

CODEN: IBBRAH (4-81) 1-33 (1981)

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

RAPPORT 4-81

SIMULATIE VAN STIKSTOFVERDELING IN DE GROND IN WINTER EN VOORJAAR

With a summary: Simulation of nitrogen distribution in the soil in winter and spring

door

P.A. ZANDT en P. DE WILLIGEN

1981

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Postbus 30003,
9750 RA Haren (Gr.)

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 4-81 (1981) 33 pp

INHOUD

1. Inleiding	3
2. Modelbeschrijving	5
2.1. Structuur van het model	5
2.2. Waterhuishouding	5
2.2.1. Verdamping	8
2.3. Stikstofhuishouding	9
2.3.1. Nitraattransport	9
2.3.2. Mineralisatie	11
3. Proefveld-, invoergegevens en parameterschattingen	14
4. Resultaten en discussie	18
5. Samenvatting	29
6. Summary	30
7. Literatuur	31
8. Bijlage. De tekst van het gebruikte computerprogramma	33

1. INLEIDING

Stikstof is kwalitatief en kwantitatief het belangrijkste nutriënt dat de plant aan de bodem onttrekt. Het overgrote deel van de in de bodem voorkomende stikstof ligt vast in organische stof, en is daardoor in eerste instantie voor de plant niet beschikbaar. De minerale fractie bestaat - althans onder Nederlandse omstandigheden - voor het grootste deel uit nitraat, dat, opgelost in het bodemwater, vrijwel geen interactie vertoont met de vaste fase van de bodem. Dit heeft tot gevolg dat het voor de plant direct beschikbare deel van de bodemstikstof sterk onder invloed staat van weersfactoren die de beweging van water in de bodem bepalen, zoals regenval en verdamping. Omdat daarnaast ook voortdurend uitwisseling optreedt tussen de anorganische en de organische fractie, evenals tussen de verschillende componenten binnen deze fracties, en deze uitwisseling voornamelijk wordt bepaald door de activiteit van micro-organismen, wordt de hoeveelheid nitraat in de bodem ook nog beïnvloed door factoren als temperatuur, pH, zuurstof- en watergehalte, enz.

In Nederland wordt sinds een tiental jaren veel onderzoek verricht naar de betekenis van de minerale stikstofvoorraad in de bodem voor de optimale stikstofbemesting. Een impuls voor dit onderzoek vormden de bevindingen van Van der Paauw (1962) dat in het geval van onbemeste proefvelden een duidelijk verband bestond tussen de hoeveelheid winterregen (de neerslag van november tot maart) en de gewasopbrengsten in het volgende groeiseizoen. Verondersteld werd dat dit verband de invloed van de neerslag op de uitspoeling van minerale stikstof tot uitdrukking bracht. Recenter onderzoek (Ris, 1978; Borst en Mulder, 1971) heeft getoond dat voor een aantal gewassen de minerale N-voorraad in de grond in het voorjaar een behoorlijke indicatie geeft voor de optimale stikstofgift. Hoewel dit resultaat van grote praktische betekenis is, zal duidelijk zijn dat in de praktijk het bemonsteren en analyseren van percelen van individuele boeren omstreeks hetzelfde tijdstip tot grote moeilijkheden kan leiden wat betreft arbeidsfilm, organisatie, e.d. Het lijkt daarom zinvol na te gaan of d.m.v. modelberekeningen, die uitgaan van een willekeurig tijdstip in herfst en winter, een behoorlijke voorspelling

gedaan kan worden omtrent de voorraad minerale stikstof in het voorjaar. Hieronder zal een dergelijk model besproken worden. Bij de opstelling van dit model heeft de praktische toepasbaarheid vooropgestaan. Er is naar gestreefd het model zo eenvoudig mogelijk te houden, zowel wat de procesbeschrijving als wat de eisen aan invoer en parameters betreft.

2. MODELBESCHRIJVING

In het model wordt rekening gehouden met twee processen die de minerale stikstofvoorraad in de bodem beïnvloeden: transport van water en mineralisatie. Vanwege de te beschouwen periode (herfst tot vroege voorjaar) kan onttrekking door het gewas buiten beschouwing blijven. Er is verondersteld dat minerale stikstof alleen in de vorm van nitraat voorkomt. Omdat ammonificatie meestal veel trager verloopt dan nitrificatie (Alexander, 1977) is aangenomen dat door mineralisatie vrijgemaakte stikstof als nitraat vrijkomt.

Denitrificatie is niet in het model opgenomen.

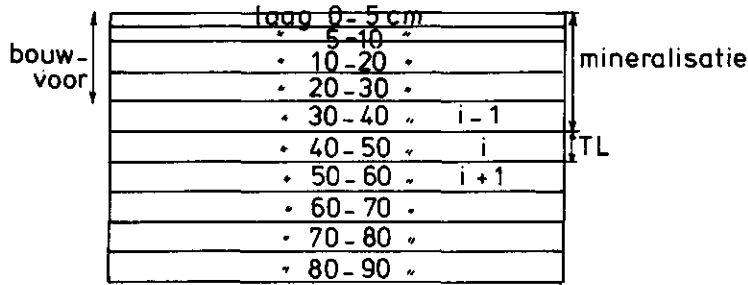
In de bijlage vindt men de volledige tekst van het gebruikte programma dat in de computertaal CSMP is geschreven.

2.1. *Structuur van het model*

In het model wordt uitgegaan van een grondkolom van 90 cm lengte met een doorsnede van 1 cm^2 . De grondkolom is verdeeld in lagen (fig. 1) met i.h.a. een dikte van 10 cm. De bouwvoor, met een dikte van 30 cm, is verdeeld in twee toplagen van 5 cm elk, en twee lagen van ieder 10 cm. De keuze voor dunnere lagen bovenin werd gedaan om effecten van regenval en verdamping die vooral bovenin de bouwvoor een grote rol spelen beter te kunnen simuleren. De verdeling in alleen verticale lagen houdt in dat is aangenomen dat de grond in horizontale richtingen homogeen is. Geen rekening is gehouden met eventueel voorkomen van een grondwaterspiegel. Mineralisatie wordt verondersteld alleen op te treden in de bovenste 40 cm.

2.2. *Waterhuishouding*

Neerwaarts watertransport, dat wordt veroorzaakt door regenval, is - in principe - beschreven zoals door Burns (1974) gedaan is. Er wordt een maximum-vochtgehalte aangenomen (overeenkomend met het vochtgehalte bij $pF 2$) dat niet overschreden kan worden. Bij regenval wordt het



Figuur 1. Schema model.

Figure 1. Schematic presentation of layer model.

vochtgehalte van een laag, te beginnen met de bovenste, aangevuld tot het maximum, de rest van het water stroomt door naar de volgende - dieper liggende - laag. Wordt van een bepaalde laag de maximale waterberging niet overschreden dan treedt geen verder transport op.

Voor de stroming over de ondergrens van laag i geldt dus:

$$WCM(I, T) = WCFC(I) - WC(I, T)$$

$$RIN(I + 1, T) = RIN(I, T) - WCM(I, T) * TL(I)/DEL T$$

waarin

$$WCM(I, T) = \text{waterberging van laag } i \text{ op tijdstip } T^{*}) \quad \text{ml/cm}^3$$

$$RIN(I + 1, T) = \text{stroom van laag } i \text{ naar laag } i + 1 \text{ op } T \quad \text{cm/dag}$$

$$DEL T = \text{tijdstip} \quad \text{dag}$$

$$WCFC(I) = \text{vochtgehalte bij pF 2 van laag } i \quad \text{ml/cm}^3$$

$$WC(I, T) = \text{vochtgehalte laag } i \text{ op tijd } T \quad \text{ml/cm}^3$$

$$TL(I) = \text{laagdikte laag } i \quad \text{cm}$$

*) Voor de duidelijkheid en het gemak wordt hier en in het vervolg het tijdstip T of $T + DEL T$ als index gegeven. In het CSMP-programma wordt dit niet gedaan.

De opwaartse stroming die ontstaat door verdamping aan het bodemoppervlak wordt berekend volgens een methode die door Van Keulen (1975) ontwikkeld en getoetst is. Het uitgangspunt hierbij is dat een laag meer bijdraagt aan de verdamping (die wordt berekend uit weergegevens en het vochtgehalte van de bovenste laag, zie par. 2.2.1), naarmate deze minder diep onder maaiveld ligt en naarmate het vochtgehalte hoger is. Voor deze stroming geldt:

$$V(I, T) = F(I, T) * AEVAP(T)/10$$

$$F(I, T) = TL(I) * EX(I, T)/E2(T)$$

$$EX(I, T) = (WC(I, T) - WL(I)) * EXP(-Ke * DE(I))$$

$$E2(T) = \sum_{i=1}^N EX(I, T) * TL(I)$$

waarin

$$AEVAP = \text{verdamping} \quad \text{mm/dag}$$

$$V(I, T) = \text{bijdrage laag } i \text{ op tijd } T \text{ aan verdamping } AEVAP \quad \text{cm/dag}$$

$$WL(I) = \text{vochtgehalte laag } i \text{ bij pF } 4,2 \quad \text{ml/cm}^3$$

$$DE(I) = \text{diepte laag } i \text{ onder maaiveld} \quad \text{cm}$$

$$Ke = \text{extinctiefactor} \quad \text{cm}^{-1}$$

N = aantal lagen

De fractionele bijdrage, $F(I, T)$, van een laag aan de verdamping hangt dus lineair samen met het voor verdamping beschikbare water in die laag, en hangt exponentieel van de diepte af. De extinctiefactor Ke hangt af van de grondsoort. De stroming van laag $i + 1$ naar laag i bedraagt dan:

$$RUP(I + 1, T) = AEVAP(T)/10 - \sum_{K=N}^{i+1} V(K, T) \quad \text{cm/dag}$$

De netto waterstroom, resultante van regenval en verdamping, over de ondergrens van laag i wordt dus:

$$NFL(I + 1, T) = RIN(I + 1, T) - RUP(I + 1, T)$$

Als $NFL(I + 1, T) > 0$, stroomt water van laag i naar laag $i + 1$, voor $NFL(I + 1, T) < 0$ stroomt het in omgekeerde richting. De snelheid waarmee het vochtgehalte verandert wordt dan gegeven door :

$$DWC (I, T) = (NFL (I, T) - NFL (I + 1, T)) / TL (I)$$

Het vochtgehalte op tijdstip $T + DELT$ volgt dus uit dat op tijdstip T volgens:

$$WC (I, T + DELT) = WC (I, T) + DWC (I, T) * DELT$$

2.2.1. Verdamping

De potentiële verdamping wordt berekend met de Penmanformule (Penman, 1958) uit globale straling, temperatuur, dampspanning en windsnelheid volgens:

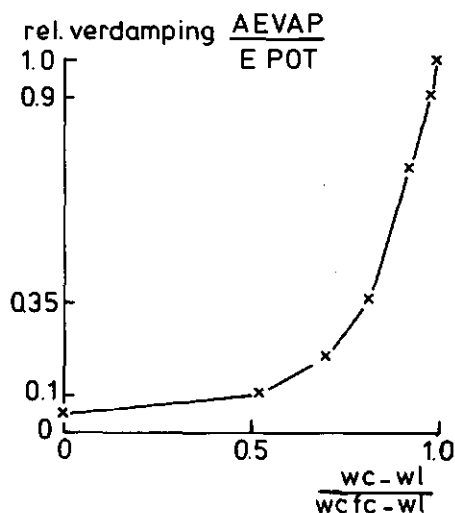
$$EPOT = (DEL * RN/L + GAM * EA) / (DEL + GAM)$$

met

EPOT = potentiële verdamping vrij wateroppervlak	cm/dag
DEL = helling dampspanningscurve bij heersende temperatuur	mm Hg/C
RN = nettostraling	cal/(cm ² .dag)
L = verdampingswarmte water	cal/cm ³
GAM = psychrometerconstante	mm Hg/C
EA = 0,35 * (SVPA - VPA) * (0,5 + WSN/100)	
SVPA = verzadigde dampspanning bij heersende temperatuur	mm Hg
VPA = heersende dampspanning	mm Hg
WSN = windsnelheid	mijl/dag

De potentiële verdamping is van te voren met een ander programma berekend, en wordt in het stikstofmodel ingevoerd in de vorm van een tabel als functie van de tijd.

De actuele verdamping van een onbegroeid grondoppervlak hangt af van het vochtgehalte van de oppervlaktelaag (Lemon, 1956). Hier is gebruik gemaakt van een relatie zoals deze door Holmes & Robertson (1963) is gevonden (fig. 2).



Figuur 2. Verband tussen relatieve verdamping en vochtgehalte toplaag; ontleend aan Holmes & Robertson (1963).

Figure 2. Relation between relative evaporation and water content of surface layer; taken from Holmes & Robertson (1963).

2.3. Stikstofhuishouding

Zoals eerder vermeld, zijn in het model twee processen opgenomen die de stikstofhuishouding beïnvloeden t.w. transport van nitraat en de produktie van nitraat ten gevolge van mineralisatie. Nitraat wordt in het volgende uitgedrukt in eenheden stikstof, voor nitraat dient men in voorkomende gevallen dus te lezen nitraatstikstof.

2.3.1. Nitraattransport

Stroming van bodemwater veroorzaakt natuurlijk ook transport van opgeloste stoffen als chloride en nitraat. De snelheid van dit transport hangt af van de snelheid van waterstroming en van de concentratie.

Het principe van de berekening van nitraattransport berust erop dat nitraat en water welke een laag binnenstromen in deze laag eerst gemengd worden met het reeds aanwezige water en nitraat, en dat transport vanuit deze laag geschiedt met de uit het mengproces resulterende concentratie (deze berekeningswijze is ontleend aan Terkeltoub & Babcock (1971) en Burns (1974)). In geval van neerwaartse stroming ($NFL(I, T) > 0$) wordt

de overgangskoncentratie berekend als:

$$\text{SNO (I, T)} = (\text{NF (I, T)} + \text{DELT} * \text{SIN (I, T)} / (\text{NFL (I, T)} * \text{DELT} + \text{WC (I, T)} * \text{TL (I)})$$

met

$$\text{SIN (I, T)} = \text{SNO (I - 1, T)} * \text{NFL (I, T)}$$

waarin

$$\text{SNO (I, T)} = \text{overgangskoncentratie in laag i} \quad \text{mg/ml}$$

$$\text{NF (I, T)} = \text{hoeveelheid nitraat in laag i op tijd T} \quad \text{mg}$$

$$\text{SIN (I, T)} = \text{nitraatstroom van laag i-1 naar laag i} \quad \text{mg/dag}$$

Met deze concentratie verlaat het water de ondergrens van laag i zodat voor de nitraatstroom over de ondergrens geldt:

$$\text{SIN (I + 1, T)} = \text{SNO (I, T)} * (\text{NFL (I + 1, T)})$$

Analoog worden overgangskoncentratie en nitraatstroom berekend in geval van opwaartse stroming ($\text{NFL (I, T)} < 0$):

$$\text{SIN (I + 1, T)} = \text{SNO (I + 1, T)} * \text{NFL (I + 1, T)}$$

en

$$\text{SNO (I + 1, T)} = (\text{NF (I + 1)} - \text{SIN (I + 2)} * \text{DELT}) / (\text{WC (I + 1, T)} * \text{TL (I + 1)} - \text{DELT} * \text{NFL (I + 2)})$$

De totale verandering in hoeveelheid nitraat in laag i volgt uit het verschil in transport over boven- en ondergrens van deze laag en uit de produktie van nitraat in deze laag (zie par. 2.3.2) ten gevolge van mineralisatie:

$$\text{DNC (I, T)} = \text{SIN (I, T)} - \text{SIN (I + 1, T)} + \text{DNM (I, T)} / 100$$

met

$DNM(I, T)$ = mineralisatiesnelheid in laag i $kg/(ha.dag)$ (de deling door 100 is nodig om te converteren van $kg/(ha.dag)$ naar mg/dag)

De hoeveelheid nitraat op tijdstip $T + DELT$ wordt dus:

$$NF(I, T + DELT) = NF(I, T) + DNC(I, T) * DELT$$

Transport van chloride wordt op dezelfde wijze berekend.

2.3.2. Mineralisatie

Voor de berekening van de mineralisatie is gebruik gemaakt van de resultaten van Kortleven (1963). Deze vond dat jaarlijks een vast percentage van de "oude" organische stof in de bodem ("humus") wordt afgebroken. Bovendien is hier aangenomen dat de jaarlijks gemiddelde afbraaksnelheid overeenkomt met de afbraaksnelheid bij de gemiddelde jaarlijkse temperatuur (ca. $9^{\circ}C$). De snelheid waarmee stikstof vrijkomt uit humus kan dan berekend worden als:

$$DO(I, T) = KO * OLD(I, T) * TF(I, T)$$

met

$DO(I, T)$ = mineralisatiesnelheid humusstikstof $kg/(ha.dag)$

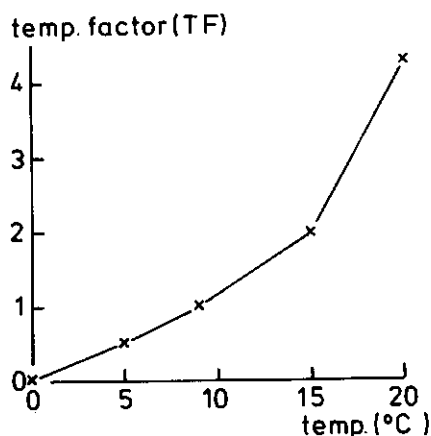
KO = afbraakcoëfficiënt bij $9^{\circ}C$ dag^{-1}

TF = factor die de temperatuursinvloed op de afbraakcoëfficiënt weergeeft

$OLD(I, T)$ = hoeveelheid humusstikstof in laag i op tijd T kg/ha

Het verband tussen TF en de temperatuur is ontleend aan Kolenbrander (pers. comm) en is weergegeven in fig. 3.

Kortleven (1963) vond voorts dat van het toegevoegde of als oogstresten achtergebleven verse organische materiaal jaarlijks eveneens een constante fractie verdween, en veronderstelde dat het overgebleven deel binnen een jaar was omgezet in humus. Als mag worden aangenomen dat deze nieuw gevormde humus een zelfde stikstofpercentage heeft als de oorspronkelijk



Figuur 3. Verband tussen relatieve afbraaksnelheid organische stof en de temperatuur (Kolenbrander, pers. comm).

Figure 3. Relation between relative decomposition rate of organic matter and temperature (Kolenbrander, pers.comm.).

aanwezige humus, dan wordt de (gemiddelde) dagelijkse snelheid waarmee stikstof vrijkomt uit het verse materiaal gegeven door:

$$FO = FS * (PV - ALF * PO) / (365 * 100) \quad \text{kg/(ha.dag)}$$

waarin

FS = hoeveelheid vers organisch materiaal dat in het beschouwde jaar is gegeven of achtergebleven kg/ha

PV = stikstofgehalte vers materiaal %

PO = stikstofgehalte humus %

ALF = fractie van het verse organische materiaal dat in een jaar wordt omgezet in humus.

De snelheid waarmee op een gegeven dag stikstof vrijkomt uit het verse materiaal in een bepaalde laag wordt dan:

$$DV (I, T) = TF (I, T) * FO/NV \quad \text{kg/(ha.dag)}$$

met

$NV =$ aantal lagen waarover het verse materiaal is gemengd.

De totale mineralisatiesnelheid wordt dus:

$$DNM(I, T) = DO(I, T) + DV(I, T)$$

3. PROEFVELD-, INVOERGEGEVENS EN PARAMETERSCHATTINGEN

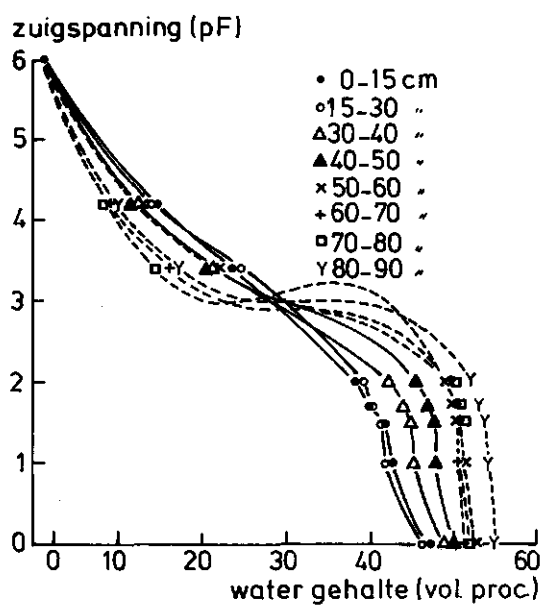
Om de verrichtingen van het model te toetsen is gebruik gemaakt van uitkomsten van een experiment op het stikstofproefveld IB 2443 in Nagele. Hier werden vanaf november 1977 tot juni 1978 periodiek (ongeveer om de 14 dagen) twee veldjes (nr. 51 en 53) bemonsterd. Uit de 30 cm dikke bouwvoor werd een monster getrokken, daaronder werd tot aan een diepte van 90 cm om de 10 cm bemonsterd. Van de grondmonsters werd het vocht-, minerale stikstof-, en chloridegehalte bepaald. Om er zeker van te zijn dat het bodemprofiel voldoende chloride zou bevatten werden de veldjes op 28 november bemest met 320 kg Cl/ha als Kali-60.

De voor het model relevante fysische eigenschappen van de grond - een lichte zavel met venige ondergrond - worden gegeven in fig. 4. en 5. In fig. 4 staan de pF-curven van de verschillende lagen; deze verlopen steiler naarmate de lagen dieper liggen. Fig. 5 geeft het verloop van het volumegewicht dat afneemt met de diepte in verband met de venige ondergrond.

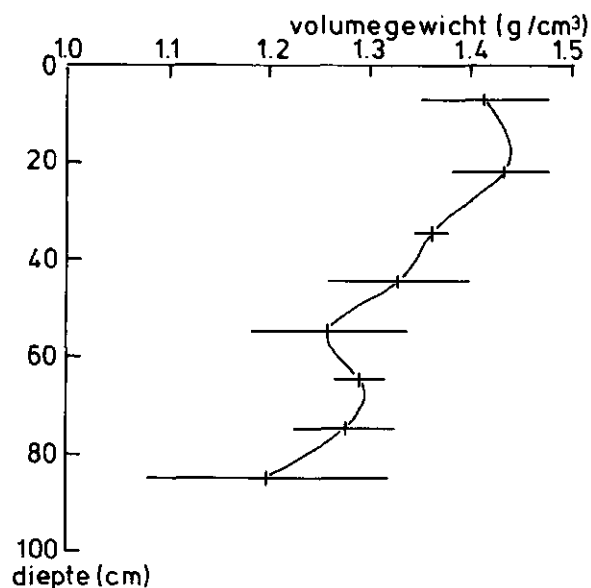
Om de verdamping te kunnen berekenen (zie 2.2.1.) moeten gegevens omtrent de dagelijkse waarden van temperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid en globale straling bekend zijn. Deze zijn niet op het proefveld in Nagele gemeten. De gebruikte gegevens zijn afkomstig van de Bilt, het meest nabije weerstation. De hieruit berekende dagelijkse potentiële verdamping wordt gegeven in fig. 6. Door "trial and error" werd gevonden dat de beste waarde voor K_e zo'n $0,1 \text{ cm}^{-1}$ bedroeg. Het verloop van de bodemtemperatuur (eveneens in de Bilt gemeten) staat in fig. 7.

Fig. 8 geeft de verdeling van de neerslag die wel in Nagele is gemeten. Het verloop van de grondwaterstand gedurende een groot deel van de proefperiode wordt gegeven in fig. 9^{*)}.

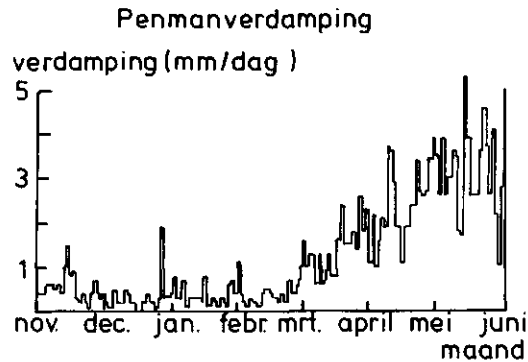
*) Deze metingen zijn gedaan door ing. Buitendijk van het ICW.



Figuur 4. pF-curven van de afzonderlijke lagen van het proefveld in Nagele.
 Figure 4. pF-curves of the different soil layers of the experimental field at Nagele.

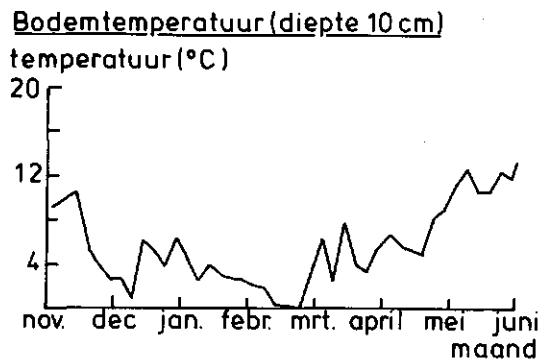


Figuur 5. Verloop volumegewicht met de diepte op het proefveld in Nagele.
 Figure 5. Soil bulk density as a function of depth at the experimental field at Nagele.



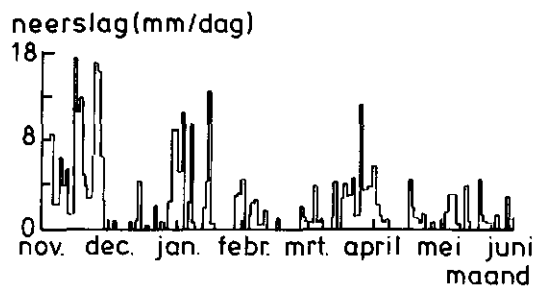
Figuur 6. Berekende potentiële (Penman) verdamping in de periode november 1977 - juni 1978.

Figure 6. Calculated Penman potential evaporation, November 1977 - June 1978.



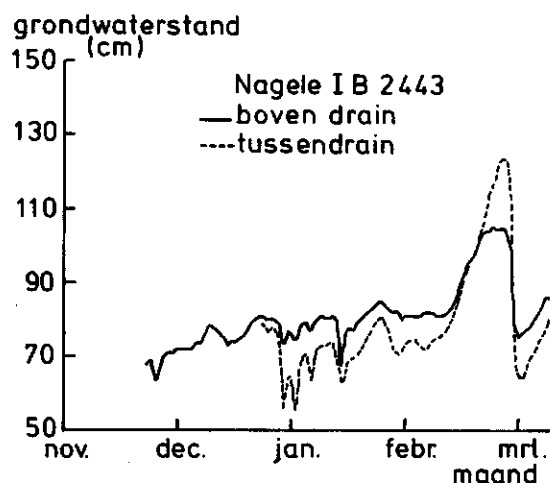
Figuur 7. Verloop van bodemtemperatuur (diepte 10 cm) in de Bilt, november 1977 - juni 1978.

Figure 7. Time course of soil temperature (depth 10 cm) at De Bilt, November 1977 - June 1978.



Figuur 8. Neerslag in Nagele november 1977 - juni 1978.

Figure 8. Precipitation in Nagele, November 1977 - June 1978.



Figuur 9. Verloop grondwaterstand op het proefveld in Nagele in de winter 1977 - 1978.

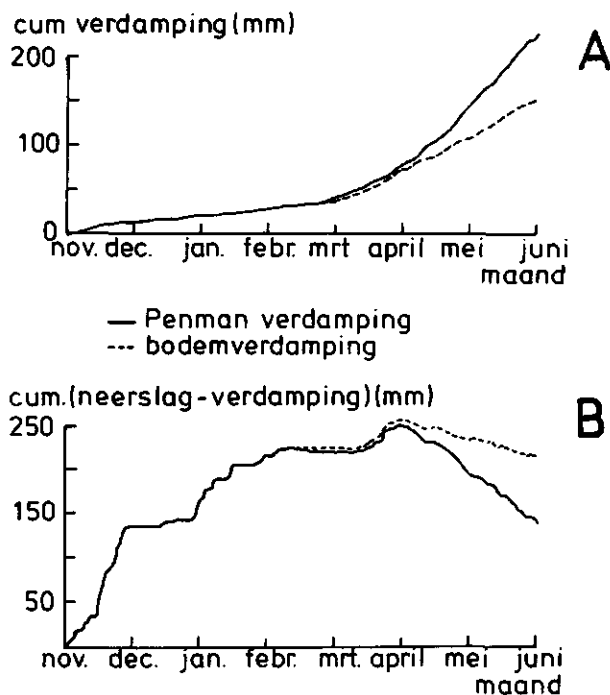
Figure 9. Time course of groundwater table in Nagele, winter 1977 - 1978.

Voor de referentieafbraakcoëfficiënten van humus en vers organisch materiaal (de eerder genoemde KO en ALF) is gebruik gemaakt van de resultaten van Kortleven (1963), wat betekent dat aan KO een waarde van $5 \cdot 4E - 5$ *) dag^{-1} werd toegekend en aan ALF een waarde van $0,4 \text{ jaar}^{-1}$. Het organischestofgehalte van de bouwvoor bedroeg 2,15%, met een stikstofgehalte van 5,3% (Wijnen, pers.comm.). Aangenomen is dat beide waarden ook gelden voor de laag 30 - 40 cm, en dat mineralisatie alleen optreedt in de bovenste 40 cm. In het beschouwde proefjaar werden aardappelen verbouwd. Hiervan bleven als resten achter ca. 2500 kg loof met een stikstofgehalte van 3,5% (Wijnen, pers.comm.). Verondersteld is dat deze oppervlakkig, d.w.z. door de bovenste 10 cm, ondergewerkt zijn.

*) Met $1E-1$ wordt 0,1 aangeduid. $1E-2$ betekent 0,01 enz.

4. RESULTATEN EN DISCUSSIE

In fig. 10 a en b ziet men de cumulatieve verdamping en het cumulatieve verdampingsoverschot, beide zowel voor de potentiële als voor de - volgens berekening - actuele verdamping. De gemeten en berekende vochtgehalten worden getoond in fig. 11 a t/m h. Er blijkt uit de metingen dat gedurende de winter niet veel variatie in vochtgehalte is opgetreden. Verdamping blijkt pas een rol te gaan spelen na begin april, en het effect daarvan is dan alleen merkbaar in de bouwvoor. In het algemeen is er behoorlijke overeenstemming tussen gemeten en berekende vochtgehalten, al lijkt de verdamping en dus de afname van het vochtgehalte in de bouwvoor aan het einde van de beschouwde periode wat overschat te worden.



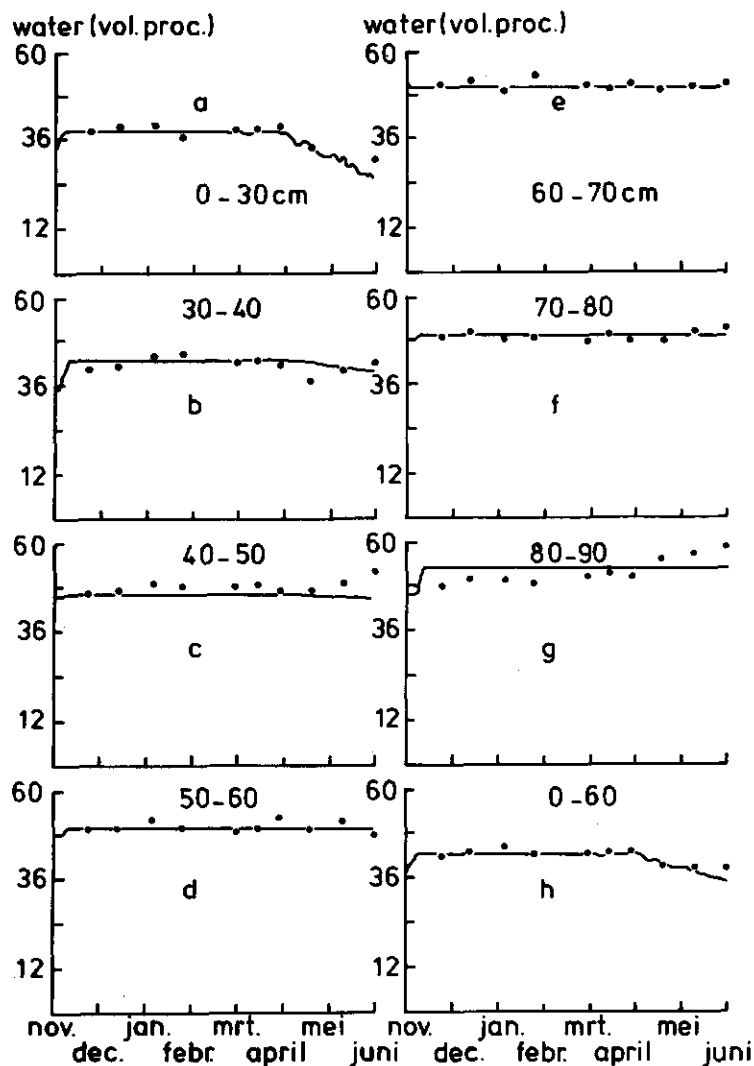
Figuur 10 a. Cumulatieve berekende potentiële en actuele verdamping november 1977 - juni 1978.

Figure 10 a. Calculated cumulative potential and actual evaporation, November 1977 - June 1978.

Figuur 10 b. Cumulatief neerslagoverschot november 1977 - juni 1978.

Figure 10 b. Cumulative precipitation in November 1977 - June 1978.

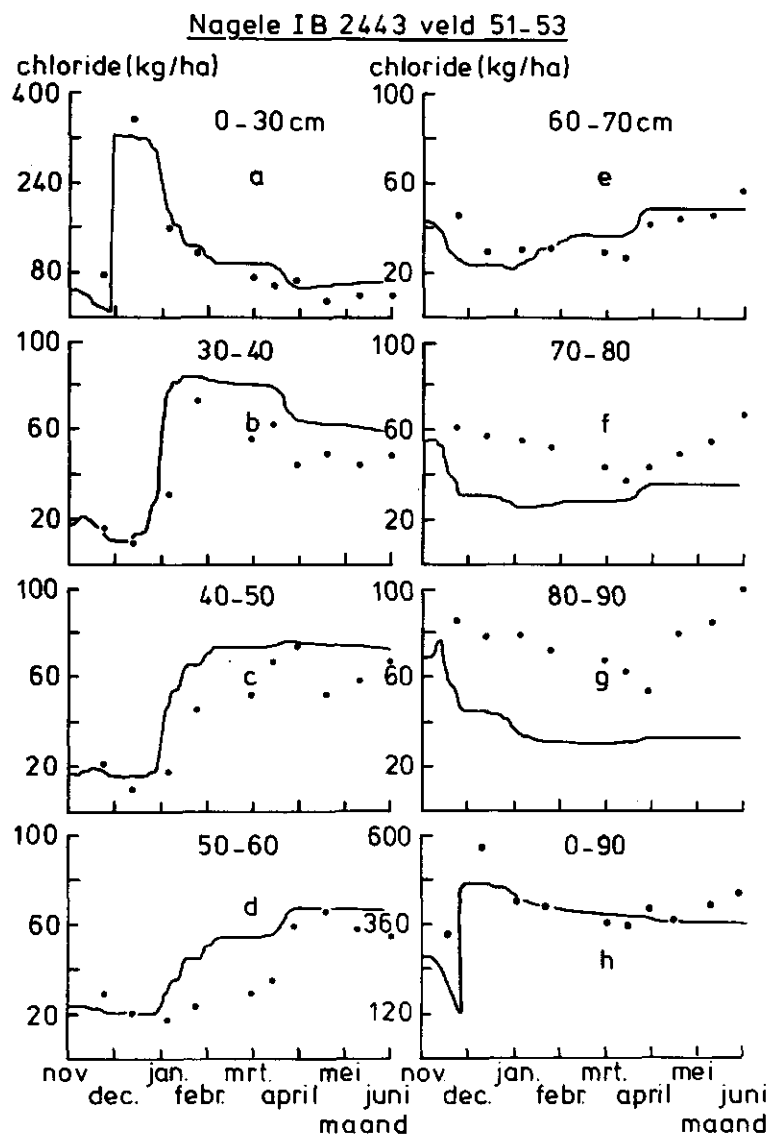
Nagele IB2443 veld 51-53



Figuur 11. Gesimuleerd en gemeten verloop vochtgehalten.

Figure 11. Simulated and calculated course of moisture content.

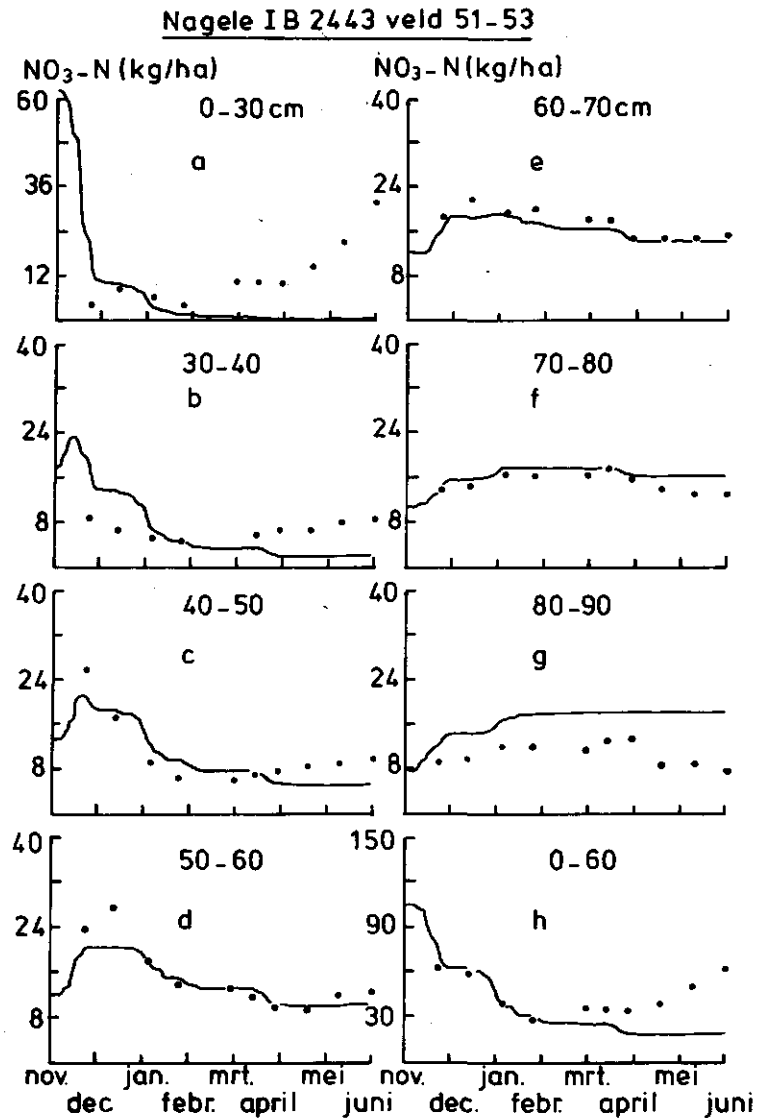
Fig. 12 a t/m h toont het verloop van de chloridegehalten. De grote stijging hiervan in de bouwvoor eind november is het gevolg van de vermelde bemesting met kali-60. Het chloridegehalte in de bouwvoor wordt door het model behoorlijk voorspeld. In de lagen daaronder (tot een diepte van 60 cm) echter worden te hoge, en nog dieper (veel) te lage gehalten berekend. De hoge gemeten gehalten in de diepe lagen moeten worden toegeschreven aan zoute kwel (T.A. van Dijk, pers. comm.). Niet duidelijk is waarom de gehalten in de ondiepe lagen onder de bouwvoor zo worden



Figuur 12. Gesimuleerd en gemeten verloop chloridegehalten.

Figure 12. Simulated and measured course of chloride contents.

onderschat. Doordat over- en onderschattingen elkaar min of meer compenseren blijkt de berekende totale hoeveelheid chloride in het gehele profiel redelijk overeen te stemmen met de gemeten totale hoeveelheid (fig. 12 h), een overeenstemming die in het licht van het voorgaande niet zoveel betekent.



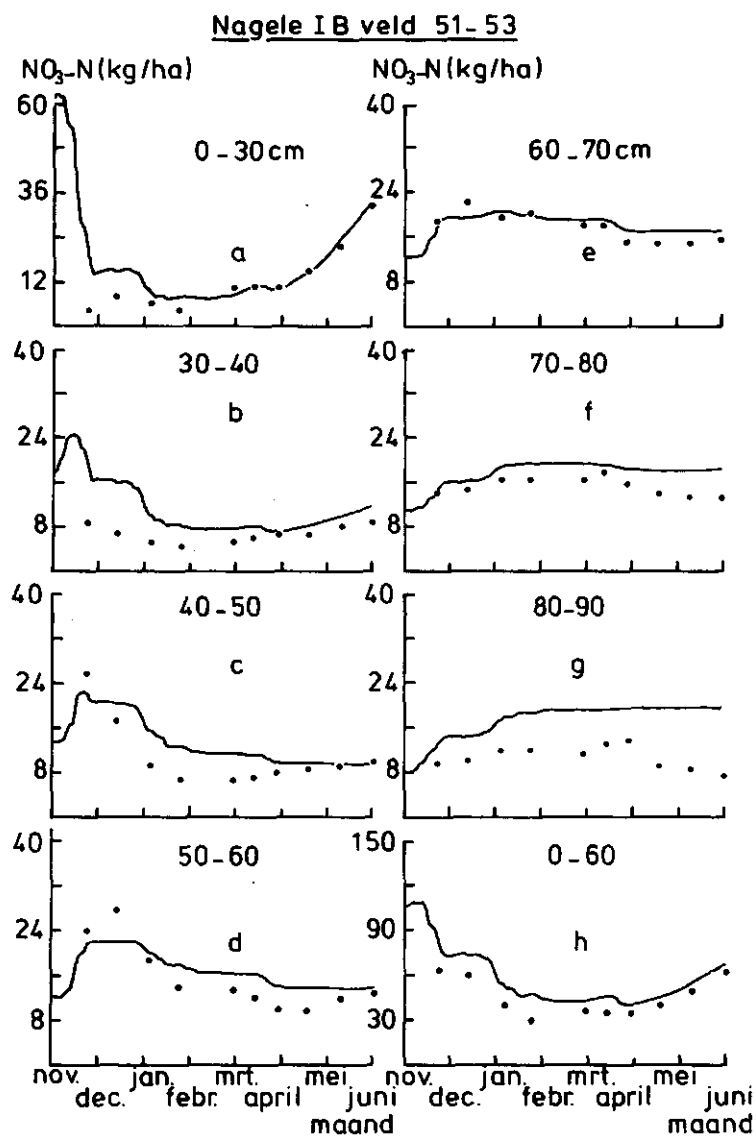
Figuur 13. Gesimuleerd en gemeten verloop nitraatstikstof zonder mineralisatie.

Figure 13. Simulated and measured course of nitrate-nitrogen contents, no mineralisation.

Fig. 13. vergelijkt de resultaten van modelberekeningen t.a.v. nitraat - waarbij geen rekening is gehouden met mineralisatie - met de gemeten waarden. Vanaf februari blijken in de bovenste 40 - 50 cm de berekende waarden in toenemende mate achter te blijven bij de gemeten waarden, wat

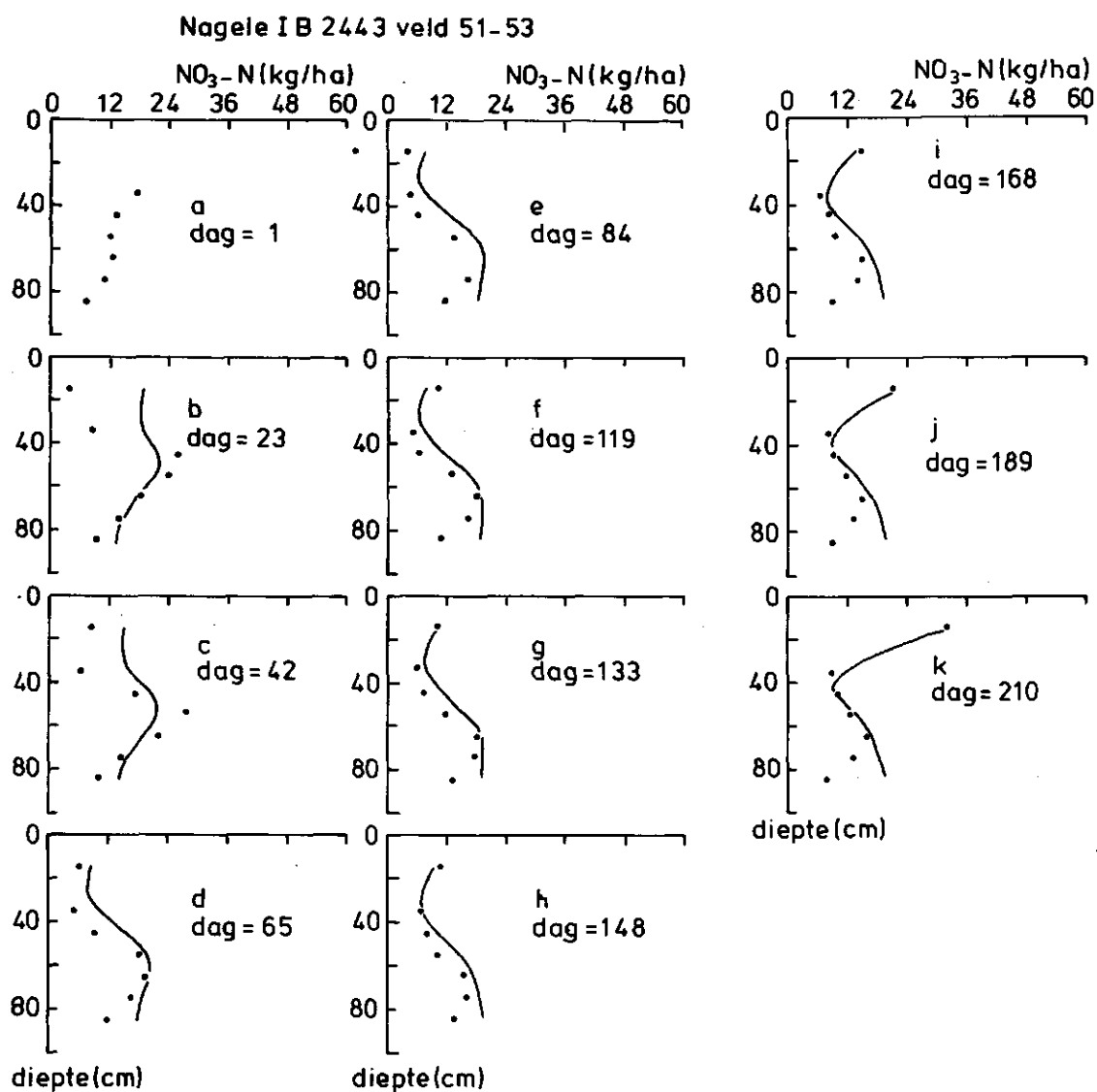
toe te schrijven is aan de in werkelijkheid optredende mineralisatie. Dit blijkt ook uit het verloop van de totale hoeveelheid stikstof in de bovenste 60 cm (fig. 13 h). De oorzaak van de afwijkingen tussen metingen en berekeningen in de lagen 70 - 80 en 80 - 90 cm onder maaiveld moeten worden gezocht in het feit dat deze lagen zich gedurende kortere of langere tijd onder de grondwaterspiegel bevonden (zie fig. 9).

Wordt mineralisatie wel in het model opgenomen dan worden de resultaten zoals weergegeven in fig. 14 a t/m h. Nu blijken over het algemeen de berekende waarden te hoog uit te vallen, vooral in het begin in de bovenste lagen. De berekende totale hoeveelheid stikstof in de bovenste 60 cm vertoont over een groot deel van de periode een ongeveer constant verschil met de gemeten totale hoeveelheid. Dit verschil lijkt vooral veroorzaakt te worden doordat de afname van nitraat in de bovenste twee lagen in de periode tussen de eerste twee bemonsteringen (1, resp. 23 november) te laag wordt berekend. In het geval van de eerste laag bijv. neemt volgens de berekening de nitraathoeveelheid af van 60 tot 19 kg/ha, en er is een gemeten afname van 60 tot 4 kg/ha. Fig. 15 a t/m k toont de berekende en gemeten nitraatprofielen. Ook hier blijkt duidelijk de grote afwijking tussen metingen en berekeningen bovenin het profiel gedurende de eerste 40 - 50 dagen. Bij de berekeningen moet men uiteraard uitgaan van een gegeven beginsituatie (in dit geval de toestand op 1 november), waarbij stilzwijgend moet worden aangenomen dat de beginwaarnemingen foutloos zijn. Als het eerste punt buiten beschouwing wordt gelaten en de berekeningen dus starten op 23 november, dan worden de resultaten van fig. 16 a t/m h verkregen. Nu is de overeenstemming tussen metingen en berekeningen veel beter, zowel voor de individuele lagen als voor het totaal. Deze overeenstemming wordt ook gedemonstreerd in fig. 17 a t/m j waar de gemeten en berekende nitraatprofielen worden weergegeven. Dit zou kunnen betekenen dat bij de bepaling van het uitgangsnitraatgehalte in de bovenlaag een fout van $15/60 = 25\%$ zou zijn gemaakt. Men zou wellicht berekeningen kunnen maken waarbij achtereenvolgens elk meetpunt als uitgangspunt gebruikt wordt. Om te voorkomen dat dan steeds minder waarnemingen te gebruiken zijn zou dan ook in de tijd teruggerekend kunnen worden. Dit laatste zou men kunnen bereiken door alle snelheden van teken te veranderen.



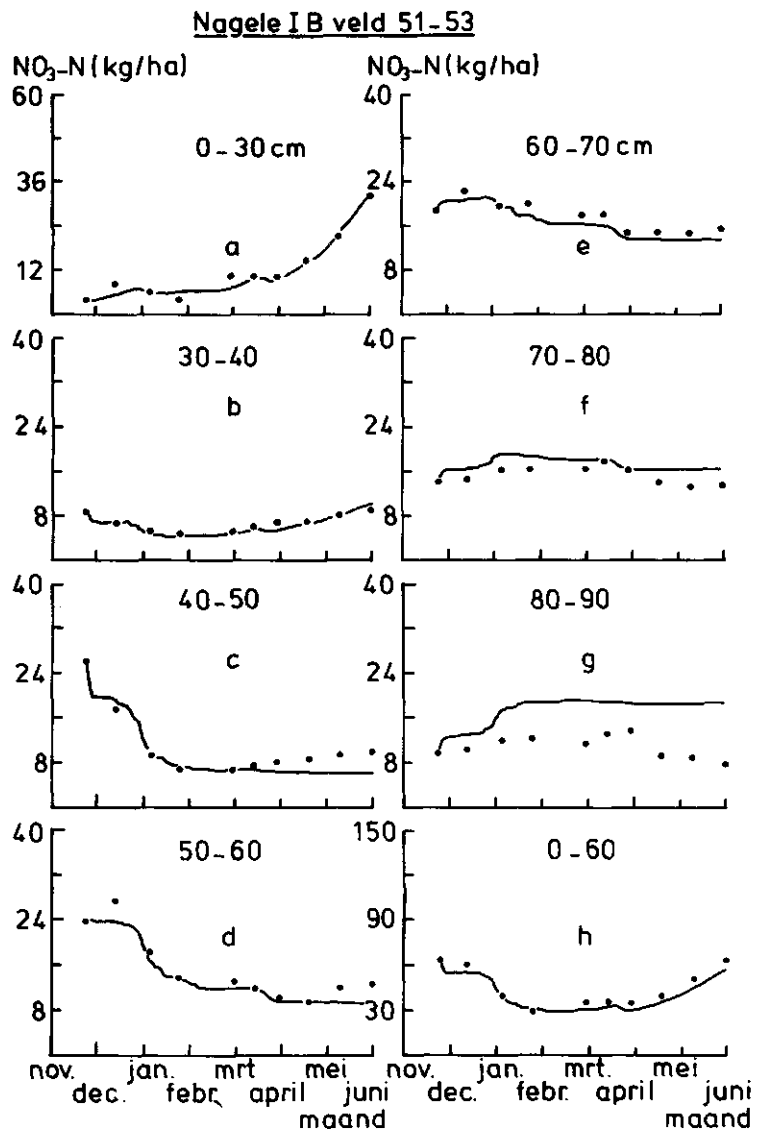
Figuur 14. Gesimuleerd en gemeten verloop nitraatgehalten met mineralisatie, startdatum 1 november.

Figure 14. Simulated and measured course of nitrate - nitrogen with mineralisation; calculations start at 1 November.



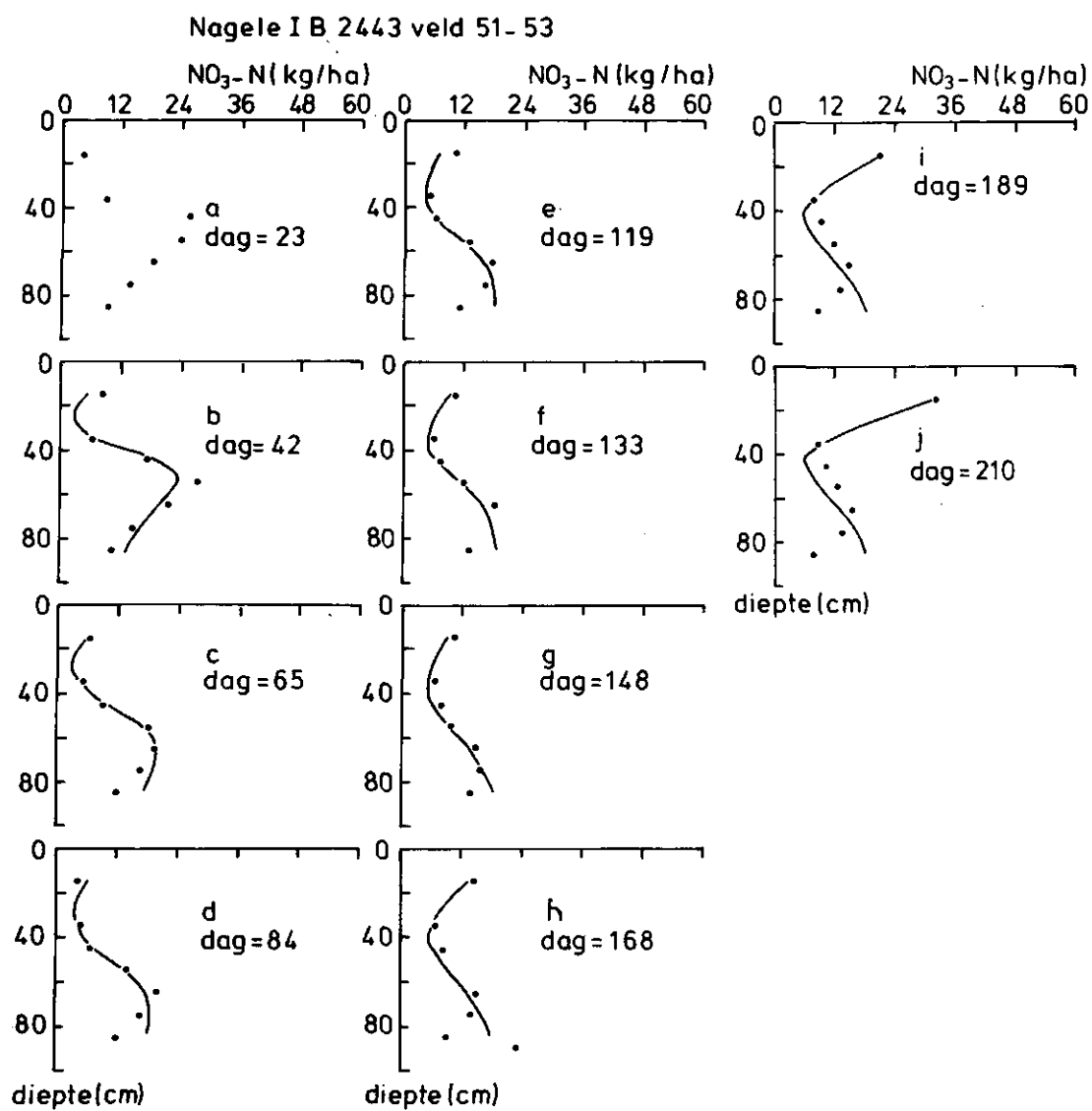
Figuur 15. Gesimuleerde en gemeten nitraatprofielen met mineralisatie, startdatum 1 november.

Figure 15. Simulated and measured nitrate profiles with mineralisation; calculations start 1 November.



Figuur 16. Gesimuleerd en gemeten verloop nitraatgehalten met mineralisatie, startdatum 23 november.

Figure 16. Simulated and measured course of nitrate contents with mineralisation; calculations start at 23 November.



Figuur 17. Gesimuleerde en gemeten nitraatprofielen met mineralisatie, startdatum 23 november.

Figure 17. Simulated and measured nitrate profiles with mineralisation; calculations start at 23 November.

Het is echter ook denkbaar dat de 20 kg/ha die teveel wordt berekend op 23 november in de twee eerste lagen in werkelijkheid verdwenen is ten gevolge van denitrificatie. Om na te gaan of dit tot de mogelijkheden behoort, kan de volgende redenering gevolgd worden. De afbraaksnelheid van organische stof is onder aërobe en anaërobe omstandigheden gelijk (Greenwood, 1962), vooropgesteld dat in het laatste geval voldoende nitraat aanwezig is om de rol van zuurstof in het afbraakproces over te nemen. In de periode 1 - 23 november bedroeg de gemiddelde temperatuur ca. 8 °C (fig. 7) zodat berekend kan worden dat de omzettingssnelheid van humus en vers organisch materiaal (zie par. 2.3.2. en hoofdstuk 3) resp. 6,6. en 2,7 kg/(ha.dag) bedraagt. Het koolstofgehalte van humus en aardappelloof bedraagt resp. 50 en 45% (H. van Dijk, pers. comm), zodat totaal $(3,3 + 1,2)/12 = 0,38$ kmol C/(ha.dag) verademd wordt, en dus ook 0,38 kmol zuurstof wordt verbruikt. Omdat per mol nitraat 3/2 mol zuurstof aanwezig is, komt dit overeen met een nitraatverbruik van 0,25 kmol/(ha.dag) of 3,5 kg N/(ha.dag). Dit zou dus het nitraatverbruik bedragen bij volledige anaërobie. Volgens onderzoek van Bremner & Shaw (1958; in Alexander, 1977) bedraagt de denitrificatie bij 75% van de WHC (de "waterholding capacity" ongeveer gelijk aan het vochtgehalte bij verzadiging) 18% van die bij 100% WHC. Het vochtgehalte in de bovenste 40 cm was in de eerste periode ca. 80% van het vochtgehalte bij verzadiging (fig. 11 en de pF-curven van fig. 4), zodat het nitraatverbruik dan ongeveer 0,6 kg/(ha.dag) of 14 kg/ha over de gehele periode van 23 dagen bedraagt. Het is zeer goed mogelijk dat gedurende een aantal dagen het vochtgehalte hoger is geweest dan de in het model maximaal toegelaten waarde, gezien de neerslagsom van 125 mm in deze periode, en de verdeling hiervan (fig. 8). Dit is nagegaan door de waterhuishouding in de periode november - januari gedetailleerd te berekenen met het elektrische analogonmodel van Wind (1979)*). Inderdaad bleek het vochtgehalte bovenin het profiel in de tweede helft van november gedurende een aantal dagen het

*) Een woord van dank past hier aan het adres van ing. Buitendijk die deze berekeningen heeft gedaan.

verzadigingsvochtgehalte zeer dicht te benaderen of te evenaren. Het tekort van 20 kg/ha zou dus goed toegeschreven kunnen worden aan verliezen door denitrificatie. Om denitrificatie beter te berekenen zou het vochtgehalte nauwkeuriger berekend moeten worden, dit laatste echter zou weer invoer van extra parameters vergen en het model veel duurder in gebruik maken. Immers het verband tussen waterdoorlatendheid en vochtgehalte of vochtspanning voor de betreffende grond (en wellicht zelfs voor iedere laag afzonderlijk) zou men moeten kennen, terwijl de toelaatbare tijdstap veel kleiner zou moeten zijn. De mogelijkheid om de waterhuishouding met een ander model (het electrisch analogon van Wind (1979) bijv.) gedetailleerd te berekenen, en de hierdoor verkregen resultaten over vochtgehalte en stroomsnelheid als gegevens (bijv. in de vorm van een tabel) in het nitraatmodel in te voeren zou de moeilijkheid van een kleine tijdstap opheffen, het bezwaar van invoer van meer parameters - en dus van meer bepalingen - blijft ook dan bestaan.

Als slotconclusie kan gesteld worden dat het model de confrontatie met de werkelijkheid redelijk heeft doorstaan, al lijkt verdere toetsing wel gewenst. Een grote mate van nauwkeurigheid mag men van een model waaraan de eis is gesteld dat het aantal parameters tot het uiterste minimum beperkt moet zijn, niet verwachten. Overigens: ook een model waarin alle relevante processen zouden zijn opgenomen en geheel juist beschreven (zo dit al mogelijk ware) zou ook geen volledig correcte voorspellingen kunnen doen, vanwege de heterogeniteit van de bodem in horizontale richtingen.

5. SAMENVATTING

Resultaten van berekeningen t.a.v. het verloop van minerale-stikstofgehalte in de bodem werden vergeleken met meetresultaten. In eerste instantie werd alleen rekening gehouden met uitspoeling. Het bleek dat ook in de periode winter - vroeg voorjaar mineralisatie in het model niet buiten beschouwing kon worden gelaten.

Als rekening werd gehouden met vrijkomen van stikstof uit humus en oogstresten, en tevens het effect van temperatuur op snelheid van mineralisatie in rekening werd gebracht, werd een bevredigende overeenkomst bereikt tussen berekenings- en meetresultaten, zij het dat in de bovenste 60 cm van het profiel berekende stikstofgehalten steeds hoger uitkwamen dan gemeten gehalten. Aannemelijk kon gemaakt worden dat dit verschil was veroorzaakt door denitrificatie die in het begin van de beschouwde periode was opgetreden.

6. SUMMARY

The course of the mineral-nitrogen content in a soil profile was calculated with a simple simulation model; the results were compared with actual measurements.

In a first approach only the influence of leaching was taken into consideration. It was found that even in periods with low average temperatures mineralisation cannot be ignored. Incorporation into the model of release of mineral nitrogen from humus and crop residues and of the effect of temperature on rate of release improved agreement between results of measurements and calculations. But the calculations - at least for the upper layers - systematically overestimated mineral nitrogen content. It could be made plausible that because of the heavy rains and relatively high temperatures in the first three weeks of the period considered, some denitrification had occurred, which caused the discrepancy between measurements and calculations.

7. LITERATUUR

- Alexander, M., 1977. Introduction to soil microbiology. Sec. Ed. John Wiley - Sons, New York, 456 pp.
- Borst, N.P. & Mulder, C., 1971. Stikstofgehalte, stikstofbemesting en opbrengst van wintertarwe op zeezand-, klei- en zavelgronden in Noord-Holland. Bedrijfsontwikkeling, Ed. Akkerbouw 2(3): 31-36.
- Burns, I.G., 1974. A model for predicting the redistribution of salts applied to fallow soils after excess rainfall and evaporation. J. Soil Sci. 25: 165-178.
- Greenwood, D.J., 1962. Nitrification and nitrate dissimilation in soil. I. Method of studying nitrate dissimilation. Plant Soil 17: 365-377.
- Holmes, R.M. & Robertson, G., 1963. Application of the relationship between actual and potential evaporation in dry land agriculture. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 6: 65-67.
- Keulen, H. van, 1975. Simulation of water use and herbage growth in arid regions. Simulation Monographs. PUDOC, Wageningen, 221 pp.
- Kortleven, J., 1963. Kwantitatieve aspecten van humusopbouw en humusafbraak. Versl. Landbouwk. Onderz. No. 69.1, 109 pp.
- Lemon, E.R., 1956. The potentialities for decreasing soil moisture evaporation loss. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 20: 120-125.
- Paauw, F. van der, 1962. Effect of winter rainfall on the amount of nitrogen available to crops. Plant Soil 16: 361-380.
- Penman, H.L., 1958. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Roy. Soc. A. 193: 130-146.
- Ris, J., 1978. Stikstofbemestingsadviezen op basis van grondonderzoek. Landbkd. Tijdschr. 90: 145-151.
- Terkeltoub, R.W. & Babcock, W.L., 1971. A simple method for predicting salt movement through soil. Soil Sci. 111: 182-187.
- Wind, G.P., 1979. Analog modeling of transient moisture flow in unsaturated soils. Diss. Landbouwhogeschool, Wageningen, 123 pp.

BIJLAGE

TITLE CHLORIDE AND NITRATE DISTRIBUTION IN NAGELE PERIODE 1-11-1977 T/M 31-5-1978

TITLE EXPERIMENT IB 2443

/ DIMENSION WDAT(11,7),SDAT(11,7),CDAT(11,7),TK(5),NO(20),RL(6)
/ DATA (RL(I),I=1,6)/'0-5','5-10','10-20','20-30','30-40','0-40'
STORAGE DE(22),D(8),SNO(22),WCM(22),WCN(22),CNO(22),EX(22),RUP(23)
STORAGE RIN(23),SIN(23),MS(9),NFL(23),FIN(23),WS(9),NS(9),W(22)
STORAGE TL(10),WCFC(7),BD(7),TCM(7),WCL(7),V(22)

TABLE TIN(1-5)=5*0.

*

* LAYER THICKNESS IN CM USED RESP. BY SAMPLING AND CALCULATIONS

TABLE TL(1-10)=2*5.,8*10.

TABLE TCM(1-7)=30.,6*10.

*

* BULK DENSITY TABLE IN GR/CM3.

TABLE BD(1-7)=1.42,1.36,1.33,1.26,1.30,1.27,1.20

* WATERCONTENT IN ML/CM3 AT PF=2.0

TABLE WCFC(1-7)=.384,.425,.458,.493,.497,.491,.525

* WATERCONTENT IN ML/CM3 AT PF=4.2

TABLE WCL(1-7)=.019,.018,.013,.010,.010,.011,.012

* HS - ORGANIC MATTER PERCENTAGE.

* FS - FRESH ORGANIC MATERIAL IN KG/HA DRY MATTER.

* PO - NITRATE FRACTION OLD MATERIAL.

* PV - NITRATE FRACTION FRESH MATERIAL.

* K0 - DECOMPOSITION COEFFICIENT OF HUMUS(DAY-1).

* P,N- NUMBERS OF LAYERS.

* KE - EXTINCTION FACTOR(CM-1).

* ALF - FRACTION OF FRESH ORGANIC MATERIAL , THAT REMAINS AFTER A YEAR
* OF DECOMPOSITION.

* CFERT - CHLORIDE MANURING IN MG/CM2.

* PM - PARAMETER INDICATES MINERALISATION OR NO MINERALISATION
* IN THE MODEL.

* NV - NUMBER OF LAYERS WITH FRESH ORGANIC MATERIAL

INCON HS=2.15,FS=2500.,PO=5.3,PV=3.5,NV=2,NN=4

PARAM P=7,N=10,KE=10.,CFERT=3.14,K0=5.4E-5,ALF=0.4,PM=1.

* EVAPORATION REDUCTION TABLE TO REDUCE THE EVAPORATION DEMAND AND IS A FUNCTION OF
* WATERCONTENT OF UPPER LAYER,NORMILISED UPON THE WATERHOLDINGCAPACITY.

FUNCTION RDTB=(0.,0.05),(0.52,0.1),(0.7,0.2),(0.81,0.35),(0.92,.80),...
(0.98,0.90),(1.,1.)

* TEMPERATURE COEFFICIENT TABLE,NORMALISED ON 9.3 CENTIGRADE CELCIUS
* BASED ON 30-YEARS AVERAGE OF TEMPERATURE IN DE BILT.

FUNCTION TCTB=(0.,0.),(5.0,0.5),(9.3,1.0),(15.,2.),(20.,4.3)

* DIMENSIONS IN MG,CM,DAY,DEGREE CENTIGRADE,KG/HA.

*

*****CLIMATOLOGICAL DATA FUNCTIONS OF TIME*****

*
*
* SOIL TEMPERATURE AT DEPTH OF 2.5 CM.
*

FUNCTION SOTB,2.5=...

(0., 8.9),(7., 9.9),(12.,10.5),(17., 6.0),(22., 3.8),...
 (27., 2.6),(32., 2.7),(37., 0.9),(42., 6.2),(47., 5.3),...
 (52., 3.9),(57., 6.5),(62., 4.7),(67., 2.5),(72., 4.0),...
 (77., 3.0),(82., 2.7),(87., 2.6),(92., 2.1),(97., 1.8),...
 (102., 0.3),(107., 0.2),(112., 0.0),(117., 3.2),(122., 6.4),...
 (127., 2.3),(132., 7.8),(137., 3.9),(142., 3.3),(147., 5.5),...
 (152., 6.7),(157., 5.7),(162., 5.4),(167., 4.8),(172., 8.1),...
 (177., 8.9),(182.,11.1),(187.,12.7),(192.,10.4),(197.,10.4),...
 (202.,12.3),(207.,11.7),(212.,15.2),(217.,17.9),(222.,15.2)

*
* SOIL TEMPERATURE AT DEPTH OF 15 CM.
*

FUNCTION SOTB,15.=...

(0., 9.5),(7., 9.8),(12.,10.8),(17., 6.8),(22., 4.6),...
 (27., 3.8),(32., 3.3),(37., 1.5),(42., 5.8),(47., 5.5),...
 (52., 3.9),(57., 6.5),(62., 4.6),(67., 2.6),(72., 3.8),...
 (77., 3.3),(82., 2.9),(87., 3.3),(92., 2.8),(97., 2.3),...
 (102., 0.9),(107., 0.4),(112., 0.1),(117., 2.3),(122., 6.2),...
 (127., 3.3),(132., 7.3),(137., 4.7),(142., 4.0),(147., 5.4),...
 (152., 6.6),(157., 6.5),(162., 6.2),(167., 5.1),(172., 8.4),...
 (177., 9.1),(182.,10.7),(187.,12.0),(192.,10.8),(197.,10.1),...
 (202.,12.3),(207.,11.2),(212.,14.7),(217.,17.2),(222.,15.0)

*
* SOIL TEMPERATURE AT DEPTH OF 45 CM.
*

FUNCTION SOTB,45.=...

(0.,10.6),(7.,10.2),(12.,11.1),(17., 8.7),(22., 6.8),...
 (27., 6.4),(32., 5.0),(37., 3.8),(42., 5.7),(47., 6.7),...
 (52., 5.5),(57., 6.8),(62., 5.7),(67., 4.3),(72., 4.4),...
 (77., 4.5),(82., 4.0),(87., 4.3),(92., 4.3),(97., 3.6),...
 (102., 2.8),(107., 2.0),(112., 1.7),(117., 1.9),(122., 5.5),...
 (127., 5.1),(132., 6.4),(137., 6.2),(142., 5.5),(147., 5.9),...
 (152., 6.8),(157., 7.0),(162., 6.9),(167., 6.1),(172., 7.6),...
 (177., 8.9),(182., 9.9),(187.,10.7),(192.,10.8),(197.,10.8),...
 (202.,11.6),(207.,11.1),(212.,13.3),(217.,14.8),(222.,14.1)

*
* RAIN TABLE IN MM.
*

FUNCTION RAINTB=...

(1., 8.2),(2., 2.1),(3., 8.7),(4., .1),(5., 2.2),...
 (6., .6),(7., 6.5),(8., 4.0),(9., 1.2),(10., 5.5),...
 (11., .5),(12., 1.3),(13.,15.5),(14.,10.5),(15., 9.7),...
 (16.,12.0),(17., 5.0),(18., 3.9),(19., 1.4),(20., 2.8),...
 (21., 6.8),(22.,15.0),(23., .6),(24.,14.3),(25., 6.5),...
 (26., 2.7),(27., .3),(28., .1),(29., .1),(30., .1),...
 (31., .9),(32., .1),(33., .0),(34., .2),(35., .2),...
 (36., .0),(37., .3),(38., .7),(39., .2),(40., .1),...
 (41., .9),(42., 4.4),(43., .2),(44., .2),(45., .3),...
 (46., .2),(47., .2),(48., .0),(49., 2.2),(50., .0),...
 (51., .0),(52., 7.0),(53., 2.2),(54., 1.1),(55., 2.6),...

(56., .1),(57., 9.1),(58., 9.1),(59., 5.2),(60., 2.0),...
 (61.,10.7),(62., 5.0),(63., .0),(64., 2.5),(65., 9.5),...
 (66., .6),(67., .0),(68., .0),(69., .0),(70., .0),...
 (71., 2.1),(72., 4.4),(73.,12.5),(74., .5),(75., .4),...
 (76., .0),(77., .0),(78., .0),(79., .0),(80., .1),...
 (81., .0),(82., .0),(83., .0),(84., .2),(85., 3.0),...
 (86., 3.2),(87., 2.0),(88., 4.5),(89., .0),(90., .2),...
 (91., 1.3),(92., 2.4),(93., 1.4),(94., 2.7),(95., .0),...
 (96., .4),(97., .0),(98., 1.9),(99., .1),(100., .0),...
 (101., .1),(102., .0),(103., .0),(104., 1.1),(105., .0),...
 (106., .0),(107., .0),(108., .0),(109., .0),(110., .0),...
 (111., .0),(112., .0),(113., .0),(114., 2.2),(115., 1.2),...
 (116., .6),(117., .5),(118., .0),(119., .0),(120., 4.1),...
 (121., .1),(122., .7),(123., 1.0),(124., .0),(125., .0),...
 (126., .2),(127., .0),(128., 1.3),(129., 4.3),(130., .0),...
 (131., .1),(132., 2.8),(133., 4.2),(134., 1.2),(135., 3.0),...
 (136., 2.6),(137., 4.6),(138., 1.1),(139., 1.2),(140.,11.5),...
 (141., 3.3),(142., 3.5),(143., 1.8),(144., 3.7),(145., 1.0),...
 (146., 5.8),(147., 1.5),(148., 2.3),(149., 1.1),(150., .0),...
 (151., .6),(152., .9),(153., .1),(154., .0),(155., .0),...
 (156., .0),(157., .0),(158., .0),(159., .0),(160., .1),...
 (161., .0),(162., 4.5),(163., 1.9),(164., .1),(165., 1.0),...
 (166., .1),(167., .5),(168., 1.4),(169., .0),(170., .0),...
 (171., .0),(172., .7),(173., .0),(174., .1),(175., .0),...
 (176., .0),(177., .0),(178., 1.5),(179., .0),(180., 3.2),...
 (181., .9),(182., 3.2),(183., 0.0),(184., 0.4),(185., 0.1),...
 (186., 0.1),(187., 4.0),(188., 0.7),(189., 0.0),(190., 0.0),...
 (191., 0.0),(192., 0.0),(193., 4.6),(194., 1.3),(195., 0.0),...
 (196., 0.7),(197., 0.3),(198., 0.5),(199., 0.0),(200., 0.0),...
 (201., 1.3),(202., 0.0),(203., 0.0),(204., 0.0),(205., 0.0),...
 (206., 3.1),(207., 0.0),(208., 0.1),(209., 0.0),(210., 0.0),...
 (211., 0.0),(212., 0.0)

*
 * POTENTIAL EVAPORATION TABLE IN MM.

*
 FUNCTION EVTR=...

(1., 0.4),(2., 0.4),(3., 0.6),(4., 0.6),(5., 0.6),...
 (6., 0.4),(7., 0.5),(8., 0.6),(9., 0.3),(10., 0.4),...
 (11., 1.0),(12., 1.5),(13., 0.4),(14., 0.8),(15., 0.9),...
 (16., 0.3),(17., 0.0),(18., 0.2),(19., 0.4),(20., 0.2),...
 (21., 0.1),(22., 0.0),(23., 0.4),(24., 0.7),(25., 0.4),...
 (26., 0.3),(27., 0.2),(28., 0.4),(29., 0.2),(30., 0.0),...
 (31., 0.1),(32., 0.0),(33., 0.5),(34., 0.2),(35., 0.2),...
 (36., 0.2),(37., 0.1),(38., 0.5),(39., 0.4),(40., 0.2),...
 (41., 0.1),(42., 0.2),(43., 0.0),(44., 0.0),(45., 0.0),...
 (46., 0.2),(47., 0.1),(48., 0.4),(49., 0.1),(50., 0.2),...
 (51., 0.1),(52., 0.1),(53., 0.3),(54., 1.9),(55., 0.3),...
 (56., 0.3),(57., 0.3),(58., 0.1),(59., 0.4),(60., 0.8),...
 (61., 0.2),(62., 0.3),(63., 0.5),(64., 0.7),(65., 0.0),...
 (66., 0.1),(67., 0.3),(68., 0.1),(69., 0.3),(70., 0.0),...
 (71., 0.3),(72., 0.2),(73., 0.8),(74., 0.4),(75., 0.1),...
 (76., 0.1),(77., 0.3),(78., 0.2),(79., 0.0),(80., 0.1),...
 (81., 0.3),(82., 0.2),(83., 0.1),(84., 0.1),(85., 0.6),...
 (86., 0.7),(87., 0.1),(88., 0.4),(89., 1.1),(90., 0.4),...
 (91., 0.2),(92., 0.1),(93., 0.1),(94., 0.3),(95., 0.0),...
 (96., 0.2),(97., 0.1),(98., 0.1),(99., 0.0),(100., 0.4),...
 (101., 0.5),(102., 0.5),(103., 0.4),(104., 0.3),(105., 0.3),...
 (106., 0.2),(107., 0.0),(108., 0.4),(109., 0.2),(110., 0.2),...

```

(111., 0.7),(112., 0.7),(113., 0.4),(114., 0.2),(115., 0.6),...
(116., 0.7),(117., 1.0),(118., 1.6),(119., 1.0),(120., 0.7),...
(121., 1.3),(122., 1.3),(123., 0.3),(124., 0.6),(125., 1.3),...
(126., 0.6),(127., 0.7),(128., 0.9),(129., 1.3),(130., 0.8),...
(131., 0.8),(132., 0.7),(133., 1.3),(134., 1.4),(135., 2.4),...
(136., 1.5),(137., 1.1),(138., 1.5),(139., 1.2),(140., 1.8),...
(141., 0.5),(142., 1.4),(143., 2.6),(144., 1.8),(145., 1.7),...
(146., 2.3),(147., 0.7),(148., 1.1),(149., 2.2),(150., 0.7),...
(151., 1.0),(152., 1.6),(153., 2.1),(154., 1.9),(155., 0.9),...
(156., 3.7),(157., 3.6),(158., 2.9),(159., 1.2),(160., 1.9),...
(161., 1.1),(162., 1.1),(163., 1.9),(164., 1.7),(165., 1.9),...
(166., 2.4),(167., 2.2),(168., 2.4),(169., 3.4),(170., 2.7),...
(171., 2.4),(172., 2.6),(173., 2.7),(174., 3.4),(175., 3.1),...
(176., 3.9),(177., 3.5),(178., 1.6),(179., 2.6),(180., 3.9),...
(181., 2.1),(182., 2.6),(183., 3.0),(184., 0.8),(185., 3.6),...
(186., 3.5),(187., 1.8),(188., 1.0),(189., 1.7),(190., 5.3),...
(191., 3.3),(192., 3.9),(193., 1.7),(194., 2.6),(195., 2.6),...
(196., 1.4),(197., 3.6),(198., 2.4),(199., 4.6),(200., 3.7),...
(201., 2.6),(202., 1.6),(203., 4.1),(204., 2.2),(205., 1.0),...
(206., 0.7),(207., 2.8),(208., 5.0),(209., 5.3),(210., 5.8),...
(211., 5.2),(212., 6.3)

```

```

INITAL
NOSORT

```

```

FIXED I,J,K,L,M,N,EF,PT,NU,NN, IDAY, IEND, S, NO, P

```

```

*
* INPUT OF TEXT, WATERCONTENT (WEIGHT PERC), CHLORIDE (PPM) AND NITRATE (PPM) DATA.
*

```

```

EF=KE
READ(5,10)TK
10  FORMAT(5A5)
READ(5,15)((WDAT(I,J),J=1,7),NO(I),I=1,11)
READ(5,15)((CDAT(I,J),J=1,7),NO(I),I=1,11)
READ(5,15)((SDAT(I,J),J=1,7),NO(I),I=1,11)
15  FORMAT(7F5,I4)
K=0

```

```

*
* CHOICE OF START DATE.
*

```

```

DO 21 I=1,11
K=K+1
WRITE(1,22)NO(I)
22  FORMAT(1X,'STARTDATE=',I3)
WRITE(1,23)
23  FORMAT(1X,'NEXT DATE?(Y=1 OR N=0)')
READ(1,24)L
24  FORMAT(I1)
IF(L.EQ.0)GOTO 25
21  CONTINUE
25  SDAY=NO(K)
IDAY=NO(K)
WRITE(1,26)
26  FORMAT(1X,'WEATHER OUTPUT?(Y=1 OR N=0)')
READ(1,24)S
EDAY=NO(11)
IEND=NO(11)
M=N+1

```

```

*

```

```

*
  D(1)=TCM(1)
  DO 13 I=2,P
  D(I)=D(I-1)+TCM(I)
  IF(I.GT.NN)GOTO 13
  DS=D(I)
13  CONTINUE
  DE(1)=.5*TL(1)
  DO 17 I=1,N
  DE(I+1)=DE(I)+(TL(I)+TL(I+1))/2.
17  CONTINUE
*
* INITIALISE WATERCONTENT(CM3/CM3),CHLORIDE(MG/CM2/LAYER) AND
* NITRATE(MG/CM2/LAYER) ON DATE 1 NOVEMBER 1977 OR OTHER STARTDATE.
*
  J=1
  DO 14 I=1,N
18  IF(DE(I).LT.D(J))GOTO 16
  J=J+1
  GOTO 18
16  WT(I)=WDAT(K,J)*BD(J)/(100.-WDAT(K,J))
  NT(I)=CDAT(K,J)*BD(J)*TL(I)/1000.
  MT(I)=SDAT(K,J)*BD(J)*TL(I)/1000.
14  CONTINUE
  NOT=0.
  NVT=0.
*
* INITIALISE POTENTIAL MINERAZIBLE NITRATE FROM OLD AND FRESH
* ORGANIC MATERIAL (KG/HA/LAYER).
* COMPUTE FO, THE RELEASED NITRATE OF FRESH ORGANIC MATERIAL IN ONE DAY.
* IN KG/HA/DAY IN LAYER 0-10CM.
*
*
  FO=FS*(PV-ALF*FO)/36500.
  DO 19 I=1,5
  ON(I)=BD(1)*TL(I)*HS*FO*10.
  VN(I)=INSW(NV-I,0.,FS*PV/FLOAT(NV*100))
  NOT=NOT+ON(I)
  NVT=NVT+VN(I)
19  CONTINUE
*
* OUTPUT INITIAL VALUES.
*
  WRITE(1,20)
20  FORMAT(1X,'N-POT(KG/HA/LAAG)',5X,'OLD MAT.',5X,'VERS MAT.')
  WRITE(1,27)(RL(I),ON(I),VN(I),I=1,5),RL(6),NOT,NVT
27  FORMAT(A10,7X,F10.2,5X,F10.2)
  IF(S.NE.0)WRITE(4,11)TK
  WRITE(10,11)TK,IDAY,IEND
11  FORMAT(5A5,2I4)
  WRITE (6,12)
12  FORMAT(2X,'RAIN',6X,'EV',8X,'EVR',6X,'temp',5X,'nmin',6X,'TIME')
DYNAMIC
NDSORT
*
```

```

DAY=AIN(TIME)+SDAY
RAIN=AFGEN(RAINTB, DAY)
EVAP=AFGEN(EVTB, DAY)
WL=WCL(1)
WCPR=LIMIT(0., 1., (WC(1)-WL)/(WCFC(1)-WL))
RD=AFGEN(RDTB, WCPR)
AEVAP=RD*EVAP
RIN(1)=RAIN/10.
NFL(1)=RIN(1)-AEVAP/10.
WP=0.
S2=0.
J=1

```

```

*
* CALCULATION OF WATER WITHDRAWAL FROM LAYERS BY EVAPORATION.
*

```

```

DO 30 I=1, N
31 IF(DE(I).LT.D(J))GOTO 33
    J=J+1
    GOTO 31
33 WCM(I)=WCFC(J)-WC(I)
    WCN(I)=WC(I)-WCL(J)
    W(I)=WCN(I)*TL(I)
    E=EXP(-KE*DE(I)*.01)
    EX(I)=AMAX1(0., WCN(I))*E
    S2=S2+EX(I)*TL(I)
    V(I)=S2
30 CONTINUE

```

```

*
* CALCULATION OF DOWN- OR UPWARD WATERFLOW THROUGH PROFILE.
*

```

```

DO 35 I=1, N
RUP(I+1)=AEVAP/10.-V(I)/S2*AEVAP/10.
RIN(I+1)=AMAX1(0., RIN(I)-WCM(I)*TL(I)/DELT)
NFL(I+1)=RIN(I+1)-RUP(I+1)
DWC(I)=(NFL(I)-NFL(I+1))/TL(I)
IF(I.GT.(NN+3))GOTO 35
WP=WP+WCM(I)*TL(I)*100.
35 CONTINUE
WP=WP/DS
DO 40 I=1, M
SIN(I)=0.
FIN(I)=0.
40 CONTINUE
IF(DAY.NE.28.)GOTO 28
NC(1)=NC(1)+CFERT/8.
NC(2)=NC(2)+CFERT/8.
NC(3)=NC(3)+CFERT*0.75

```

```

*
* CALCULATION OF CONCENTRATIONS AND FLOWS OF CHLORIDE AND
* NITRATE RESP. IN MG/ML AND MG/DAY.
*

```

```

28 DO 45 I=2, M
IF(NFL(I))45, 46, 50
50 CNO(I-1)=(NC(I-1)+DELT*FIN(I-1))/(NFL(I-1)*DELT+W(I-1))
SNO(I-1)=(NF(I-1)+DELT*SIN(I-1))/(W(I-1)+DELT*NFL(I-1))
46 FIN(I)=CNO(I-1)*NFL(I)
SIN(I)=SNO(I-1)*NFL(I)
45 CONTINUE

```

```

DO 55 I=N,2,-1
IF(NFL(I))60,61,55
60 CND(I)=(NC(I)-FIN(I+1)*DELTA)/(W(I)-DELTA*NFL(I+1))
SNO(I)=(NF(I)-SIN(I+1)*DELTA)/(W(I)-DELTA*NFL(I+1))
61 FIN(I)=CND(I)*NFL(I)
SIN(I)=SNO(I)*NFL(I)
55 CONTINUE
TOLD=0.
TFRS=0.
NQ=0.
NP=0.
TMIN=0.
SM=0.

```

```

*
* CALCULATION OF DECOMPOSITION OF OLD AND FRESH ORGANIC
* MATERIAL PER LAYER AND NET FLOWS IN TOPSOIL(0-40CM).
*

```

```

DO 65 I=1,5
TC=TWOVAR(SOTB,DAY,DE(I))
DO(I)=-K0*AFGEN(TCTB,TC)*OLD(I)
DV(I)=INSW(NV-I,0.,-AFGEN(TCTB,TC))*F0/FLOAT(NV))
DNM(I)=-((DO(I)+DV(I))*PM)
DNC(I)=FIN(I)-FIN(I+1)
DNS(I)=SIN(I)-SIN(I+1)+DNM(I)/100.
TOLD=TOLD+OLD(I)
TFRS=TFRS+FRS(I)
NQ=NQ+NF(I)*100.
NP=NP+NC(I)*100.
TMIN=TMIN+NM(I)
SM=SM+DNM(I)
65 CONTINUE

```

```

*
* CALCULATION OF NET FLOWS BELOW 40 CM.
*

```

```

DO 77 I=6,N
DNC(I)=FIN(I)-FIN(I+1)
DNS(I)=SIN(I)-SIN(I+1)
IF(I.GT.(NN+3))GOTO 77
NQ=NQ+NF(I)*100.
NP=NP+NC(I)*100.
77 CONTINUE

```

```

*
* UPDATING WATERCONTENT,NITRATE,CHLORIDE,OLD AND FRESH
* ORGANIC MATERIAL,MINERALISATION AND CLIMATE TOTALS.
*

```

```

WC=INTGRL(WT,DWC,10)
NC=INTGRL(NT,DNC,10)
NF=INTGRL(MT,DNS,10)
OLD=INTGRL(ON,DO,5)
FRS=INTGRL(VN,DV,5)
NM=INTGRL(TIN,DNM,5)
RNT=INTGRL(O.,RAIN)
RET=INTGRL(O.,RAIN-EVAP)
RAT=INTGRL(O.,RAIN-AEVAP)
EVT=INTGRL(O.,EVAP)
EVR=INTGRL(O.,AEVAP)
TST=INTGRL(O.,SM)
DO 82 I=1,P
WS(I)=0.
NS(I)=0.
MS(I)=0.

```