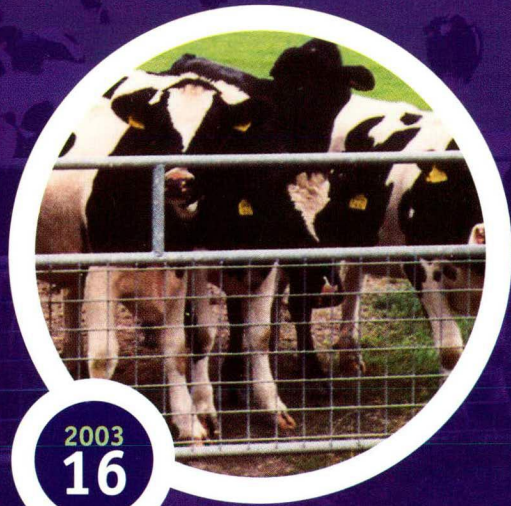


DL: 30429

stowa

GRASLAND OP ZAND

DIFFUSE BELASTING VAN OPPERVLAKTEWATER MET NUTRIËNTEN UIT DE VEEHOUDERIJ (DOVE)



RAPPORT

2003
16

**HANDCOLLECTIE
WD**

Diffuse belasting van Oppervlaktewater met nutriënten uit de Veehouderij (DOVE)

C2u611

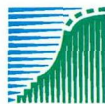
Grasland op zand



Rijksstaat/RIZA
Rijksinstituut voor
Integraal Zoetwaterbeheer en
Afwalwaterbehandeling
Documentatie
Postbus 17
8200 AA Lelystad

2003
16

RAPPORT



**landbouw, natuur en
voedselkwaliteit**



Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

WATERSCHAP REGGE EN DINKEL



ISBN 90.5773.222.x



COLOFON

Utrecht, 2003

UITGAVE STOWA, Utrecht

AUTEUR R. Torenbeek (Arcadis)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

H. Aalderink (ARCADIS)

Beldman (LEI-DLO)

R. Kruijne (Alterra)

C. Meinardi (RIVM)

O. Oenema (Alterra)

mv. S. Plette (RIZA)

G. Pol (GLTO)

R. Schuiling (Waterschap Velt en Vecht)

R. Torenbeek (ARCADIS)

T. Voskamp (Waterschap Regge en Dinkel)

M. Talsma (STOWA)

FOTO OMSLAG

Willem Lucassen

DRUK

Kruyt Grafisch Advies Bureau

STOWA rapportnummer 2003-16

ISBN 90.5773.222.x

TEN GELEIDE

Halverwege de jaren '90 van de 20^e eeuw werd door de waterschappen en de ministeries van LNV, VROM en V&W geconstateerd dat er voor de melkveehouderij weinig meetgegevens voorhanden zijn over de relatie tussen bedrijfsvoering, bemesting en nutriëntenoverschotten aan de ene kant en de belasting van het oppervlaktewater met stikstof (N) en fosfaat (P) aan de andere kant. Als reactie op deze constatering werden drie projecten gestart onder de verzamelnaam DOVE (Diffuse belasting Oppervlaktewater uit de Veehouderij). De DOVE-projecten zijn op drie grondsoorten gestart: zand, veen en klei. Het voorliggende rapport betreft het onderzoek op zand en is uitgevoerd op de proeflocatie Den Pol nabij Enschede in de periode 1999-2001. Het doel van alle DOVE-projecten is het kwantificeren van de bijdrage van de melkveehouderij aan de belasting van het oppervlaktewater met N en P door metingen.

Het onderzoek op locatie Den Pol is in opdracht van de STOWA uitgevoerd. Het project is gefinancierd door het Ministerie van LNV, het Ministerie van VROM en Rijkswaterstaat en de STOWA. Het Waterschap Regge en Dinkel heeft in het project bijgedragen door het uitvoeren van bemonsteringen en analyses.

Bij de realisatie zijn verschillende partijen betrokken: het LEI (voorgeschiedenis en mineralenbalansen), Alterra (processen in de bodem: stikstofmineralisatie, denitrificatie, fosfaatsorptie en -desorptie, het RIVM (afvoer van water en stoffen van de bodem naar de sloten) en ARCADIS (modellering waterafvoer van bodem naar de sloten en het voorliggende samenvattende eindrapport). De bemonsteringen en de analyses zijn, zoals vermeld, uitgevoerd door het Waterschap Regge en Dinkel. Door het LEI, Alterra en het RIVM zijn aparte deelrapportages uitgebracht. Het voorliggende rapport is geschreven door ARCADIS (R. Torenbeek). Alle rapportages zijn in een brede begeleidingscommissie besproken, waarin de volgende personen zitting hadden: H. Aalderink (ARCADIS), A. Beldman (LEI-DLO), R. Kruijne (Alterra), C. Meinardi (RIVM), O. Oenema (Alterra), mv. S. Plette (RIZA), G. Pol (GLTO), R. Schuiling (Waterschap Velt en Vecht), R. Torenbeek (ARCADIS), T. Voskamp (Waterschap Regge en Dinkel) en M. Talsma (STOWA).

Bij deze willen wij met name de Maatschap Stokkers-Tieberink bedanken voor de medewerking aan het onderzoek.

Utrecht, september 2003

De directeur van de STOWA
Ir. J.M.J. Leenen

SAMENVATTING

AANLEIDING EN METHODE

Om de kennis over nutriëntenverliezen naar het oppervlaktewater te vergroten is in opdracht van de ministeries van LNV, VROM en V&W, de waterschappen en de STOWA in 1998 het project "Diffuse belasting van het Oppervlaktewater vanuit de Veehouderij" (kortweg: DOVE) gestart. Daarbij worden op proeflocaties de nutriëntenstromen op perceelsniveau gemeten. De metingen zijn uitgevoerd bij graslandpercelen, waarbij onderscheid is gemaakt tussen zand, klei en veen. Dit rapport gaat over het onderzoek grasland op zand, uitgevoerd op de locatie Den Pol nabij Enschede.

Er zijn twee typen nutriëntenbalansen opgesteld: één op bedrijfsniveau en één op perceelniveau. Een bedrijfsbalans heeft het bedrijf als grens. Uitwisseling vindt plaats met de markt (vee, melk, mest, voer, strooisel) en het milieu (bodem, grondwater, oppervlaktewater en atmosfeer). Een perceelsbalans heeft het perceel als grens. Het gewas maakt onderdeel uit van het perceel, maar het vee niet. Uitwisseling vindt plaats via gewas, vee, bemesting en het milieu (grondwater, oppervlaktewater, atmosfeer).

BEDRIJFSBALANS

Op basis van de boekhouding van het bedrijf zijn stikstof- en fosfaatbalansen op bedrijfsniveau opgesteld over de jaren 1989-1997. De conclusie uit deze bedrijfsbalansen is dat er veel meer nutriënten via de markt worden aangevoerd dan afgevoerd. In de loop der jaren is echter geleidelijk steeds minder mest ingekocht, waardoor het nutriëntenoverschot steeds verder daalt. In 1989/1990 bedroeg het jaarlijks overschot voor stikstof nog ruim 400 kgN/ha en voor fosfaat ruim 40 kgP/ha. In 1996/1997 waren deze waarden gedaald tot ca. 200 kgN/ha en 17 kgP/ha. Genoemde getallen geven de netto *uitwisseling* met het milieu.

Voor stikstof moet daarbij rekening worden gehouden met aanvoer uit het milieu van ca. 50 kgN/ha via depositie, zodat de totale *emissie* van stikstof in 1996/1997 ca. 250 kgN/ha bedroeg. Voor fosfaat is de aanvoer uit het milieu ten opzichte van de emissie te verwaarlozen.

PERCEELBALANS

Op basis van metingen van waterstromen, concentraties en processen zijn stikstof- en fosfaatbalansen op perceelsniveau opgesteld. Voor stikstof wordt een emissie van ruim 180 kgN/ha.jr berekend, bestaande uit een emissie van ruim 70 kgN/ha.jr naar het oppervlaktewater (uitspoeling en run-off) en een emissie van bijna 110 kgN/ha.jr. naar de atmosfeer (vervluchtiging NH₃ en denitrificatie). Voor fosfaat wordt een gemiddelde emissie van 1,6 kgP/ha.jr. berekend (uitspoeling en run-off).

VERGELIJKING

Bij vergelijking van de berekende emissies van beide type balansen, moet bedacht worden dat emissie van ammoniak uit de stallen wel een rol speelt in de balansen op bedrijfsniveau, maar niet in de balansen op perceelsniveau. Voor fosfaat geldt dat adsorptie in de bodem niet apart gemeten is. De restpost op de perceelsbalans kan verklaard worden met adsorptie. De restpost op de bedrijfsbalans is een combinatie van adsorptie en uit- en afspoeling.

Verder kunnen bij zowel stikstof als de fosfaat verschillen tussen de emissies van beide type balansen ontstaan door verschil in emissie van andere percelen binnen het bedrijf.

De berekende emissies van stikstof liggen voor beide type balansen echter in dezelfde orde van grootte. Dit is voor fosfaat niet het geval: bij de balans op bedrijfsniveau wordt een 10 maal zo grote emissie berekend als bij de balans op perceelsniveau.

Dit betekent dat er enkele percelen op het bedrijf zijn, die een veel grotere fosfaat-emissie hebben dan die van de proefpercelen. Mogelijk zijn er percelen op het bedrijf waar een veel hogere mestgift toegepast wordt.

EMISSIEROUTES NAAR OPPERVLAKTEWATER

Op basis van de perceelsbalansen wordt geconcludeerd dat gemiddeld 22% van de toegevoerde stikstof via denitrificatie in het milieu verdwijnt en 12% door uitspoeling in het oppervlaktewater terecht komt. Run-off speelt bij deze laatste emissieroute nauwelijks een rol van betekenis. Voor fosfaat liggen de cijfers anders: de emissie naar het oppervlaktewater bedraagt slechts ca. 7% van de balans op perceelsniveau. Het grootste gedeelte van deze emissie vindt plaats via run-off.

De gehalten van stikstof en fosfaat in het grondwater, het run-off water en het bodemvocht van de slootbodem zijn merendeels zo hoog, dat uitspoeling tot problemen voor de waterkwaliteit leidt. Voor stikstof liggen alle genoemde gehalten in dezelfde orde van grootte (12-19 mgN/l). Bij fosfaat is de variatie in gehalten veel groter: deze lopen uiteen van 0,06 tot ruim 3 mgP/l. Deze verschillen kunnen samenhangen met lokale verschillen in de fosfaatverzadigingsgraad van de bodem. Het hoogste fosfaatgehalte wordt gemeten in run-off water. Dit water is te kort en in onvoldoende mate met de bodem in contact geweest om het proces van adsorptie te laten plaatsvinden.

AANPAK EUTROFIËRING

Bij de aanpak van de eutrofiëring van het oppervlaktewater is de fosfaatverzadigingsgraad van de bodem belangrijk, maar ook het voorkomen van run-off. De metingen op de proefpercelen laten zien dat het mogelijk is bij percelen waarvan de bodem (nog) niet met fosfaat verzadigd is, de fosfaatuitspoeling zeer laag te houden. De vraag is of dit (door een geringe fosfaatgift) ook mogelijk is bij percelen waarvan de bodem wel met fosfaat verzadigd is.

Voor stikstof is denitrificatie een belangrijk proces bij de aanpak van de eutrofiëring van het oppervlaktewater. Deze blijkt een belangrijke afvoerpost op de perceelsbalans te zijn. Met name het verhogen van de grondwaterstand om de denitrificatie te stimuleren, is dan een goede maatregel.

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. In 2002 waren dat alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen, de provincies en het Rijk (i.c. het Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en de Dienst Weg- en Waterbouw).

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van behoefteinventarisaties bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n vijf miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: +31 (0)30-2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl.

DIFFUSE BELASTING VAN OPPERVLAKTEWATER MET NUTRIËNTEN UIT DE VEEHOUDERIJ (DOVE)

GRASLAND OP ZAND

INHOUD

| | | |
|----------|------------------------|----------|
| | Colofon | |
| | Ten geleide | |
| | Samenvatting | |
| | STOWA in het kort | |
| 1 | INLEIDING | 1 |
| | 1.1 Aanleiding | 1 |
| | 1.2 Doel | 1 |
| | 1.3 Leeswijzer | 1 |
| 2 | LOCATIE DEN POL | 2 |
| | 2.1 Locatie den Pol | 2 |

| | | |
|-----|---|----|
| 2.2 | Grond – bodemeigenschappen | 2 |
| 2.3 | Onderzoeksperceel | 2 |
| 3 | OPZET ONDERZOEK | 5 |
| 4 | BEDRIJFSBALANS | 9 |
| 4.1 | Inleiding | 9 |
| 4.2 | Resultaten | 9 |
| 5 | PERCEELSBALANS | 11 |
| 5.1 | Inleiding | 11 |
| 5.2 | Waterbalans | 11 |
| 5.3 | Nutriëntenbalansen | 12 |
| 6 | DISCUSSIE | 18 |
| 6.1 | Betrouwbaarheid gegevens | 18 |
| 6.2 | Analyse van de balansen | 20 |
| 6.3 | Vergelijking balansen op bedrijfs- en perceelsniveau. | 23 |
| 6.4 | Vergelijking concentraties | 24 |
| 6.5 | Vergelijking met literatuur | 25 |
| 6.6 | Aanpak eutrofiëring | 26 |
| 7 | CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN | 27 |
| | LITERATUUR | 28 |

1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING

In veel Nederlandse oppervlaktewateren worden de wettelijke normen voor de concentraties aan stikstof (N) en fosfaat (P) overschreden. Eén van de belangrijke bronnen is de landbouwsector, met name de melkveehouderij. De intensivering in deze bedrijfstak heeft tot hoge producties geleid, maar ook tot hoge nutriëntenstromen, waarbij de kans op verliezen groot is. Een deel van deze verliezen kan via uit- en afspoeling in het oppervlaktewater terecht komen. Te hoge nutriënten in het oppervlaktewater leidt tot eutrofiëring met kans op overmatige groei van algen.

Via het mestbeleid wordt al jaren lang getracht deze verliesposten te reduceren en te streven naar gesloten nutriënten kringlopen. Toch worden onvoldoende resultaten geboekt, en komen nog steeds te hoge concentraties voor. Om de kennis over nutriëntenverliezen naar het oppervlaktewater te vergroten is in opdracht van de ministeries van LNV, VROM en V&W, de waterschappen en de STOWA in 1998 het project "Diffuse belasting van het Oppervlaktewater vanuit de Veehouderij" (kortweg: DOVE) gestart. Daarbij worden op proeflocaties de nutriëntenstromen op perceelsniveau gemeten. De kennis die met dit project verkregen wordt, kan vervolgens gebruikt worden voor de ontwikkeling van maatregelen om de verliezen naar grond- en oppervlaktewater te beperken.

De metingen zijn uitgevoerd bij graslandpercelen, waarbij onderscheid is gemaakt tussen zand, klei en veen. Dit rapport gaat over het onderzoek grasland op zand, uitgevoerd op de locatie Den Pol nabij Enschede.

1.2 DOEL

Het doel van het DOVE project is de verliezen van stikstof en fosfaat naar grond- en oppervlaktewater in kaart te brengen. Deze algemene doelstelling is uitgesplitst naar de volgende twee subdoelstellingen:

- het opstellen van stikstof- en fosfaatbalansen op bedrijfsniveau;
- het opstellen van stikstof- en fosfaatbalansen op perceelsniveau.

1.3 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 wordt de proeflocatie beschreven en in hoofdstuk 3 de onderzoeksmethode. De resultaten worden in de hoofdstukken 4 en 5 gepresenteerd, respectievelijk op bedrijfsniveau en op perceelniveau. In hoofdstuk 6 vindt een discussie van de resultaten plaats. In hoofdstuk 7 worden conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

2

LOCATIE DEN POL

2.1 LOCATIE DEN POL

Dit onderzoek is uitgevoerd op locatie den Pol nabij Boekelo. De twee percelen waar de metingen zijn verricht zijn in gebruik bij de familie Stokkers-Tieberink. Het bedrijf dateert van ongeveer 1800 en is in 1871 verplaatst. Van oudsher is het een gemengd bedrijf en op deze manier is dit bedrijf nog steeds in gebruik.

2.2 GROND – BODEMEIGENSCHAPPEN

De percelen zijn gelegen in kalkloze zandgronden. In dit type zandgronden wordt fosfaat sterk gebonden. Hierbij worden twee reacties onderscheiden, namelijk een adsorptie reactie van fosfaat aan het oppervlak van microkristallijne/amorfe Al- en Fe-hydroxiden en het naar binnen dringen van fosfaat in deze Al- en Fe-verbindingen alwaar het ook wordt vastgelegd (geabsorbeerd en/of geprecipiteerd).

2.3 ONDERZOEKSPERCEEL

Op een tweetal percelen van het bedrijf van de familie Stokkers is onderzoek gedaan. Het gaat om twee percelen (Figuur 2.1): perceel 13 met een oppervlak van 1,4 ha en perceel 8 met een oppervlak van 1,2 ha. Perceel 8 wordt overigens in sommige deelonderzoeken opgesplitst in 8A (0,63 ha) en 8B (0,56 ha). De percelen zijn voor dit onderzoek gekozen omdat:

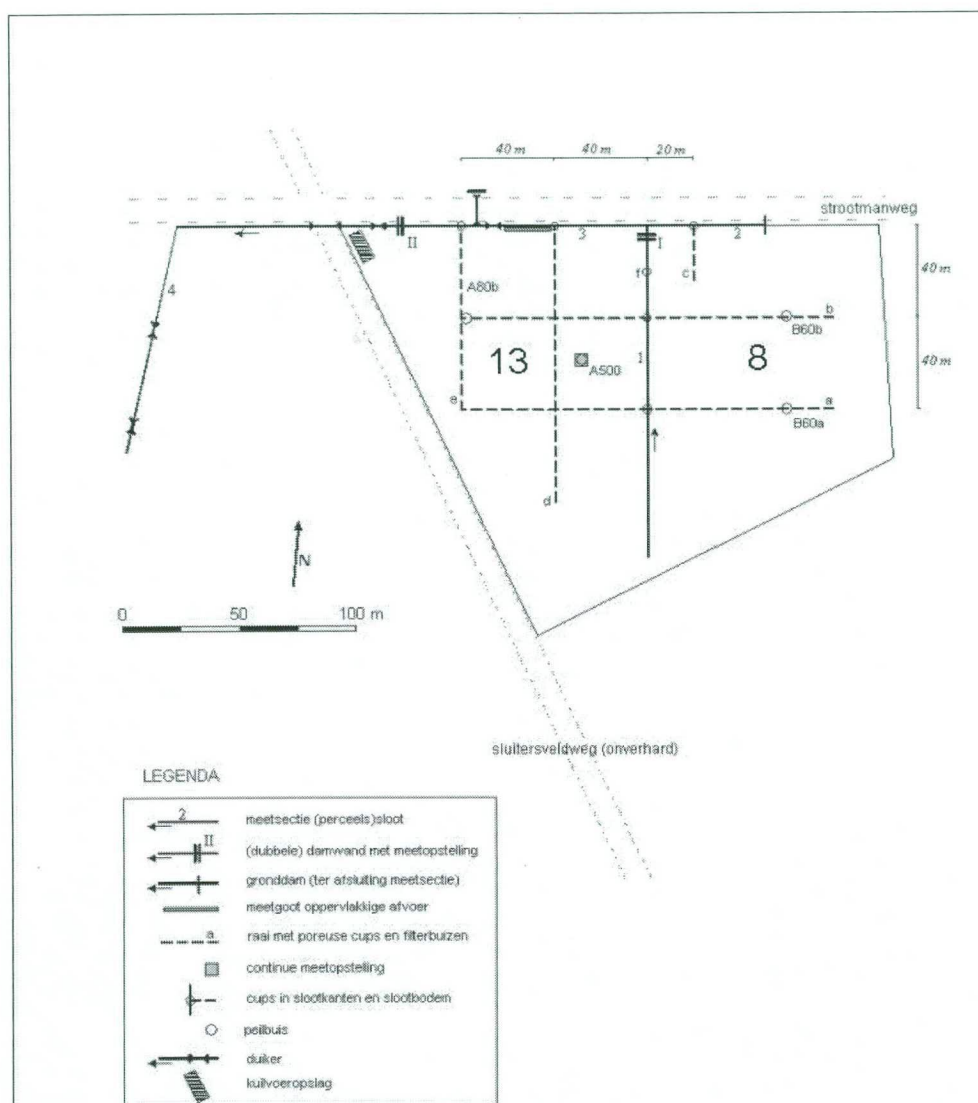
- het grondgebruik grasland is;
- van 1992 tot en met 1997 bemesting gegevens vastgelegd zijn in het kader van Management op Duurzame melkveehouderij bedrijven;
- de bodem uit zand bestaat, in dit geval leemarm en zwak lemig fijn zand.

AFBEELDING 2.1 BERMSLOOT (LINKS) EN HAAKS DAAROP DE PERCEELSLOOT (RECHTS) MET DEBIET-MEETOPSTELLING



FIGUUR 2.1

PROEFPERCELEN



In Tabel 2.1 zijn enkele algemene kengetallen van het bedrijf weergegeven. De onderzoekspercelen liggen op de veldkavel, dat wil zeggen op afstand van de boerderij. De percelen worden gescheiden door een perceelsloot, die uitmondt in een berm-sloot langs de Stootmanweg. De percelen zijn beiden meestal als grasland in gebruik geweest. Voor 1983 is er ook met koeien geweid. Na 1983 is alleen met jongvee geweid. Op beide betreffende percelen is af en toe snijmais geteeld. In Tabel 2.2 en Tabel 2.3 is het landgebruik voor beide percelen weergegeven.

TABEL 2.1

ENKELE KENGETALLEN VAN HET BEDRIJF

| | 1992/ 1993 | 1993/ 1994 | 1994/ 1995 | 1995/ 1996 | 1996/ 1997 |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Grasland (ha) | 15,3 | 15,3 | 15,5 | 16,1 | 16,1 |
| Maisland (ha) | 5,5 | 5,5 | 4,5 | 6,5 | 6,5 |
| Aantal koeien | 34 | 30 | 30 | 31 | 29 |
| Aantal pinken | 17 | 14 | 12 | 10 | 15 |
| Aantal kalveren | 15 | 13 | 12 | 16 | 14 |
| Aantal vleesvee | 0 | 1 | 0 | 4 | 1 |
| Jongveebezetting (aantal per 10 melkkoeien) | 9,5 | 9,0 | 8,1 | 8,6 | 9,9 |

TABEL 2.2 LANDGEBRUIK PERCEEL 13

| Periode | Gewas | Beweyding |
|------------|----------------|-----------------|
| Vóór 1975 | Gras | Koeien/ jongvee |
| 1975-1976 | Snijmaïs | - |
| 1977-1988 | gras | Koeien/ jongvee |
| 1982 | Herinzaai gras | |
| 1989-1990 | Snijmaïs | - |
| Vanaf 1991 | Gras | Jongvee |

TABEL 2.3 LANDGEBRUIK PERCEEL 8

| Periode | Gewas | Beweyding |
|------------|----------|------------------|
| Vóór 1978 | Gras | Koeien / jongvee |
| 1979 | Snijmaïs | - |
| 1980-1985 | Gras | Koeien / jongvee |
| 1986 | Snijmaïs | - |
| Vanaf 1987 | Gras | Jongvee |

AFBEELDING 2.2 MEETOPSTELLING OP PERCEEL 13



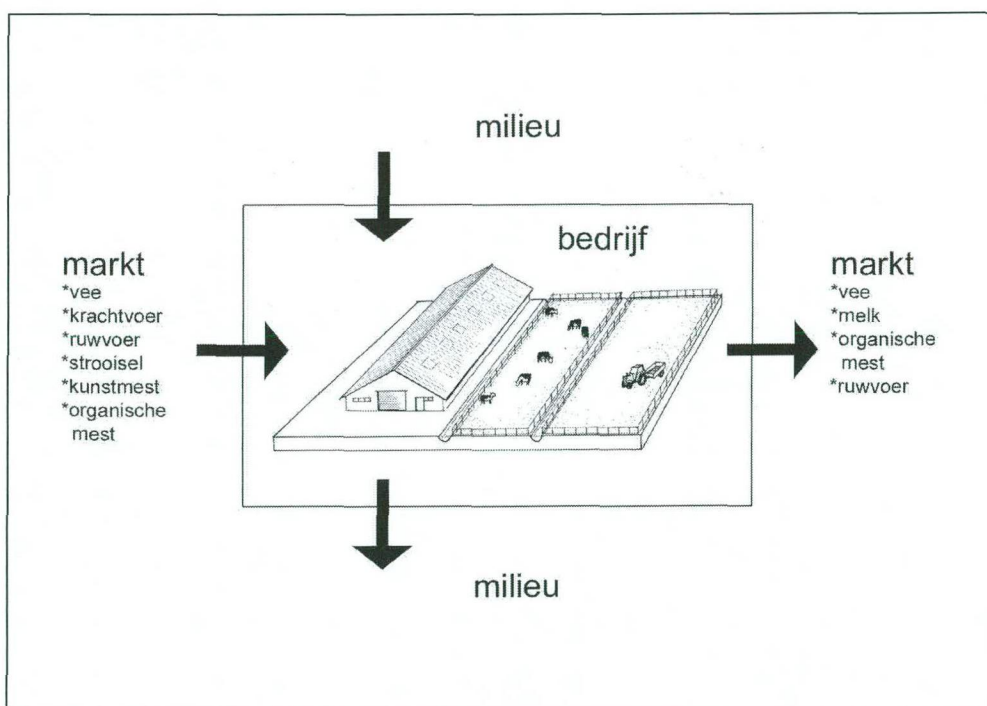
3

OPZET ONDERZOEK

Bij de doelstellingen is aangegeven dat er twee typen nutriëntenbalansen worden opgesteld: één op bedrijfsniveau en één op perceelniveau. Een bedrijfsbalans (zie Figuur 3.2) heeft het bedrijf als grens. Uitwisseling vindt plaats met de markt (vee, melk, mest, voer, strooisel) en het milieu (bodem, grondwater, oppervlaktewater en atmosfeer). Een perceelsbalans (zie Figuur 3.3) heeft het perceel als grens. Het gewas maakt onderdeel uit van het perceel, maar het vee niet. Uitwisseling vindt plaats via gewas, vee, bemesting en het milieu (grondwater, oppervlaktewater, atmosfeer).

FIGUUR 3.2

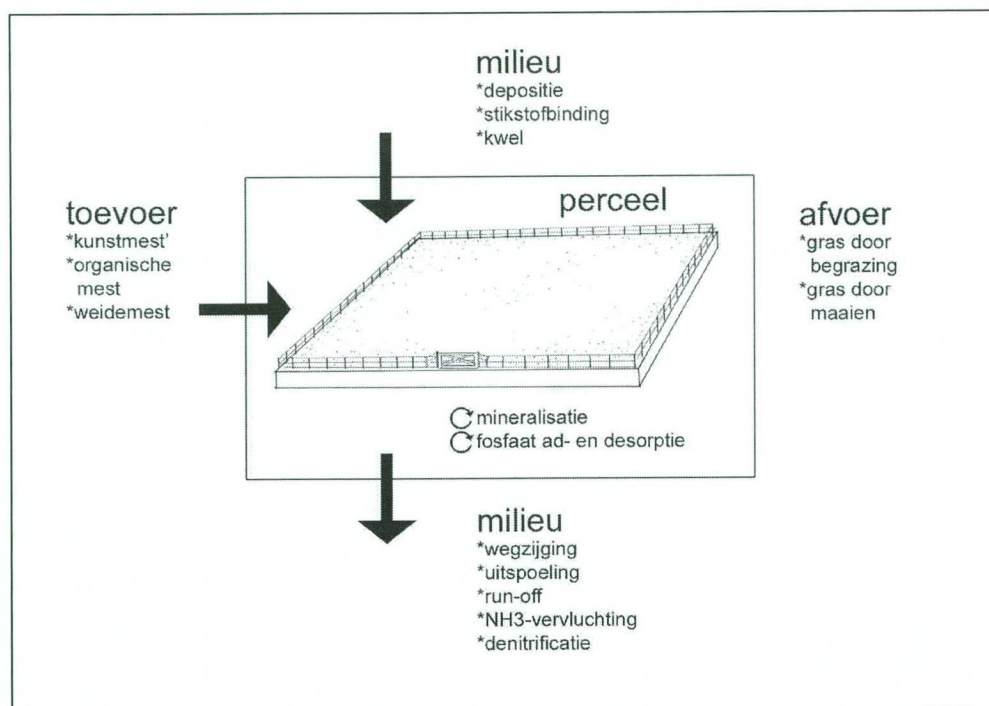
BEDRIJFSBALANS



De onderdelen mineralisatie en fosfaatsorptie behoeven nadere toelichting. Het betreft namelijk processen die zich in de bodem afspelen en waarbij geen uitwisseling met de systeemgrenzen plaatsvindt (bedrijf of perceel). Bij mineralisatie gaat het echter om afbraak van organische stoffen die van oorsprong in de bodem aanwezig zijn, zoals veen, of van plantenresten. Andersom kan bij fosfaatsorptie fosfaat nagenoeg irreversibel in de bodem vastgelegd worden. Mineralisatie kan dus ook als aanvoerpost worden beschouwd. Afhankelijk van de verhouding tussen fosfaat ad- en desorptie kan dit als af- of als aanvoerpost worden beschouwd.

FIGUUR 3.3

PERCEELSBALANS



In tabel 3.4 is aangegeven welke posten in beide balansen zijn opgenomen.

TABEL 3.4

ONDERDELEN BEDRIJFS- EN PERCEELSBALANS

| | IN | UIT |
|----------------|--|---|
| Bedrijfsbalans | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aankoop vee ▪ Aankoop krachtvoer ▪ Aankoop ruwvoer ▪ Aankoop overig / strooisel ▪ Aankoop kunstmest ▪ Aankoop Organische mest | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verkoop vee ▪ Verkoop melk ▪ Afvoer organische mest ▪ Afvoer ruwvoer ▪ Overschot (uitwisseling met milieu) |
| Perceelsbalans | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kunstmest ▪ Organische mest ▪ Weidemest ▪ Depositie ▪ Stikstofbinding ▪ Mineralisatie van organische stoffen in de bodem | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Afvoer gras door begrazing ▪ Afvoer gras door maaien ▪ Wegzijing (of kwel) naar (van) grondwater ▪ Uitspoeling naar oppervlaktewater ▪ Run-off ▪ NH3-vervluchting ▪ Denitrificatie (vervluchting N2 en N2O) ▪ Fosfaat ad- of desorptie in de bodem |

De bedrijfsbalans is opgesteld onder meer op basis van een technisch-economische boekhouding van het LEI. De uitwisseling met de markt (vee, melk, mest) is hierin bijgehouden. Het overschot is de uitwisseling met het milieu. Deze is voor het gehele bedrijf niet gemeten, en wordt in dit rapport als restpost aangeduid.

Voor de perceelsbalans zijn in de periode september 1999 tot juni 2001 metingen verricht van vrijwel alle nutriëntenstromen. Daarnaast is de uit- en afspoeling van meststoffen naar het oppervlaktewater gemeten.

Van het onderzoek, de metingen en de modellering zijn verschillende deelrapporten verschenen. Deze zijn:

- Balansen op perceelsniveau bedrijf Stokkers (Beldman, lit.4). Dit rapport bevat een uitgebreide analyse van de voorgeschiedenis van de onderzoekspcelen over de periode 1989-1997. Ook zijn nutriëntenbalansen opgesteld op bedrijfsniveau op basis van de MINAS-boekhouding. Daarnaast zijn belangrijke posten van de perceelsbalans vastgesteld, namelijk bemesting en afvoer gras door beweiding en maaien. De uitwisseling met het milieu is in deze balansen niet opgenomen.
- DOVE Grasland op zand. Overzicht van de verzamelde data (ARCADIS, lit 1). Dit rapport bevat een overzicht van de meetgegevens waarmee de uitwisseling met het grond- en oppervlaktewater in beeld kunnen worden gebracht. Het gaat om meting van de waterstromen (neerslag, verdamping, afvoer, run-off) en de kwaliteit van grondwater, bodemvocht, run-off, oppervlaktewater en bodemvocht van de afvoersloot (bij droogval).
- Stikstofmineralisatie en denitrificatie DOVE zand. Resultaten veldmetingen Den Pol. (Oenema, lit. 15). Dit rapport bevat de meetresultaten van de stikstofmineralisatie(capaciteit) en denitrificatie(capaciteit) op de proefpercelen bepaald
- Fosfaatsorptie- en desorptiekaracteristieken van monsters van onderzoekslokatie 'den Pol' (Schoumans & A.J. Zweers, lit. 17). De titel dekt de lading.
- DOVE grasland op zand. Berekening met SWAP (ARCADIS, lit. 2). Dit bevat de resultaten van de modellering van de debieten van de langzame en snelle uitspoeling van neerslag naar de bermsloot. De reden dat deze modellering is uitgevoerd is, dat de indruk bestond dat de afvoermetingen van de bermsloot en de perceelssloot niet goed gelukt zijn.

Voor het opstellen van de balansen zijn dus zowel meetgegevens, bewerkte meetgegevens als modelberekeningen gebruikt. In Tabel 3.5 is voor alle posten van de balansen aangegeven wat de aard van de gebruikte gegevens is.

TABEL 3.5 AARD GEBRUIKTE GEGEVENS

| Onderdeel | Oorsprong gegevens | Bewerking |
|---|--|---|
| BEDRIJFSBALANSEN | | |
| Alle aan- en afvoerposten van en naar het bedrijf | Technisch-economische boekhouding van het bedrijf | Gegevens per jaar gesommeerd |
| Depositie | | |
| Stikstofbinding | | |
| PERCELSBALANSEN - WATER | | |
| Neerslag | Meetgegevens | Sommatie per jaar |
| Verdamping | Meetgegevens | Sommatie per jaar |
| Grondwaterafvoer, langzame component | Modelberekeningen | Sommatie per jaar |
| Grondwaterafvoer, snelle component | Modelberekeningen | Sommatie per jaar |
| Run-off | Modelberekeningen | Sommatie per jaar |
| PERCELSBALANSEN - STOFFEN | | |
| Aanvoer via kunstmest | Registratie per gift (gewicht) | Sommatie per jaar |
| Aanvoer via organische mest | Registratie aantal uitgerenden tanken; samenstelling op basis van mestmonsters uit het voorjaar | Berekening werkzame deel: vuistregel (60% totale N). Sommatie per jaar |
| Aanvoer via weidemest | Registratie beweiding (periode beweiding per leeftijdscategorie dieren) | Standaard hoeveelheid weidemest per leeftijdscategorie dieren. Standaard concentraties in weidemest. Sommatie per jaar. |
| Concentraties in Neerslag | Gepubliceerde meetgegevens RIVM | Middeling per jaar |
| Droge depositie | Berekend uit verschil totale depositie en natte depositie. Totale depositie op basis van gepubliceerde meetgegevens RIVM | Sommatie per jaar |
| Mineralisatie | Berekend uit verschil gewasopbrengst onbemest grasland en depositie. Gewasopbrengst op basis van veldmeting; depositie op basis van gepubliceerde meetgegevens RIVM | Sommatie per jaar |
| Stikstofbinding | Aanname: nihil | - |
| Opname gras door vee | Registratie beweiding (periode beweiding per leeftijdscategorie dieren). Concentratie in gras op basis van vers-gras monsters. Ontbrekende waarde aangevuld met standaard-waarden. | Standaard hoeveelheid opname gras per lichaamsgewicht. Gemiddeld gewicht per diercategorie. Sommatie per jaar. |
| Oogsten gras | Gewicht geoogste balen. Concentraties in monsters van geoogst produkt. | Sommatie per jaar. |
| Concentraties afvoer grondwater, langzame component | Veldmetingen | Middeling over de locaties (raaien) en de dieptes |
| Concentraties afvoer grondwater, snelle component | Veldmetingen. Metingen in raaien en in dieptes | Middeling over de locaties (raaien) en de dieptes |
| Concentraties run-off | Veldmetingen. Soms meerdere monsters per datum (afhankelijk van hoeveelheid run-off) | Middeling van alle gegevens. |
| Vervluchtiging NH3 | Berekend uit hoeveelheid weidemest (zie boven). Standaard percentage. | - |
| Denitrificatie | Veldmetingen. Metingen op verschillende locaties en dieptes. | Middeling van de gegevens |

Voor detailgegevens over de opzet van deze deelonderzoeken, metingen en modellering, wordt verwezen naar genoemde rapportages. In de volgende twee hoofdstukken wordt meer in detail aangegeven hoe de gegevens gebruikt zijn om de bedrijfsbalans en de perceelsbalans op te stellen.

4

BEDRIJFSBALANS

4.1 INLEIDING

Bij de bedrijfsbalans wordt er gekeken naar wat er op het bedrijf binnen komt en wat het bedrijf verlaat. De gegevens van aan- en afvoer van vee, melk en mest wordt op bedrijfsniveau bijgehouden in het kader van MINAS. De uitwisseling met het milieu wordt hierbij als restpost berekend. Deze restpost omvat zowel aanvoerende stromen (depositie, stikstofbinding, mineralisatie) als afvoerende posten (vervluchtiging, denitrificatie, uitspoeling, afspoeling). Vrijwel altijd is de som van deze aanvoerende posten groter dan die van de afvoerende, zodat de restpost ook wel als "overschot" wordt aangeduid.

4.2 RESULTATEN

De bedrijfsbalansen zijn door Beldman (lit. 4) berekend voor de jaren 1989-1997. Deze zijn in de tabellen 4.6 en 4.7 overgenomen. Bij het onderdeel "uitwisseling met het milieu" is eerst het overschot berekend: het verschil tussen de aanvoer en de afvoer via de markt. Door de belangrijkste aanvoerende stromen van de uitwisseling met het milieu (depositie en stikstofbinding) hierbij op te tellen, wordt de grootte van de emissie (afvoer naar het milieu) verkregen.

TABEL 4.6

BEDRIJFSBALANS VOOR STIKSTOF (kgN/ha)

| | 1989/ 1990 | 1990/ 1991 | 1991/ 1992 | 1992/ 1993 | 1993/ 1994 | 1994/ 1995 | 1995/ 1996 | 1996/ 1997 |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| AANVOER | | | | | | | | |
| Rundvee | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 |
| Krachtvoer | 145 | 145 | 141 | 124 | 105 | 126 | 108 | 90 |
| Ruwvoer | 15 | 15 | 10 | 0 | 5 | 0 | 0 | 9 |
| Strooisel en overig | 7 | 7 | 8 | 2 | 0 | 3 | 4 | 4 |
| Kunstmest | 275 | 275 | 242 | 250 | 253 | 198 | 168 | 143 |
| Organische mest | 140 | 140 | 102 | 130 | 125 | 66 | 87 | 78 |
| Totaal | 582 | 582 | 503 | 506 | 488 | 398 | 367 | 324 |
| AFVOER | | | | | | | | |
| Vee | 19 | 19 | 18 | 10 | 10 | 16 | 11 | 11 |
| Melk | 66 | 66 | 59 | 62 | 62 | 64 | 59 | 56 |
| Ruwvoer | 0 | 0 | 2 | 0 | 38 | 0 | 0 | 0 |
| Organische mest | 54 | 54 | 51 | 52 | 63 | 37 | 56 | 59 |
| Totaal | 139 | 139 | 130 | 124 | 173 | 117 | 126 | 126 |
| UITWISSELING MET MILIEU | | | | | | | | |
| Overschot | 443 | 443 | 373 | 382 | 315 | 281 | 241 | 198 |
| Depositie | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 |
| Stikstofbinding | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Emissie | 496 | 496 | 426 | 435 | 368 | 334 | 294 | 251 |

TABEL 4.7 BEDRIJFSBALANS VOOR FOSFAAT (kgP/ha)

| | 1989/ 1990 | 1990/ 1991 | 1991/ 1992 | 1992/ 1993 | 1993/ 1994 | 1994/ 1995 | 1995/ 1996 | 1996/ 1997 |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| AANVOER | | | | | | | | |
| Rundvee | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Krachtvoer | 22 | 22 | 20 | 21 | 16 | 19 | 18 | 14 |
| Ruwvoer | 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| Strooisel en overig | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Kunstmes | 0 | 0 | 8 | 15 | 13 | 5 | 3 | 4 |
| Organische mest | 37 | 37 | 27 | 34 | 32 | 14 | 22 | 15 |
| Totaal | 62 | 62 | 58 | 70 | 63 | 39 | 44 | 35 |
| AFVOER | | | | | | | | |
| Vee | 6 | 6 | 6 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 |
| Melk | 10 | 10 | 19 | 10 | 10 | 11 | 10 | 9 |
| Ruwvoer | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| Organische mest | 10 | 10 | 9 | 9 | 8 | 6 | 8 | 9 |
| Totaal | 26 | 26 | 34 | 22 | 27 | 22 | 21 | 21 |
| UITWISSELING MET MILIEU | | | | | | | | |
| Overschot | 37 | 37 | 25 | 49 | 37 | 18 | 24 | 15 |
| Depositie | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Emissie | 36 | 36 | 24 | 48 | 36 | 17 | 23 | 14 |

Uit deze balansen kan worden opgemaakt dat de emissie in de loop der jaren is afgenomen: voor stikstof is deze in de onderzochte periode ongeveer gehalveerd (van ca. 500 naar 250 kgN/ha.jr.). Voor fosfaat is de afname nog sterker (van 36 naar 14 kgP/ha.jr.).

5

PERCEELSBALANS

5.1 INLEIDING

Bij de perceelsbalans wordt het perceel inclusief het gewas, de bodem en het ondiepe grondwater als één systeem beschouwd. In tegenstelling tot de bedrijfsbalans hoort het vee niet bij de perceelsbalans. Een ander verschil is dat de verschillende stofstromen waarlangs de uitwisseling met het milieu plaatsvindt, apart in beeld worden gebracht.

Een aantal nutriëntenvrachten zijn gerelateerd aan waterstromen. Voor deze posten van de nutriëntenbalansen zijn de debieten en de concentraties gemeten. In de volgende paragraaf wordt daarom eerst een waterbalans gepresenteerd en besproken. In paragraaf 5.3 worden de nutriëntenbalansen behandeld, waarbij gebruik wordt gemaakt van de waterbalans. Bij het opstellen van de perceelsbalansen wordt ervan uitgegaan dat de nutriënten die met de bemesting worden toegediend, in het jaar daarop tot uitspoeling komen. Daarom zijn de gegevens over de bemesting van 1999 gecombineerd met de uitspoeling en run-off, gemeten in 2000. Op dezelfde manier is een balans voor 2000/2001 samengesteld.

In de laatste paragraaf van dit hoofdstuk is een discussie over de resultaten van de perceelsbalans opgenomen.

5.2 WATERBALANS

De waterbalans is opgenomen in tabel 5.8. Daarna volgt een bespreking van de verschillende posten.

TABEL 5.8 WATERBALANS

| | Debieten 2000 (mm) | Debieten 2001 (mm) |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|
| IN | | |
| Neerslag | 920 | 847 |
| Totaal | 920 | 847 |
| UIT | | |
| Verdamping | 533 | 526 |
| Grondwater afvoer, langzame component | 331 | 285 |
| Grondwater afvoer, snelle component | 14 | 12 |
| Run-off | 59 | 32 |
| Totaal | 937 | 855 |
| Vershil (in - uit) | -17 | -8 |
| Afwijking (verschil t.o.v. IN) | -2% | -1% |

NEERSLAG EN VERDAMPING

Bij de proefopstelling zijn neerslaggegevens verzameld over de periode van 15 september 1999 tot 31 december 2001. Een deel van deze metingen is echter mislukt. Op dagen waarop gegevens ontbreken, zijn de neerslaggegevens van vliegveld Twente gebruikt.

AFVOER EN RUN-OFF

Op de proeflocatie zijn debietmetingen verricht van de run-off (met een meetgoot) en de afvoer via de perceelsloot en de bermsloot. Tijdens de proefperiode was al duidelijk dat de meting aan de bermsloot niet altijd tot juiste resultaten zou leiden, omdat met name in perioden met een hoge afvoer er geen vrije overlaat over de meetstuw was. Maar ook de betrouwbaarheid van de debietmetingen van de perceelsloot werd betwijfeld. Daarom is de afvoer later modelmatig berekend. Dit is gedaan met het model SWAP. Met dit model kan de afvoer van grondwater naar het oppervlaktewater berekend worden, waarbij onderscheid wordt gemaakt in een snelle en langzame component, en de oppervlakkige afvoer (run-off). De snelle afvoer is de afvoer die door de ploegzool van 40 cm dik wordt afgevoerd. Deze afvoertroute treedt alleen op bij hevige regenval, als de grondwaterstand hoger is dan 40 cm onder maaiveld. De langzame afvoer is de afvoer via het grondwater dat zich beneden 40 cm onder maaiveld bevindt. Andere belangrijke aspecten van de modellering zijn:

- er wordt uitgegaan van een ondoorlatende laag op een diepte van 3,5 meter onder maaiveld. Er vindt dus geen uitwisseling met het diepere grondwater plaats (geen kwel of wegzijging);
- ingeschat is dat een oppervlakte van 9.900 m² via de perceelsloot tot afwatering komt.
- de berekeningen zijn uitgevoerd over de periode 15 september 1999 tot 31 december 2001. Dit is de periode waarover meetgegevens van de neerslag beschikbaar waren.

De resultaten van de modellering zijn gerapporteerd door ARCADIS (lit. 2). Voor het opstellen van de waterbalans zijn de volgende bewerkingen van de modelresultaten uitgevoerd:

- de gemiddelde debieten over de periode 1 januari 2000 – 31 december 2000 en de periode 1 januari 2001 – 31 december 2001 zijn berekend. Dit is gedaan omdat de neerslag- en verdampingsgegevens ook over deze perioden zijn berekend;
- de debieten die voor de perceelsloot berekend zijn (afvoer van 9.900 m²) zijn omgerekend naar hoeveelheden per hectare.

5.3 NUTRIËNTENBALANSEN

De nutriëntenbalansen op perceelniveau zijn samengesteld uit een groot aantal verschillende bronnen, waarbij soms berekeningen en omzettingen moesten plaatsvinden. In Tabel 5.9 en Tabel 5.10 zijn de balansen voor respectievelijk stikstof en fosfaat gegeven. Hierbij is er vanuit gegaan dat de uitspoeling in een bepaald jaar afkomstig is van de bemesting van het jaar daarvoor. De gegevens van de bemesting, gewasopname en grasoogst van 1999 is daarom gecombineerd met de uitspoeling van 2000. Hetzelfde is gedaan voor de samenstelling van de balans 2000/2001.

TABEL 5.9 STIKSTOF-PERCEELBALANSEN VRACHTEN IN kgN/ha.jr.

| | 1999/2000 | | 2000/2001 | |
|--|------------|------------|------------|------------|
| | Perceel 13 | Perceel 8 | Perceel 13 | Perceel 8 |
| IN | | | | |
| Kunstmest | 172 | 186 | 103 | 113 |
| Organische mest, werkzame deel | 158 | 118 | 146 | 142 |
| Weidemest | 98 | 82 | 41 | 88 |
| Neerslag / natte depositie | 18 | 18 | 16 | 16 |
| Droge depositie | 27 | 27 | 27 | 27 |
| Mineralisatie | 32 | 92 | 79 | 238 |
| Stikstofbinding | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Totaal | 505 | 523 | 412 | 624 |
| UIT | | | | |
| Opname gras door vee | 110 | 99 | 51 | 121 |
| Oogsten gras | 201 | 242 | 207 | 153 |
| Uitspoeling, langzame component | 63 | 63 | 54 | 54 |
| Uitspoeling, snelle component | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Run-off | 6 | 16 | 8 | 8 |
| Vervluchtiging NH ₃ | 5 | 4 | 3 | 5 |
| Denitrificatie (N ₂ , N ₂ O) | 89 | 89 | 117 | 117 |
| Totaal | 486 | 515 | 442 | 460 |
| Vershil (in-uit) | 19 | 8 | -30 | 164 |
| Afwijking (verschil t.o.v. IN) | 4% | 2% | -7% | 26% |

TABEL 5.10 FOSFAAT-PERCEELBALANSEN VRACHTEN IN kgP/ha.jr.

| | 1999/2000 | | 2000/2001 | |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Perceel 13 | Perceel 8 | Perceel 13 | Perceel 8 |
| IN | | | | |
| Organische mest | 22,7 | 16,7 | 18,6 | 18,0 |
| Weidemest | 5,2 | 5,4 | 1,9 | 5,3 |
| Neerslag / natte depositie | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Droge depositie | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Totaal | 28,0 | 22,2 | 20,6 | 23,4 |
| UIT | | | | |
| Opname gras door vee | 6,1 | 7,3 | 3,0 | 7,9 |
| Oogsten gras | 13,0 | 17,3 | 15,1 | 11,2 |
| Uitspoeling, langzame component | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Uitspoeling, snelle component | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Run-off | 2,1 | 2,1 | 1,1 | 1,1 |
| Totaal | 21,4 | 26,9 | 19,4 | 20,4 |
| Vershil (in-uit) | 6,6 | -4,7 | 1,1 | 2,9 |
| Afwijking (verschil t.o.v. IN) | 23% | -21% | 6% | 13% |

De belasting van het oppervlaktewater kan berekend worden door de run-off en de uitspoeling (langzame en snelle component) uit de perceelsbalansen te sommeren. Deze waarden zijn in Tabel 5.11 opgenomen. In deze tabel zijn ook de belastingen op basis van de gemeten debieten en concentraties in de perceelsloot gegeven. Uit vergelijking van deze waarden blijkt dat voor een deel de berekende en de gemeten belastingen met elkaar overeenkomen. De gemeten stikstofbelasting in 2000/2001 is echter laag vergeleken bij de overige waarden, en de berekende fosfaatbelasting voor 1999/2000 is hoog vergeleken bij de overige waarden.

TABEL 5.11 BEREKENDE EN GEMETEN BELASTINGEN PERCEELSLOOT

| Belasting | Jaar | Berekend | | Gemeten | |
|-----------------------|-----------|----------|-----|---------|-----|
| | | | | | |
| Stikstof (kgN/ha.jr.) | 1999/2000 | | 81 | | 62 |
| | 2000/2001 | | 64 | | 37 |
| Fosfaat (kgP/ha.jr.) | 1999/2000 | | 2,3 | | 1,1 |
| | 2000/2001 | | 1,3 | | 1,3 |

Bovengenoemde fosfaatbelastingen zijn tevens de waarden voor de totale fosfaatemissies. Voor de waarden van de stikstofemissies moeten bij de waarden van de belasting naar het oppervlaktewater ook de emissies naar de atmosfeer (NH₃ vervluchtiging en denitrificatie) opgeteld worden. De berekende totale emissies van stikstof zijn in Tabel 5.12 weergegeven.

TABEL 5.12

STIKSTOFEMISSIES (kgN/ha.jr).

| | Perceel 13 | Perceel 8 |
|-----------|------------|-----------|
| 1999/2000 | 168 | 167 |
| 2000/2001 | 181 | 197 |

Hieronder zullen de verschillende posten van de perceelsbalansen (Tabel 5.9 en Tabel 5.10) besproken worden.

BEMESTING

Waarden over kunstmest, organische mest en weidemest zijn gebaseerd op gegevens van Beldman (lit. 4). De gegevens beslaan de jaren 1999 en 2000. Aangenomen is, dat de nutriënten die in een bepaald jaar op het perceel zijn aangebracht, in het jaar daarop uitspoelen. De bemestingsgegevens over 1999 zijn daarom bij de nutriëntenbalans van 2000 betrokken, en de bemestingsgegevens van 2000 bij de nutriëntenbalans van 2001. Bij de perceelsbalansen is van de organische mest alleen het werkzame deel genomen. Volgens Beldman bedraagt dit 60% van de totale hoeveelheid organische meststikstof. Aangenomen is dat de niet (direct) werkzame stikstof op langere termijn door mineralisatie vrijkomt. De mineralisatie is in dit onderzoek apart gemeten.

Voor enkele posten van de bemesting wordt door Beldman perceel 8 opgesplitst in perceel 8A en 8B. Deze waarden zijn voor de perceelsbalans gemiddeld, waarbij rekening is gehouden met (het verschil in) oppervlak van beide perceeldelen (gewogen gemiddelde).

De fosfaatbemesting bestaat uit organische bemesting en weidebemesting. Er is geen fosfaat-kunstmest.

De gegevens van Beldman zijn gegeven kg P_2O_5 /ha. Deze waarden zijn omgerekend naar kgP/ha.

NEERSLAG, DROGE EN NATTE DEPOSITIE

Voor de neerslaghoeveelheden is zoals in paragraaf 5.2 is aangegeven, gebruik gemaakt van de meetgegevens bij de proefopstelling, aangevuld met gegevens van meetstation vliegveld Twente. De concentraties stikstof en fosfaat in regenwater zijn overgenomen van het RIVM-meetstation bij Eibergen. Voor 2000 wordt een jaargemiddelde samenstelling gemeten van 0,2 $\mu\text{mol PO}_4/\text{l}$, 93 $\mu\text{mol NH}_4/\text{l}$ en 44 $\mu\text{mol NO}_3/\text{l}$. Omgerekend (en voor stikstof opgeteld) is dit 0,01 mgP/l en 1,92 mgN/l.

Voor de droge depositie is ervan uitgegaan dat deze voor fosfaat 0 bedraagt. De droge stikstofdepositie is berekend uit de totale depositie en de berekende natte depositie. De totale stikstofdepositie is gehaald uit het jaaroverzicht van de luchtkwaliteit over 2000 (rapportage RIVM). Volgens de kaart in deze rapportage komen in de omgeving van de proeflocatie de klassen 2400-3200 molN/ha.jr. en 3200-4000 molN/ha.jr. voor. Uitgegaan is van 3200 molN/ha.jr., oftewel 45 kgN/ha.jr. Aangezien de natte depositie voor 2000 berekend was als 18 kgN/ha.jr., bedraagt de droge depositie in dat jaar 45 - 18 = 27 kgN/ha.jr. Voor 2001 konden geen gegevens gevonden worden over de totale depositie. De droge depositie kon daarom voor dat jaar niet berekend worden. In plaats daarvan is de waarde van 2000 genomen.

MINERALISATIE

De mineralisatie is berekend uit het stikstofleverend vermogen van de bodem. Dit is de gewasopbrengst van een onbemest grasland. De gewasopbrengst is zonder bemesting afhankelijk van de mineralisatie, de stikstofdepositie en de biologische stikstofbinding. Omdat de stikstofbinding op grasland zonder klaver zeer gering is, en de aanvoer via atmosferische depositie afgeleid kan worden uit het RIVM-meetnet, kan de stikstofmineralisatie van organische stikstof worden afgeleid uit het stikstofleverend vermogen.

Het stikstofleverend vermogen is door Oenema (lit. 15) op beide percelen in 1999 en 2000 bepaald. In tabel 5.13 zijn de gegevens daarvan opgenomen en is de berekening van de mineralisatie aangegeven.

TABEL 5.13

BEPALING STIKSTOFOPBRENGST EN BEREKENING MINERALISATIE

| Jaar | Perceel | Gras-opbrengst (ton d.s./ha.jr) | N-gehalte in gras (gN/kg d.s.) | N-opbrengst (kgN/ha.jr) | Natte + droge depositie (kgN/ha.jr) | Mineralisatie (kgN/ha.jr) |
|------|---------|------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|---|------------------------------|
| 1999 | 13 | 5,1 | 16 | 77 | 45 | 32 |
| 1999 | 8 | 7,1 | 19 | 137 | 45 | 92 |
| 2000 | 13 | 4,8 | 23 | 121 | 43 | 79 |
| 2000 | 8 | 10,6 | 28 | 281 | 43 | 238 |

STIKSTOFBINDING

Er is vanuit gegaan dat deze nihil is, omdat het klaverarm grasland betreft.

BEGRAZING EN MAAIEN

De opname van gras door vee en de afvoer van gras door maaien zijn bepaald door Beldman (lit. 4) voor de jaren 1999 en 2000. Bij deze gegevens is perceel 8 onderverdeeld in 8A en 8B. Voor de berekening van de perceelsbalans, is hiervan het gewogen gemiddelde berekend (naar rato van het oppervlak van beide perceelsdelen).

UITSPOELING EN RUN-OFF

De debieten die nodig zijn om de vrachten via (snelle en langzame) uitspoeling en run-off te berekenen, zijn gegeven bij de waterbalans in de vorige paragraaf. Voor de concentraties van deze stromen zijn de meetresultaten aan het bodemvocht gebruikt.

Het bodemvocht in de percelen is bepaald met cups in 5 raaien (raai a t/m e, zie figuur 2.1), op 9 data (10 november 1999, 19 december 1999, 20 januari 2000, 29 februari 2000, 8 april 2000, 13 oktober 2000, 30 november 2000, 26 januari 2001, en 13 maart 2001) en op verschillende dieptes (10, 20, 30, 40, 50, 65, 125 en 200 cm). Alle gegevens zijn opgenomen in het rapport van Arcadis (lit. 1). Uit analyse van de gegevens blijkt dat de variatie tussen de raaien en de variatie tussen de meetdata niet erg groot is. Bij de cups op 10 cm diepte is er alleen bij het ammoniumgehalte wel een grote variatie. Dit komt door twee relatief hoge waarnemingen op 30 november 2000 en 26 januari 2001. Bij de Kjeldahl-stikstofconcentraties komen deze waarden echter niet voor. Bij de berekening van de totaal-stikstofconcentraties worden de ammoniumconcentraties niet gebruikt.

Zowel bij totaalstikstof als bij fosfaat is wel een afname van de concentraties te zien bij toenemende diepte. De uitspoeling via de snelle component vindt plaats via de bovenste 40 cm van de bouwvoor. Voor de concentraties zijn daarom de gegevens van de cups op 10, 20, 30 en 40 cm diepte genomen. Voor de langzame component zijn de gemiddelden van de grotere dieptes genomen. De gegevens hiervan zijn opgenomen in tabel 5.14.

TABEL 5.14 CONCENTRATIES BODEMVOCHT

| Diepte (cm) | Totaal-stikstof (mgN/l) | | | Totaal-fosfaat (mgP/l) | |
|-------------|-------------------------|--|------------------------|------------------------|-------------------------|
| | | | | | |
| 10 | 17,8 | | Gemiddeld: 15,0 | 0,547 | Gemiddeld: 0,28 |
| 20 | 14,5 | | | 0,365 | |
| 30 | 17,7 | | | 0,137 | |
| 40 | 18,2 | | | 0,092 | |
| 50 | 26,2 | | Gemiddeld: 19,0 | 0,073 | Gemiddeld: 0,071 |
| 65 | 19,9 | | | 0,072 | |
| 125 | 16,9 | | | 0,070 | |
| 200 | 12,8 | | | 0,071 | |

Van de stikstof- en fosfaatconcentraties in run-off zijn 19 maal metingen verricht, per keer zijn 1 tot 5 flessen gevuld. De gegevens hiervan zijn in tabel 5.15 weergegeven. Voor de nutriëntenbalans zijn de gemiddelden van de waarnemingen gebruikt.

TABEL 5.15 GEGEVENS RUN-OFF

| | Stikstof | Fosfaat |
|-------------------------|------------|------------|
| Aantal waarnemingen | 39 | 41 |
| Gemiddelde concentratie | 26,3 mgN/l | 3,48 mgP/l |
| Standaard deviatie | 25,2 mgN/l | 3,69 mgP/l |

AFBEELDING 5.3 MEETGOOT VOOR ANALYSE VAN DE RUN-OFF



VERVLUCHTIGING STIKSTOFVERBINDINGEN

De vervluchtiging van stikstofverbindingen bestaat uit vervluchtiging van ammoniak uit dierlijke mest die op het land wordt gebracht en uit vervluchtiging van stikstofgas en lachgas, dat bij het microbiële proces van denitrificatie vrijkomt.

De ammoniakvervluchtiging is door Beldman (lit. 4) berekend uit de hoeveelheid weidemest. Gebaseerd op onderzoek van Bussink van het NMI bedraagt de ammoniakvervluchtiging 5% van de hoeveelheid weidemest.

De stikstofgas- en lachgasvervluchtiging door denitrificatie is door Oenema (lit. 15) bepaald op 89 kgN/ha.jr. voor 1999 en 117 kgN/ha.jr. voor 2000.

FOSFAAT AD- EN DESORPTIE

Door Schoumans en Zweers (lit. 17) worden gegevens over ad- en desorptie van fosfaat in de bodem gegeven. Zij geven echter geen waarde voor de hoeveelheid fosfaat die per jaar door adsorptie wordt vastgelegd of door desorptie vrijkomt. Zij concluderen wel dat in het verleden een groot deel van de fosfaatgiften in de bodem is opgehoopt. Verder blijkt dat slechts een beperkt deel hiervan (globaal 5%) gemakkelijk vrij kan komen. Zij vermoeden dat de laatste jaren de fosfaatgiften niet hoog zijn geweest, waardoor een groot deel van het makkelijk oplosbaar fosfaat in de bodem door het gewas is opgenomen. Hoewel de huidige fosfaatverzadigingsgraad van de bovengrond van het proefperceel ongeveer 45-50% beslaat, worden de fosfaat ad- en desorptie op nul gesteld.

6

DISCUSSIE

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de waterbalans, de nutriëntenbedrijfs- en - perceelbalans besproken. Eerst worden opmerkingen gemaakt over de betrouwbaarheid van de gegevens (paragraaf 6.1). In paragraaf 6.2 worden de balansen nader geanalyseerd. In de laatste paragraaf vindt een vergelijking plaats met literatuurgegevens.

6.1 BETROUWBAARHEID GEGEVENS

ONDERZOEKSPERIODE EN -METHODE

De gegevens waarop de verschillende balansen zijn gebaseerd, zijn afkomstig van metingen uit verschillende perioden en voor een deel uit modelberekeningen. De bedrijfsperceelsbalansen zijn gegeven voor de jaren 1989-1997. Voor elk jaar zijn de gegevens gebruikt die worden verzameld voor de MINAS-boekhouding. Per bedrijfsbalans zijn de gegevens dus telkens op een zelfde jaar gebaseerd. Dit is niet het geval voor de perceelsbalans (water en vrachten). In tabel 6.16 is een overzicht gegeven van de onderzoeksperiode en -methode.

TABEL 6.16 ONDERZOEKSPERIODE EN -METHODE BALANSPOSTEN

| Balanspost | Debiet | Concentratie of vracht |
|---|--|---|
| Neerslag, verdamping, depositie | Metingen 2000 en 2001 | Literatuurgegevens 2000. |
| Langzame en snelle uitspoeling, run-off | Modellerings met gegevens van 2000 en 2001 | Eind 1999, 2000, 2001. Vooral metingen in de wintermaanden. |
| Kunstmest, organische mest, weidemest | N.v.t. | MINAS-boekhouding 1999 en 2000 |
| Mineralisatie, denitrificatie | N.v.t. | Metingen 1999 en 2000 |
| Begrazing en maaien | N.v.t. | Minas-boekhouding 1999 en 2000. |
| Ammoniakvervluchtiging | N.v.t. | Uit literatuur. |

Sommige posten zullen van jaar tot jaar niet veel verschillen. Dit betreft bijvoorbeeld de hoeveelheid droge depositie, maar wellicht ook de mineralisatie en de denitrificatie. De laatste hangt echter wel af van de grondwaterstand, die onder invloed van klimatologische omstandigheden van jaar tot jaar kan verschillen.

Ook kan nagedacht worden over de methode waarbij de gegevens over de bemesting van het ene jaar gecombineerd worden met gegevens over de uitspoeling van het jaar daarop. In de praktijk zal een deel van de mestgift in hetzelfde jaar uitspoelen, maar voor een deel ook in de jaren daarna.

Zeker bij fosfaat kan het zijn dat de opgeloste fosfaten in de bodem pas recentelijk door desorptie zijn vrijgekomen en misschien jarenlang in de bodem zijn vastgelegd geweest. Dit zou betekenen dat ze afkomstig zijn van bemestingen van jaren daarvoor.

VARIATIE

De gemiddelden, waaruit de posten van de balansen zijn opgebouwd, zijn soms gebaseerd op twee waarden, soms op een veel groter aantal waarden. Soms betreft het middeling van gegevens van verschillende locaties (verschillende raaien, verschillende bodemdieptes), en

soms middeling van verschillende waarnemingsdata (dagmetingen, enkele dagen per jaar, gemiddelde van een heel jaar). Tabel 6.17 geeft een overzicht van de variatie in basisgegevens voor de verschillende balansposten.

TABEL 6.17

VARIATIE IN DE BASISGEGEVENS

| Post | Aantal en aard van de basisgegevens | Variatie in de basisgegevens |
|--------------------------------|--|---|
| Hoeveelheid neerslag | Daggegevens. Over 2 jaar: 730 waarnemingen. | Gemiddelde over 2 jaar: 2,4. Minimum en maximum: 0 en 29. Standaarddeviatie: 3,9 mm/d. |
| Concentratie neerslag | Eén waarde uit literatuur (jaargemiddelde) | In literatuur zijn ook zomer- en wintergemiddelde concentraties aangegeven: t-N: 2,44 mgN/l (zomer) en 1,51 mgN/l (winter). Fosfaat: zomer en winter 0,01 mgP/l |
| Droge depositie | Waarde is afgelezen van één kaart met jaargemiddelde gegevens. waarbij de grenswaarde tussen twee depositie-klassen is gebruikt. | Van de kaart is de grenswaarde tussen twee klassen gebruikt: 2400-3200 en 3200-4000 mol N/ha.jr. |
| Hoeveelheid verdamping | Daggegevens. Over 2 jaar: 730 waarnemingen uit literatuur. | Gemiddelde over 2 jaar: 1,5. Minimum en maximum: 0 en 5,6. Standaarddeviatie: 0,3 mm/d. |
| Debiet uitspoeling en run-off | Daggegevens. Ove 2 jaar: 730 waarden uit modelberekening. | Langzame uitspoeling: Gem: 8,3 Min en max: 0 en 21. Std: 7,2. Snelle uitspoeling: Gem: 0,35. Min en max: 0 en 2,97. Std: 0,72. Run-off: Gem: 1,2. Min en max: 0 en 97. Std 7,52 m ³ /d |
| Concentratie bodemvocht | Groot aantal waarnemingen van cups op verschillende dieptes, verschillende locaties en verschillende bemonsteringsdata. Alle gegevens van 0 – 40 cm diepte zijn gemiddeld en alle gegevens van 50 – 200 cm diepte. | Achtereenvolgens worden gegeven: gemiddelde – minimum – maximum – standaarddeviatie. Stikstof, dieptes 0-40 cm (n=83): 16,2 - 1,2 - 192 - 27 mgN/l. Stikstof, diepte 50 – 200 cm (n=387): 17,7 - 1,1 - 300 - 24,4 mgN/l Fosfaat, diepte 0 – 40 cm (n=75): 0,3 - 0,0 - 2,0 - 0,4 mgP/l Fosfaat, diepte 50 –200 cm (n=380): 0,1 - 0,0 - 0,5 - 0,1 mgP/l |
| Concentratie run-off | Twee meetgoten, in totaal 39 (N) en 41 (P) waarnemingen. | Stikstof: min en max: 2,24 - 142 mgN/l. Fosfaat: min en max: 0,08 - 17 mgP/l |
| Bemesting, begrazing en maaien | Twee percelen, twee jaren, elk met één waarde per post. | Eén gegeven per jaar en per perceel. |
| Mineralisatie | Gemiddelde van enkele waarnemingen. In Oenema worden ook waarden voor de mineralisatiecapaciteit gegeven. Daarbij wordt een grote ruimtelijke variatie gevonden. | Eén gegeven per jaar / per perceel. |
| Denitrificatie | Gemiddelde van enkele waarnemingen. In Oenema (lit. 15) worden ook waarden voor de denitrificatiecapaciteit gegeven. Daarbij wordt een grote ruimtelijke variatie gevonden. | Eén gegeven per jaar / per perceel. |
| Ammoniak-vervluchtiging | Berekend als vast percentage van de hoeveelheid weidemest. | Eén waarde per jaar en per perceel. |

AANNAMES

Tot slot enkele opmerkingen over aannames die gemaakt zijn:

- aangenomen is dat er geen microbiële stikstofbinding van betekenis plaatsvindt, omdat het klaverarm grasland betreft;
- de droge depositie van fosfaat wordt nihil verondersteld;
- bij de modellering met SWAP (berekening uitspoeling en run-off) is aangenomen dat op een diepte van 350 cm onder maaiveld zich een slecht doorlatende laag bevindt. In de rapportage (lit. 2) wordt al aangegeven dat de diepte waarop deze laag zich bevindt, onder het proefveld waarschijnlijk erg fluctueert. Belangrijker is, dat wordt aangenomen dat er geen uitwisseling met het diepere grondwater aanwezig is (geen kwel of wegzijging);
- bij de organische bemesting is alleen het werkzame deel van de stikstof in de balans opgenomen. Daarnaast is de mineralisatie van stikstof in de bodem een balanspost. Aangenomen is namelijk dat de niet-direct werkzame stikstof in de organische mest op den

duur toch afbreekt. De mineralisatie is verondersteld afkomstig te zijn van organische bemesting. Er wordt dus ook verondersteld dat er zich geen rentestanden of ander organische materiaal in de bodem bevindt.

CONCLUSIE BETROUWBAARHEID

Bovenstaande zou tot de conclusie kunnen leiden dat de resultaten van het gehele onderzoek een onnauwkeurig beeld geven van de werkelijkheid. Er zijn echter argumenten waarom deze conclusie niet zomaar getrokken mag worden:

- veel grootheden zijn wel nauwkeurig te meten (bijvoorbeeld neerslag, bemesting, grasopbrengst);
- bij grootheden waar de variatie in waarden van nature groot is, zijn ook veel metingen verricht. Hierdoor ontstaat gemiddeld toch een betrouwbare indruk van de (gemiddelde) grootte;
- sommige grootheden waarvan de variatie in waarden groot is, hebben slechts een kleine invloed op de totale stofbalansen. De variatie van het fosfaatgehalte in run-off water is bijvoorbeeld erg groot. Run-off is echter slechts ongeveer 6% van de totale fosfaat-perceelsbalans.

De conclusie is dat op basis van alle gegevens wel een goed, maar globaal beeld verkregen is van de stikstof- en fosfaat stromen binnen het bedrijf en op perceelsniveau. Bij de interpretatie van de gegevens moet wel kritisch naar de achterliggende getallen gekeken worden.

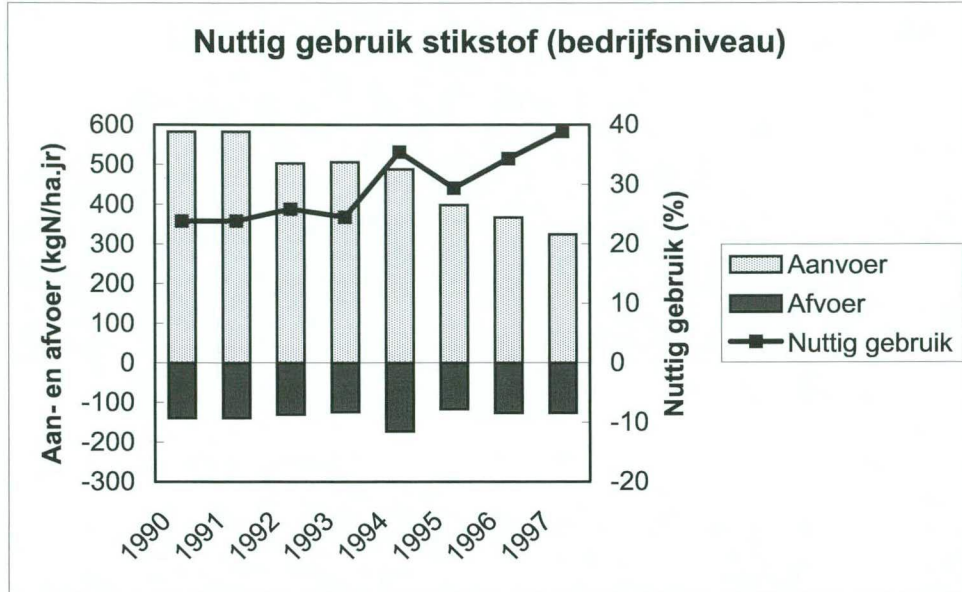
6.2 ANALYSE VAN DE BALANSEN

BEDRIJFSBALANS

Bij de bedrijfsbalansen (Tabel 4.6 en Tabel 4.7) valt op dat van de nutriënten die via de bemesting worden aangevoerd, maar een betrekkelijk klein deel het bedrijf weer verlaat. Dit betekent dat een groot deel van de aangevoerde meststoffen in het milieu achter blijft. Daarbij moet ook nog bedacht worden dat via het milieu nutriënten worden aangevoerd (depositie en stikstofbinding). De totale emissie is dus groter dan het verschil tussen de aan- en afvoer via de markt. In figuur 6.4 en figuur 6.5 zijn de aan- en afvoerstromen van stikstof en fosfaat via de markt weergegeven. Daarbij is het “nuttig gebruik” van beide stoffen weergegeven (afvoer als percentage van aanvoer).

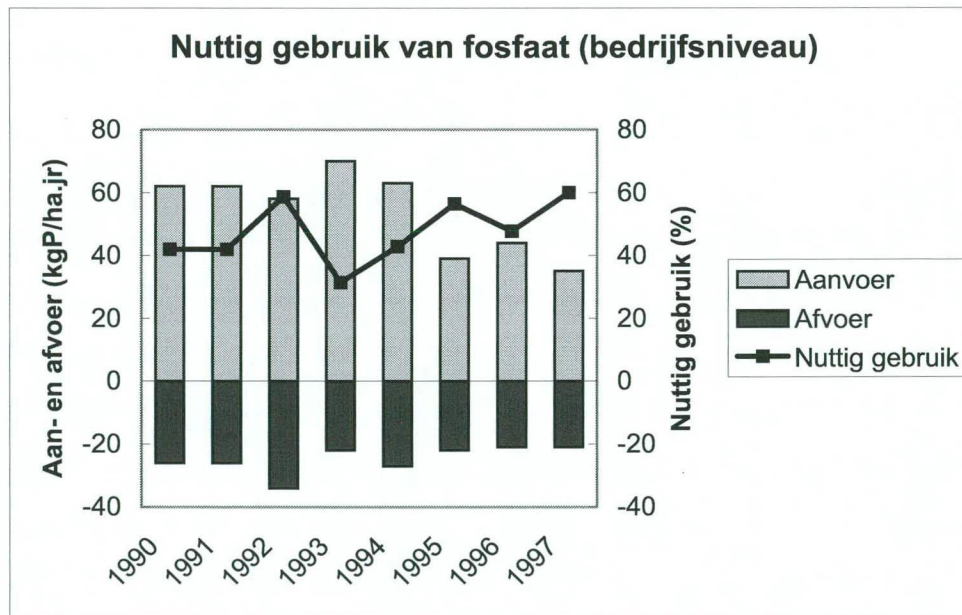
FIGUUR 6.4

NUTTIG GEBRUIK VAN STIKSTOF



FIGUUR 6.5

NUTTIG GEBRUIK VAN FOSFAAT



Verder valt op dat de nutriëntenaanvoer (bemesting) in de loop der jaren afneemt. De afvoer neemt echter niet af. Dit betekent dat het nuttig gebruik van de meststoffen is toegenomen. In de grafiek is te zien dat deze voor stikstof is gestegen van ongeveer 25% tot bijna 40%. Dit betekent dat de emissie naar het milieu is gedaald van ongeveer driekwart van de aan-gevoerde meststoffen naar minder dan tweederde. Voor fosfaat liggen deze waarden nog iets gunstiger (nuttig gebruik tot ca. 60%).

Het overschot op bedrijfsniveau kan ook vergeleken worden met de wettelijke verliesnormen. Deze normen zijn in Tabel 6.18 opgenomen. De norm voor fosfaat is daarbij omgerekend van kgP₂O₅/ha.jr naar kgP/ha.jr. Als de berekende overschotten uit de bedrijfsbalans (Tabel 4.6 en Tabel 4.7) met deze normen vergeleken worden, dan blijkt dat voor stikstof al vanaf 1995 aan de norm voor 2002 wordt voldaan. Voor fosfaat is dat anders: in het laatste jaar waarvoor een bedrijfsbalans is opgesteld (1997) wordt nog niet aan de norm van 1998 voldaan.

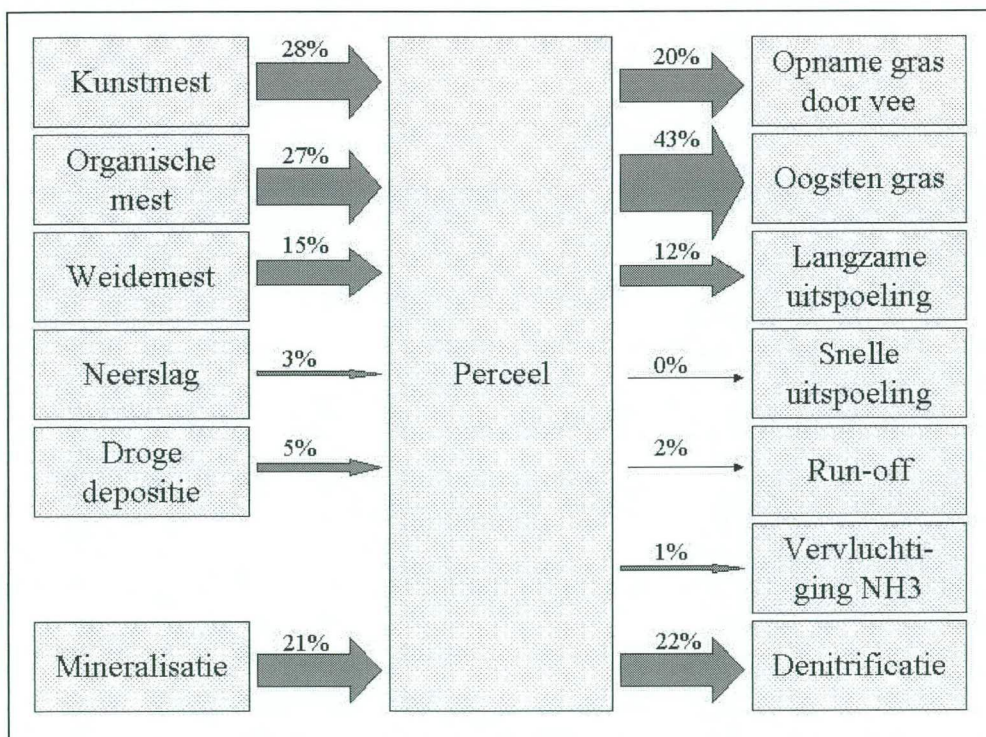
TABEL 6.18 WETTELIJKE VERLIESNORMEN STIKSTOF EN FOSFAAT

| Jaar | Verliesnorm stikstof (kg/ha.jr) | Verliesnorm fosfaat (mgP ₂ O ₅ /ha.jr) | Verliesnorm Pfosfaat (mgP/ha.jr) |
|------|---------------------------------|--|----------------------------------|
| 1998 | 300 | 40 | 8,7 |
| 2000 | 275 | 35 | 7,6 |
| 2002 | 250 | 30 | 6,5 |

PERCEELSBALANS

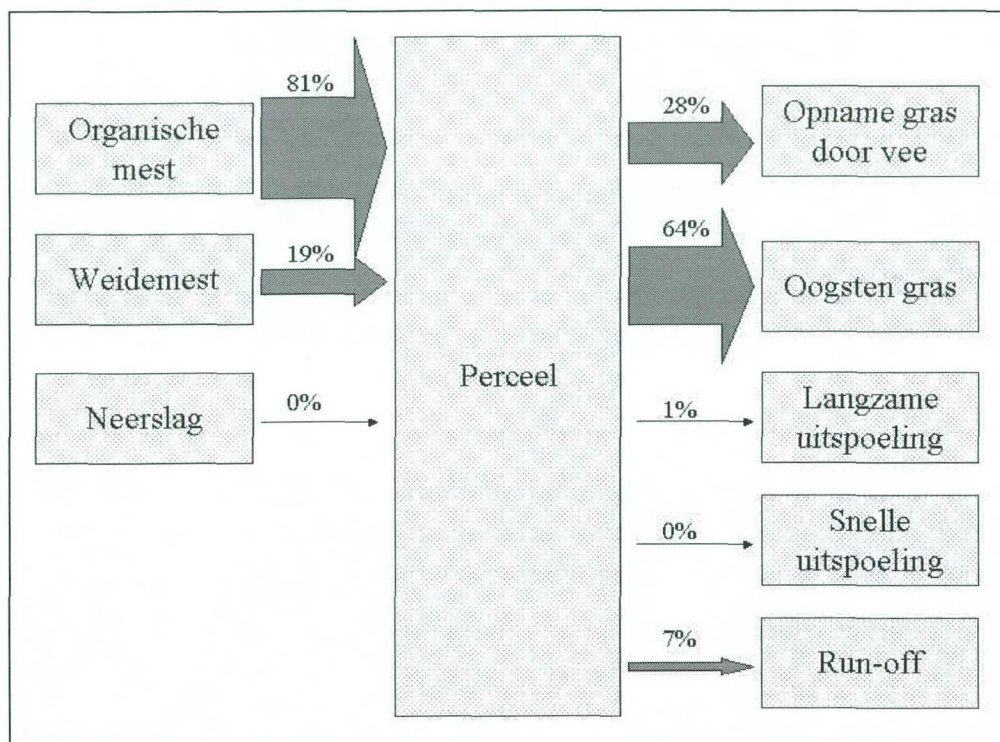
In Figuur 6.6 en Figuur 6.7 zijn respectievelijk van de stikstof- en de fosfaatperceelsbalansen de posten procentueel weergegeven. Hierbij zijn de gegevens van 1999/2000 en 2000/2001 en ook van de percelen 13 en 8 gemiddeld.

FIGUUR 6.6 PERCEELSBALANS VOOR STIKSTOF. GEMIDDELTE 1999/2000, 200/2001 EN GEMIDDELD OVER PERCEEL 13 EN 8



FIGUUR 6.7

PERCEELSBALANS VOOR FOSFAAT. GEMIDDELTE 1999/2000, 200/2001 EN GEMIDDELD OVER PERCEEL 13 EN 8



Op perceelsniveau blijkt dat een veel groter deel van de mestgift nuttig wordt gebruikt, dat wil zeggen: wordt omgezet in gras. Voor stikstof is dit meer dan 60%, voor fosfaat meer dan 90%.

Verder is het belangrijk te constateren dat van stikstof een substantieel deel via uitspoeling verdwijnt (langzame component). Bij fosfaat is het andersom: run-off is voor deze stof een grotere stroom dan de langzame uitspoeling. Voor beide stoffen geldt dat de uitspoeling via de snelle component te verwaarlozen is.

Tenslotte zijn bij stikstof drie bijzondere stromen van belang: mineralisatie, (droge en natte) depositie en denitrificatie. Dit laatste is een afvoerpost, de eerste twee zijn aanvoerposten. Genoemde aanvoerposten zijn moeilijk op bedrijfsniveau te sturen. De denitrificatie (afvoer) is wel enigszins te sturen, namelijk via de grondwaterstand. Bij een hoge grondwaterstand treden over een groter deel van het bodemprofiel zuurstofarme condities op, waardoor de denitrificatie gestimuleerd wordt.

6.3 VERGELIJKING BALANSEN OP BEDRIJFS- EN PERCEELSNIVEAU

Bij een vergelijking tussen de balansen op bedrijfs- en perceelsniveau moet bedacht worden dat deze balansen in opzet principieel verschillen. De bedrijfsbalans geeft in feite de uitwisseling met de markt. Het overschot op de bedrijfsbalans is de totale netto uitwisseling met het milieu. De perceelsbalansen brengen juist in detail de uitwisselingsprocessen met het milieu in beeld (zowel in- als uitgaande stromen). Het is daarom moeilijk een vergelijking tussen beide typen balansen te maken. Er moet rekening gehouden worden met de volgende aspecten:

- fosfaat. Bij de balans op perceelsniveau is alleen het proces van fosfaatadsorptie in de bodem niet in beeld gebracht. Het overschot op de fosfaat-perceelsbalans zou dus verklaard kunnen worden door fosfaatadsorptie. Het overschot op de bedrijfsbalans is een combinatie van fosfaatadsorptie en uit- en afspoeling;
- stikstof. Vervluchting van ammoniak uit de stallen speelt bij de bedrijfsbalans wel een rol, maar bij de balans op perceelsniveau niet. Een ander verschil is dat depositie als aparte aanvoerpost wordt berekend in de balans op perceelsniveau, maar bij de balans op bedrijfsniveau niet. Bij de bedrijfsbalans wordt alleen de netto uitwisseling berekend (combinatie van aan- en afvoer met het milieu);
- de balansen op perceelsniveau zijn opgesteld voor slechts twee percelen van het bedrijf. Bij de balansen op bedrijfsniveau worden alle percelen betrokken. De percelen waarvoor geen perceelsbalansen zijn opgesteld, kunnen uiteraard een afwijkende perceelsbalans hebben (andere mestgift, gewasopbrengst, beweiding, denitrificatiesnelheid, etc).

Rekening houdend met deze verschillen levert een vergelijking tussen de beide balanstypen het volgende resultaat. Voor stikstof wordt op basis van de bedrijfsbalans een gemiddelde uitwisseling met het milieu berekend van ca. 200 kg/ha.jr. Rekening houdend met een depositie van ongeveer 50 kgN/ha.jr bedraagt de emissie ongeveer 250 kgN/ha.jr. Op basis van de perceelsbalansen wordt een totale emissie berekend van ongeveer 180 kgN/ha.jr. Deze waarden liggen in dezelfde orde van grootte. Rekening houdend met de verschillen tussen beide type balansen (vervluchting uit stallen en het aantal betrokken percelen) is dit geen slecht resultaat.

Voor fosfaat liggen de berekende emissies echter veel verder uit elkaar: op basis van de bedrijfsbalans wordt een emissie berekend van ca. 17 kgP/ha.jr. en op basis van de perceelsbalans 1,6 kgP/ha.jr. Deze waarden verschillen meer dan een factor 10. Een mogelijke verklaring is het verschil in het aantal betrokken percelen. Anders gezegd: er zouden andere percelen binnen het bedrijf zijn die een veel grotere emissie hebben dan die waarvoor de perceelsbalansen zijn opgesteld. Schoumans en Zweers (lit. 17) concluderen dat de fosfaatgiften op de proefpercelen de laatste jaren niet hoog zijn geweest. Het kan het zijn dat de fosfaatgift op andere percelen hoger is. Opvallend is dat binnen het bedrijf in het verleden fosfaat ook via kunstmest is toegediend. Op de proefpercelen is dit de laatste jaren niet gebeurd.

6.4 VERGELIJKING CONCENTRATIES

Het belangrijkste onderdeel van deze studie is onderzoek naar de uit- en afspoeling van meststoffen naar het oppervlaktewater. Zonder naar vrachten te kijken, kunnen ook concentraties van verschillende stromen met elkaar vergeleken worden om het proces van uit- en afspoeling beter te kunnen begrijpen. In dit geval zijn de concentraties van 6 verschillende soorten waterstromen van belang:

- concentratie in run-off water. Dit water komt rechtstreeks in het oppervlaktewater;
- concentratie bodemvocht in bovenste bodemlaag (0-40 cm). Dit water komt via de snelle uitspoeling in het oppervlaktewater;
- concentratie bodemvocht in onderste bodemlaag (50-200 cm). Dit water komt via de langzame uitspoeling in het oppervlaktewater;
- concentratie grondwater. Volgens de schematisatie van de waterstromen van het perceel komt dit water niet in het oppervlaktewater terecht. Het is echter de vraag of deze

schematisatie volledig met de werkelijkheid overeenkomt. Een vergelijking is daarom toch interessant;

- concentratie bodemvocht sloten. Dit water is afkomstig van het bodemvochtwater, en bevindt zich op de weg naar het oppervlaktewater vlak voor de uittreding;
- concentratie oppervlaktewater sloten. Dit is het resultaat van de uit- en afspoelingsprocessen. De hoeveelheid neerslag die rechtstreeks op de sloten valt, wordt van ondergeschikte invloed verondersteld. Bij de perceelsloot zijn geen andere waterstromen die de sloten kunnen voeden.

In tabel 6.19 zijn de stikstof- en fosfaatconcentraties van deze waterstromen aangegeven.

TABEL 6.19

STIKSTOF- EN FOSFAATCONCENTRATIES WATERSTROMEN

| Water | Concentratie stikstof (mgN/l) | Concentratie fosfaat (mgP/l) |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Run-off | 26,3 | 3,48 |
| Bodemvocht 0-40 cm diepte | 15,0 | 0,28 |
| Bodemvocht 50-200 cm diepte | 19,0 | 0,07 |
| Grondwater | 12,6 | 0,31 |
| Bodemvocht perceelsloot | 13,6 | 0,06 |
| Oppervlaktewater perceelsloot | 13,0 | 0,27 |

In deze tabel valt op dat de concentraties stikstof in alle watertypen in dezelfde orde van grootte zijn. Bij fosfaat is dit juist niet het geval: de concentratie in run-off water is zeer hoog, terwijl het bodemvocht op grotere diepte en het bodemvocht in de slootbodem erg laag zijn. Het bodemvocht op geringere diepte, het grondwater en het oppervlaktewater hebben vergelijkbare concentraties die tussen de eerder genoemde waarden in vallen.

Om een idee te krijgen van de hoogte van deze concentraties zijn ze vergeleken met de grenswaarden die gelden voor het maximaal toelaatbaar risico (MTR). Deze vergelijking is eigenlijk niet goed mogelijk, omdat de MTR-waarden van stikstof en fosfor voor zomergemiddelde waarden gelden, terwijl in Tabel 6.19 jaargemiddelde waarden zijn weergegeven. Vaak zijn de concentraties van nutriënten in oppervlaktewateren in het winterhalfjaar hoger dan in het zomerhalfjaar.

Zoals gezegd, om toch een idee te krijgen, zijn de jaargemiddelde concentraties vergeleken met de (zomergemiddelde) MTR-normen. Voor stikstof bedraagt het MTR 2,2 mgN/l, voor fosfaat 0,15 mgP/l. Hiermee vergeleken zijn alle gemiddelde stikstofgehalten hoog; de gemiddelde fosfaatgehalten liggen slechts voor een deel boven het MTR.

6.5 VERGELIJKING MET LITERATUUR

Door Arcadis is een literatuurstudie verricht naar onderzoeken van belasting van oppervlaktewater met stikstof en fosfor door uit- en afspoeling van natuurlijke en landbouwgronden (lit. 3). Deze literatuurstudie is verricht voor onderzoeken op zowel zandgronden als veengronden en kleigronden. Uit de bestudeerde onderzoeken blijkt dat bij zandgronden achtergrondbelasting (natuurlijke uitspoeling) nauwelijks een rol speelt. Verder blijkt dat met name bij zandgronden er een grote variatie in de resultaten is, met name voor fosfaat. Deze variatie blijkt in belangrijke mate veroorzaakt te zijn door variatie in grondwaterstanden: de onderzoeken zijn uitgevoerd op gronden variërend van zeer natte tot sterk ontwaterde zandgronden. Op de natte gronden is de fosfaatuitspoeling relatief groot, en de stikstofuitspoeling relatief laag.

In tabel Tabel 6.20 zijn de resultaten van de bestudeerde onderzoeken op zandgronden weergegeven. Ook de resultaten van het voorliggend onderzoek zijn in deze tabel opgenomen. De berekende waarden voor stikstofuitspoeling van het voorliggend onderzoek zijn vergeleken met de andere onderzoeken hoog, terwijl die van fosfaatuitspoeling relatief laag zijn. Ook dit is te verklaren uit de vochttoestand van de bodem van de proeflocaties van Den Pol: relatief droog.

TABEL 6.20 BELASTING VAN HET OPPERVLAKTEWATER (AFSPOELING EN UITSPOELING) MET STIKSTOF EN FOSFOR; OVERZICHT VAN BALANSSTUDIES OP ZANDGRONDEN (ZONDER KWELINVLOED). UIT LIT. 3.

| Literatuur | Gebied | Stikstof (kgN/ha.jr) | Fosfor (kgP/ha.jr) | Opmerkingen |
|---------------|--|--|--|---|
| 12 | Groot Gerven, Schuitenbeek stroomgebied | 44 | | Gebied met wegzijging. Totale uitspoeling 90 kgN/ha.jr |
| 19 en 20 | | 85 | 0,5-1,0 | Op basis van gegevens van Steenvoorden, 1983 |
| 16 | Hamsterpein, 1987 Noordwoldervaart, 1986 | 19,6 | 1,4 | Gemiddelde van 2 polders |
| 5 | Schuitenbeek stroomgebied | | 5,8 | Afspoeling 2,0 kgP/ha.jr, uitspoeling 3,8 kgP/ha.jr |
| 6 | Roelinksbeek, Overijssel | 36,1 | 1,5 | |
| 10 | Chaamse Beken | 51,5 | 1,45 | |
| 18 | Zuidelijke Peel Soeloop Vreewijkse Loop Vlier I Vlier II Kaweische Loop | 12-45 16,2/26,8 8,4/15,0 36,5/52,9 33,58/60,9 35,6/58,7 | 0,5-4,1 3,6/4,6 0,5/0,5 3,4/3,9 1,2/1,7 1,8/2,5 | Gemiddelde van zes gebieden Inclusief lozingen Inclusief lozingen Inclusief lozingen Inclusief lozingen Inclusief lozingen |
| 7 en 8 | Noordwoldervaart | 13,4 | 1,1 | Inclusief lozingen |
| 13 | Hierdense beek | 144,2 | 6,4 | Neerslag 14% meer dan normaal |
| 14 | Lunterse beek Idem Munnikebek idem | 40,8 64,1 36,7 53,2 | 4,4 8,1 3,0 4,8 | |
| 9 | Hupselsebeek | | 0,8 | |
| Dit onderzoek | Den Pol, Borculo | 37-74 | 1,1-2,0 | |

6.6 AANPAK EUTROFIËRING

De concentraties van stikstof in het grondwater zijn zo hoog, dat bij uitspoeling problemen voor de waterkwaliteit ontstaan. Voor stikstof is geconstateerd dat een belangrijk deel van de toegediende hoeveelheid via denitrificatie verdwijnt en een deel via uitspoeling in het oppervlaktewater terecht komt. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de stikstofgift (nog) verder gereduceerd kan worden: niet alle toegediende stikstof wordt opgenomen door het gewas. Daarnaast kan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater gereduceerd worden door de denitrificatie te stimuleren. Dit kan bereikt worden door de grondwaterstand zo hoog mogelijk te houden, uiteraard onder voorwaarden die vanuit de landbouwkundige bedrijfsvoering worden gesteld.

Voor fosfaat lijkt de verzadigingsgraad van de bodem een belangrijke factor te zijn. Op de proefpercelen, waar de fosfaatverzadiging bijna 50% bedraagt, is de uitspoeling zeer gering. Of een dergelijke geringe uitspoeling ook mogelijk is bij percelen waar de bodem wel met fosfaat verzadigd is, is niet zeker. De kans op uitspoeling is hier waarschijnlijk veel groter. De fosfaatbalansen op bedrijfsniveau doen vermoeden dat dit inderdaad bij een aantal percelen van het bedrijf optreedt. Verder is het belangrijk te constateren dat run-off een belangrijke emissieroute naar het oppervlaktewater kan zijn. Door emissie via run-off zoveel mogelijk te voorkomen (bemestingsvrije zones, helling van het perceel), kan de belasting van het oppervlaktewater (verder) gereduceerd worden.

7

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De volgende conclusies worden uit het onderzoek getrokken:

- op bedrijfsniveau worden veel meer nutriënten (via de markt) aangevoerd dan afgevoerd. In de loop der jaren is geleidelijk aan steeds minder mest ingekocht op het bedrijf. Het nutriëntenoverschot is hierdoor gedaald. Deze bedraagt in 1997 ongeveer 200 kgN/ha.jr. en 18 kgP/ha.jr. De verliesnormen voor de periode 1998-2000 bedragen 300 kgN/ha.jr en 8,7 kgP/ha.jr (of 40 kg P₂O₅/ha.jr);
- op perceelsniveau is de fosfaatbalans bij de proefpercelen vrijwel gesloten. Meestal is er een relatief klein overschot. Dit overschot kan verklaard worden door fosfaatsorptie, omdat deze post niet apart gemeten is. Het is aannemelijk dat fosfaatsorptie bij de proefpercelen optreedt, omdat deze grond een geringe fosfaatverzadigingsgraad heeft. Het overschot van fosfaat op bedrijfsbalans is veel groter. Dit overschot is een combinatie van fosfaatadsorptie en uit- en afspoeling. Het vermoeden bestaat dat op het bedrijf percelen zijn met een veel hogere fosfaat-gift;
- op de proefpercelen vindt afvoer van fosfaat naar het milieu voornamelijk plaats via run-off;
- mineralisatie en (droge en natte) depositie zijn substantiële posten bij de aanvoer van stikstof bij de perceelsbalans. Bij de afvoer van stikstof naar het milieu spelen denitrificatie en langzame uitspoeling de belangrijkste rol;
- de denitrificatiecapaciteit vertoont een grote variatie over verschillende plekken op het perceel. Verder is de denitrificatiecapaciteit sterk afhankelijk van het vochtgehalte in de bodem. Gemiddeld over het perceel en gesommeerd over het jaar is denitrificatie een belangrijk proces om de uitspoeling naar het oppervlaktewater te verminderen.

De volgende aanbevelingen worden gedaan:

- bij percelen waarvan de bodem (nog) niet met fosfaat verzadigd is, moet voorkomen worden dat door bemesting de fosfaatverzadigingsgraad toeneemt. Op deze manier kan de fosfaatuitspoeling ook op lange termijn laag blijven;
- door bemestingsvrije zones en door aanpassing van de helling van het perceel langs slootranden moet run-off voorkomen worden. Ook bij percelen waarvan de bodem (nog) niet met fosfaat verzadigd is, is dit belangrijk;
- de uitspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater kan gereduceerd worden door een evenwichtsbemesting toe te passen, en door denitrificatie zoveel mogelijk via de grondwaterstand te stimuleren.

LITERATUUR

1. ARCADIS (2001). DOVE grasland op zand. Overzicht van de verzamelde data. STOWA/RIZA.
2. ARCADIS (2002). DOVE grasland op zand. Berekening met SWAP. Alterra.
3. ARCADIS Heidemij Advies (1997). Literatuurstudie. Belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfor door uit- en afspoeling van natuurlijke- en landbouwgronden. RWS/RIZA.
4. Beldman, A.C.G. (2002). Voorgeschiedenis en mineralenbalansen 1999 en 2000 proefpercelen project belasting van het oppervlaktewater door de veehouderij opbedrijf Den Pol in Boekelo. Concept. LEI.
5. Breeuwsma, A., J.G.A. Reijerink, O.F. Schoumans, D.J. Bus & H. van het Loo, 1989. Fosfaatbelasting van bodem, grond- en oppervlaktewater in het stroomgebied van de Schuitenbeek. SC-DLO rapport 10. *)
6. Dekker, J.J., 1988. De beschrijving van de afvoer van nutriënten in het Roelinksbeekgebied: een aanzet voor een model. Doktoraalverslag vakgroepen Huydraulica & Afvoerhydrologie en Waterzuivering. Landbouwniversiteit, Wageningen. *)
7. Hoofdgroep Waterstaat en Milieu, 1986. De bijdrage van de landbouw en veengronden aan de eutrofiering van het boezemwater in zuidwest Friesland. Provincie Friesland. *)
8. Hoofdgroep Waterstaat en Milieu, 1987. Polderwater en eutrofiering in de provincie Friesland, 1986. Provincie Friesland. *)
9. Lammers, B., 1985. De invloed van de landbouw op de grond- en oppervlaktewaterverontreiniging in het Hupselsebeekgebied. Een eerste aanzet. Doktoraalverslag vakgroepen Waterzuivering en Huydraulica & Afvoerhydrologie. Landbouwniversiteit Wageningen. *)
10. Latour, P. 1988. Pers. Mededeling *)
11. Meinardi, C.R. (2002). De afvoer van water en stoffen van de bodem naar de sloten bij locatie De Pol te Enschede. Voorlopige versie. RIVM.
12. Negate, G.L., H.P. Oosterom, J. Pankow, J. Oude Voshaar, C.W.J. Roest & A. van der Toorn, 1997. Afvoer van water, stikstof en fosfor in het Schuitenbeek-stroomgebied, veldonderzoek 1988, 1994. SC-DLO rapport 424.1 *)
13. Nijboer, L.F., 1986. Uit- en afspeling van fosfor en stikstof afkomstig van bemesting in de landbouw. ICW, nota 1742. *)
14. Oosterloo, W. 1986. Een eutrofieronderzoek in het stroomgebied van de Luntersebeek (Gelderse Vallei). Zuiveringsschap Veluwe. *)
15. Oenema, O. (2002). Stikstofmineralisatie en denitrificatie DOVE zand. Resultaten veldmetingen Den Pol. Project "Diffuse belasting van het oppervlaktewater door de veehouderij". Concept. Alterra-document 2.
16. Provincie Friesland, 1990. Nutriëntenbelasting vanuit polders op de Friese Boezem. *)
17. Schoumans, O.F. & A.J. Zweers (2000). Fosfaatsorptie- en desorptiekenmerken van monsters van onderzoekslokatie "den Pol". Alterra.

18. Steenvoorden, J.H.A.M., W. van Doorne, A.M.H. van Heezen, 1987. Bijdrage vanuit de landbouw aan stikstof- fosfaat- en chloridebelasting van het oppervlaktewater in zes afwateringsgebieden in de Zuidelijke Peel. ICW nota 1785. *)
19. Waterschap Friesland, 1993a. Diffuse bronnen van verontreiniging van het oppervlaktewater in Friesland. *)
20. Waterschap Friesland, 1993b. Stofbalansen voor de Friese Boezem. *)

*) Overgenomen uit lit. 3

stowa

STICHTING
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 030 232 11 99 FAX 030 232 17 66
Arthur van Schendelstraat 816
POSTBUS 8090 3503 RB UTRECHT



C 24