



Kernbedrijf Vredepeel

Resultaten eerste fase

J.W.A. Langeveld, A.L. Smit &
J.J. de Haan (eds.)

Telen met toekomst

Kernbedrijf Vredepeel

Resultaten eerste fase

J.W.A. Langeveld, A.L. Smit & J.J. de Haan

Telen met toekomst
juli 2004
OV0411

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	:	post@plant.wag-ur.nl
Internet	:	http://www.plant.wageningen-ur.nl

© 2004 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
Voorwoord		1
1.	Samenvatting	3
1.1	Resultaten	3
1.2	Discussie en conclusies	6
2.	Opzet van het onderzoek	7
2.1	Bedrijfssystemen	7
2.2	Procesonderzoek	8
3.	Nutriëntenmanagement	11
3.1	Teeltkundige aspecten	11
3.2	Milieukundige aspecten	12
4.	Duurzaam beheer productiemiddelen	17
4.1	Chemische bodemvruchtbaarheid (Pw en K-getal)	17
4.2	Organische stof	17
5.	Waterkwaliteit	21
5.1	Metingen Alterra	21
5.2	Metingen RIVM	22
6.	Gewasbescherming	29
6.1	Teelttechnische evaluatie	29
6.2	Milieukundige aspecten	30
7.	Kwaliteitsproductie	33
8.	Procesonderzoek	35
8.1	Stikstofmineralisatie	35
8.2	Denitrificatie	40
8.3	N-binding door vlinderbloemigen	41
9.	Discussie en conclusie	43
9.1	Meetresultaten	43
9.2	Knelpunten en oplossingsrichtingen	45
10.	Literatuur	47
Bijlage I.	Plattegrond Vredepeel 2001	1 p.
Bijlage II.	Tabel met cirkelwaarden	2 pp.
Bijlage III.	Bemestingsstrategieën	3 pp.
Bijlage IV.	Resultaten van de veldanalyses (RIVM)	2 pp.

Reeds verschenen externe rapporten Telen met toekomst

Voorwoord

J.W.A. Langeveld (Plant Research International) & J.J. de Haan (Praktijkonderzoek Plant en Omgeving)

De samenleving vraagt om een schone en veilige landbouwproductie. Het bedrijf van de toekomst moet voldoen aan allerlei door de maatschappij gestelde voorwaarden, terwijl het behalen van voldoende opbrengst van goede kwaliteit essentieel blijft voor het bedrijfsinkomen. Het terugdringen van de emissies van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen is een van de belangrijkste speerpunten bij de ontwikkeling van maatschappelijk gewenste productiesystemen. Het project Telen met toekomst stelt zich ten doel zulke systemen te ontwikkelen en te testen. Dit gebeurt op vier onderzoekslocaties (kernbedrijven), waar onderzoek wordt gedaan naar de volgende 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 weergegeven in twee projectplannen (Neeteson e.a., 2001, en Booij e.a., 2001).

Het geïntegreerde bedrijfssystemenonderzoek op de onderzoekslocatie Vredepeel fungeert als kernbedrijf voor de akkerbouw (in het bijzonder voor bedrijven op zandgrond). Bij het onderzoek op dit bedrijf wordt speciale aandacht besteed aan processen in bodem en water die de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater en het duurzaam beheer van de bodem sterk beïnvloeden, zoals (de)nitrificatie, mineralisatie en uitspoeling. De opzet van onderzoek is elders beschreven (Langeveld e.a., 2002). Het voorliggende rapport beschrijft onderzoeksresultaten over het teeltjaar 2001. Het effect van de bedrijfsvoering op de grondwaterkwaliteit is in de loop van 2002 gemeten. Het rapport geeft hiermee een zo compleet mogelijk beeld van de teelt en bijhorende gevolgen voor de waterkwaliteit.

Dit rapport is het resultaat van een intensieve samenwerking van verschillende instituten: Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Plant Research International, Alterra, NMI en RIVM. De auteurs van de verschillende hoofdstukken staan in de tekst vermeld. Hiernaast hebben vele anderen bijgedragen aan het onderzoek. Hoewel het ondoenlijk is om iedereen op te sommen willen we hier speciaal noemen: Marc Kroonen (PPO, bedrijfsleider), Harry Verstegen (PPO), Jan van Kleef (Alterra) en Herman Smid (Plant Research International). Zonder hun inzet, maar ook die van anderen – hier niet genoemd – was dit rapport niet mogelijk geweest.

De opzet van dit rapport is als volgt. Hoofdstuk 1 geeft een samenvatting van de resultaten. De onderzoeksopzet wordt kort beschreven in hoofdstuk 2. Hierna volgen de resultaten op de verschillende gebieden, namelijk: nutriëntenmanagement (hoofdstuk 3), beheer productiemiddelen (hoofdstuk 4), waterkwaliteit (hoofdstuk 5), gewasbescherming (hoofdstuk 6), kwaliteitsproductie (hoofdstuk 7), en procesonderzoek (hoofdstuk 8). Hoofdstuk 9, tenslotte, sluit af met een korte discussie en enkele conclusies.

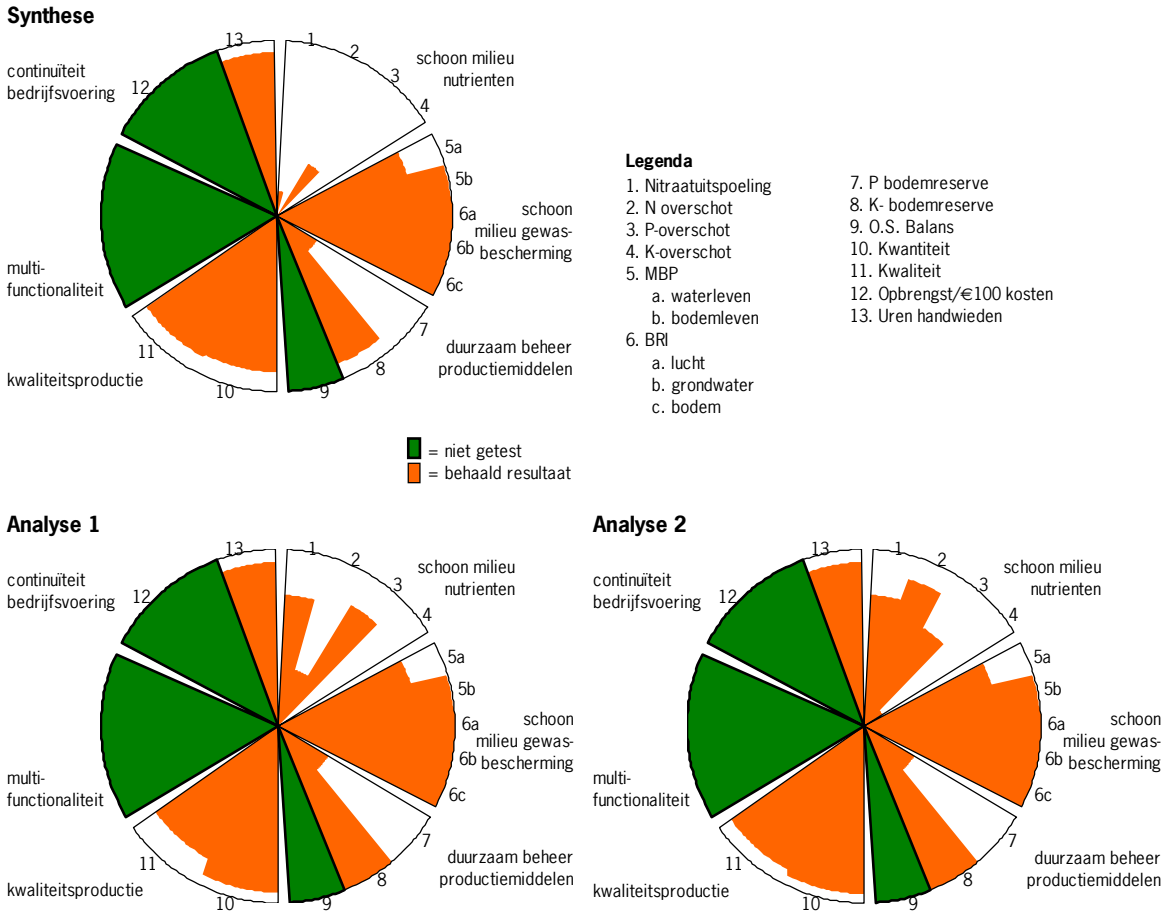
1. Samenvatting

J.J. de Haan (PPO), J.W.A. Langeveld (PRI), A.L. Smit (PRI), K.B. Zwart (Alterra), A. Smit (Alterra), M. van den Berg (RIVM) & R. Postma (NMI)

1.1 Resultaten

Algemeen

Het bedrijfssystemenonderzoek op het kernbedrijf Vredepeel bestaat uit een drietal systemen: *Synthese*, een systeem dat aansluit bij de praktijk, *Analyse-2*, een systeem waar alles erop gericht is milieudoelstellingen te halen (desnoods ten koste van het economische resultaat), en *Analyse-1*, dat een tussenpositie inneemt. Binnen Telen met toekomst worden behaalde resultaten weergegeven in een cirkelvormige figuur (Figuur 1). Voor verschillende onderdelen wordt hier aangegeven in hoeverre de gestelde streefwaarden worden gerealiseerd. In 2001 scoorde het bedrijf relatief goed in de thema's gewasbescherming en kwaliteitsproductie. Resultaten voor het thema nutriënten blijven het verste achter bij de doelen. Voor een overzicht van de streefwaarden en resultaten wordt verwezen naar Bijlage II.



Figuur 1. Realisering van de gewenste resultaten (relatief) van de systemen in 2001.

Bedrijfsvoering

Resultaten van de bedrijfsvoering worden besproken aan de hand van de verschillende, in de inleiding genoemde, onderzoeksthema's.

Nutriëntenmanagement

Alle systemen voldeden ruimschoots aan de MINAS-normen 2003 (zie Tabel 1), maar niet aan de norm voor werkelijk stikstofoverschot (al zit *Analyse-2* wel in de buurt). De fosfaatoverschotten zijn hoger uitgevallen dan gepland, maar waren in de *Analyse*-systemen nog wel laag genoeg om de Pw te doen dalen (zij het minder snel dan voorzien). De verschillen tussen de systemen zijn volledig terug te voeren op verschillen in nutriënten*aanvoer*. De *afvoer* van nutriënten was nagenoeg gelijk.

Tabel 1. Stikstof en fosfaatoverschotten volgens MINAS en werkelijk en N-min november (0-100 cm) in kg ha^{-1} in 2001.

	MINAS		Werkelijk		N-min november
	Stikstof	Fosfaat	Stikstof	Fosfaat	
Streefwaarde	60	20	60	*	45
Synthese	39	-3	120	13	53
Analyse-1	19	-29	100	-13	41
Analyse-2	-9	-54	68	-38	37

** Afhankelijk van systeem: Synthese 0 kg ha^{-1}, Analyse-1 –17 kg ha^{-1} en Analyse-2 –45 kg ha^{-1}.*

De gemeten gehalten minerale stikstof in november op de *Analyse*-delen lag beneden de streefwaarde van 45 kg ha^{-1}. In het *Synthese*-systeem was dit niet het geval. Berekeningen laten zien dat de nitraatconcentratie in alle systemen boven de streefwaarden zal uitvallen (50 mg NO_3^- l^{-1} voor *Synthese* en 25 mg NO_3^- l^{-1} voor de *Analyse*-systemen). Verschillen tussen de systemen onderling worden in het bijzonder veroorzaakt doordat stamslaboon in de dubbelteelt conservenerwt/stamslaboon in de *Analyse*-systemen is vervangen door een groenbemester (Tagetes). Hiernaast wordt de nitraatconcentratie in *Analyse-2* verlaagd door de toepassing van groenbemesters na vroege aardappel en triticale.

Duurzaam beheer productiemiddelen

De Pw valt met 50 hoger uit dan de streefwaarde van 30. Met de negatieve fosfaatoverschotten wordt verwacht dat de Pw zal dalen maar dit zal naar alle waarschijnlijkheid niet binnen de projectperiode gebeuren. Het K-getal ligt gemiddeld rond de onderkant van het streeftraject (11). Enkele percelen hebben echter een duidelijk lager K-getal. Door perceelsspecifieke toepassing van kalibemesting bij kalibehoeftige gewassen zal naar verwachting het optreden van kalitekorten kunnen worden voorkomen. Dit betekent echter wel dat het kali-overschot boven de streefwaarde uit zal komen. Met behulp van modellen is verder berekend dat het gehalte organische stof gedurende de projectperiode kan gaan dalen. Deze daling zal echter gering zijn; ook verschillen tussen de verschillende percelen zijn gering.

Gewasbescherming

De streefwaarden voor de emissieparameters (BRI) worden op bedrijfsniveau gehaald door alle systemen. Slechts één middel (Curzate) overschrijdt de norm voor BRI-grondwater op middelniveau

(0,1 ppb). Streefwaarden voor schadeparameters (MBP) worden echter niet gehaald. Eén op de vijf bespuitingen veroorzaakt schade aan het waterleven; wel is het aantal bespuitingen boven de 100 punten beperkt tot één. Bij 4% van de bespuitingen wordt de streefwaarde voor MBP-bodemleven nog overschreden. Problemen worden vooral veroorzaakt door insecticiden toegepast in aardappel, zomergerst en conservenerwt. Vervanging van deze middelen is niet mogelijk wegens ontbreken van niet-chemische strategieën of omdat milieuvriendelijke alternatieven niet voorhanden zijn. Zie ook Tabel 8.

Kwaliteitsproductie

De opbrengsten waren over het algemeen goed. Aardappel, snijmaïs en doperwt scoorden boven de streefwaarde. De opbrengst van stamslaboon viel tegen; opbrengsten van de andere gewassen weken minder dan 20% af van de streefwaarde. Er waren geen duidelijke verschillen tussen de systemen. De kwaliteit lag over het algemeen onder de streefwaarde; het onderwatergewicht van de aardappel en het suikergehalte van de bieten kwamen onder de doelstellingen uit, al waren deze misschien erg hoog gesteld. Wel gehaald zijn doelstellingen voor tarrapercentage van stamslaboon en droge stofgehalte van snijmaïs.

Continuïteit van de bedrijfsvoering

Er is nog geen economische analyse uitgevoerd van de huidige systemen. Een analyse van een op het *Synthese*systeem gelijkend bouwplan in de periode 1993-1999 liet zien dat de opbrengst met ongeveer €75 per €100 kosten gelijk lagen aan die in de praktijk (Smid & Spruijt, 2002). Voor een rendabele bedrijfsvoering het echter noodzakelijk meer goed renderende gewassen te verbouwen. Dit kan door deze gewassen een meer prominente plaats te geven in het bouwplan, of door uitbreiding van het geteelde areaal met goed salderende gewassen door deze te verbouwen op geruild of gehuurd land. Gemiddeld was 5,7 uur handwieden nodig per hectare. Dit ligt nog iets hoger dan de streefwaarde van 5 uur ha^{-1}. Oorzaak van het hoge aantal uren ligt vooral in het grote aantal schieters in de suikerbieten.

Waterkwaliteit

Metingen in het bovenste grondwater laten zien dat geen van de systemen voldoet aan de nitraatnorm. Het nitraatgehalte op de meeste percelen lag boven de gewenste 50 mg l^{-1}, met als uitschieter een perceel waar een dubbelteelt conservenerwt/stamslaboon had gestaan. Hier is meer dan 130 mg nitraat l^{-1} gemeten. Nitraatconcentraties op praktijkpercelen (*Synthese*, S) lagen aanzienlijk hoger dan die op de meest zuinig bemeste percelen (*Analyse-2*, A2). De verschillen worden deels verklaard doordat de *Analyse*-onderdelen van elk perceel steeds dichter bij het Peelkanaal liggen, maar lijken ook voor een belangrijk deel ook gerelateerd te zijn aan verschillen in nutriëntenmanagement. Significante verschillen tussen *Analyse-1* en *Analyse-2* konden niet worden aangetoond. De grondwaterkwaliteit voldeed verder ruimschoots aan gestelde normen voor overige parameters, waaronder fosfaat, sulfaat en ammonium.

Procesonderzoek

Het procesonderzoek richt zich op het in beeld brengen van de nutriëntenstromen, waarbij de orde van grootte van stikstofmineralisatie, denitrificatie en uitspoeling is geschat. Uit bepaling van de potentiële mineralisatie, 0N-velden en braakvelden is gebleken dat alleen al in de gewasperiode ca. 100-130 kg stikstof mineraliseert (laag 0-60 cm). Denitrificatie lijkt op Vredepeel geen rol te spelen. Aan de twee hiervoor benodigde voorwaarden (aanwezigheid van afbreekbare organische stof en het ontbreken van zuurstof in de bodem) wordt zelden voldaan. Dit betekent dat vrijwel alle niet opgenomen stikstof die onder de wortelzone terechtkomt in het grond- en oppervlaktewater belandt.

1.2 Discussie en conclusies

Grootste knelpunt in het systeem is de hoge nitraatuitspoeling. Ondanks een voorzichtige bemesting zal het moeilijk worden de gestelde streefwaarden (50 mg l^{-1} nitraat in de *Synthese* en 25 mg l^{-1} in de *Analyse*-delen) te behalen. Hoewel in sommige gevallen door fine-tuning van de bemesting nog enige ruimte gevonden kan worden, zal dit naar verwachting onvoldoende zijn voor het behalen van de streefwaarden. Dit betekent dat – in het bijzonder voor *Analyse*-systemen – een andere opzet van de rotatie en/of een suboptimale bemesting (met alle gevolgen voor de opbrengst van dien) niet kunnen worden uitgesloten. In 2002 is besproken in hoeverre een andere opzet en het accepteren van opbrengstderving mogelijk en acceptabel is. Hierbij is afgesproken om de grenzen nog verder op te zoeken, maar niet bewust zo ver te gaan dat opbrengstderving onontkomelijk wordt. Dit geldt met name voor *Analyse-2*, waar het uiterste gedaan wordt om de normen te halen.

De belangrijkste aanpassingen in de opzet van 2002 zijn:
- Verlagen van de bemesting in aardappel (*Analyse-2* startbemesting), vroege suikerbieten (*Analyse-2*) en conservenerwt (door keuze ander ras);
- Toepassen van CropScan in aardappel (*Analyse-2*), gecombineerd met bijbemestingen met urean;
- Inwerken van stro na vroege suikerbieten in plaats van late aardappel (om conflicten met opslagbestrijding aardappel te voorkomen);
- Kiezen van een snijmaïsras met zo laat mogelijke bloei (alle systemen);
- Inzaaien van groenbemester na snijmaïs (*Analyse –2*) in plaats van onderzaai;
- Besparen van 20% op mestgift in snijmaïs door toepassen van rijenbemesting (dierlijke mest in *Analyse-1*; kunstmest in *Analyse-2*);
- Kunstmestfosfaatgift in snijmaïs (*Analyse*-systemen) laten vervallen;
- Stamslaboon in dubbelteelt conservenerwt/stamslaboon vervangen door groenbemester (*Analyse-2*).

2. Opzet van het onderzoek

2.1 Bedrijfssystemen

J.J. de Haan & B.M.A. Kroonen-Backbier (PPO)

Op Kernbedrijf Vredepeel zijn drie bedrijfssystemen aangelegd. De grootste verschillen tussen de systemen zijn gerelateerd aan de nutriëntendoelen. De gewasbeschermingsstrategieën zijn vergelijkbaar. Meer over de opzet van het systeem is te vinden in het projectplan voor het kernbedrijf (Langeveld, 2002). De rotaties staan beschreven in Tabel 2. Een plattegrond van het bedrijf is te vinden in Bijlage I.

Synthese

Het *Synthese* systeem sluit aan bij de praktijk. Voor de organische bemesting wordt gebruik gemaakt van traditionele mestvarkensdrijfmest. Om de Pw omlaag te krijgen wordt fosfaat evenwichtsbemesting toegepast. Groenbemesters worden terughoudend ingezet in verband met risico op vermeerdering van nematoden. Alleen uitgeteste bedrijfszekere technieken worden ingezet om het risico voor opbrengstderving te beperken en een optimaal economisch resultaat te realiseren.

Analyse-1

Het *Analyse-1* systeem gaat een stap verder dan de praktijk. In plaats van de drijfmest wordt gebruik gemaakt van verwerkte varkensmest met een laag fosfaatgehalte. Om de Pw versneld af te bouwen wordt een negatieve fosfaatbalans aangehouden (aanvoer is de helft van de afvoer). De dubbelteelt conservenerwt/stamslaboon is vervangen door conservenerwt/Tagetes vanwege de hoge stikstofverliezen in deze dubbelteelt. Inzet van groenbemesters wordt beperkt in verband met vermeerdering van nematoden. Niet volledig uitgeteste technieken worden toegepast als ze helpen om de doelen te bereiken. Dit brengt enig risico voor opbrengstderving met zich mee, iets wat het economisch resultaat mogelijk aantast.

Analyse-2

Het *Analyse-2* systeem is sterk gericht op behalen van milieudoelen, het economisch resultaat is van minder belang. Om de Pw snel te verlagen in de richting van de milieukritische Pw wordt - behalve wanneer dat nodig is voor een goede startgroei - geen fosfaat aangevoerd. De bemesting wordt uitsluitend met kunstmest uitgevoerd. Groenbemesters worden ingezet waar mogelijk, ongeacht het risico voor vermeerdering van nematoden. Niet volledig uitgeteste technieken worden toegepast als ze helpen om de doelen te bereiken. Risico voor opbrengstderving is dus aanwezig.

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 + stro	Aardappel laat + stro
2.	Suikerbiet	Suikerbiet	Suikerbiet
3.	Triticale	Triticale + hergroei	Zomergerst + groenbemester
4.	Zomergerst	Zomergerst	Zomergerst
5.	Aardappel vroeg	Aardappel vroeg	Aardappel vroeg + groenbemester
6.	Suikerbiet	Suikerbiet	Suikerbiet
7.	Snijmaïs laat	Snijmaïs laat	Snijmaïs vroeg/groenbemester
8.	Conservenerwt/stamslaboon	Conservenerwt/Tagetes	Conservenerwt/Tagetes

2.2 Procesonderzoek

A.L. Smit (PRI)

Onderzoek uit het verleden (Langeveld, 2002; Wijnands & Kroonen-Backbier, 2002) bracht de volgende knelpunten aan het licht:

- een goede bemestingsstrategie veronderstelt een inschatting van de hoogte en het verloop van de stikstofmineralisatie. Door hier rekening mee te houden kunnen in bepaalde gevallen te hoge Nmin waarden bij de oogst worden voorkomen;
- de grootste verliezen lijken op te treden bij de teelt van aardappel, triticale en de combinatie conservenerwt/stamslaboon.
- Bij de volgteelt bonen na erwten lijken de bonen de stikstof uit de oogstresten van erwten slecht te benutten. Na triticale worden soms hoge Nmin waarden gevonden bij de herfstbemonstering; hier lijkt vooral de mineralisatie in de gewasloze periode een belangrijke rol te spelen. Dit speelt soms ook voor andere gewassen dan triticale, bijvoorbeeld (vroege) aardappel en maïs; vooral als er geen vanggewassen/groenbemesters geteeld worden.
- suikerbieten hebben een vrij hoog stikstofoverschot op de balans, terwijl meestal maar weinig Nmin in de najaarsbemonstering gevonden wordt. Dit komt voornamelijk doordat op het veld achterblijvende gewasresten veel stikstof bevatten. Van de hierin aanwezige 100-150 kg stikstof wordt bij een volgende teelt slechts 30 kg op de bemesting in mindering gebracht. Mineralisatie uit suikerbietenoogstresten verdient dan ook extra aandacht.

Bij het ontwerp van het procesonderzoek op het kernbedrijf Vredepeel is rekening gehouden met bovenstaande knelpunten. Er is gekozen voor de volgende onderwerpen:

- Kwantificeren van stromen;
- Matchen van vraag en aanbod;
- Risicoanalyse;
- Organische stof.

Kwantificeren van stromen

De relatie tussen gemeten (of geschatte) emissies van nutriënten en de teeltkundige activiteiten in de aangelegde systemen. Het kwantificeren van (stikstof en fosfaat) stromen naar de omgeving (uitspoeling en denitrificatie) wordt uitgevoerd door Alterra. Aangelegde bedrijfssystemen zullen worden beoordeeld op de haalbaarheid (en het halen) van milieudoelen en duurzaamheid. Tevens wordt in dit onderwerp de relatie tussen afgeleide milieuparameters (bijvoorbeeld balansoverschotten, Nmin in het najaar) en de milieudoelen onderzocht. Een en ander brengt met zich mee dat aan- en afvoer van nutriënten per perceel vastgesteld worden.

Matchen van vraag en aanbod

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. Mogelijkheden zijn o.a. voor schatting van de vraagkant: simulatiemodellen, CropScantechnieken en bladanalyse. Voor de aanbodzijde zijn waarnemingen relevant van onder meer schatters van de mineralisatie (model, monstername, incubatie van grond) en afgeleide metingen van de mineralisatie, bewortelingsdiepte, en transport van nutriënten in het profiel. Een beter inzicht in de processen die tot verliezen aanleiding geven kan leiden tot verbeterde bemestingsstrategieën op gewas- of bedrijfsniveau.

Naast een uitgebreide monitoring van de Nmin status gedurende en na de verschillende teelten wordt via deelonderzoeken getracht meer kennis te verkrijgen van stikstofmineralisatie. Daartoe zijn sinds 2001 braakvelden aangelegd op twee percelen. Hier wordt ook de stikstofopname van een onbemest gewas bepaald. Deze onttrekking geeft een eerste idee van de jaarlijkse mineralisatie. Tezamen met intensieve Nmin waarnemingen op de braakveldjes kan hiermee een beeld worden gevormd van de stikstofmineralisatie in de loop van het jaar. Deze waarnemingen kunnen worden gebruikt bij het bepalen van een bemestingsstrategie die beter rekening houdt met de N-mineralisatie.

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

Risicoanalyse

Emissies beperken gaat gepaard met 'op het scherp van de snede' bemesten. Vaak is niet duidelijk wat voor de teler hierbij de risico's zijn op een mogelijk optredend tekort. Om hierover een risicoanalyse uit te kunnen voeren is het van belang om van verschillende processen de snelheid en ook de mate van onzekerheid te kennen. In dit kader is het bijvoorbeeld van belang om de snelheden van processen als gewasopname, mineralisatie en uitspoeling te kwantificeren. Uiteindelijk kan een bepaalde bemestingsstrategie dan niet alleen beoordeeld worden op een mogelijke verlaging van de emissies maar voor een ondernemer ook op de kans op een mogelijk tekort en daarmee opbrengstderving gedurende de teelt.

Organische stof

In samenwerking met het NMI zal een aantal deelvragen over organische stof management behandeld worden. In eerste instantie betreft het hier het doorrekenen van de aangelegde systemen voor wat betreft de duurzaamheid van organische stof beheer. Tevens zal een organische stof model getest worden (model MINIP) op een aantal objecten, vooral voor de effecten van oogstresten, organische bemestingen, stro onderwerken e.d. op organische stof niveau en op N-mineralisatie. Voor het beschrijven van de organische stoftoestand op de percelen in 2001 is gebruik gemaakt van het ECO- en MJPG-systeem uit het BSO-programma en van een biologisch perceel, beide onderdeel van de bedrijfsopzet voorafgaand aan het project Telen met toekomst. In het ECO-object was de organische stofaanvoer relatief hoog en in het MJPG-object relatief laag. In het biologische systeem was de organische stof aanvoer het hoogst. De geselecteerd percelen zijn 18.1, 18.2 en 26.2 (ECO) en 28.1 en 28.2 (MJPG). Vanaf 2000 liggen percelen 18.1 en 28.1 in het S*ynthese*--systeem en percelen 18.2, 26.2 en 28.2 in *Analyse-2*.

De systemen verschillen niet veel in organische stofbeheer. De aanvoer van dierlijke mest is hoger in het *Synthese*-systeem, maar dit wordt gecompenseerd door een geringer gebruik van groenbemesters. Op percelen 18.2 en 28.2 bevinden zich braakplotjes waarop gedurende de looptijd van het project geen gewassen worden geteeld en waar geen organisch materiaal wordt toegediend. Voor de verschillende objecten is het beloop van de C- en N-voorraad en de C- en N-mineralisatiesnelheid berekend

met het model MINIP. Daarbij is gebruik gemaakt van gegevens over bemesting, teelt van groenbemesters en gewasrestenbeheer in de periode van 1991 tot 2000. De resultaten van de berekeningen zijn getoetst aan metingen van het organische stof gehalte, de C- en N-mineralisatie in incubatie-experimenten en het verloop van de N-mineraalvoorraad in braakplotjes.

3. Nutriëntenmanagement

J.J. de Haan & B.M.A. Kroonen-Backbier (PPO)

3.1 Teeltkundige aspecten

In de bemesting wordt uitgegaan van algemene bemestingsadviezen en bijmest- of geleide bemestingssystemen. Vrijkomende nutriënten uit verterende groenbemesters of gewasresten worden in mindering gebracht op de gift. Hierbij wordt geen rekening gehouden met eventuele extra mineralisatie door langjarig gebruik van dierlijke mest of andere bronnen. Voor de teelt van aardappel, suikerbiet en snijmaïs is dierlijke mest gebruikt: mestvarkensdrijfmest of MDM in aardappel en suikerbiet van het *Synthese* en het *Analyse-1* systeem, runderdrijfmest (RDM) in snijmaïs van het *Synthese*-systeem en bewerkte mestvarkensdrijfmest in *Analyse-1*. Overige gewassen in *Synthese* en *Analyse-1*, alsmede alle gewassen in *Analyse-2* ontvingen alleen kunstmest. Nutriëntengehaltes van dierlijke mest zijn tevoren bepaald, zodat de te geven hoeveelheid precies kan worden afgestemd op de behoefte van het gewas. Hierbij wordt gerekend met een werkingspercentage voor stikstof van 70% voor MDM, 65% voor RDM en 85% voor de bewerkte MDM. Kalibemesting met kunstmest en bemestingen met sporenelementen worden uitgevoerd in het vroege voorjaar (februari-maart).

Het jaar 2001 kende een nat voorjaar. Samen met de MKZ-crisis zorgde dit voor een lange periode tussen de toediening van dierlijke mest en zaaien en poten. Dit kan mogelijk verliezen tot gevolg gehad hebben. De warme zomer, met veel regen eind augustus en september, veroorzaakte een verstoring van de groei van late gewassen (vooral stamslaboon) alsmede een behoorlijke stikstofuitspoeling. Door de extreme warmte in oktober is verder veel stikstof gemineraliseerd. Bemestingsstrategieën van de verschillende systemen worden gegeven in Bijlage III. Hieronder staan verder voor een aantal gewassen enkele bijzonderheden vermeld. Suikerbiet, conservenerwt en stamslaboon zijn volgens de strategie uitgevoerd en worden hier niet behandeld.

Aardappel

De bemesting is uitgevoerd zoals vermeld in Bijlage III. Zowel in vroege als late aardappels is bijbemesting nodig geweest in alle systemen. *Synthese* en *Analyse-1* kregen in zowel de vroege als late aardappels een bijbemesting van 30 kg stikstof (in de vorm van KAS). Bijbemesting in de *Analyse-2* is uitgevoerd op basis van CropScan (zoals vermeld met Urean in plaats van KAS). Vroege aardappels kregen twee giften (van respectievelijk 20 en 10 kg stikstof ha^{-1}); late aardappels kregen 40 kg stikstof ha^{-1} (CropScan adviseerde hier een gift van 60 kg stikstof ha^{-1}). Deze hoge gift heeft echter niet tot bladverbranding geleid. Uit een latere meting bleek dat de resterende 20 kg stikstof ha^{-1} niet nodig was.

Snijmaïs

Door de MKZ-crisis met een uitrijverbod van mest en door het natte voorjaar was de periode tussen de organische mestgift en zaai 6 weken. Mogelijk is in deze periode stikstof verloren gegaan voor de teelt. Dit zou het geval kunnen zijn in *Analyse*-1 waar bewerkte mest met een hoge fractie minerale stikstof is gebruikt. Dit was ook te zien aan de gewasstand en de opbrengst (die lager was dan in de andere systemen). Zowel in *Synthese* en *Analyse-1* is gebruik gemaakt van een laat bloeiend ras om een zo lang mogelijke opnameperiode te realiseren. Gezien het feit dat maïs vanwege aaltjes problemen niet gevolgd kan worden door een groenbemester is dit de enige mogelijkheid om de hoeveelheid reststikstof te beperken. In *Analyse-2* is gebruik gemaakt van een zeer vroeg ras om de onderzaai met zomergerst (groenbemester) mogelijk te maken. Helaas is de onderzaai mislukt (mogelijk door gebrek aan licht) en is de groenbemester na de oogst opnieuw ingezaaid. Uiteindelijk was ook de oogst op hetzelfde tijdstip als in *Synthese* en *Analyse-1*.

Triticale/zomergerst

Dit jaar is in de *Analyse-2* de triticale nog niet vervangen door de zomergerst omdat de triticale al gezaaid was voor de plannen rond waren. Wel is in plaats van waspeen zomergerst geteeld vanwege de aaltjessituatie en een vruchtopvolgingsprobleem„;3 jaar geleden had namelijk ook reeds waspeen op het perceel gestaan. Er was geen verschil in bemesting tussen de systemen. Triticale heeft in alle gevallen een tweede bemesting gekregen van 60 kg ha^{-1} waarbij het tijdstip van de gift is bepaald met een venster.

Groenbemesters en nateelt maatregelen

Bladrammenas na de vroege aardappel (*Analyse-2*) was matig ontwikkeld door wateroverlast. De groenbemester na zomergerst (ook zomergerst) in de *Analyse-2* was goed ontwikkeld. De onderzaai van gerst in snijmaïs is mislukt. Na de oogst van de maïs is deze opnieuw ingezaaid; de gerst wist zich nog redelijk te ontwikkelen. Het inwerken van stro na late aardappels op de *Analyse*-percelen ging goed, al kon het stro niet diep worden ingewerkt om verliesknollen niet te diep weg te werken. Tagetes, ingezaaid na conservenerwt in de *Analyse*-systemen, heeft zich goed ontwikkeld.

3.2 Milieukundige aspecten

Milieukundige resultaten worden besproken aan de hand van nutriëntenbalansen en de gemeten hoeveelheid bodemstikstof bij de oogst en in het najaar.

Nutriëntenbalansen

Tabel 3 geeft de werkelijke en de MINAS balansen van de verschillende systemen. Aanvoer volgens MINAS bestaat uit mest en stikstof uit fixatie (vanaf 2002 is dit verplicht). Alle systemen haalden de MINAS-normen voor droge zandgronden voor 2003 voor zowel stikstof als fosfaat. Streefwaardes voor de werkelijke overschotten worden echter niet gehaald, al ligt het overschot in *Analyse-2* hierbij in de buurt.

Tabel 3. Werkelijke en MINAS stikstof- en fosfaatbalans bedrijfsniveau (kg ha^{-1}).

	Stikstof			Fosfaat		
	Synthese	*Analyse-1*	*Analyse-2*	*Synthese*	*Analyse-1*	*Analyse-2*
Totale aanvoer	258	239	211	65	39	14
Aanvoer mest	194	178	150	62	36	11
Dierlijke mest	*98*	*120*	*0*	*54*	*25*	*0*
Kunstmest	*95*	*58*	*150*	*7*	*11*	*11*
Fixatie	10	6	6	0	0	0
Uitgangsmateriaal	3	3	3	1	1	1
Depositie	52	52	52	2	2	2
Werkelijke afvoer	134	136	141	51	52	52
Werkelijk overschot	124	103	70	13	-13	-38
Streefwaarde	*60*	*60*	*60*	*0*	*-17*	*-45*
Aanvoer volgens MINAS	204	184	156	62	36	11
Forfaitaire afvoer MINAS	165	165	165	65	65	65
Overschot volgens MINAS	39	19	-9	-3	-29	-54
Verliesnorm MINAS droge zandgronden 2003	*60*	*60*	*60*	*20*	*20*	*20*

Het was vooraf bekend dat de stikstof streefwaarden voor werkelijke overschotten niet gehaald zouden worden. De verschillen tussen de geplande en gerealiseerd overschotten zijn relatief klein (<10%). Streefwaarden voor fosfaat zijn afgeleid van de plannen (berekend op basis van verwachte opbrengsten):

- in *Synthese* is aanvoer gelijk aan afvoer;
- in *Analyse-1* is aanvoer 50% van de afvoer;
- in *Analyse-2* wordt geen fosfaat aangevoerd.

Op deze streefwaarden zijn voor de analysedelen correcties uitgevoerd voor onvermijdelijke geachte startgiften voor snijmaïs en conservenerwt. Verschillen tussen streefwaarde en realisatie worden veroorzaakt omdat de afvoer lager was dan de geplande afvoeren (in alle gevallen was de geplande afvoer ongeveer 57 kg ha^{-1}). Daarnaast was een balans van 0 in *Synthese* moeilijk te verkrijgen omdat organische mest technische gezien niet exact valt te doseren.

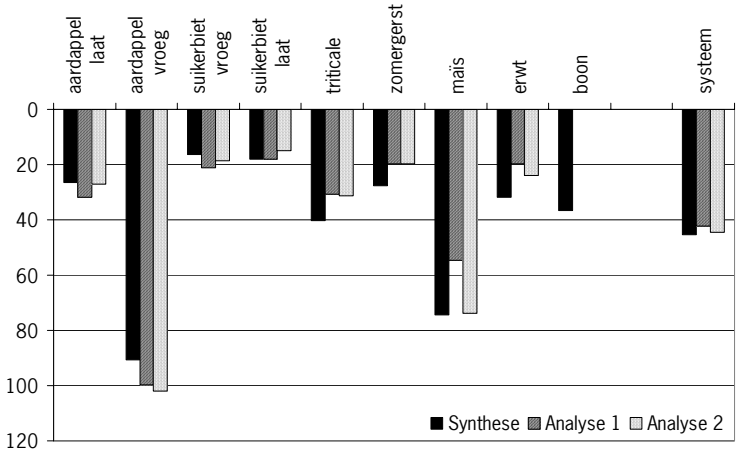
Bij aardappel, suikerbiet en snijmaïs zijn duidelijke verschillen te zien in de overschotten van de verschillende systemen (Tabel 4). Deze verschillen worden vooral veroorzaakt doordat de werkingscoëfficiënt van de gekozen meststoffen varieert. Bij een vergelijkbare strategie is de aanvoer bij een lage werkingscoëfficiënt (*Synthese*, MDM, RDM) hoger dan bij een hoge werkingscoëfficiënt (*Analyse-2*, kunstmest). Verschillen tussen de systemen bij overige gewassen zijn kleiner, omdat hier in alle gevallen met kunstmest is gewerkt. Gewassen met relatief hoge overschotten zijn suikerbiet en doperwt doordat grote hoeveelheden stikstof op het veld achterblijven in de gewasresten. Tot milieuproblemen zouden deze overschotten in het algemeen niet hoeven te leiden: de stikstof uit de gewasresten van doperwt is in principe beschikbaar voor de stamslaboon, de stikstof uit de gewasresten van suikerbiet kan ten goede komen aan de triticale of snijmaïs in het volgende jaar. Of er toch stikstof verloren gaat wordt onderzocht in mineralisatieproeven en modelberekeningen.

Tabel 4. Werkelijke stikstofbalans per gewas (kg ha^{-1}) (excl. depositie).

	Aanvoer			Afvoer			Overschot		
	Synthese	*Analyse-1*	*Analyse-2*	*Synthese*	*Analyse-1*	*Analyse-2*	*Synthese*	*Analyse-1*	*Analyse-2*
aardappel laat	267	262	233	184	197	232	83	65	1
aardappel vroeg	271	268	229	216	217	229	55	51	0
suikerbiet vroeg	225	216	153	95	122	92	130	94	61
suikerbiet laat	216	208	161	85	100	112	131	108	49
snijmaïs	244	198	150	218	196	204	26	2	-54
triticale	143	143	143	119	105	105	24	38	38
zomergerst	72	72	72	106	106	106	-34	-34	-34
doperwt	129	129	129	53	65	65	76	64	64
stamslaboon	84	-	-	25	-	-	59	-	-

N-min na oogst

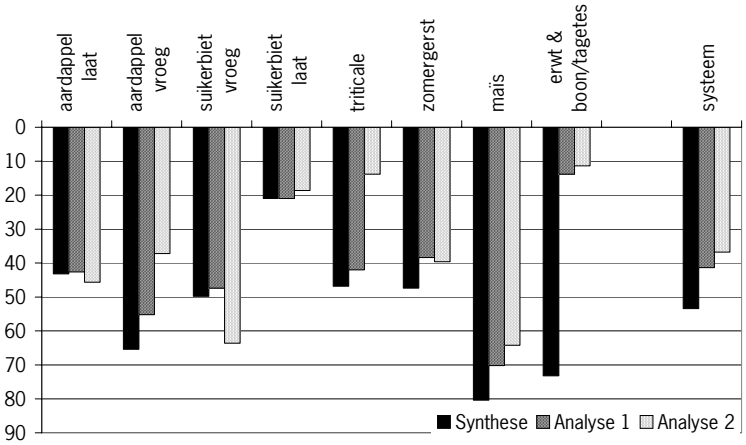
De hoeveelheid minerale stikstof (N-min) die na de oogst achterblijft is een indicatie van de afstemming van bemesting op de gewasbehoefte. Er zijn twee grote uitschieters: vroege aardappel en snijmaïs (Figuur 2). N-min na oogst van de overige gewassen is lager dan 40 kg ha^{-1}, wat aangeeft dat - indien er geen tussentijdse uitspoeling optreedt - de bemesting is afgestemd op de behoefte. De hoge N-min na oogst bij de aardappel is veroorzaakt door het inwerken van de voorvrucht in 2000 (waspeen). Mineralisatie van deze gewasresten kwam laat op gang, zodat er tijdens de bijbemesting (berekend aan de hand van analyses met bladsteeltjes en CropScan) onvoldoende rekening mee gehouden kon worden. Stikstofopname van snijmaïs stopt na de bloei; de relatief hoge N-min na oogst bij dit gewas wordt waarschijnlijk veroorzaakt door vrijkomend stikstof uit mineralisatie. Onderzaai van gerst in *Analyse-2* om gemineraliseerde stikstof weg te vangen is helaas niet geslaagd. Dit kwam waarschijnlijk door een gebrek aan licht voor de gerst. Na de vroege aardappel zou uit mineralenoogpunt altijd een groenbemester geteeld moeten worden. Vanuit het oogpunt van aaltjesbeheersing is dit toch niet gedaan in de *Synthese* en *Analyse-1*. In de *Analyse-2* is wel een groenbemester gezaaid.



Figuur 2. N-min na oogst per gewas en gemiddeld per systeem (kg ha^{-1}).

N-min najaar

N-min najaar (Figuur 3) is gemeten in het begin van november. *Synthese* voldoet nog niet aan de streefwaarde van 45 kg ha^{-1}, de *Analyse*-systemen doen dit wel. N-min najaar is laag in vergelijking met de gemeten uitspoeling (zie paragraaf 8.3 en hoofdstuk 5); bij het behalen van de streefwaarde voor N-min najaar zou immers ook aan de uitspoelingsnorm voldaan moeten worden. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat in september al veel stikstof uit is gespoeld. Door het warme weer in oktober is veel stikstof vrijgekomen uit mineralisatie. Daarmee komen de gemeten waarden van dit jaar overeen met de gemiddelde waarden over de afgelopen jaren (rond de 50 kg ha^{-1}).



Figuur 3. N-min najaar per gewas en gemiddeld per systeem (kg ha^{-1}).

Overschrijdingen van de streefwaarde worden in het bijzonder veroorzaakt door snijmaïs en de dubbelteelt conservenerwt/stamslaboon, daarnaast dragen ook de vroege aardappel (behalve *Analyse-2*) en suikerbiet bij aan de overschrijding. De late suikerbieten en conservenerwt/Tagetes hebben een lage N-min najaar. De N-min najaar in de vroege suikerbieten is een stuk hoger dan die van de late suikerbieten doordat mineralisatie uit gewasresten gestimuleerd werd door de relatief warme oktobermaand. Het verschil tussen de systemen wordt grotendeels verklaard door de vervanging van conservenerwt/stamslaboon door conservenerwt/Tagetes in *Analyse-1* en *Analyse-2*. Verder zorgen de groenbemesters (bladrammenas na aardappel vroeg, zomergerst na triticale en zomergerst na snijmaïs) voor een lagere N-min najaar in *Analyse-2*. Het inwerken van stro na de late aardappel heeft geen effect gehad op de N-min najaar.

4. Duurzaam beheer productiemiddelen

Door de aandacht die in Telen met toekomst wordt gegeven aan het halen van strikte milieudoelstellingen bestaat het risico dat een aanpak wordt gekozen die op lange termijn nadelig is voor de productiecapaciteit van de bodem. Dit is niet de bedoeling; er moet gezocht worden naar oplossingen die ook op lange termijn duurzaam zijn. De lange termijn effecten worden gevolgd in een intensief meetprogramma over de gehele duur van het project. In dit hoofdstuk worden resultaten gerapporteerd over de fosfaat- en kaliumgehalten en het organische stofgehalte van de bodem.

4.1 Chemische bodemvruchtbaarheid (Pw en K-getal)

J.J. de Haan, B.M.A. Kroonen-Backbier (PPO) en A.L. Smit (PRI)

De Pw op Vredepeel ligt gemiddeld rond de 50 (op perceelsniveau maximaal 62 en minimaal 39), waarbij er nauwelijks verschil is tussen *Analyse* en *Synthese*-delen doordat ze een vergelijkbare voorgeschiedenis hebben. Volgens de projectdoelstellingen moet de Pw dalen naar de milieukritische Pw, die Pw waarbij aan de waterkwaliteitsdoelstellingen voor fosfaat voldaan wordt. Omdat deze Pw nog niet bepaald is wordt in eerste instantie een streefwaarde van 30 aangehouden. Dit gebeurt per systeem met een verschillende snelheid. In *Analyse-2* zal de afbouw het snelst plaatsvinden doordat er nog nauwelijks fosfaat wordt gegeven (enkel voor startgiften). In *Analyse-1* gaat de afbouw langzamer omdat hier de helft van de afvoer aangevoerd wordt. In *Synthese* zal de afbouw het langzaamste zijn omdat in dit systeem de strategie aanvoer is afvoer wordt toegepast die uitdraait op een overschot van rond de 10 kg ha^{-1}. De komende jaren zal uitwijzen hoe snel en hoe ver de Pw zal dalen per systeem. Het K-getal ligt aan de onderkant van het streeftraject (11-19). Door perceelsgerichte aanvulling voor gewassen met een grote kalibehoefte en reparatiegiften wordt het K-getal op peil gehouden. Hierdoor is ook het kali-overschot hoger dan wordt nagestreefd.

4.2 Organische stof[1]

R. Postma (NMI)

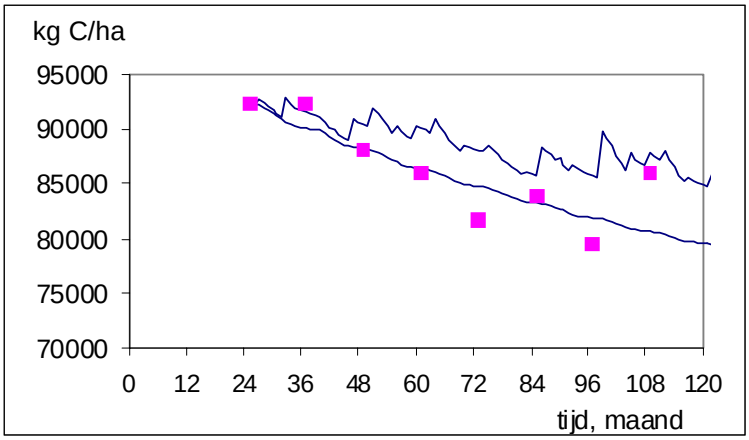
Binnen Telen met toekomst wordt onderzoek gedaan naar het beheer van organische stof. Hier wordt gerapporteerd over de toetsing van het model MINIP (dat opbouw en afbraak van organische stof beschrijft). De toetsing is uitgevoerd in geselecteerde objecten op alle kernbedrijven (zie 2.2). Uit metingen en berekeningen met het model van het verloop van het organische stof gehalte en de N-voorraad bleek dat voor de beschouwde percelen vrijwel steeds sprake is van een dalende tendens. Daarbij moet worden opgemerkt dat significante veranderingen in voorraden C en N niet snel optreden en niet makkelijk meetbaar zijn. De periode van 8-10 jaar die nu is beschouwd, is te kort om effecten van een uiteenlopend organische stofbeheer op veranderingen in het organische stofgehalte te kunnen meten. De verschillen in organische stofbeheer tussen de percelen zijn relatief klein en er worden dan ook geen verschillen vastgesteld in het verloop van het organische stofgehalte tussen percelen.

Voor Vredepeel was de daling van het organische stofgehalte klein: het gemeten organische stofgehalte in 1993 lag tussen 3,8 en 4,4% en in 2000 tussen 3,5 en 4,4%. Daarentegen is de berekende C-ophoping op Vredepeel relatief gering. Daardoor daalt het berekende organische stofgehalte op Vredepeel. De berekende en gemeten C-mineralisatiesnelheid kwamen goed overeen. De berekende N-mineralisatie was hoger dan de gemeten potentiële N-mineralisatie met gestoorde monsters uit de laag 0-30 cm.

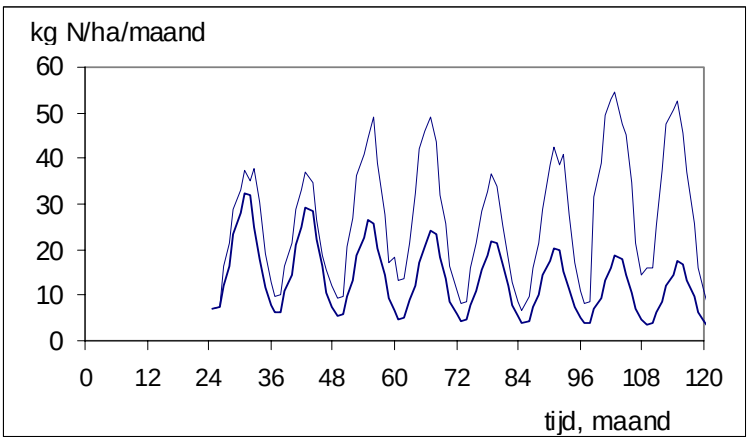
---

1 De in deze paragraaf gepresenteerde tekst is een gedeeltelijke samenvatting van Telen met toekomst rapport OV0203 (Postma, 2002).

Dit effect was nog sterker voor metingen met ongestoorde monsters. Ook gaven de berekeningen een hogere N-mineralisatie te zien dan op basis van metingen van de N-mineraalvoorraad in het veld in de laag 0-60 cm wordt berekend.



Figuur 4. *Berekend verloop van de hoeveelheid oude (onderste lijn), jonge (verschil tussen onderste en bovenste lijn) en totale organische stof (bovenste lijn) van perceel 26.2 in de periode van 1993 tot 2000 (maand 24 - 120). Resultaten van metingen zijn weergegeven met vierkantjes (uit Postma 2002).*



Figuur 5. *Berekend verloop van de N-mineralisatiesnelheid uit oude (onderste lijn), jonge (verschil tussen onderste en bovenste lijn) en totale hoeveelheid organische stof (bovenste lijn) van perceel 26.2 in de periode van 1993 tot 2000 (maand 24-120) (uit Postma, 2002).*

Op basis van de resultaten van 2001 is vastgesteld dat het model in sommige gevallen een goede beschrijving geeft van C- en N-mineralisatie. In andere situaties is dit echter niet het geval. Dit zou kunnen worden verbeterd door meer rekening te houden met verschillen tussen de percelen op het gebied van bodemeigenschappen als vochthuishouding, pH, lutumgehalte, en herkomst van de oude organische stof. Daarnaast is de kwaliteit van de invoergegevens van belang, waarbij het gewenst is inzicht te verkrijgen in de variatie van de hoeveelheid, samenstelling (C- en N-gehalten) en overige eigenschappen (o.a. afbreekbaarheid) van gewasresten, organische mest en groenbemesters, alsmede het effect daarvan op de berekende C- en N-mineralisatie.

Tabel 5. Vergelijking van de berekende en gemeten potentiële N-mineralisatie in de bouwvoor (gestoorde monsters; data van Plant Research International) voor de percelen 18.1, 18.2 en 28.2 (uit Postma, 2002).

Perceel	N-mineralisatie, kg N per ha per 3 maanden in 0-30 cm			
	Berekend, in 0-30 cm laag	Gemeten per bodemlaag, cm		
		0-30	30-60	0-60
18.1	142	134	43	177
18.2	144	113	47	160
28.2	117	85	33	119

5. Waterkwaliteit

In dit hoofdstuk wordt onderzoek naar de waterkwaliteit zoals dit is gedaan door Alterra en RIVM beschreven.

5.1 Metingen Alterra

K.B. Zwart & A. Smit (Alterra)

De Alterra waterkwaliteitsmetingen zijn uitgevoerd in december 2001 en januari 2002. Er is gemeten in het grondwater tot 2 m onder het maaiveld en in bodemvocht op 50 cm onder het maaiveld. De gemeten waarden op de percelen staan vermeld in Tabel 6. Het nitraatgehalte op de meeste percelen lag boven de 50 mg l^{-1} met een uitschieter tot boven de 130 mg l^{-1} onder het perceel waar de dubbelteelt conservenerwt/stamslaboon had gestaan. Nitraatconcentraties op praktijkpercelen (*Synthese*, S) lagen aanzienlijk (50%) hoger dan die op de meest zuinig bemeste percelen (*Analyse-2*, A2). Dit was ook het geval bij de metingen van het bodemvocht (50 cm diepte), hoewel het ernaar uitzag dat het nitraatgehalte op een aantal A2 percelen vlak onder de bouwvoor al aan het dalen was.

Tabel 6. Nitraatgehalten in mg per liter in grondwater (links) en bodemvocht (rechts).

Perceel	December	Januari	Perceel	December	Januari
16.1S	98	120	16.1S		
16.2A2	107	107	16.2A2		
17.1S	85	85	17.1S		
17.2A2	72	85	17.2A2		
18.1S	33	53	18.1S	184	
18.2A2	74	64	18.2A2	16	
19.1S	34	20	19.1S		
19.2A2	42	18	19.2A2		
26.1S	154	192	26.1S	170	75
26.2A2	88	84	26.2A2	20	32
27.1S	79	69	27.1S	56	103
27.2A2	58	56	27.2A2	79	99
28.1S	134	90	28.1S	165	135
28.2A2	59	48	28.2A2	152	55
29.1S	73	101	29.1S		
29.2A2	53	12	29.2A2		
Gemiddeld S	86	91	Gemiddeld S	144	105
Gemiddeld A2	68	59	Gemiddeld A2	67	57
Gemiddeld bedrijf	78	75	Gemiddeld bedrijf	105	81

5.2 Metingen RIVM

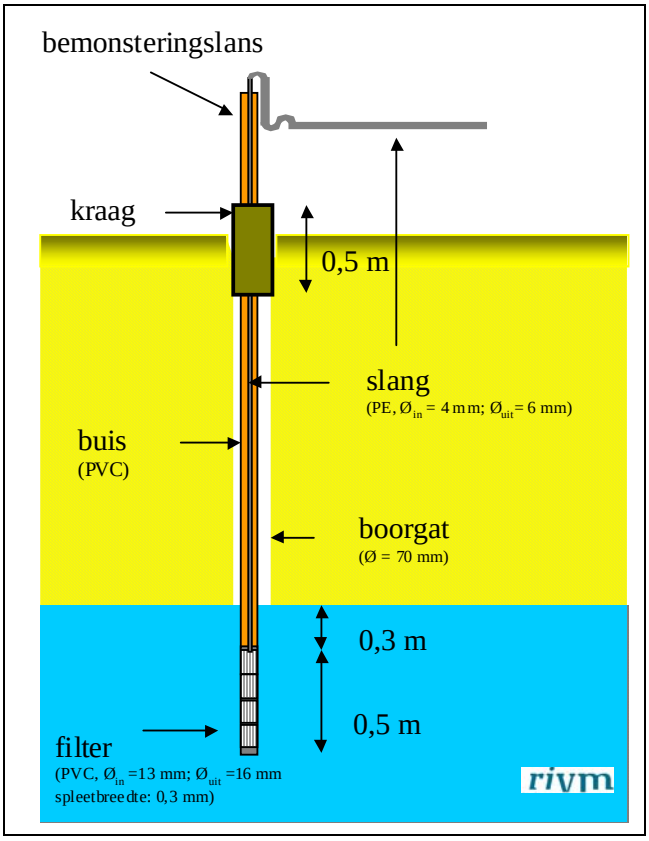
M. van den Berg & M.M. Pulleman (RIVM)

Opzet en werkwijze

Bij de opzet van het onderzoek is rekening gehouden met de vraag uitspraken te doen op bedrijfsniveau en niet op het niveau van individuele percelen. De hier gepresenteerde resultaten hebben betrekking op het grondwateronderzoek uitgevoerd in voorjaar en zomer van 2002. Grofweg kan gesteld worden dat met name nitraat in het bovenste grondwater grotendeels gedurende het najaar en de winter voorafgaande aan de bemonstering uit de bovengrond is uitgespoeld en stikstof dus die na de daaraan voorafgaande oogst is achtergebleven. In die zin is er dus een samenhang met de bedrijfsvoering in het teeltjaar 2001. De gevolgde werkwijze is er in principe niet op gericht onderscheid te kunnen maken op perceelsniveau of tussen het *Synthese*- en het *Analyse*-deel van de kernbedrijven. Wel is getracht om aan de hand van de nitraatanalyses die per individueel monsterpunt zijn verricht (m.b.v. nitracheck) uitspraken te doen over mogelijke verschillen tussen het *Synthese*- en het *Analyse*-deel van het bedrijf. Door jaarlijkse herhaling van de metingen op dezelfde wijze en locatie zal in de toekomst een verloop in de tijd worden vastgesteld.

Het onderzoek is uitgevoerd zoals in grote lijnen is beschreven door Pulleman (2002). De gevolgde werkwijze is in detail vastgelegd in RIVM protocols en zogenaamde Standaard Operating Procedures (SOP's): RIVM (2002a, b, c). De grondwaterbemonstering vond plaats in de periode van 4 t/m 9 april 2002. De bemonstering werd uitgevoerd door RIVM-medewerkers op 48 locaties (zie Figuur 8). Deze locaties werden vastgesteld volgens een gestratificeerde aselecte verdeling. De stratificatie vond plaats op basis van de perceelsindeling (16 t/m 19 en 26 t/m 29); dus met 6 locaties op elk van de 8 percelen. 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 (zie Figuur 6), 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. het nitraatgehalte (nitracheck), de EC en de pH. De nitracheckresultaten werden achteraf gecorrigeerd voor het effect van verschillen in temperatuur tussen de veldomstandigheden en de omstandigheden waarbij de (dagelijkse) calibratie werd uitgevoerd, zoals beschreven in RIVM (2002b).

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 het gehalte aan nitraat, ammonium, Kjehldal-N, DOC, sulfaat, chloride, totaal P, fosfaat-P, Na, K, Ca, Mg, Fe en Zn. Voor de menging werd een random tabel gebruikt. Een soortgelijke bemonstering vond plaats op deelnemende bedrijven in de periode van april tot september 2002.



Figuur 6. Schets van de methode van grondwaterbemonstering.

Resultaten

De resultaten van de veldanalyses zijn gegeven in Bijlage IV. Een overzicht van de labanalyses is gegeven in Tabel 7.

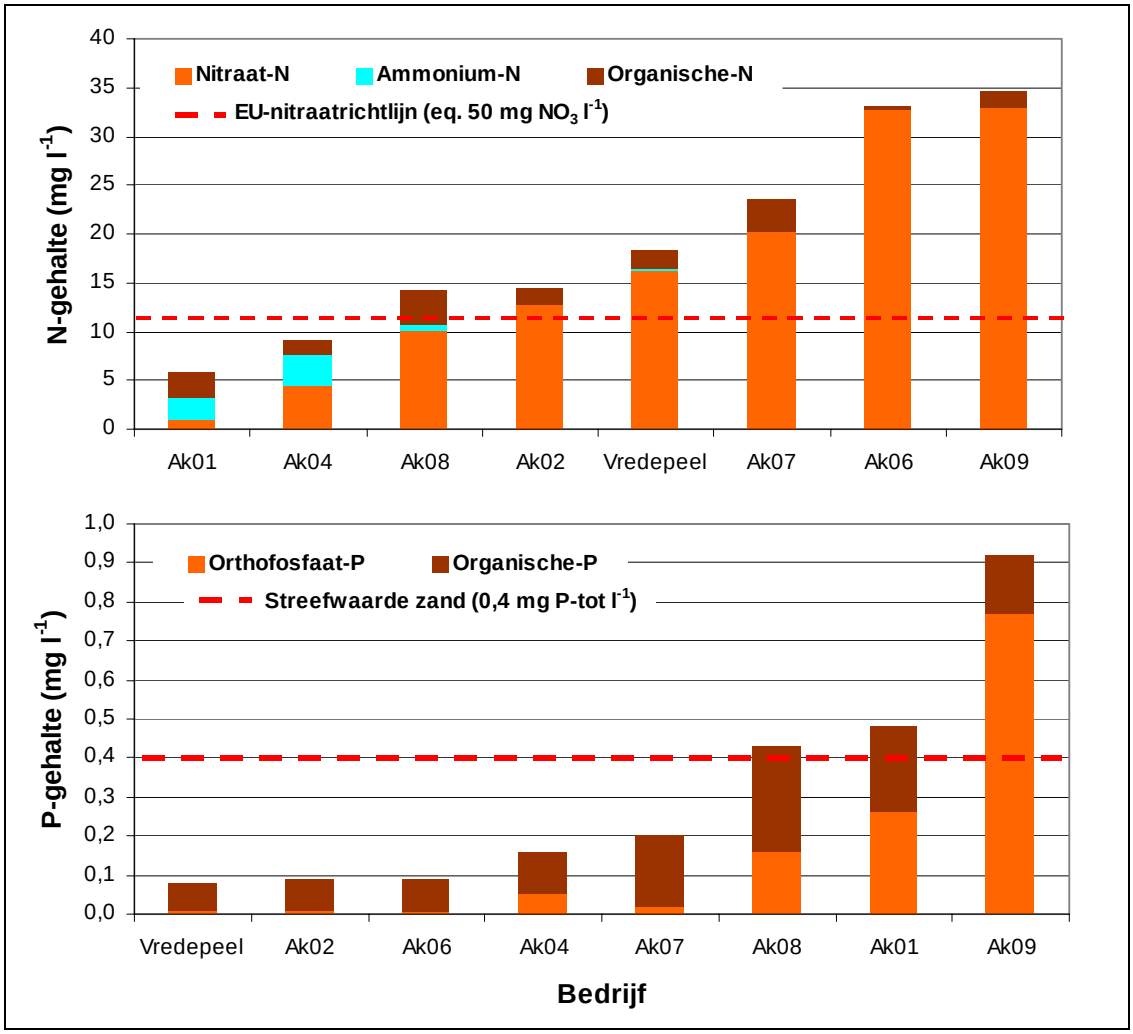
Vergelijking met voorloperbedrijven

De 'positie' van Vredepeel t.o.v. andere Tmt akkerbouwbedrijven op zand is voor wat betreft de concentraties van nitraat en fosfaat (totaal-P) nader weergegeven in Figuur 7. De fosfaatconcentratie in het grondwater van Vredepeel is zeer laag in vergelijking met de overige deelnemende bedrijven. In het geval van nitraat zit Vredepeel in de middenmoot. Grofweg kan gesteld worden dat de aangetroffen nitraat in het grondwater grotendeels 1 à 2 jaar voor de bemonstering uit de bovengrond is uitgespoeld. Het voorkomen van hoge of lage concentraties is echter niet een simpele afspiegeling van het nutriënten-management in voorgaande jaren maar het resultaat van complexe interacterende processen die mede afhankelijk zijn van o.a. de hydrologie, de bodemtextuur en de organische stof dynamiek. Voor een betrouwbare uitspraak over de relatie tussen N-management en de nitraatconcentratie in het grond-water bij een bepaald bedrijf is een grondige analyse nodig over meerdere jaren, waarbij met name ook de invloed van het vrijkomen van stikstof door mineralisatie zou moeten worden bekeken en ook het voorkomen van denitrificatie onder hydromorfe omstandigheden.

Tabel 7. *Overzicht van gemeten grondwaterkwaliteit in seizoen 2002 op kernbedrijf Vredepeel en het gemiddelde van 33 bemonsterde Telen met toekomst bedrijven.*

Meting	Vredepeel	Gemiddeld Tmt-bedrijf	Norm
Nitraat (NO_3)	72	95	50
Ammonium-N	0,15	1,45	2,0
Organisch-N[1]	2,0	1,5	-
Totaal-N[1]	18	24,5	-
Ortho-fosfaat (P)	0,01	1,47	-
Totaal-fosfaat (P)	0,08	1,55	0,40

[1] *De concentratie organisch N is berekend als de concentratie Kjehldal-N - Ammonium-N. Voor het berekenen van de totale stikstofconcentratie (Totaal-N) is het nitraat-N (NO_3 x 0,23) opgeteld bij het Kjehldal-N.*



Figuur 7. *Gemiddelde concentraties van verschillende vormen van stikstof (boven) en fosfaat (onder) in het grondwater van de deelnemende Tmt bedrijven met akkerbouw op zandgrond. De bedrijven zijn gerangschikt in volgorde van de concentraties van resp. nitraat-N en totaal P. Organische-P is berekend als totaal-P minus orthofosfaat-P.*

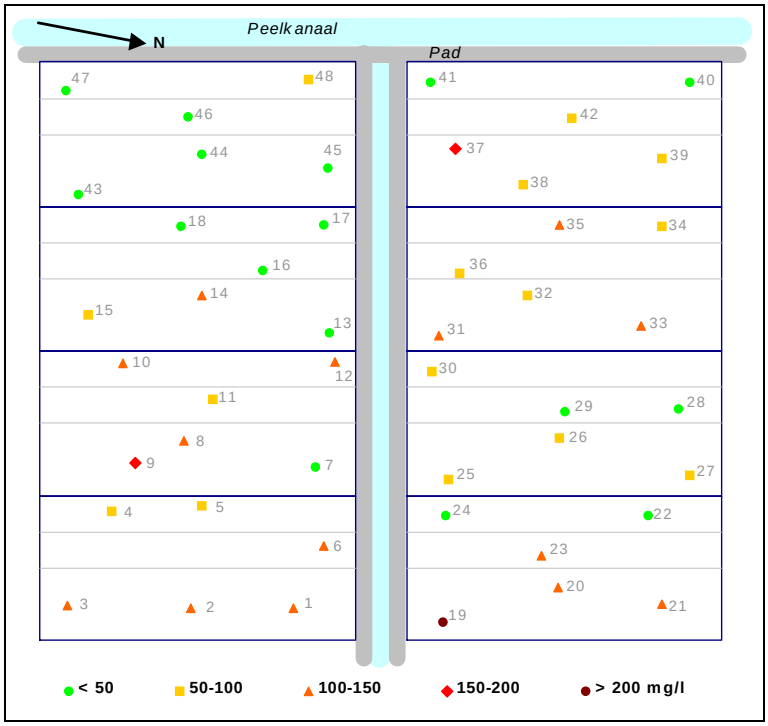
Ruimtelijke variatie binnen het bedrijf

Bijlage III en Figuur 8 suggereren dat de ruimtelijke variabiliteit binnen het bedrijf, wat betreft het nitraatgehalte in het grondwater, bijzonder groot is. De variatie in de data kan worden toegeschreven aan een groot aantal factoren zoals locale variaties in bodemgesteldheid en hydrologische omstandigheden, gewasmanagement en waarnemingsfouten. In het geval van Vredepeel kunnen twee factoren nader bekeken worden: (1) de onderverdeling van de percelen in *Analyse*-en *Synthese*-delen met verschillend nutriëntenmanagement en (2) de nabijheid van het Peelkanaal.

Ad 1. Alle percelen zijn opgedeeld in een *Analyse-1*, een *Analyse-2* en een *Synthese*-gedeelte. Binnen ieder perceel ligt het *Synthese*-deel steeds het verst verwijderd van het Peelkanaal en het *Analyse*-2 gedeelte het dichtst bij. Qua nutriëntenmanagement staat het *Synthese*-gedeelte het dichtst bij de praktijk, terwijl het management in *Analyse-2* het sterkst gericht is op het minimaliseren van emissies. Op grond hiervan zou men verwachten dat de nitraatconcentratie in het grondwater oploopt in de volgorde *Analyse-2* < *Analyse-1* < *Synthese*; zoals schematisch weergegeven in Figuur 9-A. Aangezien de betreffende gedeeltes niet random over het bedrijf zijn verspreid zou dit ook resulteren in een zekere trend, zoals weergegeven met de oranje regressielijn.

Ad 2. De waterstand in het Peelkanaal is meestal hoger dan de grondwaterstand op het bedrijf. Daardoor zal met name in de nabijheid van het kanaal kwel kunnen optreden, waardoor het grondwater wordt verdund met kwelwater. Ook zou dan dicht bij het kanaal de grondwaterstand gemiddeld hoger kunnen zijn, met een grotere kans op denitrificatie. Dit zou kunnen resulteren in een trend, zoals schematisch weergegeven in Figuur 9-B.

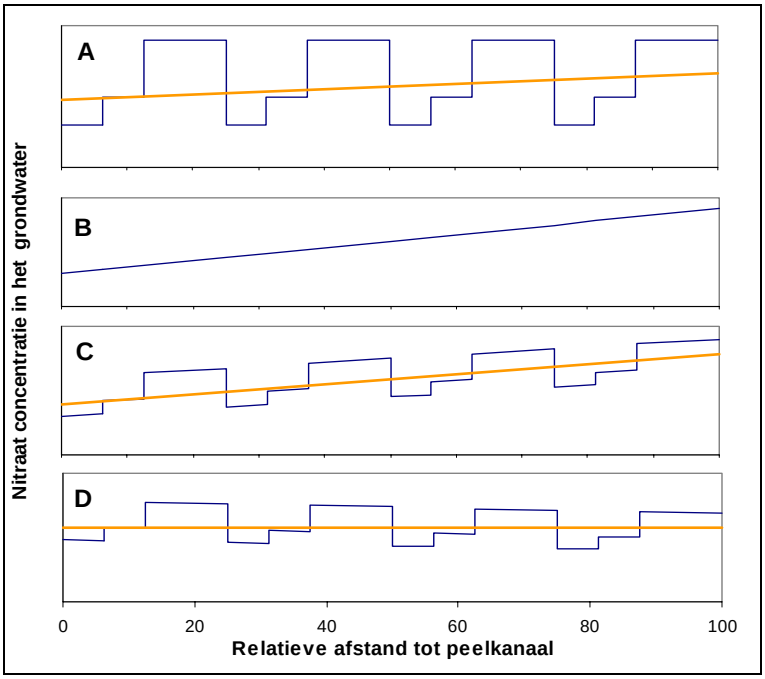
Door de simultane invloed van beide factoren zou een situatie kunnen ontstaan zoals schematisch weergegeven in Figuur 9C.



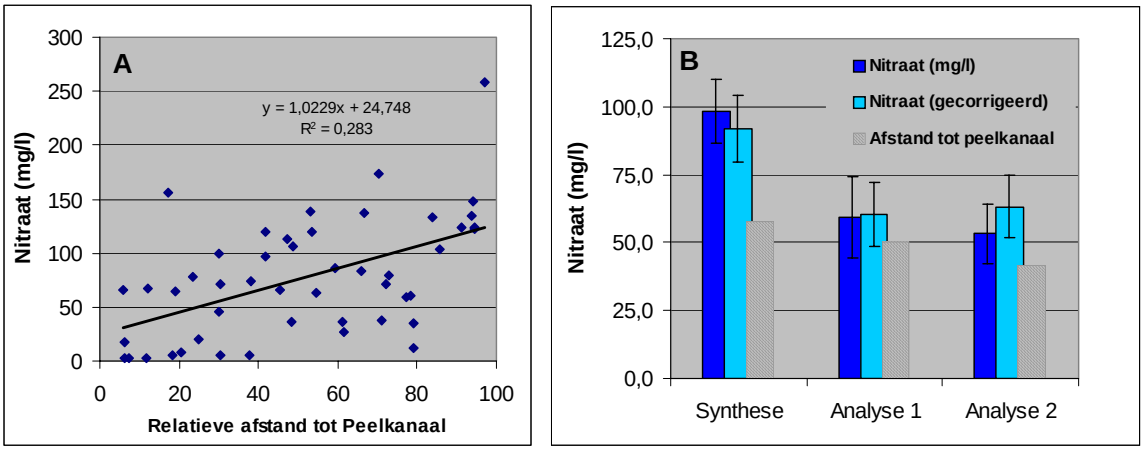
Figuur 8. *Ruimtelijke variatie van het nitraatgehalte (zie Bijlage IV) in het grondwater van kernbedrijf Vredepeel. De getallen naast de symbolen hebben betrekking op de nummering van de monsterpunten.*

In de waargenomen situatie, weergegeven in Figuur 10-A, is boven op de mogelijke invloed van bovengenoemde factoren nog een aanzienlijke hoeveelheid ruis, veroorzaakt door andere locale verschillen en de onzekerheidsmarges van het aflezen bij het doen van waarnemingen. Wellicht is het mogelijk om via multi-variabele analyse de verschillende invloeden van elkaar te onderscheiden. In dit geval is echter volstaan met een simpele correctie door de regressielijn van Figuur 10-A van de waargenomen waarden af te trekken, en hierbij de gemiddelde waarde weer op te tellen. Indien beide invloeden van betekenis zijn resulteert dit echter wel in een zeker overcorrectie (zie Figuur 9-D). Dit betekent dat we aan de veilige kant zitten als na de correctie nog steeds een significant verschil tussen de *Analyse-* en *Synthese-*onderdelen van het bedrijf gevonden worden.

Figuur 10-B toont de gemiddelde nitraatconcentraties voor de 2 *Analyse*-delen en het *Synthese*-deel vóór en na de correctie voor de trend. De verschillen tussen *Analyse* en *Synthese* zijn, ook na correctie, significant (P=0,05; T-toets, eenzijdig). De verschillen tussen de beide *Analyse*-delen zijn niet significant. Overigens werd geen relatie gevonden tussen de grondwaterstand op het moment van bemonsteren enerzijds en de afstand van het Peelkanaal of de nitraatconcentratie anderzijds.



Figuur 9. *Hypothetische invloed van verschillen in nutriëntenmanagement en de nabijheid van het Peelkanaal op nitraatgehaltes in het grondwater van kernbedrijf Vredepeel. A. Invloed door onderverdeling van percelen in Analyse-1, Analyse-2 en Synthese; B. Aanwezigheid van een trend door invloed van Peelkanaal; C. superpositionering A en B; D. correctie van de trend via regressie-analyse. De oranje lijnen zijn regressielijnen.*



Figuur 10. *Nitraatconcentratie (nitracheck) in het grondwater van kernbedrijf Vredepeel. A. in verband met de relatieve afstand tot het Peelkanaal (0 is rand van het kanaal, 100 is verstverwijderde grens; de rechte lijn is de regressielijn); B. Gemiddelde waarden voor Synthese, Analyse-1 en Analyse-2 vóór en na correctie voor het verband met de afstand tot het Peelkanaal. De lengte van de 'error bars' is gelijk aan twee maal de 'standard error' van de betreffende gemiddelden.*

6. Gewasbescherming

J.J. de Haan & B.M.A. Kroonen-Backbier (PPO)

6.1 Teelttechnische evaluatie

Aardappel

De onkruidbestrijding is geheel mechanisch uitgevoerd. Er is twee tot drie keer geëgd en één keer aangeaard. Vooral op de kopakkers van het perceel met late aardappel stond na de oogst zoveel onkruid (akkermunt, melganzevoet, driedelig tandzaad) dat een pleksgewijze bespuiting is uitgevoerd met Round Up en MCPA. De vroege aardappel heeft negen bespuitingen gehad tegen Phytophthora, de late aardappel 17. Begin augustus is Phytophthora geconstateerd in de late aardappel waardoor twee bespuitingen met Curzate nodig waren. In andere gevallen is Shirlan gebruikt in een lage dosering (0,2 l ha^{-1} tot eind juli, daarna 0,3 l ha^{-1}). De late aardappel heeft verder twee bespuitingen met insecticiden (Decis en Sumicidin) gehad, vroege aardappel één (alleen Decis). De loofdoding was in zowel de late als de vroege aardappel mechanisch.

Suikerbiet

Op perceel 27 is een stuifdek noodzakelijk geweest. De onkruidbestrijding is daarom volvelds uitgevoerd. Onkruidbestrijding op perceel 17 is uitgevoerd met rijenbespuitingen in combinatie met schoffelen. Op beide percelen zijn vier bespuitingen uitgevoerd met een lage dosering Betanal Trio. Op perceel 17 was een extra bespuiting met Fenmedifam nodig op de kopakkers en de randen. Op perceel 27 was één bespuiting met Gallant nodig om het stuifdek dood te spuiten. Vanwege het voorkomen van straatgras is gekozen voor Gallant. Aan de Betanal Trio is op perceel 17 twee keer en op perceel 27 één keer Targa toegevoegd om de hanepoot te bestrijden. Daarnaast waren nog 23 uur ha^{-1} handwerk nodig op perceel 17 en 15 uur ha^{-1} op perceel 27 ter bestrijding van onkruid, aardappelopslag en schieters. Dit kwam vooral door het grote aantal schieters. Ook in de praktijk kende het gebruikte ras '*Laetitia*' in dit jaar veel schieters. Dit ras was gekozen vanwege zijn resistentie/tolerantie voor Cercospora en Rhizoctonia. Vanwege die resistentie en de zaadontsmetting waren bespuitingen tegen ziekten en plagen niet nodig.

Granen en snijmaïs

De onkruidbestrijding in snijmaïs was deels mechanisch en deels chemisch. Er is gestart met drie keer eggen rond opkomst, daarna een chemische bestrijding met een mix van Mikado, Bropyr en Milagro en een laatste bewerking aanaardend schoffelen. Er was nog 1 uur ha^{-1} handwerk nodig. In *Analyse-2* is in de groenbemester pleksgewijs gespoten tegen akkermelkdistel met Round Up en MCPA. Vanwege de groenbemester was een mechanische bewerking niet mogelijk. In de triticale is één chemische bestrijding uitgevoerd met Starane en MCPA. Vaak is geen bestrijding nodig maar vanwege de zachte winter waren er veel muurpollen en stond er veel klein kruiskruid. In de zomergerst is één chemische bestrijding uitgevoerd met Ally. In beide gewassen is in *Synthese* na de teelt een pleksgewijze bestrijding tegen akkermelkdistel uitgevoerd met Round Up. In de zomergerst is één ziektebestrijding uitgevoerd tegen netvlekken met Allegro. In beide granen is één bestrijding tegen luizen uitgevoerd met een lage dosering Pirimor.

Conservenerwt/stamslaboon (Tagetes)

Voor de onkruidbestrijding in conservenerwt is rond opkomst twee keer geëgd. Daarna zijn twee chemische bestrijdingen uitgevoerd met een lage dosering Basagran. Er was geen handwerk nodig.

Er is één keer tegen luizen gespoten met Pirimor. In de stamslaboon is ook rond opkomst twee keer geëgd met daarna twee bespuitingen met Basagran in de rij. Daarnaast is afwisselend twee keer geschoffeld en twee keer aanaardend geschoffeld en is een grassenbestrijding met Fusilade uitgevoerd. Om de resterende onkruiden op te ruimen was nog 6 uur ha^{-1} aan handwerk nodig. Ook hier was een stoppelbespuiting met Round Up en MCPA tegen akkermunt nodig. Tegen Botrytis en Sclerotinia is twee keer met Ronilan gespoten. In de Tagetes is twee keer met Goltix en Betanal gespoten in lage dosering en één keer met Fusilade tegen grassen.

6.2 Milieukundige aspecten

De streefwaarden voor de emissieparameters (Blootstellings Risico Index, of BRI) worden alle gehaald (op bedrijfsniveau; Tabel 8). Verschillen tussen de systemen zijn klein en worden vooral veroorzaakt door verschillen in bouwplan (nateelt stamslaboon in *Synthese* en Tagetes in de *Analyse*-systemen) en in noodzaak tot stoppelbespuitingen. Er was geen verschil in strategie tussen de systemen.

Tabel 8. Resultaten op bedrijfsniveau voor emissie, schade en gebruik van pesticiden.

Maatstaf	Eenheid	Doel	*Synthese*	*Analyse-1*	*Analyse-2*
BRI-lucht	kg ha^{-1}	<0,70	0,30	0,27	0,27
MBP-waterleven	<10	100%	78%	79%	76%
MBP-waterleven	<100	100%	99%	99%	99%
BRI-grondwater	ppb	<0,50	0,31	0,18	0,22
BRI-bodem	kg dagen ha^{-1}	<200	131	133	132
MBP-bodemleven	<100	100%	96%	96%	96%
Actieve stofgebruik	kg ha^{-1}	<2,6	2,1	1,9	1,9

Streefwaarden voor schadeparameters (Milieu Belasting Punten, of MBP) worden niet gehaald. Ongeveer één vijfde van de bespuitingen veroorzaakte schade aan het waterleven, waarbij één bespuiting (Sumicidin) de 100 punten overschreed. Sumicidin had vervangen kunnen worden door Decis (al komt ook dit middel in de top-5 voor). Voor de nummers twee en drie in de lijst (insecticiden Decis en Pirimor) zijn echter geen alternatieven. De overige drie middelen die de streefwaarde overschrijden (Betanal Trio, MCPA en Shirlan), hebben slechts kleine overschrijdingen (13, 13 en 11 punten). Curzate overschrijdt in alle systemen net de individuele norm voor BRI-grondwater. MCPA overschrijdt in *Synthese* deze norm met een waarde van 0,144 ppb (stoppelbestrijding in stamslaboon). Eén bespuiting met Pirimor overschrijdt de streefwaarde voor MBP-bodemleven; ook hier is geen alternatief voorhanden.

Tabel 9. Resultaten per gewas voor emissie, schade en gebruik van pesticiden voor Analyse-1 (stamslaboon Synthese), in vet wanneer streefwaarde op bedrijfsniveau wordt overschreden.

Gewas	Actieve stof toepassingen	BRI-lucht	MBP-waterleven	BRI-grondwater	BRI-bodem	MBP-bodemleven	Actieve stof
	aantal	*kg ha-1*	*<10*	*ppb*	*kg dagen ha-1*	*<10*	*kg ha-1*
Aardappel laat	25	**1.23**	**56%**	**0.84**	**326**	100%	**5.8**
Aardappel vroeg	11	0.50	**73%**	0.00	157	100%	1.1
Doperwt	3	0.11	**67%**	0.04	54	**67%**	0.7
Snijmaïs	4	0.00	100%	0.06	16	100%	0.4
Stamslaboon	7	0.32	**86%**	**1.05**	113	100%	**3.4**
Suikerbiet	19	0.10	**92%**	0.23	171	100%	2.4
Triticale	3	0.03	**67%**	0.05	20	100%	0.6
Tagetes	13	0.04	100%	0.02	84	100%	1.4
Zomergerst	4	0.02	**75%**	0.01	62	100%	0.3

Voor een overzicht van de doelstellingen wordt verwezen naar Bijlage II.

Het is vooral de late aardappel die bijdraagt aan de milieubelasting (Tabel 9). Veel problemen (BRI-lucht, BRI-bodem, het lage percentage bespuitingen onder de 10 punten) worden veroorzaakt door de Phytophthora-bestrijding. Er is echter geen milieuvriendelijker alternatief voor het hierbij gebruikte middel (Shirlan). Overigens is de overschrijding van MBP-waterleven gering (11 punten). De hoge BRI-grondwater en het hoge actieve stofgebruik worden vooral veroorzaakt door Curzate, ingezet na aantasting met Phytophthora. Ook hiervoor is geen milieuvriendelijk alternatief voorhanden. Door de vroege oogst is het aantal Phytophthora-bespuitingen in de vroege aardappels lager uitgevallen; de score is verder beperkt gebleven door lage doseringen. Naast Phytophthora-bestrijding levert de stoppelbespuiting (MCPA) in aardappel en stamslaboon een aanzienlijke bijdrage aan de milieubelasting.

7. Kwaliteitsproductie

J.J. de Haan en B.M.A. Kroonen-Backbier (PPO)

Over het algemeen waren de opbrengsten in 2001 goed (Tabel 10), waarbij aardappel, snijmaïs en doperwt boven de streefwaarde scoorden. De opbrengsten van stamslaboon vielen tegen door de natte septembermaand. De opbrengsten van de andere gewassen weken minder dan 20% af van de streefwaarde. Er waren geen grote verschillen tussen de systemen, met afwijkingen niet groter dan 7% (behalve voor doperwt). Dit moet liggen aan perceelsspecifieke omstandigheden omdat er geen verschil was in strategie. De overige kleine verschillen zijn niet toe te wijzen aan de verschillen in bemestingsstrategie. De relatief lage opbrengst van suikerbiet kan te wijten zijn aan aaltjesschade (*Meloidogyne hapla*) die volop aanwezig was en bij opkomst duidelijke achterblijvende plekken in het perceel liet zien. Toch was de schade minder dan verwacht op basis van de aaltjesbemonstering.

Tabel 10. Opbrengsten per systeem (ton ha^{-1}), suikerbieten in hoeveelheid suiker, snijmaïs in hoeveelheid droge stof.

Gewas	Streefwaarde	*Synthese*	*Analyse-1*	*Analyse-2*
Aardappel laat	60	64	66	67
Aardappel vroeg	55	58	59	62
Suikerbiet vroeg	10,0	8,3	8,4	8,3
Suikerbiet laat	11,0	10,4	10,2	11,0
Triticale	7,0	6,6	6,6	6,6
Zomergerst	7,0	5,9	5,9	5,9
Snijmaïs	15,0	16,5	15,4	16,3
Doperwt	6,0	5,3	6,4	6,4
Stamslaboon	11,0	5,9	-	-

De kwaliteit lag over het algemeen onder de streefwaarde (Tabel 11); vooral het onderwatergewicht van de aardappel en het suikergehalte van de bieten waren te laag. Het ras *'Laetitia'*, ingezet vanwege Rhizoctonia resistentie en een geringere gevoeligheid voor Cercospora, heeft van nature een laag suikergehalte. Het is hiermee het beste ras dat er is gezien de omstandigheden op Vredepeel.

Tabel 11. Kwaliteit van de productie.

Gewas	Maatstaf	Streefwaarde	*Synthese*	*Analyse-1*	*Analyse-2*
Aardappel laat	Onderwatergewicht	>400	389	381	374
Aardappel vroeg	Onderwatergewicht	>390	373	367	362
Suikerbiet vroeg	Suikerpercentage	>16,5	15,1	15,0	15,5
Suikerbiet laat	Suikerpercentage	>16,5	16,2	15,9	16,4
Snijmaïs	Droge stof percentage	28-33	25	25	30
Stamslaboon	Tarra percentage	<9,0	7,4	-	-

8. Procesonderzoek

8.1 Stikstofmineralisatie

A.L. Smit & H.G. Smid (Plant Research International)

Om meer te weten te komen over het mineralisatieproces zijn de in het voorjaar genomen monsters onder (voor mineralisatie) optimale omstandigheden geïncubeerd in het lab ter bepaling van de zogenaamde potentiële mineralisatie. Verder zijn subvelden aangelegd in de percelen 18.2A2 en 28.2A2 (respectievelijk met maïs en aardappelen). De subvelden (6 x 10 meter bruto, 6 x 8 meter netto) bestonden uit drie delen: een braakveldje, een veld met een onbemest gewas en een braakveldje wat de bemesting kreeg van het betreffende perceel. Alles is in enkelvoud aangelegd. Op de subvelden is maandelijks Nmin bepaald; het gewas op het onbemeste subveld is gelijk geoogst met de rest van het perceel waarna de N-inhoud is bepaald.

Potentiële mineralisatie

Van gemengde grondmonsters uit de lagen 0-30 en 30-60 cm (genomen op 3 april) is, na bepaling van de Nmin - 100 g grond op een drogestof gehalte van 85% gebracht en vervolgens geïncubeerd bij 20°. Na 2, 6 en 12 weken is de minerale N opnieuw bepaald (in duplo) en omgerekend naar kg N ha^{-1}, hierbij is een volumegewicht van 1.4 aangehouden. De hoeveelheid stikstof die is gemineraliseerd in de periode van 12 weken (dus na aftrek van de beginhoeveelheid) is gegeven in Tabel 12.

Tabel 12. De hoeveelheid N (omgerekend naar kg N ha^{-1} per laag) die gedurende de incubatie van de monsters (twee bodemlagen, 12 percelen) gemineraliseerd is.

			kg N ha^{-1} per laag		
perceel	Voorvrucht in 2000	Gewas 2001	0-30 cm	30-60 cm	0-60 cm
16.1S	Suikerbiet vroeg	Triticale	132	43	175
16.2A1	Suikerbiet vroeg	Triticale	102	42	144
16.2A2	Suikerbiet vroeg	Triticale	125	53	178
17.2A2	Aardappel laat + triticale	Suikerbiet	84	49	133
18.1S	Suikerbiet laat	Snijmaïs laat	134	43	177
18.2A2	Suikerbiet laat	Snijmaïs laat	113	47	160
19.1S	Triticale+ triticale als gbm	Zomergerst	82	33	115
19.2A1	Triticale + triticale als gbm	Zomergerst	83	27	110
19.2A2	Triticale + triticale als gbm	Zomergerst	92	29	121
27.2A2	Aardappel vroeg + triticale als gbm	Suikerbiet	106	40	146
28.2A2	c.erwt + st.sl.boon + triticale als gbm	Aardappel laat	85	33	119
29.2A2	Waspeen (niet geoogst, 5 dec. ingewerkt)	Aardappel vroeg	121	32	153

De hoeveelheid stikstof die gedurende 12 weken onder labomstandigheden mineraliseerde liep uiteen van 82 tot 134 kg stikstof/ha. Het exacte niveau kan niet direct in de praktijk vertaald worden omdat daar de omstandigheden anders zijn. Na correctie voor de veldtemperatuur kan de gevonden potentiële mineralisatie soms een factor 2 hoger liggen dan onder veldomstandigheden gevonden wordt. Dit kan worden verklaard doordat het vochtgehalte in het veld niet optimaal is, en het feit dat de monsters bij

het mengen worden 'verstoord' wat de mineralisatie stimuleert. Verder valt op dat percelen met voorvrucht suikerbiet een hoge potentiële mineralisatie laten zien, terwijl triticale een veel lagere mineralisatie heeft. Dit bevestigt het feit dat suikerbietenloof veel stikstof nalevert. Opvallend is verder de hoge mineralisatie na waspeen; dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat het gehele gewas wegens slechte kwaliteit is ondergeploegd, zodat de totale N-inhoud van het gewas in de loop van het volgende jaar kon vrijkomen.

Uit Tabel 12 blijkt verder dat een niet te verwaarlozen hoeveelheid stikstof (ca. 30-40% van de totale hoeveelheid) kan mineraliseren in de laag 30-60 cm. In tegenstelling tot de bouwvoor zal deze laag niet door grondbewerkingen beroerd worden. Dit kan betekenen dat de verstoring bij bemonstering (meer dan bij de bovenste laag) de mineralisatie in het lab gestimuleerd heeft. Het kan dus leiden tot overschatting van de mineralisatie te velde. Tabel 13 geeft de snelheid van het mineralisatieproces per voorvrucht, berekend over de periode 2-12 weken na incubatie, waarin de toename in Nmin vrijwel lineair is in de tijd. In de eerste twee weken werden op de meeste percelen hogere snelheden gevonden (wellicht veroorzaakt door de verstoring van de grond).

Tabel 13. Stikstofmineralisatie in kg N ha^{-1} dag^{-1} in de periode 2-12 weken na start incubatie, gemiddeld per voorvrucht.

	Laag	
Voorvrucht 2000	0-30 cm	30-60 cm
Aardappel	1.1	0.5
Conservenerwt/stamslaboon	1.0	0.4
Suikerbiet	1.3	0.5
Triticale	1.1	0.4
Waspeen	1.3	0.4
Gemiddeld	1.2	0.5

ON en braakvelden

Tabel 14 geeft een samenvatting van opbrengst en gehalten van bemeste en onbemeste (0N) objecten. Bij aardappel is er sprake van een halvering van de opbrengst bij geen bemesting. Maïs toont een iets geringere reactie, wellicht omdat dit gewas een langere periode van N-opname had waardoor het langer kon profiteren van mineralisatie uit de bodemvoorraad. Naast een lagere opbrengst zijn ook de gehalten aan N fors lager, terwijl (bij aardappel) de P en K gehalten nauwelijks reactie vertonen. Al met al is de N-onttrekking op de onbemeste velden 60 en 110 kg stikstof voor respectievelijk aardappel en maïs.

Tabel 14. Opbrengsten (vers en droge stof), gehalten en afvoer aan nutriënten bij bemeste en onbemeste velden op percelen 18.2A2 (maïs) en 28.2.A2 (aardappel).

Aardappel	Netto verse opbrengst (t/ha)	ds	Gehalten (g/kg) N-tot	P	K	Droge stof opbrengst (t/ha)	Nutriëntenafvoer (kg/ha) N	P_2O_5	K_2O
Bemest	68	213	15.7	2.1	18.6	14.5	228	70	326
0N veld	36	204	8.1	2.2	21.2	7.3	59	37	185
Maïs									
Bemest	54	300	12.5	-	-	16.3	203		
0N veld	38	326	8.8	-	-	12.5	110		

In Tabel 15 is naast de totale hoeveelheid stikstof die is opgenomen in bemeste en onbemeste velden ook de voorraadwijziging van de Nmin weergegeven. Hierbij is ervan uitgegaan dat de periode van N-opname voornamelijk zal liggen tussen 2 mei en 28 augustus. Van maïs wordt aangenomen dat na de bloei weinig stikstof meer wordt opgenomen, ook late aardappel zal na deze datum weinig meer opnemen. Het is nu mogelijk om de benutting van de kunstmest N te berekenen, de Apparent Nitrogen Recovery (ANR): het percentage dat aangeeft welk gedeelte van de kunstmest N is benut door het gewas. Dit is op twee manieren gebeurd, namelijk door niet of wel rekening te houden met de voorraadverandering van de Nmin in de bodem (respectievelijk berekend onder ANR-gewas en ANR-gewas-bodem). De twee berekeningswijzen zullen meer verschillen naarmate de Nmin oogst van 0N en bemest veld uit elkaar lopen.

Tabel 15. Karakteristiek van bemeste en onbemeste velden in aardappel en maïs: zaai/plant- en oogstdata, N-gift, totale N-opname en de Nmin in het profiel (0-60cm) bij begin en einde van de N-opname, ANR (gewas) en ANR (gewas-bodem).

Veld	poten/zaai	oogst	N-gift (kg /ha)	Totaal N Opgenomen (kg/ha)	Nmin (kg/ha) 2-Mei	28-Aug.	ANR% Gewas	Gewas-bodem
Aardappel								
28.2.a2.	23-Apr	3-Okt.	0	59	62	24		
	23-Apr	3-Okt.	225	228	62	26	75%	76%
Maïs								
18.2A2	2-Mei	7-Sep.	0	110	52	14		
	2-Mei	7-Sep.	150	203	52	86	62%	110%

De gebruikte formules zijn:
ANR (gewas) =
$(N_{opname\ bemest} - N_{opname\ 0N}) / N_{bemesting} * 100\%$

ANR (gewas-bodem) =
$((N_{opname\ bemest} - N_{opname\ 0N}) + (N_{min,\ oogst,\ bemest} - N_{min,\ voorjaar,\ bemest}) - (N_{min,\ oogst,\ 0N} - N_{min,\ voorjaar,\ 0N})) / N_{bemesting} * 100\%$

waarbij:

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

Vooral bij maïs bleek dat - vergeleken met het onbemeste object - op 28 augustus een aanzienlijke hoeveelheid Nmin in de bodem aanwezig was. Wordt hier niet voor gecorrigeerd dan lijkt maïs kunstmest slechts voor 62% te benutten. Houden we er wel rekening mee dan is de benutting zelfs meer dan 100%. Hierbij moet dan echter nog wel worden afgewacht of de Nmin bij de oogst niet verloren zal gaan in de rest van het jaar. Bij aardappel is geen wezenlijk verschil gevonden tussen Nmin op 28 augustus op het bemeste en het onbemeste veld. De berekende benutting hier is 75%. Dit lijkt vrij hoog, maar betekent nog altijd dat 55 kg stikstof (25% van de gift) onbenut blijft. Indien deze hoeveelheid in het grondwater terecht zou komen is dit alleen al genoeg om de nitraatrichtlijn te overschrijden.

In Tabel 16 is (gebruik makend van de hoeveelheid Nmin in de laag 0-60 cm) voor de periode 2 mei tot 28 augustus berekend hoeveel van de opgenomen stikstof door de bodem is geleverd. Dit is 22 kg stikstof voor aardappel en 72 kg N ha^{-1} voor maïs. De werkelijke mineralisatie zal hoger zijn geweest, daar niet alle uit mineralisatie vrijkomende stikstof ook werkelijk door het gewas zal zijn opgenomen. Door deze hoeveelheden te delen door het aantal dagen is een gemiddelde mineralisatiesnelheid in het veld berekend van 0.19 en 0.61 kg dag^{-1}. Ter vergelijking: de potentiële mineralisatiesnelheid die is berekend is 1.4 en 1.9 kg N ha^{-1} dag^{-1} (respectievelijk aardappel- en maïsperceel). Het feit dat de in het veld gemeten waarden fors lager liggen kan worden verklaard doordat de omstandigheden (temperatuur, vocht) ongunstiger zijn voor mineralisatie, maar ook omdat het gewas op het onbemeste veldje niet alle gemineraliseerde stikstof benut. Kijkende naar de recoveries lijkt het erop dat met name bij aardappel verliezen dus al tijdens de teelt optreden, terwijl bij maïs de bemesting aan de hoge kant is geweest (getuige de hoge Nmin bij de oogst van het gewas).

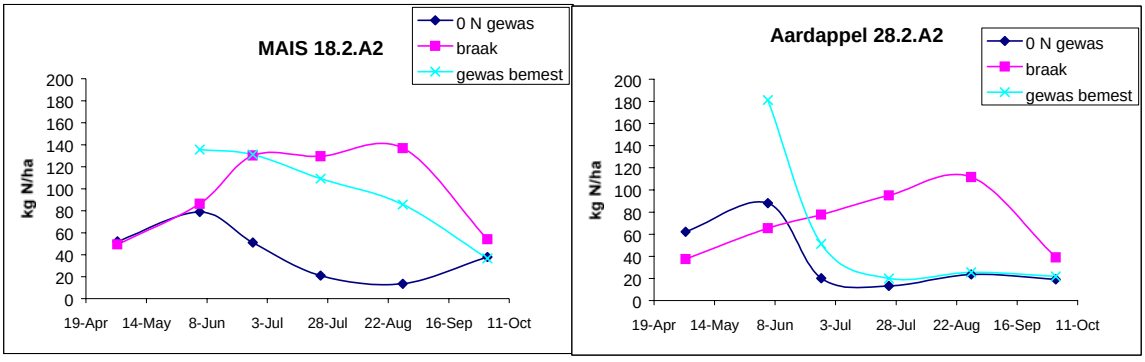
Verloop Nmin in braak, 0N en bemeste velden

Bij het meten van het verloop van de minerale stikstof op de braakveldjes dient men zich te realiseren dat stikstof die gemeten wordt de resultante is van een aantal processen (uitspoeling, vastlegging door het bodemleven/organische stof, denitrificatie, vervluchtiging en mineralisatie) waar mineralisatie er slechts één van is.

Tabel 16. Schatting van de mineralisatie in de 0N velden.

0N veld	Aardappel	Maïs	
Nmin 2 mei 2001	62	52	kg N ha^{-1}
Nmin 28 aug 2001	24	14	kg N ha^{-1}
Opgenomen door gewas	60	110	kg N ha^{-1}
Minimaal geleverd door bodemmineralisatie	22	72	kg N ha^{-1}
Aantal dagen	118	118	
Minimale Mineralisatiesnelheid	0.19	0.61	kg N ha^{-1} dag^{-1}

In Figuur 11 is voor verschillende objecten (braak, bemest gewas en onbemest gewas) het verloop van de Nmin over het jaar weergegeven. In het maïs/braakperceel is begin juli een maximum bereikt van ca. 130 kg stikstof, een niveau dat tot eind augustus stabiel bleef. Vanaf september heeft waarschijnlijk uitspoeling plaatsgehad, zodat het niveau in het najaar was gedaald tot ca. 50 kg stikstof. In het braakveldje van het aardappelperceel is een niveau bereikt van 100 kg N ha^{-1}, waarbij de mineralisatie in een constant tempo (ca. 0.6 kg N ha^{-1} dag^{-1}) door lijkt te zijn gegaan tot eind augustus. Op onbemeste velden hebben de gewassen het profiel in een snel tempo leeggemaakt (met name aardappel). Dit is ook gebeurd op de bemeste velden, waar aardappel in juni en juli een sterke opname liet zien (een zeer hoge, maar toch niet onrealistische, snelheid van bijna 6 kg N ha^{-1} dag^{-1}). Maïs kende een geleidelijker opnamepatroon, resulterend in een hoge Nmin bij de oogst. Gezien het verloop van beschikbare minerale stikstof op de braakvelden wordt aangenomen dat minimaal 100-130 kg stikstof in de gewasperiode is gemineraliseerd. Een onbemest gewas zal dit echter niet allemaal hebben kunnen opnemen (Tabel 16). Dit geldt ook voor een bemest gewas dat nog minder van de vrijkomende stikstof zal benutten.



Figuur 11. Verloop van Nmin in braakveld, bemest en onbemest gewas (0N) op de percelen 18.2A2 (maïs) en 28.2A2 (aardappel).

8.2 Denitrificatie

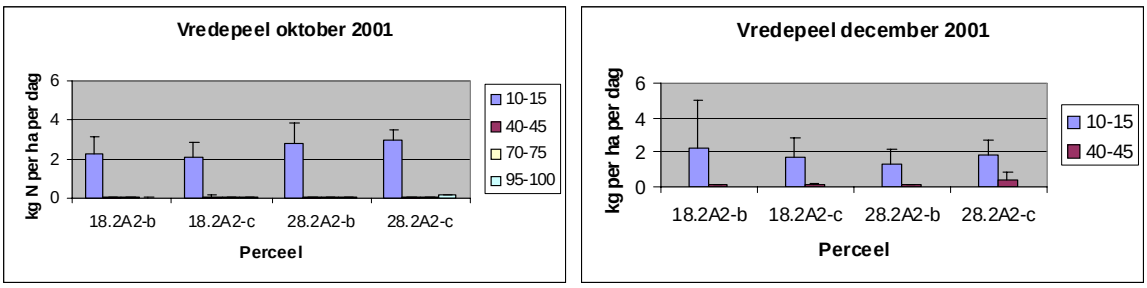
K.B. Zwart & A. Smit (Alterra)

De potentiële denitrificatie is op twee verschillende tijdstippen gemeten in de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm. De resultaten zijn samengevat in
Figuur 12. Maximaal kan er per dag tot ca 3 kg stikstof door denitrificatie verdwijnen uit de bouwvoor (Vredepeel). Voor het kernbedrijf Meterik was dat ca 15 kg. In de lagen onder de bouwvoor was op beide bedrijven de potentiële denitrificatie veel lager dan in de bouwvoor. Potentiële denitrificatie wordt gemeten onder ideale omstandigheden, d.w.z. bij 20 ^{o}C, onder zuurstofloze condities en bij een zeer hoog nitraatgehalte. De denitrificatie onder realistische omstandigheden (actuele denitrificatie) kan redelijk goed geschat worden vanuit de potentiële denitrificatie. De actuele denitrificatie (bij gemiddeld 10 ^{o}C, een kans van ca 10% op zuurstoflоosheid en een gemiddeld nitraat-stikstofgehalte van 22 mg per kg grond, wat nog steeds vrij hoog is) is niet meer dan enkele tientallen grammen N per dag. Voor Vredepeel zou dat bijvoorbeeld betekenen dat het meer dan 2 jaar zou duren voordat een hoeveelheid van 30 kg nitraat-N uit de laag tussen 30 en 90 cm zou zijn verdwenen door denitrificatie.

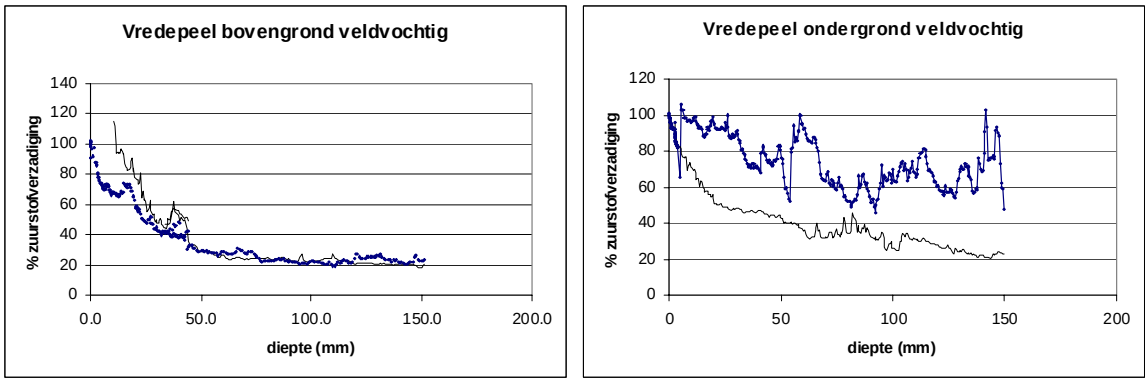
De verschillen tussen de twee meetdatums waren erg gering. De conclusie dat de kans op denitrificatie op beide bedrijven erg gering is werd ondersteund door de waarneming dat in ongestoorde profielen de laag onder de bouwvoor niet volledig anaëroob werd, ook niet bij volledige verzadiging met water (Figuur 13).
De hoofdoorzaak van de lage denitrificatie is het zeer lage (afbreekbare) organische stof gehalte van de lagen onder de bouwvoor, iets dat ook blijkt uit de lage potentiële mineralisatie in de bodemlagen onder de bouwvoor (Tabel 17).

Tabel 17. Potentiële mineralisatie van ongestoorde monsters na 12 weken in kg/ha.

Diepte (cm)	Vredepeel	
	18.2A2-b	28.2A2-b
10-15	67	69
40-45	7	5
70-75	4	4
95-100	13	-1



Figuur 12. Potentiële denitrificatie in verschillende lagen van de bodem (gemiddelde van 4 metingen; standaarddeviatie aangegeven door het balkje in de kolommen). De letter b en c geven aan dat het om plekken van braakveldjes in het betreffende perceel gaat. Bron: Zwart et al (2002).



Figuur 13. Zuurstofprofielen bij verschillende vochtcondities. Iedere lijn vertegenwoordigt de meting van één electrode. Bron: Zwart et al. (2002).

8.3 N-binding door vlinderbloemigen

A.L. Smit (Plant Research International)

Bij het onderzoek naar stikstofstromen is ook gekeken naar de mogelijke vastlegging door vlinderbloemigen. Bekend is dat stikstof-fixerende gewassen onder schrale condities (dus met een lage externe bemesting) 80 tot 90% van de opgenomen stikstof zelf vastleggen. Naarmate de externe bemesting toeneemt neemt dit percentage sterk af. De vraag is hoeveel dit zal zijn geweest onder de op Vredepeel heersende condities, waar het aanbod van externe stikstof vrij groot is (zeker voor de stamslabonen die profiteren van de stikstof die vrijkomt bij de mineralisatie van de oogstresten van conservenerwt) en de teeltperiode vrij kort. Er zijn geen directe metingen gedaan van de stikstoffixatie. In plaats daarvan wordt in deze paragraaf een schatting gemaakt.

Conservenerwt

In totaal is ongeveer 200 kg stikstof opgenomen door het gewas (zaaidatum 2 april). Hiervan is 146 kg in de gewasresten terechtgekomen (54 kg in het afgevoerde product). Tijdens de oogst is in de laag 0-60 cm ongeveer 30 kg stikstof gevonden; op het meest nabij gelegen braakveld (28.2A2) was dit 80 kg; het tweede braakveldje (18.2A2) liet echter een aanzienlijk hogere hoeveelheid zien (130 kg stikstof). Bij aanvang van de teelt is ongeveer 40 kg aan minerale stikstof gemeten. Afgaande op het braakveldje met de laagste waarde zou er tijdens de gewasperiode (80 – 40=) 40 kg gemineraliseerd zijn. Tezamen met de kunstmestgift (76 kg N) zou er 126 kg stikstof opgenomen zijn[2]. Dit geeft een stikstoffixatie van 74 kg stikstof, ofwel 35% van de totale stikstofopname. Bij de hogere mineralisatie wordt dit aandeel 12%. In beide gevallen wordt ervan uitgegaan dat er geen denitrificatie of uitspoeling optreedt, en dat alle 'verdwenen' stikstof opgenomen wordt door het gewas.

Stamslaboon

De op de conservenerwt volgende stamslabonen (zaaidatum 5 juli; oogst 14 september) hebben 57 kg stikstof opgenomen (15 kg in het product en 42 kg in de gewasresten). Omdat aangenomen wordt dat er in september veel stikstof via uitspoeling verloren is, is bij de berekeningen voor een andere aanpak gekozen. De bonen zijn bemest met 54 kg stikstof. Op 25 juli was er 164 kg minerale stikstof aanwezig (0–60 cm). Een groot deel hiervan zal afkomstig zijn van de gewasresten van de conservenerwt. Op 28 augustus was de hoeveelheid minerale stikstof gedaald tot 132 kg stikstof, wat duidt op een gewasopname van ten minste 32 kg stikstof. Dit is enerzijds een minimum (omdat tussen 28 augustus en de

2 40 + 76 + 10 (verschil Nmin aanvang en Nmin oogst) = 126.

oogst op 14 september nog meer stikstof is opgenomen). Anderzijds kan niet de gehele afname volledig worden toegeschreven aan opname door het gewas. Het is immers niet duidelijk hoeveel verliezen er in deze periode zijn opgetreden. Aangenomen mag worden dat uitspoeling pas na 28 augustus op gang is gekomen. Indien we er van uitgaan dat 40 kg opgenomen stikstof afkomstig is van bodemmineralisatie, dan zou de rest (14 kg stikstof) via fixatie moeten zijn vastgelegd. Dit geeft een aandeel van de fixatie van hooguit 25%.

Conclusie

Uit bovenstaande berekeningen kan worden geconcludeerd dat stikstofbinding ongeveer 25 (stamslaboon) tot 30% (conservenerwt) bijdraagt aan de stikstofopname. Hierbij moet worden opgemerkt, dat de berekeningen gelden voor slechts één jaar, en dat ze zijn omgeven met een behoorlijke onzekerheid.

9. Discussie en conclusie

9.1 Meetresultaten

J.W.A. Langeveld, A.L. Smit (Plant Research International) & J.J. de Haan (PPO)

Bedrijfsvoering

Nutriëntenmanagement

De eerste metingen hebben laten zien dat met name nitraatgehalten in het grondwater nog (ver) boven de gestelde streefwaarden liggen. Om na te gaan in hoeverre de waterkwaliteit nog verbeterd kan worden met teelttechnische maatregelen is gekeken naar het werkelijke stikstofoverschot, de Nmin bij de oogst en de Nmin in het najaar. Het werkelijke overschot, berekend met aanvoer van alle nutriënten (dus inclusief uitgangsmateriaal, depositie e.d.) en werkelijke afvoer (op basis van behaalde opbrengsten) kan hierbij een eerste indicatie geven. Uit de in hoofdstuk 3 gepresenteerde resultaten blijkt dat de streefwaarde van 60 kg N ha^{-1} niet is gehaald, al kwam *Analyse-2* er met een overschot van 68 kg dicht bij in de buurt.

Uit de hoeveelheid Nmin bij oogst (een indicator van de afstemming van bemesting op de gewasbehoefte) valt niet af te lezen dat de meeste gewassen te ruim zouden zijn bemest. Alleen bij vroege aardappel en snijmaïs is een te hoge Nmin gemeten. Ook de hoeveelheid Nmin in het najaar (een indicatie van de mogelijke uitspoeling in het winterseizoen) lag met uitzondering van het *Synthese*-deel onder de streefwaarde. Echter, gezien de hoge nitraatgehalten in het grondwater wordt vermoed dat relatief veel stikstof uitspoelt gedurende of kort na het groeiseizoen (dus voordat het echte uitspoelingsseizoen begint). Dit impliceert in de toekomst een nog 'scherpere' bemesting, waarbij het de vraag blijft of een adequate bemesting voldoende zal zijn om de beoogde waterkwaliteit te realiseren.

Gezien de resultaten in de *Analyse-2* voldoet een scherpe bemesting in combinatie met maximale inzet van groenbemesters (om stikstofmineralisatie na de oogst maximaal vast te leggen) mogelijk (net) aan de streefwaarde van nitraatuitspoeling. Dit zal in de komende jaren verder worden getest. Wanneer dan nog niet aan de streefwaarde voldaan kan worden, moet het afvoeren van gewasresten en groenbemesters als serieuze optie worden onderzocht.

Gewasbescherming

De middelen die de grootste milieubelasting veroorzaken zijn gegeven in Tabel 18. De grootste problemen worden veroorzaakt door insecticiden. Goede alternatieven voor de huidige middelen ontbreken, al zal vervanging van Sumicidin door Decis tot een verbetering leiden. Mogelijk kan Plenum, een nieuw middel dat is toegelaten in aardappel, bijdragen aan reductie van de milieubelasting. Een verdere verbreding van de teeltvrije zone zal niet voldoende zijn om de belasting van insecticiden voldoende te verlagen. In de Phytphthora-bestrijding geeft Ranman zicht op verbetering van BRI-lucht en BRI-bodem. Indien Phytophthora voldoende strak wordt bijgehouden kan de inzet van curatieve middelen als Curzate in de meeste jaren worden voorkomen. Dit vermindert de emissie naar het grondwater. Verder zal de inzet van MCPA in het najaar moeten worden vermeden vanwege uitspoeling naar het grondwater.

Kwaliteitsproductie

In 2001 zijn geen duidelijke verschillen gevonden tussen de systemen, hoewel in met name het *Analyse-2* systeem zuiniger is bemest. In een aantal gevallen is de streefwaarde voor kwaliteit niet gehaald, maar er lijkt hier geen verband te zijn met bemestings- of gewasbeschermingsstrategie.

Duurzaam beheer productiemiddelen

Naast het halen van de milieudoelstellingen wordt ook gestreefd naar handhaving van de bodemvruchtbaarheid op lange termijn. Hierbij wordt vooral gekeken naar het gehalte organische stof en fosfaat (P_w) van de bodem. Uit berekeningen komt een lichte maar ongevaarlijke daling van het organische stofgehalte naar voren. Dit lijkt geen problemen op te leveren; ook het fosfaatgehalte lijkt voldoende gehandhaafd te worden.

Tabel 18. Overzicht van de belangrijkste milieubelastende middelen (Analyse-1), vetgedrukt de middelen die de streefwaarde overschrijden.

	Middel 1	Middel 2	Middel 3	Middel 4	Middel 5
BRI-lucht	Shirlan	Curzate	Betanal Trio	Basagran	Pirimor
MBP-waterleven	**Sumicidin**	**Decis**	**Pirimor**	**Mcpa**	**Betanal Trio**
BRI-grondwater	**Curzate**	Gallant	MCPA	Bropyr	Basagran
BRI-bodem	Shirlan	Betanal Trio	Allegro	Goltix	Basagran
MBP-bodemleven	**Pirimor**				

Waterkwaliteit

De stikstofconcentratie in het bovenste grondwater is gemeten door Alterra en RIVM (Tabel 6 en Figuur 7) die, ondanks verschillende bemonsteringsstrategieën, vergelijkbare gehalten hebben gemeten. De systemen voldoen niet aan de nitraatnorm (50 mg l^{-1}), laat staan de beoogde eindnorm van 25 mg l^{-1} voor het kernbedrijf. Wel heeft het grondwater onder de *Analyse*-delen een significant ($P<0,05$) lagere nitraatconcentratie dan dat onder de*Synthese*. Hoewel dit gedeeltelijk moet worden verklaard doordat *Analyse*-delen consequent dichter bij het Peelkanaal liggen, lijkt het voor een belangrijk deel gerelateerd te zijn aan de verschillen in nutriëntenmanagement. Significante verschillen tussen *Analyse-1* en *Analyse-2* konden niet worden aangetoond. De grondwaterkwaliteit voldoet verder ruimschoots aan de normen voor fosfaat, sulfaat en ammonium, waarbij opvalt dat de fosfaatconcentratie van het grondwater laag is in vergelijking met dat van andere deelnemende bedrijven. Dit is mogelijk toe te schrijven aan de lagere bemesting met fosfaat in het verleden.

Procesonderzoek

Het procesonderzoek richt zich op het zo goed mogelijk in beeld brengen van de nutriëntenstromen. Daarom werd in 2001 naast de gebruikelijke registratie van de aan- en afvoer van nutriënten ook aandacht besteed andere componenten van de N-cyclus (stikstofmineralisatie, denitrificatie en verliezen via uitspoeling), waarbij mineralisatie op meerdere wijzen (potentiële mineralisatie, 0N-velden en braakvelden) is geschat. De potentiële mineralisatie wordt sterk bepaald door de voorvrucht. Uit de in het veld aangelegde objecten komt een N-mineralisatie gedurende de gewasperiode van ca. 100-130 kg stikstof (laag 0-60 cm) naar voeren. Gewassen zijn niet in staat deze hoeveelheid volledig te benutten, zodat deze bron bijdraagt aan de uitspoeling van nitraat.

Denitrificatie lijkt geen rol van betekenis te spelen in het verwijderen van niet opgenomen stikstof, omdat de benodigde condities in de bodem, namelijk het voorkomen van afbreekbare organische stof en anaërobe (zuurstofvrije) omstandigheden, zelden gelijktijdig zullen voorkomen. Dit betekent dat vrijwel alle stikstof die onder de wortelzone belandt in het grond- en oppervlaktewater terechtkomt, zodat (in het *Synthese*-deel) de uitspoeling niet boven de 45 kg stikstof mag uitkomen. Bij hogere waarden zal de nitraatnorm immers niet kunnen worden gehaald. Voor de *Analyse*-delen, waarvoor een norm van 25 mg nitraat per liter wordt aangehouden, zou niet meer dan de helft hiervan mogen uitspoelen.

9.2 Knelpunten en oplossingsrichtingen

J.J. de Haan (PPO), J.W.A. Langeveld & A.L. Smit (PRI)

Grootste knelpunt in de bemesting is de te hoge uitspoeling. Ondanks het feit dat zuinig wordt bemest is het moeilijk de streefwaarden (50 mg l^{-1} nitraat in *Synthese* en 25 mg l^{-1} in de *Analyse*-systemen) te halen. Ook verdere fine-tuning van de bemesting, in sommige gevallen nog mogelijk, zal naar alle waarschijnlijkheid onvoldoende zijn om de streefwaarden te halen. Dit betekent dat – in het bijzonder voor *Analyse*-systemen – een andere opzet van de rotatie en/of een suboptimale bemesting (met alle gevolgen voor de opbrengst van dien) niet kunnen worden uitgesloten. In 2002 is besproken in hoeverre een andere opzet en het accepteren van opbrengstderving mogelijk en acceptabel is. Hierbij is afgesproken om nog sterker op zoek te gaan naar de grenzen van het haalbare, zonder bewust zo ver te gaan dat opbrengstderving onontkomelijk wordt. Dit geldt met name voor *Analyse-2*, waar het uiterste gedaan wordt om de normen te halen.

Aardappel

De relatief hoge waarden voor N-min najaar die na de teelt van aardappel zijn gevonden worden verklaard doordat de stikstofopname vroeg stopt. Dat wil overigens niet zeggen dat de bemesting niet omlaag kan (het *Synthese*-deel had een vrij hoog stikstofoverschot). In de *Analyse*-delen is na afloop van de oogst stro ingewerkt. Dit wordt gecontinueerd ondanks het feit dat het conflicteert met een goede opslagbestrijding. (Het diep inwerken van stro leidt tot grotere overlast door opslag.) Uit proeven is verder gebleken dat fertigatie, een veelbelovende techniek die bij andere gewassen onder andere leidt tot besparing van de mestgift, geen nutriëntenbesparing heeft opgeleverd. In 2002 zal CropScan worden ingezet naast de bladsteeltjesmethode om een zo goed mogelijk beeld te krijgen van eventuele nutriëntentekorten. In de *Analyse*-systemen zal vroege aardappel verder worden gevolgd door een groenbemester, iets wat niet mogelijk is na de oogst van de late aardappel.

Suikerbiet

Suikerbiet heeft een lage N-min najaar maar ook een hoog overschot op de werkelijke balans. In het afgelopen jaar lieten de vroege suikerbieten een relatief hoge N-min najaar na, iets dat vermoedelijk is veroorzaakt door een hoge mineralisatie in de relatief warme oktobermaand. Om deze mineralisatie in de toekomst weg te vangen zou in het komende jaar stro ingewerkt kunnen worden na de oogst van het *Analyse-2* systeem. Bij gebrek aan stro kan dit helaas niet worden uitgevoerd. In andere systemen (*Synthese* en *Analyse-1*) is dit sowieso geen optie omdat daar suikerbiet wordt gevolgd door triticale dat direct na de oogst wordt ingezaaid. Hiernaast zal in *Analyse-2* de bemesting van de vroege suikerbieten verder worden verlaagd omdat het idee bestaat dat de stikstofopname van vroege bieten lager is dan die van late bieten. Het afvoeren en composteren van koppen en loof, een veel verdergaande oplossing die is overwogen om de hoeveelheid stikstof in het systeem te verlagen, is praktisch slecht uitvoerbaar. Hiernaast gaat er bij het composteren ook veel stikstof verloren.

Snijmaïs

Doordat het gewas al na de bloei stopt met de stikstofopname laat snijmaïs een te hoge N-min najaar zien. Om dit te beperken zal worden gezocht naar een ras met een zo laat mogelijke bloei. In *Analyse-2* zal snijmaïs worden gevolgd door een groenbemester. Hier zal ook de startgift met fosfaat komen te vervallen; Uit onderzoek is gebleken dat dit de opbrengst niet nadelig beïnvloedt. Verder zullen tests worden gedaan met rijenbemesting met organische mest (*Analyse-1*) en kunstmest (*Analyse-2*). Hiermee kan naar verwachting 20% op de mestgift bespaard worden.

Triticale en zomergerst

Gezien het nog relatieve hoge stikstofoverschot van triticale is in *Analyse-2* gekozen voor zomergerst. Ook de N-min november is relatief hoog (met uitzondering van *Analyse-2* waar groenbemesters zijn toegepast). Stro wordt afgevoerd, met uitzondering van *Analyse-2*, waar het wordt gebruikt na vroege suikerbiet.

Conservenerwt/stamslaboon (groenbemester)

De dubbelteelt conservenerwt/stamslaboon leidt tot hoge stikstofoverschotten, zowel op gewas- als veldniveau. Het is echter niet mogelijk stamslaboon te laten vervallen (zoals is gebeurd in *Analyse-1*) zonder het economische resultaat geweld aan te doen. In de conservenerwt zal op kleine schaal worden geëxperimenteerd met het laten vervallen van de fosfaat startgift. Bovendien zal voor de *Analyse*-systemen worden overgegaan op een ras waarbij de stikstofbemesting achterwege gelaten kan worden. Keuze van groenbemester in *Analyse*-2 zal afhankelijk zijn van de aaltjessituatie.

10. Literatuur

Booij, R., W. van Dijk, B. Smit, F. Wijnands, H. Langeveld, J. de Haan, A. Pronk, J. Schröder, J. Proost, H. Brinks, P. Dekker & Ph. Ehlert, 2001.
Detaillering projectplan 'Telen met toekomst'. Publicatie no. 3. Wageningen: Plant Research International.

Langeveld, J.W.A. (red.), 2002.
Projectplan 'Telen met toekomst'. Kernbedrijf Vredepeel. Interne publicatie AKKBPP. Wageningen: Plant Research International.

Neeteson, J., R. Booij, W. van Dijk, J. de Haan, A. Pronk, H. Brinks, P. Dekker & H. Langeveld, 2001.
Projectplan 'Telen met toekomst'. Publicatie no. 2. Wageningen: Plant Research International.

Postma, R., 2002.
Organische stof opbouw en N-mineralisatie op kernbedrijven; toetsing model Janssen. Rapport OV 0203. Wageningen: Plant Research International/Nutriënten Management Instituut.

Pulleman, M., 2002.
Metingen grondwater. In (Ed. J.W.A. Langeveld) Projectplan Telen met toekomst. Kernbedrijf Vredepeel. Interne publicatie AKKBPP. Wageningen, Plant Research International.

RIVM, 2000.
Grondwaterbemonstering met bemonsteringslans en slangenpomp op zandgronden. Bilthoven, RIVM, SOP LBG/424.

RIVM, 2002a.
Onderzoeksplan 'Telen met toekomst', beschrijving van het RIVM-aandeel in het project 'Telen met toekomst'. Bilthoven, RIVM, Protocol LBG/P099.

RIVM, 2002b.
Bepaling van de ligging van de bemonsteringspunten. Bilthoven, RIVM, SOP LBG/618.

RIVM, 2002c.
Het meten van de nitraatconcentratie in water m.b.v. een Nitracheck reflectometer (type 404). Bilthoven, RIVM, SOP LBG/110.

RIVM, 2002d.
Gewasbemonstering met de Edelmanboor ten behoeve van bodemvochtanalyses. Bilthoven, RIVM, SOP LBG/433.

Smid, H. & J. Spruijt, 2002.
Bedrijfsresultaat geïntegreerd vergelijkbaar met gangbaar. In: F.Wijnands en B. Kroonen-Backbier (eds). Geïntegreerde akkerbouw Zuidoost Nederland. PPO-bedrijfssystemen 2002 No 10. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad.

Wijnands, F. & B. Kroonen-Backbier (eds), 2002.
Geïntegreerde akkerbouw Zuidoost Nederland. PPO-bedrijfssystemen 2002 No 10. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving. Lelystad.

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'. Rapport OV0202. Wageningen, Plant Research International/Alterra.

Bijlage I.

Plattegrond Vredepeel 2001

Telen met toekomst — Kernbedrijf locatie Vredepeel — **2001**

Synthese (S) en *Analyse-1 en -2* (A1 en A2)

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	

Bijlage II.

Tabel met cirkelwaarden

Thema	nr	Parameter	Dimensie	Streefwaarde	Behaald			Waarde in cirkel		
					Synthese	*Analyse-1*	*Analyse-2*	*Synthese*	*Analyse-1*	*Analyse-2*
Schoon milieu nutriënten	1	Nitraatuitspoeling	mg l^{-1}	<50	93	63	63	0.14	0.74	0.74
	2	N-overschot	kg ha^{-1}	<60	120	100	68	0.00	0.33	0.87
	3	P-overschot	kg ha^{-1}	<0/-17/-45	13	-13	-38	0.35	0.80	0.65
	4	K-overschot	kg ha^{-1}	<40	79	99	75	0.03	0.00	0.13
Schoon milieu pesticiden	5a	MBP-waterleven	% toep.>10	0	78	79	76	0.78	0.79	0.76
	5b	MBP-bodemleven	% toep. >100	0	99	99	99	0.99	0.99	0.99
	6a	BRI-lucht	kg a.s. ha^{-1}	<0.7	0.30	0.27	0.27	1.00	1.00	1.00
	6b	BRI-grondwater	ppb	<0.5	0.31	0.18	0.22	1.00	1.00	1.00
	6c	BRI-bodem	kg dagen ha^{-1}	<200	131	133	132	1.00	1.00	1.00
Duurzaam beheer productiemiddelen	7	Pw-getal (0-30 cm)	-	20-30	52	50	50	0.27	0.33	0.33
	8	K-getal (0-30 cm)	-	11-19	10	11	11	0.91	1.00	1.00
	9	organische stofbalans	kg ha^{-1}	>1	0	0	0	0.00	0.00	0.00
Kwaliteitsproductie	10	Kwantiteit	-	>1	0.89	0.94	0.95	0.89	0.94	0.95
	11	Kwaliteit	-	>1	0.74	0.64	0.67	0.74	0.64	0.67
Multifunctionaliteit		geen parameters	-	-	0	0	0	0.00	0.00	0.00
Continuïteit van de bedrijfsvoering	12	Opbrengst/€100 kosten	-	>100	0	0	0	0.00	0.00	0.00

Bijlage III.
Bemestingsstrategieën

Jaar	(Tussen)gewas	*Synthese*	*Analyse-1*	*Analyse-2*
-	Bouwplan	Fosfaataanvoer = fosfaatafvoer	Fosfaataanvoer = 0,5 * fosfaatafvoer Toepassen van bewerkte varkensdrijfmest	Geen gebruik organische mest, enkel fosfaatkunstmest als startgift voor erwt en snijmaïs.
1	Aardappel **Laat/vroeg** (afhankelijk aaltjessituatie)	Basisbemesting tot 150 kg/ha N werkzaam (varkensdrijfmest). Bemesting wordt aangevuld met kunstmest tot 200 - Nmin (laag 0-30 cm) circa 4 weken na poten en door middel van aanaarden in de rug gebracht. Bijbemestingen nadien op basis van bladsteeltjesmethode met KAS	Basisbemesting tot 150 kg/ha N werkzaam (bewerkte varkensdrijfmest). Bemesting wordt aangevuld met kunstmest tot 200 - Nmin (laag 0-30 cm) circa 4 weken na poten en door middel van aanaarden in de rug gebracht. Bijbemestingen nadien verlaat op basis van bladsteeltjesmethode met KAS	Basisbemesting met 120 kg N/ha aanvullen tot 200-Nmin (laag 0-30) circa 4 weken na poten en door middel van aanaarden in de rug gebracht Bijbemestingen nadien verlaat op basis van CropScan met bladbemestingen met Urean.
2	Suikerbiet **Vroeg**	220 - 1.7 x Nmin in laag 0-60 cm. 50-60% van de gift in de vorm van varkensdrijf-mest; resterende N in de vorm van kunstmest in het 4 - 6 bladstadium.	220 - 1.7 x Nmin in laag 0-60 cm, deels in de vorm van verwerkte varkensdrijfmest, resterende N in de vorm van kunstmest in het 4 - 6 bladstadium.	220 - 1.7 x Nmin in laag 0-60 cm in de vorm van kunstmest. Gedeelte (100 kg) voor ploegen en resterende in de rij in het 4 - 6 bladstadium.
3	Triticale	110 - Nmin (laag 0-60 cm); tweede gift van 40 – 60 kg/ha afhankelijk van de gewas-stand. Bij de eerste gift wordt een N-venster aangelegd om het moment van de tweede gift te bepalen. Wanneer aaltjespopulatie te hoog dan braak of Tagetes-teelt.	110 - Nmin (laag 0-60 cm); tweede gift van 40 – 60 kg/ha afhankelijk van de gewas-stand. Bij de eerste gift wordt een N-venster aangelegd om het moment van de tweede gift te bepalen. Wanneer aaltjespopulatie te hoog dan braak of Tagetes-teelt. Beregening indien nodig.	90 - Nmin (0-60 cm) Wanneer aaltjespopulatie te hoog dan braak of Tagetes-teelt. Beregening indien nodig. Vervangen door zomergraan (gerst) in volgende jaren.
4	Waspeen (dit jaar vervangen door zomergerst i.v.m. nematoden besmetting)	80 - Nmin startgift met kunstmest. Een bijbemesting vindt plaats op basis van Nmin grond eind juni, juli en augustus.	80 - Nmin startgift met kunstmest. Een bijbemesting vindt plaats op basis van Nmin grond eind juni, juli en augustus. Eventueel toepassing verwerkte varkensmest voor startgift indien mest over.	80 - Nmin startgift met kunstmest. Een bijbemesting vindt plaats op basis van Nmin grond eind juni, juli en augustus.

Jaar	(Tussen)gewas	*Synthese*	*Analyse-1*	*Analyse-2*
5	Aardappel **Vroeg/laat** Afhankelijk aaltjessituatie	Basisbemesting tot 150 kg/ha N werkzaam (varkensdrijfmest). Bemesting wordt aangevuld met kunstmest tot 200 - Nmin (laag 0-30 cm) circa 4 weken na poten en door middel van aanaarden in de rug gebracht. Bijbemestingen nadien op basis van bladsteeltjesmethode met KAS	Basisbemesting tot 150 kg/ha N werkzaam (bewerkte varkensdrijfmest). Bemesting wordt aangevuld met kunstmest tot 200 - Nmin (laag 0-30 cm) circa 4 weken na poten en door middel van aanaarden in de rug gebracht. Bijbemestingen nadien verlaat op basis van bladsteeltjesmethode met KAS	Basisbemesting met 120 kg N/ha aanvullen tot 200-Nmin (laag 0-30) circa 4 weken na poten en door middel van aanaarden in de rug gebracht Bijbemestingen nadien verlaat op basis van CropScan met bladbemestingen met Urean
6	Suikerbiet **Laat**	220 - 1.7 x Nmin in laag 0-60 cm. 50-60% van de gift in de vorm van varkensdrijf-mest; resterende N in de vorm van kunstmest in het 4 - 6 bladstadium.	220 - 1.7 x Nmin in laag 0-60 cm, deels in de vorm van bewerkte varkensdrijfmest, resterende N in de vorm van kunstmest in het 4 - 6 bladstadium.	220 - 1.7 x Nmin in laag 0-60 cm in de vorm van kunstmest. Gedeelte (100 kg) voor ploegen en resterende in de rij in het 4 - 6 bladstadium.
7	Snijmaïs	200 – Nmin (laag 0-60 i.p.v. 0-30 cm!) bestaande uit runderdrijfmest en een rijenbemesting van 50 kg N	200 – Nmin (laag 0-60) met bewerkte varkensdrijfmest aanvullen met kunstmest (KAS of NP-meststof) in de rij.	180 – Nmin in de vorm van kunstmest waarvan 20-30 kg N in de rij. P-bemesting: 30 kg P/ha in de rij
8	Conserven erwt/ stamslaboon/ groenbemester	Erwt: 80 kg N (startgift); P-bemesting erwt: bij huidige Pw moet 60 kg P_2O_5 gegeven worden voor goede start Stamslaboon: Rijenbemesting met stikstof: 100-Nmin als basisbemesting	Erwt: 80 kg N (startgift); P-bemesting erwt: bij huidige Pw moet 60 kg P_2O_5 gegeven worden voor goede start Tagetes: geen bemesting	Erwt: 80 kg N (startgift); P-bemesting erwt: bij huidige Pw moet 60 kg P_2O_5 gegeven worden voor goede start Tagetes: geen bemesting

Bijlage IV.
Resultaten van de veldanalyses (RIVM)

Zie Figuur 8 voor de ligging van de bemonsteringslocaties.

Monster-punt	Datum monstername	Gewas	EC (mS/m)	pH	Grondwater-stand (cm -mv)	Resultaten nitracheck (NO_3^-, mg/l)[1]			
						1	2	3	Gemiddeld
1	4-04-2002	Waspeen	52	5,1	115	121	125	-	123
2	4-04-2002	Waspeen	39	5,1	120	127	120	-	124
3	4-04-2002	Waspeen	46	4,9	115	172	132	138	148
4	4-04-2002	Waspeen	41	5,0	115	62	59	-	61
5	4-04-2002	Waspeen	32	5,0	115	61	58	-	60
6	4-04-2002	Waspeen	47	4,8	100	133	134	-	133
7	4-04-2002	Triticale	32	5,2	110	44	36	35	38
8	4-04-2002	Triticale	66	4,8	110	136	140	-	138
9	4-04-2002	Triticale	81	4,8	115	153	198	168	173
10	4-04-2002	Zomergerst	66	4,9	120	121	117	-	119
11	4-04-2002	Triticale	41	5,1	115	83	88	-	86
12	4-04-2002	Zomergerst	36	5,0	120	117	124	173	138
13	5-04-2002	Erwt/ssboon	33	5,2	110	38	35	-	36
14	5-04-2002	Erwt/ssboon	40	5,2	95	124	114	-	119
15	5-04-2002	Erwt/ssboon	37	5,1	100	65	67	-	66
16	5-04-2002	Erwt/ssboon	32	5,1	95	8	3	-	5
17	5-04-2002	Erwt/Tagetes	28	5,7	95	47	44	-	46
18	5-04-2002	Erwt/Tagetes	30	5,2	115	3	8	-	5
19	5-04-2002	Aardappel	76	4,9	95	252	264	-	258
20	5-04-2002	Aardappel	28	5,5	95	127	121	-	124
21	5-04-2002	Aardappel	31	5,5	90	138	132	-	135
22	5-04-2002	Aardappel	17	5,4	95	35	35	-	35
23	5-04-2002	Aardappel	35	5,4	100	104	103	-	104
24	5-04-2002	Aardappel	13	5,8	100	11	12	-	11
25	5-04-2002	Snijmaïs	51	5,3	100	77	83	-	80
26	8-04-2002	Snijmaïs	80	4,9	100	79	87	-	83
27	8-04-2002	Snijmaïs	53	5,3	105	73	70	-	72
28	8-04-2002	Snijmaïs	40	5,1	110	36	37	-	36
29	8-04-2002	Snijmaïs	37	5,0	100	29	23	28	27
30	8-04-2002	Snijmaïs	38	4,8	110	56	68	66	63
31	8-04-2002	Suikerbiet	58	4,7	110	108	106	-	107
32	8-04-2002	Suikerbiet	38	5,1	100	98	96	-	97
33	8-04-2002	Suikerbiet	40	5,4	105	116	109	-	113
34	8-04-2002	Suikerbiet	45	5,4	90	73	71	-	72
35	8-04-2002	Suikerbiet	50	5,0	95	105	92	103	100
36	8-04-2002	Suikerbiet	37	4,8	115	77	70	-	74
37	8-04-2002	Suikerbiet	76	5,0	110	161	150	-	156
38	8-04-2002	Suikerbiet	36	5,0	100	77	79	-	78
39	8-04-2002	Suikerbiet	34	5,5	105	65	65	-	65
40	8-04-2002	Suikerbiet	53	6,5	100	16	21	15	17
41	9-04-2002	Suikerbiet	35	6,4	100	3	3	-	<5
42	9-04-2002	Suikerbiet	48	5,8	100	73	60	70	68
43	9-04-2002	Aardappel	24	5,5	110	24	19	16	20
44	9-04-2002	Aardappel	33	4,7	120	10	3	-	6
45	9-04-2002	Aardappel	26	5,1	95	8	8	-	8
46	9-04-2002	Aardappel	27	5,2	100	3	3	-	<5
47	9-04-2002	Aardappel	42	6,2	95	3	3	-	<5
48	9-04-2002	Aardappel	43	6,4	95	67	67	-	67

1 Nitraatgehaltes werden in principe in duplo bepaald. Bij aanzienlijke afwijkingen tussen de duplo's (zoals gedefinieerd in RIVM, 2002d) werd een triplo-bepaling uitgevoerd. De gegevens hebben betrekking op de waardes na correctie voor temperatuursfluctuaties.

Reeds verschenen externe rapporten
Telen met toekomst

31. Kernbedrijf Vredepeel. Resultaten eerste fase. J.W.A. Langeveld, A.L. Smit & J.J. de Haan. 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 Steenbergen. Rapport OV 0204, 2002.
10. Organische stofopbouw en N-mineralisatie op kernbedrijven; toetsing model Janssen. Ir. 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 monstername 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.







PRAKTIJKONDERZOEK
PLANT & OMGEVING
WAGENINGEN UR

PLANT RESEARCH
INTERNATIONAL
WAGENINGEN UR

DLV