NN31545.1489
TA 1489

februari 1984
Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

ONDERZOEK NAAR DE NITRAATBELASTING VAN HET GRONDWATER IN HET WATERWINGEBIED MONTFERLAND

P.C.M. HAUWERT

Nota's van het Instituut zijn in principe interne comminicatiemiddelen, 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.

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0021 4839

JSN 204306 *

VOORWOORD

Het door mij uitgevoerde onderzoek is verricht in het kader van het doctoraalvak 'kennis van de bodemverontreiniging' als onderdeel van de studie milieuhygiëne aan de Landbouwhogeschool te Wageningen.

Het onderzoek is uitgevoerd op verzoek en in samenwerking met de Waterleiding Maatschappij Oostelijk Gelderland te Doetinchem onder leiding van dr. P. E. Rijtema van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding.

Aan de tot standkoming van deze nota hebben zeer vele personen mij met raad en daad bijgestaan welke ik hiervoor zeer erkentelijk ben. In het bijzonder dr. P. E. Rijtema voor het verschaffen van de modellen voor het opstellen van de vochtbalansen en de berekening van het verloop van het nitraatgehalte in het opgepompte water. Ir. J. H. A. M. Steenvoorden voor de hulp bij het opstellen van de mestbalansen en A. van den Toorn voor de assistentie bij de analyses en het boren.

Mijn speciale dankbetuigingen gaan uit naar J. Pankow. Zonder zijn tomeloze inzet waren de boringen nooit tot stand gebracht.

september 1983 P. C. M. Hauwert

INHOUDSOPGAVE

blz.

SAMENVATTING

1. INLEIDING 1

2. GEBIEDSBESCHRIJVING 2

3. STIKSTOFCYCLUS 5

3.1. Inleiding 5

3.2. Nitrificatie 7

3.3. Denitrificatie 8

3.4. Assimilatorische nitraatreductie 9

3.5. Mineralisatie en inmobilisatie van N-verbindingen 9

4. BOOR- EN ANALYSEMETHODIEK 10

4.1. Boormethodiek 10

4.1.1. Algemeen 10

4.1.2. Bemonsteringsmethodiek 10

4.2. Analysemethodes 11

4.2.1. Conservering van de grondmonsters 11

4.2.2. Bepaling van het gewichtspercentage vocht en het aantal mm vocht per bodemlaag 11

4.2.3. Bepaling van het organisch stofgehalte in de grond 12

4.2.4. pH-bepaling 12

4.2.5. Bepaling van de C E C 12

4.2.6. De analyse van specifieke verbindingen in de grondmonsters 13

5. MESTBALANS 14

5.1. Inleiding 14

5.2. Methode 16

5.2.1. Berekening van de N-gift 16

5.2.2. Berekening van de minerale N-belasting 16

6. VOCHTBALANS 19

6.1. Inleiding 19

6.2. Model voor de vochtbalans 20

7. RESULTATEN EN DISCUSSIE 23

7.1. Inleiding 23

blz.

7.2. De mestbalans van het bedrijf van K. 25

7.2.1. Berekening van de totale N-produktie 25

7.2.2. De N-verdeling over het bemeste areaal 26

7.2.3. Aanvullende bemesting 26

7.2.4. Berekening van de N-gift en de minerale N-belasting 26

7.3. De mestbalans van het bedrijf van B. 28

7.3.1. Berekening van de totale N-produktie 28

7.3.2. De N-verdeling over het areaal 28

7.3.3. Aanvullende bemesting 28

7.3.4. Berekening van de N-gift en de minerale N-belasting 29

7.4. De mestbalans van het bedrijf van R. 31

7.4.1. Berekening van de totale N-produktie 31

7.4.2. De N-verdeling over het bemeste areaal 31

7.4.3. Aanvullende bemesting 31

7.4.4. Berekening van de N-gift en de minerela N-belasting 32

7.5. De vochtgehalten en vochtbalansen van de percelen 33

7.5.1. De vochtgehalten (gewichtpercentage) 33

7.5.2. Berekening van het volumepercentage vocht 33

7.5.3. De vochtbalansen 34

7.6. Het organisch stofgehalte en de CEC 36

7.7. De ammoniumconcentraties in een aantal percelen 38

7.8. De pH in een aantal grondmonsters 39

7.9. De chlorideconcentraties in een aantal percelen 40

7.10. De nitraatconcentraties en de nitraatuitspoeling in de bemonsterde percelen 40

7.10.1. De nitraatconcentraties 40

7.10.2. De nitraatuitspoeling in de bemonsterde percelen 45

7.11. Modelberekening van de te verwachten nitraatconcentraties in het opgepompte grondwater 48

7.11.1. Doelstelling 48

7.11.2. Berekeningsmethode 48

7.11.3. Het verloop van de nitraatconcentraties in het opgepompte grondwater bij ongewijzigd- en gewijzigd landgebruik 52

8. CONCLUSIES 56

9. LITERATUURLIJST 57

Bijlagen 1 - 6

SAMENVATTING

In het waterwingebied 'Montferland' is een onderzoek verricht naar de nitraatbelasting van het grondwater in het eerste watervoerend pakket. Dit is gebeurd vanwege de snelle stijging van het nitraatgehalte in het geleverde 'reine' water en de verlaging van de norm in drinkwater van 100 mg $NO_3 l^{-1}$ (22, 6 mg NO_3-N.l^{-1}) tot 50 mg $NO_3 l^{-1}$, die in 1985 zal worden ingevoerd. Momenteel is het nitraatgehalte in het geleverde water ongeveer 35 mg $NO_3 . l^{-1}$(1982). De oorzaak van deze stijging is de aanwezigheid van landbouwpercelen die relatief zwaar worden bemest, in het intrekgebied van de waterwinning. Door het opstellen van mestbalansen is gebleken dat de minerale stikstofbelasting op de landbouwpercelen tussen de 400 en 500 kg N. ha^{-1}.$jaar^{-1}$ is. Doordat het gebied Montferland een grofzandig profiel heeft met een dunne (40 cm) matig humeuze bouwvoor, vindt een aanzienlijke nitraatuitspoeling plaats in deze percelen. Het hangwater onder de bouwvoor bevat 130-300 mg $NO_3 . l^{-1}$(30-70 mg NO_3-N. l^{-1}). Deze waarden zijn ook in het grondwater gevonden. Van de minerale stikstofbelasting spoelt afhankelijk van tijdstip van aanwending en mestsoort 30-50 % uit. De hoogste percentages worden gevonden in die percelen waarop in het najaar drijfmest wordt uitgereden. Er wordt in het najaar bemest, omdat het gebied een lage grondwaterstand (15 m -m. v.) en een goed doorlatende ondergrond heeft en omdat de opslagcapaciteit van de mest bij de bedrijven te gering is. De relatief hoge stikstofbemesting komt omdat de boeren te weinig land hebben in vergelijking tot de mestproduktie. Op bouwland met als hoofdgewas mais is een minerale stikstofbelasting van 300 kg N. ha^{-1}.$jaar^{-1}$ meestal voldoende. Indien het huidige bemestingsniveau blijft voortbestaan zal de toekomstige nitraatnorm omstreeks het jaar 1995 definitief worden overschreden. Indien er een zeer streng bemestingsbeleid wordt gevoerd (uitspoeling 20 mg NO_3-N. l^{-1}) zal de norm omstreeks 2015 worden overschreden.
Voordat de norm definitied wordt overschreden zal incidenteel het op-

gepompte grondwater al een te hoog nitraatgehalte bevatten. Indien in 1984 de landbouwpercelen worden bebost zal er waarschijnlijk geen overschrijding van de norm plaatsvinden.

1. INLEIDING

Het onderzoek naar de nitraatbelasting van het grondwater in het waterwingebied 'Montferland' is uitgevoerd in opdracht van de Waterleiding Maatschappij Oostelijk Gelderland (W. O. G.). De aanleiding hiertoe is de snel toenemende nitraatconcentratie in het opgepompte - en geleverde grondwater. Het nitraatgehalte is van 10 mg NO_3^-/l in 1968 gestegen tot 36 mg NO_3^-/l in 1982. In figuur 1 is het verloop van de nitraatconcentratie in het geleverde water weergegeven.

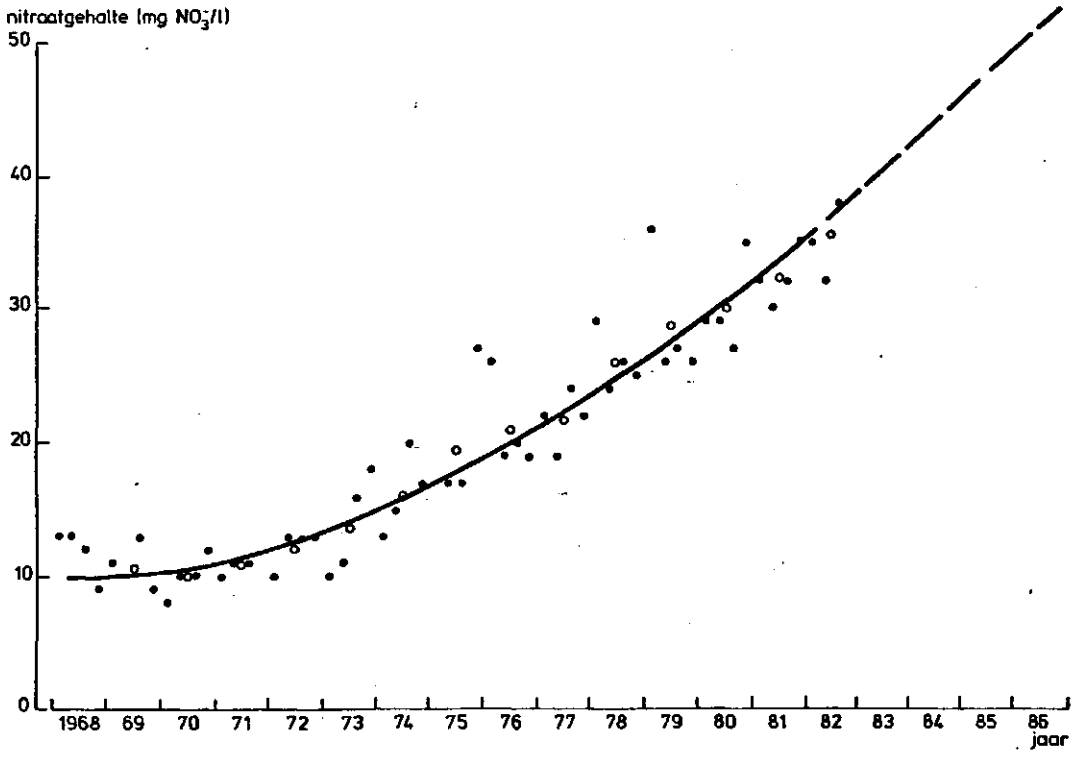


Fig. 1. Het verloop van het nitraatgehalte in het 'reine' water van Montferland

Een andere belangrijke reden is dat de norm voor het nitraatgehalte in drinkwater in 1985 zal worden verlaagd van 100 naar 50 mg

NO_3/l (E.E.G.-norm). Op de vraag of deze verlaging van de norm wel of niet noodzakelijk is, wordt in deze nota niet ingegaan. Door de verlaging van de norm zullen waarschijnlijk op korte termijn maatregelen moeten worden genomen.

Deze nota richt zich op de momentele nitraatuitspoeling in het intrekgebied van de waterwinning. Dit is bepaald door de nitraatconcentratie in het hangwater te meten in een aantal relevante bos-, bouwland- en graslandpercelen.

Voor de bouw- en graslandpercelen is een mestbalans opgesteld met medewerking van de gebruikers. Hiermee is getracht een relatie stikstofbelasting- stikstofuitspoeling te bepalen. Tevens kan uit de mestbalans worden afgeleid or er sprake is van zinvolle bemesting of van dumping. Tenslotte wordt met een modelberekening nagegaan, wat het verloop in nitraatgehalte zal zijn in het opgepompte water bij ongewijzigd- en gewijzigd landgebruik. Op grond hiervan is mede te bepalen wat wel dan geen zinvolle maatregelen zijn om het nitraatgehalte onder de norm te blijven houden.

2. GEBIEDSBESCHRIJVING

Het gebied Montferland is een stuwwal, gelegen ten zuid-westen van Doetinchem, die is ontstaan tijdens de Saale-ijstijd. Tijdens deze ijstijd is materiaal dat reeds voor de Saale-ijstijd door de rivieren is afgezet, naar boven gestuwd. Het bodemprofiel in Montferland bestaat hierdoor uit preglaciaal zand. Dit is opgebouwd uit afwisselende laagjes vrij grof, wit of bruin, zand, grind en leem (KUIPERS, 1981). De grond behoort tot de Holtpodzolgronden. Van nature is dit een bruine bosgrond met een dunne A_1 laag (ca. 6 cm).

De grondwaterstand in het gebied varieert van 5 m beneden maaiveld onderaan de stuwwal tot ongeveer 20 m in de hoger gelegen gedeelten. De eerste ondoorlatende laag bevindt zich op ca. 25m beneden de grondwaterspiegel. De grondwateronttrekking, uit het eerste watervoerend pakket in het gebied Montferland is momenteel ongeveer $3.10^6 m^3.jr^{-1}$. In tabel 1 zijn de jaarlijkse onttrekkingscijfers over de periode 1962-1982 vermeld.

Tabel 1. De grondwateronttrekking in het waterwingebied Montferland in de periode 1962-1982

Jaar	Grondwateronttrekking (m^3/jaar)
1962	407.483
1963	730.200
1964	1.443.784
1965	1.923.398
1966	1.941.719
1967	2.214.816
1968	2.523.377
1969	2.686.226
1970	2.923.590
1971	2.841.480
1972	2.486.300
1973	2.727.220
1974	2.700.950
1975	2.801.670
1976	3.041.700
1977	2.765.140
1978	3.114.050
1979	3.120.275
1980	3.153.545
1981	3.098.080
1982	3.175.454

Braamt
De Koppel
Braamtsche
Veld
Zeddamse Weg
Rademakersgoed
Vinkwijkerhof
Zeddammer
bosch
Zeddam
Havezathe de Palleyoort
Vinkwijk
Torenmolen
Pompstation
Montferland
Korenhorst
De Seps
Goedhorg
De Laak
Mengelenberg
Lengel
Plak
slag
Berken
allee
Groot Berkermark
Hettenheuvel

Bij een gemiddeld neerslagoverschot van 300 mm/jaar is het intrekgebied ongeveer $10^7 m^2$. Dit betekent een gebied met een straal van ca. 2 km. Het intrekgebied bestaat voor ongeveer 75% uit bos en voor 25% uit bouwland en hier en daar wat grasland. Op het bouwland wordt voornamelijk mais verbouwd en in mindere mate rogge, aardappelen en suikerbieten. Het bos bestaat voor ongeveer de helft uit grove den (pinus sylvestris) met een gemiddelde ouderdom van 50 jaar. Ongeveer 10% bestaat uit de Japanse lariks (larix kaempferi). Het overige deel bestaat uit een groot aantal verschillende boomsoorten. Op de hierna volgende kaart is het landgebruik weergegeven.

3. DE STIKSTOFCYCLUS

3.1. Inleiding

De stikstofcyclus wordt besproken om een beeld te geven van stikstofverbindingen in de grond en in welke vormen het aan de grond wordt toegevoegd en onttrokken. In fig. 2 is de N-cyclus weergegeven (MULDER, 1976)

De stikstofkringloop kan in drie delen worden opgesplitst. Dit zijn de aanvoerposten, de afvoerposten en de omzettingen in de grond. De aanvoerposten zijn:
1. kunstmest
2. dierlijke mest
3. microbiologische N-binding
4. N in de neerslag en afzetting op gewas

De kunstmest komt meestal in de vorm van ammonium(NH_4^+) en nitraat (NO_3^-) in de grond en soms in de vorm van een organische verbinding die snel wordt omgezet in NH_4^+ (ureum). De stikstof in dierlijke mest komt voor in de vorm van organische N-verbindingen (eiwitten, ureum, urinezuur) en ammonium. Doordat mest meestal een hogere pH dan 7 heeft kan een gedeelte van de NH_4^+ vervluchtigen tijdens het uitrijden en de periode dat de mest op het land ligt.

$$NH_4^+ + OH^- \rightleftarrows NH_3 + H_2O.$$

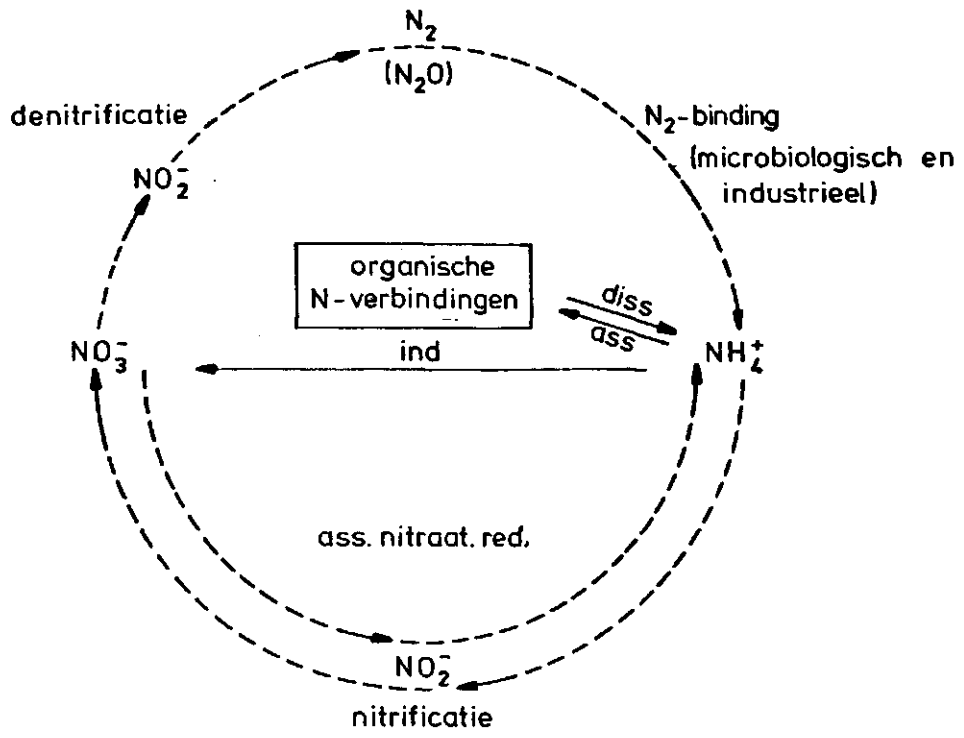


Fig. 2. De stikstofcyclus. ass = assimilatorisch; diss = dissimilatorisch; ind. = industrieel (kunstmestproduktie); red. = reductie

Bij de microbiologische N-binding wordt luchtstikstof gebonden door vrijblijvende - dan wel in symbiose levende micro-organismen. Deze stikstof wordt grotendeels opgeslagen in organische N-verbindingen (celmateriaal van bacteriën of planten). Voor een verdere bespreking van de aanvoerposten wordt verwezen naar de behandeling van de mestbalans (hoofdstuk 5).

In het hiernavolgende worden de omzettingen van N-verbindingen in grond puntsgewijs vermeld. Daarna worden de verschillende omzettingen apart behandeld, waarbij tevens de afvoerposten ter sprake komen.

De omzettingen van N-verbindingen in grond zijn:

- Nitrificatie; de microbiologische omzetting van NH_4^+ in NO_2^- en vervolgens in NO_3^-;
- Denitrificatie; de omzetting van NO_3^- in voornamelijk N_2 en N_2O;

- Assimilatorische nitraatreductie; de omzetting van NO_3^- in vooral NH_3 en de opname hiervan door planten en micro-organismen;
- Mineralisatie en immobilisatie van N-verbindingen; mineralisatie is het vrijkomen van NH_4^+ uit organische N-verbindingen, immobilisatie is het vastleggen van NH_4^+/NO_3^- in organische N-verbindingen.

3.2. Nitrificatie

De nitrificatie wordt uitgevoerd door 2 typen bacteriën. De eerste stap wordt voornamelijk door de bacterie nitrosomonas uitgevoerd. Dit is een chemo-autotrofe bacterie, hetgeen inhoudt dat de bacterie haar koolstof haalt uit CO_2 of carbonaten en haar energie uit de omzetting van een anorganische stof. In dit geval is het de omzetting van NH_4^+ in NO_2^-. Het reactiemechanisme is:

$$NH_4^+ + \frac{3}{2} O_2 \longrightarrow NO_2^- + 2 H^+ + H_2O.$$

De tweede stap wordt door de baterie nitrobacter uitgevoerd die ook chemo-autotroof is. Deze stap is:

$$NO_2^- + H_2O \longrightarrow NO_3^- + 2H$$

$$2H + \tfrac{1}{2} O_2 \longrightarrow H_2O$$

Uit de reactievergelijkingen volgt dat nitrificatie alleen plaatsvindt onder aerobe omstandigheden (O_2 nodig). Onder normale omstandigheden vindt geen ophoping van nitriet plaats maar wordt het gevormde nitriet direct omgezet in nitraat. Ophoping van nitriet kan plaatsvinden als de NH_4^+ concentratie en de pH hoog zijn (vlak na drijfmesttoediening). Dit remt de omzetting van NO_2^- in NO_3^-.
De omzettingssnelheid is sterk temperatuur - en zoals al genoemd pH afhankelijk. De pH moet voor een optimale omzetting tussen de 6 en 7 liggen. Hoewel bij een lagere pH de nitrificatie minder wordt en in de meeste gronden zeer gering is bij een lagere pH dan 5, is in nog veel zuurdere gronden nitrificatie waargenomen. Dit komt waarschijnlijk door zuurresistente stammen. De optimum temperatuur ligt tussen de 30 en 35 °C. Boven de 40 en onder de 5 °C is de nitrificatiesnelheid zeer laag. Ook onder de 5 °C (wintermaanden)

vindt nog een langzame vorming van nitraat plaats (ALEXANDER, 1977). Doordat nitraat niet of nauwelijks aan grondbestanddelen wordt gebonden, dit in tegenstelling tot ammonium, zal nitraat uitspoelen als er een neerslagoverschot is (BOLT, 1978). In Nederland is er meestal vanaf half oktober tot begin april een neerslagoverschot. De nitraatuitspoeling zal vooral in het najaar optreden omdat dan de temperatuur nog hoog genoeg is voor een snelle afbraak van organische stof in de grond (wortels,oogstverlies, drijfmest) en een snelle nitrificatie. In de wintermaanden verlopen deze processen veel langzamer waardoor de vorming van nitraat geringer is.

3.3. Denitrificatie

Denitrificatie kan plaatsvinden via chemische en microbiële omzetting van nitraat in vooral N_2 en N_2O. De chemische denitrificatie kan optreden als er Fe(II) of Mn(II) aanwezig is (KRAJENBRINK, 1982). Gezien de kwaliteit van het opgepompte grondwater (Fe - 0,01 mg.l^{-} en Mn - $<$0,01 mg.l^{-1}) zal de chemische denitrificatie in Montferland onbelangrijk zijn.

De denitrificatie door micro-organismen vindt plaats door bepaalde aërobe bacteriën onder anaërobe omstandigheden. In plaats van O_2 gebruiken deze bacteriën nitraat als elektronenaccepter voor hun ademhaling. Als elektronendonor wordt meestal een organische stof gebruikt. Soms kan waterstof worden gebruikt en sommige bacteriesoorten gebruiken een sulfide (MULDER, 1976). Het reactiemechanisme is:

$$2\,HNO_3 \xrightarrow[-2H_2O]{+\,4H} 2HNO_2 \xrightarrow[-2H_2O]{+\,2H} 2NO \xrightarrow[-2H_2O]{+\,2H} N_2O \xrightarrow[-2H_2O]{+\,2H} N_2.$$

Volgens een zijweg kan tevens wat NH^+ ontstaan (ALEXANDER, 1977). Denitrificatie is een anaëroob proces omdat het enzym dat de denitrificatie katalyseert, het dissimilatorische nitraatreductase, door zuurstof wordt geremd. Hoewel de denitrificatie pH-afhankelijk is, vindt denitrificatie over een groot pH-traject plaats en de mate van denitrificatie is sterk grondgebonden. Het temperatuurs-optimum ligt tussen 25 en 60 °C. Denitrificatie kan plaatsvinden tot ongeveer het vriespunt. Beneden de 5 °C is de snelheid zeer laag. In Montferland zal denitrificatie in de wintermaanden niet erg belangrijk zijn.

Het gebied Montferland heeft een diepe grondwaterstand en het profiel heeft een gering vochthoudend vermogen (grofzandige ondergrond). Hierdoor is de O_2-aanvoer goed, terwijl het O_2-verbruik gering is, door de lage temperatuur. Anaërobie zal zelfs plaatselijk niet snel optreden in die periode. In de rest van het jaar kan denitrificatie wel optreden als er voldoende vocht aanwezig is omdat de O_2-consumptie dan veel hoger ligt.

3.4. Assimilatorische nitraatreductie

De assimilatorische nitraatreductie is de omzetting van NO_3^- in NH_3 en de opname hiervan. Dit proces wordt uitgevoerd door hogere planten en vele micro-organismen. Een uitzondering hierop is de bacillusgroep. Van deze groep micro-organismen kan een aantal soorten onder anaërobe omstandigheden NO_3^- omzetten in N_2, N_2O en NH_4^+. Deze NH_4^+ kunnen ze niet opnemen en deze wordt dan ook uitgescheiden. Genoemde bacillussoorten hebben onder anaërobe omstandigheden een organische N-verbinding nodig voor hun stikstofvoorziening (STANIER et al., 1976). De nitraat wordt door deze bacteriën gereduceerd omdat hiermee meer energie wordt ontleend aan de oxydatie van de elektronendonor dan bij de normale substraatgebonden fosforylering.

3.5. Mineralisatie en immobilisatie van N-verbindingen

De mineralisatie van organische N-verbindingen uit zich in het vrijkomen van NH_4^+. Of NH_4^+ bij afbraak van organische N-verbindingen vrijkomt hangt af van de hoeveelheid N in de organische verbindingen. Als de koolstof-stikstof verhouding in de verbindingen ongeveer 20 of lager is, zal bij afbraak meer N vrijkomen dan nodig is voor de celopbouw van de micro-organismen. De niet benodigde N zal worden uitgescheiden in de vorm van NH_4^+. Ligt de koolstof/stikstof boven de 20 dan zal minerale N aan de bodemoplossing worden onttrokken en worden ingebouwd in bacterie eiwit.

Deze vastlegging noemt men immobilisatie omdat deze N niet voor de plant beschikbaar is (VAN DIEST, 1974). In wezen is de opname van N door het gewas ook immobilisatie.

4. BOOR- EN ANALYSEMETHODIEK

4.1. Boormethodiek

4.1.1. Algemeen

De percelen zijn bemonsterd door 6 handboringen te zetten tot 6 meter diepte. Voor deze methode is gekozen omdat het de vraag is of men met machinaal boren in dit profiel kan komen. Plaatselijk komen keien voor met een doorsnede tot 10 cm. Daarbij komt dat er in het voorjaar moest worden geboord, waardoor vastzitten met een grote boorinstallatie niet denkbeeldig is. Voor het aantal van 6 boringen per perceel is gekozen in verband met de beschikbare tijd. Door het zeer grindrijke profiel zijn namelijk niet meer dan 2 boringen per dag te zetten.

4.1.2. Bemonsteringsmethodiek

Voor het bemonsteren van het profiel is het nodig dat men beschikt over goed materiaal, dat grote krachten kan weerstaan. Het volgende materiaal is gebruikt in het grindrijke, grofzandige stuwwalprofiel.

1. Grondboor voor een grindrijk profiel, Ø 7 cm
2. Grondboor voor een grindrijk profiel, Ø 10 cm
3. Riversideboor, Ø 7 cm
4. Keienvanger, Ø 5 cm
5. Keienvanger, Ø 10 cm
6. Kunststof buizen, voorzien van schroefdraad, in- en uitwendig
7. Stalen getande voorloper
8. 2 stalen buisklemmen
9. Aantal universele verlengstangen.

In principe is er van uitgegaan dat elke meter apart wordt bemonsterd. Eerst is de humeuze bovenlaag bemonsterd, welke varieerde in diepte, daarna tot 1 m, dan tot 2 m, enz. Van iedere meter (ongeveer 10 dm^3 grond) is een mengmonster gemaakt, waaruit de monsters zijn genomen. Na 1 meter te hebben geboord met de

boor voor een grindrijk profiel Ø 10 cm, wordt een kunststof buis met een stalen getande voorloper in het boorgat gedraaid en door deze buis wordt de volgende meter bemonsterd met een boor voor een grindrijk profiel Ø 7 cm. Hierna wordt de bemonsterde meter verder uitgeboord met de boor van 10 cm doorsnede en begint de procedure weer van voren af aan. Op deze manier kan tot 6 à 7 meter worden bemonsterd. De keienvangers (stalen veerboren) dienen om eventuele keien in de veer of tussen veer en buis vast te draaien, waarna de veer of veer en buis worden opgetrokken en de keien worden verwijderd.

4.2. Analysemethodes

4.2.1. Conservering van de grondmonsters

De monsters zijn, na te zijn genomen, direct in een koelbox, waarin zich ijsflesjes bevinden, gedaan en zo bewaard tot terugkeer op het ICW. Tot het tijdstip van analyseren zijn de monsters bewaard in een koelkast bij 4 °C. Op deze manier is getracht het vochtverlies en de microbiële omzettingen van stikstofverbindingen te minimaliseren.

4.2.2. Bepaling van het gewichtspercentage vocht en het aantal mm vocht per bodemlaag

Het gewichtspercentage vocht is bepaald door ongeveer 300 g grond gedurende 24 uur bij 105 °C te drogen. Het gewichtspercentage vocht is het aantal ml vocht per 100 g droge grond. Dit wordt berekend volgens de formule: $\frac{\text{nat gewicht - droog gewicht}}{\text{droog gewicht}} \times 100\%$
Uit het gewichtspercentage vocht is het volumepercentage vocht te berekenen door het gewichtspercentage te vermenigvuldigen met de dichtheid van de grond. De dichtheden van de grond zijn ontleend aan HOEKSTRA en POELMAN (1982) en aan een nog niet gepubliceerd onderzoek naar de dichtheden in bosgronden van KRABBENBORG (1983). In tabel 2 zijn de dichtheden aan voorkomende bodemeenheden vermeld. Uit het volumepercentage vocht in een bodemlaag volgt het aantal mm vocht in die laag.

Tabel 2. Omrekeningsfactoren voor de bepaling van het volumepercentage water in de bemonsterde lagen

Grondsoort	Dichtheid (g/cm^3)
grof zand	1,65
zand	1,60
grind	1,55
zand/oer	1,65
zand/grind	1,70
A-horizont(bouwland)	1,35
A-horizont (bos)	1,30
iets lemig zand	1,55
leemhoudend zand	1,50
sterk leemhoudend zand	1,45

4. 2. 3. Bepaling van het organisch stofgehalte in de grond

Het organisch stofgehalte is bepaald door ca. 50 g droge grond gedurende $1\frac{1}{2}$ uur bij 900 °C te gloeien. De berekeningsmethode is: $\frac{\text{gewicht voor gloeien - gewicht na gloeien}}{\text{gewicht na gloeien}} \times 100\%$.
Berekend wordt dus het aantal gram organische stof per 100 g droge grond.

4. 2. 4. pH-bepaling

Van een aantal monsters is de pH(H_2O) en/of de pH(KCl) bepaald. De pH(H_2O) is gemeten door 50 ml demi-water toe te voegen aan 100 g monster en dit gedurende 1 uur te schudden. Na bezinking van de grond (ca. 1 uur) is in de bovengenoemde vloeistof de pH gemeten met een pH-meter.

De pH(KCl) is bepaald door 100 g monster gedurende 2 uur met 50 ml, 1 molair KCl-oplossing, te schudden. De pH is verder op dezelfde wijze gemeten als de pH(H_2O).

4. 2. 5. Bepaling van de C. E. C. (cation exchange capacity)

Het vermogen van de grond om kationen te binden is bepaald

volgens Bascomb (voorschrift op het waterlabaratorium van het ICW). Het basisprincipe is alle kationen te vervangen door Ba^{2+} en daarna door Mg^{2+}. Door toevoeging van $BaCl_2$ wordt het adsorptiecomplex verzadigd met Barium. Hierna wordt $MgSO_4$ toegevoegd, waardoor het Ba^{2+} met SO_4^{2-} neerslaat in de vorm van $BaSO_4$. Hierdoor zal het adsorptiecomplex voornamelijk Mg^{2+} bevatten. Door de afname in de totale hoeveelheid Mg^{2+} in oplossing te meten kan het bindingsvermogen van kationen worden bepaald.

4. 2. 6. De analyse van specifieke verbindingen in de grondmonsters

4. 2. 6. 1. Algemeen

Chloride, ammonium en nitraat zijn bepaald in de grondmonsters door aan 100 g monster, 50 ml demi-water toe te voegen en gedurende 1 uur te schudden. In deze oplossingen worden de concentraties bepaald. Aangezien het oorspronkelijk vochtgehalte bekend is, kan worden teruggerekend naar de concentraties in het bodemvocht. Een aantal ammoniumbepalingen is verricht door 100 g monster uit te schudden met een KCl-oplossing (1 molair) gedurende 2 uur. Dit heeft tot doel inzicht te krijgen in de hoeveelheid NH^{4+} die aan de grond is geadsorbeerd.

4. 2. 6. 2. Bepaling van chloride

Het chloridegehalte in het hangwater van de monsters is bepaald met behulp van een zilverelektrode. De oplossing wordt getitreerd met zilvernitraat waardoor zilverchloride neerslaat. De zilverelektrode geeft een potentiaal die afhangt van de ag^+-concentratie in de oplossing. De potentiaal is gemeten met een pH/mV meter (Electrofact type 36 000). Als er geen chloride meer in oplossing is, zal de ag^+-concentratie snel oplopen. De potentiaal zal veranderen volgens de formule

$$E = E_o + 0,059 \log (ag^+) \qquad (1)$$

De verandering in potentiaal is dus het grootst bij het equivalentiepunt. Gebleken is dat de potentiaal in het equivalentiepunt altijd dezelfde waarde heeft (- 120 mV) bij gebruik van een verzadi-

ging K_2SO_4 referentie-elektrode. Voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar de analysevoorschriften op het waterlaborarorium van het ICW.

4. 2. 6. 3. Ammonium (NH_4^+)-bepaling

De NH_4^+ -bepaling, zowel in waterige - als in 1 M KCl-oplossing is gemeten volgens de methode De Jong (1982).

Het NH_4^+ wordt in basisch milieu met natriumhypochloriet omgezet tot NH_2Cl. Met Na-salicylaat vormt dit een salicylaat-indofenolcomplex. Deze stof heeft een blauwe kleur. Voor de kleurontwikkeling is licht nodig (TL-balk). De extinktie wordt gemeten met een spektrofotometer (Perken Elmer 5505). Een ijklijn wordt gemaakt met behulp van een $(NH_4)_2SO_4$-oplossing (0 - 0,8 mg $NH_4^+ . l^{-1}$). De ondergrens van deze methode is circa 0,01 mg $NH_4^+ . l^{-1}$. Aangezien het hangwater in het monster ongeveer 10 x wordt verdund, is de ondergrens voor de concentratie in het monster ongeveer 0,1 mg $NH_4^+ . l^{-1}$.

4. 2. 6. 4. Bepaling van nitraat

Het nitraatgehalte in het hangwater is bepaald met behulp van vloeistofchromatografie (HARMSEN, 1982). Bij deze bepaling wordt tevens nitriet gemeten. De ondergrens van de methode is circa 0,1 mg $N . l^{-1}$. Doordat de monsters 5 à 10 maal worden verdund is de ondergrens voor de nitraatconcentraties in het hangwater 0,5 - 1 mg NO_3^--$N . l^{-1}$.

5. MESTBALANS

5. 1. Inleiding

Voor de percelen waar is gemonsterd, is voor zover mogelijk een mestbalans opgesteld om te trachten een relatie te leggen tussen de N-belasting en de N-uitspoeling. Tevens wordt door voor meerdere bedrijven een mestbalans op te stellen inzicht verkregen in de gemiddelde N-belasting in het intrekgebied van de waterwinning. Van

5 bedrijven is een mestbalans opgesteld aan de hand van een enquête-formulier (zie bijlage 1). Van deze 5 bedrijven wordt voor 3 daarvan in deze nota de N-belasting berekend. Van de andere twee waren de gegevens te onzeker om een reële mestbalans op te stellen. De adressen zijn verkregen van het consulentschap voor veehouderij te Doetinchem. In figuur 1 (Hfst. 2) staan de percelen die de drie bedrijven in beheer hebben op een kaart aangegeven.

5. 2. Methode

5. 2. 1. Berekening van de totale N-gift

Bij het opstellen van de mestbalans is uitgegaan van een bepaalde stikstofproduktie. Voor deze methode is gekozen omdat de bedrijfsvoering bij boeren onderling sterk kan verschillen. Hierdoor is het N-gehalte per m^3 mest niet hetzelfde bij de verschillende boeren.

Uit de enquête zijn aantal en soort vee en de mestsoorten bekend.

In tabel 3 is de mestproduktie per diersoort en het N-gehalte van de mest vermeld. Hieruit is de totale N-produktie te berekenen.

Tabel 3. Samenstelling van dierlijke meststoffen in kg per 1000 kg mest

	ds	os	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	Na_2O	Cl	SO_3	volume gewicht	invloed op pH in kg CaO **)		productie in kg *) per stalperiode
												bw.	grl.	
Gier														
Rundvee	26	10	4.0	0.2	8.0	0.1	0.2	1.0	4.0	2.0	1.032	- 3	- 2	4000
Varkens	20	5	6.5	0.9	4.5	0.6	0.2	1.0	4.0	1.8	1.010	- 7	- 6	900
Dunne mest														
Rundvee	95	60	4.4	1.8	5.5	2.1	1.0	1.0	3.0	1.8	1.040	- 1	0	10000
Mestvarkens	80	50	5.5	4.7	5.0	5.0	1.5	0.7	1.5	1.6	1.033	+ 1	+ 2	1600
Zeugen (onverdund)	60	40	3.9	3.7	3.9	0.8	1.3	0.7	1.5	1.0	-	- 2	- 1	-
Zeugen (verdund)	10	10	2.0	0.9	2.5	5.2	0.2	0.2	0.5	-	-	-	-	-
Vleeskalveren	20	15	3.0	1.3	2.4	-	-	-	-	-	-	-	-	3000
Kippen	140	90	9.2	8.0	5.0	13.7	1.5	1.0	2.0	2.0	-	+ 4	+ 6	80
Vaste mest														
Rundvee loopstal	240	160	5.5	2.5	6.0	3.0	1.0	1.0	2.0	0.8	0.700	0	+ 1	5500
Rundvee grupstal	215	140	5.5	3.8	3.5	4.0	1.5	1.0	2.0	0.6	0.900	0	+ 1	5000
Varkens	230	160	7.5	9.0	3.5	9.0	2.5	1.0	2.0	1.0	-	+ 2	+ 4	700
Kippen vochtige	322	230	12.5	18.7	9.0	23.5	2.5	2.0	3.5	4.0	-	+19	+21	40
Kippen droge	580	370	21.0	25.0	20.0	45.0	3.5	3.0	8.0	6.0	-	+21	+27	30
Kippen deeppit	530	240	14.3	36.1	19.2	67.0	4.0	3.5	8.7	10.0	-	+50	+53	20
Kippen strooiselmest	530	350	15.8	20.0	11.0	28.6	4.4	3.5	5.4	8.3	-	+11	+14	40
Slachtkuikens	580	460	26.0	24.0	21.5	20.5	6.0	4.0	5.5	9.0	0.465	- 1	+ 4	7
Kalkoenen	450	340	17.4	19.3	16.1	24.6	5.0	5.8	8.0	9.5	-	+ 8	+12	-
Paarden	310	250	5.0	3.0	5.6	3.1	1.8	-	-	-	0.700	-	-	-
Champignonmest	391	203	7.0	7.8	9.6	51.1	2.9	2.6	2.8	13.8	0.500	+41	+43	-
Nertsen	320	180	9.5	33.0	2.5	34.5	2.0	1.0	1.5	9.3	-	+ 9	+11	-

*) Rundvee 180 dagen, overige veesoorten 365 dagen.
Slachtkuikens bij 5.5 toom per jaar, mestkalveren 3 afleveringen per jaar.

**) Bij doelmatige aanwending in voorjaar. Bij herfstaanwending ± 0.2 x N-gehalte meer negatief of minder positief.

Samengesteld februari 1983 door het CAD voor Bodemaangelegenheden in de Landbouw naar gegevens van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren.

Uitgaande van de opgegeven verdeling van de mest over de percelen en de aan- en/of afvoer van mest is de totale N-belasting door organische mest per perceel en per hectare te berekenen. Van deze N-belasting moet de vervluchtiging van ammoniak (NH_3) worden afgetrokken. In tabel 4 staan de gemiddelde vervluchtigingspercentages voor een aantal mestsoorten. Bij de N-belasting uit de organische mest moet de stikstof in de vorm van kunstmest, neerslag en N-binding worden opgeteld om de jaarlijkse N-gift te krijgen.

Tabel 4. De vervluchtigingspercentages van NH_3 uit verschillende mestsoorten onder verschillende omstandigheden

Mestsoort	% vervluchtiging van N-totaal
rundvee - grupstalmest	5 (Verheijen en Steenvoorden, 1981)
rundvee- drijfmest(grasland)	16 (Rijtema, 1978)
rundvee- drijfmest(bouwland)	10 (Sluijsmans en Kolenbrander, '76)
varkensdrijfmest(grasland)	16 (Rijtema, 1978)
varkensdrijfmest(bouwland)	10 (Sluijsmans en Kolenbrander, '76)
mest (weideperiode)	7½ (Rijtema, 1978)

5. 2. 2. Berekening van de minerale N-belasting

Omdat opname door planten en uitspoeling van stikstof vooral minerale stikstof betreft, wordt de minerale N-belasting berekend. Onder minerale stikstof verstaat men NH_4^+ , NO_2^- en NO_3^-.

De jaarlijkse minerale N-belasting bestaat uit de volgende posten:

1. De minerale N (N_m) in dierlijke mest
2. De organische -N in dierlijke mest die in het eerste jaar van aanwending mineraliseert (N_e);
3. De organische-N die mineraliseert uit bemestingen in voorgaande jaren (N_r);
4. De organische-N die mineraliseert uit wortelresten, oogstverliezen en niet van bemesting afkomstige humus;
5. Kunstmest;
6. Stikstof door neerslag;
7. Microbiële N-binding.

ad 1. Dierlijke mest is opgebouwd uit een fractie minerale stikstof en een fractie organisch gebonden stikstof. In tabel 5 is de verdeling gegeven die Sluijsmans en Kolenbrander(1976) maken voor de verschillende fracties in dierlijke mest, afhankelijk van de mestsoort.

Tabel 5. De verdeling van stikstof over de verschillende fracties in dierlijke mest. Nm = de stikstof in minerale vorm; Ne = de organische stikstof die het eerste jaar mineraliseert; Nr = de organische stikstof die in de daaropvolgende jaren mineraliseert. Naar SLUIJSMANS en KOLENBRANDER, 1976.

Mestsoort	Nm	Ne	Nr
rundvee grupstalmest	10	45	45
rundvee drijfmest	50	25	25
varkens drijfmest	50	22	28
kippe drijfmest	70	20	10
kalver drijfmest	80	9	11
gier	94	3	3

ad 2. De organische-N die mineraliseert uit bemestingen in voorgaande jaren is afhankelijk van de periode van bemesting. De bemestingscijfers uit de enquête zijn, afhankelijk van het perceel, voor een bepaalde tijdsduur geldig. Voordat met de momentele bemesting werd begonnen, was de N-belasting aanmerkelijk lager. Hoe hoog deze bemesting toen was, is niet bekend. Uitgegaan wordt van een bemesting door dierlijke mest die de helft is van de huidige bemesting. In fig. 3 is het verband tussen de bemestingsduur en de procentuele mineralisatie van Nr weergegeven. Hieruit is te bepalen welk deel van de huidige bemesting ieder jaar uit Nr mineraliseert (x. Nr). Uit het lage bemestingsniveau daarvoor mineraliseert ieder jaar (1-x). Nr. $\frac{1}{2}$.

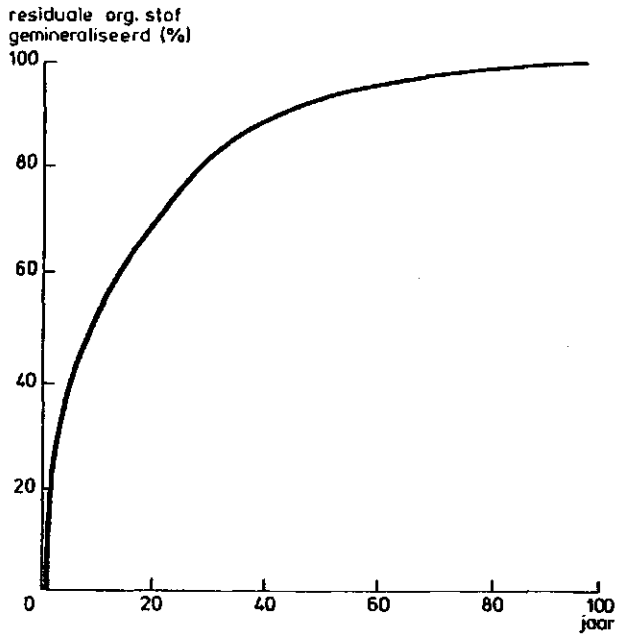


Fig. 3. Het verloop van de mineralisatie van de residuale organische stof in procenten van de jaarlijkse aanvoer hiervan (SLUIJSMANS en KOLENBRANDER, 1976).

ad 3. Doordat wortelresten en oogstverlies op het land achterblijven zal door afbraak hiervan extra minerale stikstof aan de bouwvoor worden toegevoegd. Volgens BAKKER (1973) blijft bij snijmais ongeveer 2000 kg. ha^{-1} als wortels en stoppels achter op het land. Het N-gehalte is circa 1%. Aangezien de landbouwpercelen deze functie al zeer lang hebben (PETERSEN, 1983) zal deze 20 kg N. ha^{-1} ook mineraliseren. Het deel dat in het najaar mineraliseert is echter al gerekend voor de minerale N-belasting van dat jaar en moet danook van deze 20 kg N. ha^{-1} worden afgetrokken. Deze mineralisatie vindt plaats in de maanden oktober, november en december en kan ongeveer op 25% worden gesteld. De minerale N-toevoeging door wortelresten en oogstverlies is hierdoor opgeveer 15 kg N. ha^{-1}. In grasland is de stikstofvastlegging in de wortels 17% van de hoeveelheid die in het blad wordt vastgelegd en zijn de oogstverliezen ongeveer 25% van de bruto droge stof opbrengst(RIJTEMA, 1978). Uitgaande van een bruto-opbrengst van 15 ton droge stof per ha en een N-gehalte van 3% is de brutoonttrekking 450 kg N/ha. Van deze 450 kg N/ha blijft 112 kg N/ha achter als oogstverlies en wordt 77 kg N/ha in de wortels vastgelegd.
Van de oogstverliezen uit voorgaande jaren mineraliseert 73% het daarop volgende jaar. De rest mineraliseert volgens de grafiek in figuur 3. Van de wortels mineraliseert 53% in het eerste jaar en de rest volgens fig. 3.

ad 4. De kunstmest komt als minerale stikstof in de grond. De vervluchtiging van NH_3 zal gering zijn omdat de kunstmest gelijk wordt ondergeploegd.

ad 5. De neerslag geeft een stikstofbelasting van 20-30 kg N/ha en is vooral NH_4^+ (STEENVOORDEN en OOSTEROM, 1975).

ad 6. Er wordt van uitgegaan dat in de landbouwpercelen de microbiële N-binding verwaarloosbaar klein is. De reden hiervoor is dat deze N-binding van belang is in niet zwaar bemeste percelen. Als de N-bemesting in de honderden kilogrammen per hectare gaan lopen, zullen de vrijlevende en de symbiontische N-binders bijna geen stikstof meer binden. Dit komt vooral omdat de opname van minerale stikstof energetisch gezien veel voordeliger is (MULDER en BROTONEGORO, 1974 en HAVELKA et. al. 1982). Of er in het grasland nog symbiontische N-binding optreedt, is afhankelijk van het klaverbestand.

6. DE VOCHTBALANS

6.1. Inleiding

De vochtbalans wordt berekend door neerslag- en verdampingscijfers per decade respectievelijk op te tellen bij en af te trekken van de hoeveelheid vocht die beschikbaar is voor verdamping in de grond. Komt de hoeveelheid vocht boven de berekende-of gemeten veldcapaciteit dan treedt afvoer op naar het grondwater. Oppervlakte-afvoer kan optreden indien de doorlatendheid te gering is om het neerslagoverschot binnen de periode te verwerken en daardoor de grondwaterstand op maaiveldhoogte komt.

In de meeste waterbalansen wordt geen rekening gehouden met een reductie in de evapotranspiratie als er weinig vocht voor verdamping aanwezig is. Er wordt dan gerekend met maximale verdamping tot er geen vocht meer beschikbaar is voor verdamping.

In deze nota wordt de verdamping op een reëlere manier berekend door wel een reductiefactor mee te nemen. Hiervoor is een model ontwikkeld door dr. P. E. Rijtema. Dit model wordt in het hiernavolgende besproken.

6.2. Het model voor de vochtbalans

De basisvergelijking van de vochtbalans wordt weergegeven door de formule

$$\frac{dMt}{dt} = E_{re} + P - D \qquad (2)$$

hierin is:

Mt = hoeveelheid beschikbaar vocht (mm) op tijdstip t

E_{re} = de werkelijke verdamping (mm)

P = neerslag (mm)

D = afvoer (mm)

Afhankelijk van de hoeveelheid beschikbaar vocht kunnen er 2 situaties optreden aan het begin van een periode (decade) Deze zijn: $Mt \geqslant Mo$ en $Mt < Mo$, waarin Mo de hoeveelheid beschikbaar vocht bij veldcapaciteit is (pF = 2,4). Als eerste wordt de mogelijkheid $Mt > Mo$ uitgewerkt. Afhankelijk van de neerslag en verdampingscijfers kunnen zich twee mogelijkheden voordoen en wel $E_{max} \leqslant P$ en $E_{max} > P$. (E_{max} is de maximale verdamping in een periode).

Als $E_{max} \leqslant P$ zal afvoer naar het grondwater plaatsvinden omdat $Mt > Mo$. De afvoer per periode is afhankelijk van de doorlatendheid van de grond volgens de formule

$$D = k. \frac{(Mt - Mo)}{(Ms - Mo)} \qquad (3)$$

waarin:

k = doorlaatbaarheid (mm per periode)

Ms = hoeveelheid beschikbaar vocht bij verzadiging (mm)

Als $Mt > Ms$ wordt tijdens een periode zal oppervlakte-afvoer plaatsvinden. In het goed doorlatende zandige profiel in Montferland met een grondwaterstand van gemiddeld 15 m -m. v. zal dit niet optreden. Tijdens strenge winters, waarbij de bovengrond bevriest, is oppervlakte afstroming wel mogelijk. Om dit mee te nemen zijn zeer preciese gegevens noodzakelijk die ontbreken.

Uit vergelijking (2) en (3) volgt de volgende vergelijking

$$\frac{dMt}{dt} = E_{max} + P - k. \frac{(Mt - Mo)}{(Ms - Mo)} \qquad (4)$$

Oplossing van deze vergelijking geeft:

$$Mt_n = Mo - \frac{(E_{max} - P)(Ms-Mo)}{k} + \left\{(Mt-Mo) + \frac{(E_{max}-P)(Ms-Mo)}{k}\right\} . e^{-\frac{k.t}{(Ms-Mo)}} \quad (5)$$

hierin is Mt_n = de nieuwe hoeveelheid beschikbaar vocht (mm)

t = de tijdsduur van een periode

De afvoer $D = (Mt_n - Mt) - (E_{max} - P).t$ (5a)

en $E_{re} = E_{max}$

De tweede mogelijkheid bij $Mt > Mo$ is: $E_{max} > P$. Er zal dan afvoer optreden tot $Mt_n = Mo$. Vergelijking (5) gaat dan over in de volgende vergelijking, waaruit de tijdsduur wordt berekend voordat $Mt_n = Mo$.

$$t_1 = \frac{(Ms-Mo)}{k} . \ln \left\{ \frac{(Mt_o - Mo) + \frac{(E_{max} - P)(Ms - Mo)}{k}}{\frac{(E_{max} - P)(Ms - Mo)}{k}} \right\} \quad (6)$$

Als $t_1 \geqslant t$, dan blijft vergelijking (5) gelden

als $t_1 < t$, dan gaat (5) over in (7) met $t = t_1$ en waarvan $(E_{max}-P)(t-t_1)$ wordt afgetrokken.

$$Mt_n = Mo - \frac{t_{max}-P)(Ms-Mo)}{k} + \left\{(Mt-Mo) + \frac{(E_{max}-P)(Ms-Mo)}{k}\right\} . e^{\frac{k.t_1}{(Ms-Mo)}}$$

$$- (E_{max}-P)(t-t_1) \quad (7)$$

Als $t_1 \geqslant t$, dan is $D = (Mt-Mt_n)-(E_{max}-P).t$ en $E_{re} = E_{max}$.

Als $t_1 < t$, dan is $D = Mt - Mo$ en meestal is $E_{re} = E_{max}$.

Indien de maximale verdamping in de periode de neerslag sterk overschrijdt zal reductie in verdamping kunnen optreden. Of dit optreedt wordt behandeld onder de mogelijkheid $Mt < Mo$ en $E_{max} > P$, waarbij de periode inplaats van t wordt $t-t_1$.

Nu de mogelijkheid $Mt \geqslant Mo$ is uitgewerkt wordt $Mt < Mo$ behandeld.

Ook dan kan $E_{max} \leqslant P$ en $E_{max} > P$ zijn. Als eerste $E_{max} \leqslant P$.
Er zal dan aanvulling van vocht plaatsvinden totdat $Mt_n = Mo$. Daarna zal afvoer optreden . Of dit het geval is kan met de volgende formule worden berekend

$$t_2 = \frac{(Mo - Mt)}{P - E_{max}} \quad (8)$$

hierin is t_2 = de tijd die nodig is om het vochttekort aan te vullen tot veldcapaciteit

Als $t_2 \leqslant t$ zal op tijdstip t_2 het vochttekort zijn opgeheven. Dan geldt vergelijking (5) weer met $t = t-t_2$ en wordt op tijdstip t_2 gestart met $Mt = Mo$. Vergelijking (5) gaat dan over in:

$$Mt_n = Mo - \frac{(E_{max} - P)\,(Ms - Mo)}{k} \cdot \left\{ 1 - e^{-\frac{k.\,(t-t_2)}{(Ms-Mo)}} \right\} \qquad (9)$$

de afvoer $D = (Mt - Mt_n) - (E_{max} - P).\,t$ en $E_{re} = E_{max}$.

Als $t_2 > t$ dan blijft Mt_n kleiner dan Mo. Mt_n wordt dan berekend met de formule

$$Mt_n = Mt - (E_{max} - P).\,t \qquad (10)$$

de afvoer is nul en $E_{re} = E_{max}$.

Als laatste mogelijkheid blijft over: $Mt < Mo$ en $E_{max} > P$. Er zal maximale verdamping optreden totdat er reductie optreedt in verdamping doordat er te weinig vocht aanwezig is. In dit geval gelden 2 relaties:

$$E_{re} - P = E_{max} - P = -\frac{dMt}{dt} \quad \text{als } Mt \geqslant aMo \qquad (11)$$

en

$$E_{re} - P = \frac{Mt}{a.\,Mo} \cdot (E_{max} - P) = -\frac{dMt}{dt} \quad \text{als } Mt < aMo \qquad (12)$$

hierin is: a = de fractie vocht die nog aanwezig is, waarbij reductie in verdamping optreedt

De waarde van a wordt bepaald door het verdampingsoverschot waarbij $a = 0,182.\,(E_{max} - P)^{0.571}$ (RIJTEMA en ABOUKHALED, 1975).

Oplossing van vergelijking (11) geeft

$$t_3 = \frac{(Mt - aMo)}{(E_{max} - P)} \qquad (13)$$

Als $t_3 \geqslant t$, dan blijft $Mt \geqslant aMo$ en vindt geen reductie in verdamping plaats, dan geldt: $Mt_n = Mt - (E_{max} - P).\,t$ en $E_{re} = E_{max}$.
Als $t_3 < t$ dan wordt $Mt < aMo$ en geldt vergelijking (12). Oplossing van vergelijking (12) waarbij wordt gestart met $Mt \geqslant aMo$ geeft

$$Mt_n = aMo.\; e^{-\frac{(E_{max} - P)(t-t_3)}{a.\,Mo}} \qquad (14)$$

en

$$E_{re} = Mt - Mt_n + P.t \qquad (14a)$$

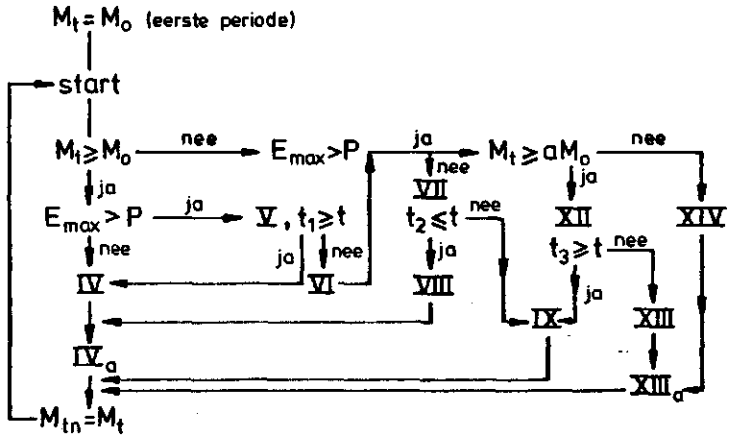
Oplossing van vergelijking (12), waarbij wordt gestart met $Mt < aMo$ geeft

$$Mt_n = Mt_o . e^{-\frac{(E_{max}-P).t}{a.Mo}} \qquad (15)$$

en

$$E_{re} = Mt - Mt_n + P.t \qquad (14a)$$

Met deze vergelijkingen kan voor iedere periode de vochtbalans worden opgesteld. Voor de overzichtelijkheid volgt hieronder een stroommodel voor de berekening van de vochtbalans.



7. RESULTATEN EN DISCUSSIE

7.1. Inleiding

Van acht percelen zijn grondmonsters genomen tot 6 meter diepte.

Bijna alle genomen monsters zijn geanalyseerd op nitraat en een groot aantal op chloride. Van de meeste percelen is een aantal monsters geanalyseerd op ammonium. In alle monsters tot 1 m diepte is het organisch stofgehalte bepaald. Per perceel is dit voor 1 boring tot 6 meter diepte bepaald. In een aantal monsters is de pH(H_2O) of pH(kCl) bepaald, omdat de pH invloed heeft op de microbiële omzettingen.

Doordat bespreking per perceel te veel tot herhaling leidt, worden de resultaten besproken per geanalyseerde component. De analyseresultaten staan wel per perceel gerangschikt. Deze staan in de bijlagen 2a tot en met 2h. De volgorde van bespreking is de hieronderstaande.

1. Mestbalansen van de bedrijven van K.
2. De vochtgehalten en vochtbalansen van de percelen;
3. Het organisch stofgehalte en de C.E.C.;
4. De chlorideconcentraties;
5. De ammoniumgehaltes;
6. De pH (H_2O) en de pH(kD);
7. De concentraties en uitspoeling van nitraat;
8. Het verloop van de nitraatconcentraties in het opgepompte water bij ongewijzigd - en gewijzigd landgebruik.

De volgende percelen zijn bemonsterd:

1. Een perceel bouwland van K.
   Het bouwplan is 3 x mais, 1 x aardappelen, 1 x suikerbieten.
   De oppervlakte van het perceel is 4 hectare. Van het bedrijf is een mestbalans opgesteld. De reden van bemonsteren is dat K. in vergelijking tot de andere boeren veel kunstmest op de percelen brengt.
2. Een perceel bouwland van R
   Het bouwplan is 2 x mais/snijrogge, 1 x rogge/stoppelknollen.
   De oppervlakte is 0,8 ha. Van het bedrijf is een mestbalans opgesteld. Doordat de opgegeven bemesting vrij laag was, is dit perceel bemonsterd om na te gaan wat het effect is van een lagere bemesting. Daarbij komt dat snijrogge en stoppelknollen zorgen voor een lagere nitraatuitspoeling in het najaar (lagere nitraatconcentratie in het bodemvocht).

3. Een perceel bouwland van B.
   Het bouwplan is mais. De oppervlakte van het perceel is 4,2 ha. Van het bedrijf is een mestbalans opgesteld. Het perceel is bemonsterd omdat er relatief veel dierlijke mest op komt.
4. Een perceel grasland van B.
   De oppervlakte is 5 hectare. Het perceel is bemonsterd omdat er in het oostelijk deel van het intrekgebied van Galgenberg een aantal percelen grasland liggen.
5. Een perceel bouwland van S.
   Het bouwplan is mais. De oppervlakte is 2,6 ha. Er is geen mestbalans van het bedrijf opgesteld. Het perceel is bemonsterd omdat het wordt gepacht door loonwerker S. . Bij navraag is gebleken dat gebruiker en bemester de broer van de loonwerker is.
6. Een perceel bouwland van H.B.
   Het bouwplan was mais en is sedert 1982 rogge. Er is geen mestbalans voor het perceel opgesteld. De oppervlakte is ongeveer 3 ha. Het perceel is bemonsterd om na te gaan wat het effect is van de lage bemesting door H.B. na een relatief zware bemesting op het maisperceel.
7. Een perceel Japanse lariks (1939) en een perceel grove den (1924).
   De bospercelen zijn bemonsterd om te bepalen in welke mate de nitraatuitspoeling aldaar bijdragen tot de nitraatbelasting van het grondwater. Er is gekozen voor Japanse lariks en grove den omdat deze soorten het frequentst voorkomen in het intrekgebied.

De ligging van de percelen is weergegeven op de kaart in hoofdstuk 1.

7.2. De mestbalans van het bedrijf van K

7.2.1. Berekening van de totale stikstofproduktie

De omvang van de veestapel is 55 melkkoeien, 70 fokzeugen en gemiddeld 200 biggen (gemest tot 20 kg). De varkens produceren gedurende het hele jaar drijfmest. Het rundvee produceert gedurende 270 dagen per jaar grupstalmest en gier (in de zomer staan ze 's nachts op stal).

Een fokzeug produceert per jaar 17,6 kg N en een big (tot 20 kg)

produceert ongeveer 5,1 kg N. Dit geeft een totale stikstofproduktie door de varkens van 2252 kg N.

Per koe wordt 21,5 kg N per 180 dagen geproduceerd. De stalmest heeft een open bewaring met een gemiddelde ouderdom van $2\frac{1}{2}$ maanden (KOLENBRANDER en DE LA LANDE CREMER, 1967). De totale stikstofproduktie door het rundvee is dan 1732 kg. De bemesting vindt zowel in het najaar als in het voorjaar plaats.

7.2.2. De stikstofverdeling over het areaal

De varkens drijfmest komt op het bouwland (15,6 ha) en er wordt per ha in gelijke hoeveelheden bemest. De stikstofbelasting is hierdoor 144 kg N. ha^{-1}. De grupstalmest wordt over het grasland (12,6 ha) en het bouwland verdeeld. Op het bouwland komt 50 m^3 per ha en op het grasland 5 m^3 per ha. Dit geeft een stikstofbelasting voor het bouwland van 103 kg N per ha. De gier gaat over het grasland. Omdat het grasland niet in het intrekgebied van de waterwinning ligt, wordt hiervoor geen N-belasting uitgerekend.

7.2.3. Aanvullende bemesting

Het bouwland wordt jaarlijks nog met 20 m^3 varkens drijfmest van onbekende samenstelling bemest. Dit geeft een belasting van ca. 70 kg N per ha.

De aanwending van kunstmest is afhankelijk van het geteelde gewas. Het bouwplan is 3 x mais, 1 x aardappelen en 1 x suikerbieten. Bij mais is dit 250 kg N per ha, bij aardappelen 200 kg N, ha en bij suikerbieten 125 kg N per ha. De kunstmestgift bedraagt hierdoor gemiddeld 215 kg N per ha (kalkammonsalpeter).

7.2.4. Berekening van de N-gift en van de minerale N-belasting

De N-gift is de hoeveelheid stikstof die jaarlijks aan de bouwvoor wordt toegevoegd. Deze N-gift bestaat uit dierlijke mest min de ammoniakvervluchtiging plus de stikstof uit kunstmest en neerslag. In tabel 6 is de berekening van de N-gift weergegeven. Omdat de stalmest een open bewaring heeft waardoor het mestwater verloren gaat, zal er weinig NH_4^+ in de mest aanwezig zijn. De NH_3-vervluchtiging zal hierdoor zeer gering zijn.

Tabel 6. De jaarlijkse N-gift (kg N per ha) op bouwland van K.

Soort mest	kg N per ha	NH_3-vervluchtiging	N-gift kg. ha
grupstalmest	103	0	103
varkensdrijfmest	216	22	194
neerslag	25	0	25
kunstmest	215	0	215
			537

De minerale N-belasting is de hoeveelheid mineralen die jaarlijks in de bouwvoor vrijkomt en/of er aan wordt toegevoegd. Voor een beschrijving van de methode wordt verwezen naar de mestbalans (5. 2. 2.). Het bemestingsniveau is gedurende 20 jaar hetzelfde. Hierdoor is de N_r die jaarlijks mineraliseert 70%. Van de bemesting die daarvoor plaatsvond mineraliseert 30% van $\frac{1}{2}$ N_r. De totale mineralisatie door bemesting uit voorgaande jaren is hierdoor 0, 85 xN_r. De organische stikstoftoevoeging aan de bouwvoor is hierdoor 0, 15 xN_r. In tabel 7 is de minerale N-belasting op het bouwland weergegeven. Bij losse open bewaring van de mest gedurende 6 maanden en een strogift van 3 kg per grootvee-eenheid per dag gaat 23% van de N verloren (KOLENBRANDER en DE LA LANDE CREMER, 1967). Dit verlies is afkomstig van N-mineraal en N-eerste jaar. Hierdoor stijgt de N_r-fractie van 45% naar 58%.

Tabel 7. Berekening van de minerale N-belasting op bouwland van K. in kg N/ha

Soort mest	N-gift	N in organische vorm	Minerale N-belasting
grupstalmest	103	9	94
varkensdrijfmest	194	7	187
neerslag	25		25
kunstmest	215		215
mineralisatie uit wortels en oogstverliezen			15
			526

De minerale N-belasting is momenteel 526 kg N/ha en zal langzaam stijgen naar 552 kg N/ha.

Bij een goede oogst onttrekt snijmais ongeveer 180 kg N/ha, suikerbieten 260 kg N/ha en aardappelen 100 kg N/ha (Handboek voor de akkerbouw, 1973). Bij een bouwplan van 3 x mais, 1 x suikerbieten en 1 x aardappelen is dit gemiddeld 184 kg N/ha.

Uitgaande van een denitrificatie van 20% en een uitspoeling van 30% voor deze grond (KOLENBRANDER , 1981a en 1981b) moet de minerale N-belasting ongeveer 370 kg N/ha zijn voor een altijd optimale N-voorziening. In het droogtegevoelige gebied Montferland zal de N-opname zelden het maximum bereiken.

7.3. De mestbalans van het bedrijf van B.

7.3.1. Berekening van de totale stikstofproduktie

De omvang van de veestapel is 60 melkkoeien en 50 stuks jongvee. Hetjongvee dient om het aantal van 60 melkkoeien in stand te houden. Bij zo'n opbouw hebben 50 stuks jongvee een stikstofproduktie van 22 melkkoeien. Bij de produktie van rundveedrijfmest komt 44 kg N per 180 dagen in de mest terecht. Vanhalfmei tot half oktober is er overdag beweiding. Het aantal mestproduktiedagen is dan 289. De totale N-produktie is hierdoor 5793 kg N per jaar. In de weideperiode produceert een melkkoe ongeveer 58 kg N per 180 dagen (RIJTEMA, 1978). De weideperiode is 76 dagen. Totale N-produktie in de weideperiode is 2007 kg N. De bemesting vindt zowel in het najaar als in het voorjaar plaats.

7.3.2. De stikstofverdeling over het areaal

Van de rundveedrijfmest komt 100 $m^3 . ha^{-1}$ op het bouwland (7,3 ha) en 45 $m^3 . ha^{-1}$ op het grasland (14,4 ha). Dit geeft een N-belasting van 190 kg op het grasland en van 420 kg op het bouwland. Op het grasland komt tevens nog 140 kg $N . ha^{-1}$ door het beweiden.

7.3.3. Aanvullende bemesting op de percelen

Op het grasland komt 12 m^3 varkensdrijfmest. ha^{-1} van onbekende

samenstelling. Dit is een belasting van ongeveer 66 kg N. ha^{-1}. De kunstmestgift (kalkammonsalpeter) bedraagt op grasland 400 kg N. ha^{-1}. Op het grasland wordt jaarlijks ongeveer 200 mm beregend met nitraathoudend grondwater. Het nitraatgehalte hiervan is gemiddeld 220 mg. NO_3^-. l^{-1} (zie bijlage 2c). Dit geeft een extra belasting van 100 kg N. ha^{-1}. Op het bouwland waarop altijd mais wordt verbouwd, wordt bemest met 130 kg ha^{-1} kunstmest (kalkammon-salpeter)

7. 3. 4. Berekening van de N-gift en de minerale N-belasting

Voor de beschrijving van de begrippen N-gift en minerale N-belasting wordt verwezen naar de berekening bij Ketelaar (par. 7. 2. 2.) De berekening van de N-gift is weergegeven in de tabellen 8 en 9. Omdat op de percelen van Bus geen klaver aanwezig was, is de microbiële N-binding in grasland on nul gesteld.

Tabel 8. N-gift op bouwland van B. in kg/N ha

Soort mest	Aanwezig	NH_3-vervluchtiging	N-gift
Rundveedrijfmest	420	42	378
kunstmest	130	0	130
neerslag			25
			533

Tabel 9. N-gift op grasland van B. in kg/N ha

Soort mest	Aanwezig	NH_3-vervluchtiging	N-gift
rundveedrijfmest	189	30	159
varkensdrijfmest	66	11	55
beweiding	140	11	129
beregening	100	0	100
kunstmest	400	40	360
neerslag			25
			833

Het huidige bemestingsniveau op bouwland vindt gedurende 13 jaar plaats.

Hierdoor wordt jaarlijks 60% van de N-fractie gemineraliseerd die afkomstig is van mest uit de laatste 13 jaar en 0,4 x $\frac{1}{2}$ N_r uit bemesting van daarvoor. Totaal mineraliseert dus 0,8 N_r en wordt 0,2 N_r in organische vorm extra aan de bouwvoor toegevoegd. In tabel 10 is de minerale N-belasting op bouwland vermeld.

Tabel 10. De minerale N-belasting op bouwland van B - (kg N/ha)

Mestsoort	N-gift	N in organische vorm	Minerale N-belasting
rundveedrijfmest	378	21	357
kunstmest	130	0	130
neerslag			25
mineralisatie uit wortels en oogstverlies			15
			527

De minerale N-belasting op bouwland van B · is momenteel 527 kg N/ha en zal langzaam toenemen tot 548 kg N/ha. Voor het bouwland van Bus geldt hetzelfde als voor dat van K bij 370 kg N/ha is er optimale N-voorziening.

Het grasland van Bus was tot ongeveer 1970 bouwland. Van de humus die wordt gevormd uit oogstverliezen en wortelresten mineraliseert momenteel ongeveer 55%. Dit geldt ook voor de momentele dierlijke mest. De nawerking van de bemesting op het landbouwperceel van voor 1970 is dan 0,45. N_r. $\frac{1}{2}$.
In tabel 11 is de minerale N-belasting op het grasland van Bus vermeld.

Bij een goede opbrengst wordt ongeveer 450 kg N/ha onttrokken. De uitspoeling van de minerale stikstofbelasting bedraagt ongeveer 20% (KOLENBRANDER, 1981a) en de denitrificatie is ongeveer 35% (RIJTEMA, 1978).

Voor een optimale gewasgroei is dus ongeveer 1000 kg N/ha nodig.

Tabel 11. De minerale N-belasting op grasland van B. (in kg N/ha)

Soort mest	N-gift	N in organische vorm	Minerale N-belasting
rundveedrijfmest	159	21	138
varkensdrijfmest	55	9	46
kunstmest	360	0	360
beweiding	129	15	114
neerslag	25	0	25
beregening	100	0	100
wortels en oogstverlies (1e jaar)			122
id. (restwerking)			37
id. (bouwland)			7
			949

7.4. De mestbalans van het bedrijf van R.

7.4.1. Berekening van de totale stikstofproduktie

De omvang van de veestapel is 100 zeugen en gemiddeld 350 biggen (tot 20 kg). Een zeug produceert 17,6 kg N en een big 5,1 kg N per jaar in de vorm van drijfmest. De totale N-produktie is dus 3545 kg N. De bemesting vindt zowel in het najaar als in het voorjaar plaats.

7.4.2. De stikstofverdeling over het areaal

Het grasland (4 ha) en het bouwland (8 ha) wordt in gelijke mate bemest. De N-belasting is hierdoor 296 kg N/ha.

7.4.3. Aanvullende bemesting

De graslandpercelen liggen buiten het intrekgebied van de waterwinning en worden in het hierna volgende niet meer besproken.

Het bouwplan op het bouwland is 2 x mais en 1 x rogge. Bij het verbouwen van mais wordt snijrogge als groenbemester geteeld, Bij het verbouwen van rogge worden stoppelknollen als groenbemester

31

geteeld. Op het bouwland komt altijd 51 kg N/ha in de vorm van N - P - K in het voorjaar. Als snijrogge wordt geteeld, komt er 51 kg N. ha^{-1} in het najaar bij. Bij het verbouwen van stoppelknollen is dit 78 kg N. ha^{-1}.
De gemiddelde N-belasting door kunstmest is hierdoor 111 kg N. ha^{-1}.

7. 4. 4. Berekening van de N-gift en minerale N-belasting

Voor de omschrijving van N-gift en minerale N-belasting wordt verwezen naar de berekening bij het bedrijf K (par. 7. 2. 2). In de tabellen 12 en 13 is de berekening van de N-gift en de minerale N-belasting berekend. De opgegeven bemesting vindt gedurende 10 jaar plaats. Hierdoor is de fractie N_r die in organische vorm blijft: 0, 2 N_r.

Tabel 12. De N-gift op bouwland van R in kg N/ha

Mestsoort	in de mest	NH_3-vervluchtiging	Maximale N-belasting
varkensdrijfmest	296	30	266
kunstmest	111	0	111
neerslag			25
			402

Tabel 13. Minerale N-belasting op bouwland van R in kg. N/ha

Mestsoort	N-gift	N in organische vorm	Minerale N-belasting
varkensdrijfmest	265	17	248
kunstmest	111	0	111
neerslag	25	0	25
mineralisatie uit wortels en oogstverlies			15
			399

De minerale N-belasting is 399 kg N/ha en zal langzaam stijgen naar 416 kg N/ha. Voor een optimale N-voorziening geldt hetzelfde

als bij K. . Er is ongeveer 370 kg minerale N nodig voor een optimaal gewas.

7.5. De vochtgehalten en vochtbalansen van de percelen

7.5.1. De vochtgehalten

Het vochtgehalte in de grondmonsters varieert sterk. De laagste vochtgehalten liggen in de buurt van de $3\frac{1}{2}$ gr. vocht per 100 gr. droge grond, de hoogste zijn ongeveer 17 gr. vocht per 100 gr. droge grond. De sterke variatie komt door de grote verschillen in leemgehalte (zie beschrijvingen van de profielen (bijlagen 2A t/m 2H). In de toplagen is de spreiding geringer. Dit komt doordat het bouwland ieder jaar wordt geploegd en in de bossen van voor 1940, voordat er geplant/gezaaid werd, de bovenste 60 cm is omgezet (KRABBENBORG, 1983). Hierdoor is een sterke vermenging van de bodembestanddelen opgetreden. De vochtgehalten in de toplagen (ca. 45 cm) varieert tussen de 8 en 16 gewichtsprocenten. De percelen van K. en H. B. hebben relatief lage vochtgehalten. Dit geldt zowel voor de bouwvoor als voor de diepere lagen . In de bouwvoor (ca. 40 cm) is in deze percelen gemiddeld 50 mm vocht aanwezig. In de andere percelen is dit gemiddeld 72 mm. De lagere vochtgehalten worden veroorzaakt door een lager leemgehalte in het afgezette materiaal.

7.5.2. Berekening van het volumepercentage vocht

De omrekening van gewichtspercentage vocht naar volumepercentage vocht in de grondmonsters is nodig om de gemiddelde nitraatconcentraties in een bodemlaag te berekenen. Om een reële gemiddelde nitraatconcentratie per bodemlaag te krijgen moet het gewogen gemiddelde worden genomen. De concentratie in een monster met een relatief hoog vochtgehalte weegt dus zwaarder dan de concentratie in een monster met een relatief laag vochtgehalte. Voor de omrekeningsfactoren en de methode wordt verwezen naar par.4.2.2. Om een indruk te geven van de verschillen in vochtgehalten worden in tabel 14 de gemiddelde waarden van het aantal mm vocht over een diepte van 6 m in de verschillende percelen gegeven.

Tabel 14. Gemiddeld aantal mm vocht over 6 m in de percelen

Perceel	Aantal mm vocht
K (bouwland)	704
B (bouwland)	809
R (bouwland)	843
S (bouwland)	714
H B (bouwland)	564
Japanse lariks (bos)	800
Grove den(bos)	937

Het aantal mm vocht bij H -B en K is het laagst. Dit duidt op een relatief laag leemgehalte. Het perceel van S heeft een relatief laag vochtgehalte, omdat er tussen de 2 en 6 meter beneden maaiveld bijna alleen maar zand en grind aanwezig is.

7. 5. 3. De vochtbalansen

Voor de methode van berekening van de vochtbalansen wordt verwezen naar hoofdstuk 6. De berekening van de vochtbalansen is nodig om de nitraatuitspoeling per jaar te bepalen. De vochtbalansen zijn opgesteld voor 4 soorten percelen. Dit zijn de volgende. Een maisperceel met 50 mm beschikbaar vocht (de percelen van Ketelaar en Huis Bergh) en een maisperceel met 72 mm vocht (de percelen van Bus, Rikken en Soeter). Voor het perceel van Huis Bergh geldt dat er in het najaar van 1982 rogge is ingezaaid, waardoor een aanpassing in de verdamping nodig is. Voor het perceel van Rikken moet de verdamping worden aangepast voor de maanden oktober en november als er snijrogge of stoppelknollen worden verbouwd. Voor de bospercelen zijn twee aparte vochtbalansen opgesteld. Dit is vanwege het feit dat de grove den het hele jaar bladdragend is en de Japanse lariks in het najaar het blad laat vallen. Hierdoor treden verschillen in verdamping op. Voor de bospercelen is de hoeveelheid beschikbaar vocht op 88 mm gesteld. Deze waarde is aangenomen op grond van de bewortelingsdiepte (80 cm) (LIJNDEN, 1983) en de gevonden vochtgehalten.

De hoeveelheid neerslag per decade is het gemiddelde van twee meetstations in de omgeving en wel Huis-Bergh te 's-Heerenberg en Bode te Stokkum. De evapotranspiratie is berekend uit de open waterverdamping volgens Penman te Winterswijk vermenigvuldigt met een reductiefactor die afhankelijk is van het gewas en de periode. De reductiefactoren zijn vermeld in tabel 15.

Tabel 15. Reductiefactoren voor de berekening van de evapotranspiratie

Gewas	Periode	Reductiefactor
mais	2e decade okt. -1e decade mei	0,3
	1e decade mei	0,4
	2e decade mei	0,5
	3e decade mei	0,6
	1e decade juni	0,7
	2e decade juni	0,8
	3e decade juni	0,9
	1e decade juli-2e decade okt.	1,0
Japanse lariks	15 okt - 15 april	0,8
	15 apr. - 15 mei	1,05
	15 mei - 30 mei	1,10
	30 mei - 15 okt.	1,15
grove den	15 okt - 30 mei	1,10
	30 mei - 15 okt	1,15

De reductiefactoren voor mais zijn ontleend aan Verheijen en Steenvoorden (1981) en voor de Japanse lariks en de grove den aan Rijtema (1983). Bij het verbouwen van snijrogge of stoppelknollen wordt de reductiefactor in de maanden oktober/november op 0,8 gesteld. Bij de teelt van winterrogge geldt deze waarde gedurende oktober tot en met half april.

Voor het graslandperceel van Bus kan geen vochtbalans worden opgesteld. Er wordt namelijk beregend op tijdstippen en met hoeveelheden die onvoldoende bekend zijn. Het beregenen geschiedt niet alleen als er vochttekort optreedt, maar ook als er wordt bemest.

In tabel 16 is het neerslagoverschot voor de verschillende percelen vermeld. Het neerslagoverschot is berekend voor de periode

1e decade april - 1e decade april (hydrologisch jaar). De vochtbalansen staan in bijlage 3.

Tabel 16. Overzicht van het jaarlijks neerslagoverschot in de percelen

Perceel		1980/81	1981/82	1982/83
	neerslag (mm)	944	754	764
	verdamping (E_o)	643	594	733
Ketelaar		505	352	418
Bus/Soeter		493	332	396
Rikken		481	329	386
Huis-Bergh		505	352	354
Japanse lariks		374	269	298
grove den		341	244	273

Het bouwland met 50 mm beschikbaar vocht heeft het grootste neerslagoverschot. In het najaar is de bouwvoor eerder op veldcapaciteit dan bij bouwland met 72 mm beschikbaar vocht. De bospercelen hebben lagere neerslagoverschotten dan bouwland omdat de verdamping hoger is. Daarbij is het bergend vermogen (88 mm tegen 72 mm) in de bospercelen groter waardoor in het najaar de veldcapaciteit later wordt bereikt.

7.6. Het organisch stofgehalte en de C.E.C.

Het organisch stofgehalte is gemeten om te bepalen of er zeer veel dierlijke mest op de percelen komt en of er verschillen tussen de percelen onderling zijn. Naarmate er meer dierlijke mest op de percelen komt, zal het organisch stofgehalte hoger zijn (Verheijen en Steenvoorden, 1981). Het organisch stofgehalte in de diepere lagen is bepaald om na te gaan of daar denitrificatie kan optreden. In tabel 17 zijn de gemiddelde organisch stofgehalten in de percelen weergegeven.

Tabel 17. Het organisch stofgehalte in de bouwvoor en in de diepere lagen in de bemonsterde percelen

Perceel	Organische stofgehalte (gr. 100 gr grond^{-1}) bouwvoor	van 1 tot 6 m -mv
K.	2,77	0,71
B. (bouwland)	3.27	1,07
R.	3,55	0,86
S.	3,19	
H. -B.	2,83	0,49

De organische stofgehalten in de bouwvoor vallen voor alle percelen in de klasse matig humeus (,25 - 5% organische stof, KUIPERS, 1981). Het organisch stofgehalte onder de bouwvoor is laag. Hierdoor zal winig denitrificatie optreden in deze zone. De percelen van K. en H. -B. hebben de laagste organische stofgehalten in de bouwvoor. In tabel 18 is de bemesting in kg organische stof per hectare weergegeven. De waarden zijn afgeleid uit tabel 3 (samenstelling van dierlijke mestsoorten).

Tabel 18. Organische stof toevoeging door bemesting (kg/ha/jr)

Perceel		Organische stof
K.		7 000
B.		6 000
R.		2 500
S.	tot 1976	5 500
	tot 1980	3 000
	tot 1983	3 600
H. B.		onbekend

De waarden van S. zijn ontleend aan een gesprek dat plaatsvond op de laatste dag dat het perceel werd bemonsterd. Tot 1976 werd 110 $m^3.ha^{-1}$ varkensdrijfmest gegeven. Tussen 1976 en 1980 was dit 60 $m^3.ha^{-1}$ varkensdrijfmest. Daarna 60 $m^3.ha^{-1}$ rundveedrijfmest.

Indien een grond 3 gewichtsprocenten organische stof bevat heeft

een bouwvoor van 40 cm een hoeveelheid organische stof van ongeveer 180 000 kg/ha. Om het organische stofgehalte op te voeren is dus een zeer zware bemesting nodig. Aangezien uit de berekende belasting blijkt dat de verschillen gering zijn is het onmogelijk dat de variatie hierdoor wordt veroorzaakt.

Mogelijk is wel dat door het verschil in bodemsamenstelling variatie optreedt. De percelen van K en H B hebben een profiel dat minder vochtbergend vermogen heeft dan de rest. Dit komt door het lagere leemgehalte. Aangezien organische stof kan adsorberen aan kleimineralen (BOLT, 1978) is de resistentie tegen afbraak in de percelen van K en H -B geringer dan in de rest van de percelen. Van 2 boringen in het perceel van K is de C. E. C. bepaald. De C. E. C. geeft aan in welke mate een grond kationen kan binden. De C. E. C. in de bouwvoor is 5, 3 meq/100 gr droge grond. Onder de bouwvoor neemt de C. E. C. snel af. De grootte van de C. E. C. aldaar varieert met het leemgehalte. De gevonden C. E. C. -waarde van 5, 3 meq/100 hr. grond in de bouwvoor komt goed overeen met de theorie. Volgens Bolt (1978) is de C. E. C. van organische stof 200-300 meq/100 gr organische stof. Door de lage C. E. C. in de ondergrond (1-2 meq/100 gr. grond) zal aldaar geen denitrificatie door micro-organismen optreden. Door het lage organische stofgehalte is het mogelijk dat ammonium uitspoelt indien grote hoeveelheden drijfmest ineens worden toegediend. Hierom en vooral omdat door Waterlaboratorium Oost (Doetinchem) hoge ammoniumgehalten zijn gevonden in de grondmonsters van een diepe boring tot het grondwater, zijn in een aantal percelen de ammoniumconcentraties in het hangwater bepaald.

7. 7. De ammoniumconcentraties in een aantal percelen

In een aantal grondmonsters is het ammoniumgehalte bepaald door het monster te schudden met water of 1 molair KCl. Als er wordt uitgeschud met water wordt de hoeveelheid ammonium bepaald die in het hangwater aanwezig is. Bij uitschudden met KCl wordt tevens de hoeveelheid ammonium bepaald die uitwisselbaar is geadsor-

beerd is aan de organische stof en/of de kleimineralen.

In het perceel bouwland van Bus is de $NH_4^+(H_2O)$ bepaald. De $NH_4^+(H_2O)$ varieert tussen de 0,1 en de 0,4 mg $NH_4^+.l^{-1}$. De NH_4^+ (KCl) in de bouwvoor varieert tussen de 2,0 en het meetbereik (20 mg $NH_4^+.l^{-1}$). Hoewel er beneden de bouwvoor NH_4^+ voorkomt is dit in een zeer geringe mate in oplossing en zal daardoor niet uitspoelen. In het grasland perceel van Bus is in een boring de $NH_4^+(H_2O)$ bepaald. In de bouwvoor is de concentratie 0,75 mg $NH_4^+.l^{-1}$ en daaronder is de NH_4^+ niet aantoonbaar (0,1 mg $NH_4^+.l^{-1}$). Omdat het perceel van Soeter een dumpperceel zou zijn, is in een boring de $NH_4^+(H_2O)$ bepaald. In de bouwvoor is de concentratie 2,9 mg $NH_4^+.l^{-1}$, op een diepte van 40-100 cm -mv 0,36 mg $NH_4^+.l^{-1}$ en daaronder niet aantoonbaar. Van ammoniumuitspoeling is, in de landbouwpercelen in Montferland geen sprake. Omdat de bossen op zandgrond een vrij lage pH hebben (zie bijlage 2G en 2H), hetgeen de nitrificatie remt (ALEXANDER, 1977) is nagegaan of er daar wel ammoniumophoping en/of uitspoeling plaatsvindt. De NH_4^+(KCl) en de $NH_4^+(H_2O)$ liggen hier in dezelfde orde van grootte als voor de landbouwpercelen. Hoewel nitrificatie wordt geremd bij een pH lager dan 5 wordt de ammonium snel genoeg omgezet in NO_3 om NH_4^+ ophoping te voorkomen.

7.8. De pH in de percelen

In het perceel van Ketelaar is in alle monsters de pH(H_2O) bepaald. De pH in de bouwvoor ligt tussen de 6 en 7. Daaronder tussen de 5 en 6. De hogere pH in de bouwvoor komt doordat er bekalkt wordt. Door de nitrificatie van gevormde- en toegevoegde NH_4^+ en vervluchtiging van CO_2 zal de pH met de diepte dalen.

De Ph(H_2O) in de bossen bedraagt ongeveer 4 in de toplaag en ongeveer 5,5 in de daaronder liggende lagen. De pH van het regenwater in Oost-Gelderland is 4,3 over de periode 1978-1981 (KNMI/RIV, 1981). Door nitrificatie en afbraakprocessen zal de pH iets verder dalen in het bovenste gedeelte van de toplaag. Daaronder stijgt de pH weer iets door de denitrificatie.

7.9. De chloridegehalten in de percelen

De chlorideconcentraties zijn in de grondmonsters bepaald omdat er een aanzienlijke hoeveelheid chloride in dierlijke mest aanwezig is. In tabel 19 zijn de verwachte en gemeten chloridebelastingen in de percelen vermeld. De chloridebelasting door de neerslag is ontleend aan STEENVOORDEN en OOSTEROM (1975) en bedraagt circa 60 kg Cl^-/ha. De chloridebelasting is berekend uit de concentratie in het neerslagoverschot van 1 jaar.

Tabel 19. De gemeten en berekende chloridebelastingen van de percelen in 1982/83

Perceel	Gemeten Cl^-(kg/ha)	Berekende Cl^-(kg/ha)
K.	150	172
B,	216	364
R.	144	140

In de percelen van K, en R, liggen de berekende en gemeten chloridebelastingen in dezelfde orde van grootte. De berekende chloridebelasting in het perceel van Bus is veel hoger dan de gemeten chloridebelasting. Mogelijk komt dit doordat het chloridegehalte in de rundveedrijfmest lager is dan de 0,3% volgens tabel 3.

7.10. De nitraatconcentraties en de nitraatuitspoeling in de bemonsterde percelen

7.10.1. De nitraatconcentraties

De nitraatconcentraties in de genomen grondmonsters staan in de bijlagen 2A - 2H per perceel vermeld. Van deze nitraatconcentraties is het gewogen gemiddelde per bemonsteringslaag per perceel berekend. In de figuren 4 - 6 is het verloop van de nitraatconcentratie met de diepte in de percelen weergegeven. In figuur 4 is dit verloop weergegeven voor de bouwlandpercelen van K,, B. en R,

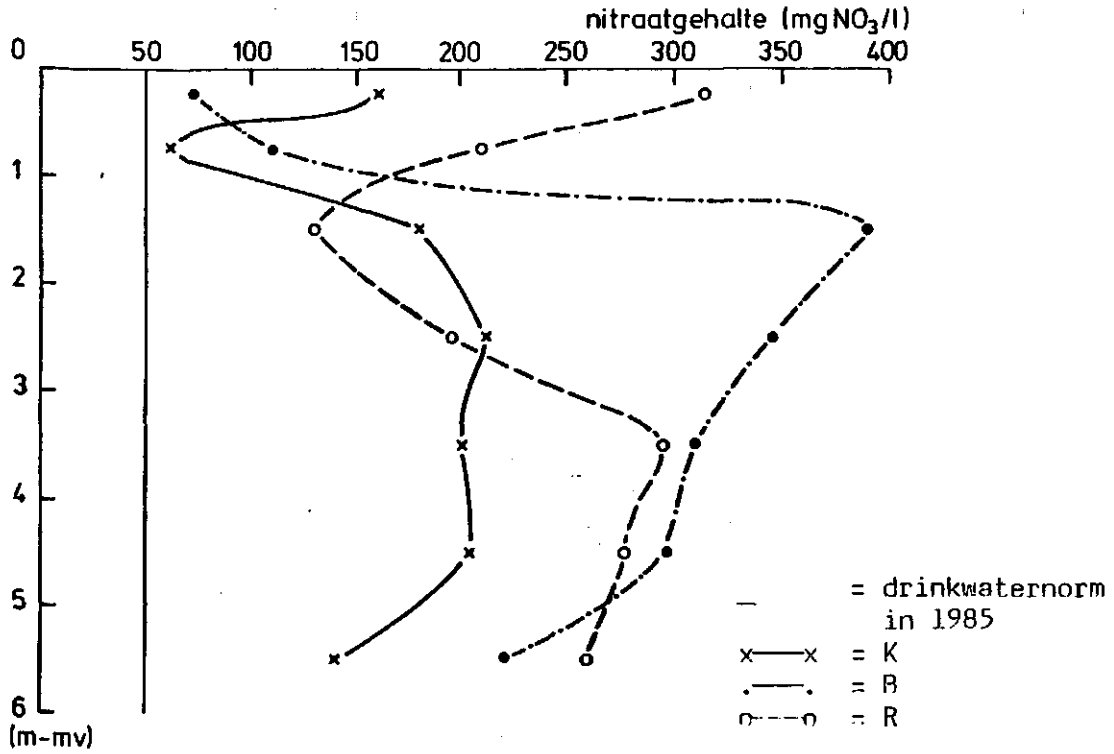


Fig. 4. Nitraatgehalte in het hangwater (mg NO_3/l)

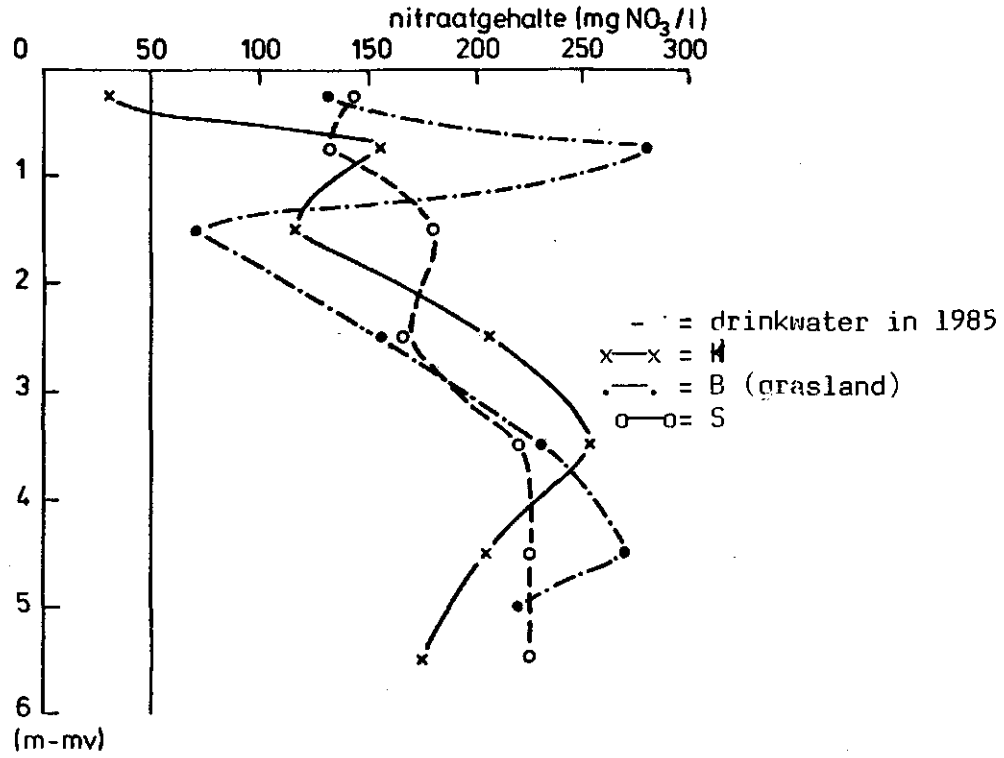


Fig. 5. Nitraatgehalte in het hangwater (mg NO_3/l)

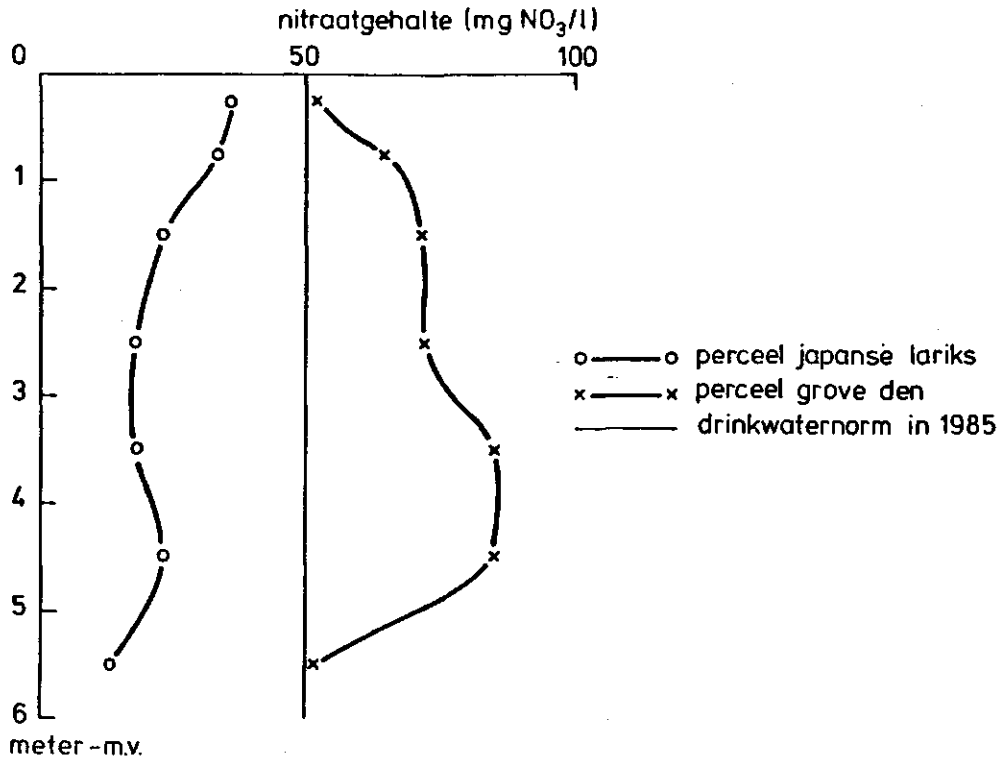


Fig. 6. Nitraatgehalte in het hangwater (mg NO_3/l)

Uit figuur 4 blijkt dat in alle percelen over het gehele profiel de nitraatconcentraties boven de drinkwaternorm liggen. Dit is niet verwonderlijk gezien het bemestingsniveau (400-500 kg N/ha/jaar) en de grondsoort (zand). Volgens KOLENBRANDER (1981) spoelt er bij dir bemestingsniveau tussen de 100 en 200 kg N/ha/jaar uit. Bij een neerslagoverschot van 300 mm per jaar geeft dit een concentratie tussen de 35 en 70 mg NO_3-N/jaar. Dit komt overeen met de waarden die in de percelen wordt gevonden. Het verloop van de nitraatconcentratie in het perceel van Rikken wijkt af van de andere twee percelen. Dit komt doordat dit perceel een week voordat de monsters werden genomen, is bemest met varkensdrijfmest. De N in varkensdrijfmest bestaat voor ongeveer 50% uit NH_4^+-N. Doordat het perceel begin april is bemonsterd (gemiddelde temperatuur 7 à 8 °C) zal een deel van de NH_4^+ zijn omgezet in NO_3^- (zie stikstofcyclus, hfdst 3). Hierdoor is de NO_3^--N concentratie in de bouwvoor hoog.

Het neerslagoverschot in het perceel van R. is 387 mm in de periode oktober-april 1983 (zie bijlage 3).

Het volumepercentage vocht in dit profiel is ongeveer 10%. Het water heeft dan een diepte bereikt van 390 cm onder de bouwvoor. De totale diepte is dus 430 cm beneden maaiveld. De piek op 4 meter diepte wordt veroorzaakt doordat de mais in oktober van het veld gaat. Hierdoor wordt er geen nitraat meer onttrokken en de stoppelknollen moeten nog beginnen te groeien. De nitraatconcentratie zal, door afbraak van organische stof en bemesting en daarna nitrificatie, toenemen. Naarmate de stoppelknollen zich ontwikkelen zal de nitraatconcentratie in de bouwvoor dalen. Hierdoor ontstaat de afname in nitraatuitspoeling op ongeveer 2 m -mv. In het voorjaar zal de nitraatconcentratie weer stijgen door de afbraak van organische stof en bemesting.

Het verloop in de percelen van K. en B. geeft een ander beeld omdat hier alleen mais is verbouwd. Het neerslagoverschot in het perceel van Bus is 340 mm in de periode oktober 1982-2e decade maart 1983 (zie bijlage 3a). De totale indringingsdiepte is hierdoor 380 cm -mv. In het profiel is een duidelijke piek waarneembaar op 2 m -mv. Bij het begin van het neerslagoverschot is de NO_3^--concentratie al hoog omdat de mais van het veld is. Daarna stijgt de NO_3^--concentratie verder doordat er wordt bemest in het najaar en de temperatuur nog hoog genoeg is voor organische stof afbraak en nitrificatie. In de winterperiode december, januari, februari zal de nitraatconcentratie in de bouwvoor dalen omdat de omzettingssnelheden van organische stikstof in NH_4^+ en NO_3^- afnemen door de dan lage temperaturen. Voor het perceel van Ketelaar geldt dit ook. Hier is de nitraatuitspoeling lager doordat er minder stikstof in de vorm van organische mest op het land komt (zie mestbalansen, par. 7.2 en 7.3) en doordat een gedeelte van de bemesting bestaat uit stalmest (par. 7.2.4). Hierdoor zal de nitrificatie veel geringer zijn dan bij drijfmest gedurende de beginperiode na bemesting. Hoewel het bemestingsniveau van K. en B. ongeveer hetzelfde is, spoelt er bij K. minder nitraat uit. Voor een verdere uitwerking wordt verwezen naar de 'nitraatuitspoeling in de bemonsterde percelen' (par. 7.10.2.). In fig. 5 zijn de nitraatconcentraties voor de percelen van Soeter, Huis Bergh en Bus (grasland) weergegeven. Uit de gra-

fiek blijkt dat het perceel van Soeter geen dumpperceel is en NO_3^--concentraties heeft die in dezelfde orde van grootte liggen als in de andere percelen. In het perceel van H, -B, valt de lage NO_3^--concentratie in de bouwvoor op. Dit komt omdat er in de decade van april is bemonsterd. De winterrogge is dan al aan het groeien waardoor de nitraatconcentratie laag is in de bouwvoor. Het neerslagoverschot in het perceel van H, -B, is 376 mm. Door de lage vochtgehalten in het profiel betekent dit een uitspoeling tot 5 m - mv. Aangezien slechts tot 6 m diepte is geboord, kan niet worden nagegaan wat het effect is van de lage bemesting en het verbouwen van rogge op de nitraatuitspoeling. Het grasland van B heeft ongeveer dezelfde nitraatconcentraties in het hangwater als de landbouwpercelen. Hoewel het bemestingsniveau aanmerkelijk hoger is (949 kg N. ha^{-1}). De relatief lage nitraatconcentraties worden veroorzaakt doordat gras meer stikstof onttrekt aan de grond. Gras onttrekt ongeveer 450 kg. N. ha^{-1} en mais onttrekt ongeveer 180 kg. N. ha^{-1} per jaar en de denitrificatie is veel hoger(KOLENBRANDER, 1981a). In fig. 6 is het verloop van de nitraatconcentraties in de bospercelen weergegeven. Het perceel Japanse lariks geeft nitraatconcentraties die over het hele perceel lager zijn dan de drinkwaternorm. Dit geldt niet voor het grove den perceel. Dat er verschil is in uitspoelingsconcentratie kan de volgende oorzaken hebben:

1. Een grove den perceel verdampt per jaar meer vocht. Hierdoor is het neerslagoverschot groter. Dit scheelt ongeveer 10% (zie tabel 14,par. 7. 5. 2) hierdoor zal bij eenzelfde hoeveelheid nitraatuitspoeling de NO_3-N concentratie met 10% stijgen;
2. Het organische stofgehalte in de toplaag in het Japanse lariks perceel is groter dan in het grove den perceel (5, 5 tegen 3, 4 g per 100 gr. droge grond). Hierdoor is de microbiologische activiteit in het Japanse lariks perceel groter. Door deze grotere microbiologische activiteit zal het O_2-verbruik hoger zijn waardoor eerder plaatselijk anaerobie onstaat. Hierdoor zal de denitrificatie in het Japanse lariks perceel waarschijnlijk groter zijn dan in het grove den perceel;
3. Doordat de grove den het hele jaar door bladdragend is, zal er jaarlijks meer ammonium in de vorm van $(NH_4)_2SO_4$ op de bla-

deren worden afgezet. Hierdoor is de N-belasting in het grove den perceel waarschijnlijk groter.

In bijlage 4 staan de gemiddelde nitraatgehaltes per perceel per bemonsteringsdiepte weergegeven. De landbouwpercelen hebben beneden de bouwvoor een gemiddelde nitraatconcentratie van 200 mg NO_3/l (45 mg NO_3-N/l) en de bossen een nitraatconcentratie van 45 mg NO_3/l (10 mg NO_3-N/l) in het hangwater.

7. 10. 2. Nitraatuitspoeling in een aantal bemonsterde percelen

7. 10. 2. 1. Inleiding

De nitraatuitspoeling is berekend voor de percelen waarvoor een mestbalans is opgesteld en voor de bospercelen. De uitspoeling is berekend in kg NO_3-N per hectare per jaar. Vanaf het moment van monstername wordt uit de waterbalans bepaald hoe groot het neerslagoverschot in het afgelopen jaar is geweest. De boordata staan vermeld in bijlage 5. Per boring is berekend hoeveel kg NO_3-N in het neerslagoverschot aanwezig is. Bij de berekening wordt er van uitgegaan dat de humeuze bovenlaag op veldcapaciteit is. Het hierin aanwezige vocht behoort dus niet tot het neerslagoverschot. In bijlage 4 staat de nitraatuitspoeling per boring vermeld.

7. 10. 2. 2. Uitspoeling van nitraat in de percelen

In tabel 20 staan de neerslagoverschotten over 1981/1982 en 1982/1983 vermeld, afhankelijk van de boordatum

Tabel 20. Neerslagoverschot(mm) over de perioden 1981/82 en 1982/83

Perceel	Neerslagoverschot (mm)	
	1981/1982	1982/1983
K (bouwland)	408	379
B (bouwland)	363	360
R (bouwland)	304	380
Japanse lariks (bos)	268	330
Grove den (bos)	249	291

Uit het neerslagoverschot en de nitraatconcentraties (bijlage 2)

is de uitspoeling in kg NO_3-N.ha^{-1} per jaar berekend. Dit is weergegeven in tabel 21.

Tabel 21. De nitraatuitspoeling in de jaren 1981/82 en 1982/83 in de percelen per boring in kg NO_3-N.ha^{-1}

Perceel									gemiddeld
K.	(**)	177	140	158	125	204	176		153
B	(*)	314	158	121	220			162	195
B	(**)	327	204	135	256	407	238	256	260
R	(*)	277	189	176	175	146	152		186
R.	(**)	214	238	152	92	148	118		160
Japanse Lariks	(*)	10	12	18		13			13
Id.	(*)	7	14	42	12	20	15		18
Grove den	(*)	41	33	70	37	31	33		41
Id.	(**)	41	18	63	54	31	35		40

(*) = 1981/82; (**) = 1982/83

De stikstofuitspoeling in het jaar 1981/82 kan niet worden berekend voor het perceel van K. vanwege het lage vochtgehalte in het profiel. Terwijl voor de andere percelen geldt dat de uitspoeling over 1981/82 en 1982/83 ongeveer gelijk is, treedt in het perceel van Bus een daling op in de uitspoeling gedurende het jaar 1981/82. Mogelijkerwijs treedt in dit perceel chemische denitrificatie op. In boring 1 is, tussen 370 en 400 cm -mv ijzer(II) gevonden en tevens treden zeer grote variaties op in de nitraatconcentraties op de verschillende diepten. Deze variaties worden niet in de andere percelen gevonden. Uit de figuren 4-6 (par.7.10.1) blijkt dat alleen bij B. (bouwland) sprake is van een afname in nitraatconcentratie beneden de 3 m -mv. Uit de mestbalansen is berekend wat de minerale N-belasting is per ha. Deze zijn: K. 536 kg N, B 527 kg N en R. 299 kg N. In tabel 22 is aangegeven hoeveel % van deze N jaarlijks uitspoelt.

Bij de berekening van de mestbalansen is uitgegaan van een gemiddelde jaarlijkse NO_3-N uitspoeling van 30% van de minerale N-belasting in bouwland op zandgrond (KOLENBRANDER, 1981a).

Tabel 22. Procentuele uitspoeling van de minerale N-belasting

Perceel	1981/82	1982/83
K		28
B	37	49
R.	46	40

Voor K klopt dit goed. Voor B en R liggen de percentages aanzienlijk hoger. Een moeilijkheid die optreedt in 1982/83 is dat er gedurende de zomet van 1982 aanzienlijke vochttekorten optraden. Hierdoor is de N-opname door het gewas lager dan gemiddeld en zal tevens de mineralisatie van organische N-verbindingen lager zijn waardoor de minerale N-belasting lager is dan gemiddeld.
De verschillen tussen de percelen van B en K zijn wel te verklaren. De veel hogere uitspoeling in het perceel van B komt doordat er meer drijfmest wordt aangewend dan bij K. De bemesting met stalmest door K in het najaar zal weinig nitraatuitspoeling veroorzaken, doordat de hoeveelheid minerale-N en de organische N die in het eerste jaar mineraliseert veel geringer is dan bij drijfmest. Aangezien zowel B als K in het najaar bemesten zal de nitraatuitspoeling in het perceel van B aanzienlijk hoger zijn. De minerale N-belasting op het perceel van K is gelijkmatiger over het hele jaar verspreid, waardoor de denitrificatie in voorjaar en zomer hoger zal zijn. De hoge nitraatuitspoeling in het perceel van Rikken valt niet te verklaren. Doordat in het najaar stoppelknollen of snijrogge wordt verbouwd en de jaarlijkse minerale N-belasting het laagst is, moet de uitspoeling in het perceel van R aanmerkelijk lager zijn dan in het perceel van B. Er wordt getwijfeld aan de juistheid van de opgegeven bemesting. In tabel 23 zijn de percentages van de minerale N-belasting die denitrificeren in de percelen weergegeven.

Tabel 23. De denitrificatie van de minerale N-belasting in procenten

Percelen	1981/82	1982/83
K		37
B	29	19
R		

Ook hier geldt weer dat door het vochttekort in de zomer van 1982 de minerale N-belasting en de N-onttrekking afwijken van het gemiddelde. De percentages die denitrificeren zijn hoger dan de 20% die gewoonlijk wordt aangehouden (KOLENBRANDER, 1981a). Dit komt

mogelijk door de relatief gunstige tijdstippen van bemesting. Er wordt voornamelijk bemest in de maanden oktober/november en in maart/april. In deze maanden zal de mineralisatie en de nitrificatie nog aanmerkelijk zijn. Hierdoor is de O_2-consumptie hoog terwijl O_2 aanvoer door het hoge vochtgehalte laag is. Naast veel nitraat-uitspoeling zal ook een sterke denitrificatie aanwezig zijn. De denitrificatie in het perceel van K is hoger dan in het perceel van B doordat de grond in het najaar eerder op veldcapaciteit is (zie de vochtbalansen, bijlage 3) en doordat de nitraatconcentraties tijdens het groeiseizoen in de bouwvoor hoger zijn.

De denitrificatiepercentages zijn onzeker omdat niet bekend is hoe groot de mineralisatie en de N-opname in de jaren 1981/82 en 1982/83 precies zijn.

7.11. Modelberekening van de te verwachten nitraatconcentratie in het opgepompte grondwater

7.11.1. Doelstelling

De berekening is in eerste instantie uitgevoerd om te bepalen wanneer de toekomstige nitraatnorm voor drinkwater (11,3 mg NO_3-N. l^{-1}) zal worden overschreden. Daarnaast wordt berekend wat de invloed is van wijzigingen in het grondgebruik. Met deze berekeningen kan worden nagegaan op welke termijn en hoe er zinvol maatregelen kunnen worden genomen.

7.11.2. Berekeningsmethode

7.11.2.1. Inleiding

Om de nitraatconcentratie in het opgepompte water op een bepaald tijdstip te berekenen, moet bekend zijn, waar het water vandaan komt en wat de nitraatconcentratie aldaar is.

7.11.2.2. Berekening van de nitraatconcentratie in het grondwater in het intrekgebied

Er is uitgegaan van één gemiddelde nitraatconcentratie in het

hele intrekgebied voordat met grondwaterwinning werd begonnen. Op grond van de nitraatconcentraties die zijn gevonden bij het slaan van de pompputten is deze concentratie op 1,5 mg NO_3-N/l (6,6 mg NO_3/l) gesteld. In tabel 24 zijn de gevonden NO_3-concentraties vermeld.

Tabel 24. NO_3-concentraties in het grondwater ten tijde van het slaan van de putten

Putnummer	Startjaar	NO_3^- (mg/l)
M 1	1962	4
M 2	1974	0,5
M 3	1977	28
M 4	1963	2
M 6	1964	4
M 7	1964	7
M 8	1967	11
M 9	1967	7
G 1	1960	25
G 2	1960	5
G 3	1969	5
G 4	1969	10

In de periode 1962 (begin van de grondwaterwinning) tot 1983 zijn drie fasen te onderscheiden. Deze zijn:

------ - 1967
1967 - 1972
1972 - 1983

In de periode tot 1967 zijn de landbouwpercelen niet zwaar bemest doordat er weinig organische mest voorhanden was. Het bemestingsniveau lag toen op ongeveer 220 kg N. ha^{-1}. De uitspoeling in een gebied als Montferland kan worden gesteld op ongeveer 30% van de minerale N-belasting (KOLENBRANDER, 1981a). Hierdoor leverde het bouwland in deze periode grondwater met een gemiddelde concentratie van 25 mg NO_3-N. l^{-1}. Aangezien de N-belasting uit de lucht de laatste decennia sterk is toegenomen zal het grondwater dat de bossen leveren ook toenemen (STEENVOORDEN, 1975). De uitspoeling uit de bossen is op 3 mg NO_3-N. l^{-1} gesteld.

De periode 1967-1972 is de overgangsperiode naar zwaardere bemesting. In deze periode heeft een aanmerkelijke toename in organische stofgehalte plaatsgevonden en is de bemesting nog niet maximaal. Door de extra vervluchtiging van NH_3 uit de toegenomen hoeveelheid dierlijke bemesting is de N-belasting uit de lucht toenemen. Op grond hiervan is voor een uitspoeling van 6 mg NO_3-N. l^{-1} in de bossen en van 35 mg NO_3-N. l^{-1} in het bouwland gekozen.

De periode 1972-1983 geeft een verdere verhoging van de nitraatuitspoeling. De nitraatuitspoeling is gebaseerd op de gevonden NO_3-N-concentraties in de genomen grond- en watermonsters.
De bossen geven een gemiddelde N-uitspoeling van 10 mg NO_3-N. l^{-1}.
Het bouwland heeft een gemiddelde uitspoeling van 45 mg NO_3-N. l^{-1} (zie bijlage 4).
De verdeling van bossen en bouwland is niet homogeen in het intrekgebied. Hierdoor is de gemiddelde nitraatuitspoeling op verschillende afstanden van de puttenvelden verschillend in dezelfde periodes. Om een enigszins reële nitraat uitspoeling te berekenen is het intrekgebied van Montferland en Galgenberg verdeeld in een aantal schillen. De gemiddelde nitraatuitspoeling in een schil is berekend aan de hand van de verhouding bouwland - bos. (zie kaart hfdst. 2). De verhouding bos - bouwland en de gemiddelde nitraatconcentraties in de schillen zijn vermeld in tabel 25a en tabel 25b.

Tabel 25a. Het percentage bos in de intrekgebieden van de pompstations 'Montferland' en 'Galgenberg'

Schil (m)	Montferland	Galgenberg
0 - 300	75	100
300 - 600	55	80
600 - 900	60	70
900 - 1200	80	50
1200 - 1500	85	0
1500 - 1800	85	
1800 - 2100	85	

Tabel 25b. De gemiddelde nitraatconcentraties (mg NO_3-N/l) in de schillen in de verschillende perioden

Schil (m)	Montferland			Galgenberg		
	-1967	1967-1972	1972-	-1967	1967-1972	1972-
0- 300	8,5	13,2	18,8	3,0	6,0	10,0
300- 600	12,9	19,1	25,5	7,4	11,8	17,0
600- 900	11,8	17,6	24,0	9,6	14,7	20,5
900-1200	7,4	11,8	17,0	14,0	19,0	27,5
1200-1500	6,3	10,4	15,3	25,0	35,0	45,0
1500-1800	6,3	10,4	15,3			
1800-2100	6,3	10,4	15,3			

7.11.2.3. Plaats van herkomst van het opgepompte water

Op het moment dat wordt gestart met grondwaterwinning zal slechts een deel van de jaarlijkse grondwatervoeding worden opgepompt. De rest is afkomstig van al aanwezig grondwater. Dit oude opgepompte grondwater wordt aangevuld door de jaarlijkse grondwatervoeding.
De hoeveelheid nieuw en oud grondwater die wordt opgepompt, kan worden berekend met onderstaande formule

$$\frac{1}{2} P\pi r^2 = (\frac{1}{2}\pi P\, r_o^2 - Q).e^{-\frac{P.T}{\varepsilon H}} + Q$$

Hierin is: r = afstand tot centrum puttenveld (m)
P = gemiddeld neerslagoverschot (m.jaar^{-1});in Nederland is dit ongeveer 0,3 meter
r_o = straal van het puttenveld (m)
Q = capaciteit van het pompstation (m^3.jaar^{-1})
ε = poriënvolume in watervoerend pakket (m^3.m^{-3})
H = dikte van het watervoerend pakket (m)
T = aantal jaren dat het pompstation in werking is

De factor $\frac{1}{2}$ zit erin omdat met een intrekgebied in de vorm van een halve cirkel wordt gewerkt (zie kaartje grondwaterstroming, bijl. 6). Aangezien de nitraatconcentratie in het 'nieuwe' grondwater varieert per schil, moet de r worden uitgerekend. Deze r wordt dan opgesplitst over de verschillende schillen.

De bijdrage per schil is dan

$\frac{1}{2}\pi(R^2_n - R^2_{n-1})$ = oppervlakte schil = O

Het aantal m^3 water: y = O x P

De schil geeft een bijdrage aan de eindconcentratie van het opgepompte water van $\frac{y}{Q} \times \overline{C}_s$. $\overline{C}_s$ = de gemiddelde nitraatconcentratie in de schil in een bepaalde periode.

Door dit voor de verschillende schillen te sommeren, kan de bijdrage van nieuw grondwater worden berekend. Deze is: $\frac{\Sigma y.C_3}{Q}$.

De hoeveelheid 'oud' grondwater is gelijk aan $Q - \Sigma y$

De eindconcentratie is dan: $\overline{C} = \frac{(Q - \Sigma y).\overline{C}_o + \Sigma y.\overline{C}_s}{Q}$

Hierin is $\overline{C}_o$ de gemiddelde nitraatconcentratie in het 'oude' grondwater.

Indien een nieuwe periode start, moet tevens rekening worden gehouden met de verblijftijd in de onverzadigde zone. In het gebied Montferland heerst een gemiddelde grondwaterstand van 18 m -mv. en is het vochtgehalte ongeveer 10 volume procenten.Met een neerslag overschot van 0,3 m.jaar^{-1} geeft dit een verblijftijd van 6 jaar. Een wijziging in de nitraatuitspoeling heeft na 6 jaar effect op de nitraatconcentratie in het watervoerend pakket.

7.11.3. Het verloop van de nitraatconcentraties in het opgepompte grondwater bij ongewijzigd - en gewijzigd landgebruik

7.11.3.1. Algemeen

De grondwaterwinning in Montferland is gestart in 1962. In dat jaar werd 4. $10^5 m^3$ opgepompt. Momenteel is dit 3. $10^6 m^3$. Omdat de berekening zeer tijdrovend is, is ervan uitgegaan dat de grondwaterwinning in 1966 is gestart en er voortdurend 3. $10^6 m^3$ per jaar is opgepompt. Het pompstation Montferland levert 2. $10^6 m^3$/jaar en Galgenberg 1. $10^6 m^3$/jaar. Met een gemiddeld neerslagoverschot van 0,3 m/jaar is het voedingsgebied 1000 hectare. Het intrekgebied van pompstation Montferland is 660 ha en van Galgenberg 340 ha. De intrekgebieden bestaan uit halve cirkels (zie kaartje grondwaterstroming,, bijlage 6). Montferland heeft hierdoor een intrekgebied met een straal van ca. 2 km en Galgenberg heeft een intrekgebied met een straal van ca. 1,4 km. De straal van het puttenveld van Montferland is 150 m en van Galgenberg 100 m.

7.11.3.2. De nitraatconcentraties in het opgepompte water bij ongewijzigd - en gewijzigd landgebruik

In fig. 7 is het verloop van de nitraatconcentraties voor de pompstations Montferland en Galgenberg weergegeven. De berekening is uitgevoerd tot het jaar 2020.

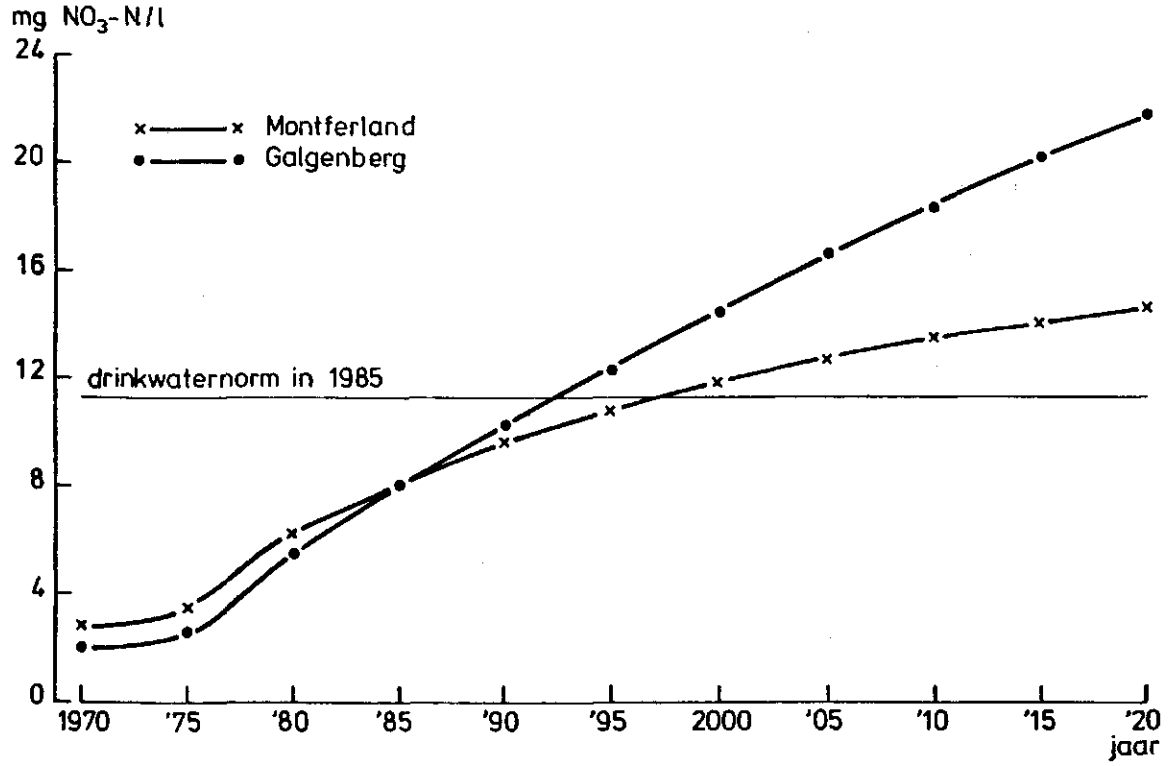


Fig. 7. Het verloop van de nitraatconcentraties (mg. NO_3/l) in het opgepompte grondwater in pompstation Montferland (x——x) en Galgenberg (•——•) bij ongewijzigd grondgebruik

Het pompstation Montferland zal in 1996 water leveren met een nitraatgehalte dat boven de toekomstige drinkwaternorm van 50 mg. NO_3/l (11,3 mg NO_3-N/l). Het pompstation Galgenberg zal water boven de norm leveren in 1992.

Het pompstation Montferland heeft tot ongeveer 1982 een hogere nitraatconcentratie dan Galgenberg, omdat in de directe omgeving van Montferland meer bouwland ligt. Naarmate er meer 'nieuw' grondwater van grotere afstand wordt aangetrokken veroorzaken de landbouwpercelen in het oostelijk deel van het intrekgebied van Galgenberg een snelle stijging in het nitraatgehalte (zie kaart, Hfdst. 2).

Het mengwater van de pompstations zal de toekomstige norm overschrijden in 1995.

7.11.3.3. De nitraatconcentraties in het opgepompte grondwater bij gewijzigd landgebruik

Het verloop van de nitraatconcentratie in het opgepompte grondwater is berekend voor 2 verschillende ingrepen die plaatsvinden in 1984.

In het ene geval wordt uitgegaan van een zeer streng bemestingsbeleid. In het andere geval van een totale bebossing van het intrekgebied.

Indien alleen in het voorjaar wordt bemest en de minerale N-belasting ongeveer 200 kg N/ha.jaar bedraagt, zal de uitspoeling van nitraat aanzienlijk dalen. Er wordt van uitgegaan dat de uitspoeling 30% van de minerale N-belasting bedraagt (Steenvoorden, 1981). Hierdoor is de nitraatconcentratie in het neerslagoverschot 20 mg NO_3-N/l. Door het verminderde gebruik van dierlijke mest zal de ammoniakvervluchtiging in de landbouwpercelen dalen en daardoor ook de N-belasting van de bospercelen. Er wordt van uit gegaan dat de bossen door deze ingreep water leveren met een gemiddeld nitraatgehalte van 8 mg NO_3-N/l.

In fig. 8 is het verloop van de nitraatconcentratie in het opgepompte pompte grondwater voor de pompstations uitgezet. Uit de figuur

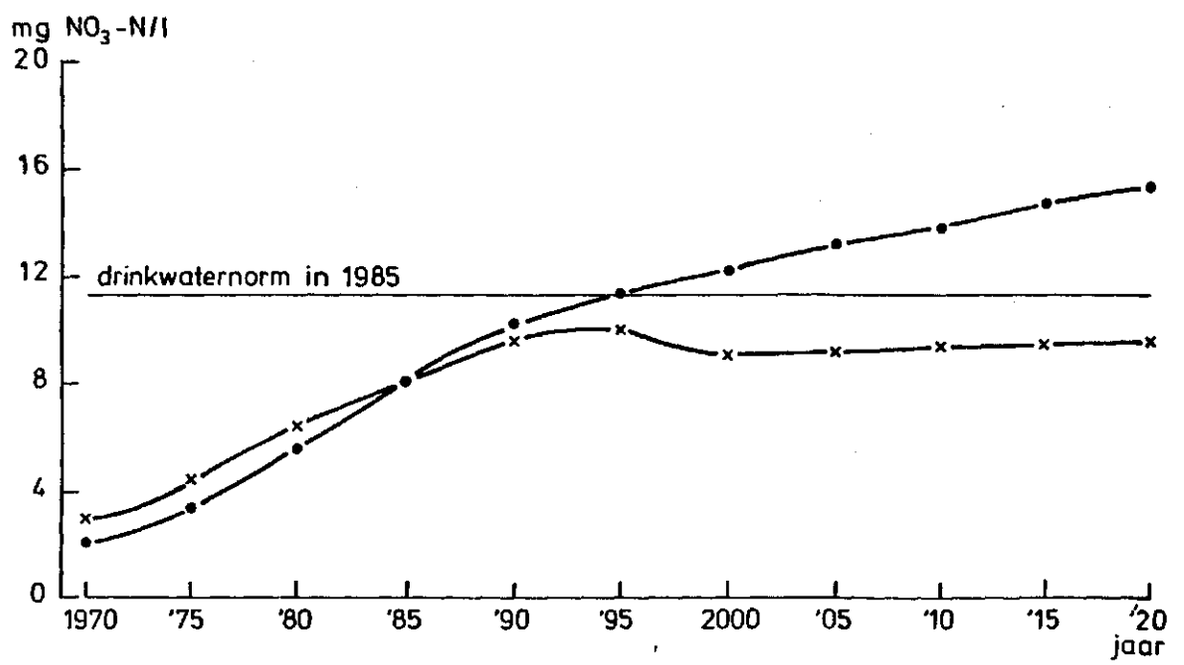


Fig. 8. Het verloop van de nitraatconcentratie s(mg NO_3/l) in het opgepompte grondwater in pompstation Montferland (x—x) en Galgenberg (.—.) en een streng bemestingsbeleid

blijkt dat het pompstation 'Montferland' water zal oppompen dat onder de toekomstige norm van 11,3 mg NO_3-N/l blijft. Het pompstation 'Galgenberg' zal de norm in 1995 overschrijden. De daling het nitraatgehalte in het water van pompstation 'Montferland' komt doordat de dichtbij gelegen landbouwpercelen na 1990 water aan het pompstation gaan leveren met een veel lager nitraatgehalte dan voorheen. Voor het pompstation 'Galgenberg' geldt dit niet omdat er in de directe omgeving alleen maar bos is.

In fig. 9 is het verloop van het mengwater uitgezet indien er geen ingreep plaatsvindt en indien er vanaf 1984 een streng bemestingsbeleid wordt gevoerd. In beide gevallen zal de norm van 11,3 mg NO_3-N/l worden overschreden. Bij ongewijzigd landgebruik wordt de norm in 1995 overschreden en bij een streng bemestingsbeleid in 2015.

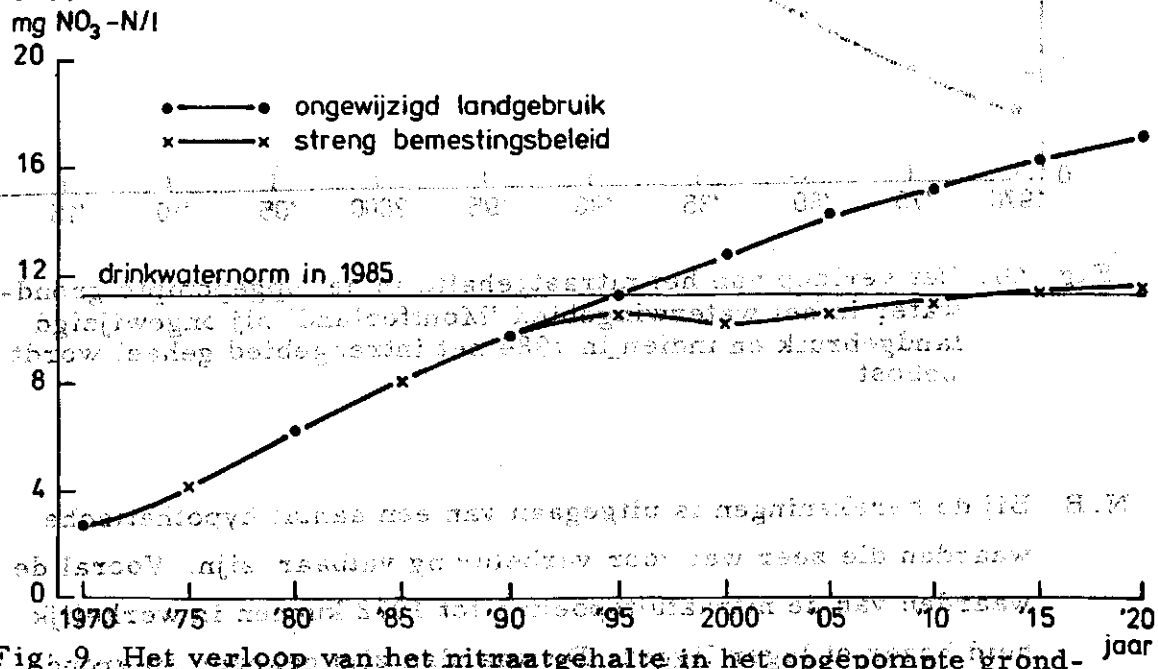


Fig. 9. Het verloop van het nitraatgehalte in het opgepompte grondwater in het waterwingebied 'Montferland' bij ongewijzigd landgebruik (•—•) en bij een streng bemestingsbeleid (×—×)

Bij een streng bemestingsbeleid zal vanaf 1990 het opgepompte water een nitraatgehalte hebben dat maar vlak onder de norm ligt. In het tweede geval wordt er van uitgegaan dat al het bouwland en grasland in het intrekgebied wordt omgevormd tot bos. Doordat er dan een verdere afname van ammoniakvervluchtiging optreedt wordt uitgegaan van een gemiddelde uitspoeling in de bossen van 7 mg NO_3-N/l. Het verloop van het nitraatgehalte bij deze ingreep is weergegeven

in figuur 10. Bij deze ingreep treedt er een stijging in het nitraatgehalte op tot 10,1 mg NO_3-N/l in 1992 en daarna een daling tot 9,2 mg NO_3-N/l. Bij deze ingreep blijft het gemiddelde nitraatgehalte in het opgepompte grondwater beneden de nieuwe norm voor drinkwater (11,3 mg NO_3-N/l).

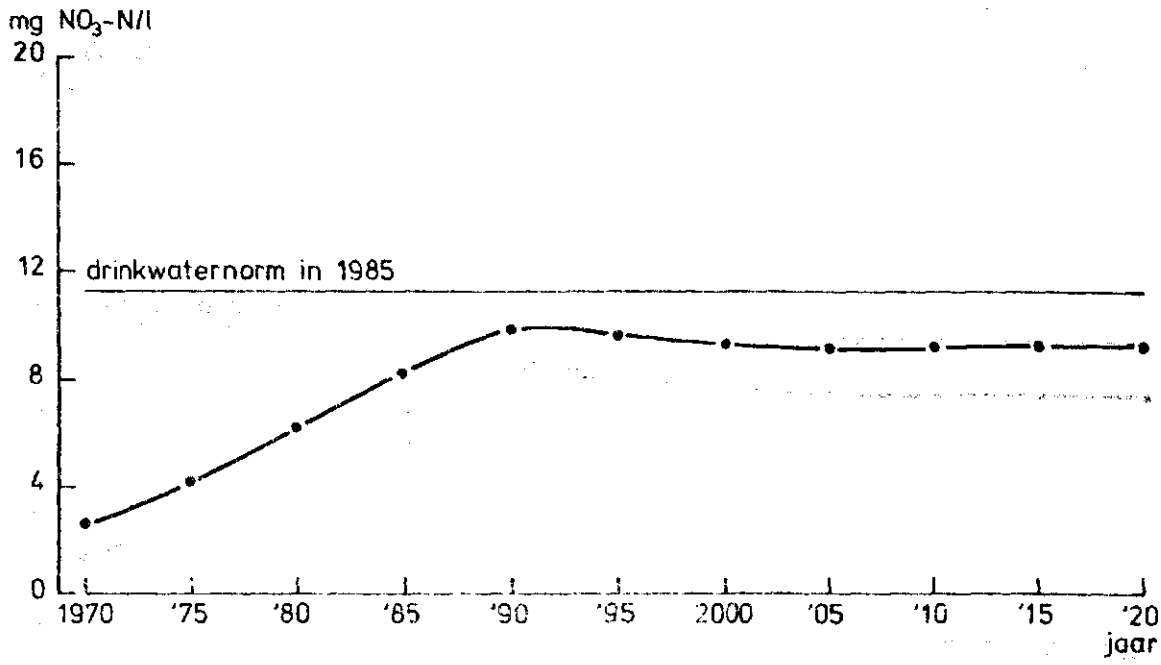


Fig. 10. Het verloop van het nitraatgehalte in het opgepompte grondwater in het waterwingebied 'Montferland' bij ongewijzigd landgebruik en indien in 1984 het intrekgebied geheel wordt bebost

N.B. Bij de berekeningen is uitgegaan van een aantal hypothetische waarden die zeer wel voor verbetering vatbaar zijn. Vooral de waarden van de nitraatuitspoeling tot 1972 kunnen in werkelijkheid hoger of lager liggen. De waarden zijn gekozen op grond van logica en het gemeten nitraatverloop in het geleverde 'reine water' (zie fig. 1, hfdst. 1).

8. CONCLUSIES

1. **De minerale stikstofbelasting van de landbouwpercelen in het waterwingebied liggen op ongeveer 500 kg N/ha. Voor een optimale stikstofvoorziening van het gewas is ongeveer 150 kg N/ha minder nodig.**

2. De gemiddelde nitraatconcentratie in het neerslagoverschot van de landbouwpercelen is momenteel 45 mg NO_3-N/l en van de bossen 10 mg NO_3-N/l
3. Uit het onderzoek is niet gebleken dat er sprake is van dumppercelen, hoewel de bemesting hoger is dan noodzakelijk uit landbouwkundig oogpunt.
4. De gevonden nitraatconcetraties in het hangwater tot 6 m -m.v. komen overeen met de nitraat concentraties die zijn gevonden in het grondwater waaruit blijkt dat er nauwelijks denitrificatie optreedt onder de bouwvoor.
5. Uitspoeling van ammonium is niet geconstateerd in het intrekgebied van de waterwinning.
6. Bij ongewijzigd landgebruik zal de nitraatconcentratie in het opgepompte grondwater omstreeks het jaar 1995 de norm voor drinkwater (11,3 mg NO_3-N/l) definitief overschrijden.
7. Indien er een zeer streng bemestingsbeleid wordt gevoerd, zal de norm in 2015 worden overschreden.
8. In het jaar 2020 is de nitraatconcentratie in het opgepompte water bij ongewijzigd landgebruik 17,2 mg NO_3-N/l en bij een streng bemestingsbeleid 11,6 mg NO_3-N/l.
9. Indien de bouwland en grasland percelen in de nabije toekomst worden bebost is het waarschijnlijk dat de nieuwe norm voor drinkwater niet wordt overschreden. Het nitraatgehalte in het grondwater is in 2020 dan ongeveer 9,2 mg NO_3-N/l.

9. LITERATUUR

ALEXANDER, M., 1977. Introduction to soil microbiology, 2nd ed. New York (Wiley), 251-286.

BAKKER, Y., 1973. Organische stof normen en de toepassing hiervan. De Buffer . nr. 3.

BERG, J. VAN DE, 1974. Vochtleverantie van bosgronden, berekend volgens de Methode Rijtema-De Laat en de groei van de Japanse Lariks. Scriptie Landbouwhogeschool, afd. Cultuurtechniek, Wageningen 16-17.

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

Informatie voor een bemestingsbalans

Bedrijfseigenaar naam : .....

adres : .....

plaats: .....

1. Welke percelen zijn in gebruik bij het bedrijf?
   Aangeven op kaart met cijfers 1, 2, etc.
   Eventueel perceel inschetsen.

2. Wat is de totale oppervlakte van uw bedrijf? .....

3. Wat is het gebruik?

	Perceel	Oppervlakte
grasland	.....	.....
bouwland (wat wordt geteeld?)	.....	.....
.....		
.....		

4. Wat is de gemiddelde omvang van de veestapel?

melkkoeien	.....	varkens/zeugen	.....
jongvee	.....	biggen	.....

andere dieren .....

5. Op welke percelen wordt dierlijke mest gebracht en wanneer?

Perc. no.	periode	m^3 mest	soort mest	opp.
.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....

6. Wordt een deel van de mest buiten het bedrijf afgezet?
   Zo ja hoeveel en welk soort mest
   ..... m^3 .....
   ..... m^3 .....

7. Wordt op eigen land ook mest van andere bedrijven aangevoerd?
   Zo ja, hoeveel en welk soort
   ..... m^3 .....
   ..... m^3 .....

8. Welke percelen worden gescheurd? .....

   Zo ja, wanneer en wordt daarbij mest ondergebracht?

   ....

   Zo ja, hoeveel per ha? .....

9. Hoeveel kunstmest wordt gegeven (alleen N-meststoffen) per ha of per perceel?

	N-meststof	Mengmeststof	Perceel no.
grasland	.....	.....	.....
bouwland	.....	.....	.....

10. Beschikt u over grondanalyses (pH, organisch stofgehalte)?
    Zo ja, Welke en van welke percelen ?

    ....

    ....

    ....

11. Wat is ongeveer de grondwaterstand?

grondwaterstand	.....	perceel	.....
	.....		.....
	.....		.....
	.....		.....

12. Welke grondsoort hebben uw percelen?

Perceelsno.	Samenstelling ondergrond	Dikte bouwvoor
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

13. Welk systeem van voederen wordt toegepast bij koeien/kalveren?
    Beweiding / Stalvoedering/ 's nachts op stal, overdag beweiding

14. Gedurende welke periode is er beweiding? .....

    Op welke percelen en hoeveel dieren gemiddeld?
    op het totaal begraasde areaal? ....

15. Worden de percelen beregend? ja/nee
    zo ja, welke hoeveelheden per jaar

perceel no.	hoeveelheid
.....	.....
.....	.....
.....	.....

16. Indien u mestvarkens bezit:
    tot welk gewicht worden ze gemest? ..... kg
    gedurende welke periode worden ze gemest? .....

17. Gedurende hoeveel dagen per jaar is een mestplaats bezet? ..... dagen

Analyse resultaten van grondboringen in perceel I van K

bemonsterdiepte in cm
vochtgehalte in gram water per 100 gram droge grond
organisch stofgehalte in gram per 100 gram droge grond
chloride-concentratie in mg per liter bodemvocht
nitraat-concentratie in mg NO_3-N per liter bodemvocht

Boring I

diepte	vocht	org.stof	chloride	nitraat-N	pH(H_2O)
0- 40	10,6	3,22	33,4	51,5	6,96
40-100	8,9	1,34		21,8	6,25
100-200	13,4			22,9	4,73
200-240	14,5			25,9	4,70
240-300	11,6		17,2	28,1	4,70
300-400	6,5			37,8	5,23
400-500	5,0		35,4	31,8	5,16
500-600	4,6		58,2	26,0	5,74

Boring II

0- 25	10,2	2,77	40,2	52,7	7,10
25-100	7,0	0,91	33,2	10,6	7,29
100-200	9,8	0,83	47,3	45,4	7,24
200-300	6,0	0,66	74,7	51,1	6,65
300-400	7,8	0,94	37,4	25,6	5,85
400-500	5,1	0,58	41,3	34,5	5,76
500-600	4,5	0,55	41,5	19,0	5,89

Boring III

0- 40	8,0	2,44	19,8	26,2	6,93
40-100	7,5	1,14	41,6	12,7	6,83
100-200	10,1		41,2	57,8	4,75
200-300	14,7			38,7	4,88
300-400	4,7		27,8	52,0	5,04
400-500	4,7		29,6	43,5	5,62
500-600	7,7		38,4	33,2	5,10

Boring IV

0-40	9,3	2,56	28,2	21,5	6,07
40-100	8,8	1,57	30,6	8,0	6,74
100-200	8,8		10,6	20,7	5,72
200-300	10,3		26,4	56,6	4,59
300-400	5,9		42,0	60,9	4,75
400-500	6,1			48,1	5,06

Boring V

0- 25	9,9	2,36	79,2	47,7	6,47
25-100	8,7	2,01		19,8	6,03
100-200	6,1		56,2	60,4	4,87
200-300	4,3		23,2	79,3	5,20
300-400	4,4		72,0	61,3	4,84
400-500	5,3		79,2	85,0	5,25
500-600	9,2			38,2	5,45

Boring VI

0- 40	9,9	3,24	16,2	23,9	6,90
40-100	6.6	1.32	12.8	9,5	7,06
100-200	6,9		24,0	46,6	5,36
200-300	8,2		23,4	67,5	5,03
300-400	5,8		81,0	43,3	5,30
400-500	4,9		36,6	31,7	5,60
500-600	8,7		33,2	32,1	5,45

Analyse-resultaten van de C.E.C.-bepaling van boring I en II in perceel I van K

Boring I

diepte	C.E.C. (meq/100 g droge grond)
0- 40	5,2
40-100	1,7
100-200	5,1
200-240	1,2
240-300	3,7
300-400	3,1
400-500	2,7
500-600	1,8

Boring II

diepte	C.E.C. (meq/100 g droge grond)
0- 25	5,5
25-100	1,6
100-200	1,3
200-300	0,9
300-400	0,9
400-500	gelijk aan blanco (0,0)
500-600	gelijk aan blanco (0,0)

gemiddelde NO_3-N concentratie in het bodemprofiel

diepte (cm)	- NO_3-N (mg/l)
0- 40	36,1
40-100	14,2
100-200	40,5
200-300	48,2
300-400	45,2
400-500	46,6
500-600	31,6

mm vocht in bemonsterde lagen van perceel I van K

Boring I

diepte	mm vocht
0- 40	57,2
40-100	82,8
100-200	194,3
200-240	92,8
240-300	100,9
300-400	100,8
400-500	77,5
500-600	73,6

Boring II

diepte	mm vocht
0- 25	34,4
25-100	84,0
100-200	156,8
200-300	96,0
300-400	117,0
400-500	81,6
500-600	72,0

Boring III

diepte	mm vocht
0- 40	43,2
40-100	72,0
100-200	156,6
200-300	213,2
300-400	79,9
400-500	75,2
500-600	123,2

Boring IV

diepte	mm vocht
0- 40	50,2
40-100	81,8
100-200	140,8
200-300	149,4
300-400	94,4
00-500	97,6

Boring V

diepte	mm vocht
0- 25	33,4
25-100	110,9
100-200	100,7
200-300	68,8
300-400	72,6
400-500	90,1
500-600	151,8

Boring VI

diepte	mm vocht
0- 40	53,5
40-100	67,3
100-200	113,9
200-300	127,1
300-400	95,7
400-500	83,3
500-600	134,9

Bodemprofielbeschrijving van perceel I van K

Boring I

diepte (cm)	
0- 40	bouwvoor
40-100	fijn zand, iets leem
100-200	sterk leemhoudend zand
200-240	zeer nat zand
240-300	sterk keemhoudend zand
300-400	zand, iets leem
400-500	zand, iets leem
500-600	grof zand, iets leem

Boring II

diepte (cm)	
0- 25	bouwvoor
25-100	zand, leemhoudend, grind
100-200	zand, leemhoudend, grind
200-300	zand, leemhoudend, grind
300-400	leemhoudend zand
400-500	zand, weinig leem
500-600	zand, weinig leem

Boring III

diepte (cm)	
0- 40	bouwvoor
40-100	fijn zand
100-200	zand, leemhoudend
200-300	sterk leemhoudend zand
300-400	fijn zand/grind
400-500	zand
500-600	fijn zand

Boring IV

diepte(cm)	
0- 40	bouwvoor
40-100	zand, iets leem
100-200	zand, iets leem, iets grind
200-300	sterk leemhoudend zand, iets grond
300-400	zand/grind, iets leemhoudend
400-500	zand/grind, iets leemhoudend

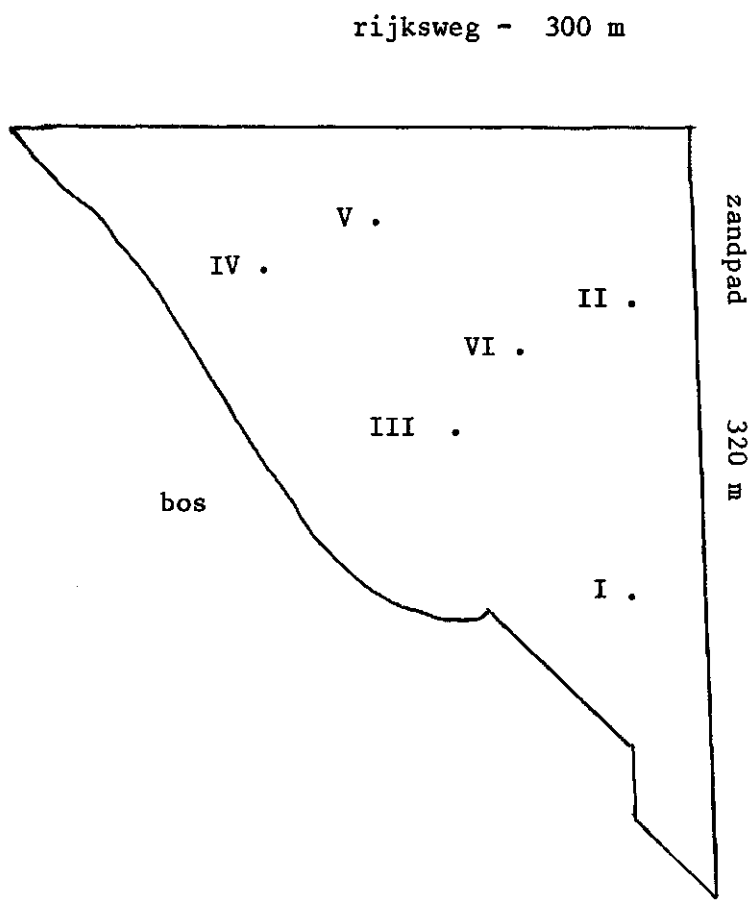
Boring V

diepte (cm)	
0- 25	bouwvoor
25-100	zand/grind
100-140	zand, grind bank
140-200	oer/zand, lemig
200-250	lemig zand
250-270	zand
270-300	zand/oer
300-330	ijzeroer
330-360	grof zand/oer
360-400	zand
400-500	zand/grind, iets oer
500-600	zand, iets grind

Boring VI

diepte (cm)	
0- 40	bouwvoor
40-100	zand/grind
100-150	lemig zand, oerig
150-170	zand
170-200	zand/grind, leemhoudend
200-300	leemhoudend zand
300-400	zand/grind/oer
400-500	zand/oer/fijn grind
500-600	zand, op 560 lemig, nat

Bodemprofielbeschrijving perceel I van K (vervolg)



Analyse resultaten van grondboringen in perceel 5 van B (bouwland)

bemonsteringsdiepte in centimeters
vochtgehalte in gram water per 100 gram droge grond
organisch stofgehalte in gram per 100 grom droge grond
chloride-concentratie im mg per liter bodemvocht
ammonium-concentratie in mg NH_4^+ per liter bodemvocht

diepte	vocht	org.stof	chloride	ammonium(KCl)
Boring I				
0- 40	11,7	3,00	16,8	
40-100	9,4	1,59	24,2	
100-200	8,8		16,8	2,4
200-300	7,6		96,6	5,0
300-370	9,4		35,2	2,9
370-400	8,4		82,9	13,1
400-500	7,7		60,4	4,5
500-600	5,4		86,4	5,1
Boring II				
0-40	11,4	3,18	17,3	boven meetbereik
40-100	11,3	1,66	42,5	3,8
100-200	13,8		55,7	2,9
200-300	9,0		62,3	3,9
300-400	7,2		67,8	
400-500	9,1		29,7	
500-600	6,5		52,6	3,3
Boring III				
0- 40	16,0		19,1	2,9
40-100	9,2		12,8	
100-200	10,8		86,4	2,6
200-300	7,3		46,8	
300-400	4,8		53,0	4,4
400-500	5,1		33,6	3,4
500-600	7,4		36,5	2,0
Boring IV				
0- 40	13,8		8,1	6,2
40-100	9,2		27,4	
100-200	8,3		61,4	
200-300	10,5		71,5	3,3
300-400	4,8			4,4
400-500	5,5		46,0	5,1
500-600	5,9		50,1	
Boring V				
0- 40	16,4	3,29	13,0	0,14
40-100	11,4	1,34	105,3	0,03
100-200	11,4	1,47	107,4	0,15
200-300	7,1	0,76	82,9	0,41
300-370	5,5	0,89	159,4	0,33
Boring VI				
0- 40	15,8	3,62	14,7	0,24
40-100	8,5	1,12	18,3	0,32
100-200	12,0		66,0	0,14
200-300	6,8	1,15	65,0	0,17
Boring VII				
0- 40	12,3		14,0	
40-100	8,3		17,1	
100-200	14,9		64,2	
200-300	9,6		67,9	
300-400	5,5		57,1	
400-500	6,6		64,8	
500-600	7,8		30,8	

Boorprofiel-beschrijving van perceel 5 van B

Boring I

diepte (cm)	
0- 40	bouwvoor
40-100	zand met iest leem en grind
100-200	zand met iets leem veel grind
200-300	zand/oer mengsel, iets leem en grote keien
300-370	zand/oer/grind mengsel
370-400	ijzererts
400-500	zand/grind mengsel
500-600	zand/grind mengsel

Boring II

diepte (cm)	
0- 40	bouwvoor
40-100	zand/grind mengsel
100-150	zand/grind mengsel
150-200	lemig zand
200-250	lemig zand
250-300	zand, iets leem
300-400	zand/grind mengsel
400-490	zand
490-570	oer
570-600	zand

Boring III

0- 40	bouwvoor
40-100	zand/grind, iets leem
100-200	zand/grind, iets leem
200-300	zand met oer
300-400	sterk oerhoudend zand
400-500	sterk oerhoudend zand
500-600	zand

Boring IV

0- 40	bouwvoor
40-100	iets lemig zand met grind
100-200	iets oerig zand
200-250	oerig zand
250-300	lemig zand
300-370	grof zand
370-400	fijn zand
400-450	zand
450-500	zand/oer mengsel
500-600	zand met iets oer

Boring V

0-40	bouwvoor
40-100	zand, iets lemig,
100-200	lemig zand, op 160 kleilaag
200-300	zand, iets grind
300-370	zand/grind mengsel

Boring VI

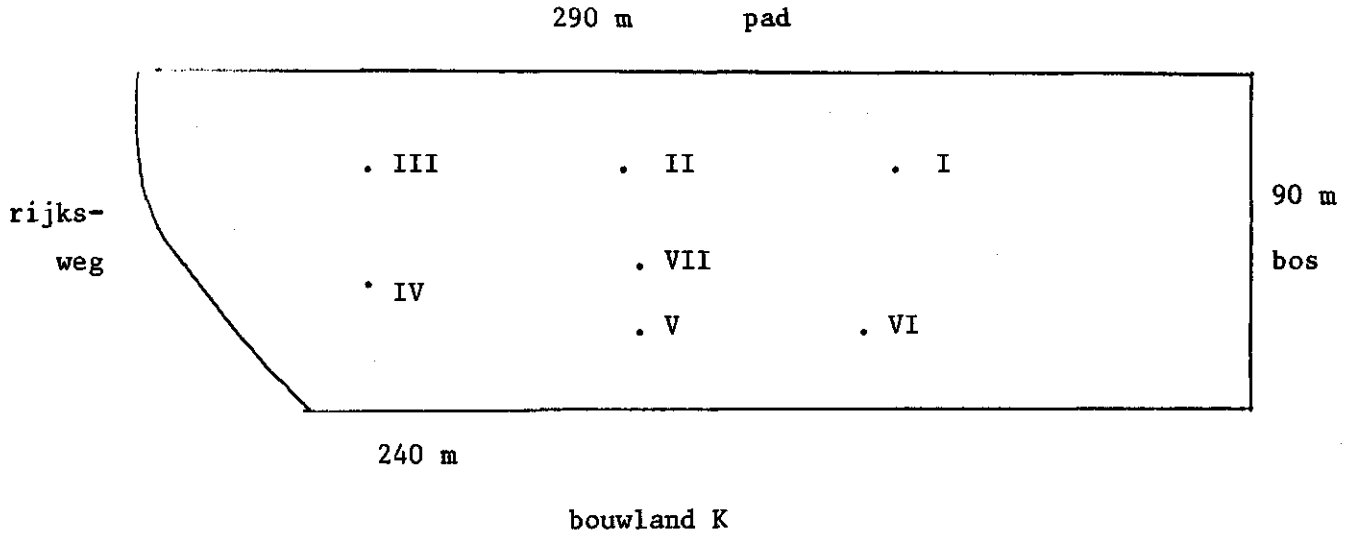
o- 40	bouwvoor
40-100	zand/grind mengsel
100-180	zand met iets leem en iets oer
180-200	sterk leemhoudend zand
200-250	zand met iets oer
250-300	oer

Bodemprofielbeschrijving perceel 5 B (vervolg)

Boring VII

diepte (cm)

0- 40	bouwvoor
40-100	leemhoudend zand
100-200	sterk leemhoudend zand
200-300	grind/zand/leem mengsel
300-400	zand/grind/oer mengsel
400-500	zand/oer mengsel
500-600	zand/oer mengsel



Analyseresultaten van perceel III B (weiland)

Boring I

diepte	vocht	chloride	nitraat	org. stof	
0- 60	10,4	31,0	42,0	2,39	
60-100	6,3	39,5	130,2	1,61	
100-200	9,1	14,7	9,0	0,88	
200-300	12,8	27,3	26,6	0,82	
300-400	8,1	74,7	85,4	0,38	
400-500	8,9	52,5	78,6	0,20	
500-600	11,8	30,3	48,1	0,43	
600-700	10,5	36,9	46,1	0,10	
Boring II					
0- 40	11,9	22,7	11,9	2,70	
40-100	10,1	39,3	37,2	1,47	
100-200	8,5	16,7	12,4		
200-300	12,1	35,6	47,0		
300-400	8,2	47,7	118,0		
400-500	9,0	53,8	47,6		
500-600	9,6	32,6	32,6		
Boring III					
0- 55	11,8	38,2	32,7	2,54	
55-100	8,6	49,6	33,7	1,53	
100-200	11,5	37,5	28,2		
200-300	15,5	50,1	49,6		
300-400	16,9	34,4	47,4		
400-500	27,0	44,1	54,1		
Boring IV					
0- 45	12,4	18,2	28,7	2,68	
45-100	8,3	37,1	90,9	1,53	
100-200	9,5	15,6	9,3		
200-300	17,9	43,6	34,8		
300-400	14,8	44,5	58,9		
400-460	27,3		62,0		
460-500	25,2		47,7		
Boring V					$NH_4^+(h_2o)$
0- 45	14,3	16,6	5,6	3,67	0,75
45-100	8,6	22,5	33,7	1,58	n.a.
100-200	12,3	26,8	17,7		n.a.
200-300	13,3	46,7	43,1		n.a.
300-400	21,0	32,8	35,0		n.a.
400-460		43,4	34,6		n.a.
460-500		56,0	41,0		n.a.
Boring VI					
0- 40	13,4	38,0	53,0	3,46	
40-100	9,3	49,4	84,2	1,86	
100-200	8,0	25,4	13,2		
200-300	10,1	28,3	2,2		
300-400	12,9	13,4	11,4		
400-500	24,8	16,5	60,0		
500-550	25,7	37,4	50,0		
550-600		40,6	51,8		

Gemiddelde nitraat-N concentratie in het profiel (mg NO_3-N/l)

0- 50	29,1
50-100	63,3
100-200	15,6
200-300	35,2
300-400	52,8
400-500	61,4

grondwater (bovenste 60 cm - 49,5

Aantal mm vocht in de bemonsterde lagen in perceel III(weiland) van B.

Door het beweiden zal de bovenste humeuze laag in het grasland een hogere dichtheid hebben dan in het bouwland dat jaarlijks tot 40 cm wordt geploegd. Een gemiddelde dichtheid van 1,55 g/cm^3 wordt,op grond van waarden gevonden door Hoekstra en Ploegman(1981), aangenomen.

Boring I		Boring II	
diepte	mm vocht	diepte	mm vocht
0- 60	96,7	0- 40	73,8
60-100	40,3	40-100	97,0
100-200	145,6	100-200	136,0
200-300	204,8	200-300	187,6
300-400	129,6	300-400	131,2
400-500	142,4	400-500	144,0
500-600	182,9	500-600	148,8
Boring III		Boring IV	
0-55	100,6	0- 45	86,5
55-100	61,9	45-100	73,0
100-200	178,3	100-200	152,0
200-300	232,5	200-300	277,5
300-400	253,5	300-400	236,8
Boring V		Boring VI	
0- 45	99,7	0- 40	83,1
45-100	75,7	40-100	89,3
100-200	196,8	100-200	128,0
200-300	206,2	200-300	161,6
300-400	336,0	300-400	200,0
		400-500	359,6

Bodemprofielbeschrijving van perceel III (weiland) van B

Boring I

diepte(cm)	
0- 60	bouwvoor
60-100	fijn zand
100-200	fijn zand
200-540	fijn zand
540-570	fijn zand met iets leem
570-700	fijn zand

grondwater op 7 meter

Boring II

diepte (cm)	
0- 40	bouwvoor
40-200	fijn zand
200-300	fijn zand/iets leem
300-600	fijn zand met iets leem op 550

Boring III

0- 55	bouwvoor
55-100	fijn zand
100-200	fijn zand met iets leem
200-300	fijn zand, tussen 250 en 280 lemig zand

grondwater op 4 meter

0- 45	bouwvoor
45-200	fijn zand
200-300	iets lemig zand
300-400	zand

grondwater op 4 meter

Boring V

0- 45	bouwvoor
45-200	zand
200-300	iets lemig zand
300-430	zand

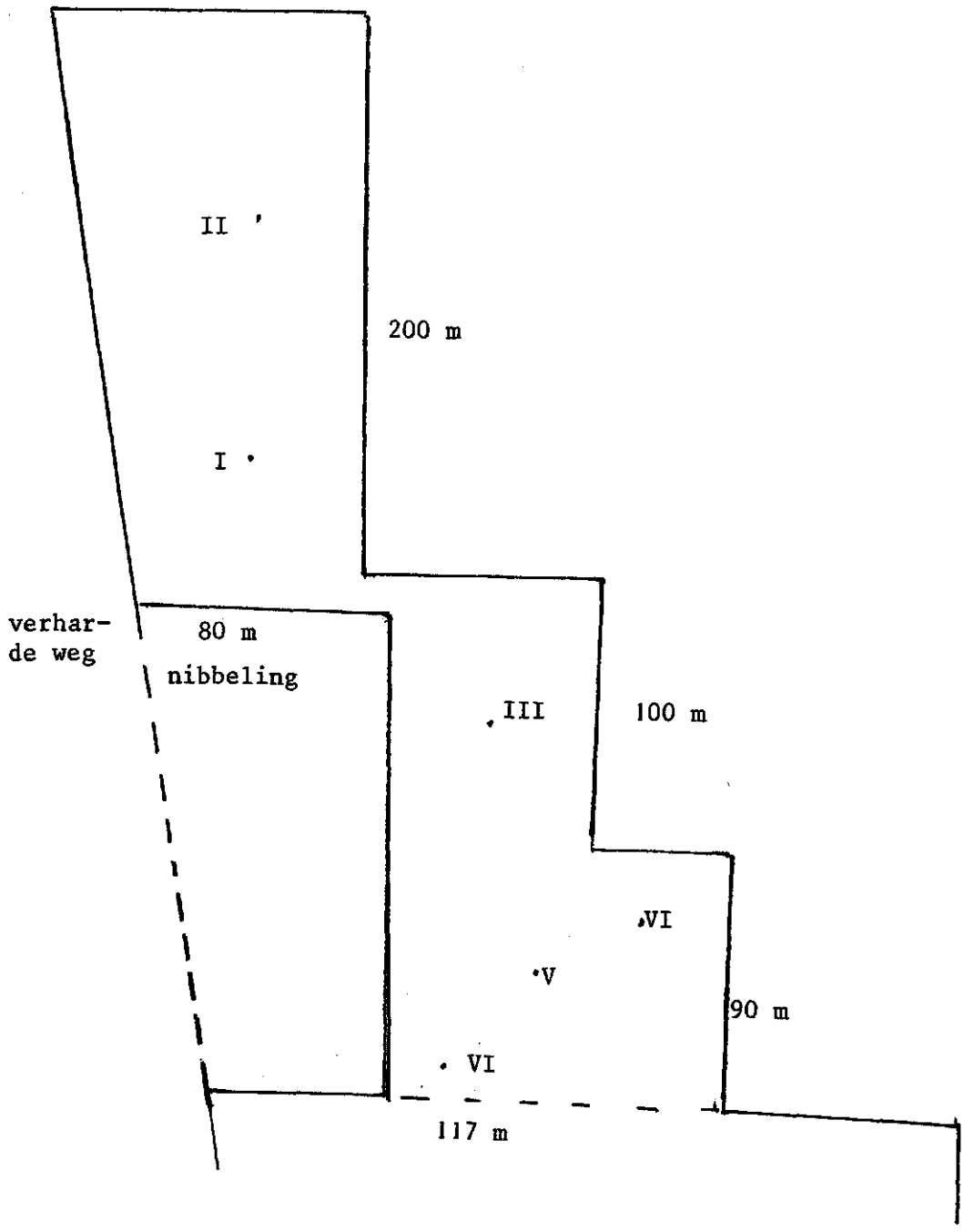
grondwater op 4,3 meter

Boring VI

0- 40	bouwvoor
40-300	zand
300-400	lemig zand
400-550	leem

grondwater op 5,5 m

Bodemprofielbeschrijving van perceel III (weiland) B (vervolg)



Analyseresultaten van perceel 2 van R

bemonsteringsdiepte in centimeters
vochtgehalte in gram water per 100 g droge grond
organisch stofgehalte in gram per 100 g droge grond
chloridegehalte in mg liter bodemvocht
nitraatgehalte in mg N per liter bodemvocht

BIJLAGE 2D

diepte	vocht	org. stof	chloride	Nitraat-N	duplo
Boring I					
0- 40	14,8	3,5	37,9	52,4	
40-100	6,2		118,4	102,2	
100-200	7,9	0,9	24,2	26,2	26,3
200-300	9,5	1,1	41,0	55,7	59,4
300-400	10,6	0,9	23,7	96,8	
400-500	8,7	0,7	45,3	85,5	80,7
500-600	6,5	0,7	42,6		
Boring II					
0- 40	11,7	3,13	52,7	58,2	
40-100	5,6	0,82	39,8	47,2	
100-200	6,9		20,2	33,3	
200-300	5,7		42,2	59,6	
300-400	9,0		53,3	102,2	
400-500	8,1		36,8	69,2	
500-600	10,5		27,9	42,0	
Boring III					
0- 40	13,8	3,37	204,3	89,2	
40-100	7,6	1,47	67,7	52,8	
100-200	11,0		28,5	31,0	
200-300	11,5		41,6	46,5	
300-400	9,8		39,5	57,1	
400-500	9,2		39,2	68,4	
500-600	8,8		41,3	74,1	
Boring IV					
0- 40	10,5	131,0	3,5	90,5	
40-100	6,2	45,9	0,9	26,2	
100-200	7,9	25,0		15,0	
200-300	8,6	31,0		21,9	
300-400	7,8	38,7		52,9	
400-500	5,2	54,5		57,9	
500-600	6,0	58,6		59,6	
Boring V					
0- 30	16,3	143,8	4,5	89,9	
30-100	8,6	37,6	1,0	33,5	
100-200	9,5	33,6		41,3	
200-300	7,8	32,5		38,8	
300-400	8,1	60,0		49,4	
400-500	15,2	29,6		46,2	
500-600	8,4	42,3		54,7	
Boring VI					
0- 30	14,2	63,5	3,2	45,5	
30-100	6,3	37,0	0,9	20,8	
100-200	9,1	25,5		25,1	
200-300	8,2	44,5		42,8	
300-400	9,1	29,7		32,4	
400-500	9,1	44,8		58,2	
500-600	5,9	51,1		67,5	

Gemiddelde NO_3-N concentratie in het bodemprofiel

diepte (cm)	NO_3-N(mg/l)	diepte(cm)	NO_3-N(mg/l)
0- 40	70,9	300-400	66,8
40-100	47,0	400-500	62,5
100-200	30,1	500-600	58,5
200-300	43,9		

mm vocht in de bemonsterde lagen in perceel II van R

Boring I		Boring II	
diepte (cm)	mm vocht	diepte (cm)	mm vocht
0- 40	79,9	0- 40	63,2
40-100	73,8	40-100	55,4
1''-200	134,3	100-200	113,4
200-300	152,0	200-300	96,9
300-400	169,6	300-400	148,5
400-500	143,6	400-500	129,6
500-600	107,3	500-600	162,8
Boring III		Boring IV	
0- 40	74,5	0- 40	56.7
40-100	77,5	40-100	59,5
100-200	187,0	100-200	134,3
200-300	184,0	200-300	137,6
300-400	156,8	300-400	124,8
400-500	147,2	400-500	88,4
500-600	140,8	500-600	102,0
Boring V		Boring VI	
0- 30	66,0	0- 30	57,5
30-100	102,3	30-100	75,0
100-200	161,5	100-200	145,6
200-300	124,8	200-300	135,3
300-400	129,6	300-400	141,2
400-500	250,8	400-500	144,0
500-600	134,3	500-600	94,4

Boorprofielbeschrijving van perceel 2 van R.

Boring I

diepte (cm)	
0- 40	bouwvoor
40-100	zand/grind mengsel, iets oerig
100-200	zand/grind mengsel, iets lemig
200-300	zand, iets leem/grind/oer
300-400	zand, iets leem/grind
400-500	zand, iets grind
500-600	zand, iets grind

Boring II

0- 40	bouwvoor
40-100	zand, iets grind
100-140	lemig zand
140-200	grindrijk zand
200-300	zand met veel stenen
300-380	zand
380-420	oer
420-470	lemig zand
470-500	zand
500-600	lemig zand

Boring III

0- 40	bouwvoor
40-100	grind/zand
100-200	grind/zand, op 150 oer
200-300	zand
300-400	zand
400-500	zand
500-600	zand

Boring IV

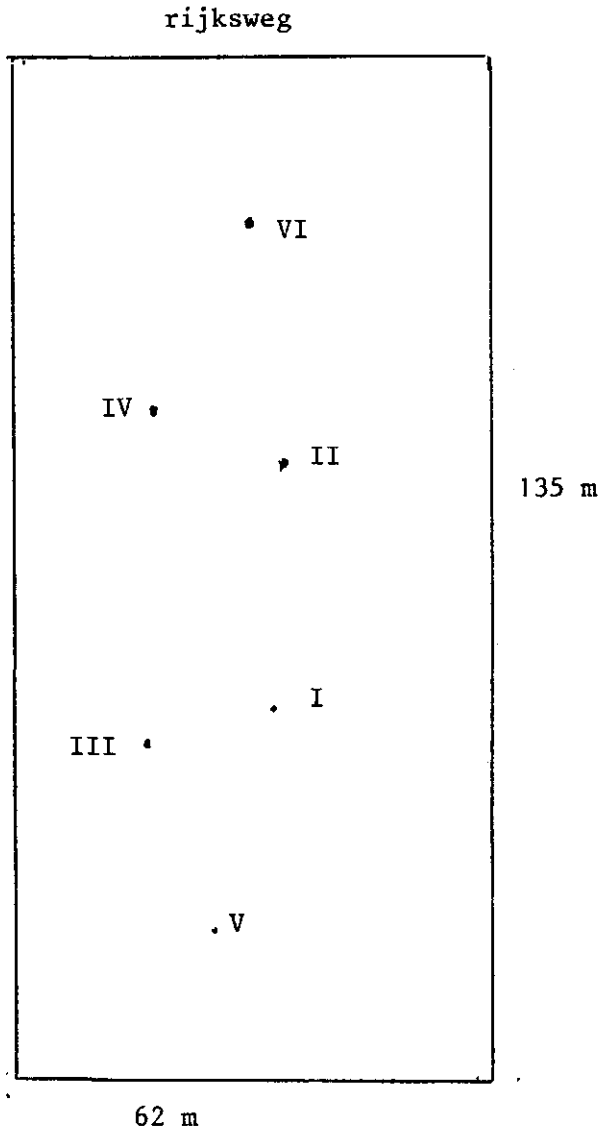
0- 40	bouwvoor
40-100	zand
100-200	zand/grind
200-300	zand
300-400	zand
400-500	zand/grind
500-600	zand/grind

Boring V

diepte (cm)	
0- 30	bouwvoor
30-100	zand/grind
100-200	zand/grind
200-300	zand
300-400	zand
400-450	zand
450-500	ijzeroer, zeer nat
500-600	zand

Boring VI

0- 30	bouwvoor
30-100	zand/grind
100-200	zand
200-300	ijzeroer
300-400	iets lemig zand
400-500	zand
500-600	zand



Analyseresultaten van grondboringen in 'loonwerkerperceel'
Eigenaar, Huize berg; pachter: H.W. S , St. Jansgildestraat 38, Beek-Berg, 08363-1229
Bemonsteringsdiepte in centimeters
Vochtgehalte in gram water per 100 m droge grond
Chloride-concentratie in mg per liter bodemvocht
Nitraat-concentratie in mg NO_3-N per liter bodemvocht
Organische stof gehalte in gram per 100 g droge grond
Ammonium-concentratie in mg per liter bodemvocht

Boring I

diepte	vocht	chloride	nitraat-N	org. stof	
0- 40	14,2	13,3	19,4	3,54	
40-100	7,9	53,1	50,8	1,31	
100-200	16,7	25,8	60,9		
200-300	7,4	40,3	64,3		
300-400	5,8	34,0	68,6		
400-500	4,3	46,2	79,2		
500-600	4,8	40,8	72,4		
Boring II					NH_4^+ (H_2O)
0- 40	12,4	15,7	21,8	2,73	2,9
40-100	11,1	23,5	35,1	2,41	0,36
100-200	5,7	30,0	30,6		n.a.
200-300	9,5	39,8	55,9		n.a.
300-400	10,8	50,3	57,7		n.a.
400-500	5,5	45,9	70,6		n.a.
500-600	5,3	44,1	46,8		n.a.
Boring III					
0- 40	16,6	14,1	9,9	3,33	
40-100	17,1	32,6	29,4	1,28	
100-200	11,0	26,0	44,9		
200-300	7,8	36,2	39,8		
300-400	8,7	38,0	39,1		
400-450	9,0	32,3	42,6		
Boring IV					
0- 40	12,8	15,5	59,8	3,14	
40-100	5,4	40,8	21,7	0,88	
100-200	3,3	53,3	14,7		
200-300	10,7	17,4	15,3		
300-400	6,3	37,6	56,3		
400-500	3,7	48,2	46,4		
500-600	3,5	96,0	55,7		
Boring V					
0- 45	16,7	20,5	50,0		
45-100	6,1	42,4	14,8		
100-200	5,1	34,0	14,2		
200-300	7,8	27,8	18,4		
300-400	9,9	34,0	37,1		
400-500	8,5	37,0	31,8		
500-600	8,4	36,6	35,8		
600-700	8,7	33,6	39,1		
700-800	14,3	32,5	45,0		
Boring VI					
0- 30	14,5	16,1	30,7		
30-100	7,5	34,9	18,1		
100-200	4,9	47,7	21,8		
200-300	3,9	76,8	31,8		
300-400	4,6	55,8	42,9		
400-500	5,9	57,5	46,3		
500-600	13,8	59,2	52,2		

Gemiddelde NO_3-N concentratie in het bodemprofiel

diepte (cm)	
0- 40	32,2
40-100	29,7
100-200	40,0
200-300	37,3
300-400	49,6
400-500	50,5
500-600	50,8

mm water per bemonsterde laag - perceel H.W. S

Boring I		Boring II	
diepte (cm)	mm vocht	diepte (cm)	mm vocht
0- 40	82,4	0- 40	71,9
40-100	80,6	40-100	103,2
100-200	242,2	100-200	94,1
200-300	122,1	200-300	156,8
300-400	92,8	300-400	172,8
400-500	68,8	400-500	88,0
500-600	79,2	500-600	84,8
Boring III		Boring IV	
0- 40	96,3	0- 40	74,2
40-100	148,8	40-100	55,1
100-200	165,0	100-200	56,1
200-300	124,8	200-300	176,6
300-400	139,2	300-400	100,8
400-450	76,5	400-500	59,2
Boring V		Boring VI	
0- 45	109,0	0- 30	63,1
45-100	53,7	30-100	84,0
100-200	84,2	100-200	80,9
200-300	124,8	200-300	64,4
300-400	153,5	300-400	75,9
400-500	136,0	400-500	91,5
500-600	130,2	500-600	207,0
600-700	130,5		
700-800	214,5		

Boorprofielbeschrijvingen van het perceel van H.W. S

Boring I

diepte(cm)	
0- 40	bouwvoor
40-100	grof zand met veel grind en grote stenen
100-200	sterk leemhoudend zand met weinig grind
200-300	grof zand met iets grind
300-400	fijn zand met iets grind
400-500	fijn zand met iets grind
500-600	grof zand zonder grind

Boring II

0- 40	bouwvoor
40-100	zwartig zand, iets lemig met grind
100-200	grof zand met oer, geen grind
200-260	sterk oerhoudend zand
260-300	zand met oerlaagjes
300-400	zand, geen grind
400-500	zand, geen grind
500-600	zand, geen grind

Boring III

0- 30	bouwvoor
30-100	sterk leemhoudend zand
100-200	leemhoudend zand
200-300	zand met iets grind
300-400	zand met iets grind en iets oer
400-450	zand met grind
	te grote kei op 450

Boring IV

0- 40	bouwvoor
40-100	zand/grind mengsel
100-200	grof zand met grind
200-250	grof zand met grind, ronde keien (doorsnede 4-5 cm)
250-300	leem/oer mengsel
300-320	klei
320-400	zand met grind
400-450	zand met grind
450-500	fijn grijs zand met iets oer
500-560	fijn zand
560-600	grof zand

Boring V

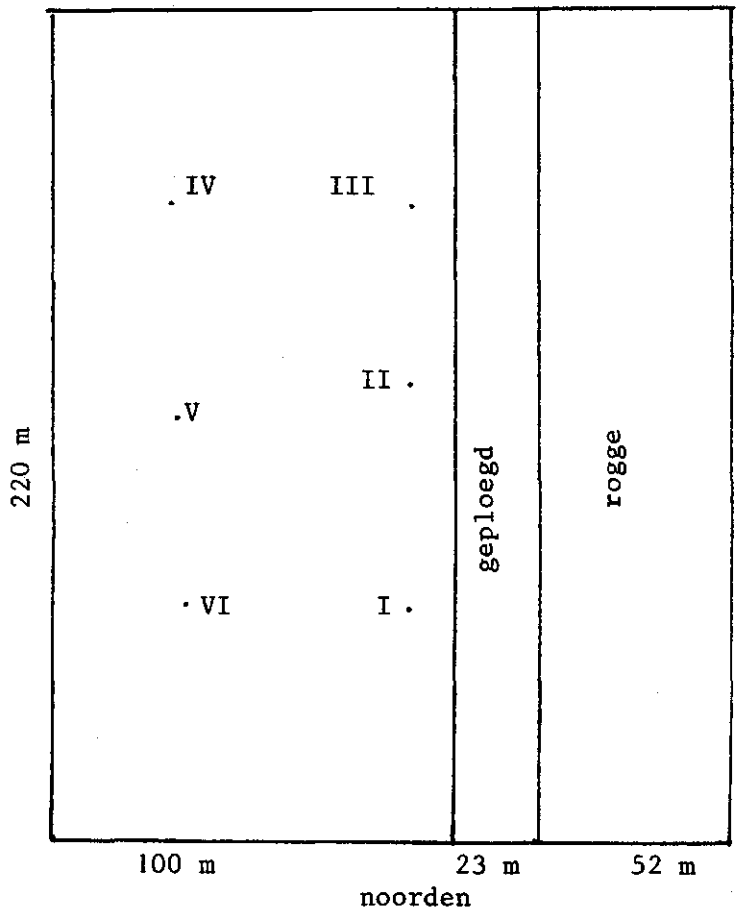
0- 45	bouwvoor (bruin/zwart mengsel)
45-100	zand met zwarte strepen
100-200	zand met op 150 grind
200-280	zand met grind
280-300	lemig zand
300-400	zand, iets lemig
400-500	zand

Boring V (vervolg)

500-550	fijn zand
550-580	leem
580-600	fijn zand
600-700	fijn zand met op 650 leem
700-730	zand
730-780	leem
780-800	zand

Boring VI

0- 30	bouwvoor met grind
30- 70	zand met grind en strepen zwarte grond
70-100	zand
100-200	grof zand
200-270	zand/oer mengsel met grind
270-310	grijs zand
310-350	grof zand/oer/leem mengsel
350-380	grof zand
380-400	zand/oer mengsel
400-470	zand
470-500	leemhoudend zand
500-600	zand met klei op 520 en 580



Analyse resultaten winterrogge perceel van H -E

Bemonsteringsdiepte in centimeters
Vochtgehalte in gram bodemvocht per 100 gram droge grond
Chloridegehalte in mg Cl^-/liter bodemvocht
Nitraatgehalte in mg NO_3-N/liter bodemvocht
Organisch stofgehalte in gram per 100 gram droge grond

Boring I

diepte (cm)	vocht	chloride	nitraat-N	org. stof
0-30	10,4	20,8	8,5	2,74
30-100	5,0	40,3	18,5	1,10
100-200	5,5	37,1	30,5	0,58
200-300	5,1	34,0	12,9	0,49
300-400	5,5	26,8	23,4	0,50
400-500	4,9	39,6	28,9	0,43
500-600	5,0	54,6	15,9	0,47

Boring II

0- 40	9,3	22,4	8,1	2,72
40-100	5,1	45,3	22,0	0,85
100-200	6,1	30,6	12,9	
200-300	4,9	45,0	52,2	
300-400	5,7	45,5	32,1	
400-500	5,0	38,9	63,9	
500-600	4,8	48,7	70,5	

Boring III

0- 40	10,1	16,1	8,8	3,47
40-100	4,8	85,1	62,8	1,16
100-200	5,0	42,5	42,5	
200-300	6,8	29,2	35,5	
300-400	6,2	44,7	43,2	
400-500	5,6	37,5	49,7	
500-600	5,6	43,4	45,0	

Boring IV

0- 40	10,4	15,2	6,0	2,43
40-100	10,1	25,6	51,1	1,43
100-200	8,5	40,8	27,7	
200-300	6,8	38,1	70,9	
300-400	6,8	42,6	93,8	
400-500	5,4	44,4	40,0	
500-600	5,4	44,4	24,5	

Boring V

0- 30	8,3	21,9	1,1	2,76
30-100	5,2	25,1	12,8	0,95
100-200	5,6	29,5	16,4	0,60
200-300	5,5	31,7	55,2	0,55
300-400	5,1	39,5	90,9	0,38
400-500	5,3	53,8	48,0	0,46
500-600	5,7	56,4	42,0	0,40

Gemiddelde NO_3-N concentratie in het bodemprofiel

diepte (cm)	NO_3-N (mg/l)	diepte	NO_3-N(mg/l)
0-40	6,9	300-400	57,3
40-100	35,0	400-500	46,4
100-200	25,7	500-600	39,3
200-300	46,6		

mm vocht in de bemonsterde lagen in perceel van H -B

Boring I		Boring II	
diepte (cm)	mm vocht	diepte (cm)	mm vocht
0-30	42,1	0- 40	50,2
30-100	56,0	40-100	49,2
100-200	88,0	100-200	97,6
200-300	81,6	200-300	83,3
300-400	88,0	300-400	96,9
400-500	78,4	400-500	85,0
500-600	80,0	500-600	76,8
Boring III		Boring IV	
0- 40	54,5	0- 40	56,2
40-100	46,1	40-100	97,0
100-200	80,0	100-200	136,0
200-300	105,4	200-300	108,8
300-400	99,2	300-400	108,8
400-500	89,6	400-500	89,1
500-600	89,6	500-600	89,1
Boring V			
0- 30	33,6		
30-100	58,2		
100-200	89,6		
200-300	90,8		
300-400	84,2		
400-500	87,5		
500-600	94,1		

Boorprofielbeschrijving van roggeperceel H[illegible]-B[illegible]

Boring I

diepte(cm)	
0- 30	bouwvoor
30- 50	zand, iets grind
50-100	zand
100-200	zand
200-300	zand, iets grind
300-400	zand
400-500	zand, een aantal grote keien
500-600	zand

Boring II

0- 40	bouwvoor
40-100	zand
100-200	zand, iets grind
200-300	zand/grind
300-400	zand/grind
400-500	zand/grind
500-600	zand

Boring III

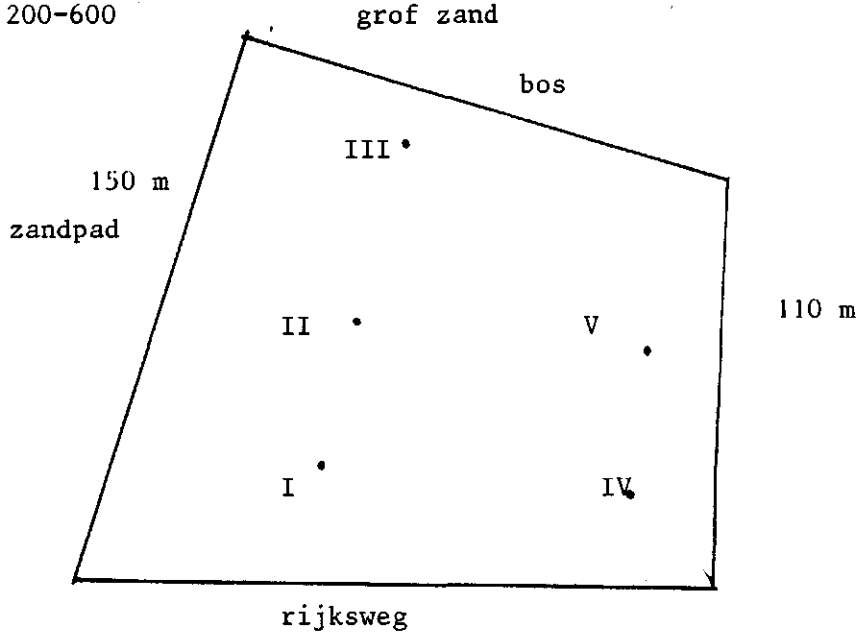
0- 40	bouwvoor
40-100	zand
100-200	zand
200-300	zand, op 280-290 leem
300-400	zand
400-500	zand
500-600	zand

Boring IV

0- 40	bouwvoor
40-100	zand met iets leem
100-200	zand met iets grind en met iets leem op 150
200-300	zand
300-400	zand
400-500	zand met op 450 grind
500-600	zand met op 550 grind

Boring V

0- 40	bouwvoor
40-100	zand
100-200	zand met op 140 iets leem en op 180 grindbank
200-600	grof zand



Analyseresultaten van een perceel Japanse Lariks (1939)

Bemonsteringsdiepte in centimeters
Vochtgehalte in gram bodemvocht per 100 gram droge grond
Chloridegehalte in mg CL^- /liter bodemwater
Nitraatgehalte in mg NO_3-N/liter bodemwater
Organisch stofgehalte in gram per 100 g droge grond

diepte (cm)	vocht	chloride	nitraat-N	org. stof	pH (H_2O)
Boring I					
0- 15	14,9	12,8	1,0	8,53	
15-100	6,9	26,6	2,8	1,46	
100-200	9,3	28,2	1,9		
200-300	16,9	37,1	1,2		
300-400	11,9	25,4	1,9		
400-500	11,8	23,8	3,7		
500-600	9,8	25,8	2,0		
Boring II					
0- 20	15,8	36,3	6,5	4,46	
020-100	7,2	21,6	4,8	1,00	
100-200	8,0	28,8	5,4		
200-300	8,4	33,1	2,7		
300-400	13,9	20,6	4,5		
400-500	6,7	44,9	3,9		
500-600	7,6	39,0	1,1		
Boring III					
0- 20	16,2	17,7	5,9	5,03	
20-100	6,7	29,7	15,2	1,11	
100-200	7,0	26,2	11,0		
200-300	7,4	27,4	13,3		
300-400	10,0	22,1	5,8		
400-500	9,3	24,3	8,3		
500-600	7,9		3,7		
Boring IV					
0- 30	10,7		2,6	3,66	3,82
30-100	6,6		2,8	1,28	3,94
100-200	6,3		3,5		4,24
200-300	4,1		2,9		4,50
300-400	3,5		4,3		5,67
Boring V		nr.3 in 4-voud (NO_3-N)			
0- 30	16,6	7,4	-14,1	5,73	4,03
30-100	8,1	7,5	- 8,4	1,21	4,21
100-200	4,9	7,2	- 7,5	0,46	5,78
200-260	9,9	nr.4 in duplo	- 4,7	0,62	3,89
260-300	20,1		3,8	1,24	3,99
300-400	7,9		4,5	0,72	4,75
400-500	8,8	4,5	5,1	0,76	4,53
500-560	26,2	4,8	3,7	3,48	5,34
560-600	12,3		4,0	1,21	5,67
Boring VI		pH(KCl)			
0- 30	16,6	3,52	11,3	5,77	4,29
30-100	8,9	4,10	10,7	1,78	3,94
100-200	5,4	4,07	2,7		4,16
200-300	5,9	4,03	1,8		4,70
300-400	3,8	4,13	1,6		5,47

NH_4-N (mg/l) uitgeschud met 1 N KCl

0- 30	-13,0
30-100	9,0
100-200	1,4
200-300	1,3
300-400	4,7

mm vocht in de bemonsterde lagen in perceel Lariks

Boring I		Boring II	
diepte (cm)	vocht	diepte (cm)	vocht
0- 15	29,1	0- 20	41,1
15-100	82,1	20-100	86,4
100-200	148,8	100-200	132,0
200-300	245,1	200-300	138,6
300-400	178,5	300-400	229,4
400-500	182,9	400-500	110,6
500-600	156,8	500-600	125,4
Boring III		Boring IV	
0- 20	42,1	0- 30	41,7
20-100	77,7	30-100	71,6
100-200	119,0	100-200	107,1
200-300	125,8	200-300	69,7
300-400	165,0	300-400	59,5
400-500	148,8		
500-600	126,4		
Boring V		Boring VI	
0- 30	64,7	0- 30	64,7
30-100	82,2	30-100	90,3
100-200	78,4	100-200	91,8
200-260	92,1	200-300	100,3
260-300	108,6	300-400	64,6
300-400	130,4		
400-500	140,8		
500-560	204,4		
560-600	73,8		

Gemiddelde NO_3-N concentratie (mg/l) in het bodemprofiel

0- 20	8,1	300-400	4,0
20-100	7,6	400-500	5,2
100-200	5,2	500-600	2,9
200-300	4,1		

Boorprofielbeschrijving van het perceel met Japanse Lariks

Boring I

0- 15	zand/humeus
15-100	fijn zand met enkele keitjes
100-200	fijn zand
200-300	leem
300-400	tot 360 leem tot 400 fijn zand
400-500	tot 460 fijn zand, tot 500 lemig zand
500-600	tot 530 lemig zand, tot 590 zand, tot 600 zand/grind

Boring II

0- 20	zand/humeus
20-100	zand met grote stenen
100-200	zand met op 190 oer/leem
200-300	zand
300-400	zand met op 390 lemig zand
400-600	zand

Boring III

0- 20	zand/humeus
20-100	zand
100-200	grif zand/grind
200-300	grof zand/grind
300-330	grof zand/grind
330-480	zand
480-500	zand met een leemlaagje
500-600	fijn zand

Boring IV

0- 30	zand/humeus
30-200	zand/grind
200-400	grof zand/grind met op 280 een paar cm leem

Boring V

0- 30	zand/humeus
30-240	fijn wit zand
240-260	bruin lemig zand
260-300	grijze leem
300-400	bruin iets lemig fijn zand
400-500	mengsel van zand, grind, leem, oer
500-560	klei
560-600	lemig zand

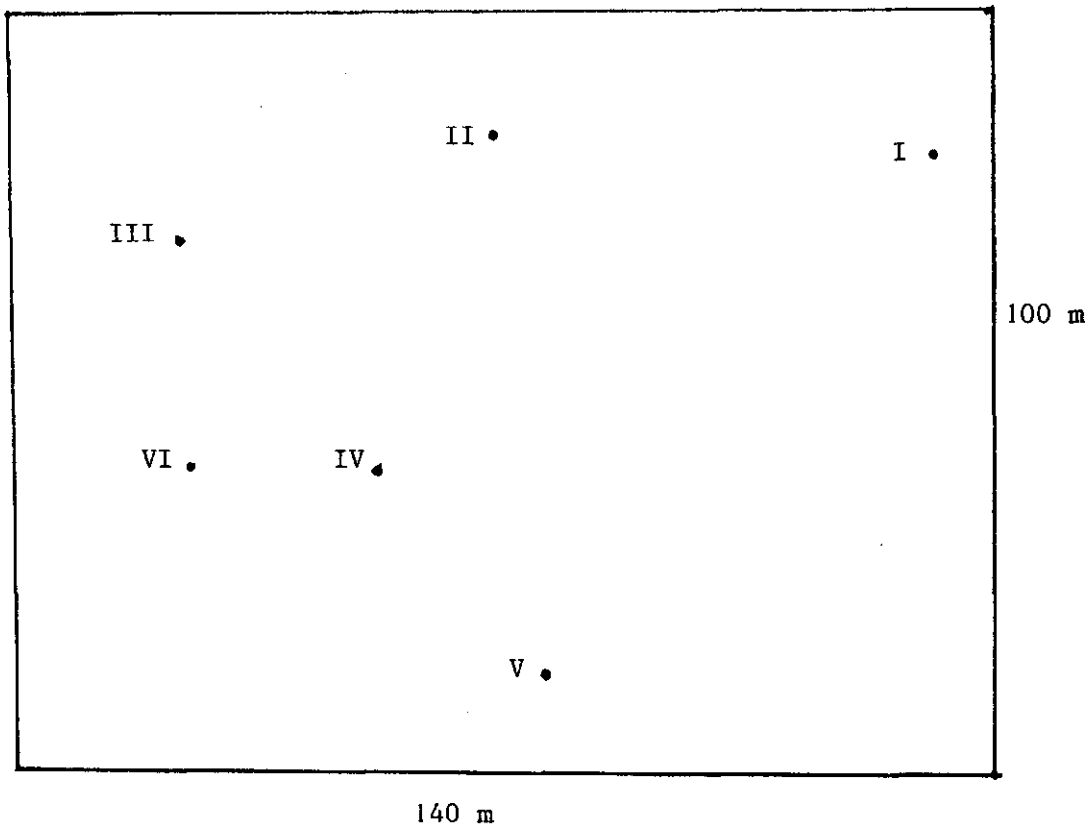
Boring VI

Boring VI

0- 30	zand/humeus
30-100	bruin fijn zand
100-400	grof zand/grind

ondergroei - adelaarsvaren en gras

Boorprofielbeschrijving van het perceel met Japanse Lariks (vervolg)



Analyseresultaten van de grondmonsters genomen in een perceel grove den van 1924

Bemonsteringsdiepte in centimeters
Vochtgehalte gram vocht per 100 gram droge grond
Nitraatgehalte in mg NO_3-N/liter bodemvocht
Chloridegehalte in mg Cl/liter bodemvocht
Ammoniumgehalte in mg NH_4-N/liter bodemvocht
Organisch stofgehalte in gram/100 gram droge grond
Nitraat-duplo volgens NEN 3255 - 6,4

diepte	vocht	chloride	nitraat-N	(H_2O) NH_4-N	org. stof	pH(H_2O)
Boring I						
0- 25	16,3	18,5	5,6	0,59	3,78	
25-100	6,3	33,8	4,9	0,43	0,68	
100-200	9,7	37,7	13,6	n.a.		
200-300	7,4	36,5	22,5	n.a.		
300-400	4,6	45,7	20,3	n.a.		
400-500	4,0	41,3	11,6	n.a.		
500-600	13,5	35,4	10,9	n.a.		
Boring II						
0- 30	13,2	19,0	3,1	0,31	3,04	
30-100	7,2	30,7	5,0	0,10	0,63	
100-200	16,6	26,5	6,3	n.a.		
200-300	15,2	19,6	11,8	n.a.		
300-400	9,9	26,1	9,5	n.a.		
400-500	6,3	41,7	15,1	n.a.		
500-600	9,6	22,3	15,2	n.a.		
Boring III						
0- 15	13,6	16,9	15,4		3,68	3,97
15-100	6,5	15,9	16,2		1,01	4,25
100-200	9,4	22,5	20,7			4,17
200-300	12,0	29,3	28,4			4,05
300-400	10,7	31,7	27,4			4,55
400-500	4,1	13,1	11,9			5,21
500-550	4,7		4,8			
550-600	19,7		7,1			
Boring IV		pH(H_2O)				
0- 10	13,7	3,86	34,4		3,44	
10-100	8,4	3,87	27,7		0,88	
100-200	15,9	4,22	12,7			
200-300	10,2	3,91	15,3			
300-400	17,4	4,27	14,6			
400-500	14,5	4,80	21,2			
500-600	5,5	5,35	17,0			
Boring V				(KCl) NH_4-N		pH (KCl)
0- 20	15,3	3,97	18,0	2,85	3,17	3,30
20-100	7,6	4,03	15,6	1,78	0,65	4,01
100-200	10,0	3,99	8,0	0,79	0,40	3,92
200-300	15,0	4,32	10,0	0,40	0,38	3,81
300-400	13,5	4,78	22,9	0,33	0,35	3,91
400-500	10,6	4,82	19,3	0,39	0,53	3,92
500-600	7,3	5,04	15,2	1,00	0,50	3,95
Boring VI						
0- 20	14,3	3,94	12,6	2,15	3,41	3,76
20-100	8,6	4,42	12,8	1,69	0,53	4,09
100-200	17,4	4,14	11,1	0,50		3,74
200-300	14,0	3,96	14,1	0,26		3,77
300-400	5,3	4,96	23,2	1,29		4,16
400-500	7,9	5,99	26,9	0,84		4,23

Gemiddelde concentratie van NO_3-N (mg/l) in het bodemprofiel

0- 20	11,8
20-100	14,8
100-200	16,3
200-300	16,2
300-400	19,3
400-500	19,3
500-600	11,6

mm vocht in de bemonsterde lagen in het perceel 'grove den'

Boring I		Boring II	
diepte	mm vocht	diepte	mm vocht
0 - 25	53,0	0 - 30	51,5
25-100	68,5	30-100	73,1
100-200	155,2	100-200	240,7
200-300	122,1	200-300	220,4
300-400	75,9	300-400	148,5
400-500	66,0	400-500	104,0
500-600	202,3	500-600	148,8
Boring III		Boring IV	
0- 15	26,5	0- 10	17,8
15-100	80,1	10-100	109,6
100-200	145,1	100-200	230,6
200-300	186,0	200-300	147,9
300-400	171,2	300-400	252,3
400-500	65,5	400-500	224,8
500-550	37,6		
550-600	137,9		
Boring V		Boring VI	
0- 20	39,8	0- 20	37,2
20-100	91,2	20-100	99,8
100-200	165,0	100-200	287,1
200-300	247,5	200-300	217,0
300-400	222,8	300-400	90,1
400-500	147,9	400-500	134,3

Boorprofielbeschrijving van de boringen in het perceel grove den

Boring I

diepte (cm)	
0- 25	humeuze bovenlaag
25-150	fijn, lichtbruin zand
150-200	leemhoudend zand, iets oerig
200-290	zand
290-300	grind
300-540	fijn lichtbruin zand, iets grind
540-600	leem

Boring II

0 - 30	humeuze bovenlaag
30-100	fijn zand, iets grind
100-300	sterk leemhoudend zand
300-400	leemhoudend zand
400-500	fijn zand, iets grind
500-600	zand/leem/oer mengsel

Boring III

0- 15	humeuze bovenlaag
15-100	zand
100-200	zand/leem/oer mengsel
200-340	leemhoudend zand met op 250 grind
340-550	fijn zand
550-600	rood-bruine klei

Boring IV

0- 10	humeuze bovenlaag
10-100	zand, iets leemhoudend
100-180	leem
180-250	klei
250-350	zand
350-400	klei
400-500	leemhoudend zand
500-600	zand

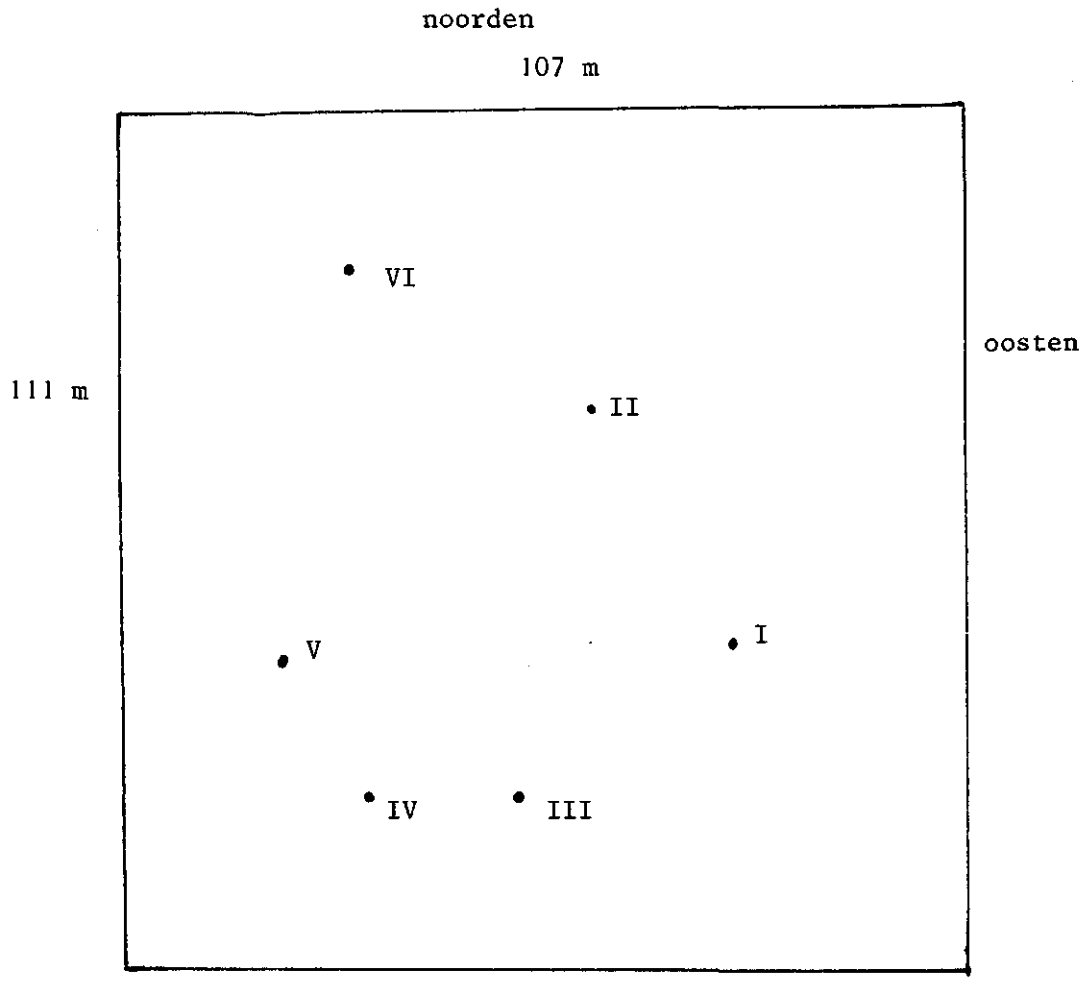
Boring V

0- 20	humeuze laag
20-100	zand/grind
100-200	zand
200-300	zand (mengsel van nat en droog zand)
300-500	zand
500-600	zand met veel grind

Boorprofielbeschrijving van de boringen in het perceel grove den (vervolg)

Boring VI

diepte (cm)	
0- 20	humeuze laag
20-100	zand met iets grind
100-200	zand(grof)
200-300	zand/leem/grind mengsel
300-500	zand/grind



BIJLAGE 3

De vochtbalansen van verschillende soorten maispercelen (3a), een perceel Japanse Lariks en een perceel grove den (3b)

De neerslagcijfers zijn de gemiddelden van twee neerslagstations: 1 in 's Heerenberg (Huis-Bergh) en 1 in Stokkum (Bod)

De verdampingscijfers zijn afkomstig van Winterswijk, berekend volgens Penman.

Voor de doorlaatbaarheid k van de grond is 10 m per dag gekozen vanwege de profielopbouw (Todd, 1980).

Vochtbalans voor een maisperceel met Mo= 72 mm en voor een maisperceel met Mo = 50 mm

Mo = de beschikbare hoeveelheid vocht voor verdamping bij veldcapaciteit

Mt = de beschikbare hoeveelheid vocht na een decade (mm)

P = de neerslag per decade (mm)

E_o = de openwater verdamping per decade (mm)

E_{max}=de maximale verdamping (f x E_o) (mm)

D_1 = de afvoer naar het grondwater (mm)

D_2 = de afvoer naar het grondwater (mm) als tevens snijrogge of stoppelknollen worden verbouwd

maand	decade	P	E_o	E_{max}	Mo = 72 mm Mt	D	D_2	Mo = 50 mm Mt	D
1980									
jan	1	22	0	0	72	22		50	22
	2	3	1	0	72	3		50	3
	3	25	0	0	72	25		50	25
febr	1	56	4	1	72	55		50	55
	2	7	5	2	72	5		50	5
	3	0	6	2	70	0		48	0
mrt	1	12	10	3	72	7		50	7
	2	27	12	4	72	23		50	23
	3	28	17	5	72	23		50	23
apr	1	24	18	5	72	19		50	19
	2	6	31	9	68	0		46	0
	3	18	21	6	72	7		50	7
mei	1	1	39	16	57	0		35	0
	2	4	54	27	34	0		12	0
	3	19	36	22	31	0		10	0
juni	1	25	36	25	31	0		10	0
	2	18	38	30	19	0		3	0
	3	30	29	26	22	0		7	0
juli	1	77	28	28	71	0		50	5
	2	65	25	25	72	39		50	40
	3	11	43	43	40	0		18	0
aug	1	29	33	33	36	0		14	0
	2	6	26	26	16	0		3	0
	3	32	29	29	19	0		6	0
sept	1	22	24	24	17	0		4	0
	2	37	23	23	30	0		17	0
	3	4	15	15	19	0		7	0
okt	1	20	11	11	28	0		15	0
	2	15	7	2	41	0	0	29	0
	3	25	8	2	64	0	0	50	1
nov	1	15	3	1	72	6	0	50	14
	2	31	4	1	72	30	25	50	30
	3	28	3	1	72	21	27	50	27
dec	1	32	0	0	72	32	32	50	32
	2	38	1	0	72	38	38	50	38
	3	14	0	0	72	14	14	50	14
1981									
jan	1	69	1	0	72	69		50	69
	2	48	0	0	72	48		50	48
	3	2	0	0	72	2		50	2

maand	decade	P	E_o	E_{max}	Mo = 72 mm Mt	D	D_2	Mo = 50 mm Mt	D
febr	1	27	4	1	72	26		50	26
	2	4	3	1	72	3		50	3
	3	7	5	2	72	5		50	5
mrt	1	53	9	3	72	50		50	50
	2	52	12	4	72	48		50	48
	3	36	24	7	72	29		50	29
apr	1	8	21	6	72	2		50	2
	2	2	34	10	64	0		42	0
	3	11	22	7	68	0		46	0
mei	1	14	32	13	69	0		47	0
	2	13	14	21	61	0		39	0
	3	34	38	23	72	0		50	0
juni	1	10	32	22	60	0		38	0
	2	20	29	23	57	0		35	0
	3	70	33	30	72	25		50	25
juli	1	9	40	40	41	0		19	0
	2	60	29	29	72	0		50	0
	3	32	34	34	70	0		48	0
aug	1	5	32	32	43	0		21	0
	2	14	27	27	29	0		8	0
	3	7	25	25	12	0		2	0
sept	1	4	28	28	4	0		0	0
	2	4	17	17	2	0		0	0
	3	39	17	17	24	0		22	0
okt	1	35	13	13	46	0	0	44	0
	2	54	6	6	72	22	22	50	42
	3	27	5	2	72	25	23	50	25
nov	1	9	2	1	72	8	7	50	8
	2	21	3	1	72	20	19	50	20
	3	48	2	1	72	47	46	50	47
dec	1	36	0	0	72	36	36	50	36
	2	16	0	0	72	16	16	50	16
	3	15	0	0	72	15	15	50	15
1982									
jan	1	37	1	0	72	37		50	37
	2	0	0	0	72	0		50	0
	3	21	1	0	72	21		50	21
febr	1	5	5	2	72	3		50	3
	2	6	6	2	72	4		50	4
	3	0	5	2	70	0		48	0
mrt	1	36	12	4	72	30		50	30
	2	28	15	5	72	23		50	23
	3	4	14	4	72	0		50	0
apr	1	13	24	7	72	6		50	6
	2	4	26	8	68	0		50	0
	3	3	25	8	63	0		41	0
mei	1	32	25	10	72	13		50	13
	2	7	40	20	59	0		37	0
	3	10	47	28	40	0		18	0

1982 (vervolg)

maand	decade	P	E_o	E_{max}	Mo = 72 mm Mt	D	D_2	Mo = 50 mm Mt	D	D_3
juni	1	5	52	36	13	0		3	0	
	2	46	29	23	36	0		26	0	
	3	33	35	32	37	0		27	0	
juli	1	7	39	39	12	0		5	0	
	2	6	49	49	3	0		1	0	
	3	0	40	40	1	0		0	0	
aug	1	14	35	35	0	0		0	0	
	2	34	33	33	1	0		1	0	
	3	18	25	25	1	0		0	0	
sept	1	15	25	25	0	0		0	0	
	2	0	23	23	0	0		0	0	
	3	16	20	20	0	0		0	0	
okt	1	47	10	10	37	0	0	37	0	0
	2	38	8	2	72	1	0	50	23	19
	3	16	8	2	72	13	5	50	13	9
nov	1	6	5	2	72	4	2	50	4	2
	2	53	2	1	72	52	51	50	52	51
	3	25	2	1	72	24	23	50	24	23
dec	1	31	0	0	72	31	31	50	31	31
	2	41	1	0	72	41	41	50	41	40
	3	7	0	0	72	7	7	50	7	7
1983										
jan	1	35	1	0	72	35		50	35	34
	2	20	3	1	72	19		50	19	18
	3	18	4	1	72	17		50	17	15
febr	1	55	4	1	72	54		50	54	52
	2	3	4	1	72	2		50	2	0
	3	12	7	2	72	10		50	10	6
mrt	1	5	1	0	72	5		50	5	4
	2	31	16	5	72	26		50	26	18
	3	58	65	19	72	39		50	39	6
apr	1	24	16	5	72	19		50	19	11
	2	28	24	7	72	21		50	21	4
	3	39	26	8	72	31		50	31	13
mei	1	28	27	11	72	17		50	17	11
	2	40	29	15	72	25		50	25	11
	3	80	29	17	72	63		50	63	51

D_3 is de afvoer als winterrogge wordt verbouwd

Vochtbalans voor een perceel Japanse Lariks en een perceel grove den
Mo = 88 mm

					Jap.Lariks			Grove den	
maand	decade	P	E_o	E_{max}	Mt	D	E_{max}	Mt	D
1980									
jan	1	22	0	0	88	22	0	88	22
	2	3	1	1	88	2	1	88	2
	3	25	0	0	88	25	0	88	25
febr	1	56	4	3	88	53	4	88	52
	2	7	5	4	88	3	6	88	2
	3	0	6	5	83	0	7	81	0
mrt	1	12	10	8	87	0	11	82	0
	2	27	12	10	88	16	13	88	8
	3	28	17	14	88	14	19	88	9
apr	1	24	18	14	88	10	20	88	4
	2	6	31	29	65	0	34	60	0
	3	18	21	22	61	0	23	53	0
mei	1	1	39	41	22	0	43	12	0
	2	4	54	57	6	0	59	5	0
	3	19	36	40	3	0	40	3	0
juni	1	25	36	41	1	0	41	1	0
	2	18	38	44	1	0	44	1	0
	3	30	29	33	0	0	33	0	0
juli	1	77	28	32	45	0	32	45	0
	2	65	25	29	81	0	29	81	0
	3	11	43	49	43	0	49	43	0
aug	1	29	33	38	34	0	38	34	0
	2	6	26	30	14	0	30	14	0
	3	32	29	33	13	0	33	13	0
sept	1	22	24	28	7	0	28	7	0
	2	37	23	22	22	0	25	19	0
	3	4	15	12	14	0	15	10	0
okt	1	20	11	9	25	0	11	19	0
	2	15	7	6	34	0	8	25	0
	3	25	8	6	53	0	9	42	0
nov	1	15	3	2	66	0	3	54	0
	2	31	4	3	88	6	4	81	0
	3	28	3	2	88	26	3	88	18
dec	1	32	0	0	88	32	0	88	32
	2	38	1	1	88	37	1	88	37
	3	14	0	0	88	14	0	88	14
1981									
jan	1	69	1	1	88	68	1	88	68
	2	48	0	0	88	48	0	88	48
	3	2	0	0	88	2	0	88	2
febr	1	27	4	3	88	24	4	88	23
	2	4	3	2	88	2	3	88	1
mrt	1	53	9	7	88	46	10	88	43
	2	52	12	10	88	42	13	88	39
	3	36	24	19	88	17	26	88	10
apr	1	8	21	17	79	0	23	72	0
	2	2	34	31	50	0	37	35	0
	3	11	22	23	38	0	25	21	0
mei	1	14	32	34	18	0	35	10	0
	2	13	41	45	7	0	45	4	0

1981 (vervolg)

maand	decade	P	E_o	E_{max}	Jap.Lariks Mt	D	E_{max}	Grove den Mt	D
juni	1	10	32	37	1	0	37	1	0
	2	20	29	33	1	0	33	0	0
	3	70	33	38	32	0	38	32	0
juli	1	9	40	46	11	0	46	11	0
	2	60	29	33	38	0	33	38	0
	3	32	34	39	31	0	39	30	0
aug	1	5	32	37	11	0	37	11	0
	2	14	27	31	5	0	31	5	0
	3	7	25	29	2	0	29	2	0
sept	1	4	28	32	1	0	32	1	0
	2	4	17	16	0	0	18	0	0
	3	39	17	14	25	0	17	22	0
okt	1	35	13	10	49	0	13	43	0
	2	54	6	5	88	10	7	88	3
	3	27	5	4	88	23	6	88	21
nov	1	9	2	2	88	7	2	88	7
	2	21	3	2	88	19	3	88	18
	3	48	2	2	88	46	2	88	46
dec	1	36	0	0	88	36	0	88	36
	2	16	0	0	88	16	0	88	16
	3	15	0	0	88	15	0	88	15
1982									
jan	1	37	1	1	88	36	1	88	36
	2	0	0	0	88	0	0	88	0
	3	21	1	1	88	20	1	88	20
febr	1	5	5	4	88	1	6	87	0
	2	6	6	5	88	1	7	86	0
	3	0	5	4	84	0	6	80	0
mrt	1	36	12	10	88	22	13	88	15
	2	28	15	12	88	16	17	88	11
	3	4	14	11	81	0	15	77	0
apr	1	13	24	19	74	0	26	64	0
	2	4	26	24	54	0	29	39	0
	3	3	25	26	31	0	28	20	0
mei	1	32	25	26	37	0	28	24	0
	2	7	40	42	13	0	44	9	0
	3	10	47	52	4	0	54	3	0
juni	1	5	52	60	1	0	60	1	0
	2	46	29	33	14	0	33	14	0
	3	33	35	40	8	0	40	8	0
juli	1	7	39	45	3	0	45	3	0
	2	6	49	56	1	0	56	1	0
	3	0	40	46	0	0	46	0	0
aug	1	14	35	40	0	0	40	0	0
	2	34	33	38	0	0	38	0	0
	3	18	25	29	0	0	29	0	0
sept	1	15	25	29	0	0	29	0	0
	2	0	23	22	0	0	25	0	0
	3	16	20	16	0	0	20	0	0
okt	1	47	10	8	39	0	10	37	0
	2	38	8	6	71	0	9	66	0
	3	16	8	6	81	0	9	73	0
nov	1	6	5	4	83	0	6	73	0
	2	53	2	2	88	46	2	88	36
	3	25	2	2	88	23	2	88	23
dec	1	31	0	0	88	31	0	88	31
	2	41	1	1	88	40	1	88	40
	3	7	0	0	88	7	0	88	7

1982

maand	decade	P	E_o	E_{max}	Jap.Lariks Mt	D	E_{max}	Grove den Mt	D
jan	1	35	1	1	88	34	1	88	34
	2	20	3	2	88	18	3	88	17
	3	18	4	3	88	15	4	88	14
febr	1	55	4	3	88	52	4	88	51
	2	3	4	3	88	0	4	87	0
	3	12	7	6	88	6	8	88	3
mrt	1	5	1	0	88	5	1	88	4
	2	31	16	13	88	18	18	88	13
	3	58	65	52	88	6	72	74	13
apr	1	24	16	13	88	11	18	80	0
	2	28	24	22	88	6	26	82	0
	3	39	26	27	88	12	29	88	4
mei	1	28	27	28	88	0	30	86	0
	2	40	29	30	88	10	32	88	6
	3	80	29	30	88	50	32	88	48

Gemiddelde nitraatconcentratie in de bemonsterde profielen

Perceel B-5 (bouwland)

diepte (cm)	NO_3(mg/l)
0- 40	72
40-100	111
100-200	389
200-300	347
300-400	310
400-500	297
500-600	222

Perceel B-3 (weiland)

diepte (cm)	NO_3(mg/l)
0- 50	129
50-100	280
100-200	69
200-300	156
300-400	234
400-500	272
grondwater	219

Perceel Japanse Lariks

0- 20	36
20-100	34
100-200	23
200-300	18
300-400	18
400-500	23
500-600	13

Perceel S (bouwland)

0- 40	143
40-100	132
100-200	177
200-300	165
300-400	220
400-500	224
500-600	225

Perceel H-B (bouwland)

0- 40	31
40-100	155
100-200	114
200-300	206
300-400	254
400-500	205
500-600	174

Perceel K(bouwland)

0- 40	160
40-100	62
100-200	179
200-300	213
300-400	200
400-500	206
500-600	140

Perceel R (bouwland)

0- 40	314
40-100	208
100-200	133
200-300	194
300-400	296
400-500	277
500-600	259

Perceel grove den

0- 20	52
20-100	65
100-200	72
200-300	72
300-400	85
400-500	85
500-600	51

Boordata

4/3	boring II - K. I
10/2	boring I, III, IV, K. I
11/3	boring V, VI, K. I
17/3	boring I, II, B. V
21/3	boring III,IV, B. V
24/3	boring V, VI, B. V
28/3	boring VII, B. V
5/4	boring I, II, R. II
6/4	boring III, IV, R. II
7/4	boring V, VI, R. II
11/4	boring I, II, S.
12/4	boring III, IV, S.
14/4	boring V, VI, S.
19/4	boring I, H.B.
21/4	boring II, III, H.B.
25/4	boring IV, V, H.B.
26/4	boring I, II, III, B. III
27/4	boring IV, V, VI, B. III
2/5	boring I, Japanse Lariks
4/5	boring II, III, Japanse Lariks
10/5	boring IV, V, Japanse Lariks
11/5	boring VI, Japanse Lariks
17/5	boring I, II, grove den
18/5	boring III, IV, grove den
19/5	boring V, VI, grove den

NITRAAT - MONTFERLAND

STROOMBANEN IN EEN PAKKET VAN FREATISCH WATER

NAT. STROMING = 0 m2/d
PAKKETDIKTE = 25 m
POROSITEIT = .35
EFF. NEERSLAG = 300 mm/jaar

STATIONAIRE BRONNEN (*)

NR	Q(m3/dag)	NR	Q(m3/dag)
1	-1344	10	-1344
2	-1344	11	-72
3	-72	12	-10
4	-10	13	-800
5	-800	14	-432
6	-432	15	-800
7	-800	16	-800
8	-800	17	-384
9	-1344	18	-384

VERBLIJFTIJDEN

TIJD(dagen)	SYMBOOL
365	+
730	o
1825	*
3650	♦

SCHAAL 1: 10000

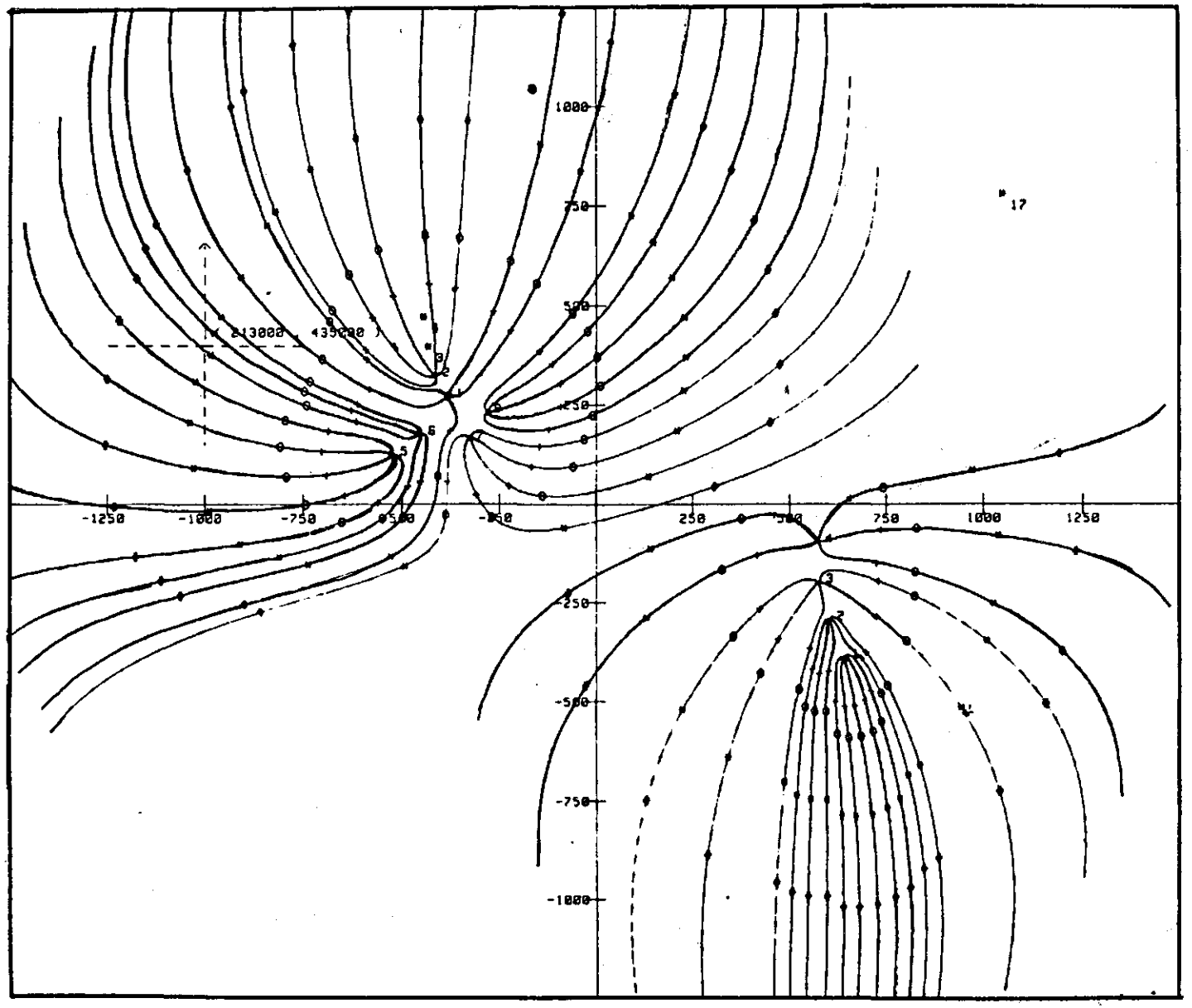
ITRAAT - GALGENBERG

STROOMBANEN IN EEN PAKKET VAN FREATISCH WATER

NAT. STROMING = 0 m2/d
PAKKETDIKTE = 25 m
POROSITEIT = .35
EFF. NEERSLAG = 300 mm/jaar

STATIONAIRE BRONNEN (*)

NR	Q(m3/dag)	NR	Q(m3/dag)
1	-288	5	-288
2	-312	6	-312
3	-1320	7	-1320
4	-1296	8	-1296



PROVINCIE GELDERLAND
DIENST WATERBEHEER
AFD. WATERHUISHOUDKUNDIG ONDERZOEK

BIJLAGE 6