

Nutriëntenbalansen in de Vlietpolder in het jaar 1999

**C.L. van Beek
O. Oenema**

Alterra-rapport 482

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2002

REFERAAT

Beek, C.L. van en O. Oenema, 2002. *Tnutriëntenbalansen in de Vlietpolder in het jaar 1999*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 482. 74 blz. 21 fig.; 28 tab.; 30 ref.

Voor de Vlietpolder (Zuid-Holland) zijn vier verschillende typen nutriënten-balansen opgesteld op verschillende schaalniveaus (bedrijf en perceel) voor 7 melkveehouderij bedrijven en 69 percelen. Bedrijfsoverschotten liepen uiteen van 208 tot 327 kg N/ha/j en van 6 tot 34 kg P/ha/j. Perceeloverschotten liepen uiteen van -6 tot 562 kg N/ha/j en van -18 tot 91 kg P/ha/j. Er was een positieve relatie tussen de bedrijfsoverschotten en de gemiddelde perceeloverschotten per bedrijf. Echter, de spreiding binnen bedrijven was groot; groter dan tussen bedrijven. Uitspoeling naar het oppervlaktewater bedroeg 55 kg N/ha/j en 6 kg P/ha/j, hetgeen overeenkwam met 11% van het bedrijfsoverschot. Het resterend overschot werd opgeslagen binnen het bedrijf of vervluchtigde (in geval van N).

Trefwoorden: bedrijfsbalans, excretie, melkveehouderij, mest, nutriëntenbalans, overschot, perceelsbalans, uitspoeling, veenweide

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €19,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 482. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2002 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Leeswijzer	9
2 Nutriëntenbalansen	11
2.1 De Vlietpolder	11
2.2 Balansgrenzen en schaalniveaus	12
2.3 Oxidatie van veen en slootbaggertoediening	15
3 Bedrijfsbalans	17
4 Perceelsbalans	21
4.1 Werkwijze	21
4.1.1 Kunstmest	22
4.1.2 Runder drijfmest	22
4.1.3 Mest en urine van weidend vee	22
4.1.4 Slootbagger	24
4.1.5 Gemaaid gras	24
4.1.6 Depositie	25
4.1.7 Afgegraasd gras	25
4.1.8 NH ₃ vervluchtiging	26
4.1.9 Ontbrekende gegevens	27
4.2 Resultaten	27
5 Bedrijfssysteembalans	33
5.1 Werkwijze	34
5.1.1 Gewasopname	34
Denitrificatie	34
5.1.3 Oxidatie van veen	35
5.1.4 Uitspoeling	36
5.1.4.1 Uitspoeling naar het grondwater	36
5.1.4.2 Uitspoeling naar het oppervlaktewater	37
5.2 Resultaten	38
6 Bodemsysteembalans	43
6.1 Werkwijze	43
6.1.1 Depositie op het oppervlaktewater	44
6.1.2 Denitrificatie in de sloot	44
6.1.3 Nitrificatie	45
6.1.4 Mineralisatie van organische bemesting	45
6.2 Resultaten	45
7 Discussie	49
7.1 Relaties tussen balansen	49

7.2 Verliesroutes van het overschot	50
7.3 Spreiding binnen en tussen bedrijven	52
7.4 Bedrijfsvoering versus overschot	52
7.5 Gegevensanalyse	54
8 Conclusies	55
Literatuur	57
<i>Aanhangsels</i>	
1 Inrichting van het proefperceel	59
2 N perceelsbalansen	61
3 P perceelsbalansen	63
4 Slootbaggertoediening in de Vlietpolder, 1999	65
5 Denitrificatie metingen in het proefperceel	67
6 Denitrificatie in het bovenste grondwater	69
7 Denitrificatie metingen in de meetsloot	71

Woord vooraf

Halverwege de jaren '90 werden 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 N en P aan de andere kant. Als reactie op deze constatering werden drie projecten gestart onder de verzamelnaam DOVE (Diffusie belasting Oppervlaktewater uit de Veehouderij). De DOVE projecten zijn op drie grondsoorten gestart: zand, veen en klei. Het onderhavige project betreft het DOVE-veen project en is in 1999 gestart in de Vlietpolder (Zuid-Holland).

Het doel van alle DOVE projecten is het kwantificeren van de bijdrage van de melkveehouderij aan de belasting van het oppervlaktewater met stikstof (N) en fosfor (P) door metingen. Het DOVE-veen project kent daarbij nog een tweede fase (start in 2003) waarin gerichte maatregelen, -gebaseerd op resultaten uit de eerste fase-, geïmplementeerd en getoetst worden. Het opstellen van gerichte maatregelen vergt inzicht in de water- en nutriëntenhuishouding van de polder. Waterstanden en nutriëntenhuishouding variëren in ruimte en tijd. De interactie tussen deze factoren bepalen de effectiviteit van een maatregel.

In dit rapport worden de resultaten van een viertal typen nutriëntenbalansen gepresenteerd voor de Vlietpolder, alsmede de werkwijzen voor het opstellen van de balansen. Door relaties te leggen tussen de verschillende nutriëntenbalansen kunnen emissies van N en P naar het milieu beter onderbouwd worden. Dit rapport beschrijft de balansen van 1999. Balansen voor 2000 en 2001 worden in volgende rapportages gepresenteerd.

Bij het DOVE-veen project zijn de volgende instituten betrokken: Hoogheemraadschap van Rijnland, Alterra, Waterschap Oude Rijnstromen, RIVM, Praktijkcentrum Zegveld, DLV Adviesgroep en Wageningen Universiteit. Het hierbeschreven onderzoek is uitgevoerd door Alterra en is gefinancierd door de ministeries van LNV en VROM. De auteurs zijn in de eerste plaats dank verschuldigd aan de veehouders in de Vlietpolder die hun gegevens beschikbaar hebben gesteld voor dit onderzoek. Verder zorgden Gé van den Eertwegh en Frank van Schaik van het Hoogheemraadschap van Rijnland voor de nodige inhoudelijke discussies. Veel van hun suggesties en ideeën zijn verwerkt in dit rapport. Oscar Schoumans, Rob Hendriks, Gerard Velthof en Carolien van der Salm van Alterra worden bedankt voor hun commentaar op eerdere versies van deze rapportage.

Christy van Beek en Oene Oenema
Wageningen, 2002

Samenvatting

In deze studie worden vier typen balansen beschreven voor een veenweide polder voor stikstof (N) en fosfor (P) voor het jaar 1999. De beschreven balansen zijn: bedrijfsbalans, perceelsbalans, bedrijfssysteembalans en bodemsysteembalans. Bedrijfsbalansen geven het netto bedrijfsoverschot weer. De bedrijfsbalansen zijn ontleend aan Brouwer (2000). Bedrijfsoverschotten liepen uiteen van 208 tot 327 kg N/ha/j en van 6 tot 34 kg P/ha/j. Met de perceelsbalansen werd de netto bodembelasting per perceel berekend. Hiervoor zijn eenvoudige rekenregels opgesteld en zijn de gegevens van veehouders betreffende aan- en afvoer van N en P gebruikt. De perceeloverschotten liepen uiteen van -6 kg N/ha/j tot 562 kg N/ha/j en van -18 kg P/ha/j tot 91 kg P/ha/j. De opbouw van het gemiddeld perceeloverschot liet twee pieken zien: in april en in augustus. Pieken in de opbouw van het overschot geven een verhoogde kans op verliezen. Echter, per perceel kon deze opbouw sterk afwijken, afhankelijk van de bedrijfsvoering.

Met de bedrijfssysteembalans werden stofstromen binnen één bedrijf inzichtelijk gemaakt. De bedrijfssysteembalans liet de verschillende verliesroutes van een overschot zien. Interne bronnen als oxidatie van veen en het opbrengen van slootbagger hadden veel invloed op de bedrijfssysteembalans. Jaarlijks kwam circa 180 kg N/ha beschikbaar door de oxidatie van veen. Uitspoeling naar het oppervlaktewater bedroeg 55 kg N/ha/j en 6 kg P/ha/j. Door denitrificatie vervluchtigde 121 kg N/ha/j en daarmee was denitrificatie de grootste verliespost voor N.

Verdeling van het bedrijfsoverschot over verschillende verliesposten (in %).

	N	P
Uitspoeling oppervlaktewater	11	11
Uitspoeling grondwater	2	2
Vervluchtiging	43	-
Opslag binnen bedrijf	44	87

De bodemsysteembalans gaf stofstromen binnen een perceel weer. Voor N werden tevens de verschillende verschijningsvormen onderscheiden (nitraat, ammonium en organisch stikstof). Met de bodemsysteembalans werd gecontroleerd op consistentie van gegevens. De onverklaarde fractie van 7% werd als acceptabel beschouwd.

Er was geen relatie tussen de intensiteit van een bedrijf (in meetmelkquotum per hectare) en het gemiddeld perceeloverschot. De bedrijfsbalansen en de gemiddelde perceelsbalansen lieten een positieve relatie zien. Echter, de spreiding tussen de perceelsbalansen per bedrijf was groot; groter dan de spreiding tussen de bedrijfsbalansen. Deze spreiding tussen percelen per bedrijf geeft aan dat een bedrijf met een relatief laag bedrijfsoverschot toch één of enkele percelen kan hebben met een relatief hoog overschot. Het is op dit moment nog niet duidelijk wat dit betekent voor de belasting van het oppervlaktewater.

1 Inleiding

In veel gebieden in Nederland zijn de concentraties aan N en P in het oppervlaktewater boven de gestelde normen. Een deel daarvan wordt toegeschreven aan de landbouw en met name de melkveehouderij (van Bruchem, 1999; van Keulen et al., 1996). De intensivering en specialisering van de melkveehouderij heeft tot een (zeer) hoog-productieve bedrijfstak geleid. Belasting van het milieu met nutriënten geeft aan dat de kringlopen niet 'sluitend' zijn. De nutriëntenbalansen vertonen overschotten, welke een maat zijn voor de potentiële emissies naar het milieu. Uitspoeling van stikstof (N) en fosfor (P) naar het oppervlaktewater leidt tot eutrofiëring en vermindering van de biodiversiteit.

Het is de uitdaging aan de Nederlandse landbouw om –na jaren van intensivering en schaalvergroting- te streven naar een minimale belasting van het milieu bij een goed bedrijfsresultaat. Dit kan worden bereikt door de nutriëntenoverschotten te beperken.

In de hier beschreven studie zijn nutriëntenbalansen opgesteld voor één polder, te weten de Vlietpolder bij Hoogmade. In deze polder worden de kwaliteitsnormen voor N en P van het oppervlaktewater regelmatig overschreden (van den Eertwegh, 1999). Het doel van deze studie is:

- Het opstellen van balansen op twee schaalniveaus (bedrijf en perceel), zodat de invloed van de ruimtelijke variabiliteit binnen een bedrijf zichtbaar wordt.
- Het vaststellen van momenten met verhoogd risico op verliezen.
- Het afleiden van transportroutes van N en P binnen bedrijf en perceel.
- Het leggen van relaties tussen verschillende balansen, zodat overschotten kunnen worden verdeeld over verschillende verliesprocessen.

1.1 Leeswijzer

De conceptuele ideeën achter de verschillende balansen worden in Hoofdstuk 2 toegelicht. Vervolgens wordt per balanstype de werkwijze en de resultaten besproken (Hoofdstukken 3, 4, 5 en 6). In de discussie (Hoofdstuk 7) worden relaties en verbanden gelegd tussen de verschillende balansen en komt de invloed van bedrijfsvoering naar voren. Tevens wordt in dit hoofdstuk een analyse van de foutenbronnen gemaakt. In Hoofdstuk 8 tenslotte volgen de conclusies.

2 Nutriëntenbalansen

2.1 De Vlietpolder

Dit onderzoek is uitgevoerd in de Vlietpolder bij Hoogmade (Zuid-Holland). De Vlietpolder is ca. 170 ha groot (grondoppervlak) en het grondgebruik is overwegend grasland (>90%). Er zijn 11 veehouderijbedrijven gevestigd, waarvan er 7 deelnemen aan het project. Gezamenlijk vertegenwoordigen de deelnemende bedrijven ca. 80% van het oppervlak. Er is gekozen voor de Vlietpolder, omdat::

- de polder hydrologisch gezien duidelijk begrensd is,
- het dominante grondgebruik grasland is,
- er regelmatig overschrijding van de waterkwaliteitsnormen in het oppervlakte-water plaatsvindt,
- er gangbare melkveehouderij is,
- de meeste veehouders bereid zijn te participeren in het project.

In Figuur 1 is de Vlietpolder weergegeven.



Figuur 1: Het onderzoek is uitgevoerd in de Vlietpolder bij Hoogmade. Het gearceerde perceel is het proefperceel.

De bedrijven in de Vlietpolder zijn allemaal in meer of mindere mate intensief. In Tabel 1 zijn een aantal karakteristieken van de 7 bedrijven (A t/m G) weergegeven.

Tabel 1. Karakteristieken Vlietpolderbedrijven in de periode april - oktober 2000 (afgeronde getallen).

	A	B	C	D	E	F	G
oppervlak totaal (ha)	25	21	33	29	34	62	44
oppervlak in Vlietpolder (ha)	25	21	24	29	8	13	6
melkquotum (kg/ha)	20159	12013	13676	12682	16366	13199	18278
melkproductie (kg/koe/d)	27	21	25	26	29	26	27
aantal melkgevende koeien	51	31	47	42	49	89	79
aantal jongvee	27	18	36	44	39	72	70
krachtvoerverbruik (KVE/koe)	1541	897	1155	1264	1165	953	1890

De Vlietpolder bestaat voor een groot deel uit veengronden (72%). Alleen in het zuidwesten van de Vlietpolder komt rivierkleigrond voor (13%) (Leenders, 1999). Het toemaakdek is circa 30 cm en heeft een zandfractie van 36%. De grondwatertrap is overwegend IIa. In Tabel 2 zijn een aantal karakteristieken van de bodem van het proefperceel weergegeven.

Tabel 2. Bodemkarakteristieken van het proefperceel in de Vlietpolder (meetgegevens 2001).

laag	Organische stof	pH-H ₂ O	Droge bulkdichtheid	Textuur (%)		
	g g ⁻¹		g cm ⁻³	klei	silt	zand
0-10	0,27	5,36	0,92	57	8	15
10-20	0,22	4,95	0,93	62	9	12
20-30	0,25	4,86	0,81	62	12	13
30-40	0,27	4,60	0,75	62	12	13

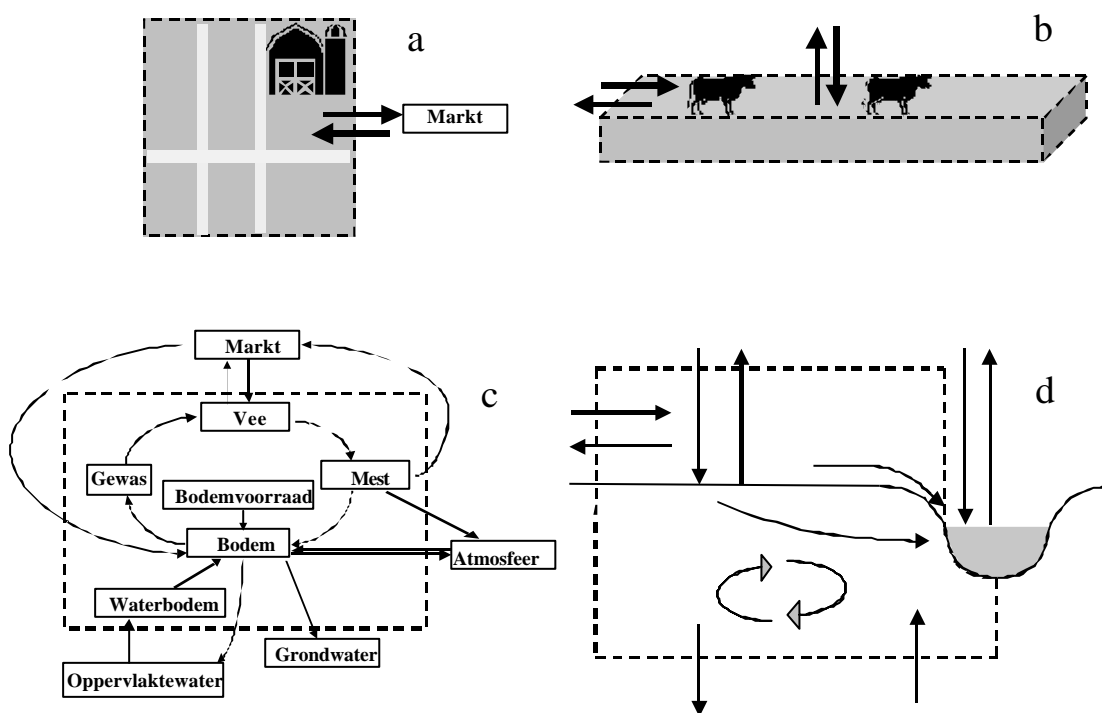
2.2 Balansgrenzen en schaalniveaus

Nutriëntenbalansen worden toegepast op verschillende schaalniveaus. Zo zijn er balansen opgesteld voor hele regio's (bijv. De Willigen en Ehlert, 1996; Van Eerd, 1998), maar ook voor één bedrijf (bijv. Oenema et al., 2000) of een enkel perceel (Aarts, 1996; Van den Eertwegh et al., 1999). Het Nederlands beleidsinstrument MINAS (MIneralen Aangifte Systeem) is een voorbeeld van een bedrijfsbalans dat wil zeggen bij MINAS wordt gekeken naar wat er het bedrijf inkomt en wat er uitgaat, maar niet naar wat er met de nutriënten op het bedrijf gebeurt. In dit geval wordt de balansgrens dus gevormd door de grenzen van het bedrijf. Er wordt onderscheid gemaakt tussen 'boekhoudkundige' balansen en 'systeem' balansen. Boekhoudkundige balansen hebben een aanvoer en een afvoer en daaruit volgt een zeker overschot of tekort. Systeembalansen beschrijven de transportroutes van de boekhoudkundige balansen en geven daarmee een opsplitsing van overschotten of tekorten aan. In deze rapportage worden beide typen balansen aangeduid met 'balansen'. De vier typen balansen die gebruikt worden in deze rapportage zijn (naar: Oenema & Heinen, 1999):

schaal	balanstype	
	boekhoudkundig	systeem
bedrijf	bedrijfsbalans	bedrijfssysteembalans
perceel	perceelsbalans	bodemsysteembalans

1. De bedrijfsbalans: hoeveel N en P komt het bedrijf op minus hoeveel N en P verlaat het bedrijf.
2. De perceelsbalans: hoeveel N en P komt op het perceel door landbouwkundig handelen én door aanvoer vanuit de en de lucht minus perceelsafvoer en vervluchting.
3. De bedrijfssysteembalans: stoftransport binnen het bedrijf, inclusief aanvoer vanuit de bodem en lucht en afvoer door vervluchting en uitspoeling.
4. De bodemsysteembalans: stoftransport binnen het perceel, inclusief aanvoer vanuit de bodem en lucht en afvoer door vervluchting en uitspoeling.

Uit bovenstaande blijkt een parallel tussen de bedrijfs- en bedrijfssysteembalans enerzijds en de perceels- en bodemsysteembalans anderzijds. Met de bedrijfsbalans wordt een netto bedrijfsoverschot berekend. Met de perceelsbalans wordt de netto bodembelasting van een perceel berekend. Het grensvlak van de perceelsbalans is bij wijze van spreken het hek van het perceel, de uitwisseling met de atmosfeer en de bodem onder de wortelzone. De bedrijfssysteembalans gaat uit van de bedrijfsbalans. Het bedrijfsoverschot wordt verdeeld over 9 compartimenten te weten; vee, mest, bodem, gewas, waterbodem, grondwater, oppervlaktewater, bodemvoorraad en atmosfeer. Alle vluchtige vormen van N gaan naar het compartiment 'atmosfeer'. Het compartiment 'bodemvoorraad' is een interne post en wordt in de volgende paragraaf besproken. De bodemsysteembalans tenslotte geeft de transportroutes weer van N en P in de bodem, uitgaande van het overschot op de perceelsbalans. Alle balansen in deze studie zijn totaal balansen, alleen in de bodemsysteembalans wordt rekening gehouden met de verschillende verschijningsvormen van N.



Figuur 2: Grenzen en nutriëntenstromen van de bedrijfsbalans (a), de perceelsbalans (b) en bedrijfssysteembalans (c) en de bodemsysteembalans (d). Pijlen geven omzettingen en transportroutes van nutriënten weer. Onderbroken lijnen geven systeemgrenzen aan.

De verschillende balansen hebben verschillende grenzen en daarmee worden verschillende overschotten berekend. Hierdoor is het op voorhand niet mogelijk om de verschillende overschotten met elkaar te vergelijken. De bedrijfs- en perceelsbalansen zijn onafhankelijk van elkaar opgesteld, dat wil zeggen er is gebruik gemaakt van verschillende informatiebronnen. Dit geldt niet voor de bedrijfs- en bodemsysteembalans, die gebruik maken van gegevens uit zowel de bedrijfs- als perceelsbalansen. De bedrijfs- en bodemsysteembalansen zijn daardoor *niet* onafhankelijk van de andere balansen.

Bovengenoemde balansen worden voor verschillende doeleinden gebruikt. De bedrijfsbalans wordt bijvoorbeeld als voorlichtingsinstrument en als beleidsinstrument gebruikt (bijv. MINAS) en is robuust en eenvoudig. De perceelsbalans wordt gebruikt als milieu-indicator (bijv. door de OECD). Bedrijfs- en bodemsysteembalansen worden vooral voor onderzoeksdoeleinden gebruikt vanwege de complexiteit van deze balansen.

In Tabel 3 zijn per balansstype de aan- en afvoerposten weergegeven. De bedrijfs- en bodemsysteembalans nemen respectievelijk ook verplaatsingen en omzettingen mee, waarvoor een extra kolom is toegevoegd. Gaande van bedrijfsbalans naar bodemsysteembalans vindt een verfijning van de nutriëntenstromen en een verkleining van de schaal plaats. Op de vier balansen komt een aantal maal dezelfde post voor (bijvoorbeeld kunstmest), er zit echter een verschil in schaal tussen, zodat deze posten niet dezelfde waarden hoeven te hebben. De aanvoer door kunstmest op de bedrijfsbalans (kunstmestaankoop) is op bedrijfsniveau bepaald, terwijl de aanvoer door kunstmest op de perceelsbalans op perceelsniveau is bepaald (kunstmesttoediening). Wel is het natuurlijk zo dat de (gewogen) gemiddelde kunstmestaanvoer over alle percelen van een bedrijf gelijk moet zijn aan de kunstmestaankoop op bedrijfsniveau, rekening houdend met eventuele opslag op het bedrijf.

Tabel 3: Aan- en afvoerposten per balansstyp. In de systeembalansen wordt ook rekening gehouden met verplaatsing (bedrijfssysteembalans) en omzetting (bodemsysteembalans).

<i>bedrijfsbalans</i>		
<i>aanvoer</i>	<i>afvoer</i>	
kunstmest	vee	
vee	melk	
krachtvoer	mest	
ruwvoer		
mest		
<i>perceelsbalans</i>		
<i>aanvoer</i>	<i>afvoer</i>	
kunstmest	gemaaid gras	
dunne rundermest	afgegraasd gras	
mest weidend vee	NH ₃ vervluchtiging weide	
atmosferische depositie		
baggertoediening		
<i>bedrijfssysteembalans</i>		
<i>aanvoer</i>	<i>afvoer</i>	<i>verplaatsing</i>
kunstmest	vee	dunne rundermest
vee	melk	baggertoediening
krachtvoer	mest	gemaaid gras
ruwvoer	NH ₃ vervluchtiging	afgegraasd gras
mest	wegzijging ¹	
atmosferische depositie	uitspoeling	
oxidatie van veen	oppervlakkige afspoeling	
<i>bodemsysteembalans</i>		
<i>aanvoer</i>	<i>afvoer</i>	<i>omzetting</i>
mest	NH ₃ vervluchtiging	mineralisatie
dunne rundermest	denitrificatie	oxidatie van veen
baggertoediening	wegzijging	
depositie op perceel	uitspoeling	
depositie op sloot	oppervlakkige afspoeling	
kwel	gewasopname	
	denitrificatie in sloot	

¹ Met wegzijging wordt uitspoeling naar het diepe grondwater bedoeld.

2.3 Oxidatie van veen en slootbaggertoediening

Jaarlijks komt een bepaalde hoeveelheid N en P vrij uit het veen door oxidatie¹. Deze aanvoer wordt bepaald door de ontwatering en de kwaliteit van het veen en is onomkeerbaar. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld mineralisatie van oude mest, die kan worden aangevuld met verse mest. Door deze onomkeerbaarheid is de oxidatie van veen opgenomen in de bedrijfssysteembalans als interne aanvoerpost. Dit is niet gedaan voor de perceelsbalans, omdat het bodemoppervlak niet wordt gepasseerd en met de perceelsbalans de netto bodembelasting wordt berekend.

¹ Oxidatie van veen wordt ook vaak aangeduid met netto mineralisatie. In dit rapport wordt de term mineralisatie gebruikt voor afbraak voor organische mest.

Een andere interne aanvoerpost van nutriënten is het opspuiten van slootbagger. Het baggeren neemt de laatste jaren toe en ligt nu tussen de eens in de 5 jaar en eens in de 15 jaar. Het opspuiten van slootbagger kan gezien worden als aanvoer van nutriënten (als de sloten geen onderdeel zijn van het systeem), maar ook als circulatie van nutriënten (als de sloten wel onderdeel zijn van het systeem). Dit verschil in interpretatie heeft natuurlijk gevolgen voor de balans. Aangezien met de perceelsbalans een netto *bodembelasting* wordt berekend, worden sloten niet als onderdeel van de perceelsbalans gezien. Toediening van slootbagger is dan aanvoer van nutriënten. De andere balansen bevatten wel de sloot. Bij deze balansen is baggertoediening louter circulatie van nutriënten.

Als baggertoediening wordt gezien als circulatie van nutriënten, dan moeten deze nutriënten natuurlijk wel ergens vandaan komen. De nutriënten in de slootbagger zijn afkomstig van afgestorven waterplanten of van directe precipitatie uit het slootwater. Uitspoeling bestaat uit 2 delen: een deel dat uiteindelijk onderdeel wordt van het slootsediment en een deel dat in het oppervlaktewater blijft en wordt afgevoerd naar een hoger watersysteem (kopsloot, boezem). Over deze processen zijn echter nauwelijks kwantitatieve gegevens voorhanden, waardoor bovenstaande opsplitsing van de uitspoelingen niet is toegepast in deze studie.

3 Bedrijfsbalans

De bedrijfsbalansen geven de aan- en afvoer van N en P per bedrijf weer. Het verschil tussen aan- en afvoer op de bedrijfsbalans geeft het tekort of overschot aan nutriënten binnen een bedrijf aan. Bedrijfsbalansen zijn robuust, omdat ze aan de hand van controleerbare gegevens (bijv. rekeningen en contracten) zijn opgesteld. Bedrijfsbalansen houden meestal geen rekening met aanvoer door atmosferische depositie, biologische N₂ binding en voorraden van veevoer en mest op het bedrijf. Voor de Vlietpolder zijn de bedrijfsbalansen weergegeven in Tabel 4 (N) en Tabel 5 (P).

Tabel 4: N-bedrijfsbalansen voor 7 bedrijven in de Vlietpolder (kg /ha) (Brouwer, 2000).

Bedrijf	A	B	C	D	E	F	G	Gemiddeld ²
aanvoer								
vee	26	0	0	0	1	0	0	3
krachtvoer	178	82	106	93	152	134	170	135
ruwvoer	41	5	13	11	6	0	67	21
kunstmest	216	188	289	259	228	162	210	216
org.mest	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>totaal</i>	<i>461</i>	<i>276</i>	<i>408</i>	<i>363</i>	<i>387</i>	<i>296</i>	<i>447</i>	<i>375</i>
afvoer								
vee	15	8	11	12	11	12	15	12
melk	109	52	70	69	85	76	105	83
org. mest	67	0	0	0	21	0	0	10
<i>totaal</i>	<i>191</i>	<i>60</i>	<i>81</i>	<i>81</i>	<i>117</i>	<i>88</i>	<i>120</i>	<i>105</i>
overschot	270	216	327	282	270	208	327	270

In 1999 bedroeg het gemiddeld N overschot 270 kg N/ha/j voor de Vlietpolder. Met name krachtvoer en kunstmest zorgden voor de aanvoer van stikstof. Melkproductie was de grootste afvoerpost. In Tabel 5 zijn de bedrijfsbalansen voor P weergegeven.

² Gewogen gemiddelde = $\frac{\sum_1^7 (A_i \cdot X_i)}{\sum_1^7 A_i}$

Tabel 5: P-bedrijfsbalansen voor 7 bedrijven in de Vlietpolder (kg /ha) (Brouwer, 2000).

Bedrijf	A	B	C	D	E	F	G	Gemiddeld³
aanvoer								
vee	5	0	0	0	0	0	0	0
krachtvoer	30	14	20	20	24	23	31	24
ruwvoer	8	1	2	2	1	0	9	3
kunstmest	21	22	7	9	3	21	13	14
org.mest	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>totaal</i>	<i>64</i>	<i>37</i>	<i>29</i>	<i>31</i>	<i>28</i>	<i>43</i>	<i>53</i>	<i>41</i>
afvoer	0	0	0	0	0	0	0	0
vee	4	2	3	3	3	3	4	4
melk	18	8	12	12	14	15	18	15
org. mest	8	0	0	0	4	0	0	1
<i>totaal</i>	<i>30</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>22</i>	<i>19</i>	<i>22</i>	<i>20</i>
overschot	34	26	14	15	6	24	31	21

Het gemiddeld P overschot in 1999 was 21 kg P/ha. Uit bovenstaande tabellen blijkt dat een groot N overschot niet noodzakelijkerwijs een groot P overschot tot gevolg heeft en omgekeerd. Bedrijf C had bijvoorbeeld het hoogste N overschot, maar een laag P overschot. Wel bleek dat bedrijven B en F relatief extensief waren en dat de intensieve bedrijven (= bedrijven met een hoge nutriëntenomzet) over het algemeen een groter overschot hebben.

Normaliter ligt de N:P verhouding van het overschot rond de 10. Alleen bedrijven C en E hadden duidelijk een hoog N overschot vergeleken met het P overschot. Deze bedrijven hebben relatief veel N kunstmest toegediend in vergelijking tot P kunstmest. Voor een deel is dit het gevolg van verschil in bodemtype. Veehouders in de Vlietpolder dienen meer kunstmest toe aan kleiige en/of natte percelen, vanwege de lagere mineralisatie in dergelijke percelen.

De efficiëntie van een bedrijf kan uitgedrukt worden als de totale N input per kg melk. Gemiddeld voor Nederland is deze efficiëntie 20-25%. De efficiënties van de Vlietpolder bedrijven liepen uiteen van 17% (bedrijf C) tot 26% (bedrijf F) en was gemiddeld 22%.

Reijneveld et al. (2000) geven per regio, per productieniveau en per grondsoort de gemiddelde N en P aan- en afvoer in 1996. De Vlietpolder valt in regio West, veengrond met een productie tussen de 12.000 en 15.000 kg melk/ha. In Tabel 6 zijn de waarden van Reijneveld et al. vergeleken met de waarden voor de Vlietpolder.

³ Gewogen gemiddelde = $\frac{\sum_1^7 (A_i \cdot X_i)}{\sum_1^7 A_i}$

Tabel 6. De gemiddelde bedrijfsbalans voor regio West volgens Reijneveld et al. (2000) in 1996 en de bedrijfsbalansen van de Vlietpolder in 1999.

	N (kg/ha)		P (kg/ha)	
	Regio West	Vlietpolder	Regio West	Vlietpolder
aanvoer				
krachtvoer ¹	129	135	22	24
ruwvoer	24	21	3	3
kunstmest	225	216	10	14
org.mest	31	0	8	0
vee	-	3	-	0
<i>totaal</i>	<i>409</i>	<i>375</i>	<i>44</i>	<i>41</i>
afvoer				
vee	14	12	4	4
melk	72	83	12	15
organische mest	11	10	2	1
ruwvoer	17	-	3	-
<i>totaal</i>	<i>114</i>	<i>105</i>	<i>21</i>	<i>20</i>
overschot	294	270	23	21

¹Inclusief natte bijproducten zoals bierborstel, persulp, voederbieten en aardappelproducten.

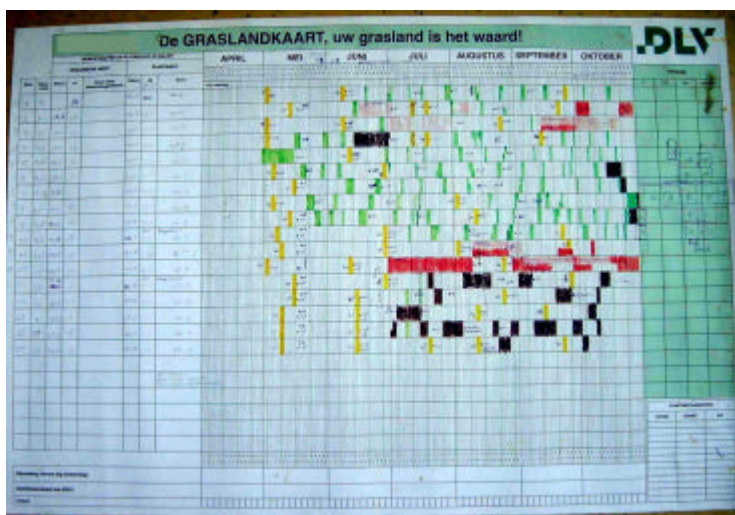
De bedrijfsbalansen in de Vlietpolder in 1999 vielen iets lager uit dan in de rest van de regio in 1996. De bedrijven in de Vlietpolder waren gemiddeld efficiënter dan Regio West.

4 Perceelsbalans

Het doel van de perceelsbalans is het berekenen van de netto bodembelasting met N en P per perceel.

4.1 Werkwijze

Voor het opstellen van de perceelsbalansen is gebruikt gemaakt van zogenaamde graslandkalenders. Op de graslandkalenders is per dag bijgehouden welke activiteiten er per perceel zijn uitgevoerd. Deze activiteiten bestonden uit maaien, weiden (koeien, schapen, pinken of kalveren), bemesting (dierlijk of kunstmest) en bagger-toediening (Figuur 3). Bij



het inter-preteren van de graslandkalenders zijn twee aspecten van belang:

de hoeveelheid en de samenstelling van een bepaald product. De hoeveelheden werden door de veehouders zelf geschat (bijvoorbeeld de hoeveelheid gemaaid gras) of berekend (bijvoorbeeld de hoeveelheid afgegraasd gras). De N- en P-gehalten van een bepaald product werden ofwel gemeten ofwel overgenomen uit literatuurgegevens. Op de graslandkalenders staan 'ruwe' cijfers, bijvoorbeeld m³ dunne rundermest. Om een balans op te stellen moeten alle gegevens omgerekend worden naar kg N of P per ha. In de volgende paragrafen wordt deze omrekening per balanspost beschreven. De aan- en afvoer van nutriënten werd op dagbasis berekend. De gebruikte symbolen in de rekenregels hebben de volgende betekenis:

Q	hoeveelheid	kg/ha
C	gehalte	g/g
c	concentratie	kg/m ³
A	oppervlakte	ha
V	volume	m ³
E	excretie	kg/dier/dag
i	perceel	1....69
j	bedrijf	1....7

Figuur 3. Op de graslandkalender houdt de veehouder zijn activiteiten per perceel bij.

4.1.1 Kunstmest

In de Vlietpolder is in 1999 voornamelijk bemest met “NP 26-7” en KAS (Kalk Ammon Salpeter). In een enkel geval werd ook TSP (Triple Super Fosfaat) gebruikt. KAS bestaat voor 27% uit N en bevat geen P. “NP 26-7” bevat 26% N en 7% P₂O₅ (~3% P). TSP bevat geen N en 19% P. De omrekening van kg kunstmest per ha naar kg N of P per ha verliep als volgt:

$$Q_{\text{kunstmest},i} = Q_{\text{KAS},i} * C_{\text{KAS}} + Q_{(26-7),i} * C_{26-7} + Q_{\text{TSP},i} * C_{\text{TSP}} \quad \text{verg. 1}$$

4.1.2 Runder drijfmest

De gemeten samenstelling van de runderdrijfmest (RDM) in de Vlietpolder is weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7: Gemeten gemiddelde N en P concentraties (kg/m³) van RDM in de Vlietpolder in (winter) 1999 (Brouwer, 2000).

Bedrijf	A	B ¹⁾	C	D	E	F	G
N _{totaal}	5,51	5,06	5,87	3,82	4,37	5,75	3,00
N _{min}	2,78	2,48	2,93	1,58	2,38	2,72	1,24
P	0,77	0,77	0,90	0,61	0,58	0,99	0,62

¹⁾ Bij bedrijf B zijn in 1999 geen monsters genomen. Hier zijn de gemiddelde waarden van de andere bedrijven in de Vlietpolder gebruikt.

De N- en P-aanvoer door dunne rundermest werd als volgt berekend:

$$Q_{\text{RDM},i} = V_{\text{RDM},i} * c_{\text{totaal},j} / A_i \quad \text{verg. 2}$$

4.1.3 Mest en urine van weidend vee

Tijdens het weiden produceert het vee mest en urine (excretie). Een koe neemt nutriënten op door kracht- en ruwvoer en gebruikt nutriënten voor vastlegging in het kalf (reproductie) en voor melkproductie. Een volwassen koe groeit niet, dat wil zeggen de hoeveelheid N en P nodig voor onderhoud is gelijk aan de hoeveelheid N en P vastgelegd in het kalf. Het gemiddeld N- en P-gehalte van een nuchter kalf is respectievelijk 1.3 kg N/kalf en 0.35 kg P/kalf (bureau Heffingen, 1998). De excretie is berekend door het verschil in voeropname en verbruik te berekenen.

$$Q_{\text{excretie}} = Q_{\text{krachtvoer}} + Q_{\text{ruwvoer}} - Q_{\text{reproductie}} - Q_{\text{melk}} \quad \text{verg. 3}$$

De hoeveelheid gevoerd krachtvoer en de melkproductie was per bedrijf bekend (Brouwer, 2000). De koeien staan niet de hele dag in de wei. Bij onbepaald weiden (ca. juni tot oktober) staan de koeien 20 uur per dag in de wei. Bij beperkte beweiding (mei en oktober) is 10 uur per dag aangehouden.

Tabel 8: Berekening van N-excretie voor melkkoeien in de wei gedurende het zomer halfjaar.

	A	B	C	D	E	F	G
(A) krachtvoer (kg N/koe/half jaar) ¹	22	21	25	22	25	21	26
(B) ruwvoer (kg N/koe/half jaar) ²	93	113	91	104	99	122	82
(C) onderhoud (kg N/koe/half jaar)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
(D) melkproductie (kg N/koe/half jaar) ³	23	20	21	24	23	28	21
(E) excretie (=A+B-C-D) (kg/koe/half jaar)	91	113	94	100	99	113	85
excretie (kg N/koe/dag) (=E/182.5)	0,50	0,62	0,51	0,55	0,55	0,62	0,47

- 1) Het N- en P-gehalte van het krachtvoer is gelijk gesteld aan respectievelijk 0,025 en 0,0045 g/g ds (CVB, 2000).
- 2) In §4.1.7 wordt de ruwvoer opname uit gras per bedrijf berekend.
- 3) Het N- en P gehalte van melk werd vastgesteld op respectievelijk 0,0054 en 0,0009 g/g melk (IKC, 1993).

Bussink (1996) berekende een N-excretie van 0,47-0,55 kg N/koe/dag. Bedrijf F heeft een vrij hoge excretie, wat veroorzaakt werd door de hoge ruwvoeropname (§4.1.7). Eenzelfde tabel is opgesteld voor het berekenen van de P-excreties.

Tabel 9 : Berekening van P-excretie voor melkkoeien gedurende het zomer halfjaar.

Bedrijf	A	B	C	D	E	F	G
(A) krachtvoer (kg P/koe/half jaar)	4	4	5	4	5	4	5
(B) ruwvoer (kg/half jaar)	11	13	10	12	11	14	9
(C) onderhoud (kg/half jaar)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
(D) melkproductie (kg/half jaar)	4	3	3	4	4	5	4
(E) excretie (=A+B-C-D) (kg/koe/half jaar)	10	14	11	11	12	13	10
excretie (kg P/koe/dag) (=E/182.5)	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06

Het CBS berekende een gemiddelde N- en P-uitscheiding voor Noord- en West-Nederland in 1997 van respectievelijk 86 en 9 kg/koe/jaar (van Eerd, 1998) voor de weideperiode. Deze waarde kan vergeleken worden met rij E in Tabellen 8 en 9. De excreties in de Vlietpolder zijn iets hoger dan de excreties berekend door het CBS. Dit hangt waarschijnlijk samen met de hoge melkproducties in de Vlietpolder vergeleken met de gemiddelde melkproductie in Nederland.

De hoeveelheid nutriënten die uiteindelijk op het land kwamen door beweiding werd als volgt berekend: Het aantal koeweidedagen (aantal koeien maal het aantal dagen weidegang) per perceel werd vermenigvuldigd met de excretie van het bijbehorende bedrijf:

$$Q_{\text{weidend vee},i} = \text{koeweidedagen}_i * E_i / A_i \quad \text{verg. 4}$$

Voor pinken, kalveren en schapen zijn dezelfde berekeningen uitgevoerd. Voor deze diergroepen zijn de N-excreties van de Werkgroep Uniformering berekening Mest en Mineralencijfers gebruikt (Tamminga et al., 2000). Deze werkgroep heeft echter geen excreties opgesteld voor P. Uit Tabellen 8 en 9 blijkt dat de P-excretie voor melkkoeien ongeveer 10% van de N-excretie bedraagt. Deze relatie is aangehouden voor de andere diergroepen.

Tabel 10: N- en P-excreties per diergroep (Tamminga et al., 2000)

diergroep	kg N/dier/dag	kg P/dier/dag
pinken	0,25	0,025
kalveren	0,13	0,013
schapen	0,037	0,0037

4.1.4 Slootbagger

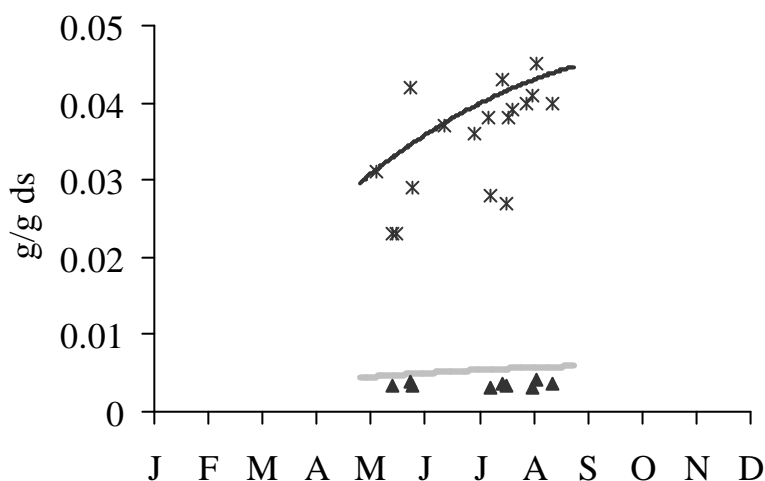
Op een aantal percelen in de Vlietpolder wordt eens in de 5 jaar tot eens in de 15 jaar slootbagger opgespoten. Het gebruik neemt de laatste jaren toe, maar er is nog veel onzekerheid over de hoeveelheid nutriënten die hiermee op het land gebracht wordt (en uit de sloot gehaald wordt) en over de ammoniakvervluchtiging uit slootbagger. In 1992 is op een ander proefveld, maar wel in een veenweidegebied, een proef uitgevoerd, waarbij werd bepaald dat per slootbaggertoediening 211 kg N_{totaal}/ha, 19,7 kg N_{min}/ha en 9,1 kg P/ha op het land werd gebracht (niet gepubliceerde resultaten ROC Zegveld). Deze gegevens bleken redelijk overeen te komen met de gegevens over de slootbodem in de Vlietpolder⁴.

4.1.5 Gemaaid gras

De hoeveelheid gemaaid gras (kg ds/ha) werd door de veehouders zelf geschat. Meestal werden vrij hoge opbrengsten geschat; zo'n 6000 kg ds/ha/jaar (2 sneden) tot 9000 kg ds/ha/jaar (3 sneden).

Het N- en P-gehalte van het gras verandert gedurende het seizoen. Bij gebrek aan experimentele gegevens van 1999, zijn de meetgegevens van 2001 gebruikt (Figuur 4).

De meetgegevens konden het best beschreven worden met:



Figuur 4. Verloop van het N en P gehalte van gemaaid gras gedurende het groeiseizoen. Meetgegevens van 2001 in de Vlietpolder zijn met * (N) en ▲ (P) aangegeven.

⁴ De gemiddelde N- en P-concentraties van de perceelsloten in de Vlietpolder waren respectievelijk 12,92 g N/kg ds en 0,99 g P/kg ds (Van Harveld, 2001). Er werd circa 2 cm slootbagger toegediend (eenmalige meetwaarde). Bij een dichtheid van 1200 kg/m³ en een droge stof gehalte van 9,5%, volgt hier een toediening uit van 22800 kg ds/ha. Met bovengenoemde N- en P-gehalten komt dit overeen met een N- en P-aanvoer van respectievelijk 295 kg N/ha en 23 kg P/ha per slootbaggertoediening. Echter, het is onduidelijk welk gedeelte van het slootsediment wordt opgezogen bij het slootbaggeren. Om die reden is ervoor gekozen om de gegevens van de slootbaggerproef uit 1992 te gebruiken.

$$C_{\text{gras}} = -5 \cdot 10^{-7} \cdot \text{dagnr}^2 + 3 \cdot 10^{-4} \cdot \text{dagnr} \quad \text{verg. 5}$$

C_{gras} = N gehalte gras (g N/g ds)
dagnr = dagnummer

Het P-gehalte van het gras was 10% van het N-gehalte. Nutriëntenafvoer door maaien werd berekend met vergelijking 6.

$$Q_{\text{maai},i} = A_{\text{gras},i} \cdot C_{\text{gras}} \quad \text{verg. 6}$$

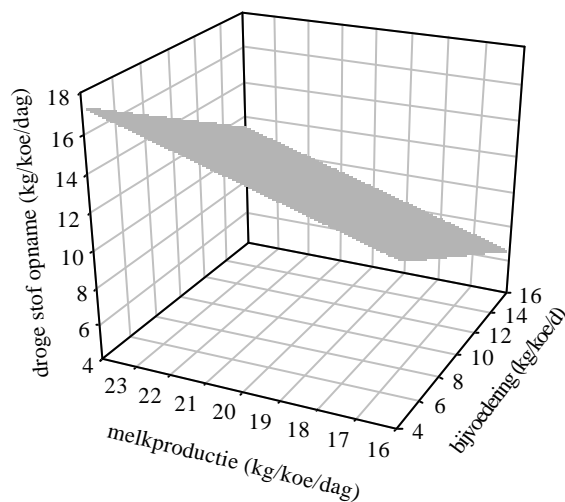
4.1.6 Depositie

Door natte en droge depositie worden N en een geringe hoeveelheid P aangevoerd vanuit de lucht. De depositie werd gemeten door de meetstations in De Zilk en Rotterdam. De totale stikstofdepositie in 1998 (welke gelijk gesteld is aan de depositie in 1999) was 27 kg N/ha/j in De Zilk en 35 kg N/ha/j in Rotterdam (Provincie Zuid-Holland, 1998). Voor de Vlietpolder is een waarde van 31 kg N/ha/j gebruikt. De depositie van P was 0,5 kg P/ha/j en is verwaarloosd. De depositie is constant over het jaar verondersteld, omdat het hier om een betrekkelijk kleine bijdrage gaat.

4.1.7 Afgegraasd gras

Grazend vee voert nutriënten af van het perceel naar de stal. De hoeveelheid afgegraasd gras door melkkoeien kan worden afgeleid van de melkproductie, de bijvoeding en het lactactiestadium van de koe. De veehouders in de Vlietpolder hanteren allen een gespreid afkalvingspatroon. Dit betekent dat de droge stof opname van de veestapel als geheel redelijk constant is.

Indien er veel wordt bijgevoerd met krachtvoer vindt er verdringing plaats van ruwvoer. Er gelden twee relaties; 1) hoe hoger de melkproductie, hoe hoger de ruwvoeropname en 2) hoe groter de krachtvoerbijvoeding, hoe lager de ruwvoeropname. Een koe heeft ongeveer 2,6 kg ds/dag nodig per 100 kg lichaamsgewicht (CVB, 2000). Bij een lichaamsgewicht van 600 kg, komt dat op een droge stof opname van 15,6 kg ds/dier/dag. Verder geldt dat per kg melk meer dan



Figuur 5: Droge stofopname volgens vergelijking 7.

17,8 kg/koe/dag (P_0), de droge stof opname toeneemt met 0,43 kg/dier/dag. Tenslotte verdringt één kg krachtvoerbijvoeding ca. 0,5 kg ds opname uit gras (CVB, 2000). Met behulp van bovenstaande relaties kan de volgende vergelijking opgesteld worden:

$$Y = Y_0 + (P_{\text{melk}} - P_0) * 0.43 - 0.5 * Y_{\text{bvoed}} \quad \text{verg. 7}$$

Y droge stof opname uit gras (kg/koe/dag)
 Y_0 basis droge stof opname (15,6 kg/koe/dag)
 P_{melk} melkproductie (kg/koe/dag)
 P_0 basis melkproductie (17,8 kg melk/koe/dag)
 Y_{bvoed} bijvoeding door krachtvoer (kg/koe/dag)

De melkproductie en de bijvoeding was per bedrijf bekend. In Tabel 11 is per bedrijf de ruwvoeropname berekend.

Tabel 11: Berekende bruto droge stof opname uit gras per bedrijf (vergelijking 7).

	A	B	C	D	E	F	G
bijvoeding (kg/koe/dag) ¹	8,47	4,66	6,35	6,95	6,40	5,24	10,38
melkproductie (kg/koe/dag) ¹	23,11	25,16	20,84	24,60	22,84	28,05	21,80
ruwvoer (kg/koe/dag)	13,65	16,44	13,74	15,05	14,57	17,39	12,13

¹) Brouwer (2000).

Normaliter ligt de droge stof opname uit gras zo tussen de 15 en 17 kg/koe/dag (pers. comm. H. Valk, 2001; Bussink, 1996, Dalley et al., 1999) hetgeen goed overeenkomt met de opnamen berekend in Tabel 11.

De hoeveelheid afgevoerd N en P door grazend vee is berekend door de ruwvoeropname per bedrijf te vermenigvuldigen met het aantal koeweidedagen per perceel en het nutriëntengehalte van het gras. Het N- en P-gehalte van afgegraasd gras is vaak iets hoger dan dat van gemaaid gras. Hiervoor is het nutriëntengehalte van afgegraasd gras (verg. 5) vermenigvuldigd met 1,05.

$$Q_{\text{grazen},i} = \text{koeweidedagen}_i * Y * C_{\text{gras}} * 1,05 / A_i \quad \text{verg. 8}$$

Vergelijkbare berekeningen zijn uitgevoerd voor pinken, kalveren en schapen, waarbij de grasopname gelijk was aan respectievelijk 7, 4 en 2 kg ds/dier/d (IKC, 1993).

4.1.8 NH₃ vervluchtiging

Een deel van de aangevoerde stikstof vervluchtigt. Dit komt omdat NH₄ wordt omgezet in NH₃, hetgeen gasvormig is. De mate van vervluchtiging is afhankelijk van het soort product, de hoeveelheid, de pH van de bodem en van de methode van toediening, en kent daarnaast een zeer grote spreiding (Bussink, 1996). Voor kunstmest is een NH₃ vervluchtiging aangenomen van 2% van de NH₄ fractie (Lightner et al., 1990). RDM (dunne rundermest) bestaat voor ca. 50% uit NH₄

(Tabel 7) en 10% van de NH_4 in RDM vervluchtigt bij emissie-arme toediening (Huijsmans et al., 1997). Van de totale hoeveelheid N in RDM vervluchtigt dus $50\% \cdot 10\% = 5\%$. De ammoniakvervluchtiging door beweiding is ongeveer 8% van de totale N uitscheiding (Oenema et al., 2000, Bussink, 1996) en de ammoniakemissie van slootbagger is gelijk verondersteld aan die van RDM, te weten 5%. In vergelijking 8 is weergegeven hoe de totale NH_3 vervluchtiging is berekend aan de hand van (kunst)mesttoediening en beweidings-intensiteit.

$$Q_{\text{NH}_3} = 0,02 * N_{\text{KAS}} + 0,02 * N_{(26-7)} + 0,05 * N_{\text{RDM}} + 0,05 * Q_{\text{BAGGER}} \quad \text{verg 8}$$

$$+ 0,08 * N_{\text{beweiding,koeien}} + 0,08 * N_{\text{beweiding,pinken}}$$

$$+ 0,08 * N_{\text{beweiding,kalveren}} + 0,08 * N_{\text{beweiding,schape}}$$

4.1.9 Ontbrekende gegevens

In een beperkt aantal gevallen waren de gegevens op de graslandkalenders niet volledig compleet. In dat geval werden de volgende schattingen gemaakt:

Opbrengst maaien: 1e snede 3000 kg/ds/ha
 2e snede e.v. 2000 kg/ds/ha
 laatste snede 1500 kg/ds/ha

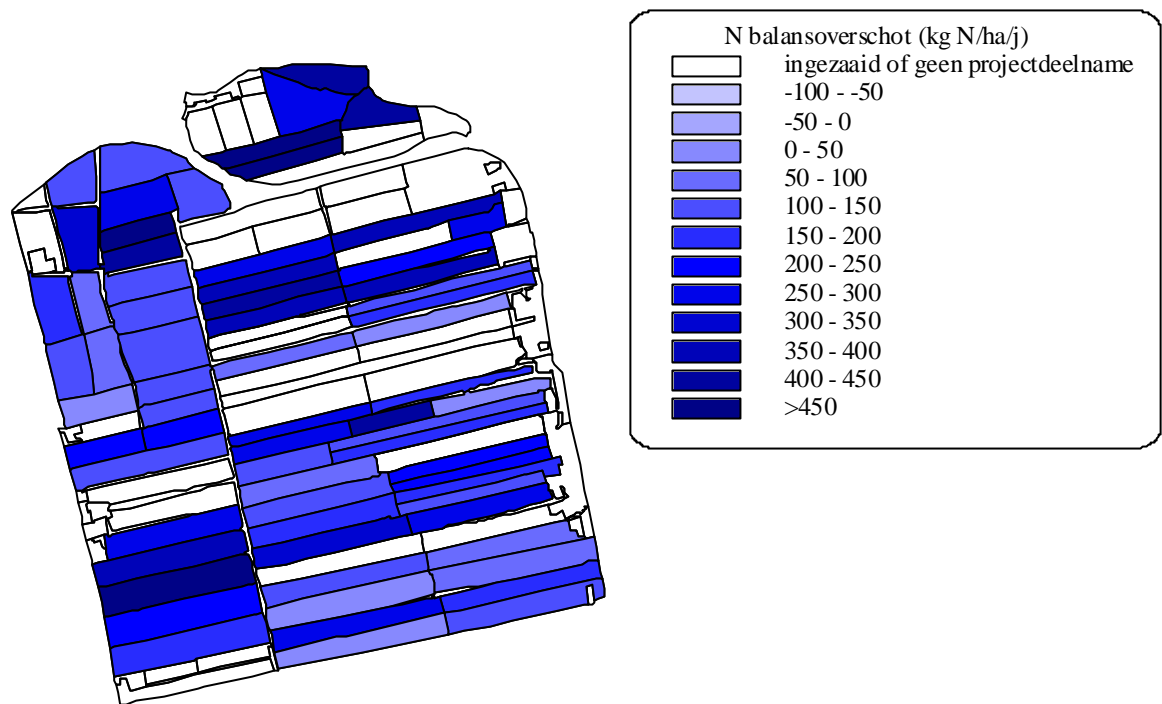
Periode van volledige beweiding: 1 mei – 1 september

4.2 Resultaten

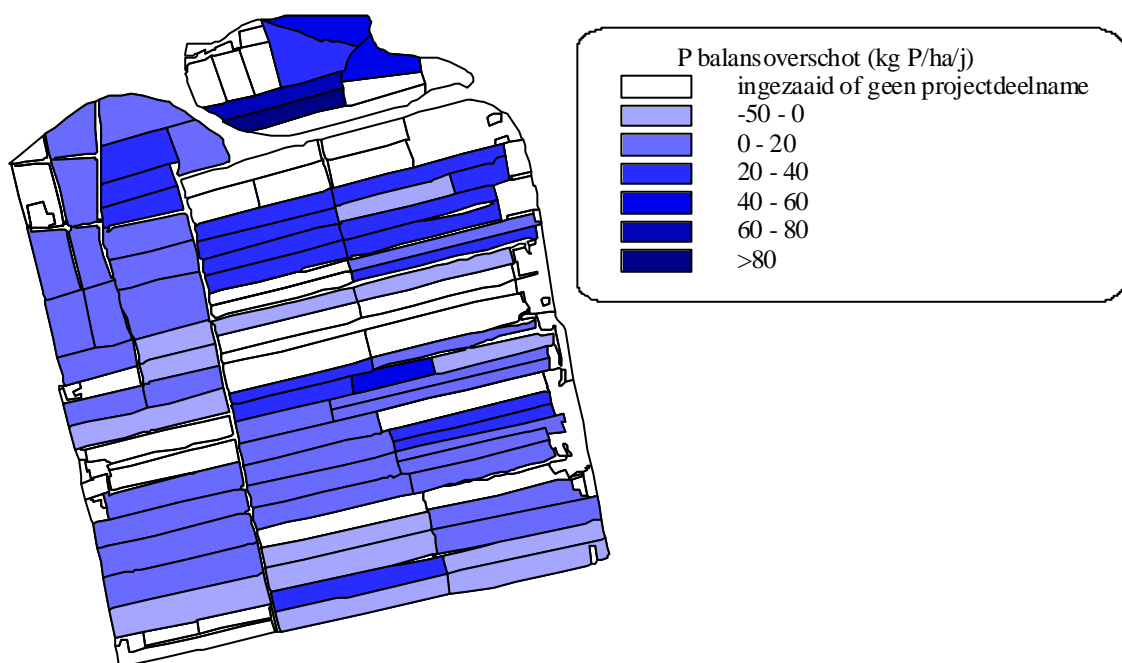
Voor 69 (van de 94) percelen⁵ in de Vlietpolder zijn perceelsbalansen opgesteld. Het verschil tussen aanvoer en afvoer was gelijk aan de netto bodembelasting. Deze netto bodembelasting houdt geen rekening met eventuele verschillen in voorraad van beschikbare nutriënten in de bodem. De veehouders laten regelmatig hun percelen analyseren en zullen dus bewust inspelen op ‘achterstallig onderhoud’ door percelen met een lagere bodemvruchtbaarheid extra te bemesten. De perceelsbalansen zijn opgesteld voor N en P. De gebruikte eenheden zijn kg N en P per ha per jaar.

Onderstaande figuren geven geen duidelijk beeld per bedrijf (het is niet direct zichtbaar welke percelen bij welke bedrijven horen). Een aantal percelen hebben een duidelijk hoger overschot dan de rest, deze zogenaamde ‘hot-spot’ percelen zijn mogelijk verantwoordelijk voor een groot deel van de totale uitspoeling van N naar het oppervlaktewater. Percelen met een hoog overschot hadden vaak een hoge aanvoer door dunne rundermest en van de 10 percelen met de hoogste overschotten, hadden er 5 slootbagger toegediend (Aanhangsel 4). Echter, er was geen duidelijke relatie tussen perceeloverschot en één of enkele balansposten.

⁵ Percelen van veehouders die niet aan het project deelnamen en percelen die in 1999 opnieuw zijn ingezaaid zijn buiten beschouwing gelaten.



Figuur 6. Netto bodembelasting (kg N/ha), Vlietpolder, 1999.



Figuur 7. Netto bodembelasting (kg P/ha), Vlietpolder, 1999.

De gewogen gemiddelde⁶ perceelsbalans van de Vlietpolder (Tabel 12) was 201 kg N/ha/j en 13 kg P/ha/j (Tabel 13). De spreiding per balanspost was groot. Met name de balansposten slootbagger en vee hadden een hoge spreiding. Slootbagger heeft een grote spreiding omdat het een wel/niet gebeurtenis is. Een veehouder dient óf wel óf geen slootbagger toe, maar er wordt nooit een beetje slootbagger toegediend. De grote spreiding in de balansposten die te maken hebben met vee komt door een beperkt aantal percelen dat intensief beweid wordt.

Tabel 12: Gewogen gemiddelde perceelsbalans voor stikstof voor alle percelen in de Vlietpolder (kg N/ha/j) en de variatiecoëfficiënt ($vc = \frac{s}{m}$), $n=69$.

IN		m	vc	UIT		m	vc
KAS		162	0,42	Gemaaid gras		194	0,35
26-7		60	1,26	NH ₃ vervluchtiging		24	0,42
RDM		147	0,50	Afgegraasd gras	koeien	96	0,85
Dierlijke mest	koeien	96	0,85		pinken	39	1,92
	pinken	35	1,92		kalveren	3	3,76
	kalveren	2	3,70		schapen	13	2,15
	schapen	6	2,15				
Depositie		31	-				
Slootbagger		31	2,48	Balansoverschot		201	0,68
Totaal		570	0,29	Totaal		570	0,26

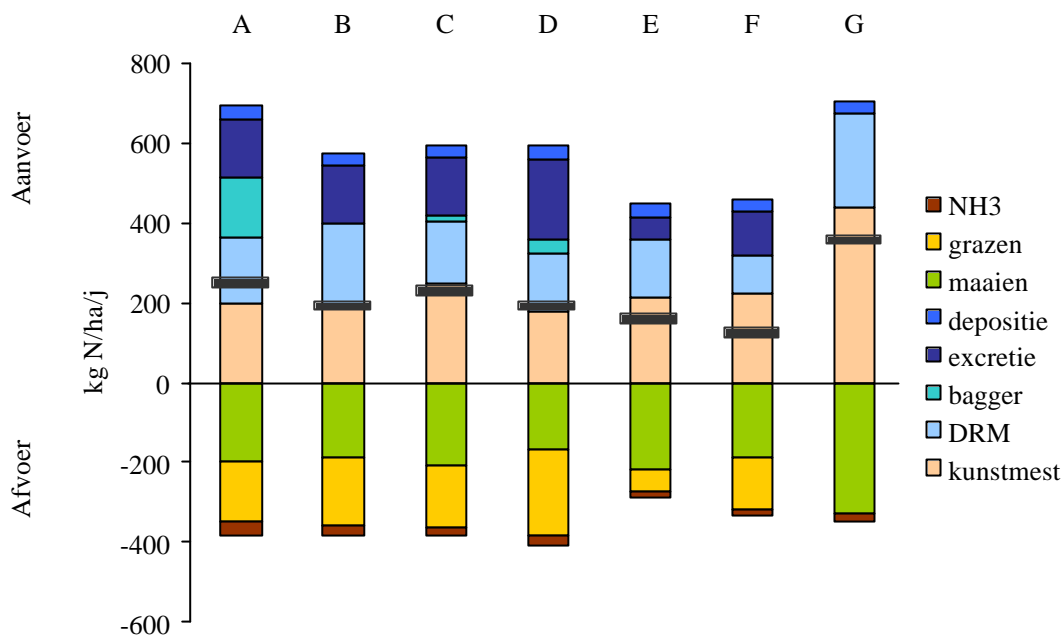
Tabel 13: Gewogen gemiddelde perceelsbalans voor fosfor voor alle percelen in de Vlietpolder (kg P/ha/j) en de variatiecoëfficiënt ($vc = \frac{s}{m}$), $n=69$.

IN		m	vc	UIT	UIT	m	vc
26-7		7	1,26	Gemaaid gras		21	0,35
TSP		2	2,79	Afgegraasd gras	koeien	9	0,80
RDM		23	0,53		pinken	4	1,94
Dierlijke mest	koeien	11	0,80		kalveren	0	3,77
	pinken	3	1,94		schapen	1	2,13
	kalveren	0	3,72				
	schapen	1	2,13				
Slootbagger		1	2,17	Balansoverschot		13	1,45
Totaal		48	0,39	Totaal		48	0,25

Uit bovenstaande tabellen blijkt dat KAS en RDM fors bijdroegen aan de N-aanvoer. Voor P was RDM de grootste aanvoerpost. De grootste afvoerposten waren gemaaid gras en afgegraasd gras door koeien.

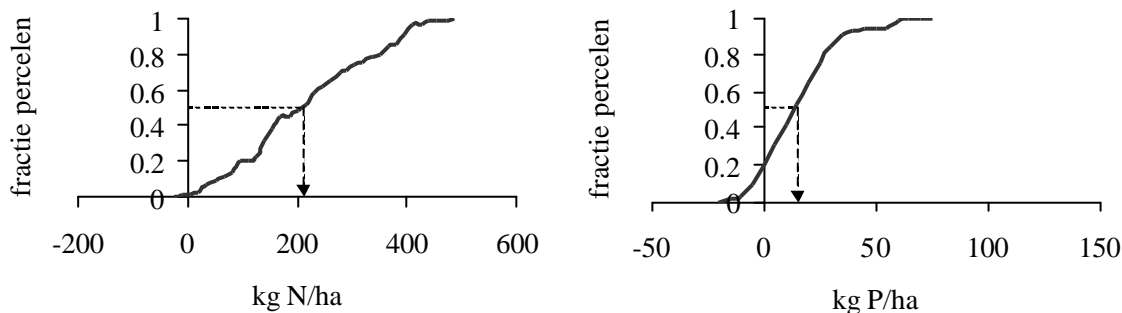
De verdeling van N over de verschillende balansposten per bedrijf is weergegeven in Figuur 8. De grootste verschillen tussen bedrijven traden op in de balansposten aanvoer door kunstmest en afvoer door grazen en maaien.

⁶ Gewogen gemiddelde (μ) = $\frac{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot x_i)}{\sum_{i=1}^n A_i}$



Figuur 8: Gemiddelde N aan- en afvoerposten per bedrijf. Het percelsoverschot is aangegeven met een horizontale lijn. Vee aan aanvoerkant staat voor aanvoer door mest. Vee aan afvoerkant staat voor afgegraasd gras.

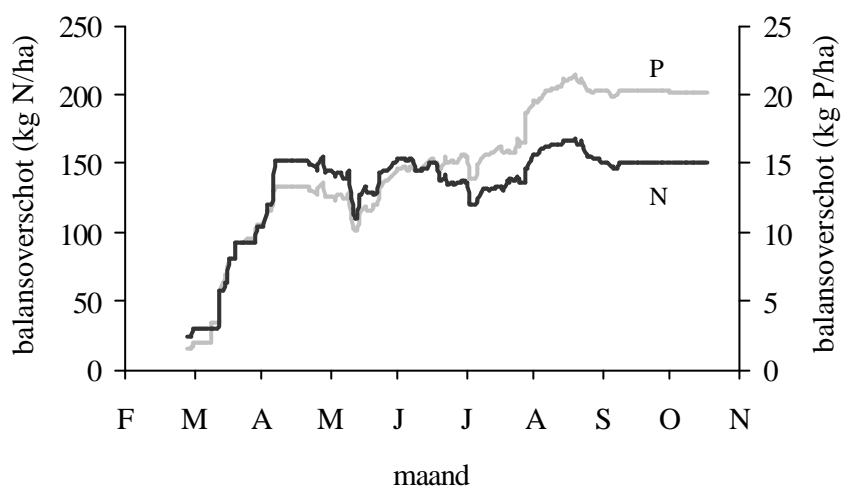
De cumulatieve frequentieverdeling geeft aan hoeveel percelen boven of onder een bepaald overschot zitten (Figuur 9). Hoe vlakker de curve verloop, hoe groter de variatie in overschotten.



Figuur 9: Cumulatieve frequentieverdeling van het percelsoverschot voor N (links) en P (rechts). Let op: x-assen zijn verschillend.

Voor N was het verloop veel geleidelijker dan voor P. Er was een grote verscheidenheid aan N overschotten in de polder. De mediaan van het percelsoverschot (50% van de percelen) lag op 210 kg N/ha en 12 kg P/ha. De mediaan van het N-overschot was dus hoger dan het gemiddeld N-overschot (Tabel 12). Dat betekent dat een relatief klein aantal percelen een laag N-overschot had (scheve verdeling). Voor P bevonden de meeste percelen zich tussen de -10 en 30 kg P/ha/j.

Naast een ruimtelijke spreiding was er ook sprake van een zekere temporele spreiding. Het balansoverschot werd opgebouwd gedurende het seizoen. Een ideale opbouw kent een lichte stijging aan het begin van het seizoen en verloopt gedurende het seizoen vlak om aan het einde van het seizoen weer te dalen. Pieken in het balansoverschot gedurende het seizoen geven een verhoogd risico op verliezen. In Figuur 10 is weergegeven hoe het gemiddelde N-en P-overschot in de Vlietpolder zich ontwikkelde. Aan het begin van het jaar stijgt het overschot sterk door toediening van kunstmest en RDM. Bij de eerste snede (mei) neemt het overschot af door de gewasafvoer. Aan het einde van het de zomer (augustus) neemt met name het N overschot toe door slootbaggertoediening. Er moet hier wel opgemerkt worden dat het geen dynamische balans is, dat wil zeggen, de nutriënten die aan het begin van het seizoen worden toegediend, worden pas afgevoerd op het moment van maaien of grazen, terwijl het gewas deze nutriënten al eerder heeft opgenomen.



Figuur 10: Opbouw van het gemiddelde cumulatieve N-en P-balansoverschot gedurende het seizoen in de Vlietpolder. N.B. de overschotten aan het einde van het seizoen wijken iets af van de overschotten in de tabellen 12 en 13, omdat in bovenstaande figuur met rekenkundig gemiddelden is gewerkt en in Tabellen 12 en 13 met gewogen gemiddelden.

Voor de bedrijfs- en bodemsysteembalansen werd gebruik gemaakt van de perceelsbalans van bedrijf A. Vergeleken met de overige bedrijven in de Vlietpolder had bedrijf A een relatief intensieve bedrijfsvoering en gemiddeld een relatief hoog perceelsoverschot. Vooral de aanvoer van slootbagger en RDM was hoger dan gemiddeld in de Vlietpolder.

Tabel 14: Gewogen gemiddelde N-perceelsbalans van bedrijf A in kg N/ha.

IN			UIT		
KAS		107	Gemaaid gras		195
26-7		79	NH ₃ vervluchtiging		28
RDM		162	Afgegraasd gras	Koeien	150
Weidend vee	koeien	142		Pinken	4
	pinken	3		Kalveren	0
	kalveren	0		Schape	0
	schapen	0			
Depositie		31			
Slootbagger		101	Overschot		248
Totaal		625			625

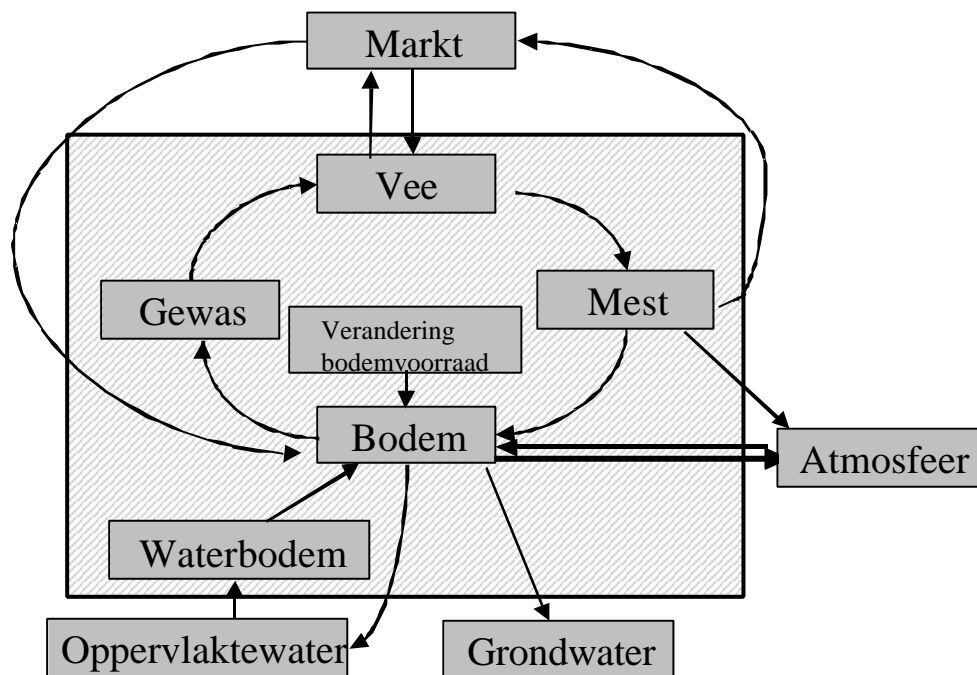
Tabel 15: Gewogen gemiddelde P-perceelsbalans van bedrijf A in kg P/ha.

IN			UIT		
26-7		9	gemaaid gras		21
TSP		0	afgegraasd gras	Koeien	15
RDM		23		Pinken	0
Dierlijke mest	koeien	17		Kalveren	0
	pinken	0		Schape	0
	kalveren	0			
	schapen	0			
Slootbagger		4	Overschot		17
Totaal		53			53

De perceelsbalansen van alle 69 percelen zijn weergegeven in Aanhangsels 2 (N) en 3 (P).

5 Bedrijfssysteembalans

De bedrijfssysteembalans geeft de nutriëntenstromen binnen een bedrijf weer, waarbij de term bedrijf slaat op alle percelen plus erf inclusief stallen en mestopslagen. Een bedrijfssysteembalans is een complexere beschrijving van de nutriëntenstromen dan de bedrijfs- en perceelsbalansen uit hoofdstuk 3 en 4. In hoofdstuk 5.1 wordt aangegeven hoe de verschillende nutriëntenstromen van de bedrijfssysteembalans zijn vastgesteld. In hoofdstuk 5.2 worden vervolgens de bedrijfssysteembalansen opgesteld. Het doel van de bedrijfssysteembalans was het kwantificeren van nutriëntenstromen binnen het bedrijf en het vaststellen van verliesroutes van N en P. Een conceptuele beschrijving van de bedrijfssysteembalans (Figuur 11) bestaat uit een “bedrijf” (gearceerde vlak) met daarin en daarbuiten verschillende compartimenten, die met elkaar in verbinding staan. Het “bedrijf” kent een aantal externe stromen; aan- en verkopen, uitspoeling en de vervluchtiging van stikstof. De bedrijfssysteembalans van P is iets eenvoudiger, omdat P niet vervluchtigt, het compartiment “atmosfeer” valt dan weg.



Figuur 11: Conceptuele bedrijfssysteembalans en nutriëntenstromen. Het “bedrijf” is gearceerd weergegeven.

Zoals uitgelegd in Hoofdstuk 2 hoort de waterbodem wel tot het bedrijf. Nutriënten in de sloten worden afgevoerd naar vaarten en uiteindelijk uitgeslagen in het boezemwater van de polder. Met de verandering in bodemvoorraad wordt de levering van nutriënten door oxidatie van veen bedoeld. Het compartiment bodem bevat alleen die nutriënten die in 1999 zijn opgebracht of vrijgekomen.

5.1 Werkwijze

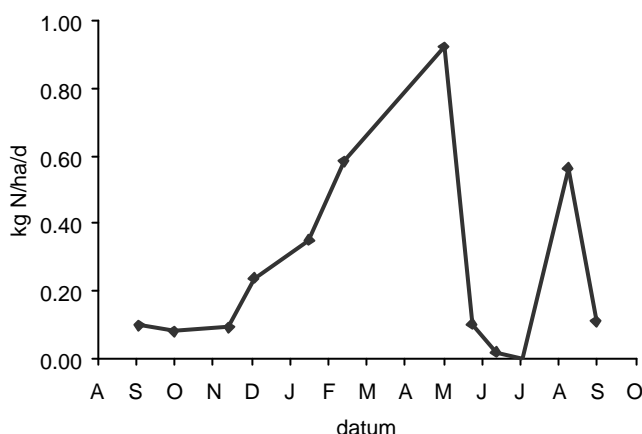
De bedrijfssysteembalans is opgesteld voor bedrijf A, omdat daar veel veldmetingen zijn verricht, voor N en voor P en beslaat een volledig kalenderjaar. De bedrijfssysteembalans is opgesteld door eerst de stromen tussen de compartimenten vast te stellen. Vervolgens werd per compartiment een “black box” balans opgesteld. De bedrijfssysteembalans maakt voor een groot deel gebruik van de rekenregels zoals beschreven in Hoofdstuk 4.1. In dit hoofdstuk worden de aanvullende metingen en berekeningen beschreven.

5.1.1 Gewasopname

Nutriënten worden opgenomen door het gewas (gras). De opname kan in twee delen gesplitst worden: 1) opname in oogstbare delen (blad) en 2) opname in niet oogstbare delen (wortel en stoppel). De gewasopname in oogstbare delen is gelijk aan de hoeveelheid nutriënten die op de perceelsbalans door maaien en grazen worden afgevoerd.

5.1.2 Denitrificatie

Denitrificatie is de omzetting van nitriet (NO_2) en nitraat (NO_3) naar lachgas (N_2O) en stikstofgas (N_2) door nitraat-reducerende bacteriën. Aangezien N_2O en N_2 gasvormig zijn, is denitrificatie een afvoerpost op de bedrijfssysteem-balans. Er is nog veel onduidelijkheid over de omvang van denitrificatie in veengrasland. Wel is bekend dat de denitrificatie toeneemt bij hoger vocht-gehalte, hoger nitraatgehalte en hogere temperatuur. In de Vliet-



Figuur 12. Denitrificatie metingen 2000-2001, proefperceel, Vlietpolder.

polder is gedurende één jaar (2000-2001) op het proefperceel circa iedere maand de denitrificatie gemeten. Gemiddeld bedroeg de denitrificatie op het proefperceel 121 kg N/ha/j. De werkbeschrijving van de denitrificatiemetingen in het bovengrond zijn bijgevoegd in Aanhangsel 5. Naast denitrificatie in de bovengrond, is er ook denitrificatie in het ondiepe grondwater. Deze is afgeleid uit het nitraatverloop in het bodemvocht en bedroeg 31 kg N/ha/j (beschrijving in Aanhangsel 6).

5.1.3 Oxidatie van veen

De oxidatie van veen is afgeleid uit meetgegevens van zogenoemde mineralisatieveldjes. Bij deze methode wordt een stuk land afgerasterd (ca. 10x10m) en niet bemest en beweid. Het gras wordt regelmatig geoogst en geanalyseerd. De N-opbrengst in het gras is zodoende een maat voor het N-leverend vermogen van de bodem. In de Vlietpolder zijn 4 van zulke mineralisatieveldjes aangelegd. Het N-leverend vermogen van de Vlietpolder was in 2000 gemiddeld 284 kg N/ha en in 2001 208 kg N/ha. Het N-leverend vermogen moet gecorrigeerd worden voor voor denitrificatie en atmosferische depositie. De denitrificatie in een onbemest veld is ongeveer de helft van de denitrificatie in een bemest veld (Koops, 1996), wat neerkomt op 61 kg N/ha/j. De depositie is gelijk verondersteld aan de bemeste situatie. Het gecorrigeerde N-leverend vermogen voor 1999 en 2000 was respectievelijk 314 en 238 kg N/ha/j.

Dit gecorrigeerde N-leverend vermogen bestaat vervolgens uit:

- oxidatie van veen
- nalevering van organische meststoffen uit voorgaande jaren (RDM en mest van weidend vee).
- verandering in voorraad minerale N in de bodem.

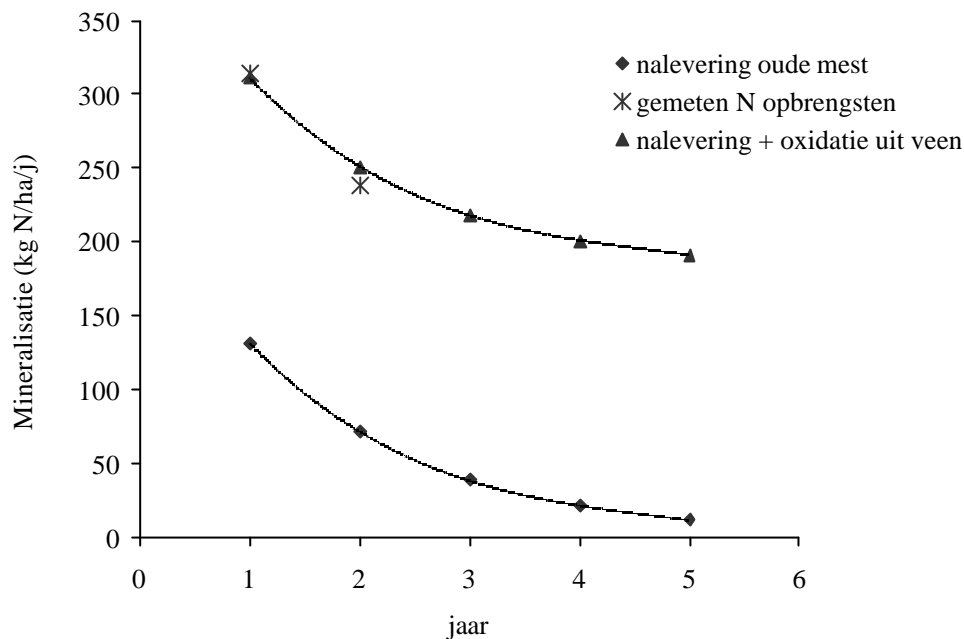
Om de oxidatie van veen te kunnen bepalen, moet onderscheid gemaakt worden uit bovenstaande bronnen. Na analyse van de grond bleek geen verandering in de hoeveelheid mineraal N in de bodem op te zijn getreden gedurende het jaar. Zodoende hoefde er geen rekening gehouden te worden met uitmijning van de bodem. Met een eenvoudig organisch stof model is de nalevering van eerdere bemesting berekend (Lammers, 1983). Hierbij is de gemiddelde bemesting van de Vlietpolder aangehouden.

Organische bemesting kan verdeeld worden over 3 pools met 3 bijbehorende afbraakcoëfficiënten. Een afbraakcoëfficiënt geeft de verhouding aan tussen de hoeveelheid die aan het einde van een jaar nog aanwezig is in organische vorm en de hoeveelheid die is toegediend in dat jaar.

Tabel 16. Organische stoffracties en afbraakcoëfficiënten per mestsoort (Lammers, 1983).

Mestsoort	Organische stof fracties		
	Labele pool	Stabiele pool	Resistent
RDM	0.18	0.3	0.53
verse mest	0.15	0.3	0.55
afbraakcoëfficiënt	1	0.95	0.015

Met deze gegevens is de nalevering van voorgaande bemesting berekend. Het verschil tussen het gecorrigeerde N-leverend vermogen en de nalevering van voorgaande bemesting is gelijk aan de N-levering door oxidatie van veen. Uit Figuur 13 blijkt dat de oxidatie van veen 180 kg N/ha/j moet bedragen om het gemeten N-leverend vermogen te realiseren.



Figuur 13. Het N-leverend vermogen van de Vlietpolder was het eerste jaar 314 kg N/ha/j. Dit N-leverend vermogen bestond voor 134 kg N/ha/j uit nalevering uit voorgaande bemesting en voor 180 kg N/ha/j uit oxidatie van veen. Meetgegevens zijn aangegeven met een *. Toelichting in tekst.

5.1.4 Uitspoeling

Uitspoeling is de afvoer van nutriënten door de bodem naar de sloot en naar het grondwater via de stroming van water. Meetgegevens over uitspoeling zijn op dit moment in bewerking. Daarom is de uitspoeling afgeleid uit gegevens die wel bekend zijn. Hierbij wordt opgemerkt dat veel gegevens zijn ontleend aan (nog niet afgeronde) meetreeksen en dat de gevonden uitspoeling als een voorlopige waarde gezien moet worden.

5.1.4.1 Uitspoeling naar het grondwater

Uitspoeling naar het grondwater vindt plaats middels wegzijging van water, met de daarin opgeloste stoffen. De Vlietpolder is een licht wegzijgingsgebied. De wegzijging was ongeveer 95 mm in 2000. De netto wegzijging in 1999 is gelijk verondersteld aan de netto wegzijging in 2000. De gemiddelde N- en P-concentraties van het bovenste grondwater (ca. 1,5 m -mv) waren 10 mg N/l en 0,5 mg P/l (HHRS Rijnland, 2001). Vermenigvuldiging van de netto wegzijging en de concentraties gaf de afvoer van N en P door wegzijging: 9,5 kg N/ha en 0,5 kg P/ha. Door de netto wegzijging te gebruiken wordt afbreuk gedaan aan de seizoensdynamiek van de polder: In de zomer treedt kwel op en in de winter wegzijging. Echter, gezien de relatief kleine bijdrage van netto wegzijging op de totale balans, is geen rekening gehouden met de seizoensdynamiek.

5.1.4.2 Uitspoeling naar het oppervlaktewater

De uitspoeling naar het oppervlaktewater is berekend voor bedrijf A. In §4.2 werd voor dit bedrijf een gemiddeld perceeloverschot van 248 kg N/ha/j berekend (Tabel 14). Niet het gehele perceeloverschot spoelt uit, een deel blijft achter in de bodem of in de sloot (retentie). De retentie is berekend met behulp van de polderbalans (Van den Eertwegh & van Schaik, 2002). Voor de polderbalans zijn een aantal gegevens omgerekend van hectare *bodem*oppervlak naar hectare *polder*oppervlak. Dit is gedaan door te vermenigvuldigen met de verhouding bodem:water in de vlietpolder (=0,9). De cursief gedrukte getallen in Tabel 17 zijn ontleend uit lopende metingen en zijn derhalve voorlopige getallen.

Tabel 17. Polderbalans in kg/ha polderoppervlak

<i>IN</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>UIT</i>	<i>N</i>	<i>P</i>
Netto bodembelasting (excl. bagger)	153	11	Uitgeslagen door gemaal	43	3
Inlaat	10	1	Denitrificatie bodem	109	
Oxidatie van veen	162	16	Denitrificatie sloot ⁷	18	
			Uitspoeling naar grondwater	10	1
			Denitrificatie in bovenste grondwater ⁸	31	
Totaal	325	28		211	4

Uit Tabel 17 blijkt dat het verschil tussen aan- en afvoer op polderniveau jaarlijks 114 kg N/ha en 24 kg P/ha bedraagt. Dit verschil is de retentie en kan zowel in de bodem als in de sloot optreden. Indien wordt aangenomen dat de retentie gelijkelijk is verdeeld over bodem en sloot dan bedraagt de retentie in de bodem 103 kg N/ha/j en 22 kg P/ha/j. De retentie in de sloot bedraagt dan 11 en 2 kg/ha respectievelijk voor N en P. Vervolgens kan voor bedrijf A een bodembalans opgesteld worden waarin rekening wordt gehouden met de retentie van N en P.

Tabel 18. Bodembalans bedrijf A, in kg per ha polderoppervlak.

<i>IN</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>UIT</i>	<i>N</i>	<i>P</i>
Netto bodembelasting (excl. bagger)	132	12	Denitrificatie bodem	109	
Infiltratie	10	1	Denitrificatie in bovenste grondwater	28	
Oxidatie van veen	162	16	Retentie in bodem	103	22
			Wegzijging	9	1
Totaal	304	29		249	23

Het verschil tussen aan- en afvoer in Tabel 18 is gelijk aan de uitspoeling van perceel naar perceelssloot, welke gelijk was aan 55 kg N/ha/j en 6 kg P/ha/j.

⁷ Denitrificatie treedt zowel in de sloot als in de bodem op. De denitrificatie metingen in de sloot worden beschreven in Aanhangsel 7.

⁸ De denitrificatie metingen in de bodem worden beschreven in Aanhangsel 5. Bij deze experimenten wordt tot het grondwater de denitrificatie bepaald. Echter, in het bovenste grondwater vindt ook nog denitrificatie plaats. Deze denitrificatie in het bovenste grondwater wordt beschreven in Aanhangsel 6. De 'denitrificatie bodem' uit bovenstaande tabellen heeft betrekking op veldexperimenten. De 'denitrificatie bovenste grondwater' daarentegen is afgeleid uit het nitraatprofiel.

Ter contrôle is de N en P balans over het water voor bedrijf A opgesteld. De N en P balans over het water (inclusief uitspoeling) dient in evenwicht te zijn, dat wil zeggen aanvoer en afvoer dienen ongeveer gelijk aan elkaar te zijn. In de balans over het water wordt gebruik gemaakt van de hoeveelheid N en P die is uitgeslagen door het gemaal op het boezemwater. Opgemerkt moet worden dat de hoeveelheid N uitgeslagen door het gemaal een poldergemiddelde is en dus beïnvloed wordt door alle percelen in de Vlietpolder.

Tabel 19. N en P balans over het water voor bedrijf A, in kg per ha polderoppervlak

IN	N	P	UIT	N	P
Uitspoeling van perceel naar sloot	55	6	Uitgeslagen door gemaal	43	3
Depositie op sloot	3		Denitrificatie in sloot	18	
			Retentie in sloot	11	2
Totaal	58	6		72	5

De onverklaarde hoeveelheid in Tabel 19 was 14 kg N ha⁻¹j⁻¹ en 1 kg P ha⁻¹j⁻¹. Gezien de grootte en de onzekerheden van een aantal balansposten, is dit als acceptabel beschouwd.

5.2 Resultaten

De balans over het compartiment “markt” uit Figuur 11 is per definitie gelijk aan de bedrijfsbalans van bedrijf A. In de volgende paragrafen wordt per compartiment de balans opgesteld om vervolgens de gehele bedrijfssysteembalans op te stellen.

Binnen het compartiment **vee** was consumptie van gras (inclusief ruwvoer) de grootste aanvoerpost. De excretie betreft alle excretie, zowel in de stal als in de wei. Het overschot, als resultante van alle aan- en afvoerposten, was klein.

Tabel 20: Compartimentsbalans VEE (kg/ha/j).

IN	N	P	UIT	N	P
afgegraasd gras	154	15	excretie ⁹	464	54
aankoop vee	26	5	verkoop vee	15	4
krachtvoer	178	30	melk	109	18
aangekocht ruwvoer	41	8			
voederwinning ¹⁰	195	21	overschot	6	3
totaal	594	79		594	79

De bedrijfssysteembalans is berekend voor één jaar. Dat houdt in dat de NH₃-vervluchtiging bestaat uit de vervluchtiging gedurende beweiding én de emissie uit stallen en opslagen. De emissie gedurende beweiding is overgenomen uit de perceelsbalans en bedroeg 28 kg N/ha/j. Buiten het weideseizoen is er enkel NH₃

⁹ De excretie van bedrijf A was 0,5 kg N/koe/dag (Tabel 8). Bedrijf A heeft 50 melkkoeien, 27 stuks jongvee en 25 ha land (Tabel 1). Dat betekent dat per ha per jaar, $(0,5 \cdot 50 + 0,25 \cdot 27) / 25 \cdot 365 = 464$ kg N/ha/j geproduceerd wordt, incl. NH₃ emissie. Eenzelfde berekening voor P geeft 54 kg P/ha/jaar.

¹⁰ Voederwinning = gemaaid gras.

emissie door vee op stal. De totale NH₃ emissie uit mest is berekend met gegevens uit Tabel 8 en vergelijking 8 en bedroeg 37 kg N/ha. Nu kan per balanspost uitgerekend worden wat de bijdrage is aan de jaarlijkse NH₃ emissie¹¹.

Mestaanvoer vond plaats door excretie van vee op stal en in de wei en is berekend met behulp van vergelijking 4. De excretie van weidend vee werd direct op de bodem gedeponerd en staat daarom ook als afvoer van mest vermeld.

Tabel 21: Compartimentsbalans MEST (kg/ha/j).

<i>IN</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>UIT</i>	<i>N</i>	<i>P</i>
excretie weidend vee	145	17	org. mest verkoop	67	8
excretie vee op stal	319	37	NH ₃ vee (stal)	26	
			bemesting (RDM)	162	23
			excretie weidend vee ¹	145	17
			overschot	64	6
Totaal	464	54		464	54

¹ De uitgaande term 'excretie weidend vee' is de excretie minus de NH₃ verfluchtiging.

De overschotten binnen het compartiment mest kunnen veroorzaakt zijn door onnauwkeurigheden in de berekeningen, veranderingen in voorraden mest of door voederverliezen. Hierop wordt ingegaan in Hoofdstuk 7. Binnen het compartiment gewas was geen ophoping, omdat aan- en afvoer aan elkaar gerelateerd zijn (§5.1.1).

Tabel 22: Compartimentsbalans GEWAS (kg/ha/j).

<i>IN</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>UIT</i>	<i>N</i>	<i>P</i>
gewasopname	349	36	maaien	195	21
			grazen	154	15
			overschot	0	0
Totaal	349	36		349	36

Het compartiment **bodem** kent aanvoer uit slootbagger, mest, kunstmest en depositie. Afvoer bestaat uit gewasopname, denitrificatie en uit- en afspoeling.

Dat er op de bodembalans een relatief groot overschot bestaat, werd al duidelijk in §5.1.4.2, waarin de retentie van N in de bodem werd geschat op 114 kg N/ha/j op polderbasis. Als alle bovenstaande compartimentsbalansen worden samengevat, kunnen de stromen van Figuur 11 worden vastgesteld.

¹¹ Er kunnen 5 NH₃ bronnen onderscheiden worden: 1. Excretie vee op stal, 2. excretie weidend vee, 3. bagger, 4. kunstmest, 5. RDM. De laatste 4 bronnen bedragen gezamenlijk 28 kg N/ha (Tabel 14). De total excretie was 464 kg N/ha/j. Hiervan verfluchtigt 8%*464=37 kg N/ha. Samenvattend was de NH₃-emissie per bron: vee op stal 26; weidend vee 11; baggertoediening 5; RDM 8; kunstmest 4. De totale NH₃-emissie was opgeteld 54 kg N/ha/j.

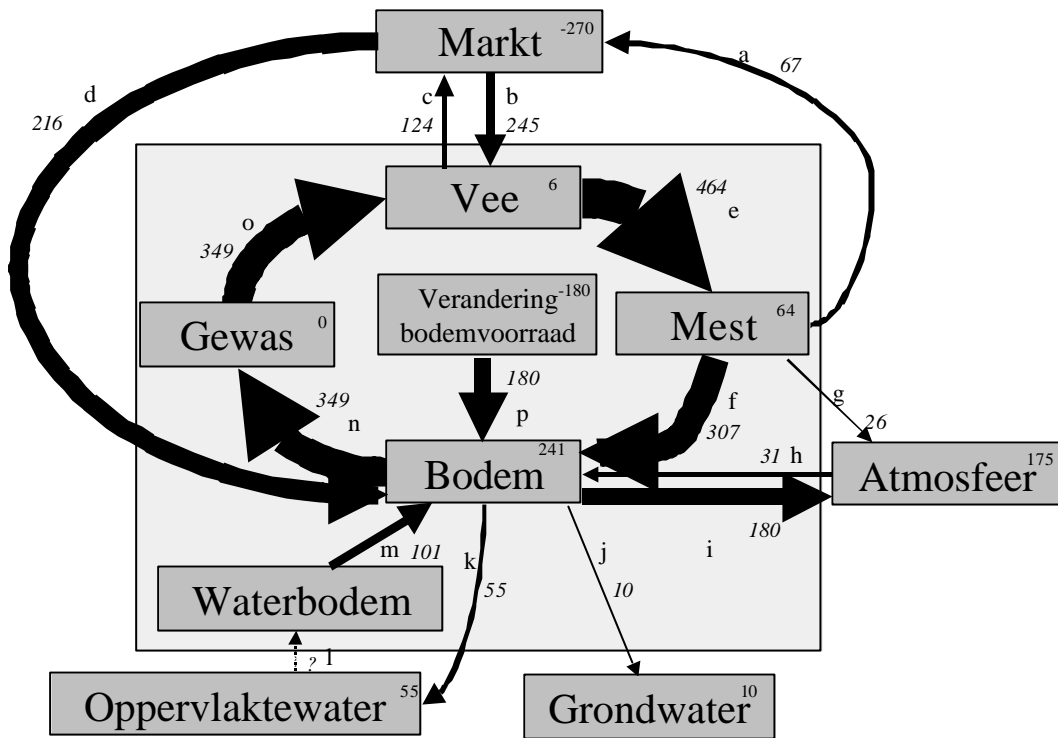
Tabel 23: Compartimentsbalans BODEM (kg N/ha/j)

IN	N	P	UIT	N	P
excretie weidend vee	145	17	gewasopname	349	36
RDM	162	23	denitrificatie in bovengrond	121	
kunstmest	216	21	wegzijging	10	1
slootbagger	101	4	uit- en afspoeling	55	6
depositie	31		NH ₃ RDM	8	
oxidatie van veen	180	18	NH ₃ vee	11	
			NH ₃ kunstmest	4	
			NH ₃ slootbagger	5	
			denitrificatie in bovenste grondwater	31	
			overschot	241	40
Totaal	835	83		845	83

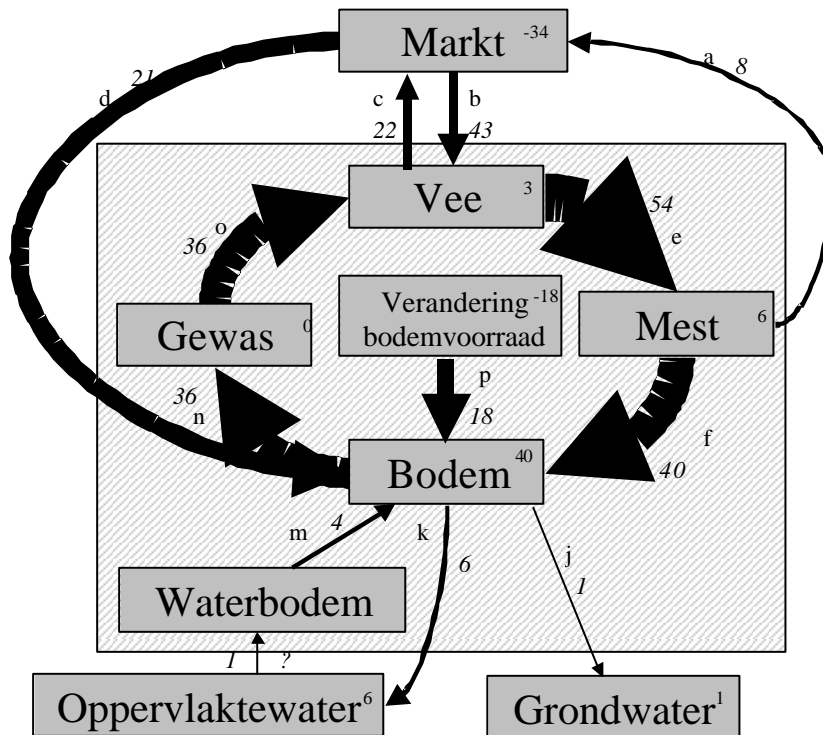
Tabel 24. Kwantificering van nutriëntenstromen uit de bodemsysteembalans voor bedrijf A in 1999 .

	omschrijving	N	P	referentie
a	organische mest verkoop	67	8	bedrijfsbalans
b	krachtvoer, ruwvoer en aankoop van vee	245	43	bedrijfsbalans
c	verkoop van vee en melk	124	22	bedrijfsbalans
d	kunstmestaankoop	216	21	bedrijfsbalans
e	excretie (gehele jaar)	464	54	verg. 4
f	RDM + excretie weidend vee	307	40	perceelsbalans
g	NH ₃ vee (stal)	26	n.v.t.	verg. 4
h	depositie	31	n.v.t.	perceelsbalans
i	denitrificatie + NH ₃ RDM + NH ₃ bagger + NH ₃ vee (weide)	180	n.v.t.	perceelsbalans
j	uitspoeling naar grondwater	10	1	perceelsbalans
k	uitspoeling van perceel naar sloot			perceelsbalans
l	vastlegging in waterbodem			
m	slootbagger toediening	101	4	perceelsbalans
n	gewasopname	349	36	perceelsbalans
o	maaien en grazen	349	36	perceelsbalans
p	oxidatie van veen	180	18	§ 5.1.1

De in §5.1.4.2 berekende uitspoeling is de netto uitspoeling, dat wil zeggen inclusief effecten van slootbaggertoediening. Door slootbaggertoediening worden nutriënten uit de waterbodem op het perceel gebracht. Het is echter nog niet duidelijk hoe de interactie tussen oppervlaktewater, waterbodem en slootbaggertoediening verloopt. De nutriëntenstroom “vastlegging in waterbodem” heeft om die reden geen waarde gekregen. Met tabel 24 kan de bedrijfssysteembalans voor bedrijf A worden opgesteld, waarbij ophoping positief en uitmijning negatief is gedefinieerd.



Figuur 14: N bedrijfssysteembalans bedrijf A. De dikte van de pijlen is een maat voor de grootte van de nutriëntenstroom. Het bedrijf is lichtgroen gekleurd.



Figuur 15: P bedrijfssysteembalans bedrijf A. De dikte van de pijlen is een maat voor de grootte van de nutriëntenstroom. Het bedrijf is grijs gearceerd.

Indien rekening wordt gehouden met interne aanvoer door oxidatie van veen en met atmosferische depositie en vervluchtiging, dan geldt voor N dat 11% van het overschot uitspoelt naar het oppervlaktewater, 2% uitspoelt naar het grondwater, 43% van het overschot vervluchtigt en 44% van het overschot binnen het bedrijf blijft. Voor P spoelt 11% van het overschot uit naar het oppervlaktewater, 2% naar het grondwater en 87% van het P overschot blijft binnen het bedrijf.

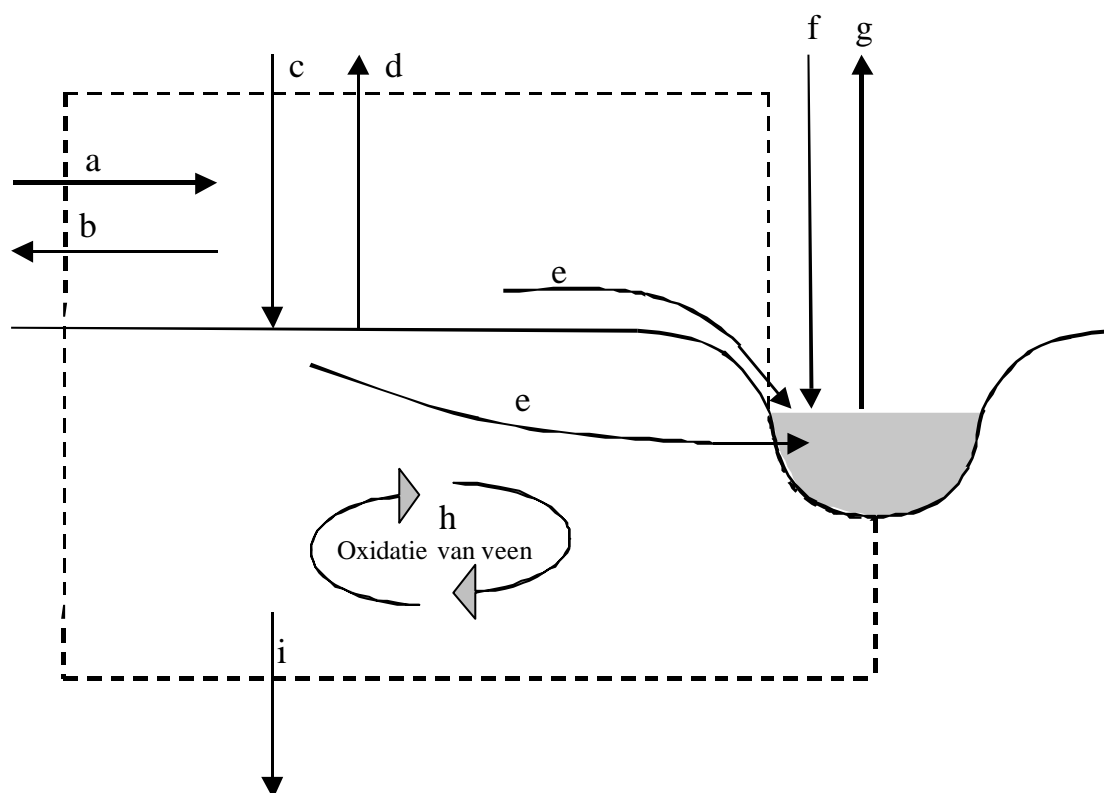
De emissie naar het (externe) milieu was 240 kg N/ha/j en 7 kg P/ha/j (=som van de compartimenten atmosfeer, grondwater en oppervlaktewater). De overschotten van de compartimenten exclusief de markt, geven de opsplitsing aan van het bedrijfsoverschot in ophoping binnen het bedrijf en emissie naar het milieu. Uit de compartimentsbalansen blijkt dat verreweg het grootste gedeelte van het N- en P-overschot achterblijft in het compartiment bodem. De balans van het bodemcompartiment wordt verder beschreven in het volgende hoofdstuk.

6 Bodemsysteembalans

De bodemsysteembalans laat omzettingen en transportroutes binnen het perceel zien, inclusief de sloot. In principe moet de bodemsysteembalans 'op nul' uitkomen, omdat alle verliesroutes zijn meegenomen en werkt op die manier als contrôle van de perceelsbalans. Bij de bodemsysteembalans wordt uitgegaan van de gemiddelde perceelsbalans van bedrijf A (dat wil zeggen de gegevens van alle percelen van bedrijf A zijn gemiddeld). Het doel van de bodemsysteembalans is het inzichtelijk maken van stofstromen binnen het perceel en het controleren van consistentie van gegevens.

6.1 Werkwijze

Figuur 16 laat een conceptuele bodemsysteembalans zien. Gezien de geringe informatie over slootbaggertoediening en de -daarmee gepaard gaande- vastlegging van N en P in de slootbodem, is besloten slootbaggertoediening niet op te nemen in de bodemsysteembalans. Hiermee wordt impliciet aangenomen dat vastlegging in de slootbodem en baggertoediening met elkaar in evenwicht zijn.



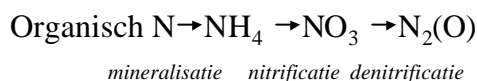
Figuur 16: Conceptuele bodemsysteembalans, pijlen geven stofstromen weer. De onderbroken lijn is de balansgrens.

In Tabel 25 worden de nutriëntenstromen uit Figuur 16 benoemd en wordt aangegeven waar de gegevens vandaan komen.

Tabel 25: Omschrijving van termen bodemsysteembalans.

	<i>omschrijving</i>	<i>bepaling</i>
a	aanvoer van nutriënten door kunstmest, RDM en dierlijke mest	perceelsbalans
b	afvoer van nutriënten door gemaaid en afgegraasd gras	perceelsbalans
c	depositie	perceelsbalans
d	denitrificatie en NH ₃ vervluchtiging	perceelsbalans + bedrijfssysteembalans
e	uit- en afspoeling	bedrijfssysteembalans
f	depositie op oppervlaktewater	§ 6.1.1
g	denitrificatie uit sloot	§ 6.1.2
h	interne bronnen	bedrijfssysteembalans
i	netto wegzijging	bedrijfssysteembalans

In de bodem vinden omzettingen van N en P plaats. Dit heeft niet zozeer een directe invloed op de grootte van de stofstromen, maar wel op het gedrag. Nitraat is bijvoorbeeld veel uitspoelingsgevoeliger dan ammonium. Derhalve is voor N ook een bodemsysteembalans opgesteld waarin rekening wordt gehouden met de verschijningsvorm. De omzetting van organisch N naar uiteindelijk gasvormig N verloopt grofweg als volgt:



In de volgende paragrafen worden een aantal aanvullende bepalingen voor de bodemsysteembalans behandeld. Op dit moment zijn er nog te weinig gegevens beschikbaar om een uitspraak te doen over de bijdrage van oppervlakkige afspoeling aan de totale uitspoeling en zijn deze twee posten samen genomen.

6.1.1 Depositie op het oppervlaktewater

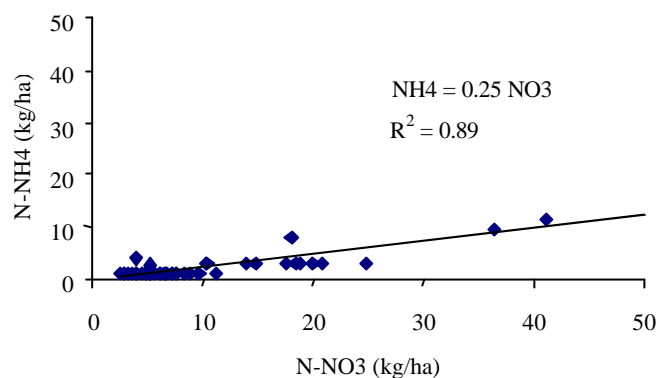
De depositie bedroeg 31 kg N/ha/j (§4.1.6). In de Vlietpolder is de land:water verdeling ongeveer 10:1. Dit resulteert in een depositie van 28 kg N/ha/j op de bodem en 3 kg N/ha/j direct op het oppervlaktewater.

6.1.2 Denitrificatie in de sloot

Naast denitrificatie in de bodem en in het ondiepe grondwater, treedt denitrificatie ook op in de sloten. Op dit moment is denitrificatie in sloten nog niet jaarrond gemeten. Als uitgegaan wordt van de metingen die op dit moment bekend zijn, bedraagt de denitrificatie uit de sloot circa 18 kg N/ha/j. De meetmethode van denitrificatie in het oppervlaktewater is bijgevoegd in Aanhangsel 7.

6.1.3 Nitrificatie

Nitrificatie is de omzetting van NH_4 naar NO_3 onder aërobe omstandigheden. In de Vlietpolder werden meestal hogere NO_3 gehalten gevonden dan NH_4 gehalten (Figuur 17). De NO_3 gehalten waren gemiddeld 4 keer zo hoog als de NH_4 gehalten.



Figuur 17: NH_4 en NO_3 gehalten proefperceel Vlietpolder (meetgegevens 2000). De NO_3 gehalten zijn meestal hoger dan de NH_4 gehalten.

Er is aangenomen dat nitrificatie een eerste orde reactie is, waardoor uit de NH_4 : NO_3 verhouding de nitrificatie berekend kan worden.

6.1.4 Mineralisatie van organische bemesting

De afbraak van organische stof is reeds besproken in §5.1.3. In deze paragraaf wordt ook rekening gehouden met de omzetting van organisch N naar NH_4 gedurende het jaar van toediening. Binnen één jaar mineraliseert er:

1. 25% van N totaal uit RDM (NMI, 2000).
2. 40% van N totaal uit mest van weidend vee (NMI, 2000).
3. 25% van N totaal uit opgespoten slootbagger. Er zijn geen gegevens bekend van de mineralisatiesnelheid van opgespoten slootbagger, deze is gelijk veronderstelt met de mineralisatie van RDM.

De totale mineralisatie uit veen, nalevering van oude mest en van nieuwe mest is als volgt berekend:

$$\text{N: } 70_{(\text{nalevering})} + 180_{(\text{oxidatie})} + 0.25 \cdot 162_{(\text{RDM})} + 0.40 \cdot 145_{(\text{weidend vee})} + 0.25 \cdot 101_{(\text{bagger})} = 374 \text{ kg N-NH}_4/\text{j}$$

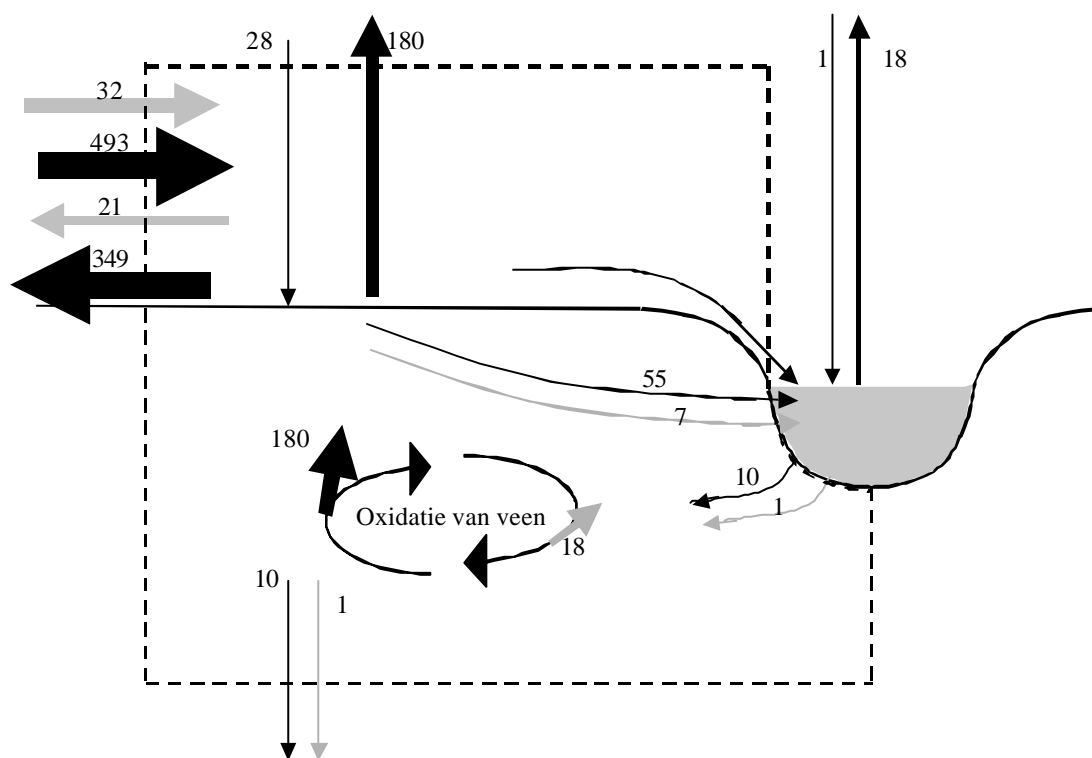
6.2 Resultaten

In Tabel 26 zijn alle nutriëntenstromen weergegeven en de verdeling over de verschillende N pools. Bij de verdelingen is indien mogelijk gebruik gemaakt van meetgegevens en anders van literatuurgegevens.

Tabel 26. N en P stromen en verderling van N over NO_3 , NH_4 en organisch N.

	Totaal		Verdeling N			kg N/ha/j		
	N	P	NH_4	NO_3	OrgN	NH_4	NO_3	Org N
kunstmest	186	9	1	1	0	93	93	0
RDM	162	23	1	0	1	81	0	81
excretie	145	17	1	0	1	73	0	72
maaien	-195	-21	1	1	1	-97	-98	0
grazen	-154	-15	1	1	0	-77	-77	0
NH3	-28	n.v.t.	1	0	0	-28	0	0
depositie	28	n.v.t.	2	1	0	19	9	0
denitrificatie bodem	-121	n.v.t.	0	1	0	0	-121	0
denitrificatie grondwater	-31	n.v.t.	0	1	0	0	-31	0
uitspoeling	-55	-6	1	1.1	2.7	-11	-13	-31
oxidatie veen	180	18	1	0	0	180	0	0
mineralisatie oud	70	7	-	-	-	70	0	-70
mineralisatie nieuw	124	12	-	-	-	124	0	-124
netto wegzijging	-10	-1	1	1.1	2.7	-2	-2	-6
infiltratie	10	1	1	1.1	2.7	2	2	6
nitrificatie	277	n.v.t.	-	-	-	-277	277	0
depositie op sloot	3	n.v.t.	2	1	0	2	1	0
denitrificatie sloot	-18	n.v.t.	0	1	0	0	-18	0

In Figuur 18 zijn totale N en P stromen in het perceel en de sloot weergegeven.



Figuur 18. Bodemsysteembalans voor totaal N (zwart) en totaal P (grijs). De dikte van de pijlen is een maat voor de grootte van de nutriëntenstroom..

Uit Figuur 18 blijkt dat grootste nutriëntenstromen de landbouwkundige aan-en afvoer stromen zijn. De transportroutes zijn complex en uit bovenstaande analyse kan niet worden afgeleid van welke bron het uitspoelend N en P afkomstig is. Wel is het zo dat 62% van de N aanvoer en 64% van de P aanvoer door landbouwkundig handelen op het perceel komt.

In Tabel 27 is voor N een uitsplitsing gemaakt naar organisch N (org.N), NH₄ en NO₃. Hierin zijn alleen die fluxen uit Figuur 18 genomen, die de balansgrens passeren (gestreepte lijn) of die een omzetting tot gevolg hebben (mineralisatie en nitrificatie). Uit Tabel 27 blijkt dat het organisch N wordt uitgeput en dat NH₄ en NO₃ achterblijven in het perceel. Het NO₃ overschot is niet erg waarschijnlijk, omdat in de Vlietpolder in de winter nauwelijks NO₃ in het grond- of oppervlaktewater gevonden wordt. Dit kan wijzen op een onderschatting van de denitrificatie. NH₄ wordt geadsorbeerd aan de bodem en is in redelijke overeenstemming met de gevonden retentie van 114 kg N/ha/j (§5.1.4.2). Alleen de organisch N pool wordt sterker uitgeput dan ingeschat (in §5.1.3 werd de oxidatie van veen geschat op 180 kg N/ha/j). Mogelijk is de oxidatie uit veen onderschat of is het gehalte aan organisch N in de aanvoerposten onderschat, of beiden.

Tabel 27. Verdeling van N balans over de verschillende N verbindingen..

	IN	NH ₄	NO ₃	Org N	UIT	NH ₄	NO ₃	Org N
a	kunstmest, RDM, mest	247	93	153	b gewasopname ¹	174	174	
c	depositie	19	9		d denitrificatie + NH ₃	28	152	
f	depositie opp. water	2	1		e uitspoeling	11	13	31
h	oxidatie van veen	180	0		i netto wegzijging	2	2	6
	mineralisatie oud	70			g denitrificatie sloot		18	
	mineralisatie nieuw	127			oxidatie van veen			180
	nitrificatie		321		mineralisatie oud			70
					mineralisatie nieuw			127
					nitrificatie	321		
					Overschot	109	65	-261
	Totaal	645	424	153		645	424	153

¹⁾ De gewasopname is gelijk gesteld aan de N-afvoer door maaien en grazen.

Het totale overschot in Tabel 27 was -87 kg N/ha/j. De bodemsysteembalans moet 'per definitie' op 0 uitkomen. Als bedacht wordt dat deze 87 kg N/ha/j nog geen 10% van de gehele balans is, lijken de resultaten redelijk consistent. Echter, als bedacht wordt dat de uitspoeling geschat is op 55 kg N/ha/j dan is een 'fout' van 87 kg N/ha/j natuurlijk wel veel. Dit is een probleem waar veel uitspoelingsstudies tegenaan lopen: op de totale balans is uitspoeling maar een kleine post.

7 Discussie

De discussie is verdeeld in vier delen. Het eerste deel gaat over de verschillende definities van overschot. Wat zegt een overschot op de ene balans over een overschot op de andere balans? In het tweede deel wordt ingegaan op de spreiding van het perceeloverschot en de spreiding van het bedrijfsoverschot. Zegt het bedrijfsoverschot iets over de gemiddelde bodembelasting binnen één bedrijf of is de spreiding van de perceeloverschotten dermate groot dat de bedrijfsbalans geen uitspraak kan doen over de bodembelasting? Vervolgens wordt ingegaan op de vraag wat de invloed is van de bedrijfsvoering op het balansoverschot. Tenslotte wordt gekeken naar de consistentie van gegevens, foutenbronnen en onzekerheden in berekeningen/bepalingen van de verschillende balansen.

7.1 Relaties tussen balansen

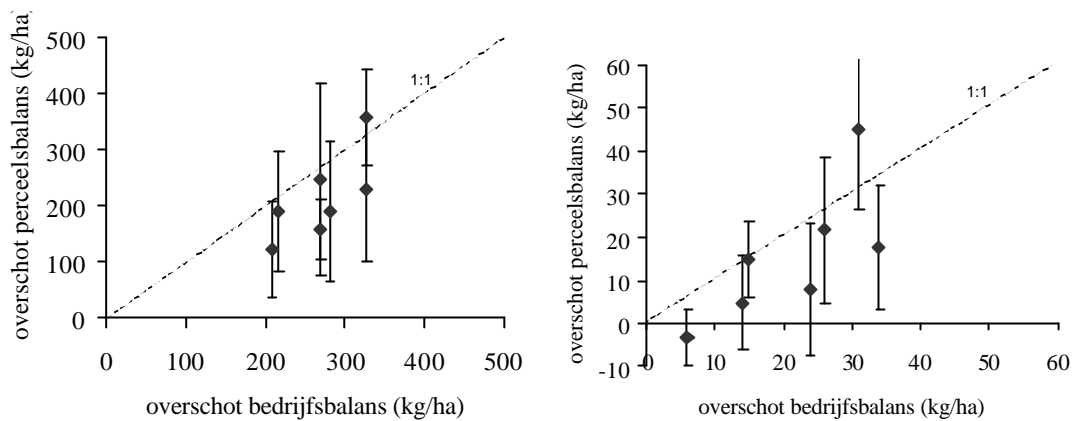
Met behulp van de perceelsbalans wordt een ander overschot berekend dan met de bedrijfsbalans. Dit komt door verschillen in schaal en door verschillen in definities. Desondanks zijn de overschotten wel aan elkaar gerelateerd. Onderstaande vergelijking geeft de relatie weer tussen bedrijfs- en perceelsbalansen:

$$\text{Gemiddeld perceeloverschot} = \text{bedrijfsoverschot} + \text{slootbaggertoediening} + \text{atmosferische depositie} - \text{NH}_3 \text{ vervluchtiging weide} - \text{opslag in bedrijfscompartimenten}$$

Met behulp van de bedrijfssysteembalans kan vervolgens bovenstaande vergelijking worden 'opgelost'. De opslag in compartimenten is exclusief de bijdrage door oxidatie uit veen. Deze post komt immers noch op de bedrijfs- noch op de perceelsbalans voor.

Voor bedrijf A komt deze vergelijking op: $248 = 270 + 101 + 31 - 28 - 131 = 243$ (zie Figuur 14).

Het feit dat bovenstaande berekening niet precies kloppend is, wordt toegelicht in §7.5. Uit bovenstaande vergelijking volgt dat er een relatie bestaat tussen de perceels- en bedrijfsbalansen. In Figuur 19 zijn de perceeloverschotten uitgezet tegen de bedrijfsoverschotten. Er is duidelijk een positief verband tussen beide balansen, maar de spreiding van de perceeloverschotten per bedrijf is groot.



Figuur 19. Gemiddeld perceeloverschot vs overschot op de bedrijfsbalans voor N (links) en P (rechts). Foutenbalken geven de standaardafwijking aan van het gemiddeld perceeloverschot.

7.2 Verliesroutes van het overschot

In deze studie worden twee soorten overschot onderkend: het perceeloverschot en het bedrijfsoverschot. In de vorige paragraaf werd toegelicht in welke mate deze verschillend zijn. Verschillen in begrenzings hebben gevolgen voor de omvang van een overschot. Het overschot zelf bestaat ook weer uit een aantal verliesposten. Een overschot kan uitspoelen, vervluchtigen of opgeslagen worden. In het algemeen geldt hoe gedetailleerder een balans, hoe minder verliesposten het overschot zelf bevat.

Een overschot bestaat uit die verliesposten, die niet in de balans zelf vertegenwoordigd zijn en die niet buiten de grenzen van de balans vallen. De verschillende verliesposten van de bedrijfs- en perceelsbalansen kunnen inzichtelijk gemaakt worden met behulp van de bedrijfssysteembalans, die immers de nutriëntenstroom van een bedrijf beschrijft.

In Tabel 28 zijn alle processen uit de bedrijfssysteembalans toegekend aan het gemiddeld overschot van de bedrijfs- en perceelsbalans van bedrijf A.

Tabel 28. Met de bedrijfssysteembalans (Figuren 14 en 15) kunnen overschotten van de bedrijfs- en perceelsbalans verdeeld worden over verschillende verliesposten. Verliesposten komen niet op de balansen zelf voor, maar liggen wel binnen de begrenzingen van een balans. De overschotten van de bedrijfs- en perceelsbalans komen uit Tabellen 4, 5, 14 en 15. Een positief getal betekent een flux het bedrijf of perceel in, een negatief getal is een flux het bedrijf of perceel uit. Een 'x' betekent dat de verliespost reeds verrekend is in de balans zelf, een '-' betekent dat een verlies buiten de begrenzing van een balans ligt en '~' betekent niet van toepassing voor P.

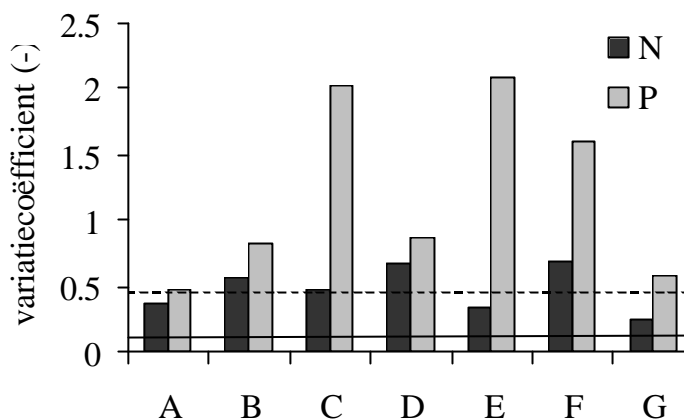
balans	Bedrijfsbalans		Perceelsbalans	
	N	P	N	P
overschot	270	34	248	18
Bedrijf/ perceel uit				
denitrificatie	-152	~	-152	~
NH ₃ vervluchtiging stal	-26	~	x	x
NH ₃ vervluchtiging weide	-11	~	x	x
NH ₃ vervluchtiging RDM	-8	~	x	x
NH ₃ vervluchtiging bagger	-5	~	x	x
NH ₃ vervluchtiging kunstmest	-4	~	x	x
uitspoeling oppervlakte water	-55	-6	-55	-3
uitspoeling grondwater	-10	-1	-10	-1
Bedrijf/ perceel in				
depositie	31	~	-	-
Verandering binnen bedrijf				
opslag in bodem	-241	-40	-241	-40
opslag in vee	-6	-3	-	-
opslag in mest	-64	-6	-	-
slootbaggertoediening	101	4	x	
oxidatie van veen	180	18	180	18
onverklaard	0	0	-30	-8

Opvallend aan Tabel 28 is dat de bedrijfsbalans veel meer verliesposten kent dan de perceelsbalans. Indien balansen gebruikt worden om verliezen door uitspoeling te schatten, kan derhalve het beste de perceelsbalans gebruikt worden, mits metingen worden verricht aan denitrificatie en schattingen kunnen worden gemaakt van de opslag in de bodem en (in geval van veengebieden) oxidatie van veen.

Aangezien de bedrijfssysteembalans zoveel mogelijk gebruik maakt van gegevens uit de bedrijfsbalans is de post onverklaard van de bedrijfsbalans gelijk aan 0. De consistentie tussen de bedrijfsbalans en de perceelsbalans voor N was goed, gezien de kleine onverklaarde fractie voor de perceelsbalans (12%). Voor P was de onverklaarde fractie relatief groot (44%). De hoeveelheid onverklaard overschot voor de perceelsbalansen heeft mogelijk te maken met systematische fouten in de invoer (zie, §7.5).

7.3 Spreiding binnen en tussen bedrijven

De Figuren 6 en 7 laten een grote verscheidenheid zien aan perceeloverschotten. Zo op het eerste gezicht kunnen verschillende bedrijven niet onderscheiden worden. Door de bedrijfsbalans te gebruiken als beleidsinstrument (met als doel de N- en P-concentratie van het oppervlaktewater te verlagen) wordt er inherent vanuit gegaan dat een lager bedrijfsoverschot leidt tot een lager perceeloverschot. Dat dit in algemene zin zo is, werd gedemonstreerd in Figuur 19. Maar als de spreiding binnen de percelen van één bedrijf groter is dan de spreiding van de bedrijfsoverschotten dan betekent dat, dat een bedrijf met een laag bedrijfsoverschot toch enkele percelen kan hebben met een hogere bodembelasting dan een bedrijf met een hoog overschot (en andersom).



Figuur 20. Variatiecoëfficiënt van het perceeloverschot voor N en P. Vc's van de bedrijfsbalansen zijn aangegeven met een doorgetrokken lijn (N) en een onderbroken lijn (P).

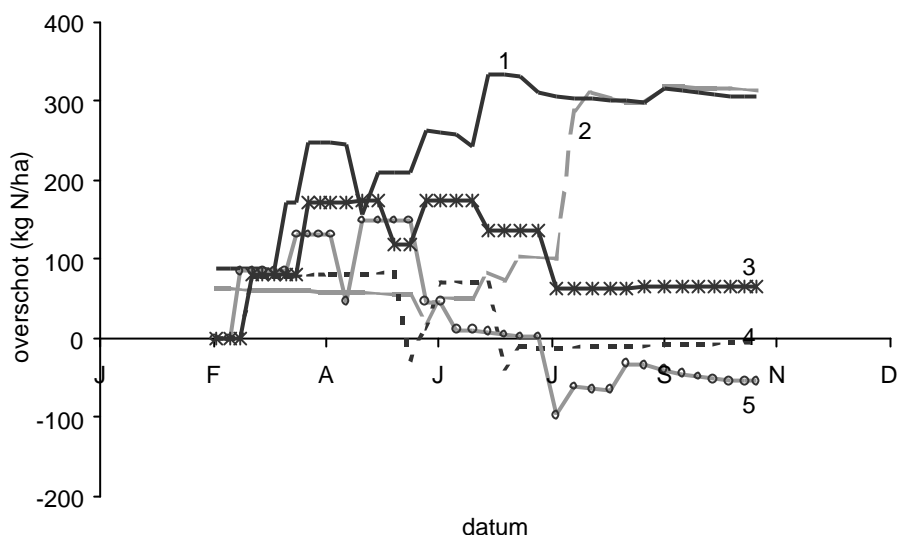
Spreiding werd gekwantificeerd door de variatiecoëfficiënt (vc) van alle percelen binnen één bedrijf te vergelijken met de vc tussen de bedrijven (vc van de bedrijfsbalans) (Figuur 20). De vc tussen de bedrijven was respectievelijk 0,17 en 0,47 voor N en P. De vc's binnen de bedrijven waren in alle gevallen groter dan de vc's tussen de bedrijven.

In § 4.2 werd gesteld dat de spreiding binnen percelen voor een groot deel kon worden toegeschreven aan slootbaggertoediening. Echter, indien slootbaggertoediening uit de perceelsbalans wordt gelaten, geldt nog steeds dat de spreiding binnen bedrijven groter is dan tussen bedrijven.

7.4 Bedrijfsvoering versus overschot

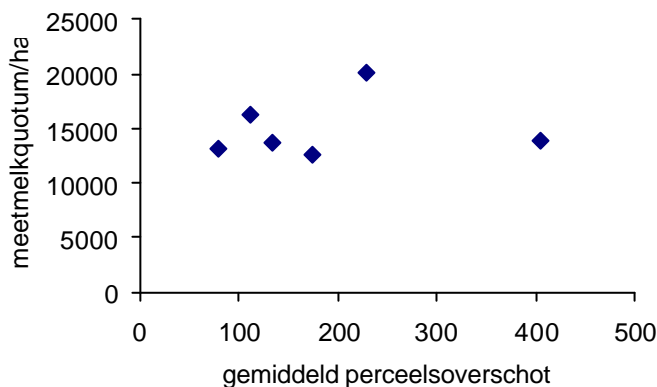
Als de perceelsbalans inderdaad een goede indicatie is voor de uitspoeling, wat is dan de invloed die een veehouder heeft op deze balans? In Hoofdstuk 4 werd de opbouw van het gemiddeld overschot gepresenteerd. Het merendeel van het overschot werd opgebouwd in de maanden maart en april. Sterke pieken vormen een risico als het opeens hard gaat regenen. In Figuur 21 staan een aantal voorbeelden uit de Vlietpolder en het beheer van deze percelen. Perceel 1 is zeer intensief beheerd, met veel koeweidedagen (490) en gangbare bemesting (755 kg KAS + 55 m³ RDM). Perceel 2 werd 'gemiddeld' beheerd, maar met een baggertoediening in de zomer. Perceel 3 is een maaiperceel, met een gangbare bemesting (780 kg KAS + 40 m³

RDM). Perceel 4 is een maaiperceel met een hoge opbrengst (10600 kg ds/ha). Door de hoge afvoer van nutriënten, viel de balans lager uit. Perceel 5 tenslotte is een (relatief) extensief beheerd perceel. Er hebben koeien gelopen (333 koeweidedagen), er werd gemaaid (2000 kg ds) en er hebben pinken gelopen. De bemesting bestond uit KAS (480 kg/ha) en RDM (60 m³). Uit Figuur 21 blijkt duidelijk de grote invloed die beheer heeft op het perceeloverschot.



Figuur 21. Opbouw van het perceeloverschot gedurende het seizoen voor 5 verschillend beheerde percelen in de Vlietpolder. Sterke pieken geven een verhoogd risico op uitspoeling. Voor beschrijving bedrijfsvoering zie tekst.

Heeft een intensief bedrijf ook een hoger overschot? Deze vraag kan beantwoord worden door het gemiddeld perceeloverschot uit te zetten tegen een parameter die de intensiteit van een bedrijf weergeeft. Deze parameter dient niet in de berekening van het overschot te zijn gebruikt. In onderstaande figuur is het meetmelkquotum per ha gebruikt als intensiteits-parameter. Uit deze figuur blijkt dat er geen relatie is tussen de intensiteit van het bedrijf en het gemiddeld perceeloverschot. Hetzelfde werd geconcludeerd door Oenema et al. (2000).



Figuur 22: Intensiteit (in meetmelkquotum per ha) en gemiddeld perceeloverschot per bedrijf, Vlietpolder 1999.

7.5 Gegevensanalyse

In Tabel 28 is de post “onverklaard” niet 0 voor de perceelsbalans. In theorie zou dit wel zo moeten zijn. Bovendien werd in de bodemsysteembalans een tekort van 87 kg N/ha/j geconstateerd, wat met name leek te worden veroorzaakt door organisch N. Deze inconsistenties van verschillende balansen kunnen zijn veroorzaakt door meetfouten en inschattingfouten. Meetfouten zullen met name zijn opgetreden bij het bepalen van de denitrificatie. De gemeten denitrificatie in de Vlietpolder had een standaard afwijking van 32 kg N/ha/j, oftewel meer dan het “onverklaard overschot”. Verder zijn mineralisatie, nitrificatie en denitrificatie zowel in tijd als in ruimte zeer variabel, waardoor op kleine schaal grote verschillen kunnen optreden (Salánki, 2001).

De veehouders leverden zelf vrij veel gegevens aan voor de perceelsbalans (maaiopbrengsten, bemesting, etc). Een veehouder streeft naar een maximale opbrengst bij een minimale bemesting (“goede boer”). Al dan niet bewust kunnen daardoor invoergegevens worden onderschat (kunstmesttoediening) dan wel overschat (maaiopbrengsten). Dat dit inderdaad het geval was in de Vlietpolder, bleek toen de hoeveelheden aangekochte kunstmest werden vergeleken met de hoeveelheden toegediende kunstmest (gecorrigeerd voor eventuele voorraad). Op één bedrijf na, werd er meer kunstmest aangekocht dan toegediend, terwijl de voorraad kunstmest op het bedrijf niet veranderde. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat het nauwkeurig schatten van bemestingen en opbrengsten lastig is.

8 Conclusies

In deze studie zijn vier verschillende nutriëntenbalansen opgesteld voor een veenweidepolder: bedrijfsbalans, perceelsbalans, bedrijfssysteembalans en bodemsysteembalans. De verschillende balansen gaven verschillende informatie over bedrijven dan wel over percelen. Door deze verschillende informatie te combineren werd een beeld verkregen van stofstromen binnen bedrijven en binnen percelen. De belangrijkste conclusies uit deze studie zijn:

- De opbouw van het gemiddeld perceeloverschot liet twee pieken zien gedurende het seizoen; in april-mei en in augustus-september. Pieken in de opbouw van het overschot vormen een verhoogd risico voor verliezen. Echter, per perceel kon deze opbouw zeer sterk verschillen afhankelijk van de bedrijfsvoering.
- De uitspoeling van N en P naar het oppervlaktewater bedroeg respectievelijk 55 en 6 kg/ha/j. Deze waarden zijn in goede overeenstemming met de N en P vrachten die door het gemaal werden uitgeslagen, indien rekening werd gehouden met retentie en denitrificatie in de sloot.
- De belasting van het oppervlaktewater werd beïnvloed door de subkringloop perceel-oppervlaktewater-waterbodembodem. Door slootbagger op het land te brengen werden nutriënten uit de waterbodembodem teruggevoerd naar het perceel. In het lopende onderzoek wordt meer aandacht besteed aan de bemestingswaarde van slootbagger.
- De bedrijfsbalansen en de gemiddelde perceelsbalansen lieten een positieve relatie zien. Echter, de spreiding tussen de perceelsbalansen per bedrijf was groot; groter dan de spreiding tussen de bedrijfsbalansen. Dit betekent dat een bedrijf met een relatief laag bedrijfsoverschot toch één of enkele percelen kan hebben met een relatief hoog overschot. Het is op dit moment nog niet duidelijk wat dit betekent voor de belasting van het oppervlaktewater.
- Van het bedrijfsoverschot spoelde voor zowel N als P 11% uit naar het oppervlaktewater en 2% naar het grondwater. Voor N was vervluchting een grote verliespost (43%). Het resterend overschot werd opgeslagen binnen het bedrijf.
- De bodemsysteembalans liet een redelijke consistentie van gegevens zien. Echter, het overschot van NO₃ en het tekort aan organisch N op de bodemsysteembalans wijzen op mogelijke onderschattingen van respectievelijk denitrificatie en oxidatie van veen.
- Een vergelijking van verliesposten tussen de bedrijfsbalans en de perceelsbalans liet zien dat de bedrijfsbalans meer verliesposten kent dan de perceelsbalans. Als uitspraken gedaan moeten worden over uitspoeling kan daarvoor het beste de perceelsbalans gebruikt worden, mits metingen worden verricht aan denitrificatie en er een goede schatting gemaakt kan worden van opslag in de bodem en (in geval van veengebieden) oxidatie van veen.

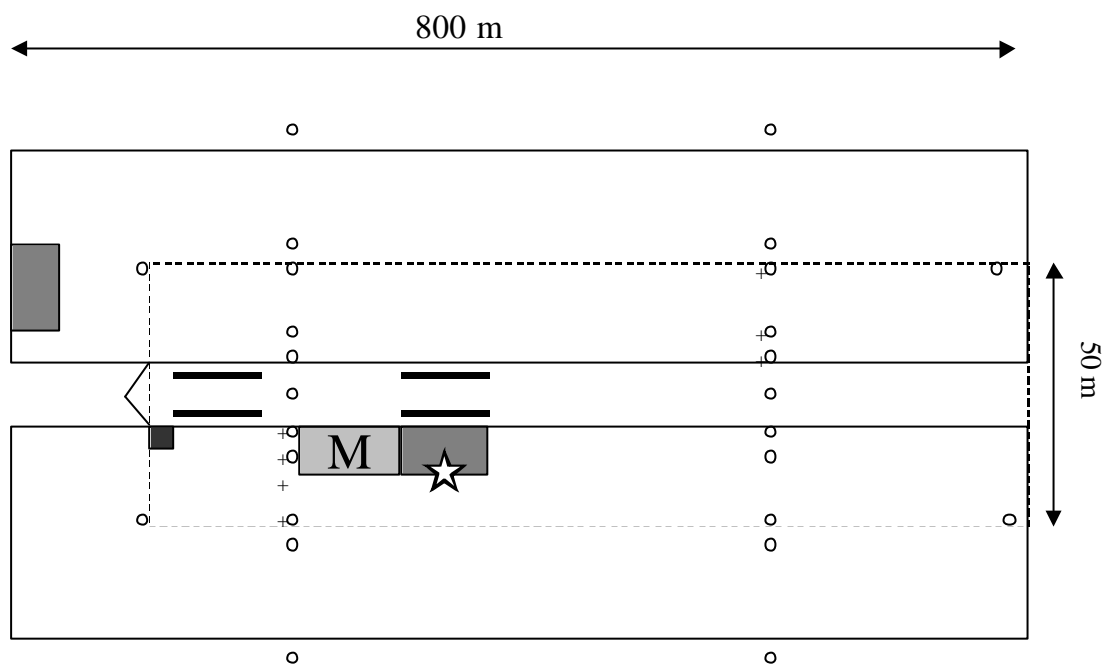
Literatuur

- Aarts HFM, 1996. Efficient nutrient management in dairy farming on sandy soils. AB-DLO rapport 67.
- Brouwer L, 2000. Tussenrapportage bedrijfsadviesing water- en nutriëntenhuishouding in de Vlietpolder. DLV Adviesgroep.
- Bruchem, J van, H Schiere & H van Keulen. (1999) Dairy farming in the Netherlands in transition towards more efficient nutrient use. *Livestock Production science*, **61**, 145-153.
- Bureau Heffingen, 1998. Tabellenbrochure 1998 MINAS.
- Bussink DW, 1996. Ammonia Volatilization from intensively managed dairy pastures. Proefschrift Wageningen Universiteit.
- Centraal veevoederbureau (CVB), 2000. Tabellenboek Veevoeding 2000.
- Dalley DE, RJ Roche, C Grainger & PJ Moate, 1999. Dry matter intake, nutrient selection and milk production of dairy cows grazing rainfed perennial pastures at different herbage allowances in spring. *Australian Journal of experimental agriculture*. 39: p. 923-931.
- Eerdt M van, 1998. Mestproductie, mineralenhuishouding en mineralen in de mest. Mndstat landb (CBS) 98/12, 1998: p. 52-61.
- Eertwegh GAPH van den, 1999. Water- en Nutriëntenhuishouding Veenweidegebied: Een integraal project. Projectbeschrijving Hoogheemraadschap van Rijnland, versie 5.
- Eertwegh GAPH, JR Hoekstra & C Meinardi, 1999. Praktijkproef nutriëntenbalans. Nutriëntenbalasting van het oppervlaktewater via drainagewater van akkerbouwpercelen op zavelgrond.
- Eertwegh GAPH & FH van Schaik, 2001. Water- en nutriëntenhuishouding veenweidegebied: een integraal project. Technisch-inhoudelijke tussenrapportage 2001.
- Hardeveld HA van, 2001. Waterbodemkwaliteit Veenweideproject. *Ongepubliceerde resultaten HHRS Rijnland*.
- Hendriks RFA, 1991. Afbraak en mineralisatie van veen. SC-DLO rapport 199.
- HHRS Rijnland, 2001. Grondwaterkwaliteit Veenweideproject. *Ongepubliceerde resultaten HHRS Rijnland*.
- Huijsmans JFM, JMG Hol & DW Bussink, 1997. Reduction of Ammonia Emission by New Slurry Application Techniques on Grassland. In: Gaseous Nitrogen Emissions from Grasslands. S.C. Jarvis and B.F. Pain (eds.)
- IKC, 1993. Handboek voor de rundveehouderij. Publikatie nr. 35.
- Koops JG, O Oenema & ML van Beusichem, 1996. Denitrification in the top and sub soil of grassland on peat soils *Plant and Soil* 184 1-10
- Keulen H van, HG van der Meer & I de Boer, 1996. Nutrient balances of livestock production systems in the Netherlands In *Utilization of local feed resources by dairy cattle: perspectives of environmentally balanced production systems*. (Groen, A. & Van Bruchem, J. eds.) Wageningen.
- Lammers 1983 WH Gevolgen van het gebruik van organische mest op bouwland Consulentenschap voor Bodemaangelegenheden in de Landbouw, Wageningen.

- Leenders WH, 1999. Een bodemkundig-hydrologische inventarisatie van de Vlietpolder. Resultaten van een bodemgeografisch onderzoek. Staring Centrum, rapport 693.
- Lightner JW, DB Mengel & CL Rhykerd, 1990. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizer surface applied to orchardgrass sod. *Soil Science Society American Journal* 34: 1478-1482.
- NMI, 2000. Praktijkgids Bemesting.
- Oenema J, HFM Aarts & B Habekotté, 2000. Het mineralenspoor in 'Koeien en Kansen'. Uitgangssituatie in mineralenstromen. *Plant Research International* rapport 9.
- Oenema O & M Heinen, 1999. Uncertainties in Nutriënt Budgets due to Biases and Errors. In: Smaling EMA, Oenema O & Fresco LO (eds) *Nutriënt Disequilibria in Agroecosystems Concepts and Case Studies*. pp. 75-97.
- Oenema O, GL Velthof, N Verdoes, PWG Groot Koerkamp, A Bannink, HG van der Meer & KW van der Hoekm, 2000. Forfaitaire waarden voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen. *Alterra* rapport 107.
- Provincie Zuid-Holland, 1999. Vermesting en verzuring in Zuid-Holland, Milieukwaliteitsmetingen Provinciaal integraal meetnet milieukwaliteit 1996-1998.
- Reijneveld JA, B Habekotté, HFM Aarts & J Oenema, 2000. 'Typical Dutch' Zicht op de verscheidenheid binnen de Nederlandse melkveehouderij. *Plant Research International* rapport 8.
- Salánki T, 2001. Simultane metingen van mineralisatie, denitrificatie en nitrificatie in de Vlietpolder. Afstudeerverslag IAHS Larenstein. in prep.
- Tamminga S, AW Jongbloed, MM van Eerdt, HFM Aarts, F Mandersloot, NJP Hoogervorst & H Westhoek, 2000. De forfaitaire excretie van stikstof door landbouwhuisdieren. Rapport ID-Lelystad no. 00-2040R.
- Willigen P de & PAI Ehlert, 1996. Nitrogen and phosphorus balances and losses from the soil in the Netherlands. In: LD Currie & P Loganathand (eds) *Recent developments in understanding chemical movements in soils: Significance in relation to water quality and efficiency of fertilizer use*. Occasional report no. 9 Fertilizer and Lime research Centre, New Zealand.

Aanhangsel 1 Inrichting van het proefperceel

In het proefperceel zijn, naast het meteostation, de volgende meetinstrumenten geplaatst.



- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| ○ Peilbuis | + Cups |
| ■ Meteoveld | ⟨ Meting slootafvoer |
| ■ Mineralisatieveldje | — Grens proefperceel |
| ■ Bemonstering slootafvoer | ---- Grens vanggebied sloot |
| — Oppervlakkige afvoer | |
- Niet op schaal*

Aanhangsel 2 N perceelsbalansen

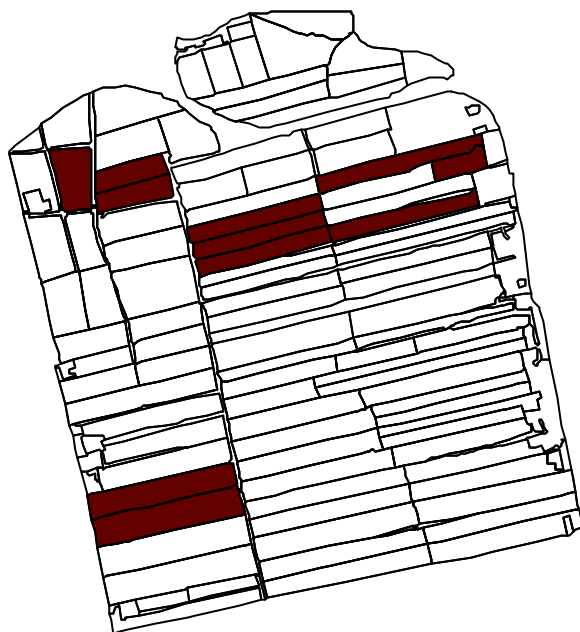
perceel	KAS	ZB-T	RDM	bagger	kosten	pincken	kaketen	schapen	depositie	totaal III	massen	kosten	pincken	kaketen	schapen	NFO	totaal IET	balans
54	162	79	202	211	188	0	0	0	31	653	196	180	0	0	0	39	415	439
57b	101	117	221	0	190	0	0	0	31	661	296	190	0	0	0	31	477	183
57A	101	117	161	0	162	0	0	0	31	562	251	160	0	0	0	25	436	126
95	115	79	198	211	165	0	0	0	31	798	182	181	0	0	0	38	480	398
53	115	79	203	0	175	0	0	0	31	602	171	163	0	0	0	28	382	239
52A	68	86	129	211	277	0	0	0	31	600	171	297	0	0	0	42	511	289
52B	20	0	0	0	0	0	0	0	31	61	190	0	0	0	0	0	190	-129
51A	122	79	198	211	190	0	0	0	31	789	195	164	0	0	0	36	395	395
50																		
58																		
96	108	79	162	211	199	0	0	0	31	783	177	201	0	0	0	38	416	368
52C	123	79	172	211	146	0	0	0	31	762	186	164	0	0	0	35	375	386
51B	149	79	196	0	157	0	0	0	31	612	172	162	0	0	0	27	361	252
60	68	79	64	0	0	37	0	0	31	278	194	0	40	0	0	9	249	35
74	81	79	246	0	138	61	0	18	31	643	122	148	61	0	34	32	397	246
75	101	79	235	0	94	0	0	59	31	599	122	103	0	0	121	28	373	235
71																		
69B	108	79	140	0	138	47	0	0	31	542	124	138	67	0	0	25	344	197
69A	108	0	102	0	32	0	0	3	31	275	216	34	0	0	7	10	269	6
67A	88	176	164	0	79	33	0	23	31	532	210	30	32	0	53	19	334	196
76	95	176	89	0	159	0	0	0	31	540	227	152	0	0	0	22	401	142
72	101	79	108	0	199	0	0	0	31	477	241	196	0	0	0	22	419	58
70	61	130	216	0	60	0	0	48	31	643	216	64	0	0	106	23	411	132
68B	108	79	467	0	146	27	0	6	31	664	216	160	27	0	16	41	462	401
69C	88	79	235	0	110	126	0	4	31	672	85	119	136	0	10	34	388	284
67B	68	190	289	0	34	57	0	40	31	687	210	35	56	0	93	30	424	263
69A	128	79	140	0	125	0	0	0	31	502	227	127	0	0	0	21	375	127
75A	151	0	161	0	163	0	0	0	31	497	75	143	0	0	0	24	237	269
77	207	0	164	0	117	0	0	38	31	657	197	114	0	0	81	25	417	140
76	244	0	262	0	43	0	0	32	31	612	311	43	0	0	68	24	446	166
79D	205	0	203	0	162	0	0	0	31	670	165	146	0	0	0	28	328	342
78	234	0	106	0	244	0	0	0	31	606	187	227	0	0	0	29	443	162
6	266	0	183	0	163	0	0	0	31	634	187	151	0	0	0	27	365	269
7	279	0	121	211	190	0	0	0	31	632	249	161	0	0	0	27	467	366
6	326	0	120	211	190	0	0	0	31	686	165	163	0	0	0	38	376	634
5	236	0	180	0	147	0	0	0	31	575	174	146	0	0	0	25	348	231
4	244	0	99	0	186	0	0	0	31	569	200	174	0	0	0	25	389	166
97	298	0	162	0	0	0	30	10	31	470	285	0	0	39	23	16	362	108
99	262	0	132	0	0	0	63	3	31	491	346	0	0	82	6	17	451	40
12	219	0	167	0	127	0	0	0	31	534	174	118	0	0	0	22	312	222
13	219	0	167	0	116	0	0	0	31	523	174	106	0	0	0	21	301	233
16	211	0	162	0	0	0	0	0	31	424	266	0	0	0	0	13	280	144
17	211	0	162	0	0	0	0	0	31	403	266	0	0	0	0	12	279	126
61	211	0	130	0	0	0	14	2	31	388	266	0	0	18	6	12	302	86
11	219	0	79	0	69	0	4	0	31	482	174	64	0	5	0	14	267	146
36	166	273	127	0	0	0	0	0	31	597	326	0	0	0	0	15	341	256
37	166	273	285	0	0	0	0	0	31	795	326	0	0	0	0	23	349	408
38	166	273	283	0	0	0	0	0	31	793	326	0	0	0	0	23	349	404
33	84	79	89	0	0	133	0	29	31	444	78	0	151	0	41	21	290	164
34	68	79	94	0	0	334	0	0	31	606	0	0	368	0	0	34	392	213
25																		
21	88	79	161	0	361	334	0	2	31	965	171	264	404	0	5	69	694	61
19	111	124	147	0	144	0	0	0	31	566	271	133	0	0	0	24	429	129
16	130	0	239	0	114	0	0	12	31	616	308	107	0	0	30	24	469	47
14B	103	91	146	0	60	90	0	22	31	562	160	79	103	0	47	27	416	147
24A	123	79	89	211	201	0	0	0	31	733	196	179	0	0	0	35	402	331
22	130	79	116	0	172	20	0	4	31	590	154	144	29	0	9	26	366	196
30	68	117	102	0	174	10	0	0	31	522	244	167	13	0	0	24	438	64
31	117	85	93	0	107	36	0	0	31	468	185	105	44	0	0	20	336	153
30	130	85	140	0	112	49	0	17	31	583	83	107	56	0	37	26	289	274
32	116	79	136	0	77	67	0	36	31	531	111	76	84	0	86	25	380	150
29	204	0	219	211	322	60	0	30	31	1034	69	267	66	0	63	66	619	616
36	162	0	245	211	143	7	0	5	31	626	199	136	7	0	10	39	391	434
27	84	79	176	0	129	50	5	5	31	598	192	116	61	5	10	27	413	146
36	116	79	147	0	69	36	13	26	31	497	222	47	40	14	51	21	396	101
35	130	79	80	0	0	70	0	19	31	407	169	0	0	0	36	16	301	108
18	116	117	191	0	80	0	0	0	31	606	240	47	0	0	0	18	308	199
62A	236	0	106	0	0	139	0	0	31	511	248	0	162	0	0	21	431	90
62B	236	0	80	0	0	66	0	0	31	412	252	0	80	0	0	14	346	66
63	208	0	96	0	0	119	0	0	31	463	190	0	126	0	0	18	306	149
64	236	0	0	0	0	94	0	0	31	460	197	0	309	0	0	19	426	36
66	208	0	197	0	0	69	0	0	31	526	136	0	108	0	0	21	264	261
65	213	0	87	0	0	42	0	18	31	392	136	0	43	0	44	13	236	166
41	62	273	223	0	0	0	0	0	31	619	125	0	0	0	0	18	144	475
42	61	273	336	0	0	113	12	0	31	616	90	0	117	13	0	33	263	623

Aanhangsel 3 P perceelsbalansen

perceel	TEP	26-7	RDM	bagger	koeken	pinken	kalveren	schapen	totaal N	maaien	koeken	pinken	kalveren	schapen	totaal UT	balans
54	0	9	26	9	20	0	0	0	67	21	18	0	0	0	39	28
57b	0	14	31	0	23	0	0	0	67	27	19	0	0	0	46	21
57A	0	14	22	0	18	0	0	0	54	26	16	0	0	0	42	12
55	0	9	27	9	20	0	0	0	66	19	18	0	0	0	37	26
53	0	9	26	0	21	0	0	0	58	18	18	0	0	0	36	22
52A	0	10	18	9	33	0	0	0	70	18	30	0	0	0	46	22
52B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	19	-19
51A	0	9	26	9	18	0	0	0	64	20	16	0	0	0	37	27
58																
56	0	9	23	9	23	0	0	0	64	19	20	0	0	0	39	26
52C	0	9	24	9	18	0	0	0	60	20	15	0	0	0	35	26
51B	0	9	26	0	19	0	0	0	55	18	16	0	0	0	34	21
60	0	9	9	0	4	4	0	0	22	20	0	4	0	0	24	-3
74	0	9	37	0	16	5	0	2	69	13	15	6	0	3	37	32
73	0	9	36	0	11	0	0	6	62	13	10	0	0	12	35	26
71																
69B	0	9	21	0	16	5	0	0	51	13	14	6	0	0	33	19
68A	0	0	16	0	4	0	0	0	19	23	3	0	0	1	27	-8
67A	0	20	25	0	2	3	0	2	53	22	2	3	0	5	33	20
75	0	20	14	0	18	0	0	0	52	24	15	0	0	0	39	13
72	0	9	16	0	19	0	0	0	44	25	16	0	0	0	41	3
70	0	15	33	0	7	0	0	5	58	23	6	0	0	11	40	19
68B	0	9	71	0	17	3	0	1	100	23	16	3	0	2	43	67
68C	0	9	36	0	13	13	0	0	71	9	12	14	0	1	36	36
67B	0	17	44	0	4	6	0	4	75	22	4	6	0	9	41	34
68A	0	9	21	0	15	0	0	0	45	24	13	0	0	0	37	8
75A	0	0	23	0	19	0	0	0	42	8	14	0	0	0	22	20
77	0	0	25	0	14	0	0	4	42	21	11	0	0	8	40	2
76	0	0	40	0	5	0	0	3	48	33	4	0	0	7	44	4
79B	0	0	31	0	18	0	0	0	49	15	15	0	0	0	31	18
78	0	0	16	0	28	0	0	0	44	20	23	0	0	0	42	2
8	0	0	28	0	18	0	0	0	46	20	15	0	0	0	35	11
7	0	0	19	9	22	0	0	0	49	26	19	0	0	0	44	5
6	0	0	18	9	22	0	0	0	50	16	18	0	0	0	35	15
5	0	0	25	0	17	0	0	0	42	18	15	0	0	0	33	9
4	0	0	15	0	21	0	0	0	36	21	17	0	0	0	36	-2
67	0	0	25	0	0	0	3	1	29	30	0	0	4	2	36	-7
88	0	0	20	0	0	6	0	0	27	36	0	0	8	1	46	-18
12	0	0	21	0	14	0	0	0	35	18	12	0	0	0	30	5
13	0	0	21	0	13	0	0	0	34	18	11	0	0	0	29	5
15	0	0	24	0	0	0	0	0	24	28	0	0	0	0	28	-4
17	0	0	21	0	0	0	0	0	21	28	0	0	0	0	26	-7
61	0	0	17	0	0	0	1	0	19	28	0	0	2	1	30	-11
11	0	0	11	0	9	0	0	0	18	19	6	0	0	0	25	-7
36	0	32	26	0	0	0	0	0	58	34	0	0	0	0	34	23
37	0	32	59	0	0	0	0	0	90	34	0	0	0	0	34	56
38	0	32	58	0	0	0	0	0	90	34	0	0	0	0	34	56
33	0	9	14	0	0	13	0	3	39	8	0	15	0	4	27	12
34	0	9	15	0	0	33	0	0	57	0	0	36	0	0	36	22
23																
21	0	9	26	0	29	33	0	0	97	18	25	40	0	1	84	12
19	0	14	23	0	16	0	0	0	53	29	13	0	0	0	42	12
16	0	0	37	0	12	0	0	1	50	32	11	0	0	3	46	4
24B	0	11	23	0	9	9	0	2	54	17	8	10	0	5	40	14
24A	0	9	14	9	22	0	0	0	54	20	18	0	0	0	38	17
22	0	9	18	0	19	2	0	0	49	16	14	2	0	1	34	15
20	0	14	16	0	19	1	0	0	50	26	16	1	0	0	43	7
31	0	10	15	0	12	4	0	0	40	18	11	4	0	0	32	7
30	0	10	22	0	12	5	0	2	51	7	11	6	0	4	27	24
32	0	9	20	0	8	7	0	4	48	12	8	8	0	8	36	12
29	0	0	35	9	31	6	0	3	84	7	27	7	0	6	47	37
28	0	0	39	9	16	1	0	1	65	21	14	1	0	1	36	29
27	0	9	28	0	14	5	0	0	57	20	12	6	1	1	40	18
26	0	9	23	0	6	4	1	2	46	23	5	4	1	5	39	7
25	0	9	13	0	0	7	0	2	31	18	0	8	0	4	29	1
18	0	14	31	0	5	0	0	0	49	25	5	0	0	0	30	19
82A	20	0	18	0	0	14	0	0	52	26	0	16	0	0	42	10
82B	20	0	14	0	0	7	0	0	40	27	0	8	0	0	35	6
83	0	0	17	0	0	12	0	0	28	17	0	13	0	0	29	-1
84	20	0	0	0	0	18	0	0	38	21	0	21	0	0	42	-3
86	20	0	34	0	0	9	0	0	63	14	0	11	0	0	25	38
85	0	0	15	0	0	4	0	2	21	14	0	4	0	4	23	-2
41	0	32	46	0	0	0	0	0	78	13	0	0	0	0	13	64
42	0	32	69	0	0	11	1	0	113	9	0	12	1	0	22	91

Aanhangsel 4 Sloopbaggeroediening in de Vlietpolder, 1999

Op de gearceerde percelen is sloopbagger toegevoerd in 1999.



Aanhangsel 5 Denitrificatie metingen in het proefperceel

De denitrificatiemetingen in het proefperceel zijn gestart in september 2000. Het proefperceel werd verdeeld in 16 vakken en per vak werden 2x3 ringen gestoken met een ringboor in de bovenste 10 cm. Vervolgens werd er een kuil gegraven met een spade. Per 10 cm werden er 6 ringen gestoken. De ringen werden in het lab geïncubeerd. Per incubatiepot werden 3 ringen geplaatst. Hierdoor ontstonden mengmonsters per laag van ieder vak. Vervolgens werd 60 ml C_2H_2 toegediend (atmosferische druk). De potten werden weggezet bij bodemtemperatuur en na circa 24 en 28 uur werd de N_2O productie gemeten met de TGA (Trace Gas Analyzer). De jaarlijkse denitrificatie werd berekend door trapezoidale integratie over diepte en over tijd. Hieruit volgde een jaarlijkse denitrificatie van 121 kg N/ha/j.

Aanhangsel 6 Denitrificatie in het bovenste grondwater

In de Vlietpolder wordt vrijwel nooit nitraat in het grondwater gevonden. Dit komt omdat al het nitraat ofwel in de bovengrond (Aanhangsel 5), ofwel in de ondergrond gedenitrificeerd wordt. Denitrificatie in het bovenste grondwater kan zowel het gevolg zijn van pyrietoxidatie als van oxidatie van organische stof. De denitrificatie in de ondergrond is afgeleid uit het NO_3 profiel, zoals gemeten in de cups. Echter, er moet opgepast worden voor dubbeltellingen, de denitrificatie in de bovengrond werd immers al gemeten. Daarom is besloten om alleen die NO_3 gegevens te gebruiken die onder de 35 cm -mv liggen. Bovendien waren er alleen gegevens beschikbaar van half oktober tot half december 2001, waardoor de bepaling vrij grof is. De afnamen in nitraat werden geïntegreerd over diepte en tijd, wat resulteerde in een schatting van denitrificatie in het bovenste grondwater van 31 kg N/ha/j.

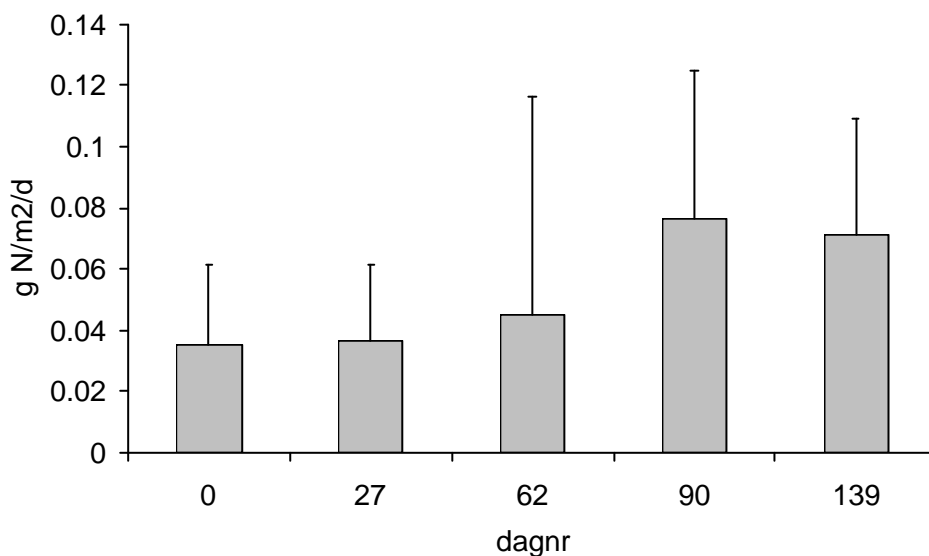
Aanhangsel 7 Denitrificatie metingen in de meetsloot

De denitrificatiemetingen in de meetsloot zijn gestart in september 2001, nadat bleek dat er een aanzienlijk verschil bestond tussen het perceelsoverschot en de hoeveelheid N die werd uitgeslagen door het gemaal. Circa iedere 4 weken werden er 10 incubatiebuizen in de meetsloot geplaatst ($l=1\text{m}$, $\varnothing=20\text{ cm}$). Deze werden doorborreld met C_2H_2 en 24 uur geïncubeerd. De denitrificatie werd afgeleid uit de N_2O toename in de headspace, waarbij werd gecorrigeerd voor N_2O in oplossing.



Figuur 7.1 Denitrificatiemetingen in de meetsloot.

Na 5 metingen was de gemiddelde denitrificatie $0,05\text{ g N/m}^2/\text{d}$, hetgeen overeenkomt met circa 18 kg N/ha/j . De grote spreiding in Figuur 7.2 werd voornamelijk veroorzaakt door het wel of niet aanwezig zijn van waterplanten.



Figuur 7.2. Denitrificatie in de meetsloot september-december 2001. Foutenbalken geven standaardafwijkingen aan.

