



Afvoer van gewasresten ter beperking van stikstofverliezen

Bureaustudie naar de effecten op de
stikstofbalans, mineralisatie en
organische stof



Telen met toekomst

F.J. de Ruijter & R. Postma

Afvoer van gewasresten ter beperking van stikstofverliezen

Bureaustudie naar de effecten op de stikstofbalans, mineralisatie en organische stof

F.J. de Ruijter & R. Postma



Telen met toekomst
augustus 2004
OV0412



Telen met toekomst

Colofon

Uitgever:

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : 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
Samenvatting	1
1. Inleiding	3
2. Gewasresten en hun stikstofinhoud	5
3. Effecten van afvoer van gewasresten op de stikstofbalans op een voorbeeldbedrijf	7
3.1 Beschrijving van het voorbeeldbedrijf	7
3.2 Stikstofbemesting	7
3.3 Stikstofbalansen	9
4. Effecten van afvoer van gewasresten op stikstofmineralisatie en organische stof	11
4.1 Stikstofmineralisatie op de korte termijn	11
4.2 Gehalte organische stof en stikstofmineralisatie op de lange termijn	12
5. Hergebruik van gewasresten	15
6. Discussie	19
Conclusies	23
Referenties	25
Bijlage I. Minip	1 p.
Bijlage II. Stikstofbalansen bij de verschillende bemestingsscenario's	1 p.
Reeds verschenen externe rapporten Telen met toekomst	

Samenvatting

Vanuit de Europese wetgeving is er veel aandacht voor het beperken van de belasting van grond- en oppervlaktewater met nutriënten. Naast aanpassingen van de bemestingsstrategie is in Telen met toekomst gezocht naar andere maatregelen om de stikstofverliezen te beperken zonder teveel aan productie in te leveren. Eén van deze opties is het afvoeren van gewasresten.

Een aantal groentegewassen laat vrij veel stikstof in de gewasresten achter op het veld. De stikstof uit deze gewasresten komt relatief snel na de oogst weer vrij en kan verloren gaan, zeker wanneer er na de oogst een winterperiode volgt waarin geen gewassen worden geteeld.

Het afvoeren van gewasresten heeft op de korte termijn (binnen een jaar) vooral invloed op de stikstof-mineralisatie omdat de afbraak van gewasresten relatief vlot verloopt en de meeste stikstof uit de gewasresten al snel na de oogst weer vrijkomt. Op de lange termijn (over meerdere jaren) heeft afvoer van gewasresten effect door de verlaging van de aanvoer van organisch materiaal aan de bodem. Pas over vele jaren zijn mogelijke veranderingen van het organische-stofgehalte en de achtergrondmineralisatie van stikstof te zien.

In deze bureaustudie is gekeken naar het effect van afvoeren van gewasresten op organische stof, stikstofmineralisatie en bemesting. Als maat voor de stikstofverliezen naar het milieu wordt het stikstofoverschot op de balans gebruikt. Aan de hand van een voorbeeldbedrijf met de gewassen sla, spinazie en prei is het effect van de afvoer van preiresten bekeken. Prei is gekozen omdat de gewasresten bij schoning van het product in de schuur ontstaan. In feite zijn deze gewasresten al afgevoerd, maar in de huidige praktijk worden ze veelal teruggebracht op het veld.

Hoeveel effect afvoeren van gewasresten heeft op beperking van het stikstofoverschot is afhankelijk van de mate waarin telers bij de bemesting rekening houden met de stikstofmineralisatie uit gewasresten. Hoe meer de stikstofmineralisatie wordt gekort op de mestgift, hoe kleiner het effect van afvoeren van gewasresten is. Uit resten van gewassen die in najaar geoogst worden mineraliseert relatief veel stikstof in periodes waarin er geen volggewas wordt geteeld. Dit is niet in de bemestingsstrategie mee te nemen, waardoor het effect van afvoeren van gewasresten op het stikstofoverschot op bedrijfsniveau het grootst is bij gewassen die in het najaar geoogst worden.

In de meeste berekeningen is uitgegaan van afvoeren van gewasresten van het bedrijf. Wanneer de gewasresten op het eigen bedrijf blijven dan heeft het afvoeren van gewasresten van het perceel tot doel om de stikstof in de gewasresten beter te kunnen benutten door volggewassen. Hiertoe dienen de gewasresten bewerkt te worden met minimale stikstofverliezen tijdens het verwerkingsproces, ook om afwenteling op andere milieucompartimenten te voorkomen. Compostering van gewasresten met stro geeft vanwege de stikstofverliezen tijdens het composteringsproces geen betere benutting van de stikstof in de gewasresten. Gebruik van de compost geeft vanwege extra aangevoerd stro een verhoging van het organische-stofgehalte ten opzichte van aanvoer van alleen de gewasresten.

Afvoer van gewasresten van het bedrijf kan gecompenseerd worden door andere organische mestsoorten aan te voeren. Hoeveel daarvan nodig is hangt af van de relatieve bijdrage van de gewasresten in de totale aanvoer van organisch materiaal. Voor een goede bodemkwaliteit kan volstaan worden met een regelmatige kleine aanvoer van organisch materiaal en lijkt een streven naar een organische-stofgehalte an sich niet nodig.

1. Inleiding

Er is veel aandacht voor het beperken van de belasting van grond- en oppervlaktewater met nutriënten. Vanuit de Europese wetgeving is de nitraatrichtlijn opgesteld waarin vermeld staat dat in grondwater de concentratie nitraat niet meer mag zijn dan 50 mg per liter. Meer recent is de Kaderrichtlijn water opgesteld waarvoor normen voor de belasting van grond- en oppervlaktewater nog verder uitgewerkt gaan worden.

In Telen met toekomst is op zowel praktijkbedrijven als op onderzoeksbedrijven (kernbedrijven) de bemestingsstrategie bekeken en waar mogelijk veranderd om de verliezen zo veel mogelijk te beperken. Bij de vollegrondsgroententeelt op het kernbedrijf Meterik bleek de nitraatconcentratie van het grondwater ruim boven de nitraatnorm te liggen (Van den Berg & Pulleman, 2003). Ook met beperking van de bemesting was het niet waarschijnlijk dat de nitraatnorm in het grondwater gehaald zou worden. Een verdere verlaging van de bemesting betekent verlies aan opbrengst en/of kwaliteit, zodat er gezocht is naar meer ingrijpende maatregelen om de stikstofverliezen te beperken zonder teveel aan productie in te leveren. Eén van deze opties is het afvoeren van gewasresten. Op kernbedrijf Meterik zijn in 2002 gewasresten afgevoerd en op basis van metingen van nitraatgehalten in het bodemvocht op één meter diepte lijkt deze methode perspectief te bieden (Smit *et al.*, 2004)

Een aantal groentegewassen laat vrij veel stikstof in de gewasresten achter op het veld. Bij de vroege teelten is de stikstof die uit de gewasresten vrijkomt nog te benutten door een volggewas. Bij de teelten later in het jaar echter volgt er een braakperiode en wordt er pas in het volgende voorjaar een nieuw gewas geteeld. De stikstof uit de gewasresten komt echter wel vrij en gaat in de winterperiode grotendeels verloren. Afvoer van gewasresten kan deze verliezen voorkomen.

Het verwijderen van gewasresten heeft niet alleen effect op de stikstofmineralisatie, maar ook op de aanvoer van organische stof. De effecten van afvoer van gewasresten liggen daarbij op zowel de korte (binnen een jaar) als de lange termijn (over meerdere jaren). Op de korte termijn heeft het vooral invloed op de stikstofmineralisatie omdat de afbraak van gewasresten relatief vlot verloopt en de meeste stikstof uit de gewasresten al snel na de oogst weer vrijkomt. Het oogsttijdstip en de mogelijkheid van een volgteelt bepalen hierbij in welke mate de gemineraliseerde stikstof uit de gewasresten verloren gaat of alsnog benut kan worden. Op de lange termijn heeft afvoer van gewasresten effect door de verlaging van de aanvoer van organisch materiaal aan de bodem. Pas over vele jaren zijn mogelijke veranderingen van het organische-stofgehalte en de achtergrondmineralisatie van stikstof te zien.

In deze bureaustudie wordt een overzicht gegeven van de stikstofinhoud van verschillende gewassen (H.2). Vervolgens worden in meer detail de effecten van het afvoeren van de gewasresten van prei bekeken. Prei is gekozen omdat de gewasresten bij schoning van het product in de schuur ontstaan. In feite zijn deze gewasresten al afgevoerd, maar in de huidige praktijk worden ze veelal teruggebracht op het veld.

Voor een voorbeeldbedrijf wordt berekend wat de effecten zijn van het al dan niet afvoeren van prei-resten op de stikstofbalans (H.3). Hierbij wordt vooral gekeken naar de effecten op het stikstofoverschot als maat voor de uitspoeling naar het grondwater. Vervolgens wordt in meer detail ingegaan op mineralisatie (H.4). Hierbij wordt gekeken naar de korte termijn en de periodes van stikstofmineralisatie uit gewasresten en stikstofopname door volggewassen. Daarnaast wordt ingegaan op de effecten van afvoer van gewasresten die pas op langere termijn te zien zijn: het verloop van het organische-stofgehalte en van de achtergrondmineralisatie uit bodemorganische stof. Tenslotte wordt nog ingegaan op een wijze waarop afgevoerde gewasresten verwerkt kunnen worden en hoe dit uitpakt voor stikstofoverschot, organische-stofgehalte en nutriënten (H.5). In de discussie wordt ingegaan op de perspectieven van afvoeren van gewasresten om het stikstofoverschot, en daarmee uitspoeling van stikstof naar het grondwater, te reduceren.

2. Gewasresten en hun stikstofinhoud

Bij de oogst van gewassen blijft er veelal een deel van het gewas achter op het veld. De hoeveelheid gewasrest verschilt per gewas. Smit (1994) & Smit *et al.* (1992) hebben een overzicht gemaakt van hoeveel drogestof en stikstof achterblijft bij de oogst van verschillende gewassen (Tabel 1). Eenzelfde overzicht dat grotendeels is gebaseerd op Smit (1994) wordt gegeven door Schröder (2002). Een ander overzicht van gewasresten is te vinden in Velthof *et al.* (1998) en Velthof & Kuikman (2000). Verschillende bronnen geven verschillende hoeveelheden gewasrest. Er is ook een zekere mate van spreiding te verwachten aangezien er bijvoorbeeld verschillen bestaan tussen cultivars in de hoeveelheid loof dat geproduceerd wordt. Daarnaast heeft ook de stikstofbemesting effect op de uiteindelijke hoeveelheid gewasrest en op de stikstofinhoud daarvan (bijv. Allison *et al.*, 1996). Op deze verschillen als gevolg van cultivar of bemesting wordt in dit rapport niet verder ingegaan. De gegeven waarden in Tabel 1 kunnen gebruikt worden als een indicatie voor de mogelijke effecten van afvoeren van de gewasresten op de stikstof- en organische-stofhuishouding.

Te zien is dat groentegewassen de meeste stikstof achterlaten op het veld. Vooral de verschillende koolsoorten laten vrij veel stikstof achter. Daarnaast vallen de akkerbouwgewassen doperwt en suikerbiet op. De stikstof in de gewasresten zal deels verloren gaan, maar voor een deel ook beschikbaar zijn voor een volggewas. Dit laatste speelt vooral bij dubbelteelten waarbij de stikstof uit de resten van de eerste teelt voor een belangrijk deel benut kunnen worden door de tweede teelt in dat jaar. Hoofdstuk 3.3 en Hoofdstuk 4 gaan in op de mineralisatie van stikstof uit de gewasresten.

Tabel 1. Gewasresten welke achterblijven op het veld bij de oogst van diverse gewassen en hun stikstofinhoud (bron: Smit, 1994 of anders aangegeven).

Gewas	Oogsttijdstip	Drogestof (kg/ha)	Stikstof (kg/ha)	Opmerkingen
Aardappel	15 sep	1000	20	
Aardbei		1100	16	Smit <i>et al.</i> (1992)
Andijvie	15 sep	1500	45	
Asperge		800	23	Smit <i>et al.</i> (1992)
Augurk		2800	81	Smit <i>et al.</i> (1992)
Bleekselderij		0	0	Smit <i>et al.</i> (1992)
Bloemkool	15 aug	3500	120	
Boerenkool	15 nov	3100	85	
Bospeen	1 jun	0	0	
Broccoli	15 aug	3700	155	
Chin.kool	1 sep	1500	65	
Doperwtten	1 aug	6300	188	
Ijssla	1 jan	1700	70	
Knolselderij	15 nov	3300	75	
Knolvenkel	15 jul	3100	110	
Koolraap	15 jan	2300	52	
Koolrabi	1 aug	1200	42	
Rode biet	1 sep	3500	90	
Kropsla	15 aug	600	20	
Mais	1 okt	300	0	
Prei	15 jan	1700	60	
Radijs	15 jun	100	0	
Rodekool	15 jan	5000	175	
Savooienkool		4500	140	Smit <i>et al.</i> (1992)
Schorseneer	15 jan	2200	42	
Spinazie	15 mei	700	35	
Spruitkool	15 jan	8600	135	
Stamslaboon	15 aug	2900	95	
Suikerbiet	1 nov	4000	120	
Wintergerst	25 jul	3570	18	Schröder (2002)
Winterrogge	1 aug	3830	19	Schröder (2002)
Wintertarwe	1 aug	5000	45	
Witlofpennen	1 jan	2300	44	
Wittekool	15 jan	4300	115	
Wortelen	1 jan	3100	40	
Zaaiui	1 okt	1000	5	
Zomergerst	10 aug	2700	14	Schröder (2002)
Groenbemester, laag N	1 nov	2500	50	Schröder (2002)
Groenbemester, hoog N	1 nov	3000	90	Schröder (2002)

3. Effecten van afvoer van gewasresten op de stikstofbalans op een voorbeeldbedrijf

3.1 Beschrijving van het voorbeeldbedrijf

Om in te kunnen schatten wat het effect is van afvoer van gewasresten op bedrijfsniveau wordt voor een voorbeeldbedrijf met vollegrondsgroenten de bemesting en de stikstofbalans doorgekeken. In Smit (2003) zijn voor een aantal sectoren verschillende bedrijven beschreven die als geheel een representatief beeld geven van deze sectoren. Voor deze bedrijven zijn verschillende pakketten met bemestingsmaatregelen doorgekeken op hun effect op o.a. de stikstofbalans. In de voorliggende studie wordt aangesloten bij de berekeningen voor de vollegrondsgroentebedrijven. Hierbij wordt uitgegaan van het bedrijf Vgg4. Om de berekeningen van bemesting en mineralisatie te vereenvoudigen is het aantal teeltwijzen teruggebracht (Tabel 2).

Tabel 2. *Bouwplan en teeltschema van het voorbeeldbedrijf, vereenvoudiging van het voorbeeldbedrijf Vgg4 uit Smit (2003).*

Teeltjaar	Gewas	Teeltwijze	Zaai-/planttijdstip (weeknr)	Oogsttijdstip (weeknr)	Oppervlak	
					1 ^e teelt	2 ^e teelt
1	Kropsla	Vroeg, bedekt	11	22	3,3	
		Herfst	22	36		3,3
2	Spinazie	Vroeg	13	22	3,3	
		Herfst	22	36		3,3
3	Prei	Herfst, laat	24	48	3,3	

Wat betreft gewasresten wordt voornamelijk alleen gekeken naar de afvoer van de resten van prei. De reden hiervoor is dat van de drie gewassen er in de preiresten de meeste stikstof zit. Daarnaast ontstaan deze resten bij schoning van het product en omdat dat in de schuur gebeurt worden deze resten al van het land gehaald. Afvoer van preiresten biedt voor de praktijk het best perspectief omdat er dus geen extra handeling nodig is voor het van het land halen van de preiresten. In de praktijk worden de preiresten veelal teruggebracht op het veld. De afvoer van gewasresten die in deze studie bekeken wordt komt dus overeen met het niet terugbrengen van de gewasresten.

3.2 Stikstofbemesting

Het afvoeren van gewasresten heeft een direct effect op de mineralenbalans doordat er nutriënten van het veld worden afgevoerd. Indirect heeft het echter via de bemesting ook effect op de mineralenbalans: een volggewas kan niet meer profiteren van de N die via mineralisatie uit gewasresten vrijkomt. Daarom kan het nodig zijn om de bemesting aan te passen. De mate waarin bij de bemesting al rekening gehouden werd met de mineralisatie bepaald nu hoeveel effect al dan niet afvoeren van gewasresten heeft op de hoogte van de gift:

- Wanneer als startpunt de voorraadbemesting genomen wordt volgens de Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen (Van Dijk, 2003), dan kan afvoeren van gewasresten effect hebben op de gift door verlaging van de N_{min} bij aanvang van de teelt.

- De Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen (Van Dijk, 2003) bevat vuistgetallen voor verlaging van de bemesting ter correctie voor de nawerking vanuit gewasresten. Dergelijke getallen zijn er echter niet voor groentegewassen.
- Bij bemesting volgens het Stikstofbijmeststelsel (NBS; Van Dijk, 2003) wordt er regelmatig een monster van de bodemvoorraad stikstof genomen en op basis van de verwachte opname aangevuld tot een streefwaarde. Afvoer van gewasresten verlaagt de mineralisatie en waarschijnlijk ook de hoeveelheid N_{min} bij bemonstering zodat er meer via meststoffen wordt aangevuld.
- De bemesting kan verder verfijnd worden door bij de gift rekening te houden met de te verwachten mineralisatie. Als dit bij het NBS gedaan wordt dan vindt correctie van de mineralisatie niet achteraf plaats door een hogere N_{min} te meten, maar vooraf door de mineralisatie tot het volgende bemonsteringstijdstip te voorspellen met een model.

De Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen (Van Dijk, 2003) geeft voor de drie gewassen van het voorbeeldbedrijf een bemestingsrichtlijn gebaseerd op de N_{min} voor aanvang van de teelt. Daarnaast zijn er voor de kropsla, spinazie en prei ook adviezen gegeven voor hantering van een NBS met standaard meettijdstippen (Tabel 3). Met het NBS kan in de praktijk beter ingespeeld worden op de stikstofhoeveelheid die nog in de bodem aanwezig is. Deze stikstofhoeveelheid kan verschillen door verschillen in de mate van netto mineralisatie, uitspoeling of gewasopname, welke op hun beurt weer het gevolg zijn van variatie in weersomstandigheden of van de mate van nalevering uit gewasresten en bodemorganische stof.

Tabel 3. Bemestingsrichtlijnen voor kropsla, spinazie en prei (naar Van Dijk, 2003). N_{min} is de hoeveelheid minerale stikstof, tussen haakjes de bemonsterde laag in cm.

Gewas – teeltwijze	Advies voorraadbemesting	Advies NBS	
	N-gift (kg/ha)	Tijdstip	N-gift (kg/ha)
Kropsla – vroeg	190 – 1,4 * N _{min} (0-30)	–	
Kropsla – 2 ^e teelt	140 – 1,4 * N _{min} (0-30)	Ca. 3 wk na planten	130 – N _{min} (0-30)
Spinazie – vroeg	240 – 1,4 * N _{min} (0-30)	–	
Spinazie – 2 ^e teelt	190 – 1,4 * N _{min} (0-30)	1 week na zaaien	165 – N _{min} (0-30)
Prei – late herfst	120 – N _{min} (0-60) + 2x75	Vlak voor planten	85 – N _{min} (0-30)
		Half augustus	105 – N _{min} (0-30)
		Begin oktober	100 – N _{min} (0-30)

Afvoer van gewasresten heeft effect op de stikstofmineralisatie, vooral in de periode kort na de oogst in het geval van stikstofrijke bladresten. In de voorliggende studie is alleen gekeken naar afvoer van prei-resten, waarbij nalevering van stikstof daaruit voornamelijk speelt bij de volgteelt kropsla. Zoals in Tabel 3 te zien is, is er geen NBS-advies voor de vroege teelten van kropsla en spinazie. Verder verschilt het NBS-advies niet zoveel van het advies volgens voorraadbemesting. Aangezien het NBS vooral gericht is op het opvangen van verschillen in mineralisatie en uitspoeling tussen jaren wordt in de voorliggende modelstudie het NBS niet meegenomen.

3.3 Stikstofbalansen

In deze paragraaf worden de effecten van al dan niet afvoeren van gewasresten op bemesting en stikstofbalans uitgewerkt. Hierbij worden de volgende bemestingswijzen bekeken:

- Voorraadbemesting volgens de Adviesbasis (zie Tabel 3)
- Voorraadbemesting gecorrigeerd voor wat er tijdens de gehele gewasperiode mineraliseert uit gewasresten en varkensdrijfmest toegediend in de voorafgaande twee jaren. Van deze mineralisatie is een benutting van 80% verondersteld.
- Voorraadbemesting gecorrigeerd voor mineralisatie; geen gebruik van varkensdrijfmest

De gewassen kropsla en spinazie worden volledig met kunstmest bemest. Bij prei wordt er varkensdrijfmest uitgereden en aangevuld met kunstmest. Voor vergelijking van de effecten van het al dan niet afvoeren van de gewasresten van prei zijn de scenario's doorgerekend zoals gegeven in Tabel 4. Bij alle scenario's is uitgegaan van voorraadbemesting.

Tabel 4. Beschrijving van de doorgerekende scenario's op bedrijfsniveau.

Scenario	Varkensdrijfmest voor prei	Afvoer preiresten	Correctie mineralisatie
0	Ja	Nee	Nee
1	Ja	Ja	Nee
2	Ja	Nee	Ja
3	Ja	Ja	Ja
4	Nee	Nee	Ja
5	Nee	Ja	Ja

De verwachte mineralisatie is berekend met het model Minip (Janssen, 1996; Bijlage I) en weergegeven in Tabel 5. Van de mineralisatie uit gewasresten en de organisch gebonden stikstof van de varkensdrijfmest die in de voorgaande twee jaren zijn toegediend is 80% gekort op de mestgift. Mineralisatie uit gewasresten en varkensdrijfmest van meer dan twee jaar terug is laag en niet meegenomen in Tabel 5. Hetzelfde geldt voor de mineralisatie uit de perspotjes.

Tabel 5. Stikstofmineralisatie uit gewasresten en de organisch gebonden stikstof uit de varkensdrijfmest van de twee voorgaande jaren gedurende de gewasperiodes van kropsla, spinazie en prei, berekend met het model Minip (Bijlage I). V_{dm} =varkensdrijfmest.

Gewas		Mineralisatie uit gewasresten van:				Vdm
		Lopende jaar	Voorgaande jaar		Twee jaar terug	
			Prei op veld	Prei afgevoerd	Prei op veld	
Kropsla – vroeg	-	14.3	0	1.0	1.0	4.2
Kropsla – 2 ^e teelt	10.5	14.3	0	1.5	1.5	6.1
Spinazie – vroeg	-	2.7	2.7	1.4	0	-
Spinazie – 2 ^e teelt	20.4	3.9	3.9	2.5	0	-
Prei	-	7.1	7.1	1.3	1.3	55.5

Het afvoeren van preiresten verlaagt het stikstofoverschot op de stikstofbalans met 11 tot 20 kg/ha (Tabel 6). De mate waarin het afvoeren van preiresten effect heeft op het stikstofoverschot hangt af van in hoeverre er bij de bemesting rekening gehouden wordt met mineralisatie. Wordt daar totaal geen rekening mee gehouden dan bedraagt het effect van afvoer precies de hoeveelheid stikstof die in de gewasresten zit: de 60 kg/ha wordt dan ‘verdund’ door de drie teeltjaren waardoor het effect op bedrijfsniveau uitkomt op een verlaging van het stikstofoverschot met 20 kg/ha. Hoe meer er bij de bemesting rekening gehouden wordt met de stikstof uit de gewasresten die nog benutbaar is, hoe minder het stikstofoverschot verlaagd kan worden door de gewasresten af te voeren. De mate waarin het stikstofoverschot verlaagd kan worden door de gewasresten af te voeren wordt dan bepaald door de verliezen die optreden in periodes dat er geen gewas op het veld staat en vrijkomende stikstof niet benut kan worden. Hierop wordt in Hoofdstuk 4 verder ingegaan. Verandering van bemestingsstrategie door meer rekening te houden met de verwachte mineralisatie of door af te zien van het gebruik van varkensdrijfmest heeft een groter effect op het stikstofoverschot dan afvoer van gewasresten.

Tabel 6. Stikstofoverschot op de stikstofbalans bij wel of geen afvoer van preiresten en bij bemesting volgens voorraadbemesting volgens de Adviesbasis, al dan niet gecorrigeerd voor verwachte mineralisatie uit gewasresten van de voorvrucht en al dan niet bij gebruik van varkensdrijfmest voor de prei. Details van de balansberekeningen in Bijlage II.

	Geen correctie mineralisatie		Wel correctie mineralisatie	
	Wel vdm	Geen vdm	Wel vdm	Geen vdm
Geen afvoer preiresten	234	219	210	197
Wel afvoer preiresten	214	199	200	187

4. Effecten van afvoer van gewasresten op stikstofmineralisatie en organische stof

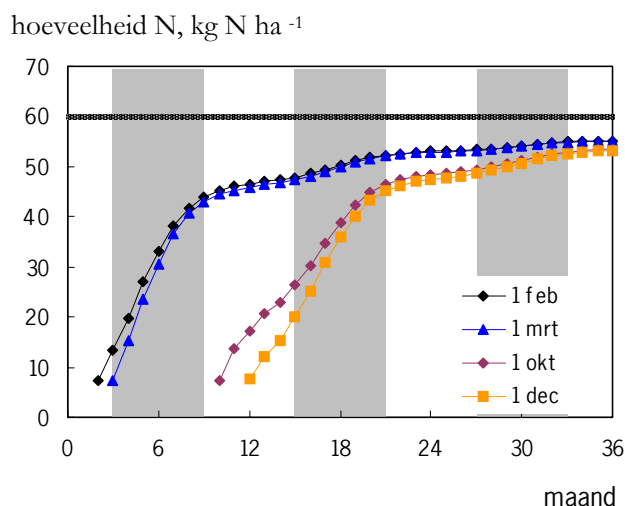
Het al dan niet afvoeren van gewasresten leidt tot verschillen in het gehalte aan organische stof in de bodem en in stikstofmineralisatie uit die bodemorganische stof. Bodemorganische stof bestaat uit verschillende componenten. Het merendeel bestaat uit dode organische stof (humus) dat slechts langzaam verder wordt afgebroken. Een kleiner deel bestaat uit levende organische stof zoals plantenwortels en verschillende vormen van bodemfauna en -flora zoals bijvoorbeeld schimmels, bacteriën en wormen (Janssen, 1992). Het al dan niet afvoeren van gewasresten heeft vooral effect op het levende deel van de bodemfauna en -flora. Als de gewasresten op het veld achterblijven wordt dit materiaal vrij snel omgezet door het bodemleven, waarbij er een deel via verademing verloren gaat en er, zeker bij stikstofrijke gewasresten, stikstof vrijkomt. Deze initiële afname van organische stof is door velen bekeken en beschreven in modellen zoals het in de voorliggende studie gebruikte model Minip (Janssen, 1996), het daarop voortbouwende model van Yang (Yang, 1996; Yang & Janssen, 2000) en andere modellen zoals vergeleken in de studie van Smith *et al.* (1997). Op de afbraak van preiresten en de hoeveelheid stikstof die daarbij vrijkomt wordt in paragraaf 4.1 ingegaan. Hierbij wordt vooral gekeken hoe de stikstof op korte termijn (maanden) vrijkomt en mogelijk benut kan worden door volggewassen. Voor de langere termijn is het de vraag waarop het organische-stofgehalte in de bodem zich uiteindelijk stabiliseert als een bepaald bouwplan en een bepaalde aanvoer aan organisch materiaal vele jaren achtereen hetzelfde blijft. Hierop wordt in paragraaf 4.2 ingegaan.

4.1 Stikstofmineralisatie op de korte termijn

De afbraak van gewasresten en het vrijkomen van stikstof daarbij is afhankelijk van de C/N-verhouding in het product. Stikstofrijke gewasresten, zoals van de meeste groentegewassen, hebben een lage C/N-verhouding. Het blad breekt zeer snel af waardoor veel van de stikstof verloren gaat als er niet snel na de oogst een volggewas geteeld wordt.

Het tijdstip van oogst maakt veel uit voor de mogelijke herbenutting van vrijkomende stikstof door een volggewas. Een voorbeeld daarvan is gegeven voor het gewas prei in Figuur 1 en Tabel 7. Als de oogst in februari of maart valt komt er 60-70 procent van de stikstof uit het blad vrij in het eerstvolgende groeiseizoen en is dus benutbaar voor een volggewas. Bij oogst in het najaar (oktober of december) is dat slechts 40-50 procent, en komt er meer in de winterperiode vrij en gaat verloren.

De snelheid van afbraak is voor alle stikstofrijke gewasresten vrijwel gelijk, waardoor de perspectieven voor afvoer van gewasresten om stikstofverliezen te beperken het meest bepaald worden door de stikstofinhoud, het oogsttijdstip en de mogelijkheid tot volgteelt. Dit betekent dat gewassen die in het najaar geoogst worden het meest in aanmerking komen om de oogstresten daarvan af te voeren.



Figuur 1. N-mineralisatie uit gewasresten van prei bij vier oogsttijdstippen. Het groeiseizoen (1 maart - 1 oktober) is in de afbeelding aangegeven met een grijsstint.

Tabel 7. N-mineralisatie uit gewasresten van prei (% van totale N-aanvoer) binnen en buiten het groeiseizoen bij verschillende oogsttijdstippen.

Toedienings- tijdstip	Buiten (maand 0-2)	Binnen (maand 3-9)	Buiten (maand 10-14)	Binnen (maand 15-21)
1 feb	12	61	6	8
1 maart		72	6	9
1 okt			38	39
1 dec			25	50

4.2 Gehalte organische stof en stikstofmineralisatie op de lange termijn

Voor de langere termijn is het de vraag waarop het organische-stofgehalte in de bodem zich uiteindelijk stabiliseert als een bepaald bouwplan en een bepaalde aanvoer aan organisch materiaal vele jaren achtereen hetzelfde blijft. In de praktijk komen dergelijke stabiele situaties nauwelijks voor omdat de landbouwsystemen zich in de loop van de tijd wijzigen: er worden andere gewassen geteeld, of in andere verhoudingen, en de organische bemesting is ook aan verandering onderhevig.

Voor het bekijken van de effecten van het wel of niet afvoeren van preiresten wordt in de voorliggende studie uitgegaan van stabiele situaties. Bij deze stabiele situaties wordt ervan uitgegaan dat de aanvoer aan C gelijk is aan de afvoer. Desondanks is niet te zeggen hoe hoog het organische-stofgehalte bij beide situaties precies is omdat dit afhangt van verschillende factoren zoals grondsoort, lutumgehalte, pH en vochttoestand. De orde van grootte van het effect van het wel/niet afvoeren van preiresten is wel in te schatten. Tabel 8 geeft de hoeveelheid C voor een bouwvoor met een organische-stofgehalte van 2,5%. Met Minip is berekend dat eens in de drie jaar aanvoeren van preiresten over een periode van 100 jaar een hoeveelheid van 500 kg C/ha toevoegt aan de bodemorganische stof. Het afvoeren van de preiresten zou dan voor de bouwvoor van Tabel 8 een zeer kleine daling geven van 2,50% naar 2,47%.

Tabel 8. Berekening van de totale hoeveelheid C in de bouwvoor voor een gemiddelde bodem.

Parameter	Waarde	Eenheid
Diepte bouwvoor	20	cm
Bulkdichtheid	1.5	g/cm ³
Organische stof	2.5	%
Aandeel C in bodem-organische stof	0.58	-
Totaal C in bouwvoor	43500	kg/ha

Een andere manier om het effect van afvoeren van preiresten op het organische-stofgehalte in te schatten is te kijken naar het aandeel dat de preiresten hebben in het totaal aan aanvoer van organische stof. Tabel 9 geeft voor de rotatie de aanvoer aan C via de gewasresten en de hoeveelheid die na één jaar nog aanwezig is (EOS) zoals berekend met Minip (Bijlage I). De hoeveelheid EOS die met de driejarige rotatie wordt aangevoerd is tien procent van de totale hoeveelheid C in de bouwvoor. Van deze bijdrage komt acht procent van de gewasresten van prei. Als de EOS van alle bronnen even stabiel zou zijn, dan zou het afvoeren van preiresten in dit voorbeeld een daling van het organische-stofgehalte geven van 2.50% naar 2.48%.

Tabel 9. Aanvoer van C via gewasresten en de hoeveelheid die na één jaar nog aanwezig (EOS) is in de bodem.

Bron	C-aanvoer (kg/ha)	C na één jaar nog aanwezig (EOS; kg/ha)	Aandeel (%)
Sla (2 teelten)	540	240	6
Perspotjes (2 teelten)	3640	3280	76
Spinazie (2 teelten)	730	280	6
Prei	765	340	8
Varkensdrijfmest	300	200	5
Totaal van de rotatie	5975	4340	100

Stikstofmineralisatie is een snelheid en onder de aanname van een stabiel systeem makkelijker te bekijken dan het organische-stofgehalte. In geval van een stabiel systeem geldt dat de aanvoer gelijk is aan de afvoer (mineralisatie). Tabel 10 geeft de aanvoer van stikstof in organische vorm via verschillende bronnen. Met Minip is de mineralisatie berekend in het jaar van toediening, het eerste daaropvolgende (teelt)jaar en wat er resteert en in alle latere jaren vrijkomt. Als specifiek naar de mineralisatie uit preiresten gekeken wordt dan is te zien dat in het jaar van aanvoer ruim vijf kg stikstof per ha vrijkomt. Deze gaat in de winterperiode verloren. In het daaropvolgende jaar komt er ruim 41 kg/ha vrij. Een deel is hiervan te benutten voor een volggewas (zie H.3). Voor de periode daarna is er nog 13.5 kg stikstof per ha die te zijner tijd vrij kan komen en als onderdeel van de achtergrondmineralisatie beschouwd kan worden. Deze stikstof die niet in de eerste twee jaren vrijkomt is in Tabel 10 vermeld in de kolom 'latere jaren'. De mineralisatie hiervan verloopt over vele jaren maar samen met de mineralisatie uit eerdere rotatiecycli vormt het de achtergrondmineralisatie. Wanneer dit gemiddeld per jaar op rotatiebasis wordt uitgedrukt dan verlaagt afvoer van preiresten de achtergrondmineralisatie met zo'n vijf kg per ha per jaar.

Tabel 10. *Aanvoer van organisch gebonden stikstof (kg/ha) via verschillende bronnen gedurende de driejarige rotatie, en de stikstofmineralisatie uit de bronnen in verschillende perioden.*

Bron	N-aanvoer (kg/ha)	Datum toediening	Stikstofmineralisatie (kg/ha)		
			Jaar van toediening (tot 31 dec)	Volgende jaar (1 jan-31dec)	Latere jaren
Sla (1 ^e teelt)	20	29 mei	13.8	3.3	2.9
Perspotjes (1 ^e)	64	15 mrt	4.9	4.1	55.0
Sla (2 ^e teelt)	20	1 sep	9.2	7.1	3.7
Perspotjes (2 ^e)	64	1 jun	3.9	4.3	55.8
Spinazie (1 ^e teelt)	35	29 mei	26.2	4.9	3.9
Spinazie (1 ^e teelt)	35	1 sep	18.4	11.5	5.1
Prei	60	1 dec	5.1	41.4	13.5
Varkensdrijfmest	90	1 mei	56.5	15.0	18.5
<i>Gemiddeld over de rotatie in kg/ha per jaar</i>					
Met preiresten	129		46	31	53
Zonder preiresten	109		44	17	48

5. Hergebruik van gewasresten

In de voorgaande hoofdstukken is uitgegaan van afvoeren van gewasresten van het bedrijf. Afvoeren van gewasresten heeft een verlagend effect op het stikstofoverschot op het bedrijf, maar de mate waarin daarmee daadwerkelijk milieuwinst wordt behaald hangt af van de bestemming van de gewasresten. De afgevoerde gewasresten kunnen op vele mogelijkheden verder verwerkt worden:

- compostering op het bedrijf
- afvoer naar 'elders':
 - composteren
 - vergisten
 - verbranden
 - stort
 - scheiden in vezels en eiwitrijke producten

De haalbaarheid van de verschillende mogelijkheden voor verdere verwerking zal vooral door de kosten bepaald worden, en door de waarde van het restproduct. In het voorliggende rapport wordt alleen ingegaan op compostering op het eigen bedrijf.

Kater & De Kool (2004) hebben in een bureaustudie de mogelijkheden van composteren op het eigen bedrijf bekeken. Aangezien de resten van groentegewassen vochtrijk zijn en een lage C/N-verhouding hebben dient er structuurrijk materiaal met een hoge C/N-verhouding bijgemengd te worden. Kater & De Kool (2004) gaan uit van bijmengen met stro. Dit is vaak nog niet optimaal omdat het vochtgehalte nog te hoog is voor een goede composthoop. Bij meer bijmengen van stro wordt de C/N-verhouding te laag. Andere materialen om bij te mengen hebben ze echter niet bekeken. Bij de berekeningen voor compostering van gewasresten van groentebedrijven wordt uitgegaan van een verlies van 50% van de organische stof en 40% van de oorspronkelijk aanwezige stikstof, fosfaat en kalium.

Per ton verse preiresten wordt 144 kg stro bijgemengd (Tabel 11). Dit levert bij bovengenoemde verliezen tijdens de compostering uiteindelijk 250 kg verse compost op met een drogestofgehalte van 50%, een C/N-verhouding van 20.6 en een stikstofinhoud van 2.55 kg. Omdat bij de berekeningen voor de preicompost is uitgegaan van schone gewasresten zonder vervuiling met grond heeft de preicompost in vergelijking met GFT-compost en champost een relatief hoge hoeveelheid organische stof (Tabel 12). Voor berekeningen op bedrijfsniveau maakt dit echter niets uit omdat vervuiling met grond de hoeveelheid product zou verhogen, maar de totale hoeveelheden N en C niet veranderen. De C/N-verhouding van de preicompost komt overeen met die van champost.

Tabel 11. *Samenstelling composthoop per ton verse preiresten aan het begin van het composteringsproces (naar Kater & De Kool, 2004).*

Product	Vers (kg)	drogestof (%)	organische stof (kg)	as (kg)	C/N-verhouding	N (kg)	P ₂ O ₅ (kg)	K ₂ O (kg)
<i>Aanvang</i>								
Preiresten	1000	11	99	11	13	3.41	0.82	4.86
Stro	144	84	111	10	73	0.84	0.23	2.15
Totaal	1144	95	210	21	25	4.24	1.05	7.01
<i>Na compostering</i>								
Compost	252	50	105	21	20.6	2.55	0.63	4.21

Tabel 12. *Vergelijking van de preicompost (Tabel 11) met andere composten. Samenstelling in kg per ton vers product.*

	Drogestof	Organische stof	N	C/N ¹
Preicompost	500	416	10.1	20.6
GFT ²	650	190	8.5	11.2
Champost ²	350	220	5.8	19.0

¹ berekend met een C-gehalte van de organische stof van 50%

² bron: Van Dijk, 2003

Tabel 13. *Initiële stikstofhoeveelheid bij compostering van preiresten van één ha en verschillende bestemmingen van stikstof tijdens en na de compostering.*

Input compost	Stikstof (kg/ha)	Output compost	Stikstof (kg/ha)
Preiresten	60	Verlies uit composthoop	30
Stro	15	Benuttingen:	
		- 2 ^e slateelt	3.0
		- vroege spinazie	1.0
		- late spinazie	2.2
		Restant	38.8

De preiresten van het voorbeeldbedrijf uit Hoofdstuk 3 kunnen op het bedrijf composteerd worden en de compost kan zelf gebruikt worden. In het navolgende wordt berekend hoeveel stikstof er daarvoor aangevoerd dient te worden via aanvoer van stro, hoeveel stikstof er verloren gaat bij het composteringsproces en hoeveel stikstof er bij gebruik van de compost benutbaar is door de gewassen (zie ook Tabel 13). Deze berekening is op basis van één hectare.

Uitgangspunt in de berekeningen in Hoofdstuk 3 was een afvoer via preiresten van 60 kg stikstof. Voor compostering dient 2.6 ton stro aangevoerd te worden. Na compostering blijft er dan 4.5 ton compost over. Met de aanvoer van stro wordt 15 kg stikstof aangevoerd. Tijdens de compostering gaat 30 kg stikstof verloren. In de compost is nog 45 kg stikstof aanwezig.

De compost wordt gemaakt van preiresten die begin december beschikbaar komen. De compost kan daarom gebruikt worden in juni, tussen de beide teelten van kropsla in. Analoog aan Tabel 5 is de mineralisatie vanuit de compost berekend. Gedurende de 2e teelt van kropsla komt er 3.0 kg stikstof beschikbaar, tijdens de vroege spinazie 1.0 kg en tijdens de 2e teelt spinazie 2.2 kg. Als deze drie hoeveelheden gecorrigeerd zouden worden op de bemesting dan is dat in totaal 6.2 kg.

Als weer gekeken wordt naar de bedrijfsbalansen dan betekent zelf composteren dat er geen preiresten meer worden afgevoerd, er via stro 15 kg extra stikstof wordt aangevoerd waarvan er via korting op de bemesting maar 6 kg wordt ‘terugverdiend’. De bedrijfsbalansen zoals gegeven in Tabel 6 en Bijlage II komen er dan anders uit te zien (Tabel 14). Door de grote verliezen tijdens compostering, de extra stikstofaanvoer via het stro en de beperkte benutting van stikstof in de compost worden de overschotten groter dan wanneer de preiresten gewoon teruggebracht zouden zijn op het land. Wat echter nu extra is, is dat er een relatief stabiel product gemaakt wordt dat langzaam wordt afgebroken. Op de lange termijn zou hierdoor de hoeveelheid organische stof in de bodem omhoog gaan en de achtergrond-mineralisatie uit de bodem toenemen. Desondanks lijkt compostering met de huidige verliezen tijdens het proces weinig perspectief te bieden voor het verminderen van stikstofverliezen. Bekeken zou moeten worden of de verliezen beperkt kunnen worden, of dat er andere verwerkingsmethoden zijn met lagere verliezen of een hogere benutting van de stikstof bij gebruik van het product.

Tabel 14. Stikstofoverschot op de stikstofbalans bij wel of geen afvoer van preiresten en bij bemesting volgens voorraadbemesting volgens de Adviesbasis, al dan niet gecorrigeerd voor verwachte mineralisatie uit gewasresten van de voorvrucht en al dan niet bij gebruik van varkensdrijfmest voor de prei. Details van de balansberekeningen in Bijlage II en de tekst.

	Geen correctie mineralisatie		Wel correctie mineralisatie	
	Wel vdm	Geen vdm	Wel vdm	Geen vdm
Geen afvoer preiresten (als Tabel 6)	234	219	210	197
Wel afvoer preiresten (als Tabel 6)	214	199	200	187
Preiresten composteren	239	223	222	210

6. Discussie

Het afvoeren van gewasresten van het bedrijf draagt bij aan het terugdringen van het stikstofoverschot en van de uitspoeling van stikstof naar het grondwater. De grootte van deze bijdrage is het makkelijkst te kwantificeren als alleen gekeken wordt naar het product dat extra van het veld of van het bedrijf gehaald wordt en dat als extra afvoerpost op de balans gezien wordt. Dit is ook de maximale reductie van het stikstofoverschot dat met afvoer van gewasresten behaald kan worden.

Bovenstaande is een simpele beschrijving van de effecten van afvoeren van gewasresten maar zo eenvoudig ligt het echter niet. Als alle processen die afhankelijk zijn van de aan- of afvoer van gewasresten worden meegenomen wordt het een complexer geheel. Zo kunnen, wanneer de gewasresten op het land achterblijven, nutriënten die uit de gewasresten vrijkomen in meer of mindere mate nog benut worden door volggewassen en een lagere aanvoer van minerale meststoffen mogelijk maken. Daarnaast dragen gewasresten bij aan de totale pool aan organische stof in de bodem en spelen daarmee een rol bij het waterbergend vermogen van de grond, de bodemstructuur, de nutriëntenbeschikbaarheid en eventueel de ziekteverendigheid van de grond.

Hoe is dan inzicht te krijgen in de mate van effect van afvoeren van gewasresten op stikstofoverschot en –uitspoeling? In dit rapport zijn berekeningen gedaan voor een voorbeeldbedrijf waarbij van één van de gewassen in de rotatie de resten afgevoerd worden. De resultaten en conclusies van deze berekeningen worden hier in algemenere zin beschreven.

Bij stikstofrijke gewasresten is het effect van al dan niet afvoeren al snel na de oogst merkbaar in een verschil in stikstofmineralisatie. Binnen een jaar is vaak al driekwart van de stikstof in de gewasresten alweer gemineraliseerd. De mate waarin afvoer van de gewasresten stikstofverliezen kan voorkomen hangt af van de stikstofinhoud van de resten en de mate waarin de stikstof benut kan worden door volggewassen. Wanneer er veel tijd zit tussen oogst en teelt van het volggewas, dan zijn de kansen om vrijkomende stikstof te benutten laag. Dit is zeker het geval wanneer in deze tussenliggende periode veel neerslag valt, zoals het geval is bij in het najaar geoogste gewassen en een volgteelt in het volgende voorjaar. Het afvoeren van gewasresten heeft daarom het meeste perspectief bij gewassen die in het najaar geoogst worden.

Theoretisch gezien is de beste methode om de verliezen van uit gewasresten gemineraliseerde stikstof te beperken om de ‘aanvoer’ van de resten beter af te stemmen op de benutting door een volggewas. In de huidige praktijk worden daarom al groenbemesters (stikstofvanggewassen) geteeld. Hierdoor kan de uit gewasresten vrijkomende stikstof opnieuw in organische vorm worden vastgelegd en deels over de winter worden heengetild. Ook hierbij kunnen verliezen niet helemaal voorkomen worden: er dient voldoende tijd te zijn voor een goede groei van de groenbemester en bij onderwerken van de groenbemesters in het najaar of bij bevriezing van vorstgevoelige groenbemesters komt die stikstof grotendeels ook te vroeg beschikbaar voor benutting door een volggewas. Daarnaast is de teelt van groenbemesters vanuit oogpunt van ziekten en plagen niet altijd wenselijk.

Om de stikstofverliezen verder terug te brengen is daarom gekeken naar de mogelijkheden om de gewasresten af te voeren van het veld en op een later tijdstip terug te brengen. In de voorliggende studie is een voorbeeld voor het afvoeren van preiresten verkend. Afvoer van preiresten biedt perspectieven omdat deze gewasresten bij schoning in de schuur ontstaan en dus reeds van het veld zijn afgevoerd. Afgevoerde gewasresten kunnen niet eenvoudigweg op een hoop bewaard worden omdat afbraak dan ook begint, het materiaal gaat rotten en stikstof alsnog verloren gaat. Er dient dus wel iets mee gedaan te worden. In het voorliggende rapport is als mogelijke wijze van verwerking compostering op het eigen bedrijf bekeken met bijmengen van stro. Hierbij spelen er meer zaken een rol dan alleen het verlaten van het toedieningsmoment van de gewasresten. Als het stro van buiten het bedrijf wordt aangevoerd leidt dit tot een verhoging van de aanvoer van nutriënten en organische stof op het bedrijf. Bij dit voorbeeld van compostering van preiresten werd duidelijk dat de verliezen van stikstof niet meer alleen op het veld plaatsvinden maar ook tijdens het proces van compostering. Op de composthoop gaat al een groot deel van de stikstof verloren via uitspoeling van percolaatwater, ammoniakvervluchtiging en

denitrificatie waarbij N_2 en N_xO_y ontstaan. In het huidige voorbeeld is het stikstofverlies tijdens de compostering 40%. Mogelijk kan dit verlies verlaagd worden door een betere beheersing van het composteringsproces of zijn er andere verwerkingsmethoden waarbij er meer stikstof in het systeem blijft. De verliezen op het veld bij toediening van de compost zijn minder duidelijk te berekenen. De compost is een vrij stabiel product dat slechts langzaam verder afbreekt. Benutting door gewassen kort na het uitrijden van de compost is laag, maar een groot deel van de stikstof uit de compost kan beschouwd worden als toename van bodemorganische stof waardoor het gebruik van compost een toename geeft van de achtergrondmineralisatie. Het effect hiervan op het stikstofoverschot en het nitraatgehalte in het grondwater wordt dan bepaald door de mate waarin bij de bemesting van gewassen rekening gehouden kan worden met de bijdrage uit achtergrondmineralisatie.

Het al dan niet afvoeren van gewasresten en mogelijk in bewerkte vorm terugbrengen op het veld heeft invloed op de soort en hoeveelheid organische stof in de bodem. Sommige telers maken zich zorgen om het gehalte aan organische stof in de bouwvoor. Vermindering van de aanvoer aan organische meststoffen gaf in Telen met toekomst op een bedrijf bontheid van het gewas te zien. Ten onrechte wordt hieruit al snel geconcludeerd dat de organische-stofaanvoer onvoldoende is. Effecten via organische stof (via het gehalte dat je kan meten in een bodem) verlopen langzaam en zijn pas over vele jaren merkbaar. Het is veel eerder de stikstofmineralisatie uit recentelijk toegediende organische stof die verlaagd is door de verlaagde aanvoer van organische meststoffen. Doordat het totale niveau van stikstofmineralisatie verlaagd is wordt variatie binnen het perceel zichtbaar en ontstaan er plekken met dusdanige verschillen in stikstofbeschikbaarheid die in de groei van het gewas terug te vinden zijn. Bij het ontstaan van deze plekken kunnen overigens ook andere nutriënten een rol spelen.

Wanneer gewasresten afgevoerd worden van het bedrijf, of wanneer via vergisting de organische stof grotendeels wordt verbrand, daalt de aanvoer aan organische stof op het bedrijf. Op de lange termijn heeft dit effecten op het gehalte organische stof en de achtergrondmineralisatie vanuit de bodem. In hoeverre het organische-stofgehalte bij afvoer van gewasresten daalt hangt af van de relatieve bijdrage van de gewasresten aan de totale aanvoer aan organische stof. Daarnaast spelen factoren zoals grondsoort, pH en vochteigenschappen van de grond en rol bij het niveau waarop een gehalte organische stof zich uiteindelijk stabiliseert.

Een belangrijke vraag is in hoeverre het afvoeren van gewasresten gecompenseerd moet worden met aanvoer van andere organische stoffen. In het algemeen is het landbouwkundig advies om het gehalte aan organische stof op peil te houden of te verhogen. Streven naar een lager organische-stofgehalte komt in de praktijk niet voor (Evers e.a., 2000). Volgens een dergelijk advies zou een hoge aanvoer uit het verleden in stand gehouden moeten worden. Vanuit milieukundig oogpunt kan het echter wel wenselijk zijn om de voorraad organische stof in de bouwvoor en de jaarlijkse mineralisatie daaruit te beperken om zo nutriëntenverliezen te beperken. Over de mate waarin het gehalte organische stof kan dalen voordat er echt problemen ontstaan is weinig kwantitatief bekend. In een review concluderen Loveland & Webb (2003) dat voor stikstofmineralisatie er een ondergrens kan zijn rond 1% organische C (ca. 1.7% organische stof). Bij voldoende bemesting met kunstmest liggen graanopbrengsten dan op 90-95% van de maximale opbrengst. Voor stabiliteit van bodemaggregaten en andere fysische bodemeigenschappen lijkt de hoeveelheid verse of actieve organische stof een belangrijke rol te spelen (Loveland & Webb, 2003). Ook hierbij is het moeilijk om voldoende kwantitatieve informatie te krijgen. Het lijkt er dus op dat de positieve eigenschappen van bodemorganische stof komen door een regelmatige aanvoer van nieuw organisch materiaal. Vanuit milieukundig oogpunt gezien zou dit dan een regelmatige, lage aanvoer moeten zijn. Of het afvoeren van gewasresten gecompenseerd dient te worden met andere organische meststoffen dient in samenhang bekeken te worden met de hoogte van de andere inputs die in de rotatie plaatsvinden.

Het voorkómen van veel stikstof in gewasresten is een punt dat niet is meegenomen in het rekenvoorbeeld van het voorliggende rapport. Uit het rekenvoorbeeld blijkt dat wanneer er bij de bemesting meer rekening gehouden wordt met mineralisatie dit een grotere winst op kan leveren dan het sec afvoer van gewasresten. Krappere bemesting heeft echter ook invloed op de hoeveelheid stikstof die in de gewasresten achterblijft. Bij suikerbieten is bekend dat een (te) hoge bemesting leidt tot veel loofproductie en

hoge stikstofhoeveelheden in de gewasresten (Allison *et al.*, 1996). Uit het onderzoek in Telen met toekomst op kernbedrijf Meterik blijkt uit een vergelijking tussen bemeste en onbemeste groentegewassen dat het achterwege laten van bemesting slechts een geringe verlaging gaf van de hoeveelheid oogstbaar product maar dat de hoeveelheid stikstof in gewasresten sterk verlaagd lager was. De bemestingsverschillen op het kernbedrijf waren vrij extreem, maar het geeft een duidelijke indicatie dat met verlaging van de bemesting de stikstofhoeveelheid in gewasresten te verlagen is zonder direct aan productie teveel in te leveren. Zoeken naar methoden om via de bemesting de stikstofinhoud van gewasresten te beperken verdienen aandacht omdat hiermee stikstofverliezen bij de bron aangepakt worden. Bijkomend voordeel is dat er geen extra kosten nodig zijn voor afvoer en verwerking van gewasresten.

Conclusies

- Naarmate telers meer rekening houden met de mineralisatie uit gewasresten is het effect van afvoeren van gewasresten op het stikstofoverschot op bedrijfsniveau (en dus ook op emissies naar (grond)water en lucht) kleiner.
- Het effect van afvoeren van gewasresten op het stikstofoverschot op bedrijfsniveau is het grootst bij gewassen die in het najaar geoogst worden. Dit omdat uit deze gewasresten relatief veel stikstof mineraliseert in periodes waarin er geen volggewas wordt geteeld.
- Als de gewasresten op het eigen bedrijf blijven dan heeft het afvoeren van gewasresten tot doel om de stikstof in de gewasresten beter te kunnen benutten door volggewassen. Hiertoe dienen de gewasresten bewerkt te worden met minimale stikstofverliezen tijdens het verwerkingsproces (ook om afwenteling op andere milieucompartmenten te voorkomen)
- Compostering van gewasresten met stro geeft vanwege de stikstofverliezen tijdens het composteringsproces geen betere benutting van de stikstof in de gewasresten. Gebruik van de compost geeft vanwege extra aangevoerd stro een verhoging van het organische-stofgehalte ten opzichte van aanvoer van alleen de gewasresten.
- Het al dan niet compenseren van de afvoer van gewasresten door andere organische mestsoorten aan te voeren hangt af van de relatieve bijdrage van de gewasresten in de totale aanvoer van organisch materiaal. Voor een goede bodemkwaliteit kan volstaan worden met een regelmatige kleine aanvoer van organisch materiaal en lijkt een streven naar een organische-stofgehalte an sich niet nodig
- Het beperken van de stikstofinhoud van gewasresten via de bemesting lijkt een perspectiefvol alternatief ten opzichte van afvoeren van gewasresten.

Referenties

- Allison, M.F., M.J. Armstrong, K.W. Jaggard, A.D. Todd & G.F.J. Milford, 1996.
An analysis of the agronomic and environmental effects of applying N fertilizer to sugarbeet (*Beta vulgaris*). *Journal of Agricultural Science* 127: 475-486.
- Evers, M., R. Postma, T. van Dijk, W. Vergeer & C. Wierda, 2000.
Praktijkgids bemesting. Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI.
- Janssen, B.H., 1992.
Organic matter and soil fertility. Syllabus Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University, 234 p.
- Janssen, B.H., 1996.
Nitrogen mineralisation in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. *Plant and Soil* 181: 39-45.
- Kater, L.J.M. & S.A.M. de Kool, 2004.
Management van oogstresten van vollegrondsgroentegewassen. Onderwerken, afvoeren en/of composteren van oogstresten van groentegewassen en de daaruit resulterende mineralenbalansen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Rapport PPO330775, 63 p.
- Loveland, P. & J. Webb, 2003.
Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. *Soil & Tillage Research* 70: 1-18.
- Postma, J., 2002.
Organische stofopbouw en N-mineralisatie op kernbedrijven; toetsing model Janssen. Telen met toekomst rapport OV 0203, 40 pp.
- Postma, R. & T.A. van Dijk, 2004.
Organische stofopbouw en N-mineralisatie op kernbedrijven; toetsing MINIP met resultaten 2002 en 2003. Telen met toekomst rapport OV 0408, 36 pp. + bijl.
- Schröder, J.J., 2002.
Post-harvest changes in residual soil mineral nitrogen In ten Berge H F M 2002 A review of potential indicators for nitrate loss from cropping and farming systems in the Netherlands. Reeks Sturen op Nitraat 2; *Plant Research International, Rapport* 31, p. 91-96.
- Smit, A., K. Zwart & J van Kleef, 2004.
Stikstofstromen op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik. De grondwaterkwaliteit gemeten. Rapport Telen met toekomst OV0403, 32 pp.
- Smit, A.L. (eindred.) 2003.
Kosteneffectieve maatregelen(pakketten) om voor de sectoren vollegrondsgroenten, bollen en veehouderij te voldoen aan MINAS 2003-eindnormen. Wageningen, *Plant Research International Rapport* 61, 100 pp + bijl.
- Smit, A.L., 1994.
Stikstofbenutting In Haverkort A J, Zwart K B, Struik PC 1994 Themadag stikstofstromen in de vollegrondsgroenteteelt. Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Lelystad. Themaboekje nr. 18.
- Smit, A.L., A. van der Werf, R. Booij, 1992.
Fysiologie van stikstofopname en -benutting: gewas- en bewortelingskarakteristieken In Van der Meer H G & Spiertz J H J 1992 'Stikstofstromen in agro-ecosystemen', CABO-DLO Wageningen, *Agrobiologische thema's* nr. 6.
- Smith, P., J.U. Smith, D.S. Powlson, W.B. McGill, J.R.M. Arah, O.G. Chertov, K. Coleman, U. Franko, S. Frolking, D.S. Jenkinson, L.S. Jensen, R.H. Kelly, H. KleinGunnawick, A.S. Komarov, C. Li, J.A.E. Molina, T. Mueller, W.J. Parton, J.H.M. Thornley & A.P. Whitmore, 1997.
A comparison of the performance of nine soil organic matter models using datasets from seven long-term experiments. *Geoderma* 81: 153-225.

- Van den Berg, M. & M.M. Pulleman, 2003.
Kwaliteit van grond- en oppervlaktewater in het project Telen met toekomst. Rapport Telen met toekomst OV0303, 47 p + 48 p bijl.
- Van Dijk, W., 2003.
Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen.
Praktijkonderzoek Plant en Omgeving BV, publicatienummer 307. 66 p + bijl.
- Velthof, G.L., P.J. van Erp & J.C.A. Steevens, 1998.
Stikstoflevering door groenbemesters en gewasresten. Noodzaak tot verfijning stikstofadvisering.
Meststoffen 1997/1998.
- Velthof, G.L. & P.J. Kuikman, 2000.
Beperking van lachgasemissie uit gewasresten – een systeemanalyse. Wageningen, Alterra-rapport 114.3, 80 pp.
- Yang, H.S., 1996.
Modelling organic matter mineralization and exploring options for organic matter management in arable farming in northern China. PhD thesis, Wageningen Agricultural University.
- Yang, H.S. & B.H. Janssen, 2000.
A mono-component model of carbon mineralization with a dynamic rate constant. European Journal of Soil Science 51: 517-529.

Bijlage I.

Minip

Voor berekeningen van de stikstof- en koolstofmineralisatie van gewasresten is het model Minip (Jansen, 1996) gebruikt. Het voordeel van dit model is dat het eenvoudig is en er relatief weinig invoerparameters nodig zijn. Binnen Telen met toekomst is Minip getoetst aan praktijkgegevens waarbij de berekeningen soms goed en soms minder goed overeen kwamen met metingen (Postma, 2002; Postma & Van Dijk, 2004). Voor vergelijkingen tussen twee scenario's lijkt het model geschikt.

Tabel B1-1. Karakteristieken van gewasresten in kg/ha (h.c.=humificatiecoëfficiënt; EOS= effectieve organische stof).

Gewas	drogestof (kg/ha)	hoeveelheid C (kg/ha)	h.c.	Initiële Leeftijd	EOS (kg/ha)	C/N	N-inhoud (kg/ha)
Prei	1700	765	20	1	340	12.8	60
Kropsla	600	270	20	1	120	13.5	20
Spinazie	700	315	20	1	140	9.0	35

Tabel B1-2. Karakteristieken van overige organische producten in kg per ton product.

Product	org.stof (kg/ton)	hoeveelheid C (kg/ton)	h.c.	Initiële leeftijd	e.o.s. (kg/ton)	C/N	N-org (kg/ton)
Dunne varkensmest	60	30	33	1,35	20	10	3
Veen (perspotjes)	182	91	90	7,3	164	14	6,4
Eigen compost (zie H6)	416	208	75 ^a	3,7 ^a	156	21	10,1

^a Als GFT-compost

Bijlage II.

Stikstofbalansen bij de verschillende bemestingsscenario's

Bij de berekening van de bemesting zijn de volgende waarden voor Nmin-voorjaar aangehouden:

Gewas – teeltwijze	Nmin-vj
Kropsla – vroeg	20/15 ^a
Kropsla – 2 ^e teelt	50
Spinazie – vroeg	20
Spinazie – 2 ^e teelt	50
Prei – late herfst	61

^a 20 bij het laten liggen van de gewasresten van prei, 15 als de gewasresten afgevoerd worden en er minder mineralisatie is in de maand voor het planten

Scenario 0 Voorraadbemesting, geen afvoer preiresten

Gewas	Aanvoer				Afvoer		Overschot	
	km		vdm	perspotjes		depositie		
	1 ^e teelt	2 ^e teelt		1 ^e teelt	2 ^e teelt			
Kropsla	162	70		64	64	70	70	220
Spinazie	212	120				77	70	185
Prei	40		216			105		151
Gemiddeld						49		234

Scenario 1 Voorraad-bemesting, wel afvoer preiresten

Gewas	Aanvoer				Afvoer		Overschot	
	km		vdm	perspotjes		depositie		
	1 ^e teelt	2 ^e teelt		1 ^e teelt	2 ^e teelt			
Kropsla	162	70		64	64	70	70	220
Spinazie	212	120				77	70	185
Prei	40		216			165		91
Gemiddeld						49		214

Scenario 2 Voorraadbemesting, geen afvoer preiresten, correctie mineralisatie

Gewas	Aanvoer					Afvoer		Overschot	
	km		vdm	perspotjes		depositie	1 ^e teelt		2 ^e teelt
	1 ^e teelt	2 ^e teelt		1 ^e teelt	2 ^e teelt				
Kropsla	146	44		64	64	70	70	178	
Spinazie	209	99				77	70	160	
Prei	33		216			105		144	
Gemiddeld					49			210	

Scenario 3 Voorraadbemesting, wel afvoer preiresten, correctie mineralisatie

Gewas	Aanvoer					Afvoer		Overschot	
	km		vdm	perspotjes		depositie	1 ^e teelt		2 ^e teelt
	1 ^e teelt	2 ^e teelt		1 ^e teelt	2 ^e teelt				
Kropsla	163	56		64	64	70	70	206	
Spinazie	210	101				77	70	163	
Prei	33		216			165		84	
Gemiddeld					49			200	

Scenario 4 Voorraadbemesting, geen afvoer preiresten, correctie mineralisatie, geen vdm

Gewas	Aanvoer					Afvoer		Overschot	
	km		vdm	perspotjes		depositie	1 ^e teelt		2 ^e teelt
	1 ^e teelt	2 ^e teelt		1 ^e teelt	2 ^e teelt				
Kropsla	150	49		64	64	70	70	187	
Spinazie	209	99				77	70	160	
Prei	202		0			105		97	
Gemiddeld					49			197	

Scenario 5 Voorraadbemesting, wel afvoer preiresten, correctie mineralisatie, geen vdm

Gewas	Aanvoer					Afvoer		Overschot	
	km		vdm	perspotjes		depositie	1 ^e teelt		2 ^e teelt
	1 ^e teelt	2 ^e teelt		1 ^e teelt	2 ^e teelt				
Kropsla	166	60		64	64	70	70	215	
Spinazie	210	101				77	70	163	
Prei	202		0			165		37	
Gemiddeld						49		187	

Scenario 6 Voorraadbemesting, geen afvoer preiresten, geen correctie mineralisatie, geen vdm

Gewas	Aanvoer					Afvoer		Overschot	
	km		vdm	perspotjes		depositie	1 ^e teelt		2 ^e teelt
	1 ^e teelt	2 ^e teelt		1 ^e teelt	2 ^e teelt				
Kropsla	162	70		64	64	70	70	220	
Spinazie	212	120				77	70	185	
Prei	209		0			105		104	
Gemiddeld						49		219	

Scenario 7 Voorraadbemesting, wel afvoer preiresten, geen correctie mineralisatie, geen vdm

Gewas	Aanvoer					Afvoer		Overschot	
	km		vdm	perspotjes		depositie	1 ^e teelt		2 ^e teelt
	1 ^e teelt	2 ^e teelt		1 ^e teelt	2 ^e teelt				
Kropsla	162	70		64	64	70	70	220	
Spinazie	212	120				77	70	185	
Prei	209		0			165		44	
Gemiddeld						49		199	

Reeds verschenen externe rapporten

Telen met toekomst

32. Afvoer van gewasresten ter beperking van stikstofverliezen. Bureaustudie naar de effecten op de stikstofbalans, mineralisatie en organische stof. F.J. de Ruijter & R. Postma. Rapport OV 0412, 2004.
31. Kernbedrijf Vredepeel. Resultaten eerste fase. J.W.A. Langeveld & A.L. Smit. Rapport OV 0411, 2004.
30. Stikstofopnamecurven voor akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Doorrekenen van de gewasrotaties op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van Telen met toekomst. A.A. Pronk & K. Groenwold. Rapport OV 0410, 2004.
29. Evaluatie Nitraatprojecten, bijdrage vanuit Telen met toekomst. Hans Langeveld. Rapport OV 0409, 2004.
28. Organische stofopbouw en N-mineralisatie op kernbedrijven; toetsing MINIP met resultaten 2002 en 2003. R. Postma & T.A. van Dijk. Rapport OV 0408, 2004.
27. De Telen met toekomst Energie- en klimaatmeetlat, Eindrapport. Herbert Mombarg & Anton Kool. Rapport OV 0407, 2004.
26. Nitraatuitspoeling Vredepeel 2002-2003. J.A. de Vos & F.B.T. Assinck. Rapport OV 0406, 2004.
25. Stikstofstromen op het kernbedrijf Meterik. Modelberekeningen met FUSSIM2 en MOTOR. F.B.T. Assinck & P. de Willigen. Rapport OV 0405, 2004.
24. Fosfaatkaracteristieken 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 WDZH03, 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. R. Postma. Rapport OV 0203, 2002.
9. Stikstofverliezen door denitrificatie in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt, Onderzoek op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van het project 'Telen met toekomst'. Kor Zwart, Annemieke Smit & Kees Rappoldt. Rapport OV 0202, 2002.
8. Gebruik van Global Positioning System (GPS) binnen 'Telen met toekomst', Plaatsbepaling bij monsternamen op de Voorloperbedrijven'. A.L. Smit. Rapport OV 0201, 2002.
7. 'Telen met toekomst', kansen en knelpunten in zicht: Jaaroverzicht 2001. Anonymus, 2002.
6. Fosfaattoestanden op de praktijkbedrijven van 'Telen met toekomst', Een analyse van de situatie bij de start van het project. Philip Ehlert & Gerwin Koopmans, 2002.
5. Stikstof- en fosfaatverliezen in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt, Projectplan voor het bodemonderzoek op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van het project 'Telen met toekomst'. Kor Zwart & Annemieke Smit, 2002.
4. 'Telen met toekomst', voor telers met toekomst: Jaaroverzicht 2000. Anonymus, 2001.
3. Detaillering projectplan 'Telen met toekomst'. Remmie Booij, Wim van Dijk, Bert Smit, Frank Wijnands, Hans Langeveld, Janjo de Haan, Annette Pronk, Jaap Schröder, Jet Proost, Harm Brinks, Peter Dekker, Philip Ehlert, 2001.
2. Projectplan 'Telen met toekomst'. Jacques Neeteson, Remmie Booij, Wim van Dijk, Janjo de Haan, Annette Pronk, Harm Brinks, Peter Dekker & Hans Langeveld, 2001.
1. Voorwaarts met de milieuprestaties van de Nederlandse open-teelt sectoren: een verkenning naar 2020. A.J. de Buck, F.J. de Ruijter, F. Wijnands, P.L.A. van Enckevort, W. van Dijk, A.A. Pronk, J. de Haan & R. Booij, 2000.

