



**Bemesting met  
maaimeststoffen  
bij Van Strien**

Samenvattend  
eindrapport  
2011 - 2015

Monique Hospers-Brands  
Joost van Strien

de natuurlijke kennisbron

**LOUIS BOLK**  
I N S T I T U U T

© 2015 Louis Bolk Instituut

Bemesting met maaimeststoffen bij Van Strien -  
Samenvattend eindrapport 2011 - 2015

Ir. Monique Hospers-Brands, Joost van Strien

Zoektermen: kringloop, stikstof,  
maaimeststoffen, compost, NDICEA

Publicatienummer 2015-048 LbP

34 pagina's

[www.louisbolk.nl](http://www.louisbolk.nl)


[info@louisbolk.nl](mailto:info@louisbolk.nl)

T 0343 523 860

F 0343 515 611

Hoofdstraat 24

3972 LA Driebergen

 @LouisBolk

Louis Bolk Instituut: onafhankelijk, internationaal kennisinstituut  
ter bevordering van écht duurzame landbouw, voeding en gezondheid

## Voorwoord

Dit verslag is voortgekomen uit het project Bedrijfs optimalisatie Bemesting, binnen het programma BO-31.03-001-009, onderdeel van de PPS Duurzame Bodem, gefinancierd door het ministerie van Economische Zaken.

Bij strengere normen voor stikstof en fosfaat toediening via meststoffen worden bodem interne processen in toenemende mate belangrijk voor plantenvoeding en opbrengst. Mineralen kunnen immers in veel mindere mate van buitenaf aangevoerd worden. Hoe kunnen, tegen deze achtergrond, de interne mineralenstromen binnen een bedrijf, met name die van stikstof en fosfaat, optimaal ingezet worden? Dat was de centrale vraag in dit project. Daarbij is onder meer gebruik gemaakt van bedrijfsinterne processen als stikstofbinding door vlinderbloemigen en het mobiliseren van mineralen uit diepere bodemlagen.

Dit project had niet uitgevoerd kunnen worden zonder Geert Jan van der Burgt, die het heeft opgestart. Dank!

Ook het laboratorium van het Louis Bolk Instituut dank ik voor hun inzet. Speciale dank gaat uit naar Joost van Strien, die op zijn bedrijf de hier beschreven proeven heeft aangelegd en onderhouden, en naar Jan Bokhorst, die de kuilbeoordeling heeft uitgevoerd en het rapport in de conceptfase van commentaar heeft voorzien.

Monique Hospers-Brands,  
Driebergen, november 2015



# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>Summary</b>	<b>8</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>9</b>
1.1 Maaimeststoffen	9
1.2 Onderzoek op praktijkschaal bij Van Strien	9
1.2.1 <i>Bedrijfsontwerp</i>	9
1.2.2 <i>Veldonderzoek</i>	10
<b>2 Materiaal en methoden</b>	<b>11</b>
2.1 Overzicht van de experimenten	11
2.2 Analyses	12
<i>Bodemanalyses</i>	13
2.3 NDICEA berekeningen	13
<b>3 Resultaten</b>	<b>14</b>
3.1 Beschrijving van het perceel	14
3.2 Bodem	14
3.2.1 <i>Algemene bodemkenmerken</i>	14
3.2.2 <i>Beschikbaarheid van voedingsstoffen</i>	16
3.2.3 <i>Bodembiologie</i>	16
3.3 Bemesting	18
3.4 Gewassen	19
3.4.1 <i>Aardappelen</i>	20
3.4.2 <i>Zomertarwe</i>	20
3.4.3 <i>Suikermais</i>	20
3.4.4 <i>Sjalotten</i>	20
3.4.5 <i>Spinazie</i>	20
3.4.6 <i>Kool</i>	21
3.5 Stikstofdynamiek	21
3.5.1 <i>NDICEA</i>	21
3.5.2 <i>Mineralisatie</i>	21
3.6 Mineralenbalansen	23
3.7 Organische stof	23
3.8 Bedrijfseconomie	24
3.8.1 <i>Kostprijs per kilogram stikstof</i>	24
3.8.2 <i>Gevoeligheidsanalyse</i>	25
3.8.3 <i>Niet alleen de kostprijs telt</i>	26
<b>4 Conclusies</b>	<b>27</b>
<b>Literatuur</b>	<b>29</b>
<b>Bijlage 1: Bemesting per jaar</b>	<b>31</b>
<b>Bijlage 2: Bodemanalyses chemisch</b>	<b>32</b>
<b>Bijlage 3: Bodemanalyses biologisch</b>	<b>33</b>
<b>Bijlage 4: Mineralenbalansen, alle MMS varianten</b>	<b>34</b>



## Samenvatting

In dit rapport worden de samenvattende resultaten beschreven van vier jaar veldonderzoek naar bemesting met maaimeststoffen vergeleken met bemesting met dierlijke mest.

Maaimeststoffen zijn gewassen, in de regel vlinderbloemigen, die worden gemaaid, en vervolgens als plantaardige meststof worden ingezet op een ander perceel dan waar ze geteeld zijn.

Voor het akkerbouwbedrijf van Joost van Strien is een bedrijfsontwerp gemaakt, gebaseerd op stikstofvoorziening door maaimeststoffen (grasklaver en luzerne). Dit ontwerp is vervolgens in vier veldjaren in de praktijk getoetst en vergeleken met een standaard bemesting met dierlijke mest.

Het blijkt goed mogelijk te zijn om bij meerdere gewassen de stikstofvoorziening met maaimeststoffen te verzorgen zonder daarbij opbrengst in te leveren. Bijvoorbeeld bij aardappelen, granen, spinazie, suikermais, kool. Wel is het belangrijk om de maaimeststoffen tijdig uit te brengen, om de mineralisatieprocessen (=het bodemleven) voldoende tijd te geven de stikstof die erin gebonden is vrij te maken. Ook zijn maaimeststoffen meer dan andere (dierlijke) mineralenbronnen gevoelig voor droge perioden waarin de mineralisatie geremd is. Met name in gewassen met een korte groeicyclus (spinazie) of gewassen die in een bepaalde groeifase gevoelig zijn voor de hoeveelheid beschikbare stikstof (tarwe) kan dat voor problemen zorgen.

Op bedrijfsniveau kan de interne stikstofhuishouding grotendeels gevoed worden door stikstofbinding uit de lucht, en kan de verdere aanvoer van stikstof van buiten het bedrijf tot een minimum beperkt worden.

Na vier jaar toepassing van maaimeststoffen op hetzelfde perceel zijn de effecten op de bodemkwaliteit beperkt. In een aantal analyses is de trend te zien dat maaimeststoffen leiden tot een actiever bodemleven en een betere bodemkwaliteit, maar de omvang van deze verbetering is na vier seizoenen nog niet groot.

## Summary

This report describes the summary results of four years of field research into fertilizing with cut-and-carry fertilizer compared to fertilization with manure.

Cut-and-carry fertilizers are crops, usually legumes, which are mowed, and then as plant fertilizer are applied on a different plot than where they were grown.

For the arable farm of Joost van Strien a farming system was designed, based on the use of alfalfa and grassclover as cut and- carry fertilizer. In the following four years this design was tested in field experiments, and compared to a standard fertilisation with animal manure.

It appears to be possible to provide different crops with nitrogen from cut-and-carry fertilizes. For example potatoes, cereals, spinach, sweet corn, cabbage. It is important to apply the cut-and-carry fertilizer in time, in order to provide the mineralization processes (=soil life) with sufficient time to release the nitrogen that it is bound in the legume. Besides, cut-and-carry fertilizers are more than other (animal) mineral sources sensitive to dry periods where the mineralization is inhibited. In particular in crops with a short growth cycle (spinach) or crops which are in a particular growth phase sensitive for the amount of available nitrogen (wheat) this can cause problems.

After four years of application of cut-and-carry fertilizers on the same plot the effects on soil quality are limited. In a number of analyses the trend can be seen that of cut-and-carry fertilizers lead to a more active soil life and improved soil quality, but the extent of this improvement after four seasons is not great.



# 1 Inleiding

## 1.1 Maaimeststoffen

Maaimeststoffen geven de mogelijkheid een aanzienlijke hoeveelheid stikstof het bedrijf binnen te halen zonder dat daarmee ook fosfaat binnengebracht wordt. Maaimeststoffen vormen daarmee een (deel)antwoord op de problematiek van een te grote aanvoer van fosfaat indien de stikstofvoorziening van de gewassen voornamelijk draait op aanvoer van dierlijke mest.

Een maaimeststof kan vers, ingekuuld of gedroogd toegepast worden. Verse toepassing vereist de minste bewerkingen (conserveren en opslag is niet nodig), maar kan alleen als op het gewenste bemestingsmoment ook een maaibaar gewas op het land staat. Dat is vaak niet het geval. Conserveren van de maaimeststof kan door deze in te kuilen of te drogen. Dat vergroot de flexibiliteit van de toepassing, maar vraagt ook extra arbeid, mechanisatie en opslagfaciliteiten.

In 2007 – 2010 is in dit kader in het project “Minder en Anders Bemesten”(MAB) aangetoond dat maaimeststoffen als zodanig een volwaardig alternatief vormen voor het gebruik van dierlijke mest<sup>13</sup>. De consequenties op bedrijfsniveau zijn echter groot als besloten wordt maaimeststoffen een belangrijke positie te geven in de bemestingsstrategie. Om deze uitdaging op te pakken is een vervolgonderzoek gestart op het akkerbouwbedrijf van Joost van Strien in Ens, Noordoostpolder.

## 1.2 Onderzoek op praktijkschaal bij Van Strien

Als eerste is, op basis van de bestaande vruchtwisseling en gewaskeuze van Van Strien, onderzocht hoe dit bedrijf zou kunnen functioneren met maaimeststoffen als primaire stikstofbron. Dit heeft geresulteerd in een bedrijfsontwerp, dat vervolgens in veldonderzoek in de praktijk is getoetst, en vergeleken met de bestaande bedrijfsvoering gebaseerd op de aanvoer van dierlijke mest.

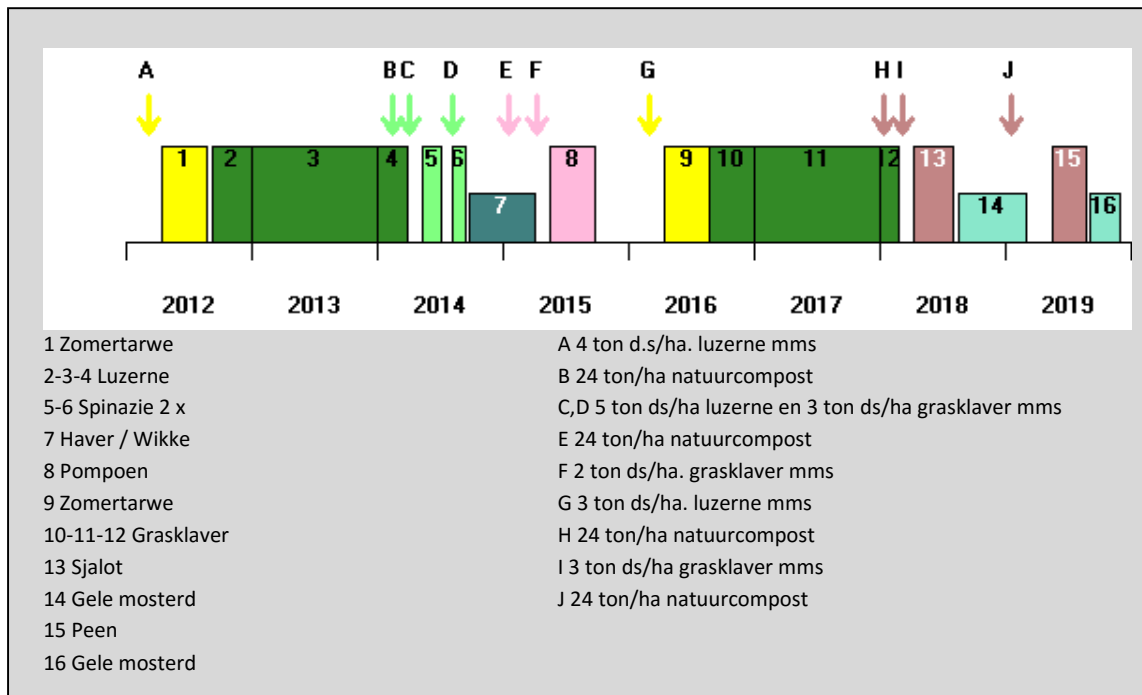
### 1.2.1 Bedrijfsontwerp

Het bedrijfsontwerp was gebaseerd op de bestaande vruchtwisseling en gewaskeuze bij Van Strien: Een 8-jarige vruchtwisseling met grasklaver, luzerne en zomertarwe als rustgewassen, en een aantal andere gewassen (spinazie, sjalot, peen) als cash crops.

Randvoorwaarden waren:

- Gelijkblijvende opbrengsten t.o.v. de bestaande situatie met aanvoer van dierlijke mest.
- Geen aanvoer van dierlijke mest.
- Stikstofbinding door luzerne en/of grasklaver.
- Fosfaatbalans in evenwicht. De afvoer van fosfaat door de gewassen is gecompenseerd door de aanvoer van compost gemaakt uit maaisel van nabij gelegen natuurgebieden. Dit is derhalve een regionale invulling van het kringloopidee.
- Organische stofbalans tenminste in evenwicht of positief.

Het bedrijfsontwerp is doorgerekend met behulp van het stikstofmodel NDICEA<sup>15</sup>, en is weergegeven in Figuur 1<sup>3</sup>.



Figuur 1. Gewassen en bemestingen in het bedrijfsontwerp met maaimeststoffen.

### 1.2.2 Veldonderzoek

Vervolgens is op het bedrijf van Joost van Strien (Ens, Noordoostpolder) een meerjarige proef aangelegd waarin dit ontwerp is getoetst en vergeleken met de bestaande situatie met aanvoer van dierlijke mest.

Onderzoeksvragen daarbij waren:

- Wat zijn de effecten van een bemesting met maaimeststoffen op de stikstofbeschikbaarheid voor de gewassen en op de opbrengsten, vergeleken met de standaard bemesting met dierlijke mest.
- Worden de randvoorwaarden uit het bedrijfsontwerp, met name een fosfaatbalans in evenwicht en een positieve organische stofbalans, gerealiseerd?
- Wat zijn de meerjarige effecten van deze bemestingsstrategie op de bodemkwaliteit?

## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Overzicht van de experimenten

Op twee percelen (perceel 1A en perceel 3) is in de jaren 2011 – 2014 een brede strook binnen het perceel bemest met maaimeststoffen: verse of ingekuilde luzerne of grasklaver. De rest van het perceel kreeg de standaard bemesting met dierlijke mest. Met de maaimeststoffen (MMS) is steeds dezelfde hoeveelheid stikstof gegeven als met de dierlijke mest werd gegeven (MMS 100%); daarnaast zijn twee varianten aangelegd waarin met maaimeststoffen respectievelijk 75% en 50 % van de hoeveelheid stikstof gegeven met dierlijke mest is toegediend..

De verschillende bemestingsvarianten zijn in alle jaren op dezelfde plek aangelegd zodat ook meerjarige effecten zichtbaar konden worden. Alleen in jaren dat bemesting voor een gewas nodig was zijn maaimeststoffen toegepast.

De maaimeststof varianten lagen in een strook achter elkaar, ieder over 1/3 van de perceel lengte en over een breedte van 19 meter (6 bedden van 3,15 meter). Er zijn geen herhalingen aangelegd.

Daarnaast zijn in 2011, 2012 en 2013 op een aantal andere percelen experimenten met maaimeststoffen aangelegd. Zie Tabel 1 voor een overzicht van de experimenten.



*Door regelmatige bemonsteringen is de stikstofdynamiek op de proefpercelen gevolgd.*

Tabel 1. Experimenten in 2011 – 2014

Perceel	2011	2012	2013	2014
<b>DOORLOPENDE PROEFSTROKEN</b>				
<b>1A</b>	<b>Pompoen</b>	<b>Zomertarwe</b>	<b>Suikermais</b>	<b>Aardappel</b>
	RDM t.o.v. 3 niveau's MMS (verse grasklaver)	RDM t.o.v. 3 niveau's MMS (luzernekuil)	RDM t.o.v. 3 niveau's MMS (grasklaverkuil)	RDM t.o.v. 3 niveau's MMS (verse grasklaver)
<b>3</b>	<b>Sjalot</b>	<b>Wortelpeterselie</b>	<b>Zomertarwe</b>	<b>Grasklaver</b>
	RDM t.o.v. 3 niveau's MMS (verse grasklaver)	Geen bemesting	Kippenmest t.o.v. 3 niveau's MMS (grasklaverkuil)	Geen bemesting
<b>OVERIGE EXPERIMENTEN</b>				
			<b>Suikermais</b>	
			RDM t.o.v. MMS (grasklaverkuil)	
		<b>Aardappel</b>		
		MMS (verse grasklaver) met en zonder aanvullende RDM met Vinasse		
		<b>Spinazie</b>		
		RDM t.o.v. 3 niveau's MMS (verse grasklaver)		
		<b>Aardappel</b>		
		RDM met Vinasse t.o.v. MMS luzernekuil en MMS verse grasklaver		
	<b>Rode kool</b>			
	Vinasse t.o.v. MMS (verse luzerne)			

## 2.2 Analyses

### 2.2.1 Analyse van meststoffen

Op enkele uitzonderingen na zijn alle toegepaste meststoffen, inclusief de maaimeststoffen, geanalyseerd op drogestofgehalte, organische stofgehalte en gehalten aan stikstof, fosfaat en kali (standaard mestanalyse Altic). Waar mogelijk is de analyse gedaan vóór toepassing, zodat de toe te passen hoeveelheden aangepast konden worden aan de daadwerkelijke stikstofinhoud. In een aantal gevallen was dat praktisch niet haalbaar en is de bemesting gegeven op basis van geschatte gehalten. Daardoor kan een verschil optreden tussen de geplande hoeveelheid stikstof en de hoeveelheid die daadwerkelijk is gegeven.



*Indien mogelijk is vóór toediening een monster genomen van de toegediende bemesting.*

## 2.2.2 Bodemanalyses

### *Stikstofbeschikbaarheid*

Op de proefpercelen is in ieder van de varianten op minimaal drie momenten per jaar de stikstofbeschikbaarheid (hoeveelheid nitraatstikstof in kg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha, bepaald mbv de RQflex) in de laag 0-30 cm bepaald, op basis van 30 à 40 steken per monster.

### *Bodemkwaliteit*

Om te toetsen wat de effecten zijn van een meerjarige toepassing van maaimeststoffen op de bodemkwaliteit, vergeleken met de toepassing van dierlijke mest, is in 2015 een brede set bodemkwaliteitsbepalingen gedaan, zie Tabel 2. Deze waarnemingen zijn gedaan in de strook met 100% maaimeststoffen (MMS 100%) en in de standaard bemeste strook.

Om de algemene kwaliteit van de bodem samenvattend in beeld te brengen is een kuilbeoordeling gedaan. Deze is alleen op perceel 1A uitgevoerd. De verwachting is dat perceel 3 grotendeels hetzelfde beeld laat zien.

Daarnaast is een aantal chemische en biologische analyses uitgevoerd om eventuele verschillen tussen de beide percelen en tussen de verschillende behandelingen op het spoor te komen.

Tabel 2. Bodemkwaliteitsbepalingen 2015.

	Toelichting	Uitvoering
Kuilbeoordeling	Samenvattend beeld van het perceel <sup>11</sup>	Jan Bokhorst, Gaia Bodemonderzoek; 1 kuil op perceel 1A (100% MMS) en 1 kuil op perceel 1A (standaard)
Algemeen bodemonderzoek incl. sporenelementen	Fysische en chemische kenmerken van de bodem	BLGG AgroXpertus; Bemonstering; Grondmonster in de laag 0-30 cm, 30 à 40 steken/variant; Analysemethoden BLGG
KUO analyse	Hoeveelheid organisch en anorganisch gebonden fosfaat <sup>12</sup>	CBLB, Wageningen; Bemonstering; Grondmonster in de laag 0-30 cm, 30 à 40 steken/variant; Analysemethoden CBLB
Labiele koolstof (HWC) en labiele stikstof (PMN)	Maat voor bodemleven en bodemvruchtbaarheid <sup>14</sup>	Alterra, Wageningen; Bemonstering; Grondmonster in de laag 0-30 cm, 30 à 40 steken/variant; Analysemethoden Alterra
Wormen	Aantal wormen per soort	Laboratorium LBI; Bemonstering; 6 plaggen van 20 * 20 * 20 cm per variant

## 2.2.3 Gewasanalyses

In de verschillende varianten zijn middels proefrooiingen opbrengstbepalingen gedaan. Alleen in 2012 is dit achterwege gebleven, en zijn opbrengstverschillen bij de perceelooft ingeschat. Het geogste product is per variant geanalyseerd op drogestofgehalte en gehalten aan N, P en K.

## 2.3 NDICEA berekeningen

Het modelleren van de stikstofdynamiek kan helpen om meer inzicht te krijgen in de effecten van verschillende bemestingsstrategieën. Daarom zijn voor alle percelen en varianten modelleringen uitgevoerd met het stikstofsmodel NDICEA ([www.NDICEA.nl](http://www.NDICEA.nl)). Hierbij is voor zo ver mogelijk de voorgeschiedenis vanaf 2009, dus 2 jaar voor aanvang van de proef, opgenomen. In deze scenario's zijn de Nminmetingen, meststoffenanalyses en oogstbepalingen opgenomen. Waar analysegegevens niet beschikbaar waren is, uitgegaan van standaardgehalten.

### 3 Resultaten

De resultaten van ieder van de proefjaren zijn beschreven in de onderzoeksverslagen per jaar<sup>5, 9, 6, 7</sup>. In dit rapport wordt een samenvatting van deze resultaten gegeven, alleen voor de vergelijking tussen bemesting met 100% maaimeststoffen (MMS 100%) en de standaard bemesting.

#### 3.1 Beschrijving van het perceel

Het bedrijf is gelegen op een matig lichte zavelgrond met 20% afslibbaar, een pH van 7,6 en een organische stofgehalte van 2.6%. De fosfaat- en kalitoestand van de grond is goed en de percelen zijn goed ontwaterd.

Om de bodemkwaliteit in beeld te brengen is in 2015 op perceel 1A een kuilbeoordeling gedaan, zowel in de strook met maaimeststoffen als in de standaard.

Toen de kuil op perceel 1A werd gegraven groeiden hier erwten. Op beide plekken was een profiel zichtbaar waarin de bovenste 25 cm (de bouwvoor) goed doorworteld is, met daar onder een verdichte laag, en vrijwel geen wortels meer (zie Figuur 3). Dat komt overeen met de bevinding dat er op deze percelen alleen strooiselbewonende (0-10 cm) en bodembewonende (10-40 cm) regenwormen worden aangetroffen, en geen pendelaars (zie par.3.2.3). Bij de kuilbeoordeling zijn geen recente wormengangen van pendelaars aangetroffen.

Ook is te zien dat er ooit een diepere bodembewerking is uitgevoerd tot ca 44 cm diepte; de laag 30 – 44 cm is echter daarna weer sterk verdicht.

De indruk ontstaat van een bodem in opbouw, waarin de bodemlagen onder de bouwvoor nog ontsloten moeten worden.



*Figuur 2. In stikstofwortelknolletjes van vlinderbloemigen wordt luchtstikstof gebonden en beschikbaar gemaakt voor de plant.*

#### 3.2 Bodem

##### 3.2.1 Algemene bodemkenmerken

Enkele algemene bodemkenmerken, zoals aan het einde van de onderzoeksperiode geanalyseerd door BLGG, zijn weergegeven in Tabel 3 (voor een volledig overzicht over de analyseresultaten, zie Bijlage 1).

Tabel 3. Algemene bodemkenmerken van de onderzochte percelen, voor de standaard bemesting en de bemesting met maaimeststoffen. (Analyse BLGG AgroXpertus)  
MMS: bemesting met maaimeststoffen; Standaard: standaard bemesting met dierlijke mest.

	Perceel 1a		Perceel 3		Gemiddeld	
	MMS	Standaard	MMS	Standaard	MMS	Standaard
pH	7	7	7	7	7	7
OS (%)	3,1	3	3	3	3	3
Lutum (klei) (%)	10	11	11	12	10,5	11,5
Silt (%)	39	33	35	30	37	31,5
Zand (%)	40	46	44	48	42	47
Max hoeveelheid water (mmol+/kg)	55	52	53	51	54	51,5

Beide percelen hebben een tamelijk hoge pH (pH = 7) en een organische stof gehalte van 3 %. Er zijn geen verschillen tussen de verschillende bemestingsstrategieën. Dat is ook niet te verwachten na een onderzoeksperiode van 4 jaar. Het waterbergend vermogen is in de beide proefstroken met maaimeststoffen mogelijk iets hoger dan in de strook met de standaard bemesting.



#### Beschrijving bodemprofiel perceel 1A

0-5 cm	Vrijwel alleen kruimelstructuur, met name in de MMS-strook. Intensief doorworteld, met grauwe en rode wormen.
5-25 cm	Donkere laag, met vrijwel alleen afgerond blokkige structuurelementen; deels zijn deze binnenin vrij vast en niet poreus of doorworteld. Vrij veel poriën. Redelijk goed doorworteld. Actieve roze wortelknolletjes van de erwt op ca. 20 cm.
25-28 cm	Donkere laag, zeer dicht, hier en daar een wortel.
28-44 cm	Lichtgekleurde zeer humusarme laag. Is ooit bewerkt, maar weer sterk verdicht. Een enkele wortel tot ca. 37 cm.
44- cm	Oorspronkelijke gelaagdheid. Weinig poriën.

Figuur 3. Bodemprofiel op perceel 1A.

### 3.2.2 Beschikbaarheid van voedingsstoffen

De beschikbaarheid van voedingsstoffen in de bodem is weergegeven in Tabel 4 en Bijlage 1. Ook deze gegevens geven de indruk van een bodem in opbouw.

Het stikstofleverend vermogen is laag (64 – 68, landbouwpercelen hebben veelal een stikstofleverend vermogen van 100 – 150).

De fosfaatvoorraden zijn hoog (hoge P-AL- en hoge P-totaal-waarden). Het aandeel fosfaat dat in organische vorm is vastgelegd is aan de lage kant, 11 – 16 %. Op een beperkt aantal metingen op andere biologische bedrijven was dit 18 – 22 %.

Er zijn geen eenduidige effecten van de maaimeststoffen ten opzichte van dierlijke mest te zien. Voor veel bepalingen geldt dat op perceel 1a de hoogste waarden gevonden worden bij de strook met maaimeststoffen, terwijl op perceel 3 de hoogste waarden gevonden worden in de strook met de standaard bemesting met dierlijke mest (zie Tabel 4 en Bijlage 4).

Tabel 4. Analyses van beschikbare voedingsstoffen voor de onderzochte percelen, voor de standaard bemesting en de bemesting met maaimeststoffen.

	Perceel 1a		Perceel 3		Gemiddeld over twee percelen	
	MMS	Standaard	MMS	Standaard	MMS	Standaard
N-totale bodemvoorraad (mgN/kg)	1270	1260	1230	1290	1250	1275
N-leverend vermogen (kg N/ha)	63	68	64	68	64	68
P-bodemvoorraad (P-AL) (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g)	67	67	67	79	67	73
Pw (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l)	51	49	48	58	50	54
Ptot (KUO) (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g)	195	186	179	198	187	192
% P org (KUO)	16%	11%	14%	14%	15%	12%
K plant beschikbaar (mg K/kg)	119	121	67	87	93	104
S-leverend vermogen (kg S/ha)	45	43	35	45	40	44
Ca plant beschikbaar (kg Ca/ha)	55	25	139	220	97	122,5
Mg plant beschikbaar (mg Mg/kg)	60	61	55	60	57,5	60,5
Na plant beschikbaar (mg Na/kg)	6	6	9	8	7,5	7

### 3.2.3 Bodembiologie

De bodembiologische bepalingen, inclusief wormen, zijn weergegeven in Tabel 5 en Bijlage 5. Het lijkt er op dat bemesting met maaimeststoffen een hogere biologische activiteit van de bodem tot gevolg heeft: een grotere hoeveelheid labiele stikstof en een hogere stikstofmineralisatie (bodemlevenanalyse BLGG).

**De hoeveelheid labiele, makkelijk afbreekbare koolstof** verschilt niet als gevolg van de bemesting met maaimeststoffen.

**De hoeveelheid labiele stikstof** is op perceel 3 1/3 hoger in de proefstroken met maaimeststoffen. Dat wijst op een actiever bodemleven (hogere microbiële biomassa) en daarmee op een betere bodemkwaliteit.

Ook **de bodemlevenanalyse van BLGG** wijst op een actiever bodemleven in de stroken met maaimeststoffen.



**Wormen** Er worden grote aantallen wormen aangetroffen. Dat zijn met name strooiselbewoners en bodembewoners; pendelaars worden in het geheel niet gevonden. Dat laatste kan verklaard worden door de oppervlakkige bemonstering (0-20 cm), echter bij het graven van de profielkuil zijn ook weinig tot geen gangen van pendelaars aangetroffen.

De soortensamenstelling is beperkt tot 3 soorten per ecologische groep: voor de strooiselbewoners zijn dit *Lumbricus castaneus* (kleine aantallen), *Lumbricus rubellus* en *Eiseniella tetraedra* en voor de bodembewoners: *Allolobophora chlorotica* (kleine aantallen, alleen op perceel 3), *Aporrectodea rosea* (kleine aantallen) en *Aporrectodea caliginosa*.

Het aantal wormen lijkt niet beïnvloed te worden door de bemesting. Op perceel 1 is het aantal wormen in de MMS strook het grootst, op perceel 2 het kleinst.

De wormenpopulatie op de twee percelen is verschillend opgebouwd. Op perceel 3 is het aantal juveniele wormen erg groot. Hier groeide sinds de herfst van 2014 grasklaver; door de bodembedekking in de winter voorafgaand aan de bemonstering is de overleving van juveniele wormen mogelijk groter geweest. Het grote aantal adulte strooiselbewoners op perceel 1 in de MMS-strook wordt bepaald door één soort, *Eiseniella tetraedra*, met name in één van de 6 monsters aangetroffen.

De labiele C en N die als heet water extraheerbaar koolstof (HWC) en potentieel mineraliseerbare stikstof (PMN) worden gemeten kunnen komen uit allerlei vormen van gemakkelijk afbreekbare organische stof, waaronder microbiële biomassa, plantenresten, mest en compost. Mineraliseerbare N correleert vaak met de microbiële biomassa. HWC bestaat voor ongeveer de helft uit polysacchariden die door schimmels en bacteriën worden uitgescheiden. Daarnaast scheiden ook plantenwortels slijm uit. Dit speelt een rol bij het aan elkaar plakken van bodem-aggregaten en een goede bodemstructuur. HWC en PMN veranderen sneller dan het totale organische stofgehalte en zijn daarom goede indicatoren voor de bodemkwaliteit. In het algemeen wijzen hogere waarden op een betere bodemkwaliteit. (J.Bloem, 2015)

Tabel 5. Bodembioologische bepalingen voor de onderzochte percelen, voor de standaard bemesting en de bemesting met maaimeststoffen.

	Perceel 1a		Perceel 3		Bemesting		Percelen	
	MMS	Standaard	MMS	Standaard	MMS	Standaard	P1a-Gem	P3-Gem
HWC ( $\mu\text{g C/g}$ )	376	349	369	370	372	360	362	369
PMN ( $\text{mg N/kg}$ )	22	23	33	25	28	24	23	29
Bodemleven (BLGG) ( $\text{mg N/kg}$ )	24	18	25	21	25	20	21	23
<b>Wormen</b>								
<b>Aantal totaal</b>	<b>517</b>	<b>346</b>	<b>621</b>	<b>863</b>	<b>569</b>	<b>604</b>	<b>431</b>	<b>742</b>
Adult ( $\#/m^2$ )	321	138	100	179	210	158	229	140
Juveniel ( $\#/m^2$ )	183	179	467	642	325	410	181	554
<b>strooiselbewoners</b>	<b>292</b>	<b>88</b>	<b>271</b>	<b>367</b>	<b>281</b>	<b>227</b>	<b>190</b>	<b>319</b>
Adult ( $\#/m^2$ )	258	58	21	21	140	40	158	21
Juveniel ( $\#/m^2$ )	33	29	250	346	142	188	31	298
<b>bodembewoners</b>	<b>213</b>	<b>229</b>	<b>296</b>	<b>454</b>	<b>254</b>	<b>342</b>	<b>221</b>	<b>375</b>
Adult ( $\#/m^2$ )	63	79	79	158	71	119	71	119
Juveniel ( $\#/m^2$ )	150	150	217	296	183	223	150	256
<b>pendelaars</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

### 3.3 Bemesting

Niet op alle percelen is ieder jaar een bemesting gegeven.

In het bedrijfsontwerp is voorzien dat in 5 van de 8 jaar een bemesting wordt gegeven, aangevuld met 4 maal een gift groencompost.

Op de beide proefpercelen heeft in de vier onderzoeksjaren een deel van de ontworpen rotatie gelegen, zie Tabel 6.

Tabel 6. Vergelijking tussen het bedrijfsontwerp en perceel 1A en perceel 3, op enkele sleutelfactoren.

	Ontwerp	Perceel 1A, 2011 - 2014	Perceel 3, 2011 - 2014
Aantal jaar	8	4	4
Aantal bemestingen	5	4	2
Aantal maal groencompost	4	4	2
Aantal jaar grasklaver of luzerne	2	0	1

Op perceel 1A is in alle onderzoeksjaren bemest, en is ieder jaar groencompost toegediend. Op perceel 3 is in 2 van de 4 jaar een bemesting toegepast en is 2 maal groencompost toegediend. Met 1 van de 4 jaar in grasklaver komt perceel 3 in de onderzoeksjaren 2011 – 2014 grofweg overeen met een halve rotatie van het bedrijfsontwerp.

Tabel 7. Bemesting en aanvoer van nutriënten op de permanente proefstroken.

	Perceel 1A		Perceel 3	
	MMS 100%	Standaard	MMS 100%	Standaard
<b>2011</b>	Pompoen		Sjalot	
	20 ton/ha compost, 13 ton/ha verse grasklaver	20 ton/ha compost, 30 ton/ha runderdrijfmest	3 ton/ha verse grasklaver	15 ton/ha runderdrijfmest
<b>2012</b>	Zomertarwe		Wortelpeterselie	
	20 ton/ha compost, 10 ton/ha luzernekuil	20 ton/ha compost, 20 ton/ha runderdrijfmest	20 ton/ha compost	20 ton/ha compost
<b>2013</b>	Suikermais		Zomertarwe	
	20 ton/ha compost, 8 ton/ha grasklaverkuil	20 ton/ha compost, 40 ton/ha runderdrijfmest	20 ton/ha compost, 5 ton/ha grasklaverkuil	20 ton/ha compost, 4 ton/ha droge kippenmest
<b>2014</b>	Aardappelen		Grasklaver	
	20 ton/ha compost, 4,4 ton/ha verse grasklaver	20 ton/ha compost, 22 ton/ha runderdrijfmest	Geen bemesting	Geen bemesting
<b>Totaal aanvoer</b>				
Organische stof (ton/ha)	26	21	10	10
kg N/ha	791	770	328	321
kg P2O5/ha	318	293	153	212
kg K2O/ha	760	1118	388	420

### 3.4 Gewassen

In 2011 – 2014 zijn in verschillende gewassen ervaringen opgedaan met de bemesting met maaimeststoffen.

In vrijwel alle gewassen is het goed mogelijk gebleken om deze te bemesten met maaimeststoffen zonder ten opzichten van bemesting met dierlijke mest opbrengst in te leveren, zie Tabel 8. In enkele gevallen is er met maaimeststoffen een lagere opbrengst (spinazie 2012, zomertarwe 2013, aardappelen 2014); in 2012 en 2013 hangt dit samen met droge weersomstandigheden in de periode na het uitbrengen van de maaimeststoffen waardoor de mineralisatie slecht op gang is gekomen, en in 2014 met een later gewastype in de strook met maaimeststoffen gecombineerd met een vroege Phytophthora infectie.

Tabel 8. Opbrengsten in verschillende experimenten.  
 "MMS 100%": proefstrook bemest met maaimeststoffen met een N-gift gelijk aan die in 'standaard'.  
 'Standaard': proefstrook met de standaard bemesting met dierlijke mest

	2011	2012	2013	2014
<b>Permanente proefstroken</b>				
Perceel 1A	<i>Pompoen</i>	<i>Zomertarwe</i>	<i>Suikermais</i>	<i>Aardappelen</i>
	MMS 100%	12 ton/ha	5 ton/ha	10,1 ton/ha
	Standaard	12 ton/ha	5 ton/ha	5,3 ton/ha* <sup>1</sup>
				26,8 ton/ha
Perceel 3	<i>Sjalot</i>	<i>Wortelpeterselie</i>	<i>Zomertarwe</i>	<i>Grasklaver</i>
	MMS 100%	35,1 ton/ha	30 ton/ha	5 ton/ha
	Standaard	39,5 ton/ha	32 ton/ha	6,1 ton/ha
				nb
				nb
<b>Overige experimenten</b>				
			<i>Suikermais</i>	
	MMS 100%		6,7 ton/ha	
	Standaard		6,8 ton/ha	
		<i>Spinazie</i>		
	MMS 100%	12 ton/ha* <sup>2</sup>		
	Standaard	17 ton/ha		
		<i>Aardappel</i>		
	MMS luzernekuil	29 ton/ha		
	MMS grasklaver	29 ton/ha		
	Standaard	29 ton/ha		
		<i>Rode kool</i>		
	MMS verse luzerne (60 kg N)	93 ton/ha		
	Standaard (120 kg N)	110 ton/ha* <sup>3</sup>		

\*<sup>1</sup>: zeer slechte stand van het gewas

\*<sup>2</sup>: door droogte onvoldoende mineralisatie in maaimeststoffen

\*<sup>3</sup>: 2 maal zo veel stikstof gekregen als de MMS variant

In het onderstaande wordt dit voor verschillende gewassen nader toegelicht.

### 3.4.1 Aardappelen

Aardappelen zijn goed met maaimeststoffen te bemesten. In 2012 werden in een vergelijking tussen luzernekuil, verse grasklaver en runderdrijfmest vergelijkbare opbrengsten gehaald<sup>9</sup>. In 2014 waren de opbrengst verschillen echter onverwacht groot, ten nadele van de maaimeststoffen. De berekende hoeveelheid beschikbare stikstof in de eerste groeiperiode van de aardappelen was in de strook met maaimeststoffen hoger dan in de standaard; dat kan in aardappelen leiden tot een later gewastype, waarin de opbrengstvorming later op gang komt. In dit jaar met een vroege *Phytophthora* infectie heeft dat geleid tot een lagere opbrengst<sup>7</sup>.



### 3.4.2 Zomertarwe

Zomertarwe is gevoelig voor stikstofgebrek in de begingroei. In 2013 kwam door een droog voorjaar de mineralisatie van stikstof uit de maaimeststof laat op gang. Dat heeft geleid tot lagere opbrengsten in de met maaimeststof bemeste zomertarwe vergeleken met de met kippenmest bemeste tarwe<sup>6</sup>. In 2012 daarentegen was er geen opbrengstverschil te zien tussen de door omstandigheden niet bemeste standaard, en de proefstrook met maaimeststoffen. Blijkbaar was de nalevering vanuit de bodem ruim voldoende en hebben de maaimeststoffen daar weinig of niets aan toegevoegd<sup>9</sup>.



### 3.4.3 Suikermais

Ook suikermais kan met maaimeststoffen vergelijkbare opbrengsten halen als met runderdrijfmest (2013)<sup>6</sup>.

### 3.4.4 Sjalotten

In 2011 gaven de met maaimeststof bemeste sjalotten een 10% lagere opbrengst dan de met runderdrijfmest bemeste sjalotten, ondanks de grotere hoeveelheid stikstof die met de maaimeststoffen was gegeven. Er waren geen opbrengstverschillen tussen de verschillende trappen maaimeststoffen<sup>5</sup>.

Wel gaf de bemesting met runderdrijfmest een hogere bladmassa dan de bemesting met maaimeststoffen, als gevolg van de piek in de hoeveelheid beschikbare strikstof kort na toediening van de drijfmest.

### 3.4.5 Spinazie

In 2012 gaf de met maaimeststoffen bemeste spinazie een beduidend lagere opbrengst dan de met RDM bemeste spinazie. Deze verschillen werden in de laatste week voor de oogst zichtbaar. De NDICEA berekeningen laten zien dat na de bemesting met maaimeststoffen in de (korte) groeiperiode van de spinazie minder stikstof beschikbaar is gekomen dan na bemesting met drijfmest<sup>9</sup>.

In onderzoek in 2008 en 2009 gaf spinazie bemest met verschillende typen maaimeststoffen (verse en ingekulde grasklaver of luzerne) vergelijkbare opbrengsten als spinazie bemest met

kippenmest. Wel was het toen belangrijk om de maaimeststoffen lang genoeg voor de zaai van de spinazie (5 weken) uit te brengen om de mineralisatie voldoende tijd te geven om op gang te komen<sup>13</sup>. In 2012 was deze periode 3 weken.

### 3.4.6 Kool

In 2011 was de opbrengst van rode kool na bemesting met 70 kg N/ha uit maaimeststoffen ca 15 % lager dan na bemesting met 120 kg N/ha uit vinasse. Dit opbrengstverschil kan echter niet alleen aan het type meststof toegeschreven worden, aangezien ook de hoeveelheid stikstof die met de bemesting is gegeven sterk uiteenliep<sup>5</sup>.

## 3.5 Stikstofdynamiek

Om meer inzicht te krijgen in de dynamiek waarmee stikstof na verschillende typen bemesting beschikbaar komt voor de gewassen zijn de proefpercelen gemodelleerd met het NDICEA model<sup>15</sup>. Deze berekeningen zijn geïkt met metingen van de mineraal beschikbare stikstof in de bouwvoor op verschillende momenten tijdens de gewasgroei.

In Figuur 4 en Figuur 5 zijn de vruchtopvolging en het verloop van de minerale stikstof in de bodem weergegeven voor de beide proefpercelen.

### 3.5.1 NDICEA

NDICEA geeft in de regel een goede voorspelling van de hoeveelheden beschikbare stikstof: de gemeten N-mineraal waarden liggen dicht in de buurt van de berekende lijn, en volgen het zelfde patroon, zie Figuur 4 en Figuur 5. Er zijn echter enkele uitzonderingen; vaak lijken deze samen te hangen met droge perioden (voorjaar 2011, voorjaar / zomer 2013, met name op perceel 1A). Zie voor meer details de onderzoeksverslagen voor deze jaren<sup>3, 5, 9 en 6</sup>.

Een maat voor de overeenstemming tussen de gemeten en berekende waarden is de zg RMSE waarde<sup>16</sup>; voor een goede overeenstemming moet deze waarde onder de 20 liggen. Voor beide percelen zijn de RMSE waarden weergegeven in Tabel 9.

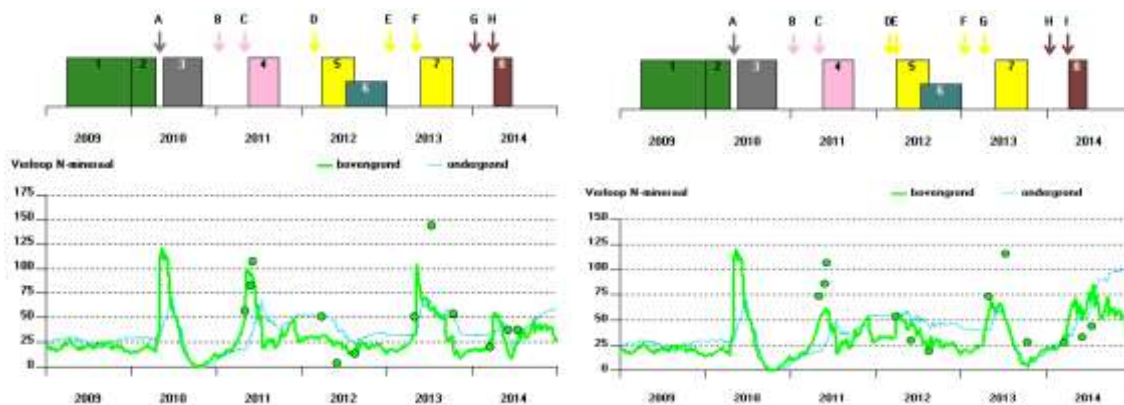
Tabel 9. RMSE waarden voor perceel 1A en perceel 3 in 2011 - 2014.

Variant	RMSE				
	samen	2011	2012	2013	2014
1A standaard	29	11	17	52	16
1A MMS 100%	49	33	11	41	19
3 standaard	26	15	57	3	10*
3 MMS 100%	28	14	62	19	10*

\*: slechts 1 meting in 2014

### 3.5.2 Mineralisatie

De mineralisatie van stikstof uit maaimeststoffen lijkt met name in droge perioden wat trager op gang te komen dan de mineralisatie van stikstof uit dierlijke mest (2011, 2013)<sup>5, 6</sup>. Dat kan met name in gewassen met een korte groeicyclus (zoals spinazie) of in gewassen die in een specifieke groeiperiode gevoelig zijn voor de hoeveelheid beschikbare stikstof ( tarwe, aardappel) problemen geven.



**Links: standaard bemesting.:**

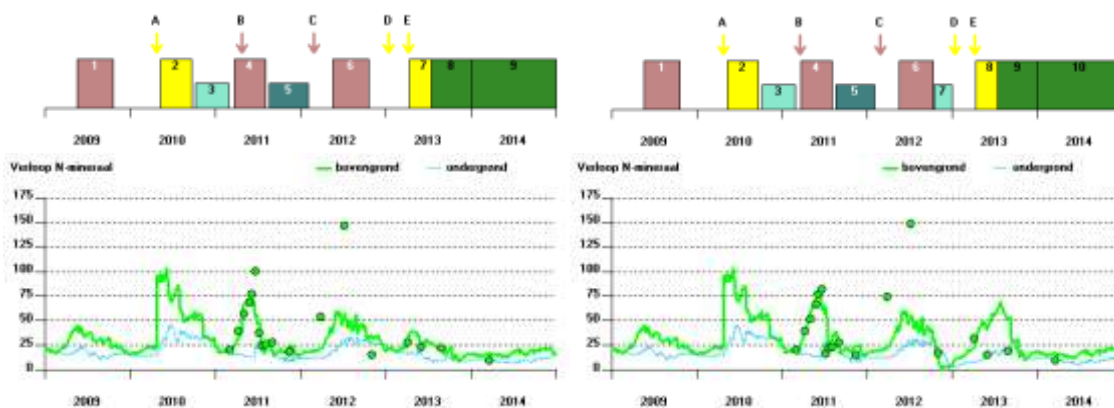
A = rundveedrijfmest 40 ton/ha;  
 C = rundveedrijfmest 30 ton/ha;  
 (bemesting met RDM in 2012 vervallen)  
 F = rundveedrijfmest 40 ton/ha;  
 H = rundveedrijfmest 22 ton/ha;  
 B, D, E, G = groencompost, 20 ton/ha

**Rechts: bemesting met maaimeststoffen, 100% N**

A = rundveedrijfmest 40 ton/ha;  
 C = maaimeststof grasklaver, 14 ton/ha;  
 E = maaimeststof luzernekuil, 10 ton/ha;  
 G = maaimeststof grasklaverkuil, 8 ton/ha  
 I = maaimeststof grasklaver, 10 ton/ha  
 B, D, F, H = groencompost, 20 ton/ha

1, 2 = luzerne, 3 = witte kool, 4 = pompoen, 5 = zomertarwe, 6 = grasklaver (groenbemester), 7 = suikermais, 8 = aardappel.  
 Groene lijnen: berekende hoeveelheid N-mineraal in de bouwvoor, blauwe lijn: berekende hoeveelheid N-mineraal in de ondergrond, groene bolletjes: gemeten waarden in de bouwvoor (waarden in kg NO<sub>3</sub>-N/ha).

*Figuur 4. Vruchtopvolging en verloop van N-mineraalgehalten in de bodem voor perceel 1 A.*



**Links: standaard bemesting.:**

1 = witlof, 2 = suikermais, 3 = rogge (groenbemester),  
 4 = sjalot, 5 = haver / wikke (groenbemester), 6 = pastinaak,  
 7 = Zomertarwe, 8, 9 = grasklaver.  
 A = kippen strooiselmest, 9 ton/ha;  
 B = rundveedrijfmest 15 ton/ha;  
 E = droge kippenmest 4 ton/ha;  
 C, D = groencompost, 20 ton/ha

**Rechts: bemesting met maaimeststoffen, 100% N**

1 = witlof, 2 = suikermais, 3 = rogge (groenbemester),  
 4 = sjalot, 5 = haver / wikke (groenbemester),  
 6 = wortelpeterselie, 7 = rogge (groenbemester),  
 8 = Zomertarwe, 9, 10 = grasklaver.  
 A = kippen strooiselmest, 9 ton/ha;  
 B = maaimeststof grasklaver, 3 ton/ha;  
 E = maaimeststof grasklaverkuil, 5 ton/ha;  
 C, D = groencompost, 20 ton/ha

Groene lijnen: berekende hoeveelheid N-mineraal in de bouwvoor, blauwe lijn: berekende hoeveelheid N-mineraal in de ondergrond, groene bolletjes: gemeten waarden in de bouwvoor (waarden in kg NO<sub>3</sub>-N/ha).

*Figuur 5. Vruchtopvolging en verloop van N-mineraalgehalten in de bodem voor perceel 3.*

### 3.6 Mineralenbalansen

In het bedrijfsontwerp met toepassing van maaimeststoffen was de fosfaatbalans in evenwicht en de kalibalans negatie met 37 kg/ha/jaar. Het organische stofgehalte in de bouwvoor blijft in het ontwerp stabiel.

Deze doelstellingen kunnen slechts gedeeltelijk getoetst worden, aangezien op geen van de percelen een volledige rotatie, inclusief grasklaver of luzerne, heeft gedraaid, zie ook paragraaf 3.3.

Voor beide onderzoekspercelen zijn balansen voor stikstof, fosfaat en kali opgesteld voor de jaren 2011 - 2014. Verschillen in bemesting die afweken van de geplande bemesting (bv een extra hoge bemesting in de met maaimeststoffen bemeste strook als gevolg van de onverwacht hoge gehalten) zijn in deze balansen gecorrigeerd naar de geplande hoeveelheden (genormaliseerde mineralenbalans). De waarden voor de verschillende posten op de balansen zijn afkomstig uit de NDICEA berekeningen.

In Tabel 10 staan de resultaten voor de standaard bemesting en de met maaimeststoffen bemeste strook (MMS100%); de resultaten voor de overige MMS varianten staan in Bijlage 3.

Op perceel 1A is de aanvoer van mineralen hoger dan op perceel 3, en is er voor zowel fosfaat als voor kali spraken van een overschot. Op perceel 3 is de fosfaatbalans vrijwel in evenwicht, en is er spraken van een negatieve kalibalans, wat in het bedrijfsontwerp ook was voorzien.

Tabel 10. Genormaliseerde mineralenbalansen voor perceel 1A en perceel 3, in kg N/ha, kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha en kg K<sub>2</sub>O/ha

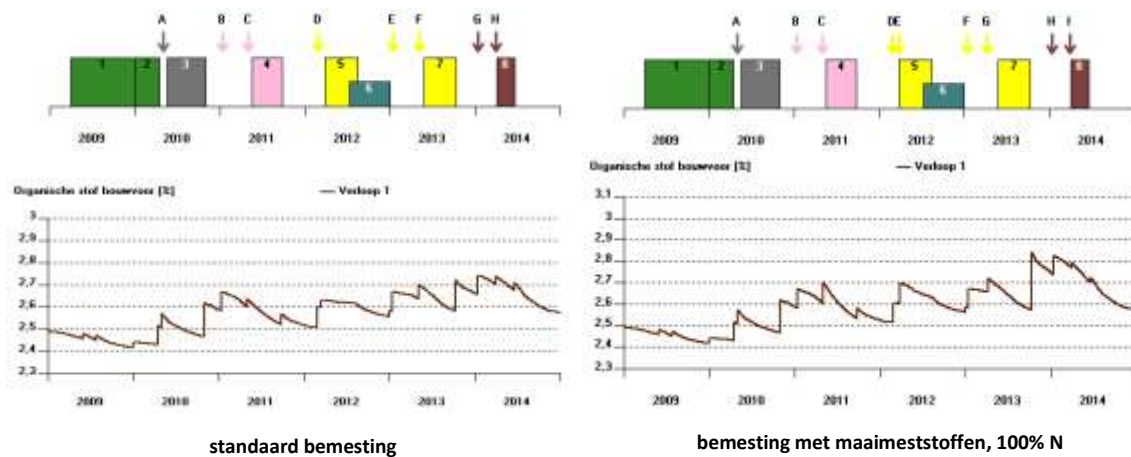
	Perceel 1A						Perceel 3					
	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	Standaard	MMS	Standaard	MMS	Standaard	MMS	Standaard	MMS	Standaard	MMS	Standaard	MMS
<b>Aanvoer</b>												
mest	193	198	73	79	279	190	80	82	53	38	105	97
stikstofbinding	6	4					91	85				
depositie	25	25					25	25				
<b>Aanvoer totaal</b>	224	226	73	79	279	190	197	192	53	38	105	97
<b>Afvoer met producten</b>	53	57	21	23	49	43	108	102	45	42	147	146
<b>Overschot</b>	171	169	52	57	230	147	89	90	8	-4	-42	-49
<b>Verliezen</b>												
vervluchtiging	4	4					4	4				
denitrificatie	31	46					22	26				
uitspoeling	91	98					82	80				
<b>Verliezen totaal</b>	126	148					107	110				
Opbouw organische stof	45	21					-19	-20				

### 3.7 Organische stof

Het verloop van het organische stof gehalte in de bouwvoor op de beide proefpercelen, zoals berekend door NDICEA, staat weergegeven in Figuur 6 en Figuur 7.

Op perceel 1A neemt het organische stof gehalte in de bouwvoor in de onderzoeksjaren toe met 0,1%, van 2,5% naar 2,6%.

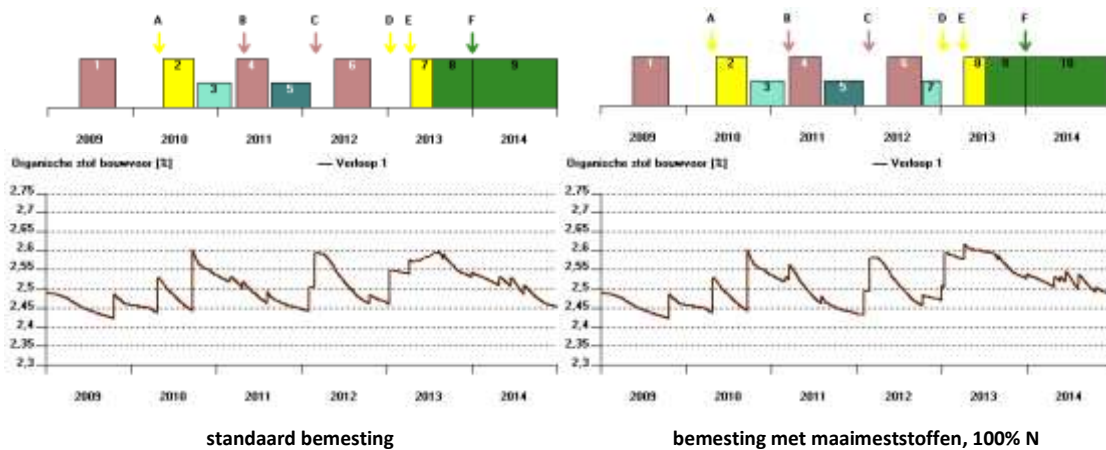
Op perceel 3 daalt bij de standaard bemesting het organische stof gehalte in de bouwvoor in de onderzoeksjaren met 0,05%, van 2,5% naar 2,45%. Bij een bemesting met maaimeststoffen blijft hier het organische stofgehalte gelijk op 2,5%.



1, 2 = luzerne, 3 = witte kool, 4 = pompoen, 5 = zomertarwe, 6 = grasklaver (groenbemester), 7 = suikermais, 8 = aardappel.  
De pijlen met letters (A tm I) geven de bemestingen aan, zie 1, 2 = luzerne, 3 = witte kool, 4 = pompoen, 5 = zomertarwe, 6 = grasklaver (groenbemester), 7 = suikermais, 8 = aardappel.

Groene lijnen: berekende hoeveelheid N-mineraal in de bouwvoor, blauwe lijn: berekende hoeveelheid N-mineraal in de ondergrond, groene bolletjes: gemeten waarden in de bouwvoor (waarden in kg NO<sub>3</sub>-N/ha)..

Figuur 6. Verloop van het organische stofgehalte in de bouwvoor voor perceel 1 A.



1 = witlof, 2 = suikermais, 3 = rogge (groenbemester), 4 = sjalot, 5 = haver / wikke (groenbemester), 6 = pastinaak (standaard) / wortelpeterselie (maaimeststoffen), 7 = Zomertarwe, 8, 9 = grasklaver.

De pijlen met letters (A tm F) geven de bemestingen aan, zie Figuur 5.

Figuur 7. Verloop van het organische stofgehalte in de bouwvoor voor perceel 3. Bedrijfseconomie

### 3.7.1 Kostprijs per kilogram stikstof

De kosten van bemesting met maaimeststoffen kunnen worden vergeleken met andere vormen van bemesting door de prijs per kilogram stikstof te berekenen<sup>1</sup>. Deze is voor telers een belangrijk referentiepunt. De prijs per kg N hangt af van de hoeveelheid geoogst product per hectare en de hoeveelheid stikstof die hierin is gebonden.



De kosten voor runderdrijfmest zijn ca. €4,= per m<sup>3</sup>. Bij een stikstofgehalte van 3,5 kg N/m<sup>3</sup> geeft dat een prijs van € 1,14 per kg N.

De teeltkosten van grasklaver bestaan uit kosten voor zaaizaad en zaaien (ca. €150 per hectare) en kosten voor maaien en oprapen (ca. €400 per hectare). Een jaaropbrengst van 11 ton droge stof per hectare met een stikstofgehalte van 28 kg/ton drogestof resulteert in een stikstofopbrengst van 308 kg N. Dit levert een kostprijs op van  $(150 + 400)/308 = €1,79$  per kg N, indien de grasklaver vers wordt toegepast. Dat is een fors hogere prijs dan die voor een kilogram stikstof uit runderdrijfmest (€ 1,14), en deze laatste prijs is nog exclusief de netto opbrengst van € 850,= per hectare indien de grasklaver als veevoer wordt verkocht.

Als de grasklaver ingekuild wordt neemt de prijs per kg N toe tot € 2,76, en als ze gedroogd wordt zelfs tot € 9,19. Zie ook Tabel 11. Daarmee wordt het prijsverschil nog groter.

### Uitgangspunten

- Er is van uit gegaan dat grasklaver geteeld wordt. Ook andere gewassen kunnen ingezet worden als maai-meststof, met andere opbrengsten, andere gehalten en een ander kostenplaatje
- In de berekeningen is er van uit gegaan dat bij aankoop van dierlijke mest runderdrijfmest aangekocht wordt.

Tabel 11. Kostprijs per kg N voor maaimeststof grasklaver en voor runderdrijfmest.

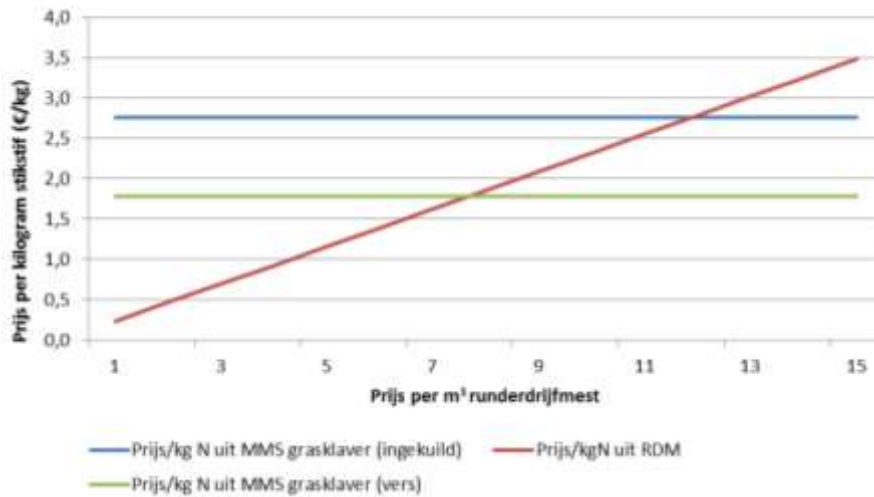
KOSTEN		MMS grasklaver	Runderdrijfmest
Mestprijs	€/m <sup>3</sup>		4
Inzaaien	€/ha	150	
Maaien en oprapen	€/ha	400	
Inkuilen	€/ha	300	
Drogen	€/ha	1980	
<b>N-opbrengst</b>			
versopbrengst	ton/ha	55	
ds%	%	20	9
ds-opbrengst	ton/ha	11	
N in vers	kg/ton of kg/m <sup>3</sup>	5,6	3,5
N in droog	kg/ton	28	
N-opbrengst	kg/ha	308	
<b>Prijs/kg N vers gebruikt</b>		<b>1,79</b>	<b>1,14</b>
Prijs/kg N ingekuild		2,76	
Prijs/kg N gedroogd		9,19	
<b>OPBRENGSTEN</b>			
Verkoop grasklaver als veevoer	€/ha		1000
Kosten voor inzaaien	€/ha		150
Netto opbrengst (veehouder verzorgt maaien, oprapen en inkuilen)	€/ha		850

### 3.7.2 Gevoeligheidsanalyse

De prijs per kilogram stikstof uit maaimeststoffen (€ 1,79 bij verse toepassing) is 57% hoger dan de prijs per kilogram stikstof uit runderdrijfmest (€ 1,14). Deze laatste is echter afhankelijk van de (lage) prijs voor runderdrijfmest die in de berekeningen is gehanteerd.

Indien de prijs voor drijfmest gevarieerd wordt ontstaat het volgende beeld<sup>1</sup>:

Bij hogere drijfmestprijzen wordt het prijsverschil met stikstof uit grasklaver steeds kleiner; bij een prijs van 8 euro of meer per m<sup>3</sup> drijfmest wordt stikstof uit vers toegepaste grasklaver goedkoper dan stikstof uit runderdrijfmest, en bij een prijs van 12 euro meer per m<sup>3</sup> drijfmest wordt stikstof uit ingekuuld toegepaste grasklaver goedkoper dan stikstof uit runderdrijfmest (zie Figuur 8).



Figuur 8. Effecten van het prijspeil van runderdrijfmest op de prijs per kilogram stikstof.

Daarin zijn de opbrengsten van de verkoop van de grasklaver indien deze niet als maaimeststof wordt gebruikt (€ 850,= per hectare) nog niet meegenomen.

In deze berekeningen is uitgegaan van een stikstofopbrengst van 308 kg stikstof per hectare grasklaver per jaar. Bij tegenvallende stikstof opbrengsten, bv door lage klavergehalten in de grasklaver na de winter wordt de prijs voor stikstof uit grasklaver nog hoger, en het prijsverschil met stikstof uit drijfmest groter.

### 3.7.3 Niet alleen de kostprijs telt

De vraag of een teler zal overwegen om maaimeststoffen toe te passen hangt echter af van meer dan alleen de kostprijs.

De verkoop van een perceel grasklaver aan een veehouder, voor een vooraf vastgestelde prijs, geeft een zeker inkomen dat niet afhankelijk is van bijvoorbeeld weersomstandigheden. Echter, dit is niet altijd mogelijk.

Een aantal voordelen van maaimeststoffen zijn niet zo gemakkelijk in geld uit te drukken: een betere bodemstructuur, stikstofaanvoer zonder fosfaataanvoer, sluiten van de stikstofbalans op bedrijfsniveau, verbeterd bodemleven, hoger organische stof gehalte. Ze wijzen allemaal in de zelfde richting: het verbeteren van de opbrengstpotentie van de grond. Telers die gaan voor bodemkwaliteit zullen daarom eerder geneigd zijn om maaimeststoffen te introduceren in hun bedrijf, dan telers die de economische rentabiliteit van het bedrijf voorop stellen.

## 4 Conclusies

In 2011 – 2014 is op praktijkschaal een bemesting met maaimeststoffen vergeleken met een bemesting met dierlijke mest.

Onderzoeksvragen daarbij waren:

- Wat zijn de effecten van een bemesting met maaimeststoffen op de stikstofbeschikbaarheid voor de gewassen en op de opbrengsten, vergeleken met de standaard bemesting met dierlijke mest.
- Worden de randvoorwaarden uit het bedrijfsontwerp, met name een fosfaatbalans in evenwicht en een positieve organische stofbalans, gerealiseerd?
- Wat zijn de meerjarige effecten van deze bemestingsstrategie op de bodemkwaliteit?

Na vier jaar kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Stikstofbeschikbaarheid en opbrengsten:
  - Het is mogelijk om in de stikstofbehoefte van verschillende gewassen te voorzien met maaimeststoffen als primaire stikstofbron, zonder opbrengst in te leveren vergeleken met een bemesting met dierlijke mest: spinazie, aardappelen, prei, granen (tarwe, spelt, mais), peen, kool.
  - Daarmee wordt de bedrijfsinterne stikstofhuishouding grotendeels gevoed door stikstofbinding uit de lucht, en wordt de verdere aanvoer van stikstof van buiten het bedrijf tot een minimum beperkt.
  - In droge perioden kan de mineralisatie van stikstof uit maaimeststoffen geremd zijn. Dat kan stikstofgebrek in het gewas tot gevolg hebben die niet altijd meer te compenseren is door extra mineralisatie op een later moment.
- Fosfaatbalans en organische stof:
  - In een bedrijfssysteem dat gebaseerd is op bemesting met maaimeststoffen is het goed mogelijk om de fosfaatbalans te sluiten door een beperkte hoeveelheid compost aan te voeren.
  - In een bedrijfssysteem dat gebaseerd is op bemesting met maaimeststoffen is het goed mogelijk om het organische stofgehalte in de bouwvoor op peil te houden.
- Bodemkwaliteit
  - Effecten van maaimeststoffen op de bodemkwaliteit zijn na vier jaar beperkt. Wel zijn er aanwijzingen voor een actiever bodemleven.
- Kostprijs
  - De kostprijs van stikstof uit maaimeststoffen (€ 1,79 bij verse toepassing) is fors hoger dan de prijs per kilogram stikstof uit runderdrijfmest (€ 1,14). Pas bij een verdubbeling van de drijfmestprijs van €4 naar €8 per m<sup>3</sup> worden deze kosten even groot.
  - Andere overwegingen dan alleen de kostprijs (mogelijkheden tot verkoop van grasklaver als veevoer, de wens te werken aan een betere bodemstructuur, stikstofaanvoer zonder fosfaataanvoer) bepalen de keuze om al dan niet maaimeststoffen in te zetten



## Literatuur

1. Academic Consultancy Training – Team 1346 (2014). **Cut –and–carry fertilizers as a novel approach to soil fertilization: Analysis of economic implications on the farm level.** YMC-60809, Academic Consultancy Training Wageningen University sept – okt 2014
2. Burgt, G.J.H.M. van der (2012). **PlantyOrganic: bedrijfsontwerp.** Rapport 2012-030 LbP. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 33 p.
3. Burgt, G.J.H.M. van der, Berg, C. ter, Strien, J. van, en Bokhorst, J. (2011). **Stikstofvoorziening uit maaimeststoffen. Bedrijfsontwerp.** Louis Bolk Instituut, Driebergen, publicatienummer 2011-008 LpB, 31 p.
4. Burgt, G.J.H.M. van der, D. Werkman, M. Bus (2012). **PlantyOrganic: Voortgang 2012.** Louis Bolk Instituut, Driebergen. 35 p.
5. Burgt, G.J.H.M. van der, en P. Rietberg (2012). **Toepassing van maaimeststoffen - Van Strien 2011.** Louis Bolk Instituut, Driebergen. Publicatienummer 2012-027 LbP. 36 p.
6. Hospers-Brands, A.J.T.M. en J. van Strien (2014) **Optimalisatie bemesting Van Strien, voortgang 2013.** Louis Bolk Instituut, Driebergen. Publicatienummer: 2014-012 LbP. 19 p.
7. Hospers-Brands, A.J.T.M., J. van Strien. (2015). **Optimalisatie bemesting Van Strien: Voortgang 2014.** Rapport 2015-017 LbP. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 17 p.
8. Hospers-Brands, A.J.T.M., D. Anema, M. Bus (2014). **PlantyOrganic: Voortgang 2013.** Louis Bolk Instituut, Driebergen. 37 p.
9. Hospers-Brands, A.J.T.M., G.J.H.M. van der Burgt, J. van Strien (2013) **Optimalisatie bemesting Van Strien, voortgang 2012.** Louis Bolk Instituut, Driebergen. Publicatienummer: 2013-013 LbP. 27 p.
10. Hospers-Brands, A.J.T.M., T. Pollema, M. Bus. 2015. **Planty Organic: Voortgang 2014.** Louis Bolk Instituut, Driebergen. 36 p.
11. Koopmans, C.J., M. Zanen, C. ter Berg. 2005. De kuil: Bodembeoordeling aan de hand van een kuil. LBI, November 2005, 16 p.
12. Kuo, S., 1996. Phosphorus. In: D. L. Sparks, Ed., Methods of Soil Analysis, Part 3 SSSA; Book Ser. 5 SSSA, Madison, pp. 869-920.
13. Scholberg, J., C. ter Berg, J.J.M. Staps, J. van Strien. 2010. **Minder en anders Bemesten: Voordelen van maaimeststoffen voor teelt van najaarsspinazie: Resultaten veldproef Joost van Strien, in Ens, 2009 [with summary in English].** Rapport 2010-007LBP. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 44 p.
14. Kennisakker, 2015. **Bodembiodiversiteit - Hoe & Wat – Meetset.**  
<http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/bodembiodiversiteit-hoe-wat-meetset>
15. Burgt, G.J.H.M. van der & Timmermans, B. G.H., 2009. **The NDICEA model: a supporting tool for nitrogen management in arable farming.** 2<sup>nd</sup> Scientific Conference within the framework of the 9th European Summer Academy on Organic Farming, Lednice na Moravě, Czech Republic, June 24 - 26, 2009
16. Wallach, D, and B. Goffinet (1989). **Mean squared error of prediction as a criterion for evaluating and comparing system models.** Ecol. Modell. 44: 209 – 306



## Bijlage 1: Bemesting per jaar

### Perceel 1A Standaard

		Hoeveelheid (ton/ha)	Organische stof (ton/ha)	kg N/ha	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	kg K <sub>2</sub> O/ha
2011	GROENCOMPOST	20	3,60	146	34	74
	RUNDVEE DRIJFMEST	30	1,50	81	27	156
2012	GROENCOMPOST	20	3,60	92	50	120
	RUNDVEE DRIJFMEST	20	1,32	92	22	187
2013	GROENCOMPOST	20	3,60	92	50	120
	RUNDVEE DRIJFMEST	40	2,64	116	28	236
2014	GROENCOMPOST	20	3,60	92	44	84
	RUNDVEE DRIJFMEST	22	1,45	59	37	141
	<b>Totaal</b>		<b>21</b>	<b>770</b>	<b>293</b>	<b>1118</b>

### Perceel 1A Maaimeststoffen 100%

		Hoeveelheid (ton/ha)	Organische stof (ton/ha)	kg N/ha	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	kg K <sub>2</sub> O/ha
2011	GROENCOMPOST	20	3,60	146	34	74
	Maaimeststof Verse grasklaver	14	4,20	84	39,2	95,2
2012	GROENCOMPOST	20	3,60	92	50	120
	Maaimeststof luzernekuil	10	3,76	102	48	122
2013	GROENCOMPOST	20	3,60	92	50	120
	Maaimeststof Grasklaverkuil	8	2,58	122	38	97
2014	GROENCOMPOST	20	3,60	92	44	84
	Maaimeststof Verse grasklaver	4,4	1,06	60	15	48
	<b>Totaal</b>		<b>26</b>	<b>791</b>	<b>318</b>	<b>760</b>

### Perceel 3 Standaard

		Hoeveelheid (ton/ha)	Organische stof (ton/ha)	kg N/ha	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	kg K <sub>2</sub> O/ha
2011	RUNDVEE DRIJFMEST	15	0,83	67	22	129
2012	GROENCOMPOST	20	3,60	92	50	120
2013	GROENCOMPOST	20	3,60	92	50	120
	DROGE KIPPENMEST	4	1,50	70	89	51
2014	geen bemesting		0,00	0	0	0
	<b>Totaal</b>		<b>9,52</b>	<b>321</b>	<b>212</b>	<b>420</b>

### Perceel 3 Maaimeststoffen 100%

Perceel 3MMS 100

		Hoeveelheid (ton/ha)	Organische stof (ton/ha)	kg N/ha	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	kg K <sub>2</sub> O/ha
2011	verse grasklaver	3	1,57	67	29,4	87,9
2012	GROENCOMPOST	20	3,60	92	50	120
2013	GROENCOMPOST	20	3,60	92	50	120
	grasklaverkuil	5	1,61	77	23,5	60,5
2014	geen bemesting		0,00	0	0	0
	<b>Totaal</b>		<b>10,38</b>	<b>328</b>	<b>153</b>	<b>388</b>

## Bijlage 2: Bodemanalyses chemisch

	Perceel 1a		Perceel 3		Bemesting		Perceelen	
	MMS	Standaard	MMS	Standaard	MMS	Standaard	P1a-Gem	P3-Gem
pH	7	7	7	7	7	7	7	7
OS (%)	3,1	3	3	3	3	3	3	3
C-anorganisch (%)	1,02	1	1	1	1	1	1	1
Koolzure kalk (%)	7,7	6,8	6,9	7,1	7,3	6,95	7,25	7
Lutum (klei) (%)	10	11	11	12	10,5	11,5	10,5	11,5
Silt (%)	39	33	35	30	37	31,5	36	32,5
Zand (%)	40	46	44	48	42	47	43	46
Verkruimelbaarheid (rapportcijfer)	8,8	8,7	8,7	8,5	8,75	8,6	8,75	8,6
Verslemping (rapportcijfer)	4,3	4	3,9	3,9	4,1	3,95	4,15	3,9
Max hoeveelheid water (mmol+/kg)	55	52	53	51	54	51,5	53,5	52
N-totale bodemvoorraad (mgN/kg)	1270	1260	1230	1290	1250	1275	1265	1260
C/N ratio	14	13	13	13	14	13	14	13
N-leverend vermogen (kg N/ha)	63	68	64	68	64	68	66	66
P plant beschikbaar (mg P/kg)	1,80	1,50	1,30	1,80	1,55	1,65	1,65	1,55
P-bodemvoorraad (P-AL) (mg P2O5/100 g)	67	67	67	79	67	73	67	73
P-buffering	37	45	52	44	45	45	41	48
Pw (mg P2O5/l)	51	49	48	58	50	54	50	53
Ptotaal (mg P2O5/100 g)	187	156	156	172	172	164	172	164
Ptot (KUO analyse) (mg P2O5/100 g)	195	186	179	198	187	192	191	189
P organisch (KUO analyse) (mg P2O5/100 g)	31	20	25	27	28	24	25	26
P anorganisch (KUO analyse) (mg P2O5/100 g)	165	166	154	171	160	168	165	163
% Porg (KUO)	16%	11%	14%	14%	15%	12%	13%	14%
% Panorg (KUO)	84%	89%	86%	86%	85%	88%	87%	86%
K plant beschikbaar (mg K/kg)	119	121	67	87	93	104	120	77
K-getal	29	29	17	22	23	26	29	20
K-bodemvoorraad (mmol+/kg)	3,7	3	4	4	4	4	4	4
S-totale bodemvoorraad (mg S/kg)	610	580	480	670	545	625	595	575
C/S-ratio	29	29	33	25	31	27	29	29
S-leverend vermogen (kg S/ha)	45	43	35	45	40	44	44	40
Ca plant beschikbaar (kg Ca/ha)	55	25	139	220	97	122,5	40	179,5
Ca-bodemvoorraad (kg Ca/ha)	8885	8650	8475	8660	8680	8655	8767,5	8567,5
Mg plant beschikbaar (mg Mg/kg)	60	61	55	60	57,5	60,5	60,5	57,5
Na plant beschikbaar (mg Na/kg)	6	6	9	8	7,5	7	6	8,5
Klei-humus CEC (mmol+/kg)	140	134	132	137	136	135,5	137	134,5
Ca-bez (%)	93	94	93	92	93	93	93,5	92,5
Mg-bez (%)	4,1	3,1	4,2	4,7	4,15	3,9	3,6	4,45
K-bez (%)	2,6	2,5	2,7	3	2,65	2,75	2,55	2,85
Na-bez (%)	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,55	0,55



## Bijlage 3: Bodemanalyses biologisch

	Perceel 1a		Perceel 3		Bemesting		Percelen	
	MMS	Standaard	MMS	Standaard	MMS	Standaard	P1a-Gem	P3-Gem
HWC ( $\mu\text{g C/g}$ )	376	349	369	370	372	360	362	369
PMN (mg N/kg)	22	23	33	25	28	24	23	29
Bodemleven (BLGG) (mg N/kg)	24	18	25	21	25	20	21	23
<b>Wormen</b>								
<b>Aantal totaal</b>	517	346	621	863	569	604	431	742
Aantal adult	321	138	100	179	210	158	229	140
Aantal juveniel	183	179	467	642	325	410	181	554
Aantal overig (halve wormen+ niet determineerbaar)	13	29	54	42	34	36	21	48
<b>strooiselbewoners</b>	292	88	271	367	281	227	190	319
adult	258	58	21	21	140	40	158	21
juveniel	33	29	250	346	142	188	31	298
<b>bodembewoners</b>	213	229	296	454	254	342	221	375
adult	63	79	79	158	71	119	71	119
juveniel	150	150	217	296	183	223	150	256
<b>pendelaars</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
Biomassa	100	77	95	148	98	113	89	122
Biomassa per worm	0,21	0,24	0,15	0,17	0,18	0,20	0,22	0,16
Fractie juv van tot	44%	49%	77%	73%	60%	61%	46%	75%
<b>strooiselbewoners</b>								
<b><i>Lumbricus castaneus</i></b>								
adult	0	21	25	0	13	10	10	13
juveniel	0	21	0	0	0	10	10	0
<b><i>Lumbricus rubellus</i></b>								
adult	33	13	233	354	133	183	23	294
juveniel	17	0	17	8	17	4	8	13
<b><i>Eiseniella tetraedra</i></b>								
adult	258	54	13	13	135	33	156	13
juveniel	242	38	4	13	123	25	140	8
<b>bodembewoners</b>								
<b><i>Allolobophora chlorotica</i></b>								
adult	0	0	17	96	8	48	0	56
juveniel	0	0	4	75	2	38	0	40
<b><i>Aporrectodea rosea</i></b>								
adult	13	54	17	4	15	29	33	10
juveniel	8	8	4	0	6	4	8	2
<b><i>Aporrectodea caliginosa</i></b>								
adult	200	175	263	354	231	265	188	308
juveniel	54	71	71	83	63	77	63	77

## Bijlage 4: Mineralenbalansen, alle MMS varianten

### Perceel 1A

Gemiddeld per jaar, 2011-2014

	Standaard	N			Standaard	P2O5			Standaard	K2O			
		MMS 100	MMS 75	MMS 50		MMS 100	MMS 75	MMS 50		MMS 100	MMS 75	MMS 50	
<b>Aanvoer</b>													
mest	193	198	175	152	73	79	71	62	279	190	167	145	
stikstofbinding	6	4	5	7									
depositie	25	25	25	25									
<b>Aanvoer totaal</b>	<b>224</b>	<b>226</b>	<b>205</b>	<b>183</b>	<b>73</b>	<b>79</b>	<b>71</b>	<b>62</b>	<b>279</b>	<b>190</b>	<b>167</b>	<b>145</b>	
<b>Afvoer met producten</b>	<b>53</b>	<b>57</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>49</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>42</b>	
<b>Overschot</b>	<b>171</b>	<b>169</b>	<b>153</b>	<b>132</b>	<b>52</b>	<b>57</b>	<b>49</b>	<b>41</b>	<b>230</b>	<b>147</b>	<b>123</b>	<b>103</b>	
<b>Verliezen</b>													
vervluchtiging	4	4	4	4									
denitrificatie	31	46	38	32									
uitspoeling	91	98	96	89									
<b>Verliezen totaal</b>	<b>126</b>	<b>148</b>	<b>138</b>	<b>125</b>									
Opbouw organische stof	45	21	15	7									

### Perceel 3

Gemiddeld per jaar, 2011-2014

	Standaard	N			Standaard	P2O5			Standaard	K2O			
		MMS 100	MMS 75	MMS 50		MMS 100	MMS 75	MMS 50		MMS 100	MMS 75	MMS 50	
<b>Aanvoer</b>													
mest	80	82	73	64	53	38	35	32	105	97	88	79	
stikstofbinding	91	85	83	90									
depositie	25	25	25	25									
<b>Aanvoer totaal</b>	<b>197</b>	<b>192</b>	<b>181</b>	<b>179</b>	<b>53</b>	<b>38</b>	<b>35</b>	<b>32</b>	<b>105</b>	<b>97</b>	<b>88</b>	<b>79</b>	
<b>Afvoer met producten</b>	<b>108</b>	<b>102</b>	<b>94</b>	<b>102</b>	<b>45</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>147</b>	<b>146</b>	<b>146</b>	<b>147</b>	
<b>Overschot</b>	<b>89</b>	<b>90</b>	<b>87</b>	<b>77</b>	<b>8</b>	<b>-4</b>	<b>-7</b>	<b>-10</b>	<b>-42</b>	<b>-49</b>	<b>-58</b>	<b>-68</b>	
<b>Verliezen</b>													
vervluchtiging	4	4	4	4									
denitrificatie	22	26	25	22									
uitspoeling	82	80	77	47									
<b>Verliezen totaal</b>	<b>107</b>	<b>110</b>	<b>106</b>	<b>73</b>									
Opbouw organische stof	-19	-20	-20	4									