

# Nutriënten Waterproof

---

Nitraatnorm op zand verdraagt  
geen intensieve landbouw



WAGENINGENUR

*For quality of life*

# Colofon

Het innovatieproject Nutriënten Waterproof is onderdeel van het onderzoeksprogramma Systeeminnovaties plantaardige productiesystemen. Wageningen UR voerde dit programma uit in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Het programma is gestart in 2004 en afgerond in 2009. Actuele informatie en achtergronden van het systeeminnovatieonderzoek zijn te vinden op [www.syscope.nl](http://www.syscope.nl) en op [www.kennisonline.wur.nl](http://www.kennisonline.wur.nl)

We willen allen bedanken die mee hebben gewerkt aan de uitvoering van het project: onderzoekers Wageningen UR, begeleidingscommissie van telers, medewerkers proefbedrijf Vredepeel.

*Projectnummer: 32530133*

## **Samenstelling**

Janjo de Haan en Willem van Geel  
met medewerking van: Harry Verstegen en  
Vivian Hendriks (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving),  
Kor Zwart (Alterra)

## **Redactie**

Ria Dubbeldam (Grafisch Atelier Wageningen)

## **Vormgeving**

Jelle de Gruyter (Grafisch Atelier Wageningen)

## **Druk**

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

## **© 2010 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.**

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeveelvoudigd, 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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

## **Uitgave**

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.  
Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten  
Edelhertweg 1, Lelystad  
Postbus 430, 8200 AK Lelystad  
**t** 0320 291111  
**f** 0320 230479  
**e** [infoagv.ppo@wur.nl](mailto:infoagv.ppo@wur.nl)  
**i** [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

# Inhoud

---

**Aanbevelingen Nutriënten Waterproof** 4

**Aanleiding Nutriënten Waterproof**

- Wensen voor de toekomst en vandaag 6
- Toekomstverkenningen en  
systeeminnovaties voor de open teelten 6

> 3

**Innovatieproject Nutriënten Waterproof**

- Doel 8
- Opzet systemen 8
- Drie oplossingsrichtingen 10

**Resultaten van de twee bedrijfssystemen**

- Nitraatnorm niet gehaald 12
- Financieel saldo omlaag 13

**Resultaten van drie oplossingsrichtingen**

- Bemestingsmaatregelen 15
- Na-oogstmaatregelen 16
- Aanpassing teeltwijze of bedrijfsvoering 18

**Bespreking** 22

---

# Conclusies en aanbevelingen Nutriënten Waterproof

De hoofdconclusies van het innovatieproject Nutriënten Waterproof zijn:

- In de geïntegreerde bedrijfssystemen van Nutriënten Waterproof – met bemesting op het scherpst van de snede – was het niet mogelijk om zonder opbrengstverliezen, en dus inkomstenverliezen, de nitraatnorm uit de EU-nitraatrichtlijn (50 mg nitraat per liter in bovenste grondwater) te halen. De verwachting is dat dit voor een groot deel van de open teelten op zandgrond in Zuidoost-Nederland geldt.
- Er bestaan vrijwel geen direct toepasbare maatregelen die een grote reductie in nitraatuitspoeling opleveren.

Onze verwachting is dat op korte termijn (binnen enkele jaren) de praktijk nog wel wat kan bijdragen aan lagere nitraatconcentraties door een verdere optimalisatie van de bemesting. Bijvoorbeeld door de toepassing van best practices en doorontwikkeling van bestaande bemestingstechnieken. Dit alles is nog steeds onvoldoende om de nitraatnorm te bereiken. Op langere termijn (meer dan 5 jaar) liggen er meer kansen om de nitraatnorm te halen. Hierbij gaat het vooral om aanpassingen in het bouwplan en de teeltwijze en daarnaast om maatregelen na de oogst.

Vanuit deze conclusies doen we de volgende aanbevelingen aan beleidsmakers bij de overheid en landbouworganisaties, om op de langere termijn een forse verlaging van de nitraatconcentraties te realiseren:

## **Stimuleer of beloon extensivering van de landbouw op de zandgronden in Zuidoost-Nederland, bijvoorbeeld door de stimulering van biologische landbouw**

Het biologische bedrijfssysteem in Nutriënten Waterproof laat zien dat door extensivering van het bouwplan wel aan de nitraatnorm kan worden voldaan. Extensivering betekent hier een kleiner aandeel uitspoelingsgevoelige teelten in de rotatie en meer graan, grassen en groenbemesters. Dat kan via omschakeling naar de biologische landbouw of door stimulering van extensivering van de gangbare teelt. Om telers te interesseren voor omschakeling zijn er goede afzetperspectieven nodig. Daarvoor moet de afzetmarkt voor biologische producten groeien. Wanneer de gangbare landbouw extensiveert heeft dat een lager gemiddeld bedrijfssaldo tot gevolg. (Financiële) ondersteuning of beloning van ondernemers is dan nodig. We bevelen aan onderzoek te doen naar de effecten van extensivering en maatregelen om de rentabiliteit van bedrijven te behouden.

## **Stimuleer of beloon de toepassing van alternatieve maatregelen om de nitraatuitspoeling te verlagen en laat in de mestwetgeving de stikstofgebruiksnormen rond het niveau van het landbouwkundig advies**

Alternatieve maatregelen hebben meer effect op het verlagen van de nitraatuitspoeling dan het verlagen van de stikstofgebruiksnormen. Het effect van een lagere stikstofbemesting op de nitraatuitspoeling is relatief beperkt. Om aan de nitraatnorm te voldoen zouden de stikstofgebruiksnormen op zand zover omlaag moeten, dat voor veel gewassen door opbrengstderving geen rendabele teelt meer mogelijk is. Voorbeel-

den van alternatieve maatregelen zijn stikstofvanggewassen, rijenbemesting in maïs en afvoeren van stikstofrijke gewasresten. We bevelen aan om onderzoek te doen naar de knelpunten die bij een aantal van deze maatregelen nog bestaan.

### **Bevorder de ontwikkeling en toepassing van de volgende maatregelen:**

*> rijenbemesting met drijfmest of andere vloeibare, dierlijke mestproducten in maïs*

Door rijenbemesting kan de stikstofinput bij maïs met 20-30 procent omlaag. Rijenbemesting met drijfmest heeft in de praktijk nog geen opmars gemaakt, omdat maïs zaaien en tegelijk bemesten veel trager gaat dan alleen zaaien en eerder bemesten. Dit knelpunt lijkt met moderne technologie als GPS op korte termijn oplosbaar, maar dit vraagt nog wel om aanvullend onderzoek en doorontwikkeling.

*> toepassing van digestaat of de dunne fractie van drijfmest of digestaat in aardappelen en maïs*

Gebruik van digestaat en met name de (geconcentreerde) dunne fractie van drijfmest of digestaat kan het stikstofoverschot iets verlagen en de stikstofverliezen beperken. Stimuleren van mestscheiding en mestvergisting is gewenst.

*> beter ontwikkelde groenbemesters als stikstofvanggewas*

Door de late oogst van het hoofdgewas kunnen groenbemesters niet op tijd worden gezaaid om zich goed te ontwikkelen als stikstofvanggewas. We adviseren te onderzoeken wat de mogelijkheden zijn van een eerdere oogst van maïs en aardappelen, onderzaai van groenbemesters in maïs en alternatieve plantensoorten als groenbemester die beter groeien bij late zaai,

winterhard zijn en geen plantparasitaire aaltjes vermeerderen.

### **Vergemakkelijk de aanvoer van koolstof- en structuurrijk organisch materiaal**

Toevoeging van koolstofrijk materiaal (met een hoge C/N-verhouding) aan de bodem in de herfst (onder andere snoeiafval, maaisel uit natuurgebieden) kan stikstof vastleggen en de stikstofuitspoeling verminderen. Van het veld afvoeren van stikstofrijke gewasresten voor de winter en het composteren ervan vermindert de nitraatuitspoeling. Echter, voor een goede compostering zijn structuurrijke hulpstoffen nodig. Snoeiafval en maaisel uit natuurgebieden zijn hier goed voor geschikt, maar worden aangemerkt als afvalstof. Alleen afvalverwerkers mogen het aannemen, landbouwbedrijven niet. We bevelen een vrijstelling aan van het gebruik van deze materialen om het afvoeren en composteren van gewasresten te stimuleren.

### **Richt onderzoek op een goed en integraal bodembeheer en 'teelt de grond uit'**

Door handhaving of verbetering van de bodemkwaliteit blijft het productievermogen van de bodem intact en is de benutting van nutriënten wellicht hoger. Met een integrale aanpak zijn bodemkwaliteit en -gezondheid, vruchtwisseling en bemesting beter op elkaar af te stemmen en kunnen mogelijk rendabele productiesystemen worden ontworpen die voldoen aan de milieucriteria. Ook het goed inspelen op stikstofmineralisatie c.q. benutten van alle stikstof uit andere bronnen dan meststoffen hoort daarbij. We bevelen meer onderzoek aan op dit terrein. Voor de vollegrondstuinbouw kan 'teelt de grond uit' een oplossing zijn. Onderzoek hiernaar is al gestart.

# Aanleiding Nutriënten Waterproof

## Wensen voor de toekomst en vandaag

Hoe ziet de landbouw er over dertig jaar uit? Bij het stellen van deze vraag aan stakeholders in en rondom de landbouw ontstaat er een grote verscheidenheid aan toekomstbeelden. Al deze beelden hebben wel één gedeelde wens: een schone landbouw met een goede kwaliteitsproductie en geen emissie van gewasbeschermingsmiddelen en/of nutriënten.

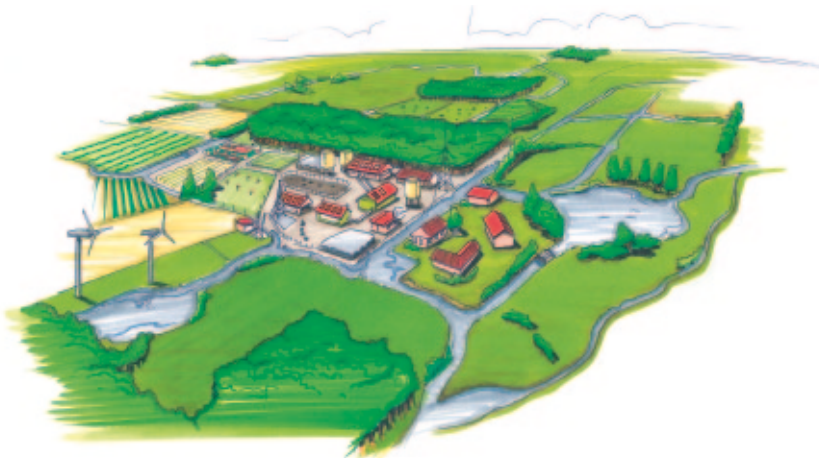
6 <

Om dit te kunnen bereiken zijn systeeminnovaties – bedrijfsoverstijgende veranderingen – nodig. Deze kunnen zorgen voor een transitie in de land- en tuinbouw naar maatschappelijk gewenste, duurzame productiesystemen. Systeeminnovaties kunnen alleen slagen in grotere verbanden en met medewerking van alle belanghebbenden: boeren, tuinders, landbouworganisaties maar ook ketenpartijen en maatschappelijke organisaties. Samen met deze partijen werkt Wageningen UR aan nieuwe concepten voor duurzame agrarische productie. In het project Nutriënten Waterproof is gewerkt aan systeeminnovaties voor vermindering van

nutriëntenemissies in de Nederlandse open teelten. Dit is niet alleen op de lange termijn belangrijk maar ook nu actueel. Het overheidsbeleid is erop gericht de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater te verbeteren via onder meer het mestbeleid, de EU-Nitraatrichtlijn en de EU-Kaderrichtlijn Water. Om aan deze wetgeving te kunnen voldoen en een goede gewasproductie te behouden, zijn grote veranderingen nodig.

## Toekomstverkenningen en systeeminnovaties voor de open teelten

De aanleiding voor Nutriënten Waterproof vormde de toekomstverkenningen in 2002 en 2003 van het onderzoeksprogramma Systeeminnovaties plantaardige productiesystemen. De verkenningen waren bedoeld om richting te geven aan het systeeminnovatieonderzoek. In de verkenningen hebben vertegenwoordigers van diverse organisaties die nauw bij de landbouw betrokken zijn, toekomstbeelden opgesteld voor het jaar 2030. Dit leverde het



Figuur 1: Visualisaties van de toekomstbeelden voor de open teelten in een landelijk gebied (links) en een stedelijk gebied (rechts).



volgende algemene beeld op: een groepering van agrarische functies in diverse ringen rondom stedelijke kernen met dichtbij de stad kleinschalige belevingslandbouw met een sterke verwevenheid van functies, tot verder weg van de stad groot- schalige productielandbouw voor de wereldmarkt (figuur 1).

Om de toekomstbeelden te kunnen realiseren, hebben de deelnemers in de verkenningen aangegeven wat er moet veranderen op gebied van planologie, economie en duurzaamheid. Bij duurzaamheid noemden ze bodemkwaliteit, water, emissies van mineralen en gewasbescherming, energie en biodiversiteit als meest urgente problemen. Om deze problemen aan te pakken is het nodig nieuwe teeltprincipes te ontwikkelen en deze in productiesystemen te integreren. Dat gebeurt in systeemonderzoek, waarbij op systeemniveau oplossingen gezocht worden voor vaak conflicterende, meervoudige doelstellingen waaraan toekomstige systemen moeten voldoen.

Op basis van de belangrijkste knelpunten in de open teelten die de weg naar de toekomst belemmeren – de transitiepunten – zijn drie innovatieprojecten opgezet:

- > **Smaak van Morgen** richtte zich op een pesticidenloze of pesticidenarme open teelt en kwaliteitsproductie. Het onderzoek vond plaats op een aantal locaties: voor de open teelten op de Prof. Broekemahoeve van PPO in Lelystad en voor de fruitteelt op PPO-locatie Randwijk en bij drie fruitteeltbedrijven;
- > In **Topsoil+** stond optimalisatie van de bodemkwaliteit, met name de bodemgezondheid, voor de sierteelt op duinzand centraal. Het onderzoek is uitgevoerd op de PPO-locatie Lisse;
- > **Nutriënten Waterproof** verkende de grenzen van open teelten met een minimale nutriëntenemissie. Nutriënten Waterproof is uitgevoerd op zuidoostelijke zandgrond op PPO-locatie Vredepeel.

> 7



# Innovatieproject Nutriënten Waterproof

## Doel

In het innovatieproject Nutriënten Waterproof ging het om het ontwikkelen van bedrijfssystemen met een minimale emissie van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater, zodat kan voldaan worden aan Europees en nationaal beleid: Nitraatrichtlijn, Kaderrichtlijn Water en mestwetgeving. Het project was vooral gericht op het zuidoostelijk zandgebied, omdat de stikstofuitspoeling er hoog is. Ook worden er veel uitspoelinggevoelige gewassen geteeld en is er een groot mestoverschot. Bewust is er voor gekozen om op bedrijfsniveau onderzoek te doen en niet op het niveau van afzonderlijke maatregelen, omdat met alleen individuele maatregelen de beleidsdoelen niet gehaald kunnen worden. Op bedrijfsniveau is namelijk de interactie tussen maatregelen en gewassen zichtbaar te maken. Bijvoorbeeld dat sommige maatregelen wel de nutriëntenemissie verminderen, maar het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen verhogen. Het ging er dus om de goede set van maatregelen en gewassen te vinden. Ook is door het hele bedrijfssysteem te bestuderen, inzicht te krijgen in het economische perspectief van een duurzame bedrijfsvoering.

## Opzet systemen

Van 2005 tot en met 2008 zijn twee bedrijfssystemen getest op proefbedrijf Vredepeel van Wageningen UR in het zuidoostelijk zandgebied (zie kader). Het eerste systeem was een geïntegreerd (gangbaar) bedrijfssysteem met aardappel, triticale, suikerbiet, maïs, prei, erwit en lelie. Het tweede systeem was een biologisch systeem met aardappel, luzerne of grasklaver, zomergerst, maïs, prei, broccoli en boomteelt (bos en haagplantsoen). Deze teelten vormen een afspiegeling van belangrijke gewassen op de zuidoostelijke zandgronden. Daarbij is in het geïntegreerde systeem bewust gekozen voor een groot aandeel moeilijke gewassen die erg uitspoelinggevoelig zijn (zie tabel 1). Het geïntegreerde systeem is gesplitst in twee deelsystemen: GI-Hoog met aanvoer van organische mest om mineralisatie en bodemvruchtbaarheid te handhaven en GI-Laag zonder aanvoer van organische mest om het mineralisatieniveau van de bodem te verlagen. De verwachting was dat biologische teeltsystemen minder uitspoelingsproblemen hebben. Om biologische landbouw een grotere factor van betekenis te maken, is verbetering van de productie en de nutriëntenbenutting wel van belang.

Tabel 1: Vruchtwisselingschema van het geïntegreerde en biologische bedrijfssysteem van Nutriënten Waterproof.

Geïntegreerd bedrijfssysteem	Biologisch bedrijfssysteem
1. aardappel	1. aardappel gevolgd door luzerne of grasklaver
1. triticale	2. luzerne of grasklaver (2e jaar)
3. lelie	3. luzerne/grasklaver tot juni, gevolgd door herfst- of winterprei
4. doperwt gevolgd door winterprei	4. broccoli en zomergerst + groenbemester
5. snijmaïs - groenbemester	5. korrelmaïs en 1e jaars bos- en haagplantsoen
6. suikerbiet	6. zomergerst + groenbemester en 2e jaars bos- en haagplantsoen

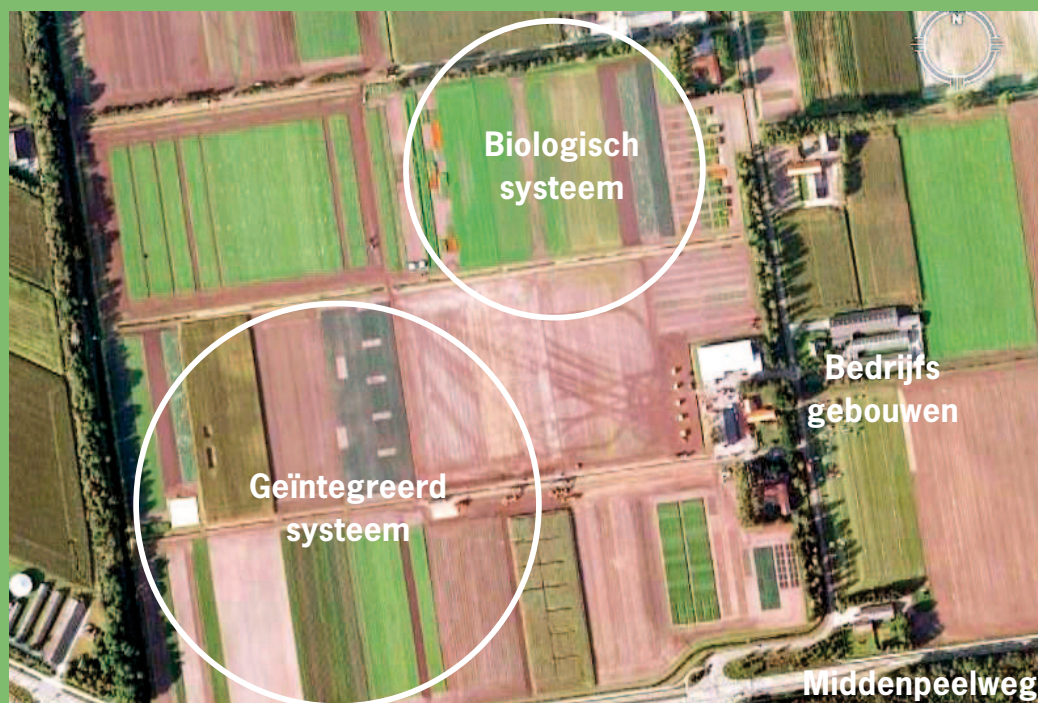


### **PPO-locatie Vredepeel in het zuidoostelijk zandgebied**

Nutriënten Waterproof is uitgevoerd op PPO-locatie Vredepeel, midden in de vierhoek Nijmegen, 's-Hertogenbosch, Eindhoven en Venlo. De keus is op deze proeflocatie gevallen, omdat de nutriëntenproblematiek het grootst is op de zandgronden van Zuidoost-Nederland. Bovendien komen in het omringende gebied alle sectoren van de open teelten voor. Het proefbedrijf Vredepeel is in 1959 gestart op net ontgonnen grond. De grond is uitspoelingsgevoelig en de aaltjesproblematiek is prominent aanwezig. Het bedrijf is door drainage goed ontwaterd. Vanaf 1989 doet PPO er onderzoek naar geïntegreerde bedrijfssystemen voor de akkerbouw en vanaf 1993 is het biologische

bedrijfssysteem ontwikkeld. Sinds 2000 zijn het geïntegreerde en biologische bedrijfssystemen in aparte blokken aangelegd (figuur 2).

Van 2001-2003 is in het project Telen met toekomst al intensief aan de nutriëntenproblematiek gewerkt, maar meer met een focus op de korte termijn. Voor Nutriënten Waterproof heeft deze onderzoekslocatie de volgende voordelen: er is al veel bekend over de bodemeigenschappen, er is een blok met percelen waarop al meerdere jaren biologisch geteeld wordt en er is al gewerkt aan de afbouw van de fosfaattoestand. Op de percelen van het geïntegreerde systeem zonder aanvoer van organische mest (GI-Laag) is sinds 2000 geen organische mest meer aangevoerd, behoudens de gescheiden, dunne fractie van varkensdrijfmest.



Figuur 2: Het geïntegreerde en biologische bedrijfssysteem op PPO-locatie Vredepeel.

### Drie oplossingsrichtingen

Bij de opzet van de twee systemen zijn de problemen met nutriëntenuitspoeling geanalyseerd en drie mogelijke oplossingsrichtingen geïdentificeerd. Voor elke oplossingsrichting zijn zowel nieuwe innovatieve als bestaande maatregelen in combinatie toegepast. Enkele maatregelen, zoals het afvoeren van gewasresten van suikerbieten en het zuiveren van drainwater, zijn apart onderzocht omdat ze niet op systeemniveau getest konden worden.

De oplossingsrichtingen en de belangrijkste maatregelen waren (figuur 3):

#### 1. Verhoging van de efficiëntie van de bemesting door:

- > het minimaliseren van de stikstofmineralisatie;
- > nieuwe rassen en nieuwe gewassen (bijvoorbeeld stikstofbinding met vlinderbloemigen in het biologische systeem);
- > inspelen op de variatie in ruimte en tijd van de stikstofvraag en stikstofaanbod.

#### 2. Optimaliseren van de organische stofkringloop door:

- > het afvoeren en composteren of vergisten van gewasresten (suikerbieten, broccoli, prei, doperwtten);
- > het aanpassen van de soort en samenstelling van de organische mest aan de behoefte van het gewas.

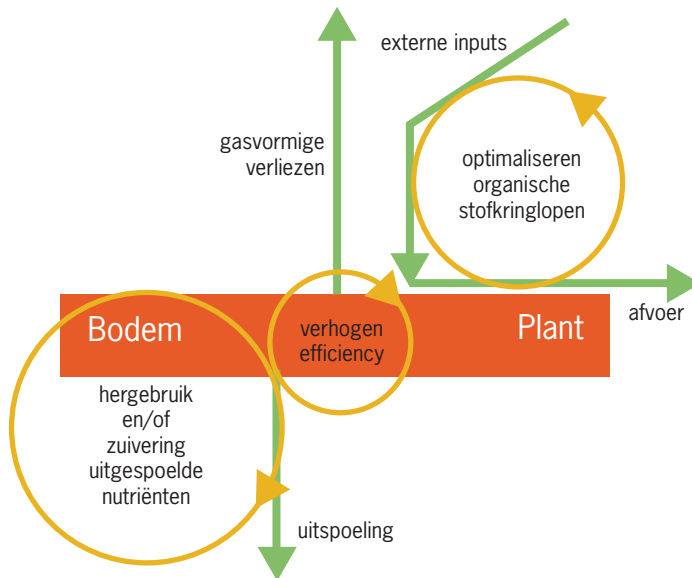
#### 3. Hergebruik en/of zuivering van uitgepoelde nutriënten door:

- > het zuiveren van drainwater in zuiveringsmoerassen of moerasbufferstroken. De effectiviteit van vier verschillende typen zuiveringsmoerassen is vergeleken.

Jaarlijks zijn voor elk systeem een bemestings- en teeltplan gemaakt en uitgevoerd. De stikstofgift is vastgesteld met behulp van een stikstofbalansmethode. Hierin is de stikstofgift berekend als de stikstofbehoefte van het gewas minus het aanbod van stikstof uit andere bronnen dan meststoffen (beschikbare minerale stikstof in de bodem voor de teelt, mineralisatie en depositie van stikstof, luchtstikstofbinding). De stikstofbehoefte is bepaald op basis van de streefopbrengst en stikstofinhoud van het gewas en de benutting door het gewas van de aangeboden stikstof. De stikstofmeststoffen zijn toegediend op de best bekende wijze met verdeling van giften en/of aangepaste toedieningstechnieken zoals rijenbemesting. Aan het eind van elk seizoen zijn de systemen geëvalueerd en bijgesteld voor het volgende seizoen. In de winter zijn per systeem en gewas de nitraatconcentraties in het grondwater gemeten.

Naast het testen en verbeteren van de bedrijfsystemen is veel deelonderzoek uitgevoerd om een beter inzicht te krijgen in de potenties van de maatregelen. Veelal was dit onderzoek vanuit andere bronnen gefinancierd. Voorbeelden van deelonderzoek zijn: de effecten van het afvoeren van gewasresten, de bemestingswaarde van digestaat, toetsing van meststoffen en bemestingssystemen en effecten van groenbemesters.

De externe communicatie richtte zich op het verkrijgen van draagvlak onder telers voor de oplossingen die in de systemen getest werden, op het vinden van samenwerking ter versterking van de innovatiekracht en op het gericht uitdragen van resultaten naar diverse stakeholders. Voorbeelden van activiteiten



Figuur 3. Nutriëntenmanagement in de plantaardige productie.

waren praktijkmiddagen rondom prei en composteren, het Platform Landbouw en Kaderrichtlijn Water waarin landbouw, waterschap en provincies een aantal keren diverse onderwerpen besproken hebben, lezingen voor agrarische belangenorganisaties, presentaties op wetenschappelijke congressen en artikelen in diverse bladen.

Daarnaast is een begeleidingscommissie gevormd van telers uit Zuidoost-Nederland uit de diverse sectoren (akkerbouw, groenten, boomteelt, bollenteelt) die zowel gangbaar als biologisch telen. De commissie heeft actief en kritisch meegedacht over de opzet en uitvoering van het onderzoek en de betekenis van de resultaten voor de praktijk.

# Resultaten van de twee bedrijfssystemen

## Nitraatnorm niet gehaald

De beide geïntegreerde bedrijfssystemen voldeden in geen enkel jaar aan de nitraatnorm. De nitraatconcentratie in het grondwater van GI-Hoog lag ruim twee keer boven de norm (figuur 4). Het nitraatgehalte bij GI-Laag was weliswaar circa 20 mg/l lager dan bij GI-Hoog, maar ook nog ruim boven de nitraatnorm, terwijl in beide systemen de stikstofaanvoer ongeveer op het niveau van de gebruiksnorm van 2009 lag (figuur 6). De stapeling van bemestingsmaatregelen had onvoldoende effect op de nitraatuitspoeling. Het nitraatgehalte was het hoogst na de teelt van aardappel en lelie en het laagst na suikerbiet. Het biologische systeem voldeed in alle jaren wel aan de nitraatnorm. Het nitraatgehalte was zeer laag na tweedejaars luzerne of tweedejaars grasklaver en na tweedejaars bos- en haagplantsoen. De lagere nitraatuitspoeling in het biologische systeem ten opzichte van de geïntegreerde systemen was een gevolg van:

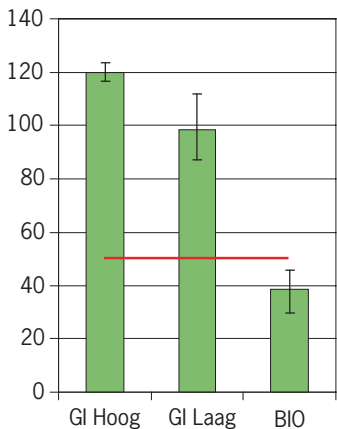
> **het extensievere bouwplan.** Het biologische bouwplan bevatte een lager aandeel uitspoelinggevoelige gewassen en meer (meerjarige) gewassen met een lange stikstofopnameperiode;

- > **meer stikstofvanggewassen in het bouwplan.** In het biologische systeem was meer ruimte in de rotatie aanwezig voor tijdig gezaaide (vóór 1 september) groenbemesters als stikstofvanggewas. Verder ving de ingezaaide eerstejaars luzerne of grasklaver na de oogst van aardappel de stikstof op die de aardappelteelt naliet. In het geïntegreerde systeem was geen ruimte voor tijdige zaai van een groenbemester door de late oogst van de hoofdgewassen. Zelfs na triticale kon geen groenbemester worden gezaaid, vanwege een noodzakelijke grondontsmetting in de herfst voor de volgteelt lelie. De verplichte groenbemester na maïs bleef door de late zaai klein en nam weinig stikstof op ( $\leq 20$  kg N/ha);
- > **een lagere aanvoer van werkzame stikstof** (inclusief de stikstof uit mineralisatie en depositie).

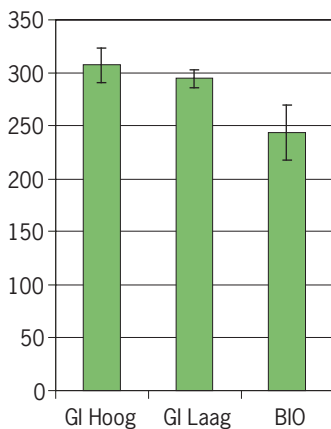
In alle drie de systemen werd van de totaal beschikbare minerale ofwel werkzame stikstof tijdens de stikstofopnameperiode van het gewas slechts 62 procent door de gewassen opgenomen (figuur 5). De hoeveelheid niet opgenomen stikstof bedroeg meer dan 100 kg N/ha.

Tabel 2: Aanvullende maatregelen in de geïntegreerde teeltsystemen en hun effect op de verlaging van het nitraatgehalte van het grondwater.

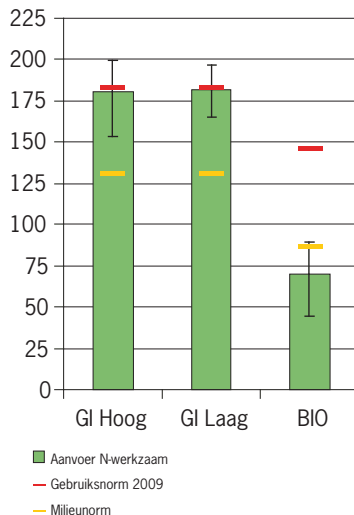
Maatregel	Effect op het nitraatgehalte (mg/l NO <sub>3</sub> )	
	Gewasniveau	Bouwplanniveau
Het afvoeren van het bietenloof na de oogst:	-20	-3
De teelt van een groenbemester na triticale:	-30 tot -60	-5 tot -10
Een vroege oogst van maïs en eerdere zaai van de groenbemester na maïs:	-30	-5
De teelt van vroege aardappel (vroege oogst) en inzaai van een groenbemester:	-30	-5
Verdere optimalisatie van de stikstofbemesting:	gewasafhankelijk	0 tot -5



Figuur 4: Gemiddeld nitraatgehalte in het grondwater van 2005 t/m 2008 per systeem (mg/l NO<sub>3</sub>-).



Figuur 5: Berekende, gemiddelde aanvoer van totaal werkzame stikstof van 2005 t/m 2008 per systeem uit meststoffen en andere bronnen (kg N/ha).



Figuur 6: Gemiddelde stikstofaanvoer van 2005 t/m 2008 per systeem uit meststoffen volgens de gebruiksnormcriteria van 2009 (kg N/ha).

Deze stikstof is beschikbaar voor uitspoeling, als het niet door een volgteelt of groenbemester wordt vastgelegd. In de geïntegreerde systemen zijn naar schatting nog verlagingen van het nitraatgehalte mogelijk (zie tabel 2). Met deze verlagingen kan op het niveau van het gehele bouwplan nog steeds niet aan de nitraatnorm worden voldaan.

**Financieel saldo omlaag**

De bemestingsstrategie bij GI-Laag (uitsluitend kunstmest en minimaal fosfaat) leidde tot een achterblijvende gewasgroei en -opbrengst (bij een nagenoeg gelijke aanvoer van werkzame stikstof uit meststoffen). Enkel bij snijmaïs (volledig stikstofrijenbemesting in GI-Laag) trad geen opbrengstderving op. Bij de overige

akkerbouw- en groentegewassen liep de opbrengstderving in de laatste twee jaar van het project op tot gemiddeld 8 procent ten opzichte van GI-Hoog. Er was geen verschil in kwaliteit van de geoogste producten tussen de beide systemen.

Ten opzichte van de andere praktijkpercelen van Vredepeel waren de opbrengsten van aardappelen, triticale en maïs bij GI-Hoog gemiddeld 15 procent lager (bij dezelfde teelt, hetzelfde ras en dezelfde grondsoort). De opbrengsten van bieten en erwten waren niet lager. De oorzaak van de lagere opbrengsten is niet duidelijk, maar is mogelijk een gevolg van een al jarenlang terughoudend gebruik van organische mest (door het streven naar fosfaatevenwicht).



*Gewasstand suikerbieten in juni bij GI-Hoog (links) en GI-Laag (rechts).*

Het gebruik van kunstmest is duurder dan het gebruik van dierlijke mest, temeer omdat telers voor de afname van drijfmest momenteel zelfs geld ontvangen. De bemestingskosten waren daardoor in GI-Laag gemiddeld ruim 100 euro per hectare hoger dan in GI-Hoog.

In GI-Hoog is minder drijfmest aangewend dan in de huidige praktijk. Bovendien bracht de bemestingsstrategie in Nutriënten Waterproof meer kosten voor Nmin-metingen met zich mee. De bemestingskosten waren daardoor in GI-Hoog bijna 200 euro per hectare hoger dan in de gangbare praktijk.

De lagere opbrengsten en hogere bemestingskosten leidden tot een forse verlaging van het saldo van de gewassen. Het gemiddelde saldo

van de akkerbouwgewassen + maïs was bij GI-Laag ruim 25 procent lager dan bij GI-Hoog. Ten opzichte van de praktijk lag het saldo bij GI-Hoog 20 procent lager en bij GI-Laag ruim 40 procent lager. Bij prei was het bij GI-Laag 12 procent lager dan bij GI-Hoog.



# Resultaten van de drie oplossingsrichtingen

## Bemestingsmaatregelen

Stikstofrijenbemesting in maïs is een effectieve maatregel om de nitraatuitspoeling te verminderen. Door rijenbemesting kan met een 20 tot 30 procent lagere stikstofgift worden volstaan. Dat geldt ook voor rijenbemesting met drijfmest. Door de grote oppervlakte geteelde maïs op de zuidoostelijke zandgronden kan deze maatregel ook op gebiedsniveau bijdragen aan een substantiële verlaging van het nitraatgehalte in het grondwater. Rijenbemesting met drijfmest heeft nog geen opmars gemaakt, omdat bemesten en zaaien tegelijk de zaaicapaciteit verlaagt en logistieke problemen geeft. Dit knelpunt lijkt op korte termijn oplosbaar

door de rijenbemesting en zaaien in aparte werkgangen uit te voeren, gebruikmakend van GPS om mest en zaaizaad op de juiste afstand van elkaar te positioneren. Hiervoor is nog wel onderzoek en doorontwikkeling nodig. Door bemesting met digestaat ((co-)vergiste drijfmest) is per hectare 10-15 kg op de stikstofgift te besparen (bij bouwlandinjectie) ten opzichte van bemesting met onvergiste drijfmest. De stikstofwerking van digestaat is in de direct volgende teelt wat hoger dan van de onvergiste drijfmest, en de nawerking uit de organische fractie is lager. In Nutriënten Waterproof was de stikstofafvoer via het geogoste product bij bemesting met digestaat

> 15

*Pulstec is een nieuwe bemestingstechniek in onderzoek waarbij onder hoge druk (50-150 bar) meststoffen in de grond gespoten worden.*



iets hoger en het stikstofoverschot gemiddeld circa 20 kg N/ha lager. Digestaat is echter (nog) niet op grote schaal beschikbaar voor toepassing in de praktijk.

Toepassing van de (geconcentreerde) dunne fractie van drijfmest na mestscheiding kan eveneens leiden tot een besparing op de stikstofgift en een verlaging van het stikstofoverschot. Bovendien wordt hiermee nagenoeg geen fosfaat aangevoerd, wat de meststof geschikt maakt voor gewassen met een lage fosfaatbehoefte en voor stikstofbijbemesting. Verder blijft het belangrijk om zo goed mogelijk rekening te houden met stikstoflevering uit andere bronnen dan meststoffen, met name mineralisatie van stikstof uit vers organisch materiaal en uit de bodemorganische stof. Mineralisatie laat zich echter moeilijk voorspellen. Om hier goed op in te kunnen spelen is extra onderzoek nodig naar geschikte indicatoren waarmee de mineralisatie is te voorspellen, en naar de doorontwikkeling en verfijning van stikstofbijmestsystemen.

### **Na-oogstmaatregelen**

Vroeg gezaaide groenbemesters als stikstofvanggewas kunnen bij een goede opkomst en ontwikkeling de nitraatuitspoeling minimaliseren. Maar ook rond half september gezaaide groenbemesters kunnen de nitraatuitspoeling nog substantieel verminderen. De stikstofnawerking van in het voorjaar ondergewerkte groenbemesters is in mindering te brengen op de stikstofbemesting van de volgteelt. Bovendien dragen groenbemesters bij aan een betere organische stofvoorziening van de bodem.

Het huidige, intensieve bouwplan op zuidoostelijk zand biedt echter weinig ruimte voor tijdig gezaaide groenbemesters. Ook zijn de huidige groenbemesters een risico voor vermeerdering van diverse schadelijke aaltjes op zand. Zo was in Nutriënten Waterproof uit oogpunt van aaltjes geen enkele groenbemester in de rotatie goed geschikt en is gekozen voor een gerstgroenbemester als het minst risicovol. De gerst ontwikkelde zich in de herfst echter minder goed dan winterrogge. In het laatste jaar is Japanse haver als alternatieve groenbemester getest. Bepaalde rassen van Japanse haver geven weinig risico op aaltjesvermeerdering en ontwikkelen zich goed.

Nog meer alternatieve groenbemesters zijn gewenst. Belangrijke eisen zijn geschiktheid voor late zaai c.q. goede ontwikkeling bij lage temperatuur, winterhardheid en geen waardplant zijn voor schadelijke aaltjes. Inmiddels is een project gestart om andere plantensoorten te beoordelen op hun geschiktheid als groenbemester. In Nutriënten Waterproof is een eerste verkenning uitgevoerd.

Het afvoeren van stikstofrijke gewasresten in de herfst kan met name bij koolgewassen en prei de nitraatuitspoeling aanmerkelijk reduceren. Uit onderzoek van Plant Research International van Wageningen UR bleek dat van de stikstof in de gewasresten van broccoli en prei 20 tot 60 procent in de winter kan uitspoelen. Bij bieten is dat slechts 5 tot 15 procent. Het uitspoelingsverlies is bij vroege oogst in de herfst groter dan bij late oogst. In Nutriënten Waterproof verminderde de late oogst van bieten (eind oktober versus half september) het stikstofverlies sterker dan het afvoeren van het loof.



*Terugbrengen van gecomposteerde gewasresten op het veld.*

Oprapen en afvoeren van het bietenloof is bij de huidige bietenrooiers niet mogelijk, omdat deze het loof bij de oogst vernietigen en verspreiden. Loofafvoer vraagt om een aanpassing van de oogstmachines. Bij koolgewassen en sla is het technisch wel mogelijk om de gewasresten af te voeren en deze eventueel te composteren en vervolgens terug te brengen op het land. Belangrijke bezwaren zijn de hoge kosten, het extra risico op structuurschade van de bodem door het berijden in het najaar met zware trekkers en machines, extra brandstofverbruik en meer CO<sub>2</sub>-uitstoot. Tot slot moeten afgevoerde gewasresten verwerkt worden. Mogelijkheden zijn compostering en vergisting. Het knelpunt in de composte-

ring van groenteresten is de noodzaak van het toevoegen van structuurrijk materiaal. Dit materiaal moet van buiten het bedrijf worden aangevoerd. Dit is duur of wordt belemmerd door regelgeving. Vergisting is ook niet echt een optie. Door de geringe totale capaciteit van Nederlandse vergisters gaat de voorkeur uit naar veel, energierijkere alternatieve producten.

Als de overige maatregelen onvoldoende effect hebben, is het nog een optie om uitgespoelde nutriënten met het drainwater op te vangen en te zuiveren in zuiveringsmoerassen met wateropslag of moerasbufferstroken aan de rand van het perceel. Hierbij wordt het nitraat door denitrificerende bacteriën omgezet in



*Experimenteren met teelt op water van prei.*

stikstofgas. Zuiveringsmoerassen en moerasbufferstroken hebben geen invloed op de uitspoeling naar het grondwater maar wel op de uitspoeling naar het oppervlaktewater. Met zuiveringsmoerassen met wateropslag kon op Vredepeel 15 tot 25 procent van de uitgespoelde stikstof uit het water worden gehaald. Met een moerasbufferstrook kon ongeveer 5 procent worden verwijderd. De effectiviteit was het grootst in de zomer en het laagst in de winter. Het zuiveringsrendement is hoger naarmate het water langer in de moerassen kan verblijven. Het onderzoek naar de effectiviteit van zuiveringsmoerassen en moerasbufferstroken wordt voortgezet.

### **Aanpassing teeltwijze of bedrijfsvoering**

Verlaging van de stikstofgebruiksnormen met 25 tot 30 procent ten opzichte van het niveau van 2006 is in een intensief bouwplan met een hoog aandeel uitspoelinggevoelige gewassen onvoldoende om aan de nitraatnorm te voldoen. Om daar wel aan te voldoen, zou de stikstofbemesting nog veel verder omlaag moeten. De opbrengstderving die dan optreedt, is zo hoog dat er geen rendabele teelt dan wel bedrijfsvoering meer mogelijk is.



Een mogelijk alternatief is extensivering van het bouwplan: een hoger aandeel minder uitspoelingsgevoelige gewassen, zoals granen en meer ruimte voor vroeg gezaaide groenbemesters. Echter, ook dit leidt tot een daling van het bedrijfsinkomen. Granen geven een lager saldo en hoofdteelten moeten worden opgeofferd om meer ruimte te creëren voor groenbemesters.

In het project Telen met toekomst in Vredepeel (2001-2003) kon door verregaande maatregelen – zoals opoffering van een herfstteelt ten behoeve van een maximale inzet van groenbemesters en verlaging van de bemesting – aan de nitraatnorm van 50 mg/l worden voldaan met behoud van opbrengsten, maar wel met extra kosten: ongeveer 200-300 euro per hectare.

Voor intensieve vollegrondsgroentebedrijven die in de toekomst niet aan de gebruiksnormen kunnen voldoen, is 'teelt uit de grond' een mogelijke oplossingsrichting voor hoog-salderende gewassen. De teelt vindt dan plaats in gesloten recirculatiesystemen op goten, in potten of in bakken. De productie is beter stuurbaar en geeft een constantere kwaliteit, en de arbeidsproductiviteit en arbeidsomstandigheden zijn beter. Dit vergroot de kans op een betere marktpositie, die ook nodig is om de hogere kosten van het systeem terug te verdienen.

Voor de akkerbouw- en groentegewassen met grote arealen en relatief lage saldo's is teelt uit de grond vanwege de hogere kosten geen optie. Wel is naar verwachting de productie te verhogen door een beter bodembeheer. Met een integrale aanpak zijn zaken als behoud en verbetering van de bodemstructuur, beschikbaarheid van nutriënten en water en een benutting van biologische processen optimaal op elkaar af te stemmen. Gecombineerd met een goede en ruime vruchtwisseling en een geïntegreerde gewasbeschermings- en bemestingsstrategie kunnen dan wellicht rendabele productiesystemen ontwikkeld worden, die voldoen aan de eisen van de maatschappij. Om integraal bodembeheer inhoud te geven met goed hanteerbare maatregelen, moet nog veel kennis ontwikkeld worden, met name in nauwe samenwerking met verschillende bodemdisciplines.







# Bespreking

22 <

In een intensief bouwplan met veel uitspoelingsgevoelige teelten, zoals toegepast in het geïntegreerde bedrijfssysteem van Nutriënten Waterproof, is het niet mogelijk om aan de nitraatnorm te voldoen met behoud van de gewasopbrengst. Toepassing van allerlei bemestingsmaatregelen om de stikstofefficiency te verhogen, hadden onvoldoende effect op de nitraatuitspoeling. Bovendien werkten de maatregelen kostenverhogend, waardoor het economisch rendement afnam.

Het niet meer aanvoeren van organische mest verminderde weliswaar de nitraatuitspoeling, maar niet genoeg om aan de nitraatnorm te voldoen. Het leidde ook tot lagere gewasopbrengsten en een forse daling van het bedrijfsinkomen. Weglaten van organische mest is daarom geen perspectievolle maatregel voor een milieuvriendelijke en economisch rendabele land- en tuinbouw op zandgrond. Het lijkt het productievermogen van de grond te verlagen. Onduidelijk is nog hoe dit zich op lange termijn ontwikkelt en welk effect achteruitgang van de bodemkwaliteit heeft op de nitraatuitspoeling. Dat verhoging van de stikstofmineralisatie in de bodem door een ruime toepassing van organische mest niet per se gepaard gaat met meer nitraatuitspoeling, bleek in het biologische bedrijfssysteem van Nutriënten Waterproof. Voorwaarde is wel dat de gemineraliseerde stikstof wordt vastgelegd door volggewassen of groenbemesters. Een lange aaneengesloten stikstofopnameperiode tot in het najaar plus een diepe beworteling lijken minstens zo succesvol om de nitraatuitspoeling te reduceren, zo niet succesvoller, dan bemestingsmaatregelen.

Door extensivering van het bouwplan – opname van meer graan, gras en tijdig gezaaide groenbemesters – is aan de nitraatnorm te voldoen. Het leidt ook tot daling van het bedrijfsinkomen, achteruitgang van werkgelegenheid in de agribusiness op zandgronden en verlies van (internationaal) marktaandeel van intensief geteelde land- en tuinbouwproducten. Het is wenselijk om de mogelijkheden voor extensivering na te gaan en de ondernemers die willen extensiveren (financieel) te ondersteunen. De biologische landbouw, zoals toegepast in Nutriënten Waterproof, kan door zijn extensievere bouwplan en lagere stikstofinput gemakkelijker aan de nitraatnorm voldoen. Maar om omschakeling aantrekkelijker te maken, moet ook de afzetmarkt voor biologische producten groeien. Een actieve stimulering is daarbij gewenst.

Rijenbemesting in maïs met drijfmest is een perspectievolle bemestingsmaatregel om op zandgrond de nitraatuitspoeling te verminderen. Voor implementatie in de praktijk zijn nog knelpunten rond de logistiek en capaciteit op te lossen. Verder kunnen de toepassing van digestaat en de (geconcentreerde) dunne fractie van drijfmest of digestaat helpen om het stikstofverlies iets te beperken.

Afvoer van het bietenloof beperkt de uitspoeling in enige mate. Bij afvoer van de gewasresten van een aantal groentegewassen, met name koolgewassen, kan de uitspoeling substantieel verminderen. Maar door het relatief kleine areaal van deze gewassen is de bijdrage op gebiedsniveau miniem. Hoewel alle kleine beetjes helpen, moet het afvoeren van gewas-

resten worden afgewogen tegen schadelijke neveneffecten zoals meer risico op structuurberd van de bodem, extra brandstofverbruik, meer CO<sub>2</sub>-uitstoot en hogere kosten. Het perspectief van gewasrestenafvoer is daarmee twijfelachtig.

Voor bietenteelt op zandgrond is het goed te streven naar een late oogst om de nitraatuitspoeling te reduceren. De bietencampagne moet hiermee rekening houden en de risico's op vorstschade moeten te beperken zijn.

Zuiveringsmoerassen zijn geen pasklare oplossing voor individuele bedrijven. Ze zijn kostbaar en vragen veel ruimte en capaciteit voor wateropslag. Op gebiedsniveau kunnen ze wel bijdragen aan zuivering van het oppervlaktewater (niet van het grondwater). Daartoe zouden in de laaggelegen delen van een stroomgebied moerassen kunnen worden ingericht, inclusief voorzieningen om het water een aantal maanden te bufferen. Mogelijk is dit te combineren met andere functies, zoals die van natuurterrein.

'Teelt uit de grond' is een oplossingsrichting voor de intensieve vollegrondstuinbouw. Dat betreft slechts een gering deel van het land- en tuinbouwareaal. Voor de overige open teelten is het van belang om door integraal bodembeheer het productievermogen van de bodem te behouden en de nutriëntenbenutting te verbeteren. Hiervoor is nog veel kennis te ontwikkelen in nauwe samenwerking met verschillende bodemdisciplines.

Verder moet naar alternatieve groenbemesters worden gezocht die zich beter ontwikkelen bij late zaai en geen waardplant zijn voor probleem-aaltjes. Tot slot is het gewenst de wettelijke

beperkingen op te heffen voor het gebruik van bodemverbetersaars of hulpstoffen voor compostering die nu als afvalstof worden aangemerkt (onder andere snoeiafval en maaisel uit natuurgebieden).

In het zuidoostelijk zandgebied zijn ingrijpende maatregelen nodig om aan de nitraatnorm te voldoen. Die maatregelen zullen de structuur van de land- en tuinbouw veranderen. Er ligt een enorme uitdaging voor ondernemers, overheden en andere betrokkenen om dit zodanig vorm te geven, dat er een rendabele land- en tuinbouwsector op zand blijft bestaan en het agrarisch landschap behouden blijft.

