

## **Effect van afvoeren bietenloof op stikstof- en fosfaatvoorziening, bodemvruchtbaarheid en nitraatuitspoeling**

CDM-Advies Green Deal Cosun

*Wim van Dijk (PSG-PPO), Frank de Ruijter (PSG-PRI) en Gerard Velthof (ESG-Alterra)*  
16 februari 2012

### **Samenvatting**

Op verzoek van de minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie heeft de Commissie van Deskundigen Meststoffen een deskstudie uitgevoerd naar de effecten van het afvoeren van bietenloof op stikstof- en fosfaatvoorziening van de gewassen, de bodemvruchtbaarheid en het risico op nitraatuitspoeling.

Met bietenloof wordt gemiddeld 110 kg N per ha afgevoerd, maar de variatie tussen percelen is relatief groot. Gemiddeld genomen komt uit het bietenloof in totaal 45 kg per ha aan stikstof voor volggewassen beschikbaar, die bij afvoer van het bietenloof dus niet beschikbaar komt. Van deze 45 kg N per ha komt 30 kg N per ha in het eerste jaar beschikbaar en 15 kg N per ha op de lange termijn. Met de eerstejaars nalevering is echter bij het vaststellen van de gebruiksnormen geen rekening gehouden waardoor compensatie via een hogere gebruiksnorm niet nodig is. Compensatie voor het wegvallen van de lange termijn nalevering van 15 kg N per ha is in theorie wel te rechtvaardigen.

De fosfaatafvoer met het bietenloof bedraagt circa 35 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha. Afhankelijk van het aandeel suikerbieten in het bouwplan neemt de fosfaatafvoer op bouwplanniveau van akkerbouwbedrijven met 5-10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha toe. Bij het afvoeren van het bietenloof zal op een deel van de bedrijven bij de fosfaattoestand Hoog (Pw > 55) en Neutraal (Pw 36-55) de fosfaatafvoer hoger zijn dan de gebruiksnorm 2013. Een daling naar de klasse Laag (Pw 25-35) zal dan op termijn gaan plaatsvinden. Een verdere daling is niet te verwachten, omdat de fosfaatafvoer, ook indien het bietenloof wordt afgevoerd, in veel gevallen ruim lager is dan de gebruiksnorm van 85 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha. Verwacht mag worden dat de Pw zich dan tussen 30 en 35 zal stabiliseren. Dat is een waarde die hoger is of ongeveer gelijk is aan de landbouwkundige streefwaarde. Een Pw van 30-35 zal in het algemeen niet tot grote knelpunten leiden.

Met het bietenloof wordt gemiddeld 900 kg effectieve organische stof (eos) per ha afgevoerd. Het levert daarmee op bouwplanniveau een substantiële bijdrage aan de organische stofvoorziening (120-340 kg eos per ha). Bij het afvoeren van het bietenloof is compensatie binnen de bestaande gebruiksnormen mogelijk door de in de akkerbouw veel gebruikte varkensdrijfmest deels te vervangen door runderdrijfmest, vaste fractie van runderdrijfmest of compost (producten die relatief veel organische stof per kg fosfaat bevatten). Deze producten zijn echter slechts op beperkte schaal beschikbaar. Andere opties, voor zover inpasbaar in de bedrijfsvoering, zijn het inwerken van stro op graanland en het telen van extra groenbemesters. Globaal moet voor elke ha afgevoerd bietenloof één ha tarwestro worden ingewerkt of één ha groenbemester worden geteeld.

Afvoeren van bietenloof leidt tot een vermindering van de uitspoeling van nitraat. Dit impliceert dat de stikstofgebruiksnorm minder hoeft te worden gekort indien de nitraatconcentraties in het grondwater en oppervlaktewater te hoog zijn, of dat er ruimte ontstaat op bouwplanniveau om de gebruiksnorm te verhogen indien ruim wordt voldaan aan de nitraatnorm.

## 1. Inleiding

De minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie heeft, samen met de staatssecretaris van Infrastructuur & Milieu een Green Deal gesloten met Koninklijke Coöperatie Cosun. De inspanning van Cosun bestaat o.m. uit de vergisting van bietenloof dat bij de oogst wordt verzameld. De bewindslieden hebben toegezegd te zullen bezien of bij de vaststelling van de gebruiksnormen rekening kan worden gehouden met de afgevoerde mineralen in het bietenloof. Aan de Commissie van Deskundigen Meststoffen is gevraagd een advies op te stellen waarin aangegeven wordt of er hiertoe aanleiding is en zo ja, op welke wijze de afgevoerde mineralen zouden moeten worden gecompenseerd uit oogpunt van stikstof- en fosfaatvoorziening van de gewassen, de bodemvruchtbaarheid en het risico op nitraatuitspoeling.

Bij het opstellen van het advies is ervan uitgegaan dat het bietenloof van het bedrijf wordt afgevoerd en niet bedrijfsintern wordt verwerkt. Uiteindelijk zal het digestaat dat ontstaat na vergisting weer als meststof worden gebruikt.

In paragraaf 2 wordt eerst ingegaan op de stikstof- en fosfaatinhoud in het bietenloof. Vervolgens wordt aangegeven welke gevolgen het afvoeren van het bietenloof heeft op de stikstof- en fosfaatbemestingsbehoefte (paragraaf 3), de bodemvruchtbaarheid (paragraaf 4) en de nitraatuitspoeling (paragraaf 5). In paragraaf 6 worden tenslotte de conclusies weergegeven.

## 2. Stikstof- en fosfaatafvoer met bietenloof

### Hoeveelheid bietenloof

De hoeveelheid bietenloof varieert tussen grondsoort, bemestingsniveau en oogsttijdstip. In een bemestingsproef op kleigrond in Lelystad met vier N-niveaus (0, 85, 130 en 175 kg N per ha) nam de hoeveelheid bietenloof toe met toenemende N-gift (versopbrengst: 16, 23, 28 en 32 ton per ha; Westerdijk, 1992). In bemestingsproeven in Rolde in de jaren 1989 t/m 1991 varieerde de hoeveelheid bietenloof tussen de 33 en 46 ton per ha bij stikstofgiften van 105 tot 170 kg N per ha (Westerdijk, 1992). Bij de onbemeste veldjes bedroeg de hoeveelheid bietenloof 16 tot 24 ton per ha. Waarden uit de literatuur laten bij een optimale N-bemesting versopbrengsten tussen 27 en 47 ton per ha zien (Tabel 1). Uit een analyse door Ehlert et al. (2009) van een uitgebreide dataset met gewasgegevens (zie ook hierna bij fosfaatinhoud) kon een gemiddelde versopbrengst van 38 ton per ha en een gemiddeld drogestofgehalte van 14,7% worden afgeleid. Dit drogestofgehalte is gelijk aan de waarde die Smit et al. (1995) vonden in hun proeven (Tabel 1), maar iets hoger dan waarden uit de literatuur van 13,1% (Salo, 1978) en 14,1% (Beiss, 1987). Uitgaande van een gemiddeld drogestofgehalte van 14,7 % en een versopbrengst van 38 ton per ha bedraagt de drogestofopbrengst 5,6 ton per ha. Bij 20% as (zie Bijlage 1 van De Ruijter et al., 2009) en 50% C in organische stof bedraagt de opbrengst aan organische stof 4,47 ton per ha met een C/N-verhouding van 20.

Tabel 1. **Hoeveelheid loof van suikerbiet en de N-inhoud daarvan bij optimale N-bemesting (uit: Smit et al., 1995).**

Referentie	Drogestofopbrengst (ton/ha)	Versopbrengst (ton/ha)	N-inhoud (kg/ha)
Smit & Van der Werf (1992)	4	26,7 <sup>a</sup>	120
Van Erp & De Jager (1992)	5,5	36,7 <sup>a</sup>	127
De Willigen et al. (1992)	6	40 <sup>a</sup>	104
Van der Beek (1991)	-	-	120-150
Olsson & Bramstorp (1994a)	-	-	100-160
Smit et al. (1995), proeven	6,9	46,8	135
Smit et al. (1995), modelberekening	-	-	130

<sup>a</sup> niet gegeven, maar berekend vanuit de drogestofopbrengst en een aangenomen drogestofgehalte van 15%.

### Stikstofinhoud

Proefgegevens van IRS en PPO laten zien dat tussen grondsoorten de verschillen in gemiddelde N-inhoud van het bietenloof klein zijn (Tabel 2). Gemiddeld over alle metingen bedroeg de N-inhoud circa 110 kg N per ha. Deze hoeveelheid lag binnen de range van gemiddelde waarden uit de literatuur (Tabel 1). Tabel 2 laat zien dat er bij alle grondsoorten wel sprake was van veel variatie. Dit wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door de N-beschikbaarheid. In proeven op proefbedrijf Vredepeel in 2005 en 2006 met verschillende bemestingsniveaus werden de verschillen in N-gift grotendeels teruggevonden in verschillen in totale N-opname door het gewas (Van Geel et al., 2008). De verschillen in N-opname door het gewas waren evenredig verdeeld over biet en loof.

Tabel 2. **N-inhoud in bietenloof uit proefgegevens van IRS en PPO over de jaren 1977 t/m 2005, gemiddelde van N-giften tussen 120 en 170 kg ha<sup>-1</sup> (De Ruijter et al., 2009).**

Grondsoort	Aantal metingen	N-inhoud loof (kg per ha)
		Gemiddeld (min-max)
Klei	27	107 (52-188)
Löss	15	108 (69-171)
Zand	18	113 (54-202)

### Fosfaatinhoud

De fosfaatinhoud van suikerbieten en bietenloof is beschreven door Ehlert et al. (2009), gebaseerd op een uitgebreide dataset met Nederlandse onderzoeksgegevens vanaf 1937. Bij een voldoende tot en met ruim voldoende fosfaattoestand en bij het huidige bemestingsadvies passende fosfaat- en stikstofgiften werd met de biet gemiddeld 52 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha afgevoerd. In het bietenloof bevond zich gemiddeld 36 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha. Bij andere fosfaattoestanden van de bodem veranderen deze cijfers weinig omdat er slechts sprake was van een zwakke relatie tussen de totale fosfaatafvoer van biet en bietenloof enerzijds en de fosfaatbemesting en de fosfaattoestand anderzijds (Ehlert et al., 2006). Wel is er sprake van veel variatie in de fosfaatafvoer (Tabel 3). Daarnaast is er een verschil in gemiddelde fosfaatafvoer in de bieten tussen zand en klei. Bij de gemiddelde fosfaatafvoer met het loof konden geen verschillen gevonden worden tussen grondsoorten.

Tabel 3. **Fosfaatafvoer in kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha (uit Tabel 8 en Tabel 10 van Ehlert et al. (2009)).**

	Gemiddelde	Mediaan	Minimum	Maximum	Standaardfout	Aantal
Suikerbietenwortel	51,8	53,8	21,6	70,1	11,4	75
• klei	55,8				7,7	52
• zand	42,6				13,0	23
Suikerbietenloof	36,0	37,1	8,0	72,9	14,9	51

Naast bovenstaand rapport van Ehlert et al. (2009) zijn er andere rapporten van Alterra en PPO met gegevens over de fosfaatinhoud van bietenloof (Ehlert et al., 2006; Ehlert et al., 2008; Sival & Chardon, 2004; Van der Schoot & Van Dijk, 2001). Deze gegevens zijn echter grotendeels ook gebruikt in de studie van Ehlert et al. (2009) en worden hier niet nogmaals genoemd.

### Recente meetgegevens

In het kader van De Energieboerderij is de hoeveelheid bietenloof en nutriënteninhoud gemeten bij een vijftal telers in de jaren 2008 t/m 2010 (Tabel 4). De gemiddelde hoeveelheid loof en nutriënteninhoud valt binnen de aangegeven ranges in het hierboven beschreven literatuuroverzicht, maar is hoger dan de gegeven gemiddelden.

Tabel 4. **Gemiddelde afvoer van nutriënten in wortel en loof van suikerbieten van vijf telers binnen Energieboerderij, 2008-2010 (Hanse & Huijbregts, 2011).**

plantdeel	versgewicht (t/ha)	organische stof (t/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	N (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)	Na <sub>2</sub> O (kg/ha)	MgO* (kg/ha)	CaO* (kg/ha)
loof	46	5	49	145	239	95	45	66
wortel	88	20	62**	130**	148	10	36	32
hele plant	134	25	111	275	392	105	80	98

\* Alleen in 2009 en 2010 bepaald.

\*\* In 2008 alleen in Vierlingsbeek.

### Conclusie

Op basis van de hierboven besproken literatuurgegevens wordt voor het bietenloof uitgegaan van gemiddeld versgewicht van 38 ton per ha met daarin gemiddeld 110 kg N en 36 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha. De variatie is relatief groot. Uitgaande van een gemiddeld drogestofgehalte van 14.7% in het bietenloof kan een gemiddelde drogestofopbrengst en hoeveelheid organische stof van respectievelijk 5,6 en 4,5 ton per ha worden afgeleid.

## 3. Stikstof- en fosfaatbemestingsbehoefte gewassen

### Stikstof

In de Adviesbasis Bemesting Akkerbouw- en Vollegrondsgroentegewassen (Van Dijk & Van Geel, 2011) wordt aangegeven dat na het onderwerken van het bietenloof in het jaar daarop 30 kg N per ha in mindering kan worden gebracht op de N-bemesting. Deze eerstejaars nalevering vervalt bij het verwijderen van het bietenloof. Echter, bij de vaststelling van de stikstofgebruiksnormen is geen rekening gehouden met deze N-nalevering uit het bietenloof. De gebruiksnorm is hierdoor hoger dan het bemestingsadvies. Er is derhalve geen reden om deze *korte termijn* nalevering uit oogpunt van de N-behoefte te compenseren via een hogere stikstofgebruiksnorm wanneer het bietenloof wordt afgevoerd.

Op de *langere termijn* kan het afvoeren van bietenloof, tenzij gecompenseerd door een andere organische stof bron, leiden tot een lager N-mineralisatieniveau. Bij een lager N-mineralisatieniveau moet er meer N via meststoffen worden aangevoerd om in de N-behoefte van het gewas te voorzien. Van Dijk & Schröder (2007) gaan ervan uit dat op de lange termijn bij een stabiel gehalte aan organische stof circa 40% van de N in gewasresten beschikbaar komt voor gewasopname. Het bietenloof levert dan een bijdrage van circa 45 kg N per ha aan de N-behoefte van het gewas dat na suikerbieten wordt geteeld. Na aftrek van de eerstejaars nalevering (30 kg N per ha) zou dit in theorie per ha suikerbieten een compensatie van circa 15 kg N per ha rechtvaardigen.

### Fosfaat

Het fosfaatbemestingsadvies bestaat uit een gewasgericht en een bodemgericht advies.

#### Gewasadvies

Het gewasgerichte advies geeft de fosfaatbehoefte als functie van de fosfaattoestand van de bodem. Dit advies wordt niet beïnvloed door het wel/niet afvoeren van het bietenloof.

#### Bodemadvies

Het bodemadvies is er op gericht een bepaalde toestand te bereiken of te handhaven. De streefwaarde voor de fosfaattoestand (Pw) bedraagt 25 (klei) en 30 (zand). Het advies geeft tevens een landbouwkundig streeftraject van Pw 25/30-45. Geadviseerd wordt dat, wanneer de Pw zich in dit traject bevindt, deze te handhaven.

Om een bepaalde toestand te handhaven moet de afvoer met geogst product worden gecompenseerd plus een eventuele correctie voor de zogenoemde "onvermijdbare fosfaatverliezen". In het bemestingsadvies wordt voor het "onvermijdbare fosfaatverlies" een hoeveelheid genoemd van 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha per jaar. Het "onvermijdbaar verlies" hangt echter af van de hoogte van de fosfaattoestand van de bodem. Hoe hoger de toestand hoe meer fosfaat nodig is bovenop de gewasafvoer om de toestand te handhaven. Een eerste evaluatie in het kader van de Evaluatie Meststoffenwet 2012 (Schils

et al., 2012) laat zien dat strikte evenwichtsbemesting (aanvoer=afvoer) bij hogere fosfaattoestand ( $P_w > 30$ ) vaak leidde tot daling van de toestand, terwijl deze stabiel bleef bij lagere toestanden ( $P_w < 20$ ).

Hieronder wordt aangegeven hoe de fosfaatafvoer op bedrijfsniveau zich verhoudt tot de toegestane maximale aanvoer via de fosfaatgebruiksnorm en welke gevolgen het afvoeren van het bietenloof hierop heeft. Hierbij is gebruik gemaakt van gegevens verzameld in het kader van een in 2007 uitgevoerde studie naar de noodzaak van differentiatie van de fosfaatgebruiksnorm (Van Dijk et al., 2007). In deze studie is onder andere gekeken naar de variatie van de fosfaatafvoer op bedrijfsniveau voor zowel praktijkbedrijven als modelbedrijven.

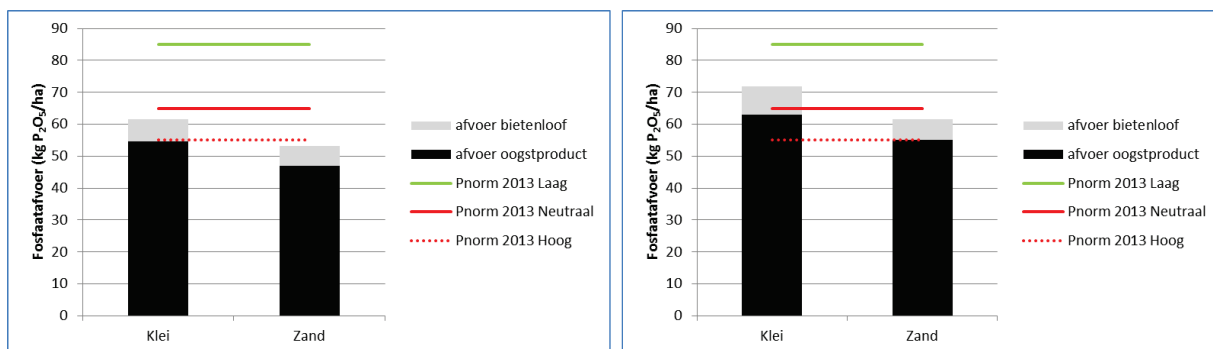
Voor de praktijkbedrijven is gebruik gemaakt van bedrijfsgegevens van het project Telen met Toekomst en van gegevens van het PPO-bedrijfssystemenonderzoek. Totaal gaat het om 60 en 86 bedrijf-jaar-combinaties voor respectievelijk klei- en zand/dalgrond voor de periode 1996-2006. Voor al deze combinaties zijn de bouwplansamenstelling en de gewasopbrengsten bekend. De fosfaatafvoer op bedrijfsniveau is berekend door de geregistreerde gewasopbrengsten te vermenigvuldigen met een forfaitair fosfaatgehalte en het gewasaandeel in het bouwplan. In werkelijkheid was er geen sprake van afvoer van bietenloof, maar de hiermee gepaard gaande fosfaatafvoer is berekend op basis van het aandeel suikerbieten en een gemiddelde fosfaatinhoud van het bietenloof van 36 kg  $P_2O_5$  per ha (zie paragraaf 2). Het aandeel suikerbieten bedroeg gemiddeld over alle bedrijven 19% (0-25%) voor kleigrond en 20% (0-30%) voor zand/dalgrond.

Gemiddeld verhoogt het afvoeren van het bietenloof de fosfaatafvoer op bedrijfsniveau met 6-7 kg  $P_2O_5$  per ha (Tabel 5, Figuur 1). Bij vergelijking met de fosfaatgebruiksnorm voor 2013 blijkt dat bij een fosfaattoestand 'Laag' de gemiddelde fosfaatafvoer op zowel de klei- als zandbedrijven ruim lager is dan de gebruiksnorm van 85 kg  $P_2O_5$  per ha, ook wanneer het bietenloof wordt afgevoerd. Dit geldt ook voor de 90%-percentielwaarde (Figuur 1, rechts). Voor een toestand 'Neutraal' en bij afvoer van bietenloof bevindt de fosfaatafvoer op de kleibedrijven zich gemiddeld ongeveer op het niveau van de gebruiksnorm. Op circa de helft van de bedrijven is de afvoer dan groter dan de maximaal toegestane aanvoer. Bij de toestand 'Hoog' en bij afvoer van bietenloof is de gemiddelde afvoer op de kleibedrijven circa 10 kg  $P_2O_5$  per ha hoger dan de gebruiksnorm, voor de zandbedrijven is de gemiddelde afvoer dan gelijk aan de gebruiksnorm.

Tabel 5. **Gemiddelde en spreiding voor fosfaatafvoer van akkerbouwbedrijven op bouwplanniveau bij wel en niet afvoeren van bietenloof (gebaseerd op bouwplansamenstelling en gewasopbrengsten van deelnemers aan project 'Telen met toekomst' en PPO-bedrijfssystemenonderzoek). Fosfaatafvoer van oogstproducten berekend op basis van gemeten opbrengst en forfaitaire, gewasafhankelijke fosfaatgehalten; voor fosfaatafvoer met bietenloof is uitgegaan van een gemiddelde waarde van 36 kg  $P_2O_5$  per ha).**

	Bietenloof niet afvoeren		Bietenloof afvoeren	
	Klei	Zand	Klei	Zand
Gemiddelde <sup>1</sup>	55	47	62	53
Mediaan	56	47	64	54
90%-percentiel <sup>1</sup>	63	55	72	61
Max	71	65	78	74

<sup>1</sup> zie ook figuur 1



Figuur 1. **Gemiddelde (links) en 90% percentiel (rechts) voor fosfaatafvoer van akkerbouwbedrijven op bedrijfsniveau bij wel en niet afvoeren van bietenloof (gebaseerd op bouwplansamenstelling en gewasopbrengsten van deelnemers aan het project 'Telen met toekomst' en PPO-bedrijfssystemenonderzoek). De fosfaatgebruiksnorm is weergegeven voor de fosfaattoestand Laag ( $25 \leq P_w < 36$ ), Neutraal ( $36 \leq P_w \leq 55$ ) en Hoog ( $P_w > 55$ ).**

Hierboven is voor akkerbouwbedrijven op basis van praktijkopbrengsten een indruk verkregen van de gemiddelde omvang en spreiding van de fosfaatafvoer op bedrijfsniveau wanneer het bietenloof wordt afgevoerd. In scenariostudies wordt vaak gebruik gemaakt van modelbedrijven die representatief zijn voor diverse regio/grondsoort-combinaties. In de eerder genoemde studie van Van Dijk et al. (2007) is voor de akkerbouw gebruik gemaakt van een achttal bedrijven (Tabel 6).

Voor kleigrond zijn vier modelbedrijven gedefinieerd. Het betreft een graanbedrijf op de noordelijke zeelei (Klei1), een pootgoed- en een consumptieaardappelbedrijf op de centrale zeelei (Klei2 en Klei3) en een consumptieaardappelbedrijf op de zuidwestelijke zeelei (Klei4).

Voor het Noordoostelijk zand- en dalgrondgebied is uitgegaan van een bedrijf met een 1:3 en 1:2 teelt van zetmeelaardappelen (Zand1 en Zand2). Voor het Zuidoostelijk zandgebied is gekozen voor een intensief akkerbouwbedrijf met consumptieaardappelen, suikerbieten en groenten voor de verwerkende industrie (Zand3). Het lössbedrijf wordt gekenmerkt door een bouwplan met consumptieaardappelen, suikerbieten en relatief veel graan (Löss1).

Tabel 6. **Aandeel suikerbieten (%) bij de modelbedrijven.**

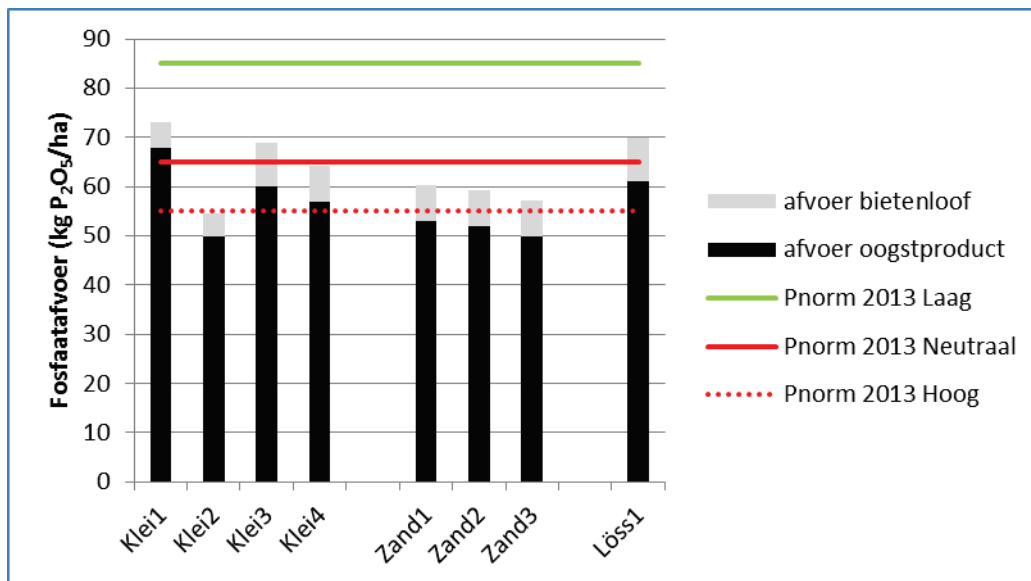
Bedrijf	Omschrijving	Aandeel suikerbieten (%)
Klei1	Noordelijke zeelei, graan	14
Klei2	Centrale zeelei, pootaardappelen	12,5
Klei3	Centrale zeelei, consumptieaardappelen	25
Klei4	Zuidwestelijk zeelei, consumptieaardappelen	20
Zand1	Noordoostelijk zand/dalgebied, 1:3 zetmeelaardappel	20
Zand2	Noordoostelijk zand/dalgebied, 1:2 zetmeelaardappel	20
Zand3	Zuidoostelijk zandgebied, consumptieaardappelen	20
Löss1	Lössgebied, consumptieaardappelen	25

De fosfaatafvoer van de bedrijven is berekend door de gewasopbrengsten te vermenigvuldigen met een forfaitair fosfaatgehalte. Voor de gewasopbrengsten is uitgegaan van de niveaus zoals vermeld in de KWIN akkerbouw (Anonymus, 2009). Evenals bij de praktijkbedrijven is bij het bietenloof uitgegaan van een fosfaatinhoud van 36 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha.

Het afvoeren van het bietenloof leidt, afhankelijk van het aandeel suikerbieten (Tabel 6), tot een stijging van de fosfaatafvoer met 5-10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha (Figuur 2). Bij de fosfaattoestand Laag is, ook bij afvoer van bietenloof, de fosfaatafvoer op alle bedrijven lager dan de gebruiksnorm. Bij de fosfaattoestand Neutraal is er bij een deel van de kleibedrijven en het lössbedrijf sprake van een negatief fosfaatoverschot. Bij de fosfaattoestand Hoog leidt het afvoeren van het bietenloof op vrijwel alle bedrijven tot een fosfaatafvoer die hoger is dan de gebruiksnorm.

Hierboven is de fosfaatafvoer vergeleken met de fosfaatgebruiksnorm 2013. In het 4<sup>e</sup> Actieprogramma worden indicatieve normen genoemd voor het jaar 2015 (75, 60 en 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha voor

respectievelijk de fosfaattoestand Laag, Neutraal en Hoog). In dat geval ligt bij het afvoeren van het bietenloof ook bij de toestand Laag bij een deel van de bedrijven de fosfaatafvoer op het niveau van de gebruiksnorm. Recentelijk is aangegeven dat het kabinet de inzet heeft om de fosfaatgebruiksnormen niet te verlagen voor het 5<sup>e</sup> Actieprogramma.



Figuur 2. Fosfaatafvoer (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha) op bedrijfsniveau bij een aantal modelbedrijven voor de akkerbouw. De fosfaatgebruiksnorm 2013 is weergegeven voor de fosfaattoestand Laag (25 ≤ Pw < 36), Neutraal (36 ≤ Pw ≤ 55) en Hoog (Pw > 55).

## Conclusie

Uit het bovenstaande komt naar voren dat bij een fosfaattoestand Hoog op veel bedrijven de fosfaatafvoer hoger is dan de gebruiksnorm 2013 wanneer het bietenloof wordt afgevoerd. Dit zal op termijn leiden tot een daling van de fosfaattoestand tot in het Pw-traject 36-55 (Neutraal). Ook in die klasse zal op een deel van de klei- en lössbedrijven meer fosfaat worden afgevoerd dan er kan worden aangevoerd, indien het bietenloof wordt afgevoerd. Een daling naar de klasse Laag (25-35) zal dan op termijn gaan plaatsvinden. Een verdere daling is niet te verwachten, omdat de fosfaatafvoer, ook indien het bietenloof wordt afgevoerd, in veel gevallen ruim lager is dan de gebruiksnorm van 85 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha. Verwacht mag worden dat de Pw zich dan tussen 30 en 35 zal stabiliseren. Dat is een waarde die hoger is of ongeveer gelijk is aan de landbouwkundige streefwaarde. Een Pw van 30-35 zal in het algemeen niet tot grote knelpunten leiden. Wel zal op bedrijven met een hoog aandeel fosfaatbehoefte gewassen (o.a. aardappelen, uien, fosfaatbehoefte groenten) het risico van een fosfaattekort wat hoger zijn. Een juiste verdeling van de fosfaatbemesting over de gewassen en een juiste toedieningstechniek zal dan belangrijker worden.

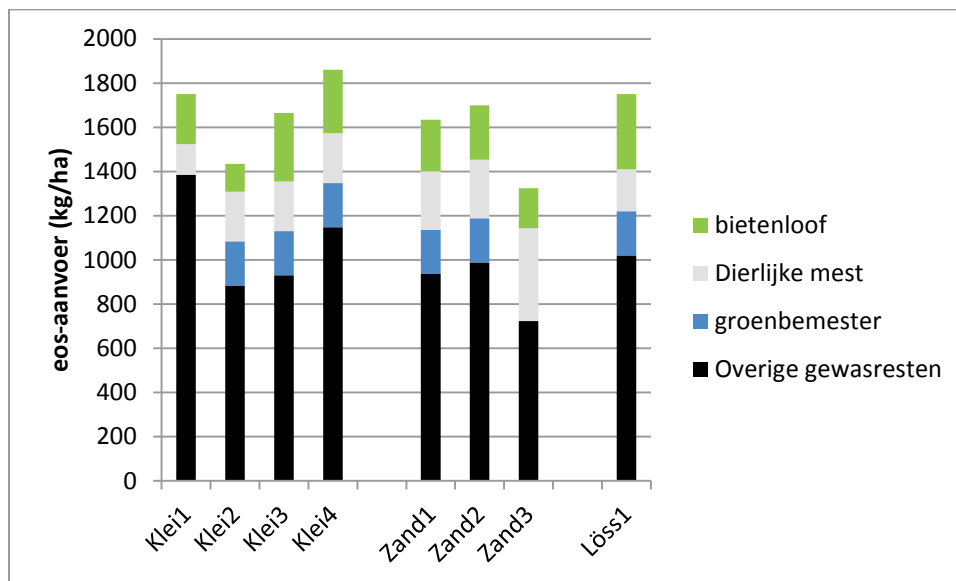
## 4. Bodemvruchtbaarheid

Bodemvruchtbaarheid is een breed begrip. In deze paragraaf beperken we ons tot de organische stofvoorziening. De gevolgen voor de fosfaattoestand (een belangrijke chemische bodemvruchtbaarheidsparameter) zijn reeds besproken in paragraaf 3.

Het bietenloof levert een bijdrage aan de organische stofvoorziening van de bodem. Per ha suikerbieten blijft met het loof circa 4500 kg organische stof achter (zie paragraaf 2). Voor de organische stofvoorziening van de bodem gaat het echter vooral om het meer stabiele deel van de aangevoerde organische stof. Hiervoor wordt doorgaans de term effectieve organische stof gebruikt (eos). Dit is de hoeveelheid organische stof die een jaar na toediening nog aanwezig is. Als we uitgaan van het vuistgetal dat bij vers groen materiaal circa 80% in het eerste jaar wordt afgebroken, betekent dit dat met het bietenloof circa 900 kg eos per ha wordt aangevoerd.

In Figuur 3 is voor de hierboven genoemde modelbedrijven aangegeven hoeveel effectieve organische stof wordt aangevoerd met het bietenloof, groenbemesters, de overige gewasresten en de organische mest. Bij de organische mest is uitgegaan van de bemestingsniveaus zoals gebruikt in de in 2007 uitgevoerde studie bij een fosfaatgebruiksnorm van 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha (Van Dijk et al., 2007). Dit betrof hoofdzakelijk varkensdrijfmest, alleen op het zuidoostelijk zandbedrijf is naast varkensdrijfmest tevens runderdrijfmest ingezet. Bij de groenbemesters is ervan uitgegaan dat deze op 20% van het areaal wordt ingezaaid. Op bedrijf Klei1 en Zand3 worden geen groenbemesters geteeld. Bij bedrijf Klei1 komt dat doordat in de herfst alweer de wintertarwe wordt gezaaid, bij bedrijf Zand3 door de afwezigheid van vroeg geogoste gewassen. Het graanstro wordt op alle bedrijven afgevoerd.

Afhankelijk van het aandeel suikerbieten in het bouwplan, betekent het afvoeren van het bietenloof op bedrijfsniveau een verlies van 120-340 kg eos per ha. Het aandeel van het bietenloof in de totale eos-aanvoer via gewasresten inclusief groenbemesters bedraagt gemiddeld 17% (10-22%), het aandeel van het bietenloof in de totale eos-aanvoer inclusief organische mest bedraagt 15% (9-19%).



Figuur 3. **Aanvoer van effectieve organische stof (kg per ha) via gewasresten en organische mest op de modelbedrijven.**

De eos-aanvoer moet worden afgezet tegen de jaarlijkse humusafbraak. Als wordt uitgegaan van een jaarlijkse afbraak van 2% van de organische stof dan zal bij een bouwvoordikte van 25 cm bij een organische stofgehalte van 2, 3 en 4% circa 1300, 2000 en 2600 kg eos per ha per jaar afbreken. Figuur 3 laat zien dat, indien het bietenloof wordt afgevoerd, op veel akkerbouwbedrijven de organische stoftoevoer krap is. Afvoer van bietenloof leidt bij de gehanteerde uitgangspunten op de lange termijn tot een daling van de organische stofgehalten met 0,2-0,5% (absoluut). Afhankelijk van de uitgangssituatie en aanvoer aan organische stof in het bouwplan kan compensatie van het afvoeren van organische stof met bietenloof wenselijk zijn.

Om het verlies aan organische stof bij het afvoeren van bietenloof te compenseren zijn er een aantal opties mogelijk. Dit kan in de eerste plaats via de keuze voor de soort organische mest. Op dit moment wordt op de akkerbouwbedrijven vooral varkensdrijfmest gebruikt. Deze mestsoort levert verhoudingsgewijs weinig eos binnen de fosfaatgebruiksnorm (Tabel 7). Door organische mestsoorten te gebruiken met een ruime eos/P-verhouding kan de eos-aanvoer binnen de gebruiksnormen worden verhoogd. Voorbeelden hiervan zijn runderdrijfmest, dikke fractie van rundermest en compost. In Tabel 7 is voor deze producten aangegeven hoeveel varkensdrijfmest moet worden vervangen om het eos-verlies van het bietenloof (120-340 kg eos per ha op bedrijfsniveau, zie hierboven) te compenseren. Voor runderdrijfmest betekent dit bijvoorbeeld dat op bedrijfsniveau 5-15 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha varkensdrijfmest moet worden vervangen door runderdrijfmest. Voor compost bedraagt dit vanwege de fosfaatvrijstelling slechts 2-7 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha. Hierbij moet wel worden benadrukt dat de genoemde



mestsoorten slechts op beperkte schaal beschikbaar zijn en daardoor geen oplossing bieden voor toepassing op grote schaal.

Als compensatie van het eos-verlies als gevolg van het afvoeren van het bietenloof volledig zou moeten plaatsvinden met varkensdrijfmest(producten) dan zou 30-80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha extra op het bedrijf moeten worden aangevoerd. Deze hoeveelheid is fors hoger dan de fosfaatafvoer met het bietenloof (5-10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha op bedrijfsniveau), omdat varkensmest per eenheid P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> minder eos bevat dan bietenloof (Tabel 7).

Wanneer een andere organische mestsoort geen optie is, kan nog worden overwogen het graanstro in te werken of meer groenbemesters te telen. Per ha graan levert het inwerken van het stro circa 650 (zomergerst) en 1000 (wintertarwe) kg eos per ha, een ha goed geslaagde groenbemester 900-1000 kg eos per ha. Globaal betekent dit voor elke ha afgevoerd bietenloof er een ha tarwestro moet worden ingewerkt of een ha groenbemester moet worden geteeld. De toepasbaarheid van deze maatregelen hangt echter wel af van het aandeel graan en de mogelijkheden voor de teelt van extra groenbemesters (aaltjessituatie, oogsttijd gewassen, herinzaai van de in de herfst gezaaide hoofdgewassen).

Tabel 7. **Eos/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding van diverse organische mestproducten, maximale eos-aanvoer binnen gebruiksnormen (N-gebruiksnorm dierlijke mest en fosfaatgebruiksnorm<sup>1</sup>) en benodigde vervanging van varkensdrijfmest door andere mestsoorten om eos-verlies bij afvoeren bietenloof te compenseren.**

	EOS/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -verhouding	Maximale eos-aanvoer binnen gebruiksnormen <sup>1</sup>	Benodigde vervanging varkensdrijfmest om eos-verlies door afvoer bietenloof te compenseren (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> per ha op bedrijfsniveau)
Varkensdrijfmest	4.3	285	-
Runderdrijfmest	30	1865	5-15
Dikke fractie, varken	4.5	290	-
Dikke fractie, rund	12.5	810	15-40
GFT-compost	28.6	1855/3710 <sup>2</sup>	5-15/2-7 <sup>2</sup>
Bietenloof	25	-	-

1 N-gebruiksnorm dierlijke mest: 170 kg N per ha; fosfaatgebruiksnorm: 65 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha

2 eos-aanvoer bij respectievelijk geen/wel fosfaatvrijstelling van compost

## Conclusie

In het algemeen is de organische stofaanvoer op veel akkerbouwbedrijven krap (1300-1800 kg eos per ha) ten opzichte van de gemiddelde jaarlijkse afbraak (1500-2500 kg eos per ha). Het suikerbietenloof levert circa 900 kg effectieve stof per ha suikerbieten en levert daarmee op bouwplanniveau een substantiële bijdrage aan de organische stofvoorziening (120-340 kg eos per ha). Bij het afvoeren van het bietenloof is compensatie binnen de bestaande gebruiksnormen mogelijk door de in de akkerbouw veel gebruikte varkensdrijfmest deels te vervangen door runderdrijfmest, vaste fractie van runderdrijfmest of compost (producten die relatief veel organische stof per kg fosfaat bevatten). Deze producten zijn echter slechts op beperkte schaal beschikbaar. Andere opties, voor zover toepasbaar in de bedrijfsvoering, zijn het inwerken van stro op graanland en het telen van extra groenbemesters. Globaal moet voor elke ha afgevoerd bietenloof één ha tarwestro worden ingewerkt of één ha groenbemester worden geteeld.

## 5. Nitraatuitspoeling

### Experimenteel onderzoek uitspoeling van N in bietenloof

Nitraatuitspoeling op bouwland na suikerbietenteelt met en zonder afvoer van bietenloof is gemeten in een veldproef op zandgrond te Vredepeel in 2007/08 (De Ruijter et al, 2010). Half maart 2008 bedroeg de nitraatuitspoeling tot dieper dan 90 cm 5-10% van de N-inhoud van het bietenloof. Op basis van metingen bij andere gewassen, wordt aangenomen dat de uitspoeling uit bietenloof in een warmer najaar ruwweg verdubbelt tot 10-20% van de N-inhoud van het bietenloof. Relatief lage uitspoelingsverliezen uit bietenloof zijn eerder gevonden (Olsson and Bramstorp, 1994), met als maximum schatting een nitraatuitspoeling van 30% van de N-inhoud aan het begin van de teelt van het volggewas.

Blijkbaar draagt het verwijderen van de gewasresten van suikerbieten sterker bij aan verlaging van het N-overschot (verlaging op perceelsniveau is ca. 110 kg N per ha) dan aan de verlaging van de N-uitspoeling (verlaging op perceelsniveau circa 15-30 kg N per ha). Het verschil tussen overschot en nitraatuitspoeling is stikstof die in de bodem achterblijft (als minerale en organische N) of via gasvormige verliezen (denitrificatie, ammoniak) verloren gaat.

### Scenarioberekeningen verwijderen bietenloof

In 2011 zijn er in het kader van de ex-ante Evaluatie Meststoffenwet 2012 scenario's doorgerekend waarin het bietenloof is afgevoerd (Schröder et al., 2011). Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor het akker- en tuinbouwareaal op zand- en lössgrond (gebiedsniveau). Er is gebruik gemaakt van het WOG-model, dat het nitraatgehalte in het bovenste grondwater berekent, gegeven een bepaald bemestingsniveau (Van Dijk & Schröder, 2007). In Tabel 8 zijn de resultaten samengevat.

Bij toepassing van de gebruiksnorm 2013 wordt een nitraatgehalte berekend van 64 en 67 mg per liter voor respectievelijk zand- en lössgrond, in beide gevallen ligt dit boven de norm van 50 mg per liter. Het afvoeren van het bietenloof leidt tot een aanzienlijke verlaging van het nitraatgehalte op zowel zand- als lössgronden. Het effect is op lössgrond groter, omdat het aandeel suikerbieten hier hoger is dan in het zandgebied.

Met het model kan ook worden berekend in welke mate de gebruiksnorm 2013 nog zou moeten worden verlaagd om te voldoen aan de nitraatnorm. Wanneer het bietenloof op het land achterblijft moet de gebruiksnorm 2013 nog met respectievelijk 23 (zand) en 35% (löss) worden gekort (Tabel 8). Wanneer het bietenloof wordt afgevoerd hoeft, om te voldoen aan de nitraatnorm, op zand de gebruiksnorm 2013 dan met nog maar 5% te worden gekort (in plaats van met 23% bij niet afvoeren van het bietenloof). Op lössgrond is zelfs geen korting meer nodig.

Tabel 8. **Effect van het afvoeren van het bietenloof op het nitraatgehalte in het bovenste grondwater en de noodzakelijke korting op de gebruiksnorm (GN) 2013 (%) om te voldoen aan de nitraatnorm.**

	Zand		Löss	
	Niet afvoeren	Afvoeren	Niet afvoeren	Afvoeren
Nitraatgehalte (mg/l) bij GN 2013	64	53	67	43
Korting GN 2013 (%) voor realiseren nitraatnorm <sup>1,2</sup>	23	5	35	0

1 korting toegepast op uitspoelingsgevoelige gewassen

2 betreft alle situaties met een stikstofgebruiksnorm waarmee voldaan wordt aan de nitraatnorm

### Kanttekening bij WOG-model

Het WOG-model berekent de uitspoeling vanuit het N-bodemoverschot via de uitspoelfractie die aangeeft welk deel van het N-bodemoverschot uitspoelt. De uitspoelfractie is gebaseerd op metingen in het Landelijk Meetnet Mestbeleid (LMM) waarin op een groot aantal praktijkbedrijven zowel het N-bodemoverschot als het nitraatgehalte zijn gemeten (Fraters et al., 2011).

De gevonden uitspoeling na het achterlaten van bietenloof in de bovengenoemde experimenten is lager dan de gehanteerde uitspoelfracties in het WOG-model (voor een gemiddelde zandgrond bijvoorbeeld 58%). Dit zou erop kunnen duiden dat het WOG-model het effect van het afvoeren van het bietenloof op de vermindering van de uitspoeling overschat. Anderzijds is de uitspoelfractie in LMM afgeleid van metingen op akkerbouwbedrijven waar ook suikerbieten werden geteeld. Als de uitspoelfractie van de N in bietenloof lager is, zou dit betekenen dat de uitspoelfractie van N uit andere bronnen (andere

gewasresten, organische mest of achtergebleven minerale bodem-N) hoger zou zijn. Binnen het LMM heeft voornamelijk geen nadere analyse plaatsgevonden naar het effect van het soort overschot op de uitspoelfracties.

Verder moet nog worden benadrukt dat in de genoemde veldexperimenten de uitspoeling alleen tot de oogst van het volggewas is gemeten. Uitspoelingsverliezen die daarna nog kunnen optreden zijn niet meegenomen.

### **Conclusie**

Veldexperimenten waarin de stikstofuitspoeling is gemeten na het inwerken van bietenloof laten zien dat 5-30% van de in het loof aanwezige N uitspoelde in de daaropvolgende winter. Scenarioberekeningen op zand- en lössgrond hebben laten zien dat afvoeren van het bietenloof leidt tot vermindering van de uitspoeling en dat de stikstofgebruiksnorm minder hoeft te worden gekort om te voldoen aan de nitraatnorm.

## 6. Conclusies

- Met het bietenloof wordt circa 110 kg N en 35 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha afgevoerd.
- Door het bietenloof af te voeren vervalt de korte termijn N-nalevering voor het eerstvolgende gewas van 30 kg N per ha suikerbieten. Met deze nalevering is echter bij het vaststellen van de stikstofgebruiksnormen geen rekening gehouden waardoor compensatie niet nodig is. Op de langere termijn kan het afvoeren van het bietenloof leiden tot een lager N-mineralisatieniveau. Per ha suikerbieten gaat het hier om circa 45 kg N per ha. Na aftrek van de korte termijn nalevering van 30 kg N per ha is een compensatie van 15 kg N per ha bij het afvoeren van het bietenloof in theorie te rechtvaardigen.
- Afhankelijk van het aandeel suikerbieten in het bouwplan neemt de fosfaatafvoer op bouwplanniveau van akkerbouwbedrijven met 5-10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha toe. Bij een toestand Hoog zal dan op veel bedrijven de afvoer hoger zijn dan de gebruiksnorm 2013. Dit zal op termijn leiden tot een daling van de fosfaattoestand tot in het Pw-traject 36-55 (Neutraal). Ook in die klasse zal op een deel van met name klei- en lössbedrijven meer fosfaat worden afgevoerd dan er kan worden aangevoerd. Een verdere daling naar de klasse Laag (25-35) zal dan op termijn gaan plaatsvinden. Een verdere daling is niet te verwachten, omdat de fosfaatafvoer, ook indien het bietenloof wordt afgevoerd, in veel gevallen ruim lager is dan de gebruiksnorm van 85 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha. Verwacht mag worden dat de Pw zich dan tussen 30 en 35 zal stabiliseren. Dat is een waarde die hoger is of ongeveer gelijk is aan de landbouwkundige streefwaarde. Een Pw van 30-35 zal in het algemeen niet tot grote knelpunten leiden. Wel zal op bedrijven met een hoog aandeel fosfaatbehoefte gewassen (o.a. aardappelen, uien, fosfaatbehoefte groenten) het risico van een fosfaattekort wat hoger zijn. Een juiste verdeling van de fosfaatbemesting over de gewassen en een juiste toedieningstechniek zal dan belangrijker worden.
- In het algemeen is de organische stofaanvoer op veel akkerbouwbedrijven krap (1300-1800 kg eos per ha) ten opzichte van een jaarlijkse afbraak (1500-2500 kg eos per ha). Het suikerbietenloof levert circa 900 kg effectieve stof per ha suikerbieten en levert daarmee op bouwplanniveau een substantiële bijdrage aan de organische stofvoorziening (120-340 kg eos per ha). Bij het afvoeren van het bietenloof is compensatie binnen de bestaande gebruiksnormen mogelijk door de in de akkerbouw veel gebruikte varkensdrijfmest deels te vervangen door runderdrijfmest, vaste fractie van runderdrijfmest of compost (producten die relatief veel organische stof per kg fosfaat bevatten). Deze producten zijn echter slechts op beperkte schaal beschikbaar. Als het verlies aan eos bij het afvoeren van het bietenloof moet worden gecompenseerd via varkensdrijfmest(producten) dan zou de fosfaatgebruiksnorm met 30-80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha moeten worden verhoogd. Deze toeslag is fors hoger dan de extra fosfaatafvoer door de afvoer van het bietenloof (5-10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha op bedrijfsniveau). Andere opties, voor zover toepasbaar in de bedrijfsvoering, zijn het inwerken van stro op graanland en het telen van extra groenbemesters. Globaal moet voor elke ha afgevoerd bietenloof één ha tarwestro worden ingewerkt of één ha groenbemester worden geteeld.
- Veldexperimenten waarin de stikstofuitspoeling is gemeten na het inwerken van bietenloof laten zien dat 5-30% van de in het loof aanwezige N uitspoelde in de daaropvolgende winter. Scenarioberekeningen op zand- en lössgrond hebben laten zien dat afvoeren van het bietenloof leidt tot vermindering van de uitspoeling en dat de stikstofgebruiksnorm minder hoeft te worden gekort om te voldoen aan de nitraatnorm.

## 7. Referenties

- Anonymus, 2009. Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroentegewassen. Lelystad, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving.
- Beiss, U., 1987. Zuckerrüberblatt – Umsetzung und Wirkung bei Verbleib auf dem Feld. Zuckerindustrie 112:531-538.
- De Ruijter, F.J., Brooijmans, P.W.A.M., Wilting, P., Huijbregts, A.W.M., Raap, J.F.M., Corré, W.J., 2009. Afvoer en vergisting van bietenloof : burostudie naar de effecten op nutriënten, emissies en energie. Wageningen, Plant Research International, Rapport 241. <http://edepot.wur.nl/5357>
- De Ruijter, F.J., Ten Berge, H.F.M., Smit, A.L., 2010. The fate of nitrogen from crop residues of broccoli, leek and sugar beet. Acta Horticulturae, 852: 157-162.
- De Willigen, P., Wadman, W.P., Van Noordwijk, M., 1992. Modelberekeningen omtrent de risico's aan minerale stikstofopbouw in het najaar bij enige akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten. In: H.G. van der Meer & J.H.J. Spiertz (Eds), Stikstofstromen in agro-ecosystemen, CABO-DLO, Wageningen, 87-101.
- Ehlert, P.A.I., Dekker, P.H.M., Van der Schoot, J.R., Visschers, R., Van Middelkoop, J.C., Van der Maas, M.P., Pronk, A.A., Van Dam, A.M. 2009 Fosforgehalten en fosfaatafvoercijfers van landbouwgewassen. Eindrapportage. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 1773
- Fraters, B., T. van Leeuwen, A. Hooijboer, M. Hoogeveen, L. Bouwmans & J. Reijs, 2011. Notitie herziening stikstofuitspoelfracties in verband met het toevoegen van meetgegevens voor de periode 2005-2009, RIVM, Bilthoven, 20 pp.
- Hanse, B., Huijbregts, T. 2011. Duurzaamheid teelt van suikerbieten voor covergisting. Resultaten 2008-2010 van vijf telers in het project Energieboerderij. Bergen op Zoom, Stichting IRS, 11P05. <http://www.irs.nl/ccmsupload/ccmsalg/11P05%20Duurzaamheid%20teelt%20suikerbieten%20voor%20vergisting%20-%20%20Energieboerderij.pdf>
- Olsson, R. and Bramstorp, A., 1994. Wo bleibt der Stickstoff aus Rübenblatt und Köpfen? Zuckerrübe 43(5): 310-313.
- Salo, M.,L., 1978. Ensiling, preservation losses and effluent binding of sugar beet tops. Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland 50:297-304.
- Schils René, Wim van Dijk, Jantine van Middelkoop, Jouke Oenema, Koos Verloop, Jan Huijsmans, Phillip Ehlert, Caroline van der Salm , Henk van Reuler, Peter Vreeburg, Arjan Dekking, Willem van Geel en Jan Rinze van der Schoot, 2012. Effect van mestbeleid op bodemvruchtbaarheid en gewasopbrengst. Evaluatie Meststoffenwet 2012: deelrapport ex post. Wageningen, Alterra, rapport nr. 2266 (in voorbereiding).
- Schröder, J.J., W. van Dijk & H. Hoek, 2011. Modelmatige verkenningen naar de relaties tussen stikstofgebruiksnormen en de waterkwaliteit van landbouwbedrijven. Onderzoek in het kader van de Evaluatie Meststoffenwet 2011. Wageningen, Plant Research International, rapport nr. 415, 52 pp.
- Smit, A.B., Struik, P.C., Van Niejenhuis, J.H., 1995. Nitrogen effects in sugar beet growing: a module for decision support. Netherlands Journal of Agricultural Science 43:391-408.
- Smit, A.L. & Van der Werf A, 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, p.51-69.
- Van der Beek, M.A., 1991. Meststoffen1/2: 24-29.

Van der Schoot, J.R. & W. van Dijk, 2000. N/P-afvoer bij akkerbouw en vollegrondsgroentegewassen. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, projectrapport, Lelystad.

Van Dijk, W. & J.J. Schröder, 2007. Adviezen voor stikstofgebruiksnormen voor akker- en tuinbouw op zand- en lössgrond bij verschillende uitgangspunten. Lelystad, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, publicatie nr. 371, 78 pp.

Van Dijk, W. & Van Geel, W.C.A., 2011. Adviesbasis Bemesting Akkerbouw- en Vollegrondsgroentegewassen, [www.kennisakker.nl](http://www.kennisakker.nl)

Van Dijk, W. , P.H.M. Dekker, H.F.M. ten Berge, A.L. Smit & J.R. van der Schoot, 2007. Aanscherping van fosfaatgebruiksnormen op bouwland bij akker- en tuinbouwgewassen. Verkenning van noodzaak en mogelijkheden tot differentiatie. Lelystad, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, publicatie nr. 367, 84 pp.

Van Erp, P. & De Jager, K., 1992. Drogestofproductie, N-opneming en N-bemesting van winterrogge geteeld als groenbemester. Meststoffen, 21-30.

Van Geel, W.C.A., 2008. Effect verlaging gebruiksnorm en afvoer gewasresten op de nitraatuitspoeling; Deelonderzoek voor Telers Mineraal Paraat uitgevoerd in 2005-2007 binnen project Nutriënten Waterproof. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Sector AGV, PPO-nr. 32500181, Lelystad.

Westerdijk, C., 1992. Effect van gedeelde bemesting en/of 'slow-release'-bemesting op efficiency/recovery van de N-bemesting bij suikerbieten. PAGV Interne mededeling nr. 883.