



Kan de akkerbouw en groenteteelt op zandgrond voldoen aan de nitraatnorm?



Resultaten Experimenteel
Onderzoek op de Kernbedrijven
Vredepeel en Meterik

A.L. Smit, J.J. de Haan & K.B. Zwart

Kan de akkerbouw en groenteteelt op zandgrond voldoen aan de nitraatnorm?

Resultaten Experimenteel Onderzoek op de Kernbedrijven
Vredepeel en Meterik

A.L. Smit¹, J.J. de Haan² & K.B. Zwart³

- ¹ Plant Research International
- ² Praktijkonderzoek Plant & Omgeving
- ³ Alterra



Telen met toekomst

Colofon

Uitgever:

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : info.plant@wur.nl
Internet : www.plant.wur.nl

© 2005 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Telen met toekomst is een van de landelijke onderzoeksprojecten die uitgevoerd worden in het kader van het Actieplan Nitraatprojecten (2000-2003). Het project wordt gefinancierd door de Ministeries van LNV en van VROM.

In 'Telen met toekomst' werken agrarische ondernemers samen met Wageningen UR (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving en Plant Research International B.V.) en DLV Adviesgroep nv aan duurzame bedrijfssystemen voor akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt, bloembollen en boomteelt.

Informatie over Telen met toekomst

DLV Adviesgroep nv
Telefoon: (0317) 49 16 12
Fax: (0317) 46 04 00
Postbus 7001, 6700 CA WAGENINGEN
E-mail: info@telenmettoekomst.nl
Internet: www.telenmettoekomst.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1. Inleiding	5
1.1 Telen met toekomst	5
1.2 Opzet rapport	5
1.3 Doelstellingen	6
2. Opzet systemen	9
2.1 Algemene opzet	9
2.1.1 Bedrijfstypen en systemen	9
2.1.2 Bemestingsstrategieën	9
2.2 Opzet systemen Vredepeel	10
2.3 Opzet systemen Meterik	12
2.3.1 Bladgewassenbedrijf	12
2.3.2 Preibedrijf	13
2.3.3 Aardbeibedrijf	14
3. Stikstof	17
3.1 Uitspoelingsmetingen	17
3.1.1 Uitspoelingsmetingen RIVM	17
3.1.2 Uitspoelingsmetingen Alterra	19
3.1.3 Resultaten modelberekeningen uitspoeling	21
3.2 Indicatoren voor de mate van stikstofuitspoeling	23
3.2.1 Stikstofbalans	23
3.2.2 N-min najaar	26
3.2.3 N-min na oogst	27
3.3 Processen en condities die mede de mate van stikstofuitspoeling bepalen	28
3.3.1 Beworteling	29
3.3.2 N-mineralisatie	30
3.3.3 Denitrificatie	43
4. Fosfaat	45
4.1 Fosfaatuitspoeling	45
4.2 Fosfaatbalans	45
4.3 Pw-verloop	47
4.4 Verklaring van hoogte van fosfaatuitspoeling	48
5. Effect op andere thema's	51
5.1 Kwaliteitsproductie	51
5.2 Economie	52
5.2.1 Vredepeel	52
5.2.2 Meterik	53
5.3 Gewasbescherming	54
5.3.1 Invloed van gewasbescherming op bemesting en uitspoeling	54
5.3.2 Resultaten van de gewasbescherming	55

	pagina
6. Discussie en conclusies	57
6.1 Discussie	57
6.1.1 Is de stikstofuitspoelingsnorm haalbaar?	57
6.1.2 Effectieve Maatregelen	57
6.1.3 Indicatoren voor stikstofuitspoeling	61
6.2 Conclusies	61
6.2.1 Stikstof	61
6.2.2 Fosfaat	62
6.2.3 Overige thema's	63
6.2.4 Samenvatting van de conclusies	63
Literatuur	65
Bijlage I. Plattegronden Vredepeel en Meterik	2 pp.
Bijlage II. Stikstofbalans, N-min na oogst en najaar en opbrengsten per gewas	4 pp.
Bijlage III. Gehalten, opbrengsten en nutriëntenopbrengsten in bemeste en onbemeste velden van Kernbedrijf Vredepeel in de jaren 2001-2003	2 pp.
Reeds verschenen externe rapporten Telen met toekomst	

Samenvatting

Doelen en streefwaarden

In het project Telen met toekomst fungeerden de proeflocaties Meterik en Vredepeel als kernbedrijven voor respectievelijk de vollegrondsgroenten en de akkerbouw op zandgrond in Zuidoost Nederland. Op deze bedrijven is een intensieve samenwerking geweest tussen verschillende instituten (Plant Research International, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Alterra, NMI, RIVM en CLM). Het ging hierbij om verdiepend onderzoek naar processen die de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater beïnvloeden. Op de kernbedrijven werd een duurzaam beheer van de bodem op nutriëntengebied als randvoorwaarde geformuleerd.

Voor vijf thema's (schoon milieu, duurzaam beheer productiemiddelen, kwaliteitsproductie, economische duurzaamheid en multifunctionaliteit) zijn doelstellingen geformuleerd, de belangrijkste maatstaven waren: nitraatconcentratie <50 mg/L en streefwaarde 25 mg/L, P-gehalte grondwater <0,4 mg P/L, stikstofoverschot op de balans¹ <60 kg N/ha, Nmin najaar (0-90 cm) <45 kg N/ha, P-overschot <0 kg/ha, Pw <20.

Opzet onderzochte systemen

Op beide locaties zijn verschillende bedrijfssystemen aangelegd waarbij onderscheid gemaakt is tussen systemen die uitgaan van goede landbouwpraktijk en vrij dicht bij de praktijk staan (synthesystemen) en meer experimenteel gerichte systemen, gericht op het halen van de milieudoelen (analysesystemen). In de laatst genoemde systemen werden bijvoorbeeld nieuwe bemestingstechnieken en -strategieën toegepast die nog niet volledig getest en operationeel zijn, en werd er gestreefd naar de maximale inzet van vanggewassen ongeacht een eventueel aaltjesrisico. Ook werd geëxperimenteerd met de afvoer van gewasresten. Bij de analysesystemen werd op Vredepeel en op Meterik gestreefd naar een minimale aanvoer van fosfaat (op Vredepeel alleen startgiften op erwten, peen en maïs, op Meterik geen aanvoer op de groentegewassen). Op Vredepeel zijn één synthesesysteem en twee analyse akkerbouwsystemen aangelegd. Meterik bevatte 3 bedrijfstypen met een synthesesysteem: een bladgewassenbedrijf, een preibedrijf en een aardbeibedrijf. De eerste twee bedrijfstypen hadden ook een gedeeltelijk analysesysteem.

Waterkwaliteit

De kwaliteit van het grondwater is door zowel RIVM als Alterra bepaald. Nitraatwaarden op Meterik overschreden in alle jaren en in alle systemen de beoogde waarde van 50/25 mg nitraat per liter (gemiddelde voor Meterik in de jaren 2002 - 2004 ca. 135 mg nitraat/L). Ook op Vredepeel werd de nitraatrichtlijn in alle jaren overschreden, alleen het meest vergaande analysesysteem lijkt in de buurt te komen van de 50 mg nitraat/L. In de onderzoeksperiode is er geen afname van de nitraatconcentratie in het grondwater gerealiseerd.

Indicatoren voor de N-uitspoeling

Op Vredepeel bereikte het meest vergaande analysesysteem (A2) in 2003 een werkelijk stikstofoverschot van slechts 14 kg N/ha. Ten opzichte van het synthesesysteem werd dit voornamelijk gerealiseerd door varkensdrijfmest te vervangen door kunstmest, en door goed rekening te houden met de nawerking van groenbemesters.

Op Meterik werden zelfs, behalve op het aardbeibedrijf, negatieve overschotten gerealiseerd.

¹ Overschot = aanvoer uit (kunst)mest, depositie, uitgangsmateriaal, fixatie en hulpmateriaal minus afvoer met het gewas.

De Nmin najaar bleef in Vredepeel op de analysesystemen in de onderzochte jaren onder de streefwaarde van 45 kg N/ha. Op Meterik lukte dit niet op het bladgewassenbedrijf. De Nmin die na oogst gemeten lag in Vredepeel voor alle systemen onder de 40 kg N/ha, in Meterik was het beeld wisselvalliger. In 2003 lagen alle systemen rond de 40 kg N/ha maar in de jaren daarvoor gaven de systeemgemiddelden uitschieters tot 80 kg N/ha. Deze waarden waren niet direct te verklaren.

Mineralisatie, beworteling en denitrificatie

De mineralisatie in Meterik en Vredepeel kan hoog genoemd worden, vooral op Meterik mineraliseert er in het hele profiel soms meer dan 200 kg N/ha/jaar. Metingen in braakvelden toonden aan dat in het groeiseizoen er soms meer dan 2 kg N/ha/dag mineraliseert. Het profiel in Meterik is zodanig dat ook in de lagen dieper dan 30 cm nog ruim stikstof mineraliseert, deze stikstof is veelal niet beschikbaar voor de gewassen omdat de meeste gewassen beneden deze diepte slechts in geringe mate wortels bleken te ontwikkelen. Op Vredepeel is de mineralisatie iets minder maar ook hier zijn het hoeveelheden die goed benut moeten worden om aan de nitraatrichtlijn te voldoen. Benutting van mineralisatie is belangrijk omdat zowel op Meterik als op Vredepeel denitrificatie geen belangrijke bijdrage lijkt te leveren aan het voorkomen van nitraatuitspoeling.

Fosfaat

Ondanks hoge fosfaatvoorraden in het profiel op Meterik en Vredepeel was de uitspoeling van fosfaat gering. Bij beide locaties bestaat er echter op termijn gevaar, vanwege de vastgestelde bodemverzadigingsgraad, op het 'doorslaan' van de bodem waarbij de meest strikte waterkwaliteitsnorm voor P zal worden overschreden.

Kwaliteitsproductie en Economie

De opzet van de bedrijfssystemen en de keuze van de te nemen maatregelen waren voornamelijk gericht op het voorkomen van stikstof en fosfaatuitspoeling, waarbij echter ook een effect op kwaliteitsproductie, economie en gewasbescherming verwacht kan worden.

Op Vredepeel is de kwaliteit en kwantiteit relatief stabiel en goed ten opzichte van de praktijk te noemen, er zijn geen duidelijke aanwijzingen dat de gehanteerde bemestingsstrategieën in de analysesystemen van grote invloed geweest zijn op opbrengst en kwaliteit. Op Meterik is vooral op het bladgewassenbedrijf in sommige gevallen een gebrek aan kwaliteit geconstateerd, dit werd voornamelijk veroorzaakt door problemen met ziekten en plagen.

In een beperkte economische evaluatie is voornamelijk gekeken naar de bemestingskosten. Op Vredepeel bleken de bemestingskosten op het analyse-2 systeem beduidend hoger dan op het synthesesysteem. Gemiddeld werd € 91/ha extra aan bemesting uitgegeven en € 22 meer aan toedieningstechnieken, voornamelijk veroorzaakt doordat in dit systeem alleen met kunstmest gewerkt wordt. Andere maatregelen (o.a. groenbemesters, stro inwerken) kosten gemiddeld € 130/ha en in het geval van gewasrestenafvoer (suikerbieten en bladrammenas) komt daar nog eens € 75/ha (nog exclusief kosten voor verdere verwerking). Op Meterik zijn ook de kosten in het analysesysteem voor bemesting en na oogst maatregelen fors hoger dan op het synthesesysteem, gemiddeld € 600/ha op het bladgewassenbedrijf. Het verschil met het synthesesysteem wordt vooral veroorzaakt door de aanleg van een fertigatiesysteem (€ 400/ha).

Is de stikstofuitspoelingsnorm haalbaar?

Om de norm van 50 mg nitraat/liter niet te overschrijden mag op zandgronden het stikstofverlies maximaal 45-50 kg N/ha zijn. Uit de meetresultaten is gebleken dat deze hoeveelheid snel bereikt wordt. Ondanks vergaande maatregelen, vergeleken met een praktijksituatie, voldeed op Meterik geen van de systemen aan de norm. Wat op deze locatie meespeelt is de hoge mineralisatie, ook in de ondergrond. Deze vrijkomende stikstof is niet altijd goed door de gewassen te benutten. Op Vredepeel voldeed

alleen het analyse-2 systeem min of meer aan de norm door het gezamenlijke effect van een aantal maatregelen:

- geen gebruik van organische mest
- scherp bemesten daarbij op voorhand rekening houdend met de te verwachten mineralisatie
- maximaal groenbemesters telen
- gewasresten afvoeren

De economische consequenties zijn echter vrij groot. De meerkosten van een dergelijk systeem zijn € 200-€ 300/ha in vergelijking met een vergelijkbaar praktijksysteem (Synthese).

Naast de bovengenoemde maatregelen zijn in de afgelopen jaren op de kernbedrijven ook de volgende maatregelen in onderzoek geweest: het aanpassen van de vruchtwisseling, het toepassen van efficiënte toedieningstechnieken en keuze/type organische mest.

Een aantal van deze maatregelen zal door de praktijk overgenomen kunnen worden, andere zijn op dit moment economisch niet haalbaar. Naast genoemde maatregelen, die brongericht zijn, zijn ook effect-gerichte maatregelen mogelijk, bijvoorbeeld bufferstroken en zuiveringsmoerassen. Deze maatregelen zullen in het vervolgonderzoek opgenomen worden.

1. Inleiding

1.1 Telen met toekomst

De samenleving vraagt om een schone en veilige landbouwproductie. Het bedrijf van de toekomst moet voldoen aan allerlei door de maatschappij gestelde voorwaarden en wensen, terwijl tegelijk het behalen van voldoende opbrengst van goede kwaliteit essentieel blijft voor het bedrijfsinkomen. Het terugdringen van de emissies van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen is één van de belangrijkste speerpunten bij de ontwikkeling van maatschappelijk gewenste productiesystemen. Telen met toekomst stelt zich ten doel systemen te ontwikkelen die voldoen aan de toekomstige eisen. Dit gebeurde naast de deelnemende praktijkbedrijven ook op vier onderzoekslocaties (kernbedrijven). Het onderzoek werd ondergebracht in vijf thema's:

- schoon milieu (nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen),
- duurzaam beheer productiemiddelen (bodem en eindige grondstoffen als water en energie),
- kwaliteitsproductie,
- economische duurzaamheid,
- multifunctionaliteit (natuur en landschap).

De opzet van Telen met toekomst is beschreven in twee projectplannen (Booij *et al.*, 2001; Neeteson *et al.*, 2001).

In het geïntegreerde bedrijfssystemenonderzoek fungeren de proeflocaties Meterik en Vredepeel als kernbedrijven voor resp. de vollegrondsgroenten en de akkerbouw (met name op zandgrond in Zuidoost Nederland). Bij het onderzoek op deze 'bedrijven' wordt speciale aandacht besteed aan processen in de bodem die de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater en het duurzaam beheer van de bodem ten aanzien van nutriënten sterk kunnen beïnvloeden, zoals (de)nitrificatie, mineralisatie en uitspoeling. De opzet van het onderzoek is elders beschreven (Langeveld, 2002a; Langeveld, 2002b). Dit rapport is het resultaat van een intensieve samenwerking tussen verschillende instituten (Plant Research International, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO), Alterra, NMI, RIVM en CLM). Velen hebben dan ook op een of anderen manier bijgedragen aan het verzamelen van de gegevens, van hen willen we met name noemen Herman Smid (Plant Research International), Jan van Kleef (Alterra), Pascal Wanten (PPO), Harry Verstegen (PPO, regionaal onderzoeker Vredepeel) en Mark Kroone (PPO, Bedrijfsleider Vredepeel).

Dit rapport geeft een samenvatting van de resultaten uit eerder verschenen deelrapportages zoals die door de verschillende deelnemende instituten zijn behaald in de jaren 2001 - 2003. (Assinck & De Willigen, 2004; Van den Berg & Pulleman, 2003; Ehlert & Koopmans, 2002; Ehlert & Koopmans, 2004; Kroonen-Backbier *et al.*, 2005; Mombarg & Kool, 2004; Mombarg, 2003; Postma, 2002; Postma & Van Dijk, 2004a; Postma & Van Dijk, 2004b; Pulleman, 2002; Rovers *et al.*, 2005; De Ruijter & Smit, 2003; Smit & Zwart, 2003; Smit *et al.*, 2004c; Smit & De Haan (eds.), 2004; De Vos & Assinck, 2004; De Vos *et al.*, 2002; Zwart *et al.*, 2002). Sommige aspecten krijgen in dit rapport wat meer aandacht omdat ze nog niet eerder in rapportvorm verschenen zijn.

1.2 Opzet rapport

De opzet van het rapport is als volgt: In paragraaf 1.3 worden de doelstellingen van het onderzoek op Vredepeel en Meterik toegelicht. In hoofdstuk 2 wordt de opzet van het onderzoek beschreven. Eerst de algemene opzet en de aanpak in de bemestingsstrategie en vervolgens de opzet van de systemen op Vredepeel en Meterik.

In hoofdstuk 3 worden de resultaten rond stikstof behandeld. Eerst worden de resultaten van de uitspoelingsmetingen van RIVM en Alterra besproken (paragraaf 3.1) alsook de uitkomsten van modelberekeningen. In paragraaf 3.2 wordt het belang van indicatoren (zoals stikstofoverschot en Nmin najaar, Nmin na oogst) voor het behalen van de milieunormen behandeld. In dit kader wordt ook aandacht besteed aan de stikstofbalans (werkelijk overschot, MINAS-overschot, de aanvoer volgens gebruiksnormen). Paragraaf 3.3 bespreekt verdiepend onderzoek om hoogte van uitspoeling en van de indicatoren te verklaren. In deze paragraaf worden beworteling, mineralisatie, denitrificatie en organische stof behandeld.

In hoofdstuk 4 worden de resultaten met betrekking tot fosfaat behandeld. In paragraaf 4.1 worden de resultaten van de uitspoelingsmetingen gegeven. Paragrafen 4.2 en 4.3 geven een overzicht van de fosfaatbalans en bodemvoorraad fosfaat van de systemen. In paragraaf 4.4 wordt het verdiepende onderzoek naar de fosfaatprocessen in de systemen behandeld.

Hoofdstuk 5 bespreekt de effecten van de opzet van de systemen gericht op verminderen van nutriëntenuitspoeling op de overige thema's kwaliteitsproductie (paragraaf 5.1), continuïteit van de bedrijfsvoering (economie, paragraaf 5.2) en schoon milieu gewasbescherming (paragraaf 5.3).

Hoofdstuk 6 bevat de discussie en conclusies. In de discussie wordt ook gerefereerd aan resultaten uit andere deelrapporten vanuit Telen met toekomst. Onderwerpen die in de discussie aan bod komen zijn de haalbaarheid van de uitspoelingsnormen, effectieve maatregelen ter vermindering van uitspoeling en indicatoren voor uitspoeling. De discussie is vooral gericht op stikstof.

1.3 Doelstellingen

Voor de 5 thema's zijn maatstaven met streefwaarden ontwikkeld (De Buck *et al.*, 2000) waaraan de kernbedrijven en praktijkbedrijven moeten voldoen om voldoende duurzaam in de toekomst te zijn. Voor de kernbedrijven was het thema schoon milieu nutriënten het belangrijkste. Hier waren de belangrijkste maatstaven:

- Nitraatconcentratie in het grondwater < 50 mg nitraat/l, gestreefd wordt naar een nitraatconcentratie van 25 mg/l (EU-nitraatrichtlijn).
- Totaal P-gehalte in het grondwater $< 0,4$ mg P/l.

Belangrijke indicatoren voor deze maatstaven zijn:

- Stikstofoverschot < 60 kg/ha (overschot = aanvoer uit mest, depositie, uitgangsmateriaal, fixatie, hulpmateriaal - afvoer met gewas).
- Minerale stikstofvoorraad in de bodem aan de start van het uitspoelingsseizoen (N-min najaar 0-90 cm) < 45 kg/ha.
- Fosfaatoverschot op < 0 kg/ha (overschot = aanvoer uit mest, depositie, uitgangsmateriaal, fixatie, hulpmateriaal - afvoer met gewas).
- Fosfaatvoorraad in de bouwvoor, $P_w < 20$.

De streefwaarde voor de stikstofindicatoren is zo gezet dat verwacht mag worden dat met het behalen van de streefwaarde van de indicator ook de nitraatconcentratie in het grondwater beneden de streefwaarde ligt. Voor fosfaat is dit complexer. Omdat fosfaat minder mobiel is, is deze relatie niet direct. Wel wordt verwacht dat met deze streefwaarden fosfaatuitspoeling voorkomen kan worden. In hoofdstuk 5 wordt dit verder toegelicht.

Tevens worden de resultaten getoetst aan de huidige MINAS-wetgeving en de komende mestwetgeving met gebruiksnormen. In de MINAS-wetgeving werd een uiteindelijk maximaal overschot van 60 kg/ha stikstof op de MINAS-balans gesteld voor droge zandgronden. Voor fosfaat gold een maximaal overschot van 20 kg/ha. Met de nieuwe mestwetgeving met gebruiksnormen komt er een bedrijfsspecifieke aanvoernorm voor werkzame stikstof gebaseerd op de gewasspecifieke bemestingsadviezen en op een algemene aanvoernorm voor fosfaat die afgebouwd wordt van 115 kg/ha in 2005 tot 60 kg/ha in 2015. Deze normen zijn nog niet volledig in de wet vastgelegd.

Daarnaast zouden de ontwikkelde systemen geen negatieve invloed op andere thema's mogen hebben. Hiervoor zijn de volgende maatstaven ontwikkeld:

- Kwaliteit en kwantiteit van de productie: hierbij wordt de behaalde productie en kwaliteit per gewas vergeleken met een vooraf vastgestelde optimale productie en kwaliteit die in de regio haalbaar is. Vervolgens wordt op bedrijfsniveau een relatief gemiddelde van kwaliteit en kwantiteit berekend (Sukkel & Garcia Diaz, 2002).
- Risico op emissie en schade van gewasbeschermingsmiddelen (BRI/MBP-methode). Aan de hand van het verbruik van gewasbeschermingsmiddelen wordt een risico op emissie naar lucht, grondwater en bodem berekend met de Blootstellingen Risico Index (BRI). Tevens worden met de Milieu Belastings Punten (MBP) het risico voor schade aan waterleven en bodemleven berekend. Zie voor een beschrijving van deze methodes Wijnands *et al.* (2003) en Venderbosch *et al.* (2004).
- Het organisch stofgehalte moet op peil gehouden worden. Daarvoor moet het verschil tussen aanvoer en afbraak van effectieve organische stof positief moet zijn. Omdat de afbraak van organische stof moeilijk te bepalen is, wordt vaak de vuistregel gebruikt dat de aanvoer minimaal 1500-2000 kg/ha moet zijn.
- In het thema continuïteit van de bedrijfsvoering ging het om de vraag of er verschillen zijn in kosten en opbrengsten tussen de systemen die zijn veroorzaakt door verschillen in bemestingsstrategie. Daarom zijn de verschillen in kosten van bemesting en na oogst maatregelen tussen de praktijkgerichte en milieugerichte systemen berekend. Uiteindelijk doel is geen verschil in kosten en opbrengsten tussen de systemen.

2. Opzet systemen

2.1 Algemene opzet

2.1.1 Bedrijfstypen en systemen

Het kernbedrijf voor de akkerbouw Vredepeel combineert in één bedrijfstype akkerbouwgewassen met industriegroenten. Dit bedrijfstype staat model voor de akkerbouwsituatie in Zuidoost Nederland. Het kernbedrijf voor de vollegrondsgroenten Meterik heeft drie bedrijfstypen om de verscheidenheid in de vollegrondsgroenteteelt op zand te dekken. De drie bedrijfstypen zijn: bladgewassenbedrijf, preibedrijf en aardbeibedrijf. Meer over de opzet van het systeem is te vinden in de projectplannen voor de kernbedrijven (Langeveld, 2002a; Langeveld, 2002b).

De bedrijfstypen zijn onderverdeeld in een Synthesysteem en een Analysesysteem. De Synthesystemen zijn ontworpen op een relatief grote bedrijfszekerheid, werkend naar de milieudoelen met een economisch resultaat dat vergelijkbaar is aan de praktijk. In de Analysesystemen staat het behalen van de milieudoelen voor nutriënten centraal. In deze systemen wordt meer geëxperimenteerd met nieuwe bemestingstechnieken en -strategieën en wordt meer risico genomen. Ook is het economische resultaat op korte termijn van minder belang. De gewasbeschermingsstrategieën in de Analysesystemen zijn echter wel gelijk aan Synthesystemen. Het bedrijfstype op Vredepeel heeft twee Analysesystemen en het aardbeibedrijf op Meterik heeft geen Analysesysteem. Het analysesysteem van het bladgewassenbedrijf heeft niet dezelfde vruchtwisseling als het synthesesysteem. Ditzelfde geldt voor het preibedrijf. Hierdoor kunnen de systemen moeilijk vergeleken worden. In Tabel 1 worden de verschillen tussen de systemen voor enkele onderwerpen concreet gemaakt.

Tabel 1. Algemene verschillen tussen Analyse en Synthese.

	Synthesystemen	Analysesystemen
Algemeen	Goede Landbouwpraktijk, dicht bij praktijk.	Experimenteel, gericht op halen van milieudoelen.
Economie	Financieel resultaat gelijk aan praktijk.	Behalen van milieudoelen belangrijker dan financieel resultaat op korte termijn.
Fosfaat	Vredepeel: langzame afbouw fosfaatreerves in de bodem via evenwichtsbemesting, fosfaataanvoer = fosfaatafvoer. Meterik: alleen fosfaat via dierlijke mest, maximaal helft van afvoer.	Snelle afbouw fosfaatreerves in de bodem. Vredepeel: alleen fosfaataanvoer wanneer nodig voor begingroei. Meterik: geen fosfaataanvoer. Geen gebruik organische mest.
Stikstof	Gebruik van geteste operationele technieken en strategieën met minimale invloed op opbrengst en financieel resultaat.	Gebruik van nieuwe technieken die niet geheel getest en operationeel zijn.
Na oogst bewerkingen	Alleen vanggewassen wanneer geen risico voor aaltjesvermeerdering. Geen afvoer van gewasresten.	Maximale inzet van vanggewassen om stikstofuitspoeling te vermijden ongeacht risico voor aaltjesvermeerdering en afvoer van gewasresten.

2.1.2 Bemestingsstrategieën

Aan de start van het project in 2001 is bij het opstellen van de bemestingsstrategieën vooral uit gegaan van de standaard bemestingsadviezen uit de Adviesbasis bemesting (Van Dijk, 2003). Waar nodig zijn de adviezen gecorrigeerd voor perceelsspecifieke en rasspecifieke omstandigheden, gebaseerd op ervaringen uit het bedrijfssystemenonderzoek op Vredepeel en Meterik van voor 2001 (Sukkel & Koot, 2002; Wijnands & Kroonen-Backbier, 2002).

In Meterik in 2002 en in Vredepeel in 2003 is gestart met het expliciet rekening houden met mineralisatie in de stikstofbemesting. Hierbij is het bemestingsadvies losgelaten en is de gift berekend volgens een balansmethode met de volgende formule:

$$\text{Gift}_{t=x} = \text{Opname}_{t=x+1-t=x} - \text{N-min}_{t=x} - \text{Mineralisatie}_{t=x+1-t=x} + \text{Buffer} \quad (\text{Meterik})$$

$$\text{Gift}_{t=x} = \text{Opname}_{t=x+1-t=x} - (\text{N-min}_{t=x} + \text{Mineralisatie}_{t=x+1-t=x}) * \text{Recoveryfactor} \quad (\text{Vredepeel})$$

Van gewassen waar de gift in één keer wordt gegeven moet de totale opname bekend zijn. Van gewassen met gedeelde giften moet de opnamecurve bekend zijn. De N-min is gemeten vlak voor de gift in de bewortelde laag, meestal tussen de 30 en 60 cm. Mineralisatie van bodem, gewasresten en groenbemesters (uit het voorgaande jaar) is berekend met het spreadsheetmodel XCLNCE (Zwart, 2001). Op Meterik is gerekend met een buffer omdat dit aansluit bij de bemestingsadviezen voor vollegrondsgroenten. Er is geëxperimenteerd met de benodigde hoogte van de buffer. Op Vredepeel is gekozen voor het werken met een recoveryfactor. Deze is geschat op basis van ervaringen. Formeel gezien moet de recoveryfactor voor elke bron (mineralisatiebronnen en N-min) apart bepaald worden. In de uitwerking is gekozen voor een gelijke recoveryfactor voor alle bronnen. De benaderingen van buffer en recoveryfactor zijn uitwisselbaar.

2.2 Opzet systemen Vredepeel

Op Kernbedrijf Vredepeel zijn één synthese en twee analyse akkerbouwsystemen aangelegd. De vruchtwisseling is een dubbele 4 jarige vruchtwisseling van akkerbouwgewassen en industriegroenten (Tabel 2). De belangrijkste verschillen in maatregelen tussen de systemen staan in Tabel 3. Een plattegrond van het kernbedrijf is te vinden in Bijlage I, Figuur 1.

Tabel 2. *Vruchtwisseling per bedrijfssysteem. In 2001 is in verband met de aaltjessituatie zomergerst geteeld in plaats van waspeen.*

Jaar	Synthese	Analyse-1	Analyse-2
1	Aardappel laat	Aardappel laat ¹	Aardappel laat + stro
2	Suikerbiet	Suikerbiet	Suikerbiet ⁸
3	Triticale	Triticale + hergroei	Zomergerst + zomergerst ²
4	Waspeen ³	Waspeen ³	Waspeen ³
5	Aardappel vroeg ⁷	Aardappel vroeg + bladrammenas ^{5,7}	Aardappel vroeg ⁷ + bladrammenas ⁹
6	Suikerbiet	Suikerbiet	Suikerbiet ⁸ + zomergerst
7	Snijmaïs	Snijmaïs	Snijmaïs + zomergerst
8	Conservenerwt + stamslaboon	Conservenerwt + stamslaboon ⁶	Conservenerwt + bladrammenas ^{6,9}

¹ 2001 inclusief inwerken stro

² 2001 triticale + groenbemester

³ 2001 zomergerst in verband met aaltjesbesmetting

⁴ 2001 conservenerwt/tagetes

⁵ 2001 geen groenbemester

⁶ 2001 tagetes in plaats van stamslaboon of bladrammenas

⁷ 2001 normale vroege aardappelen met oogst in augustus, 2002 en 2003 cela-vitateelt oogst juli

⁸ 2003 afvoeren van gewasresten

⁹ 2003 maaien en afvoeren van groenbemester

Tabel 3. *Verschillen tussen de systemen op kernbedrijf Vredepeel.*

	Synthese	Analyse-1	Analyse-2
Vrucht-wisseling		geen	Stamslaboon vervangen door groenbemester Triticale vervangen door zomergerst
Organische mest	Mestvarkensdrijfmest en runderdrijfmest (maïs)	Dunne fractie mestvarkensdrijfmest (laag P-gehalte)	Geen organische mest
Fosfaat bemesting	Aanvoer = afvoer	Aanvoer = $\pm 0,5$ * afvoer	Aanvoer is minimaal (startgiften erwt, maïs, waspeen)
Stikstof bemesting	Adviesbasis bemesting met perceels- en rasspecifieke correcties	Adviesbasis bemesting met perceels- en rasspecifieke correcties	2001: Adviesbasis bemesting met perceels- en rasspecifieke correcties. 2002: Verlaagde giften 2003: Expliciet rekening houden met mineralisatie
Na oogst maatregelen	Geen groenbemers	Alleen na aardappel vroeg groenbemester	Maximale inzet van groenbemers, inwerken van stro na aardappel laat

2.3 Opzet systemen Meterik

Het kernbedrijf Meterik bevatte 3 bedrijfstypen: een bladgewassenbedrijf, preibedrijf en een aardbeibedrijf. De plattegrond voor de ligging van de systemen is te vinden in Bijlage I, Figuur 2.

2.3.1 Bladgewassenbedrijf

Op het bladgewassenbedrijf wordt ijssla, Chinese kool en winterprei geteeld in een vierjarige vruchtwisseling met verschillende teeltwijzen (Tabel 4). Het synthesesysteem is een dubbele vierjarige vruchtwisseling, het analysesysteem een enkele vierjarige vruchtwisseling. In het synthesesysteem is in de eerste slateelten de dunne fractie van mestvarkensdrijfmest toegediend. In het analysesysteem zijn de dubbelteelten Chinese kool en ijssla vervangen door de combinaties Chinese kool-ijssla en ijssla-Chinese kool. De prei wordt gefertigeerd. Ten slotte zijn oogstresten verwijderd om minder stikstof in het profiel over te houden en daardoor de uitspoeling naar het grondwater te verminderen. In 2002 zijn in het analysesysteem de oogstresten van de laatste teelten verwijderd, in 2003 zijn in dit systeem bij alle teelten gewasresten verwijderd. Ook in het synthesesysteem zijn in 2003 gewasresten verwijderd, echter alleen bij de laatste teelten (Tabel 5).

Tabel 4. *Vruchtwisseling bladgewassenbedrijf 2003 synthese en analyse.*

Jaar	Synthese		Analyse
1	Ijssla zomer + Ijssla herfst 2	Ijssla vroeg bedekt + Ijssla zomer 2 + Rogge**	Chinese kool zomer + Ijssla herfst 2 + Rogge
2	Triticale + Chinese kool herfst bewaar	Chinese kool vroeg + Chinese kool herfst + Rogge	Rogge + Ijssla herfst 1 + Rogge
3	Ijssla vroeg 1 + Ijssla zomer 2* + Rogge	Ijssla vroeg 2* + Ijssla herfst 1 + Rogge	Ijssla vroeg 2 + Chinese kool herfst + Rogge
4	Prei winter 1	Prei winter 2	Prei laat winter

* *niet in 2001*

** *2003 bladrammenas*

Tabel 5. *Verschillen tussen synthese en analyse in het bladgewassenbedrijf.*

	Synthese	Analyse
Vrucht-wisseling	Dubbelteelten IJssla en Chinese kool 4 IJsslateelten in rotatie	Afwisseling IJssla en Chinese kool 3 IJsslateelten in rotatie
Organische mest	Dunne fractie mestvarkensdrijfmest in rijenbemesting	Geen
Fosfaat bemesting	Aanvoer = maximaal 0,5 * afvoer	Aanvoer = 0 kg/ha
Stikstof bemesting	2001: Adviesbasis bemesting met perceels- en rasspecifieke correcties, geen startgift voor tweede teelt 2002/2003: Bemesten op basis van opname met expliciet rekening houden met mineralisatie 2002: Gebruik Entec in prei en Chinese kool herfst bewaar	2001: Adviesbasis bemesting met perceels- en rasspecifieke correcties, gebruik Cultan 2002/2003: Bemesten op basis van opname met expliciet rekening houden met mineralisatie en verlaagde buffer 2002: Gebruik Entec in IJssla herfst en Chinese kool herfst 2001-2003 Prei: fertigatie
Na oogst maatregelen	Maximaal groenbemesters 2003: Afvoer van gewasresten prei en laatste teelten Chinese kool en IJssla	Maximaal groenbemesters 2002: Afvoer van gewasresten prei en laatste teelten Chinese kool en IJssla 2003: Afvoer van gewasresten alle teelten

2.3.2 Preibedrijf

Het preibedrijf is een gespecialiseerd bedrijf waar alleen prei geteeld wordt. Voor de verruiming van de rotatie is het bedrijf aangewezen op grondruil met akkerbouwers of veehouders. Dit is in het systeem ingebouwd door opname van akkerbouwgewassen. De prei wordt in een 1 op 3 rotatie geteeld en afgewisseld met een graanachtige en een industriegroente (Tabel 6). Van de prei zijn in het synthese deel drie teeltwijzen opgenomen in de vruchtwisseling, in het analysedeel is één teeltwijze opgenomen. Het analysedeel wordt in dit rapport verder niet behandeld. In 2001 werd op het gehele akkerbouwgedeelte suikerbieten geteeld, omdat de opzet van het preibedrijf niet op tijd klaar was. Ook het akkerbouwgedeelte wordt in dit rapport niet behandeld. Vanaf 2002 is bladrammenas als groenbemester na zomer prei vervangen door Engels raaigras om zo door maaien stikstof af te kunnen voeren. De akkerbouwgewassen zijn op een praktijkmatige manier geteeld met een strategie vergelijkbaar aan het synthese-systeem op Vredepeel.

Tabel 6. *Vruchtwisseling preibedrijf in combinatie met akkerbouwgewassen.*

Jaar	Synthese	Analyse
1	Prei zomer + 2001 Bladrammenas 2002+2003 Engels raaigras	Prei laat herfst
2	2001 Suikerbiet 2002+2003 Maïs	
3	2001 Suikerbiet 2002 Conservenerwt + bladrammenas/engels raaigras/braak 2003 Waspeen	

Tabel 7. *Verschillen tussen synthese en analyse in het prei-akkerbouwbedrijf.*

	Synthese	Analyse
Vruchtwisseling	-	Alleen prei laat herfst
Organische mest	Alleen suikerbieten en maïs	Alleen suikerbieten
Fosfaat bemesting	In prei aanvoer 0 kg/ha	In prei aanvoer 0 kg/ha
Stikstof bemesting	2001: Adviesbasis bemesting met perceels- en rasspecifieke correcties 2002/2003: Bemesten op basis van opname met expliciet rekening houden met mineralisatie 2002: gebruik Entec in prei herfst en winter	Fertigatie 2001: Bemesten op basis van opname 2002/2003: Bemesten op basis van opname met expliciet rekening houden met mineralisatie
Na oogst maatregelen	Groenbemesters na zomerprei Afvoer van alle gewasresten	Geen groenbemesters na prei mogelijk Afvoer van alle gewasresten

2.3.3 Aardbeibedrijf

Het aardbeibedrijf bevat zowel de verlate teelt met gekoelde wachtbedplanten als een wachtbeddenteelt. In de zesjarige vruchtwisseling zijn drie productieteelten, een wachtbeddenteelt en twee rustjaren opgenomen (Tabel 8). In alle jaren werd in verband met *Trichodorida* voorafgaand aan de late aardbeien-teelt gekozen voor zwarte braak in plaats van de teelt van een groenbemester. Als rustgewas of groenbemester is regelmatig gekozen voor Tagetes, vanwege *Pratylenchus penetrans* besmettingen. In 2002 en 2003 is het teeltplan om economische redenen geïntensiveerd. Een van de rustgewassen is vervangen door een peenteelt. Hiervoor is uitgegaan van grondruil met of verhuur aan een akkerbouwer. In alle productieteelten aardbei is gewerkt met afdekken met folie in combinatie met fertigatie. Vanaf 2002 is ook hier bemest op basis van opname met expliciet rekening houden met de te verwachten mineralisatie.

Tabel 8. *Vruchtwisseling en plattegrond aardbeibedrijf.*

Jaar	Algemeen	Invulling braak, rustgewassen, groenbemesters		
		2001	2002	2003
1	Rustgewas	Tagetes	BC-peen + ER-gras*	Waspeen
2	Groenbemester + wachtbed	Tagetes	Tagetes	Tagetes
3	Braak + aardbei laat	Braak	Braak	Braak
4	Rustgewas	Tagetes	Tagetes	Tagetes
5	Aardbei vroeg + groenbemester	Bladrammanas	Engels raaigras	Bladrammanas
6	Aardbei middenvroeg + groenbemester	Rogge	Rogge	Rogge

* *ER-gras = Engels raaigras*

3. Stikstof

In dit hoofdstuk wordt besproken in hoeverre het ontwerp van de verschillende bedrijfssystemen van invloed is geweest op de nitraatuitspoeling. Eerst volgen de resultaten van de waterkwaliteitsmetingen door RIVM en Alterra.

3.1 Uitspoelingsmetingen

Onderzoek naar de kwaliteit van het grondwater is zowel door Alterra als RIVM uitgevoerd op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik. Op Vredepeel is de gemiddelde hoogste grondwaterstand 0.8 tot 1 m onder maaiveld en hier kan het grondwater dus redelijk eenvoudig bemonsterd en gemeten worden. Alterra heeft hier grondwaterstandbuizen geplaatst en op -50 cm bovendien nog poreuze cups voor het verzamelen van bodemvocht (Smit *et al.*, 2004b).

In Meterik staat het grondwater veel dieper, 2 tot 3 m –mv. Alterra heeft hier daarom alleen het bodemvocht bemonsterd op 1 m beneden maaiveld. Monsternamen vond niet plaats op vastgelegde meetmomenten, er is gekozen voor fluxafhankelijke bemonstering. Dit betekende dat zodra op één van de bedrijven een neerslagoverschot tussen de 30 en 50 mm ten opzichte van het vorige meetmoment bereikt werd er monsters genomen werden.

Op beide kernbedrijven werd door RIVM het grondwater bemonsterd op één moment gedurende het voorjaar van 2002, 2003 en 2004 (Van den Berg & Pulleman, 2003).

3.1.1 Uitspoelingsmetingen RIVM

Doel van het onderzoek

Hoofddoel van het onderzoek was uitspraken te kunnen onderbouwen over het al dan niet halen van de gestelde waterkwaliteitsnormen op bedrijfsniveau (alle systemen en bedrijfstypen samen) en een vergelijking te presenteren met de grondwaterkwaliteit op de andere deelnemende bedrijven binnen Telen met toekomst ook in kader van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM). In het algemeen kan grofweg gesteld worden dat nitraat in het bovenste grondwater grotendeels 2 à 3 jaar voorafgaande aan de bemonstering uit de bovengrond is uitgespoeld. Voor Meterik met een diepe grondwaterstand zou er in dat geval een samenhang zijn met de bedrijfsvoering in het jaar 2000 en daarvoor, voor Vredepeel met een veel ondiepere grondwaterstand is de relatie waarschijnlijk veel directer.

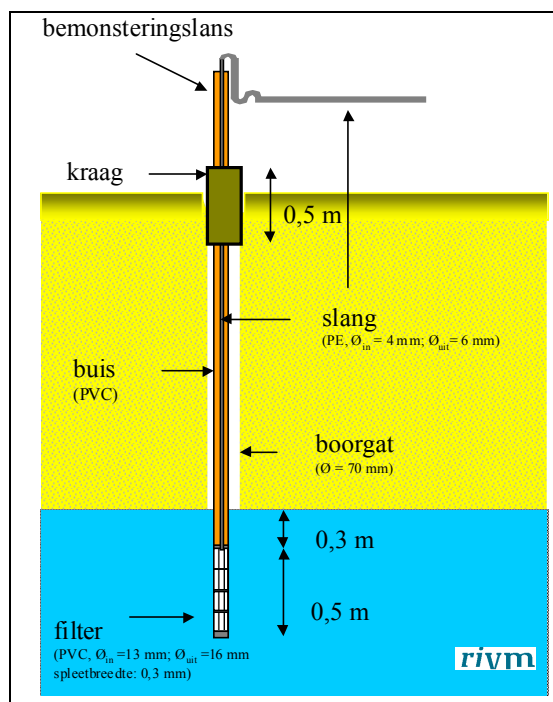
De gevolgde werkwijze van het RIVM was er in principe niet op gericht onderscheid te kunnen maken op perceelsniveau of tussen het synthese- en het analysedeel van de kernbedrijven. Desalniettemin is getracht om aan de hand van de nitraatanalyses met behulp van Nitracheck teststrookjes, die wel per individueel monsterpunt zijn verricht, uitspraken te doen over mogelijke verschillen tussen de verschillende bedrijfsonderdelen.

Werkwijze

Het onderzoek is uitgevoerd zoals in grote lijnen is beschreven door (Pulleman, 2002). De gevolgde werkwijze is in detail vastgelegd in RIVM protocollen en zogenaamde Standaard Operating Procedures (SOP's; zie o.a. RIVM, 2000 en RIVM, 2002a en b).

De grondwaterbemonstering werd uitgevoerd door RIVM-medewerkers, op 48 locaties per bedrijf. Deze locaties werden vastgesteld volgens een gestratificeerde aselechte verdeling. De stratificatie vond plaats op basis van de grootte van de verschillende bedrijfsonderdelen (Synthese en Analyse) en de perceelsindeling; zodanig dat in elk perceel 1 à 2 locaties werden bemonsterd. Op iedere locatie werd

m.b.v. de edelmanboor een gat geboord tot een diepte van ca 1 m beneden de grondwaterspiegel. Het grondwater in elk gat werd bemonsterd m.b.v. een bemonsteringslans (Figuur 1) gekoppeld aan een slangenpomp en 0,48 μm filter. Van elke locatie werd een deel van het bemonsterde water in het veld geanalyseerd m.b.t. de nitraatconcentratie (nitracheck), de EC en de pH. De nitracheckresultaten werden achteraf gecorrigeerd voor het effect van temperatuursverschillen tussen de veldomstandigheden en de omstandigheden waarbij de (dagelijkse) calibratie werd uitgevoerd, zoals beschreven in RIVM (2002c). De andere delen van het monster werden gekoeld - en voor bepaalde analyses aangezuurd - voor vervoer naar het laboratorium. Op basis van de aangeleverde monsters werden in het laboratorium 4 mengmonsters per bedrijf vervaardigd, die werden geanalyseerd op de concentratie van nitraat, ammonium, Kjeldal-N, DOC, sulfaat, chloride, totaal P, orthofosfaat-P, Na, K, Ca, Mg, Fe en Zn.



Figuur 1. Schets van de methode van grondwaterbemonstering. Bron: RIVM (2000).

Resultaten

Tabel 9. Nitraatmetingen RIVM voor Meterik en Vredepeel bedrijfsgemiddelden op basis van nitracheck, locatiegemiddelden op basis van een labbepaling. Bij de nitracheck is de range (minimum-maximum) van de deelnemende percelen aangegeven).

Kernbedrijf	2002	2003	2004
Vredepeel			
Locatiegemiddelde (lab)	72	85	129
Synthese	99 (8-258)	105 (13-209)	103 (7-287)
Analyse-1	59 (0-133)	78 (8-164)	78 (27-146)
Analyse-2	53 (0-138)	71 (7-142)	55 (15-112)
Meterik			
Locatiegemiddelde (lab)	146	130	131
Aardbeibedrijf	163 (77-252)	101 (39-169)	60 (37-89)
Bladgewassen synthese 1	127 (65-200)	109 (65-133)	124 (68-239)
Bladgewassen synthese 2	152 (94-207)	160 (100-296)	146 (72-262)
Bladgewassen analyse	155 (56-236)	96 (40-182)	86 (48-130)
Prei-akkerbouw synthese	135 (79-213)	146 (67-255)	102 (45-190)
Prei-akkerbouw analyse	138 (76-168)	101 (86-126)	77 (59-96)

De monsternamen, en met name de wijze van aggregeren van submonsters, zoals die door het RIVM uitgevoerd is, laat niet toe dat uitspraken gedaan kunnen worden over de afzonderlijke systemen. Dit kan wel gedaan worden met de nitracheck metingen die van elk afzonderlijk monsterpunt genomen zijn. Normaal gesproken wijken de nitracheck-waarden en de laboratoriumwaarden weinig van elkaar af, helaas is dit niet het geval in het bemonsteringsjaar 2004. In dat jaar zijn relatief grote verschillen geconstateerd, de oorzaak is niet duidelijk. Tabel 9 laat op bedrijfsniveau alleen de nitraatwaarden zien die via de nitracheck methode bepaald zijn. Voor sommige systemen lijkt er bij kernbedrijf Meterik sprake te zijn van een afname in de tijd, bijvoorbeeld bij het bladgewassen analysesysteem. Bij Vredepeel is dit minder het geval. Alleen bij het Analyse-2 systeem is 2004 beduidend lager dan 2003, maar hierbij moet opgemerkt worden dat de labwaarden dit niet bevestigen.

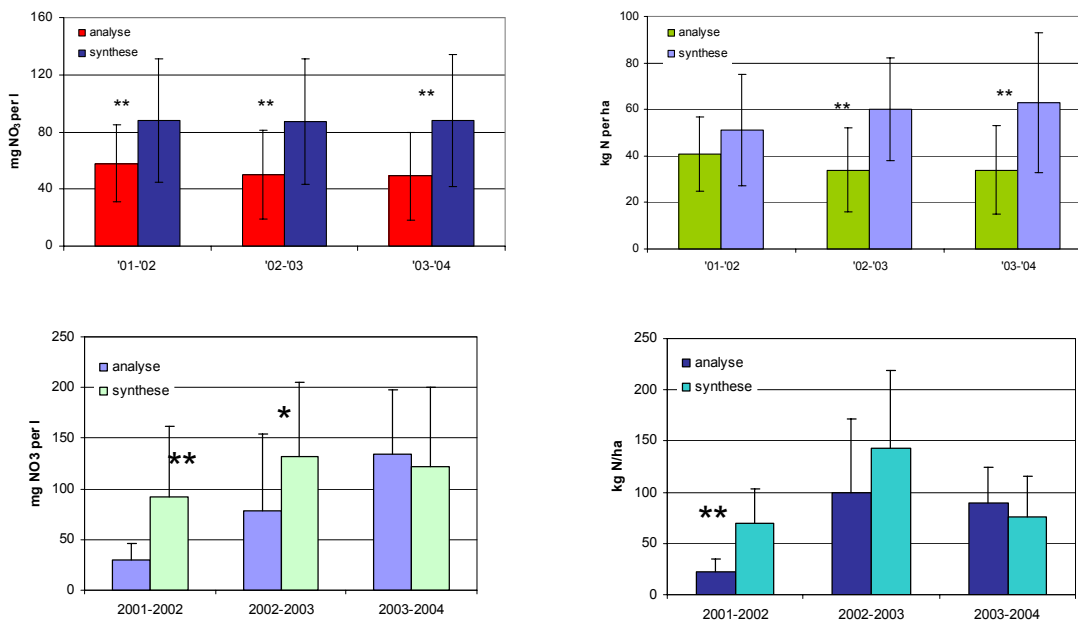
3.1.2 Uitspoelingsmetingen Alterra

Vochtretentie

De bovengronden van de percelen in Vredepeel hebben een laag watervasthoudend vermogen. De doorlatendheid neemt snel af bij lagere drukhoogte; dus is deze grond droogtegevoelig. De droge bulkdichtheid neemt toe met de diepte en dit is consistent met de lagere watergehalten die in de corresponderende waterretentiekaracteristieken worden gevonden. Hysterese in de waterretentiekaracteristiek is aanzienlijk en hiermee zal in simulaties rekening gehouden moeten worden. De vraag is of deze bodem ook waterafstotend is en er of preferente stroming op kan treden. De spreiding in waterretentiekaracteristiek en doorlatendheidskaracteristiek is relatief klein en het lijkt er op dat van een vrij homogene bodemsamenstelling uitgegaan kan worden. De verzadigde doorlatendheid heeft een grote spreiding, maar dit is gebruikelijk.

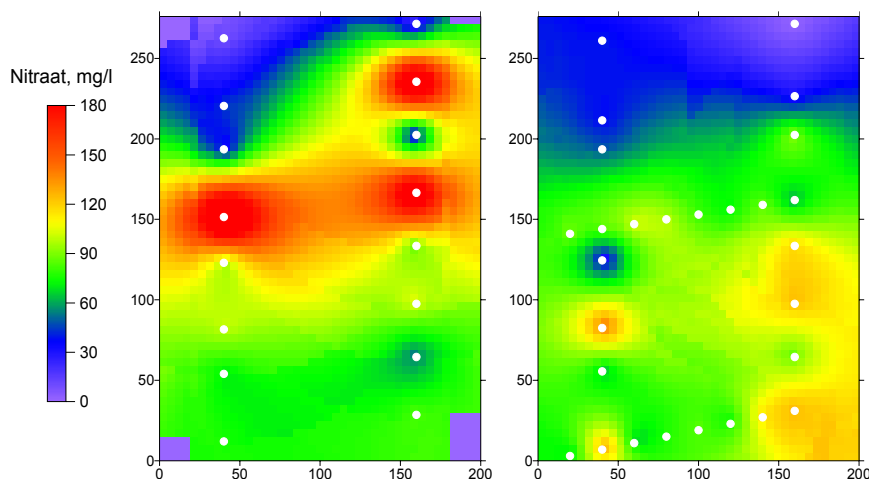
Kwaliteit grondwater

De resultaten van de kwaliteit van het grondwater zijn gepubliceerd (Smit *et al.*, 2004b). Door Alterra is alleen in het Synthese- en het Analyse-2 systeem gemeten. Op systeemniveau waren op Vredepeel de verschillen in nitraatgehaltes van het grondwater tussen de drie meetjaren uitermate gering (Figuur 2).



Figuur 2. Nitraatconcentratie (links) en nitraatuitspoeling (rechts in het bovenste (tot 2 m diep) grondwater van Vredepeel (boven) en in het bodemvocht tot 2 m diep op Meterik (onder) gedurende 3 achtereenvolgende jaren. Gegevens op bedrijfsniveau voor Synthese en Analyse-2 (significantie: * = $P < 0.1$; ** = $P < 0.05$).

Het gemiddelde (jaar-) gehalte in Analyse-2 van Vredepeel was ongeveer 50 mg nitraat per L en ongeveer 90 mg per L in Synthese. Wel waren er vrij grote verschillen tussen de verschillende gewassen binnen een jaar. Tenslotte was er een vrij groot effect van het Peelkanaal. In de percelen langs het Peelkanaal was het nitraatgehalte altijd veel lager dan in de percelen er verder vandaan. Er zijn vrij sterke aanwijzingen dat water vanuit het Peelkanaal tot onder de buitenste percelen infiltreert, met een zeer laag nitraatgehalte. Als deze percelen buiten de analyse van de resultaten worden gehouden, stijgt het gemiddelde nitraatgehalte onder de Analyse-2 percelen tot ruim 60 mg per L en wijkt dan statistisch significant af van een gemiddelde van 50 mg per L. De effecten van gewassen (in dit geval de combinatie erwten-boon) en dat van het Peelkanaal komt tot uiting in Figuur 3.



Figuur 3. Gemeten nitraatconcentraties in het bovenste grondwater op Vredepeel in januari 2003. De beide blokken representeren respectievelijk het linker en rechter kavel blok op het bedrijf. Het Peelkanaal grenst aan het de bovenzijde en de boerderij ligt rechtsonder. De getallen geven de afstand in meters weer. Duidelijk is te zien dat in de buurt van het Peelkanaal de nitraatconcentraties het laagst zijn. Dit was op alle meetmomenten het geval. Verder is het effect van de dubbelteelt erwit-boon goed te zien als de rode band midden in het linker blok. Door middel van geostatistiek zijn de resultaten van puntmetingen omgezet in concentraties over het gehele blok.

Op Meterik is door Alterra alleen gemeten op het bladgewassenbedrijf in het gehele Synthesysteem en op twee percelen van het Analysesysteem. De resultaten zijn hier anders dan op Vredepeel. De nitraatgehaltes in het bodemvocht stijgen met de jaren. De uitspoeling was het hoogst in het tweede jaar. In de beide eerste jaren was het nitraatgehalte onder het Analyse deel significant lager dan onder het Synthese deel, terwijl dat in 2003 niet meer het geval was (Figuur 2, onderste gedeelte). De oorzaak van de gelijke gehalten in 2003 liggen waarschijnlijk in het steeds meer gelijk trekken van de behandelingen op Synthese en Analyse. De overige waarnemingen zijn minder goed verklaarbaar. Het geringe aantal Analysepercelen (2) en de zeer grote variatie in teelten op het bladgroentebedrijf speelt daarin waarschijnlijk een rol.

3.1.3 Resultaten modelberekeningen uitspoeling

Ten behoeve van het project ‘Telen met toekomst’ zijn voor de beide proefbedrijven berekeningen uitgevoerd met behulp van de modellen FUSSIM2 en MOTOR. FUSSIM2 berekent de grondwaterstroming en het stoftransport in de bodem. Met MOTOR kan de omzetting van organische stof en minerale stikstof in de bodem beschreven worden. De modelberekeningen zijn uitgevoerd voor de periode 1 maart 2001 - 1 maart 2003 voor alle Synthese- en Analyse2-percelen van Vredepeel en voor het bladgewassenbedrijf op Meterik (alleen het synthesesysteem en perceel 21 en 22 van het analysesysteem).

Het doel van het modelonderzoek was het berekenen van de stikstofstromen op de verschillende systemen en het verdiepen van het inzicht in de processen die leiden tot de verliezen, zodat gerichte maatregelen kunnen worden genomen (Zwart & Smit, 2002). Daarvoor was het in de eerste plaats nodig om vast te stellen of met behulp van de modelberekeningen de metingen uit het veld voldoende betrouwbaar gesimuleerd konden worden. Vervolgens zijn de stikstofstromen in de intensief en minder intensief bemeten percelen nader geanalyseerd. Tot slot zijn met behulp van de modelberekeningen uitspraken gedaan over het effect van diverse teeltmaatregelen op de stikstofbalans.

Vredepeel

De invoer voor de berekeningen is zo veel mogelijk gebaseerd op ter plekke bepaalde meetgegevens. De berekende vochtgehaltes en drukhoogtes op Vredepeel kwamen respectievelijk redelijk en goed overeen met de metingen. De berekende en gemeten N_{min}-waarden en de berekende en gemeten nitraatconcentraties in verschillende lagen kwamen niet precies overeen, de gesimuleerde orde van grootte en dynamiek in de tijd was goed.

Het grootste verschil in teelthandelingen tussen de beide teeltsystemen was het gebruik van dierlijke mest bij de Synthesepercelen en het gebruik van groenbemesters na de hoofdteelt bij de Analyse2-percelen. Het gevolg hiervan was dat in de berekeningen bij de Analyse2-percelen gemiddeld 21 kg N/ha minder mineraliseerde en 23 kg N/ha minder opname is door de hoofdteelt. De opname door groenbemesters was gemiddeld 31 kg N/ha. Vlinderbloemigen fixeerden gemiddeld op systeemniveau ongeveer 22 kg N/ha uit de atmosfeer. De berekende uitspoeling op de Analyse2-percelen was gemiddeld 40 kg N/ha lager dan op de Synthesepercelen. Dat kwam ook tot uitdrukking in een lagere nitraatconcentratie op 1 m beneden maaiveld (m-mv). De berekende nitraatconcentraties op de beide systemen lagen boven de EU-nitraatnorm van 50 mg per L.

Bij het gebruik van een groenbemester werd de nitraatuitspoeling gereduceerd, zeker tijdens de groei-periode van de groenbemester. Na inwerken van de gewasresten werd een deel van de reductie alsnog teniet gedaan door de extra mineralisatie van de ingewerkte groenbemesterresten.

Het verwijderen van de gewasresten is een effectieve maatregel tegen nitraatuitspoeling. De grootte van de reductie hangt af van de hoeveelheid stikstof in de gewasresten. Vooral erwten, Tagetes en suikerbiet leverden een substantiële reductie van de nitraatuitspoeling op. Ook als in de berekeningen alle gewasresten verwijderd werden bleef het berekende nitraatgehalte nog boven de EU-nitraatnorm.

Stro inwerken leverde weliswaar een geringe immobilisatie van minerale stikstof op, maar dit woog niet op tegen de extra mineralisatie die optrad als gevolg van het inwerken van de organische stikstof uit de stroresten in de bodem. Op basis van deze modelberekeningen is stro geen effectieve maatregel tegen nitraatuitspoeling.

Meterik

Op Meterik kwamen de berekende vochtgehaltes en drukhoogtes respectievelijk slecht en redelijk overeen met de metingen. De berekende N_{min}-waarden onderschatten de meetwaarden. De gesimuleerde orde van grootte was niet goed, de dynamiek in de tijd wel. De berekende nitraatconcentraties op 1 meter beneden maaiveld (m-mv) zaten in dezelfde orde grootte als de metingen. Waarschijnlijk is de berekende mineralisatie te laag. Bovendien waren er onvoldoende drukhoogtemetingen beschikbaar om de waterhuishouding goed te modelleren.

Het grootste verschil in teelthandelingen tussen de Synthese- en Analysepercelen was het gebruik van dierlijke mest bij de Synthesepercelen. Verder is opvallend dat op de Analysepercelen geen dubbelteelten van hetzelfde gewas voorkwamen, maar wel groenbemesters werden geteeld. De gewasresten van de Analysepercelen werden vanaf het tweede jaar volledig afgevoerd. Het gevolg van alle verschillen tussen beide teeltsystemen is dat in de berekeningen bij de Analysepercelen gemiddeld 26 kg N/ha minder mineraliseerde, maar de totale stikstofopname net iets hoger lag dan bij de Synthesepercelen. De berekende uitspoeling op de Analysepercelen is gemiddeld 55 kg N/ha lager dan op de Synthesepercelen. Dat komt ook tot uitdrukking in een lagere nitraatconcentratie op 1 m-mv. De berekende nitraatconcentraties op de beide systemen lagen boven de EU-nitraatnorm.

Het effect van het gebruik van groenbemesters en het volledig verwijderen daarvan was in de berekeningen gelijk aan dat op Vredepeel: een groenbemester reduceerde de nitraatuitspoeling en na inwerken van de gewasresten werd een deel van de reductie alsnog teniet gedaan door de extra mineralisatie van de ingewerkte resten van de groenbemester.

Het verwijderen van de gewasresten is een effectieve maatregel tegen nitraatuitspoeling. De grootte van de reductie hangt ook hier af van de hoeveelheid stikstof in de gewasresten. Met name het verwijderen van gewasresten van ijssla en Chinese kool levert een substantiële reductie van de nitraatuitspoeling op. Verwijderen van gewasresten heeft als (nadelig) neveneffect dat de volgende gewassen minder stikstof

op kunnen nemen. Bij het verwijderen van alle gewasresten daalt het berekende gemiddelde nitraatgehalte in de helft van de situaties onder de EU-nitraatnorm.

Bemesten van prei via fertigatie leidde tot een betere benutting door het gewas en tot een afname van de nitraatuitspoeling ten opzichte van bemesting zonder fertigatie.

3.2 Indicatoren voor de mate van stikstofuitspoeling

3.2.1 Stikstofbalans

Overschot

Een potentiële indicator voor het risico op nitraatuitspoeling is het stikstofoverschot. Stikstofoverschot is het verschil tussen de aanvoer van stikstof van diverse bronnen en de afvoer van stikstof via de gewassen. Het stikstofoverschot is op twee manieren bepaald:

- Werkelijk stikstofoverschot waarin alle aanvoerposten zijn meegenomen (organische mest, kunstmest, fixatie, depositie, uitgangsmateriaal en hulpmateriaal) en de afvoer die bepaald wordt door de opbrengst maal het (gemeten) stikstofgehalte van het gewas.
- MINAS-stikstofoverschot waarin alleen de aanvoerposten volgens de MINAS-wetgeving worden meegenomen (organische mest, kunstmest en fixatie) en de afvoer bepaald wordt door een forfaitaire waarde (165 kg/ha).

De uiteindelijke norm waar het MINAS-stikstofoverschot aan moet voldoen is 60 kg/ha. Deze norm werd ook gehanteerd voor het werkelijk overschot. Wanneer het overschot lager is dan 60 kg/ha zou (onder bepaalde aannames) de nitraatconcentratie in het grondwater lager dan 50 mg/l kunnen zijn. In Tabel 10 staan de gerealiseerde stikstofoverschotten. Het blijkt dat op één na alle systemen in alle jaren voldoen aan de MINAS-norm. De overschotten volgens MINAS zijn op Meterik in het Analyse-2 systeem op Vredepeel zelfs vrijwel elk jaar negatief. Dit betekent dat minder dan 165 kg stikstof/ha wordt aangevoerd. De werkelijke overschotten zijn echter beduidend hoger, behalve op het preibedrijf en het analysedeel van het bladgewassenbedrijf. In het Synthese en Analyse-1 systeem op Vredepeel en het aardbeibedrijf op Meterik is het werkelijke overschot in alle jaren boven de norm van 60 kg/ha. In de andere systemen wordt de stikstofoverschotsnorm in 2003 gehaald. Dit komt in deze systemen voor een belangrijk deel door het afvoeren van gewasresten, meer nog dan door de besparingen in de aanvoer van meststoffen. Afvoeren van gewasresten is uitgevoerd op Vredepeel in het Analyse-2 systeem en op Meterik in alle systemen behalve het aardbeisysteem. Daarnaast verlaagde de hoge mineralisatie door het warme weer in 2003 de aanvoer van meststoffen op Meterik.

Het verschil tussen de werkelijke en MINAS-overschotten wordt veroorzaakt enerzijds door de hoge forfaitaire afvoer in MINAS en anderzijds door het niet meenemen van diverse aanvoerposten. De systemen op Vredepeel hebben allen een afvoer tussen de 100 en 140 kg/ha. De systemen op Meterik hebben een sterk verschillende afvoer: het bladgewassenbedrijf heeft een afvoer tussen de 150 en 200 kg/ha. Het preibedrijf tussen de 225 en 300 kg/ha en het aardbeibedrijf tussen de 30 en 60 kg/ha. Aardbeien voeren minder dan 30 kg/ha af, de rest van de afvoer komt voor rekening van de peen en de grasgroenbemester die in 2002 na de vroege aardbei geteeld is. In de aanvoerposten wordt het grootste verschil veroorzaakt door depositie (± 50 kg/ha), stikstof in beregeningswater op Meterik en hulpmateriaal (stro op aardbeibedrijf Meterik).

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat het voldoen aan de MINAS-normen voor stikstof niet automatisch betekent dat ook aan de norm voor de nitraatrichtlijn zal worden voldaan.

Tabel 10. *Stikstofbalans van de systemen van kernbedrijven Vredepeel en Meterik (zie ook Bijlage II). Stikstofaanvoer is inclusief depositie, fixatie, uitgangsmateriaal en hulpmateriaal. Stikstofafvoer is de afgevoerde hoeveelheid stikstof met het hoofdproduct en evt. afgevoerde gewasresten. Norm werkelijk stikstofoverschot Telen met toekomst 60 kg/ha, uiteindelijke MINAS-norm stikstofoverschot droge zandgronden 60 kg/ha.*

Systeem	Stikstofaanvoer			Stikstofafvoer			Werkelijk stikstofoverschot			Stikstofoverschot volgens MINAS		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
Vredepeel												
Synthese	258	275	250	138	125	128	120	150	122	39	53	29
Analyse-1	239	255	225	139	120	107	100	135	118	19	31	4
Analyse-2	211	191	161	143	105	147	68	86	14	-9	-33	-61
Meterik												
Bladgewassenbedrijf synthese	212	231	198	151	121	205	61	110	-7	-7	6	-47
Bladgewassenbedrijf analyse	169	185	155	175	176	237	-6	9	-82	-48	-38	-86
Preibedrijf	284	170	210	272	306	227	12	-71	-40	58	-54	-41
Aardbeibedrijf	111	137	155	28	79	63	83	58	92	-134	-124	-123

Nieuwe mestwetgeving

De wetgeving met de MINAS-systematiek is door de EU afgekeurd en wordt per 2006 vervangen door een stelsel van gebruiksnormen. In de gebruiksnormen staat niet meer het overschot centraal maar de aanvoer van nutriënten. Op basis van de bekende informatie en de uitgangspunten van de wetgeving is een inschatting gemaakt van de consequenties voor de verschillende systemen. Op basis van de bouwplannen is berekend wat de aanvoer aan werkzame N mag zijn bij invoeren van gewasspecifieke gebruiksnormen. Dit is vervolgens vergeleken met de in 2003 gerealiseerde aanvoer aan werkzame N. Hierbij is gerekend met de onder het gebruiksnormenstelsel wettelijke forfaits ten aanzien van werkingscoëfficiënten van organische mest (Tabel 11). Het blijkt dat de stikstofaanvoer in alle systemen onder de geschatte stikstofgebruiksnorm blijft. Voor Meterik is bij de berekening van de stikstofaanvoer, de stikstof in het beregeningswater meegenomen. Hoewel stikstof in beregeningswater niet gaat meetellen in de wetgeving is dit in dit geval wel gedaan om het resultaat niet te rooskleurig te maken.

In de systemen op Vredepeel wordt de lagere aanvoer dan bij gebruiksnormen vooral veroorzaakt door de stamslaboon. Hier is de gewasnorm veel ruimer dan de stikstofaanvoer. De aanvoer is zo laag omdat een deel van de benodigde stikstof uit de gewasresten van de voorgaande erwenteelt komt. De stikstofaanvoer bij late aardappel, suikerbiet, maïs, triticale en zomergerst ligt minder dan 20% onder de gewasnorm. De stikstofaanvoer bij de waspeen en de vroege aardappel is in vrijwel alle gevallen 10-20% hoger dan de voorgestelde gewasnormen. Alleen de waspeen in de Analyse-2 voldoet aan de gebruiksnorm. Met rijenbemesting in maïs kan de aanvoer verlaagd worden tot ruim onder de norm. In de Analyse-1 is gebruik gemaakt van de dunne fractie van de varkensmest. De werkingscoëfficiënt van deze mest is hoger dan van onbewerkte mest. In de wetgeving is daarom ook de gebruiksnorm verhoogd van 60% naar 80% voor deze mest. Opname van groenbemesters in het bouwplan geeft extra gebruiksruiimte. Door de vele groenbemesters in Analyse-2 is de gebruiksnorm ruim 20 kg/ha hoger dan zonder de groenbemesters.

Op Meterik zijn de gebruiksnormen in alle systemen behalve het aardbeibedrijf hoger dan de MINAS-eindnorm voor droge zandgronden (225 kg/ha). Ook is de stikstofaanvoer in alle systemen en gewassen ruim beneden de gebruiksnormen. De lagere aanvoer kan komen door de hogere mineralisatie op Meterik waardoor minder stikstof nodig is maar ook doordat in de gebruiksnormen voor de volle-

grondsgroenten meer ruimte zit dan in de akkerbouw. In de akkerbouw zijn de bemestingsadviezen, waar de gebruiksnormen op gebaseerd zijn, veel beter onderbouwt dan in de vollegrondsgroenten. Eén van de redenen voor betere adviezen is dat in een aantal akkerbouwgewassen een overdaad aan stikstof kwaliteitsschade kan geven. Daarnaast zijn in overleg met de sector de gebruiksnormen voor een aantal verruimd, zijn ook gebruiksnormen voor groenbemesters opgesteld en geldt niet voor alle gewassen met dubbelteelten een aparte norm voor de tweede teelt (Chinese kool).

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat ook het voldoen aan de stikstofgebruiksnormen volgens de nieuwe mestwetgeving niet automatisch betekent dat ook aan de norm voor de nitraatrichtlijn zal worden voldaan.

Tabel 11. Stikstofgebruiksnormen en volgens nieuwe mestwetgeving (www.hetnvlloket.nl) en stikstofaanvoer in 2003 volgens de regels van de gebruiksnormen. Op Meterik is in de berekening van de stikstofaanvoer ook de stikstof in het beregeningswater meegenomen.

Systeem	Stikstof gebruiksnorm	Stikstofaanvoer volgens gebruiksnormen	Stikstofaanvoer/ gebruiksnorm
Vredepeel			
Synthese	158	143	91%
Analyse-1	166	131	79%
Analyse-2	156	98	63%
Meterik			
Bladgewassenbedrijf synthese	291	147	51%
Bladgewassenbedrijf analyse	268	113	42%
Preibedrijf	245	168	69%
Aardbeibedrijf	163	84	52%

Verschillen in aanvoer tussen de systemen

Voor Vredepeel is nagegaan waar de verschillen in de aanvoer van stikstof door zijn veroorzaakt. Hiervoor zijn de analysesystemen vergeleken met het Synthesesysteem (Tabel 12). Het blijkt dat het grootste deel van de verschillen verklaard kunnen worden. Er blijft een klein deel over dat niet verklaard kan worden vanuit de maatregelen. Dit verschil wordt veroorzaakt door perceelsspecifieke verschillen (bijv. verschil in mineralisatie en N-min voorjaar). De verschillen tussen Synthese en Analyse-1 zijn relatief klein (tot 20 kg) en worden vooral door het gebruik van de verwerkte mest veroorzaakt. De verschillen tussen Synthese en Analyse-2 zijn veel groter, in 2002 en 2003 ruim 80 kg/ha en worden vooral veroorzaakt door het niet gebruiken van organische mest. Andere belangrijke oorzaken voor verschillen zijn de inzet van groenbemesters en het niet telen van de stamslaboon.

Tabel 12. Globale verklaring voor lagere aanvoer in Analyse-1 en Analyse-2 ten opzichte van synthese in kg/ha op kernbedrijf Vredepeel op systeemniveau.

	Analyse-1			Analyse-2		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003
Vervanging varkensdrijfmest met dunne fractie varkensmest (A1) of kunstmest (A2)*	2	15	9	33	37	24
Geen stamslaboon	11			11	16	11
Nawerking groenbemesters uit voorgaand jaar op basis van vuistregels		1	6		16	16
Zomergerst i.p.v. triticale					9	10
(Extra) verlaging van bemesting t.o.v. adviesbemesting					4	7
Rijenbemesting maïs (dierlijke mest en kunstmest)		5	5		5	5
Expliciet vooraf rekening houden met mineralisatie op basis van modelinschatting						9
Totaal verklaarbare verschillen met synthese	13	21	20	44	87	82
Totaal verschil in aanvoer met synthese	19	20	25	47	84	89
<i>Niet verklaard</i>	6	-1	5	3	-3	7

* de hoeveelheid die wordt weergegeven is (het verschil in) het niet-werkzame deel van de stikstof

3.2.2 N-min najaar

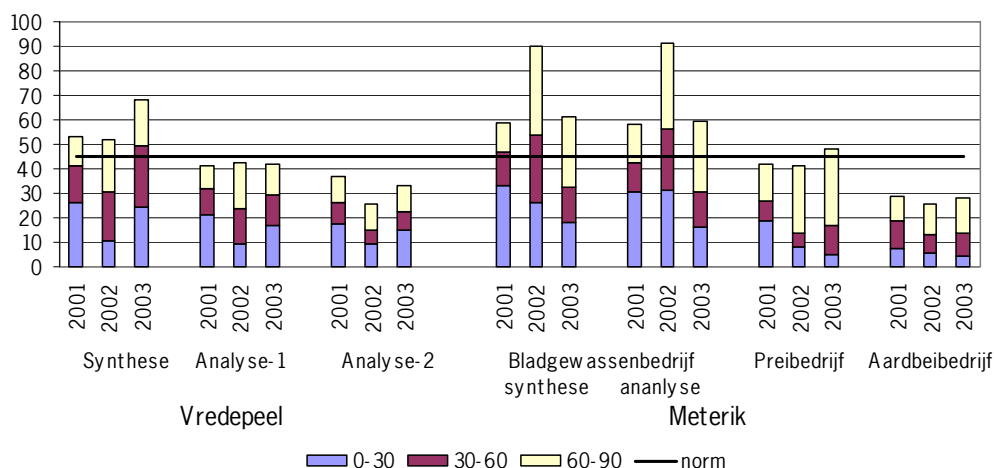
De minerale stikstofvoorraad in het najaar, aan het begin van het uitspoelingsseizoen, is een andere indicator voor het risico op stikstofuitspoeling. De N-min voorraad is elk jaar op elk perceel gemeten begin november in drie lagen (0-30, 30-60 en 60-90 cm), zie ook Bijlage II. Om aan de norm van 50 mg nitraat/l in grondwater te voldoen zou de N-min najaar lager moeten zijn dan 45 kg stikstof/ha.

In Figuur 4 staat de N-min voor de systemen en de projectjaren uitgezet. Op Vredepeel voldoen de analysesystemen aan de norm, op Meterik voldoet het preibedrijf en het aardbeibedrijf aan de norm.

Uitschieters in N-min najaar zijn op Meterik met name het bladgewassenbedrijf in 2002 en op Vredepeel het Synthesesysteem in 2003. De N-min najaar is op het bladgewassenbedrijf met name hoog vanwege de dubbelteelten ijssla en Chinese kool. Op Vredepeel is de N-min najaar in Analyse-2 in 2003 nauwelijks gedaald ondanks het lagere overschot door de scherpere bemesting en de afvoer van gewasresten. Ondanks een relatief hoog werkelijk stikstofoverschot op het aardbeibedrijf is de N-min najaar het laagste van alle systemen. Het hoge overschot wordt mede veroorzaakt door de aanvoer van stro.

De trage mineralisatie van stro veroorzaakt geen verhoging van de N-min najaar.

Geconcludeerd kan worden dat een lage N-min in het najaar niet automatisch gepaard gaat met een laag nitraatgehalte in het grondwater.



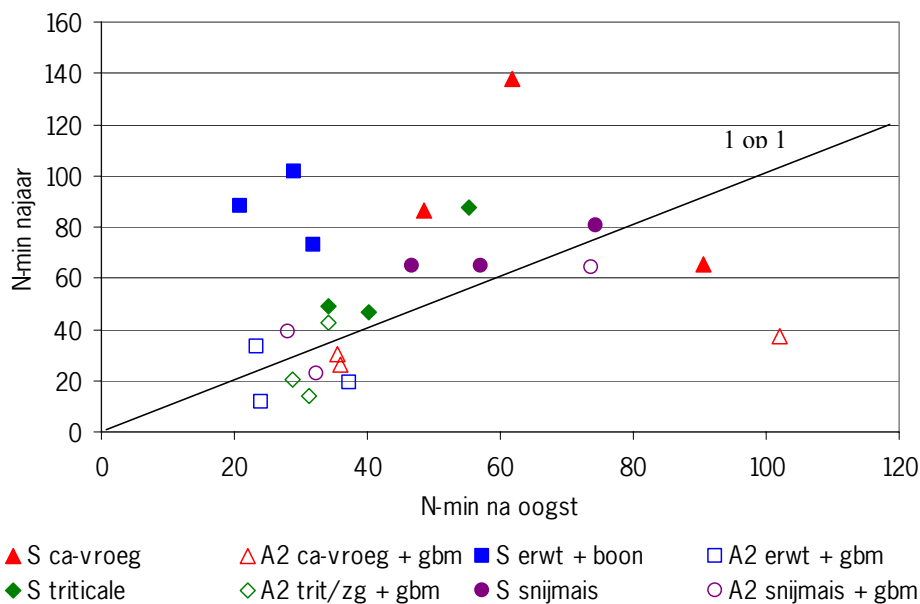
Figuur 4. N-min naajaar per systeem Vredepeel en Meterik.

3.2.3 N-min na oogst

De minerale stikstofvoorraad na de oogst is een indicator of de bemesting te hoog of te laag is geweest ten opzichte van de gewasbehoefte. Een zeer lage N-min na oogst wijst op een mogelijk stikstoftekort. Een hoge N-min na oogst wijst op een te hoge bemesting. Een algemene vuistregel is dat de N-min na oogst 30 tot 40 kg/ha moet zijn in de bewortelbare zone (meestal wordt 0-60 cm aangehouden).

Gemiddeld is de N-min in alle systemen te Vredepeel onder de 40 kg/ha, zie ook Bijlage II. De N-min na oogst is in het Synthesesysteem het hoogst met gemiddeld 39 kg/ha, in het Analyse-2 systeem het laagst met gemiddeld 27 kg/ha. In het Analyse-1 systeem is de N-min na oogst in 2002 en 2003 ongeveer 9 kg/ha lager dan in 2001, in het Analyse-2 systeem is dit 18 kg/ha.

In Meterik is het beeld grilliger. In 2003 lag de N-min na oogst gemiddeld in alle systemen rond de 40 kg/ha. In de jaren daarvoor gaven de systeemgemiddelden uitschieters tot 80 kg/ha. Individuele gewassen konden een N-min na oogst hebben van meer dan 150 kg/ha. Deze individuele gevallen zijn slecht te verklaren, vooral omdat een stijging tot hoge waarden soms in een tot twee weken kon plaatsvinden en het verschil in bemesting tussen de jaren relatief klein was.



Figuur 5. Invloed van groenbemesters op de relatie N-min na oogst en N-min najaar te Vredepeel. Alle gepresenteerde gewassen in Analyse-2 (A2) systemen zijn gevolgd door een groenbemester. Alle gewassen in Synthese (S) niet. Ook wordt in de figuur het effect van een gereduceerde bemesting in Analyse-2 duidelijk op de N-min na oogst. (ca = consumptieaardappel, trit/zg = triticale (2001) of zomergerst (2002-2003), gbm = groenbemester).

Figuur 5 geeft een beeld van het effect van inzet van groenbemesters in combinatie met een lagere bemesting op het verloop van de minerale stikstof voorraad in de bodem tussen oogst en start uitspoeling te Vredepeel. In vrijwel alle gevallen is de N-min na oogst in het Analyse-2 systeem lager dan in het Synthesesysteem. De teelt van een groenbemester zorgt dat in het Analyse-2 systeem de N-min voorraad in de bodem laag blijft. In gevallen dat de N-min na oogst in het Analysesysteem toch hoog is wordt de N-min nog omlaag gebracht door de groenbemester. In het Synthesesysteem wordt geen groenbemester geteeld en kan de N-min in de periode na oogst tot begin uitspoelingsseizoen blijven stijgen.

Een lage N-min na de oogst betekent dus niet automatisch ook een lage N-min najaar en een lage uitspoeling. Aanvullende maatregelen zijn in een aantal gevallen nodig om het risico op uitspoeling te beperken afhankelijk van oogsttijdstip en hoeveelheid en type gewasresten dat ingewerkt wordt.

3.3 Processen en condities die mede de mate van stikstofuitspoeling bepalen

Bij het streven naar lagere nutriëntenoverschotten, een lage Nmin bij de oogst en het zoveel mogelijk voorkómen van stikstofuitspoeling moeten vraag en aanbod van N zo goed mogelijk met elkaar in overeenstemming zijn. Een goede bemestingsstrategie vraagt dat expliciet rekening wordt gehouden met de stikstof die vrijkomt uit mineralisatie uit grond en overgebleven gewasresten. Door hier op voorhand rekening mee te houden kunnen in bepaalde gevallen te hoge Nmin waarden bij de oogst worden voorkomen. Aan de andere kant vraagt dit ook een goede kennis van de vraag van het gewas op elk moment. In dit kader zijn de afgelopen jaren verschillende bemestingssystemen in onderzoek geweest (NBS, fertigatie, etc.).

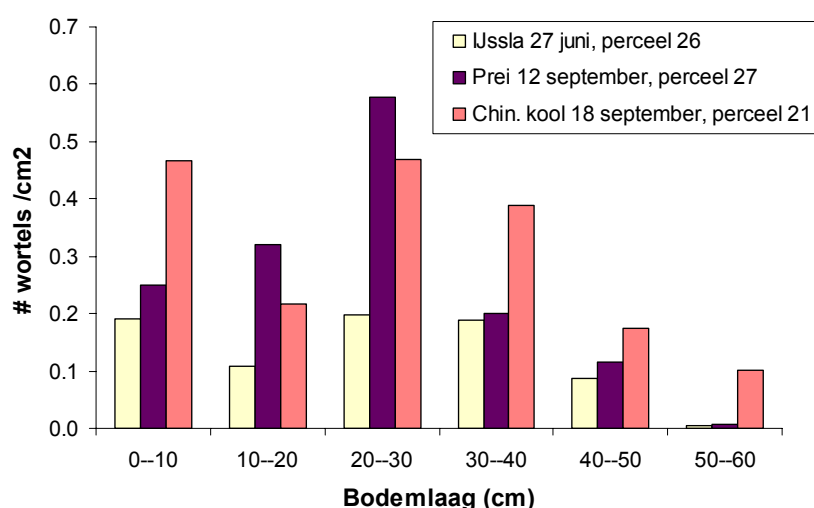
Bij het uitvoeren van het procesonderzoek op het kernbedrijf Meterik en Vredepeel is rekening gehouden met bovenstaande zaken. Een mismatch, zowel in ruimte als tijd, tussen N-vraag van het gewas en het aanbod (mineralisatie en bemesting) kan leiden tot verliezen naar grond- en oppervlaktewater.

Het is dus van belang om bij een aantal probleemgewassen vraag en aanbod zo goed mogelijk te kwantificeren. Aan de vraagkant is gewerkt met gewassimulatiemodellen, Crop-Scantechnieken en blad-analyse. Aan de aanbodzijde werden schatters van de mineralisatie (model, monsternamen, incubatie van grond, zie 3.3.2) relevant. Ook werd de nodige aandacht aan de beworteling besteed (zie 3.3.1) in samenhang met het transport van nutriënten in het profiel. Informatie omtrent het laatste werd verkregen door frequent de N_{min} gehalten in verschillende lagen van het profiel te meten tijdens de groeiperiode. Een beter inzicht in de processen die tot verliezen aanleiding geven kan leiden tot verbeterde bemestingsstrategieën op gewas- of bedrijfsniveau. In dit verband is daarom ook de nodige aandacht aan het denitrificatieproces gegeven (zie 3.3.3).

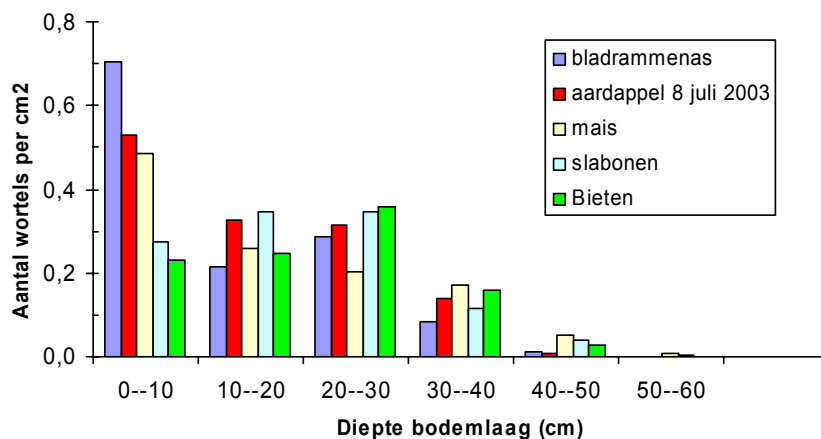
3.3.1 Beworteling

Meterik

In de loop van 2002 en 2003 zijn op het bladgewassen bedrijf waarnemingen gedaan ten aanzien van de beworteling bij o.a. Chinese kool, prei en ijssla. De bepalingen zijn veelal gedaan op 4 plaatsen op het veld, waarbij op iedere plaats weer 4 representatieve kolommen gestoken zijn, rekening houdend met plant- en rijafstand. De gebruikte methode was de zgn. breukvlak (core-break) methode waarbij een kolom grond van 10 cm lengte in tweeën wordt gebroken en het aantal zichtbare wortels geteld. Vervolgens is het aantal wortels per cm² kolomoppervlak berekend. Figuur 6 geeft een algemeen beeld van de bewortelingskarakteristiek van de drie genoemde gewassen. Bij ijssla blijken nauwelijks wortels beneden 50 cm te vinden. Chinese kool lijkt iets meer wortels te hebben op deze diepte, maar in het algemeen is de bewortelingsintensiteit laag te noemen. Indien aangenomen wordt dat de richting van de beworteling willekeurig is dan zegt een vuistregel dat het aantal wortels/cm² vermenigvuldigd met 2 de bewortelingsintensiteit in cm/cm³ is. Dat zou voor deze gewassen uitkomen op 0.4-1.0 cm/cm³. Bij deze intensiteit kan de lengte van het wortelstelsel beperkend zijn voor de N-opname, zeker bij drogere omstandigheden. In het bijzonder de lage bewortelingsintensiteit beneden 50 cm maakt dat het uitspoelingsgevaar voor N groot is. Een oorzaak van de lage bewortelingsintensiteit in de diepere bodemlagen is niet aan te geven (er is geen sprake van een hogere dichtheid, lagere pH of andere beperkende omstandigheden). Toch is de matige beworteling een ernstige belemmering voor de benutting van nutriënten.



Figuur 6. De beworteling zoals vastgesteld met de breukvlak methode (aantal wortels per cm² breukvlak) voor prei, Chinese kool en ijssla op het bladgewassenbedrijf in 2002.



Figuur 7. Beworteling (breukvlakmethode) van een aantal gewassen op Vredepeel in 2002 en 2003 (aardappel).

Vredepeel

Op Vredepeel werd volgens dezelfde methode de beworteling bepaald voor een aantal gewassen in 2002 en voor aardappelen in 2003. In de diepere lagen is weinig verschil tussen de gewassen op te merken, er zijn vrijwel geen wortels zichtbaar beneden de 40 cm, ook hier dus een situatie die de uitspoeling bevordert. Wel moet opgemerkt worden dat met de breukvlak methode de beworteling wellicht onderschat wordt. Verificatie met spoelmonsters leverde echter geen eenduidig antwoord op.

3.3.2 N-mineralisatie

Naast een uitgebreide monitoring van de Nmin status gedurende en na de verschillende teelten werd via deelonderzoeken getracht meer kennis te verkrijgen van snelheid van de stikstofmineralisatie. Vooral op Kernbedrijf Meterik en dan met name de diepere lagen waren nog weinig indicaties omtrent de hoogte en snelheid van de stikstofmineralisatie.

In 2001 zijn op elk kernbedrijf permanente braakveldjes aangelegd op twee percelen, welke gedurende drie jaar gevolgd zijn. Tevens werd naast de braakveldjes de stikstofopname van een onbemest gewas bepaald. Deze gewasonttrekking geeft dan een eerste idee van de jaarlijkse mineralisatie. Samen met intensieve Nmin waarnemingen op de braakveldjes kon hiermee een beeld gevormd worden van het verloop van de stikstofmineralisatie in de loop van het jaar. Deze waarnemingen werden vervolgens weer gebruikt bij het bepalen van een bemestingsstrategie die op voorhand rekening houdt met de N-mineralisatie. Door de braakveldjes gedurende de projectperiode op dezelfde plaats aan te houden werd tevens informatie verkregen in hoeverre en op wat voor termijn de achtergrondmineralisatie terugloopt bij het ontbreken van aanvoer van organische stof.

Een verdere indicatie van de mineralisatie werd nog verkregen via een laboratorium bepaling van de potentiële mineralisatie: in het voorjaar genomen monsters werden ingezet onder omstandigheden die optimaal zijn voor de mineralisatie. Onderzocht werd of de hoeveelheid stikstof die na 12 weken is gemineraliseerd gebruikt kon worden als indicatie voor de mineralisatie onder veldomstandigheden.

Braakvelden en ON veldjes

Meterik

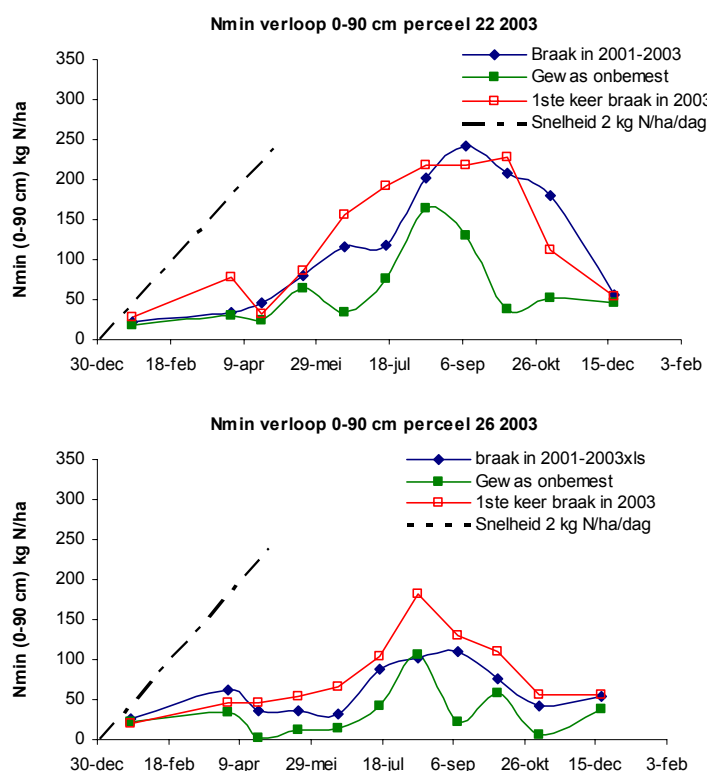
Door maandelijks de minerale N-inhoud van drie bodemlagen (0-30, 30-60 en 60-90) te meten in de subveldjes van perceel 22 en 26 werd een eerste schatting van de (netto) mineralisatie mogelijk. Bedacht moet wel worden dat dit een minimale schatting van de mineralisatie is: tussentijdse uitspoeling zou er voor kunnen zorgen dat de werkelijke mineralisatie hoger is.

Om een indruk te krijgen van de totale mineralisatie is in Figuur 8A,B de Nmin inhoud van het hele profiel (0-90 cm) uitgezet tegen de tijd in het jaar 2003. Op deze manier is transport tussen de verschillende bodemlagen minder belangrijk.

Het 'permanente' braakveldje heeft vanaf het jaar 2001 braak gelegen, het 'verse' braakveldje is voor het eerst in het jaar 2003 aangelegd.

Net als in voorgaande jaren mineraliseert er op perceel 22 meer N in het hele profiel dan op perceel 26, 250 kg N tegen bijna 200 kg N/ha. Zowel in perceel 22 als 26 lijkt 'verse' braak een iets hogere mineralisatiesnelheid te tonen dan een driejarige braak, maar de verschillen zijn onregelmatig in de tijd.

Het verloop van Nmin op de onbemeste velden geeft een indruk in welke mate een onbemest gewas de gemineraliseerde stikstof weet te benutten. Het verloop van Nmin onder een onbemest gewas op perceel 22 (Figuur 8A) laat eerst een daling zien door de opname van een gewas Chinese kool (plantdatum 7 mei), vervolgens echter treedt weer mineralisatie op waarbij zeer snel weer een niveau van 150 kg N bereikt wordt. De daaropvolgende daling wordt veroorzaakt door een gewas ijsla (plantdatum 11 augustus). Op perceel 26 (Figuur 8B) blijkt de eenmalige braak wat meer te mineraliseren dan de driejarige braak, het verschil is slechts op 1 datum duidelijk (ca. 70 kg N). Opvallend is dat steeds maximale hoeveelheden bereikt worden omstreeks september, daarna vindt een snelle daling plaats totdat bij de jaarwisseling het profiel bijkans ontdaan is van minerale stikstof. Over het hele profiel gerekend komen in bepaalde perioden mineralisatie snelheden voor van meer dan 2 kg N/ha/dag.



Figuur 8. Verloop van Nmin in de laag 0-90 cm in het jaar 2003 in subveldjes van perceel 22 en 26 van kernbedrijf Meterik onder driejarige braak (2001-2003), eenmalige braak (alleen 2003) en onder een onbemest gewas.

De opbrengst- en opnamereductie bij een 0N gewas blijkt sterk van het gewas en het jaar af te hangen. In 2002 trad bijvoorbeeld in prei nauwelijks een opbrengstverlies op van het 0N veld ten opzichte van een bemesting met 73 kg N. Ook bij de ijslalteelt in 2003 liet het onbemeste object op perceel 22 een vergelijkbare opbrengst en nutriëntenopname zien. Dit had ook alles te maken met de hoge Nmin-

voorraad die bij het planten aanwezig was (plantdatum 11 augustus na een Chinese kool teelt). In veel gevallen echter werd zowel de opbrengst als de nutriëntenopname meer dan gehalveerd.

Door de 0N veldjes kunnen uitspraken gedaan worden over de benutting van de bemesting door het gewas, het berekenen van zogenaamde recoveries (een percentage dat aangeeft welk gedeelte van de kunstmest-N is benut door het gewas).

De gebruikte formules zijn:

ANR (gewas) =

$$(N_{\text{opname bemest}} - N_{\text{opname 0N}}) / N_{\text{bemesting}} * 100\%$$

Als er bovendien rekening gehouden wordt met verschillen tussen onbemeste en bemeste velden in N_{min} bij aanvang en einde van de teelt kan ook de ANR (gewas-bodem) berekend worden:

ANR (gewas-bodem) =

$$\begin{aligned} & ((N_{\text{opname bemest}} - N_{\text{opname 0N}}) + (N_{\text{min, oogst, bemest}} - N_{\text{min, voorjaar, bemest}}) \\ & - (N_{\text{min, oogst, 0N}} - N_{\text{min, voorjaar, 0N}})) / N_{\text{bemesting}} * 100\% \end{aligned}$$

waarbij:

$N_{\text{opname bemest}}$	N-opname bemest gewas in kg N ha ⁻¹
$N_{\text{opname 0N}}$	N-opname onbemest gewas in kg N ha ⁻¹
$N_{\text{min, oogst, bemest}}$	Nmin profiel bij oogst bij bemest gewas (kg N ha ⁻¹)
$N_{\text{min, voorjaar, bemest}}$	Nmin profiel voorjaar bij bemest gewas (kg N ha ⁻¹)
$N_{\text{min, oogst, 0N}}$	Nmin profiel bij oogst bij onbemest gewas (kg N ha ⁻¹)
$N_{\text{min, voorjaar, 0N}}$	Nmin profiel voorjaar bij onbemest gewas (kg N ha ⁻¹)
$N_{\text{bemesting}}$	N-bemesting in kg N ha ⁻¹ .

Tabel 13 is een samenvatting waarbij de benodigde gegevens om de recovery te berekenen zijn weer-gegeven. De ANR-gewas laat zien dat in 4 van de 6 gevallen een (zeer) lage benutting is opgetreden van de toegediende N-kunstmest. Alleen twee teelten Chinese kool in 2003 vallen op door een hoge benutting van de N-gift. Een lage recovery is soms het gevolg van het feit dat er bij de oogst een hoge N_{min} aanwezig was bij het bemeste veld, deze N is op dat moment weliswaar nog niet uitgespoeld maar het is met name in een late teelt de vraag of deze hoeveelheid N voor het systeem behouden kan blijven.

De conclusie lijkt dan ook te zijn dat de hoeveelheden N die (van nature) beschikbaar zijn in de onderste lagen van het profiel (tot een diepte van 90 cm) niet of slechts gedeeltelijk benut kunnen worden tijdens de groeiperiode. Voor de hand liggende oorzaken zijn dan mineralisatie onder het bewortelde profiel (hier over later meer) en gedurende het seizoen een verticale verplaatsing van N tot onder de beworteling. De opname van een onbemest gewas geeft een eerste indruk van de mate van de mineralisatie tijdens de groeiperiode.

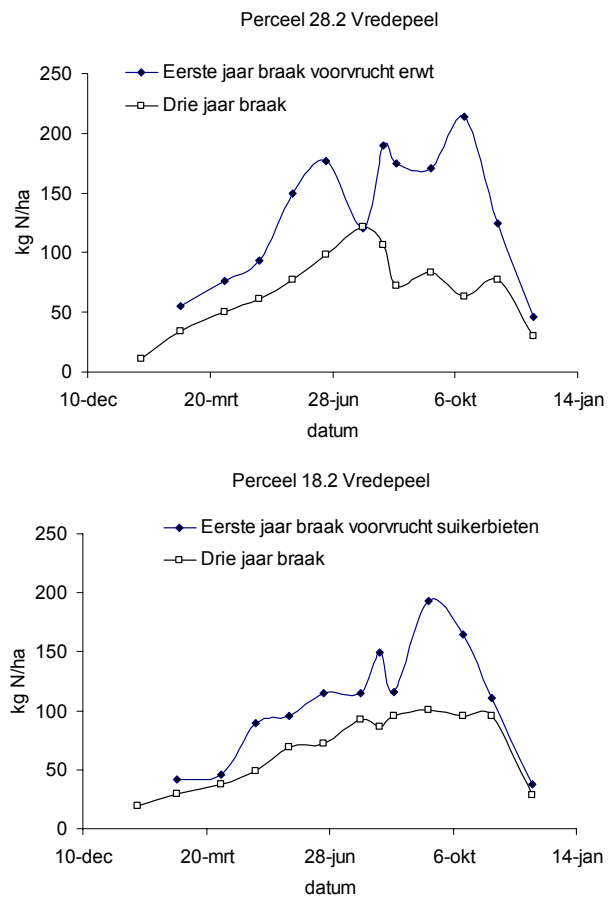
Tabel 13. Totaal opgenomen N in bemeste en onbemeste velden in 2002 en 2003.
ANR = Apparent Nitrogen Recovery.

Veld	Gewas	Plantdatum	Oogst	N-gift kg/ha	Totaal opgenomen N (kg/ha)	ANR-gewas
22	Prei laat winter	18-jul-02	23-apr	0	134	
22	Prei laat winter	18-jul-02	23-apr	73	154	27%
26	Ijssla zomer	23-mei-02	11-jul	0	80	
26	Ijssla zomer	23-mei-02	11-jul	68	132	76%
26	Ijssla herfst	6-aug-02	1-okt	0	56	
26	Ijssla herfst	6-aug-02	1-okt	113	107	45%
22	Chinese kool vroeg	7-mei-03	25-jun	0	74	
22	Chinese kool vroeg	7-mei-03	25-jun	71	207	187%
22	Ijsbergsla herfst	11-aug-03	1-okt	0	116	
22	Ijsbergsla herfst	11-aug-03	1-okt	30	125	30%
26	Chinese kool herfst	12-aug-03	28-okt	0	84	
26	Chinese kool herfst	12-aug-03	28-okt	110	204	109%

Vredepeel

Tabel 14 geeft een overzicht van de opbrengsten van de 0N veldjes in vergelijking met de volgens praktijk bemeste gewassen op de percelen 18.2 en 28.2. Naast de bemesting is ook de totale stikstof-opname weergegeven, voor meer details omtrent opbrengsten, en gehalten (ook van overige nutriënten), zie Bijlage III. De niet met stikstof bemeste gewassen nemen op Vredepeel bij een lange teeltduur (maïs, suikerbieten en aardappelen (2003)) meer dan 100 kg op. In 2003 liet het gewas aardappelen zelfs een hogere opbrengst en stikstofopname zien dan het bemeste gewas.

Het gewas maïs liet in 2001 een lage benutting zien (ANR-gewas), indien echter rekening gehouden wordt met de verschillen in N_{min} bij zaaien en planten dan stijgt echter de benutting aanzienlijk, alleen is de N_{min} bij oogst vanuit milieuoogpunt gezien veel te hoog. Suikerbieten in 2002 vallen op door een relatief lage benutting, dit is evenals bij aardappelen in 2003 veroorzaakt door de zeer hoge opbrengst van het onbemeste veldje. In hoeverre dit een artefact is, is niet helemaal duidelijk. De weersomstandigheden van 2003 kunnen wel voor een hoge achtergrondmineralisatie gezorgd hebben. Het N_{min} verloop op braakveldjes in 2003 liet zien dat de totale hoeveelheid stikstof die gedurende een jaar kan mineraliseren op kan lopen tot boven de 200 kg N per jaar (zie Figuur 9).



Figuur 9. Verloop van de minerale hoeveelheid N in de laag 0-60 cm op subvelden van perceel 28.2 (onder) en 18.2 (boven) op kernbedrijf Vredepeel waarbij 3 jaar braak met voor de eerste keer braak vergeleken wordt.

Blijkbaar waren de omstandigheden in 2003 zodanig (geen tussentijdse uitspoeling) dat een onbemest gewas ook daadwerkelijk van deze hoeveelheden N kan profiteren. De resultaten laten zien dat er voor de bemesting expliciet rekening moet worden gehouden met de mineralisatie.

Tabel 14. Kenmerken van bemeste en onbemeste velden periode 2001-2003. In de tabel zijn weergegeven de bemesting in kg N/ha, de verse opbrengst van het product, de totale N-opname (dus inclusief gewasresten, De Nmin bij start en aanvang van de teelt (0-60 cm) de Apparent Nitrogen Recovery (ANR) zowel voor gewas als voor gewas-bodem. Voor meer details (nutriënten concentraties) zie Bijlage III.

Jaar	Veld	Gewas	Bemesting (kg N/ha)	Verse product opbrengst (ton/ha)	Totale N-opname (kg N/ha)	Nmin 0-60cm bij zaai/ pootdatum	Nmin 0-60cm bij oogstdatum	ANR- gewas (%)	ANR- gewas/ bodem (%)
2001	18.2-A2	Snijmaïs	150	54	203	52	86	62	110
2001	18.2-A2	Snijmaïs	0	38	110	52	14		
2001	28.2-A2	onbemest							
2001	28.2-A2	Aardappel	225	69	232	63	22	77	78
2001	28.2-A2	Aardappel	0	36	59	63	20		
		onbemest							
2002	18.2-A2	Doperwt	41	6	355	20	22	439	449
2002	18.2-A2	Doperwt	0	7	175	20	18		
		onbemest							
2002	28.2-A2	Suikerbiet	171	58	206	15	11	49	50
2002	28.2-A2	Suikerbiet	0	47	122	15	10		
		onbemest							
2003	18.2-A2	Aardappel	168	62	139	62	35	-11	5
2003	18.2-A2	Aardappel	0	55	158	68	13		
		onbemest							
2003	28.2-A2	Zomergerst	58	6.1	84	39	37	88	93
2003	28.2-A2	Zomergerst	0	3.0	33	38	33		
		onbemest							

Potentiële mineralisatie

Achtergrond van de potentiële mineralisatiebepaling is een handvat te hebben waarmee de snelheid van de stikstofmineralisatie is te voorspellen.

De hoeveelheid stikstof die gedurende 12 weken onder labomstandigheden mineraliseerde was sterk afhankelijk van de bodemlaag. De toename van N uit mineralisatie was in de periode 2-12 weken redelijk lineair, in de eerste twee weken van incubatie werden echter beduidend hogere snelheden gevonden. Op basis van een lineaire regressie werden de stikstofmineralisatie in kg N/ha/dag berekend.

De actuele mineralisatie kan sterk verschillend van de potentiële mineralisatie omdat de omstandigheden in het veld anders zijn:

- al dan niet verstoring van de grond door de monsternamen (dit kan vooral spelen voor de bodemlagen onder de bouwvoor)
- het temperatuurverloop
- de vochtomstandigheden

Een en ander kan tot resultaat hebben dat de actuele mineralisatie soms een factor 2 lager ligt dan de potentiële mineralisatie.

Achtereenvolgens worden de resultaten besproken voor de braakveldjes in de afgelopen drie jaar en de voorjaarsmetingen waarbij sprake is van verschillende voorvruchtsituaties.

Loopt de mineralisatie sterk terug bij minder of geen aanvoer van organische stof?

Sterk mineraliserende gronden zoals die op Meterik hebben het nadeel dat ook veel stikstof vrijkomt tijdens gewasloze perioden waarbij uitspoeling van stikstof dreigt. De vraag is of een verlaging van organische stof aanvoer de mineralisatiesnelheid op korte termijn kan beïnvloeden en of dit ook zichtbaar is in de potentiële mineralisatie. Tabel 15 toont voor alle aangelegde braakveldjes de potentiële mineralisatie zoals die in het voorjaar van 2001, 2002 en 2003 bepaald is in de drie bodemlagen. De mineralisatie in de laag 0-30 cm schommelt meestal tussen de 1-1.5 kg N/dag, de laag 30-60 cm rond de 0.5 kg N/dag en de laag 60-90 cm weer een factor 2 lager: rond de 0.25 kg N/ha/dag. In het hele profiel zou afgaande op de potentiële mineralisatie dus ca. 2-2.3 kg N/ha/dag kunnen mineraliseren. Dit zijn snelheden die ook in werkelijkheid (bijvoorbeeld in juni) gehaald worden afgaande op Figuur 8. In monsters genomen in het voorjaar van 2003 is een vergelijking mogelijk tussen niet braak, een veldje waarop gedurende drie jaar een onbemest gewas gestaan heeft, een veldje wat in 2002 braak geweest is, en een veldje wat gedurende 2001 en 2002 braak geweest is (Tabel 16).

Dan blijkt dat op perceel 26 de potentiële mineralisatie daalt van 1.18 (niet braak), via 0.98 (1 jaar braak) naar 0.82 (2 jaar braak). Een daling van de mineralisatie van 30% dus. Op perceel 22 is een dergelijk verloop echter niet te zien. Twee jaar braak resulteerde hier zelfs in een hogere mineralisatie, de mineralisatiesnelheden zijn ook hoger op perceel 22 dan op 26. Een verschil tussen de percelen dat ook in het veld bevestigd werd (Figuur 8).

Op Vredepeel gaat het mineraliserend vermogen echter snel achteruit. Zie onderstaande Tabel 16 en Figuur 9.

Tabel 15. Potentiële mineralisatie bepalingen van monsters genomen in het voorjaar van 2001, 2002 en 2003 in subveldjes van perceel 22 en 26 van het bladgenassenbedrijf. *Vergeleken zijn permanente braakvelden (22a en 26a), bemest gras (22 en 26). In 2002 is bovendien een nieuw braakveldje aangelegd (22d en 26d).*

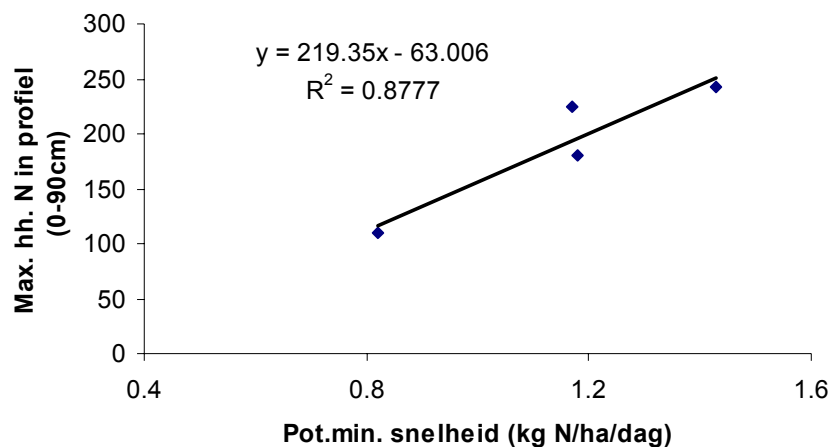
	Metingen voorjaar 2001		Metingen voorjaar 2002		Metingen voorjaar 2003				
	niet braak (26)		niet braak (26)	1 jaar braak geweest (26A)		niet braak (26)	gewas onbemest (26B)	1 jaar braak geweest (26D)	2 jaar braak geweest (26A)
Perceel	bodemlaag		bodemlaag			Bodemlaag			
26	0-30 cm	0.98	0-30 cm	1.01	1.05	0-30 cm	1.18	1.07	0.98
26	30-60 cm	0.45	30-60 cm	0.43	0.37	30-60 cm	0.55	0.32	0.56
26	60-90 cm	0.29	60-90 cm	-	0.24	60-90 cm	-	0.34	0.29
									0.82
									0.46
									0.23
	Metingen voorjaar 2001		Metingen voorjaar 2002		Metingen voorjaar 2003				
	niet braak (22)		niet braak (22)	1 jaar braak geweest (22A)		niet braak (22)	gewas onbemest (22B)	1 jaar braak geweest (22D)	2 jaar braak geweest (22A)
Perceel	bodemlaag		bodemlaag			Bodemlaag			
22	0-30 cm	-	0-30 cm	1.14	1.04	0-30 cm	1.17	1.32	0.98
22	30-60 cm	-	30-60 cm	0.43	0.50	30-60 cm	0.65	0.69	0.67
22	60-90 cm	-	60-90 cm	-	1.22	60-90 cm	-	0.34	0.27
									1.43
									0.55
									0.29

Tabel 16. Potentiële mineralisatie van monsters genomen in het voorjaar op kernbedrijf Vredepeel.

Veld	Systeem	Voorvrucht 2002	Nmin voorjaar 2003 (kg N/ha)	Potentiële mineralisatie (kg N/ha/dag)
18.1	Synthese	erwt + slaboon	22	1.0
18.2A.2A	A2	erwt + bladrammenas (3d jaar onbemest)	30	0.8
18.2A.2B	A2	braak (3de jaar)	24	0.5
18.2A.2C	A2	braak bemest (3de jaar)	17	0.6
18.2A.2D	A2	erwt + bladrammenas (bemest)	39	1.6
18.2A.2E	A2	erwt + bladrammenas (in 2003 1ste keer braak)	39	1.7
28.1	Synthese	suikerbiet	40	2.3
28.2A2A	A2	suikerbiet onbemest	26	1.8
28.2A2B	A2	braak (3 jaar)	20	0.9
28.2A2C	A2	braak bemest (3 jaar)	23	0.5
28.2A2D	A2	suikerbiet bemest	28	1.6
28.2A2E	A2	suikerbiet bemest (in 2003 1ste keer braak)	27	1.4

In hoeverre heeft de potentiële mineralisatiebepaling nu een voorspellende waarde?

Hiertoe is in Figuur 10 de waarde van de potentiële mineralisatie (0-30 cm) van permanent en eenmalige braakveldjes uitgezet tegen de maximale hoeveelheid N die op een gegeven moment in het hele profiel aanwezig (0-90 cm) was. De maximale inhoud van het hele profiel is gekozen omdat op deze manier rekening wordt gehouden met stikstof die in de loop van het seizoen naar diepere bodemlagen getransporteerd is. Hoewel gebaseerd op weinig gegevens is toch een redelijk verband aanwezig zodat geconcludeerd kan worden dat de bepaling perspectieven biedt bij het beter voorspellen van de mineralisatie op perceelsbasis.



Figuur 10. Het verband tussen de potentiële mineralisatie (0-30 cm) in het voorjaar gemeten en de maximale hoeveelheid stikstof die in de loop van het jaar in het profiel (0-90 cm) aanwezig was. Het betreft hier braakveldjes van perceel 22 en 26 op Meterik die gedurende 3 jaar of in 2003 voor de eerste keer braak gelegen hebben.

Perceel- en voorvruchtinvoer

Meterik

In 2002 en 2003 werden monsters van de voorjaarsbemonstering (maart) van het bladgewassenbedrijf ook gebruikt voor een potentiële mineralisatiebepaling. In beide jaren werd gekeken in hoeverre er sprake was van een perceels-effect dan wel van een voorvruchteffect.

Gemiddeld toonden de percelen voor beide jaren dezelfde mineralisatie: 1.1 kg N/ha/dag voor de laag 0-30 cm en 0.5 kg N/ha/dag voor de laag 30-60 cm. Van een duidelijk perceelsgebonden effect was geen sprake omdat potentiële mineralisatiesnelheden gemeten in 2002 en 2003 niet gecorreleerd waren. Ook een duidelijk effect van voorvrucht of verwijdering van gewasresten was niet aantoonbaar in beide jaren.

Vredepeel

Op kernbedrijf Vredepeel werd de hoogte van de potentiële mineralisatie sterk beïnvloed door de voorvrucht (Tabel 17). Bladrammenas als groenbemester zorgde voor extra mineralisatie, ook een gewas als suikerbieten met N-rijke gewasresten leek vaak de potentiële mineralisatie te verhogen.

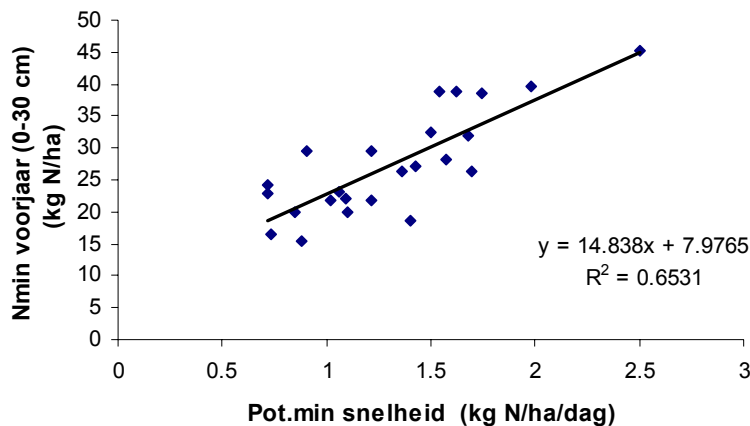
Tabel 17. *Potentiële mineralisatie in de laag 0-30 en 30-60 cm Vredepeel afhankelijk van systeem en voorvrucht (monsters voorjaar 2003 genomen).*

Voorvrucht 2002	Systeem	Pot. mineralisatie (kg N/ha/dag)	
		0-30 cm	30-60 cm
erwt + slabonen	S	1.0	0.2
erwt + bladramenas	A2	1.6	0.3
late aardappel	S	1.5	0.5
	A2	1.5	0.6
vroege aardappel	S	1.4	0.6
vroege aardappel + bladramenas	A2	2.1	0.6
snijmais	S	1.7	0.7
snijmais + zomergerst	A2	1.3	0.6
suikerbiet	S	2.3	0.4
	A2	1.5	0.1
waspeen	S	1.2	0.3
	A2	1.5	0.2
zomergerst +	S	1.3	0.3
	A2	1.3	0.2
Gemiddeld		1.6	0.4

Ook bleek er een relatie te zijn tussen de hoogte van de N_{min} die de voorjaarsbemonstering in het profiel gevonden wordt en de hoogte van de potentiële mineralisatie (Figuur 11). De hoeveelheid N_{min} die in het voorjaar gevonden wordt is blijkaar gecorreleerd met de wintermineralisatie en deze weer met de potentiële mineralisatie.

Conclusies

- Zowel op Meterik als op Vredepeel komen tijdens de groeiperiode grote hoeveelheden N vrij via mineralisatie. Het gaat hier om hoeveelheden op beide bedrijven die tussen de 150 en 200 kg N per ha kunnen liggen. Op Meterik komt een substantieel deel daarbij al onder de bewortelde zone vrij. Om milieunormen te halen is echter een goede benutting van deze hoeveelheid stikstof een voorwaarde, een goede schatting op voorhand van de mineralisatie is daardoor noodzakelijk
- Bij geen aanvoer van organische stof loopt de mineralisatiesnelheid op Vredepeel relatief snel terug te lopen, op Meterik is dit niet het geval te zijn.
- De potentiële mineralisatiesnelheid wordt op Vredepeel voornamelijk beïnvloed door de directe voorvrucht, een voorspellende waarde is met deze methode weliswaar binnen handbereik maar het is vrij kostbaar en tijdrovend.



Figuur 11. Het verband tussen Nmin voorjaar (maart bemonstering) en de potentiële mineralisatie (kg NO₃/ha/dag) in de laag 0-30 cm op kernbedrijf Vredepeel.

Schatting van mineralisatie met modellen

MINIP

In het kader van het project Telen met toekomst (Tmt) heeft het Nutriënten Management Instituut (NMI) een bijdrage geleverd aan het project door middel van onderzoek naar en advies over het beheer van organische stof. Een belangrijk onderdeel van de NMI-bijdrage bestaat uit het toetsen van het model Janssen, ofwel Minip, dat de opbouw van organische stof en de N-mineralisatie voor uiteenlopende omstandigheden kan berekenen. Het model is getoetst op basis van gegevens uit de periode 2001-2003.

Daarnaast is gebruik gemaakt van gegevens van een gewasrestenstudie (Smit & Zwart, 2003).

De meest uitgebreide toetsing is uitgevoerd op basis van gegevens van Vredepeel en Meterik uit de daar aangelegde braakplotjes en waarvan naast de Nmin inhoud in de loop van het seizoen ook de potentiële mineralisatie in het voorjaar was bepaald (zie pagina 35 en verder).

Tenslotte is voor de toetsing gebruik gemaakt van de resultaten van een gewasrestenstudie, die reeds in een voorgaand Tmt-rapport zijn beschreven.

De belangrijkste bevindingen uit metingen en berekeningen van de actuele en potentiële N-mineralisatie op verschillende typen braakplotjes op Vredepeel en Meterik kunnen als volgt worden samengevat:

- Op Vredepeel werd de gemeten N-mineralisatie met berekeningen vrij goed beschreven (actuele N-mineralisatie) of onderschat (potentiële N-mineralisatie), maar kwamen de verschillen tussen de objecten met grote verschillen in organische stofbeheer bij metingen en berekeningen van zowel actuele als potentiële N-mineralisatie vrij goed overeen.
- Op Meterik werd de gemeten N-mineralisatie in objecten met een bemeste voorvrucht vrij goed beschreven (potentiële mineralisatie) of overschat (actuele mineralisatie) door berekeningen, maar werd de gemeten N-mineralisatie in meerjarige braakplotjes door berekeningen steeds onderschat. Hierdoor waren de berekende verschillen in N-mineralisatie tussen plotjes met een bemeste voorvrucht en braakplotjes vrij groot, terwijl de gemeten verschillen in de actuele en potentiële N-mineralisatie tussen plotjes met een bemeste voorvrucht en braakplotjes steeds klein waren.

Er leek sprake te zijn van een fundamenteel verschillende situatie op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik, waarbij de gemeten N-mineralisatie na forse wijzigingen in het organische stofbeheer (het braakleggen, ofwel achterwege laten van gewasresten) op Vredepeel vrij goed werd beschreven met Minip, terwijl dat op Meterik duidelijk minder het geval was.

Mogelijke oorzaken hiervoor zijn:

- Verschillen in de aard van de organische stof in de bodem op Vredepeel en Meterik waarmee in het model onvoldoende rekening wordt gehouden.
- Onnauwkeurigheden in het concept van het model, zoals het rekening houden met de veroudering van bodem organische stof.
- Een overschatting van het effect van gewasresten op de N-mineralisatie in het volgende jaar, wat vooral op Meterik het geval lijkt te zijn.
- Onnauwkeurigheden in de invoergegevens, zoals het buiten beschouwing laten van wortelresten, die kunnen hebben geleid tot over- of onderschattingen van de werkelijke C- en N-mineralisatie.

Concluderend:

- Het effect van forse veranderingen in het organische stofbeheer (braaklegging) op de N-mineralisatie werd voor één van de onderzoekslocaties (Vredepeel) vrij goed beschreven met het mineralisatiemodel Minip, maar voor een andere onderzoekslocatie (Meterik) minder goed. Op de laatstgenoemde locatie werd vrijwel geen effect vastgesteld van braaklegging op de N-mineralisatie, terwijl op basis van de modelberekening een vrij groot effect verwacht werd.
- Het is nog onduidelijk wat de oorzaak is van de gebrekkige beschrijving van de optredende N-mineralisatie door het model voor één van de locaties. Twee mogelijke verklaringen zijn:
 - Onvoldoende mogelijkheden van het model om rekening te houden met verschillen in de aard van de organische stof in de bodem. Dit kan mogelijk worden ondervangen door initialisatie van het model met resultaten van grondonderzoek gericht op fractionering van de organische stof. Hierop wordt in een volgend rapport over verfijning van het model nader ingegaan.
 - Onnauwkeurigheden in het beschrijven van het verloop van de afbraak van gewasresten en organische stof door het Minip-model. Hier bieden de aanpassingen voorgesteld door Yang (1996) mogelijkheden tot verbeteringen. Ook hierop wordt in het volgende rapport nader ingegaan.

XCLNCE

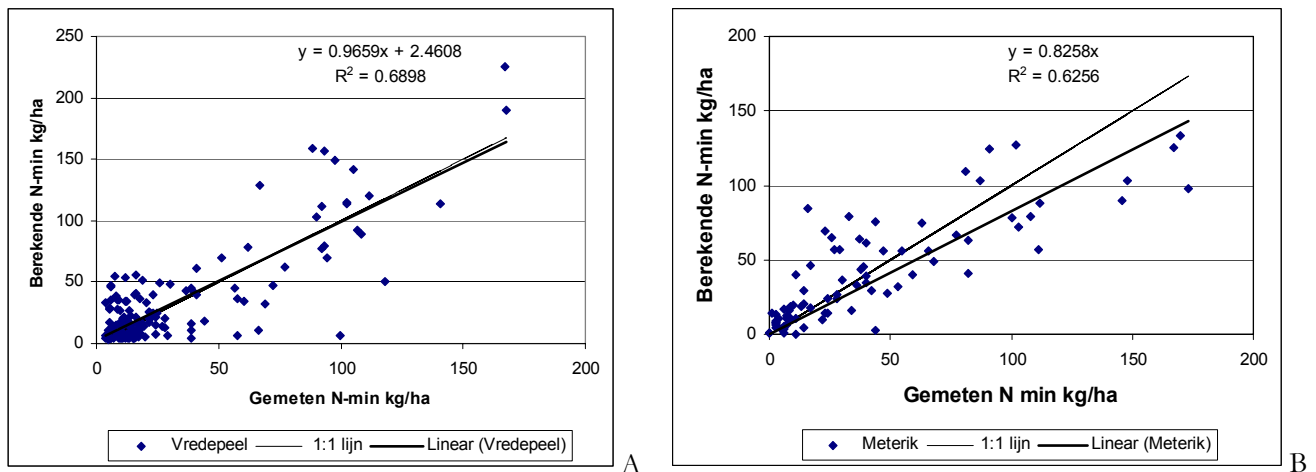
De effecten van het management op Vredepeel en Meterik is ook doorgerekend met het spreadsheet model XCLNCE (Zwart, 2002). In XCLNCE wordt de afbraak van organische stof uit de bodem en gewasresten berekend en de stikstofmineralisatie die daarvan het gevolg is. Verder worden op een vrij eenvoudige manier de stikstof-opname door het gewas, de uitspoeling van stikstof uit de bouwvoor en de denitrificatie berekend. De volgende invoer is noodzakelijk voor de berekeningen:

- het organische stofgehalte van de bodem en de grondsoort
- type gewas en poot/zaaidatum en oogstdatum
- de bemesting (aard, hoeveelheid en datum),
- het onderwerken van gewasresten (hoeveelheid en datum)
- de neerslag en de temperatuur (eventueel van een nabijgelegen weerstation)

De volgende berekeningen kunnen met XCLNCE o.a. worden uitgevoerd:

- de hoeveelheid minerale N die op elk moment van het jaar aanwezig is
- de veranderingen in organische stofgehalte in de bodem
- de hoeveelheid N die verdwijnt uit de bouwvoor door gewasopname, uitspoeling en denitrificatie
- het gehalte aan nitraat van het uitgespoelde vocht

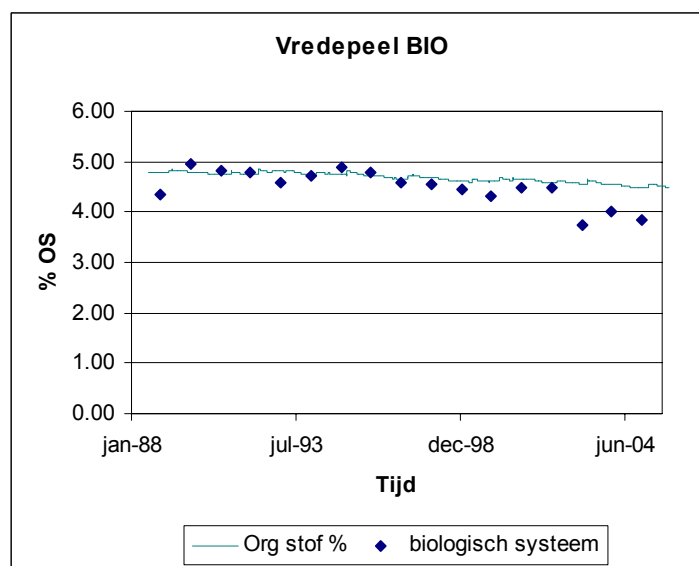
Om te controleren of de uitkomsten van de berekeningen betrouwbaar zijn wordt de berekende hoeveelheid minerale N in de bodem vergeleken met de gemeten hoeveelheid. De uitkomsten voor Vredepeel en Meterik staan in Figuur 12.



Figuur 12. Vergelijking van de berekende en gemeten hoeveelheden minerale stikstof in de bodem van Vredepeel (A) en Meterik (B).

De uitkomsten zijn redelijk tot goed, met een relatief hoog percentage verklaarde variantie. Voor Vredepeel valt de lineaire regressielijn samen met de 1:1 lijn. De verschillen tussen metingen en berekeningen worden enerzijds veroorzaakt doordat het model niet optimaal werkt en anderzijds doordat er soms ook bij de meetuitkomsten vraagtekens geplaatst kunnen worden. Soms zijn ook de metingen onverklaarbaar hoog of laag.

Ook het verloop in het gehalte aan organische stof wordt redelijk goed berekend door XCLNCE. In Figuur 13 is weergegeven hoe het % organische stof verloopt in het biologische systeem op Vredepeel samen met de berekende gehalten van XCLNCE. De trend is voor een groot gedeelte van het traject vrijwel gelijk. Alleen het eerste en de laatste drie gemeten punten wijken nogal af, maar die wijken ook nogal af van de overige gemeten waarden.



Figuur 13. Berekende gehalten aan organische stof met behulp van XCLNCE in vergelijking met de gemeten waarden op het biologische systeem van 1988-2004.

De conclusie is dat de dynamiek van de organische stof en de minerale stikstofvoorraad redelijk goed berekend kunnen worden met behulp van een relatief eenvoudig model. Het is dan ook gerechtvaardigd om de uitkomsten van de berekeningen te gebruiken voor een betere afstemming van de bemesting op de behoefte van de gewassen.

Bovendien is het daardoor gerechtvaardigd om het model te gebruiken om de effecten van mogelijke toekomstige scenario's te berekenen.

3.3.3 Denitrificatie

Het doel van de denitrificatiemetingen was om te onderzoeken welk aandeel denitrificatie in de totale stikstofbalans op deze bedrijven heeft.

Denitrificatie is het proces waarbij nitraat wordt omgezet in het onschuldige stikstofgas N_2 . Als bijproduct wordt N_2O gevormd, dat als broeikasgas wel schadelijk is. Denitrificatie treedt alleen op als aan een aantal voorwaarden wordt voldaan:

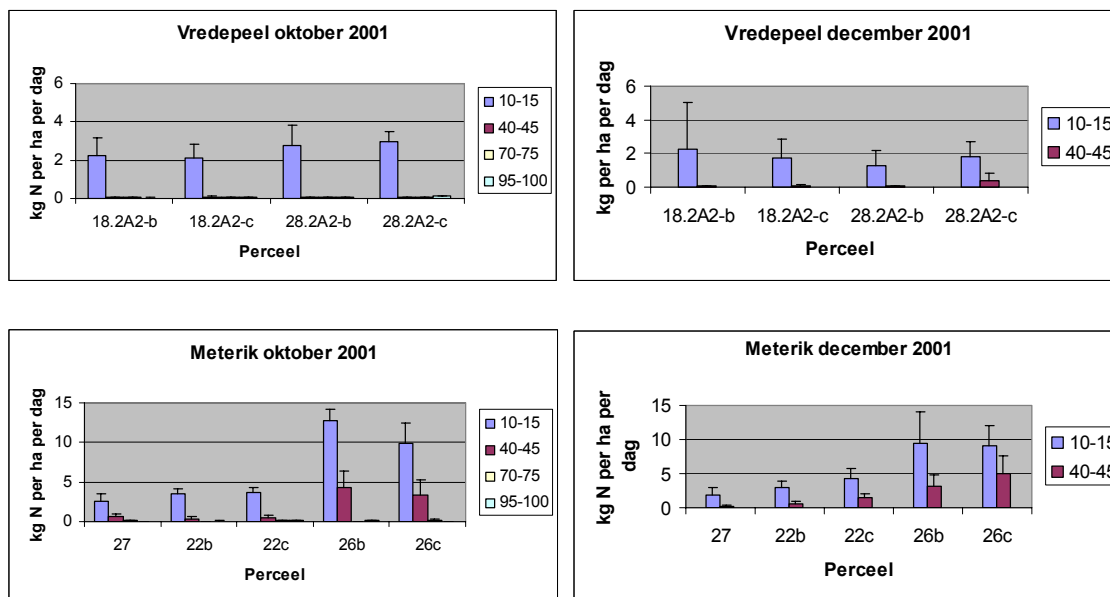
- er moet afbreekbare organische stof aanwezig zijn
- de bodem moet anaëroob zijn (zuurstofloos)
- er moet nitraat aanwezig zijn

Als gevolg van denitrificatie kan de uitspoeling van nitraat worden verlaagd en bij de berekening van de MINAS-overschotten werd aangenomen dat een aanzienlijk deel van het stikstofoverschot zou verdwijnen door denitrificatie.

Denitrificatie kan op verschillende manieren worden gemeten. Op Vredepeel en Meterik is de zogenaamde potentiële denitrificatie gemeten. Daarbij is de grond anaëroob (zuurstofloos) gemaakt, er werd overmaat nitraat toegevoegd en de meting wordt uitgevoerd bij $20^\circ C$. Het resultaat laat dan zien hoeveel nitraat er maximaal zou kunnen verdwijnen door denitrificatie. Als de potentiële denitrificatie hoog is bepalen de veldomstandigheden hoe hoog de werkelijke denitrificatie is. Als de potentiële denitrificatie laag is kan de werkelijke denitrificatie nooit hoog zijn.

De resultaten lieten het volgende zien (Figuur 14). De potentiële denitrificatie was aanzienlijk in de bouwvoor (0-30 cm), maar onder de bouwvoor was de activiteit zeer gering. Onder de meest gunstige omstandigheden zou er per dag uit de bouwvoor van Vredepeel 2-3 kg nitraatstikstof kunnen verdwijnen en op Meterik bijna 15 kg. Onder de bouwvoor daalt die hoeveelheid op Vredepeel tot enkele tientallen grammen per dag. Op Meterik kan in de laag vlak onder de bouwvoor nog een aanzienlijke denitrificatie optreden, maar daaronder is de activiteit zeer laag. Wat betekent dit nu voor meer realistische omstandigheden voor het zuurstofgehalte, het nitraatgehalte en de temperatuur? Metingen hebben laten zien dat de kans op zuurstofloosheid in de bouwvoor vrij gering is. Door de bodembewerking en de beworteling kan zuurstof goed in de bodem doordringen. Anaërobe condities komen waarschijnlijk alleen maar voor bij zeer hoge vochtgehaltes. Ook het nitraatgehalte zal meestal vrij laag zijn en ten slotte is de bodemtemperatuur meestal lager dan $20^\circ C$. Berekeningen laten zien dat onder veldomstandigheden voor temperatuur, nitraatgehalte en zuurstofgehalte in de bodem, de denitrificatie nog slechts enkele procenten bedraagt van de potentiële denitrificatie.

Concluderend: in de bouwvoor zijn de omstandigheden voor denitrificatie meestal ongunstig en onder de bouwvoor stelt denitrificatie weinig voor. Al met al lijkt het niet aannemelijk dat denitrificatie een belangrijke bijdrage in de totale stikstofbalans van deze kernbedrijven zal innemen.



Figuur 14. Potentiële denitrificatie in verschillende bodemlagen op Vredepeel en Meterik.

4. Fosfaat

4.1 Fosfaatuitspoeling

De uitspoelingsmetingen op Meterik en Vredepeel van zowel RIVM in het grondwater als Alterra in het bodemvocht laten een maximaal gehalte van P-totaal zien van <0.1 mg P/l; dit is ruim onder de norm van 0.4 mg P/l.

4.2 Fosfaatbalans

Ook voor fosfaat kan het overschot gebruikt worden als indicator voor het risico op uitspoeling. Fosfaatoverschot kan analoog aan stikstof gedefinieerd worden als het verschil tussen de aanvoer van fosfaat van diverse bronnen en de afvoer van fosfaat via de gewassen. Ook het fosfaatoverschot is op twee manieren bepaald:

- Werkelijk fosfaatoverschot waarin alle aanvoerposten zijn meegenomen (organische mest, kunstmest, depositie, uitgangsmateriaal en hulpmateriaal) en de afvoer bepaald wordt door de opbrengst maal het (gemeten) fosfaatgehalte van het gewas.
- MINAS-fosfaatoverschot waarin alleen de aanvoerposten volgens de MINAS-wetgeving worden meegenomen (organische mest en kunstmest) en de afvoer bepaald wordt door een forfaitaire waarde (85 kg/ha).

De uiteindelijke norm waar het MINAS-fosfaatoverschot aan moet voldoen is 20 kg/ha. Deze norm wordt niet gehanteerd voor het werkelijk overschot in het onderzoek op Vredepeel en Meterik omdat de Pw-getallen hoger zijn dan de streefwaarde. Daarom wordt gestreefd naar afbouw van het Pw-getal door een aanvoer die maximaal gelijk is aan de afvoer. Op Meterik wordt door de hoge Pw-getallen in de synthesesystemen gestreefd naar een fosfaataanvoer van maximaal de helft van de afvoer. Dit wordt ook nagestreefd op Vredepeel in het Analyse-1 systeem. In het Analyse-2 systeem op Vredepeel en in de analysesystemen op Meterik wordt gestreefd naar een minimale aanvoer van fosfaat. Alleen wanneer nodig wordt een kleine startgift gegeven.

In Tabel 18 staan de gerealiseerde fosfaatoverschotten. Het blijkt dat alle systemen in alle jaren een negatief fosfaatoverschot volgens MINAS hebben. De aanvoer is dus in alle gevallen lager dan 65 kg/ha, op het preibedrijf en het aardbeibedrijf op Meterik is de aanvoer volgens MINAS zelfs 0 kg/ha. Hiermee voldoen de systemen dus ruim aan de MINAS-norm voor fosfaatoverschot.

Tabel 18. Fosfaatoverschotten systemen van kernbedrijven Vredepeel en Meterik. Norm werkelijke overschot <0 kg/ha, norm MINAS-fosfaatoverschot 2003 20 kg/ha.

Systeem	Fosfaataanvoer			Fosfaatafvoer			Werkelijke fosfaatoverschot			Fosfaatoverschot volgens MINAS		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
Vredepeel												
Synthese	65	59	61	52	52	52	13	7	9	-3	-9	-7
Analyse-1	39	34	47	52	50	45	-13	-16	2	-29	-36	-21
Analyse-2	14	13	18	52	47	67	-38	-34	-49	-54	-58	-50
Meterik												
Bladgewassenbedrijf synthese	5	10	12	41	48	78	-7	5	-47	-62	-57	-55
Bladgewassenbedrijf analyse	2	2	2	48	61	87	-46	-59	-85	-65	-65	-65
Preibedrijf	2	2	2	89	75	80	-87	-73	-78	-65	-65	-65
Aardbeibedrijf	10	10	10	16	32	34	-6	-22	-24	-65	-65	-65

De werkelijke overschotten zijn echter beduidend hoger behalve bij het preibedrijf. Daar is de afvoer groter dan de norm van 85 kg/ha. In het Synthesesysteem op Vredepeel is de aanvoer groter dan 0 omdat de opbrengsten iets achter blijven bij de verwachtingen waarmee gerekend is in het bemestingsplan.

Het verschil tussen de werkelijke en MINAS-overschotten wordt met name veroorzaakt door de hoge forfaitaire afvoer in MINAS. Bij fosfaat zijn de resterende aanvoerposten maar klein, behalve eventueel gebruik van hulpmateriaal zoals stro op het aardbeibedrijf te Meterik. De systemen op Vredepeel hebben allen een afvoer rond de 50 kg/ha. De systemen op Meterik hebben een sterk verschillende afvoer: het bladgewassenbedrijf heeft een afvoer iets lager dan 40 kg/ha (exclusief afvoer gewasresten). Het preibedrijf rond de 80 kg/ha en het aardbeibedrijf rond de 20 kg/ha. Op het aardbeibedrijf komt een groot deel van de afvoer voor rekening van de peen.

Ook voor fosfaat gaan gebruiksnormen gelden. De maximale aanvoer op bouwland wordt afgebouwd van 115 kg/ha in 2005 (waarvan maximaal 85 kg/ha uit dierlijke mest) naar 60 kg/ha in 2015. Er wordt vanuit gegaan dat dan evenwichtsbemesting bereikt is. De systemen voldoen nu al aan de norm van 2015 (Tabel 19) met de kanttekening dat dit met name komt door de gevolgde strategie van Pw afbouwen waardoor de aanvoer niet groter is dan de afvoer. De gebruiksnorm van 60 kg fosfaat/ha zou echter ook voldoende zijn om de afvoer te compenseren behalve op het preibedrijf. In de andere systemen is er een klein overschot van 5-25 kg/ha. Met dit kleine overschot is het de vraag of de Pw in alle gevallen op termijn op peil gehouden kan worden. Wanneer gewasresten worden afgevoerd wordt de afvoer hoger dan 60 kg/ha. Wanneer deze maatregel nodig is om aan de uitspoelingsnormen voor stikstof te voldoen zouden de gewasresten na compostering teruggebracht moeten worden of zou er meer ruimte voor aanvoer van fosfaat moeten komen om evenwichtsbemesting met een onvermijdbaar verlies mogelijk te maken.

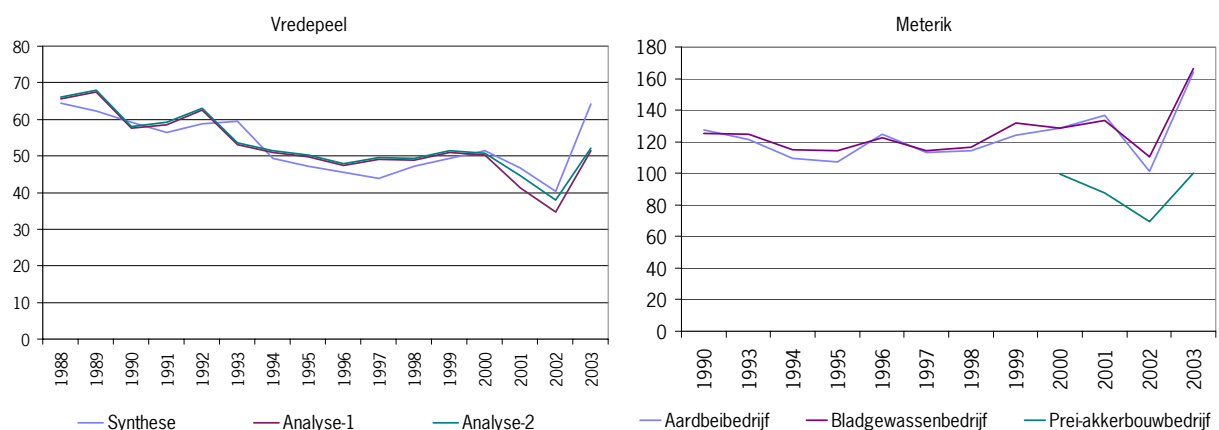
Tabel 19. Fosfaataanvoer volgens regels gebruiksnormen voor 2003. Beoogde uiteindelijke norm 2015 is 60 kg/ha.

Systeem	Fosfaataanvoer in 2003 volgens gebruiksnormen	Fosfaatafvoer in 2003	
		Zonder afvoer gewasresten	Met afvoer gewasresten
Vredepeel			
Synthese	58	52	
Analyse-1	44	45	
Analyse-2	15	47	67
Meterik			
Bladgewassenbedrijf synthese	10	47	78
Bladgewassenbedrijf analyse	0	55	87
Preibedrijf	0	53	80
Aardbeibedrijf	0	34	

4.3 Pw-verloop

Gezien de hoge fosfaatvoorraden op Meterik en Vredepeel was de lage fosfaatuitspoeling (paragraaf 4.1) enigszins verassend (Figuur 15). De Pw gaf in de loop van de projectjaren een daling te zien behalve in 2003. De metingen in 2003 zijn waarschijnlijk zo hoog door de zeer warme zomer (pers med. P. Ehlert). Metingen in 2004 op Vredepeel liggen meer in de trend van de voorgaande jaren. In de jaren voorafgaand aan Telen met toekomst was de Pw op Meterik en Vredepeel vrij stabiel. Op Meterik is de fosfaataanvoer ook voor Telen met toekomst laag geweest. Tot 1994 was de Pw op Vredepeel dalend door evenwichtsbemesting. Vanaf 1994 tot 2000 is een fosfaatoverschot van rond de 20 kg/ha beoogd.

De daling in Pw gedurende de projectjaren was beoogd. In alle systemen was voorzien in een aanvoer van fosfaat die gelijk (Synthesysteem Vredepeel) of lager was dan de onttrekking (overige systemen, zie paragraaf 4.2). Op Vredepeel was opvallend dat de Pw van het Analyse-1 systeem harder is gedaald van die van het Analyse-2 systeem terwijl het fosfaatoverschot van het Analyse-1 systeem hoger is dan van het Analyse-2 systeem.



Figuur 15. Pw verloop Vredepeel 1988-2003 en Meterik 1990-2003, metingen 2003 zijn waarschijnlijk zo hoog door de zeer warme zomer. Percelen zijn voor 2001 in een ander verband beheerd dan de genoemde bedrijfssystemen.

4.4 Verklaring van hoogte van fosfaatsuitleping

Om de uitkomsten van een lage uitleping en een hoge fosfaattoestand te verklaren is vrij gedetailleerd onderzoek uitgevoerd naar bodemkarakteristieken en bodemprocessen voor fosfaat van enkele percelen van de kernbedrijven Meterik en Vredepeel. Onderzocht werd waar het fosfaat in de bodem zit, hoe het fosfaatprofiel in de bodem eruit ziet, hoe groot de kans is op fosfaatsuitleping, of er risico is op het doorslaan van de bodem als gevolg van de opgelegde bemestingsstrategieën. Ter beantwoording van deze vragen is in het najaar van 2002 op beide kernbedrijven een gedetailleerde bemonstering van het bodemprofiel in lagen van 0-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-80, 80-90 en 90-100 cm en van de laag 0-100 cm uitgevoerd. Daarnaast is bodemvocht bemonsterd met kunstwortels. De grondmonsters zijn onderzocht op totaal fosfaat (totaal-P), organisch gebonden fosfaat (organisch-P), fosfaatverzuigingsgraad (P-ox, Fe-ox en Al-ox), Pw-getal en fosfaat extraheerbaar met water bij een schudverhouding van 1:2 (P1:2). Grondmonsters van de bodemlagen 0-30, 50-60 en 70-80 cm zijn tevens gebruikt voor het vaststellen van de adsorptie-isotherm en fosfaat extraheerbaar met een ijzerhydroxide geïmpregneerd filterpapier (Pi-getal). De bodemvochtmonsters zijn onderzocht op totaal-P, anorganisch-P en opgelost organische stof (TOC).

In de bouwvoor 0-30 cm van Meterik komt 3,2 ton P ha⁻¹ voor, in de laag 30-100 cm 4,1 ton P ha⁻¹. Op Vredepeel is in de bouwvoor 0,6 ton P ha⁻¹ aanwezig en in de laag 30-100 cm 1,3 ton P ha⁻¹. Op beide locaties neemt het gehalte aan totaal-P en water extraheerbare vormen van fosfaat (Pw-getal en P1:2) af met de diepte. Fosfaat is op Meterik tot de laag 50-60 cm doorgedrongen; bij Vredepeel tot circa 40-50 cm. Er is geen sprake van een blokfront indien de fosfaattoestand bepaald wordt met een destructieve methode van grondonderzoek. Indien de fosfaattoestand bepaald wordt met een extractie met water (Pw-getal, P1:2) is er wel sprake van een blokfront. Van het totaal-P komt in de laag 0-30 cm bij Meterik 34% in organische vorm voor, bij Vredepeel 40%. Het organisch-P gehalte neemt op beide locaties af met de diepte tot circa 50 cm diepte maar het aandeel organisch-P ten opzichte van totaal-P neemt toe. Bij Meterik neemt het organisch-P gehalte tot in de laag 50-70 cm toe en daarna weer af. Dit wijst op een vergraven profiel. De ondergrond van Vredepeel vertoont een continue afname van organisch-P met de diepte.

De bouwvoor 0-30 cm van Meterik heeft een fosfaatverzuigingsgraad (FVG) van 127%, terwijl de laag 0-30 cm van Vredepeel een FVG heeft van 50%. De FVG daalt met toenemende diepte. De FVG van de bodemlaag 0-100 cm is in Meterik 56%, voor Vredepeel is de FVG 25%. Op Meterik is niet bemonsterd tot de GHG waardoor geen uitspraak kan worden gedaan of de bodem fosfaatverzuigd is; Vredepeel is echter fosfaatverzuigd.

Het Pw-getal van de bouwvoor van het onderzochte perceel van Meterik is 116 mg P₂O₅ l⁻¹; van Vredepeel 31 mg P₂O₅ l⁻¹. De fosfaattoestand op beide locaties zal tot laag of zeer laag (Pw-getal 11 - 20 mg P₂O₅ l⁻¹) moeten dalen om het fosfaatgehalte in het bodemvocht niet hoger te doen zijn dan 0,05 mg totaal-P l⁻¹ (aangescherpte waterkwaliteitsnorm) of 0,15 mg totaal-P l⁻¹ (streefwaarde stagnant zoet oppervlaktewater). Bij een voldoende tot ruim voldoende fosfaattoestand van de bouwvoor (21-30 mg P₂O₅ l⁻¹) wordt de grenswaarde voor het grondwater van dekzand (0,4 mg totaal-P l⁻¹) nog niet overschreden.

De berekende fosfaatsuitleping in het uitlepingsgevoelige seizoen uit de bouwvoor 0-30 cm en de laag 50-60 cm van Meterik is respectievelijk gemiddeld 22,8 en 1,6 kg P ha⁻¹ jaar⁻¹; bij Vredepeel spoelt uit de laag 0-30 cm 1,5 kg P ha⁻¹ jaar⁻¹ uit. Op Meterik vindt uit de lagen 0-30 en 50-60 cm dus normoverschrijdende uitleping plaats, bij Vredepeel is dat de laag 0-30 cm.

Om aan een criterium van hooguit 25% fosfaatverzuiging te kunnen voldoen dient 4 ton P per ha bij Meterik afgevoerd te worden. Bij Vredepeel dient circa 650 kg P ha⁻¹ afgevoerd kunnen worden om aan dit criterium te kunnen voldoen. Indien de aangescherpte norm voor de waterkwaliteit wordt toegepast, dan kan in de bodemlaag 0-100 cm van Meterik geen fosfaat meer worden opgeslagen, bij Vredepeel kan nog 124 kg P ha⁻¹ worden opgeslagen in de bodemlaag 50-100 cm. Bij beide locaties bestaat er dus op termijn een reëel gevaar op het doorslaan van de bodemfilters, uitgaande van de meest stringente waterkwaliteitsnorm voor P.

Op Meterik dient uitsluitend fosfaat te worden afgevoerd. Zelfs dan blijft er risico op te hoge fosfaatuitspoeling. In de situatie van Vredepeel moet een netto fosfaatoverschot van 0 kg P_2O_5 ha^{-1} jaar^{-1} worden bereikt. Hogere overschotten zullen op termijn leiden tot te hoge uitspoeling.

Op Meterik komt in de laag 0-30 cm bij een berekende mineralisatie van 120 kg N ha^{-1} jaar^{-1} 22 kg P ha^{-1} jaar^{-1} (49 kg P_2O_5 ha^{-1} jaar^{-1}) vrij; op Vredepeel komt 9,9 kg P ha^{-1} jaar^{-1} vrij. Mineralisatie is één oorzaak waardoor de fosfaat-toestand op Meterik constant blijft. De bijdrage van de mineralisatie is echter te laag om de bodembalans van fosfaat van de laag 0-30 cm op peil te houden (netto geen wijziging). Waarschijnlijk is de voorraad aan reversibel gebonden fosfaat onderschat.

5. Effect op andere thema's

De opzet van de bedrijfssystemen en de gekozen maatregelen zijn met name gericht op het beperken van risico op uitspoeling van stikstof en fosfaat. De vraag is in hoeverre deze aanpak invloed heeft op andere thema's als kwaliteitsproductie, economie en gewasbescherming. Deze vraag wordt in de onderstaande paragrafen behandeld.

5.1 Kwaliteitsproductie

De kwaliteit en kwantiteit van de productie wordt relatief uitgedrukt ten opzichte van streefopbrengsten en streefkwaliteiten die voor elk gewas zijn vastgesteld op basis van wat in de regio als goede opbrengsten en kwaliteiten worden beschouwd. Dit is niet gelijk aan de gemiddelde praktijk, normaler wijs haalt de gemiddelde praktijk 80 tot 90% van de streefopbrengst en -kwaliteit. Op systeemniveau worden deze relatieve waarden gemiddeld om tot een systeemspecifieke waarde te komen.

De behaalde waarden voor kwaliteit en kwantiteit staan vermeld in Tabel 20. Op Vredepeel is de kwaliteit en de kwantiteit relatief stabiel en goed ten opzichte van de praktijk. De verschillen tussen de systemen zijn klein. Er zijn geen duidelijke aanwijzingen dat de gehanteerde bemestingsstrategieën in de analysesystemen van grote invloed zijn geweest op de opbrengsten en kwaliteit.

Op Meterik is het beeld wisselend. Het preibedrijf en het aardbeibedrijf scoren erg goed wat betreft kwaliteit en kwantiteit. Voor het aardbeibedrijf was dit ook noodzaak vanwege het dure teeltsysteem met fertigatie en afdekking van de grond met plastic. Hier moet een meeropbrengst gerealiseerd worden ten opzichte van de praktijk om een concurrerend teeltsysteem te hebben. Op het bladgewassenbedrijf zijn de behaalde scores het laagste. Dit komt vooral door problemen met ziekten en plagen in de Chinese kool (koolvlieg, *Alternaria*) en sla (luis, schot, bolrot). Hierdoor zijn een aantal teelten niet geoogst of was de kwaliteit van het geoogste product te laag. De bemesting heeft hier ook weinig zichtbare invloed gehad op kwaliteit en kwantiteit. Wel wordt geconstateerd dat in de IJssla de kroppen beperkt van omvang waren ondanks dat ze wel het gewenste gewicht haalden. De risico's voor inwendig rand en scheuren van de bol op het einde van de teelt worden hierdoor groter en er kan versnelde slijtage optreden met ernstig kwaliteitsverlies tot gevolg.

Tabel 20. Gemiddelde kwaliteitsproductie per systeem: kwantiteit en kwaliteit.

Systeem	Kwantiteit			Kwaliteit		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003
Vredepeel						
Synthese	0,89	0,88	0,84	0,90	0,82	0,99
Analyse-1	0,94	0,90	0,86	0,94	0,78	0,96
Analyse-2	0,95	0,86	0,86	0,92	0,99	0,93
Meterik						
Bladgewassenbedrijf synthese	0,70	0,90	0,68	0,78	0,89	0,67
Preibedrijf	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80
Aardbeibedrijf	0,92	1,00	1,00	0,97	0,99	0,97

5.2 Economie

5.2.1 Vredepeel

Voor Vredepeel is een kleine economische evaluatie uitgevoerd. In deze evaluatie is vrijwel alleen gekeken naar de kosten van bemesting. Zoals hierboven ook vermeld wordt er vanuit gegaan dat de opbrengsten niet of nauwelijks zijn beïnvloed door de bemestingsstrategie, ook wordt er vanuit gegaan dat de andere kosten gelijk zijn. Wel is gecorrigeerd voor de netto opbrengsten van de stamslaboon omdat die in Analyse-2 niet geteeld wordt.

In Tabel 21 wordt het verschil in bemestingskosten vermeld tussen de twee analysesystemen en het synthesesysteem. De kosten zijn opgedeeld in drie categorieën: meststoffen, toedieningstechnieken en vruchtwisseling en na oogst maatregelen. Van de meststoffen en kunstmeststoffen zijn alleen de kosten voor stikstof, fosfaat en kali meegenomen. In het Analyse-1 systeem wordt bespaard op de kosten voor meststoffen door het gebruik van de bewerkte varkensdrijfmest. Extra kosten in toediening van de dierlijke mest in de rij bij maïs worden gecompenseerd door lagere stikstofbemestingskosten. Door het gebruik van groenbemesters na de vroege aardappels is het totale verschil met het synthesesysteem klein. In 2001 waren de kosten nog wel groot door het niet telen van de stamslaboon, het inwerken van stro en de Tagetes groenbemester.

In het Analyse-2 systeem zijn de totale bemestingskosten beduidend hoger dan in synthese. Het gemiddelde van € 91/ha aan extra kosten voor meststoffen en € 22/ha voor toedieningstechnieken worden vooral veroorzaakt door het niet gebruiken van dierlijke mest. Daarnaast zijn kosten voor rijentoediening in maïs en gebruik van Urean als bijbemesting in aardappels verantwoordelijk voor de hogere kosten. Verreweg het grootste deel van de kosten zit echter in de na oogst maatregelen en de wijziging van de vruchtwisseling. De opbrengsten van de stamslaboon waren wisselvallig maar gemiddeld kostte het niet telen van de stamslaboon € 43/ha. Groenbemesters waren in de laatste jaren verantwoordelijk voor € 50/ha aan kosten. Samen met stro inwerken resulteert dit gemiddeld in ruim € 130/ha aan extra kosten. Daar komen dan nog eens € 75/ha aan afvoeren van gewasresten van suikerbiet en bladrammenas van het veld bij. Dit zijn overigens alleen de kosten voor het afvoeren van groenbemesters en gewasresten van het veld naar het erf. Kosten voor verdere verwerking of transport van de zijn hier nog niet meegenomen.

Tabel 21. *Verskil in kosten van bemesting in € per hectare tussen Synthese en de twee Analysesystemen te Vredepeel per ha. Weergegeven zijn het verschil in kosten tussen Analyse-1 en Synthese en Analyse-2 en Synthese voor de 3 onderzoeksjaren.*

	Analyse-1			Analyse-2		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003
<i>Meststoffen</i>						
Organische mest	-15	1	-15	10	25	0
Kunstmest stikstof	-19	-3	-13	40	61	15
Kunstmest fosfaat	0	4	4	0	4	37
Kunstmest kali	3	5	3	33	41	7
Totaal meststoffen	-31	7	-21	83	131	59
<i>Toediening</i>						
Organische mest	0	5	5	0	0	0
Kunstmest stikstof	-1	-9	-7	17	5	12
Kunstmest fosfaat	0	2	2	0	2	4
Kunstmest kali	2	2	0	11	7	9
Totaal toediening	1	1	0	27	14	24
<i>Vruchtwisseling & na oogst maatregelen</i>						
Stro inwerken	31	0	0	31	31	31
Zomergerst/bladrammenas groenbemester	0	15	15	35	50	50
Tagetes groenbemester	40	0	0	40	0	0
Geen teelt stamslaboon	9	-1	-7	9	46	76
Gewasresten- en groenbemesterafvoer	0	0	0	0	0	75
Totaal vruchtwisseling & na oogst maatregelen	80	15	8	115	127	231
Totaal	50	23	-13	226	272	314

5.2.2 Meterik

Bladgewassenbedrijf

Er is een kleine economische evaluatie uitgevoerd over het verschil in kosten van de stikstofbemesting en na oogst maatregelen tussen het synthese- en analysesysteem van het bladgewassenbedrijf. De kosten van de stikstofbemesting en na oogst maatregelen in het analysesysteem komen fors hoger uit dan in het synthesesysteem, gemiddeld meer dan € 600 per ha (Tabel 22).

Het verschil in kosten wordt vooral veroorzaakt door de kosten van de fertigatie in de prei in het analysesysteem.

Aanleg kost ongeveer € 1600 per ha en daarnaast zijn de kosten van de meststoffen om mee te fertigeren ook hoger.

Op systeemniveau wordt dus ruim € 400 per ha hierdoor veroorzaakt.

Daarnaast zijn de kosten hoger door een groter gebruik van groenbemesters en het afvoeren van gewasresten. In het analysesysteem worden maximaal groenbemesters ingezet terwijl in het synthesesysteem alleen wordt gedaan wanneer er geen risico is op vermeerdering van aaltjes.

Afvoeren van gewasresten is in het analysesysteem in 2001 en 2002 uitgevoerd bij de herfstteelten van ijslla en Chinese kool, dit kost per keer ongeveer € 250 per ha. In 2003 zijn daarnaast ook bij de Chinese kool zomer de gewasresten afgevoerd. Ook zijn in 2003 in het synthesesysteem de gewasresten van de herfstteelten ijslla en Chinese kool afgevoerd. Daarom is in dat jaar het verschil in kosten tussen synthese en analyse lager.

In de systemen zijn ook verschillende meststoffen gebruikt. Het verschil in kosten is over het algemeen relatief klein. De kosten in het synthesesysteem zijn mede lager door gebruik van dierlijke mest en door een groter gebruik van duurdere meststoffen in het analysesysteem (kalksalpeter, Entec, Cultan).

Tabel 22. *Verskil in kosten van stikstofbemesting en na oogst maatregelen tussen het synthese- en analysesysteem van het blad-gewassenbedrijf in Meterik in €/ha per onderdeel. Een negatief bedrag betekent hogere kosten voor het analysesysteem.*

	2001	2002	2003
Kosten stikstofbemesting en na oogst maatregelen synthese	230	239	318
Meststoffen	-82	-9	-32
Toediening	-416	-392	-397
Groenbemester	-40	-30	-30
Afvoer gewasresten	-182	-182	-61
Totaal	-720	-613	-519

Preibedrijf

Er is een kleine economische evaluatie uitgevoerd van de kosten van de verschillende toegepaste stikstofbemestingsstrategieën in de herfstprei en laat winter prei (laat winterprei fertigatie uit bladgewassensysteem). Drie strategieën zijn vergeleken: aangepast NBS, Cropscan en fertigatie (Tabel 23). Hieruit blijkt dat fertigatie in vergelijking erg duur is. Aanleg van het systeem kost € 1600 per ha met daarnaast kosten voor de meststoffen die over het algemeen hoger liggen dan anders. Fertigatie zou betaalbaar zijn wanneer de opbrengsten met fertigatie hoger zouden zijn. Dit is niet het geval, opbrengsten zijn vergelijkbaar en de kwaliteit is zelfs lager.

Ook de Cropscanstrategie is duurder dan NBS al zijn de verschillen veel kleiner. Dit komt enerzijds door de duurdere bepaling van het bijmestadvies (Cropscan € 45, NBS € 30 per meting) en anderzijds omdat met de Cropscanstrategie in vrijwel alle gevallen meer bemest wordt dan met de NBS-strategie.

Tabel 23. *Kosten van verschillende stikstofbemestingsstrategieën van herfstprei.*

	Laat herfst			Laat winter		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003
NBS	419	318	227	280	283	275
Cropscan	-	536	360	-	342	422
Fertigatie	1906	1850	1787	1896	1767	1818

5.3 Gewasbescherming

5.3.1 Invloed van gewasbescherming op bemesting en uitspoeling

De invloed van gewasbescherming op de bemesting kan soms erg groot zijn. Zo is het op het aardbeibedrijf noodzakelijk bij de keus voor grondafdekking met folie fertigatie te gebruiken omdat anders de stikstof niet meer in de bodem kan komen. Ook is het risico van aaltjesvermeerdering een reden om op Vredepeel geen winterharde groenbemesters te telen. Hierdoor wordt het risico op uitspoeling vergroot. Over het algemeen was de invloed van gewasbescherming op bemesting en andersom in de uitvoering beperkt. Twee incidenten waren: door de teelt van Tagetes in 2001 op Vredepeel is de populatie *Trichodorida* zo danig toegenomen dat de aardappels in de analysesystemen in 2002 daar schade van ondervonden. De opbrengst van de aardappel in de analysesystemen was in 2002 17% lager

dan in het synthesesysteem. Ook de opname van stikstof was navenant lager. Het risico op schade door trichodoriden bleek overigens niet uit de voorafgaande aaltjesbemonsteringen in het voorjaar van 2001 en 2002.

In Meterik werd een van de teelten van Chinese kool in 2002 niet geoogst door aantasting door koolvlieg.

Vervolgens werden erg hoge concentraties stikstof in het bodemvocht gemeten.

5.3.2 Resultaten van de gewasbescherming

In de evaluatie van de gewasbescherming is met name gekeken naar het risico van emissie van gewasbeschermingsmiddelen en het risico op schade aan organismen. Hiervoor is de BRI-MBP methode gebruikt (Wijnands *et al.*, 2003). Van de gebruikte gewasbeschermingsmiddelen is het risico van emissie naar de lucht, grondwater en bodem (BRI) berekend en het risico voor schade aan bodemleven en waterleven (MBP).

In Tabel 24 staan de resultaten van het Synthesesysteem van Vredepeel. Omdat de aanpak in gewasbescherming niet verschilde van de andere Systemen zijn de resultaten vrijwel gelijk. De emissiemaatstaven worden alle drie in alle jaren gehaald. Alleen het insecticide Pirimor heeft een hoog risico voor schade aan het bodemleven (MBP-bodemleven). Het risico voor schade aan waterleven (MBP-waterleven) is nog te groot al zijn er geen grote overschrijdingen meer (percentage toepassingen met minder dan 100 punten is 100%). De overschrijdingen in MBP-waterleven worden met name veroorzaakt door de insecticiden Pirimor en Decis en het onkruidbestrijdingsmiddel Dosanex in peen. Oplossingen voor deze knelpunten zijn niet direct voorhanden.

Tabel 24. Resultaten op bedrijfsniveau voor emissie, schade en gebruik van pesticiden voor het Synthesesysteem op kernbedrijf Vredepeel. In vet de waarden die nog niet aan de streefwaarde voldoen.

Maatstaf	Streefwaarde	Eenheid	2001	2002	2003
BRI-lucht	<0,70	kg ha ⁻¹	0,30	0,47	0,33
MBP-waterleven	100%	% toep. <10 p.	78%	84%	66%
	100%	% toep. <100 p.	99%	100%	100%
BRI-grondwater	<0,50	ppb	0,35	0,16	0,27
BRI-bodem	<200	kg dagen ha ⁻¹	134	207	148
MBP-bodemleven	100%	% toep. <100 p.	96%	96%	95%
Actieve stofgebruik	<2,6	kg ha ⁻¹	2,1	3,6	2,4

In Tabel 25 staan de resultaten van de systemen in Meterik. Ook hier wordt voldaan aan de streefwaarden voor emissie naar lucht en grondwater (BRI-lucht en BRI-grondwater). Emissie naar bodem (BRI-bodem) is nog een probleem, met name op het preibedrijf en het aardbeibedrijf door de schimmelbestrijding in prei en aardbei. Wat betreft emissie scoort Meterik beduidend slechter dan Vredepeel. Emissie naar waterleven (MBP-waterleven) is hoog door de insecticiden. Alternatieven ontbreken nog. Overigens hebben de bedrijven op Meterik geen sloten maar wordt voor vergelijkbare systemen op lager gelegen gronden wel deze maatstaf berekend. Hierbij wordt gerekend met een standaard teeltvrije zone van 1,5 m. Dit is lager dan de 3 m teeltvrije zone op Vredepeel waardoor meer risico bestaat voor schade aan het waterleven. Risico op schade aan bodemleven (MBP-bodemleven) is in 2003 vrijwel opgelost. Overschrijdingen worden nog veroorzaakt door de insecticiden Pirimor en Acarstin en de fungicide Horizon. Ook hier zijn goede alternatieven schaars.

Tabel 25. Resultaten op bedrijfsniveau voor emissie, schade en gebruik van pesticiden voor de systemen op kernbedrijf Meterik.

Maatstaf	Streef- waarde	Eenheid	Bladgewassenbedrijf			Preibedrijf			Aardbeibedrijf		
			2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
BRI-lucht	0,70	kg ha ⁻¹	0,38	0,27	0,32	0,41	0,26	0,50	0,40	0,20	0,29
MBP-waterleven	100%	% toep. <10 p.	50%	49%	78%	50%	41%	45%	36%	23%	27%
	100%	% toep. <100 p.	55%	57%	79%	85%	88%	64%	79%	97%	93%
BRI-grondwater	0,50	ppb	0,07	0,08	0,05	0,82	0,26	0,14	0,13	0,17	0,06
BRI-bodem	200	kg dagen ha ⁻¹	188	382	168	401	836	454	257	246	281
MBP-bodemleven	100%	% toep. <100 p.	88%	76%	99%	83%	82%	100%	91%	95%	95%
Actieve stofgebruik	ALARA	kg ha ⁻¹	2,8	6,7	7,4	3,9	5,5	4,7	5,1	5,2	5,3

6. Discussie en conclusies

6.1 Discussie

6.1.1 Is de stikstofuitspoelingsnorm haalbaar?

Om de norm van 50 mg nitraat/l niet te overschrijden mag op zandgronden het stikstofverlies maximaal ongeveer 45-50 kg N/ha zijn (norm * neerslagoverschot). Op deze regel is ook de norm voor N-min najaar gebaseerd, ervan uitgaande dat in de zomerperiode geen uitspoeling optreedt.

Uit de meetresultaten blijkt dat deze hoeveelheid verlies snel bereikt is. Alleen het Analyse-2 systeem op Vredepeel voldoet aan de nitraatnorm door verregaande maatregelen te nemen zoals geen gebruik van organische mest, scherp bemesten, maximaal telen van groenbemesters en gewasresten afvoeren. De kosten van een systeem met deze maatregelen (Analyse-2) ligt tussen de € 200 en € 300 per ha hoger dan van een systeem volgens de huidige praktijk (Synthese).

Op Meterik voldoet geen van de systemen aan de norm ondanks de vergelijkbare verregaande maatregelen die genomen zijn. Een deel van de verklaring ligt mogelijk in de lagere efficiëntie van de geteelde groentegewassen op Meterik in vergelijking met de akkerbouwgewassen op Vredepeel. Waarschijnlijk echter wordt het grootste deel van het verschil verklaard door de eigenschappen van de grond. De zwarte teelt laag op Meterik is erg diep (70 cm) door eeuwenlang gebruik als tuinbouwgrond met hoge aanvoeren van organische stof. Deze grond heeft dan ook tot die diepte nog een relatief hoge mineralisatie. Stikstofvoorraden in braakveldjes op Meterik kunnen oplopen tot 250 kg/ha in de laag 0-90 cm. Op Vredepeel liepen de stikstofvoorraden op tot maximaal 150 kg/ha. Uit N-min metingen en potentiële mineralisatiemetingen bleek dat meerjarige braakveldjes de mineralisatie op Meterik ook nog nauwelijks was teruggelopen. Op Vredepeel was de potentiële mineralisatie van de 3^e jaars braakvelden met 30-50% teruggelopen in vergelijking met eerste jaars braakvelden en was ook de maximale N-min voorraad in het braakveld ongeveer 30% lager. Ook is de mineralisatie in de laag 30-60 cm veel lager dan in de bouwvoor. Om een maximaal verlies van 40-50 kg/ha te realiseren moeten de gewassen dus 60-80% van de gemineraliseerde stikstof opnemen. Dit lijkt vooral in Meterik onmogelijk door enerzijds de grote hoeveelheid stikstof die mineraliseert en anderzijds de grote diepte tot waar dat plaats vindt. Ook is de beworteling van de meeste gewassen op Vredepeel en Meterik onder de 50 cm zeer beperkt en vindt een deel van de mineralisatie plaats buiten de gewasgroeiperiode. Deze mineralisatie kan slechts deels door vanggewassen worden opgenomen omdat vanggewassen gezaaid na half september maar een beperkte hoeveelheid stikstof nog kunnen opnemen. Daarnaast zullen gewassen gemineraliseerde stikstof van in het najaar en in de winter ingewerkte vanggewassen ook maar gedeeltelijk kunnen benutten.

De verwachting is dat op Meterik op korte termijn de nitraatnorm niet gehaald zal worden, zelfs als in de een aantal jaren geen stikstof aangevoerd wordt en wel gewassen geteeld worden. Extra maatregelen als een verdere aanscherping van de bemesting, aanpassing van de vruchtwisseling met grotere inzet van groenbemesters, afvoer van gewasresten bieden onvoldoende om aan de norm te voldoen. Te ver doorgevoerde suboptimale bemesting kan ook een negatief effect hebben omdat het gewas zich dan onvoldoende kan ontwikkelen om de beschikbare stikstof efficiënt op te nemen. Opvang en hergebruik of zuivering van het uitgespoelde water zou dan nog de enige oplossing zijn ware het niet dat de grondwaterstand op Meterik op 3 m beneden maaiveld ligt. Voor bedrijven met een hogere grondwaterstand is dit dan de enige uitweg, al is daar de nitraatconcentratie in het grondwater waarschijnlijk ook lager. Op Meterik loopt met de negatieve stikstofbalans wel de stikstofvoorraad op het bladgewassenbedrijf en het preibedrijf (langzaam) terug.

Als de RIVM-metingen van Vredepeel en Meterik vergeleken worden met de praktijkbedrijven uit dezelfde regio in Telen met toekomst blijkt dat de kernbedrijven iets onder het gemiddelde scoren. Hieruit blijkt dat de praktijkbedrijven dus waarschijnlijk nog meer moeite zullen hebben om aan de nitraatnorm te voldoen.

6.1.2 Effectieve Maatregelen

Ondanks de negatieve conclusie over het halen van de uitspoelingsnormen voor stikstof op Meterik zijn er wel een aantal maatregelen aan te wijzen die bijdragen aan het verlagen van de stikstofuitspoeling.

Stikstofvanggewassen

Stikstofvanggewassen nemen de stikstof op die achterblijft na de oogst van het gewas en die in die periode nog mineraliseert. Een effectief vanggewas moet tijdig gezaaid zijn (voor half september) zodat die zich voldoende kan ontwikkelen. Ook moet het vanggewas winterhard zijn zodat deze pas na de winter ingewerkt kan worden. Dit was een probleem op Vredepeel omdat de risico's voor vermeerdering van schadelijke nematoden, het gebruik van winterharde vanggewassen uitsloot. Ook na half september zijn wel vanggewassen ingezaaid, ondanks de lage effectiviteit om toch verliezen maximaal te voorkomen. De opname van deze vanggewassen is over het algemeen gering (<15 kg/ha). Vanggewassen die vroeg genoeg gezaaid zijn kunnen tot 120 kg stikstof/ha opnemen. Een deel van de opname komt in het volgende jaar beschikbaar komt voor gewasgroei. Vaak is dit minder dan 50% van de opname. Van de rest wordt een deel in de bodemorganische stof vastgelegd maar gaat ook een deel verloren. Het gebruik van een geslaagd vanggewas verminderde de uitspoeling op Vredepeel en Meterik met gemiddeld 30 kg/ha, de nitraatconcentratie werd hierdoor volgens de modelberekeningen gemiddeld 14 mg/l verlaagd. In de veldmetingen op Vredepeel was deze afname zelfs gemiddeld 40 mg/l.

Afvoeren van gewasresten

Afvoeren van gewasresten voorkomt mineralisatie van deze gewasresten in periodes dat er geen gewasgroei is. Vooral stikstofrijke gewasresten van gewassen die in het najaar (september - oktober) geoogst worden komen voor afvoer in aanmerking. Na deze gewassen kan vaak geen vanggewas geteeld wordt terwijl wel een deel van gewasresten al mineraliseert. Als een vanggewas al geteeld kan worden neemt deze meestal nog maar een beperkte hoeveelheid stikstof op. Ook gewasresten in andere periodes komen in aanmerking voor afvoer wanneer een volggewas of vanggewas de vrijkomende stikstof uit de gewasresten niet of onvoldoende kan benutten en deze stikstof verloren dreigt te gaan. Mogelijk komen ook niet-winterharde groenbemesters komen in aanmerking voor afvoer omdat uit analyses is gebleken dat een derde van de stikstofinhoud van de groenbemester verloren kan gaan bij afvriezen.

De reductie in stikstofuitspoeling met afvoer van gewasresten kan oplopen tot 70 kg/ha blijkt uit modelberekeningen. Op Vredepeel is echter geen invloed gemeten van het afvoeren van gewasresten op de stikstofuitspoeling in het winterseizoen 2003-2004. Op Meterik is wel een effect gemeten van het afvoeren van gewasresten.

Voorwaarde voor een effectieve afvoer is wel dat: 1) er een efficiënte mogelijkheid is voor verwerking van gewasresten (compostering, vergisting), 2) gewasresten na verwerking weer teruggebracht worden en/of de beschikbare stikstof voor volggewassen uit de gewasresten en afgevoerde effectieve organische stof waar nodig gecompenseerd worden en 3) afvoer van gewasresten de structuur van de grond niet verstoort

Inrekenen mineralisatie

Het vooraf schatten van de te verwachten mineralisatie geeft een betere onderbouwing van de mogelijkheden tot reductie van de stikstofgift. In de bemestingsadviezen wordt nu vaak gewerkt met algemene vuistregels die weinig specifiek zijn voor een perceel. Gebleken is dat met eenvoudige modelberekeningen een redelijk betrouwbare schatting gemaakt kan worden van de mineralisatie. Op Vredepeel kon hiermee nog eens 16 kg stikstof per ha bespaard worden in de bemesting op de standaard gehanteerde bemestingsadviezen voor Vredepeel (inclusief aanscherping van bemestingsadviezen, zie Tabel 11). Voor Meterik is met de NBS-systemen een dergelijke schatting moeilijker te maken omdat de hoogte van de N-min metingen tijdens de teelt afhangen van de voorgaande bemesting. Toch hebben we ook hier een schatting gemaakt dat tussen de 10 en 20 kg stikstof per ha bespaard kan worden.

Aanpassen van bouwplan

Aanpassingen van het bouwplan kunnen ook grote effecten hebben op de nitraatuitspoeling. Inpassing van groenbemesters valt hieronder ook maar dat is reeds eerder apart behandeld. Hier gaat het om de aanpassingen aan productieve gewassen.

Meest vergaand hierin is het uit de rotatie halen van gewassen of combinaties van gewassen met een hoge nitraatuitspoeling. Dit hebben we op Vredepeel gedaan met de dubbelteelt conservenerwt-stamslaboon. Het is gebleken dat deze combinatie de hoogste nitraatuitspoeling geeft, gemiddeld over projectjaren 141 mg/l nitraat. Dit wordt vooral

veroorzaakt door de stamslaboon die onvoldoende kan profiteren van de mineralisatie van de gewasresten van de erwt. Daarom hebben we in het Analyse-2 systeem in plaats van de stamslaboon een groenbemester geteeld. Dit leverde een gemiddelde uitspoeling op van 59 mg/l nitraat. In plaats van de groenbemester had ook een gewas geteeld kunnen worden dat beter met de stikstof uit de erwtenresten om kan gaan als prei of peen.

Andere aanpassingen in het bouwplan op Vredepeel was de teelt van zomergerst in plaats van triticale in de Analyse-2. Zomergerst heeft een lagere stikstofbehoefte en ondanks ook een lagere afvoer een stikstofoverschot dat gemiddeld in de projectjaren 20 kg/ha lager was dan triticale.

Op Meterik was het prei-akkerbouwsysteem ook een voorbeeld van aanpassing aan de vruchtwisseling. Waar prei vaak continue geteeld wordt is het hier opgenomen in een 1 op 3 rotatie met akkerbouw en industriegroenten. Prei stond in eerste instantie te boek als een gewas met groot risico op nitraatuitspoeling. In dit project is gebleken dat we op Meterik de prei ook konden telen met een veel lagere input van mest en met een laag risico op uitspoeling, uiteindelijk gemiddeld zelfs beter dan de akkerbouwgewassen en industriegroenten.

In het bladgewassenbedrijf op Meterik is in het Analysesysteem getest in hoeverre de combinatie van ijssla-Chinese kool of Chinese kool-ijssla beter is dan de afzonderlijke dubbelteelten. Dit lijkt niet het geval te zijn. Chinese kool na ijssla geeft wel minder reststikstof na oogst dan een dubbelteelt ijssla maar ijssla na Chinese kool geeft juist een grotere hoeveelheid reststikstof na oogst.

Efficiënte toedieningstechnieken

Efficiënte toedieningstechnieken zorgen er voor dat de plant de aangeboden stikstof beter kan benutten. Hierbij gaat het om 1) efficiënter in plaats, het beter plaatsen van de meststof bij de wortels van de plant (rijenbemesting, beddenbemesting en fertigatie), 2) efficiënter in tijd: beter aansluitend bij de opnamecurve van het gewas (fertigatie, gedeelde giften) of 3) bijmestsystemen met monitoring van plant (Cropscan, bladsteeltjes) en/of bodem (NBS-systemen). Alle opties hebben we in de systemen op Meterik en Vredepeel onderzocht.

Meest traditioneel zijn de NBS-systemen waarbij de gift in twee of meer delen wordt verdeeld en de hoogte van de gift afhankelijk is van de bodemvoorraad in de wortelzone. Deze systemen zijn ook in de Adviesbasis bemesting opgenomen. NBS-systemen hebben we in (sterk) aangepaste vorm toegepast op Meterik in de ijssla, Chinese kool en prei en op Vredepeel in de waspeen. We hebben ten opzichte van de systemen in de Adviesbasis bemesting de opnames aangepast (prei en Chinese kool), buffers verlaagd, een andere verdeling van de stikstof over de opname periode gehanteerd (prei), en de verwachte mineralisatie opgenomen. In de prei laat winter is ook het aantal bijmestmomenten verhoogd. De verlaagde buffers bij ijssla en Chinese kool hebben geen duidelijke invloed gehad op de kwaliteit opbrengst. Wel zijn er aanwijzingen dat de kwaliteit van de gewassen minder was door de lagere buffers. Het opnemen van de verwachte mineralisatie in de systemen heeft vooral de hoogte van de giften verlaagd.

Een andere manier van bijbemesten is op basis van de stand van het gewas. Via Cropscanmetingen of de bladsteeltjesmethode kan hier zicht op gekregen worden. Cropscanmetingen hebben we gedaan in prei (Meterik) en aardappel (Vredepeel). Aan de Cropscanmeting is een rekenmodule gekoppeld die een adviesgift berekend. Bladsteeltjes hebben we toegepast in aardappel op Vredepeel. Op basis van ijklijnen per ras wordt bijbemest. Ijklijnen zijn rasspecifiek en waren niet beschikbaar voor de rassen op Vredepeel. Op basis van de meetresultaten is een aangepaste ijklijn gemaakt. Op Meterik zijn in de prei Cropscan en het aangepaste NBS-systeem vergeleken. Het bleek dat met de Cropscanmethode meer bemest wordt dan met het NBS-systeem terwijl opbrengsten gemiddeld vergelijkbaar zijn. Ook in de aardappel zijn er aanwijzingen dat met de Cropscan een hogere bemesting geadviseerd wordt dan met de bladsteeltjesmethode. Nadeel van de Cropscanmethode in aardappel is dat pas bij volledige grondbedekking een advies gegeven kan worden. Dit is voor bijbemestingen aan de late kant.

Een betere plaatsing van meststoffen is bereikt met rijenbemesting in de maïs op Vredepeel. Zowel met kunstmest als met dierlijke mest is een besparing van 20% op de stikstofgift gerealiseerd zonder beperking in opbrengst. Wel is de logistiek en de toediening bij rijenbemesting met dierlijke mest moeilijk omdat het direct met zaai gebeurt. Onder slechte omstandigheden kan ook de structuur hierdoor aangetast worden.

Op Meterik is ook geëxperimenteerd met rijenbemesting met dierlijke mest in ijssla en Chinese kool. Hier werd voor planten met een kleine machine mest geïnjecteerd. Grootste probleem bij deze rijenbemesting was de bepaling van de N-min voorraad voor de volgbemesting omdat de stikstof ongelijk in de bodem verdeeld is. Daarom is in het

laatste jaar ook besloten de rijenbemesting te vervangen door een beddenbemesting waarbij verwacht wordt dat de efficiëntie vrijwel gelijk is gezien de nauwe rijen en het probleem van ongelijke verdeling van stikstof opgelost is. Ook de kunstmest in de prei, ijssla en Chinese kool is op Meterik alleen op het bed gegeven via een bandbemesting. Ook hiermee verwachtten we een betere benutting van de stikstof al is niet bepaald hoe veel beter deze is.

Met fertigatie sluit de bemesting beter aan op de opname van het gewas, terwijl door de plaatsing van de meststof bij de wortels van de plant er geen belemmering voor de opname zal zijn. Fertigatie is op Meterik toegepast in aardbei en prei. Over de effectiviteit van fertigatie is nog discussie. Uit onderzoek in andere gewassen blijkt dat de effectiviteit vooral verhoogd wordt door een betere vochtvoorziening en niet zozeer door een betere stikstofbenutting. Ook is de aanleg van fertigatie erg duur (aanleg is € 1600 per ha), wat gecompenseerd zou moeten worden door een goede meeropbrengst. In de prei bleek dat met fertigatie met minder bemesting een vergelijkbare opbrengst prei geteeld kon worden als met het (aangepaste) NBS-systeem. Echter de kwaliteit was minder. Fertigatie in prei is dus nog geen goede praktijkrijpe optie.

In aardbei is geen vergelijking tussen fertigatie gemaakt. Omdat in de aardbei ook gewerkt is met afdekking met plastic was toepassing van fertigatie noodzakelijk. De opbrengsten waren over het algemeen erg goed. Mogelijk dat hier fertigatie wel een goede toepassing is omdat een meeropbrengst gerealiseerd kan worden, harde uitspraken hierover kunnen echter niet gedaan worden.

Mestkeuze

Ook de keuze van het type mest heeft invloed op de efficiëntie van de stikstofbemesting. De hoofdkeuze die gemaakt moet worden is in hoeverre organische mest gebruikt wordt naast kunstmest. Binnen de categorieën organische mest en kunstmest moet dan verder gekozen worden voor het beste type. Toepassing van organische mest is wenselijk om voldoende organische stof aan te voeren en om bij te dragen aan het oplossen van de mestproblematiek in de regio. Op Vredepeel is in het Synthese- en Analyse-1 systeem gekozen om maximaal organische mest te gebruiken om de fosfaatbehoefte te dekken. Om in het Analyse-1 systeem de fosfaataanvoer beperkt te houden is daar gekozen voor gebruik van de dunne fractie van bewerkte varkensmest met een laag fosfaat gehalte. In beide systemen wordt een klein deel van de fosfaatbehoefte gedekt met kunstmest als startgift voor vooral erwt. In het Analyse-2 systeem is minimaal fosfaat aangevoerd, ook alleen als startgift.

Op Meterik is gezien de hoge Pw geen behoefte aan fosfaat. Om toch organische mest toe te kunnen passen is gekozen voor bewerkte varkensmest met een laag fosfaatgehalte op het bladgewassenbedrijf. In de andere groentegewassen is geen organische mest toegepast.

Bewerkte varkensmest heeft als neven voordeel naast een laag fosfaatgehalte een hoge stikstofwerking door het relatief hoge gehalte minerale stikstof. Hierdoor is minder kunstmest nodig in de bijbemesting en is de werking zekerder. Met name voor gewassen met een korte opnameperiode (aardappel, maïs) is deze mest gunstig omdat na de stop van de opname nog maar weinig stikstof mineraliseert. Voor gewassen met een lang groeiseizoen is juist organische mest met een langzame mineralisatie gewenst (onbewerkte varkensdrijfmest of nog beter, runderdrijfmest of kippenmest) omdat dan de voorraad minerale stikstof in de bodem lager kan blijven gedurende het groeiseizoen.

Ook in het type kunstmest zijn diverse keuzes te maken. Over het algemeen werd gebruik gemaakt van Kalkammonsalpeter als stikstofmeststof. Op Meterik is in de prei, Chinese kool en ijssla geëxperimenteerd met langzaam werkende meststoffen Cultan en Entec. Cultan en Entec gaven in de korte teelten ijssla en Chinese kool door hun langzame werking geen verbetering gaf ten opzichte van NBS. Voordeel met langzaam werkende meststoffen kan behaald worden in natte perioden maar er kan minder goed ingespeeld worden op mineralisatie omdat relatief grote giften gegeven moeten worden.

Op Vredepeel is in de bijbemesting van aardappel in het Analyse-2 systeem gebruik gemaakt van Urean als bladbemesting. Voordeel hiervan is dat met kleine hoeveelheden bemest (10-20 kg N/ha) kan worden gecombineerd met bespuitingen. Met elke Cropscan of bladsteeltjesmeting kan dan elke keer bekeken worden of een kleine bijmestgift gewenst is of nog even uitgesteld kan worden.

Andere typen kunstmeststoffen hebben we niet uitgetest omdat de verwachting is dat de bijdrage aan de reductie van uitspoeling zeer beperkt is.

Alternatieve niet toegepaste maatregelen

De maatregelen die zijn uitgetest zijn allen brongerichte maatregelen. Alle getest maatregelen verminderen uitspoeling door beperking van verliezen hetzij door verlaging van de aanvoer, hetzij door na oogst maatregelen als groenbemesters en afvoer van gewasresten. Naast brongerichte maatregelen zijn er ook effectgerichte maatregelen die het effect van de uitgespoelde nutriënten op de omgeving beperken. Voorbeelden van effectgerichte maatregelen zijn bufferstroken en zuiveringsmoerassen. Deze maatregelen zijn niet meegenomen omdat de nadruk in Telen met toekomst lag op beperking van de uitspoeling naar het grondwater en effectgerichte maatregelen vooral richting oppervlakte water effectief zijn.

Ook zijn niet alle brongerichte maatregelen getest. De belangrijkste categorie maatregelen die niet is getest zijn maatregelen rond precisiebemesting waarin ingespeeld wordt op de ruimtelijke variabiliteit binnen het perceel. Enerzijds is dit gedaan omdat de percelen klein zijn, zeker op Meterik (700 m² per perceel), maar ook Vredepeel (0,3 - 0,7 ha per perceel). Daarnaast is de vraag hoe om te gaan met ruimtelijke variabiliteit moeilijk te beantwoorden. Het is de vraag wat de oorzaak is van slechte plekken in het perceel. Een extra bemesting kan daarom ook leiden tot meer uitspoeling.

6.1.3 Indicatoren voor stikstofuitspoeling

Kunnen de verschillende bedrijfssystemen beoordeeld worden op bepaalde indicatoren die iets zeggen over de te behalen milieukwaliteit van grond- en oppervlaktewater. Binnen het project Sturen op nitraat is hieraan veel aandacht besteed ((Hack-Ten Broeke, 2004; Smit *et al.*, 2004a). Op basis van deze studie lijkt de hoeveelheid nitraat die zich in het najaar in het bovenste gedeelte van de bodem bevindt een groot deel van de variatie te kunnen verklaren mits ook rekening gehouden wordt met bodem, grondwater trap en gewasgroep. Nmin najaar is dus een belangrijke indicator voor de uiteindelijke kwaliteit van het grondwater. Echter in situaties, waaronder Meterik, met veel tussentijdse uitspoeling en een hangwater profiel (geen denitrificatie), kunnen andere indicatoren wellicht een betere correlatie geven met de nitraatgehaltes in het grondwater. Het probleem met Nmin najaar is dat het een momentopname is die door met name regenval beïnvloed kan worden, veel neerslag in september op uitspoelingsgevoelige gronden zal dan leiden tot een onderschatting van de nitraatgehaltes in het grondwater. Andere indicatoren, die meer gebaseerd zijn op nutriëntenoverschotten lijken dan beter op hun plaats.

De Ruijter en Smit (2003) geven een overzicht van een reeks van indicatoren met hun 'zwakke' en 'sterke' punten. Het probleem met indicatoren op basis van overschot is weer dat hier meer sprake is van een relatie op langere termijn omdat er sprake moet zijn van min of meer een evenwicht in de bodem. Bepaalde gewassen kunnen een hoog bodemoverschot hebben maar toch niet direct belastend zijn voor het grondwater. Bij een gewas als suikerbieten wordt het overschot voornamelijk veroorzaakt door de N-rijke oogstresten die op het veld achterblijven, het gewas zelf laat een vrijwel N-loos profiel achter. Het lot van de N in gewasresten is echter ongewis, het kan geleidelijk uitspoelen gedurende het winterseizoen of geheel of gedeeltelijk opgenomen worden in de organische stof. Op de lange termijn echter lijkt het overschot het meest geschikt als indicator voor de milieukwaliteit, op korte termijn echter is de relatie met nitraatgehaltes in het grondwater slecht. Ook bij het onderzoek op de kernbedrijven is een periode van drie jaar te kort om een goed verband met overschotten te vinden.

Het MINAS-overschot is een nog minder geschikte indicator omdat het gebaseerd is op forfaitaire waarden die soms ver van werkelijkheid afstaan en omdat bovendien bepaalde aanvoerposten, bijvoorbeeld depositie, niet meegerekend worden. Uit dit onderzoek is gebleken dat het voldoen aan MINAS daarom ook zeker geen garantie is dat aan de EU-nitraat richtlijn voldaan wordt

Het nieuwe stelsel van gebruiksnormen verlaat min of meer de balansgedachte, ook hierbij is het de vraag in hoeverre het voldoen aan gebruiksnormen garant staat om aan de normen te voldoen.

6.2 Conclusies

6.2.1 Stikstof

We zijn er op Vredepeel in geslaagd om in het Analyse-2 systeem de EU-nitraatnorm te halen. De stikstofuitspoeling in dit systeem ligt rond de 50 mg/l. De streefwaarde van 25 mg/l is echter nog niet in zicht. De uitspoeling in het Analyse-2 systeem is ongeveer 40 mg/l lager dan in het Synthesesysteem op Vredepeel, dat vergelijkbaar is met de

praktijk in de omgeving. De gemeten nitraatconcentraties zijn alle jaren vergelijkbaar, er is geen dalende trend waargenomen. De uitspoeling in de systemen in Meterik is nog ruim boven de nitraatnorm. Vooral de uitspoeling op het bladgewassenbedrijf is erg hoog. De trends over de jaren heen zijn op Meterik wisselend. RIVM nitracheck-metingen geven een dalende trend voor het aardbeibedrijf, preibedrijf en het analysedeel van het bladgewassenbedrijf. Het synthesesdeel van het bladgewassenbedrijf is over de jaren heen stabiel. De bodemvochtmetingen van Alterra geven voor het analysedeel van het bladgewassenbedrijf een stijgende lijn aan. Het synthese deel is stabiel tot licht stijgend.

Alle systemen voldoen aan de strengste MINAS-overschotsnormen voor stikstof en ook aan de verwachte stikstofgebruiksnormen van de nieuwe mestwetgeving vanaf 2006. Wel zijn er nog voor enkele gewassen overschrijdingen (waspeen en aardbei). Voor deze gewassen is het bemestingsadvies waarop de gebruiksnorm is gebaseerd ook niet meer adequaat.

N-min najaar metingen zijn voor alle systemen redelijk stabiel. Het synthesesysteem op Vredepeel en het bladgewassenbedrijf op Meterik voldoen niet aan de norm van 45 kg/ha. De andere systemen voldoen wel aan de norm. Verschil in N-min najaar tussen Analyse-2 en Synthese op Vredepeel kan vooral geweten worden door het maximaal telen van groenbemesters in Analyse-2.

De stikstofaanvoer is in de loop van de jaren gedaald in vrijwel alle systemen behalve het aardbeibedrijf. De daling van de stikstofaanvoer was het sterkste in het Analyse-2 systeem op Vredepeel en het bladgewassenbedrijf en preibedrijf op Meterik. Op Vredepeel is het verschil in aanvoer tussen het Analyse-2 systeem en het Synthesesysteem met 90 kg/ha in 2003 groot. Het verschil tussen het Analyse en het Synthesesysteem van het bladgewassenbedrijf op Meterik is vrij klein door een klein verschil in aanpak. Het stikstofoverschot is gedaald in het Analyse-2 systeem op Vredepeel en het bladgewassenbedrijf en het preibedrijf op Vredepeel. Naast een verlaging van de bemesting komt dit vooral door het afvoeren van gewasresten.

We hebben de bemesting kunnen verlagen omdat we op Meterik en in de Analysesystemen op Vredepeel:

- vooraf in de bemesting expliciet rekening hebben gehouden met de te verwachten mineralisatie op het perceel;
- de opname en het tijdstip en dosering van bemesting zoveel mogelijk afgestemd hebben op de opname (o.a. in suikerbieten en prei);
- de buffers verlaagd hebben (in het analysesysteem van het bladgewassenbedrijf op Meterik);
- efficiëntere bemestingstechnieken toegepast hebben als rijenbemesting (in maïs en op Meterik toediening dierlijke mest op het bladgewassenbedrijf) en fertigatie (in prei en aardbei);
- het bouwplan hebben aangepast (geen stamslaboon en vervanging tritcale door zomergerst in Analyse-2 op Vredepeel);
- geen gebruik gemaakt hebben van dierlijke mest (Analyse-2 Vredepeel en Bladgewassenbedrijf analyse, preibedrijf en aardbeibedrijf Meterik) of van bewerkte varkensdrijfmest met een hoog aandeel werkzame stikstof (Analyse-1 Vredepeel, Bladgewassen synthese Meterik).

6.2.2 Fosfaat

De gemeten fosfaatsuitspoeling was in alle gevallen ver onder de streefwaarde voor grondwater. Ook voldeden de systemen in alle gevallen aan de strengste MINAS-overschotsnormen (maximaal overschot 20 kg/ha) en de verwachte strenge toekomstige gebruiksnormen (in 2015 aanvoer van maximaal 60 kg/ha). Dit kwam mede omdat zowel op Vredepeel en Meterik in alle systemen gewerkt werd aan het afbouwen van de fosfaattoestand omdat deze hoger is dan de streefwaarde van Pw 30. Daarom was in vrijwel alle gevallen de fosfaatbalans negatief. Alleen in het Synthesesysteem op Vredepeel werd een klein overschot gerealiseerd (<10 kg/ha).

De bodemlaag tot 1 meter diepte is op beide bedrijven fosfaatverzaadigd blijkt uitverdiepend onderzoek. Op Meterik is deze laag meer verzaadigd dan op Vredepeel maar op Meterik zit het grondwater diep (>3 m), op Vredepeel zit het grondwater rond 1 m diep. Er is dus een risico dat op termijn fosfaatsuitspoeling optreedt hoger dan de gewenste norm.

De gewenste Pw om te voldoen aan de norm voor grondwater ligt bij een voldoende tot ruim voldoende fosfaattoestand, Pw 21-30. Om te voldoen aan de normen voor oppervlaktewater zal de Pw moeten dalen naar tussen de 11-20.

Op Meterik dient uitsluitend fosfaat te worden afgevoerd. Zelfs dan blijft er risico op te hoge fosfaatsuitspoeling. In de situatie van Vredepeel moet een netto fosfaatoverschot van 0 kg P₂O₅ ha⁻¹ jaar⁻¹ worden bereikt. Hogere overschotten zullen op termijn leiden tot te hoge uitspoeling.

6.2.3 Overige thema's

Kwaliteitsproductie

Op Vredepeel zijn de gerealiseerde opbrengsten en kwaliteiten vergelijkbaar met de gemiddelde praktijk in de regio. Verschillen tussen systemen zijn klein en er zijn geen duidelijke aanwijzingen dat deze zijn te koppelen aan verschillen in bemestingsstrategieën. Op Meterik zijn de gerealiseerde opbrengsten en kwaliteiten van het aardbei- en preibedrijf goed. De opbrengsten en kwaliteiten van het bladgewassenbedrijf blijven achter door problemen met ziekten en plagen. De gehanteerde bemestingsstrategieën hebben geen invloed gehad op de kwaliteitsparameters al werd wel geconstateerd dat door de krappe bemesting er meer risico is op ernstig kwaliteitsverlies door snelle slijtage, inwendig rand en scheuren van de bol.

Economie

De kosten van de bemesting in de analysesystemen waar meer verdergaande maatregelen worden genomen om uitspoeling te beperken zijn in alle gevallen wel hoger dan van de synthesesystemen. Op Vredepeel is het Analyse-2 systeem gemiddeld € 270 per ha duurder dan het Synthesesysteem. Hiervan wordt ruim € 100 per ha veroorzaakt door hogere kosten in bemesting en toediening (alleen kunstmest in Analyse-2 systeem). De rest van het verschil wordt veroorzaakt door na oogst maatregelen (groenbemesters, afvoer gewasresten en inwerken stro) en wijzigingen in de vruchtwisseling (geen stamslaboon). Op Meterik waren de kosten in de analysesystemen van het bladgewassenbedrijf en het preibedrijf veel hoger dan in de synthesesystemen. Dit werd vooral veroorzaakt door de fertigatie in de prei (€ 1600 per ha). Hierdoor was het Analysesysteem van het bladgewassen bedrijf ruim € 600 per ha hoger dan het synthesesysteem. Naast de fertigatie waren er meerkosten door bredere toepassing van groenbemesters en het afvoeren van gewasresten.

Gewasbescherming

De gewasbescherming heeft in de planvorming van de bemesting vooral invloed gehad in de keuze van gewassen en groenbemesters wat betreft risico's voor aaltjesvermeerdering. In de uitvoering was de invloed op de bemesting beperkt op enkele incidenten na.

De gewasbescherming is vooral geëvalueerd op risico op emissie en schade van gewasbeschermingsmiddelen (BRI/MBP-methodiek). Op Vredepeel en Meterik was het risico op emissie van gewasbeschermingsmiddelen in vrijwel alle gevallen onder de norm. Op het preibedrijf en het aardbeibedrijf op Meterik was het risico voor emissie naar de bodem nog te hoog. Nog enkele bespuitingen gaven risico op schade aan bodemleven, gemiddeld minder dan 10% van totaal aantal bespuitingen. Grootste probleem ligt nog in het risico op schade aan waterleven. Nog een kwart (Vredepeel) tot meer dan de helft (Meterik) van de bespuitingen heeft hier een risico. Dit risico wordt vooral veroorzaakt door de insecticiden. Goede alternatieve bestrijdingsmethoden of middelen ontbreken.

6.2.4 Samenvatting van de conclusies

- Het is mogelijk om in een intensief akkerbouwsysteem te voldoen aan de EU norm voor nitraat in het grondwater, zonder verlies van opbrengst of kwaliteit.
- Het is nog niet mogelijk om in een intensief vollegrondsgroentensysteem te voldoen aan de EU norm voor nitraat in het grondwater.
- Het gebruik van een effectieve groenbemester om de stikstof na de hoofdteelt te behoeden voor uitspoeling is essentieel.
- De huidige bemestingsadviezen voor de akkerbouw en vollegrondsgroentegewassen op Vredepeel en Meterik zijn te hoog; dat geldt voor het gehele Zuidoostelijk zandgebied.
- Stikstofmineralisatie moet en kan op een betere manier worden opgenomen in de bemestingsadviezen door het gebruik van relatief eenvoudige mineralisatiemetingen of het gebruik van modelberekeningen.
- De belasting met stikstof moet verder dalen dan wordt voorgeschreven door de MINAS-regels en de nieuwe gebruiksnormen om tot een voldoende daling van de nitraatuitspoeling te komen op uitspoelingsgevoelige gronden.

- Verlaging van de stikstofmineralisatie lijkt één van de meest veelbelovende opties om de nitraatuitspoeling verder te verlagen. Dit kan gebeuren door het verwijderen van stikstofrijke gewasresten, die eventueel na verwerking tot compost of na vergisting weer kunnen worden teruggebracht.
- Ondanks de fosfaatverzadiging van de grond in Vredepeel en Meterik is de belasting van het grondwater met fosfaat erg laag; het risico op uitspoeling is echter hoog.

Literatuur

- Assinck, F.B.T. & P. de Willigen, 2004.
Stikstofstromen op het kernbedrijf Vredepeel. Modelberekeningen met FUSSIM2 en MOTOR. Telen met toekomst OVO402, pp 40; Alterra, Wageningen.
- Berg, M. van den & M.M. Pulleman, 2003.
Kwaliteit van grond- en oppervlaktewater in het project Telen met toekomst 2002. Telen met toekomst rapport OVO303. 48 p.
- Booij, R., W. van Dijk, B. Smit, F. Wijnands, H. Langeveld, A. Pronk, J. Schröder, J. Proost, H. Brinks, P. Dekker & P. Ehlert, 2001.
Detaillering Projectplan 'Telen met toekomst'.
- Buck, de A.J., 2000.
Voorwaarts met de milieuprestaties van de Nederlandse open-teelt sectoren: een verkenning naar 2020. Plant Research International, Wageningen. 104, PRI rapport 6. 104 pp.
- Dijk, W. van, 2003.
Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen. PPO-publicatie nr. 307, 66 pp, 8 bijlagen
- Ehlert, P. & G. Koopmans, 2002.
Fosfaattoestanden op de praktijkbedrijven van Telen met toekomst: een analyse van de situatie bij de start van het project. Plant Research International, Wageningen. 28, [10] pp.
- Ehlert, P.A.L. & G.E. Koopmans, 2004.
Fosfaatkarakteristieken van de bodem van de kernbedrijven Meterik en Vredepeel. In Tmt OVO404. Alterra. 46 p.
- Hack-ten Broeke, M.J.D., 2004.
Ontwikkeling van een indicator om te sturen op nitraat: gegevens en regressieanalyse op basis van drie eerste meetseizoenen (2000-2001, 2001-2002 en 2002-2003). Alterra, Wageningen. 117 pp.
- Kroonen-Backbier, B.M.A., J.J. de Haan & H.A. Verstegen, 2005.
Resultaten Kernbedrijf Vredepeel 2001-2003, 2005. Deelonderzoek Praktijkonderzoek Plant en Omgeving. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Wageningen.
- Langeveld, J.W.A., 2002a.
Projectplan Telen met toekomst. Kernbedrijf Meterik. Interne publicatie VGKBPP.
- Langeveld, J.W.A., 2002b.
Projectplan Telen met toekomst. Kernbedrijf Vredepeel. Interne publicatie VGKBPP.
- Langeveld, J.W.A., A.L. Smit & J.J. de Haan (eds.), 2004.
Kernbedrijf Vredepeel; resultaten eerste fase. Telen met toekomst. Rapport OV0411.
- Mombarg, H. & A. Kool, 2004.
Telen met toekomst energie- en klimaatmeetlat: eindrapport. Plant Research International, Wageningen. Rapport OV0407. 52 p.
- Mombarg, H.F.M., 2003.
Telen met toekomst energie- en klimaatmeetlat: methodiek en rekenregels. Plant Research International, Wageningen. Rapport OV0205. 26 pp.
- Neeteson, J.J., R. Booij, W. Dijk, J.J. de Haan, A. Pronk, H. Brinks, P. Dekker & H. Langeveld, 2001.
Projectplan 'Telen met toekomst'.
- Postma, R., 2002.
Organische stofopbouw en N-mineralisatie op kernbedrijven: toetsing model Janssen. Plant Research International, Wageningen. Rapport OV0203. 40 pp.
- Postma, R. & T.A. van Dijk, 2004a.
Organische stofopbouw en N-mineralisatie op kernbedrijven: toetsing MINIP met resultaten 2002 en 2003. Plant Research International, Wageningen. 36, Rapport OV0408. 18 pp.

Postma, R. & T.A. van Dijk, 2004b.

Organische stofopbouw en N-mineralisatie op kernbedrijven: verfijning model MINIP. Plant Research International [etc.], Wageningen. Rapport OV0414. 32 pp.

Pulleman, M.M., 2002.

Metingen grond- en oppervlaktewater. In (Ed. J.W.A. Langeveld) Projectplan Telen met toekomst. Kernbedrijf Meterik. Wageningen, Plant Research International, Interne publicatie VGKBPP.

Rovers, J.A.M., P. Wanten & J.J. de Haan, 2005.

Resultaten Kernbedrijf Meterik 2001-2003, Deelonderzoek Praktijkonderzoek Plant en Omgeving. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Wageningen.

Ruijter, F.J. de & A.L. Smit, 2003.

Relaties tussen nitraat in het grondwater en potentiële indicatoren voor nitraatverlies op de voorloperbedrijven van Telen met toekomst. Telen met toekomst rapport OV0301, 28, [26] p.

Schröder, J., H.F.M. Aarts, M.J.C. d. Bode, W. v. Dijk, J.C. v. Middelkoop, M.H.A. d. Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof & W.J. Willems, 2004.

Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. Plant Research International, Rapport 79, 60 pp. 7 bijlagen.

Smit, A., S.L.G.E. Burgers, H.F.M. ten Berge, J.J. de Gruijter, J.D. Hack-ten Broeke, I.E. Hoving, M. Knotters, S. Radersma & G.L. Velthof, 2004a.

Ontwikkeling van een indicator om te sturen op nitraat: toetsing van de regressiemodellen voor nitraat. Alterra, Wageningen. 56 pp.

Smit, A. & K. Zwart, 2003.

Stikstofstromen op de kernbedrijven Meterik en Vredepeel: mineralisatie van bodem en gewasresten. Plant Research International B.V., Wageningen. Rapport OV0304. 25 pp.

Smit, A., K. Zwart & J. van Kleef, 2004b.

Stikstofstromen op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik: de grondwaterkwaliteit gemeten. Plant Research International, Wageningen. Rapport OV0403. 32 pp.

Smit, A., K.B. Zwart & J. van Kleef, 2004c.

Stikstofstromen op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik. De grondwaterkwaliteit gemeten van 2001-2004. In Tmt rapport OVO403. Rapport OV0406.

Smit, A.L. & J.J. de Haan, 2004.

Kernbedrijf Meterik; resultaten eerste fase. Telen met toekomst. Rapport OV0415.

Sukkel, W. & A. Garcia Diaz, 2002.

Final report on the VEGINECO project. Applied Plant Research, Lelystad 88 pp.

Sukkel, W. & P.A.C. Koot, 2002.

Geïntegreerde vollegrondsgroenteteelt: Zuidoost Nederland. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad. 56 pp.

Venderbosch, P, H.P. Versluis & P. v. Asperen, 2004.

Gewasbescherming 2004. Achtergronden, beleid en indicatoren op een rij. Systeeminnovatierapport PPO 331, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Sector Akkerbouw, Groene ruimte & Vollegrondsgroenten, september 2004, 69 pp.

Vos, J.A. de & F.B.T. Assinck, 2004.

Nitraatuitspoeling Vredepeel 2002-2003. Plant Research International, Wageningen. Rapport OV0406. 36 pp.

Vos, J.A. de, E.W.J. Hummelink & T.S. v. Steenbergen, 2002.

Waterretentie en waterdoorlatendheidskarakteristieken van Telen met toekomst-proefvelden Meterik en Vredepeel. Plant Research International, Wageningen. Rapport OV0204. 24 pp.

Wijnands, F.G., P. van Asperen, P.L. de Wolf & J.J. de Haan, 2003.

Geïntegreerde gewasbescherming, ontwerpen, testen en verbeteren PPO-Bedrijfssystemen. PPO, Lelystad. 44 pp.

Wijnands, F.G. & B.M.A. Kroonen-Backbier, 2002.

Geïntegreerde akkerbouw: Zuidoost Nederland. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad. 64 pp.

Yang, H.S., 1996.

Modelling Organic Matter Mineralization and Exploring Options for Organic Matter Management in Arable Farming in Northern China. Thesis Wageningen Agricultural University, 159 pp.

Zwart, K., A. Smit & K. Rappoldt, 2002.

Stikstofverliezen door denitrificatie in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt: onderzoek op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van het project 'Telen met toekomst'. Plant Research International, Wageningen. 16 pp.

Zwart, K.B. & A. Smit, 2002.

Stikstof- en fosfaatverliezen in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Projectplan voor het bodemonderzoek op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van het project Telen met toekomst. Rapport Tmt #5.

Bijlage I.

Plattegronden Vredepeel en Meterik

Vredepeel

Peelkanaal					
pad			pad		
	Zomergerst	19.2 A2		Aardappel vroeg (bladrammenas)	29.2 A2
	Zomergerst	19.2 A1		Aardappel vroeg	29.1 A1
	Zomergerst	19.1 S		Aardappel vroeg	29.1 S
	Snijmaïs (onderzaai zomergerst)	18.2 A2		Aardappel laat (inwerken stro)	28.2 A2
	Snijmaïs	18.2 A1		Aardappel laat (inwerken stro)	28.2 A1
	Snijmaïs	18.1 S		Aardappel laat	28.1 S
	Suikerbiet	17.2 A2		Suikerbiet	27.2 A2
	Suikerbiet	17.2 A1		Suikerbiet	27.2 A1
	Suikerbiet	17.1 S		Suikerbiet	27.1 S
	Triticale (gbm triticale)	16.2 A2		Erwt & Tagetes	26.2 A2
	Triticale	16.2 A1		Erwt & Tagetes	26.2 A1
	Triticale	16.1 S		Erwt & stamslaboon	26.1 S
			Kavelpad		

Figuur 1. Plattegrond Vredepeel met vruchtwisseling 2001. Nummers zijn perceelcodes.

Figuur 2. Plattegrond Meterik met vruchtwisseling in 2003. Nummers zijn perceelscodes.

Bijlage II.

Stikstofbalans, N-min na oogst en najaar en opbrengsten per gewas

Vredepeel

Tabel 1. Overzicht van stikstofbalans (aanvoer, afvoer en overschot in kg/ha), de minerale stikstofhoeveelheden in de bodem na de oogst en aan het begin van het uitspoelingsseizoen (N-min na oogst (0-60 cm) en N-min najaar (0-90 cm) in kg/ha), en kwaliteitsproductie (opbrengst in ton/ha en kwaliteit) per teeltwijze.

Gewas	Systeem	Jaar	Aanvoer	Afvoer	Overschot	N-min na oogst	N-min najaar	Opbrengst	Kwaliteit	Maatstaf kwaliteit
Aardappel laat	Synthese	2001	267	184	83	26	43	64	389	onderwatergewicht (g)
		2002	277	191	87	47	46	58	394	
		2003	261	219	42	35	71	65	367	
Aardappel laat	Analyse-1	2001	262	197	65	32	43	66	381	onderwatergewicht (g)
		2002	281	158	123	41	54	48	367	
		2003	246	210	36	29	52	62	383	
Aardappel laat	Analyse-2	2001	233	232	1	27	46	67	374	onderwatergewicht (g)
		2002	182	157	25	23	32	48	370	
		2003	177	205	-28	35	55	61	353	
Aardappel vroeg	Synthese	2001	271	216	55	91	65	58	373	onderwatergewicht (g)
		2002	243	118	125	49	86	36	30	% < 45 mm
		2003	206	146	60	62	138	44	79	% < 45 mm
Aardappel vroeg	Analyse-1	2001	268	217	51	100	55	59	367	onderwatergewicht (g)
		2002	221	128	93	37	16	39	32	% < 45 mm
		2003	177	114	63	45	32	34	96	% < 45 mm
Aardappel vroeg	Analyse-2	2001	229	229	0	102	37	62	362	onderwatergewicht (g)
		2002	179	125	53	36	26	38	44	% < 45 mm
		2003	153	243	-90	35	31	38	87	% < 45 mm
Suikerbiet vroeg	Synthese	2001	225	95	130	16	21	8,3	15,1	% suiker
		2002	251	104	147	11	33	8,7	15	
		2003	194	108	86	11	16	9,8	17,6	
Suikerbiet vroeg	Analyse-1	2001	216	122	94	21	47	8,4	15	% suiker
		2002	247	108	139	13	37	8,7	14,5	
		2003	186	105	81	5	31	9,8	18,1	
Suikerbiet vroeg	Analyse-2	2001	153	92	61	19	64	8,3	15,5	% suiker
		2002	194	97	97	4	35	8,1	15	
		2003	146	237	-91	5	30	10	18,6	
Suikerbiet laat	Synthese	2001	216	85	131	32	50	10,4	16,2	% suiker
		2002	262	108	154	14	10	9	15	
		2003	194	159	35	9	49	14,4	17,5	
Suikerbiet laat	Analyse-1	2001	208	100	108	16	21	10,2	15,9	% suiker
		2002	246	116	130	14	20	9,5	14,8	
		2003	133	136	-3	9	14	12	16,9	

Gewas	Systeem	Jaar	Aanvoer	Afvoer	Overschot	N-min naoogst	N-min najaar	Opbrengst	Kwaliteit	Maatstaf kwaliteit
Suikerbiet laat	Analyse-2	2001	161	112	49	15	19	11	16,4	% suiker
		2002	178	101	77	8	8	8,5	15,2	
		2003	119	223	-105	16	23	11,9	16,6	
Snijmaïs	Synthese	2001	244	218	26	74	80	16,5	25	% droge stof
		2002	246	201	45	47	65	15,9	29	
		2003	225	229	-3	57	65	19,5	32	
Snijmaïs	Analyse-1	2001	198	196	2	55	70	15,4	25	% droge stof
		2002	196	177	19	37	61	14	23	
		2003	164	257	-94	27	59	15,6	23	
Snijmaïs	Analyse-2	2001	150	204	-54	74	64	16,3	30	% droge stof
		2002	122	213	-91	28	39	16,8	25	
		2003	108	251	-143	32	23	18,8	28	
Triticale	Synthese	2001	143	119	24	40	47	6,6	-	
		2002	141	149	-8	34	49	6,6	-	
		2003	143	146	-3	55	88	6,8	-	
Triticale	Analyse-1	2001	143	105	38	31	42	6,6	-	
		2002	141	143	-1	38	53	6,6	-	
		2003	143	147	-4	47	39	6,5	-	
Triticale	Analyse-2	2001	143	105	38	31	14	6,6	-	
Zomergerst	Synthese	2001	72	106	-34	28	47	5,9	-	
Zomergerst	Analyse-1	2001	72	106	-34	20	38	5,9	-	
Zomergerst	Analyse-2	2001	72	106	-34	20	40	5,9	-	
		2002	72	90	-18	29	20	5,9	-	
		2003	60	50	10	34	43	6,3	-	
Waspeen	Synthese	2002	120	61	59	16	26	41	60	% klasse 1
		2003	175	65	110	17	29	0	0	
Waspeen	Analyse-1	2002	120	72	48	8	19	47,8	70	% klasse 1
		2003	164	60	104	14	28	0	0	
Waspeen	Analyse-2	2002	95	72	23	14	26	47,8	70	% klasse 1
		2003	75	53	22	15	27	0	0	
Erwt/boon	Synthese	2001	213	78	135	32	73	5,3/5,9	7,9	% tarra stamslaboon
		2002	213	69	144	29	101	4,8/8,4	7,9	
		2003	175	72	103	21	88	4,2/10,2	9,3	
Erwt/boon	Analyse-1	2002	175	77	99	49	80	5,9/8,4	7,9	% tarra stamslaboon
		2003	162	88	74	45	79	6,2/10,6	9,3	
Erwt/gbm	Analyse-1	2001	129	65	64	20	14	6,4	-	
Erwt/gbm	Analyse-2	2001	129	65	64	24	11	6,4	-	
		2002	91	34	57	37	19	4,5	-	
		2003	51	160	-109	23	33	6,3	-	

Meterik

Tabel 2. *Overzicht van stikstofbalans (aanvoer, afvoer en overschot in kg/ha), de minerale stikstofhoeveelheden in de bodem (0-90 cm) na de oogst en aan het begin van het uitspoelingsseizoen (N-min na oogst en N-min najaar in kg/ha), en kwaliteitsproductie (opbrengst en kwaliteit) per teeltwijze.*

Gewas	Teeltwijze	Systeem	Jaar	Aanvoer	Afvoer	Overschot	N-min na oogst	N-min najaar	Opbrengst	Kwaliteit	Maatstaf kwantiteit en kwaliteit
Ijssla	vroeg	Blad S	2001	197	55	142	150	-	58,6	77	1000 stuks/ha
			2002	111	41	70	101	-	58,5	73	% > 500 gr
			2003	113	54	59	67	-	30,6	63	
Ijssla	vroeg	Blad A	2001	73	79	-6	70	-	0	0	1000 stuks/ha
			2002	64	48	16	45	-	67,4	70	% > 500 gr
			2003	68	135	-67	45	-	0	0	
Ijssla	zomer	Blad S	2001	70	52	22	88	67	0	0	1000 stuks/ha
			2002	85	54	31	164	88	58,7	87	% > 500 gr
			2003	51	106	-55	58	10	0	0	
Ijssla	herfst	Blad S	2001	66	48	18	43	58	28,1	42	1000 stuks/ha
			2002	80	34	46	145	127	45,0	80	% > 500 gr
			2003	49	129	-80	84	104	49,4	100	
Ijssla	herfst	Blad A	2001	103	123	-20	32	66	28,2	41	1000 stuks/ha
			2002	81	98	-17	105	105	45,9	71	% > 500 gr
			2003	52	131	-79	81	82	55,5	92	
Chinese kool	vroeg	Blad S	2001	177	68	109	41	-	49	74	1000 kg/ha
			2002	166	0	166	85	-	0	0	% > 800 gr
			2003	165	91	74	73	-	50	85	
Chinese kool	zomer	Blad A	2001	111	80	31	34	-	50	78	1000 kg/ha
			2002	158	64	94	40	-	39	65	% > 800 gr
			2003	85	193	-108	68	-	46	82	
Chinese kool	herfst	Blad S	2001	6	63	-57	36	86	37	72	1000 kg/ha
			2002	137	88	49	177	178	52	96	% > 800 gr
			2003	24	211	-187	54	66	71	99	
Chinese kool	herfst	Blad A	2001	6	156	-150	18	55	50	82	1000 kg/ha
			2002	150	242	-92	53	109	58	97	% > 800 gr
			2003	26	204	-178	29	34	71	100	
Chinese kool	herfst bewaar	Blad S	2001	103	103	0	10	35	33	43	1000 kg/ha
			2002	132	120	12	18	18	34	75	% > 800 gr
			2003	125	204	-79	17	17	43	91	
Prei	zomer	Prei S	2001	236	221	-15	251	10	67	86	1000 kg/ha
			2002	150	263	-113	120	50	70	97	% klasse 1
			2003	159	216	-57	-	34	63	48	
Prei	herfst laat	Prei S	2001	326	253	73	-	94	44	64	1000 kg/ha
			2002	167	259	-92	-	21	40	90	% klasse 1
			2003	110	257	-147	74	55	44	38	
Prei	herfst laat	Prei A	2001	169	275	-106	-	34	41	66	1000 kg/ha
			2002	104	153	-49	-	16	41	93	% klasse 1
			2003	130	220	-90	68	59	42	29	
Prei	winter 1 en 2	Blad S	2001	222	252	-30	-	62	32	66	1000 kg/ha
			2002	156	145	11	-	52	21	25	% klasse 1

Gewas	Teeltwijze	Systeem	Jaar	Aanvoer	Afvoer	Overschot	N-min naooogst	N-min najaar	Opbrengst	Kwaliteit	Maatstaf kwantiteit en kwaliteit
			2003	130	186	-56	-	78	28	21	
Prei	laat winter	Prei S	2001	158	181	-23	95	24	33	76	1000 kg/ha
			2002	100	151	-51	73	54	30	97	% klasse 1
			2003	210	195	15	-	52	46	83	
Prei	laat winter	Blad A	2001	132	128	4	40	46	22	52	1000 kg/ha
			2002	95	153	-58	18	47	20	34	% klasse 1
			2003	130	220	-90	-	39	42	41	
Aardbei	vroeg	Aardb	2001	135	64 ¹	71	79	6	24	72	1000 kg/ha
			2002	126	75 ²	51	83	28	19	86	% klasse 1
			2003	131	116 ²	15	62	9	27	94	
Aardbei	middenvroeg	Aardb	2001	129	27	102	82	36	27	71	1000 kg/ha
			2002	126	36	90	97	19	29	90	% klasse 1
			2003	109	67 ²	42	88	19	23	78	
Aardbei	laat	Aardb	2001	121	19	102	108	38	14	79	1000 kg/ha
			2002	108	22	86	50	20	15	80	% klasse 1
			2003	186	28	158	92	20	15	70	
Aardbei	wachtbed	Aardb	2001	60	44	16	29	50	11	-	1000 kg/ha
			2002	70	57	13	-	44	14	-	
			2003	108	57	51	-	102	14	-	
Peen	winterpeen	Aardb	2002	116	184	-68	11	25	115	-	1000 kg/ha
	waspeen	Aardb	2003	135	105	20	7	10	70	-	

Bijlage III.

**Gehalten, opbrengsten en nutriëntenopbrengsten
in bemeste en onbemeste velden van Kernbedrijf
Vredepeel in de jaren 2001-2003**

Jaar	Perceel	Systeem	Gewas	Gehalten			Verse			droge			Nutrientenopbrengst		
				DS (g/kg)	N-TOT (g/kg)	K (g/kg)	P (g/kg)	Opbrengst (ton/ha)	Opbrengst stof (ton/ha)	N (kg/ha)	P2O5 (kg/ha)	K2O (kg/ha)			
2001	18.2-A2	Gl-analyse-2	Snijmais	300	12.5				54	16	203				
	18.2-A2	Gl-analyse-2	Snijmais onbemest	326	8.8				38	13	110				
2001	28.2-A2	Gl-analyse-2	Aardappel	213	15.7	18.6	2.1	69	15	232	71	331			
	28.2-A2 onbemest	Gl-analyse-2	Aard. onbemest	204	8.1	21.2	2.2	36	7	59	37	188			
2002	18.2-A2	Gl-analyse-2	Doperwt	270	40.0	11.6	4.2	6	1.7	66	16	23			
	18.2-A2	Gl-analyse-2	Erwt enloof	184	21	19	2	75	14	289	57	316			
2002	18.2-A2	Gl-analyse-2	Erwt onbemest	267	43.0	11.6	4.4	7	1.7	75	18	24			
	18.2-A2 onbemest	Gl-analyse-2	Erwt enloof onbemest	337	12	10	1	24	8	99	19	94			
2002	28.2-A2	Gl-analyse-2	Suikerbiet	206	6.8	7.1	1.6	58	12	82	44	103			
	28.2-A2	Gl-analyse-2	Bietenloof	132	22	28	3	42	6	124	39	187			
2002	28.2-A2	Gl-analyse-2	Totaal	217	6.2	9.7	1.6	100	18	206	83	289			
	28.2-A2 onbemest	Gl-analyse-2	Biet onbemest	132	23	38	3	19	3	59	19	118			
2002	28.2-A2	Gl-analyse-2	Bietenloof onbemest	132	23	38	3	19	3	59	19	118			
	28.2-A2 onbemest	Gl-analyse-2	Totaal					66	13	122	56	236			
2003	18.2-A2	Gl-analyse-2 lt.	Aardappel	192	9.3	23	2.5	62	12	111	68	331			
	18.2-A2	Gl-analyse-2	Aardappelloof	508	10.4	18	1.1	5	3	28	7	59			
2003	18.2-A2 onbemest	Gl-analyse-2	Totaal	187	14.5	24	2.5	55	15	139	75	390			
	18.2-A2 onbemest	Gl-analyse-2	Aardappel onbemest	187	14.5	24	2.5	55	10	148	58	295			
2003	28.2-A2	Gl-analyse-2 (zg)	A. loof onbemest	741	5.6	10.8	0.8	2	2	10	3	24			
	28.2-A2	Gl-analyse-2	Totaal	816	15.1	6.3	3.8	57	12	158	62	319			
2003	28.2-A2	Gl-analyse-2	Zomergerst korrel	468	4.5	21.4	1.2	6.1	5.0	75	43	38			
	28.2-A2 onbemest	Gl-analyse-2 onbemest	Z.gerst stro	468	4.5	21.4	1.2	3.9	1.8	8	5	47			
2003	28.2-A2 onbemest	Gl-analyse-2 onbemest	Totaal	837	12.6	6.2	4	10	7	84	48	85			
	28.2-A2 onbemest	Gl-analyse-2 onbemest	Z.gerst korrel onbemest	837	12.6	6.2	4	3.0	2.5	32	23	19			
2003	28.2-A2 onbemest	Gl-analyse-2 onbemest	Z.gerst stro onbemest	529	3.6	20.8	1.1	0.9	0.5	2	1	12			
	28.2-A2 onbemest	Gl-analyse-2 onbemest	Totaal					4	3	33	24	30			

Reeds verschenen externe rapporten

Telen met toekomst

38. Waterkwaliteit op open teelt bedrijven en de relatie met bodem- en bemestingsvariabelen. Resultaten van het project Telen met toekomst, 2000-2004. F.J. de Ruijter & L.J.M. Boumans. Rapport OV 0501.
37. Stikstofstromen op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik. De grondwaterkwaliteit gemeten van 2001 tot 2004. Annemieke Smit, Kor Zwart & Jan van Kleef. Rapport OV 0416, 2004.
36. Kernbedrijf Meterik; Resultaten eerste fase. A.L. Smit & J.J. de Haan (eds.). Rapport OV 0415, 2004.
35. Variatie in afvoer nutriënten binnen Telen met toekomst; een verkenning bij consumptie-aardappelen en prei. J.W.A. Langeveld & P.W.J. Uithol. Intern rapport, 2004.
34. Organische stofopbouw en N-mineralisatie: op kernbedrijven; verfijning model MINIP. R. Postma & T.A. van Dijk. Rapport OV 0414, 2004.
33. Organische stofopbouw en N-mineralisatie; praktijktoepassing van een verbeterd model. R. Postma, T.A. van Dijk & A.G.G. van der Weijden. Rapport OV 0413, 2004.
32. Afvoer van gewasresten ter beperking van stikstofverliezen. Bureaustudie naar de effecten op de stikstofbalans, mineralisatie en organische stof. F.J. de Ruijter & R. Postma. Rapport OV 0412, 2004.
31. Kernbedrijf Vredepeel. Resultaten eerste fase. J.W.A. Langeveld & A.L. Smit. Rapport OV 0411, 2004.
30. Stikstofopnamecurven voor akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Doorrekenen van de gewasrotaties op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van Telen met toekomst. A.A. Pronk & K. Groenwold. Rapport OV 0410, 2004.
29. Evaluatie Nitraatprojecten, bijdrage vanuit Telen met toekomst. Hans Langeveld. Rapport OV 0409, 2004.
28. Organische stofopbouw en N-mineralisatie op kernbedrijven; toetsing MINIP met resultaten 2002 en 2003. R. Postma & T.A. van Dijk. Rapport OV 0408, 2004.
27. De Telen met toekomst Energie- en klimaatmeetlat. Eindrapport. Herbert Mombarg & Anton Kool. Rapport OV 0407, 2004.
26. Nitraatuitspoeling Vredepeel 2002-2003. J.A. de Vos & F.B.T. Assinck. Rapport OV 0406, 2004.
25. Stikstofstromen op het kernbedrijf Meterik. Modelberekeningen met FUSSIM2 en MOTOR. F.B.T. Assinck & P. de Willigen. Rapport OV 0405, 2004.
24. Fosfaatkarakteristieken van de bodem van de kernbedrijven Meterik en Vredepeel. Een gedetailleerd beeld van het bodemprofiel. P. Ehlert & G. Koopmans. Rapport OV 0404, 2004.
23. Stikstofstromen op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik. De grondwaterkwaliteit gemeten. A. Smit, K.B. Zwart & J. van Kleef. Rapport OV 0403, 2004.
22. Stikstofstromen op het kernbedrijf Vredepeel. Modelberekeningen met FUSSIM2 en MOTOR. F.B.T. Assinck & P. de Willigen. Rapport OV 0402, 2004.
21. Bemesting en Nmin op gewasniveau op de praktijkbedrijven van Telen met toekomst (2000-2002). F.J. de Ruijter & J. Groenwold. Rapport OV 0401, 2004.
20. Stikstofstromen op de kernbedrijven Meterik en Vredepeel. Mineralisatie van bodem en gewasresten. A. Smit & K.B. Zwart. Rapport OV 0304, 2003.
19. Grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit op de Telen met toekomst bedrijven in 2002. M. van den Berg & M.M. Pulleman. Rapport OV 0303, 2003.
18. AcTA: Accesdatabase Telen met toekomst – Alterra. A. Smit & K.B. Zwart. Rapport OV 0302, 2003.
17. Relaties tussen nitraat in het grondwater en potentiële indicatoren voor nitraatverlies op de voorloperbedrijven van Telen met toekomst. F.J. de Ruijter. Rapport OV 0301, 2003.
16. Telen met toekomst, voor telers met toekomst: Jaaroverzicht 2002. Anonymus, 2003.

15. Hoe staat het met de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater? B.M.A. Kroonen-Backbier & J.A.J.M. Rovers. Rapport WDNB03, 2003.
14. Hoe staat het met de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater? J.A.J.M. Rovers & B.M.A. Kroonen-Backbier. Rapport WDZHZ03, 2003.
13. Startgiften van de stikstofbemesting in tulp. Modelstudie naar de effecten van neerslag op de stikstofbeschikbaarheid in de wortelzone. F.J. de Ruijter. Rapport OV 0206, 2002.
12. De Telen met toekomst Energie- en klimaatmeetlat. Methodiek en rekenregels. H.F.M. Mombarg, A. Kool, W.J. Corré, J.W.A. Langeveld & W. Sukkel. Rapport OV 0205, 2003.
11. Waterretentie en waterdoorlatendheidskarakteristieken van 'Telen met toekomst' proefvelden Meterik en Vredepeel. J.A. de Vos, E.W.J. Hummelink & T.S. van Steenberg. Rapport OV 0204, 2002.
10. Organische stofopbouw en N-mineralisatie op kernbedrijven; toetsing model Janssen. R. Postma. Rapport OV 0203, 2002.
9. Stikstofverliezen door denitrificatie in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Onderzoek op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van het project 'Telen met toekomst'. Kor Zwart, Annemieke Smit & Kees Rappoldt. Rapport OV 0202, 2002.
8. Gebruik van Global Positioning System (GPS) binnen 'Telen met toekomst'. Plaatsbepaling bij monsternamen op de Voorloperbedrijven'. A.L. Smit. Rapport OV 0201, 2002.
7. 'Telen met toekomst', kansen en knelpunten in zicht: Jaaroverzicht 2001. Anonymus, 2002.
6. Fosfaattoestanden op de praktijkbedrijven van 'Telen met toekomst'. Een analyse van de situatie bij de start van het project. Philip Ehlert & Gerwin Koopmans, 2002.
5. Stikstof- en fosfaatverliezen in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Projectplan voor het bodemonderzoek op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van het project 'Telen met toekomst'. Kor Zwart & Annemieke Smit, 2002.
4. 'Telen met toekomst', voor telers met toekomst: Jaaroverzicht 2000. Anonymus, 2001.
3. Detaillering projectplan 'Telen met toekomst'. Remmie Booij, Wim van Dijk, Bert Smit, Frank Wijnands, Hans Langeveld, Janjo de Haan, Annette Pronk, Jaap Schröder, Jet Proost, Harm Brinks, Peter Dekker, Philip Ehlert, 2001.
2. Projectplan 'Telen met toekomst'. Jacques Neeteson, Remmie Booij, Wim van Dijk, Janjo de Haan, Annette Pronk, Harm Brinks, Peter Dekker & Hans Langeveld, 2001.
1. Voorwaarts met de milieuprestaties van de Nederlandse open-teelt sectoren: een verkenning naar 2020. A.J. de Buck, F.J. de Ruijter, F. Wijnands, P.L.A. van Enckevort, W. van Dijk, A.A. Pronk, J. de Haan & R. Booij, 2000.

