - 108		
afvoer ($U_d + U_p$)	97 765	178 1509	- 895	163 411	379 917	- 221	27 27	91 91	- < 1	199 222	745 814	- 59	33 113	65 237	- 108		
aanvoer - afvoer ($I_s + I_1$) - ($U_d + U_p$)	- 56	+448	-188	+163	- 55	-112	+ 95	+ 59	+ 27	+188	+705	+182	+ 98	+205	- 17		
		+204		- 4			+181			+1075			+286				

is als correctieterm in tabel 2 opgenomen en werd bij U_d^* opgeteld om U_d te verkrijgen. Dergelijke berekeningen werden eveneens uitgevoerd voor de overige mineralen en voor de perioden van 1-4-1976 tot 15-7-1976 en van 15-7-1976 tot 1-8-1976.

Kwel vanuit de omgeving trad op in de periode van 15-11-1975 tot 20-1-1976. Omdat de berging van water in de verzadigde zone als constant beschouwd mocht worden en omdat zowel de berekening als de verdamping klein waren werd er van uitgegaan dat de hoeveelheid kwelwater gelijk was aan de hoeveelheid door het drainage-systeem van de kas afgevoerd drainwater. Volgens deze redenering zou U_d voor deze periode van kwel dus gelijk aan nul zijn zodat de uit de experimentele gegevens berekende afvoer van mineralen gelijk zou zijn aan de correctie voor kwel welke op de term U_d^* voor de periode van de tomatenteelt diende te worden toegepast. Zo was bijvoorbeeld de drainafvoer gedurende de periode van kwel volgens tabel 2 gelijk aan 50 mm bij een gemiddelde Cl-concentratie van 7.5 me/l volgens fig. 8. Hieruit werd berekend dat de op U_d^* toe te passen correctie 135 kg/ha zou zijn en deze hoeveelheid is in tabel 8 opgenomen.

Bij kwel deed zich verder de moeilijkheid voor dat de aanvoer van mineralen met de kwelstroming niet gelijk was aan de in de vorige alinea besproken drainafvoer van mineralen in de kas omdat de concentraties in het verdringende kwelwater lager waren dan in het verdrongen grondwater. Kwel leidde dus tevens tot een verandering van de bergingsterm voor zover deze betrekking had op de verzadigde zone. In tabel 8 is ook een schatting van de met de kwelstroom van buitenaf aangevoerde hoeveelheid mineralen opgenomen, uitgaande van een kwelstroom van 50 mm. Verder werd aangenomen dat de concentraties in de kwelstroom gelijk waren aan de gemiddelde concentraties van het drainwater van het aangrenzende gedraineerde perceel in deze periode. Voor Cl bijvoorbeeld werd blijkens tabel 8 een kwelaanvoer van 90 kg berekend. Het blijkt uit de gegevens in de tabel dat de drainafvoer van mineralen in de kas in de periode van kwel groter was dan de geschatte aanvoer van mineralen met de kwelstroming. Het verschil kan worden opgevat als een afname van de

bergingsterm voor wat betreft de verzadigde zone. Overigens blijkt uit tabel 8 dat één en ander in de totale mineralenbalans géén rol van betekenis heeft gespeeld.

Onderaan in tabel 8 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) gelijk moeten zijn aan de verandering van de berging ΔB_m in het profiel en de verzadigde zone. Voor N kan bovendien denitrificatie van belang geweest zijn, waarbij het verschil tussen de aan- en afvoer van tabel 8 gelijk zou zijn aan de som van ΔB en de gedenitrificeerde hoeveelheid N.

De verschillen tussen de aan- en afgevoerde hoeveelheden moeten gezien worden in het licht van de grootte van de bergingsterm B_m . Aan de hand van de in 9.2, 9.3 en 9.4 vermelde gegevens werd een schatting gemaakt van de grootte van B_m gemiddeld voor de periode van onderzoek. Voor de laag 0 - 30 cm is uitgegaan van fig. 7 voor wat betreft de hoeveelheden in de bodemoplossing. Voor de ondergrond van 30 tot 80 cm is alléén rekening gehouden met de bodemoplossing. Omdat verder voor het gehele profiel werd gerekend met een volumedichtheid van 1.0 g/cm^3 is de geschatte grootte van B_m in tabel 9 waarschijnlijk kleiner dan de werkelijke grootte.

Tabel 9. Schatting van de grootte van de bergingsterm B_m

	Hoeveelheden in kg/ha			
	Cl	N	K	Mg
bouwvoor 0 - 30 cm				
bodemoplossing (75 mm water)	500	400	250	250
organische stof	-	7000	-	-
adsorptiecomplex	-	-	2350	1100
profiel 30 - 80 cm				
bodemoplossing (125 mm water)	500	350	200	100
verzadigde zone				
grondwater (750 mm water)	2600	950	75	325
Totaal	3600	8700	2875	1775

In verhouding tot de geschatte grootte van B_m blijkt het verschil tussen de aanvoer en afvoer uit tabel 8 vooral voor Cl en N klein te zijn. Voor Mg en in het bijzonder voor K ligt de zaak anders. Volgens de gegevens zou in de periode van onderzoek een aanzienlijke toename van de term B_m hebben plaatsgevonden. Een mogelijkheid is dat er een verandering van de bezetting van het adsorptiecomplex is opgetreden. Onder 9.2 werd aangenomen dat het complex voor 10% met K en voor 15% met Mg bezet was en hieruit werden de betreffende hoeveelheden in tabel 9 berekend. Dit zou inhouden dat met een verandering van de bezetting van het complex met 1% ten gunste van K of Mg hoeveelheden van respectievelijk 235 kg/ha en 110 kg/ha gemoeid zouden zijn. Hieruit blijkt wel dat relatief kleine verschuivingen in de bezetting van het complex de berekende grootte van ΔB_m in tabel 9 voor K en Mg voor een niet onaanzienlijk deel zouden kunnen verklaren.

Uit tabel 4 blijkt het grote verschil tussen de hoeveelheid K in de bouwvoor enerzijds en de ondergrond anderzijds. Dit zou een aanwijzing kunnen zijn dat in de bovengrond naast 'normale' uitwisseling van kationen ook een sterke fixatie van K-ionen is opgetreden. Wat Mg betreft kan nog gewezen worden op het onderzoek van SONNEVELD en VAN DEN ENDE (1975) waaruit blijkt dat precipitatie van Mg-carbonaat optreedt bij voldoende hoge HCO_3^- -concentraties in de bodemoplossing.

Zoals uit tabel 9 blijkt werd het naar verhouding grootste verschil tussen aan- en afvoer gevonden voor P. Van de totale aanvoer werd ongeveer één derde gedeelte door het gewas opgenomen. De afvoer met het drainwater was minimaal. Omdat ook de P-toestand van de ondergrond blijkens tabel 4 laag is werd geconcludeerd dat ongeveer tweederde gedeelte van de aangevoerde P werd vastgelegd in de bovengrond.

11. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

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

1. De metingen van de waterbalans zijn in het algemeen succesvol verlopen. Wel bleek het noodzakelijk te corrigeren voor kwel vanuit de omgeving gedurende de regenrijke wintermaanden en voor wegzijging naar de omgeving gedurende droge perioden. Nauwkeurige berekeningen van de grootte van de correcties aan de hand van de beschikbare experimentele gegevens waren niet mogelijk.
2. Een vergelijking met gegevens van eerdere onderzoekingen naar het waterverbruik in de glastuinbouw in het algemeen leek er op te wijzen dat op het bedrijf relatief veel werd beregend. Het grote waterverbruik werd uiteraard mede bepaald door de combinatie van een stookteelt van tomaten gevolgd door een herfstteelt van komkommers. De intensieve berekening had een hoog meststoffenverbruik en een grote uitspoeling van water en sommige mineralen tot gevolg.
3. De bepaling van de mineralenbalans verliep voor zover het de aan- en afvoer van mineralen betrof zonder problemen. Een kwantitatieve bepaling van de hoeveelheden mineralen in het bewortelde profiel en de verzadigde zone bleek niet mogelijk. Wat deze bergingsterm betreft werd het onderzoek beperkt tot de mineralen in de bodemoplossing. Een volledige kwantitatieve bepaling van de bergingsterm lijkt ook bij voortzetting van het onderzoek niet haalbaar. Wel is het gewenst bepaalde aspecten nader te bekijken. Hierbij wordt met name gedacht aan een bepaling van de omwisselcapaciteit en van de kationenbezetting van het complex.
4. 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 zeer klein en van N als $\text{NO}_3\text{-N}$ zeer groot was. De met het drainwater afgevoerde hoeveelheid P was zelfs kleiner dan de aanvoer van P met het beregende oppervlaktewater. In dit opzicht had het gebruik van het oppervlaktewater voor berekening dus een gunstige invloed op de kwaliteit van het water.

5. Een eventuele vermindering van het P-meststoffenverbruik zou op het betreffende bedrijf geen enkele invloed hebben op de uitgespoelde en naar het oppervlaktewater afgevoerde hoeveelheid P. Een vermindering van het N-meststoffenverbruik in combinatie met een verminderd waterverbruik voor beregening zou daarentegen wèl van grote invloed zijn op de uitspoeling en drainafvoer van N. Daarbij zou echter de vraag gesteld moeten worden in hoeverre het N-meststoffenverbruik en de beregening zonder nadelige invloed op het productieniveau en de kwaliteit van het product verminderd kunnen worden.
6. De uitspoeling en drainafvoer van K was kleiner dan de aanvoer met het beregende oppervlaktewater, ondanks de zware K-bemesting. De resultaten van het chemisch grondonderzoek wezen op sterke K-fixatie in de bovengrond. Ook voor K geldt dat een verminderde bemesting praktisch géén invloed op de uitgespoelde hoeveelheid zou hebben.
7. Meer dan de helft van de totale aanvoer van Mg vond plaats via het beregende oppervlaktewater. Het verschil tussen de aanvoer en afvoer van Mg was relatief groot en zou kunnen wijzen op een verschuiving van de bezetting van het adsorptiecomplex ten gunste van Mg en op de precipitatie van Mg-carbonaat.
8. De resultaten van het eerste jaar van onderzoek rechtvaardigen voortzetting gedurende een tweede periode van één jaar waarbij het bestaande meetprogramma eventueel kan worden aangevuld. In dit verband kan onder meer gedacht worden aan een meer gedetailleerde bepaling van de gewasopname, aan een aparte bemonstering en analyse van de grondmonsters van teeltstroken en looppaden, aan uitbreiding van de bemonstering van de verzadigde zone en aan periodieke bepaling van de Ca-, Na-, HCO_3^- en SO_4^- -concentratie in de grond- en watermonsters.

12. LITERATUUR

- DEKKER, P.A. DEN en P.A. VAN DIJK. Analyse methoden in gebruik op het bodemkundig laboratorium van het Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk (niet gepubliceerd)
- ENDE, J. VAN DEN, 1971. Extraction methods for the determination of major elements in greenhouse soils and potting- and culture media. *Acta Horticulturae* 29 : 125 - 140
- SONNEVELD, C., 1969. De invloed van het stomen op de stikstofhouding van de grond. *Tuinbouwmeded.* 32, 197-203
- _____ en J. VAN DEN ENDE, 1971. Soil analysis by means of a 1 : 2 volume extract. *Plant and Soil* 35, 505-516
- _____ en J. VAN DEN ENDE, 1975. The effect of some salts on head weight and tipburn of lettuce and on fruit production and blossom-end rot of tomatoes. *Neth. J. Agric. Sci.* 23 : 191-201