



nota

instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen.

Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

W.H.J. Beltman

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.

SAMENVATTING

Berekening van droogtegevoelige zandgronden heeft gevolgen voor de stikstofhuishouding, waardoor ook de uitspoeling van nitraat naar de aquifer en oppervlaktewater zal veranderen. Doelstelling van het onderzoek was het simuleren van de stikstofhuishouding van beregend grasland (niet beweide) met ANIMO (= Agricultural Nitrogen Model) met behulp van beschikbare meetgegevens van proeven op ROC Aver-Heino.

Met het waterhuishoudingsmodel WATBAL is de waterhuishouding gesimuleerd van een beregeningsproef welke gedurende drie jaren is uitgevoerd. De stikstofhuishouding van vier beregenings- en bemestingsobjecten van deze proef is gesimuleerd. De proef was uitgevoerd op een droogtegevoelige zandgrond met dik humuspakket en diep gelegen grondwaterspiegel.

De resultaten van de berekeningen met ANIMO zijn gefit met en geverifieerd aan gemeten nitraat-stikstof concentraties in het bodemvocht en gegevens over de oogst. De gesimuleerde gewasopname bleef achter bij de hoeveelheid stikstof die in de oogstafvoer was bepaald. Een gedetailleerdere beschrijving van de vochtopname in ANIMO zou tot een betere simulatie van de beregeningsproeven kunnen leiden.

Doordat de opname niet geheel goed is gesimuleerd, werd er bij de berekeningen met ANIMO geen duidelijk effect van berekening op de nitraatuitspoeling geconstateerd.

Een voorspelling over het gevolg van berekening voor de nitraatuitspoeling op de lange termijn is berekend voor een wat betreft humusvoorraad algemener voorkomend profiel. Een berekening voor 30 jaar gaf een grotere uitspoeling als gevolg van beregenen ten opzichte van niet beregenen. De gewasopname was voor beide situaties gelijk, wat niet realistisch is, zodat er aan deze berekeningen nog geen conclusies kunnen worden verbonden.

VOORWOORD

Dit is het verslag van zes maanden onderzoek in het kader van het afstudeervak 'bodemhygiene en -verontreiniging' als onderdeel van de studie Milieuhygiene aan de Landbouwniversiteit Wageningen. Het onderzoek is uitgevoerd op het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW) te Wageningen. Meerdere personen hebben mij daar met raad en daad bijgestaan welke ik hiervoor zeer erkentelijk ben. In het bijzonder J.H.A.M. Steenvoorden, onder wiens leiding het onderzoek is uitgevoerd. De bepreking van resultaten van berekeningen waren bijzonder leerzaam voor mij door zijn overzicht over de stikstofhuishouding en relatie ervan tot de bemestingsproblematiek. J.G. Kroes voor de hulp bij het doorgronden van en werken met het model, wat daardoor een stuk sneller verliep.

Het was prettig werken op het ICW, door de hulp die ik kreeg bij het verzamelen van de gegevens en de belangstelling die er werd getoond voor mijn onderzoek.

augustus 1987

Wim Beltman

INHOUD

SAMENVATTING

VOORWOORD

1. INLEIDING	1
2. BEREKENINGSPROEVEN	3
2.1 Proefperceel	3
2.2 Uitvoering proeven	4
3. STIKSTOFHUISHOUDING	5
3.1 Transport	6
3.2 Processen	6
3.3 Invloed van temperatuur, pH, water- en zuurstofhuishouding	10
4. WATBAL, MODEL VOOR DE WATERHUISHOUDING	11
5. SIMULATIE VAN DE WATERHUISHOUDING	14
5.1 Simulatie	14
5.2 Resultaten	15
6. ANIMO, MODEL VOOR DE STIKSTOFHUISHOUDING	16
6.1 Transport	16
6.2 Processen	17
6.2.1 Organische stof	17
6.2.2 Mineralisatie en immobilisatie	19
6.2.3 Denitrificatie	19
6.2.4 Gewasopname	19
6.2.5 Ammoniakvervluchtiging en ammoniumadsorptie	20
6.3 Invloed van temperatuur en vochtgehalte	20
7. SIMULATIE VAN DE STIKSTOFHUISHOUDING	22
7.1 Simulatie	22
7.1.1 Initialisatie	22
7.1.2 Optimalisatie	23
7.1.2.1 Mineralisatie	23
7.1.2.2 Denitrificatie	24
7.1.2.3 Gewasopname	26
7.2 Resultaten	27
8. INVLOED VAN BEREKENING OP DE LANGE TERMIJN	30
8.1 Berekeningen met ANIMO	30
8.2 Resultaten	30
9. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	32
LITERATUURLIJST	33
BIJLAGEN	

1. INLEIDING

Als gevolg van de intensieve bemesting van landbouwgronden, vindt er met name op zandgrond een uitspoeling van nitraat naar het grondwater plaats. Een hoge nitraatconcentratie in het oppervlaktewater kan aanleiding geven tot eutrofiering en hoge gehalten nitraat in het grondwater zijn ongewenst voor drinkwater. Bij de winning van grondwater ten behoeve van de drinkwatervoorziening kunnen deze hoge gehalten nadelige gevolgen hebben op de gezondheid, vooral bij babies. Door de geringe mogelijkheid tot vastlegging van nitraat worden er met name bij de zandgronden al nitraatconcentraties aangetroffen in het grondwater, die de maximaal toelaatbare concentratie op basis van EEG- richtlijnen overschrijden (50 mg NO₃/l).

In het afgelopen decennium is het beregenen van grasland in droge perioden steeds meer toegepast. Vooral op de droogtegevoelige gronden kan dit de gewasproductie goed verbeteren. Het gebruik van deze technologie kan op twee manieren invloed hebben op de uitspoeling van nitraat. Enerzijds wordt er door het stimuleren van de opname in droge perioden meer mineraal stikstof opgenomen door het gewas. Anderzijds kan de uitspoeling van nitraat worden versneld door bijvoorbeeld beregening vlak voor een zware regenbui.

Omdat er tussen het moment van bemesting en onttrekking of afvoer op het oppervlaktewater enige jaren verstrijken, worden er modellen gebouwd om een voorspelling te kunnen doen over de gevolgen van bemesting en bemestingsmaatregelen. Op het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW) is het model ANIMO (Agricultural Nitrogen Model) ontwikkeld, voor gebruik op zowel veld- als regionale schaal.

Doel van het onderzoek was het simuleren van de stikstofhuishouding van beregend grasland (niet beweid) met ANIMO om daarna een voorspelling te kunnen doen over het effect van beregening van grasland op de nitraatuitspoeling. Onderzocht is een zand- profiel, omdat de geringe vastleggingscapaciteit in combinatie met de droogtegevoeligheid dit tot uitspoelingsgevoelig profiel maken.

Om een aantal parameters van ANIMO te fitten en te verifiëren, is gebruik gemaakt van gegevens die verzameld zijn bij beregeningsproeven op een proefveld gelegen op Regionaal Onderzoeks Centrum (ROC) Aver-Heino te Heino. Een beschrijving van en omstandigheden bij de proeven wordt gegeven in hoofdstuk 2.

In hoofdstuk 3 komt de stikstofcyclus aan de orde.

Hoofdstuk 4 behandelt het waterhuishoudingsmodel WATBAL, welke gegevens betreffende de waterhuishouding aanlevert voor het stikstofmodel ANIMO. De berekeningen met WATBAL worden besproken in hoofdstuk 5.

Het model ANIMO kort weergegeven in hoofdstuk 6, de simulaties ermee in hoofdstuk 7.

Wat de gevolgen zijn van berekening op de lange termijn voor de uitspoeling van nitraat op droogtegevoelige Nederlandse zandgronden met een normale bemesting wordt besproken in hoofdstuk 8. De conclusies van het onderzoek en mogelijkheden tot verdere uitdieping worden gegeven in hoofdstuk 9.

2. BEREKENINGSPROEVEN

De berekeningsproeven zijn van 1981 tot en met 1984 uitgevoerd op ROC Aver-Heino, het Regionaal Onderzoeks Centrum voor de rundveehouderij.

De proeven zijn opgezet door PR, IB, CABO en ICW ter bestudering van onder meer de wortelontwikkeling, gewasproductie, waterhuishouding, stikstofopname en de nitraatuitspoeling ten gevolge van berekening bij verschillende bemestingsniveau's.

Hieronder wordt kort de situatie en proefopzet weergegeven (van Boheemen en Humbert, 1983, Fonck, 1982, 1986a), voor zover van belang voor de simulaties.

2.1 Proefperceel

Het proefperceel was tot 1981 een extensief gebruikt graslandperceel. De grondwaterspiegel van het perceel komt zelden hoger dan 1,75 m beneden maaiveld. Er is gekozen voor een profiel met diep gelegen grondwaterspiegel opdat wateropname door het gewas als gevolg van capillaire opstijging kon worden verwaarloosd. Het wateroverschot wordt afgevoerd naar de regionale grondwaterstromen. Figuur 2.1 (bijlage I) toont de ligging van het proefperceel op de proefboerderij.

Het profiel is geklassificeerd als een zwarte enkeerd grond (Eh1) van 70-110 cm dik, welke is gelegen op een zandrug van eolische oorsprong (Haans en Domhof, 1953).

De voor de proeven belangrijkste karakteristieken van deze grond zijn:

- goede interne drainage
- goede aeratie
- matig vermogen om water vast te houden met daarvan een groot deel beschikbaar voor het gewas.

tabel 2.1 Humusvoorraad, stikstoffractie, bulkdichtheid en C/N -coefficient van het proefperceel, het gemiddelde van drie mengmonsters (van der Meer, 1987).
(C-fractie humus = 0.58)

diepte (m)	bulkdichtheid (x 1000 kg/m ³)	humusfractie (gew.%)	N-fractie humus (gew.%)	C/N
0,00-0,05	1,41	6,26	3,8	15
0,05-0,20	1,41	5,36	4,3	14
0,20-0,40	1,41	5,19	3,5	17
0,40-0,60	1,30	6,40	3,5	17
0,60-0,80	1,38	6,30	2,6	22
0,80-1,00	1,46	2,78	3,4	17

Tijdens de proef is de grond geanalyseerd op organische stof door het CABO, waarvan de resultaten worden gegeven in tabel 2.1.

2.2 Uitgevoerde proeven

De proeven vonden plaats op 48 proefveldjes van 5 x 6 m. Iedere van de 12 onderstaande behandelingen werd uitgevoerd op vier proefveldjes (zie figuur 2.2, bijlage I). Het stikstof werd toegediend in de vorm van kunstmest.

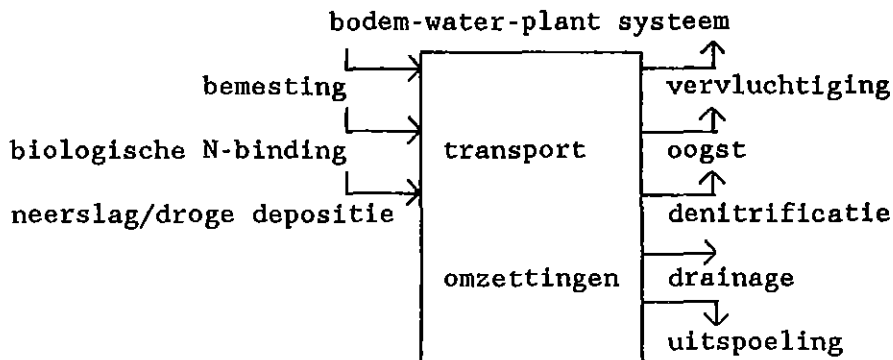
De verschillende beregenings- en bemestings-niveau's zijn gegeven in het onderstaande overzicht. De vier N-trappen kwamen bij elk beregeningsscenario voor.

beregening	N-bemesting (kunstmest)
W1 geen water	N0 geen N-bemesting
W2 water bij pF = 2,7	N1 220 kg N/ha
W3 water bij pF = 2,3	N2 440 kg N/ha
	N3 660 kg N/ha

Bij het bereiken van een de pF-waarde werd er beregend tot de bovenste 25 cm van het profiel was aangevuld tot veldcapaciteit. In 1984 is er op de W3-veldjes extra beregend om een uitzonderlijk nat jaar na te bootsen. Gemeten zijn onder andere; vochtspanning, vochtgehalten, en de concentraties chloride en nitraat in het bodemvocht.

3. STIKSTOFHUISHOUDING

De stikstofbalans voor de bodemlaag onder maaiveld, waarin de voor landbouw voornaamste processen zich afspelen, wordt weergegeven in figuur 3.1. De aanvoer- en afvoerposten van het systeem worden gegeven.



Figuur 3.1 Stikstofbalans van de bovenste laag.

De stikstof in dierlijke mest komt voor in de vorm van organische verbindingen (eiwitten, ureum, urinezuur) en ammonium (NH_4^+). De kunstmest wordt meestal in de vorm van ammonium en nitraat toegediend, soms in snel in ammonium omzetbare organische verbindingen, zoals ureum. Een schema van de stikstofcyclus van processen in de bodem is weergegeven in figuur 3.2.

Stikstof komt in verschillende vormen in het bodemsysteem voor. Omzettingen van de ene in de andere vorm vindt plaats door verschillende processen. De snelheid waarmee deze processen verlopen wordt beïnvloed door temperatuur, vochtgehalte en pH van de bodem.

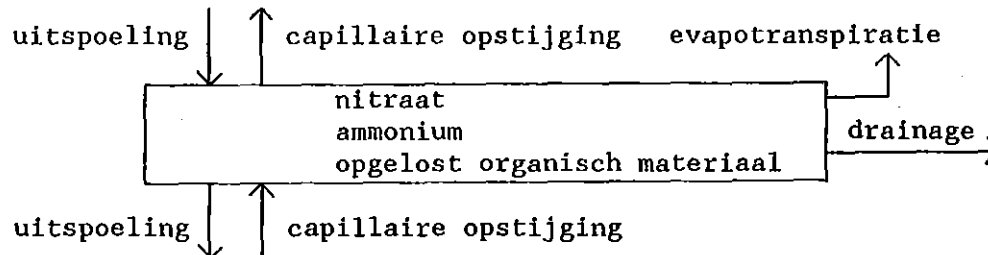
Het grootste deel van het stikstof in de bodem is in organische vorm aanwezig (levend biomassa: eiwitten, aminozuren, aminosuikers, nucleïne-zuren; dode organische massa: humus). In organische vorm is stikstof nauwelijks mobiel. In de opgeloste vorm vindt er enig transport van organische stof plaats. Op deze wijze kan er humus gevormd worden onder de wortelzone. De kationvorm, ammonium, wordt sterk geadsorbeerd aan de vaste fase, in tegenstelling tot de anionvorm, nitraat, die gemakkelijk met de vloeibare fase uitspoelt naar diepere lagen.

Planten nemen stikstof op in de minerale vorm, zowel ammonium als nitraat. Symbiotische stikstofbinding door micro-organismen is in Nederland van gering belang, omdat er relatief weinig vlinderbloemigen voorkomen.

Een aantal processen van de stikstof-cyclus zal in 3.2 uitgebreider worden beschreven.

3.1 Transport

Ammonium, nitraat en opgelost organisch materiaal worden met de water-fluxen, capillaire opstijging en uitspoeling, verticaal getransporteerd door het bodem-systeem (zie figuur 3.4). Transpiratie en drainage verwijderen deze stoffen uit het systeem.



Figuur 3.4 Transport van opgeloste stikstofverbindingen van en naar een bodemlaag.

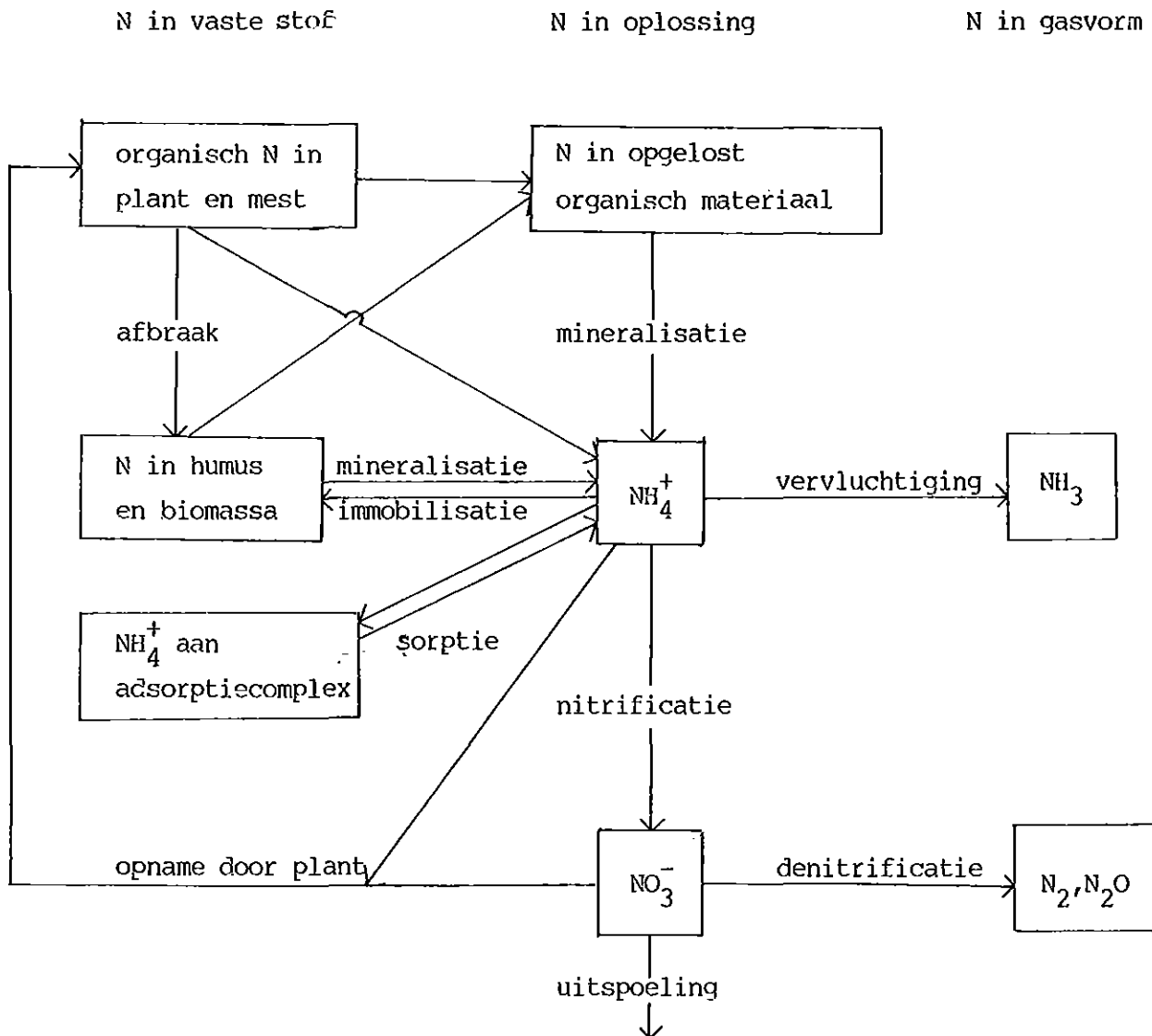
In tegenstelling tot ammonium wordt nitraat nauwelijks geadsorbeerd. Het aanwezige nitraat zal zich voornamelijk in de bodemoplossing bevinden. Nitraat in de wortelzone dat niet wordt opgenomen door het gewas en ook niet denitrificeert zal in de periode dat de precipitatie de evapotranspiratie overtreft (Nederland: september tot april) naar het grondwater worden getransporteerd. Afhankelijk van diepte waarop de grondwater-spiegel zich bevindt, kan het nitraat door capillaire opstijging nog gedeeltelijk beschikbaar zijn voor het gewas.

3.2 Processen

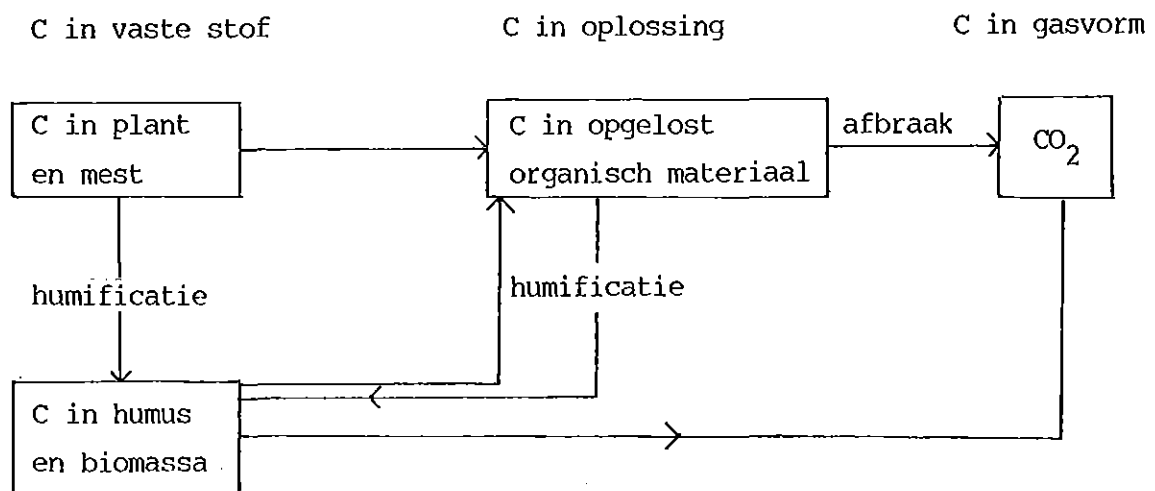
AFBRAAK VAN ORGANISCH MATERIAAL, HUMUSVORMING

Plantenresten en mest worden microbieel omgezet in humus. De omzettingssnelheid hangt onder andere af van de samenstelling van de organische stof. Als een chemische verbinding een meer gespecialiseerd enzym nodig heeft duurt het over het algemeen langer voordat deze wordt afgebroken. Een andere belangrijke faktor is de stikstof fractie van het organisch materiaal. Het gehalte in microbieel celmateriaal varieert van 7 - 13 %. Indien het stikstofgehalte van het substraat voldoende hoog is en bij de afbraak snel en in voldoende mate beschikbaar komt om de groeiende microflora van stikstof te voorzien, treedt geen stagnatie op in de afbraak. Bij een lage stikstof fractie, bijvoorbeeld bij stro, zal de afbraak geremd worden.

De humusmoleculen zijn polymeren gevormd uit (stikstofhoudende) afbraak-produkten van micro-organismen. De gevormde humus is van groot belang voor de minerale stikstofvoeding; de ingebouwde stikstof komt langzaam weer beschikbaar voor opname door de plant.



Figuur 3.2 De stikstofcyclus zoals gebruikt voor ANIMO



Figuur 3.3 De koolstofcyclus zoals gebruikt voor ANIMO

MINERALISATIE / IMMOBILISATIE

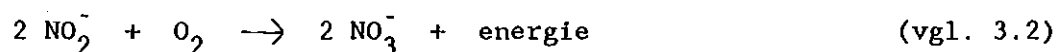
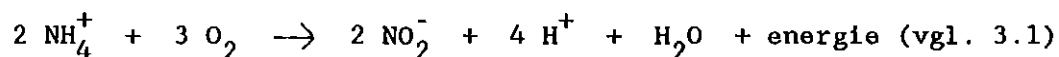
Mineralisatie is de biologische omzetting van organische in anorganische stikstof (ammonium). Op deze wijze komt stikstof weer beschikbaar voor opname door de plant. De dode organische stof in minerale gronden bevat circa 4 % stikstof en 50 % koolstof, hiervan mineraliseert 1 tot 4 % per jaar (Lebbink, 1987).

Immobilisatie is de biologische omzetting van anorganische in organische stikstof. Als micro-organismen bij de synthese van celmateriaal gebruik maken van organische stof met een te hoog C/N-coëfficiënt om in de stikstofbehoefte van de opbouw te kunnen voorzien, wordt deze behoefte aangevuld met mineraal stikstof.

Mineralisatie- en immobilisatie-snelheden worden in sterke mate beïnvloed door de C/N-coëfficiënt van het organisch materiaal. De koolstofhuishouding bepaalt mede de stikstofhuishouding (figuur 3.3).

NITRIFICATIE

Nitrificatie is de biologische omzetting van ammonium in nitraat (zie figuur 3.2). Deze vindt plaats in twee stappen. Eerst wordt nitriet gevormd door bacteriën van de geslachten *Nitrosomonas* en *Nitrococcus*, wat meestal even snel als het ontstaat wordt geoxideerd tot nitraat door het geslacht *Nitrobacter*. Deze bacteriegeslachten zijn chemo-autotroof, gebruiken bij de reactie vrijkomende energie, en obligaat aeroob; ze hebben zuurstof nodig als elektronenacceptor. De reactievergelijkingen zijn;



Door hoge vochtgehalten van de grond, wordt de zuurstofvoorziening belemmerd, en daardoor de nitrificatie. Ook zijn de reactie-snelheden sterk temperatuurs- en pH- afhankelijk.

ADSORPTIE EN DESORPTIE

Er vindt omwisseling van de ammonium-ionen plaats met andere kationen aan het adsorptie-complex, bestaande uit negatief geladen klei-mineralen en organische stof.

OPNAME DOOR HET GEWAS

Ammonium en nitraat worden opgenomen door de plantenwortels met de transpiratie-flux of door diffusie. Planten hebben de voorkeur voor ammonium, maar door adsorptie en de snelle nitrificatie is hiervan minder beschikbaar. Daarom wordt stikstof voornamelijk in de vorm van nitraat opgenomen. De vochtopname wordt voornamelijk bepaald door de transpiratieflux, de verdamping van de plant. Opname van nitraat met deze flux is onafhankelijk van de concentratie.

Belangrijk voor de opname van water is de ontwikkeling van het wortelstelsel; zoals de diepte van beworteling en de dichtheidsverdeling over de diepte.

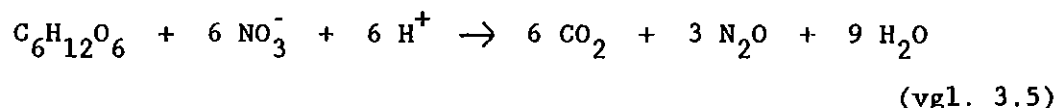
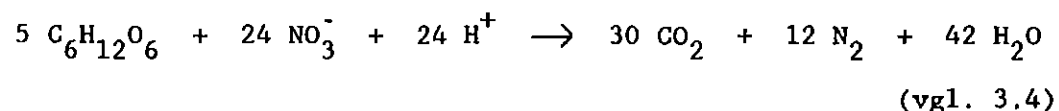
AMMONIAKVERVLUCHTING

Dit is het verlies van ammoniakgas naar de atmosfeer (vgl. 3.3) dat vooral optreedt bij de oppervlakkige toediening van drijfmest. Doordat mest een hoge pH heeft, hoger dan zeven, kan dit gemiddeld ongeveer 20 % van het toegediende stikstof zijn, ofwel 40 % van de minerale stikstof.



DENITRIFICATIE

Denitrificatie is het anaerobe proces waarbij afbraak van organisch materiaal plaats vindt met nitraat als electronen-acceptor. De C-heterotrofe micro-organismen, van onder andere de geslachten *Pseudomonas aeruginosa* en *Micrococcuc denitrificans*, gebruiken onder aerobe omstandigheden zuurstof als elektronen-acceptor. Als er geen zuurstof aanwezig is voor de afbraak van organisch materiaal wordt nitraat als electronenacceptor gebruikt. Bij de reacties (vgl. 3.4 en 3.5) komt stikstof vrij als N_2 en N_2O .



De faktor die voornamelijk bepaalt of er anaerobie optreedt is de waterhuishouding. Voorwaarde voor biologische denitrificatie is tevens de aanwezigheid van biologisch afbreekbaar organisch materiaal. De denitrificatie-snelheid in de grond hangt in grote mate af van de aard en de hoeveelheid van de organische stof.

3.3 Invloed van temperatuur, pH, water- en luchthuishouding

De belangrijkste factoren voor de N-omzettingen zijn: temperatuur, waterhuishouding, zuurstofhuishouding en pH.

TEMPERATUUR

Voor biologische processen geldt er een optimum temperatuurs-traject, dat meestal rond de 30 graden Celsius ligt. Processen in de bodem zullen sneller verlopen naarmate de temperatuur hoger is. De bodemtemperatuur zal onder Nederlandse omstandigheden nooit oplopen tot 30 graden Celsius, zodat gesteld kan worden de processen in de bodem bij hogere temperaturen sneller zullen verlopen.

De afbraak van organisch materiaal verloopt sneller bij een hogere temperatuur. Daardoor neemt ook de mineralisatie toe, en door de grotere hoeveelheid beschikbaar ammonium ook de nitrificatie en denitrificatie. Deze processen verlopen als zodanig ook sneller door de hogere temperatuur.

WATER- EN ZUURSTOFHUISHOUDING

Ze zijn nauw met elkaar verbonden omdat watergepulde poriën geen rol meer spelen bij de aeratie. Bij zeer lage vochtgehalten neemt echter ook de mineralisatie sterk af, want micro-organismen hebben water nodig om te kunnen functioneren. Nitrificatie en denitrificatie zijn afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid zuurstof.

pH

Biologische omzettingen-snelheden hebben een optimumrange wat pH betreft. Deze hangt sterk af van het type reactie en soort micro-organisme. Ammoniak-vervluchtiging neemt sterk toe bij hoge pH-waarden (zie 3.2).

4. WATBAL, MODEL VOOR DE WATERHUISHOUDING

Het model WATBAL simuleert op eenvoudige wijze de waterbalans voor een (begroeide) bodem. Hier wordt een zeer beknopte beschrijving gegeven van het model, voor een volledige beschrijving van het model wordt verwezen naar "WATBAL, a simple water balance model for a unsaturated/saturated soil profile" (Berghuijs- van Dijk, 1985). De bodem wordt onderverdeeld in twee lagen. Laag 1; de wortelzone, en laag 2; de laag beneden de wortelzone met daarin in ieder geval de laagste stand van de grondwaterspiegel.

Per tijdstap worden analytisch berekend:

1. veranderingen in de vochtgehalten van de twee lagen,
2. veranderingen in de hoogte van de grondwaterspiegel.

Deze worden bepaald door (zie figuur 4.1);

- precipitatie
- evapotranspiratie
- capillaire opstijging naar de wortelzone en de flux naar de laag onder de wortelzone
- drainage en infiltratie van en naar greppels, sloten, kanalen en de aquifer (figuur 4.2)

De gegevens die ingevoerd moeten worden zijn;

- bodemkarakteristieken (pF-curven, laagdikten),
- gegevens over de drainagesystemen (diepte, weerstanden),
- gegevens ten behoeve van de verdampingsberekening (bedekkingsgraden van het gewas, reductiefactoren voor gewassoort en droogte)
- precipitatie en open water verdamping per tijdstap.

VOCHTGEHALTE WORTELZONE

De vochtvoorraad in de wortelzone wordt verondersteld uniform verdeeld te zijn over de hele laag. De voorraadverandering wordt berekend met vergelijking 4.1.

$$dM/dt = PR - E_{re} - f_t - f_d - f_r - f_c \quad (\text{vgl. 4.1})$$

M = beschikbaar vocht voor evapotranspiratie (m)

PR = precipitatie (m)

E_{re} = reële evapotranspiratie (m/dag)

f_t = transport naar de onderliggende laag (m/dag)

f_d = drainage (m/dag)

f_r = oppervlakkige afspoeling (m/dag)

f_c = capillaire opstijging (m/dag)

De reële evapotranspiratie wordt berekend door uitgaande van de gegeven open water verdamping en beschikbaarheid van vocht boven verwelkingspunt, te reduceren voor gewassoort, bedekkingsgraad van de bodem, droge omstandigheden, seizoen.

12

VOCHTGEHALTE ONDER WORTELZÔNE / GRONDWATERSTAND

In deze laag neemt het vochtgehalte lineair toe met de diepte tot verzadiging ter hoogte van de grondwaterspiegel. Daarbij wordt rekening gehouden met een hoger vochtgehalte boven de grondwaterspiegel ten gevolge van capillaire opstijging. De verandering van de beschikbare hoeveelheid vocht wordt berekend met vergelijking 4.2.

$$dM/dt = f_t - f_d - f_c \quad (\text{vgl. 4.2})$$

De hoogte van de grondwaterspiegel wordt berekend uit de hoeveelheid vocht die aanwezig is boven de hoeveelheid vocht die aanwezig is bij een stand van de grondwaterspiegel gelijk aan de onderkant van laag 2 (formule 4.3).

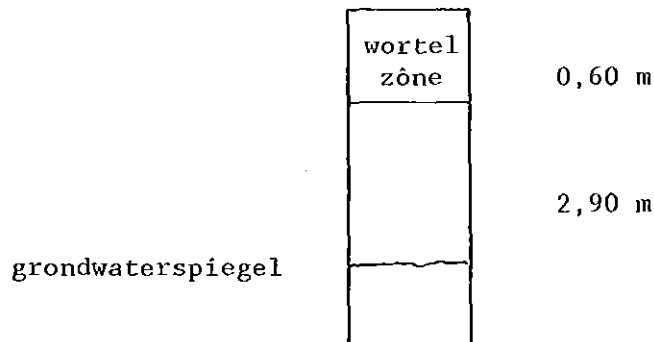
$$H(t) = r_1 M_2 + r_2 \quad (\text{vgl. 4.3})$$

De parameters r_1 en r_2 zijn bodemafhankelijk.

5. SIMULATIE VAN DE WATERHUISHOUDING

5.1 Simulatie

Een schema van het systeem met enkele belangrijke afmetingen en parameters, zoals voor de situatie op de proefvelden geldt, wordt gegeven in figuur 5.1.



Figuur 5.1 Indeling van het profiel voor simulatie met WATBAL.

Een wortelzône van 60 cm is uitzonderlijk dik. Meestal vindt beworteling plaats tot op ongeveer 30 cm diepte. Het diep gelegen grondwater in combinatie met een matig vasthoudend vermogen voor vocht en een relatief hoog humusgehalte tot 80 cm diepte heeft voor een diepe beworteling van het veld gezorgd. Door het IB is de beworteling van het proefveld bestudeerd, waarbij wortels tot op een diepte van 60 tot 80 cm zijn gevonden (de Jager, 1987). Bij uitdroging van de grond kunnen de dieper gelegen wortels de vochtvoorziening voor het gewas op peil houden.

Er is gesimuleerd van 1981 tot en met december 1985, terwijl de proef liep van 1982 tot in voorjaar 1985. De tijdstappen hebben een lengte van tien dagen (decaden). De neerslaggegevens zijn van KNMI-station Heino gelegen op het ROC (Maandoverzicht neerslag, 1981 - 1985), de verdampingsgegevens zijn van het KNMI-station Winterswijk (Maandoverzicht weer, 1981 - 1985). De verdamping in Winterswijk leek het best overeen te komen met de verdamping te Heino. De gebruikte pF-curves zijn weergegeven in figuur 5.2 en 5.3 (bijlage II).

Met de parameters; capillaire stijghoogte, weerstand van het afvoersysteem van de aquifer en verzadigde vochtgehalte van tweede laag is de simulatie geoptimaliseerd. Er werd geoptimaliseerd naar gemeten vochtgehalten van de wortelzône en de grondwaterstand. Hierbij lag de nadruk op het vochtgehalte van de wortelzône, omdat het vochtgehalte zeer belangrijk is voor een aantal processen in de stikstofhuishouding.

De gebruikte parameterwaarden staan vermeld in bijlage III.

5.2 Resultaten

Er zijn twee waterhuishoudingen gesimuleerd;

A: onberegend

C: beregend bij uitdroging tot $pF = 2,3$

De gemeten en gesimuleerde waarden van de vochtgehalten in de wortelzone en de grondwaterstanden zijn weergegeven voor A en C in de figuren 5.4 en 5.5 (bijlage III).

Helaas zijn er weinig vochtgehalten gemeten gedurende de proeven, zodat optimalisatie naar meerdere zomerperiodes niet mogelijk was. Het vochtgehalte is voor de stikstofhuishouding van groot belang.

De grondwaterstanden zijn niet gedurende de gehele periode even goed gesimuleerd. Het is mogelijk dat de grondwaterstand van het proefperceel beïnvloed wordt door nabijgelegen lager liggende percelen. Bij veel neerslag zal het neerslagoverschot eerder de aquifer bereiken dan op het proefperceel. Een stijging van de grondwaterspiegel op de lager gelegen percelen zal ook de grondwaterstand onder het proefperceel doen verhogen.

De grondwaterstand bij de onberegende en beregende objecten waren in de praktijk in principe gelijk. Bij simulatie bij berekening wordt zodoende een grondwaterstand berekend die in het najaar veel eerder stijgt (vergelijk figuur 5.4 en 5.5).

6. ANIMO, MODEL VOOR DE STIKSTOFHUISHOUDING

Het model ANIMO (Berghuijs-van Dijk et. al., 1985) simuleert het gedrag van stikstof in het bodem-water-plant systeem.

De factoren die het systeem beïnvloeden zijn:

- bodemtype
- bodemgebruik / teelt
- weersinvloeden
- waterhuishouding
- bemestingsregiem.

Gemodelleerd is een één-dimensionaal systeem verdeeld in horizontale lagen. Het model is toepasbaar op veldschaal en op regionale schaal. Bij de ontwikkeling van het model is veel aandacht besteed aan:

- Mineralisatie / immobilisatie van stikstof in relatie tot de vorming en afbraak van verschillende vormen van organische stof (organische mest, wortelmateriaal, wortellexudaat, humus).
- Denitrificatie in relatie tot anaerobie en aanwezigheid van organische stof.
- Transport, vorming, afbraak van nitraat, ammonium en opgelost organisch materiaal.

Het model kan lange termijn voorspellingen doen wat betreft nitraatuitspoeling en ontwikkeling van de organische stof van het te bestuderen bodemprofiel.

Het model maakt bij gebruik op veldschaal gebruik van de waterbalans en -fluxen, zoals berekend door het model WATBAL, en is beschreven in 4.1.

In de volgende paragrafen wordt kort weergegeven hoe een aantal belangrijke processen gemodelleerd zijn in ANIMO. Een volledige beschrijving wordt gegeven in ' ANIMO: Agricultural Nitrogen Model ' van Berghuijs-van Dijk et. al.(1985).

6.1 Transport

Met de gegevens van de waterbalans over de twee lagen in WATBAL, worden op gelijke wijze als in WATBAL vochtvolumina en waterfluxen verdeeld over de lagen gemodelleerd in ANIMO (figuur 4.1). Het door WATBAL berekende vochtvolume van de wortelzone wordt gelijkelijk verdeeld over de wortelzone-lagen van ANIMO. Uitgaande van volledige menging worden de concentratieveranderingen per laag berekend met de transport- en conserveringsvergelijking (vergelijking 6.1).

Per laag worden hiermee de concentraties nitraat, ammonium en opgelost organisch materiaal berekend, uitgaande van constante fluxen en constante concentraties gedurende een tijdstap.

De reactieconstanten in de transport- en conserveringsvergelijking zijn per proces ingevoerd en worden gecorrigeerd voor temperatuur, pH en beschikbaarheid van zuurstof, water en substraat.

$$d(V(n,t)*c(n,t))/dt = \sum f_i c_i - \sum f_o c_o - f_e c_e + k_o L + k_1 V(n,t)*c(n,t) - R_d d(V(n,t)*c(n,t))/dt \quad (\text{vgl. 6.1})$$

$c(n,t)$ = concentratie in laag n (kg/m³)

$\sum f_i c_i$ = totale invoerflux van materiaal (kg/dag)

$\sum f_o c_o$ = totale uitvoerflux van materiaal (kg/dag)

c_i = concentratie in evapotranspiratieflux (kg/m³)

k_o = 0-de orde vormingssnelheid (kg/m³ dag)

k_1 = 1-e orde vormingssnelheid (/dag)

R_d = distributiec coefficient adsorptie (-)

6.2 Processen

6.2.1 Organische stof

Belangrijke processen hiervan zijn;

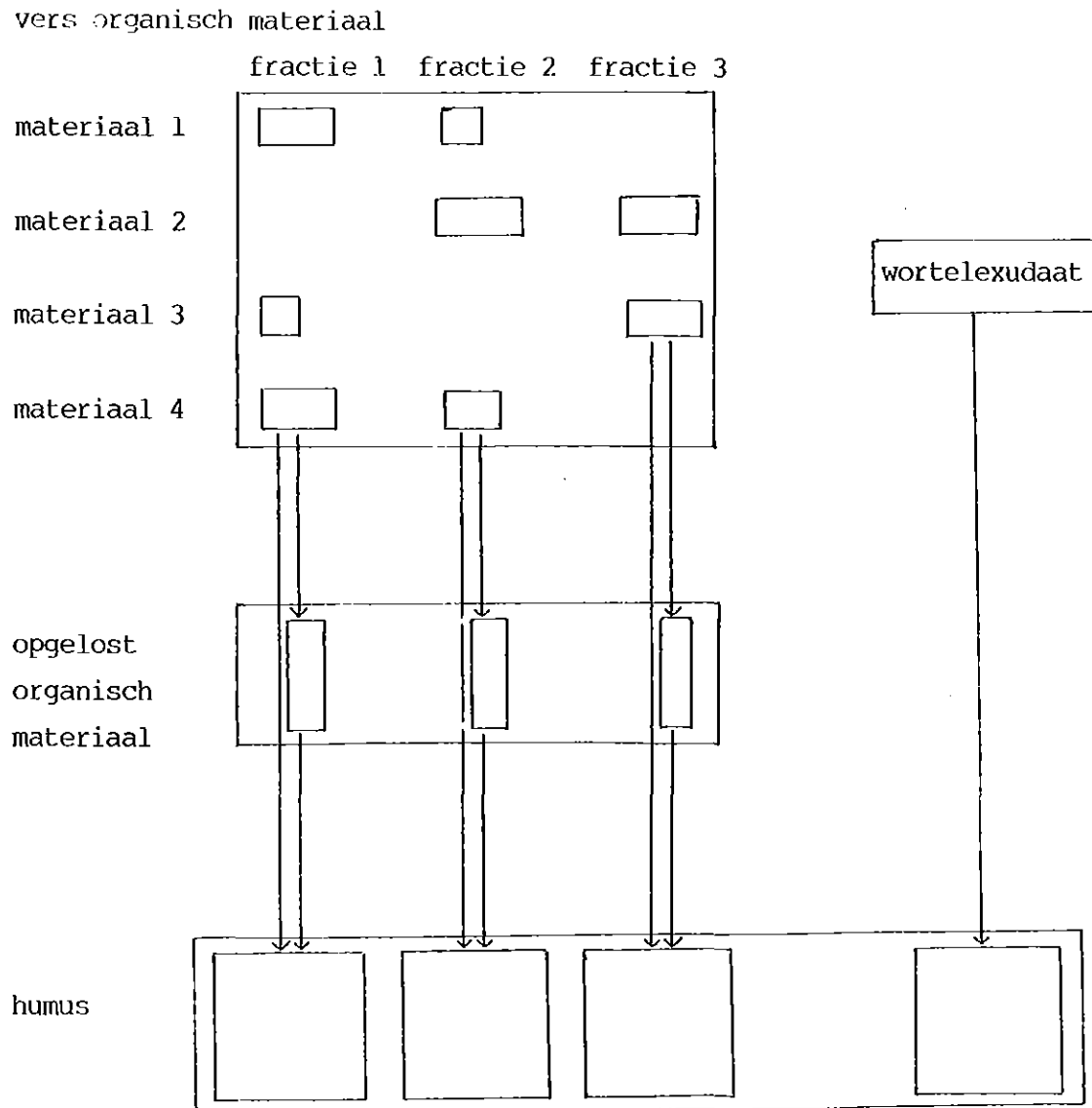
1. het ontstaan en weer vastgelegd worden van opgelost organisch materiaal. Hierdoor kan er humusvorming plaatsvinden in diepere lagen.
2. het ontstaan van organisch materiaal. Op de lange termijn is dit een belangrijke stikstofleverancier en vastlegger.

Aan de hand van figuur 6.1 wordt de modellering van de organische stof huishouding nader omschreven.

De aanvoer van vers organisch materiaal bestaat uit verschillende materialen, zoals bijvoorbeeld; varkensdrijfmest, wortel- en oogstresten). De samenstelling van deze materialen is verschillend; de verhouding waarin bijvoorbeeld eiwitten, lignine en koolhydraten voorkomen verschilt per materiaal. Daarom wordt ieder materiaal onderverdeeld in een aantal fracties (max. 10). De verdeling over de fracties verschilt per materiaal. Omdat afbraaksnelheden en stikstof fracties van bijvoorbeeld eiwitten en lignine verschillen, wordt er per fractie (bijvoorbeeld eiwitten) een afbraaksnelheid en een stikstof fractie ingevoerd.

Omzetting van vers organisch materiaal in humus vindt voor een deel plaats via een tussenfase van opgeloste organische stof (zie 3.2).

Een andere bron voor humusvorming is het exudaat van plantenwortels; dit bestaat uit organisch materiaal dat wordt uitgescheiden door levende plantenwortels en dode cellen die worden afgestoten. Deze excretie is een continu proces. Dit in tegenstelling tot het vrijkomen van dode planteresten als vers organisch materiaal op het moment dat er wordt geoogst.



Figuur 6.1 De organische stof huishouding in ANIMO:
Schematisatie met vier materialen en drie fracties;
het model biedt de mogelijkheid om met zowel tien
materialen als tien fracties te werken.
Iedere fractie heeft een bepaalde afbraaksnelheid
en stikstof fractie.

Humus mineraliseert uiteindelijk en is een belangrijke leverancier van mineraal stikstof in de bodem. In het model bestaat humus uit de levende biomassa en het dode organische materiaal.

6.2.2 Mineralisatie en immobilisatie

Mineralisatie of immobilisatie (vrijkomen en vastleggen van ammonium) wordt berekend door een balans op te maken van de hoeveelheid stikstof die vastgelegd is in organische vorm. Het verschil in de balansen aan het begin en aan het eind van de tijdstap is gemineraliseerd, bij een vermindering van de organisch vastgelegde stikstof. Bij een toename van de hoeveelheid organisch vastgelegde stikstof, is het verschil geïmmobiliseerd (vastgelegd in de biomassa).

6.2.3 Denitrificatie

Denitrificatie is een proces dat voornamelijk bepaald wordt door de beschikbaarheid van zuurstof voor de afbraak van organische stof (zie 3.2). In ANIMO wordt de benodigde hoeveelheid zuurstof voor afbraak van organische stof en nitrificatie berekend. Uitgaande van een koolstofgehalte van 58 % van organische stof en een behoefte van een mol zuurstof bij afbraak tot koolzuur is de zuurstofbehoefte in een laag te berekenen.

De zuurstofvoorziening vindt plaats via de luchtgevulde porien. De zuurstofvoorraad wordt per laag berekend uitgaande van de luchtgevulde porien en rekening houdend met partiele anaërobie. Afhankelijk van vraag en beschikbaarheid van zuurstof kan er een tekort zijn in een tijdstap. In het model wordt dit tekort vertaald naar een partiele anaërobie van het systeem in de betreffende laag. In het aerobe deel van de laag verlopen de processen ongeremd. In het anaërobe deel van de laag vindt er denitrificatie plaats en wordt de afbraak van organisch materiaal geremd. Er kan worden berekend welk deel van de organische stof met zuurstof en welk deel met nitraat als elektronenacceptor wordt afgebroken.

6.2.4 Gewasopname

Stikstof wordt opgenomen in de vorm van ammonium en nitraat. De opname is direct gerelateerd aan de reële evapotranspiratie. Voor gewassen in het voorjaar gezaaid is er een periode van veel opname tijdens de groei en een tweede periode waarin minder groei plaatsvindt en ook minder opname.

Voor gras is er een speciale module in het programma ANIMO omdat er gedurende het hele jaar stikstof opgenomen wordt, en er tijdens het groeiseizoen meerdere keren wordt geoogst. De opname door gras is als volgt geformuleerd:

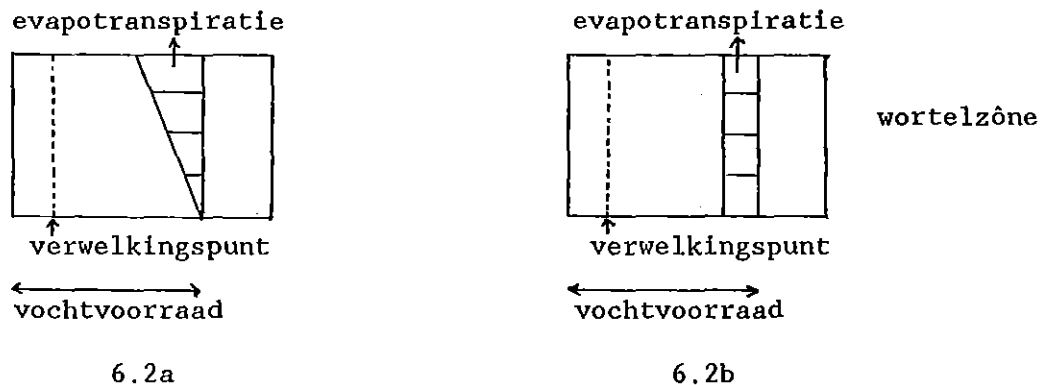
opname = reële evapotranspiratie x concentratie in bodemvocht

In ANIMO wordt met meerdere lagen in de wortelzone gewerkt. Door

WATBAL wordt een vochtvoorraad van de gehele wortelzone en een evapotranspiratieflux aangegeven. De vochtvoorraad wordt gelijkmatig over de lagen van de wortelzone verdeeld. Voor de verdeling van de evapotranspiratieflux zijn er twee mogelijkheden (figuur 6.2).

1. Een linear naar de diepte afnemende flux (6.2.a).
2. Een gelijk over de lagen verdeelde flux (6.2.b).

Figuur 6.2 Twee modellen voor verdeling van de evapotranspiratieflux over de wortelzone.



De concentraties van ammonium en nitraat in de verschillende lagen bepalen met het gebruikte vochtopnamemodel de totale opname door het gewas.

6.2.5 Ammoniakvervluchtiging en ammoniumadsorptie

Vervluchtiging van ammoniak is gemodelleerd als een vast percentage van het oppervlakkig toegediende stikstof in de drijfmest.

Voor ad- en desorptie wordt een uitwisselingsconstante ingevoerd voor wortelzone en onderliggende laag, karakteristiek voor het bodemtype. Vastlegging van nitraat is niet gemodelleerd, omdat dit proces niet van betekenis is.

6.3 Invloed van temperatuur en vochtgehalte

De invloeden zijn gemodelleerd als reductiefactoren op de reactiesnelheden.

TEMPERATUUR

Er zijn twee mogelijkheden om de luchttemperatuur aan het bodemoppervlak te simuleren in het model.

1. Gemeten temperaturen op een aantal momenten worden met een Fourier-analyse omgerekend naar een continu temperatuursverloop.
2. Met een sinusfunctie met een frequentie van een jaar.

Met de luchttemperatuur wordt de temperatuur in de bodemlagen berekend met een dempingseffect.

De invloed van de temperatuur op de verschillende microbiologische reacties is gemodelleerd door een

temperatuursafhankelijke faktor. Deze geeft de relatieve reactiesnelheid ten opzichte van de reactiesnelheid bij de gemiddelde jaarlijkse temperatuur. Per laag wordt deze faktor berekend en vermenigvuldigd met de ingevoerde snelheid (bij gemiddelde jaarlijkse temperatuur).

De diffusiecoëfficiënten van zuurstof in lucht en in water en de oplosbaarheid van zuurstof in water worden voor de temperatuur gecorrigeerd.

VOCHTGEHALTE

Reactiesnelheden die gevoelig zijn voor vochtgehalten worden vermenigvuldigd met een pF-afhankelijke reductiefaktor. Deze berust op waarnemingen op grasland van de invloed van het vochtgehalte op de mineralisatie (Berghuijs-van Dijk et. al., 1985).

7. SIMULATIE VAN DE STIKSTOFHUISHOUDING

7.1 Simulatie

7.1.1 Initialisatie

Het programma ANIMO werkt bij gebruik op veldschaal met de volgende invoerfiles;

GEN.DAT : algemene gegevens betreffende de regio.

Per subregio zijn er de volgende invoerfiles nodig. In dit onderzoek valt de regio samen met de subregio; het proefveld.

GENAR.DAT : gegevens betreffende de subregio, bij gebruik op regionale schaal van ANIMO (dan zijn er meerdere GENAR-files nodig).

INI.DAT : initiele waarden concentraties opgeloste stoffen en verdeling van de organische stof over de fracties van de subregio.

CROP.DAT : gegevens over de bewerkingen, zoals ploegen en bemesten.

WATBAL.DAT : waterhuishoudingsgegevens bestaande uit en fluxen berekend door het programma WATBAL.

De proeven liepen van 1982 tot in 1985; om opstarteffecten te verminderen zijn de simulaties gestart in 1981. In het jaar 1981 is er normaal bemest en niet berekend.

De parameters betreffende de stikstofhuishouding staan met de gebruikte waarden vermeld in bijlage IV. De file WATBAL.DAT verschilt per beregeningsniveau, en de file CROP.DAT per bemestingsniveau. De overige invoerfiles zijn voor alle simulaties gelijk.

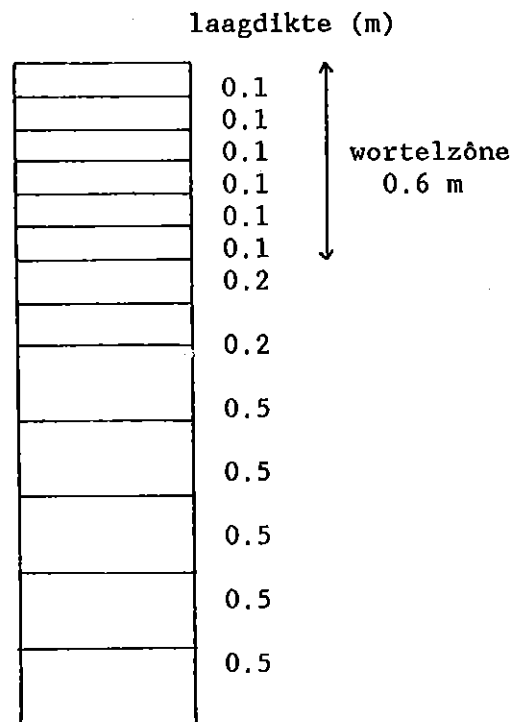
GENAR.DAT

De gebruikte pF-curven (figuren 5.2 en 5.3, bijlage II) voor het systeem worden gegeven in bijlage V. De verdeling van de lagen voor de simulaties wordt gegeven in figuur 7.1.

INI.DAT

De organische stof in de bodem is verdeeld over verschillende soorten; humus, opgelost organisch materiaal en vers organisch materiaal. De verschillende soorten organische stof zijn onderverdeeld in fracties. Voor de simulaties moeten er startwaarden voor de hoeveelheden van elke fractie van elke soort organische stof per laag ingevoerd worden. In het veld zijn er alleen totaal organische stof gehalten bepaald.

Bij simulatie over een grotere periode zal als gevolg van de verschillende reactiesnelheden een zeker evenwicht tussen de fracties ontstaan. Om de simulaties van de proeven te beginnen met een op elkaar afgestemde organische stof verdeling is er eerst 10 jaar gesimuleerd op basis van een geschatte verdeling van de organische stof. De verdeling die na 10 jaar berekend is, is teruggerekend naar de gemeten totale hoeveelheden.



Figuur 7.1 De verdeling van de lagen zoals voor simulatie voor ANIMO gebruikt.

7.1.2 Optimalisatie

Optimalisatie vond plaats door in eerste instantie naar de jaarbalansen van de diverse bijdragen van de aan- en afvoer van stikstof te kijken. Dit is voornamelijk gebeurd met de simulatie van de onberegende proefvelden, er van uitgaande dat bij de optimalisatie dit ook een goede basis zou geven voor de simulatie van de stikstofhuishouding van de beregende proefvelden.

7.1.2.1 Mineralisatie

Mineralisatie is een belangrijk stikstofleverend proces (zie 3.2). Het temperatuursafhankelijke proces levert in het groeiseizoen, wanneer de transpiratieflux groot is, een niet te verwaarlozen deel van het stikstof voor de gewasgroei.

Zoals beschreven in paragraaf 3.2 hangt de afbraaksnelheid sterk af van de samenstelling van de humus. Het humuspakket van de enkeerdgrond van het proefperceel is opgebouwd in de loop van enkele honderden jaren. Er zullen relatief veel moeilijk afbreekbare verbindingen overgebleven zijn, welke vooral vertegenwoordigd zullen zijn in de dieper gelegen humus.

Een redelijke mineralisatie voor een zo humusrijk profiel, humus

tot op een meter diepte, is als volgt berekend.

Op basis van de organische stof voorraad van de bovenste meter van de grond, berekend met tabel 2.1 op ongeveer 725 000 kg per hectare, met een gemiddelde stikstoffractie van 3,5 % en een mineralisatiesnelheid van 1 a 4 % per jaar (Lebbink, 1987), is de mineralisatie 250 tot 1000 kg stikstof per hectare per jaar.

Vooraf de dieper gelegen humus van de enkeerdgrond zal veel stabielere zijn dan de humus vlak onder het maaiveld, omdat de humus op grotere diepte voor een groot deel zal bestaan uit moeilijk afbreekbare verbindingen, met een hoger C/N-coëfficiënt. De bijdrage van de dieper gelegen humus aan de totale mineralisatie zal veel geringer zijn. Een nieuwe berekening met de aanname dat de mineralisatie voornamelijk in de bovenste 40 cm van het profiel plaatsvindt leidt dan tot het volgende resultaat. De organische stof voorraad in de bovenste 40 cm is 300 000 kg N per hectare met een gemiddelde N-fractie van circa 3,8 % (tabel 2.1). De mineralisatie in de laag 0 - 40 cm is dan 110 tot 450 kg N per hectare per jaar.

Mineralisatie is gemodelleerd als zijnde het verschil tussen in organische stof vastgelegde stikstof aan het begin en aan het eind van de tijdstap (zie 6.2.2).

De parameters die de mineralisatie sterk beïnvloeden zijn:

1. de humusafbraakcoëfficiënt
2. de diepte (laag) waarop de humusafbraak wordt gereduceerd vanwege de stabielere organische verbindingen en de diepte waar een lagere N-fractie op de humus wordt aangenomen.

De gereduceerde humusbraak is gemodelleerd als zijnde 1/5 van de ingevoerde humusafbraaksnelheid. De verlaagde stikstoffractie bestaat uit 1/5 van de stikstoffractie opgegeven voor humus.

DE simulatie is gestart met een humusafbraakcoëfficiënt van 2 % per jaar, dit is een goede basiswaarde volgens Berghuijs-van Dijk et. al. (1985). De humusafbraak was in eerste instantie gelijk gesteld over de gehele eerste meter beneden maaiveld. Omdat de humusvoorraad zeer groot is, werd ook een grote mineralisatie gevonden. Er is gecallibreerd naar een redelijke mineralisatie door het instellen van een gereduceerde humusafbraaksnelheid en N-fractie vanaf de vierde laag, beneden 40 cm. Voor de gesimuleerde A000-situatie (onbemest/onberegend) werd een mineralisatie berekend van 200 - 300 kg N per jaar.

7.1.2.2 Denitrificatie

Denitrificatie is een proces dat bij modellering vaak als sluitpost wordt gebruikt. Denitrificatie is moeilijk te meten en kan van jaar tot jaar sterk verschillen. De twee voorwaarden voor denitrificatie zijn; organische stof en anaërobie. De hoeveelheid biologisch afbreekbare organische stof is vaak de beperkende factor. De snelheid wordt mede bepaald door de samenstelling van de organische stof makkelijk afbreekbare fracties en minder gemakkelijk afbreekbare fracties.

De tweede factor; de zuurstofhuishouding, hangt nauw samen met

de waterhuishouding. Denitrificatie vind vooral plaats; in de laag onder de grondwaterspiegel, in holtes die anaeroob zijn (partiële anaerobie) en na zware regenval waarbij het regenwater niet snel afgevoerd kan worden en er tijdelijke anaerobie op kan treden.

De grondwaterspiegel komt op het proefperceel nooit tot in de humuslaag; denitrificatie beneden de grondwaterspiegel zal nauwelijks optreden vanwege de geringe hoeveelheid organische stof op grote diepte. De tijdelijke anaerobie na regenval hangt nauw samen met de structuur van de grond. De organische stof zal de afvoer vertragen, het matig fijne zand zal de afvoer versnellen. De verzadigde doorlatendheid is van dien aard (circa 2,0 m/dag), dat anaerobie van korte duur zal zijn. Op het proefperceel zal weinig denitrificatie optreden.

ANIMO berekent het zuurstofprofiel afhankelijk van diffusieparameters van zuurstof. De diffusie-coëfficiënt van zuurstof in de bodem wordt berekend volgens Bakker (1965,).

$$D = D_o p_1 \theta_g^{p_2} \quad (\text{vgl. 7.1})$$

D_o = diffusiecoëfficiënt voor zuurstof in de atmosfeer (m²/dag)

D = diffusiecoëfficiënt voor zuurstof in het luchtge vulde poriesysteem van de bodem (m²/dag)

θ_g = volume fractie luchtge vulde poriën (m³/m³)

p_1, p_2 empirische constanten afhankelijk van het bodemtype

Uit een aantal simulaties bleek het proces denitrificatie zeer gevoelig voor de waarde van de parameter p_2 . Vergroten van de waarde van p_2 heeft tot gevolg dat de diffusiesnelheid van zuurstof in de bodem exponentieel toeneemt. Dit betekent dat de zuurstofvoorziening in de bodem wordt verbeterd en er minder denitrificatie plaats vindt. De denitrificatie was bij de eerste simulaties enkele honderden kg N per ha per jaar. Dit is gezien het profiel onrealistisch en met een vergroting van p_2 van 2.5 tot 3.2 werd er een aanneemlijker denitrificatie gevonden van 20 tot 60 kg N /ha per jaar.

De berekeningswijze van denitrificatie door ANIMO (zie 6.2.3) heeft tot gevolg dat bij het gebruik van grote tijdstappen, zoals decaden, de totale neerslag uitgesmeerd wordt over de gehele decade. In de praktijk zal juist een korte periode van bijvoorbeeld enige uren zware regenval een deel van de decade tijdelijke veel anaerobie tot gevolg hebben.

Een vergelijking van simulaties op dag- en decadebasis gaf een duidelijke gevoeligheid van denitrificatie voor de lengte van de tijdstap. Bij een kortere tijdstap was de denitrificatie groter.

7.1.2.3 Gewasopname

De opname door het gewas, in dit geval gras, is te optimaliseren naar veldwaarnemingen. Tijdens de proef is de hoeveelheid stikstof die met de oogst werd afgevoerd gemeten. Een deel van het stikstof zal achterblijven in de wortelmassa en oogstverliezen, circa 20 %.

In 6.2.4 is de opname beschreven. Voor gras is deze direct gerelateerd aan de concentratie ammonium en nitraat in de bodemoplossing. De eerste simulaties van de stikstofhuishouding van het onbemeste, onberegende object (A000), gaven een te lage opname. Bij aanvang van de simulaties werd de opname van water door de wortels gesimuleerd volgens een lineaire afname met de diepte (figuur 6.2). De meeste wortels zullen boven in de wortelzone zitten. Naarmate de diepte toeneemt neemt de wortelmassa af. Met ANIMO is het vochtgehalte in iedere laag van de wortelzone gelijk, terwijl de concentraties ammonium en nitraat per laag afhankelijk zullen zijn van de diverse aan- en afvoerposten (figuur 3.1).

De opname werd vergroot door de afbraak van humus (zie 6.2.1) vooral in de bovenste 40 cm van de enkeerdlaag plaats te laten vinden. De gemineraliseerde stikstof is op die diepte goed beschikbaar voor opname.

De berekend opname was toch nog lager dan de gemeten afvoer met de oogst. Er werd een opname verwacht die 20 % hoger zou zijn dan de gemeten afvoer met de oogst. Zoals beschreven in 6.2.4 is de opname door gras gemodelleerd als het produkt van transpiratieflux en concentratie per laag. Omdat de grondwaterspiegel op het proefperceel diepgelegen is, wordt de vochtvoorziening in droge perioden bepaald door het nog beschikbare vocht in de wortelzone. Daarom speelt capillaire opstijging geen rol. De bovenste lagen van de wortelzone zijn het snelst uitgedroogd. Bij uitdroging zullen de diepst gelegen wortels in droge perioden voornamelijk verantwoordelijk zijn voor de vochtvoorziening van het gewas. Bij bevochtiging van de uitgedroogde wortelzone zullen eerst de bovenste wortels de vochtvoorziening van het gewas weer gaan verzorgen. Uit waarnemingen bleek dat het proefperceel diep beworteld was; tot op 60 tot 80 cm diepte (de Jager, 1987).

Om de bijdrage van de diepst gelegen wortels aan de vochtvoorziening beter te kunnen simuleren werd er aan het model de in 6.2.4 beschreven tweede optie toegevoegd ten aanzien van de verdeling van de verdampingsflux over de lagen van de wortelzone. De verdampingsflux kan hiermee gelijkelijk over alle lagen van de wortelzone worden verdeeld. Op deze wijze wordt de bijdrage van de diepst gelegen wortels beter vertegenwoordigd.

Bij simulaties met deze nieuwe optie werd de opname nog eens circa 10 % vergroot. De gesimuleerde opname is nu circa 10 % hoger dan de hoeveelheid stikstof gemeten in de afgevoerde oogst. De gesimuleerde waarde is nog circa 10 % te laag, omdat de oogstverliezen en vastlegging in stoppels en wortelmassa daar niet in zitten.

7.2 Resultaten

Zoals beschreven in 4.2 zijn er twee beregeningsniveau's gesimuleerd. Met de gegevens van de twee waterbalansen berekend met WATBAL zijn twee bemestingsniveau's per beregeningsvariant gesimuleerd; 0 kg N en 440 kg N per ha per jaar. De onbemeste situatie is gesimuleerd omdat dan de complexe organische stof huishouding alleen verantwoordelijk is voor de hoeveelheid mineraal stikstof in de bodem. De hoeveelheid van 440 kg N komt overeen met een zware bemestingsgraad (de advies bemesting op een intensief bedrijf is circa 400 kg N). De volgende vier situaties zijn gesimuleerd:

	onberegend	beregend bij pF = 2,3
0 kg N	A000	C000
440 kg N	A440	C440

De jaarbalansen van de vier simulaties over de bovenste meter zijn weergegeven in de tabellen 7.1 - 7.4 (bijlage VI). In tabel 7.5 wordt de hoeveelheid stikstof afgevoerd met de oogst gegeven. Zoals al in 7.2.2.3 beschreven blijft de gesimuleerde opname circa 10 % achter bij de gemeten afvoer + 20 %.

Tabel 7.5 Gemeten afvoer van stikstof met de oogst in kg/ha per jaar van de beregeningsproeven op ROC Aver Heino.
(A = onberegend, C = beregend bij pF = 2,3,
000 = onbemest, 440 = 440 kg stikstof)

jaar	A000	A440	C000	C440
1982	119	432	107	454
1983	142	435	159	536
1984	129	427	126	468

In 1984 is er circa 100 mm extra beregend op de C-velden (zie 2.2), om de effecten van een erg nat jaar te bestuderen. Uit tabel 7.5 blijkt dat de hoeveelheid stikstof die met de oogst is afgevoerd van het beregende bemeste proefveld (C440) circa 10 % hoger is dan de afvoer van het onberegende veld (A440). Bij de onbemeste velden is de afvoer vrijwel gelijk; de hoeveelheid vocht is niet de limiterende factor voor de opname, maar de beschikbare stikstof.

Zoals beschreven in 2.2 is er op de C-velden in 1984 extra beregend om een erg nat jaar na te bootsen. De simulaties van 1984 geven voor het beregende proefveld C440 slechts 2/3 van de opname van het onberegende veld A440. Voor een deel is dit te verklaren door een toename van de denitrificatie. Of de

denitrificatie in werkelijkheid ook in die mate toeneemt is niet te controleren. Het lijkt echter minder waarschijnlijk gezien de gemeten hogere opname bij beregend ten opzichte van niet beregend (tabel 7.5, C440 en A440). Een deel van het nitraat-N verdwijnt door de toegenomen denitrificatie. Rekening houdend met deze toename, zal de opname toch nog aan de lage kant zijn.

Tabel 7.6 Uitspoeling per uitspoelingsperiode uit de bovenste 80 cm in kg/ha van de beregeningsproeven op ROC Aver-Heino (Fonck, 1986a, 1986b).
(A = onberegend, C = beregend bij pF = 2,3, 000 = onbemest, 440 = 440 kg stikstof)

periode	A000	A440	C000	C440
1982/1983	22	119	21	123
1983/1984	55	147	46	99

Fonck (1986a, 1986b) heeft de uitspoeling in de periode met een neerslagoverschot van de bovenste 80 cm van het profiel berekend (tabel 7.6).

De door hem berekende uitspoeling is in de winterperiode 1983/1984 voor de bemeste velden minder als er wordt beregend. Berekening gaat gepaard met een verhoogde gewasopname (tabel 7.5). Bij de simulaties is de opname voor de bemeste velden voor twee proefjaren vrijwel gelijk voor beregend en onberegend (tabel 7.2, 7.4, bijlage VI), evenals de uitspoeling. Er wordt geen opname-effect ten gevolge van berekening gesimuleerd.

In de jaren 1982 tot en met met 1984 is er op de C-velden respectievelijk 229, 202 en 215 mm beregend. Vergelijking van de fluxen over 1,0 m diepte van de simulaties (tabel 7.1 - 7.4, bijlage V) laat zien dat de toenames in fluxen ten gevolge van berekening respectievelijk 124, 86 en 187 mm zijn. De rest van het beregende vocht zal verdampt zijn door het gewas. Dat dit niet tot een toename in de stikstofopname leidt komt door het verdunningseffect.

Uit de balansen (bijlage V) blijkt dat de voorraad mineraal stikstof in de bovenste meter rond de jaarwisseling bij de beregende objecten kleiner is dan de voorraad bij de onberegende objecten. Met een gelijke evenwichtsvochtvoorraad is er door het grotere neerslagoverschot meer nitraat uitgespoeld.

De nitraat-N concentraties in het verloop van de tijd in de verschillende lagen zoals gesimuleerd en zoals gemeten zijn weergegeven in de figuren 7.2 - 7.5 (bijlage VI). Helaas zijn er alleen metingen verricht in voorjaar en najaar bij begin en einde van het groeiseizoen. De figuren tonen een duidelijk verdunningseffect van berekening in de wortelzone bij het zwaar bemeste object.

Op de momenten dat er meetwaarden bekend zijn, zijn een aantal concentratieverdelingen als functie van de diepte gemaakt voor de onberegende velden (figuren 7.6 en 7.7, bijlage VII). De berekeningen van ANIMO geven voor de november-profielen een hoge nitraat-N concentratie op circa 50 - 60 cm diepte. In november gaat het verdampingsoverschot over in een neerslagoverschot. Hoge nitraatconcentraties onder in de wortelzone zullen grotere uitspoeling tot gevolg hebben. Het is mogelijk dat deze hoge concentraties op die diepte voorkomen omdat er te weinig vocht op wordt genomen onder uit de wortelzone. Een andere mogelijkheid is dat er gedurende de zomer te weinig vocht (met nitraat) wordt opgenomen uit het bovenste stuk van de wortelzone, met als gevolg dat dat nitraat accumuleert aan de onderzijde van de wortelzone.

Opvallend is dat er bij de simulaties tengevolge van de berekening meer nitraat-N uitspoelt. Bij de proeven werd echter minder uitspoeling gevonden. Dit, zoals verwacht en gemeten, omdat in droge perioden de gewasgroei wordt gestimuleerd, en er meer gewas geoogst kan worden. Uit de balansen blijkt dat bij de beregende velden de opname minder is, omdat tengevolge van verdunningseffecten in de wortelzone de concentratie in de bodemoplossing lager is.

8. INVLOED VAN BEREGENING OP DE LANGE TERMIJN

Na de in het vorige hoofdstuk besproken situaties is voor een wat meer voorkomende situatie in de Nederlandse landbouw het effect van berekening op de nitraatuitspoeling bestudeerd. Met ANIMO is met (dag)weergegevens de stikstofhuishouding van een profiel doorerekend. Er is gebruik gemaakt van de op het ICW beschikbare invoergegevens van een proefveld te Ruurlo. Dit is een profiel met veel minder organische stof in de diepere lagen dan het Heino-proefperceel.

Omdat de grondwaterstand op het Ruurlo-proefperceel ondiep was, en dus berekening in de praktijk nauwelijks noodzakelijk zou zijn, is de grondwaterspiegel voor de berekeningen verlaagd tot circa 1,5 meter beneden maaiveld. Bij deze diepe grondwaterspiegel zal het beregenen in droge perioden realistisch zijn.

De wortelzone is 30 cm dik, een reële dikte voor goed van vocht voorziene percelen. In de praktijk zal een perceel dat niet wordt beregend met een grondwaterspiegel gelegen op 1,5 meter diepte een wortelstelsel ontwikkelen tot op grotere diepte dan 30cm.

8.1 Berekeningen met ANIMO

De waterbalans is berekend met WATBAL, de invoergegevens en overige invoerfiles ten behoeve van de berekeningen zijn te vinden in bijlage VIII. Voor het berekenen van de waterbalans is gebruik gemaakt van de verdamping volgens Makking; dit is de verdamping van met gras begroeide grond. De reductiefactor voor de transpiratie betreffende gewassoort was dus 1,0.

De neerslag en verdamping zijn bepaald met daggevens van de Bilt van 1952 tot en met 1981.

De berekening is op zodanige wijze in het model WATBAL verwerkt dat er beregend wordt op het moment dat de wortelzone een pF-waarde van kleiner dan 2,3 bereikt; er wordt dan 20 millimeter beregend.

8.2 Resultaten

De vochtgehalten van de wortelzone en de fluctuaties van de grondwaterstanden zijn voor de twee berekeningen uitgezet in de figuren 8.1 (onberegend) en 8.2 (beregend) (bijlage IX).

De jaarbalansen van de twee scenario's zijn vermeld in de tabellen 8.1 en 8.2 (bijlage X). De nitraat-N concentraties in het verloop van de tijd in de verschillende lagen in de figuur 8.3 (bijlage XI). De tendens is een ongeveer gelijke nitraat-N concentratie in de verschillende lagen voor beregend en onberegend. Uit de balansen blijkt dat de uitspoeling van nitraat-N uit de bovenste meter groter is.

Het effect van berekening op de nitraat-N concentraties is op grotere diepte (beneden 1,4 m beneden maaiveld) gering, de

concentraties voor de twee scenario's verschillen nauwelijks. Het grotere neerslagoverschot bij berekening leidt tot een grotere uitspoeling in kg N/ha. Omdat het effect van berekening op de gewasopname onvoldoende is gesimuleerd is het echter nog niet mogelijk een uitspraak te doen over het lange termijn effect.

9. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Het verschil in opname van beregend ten opzichte van onberegend grasland is vergeleken met waarnemingen niet goed gesimuleerd. Bij simulatie wordt bij beregende veldjes een grotere uitspoeling (in kg/ha) berekend dan bij de onberegende veldjes. In de veldproef is bij berekening een hogere N-opname gemeten en een lagere uitspoeling. Het is mogelijk dat dit heeft te maken met de wijze waarop de vochtopname is gemodelleerd. Berekening wordt toegepast bij omstandigheden waarop de normale verdeling van de transpiratieflux over de lagen van de wortelzone niet helemaal voldoet. Een mogelijkheid om in de toekomst het effect van beregenen beter te kunnen simuleren is door een waterhuishoudingsmodel aan ANIMO te koppelen die de verdeling van de transpiratieflux over de wortelzone gedetailleerder beschrijft (bijvoorbeeld SWATRE). Een andere mogelijkheid is om ANIMO aan te passen, bijvoorbeeld de verdeling van de transpiratieflux relateren aan de richting van de vochtverandering van de wortelzone. Bij uitdroging een andere verdeling dan bij bevochtiging.

Een voorspelling van het effect van beregening op de nitraatuitspoeling op de lange termijn is met de beschikbare gegevens en mogelijkheden van het model ANIMO nog niet te geven voor droogtegevoelige profielen met een diep gelegen grondwater-spiegel.

Op dit moment is er een mogelijkheid in het model om de stikstoffractie en afbraaksnelheid van de humus te verdelen over een bovenlaag met hoge stikstoffractie en hoge afbraaksnelheid, en een onderliggende laag met lage stikstoffractie en lage afbraaksnelheid. Modelleren tot een wat geleidelijker afname over de lagen in benedenwaartse richting zou voor profielen met een dik humuspakket de werkelijkheid beter benaderen.

Voor simulatie van stikstofhuishoudingen zijn meer gegevens noodzakelijk; het meten van bijvoorbeeld nitraatconcentraties op verschillende diepten met de regelmaat van minimaal tien maal per jaar zou voor het afregelen van het model goede mogelijkheden bieden.

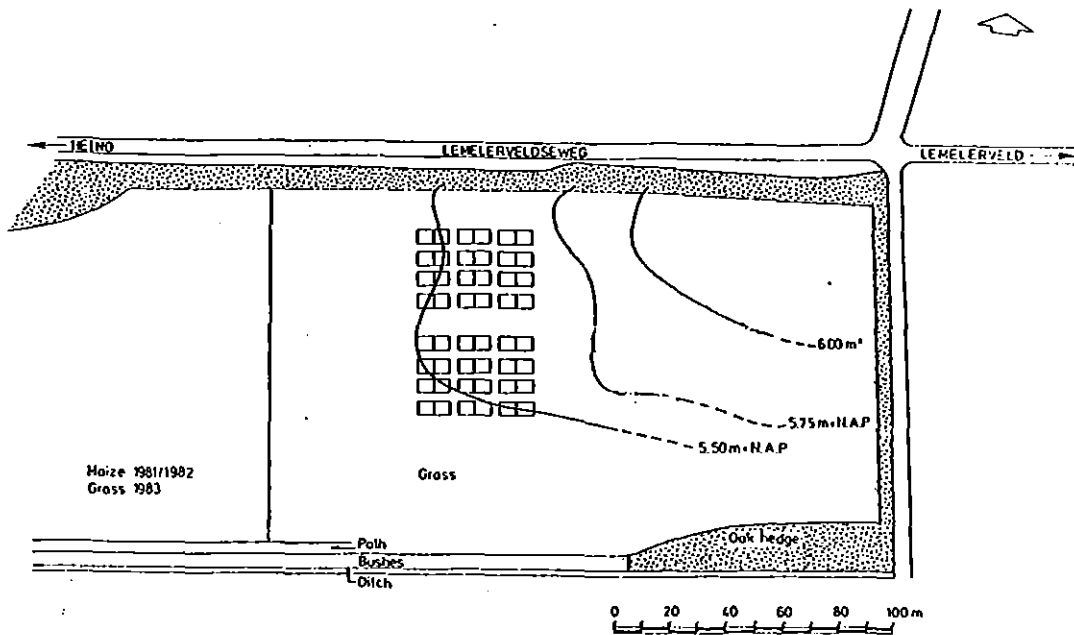
LITERATUURLIJST

- Berghuijs-van Dijk, J.T., 1985, WATBAL, a simple water balance model for a unsaturated/saturated soil profile, Nota ICW 1670, 22 p.
- Berghuijs-van Dijk, J.T., P.E.Rijtema, C.W.J.Roest, 1985, ANIMO, Agricultural Nitrogen Model, Nota ICW 1671, 82 p.
- Boheemen, P.J.M. van, and H.Humbert, 1983a, Sprinkling of grassland; I. Layout of the experimental field. Nota ICW 1501, 16 p.
- Boheemen, P.J.M. van, and H.Humbert, 1983b, Sprinkling of grassland; II. Fundamentals of soil water flow at the experimental field. Nota ICW 1540, 41 p.
- Chemische samenstelling van de neerslag over Nederland, KNMI/RIVM-rapport, 1984.
- Fonck, H., 1982, Stikstofuitspoeling op grasland in afhankelijkheid van kunstmestgift en beregening; I 1981/1982, Nota ICW 1364, 17 p.
- Fonck, H., 1986a, Stikstofuitspoeling op grasland in afhankelijkheid van kunstmestgift en beregening; I 1982/1983, Nota ICW 1683, 23 p.
- Fonck, H., 1986b, Stikstofuitspoeling op grasland in afhankelijkheid van kunstmestgift en beregening; I 1983/1984, Nota ICW 1705, 13 p.
- Haans, J.C.F.M. en J.Domhof, 1953. De bodemgesteldheid van de proefboerderij te Heino. Stichting voor bodemkartering Rapport 326 , Wageningen, 21 p.
- Kroes, J.G., Nota ICW, in bewerking.
- Lebbink, G., 1987, PAO-cursus feb/mrt.
- Jager, A. de, 1987, IB, Persoonlijke mededeling.
- Maandoverzicht van de neerslag in Nederland, KNMI, jan. 1981 - dec. 1985
- Maandoverzicht van het weer in Nederland, KNMI, jan. 1981 - dec. 1985.
- Meer, H.G. van der, 1987, CABO, persoonlijke mededeling.

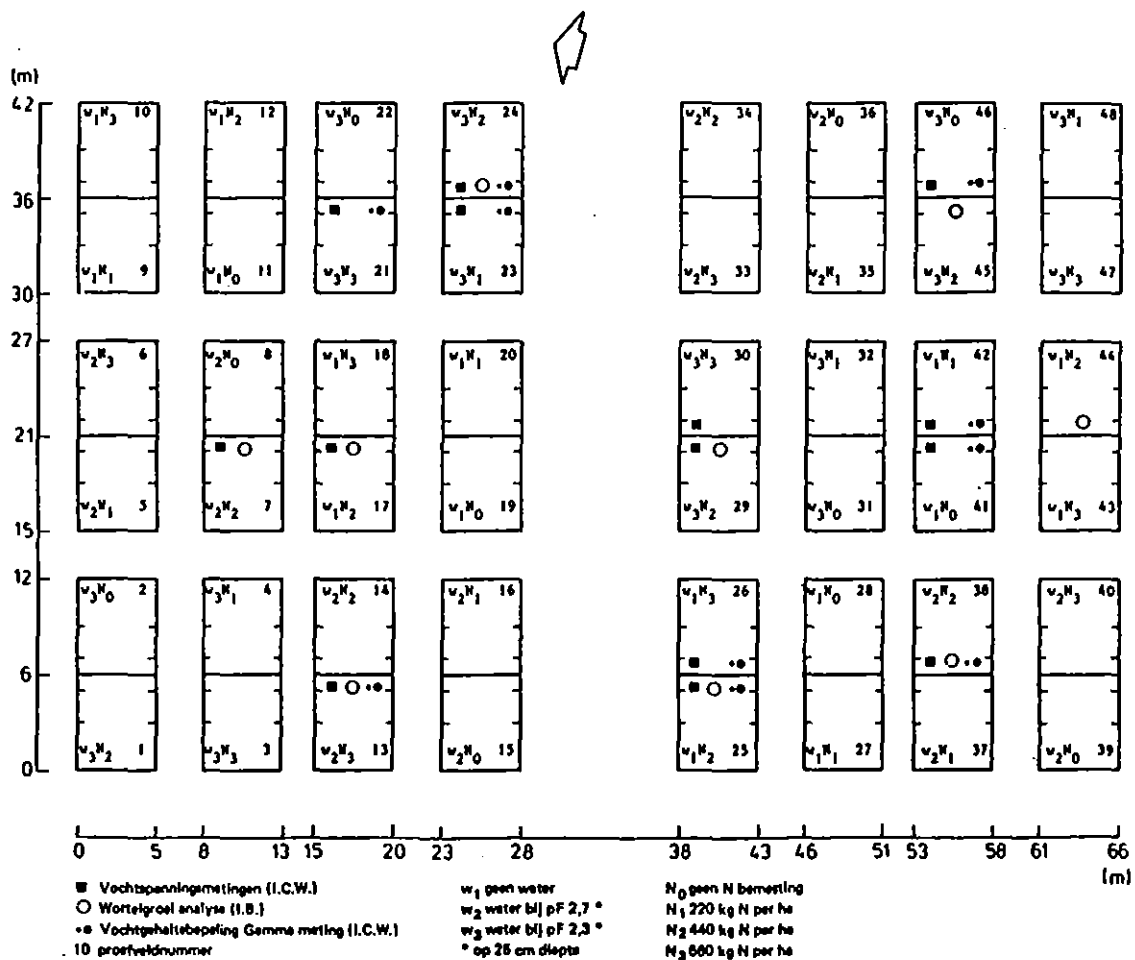
BIJLAGEN

- I Figuren proefveld
- II pF- curves
- III Resultaten simulatie waterhuishouding Heino
- IV Invoergegevens WATBAL en ANIMO voor Heino
- V Nitraat-N balansen Heino
- VI Simulatie nitraat-N concentraties Heino
- VII Nitraat-N profielen Heino
- VIII Invoergegevens lange termijn berekeningen
- IX Resultaat simulatie waterhuishouding lange termijn
- X Nitraat-N balansen lange termijn
- XI Simulatie nitraat-N concentraties lange termijn

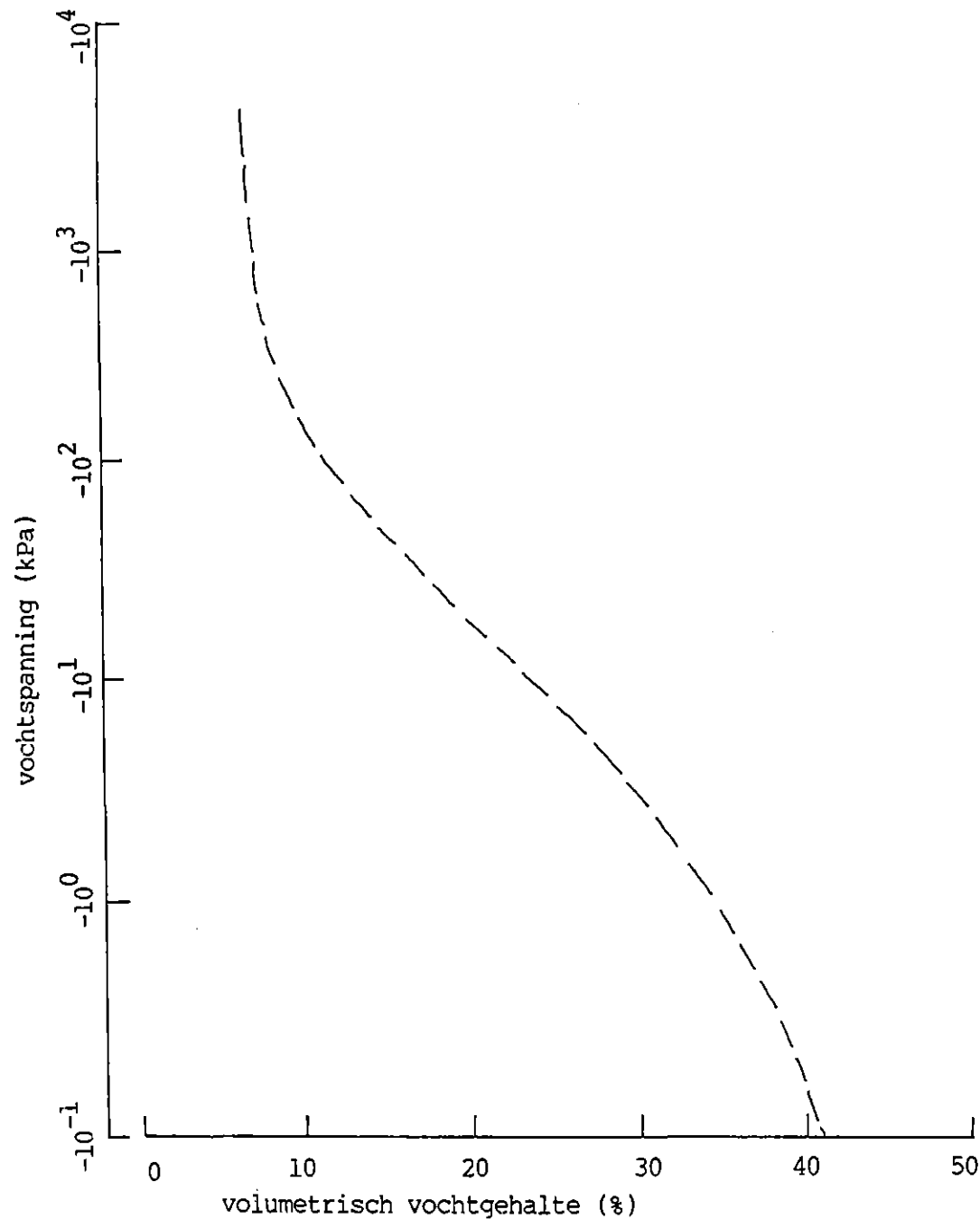
BIJLAGE I



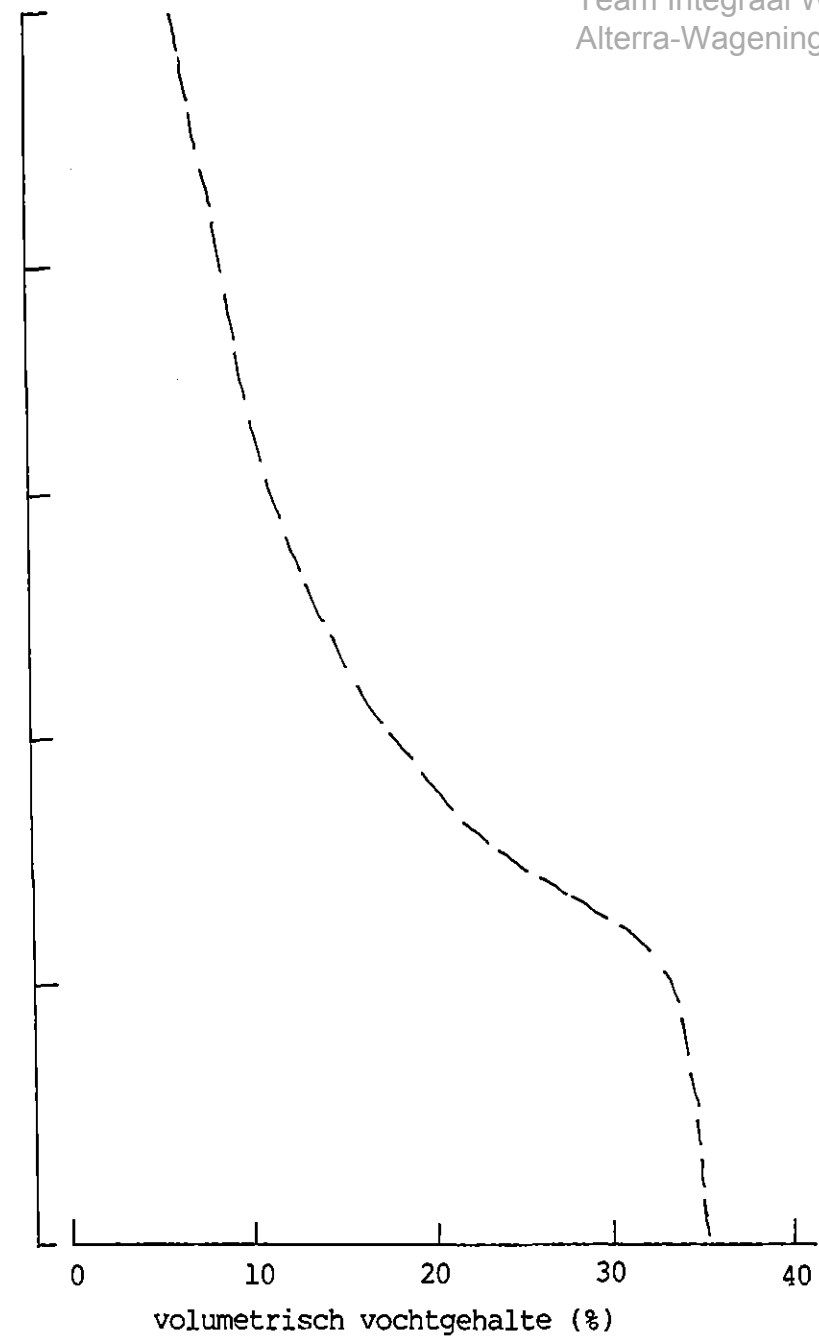
Figuur 1. Ligging van het proefveld op ROC Aver-Heino
(Van Boheemen en Humbert, 1983).



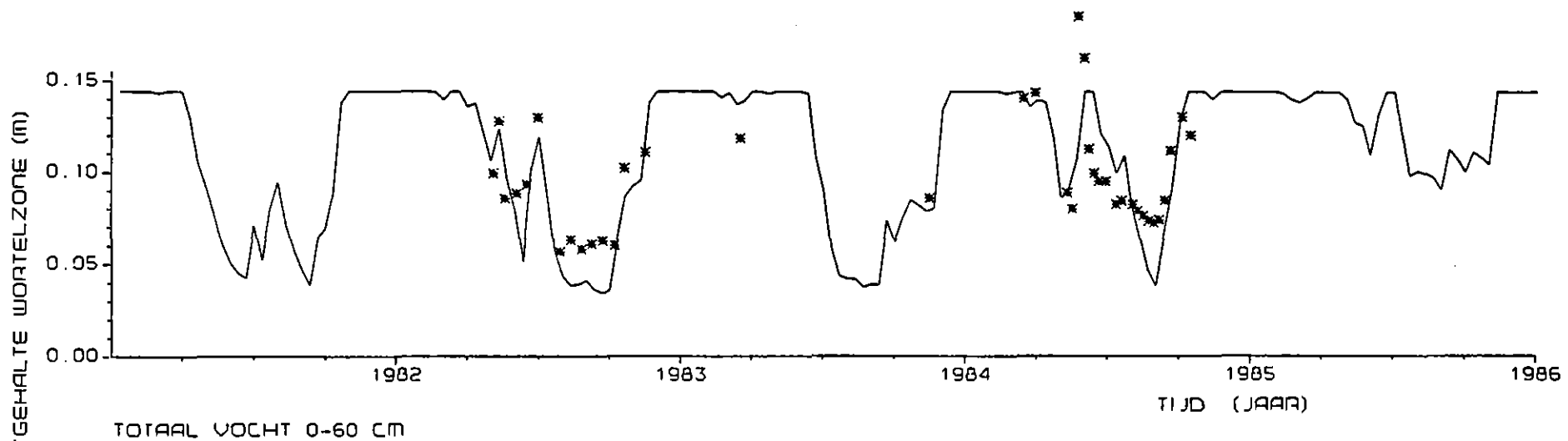
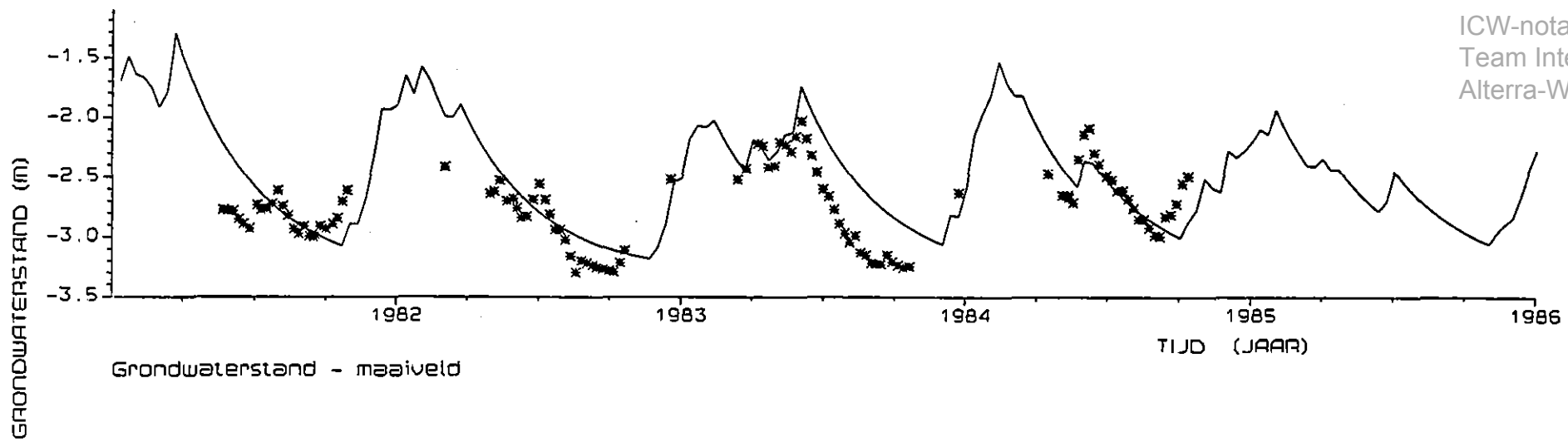
Figuur 2. Indeling van de proefveldjes (Fonck, 1986).



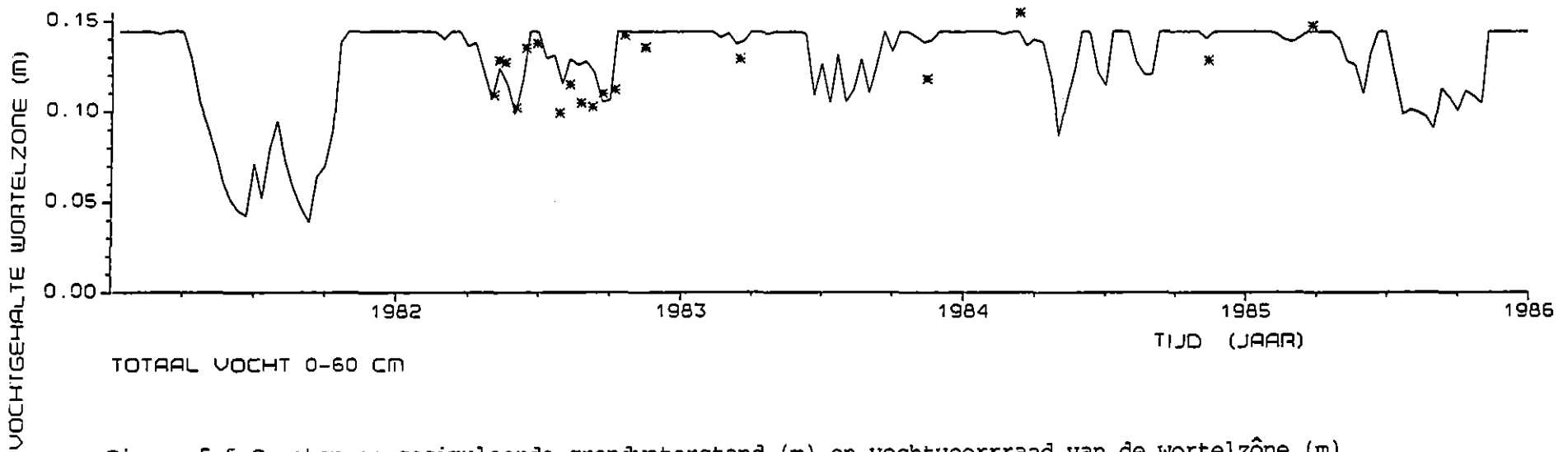
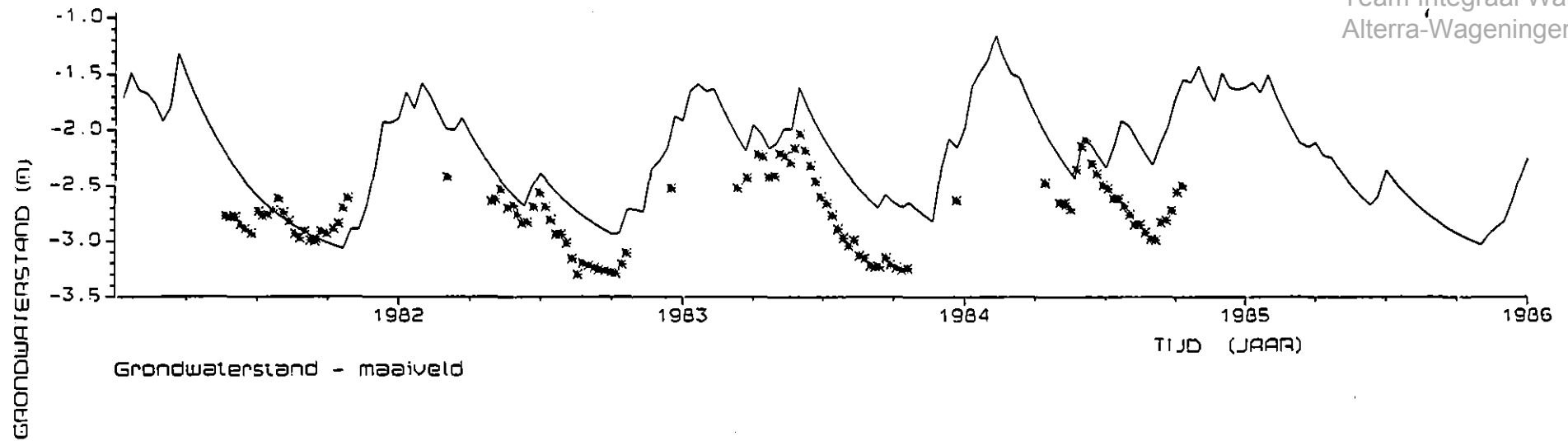
Figuur 5.2 Proefperceel Aver-Heino,
pF-curve laag 0-60 cm voor simulatie.



Figuur 5.3 Proefperceel Aver-Heino,
pF-curve laag 60-350 cm voor
simulatie.



Figuur 5.4 Gemeten en gesimuleerde grondwaterstand (m) en vochtvoorraad van de wortelzone (m) van de onberegende A-veldjes van 1981 tot 1986.



Figuur 5.5 Gemeten en gesimuleerde grondwaterstand (m) en vochtvoorraad van de wortelzone (m) van de beregende C-veldjes van 1981 tot 1986.

Invoergegevens WATBAL gebruikt voor simulaties van beregeningsproeven te HEINO.		
pag 1 augustus 1987		
ALHAS	0.8	gewasreduktiefactor voor zomer
ALHAW	0.8	gewasreduktiefactor voor winter
TIYR(1-8)	0. 50. 100. 150. 200. 250. 300. 365.	dagen van het jaar waarvoor de bodem- bedekkingsgraad wordt gegeven.
SOCOYR(1-8)	1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.	bodembedekkingsgraad op de vermelde dagen
SOCO(1-11)	(tabel 1.1)	fractie bodembedekking voor Rf
RF(1-11)	(tabel 1.1)	reduktiefactor voor evapotranspiratie in droge perioden. (Berghuijs-van Dijk et. al.. 1985)
WPI	0.05	vochtfractie bij verwelkingspunt laag 1
WP2	0.088	vochtfractie bij verwelkingspunt laag 2
FC1	0.24	vochtfractie bij veldcapaciteit laag 1
FC2	0.17	vochtfractie bij veldcapaciteit laag 2
SAT1	0.41	vochtgehalte bij verzadiging voor laag 1
SAT2	0.35	vochtgehalte bij verzadiging voor laag 2 (vochtgehalten: pF-curves laag1: 0-12,5 cm laag2: 12,5-82,5 cm , bijlage II)
DI	0.60 m	dikte wortelzone (laag 1)
LG	3.50 m	dikte totale profiel (op grond van gemeten grondwaterstanden)
TLIX	10.1458 d	lengte van tijdstap
EXIS(1-4)	1. 0. 0. 0.	aanwezigheid van drainagesystemen (0 = niet, 1 = wel)
HD(1-4)	0.2 0. 0. 0. m	drainageniveau van ondergrens laag 2
INF(2-4)	0. 0. 0.	optie voor infiltratie
OME(2-4)	1. 1. 1.	radiale weerstand van drainagesystemen
L(2-4)	1. 1. 1. m	drainafstand per systeem
D(2-4)	1. 1. 1. m	afstand systeem van drainage-basis
K(2-4)	1. 1. 1.	verzadigde conductiviteit bij drain (m/d)
RES(1)	1100.	d drain weerstand van systeem 1 (gebruikt als calibratie-variabele)
K1	2.0	m/d verzadigde geleidbaarheid voor laag 1 (van Boheemen en Humbert, 1983b)
STEPSTART	1	januari, decade I : start simulatie
YST	1981	startjaar
STEPEND	36	december, decade III: eind simulatie
YEND	1985	eindjaar
VOL1	0.144	m vochtfractie laag 1 bij start simulatie (1 jan, veldcapaciteit)
DVOL2	0.9	m laag boven grondwater tot wortelzone waarvoor VOL2 wordt gegeven.
VOL2	0.153	m zie VOL1
Z	0.6	m maximale diepte van het grondwater voor capillaire opstijging vanaf benedengrens wortelzone. (calibratievariabele)

Invoergegevens WATBAL gebruikt voor simulaties van beregeningsproeven te HEINO.		
pag 2 augustus 1987		
COL/CO2	0.7656 0.6413	coefficienten voor de berekening van de evapotranspiratie-stress.
THMAX	0.0	
HAMI	0.0	
IOPHI	1 0 0 1	output-opties
DIJKH	0.0	
PR/EO		m neerslag en open water verdamping (Maandelijks overzicht weer, 1981-1985) (Maandelijks overzicht regen, 1981-1985) beregende veldjes; aangevuld met beregende hoeveelheid

Een groot aantal parameterwaarden zijn overgenomen van J.G. Kroes voor zowel WATBAL als ANIMO, betreffende andere bemestingsproeven (in bewerking).

Invoergegevens GEN.DAT voor ANIMO voor simulaties van berekeningsproeven te HEINO.		
pag. 1		augustus 1987
IWA	2	waterkwantiteitsmodel, 2 - WATBAL
NA	1	aantal subregio's
ANMA	1	subregionummer aan het eind van de simulatie
ANMI	1	subregionummer aan het begin van de simulatie
NT	1	aantal technologieën
TNMA	1	laatste technologienummer
TNMI	1	eerste technologienummer
NF	5	aantal fracties in vers/opgelost organisch materiaal
NM	8	aantal materialen (1- runderdrijfmest, 6-kunstmest, 8-wortelresten)
FRNI(1-NM)	0. 0. 0. 0. 0. 0.5 0. 0.01	fractie NO3-N in materialen
FRNH(1-NM)	0.0018 0. 0. 0. 0. 0.5 0. 0.	fractie NH4-N in materialen
FROR(1-NM)	0.083 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.99	fractie organisch materiaal in de materialen
ST	10.1438	d lengte van de tijdstap
TIMI	0	d start simulatie
YRMA	1985	jaar dat simulatie eindigt
YRMI	1981	jaar dat simulatie begint
FR(1-NM,1-NF)	0.1 0.7 0.2 0. 0. 0.	fracties van fracties 1-NF in
	6x (0. 0. 0. 0. 0. 0.)	organisch deel van MN
	0. 0. 0. 0. 0.75 0.25	
FRGA(1-NM,1-NF)	0.1 0.05 0. 0. 0. 0.	opgelost deel van organische fracties
	7x (0. 0. 0. 0. 0. 0.)	1-NF van materialen MN (wortels geen)
voor KC = 1,2,4,5		
NUAMRO(KC)	1	DUMMYWAARDEN VOOR ALLE GEWASSEN
NULNRO(KC)	1	aantal gegevens over wortelmasa
AMROTI(KC,1-)	0.	aantal gegevens over wortellengte
LNROTI(KC,1-)	0.	kg/ha wortelmasa's
TIAMRO(KC,1-)	0.	m wortellengte's
TIILNRO(KC,1-)	0.	d tijdstippen waarvoor wortelmasa's gegeven
TISO(KC)	0.	d tijdstippen waarvoor wortellengte's gegeven
TIHA(KC)	0.	d zaaitijdstip
TUTO(KC)	0.	d oogsttijdstip
UPNIMA1(KC)	0.	kg/ha hoeveelheid wortels geoogst
UPNIMA2(KC)	0.	kg/ha max. N-opname door gewas KC in eerste periode
SUEVMA1(KC)	0.	kg/ha max. N-opname door gewas KC in tweede periode
SUEVMA2(KC)	0.	m som max. evapotranspiratie eerste periode
TIUP1(KC)	0.	m som max. evapotranspiratie tweede periode
	0.	d tijd na zaaien dat eerst periode eindigt

Invoergegevens GEN.DAT voor ANIMO voor simulaties van berekeningsproeven te HEINO.		
pag. 2		augustus 1987
voor KC = 3		
NUAMRO(KC)	1	gegevens voor gras,(DUMMY'S!)
NULNRO(KC)	1	aantal gegevens over wortelmasa
AMROTI(KC,1-)	750.	aantal gegevens over wortellengte
LNROTI(KC,1-)	.30	kg/ha wortelmasa's
TIAMRO(KC,1-)	150.	m wortellengte's
TIILNRO(KC,1-)	150.	d tijdstippen waarvoor wortelmasa's gegeven
TISO(KC)	-20.	d tijdstippen waarvoor wortellengte's gegeven
TIHA(KC)	400.	d zaaitijdstip
TUTO(KC)	0.	d oogsttijdstip
UPNIMA1(KC)	400.	kg/ha hoeveelheid wortels geoogst
UPNIMA2(KC)	300.	kg/ha max. N-opname door gewas KC in eerste periode
SUEVMA1(KC)	.4	kg/ha max. N-opname door gewas KC in tweede periode
SUEVMA2(KC)	.35	m som max. evapotranspiratie eerste periode
TIUP1(KC)	180.	m som max. evapotranspiratie tweede periode
		d tijd na zaaien dat eerst periode eindigt
FRVO	.2	fractie toev. NH4-N die meteen vervluchtigd van aan opp. toegediend materiaal (schatting)
COPRNI	.00130 kg/m3	NH4-N in neerslag (Chemische samenstelling)
COPRNI	.00070 kg/m3	NO3-N in neerslag (neerslag, 1984)
COEKNH	.0	kg/m3 NH4-N in oppervlaktewater
COEKNH	.0	kg/m3 NO3-N in oppervlaktewater
HUFROS	.75	Humusfractie welke niet via opgeloste fase wordt gevormd
NIFREX	.025	N-fractie in exudaten
NIFRHU	.038	N-fractie in humus (tabel 2.1)
NIFR(1-NF)	.07 0.05 0.01 0.01 0.01	N-fractie in de fracties 1-NF (Kroes)
RECPEXAV	365.	/yr gem. afbraakconstante exudaten
RECHUAV	.045	/yr gem. afbraakconstante humus (calibratie)
RECFVAV(1-NF)	1. 1.68 0.12 2. 1.	/yr gem. afbraakconstante fracties 1-NF (Kroes)
RECFAAV	30.	/yr gem. afbraakconstante opgelost org. mat.
RECFTAV	365.	/yr gem. nitrificatie-constante
		(reactieconstanten en N-fracties uit Berghuijs-van Dijk et. al., 1985)
DFCFOXWA(1-5)	0. 8.64E-5 1.382E-4 1.64E-4 2.81E-4	m2/d
DFCFOXWATE(1-5)	-10. 0. 10. 20. 25.	C
		diffusie-coëfficiënten van O2 in water bij verschillende temperaturen (Berghuijs-van Dijk et. al., 1985)
Er volgen nog circa 20 variabelen die betrekking op hoeveelheid en soort van uitvoergegevens.		

Invoergegevens GENAR.DAT voor ANIMO voor simulaties van beregeningsproeven te HEINO.									
pag. 1					augustus 1987				
ASFA	.25	assimilatiefactor humusvorming							
APTE	10.	C amplitudo van jaarlijkse sinus temp. golf							
AVTE	11.	C gem. jaarlijkse temperatuur							
FQTE	.01726	rad/d	frequentie jaarlijkse temperatuurgolf						
TESMCF	.01584	m2/d	'thermal diffusivity'coefficient						
NL	13	aantal lagen							
DRADNH(1)	3.	distributie verhouding NH4-N in wortelzone							
DRADNH(NL)	2.	distributie verhouding NH4-N in onderzone							
HE(1-NL)	.1 .1 .1 .1	laagdikte's							
	.1 .1 .2 .2								
	.5 .5 .5 .5	m							
DG	0.	/m draindichtheid 3e orde							
DS	0.	/m draindichtheid 2e orde							
DK	0.	/m draindichtheid 1e orde							
HDC	0.	-m drainagebasis 3e orde							
HDS	0.	-m drainagebasis 2e orde							
HDK	0.	-m drainagebasis 1e orde							
AR	30.	m2 oppervlakte subgebied							
PMDF1	0.75	parameters voor berekenen O2-diffusie in							
PMDF2	3.3	luchtgevulde poriën							
AIENSCPF	2.	cm luchtintreewaarde (schatting)							
vochtgehalten met zuigspanningen voor de 2 lagen									
(pF-curve's bijlage II)									
MOFRPF1(1-10)	0.	0.05	0.10	0.13	0.17	0.20	0.24	0.30	0.35 0.41
SCPF1(1-10)	1.E7	16000.	1746.	698.	316.	191.	100.	35.1	7.63 1.
MOFRPF2(1-10)	0.	0.088	0.10	0.13	0.17	0.23	0.27	0.30	0.33 0.35
SCPF2(1-10)	1.E7	16000.	1911.	453.	100.	35.1	23.1	20.1	10.7 1.
MOFRWIUN	.088	vochtfractie verwelkingspunt zone 2							
MOFRSARO	.41	vochtfractie verzadiging wortelzone							
MOFRSAUN	.35	vochtfractie verzadiging zone 2							
CDSA	2.	m/d verzadigde doorlatendheid wortelzone							
LR	4	laag waar gereduc. humusafbraak optreedt							
RDFADCHU	0.1	reduktie-factor voor humusafbraak							
KF	1.	verhouding geleidbaarheid wortelzone/zone 2							
		(Van Boheemen en Humbert, 1983b)							
KA	1.	verhouding geleidbaarheid zone 2/aquifer							
AQBO	3.30	-m grens tussen toplaag en aquifer							
HECZ	0.60	-m hoogte van de capillaire zone							
PHRO	5.0	pH wortelzone							
PHBERO	5.3	pH zone 2							
		(van Boheemen en Humbert, 1983b)							
RM	8	nummer van het materiaal gedef. als wortel							
EVROSE	0	optie voor verdeling evapotranspiratieflux							
		(0= gelijk verdeeld, 1= lineaire afname)							
HVTE	0	temperatuur model, 0 = sinus							
DRDEP	20.0	kg/ha droge depositie N (schatting)							

Invoergegevens GENAR.DAT voor ANIMO voor simulaties van beregeningsproeven te HEINO.			
pag. 2		augustus 1987	
COIDNH	.0	kg/m3	NH4-N in infiltrerend drainwater
COIDNI	.0	kg/m3	NO3-N in infiltrerend drainwater
COIDCA	.0	kg/m3	opgeloste org. stof in infiltr. drainwater
LNMAROTN(1-TN)	6	aantal lagen wortelzone	
KICRTN(1-NT)	3	gewas per technologie (gras)	
als KICRTN = 3 (gras)			
NRGRTN(1-TN)	0.	lsu/ha	g.v.e. per technologie
AMSHMA	0.35	kg/m2	maximale scheutenproductie
FROSGR	0.2	kg/m2	fractie scheuten verlies door begrazing
FROSHA	0.05	kg/m2	fractie scheuten verlies door oogst
RESU	0.321	relatieve zonneshijnduur	
SHPDRA	2.3	scheutenproductiesnelheid	
TURA	0.0055	d-1	turnoversnelheid voor afsterving wortels
als HVTE = 1			
TIMIAITE		d	dagnummer van eerste temperatuurmeting
AITE(1-52)		C	wekelijks gemeten luchttemperatuur

```

Invoergegevens ini.DAT voor ANIMO voor simulaties van beregenings-
proeven te HEINO.

pag. 1                                augustus 1987

1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 (DUMMY'S)
MOFRO(1-NL)   kg.m-2   initiële vochtfractie in de lagen 1-NL
0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.
EX(1-NL)      kg.m-2   hoeveelheid exudaat in de lagen
6.55 5.96 6.01 6.72 7.40 7.90 16.30 7.57 3.27 0.93 0.092 8.2E-03 3.74E-04
HUEX(1-NL)    kg.m-2   hoeveelheid humus van exudaten in de lagen
0.0023 0.00035 0.00061 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.
CONH(1-NL)    kg.m-3   concentratie NH4-N in de lagen
0.0079 0.0079 0.0113 0.0113 0.0089 0.0089 0.0089 0.0102 0.0144 0.0174
CONTI(1-NL)   kg.m-3   concentratie NO3-N in de lagen
0.0205 0.0250 0.0250
0. 0. 0. 0.026 0.17
0. 0. 0. 0.13 0.090
0. 0. 0. 0.047 0.033
0. 0. 0. 1.81E-06 6.21E-04
0. 0. 0. 2.68E-06 7.97E-04
0. 0. 0. 4.58E-06 1.00E-03
0. 0. 0. 3.16E-06 1.21E-03
0. 0. 0. 8.31E-06 1.32E-03
0. 0. 0. 1.69E-05 1.25E-03
0. 0. 0. 2.14E-05 7.48E-04
0. 0. 0. 4.44E-06 1.07E-04
0. 0. 0. 1.05E-06 1.55E-05
0. 0. 0. 1.16E-07 1.10E-06
OS            kg.m-2   hoeveelheid vers org. mat. in fracties 1-NF
0. 0. 0. 1.08 0.67   in de lagen 1-NL
0. 0. 0. 0.79 0.56
0. 0. 0. 0.63 0.52
0. 0. 0. 0.27 0.25
0. 0. 0. 0.28 0.27
0. 0. 0. 0.29 0.28
0. 0. 0. 0.59 0.57
0. 0. 0. 0.26 0.26
0. 0. 0. 0.12 0.12
0. 0. 0. 0.034 0.034
HUOS          kg.m-2   hoeveelheid humus van vers organisch materiaal
(1-NL,1-NF)   in fracties 1-NF in de lagen 1_NL

```

```

Invoergegevens ini.DAT voor ANIMO voor simulaties van beregenings-
proeven te HEINO.

pag. 2                                augustus 1987

0. 0. 0. 4.11E-03 3.85E-03
0. 0. 0. 1.02E-03 7.82E-04
0. 0. 0. 3.74E-04 2.52E-04
0. 0. 0. 3.45E-02 3.42E-02
0. 0. 0. 4.54E-02 1.54E-02
0. 0. 0. 5.17E-02 1.77E-02
0. 0. 0. 4.54E-02 1.57E-02
0. 0. 0. 3.67E-02 1.28E-02
0. 0. 0. 2.37E-02 8.36E-03
0. 0. 0. 1.42E-02 5.16E-03
0. 0. 0. 6.37E-03 2.51E-03
0. 0. 0. 1.10E-03 5.34E-04
0. 0. 0. 1.20E-04 1.07E-04
0. 0. 0. 7.90E-06 1.52E-05
0. 0. 0. 3.56E-07 1.52E-06
0. 0. 0. 1.81E-08 9.03E-08
COCA          kg.m-3   conc. opgelost org. mat van fracties 1-NF
(1-NL,1-NF)   in de lagen 1-NL
0.
COAQNH        kg.m-3   concentratie NH4-N in de aquifer
0.
COAQNI        kg.m-3   concentratie NO3-N in de aquifer

```

```

Invoergegevens CROP.DAT voor ANIMO voor simulaties van beregenings-
proeven te HEINO.
pag. 1 augustus 1987
voor iedere toediening:
TINEAD 100. d dagnr. van toediening
NUAD 2 aantal toedieningen
MTNU 1 materiaalnummer toediening
QUNT 25000. kg/ha hoeveelheid materiaal toegevoegd
WYAD 1 toedieningswijze
      0 - op toplaag met vervluchtiging
      1 - op toplaag zonder vervluchtiging
      2 - over laag 1 en 2
      enz.
PL aantal lagen te ploegen
TINEAD volgende toediening
      |
Hier volgt de invoerfile voor de 440 kg N velden.
100.
12
1 25000. 1 0
6 80. 1 0
140.
1
6 60. 1 0
160.
1
6 60. 1 0
180.
1
6 40. 1 0
210.
1
6 30. 1 0
245.
1
6 30. 1 0
470.
1
6 120. 1 0
505.
1
6 80. 1 0
526.
1
6 80. 1 0
548.
1
6 60. 1 0
575.
1
6 60. 1 0
610.
1
6 40. 1 0

```

```

Invoergegevens CROP.DAT voor ANIMO voor simulaties van beregenings-
proeven te HEINO.
pag. 2 augustus 1987
835.
1
6 120. 1 0
855.
1
6 80. 1 0
882.
1
6 80. 1 0
911.
1
6 60. 1 0
945.
1
6 60. 1 0
974.
1
6 40. 1 0
1200.
1
6 120. 1 0
1232.
1
6 80. 1 0
1253.
1
6 80. 1 0
1282.
1
6 60. 1 0
1310.
1
6 60. 1 0
1345.
1
6 40. 1 0
1565.
1
6 120. 1 0
1597.
1
6 80. 1 0
1618.
1
6 80. 1 0
1647.
1
6 60. 1 0
1675.
1
6 60. 1 0
1710.
1
6 40. 1 0

```

Tabel 7.1 Balans van nitraat-N voor 0 - 1 m beneden maaiveld, simulatie van de stikstofhuishouding van proef A000: onbemest/onberegend. Balanstermen in kg/ha, fluxen op 1 m diepte in mm/jr.

jaar	nitrifi- catie	bemes- ting	depositie nat	droog	gewas- opname	denitri- ficatie	uit- spoeling	voorraad 1 jan.	voorraad 31 dec.	flux omhoog	flux omlaag
1982	206.	0.	4.	8.	151.	0.	64.	52.	56.	0.	188.
1983	214.	0.	5.	8.	131.	4.	79.	56.	69.	1.	277.
1984	245.	0.	5.	8.	145.	29.	95.	69.	60.	0.	329.

Tabel 7.2 Balans van nitraat-N voor 0 - 1 m beneden maaiveld, simulatie van de stikstofhuishouding van proef A440: 440 kg N/onberegend. Balanstermen in kg/ha, fluxen op 1 m diepte in mm/jr.

jaar	nitrifi- catie	bemes- ting	depositie nat	droog	gewas- opname	denitri- ficatie	uit- spoeling	voorraad 1 jan.	voorraad 31 dec.	flux omhoog	flux omlaag
1982	438.	220.	4.	8.	536.	0.	88.	52.	103.	0.	188.
1983	449.	220.	5.	8.	481.	36.	155.	103.	116.	1.	277.
1984	479.	220.	5.	8.	485.	85.	179.	116.	81.	0.	329.

De gebruikte kustmest bevat 50 % ammonium-N, deze komt indirect via nitrificatie beschikbaar.

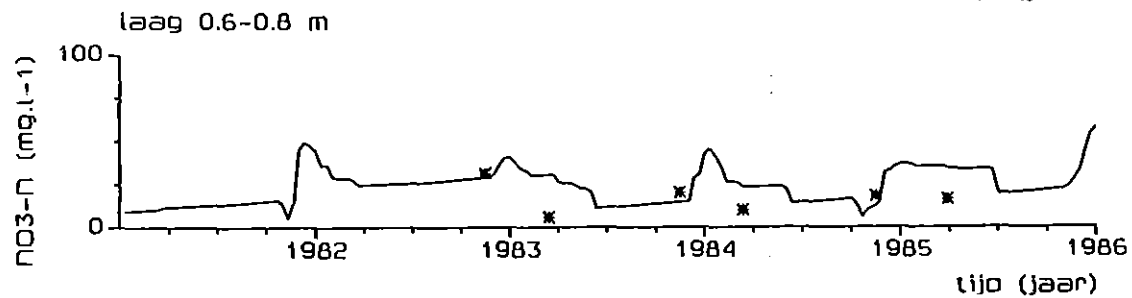
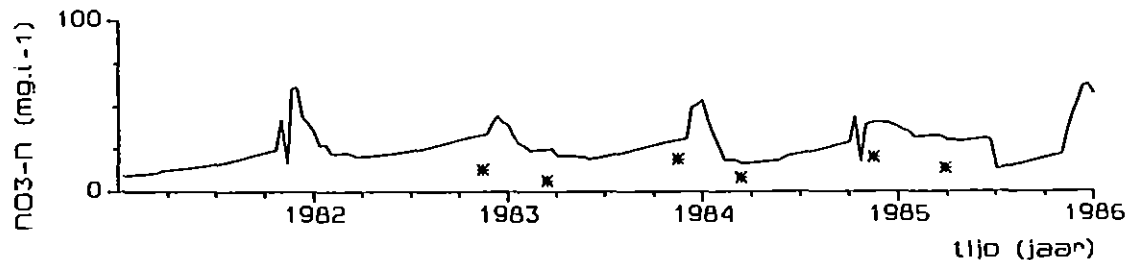
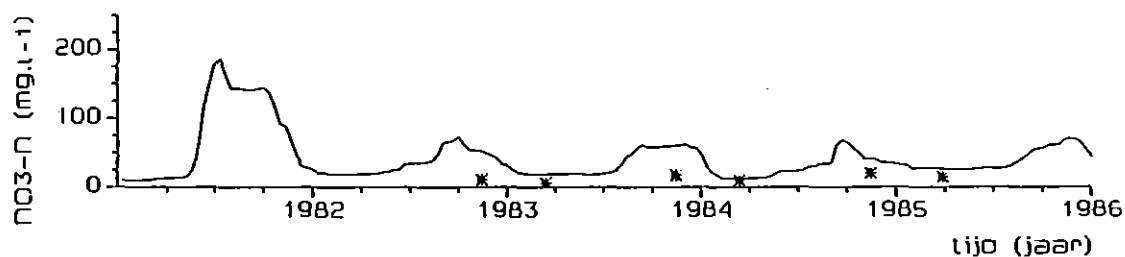
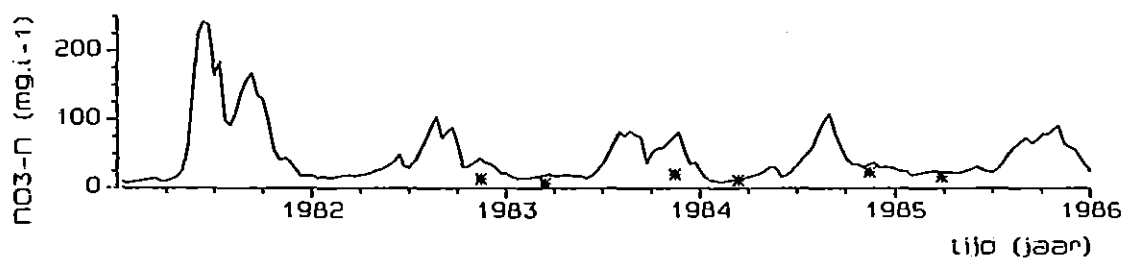
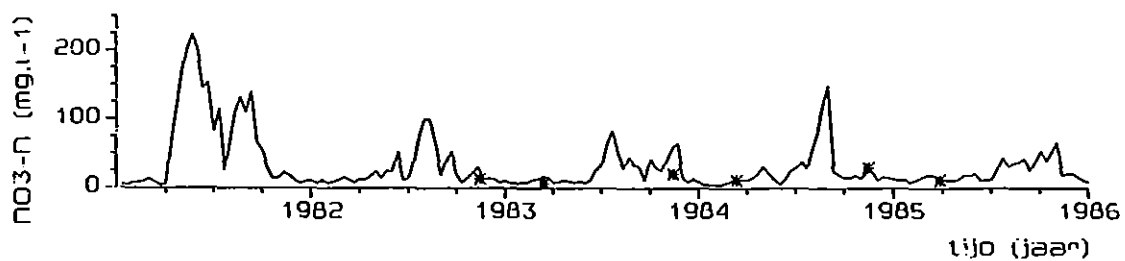
Tabel 7.3 Balans van nitraat-N voor 0 - 1 m beneden maaiveld, simulatie van de stikstofhuishouding van proef C000: onbemest/beregend bij pF = 2,3. Balanstermen in kg/ha, fluxen op 1 m diepte in mm/jr.

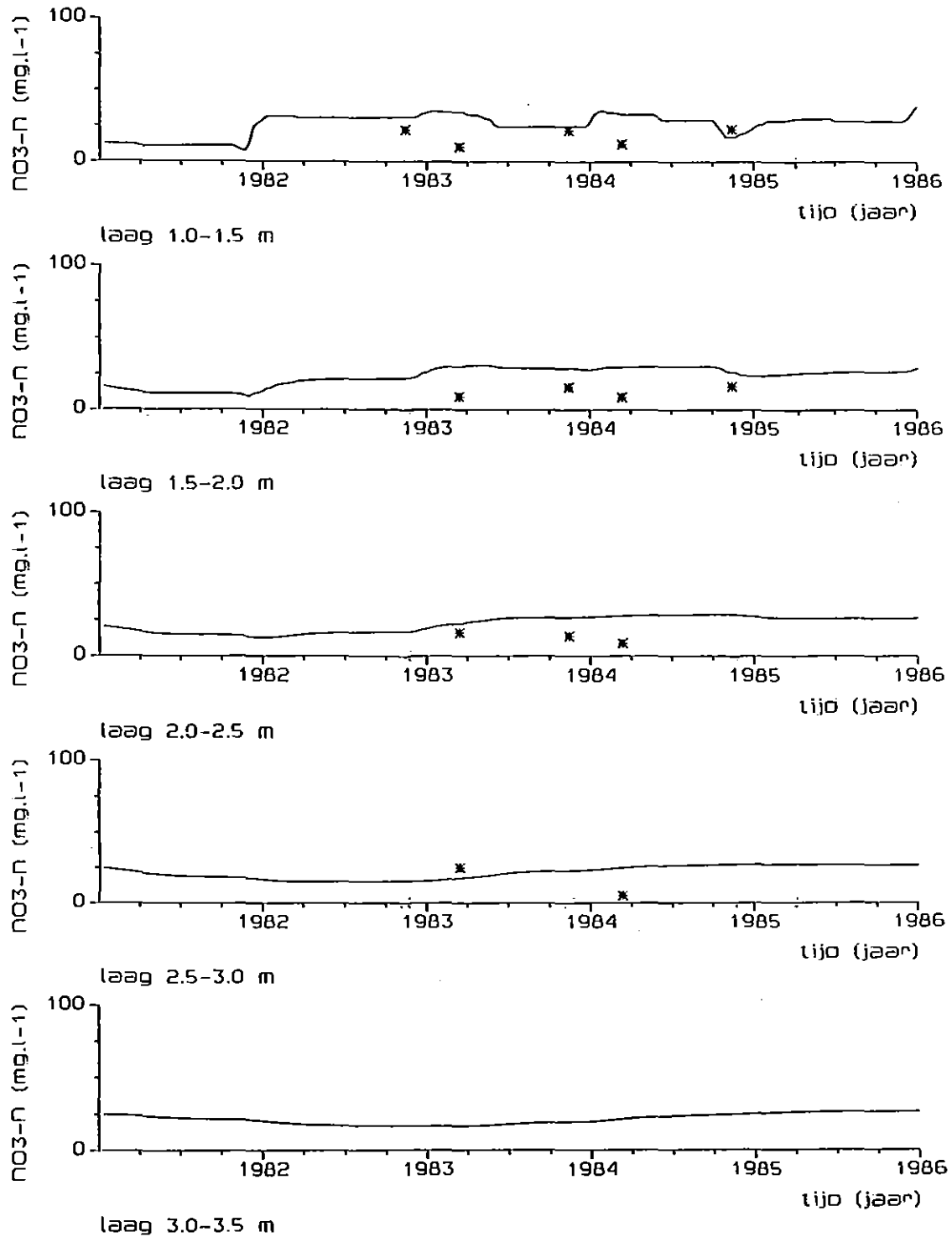
jaar	nitrifi- catie	bemes- ting	depositie nat	droog	gewas- opname	denitri- ficatie	uit- spoeling	voorraad 1 jan.	voorraad 31 dec.	flux omhoog	flux omlaag
1982	276.	0.	6.	8.	152.	48.	85.	52.	58.	0.	312.
1983	269.	0.	7.	8.	151.	26.	99.	58.	66.	1.	363.
1984	259.	0.	7.	8.	106.	86.	94.	66.	55.	0.	516.

Tabel 7.4 Balans van nitraat-N voor 0 - 1 m beneden maaiveld, simulatie van de stikstofhuishouding van proef C440: 440 kg N/beregend bij pF = 2,3. Balanstermen in kg/ha, fluxen op 1 m diepte in mm/jr.

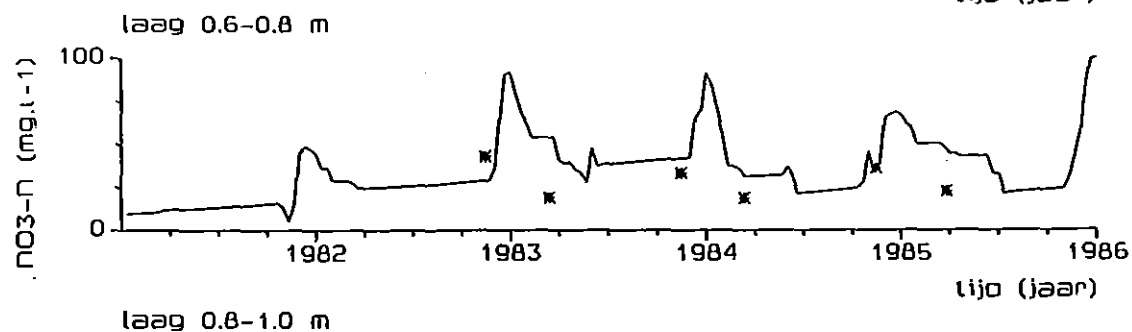
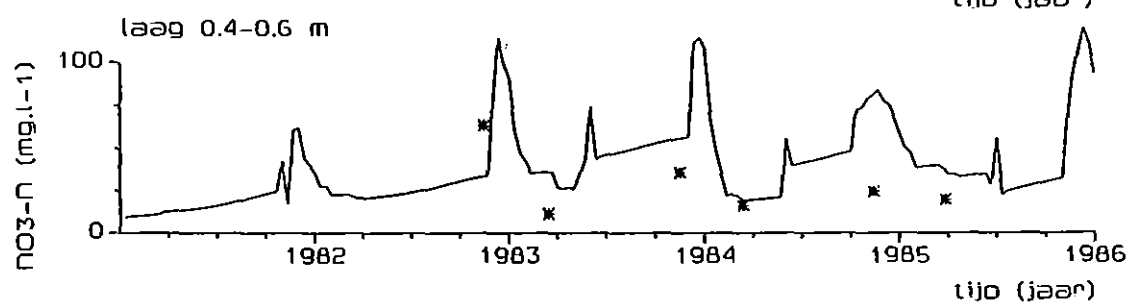
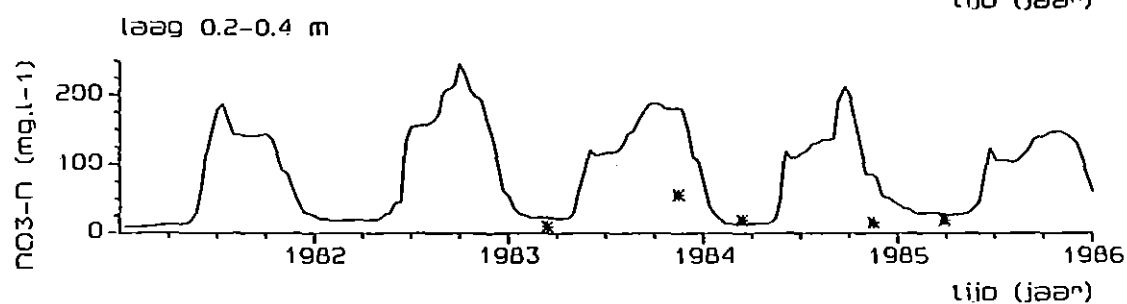
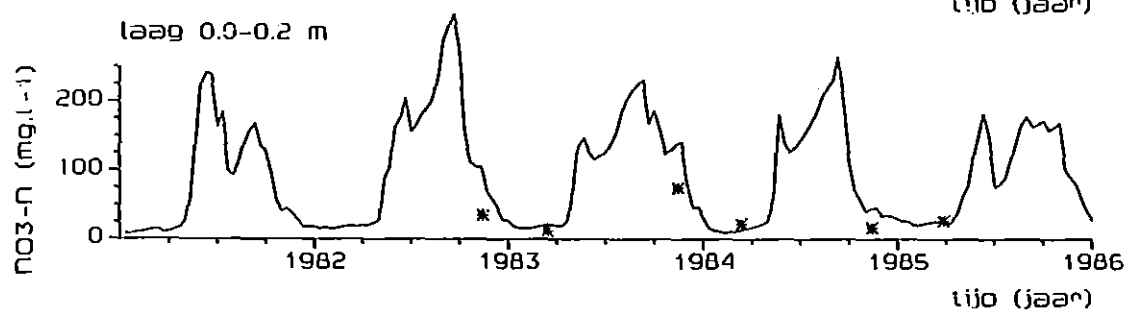
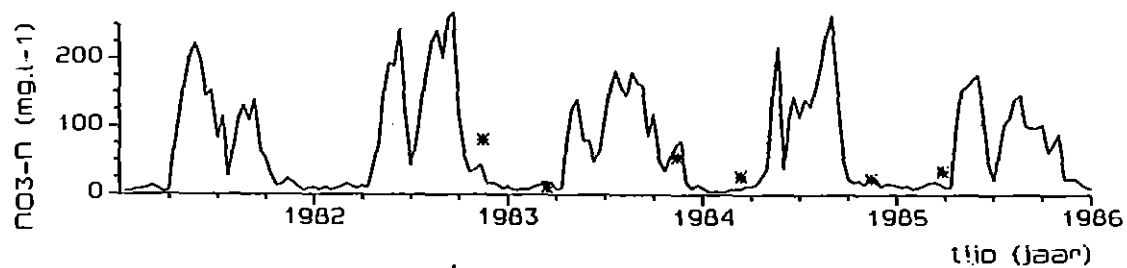
jaar	nitrifi- catie	bemes- ting	depositie nat	droog	gewas- opname	denitri- ficatie	uit- spoeling	voorraad 1 jan.	voorraad 31 dec.	flux omhoog	flux omlaag
1982	499.	220.	6.	8.	452.	147.	111.	52.	76.	0.	312.
1983	498.	220.	7.	8.	484.	94.	146.	76.	85.	1.	363.
1984	474.	220.	7.	8.	319.	286.	133.	85.	56.	0.	516.

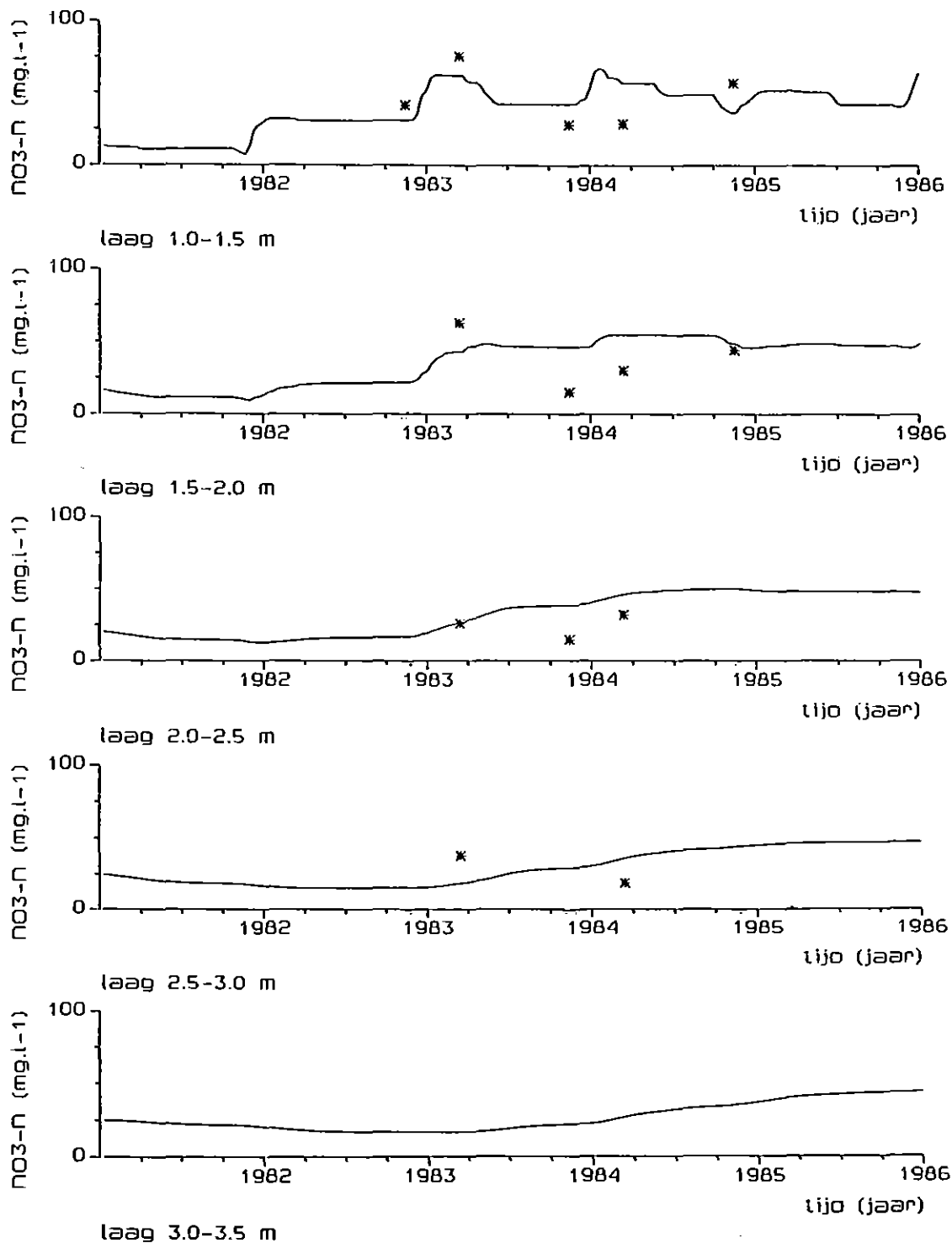
De gebruikte kustmest bevat 50 % ammonium-N, deze komt indirect via nitrificatie beschikbaar.





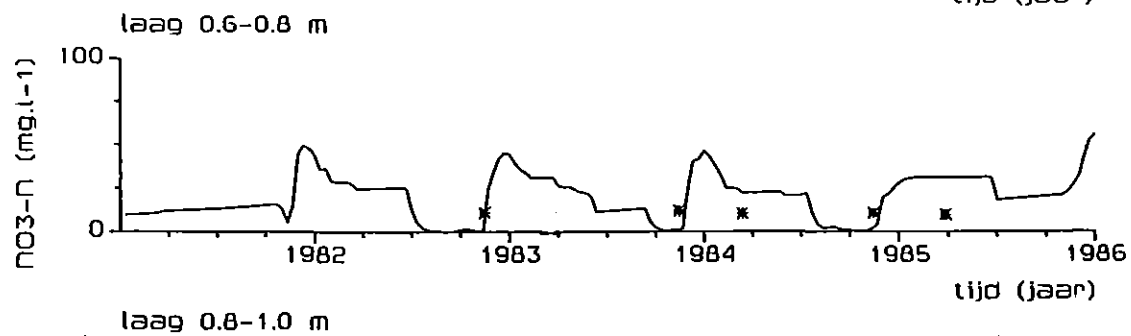
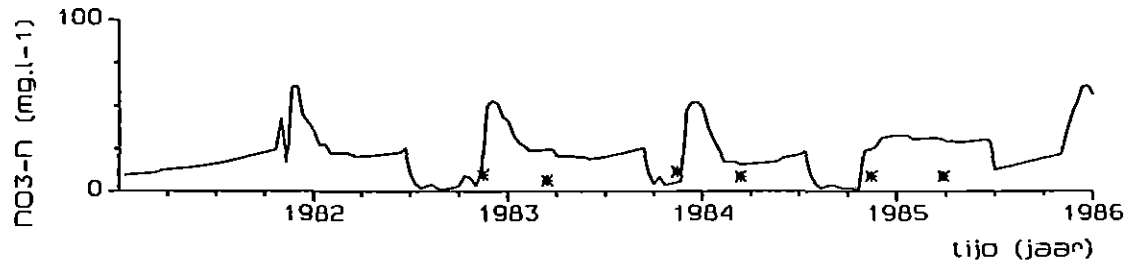
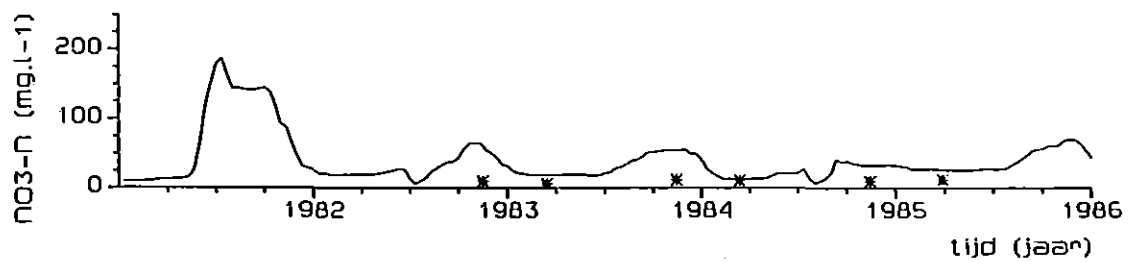
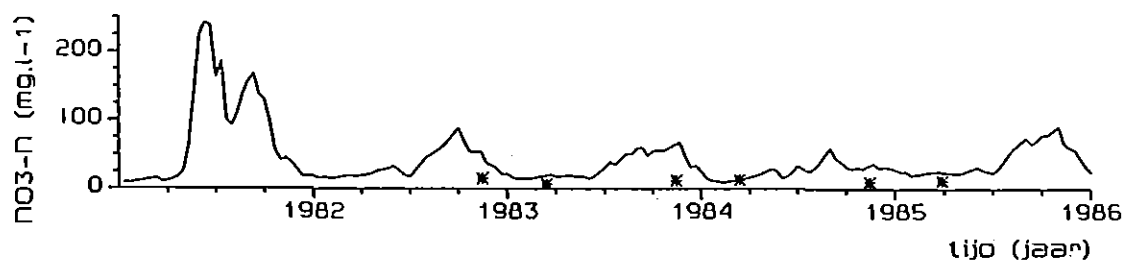
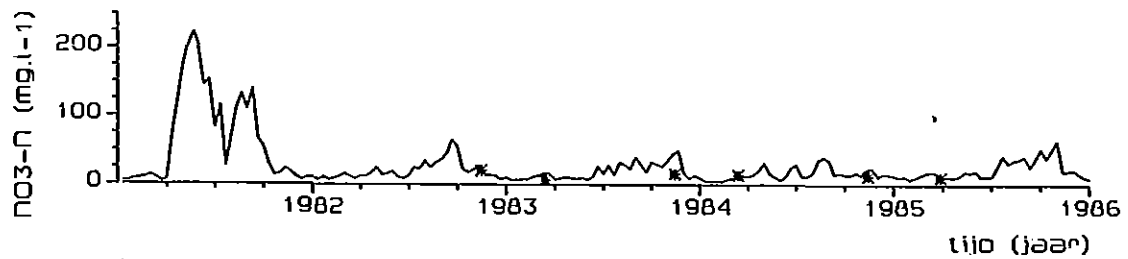
Figuur 7.2 Gemeten en gesimuleerde $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie (mg/l) van 1981 tot 1986 in de verschillende lagen, voor proef A000: 0 kg N / onberegend.





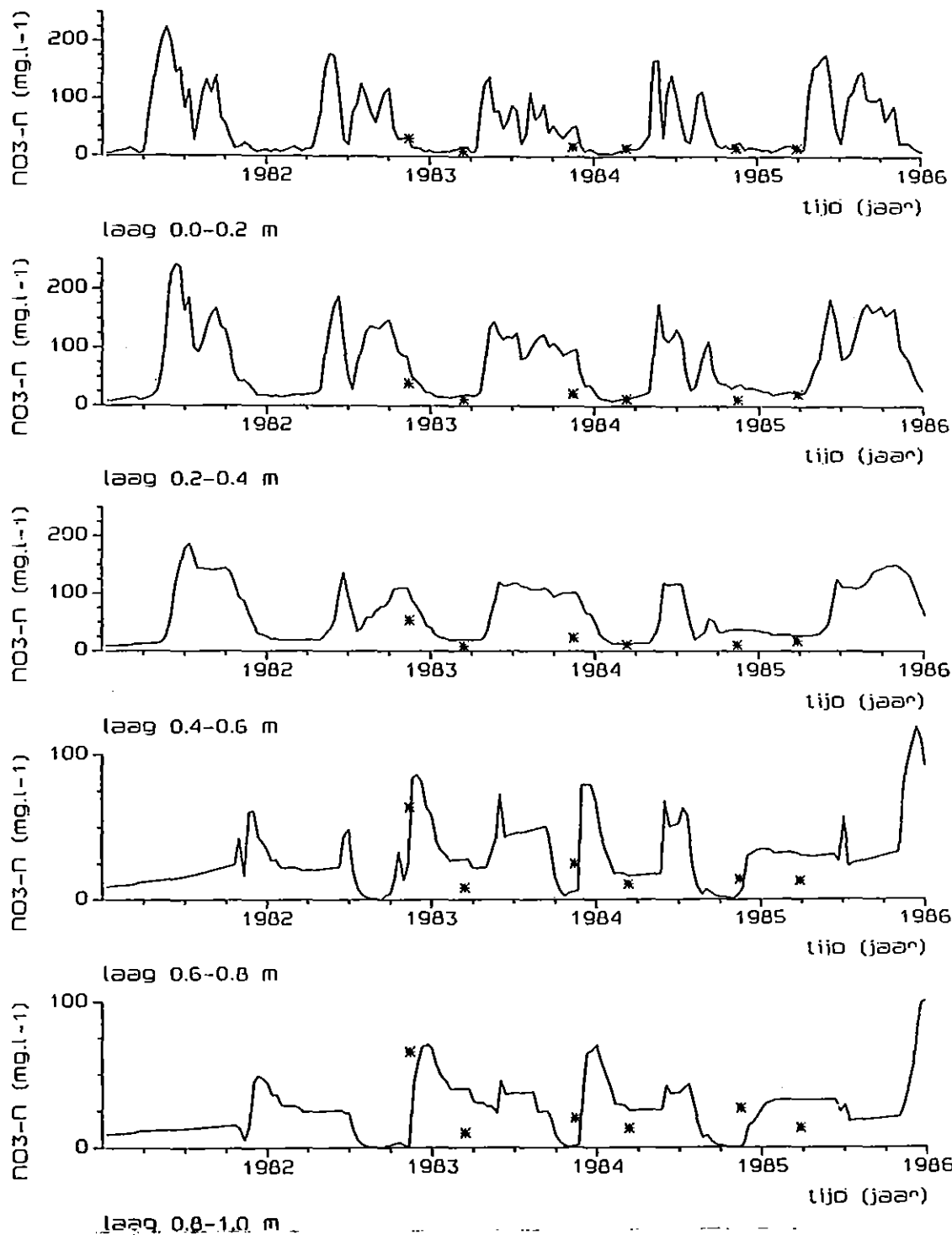
Figuur 7.3 Gemeten en gesimuleerde $\text{NO}_3\text{-N}$ concentraties (mg/l) van 1981 tot 1986 in de verschillende lagen, voor proef A440: 440 kg N / onberegend.

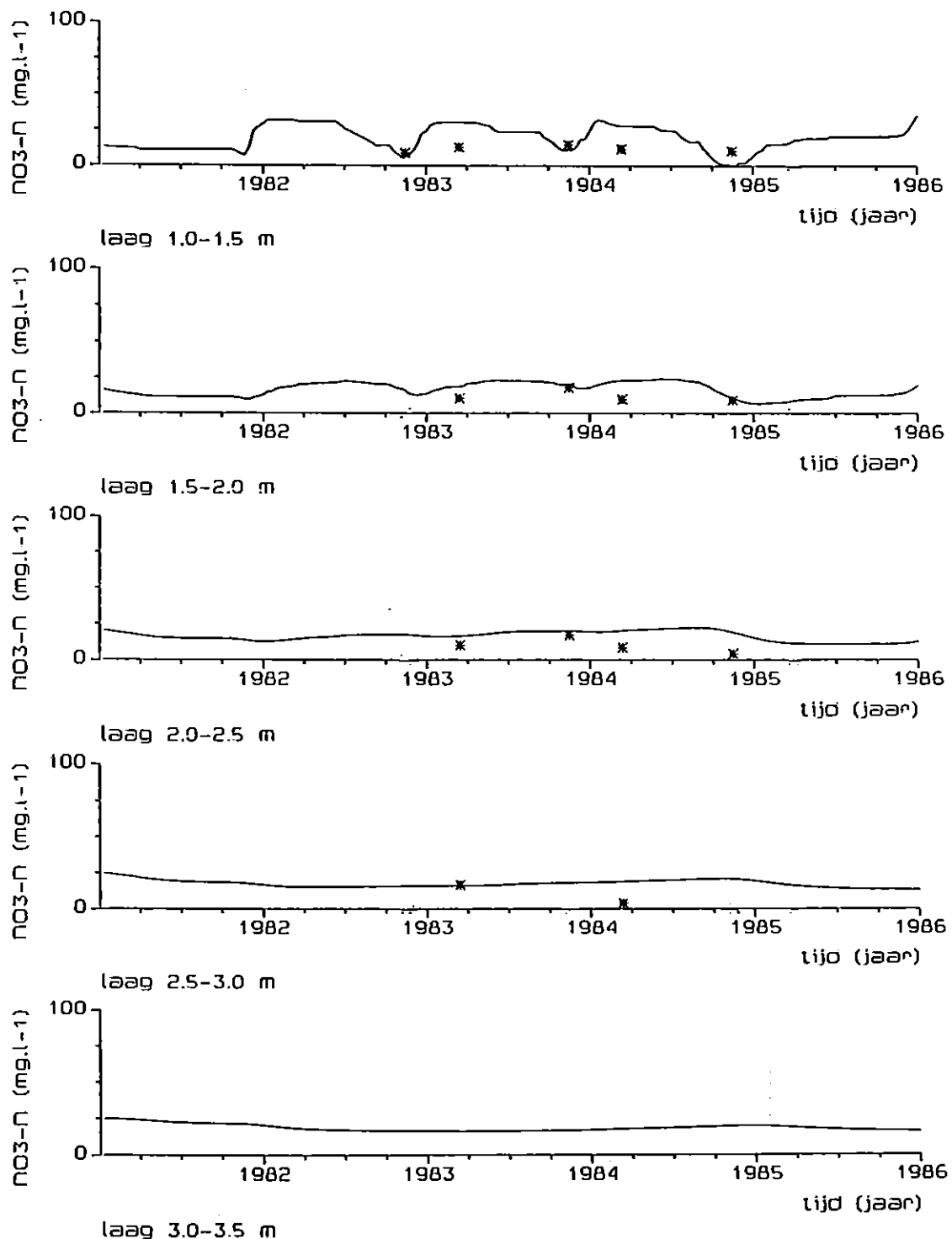
vervolg BIJLAGE VI



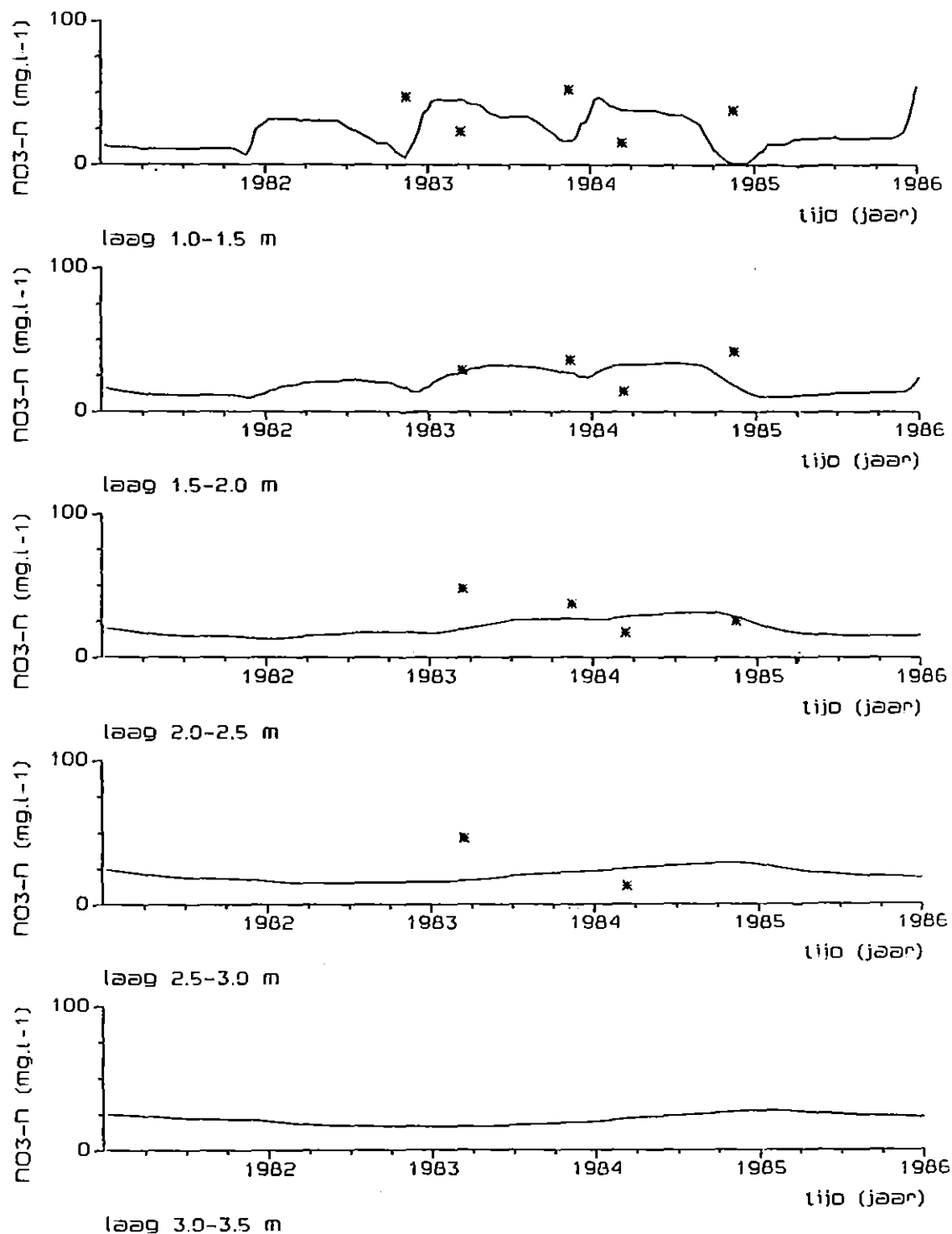
C000

(zie volgende pagina)

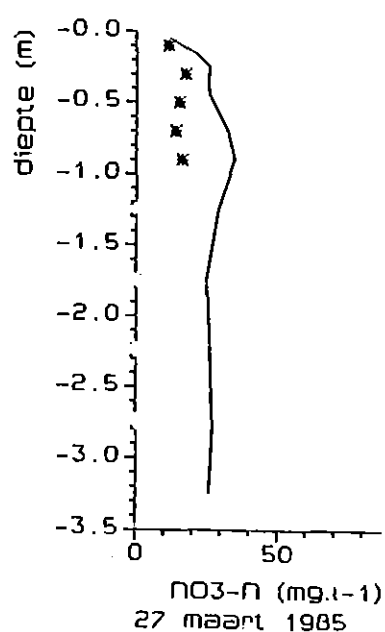
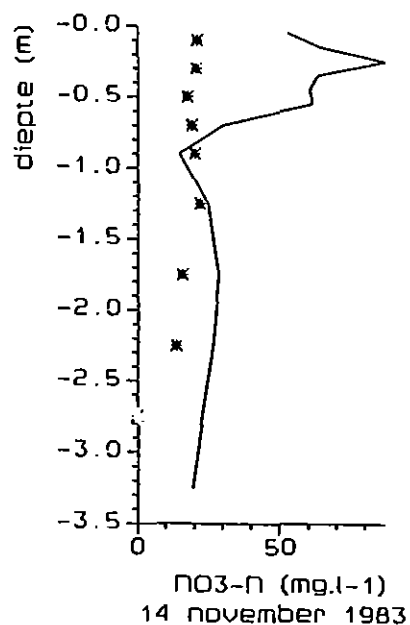
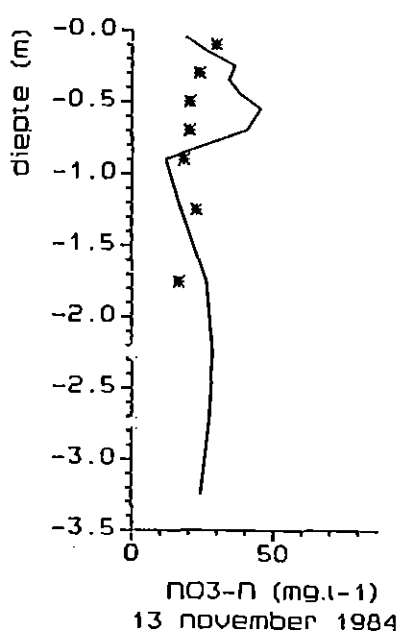
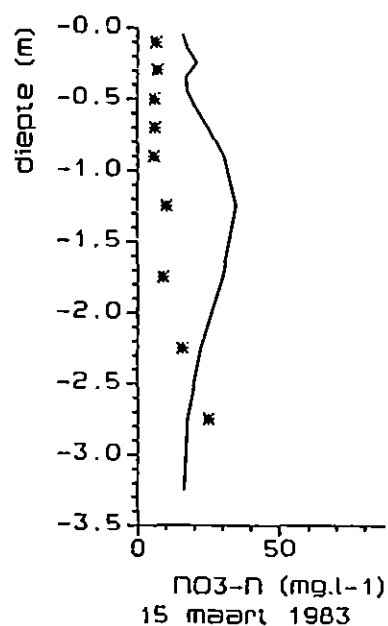
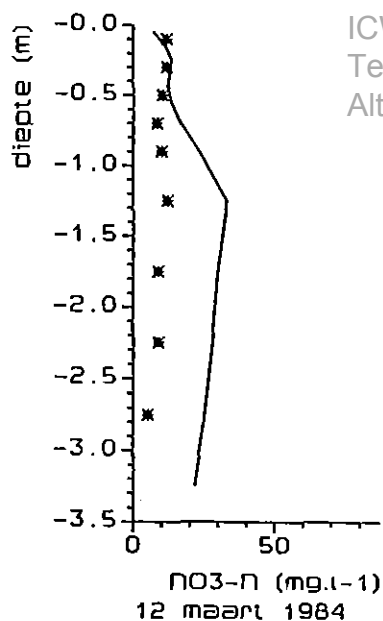
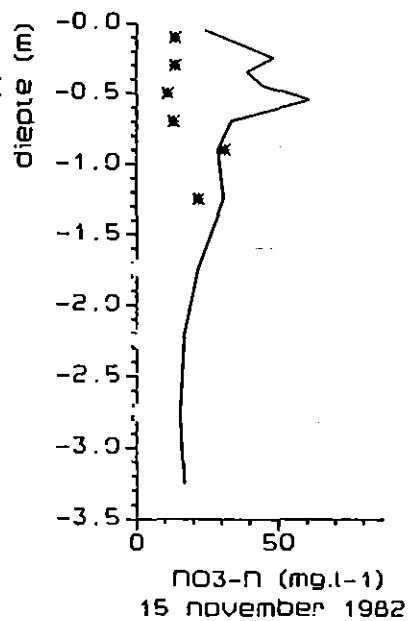




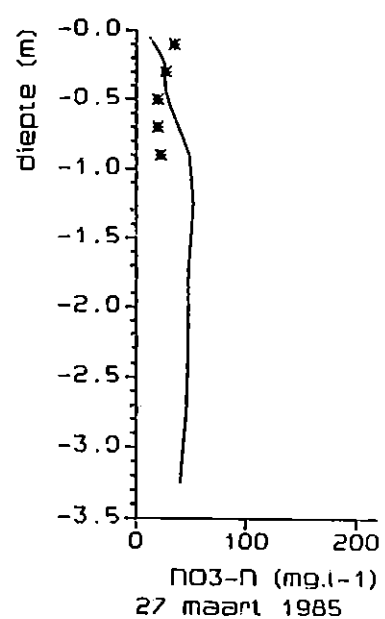
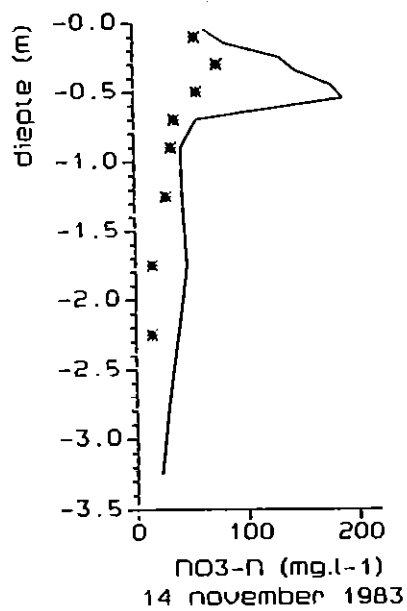
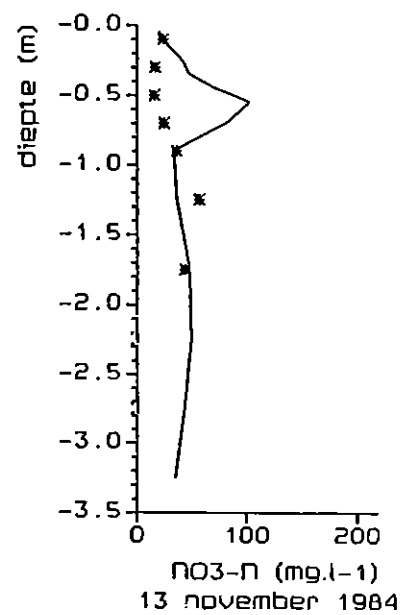
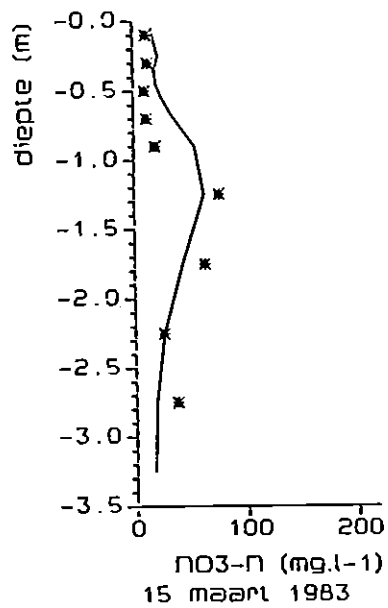
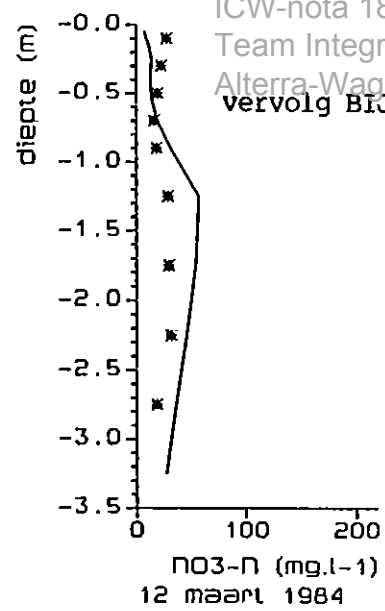
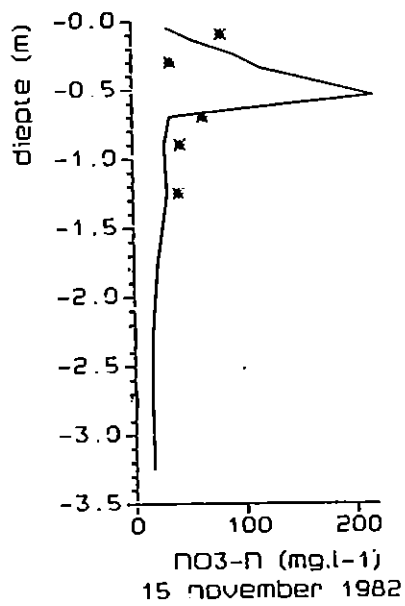
Figuur 7.4 Gemeten en gesimuleerde $\text{NO}_3\text{-N}$ concentraties (mg/l) van 1981 tot 1986 in de verschillende lagen, voor proef C000: 0 kg N / berekend bij $pF = 2,3$.



Figuur 7.5 Gemeten en gesimuleerde $\text{NO}_3\text{-N}$ concentraties (mg/l) van 1981 tot 1986 in de verschillende lagen, voor proef C440: 440 kg N / berekend bij $\text{pF} = 2,3$.



Figuur 7.6 Gemeten en gesimuleerde concentraties (mg/l) als functie van de diepte op een aantal tijdstippen, proef A000: 0 kg N / onberegend.



Figuur 7.7 Gemeten en gesimuleerde concentraties (mg/l) als functie van de diepte op een aantal tijdstippen, proef A440: 440 kg N / onberegend.

Invoer 30 jaar simulatie. WATBAL.		
pag. 1		augustus 1987
ALHAS	1.0	gewasreduktiefactor voor zomer
ALHAW	1.0	gewasreduktiefactor voor winter
TIYR(1-8)	0. 50. 100.	dagen van het jaar waarvoor de bodem-
	150. 200. 250.	bedekkingsgraad wordt gegeven.
	300. 365.	
SOCOYR(1-8)	1. 1. 1. 1.	bodembedekkingsgraad op de vermelde dagen
	1. 1. 1. 1.	
SOCO(1-11)	(tabel 1.1)	fractie bodembedekking voor Rf
RF(1-11)	(tabel 1.1)	reduktiefactor voor evapotranspiratie
		in droge perioden.
		(Berghuijs-van Dijk et. al., 1985)
WP1	0.085	vochtfractie bij verwelkingspunt laag 1
WP2	0.050	vochtfractie bij verwelkingspunt laag 2
FC1	0.33	vochtfractie bij veldcapaciteit laag 1
FC2	0.2	vochtfractie bij veldcapaciteit laag 2
SAT1	0.458	vochtgehalte bij verzadiging voor laag 1
SAT2	0.346	vochtgehalte bij verzadiging voor laag 2
D1	0.30 m	dikte wortelzone (laag 1)
LG	3.00 m	dikte totale profiel
		(op grond van gemeten grondwaterstanden)
TFLX	1.0	d lengte van tijdstap
EXIS(1-4)	1. 1. 1. 0.	aanwezigheid van drainagesystemen
		(0 = niet, 1 = wel)
HD(1-4)	0.5 2.25 2.5 0.	■ drainageniveau van ondergrens laag 2
INF(2-4)	0. 0. 0.	optie voor infiltratie
OME(2-4)	1.5 1.5 1.0	radiale weerstand van drainagesystemen
L(2-4)	90. 60. 1.	■ drainafstand per systeem
D(2-4)	15. 15. 1.	■ afstand systeem van drainage-basis
K(2-4)	0.8 1.6 1.	verzadigde conductiviteit bij drain (m/d)
RES(1)	800.	d drain weerstand van systeem 1
		(gebruikt als callibratie-variabele)
K1	0.8	m/d verzadigde geleidbaarheid voor laag 1
STEPSTART	1	start simulatie
YST	1952	startjaar
STEPEND	365	eind simulatie
YEND	1981	eindjaar
VOL1	0.0995	■ vochtfractie laag 1 bij start simulatie
DVOL2	1.5	■ laag boven grondwater tot wortelzone
		waarvoor VOL2 wordt gegeven.
VOL2	0.368	■ zie VOL1
Z	0.5	■ maximale diepte van het grondwater
		voor capillaire opstijging vanaf
		benedengrens wortelzone.
		(callibratievariabele)

Invoer 30 jaar simulatie. WATBAL.		
pag 2		augustus 1987
COL/CO2	0.7656 0.6413	coëfficiënten voor de berekening van de
		evapotranspiratie-stress.
THMAX	1.0	
HAHI	1.0	
IOPHI	1 0 0 1	output-opties
DIJKH	0.0	
PR/EO		■ neerslag en open water verdamping
		(Maandelijks overzicht weer, 1981-1985)
		(Maandelijks overzicht regen, 1981-1985)
		beregende veldjes; aangevuld met beregende
		hoeveelheid

Er is gebruik gemaakt van invoerfiles van J.C. Kroes (in bewerking) betreffende simulatie van de stikstofhuishouding van proefvelden te Ruurlo. De grondwaterstand is omlaag gebracht door de afvoer naar diepere lagen te versterken.

Invoer 30 jaar simulatie, GEN.		augustus 1987
pag. 2		
voor KC - 3		gegevens voor gras, (DUMMY'S!)
NUAMRO(KC)	1	aantal gegevens over wortelmasa
NULNRO(KC)	1	aantal gegevens over wortellengte
AMROTI(KC,1-)	750.	kg/ha wortelmasa's
LNROTI(KC,1-)	.30	m wortellengte's
TIAMRO(KC,1-)	150.	d tijdstippen waarvoor wortelmasa's gegeven
TI LNRO(KC,1-)	150.	d tijdstippen waarvoor wortellengte's gegeven
TISO(KC)	-20.	d zaaitijdstip
TIHA(KC)	400.	d oogsttijdstip
TUTO(KC)	0.	kg/ha hoeveelheid wortels geoogst
UPNIMA1(KC)	400.	kg/ha max. N-opname door gewas KC in eerste periode
UPNIMA2(KC)	300.	kg/ha max. N-opname door gewas KC in tweede periode
SUEVMA1(KC)	.4	m som max. evapotranspiratie eerste periode
SUEVMA2(KC)	.35	m som max. evapotranspiratie tweede periode
TIUPL(KC)	180.	d tijd na zaaien dat eerst periode eindigt
FRVO	.2	fractie toegev. NH ₄ -N die meteen vervluchtigd van aan opp. toegediend materiaal (schatting)
COPRNH	.00151	kg/m ³ NH ₄ -N in neerslag
COPRNI	.00084	kg/m ³ NO ₃ -N in neerslag
COEXNH	.0	kg/m ³ NH ₄ -N in oppervlaktewater
COEXNI	.0	kg/m ³ NO ₃ -N in oppervlaktewater
HUFROS	.75	Humusfractie welke niet via opgeloste fase wordt gevormd
NIFREX	.025	N-fractie in exudaten
NIFERHU	.048	N-fractie in humus
NIFR(1-NF)	.07 0.05 0.01 0.005 0.05 0. 0. 0.01 0.01 0.01	N-fractie in de fracties 1-NF
RECFEXAV	365.	/yr gem. afbraakconstante exudaten
RECHUAV	.025	/yr gem. afbraakconstante humus
RECFAV(1-NF)	1. 1.68 0.12 2. 0.22 0.0 0.0 0.0 2.0 0.22	/yr gem. afbraakconstante fracties 1-NF
RECFAAV	30.	/yr gem. afbraakconstante opgelost org. mat.
RECENTAV	365.	/yr gem. nitrificatie-constante (reactieconstanten en N-fracties uit Berghuijs-van Dijk et. al., 1985)
DFCFOXWA(1-5)	0. 8.64E-5 1.382E-4 1.64E-4 2.81E-4	m ² /d
DFCFOXWATE(1-5)	-10. 0. 10. 20. 25. C	diffusie-coëfficiënten van O ₂ in water bij verschillende temperaturen (Berghuijs-van Dijk et. al., 1985)
Er volgen nog circa 20 variabelen die betrekking op hoeveelheid en soort van uitvoergegevens.		

Invoer 30 jaar simulatie, GENAR.			
pag. 1		augustus 1987	
ASFA	.25	assimilatiefactor humusvorming	
APTE	10.	C amplitudo van jaarlijkse sinus temp. golf	
AVTE	11.	C gem. jaarlijkse temperatuur	
FQTE	.01726	rad/d	frequentie jaarlijkse temperatuurgolf
TESMCF	.01584	m2/d	'thermal diffusivity'coefficient
NL	13	aantal lagen	
DRADNH(1)	3.	distributie verhouding NH4-N in wortelzone	
DRADNH(NL)	2.	distributie verhouding NH4-N in onderzone	
HE(1-NL)	.1 .1 .1 .1	laagdikte's	
	.1 .1 .2 .2		
	.2 .2 .5 .5	.6 m	
DC	0.	/m	draindichtheid 3e orde
DS	0.0167	/m	draindichtheid 2e orde
DK	0.0111	/m	draindichtheid 1e orde
HDC	0.	-m	drainagebasis 3e orde
HDS	0.5	-m	drainagebasis 2e orde
HDK	0.75	-m	drainagebasis 1e orde
AR	37.5	m2	oppervlakte subgebied
PHDF1	1.5	parameters voor berekenen O2-diffusie in	
PHDF2	3.0	luchtgevulde porien	
AIENSCPF	2.	cm luchtintreewaarde (schatting)	
vochtgehalten met zuigspanningen voor de 2 lagen			
MOFRPF1(1-10)	0. 0.085 0.123 0.18 0.22 0.33 0.385 0.405 0.42 0.458		
SCPF1(1-10)	1.E7 15849. 2511. 501.2 199.5 100. 31.6 10. 3.16 1.		
MOFRPF2(1-10)	0. 0.05 0.08 0.12 0.16 0.245 0.311 0.328 0.336 0.346		
SCPF2(1-10)	1.E7 15849. 2511. 501.2 199.5 100. 31.6 10.0 3.16 1.		
MOFRWIUN	.05	vochtfractie vervalkingspunt zone 2	
MOFRSARO	.458	vochtfractie verzadiging wortelzone	
MOFRSAUN	.346	vochtfractie verzadiging zone 2	
CDSA	0.8	m/d	verzadigde doorlatendheid wortelzone
LR	4	laag waar gereduc. humusafbraak optreedt	
RDFADCHU	0.2	reduktie-factor voor humusafbraak	
KF	1.	verhouding geleidbaarheid wortelzone/zone 2	
KA	1.	verhouding geleidbaarheid zone 2/aquifer	
AQBO	5.0	-m	grens tussen toplaag en aquifer
HECZ	0.5	-m	hoogte van de capillaire zone
PHRO	5.7	pH wortelzone	
PHBERO	6.1	pH zone 2	
RM	8	nummer van het materiaal gedef. als wortel	
EVROSE	0	optie voor verdeling evapotranspiratieflux	
		(0= gelijk verdeeld, 1= lineaire afname)	
HVTE	0	temperatuur model, 0 = sinus	
DRDEP	20.0	kg/ha	droge depositie N (schatting)

Invoer 30 jaar simulatie, GENAR.			
pag. 2		augustus 1987	
COIDNH	.0	kg/m3	NH4-N in infiltrerend drainwater
COIDNI	.0	kg/m3	NO3-N in infiltrerend drainwater
COIDCA	.0	kg/m3	opgeloste org. stof in infiltr. drainwater
LNMAROTN(1-TN)	3	aantal lagen wortelzone	
KICRTN(1-NT)	3	gewas per technologie (gras)	
als KICRTN = 3 (gras)			
NRGRTN(1-TN)	0.	lsu/ha	g.v.e. per technologie
AMSHMA	0.35	kg/m2	maximale scheutenproduktie
FROSGR	0.2	kg/m2	fractie scheuten verlies door begrazing
FROSHA	0.2	kg/m2	fractie scheuten verlies door oogst
RESU	0.321	relatieve zonneshijnduur	
SHPDRA	2.3	scheutenproductiesnelheid	
TURA	0.0055	d-1 turnoversnelheid voor afsterfing wortels	
als HVTE = 1			
TIMLAITE		d dagnummer van eerste temperatuurmeting	
AITE(1-52)		C wekelijks gemeten luchttemperatuur	

augustus 1987

[illegible]

AUGUSTUS 1987

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
COCA	kg.m-3	conc. opgelost org. mat van fracties 1-NF							
(1-NL,1-NF)		in de lagen 1-NL							
0.									
COAQNH	kg.m-3	concentratie NH4-N in de aquifer							
0.									
COAQNI	kg.m-3	concentratie NO3-N in de aquifer							

```

Invoer 30 jaar simulatie, CROP.

pag. 1                                augustus 1987

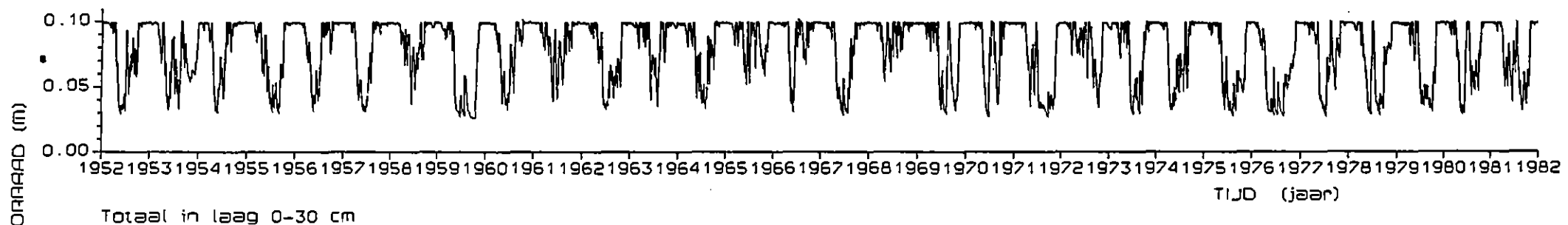
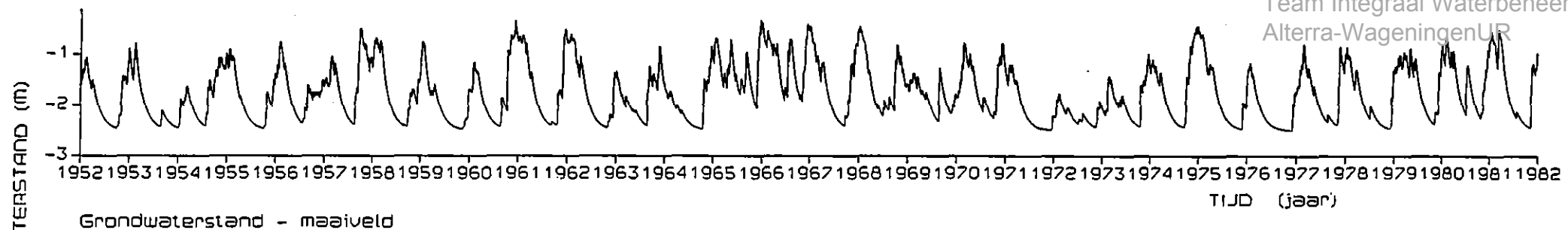
voor iedere toediening:

TINEAD  80.      d dagnr. van toediening
NUAD    2        aantal toedieningen
MTNU    1        materiaalnummer toediening
QUNT    40000.  kg/ha hoeveelheid materiaal toegevoegd
WYAD    1        toedieningswijze
                0 - op toplaag met vervluchting
                1 - op toplaag zonder vervluchting
                2 - over laag 1 en 2
                enz.
PL       0        aantal lagen te ploegen

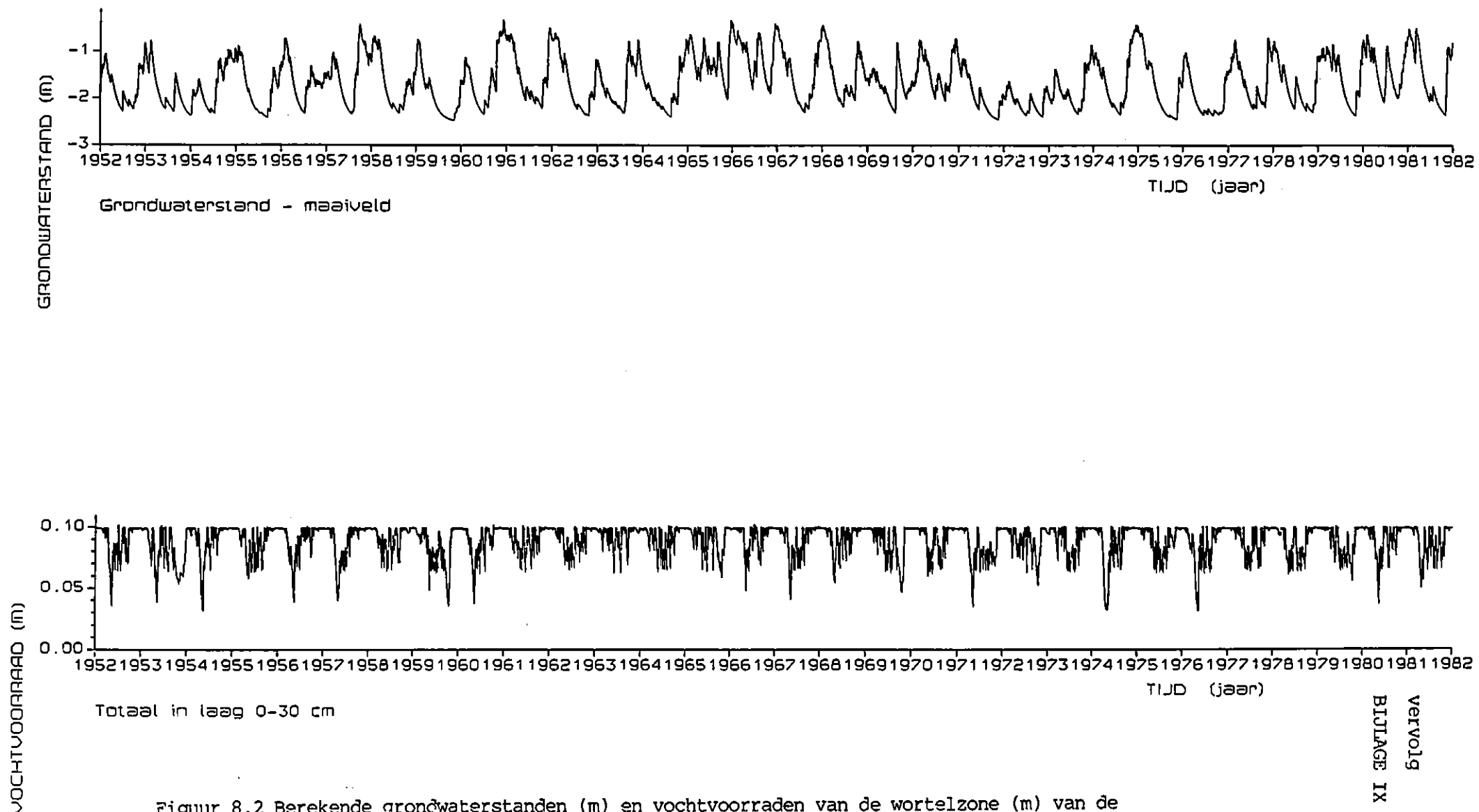
TINEAD          volgende toediening
|
|

Hier volgt de invoerfile voor 1 jaar, alle 30 jaar zijn gelijk bemest.
80.
12
1 40000. 1 0
6 80. 1 0
123.
1
6 50. 1 0
150.
1
6 50. 1 0
175.
1
6 40. 1 0
210.
1
6 30. 1 0
235.
1
6 25. 1 0
260.
1
6 20. 1 0

```

Figuur 8.1 Berekende grondwaterstanden (m) en vochtvoorraden van de wortelzone (m) van de lange termijn berekening voor de onberegende situatie.



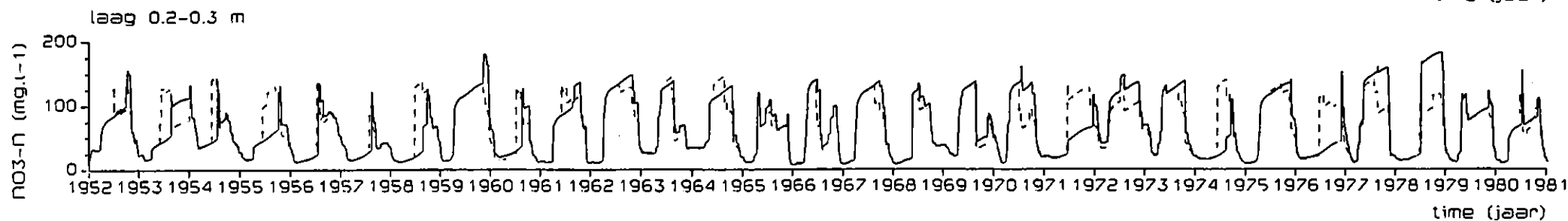
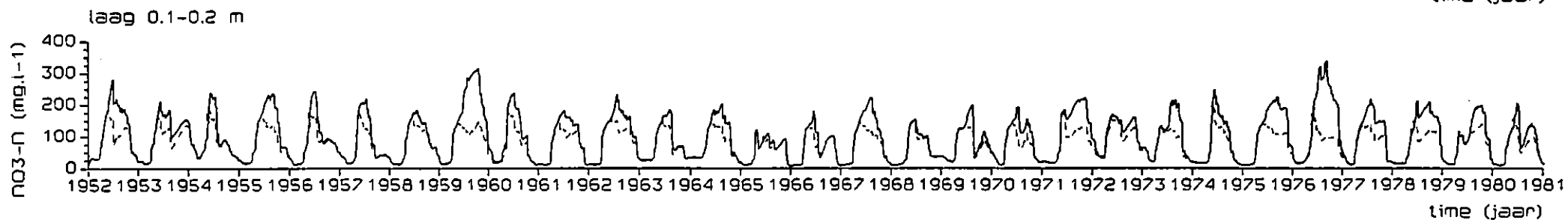
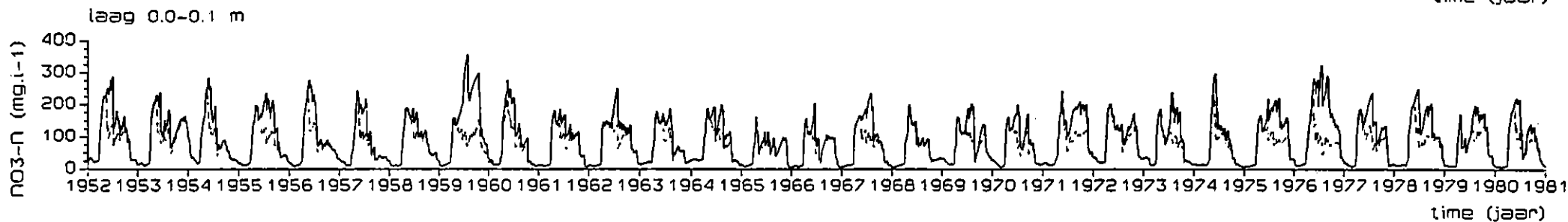
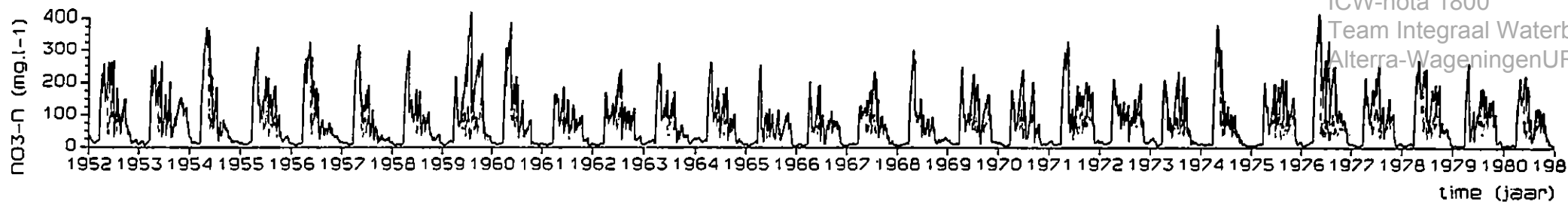
Figuur 8.2 Berekende grondwaterstanden (m) en vochtvoorraden van de wortelzone (m) van de lange termijn berekening voor de beregende situatie.

Tabel 8.1 Balans van nitraat-N voor 0 - 1 m beneden maaiveld; onberegend, lange termijn simulatie
balanstermen in kg/ha, fluxen op 1 m diepte in mm/jr.

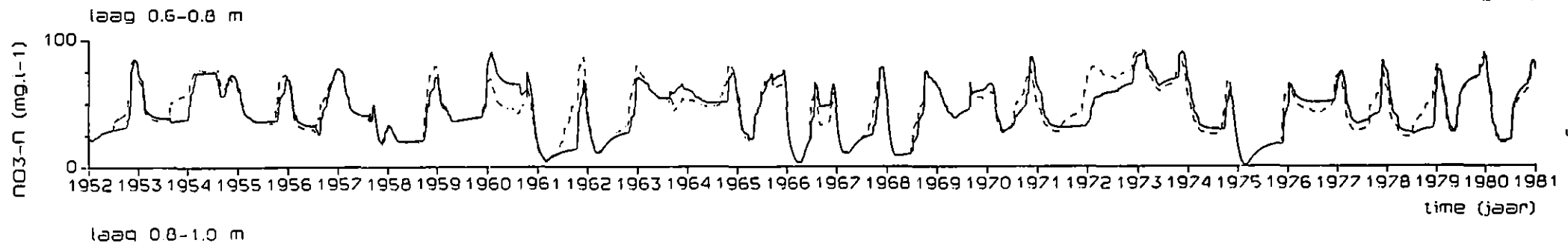
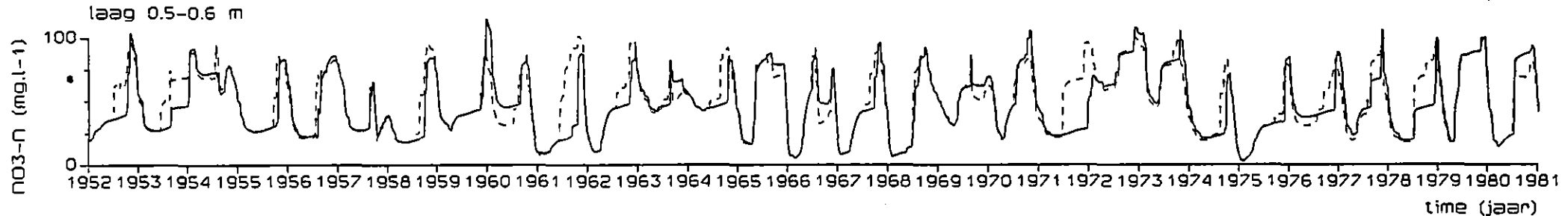
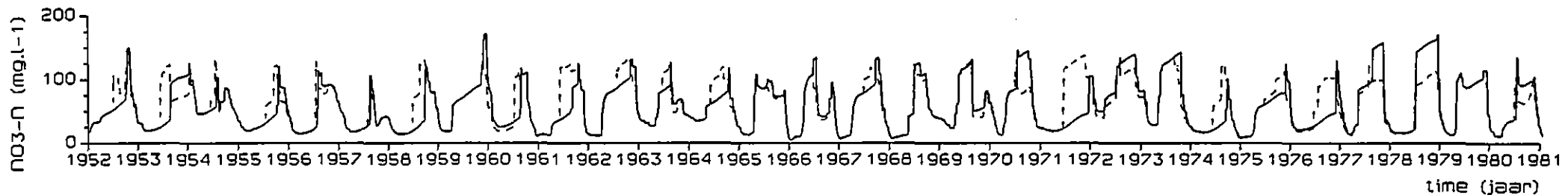
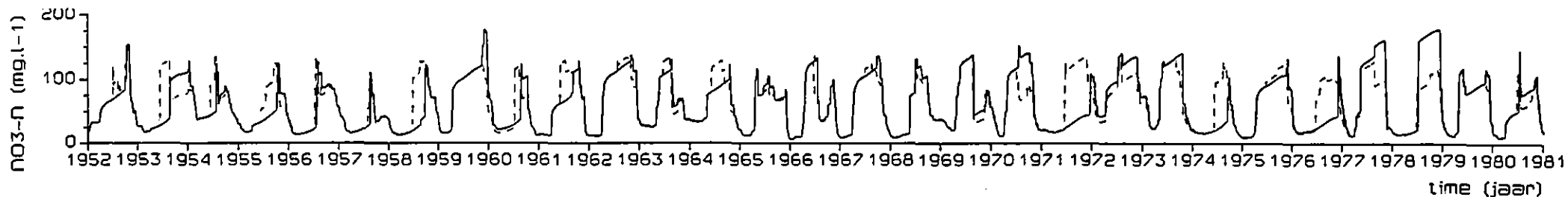
jaar	nitrifi- catie	bemes- ting	depositie nat droog	gewas- opname	denitri- ficatie	uit- spoeling	drain afvoer	voorraad 1 jan.	voorraad 31 dec.	flux omhoog	flux omlaag
1952	681.	150.	7. 8.	628.	32.	138.	0.	46.	101.	0.	310.
1953	602.	150.	5. 8.	613.	33.	81.	0.	101.	144.	0.	159.
1954	589.	150.	7. 8.	497.	81.	234.	0.	144.	93.	0.	360.
1955	567.	150.	6. 8.	581.	19.	127.	0.	93.	102.	0.	248.
1956	585.	150.	6. 8.	505.	57.	167.	0.	102.	126.	0.	331.
1957	564.	150.	8. 8.	485.	103.	199.	1.	126.	74.	0.	467.
1958	588.	150.	7. 8.	564.	38.	121.	0.	74.	105.	0.	336.
1959	486.	150.	5. 8.	479.	19.	112.	0.	105.	153.	0.	219.
1960	596.	150.	8. 8.	549.	82.	252.	3.	153.	36.	0.	421.
1961	581.	150.	8. 8.	554.	63.	109.	1.	36.	57.	0.	407.
1962	563.	150.	6. 8.	560.	32.	91.	0.	57.	103.	0.	335.
1963	571.	150.	7. 8.	497.	58.	188.	0.	103.	97.	0.	307.
1964	568.	150.	6. 8.	584.	25.	149.	0.	97.	76.	0.	241.
1965	564.	150.	10. 8.	363.	102.	286.	4.	76.	53.	0.	564.
1966	560.	150.	10. 8.	376.	126.	222.	5.	53.	53.	0.	665.
1967	538.	150.	7. 8.	489.	43.	161.	1.	53.	65.	0.	438.
1968	560.	150.	7. 8.	453.	69.	172.	1.	65.	98.	0.	444.
1969	528.	150.	6. 8.	483.	46.	153.	0.	98.	110.	0.	293.
1970	547.	150.	8. 8.	454.	47.	243.	0.	110.	81.	0.	437.
1971	502.	150.	5. 8.	571.	12.	64.	0.	81.	104.	0.	153.
1972	566.	150.	6. 8.	567.	34.	90.	0.	104.	146.	0.	150.
1973	532.	150.	7. 8.	503.	22.	238.	0.	146.	83.	0.	300.
1974	549.	150.	8. 8.	544.	57.	172.	2.	83.	29.	0.	422.
1975	518.	150.	5. 8.	541.	29.	31.	0.	29.	114.	0.	303.
1976	500.	150.	4. 8.	552.	10.	104.	0.	114.	123.	0.	177.
1977	540.	150.	7. 8.	497.	31.	217.	0.	123.	86.	0.	360.
1978	514.	150.	5. 8.	515.	21.	116.	0.	86.	114.	0.	257.
1979	532.	150.	7. 8.	445.	28.	241.	0.	114.	98.	0.	419.
1980	531.	150.	7. 8.	438.	50.	221.	0.	98.	87.	0.	442.
1981	536.	150.	8. 8.	578.	45.	114.	1.	87.	53.	0.	431.

Tabel 8.2 Balans van nitraat-N voor 0 - 1 m beneden maaiveld; berekend bij pF = 2,3, lange termijn simulatie
balanstermen in kg/ha, fluxen op 1 m diepte in mm/jr.

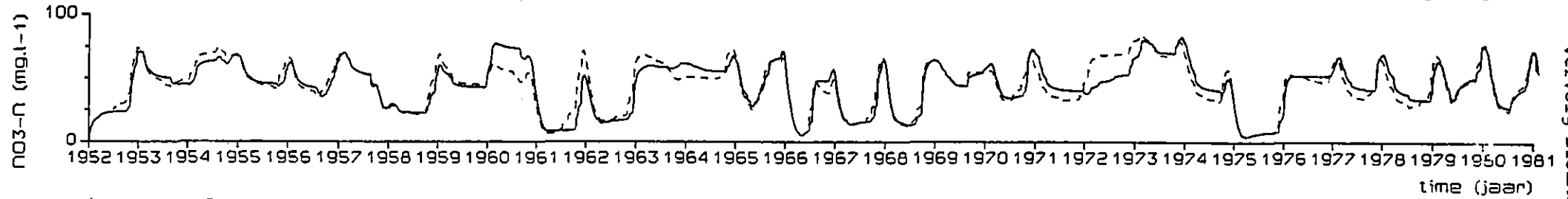
jaar	nitrifi- catie	bemes- ting	depositie		gewas- opname	denitri- ficatie	uit- spoeling	drain	voorraad	voorraad	flux	flux
			nat droog					afvoer	1 jan.	31 dec.	omhoog	omlaag
1952	695.	150.	8.	8.	564.	80.	167.	0.	46.	99.	0.	362.
1953	602.	150.	6.	8.	548.	53.	114.	0.	99.	153.	0.	232.
1954	591.	150.	8.	8.	454.	86.	283.	0.	153.	92.	0.	409.
1955	593.	150.	7.	8.	564.	31.	160.	0.	92.	97.	0.	299.
1956	582.	150.	7.	8.	462.	71.	188.	0.	97.	125.	0.	377.
1957	582.	150.	9.	8.	487.	111.	205.	2.	125.	72.	0.	493.
1958	581.	150.	7.	8.	522.	46.	143.	0.	72.	110.	0.	364.
1959	580.	150.	7.	8.	601.	28.	118.	0.	110.	111.	0.	227.
1960	574.	150.	9.	8.	475.	119.	226.	3.	111.	32.	0.	482.
1961	574.	150.	8.	8.	475.	74.	161.	2.	32.	62.	0.	468.
1962	572.	150.	7.	8.	516.	51.	126.	0.	62.	107.	0.	374.
1963	567.	150.	7.	8.	459.	92.	198.	0.	107.	93.	0.	364.
1964	568.	150.	7.	8.	519.	43.	191.	0.	93.	74.	0.	304.
1965	561.	150.	10.	8.	336.	113.	298.	5.	74.	52.	0.	611.
1966	562.	150.	10.	8.	369.	141.	217.	5.	52.	51.	0.	700.
1967	560.	150.	9.	8.	485.	53.	177.	1.	51.	62.	0.	470.
1968	553.	150.	7.	8.	431.	72.	181.	1.	62.	97.	0.	466.
1969	553.	150.	7.	8.	483.	52.	179.	0.	97.	103.	0.	343.
1970	553.	150.	9.	8.	441.	57.	257.	0.	103.	69.	0.	505.
1971	546.	150.	6.	8.	541.	21.	88.	0.	69.	133.	0.	223.
1972	547.	150.	6.	8.	517.	38.	149.	0.	133.	142.	0.	192.
1973	546.	150.	8.	8.	495.	32.	255.	0.	142.	72.	0.	342.
1974	537.	150.	9.	8.	476.	82.	193.	2.	72.	26.	0.	474.
1975	545.	150.	7.	8.	536.	43.	49.	0.	26.	109.	0.	339.
1976	536.	150.	7.	8.	539.	26.	141.	0.	109.	108.	0.	245.
1977	539.	150.	8.	8.	467.	47.	225.	0.	108.	76.	0.	418.
1978	536.	150.	7.	8.	491.	33.	142.	0.	76.	112.	0.	327.
1979	538.	150.	8.	8.	432.	37.	250.	0.	112.	98.	0.	442.
1980	531.	150.	8.	8.	413.	58.	242.	0.	98.	84.	0.	513.
1981	534.	150.	9.	8.	513.	63.	149.	1.	84.	60.	0.	490.



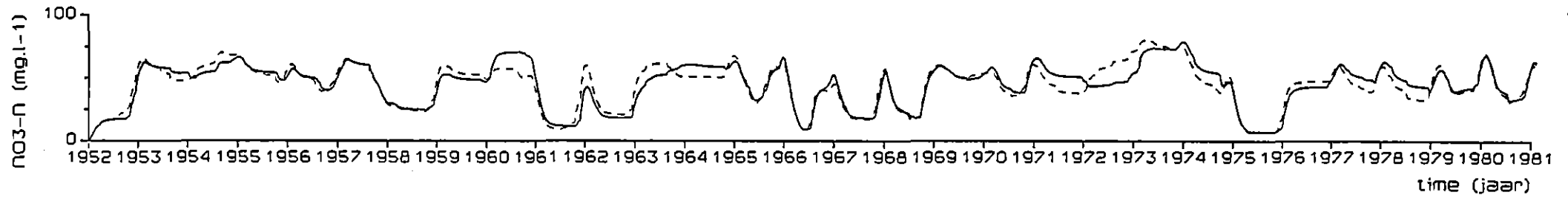
(zie volgende pagina)



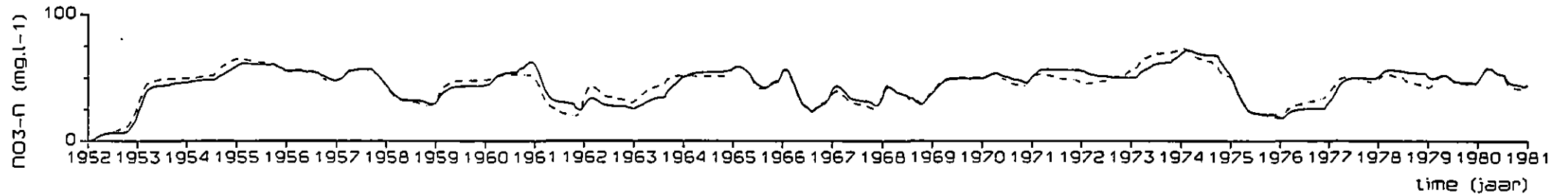
(zie volgende pagina)



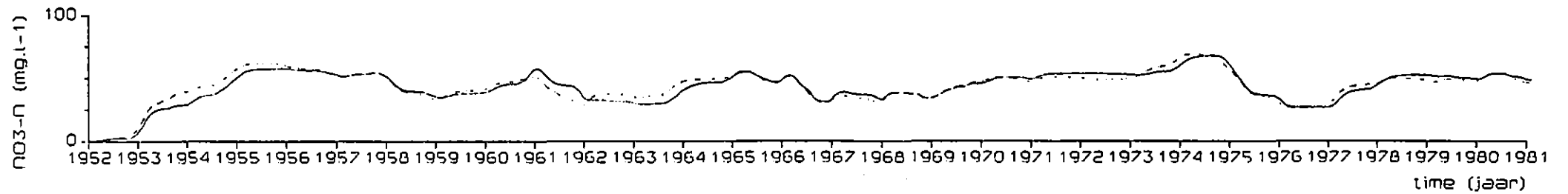
laag 1.0-1.2 m



laag 1.2-1.4 m

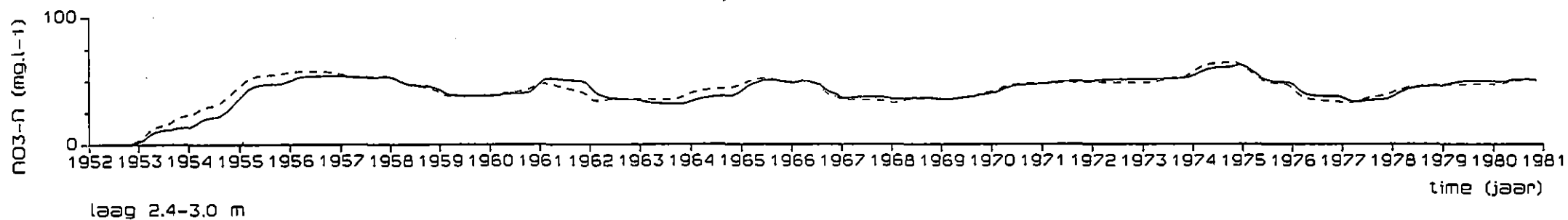


laag 1.4-1.9 m



laag 1.9-2.4 m

(zie volgende pagina)



Figuur 8.3 Berekende NO₃-N concentraties (mg/l) in de verschillende lagen bij de lange termijn berekening.

— = onberegend

- - - = beregend