

## Handleiding goed koolstofbeheer

Januari 2013

Petra Rietberg (LBI)  
Boki Luske (LBI)  
Anneloes Visser (CLM)  
Peter Kuikman (Alterra)

Project 'Credits for Carbon Care'  
wordt uitgevoerd door het  
Louis Bolk Instituut i.s.m.



Gefinancierd door:

provincie Drenthe

provincie fryslân  
provincie fryslân

provincie  
Gelderland



provincie Utrecht

*Credits for Carbon Care is een project van Alterra,  
het CLM en het Louis Bolk Instituut en is gefinancierd  
door SKB en de provincies Drenthe, Friesland,  
Gelderland en Utrecht*

© 2013 Louis Bolk Instituut

Handleiding goed koolstofbeheer

Januari 2013

Credits for Carbon Care

Petra Rietberg (Louis Bolk Instituut), Boki Luske  
(Louis Bolk Instituut), Anneloes Visser (CLM), Peter  
Kuikman (Alterra)

Publicatienummer 2013-002 LbP

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

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding en achtergrond</b>	<b>5</b>
1.1	Inleiding	5
1.2	Waarom is organische stof van belang?	5
1.3	Organische stof: opbouw en afbraak	5
1.4	Opbouw van organische stof: afhankelijk van landgebruik	6
1.5	Organische stof: koolstofopslag in de bodem	6
1.6	Inzicht in koolstof op uw bedrijf	7
<b>2</b>	<b>Maatregelen</b>	<b>9</b>
2.1	Afbraak beperken & aanvoer vergroten	9
2.2	Maatregelen: wat heeft prioriteit?	9
<b>3</b>	<b>Maatregelen gerelateerd aan grondbewerking</b>	<b>11</b>
3.1	Niet-kerende grondbewerking toepassen	11
3.2	Geen grondbewerking toepassen	11
3.3	Graslandvernieuwing optimaliseren	11
3.3.1	<i>Niet scheuren van grasland</i>	11
3.3.2	<i>Graslandvernieuwing optimaliseren: doorzaaien</i>	12
<b>4</b>	<b>Maatregelen gerelateerd aan het bouwplan</b>	<b>15</b>
4.1	Zomer- & winterbraak vermijden	15
4.2	Groenbemester/stikstofvanggewas/maaimeststof telen	15
4.3	Gewasrotatie met jaarlijkse gewassen: meer graan en gras in het bouwplan	16
4.4	Gewasrotatie met gras en maïs	18
4.5	Gewasrotatie met vaste planten of houtige gewassen	18
4.6	Plaatsen van hagen	18
<b>5</b>	<b>Maatregelen gerelateerd aan het optimaliseren van de gewasproductie</b>	<b>19</b>
5.1	Optimaliseren irrigatie m.b.v. beregeningsplanner	19
5.2	Graslandproductie optimaliseren: beweidings- en maaimanagement	19
5.2.1	<i>Stripgrazen</i>	20
5.2.2	<i>Standweiden versus omweiden</i>	20
5.2.3	<i>Maaien</i>	21
5.3	Graslandproductie optimaliseren: graslandonderhoud	21
5.4	Graslandproductie optimaliseren: graslandkruiden en verbeterde grassoorten en – rassenmix	22
5.4.1	<i>Graslandkruiden zaaien</i>	22
5.4.2	<i>Grassoorten: Engels raaigras met rietzwenkgras en/of kropbaar combineren</i>	22
5.4.3	<i>Rassen Engels raaigras: diploïde rassen Engels raaigras zaaien</i>	22

<b>6 Overige maatregelen</b>	<b>23</b>
6.1 Toevoegen compost & dierlijke mest	23
6.2 Toevoegen maaimeststoffen	23
6.3 Gewasresten achterlaten	24
<b>7 Literatuur</b>	<b>25</b>
<b>Bijlage I: Effecten van maatregelen</b>	<b>27</b>

# 1 Inleiding en achtergrond

## 1.1 Inleiding

De meeste Nederlandse landbouwbodems bevatten tussen de 2 en 5% organische stof. Organische stof is een verzamelnaam voor allerlei verbindingen waarin koolstof de basis vormt, van kleine en oplosbare moleculen tot (houtige) plantedelen. Grofweg 58% van de organische stof in Nederlandse bodems bestaat uit koolstof (C). Goed beheer van organische stof is belangrijk voor zowel de agrariër als voor het klimaatvraagstuk. In deze handleiding staat beschreven wat goed koolstofbeheer is en waarom het belangrijk is. Daarnaast worden concrete maatregelen beschreven die op bedrijfsniveau kunnen worden toegepast.

Deze handleiding is geschreven in het kader van het project Credits for Carbon Care. Het CLM, het Louis Bolk Instituut en Alterra voerden dit project uit in opdracht van SKB en van de provincies Friesland, Drenthe, Utrecht en Gelderland. Het project liep van 2011 tot 2013.

## 1.2 Waarom is organische stof van belang?

Organische stof in de bodem vervult verschillende functies. Allereerst zorgt het voor het vasthouden en laten vrijkomen van nutriënten, vooral stikstof. Daarnaast verhoogt organische stof het watervasthoudend vermogen van de bodem, waardoor meer water beschikbaar is voor de plant. Op zandgrond zorgt een toename van het organischestofgehalte met 1% voor het vrijkomen van 25 kg extra stikstof per hectare en kan 6 mm meer vocht worden vastgehouden (Van Eekeren et al., 2007). Ook leidt meer organische stof doorgaans tot een betere bewerkbaarheid en een lagere indringingsweerstand.

Bovendien is organische stof voedsel voor allerlei bodemorganismen zoals bacteriën, nematoden en regenwormen. Regenwormen hebben een gunstig effect op de structuur van de bodem. Een rijk en divers bodemleven kan ook zorgen voor een betere weerbaarheid tegen bodemgebonden ziekten en plagen.

## 1.3 Organische stof: opbouw en afbraak

Organische stof komt in de bodem in de vorm van gewasresten van hoofdgewas en groenbemesters en organische bemesting zoals compost, mest of champost. In de bodem wordt die organische stof afgebroken door (micro-)organismen. Gemiddeld wordt per jaar zo'n 2% van de aanwezige organische stof in de bodem afgebroken.

Organische stof kan worden verdeeld in drie categorieën: makkelijk afbreekbare, matig stabiele en zeer stabiele organische stof. Deze verschillende soorten organische stof hebben verschillende eigenschappen. Zo levert makkelijk afbreekbaar materiaal snel nutriënten, terwijl zeer stabiele organische stof vooral bijdraagt aan het verbeteren van de structuur van de bodem (Koopmans et al., 2007). De organische stof die na één jaar nog in de bodem aanwezig is, wordt effectieve organische stof genoemd. Dit is de organische stof die bijdraagt aan de opbouw van bodemorganischestof. De

organische stof die in het eerste jaar na toediening wordt afgebroken kan worden gezien als langzaam werkende meststof (Koopmans et al., 2007)

## ***1.4 Opbouw van organische stof: afhankelijk van landgebruik***

Proeven in België lieten zien dat onder grasland meer organische stof werd opgebouwd dan onder bouwland. Na 36 jaar blijvend grasland bevatte de bovenste tien cm van de grond 6% organische stof. Op hetzelfde perceel vond ook 36 jaar continueelt van snijmaïs plaats – hier bevatte de grond 2% organische stof (Van Eekeren et al., 2011).

De eerste jaren gaat de opbouw van organische stof onder net ingezaaid grasland het snelst. . Geleidelijk aan stijgt de afbraak (doordat het organisch gehalte toeneemt) waardoor de netto opbouw afneemt. Na een aantal jaar (variërend van 10-100 jaar, afhankelijk van de grondsoort en de vochttoestand) wordt een stabiele situatie bereikt, waarin het organischestofgehalte van de grond niet verder toeneemt maar aanvoer en afbraak met elkaar in evenwicht zijn (Van Eekeren et al., 2007).

De optimale hoeveelheid organische stof verschilt per grondsoort. Niet altijd geldt: meer is beter – bijvoorbeeld wanneer er zoveel organische stof in een grond zit dat de draagkracht omlaag gaat en machines kunnen vastlopen.

## ***1.5 Organische stof: koolstofopslag in de bodem***

Door de toename van de concentratie broeikasgassen zoals koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) in de atmosfeer verandert het klimaat. Deze broeikasgassen werken als een deken: ze zorgen ervoor dat de aarde minder warmte kwijt kan. Dit zorgt er bijvoorbeeld voor dat de zeespiegel stijgt en overstromingen en hevige regenbuien, maar ook perioden van droogte, toenemen.

In de bodem zitten grote hoeveelheden koolstof opgeslagen: een zandgrond met een organischestofpercentage van 2,5% bevat zo'n 50 ton koolstof per hectare. Als die koolstof zoveel mogelijk opgeslagen blijft, en niet wordt afgebroken, wordt uitstoot van CO<sub>2</sub> voorkomen. Bovendien kan méér koolstof in de bodem worden opgeslagen door de toevoeging van organisch materiaal. Zo kan de bodem fungeren als koolstofput. Dat is gunstig voor het klimaat: meer koolstof als organische stof in de bodem betekent minder koolstof als CO<sub>2</sub> in de lucht. Koolstofdioxide is niet het enige broeikasgas: ook de uitstoot van lachgas (N<sub>2</sub>O) en methaan (CH<sub>4</sub>) zorgt voor klimaatverandering.

Agrariërs beheren relatief grote stukken land, waardoor zij invloed hebben op de hoeveelheid koolstof die in de bodem zit. Goed koolstofbeheer dient zo een maatschappelijk doel. Deze handleiding geeft beknopte informatie over koolstof in de bodem, en beschrijft maatregelen die akkerbouwers en veehouders kunnen nemen om het organischestofgehalte in hun bodems te verhogen. De handleiding beperkt zich tot goed koolstofbeheer in relatie tot de bodem, en gaat niet in op andere maatregelen die bij kunnen dragen aan een klimaatneutrale bedrijfsvoering. Wel is er op gelet dat de maatregelen die in deze handleiding beschreven staan niet, of in beperkte mate, voor extra uitstoot van lachgas of methaan.



## 1.6 Inzicht in koolstof op uw bedrijf

Om tot goed koolstofbeheer te komen is het van belang inzicht te krijgen in de koolstofdynamiek op uw bedrijf. Met welke maatregelen kunt u koolstof aanvoeren en met welke maatregelen voorkomt u een teruggang in het organischestofgehalte van de bodem? Periodieke bepaling van het organischestofgehalte van een perceel is daarbij zeker nodig. In ontwikkeling is een methode om met behulp van een kleurenkaart een indruk krijgen van het organischestofgehalte van de bovengrond. Voor diepere bodemlagen gaat dit niet op: de kleur van diepere bodemlagen wordt door het pigment van het moedermateriaal bepaald.

De hoeveelheid organische stof die in de bodem opgeslagen zit is relatief groot in vergelijking met jaarlijkse toe- of afname van organische stof. Bovendien is de organische stof die pas geleden is toegevoegd van andere kwaliteit dan de organische stof die al jarenlang in de bodem zit. Daardoor is deze toe- of afname zeer moeilijk te meten – ze zal meestal binnen de onnauwkeurigheid van de meetmethode vallen. Een verandering in het gehalte stabiele organische stof van de bodem is slechts over een periode van jaren waar te nemen.

Een organischestofbalans kan een handig hulpmiddel zijn om inzicht te krijgen in de aan- en afvoer van organische stof en de verandering in de hoeveelheid organische stof in de bodem (kader: organischestofbalans opstellen).

### **Organischestofbalans opstellen**

(uit: Koopmans et al., 2008, p. 69)

Of de aanvoer van organische stof voldoende is om de afbraak te compenseren, is te berekenen aan de hand van de aan- en afvoer van organische stof op het eigen bedrijf.

Stap 1 Bepaal de totale aanvoer van effectieve organische stof met gewasresten, groenbemesters en organische mest gedurende één rotatie.

Stap 2 Bepaal de afvoer van organische stof. Volgende de vuistregel wordt jaarlijks 2 tot 4 procent van de organische stof in de bouwvoor afgebroken. Dit komt overeen met ongeveer 1400 tot 2800 kg organische stof. Het percentage afbraak wisselt, afhankelijk van de hoeveelheid en de soort organische stof die in het recente verleden op het perceel is aangevoerd.

Stap 3 Bereken het verschil tussen de aanvoer en afvoer van effectieve organische stof. Als de balans op nul uitkomt, blijft de toestand van de bodem gelijk. Is de balans negatief, dan teert de bodem op zijn voorraden in.





## 2 Maatregelen

### 2.1 Afbraak beperken & aanvoer vergroten

In Tabel 1 staat een overzicht van concrete maatregelen die onderdeel kunnen zijn van goed koolstofbeheer, zowel voor akkerbouw als voor weidebouw. De effecten van deze maatregelen zoals bekend uit wetenschappelijke literatuur staan in Tabel 7 in Bijlage I. Deze maatregelen worden verder toegelicht in hoofdstuk drie tot en met zes. De maatregelen zijn verdeeld in drie categorieën: ten eerste, maatregelen die de afbraak van organische stof beperken. Deze maatregelen zijn het belangrijkste omdat de hoeveelheid organische stof in de bodem groot is en de afbraaksnelheid relatief veel invloed heeft op netto koolstofbehoud. Daarnaast worden maatregelen beschreven die zorgen voor aanvoer van organische stof van het eigen bedrijf, en ten slotte maatregelen die zorgen voor aanvoer van organische stof van buiten het bedrijf. Organische stof aanvoeren binnen het eigen bedrijf verdient de voorkeur boven organische stof aanvoeren van buiten het bedrijf. In dat laatste geval is onduidelijk welke negatieve bijeffecten mogelijk bij optreden bij het produceren van de organische stof (bijvoorbeeld uitstoot van andere broeikasgassen). Bovendien is niet bekend wat er anders met de aangevoerde organische stof zou zijn gebeurd (wordt een perceel verrijkt ten koste van een ander perceel?).

### 2.2 Maatregelen: wat heeft prioriteit?

Niet elke maatregel heeft evenveel effect als het gaat om het verhogen van het organischestofgehalte. Een melkveehouder die het organischestofgehalte van zijn bodem wil verhogen, doet er goed aan het aandeel grasland op zijn bedrijf te vergroten en dat grasland zo min mogelijk te scheuren. Met deze maatregelen is grote winst te halen op koolstofgebied. In vergelijking hiermee is de bijdrage van andere maatregelen relatief klein.

Bij deze extra aanbevolen maatregelen staat een ster in de kantlijn.

Voor een akkerbouwer liggen de effecten van de maatregelen op het organischestofgehalte dichter bij elkaar.



Tabel 1. Maatregelen ter verhoging van het bodemkoolstofgehalte voor akkerbouw en melkveehouderij. X: toevoer van organische stof van buiten het bedrijf, Y: extra productie van organische stof binnen het bedrijf door vastlegging van CO<sub>2</sub> uit de lucht, Z: vermindering van verlies van organische stof door verlaging van de afbraaksnelheid van organische stof in de bodem.

Maatregel	Categorie	Voor akkerbouw of melkveehouderij?
<b>Maatregelen gerelateerd aan grondbewerking:</b>		
Niet-kerende grondbewerking toepassen	Z	Akkerbouw Melkveehouderij
Geen grondbewerking toepassen	Z	Akkerbouw Melkveehouderij
Graslandvernieuwing optimaliseren	Y, Z	Melkveehouderij
Niet scheuren	Z	
Doorzaaien (periodiek of continue)	Y, Z	
<b>Maatregelen gerelateerd aan het bouwplan:</b>		
Zomerbraak vermijden	Y, Z	Akkerbouw Melkveehouderij
Winterbraak vermijden	Y, Z	Akkerbouw Melkveehouderij
Groenbemester/stikstofvanggewas/maaimeststof telen	Y, Z	Melkveehouderij
Gewasrotatie met jaarlijkse gewassen	Y, (Z)	Akkerbouw
Gewasrotatie met vaste planten of houtige gewassen	Y, Z	Akkerbouw Akkerbouw
Plaatsen van hagen	Y, Z	Melkveehouderij
<b>Maatregelen gerelateerd aan het optimaliseren van de gewasproductie:</b>		
Optimaliseren irrigatie m.b.v. beregeningsplanner	Y	Akkerbouw Melkveehouderij
Beweidingsmanagement:		Melkveehouderij
Stripweiden en omweiden	Y	
Bijzaaien		
Graslandkruiden en verbeterde grassoortenmix	Y	
Efficiëntere bemesting	Y	Akkerbouw Melkveehouderij
<b>Overige maatregelen:</b>		
Toevoegingen bodem: compost, dierlijke mest, maaimeststof	X (Y)	Akkerbouw Melkveehouderij
Gewasresten achterlaten	Y	Akkerbouw Melkveehouderij

## 3 Maatregelen gerelateerd aan grondbewerking

### 3.1 Niet-kerende grondbewerking toepassen<sup>1</sup>

Bij niet-kerende grondbewerking wordt de bodem met schijven, tanden of woelers oppervlakkig gescheurd en verkruid, waardoor de bovengrond los en kruimelig wordt. Een groot deel van de gewasresten blijft aan de oppervlakte. Dit wordt ook wel gereduceerde grondbewerking, 'reduced tillage' of 'conservation tillage' genoemd. Ploegen bevordert de afbraak van organische stof door beluchting van de bodem, en zorgt voor fysieke afbraak van gewasresten en verstoring van het bodemleven. Niet-kerende grondbewerking vermindert de afbraak van organische stof, en heeft een positief effect op het bodemleven. Daarnaast verbetert de structuur en leidt niet-kerende grondbewerking tot minder verdichting. Verminderde grondbewerking brengt echter ook risico's met zich mee, doordat gewasresten op het land blijven liggen. Dat kan leiden tot een verhoogd risico op bovengrondse pathogenen. Bovendien is niet-kerende grondbewerking niet bij alle gewassen mogelijk. Voor knolgewassen en bieten is niet-kerende grondbewerking bijvoorbeeld minder geschikt (Van der Weide et al., 2008).

### 3.2 Geen grondbewerking toepassen

Bij geen grondbewerking wordt met speciale machines rechtstreeks gezaaid in de stoppels, door smalle sleuven te snijden waar het zaad in valt. Dit wordt ook wel 'zero tillage' of 'no-till' genoemd. Door vooruitgang in technieken voor onkruidbestrijding is het mogelijk om gewassen te verbouwen zonder de grond te bewerken. Vaak moeten hiervoor ook andere onderdelen van het teeltsysteem worden aangepast. Net als niet-kerende grondbewerking vermindert geen grondbewerking de afbraak van organische stof, en zorgt het voor verbetering van het bodemleven en de bodemstructuur (Van der Weide et al., 2008).

### 3.3 Graslandvernieuwing optimaliseren

#### 3.3.1 Niet scheuren van grasland



Onder grasland bouwt organische stof op: uit proeven in België bleek dat het organischestofgehalte na 36 jaar grasland in de bovenste 10 cm. 6,1% was, terwijl het onder permanent bouwland 2,1% was. Het organischestofgehalte bij een vruchtwisseling van 3 jaar maïs en 3 jaar gras zat daar tussenin (3,4%) (Van Eekeren et al. 2007).

Wanneer grasland gescheurd wordt, komt er veel lucht in de bodem. Daardoor kan de organische stof snel afbreken. Bovendien is het verstoren van de zode ongunstig voor het bodemleven. Vooral regenwormpopulaties kunnen sterk teruglopen, terwijl het minstens vijf jaar duurt voor ze zich weer helemaal hebben hersteld. In blijvend grasland kunnen regenwormen zorgen voor een goede

---

<sup>1</sup> 3.1 en 3.2 zijn in licht gewijzigde vorm overgenomen van Lesschen et al. (2012)

structuur en bijdragen aan waterinfiltratie. Wanneer het grasland voldoende produceert, is het daarom aan te bevelen het grasland in tact te laten en niet te ploegen.

Het scheuren van grasland is door wetgeving aan banden gelegd: op zand- en lössgrond mag grasland alleen gescheurd worden tussen 1 februari en 10 mei. Op klei- en veengrond mag dat tot 15 september. Op alle grondsoorten moet direct na het scheuren een stikstofbehoefstig gewas ingezaaid worden (LNV-loket, 2012). De regels voor het scheuren van grasland zijn opgesteld met het oog op het beperken van uitspoeling van stikstof, maar zijn ook gunstig voor het beperken van N<sub>2</sub>O-emissies: wanneer in het voorjaar gescheurd wordt zijn deze lager dan wanneer in de herfst gescheurd wordt (Kasper et al. 2002).



*Figuur 1. Grasland niet scheuren is de effectiefste maatregel die een melkveehouder kan nemen om het organischestofgehalte in de bodem te laten stijgen.*

### **3.3.2 Graslandvernieuwing optimaliseren: doorzaaien**

Wanneer de graslandproductie te laag is geworden, en/of de botanische samenstelling van het gras te zeer achteruit is gegaan, kan graslandvernieuwing nodig zijn. De samenstelling van het grasland kan beoordeeld worden aan de hand van de volgende criteria: wanneer er <50% Engels raaigras is, of >10% kweek in haarden of >20% kweek verspreid, is graslandvernieuwing wenselijk (Hoving, 2006). Graslandvernieuwing kan worden uitgesteld door het grasland goed te onderhouden, bijvoorbeeld door bij te zaaien. Meer hierover staat bij 3.3.3.

Grasvernieuwing betekent niet perse scheuren: doorzaaien kan ook. Doordat er minder lucht in de bodem wordt gebracht, wordt er minder organische stof afgebroken. Ook zorgt de oude zode voor draagkracht, zodat er minder kans is op structuurproblemen bij het berijden van het land. Doorzaaien is bovendien sneller en minder arbeidsintensief dan herinzaai: in plaats van vijf werkgangen (zode doodspuiten, frezen, ploegen, zaaiklaar leggen en zaaien) is er slechts één werkgang nodig (zaaien in de bestaande zode, eventueel na het doodspuiten van de oude zode). Daarnaast kan doorzaaien in de herfst, wanneer er over het algemeen minder werkdruk is dan in de lente. Bovendien is

doorzaaien goedkoper dan herinzaaien (Tabel 2). Een risico van doorzaaien is dat het nieuwe grasmengsel zich, door concurrentie met de oude zode, niet goed kan vestigen.

Bij het kiezen tussen ploegen en daarna herinzaaien of doorzaaien, is het belangrijk naar de bodem te kijken. Dat kan door met een spade een kluit uit te steken en te kijken naar de bodemstructuur, het aantal wormengangen en de beworteling. Een slechte ontwatering, niet-egale ligging, een slechte structuur en matige doorworteling kunnen een reden zijn om te ploegen. Wanneer de bodemconditie echter goed is, is doorzaaien wellicht een betere manier om het grasland te vernieuwen (Koopmans et al., 2007).

*Tabel 2. Kostenoverzicht herinzaaien en doorzaaien, in euro/ha (bron KWIN).*

	<b>Herinzaaien</b>	<b>Doorzaaien</b>
Grondonderzoek (verplicht)	€ 75	n.v.t.
Basisbemesting/bekalken	€ 300	n.v.t.
Doodspuiten	€ 55	€ 55
Spitten	€ 132	n.v.t.
Zaaizaad	€ 145	€ 145
Zaaien	€ 95	€ 95
Totale kosten	€ 802	€ 295
Jaarlijkse kosten over 10 jaar	€ 80	€ 30



## 4 Maatregelen gerelateerd aan het bouwplan

### 4.1 Zomer- & winterbraak vermijden

Wanneer land braak ligt, breekt bodemorganischestof sneller af dan wanneer er een gewas op het land staat. Het bedekt houden van het land, in combinatie met een periode zonder grondbewerking, zorgt er voor dat de organische stof in de bodem minder snel afbreekt dan bij zwarte braak, waarbij soms grondbewerkingen worden uitgevoerd. Bovendien wordt bij zwarte braak een mogelijkheid gemist om koolstof uit de lucht vast te leggen in gewassen. Daarom is het aan te raden zwarte braak te vermijden, zowel 's zomers als 's winters.

### 4.2 Groenbemester/stikstofvanggewas/maaimeststof telen

Een groenbemester of vanggewas wordt meestal gezaaid om uitspoeling en daarmee verlies van nutriënten in de herfst te voorkomen. Ook vanuit het oogpunt van organischestofbeheer is het gunstig om een groenbemester of vanggewas te telen en winterbraak te vermijden. Zo'n gewas zorgt namelijk voor vastlegging van koolstof op het eigen bedrijf – een verschil met het invoeren van elders vastgelegde koolstof zoals compost. Doordat het gewas ondergeploegd wordt, wordt de vastgelegde organische stof aan de bodem toegevoegd. Een deel daarvan zal snel weer afbreken, maar toch wordt er ook effectieve organische stof aan de bodem toegevoegd, die veel langzamer afbreekt. In Tabel 3 staan indicaties van de hoeveelheid organische stof en effectieve organische stof die aan de bodem wordt toegevoegd bij het inwerken van verschillende groenbemers.

Voor het succes van een groenbemester of vanggewas is de timing cruciaal: hoe eerder het gewas gezaaid wordt in de nazomer of vroege herfst, hoe beter. Een groenbemester die pas na 1 oktober de grond in gaat zal in het najaar weinig meer groeien. Een dergelijke groenbemester is alleen zinnig wanneer het volgende voorjaar nog benut wordt voor groei.

Een groenbemester of vanggewas kan ook worden uitgereden of ingewerkt op een ander perceel dan op het perceel waar het gegroeid heeft. Meer hierover staat bij 6.2.

*Tabel 3. Aanvoer van organische stof en effectieve organische stof na het onderwerken van verschillende groenbemers. Hoeveelheden zijn in ton per ha, bij een gemiddelde gewasgroei. De effectieve organische stof is de hoeveelheid organische stof die nog over is na één jaar. Voor de meeste groenbemers wordt 30% aangehouden (zomerkoolzaad: 25%) (uit: Hangegraaf, 2010).*

<b>Gewas</b>	<b>Aanvoer van organische stof</b>	<b>Effectieve organische stof</b>
raaigras	2550	612
rode klaver	3800	432
witte klaver	2700	783
bladrammenas	3000	900
gele mosterd	3800	850
wikke	3000	645





*Figuur 2. Bladrammenas op zandgrond in november. Een groenbemester die voor 1 oktober gezaaid is heeft het meeste kans van slagen.*

### **4.3 Gewasrotatie met jaarlijkse gewassen: meer graan en gras in het bouwplan**



Met een jaarlijks terugkerende intensieve teelt, zoals van rooivruchten of maïs, gaat de organischestofvoorraad in de bodem achter uit. Dit komt door intensieve grondbewerking, en doordat er weinig toevoer van organische stof via gewasresten is. Door het jaarlijks afwisselen van gewassoorten wordt dat voorkomen. Met name een groter aandeel granen en grassen in het bouwplan zullen het organischestofgehalte doen stijgen. Graan in het bouwplan zorgt voor een toevoeging van organische stof via het relatief grote wortelstelsel levert na de oogst een behoorlijke hoeveelheid organische stof. Door het stro achter te laten vindt extra toevoer van organische stof plaats. Afwisseling met gras(klaver) of een groenbemester die niet wordt geoogst maar volledig wordt ondergewerkt zorgt niet alleen voor het vasthouden van nutriënten in de bodem, maar levert ook organische stof (Tabel 3).



*Figuur 3. Een hoger aandeel granen in het bouwplan zorgt voor meer toevoer van organische stof.*

## 4.4 Gewasrotatie met gras en maïs



Wanneer grasland vernieuwd wordt, kan voor een vruchtwisseling met maïs gekozen worden. De maïs kan profiteren van de vrijkomende nutriënten na het scheuren van grasland, en grasklaver groeit goed op een arme maïsstoppel. In een modelstudie zijn continueelt en vruchtwisseling van gras en maïs vergeleken op natte en droge zandgrond. Vruchtwisseling van gras en maïs leidde tot hogere bruto gewasopbrengsten op zowel droge als natte zandgrond. Het effect van zo'n vruchtwisseling op het organische-stofgehalte hangt af van de verhouding tussen gras en maïs: wanneer er meer maïs dan gras geteeld wordt, neemt het organischestofgehalte af. Vooral op bedrijven zonder derogatie, waar het aandeel maïs in het bouwplan kan oplopen tot 100%, is dit een punt van zorg (Van Eekeren et al., 2011b).

Voor de bodem onder een perceel met continueelt van maïs is het gunstig om de maïsteelt af te wisselen met enkele jaren grasland. Echter, het is niet aan te bevelen om permanent grasland om te ploegen om slechts één of enkele jaren maïs te telen. De verliezen of organische stof na het ploegen zijn zeer groot, en het duurt lang voor deze organische stof weer is opgebouwd. Bovendien is de kans op verliezen van stikstof door uitspoeling na het omploegen van permanent grasland groot (Klein Swormink et al., 2010).

## 4.5 Gewasrotatie met vaste planten of houtige gewassen

Vastlegging van koolstof vindt voornamelijk in de plant zelf plaats door opname van koolstofdioxide uit de lucht. Daarnaast houden vaste planten en houtige gewassen die in de vollegrond geteeld worden, met hun wortels de bodem goed vast. Op hellingen wordt zo erosie en dus verlies van organische stof tegengegaan, en in gebieden die gevoelig zijn voor verstuiwing wordt het verdwijnen van organische stof via winderosie beperkt.

Bladverliezende planten en gewassen dragen jaarlijks via bladafval bij aan organischestofopbouw in de bodem. Wanneer het snoeiafval van vaste planten of houtige gewassen op het perceel blijft vindt extra aanvoer van organische stof in de bodem plaats. Bij de oogst van vaste planten of houtige gewassen kunnen achtergebleven wortelresten, vallend blad en eventueel snoeiafval ook een bijdrage leveren. Daar staat tegenover dat bij oogst van planten inclusief kruit er grond en dus organische stof wordt afgevoerd. Die organische stof is niet verloren want hij komt ergens anders terecht, maar voor het betreffende perceel is het wel een verliespost.

## 4.6 Plaatsen van hagen

Net als bij vaste planten en houtige gewassen vindt koolstofvastlegging in de plant zelf plaats. Bij hagen is de vastlegging veel langduriger omdat deze permanent blijven staan en de bodem niet bewerkt wordt. Ook dragen hagen bij aan het vasthouden van bodemdeeltjes waardoor minder kans is op erosie door water en wind. Bladafval en achterblijvend snoeiafval dragen bij aan organischestofopbouw in de bodem. Het versnipperen van het snoeiafval zorgt voor een snellere omzetting naar organisch stof die bijdraagt aan de bodemkwaliteit.

## *5 Maatregelen gerelateerd aan het optimaliseren van de gewasproductie*

### *5.1 Optimaliseren irrigatie m.b.v. beregeningsplanner*

Wanneer onvoldoende vocht aanwezig is in de bodem wordt de groei van het gewas geremd. Dat is ongunstig voor de productie en voor het vastleggen van koolstof door het gewas. Een beregeningsplanner is een instrument dat de beslissing van een akkerbouwer of melkveehouder om al dan niet te irrigeren ondersteunt, en zo helpt de irrigatie te optimaliseren. Zo'n beregeningsplanner bestaat uit vochtsensoren in de bodem, die informatie geven over de actuele vochttoestand. Deze informatie wordt gekoppeld aan gegevens over het weer en de groei van het gewas. Op basis daarvan wordt een advies gegeven. Door een beregeningsplanner te gebruiken kan een akkerbouwer of melkveehouder voorkomen dat een vochttekort optreedt, én voorkomen te irrigeren wanneer dit niet nodig is. Zo kan een agrariër kosten besparen door het gebruik van een beregeningsplanner.

### *5.2 Graslandproductie optimaliseren: beweidings- en maaimanagement*

Grasland bevat vaak aanzienlijk meer koolstof dan bouwland. Dit komt door de relatief lagere afbraak van organische stof onder grasland, doordat geen grondbewerking plaatsvindt, en door hogere aanvoer van organische stof. De aanvoer van organische stof onder grasland wordt positief beïnvloed door worteling van grasland en door beweidingsverliezen. Echter, beweidingsverliezen zijn onwenselijk voor de veehouder. Om het organischestofgehalte van grasland zo hoog mogelijk te houden en de productie zo goed mogelijk te benutten is het dus vooral belangrijk de worteling te optimaliseren.

Dit kan alleen wanneer men rekening houdt met de manier waarop grassen groeien. Grassen hebben zich evolutionair gezien aangepast aan begrazing door reserveopbouw in de wortels. Na begrazing haalt het gras suiker en aminozuren uit de wortels en stoppels voor bovengrondse groei. Hierdoor sterft een deel van de wortels af - deze dode wortels komen beschikbaar voor het bodemleven en worden bodemorganischestof. Bovengronds vindt hergroei plaats vanuit de groeipunten die dicht bij de grond zitten (Ourry et al., 1989; Sullivan en Sprague, 1949). In het management van grasland is het belangrijk er voor te zorgen dat het gras voldoende mogelijkheid heeft om de wortelreserves aan te vullen. Een melkveehouder kan dat beïnvloeden door te kiezen voor een bepaalde beweidingmethode en frequentie van maaien of beweiden. Bij een te hoge maai-frequentie of te intensieve weidegang neemt de worteling af (Schuurmans, 1954; Ennik, 1981). De intensiteit van begrazen of maaien is dus belangrijk voor de aanvoer van organische stof. De effecten van stripweiden, standweiden en omweiden op de worteling staan samengevat in Tabel 4.



*Tabel 4. Beweidingsystemen en effecten op de beworteling van grasland.*

<b>Beweidingsstelsysteem</b>	<b>Beworteling</b>	<b>Reden</b>
Stripgrazen	++	Veebezetting kan elke dag bijgestuurd worden. Voldoende tijd voor herstel vanuit de wortelreserves.
Omweiden	+	Beworteling is afhankelijk van de intensiteit van begrazing. Kans op beweidingsverliezen is minder dan bij standweiden.
Standweiden	+/-	Beworteling is afhankelijk van de intensiteit van begrazing. Kans op beweidingsverliezen is relatief groot.

### 5.2.1 Stripgrazen

Stripgrazen is een vorm van omweiden waarbij het vee minimaal elke dag een strook gras tot zijn beschikking krijgt dat voldoende is voor een dag. Overbegrazing of onderbegrazing kunnen met stripgrazen voorkomen worden, omdat het vee elke dag verplaatst wordt en bijsturen hierdoor gemakkelijk is. Daarnaast heeft het gras voldoende tijd om te herstellen vanuit de wortelreserves. Stripgrazen is daarom de meest geschikte methode om het koolstofgehalte van grasland te optimaliseren en de grasproductie te benutten voor melk (Van Eekeren & De Wit, nog niet gepubliceerd).



*Figuur 4. Met beweidingsmanagement is winst te behalen voor de opbrengst én de aanvoer van organische stof.*

### 5.2.2 Standweiden versus omweiden

Bij standweiden hebben de koeien beschikking over een grote oppervlakte gras, waar ze een langere tijd lopen (> 14 dagen tot enkele maanden). Bij omweiden wordt het vee elke twee tot zes dagen omgeweid naar een ander perceel. Er zijn dus meerdere (kleinere) percelen nodig die afgestemd zijn op de veebezetting.

Standweiden kan tot een hogere wortelmasse leiden dan omweiden, wanneer de optimale veebezetting niet wordt overschreden (Deinum, 1985). Het gras wordt dan op een lengte van 7-8 cm gehouden, waardoor de fotosynthese ook relatief constant blijft. Er hoeft dan minder aanspraak te worden gemaakt op wortelreserves voor het opnieuw uitschieten van het gras, zoals bij omweiden het geval is. Echter, wanneer bij standweiden het gras te kort wordt door een iets te hoge veebezetting, dan neemt de beworteling af. In Belgisch onderzoek werd een vergelijkbare of lagere wortelmasse gevonden bij standweiden dan bij omweiden, afhankelijk van de intensiteit van begrazing. Wanneer de veebezetting te hoog is en het bladoppervlakte te klein, kan standweiden de groei van de wortels juist

tegenwerken. Het bladoppervlak is dan niet groot genoeg om zonder wortelreserves uit te schieten. Hiermee kunnen wortelreserves worden uitgeput (Deinum, 1985).

Bij standweiden is er meer kans op beweidingsverliezen, wanneer er bossen ontstaan. Doordat de koeien selectief grazen, kan het gras kan op sommige plaatsen te lang worden en besmeurd raken. Dit zorgt weliswaar voor extra aanvoer van organische stof naar de bodem, maar is niet goed voor de opbrengst en daarom ongewenst. Voor beide systemen geldt dat de perceelgrootte afgestemd moet zijn op de veebezetting. Wanneer de veebezetting te hoog of te laag is nemen de beworteling en de grasproductie af.

### 5.2.3 Maaien

Vaker maaien heeft in het algemeen een negatief effect op de bovengrondse opbrengst en beworteling. Engels raaigras heeft een optimum voor de beworteling bij 8 weken maaien (Dawson, 2000). Kort en frequent maaien heeft over het algemeen tijdelijk een lagere wortelgroei tot gevolg (Evans, 1971). Daarom is het advies de maaifrequentie te verlagen en te streven naar zwaardere snedes. Op die manier kan de beworteling optimaal herstellen (Van Eekeren et al., 2011a). Onder natte omstandigheden is zowel beweiding als het berijden van grasland af te raden. Er kunnen dan makkelijk structuurproblemen ontstaan, waardoor een goede beworteling geremd wordt.



*Figuur 5. Het maaien van grasland.*

## 5.3 Graslandproductie optimaliseren: graslandonderhoud

Door grasland goed te onderhouden, blijft de productie hoog. Graslandonderhoud bestaat uit een combinatie van graslandbewerking en bijzaaien. Door het gras in het voorjaar een stevige behandeling te geven met bijvoorbeeld een wiedege kunnen onkruid en minder goede grassen teruggezet worden. Vervolgens kan bijgezaaid worden met ongeveer 20 kilo graszaad per hectare, afhankelijk van de toestand van de zode. Bijzaaien heeft een positief effect op de opbrengst en op de voedingswaarde van het gras, door het hogere aandeel goede grassen in de zode. Uit Duits onderzoek bleek dat de opbrengst van permanent grasland waarin jaarlijks bijgezaaid werd, 15% hoger lag dan van grasland waarin dat niet gebeurde. Bovendien lag de gemiddelde voedingswaarde 5% hoger (Hogenkamp, 2012).

## 5.4 *Graslandproductie optimaliseren: graslandkruiden en verbeterde grassoorten en –rassenmix*

De wortels van gras worden uiteindelijk omgezet in organische stof. Goede beworteling is dan ook belangrijk voor het opbouwen van bodemorganischestof. Diepe en intensieve beworteling heeft nog meer voordelen. Zo zorgt intensievere beworteling voor een hogere nutriëntenbenutting. Bovendien bepaalt de diepte van de beworteling uit welke bodemlaag water kan worden opgenomen. Gras met een diep wortelstelsel is daardoor beter bestand tegen droogte. Daarnaast dragen wortels bij aan de bodemstructuur, dienen ze als voeding voor het bodemleven en dragen ze bij aan de beheersing van onkruid (Van Eekeren et al., 2011a).

Beworteling van grasland kan beïnvloed worden door (gras)soorten- en rassenkeuze. Deze en andere maatregelen om beworteling te beïnvloeden staan beschreven in de brochure “Terug naar de graswortel, een betere nutriëntenbenutting door intensievere en diepere beworteling”.

### 5.4.1 *Graslandkruiden zaaien*

Grassen hebben over het algemeen een fijnvertakt wortelstelsel. Soorten zoals smalle weegbree en boterbloem hebben een grof wortelstelsel, terwijl bijvoorbeeld luzerne, rode klaver, cichorei en paardenbloem een penwortel vormen (Van Eekeren et al., 2011). De praktijk leert dat rode klaver bijvoorbeeld goed combineert met rietzwenkgras en kropaar (De Wit et al., 2012). Het is gunstig om soorten met verschillende wortelstelsels te combineren: daardoor wordt de bodem optimaal beworteld. En dat is weer gunstig voor de nutriëntenbenutting en opbouw van organische stof in de bodem, zoals hierboven beschreven.

### 5.4.2 *Grassoorten: Engels raaigras met rietzwenkgras en/of kropaar combineren*

Uit recent onderzoek blijkt dat kropaar en rietzwenkgras, zeker bij relatief lage N-giften (200 kg N ha<sup>-1</sup>), een hogere opbrengst hebben dan Engels raaigras. Bovendien is de wortelmassa van rietzwenkgras hoger in diepere bodemlagen (16-32 cm –mv). Rietzwenkgras en kropaar hebben een lagere verteerbaarheid (VEM) dan Engels raaigras, wat als een nadeel ervaren kan worden. Dit probleem wordt ondervangen door beide grassoorten met Engels raaigras te mengen. Mengsels van Engels raaigras met 50% rietzwenkgras of 10-15% kropaar hebben een goede kwaliteit en een hogere opbrengst dan Engels raaigras alleen (De Wit et al., 2012, Deru et al., 2011a).

### 5.4.3 *Rassen Engels raaigras: diploïde rassen Engels raaigras zaaien*

Engels raaigras is de meest gebruikte grasoort in de Nederlandse melkveehouderij. Echter, tussen verschillende rassen Engels raaigras zijn aanzienlijke verschillen in beworteling te zien. In een rassenproef is het wortelstelsel van verschillende rassen Engels raaigras vergeleken (Deru et al., 2011b). Daaruit bleek dat diploïde rassen een hogere wortelmassa, hogere wortelengtedichtheid, hoger totaal worteloppervlak en hoger aandeel dunne wortels hadden dan tetraploïde rassen. Het is daarom aan te raden diploïde rassen Engels raaigras te zaaien (Van Eekeren et al., 2011a).



## 6 Overige maatregelen

### 6.1 Toevoegen compost & dierlijke mest

Met compost en dierlijke mest wordt organische stof aan de bodem toegevoegd. Een deel van die organische stof wordt snel weer afgebroken. De organische stof die na één jaar nog over is wordt effectieve organische stof genoemd. Niet elke mestsoort is hetzelfde: drijfmest wordt bijvoorbeeld veel sneller afgebroken dan potstalmest. In Tabel 5 staat een overzicht van de effectieve organische stof die gegeven wordt met verschillende composten en meststoffen.

*Tabel 5. Aanvoer van effectieve organische stof bij verschillende composten en meststoffen, in kg/ton product De effectieve organische stof is de hoeveelheid organische stof die nog over is na één jaar (uit: Hanegraaf, 2010).*

Mest of compost	Aanvoer van effectieve organische stof
<i>Dunne mest</i>	
Rundvee	33
Vleesvarkens	20
Zeugen	12
Kippen	31
<i>Vaste mest</i>	
Rundvee	77
Kippen (strooisel)	143
Vleeskuikens	183
<i>Compost</i>	
Champost	89
GFT-compost	183



*Figuur 6. Dierlijke mest, hier vermengd met stro, zorgt voor toevoer van organische stof (rechts). Hetzelfde geldt voor compost (links.)*

### 6.2 Toevoegen maaimeststoffen

Zoals beschreven in 4.2, wordt met de teelt van groenbemesters en vanggewassen extra koolstof vastgelegd op het bedrijf. In plaats van groenbemesters zoals grasklaver en luzerne onder te

ploegen op het perceel waar ze groeiden, kunnen ze ook gemaaid worden en als maaimeststof op een ander perceel gebracht worden. Dat biedt een teler een extra mogelijkheid om stikstof- en koolstofstromen op zijn bedrijf te sturen.

Ervaringen opgedaan met maaimeststoffen op praktijkbedrijven en praktische handreikingen voor de toepassing ervan staan in het BioKennisbericht groene maaimeststoffen (Rietberg en Ter Berg, 2012).

### 6.3 Gewasresten achterlaten

Gewasresten worden vaak van het land verwijderd om te worden gebruikt als strooisel in stallen, als veevoer of als energiebron. Echter ze kunnen ook op het land achterblijven, en voor extra toevoer van koolstof naar de bodem zorgen. De bijdrage van gewasresten aan bodemorganischestof verschilt per gewas. Gewasresten met veel koolstof en weinig stikstof worden meestal minder makkelijk afgebroken dan gewasresten met relatief meer koolstof - bietenloof wordt bijvoorbeeld sneller afgebroken dan stro. Een overzicht van de bijdrage van gewasresten van verschillende gewassen staat in Tabel 6.

*Tabel 6. Aanvoer van organische stof en effectieve organische stof het achterlaten van gewasresten. Hoeveelheden zijn in kg per ha, bij de gemiddelde opbrengst. De effectieve organische stof is de hoeveelheid organische stof die nog over is na één jaar (uit: Hanegraaf, 2010).*

<b>Gewas</b>	<b>Aanvoer van organische stof</b>	<b>Effectieve organische stof</b>
Snijmaïs, ondergronds	1500	525
Aardappelen	3977	875
Korrelmaïs, ondergronds	2000	700
Zomertarwe, inclusief stro	8500	2550
suikerbieten	1500	375
Luzerne, eerste jaar, ondergronds	3000	1050

## 7 Literatuur

- Deinum B. 1985. Root mass of grass swards in different grazing systems. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 33, pp. 377-384.
- Deru, J., G.J. van der Burgt, N. van Eekeren, H. Wientjes. Maïsteelt en mestscheiding, langetermijneffecten op organische stof, *V-focus* december 2010, pp. 21-22.
- Deru, J.G.C., N.J.M. van Eekeren, H. de Boer. 2010. Beworteling van grasland - een literatuurstudie: Nutriëntenopname in relatie tot bewortelingsdiepte en -intensiteit; factoren en potentiële maatregelen die de beworteling beïnvloeden. Rapport 2010-018LBV. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 63 p.
- Deru, J.G.C., N.J.M. van Eekeren, J. Visscher, H. Schilder. 2011b. Grote variëteit in Engelse raaigrassen. *V-focus*. Februari 2011, pp. 22-23.
- Deru, J.G.C., N.J.M. van Eekeren, J. de Wit, H. de Boer. 2011a. Effect van grassoort en N-bemestingsniveau op productie, beworteling en N-mineraal in de herfst: Veldproef op zandgrond met Engels Raaigras, Kropaar en Rietzwenkgras. Rapport 2011-017 LbD. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 22 p.
- De Wit, J., J.G.C. Deru, N.J.M. van Eekeren. 2012. Mengsels met kropaar of rietzwenkgras interessant voor maaipercelen. *V-focus*, juni 2012, pp. 29-31.
- Ennik G.C., 1981. Grasgroei en beworteling. CABO-verslag nr. 38, Centrum voor Agro Biologisch Onderzoek, Wageningen.
- Hanegraaf, M., 2010. De organische stofbalans: nuttig instrument voor bouw- en grasland. NMI, 6 p. op: [http://www.nmi-agro.nl/sites/nmi/nl/nmi.nsf/dx/Werkblad%20Organische%20stof%20balans.pdf/\\$file/Werkblad%20Organische%20stof%20balans.pdf](http://www.nmi-agro.nl/sites/nmi/nl/nmi.nsf/dx/Werkblad%20Organische%20stof%20balans.pdf/$file/Werkblad%20Organische%20stof%20balans.pdf)
- Hogenkamp, W. 2012. Twee ton extra droge stof. Bijzaaien moet vast tussen de oren zitten. *Boerderij* 97 (26).
- Hoving, I.E. 2006. De HerinzaaiWijzer als hulpmiddel bij afweging van graslandvernieuwing, *PraktijkRapport Rundvee* 82, Animal Sciences Group, 16 p.
- Kasper, G.J., A. van den Pol-van Dasselaar, P.J. Kuikman, J. Doling, 2002. Beperking van lachgasemissie na scheuren en bij vernieuwing van grasland; eindrapport reductieplan overige broeikasgassen landbouw cluster 1 Alterra-rapport 560.5, Wageningen. 37 p.
- Klein Swormink, B., N. van Eekeren, B. Philipsen, 2008. Graslandsignalen. *Praktijkgids voor optimaal graslandgebruik*. Roodbont B.V., Louis Bolk Instituut, 96 p.
- Koopmans, C., J. Bokhorst, C. ter Berg, N. van Eekeren, 2007. Bodemsignalen, *Praktijkgids voor een duurzame bodem*. Roodbont B.V., Louis Bolk Instituut, 96 p.

Lesschen, J. P., H. Heesmans, J. Mol, A. van Doorn, E. Verkaik, I. van den Wyngaert, P. Kuikman, 2012. Mogelijkheden voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw en natuur. Wageningen, Alterra, Alterra-Rapport 2396. 61 p.

LNV-loket, 2012. Scheuren van grasland, op:  
<http://www.hetInvloket.nl/onderwerpen/mest/dossiers/dossier/scheuren-van-grasland-en-vanggewassen/scheuren-van-grasland> Laatst bezocht november 2012.

Ourry A., Bigot J., Boucaud J., 1989. Protein mobilization from stubble and roots, and proteolytic activities during post-clipping re-growth of perennial ryegrass. *Journal of Plant Physiology* 134, pp. 298-303.

Rietberg, P.I., Ter Berg, C., 2012. BioKennisbericht Groene maaimeststoffen. Louis Bolk Instituut, DLV Plant, 5 p.

Schuurmans J.J., 1954. De bewortelingsproblemen op grasland. In: De plantenwortel in de landbouw. Voordrachten in het kader van het Nederlands Genootschap voor Landbouwwetenschap.

Sullivan J.T., Sprague V.G., 1949. The effect of temperature on the growth and composition of the stubble and roots of perennial ryegrass. *Plant Physiology* 24, pp.706-719.

Van Eekeren, N., B. Philipsen, M. Hanegraaf. 2007. Blijvend grasland of gras klaver in rotatie met snijmaïs, V-focus, oktober 2007, pp. 24-25.

Van Eekeren, N.J.M., J.G.C. Deru, H. De Boer, B. Philipsen. 2011a. Terug naar de graswortel. Een betere nutriëntenbenutting door enen intensievere en diepere beworteling. Rapport 2011-023 LbD. Louis Bolk Instituut, Driebergen, 32 p.

Van Eekeren, N., G.J. van der Burgt, B. Philipsen, H. van Schooten, M. de Haan. 2011b. Effect op organische stof en kosten/baten, vruchtwisseling van gras en maïs, V-focus april 2011, pp. 24-26.

Van der Weide R., F. van Alebeek, R. van den Broek, 2008. En de boer, hij ploegde niet meer? Literatuurstudie naar effecten van niet-kerende grondbewerking versus ploegen. Praktijkonderzoek Plan & Omgeving, Wageningen, Nederland, 25 p.

## *Bijlage I: Effecten van maatregelen*

In Tabel 7 op de volgende pagina's staat een overzicht van effecten en afwentelingseffecten per kansrijke klimaatmaatregel.

Tabel 7. Effecten en afwentelingseffecten per kansrijke klimaatmaatregel. Indeling in categorieën: X: toevoer van organische stof van buiten het bedrijf, Y: extra productie van organische stof binnen het bedrijf door vastlegging van CO<sub>2</sub> uit de lucht, Z: vermindering van verlies van organische stof door verlaging van de afbraaksnelheid van organische stof in de bodem. SOC=soil organic carbon (bodemorganischestof), a=akkerbouw, v=(melk)veehouderij. Waar getallen gegeven staan bij klimaateffecten zijn deze in ton CO<sub>2</sub>-equivalenten per jaar, een negatieve waarde duidt op uitstoot van broeikasgassen of afbraak van bodemkoolstof. Bedrijfseconomische en overige effecten zijn ingedeeld in klassen: ++ altijd en overal positief (voor het milieu, d.w.z. (bijvoorbeeld) vermindering van emissie) + meestal positief, 0 geen effect, – meestal negatief, — altijd en overal negatief, ? onbekend, \* effect afhankelijk van precieze invulling van de maatregel. Deze classificatie geeft de richting van het effect aan, maar niet de grootte van het effect aan. Bijvoorbeeld ++ voor NH<sub>3</sub>-emissie betekent dat het effect van die maatregel zeker positief is (dus de NH<sub>3</sub>-emissie vermindert), maar de bijdrage aan de vermindering van de totale NH<sub>3</sub> emissie kan echter heel gering zijn.

	Categorie	Van toepassing voor sector	SOC	Bodememissies (N <sub>2</sub> O en CH <sub>4</sub> )	Vermeden keten-/indirecte emissies	Totaal SOC en emissies	Bedrijfseconomisch	NH <sub>3</sub> emissie	Fijnstof	Geur	Uitspoeling NO <sub>3</sub>	Bodemkwaliteit	Waterkwaliteit	Bovengrondse biodiversiteit	Bodem biodiversiteit	Dierwelzijn	Gebruik gewasbeschermingsmiddelen	
			Directe effecten op de bodem				Overige effecten											
<b>Maatregelen gerelateerd aan grondbewerking:</b>																		
Niet-kerende grondbewerking	Z	a, v	1,09	0,08	0,08	1,25	0		0	0	+	++	+	0	+	0	-	
Geen grondbewerking	Z	a, v	1,04	0,08	0,14	1,26	0		+	0	+	++	++	0	++	0	--	
Graslandvernieuwing optimaliseren	Y, Z	v					+	0	0	0	+	+	0	0	0	0	0	
Niet scheuren	Z	v																
Doorzaaien (periodiek of continue)	Y, Z	v																
<b>Maatregelen gerelateerd aan het bouwplan:</b>																		
Zomerbraak vermijden	Y, Z	a, v	0,48	-0,03	-0,13	0,32	0	-	+	0	+	+	+	0		0	-	
Winterbraak vermijden	Y, Z	a, v	0,83	0,25	0,61	1,69	0	-	+	0	++	+	+	0		0	-	
Groenbemester/stikstofvanggewas telen	Y, Z	a, v					+	0	0	0	++	++	++	0	+	0	-	
Gewasrotatie met jaarlijkse gewassen		a	0,58	0,07	0	0,65	0		0	0	+	+	+	0		0	0	
Gewasrotatie met vaste planten		a	0,57	0,03	0,17	0,77	-		0	0	+	+	+	0		0	0	
Omschakelen naar houtige gewassen		a	2,71	0,76	1,78	5,24	-		0	0				0		0	0	

	Categorie	Van toepassing voor sector	SOC	Bodememissies (N <sub>2</sub> O en CH <sub>4</sub> )	Vermeden keten-/indirecte emissies	Totaal SOC en emissies	Bedrijfseconomisch	NH <sub>3</sub> emissie	Fijnstof	Geur	Uitspoeling NO <sub>3</sub>	Bodemkwaliteit	Waterkwaliteit	Bovengrondse biodiversiteit	Bodembiodiversiteit	Dierwelzijn	Gebruik gewasbeschermingsmiddelen
			Directe effecten op de bodem				Overige effecten										
Plaatsen van hagen	Y, Z	a, v	2,72	0,76	1,51	4,97	-	0	0	0		+		+		+	0
<b>Maatregelen gerelateerd aan het optimaliseren van de gewasproductie:</b>																	
Optimaliseren irrigatie m.b.v. beregenings-planner	Y	a, v	1,46	-0,42	-1,38	-0,34	+		0	0	+		+		0	0	
Beweidingsmanagement:		v	1,04	-0,79	-1,08	-0,83											
Rotatiebeweiding	Y	v	2,20	0,05	0	2,25	+			0	+	+	+			+	0
Verbeterde grassoortenmix	Y	a, v	2,44	-0,94	0	1,50	+			0				++	++	+	0
<b>Overige maatregelen:</b>																	
Toevoegingen bodem	X	a, v					-					+					
Compost	X	a, v	Afhankelijk van type compost en wijzen van composteren <sup>1</sup>					*		+	*	+	*		+	0	
Dierlijke mest	X	a, v	Afhankelijk van type mest <sup>1</sup>					-		+	*	+	*		+	0	
Gewasresten achterlaten, maaimeststoffen	X, Y	a, v	Afhankelijk van type gewas <sup>1</sup>					*		-	*	+	*		+	0	

<sup>1</sup>In de bodemkoolstofmodule van de klimaatlat zijn waarden opgenomen voor verschillende soorten compost, dierlijke mest en gewasresten.