Louis Bolk Instituut

Het Project Koolstofboeren is uitgevoerd door het Louis Bolk Instituut i.s.m. ZLTO en Bionext

ZLTO Bionext

Handleiding goed koolstofbeheer

December 2018

Sjef Staps

Het Project Koolstofboeren is uitgevoerd door het Louis Bolk Instituut i.s.m. ZLTO en Bionext.

Deze update is gefinancierd door ZuivelNL, Ministerie van LNV en Stuurgroep Landbouwinnovatie Brabant

Het Project Credits for Carbon Care van de rapportage uit 2013 was een project van Alterra, het CLM en het Louis Bolk Instituut en werd gefinancierd door SKB en de provincies Drenthe, Friesland, Gelderland en Utrecht

© december 2018 Louis Bolk Instituut

Handleiding goed koolstofbeheer

December 2018

Update van de versie van 2013 van Petra Rietberg (LBI), Boki Luske (LBI), Anneloes Visser (CLM) en Peter Kuikman (Alterra)

Project Koolstofboeren

Ing. Sjef J.J.M. Staps

Publicatienummer 2017-038 LbP

30 pagina's

www.louisbolk.nl

info@louisbolk.nl

T 0343 523 860

Kosterijland 3-5

3981 AJ Bunnik

@LouisBolk

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

Inhoud

1 Inleiding en achtergrond 4

1.1 Inleiding 4
1.2 Aanpassingen ten opzichte van de oorspronkelijke rapportage 4
1.3 Waarom is organische stof van belang? 5
1.4 Organische stof: opbouw en afbraak 5
1.5 Opbouw van organische stof: afhankelijk van landgebruik 6
1.6 Organische stof: koolstofopslag in de bodem 6
1.7 Inzicht in koolstof op uw bedrijf 7
1.8 Potentiële mogelijkheden op nationale schaal 8

2 Maatregelen: afbraak beperken en aanvoer vergroten 10

3 Maatregelen gerelateerd aan grondbewerking 12

3.1 Niet-kerende grondbewerking toepassen 12
3.2 Geen grondbewerking toepassen 12
3.3 Graslandvernieuwing minimaliseren 12

4 Maatregelen gerelateerd aan het bouwplan 15

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 17
4.5 Gewasrotatie met vaste planten of houtige gewassen 17
4.6 Plaatsen van hagen 17

5 Maatregelen gerelateerd aan het optimaliseren van de gewasproductie 19

5.1 Optimaliseren beregening m.b.v. beregeningsplanner 19
5.2 Graslandproductie optimaliseren: beweiden versus maaien 19
5.3 Graslandproductie optimaliseren: graslandonderhoud 20
5.4 Graslandproductie optimaliseren: graslandkruiden en verbeterde grassoorten en –rassenmix 20

6 Overige maatregelen 22

6.1 Het toevoegen van compost & dierlijke mest 22
6.2 Het toevoegen van bokashi 22
6.3 Het toevoegen van maaimeststoffen 23
6.4 Het achterlaten van gewasresten 23
6.5 Het toevoegen van bodemverbeteraars 24
6.6 Agroforestry 24

7 Rekentools voor organische stof 25

8 Maatregelen: wat heeft prioriteit? 26

9 Literatuur 27

Bijlage I: Kosten en baten voor de ondernemer bij maatregelen in respectievelijk veehouderij en akkerbouw 29

1 Inleiding en achtergrond

1.1 Inleiding

Dit is een update van de eerste uitgave van de handleiding 'Goed koolstofbeheer' (Rietberg et al., 2013). Deze update vindt plaats in het kader van het project 'Koolstofboeren' dat in de periode 2017-2018 wordt uitgevoerd door ZLTO, het Louis Bolk Instituut en Bionext. Dit project is gefinancierd door ZuivelNL, het ministerie van LNV en de Stuurgroep Landbouw Innovatie Noord-Brabant (LIB).
De handleiding van 2013 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.
Er is behoefte aan een update vanwege de toegenomen belangstelling in de maatschappij en specifiek ook in de landbouw voor dit onderwerp en nieuwe ontwikkelingen rond het vastleggen van koolstof in de bodem en vanwege. Niet voor niets profileert ZLTO zich met de kreet 'Boeren hebben een oplossing!'

In de periode november 2017 – eind 2018 is een eerdere versie van deze handleiding in de vorm van een 'levend document' gehanteerd. Op basis van eigen ervaringen en literatuuronderzoek is eerst het rapport uit 2013 geactualiseerd. Vervolgens zijn updates in de periode tot eind 2018 gebruikt bij bijeenkomsten met boeren. Aan de hand van ervaringen bij die bijeenkomsten is het rapport aangevuld en aangepast waar dat zinvol en nuttig was.

De meeste Nederlandse minerale landbouwbodems, waartoe dit rapport zich beperkt, bevatten tussen de 2 en 20% organische stof. Organische stof is een verzamelnaam voor allerlei verbindingen waarin koolstof de basis vormt, van kleine en oplosbare moleculen tot (houtige) plantedelen. Grofweg 50% van de organische stof in 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.

1.2 Aanpassingen ten opzichte van de oorspronkelijke rapportage

Deze update op basis van recente ontwikkelingen bevat onder meer de volgende aanpassingen ten opzichte van de oorspronkelijke rapportage van 2013:

- Inhoudelijke aanpassingen op basis van recente literatuurreferenties
- Aanvullingen:
    - Nationaal potentieel koolstofvastlegging
    - Bemesting: bokashi
    - Bodemverbeteraars
    - Agroforestry
    - Rekentools

- Maatregelen waarmee relatief grote winst te halen is op het gebied van koolstofvastlegging zijn in een apart hoofdstuk benoemd en daarmee duidelijker herkenbaar
- Beknopter weergegeven en relevantie aangepast:
    - Stripgrazen
    - Standweiden versus omweiden en maaien
- Tekstuele wijzigingen ter verbetering van de leesbaarheid.

1.3 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 geeft daarmee een hogere gewasopbrengst (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.

1.4 Organische stof: opbouw en afbraak

Organische stof komt in de bodem opgebouwd in de vorm van:

- gewasresten of wortels van een hoofdgewas,
- via groenbemesters
- door toevoeging van 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. Afbraak wordt door gunstige afbraakomstandigheden (te creëren): hoge temperatuur, contact met lucht, neutrale pH en stimulering van het bodemleven.
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 (EOS). 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).

1.5 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 continuteelt van snijmaïs plaats – hier bevatte de grond 2% organische stof (Van Eekeren et al., 2016).

De eerste jaren gaat de opbouw van organische stof onder net ingezaaid grasland het snelst. . Geleidelijk aan stijgt de absolute 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).

In algemene zin kan geen optimaal gehalte aan organische stof worden vastgesteld. Wel kan worden gesteld dat ten minste instandhouding van het aanwezige organische stofniveau raadzaam is. Toename van het organische stof gehalte van de grond kan in veel gevallen gunstig uitpakken en is goed mogelijk maar vraagt tijd (Staps et al, 2017).

Grondsoorten verschillen wat betreft de hoeveelheid organische stof die in praktijk er varen wordt als 'passend bij het landgebruik'. Een optimale hoeveelheid bestaat niet. Er is wel overeenstemming over de stelling dat 'meer is beter' niet altijd geldt, bijvoorbeeld wanneer er zoveel organische stof in een grond zit dat de draagkracht omlaag gaat en machines kunnen vastlopen.

Telers ervaren op gronden met een relatief laag organische stof gehalte een positief effect van extra toevoer van organische stof. Naar verwachting gaat dit effect de komende tijd toenemen vanwege de verwachte effecten van klimaatontwrichting op onder meer toenemende neerslagintensiteit en perioden van droogte.

Andersom, boven de genoemde ranges heeft voor hen extra toevoer geen meerwaarde voor de productie (Hijbeek, 2017). Dat neemt niet weg dat in het kader van systeemdiensten (biodiversiteit, waterbergend vermogen, klimaat / koolstofvastlegging) een dergelijke verhoging toch een maatschappelijke waarde kan hebben die mogelijk verwaard kan worden.

1.6 Organische stof: koolstofopslag in de bodem

Door de toename van de concentratie broeikasgassen zoals koolstofdioxide (CO_2) 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% in de laag 0-25 cm –mv bevat zo'n 40 ton koolstof per hectare. Als die koolstof zoveel mogelijk opgeslagen blijft, en niet wordt afgebroken, wordt

uitstoot van CO_2 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_2 in de lucht. Koolstofdioxide is niet het enige broeikasgas: ook de uitstoot van lachgas (N_2O) en methaan (CH_4) 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.
Het verhogen van het organische stof gehalte leidt vaak, maar niet altijd, tot een verbeterde bodemkwaliteit, en daarmee tot hogere opbrengsten, verminderde uitspoeling of andere voordelen voor de teler (van Gils, 2017).

Voor de omrekening van CO2 naar koolstof en organische stof geldt het volgende.
1 ton CO2 bevat 12/44 ton koolstof ((0,27).
Het koolstofgehalte van organische stof is ca. 50%.

Deze 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.

1.7 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 organischestof-balans 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. Onderstaand kader geeft daarvoor praktische handvatten. Daarnaast zijn er ook rekentools beschikbaar voor het berekenen van de organischestof-balans (zie hoofdstuk 7).

Organischestof-balans 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.

In de praktijk kan de afbraak variëren tussen 1,6 – 3,6 %. Als vuistregel kan 2 % worden gehanteerd (Zwart et al, 2013).

1.8 Potentiële mogelijkheden op nationale schaal

Onderstaande Tabel 1 geeft de potentiële hoeveelheden vast te leggen CO_2 in de Nederlandse bodem (Lesschen et al., 2012). Dit is gebaseerd op literatuur en het MITERRA-NL rekenmodel. Daarbij is rekening gehouden met het feit dat niet alle maatregelen tegelijkertijd kunnen worden uitgevoerd of door te hoge kosten of agronomische of logistieke beperkingen niet zullen worden ingezet.

Uit de tabel blijkt dat het niet-scheuren van grasland in Nederland een zeer potentierijke maatregel in Nederland lijkt te zijn, met een potentiële vastlegging van 3,6 ton CO_2 per ha per jaar. Omdat niet alle maatregelen tegelijkertijd kunnen worden doorgevoerd, is door Lesschen een totaal Nederlands potentieel van alle maatregelen samen aangegeven.

Tabel 1: Berekende maximale CO_2-vastlegging in de Nederlandse bodem voor zeven geselecteerde maatregelen (naar Lesschen et al., 2012)

	Max. per ha kg CO_2 / ha / jaar
Niet-kerende grondbewerking	608
Geen grondbewerking	1167
Vanggewas / groenbemester	398
Verbeteren gewasrotaties	1205
Gewasresten achterlaten	803
Akkerrandenbeheer	186
Niet scheuren grasland	3586
Totaal realistische combinaties	2316

2 Maatregelen: afbraak beperken en aanvoer vergroten

In Tabel 2A en Tabel 2B staat een overzicht van concrete maatregelen die onderdeel kunnen zijn van goed koolstofbeheer, zowel akkerbouw respectievelijk veehouderij.
De effecten van deze maatregelen op kosten en baten, zoals bekend uit wetenschappelijke literatuur, staan in bijlage 1 voor respectievelijk melkveehouderij en akkerbouw.
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 belangrijkst 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

Tabel 2. Maatregelen ter verhoging van het bodemkoolstofgehalte voor akkerbouw en melkveehouderij, voor minerale gronden.
X: toevoer van organische stof van buiten het bedrijf, Y: extra productie van organische stof binnen het bedrijf door vastlegging van CO_2 uit de lucht, Z: vermindering van verlies van organische stof door verlaging van de afbraaksnelheid van organische stof in de bodem.

A: Maatregelen ter verhoging van het bodemkoolstofgehalte voor de akkerbouw.

Maatregelen grondbewerking:	
• Niet-kerende grondbewerking	Z
• Geen grondbewerking toepassen	Z
Maatregelen bouwplan:	
• Zomerbraak vermijden	Y, Z
• Winterbraak vermijden	Y, Z
• Groenbemester/stikstofvanggewas/maaimeststof telen	Y, Z
• Gewasrotatie met jaarlijkse gewassen	Y (, Z)
• Gewasrotatie met vaste planten of houtige gewassen	Y, Z
• Plaatsen van hagen	Y, Z
Maatregelen gewasproductie:	
• Optimaliseren beregening mbt beregeningsplanner	Y
Maatregelen bemesting:	
• Efficiëntere bemesting	X, Y, Z (afh. van mesttype)
• Toevoegen van compost, (vergiste) dierlijke mest, maaimeststof	X (, Y)
Overige maatregelen:	
• Gewasresten achterlaten	

B: Maatregelen ter verhoging van het bodemkoolstofgehalte voor de veehouderij en type effect.

Maatregelen grondbewerking:	
• Niet-kerende grondbewerking	Z
• Geen grondbewerking toepassen	Z
• Graslandvernieuwing optimaliseren	Y, Z
o Niet scheuren	Z
o Doorzaaien (periodiek of continu)	Y, Z
Maatregelen bouwplan:	
• Zomerbraak vermijden	Y, Z
• Winterbraak vermijden	Y, Z
• Groenbemester/stikstofvangewas/maaimeststof telen	Y, Z
• Plaatsen van hagen	Y, Z
Maatregelen gewasproductie:	
• Optimaliseren beregening mbt beregeningsplanner	Y
• Beweidingsmanagement: stripweiden en omweiden	Y
• Bijzaaien	Y
• Graslandkruiden en verbeterde grassoortenmix	
Maatregelen bemesting:	
• Efficiëntere bemesting	X, Y, Z (afh. van mesttype)
• Toevoegen van compost, (vergiste) dierlijke mest, maaimeststof	X (, Y)
Overige maatregelen:	
• Gewasresten achterlaten	Y

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 optraden 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?).

3 Maatregelen gerelateerd aan grondbewerking

3.1 Niet-kerende grondbewerking toepassen[1]

Bij niet-kerende grondbewerking wordt de bodem met schijven, tanden of woelers oppervlakkig gescheurd en verkruimeld, 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 omdat deze minder met de lucht in aanraking wordt gebracht. Anderzijds heeft de gereduceerde fysieke grondbewerking een positief effect op het bodemleven, wat ook weer tot afbraak leidt. 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. In de praktijk is niet-kerende grondbewerking goed uitvoerbaar, maar vraagt het wel nieuw vakmanschap en ook wat doorzettingsvermogen omdat de bodem zich gedurende enkele jaren aan de nieuwe situatie moet aanpassen.

Naast het type bewerking is ook de diepte van bewerking van belang: hoe groter de diepte, des te groter het (negatieve) effect. Een verbetering voor het tegengaan van afbraak van organische stof kan dus ook liggen in het minder diep bewerken van de grond.

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 minimaliseren

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).

---

[1] 3.1 en 3.2 zijn in licht gewijzigde vorm overgenomen van Lesschen et al. (2012)

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 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 stikstofbehoeftig 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_2O-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 als het jong grasland is of niet te laten dalen als het oud grasland is.

3.3.2 Graslandvernieuwing minimaliseren: 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 (zie ook de Herinzaaiwijzer van WUR).

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 3). 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 3. Kostenoverzicht herinzaaien en doorzaaien, in euro/ha (bron KWIN).

	Herinzaaien	**Doorzaaien**
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

Als alternatief voor ploegen kan ook bij graslandvernieuwing de bodem minder intensief en niet-kerend bewerkt worden, waardoor minder organische stof verloren gaat dan met ploegen. Binnen het project Koolstofboeren is hiermee ervaring opgedaan, met voorjaarsinzaai van een kruidenrijk graslandmengsel (met o.a. rode en witte klaver, smalle weegbree, cichorei, luzerne) onder een dekvrucht van haver, zonder gebruik van glyfosaat. Ondanks de grote droogte in de zomer van dat jaar (2018) is deze herinzaai zeer succesvol geweest: goede opkomst met weinig onkruid, geen last van verdroging en een goede productie.

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 4 staan indicaties van de hoeveelheid organische stof en effectieve organische stof die aan de bodem wordt toegevoegd bij het inwerken van verschillende groenbemesters.

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 4. Aanvoer van organische stof en effectieve organische stof na het onderwerken van verschillende groenbemesters. Hoeveelheden zijn in kg 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 groenbemesters wordt 30% aangehouden (zomerkoolzaad: 25%) (uit: Hangegraaf, 2010).

Gewas	Aanvoer van organische stof	Effectieve organische stof
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. De meeste kans van slagen heeft een groenbemester die vóór 1 oktober is gezaaid.

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: 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 4). In paragraaf 6.3 wordt verder ingegaan op de EOS

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

4.4 Gewasrotatie met gras en maïs

Voor de bodem onder een perceel met continuteelt 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 aan organische stof na het ploegen zijn zeer groot, en het duurt lang voor deze organische stof weer is opgebouwd. Bovendien bestaat er na het omploegen van permanent grasland een groot risico op stikstofverliezen door uitspoeling (Klein Swormink et al., 2010).
In een modelstudie zijn continuteelt en vruchtwisseling van drie jaar gras en drie jaar 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).

De optimale verdeling van landgebruik op een melkveebedrijf is vanuit het oogpunt van bodemkwaliteit (o.a. organische stof), milieu (nitraatuitspoeling), productie en biodiversiteit: 60% blijvend grasland en 20% gras, rode en witte klaver (3 jaar) in vruchtwisseling met bouwland (zoals mais; 3 jaar) (Van Eekeren et al., 2018).

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 verstuiving 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 kluit 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 beregening 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, en daarmee dus ook het vastleggen van koolstof. 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 en op een optimale wijze koolstof vastleggen.

5.2 Graslandproductie optimaliseren: beweiden versus maaien

Grasland bevat in het algemeen aanzienlijk meer koolstof dan bouwland. Dit komt door de hoge aanvoer van organische stof en door de relatief lage afbraak van organische stof onder grasland, doordat geen grondbewerking plaatsvindt. De aanvoer van organische stof onder grasland wordt positief beïnvloed door beworteling van grasland en door beweidingsverliezen. Beweidingsverliezen zijn over het algemeen hoger dan maaiverliezen. Echter, omdat beweidingsverliezen onwenselijk zijn voor de veehouder, is het vooral belangrijk om de beworteling 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 worden bodemorganischestof en komen beschikbaar voor het bodemleven.

Bovengronds vindt hergroei plaats vanuit de groeipunten die dicht bij de grond zitten (Ourry et al., 1989; Sullivan en Spraque, 1949).

Bij graslandmanagement is het belangrijk om het gras voldoende mogelijkheid te geven om de wortelreserves aan te vullen. Een melkveehouder kan dat beïnvloeden door te kiezen voor een bepaalde beweidingsmethode en frequentie van maaien of beweiden. Bij een te hoge maaifrequentie of te intensieve weidegang neemt de beworteling 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 beworteling staan samengevat in Tabel 5.

Tabel 5. Beweidingssystemen en effecten op de beworteling van grasland.

Beweidingssysteem	Beworteling	Reden
Stripgrazen	++	Veebezetting kan elke dag bijgestuurd worden. Voldoende tijd voor herstel vanuit de wortelreserves.
Omweiden	+	Beworteling is afhankelijk van de intensiteit van begrazing.
Standweiden	+/-	Beworteling is afhankelijk van de intensiteit van begrazing.

5.2.1 Beweiding

Beweiding heeft met betrekking tot aanvoer van organische stof directe invloed op:

- de bruto opbrengst
- de hoeveelheid gewasresten
- het effect van beworteling.

Nog belangrijker met betrekking tot organische stof zijn indirecte gevolgen van weidegang:

- minder bodemverdichting
- een gunstige botanische samenstelling
- minder behoefte om te scheuren, en dus ook minder machines op het land.

Voor biologische bedrijven kan bijvoorbeeld met kurzrasen het klaveraandeel beter op peil worden gehouden, waardoor minder vaak graslandvernieuwing nodig is.

5.3 Graslandproductie optimaliseren: graslandonderhoud

Voor het optimaliseren van graslandproductie is graslandonderhoud van groot belang. 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 weideg 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).
Het sturen op meer wortels is dus van groot belang. 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" (Van Eekeren et al., 2011a).

5.4.1 Graslandkruiden zaaien

Grassen hebben over het algemeen een fijn vertakt 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-1), 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: rassen Engels raaigras zaaien met hoge wortelbiomassa

Engels raaigras is de meest gebruikte grassoort in de Nederlandse melkveehouderij. Echter, tussen verschillende rassen Engels raaigras zijn aanzienlijke verschillen in beworteling te zien. In een rassenproef is aangetoond dat rassen Engels raaigras verschillen in wortelbiomassa zonder dat dit een effect heeft op bovengrondse productie (Deru et al., 2011b). Het is daarom aan te raden om rassen in te zaaien met een hoge wortelbiomassa.

6 Overige maatregelen

6.1 Het toevoegen van 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 6 staat een overzicht van de effectieve organische stof die gegeven wordt met verschillende composten en meststoffen.

Tabel 6. 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 en bijgesteld aan de hand van het Handboek bodem en bemesting op het web).

Mest of compost	Aanvoer van effectieve organische stof
Dunne mest	
Rundvee	33
Vleesvarkens	20
Zeugen	12
Kippen	31
Vaste mest	
Rundvee	77
Kippen (strooisel)	143
Vleeskuikens	183
Compost	
Champost	106
Groencompost	161
GFT-compost	218

Figuur 4. Dierlijke mest, hier vermengd met stro, zorgt voor toevoer van organische stof (rechts). Hetzelfde geldt voor compost (links.)

Binnen het project Koolstofboeren hebben veehouders geëxperimenteerd met de aanvoer van organische stof uit natuurgebieden (maaisel uit natuurgraslanden) of uit eigen bospercelen (houtsnippers) als strooisel voor hun veestallen. Dit komt in de vorm van vaste mest uiteindelijk op hun land terecht en verhoogt het gehalte aan organische stof van de bodem.

6.2 Het toevoegen van bokashi

Bokashi ontstaat door omzetting van organisch materiaal in een anaeroob inkuilproces. In deze zuurstofloze kuil wordt vers organisch materiaal gemengd met micro-organismen kleimineralen en zeeschelpenkalk.

Als gefermenteerd organische materiaal kan Bokashi een geschikte organische meststof vormen, vergelijkbaar met vers materiaal zoals groenbemesters. Beide dragen bij aan de opbouw van organische stof in de bodem en vormen voedsel voor het bodemleven.
Waar elementen van compost direct geschikt kunnen zijn voor gewasgroei, zal Bokashi eerst via het bodemleven omgezet moeten worden. Bokashi werkt daarmee indirect, maar kan op de langere termijn wel bijdragen aan een verhoogd organisch stofgehalte door humus-opbouw.
Meer vergelijkend onderzoek naar bijvoorbeeld de effecten van de toediening van verschillende soorten compost of bokashi is gewenst om meer duidelijkheid te verkrijgen over de effecten onder verschillende omstandigheden.

6.3 Het toevoegen van 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).

6.4 Het achterlaten van gewasresten

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 7.

Tabel 7. Aanvoer van effectieve organische stof door het achterlaten van gewasresten (bv stro niet afvoeren; bietenblad niet afvoeren). 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 (Handboek Bodem en Bemesting op het web).

Gewasrest	EOS
Suikerbiet (blad + kop)	1275
Korrelmais (stengel en blad)	1500
Wintergerst (stro)	780
Wintertarwe (stro)	990
Winterrogge (stro)	1020
Zomergerst	630
Zomertarwe	960
Haver	900

6.5 Het toevoegen van bodemverbeteraars

In Nederland zijn diverse typen bodemverbeteraars in omloop. Enkele daarvan bevatten relatief veel organische stof. In een meerjarig onderzoek is de werking van een aantal soorten bodemverbeteraars onderzocht op de bodemkwaliteit en de gewasopbrengst (van Balen et al., 2016).

Er zijn drie soorten bodemverbeteraars onderzocht:

- calcium- en/of kalkmeststoffen;
- micro-organismen;
- overige bodemverbeteraars: biochar en steenmeel.

De effecten van het toevoegen van de bodemverbeteraars bleken zeer beperkt binnen de periode van vijf jaar dat dit onderzoek duurde.
Hoewel er voor biochar geen hoofdrol voor bodemverbetering lijkt te zijn weggelegd, kunnen met dit product wel relatief grote hoeveelheden stabiele organische stof in de bodem worden vastgelegd, wat gunstig kan zijn met het oog op het watervasthoudend vermogen en klimaatdiensten.

6.6 Agroforestry

Agroforestry wordt wel gezien als een landbouwsysteem dat mogelijk duurzamer is dan gangbare landbouw en bosbouw. Voordelen zouden zijn het behoud van biodiversiteit en verhoging van ecosysteemdiensten, terwijl de productiviteit daar niet onder zou hoeven te leiden. Onderzoek om deze voordelen aan te tonen is gewenst.

Boomteelt integreren in de landbouw lijkt een interessante optie voor zowel de boer, de biodiversiteit en het milieu. Bovendien kan het gunstig zijn voor het klimaat vanwege het vastleggen van koolstof in bomen. Er zijn tal van mogelijkheden voor agroforestry, zoals fruitbomen in kippenuitlopen en voederhagen in weilanden voor koeien en geiten. Ook zijn er enkele voedselbossen in Nederland aangelegd. Een voedselbos is een samenhangend geheel van lage planten, bomen en dieren die in een evenwichtig ecosysteem voedsel voor de mens produceren.

Bomen en struiken leveren allerlei voordelen, zoals ruwvoer, beschutting voor het vee en nutriënten die uit diepere lagen van de bodem vrijkomen. Het afgevallen blad verbetert de bodem, er wordt CO_2 vastgelegd en uiteraard leveren de bomen ook nog kwaliteitshout en fruit. Ook zorgen ze voor biodiversiteit: voedsel en habitat van nuttige insecten, vogels en zoogdieren. Tot slot zijn dergelijke bomen vaak bekend als een soort landschappelijk erfgoed: al lang geleden werden ze gebruikt als een afscheiding en veekering en ze verfraaien het landschap. Agroforestry kan worden gezien als een vorm van 'natuurinclusieve landbouw'.

7 Rekentools voor organische stof

Er zijn diverse rekentools beschikbaar om inzicht te krijgen in de mogelijkheden om organische stof in de bodem op te bouwen op basis van praktijkmaatregelen als bouwplan en bemestingsstrategie (zie ook de betreffende websites):

- Klimaatlat (www.klimaatlat.nl).
  Via de Klimaatlat (een internetinstrument) kan een agrariër snel een idee krijgen wat te doen in relatie tot klimaatverandering en de broeikasgasuitstoot op het bedrijf. De emissies van de drie meest relevante broeikasgassen (kooldioxide, methaan en lachgas) kunnen worden doorgerekend.
- Organische stof rekentool van NMI (www.nmi-agro.nl)
  Met de NMI-rekentool voor de open teelten kan de organische stofbalans worden berekend. De tool is beschikbaar voor bedrijven in de akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt en de boomkwekerij en wordt gebruikt door Milieukeurtelers.
  De tool is primair een hulpmiddel voor agrarische ondernemers om de bodemkwaliteit op peil te houden door voldoende aanvoer van organische stof.
- Cool Farm Tool (www.coolfarmtool.org)
  De Cool Farm Tool is een online tool voor het berekenen van broeikasgassen, water en biodiversiteit in de landbouw.
- NDICEA. (www.ndicea.nl)
  NDICEA is een koolstof- en stikstof-rekentool op rotatieniveau. Het berekent voor koolstof voor een bepaald rotatieschema de toe- of afname.
  Daarnaast biedt het een geïntegreerde benadering van de vraag of gewassen voldoende stikstof zullen hebben. Dat gaat verder dan een eenvoudige stikstofbegroting per gewas: gewasbehoefte aan de ene kant, en verwachte stikstof uit (kunst)mest, gewasresten, groenbemesters en bodem aan de andere kant.

Daarnaast werken WEnR, CLM en het Louis Bolk Instituut in het kader van het onderzoeksprogramma Slim Landgebruik momenteel aan een nieuw model voor het vastleggen van organische stof uit CO_2 in landbouwbodems.

8 Maatregelen: wat heeft prioriteit?

Niet elke maatregel voor het verhogen van het organischestofgehalte heeft evenveel effect.
Vooral in de melkveehouderij zijn er grote verschillen in het effect tussen verschillende maatregelen. Maatregelen vdie voor een melkveehouder relatief grote winst betekenen o pkoolstofgebied, zijn:

- Grasland zo weinig mogelijk scheuren
- Vergroten van het aandeel grasland en graan op het bedrijf.

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

9 Literatuur

Balen, D.J.M. van, Topper, C.G., Geel, W.C.A. van, Haan, J.J. de, Berg, W. van den, Haas J.G. de, en Bussink, D.W. (2016). Effecten bodem- en structuurverbeteraars. Lelystad, PPO Publicatienummer 693, 121 pp.

Boer, de H., Deru J. en N. van Eekeren (2016). Woelen van blijvend grasland op een zandgrond: effecten op bodemstructuur, beworteling en grasopbrengst. Louis Bolk Instituut en Wageningen UR, Wageningen Research rapport 947, 50 p.

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.

Deru, J., H. van Schooten, H. Huiting, R. van der Weide (2015). Reduced tillage for silage maize on sand and clay soils: effects on yield and soil organic matter. In EGF 2015. Wageningen, The Netherlands 15-17 June 2015: p. 398-400.

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.

De Wit, J., S. van der Goor, J. Pijlman en N. van Eekeren (2018). Opbouw organische stof met blijvend grasland. Vfocus april 2018: 32-33.

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

Hijbeek, R. (2017). On the role of soil organic matter for crop production in European arable farming. Thesis Wageningen University, Wageningen.

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.

Koopmans, C.J. en J. Bloem (2018). Soil quality effects of compost and manure in arable cropping. Results from using soil improvers for 17 years in the MAC trial. Louis Bolk Institute, publ. no. 2018-001 LbP, 40 p.

Koopmans, C., S. Staps, M. Hondebrink en N. van Eekeren. Verkenning perspectieven voor koolstofopslag in agrarische bodems en CO_2 in Noord-Brabant. Publicatienummer 2018-018 LbP. 38 p. 2018.

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.hetlnvloket.nl/onderwerpen/mest/dossiers/dossier/scheuren-van-grasland-en-vanggewassen/scheuren-van-grasland Laatst bezocht november 2012.

Lof, M., S. Schenau, R. de Jong, R. Remme, C. Graveland en L. Hein, 2017. The SEEA EEA carbon account for the Neterlands. CBS en Wageningen University.

Ourry A., J. Bigot, J. Boucaud, 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.

Staps, S., G.J. van der Burgt en C. Koopmans. Beleidsvorming CE biomassa en voedsel. Verkennende studie. Notitie Deel 1: Kennisvragen 1 t/m 3Conceptrapportage - versie december 2018. 2017.

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.

Torralbaa, M., N. Fagerholma, P.J. Burgessc, G. Morenod en T. Plieningera. Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. Agriculture, Ecosystems and Environment 230 (2016), p. 150–161.

Van der Wal, A., Lijster, de E. en W. Dijkman (2016). Ontwerp Label Duurzaam Bodembeheer. CLM-publ. nr. 910, 56 p.

Van Eekeren, N., J. Deru, N. Hoekstra en J. de Wit. Carbon Valley. Organische stofmanagement op melkveebedrijven. Ruwvoerproductie, waterregulatie, klimaat en biodiversiteit. Louis Bolk Instituut brochure 2018-002 LbD.

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. S. van der Goor en J. de Wit. Inkomen 7.000 Euro hoger bij betere bodemkwaliteit. V-focus, december 2016, p. 36-37.

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 Eekeren, N., A.Chabbi, M. Die Dean, N. Hutchings, K. Klumpp, P. Koncz, P. Newell Price, R. Richmond, H. Schaak, M.-T. Sebastia, R. Teixeira. EIP-AGRI Focus Group – Grazing for carbonMinipaper – Effects and trade-offs. In voorbereiding.

Van Eekeren, N.J.M., J. Deru, N. Hoekstra, J. de Wit (2018). Carbon Valley: organische stofmanagement op melkveebedrijven. Louis Bolk Instituut, publ. nr. 2018-002 LbD, 36 p.

Van Gils, S. van (2017). It depends: effects of soil organic matter in aboveground-belowground interactions in agroecosystems. Thesis Wageningen University, Wageningen.

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.

Wagenaar, J.P., Wit, de J., Hospers-Brands, M., Cuijpers, W., Eekeren, van N. (2017). Van gepeperd naar kruidrijk grasland: Functionaliteit van kruiden in grasland. Louis Bolk instituut, publ. nr 2017-022 LbP, 44 p.

Zwart, K.B., A. Kikkerts, A.J. Termorshuizen, G.J.H.M. van der Burgt. Organische stof in balans? Een eenvoudige praktijkaanpak. Bodem (6) 2013, p. 26-29.

Bijlage I: Kosten en baten voor de ondernemer bij maatregelen in respectievelijk veehouderij en akkerbouw

Tabel A: Kosten en baten voor de ondernemer bij bepaalde maatregelen in de veehouderij (kosten -, baten +).

	Kosten en Baten				
Maatregel	**Korte termijn**	**Lange termijn**	**Totaal > 5jaar**	**Uitleg**	**Bron**
Grasland jong 0-10 cm	-	+/-	+/-	Directe kosten van scheuren en gemiste opbrengst na het scheuren.	De Boer et al., 2016
Grasland 15 jaar oud 0-10 cm	+/-	+	+	Kosten voor woelen en doorzaaien van blijvend grasland.	De Boer et al., 2016
Mais in grasstroken	+/-	+	+	Aanpassing management. Mogelijkheid voor eerste snede gras en sterk verbeterde draagkracht bij oogst (klei en veen); verminderde bodemdaling (veen).	Deru et al., 2015
Korrelmais i.p.v. snijmais	-	+/-	+/-	Geen extra kosten voor andere teelt, minder opbrengst (in kVEM/ha) voor korrelmaïs ipv snijmais. Goede optie voor boeren met ruwvoederoverschot. Uiteindelijk betere bodem.	Van Eekeren en Deru et al., 2018
Divers grasland (o.a. kruidenrijk)	+/-	+	+	Kosten voor inzaaien en zaad en de kosten van eventueel productieverlies (afhankelijk van kruidenmengsels). Een gevarieerd graslandmengsel met kruiden kan evenveel of meer droge stof per hectare produceren dan een 'standaard' graslandmengsel. Stabielere productie.	Wagenaar et al., 2017
60% blijvend grasland : 20% gras, rode en witte klaver : 20% bouwland	+ / -	+	+	Hogere kosten voor loonwerk, zaaizaad, kalikunstmest en mestafvoer. Lagere kosten voor kracht- en ruwvoer aankoop. Inkomen kan tussen de €6.000 à €7.000 hoger uitvallen.	van Eekeren et al. 2016

Bron Koopmans et al., 2018.

Tabel B: Kosten en baten voor de ondernemer bij bepaalde maatregelen in de akkerbouw (kosten -, baten +).

	Kosten en Baten				
Maatregel	**Korte termijn**	**Lange termijn**	**Totaal > 5jaar**	**Uitleg**	**Bron**
Grondbewerking minimale	-	+/-	+/-	Eenmalige investering in kennis en machines (kosten voor korte termijn) en hoger gebruik van breed-werkende herbiciden. Omdat minimale grondbewerking leidt tot een betere bodem is op langere termijn een stijging van de opbrengst te verwachten.	De Wit et al., 2018
Groencompost	-	-	-	Kortstondig verlaagde opbrengsten/verhoogde kosten (per hectare) en investering in kennis. Permanente kosten compost. Besparing kosten kunstmest en opbrengstverbetering, daling beregeningskosten en daling brandstofkosten door minder vermogen nodig tijdens ploegen. Geen netto rendement door erg hoge kosten compost.	De Wit, 2013; De Wit et al., 2018; Koopmans en Bloem, 2018
GFT GFT+ drijfmest Potstalmest	-	+	+	Kortstondig verlaagde opbrengsten/verhoogde kosten (per hectare) en investering in kennis. Permanente kosten compost. Besparing kosten kunstmest en opbrengstverbetering, daling beregeningskosten en daling brandstofkosten door minder vermogen nodig tijdens ploegen.	De Wit, 2013; De Wit et al., 2018; Koopmans en Bloem, 2018
Natuurcompost	-	-	-	Kortstondig verlaagde opbrengsten/verhoogde kosten (per hectare) en investering in kennis. Permanente kosten compost. Besparing kosten kunstmest en opbrengstverbetering, daling beregeningskosten en daling brandstofkosten door minder vermogen nodig tijdens ploegen. Geen netto rendement door erg hoge kosten compost.	De Wit, 2013; De Wit et al., 2018; Koopmans en Bloem, 2018
Vanggewas (gras)	+ / -	+	+	Kosten voor aanschaf zaden. Opbrengst voor biogas productie. Betere bodem, minder erosie	Van der Wal, 2016
Bouwplan aanpassing	-	+	+	Sterk afhankelijk van de huidige bedrijfsvoering. Op korte termijn levert het telen van meer rustgewassen een opbrengstderving op. Omdat meer rust in het bouwplan leidt tot een betere bodem is op langere termijn een stijging van de opbrengst te verwachten en minder kosten voor kunstmest.	Commelin, 2016
Groenbemesters	+ / -	+	+	Kosten voor aanschaf zaden en inzaaien. Hogere opbrengst door betere bodem.	Commelin, 2016

Bron: Koopmans et al., 2018.