

# Praktijkproef Nutriëntenbalans

## Nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater via drainagewater van akkerbouwpercelen op zavelgrond

G.A.P.H. van den Eertwegh, J.R. Hoekstra en C.R. Meinardi

**Eindrapport**  
**Juni 1999**

Wageningen Universiteit, sectie Waterhuishouding, rapportnr. 75

Provincie Zeeland, Directie Ruimte, Milieu en Water

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Laboratorium voor bodem- en grondwateronderzoek

*Het onderzoek op proefboerderij Rusthoeve is van de zijde van het RIVM uitgevoerd in het kader van MAP Milieu 1992-1996, 'Af- en uitspoeling', MAP Milieu 1996-2000, 'Monitoring en diagnose Bodem'.*

ISBN 966



## Inhoud

|   |    |
|---|----|
| Voorwoord   | 3  |
| Samenvatting  | 4  |
| 1. Inleiding  | 6  |
| 1.1 Algemeen  | 6  |
| 1.2 Probleemstelling  | 7  |
| 1.3 Doel van het onderzoek                                      | 7  |
| 1.4 Samenwerkende organisaties                                  | 7  |
| 2. Locatie en methode   | 8  |
| 2.1 Proefgebied   | 8  |
| 2.2 Geologie en bodem   | 8  |
| 2.3 Landgebruik   | 9  |
| 2.4 Meetapparatuur  | 9  |
| 3. Waterhuishouding   | 11 |
| 3.1 Algemeen  | 11 |
| 3.2 Neerslag en verdamping                                      | 12 |
| 3.3 Bodemvochtgehalten  | 15 |
| 3.4 Grondwaterstanden   | 18 |
| 3.5 Afvoer via drainbuizen en kavelsloot                        | 23 |
| 3.6 Waterbalansen   | 26 |
| 3.7 Verblijftijd drainwater en uitspoeling stoffen              | 35 |
| 4. Chloride, stikstof en fosfaat in drain- en slootwater        | 43 |
| 4.1 Drainwater  | 43 |
| 4.2 Slootwater  | 45 |
| 4.3 Vergelijking drain- en slootwater                           | 47 |
| 4.4 Kaveldekkende bemonstering drainwater                       | 48 |
| 5. Stikstof en fosfaat in bodem en grondwater                   | 54 |
| 5.1 Bodem   | 54 |
| 5.2 Grondwater  | 54 |
| 5.3 Denitrificatie  | 55 |
| 5.4 Fosfaat in slootbodem en slootwater                         | 56 |
| 6. Landbouwkundige stikstof- en fosfaatbalansen                 | 57 |
| 6.1 Stikstofbalans van de proefpercelen                         | 57 |
| 6.2 Stikstofoverschot   | 57 |
| 6.3 Fosfaatbalans van de proefpercelen                          | 59 |
| 6.4 Fosfaatoverschot  | 59 |
| 7. Synthese en discussie  | 61 |
| 7.1 Landbouwkundige mineralenverliezen en emissie via drainage. | 61 |
| 7.2 Stikstof- en fosfaatbalansen                                | 64 |
| 8. Conclusies   | 65 |
| 9. Referenties  | 67 |

## Figuren

### Bijlagen

1. Kaart van het proefgebied, hydrologische inrichting
2. Kaart van het proefgebied, locatie peilbuizen
3. Bodemkaart Stiboka (1979)
4. Boorbeschrijvingen diepe peilbuizen D1 t/m D4
5. Mestgiften en gewassen kavel 1 t/m 6
6. Stikstofbalansen 1990 t/m 1996 percelen 3, 4 en 5
7. Fosfaatbalansen 1990 t/m 1996 percelen 3, 4 en 5
8. Nummering drains voor kaveldekkende bemonstering
9. Stroming van het grondwater
10. Bodemvoorraad N-mineraal 1990 t/m 1996. Percelen 1 t/m 6.

RECHTSTREEK  
LANDBOUWUNIVERSITEIT  
WAGeningen

## Voorwoord

De Praktijkproef Nutriëntenbalans is in 1994 gestart op initiatief van de provincie Zeeland, het RIVM en de Landbouwniversiteit Wageningen. In de voorbereidingsfase bleek bij genoemde instanties behoefte te bestaan aan het verrichten van veldonderzoek naar de mineralenstromen op zeeleigronde. Hoewel elke instantie geïnteresseerd was in een eigen onderzoeksrichting, bleek in de loop van de voorbereiding dat meerdere vraagstellingen konden worden gecombineerd. Na overleg is de praktijkproef uitgegroeid tot een omvangrijk veldonderzoek naar het lot van meststoffen op akkerbouwpercelen in het zeeleigebied, waarin elke instantie vanuit de eigen inhoudelijke invalshoek heeft bijgedragen. Proefboerderij Rusthoeve te Colijnsplaat, Noord-Beveland, heeft de gastvrijheid verleend voor alle onderzoeken op hun percelen.

Het project is inhoudelijk begeleid door een begeleidingsgroep. De discussies in deze groep hebben een belangrijke rol gespeeld bij de definitie van het onderzoek, de uitvoering en de totstandkoming van deze rapportage. De begeleidingsgroep werd gevormd door vertegenwoordigers van het RIVM, LUW, waterschap Zeeuwse Eilanden, DLG Zeeland, de LTO-raad Zeeland, Proefboerderij Rusthoeve en provincie Zeeland. Diverse collega's bij deze instanties hebben bijgedragen aan de inhoudelijke discussies.

Zonder de toestemming en enthousiaste medewerking van het personeel van proefboerderij Rusthoeve zou de praktijkproef niet van de grond gekomen zijn. Wij willen de bedrijfsleiding en de onderzoekers zeer hartelijk danken voor hun medewerking en adviezen. Ook bedanken wij de medewerkers van de Rusthoeve die de proefpercelen moesten bewerken, en die zich bij elke werkgang zorgen maakten over hoe ze met hun machines de in het veld opgestelde apparatuur moesten ontwijken.

In het bijzonder willen wij bedanken: Marcel Tramper, Hanja Slabbekoorn, Albert Ebbens, overig personeel van de Rusthoeve, Roel Dijkma, Jacques Kole, George Bier, Jacco Hoogewoud, Klaas Groen, Herman Dekkers, Peter Droogers, Jan Post, waterschap ZE, André van de Straat, Kees Polderdijk, leden begeleidingsgroep en de collega's van NITG TNO en AB-DLO die deelonderzoeken hebben uitgevoerd.

Leiden, Bilthoven, Middelburg, juni 1999

Gé van den Eertwegh

Kees Meinardi

Rob Hoekstra

## Samenvatting

In de periode juni 1994 tot en met juni 1996 zijn op de proefboerderij Rusthoeve op Noord-Beveland metingen uitgevoerd aan de emissie van meststoffen via drainage van akkerbouwpercelen op zavelgrond. De vanggebieden van vier drainagebuizen (1,32 ha) en van een kavelsloot (9,57 ha) zijn intensief en vrijwel continu bemeten, zowel voor wat betreft de hydrologie als de stofhuishouding van chloride en nutriënten (N, P). Op basis van de tweejarige meetreeks en langjarige registraties van teeltgegevens zijn water- en stofbalansen opgesteld. De landbouwkundige balansen voor stikstof en fosfor zijn in verband gebracht met de gemeten uitspoeling via de drainagemiddelen. Op de percelen zijn gewassen geteeld volgens Goede Landbouw Praktijk (GLP). GLP wil zeggen: bemesting volgens adviezen van de landbouwvoorlichting en grondbewerking en gewasbescherming volgens de huidige landbouwpraktijk.

De waterbalansen zijn opgesteld voor de vanggebieden van 4 gekoppelde drainagebuizen en van de kavelsloot voor de periode juli 1994 tot en met juni 1996 over een diepte van 0 tot 2 m-m.v. (tabel S.1). Op het huiskavel van de proefboerderij treedt nauwelijks kwel op. Afvoer van overtollig water vindt plaats via drainbuizen (75%), kavelsloot (5%) en kreek (20%).

| Term Waterbalans     | Vanggebied Drainbuizen |           | Vanggebied Kavelsloot |           |
|----------------------|------------------------|-----------|-----------------------|-----------|
|                      | 1994-1995              | 1995-1996 | 1994-1995             | 1995-1996 |
| Neerslag             | + 1000                 | + 650     | + 1000                | + 650     |
| Verdamping           | - 425                  | - 565     | - 470                 | - 470     |
| Gemeten afvoer       | - 350                  | - 150     | - 430                 | - 130     |
| Niet-gemeten afvoer* | - 200                  | - 10      | - 140                 | - 20      |
| Kwel                 | + 25                   | 0         | + 25                  | 0         |
| Bergingsverandering  | + 10                   | + 5       | + 10                  | + 5       |
| Restpost**           | + 40                   | - 80      | + 25                  | - 25      |

*Tabel S.1: Waterbalansen voor de vanggebieden van 4 gekoppelde drainbuizen (1,32 ha) en van de kavelsloot (9,57 ha) voor de perioden juli 1994 t/m juni 1995 en juli 1995 t/m juni 1996 (in mm j<sup>-1</sup>). \* Niet-gemeten afvoer is afvoer naar andere drainagemiddelen dan waarvoor de balansen zijn opgesteld. \*\*Restpost: '-' teken betekent afvoerterm, '+' teken aanvoerterm.*

Er is tijdens de proef geen oppervlakte-afvoer waargenomen. Er kan preferent transport van water en stoffen plaatsvinden in de onverzadigde zone van de bodem door de aanwezigheid van structuur (macro-poriën). De dynamische bergingscoëfficiënt is 's winters <5%.

De N-totaal concentratie in het drainwater varieert van <1 tot 29 mg l<sup>-1</sup> N, met een gemiddelde van ongeveer 4 mg l<sup>-1</sup> N. De stikstofconcentratie in het slootwater varieert van 1 tot 27 mg l<sup>-1</sup> N, met een gemiddelde van ruim 6 mg l<sup>-1</sup> N. De variatie van N-totaal in de tijd wordt grotendeels verklaard door de variatie in de fractie nitraat. De hoogste concentraties stikstof in drain- en slootwater zijn gemeten tijdens hoge drainage-intensiteiten. Tijdens deze afvoerpieken bestaat N-totaal nagenoeg geheel uit nitraat en wordt een groot deel van de jaarvrucht N afgevoerd. De totaal-fosfaatconcentratie in het drainwater varieert van 0,05 tot 1,22 mg l<sup>-1</sup> P met een gemiddelde van 0,21 mg l<sup>-1</sup> P. In het slootwater variëren de concentraties tussen 0,03 en 1,64 mg l<sup>-1</sup> P met een gemiddelde van 0,31 mg l<sup>-1</sup> P. Het totaal-fosfaat bestaat voor gemiddeld ruim 70% (drainwater) en ruim 50% (slootwater) uit ortho-fosfaat. De stofvruchten van het drainwater zijn alleen voor het eerste meetseizoen berekend en bedragen 18,6 kg ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup> N en 0,68 kg ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup> P. Voor het tweede seizoen zijn de stofvruchten geschat op bijna 12,8 kg ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup> N en 0,30 kg ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup> P. De stikstof- en fosfaatvruchten van het drainagewater van het vanggebied van de kavelsloot bedragen voor het eerste jaar 22,9 kg ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup> N en 1,03 kg ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup> P. In het tweede jaar zijn de berekende stofvruchten 17,5 kg ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup> N en 0,27 kg ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup> P.

Het drainagewater bestaat uit een mengsel van water van verschillende ouderdom en herkomst. De samenstelling van het drainagewater is zowel beïnvloed door de maaiveldbelasting en het neer-

slagoverschot als door het mariene sediment en kwelwater. Ongeveer 25% van het afgevoerde water heeft een verblijftijd in de bodem van minder dan 1 jaar, 45% van minder dan 2 jaar, 65% van minder dan 3 jaar, ruim 80% van minder dan 4 jaar en 20% van meer dan 4 jaar. Op basis hiervan blijkt dat voor de analyse van een verband tussen landbouwkundige stofbalansen en uitspoeling via drainage een periode van tenminste vier jaar nodig is.

De relatie tussen de landbouwkundige stofbalansen en de gemeten uitspoeling van stikstof en fosfor via de drainage is gelegd door zesjarig gemiddelde landbouwkundige balansen te koppelen aan de tweejarig gemiddelde metingen van de stofvrucht van het drain- en slootwater. De gemiddelde landbouwkundige overschotten voor het vanggebied van de drainbuizen zijn  $+55 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ N}$  en  $-3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ P}$  (tekort). De gemiddelde landbouwkundige overschotten voor het vanggebied van de kavelsloot zijn  $+70 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ N}$  en  $-3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ P}$  (tekort). Het berekende tekort kan het gevolg zijn van een overschatting van de P-afvoer via de oogst, door het niet meenemen van P-levering uit de kleibodem en/of van fosfaat, aangevoerd door het brakke kwelwater. De gewassen hebben geen P-gebrek.

| Term stofbalans          | Vanggebied drainbuizen |       | Vanggebied kavelsloot |       |
|--------------------------|------------------------|-------|-----------------------|-------|
|                          | N                      | P     | N                     | P     |
| Meststoffen              | +173                   | +22,0 | +134                  | +20,5 |
| Atmosferische depositie  | +28                    | +0,5  | +28                   | +0,5  |
| Afvoer via oogst         | -144                   | -28,0 | -126                  | -24,9 |
| Denitrificatie           | -28                    | -     | -25                   | -     |
| Afvoer via drainagewater | -16                    | -0,5  | -20                   | -0,7  |
| Niet-gemeten afvoer      | -3                     | -0,2  | -4                    | -0,2  |
| Restpost*                | +10                    | -6,2  | -13                   | -4,7  |

*Tabel S.2: Balansen voor stikstof (N) en fosfor (P) voor de vanggebieden van 4 gekoppelde drainbuizen (1,32 ha) en van de kavelsloot (9,57 ha). Gemiddelde cijfers over de periode 1990-1995, afvoer via drainagewater (drainbuizen, sloot) gemiddeld over de meetperiode 1994-1996. Cijfers in eenheid  $[\text{kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1}]$ . \* Restpost: '-' teken betekent aanvoerterm, '+' teken afvoerterm.*

Van de gemiddelde maaiveldbelasting met stikstof verdwijnt 75% in de oogst, 10 tot 15% via denitrificatie naar de lucht en 10 tot 15% via drainage naar het oppervlaktewater. Van de gemiddelde maaiveldbelasting met fosfaat verdwijnt vrijwel alles in de oogst. Ongeveer 4% van de totale aanvoer belandt via drainage naar het oppervlaktewater. Er vindt extra aanvoer plaats van fosfaat vanuit het grondwater.

# 1. Inleiding

## 1.1 Algemeen

Eutrofiëring is een van de belangrijkste problemen in het water- en milieubeheer van Zeeland. Zowel in het Waterhuishoudingsplan als in het Zeeuws Milieubeleidsplan Kerend Tij wordt dit onderkend. De terugdringing van de concentraties van stikstof en fosfor heeft in het waterbeheer de hoogste prioriteit. De provincie zoekt samen met de waterschappen en doelgroepen naar wegen om de emissie van nutriënten te beperken.

In de loop der tijd is kennis opgebouwd over de eutrofiëring van het oppervlaktewater. De samenstelling is door meerjarige reeksen meetgegevens in beeld gebracht. Ook de kwantitatieve bijdrage van de verschillende bronnen is in grote lijnen bekend. Er ontbreken echter nog gegevens over de relatie tussen de bronnen en de uitspoeling naar het oppervlaktewater. Binnen het water- en milieubeheer is behoefte aan meer inzicht in de beheersbaarheid van het milieuprobleem. De provincie Zeeland heeft in 1994 het initiatief genomen tot de organisatie van een veldonderzoek naar vermessing: de Praktijkproef Nutriëntenbalans. Dit onderzoek beoogt inzicht te verschaffen in de beïnvloeding van de waterkwaliteit door de aanvoer van nutriënten. Op perceelsniveau is een praktijkstudie uitgevoerd, waarin de balans van stikstof en fosfor centraal staat. De resultaten van het onderzoek geven inzicht in de vraag of door wijziging van het water- en milieubeheer een verbetering van de samenstelling van het oppervlaktewater te bereiken is.

Tussen 1990 en 1993 is door het Waterloopkundig Laboratorium (WL) uit Delft een modelstudie uitgevoerd naar de nutriëntenbelasting van het Veerse Meer vanuit de omliggende polders (WL, 1993). In het onderzoek is een berekening gemaakt van de invloed van de nutriëntenbronnen zoals kwel, bemesting, atmosferische depositie en ongerioleerde lozingen, op de samenstelling van het polderwater. De relevante conclusies uit deze studie waren:

1. De afvoer van nutriënten vanuit de polders naar het Veerse Meer vindt voor het grootste deel in het najaar en de winter plaats. In de zomer is in de polders in het algemeen sprake van een watertekort, zodat door de gemalen geen water wordt uitgeslagen. Alleen tijdens hevige neerslag wordt de bergingscapaciteit van de waterlopen overschreden en vindt afvoer plaats.
2. In het polderwater loopt de fosfaatconcentratie gedurende de zomer op. Er vindt in de zomer een voortdurende aanvoer van fosfaat plaats door met name kwel. In de winter vindt ook uitspoeling van fosfaat uit landbouwgronden plaats. Daarnaast is er in zomer sprake van nalevering van fosfaat uit de waterbodem. De stikstofconcentratie in het polderwater neemt in de zomer af vanwege algengroei en denitrificatie in de watergangen, alsmede door de toestroming van relatief stikstof-arm water.
3. De variatie in de emissie van stikstof en fosfor wordt in belangrijke mate bepaald door meteorologische omstandigheden. De verschillen tussen de jaren kunnen een factor tien bedragen. Hoe groter het jaarlijks neerslagoverschot is, hoe groter de totale emissie van stikstof en fosfor.
4. De emissie van stikstof is voor minimaal 50% afkomstig uit de landbouw. De emissie van fosfor wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door het uitreden van voedselrijk kwelwater.
5. Het opzetten van het peil leidt volgens berekeningen tot een geringe afname van de emissie van fosfor, terwijl de emissie van stikstof vrijwel gelijk blijft. Hierbij moet worden aangetekend dat de simulatie met het computermodel niet bijzonder geschikt is geweest voor de berekening van de gevolgen van peilverhoging.

Bij het verschijnen van het eindrapport werd door de begeleidingsgroep aanbevolen om praktijkonderzoek uit te voeren voor onderbouwing van de conclusies van de modelstudie en om kennisleemtes op te vullen. De modellen NITSOL en PHOSOL, die in de studie zijn toegepast, beschrijven de processen in de bodem op grond van gegevens van de zandgronden. Van zavel- en kleigronden zijn weinig onderzoeksgegevens beschikbaar. De begeleidingsgroep concludeerde dat er behoefte bestaat aan praktijkonderzoek naar bodemprocessen zoals denitrificatie, met name op zavel- en kleigronden.

## 1.2 Probleemstelling

De probleemstelling van de praktijkproef is in twee onderdelen gesplitst:

- A. Nutriëntenbalans en waterkwaliteit;
- B. Bodemprocessen.

### **A. Nutriëntenbalans en waterkwaliteit**

Dit onderdeel van de praktijkproef richt zich op de kwantitatieve bijdrage van de bronnen aan de emissie van stikstof en fosfor gedurende het jaar. In een balansstudie op perceelsniveau wordt de relatie tussen de aanvoer van stikstof en fosfor en de emissie naar het oppervlaktewater onderzocht. De volgende vragen worden bestudeerd:

1. Welk aandeel leveren de landbouw, kwel en atmosferische depositie aan de stikstof- en fosforbalans op akkerbouwpercelen op zavel- en kleigronden?
2. Hoe is het verloop van de stikstof- en fosforuitspoeling vanuit het proefgebied naar het oppervlaktewater gedurende het seizoen?
3. Wat zijn, op basis van een analyse van de nutriëntenbalans, de relaties tussen de aanvoer- en afvoertermen van stikstof en fosfor?

### **B. Bodemprocessen**

Dit onderdeel van de praktijkproef gaat dieper in op de bodemprocessen waarmee stikstof van de ene vorm in de andere wordt omgezet. Het accent ligt op het proces denitrificatie, waarbij onder anaërobe omstandigheden nitraat-stikstof uit de bodem naar de lucht verdwijnt via de vorming van  $N_xO_y$ -gassen. De resultaten van onderdeel B worden toegepast bij de invulling van de nutriëntenbalans van onderdeel A. De volgende vragen worden bestudeerd:

4. Wat is de kwantitatieve bijdrage van de denitrificatie aan de stikstofbalans? In hoeverre levert de denitrificatie een bijdrage aan de verwijdering van stikstof uit de bodem?
5. In welk deel van de bodemkolom vindt denitrificatie plaats? Door welke omstandigheden in de bodem wordt denitrificatie beïnvloed?
6. Is het, op grond van 4 en 5, te verwachten dat met een ingreep in het peilbeheer de denitrificatie kan worden beïnvloed?

Dit deel van het onderzoek is in 1994 en 1995 uitgevoerd in het proefgebied (bijlage 1). Het is afgerond met een rapportage (Corré, 1995). In hoofdstuk 5 wordt een samenvatting van de resultaten van dit onderzoek gegeven.

## 1.3 Doel onderzoek

Het doel van de praktijkproef is het vergroten van de kennis over de relatie tussen de aanvoer van nutriënten op een perceel en de af- en uitspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater. Om dat te bereiken worden nutriëntenbalansen op perceelsniveau en op het niveau van het vanggebied van de kavelsloot opgesteld, waarin de belangrijkste aanvoer- en afvoerroutes van stikstof en fosfor worden gekwantificeerd.

## 1.4 Samenwerkende organisaties

In de praktijkproef is op een intensieve wijze met een aantal partijen samengewerkt. Met name het Laboratorium voor Bodem- en Grondwateronderzoek van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) en de Landbouwuniversiteit Wageningen (LUW), afdeling Waterhuishouding, leverden een belangrijke bijdrage in de opzet, uitvoering en rapportage van het onderzoek. Het Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen (NITG) TNO verzorgde een onderdeel over de fosfaattoevoer vanuit kwel. Het AB-DLO heeft het onderdeel Bodemprocessen voor zijn rekening genomen. Proefboerderij Rusthoeve, die nauw samenwerkt met PAV Zuidwest, verleende gastvrijheid en medewerking voor uitvoering van het onderzoek op hun terrein. Deze rapportage is een coproductie van de provincie Zeeland, RIVM en LUW.

## 2. Locatie en methode

### 2.1 Ligging en drainagesituatie proefgebied

In 1994 is een proefgebied ingericht op percelen van proefboerderij Rusthoeve aan de Noordlangeweg 42 te Colijnsplaat op Noord-Beveland. Bijlage 1 geeft een overzicht van het proefgebied met de apparatuur die er is opgesteld. Het proefgebied is 275 m lang en 348 m breed. Het bevat de zuidelijke helft van de percelen 3, 4 en 5 en gedeeltelijk perceel 6 (perceelnummering van proefboerderij Rusthoeve). De totale oppervlakte is 9,57 hectare.

De afwatering van het perceel loopt in zuidwestelijke richting naar de watergang aan de Noordlangeweg. De percelen zijn gedraineerd met drains op een diepte van ongeveer 1,1 m beneden maaiveld. De drains zijn halverwege het huiskavel onderbroken (bijlage 8). Het gehele proefgebied bevat 29 drains, die op een onderlinge afstand van 12 m liggen en 275 m lang zijn. Het vanggebied van een drain is gemiddeld 0,33 ha. De kavelsloot is aan de oostzijde geïsoleerd met een kleidam in de watergang. Het afgevoerde water uit het proefgebied wordt over de meetstuw aan de westzijde van het proefgebied geleid. Er kan via het oppervlaktewater geen water in het gebied terechtkomen.

De hoogte van het maaiveld in het proefgebied is ongeveer +0,85 m+NAP. De kruinhoogte van de meetstuw ligt op -0,45 m+NAP. De drooglegging van het proefgebied is daarmee 1,3 m. in de winter. In de zomer valt de sloot gewoonlijk enkele maanden droog; de drooglegging is dan groter.

### 2.2 Geologie en bodem

De geologische ontstaansgeschiedenis van de regio wordt gekenmerkt door een afwisseling van en interactie tussen fluviatiele (zoet) en mariene (zout) invloeden. De sedimenten behoren overwegend tot de Afzettingen van Calais en Duinkerke. Het zijn vlakten van zee-, getij- of meerbodema-fzettingen. De afzettingen zijn doorsneden door geulen. Hierdoor zijn oeverwallen of stroomruggen en eventueel opgevulde geuldalen (al dan niet aan de oppervlakte zichtbaar) in de ondergrond aanwezig. De bodems op Noord-Beveland waren reeds in cultuur voor 1530. Gedurende overstromingen in dat jaar en in 1532 zijn de toenmalige dijken doorgebroken. In 1598 is de Oud-Noord-Bevelandpolder herdijkt, 20 jaar later de Nieuw-Noord-Bevelandpolder (Stiboka, 1979).

De bodem op de proeflocatie behoort tot de hoofdklasse zeekleigronden en tot de onderverdeling kalkrijke poldervaaggronden (schor- en plaatgronden) met homogene of aflopende profielen, soms met zand beginnend dieper dan 80 cm-m.v. Op de proeflocatie en in de directe omgeving daarvan betreft het een overgang tussen een zavel met diep grondwater (M8) en een zavel en lichte klei met diep grondwater (M10) volgens de bodemkaart schaal 1:250.000. De bodemkaart 1:50.000 toont de bodemtypes Mn15A, Mn25A en Mn35A.

Er is een bodemkaart van het huiskavel gemaakt op een schaal van 1:5000 (Stiboka, 1979). Deze kaart is te vinden in bijlage 3. Voor deze kaart zijn vier boringen per hectare gezet tot een diepte van 1,2 m-m.v. Deze kaart toont meer detail dan de overige kaarten vanwege de grotere schaal en het verwachte patroon van bodemtypes in een regio met een geaccidenteerde topografie. Hierbij wisselen hooggelegen, lichtzavelige (kreek)ruggen lagergelegen zwaardere afzettingen af (overgangs- en poelgronden). Nog steeds zijn lokale hoogteverschillen (0,5-1,0 m) binnen het huiskavel zichtbaar aanwezig. Het humusgehalte van de bouwvoor bedraagt 1,8 tot 3%. De twee dominante bodemtypes zijn Mn12 en Mn35c. Bodemtype Mn12 is een kalkrijke, matig lichte zavel met kleilig zeer fijn zand beginnend tussen 0,4 en 0,8 m-m.v. Door de beperkte bewortelingsdiepte vanwege de grote indringingsweerstand van het zand kunnen in droge zomers vochttekorten optreden. Bodemtype Mn35c is een kalkrijke zavel op een ondergrond van matig lichte zavel. Er wordt geen droogteschade verwacht op gronden van dit type.

Uit de bodemkaarten op verschillende schaal blijkt dat lokale variatie redelijk groot is. Een voormalig geulenpatroon en een uitgesproken stroomrug zijn zichtbaar op de kaart met de kleinste schaal (bijlage 3). Dit patroon is ook vastgesteld d.m.v. geofysische metingen (Meinardi en Van den Eertwegh, 1995). Alle kaarten maken melding van bodemtypes met een aflopend profiel. De variatie die in de verschillende schalen tot uiting komt, betreft de locatie van de lichtere en zwaardere profielen en de diepte waar het zandige deel van het profiel begint. De hydrologische betekenis van de profielopbouw is dat bij aflopende profielen het optreden van 'diepe' stroombanen waarschijnlijk is. Naarmate



de zandige ondergronden ondieper beginnen, zal er meer water via diepere stroombanen afgevoerd worden.

### 2.3 Landgebruik

Het landgebruik van het huiskavel bestaat uit de teelt van akkerbouwgewassen. Het personeel van de proefboerderij verbouwt deze gewassen en legt proeven aan verspreid over de verschillende kavels. In tabel 2.1 zijn de relevante teelten per jaar en per perceel gegeven.

**Tabel 2.1:** Geteelde gewassen op het huiskavel van proefboerderij Rusthoeve 1990 t/m 1996.

| Jaar | perceel  |   |  |  |  |
|------|--|---|--|--|--|
|      | 2  | 3   | 4  | 5                                      | 6  |
| 1990 | zaaiui (Z)<br>(wintertarwe)<br>veldboon (N)<br>(wintertarwe) | aardappel<br>(wintertarwe)                | wintertarwe<br>gele mosterd<br>(gb aug 90) | erwt                                   | graszaad   |
| 1991 | wintertarwe<br>(graszaad)                                    | wintertarwe                               | suikerbiet                                 | zomergerst                             | aardappel  |
| 1992 | graszaad   | olievlas                                  | zomergerst<br>gele mosterd<br>(gb aug 92)  | aardappel                              | suikerbiet   |
| 1993 | graszaad   | zomergerst<br>gele mosterd<br>(gb aug 93) | aardappel<br>(wintertarwe)                 | suikerbiet                             | vlas (Z)<br>erwt (N)<br>gele mosterd<br>(gb sep 93)          |
| 1994 | aardappel  | suikerbiet                                | wintertarwe<br>bladrammenas<br>(gb aug 94) | zomergerst                             | cichorei (Z)<br>(wintertarwe)<br>zaaiui (N)<br>(wintertarwe) |
| 1995 | suikerbiet<br>(wintertarwe)                                  | zomergerst                                | zaaiui<br>(wintertarwe Z)                  | vezelvlas<br>(graszaad)                | wintertarwe  |
| 1996 | wintertarwe<br>(veldbeemd)                                   | aardappel                                 | wintertarwe (Z)<br>zomergerst (N)          | graszaad, braak* (Z)<br>zomergerst (N) | aardappel  |

Opmerkingen bij tabel 2.1:

- (Z) betekent zuidzijde perceel, (N) noordzijde perceel. Indien er geen (Z)- of (N)-aanduiding toegevoegd is geldt de teelt voor het gehele perceel.
- Teelten tussen haakjes betreft teelten, ingezaaid in het najaar na de oogst van de eigenlijke teelt van het groeiseizoen.
- (gb) betekent groenbemester. Zaaidatum: aug-sep. Onderploegen in oktober.
- Wintertarwe gezaaid in najaar na oogst voorvrucht.
- Graszaad: wordt gezaaid onder de dekvrucht, na oogst dekvrucht bodembedekking volledig, onderploegen eind september van het daarop volgende jaar.
- \* Braak: braaklegging alleen op de kopakker.

### 2.4 Meetapparatuur

De meetstuw in de kavelsloot is een geprefabriceerde aluminium V-vormige lange overlaat in een houten damwand. Het is een type dat vooral geschikt is om bij lage afvoeren een nauwkeurig debiet vast te stellen (Dommerholt en Van Ieperen, 1987). De stuw is geleverd door de afdeling Waterhuishouding van de Landbouwuniversiteit Wageningen en geplaatst in samenwerking met het waterschap Noord- en Zuid-Beveland (nu: waterschap Zeeuwse Eilanden). Er treedt geen lekkage op langs of door de damwand. Het gehele seizoen heeft de meetstuw een volkomen, vrije overlaat. De meetstuw is in het laboratorium onder verschillende condities geijkt. Er is een relatie bepaald tussen de overstorthoogte (h) en het afgevoerde debiet (Q), de zogenaamde Q-h-relatie. De overstorthoogte is

de waterstand boven de kruin van de meetstuw, gemeten op enige meters bovenstrooms van de meetstuw. Er zijn in het laboratorium Q-h-relaties vastgesteld bij verschillende breedtes en lengtes van de aanvoergoot, bij horizontale ophanging, onder afwijkende hoeken en bij combinaties daarvan. Door handwaarnemingen is de Q-h-relatie van de stuw in het veld gecontroleerd. De combinatie van laboratorium-ijsking en veldwaarnemingen geeft de uiteindelijke Q-h-relatie waarmee de afvoer wordt berekend. Deze staat in figuur 3.5.

Op enkele meters van de meetstuw is een 'stilling well' opgesteld. Deze bestaat uit een verticale buis die aan de onderzijde gesloten is en aan de bovenkant open. Het water in de buis is door middel van een slang verbonden met het water in de watergang (communicerende vaten). Er hangt een vlotter in de stilling well. Een recorder slaat elke 15 minuten de meetwaarde op van de vlotterhoogte. De meetmethode voor het slootdebiet is uitgewerkt in paragraaf 3.4.

Op perceel 4Z (zuid) van het proefgebied is de installatie opgesteld waarmee het debiet en de samenstelling van het verzamelde drainwater van perceel 4Z worden bepaald (Groen en Dekkers, 1990). Bijlage 1 geeft een overzicht van de meetopstelling. Gemeten vanaf de scheiding tussen de percelen 3Z en 4Z zijn 4 van de 9 drainagebuizen, te weten de 2<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup>, 6<sup>e</sup> en 8<sup>e</sup> drainbuis, door middel van een verzamelbuis van PVC verbonden. Deze buizen zijn gekozen om randeffecten van de percelen 3Z en 5Z zoveel mogelijk te voorkomen. Een ander argument om de buizen om en om aan te sluiten is dat zo vrijwel al het water afkomstig van de gehele breedte van het perceel gemeten en bemonsterd wordt. Het afwaterend oppervlak op de installatie is 1,32 ha (4 x 12 x 275 m<sup>2</sup>). De verzamelbuis ligt onder afschot beneden het uitstroomniveau van de drains op de bodem van de watergang en mondt uit in een verzamelbak die in de bodem van de watergang is ingegraven. De verzamelbak heeft een volume van 0,237 m<sup>3</sup>. De metingen en regeling van de opstelling worden aangestuurd door een datalogger in de meetkast. Wanneer de bak volgestroomd is, stuurt vlottercontact 1 een signaal naar de datalogger. De afsluiter wordt gesloten en er wordt een monster genomen en naar de monstercarroussel gepompt. Dan wordt de verzamelbak leeggepompt. Wanneer de bak leeg is, stuurt vlottercontact 2 een signaal naar de logger. De pomp stopt en de afsluiter gaat weer open, zodat de bak zich weer kan vullen. In het geheugen van de logger worden het tijdstip van monsternamen en het debiet opgeslagen. De monstercarroussel, merk Edmund Bühler, type PB-MOS, heeft een inhoud van 24 glazen literflessen. Elk monster is opgebouwd uit zes deelmonsters van een zesde liter. De flessen in de carroussel staan donker en worden niet gekoeld. De monsters hebben een verblijftijd van een dag tot maximaal een week in de carroussel, in periodes met hoge afvoer maximaal 4 dagen. Tweemaal in de week, of bij lage afvoeren eenmaal per week, wordt het geheugen van de datalogger uitgelezen en worden de monsterflessen uit de carroussel genomen, in glazen literflessen verzameld en in de koelkast geplaatst. Wekelijks worden de monsters door het Laboratorium voor de Zeeuwse Waterschappen opgehaald en geanalyseerd. De meeste monsters zijn binnen 7 dagen na monsternamen in het bezit van het laboratorium. Alle analyses zijn volgens NEN-normen uitgevoerd.

Bij de meetstuw in de kavelsloot staat een opstelling waarmee automatisch monsters van het oppervlaktewater worden genomen. Er staat een monstercarroussel type PB-MOS met 24 glazen literflessen. De aansturing vindt plaats vanuit de meetopstelling bij de drains, zodat monsternamen van het sloot- en drainwater telkens gelijktijdig plaatsvinden. De monsters van het oppervlaktewater worden uit het midden van de watergang genomen, vlak beneden het wateroppervlak. De geïnstalleerde meetapparatuur maakt het mogelijk om zowel het drainwater als het slootwater *debietsproportioneel* te bemonsteren en te mengen (Groen en Dekkers, 1990). Deze bemonsteringsmethode levert de basis de berekening van de stofvrachten van drain- en slootwater.

Op de vier hoekpunten van het proefgebied zijn vier diepe en vier ondiepe peilbuizen geplaatst. Verder zijn er twee raaien van ondiepe peilbuizen geplaatst evenwijdig aan de watergang (oost-west, genummerd P1 t/m P7) en loodrecht op de watergang (zuid-noord, genummerd L1 t/m L5). In bijlage 2 is de locatie van alle peilbuizen aangegeven. De diepe peilbuizen hebben een filter op 6-7 m beneden maaiveld, de ondiepe buizen op 1-2 m beneden maaiveld. De stijghoogten in de buizen zijn tweemaal per maand met de hand opgenomen. In het meetseizoen 1994-1995 is op twee tijdstippen de samenstelling van het diepe en ondiepe grondwater bepaald. In de periode van 8-02-1995 t/m 10-02-1995 (2 dagen) is diepe peilbuis nr. D2 voorzien van een automatische drukopnemer. De stijghoogte is in een periode van 2 dagen nauwkeurig bepaald met een interval van 1,5 minuut. Deze waarnemingenreeks geeft inzicht in de invloed van de getijdewerking van de Oosterschelde op het diepe grondwater onder het perceel.

### 3. Waterhuishouding

#### 3.1 Algemeen

De waterhuishouding in de omgeving van het proefgebied wordt gekenmerkt door een polderstelsel met krekensloten en drainagebuizen. Er kan lokaal kwel optreden van diep grondwater vanuit de Oosterschelde, dat brak tot zout van samenstelling is. De krekensloten af via gemalen op de Oosterschelde. De kreek aan de noordzijde van het huiskavel van proefboerderij Rusthoeve watert af naar het gemaal De Valle in Colijnsplaat. Het zomerpeil van deze kreek is -0,7 m+NAP, het winterpeil -1,0 m+NAP. Ter hoogte van de locaties waar de grondwaterstanden continu worden gemeten (paragraaf 3.3) ligt het maaiveld op ongeveer 0,85 m+NAP. De drooglegging van de noordzijde van het huiskavel van proefboerderij Rusthoeve is in de winter ongeveer 2 m, in de zomer 1,6 m. Aan de zijde van de Noordlangeweg is de drooglegging 's winters 1,3 m (paragraaf 2.1).

Het 'diepe' grondwater onder het huiskavel is zout. Hierboven bevindt zich een lens van zoet freatisch grondwater van wisselende dikte. De diepte waarop de overgang in de samenstelling van het grondwater van zoet naar brak of zout gevonden kan worden varieert onder het huiskavel. De dikte van de zone met zoet water is naar verwachting plaatselijk maximaal 10-20 m, gemiddeld een paar m. Onder het proefgebied wordt op een diepte variërend van 2-3 m tot 6-7 m zoet water gevonden. De doorlatendheid van de bodemlagen en de aanwezigheid van (brakke tot zoute) kwel bepalen in belangrijke mate de dikte van de grondwaterzone met zoet water. Naarmate het bovenste gedeelte van het bodemprofiel zandiger is en/of hoger ligt in het landschap zal de zoetwaterbel dikker zijn, naarmate de kwel intensiever is dunner. Een zandig profiel is beter doorlatend dan een zavel- of kleiprofiel (overgang zand-zavel-klei). Hierdoor zal de grondwaterstroming in de ondergrond ten gevolge van het neerslagoverschot in een zandige bodem over een grotere afstand vertikaal zijn in een situatie met ontwateringsmiddelen in vergelijking met een zavel- of kleiprofiel. Verwacht wordt dat de zoetwaterbel onder de voormalige stroomruggen dikker is en dieper reikt dan onder of in de directe nabijheid van (opgepulde) geulen.

De ontwatering op het huiskavel geschiedt door middel van drainbuizen (bijlagen 1 en 8), kavelsloten en de kreek aan de noordzijde. De meeste drainbuizen liggen onder een verhang van 1:1000, zijn ongeveer 275 m lang en de drainafstand is 12 m. Onder perceel 1 en een groot deel van perceel 6Z liggen de drains in noordwest-zuidoost richting, de andere buizen liggen in noord-oost-zuidwest richting. Bij de monding van de drainbuizen in de kavelsloten is de draandiepte ongeveer 1,2 m-m.v. Dit betekent dat de draandiepte varieert tussen 1,2 en 0,95 m-m.v., en gemiddeld 1,0-1,1 m-m.v. is. De verticale afstand tussen de monding van de drainbuizen en de bodem van de kavelsloten is meer dan 0,3 m. De sloten zijn dus ruim dieper dan de diepteligging van de drainbuizen. De monding van de drainbuizen ligt 's winters 0,6 tot 0,7 m boven het kreekpeil en 's zomers 0,2 tot 0,3 m erboven. Het waterpeil van de kreek ligt dus ruim lager dan de draandiepte.

Tijdens de meetperiode is een damwand met meetstuw in de kavelsloten geplaatst. Door de ingestelde kruinhoogte wordt het waterpeil in de sloot gestuurd waardoor mondingen van sommige drainbuizen beneden slootpeil uitkomen. De drainage wordt naar verwachting slechts in beperkte mate geremd: in Van der Neut *et al.* (1995) wordt dit aspect bestudeerd. Aangezien de drainbuizen onder een helling liggen zal maar een deel van de drainbuis vol staan met water. De feitelijke ontwateringsbasis van de percelen verandert hierdoor nauwelijks.

De freatische grondwaterstanden bewegen zich volgens Stiboka (1979) 's zomers tussen 1,5 en 2,0 m-m.v., 's winters tussen 0,5 en 0,8 m-m.v. Ze worden sterk beïnvloed door het drainagesysteem. Er is geen kaart met grondwatertrappen gemaakt. De inschatting van de variatie van de grondwaterstand komt overeen met een grondwatertrap (Gt) VI tot VII.

### 3.2 Neerslag en verdamping

De waarden voor de **neerslag** (symbool P) die in dit rapport gebruikt wordt is gemeten op de proefboerderij. Op de proefboerderij wordt met behulp van een weerpaal op een hoogte van 1,5 m+m.v. de neerslag geregistreerd door middel van een regenvanger met een cirkelvormige oppervlakte van 177 cm<sup>2</sup>. Registratie geschiedt op basis van intervallen van 10 minuten. De dagsommen hiervan zijn gesommeerde hoeveelheden tussen 0 en 24 uur. De opstellingshoogte van 1,5 m+m.v. is tot ongeveer eind 40-er, begin 50-er jaren de KNMI-standaard geweest. De regenmeter op de weerpaal wordt elk jaar geijkt.

In de omgeving van de proefboerderij zijn 3 KNMI-stations gelegen, te weten Stavenisse (station nr. 741), Kortgene (station nr. 755) en Wilhelminadorp (station nr. 749). De neerslagwaarnemingen op deze stations zijn verricht met standaard regenmeters met een oppervlakte van 200 cm<sup>2</sup> op een hoogte van 0,4 m+m.v. Deze metingen zijn dagsommen van 8 tot 8 uur en zijn met name gebruikt voor de periode voorafgaand aan de meetcampagne ter bepaling van het globale jaarlijkse neerslagoverschot. De ontbrekende waarden in de lokale meetreeks van de proefboerderij zijn op dagbasis aangevuld met KNMI-waarnemingen van station Wilhelminadorp (station nr. 749). Hierbij is rekening gehouden met de verschillen in opstellingshoogte en verschillen, voortkomend uit de ligging van de meetlocaties.

Zoals vermeld is de opstellingshoogte van de standaard regenmeters van de KNMI-stations van 0,4 m+m.v. niet gelijk aan die van de regenmeter van de weerpaal van de proefboerderij die op 1,5 m+m.v. staat opgesteld. Als hierdoor verschillen in de waarnemingen ontstaan, met name veroorzaakt door het zogenaamde windeffect, moet er een correctie plaatsvinden voordat de reeksen uitwisselbaar zijn.

In Braak (1945), Neff (1977), Dekker (1979), Buishand en Velds (1980), Wolters (1996) en Van den Eertwegh en Meinardi (1999) zijn gegevens te vinden over verschillen in waargenomen hoeveelheden neerslag als functie van de waarnemingshoogte. De systematische fout in de regenwaarneming ontstaat door het windeffect. Door de regenmeter zelf, als ook door de omgeving van de meetlocatie, ontstaan wervelingen in de lucht waardoor een gedeelte van de neerslag de trechter van de regenmeter niet bereikt. Het windeffect heeft dus een lagere waarnemingshoeveelheid tot gevolg. Het effect is groter naarmate de massa van de afzonderlijke regendruppels kleiner is en naarmate de regenmeter op een minder beschutte plek staat. De opstelling bij de Rusthoeve is op het huiskavel, meestal in een veld aardappels, en aldus onbeschermt. De omgeving van het kavel is vrijwel vrij van bebouwing en begroeiing (bomen, struiken). De grootste windeffecten zijn te verwachten tijdens hoge windsnelheden zoals tijdens stormen in de winter of tijdens hevige buien in de zomer. In de winter zijn de gemiddelde windsnelheden groter en de druppels kleiner. Zodoende zijn de fouten in het winterhalfjaar groter dan tijdens de zomer (Dekker, 1979). Voor waterbalansberekeningen is het van belang te weten hoeveel neerslag daadwerkelijk het maaiveld bereikt. Aldus zullen de waarnemingen op 1,5 m hoogte en 0,4 m hoogte vergeleken moeten worden met waarnemingen aan maaiveld m.b.v. een zogenaamde grondregenmeter (Braak, 1945). Deze laatste is opgesteld aan maaiveld in het midden van een rooster van ongeveer 1 m<sup>2</sup>, dat inspatten tegengaat.

De studie van Braak (1945) heeft aanleiding gegeven tot het verlagen van de KNMI-standaardhoogte van 1,5 m naar 0,4 m+m.v. Hij heeft de opstellingshoogte van 1,5 m+m.v. vergeleken met die van 0,4 m+m.v. In kustgebieden op onbeschutte plekken vingen regenmeters op 1,5 m hoogte tot 20% minder neerslag dan de standaard regenmeter op 0,4 m+m.v. Een gebrekkige beschutting leverde voor stations in het kustgebied nog altijd verschillen op tussen 6 en 9%. In het binnenland vond hij verschillen van 4% bij goed beschermt opgestelde regenmeters. Neff (1977) vergeleek de waarnemingen op 1,5 m hoogte met die aan maaiveld op 4 locaties in de VS. Hij vond verschillen in waargenomen hoeveelheden tussen 5 en 15%. Dekker (1979) vond op jaarbasis een verschil tussen ruim 3 en 5% tussen een standaard regenmeter en grondregenmeter (deze vangt meer) voor de stations De Bilt, Eibergen en Sleen. In de winter was de afwijking 1 tot 4% groter dan in de zomer. Wolters (1996) vergeleek grondregenmeters met standaard regenmeters en vond percentages van 12% op jaarbasis en 10% in de zomer en 14% in de winter, gemeten in de Flevopolder (periode 1980-1984). Uit regenwaarnemingen te Hupsel (Van den Eertwegh en Meinardi, 1999) is bekend dat een grondregenmeter aan het maaiveld in het winterhalfjaar van oktober tot en met maart bijna 5% meer neerslag vangt en in het zomerhalfjaar 3% meer neerslag vangt dan dezelfde regenmeter op een hoogte van 0,4 m+m.v. (periode 1985-1994). Op basis van het beschikbare cijfermateriaal uit de literatuur wordt aangenomen

dat een grondregenmeter 10% meer vangt dan een regenmeter op 1,5 m+m.v., en 4% meer dan een regenmeter op 0,4 m+m.v.

Naast het effect van de opstellingshoogte kan er ook sprake zijn van ruimtelijke variatie waardoor de waarnemingen te Colijnsplaat structureel anders kunnen zijn dan die van de omliggende 3 KNMI-stations. Dit aspect bemoeilijkt ook de uitwisselbaarheid van de meetreeksen. De langjarig gemiddelde jaarlijkse neerslagsommen over de periode 1961-1990 zijn voor Stavenisse  $793 \text{ mm j}^{-1}$ , voor Kortgene  $752 \text{ mm j}^{-1}$  (meest dichtbij Colijnsplaat gelegen) en voor Wilhelminadorp  $789 \text{ mm j}^{-1}$ . Deze cijfers wijken maximaal 5% van elkaar af. In de periode april 1991 tot en met maart 1996 zijn de gemiddelde jaarsommen voor Stavenisse  $829 \text{ mm j}^{-1}$ , voor Kortgene  $798 \text{ mm j}^{-1}$  en voor Wilhelminadorp  $852 \text{ mm j}^{-1}$ . De metingen op de proefboerderij vertonen fouten en/of ontbrekende waarden in de maanden februari tot en met juli 1995, en in juli en augustus 1996, na vergelijking met de waarnemingen op de andere meetstations.

Om ontbrekende lokale data aan te vullen is de volgende procedure gevolgd. De waarnemingen te Wilhelminadorp zijn gekozen ter potentiële aanvulling van de gegevens te Colijnsplaat. De waarnemingen op dit KNMI-station zijn eerst omgerekend naar waarnemingen aan maaiveld door ze met een factor 1,04 te vermenigvuldigen (+4%). Hetzelfde is gebeurd met de beschikbare en correcte waarnemingen te Colijnsplaat, hier is de vermenigvuldigingsfactor 1,10 (+10%) toegepast. Ter correctie van de ruimtelijke variatie, de regenmeter te Wilhelminadorp vangt immers structureel meer, is de reeks van dit laatste station verlaagd met 5%. Dit betekent dat de neerslagreeks te Wilhelminadorp, gemeten op 0,4 m+m.v., vrijwel ongewijzigd gebruikt kan worden ter vervanging en/of aanvulling van de neerslag aan maaiveld te Colijnsplaat. De ontbrekende en/of foute waarnemingen op de proefboerderij zijn dus vervangen door de waarnemingen te Wilhelminadorp. De aangevulde en verbeterde reeks gemeten neerslag te Colijnsplaat wordt gebruikt voor de waterbalansberekeningen. De jaarsommen voor kalenderjaren staan in tabel 3.2. Omdat voor station Wilhelminadorp gegevens vanaf januari 1990 beschikbaar zijn is dit station gebruikt. De neerslagcijfers in tabel 3.2 zijn omgerekende cijfers (+4%).

De basisgegevens voor de actuele **verdamping** (symbool  $E_a$ ) zijn afkomstig van station Wilhelminadorp (station nr. 323) en Vlissingen (station nr. 310) in de vorm van de dagsom van de referentie-gewasverdamping volgens Makkink (symbool  $E_r$ ). De jaarsommen van de waarnemingen voor KNMI-station Vlissingen zijn 1-2% hoger dan voor Wilhelminadorp. Het kusteffect speelt hierin waarschijnlijk een rol. In de waterbalans komt de actuele verdamping als term voor. De actuele verdamping kan berekend worden door in eerste instantie de Makkink-verdamping te vermenigvuldigen met gewasfactoren (symbool  $f_c$ ) op decadebasis. De gebruikte gewasfactoren staan in tabel 3.1. Aldus is de potentiële verdamping berekend (symbool  $E_p$ ). Bij deze verdamping wordt geen onderscheid gemaakt tussen verdamping van interceptiewater, van de bodemverdamping (evaporatie) en door het gewas (transpiratie). De gewasfactoren vertegenwoordigen de som van deze verdampingsvormen. Vervolgens dient de verdampingsreductie berekend dan wel geschat te worden. In het proefgebied (mondelinge mededeling M. Tramper) treden geen grote verdampingsreducties op door de goede vocht-naleverende capaciteit van de bodem (bodemtype Mn35c; zie bijlage 3). De actuele verdamping is daardoor gelijk aan de potentiële verdamping. Op andere plekken op het huiskavel met een meer zandig bodemtype zijn wel reducties mogelijk/waarschijnlijk, juist omdat het maaiveld op deze plekken ook relatief hoog ligt (zandrug; bijv. bodemtype Mn12; zie 2.2). Volgens de HELP-tabellen (Landinrichtingsdienst, 1987) is de langjarig gemiddelde verdampingsreductie voor akkerbouw op zavel bij Gt VI minder dan  $25 \text{ mm j}^{-1}$ . Ook uit Stiboka (1979; bodemkaart in bijlage 3) blijkt dat op het grootste deel van het huiskavel een geringe tot geen verdampingsreductie wordt verwacht. Bij de berekening van de waterbalans wordt ervan uitgegaan dat de actuele verdamping gelijk is aan de potentiële.

**Tabel 3.1:** Gewasfactoren ( $f_c$ ) gebruikt in combinatie met de referentie-gewasverdamping  $E$ , volgens Makkink (CHO-TNO en KNMI, 1988).

| Maand      | 4   |     |     | 5   |     |     | 6   |     |     | 7   |     |     | 8   |     |     | 9   |     |     | 10  |     |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|            | I   | II  | III | I   | II  | III | I   | II  | III | I   | II  | III | I   | II  | III | I   | II  | III | I   |     |
| Gewas      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| aardappel  |     |     |     |     | 0.7 | 0.9 | 1.0 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 0.7 |     |     |     |     |
| suikerbiet |     |     |     | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.8 | 1.0 | 1.0 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.1 |     |     |
| graan      | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.6 |     |     |     |     |     |     |     |
| graszaad   | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| erwt       |     | 0.5 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.0 | 0.8 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| zaaiui     |     | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 0.7 |     |     |     |     |

N.B. kale grond (niet-inge vulde decaden en overige decaden):  $f_c=0,4$ .

groenbemesters:  $f_c=0,6$ .

opkomende wintergewassen:  $f_c=0,4$ .

vlas en olievlas als graan, veldboon als peulvrucht, wintertarwe en zomergest als graan, cichorei als graan.

graszaad in winter, gezaaid onder dekvruucht, als gras:  $f_c=0,9$ .

In tabel 3.2 staan de jaarsommen voor de neerslag en actuele verdamping aangegeven per perceel per kalenderjaar. De waterbalansen worden in paragraaf 3.6 besproken. De gemiddelde potentiële verdamping voor alle percelen voor de periode 1990-1995 is  $490 \text{ mm j}^{-1}$ . Het verschil in de potentiële verdamping van de percelen varieert tussen  $60$  en  $180 \text{ mm j}^{-1}$ . De variatie van het verschil in de tijd is vrijwel net zo groot en bedraagt  $65$  tot  $165 \text{ mm j}^{-1}$ . Het gemiddelde neerslagoverschot van de percelen voor de periode 1990-1995 ligt tussen  $350$  en  $400 \text{ mm j}^{-1}$ . Dit zal ongeveer gelijk zijn aan de langjarig gemiddelde totale afvoer naar de ontwateringsmiddelen (drains, sloot, kreek). Er is een dempende factor te verwachten die tot gevolg heeft dat de totale afvoer in de tijd minder varieert dan hier geschetst, te weten de berging van water in de bodem. Een eventueel optredende verdampingsreductie vergroot het neerslagoverschot in de zomer. De variatie in het neerslagoverschot voor de periode 1990-1995 per jaar tussen de percelen is  $170$  tot  $330 \text{ mm j}^{-1}$ , de het maximale verschil tussen de percelen in deze periode is  $160$  tot  $515 \text{ mm j}^{-1}$ . De variatie in de tijd bedraagt  $120$  tot  $450 \text{ mm j}^{-1}$ .

**Tabel 3.2:** Neerslag en geschatte actuele verdamping per perceel per kalenderjaar voor proefboerderij de Rusthoeve. Getallen afgerond op 5 mm. Neerslagcijfers en  $E_r$  volgens Makkink afkomstig van KNMI-station Wilhelminadorp (nr. 749). Aanname:  $E_a = E_p$ . 2N betekent perceel 2 aan de noordzijde, 4Z perceel 4 aan zuidzijde etc.

| Jaar             | P [mm j <sup>-1</sup> ] | E <sub>r</sub> [mm j <sup>-1</sup> ] | E <sub>p</sub> [mm j <sup>-1</sup> ] |            |            |            |            |
|------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
|                  | alle percelen           | alle percelen                        | 2N                                   | 3Z         | 4Z         | 5Z         | 6Z         |
| 1990             | 770                     | 655*                                 | 435                                  | 510        | 555        | 430        | 610        |
| 1991             | 770                     | 585                                  | 490                                  | 425        | 470        | 425        | 455        |
| 1992             | 890                     | 605                                  | 590                                  | 470        | 510        | 480        | 510        |
| 1993             | 975                     | 590                                  | 540                                  | 490        | 460        | 460        | 515        |
| 1994             | 950                     | 610                                  | 500                                  | 500        | 520        | 470        | 445        |
| 1995             | 865                     | 645                                  | 525                                  | 480        | 465        | 565        | 480        |
| 1996**           | 185                     | 305                                  | 285                                  | 220        | 285        | 300        | 220        |
| <b>1990-1995</b> | <b>870</b>              | <b>615</b>                           | <b>515</b>                           | <b>480</b> | <b>495</b> | <b>470</b> | <b>505</b> |

\*: Vlissingen maal factor 0,986.

\*\* : periode januari tot en met juni 1996.

### 3.3 Bodemvochtgehalten

Het is van belang voor de waterbalans en de kennis van het lokale hydrologisch systeem om te weten hoe de berging van water in de bodem en grondwaterstanden reageren op het neerslagoverschot. De berging van water in de bovenste 1 m van de bodem is te berekenen aan de hand van bodemvochtmetingen met behulp van vochtsensoren volgens het TDR-principe (Time Domain Reflectometry; Topp *et al.*, 1980; Dirksen en Dasberg, 1993; De Vos, 1997). De gebruikte vochtsensoren hebben twee metalen pinnen van 10 cm lengte op een onderlinge afstand van 0,015 m. Er zijn in oktober 1994 op twee locaties binnen een oppervlak van 1 m<sup>2</sup> tien sensoren ingegraven, te weten op perceel 4Z op een afstand van 60 m en 250 m van de kavelsloot verwijderd, nabij de perceelscheiding 4Z-5Z (bijlage 1). De sensoren zijn per locatie per diepte in duplo als volgt geplaatst:

- horizontaal op diepte 0,1 en 0,2 m-m.v.
- verticaal op diepte 0,35-0,45, 0,50-0,60 en 0,85-0,95 m-m.v.

Ter berekening van de bodemvochtgehalten uit de gemeten di-electrische constante is de standaard-curve van Topp *et al.* (1980) gebruikt. De onderlinge afstand tussen twee sensoren op dezelfde diepte is 0,3 m. Begin november 1994 zijn op de 250 m locatie nog vier extra sensoren in duplo geplaatst op 0,1 en 0,2 m-m.v. om de effecten van ploegen op de ondiepe vochtthuishouding in de bodem enigszins te meten. De eerste bodemvochtmetingen zijn gedaan op 7-10-1994. Om de voorgeschiedenis van deze meting mee te kunnen nemen zijn bodemvochtcijfers gebruikt uit Droogers en Bouma (1996) die op perceel 5 gemeten zijn op vier verschillende locaties verspreid over het perceel op vier verschillende dieptes. Deze metingen omvatten de periode mei-november 1994. De zelf verrichte metingen zijn onregelmatig in de tijd uitgevoerd. In de periode juli 1994 tot en met juni 1995 zijn op 15 dagen metingen verricht op perceel 5Z en op 15 dagen op perceel 4Z. Er is op drie overlappende dagen gemeten. Het verschil in gemeten berging op de percelen 4Z en 5Z op deze drie dagen is kleiner dan 10 mm. In de periode juli 1995 tot en met juni 1996 zijn op 17 dagen metingen verricht op alleen perceel 4Z.

De verandering van de berging van water in de bodem zit als term in de waterbalans voor perceel 4Z en het varigebied van de kavelsloot. Deze bergingsverandering is te berekenen aan de hand van de bodemvocht- en grondwaterstandsmetingen. Gekozen is de bergingsverandering te berekenen

voor de zone tussen maaiveld en voorbij de diepste grondwaterstand in de meetperiode. De laagste grondwaterstand gemeten te locatie L3 (bijlage 2) is 1,92 m-m.v., te L5 (bijlage 2) 1,93 m-m.v. Een en ander betekent dat de berging voor de bodemlaag tussen 0 en 2 m-m.v. berekend wordt. Het niveau van 2 m-m.v. is de onderkant van het bodemvolume waarover de waterbalans wordt opgesteld. Het gedeelte van de berging tussen 0 en 1 m-m.v. is berekend aan de hand van de bodemvochtmetingen. Het gedeelte tussen 1 en 2 m-m.v. is berekend door tussen het niveau van 1 m-m.v. en grondwaterstand het vochtgehalte lineair te interpoleren tussen de metingen op 0,85-0,95 m-m.v. en 42 volume % (vol. %), zijnde het geschatte verzadigd vochtgehalte ter hoogte van en beneden de grondwaterstand. Hierbij dient dan nog het gedeelte van de berging tussen grondwaterstand en 2 m-m.v. opgeteld te worden.

### **Resultaten**

Enige statistische gegevens over de gemeten bodemvochtgehalten per sensor zijn samengevat in tabel 3.3. Te zien is dat hoe dieper de bemeeten bodemlaag ligt, hoe geringer de variatie in het bodemvochtgehalte wordt. De variatie op dezelfde diepte neemt af naarmate het natter wordt. Zoals verwacht wordt bovenin het profiel de bodem het meest droog. Elke bodemlaag heeft ongeveer hetzelfde maximum bodemvochtgehalte, dit hoeft echter niet te betekenen dat de porositeit overal hetzelfde is. Het effect van het ploegen uit zich in een gemiddeld drogere bovenlaag en een grotere variatie in het bodemvochtgehalte.



**Tabel 3.3:** Statistisch overzicht van de bodemvochtmetingen. Mediane waarden zijn vrijwel identiek aan de getoonde rekenkundig gemiddelde waarden.

| locatie: 60 en 250 m |           | bodemvochtgehalte [vol.%] |       |              |
|----------------------|-----------|---------------------------|-------|--------------|
| diepte [m]           | gemiddeld | std                       | min   | max          |
| 0,1 (H*)             | 27-35     | 2,2-3,4 (6.6**)           | 15-30 | 37-39 (34**) |
| 0,2 (H)              | 35-38     | 1,0-2,1                   | 25-35 | 38-40        |
| 0,35-0,45 (V*)       | 35-40     | 0,6-1,8                   | 30-35 | 38-41        |
| 0,50-0,60 (V)        | 30-40     | 0,7-1,4                   | 27-36 | 39-41 (34**) |
| 0,85-0,95 (V)        | 37-42     | 0,1-0,5                   | 35-40 | 39-41        |

| locatie: 250 m, geploegd |           | bodemvochtgehalte [vol.%] |       |       |
|--------------------------|-----------|---------------------------|-------|-------|
| diepte [m]               | gemiddeld | std                       | min   | max   |
| 0,1 (H)                  | 17-25     | 6,0-6,8                   | 8-10  | 32-41 |
| 0,2 (H)                  | 33        | 1,8-2,0                   | 25-30 | 36-37 |

N.B.

- H\* plaatsing horizontaal in de bodem
- V\* plaatsing verticaal in de bodem
- \*\* één sensor heeft een afwijkende waarde
- aantal verrichte metingen: 29 tot 32

De berging in de bodemlaag tussen 0 en 2 m-m.v. is bij de start van de metingen op 7-10-1994 ruim 760 mm. Deze waarde sluit goed aan bij de metingen op perceel 5Z in 1994 van Droogers (Droogers en Bouma, 1996), op basis waarvan voor perceel 5Z op dat moment een berging van 770 mm berekend kan worden. De laagste berekende berging is 730 mm (23-8-1995), de hoogste 775 mm (22-2-1995). Op basis van Droogers en Bouma (1996) kan voor perceel 5Z in 1994 een minimum van 660 en maximum van 770 mm berekend worden. In beide gevallen zijn de bodemvochtgehalten onregelmatig in de tijd gemeten. Hierdoor is de kans groot dat natte omstandigheden zijn gemist. Droge omstandigheden zitten waarschijnlijk wel in de meetreeks omdat deze tot stand komen tijdens een stabiele, droge periode. Het lijkt er aldus op dat de mogelijke bergingsverandering tussen 0 en 2 m-m.v. voor perceel 5 groter is dan voor perceel 4. Het bodemprofiel van perceel 4 droogt minder ver uit. Dit is globaal in overeenstemming met het feit dat de voormalige geul met fijner sediment is opgevuld en zich met name bevindt op perceel 4. Daarnaast bevindt zich een deel van een lob met een ondergrond van zeer lichte zavel en/of kleilig fijn zand beginnend ondieper dan 0,5 m-m.v. (bijlage 3) op perceel 5Z, en niet op perceel 4Z. Hierdoor is het op een deel van perceel 5Z mogelijk droger. Een van de meetlocaties van Droogers lag in deze zone. Verder toont de berekende berging dat de variatie ervan gedurende het groeiseizoen van 1994 groter is dan van 1995 en 1996. De grondwaterstanden gemeten in 1994 dalen tot bijna 2 m-m.v., in 1995 tot 1,3 m-m.v. en liggen in 1996 in eind augustus op een diepte van ruim 1,5 m-m.v.

### 3.4 Grondwaterstanden

De grondwaterstanden zijn gemeten in een raai peilbuizen parallel aan de drainbuizen, op ongeveer 1 m afstand van het midden tussen twee drainbuizen. De metingen hebben niet exact midden tussen twee drains in plaatsgevonden vanwege redenen van bedrijfsvoering. Daarnaast is periodiek een raai peilbuizen gezet parallel aan de sloot op een afstand van 25 m van de sloot. De raai parallel aan de drainbuizen is op twee locaties voorzien van recorders, die via een vlotterstelsel de grondwaterstand per 15 minuten automatisch geregistreerd hebben. De recorders stonden op locaties van 25 m ('R1', op locatie peilbuis L3) resp. 100 m ('R2'; op locatie peilbuis L5) van de sloot verwijderd (kaart: zie bijlage 2). Met behulp van handwaarnemingen in de peilbuizen zijn de ruwe recordergegevens indien nodig gecorrigeerd. De grondwaterstanden in alle andere peilbuizen zijn in de tijd onregelmatig bemeten. De hoogten van de referentiepunten van de peilbuizen en recorders t.o.v. NAP, alsmede het maaiveld ter plekke, zijn ingemeten door de provincie Zeeland. De waarnemingen zijn met behulp van waterpasgegevens van de provincie Zeeland omgerekend naar de eenheid m-m.v. of m+NAP. Opgemerkt dient wel te worden dat voor en na ploegen de maaiveldhoogte lokaal op kleine schaal verandert. De hier gebruikte maaiveldhoogte dient dan ook als globaal gemiddelde gezien te worden. Op de 4 hoekpunten (zogenaamde O- en D-raai; kaart bijlage 2) van het proefgebied zijn ook handmatig grondwaterstanden gemeten, zowel in ondiepe filters in het freatisch pakket als met diepe filters onder de deklaag in de zandige aquifer. Aan het einde van deze paragraaf worden deze metingen toegelicht en uitgewerkt.

De handmetingen van de grondwaterstanden geven weinig informatie over een eventuele opbolling tussen de drainbuizen of tussen de sloot en de kreek. De reden hiervoor is dat (toevallig) op vrijwel geen enkel nat moment handmetingen zijn verricht. Er wordt echter wel verwacht dat er een opbolling tussen de drains optreedt, en deze is ook gemeten met de recorders. Eind december 1994 bijvoorbeeld is een opbolling van 0,7 tot 0,8 m boven het niveau van de drainbuizen gemeten. Of de grondwaterstand nabij de drainbuizen ter hoogte van de drainbuizen blijft en daarbij de drainbuizen niet verdrinken is niet gemeten en dus onbekend.

De recorderwaarnemingen van de grondwaterstanden zijn gestart in juli 1994 en beëindigd eind augustus 1996. De 15 min. waarnemingen zijn omgewerkt naar dagcijfers (0-24 uur) als rekenkundig daggemiddelden, -minima en -maxima. In de figuren 3.1 tot en met 3.4 zijn de dagcijfers te zien (min.- en max.-waarden niet in grafiek wegens geringe verschillen). De drainage werkt goed omdat na veel neerslag de grondwaterstanden slechts korte tijd hoog zijn en snel dalen tot op drainbuisniveau. Dit is goed te zien in december 1994. De grondwaterstanden reageren 's winters snel op neerslagoverschotten, waarschijnlijk vanwege een (bijna) volle berging in de bodem. Wat ook te zien is dat in de winter, enige dagen nadat neerslag is opgehouden, de grondwaterstanden op of net onder het niveau van de drainbuizen liggen. Dit kan betekenen dat op dat moment de drainafvoer zeer gering of nul wordt, of echter het afvoerproces stopt is de vraag. De dieper dan de drainbuizen gelegen sloot en ook de kreek kunnen (en zullen) het perceel actief blijven ontwateren.

De grondwaterstanden reageren 's zomers nauwelijks op (dagelijkse) neerslaggebeurtenissen van een bepaalde intensiteit. Het niet of nauwelijks reageren van de grondwaterstanden betekent dat er een aanvulling plaatsvindt van het water in de onverzadigde zone. Er vindt geen percolatie van bodemwater naar de verzadigde zone plaats, of de aanvulling van het water in de onverzadigde zone is gelijk aan de percolatie naar het grondwater, die op haar beurt weer gelijk is aan de (geringe) basisafvoer naar de kreek. Als er wel (enige) reactie van de grondwaterstand waargenomen is kan dit twee dingen betekenen:

1. de berging in de bodem is bijna vol; een flinke bui zorgt voor overschrijding van de bergingscapaciteit van de onverzadigde zone, de grondwaterstand stijgt en het afvoerproces komt eventueel op gang;
2. de berging in de bodem is vrij leeg; een flinke bui zorgt voor een stijging van de grondwaterstand en eventueel het op gang komen van het afvoerproces, terwijl de bergingscapaciteit van de bodem nog (lang) niet opgevuld is.

Het onder punt 2 geschetste proces kan duiden op preferent transport van water in de onverzadigde zone. Dit kan veroorzaakt worden door de vorming van krimpscheuren in de zavel-kleigrond onder

droge omstandigheden. Bovenin het profiel zijn deze scheuren visueel waargenomen in de zomers van 1995 en 1996, in hoeverre ze echter onderling verbonden zijn en/of hoever ze doorlopen in het bodemprofiel is onbekend. Na analyse van de waterbalans wordt op dit onderwerp teruggekomen.

Verder is te zien dat in de loop van het voorjaar en zomer de grondwaterstanden langzaam maar zeker dalen vanaf drainniveau tot 1,5 à 2 m-m.v. Dit laatste niveau is lager dan het niveau waarop de bodem van de kavelsloot zich bevindt. Een en ander betekent dat de sloot op een gegeven moment droog moet vallen. Deze daling kan veroorzaakt worden door de capillaire opstijging vanwege de verdampingsvraag (herverdeling van vocht) en/of door een drainageproces dat gericht is op de kreek. Het peil van de kreek wordt 's zomers echter 0,4 m opgezet ten opzichte van het winterpeil (van -1,1 m+NAP naar -0,7 m+NAP). Hierdoor kan een situatie ontstaan dat water vanuit de kreek infiltreert en dat het lokale grondwater niet afgevoerd kan worden. Na analyse van de waterbalans wordt hierop teruggekomen. Het feit dat de grondwaterstanden slechts licht dalen in de loop van de zomer duidt mede op de aanwezigheid van kwel. Aan de hand van analyse van chlorideconcentraties in het slootwater zal hier verder op in worden gegaan.

Figuur 3.1: Grondwaterstand recorder R1 (buis L3, op 25 m afstand van de sloot) op dagbasis. Periode 1-7-1994 tot en met 30-6-1996. Grondwaterstand als daggemiddelden.

Figuur 3.2: Grondwaterstand recorder R2 (L5, op 100 m afstand van de sloot) op dagbasis. Periode 1-7-1994 tot en met 30-6-1996. Grondwaterstand als daggemiddelden.

Figuur 3.3: Grondwaterstand op dagbasis, verschil tussen recorders R1 en R2. Periode 1-7-1994 tot en met 30-6-1996. Verschil = R2 - R1.

Figuur 3.4: Grondwaterstand op dagbasis, recorder R1 tegen R2. Periode 1-7-1994 tot en met 30-6-1996.

De meetreeksen van beide recorders vertonen een vergelijkbaar patroon in het verloop van de grondwaterstanden in de tijd. Dit is conform de verwachting. Te zien is in figuur 3.3 dat er sprake is van een opbolling vanaf de sloot in de richting van het midden van het huiskavel, gemeten op 1 tot 2 m afstand van het midden tussen 2 drainbuizen op 25 m (R1) en 100 m (R2). De grondwaterstanden op locatie R2 stijgen eerder, bereiken een hoger niveau en dalen sneller dan de grondwaterstanden gemeten op locatie R1, wanneer de loop van één afvoergebeurtenis gevolgd wordt. Dit betekent waarschijnlijk dat de kavelsloot ook een drainerende werking heeft: afvoer van water kan zowel naar de drainbuizen als naar de kavelsloot direct plaatsvinden, in het laatste geval grotendeels uit een zone naast de sloot. Dit is te verklaren door een viertal factoren:

1. de drainbuizen liggen onder een verhang zodat er altijd een verhang in de grondwaterspiegel aanwezig is richting de kavelsloot, ook nog enige tijd nadat de drainafvoer is gestopt. De grondwaterspiegel heeft een verhang gelijk aan het verhang van de drainbuizen, wanneer deze niet meer afvoeren;
2. er is een zone tussen de drainbuizen nabij de kavelsloot waar directe afvoer naar de sloot plaatsvindt omdat het neerslagoverschot de drainbuizen niet bereikt, maar al eerder in de sloot terechtkomt;
3. de sloot snijdt dieper in het Holocene pakket in en heeft daardoor een grotere ontwateringsdiepte dan de drainbuizen bij vrije afvoer. Plaatsing van de meetstuw heeft echter het effect hiervan gereduceerd in de meetperiode;
4. omdat de bodemprofielen op het huiskavel zandiger worden met toenemende diepte (aflopend profiel), wordt de doorlatendheid groter met toenemende diepte. Deze toename is bevorderlijk voor het afvoerproces direct naar de sloot en naar de kreek.

De analyse van de waterbalansen zal hierover meer duidelijkheid scheppen (afvoercomponenten).

De lokale grondwaterstroming is relevant voor de karakterisering van de hydrologie van het proefgebied. Meer specifiek kan een analyse ervan leiden tot bepaling van de kwel- en wegzijgingssituatie binnen het proefgebied. Ook kan analyse van de stroming uitsluitsel geven over de verdeling van de afvoer in afvoercomponenten. De stroming van het lokale grondwater wordt bekeken aan de hand

van freatische grondwaterstanden en stijghoogten van het grondwater onder de deklaag (fijn tot matig fijn zand; eerste watervoerend pakket). Op de 4 hoekpunten van de rechthoek beschreven door de buitengrenzen van het proefgebied zijn peilbuizen geplaatst (bijlage 2). Op elk hoekpunt staan 2 peilbuizen, met een filterdiepte van 1,1 tot 2,1 m-m.v. (ondiep; filters met O-aanduiding), respectievelijk 6,7 tot 7,7 m-m.v. (diep; filters met D-aanduiding). De peillocaties worden aangeduid met het cijfer x, waarbij x de locatie is. De peilbuizen O1 en D1 en O4 en D4 liggen ongeveer 10 m verwijderd van de kavelsloot, de buizen O2 en D2 en O3 en D3 liggen in het midden van het kavel op 275 -280 m afstand van de kavelsloot. De afstanden tussen 2 drainbuizen is regelmatig en bedraagt 12 m. Alle percelen zijn even breed, nl. 108 m.

Indien de freatische grondwaterstanden gemeten op de genoemde locaties onderling vergeleken worden ter analyse van de freatische grondwaterstroming, moeten de freatische peilbuizen alle op gelijke afstand ten opzichte van de 2 nabijge drainbuizen liggen. Indien dit niet het geval is zal door de optredende opbolling van de grondwaterstand tussen de drainbuizen een verschil in de freatische grondwaterstand geconstateerd worden die het gevolg is van een andere positie van de peilbuis ten opzichte van de drainbuizen. In theorie liggen de peilbuislocaties ten opzichte van de ligging van de drainbuizen op dezelfde plek en zijn ze daarmee onderling vergelijkbaar (regelmatige drainafstand en konstante breedte percelen). In de praktijk kunnen afwijkingen zijn opgetreden tijdens de plaatsing van de peilbuizen. Daarnaast kan door de wellicht niet-regelmatige werking van de drainbuizen de opbolling tussen 2 drainbuizen bij afvoersituaties niet overal hetzelfde zijn. Kortom, een vergelijking van de freatische grondwaterstanden gemeten op alle 4 locaties is in principe mogelijk ter analyse van de ondiepe grondwaterstroming, maar zal behept zijn met enige onnauwkeurigheden in het geval van de vergelijking van metingen te locaties 1 en 4 enerzijds en 2 en 3 anderzijds. Een vergelijking van de stijghoogten van het grondwater in het eerste watervoerend pakket heeft minder last van de ligging van de peilbuizen t.o.v. de drainbuizen.

De waterstanden zijn normaal gesproken 1 maal per 2 weken handmatig opgenomen. De waarnemingen zijn gestart in augustus 1994 en duurden tot juni 1997. Of er sprake is van kwel of wegzijging wordt in eerste instantie onderzocht door per locatie het verschil ( $\Delta h$ ) tussen de freatische grondwaterstand en de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket te berekenen. Een getalsmatig voorbeeld van berekening van de kwel- en wegzijgingsflux luidt als volgt. Indien de hydraulische weerstand (c-waarde) van de ondergrond 300 dagen bedraagt, heeft een stijghoogteverschil ( $\Delta h$ ) van 0,1 m een flux van ruim 0,3 mm d<sup>-1</sup> tot gevolg. De horizontale component van de grondwaterstroming wordt onderzocht door ondiepe en respectievelijk diepe stijghoogten met elkaar te vergelijken, gemeten op alle locaties. Gradiënten in de stijghoogte kunnen aldus een grondwaterstroming veroorzaken, maar het hangt sterk af van de doorlatendheid of weerstand van het doorstroomde pakket of er daadwerkelijk sprake is van stroming.

De gemeten freatische grondwaterstanden laten bij alle locaties een seizoensfluctuatie zien. In de winter treden pieken op, in de zomer dalen. De stijghoogte op alle locaties volgt dit patroon in de tijd, zij het gedempt (geringere amplitude). Op locatie 1 is een seizoensvariatie zichtbaar in het stijghoogteverschil. In de winter is de freatische grondwaterstand hoger dan de stijghoogte van het grondwater in de aquifer (overdruk;  $\Delta h=0$  tot 0,25 m). In de zomer treedt de omgekeerde situatie op (onderdruk;  $\Delta h=0$  tot -0,5 m). Vanaf eind augustus 1994, de start van de metingen, treedt overdruk op. In 1995 is er sprake van een onderdruk-situatie tussen juni en augustus. In 1996 duurt de periode van onderdruk van april tot en met september. Op locatie 4 is een dergelijke situatie herkenbaar. Er treedt 's winters een situatie van overdruk op ( $\Delta h=0$  tot 0,5 m), 's zomers van onderdruk ( $\Delta h=0$  tot -0,1 m). In 1994 treedt er sprake van onderdruk tussen eind augustus en begin september. In juni tot en met augustus 1995 is ook sprake van een situatie met onderdruk, net als in augustus en september 1996. Op locatie 2 treedt onderdruk op in de zomer ( $\Delta h=0$  tot -0,2 m), in de winter overdruk ( $\Delta h=0$  tot 0,4 m). Hetzelfde geldt voor locatie 3.

Zoals reeds opgemerkt zijn stijghoogte-gradiënten als zodanig geen garantie voor het optreden van een stroming, omdat de doorlatendheid van het poreuze medium hierin een rol speelt. De deklaag van zavel en klei heeft een doorlatendheid van de orde van grootte van 1 tot 10 cm d<sup>-1</sup> (Droogers, 1997). Hierdoor zal er niet echt sprake zijn van een grondwaterstroming in de deklaag. De stroming blijft beperkt tot de zandige aquifer, met een geschatte doorlatendheid van 10 m d<sup>-1</sup>. In de deklaag vindt wel verticaal watertransport plaats.

De grondwaterstroming is niet gemakkelijk te beschrijven en te analyseren. De nabijgelegen Oosterschelde met een hoger waterpeil dan het polderpeil of grondwater ter plekke van de boerderij wordt verwacht een diepe grondwaterstroming op gang te brengen die van de Oosterschelde af gericht is. De lokale grondwaterstroming wordt beïnvloed en bepaald door de:

1. de waterstand in de Oosterschelde (fluctuatie rond NAP);
2. het peil in de kreek (winter: -1,1 m+NAP; zomer: -0,7 m+NAP);
3. diepte-ligging van de drainbuizen (-0,2 tot -0,3 m+NAP) en kavelsloot (kruinhoogte meetstuw -0,45 m+NAP).

In bijlage 9 is de situatie in een schematische tekening weergegeven. Zoals te zien is in bijlage 9 ligt het maaiveld globaal op ongeveer 1 m+NAP.

**Bijlage 9:** Schematische dwarsdoorsnede van waterhuishoudkundige situatie te lokatie De Rusthoeve.

De daadwerkelijk optredende grondwaterstroming is het resultaat van een superpositie van de afzonderlijke invloed op de grondwaterstroming die van deze drie factoren uitgaat. De Oosterschelde is de drijvende kracht achter een (zwakke) regionale grondwaterstroming, maar de invloed van de Oosterschelde blijft beperkt tot een afstand van 300 tot 500 m vanaf de dijk. De boerderij is verder weg gelegen, hier zal de grondwaterstroming met name door lokale factoren beïnvloed worden. De kreek snijdt (tenminste deels) in de zandige aquifer onder zavelige deklaag. Het waterpeil in de kreek beïnvloedt daarmee de stroming van het diepe en ondiepe grondwater. De drainbuizen en kavelsloot ontwateren het perceel waardoor de lokale grondwaterstroming ook hiervan invloed ondervindt.

De stijghoogte van het diepe grondwater wordt beïnvloed door de waterstand van de Oosterschelde. Een indicatie van de kwelintensiteit ter hoogte van De Rusthoeve kan gegeven worden door toepassing van de volgende formules (1 en 2; Mazure-benadering: 'kwel in polder'; Ernst, 1973):

$$h_x = h_p - (h_p - h_0) \cdot e^{-\frac{x}{\lambda}} \quad (1)$$

waarin  $h_x$  [m] de stijghoogte van het grondwater onder de deklaag in de aquifer is op afstand  $x$  [m] van de Oosterschelde (ligt op  $x=0$  m),  $h_p$  [m] het polderpeil,  $h_0$  [m] de waterstand van de Oosterschelde ( $=0$  m),  $x$  [m] de afstand vanaf de Oosterschelde en  $\lambda$  [m] de spreidingslengte. Alle peilen hebben de eenheid [m] t.o.v. een vast referentie-niveau (NAP). De spreidingslengte kan berekend worden volgens:

$$\lambda = \sqrt{kD \cdot c} \quad (2)$$

waarin  $kD$  [ $m^2 d^{-1}$ ] het doorlaatvermogen van de zandige aquifer is. Voor de situatie bij de Rusthoeve geldt globaal:  $x=1300$  m,  $kD=300 m^2 d^{-1}$ ,  $c=300$  d en dus  $\lambda=300$  m. Het waterpeil van de Oosterschelde  $h_0$  is 0 m. Het polderpeil  $h_p$  wordt bepaald door de kreek en is 's zomers -0,7 m (ZP), 's winters -1,1 m (WP). Bij ZP wordt berekend  $h_x=-0,69$  m, bij WP geldt  $h_x=-1,09$  m. Deze getallen verschillen weinig van de kreekpeilen. In de winter variëren de freatische grondwaterstanden globaal tussen -0,2 tot +0,4 m+NAP en zijn daarmee hoger dan  $h_x$  (overdruk). In de zomer van 1994 is de freatische grondwaterstand gemeten te R1 en R2 gedaald tot maximaal -1,0 m+NAP, in de zomer van 1995 tot -0,4 m+NAP, en in de zomer van 1996 tot -0,8 m+NAP. Dit betekent dat gedurende een beperkt deel van de zomer de freatische grondwaterstand mogelijk lager is dan  $h_x$  zoals berekend bij ZP. Geconcludeerd kan worden dat op het huiskavel van De Rusthoeve kwel meestal niet of maar zeer beperkt optreedt.

De kruinhoogte van de meetstuw in de kavelsloot is -0,448 m+NAP. De freatische grondwaterstanden gemeten te D2 liggen 's winters op een niveau van +0,25 tot +0,5 m+NAP, 's zomers op -0,75 m+NAP. Voor de ondiepe grondwaterstanden te D3 gelden getallen van +0,5 m+NAP in de winter en -0,75 m+NAP in de zomer. Dit betekent dat 's winters een verschil van 0,7 tot bijna 1 m ontstaat tussen

de grondwaterstand midden op het kavel en de kruinhoogte. Er is dus sprake van een opbolling of eventueel vlakke gradiënt naar de sloot, ter verklaring van een directe afvoercomponent naar de kavelsloot. 's Zomers is de grondwaterstand beneden de kruinhoogte gelegen, er is in die periode ook geen slootafvoer gemeten.

Tot slot kan nog kort een ander aspect genoemd worden van de gemeten grondwaterstanden. Met name in de zomermaanden lijkt de getijbeweging van de Oosterschelde zichtbaar te zijn in de metingen. Een getijbeweging is waargenomen in de diepere filters op het kavel (6,7 tot 7,7 m-m.v.) gedurende een korte continue meetcampagne. De beweging is met name 's zomers meetbaar en de druk lijkt zich gedempt voort te planten op het niveau van 1,5 tot 2 m-m.v. De amplitude op deze diepte wordt geschat op 5 à 10 mm.

### 3.5 Afvoer via drainbuizen en kavelsloot

De drainafvoermetingen zijn in het eerste seizoen 1994/95 technisch gezien geslaagd. In het tweede meetjaar 1995/1996 zijn er vanaf een gegeven moment problemen met de debietmetingen geweest. Achteraf is gebleken dat er een lekkage in de verzamelleiding is opgetreden nadat tijdens het schonen van de kavelsloot een maaibalk de buis heeft geraakt en er een gat in ontstaan is. Aldus zijn de drainafvoermetingen voor het tweede meetjaar onbetrouwbaar. Er zal onderzocht worden of er een relatie te leggen is tussen de gemeten grondwaterstanden met de recorders R1 en R2 en de gemeten drainafvoer in het seizoen 1994/95. Hiermee kunnen het totale drainagevolume en wellicht ook het verloop in de tijd van de drainafvoer in het tweede meetseizoen gereconstrueerd worden.

De slootafvoer is gemeten tussen drain 1 en 2 van perceel 3Z nabij de perceelsscheiding 2Z-3Z. Hiertoe is een waterdichte damwand in de kavelsloot geplaatst. In deze wand is een in het waterloopkundig laboratorium van de LU Wageningen, afdeling Waterhuishouding, geïjkt meetschot gemonteerd van het type v-vormige lange overlaat. Het waterpeil in de sloot wordt aan de bovenstreamse kant van het meetschot op een afstand van ongeveer 6 m elke 15 minuten geregistreerd door een recorder. Het peil wordt gemeten met een vlotterstelsel in een zogenaamde stilling well. Uit deze waarnemingen is de overstorthoogte af te leiden. Een relatie tussen overstorthoogte en debiet over het meetschot, de zogenaamde Q-h-relatie, is uit de ijking in de labsituatie bekend. In de veldsituatie zijn voor zover mogelijk controlemetingen uitgevoerd ter eventuele correctie van de ijkcurve. Gebleken is in de praktijk dat met name lage afvoeren gemeten worden. Daarom is de curve bij lage overstorthoogten alleen bepaald door waarnemingen in het veld, en is in het overstortbereik tot en met 6 cm afgeweken van de labcurve. Beide deelcurven zijn te zien in figuur 3.5. Het eerste deel van de curve is geldig voor overstorten kleiner dan of gelijk aan 6 cm, het tweede deel voor overstorten groter dan 6 cm. Op de kavelsloot wateren 29 drainbuizen af, dit is equivalent met een afwaterend oppervlak op het meetschot van 9,57 ha. De sloot is ter hoogte van een dam na drainnummer 3 van perceel 6Z afgesloten.

Ook de Noordlangeweg en de berm wateren af op de sloot. De afstand van de as van de weg tot de sloot is 8,3 m. Omdat deze oppervlakte verwaarloosbaar is ten opzichte van het gehele proefgebied ( $8,3/275 = 3\%$ ), wordt deze niet als een aparte post in de waterbalans meegenomen.

**Figuur 3.5:** Q-h-relatie meetstuw, v-vormige lange overlaat. Curve 1: laboratorium ijking. Curve 2: veldwaarnemingen in lage afvoer bereik en gedeeltelijk nieuwe ijkcurve.

In formulevorm luidt de Q-h-relatie als volgt:

$$Q = 0,05 * h^{2,395} \quad (\text{voor } h \leq 60 \text{ mm})$$

en

$$Q = -12,06 + 0,029 * h^{2,533} \quad (\text{voor } h > 60 \text{ mm})$$

waarin:

Q: afvoer sloot [liter per 15 minuten];  
h: overstorthoogte [mm].

#### Resultaten

De gemeten totale drainafvoer van de vier gekoppelde drainbuizen in de periode juli 1994 tot en met juni 1995 bedraagt 345 mm. De start van de drainafvoer is gemeten rond eind oktober 1994. De afvoer is gestopt in juni 1995. De afvoer start op een moment dat de grondwaterstand tot boven het niveau van de drains stijgt, ongeveer 1 m-m.v. Vanaf dit moment reageert de afvoer vrij direct op het neerslagoverschot. Op de meeste dagen in de winter van 1994/95 is de afvoer redelijk constant in de tijd en gelijk aan  $0,5-1,0 \text{ mm d}^{-1}$ , echter in natte perioden is de afvoer hoger. Pieken in de afvoer treden op kort na neerslaggebeurtenissen van  $> 10 \text{ mm d}^{-1}$ . De hoogste afvoerintensiteit is gemeten op 28-12-1994 en bedroeg bijna  $13 \text{ mm d}^{-1}$ . Uit de snelle daling van de grondwaterstanden en afvoer na

neerslagpieken is af te leiden dat de werking van de drainage goed is. Drainafvoer is in ieder geval afwezig in de aanloopperiode tot eind oktober 1994 en tussen juli en eind augustus 1995.

Een mogelijk verband tussen de gemeten grondwaterstanden en de gemeten drainafvoeren is onderzocht. Het verband kan gebruikt worden om de drainwatermetingen te controleren, gaten in de reeks van drainafvoeren op te vullen, de drainafvoer in niet-bemeten perioden te schatten en te onderzoeken of preferent transport van water in de onverzadigde zone heeft plaatsgevonden. Er is gekeken naar het verband tussen de genoemde meetreeksen op dagbasis. Er is gewerkt met het daggemiddelde, dagmaximum en dagminimum van de grondwaterstanden en de dagsom van de drainafvoer.

De daggemiddelde grondwaterstand van recorder R2 blijkt statistisch het best te correleren met de gemeten drainafvoeren op dagbasis. Het verband tussen de gemeten grondwaterstand van recorder R2 en de gemeten drainafvoer op dagbasis is te zien in figuur 3.6. De drainafvoer stijgt exponentieel met hoger wordende grondwaterstanden. Een statistisch functioneel verband tussen grondwaterstand en drainafvoer is geïkt voor de meetperiode 30-10-1994 tot en met 28-2-1995. De periode 28-2-1995 tot en met 30-6-1995 is gebruikt om het gevonden verband te testen (testperiode). Het verband ziet er als volgt uit:

$$Q = a + b \cdot e^{(-R2/c)}$$

waarin:

|         |  |
|---------|--|
| Q       | drainafvoer [mm d <sup>-1</sup> ];                                     |
| a, b, c | coëfficiënten a [mm d <sup>-1</sup> ], b [mm d <sup>-1</sup> ], c [m]; |
| R2      | daggemiddelde grondwaterstand recorder R2 op dagbasis [m-m.v.].        |

De calibratie leverde een correlatie-coëfficiënt op van 0,74. Er is handmatig een aanpassing verricht aan de coëfficiënten van de formule om het berekende totale afvoervolume beter aan te laten sluiten op het gemeten volume. De coëfficiënten a, b en c zijn respectievelijk -4,75, 20,0 en -0,69.

Voor de calibratieperiode bedraagt het gemeten drainafvoervolume 235 mm, het berekende afvoervolume 210 mm. Het gemeten volume in de testperiode is 110 mm, het berekende 135 mm. De conclusie is dat het drainafvoervolume voldoende nauwkeurig berekend wordt. In figuur 3.6 tot en met 3.9 wordt ter illustratie het verband tussen grondwaterstand en drainafvoer en het verloop in de tijd van de gemeten en berekende drainafvoer getoond. Het verloop in de tijd wordt alleszins redelijk berekend. Op basis van deze resultaten is besloten de berekende afvoeren van juli 1995 tot en met 1996 te gebruiken voor de waterbalans voor dat jaar.

Figuur 3.6: Relatie drainafvoer en grondwaterstand. Recorder R2 op buis L5. Periode 1-11-1994 tot en met 30-6-1995.

Figuur 3.7: Drainafvoer gemeten en berekend. IJkperiode 1-11-1994 tot en met 28-2-1995 en de resterende maanden van seizoen 1994/95.

Figuur 3.8: Drainafvoer gemeten en berekend. Testperiode 1-3-1995 tot en met 30-6-1995.

Figuur 3.9: Relatie drainafvoer gemeten en berekend. Testperiode 1-11-1994 tot en met 30-6-1995.

Wat opvalt in het verband tussen grondwaterstand en drainafvoer (figuur 3.6) is een aantal datapunten waarbij de drainafvoer bij een bepaalde grondwaterstand hoger is dan volgens het verband verwacht wordt. Het blijkt de drainafvoer te zijn op de dagen 9, 27 en 28-12-1994. Op of rond deze dagen is veel neerslag gevallen (bijv. op 27-12-1994: 25 mm). De berging van water in de onverzadigde zone van de bodem in december 1994 is reeds 'vol'. De hoger dan verwachte drainafvoer kan veroorzaakt zijn door **preferent transport** in de onverzadigde zone van de bodem. Water kan via macroporiën relatief snel de directe omgeving van de drainbuis bereiken en tot afvoer komen. De grondwaterstand stijgt op hetzelfde moment weliswaar, echter minder snel en/of minder hoog dan verwacht op basis van stroming van water door de bodemmatrix alleen omdat het water reeds deels wordt afgevoerd en niet ten goede komt aan de berging. Het is denkbaar dat preferent transport op perceel 4 plaatsvindt vanwege het feit dat de bodem lokaal redelijk zwaar is (Meinardi en Van den Eertwegh, 1995 en 1997; Droogers en Bouma, 1996). De consequenties van het optreden van preferent transport zijn dat opgeloste stoffen relatief snel verticaal verplaatst worden en tot afvoer kunnen komen. Dit verhoogt de kans op verhoogde/versnelde uitspoeling van stoffen.



De gemeten slootafvoer in de periode 1-7-1994 tot en met 30-6-1995 bedraagt 430 mm, in de periode 1-7-1995 tot en met 30-6-1996 130 mm. De gemeten slootafvoer is nul in de periode juli 1994 tot 30 oktober 1994 en van 28 juni 1995 tot en met 7 september 1995 en vanaf eind mei 1996. Gemeten grondwaterstanden bevestigen dit patroon. Wanneer de grondwaterstand beneden het niveau van 1,1 m-m.v. daalt, stopt de slootafvoer. Dit niveau is vergelijkbaar met het niveau waarop de drainafvoer stopt, echter iets dieper. Dit betekent dat de kruinhoogte van de meetstuw iets beneden de draindiepte ligt. De afvoer direct naar de sloot beneden het niveau van de drains kan hierdoor beperkt zijn in vergelijking met een situatie zonder meetstuw. In deze laatste situatie zal de directe slootafvoer naar verwachting groter zijn dan in de huidige proef gemeten is. Dit heeft tot gevolg dat in de huidige situatie meer water geborgen wordt in de bodem en/of dat er meer afvoer plaatsvindt naar bijvoorbeeld de dieper gelegen kreek. Dit laatste zal blijken uit de beschouwing over de waterbalans van het vanggebied van de sloot.

De gebruikte Q-h-relatie overschat lage afvoeren bij geringe overstorten. Toepassing van de formule en vergelijking van de berekende (lage) afvoer met de op sommige dagen gemeten afvoer in het veld tonen dit aan. Wanneer alle afvoeren bij een overstorthoogte kleiner dan 4 cm met een factor 3 verkleind worden scheelt dit minder dan 5% aan afvoervolume in de totale afvoersom. De gevolgen van de genoemde overschatting voor de berekening van de waterbalans en van de stofvrachten van de afvoer bij de kavelsloot vallen aldus mee.

Figuur 3.10: Slootafvoer gemeten. Periode 1-7-1994 tot en met 30-6-1996.

Het verloop van de slootafvoer in de tijd lijkt zoals verwacht veel op dat van de drainafvoer van perceel 4Z. Dit is een gunstig teken voor de beoordeling van de berekende drainafvoer in 1995/96, het verloop is voldoende goed berekend. Het eerste meetjaar heeft zichtbaar een ander afvoer karakter dan het tweede. Daarnaast is de drainafvoer in het eerste meetjaar kleiner dan de slootafvoer, in het tweede groter. De oorzaak hiervan is waarschijnlijk gelegen in een andere verdeling van het neerslagoverschot in de tijd gedurende het tweede meetjaar, vergeleken met het eerste meetjaar. Bij de analyse van de waterbalansen zal hierop in worden gegaan.

Uit figuur 3.11 is af te leiden dat naarmate de slootafvoer op dagbasis toeneemt, de drainafvoer minder snel toeneemt. Dit betekent dat het aandeel van de afvoer direct naar de sloot in de totale afvoer toeneemt bij toenemende afvoerintensiteiten.

Figuur 3.11: Relatie slootafvoer en drainafvoer (gemeten). Meetseizoen 1994/95.

### 3.6 Waterbalansen

#### 3.6.1 Inleiding

De waterbalansen zijn opgesteld op jaarbasis voor het vanggebied van de vier bemeten drainbuizen van perceel 4Z (1,32 ha) en voor het vanggebied van de kavelsloot (9,57 ha). De diepte van het bodemvolume waarover de balansen worden opgesteld is vanaf maaiveld tot een diepte van 2 m-m.v.. De twee perioden waarvoor de balansen opgesteld worden zijn 1 juli 1994 tot en met 30 juni 1995 (1<sup>e</sup> jaar) en 1 juli 1995 tot en met 30 juni 1996 (2<sup>e</sup> jaar). Ook wordt enige aandacht geschonken aan het neerslag-overschot van diverse percelen waarvan de afvoer via drainbuizen niet gemeten is. In eerste instantie worden de balansen opgesteld met de originele neerslagreeksen gemeten te Colijnsplaat.

De waterbalansen kennen de volgende termen:

| Symbol | Teken | Betekenis   |
|--------|-------|---|
| $P$    | +     | neerslag [ $\text{mm j}^{-1}$ ];                                  |
| $E_a$  | -     | actuele verdamping [ $\text{mm j}^{-1}$ ];                        |
| $Q$    | -     | (gemeten) afvoer via drainbuizen of sloot [ $\text{mm j}^{-1}$ ]; |
| $dS$   | +/-   | bergingsverandering van water in bodem [mm].                      |

waarbij geldt:

$$dS = (P - E_a - Q) \cdot \Delta t$$

waarin  $\Delta t$  de tijdperiode is in [j]. De restterm die uit de balans volgt is het netto resultaat van toevoer en afvoer van water over de randen van het bodemvolume waarvoor de balans wordt opgesteld. Nadat de waterbalansen zijn opgesteld (stap 1) zal de restterm eventueel in tweede instantie verder uitgewerkt worden (stap 2; 'voor' en 'na' interpretatie van de restterm). Hierbij zal ook gebruik gemaakt worden van een eenvoudig waterbalansmodel dat op dagbasis de mogelijkheid biedt de netto restterm te schatten. Van dag tot dag zal de berging van water in het totale grondvolume waarvoor de balans wordt opgesteld worden berekend. Deze zal vergeleken worden met de gemeten berging. De berging wordt geacht 'vol' te zijn bij een niveau van 770 mm (maximale waarde van gemeten berging). Deze bergingshoeveelheid houdt een gemiddeld bodemvochtgehalte van 38% in, ongeveer overeenkomend met een bodemvochtgehalte bij  $pF=2,0$  (veldcapaciteit). Uit metingen van Droogers (1997) blijkt dat de totale porositeit van de laag 0,1-0,3 m-m.v. 36 tot 41% bedraagt, van de laag 0,4-0,6 m-m.v. 40 tot 43%, en van de laag 0,7-0,9 m-m.v. 42 tot 44%. Indien na het in rekening brengen van alle gemeten termen de berekende berging in het model het niveau van 770 mm overstijgt, zal er extra water afgevoerd moeten worden. Indien de berekende berging in het model lager is dan de gemeten berging, is er extra aanvoer van water opgetreden.

De waterbalansen van het vanggebied van de drainbuizen zijn te vinden in tabel 3.4 en 3.5, van de kavelsloot in tabel 3.6 en 3.7. Gedurende de uitvoering van de metingen is geen oppervlakteafvoer gekonstateerd naar de kavelsloot.

### 3.6.2 Waterbalans vanggebied drainbuizen

De waterbalansen voor beide meetjaren apart voor het vanggebied van de 4 drainbuizen van perceel 4Z zijn te zien in tabel 3.4 (stap 1: 'voor' interpretatie).

**Tabel 3.4:** Waterbalansen vanggebied van 4 drainbuizen perceel 4Z (1,32 ha), per jaar en gemiddeld voor 2 meetjaren. Stap 1: 'voor' interpretatie. Cijfers afgerond op 5 mm.

| Term [mm]                         | 1-7-94 t/m 30-6-95 | 1-7-95 t/m 30-6-96 | Gemiddeld |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| P                                 | + 910              | + 590              | + 750     |
| E <sub>a</sub> (=E <sub>p</sub> ) | - 450              | - 580              | - 515     |
| Q <sub>drains</sub>               | - 350              | - 150              | - 250     |
| dS <sub>gemeten</sub> *           | + 10               | + 5                | + 5       |
| Restpost**                        | - 100              | + 145              | + 20      |

- \* + teken betekent toename van de berging
- \*\* + teken betekent netto aanvoerterm
- \*\* - teken betekent netto afvoerterm

Hoewel in deze rapportage geen analyse wordt gemaakt van de onzekerheid en onnauwkeurigheid van de diverse termen van de waterbalans wordt de berekende restterm in tabel 3.4 zodanig groot geacht, dat deze significant afwijkt van nul. Hierdoor is er sprake van een ontbrekende term in de waterbalans, die reeds vermeld is als een netto aan- of afvoerterm. Deze term kan bestaan uit een niet-gemeten afvoerterm, kwel of wegzijging.

In 3.4 is reeds geconstateerd dat **kwel** niet of nauwelijks optreedt op het huiskavel van De Rusthoeve. Gedurende het eerste meetjaar kan er enige kwel opgetreden zijn (zomer 1994), maar gedurende het tweede meetjaar niet. Daarnaast is in 3.2 beschreven dat de **neerslag** gemeten met de weerpaal op de proefboerderij waarschijnlijk een onderschatting is van de werkelijk gevallen hoeveelheid. Dit wordt veroorzaakt door de opstellingshoogte van de weerpaal op 1,5 m+m.v. Diverse referenties (Neff, 1977; Buishand en Velds, 1980 (locatie Dirksland); Wolters, 1996) geven aan dat waarnemingen op deze hoogte op jaarbasis 5 tot 15% lager zijn dan de neerslaghoeveelheden gemeten aan het grondoppervlak met een zogenaamde grondregenmeter. Een ander aspect betreft de **actuele verdamping**. In tabel 3.4 is aangenomen dat de actuele verdamping gelijk is aan de potentiële. Het is echter waarschijnlijk dat er enige verdampingsreductie is opgetreden, in de zomer van 1994 meer dan in de zomer van 1995.

De waterbalansen in tabel 3.4 worden op grond van het voorafgaande als volgt aangepast. De neerslag wordt verhoogd met 10% op jaarbasis (zie 3.2). De verdampingsreductie in het eerste meetjaar wordt geschat op 25 mm j<sup>-1</sup>, in het tweede op 15 mm j<sup>-1</sup>. In het eerste meetjaar wordt geschat dat er 25 mm j<sup>-1</sup> kwel optreedt, in het tweede nul. Deze aanpassingen resulteren in de waterbalansen zoals te zien in tabel 3.5.

**Tabel 3.5:** Waterbalansen vanggebied van 4 drainbuizen perceel 4Z (1,32 ha), per jaar en gemiddeld voor 2 meetjaren. Stap 2: 'na' interpretatie. Cijfers afgerond op 5 mm.

| Term [mm]                 | 1-7-94 t/m 30-6-95 | 1-7-95 t/m 30-6-96 | Gemiddeld |
|---------------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| P                         | + 1000             | + 650              | + 825     |
| E <sub>a</sub>            | - 425              | - 565              | - 495     |
| Q <sub>drains</sub>       | - 350              | - 150              | - 250     |
| Q <sub>niet gemeten</sub> | - 200              | - 10               | - 105     |
| Q <sub>kwel</sub>         | + 25               | 0                  | +10 (≈0)  |
| dS <sub>gemeten</sub>     | + 10               | + 5                | + 5 (≈0)  |
| Restpost*                 | + 40               | - 80               | - 20      |

\* + teken betekent netto aanvoerterm  
 \* - teken betekent netto afvoerterm

Zoals te zien is in tabel 3.5 sluit de 2-jarig gemiddelde waterbalans vrijwel geheel, maar voor de twee afzonderlijke jaren treedt er toch nog een restpost van enige omvang op. De reden hiervan kan gelegen zijn in onnauwkeurigheden in één of meerdere termen. Deze onnauwkeurigheden kunnen voortkomen door meetfouten, te lage meetfrequentie, te weinig meetlokaties e.d. Een voorbeeld inzake deze is de post gemeten berging. De post is getalsmatig groot (600-750 mm), waardoor een fout van bijvoorbeeld 5% hierin het grootste deel van de restpost kan verklaren. Ook kan het zijn dat de 2 bodemvocht-meetlocaties samen niet representatief zijn voor het gehele vanggebied. Zo staan de sensoren opgesteld in de strook midden tussen 2 drainbuizen: dit is de meest natte strook in het perceel. De gemeten berging zou zo de werkelijke berging kunnen overschatten.

Zoals ook te zien is zijn beide jaren hydrologisch nogal verschillend. De oorzaak hiervan ligt aan neerslag en verdamping. Het kleinere neerslagoverschot in het tweede jaar heeft tot gevolg dat er minder afvoer is, en ook dat de procentuele verdeling tussen de afvoer via de drainbuizen en via andere routes anders is. Verwacht wordt dat naarmate grondwaterstanden hoger en/of meer frequent hoog zijn tijdens een drainageseizoen, een relatief groter deel van het overtollig water afgevoerd wordt via niet-gemeten afvoerroutes zoals direct naar de kavelsloot en/of kreek.

De getallen in tabel 3.5 komen grotendeels overeen met de uitkomsten van de berekeningen met het eenvoudige waterbalansmodel, er zijn echter ook enige verschillen. Zo is de berekende niet-gemeten afvoer volgens het model in het eerste jaar 245 mm en in het tweede jaar 65 mm, waardoor de berging in de bodem verder uitgeput moet worden om deze afvoer te genereren. Dit spoort niet met de gemeten berging. In figuur 3.12 zijn de gemeten en berekende (model) berging van water in de bodem uitgezet tegen de tijd. Te zien is dat de met het model berekende berging in stap 1 (tabel 3.4) 's winters te hoog is, zodat er wel extra afvoerroutes moeten zijn. Wat verder opvalt in figuur 3.12 is dat de gemeten berging in het veld met name in de zomers van 1995 en 1996 hoger is dan de met het model berekende berging. De verschillen in de berging bedragen 100 tot 150 mm. De geringere berging van water in de bodem kan het gevolg zijn van teveel afvoer. Een mogelijke verklaring voor de modelberekeningen, de berging in combinatie nemend met de overschatte niet-gemeten afvoer, is dat er geen kwel van betekenis optreedt op het huiskavel, maar dat er op een andere manier aanvoer van water is over de randen van het grondvolume waarvoor de waterbalans is opgesteld. Het is mogelijk dat er door capillaire opstijging netto water over de rand aangevoerd wordt, water dan vervolgens over het bodemprofiel verdeeld wordt. Het is echter ook mogelijk dat de gemeten berging een onvoldoende representatieve meting is voor het gehele vanggebied van de drainbuizen, waardoor een gemiddeld drogere situatie op het perceel onvoldoende tot uiting komt in de metingen.

**Figuur 3.12:** Waterbalansen vanggebied 4 drainbuizen van perceel 4Z: in het veld gemeten en met model berekende waterberging in de bodem tussen 0 en 2 m-m.v. 'Voor' (stap 1) en 'na' (stap 2) interpretatie van de waterbalansen.

### 3.6.3 Waterbalans vanggebied kavelsloot

In 3.5.2 is reeds gemeld dat er geen (sporen van) oppervlakte-afvoer is waargenomen tijdens de meetperiode. Dit is geen bewijs voor de veronderstelling dat er geen oppervlakte-afvoer is opgetreden, maar wel een aanwijzing. De opstaande randen van de akkerbouwpercelen (ploegvoor) hebben wellicht aan het niet optreden van oppervlakte-afvoer bijgedragen. Het is echter denkbaar dat neerslag die op de Noordlangeweg terechtkomt en tot afvoer komt in de berm via oppervlakkige of ondiepe stroming de kavelsloot bereikt. Dit kan met name tijdens hevige buien optreden. Indien bijvoorbeeld 20 mm water via de helft van het oppervlak van de weg (lengte 350 m, breedte 2,5 m) in haar geheel tot afvoer komt in de kavelsloot, levert dit een hoeveelheid water van 17,5 m<sup>3</sup> op. Een op dat moment optredende dagafvoer van de kavelsloot van 5 mm d<sup>-1</sup> (geringe intensiteit) staat gelijk aan een watervolume van 480 m<sup>3</sup>. In dit rekenvoorbeeld is bijna 4% van het afgevoerde watervolume afkomstig van de weg, een te verwaarlozen hoeveelheid. De invloed van afvoer van de weg is niet meegenomen in de waterbalans voor het vanggebied van de kavelsloot.

De waterbalansen voor het vanggebied van de kavelsloot zijn ook in 2 stappen opgezet. De waterbalansen 'voor' interpretatie van de restpost zijn te vinden in tabel 3.6. Door de berging van water in de tijd te volgen, door gebruik te maken van het model, kan hier een indruk van worden gekregen. Aangenomen is dat de berging zoals gemeten op de percelen 5Z en 4Z representatief is voor het gehele vanggebied van de kavelsloot. Relativerende opmerkingen hierover zijn reeds gemaakt in 3.6.2.

**Tabel 3.6:** Waterbalansen vanggebied van kavelsloot (9,57 ha), per jaar en gemiddeld voor 2 meetjaren. Stap 1: 'voor' interpretatie. Cijfers afgerond op 5 mm.

| Term [mm]                         | 1-7-94 t/m 30-6-95 | 1-7-95 t/m 30-6-96 | Gemiddeld |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| P                                 | + 910              | + 590              | + 750     |
| E <sub>a</sub> (=E <sub>p</sub> ) | - 510              | - 485              | - 500     |
| Q <sub>sloot</sub>                | - 430              | - 130              | - 280     |
| dS <sub>gemeten</sub> *           | + 10               | + 5                | + 5       |
| Restpost**                        | + 40               | + 30               | + 35      |

- \* + teken betekent toename van de berging
- \*\* + teken betekent netto aanvoerterm
- \*\* - teken betekent netto afvoerterm

De waterbalans voor het vanggebied van de kavelsloot kan, net als die van het vanggebied van de drains van perceel 4Z, een niet-gemeten afvoerterm bevatten (kreek). De reden hiervoor is dat het mogelijk is dat er water afgevoerd wordt via grondwaterstroming in de richting van de kreek of zijdelings naar andere percelen. Aangezien de kreek een dieper waterpeil kent dan de kavelsloot is het mogelijk en zelfs waarschijnlijk dat de waterscheiding niet overeenkomt met de perceelsscheiding in noord en zuid, ter hoogte van de eindpunten van de drainagebuizen op het midden van het huiskavel tussen sloot en kreek. In de situatie vóór de hier gerapporteerde meetcampagne zal deze afvoerterm geringer zijn geweest dan tijdens de meetperiode vanwege de plaatsing van de damwand met meetstuw. Hierdoor is de ontwateringsbasis van de sloot ongeveer 0,3 m ondieper geworden, en zal de slootafvoer eerder stagneren bij een hogere grondwaterstand dan in de originele situatie. Een gradiënt in de grondwaterstand naar de kreek of belendende percelen zal dan groter zijn met als gevolg een grotere niet-gemeten afvoerterm.

Er blijkt uit de balansen in tabel 3.6 dat in beide jaren netto aanvoer moet zijn geweest. Echter, zoals reeds gemeld bij de behandeling van de waterbalansen van de drainbuizen, er vindt in werkelijkheid ook een grotere aanvoer plaats door de grotere neerslagterm en het optreden van enige verdampingsreductie. De waterbalansen in tabel 3.6 zijn vervolgens qua correctie van de neerslag, verdamping en aanvoer via kwel identiek uitgewerkt als voor het vanggebied van de drains, op één uitzonde-

ring na. De reductie van de verdamping in het eerste meetseizoen was voor perceel 4Z geschat op  $25 \text{ mm j}^{-1}$  bij een potentiële verdamping van  $450 \text{ mm j}^{-1}$ . Aangezien de potentiële verdamping van het vanggebied van de sloot groter is ( $510 \text{ mm j}^{-1}$ ) wordt de reductie in het eerste jaar geschat op  $40 \text{ mm j}^{-1}$ . Deze reductie is aan de hoge kant volgens de HELP-tabellen. In tabel 3.7 is het resultaat te zien (stap 2: 'na' interpretatie). In figuur 3.13 zijn de gemeten en berekende berging van water in het bodemprofiel, gebruik makend van het waterbalansmodel, 'voor' (stap 1) en 'na' (stap 2) interpretatie van de restterm van de waterbalans te zien.

**Tabel 3.7:** Waterbalansen vanggebied van kavelsloot (9,57 ha), per jaar en gemiddeld voor 2 meetjaren. Stap 2: 'na' interpretatie. Cijfers afgerond op 5 mm.

| Term [mm]                 | 1-7-94 t/m 30-6-95 | 1-7-95 t/m 30-6-96 | Gemiddeld           |
|---------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| P                         | + 1000             | + 650              | + 825               |
| $E_a$                     | - 470              | - 470              | - 475               |
| $Q_{\text{sloot}}$        | - 430              | - 130              | - 280               |
| $Q_{\text{niet gemeten}}$ | - 140              | - 20               | - 80                |
| $Q_{\text{kwel}}$         | + 25               | 0                  | +10 ( $\approx 0$ ) |
| $dS_{\text{gemeten}}$     | + 10               | + 5                | + 5 ( $\approx 0$ ) |
| Restpost*                 | + 25               | - 25               | 0                   |

\* + teken betekent netto aanvoerterm  
 \* - teken betekent netto afvoerterm

**Figuur 3.13:** Waterbalansen vanggebied van kavelsloot: in het veld gemeten en met model berekende waterberging in de bodem tussen 0 en 2 m-m.v. 'Voor' (stap 1) en 'na' (stap 2) interpretatie van de waterbalansen.

De getallen in tabel 3.7 komen ongeveer overeen met de uitkomsten van de berekeningen met het eenvoudige waterbalansmodel, er zijn geen verschillen van enige omvang. Wel is de berekende niet-gemeten afvoer volgens het model in het tweede jaar 80 mm vergeleken met 20 mm in tabel 3.7, waardoor de berging in de bodem verder uitgeput moet worden om deze afvoer te genereren. In figuur 3.13 zijn de gemeten en berekende berging (model) van water in de bodem uitgezet tegen de tijd. Te zien is dat de met het model berekende berging in stap 1 (tabel 3.6) 's winters te hoog is, zodat er net als bij de waterbalans voor het vanggebied van de drainbuizen wel extra afvoerroutes moeten zijn. Wat verder opvalt in figuur 3.13 is dat de gemeten berging in het veld met name in de zomers van 1995 en 1996 hoger is dan de met het model berekende berging. De verschillen in de berging bedragen 100 tot 150 mm. De geringere berging van water in de bodem kan het gevolg zijn van teveel afvoer, maar het is meer waarschijnlijk dat de gemeten berging een onvoldoende representatieve meting is voor het gehele vanggebied van de kavelsloot, waardoor een gemiddeld drogere situatie op het perceel onvoldoende tot uiting komt in de metingen (zie 3.6.2) omdat de bodemvocht-meetlocaties midden tussen 2 drainbuizen gelegen zijn in de natste zone op het perceel.

Het kwelwater (geringe hoeveelheid) treedt niet direct uit in drainbuizen en kavelsloot maar komt ten goede aan de berging van water in de bodem. Dit wordt bevestigd door het afvoerpatroon omdat in de zomer geen afvoer via deze ontwateringsmiddelen is opgetreden. In de winter reageert de afvoer via zowel drainbuizen als kavelsloot op een neerslagoverschot om vervolgens vrijwel tot nul (sloot) of tot nul (drainbuizen) te dalen tot de volgende periode met neerslag. Ook 's winters vallen de ontwateringsmiddelen dus droog bij afwezigheid van neerslag. Het kwelwater wordt verwacht veel chloride te bevatten en weinig tot geen nitraat. Wanneer de concentraties van beide stoffen worden uitgezet tegen de afvoerintensiteit van de drainbuizen of de kavelsloot is te zien dat bij lage afvoerintensiteiten hoge chlorideconcentraties zijn gemeten en lage nitraat-concentraties (figuren 3.14 en

3.15). Bij hoge afvoerintensiteiten is het omgekeerde het geval. Dit is een teken dat de samenstelling van het diepe grondwater (kwelwater) invloed heeft op de samenstelling van het afgevoerde water. Het afvoerpatroon echter en het feit dat lokaal het grondwater vanaf 3 m diepte veel chloride en weinig nitraat bevat, leidt tot de conclusie dat bij lage afvoerintensiteiten het iets diepere grondwater wordt afgevoerd, maar dat er geen sprake is van de directe afvoer van kwelwater via drainbuizen of kavel-sloot. Kwel vult wel de bodemvoorraad van water aan, met name in de zomer. Hierdoor beïnvloedt het kwelwater de samenstelling van het grondwater. In de winter vindt aanvulling van het bodemvocht en grondwater plaats door het optreden van een neerslagoverschot. In de winter, wanneer er sprake is van een afvoersituatie, wordt aldus water afgevoerd via drainbuizen en kavelsloot dat qua samenstelling een mengsel is van neerslagoverschot inclusief opgeloste stoffen en kwelwater.

Figuur 3.14A: Relatie tussen drainafvoer en nitraatconcentratie in drainwater.

Figuur 3.14B: Relatie tussen drainafvoer en chlorideconcentratie in drainwater.

Figuur 3.15A: Relatie tussen slootafvoer en nitraatconcentratie in slootwater.

Figuur 3.15B: Relatie tussen slootafvoer en chlorideconcentratie in slootwater.

#### 3.6.4 Neerslagoverschot niet-bemeten percelen

De afvoer van water via de drainbuizen van de percelen 3Z, 5Z en een deel van 6Z is niet gemeten. Het neerslagoverschot van deze percelen zal wel (grotendeels) tot afvoer komen via de kavelsloot. De neerslag is identiek aan die van perceel 4Z, de verdamping zal anders zijn omdat andere gewassen zijn geteeld. In de onderstaande tabel zijn op basis van hydrologische jaren de neerslag, de geschatte actuele verdamping en neerslagoverschotten van de percelen te zien. Voor de volledigheid en vergelijking zijn cijfers van perceel 4Z toegevoegd. Het gemiddelde neerslagoverschot voor de periode april 1990 tot en met maart 1996 voor alle percelen is  $325 \text{ mm j}^{-1}$ . Indien de neerslag met 10% verhoogd wordt, betekent dit dat het gemiddelde neerslagoverschot tussen  $375$  en  $400 \text{ mm j}^{-1}$  bedraagt. De som van de gemeten en niet-gemeten afvoer van de waterbalans voor de drainbuizen en voor de kavelsloot bedraagt in 1994-1996 ongeveer  $350 \text{ mm j}^{-1}$ , na aftrek van de (geringe) kwelhoeveelheid.

**Tabel 3.8:** Neerslag (P), actuele verdamping ( $E_a=E_p$ ) en neerslagoverschot van percelen afwaterend op kavelsloot. Hydrologische jaren voor periode april 1990 tot en met maart 1996. Getallen in  $[\text{mm j}^{-1}]$ . Neerslagcijfers zijn afkomstig van weerstation Rusthoeve, verdampingscijfers  $E_r$  (Makkink) van station Wilhelminadorp, gewasfactoren geldig voor geteelde gewassen. Gemiddelden voor april 1990 - maart 1996 zijn afgerond op 5 mm.

| Jaar  | P*  | $E_a$ 3Z | $E_a$ 4Z | $E_a$ 5Z | $E_a$ 6Z | P- $E_a$ 3Z | P- $E_a$ 4Z | P- $E_a$ 5Z | P- $E_a$ 6Z |
|-------|-----|----------|----------|----------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1990  | 684 | 506      | 551      | 427      | 569      | 178         | 133         | 257         | 115         |
| 1991  | 704 | 419      | 466      | 419      | 452      | 285         | 238         | 285         | 252         |
| 1992  | 887 | 473      | 513      | 485      | 513      | 414         | 374         | 402         | 374         |
| 1993  | 968 | 487      | 461      | 456      | 515      | 481         | 507         | 512         | 453         |
| 1994  | 976 | 503      | 522      | 474      | 451      | 473         | 454         | 502         | 525         |
| 1995  | 638 | 473      | 460      | 586      | 473      | 165         | 178         | 52          | 165         |
| 90-95 | 810 | 475      | 495      | 475      | 495      | 335         | 315         | 335         | 315         |

\*: neerslagdata niet gecorrigeerd voor opstellingshoogte (1,5 m+m.v.)

De cijfers in tabel 3.8 tonen globaal dat in de hydrologische jaren 1994 en 1995, ongeveer overeenkomend met de meetjaren, voor perceel 4Z het neerslagoverschot kleiner resp. groter is dan het gemiddelde van de andere percelen, afwaterend op de kavelsloot. Dit betekent dat de samenstelling van het

drainagewater van perceel 4Z de samenstelling van het slootwater minder respectievelijk meer domineert, vergeleken met het drainagewater van de andere percelen.

### 3.6.5 Nabeschouwing en synthese

De variatie in de tijd van de **gemeten berging** van water in de bodem is waarschijnlijk kleiner dan de variatie in de tijd van de werkelijke berging. De 2 meetlocaties op perceel 4Z zijn gelegen midden tussen 2 drainbuizen waardoor 's zomers een grotere berging wordt gemeten dan gemiddeld voor de twee vanggebieden. De meetlocaties zijn qua ligging waarschijnlijk niet representatief genoeg om de werkelijke berging op het gehele perceel te bepalen. Voor het vanggebied van de kavelsloot geldt het aspect van representativiteit nog sterker door de grotere variatie in bodemopbouw. Een afwijking van +/- 5% in de gemeten berging op de 2 meetlocaties t.o.v. de werkelijke berging op het perceel of proefgebied als geheel betekent in de waterbalans een onnauwkeurigheid in de berging van +/- 40 mm. Wanneer hiermee rekening gehouden wordt wijkt de gemiddelde restpost op de waterbalansen na interpretatie niet meer significant af van nul. De berging van water dempt overigens het afvoerproces in de tijd.

Op basis van de geschatte en gemeten stijghoogte van het grondwater in de aquifer, de ontwateringsdiepte van sloot en drainbuizen en de gemeten freatische grondwaterstanden is aangetoond dat er **nauwelijks kwel** van betekenis op kan treden op het huiskavel van de Rusthoeve.

Uit de waterbalansen blijkt dat er voor beide vanggebieden een **niet-gemeten afvoerterm** bestaat. De niet-gemeten afvoer varieert van jaar tot jaar. Bij een toenemend neerslagoverschot wordt de fractie van de niet-gemeten afvoer in de totale afvoer groter. De oorzaak hiervan is waarschijnlijk gelegen in het optreden van hogere grondwaterstanden en/of van een hogere frequentie van hoge(re) grondwaterstanden, waardoor de gradiënten in de stijghoogte van het grondwater naar andere dan de bemeten ontwateringsmiddelen groter zijn, respectievelijk langer aanwezig zijn. Een ander aspect dat een rol speelt bij de niet-gemeten afvoer is de (aangenomen) grootte van het vanggebied van zowel de bemeten drainbuizen als de kavelsloot. De ontwateringsbasis van de kreek is altijd lager gelegen dan die van de drainbuizen en sloot. Hierdoor is het mogelijk dat er een stroming ontstaat van de sloot naar de kreek en dat de waterscheiding niet precies in het midden van het huiskavel tussen sloot en kreek ligt.

De stroming van het grondwater van de sloot naar de kreek via de zandige aquifer is gering door de geringe doorlatendheid van de aquifer en de geringe stijghoogte-gradiënt, die mede beïnvloed wordt door de waterstand in de Oosterschelde. Met behulp van de formules in paragraaf 3.4 kan de stijghoogte van het grondwater in de aquifer berekend worden. Deze wijkt nauwelijks af van het waterpeil in de kreek, zowel 's zomers als 's winters. De stijghoogte-gradiënt is daardoor zeer gering ( $\Delta h$  maximaal enkele cm's). De hoeveelheid water die op jaarbasis stroomt van sloot naar kreek ( $q$ ) kan berekend worden volgens:

$$q = \frac{365 \cdot kD \cdot \frac{\Delta h}{L}}{0,5L}$$

waarin  $kD$  de doorlatendheid van de zandige aquifer ( $300 \text{ m}^2 \text{ d}^{-1}$ ) is en  $L$  de afstand tussen sloot en kreek (550 m). Indien  $\Delta h = 0,01 \text{ m}$ , dan volgt  $q = 7,2 \text{ mm j}^{-1}$  per halve strekkende meter van het huiskavel. Een globale schatting van de (basis)afvoer van water naar de kreek ligt tussen 5 en  $15 \text{ mm j}^{-1}$ . Als echter in dit getallenvoorbeeld  $\Delta h = 0,1 \text{ m}$  genomen wordt, dan volgt  $q = 72 \text{ mm j}^{-1}$ , een waarde die dichtbij de niet-gemeten afvoer uit de waterbalans van de kavelsloot van  $80 \text{ mm j}^{-1}$  komt (tabel 3.7).

Door verschillen in de ontwateringsdiepte van kreek en sloot schuift de waterscheiding, gelegen midden tussen kavelsloot en kreek, waarschijnlijk iets op in de richting van de sloot. Hierdoor wtert een deel van de oppervlakte, die toegerekend is aan het vanggebied van de drainbuizen en de kavelsloot, volledig af op de kreek. De hierbij horende hoeveelheid water kan deels de niet-gemeten



afvoerterm verklaren. Een getallenvoorbeeld luidt als volgt. Indien de vanggebieden 10% kleiner zijn dan aangenomen bij de berekening van de waterbalansen, wordt de drainafvoer (gemeten in  $\text{m}^3$ ) in het eerste meetjaar 10% hoger (van 350 naar 385  $\text{mm j}^{-1}$ ), de niet-gemeten afvoer 20% lager (van 200 naar 165  $\text{mm j}^{-1}$ ). In het tweede meetjaar gaat de gemeten drainafvoer omhoog van 150 naar 165  $\text{mm j}^{-1}$ , de niet-gemeten afvoerterm omlaag van 10 naar nul.

**Preferent transport** kan optreden in de onverzadigde zone. Met name wanneer na een droge zomer de grond relatief droog is, kan de ontstane bodemstructuur een randvoorwaarde bieden voor snel transport van water, wanneer de neerslagintensiteit voldoende hoog is. Afvoer van water door preferent transport zal uiteindelijk naar verwachting een klein deel van de totale waterbalans uitmaken.

Na uitwerking (stap 2) zijn de **waterbalansen** voor zowel het vanggebied van de drainbuizen als van de kavelsloot redelijk plausibel en onderling consistent. Tabel 3.9 geeft een overzicht van het neerslagoverschot, de kwel en de afvoer van water voor beide vanggebieden. De berging van water in de bodem dempt het afvoerproces. De waterbalans van het vanggebied van de drainbuizen (totaal in versus totaal uit) vertoont meer variatie in de tijd dan die van het gebied dat afwatert op de kavelsloot. Deze variatie wordt veroorzaakt door het verschil in volume waarvoor de waterbalans is opgesteld en door een grotere variatie in de actuele verdamping.

**Tabel 3.9:** Neerslagoverschot, kwel en afvoer vanggebied van drainbuizen en van kavelsloot. Cijfers in [ $\text{mm j}^{-1}$ ].

| Term                            | 1-7-1994 t/m 30-6-1995 |            | 1-7-1995 t/m 30-6-1996 |            |
|---------------------------------|------------------------|------------|------------------------|------------|
|                                 | Drainbuizen            | Kavelsloot | Drainbuizen            | Kavelsloot |
| <b>P-E<sub>a</sub></b>          | 575                    | 515        | 85                     | 180        |
| <b>Kwel</b>                     | 25                     | 25         | 0                      | 0          |
| <b>Totaal in</b>                | <b>600</b>             | <b>540</b> | <b>85</b>              | <b>180</b> |
| <b>Q<sub>gemeten</sub></b>      | 350                    | 430        | 150                    | 130        |
| <b>Q<sub>niet-gemeten</sub></b> | 200                    | 140        | 10                     | 20         |
| <b>Totaal uit</b>               | <b>550</b>             | <b>570</b> | <b>160</b>             | <b>150</b> |

De afvoerverdeling over drainbuizen, sloot en niet-bemeten ontwateringsmiddelen is zodanig dat naarmate het neerslagoverschot groter is, de ondiepe ontwateringsmiddelen, met name de drainbuizen, relatief meer water afvoeren. De afvoerhoeveelheid direct naar de kreek (basisafvoer) wordt verwacht relatief constant in de tijd te zijn (5 tot 15  $\text{mm j}^{-1}$ ; zie hierboven) vanwege de in de tijd redelijk constante verschillen tussen de optredende grondwaterstanden en het kreekpeil. Daarnaast echter kan de lengte van de vanggebieden van drainbuizen en kavelsloot overschat zijn. Hierdoor watert een deel van deze vanggebieden direct af naar het noordoosten (richting kreek). Deze hoeveelheid water die afwatert in de richting van de kreek varieert met het neerslagoverschot, en bedraagt voor het eerste jaar 30 tot 40  $\text{mm j}^{-1}$ , voor het tweede jaar 10 tot 20  $\text{mm j}^{-1}$ . Tabel 3.10 laat samenvattend een schatting van de afvoerverdeling zien.

In het eerste meetseizoen komt 60% van de afvoer via de drainbuizen in de kavelsloot, 30% bereikt de kavelsloot direct, en 10% komt tot afvoer via de kreek. In het tweede meetseizoen zijn de percentages 85%, 5% en 10%. Men zou kunnen verwachten dat naarmate het neerslagoverschot groter is, een relatief groter deel van de afvoer via ondiepere routes verloopt. Dit is misschien in grote lijnen waar, maar uit de analyse hier blijkt het tegendeel.

**Tabel 3.10:** Verdeling van de afvoer van water in afvoercomponenten direct naar de diverse ontwateringsmiddelen voor de twee meetjaren. Cijfers in [mm j<sup>-1</sup>].

| Ontwateringsmiddel | Afvoer [mm j <sup>-1</sup> ] |            |
|--------------------|------------------------------|------------|
|                    | 1994/1995                    | 1995/1996  |
| Drainbuizen        | 350                          | 150        |
| Kavelsloot*        | 180                          | 10         |
| Kreek              | basisafvoer                  | 10         |
|                    | afwijkend vanggebied         | 30         |
| <b>Totaal</b>      | <b>570</b>                   | <b>180</b> |

\* als restpost berekend

Het verloop van het afvoerproces via de drainagebuizen in de tijd binnen één drainageseizoen wordt grotendeels bepaald door de variatie van het neerslagoverschot in de tijd, en een dempende werking die uitgaat van de waterberging. De duur van het optreden van een bepaalde gradiënt in de stijghoogte, bijvoorbeeld de opbolling tussen 2 drainbuizen, bepaalt samen met de absolute grootte van deze gradiënt de totale jaarafvoer via de drainbuizen. In 3.5 is aangegeven dat er een **niet-lineair** verband bestaat tussen opbolling en afvoerintensiteit. Als de neerslag gedurende een drainageseizoen steeds valt in korte perioden van veel neerslag, zal de grondwaterstand gedurende korte perioden hoog zijn (pieken), om vervolgens te zakken naar (ongeveer) drainniveau. De drainafvoer zal dientengevolge gedurende korte perioden pieken en vervolgens meestal vrijwel nul zijn. Als dezelfde totale neerslaghoeveelheid valt gedurende meer langgerekte perioden, zal de grondwaterstand minder hoog zijn, maar vaker of langer boven drainniveau uitkomen. De drainafvoer is in deze perioden lager en meer constant in de tijd. Door het niet-lineaire verband tussen opbolling en drainafvoer en het niet-stationaire karakter van voeding van de verzadigde zone is de verdeling van de afvoer in componenten (drainbuis, sloot, kreek) geen eenduidige functie van de grootte van het jaarlijkse neerslagoverschot, maar een functie van de frequentie-verdeling van het neerslagoverschot gedurende kortere perioden (dagen tot weken).

De **dynamische bergingscoëfficiënt** van de zavelgronden op proefboerderij Rusthoeve is op basis van de metingen van bodemvocht en grondwaterstand en berekende bodemvochtvoorraden minder dan 10%, waarschijnlijk ongeveer 5%. De bodemvoorraad water in de zone tussen maaiveld en 2 m-m.v. varieert globaal tussen 600 en 750 mm. In de proeflokatie in de Flevopolder beschreven door Brongers et al. (1996) en Groen (1997) varieert de berging van water in de bodem tussen 500 en 700 mm.

### 3.7 Verblijftijd drainwater en uitspoeling stoffen

#### 3.7.1 Verblijftijdverdeling

De verblijftijdverdeling van water in de bodem is na de analyse van waterbalansen en afvoercomponenten relevant voor de beschrijving van de hydrologie van het systeem. De tijdsduur die verstrijkt tussen infiltratie van regenwater en het tot afvoer komen van het neerslagoverschot is een wezenlijk onderdeel van het transport van stoffen in het bodem-water-systeem. De verblijftijd van water in de bodem is de som van de verblijftijd in de onverzadigde zone en de verzadigde zone. In algemene termen hangt de verblijftijd van water in de bodem af van het neerslagoverschot, de porositeit van het poreuze medium en de doorstroomde dikte van het systeem. Bij de analyse van transport van stoffen en stofvrachten van drain- of slootafvoer moet rekening gehouden worden met de verblijftijdverdeling. Alleen zo kunnen bijvoorbeeld bemestingsniveaus of (landbouwkundige) overschotten van meststoffen via het neerslagoverschot gekoppeld worden aan gemeten stofconcentraties en berekende vrachten van het drainagewater. De kortste verblijftijd heeft regenwater dat direct in de sloot terecht komt of dat via oppervlakte-afvoer de sloot of een ander ontwateringsmiddel bereikt. In deze paragraaf komt alleen de transportroute van water en opgeloste stoffen door de bodem naar de drainbuizen aan de orde vanwege het grote aandeel dat via deze routes tot afvoer komt en omdat geen oppervlakte-afvoer in het proefgebied tijdens de meetcampagne is waargenomen. Ook zijn geen sporen aangetroffen van oppervlakte-afvoer zoals geulen aan de rand van het maaiveld. De verblijftijdverdeling van water dat direct in de kavelsloot of een ander ontwateringsmiddel terechtkomt is niet zonder meer uit de verblijftijdverdeling van het drainwater af te leiden. De verblijftijdverdeling verschuift ten koste van jonger water naar een groter aandeel ouder water (diepere afvoer-routes) in het totaal.

Bij het transport van stoffen gedraagt de onverzadigde zone zich hydrologisch gezien het meest grillig in de tijd. Er treedt zowel neerwaartse (met name in de winter) als geen (voorjaar, najaar) of opwaartse stroming op. (met name in de zomer). Stroming vindt plaats door een hydraulisch heterogene bodemmatrix of door preferent transport en de dikte van de onverzadigde zone varieert in de tijd en ruimte. Voor proefboerderij Rusthoeve varieert deze dikte bijvoorbeeld van minder dan 0,3 m midden tussen twee drainbuizen tijdens een afvoergebeurtenis tot meer dan 2 m in een droge zomer. Door verschillen in maaiveldhoogte, die op het huiskavel van proefboerderij Rusthoeve nog steeds bijna 1 m bedragen, zullen bij een gelijke draindiepte ten opzichte van NAP, verschillen in dikte van de onverzadigde zone ontstaan. Er kunnen ook horizontale stromingscomponenten optreden in gedraineerde percelen. De Vos (1997) laat zien dat in een tweedimensionale dwarsdoorsnede en stromingssituatie tussen twee drainbuizen de stromingsrichting zowel direct boven als beneden de grondwaterspiegel tijdens een afvoergebeurtenis laterale componenten omvat. De stromingssituatie is berekend met een tweedimensionaal computermodel (SWMS\_2D) voor de onverzadigde-verzadigde zone van een laaggelegen zavelgrond in de Noordoostpolder (proefboerderij Lovinkhoeve). Het berekeningsresultaat hangt mede af van de gekozen schematisatie van het bodemprofiel, (an)isotropie en modelparameters. In algemene zin houdt het resultaat echter in dat de verblijftijd van water in de zone tussen globaal 0,5 m boven de drains en het niveau waarop de drainbuizen liggen mogelijk sneller de drainbuizen bereikt dan op basis van verticale stroming alleen afgeleid zou kunnen worden. Een volledige analyse van de betekenis van laterale componenten in de stroming voor de verblijftijdverdeling geeft De Vos (1997) niet. Groen (1997) laat voor een gescheurde zware kleigrond met modelberekeningen zien wat de betekenis is van preferent transport in het drainageproces. Op een proeflocatie nabij Lelystad is gedurende twee drainageseizoenen de afvoer van drie gekoppelde drainbuizen continu gemeten met dezelfde installatie als later ook voor de metingen op de Rusthoeve gebruikt is. Modelberekeningen (SWAP) geven aan dat voor het eerste drainageseizoen (1992/93) 30% van de totale afvoer (260 mm) na preferent transport via scheuren en macroporiën in de bodem tot afvoer komt. In het tweede drainageseizoen (1993/94) komt zo'n 40% van de totale afvoer (500 mm) binnen 1 jaar, deels via snelle routes, tot afvoer. Vergelijkbare percentages zijn tijdens veldexperimenten gevonden door Van Ommen (1988) en Bronswijk *et al.* (1995). De verblijftijd van water in de onverzadigde zone is de resultante van een complex stromingsproces. De verzadigde zone gedraagt zich stabiel, al varieert de dikte ervan ook in de tijd.

Ernst (1973), Van Ommen (1988) en Bruggeman (1998) geven op basis van theoretische beschouwingen analytische oplossingen voor de verblijftijdverdeling van water in de verzadigde zone. Thunnissen (1987) geeft een overzicht van empirische benaderingen. De benadering van Ernst (1973) toont aan dat de verblijftijd bij symmetrische drainage van het neerslagoverschot, zoals ook bij benade-

ring het geval is op proefboerderij Rusthoeve, vooral bepaald wordt door de dikte van de doorstroomde laag en in mindere mate door de horizontale afstand tussen de drainagemiddelen. De gemiddelde verblijftijd van water in een bodemlaag met een dikte van 3 meter, een porositeit van 0,3, een slootafstand van 12 m (geheel doorsnijdend) en een neerslagoverschot van  $300 \text{ mm j}^{-1}$  is ongeveer 3 jaar. De verblijftijd kent echter een verdeling: water dat tot afvoer komt zal altijd een mengmonster zijn van water van verschillende ouderdom, variërend van bijvoorbeeld dagen (preferent transport) tot meerdere jaren (diep grondwater). Als eerste benadering wordt vaak met een constante verblijftijdverdeling in de tijd gewerkt. Meinardi en Van den Eertwegh (1995, 1997) breidden deze uit door binnen het drainage seizoen het aandeel jong water te vergroten in de loop van de tijd ten koste van het aandeel ouder water. In werkelijkheid zal de verblijftijdverdeling van het drainagewater (nog) meer variatie in de tijd vertonen.

De voeding van het bodem-water-systeem met water is een grote bron van variatie in de verblijftijdverdeling in de tijd. Bij de vorming van het neerslagoverschot is het van belang de tijdschaal in beschouwing te nemen. Zo is voor de periode oktober 1994 tot en met maart 1995 het neerslagoverschot op proefboerderij Rusthoeve voor het vanggebied van de kavelsloot 450 mm, voor de periode oktober 1995 tot en met maart 1996 170 mm. Het neerslagoverschot concentreert zich meestal in de wintermaanden bij een geringe verdamping. Maar binnen de winter concentreert het neerslagoverschot zich in dagen of weken, binnen weken of dagen in uren etc. In december 1994 is het neerslagoverschot 100 mm, ongeveer 25% van het totaal voor de winter van 1994/95. De gemeten afvoer van drainbuizen en kavelsloot omvatte in die maand 25% van de totale jaarafvoer, en concentreerde zich in de periode van 27 tot en met 30 december 1994. De voeding verloopt dus grillig in de tijd.

Vanuit de drainagemiddelen geredeneerd is de verblijftijdverdeling van water, dat direct tot afvoer komt via die ontwateringsmiddelen, gelijkmatiger verdeeld over de jaren naarmate de ligging ervan dieper en de afstand ertussen groter is. De afvoer via een ondiepe greppel kent een kortere gemiddelde verblijftijd en een andere verdeling dan die via een diep ingesneden kreek. In het geval van de Rusthoeve hebben we te maken met drainbuizen op 1,0-1,2 m diepte en onderlinge afstand van 12 meter, een kavelsloot op 1,4-1,6 m diepte en globale afstand van 250 meter, en een kreek met een diepte van ongeveer 2 m-m.v. en afstand van naar schatting enkele kilometers. Het water dat direct via de genoemde drainagemiddelen tot afvoer komt heeft een andere route gevolgd dan water dat via een ander middel afgevoerd wordt. De gevolgde route beïnvloedt de verblijftijd. De schatting van de verblijftijd van water dient dus samengesteld te worden uit verschillende verblijftijdverdelingen, die per ontwateringsmiddel beschouwd anders is.

Voor de situatie op proefboerderij Rusthoeve wordt een empirische, in de tijd dynamische benadering van de verblijftijdverdeling van het drainagewater van perceel 4Z voorgesteld als functie van de drainage-intensiteit. Op jaarbasis zal deze verdeling vergeleken worden met de gemiddelde, konstante verblijftijdverdeling volgens Ernst (1973) en aangepaste verdeling volgens Meinardi en Van den Eertwegh (1995, 1997). Aanvullend en ondersteunend voor toepassing van de empirische methode is het uitvoeren van berekeningen met een numeriek tweedimensionaal computermodel. In het kader van deze rapportage wordt daarvan afgezien. Gemeten chloride- en nitraatconcentraties in grond- en drainwater zullen gebruikt worden, alsmede mogelijke causale verbanden tussen concentraties van beide stoffen en tussen afvoerintensiteit en concentraties.

De drainage- of afvoerintensiteit is een functie van de voeding als resultante van neerslag en verdamping. Door de verblijftijdverdeling een functie te laten zijn van de afvoerintensiteit komt de variatie van de voeding in de tijd tot uiting. Daarnaast komt de benadering tegemoet aan het stromingspatroon zoals geschetst door De Vos (1997) bij optredende opbollingen tijdens afvoergolven. Indien preferent transport een rol van betekenis speelt zal de werkelijke verblijftijdverdeling verschuiven in de richting van kortere verblijftijden gedurende korte perioden. De beschouwing over de grondwaterstand-afvoer-relatie (3.5) laat zien dat preferent transport weliswaar optreedt op het huiskavel, echter qua drainagevolume op jaarbasis tijdens de proef niet van grote betekenis is/lijkt. Preferent transport wordt dan ook buiten beschouwing gelaten, al zal de fractie water jonger dan 1 jaar in de totale afvoer in de praktijk hierdoor groter zijn.

De basis voor de verblijftijdenbenadering wordt gevormd door genoemde theoretische beschouwingen, analyses, veldwaarnemingen zoals genoemd en gemeten chloride- en nitraatconcentraties in het grond- en drainagewater van de Rusthoeve. De verdeling van de verblijftijd van het afgevoerde water is vrijwel analoog opgedeeld in fracties zoals in Meinardi en Van den Eertwegh (1995, 1997), te weten:

| fractie | verblijftijd t [j]   |
|---------|----------------------|
| f1      | $t \leq 1$ jaar;     |
| f2      | $1 < t \leq 2$ jaar; |
| f3      | $2 < t \leq 3$ jaar; |
| f4      | $3 < t \leq 4$ jaar; |
| f5      | $4 < t \leq 5$ jaar; |
| f6      | $t > 5$ jaar         |

Aldus wordt de verblijftijd van het drainwater in jaren onderscheiden. De transporttijd in de onverzadigde zone wordt verdisconteerd in de fractie afgevoerd water die minder dan 1 jaar na infiltratie in de bodem verbleven is (f1). De verblijftijdverdeling in Meinardi en Van den Eertwegh (1995, 1997) kent in principe konstante factoren, hoewel de fracties f1 en f2 lineair toenemen met de tijd tijdens het drainage seizoen, ten koste van de oudere fracties.

Metingen van de samenstelling van ondiep grondwater laten zien dat de chlorideconcentratie in de bovenste m van de verzadigde zone varieert tussen 50 en 600 mg l<sup>-1</sup> in de ondiepe filters (tabellen 5.2.2 en 5.2.3). Analyses van monsters van grondwater op een niveau tussen 6 en 7 m-m.v. geven chlorideconcentraties tussen 300 en meer dan 7000 mg l<sup>-1</sup> te zien (tabel 5.2.1). Er is dus in verticale zin sprake van een ondiepe en scherpe overgang van relatief zoet naar brak tot zout grondwater. De gemeten chlorideconcentraties in het drainwater van perceel 4Z liggen tussen 100 en 400 mg l<sup>-1</sup> in het eerste meetjaar (4.1). Er is een verband tussen de afvoerintensiteit en de gemeten chlorideconcentratie, waarbij de concentratie lineair tot exponentieel afneemt bij toenemende afvoerintensiteit (figuur 3.16). De nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater variëren van < 0,2 tot meer dan 15 mg l<sup>-1</sup> N (tabellen 5.2.2 en 5.2.3). In het drainwater van perceel 4Z liggen de concentraties veelal tussen < 0,2 en 10 mg l<sup>-1</sup> N, in het tweede drainage seizoen is een aantal waarnemingen tot bijna 30 mg l<sup>-1</sup> N aanwezig (4.1). Het verband tussen de afvoerintensiteit en de nitraatconcentratie is te zien in figuur 3.17. Het verband tussen de gemeten chloride- en nitraatconcentratie is negatief: hoge chlorideconcentraties gaan gepaard met lage nitraatconcentraties.

**Figuur 3.16:** Chlorideconcentratie in drainwater als functie van de afvoerintensiteit. Veldmetingen meetseizoen 1994/95.

**Figuur 3.17:** Nitraatconcentratie in drainwater als functie van de afvoerintensiteit. Veldmetingen meetseizoen 1994/95.

Analyse van de cijfers en verbanden leidt tot de conclusie dat naarmate meer water per tijdseenheid tot afvoer komt, de chlorideconcentratie lager is en de nitraatconcentratie hoger. Hoge afvoerintensiteiten worden direct voorafgegaan door een groot neerslagoverschot op korte termijn, waarbij een opbolling van de grondwaterstand tussen de drainbuizen zal ontstaan. Zoals eerder vermeld zal de stroming in de opbollingszone, zowel in het onverzadigde als in het verzadigde deel van de bodem, laterale componenten hebben. Op basis hiervan wordt aangenomen dat bij toenemende afvoerintensiteiten het aandeel jong water in de totale afvoer steeds groter wordt. Daarnaast wordt aangenomen dat naarmate het water uit diepere zones komt, de verblijftijdverdeling van dat water anders is. Diepte en ouderdom zijn hiermee gekoppeld, alsmede afvoerintensiteit en ouderdom. Aangenomen wordt dat bij een hoge opbolling en afvoerintensiteit een grote fractie ondiep, jong water en bij een geringe opbolling een grote fractie diep, oud grondwater tot afvoer komt.

Wanneer de benadering van Ernst (1973) toegepast wordt op de langjarig gemiddelde situatie van perceel 4Z met een neerslagoverschot van 300-350 mm j<sup>-1</sup>, een porositeit van 0,3 en een dikte van de doorstroomde laag van 2 tot 3 m is de verblijftijdverdeling als volgt (fracties afgerond):

| fractie<br>(symbool) | verblijftijd (t)    | fractie<br>(grootte) |
|----------------------|---------------------|----------------------|
| f1                   | $t \leq 1$ jaar     | 0,35                 |
| f2                   | $1 < t \leq 2$ jaar | 0,25                 |
| f3                   | $2 < t \leq 3$ jaar | 0,15                 |
| f4                   | $3 < t \leq 4$ jaar | 0,10                 |
| f5                   | $4 < t \leq 5$ jaar | 0,05                 |
| f6                   | $t > 5$ jaar        | 0,10                 |

Deze verdeling is als uitgangspunt gekozen voor de hier geconstrueerde verdeling van de verblijftijd. Uit modelberekeningen van De Vos (1997) blijkt dat het aandeel jong water in de totale afvoer toeneemt met toenemende opbolling. Op basis hiervan en de gemeten concentraties in het drainwater van perceel 4Z wordt aangenomen dat de fracties  $f_1$  ( $t \leq 1$  jaar) en  $f_2$  ( $1 < t \leq 2$  jaar) niet-lineair toenemen bij toenemende afvoerintensiteit, ten koste van de fracties ouder water, zoals in figuur 3.18 te zien is. De achterliggende gedachte hierbij is dat in de zone van de bodem waar de opbolling plaatsvindt, (de bulk van) het aanwezige water aangenomen wordt maximaal 2 jaar oud te zijn. De parameters van de niet-lineaire functie zijn zodanig gekozen dat bij afvoerintensiteiten tussen 2 en 3 mm d<sup>-1</sup> de fractie ongeveer gelijk is aan de waarde die bij toepassing van de benadering van Ernst (1973) berekend wordt. Deze afvoersituatie wordt geacht representatief te zijn voor een stabiele, stationaire toestand. De gebruikte parameters zijn niet echt gecalibreerd, wel zijn ze aangepast door de berekende chlorideconcentraties te vergelijken met de gemeten, gegeven de gebruikte constante waarden voor de concentratie als functie van de verblijftijd (3.6.2).

**Figuur 3.18:** Verblijftijdverdeling van het drainwater. Verdeling in fracties als functie van de afvoerintensiteit.

In Meinardi en Van den Eertwegh (1995, 1997) wordt voorgesteld het aandeel water jonger dan twee jaar binnen het drainageseizoen te verhogen ten koste van het aandeel ouder water. De (lineaire) vergroting van het aandeel jong water heeft als reden dat het water in de top van het bodem-water-systeem tijdens het drainageseizoen gedeeltelijk ververscht wordt. Ook bij de hier gebruikte verblijftijdverdeling zal het effect van deze methode van verversing onderzocht worden. Daarnaast wordt een andere benadering van het effect van verversing getest. Deze benadering gaat ervan uit dat de verversing uitgedrukt kan worden als fractie van het watervolume, geborgen in het doorstroomde deel van de bodem, dat vervangen wordt door het voortschrijdend neerslagoverschot tijdens het drainageseizoen. Een deel van dit neerslagoverschot wordt geborgen in de bodem, een ander deel komt tot afvoer.

### 3.7.2 Stofconcentraties in percolerend neerslagoverschot

Uiteindelijk is het in deze rapportage te doen om de uitspoeling van meststoffen. Stikstof- en fosforverbindingen komen in het drainagewater voor. Beide stoffen zijn echter onderhevig aan chemische processen die de concentratie ervan beïnvloeden. Voor stikstof zijn te noemen nitrificatie en denitrificatie, immobilisatie, mineralisatie en binding van ammonium aan de bodemmatrix. Voor fosfor is met name binding aan de bodemmatrix, die deels reversibel is, een belangrijk proces. In de beschouwing over verblijftijden wordt alleen stikstof in de vorm van nitraat meegenomen omdat het transport van fosfor zeer vertraagd wordt door adsorptie. De herkomst van fosfaat in het drainwater wat betreft verblijftijd is hierdoor nauwelijks te bepalen. Dit is de reden waarom aan fosfor in dit deel van het rapport weinig aandacht wordt besteed. Daarnaast komt in de analyse alleen het eerste meetseizoen aan de orde omdat in het tweede meetjaar het drainwater vermengd is met slootwater van een andere samenstelling door een lekkage in de verzamelbuis (3.4). Er is voor gekozen alleen nitraat als stikstofverbinding mee te nemen in de beschouwing omdat nitraat aanwezig is in het percolerend neerslagoverschot, en niet of nauwelijks in het grondwater voor zover qua samenstelling beïnvloed door brakke kwel. Ondanks de reacties waaraan nitraat onderhevig is kan deze stof aldus als een soort tracer gebruikt worden. Alvorens echter berekeningen te maken aangaande nitraat-stikstof volgt eerst een beschouwing aan de hand van chloride.

Chloride kan afkomstig zijn van regenwater, van de bodem door uitloging, van diep grondwater (kwel en diffusie) en uit meststoffen. De aanwezigheid van brak tot zout grondwater op geringe diepte bemoeilijkt de analyse, maar biedt ook voordelen. Hoge chlorideconcentraties in het drainwater duiden namelijk op een 'groot' aandeel 'diep' / 'oud' grondwater in de totale afvoer, mogelijk ook op een aandeel kwelwater. Achterliggende gedachte is dat hoe ouder het water is, hoe dieper het in bodem doordrongen zal zijn. Naarmate het water dieper doordringt, zal de aanrijking van chloride groter zijn door de ondiepe aanwezigheid van brak tot zout grondwater enerzijds en de nalevering van chloride door de bodem anderzijds door uitloging. Het regenwater in Zuidwest-Nederland bevat ongeveer 10 mg l<sup>-1</sup> chloride. Indien de bodem geen chloride afgeeft, leidt dit gemiddeld gezien tot een concentra-

tie van 25 tot 30 mg l<sup>-1</sup> chloride in het percolerend neerslagoverschot ( $P=825 \text{ mm j}^{-1}$ ,  $E_p=500 \text{ mm j}^{-1}$ ). Uitloging van de bodem van bijvoorbeeld 50 kg ha<sup>-1</sup> chloride heeft een toename van de concentratie met 15 mg l<sup>-1</sup> tot gevolg. Uit kunstmeststoffen kan ook nog eens een verhoging van de concentratie met 10 tot 15 mg l<sup>-1</sup> optreden (Meinardi en Van den Eertwegh, 1997). Dierlijke mest is op de proefpercelen van proefboerderij Rusthoeve niet of nauwelijks toegepast. Exclusief de invloed van brak tot zout grondwater kan het ondiepe bodemwater 40 tot 60 mg l<sup>-1</sup> chloride bevatten. De invloed van brak grondwater op de chlorideconcentratie in het ondiepe bodemwater is moeilijk in te schatten. Zeker is dat door kwel grondwater opwaarts getransporteerd wordt tijdens het groeiseizoen. Via capillaire opstijging kan dit grondwater dienen als aanvulling van de bodemvochtvoorraad waardoor de verdamping 'op peil' (lees: potentieel) kan blijven. Dit water heeft waarschijnlijk een verhoogde concentratie in vergelijking met het percolerend neerslagoverschot. De volgende chlorideconcentraties worden voorgesteld, als functie van de verblijftijd van het afgevoerde water:

| Verblijftijd        | Chloride [mg l <sup>-1</sup> ] |
|---------------------|--------------------------------|
| $t \leq 1$ jaar     | 75                             |
| $1 < t \leq 2$ jaar | 100                            |
| $2 < t \leq 3$ jaar | 150                            |
| $3 < t \leq 4$ jaar | 250                            |
| $4 < t \leq 5$ jaar | 500                            |
| $t > 5$ jaar        | 750                            |

Deze getallen zijn mede afgeleid van de gemeten concentraties in het drain- en slootwater en het (on)diepe grondwater. Bij de analyse van de verblijftijd van water in het drainageseizoen 1994/95 correspondeert de verblijftijdfractie  $t$  (1 jaar aldus met het hydrologisch jaar 1994, de categorie  $1 < t \leq 2$  jaar met 1993, etc. Hoe ouder het water, des te sterker is de invloed van het brakke tot zoute grondwater.

Voor stikstof wordt aangenomen dat de nitrificatie snel verloopt. Ammonium wordt hierbij omgezet in nitraat. Aangezien deze omzetting in een omgeving geschiedt waar zuurstof en organische stof (energiebron) aanwezig moeten zijn, wordt aangenomen dat nitraat in het drainwater met name aanwezig is in het percolerend neerslagoverschot. Deze aanname wordt bevestigd door de samenstelling van het diepe grondwater; dit bevat weinig tot geen nitraat (tabel 5.2.1). Het ondiepe grondwater bevat lokaal wel nitraat, dit water bevindt zich in de zone van de bodem die doorstroomd wordt tijdens het drainageproces. Een andere bevestiging voor de aanname volgt uit figuur 3.17 waar bij lage afvoerintensiteiten weinig tot geen nitraat in het relatief oude water voorkomt. Het ammonium en organisch-N aanwezig in het diepe grondwater (tabel 5.2.1) wordt dus niet of nauwelijks omgezet door nitrificatie in nitraat.

De nitraatconcentratie als functie van de verblijftijd van het water is minder gemakkelijk te schatten. De concentratie hangt af van de belasting van het maaiveld met meststoffen en bio- en fysisch-chemische omzettingen in de bodem, waarvan mineralisatie en denitrificatie twee belangrijke voorbeelden zijn. Daarnaast zal de nitraatconcentratie in het bodem- en drainagewater ook afhangen van het percolerend neerslagoverschot, hetgeen ook geldt voor chloride (verdunning, indikking). De opname van stikstof in de vorm van opgelost ammonium en nitraat door het geteelde gewas en de mineralisatie en immobilisatie zijn tenslotte ook van invloed op de concentratie. De onderscheiden berekeningsvarianten zijn te vinden in tabel 3.11. Alle NETTO-varianten houden rekening met de afvoer van stikstof via de oogst van het gewas, de BRUTO-varianten doen dit niet.

**Tabel 3.11:** Berekeningsvarianten nitraatvrucht die op jaarbasis uitspoelt naar het grondwater, in verschillende mate rekening houdend met balansposten en processen. Het jaar wordt gedefinieerd als hydrologisch jaar, vrijwel overeenkomend met de periode van groeiseizoen tot groeiseizoen.

| Variant      | Atmosferische depositie bemesting | Verandering minerale bodemvoorraad | Netto mineralisatie denitrificatie bovengrond | Gewasafvoer |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|---|-------------|
| BRUTO 0 (B0) | X                                 |                                    |   |             |
| BRUTO 1 (B1) | X                                 | X                                  |   |             |
| BRUTO 2 (B2) | X                                 | X                                  | X   |             |
| NETTO 0 (N0) | X                                 |                                    |   | X           |
| NETTO 1 (N1) | X                                 | X                                  |   | X           |
| NETTO 2 (N2) | X                                 | X                                  | X   | X           |

Elke berekeningsvariant heeft als uitkomst een hoeveelheid nitraat in  $[\text{kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1}]$ , die omgerekend wordt in een concentratie door te delen door het neerslagoverschot van het desbetreffende hydrologisch jaar. De hoeveelheid nitraat in de NETTO-varianten wordt geacht uit te spoelen naar het grondwater. De hoeveelheid uit de BRUTO-varianten moet vermenigvuldigd worden met een factor ( $< 1,0$ ) ter correctie van niet-meegenomen balansposten en processen. Er wordt nog op gewezen dat de cijfers hier geldig zijn voor perceel 4Z.

In deze rapportage wordt een statische, d.w.z. in de plaats en tijd constante factor gebruikt ter berekening van de fractie nitraat die uitspoelt voor de BRUTO-varianten. Kolenbrander (1981) paste deze benadering reeds toe, voor bouwland op kleigrond wordt een factor 0,2 voorgesteld bij een bemestingsniveau van  $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ N}$ . In Van Drecht (1993) wordt een hierop lijkende benadering beschreven, voortbouwend op het model NITRIKC (Goossens en Van Ham, 1992), en verder uitgebreid in Van Drecht en Scheper (1996). Hierbij wordt nog een extra factor ter correctie van de grondwatertrap (Gt) toegepast, voor Gt VI gelijk aan 0,65 en voor Gt VII gelijk aan 0,83. Deze Gt-correctiefactoren zijn bepaald voor grasland op zand (Boumans *et al.*, 1989), maar lijken ook geldig te zijn voor kleigronden (Meinardi en Van den Eertwegh, 1997). Zij berekenen een uitspoelingsfactor tussen 0,1 en 0,3 voor het huiskavel van de proefboerderij, afhankelijk van bodemtype en -opbouw. De uit dat onderzoek afgeleide richtwaarde voor de factor geldig voor bouwland op zavel (op zavel) of op lichte klei (op ondiep zand) is 0,2. Deze waarde is hier gebruikt, met als extra Gt-correctiefactor 0,75 omdat het onduidelijk is of ter plekke de Gt VI dan wel VII is. Dit resulteert in een factor 0,15. In tabel 3.12 staan de jaargemiddelde nitraat-concentraties vermeld voor alle berekeningsvarianten. Voor water uit het jaar 1989 en ander ouder water wordt een gemiddelde concentratie geschat van  $11 \text{ mg l}^{-1}$  als N, gelijk aan het gemiddelde van de concentratie in het percolerend neerslagoverschot voor variant B0 voor de periode 1990-1995.

**Tabel 3.12:** Jaargemiddelde berekende nitraat-concentraties in het percolerend neerslagoverschot op perceel 4Z voor berekeningsvarianten. Genoemde jaren zijn hydrologische jaren. Concentraties in  $[\text{mg l}^{-1}]$  als N.

| Jaar* | P-E <sub>a</sub> [mm] | B0 | B1 | B2 | N0 | N1 | N2 |
|-------|-----------------------|----|----|----|----|----|----|
| 1990  | 160                   | 18 | 29 | 29 | 9  | 87 | 84 |
| 1991  | 250                   | 11 | 11 | 11 | 33 | 34 | 32 |
| 1992  | 375                   | 6  | 6  | 6  | 14 | 13 | 11 |
| 1993  | 510                   | 7  | 6  | 6  | 8  | 7  | 6  |
| 1994  | 455                   | 11 | 9  | 9  | 20 | 9  | 7  |
| 1995  | 178                   | 12 | 15 | 15 | 36 | 53 | 51 |

\*: jaar 1990 = april 1990 t/m maart 1991 enz.



### 3.7.3 Resultaten

In figuur 3.19 is de berekende en gemeten chlorideconcentratie van het drainwater van perceel 4Z in de tijd te zien. De dalen in het concentratieverloop zijn waargenomen tijdens piekafvoeren. De berekeningen volgen de gemeten concentraties redelijk, al zijn er 'missers' te bekennen bij zowel hoge als lage concentratieniveaus. Het gemiddelde van de gemeten concentraties is  $273 \text{ mg l}^{-1}$  (standaardafwijking  $46 \text{ mg l}^{-1}$ ), de gemiddelde berekende  $250 \text{ mg l}^{-1}$  (standaardafwijking  $45 \text{ mg l}^{-1}$ ). In figuur 3.20 zijn de gemeten concentraties uitgezet tegen de berekende.

Figuur 3.19: Chlorideconcentratie in drainwater, gemeten en berekend. Perceel 4Z, meetseizoen 1994/95.

Figuur 3.20: Chlorideconcentratie in drainwater, relatie gemeten en berekende waarden in drainwater van perceel 4Z, meetseizoen 1994/95.

In figuur 3.21 is het tijdsverloop van de gemeten en berekende nitraat-concentratie in het drainwater te zien voor de varianten B0, B1, N0 en N1. De twee overblijvende varianten hebben geen meerwaarde in de figuur omdat ze sterk lijken op B1 respectievelijk N1.

Figuur 3.21: Nitraatconcentratie in drainwater, gemeten en berekend. Perceel 4Z, meetseizoen 1994/95.

De berekende concentraties van variant B0 vertonen vrijwel geen variatie in de tijd. Variant B1 toont die wel maar het berekende gemiddelde is te hoog en bij hoge afvoerintensiteiten daalt de concentratie, in tegenstelling tot de gemeten concentratie. Variant N0 vertoont variatie en een goede respons op de afvoerintensiteit, echter gemiddeld worden de concentraties te hoog berekend. Variant N1 vertoont het hoogste gemiddelde, de grootste variatie en net zoals B1 een verkeerd verband met de afvoerintensiteiten. Indien de gemiddelde concentratie te hoog wordt berekend is er sprake van een te grote hoeveelheid nitraat die uitspoelt. Een reductie hiervan kan plaatsvinden door afbraak van nitraat in de bodem of een kleinere uitspoelingsfactor.

In de ondergrond is een doorlatende veenlaag aanwezig op een diepte van 2,5 tot 3 m-m.v. (ook paragraaf 5.1). Deze zou ervoor kunnen zorgen dat nitraat gedenitrificeerd wordt wanneer grondwater deze laag passeert. Water dat deze laag passeert, bevindt zich op dusdanige diepte dat het tenminste 2 à 3 jaar oud moet zijn. Een onderbouwde kwantificering van de afbraak van nitraat in de ondergrond is nauwelijks mogelijk. Daarom wordt aangenomen dat water jonger dan 1 jaar niet aan afbraak onderhevig is geweest en elk jaar daarna per jaar 50% van het nog aanwezige nitraat afgebroken wordt. Water dat tussen 1 en 2 jaar oud is bevat aldus nog maar 50% van het oorspronkelijke nitraat, tussen 2 en 3 jaar 25% etc. Dit levert een benadering voor de afbraak in de ondergrond op, die ook opgezet kan worden door aan te nemen dat al het nitraat verdwijnt bij passage van de veenlaag. Al het water ouder dan 3 jaar is dan nitraat-arm. Wanneer de eerstgenoemde benadering toegepast wordt, lijken de berekende concentraties beter op de gemeten concentraties (figuur 3.21). De gemiddelde concentraties van de NETTO-varianten zijn echter nog steeds te hoog (netto mineralisatie overschat, denitrificatie onderschat). Door de afbraak verder te vergroten of minder nitraat naar het grondwater te laten uitspoelen is een verdere correctie mogelijk. Omdat echter variant B1 eenvoudig is en reeds redelijke resultaten oplevert, wordt de aanpak niet verder verdiept of verfijnd.

Zoals eerder vermeld is geprobeerd om verversing van het bodemwater tijdens het drainage-seizoen mee te nemen in de berekeningen. Door een factor van verversing in te bouwen wordt het aandeel jong water ( $1 < t \leq 2$  jaar) groter ten koste van het aandeel van andere fracties. Zowel de methode die in Meinardi en Van den Eertwegh (1995 en 1997) gebruikt is, die de verversing als functie van de verstreken tijd in rekening brengt, als een methode die uitgaat van het volume aan bodemwater dat vervangen wordt door vers water hebben geen positief resultaat. De afwijking tussen de gemeten en berekende chlorideconcentraties worden groter in vergelijking met de situatie zonder verversing. Voor nitraat is het verschil met en zonder gebruik te maken van verversing niet groot. Aldus is ervoor gekozen geen verversingsfactor mee te nemen in de berekeningen. Concentratie-metingen die hiertoe wel aanleiding geven, zullen een (stijgende of dalende) trend in de tijd tijdens het drainage-seizoen weer moeten geven. De hier gemeten concentratieverlopen vertonen geen trend.

De resulterende verblijftijdverdeling in fracties op jaarbasis is te zien in tabel 3.13. Te zien is dat de totale verdeling voor beide seizoenen vrijwel gelijk is, al dient hierbij opgemerkt te worden dat de drainafvoeren voor seizoen 1995/96 berekend zijn (3.4). Ook is geen analyse gedaan van gemeten en berekende chloride- en nitraat-concentraties in het tweede seizoen vanwege de lekkage in de verzamelbuis. Er zijn aldus geen duidelijke aanwijzingen voor een groot verschil in de verblijftijdverdeling van het ene seizoen in vergelijking met het andere, op basis van de hier gebruikte cijfers en methode. Blijkbaar is de statistische verdeling van afvoerintensiteiten voor beide seizoenen niet zodanig anders, dat er grote verschillen in de verblijftijdverdeling optreden.

Tabel 3.13:

Verblijftijdverdeling drainwater perceel 4Z voor beide seizoenen in fracties [-].

| Fractie | Seizoen 1994/95 | Seizoen 1995/96 |
|---------|-----------------|-----------------|
| f1      | 0,28            | 0,24            |
| f2      | 0,21            | 0,18            |
| f3      | 0,17            | 0,19            |
| f4      | 0,13            | 0,15            |
| f5      | 0,12            | 0,14            |
| f6      | 0,09            | 0,10            |

Er wordt samenvattend geconstateerd dat de volgende eenvoudige benadering ter berekening van de nitraat-concentratie in het drainwater voldoet:

- ter opbouw en controle van de benadering: **chloride** in grond- en drainwater meenemen in de beschouwing;
- bepaal in grote lijnen de verblijftijdverdeling van drainwater door de methode van Ernst (1973) te gebruiken. Deze levert constante verblijftijdfracties op;
- breng dynamiek in de fracties binnen het drainageseizoen wanneer variatie in de gemeten concentraties wordt vastgesteld door de fracties te laten variëren als functie van de afvoerintensiteit, waarbij het aandeel jong water ( $t \leq 2$  jaar) niet-lineair (bijv. exponentieel) toeneemt bij toenemende afvoerintensiteit ten koste van ouder water. Het mogelijk optreden van preferente stroming van water levert een groter aandeel water jonger dan 1 jaar op;
- bereken de nitraat-hoeveelheid die op jaarbasis uitspoelt naar het grondwater door de bruto belasting aan maaiveld te vermenigvuldigen met een uitspoelingsfactor, met een factor gecorrigeerd voor de grondwatertrap;
- bereken de jaargemiddelde nitraat-concentratie in het percolerende water door de uitspoelende hoeveelheid te delen door het neerslagoverschot;
- breng eventueel afbraak in de ondergrond tot uiting ter afbraak van nitraat, bijv. 50% afbraak per jaar;
- eventueel: verversing meenemen indien een trend in de gemeten concentraties binnen een drainageseizoen vastgesteld kan worden. Hiertoe het aandeel jong water in de totale afvoer laten toenemen met toenemend cumulatief neerslagoverschot of drainafvoer.

## 4. Chloride, stikstof en fosfaat in drain- en slootwater

### Algemene opmerkingen

1. Waar in de tekst gesproken wordt over stikstof en fosfor of fosfaat, wordt hiermee respectievelijk totaal-stikstof (totaal-N) en totaal-fosfor (totaal-P) aangeduid. Waar het onderscheid tussen de componenten van stikstof en fosfor relevant is, wordt dit aangegeven.
2. Voor de figuren bij hoofdstuk 4 geldt: de concentraties van de parameters zijn steeds op dezelfde wijze uitgezet tegen de tijd. Het betreft in alle figuren de daggemiddelden. Omdat debietsproportioneel is bemonsterd, zijn op dagen met hoge afvoeren vaak meerdere watermonsters per dag genomen en geanalyseerd. In perioden met weinig afvoer zijn er soms ook dagen geen watermonsters genomen. Dat was bijvoorbeeld het geval in de vorstperiode in de maanden januari en februari 1996, toen afvoer van drains en sloot afwezig was. De daggemiddelden zijn in die gevallen geïnterpoleerd uit de gemeten concentraties van de zes omliggende data. Langere perioden zonder monsters zijn in de figuren terug te vinden als horizontale gedeelten in de grafieken. Dat betreft de perioden juli-oktober 1994, mei-september 1995, januari-februari 1996 en mei-juni 1996.
3. Omdat er in het tweede meetseizoen (1995/96) lekkage is opgetreden in de verzameldrain, zijn de kwaliteitsgegevens van het drainwater minder betrouwbaar dan die van het eerste seizoen. De samenstelling is bepaald van een mengsel van zowel drainwater als van binnenlekkend slootwater. Deze benadering geeft een vertekend beeld van de werkelijke concentraties in het drainwater in het tweede meetseizoen. Dit geldt voor alle kwaliteitsparameters.
4. Waar waarden worden gegeven gevolgd door een '± teken', wordt daarmee de standaard-afwijking aangegeven. Dit geeft een indicatie van de variatie binnen de cijfers.

### 4.1 Drainwater

#### Samenstelling - chloride

In figuur 4.1.1 zijn de daggemiddelde concentraties chloride in het drainwater uitgezet. De concentraties variëren van 107 mg l<sup>-1</sup> tot 441 mg l<sup>-1</sup> met een gemiddelde van 291 mg l<sup>-1</sup>. De gemiddelde chlorideconcentratie in het seizoen 1994/95 is 302 ± 45 mg l<sup>-1</sup>, in het seizoen 1995/96 281 ± 69 mg l<sup>-1</sup>. In de chlorideconcentraties is een seizoenseffect waar te nemen. Naar het einde van het drainageseizoen nemen de concentraties toe, in de winter (alleen in 1994) zijn de concentraties laag. In het begin en aan het einde van het drainageseizoen zijn de concentraties chloride hoog. Dit is mogelijk deels te verklaren uit het feit dat chloride na de zomer hoger in het bodemprofiel aanwezig is als gevolg van kwel en capillaire opstijging van grondwater. In die perioden bestaat het drainwater uit relatief meer kwelwater dan in de top van de afvoerperiode (midden winter).

Vergelijking van de chlorideconcentraties met de draindebieten laat zien dat de dalen in het chloride overeenkomen met de toppen van de dagafvoer (figuur 3.1).

#### Samenstelling - stikstof

In figuur 4.1.2 zijn de daggemiddelde concentraties totaal-stikstof in het drainwater uitgezet. De concentraties variëren van 0,60 mg l<sup>-1</sup> N tot 29 mg l<sup>-1</sup> N met een gemiddelde van 3,9 mg l<sup>-1</sup> N. De gemiddelde stikstofconcentratie in het seizoen 1994/95 is 3,9 ± 1,5 mg l<sup>-1</sup> N, in het seizoen 1995/96 4,0 ± 2,9 mg l<sup>-1</sup> N.

In het seizoen 1995/96 wordt een drietal zeer hoge concentraties waargenomen tot een maximum van 29 mg l<sup>-1</sup> N. Tussen half oktober 1995 en half november 1995 worden lage concentraties gemeten (ongeveer 1,2 mg l<sup>-1</sup> N).

In beide jaren nemen de stikstofconcentraties af tegen het einde van het winterseizoen. De concentratie N-totaal in het drainwater die aan het eind van het winterseizoen wordt bereikt, is in het seizoen 1994/95 3,3 mg l<sup>-1</sup> N en in het seizoen 1995/96 1,5 mg l<sup>-1</sup> N.

Vergelijking van de concentraties totaal-stikstof met de draindebieten laat zien dat de hoge concentraties overeenkomen met de toppen van de dagafvoer (figuur 3.1). Met name bij de piekafvoeren in het seizoen 1995/96 is dit opvallend. Het verloop is tegengesteld aan dat van chloride.

In figuur 4.1.3 zijn de concentraties N-kjeldahl in het drainwater uitgezet. De concentraties variëren van 0 mg l<sup>-1</sup> N tot 6,1 mg l<sup>-1</sup> N met een gemiddelde van 1,2 mg l<sup>-1</sup> N. De gemiddelde N-kjeldahl concentratie in het seizoen 1994/95 is 1,3 ± 0,45 mg l<sup>-1</sup> N, in het seizoen 1995/96 1,0 ± 0,46 mg l<sup>-1</sup> N. Omdat de parameter N-kjeldahl is opgebouwd uit de fracties N-NH<sub>4</sub> en N-organisch, en omdat de con-

concentraties N-NH<sub>4</sub> in het drainwater zeer laag zijn (gemiddeld 0,08 mg l<sup>-1</sup> N), kan worden geconcludeerd dat de parameter N-kjeldahl de concentratie stikstof weergeeft die in het drainwater aan organische stof is gebonden. Gedurende de gehele meetperiode is een min of meer constant niveau van 1-1,5 mg l<sup>-1</sup> organisch gebonden stikstof in de drains aanwezig.

In figuur 4.1.4 zijn de concentraties van N-kjeldahl, N-NO<sub>3</sub> en N-totaal uitgezet. Uit deze figuur blijkt dat de pieken in de concentraties totaal-stikstof worden verklaard door een toename in N-NO<sub>3</sub>. Ook uit deze figuur blijkt dat N-kjeldahl als een min of meer constante concentratie in het drainwater aanwezig is. De concentraties NO<sub>2</sub><sup>-</sup> en NH<sub>4</sub><sup>+</sup> zijn te verwaarlozen fracties.

#### Samenstelling - fosfaat

In figuur 4.1.5 zijn de daggemiddelde concentraties totaal-fosfaat in het drainwater uitgezet. De concentraties variëren van 0,05 mg l<sup>-1</sup> P tot 1,2 mg l<sup>-1</sup> P met een gemiddelde van 0,21 mg l<sup>-1</sup> P. De gemiddelde fosfaatconcentratie in het seizoen 1994/95 is 0,20 ± 0,15 mg l<sup>-1</sup> P, in het seizoen 1995/96 0,22 ± 0,08 mg l<sup>-1</sup> P. De concentratie totaal-fosfaat wordt voor gemiddeld 71% verklaard door de concentratie orthofosfaat.

Er is sprake van een opvallend hoge concentratie totaal-fosfaat in februari 1995. Deze waarde blijkt gebaseerd te zijn op de bemonstering van 16 februari 1995. Behalve het hoge P-totaal gehalte is in dit monster sprake van een hoge N-kjeldahl concentratie (figuur 4.1.3) en een laag chloridegehalte (hoewel niet bijzonder laag, zie figuur 4.1.1). De andere concentraties, waaronder orthofosfaat en N-NO<sub>3</sub>, zijn in dit monster niet uitzonderlijk. De totaal-P concentratie wordt voor slechts 12% verklaard door het ortho-P en dus door 88% door organisch gebonden fosfaat. De parameters in dit monster wijzen op een hoog gehalte aan organische stof waaraan stikstof en fosfaat gebonden zijn. Waarschijnlijk worden de hoge piekconcentraties in dit monster veroorzaakt door een incidenteel hoog gehalte aan organische stof, met daaraan gebonden stikstof en fosfaat.

#### Vracht - stikstof

In figuur 4.1.6 wordt de dagvracht van totaal-stikstof in de drains weergegeven en in figuur 4.1.7 de cumulatieve stikstofvracht over de gehele meetperiode 1994-1996. In het seizoen 1994/95 is de stikstofvracht over het jaar verdeeld met een aantal afvoerpieken. Opvallend is de verdeling van de N-vracht in het meetseizoen 1995/96, waarin de gehele jaarvracht in vier korte perioden door de drains wordt afgevoerd. Er is telkens sprake van een hoge piekvracht die wordt gevolgd door een geleidelijk afnemende dagvracht. Het verloop van de dagvrachten van stikstof is in figuur 4.1.7 terug te vinden in de snelle stijging van de cumulatieve vracht binnen korte perioden.

De maximale dagvracht via de drains is 2,0 kg/ha.dag N. In het seizoen 1994/95 voeren de drains 18,6 kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> N af. In het seizoen 1995/96 is de stikstofafvoer 12,8 kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> N. Voor de totale meetperiode is de stikstofafvoer via de drains 31,4 kg/ha N.

#### Vracht - fosfaat

In figuur 4.1.8 wordt de dagvracht van totaal-fosfaat van het drainwater weergegeven en in figuur 4.1.9 de cumulatieve fosfaatvracht over de gehele meetperiode 1994-1996. Het fosfaat wordt door de drains in pieken afgevoerd. Met name in het seizoen 1995/96 is dit in het verloop van de figuur terug te vinden, waarin de P-jaarvracht in vijf korte perioden door de drains wordt afgevoerd. Er is telkens sprake van een hoge piekvracht die wordt gevolgd door een geleidelijk afnemende dagvracht. Het verloop van de dagvrachten van fosfaat is in figuur 4.1.9 terug te vinden in de snelle stijging van de cumulatieve vracht binnen korte perioden.

De maximale dagvracht via de drains is 0,041 kg ha<sup>-1</sup> dag<sup>-1</sup> P. In het seizoen 1994/95 voeren de drains 0,68 kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> P af. In het seizoen 1995/96 is de fosfaatafvoer 0,30 kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> P. Voor de totale meetperiode is de fosfaatafvoer via de drains 0,98 kg ha<sup>-1</sup> P.

## 4.2 Sloopwater

### Samenstelling - chloride

In figuur 4.2.1 zijn de daggemiddelde concentraties chloride in het slootwater uitgezet. De concentraties variëren van 72 mg l<sup>-1</sup> tot 559 mg l<sup>-1</sup> met een gemiddelde van 349 mg l<sup>-1</sup>. De gemiddelde chlorideconcentratie in het seizoen 1994/95 is 343 ± 95 mg l<sup>-1</sup>, in het seizoen 1995/96 355 ± 51 mg l<sup>-1</sup>. In de chlorideconcentraties in het slootwater is een seizoenseffect waar te nemen. In het voorjaar nemen de concentraties toe, in het najaar (alleen in 1994) dalen de concentraties.

Vergelijking van de chlorideconcentraties met de slootdebieten laat zien dat de dalen in de chlorideconcentratie overeenkomen met de toppen van de dagafvoer (figuur 3.3).

### Samenstelling - stikstof

In figuur 4.2.2 zijn de daggemiddelde concentraties uitgezet van totaal-stikstof in het slootwater bij de meetstuw. De concentraties variëren van 1,0 mg l<sup>-1</sup> N tot 27 mg l<sup>-1</sup> N met een gemiddelde van 6,3 mg l<sup>-1</sup> N. De gemiddelde stikstofconcentratie in het seizoen 1994/95 is 4,0 ± 1,8 mg l<sup>-1</sup> N. In het seizoen 1995/96 is het gemiddelde veel hoger: 8,6 ± 3,5 mg l<sup>-1</sup> N.

In het seizoen 1995/96 wordt een maximale concentratie waargenomen van 27 mg l<sup>-1</sup> N. In december 1994, in mei 1995 en in november 1995 worden de laagste concentraties gemeten (ongeveer 1,20 mg l<sup>-1</sup> N).

In beide jaren nemen de stikstofconcentraties af aan het einde van het winterseizoen. De concentratie N-totaal in het slootwater die aan het eind van het winterseizoen wordt bereikt, is in het seizoen 1994/95 1,6 mg l<sup>-1</sup> N en in het seizoen 1995/96 9,0 mg l<sup>-1</sup> N.

In vergelijking met de grenswaarde voor oppervlaktewater (zomergemiddelde 2,2 mg l<sup>-1</sup> N): van de 731 daggemiddelden N-totaal zijn 143 waarden (= 20%) kleiner of gelijk aan 2,2 mg l<sup>-1</sup> N. Er stijgen 588 (80%) daggemiddelden uit boven de grenswaarde tot een maximum van 27 mg l<sup>-1</sup> N.

Vergelijking van de concentraties totaal-stikstof met het slootdebiet bij de meetstuw laat zien dat een aantal van de hoge concentraties overeenkomt met een aantal toppen van de dagafvoer. Dit wijst erop dat een toename van de slootafvoer samengaat met een verhoging van de stikstofconcentratie in het slootwater. Dit verloop is tegengesteld aan dat van chloride.

In figuur 4.2.3 zijn de concentraties N-kjeldahl in het slootwater bij de meetstuw uitgezet. De concentraties variëren van 0,60 mg l<sup>-1</sup> N tot 2,6 mg l<sup>-1</sup> N met een gemiddelde van 1,4 mg l<sup>-1</sup> N. De gemiddelde N-kjeldahl concentratie in het seizoen 1994/95 is 1,4 ± 0,22 mg l<sup>-1</sup> N, in het seizoen 1995/96 1,3 ± 0,23 mg l<sup>-1</sup> N. Omdat de parameter N-kjeldahl is opgebouwd uit de fracties N-NH<sub>4</sub> en N-organisch, en omdat de concentraties N-NH<sub>4</sub> in het slootwater zeer laag zijn (gemiddeld 0,11 mg l<sup>-1</sup> N), kan worden geconcludeerd dat de parameter N-kjeldahl de concentraties stikstof weergeeft die in het slootwater aan organische stof is gebonden. Gedurende de gehele meetperiode is een min of meer constant niveau van organisch gebonden stikstof in de sloot aanwezig van 1,4 ± 0,23 mg l<sup>-1</sup> N.

In figuur 4.2.4 zijn de concentraties uitgezet van N-kjeldahl, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en N-totaal in het slootwater bij de meetstuw. Uit deze figuur blijkt dat de pieken in de concentraties totaal-stikstof worden verklaard door een toename in de fractie N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Gedurende de gehele meetperiode wordt de variatie in het N-totaal gehalte grotendeels verklaard door de variatie in de fractie N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Dit wijst erop dat de stikstofconcentratie in het water tijdens hoge afvoeren in hoge mate wordt bepaald door de uitspoeling vanuit de bodem. Nitraat spoelt gemakkelijk uit omdat het als vrij beschikbaar ion goed door de bodemmatrix kan bewegen. Het aan organische stof gebonden stikstof komt veel geleidelijker vrij.

### Samenstelling - fosfaat

In figuur 4.2.5 zijn de daggemiddelde concentraties uitgezet van totaal-fosfaat in het slootwater bij de meetstuw. De concentraties variëren van 0,03 mg l<sup>-1</sup> P tot 1,6 mg l<sup>-1</sup> P met een gemiddelde van 0,31 mg l<sup>-1</sup> P. De gemiddelde fosfaatconcentratie in het seizoen 1994/95 is 0,40 ± 0,27 mg l<sup>-1</sup> P, in het seizoen 1995/96 0,23 ± 0,11 mg l<sup>-1</sup> P. De concentratie totaal-fosfaat wordt voor gemiddeld 52% verklaard door de concentratie orthofosfaat.

Een vergelijking tussen de dagafvoer en de concentratie P-totaal in het slootwater wijst op een omgekeerd evenredige relatie: hoe hoger de slootafvoer, hoe lager de concentratie P-totaal in het slootwater. Dit kan deels verklaard worden door een nalevering van fosfaat uit de slootbodem en/of de relatief grotere bijdrage van kwel in perioden met lage slootafvoer. In het algemeen geldt dat water dat van dieper uit het profiel komt, ouder is en meer onder invloed staat van kwelwater.

In vergelijking met de grenswaarde voor oppervlaktewater: van de 731 daggemiddelden P-totaal zijn 97 waarden (= 13%) kleiner of gelijk aan  $0,15 \text{ mg l}^{-1} \text{ P}$ . Er stijgen 634 (87%) daggemiddelden uit boven de grenswaarde tot een maximum van  $1,6 \text{ mg l}^{-1} \text{ P}$ .

#### Vracht - stikstof

In figuur 4.2.6 wordt de dagvracht van totaal-stikstof in de sloot weergegeven en in figuur 4.2.7 de cumulatieve stikstofvracht over de gehele meetperiode 1994-1996.

In het seizoen 1994/95 is de stikstofvracht over het jaar verdeeld met een aantal afvoerpieken en na elke piek een geleidelijk aflopende dagvracht. Opvallend is de verdeling van de N-vracht in het meetseizoen 1995/96, waarin de gehele jaarvracht in vier zeer korte perioden wordt afgevoerd. Er is telkens sprake van een hoge piekvracht die wordt gevolgd door een geleidelijk afnemende dagvracht. Vooral de piekafvoer eind september 1995 valt op. Hier is de slootafvoer een aantal dagen zeer hoog (afvoer tot  $16 \text{ mm dag}^{-1}$ , zie figuur 3.3) en tegelijkertijd is de stikstofconcentratie in het slootwater zeer hoog ( $27 \text{ mg l}^{-1} \text{ N}$ , zie figuur 4.2.2). Beide parameters leiden tot een zeer hoge dagvracht van maximaal  $4,29 \text{ kg/ha.dag N}$ . Op 27/09/95 en 28/09/95 wordt in twee dagen tijd 41% ( $7,2 \text{ kg/ha N}$ ) van de stikstof-jaarvracht afgevoerd. Het verloop van de dagvrachten van stikstof is in figuur 4.2.7 terug te vinden in de snelle stijging van de cumulatieve vracht binnen korte perioden.

De maximale dagvracht via de drains is  $4,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dag}^{-1} \text{ N}$ . In het seizoen 1994/95 voert de sloot  $22,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1} \text{ N}$  af. In het seizoen 1995/96 is de stikstofafvoer  $17,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1} \text{ N}$ . Voor de totale meetperiode is de stikstofvracht via het drainwater  $40,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ .

#### Vracht - fosfaat

In figuur 4.2.8 wordt de dagvracht van totaal-fosfaat via de sloot weergegeven en in figuur 4.2.9 de cumulatieve fosfaatvracht over de gehele meetperiode 1994-1996.

Het fosfaat wordt door de sloot in pieken afgevoerd. Met name in het seizoen 1995/96 is dit in het verloop van de figuur terug te vinden, waarin de P-jaarvracht in vier korte perioden door de drains wordt afgevoerd. Er is telkens sprake van een hoge piekvracht die wordt gevolgd door een geleidelijk afnemende dagvracht. Het verloop van de dagvrachten van fosfaat is in figuur 4.2.9 terug te vinden in de snelle stijging van de cumulatieve vracht binnen korte perioden.

De maximale dagvracht via de sloot is  $0,059 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dag}^{-1} \text{ P}$ . In het seizoen 1994/95 voert de sloot  $1,0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1} \text{ P}$  af. In het seizoen 1995/96 is de fosfaatafvoer  $0,27 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1} \text{ P}$ . Voor de totale meetperiode is de fosfaatvracht via het slootwater  $1,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}$ .

### 4.3 Vergelijking drain- en slootwater

Voor het vergelijken van de concentraties in de drains en in de sloot zijn de gemiddelde jaarconcentraties in tabel 4.3.1. naast elkaar gezet. De vrachten worden vergeleken in tabel 4.3.2. Hierbij moet worden aangetekend dat de drainconcentraties en -vrachten alleen perceel 4 betreffen, terwijl het slootwater afkomstig is van de percelen 3Z, 4Z, 5Z en een gedeelte van perceel 6Z (in totaal 29 drains).

Tabel 4.3.1: Vergelijking van enkele waterkwaliteitsparameters, gemeten in drain- en slootwater.

|                                   | Gemiddelde conc. in drainwater |                    | Gemiddelde conc. in slootwater |                 |
|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------|
|                                   | seizoen 1994/95                | seizoen 1995/96 *) | seizoen 1994/95                | seizoen 1995/96 |
| Chloride (mg l <sup>-1</sup> )    | 302                            | (281)              | 343                            | 355             |
| N-totaal (mg l <sup>-1</sup> N)   | 3,86                           | (4,00)             | 4,04                           | 8,56            |
| N-kjeldahl (mg l <sup>-1</sup> N) | 1,27                           | (1,02)             | 1,38                           | 1,34            |
| N-nitraat (mg l <sup>-1</sup> N)  | 2,58                           | (2,97)             | 2,65                           | 7,17            |
| P-ortho (mg l <sup>-1</sup> P)    | 0,16                           | (0,13)             | 0,16                           | 0,15            |
| P-totaal (mg l <sup>-1</sup> P)   | 0,20                           | (0,22)             | 0,40                           | 0,23            |

\*) De concentraties in drainwater in het meetseizoen 1995/96 zijn een mengsel van drain- en slootwater, in een onbepaalde verhouding; zie alg. opmerking 3.

#### Samenstelling - chloride

In figuur 4.3.1 zijn de daggemiddelde concentraties chloride in het drainwater en het slootwater uitgezet. Uit de figuur is af te lezen dat de chlorideconcentratie van het slootwater op de meeste data hoger is dan die van het drainwater. Ook de gemiddelde concentratie is in de sloot hoger (tabel 4.3.1).

#### Samenstelling - stikstof

In figuur 4.3.4 zijn de daggemiddelde concentraties stikstof-totaal in het drainwater en het slootwater uitgezet. Uit de figuur is af te lezen dat de stikstofconcentratie van het slootwater het grootste gedeelte van de meetperiode hoger is dan die van het drainwater. In de perioden met hoge drain- en slootafvoer zijn de concentraties in drains en sloot ongeveer aan elkaar gelijk. De gemiddelde stikstofconcentratie is in de sloot hoger dan in de drains (in seizoen 95/96, tabel 4.3.1). Het gehalte aan organisch gebonden stikstof (N-kjeldahl) is in de sloot stelselmatig hoger dan in de drains.

#### Samenstelling - fosfaat

In figuur 4.3.3 zijn de daggemiddelde concentraties totaal-fosfaat in het drainwater en het slootwater uitgezet. Uit de figuur is af te lezen dat de fosfaatconcentratie van het slootwater afwisselend hoger en lager is dan die van het drainwater. De gemiddelde fosfaatconcentratie is in de sloot ongeveer 50% hoger dan in de drains (tabel 4.3.1).

De concentraties van chloride, stikstof en fosfaat zijn in het slootwater hoger dan in het drainwater. Dit valt te verklaren uit andere bronnen dan het drainwater. De sloot ontvangt ook water van het diepere grondwater, waarmee chloride en fosfaat kunnen worden meegevoerd, en in mindere mate ook stikstof. Uit de waterbalans blijkt dat de bijdrage van kwel aan de waterbalans van de sloot groter is dan aan de waterbalans van de drains. Het is waarschijnlijk dat met deze kwelstroom elementen worden getransporteerd. Met name het water dat afkomstig is van het diepere grondwater, kan hoge concentraties chloride en fosfaat bevatten, en in mindere mate stikstofcomponenten. Gezien het feit dat het chloridegehalte in het slootwater laag blijft (lager dan 400 mg l<sup>-1</sup> in de sloot is voor Zeeuwse begrippen laag), kan geconcludeerd worden dat de belasting door zoute kwel relatief laag is. Er kan verwacht worden dat de kweldruk in de zomer toeneemt omdat het peil laag is. In figuur 4.3.1 is slechts een gering effect van de zomer waar te nemen. Hierbij moet worden aangetekend dat in de zomermaanden, wanneer de grootste kweldruk wordt verwacht, niet is gemeten omdat de meetstuw droogviel. De bijdrage door kwel is toegelicht in hoofdstuk 3 over de waterbalansen.

### Vracht - stikstof

In figuur 4.3.5 wordt de cumulatieve stikstofvracht van de drains vergeleken met die van de sloot. Het verloop van de stikstofafvoer is bij de sloot en de drains gelijk. Het grootste deel van de vracht wordt tijdens korte perioden afgevoerd.

De totale stikstofvracht over de meetperiode (twee jaar) is voor de drains 31,4 kg/ha N en voor de sloot 40,4 kg/ha N. Dat betekent dat 78% van de slootvracht stikstof verklaard wordt door de drainvracht en dat 22% van de stikstof via andere routes dan de drains naar de sloot wordt afgevoerd.

Tabel 4.3.2: Vergelijking van N- en P-vrachten tussen drain- en slootwater.

|   | Vracht in<br>drainwater | Vracht in<br>slootwater | % drain- van<br>slootvracht |
|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Jaarvracht N 1994/95 (kg ha <sup>-1</sup> jaar <sup>-1</sup> N) | 18,6                    | 22,9                    | 81                          |
| Jaarvracht N 1995/96 (kg ha <sup>-1</sup> jaar <sup>-1</sup> N) | 12,8 *)                 | 17,5                    | 73                          |
| Jaarvracht P 1994/95 (kg ha <sup>-1</sup> jaar <sup>-1</sup> P) | 0,68                    | 1,03                    | 66                          |
| Jaarvracht P 1995/96 (kg ha <sup>-1</sup> jaar <sup>-1</sup> P) | 0,30 *)                 | 0,27                    | 111                         |

\*) De vrachten van seizoen 1994/95 zijn direct van metingen afgeleid. Omdat er in het seizoen 1995/96 lekkage is opgetreden in de verzameldrain, zijn de kwaliteitsgegevens van het drainwater minder betrouwbaar dan die van het eerste jaar. De drainvrachten 1995/96 moeten daarom worden opgevat als benaderingen.

### Vracht - fosfaat

In figuur 4.3.6 wordt de cumulatieve fosfaatvracht van de drains vergeleken met die van de sloot. Het verloop van de fosfaatafvoer is bij de sloot en de drains grotendeels gelijk. In november-december 1994 wordt door de sloot relatief een grotere fosfaatvracht afgevoerd dan door de drains. Het grootste deel van de vracht wordt tijdens korte perioden afgevoerd.

De totale fosfaatvracht over de meetperiode is voor de drains 0,98 kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> P en voor de sloot 1,3 kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> P.

### 4.4 Kaveldekkende bemonstering drainwater

Door het RIVM is op in totaal drie momenten voor en tijdens de proef een zoveel mogelijk kaveldekkende bemonstering uitgevoerd van het op dat moment afgevoerde drainwater van het huiskavel van de Rusthoeve, te weten op 17 maart en 5 april 1994 en op 27 februari 1996. Op 17 maart 1994 is het drainwater, voor zover er afvoer was, van de percelen 2Z, 3Z, 4Z, 5Z, 6Z en 4N, 5N en 6N bemonsterd. Voor de ligging en nummering van de drains: zie bijlage 8. Op 5 april 1994 volgde het drainwater van de percelen 2N en 3N. In februari 1996 zijn alle drains van het huiskavel bemonsterd, met uitzondering van die van de percelen 2N en 3N en twee drainbuizen van 4N wegens het ontbreken van afvoer.

In het veld zijn gemeten: de afvoerintensiteit, de elektrische geleidbaarheid (EC), de temperatuur en de zuurgraad (pH) van het drainwater. De watermonsters zijn niet in het veld gefiltreerd, maar in het laboratorium. In het Laboratorium voor Anorganische Chemie van het RIVM (RIVM-LAC) zijn naast EC en pH de concentraties van de volgende parameters bepaald: Cl<sup>-</sup>, totaal-Fe, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, ortho-P, totaal-P en SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Het doel van de metingen was een beeld te krijgen van de ruimtelijke variatie van de samenstelling van het drainwater, op hetzelfde moment afgevoerd. De eventueel optredende variatie in de samenstelling kan mogelijk verklaard worden door ruimtelijke en temporele verschillen in neerslagoverschot, bemestingsniveau (belasting maaiveld met diverse stoffen), bodem (type, opbouw profiel), verblijftijdverdeling van de drainwater, en wellicht nog andere factoren. Het vinden van een verklaring vereist veel informatie, ook over historische gegevens, en kennis van de situatie ter plekke.

In het kader van deze rapportage zal volstaan worden met het aangeven van verschillen in gemeten concentraties op 27 februari 1996 en mogelijke oorzaken hiervan, omdat reeds in Meinardi en Van den Eertwegh (1997) aandacht is geschonken aan de metingen van maart en april 1994. Een korte samenvatting hiervan luidt als volgt. De samenstelling van het drainwater wat betreft de componenten Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> en SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> vertoont een geringe variatie in de ruimte. In het drainwater aan de zuidzijde van het kavel (sloot) zijn de gemeten concentraties hoger dan aan de noordzijde (kreek). De



meer zandige bodem aan de noordzijde van het huiskavel is blijkbaar meer/beter doorspoeld in de loop van de tijd. De zoetwaterbel aan de noordzijde is groter van omvang. Voor drainwater van de percelen die afwateren op de kreek aan de noordzijde zal een andere verblijftijdverdeling gelden dan voor drainwater van percelen aan de zuidzijde, waarbij de fractie ouder water van het drainwater van de noordelijke percelen waarschijnlijk groter is dan van het drainwater van de zuidelijke percelen. De gemeten  $\text{NO}_3\text{-N}$ -concentraties liggen voor de percelen 4Z en 6Z op een niveau van 10 tot 20  $\text{mg l}^{-1}$  N, terwijl drainwater van andere percelen aan de zuidzijde 5  $\text{mg l}^{-1}$  N bevat. Aan de noordzijde liggen de gemeten concentraties tussen 5 en 15  $\text{mg l}^{-1}$  N. De gemeten P-concentraties liggen aan de noordzijde tussen 0,01 en 0,05  $\text{mg l}^{-1}$  P voor ortho-P, tussen 0,1 en 0,2  $\text{mg l}^{-1}$  P voor totaal-P. Aan de zuidzijde zijn globaal concentraties gemeten tussen 0,05 en 0,15  $\text{mg l}^{-1}$  P voor ortho-P, tussen 0,15 en 0,3  $\text{mg l}^{-1}$  P voor totaal-P. Het drainwater van de percelen 2N en 4Z laten verhoogde P-concentraties zien. Hoge P-concentraties gaan vaak samen met hoge Cl-concentraties, waarschijnlijk komt hierin de invloed van marien water tot uiting.

### Veldmetingen

Tijdens de bemonstering is er op perceel 2N geconstateerd dat er geen afvoer was. De totale afvoer via de drainbuizen van perceel 3Z was zeer gering (drainwater tot afvoer via verzamelbuis; installatie waterschap Zeeuwsche Eilanden). De drainmondingen van perceel 3Z en 4Z stonden vrijwel alle onder water, er was echter wel afvoer.

De tijdens de bemonstering gemeten **afvoerintensiteit** aan de noordzijde van het kavel loopt, daar waar afvoer optreedt, globaal af van noordwest naar zuidoost (figuur 4.4.1). Dit betekent dat de verzadigde doorlatendheid van de ondergrond afneemt van noordwest naar zuidoost. Bij afnemende doorlatendheid zal de opbolling toenemen bij dezelfde grondwatervoeding. Alle drainbuizen van de percelen 2N en 3N voerden op het moment van de bemonstering geen water af, evenals 2 drainbuizen van perceel 4N in de zone grenzend aan perceel 3N. Op perceel 4N neemt de afvoer af van 2,5 naar 1,5  $\text{l min}^{-1}$ . Op perceel 5N varieert de afvoerintensiteit tussen 2 en 1  $\text{l min}^{-1}$ . Op perceel 6N wordt de daling voortgezet van 1,5 naar 0,5  $\text{l min}^{-1}$ . Deze variatie was in de metingen in maart en april 1994 minder groot (Meinardi en Van den Eertwegh, 1997). Aan de zuidzijde zijn afvoerintensiteiten gemeten tussen <0,5 en 2  $\text{l min}^{-1}$  (figuur 4.4.1). Hier zijn verschillen tussen de drainafvoer van de verschillende percelen ook zichtbaar. De afvoerintensiteit op perceel 2Z is ongeveer 2  $\text{l min}^{-1}$ , op perceel 3Z 1  $\text{l min}^{-1}$ , en op perceel 4Z en 5Z 0,5  $\text{l min}^{-1}$ . Op perceel 6Z zijn intensiteiten gemeten van ongeveer 1  $\text{l min}^{-1}$ .

Aangenomen wordt dat in februari 1996 de bodemvochtvoorraad op alle percelen aangevuld is en de berging dientengevolge 'vol'. Verschillen in verdamping van geteelde gewassen tussen de percelen zijn inmiddels genivelleerd door het neerslagoverschot. Op de percelen 2N en 3N en een deel van perceel 4N ligt de grondwaterstand waarschijnlijk beneden het niveau van de drainbuizen. Op de andere percelen ligt deze erboven. De verschillen in gemeten intensiteiten kunnen verklaard worden door de opbouw en zwaarte van het bodemprofiel. Hoe zwaarder het profiel, zoals te percelen 4Z en 5Z, des te geringer de doorlatendheid, des te hoger de opbolling, en des te meer waterafvoer via de drainbuizen. Bij een gelijke opbolling leidt een kleinere doorlatendheid tot een geringere intensiteit. Het is echter mogelijk dat de opbolling tussen de drainbuizen niet voor alle percelen gelijk is. Het feit dat een aantal drainbuizen geen water afvoerden strookt met de waarneming dat juist in deze zone van het huiskavel de zoetwaterbel het meest dik is. Afvoer van het neerslagoverschot zal hier grotendeels en meestal via grondwaterstroming naar de kreek plaatsvinden.

De **temperatuur** van het drainwater zegt iets over de diepte van herkomst van het water. In februari 1996 was de temperatuur van het water in de sloot aan de Noordlangeweg 5 °C, ongeveer gelijk aan de luchttemperatuur op dat moment. Aan de noordzijde van het kavel loopt de temperatuur af van perceel 4N naar 5N van 6 tot 7 °C naar 4 °C (figuur 4.4.2). Drainwater van perceel 6N heeft een temperatuur van 4 tot 4,5 °C. Aan de zuidzijde is de temperatuur vrijwel gelijk voor al het drainwater en ligt tussen 4 en 5 °C. Hoe warmer het drainwater, des te dieper de herkomst zal zijn, en des te groter de verblijftijd van het water in de bodem is. Als dit een verklaring is voor de waargenomen temperatuurverschillen betekent dit ook dat het bovenste grondwater een seizoensfluctuatie vertoont. Er kan echter in de veldsituatie afkoeling van het water in de niet-volle drainbuis plaatsgevonden hebben. Met name bij lage afvoerintensiteiten kan dit mogelijk optreden.

Het drainwater van percelen 4N en 5N komt in haar totaliteit van een gemiddeld diepere zone dan het overige drainwater. Hiermee is het drainwater van de percelen 4N en 5N dus gemiddeld ouder.

Aan de zuidzijde wordt op basis van de bodemopbouw verwacht dat het drainwater van de percelen 2Z en 3Z warmer (ouder) is dan van de andere percelen en vergelijkbaar met water van percelen 4N en 5N. Het profiel op 2Z en 3Z is immers lichter dan op 4Z, 5Z en 6Z. Dit effect wordt echter niet aange-  
toond.

De **electrische geleidbaarheid (EC)** van het bemonsterde drainwater is gemeten in het veld en in het laboratorium (RIVM-LAC). Uit de metingen blijkt dat de veldmetingen steeds hoger zijn dan de labmetingen. Het verschil neemt lineair toe met toenemende EC van  $12 \text{ mS m}^{-1}$  bij een EC van  $100 \text{ mS m}^{-1}$  tot  $18 \text{ mS m}^{-1}$  bij een EC van  $200 \text{ mS m}^{-1}$ . In het veld is de EC omgerekend naar de EC bij een temperatuur van  $25^\circ\text{C}$ , in het lab bij  $20^\circ\text{C}$ .

Aan de noordzijde van het kavel ligt de EC van drainwater van perceel 4N en 5N tussen  $100$  en  $120 \text{ mS m}^{-1}$ , terwijl op perceel 6N hogere waarden zijn gemeten (figuur 4.4.3a). Er is sprake van een perceelsafhankelijk verschil, met name veroorzaakt door verschillen in bodem, geteelde gewassen en bemestingsniveau. Aan de zuidzijde van het kavel loopt de EC op, gaande van perceel 2Z naar 6Z (figuur 4.4.3b). Hier is waarschijnlijk het verschil in bodemsamenstelling en -opbouw de belangrijkste verklarende factor. De percelen met een zwaardere bodem (4Z, 5Z, 6Z) laten hogere waarden voor de EC in het drainwater zien. De bemesting speelt echter ook een belangrijke rol in de EC. Op perceel 6N is eind april 1995  $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  toegepast in de vorm van varkensdrijfmest. Deze meststof bevat ook andere stoffen die samen tot een hogere EC in het grond- en drainwater kunnen leiden.

De **zuurgraad (pH)** van het drainwater varieert globaal tussen 7 en 7,5. Aan de noordzijde varieert de pH nauwelijks ruimtelijk en ligt tussen 7,1 en 7,3. Aan de zuidzijde loopt de pH op van 7 in drainwater van perceel 2Z naar 7,2 van perceel 6Z. De labmetingen liggen consequent 1 tot 1,5 (!) eenheid hoger dan de veldmetingen. Mogelijk spelen hier de lengte van de bewaartijd (tussen monsternamen en analyse in laboratorium) en omstandigheden tijdens de periode van bewaren een rol. De labwaarnemingen duiden op het instellen van een evenwicht met  $\text{CO}_2$  uit de lucht (evenwicht  $\text{CO}_2$  en  $\text{HCO}_3^-$ ). Uit de veldmetingen blijkt een geringe ruimtelijke variatie, blijkbaar oefenen ruimtelijke verschillen in bodem of geteelde gewassen niet echt invloed uit op de zuurgraad van drainwater.

#### Algemeen

In het algemeen kan op basis van de veldmetingen geconstateerd worden dat de percelen in een aantal groepen in te delen zijn wat betreft de bodem (samenstelling en opbouw) en leeftijd van het drainwater. Deze groepen zijn:

1. 2N en 3N;
2. 4N en 5N;
3. 2Z en 3Z;
4. 6N, 4Z, 5Z en 6Z,

waarbij de bodem van groep 1 naar 4 steeds zwaarder wordt en meer stoffen afgeeft aan het water, en de gemiddelde verblijftijd in de bodem van het drainwater afneemt van groep 1 naar groep 4. De verblijftijdverdeling van het drainwater van groep 1 heeft een groter aandeel ouder water ten opzichte van groep 4, waarin gemiddeld jonger water tot afvoer komt. In het navolgende zal uit de metingen in het laboratorium blijken of deze conclusie overeind kan blijven. Het vanggebied van de kavelsloot bestaat uit de percelen 3Z, 4Z, 5Z en een deel van 6Z. Bijna alle percelen behoren tot groep 4, daarmee is het grootste deel van het vanggebied wat betreft bodem en verblijftijd van het water redelijk homogeen. Dit is positief voor de interpretatie van de gegevens, gemeten aan de kavelsloot, waarbij gebruik wordt gemaakt van de metingen te perceel 4Z.

#### Laboratorium-metingen

##### Chloride

De monsterronde op 27 februari 1996 geeft te zien dat de chloride-concentraties aan de noordzijde van het kavel (figuur 4.4.5) variatie vertonen en voor de percelen 4N en 5N rond het niveau van  $70 \text{ mg l}^{-1}$  liggen. Het drainwater van perceel 6N bevat 125 tot  $160 \text{ mg l}^{-1}$  chloride, aanmerkelijk meer dan de andere noordelijk percelen en meer dan tijdens de monsterronde in 1994. Aan de zuidzijde (figuur 4.4.5) loopt de concentratie op van perceel 2Z naar 3Z van 50 naar  $150 \text{ mg l}^{-1}$  chloride, om vervolgens op dat laatste niveau te blijven tot halverwege perceel 5Z, waarna ze verder stijgt tot

225 mg l<sup>-1</sup>. De verklaring van de gemeten concentraties ligt waarschijnlijk op het gebied van de bodemsamenstelling en -opbouw en (in mindere mate) het gebruik van varkensdrijfmest op perceel 6N in april 1995. De bodem van perceel 6N is daarnaast zwaarder dan die van de andere percelen aan de noordzijde zodat ook hiermee verschillen in chlorideconcentraties verklaard kunnen worden (uitloging bodem).

#### Ammonium- en nitraat

Gemeten ammonium-N-concentraties in februari 1996 liggen alle beneden het niveau van 0,06 mg l<sup>-1</sup> N. Gegeven deze lage concentraties wordt hieraan verder geen aandacht geschonken. Nitraat-concentraties zijn hoger en variëren sterker in de ruimte. Aan de noordzijde van het kavel zijn duidelijk 3 groepen van waarnemingen gedaan die overeenkomen met de percelen (figuur 4.4.6). Concentraties in drainwater van perceel 4N liggen tussen 14 en 18 mg l<sup>-1</sup> N, van perceel 5N tussen 10 en 13 mg l<sup>-1</sup> N, en van perceel 6N tussen 4 en 8 mg l<sup>-1</sup> N. Aangezien de bodemopbouw van de percelen 4N en 5N redelijk vergelijkbaar is en de bodem van perceel 6N iets zwaarder is, gebaseerd op het geofysisch onderzoek (Meinardi en Van den Eertwegh, 1995), zullen verschillen in nitraat-concentraties veroorzaakt worden door verschillen in geteelde gewassen en dus verdamping en bemesting. Aan de zuidzijde van het huiskavel is deels een vergelijkbaar fenomeen te zien (figuur 4.4.7). Drainwater van perceel 2Z bevat 4 tot 6 mg l<sup>-1</sup> N, terwijl de concentraties onder de percelen 3Z en 4Z op een niveau liggen van 14 tot 18 mg l<sup>-1</sup> N. Drainwater van perceel 5Z en 6Z bevat wisselende hoeveelheden NO<sub>3</sub>-N. Waar op perceel 2Z en 3Z nog sprake is van een redelijk homogene bodemopbouw is die op perceel 4Z tot en met 6Z grilliger. Bodemopbouw, geteelde gewassen en bemesting spelen alle een rol in de verklaring van de gemeten nitraat-concentratie. Aan het einde van deze paragraaf wordt hier verder op ingegaan.

#### Fosfaat

Ortho-P-concentraties in het drainwater aan de noordzijde van het kavel liggen globaal tussen 0,02 en 0,04 mg l<sup>-1</sup> P en variëren weinig in de ruimte (figuur 4.4.8). Totaal-P varieert ook niet veel, met een gemeten maximale concentratie van 0,3 mg l<sup>-1</sup> P op perceel 6N. Op perceel 2Z en 3Z zien de P-concentraties er niet veel anders uit (figuur 4.4.9). Op de percelen 4Z, 5Z en 6Z zijn de concentraties het hoogst. Ook de variatie is hier groter. Een verklaring hiervan is waarschijnlijk gelegen in de bodemopbouw, die bij deze laatste percelen grotendeels zwaarder is dan bij de andere percelen. Hierdoor zal de invloed van marien, P-rijk water op de samenstelling van het drainagewater groter zijn. Hoge P-concentraties gaan samen met hoge chlorideconcentraties, zoals gemeten op deze percelen.

#### Sulfaat

De gemeten sulfaatconcentraties aan de noordzijde van het kavel variëren weinig in de ruimte en liggen tussen 60 en 75 mg l<sup>-1</sup>. Aan de zuidzijde zijn de concentraties gemiddeld lager (figuur 4.4.10), ook in drainwater van de percelen 4Z tot en met 6Z. Dit is niet volgens verwachting vanwege de verschillen in bodemopbouw, maar wel conform de metingen van maart 1994. Op basis van bodemeigenschappen worden hogere concentraties verwacht in drainwater aan de zuidzijde in vergelijking met drainwater aan de noordzijde.

#### Andere componenten

De concentratie totaal-Fe in het drainwater is voor alle waarnemingen op één na kleiner dan 0,05 mg l<sup>-1</sup>. Er is geen ruimtelijke variatie geconstateerd. Ook K<sup>+</sup> vertoont geen ruimtelijke variatie, de meeste waarden liggen tussen 3 en 7 mg l<sup>-1</sup>. Op perceel 4Z is eenmaal een concentratie van 10 mg l<sup>-1</sup> gemeten, op perceel 2Z eenmaal 20 mg l<sup>-1</sup>. Het ruimtelijk patroon in de concentraties van Na<sup>+</sup> volgt dat van chloride. Gaande van perceel 2Z naar 5Z neemt de concentratie toe van 30 naar 150 mg l<sup>-1</sup>, om vervolgens op perceel 6Z tussen 80 en 120 mg l<sup>-1</sup> te liggen. Aan de noordzijde lopen de concentraties op gaande van 4N naar 6N, van 30 naar 80 mg l<sup>-1</sup>. Ook het verloop in de Ca<sup>2+</sup> concentratie lijkt op dat van chloride. Aan de noordzijde loopt de concentratie af, gaande van perceel 4N naar 5N (200 naar 170 mg l<sup>-1</sup>), onder perceel 6N liggen de metingen tussen 200 en 220 mg l<sup>-1</sup>. Aan de zuidkant liggen de concentraties tussen 150 en 200 mg l<sup>-1</sup>, de hoogste waarnemingen zijn gedaan op perceel 3Z en 4Z. Mg<sup>2+</sup> gemeten aan de noordzijde loopt op van 13 naar 20 mg l<sup>-1</sup> van perceel 4N naar 6N. Aan de zuidkant liggen de concentraties voor perceel 2Z en 3Z tussen 15 en 20 mg l<sup>-1</sup>, voor de overige percelen tussen 20 en 25 mg l<sup>-1</sup>. Geconstateerd wordt dat de bodem van de percelen 4Z, 5Z, 6Z en 6N de grootste hoeveelheid ionen afgeeft aan het drainwater, van 2Z, 3Z, 4N en 5N de geringste (figuren 4.4.11 t/m 4.4.15).

## Synthese

Vergelijking van de gemeten concentraties in maart en april 1994 met die van februari 1996 levert het volgende op. De chlorideconcentraties zijn veel hoger in februari 1996 voor perceel 6N en 6Z, lager voor perceel 2Z. chlorideconcentraties in drainwater van de overige percelen zijn vergelijkbaar. Gemeten  $\text{NO}_3\text{-N}$ -concentraties liggen in februari 1996 hoger dan in 1994 in drainwater van de percelen 3Z, 4N en 5N. Fosfaatconcentraties zijn vergelijkbaar, bij alle metingen zijn in drainwater onder de percelen 4Z, 5Z en 6Z hogere P-concentraties gemeten dan gemiddeld. Gemeten sulfaatconcentraties zijn vergelijkbaar, met uitzondering van een aantal monsters van perceel 2Z. Deze geven in februari 1996 een verhoogde concentratie aan. Andere componenten geven een vergelijkbaar beeld te zien op alle monsterdagen. Samengevat: er zijn in de meeste gevallen vergelijkbare concentraties en ruimtelijke variaties erin gemeten op alle monsterdagen, met uitzondering van drainwater van een aantal percelen wat betreft de stoffen chloride en nitraat. Echter, (sterk) verhoogde chlorideconcentraties (1996 t.o.v. 1994) in drainwater van perceel 6N en 6Z gaan niet gepaard met hogere nitraat-concentraties. Toepassing van varkensdrijfmest (omgerekend  $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  medio maart 1995) en van kunstmest ( $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  in april en mei 1995) op perceel 6Z en van varkensdrijfmest (omgerekend  $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  medio april 1995) op perceel 6N zal hebben geleid tot iets verhoogde Cl-concentraties in het drainwater. Het niet optreden van verhoogde  $\text{NO}_3\text{-N}$ -concentraties in drainwater van deze percelen kan betekenen dat ofwel de stikstof in de bemesting effectief is benut, ofwel nitraat is gedenitrificeerd. De verhoogde nitraat-concentraties worden toegeschreven aan een hogere bemesting of minder efficiënte benutting van deze meststof.

De conclusie inzake de verblijftijdverdeling van het drainwater zoals reeds is verwoord na behandeling van de veldmetingen wordt bevestigd door de metingen in het laboratorium. Dit heeft consequenties voor de uitspoeling van N-verbindingen, grotendeels in de vorm van nitraat. Hoe zandiger het perceel is, des te groter de uitspoeling van maaiveld naar het grondwater, bij gelijke netto stikstofbelasting aan maaiveld. Echter, een zware bodemopbouw leidt blijkens de metingen ook tot hoge nitraat-concentraties in het drainwater. Het is dus niet zo dat wanneer de bodem kleiiger wordt, de uitspoeling afneemt. Verklaringen hiervoor liggen op het vlak van stroombanen en het (deels) optreden van preferent transport bij gestructureerde gronden. Hoe korter de stroombanen, anders gezegd hoe ondieper de transportroutes en hoe korter de gemiddelde verblijftijd, des te hoger is de uitspoeling naar het oppervlaktewater. Hoe zwaarder de kleigrond, des te meer structuur de bodem vertoont. Bodemstructuur verhoogt de kans op het snel uitspoelen van opgeloste stoffen. Dit hoeft niet persé te leiden tot een grotere totale hoeveelheid of massa stof die uitspoelt, waarschijnlijk is dit echter wel. Samengevat, de volgorde van percelen inzake gemiddelde verblijftijd is niet gelijk aan de volgorde inzake de N-uitspoeling bij gelijke netto maaiveldbelasting, afgezien nog van afbraak van nitraat door denitrificatie in de boven- en ondergrond. Deze aspecten in ogenschouw nemend kan een overzicht zoals in tabel 4.4 gemaakt worden aangaande de rangorde van percelen inzake de uitspoeling van  $\text{NO}_3\text{-N}$ .

**Tabel 4.4:** Rangorde van percelen inzake de uitspoeling van NO<sub>3</sub>-N-verbindingen van maaiveld naar grondwater, inzake afbraak door denitrificatie en overzicht rangorde in uitspoeling naar oppervlaktewater (1: uitspoeling relatief groot; 3: uitspoeling relatief klein). Gelijke gewichten toegekend aan rangorde uitspoeling grondwater en afbraak nitraat.

| Perceel          | NO <sub>3</sub> -uitspoeling grondwater 1) | Afbraak NO <sub>3</sub> in bovengrond 2) | Afbraak NO <sub>3</sub> in ondergrond 3) | Totaal rangorde uitspoeling oppervlaktewater 4) |
|------------------|--|--|--|---|
| 2N               | 1  | 1  | 1  | 1   |
| 3N               | 1  | 1  | 1  | 1   |
| 4N               | 3  | 2  | 1  | 2   |
| 5N               | 3  | 2  | 1  | 2   |
| 6N               | 2  | 2  | 2  | 2   |
| 2Z               | 3  | 2  | 3  | 3   |
| 3Z               | 3  | 2  | 2  | 3   |
| 4Z <sup>5)</sup> | 1  | 3  | 3  | 1 / 2   |
| 5Z               | 1  | 3  | 3  | 3   |
| 6Z               | 2  | 3  | 3  | 3   |

1) indeling rangorde betekent een uitspoeling van:

1. 10-15%
2. 5-10%
3. 5%

2) indeling rangorde betekent een afbraak van:

1. < 5 kg ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup>
2. 10 kg ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup>
3. 15-25 kg ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup>

3) indeling rangorde betekent een afbraak per jaar van:

1. <10%
2. 25%
3. 40-50%

4) indeling rangorde betekent (relatief binnen huiskavel):

1. potentiële uitspoelingsgevoeligheid grootst
2. potentiële uitspoelingsgevoeligheid matig
3. potentiële uitspoelingsgevoeligheid kleinst

5) perceel 4Z heeft een zwaardere grond en een sterkere structuur, en daarmee een grotere gevoeligheid voor uitspoeling.

Wanneer de in de laatste kolom van tabel 4.4 vermelde rangorde wordt gecontroleerd aan de hand van de NO<sub>3</sub>-N-concentratie gemeten in februari 1996 blijkt dat de rangorde niet geheel klopt. Met name het drainwater van de percelen aan de zuidkant, 3Z, 4Z en 6Z heeft hoge nitraatconcentraties. Blijkbaar zijn er meerdere/andere factoren in het spel en/of zijn de gewichten verkeerd toegekend aan de uitspoeling naar het grondwater en afbraak van nitraat. Hier wordt verder niet op ingegaan in dit rapport.

De concentraties van P-verbindingen in het drainwater zijn het hoogst op percelen 2N en 4Z, 5Z en 6Z. Perceel 2N is het meest zandig van opbouw. De zoetwaterbel is hier het dikst, dat wil zeggen dat de grondwatervoeding hier het hoogst is. Afvoer van water gaat via relatief diepe banen via het grondwater naar de kreek. Verhoogde fosfaatconcentraties kunnen hier veroorzaakt worden door een grotere uitspoeling van fosfaat van maaiveld naar het grondwater ten gevolge van bemestingsactiviteiten, hoewel dit bij akkerbouw een vreemd verschijnsel is omdat er geen grote overbesteding met P plaatsvindt. Wellicht is het toch het sediment dat fosfaat bevat en door uitloging fosfaat afgeeft aan het doorstromende grondwater. In een andere situatie, zoals te perceel 4Z tot en met 6Z, zijn P-concentraties verhoogd ten gevolge van een andere oorzaak. Het grondwater onder deze percelen staat onder een grotere invloed van marien, P-rijk water dan grondwater onder andere percelen. Ook hier kan bemesting een deel van de verhoging verklaren, maar speelt met name de herkomst van het grondwater en de zwaarte van de bodem een rol.

De gemeten concentraties van drainwater van perceel 6N staan duidelijk onder invloed van het geteelde gewas (verdamping, neerslagoverschot) en bemesting. Dit is afgeleid op basis van metingen van Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup> en Mg<sup>2+</sup>. Chloorideconcentraties zijn sterk verhoogd, terwijl de concentraties van andere componenten 'achterblijven'.

## 5. Stikstof en fosfaat in bodem en grondwater

### 5.1 Bodem

In bijlage 4 is de boorbeschrijving opgenomen van de bodemlagen tot 7.5 m onder maaiveld. De vier boringen zijn gemaakt bij het plaatsen van de diepe peilbuizen D1 t/m D4 (zie bijlage 2). Uit de boorbeschrijving blijkt dat de bovengrond bestaat uit lichte tot middelzware klei op een zandpakket. De dikte van het kleidek varieert van 0,8 m in boring 2 tot 2,7 m in boring 3. Op een diepte van ongeveer 3 m beneden maaiveld komt een veenlaag voor. Dit is zgn. Hollandveen dat in het algemeen een goede doorlatendheid heeft. Onder het veen bevindt zich een kleilaag en op grotere diepte zand.

Door perceel 4 loopt een oude kreekbedding die in het verleden met materiaal is opgevuld. De bodem is hier in de bovengrond wat zwaarder dan in de rest van het proefgebied. Dit is ook door het RIVM aangetoond met behulp van geo-electrische metingen (Meinardi en Van den Eertwegh, 1997). De bouwvoor kenmerkt zich door een laag gehalte aan organische stof (1,8 - 3%). De beschikbaarheid van fosfaat en kali voor de gewassen is in het algemeen voldoende. In (Corré, 1995) wordt uitvoerig ingegaan op de bodemkarakteristieken van het proefgebied in de laag tot 120 cm beneden maaiveld. Voor details over de geologische opbouw en bodemstructuur: zie 2.2.

### 5.2 Grondwater

#### 5.2.1. Diep grondwater - peil

De resultaten van de grondwaterstanden in de diepe en ondiepe buizen staan in figuur 5.2.1. De resultaten van de nauwkeurige continumeting van 2 maal 24 uur van de stijghoogte in de diepe peilbuis D2 staan in figuur 5.2.2. In het diepe grondwater is de invloed waarneembaar van het dagelijks getij in de Oosterschelde. De amplitude is gering, ongeveer 2 centimeter. De Oosterscheldedijk bevindt zich op ongeveer 1300 m van het proefgebied.

#### 5.2.2. Diep grondwater - samenstelling

Tabel 5.2.1: Kwaliteit van het diepe grondwater, diepte 6-7 m. Analyses d.d. 081194 / 230695

|  | Diep D1       | Diep D2       | Diep D3     | Diep D4       |
|--|---------------|---------------|-------------|---------------|
| Chloride (mg l <sup>-1</sup> )           | 6110 / 4900   | 330 / 345     | 395 / 7300  | 2410 / 15000  |
| N-NH <sub>4</sub> (mg l <sup>-1</sup> N) | 8,4 / 32,2    | 4,0 / 26,7    | 0,6 / 8,6   | 9,6 / 10,0    |
| N-kjeldahl (mg l <sup>-1</sup> N)        | 8,8 / 60      | 4,9 / 20      | 1,7 / 10,4  | 8,9 / 12,0    |
| N-NO <sub>3</sub> (mg l <sup>-1</sup> N) | < 0,2 / < 0,2 | < 0,2 / < 0,2 | 0,7 / < 0,2 | < 0,2 / < 0,2 |
| N-totaal (mg l <sup>-1</sup> N)          | 8,8 / 60      | 4,9 / 20      | 2,4 / 10,4  | 8,9 / 12,0    |
| P-ortho (mg l <sup>-1</sup> P)           | 2,7 / 1,9     | 0,4 / 0,9     | 0,8 / 1,45  | 3,6 / 3,3     |
| P-totaal (mg l <sup>-1</sup> P)          | 3,0 / 6,8     | 0,6 / 3,1     | 1,7 / 1,72  | 4,3 / 3,7     |

In de diepe grondwaterbuizen D1 en D4 die vlak naast de watergang liggen (bijlage 2), worden in het grondwater hoge chlorideconcentraties aangetroffen. In de diepe grondwaterbuizen D2 en D3 die middenin het perceel liggen, ligt de chlorideconcentratie driemaal tussen 300 en 400 mg l<sup>-1</sup> en eenmaal boven 7000 mg l<sup>-1</sup>.

In het diepe grondwater komen hoge tot zeer hoge concentraties stikstof en fosfaat voor. Er is sprake van een reducerend grondwatermilieu: de stikstof komt niet in de nitraatvorm (N-NO<sub>3</sub>) maar in de ammoniumvorm voor (N-NH<sub>4</sub>). Zowel voor stikstof als fosfaat zijn de organisch gebonden fracties klein.

#### 5.2.3. Ondiep grondwater - peil

Een uitgebreide beschrijving van de grondwaterstanden, inclusief figuren, staat in hoofdstuk 3.3.

### 5.2.4. Ondiep grondwater - samenstelling

Tabel 5.2.2: Kwaliteit van het ondiepe grondwater, diepte 1-2 m. Analyses d.d. 081194 / 230695

|  | Ondiep O1   | Ondiep O2     | Ondiep O3   | Ondiep O4     |
|--|-------------|---------------|-------------|---------------|
| Chloride (mg l <sup>-1</sup> )           | 79 / 130    | 54 / 72       | 127 / 120   | 430 / 610     |
| N-NH <sub>4</sub> (mg l <sup>-1</sup> N) | 0,12 / 0,43 | 1,6 / 1,8     | 0,64 / 0,98 | 0,91 / 1,4    |
| N-kjeldahl (mg l <sup>-1</sup> N)        | 0,9 / 8,0   | 2,4 / 6,2     | 1,6 / 2,8   | 2,0 / 2,6     |
| N-NO <sub>3</sub> (mg l <sup>-1</sup> N) | 0,3 / 1,5   | < 0,2 / < 0,2 | 2,5 / < 0,2 | 0,2 / < 0,2   |
| N-totaal (mg l <sup>-1</sup> N)          | 1,2 / 9,5   | 2,4 / 6,2     | 4,1 / 2,8   | 2,2 / 2,6     |
| P-ortho (mg l <sup>-1</sup> P)           | 0,24 / 0,12 | 0,23 / 0,09   | 0,12 / 0,04 | 0,12 / < 0,02 |
| P-totaal (mg l <sup>-1</sup> P)          | 4,4 / 1,1   | 0,66 / 2,0    | 1,3 / 0,08  | 3,1 / 0,03    |

Tabel 5.2.3: Kwaliteit van het ondiepe grondwater, diepte 1-2 meter, Analyses d.d. 081194 / 230695

|  | L2          | L4          | P6   | P7     |
|--|-------------|-------------|------|--------|
| Chloride (mg l <sup>-1</sup> )           | 340 / 250   | 215 / 156   | 285  | 415    |
| N-NH <sub>4</sub> (mg l <sup>-1</sup> N) | 0,33 / 0,13 | 0,06 / 0,06 | 1,3  | 1,1    |
| N-kjeldahl (mg l <sup>-1</sup> N)        | 1,2 / 1,8   | 0,8 / 3,0   | 4,0  | 3,2    |
| N-NO <sub>3</sub> (mg l <sup>-1</sup> N) | 15,5 / 5,9  | 4,9 / 2,4   | 1,8  | 2,2    |
| N-totaal (mg l <sup>-1</sup> N)          | 16,7 / 7,7  | 5,7 / 5,4   | 5,8  | 5,4    |
| P-ortho (mg l <sup>-1</sup> P)           | 0,59 / 0,27 | 0,09 / 0,06 | 0,14 | < 0,02 |
| P-totaal (mg l <sup>-1</sup> P)          | 0,55 / 0,28 | 0,48 / 0,09 | 2,2  | 1,2    |

In alle ondiepe grondwaterbuizen worden in het grondwater concentraties chloride aangetroffen tussen 54 en 610 mg l<sup>-1</sup>. In het ondiepe grondwater lopen de stikstofgehalten uiteen van 1,2 tot 16,7 mg l<sup>-1</sup> N. In de buizen O1 t/m O4, P6 en P7 is sprake van een reducerend milieu: stikstof is in de ammoniumvorm (N-NH<sub>4</sub>) aanwezig. In de buizen L2 en L4 heersen oxiderende omstandigheden: het stikstof is in de nitraatvorm (N-NO<sub>3</sub>) aanwezig. Het fosfaatgehalte in het ondiepe grondwater vertoont een spreiding van 0,03 tot 4,4 mg l<sup>-1</sup> P. In de meeste buizen is het fosfaat voor het grootste deel aan organisch materiaal gebonden.

### 5.3 Denitrificatie

In het proefgebied van de praktijkproef is op perceel 4Z in 1994/1995 denitrificatie onderzoek uitgevoerd door AB-DLO. Over dit onderzoek is apart gerapporteerd in (Corré, 1995). De conclusies zijn:

1. De kwantitatieve bijdrage van denitrificatie aan de stikstofbalans was voor beide proefplekken niet meer dan ongeveer tien procent van de jaarlijkse stikstofgift. Voor een groot deel van de kleigronden onder bouwland zal deze bijdrage niet veel groter zijn. De teelt en de stikstofbemesting van een groenbemester in het najaar leverde een belangrijke bijdrage aan de denitrificatie.
2. Het deel van de bodemkolom waar denitrificatie plaatsvindt was voor beide proefplekken vrijwel beperkt tot de bewerkingsdiepte.
3. De factoren die in de bodem de denitrificatiesnelheid bepalen waren voor beide proefplekken in volgorde van afnemende belangrijkheid: beschikbaarheid van organische stof, vochtgehalte en temperatuur. In het algemeen is te verwachten dat in gronden onder bouwland de beschikbaarheid van organische stof de belangrijkste beperkende factor zal zijn.
4. Het effect van een ingreep in het peilbeheer op de denitrificatie is naar verwachting niet groot. De potentiële denitrificatiesnelheid was wel duidelijk hoger dan de denitrificatiesnelheid, maar omdat deze alleen gerealiseerd kan worden in de diepere bodemlagen, zal de totale denitrificatie weinig toenemen. In de sloot is een groter effect op de denitrificatie mogelijk dan in de bodem. Door de aanvoer van vers organisch materiaal uit water- en oeverplanten zijn de omstandigheden voor denitrificatie in de sloot beter dan in de bodem.

Het jaarlijkse stikstofverlies door denitrificatie op kleigronden wordt door het AB-DLO berekend op ongeveer  $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , dat is ongeveer 10% van de aangevoerde hoeveelheid stikstof. Het betreft de denitrificatie in de bodemlaag vanaf maaiveld tot het drainniveau, ongeveer 1,20 m. Op grotere diepte, beneden 1,20 m (en dus beneden drainniveau), treedt ook stikstofverlies door denitrificatie op. Met name de veenlaag op ongeveer drie m diepte (5.1) kan tot extra denitrificatie leiden.

Wanneer in het najaar een groenbemester wordt ingezaaid en extra wordt bemest om de groenbemester te laten groeien (met  $60 - 70 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ ), wordt een extra jaarlijks stikstofverlies berekend van ongeveer  $15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ . Dat is ongeveer 20% van deze extra najaarsbemesting. Gemiddeld over een vierjarig bouwplan waarin eenmaal een groenbemester in het najaar is opgenomen, wordt een jaarlijks stikstofverlies door denitrificatie berekend van ongeveer  $24 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ .

Ook uit de literatuur blijkt dat de denitrificatie op kleigronden onder bouwland beperkt is tot een stikstofverlies van maximaal 10% van de jaarlijkse mestgift. Grotere stikstofverliezen worden slechts gerapporteerd van gronden met een slechte ontwatering (Corré, 1995).

In tabel 5.3.1 is voor de percelen 3Z, 4Z en 5Z de jaarlijkse denitrificatie berekend op grond van bovenstaande resultaten van het AB-DLO (Corré 1995). De jaarlijkse denitrificatie op kleigronden is 10% van de jaarlijkse stikstofaanvoer, aangevuld met 20% van de najaarsgift stikstof voor de groenbemester (indien van toepassing).

**Tabel 5.3.1:** Berekende denitrificatie op percelen 3Z, 4Z en 5Z (in  $\text{kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1} \text{ N}$ ).

| Jaar      | Perceel 3Z | Perceel 4Z | Perceel 5Z |
|-----------|------------|------------|------------|
| 1990      | 26         | 34 *       | --         |
| 1991      | 14         | 16         | 7          |
| 1992      | 5          | 18 *       | 13         |
| 1993      | 16 *       | 20         | 16         |
| 1994      | 18         | 36 *       | 7          |
| 1995      | 8          | 12         | 4          |
| 1996      | 16         | 13         | 6          |
| gemiddeld | 14,7       | 21,3       | 8,8        |

De met \* gemerkte waarden betreffen berekeningen voor denitrificatie in seizoenen waarin een groenbemester in het najaar is toegepast. In deze jaren is een extra mestgift gegeven van gemiddeld  $58 \text{ kg/ha N}$  om de groenbemester te laten groeien.

De gemiddelde denitrificatie in de seizoenen met een groenbemester is  $26 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1} \text{ N}$ . De gemiddelde denitrificatie zonder groenbemester is  $12,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1} \text{ N}$ . De denitrificatie is voor de drie kavels en de zeven jaren verwerkt in de stikstofbalansen (bijlagen 6.1, 6.2 en 6.3).

#### 5.4 Fosfaat in slootbodern en slootwater

NITG TNO heeft in de periode mei 1994 tot maart 1995 metingen gedaan aan de samenstelling van het water in de ondiepe slootbodern (0-30 cm). Voor dit onderzoek wordt verwezen naar Hetterschijf *et al.* (1995), in dit rapport wordt er verder niet op ingegaan. Twee relevante opmerkingen kunnen echter nog gemaakt worden. Ten eerste wordt door Hetterschijf *et al.* (1995) geconcludeerd dat het waarschijnlijk is dat fosfaat-aanrijking plaatsvindt van de bodern rondom het grensvlak tussen de slootbodern en slootwater en ook in de directe omgeving van de drainbuizen door adsorptie en neerslag. Hierdoor kan het voorkomen dat er weliswaar een toevoer van fosfaat is naar de ontwateringsmiddelen, maar het fosfaat slechts voor een deel tot afvoer komt. Ten tweede verwachten Hetterschijf *et al.* (1995) een verhoging van de fosfaatconcentratie in slootwater in met name het begin van het drainage seizoen t.o.v. andere momenten in het jaar. De reden hiervoor is dat een deel van het in de slootbodern neergeslagen fosfaat in oplossing gaat door oplossing van geoxideerd ijzer. In het najaar van 1994 worden inderdaad de hoogste P-concentraties in het slootwater aangetroffen. In het najaar van 1995 is hetzelfde geconstateerd, echter minder duidelijk waargenomen. Tijdelijke verhogingen van de fosfaatconcentratie in het drainwater zijn niet waargenomen.



## 6. Landbouwkundige stikstof- en fosfaatbalansen

### 6.1 Stikstofbalans van de proefpercelen

In de tabellen in bijlagen 5.1 t/m 5.6 wordt voor de percelen 1 t/m 6 een overzicht gegeven van het geteelde gewas, de datum van mestgift, het type mest en de toegediende hoeveelheden N, P en K per hectare.

In de tabellen in de bijlagen 6.1, 6.2 en 6.3 zijn balansberekeningen opgesteld voor stikstof op respectievelijk de percelen 3, 4 en 5 voor de jaren 1990 t/m 1996. Er is uitgegaan van de geanalyseerde hoeveelheden N-mineraal in de bodem, gegevens over de mestgift en de gewasopname en van de kwaliteitsgegevens van drain- en slotwater, die tijdens het veldonderzoek zijn verzameld. Alle voorraden zijn uitgedrukt in kg/ha N. In de balansen zijn de jaren gesplitst in een groeiseizoen (vanaf de eerste mestgift tot en met de oogst) en een winterseizoen (na de oogst tot het volgende groeiseizoen).

De gegevens van de mestgift, bodemvoorraden N-mineraal en gewasafvoeren zijn afkomstig van proefboerderij De Rusthoeve. De gegevens van de denitrificatie zijn gebaseerd op het onderzoek van (Corré, 1995) dat in het proefgebied is uitgevoerd. De denitrificatie wordt berekend uit de mestgift in het groeiseizoen en - indien van toepassing - uit de mestgift voor de groenbemester in het najaar. De atmosferische depositie is bepaald op grond van metingen van de luchtsamenstelling door het RIVM. De jaarlijkse depositie van 28 kg ha<sup>-1</sup> N is verdeeld in tweemaal 14 kg ha<sup>-1</sup> N in het groeiseizoen en het winterseizoen.

Na het groeiseizoen wordt de bodemvoorraad van stikstof berekend uit het gemeten N-mineraal en de aanvoer- en afvoerposten van stikstof. Indien de berekening uitkomt op een negatieve bodemvoorraad, wordt verder gerekend met de waarde 0.

De balanspost 'Bodemvoorraad na het groeiseizoen' is te beschouwen als het landbouwkundig overschot dat aan het eind van het groeiseizoen, dat wil zeggen aan het begin van het winterseizoen, in de bodem beschikbaar is. In bijna alle jaren wordt aan het einde van het groeiseizoen een grote bodemvoorraad van stikstof berekend. Dat betekent dat een aanzienlijke hoeveelheid stikstof beschikbaar is voor afvoer gedurende het winterseizoen. Deze voorraad, aangevuld met 14 kg/ha N atmosferische depositie, is de hoeveelheid die in het winterseizoen wordt afgevoerd door de volgende posten:

- uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater
- denitrificatie
- uitwisseling met de voorraad stikstof die aan organische stof is gebonden

De balanspost *Stikstofafvoer tijdens winterseizoen* geeft aan welke netto hoeveelheid stikstof jaarlijks op de balans overschiet, rekening houdend met de afvoer door denitrificatie en de verandering in de bodemvoorraad. Deze stikstof kan uitspoelen naar het grond- en oppervlaktewater, en wordt als volgt berekend:

$$\begin{aligned} \text{stikstofafvoer tijdens winterseizoen} = & \text{ bodemvoorraad na het groeiseizoen} \\ & + \text{ atmosferische depositie in het winterseizoen} \\ & - \text{ denitrificatie in het winterseizoen} \\ & - \text{ bodemvoorraad N-mineraal in het volgende voorjaar} \end{aligned}$$

### 6.2 Stikstofoverschot

De berekeningen van de jaarlijkse stikstofbalans zijn samengevat in tabel 6.4. In de *Stikstof jaarbalans, landbouwkundig* wordt het overschot berekend als het verschil tussen de aanvoer door mest en de afvoer door het gewas. De berekening is als volgt:

$$\text{landbouwkundig stikstofoverschot} = \text{totale mestgift} - \text{gewasafvoer.}$$

Het landbouwkundig overschot is gemiddeld 36 kg/ha.jaar N voor kavel 3, 17 kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> N voor kavel 4 en -3 kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> N voor kavel 5. In een aantal jaren wordt een negatief landbouwkundig overschot berekend. Dat komt doordat in deze berekening het N-mineraal gehalte in de bodem buiten beschouwing gelaten wordt, terwijl deze wel beschikbaar is voor het gewas.

**Tabel 6.4: Stikstofbalans op jaarbasis**

| jaar   | gewas            | Stikstof jaarbalans landbouwkundig |                           | landbouwkundig N-overschot (kgN/ha.jaar) | Stikstof jaarbalans totale balans |                                  | Bodemvoorraad bij start winterseizoen (kgN/ha.jaar) | Netto N-afvoer winterseizoen (kgN/ha.jaar) |
|--|------------------|------------------------------------|---------------------------|--|-----------------------------------|----------------------------------|---|--|
|  |                  | totale mestgift (kgN/ha.jaar)      | gewasopname (kgN/ha.jaar) |  | N-aanvoer (kgN/ha.jaar)           | totaal N-overschot (kgN/ha.jaar) |   |  |
| <b>perceel 3</b>   |                  |                                    |                           |  |                                   |                                  |   |  |
| 1990   | aardappelen      | 260                                | 135                       | 125                                      | 288                               | 161                              | 189   | 97   |
| 1991   | winterarwe       | 142                                | 168                       | -26                                      | 170                               | 182                              | 68  | 38   |
| 1992   | olievlas         | 47                                 | 7                         | 40                                       | 75                                | 12                               | 84  | 65   |
| 1993   | zomergerst + gb. | 110                                | 105                       | 5  | 138                               | 121                              | -3  | -20  |
| 1994   | suikerbieten     | 182                                | 98                        | 84                                       | 210                               | 116                              | 116   | -22  |
| 1995   | zomergerst       | 82                                 | 107                       | -25                                      | 110                               | 115                              | 230   | 9  |
| 1996   | aardappelen      | 231                                | 185                       | 46                                       | 259                               | 201                              | 180   | 146  |
| <i>gemiddeld</i>   |                  | 151                                | 115                       | 36                                       | 179                               | 130                              | 123   | 45   |
| <b>perceel 4</b>   |                  |                                    |                           |  |                                   |                                  |   |  |
| 1990   | winterarwe + gb. | 160                                | 173                       | -13                                      | 188                               | 207                              | 91  | 43   |
| 1991   | suikerbieten     | 156                                | 102                       | 54                                       | 184                               | 118                              | 66  | 68   |
| 1992   | zomergerst + gb. | 119                                | 96                        | 23                                       | 147                               | 114                              | 33  | -25  |
| 1993   | aardappelen      | 195                                | 182                       | 13                                       | 223                               | 202                              | 57  | 13   |
| 1994   | winterarwe + gb. | 290                                | 226                       | 64                                       | 318                               | 262                              | 48  | -65  |
| 1995   | zaaiuien         | 120                                | 84                        | 36                                       | 148                               | 96                               | 141   | 83   |
| 1996   | winterarwe       | 127                                | 188                       | -61                                      | 155                               | 201                              | 13  | -2   |
| <i>gemiddeld</i>   |                  | 167                                | 150                       | 17                                       | 195                               | 171                              | 65  | 16   |
| <b>perceel 5</b>   |                  |                                    |                           |  |                                   |                                  |   |  |
| 1990   | erwten           | --                                 | 248                       | --                                       | --                                | --                               | --  | --   |
| 1991   | zomergerst       | 70                                 | 95                        | -25                                      | 98                                | 102                              | 29  | -102                                       |
| 1992   | aardappelen      | 125                                | 215                       | -90                                      | 153                               | 228                              | 62  | 37   |
| 1993   | suikerbieten     | 160                                | 113                       | 47                                       | 188                               | 129                              | 200   | 65   |
| 1994   | zomergerst       | 65                                 | 101                       | -36                                      | 93                                | 108                              | -2  | --   |
| 1995   | vlas             | 40                                 | 12                        | 28                                       | 68                                | 16                               | --  | --   |
| 1996   | gras en braak    | 60                                 | 0                         | 60                                       | 88                                | 6                                | 112   | 105  |
| <i>gemiddeld</i>   |                  | 87                                 | 112                       | -3                                       | 115                               | 98                               | 80  | 26   |
| <b>Toelichting:</b>  |                  |                                    |                           |  |                                   |                                  |   |  |
| totale mestgift = totale jaarlijkse mestgift voor hoofdgewas en groenbemester                          |                  |                                    |                           |  |                                   |                                  |   |  |
| gewasopname = totale gewasopname van hoofdgewas en groenbemester                                       |                  |                                    |                           |  |                                   |                                  |   |  |
| landbouwkundig N-overschot = totale mestgift - totale gewasopname                                      |                  |                                    |                           |  |                                   |                                  |   |  |
| N-aanvoer = mestgift + atm.depositie   |                  |                                    |                           |  |                                   |                                  |   |  |
| N-afvoer = gewasafvoer + denitrificatie  |                  |                                    |                           |  |                                   |                                  |   |  |
| totaal N-overschot = N-aanvoer - N-afvoer  |                  |                                    |                           |  |                                   |                                  |   |  |
| bodemvoorraad bij start winterseizoen = berekende N-voorraad na de oogst, zie tabellen 6.1, 6.2 en 6.3 |                  |                                    |                           |  |                                   |                                  |   |  |
| netto N-afvoer winterseizoen = berekend N-overschot op basis van bodemvoorraad                         |                  |                                    |                           |  |                                   |                                  |   |  |

In de *Stikstof jaarbalans, totale balans* wordt het overschot berekend als het verschil tussen alle jaarlijkse aanvoer- en afvoerposten van stikstof. De berekening is als volgt:

totaal stikstofoverschot = totale mestgift + atmosferische depositie - gewasafvoer - denitrificatie.

Het N-overschot totaal is gemiddeld 49 kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> N voor kavel 3, 23 kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> N voor kavel 4 en 17 kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> N voor kavel 5. Het verschil tussen het landbouwkundig en het totaal stikstofoverschot wordt bepaald door het verschil tussen de jaarlijkse aanvoer door atmosferische depositie en de afvoer door denitrificatie. Omdat de jaarlijkse aanvoer door atmosferische depositie (gemiddeld 28 kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> N) hoger is dan de denitrificatie (gemiddeld 15 kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> N), is het totaal stikstofoverschot hoger dan het landbouwkundig overschot. In beide berekeningen speelt de bodemvoorraad N-mineraal geen rol omdat wordt verondersteld dat deze op de lange termijn constant blijft.

De kolom *Stikstof afvoer winterseizoen* geeft een overzicht van het berekende jaarlijks stikstofoverschot dat uitspoelt naar grond- en oppervlaktewater (boven en tabellen 6.1, 6.2 en 6.3). In deze berekening wordt de bodemvoorraad N-mineraal wel betrokken.

De netto stikstof afvoer in het winterseizoen is gemiddeld 45 kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> N voor kavel 3, 16 kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> N voor kavel 4 en 26 kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup> N voor kavel 5.

Hoewel de variatie groot is, kan in het algemeen gesteld worden dat de overschotten bij aardappelen en suikerbieten hoger zijn dan bij de teelt van granen en de overige gewassen. Aardappelen en suikerbieten krijgen ook hogere stikstofgiften toegediend dan de granen en overige gewassen.

Het is opmerkelijk dat er in enkele jaren een negatieve stikstofafvoer in het winterseizoen wordt berekend. Dat wil zeggen dat de bodemvoorraad N-mineraal in het voorjaar hoger is dan de bodemvoorraad aan het einde van het voorgaande groeiseizoen. Dit is - in de betreffende jaren - slechts te verklaren uit een extra aanvoer van minerale stikstof vanuit de voorraad die aan organische stof en/of in de bodem is gebonden. De onbetrouwbaarheid van N-mineraal metingen speelt hierbij ook een rol.

### 6.3 Fosfaatbalans van de proefpercelen

In de tabellen in de bijlagen 7.1, 7.2 en 7.3 zijn balansberekeningen voor de jaren 1990 t/m 1996 opgesteld voor fosfaat op respectievelijk de percelen 3, 4 en 5. De balansen zijn bepaald aan de hand van de jaarlijkse mestgift en de jaarlijkse gewasafvoer. Daarbij is ervan uitgegaan dat de bodemvoorraad fosfaat gedurende de onderzochte jaren constant blijft.

Er zijn 21 teeltseizoenen onderzocht (3 percelen, 7 seizoenen). Uit de balansen blijkt een gevarieerd verloop van de hoeveelheid fosfaat in de tijd. In 9 teelten blijkt er een fosfaatoverschot te zijn, en in 11 teelten een fosfaattekort. In groeiseizoen 1996 op perceel 5 sluit de balans op 0.

### 6.4 Fosfaatoverschot

In tabel 6.5 zijn de resultaten van de fosfaatbalansen samengevat. Voor de zevenjarige periode over de groeiseizoenen 1990 t/m 1996 wordt voor perceel 3 een totaal fosfaatoverschot van 22 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> berekend (= 4,8 kg ha<sup>-1</sup> als P). Voor perceel 4 en 5 wordt over deze periode een tekort berekend van respectievelijk -52 en -96 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (= 11,3 en 20,9 kg ha<sup>-1</sup> als P).

In de overschotten en tekorten is geen tijdseffect te ontdekken. Voor het ene jaar wordt een jaarlijks overschot op de balans berekend, terwijl er in een volgend jaar een balanstekort kan optreden. Ook is in de balansen geen effect van het geteelde gewas waar te nemen.

Uit het feit dat er regelmatig fosfaattekorten op de jaarbalans worden berekend, zou afgeleid kunnen worden dat de gewassen een fosfaattekort moeten ondervinden. Omdat er door de proefboerderij echter geen gewastekorten worden gesignaleerd, kan worden geconcludeerd dat de bodem voldoende fosfaat in zich bergt om aan de jaarlijkse gewasbehoefte te voldoen.

Tabel 6.5: Meerjarige fosfaatbalans van de percelen 3, 4 en 5 voor de groeiseizoenen 1990 t/m 1996.

| Tabel 6.5: Fosfaatbalans op jaarbasis |  |                                   |                       |                          |                       |                          |                       |
|---------------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| percelen 3, 4 en 5                    |  |                                   |                       |                          |                       |                          |                       |
| jaar                                  | gewas  | Fosfaat jaarbalans landbouwkundig |                       |                          |                       | P-overschot              |                       |
|                                       |  | totale mestgift                   |                       | gewasopname              |                       |                          |                       |
|                                       |  | (kg/ha.jaar)<br>als P2O5          | (kg/ha.jaar)<br>als P | (kg/ha.jaar)<br>als P2O5 | (kg/ha.jaar)<br>als P | (kg/ha.jaar)<br>als P2O5 | (kg/ha.jaar)<br>als P |
| <b>perceel 3</b>                      |  |                                   |                       |                          |                       |                          |                       |
| 1990                                  | aardappelen  | 112                               | 24.3                  | 49                       | 10.7                  | 63                       | 13.7                  |
| 1991                                  | winterarwe   | 56                                | 12.2                  | 72                       | 15.7                  | -16                      | -3.5                  |
| 1992                                  | olievlas   | 0                                 | 0.0                   | 6                        | 1.3                   | -6                       | -1.3                  |
| 1993                                  | zomergerst + gb.                                   | 0                                 | 0.0                   | 56                       | 12.2                  | -56                      | -12.2                 |
| 1994                                  | suikerbieten                                       | 98                                | 21.3                  | 65                       | 14.1                  | 33                       | 7.2                   |
| 1995                                  | zomergerst   | 44                                | 9.6                   | 57                       | 12.4                  | -13                      | -2.8                  |
| 1996                                  | aardappelen  | 84                                | 18.3                  | 67                       | 14.6                  | 17                       | 3.7                   |
| <i>gemiddeld</i>                      |  | 56                                | 12.2                  | 53                       | 11.6                  | 3                        | 0.7                   |
| <b>perceel 4</b>                      |  |                                   |                       |                          |                       |                          |                       |
| 1990                                  | winterarwe + gb.                                   | 21                                | 4.6                   | 73                       | 15.9                  | -52                      | -11.3                 |
| 1991                                  | suikerbieten                                       | 84                                | 18.3                  | 68                       | 14.8                  | 16                       | 3.5                   |
| 1992                                  | zomergerst + gb.                                   | 35                                | 7.6                   | 51                       | 11.1                  | -16                      | -3.5                  |
| 1993                                  | aardappelen  | 105                               | 22.8                  | 66                       | 14.3                  | 39                       | 8.5                   |
| 1994                                  | winterarwe + gb.                                   | 0                                 | 0.0                   | 96                       | 20.9                  | -96                      | -20.9                 |
| 1995                                  | zaaiuien   | 65                                | 14.1                  | 38                       | 8.3                   | 27                       | 5.9                   |
| 1996                                  | winterarwe   | 110                               | 23.9                  | 80                       | 17.4                  | 30                       | 6.5                   |
| <i>gemiddeld</i>                      |  | 60                                | 13.0                  | 67                       | 14.7                  | -7                       | -1.6                  |
| <b>perceel 5</b>                      |  |                                   |                       |                          |                       |                          |                       |
| 1990                                  | erwten   | 0                                 | 0.0                   | 73                       | 15.9                  | -73                      | -15.9                 |
| 1991                                  | zomergerst   | 38                                | 8.3                   | 58                       | 12.6                  | -20                      | -4.3                  |
| 1992                                  | aardappelen  | 70                                | 15.2                  | 78                       | 17.0                  | -8                       | -1.7                  |
| 1993                                  | suikerbieten                                       | 86                                | 18.7                  | 76                       | 16.5                  | 10                       | 2.2                   |
| 1994                                  | zomergerst   | 35                                | 7.6                   | 54                       | 11.7                  | -19                      | -4.1                  |
| 1995                                  | vlas   | 22                                | 4.8                   | 8                        | 1.7                   | 14                       | 3.0                   |
| 1996                                  | gras en braak                                      | 0                                 | 0.0                   | 0                        | 0.0                   | 0                        | 0.0                   |
| <i>gemiddeld</i>                      |  | 36                                | 7.8                   | 50                       | 10.8                  | -14                      | -3.0                  |
| <b>Toelichting:</b>                   |  |                                   |                       |                          |                       |                          |                       |
|                                       | totale mestgift = totale jaarlijkse mestgift       |                                   |                       |                          |                       |                          |                       |
|                                       | gewasopname = totale gewasopname                   |                                   |                       |                          |                       |                          |                       |
|                                       | P-overschot = totale mestgift - totale gewasopname |                                   |                       |                          |                       |                          |                       |
|                                       | P2O5 : P = 4.6 : 1                                 |                                   |                       |                          |                       |                          |                       |

## 7. Synthese en discussie

### 7.1 Landbouwkundige mineralenverliezen en emissie via drainage

#### Perceel 4Z en vanggebied kavelsloot

Gebleken is dat de afvoer van water via drainbuizen en ook kavelsloot een verblijftijdverdeling kent. Water van verschillende verblijftijd komt op hetzelfde moment tot afvoer in een bepaalde mengverhouding. Dit fenomeen maakt dat de gemeten uitspoeling van stoffen in een bepaald jaar (drainageseizoen) niet direct gerelateerd kan worden aan een maaiveldbelasting of overschot op een landbouwkundige of andere stoffenbalans van dat bepaalde jaar, of een jaar ervoor. Alleen langjarige belastingen of overschotten op stoffenbalansen bieden hierbij uitkomst. De verblijftijdverdeling van het drainagewater bepaalt de gewenste lengte van de periode waarover informatie over de bemesting bekend moet zijn voor een analyse van het verband tussen maaiveldbelasting met meststoffen en verliezen ervan via drainage naar het oppervlaktewater. Gegeven de verblijftijdverdeling van het drainagewater worden de stofbalansen opgesteld voor een langjarige periode, teneinde de aan- en afvoer van meststoffen met elkaar in verband te brengen. Gekozen is de 6-jarige periode 1990-1995, waarbij gemiddelde cijfers voor de twee meetseizoenen 1994-1995 en 1995-1996 als representatief genomen worden voor de afvoer van stoffen via drainage.

De langjarig gemiddelde N-balans voor perceel 4Z staat in tabel 7.1. De denitrificatie in de bovengrond is gelijk aan het gemiddelde van de denitrificatie met en zonder teelt van een groenbemester, namelijk  $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ N}$ . De denitrificatie in de ondergrond treedt op tijdens de stroming van water naar de drainbuizen (1) en via de andere afvoerroutes (2) en is als volgt geschat. De gemiddelde totaal-N-concentratie in het percolerend neerslagoverschot volgens variant B0 is  $10 \text{ mg l}^{-1} \text{ N}$ . De gemiddelde concentratie in het drainwater is  $7 \text{ mg l}^{-1} \text{ N}$  (beide seizoenen). De totaal-N-concentratie in het drainwater is aldus 30% lager. De gemiddelde drainafvoer voor de meetperiode is 250 mm, dus verdwijnt er ruim  $5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ N}$  via denitrificatie in de ondergrond (1). Voor de niet-gemeten afvoer (gemiddeld 100 mm) is een extra verlies aan N t.o.v. het drainwater aangenomen van 50%. De totaal-N-concentratie in de niet-gemeten afvoer bedraagt aldus  $3,5 \text{ mg l}^{-1} \text{ N}$ . Hiermee is de denitrificatie in de ondergrond bijna  $3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ N}$  (2), waarmee de totale denitrificatie in de ondergrond op  $8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ N}$  wordt berekend. De restpost op de balans is positief, er is extra afvoer nodig om de balans in evenwicht te krijgen. De restpost bevat echter alle onnauwkeurigheden van de andere termen in balans en is gelijk aan 5% van de totale aanvoer. Aldus wordt aan de restpost geen verdere aandacht besteed.

Tabel 7.1: Stikstofbalans perceel 4Z. Gemiddelde cijfers over de periode 1990-1995, afvoer via drainage over periode 1994-1996.

| Term                           |            | [kg ha <sup>-1</sup> j <sup>-1</sup> ] als N | [%] van totaal IN of UIT |
|--------------------------------|------------|--|--------------------------|
| <b>Meststoffen</b>             |            | +173   | 86                       |
| <b>Atmosferische depositie</b> |            | +28  | 14                       |
| <b>Afvoer via oogst</b>        |            | -144   | 75                       |
| <b>Denitrificatie</b>          | bovengrond | -20  | 10                       |
|                                | ondergrond | -8   | 5                        |
| <b>Drainafvoer</b>             | (*250 mm)  | -16  | 8                        |
| <b>Niet-gemeten afvoer</b>     | (*100 mm)  | -3   | 2                        |
| <b>Restpost</b>                |            | +10  |                          |

\*: gemiddelde van twee meetseizoenen 1994-1995 en 1995-1996.

De langjarig gemiddelde P-balans voor perceel 4Z staat in tabel 7.2. De balans vertoont een negatieve restpost, d.w.z. er vindt een uitputting van de bodemvoorraad plaats. Opgemerkt wordt dat de restpost alle fouten in de andere balanstermen bevat. De restpost bedraagt ruim 25% van de totale P-aanvoer, er is dus extra aanvoer van P nodig. De gewassen vertonen geen P-gebrek. Dit betekent dat de extra aanvoer van P ten goede moet kunnen komen aan de opname door de gewassen. P kan via diffusie vanuit de ondergrond omhoog in het bodemprofiel verplaatst worden, waarbij de opwaartse verplaatsing versterkt wordt door eventuele capillaire opstijging van bodemvocht. Diffusie is mogelijk omdat het diepe grondwater (veel) meer chloride en P bevat dan het ondiepe. De uitspoeling van P via de drainage is qua vracht een gering percentage van de bodembelasting, waarbij de invloed van de samenstelling van het (diepe) grondwater op de samenstelling van het drainagewater wat P betreft waarschijnlijk groot is. Opgemerkt wordt nog dat het mogelijk is dat fosfaat in de onverzadigde zone, met name in de omgeving van drainbuizen, wordt vastgelegd door bijv. adsorptie aan het bodemcomplex, of neerslaat in de omgeving van de drainbuizen.

**Tabel 7.2:** Fosfaatbalans perceel 4Z. Gemiddelde cijfers over de periode 1990-1995, afvoer via drainage over periode 1994-1996.

| Term                           |           | [kg ha <sup>-1</sup> j <sup>-1</sup> ] als P | [%] van totaal IN of UIT |
|--------------------------------|-----------|--|--------------------------|
| <b>Meststoffen</b>             |           | +22,0  | 98                       |
| <b>Atmosferische depositie</b> |           | +0,5   | 2                        |
| <b>Afvoer via oogst</b>        |           | -28,0  | 97                       |
| <b>Drainafvoer</b>             | (*250 mm) | -0,5   | 2                        |
| <b>Niet-gemeten afvoer</b>     | (*100 mm) | -0,2   | 1                        |
| <b>Restpost</b>                |           | -6,2   |                          |

\*: gemiddelde van twee meetseizoenen 1994-1995 en 1995-1996.

De N- en P-balans voor het vanggebied van de kavelsloot staan in tabel 7.3 en 7.4. Dezelfde werkwijze is gevolgd zoals bij de balansen voor perceel 4Z. De gemiddelde N-concentratie in het percolerend neerslagoverschot is wederom 10 mg l<sup>-1</sup> N. Cijfers voor perceel 6Z (10% van oppervlakte vanggebied) zijn niet uitgewerkt en niet meegenomen in de balansen.

**Tabel 7.3:** Stikstofbalans vanggebied kavelsloot. Gemiddelde cijfers over de periode 1990-1995, afvoer via drainage over periode 1994-1996.

| Term                           |            | [kg ha <sup>-1</sup> j <sup>-1</sup> ] als N | [%] van totaal IN of UIT |
|--------------------------------|------------|--|--------------------------|
| <b>Meststoffen</b>             |            | +134   | 83                       |
| <b>Atmosferische depositie</b> |            | +28  | 17                       |
| <b>Afvoer via oogst</b>        |            | -126   | 72                       |
| <b>Denitrificatie</b>          | bovengrond | -20  | 11                       |
|                                | ondergrond | -5   | 3                        |
| <b>Slootafvoer</b>             | (*280 mm)  | -20  | 12                       |
| <b>Niet-gemeten afvoer</b>     | (*80 mm)   | -4   | 2                        |
| <b>Restpost</b>                |            | -13  |                          |

\*: gemiddelde van twee meetseizoenen 1994-1995 en 1995-1996.

De restterm op de N-balans voor de kavelsloot is negatief, er is extra aanvoer nodig. Omdat de rest-term 8% van totale aanvoer omvat wordt hier verder geen aandacht aan geschonken.

**Tabel 7.4:** Fosfaatbalans vanggebied kavelsloot. Gemiddelde cijfers over de periode 1990-1995, afvoer via drainage over periode 1994-1996.

| Term                           |           | [kg ha <sup>-1</sup> j <sup>-1</sup> ] als P | [%] van totaal IN of UIT |
|--------------------------------|-----------|--|--------------------------|
| <b>Meststoffen</b>             |           | +20,5  | 98                       |
| <b>Atmosferische depositie</b> |           | +0,5   | 2                        |
| <b>Afvoer via oogst</b>        |           | -24,9  | 96                       |
| <b>Slootafvoer</b>             | (*280 mm) | -0,7   | 3                        |
| <b>Niet-gemeten afvoer</b>     | (*80 mm)  | -0,2   | 1                        |
| <b>Restpost</b>                |           | -4,7   |                          |

\*: gemiddelde van twee meetseizoenen 1994-1995 en 1995-1996.

De restterm omvat ruim 20% van de totale aanvoer; ook hier kan P-aanvoer door diffusie een rol spelen (zie boven).

Wanneer alle stofbalansen gecombineerd worden kan samenvattend gesteld worden dat voor wat betreft stikstof 75% van de aanvoer in de oogst van het gewas terecht komt en 10 tot 15% van de totale maaiveldbelasting verloren gaat via het drainagewater en in het oppervlaktewater belandt. Via denitrificatie verdwijnt ook 10 tot 15% van de totale aanvoer naar het milieu (lucht). De landbouwkundige verliezen inclusief de atmosferische depositie bedragen voor stikstof 40 tot 60 kg ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup>. Hiervan belandt 35 tot 65% in het oppervlaktewater. De balansen voor fosfor vertonen negatieve landbouw-

kundige overschotten: de afvoer via de oogst is groter dan de som van mestgift en atmosferische depositie. Van de totale aanvoer belandt 4% in het oppervlaktewater. Er zal aanvoer van fosfor zijn vanuit het P-rijke grondwater.

## 7.2 Stikstof- en fosfaatbalansen

Een nadeel van de balansberekeningen zoals die opgesteld zijn in paragraaf 6.2 is de sterke afhankelijkheid van de hoeveelheid N mineraal in de bodem. N mineraal is zeer variabel in de tijd en in de ruimte omdat de omzetting van stikstof sterk afhankelijk is van de omstandigheden in de bodem. Op kavel 5 wordt in het voorjaar van 1992 een bodemvoorraad N-mineraal aangetroffen van 138 kg/ha N, terwijl de bodemvoorraad aan het begin van het winterseizoen 29 kg/ha N is. Op kavel 4 wordt in het voorjaar 91 kg/ha N gemeten, terwijl de bodemvoorraad voor het winterseizoen 48 kg/ha N is. Beide voorbeelden geven in plaats van een N-afvoer tijdens het winterseizoen, een netto N-aanvoer naar de bodem te zien. Ook op kavel 3 (1993 en 1994) en in 1992 en 1996 op kavel 4 wordt een netto N-aanvoer berekend in plaats van een N-afvoer, terwijl een afvoer wordt verwacht. Deze onverwachte aanvoer van stikstof in het winterseizoen is te verklaren door:

1. de mineralisatie van organische stof. De aan organische stof gebonden stikstof komt door mineralisatie vrij in de bodem en is meetbaar op het moment dat de N-mineraal monsters in februari worden verzameld.
2. de onbetrouwbaarheid van de cijfers van minerale N-voorraad in de bodem (N-mineraal). Het is bekend dat stikstof in zeer variabele concentraties in de bodem aanwezig is. Om de variatie te ondervangen wordt N-mineraal in het veld bepaald aan een mengmonster van dertig bodemonsters van het te onderzoeken kavel. Behalve een variatie in de ruimte is van N-mineraal bekend dat het gehalte een grote variatie in de tijd vertoont. N-mineraal is sterk afhankelijk van omstandigheden in de bodem, zoals temperatuur, vochtgehalte, pH en het gehalte aan afbreekbare organische stof.

De grote variatie in N-mineraal roept de vraag op of het wel zinvol is om in de berekeningen van het stikstofoverschot op de langere termijn rekening te houden met N-mineraal in de bodem. In de berekening van de stikstof overschotten kan daarom in deze reeks beter gerekend worden met de kolom Totale stikstof jaarbalans. Hierbij wordt niet verondersteld dat het N-mineraal gehalte op de lange termijn constant is, maar dat de voorraadveranderingen op de lange termijn even vaak

De stikstof overschotten vertonen een ruime variatie. Het hoogste overschot is  $127 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ N}$ , het laagste is een N-tekort van  $75 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ N}$ . De gemiddelde overschotten zijn 49, 23 en  $17 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ N}$  voor respectievelijk kavel 3, 4 en 5. Hiermee kan geconcludeerd worden dat de stikstofoverschotten laag zijn in vergelijking met cijfers die uit andere studies worden gerapporteerd. Hierbij dient te worden aangetekend dat de wijze van landbouwkundige bedrijfsvoering zoals de Rusthoeve die uitvoert, uit het oogpunt van het milieu zeer zorgvuldig te noemen is. In de zeven onderzochte jaren is op de percelen, met enkele uitzonderingen, geen dierlijke mest gebruikt maar kunstmest. De giften zijn afgestemd op de gewasbehoefte waarbij stelselmatig rekening wordt gehouden met de hoeveelheid stikstof in de bodem. In een aantal teelten wordt de kunstmest op meerdere momenten in het groeiseizoen aangewend. Ondanks dat in het najaar geen dierlijke mest wordt aangewend, blijft op deze percelen het organische stofgehalte op peil en treden er geen stikstoftekorten op.



## 8. Conclusies

### Waterbalansen (hoofdstuk 3):

- in de zomerperiode wordt de vochtvoorraad in de bodem, m.u.v. de bovenste 0,3 m, op peil gehouden door capillaire nalevering, waarbij water wordt aangevoerd door een opwaartse stroming van water. Dit komt de verdamping van de gewassen ten goede;
- afvoer van het neerslagoverschot vindt plaats in de winter, in de zomer is er geen afvoer van water; daarnaast vindt de afvoer plaats naar verschillende typen drainagemiddelen op hetzelfde moment;
- er is geen oppervlakte-afvoer waargenomen tijdens de meetperiode;
- de dynamische bergingscoëfficiënt is <10%, meestal ongeveer 5%;
- er komt nauwelijks kwel voor

### Afvoercomponenten (hoofdstuk 3):

- het neerslagoverschot komt tot afvoer via 3 routes, te weten via drainbuizen, kavelsloot en kreek; de verdeling over de routes kent geen vast percentage, gemeten verdeling is in het eerste jaar respectievelijk 70, 15 en 15%, in het tweede jaar 45, 0 en 55%;
- de afvoer direct naar de kreek is qua hoeveelheid vrijwel constant in de tijd;
- belangrijk voor de afvoerverdeling is de frequentie en duur van opgetreden grondwaterstanden;
- hoe zwaarder de bodem en hoe dikker het kleidek, des te ondieper stroomt het neerslagoverschot naar de ontwateringsmiddelen en des te korter de gemiddelde verblijftijd;
- verschillen in de afvoeren naar drainbuis en sloot tussen drainageseizoenen worden met name beïnvloed door verschillen in het opgetreden neerslagoverschot. Berging van water in de bodem is een dempende factor hierin zodat de verhoudingsgewijze verschillen in neerslagoverschot in mindere mate tot uiting komen in de verhoudingsgewijze verschillen in afvoer, zeker omdat deze berging mede aangevuld wordt door kwelwater.

### Verblijftijdverdeling van het drainwater (hoofdstuk 3):

- de verblijftijdverdeling van water in de bodem dat binnen een drainageseizoen tot afvoer komt via drainbuizen kan redelijk benaderd worden door de methode van Ernst (1973) toe te passen;
- 25% van het afgevoerd drainage water heeft een verblijftijd in de bodem van minder dan 1 jaar, 45% van minder dan 2 jaar, 65% van minder dan 3 jaar, ruim 80% van minder dan 4 jaar en 20% van meer dan 4 jaar;
- er zijn geen aanwijzingen gevonden die erop duiden dat de verblijftijdverdeling van drainwater in seizoen 1994/95 veel anders is dan die van het drainwater in seizoen 1995/96;
- consequentie van de vastgestelde verblijftijdverdeling is dat ter analyse van het verband tussen landbouwkundige N- en P-balansen en uitspoeling van deze stoffen de balansen over tenminste 4 jaar in beschouwing genomen moeten worden;
- de verblijftijdverdeling varieert in de tijd binnen een drainageseizoen met de afvoer-intensiteit, derhalve met de opbolling van de grondwaterstand tussen 2 drainbuizen als drijvende kracht. Hoe groter de opbolling, hoe groter het aandeel 'jong' water in het op dat moment afgevoerde water;
- preferent transport van water kan optreden en vergroot het aandeel 'jong' water in de totale afvoer.

### Gemeten stofconcentraties drain- en oppervlaktewater (hoofdstuk 4):

- de N-concentraties in drain- en slootwater variëren sterk in de tijd. Deze variatie wordt met name bepaald door de hydrologische situatie. Dit geldt in mindere mate voor de P-concentraties;
- de temporele variatie in N-totaal wordt grotendeels bepaald door variatie in nitraat;
- piekconcentraties van N-totaal treden op in perioden met een hoge drainage-intensiteit tijdens hoge grondwaterstanden; hierbij wordt N-totaal-nagenoeg geheel verklaard door nitraat;
- totaal-P wordt voor gemiddeld ruim 70% (drains) en ruim 50% (sloot) bepaald door de fractie ortho-fosfaat;
- chloride is een zeer bruikbare stof ter bestudering van de hydrologie en uitspoeling van nutriënten.

### Uitspoeling van stikstof en fosfaat naar het oppervlaktewater (hoofdstuk 4):

- er is tijdens de proef alleen uitspoeling van stoffen naar het oppervlaktewater geconstateerd in de winterperiode (oktober tot en met april);
- de stofvrachten van de drainafvoer zijn voor het eerste meetseizoen  $18,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ N}$  en  $0,68 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ P}$ , voor het tweede geschat op bijna  $12,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ N}$  en  $0,30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ P}$ ; de stof-

vrachten van de slootafvoer bedragen voor het eerste jaar  $22,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ N}$  en  $1,03 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ P}$ , voor het tweede jaar  $17,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ N}$  en  $0,27 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ P}$ ;

- de N-vracht van het drain- en slootwater varieert sterk binnen het drainageseizoen; een groot deel van de jaarvracht komt in perioden met veel drainage tot afvoer;
- de N-vracht van de drainafvoer neemt in de twee meetseizoenen respectievelijk ruim 80% en bijna 75% van de N-vracht van de kavelsloot voor haar rekening; voor fosfaat gelden percentages van respectievelijk ruim 65% en ruim 110%.

#### Verband tussen landbouwkundige stofbalansen en gemeten uitspoeling (hoofdstuk 7):

- het gevoerde mineralenbeheer op proefboerderij 'De Rusthoeve' is te kenmerken als Goede Landbouw Praktijk (GLP);
- landbouwkundige stofbalansen en -overschotten variëren cijfermatig sterk van perceel tot perceel en in de tijd;
- voor het mogelijke verband tussen de landbouwkundige N- en P-overschotten (incl. atmosferische depositie) en gemeten verliezen van deze stoffen via drainage zijn tenminste vierjarig gemiddelde overschotten nodig, zesjarig gemiddelde cijfers zijn gebruikt;
- de zesjarig gemiddelde N-balans vertoont een landbouwkundig overschot, incl. atmosferische depositie, van 58 (vanggebied drains) en  $36 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ N}$  (vanggebied sloot); de langjarig gemiddelde P-balans vertoont voor beide vanggebieden een negatief overschot (tekort);
- er vindt nalevering van P plaats uit de kleibodem, de gewassen hebben geen P-gebrek;
- voor stikstof is een verband vastgesteld tussen landbouwkundige overschotten en gemeten uitspoeling, voor fosfaat is dat verband minder duidelijk;
- voor het vanggebied van de drainbuizen is de gemiddelde totale bodembelasting  $205 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ N}$ . Hiervan verdwijnt 75% via de afvoer van de oogst, 15% via denitrificatie naar de lucht en belandt 10% door de afvoer van water via drainagebuizen in het oppervlaktewater. Voor het vanggebied van de kavelsloot gelden percentages van respectievelijk 70%, 15% en 15%.
- van de gemiddelde P-belasting van de bodem van  $20\text{-}25 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1} \text{ P}$  verdwijnt 1 tot 3% door uitspoeling in het oppervlaktewater. Kwel heeft hierin een groot, maar onbekend aandeel.

## 9. Referenties

- Braak, C. (1945):  
Invloed van den wind op regenwaarnemingen. KNMI No. 102, Mededeelingen en Verhandelingen 48.
- Brongers, I., G.A.P.H. van den Eertwegh, K.P. Groen en C.R. Meinardi (1997):  
Emissie van bestrijdingsmiddelen en nutriënten naar het oppervlaktewater via drainage. Flevo-bericht nr. 384. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied en RIVM.
- Bronswijk, J.J.B., C.J. Ritsema, K. Oostindie en W. Hamminga (1996):  
Solute transport in cracking clay soils. In: Soil Structure and transport processes, implications for water, gases, nutrients, pesticides, and contaminants in soils. Edited by P.A.C. Raats, H. Rogaar and A.H. van den Heuvel.
- Bronswijk, J.J.B., W. Hamminga en K. Oostindie (1995):  
Nitraatuitspoeling uit kleigronden en consequenties voor het oppervlaktewater. H<sub>2</sub>O (28) 95/4.
- Bruggeman, G.A. (1998):  
Analytical solutions of geohydrological problems. Elsevier Amsterdam.
- Buishand, T.A. en C.A. Velds (1980):  
Neerslag en verdamping. Klimaat van Nederland 1. KNMI.
- CHO-TNO en KNMI (1988):  
Van Penman naar Makkink. Een nieuwe berekeningswijze voor de klimatologische verdampingsgetallen. CHO-TNO rapporten en nota's no. 19.
- Colenbrander, H.J., en Ph.Th. Stol (1970):  
Neerslag en neerslagverdeling naar plaats en tijd. Deelrapport van het Hydrologisch Onderzoek in het Leerinkbeekgebied, nummer 5.
- Corré, W.J. (1995):  
Denitrificatie in poldergronden. Verslag van een onderzoek naar het belang van denitrificatie in de stikstofhuishouding van poldergronden en het mogelijke effect van peilverhoging op de denitrificatie, uitgevoerd in opdracht van de provincie Zeeland. AB-DLO rapport 41.
- Dekker, C.G. (1979):  
Een onderzoek naar de grootte van de systematische windfout van de standaard regenmeter. KNMI, Verslagen V-317.
- Dirksen, C. en S. Dasberg (1993):  
Effects of bound water and bulk density on calibration of soil water content measurements by Time Domain Reflectometry. Soil Sci. Soc. of America Journal 57, pp. 660-667.
- Dommerholt, A. en H.J. van Ieperen (1987):  
De afvoercoëfficiënt van een v-vormige lange overlaat bij afwijkingen in de plaatsing. Vakgroep Hydraulica en Afvoerhydrologie LU Wageningen, Nota 81.
- Drecht, G. van (1993):  
Modelling of regional scale nitrate leaching from agricultural soils, The Netherlands. Applied Geochemistry, Suppl. Issue No. 2, pp. 175-178.
- Drecht, G. van en E. Scheper (1996):  
Actualisering van model NLOAD voor de nitraatuitspoeling van landbouwgronden. Beschrijving van model en GIS-omgeving. RIVM rapport nr. 711501002.
- Droogers, P. (1997):  
Quantifying differences in soil structure induced by farm management. Proefschrift Landbouwuniversiteit Wageningen.
- Droogers, P. en J. Bouma (1996):  
Biodynamic vs. conventional farming effects on soil structure expressed by simulated potential productivity. Soil. Science Soc. of America Journal, 60 (5) 1996, pp. 1552-1558.
- Eertwegh, G.A.P.H. van den, en C.R. Meinardi (1999):  
Water- en nutriëntenhuishouding van het stroomgebied van de Hupselse beek. RIVM-rapport nr. 714901005.

- Eertwegh, G.A.P.H. van den, en C.R. Meinardi (1999):  
Water- en nutriëntenhuishouding van het stroomgebied van de Hupselse beek. RIVM rapport nr. 714901005, Landbouwniversiteit Wageningen, Afdeling Waterhuishouding, rapport 75.
- Ernst, L.F. (1973):  
De bepaling van de transporttijd van het grondwater bij stroming in de verzadigde zone. ICW Nota 755.
- Foppen et al. (1994-1996):  
Fosfaatchemie. NITG TNO.
- Goossensen, F.R. en Van Ham (1992):  
Een model ter berekening van de nitraatuitspoeling onder landbouwgronden: NITRIKC. IKC Landbouw, Ede.
- Groen, K.P. en H.G. Dekkers (1990):  
Een installatie voor de bemonstering van verontreinigd drainwater. Rijkswaterstaat Directie Flevoland, intern rapport 1990-28 liw.
- Groen, K.P. (1997):  
Pesticide leaching in polders. Field and model studies on cracked clays and loamy sand. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen.
- Hetterschijt, A.A., J. Griffioen, J.W.A. Foppen, and E.A. Buijs (1995):  
Hydrogeochemie Van Fosfaat Bij Kwel Van Grondwater in Polders. Deelrapport III: Hydrogeochemische Processen Rondom Vier Slootbodems in Laag-Nederland. TNO-GG (nu: NITG TNO) Rapport nummer GG-R-95-69(A).
- Hoekstra J.R. en A.A. van de Straat (1994):  
Praktijkproef Nutriëntenbalans. Projektplan. Provincie Zeeland.
- Kolenbrander, G.J. (1981):  
Leaching of nitrogen in agriculture. In: J.C. Brogan (ed.), Nitrogen Losses and Surface Run-off from Landspreading of Manures. Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers, The Hague. Developments in Plant and Soil Sciences, volume 2.
- Landinrichtingsdienst (1987):  
De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige productie. Rapportage van de Werkgroep HELP-tabel, Mededelingen Landinrichtingsdienst no. 176.
- Meinardi, C.R. en G.A.P.H. van den Eertwegh (1995):  
Onderzoek aan drainwater in de kleigebieden van Nederland. Deel I: Resultaten van het veldonderzoek. RIVM-rapport nr. 714901004.
- Meinardi, C.R. en G.A.P.H. van den Eertwegh (1997):  
Onderzoek aan drainwater in de kleigebieden van Nederland. Deel II: Interpretatie van de gegevens van het oriënterend onderzoek. RIVM-rapport nr. 714801013.
- Neff, E.L. (1977):  
How much rain does a rain gage gage? Journal of Hydrology, Vol. 35, pg. 213-220.
- Neut, D. van der, J.C. van Dam en R.A. Feddes (1995):  
Effecten van peilopzetten in de Hoeksche Waard. Een evaluatie over 42 jaren van de opbrengstveranderingen van aardappelen en bieten bij vier verschillende dieptes van de drainagebasis. Landbouwniversiteit Wageningen, afdelingerhuishouding, rapport 48.
- Ommen, H.C. van (1988):  
Transport from diffuse sources of contamination and its application to a coupled unsaturated-saturated system. Proefschrift LU Wageningen.
- Stichting voor de Bodemkartering Stiboka (1979):  
Proefboerderij 'Rusthoeve'. De bodemgesteldheid.
- Thunnissen, H.A.M. (1987):  
Eenvoudige methode voor de schatting van verblijftijden van grondwater in de verzadigde zone. RIVM rapport nr. 728472002.
- Topp, G.C., J.L. Davis en A.P. Annan (1980):  
Electromagnetic determination of soil water content: measurement in coaxial transmission lines. Water Res. Res. 16, pp. 574-582.

Vos, J.A. de (1997):

Water flow and nutrient transport in a layered silt loam soil. Proefschrift Landbouwuniversiteit Wageningen.

Waterschap Zeeuwse Eilanden (1997):

Onderzoek naar de aanwezigheid van pesticiden in het drainwater onder akkerbouwgronden op zavel. In preparatie.

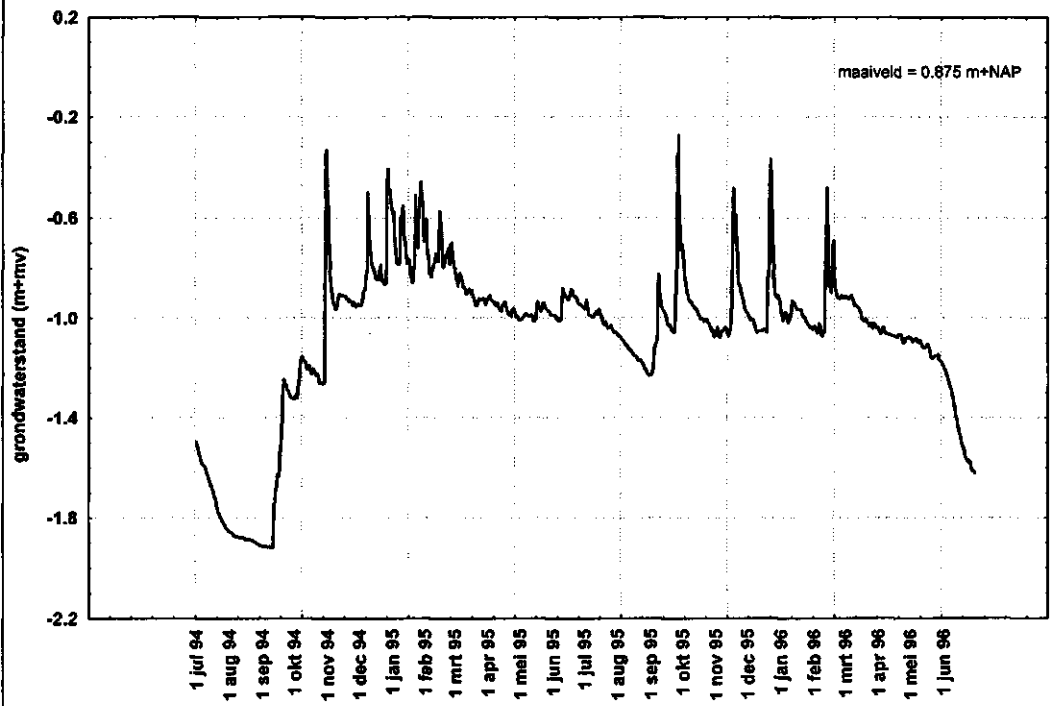
Waterloopkundig Laboratorium (1993):

Analyse van de nutriëntenbelasting van het Veerse Meer vanuit omliggende polders.

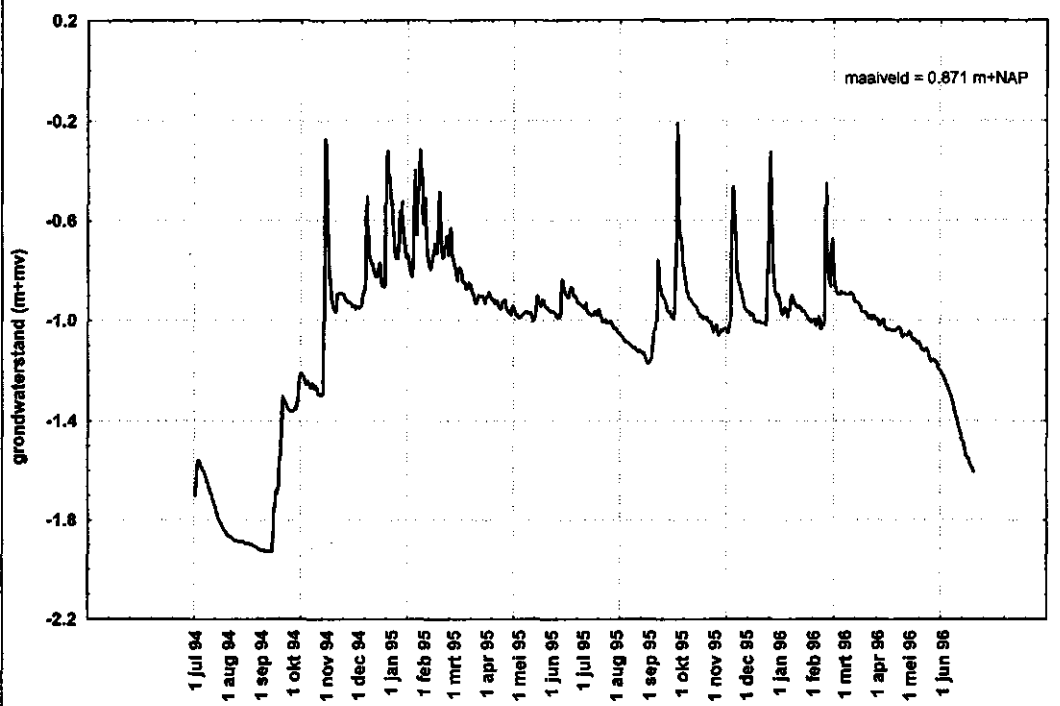
Wolters, H.A. (1996):

Neerslag en afvoer in het landelijk gebied van Flevoland. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Flevovericht nr. 357.

**Fig 3.1: Grondwaterstand recorder R1 (buis L3) op dagbasis (gemiddelde)**  
Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996

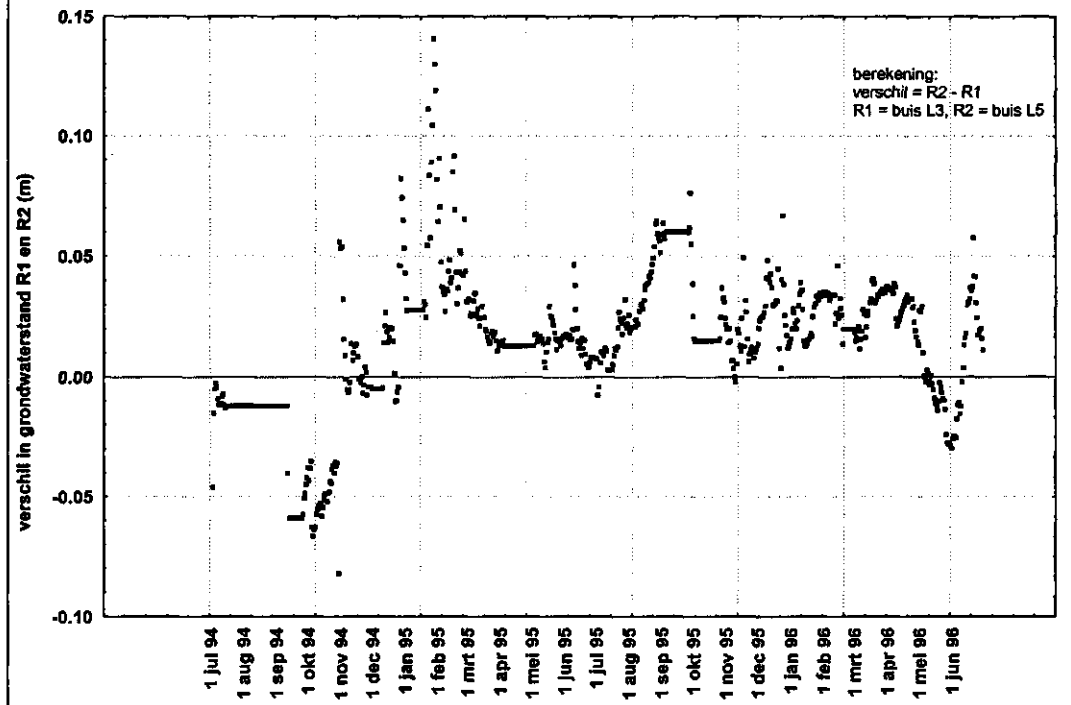


**Fig 3.2: Grondwaterstand recorder R2 (buis L5) op dagbasis (gemiddelde)**  
Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



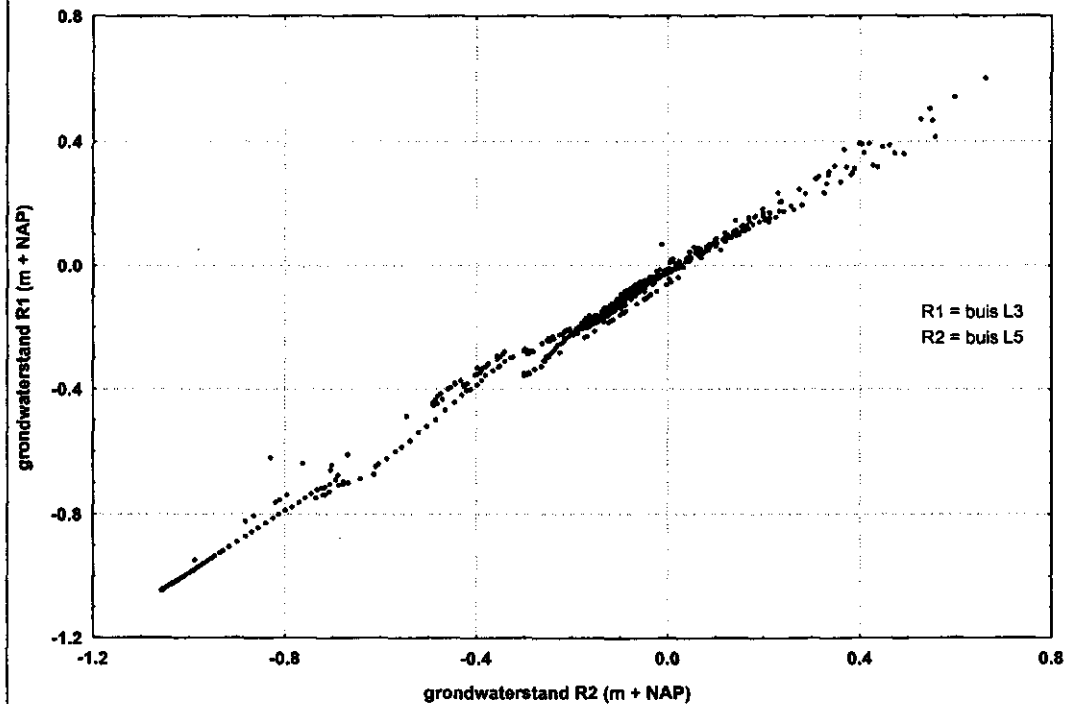
**Fig 3.3: Grondwaterstand op dagbasis, verschil tussen recorders R1 en R2**

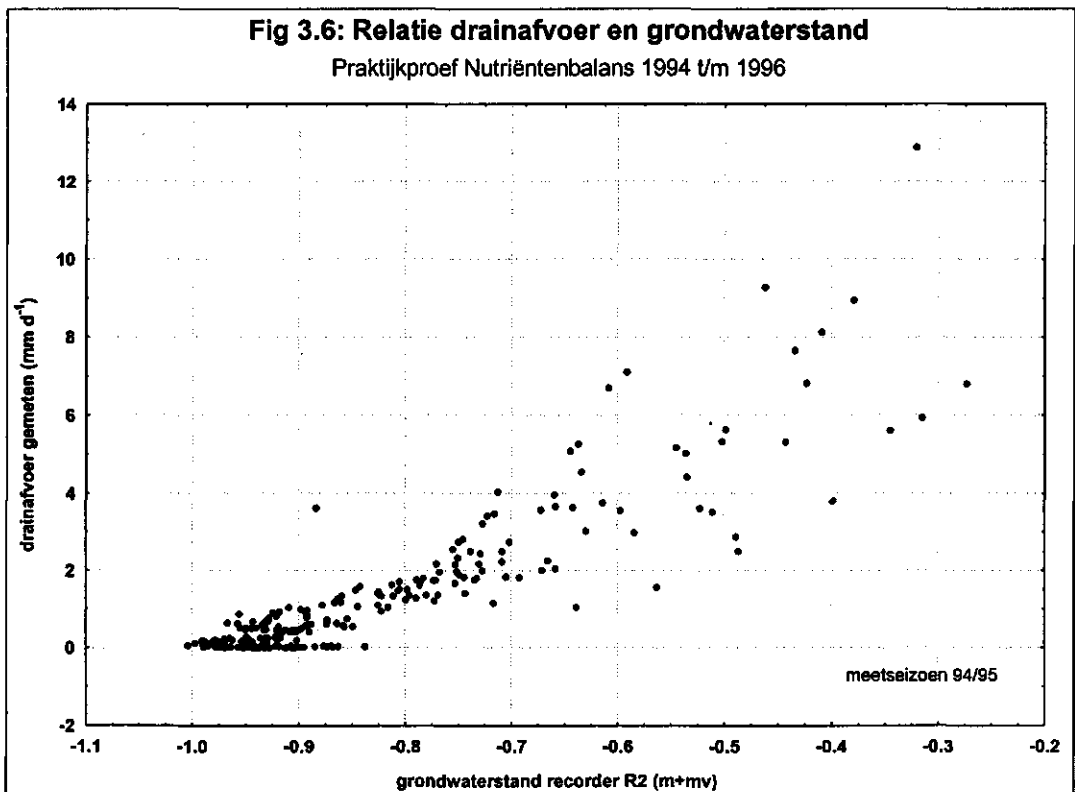
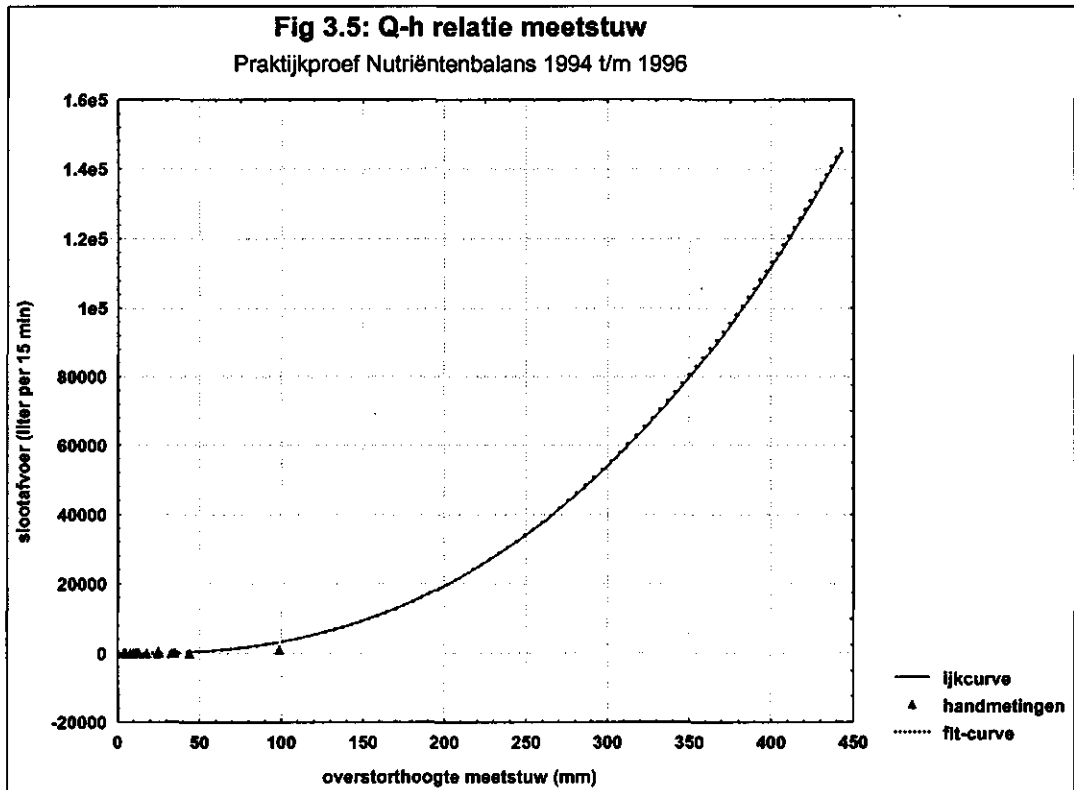
Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



**Fig 3.4: Grondwaterstand op dagbasis, recorder R1 tegen R2**

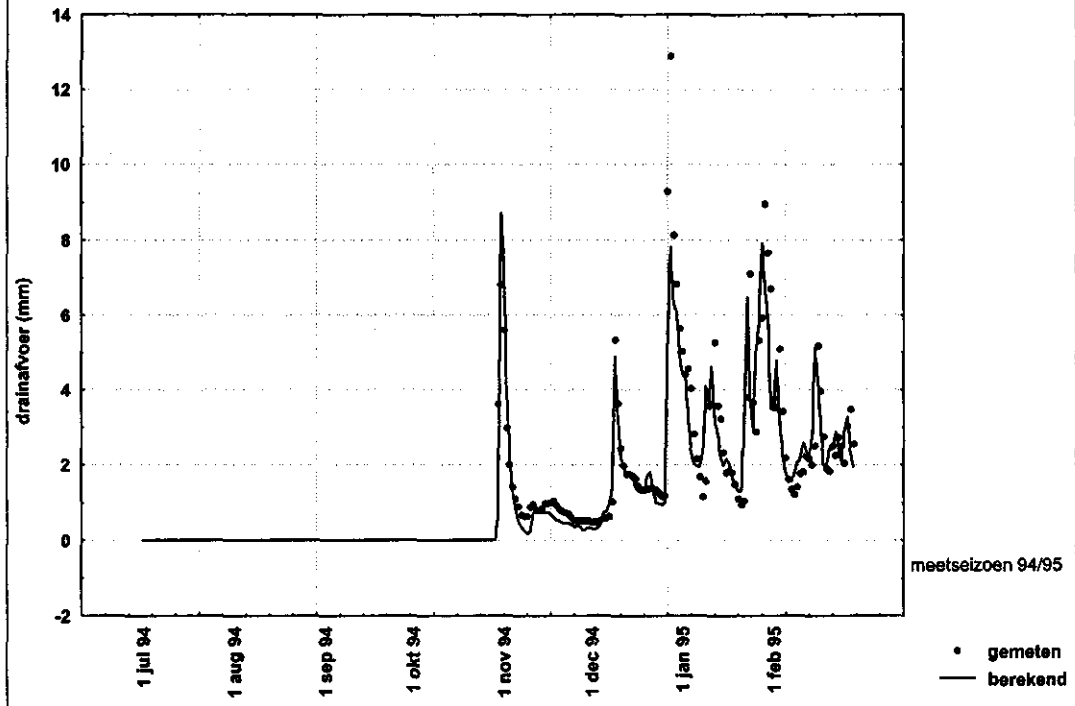
Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



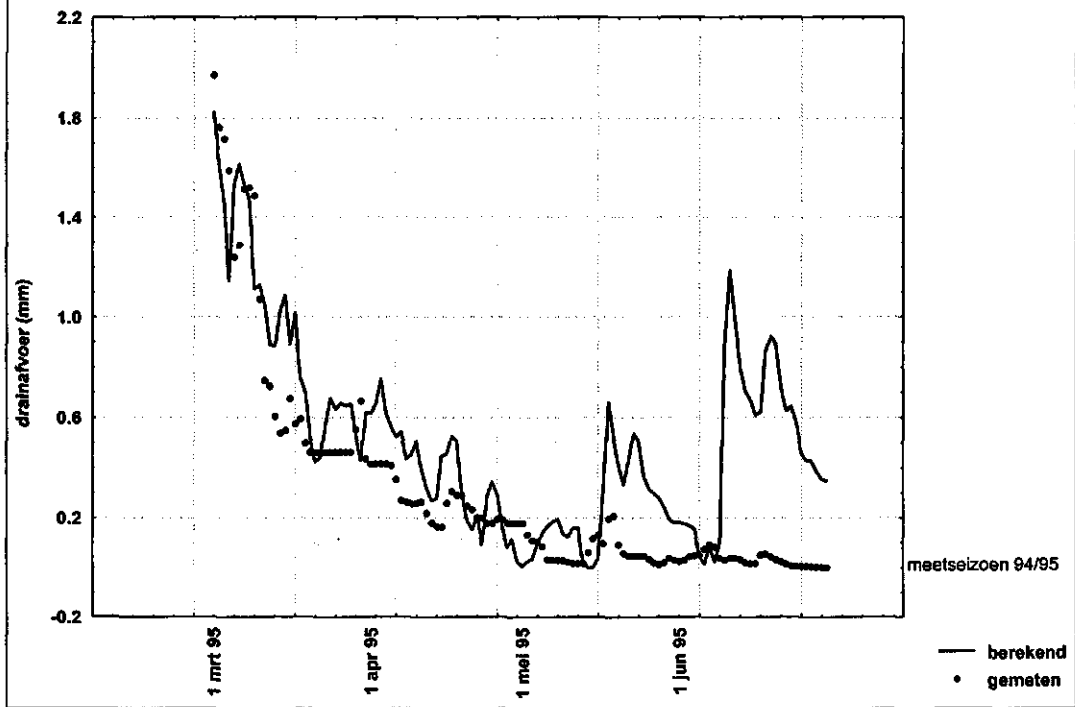




**Fig 3.7: Drainafvoer gemeten en berekend**  
 Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996

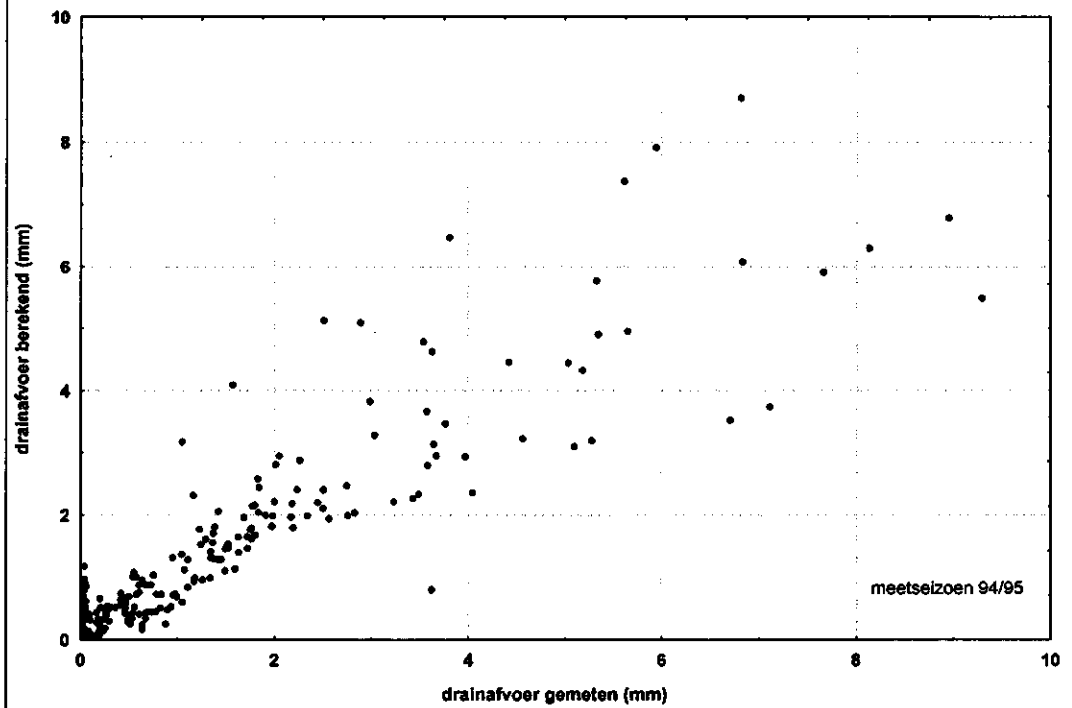


**Fig 3.8: Drainafvoer gemeten en berekend**  
 Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



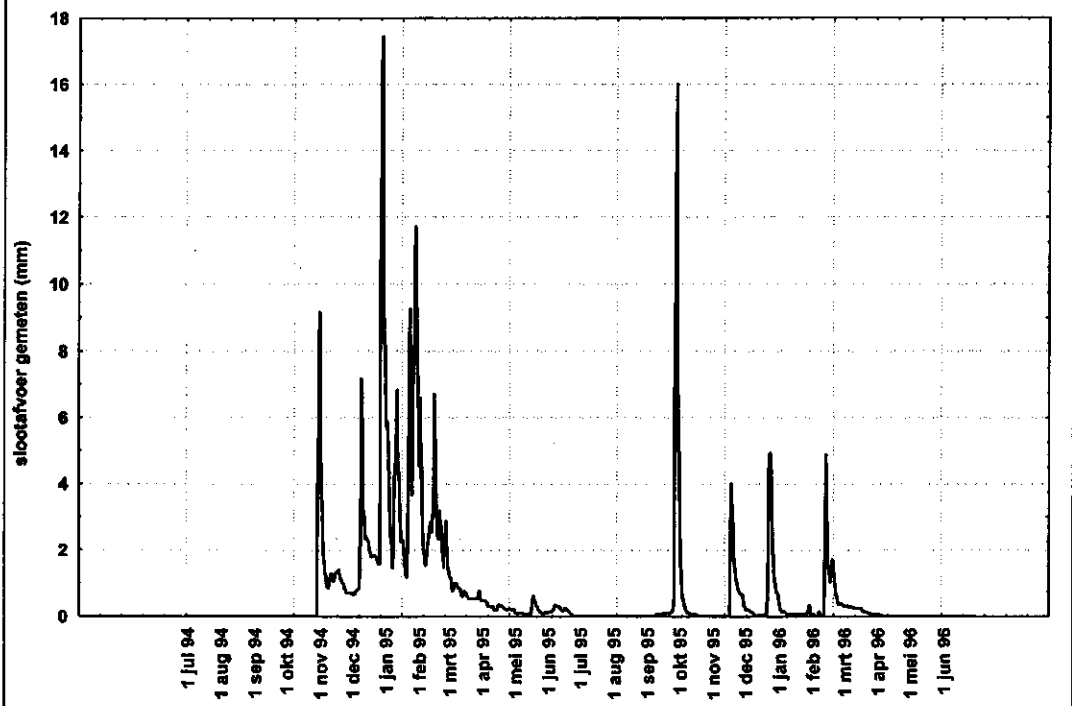
**Fig 3.9: Relatie drainafvoer gemeten en berekend**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



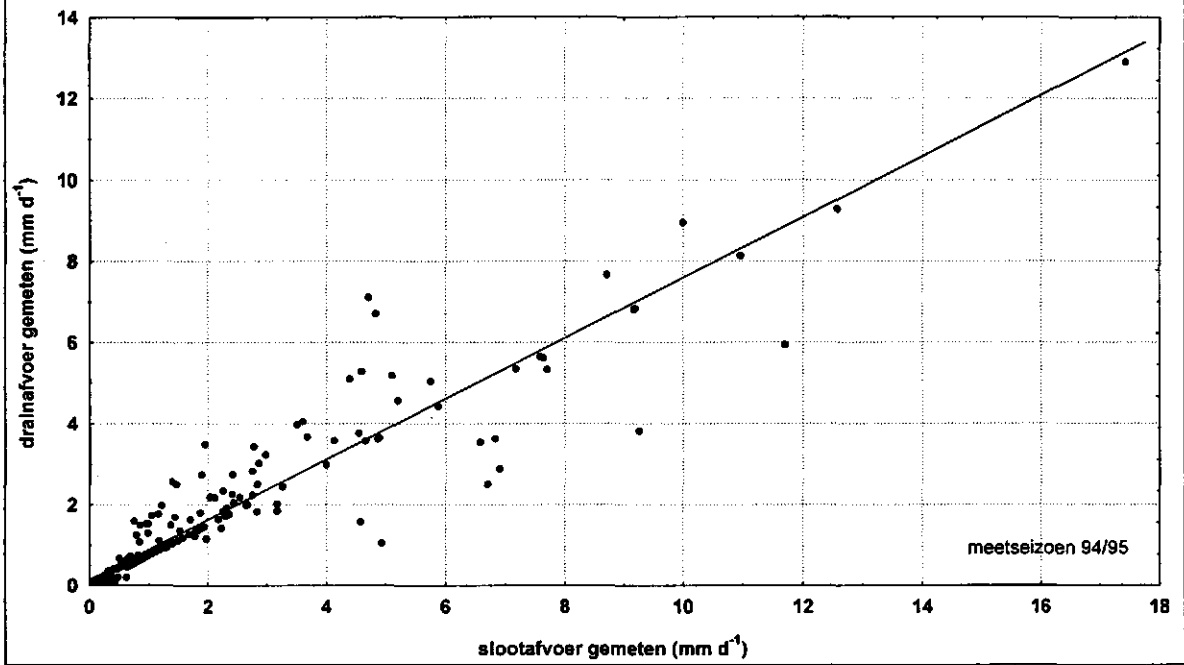
**Fig 3.10: Slootafvoer gemeten**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



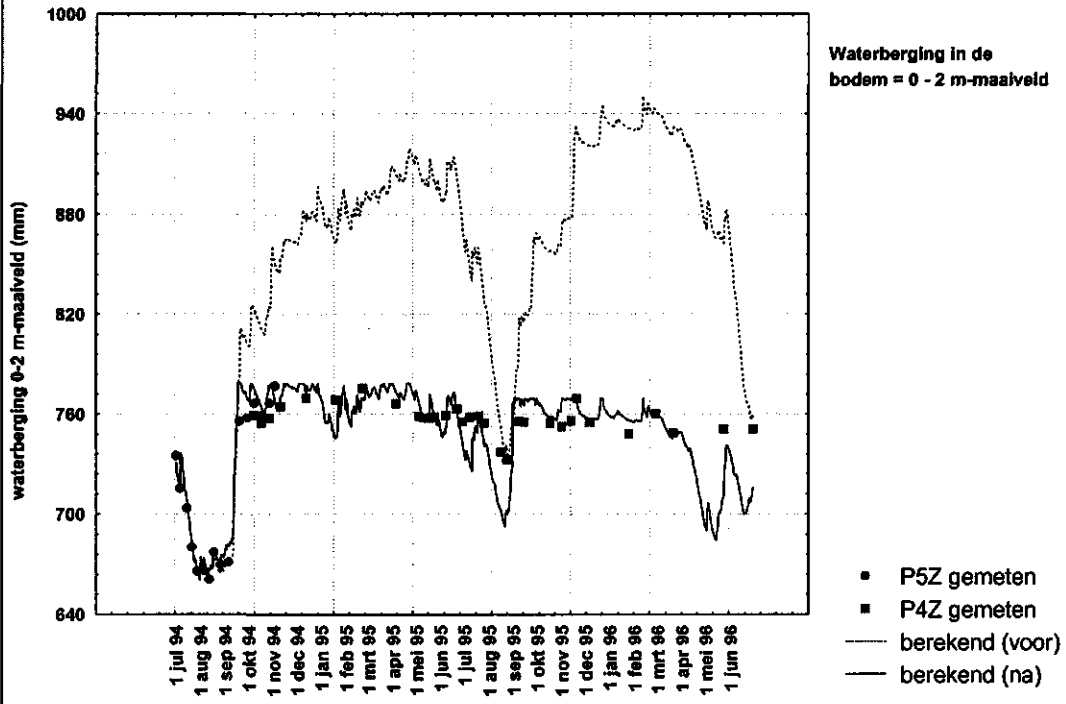
**Fig 3.11: Relatie slootafvoer en drainafvoer (gemeten)**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



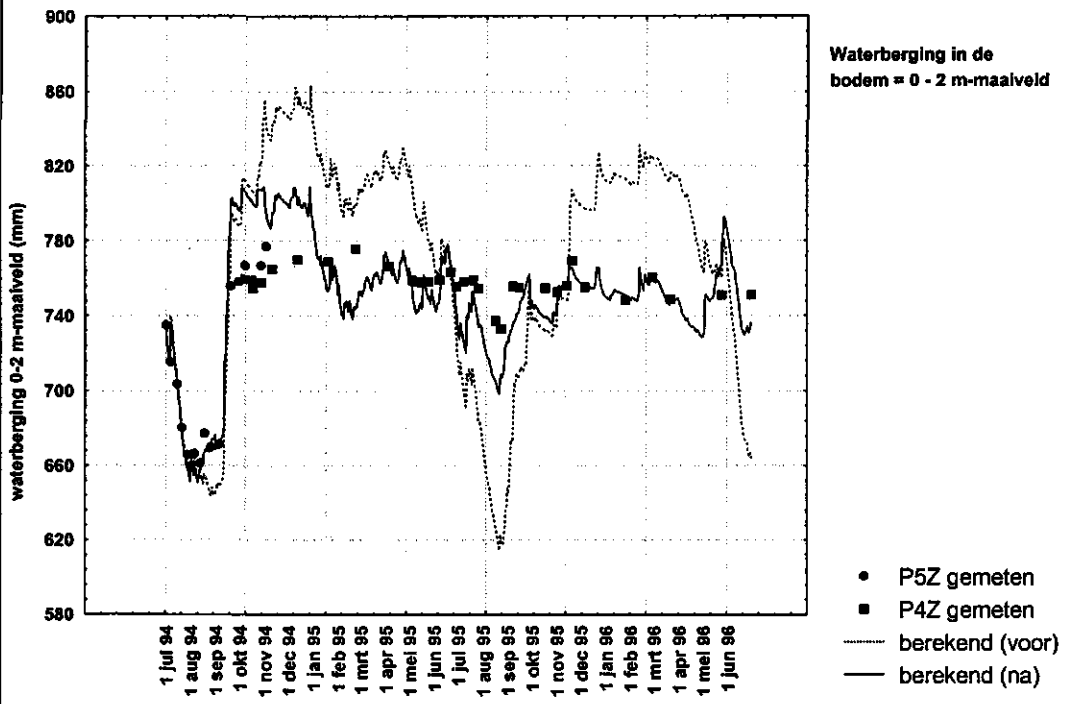
**Fig 3.12: Waterbalansen vanggebied drains**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996

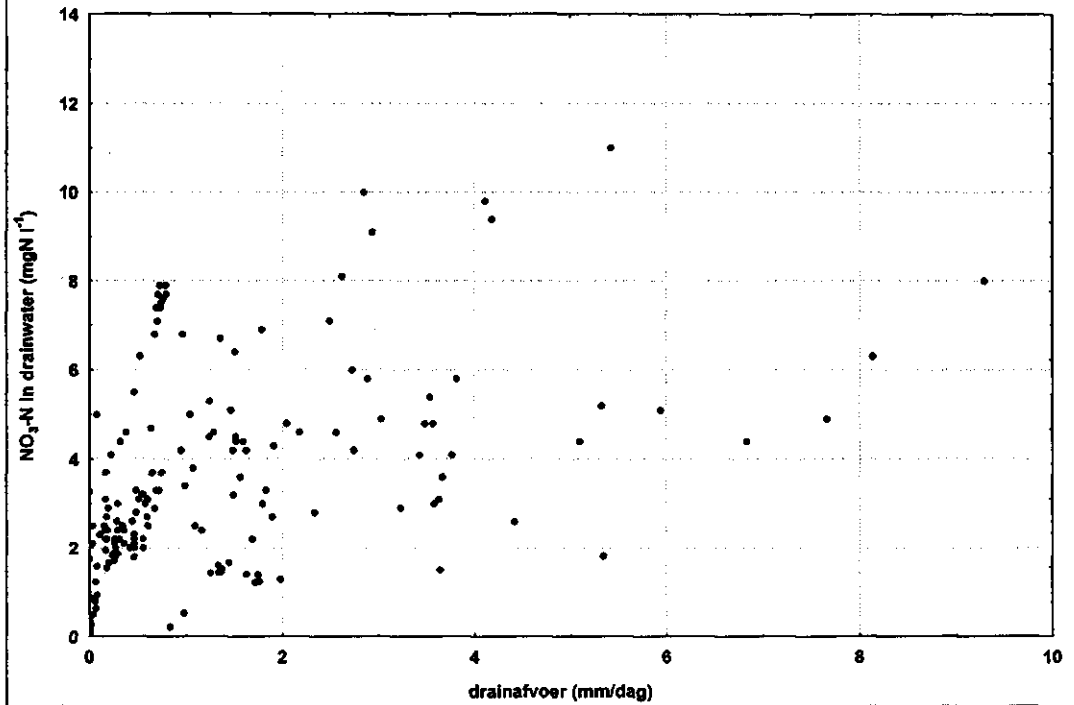


**Fig 3.13: Waterbalansen vanggebied sloot**

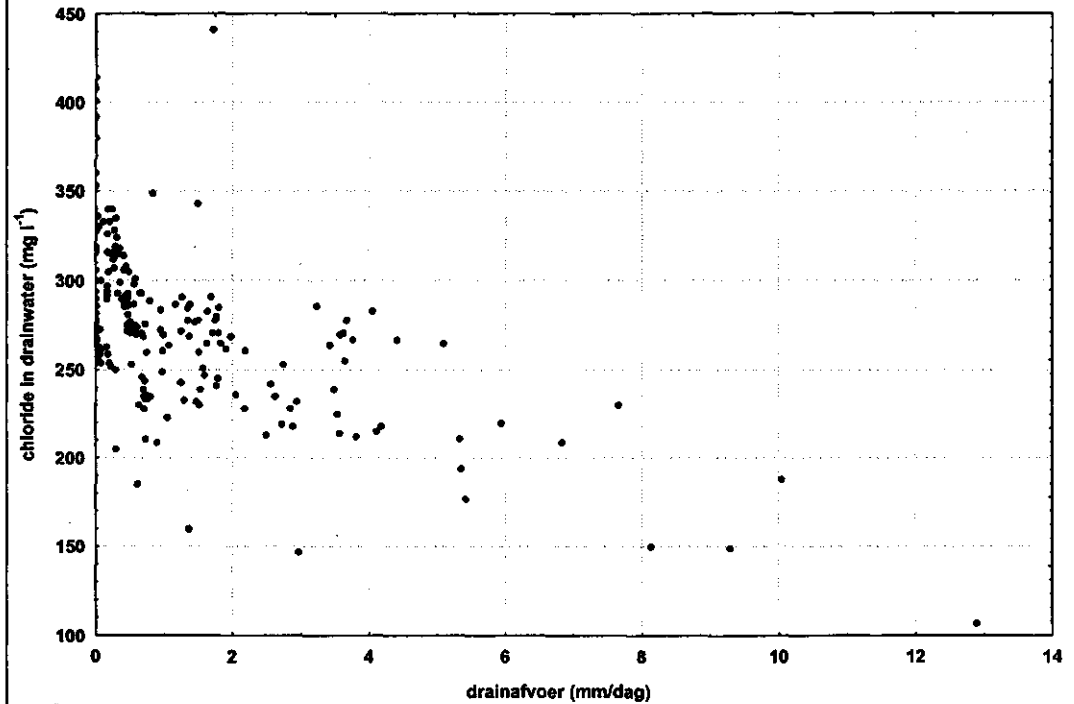
Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



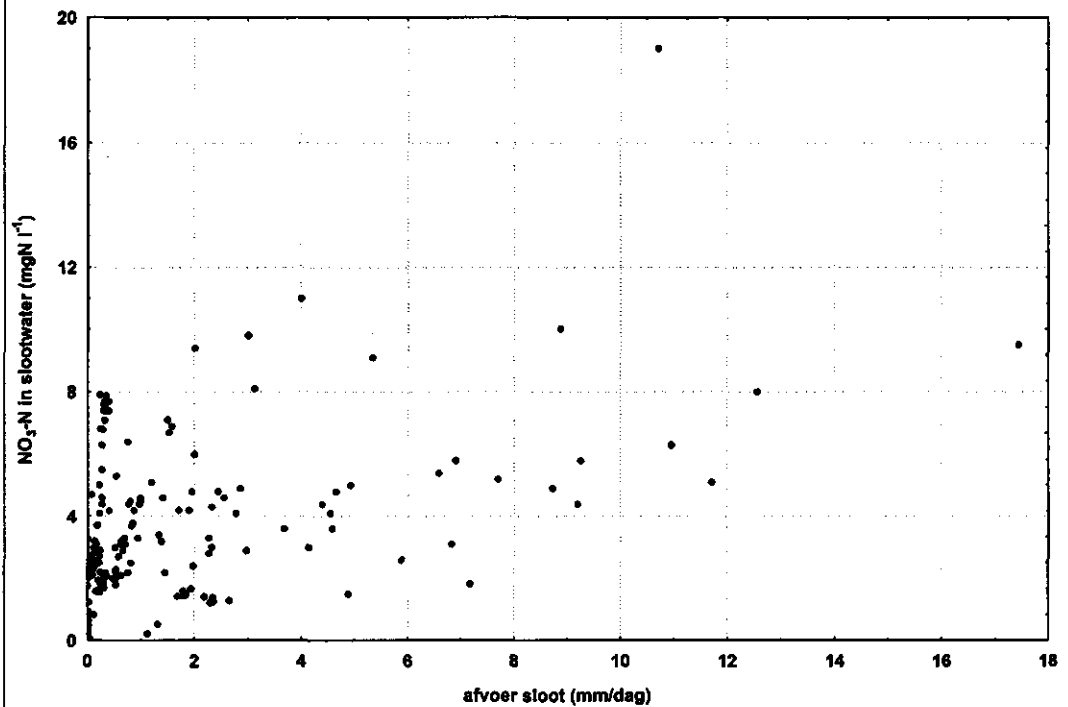
**Fig 3.14A: Relatie tussen drainafvoer en nitraat in drainwater**  
Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



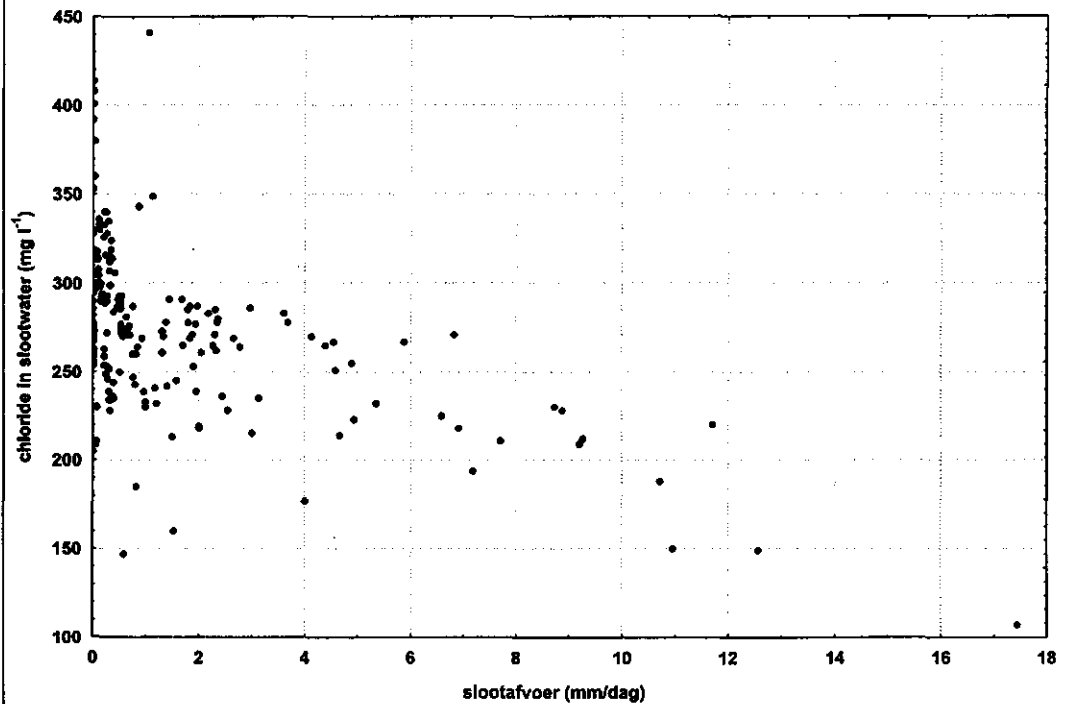
**Fig 3.14B: Relatie tussen drainafvoer en chloride in drainwater**  
Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



**Fig 3.15A: Relatie tussen slootafvoer en nitraat in slootwater**  
Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996

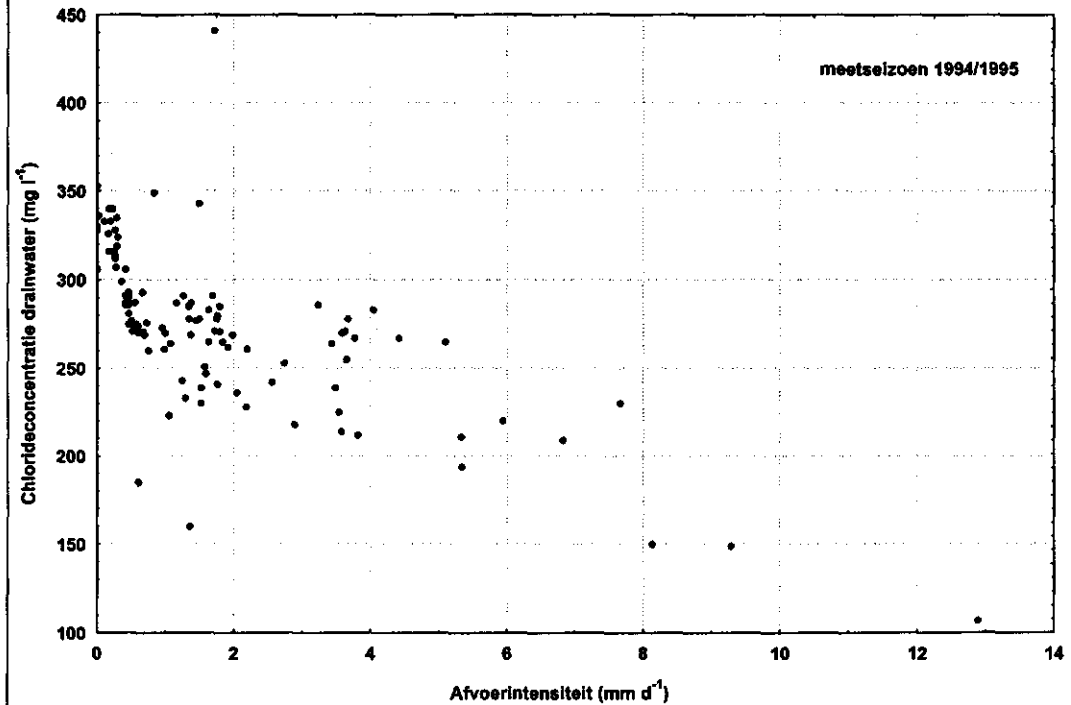


**Fig 3.15B: Relatie slootafvoer en chloride in slootwater**  
Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



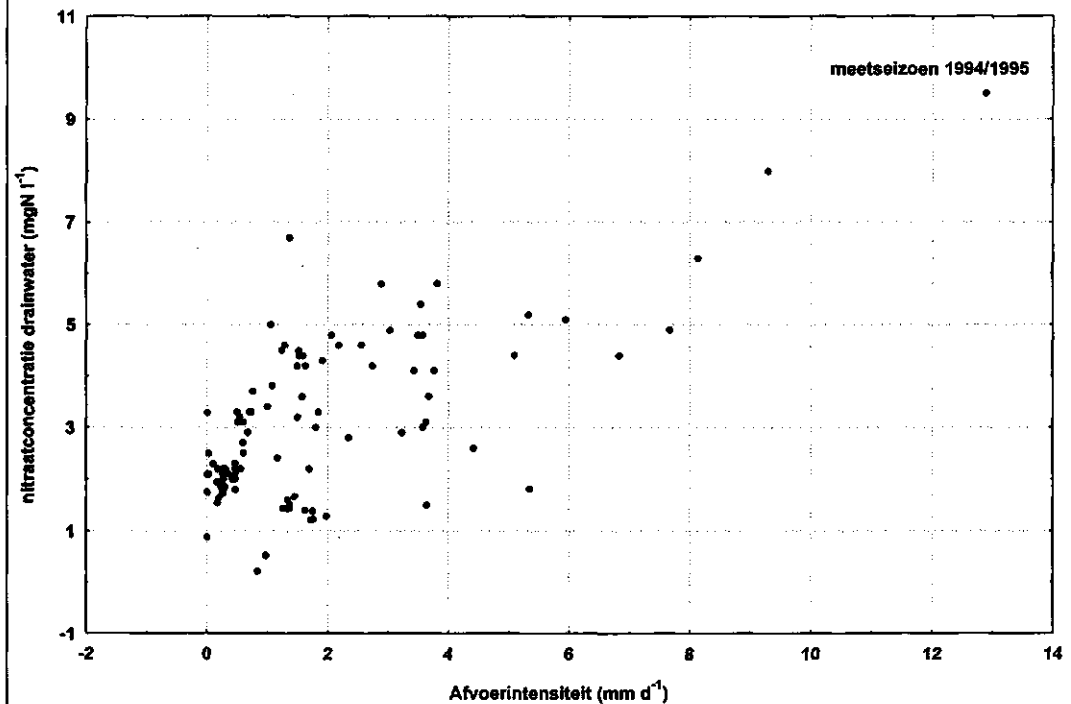
**Fig 3.16: Chlorideconcentratie drainwater versus afvoerintensiteit**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



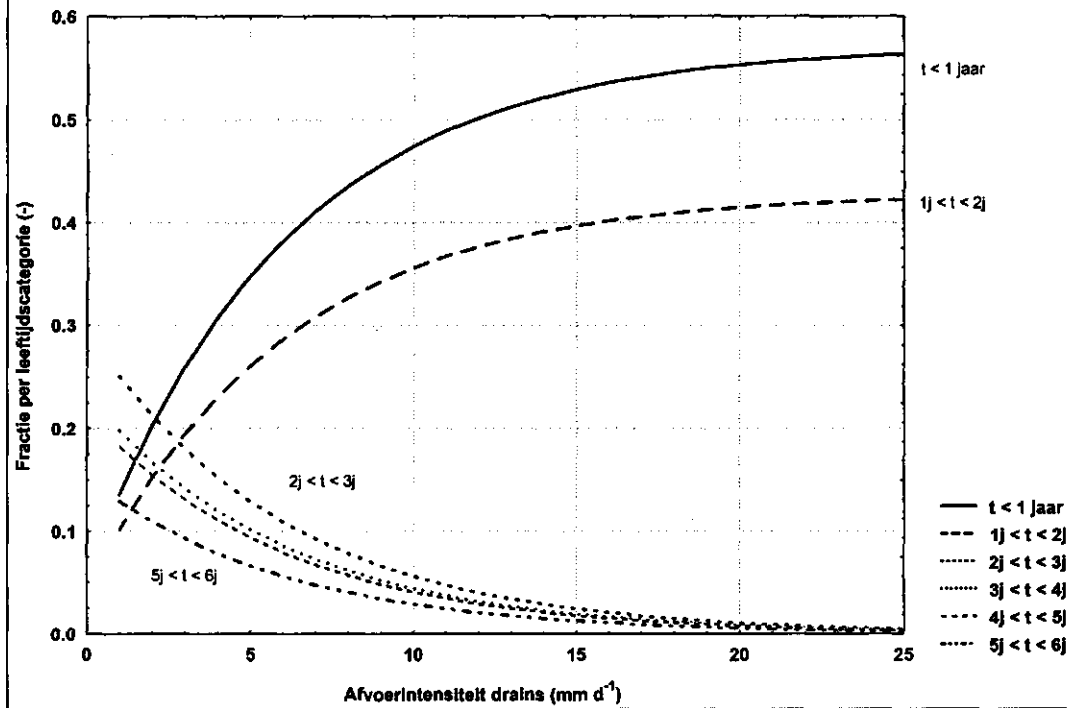
**Fig 3.17: Nitraatconcentratie drainwater versus afvoerintensiteit**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



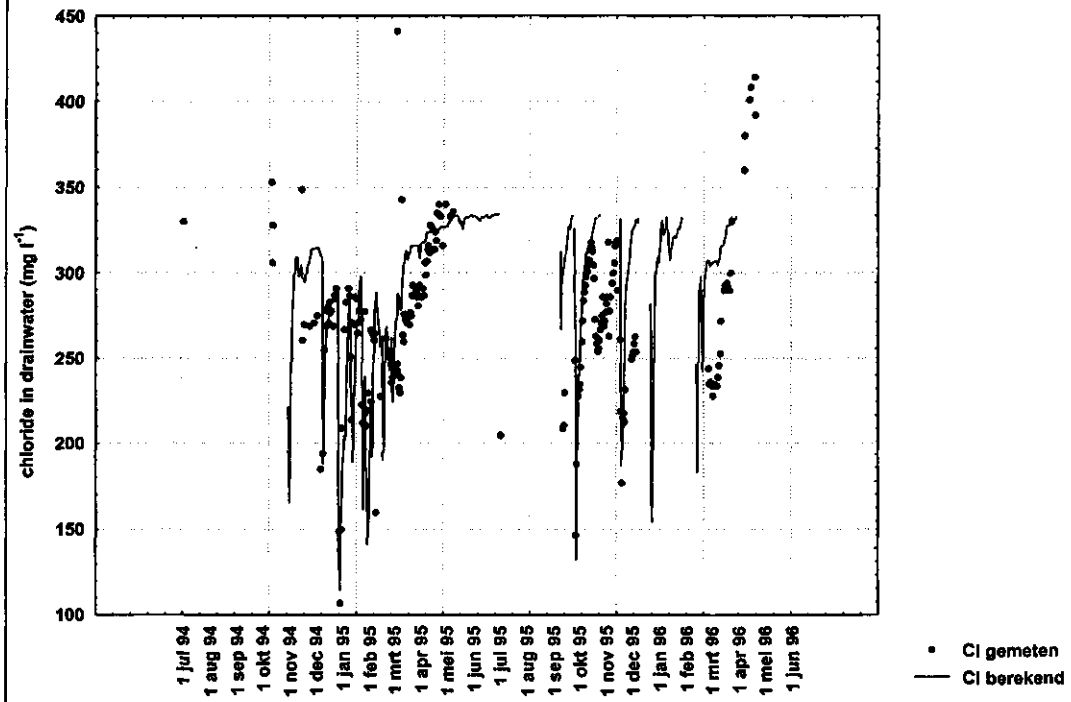
**Fig 3.18: Verblijftijdverdeling drainwater**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



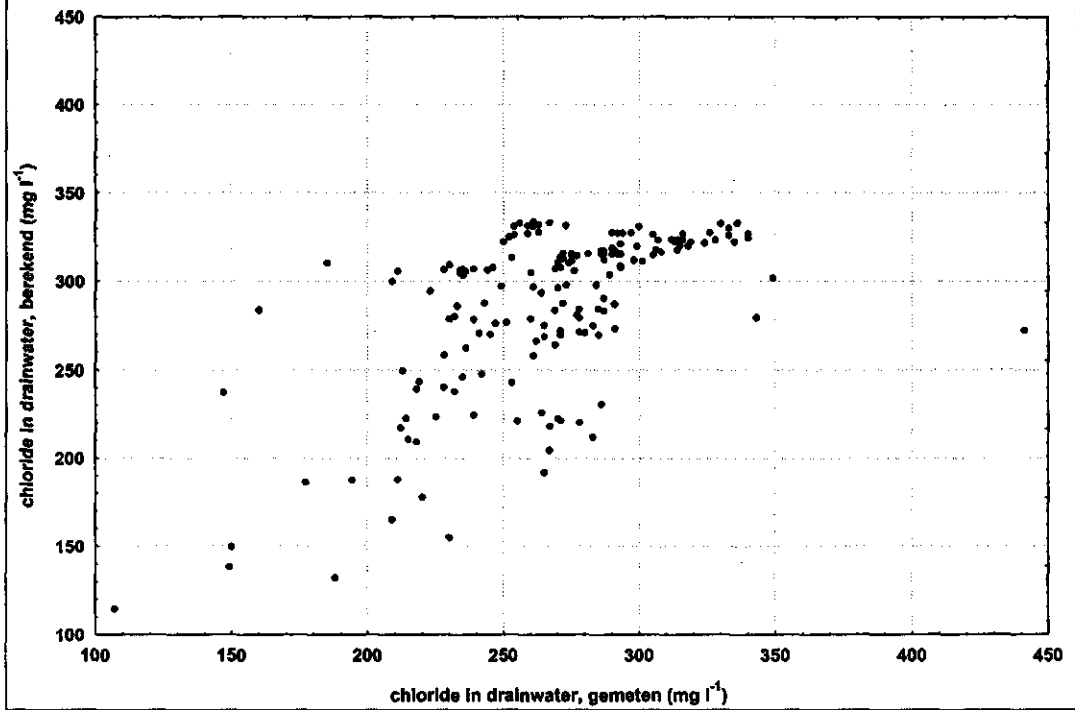
**Fig 3.19: Chloride in drainwater, gemeten en berekend**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996

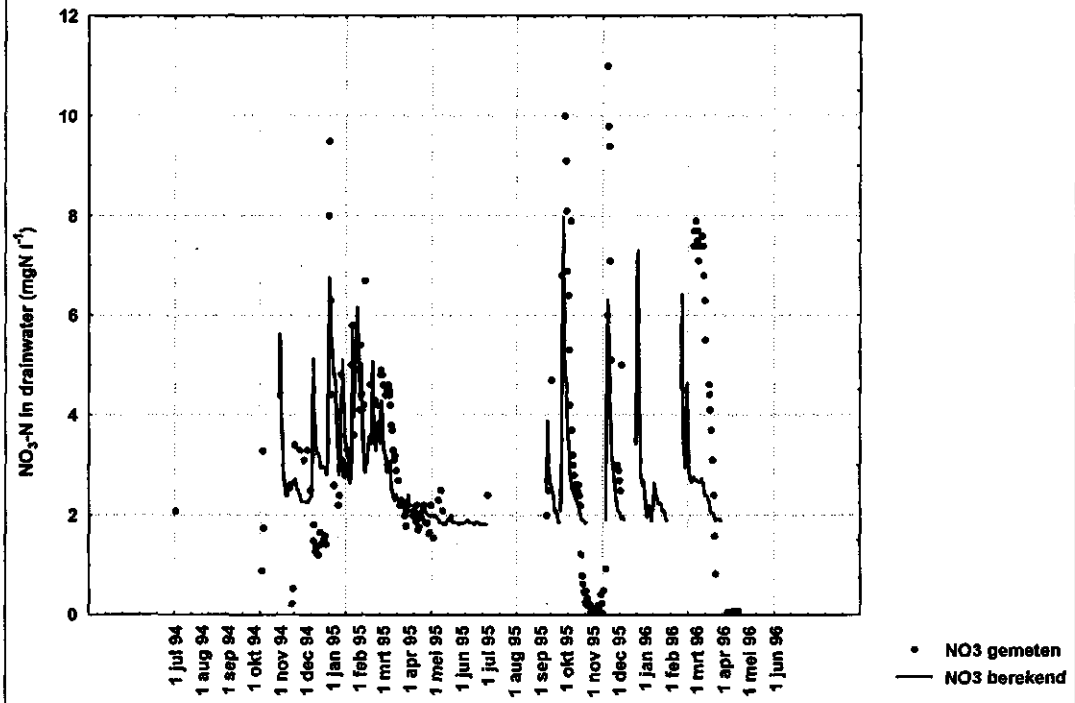




**Fig 3.20: Chloride in drainwater, relatie gemeten en berekende waarden**  
 Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996

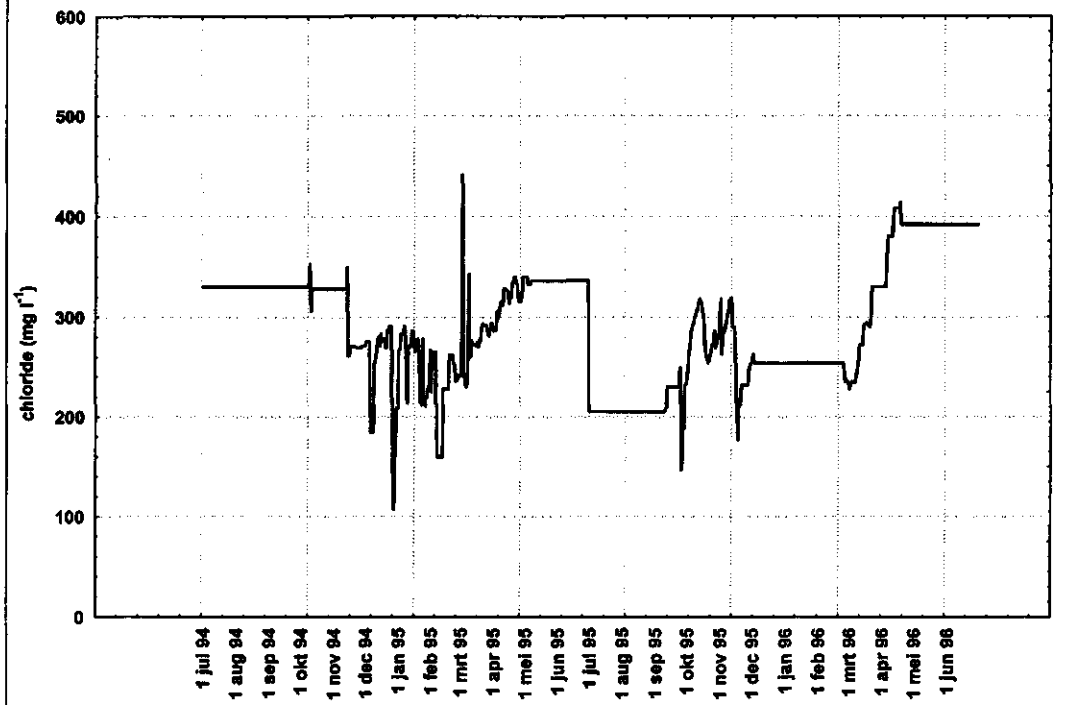


**Fig 3.21: Nitraat in drainwater, gemeten en berekend**  
 Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



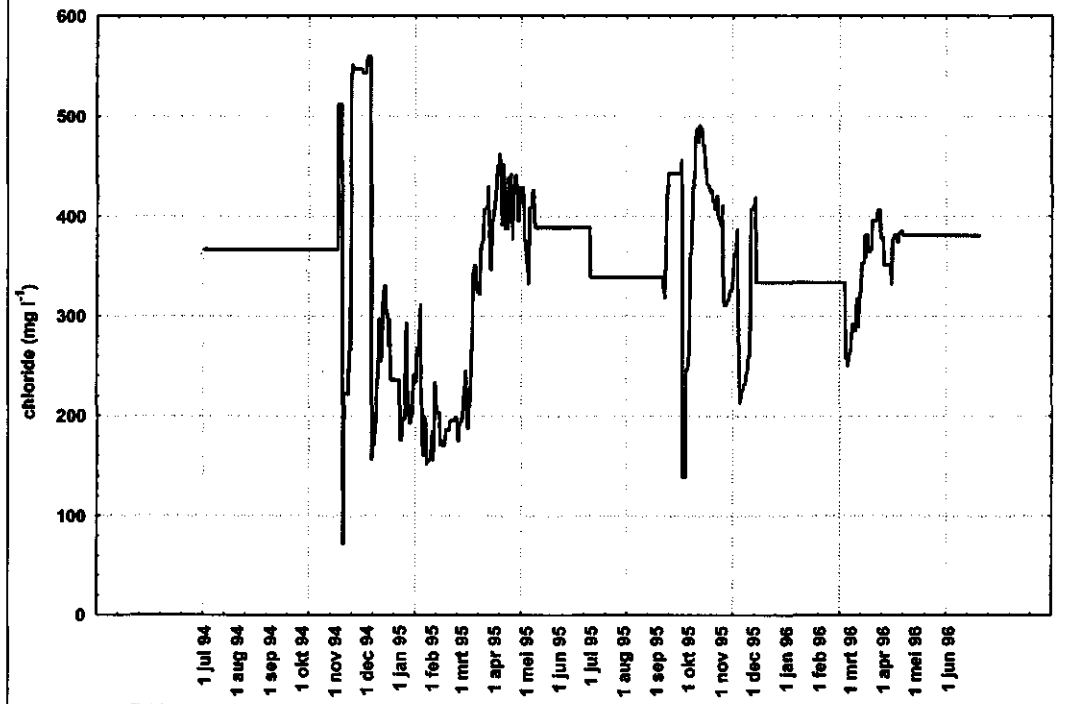
**Figuur 4.1.1: Concentratie chloride in drainwater**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996 - drains



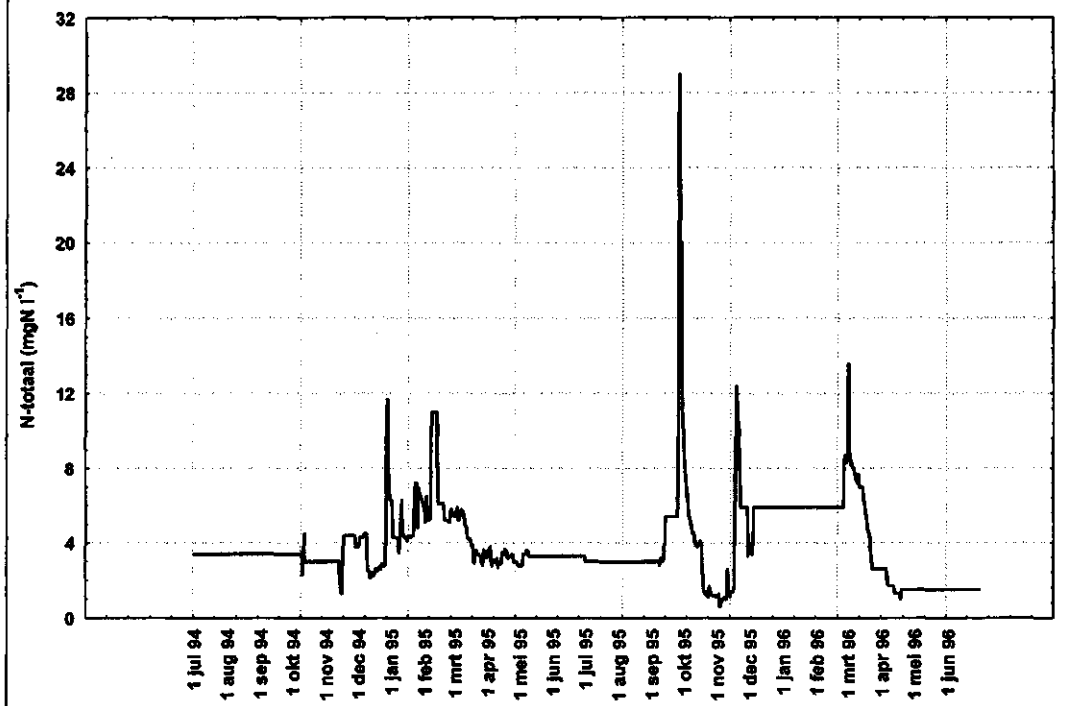
**Figuur 4.2.1: Concentratie chloride in slootwater**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996 - meetstuw



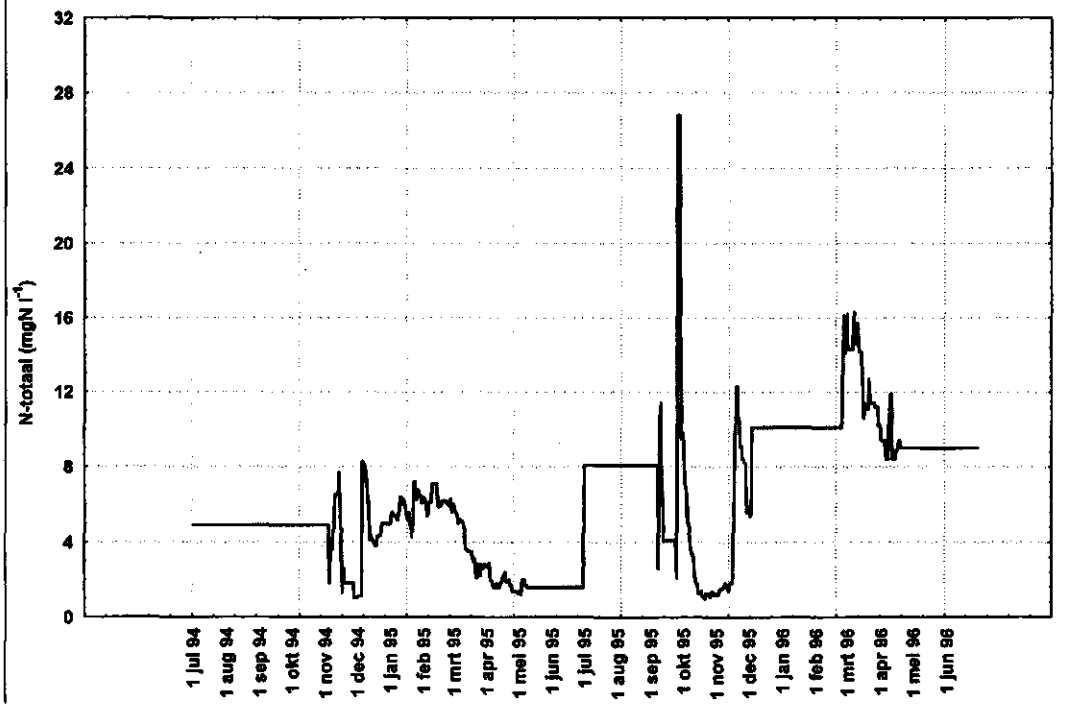
**Figuur 4.1.2: Concentratie N-totaal in drainwater**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996 - drains



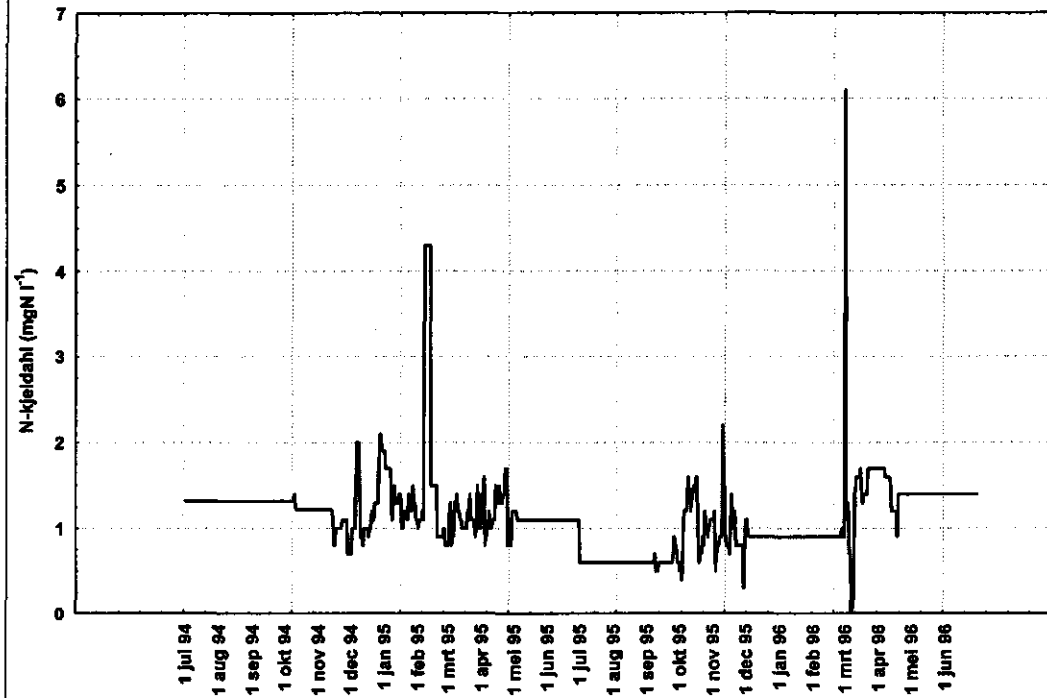
**Figuur 4.2.2: Concentratie N-totaal in slootwater**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996 - meetstuw



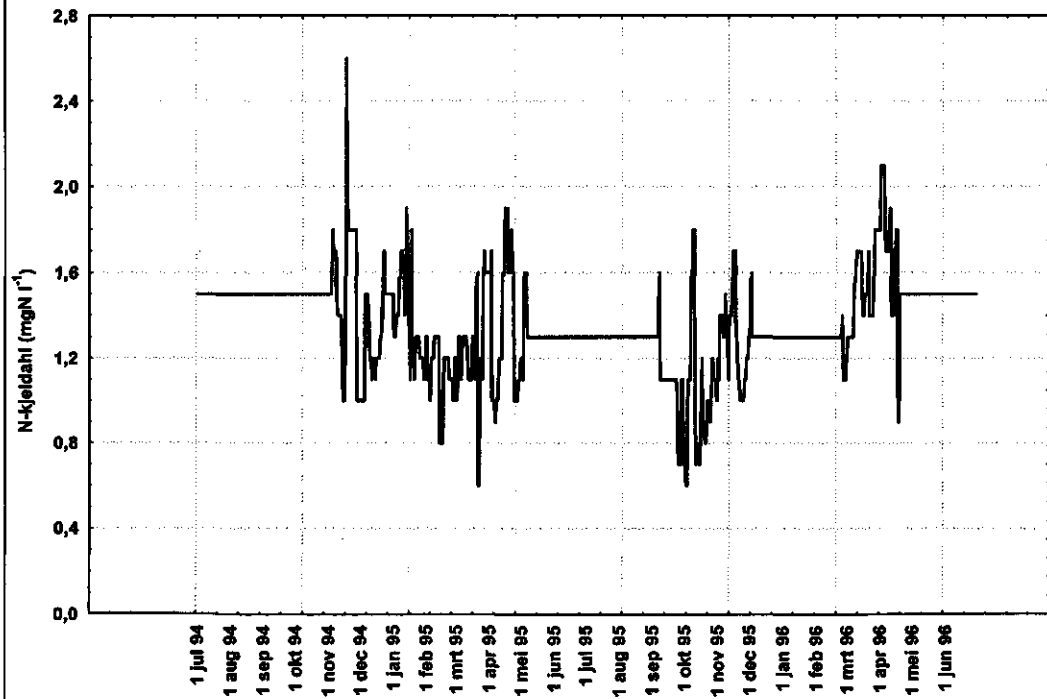
**Figuur 4.1.3: Concentratie N-kjeldahl in drainwater**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996 - drains



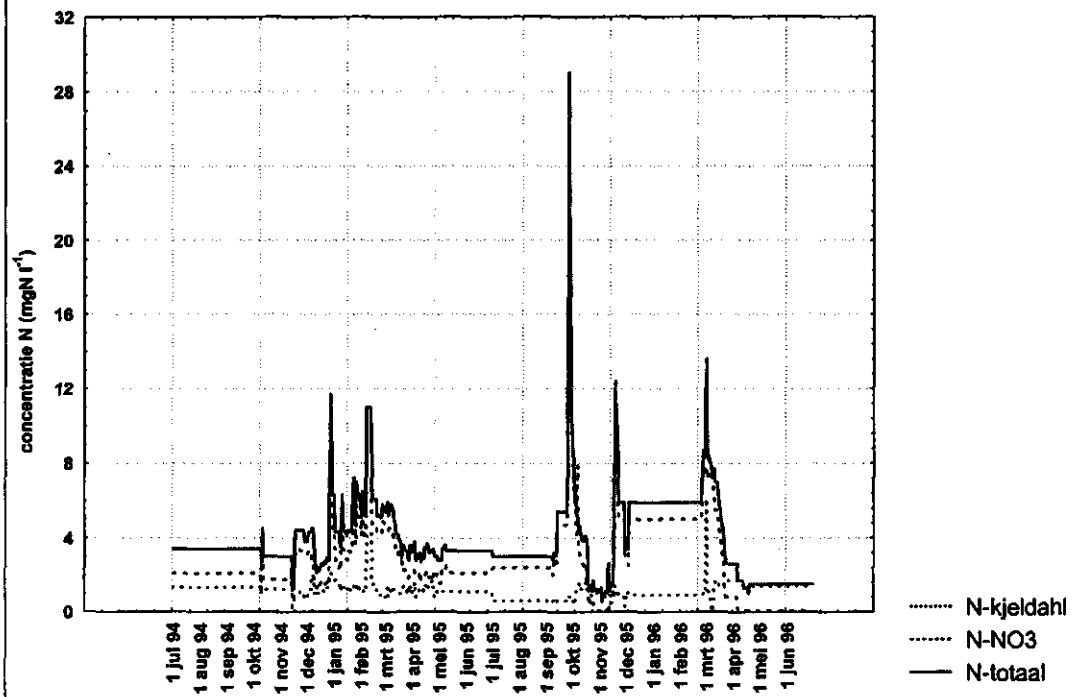
**Figuur 4.2.3: Concentratie N-kjeldahl in slotwater**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996 - meetstuw



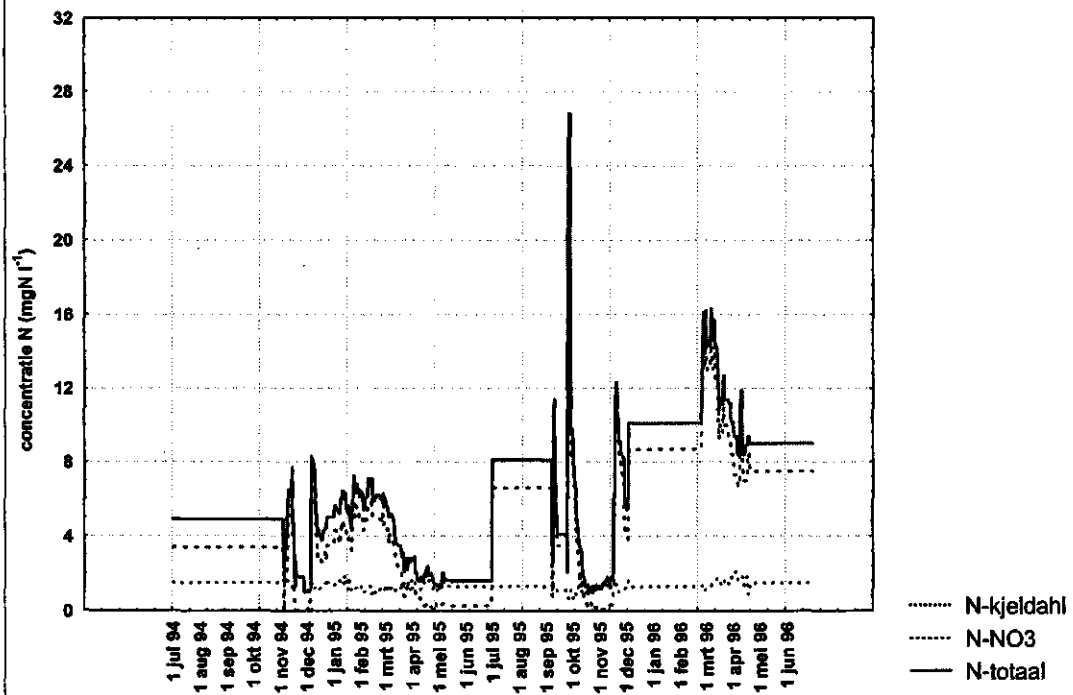
**Figuur 4.1.4: Concentratie  $N_{kj}$ ,  $N-NO_3$  en N-totaal in drainwater**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996 - drains

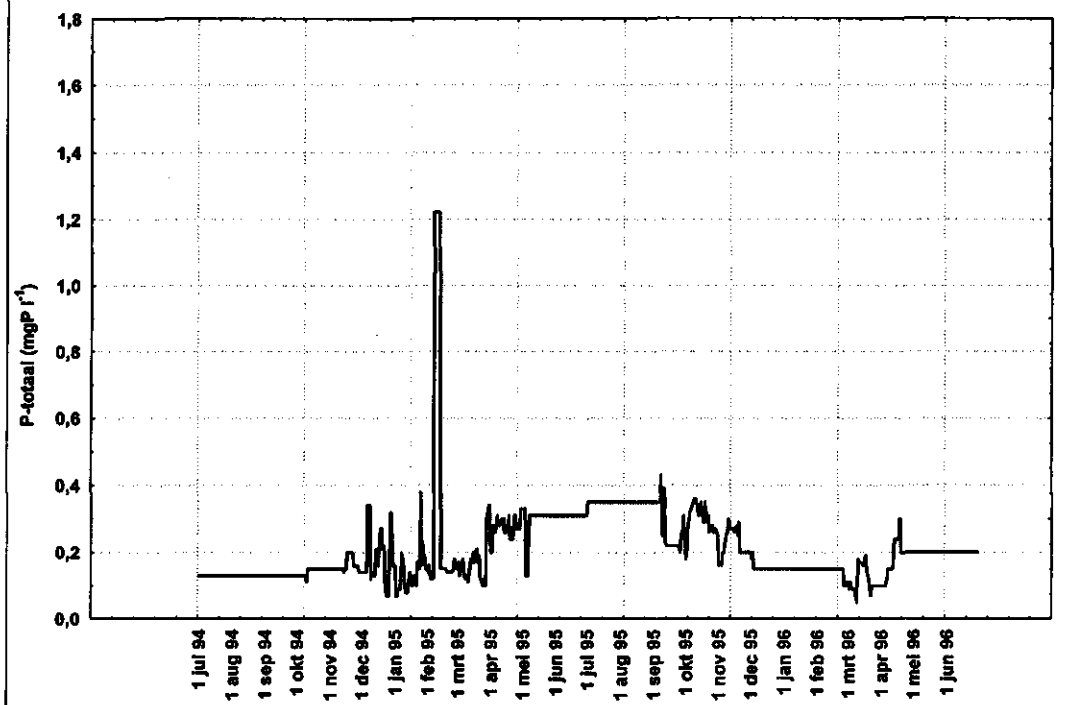


**Figuur 4.2.4: Concentratie  $N_{kj}$ ,  $N-NO_3$  en N-totaal in slootwater**

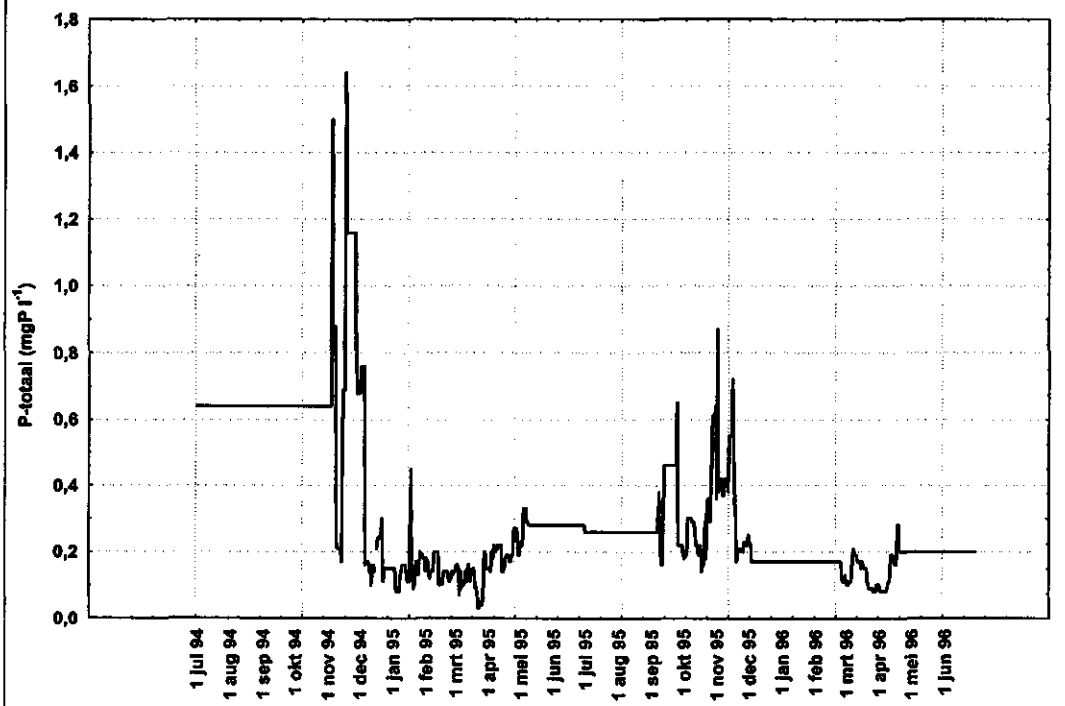
Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996 - meetstuw



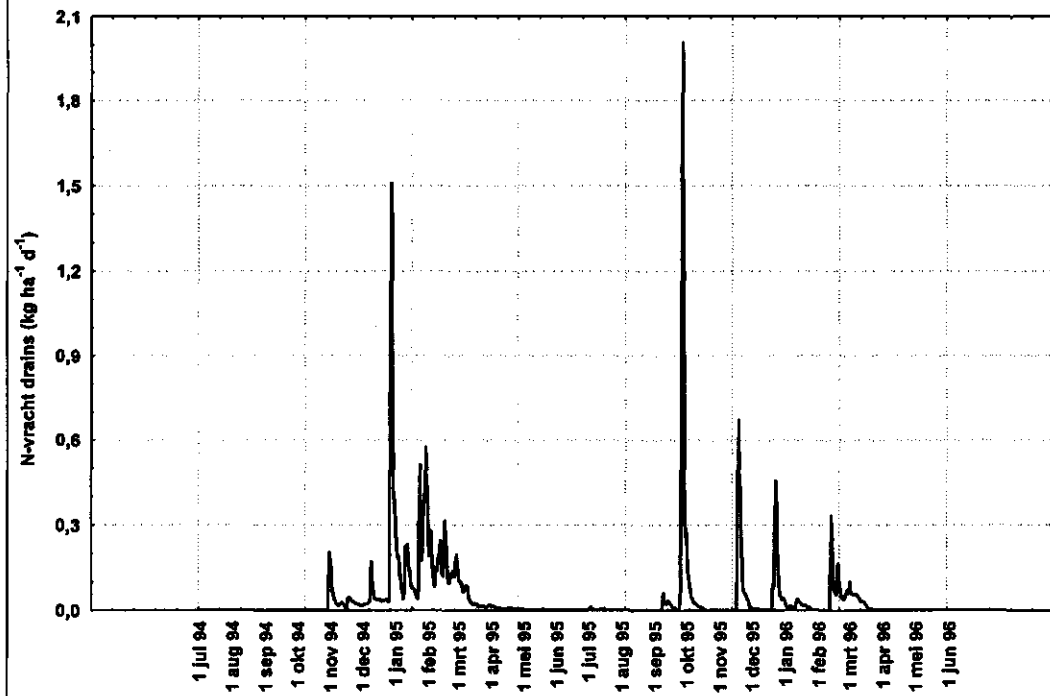
**Figuur 4.1.5: Concentratie P-totaal in drainwater**  
 Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996 - drains



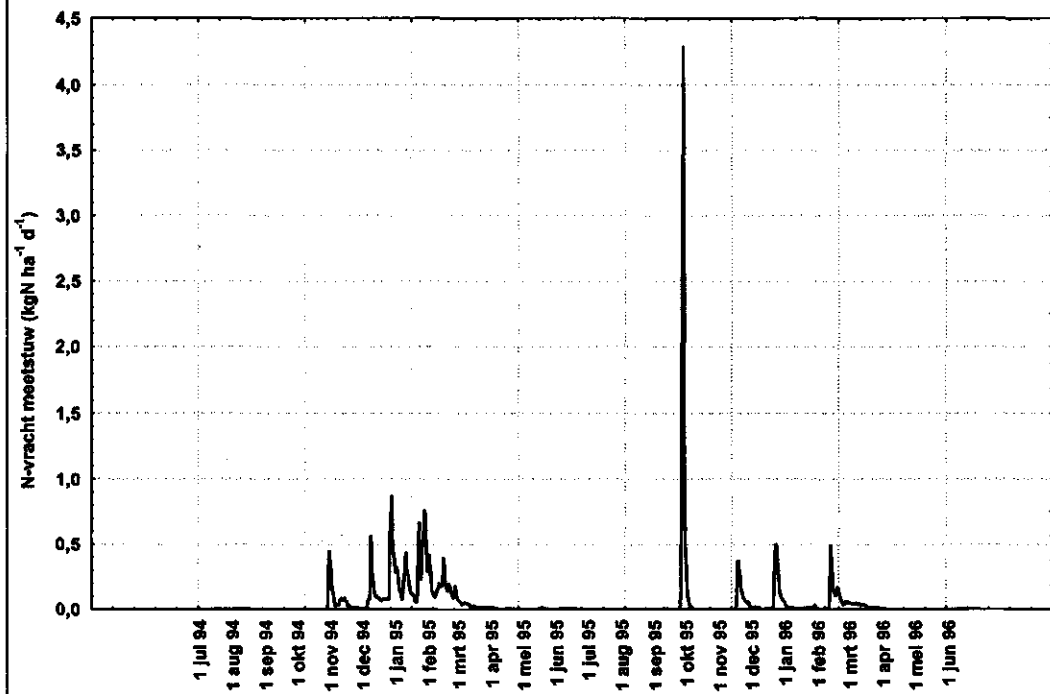
**Figuur 4.2.5: Concentratie P-totaal in slootwater**  
 Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996 - meetstuw



**Figuur 4.1.6: Dagvracht stikstof ( $\text{kgN ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) in drainwater**  
 Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996 - drains

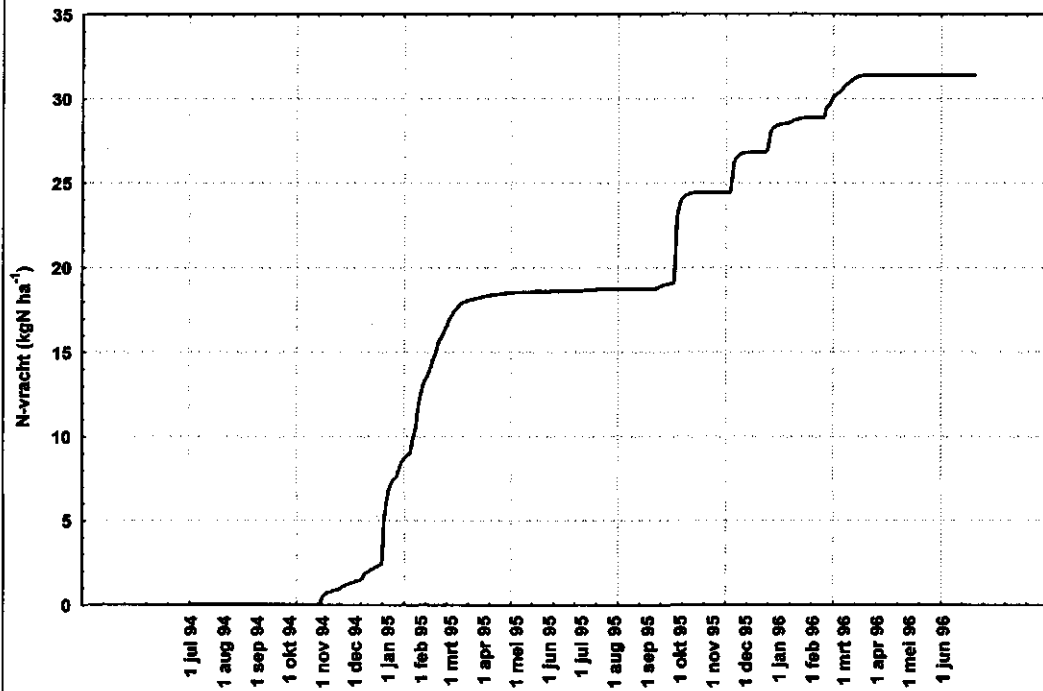


**Figuur 4.2.6: Dagvracht stikstof ( $\text{kgN ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) in slootwater**  
 Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996 - meetstuw



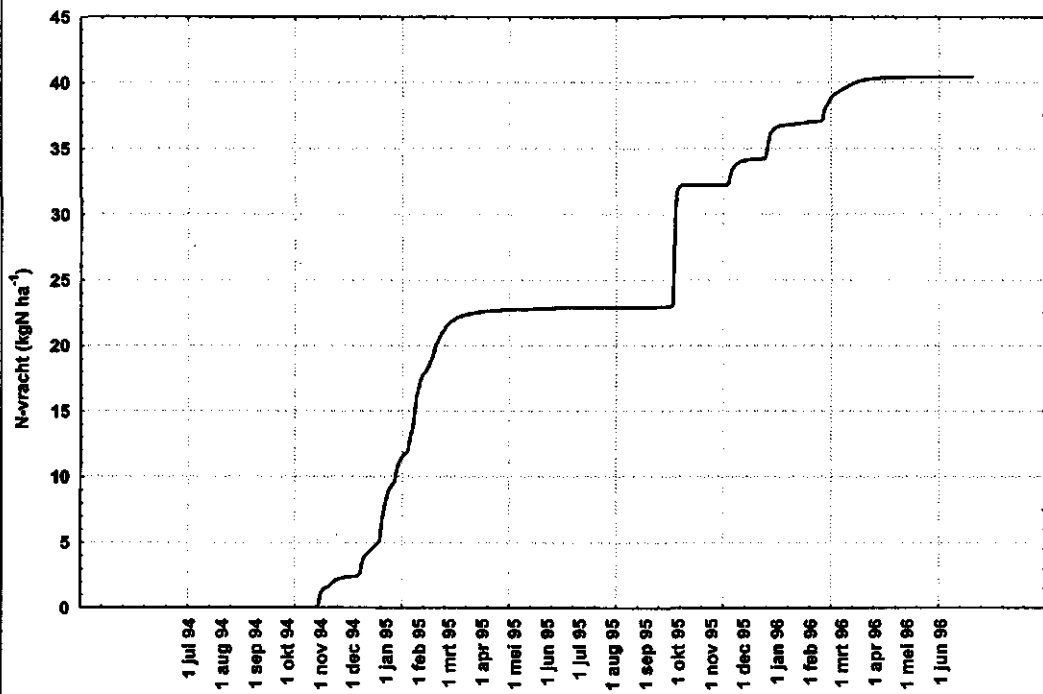
**Figuur 4.1.7: Cumulatieve stikstofvracht (kgN ha<sup>-1</sup>) in drainwater**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996 - drains



**Figuur 4.2.7: Cumulatieve stikstofvracht (kgN ha<sup>-1</sup>) in slootwater**

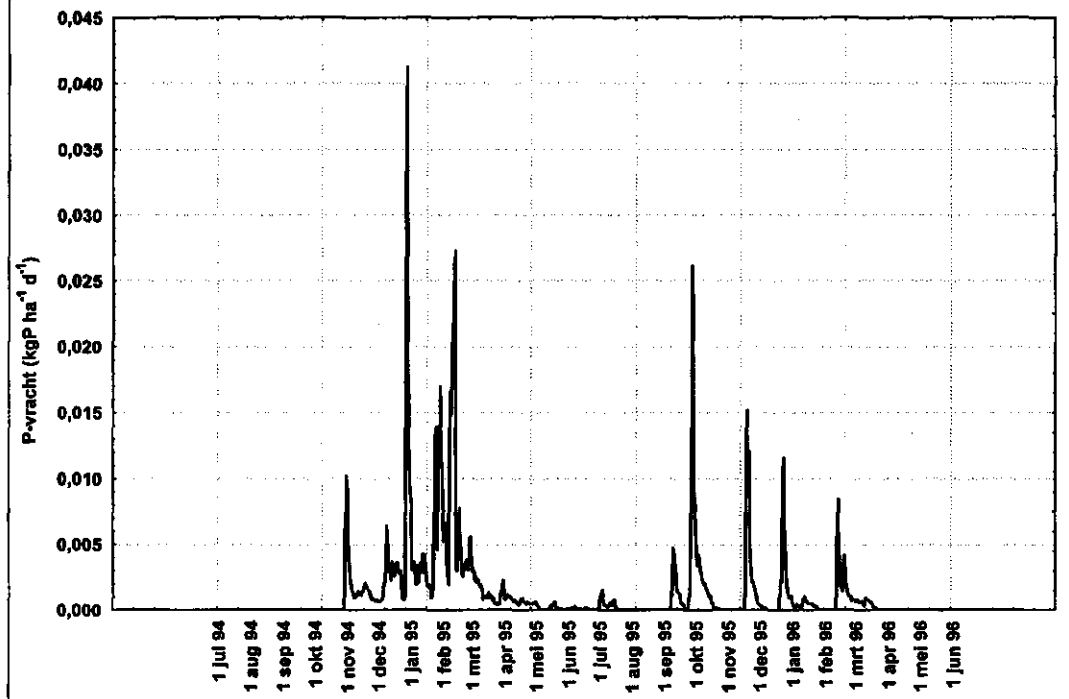
Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996 - meetstuw





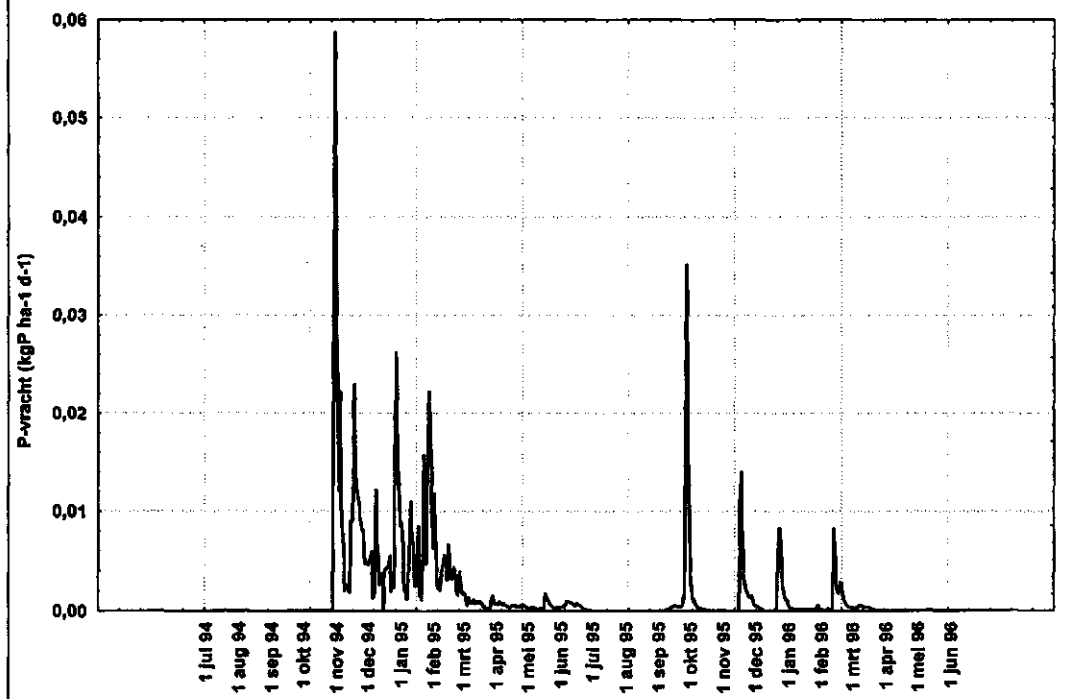
**Figuur 4.1.8: Dagvracht fosfaat ( $\text{kgP ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) in drainwater**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996 - drains

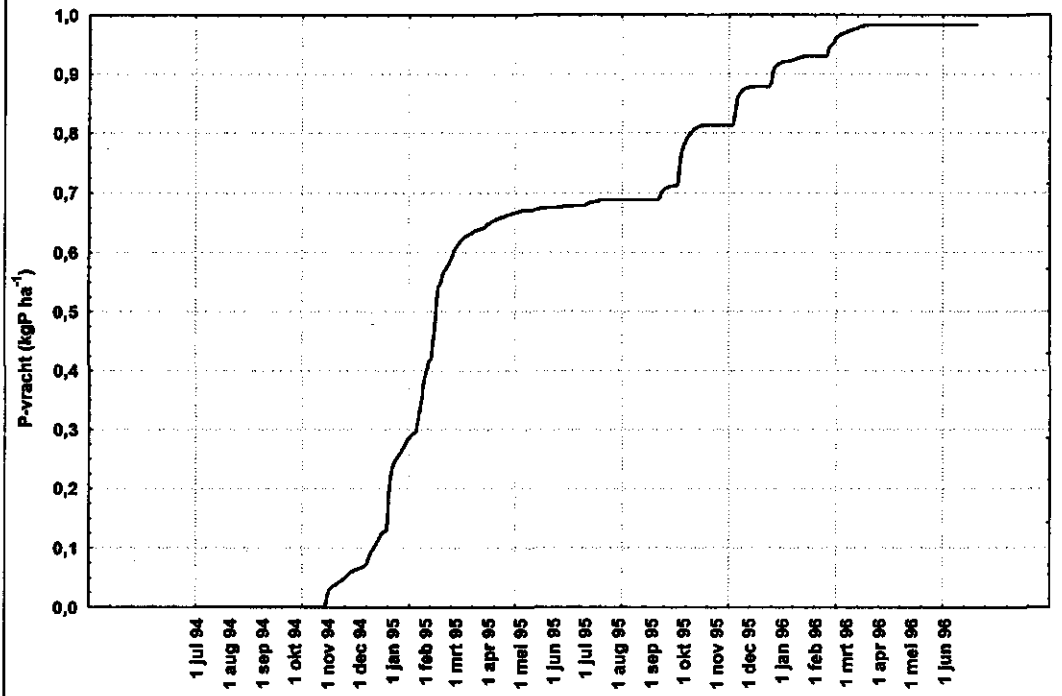


**Figuur 4.2.8: Dagvracht fosfaat ( $\text{kgP ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) in slotwater**

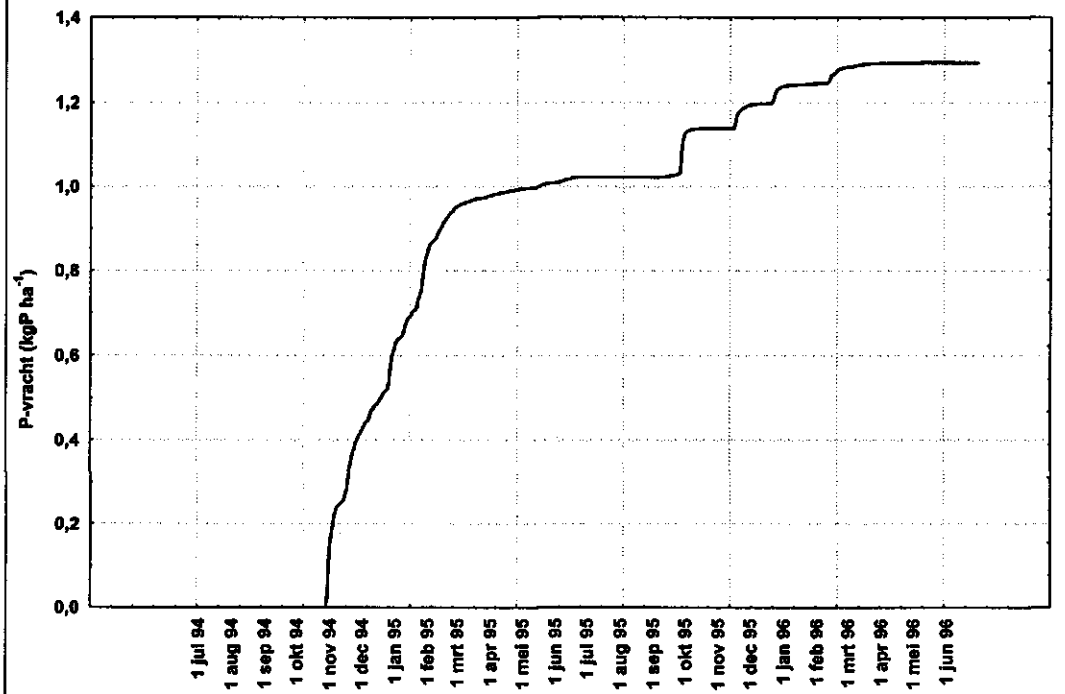
Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996 - meetstuw



**Figuur 4.1.9: Cumulatieve fosfaatvrucht (kgP ha<sup>-1</sup>) in drainwater**  
 Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996 - drains

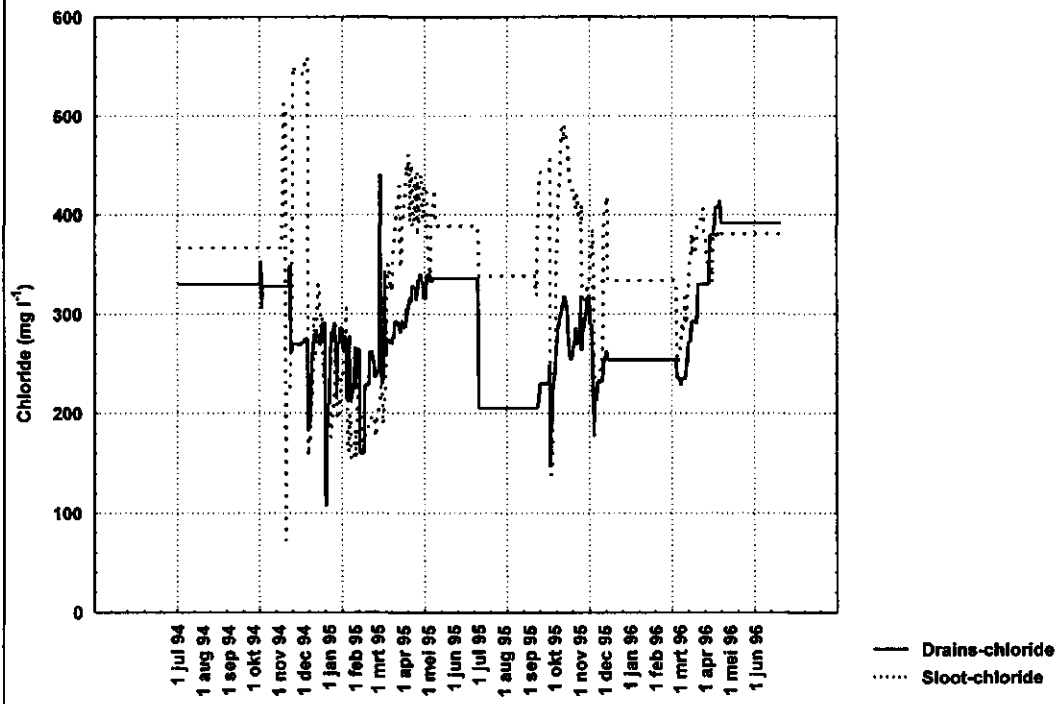


**Figuur 4.2.9: Cumulatieve fosfaatvrucht (kgP ha<sup>-1</sup>) in slootwater**  
 Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996 - meetstuw



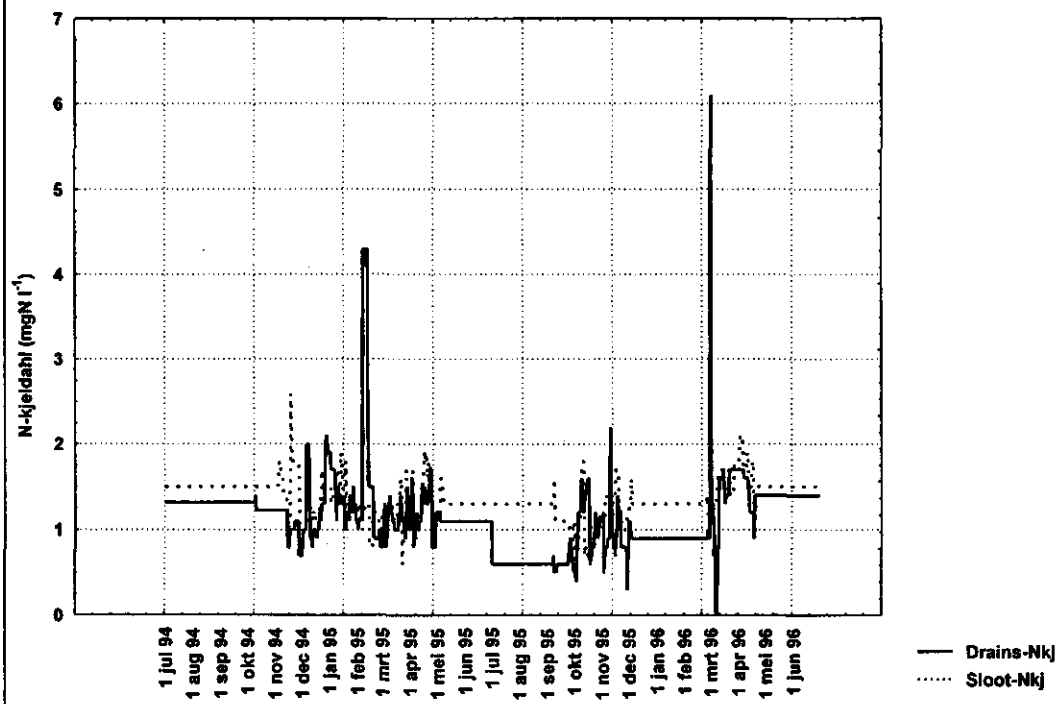
**Figuur 4.3.1: Concentratie chloride in drain- en slootwater**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



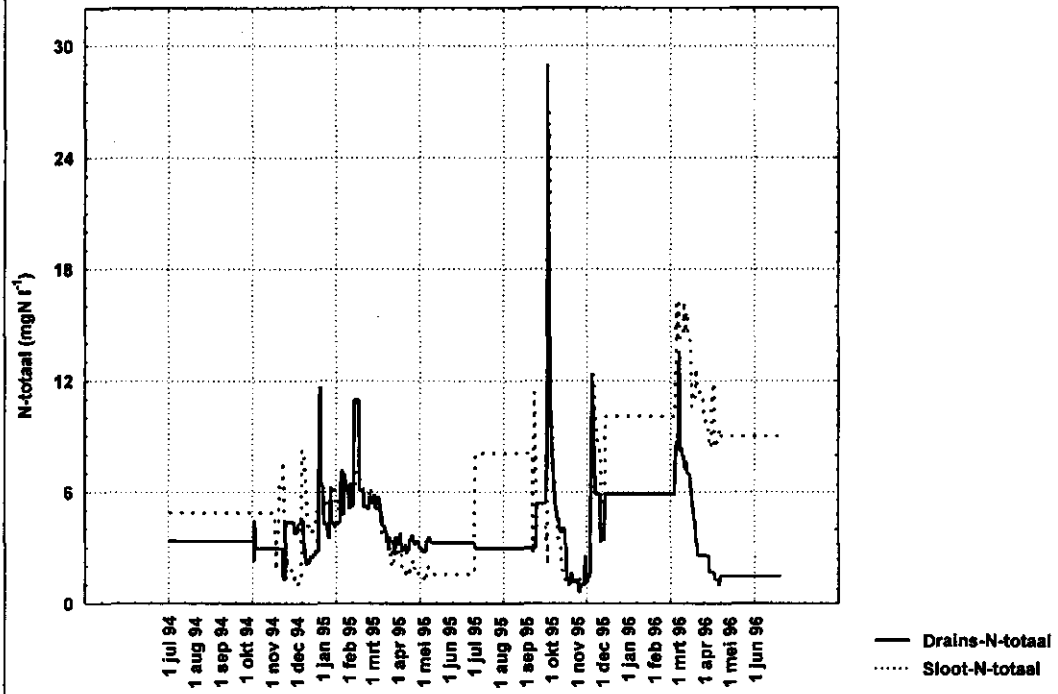
**Figuur 4.3.2: Concentratie N-kjeldahl in drain- en slootwater**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



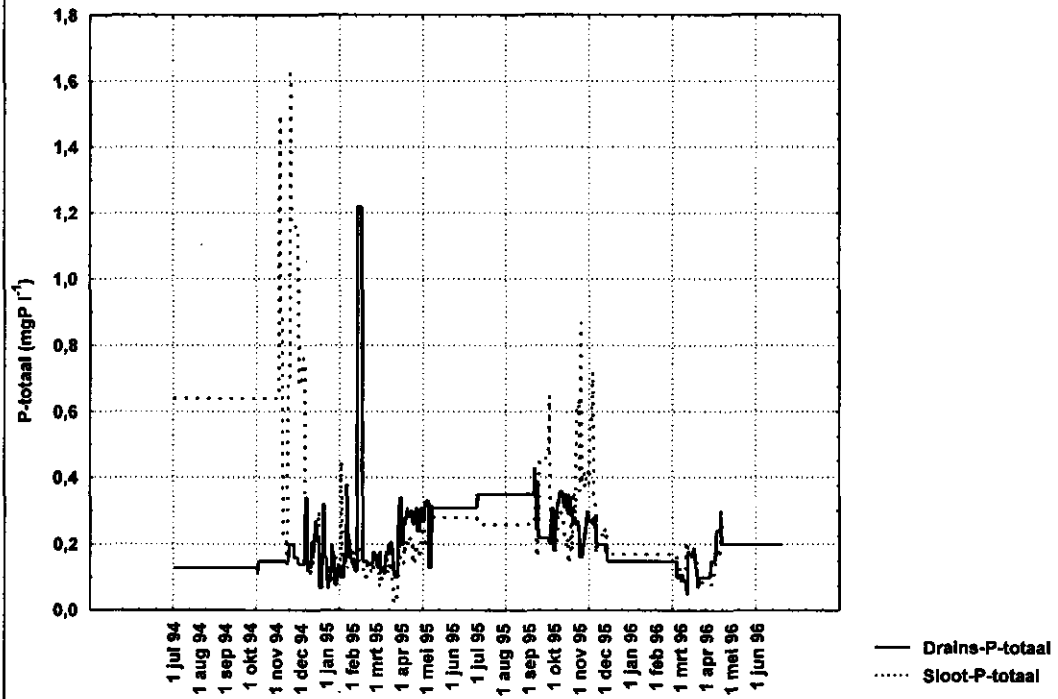
**Figuur 4.3.3: Concentratie N-totaal in drain- en slootwater**

Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996

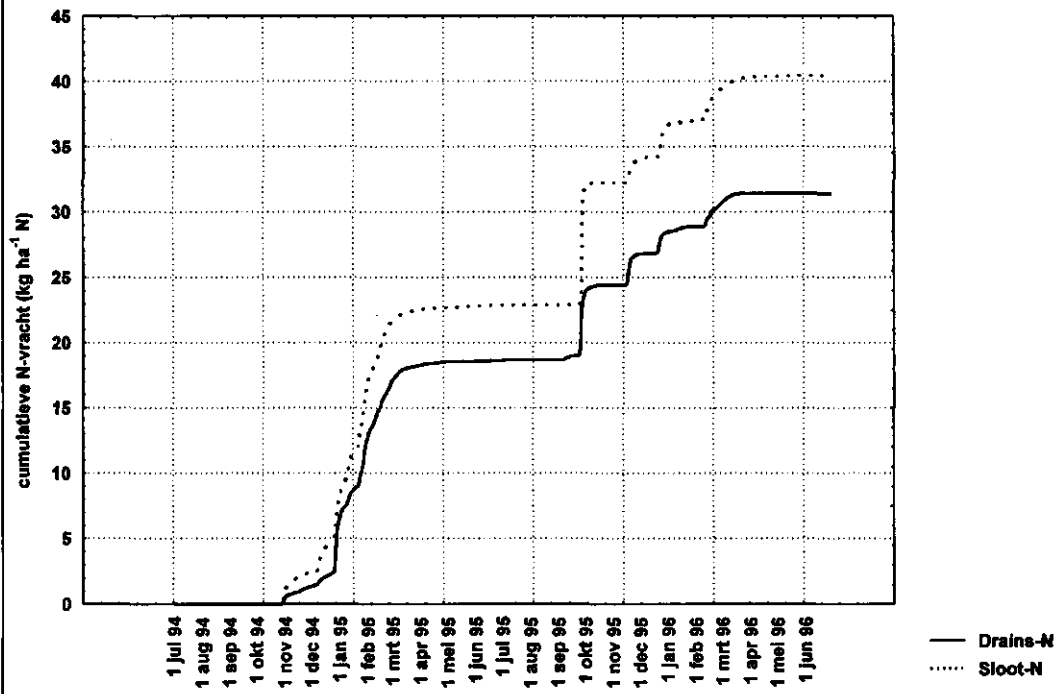


**Figuur 4.3.4: Concentratie P-totaal in drain- en slootwater**

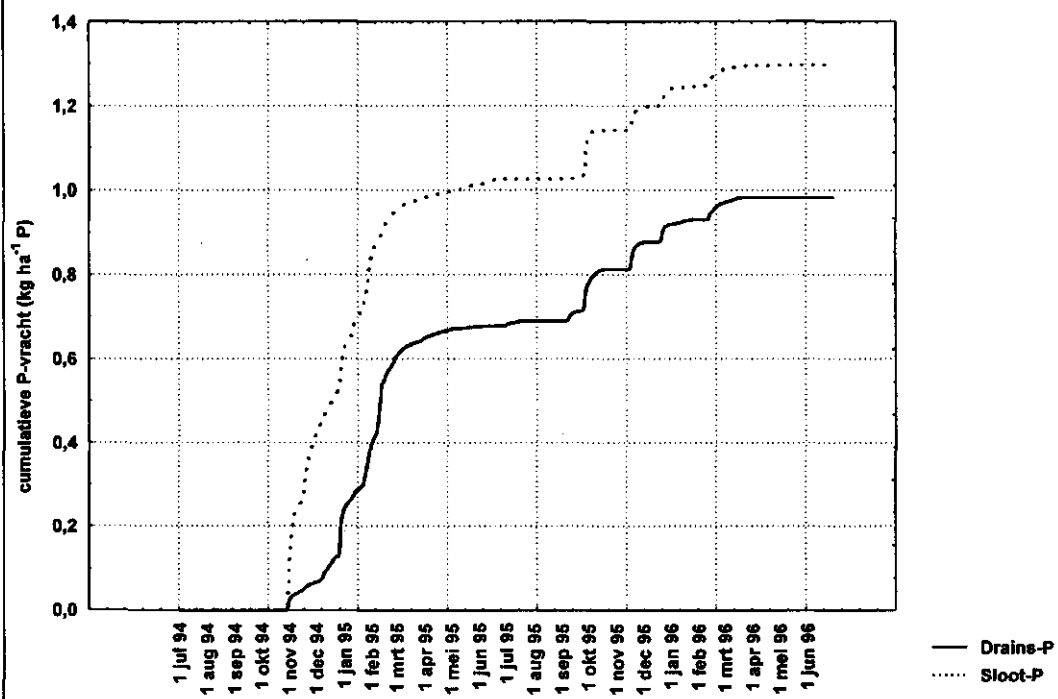
Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



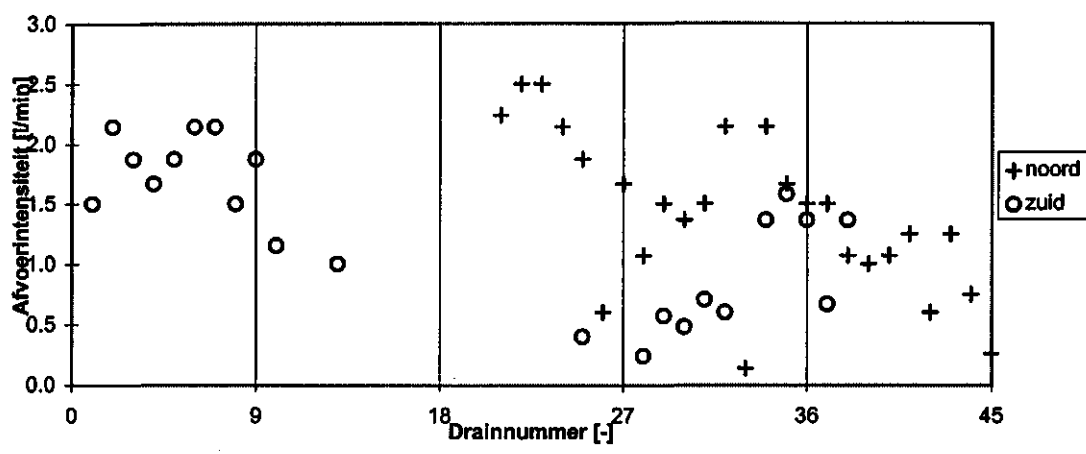
**figuur 4.3.5: Cumulatieve stikstofvracht (kg ha<sup>-1</sup> N) in drain- en slootwater**  
 Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



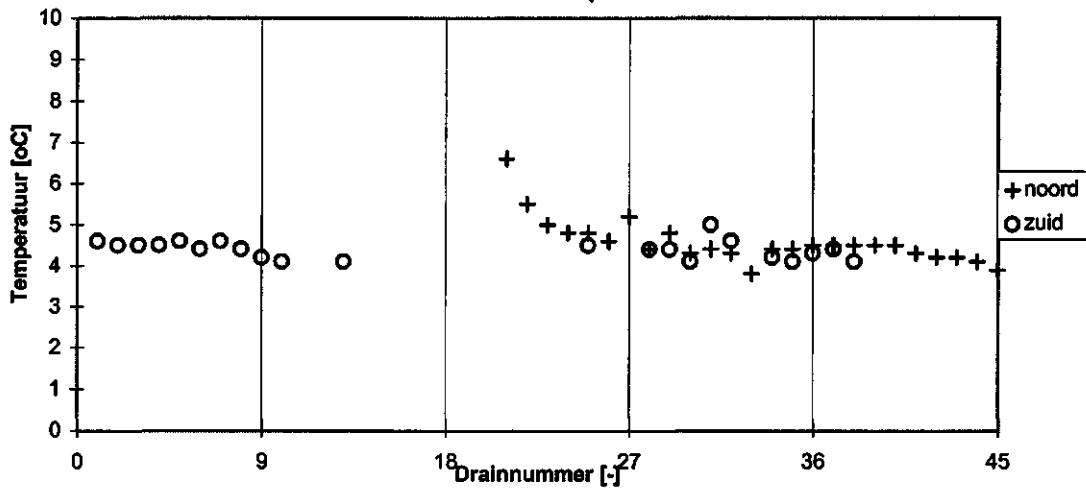
**Figuur 4.3.6: Cumulatieve P-vracht (kg ha<sup>-1</sup> P) in drain- en slootwater**  
 Praktijkproef Nutriëntenbalans 1994 t/m 1996



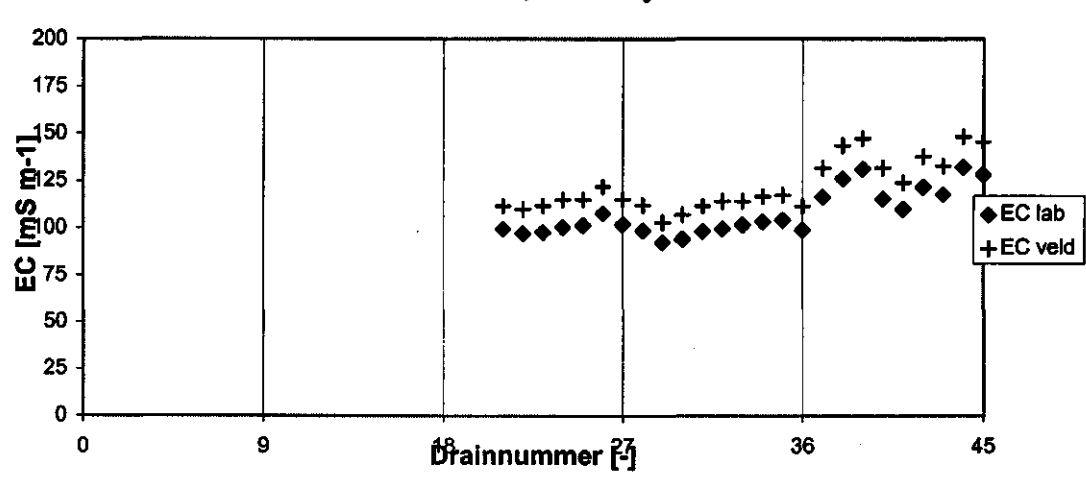
**Fig. 4.4.1: Kaveldekkende bemonstering drainwater**  
**Parameter: afvoerintensiteit**



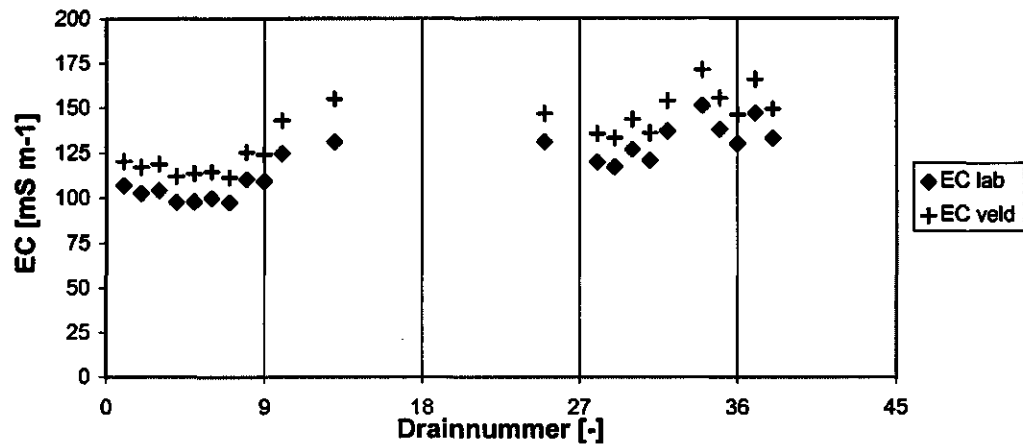
**Fig. 4.4.2: Kaveldekkende bemonstering drainwater**  
**Parameter: temperatuur**



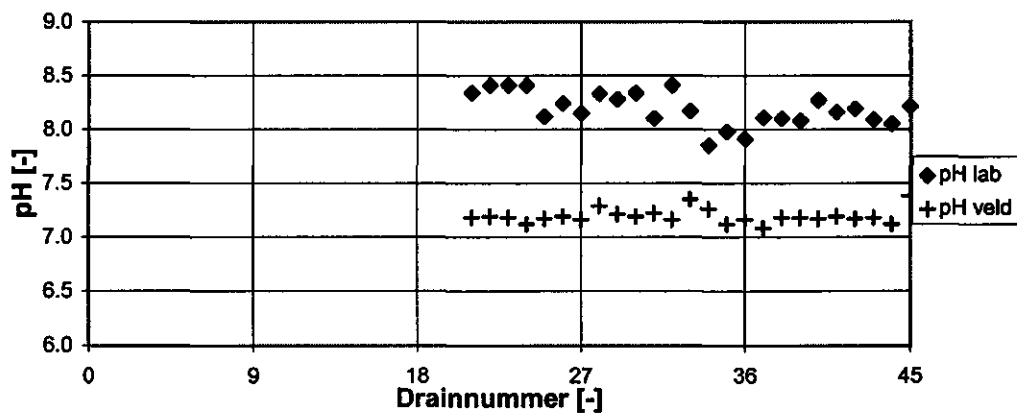
**Fig. 4.4.3a: Kaveldekkende bemonstering drainwater**  
**Parameter: EC, noordzijde kavel**



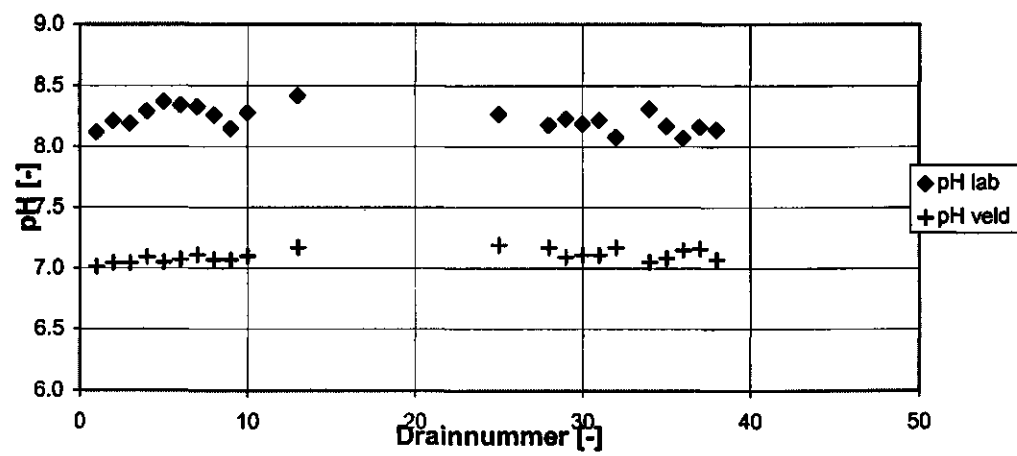
**Fig. 4.4.3b: Kaveldekkende bemonstering drainwater**  
**Parameter: EC, zuidzijde kavel**



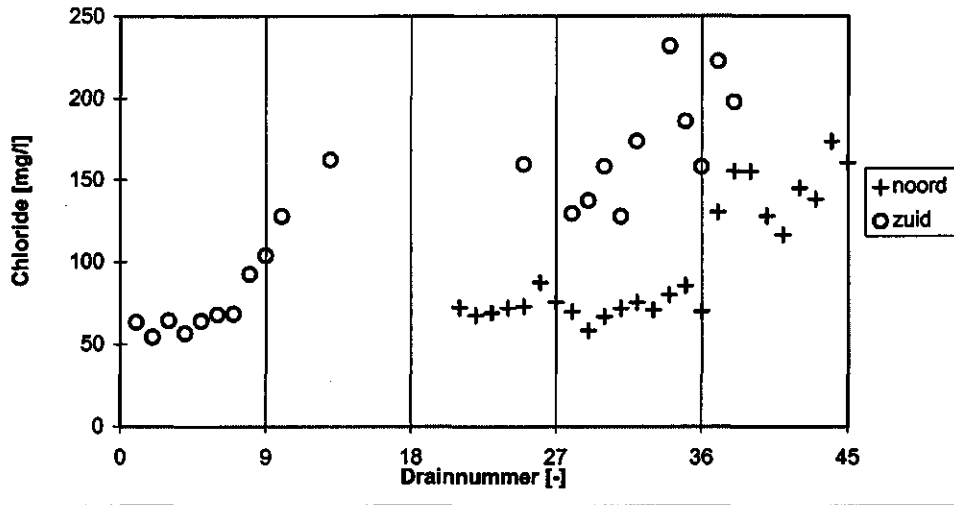
**Fig. 4.4.4a: Kaveldekkende bemonstering drainwater**  
**Parameter: pH, noordzijde kavel**



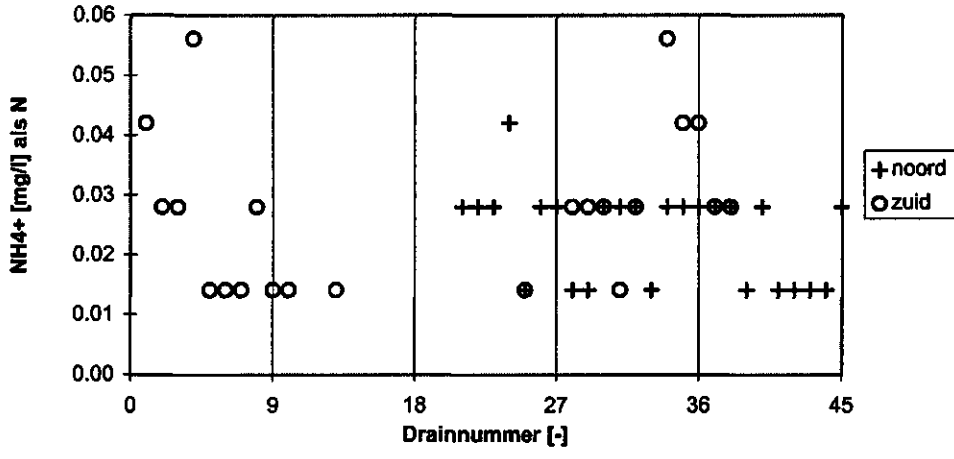
**Fig. 4.4.4b: Kaveldekkende bemonstering drainwater**  
**Parameter: pH, zuidzijde kavel**



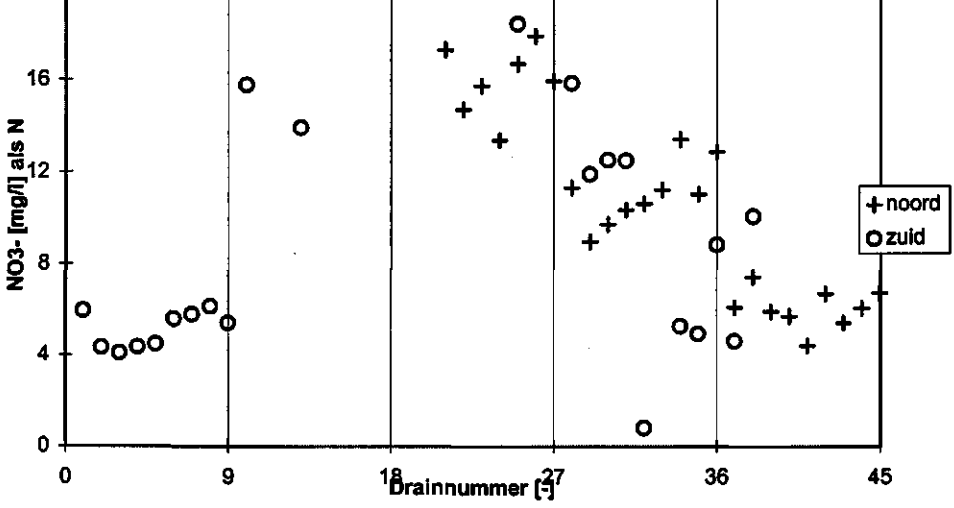
**Fig. 4.4.5: Kaveldekkende bemesting drainwater**  
**Parameter: chloride**



**Fig. 4.4.6: Kaveldekkende bemesting drainwater**  
**Parameter: NH4+**

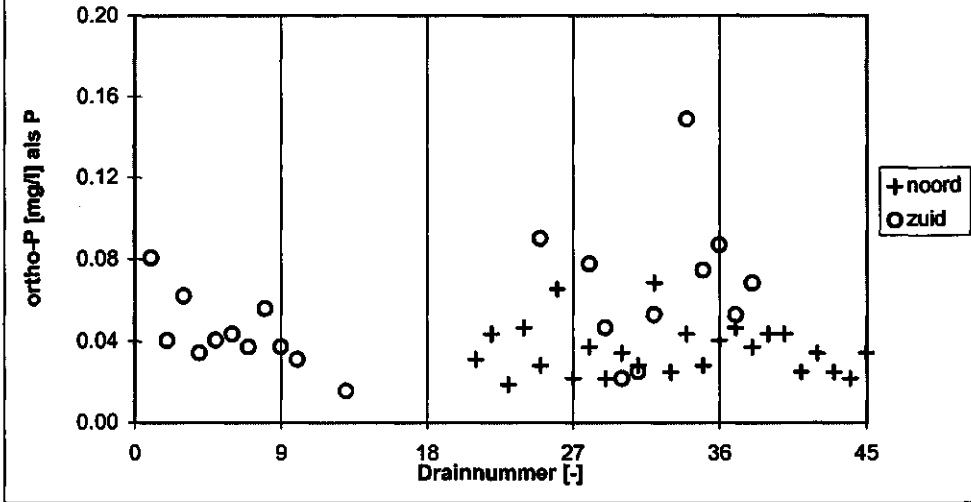


**Fig. 4.4.7: Kaveldekkende bemesting drainwater**  
**Parameter: NO3-**

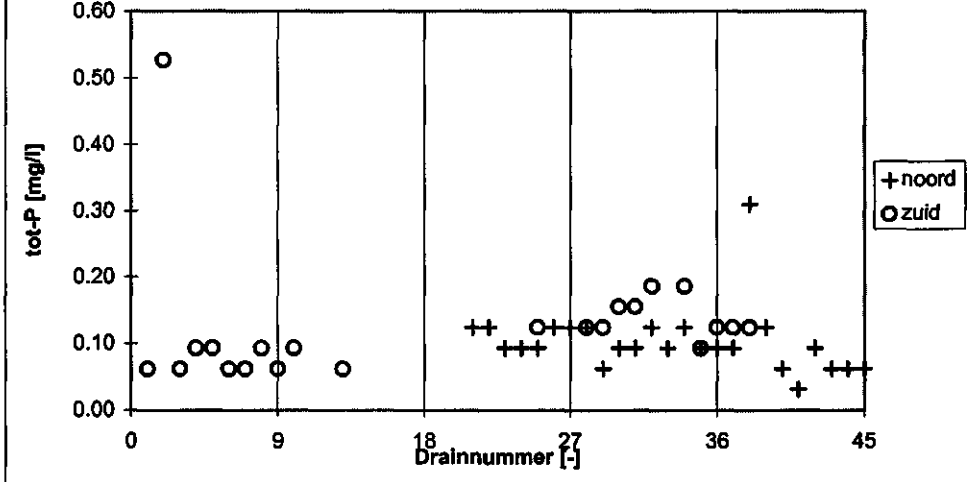




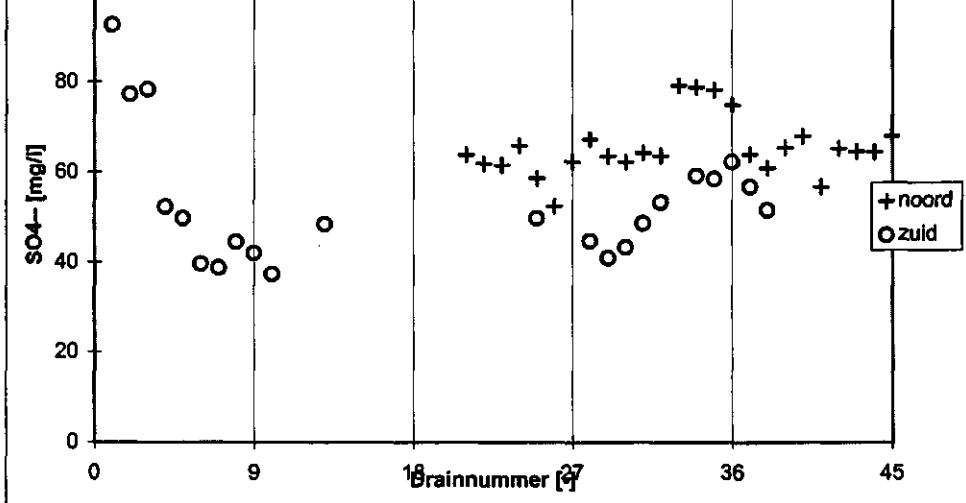
**Fig. 4.4.8: Kaveldekkende bemonstering drainwater**  
**Parameter: ortho-P**



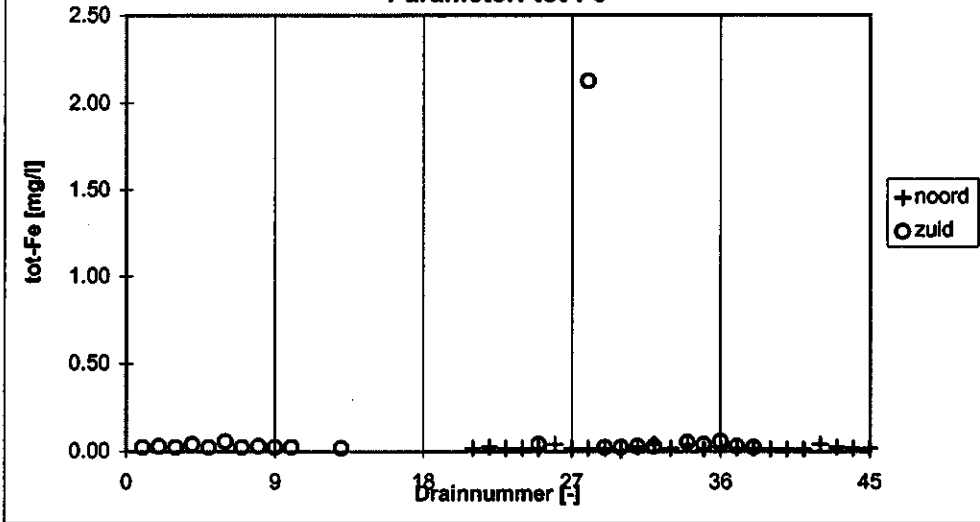
**Fig. 4.4.9: Kaveldekkende bemonstering drainwater**  
**Parameter: tot-P**



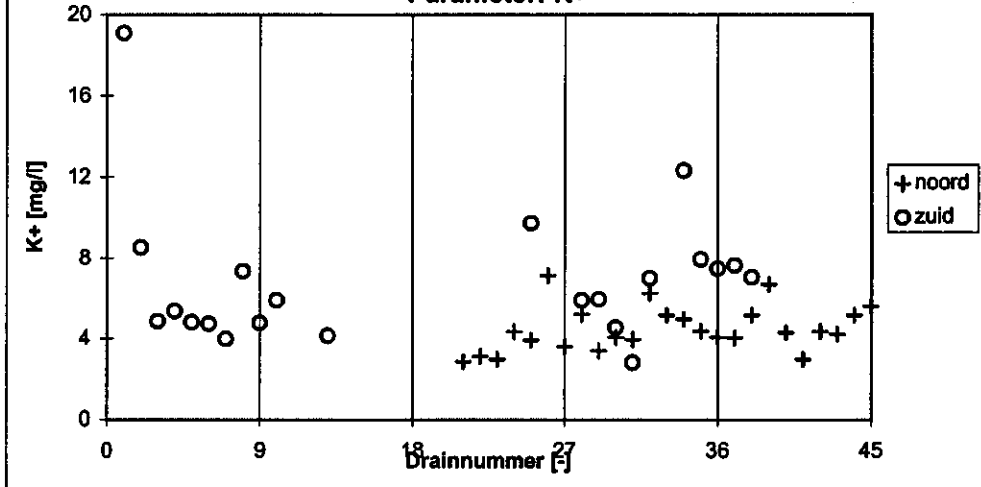
**Fig. 4.4.10: Kaveldekkende bemonstering drainwater**  
**Parameter: SO4**



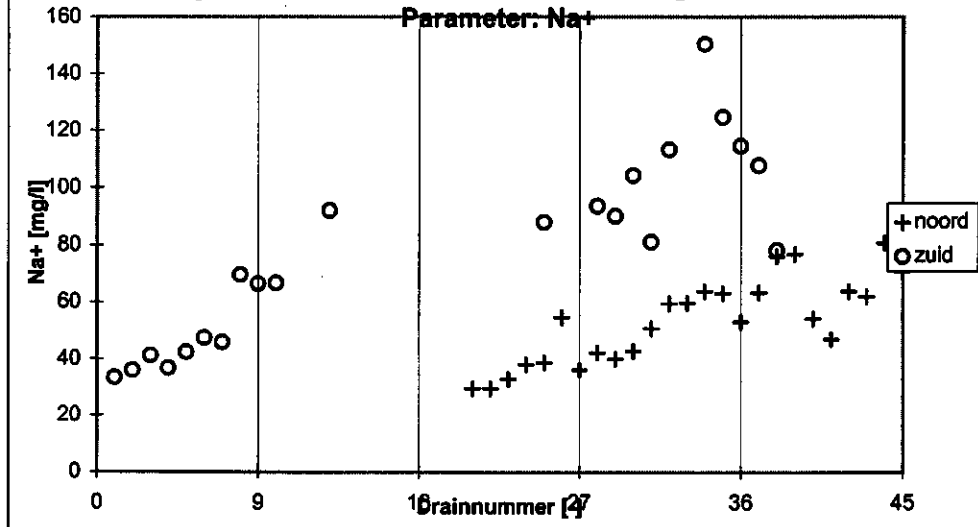
**Fig. 4.4.11: Kaveldekkende bemonstering drainwater**  
**Parameter: tot-Fe**

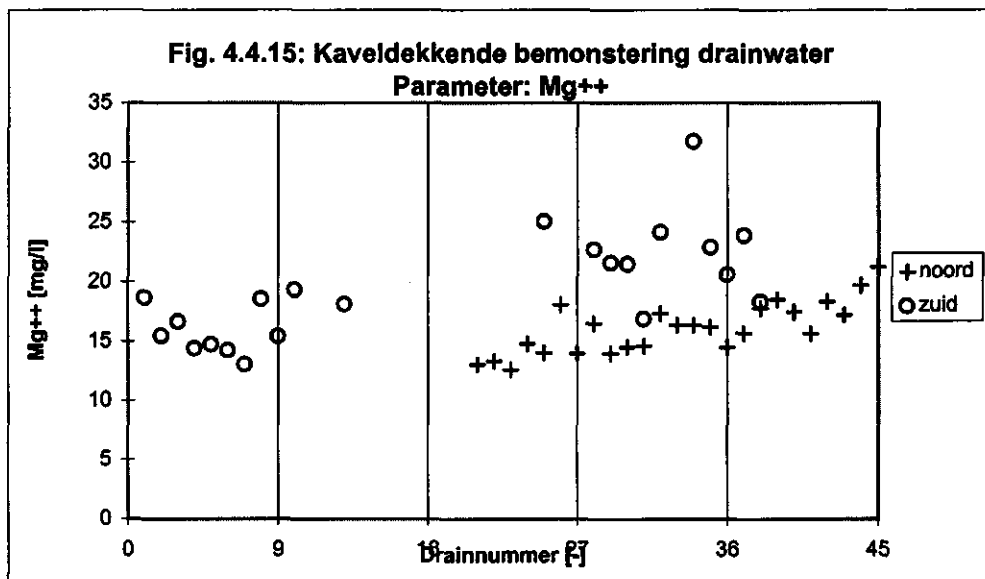
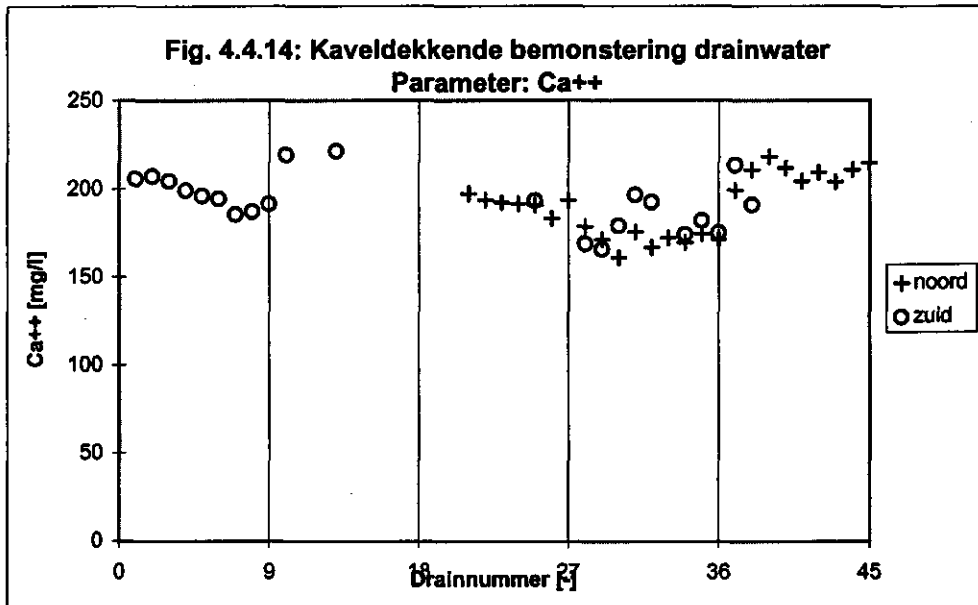


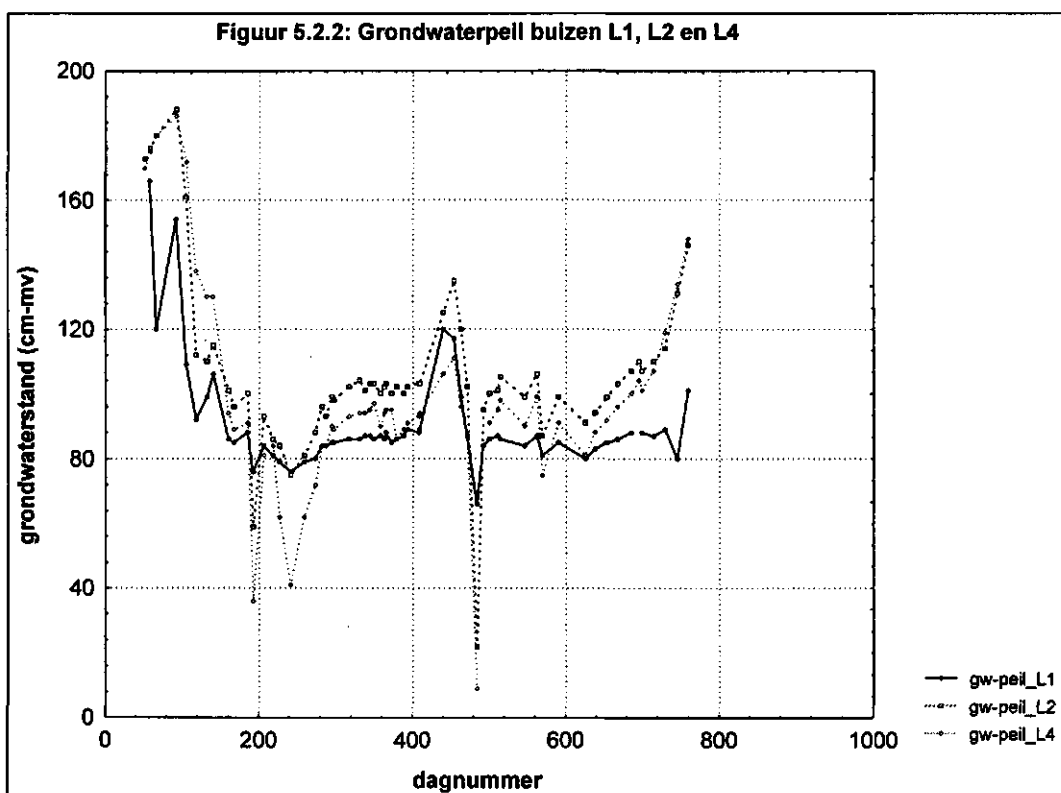
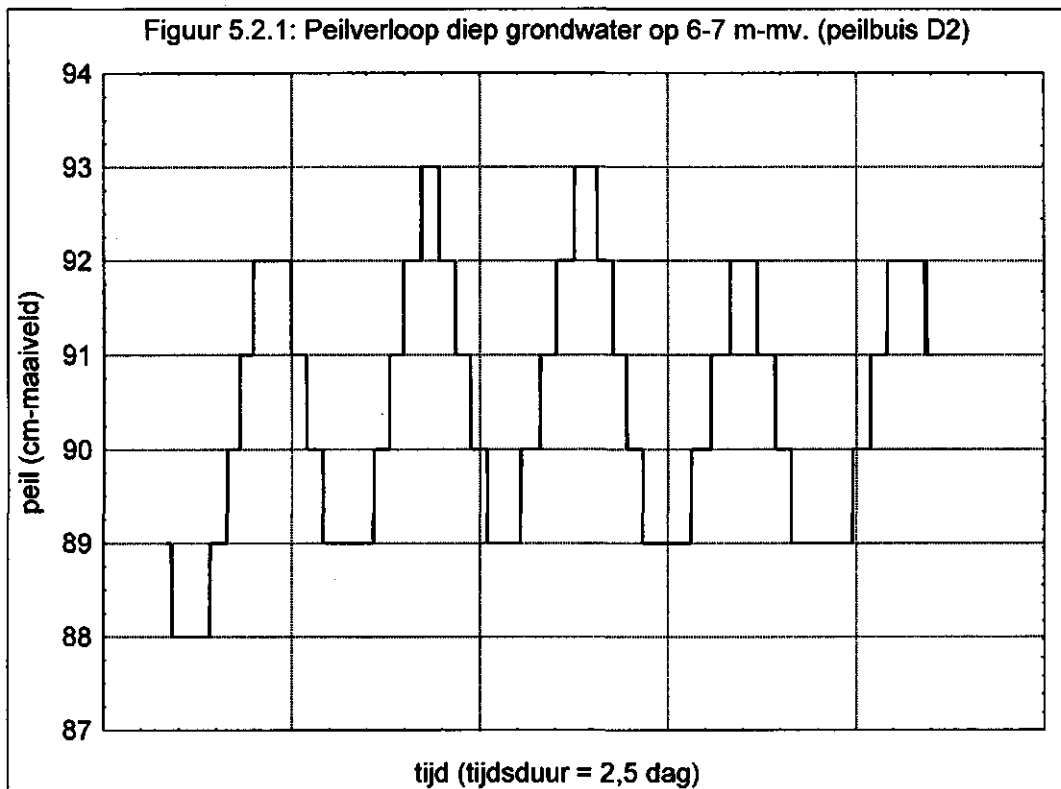
**Fig. 4.4.12: Kaveldekkende bemonstering drainwater**  
**Parameter: K+**



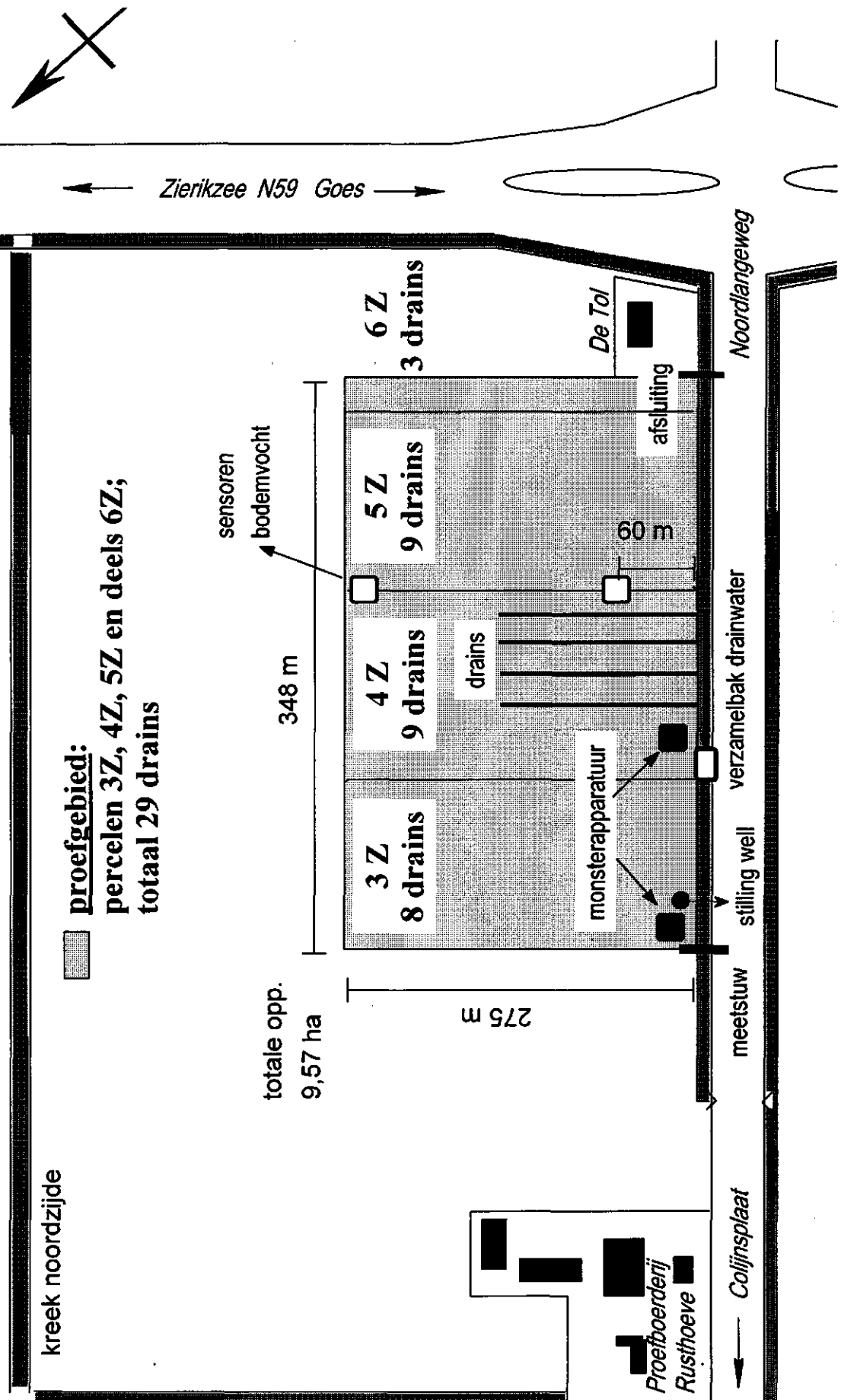
**Fig. 4.4.13: Kaveldekkende bemonstering drainwater**  
**Parameter: Na+**



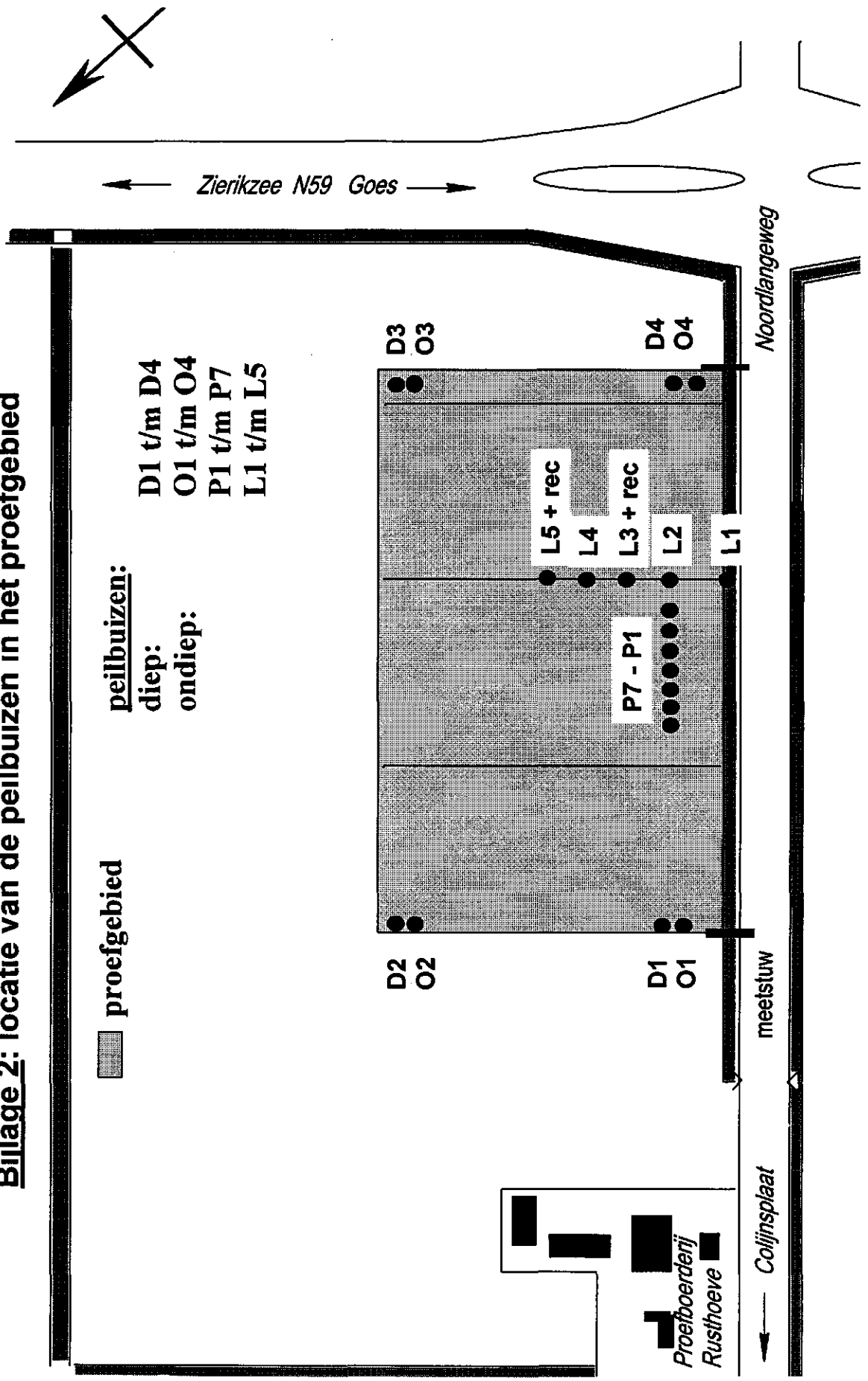




# Bijlage 1: Hydrologische inrichting van het proefgebied

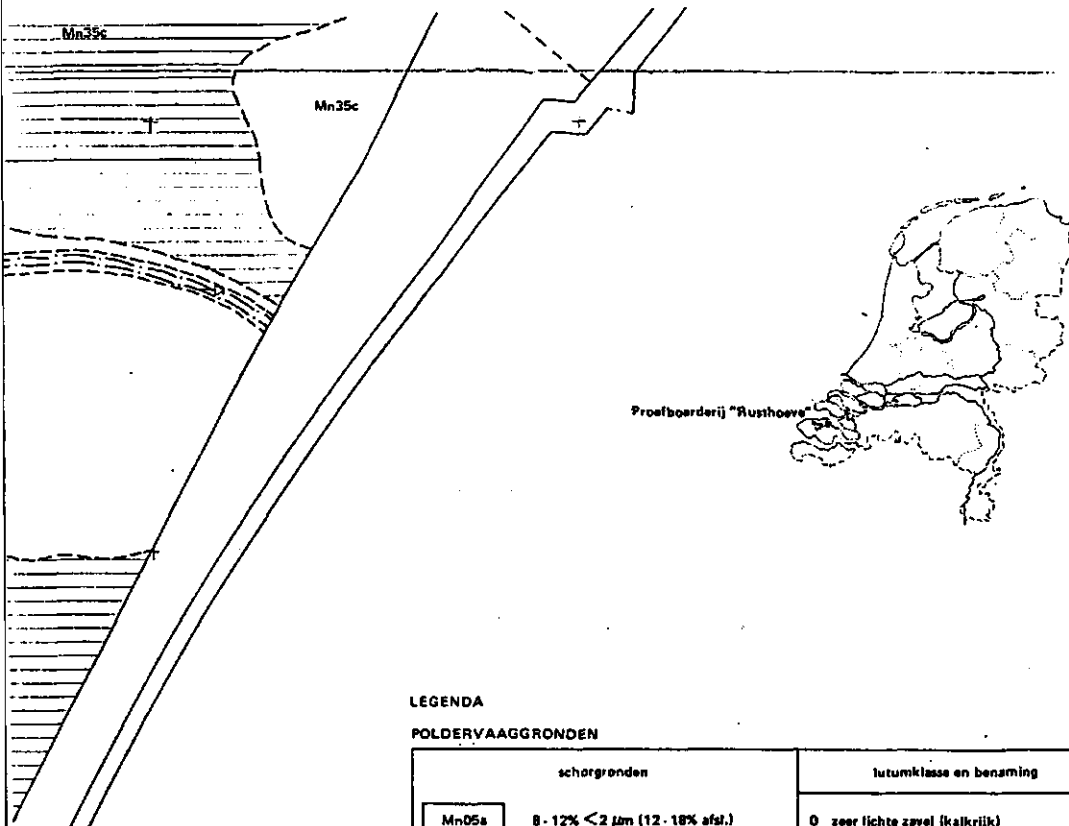


**Billage 2: locatie van de peilbuizen in het proefgebied**





Bijlage 3: Bodemkaart van het proefgebied,  
(Stiboka 1979).



LEGENDA

POLDERVAAGGRONDEN

| schorgronden |                                    | lutumklasse en benaming         | profielverloop                            |
|--------------|------------------------------------|---------------------------------|---|
| Mn05a        | 8 - 12% < 2 μm (12 - 18% afsl.)    |                                 |   |
| Mn15b        | 12 - 17,5% < 2 μm (18 - 26% afsl.) | 1 matig lichte zavel (kalkrijk) | 5b homogeen tot aflopend                  |
| Mn35c        | 17,5 - 25% < 2 μm (26 - 37% afsl.) | 3 zware zavel (kalkrijk)        | 5c homogeen tot sterk aflopend            |
| plastgronden |                                    |                                 |   |
| Mn12         | 12 - 17,5% < 2 μm (18 - 26% afsl.) | 1 matig lichte zavel (kalkrijk) | 2 zand beginnend tussen 40 en 80 cm - mv. |

TOEVOEGINGEN:

- (F) ondergrond van zeer lichte zavel en/of kleilig uiterst fijn zand beginnend ondieper dan 50 cm en doorgaand tot dieper dan 120 cm - mv.
- (f) tussenlaag van zeer lichte zavel en/of kleilig uiterst fijn zand beginnend ondieper dan 80 cm - mv. en ten minste 20 cm dik
- (k) tussenlaag van kalkrijke lichte kiel beginnend tussen 30 en 80 cm - mv. en ten minste 15 cm dik
- (KK) tussenlaag van kalkarme tot kalkrijke kiel beginnend tussen 30 en 60 cm - mv.
- (V) vergraven en/of "opgevoerde" gronden
- (S) voormalige kragen
- (p) oude cultuurplekken

(...) letters waarmee de toevoeging of de onderscheiding in het rapport is aangeduid



**Bijlage 4: Boorbeschrijvingen van de diepe peilbuizen in het proefgebied D1 t/m D4**

**Boring 1, Rusthoeve, Colijnsplaat.**

- 0,00- 0,25 klei, middelzwaar, kalkrijk.
  - 0,25- 0,50 klei, iets minder zwaar.
  - 0,50- 0,70 klei, iets zandig met een enkel schelpje, kalkrijk.
  - 0,70- 1,80 klei vrij stug met veel ijzer inspoeling, donkerder van kleur.
  - 1,80- 2,00 zandlaagje, slibhoudend.
  - 2,00- 2,40 klei, met dunne zandlaagjes afgewisseld, kalkrijk.
  - 2,40- 2,75 veen, fijne structuur, met houtresten, donkerbruin.
  - 2,75- 2,90 veen, grovere structuur met rietresten, donkerbruin.
  - 2,90- 5,50 klei afgewisseld door dunne fijn zand laagjes.
  - 5,50- 6,00 fijn zand, iets slibhoudend, kalkrijk.
  - 6,00- 7,50 fijn tot matig fijn zand zonder slib, kalkrijk.
- filterstelling: fil 40 mm, 1,10m tot 2,10m - maaiveld.  
 fil 63 mm, 6,60m tot 7,60m - maaiveld.

**Boring 2, Rusthoeve, Colijnsplaat.**

- 0,00- 0,30 lichte klei tot zavel, kalkrijk.
- 0,30- 0,50 klei iets zwaarder dan bovenste laag.
- 0,50- 0,80 lichte klei met veel zand, kalkrijk.
- 0,80- 1,40 fijn zand, iets slib.
- 1,40- 1,60 fijn zand, iets slib met schelpen.
- 1,60- 1,80 fijn zand iets slib met veel ijzerinspoeling.
- 1,80- 2,50 fijn zand met schelpgruis en schelpen, kalkrijk.
- 2,50- 3,50 veen, fijne structuur met houtresten, donkerbruin.
- 3,50- 4,50 slappe klei.
- 4,50- 5,00 slappe klei met zandfractie.
- 5,00- 7,60 fijn tot matig fijn zand, zonder slib, kalkrijk.

- bij mtp. 2 filterstelling: fil 40 mm, 2,08m - bovenkant buis.  
 fil 63 mm, 7,35m - bovenkant buis.
- bij mtp. 3 filterstelling: fil 40 mm (nieuw) 2,05m - bovenkant buis.  
 fil 40 mm (oud) 2,47m - bovenkant buis.  
 fil 63 mm 7,50m - bovenkant buis.
- bij mtp. 4 filterstelling: fil 40 mm (oud) 2,56m - bovenkant buis.  
 fil 40 mm (nieuw) ..... - bovenkant buis.  
 fil 63 mm 7,57 - bovenkant buis.

**Boring 3, Rusthoeve.**

- 0,00- 0,60 middelzware klei.
- 0,60- 1,20 iets lichtere klei als boven met een zeer fijne zandfractie, zeer veel roestvlekken, schelpgruis en een enkel schelpje.
- 1,20- 1,80 middelzware klei met zeer veel korrelachtige zwarte ijzervlekken.
- 1,80- 2,70 vrij stugge grijs-blauwe kleilagen afgewisseld door dunne fijne tot zeer fijne zandlaagjes.
- 2,70- 2,80 veen laagje, zwart van kleur, fijne structuur, zonder rietresten (bosveen).
- 2,80- 3,00 slappe klei met veel veenresten.
- 3,00- 3,40 veenlaag, zwart-bruin, grovere structuur, met rietresten.
- 3,40- 4,10 slappe klei.
- 4,10- 6,50 zeer fijne zandlagen afgewisseld door dunnere kleilagen.
- 6,50- 7,00 fijn zand, zonder slib.
- 7,00- 7,80 matig fijn zand.

filterstelling filter 1: 1,70m tot 2,70m - maaiveld.  
 filtertype: diameter 40mm met filterkous.  
 filterstelling filter 2: 6,80m tot 7,80m - maaiveld.  
 filtertype: diameter 63mm met filterkous.  
 afwerking: onder maaiveld met een straatput.

**Boring 4, Rusthoeve.**

- 0,00- 0,50 middelzware tot lichte klei.
- 0,50- 0,70 zeer fijn zand, slibhoudend.
- 0,70- 1,10 klei tot zeer fijn zand sterk slibhoudend en roestvlekken.
- 1,10- 2,00 klei met iets zeer fijne zandfractie, zeer veel korrelige zwarte ijzervlekken.
- 2,00- 2,40 vrij stugge klei, grijs-blauw.
- 2,40- 2,50 veen laagje fijne structuur, bijna zwart van kleur (bosveen).
- 2,50- 2,90 vrij stugge klei met veenbrokjes.
- 2,90- 3,00 bosveen.
- 3,00- 3,50 rietveen bruin van kleur met rietresten, grove structuur.
- 3,50- 5,50 slappe klei, met een iets zeer fijne zandfractie.
- 5,50- 7,80 fijn tot matig fijn zand.

filterstelling filter 1: 1,70m tot 2,70m - maaiveld.  
 filtertype: diameter 40mm met filterkous.  
 filterstelling filter 2: 6,80m tot 7,80m - maaiveld.  
 filtertype: diameter 63mm met filterkous.  
 afwerking: onder maaiveld met een straatput.

| Bijlage 5.1: Gewassen en mestgift 1990 t/m 1996 |                       |                        |          |                |  |                                |           |               |                                 |                   |  |                                  |
|---|-----------------------|------------------------|----------|----------------|--|--------------------------------|-----------|---------------|---------------------------------|-------------------|--|----------------------------------|
| Praktijkproef Nutriëntenbalans                  |                       |                        |          |                |  |                                |           |               |                                 |                   |  |                                  |
| jaar  | gewas                 | mestgift<br>soort/mest | datum    | N-gift (kg/ha) | P-gift (kgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha) | K-gift (kgK <sub>2</sub> O/ha) | perceel 1 |               |                                 |                   |  |                                  |
|   |                       |                        |          | N-gift (kg/ha) | P-gift (kgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha) | K-gift (kgK <sub>2</sub> O/ha) |           | afvoer balans | gewasopbrengst<br>netto (kg/ha) | N-afvoer (kgN/ha) | P-afvoer (kgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha) | K-afvoer (kgK <sub>2</sub> O/ha) |
| perceel 1 - zuidzijde                           |                       |                        |          |                |  |                                |           |               |                                 |                   |  |                                  |
| 1990  | roodzwenk             | kunstmest              | 23-02-90 | 65             | 35   |                                |           |               | 710                             | 13                | 6  | 5                                |
|   |                       | kunstmest              | 16-08-90 | 30             |  |                                |           |               |                                 |                   |  |                                  |
|   |                       | kunstmest              | 8-10-90  | 45             |  |                                |           |               |                                 |                   |  |                                  |
| totaal 1990                                     | roodzwenk             | kunstmest              | 31-01-91 | 140            | 35   | 0                              |           |               | 891                             | 16                | 7  | 6                                |
|   |                       | kunstmest              | 15-05-91 | 30             |  |                                |           |               |                                 |                   |  |                                  |
|   |                       | kunstmest              | 16-09-91 |                |  | 420                            |           |               |                                 |                   |  |                                  |
| totaal 1991                                     | aardappelen           | kunstmest              | 4-03-92  | 105            | 0  | 420                            |           |               | 50000                           | 165               | 60   | 250                              |
|   |                       | kunstmest              | 29-06-92 | 160            | 86   |                                |           |               |                                 |                   |  |                                  |
| totaal 1992                                     | zomertarwe            | varkensdijfmest        | 3-05-93  | 214            | 86   | 0                              |           |               |                                 |                   |  |                                  |
|   |                       | varkensdijfmest        | 27-08-93 | 104            | 72   | 166                            |           |               | 7377                            | 125               | 63   | 37                               |
| totaal 1993                                     | suikerbieten *)       |                        |          | 150            | 98   | 210                            |           |               |                                 |                   |  |                                  |
|   |                       |                        |          | 254            | 170  | 376                            |           |               |                                 |                   |  |                                  |
| totaal 1994                                     | winterarwe            | kunstmest              | 13-03-95 | 170            | 91   | 0                              |           |               | 56180                           | 84                | 56   | 129                              |
|   |                       | kunstmest              | 13-04-95 | 170            | 91   | 0                              |           |               |                                 |                   |  |                                  |
|   |                       | kunstmest              | 23-05-95 | 60             | 56   |                                |           |               | 12320                           | 246               | 105  | 62                               |
|   |                       | kunstmest              | 24-08-95 | 54             |  |                                |           |               |                                 |                   |  |                                  |
| totaal 1995                                     | uilen                 | kunstmest              | 23-02-96 | 278            | 67   | 0                              |           |               | 38000                           | 76                | 34   | 91                               |
|   |                       | kunstmest              | 23-02-96 | 124            | 67   | 0                              |           |               |                                 |                   |  |                                  |
| totaal 1996                                     |                       |                        |          | 124            | 67   | 0                              |           |               |                                 |                   |  |                                  |
| perceel 1 - noordzijde                          |                       |                        |          |                |  |                                |           |               |                                 |                   |  |                                  |
| 1990  | veldbeemd             | kunstmest              | 22-02-90 | 130            | 70   |                                |           |               | 859                             | 15                | 7  | 6                                |
|   |                       | kunstmest              | 16-08-90 | 45             |  |                                |           |               |                                 |                   |  |                                  |
|   |                       | kunstmest              | 5-10-90  | 45             |  |                                |           |               |                                 |                   |  |                                  |
| totaal 1990                                     | veldbeemd             | kunstmest              | 31-01-91 | 220            | 70   | 0                              |           |               |                                 |                   |  |                                  |
|   |                       | kunstmest              | 15-05-91 | 136            |  |                                |           |               | 1632                            | 29                | 13   | 11                               |
|   |                       | kunstmest              | 16-09-91 | 30             |  |                                |           |               |                                 |                   |  |                                  |
| totaal 1991                                     | suikerbieten          | kunstmest              | 16-02-94 | 166            | 0  | 420                            |           |               |                                 |                   |  |                                  |
|   |                       | kunstmest              | 16-02-94 | 170            | 91   | 420                            |           |               | 56180                           | 84                | 56   | 129                              |
| totaal 1994                                     |                       |                        |          | 170            | 91   | 0                              |           |               |                                 |                   |  |                                  |
| 1994  | *) en klein deel uien | kunstmest              | 15-02-94 | 97             | 53   |                                |           |               |                                 |                   |  |                                  |

**Bijlage 5.2: Gewassen en mestgift 1990 t/m 1996**

| Praktijkproef Nutriëntenbalans |              | perceel 2                    |                 | perceel 2  |                                | afvoer balans                   |                   |  |                                  |
|--------------------------------|--------------|------------------------------|-----------------|--|--------------------------------|---------------------------------|-------------------|--|----------------------------------|
| jaar                           | gewas        | mestgift<br>soort mest datum | N-gift (kgN/ha) | aanvoer balans<br>P-gift (kgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha) | K-gift (kgK <sub>2</sub> O/ha) | gewasopbrengst<br>netto (kg/ha) | N-afvoer (kgN/ha) | P-afvoer (kgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha) | K-afvoer (kgK <sub>2</sub> O/ha) |
| perceel 2 - zuidzijde          |              |                              |                 |  |                                |                                 |                   |  |                                  |
| 1990                           | uien         | kunstmest                    | 9-03-90         | 110  | 60                             | 45000                           | 90                | 41   | 108                              |
| <b>totaal 1990</b>             |              |                              |                 | <b>110</b>   | <b>60</b>                      |                                 |                   |  |                                  |
| 1991                           | winterarwe   | kunstmest                    | 19-03-91        | 90   | 40                             | 8521                            | 170               | 72   | 43                               |
|                                |              | kunstmest                    | 26-04-91        | 70   |                                |                                 |                   |  |                                  |
|                                |              | kunstmest                    | 31-05-91        | 40   |                                |                                 |                   |  |                                  |
|                                | roodzwenk    | kunstmest                    | 7-09-91         | 45   |                                | 0                               | 0                 | 0  | 0                                |
| <b>totaal 1991</b>             |              |                              |                 | <b>245</b>   | <b>40</b>                      |                                 |                   |  |                                  |
| 1992                           | roodzwenk    | kunstmest                    | 19-02-92        | 70   | 38                             | 961                             | 17                | 8  | 7                                |
|                                |              | kunstmest                    | 12-10-92        | 40   | 21                             |                                 |                   |  |                                  |
| <b>totaal 1992</b>             |              |                              |                 | <b>110</b>   | <b>59</b>                      |                                 |                   |  |                                  |
| 1993                           | roodzwenk    | kunstmest                    | 11-02-93        | 78   | 42                             | 1326                            | 24                | 11   | 9                                |
|                                |              | kunstmest                    | 7-09-93         |  |                                | 450                             |                   |  |                                  |
| <b>totaal 1993</b>             |              |                              |                 | <b>78</b>  | <b>42</b>                      |                                 |                   |  |                                  |
| 1994                           | aardappelen  | kunstmest                    | 29-04-94        | 234  | 126                            | 55000                           | 182               | 66   | 275                              |
| <b>totaal 1994</b>             |              |                              |                 | <b>234</b>   | <b>126</b>                     |                                 |                   |  |                                  |
| 1995                           | suikerbieten | kunstmest                    | 14-03-95        | 166  | 90                             | 77025                           | 116               | 77   | 177                              |
| <b>totaal 1995</b>             |              |                              |                 | <b>166</b>   | <b>90</b>                      |                                 |                   |  |                                  |
| 1996                           | winterarwe   | kunstmest                    | 7-02-96         | 52   | 28                             | 11738                           | 235               | 100  | 59                               |
|                                | en veldbeemd | kunstmest                    | 15-03-96        | 52   | 28                             | 0                               |                   |  |                                  |
|                                |              | kunstmest                    | 24-04-96        | 60   |                                |                                 |                   |  |                                  |
|                                |              | kunstmest                    | 30-05-96        | 60   |                                |                                 |                   |  |                                  |
|                                |              | kunstmest                    | 28-08-96        | 52   |                                |                                 |                   |  |                                  |
| <b>totaal 1996</b>             |              |                              |                 | <b>276</b>   | <b>56</b>                      |                                 |                   |  |                                  |
| <b>perceel 2 - noordzijde</b>  |              |                              |                 |  |                                |                                 |                   |  |                                  |
| 1990                           | veldbonen    |                              |                 |  |                                | 6121                            | 245               | 80   | 92                               |
| <b>totaal 1990</b>             |              |                              |                 | <b>0</b>   | <b>0</b>                       |                                 |                   |  |                                  |

**Bijlage 5.3: Gewassen en mestgift 1990 t/m 1996**

| Praktijkproef Nutriëntenbalans |                  | perceel 3              |          |                 |  |                                |                                 |                   |  |                                  |
|--------------------------------|------------------|------------------------|----------|-----------------|--|--------------------------------|---------------------------------|-------------------|--|----------------------------------|
| jaar                           | gewas            | mestgift<br>soort/mest | datum    | N-gift (kgN/ha) | P-gift (kgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha) | K-gift (kgK <sub>2</sub> O/ha) | gewasopbrengst<br>reëto (kg/ha) | N-sfvoer (kgN/ha) | P-sfvoer (kgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha) | K-sfvoer (kgK <sub>2</sub> O/ha) |
| perceel 3                      |                  |                        |          |                 |  |                                |                                 |                   |  |                                  |
| 1990                           | aardappelen      | kunstmest              | 16-03-90 | 208             | 112  |                                | 41000                           | 135               | 49   | 205                              |
|                                |                  | kunstmest              | 21-05-90 | 52              |  |                                |                                 |                   |  |                                  |
|                                |                  | kunstmest              | 20-09-90 |                 |  | 600                            |                                 |                   |  |                                  |
| <b>totaal 1990</b>             |                  |                        |          | <b>260</b>      | <b>112</b>                                   | <b>600</b>                     |                                 |                   |  |                                  |
| 1991                           | winterarwe       | kunstmest              | 18-03-91 | 52              | 28   |                                | 8418                            | 168               | 72   | 42                               |
|                                |                  | kunstmest              | 26-04-91 | 50              | 28   |                                |                                 |                   |  |                                  |
|                                |                  | kunstmest              | 29-05-91 | 40              |  |                                |                                 |                   |  |                                  |
|                                |                  | kunstmest              | 14-09-91 |                 |  | 300                            |                                 |                   |  |                                  |
| <b>totaal 1991</b>             |                  |                        |          | <b>142</b>      | <b>56</b>                                    | <b>300</b>                     |                                 |                   |  |                                  |
| 1992                           | olievlas         | kunstmest              | 09-03-92 | 17              |  |                                | 960                             | 7                 | 6  | 10                               |
|                                |                  | kunstmest              | 27-05-92 | 30              |  |                                |                                 |                   |  |                                  |
|                                |                  |                        |          | 47              | 0  |                                |                                 |                   |  |                                  |
| <b>totaal 1992</b>             |                  |                        |          | <b>60</b>       | <b>0</b>                                     | <b>300</b>                     | <b>7026</b>                     | <b>105</b>        | <b>56</b>                                      | <b>42</b>                        |
| 1993                           | zomergerst       | kunstmest              | 23-02-93 |                 |  |                                |                                 |                   |  |                                  |
|                                |                  | kunstmest              | 07-09-93 |                 |  |                                |                                 |                   |  |                                  |
|                                |                  | kunstmest              | 27-08-93 | 50              |  |                                |                                 |                   |  |                                  |
| <b>totaal 1993</b>             | gb. gele mosterd |                        |          | <b>110</b>      | <b>0</b>                                     | <b>300</b>                     |                                 |                   |  |                                  |
| 1994                           | suikerbieten     | kunstmest              | 15-02-94 | 182             | 98   |                                | 65300                           | 98                | 65   | 150                              |
| <b>totaal 1994</b>             |                  |                        |          | <b>182</b>      | <b>98</b>                                    | <b>0</b>                       |                                 |                   |  |                                  |
| 1995                           | zomergerst       | kunstmest              | 22-03-95 | 82              | 44   |                                | 7150                            | 107               | 57   | 43                               |
| <b>totaal 1995</b>             |                  |                        |          | <b>82</b>       | <b>44</b>                                    | <b>0</b>                       |                                 |                   |  |                                  |
| 1996                           | aardappelen      | kunstmest              | 13-03-96 | 156             | 84   |                                | 56000                           | 185               | 67   | 280                              |
|                                |                  | kunstmest              | 10-06-96 | 75              |  |                                |                                 |                   |  |                                  |
| <b>totaal 1996</b>             |                  |                        |          | <b>231</b>      | <b>84</b>                                    | <b>0</b>                       |                                 |                   |  |                                  |

**Biilage 5.4: Gewassen en mestgift 1990 t/m 1996**

| Praktijkproef Nutriëntbalans |                  | perceel 4              |          |                 |                    |                   |                                 |                   |                      |                     |               |
|------------------------------|------------------|------------------------|----------|-----------------|--------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|---------------|
| jaar                         | gewas            | mestgift<br>soort/mest | datum    | N-gift (kgN/ha) | P-gift (kgP2O5/ha) | K-gift (kgK2O/ha) | gewasopbrengst<br>reëto (kg/ha) | N-afvoer (kgN/ha) | P-afvoer (kgP2O5/ha) | K-afvoer (kgK2O/ha) | afvoer balans |
| perceel 4 - zuidzijde        |                  |                        |          |                 |                    |                   |                                 |                   |                      |                     |               |
| 1990                         | wintertarwe      | kunstmest              | 23-02-90 | 30              | 21                 |                   | 8628                            | 173               | 73                   | 43                  |               |
|                              |                  | kunstmest              | 10-04-90 | 70              |                    |                   |                                 |                   |                      |                     |               |
|                              | gb. gele mosterd | kunstmest              | 16-08-90 | 60              |                    |                   |                                 |                   |                      |                     |               |
| <b>totaal 1990</b>           |                  |                        |          | 160             | 21                 | 0                 |                                 |                   |                      |                     |               |
| 1991                         | sulkerbieten     | kunstmest              | 4-02-91  | 156             | 84                 |                   | 68000                           | 102               | 68                   | 156                 |               |
| <b>totaal 1991</b>           |                  |                        |          | 156             | 84                 | 0                 |                                 |                   |                      |                     |               |
| 1992                         | zomergerst       | kunstmest              | 29-02-92 | 65              | 35                 |                   | 6400                            | 96                | 51                   | 38                  |               |
|                              |                  | kunstmest              | 8-10-92  |                 |                    | 300               |                                 |                   |                      |                     |               |
| <b>totaal 1992</b>           | gb. gele mosterd | kunstmest              | 27-08-92 | 54              |                    |                   |                                 |                   |                      |                     |               |
| 1993                         | aardappelen      | kunstmest              | 16-04-93 | 119             | 36                 |                   |                                 |                   |                      |                     |               |
| <b>totaal 1993</b>           |                  |                        |          | 195             | 105                | 0                 | 55000                           | 182               | 66                   | 275                 |               |
| 1994                         | wintertarwe      | kunstmest              | 14-02-94 | 100             |                    |                   | 11311                           | 226               | 96                   | 57                  |               |
|                              |                  | kunstmest              | 24-04-94 | 68              |                    |                   |                                 |                   |                      |                     |               |
|                              |                  | kunstmest              | 30-05-94 | 54              |                    |                   |                                 |                   |                      |                     |               |
|                              |                  | kunstmest              | 31-08-94 |                 |                    | 300               |                                 |                   |                      |                     |               |
| <b>totaal 1994</b>           | gb. bladrammenas | kunstmest              | 24-08-94 | 68              |                    |                   |                                 |                   |                      |                     |               |
| 1995                         | zaaluien         | kunstmest              | 22-03-95 | 290             | 0                  |                   |                                 |                   |                      |                     |               |
| <b>totaal 1995</b>           |                  |                        |          | 120             | 65                 | 0                 | 42000                           | 84                | 38                   | 101                 |               |
| 1996                         | wintertarwe      | varkensdrijfmest       | 15-03-96 | 127             | 110                | 220               | 9375                            | 188               | 80                   | 47                  |               |
| <b>totaal 1996</b>           |                  |                        |          | 127             | 110                | 220               |                                 |                   |                      |                     |               |
| perceel 4 - noordzijde       |                  |                        |          |                 |                    |                   |                                 |                   |                      |                     |               |
| 1996                         | zomergerst       | kunstmest              | 6-02-96  | 70              | 38                 |                   | 9600                            | 144               | 77                   | 58                  |               |
| <b>totaal 1996</b>           |                  |                        |          | 70              | 38                 | 0                 |                                 |                   |                      |                     |               |

| Bijlage 5.5: Gewassen en mestgift 1990 t/m 1996 |                              |                        |          |                |                |                |                                 |                  |                  |                  |
|---|------------------------------|------------------------|----------|----------------|----------------|----------------|---------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Praktijkproef Nutriëntenbalans                  |                              |                        |          |                |                |                |                                 |                  |                  |                  |
| jaar  | gewas                        | mestgift<br>soort/mest | datum    | N-gift (kg/ha) | P-gift (kg/ha) | K-gift (kg/ha) | gewasopbrengst<br>netto (kg/ha) | N-styver (kg/ha) | P-styver (kg/ha) | K-styver (kg/ha) |
| perceel 5 - zuidzijde                           | perceel 5                    |                        |          | aanvoer balans |                | perceel 5      |                                 | afvoer balans    |                  |                  |
| 1990  | erwten                       |                        |          | 0              | 0              | 0              | 7295                            | 248              |                  | 73               |
| <b>totaal 1990</b>                              |                              |                        |          | 0              | 0              | 0              |                                 |                  |                  | 102              |
| 1991  | zomergerst                   | kunstmest              | 14-02-91 | 70             | 38             |                | 6345                            | 95               |                  | 58               |
|   |                              | kunstmest              | 13-09-91 |                |                | 300            |                                 |                  |                  |                  |
| <b>totaal 1991</b>                              |                              |                        |          | 70             | 38             | 300            |                                 |                  |                  | 44               |
| 1992  | aardappelen                  | kunstmest              | 15-05-92 | 125            | 70             |                | 65000                           | 215              |                  | 78               |
| <b>totaal 1992</b>                              |                              |                        |          | 125            | 70             | 0              |                                 |                  |                  | 325              |
| 1993  | suikerbieten                 | kunstmest              | 24-02-93 | 160            | 86             |                | 75625                           | 113              |                  | 76               |
| <b>totaal 1993</b>                              |                              |                        |          | 160            | 86             | 0              |                                 |                  |                  | 174              |
| 1994  | zomergerst                   | kunstmest              | 14-02-94 | 65             | 35             |                | 6750                            | 101              |                  | 54               |
| <b>totaal 1994</b>                              |                              |                        |          | 65             | 35             | 0              |                                 |                  |                  | 41               |
| 1995  | vlas en braak                | kunstmest              | 22-03-95 | 40             | 22             |                | 1335                            | 12               |                  | 8                |
| <b>totaal 1995</b>                              |                              |                        |          | 40             | 22             | 0              |                                 |                  |                  | 14               |
| 1996  | braak en groene braak (gras) | kunstmest              | 10-06-96 | 60             |                |                | 0                               | 0                |                  | 0                |
| <b>totaal 1996</b>                              |                              |                        |          | 60             | 0              | 0              |                                 |                  |                  | 0                |
| <b>perceel 5 - noordzijde</b>                   |                              |                        |          |                |                |                |                                 |                  |                  |                  |
| 1996  | zomergerst                   | kunstmest              | 6-02-96  | 70             | 38             |                | 9600                            | 144              |                  | 77               |
| <b>totaal 1996</b>                              |                              |                        |          | 70             | 38             |                |                                 |                  |                  | 58               |

| Bijlage 5.6: Gewassen en mestgift 1990 t/m 1996 |              |                        |          |                 |  |                                |                                  |                   |  |                                  |
|---|--------------|------------------------|----------|-----------------|--|--------------------------------|----------------------------------|-------------------|--|----------------------------------|
| Praktijkproef Nutriëntenbalans                  |              |                        |          |                 |  |                                |                                  |                   |  |                                  |
| jaar  | gewas        | mestgift<br>soort mest | datum    | N-gift (kgN/ha) | P-gift (kgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha) | K-gift (kgK <sub>2</sub> O/ha) | gewas opbrengst<br>netto (kg/ha) | N-afvoer (kgN/ha) | P-afvoer (kgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha) | K-afvoer (kgK <sub>2</sub> O/ha) |
| perceel 6 - zuidzijde                           |              |                        |          |                 |  |                                |                                  |                   |  |                                  |
|   |              |                        |          | perceel 6       |  |                                |                                  |                   |  |                                  |
|   |              |                        |          | N-gift (kgN/ha) | P-gift (kgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha) | K-gift (kgK <sub>2</sub> O/ha) | aanvoer balans                   | afvoer balans     |  |                                  |
| 1990  | roodzwenk    | kunstmest              | 22-02-90 | 85              | 45   |                                |                                  | 1100              | 20   | 9                                |
|   |              | kunstmest              | 3-09-90  |                 | 45   | 480                            |                                  |                   |  |                                  |
| <b>totaal 1990</b>                              |              |                        |          | 85              | 45   | 480                            |                                  |                   |  |                                  |
| 1991  | aardappelen  | kunstmest              | 26-03-91 | 182             | 98   |                                | 48000                            |                   | 158  | 58                               |
| <b>totaal 1991</b>                              |              |                        |          | 182             | 98   | 0                              |                                  |                   |  |                                  |
| 1992  | suikerbieten | kunstmest              | 4-03-92  | 140             | 75   | 0                              | 60000                            |                   | 90   | 60                               |
| <b>totaal 1992</b>                              |              |                        |          | 140             | 75   | 0                              |                                  |                   |  |                                  |
| 1993  | vlas         | kunstmest              | 12-03-93 | 35              | 19   |                                | 1203                             |                   | 11   | 7                                |
|   |              | kunstmest              | 1-09-93  | 50              |  |                                |                                  |                   |  |                                  |
|   |              | kunstmest              | 7-09-93  |                 |  | 450                            |                                  |                   |  |                                  |
| <b>totaal 1993</b>                              |              |                        |          | 85              | 19   | 450                            |                                  |                   |  |                                  |
| 1994  | cichorei     | kunstmest              | 4-05-94  | 65              | 35   |                                | 46000                            |                   | 97   | 51                               |
| <b>totaal 1994</b>                              |              |                        |          | 65              | 35   | 0                              |                                  |                   |  |                                  |
| 1995  | wintertarwe  | varkensdrijfmest       | 13-03-95 | 100             | 56   | 90                             | 11400                            |                   | 228  | 97                               |
|   |              | kunstmest              | 26-04-95 | 95              | 80   |                                |                                  |                   |  |                                  |
|   |              | kunstmest              | 23-05-95 | 50              |  |                                |                                  |                   |  |                                  |
|   |              | kunstmest              | 1-09-95  |                 |  | 600                            |                                  |                   |  |                                  |
| <b>totaal 1995</b>                              |              |                        |          | 245             | 136  | 690                            |                                  |                   |  |                                  |
| 1996  | aardappelen  | kunstmest              | 12-03-96 | 156             | 84   |                                | 54000                            |                   | 178  | 65                               |
|   |              | kunstmest              | 10-06-96 | 60              |  |                                |                                  |                   |  |                                  |
| <b>totaal 1996</b>                              |              |                        |          | 216             | 84   | 0                              |                                  |                   |  |                                  |
| <b>perceel 6 - noordzijde</b>                   |              |                        |          |                 |  |                                |                                  |                   |  |                                  |
| 1993  | erwten       |                        |          |                 |  |                                | 4500                             |                   | 153  | 45                               |
| <b>totaal 1993</b>                              |              |                        |          | 0               | 0  | 0                              |                                  |                   |  |                                  |
| 1994  | zaaiuien     | kunstmest              | 17-02-94 | 104             | 56   |                                | 42000                            |                   | 84   | 38                               |
| <b>totaal 1994</b>                              |              |                        |          | 104             | 56   | 0                              |                                  |                   |  |                                  |
| 1995  | wintertarwe  | varkensdrijfmest       | 26-04-95 | 150             | 101  | 141                            | 6459                             |                   | 129  | 55                               |
|   |              | kunstmest              | 1-09-95  |                 |  | 600                            |                                  |                   |  |                                  |
| <b>totaal 1995</b>                              |              |                        |          | 150             | 101  | 741                            |                                  |                   |  |                                  |

| Bijlage 6.1: Stikstofbalans 1990 t/m 1996 |       |         | perceel 3 |         | alle balansposten in kg/ha N |         | bodemvoorraad referentie |         | berekningen en opmerkingen |  |
|---|-------|---------|-----------|---------|------------------------------|---------|--------------------------|---------|----------------------------|--|
| Praktijkproef Nutriëntenbalans            | datum | periode | N-voer    | N-voer  | N-voer                       | N-voer  | N-voer                   | N-voer  | N-voer                     | N-voer   |
|   |       |         | analyse   | analyse | analyse                      | analyse | analyse                  | analyse | analyse                    | analyse  |
| groei seizoen 1990                        |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            |  |
| feb-90                                    |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            |  |
| 16-03-90                                  |       |         |           | 208     |                              |         |                          |         |                            | bodemvoorraad N-min geanalyseerd<br>mestcijfers van De Rusthoeve |
|   |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            | bodemvoorraad berekend = 50+208=258                              |
| 21-05-90                                  |       |         |           | 52      |                              |         |                          |         |                            | mestcijfers van De Rusthoeve                                     |
|   |       |         |           | 14      |                              |         |                          |         |                            | atm.depositie = 28 kg/ha per jaar                                |
|   |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            | berekening: 50+208+52+14=324                                     |
| aug-90                                    |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            | afvoercijfers van De Rusthoeve                                   |
|   |       |         |           | 135     |                              |         |                          |         |                            | berekening: 324-135=189  |
| winterseizoen 90/91                       |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            |  |
|   |       |         |           | 14      |                              |         |                          |         |                            | atm.depositie = 28 kg/ha per jaar                                |
|   |       |         |           | 26      |                              |         |                          |         |                            | denitr. = 10% van mestgift = 26                                  |
|   |       |         |           | 97      |                              |         |                          |         |                            | berekening: 189+14-26-97   |
| groei seizoen 1991                        |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            |  |
| feb-91                                    |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            |  |
| 18-03-91                                  |       |         |           | 52      |                              |         |                          |         |                            | bodemvoorraad N-min geanalyseerd<br>mestcijfers van De Rusthoeve |
|   |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            | bodemvoorraad berekend = 80+52=132                               |
| 29-05-91                                  |       |         |           | 90      |                              |         |                          |         |                            | mestcijfers van De Rusthoeve                                     |
|   |       |         |           | 14      |                              |         |                          |         |                            | atm.depositie = 28 kg/ha per jaar                                |
|   |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            | bodemvoorraad N tijdens groeiseizoen                             |
| sep-91                                    |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            | afvoercijfers van De Rusthoeve                                   |
|   |       |         |           | 168     |                              |         |                          |         |                            | berekening: 236-168=68   |
| winterseizoen 91/92                       |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            |  |
|   |       |         |           | 14      |                              |         |                          |         |                            | atm.depositie = 28 kg/ha per jaar                                |
|   |       |         |           | 14      |                              |         |                          |         |                            | denitr. = 10% van mestgift = 14                                  |
|   |       |         |           | 38      |                              |         |                          |         |                            | berekening: 68+14-14-30=38                                       |
| groei seizoen 1992                        |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            |  |
| feb-92                                    |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            |  |
| 9-03-92                                   |       |         |           | 17      |                              |         |                          |         |                            | bodemvoorraad N-min geanalyseerd<br>mestcijfers van De Rusthoeve |
|   |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            | bodemvoorraad berekend = 30+17=47                                |
| 27-05-92                                  |       |         |           | 30      |                              |         |                          |         |                            | mestcijfers van De Rusthoeve                                     |
|   |       |         |           | 14      |                              |         |                          |         |                            | atm.depositie = 28 kg/ha per jaar                                |
| aug-92                                    |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            | afvoercijfers van De Rusthoeve                                   |
|   |       |         |           | 7       |                              |         |                          |         |                            | berekening: 91-7=84  |
| winterseizoen 92/93                       |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            |  |
|   |       |         |           | 14      |                              |         |                          |         |                            | atm.depositie = 28 kg/ha per jaar                                |
|   |       |         |           | 5       |                              |         |                          |         |                            | denitr. = 10% van mestgift = 5                                   |
|   |       |         |           | 65      |                              |         |                          |         |                            | berekening: 84+14-5-28=65  |
| groei seizoen 1993                        |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            |  |
| feb-93                                    |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            |  |
| 23-02-93                                  |       |         |           | 60      |                              |         |                          |         |                            | bodemvoorraad N-min geanalyseerd<br>mestcijfers van De Rusthoeve |
|   |       |         |           |         |                              |         |                          |         |                            | bodemvoorraad berekend = 28+60=88                                |
|   |       |         |           | 0       |                              |         |                          |         |                            | mestcijfers van De Rusthoeve                                     |
|   |       |         |           | 14      |                              |         |                          |         |                            | atm.depositie = 28 kg/ha per jaar                                |





| Bijlage 6.2: Stikstofbalans 1990 t/m 1996 |  | perceel 4   |                                      | alle balansposten in kg/ha N         |                                      |                     |
|---|--|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Praktijkproef Nutriëntbalans              |  | Stikstofafvoer tijdens winterseizoen (potentieel) | Stikstofafvoer tijdens winterseizoen | Stikstofafvoer tijdens winterseizoen | Stikstofafvoer tijdens winterseizoen |                     |
| Stikstof                                  |  |   |                                      |                                      |                                      |                     |
| groei seizoen 1990                        |  |   |                                      |                                      |                                      |                     |
| feb-90                                    | analyse bodemvoorraad N-mineraal                   |   | 150                                  |                                      |                                      | Rusthoeve           |
| 23-02-90                                  | mesgift bij start groei seizoen                    |   | 30                                   |                                      |                                      | Rusthoeve           |
|   | bodemvoorraad N bij start groei seizoen            |   |                                      | 180                                  |                                      |                     |
| 10-04-90                                  | mesgift gedurende groei seizoen                    |   | 70                                   |                                      |                                      | Rusthoeve           |
|   | atmosferische depositie tijdens groei seizoen      |   | 14                                   |                                      |                                      | RIVM Milieudiagnose |
|   | bodemvoorraad N tijdens groei seizoen              |   |                                      | 264                                  |                                      |                     |
| aug-90                                    | gewasafvoer: wintertarwe                           |   |                                      | 173                                  |                                      | Rusthoeve           |
|   | bodemvoorraad na het groei seizoen                 |   |                                      | 91                                   |                                      |                     |
| winterseizoen 90/91                       |  |   |                                      |                                      |                                      |                     |
| 16-08-90                                  | mesgift voor groenbemester                         |   | 60                                   |                                      |                                      | Rusthoeve           |
|   | atmosferische depositie tijdens winterseizoen      |   | 14                                   |                                      |                                      | RIVM Milieudiagnose |
|   | identificatie tijdens winterseizoen                |   |                                      | 34                                   |                                      | data Praktijkproef  |
|   | Stikstof-afvoer tijdens winterseizoen (potentieel) |   |                                      | 43                                   |                                      | berekend            |
| groei seizoen 1991                        |  |   |                                      |                                      |                                      |                     |
| feb-91                                    | analyse bodemvoorraad N-mineraal                   |   | 28                                   |                                      |                                      | Rusthoeve           |
| 4-02-91                                   | mesgift bij start groei seizoen                    |   | 156                                  |                                      |                                      | Rusthoeve           |
|   | bodemvoorraad N bij start groei seizoen            |   |                                      | 184                                  |                                      |                     |
|   | mesgift gedurende groei seizoen                    |   | 0                                    |                                      |                                      | Rusthoeve           |
|   | atmosferische depositie tijdens groei seizoen      |   | 14                                   |                                      |                                      | RIVM Milieudiagnose |
|   | bodemvoorraad N tijdens groei seizoen              |   |                                      | 198                                  |                                      |                     |
| sep-91                                    | gewasafvoer: sulkerbieten                          |   |                                      | 102                                  |                                      | Rusthoeve           |
|   | bodemvoorraad N na het groei seizoen               |   |                                      | 96                                   |                                      |                     |
| winterseizoen 91/92                       |  |   |                                      |                                      |                                      |                     |
| feb-92                                    | analyse bodemvoorraad N-mineraal                   |   |                                      |                                      |                                      | Rusthoeve           |
| 29-02-92                                  | mesgift bij start groei seizoen                    |   | 65                                   |                                      |                                      | Rusthoeve           |
|   | bodemvoorraad N bij start groei seizoen            |   |                                      | 91                                   |                                      |                     |
|   | mesgift gedurende groei seizoen                    |   | 0                                    |                                      |                                      | Rusthoeve           |
|   | atmosferische depositie tijdens groei seizoen      |   | 14                                   |                                      |                                      | RIVM Milieudiagnose |
|   | bodemvoorraad N tijdens groei seizoen              |   |                                      | 105                                  |                                      |                     |
| aug-92                                    | gewasafvoer: zomergerst                            |   |                                      | 96                                   |                                      | Rusthoeve           |
|   | bodemvoorraad na het groei seizoen                 |   |                                      | 9                                    |                                      |                     |
| winterseizoen 92/93                       |  |   |                                      |                                      |                                      |                     |
| 27-08-92                                  | mesgift voor groenbemester                         |   | 54                                   |                                      |                                      | Rusthoeve           |
|   | atmosferische depositie tijdens winterseizoen      |   | 14                                   |                                      |                                      | RIVM Milieudiagnose |
|   | identificatie tijdens winterseizoen                |   |                                      | 18                                   |                                      | data Praktijkproef  |
|   | Stikstof-afvoer tijdens winterseizoen (potentieel) |   |                                      | -25                                  |                                      | berekend            |
| groei seizoen 1993                        |  |   |                                      |                                      |                                      |                     |
| feb-93                                    | analyse bodemvoorraad N-mineraal                   |   | 30                                   |                                      |                                      | Rusthoeve           |
| 16-04-93                                  | mesgift bij start groei seizoen                    |   | 185                                  |                                      |                                      | Rusthoeve           |
|   | bodemvoorraad N bij start groei seizoen            |   |                                      | 225                                  |                                      |                     |
|   | mesgift gedurende groei seizoen                    |   | 0                                    |                                      |                                      | Rusthoeve           |
|   | atmosferische depositie tijdens groei seizoen      |   | 14                                   |                                      |                                      |                     |

|                     |       |     |  |  |  |  |  |           |
|---------------------|-------|-----|--|--|--|--|--|-----------|
| aug-93              | groei | 239 |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 93/94 | groei | 57  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-94              | groei | 182 |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 94/95 | groei | 14  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-95              | groei | 20  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 95/96 | groei | 13  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-96              | groei | 274 |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 96/97 | groei | 48  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-97              | groei | 138 |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 97/98 | groei | 122 |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-98              | groei | 14  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 98/99 | groei | 226 |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-99              | groei | 68  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 99/00 | groei | 14  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-00              | groei | 36  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 00/01 | groei | -65 |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-01              | groei | 211 |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 01/02 | groei | 0   |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-02              | groei | 14  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 02/03 | groei | 225 |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-03              | groei | 84  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 03/04 | groei | 141 |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-04              | groei | 14  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 04/05 | groei | 12  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-05              | groei | 83  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 05/06 | groei | 187 |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-06              | groei | 0   |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 06/07 | groei | 14  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-07              | groei | 201 |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 07/08 | groei | 188 |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-08              | groei | 13  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 08/09 | groei | 14  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-09              | groei | 13  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 09/10 | groei | -2  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-10              | groei | 16  |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 10/11 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-11              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 11/12 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-12              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 12/13 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-13              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 13/14 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-14              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 14/15 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-15              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 15/16 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-16              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 16/17 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-17              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 17/18 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-18              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 18/19 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-19              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 19/20 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-20              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 20/21 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-21              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 21/22 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-22              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 22/23 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-23              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 23/24 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-24              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 24/25 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-25              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 25/26 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-26              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 26/27 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-27              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 27/28 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-28              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 28/29 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-29              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 29/30 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-30              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 30/31 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-31              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 31/32 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-32              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 32/33 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-33              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 33/34 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-34              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 34/35 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-35              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 35/36 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-36              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 36/37 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-37              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 37/38 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-38              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 38/39 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-39              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 39/40 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-40              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 40/41 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-41              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 41/42 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-42              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 42/43 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-43              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 43/44 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-44              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 44/45 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-45              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 45/46 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-46              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 46/47 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-47              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 47/48 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-48              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 48/49 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-49              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 49/50 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-50              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 50/51 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-51              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 51/52 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-52              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 52/53 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-53              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 53/54 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-54              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 54/55 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-55              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 55/56 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-56              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 56/57 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-57              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 57/58 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-58              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 58/59 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-59              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 59/60 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-60              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 60/61 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-61              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 61/62 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-62              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 62/63 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-63              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 63/64 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-64              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 64/65 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-65              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 65/66 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-66              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 66/67 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-67              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 67/68 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-68              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 68/69 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-69              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 69/70 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-70              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 70/71 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-71              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 71/72 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-72              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 72/73 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-73              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 73/74 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-74              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 74/75 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-75              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 75/76 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-76              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 76/77 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-77              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 77/78 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-78              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 78/79 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-79              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 79/80 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-80              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 80/81 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-81              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 81/82 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-82              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 82/83 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-83              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 83/84 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| aug-84              | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |
| winterseizoen 84/85 | groei |     |  |  |  |  |  | Rusthoeve |

**Bijlage 6.3: Stikstofbalans 1990 t/m 1996**

| Praktijkproef Nutriëntenbalans |  | perceel 5                    |           | alle balansposten in kg/ha N |                               |                     |
|--------------------------------|--|------------------------------|-----------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| datum                          |  | bodemvoorraad N-min, analyse | N aanvoer | N afvoer                     | bodemvoorraad N-min, berekend | referentie          |
| groei seizoen 1990             |  |                              |           |                              |                               |                     |
| feb-90                         | analyse bodemvoorraad N-mineraal                   | ?                            | 0         |                              |                               | Rusthoeve           |
|                                | mesgift bij start groeiseizoen                     |                              |           |                              |                               | Rusthoeve           |
|                                | bodemvoorraad N bij start groeiseizoen             |                              |           |                              | ?                             |                     |
|                                | mesgift gedurende groeiseizoen                     |                              | 0         |                              |                               | Rusthoeve           |
|                                | atmosferische depositie tijdens groeiseizoen       |                              | 14        |                              |                               | RIVM Milieudiagnose |
|                                | bodemvoorraad N tijdens groeiseizoen               |                              |           |                              | ?                             |                     |
| aug-90                         | gewasafvoer erwten                                 |                              |           | 248                          |                               | Rusthoeve           |
|                                | bodemvoorraad na het groeiseizoen                  |                              |           |                              | ?                             |                     |
| winterseizoen 90/91            |  |                              |           |                              |                               |                     |
|                                | atmosferische depositie tijdens winterseizoen      |                              | 14        |                              |                               | RIVM Milieudiagnose |
|                                | denitrificatie tijdens winterseizoen               |                              |           | ?                            |                               | data Praktijkproef  |
|                                | Stikstof-afvoer tijdens winterseizoen (potentieel) |                              |           | ?                            |                               | berekend            |
| groei seizoen 1991             |  |                              |           |                              |                               |                     |
| feb-91                         | analyse bodemvoorraad N-mineraal                   | 40                           |           |                              |                               | Rusthoeve           |
|                                | mesgift bij start groeiseizoen                     |                              | 70        |                              |                               | Rusthoeve           |
| 14-02-91                       | bodemvoorraad N bij start groeiseizoen             |                              |           |                              | 110                           |                     |
|                                | mesgift gedurende groeiseizoen                     |                              | 0         |                              |                               | Rusthoeve           |
|                                | atmosferische depositie tijdens groeiseizoen       |                              | 14        |                              |                               | RIVM Milieudiagnose |
|                                | bodemvoorraad N tijdens groeiseizoen               |                              |           |                              | 124                           |                     |
| sep-91                         | gewasafvoer zomergerst                             |                              |           | 95                           |                               | Rusthoeve           |
|                                | bodemvoorraad N na het groeiseizoen                |                              |           |                              | 29                            |                     |
| winterseizoen 91/92            |  |                              |           |                              |                               |                     |
|                                | atmosferische depositie tijdens winterseizoen      |                              | 14        |                              |                               | RIVM Milieudiagnose |
|                                | denitrificatie tijdens winterseizoen               |                              |           | 7                            |                               | data Praktijkproef  |
|                                | Stikstof-afvoer tijdens winterseizoen (potentieel) |                              |           | -102                         |                               | berekend            |
| groei seizoen 1992             |  |                              |           |                              |                               |                     |
| feb-92                         | analyse bodemvoorraad N-mineraal                   | 138                          |           |                              |                               | Rusthoeve           |
| 15-05-92                       | mesgift bij start groeiseizoen                     |                              | 125       |                              |                               | Rusthoeve           |
|                                | bodemvoorraad N bij start groeiseizoen             |                              |           |                              | 263                           |                     |
|                                | mesgift gedurende groeiseizoen                     |                              | 0         |                              |                               | Rusthoeve           |
|                                | atmosferische depositie tijdens groeiseizoen       |                              | 14        |                              |                               | RIVM Milieudiagnose |
|                                | bodemvoorraad N tijdens groeiseizoen               |                              |           |                              | 277                           |                     |
| aug-92                         | gewasafvoer aardappelen                            |                              |           | 215                          |                               | Rusthoeve           |
|                                | bodemvoorraad na het groeiseizoen                  |                              |           |                              | 62                            |                     |
| winterseizoen 92/93            |  |                              |           |                              |                               |                     |
|                                | atmosferische depositie tijdens winterseizoen      |                              | 14        |                              |                               | RIVM Milieudiagnose |
|                                | denitrificatie tijdens winterseizoen               |                              |           | 13                           |                               | data Praktijkproef  |
|                                | Stikstof-afvoer tijdens winterseizoen (potentieel) |                              |           | 37                           |                               | berekend            |
| groei seizoen 1993             |  |                              |           |                              |                               |                     |
| feb-93                         | analyse bodemvoorraad N-mineraal                   | 26                           |           |                              |                               | Rusthoeve           |
| 24-02-93                       | mesgift bij start groeiseizoen                     |                              | 160       |                              |                               | Rusthoeve           |
|                                | bodemvoorraad N bij start groeiseizoen             |                              |           |                              | 186                           |                     |
|                                | mesgift gedurende groeiseizoen                     |                              | 0         |                              |                               | Rusthoeve           |
|                                | atmosferische depositie tijdens groeiseizoen       |                              | 14        |                              |                               | Rusthoeve           |

|                     |   |    |    |  |     |     |                     |
|---------------------|---|----|----|--|-----|-----|---------------------|
| aug-93              | bodemvoorraad N tijdens groeiseizoen<br>gewasafvoer: suikerbieten |    |    |  | 113 | 200 | Rusthoeve           |
| winterseizoen 93/94 | bodemvoorraad na het groeiseizoen                                 |    |    |  |     | 87  |                     |
|                     | atmosferische depositie tijdens winterseizoen                     |    | 14 |  | 16  |     | RIVM Milieudiagnose |
|                     | denitrificatie tijdens winterseizoen                              |    |    |  | 65  |     | data Praktijkproef  |
|                     | Stikstof-afvoer tijdens winterseizoen (potentieel)                |    |    |  |     |     | berekend            |
| groeiseizoen 1994   |   |    |    |  |     |     |                     |
| feb-94              | analyse bodemvoorraad N-mineraal                                  | 20 |    |  |     |     | Rusthoeve           |
| 14-02-94            | mesgift bij start groeiseizoen                                    |    | 65 |  |     |     | Rusthoeve           |
|                     | bodemvoorraad N bij start groeiseizoen                            |    |    |  |     | 85  |                     |
| 24-04-94            | mesgift gedurende groeiseizoen                                    | 0  |    |  |     |     | Rusthoeve           |
|                     | atmosferische depositie tijdens groeiseizoen                      | 14 |    |  |     |     | RIVM Milieudiagnose |
| aug-94              | bodemvoorraad N tijdens groeiseizoen                              |    |    |  |     | 99  |                     |
|                     | gewasafvoer: zomtergerst  |    |    |  | 101 |     | Rusthoeve           |
| winterseizoen 94/95 | bodemvoorraad na het groeiseizoen                                 |    |    |  |     | -2  |                     |
|                     | atmosferische depositie tijdens winterseizoen                     |    | 14 |  |     |     | RIVM Milieudiagnose |
|                     | denitrificatie tijdens winterseizoen                              |    |    |  | 7   |     | data Praktijkproef  |
|                     | Stikstof-afvoer tijdens winterseizoen (potentieel)                |    |    |  | ?   |     | berekend            |
| groeiseizoen 1995   |   |    |    |  |     |     |                     |
| feb-95              | analyse bodemvoorraad N-mineraal                                  | ?  |    |  |     |     | Rusthoeve           |
| 22-03-95            | mesgift bij start groeiseizoen                                    |    | 40 |  |     |     | Rusthoeve           |
|                     | bodemvoorraad N bij start groeiseizoen                            |    |    |  |     | ?   |                     |
|                     | mesgift gedurende groeiseizoen                                    | 0  |    |  |     |     | Rusthoeve           |
|                     | atmosferische depositie tijdens groeiseizoen                      | 14 |    |  |     |     | RIVM Milieudiagnose |
| aug-95              | bodemvoorraad N tijdens groeiseizoen                              |    |    |  |     | ?   |                     |
|                     | gewasafvoer: vlas   |    |    |  | 12  |     | Rusthoeve           |
| winterseizoen 95/96 | bodemvoorraad na het groeiseizoen                                 |    |    |  |     | ?   |                     |
|                     | atmosferische depositie tijdens winterseizoen                     |    | 14 |  |     |     | RIVM Milieudiagnose |
|                     | denitrificatie tijdens winterseizoen                              |    |    |  | 4   |     | data Praktijkproef  |
|                     | Stikstof-afvoer tijdens winterseizoen (potentieel)                |    |    |  | ?   |     | berekend            |
| groeiseizoen 1996   |   |    |    |  |     |     |                     |
| feb-96              | analyse bodemvoorraad N-mineraal                                  | 38 |    |  |     |     | Rusthoeve           |
| 10-06-96            | mesgift bij start groeiseizoen                                    |    | 60 |  |     |     | Rusthoeve           |
|                     | bodemvoorraad N bij start groeiseizoen                            |    |    |  |     | 98  |                     |
|                     | mesgift gedurende groeiseizoen                                    | 0  |    |  |     |     | Rusthoeve           |
|                     | atmosferische depositie tijdens groeiseizoen                      | 14 |    |  |     |     | RIVM Milieudiagnose |
| aug-96              | bodemvoorraad N tijdens groeiseizoen                              |    |    |  |     | 112 |                     |
|                     | gewasafvoer: gras en braak  |    |    |  | 0   |     | Rusthoeve           |
| winterseizoen 96/97 | bodemvoorraad na het groeiseizoen                                 |    |    |  |     | 112 |                     |
|                     | atmosferische depositie tijdens winterseizoen                     |    | 14 |  |     |     | RIVM Milieudiagnose |
|                     | denitrificatie tijdens winterseizoen                              |    |    |  | 6   |     | data Praktijkproef  |
|                     | Stikstof-afvoer tijdens winterseizoen (potentieel)                |    |    |  | 106 |     | berekend            |
| groeiseizoen 1997   |   |    |    |  |     |     |                     |
| feb-97              | analyse bodemvoorraad N-mineraal                                  | 15 |    |  |     |     | Rusthoeve           |

| <b>Bijlage 7.1: Fosfaatbalansen 1990 t/m 1996</b> |  | <b>perceel 3</b>                       |                 |                      |
|---|--|--|-----------------|----------------------|
| <b>Praktijkproef Nutriëntenbalans</b>             |  | <b>alle balansposten in kg/ha P2O5</b> |                 |                      |
| <b>datum</b>                                      |  | <b>P aanvoer</b>                       | <b>P afvoer</b> | <b>referentie</b>    |
| <b>groeiseizoen 1990</b>                          |  |  |                 |                      |
| 16-03-90  | mestgift bij start groeiseizoen                  | 112                                    |                 | Rusthoeve            |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen                  | 0                                      |                 | Rusthoeve            |
|   | atmosferische depositie per jaar                 | 0.5                                    |                 | WL-studie VM         |
| aug-90  | gewasafvoer: aardappelen                         |  | 49              | Rusthoeve            |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen             |  | 63              | berekend             |
| <b>groeiseizoen 1991</b>                          |  |  |                 |                      |
| 18-03-91  | mestgift bij start groeiseizoen                  | 28                                     |                 | Rusthoeve            |
| 26-04-91  | mestgift gedurende groeiseizoen                  | 28                                     |                 | Rusthoeve            |
|   | atmosferische depositie per jaar                 | 0.5                                    |                 | WL-studie VM         |
| sep-91  | gewasafvoer: winterarwe                          |  | 72              | Rusthoeve            |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen             |  | -16             | berekend             |
| <b>groeiseizoen 1992</b>                          |  |  |                 |                      |
| 9-03-92   | mestgift bij start groeiseizoen                  | 0                                      |                 | Rusthoeve            |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen                  | 0                                      |                 | Rusthoeve            |
|   | atmosferische depositie per jaar                 | 0.5                                    |                 | WL-studie VM         |
| aug-92  | gewasafvoer: olievlas                            |  | 6               | Rusthoeve            |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen             |  | -6              | berekend             |
| <b>groeiseizoen 1993</b>                          |  |  |                 |                      |
| 23-02-93  | mestgift bij start groeiseizoen                  | 0                                      |                 | Rusthoeve            |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen                  | 0                                      |                 | Rusthoeve            |
|   | atmosferische depositie per jaar                 | 0.5                                    |                 | WL-studie VM         |
| aug-93  | gewasafvoer: zomergerst                          |  | 56              | Rusthoeve            |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen             |  | -56             | berekend             |
| <b>groeiseizoen 1994</b>                          |  |  |                 |                      |
| 15-02-94  | mestgift bij start groeiseizoen                  | 98                                     |                 | Rusthoeve            |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen                  | 0                                      |                 | Rusthoeve            |
|   | atmosferische depositie per jaar                 | 0.5                                    |                 | WL-studie VM         |
| aug-94  | gewasafvoer: suikerbieten                        |  | 65              | Rusthoeve            |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen             |  | 33              | berekend             |
| <b>groeiseizoen 1995</b>                          |  |  |                 |                      |
| 22-03-95  | mestgift bij start groeiseizoen                  | 44                                     |                 | Rusthoeve            |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen                  | 0                                      |                 | Rusthoeve            |
|   | atmosferische depositie per jaar                 | 0.5                                    |                 | WL-studie VM         |
| aug-95  | gewasafvoer: zomergerst                          |  | 57              | Rusthoeve            |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen             |  | -13             | berekend             |
| <b>groeiseizoen 1996</b>                          |  |  |                 |                      |
| 13-03-96  | mestgift bij start groeiseizoen                  | 84                                     |                 | Rusthoeve            |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen                  | 0                                      |                 | Rusthoeve            |
|   | atmosferische depositie per jaar                 | 0.5                                    |                 | WL-studie VM         |
| aug-96  | gewasafvoer: aardappelen                         |  | 67              | Rusthoeve            |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen             |  | 17              | berekend             |
|   |  |  |                 |                      |
|   |  |  |                 |                      |
|   | <b>Totale verandering P-balans 1990 t/m 1996</b> |  | <b>+ 22</b>     | <b>(= overschot)</b> |

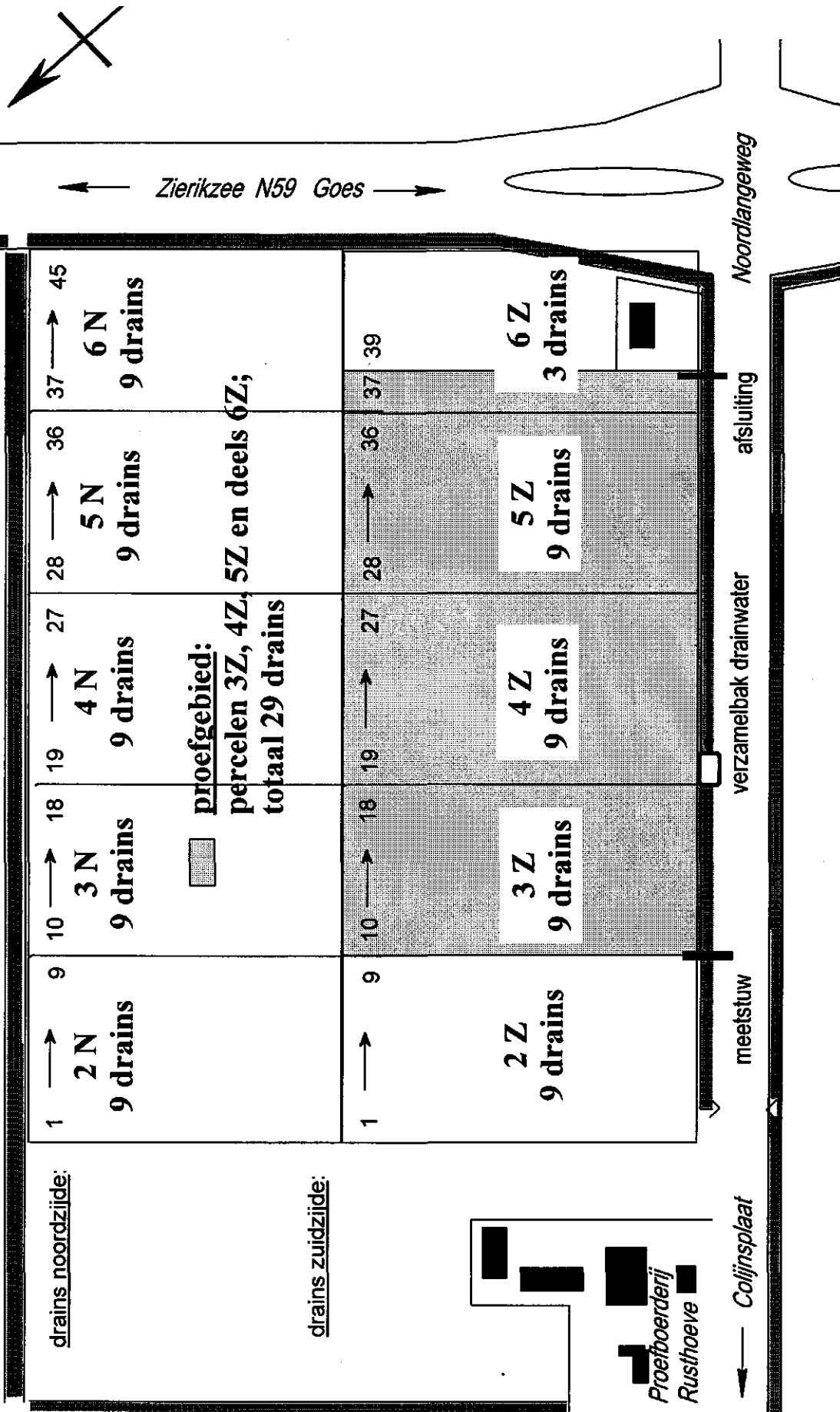
| <b>Bijlage 7.2: Fosfaatbalansen 1990 t/m 1996</b> |                                      | <b>perceel 4</b>                |                            |
|---|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| <b>Praktijkproef Nutriëntenbalans</b>             |                                      | alle balansposten in kg/ha P2O5 |                            |
| <b>datum</b>                                      |                                      | <b>P aanvoer</b>                | <b>P afvoer referentie</b> |
| <b>groeiseizoen 1990</b>                          |                                      |                                 |                            |
| 23-02-90  | mestgift bij start groeiseizoen      | 21                              | Rusthoeve                  |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen      | 0                               | Rusthoeve                  |
|   | atmosferische depositie per jaar     | 0.5                             | WL-studie VM               |
| aug-90  | gewasafvoer: wintertarwe             |                                 | 73 Rusthoeve               |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen |                                 | -52 berekend               |
| <b>groeiseizoen 1991</b>                          |                                      |                                 |                            |
| 4-02-91   | mestgift bij start groeiseizoen      | 84                              | Rusthoeve                  |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen      | 0                               | Rusthoeve                  |
|   | atmosferische depositie per jaar     | 0.5                             | WL-studie VM               |
| sep-91  | gewasafvoer: sulkerbieten            |                                 | 68 Rusthoeve               |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen |                                 | 16 berekend                |
| <b>groeiseizoen 1992</b>                          |                                      |                                 |                            |
| 29-02-92  | mestgift bij start groeiseizoen      | 35                              | Rusthoeve                  |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen      | 0                               | Rusthoeve                  |
|   | atmosferische depositie per jaar     | 0.5                             | WL-studie VM               |
| aug-92  | gewasafvoer: zomergerst              |                                 | 51 Rusthoeve               |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen |                                 | -16 berekend               |
| <b>groeiseizoen 1993</b>                          |                                      |                                 |                            |
| 16-04-93  | mestgift bij start groeiseizoen      | 105                             | Rusthoeve                  |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen      | 0                               | Rusthoeve                  |
|   | atmosferische depositie per jaar     | 0.5                             | WL-studie VM               |
| aug-93  | gewasafvoer: aardappelen             |                                 | 66 Rusthoeve               |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen |                                 | 39 berekend                |
| <b>groeiseizoen 1994</b>                          |                                      |                                 |                            |
| 14-02-94  | mestgift bij start groeiseizoen      | 0                               | Rusthoeve                  |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen      | 0                               | Rusthoeve                  |
|   | atmosferische depositie per jaar     | 0.5                             | WL-studie VM               |
| aug-94  | gewasafvoer: wintertarwe             |                                 | 96 Rusthoeve               |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen |                                 | -96 berekend               |
| <b>groeiseizoen 1995</b>                          |                                      |                                 |                            |
| 22-03-95  | mestgift bij start groeiseizoen      | 65                              | Rusthoeve                  |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen      | 0                               | Rusthoeve                  |
|   | atmosferische depositie per jaar     | 0.5                             | WL-studie VM               |
| aug-95  | gewasafvoer: zaaiuien                |                                 | 38 Rusthoeve               |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen |                                 | 27 berekend                |
| <b>groeiseizoen 1996</b>                          |                                      |                                 |                            |
| 15-03-96  | mestgift bij start groeiseizoen      | 110                             | Rusthoeve                  |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen      | 0                               | Rusthoeve                  |
|   | atmosferische depositie per jaar     | 0.5                             | WL-studie VM               |
| aug-96  | gewasafvoer: wintertarwe             |                                 | 80 Rusthoeve               |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen |                                 | 30 berekend                |
| <b>Totale verandering P-balans 1990 t/m 1996</b>  |                                      | <b>- 52</b>                     | <b>(= tekort)</b>          |

| <b>Bijlage 7.3: Fosfaatbalansen 1990 t/m 1996</b> |                                      | <b>perceel 5</b>                       |                 |                   |
|---|--------------------------------------|--|-----------------|-------------------|
| <b>Praktijkproef Nutriëntenbalans</b>             |                                      | <b>alle balansposten in kg/ha P2O5</b> |                 |                   |
| <b>datum</b>                                      |                                      | <b>P aanvoer</b>                       | <b>P afvoer</b> | <b>referentie</b> |
| <b>groeiseizoen 1990</b>                          |                                      |  |                 |                   |
|   | mestgift bij start groeiseizoen      | 0                                      |                 | Rusthoeve         |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen      | 0                                      |                 | Rusthoeve         |
|   | atmosferische depositie per jaar     | 0.5                                    |                 | WL-studie VM      |
| aug-90  | gewasafvoer: erwten                  |  | 73              | Rusthoeve         |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen |  | -73             | berekend          |
| <b>groeiseizoen 1991</b>                          |                                      |  |                 |                   |
| 14-02-91  | mestgift bij start groeiseizoen      | 38                                     |                 | Rusthoeve         |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen      | 0                                      |                 | Rusthoeve         |
|   | atmosferische depositie per jaar     | 0.5                                    |                 | WL-studie VM      |
| sep-91  | gewasafvoer: zomergerst              |  | 58              | Rusthoeve         |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen |  | -20             | berekend          |
| <b>groeiseizoen 1992</b>                          |                                      |  |                 |                   |
| 15-05-92  | mestgift bij start groeiseizoen      | 70                                     |                 | Rusthoeve         |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen      | 0                                      |                 | Rusthoeve         |
|   | atmosferische depositie per jaar     | 0.5                                    |                 | WL-studie VM      |
| aug-92  | gewasafvoer: aardappelen             |  | 78              | Rusthoeve         |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen |  | -8              | berekend          |
| <b>groeiseizoen 1993</b>                          |                                      |  |                 |                   |
| 24-02-93  | mestgift bij start groeiseizoen      | 86                                     |                 | Rusthoeve         |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen      | 0                                      |                 | Rusthoeve         |
|   | atmosferische depositie per jaar     | 0.5                                    |                 | WL-studie VM      |
| aug-93  | gewasafvoer: suikerbieten            |  | 76              | Rusthoeve         |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen |  | 10              | berekend          |
| <b>groeiseizoen 1994</b>                          |                                      |  |                 |                   |
| 14-02-94  | mestgift bij start groeiseizoen      | 35                                     |                 | Rusthoeve         |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen      | 0                                      |                 | Rusthoeve         |
|   | atmosferische depositie per jaar     | 0.5                                    |                 | WL-studie VM      |
| aug-94  | gewasafvoer: zomergerst              |  | 54              | Rusthoeve         |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen |  | -19             | berekend          |
| <b>groeiseizoen 1995</b>                          |                                      |  |                 |                   |
| 22-03-95  | mestgift bij start groeiseizoen      | 22                                     |                 | Rusthoeve         |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen      | 0                                      |                 | Rusthoeve         |
|   | atmosferische depositie per jaar     | 0.5                                    |                 | WL-studie VM      |
| aug-95  | gewasafvoer: vlas en braak           |  | 8               | Rusthoeve         |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen |  | 14              | berekend          |
| <b>groeiseizoen 1996</b>                          |                                      |  |                 |                   |
| 10-06-96  | mestgift bij start groeiseizoen      | 0                                      |                 | Rusthoeve         |
|   | mestgift gedurende groeiseizoen      | 0                                      |                 | Rusthoeve         |
|   | atmosferische depositie per jaar     | 0.5                                    |                 | WL-studie VM      |
| aug-96  | gewasafvoer: braak en gras           |  | 0               | Rusthoeve         |
|   | Fosfaat-afvoer tijdens winterseizoen |  | 0               | berekend          |
| <b>Totale verandering P-balans 1990 t/m 1996</b>  |                                      |  | <b>- 96</b>     | <b>(= tekort)</b> |

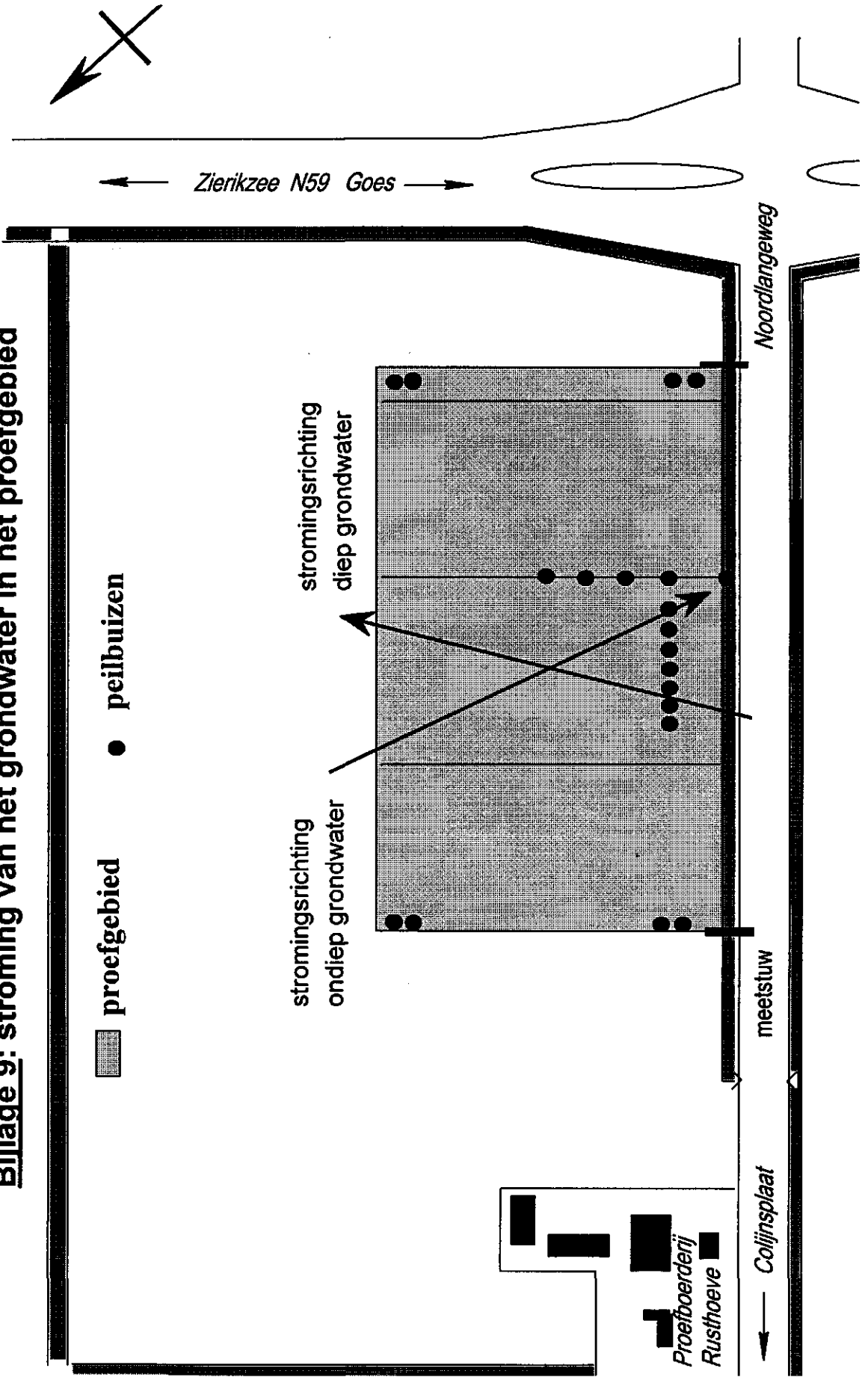


| Bijlage 7.4: Kalibalansen 1990 t/m 1996 |  | perceel 3, 4 en 5              |                          |
|---|--|--------------------------------|--------------------------|
| Praktijkproef Nutriëntenbalans          |  | alle balansposten in kg/ha K2O |                          |
| datum                                   |  | K aanvoer                      | K afvoer referentie      |
| <b>perceel 3</b>                        |  |                                |                          |
| <b>groeiseizoen 1990</b>                |  |                                |                          |
| 20-09-90                                | mestgift   | 600                            | Rusthoeve                |
| aug-90                                  | gewasafvoer: aardappelen                         |                                | 205 Rusthoeve            |
|   | resultaat kali-balans 1990                       |                                | 395 berekend             |
| <b>groeiseizoen 1991</b>                |  |                                |                          |
| 14-09-91                                | mestgift   | 300                            | Rusthoeve                |
| sep-91                                  | gewasafvoer: winterarwe                          |                                | 42 Rusthoeve             |
|   | resultaat kali-balans 1991                       |                                | 258 berekend             |
| <b>groeiseizoen 1992</b>                |  |                                |                          |
| aug-92                                  | mestgift   | 0                              | Rusthoeve                |
|   | gewasafvoer: olievlas                            |                                | 10 Rusthoeve             |
|   | resultaat kali-balans 1992                       |                                | -10 berekend             |
| <b>groeiseizoen 1993</b>                |  |                                |                          |
| 7-09-93                                 | mestgift   | 300                            | Rusthoeve                |
| aug-93                                  | gewasafvoer: zomergerst                          |                                | 42 Rusthoeve             |
|   | resultaat kali-balans 1993                       |                                | 258 berekend             |
| <b>groeiseizoen 1994</b>                |  |                                |                          |
| aug-94                                  | mestgift   | 0                              | Rusthoeve                |
|   | gewasafvoer: suikerbieten                        |                                | 150 Rusthoeve            |
|   | resultaat kali-balans 1994                       |                                | -150 berekend            |
| <b>groeiseizoen 1995</b>                |  |                                |                          |
| aug-95                                  | mestgift   | 0                              | Rusthoeve                |
|   | gewasafvoer: zomergerst                          |                                | 43 Rusthoeve             |
|   | resultaat kali-balans 1995                       |                                | -43 berekend             |
| <b>groeiseizoen 1996</b>                |  |                                |                          |
| aug-96                                  | mestgift   | 0                              | Rusthoeve                |
|   | gewasafvoer: aardappelen                         |                                | 280 Rusthoeve            |
|   | resultaat kali-balans 1996                       |                                | -280 berekend            |
|   | <b>Totale verandering K-balans 1990 t/m 1996</b> |                                | <b>228 (= overschot)</b> |
| <b>perceel 4</b>                        |  |                                |                          |
| <b>groeiseizoen 1990</b>                |  |                                |                          |
| 20-09-90                                | mestgift   |                                | Rusthoeve                |
| aug-90                                  | gewasafvoer: aardappelen                         |                                | Rusthoeve                |
|   | resultaat kali-balans 1990                       |                                | berekend                 |
| <b>groeiseizoen 1991</b>                |  |                                |                          |
| 14-09-91                                | mestgift   |                                | Rusthoeve                |
| sep-91                                  | gewasafvoer: winterarwe                          |                                | Rusthoeve                |
|   | resultaat kali-balans 1991                       |                                | berekend                 |
| <b>groeiseizoen 1992</b>                |  |                                |                          |
| aug-92                                  | mestgift   |                                | Rusthoeve                |
|   | gewasafvoer: olievlas                            |                                | Rusthoeve                |
|   | resultaat kali-balans 1992                       |                                | berekend                 |
| <b>groeiseizoen 1993</b>                |  |                                |                          |

**Bijlage 8: nummering drains voor kaveldekkende bemonstering**



**Bijlage 9: stroming van het grondwater in het proefgebied**



| <b>Bijlage 10: Bodemvoorraad N mineraal 1990 t/m 1996</b> |              |                                |                           | <b>perceel 1 t/m 6</b> |  |  |  |
|---|--------------|--------------------------------|---------------------------|------------------------|--|--|--|
| <b>Praktijkproef Nutriëntenbalans</b>                     |              |                                |                           |                        |  |  |  |
| <b>perceel</b>  | <b>datum</b> | <b>N-mineraal<br/>(kgN/ha)</b> | <b>diepte<br/>(cm-mv)</b> |                        |  |  |  |
| 1-zuidzijde   | feb-92       | 86                             |                           |                        |  |  |  |
|   | feb-93       | 46                             |                           |                        |  |  |  |
|   | feb-95       | 25                             |                           |                        |  |  |  |
| 1-noordzijde  | feb-94       | 23                             |                           |                        |  |  |  |
| 2   | feb-90       | 71                             | 0-60                      |                        |  |  |  |
|   | feb-91       | 35                             | 0-90                      |                        |  |  |  |
|   | feb-95       | 77                             | 0-90                      |                        |  |  |  |
| 3   | feb-90       | 50                             | 0-60                      |                        |  |  |  |
|   | feb-91       | 80                             | 0-90                      |                        |  |  |  |
|   | feb-92       | 30                             |                           |                        |  |  |  |
|   | feb-93       | 28                             |                           |                        |  |  |  |
|   | feb-94       | 18                             |                           |                        |  |  |  |
|   | feb-95       | 134                            | 0-90                      |                        |  |  |  |
|   | feb-96       | 120                            | 0-60                      |                        |  |  |  |
| 4   | feb-90       | 150                            | 0-90                      |                        |  |  |  |
|   | feb-91       | 28                             | 0-60                      |                        |  |  |  |
|   | feb-92       | 26                             |                           |                        |  |  |  |
|   | feb-93       | 30                             |                           |                        |  |  |  |
|   | feb-94       | 38                             |                           |                        |  |  |  |
|   | feb-95       | 91                             | 0-90                      |                        |  |  |  |
|   | feb-96       | 60                             |                           |                        |  |  |  |
| 5   | feb-91       | 40                             | 0-60                      |                        |  |  |  |
|   | feb-92       | 138                            |                           |                        |  |  |  |
|   | feb-93       | 26                             |                           |                        |  |  |  |
|   | feb-94       | 20                             |                           |                        |  |  |  |
|   | feb-95       | 51                             | 0-90                      |                        |  |  |  |
|   | feb-96       | 38                             |                           |                        |  |  |  |
| 6-zuidzijde   | feb-91       | 85                             |                           |                        |  |  |  |
|   | feb-92       | 36                             |                           |                        |  |  |  |
|   | feb-94       | 40                             |                           |                        |  |  |  |
|   | feb-95       | 10                             |                           |                        |  |  |  |
|   | feb-96       | 38                             |                           |                        |  |  |  |
| 6-noordzijde  | feb-94       | 13                             | 0-60                      |                        |  |  |  |
|   | feb-95       | 50                             | 0-90                      |                        |  |  |  |

**Errata:**

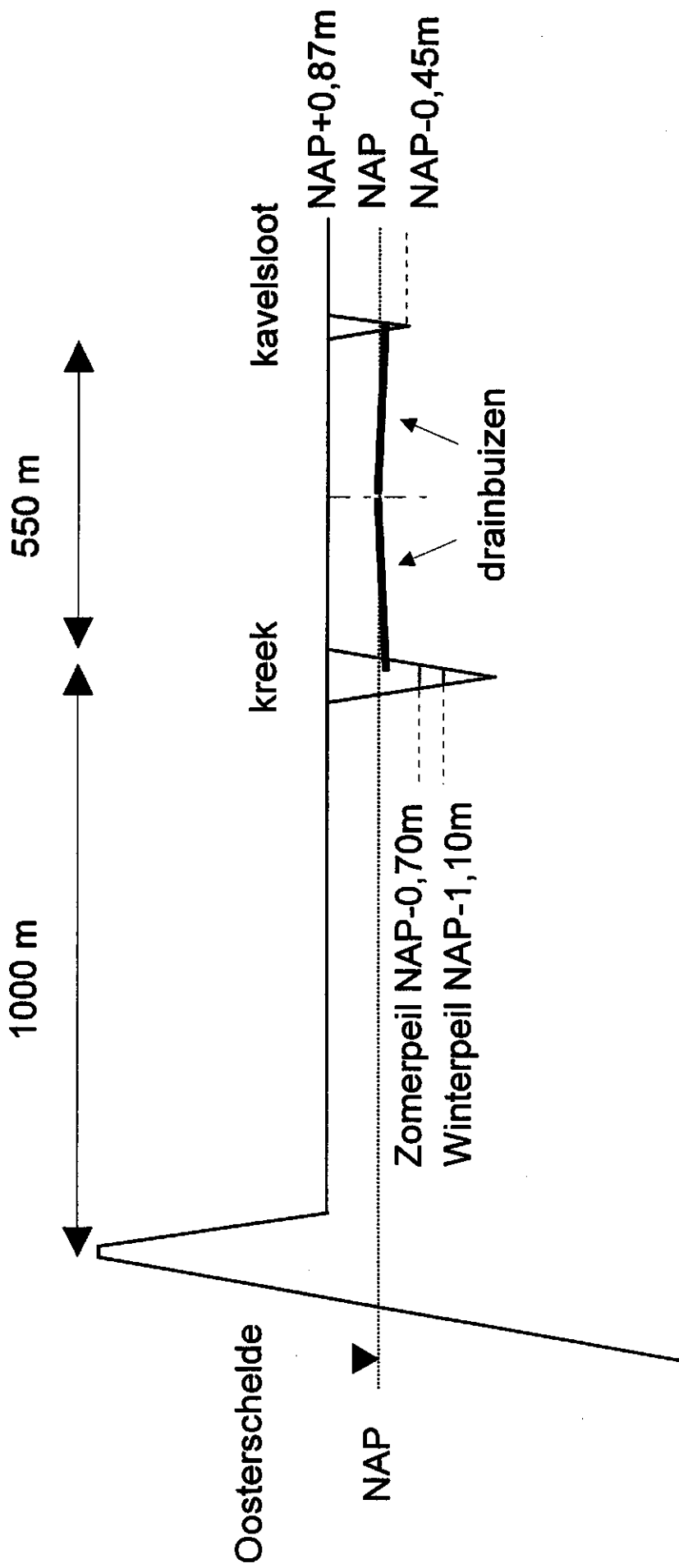
**Bijlage 1 en 2:**

Weg Zierikzee-Goes is N 256 i.p.v. N59

**Bijlage 9:**

Wordt vervangen door figuur aan achterzijde van dit blad.

**Biilage 9: Schematische dwarsdoorsnede waterhuishoudkundige situatie te lokatie proefboerderij De Rusthoeve**



Verticale schaal 1:100  
Horizontale schaal 1:10.000