Slim Landgebruik

Maatregelen voor het vastleggen van koolstof in minerale bodems

Ervaringen uit de praktijknetwerken van Slim Landgebruik

Louis Bolk Instituut

COLOFON

Deze brochure is tot stand gekomen als onderdeel van het programma ‘Slim Landgebruik’ dat sinds 2018 wordt uitgevoerd door het Louis Bolk Instituut, Wageningen UR, CLM, SPNA en ZLTO. Dit project is gefinancierd door het ministerie van LNV.

Zo’n 130 agrariërs droegen bij aan deze brochure via de netwerken Bodem & Klimaat. Bijzondere dank is verschuldigd aan Saskia van Wijk, Hanneke Heesmans, Karola Colombijn, Iris Visser, Johan Specken, Evert Prins, Martine Bruinenberg, Bo Stout, Vera Methorst, Hilchard Waalkens, Pieter de Putter, Klaas Hoekstra, Erik Hoekstra, Maarten Janse, Dirk Jan Beuling, Corné Doggen, Wim Stegeman, Dick Dankers, Stefan Dankers, Bartjan van Tuyl en Peter Oosterhof.

Deze brochure is gereviewd door Jennie van der Kolk (WUR), Thalisa Slier (WUR) en Hedwig Boerrigter (DAW) en Alice van Rixel (LNV).

Auteurs
Burret Schurer, Zwanet Herbert, Ollie van Hal, Jan Paul Wagenaar, Chris Koopmans, Leen Janmaat en Jonas Schepens.

www.louisbolk.nl
info@louisbolk.nl
T 0343 523 860
Kosterijland 3-5
3981 AJ Bunnik

©Louis Bolk Instituut, mei 2022
Foto’s: Louis Bolk Instituut, Farm Media
Ontwerp: Communicatiebureau de Lynx
Druk: Libertas Pascal

Deze uitgave is te bestellen onder nummer 2022-009 LbP .
Ga naar www.louisbolk.nl of mail info@louisbolk.nl

Maatregelen voor het vastleggen van koolstof in minerale bodems

Ervaringen uit de praktijknetwerken van Slim Landgebruik

Burret Schurer
Zwanet Herbert
Ollie van Hal
Jan Paul Wagenaar
Chris Koopmans
Leen Janmaat
Jonas Schepens

INHOUD

ACHTERGROND p.6

DE MAATREGELEN p.12

Inzet extra groenbemesters
p.28

Gereduceerde grondbewerking
p.44

Wisselteelt mais-grasklaver
p.68

Aanpassen gewasrotatie
p.16

Akkerranden
p.34

Inzet van dierlijke mest en compost
p.50

Kruidenrijk grasland
p.72

Gewasresten achterlaten
p.22

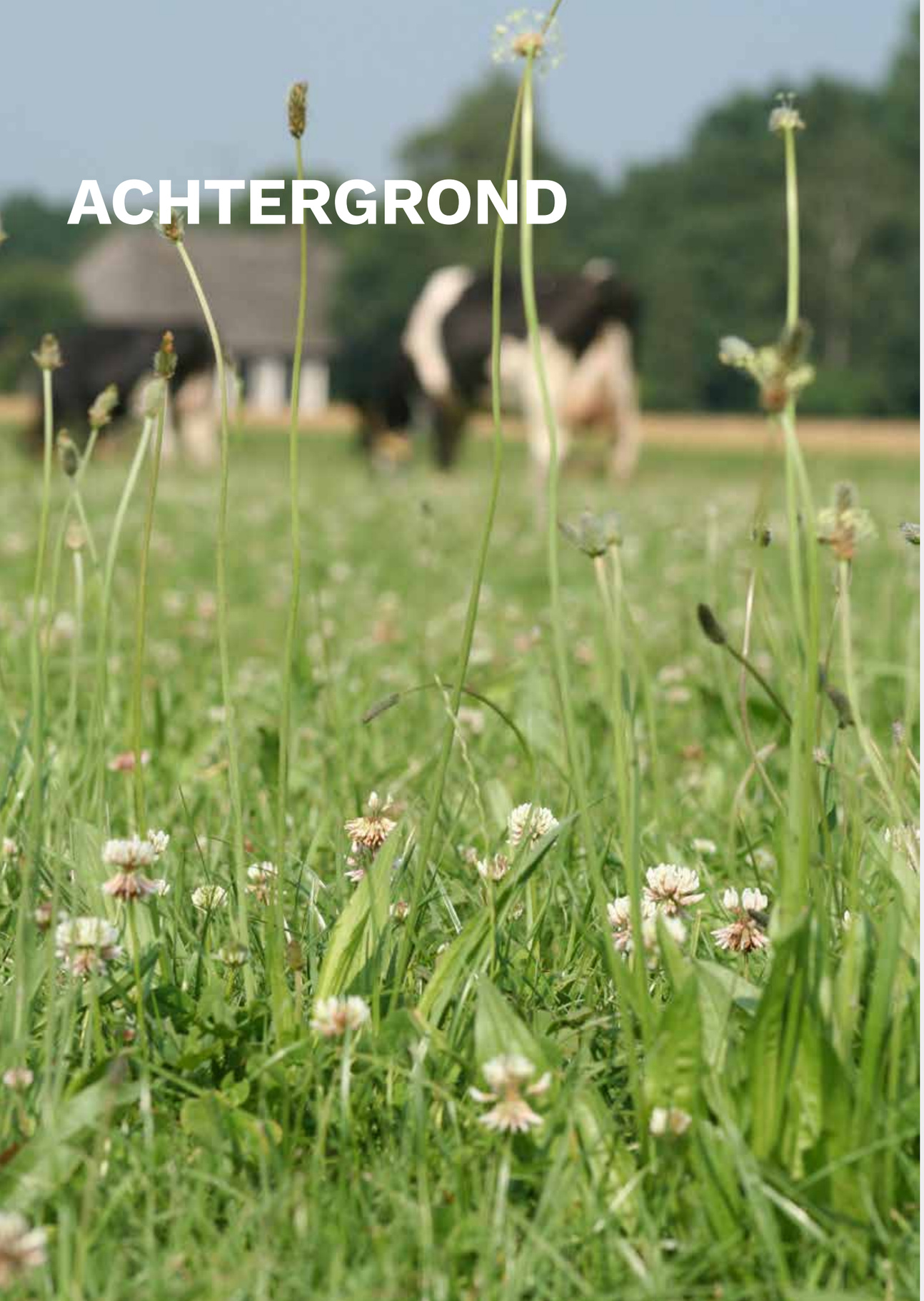
Vogelakkers
p.40

Leeftijd grasland verhogen
p.62

NAWOORD p.78

Begrippenlijst p.81

Referenties p.82



ACHTERGROND

In de bodem is veel koolstof vastgelegd. Met landbouwkundige maatregelen kan de voorraad koolstof in de bodem toenemen. Agrarische bedrijven kunnen zo effectief bijdragen aan een oplossing voor het klimaatvraagstuk. De vraag is alleen: hoe doe je dat in de praktijk? En is wat je doet dan ook wel effectief?

De organische stof in de bodem bestaat voor meer dan de helft uit koolstof. Wereldwijd is er twee keer zoveel koolstof opgeslagen in bodemorganische stof als in de atmosfeer en vegetatie samen. In de bodem zit dus een belangrijk deel van de wereldwijde koolstofvoorraad. Een kleine toename in de koolstofvoorraad van de bodem betekent veel CO_2-vastlegging. Jaarlijks stroomt er via bijvoorbeeld gewasresten en mest tien keer meer koolstof richting de bodem dan er via fossiele emissies wordt uitgestoten (Lesschen et al., 2021). Met veranderingen in het bodembeheer kan een groter deel van deze koolstof in de bodem blijvend worden vastgelegd.

De landbouwsector heeft zich gecommitteerd aan het klimaatakkoord uit 2019. Een onderdeel daarvan is het doel om 0,5 Mton CO_2-equivalenten per jaar vast te leggen in de organische stof van minerale landbouwbodems, met ingang van 2030. Hierbij gaat het om éxtra koolstofvastlegging ten opzichte van het referentiejaar 2017 (Lesschen et al., 2021). Om de doelstelling van 0,5 Mton CO_2-equivalenten per jaar te halen telt dus alleen de koolstof mee die wordt vastgelegd met maatregelen die worden genomen bovenop wat al de standaard was in 2017. Deze doelstelling is onderdeel van het Nationaal Programma Landbouwbodems (NPL). Een andere ambitie uit dit programma is dat alle landbouwbodems (1,8 miljoen hectare) in 2030 duurzaam worden beheerd. Dat wil zeggen dat onder andere de bodemstructuur, bodemvruchtbaarheid en het bodemleven niet achteruit mogen gaan. Tegelijkertijd zet het NPL ook in op klimaatadaptatie en het verbeteren van de waterkwaliteit van grond- en oppervlaktewater.

Binnen het onderzoeksprogramma Slim Landgebruik wordt onderzocht wat nodig is om het doel van 0,5 Mton CO_2-equivalenten per jaar te halen. Niet alleen technisch, maar ook als het gaat om de inpassing in de bedrijfsvoering op boerenbedrijven. Kosten en baten voor agrarische ondernemers spelen daarbij een grote rol.

In 2021 is wetenschappelijk beschreven wat de Nederlandse landbouw in potentie kan bijdragen aan het vastleggen van koolstof (Lesschen et al., 2021). Het is niet alleen van belang om de potentiële bijdrage van klimaatmaatregelen aan de koolstofvastlegging te kwantificeren, maar ook om de mogelijkheden in de praktijk met ondernemers te inventariseren en te verkennen. Daarnaast is het zaak helder te krijgen wat ondernemers ertoe beweegt de klimaatrelevante bodemmaatregelen juist wel of niet toe te passen.

In de afgelopen drie jaar is intensief samengewerkt met agrariërs binnen regionale netwerken. In deze brochure worden de kennis en ervaringen uit deze netwerken gedeeld. Er worden tien landbouwkundige maatregelen onderzocht, waarbij de potentie voor koolstofvastlegging en de gemeten effecten op de bodemkwaliteit centraal staan. Daarnaast worden, indien onderzocht, economische effecten besproken en de kansen en belemmeringen die ondernemers ervaren. Via interviews met netwerkdeelnemers komen praktijkvoorbeelden van de maatregelen aan bod.

Figuur 1: De locaties van de Slim Landgebruik-netwerken.

Regionale netwerken

Slim Landgebruik-netwerken zijn vooral ontstaan vanuit bestaande actieve regionale netwerken. In deze netwerken gaan Nederlandse akkerbouwers en veehouders aan de slag met maatregelen om effectief koolstof vast te leggen in de bodem. Vanaf 2018 zijn drie akkerbouwnetwerken actief in Zeeland, Flevoland en de Veenkoloniën en drie veehouderij-netwerken in Brabant, Friesland en de Achterhoek (Figuur 1). Het akkerbouwnetwerk is in 2020 uitgebreid met een netwerk in West-Brabant en in 2021 volgde een akkerbouwnetwerk op de noordelijke kleischil. In totaal zijn in de netwerken ruim zestig melkveehouders en zeventig akkerbouwers actief.

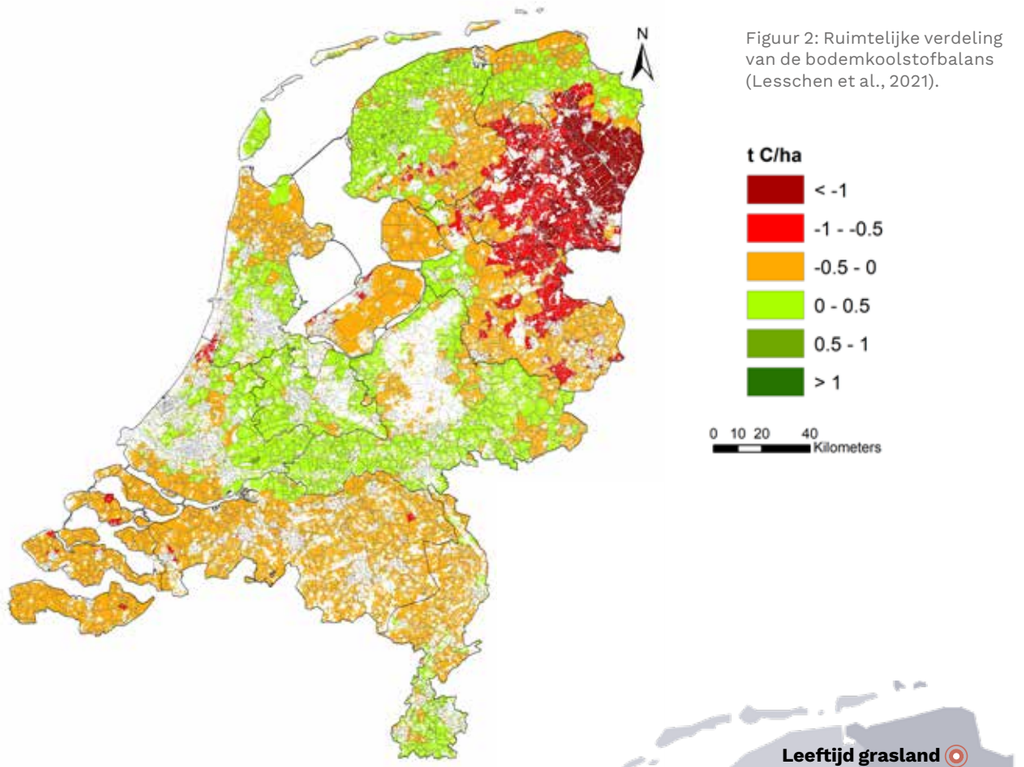
De netwerken vertegenwoordigen de meest voorkomende grondsoorten en bedrijfsvoeringen in Nederland.

De bedrijven uit de netwerken zijn herhaaldelijk bezocht om de ambities, kansen en belemmeringen per bedrijf in kaart te brengen. Ook is op elk bedrijf de toepassing van een maatregel op twee percelen opgevolgd volgens een gestandaardiseerd protocol. Hiermee is inzicht verkregen over de inpassing van de maatregelen in de bedrijfsvoering, gegeven de bedrijfsomstandigheden, en het effect op koolstofvastlegging en bodemkwaliteit. Tijdens regionale demonstraties stond de invulling van de maatregelen onder regionale condities centraal en konden deelnemers specifieke vragen stellen.

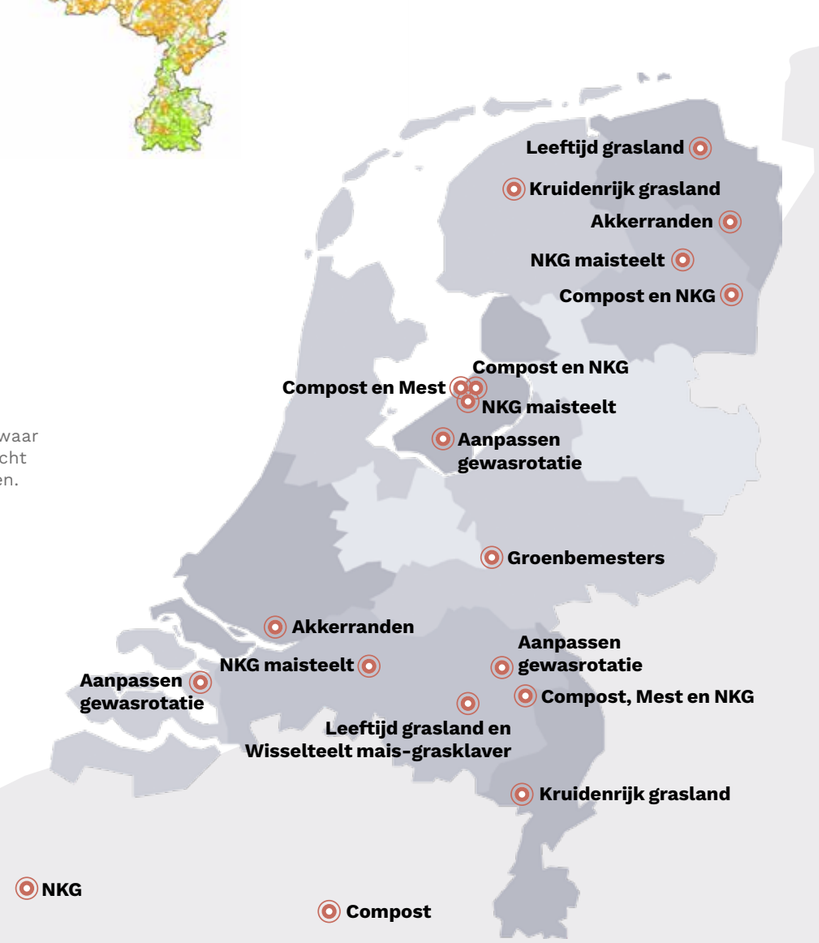
Het meten van koolstofvastlegging

Hoe effectief zijn de tien klimaatmaatregelen en hoeveel dragen ze bij aan het doel om meer koolstof in de minerale bodems vast te leggen?

Het vastleggen van koolstof in de bodem is een complex proces. De voorraad koolstof in de bodem is de balans tussen de afbraak en aanvoer van organische stof. Wanneer de aanvoer van organische stof hoger is dan de afbraak van organische stof, wordt koolstof vastgelegd.
Op den duur ontstaat een nieuw evenwicht doordat de afbraak stijgt naar het niveau van de aanvoer. De verwachting is dat het vele tientallen jaren duurt voordat er sprake is van een nieuw evenwicht. Wil je langer netto koolstof vastleggen dan zijn extra maatregelen nodig. Meer informatie over effectieve koolstofvastlegging is te vinden in het boekje ‘30 vragen en antwoorden over koolstofvastlegging in minerale landbouwbodems’ (Verdonk et al., in press). De focus van deze brochure is de inbedding van de belangrijkste maatregelen in de huidige landbouwpraktijk.



Figuur 2: Ruimtelijke verdeling van de bodemkoolstofbalans (Lesschen et al., 2021).



Figuur 3: Kaart met locaties waar de maatregelen zijn onderzocht in langetermijn-experimenten.

Modelberekeningen

De potentiële vastlegging van de tien klimaatmaatregelen is bepaald met modelberekeningen (Lesschen et al., 2021; Slier et al., 2022; Figuur 2). Met het model RothC is op postcodeniveau per gewas de bodemkoolstofbalans berekend. Hiervoor zijn gegevens over bemesting, gewasopbrengst en bodemgegevens gebruikt. Voor elke maatregel is hieruit de gemiddelde vastlegging op zand- en kleigronden berekend. Deze gemiddelde vastlegging is in deze brochure per maatregel terug te vinden. Omdat hier is opgeschaald naar Nederlands niveau kan de potentiële vastlegging op perceelsniveau afwijken van dit gemiddelde.

Praktijkmetingen

Ook in de langetermijn-experimenten (LTE's) stelt Slim Landgebruik vast hoe effectief de klimaatmaatregelen koolstof vastleggen in de organische stof van minerale bodems. In deze LTE's worden percelen mét en zónder toepassing van een specifieke klimaatmaatregel met elkaar vergeleken (Figuur 3). Ook is gebruik gemaakt van vergelijkingen tussen percelen op proefboerderijen waarop de maatregelen wel of juist niet zijn toegepast (Koopmans et al., 2019, 2020, 2021). In deze brochure worden in principe de resultaten van de modelberekeningen van Slier et al., (2022). getoond. Van sommige maatregelen zijn deze berekeningen niet beschikbaar. In dat geval worden de resultaten van de LTE-metingen gebruikt.

Veranderingen in bodemkoolstof inzichtelijk krijgen

Veranderingen in de bodemorganische stof gaan traag en zijn meestal pas na vele jaren met metingen aan te tonen. Om toch inzicht te krijgen in de te verwachten effecten van toegepaste maatregelen zijn de specifieke perceelscenario's van deelnemende boeren doorgerekend. Voor veehouderij is een simulatie uitgevoerd met RothC. Voor akkerbouw is gebruik gemaakt van het stikstof- en organische-stofmodel NDICEA (Van der Burgt et al., 2006). NDICEA kan met informatie over de grondsoort, gewasrotatie en bemesting de stikstof- en koolstofdynamiek in een bodem simuleren op dagbasis. Met veldmetingen en bedrijfsgegevens kan het model precieze berekeningen doen van de koolstofvoorraad op perceelsniveau.

Met NDICEA zijn in de netwerken koolstofbalansen in kaart gebracht. In de brochure worden bij de deelnemerervaringen voorbeelden van deze doorrekeningen op peceelsniveau getoond.

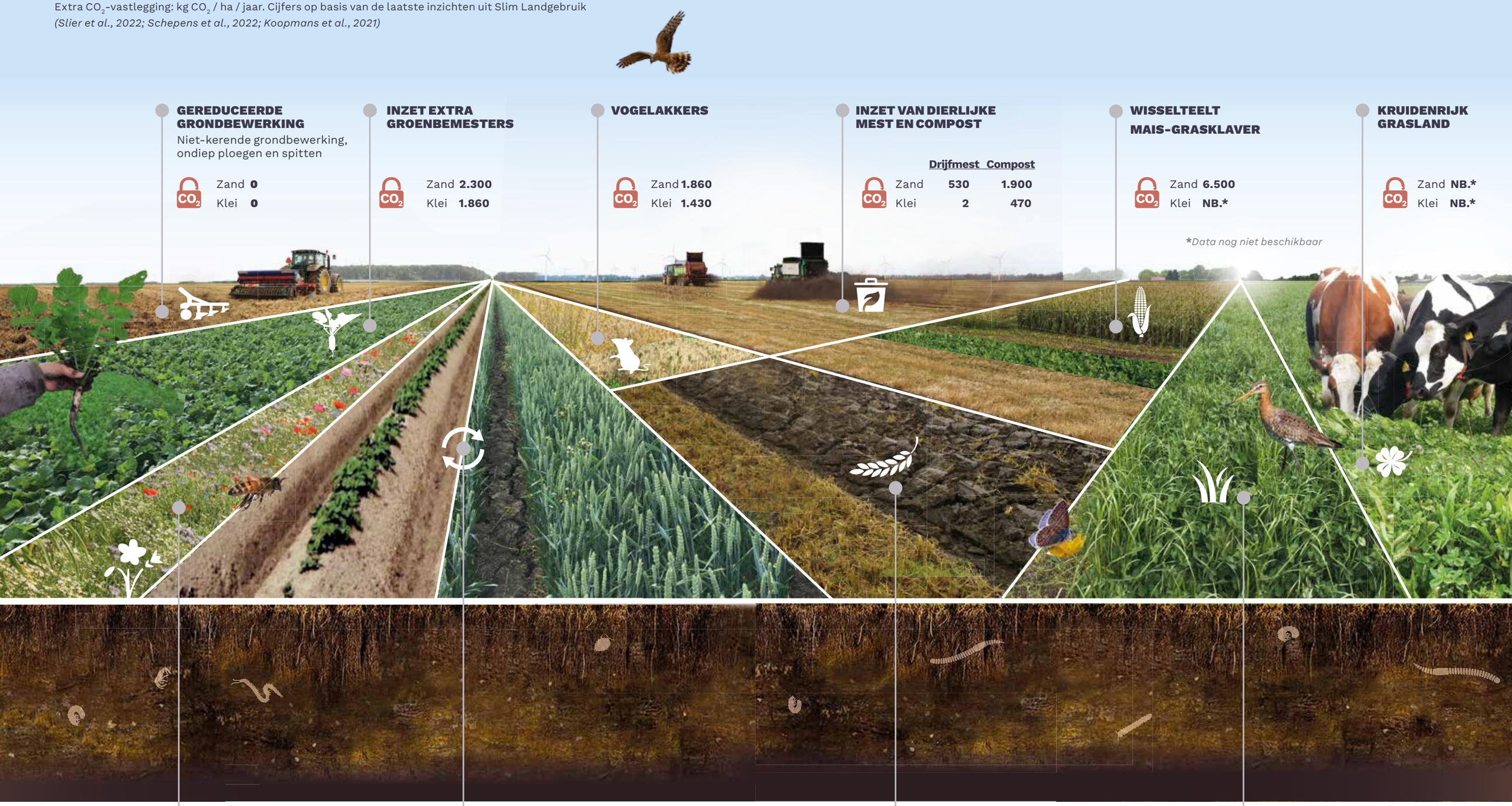
Bodemkwaliteitsmetingen

Een veelvoorkomende vraag is in hoeverre effectieve klimaatmaatregelen ook invloed hebben op de bodemkwaliteit. Het streven is immers om alle landbouwgronden in 2030 duurzaam te beheren. Daar past geen achteruitgang in de bodemkwaliteit bij.

Om hier zicht op te krijgen zijn de bodemkoolstofmetingen in de langetermijn-experimenten, maar ook in de regionale netwerken, gecombineerd met bodemkwaliteitsmetingen (Hoogmoed et al., 2021a; Schepens et al., in press 2022a). In totaal worden zeventien indicatoren gemeten die iets zeggen over de bodemkwaliteit op het gebied van koolstof, bodemfysica, watervasthoudend vermogen, bodemchemie en bodembiologie. De resultaten daarvan laten zien op welke aspecten van de bodemkwaliteit een klimaatmaatregel invloed heeft.

MAATREGELEN VOOR KOOLSTOFVASTLEGGING

Extra CO_2-vastlegging: kg CO_2 / ha / jaar. Cijfers op basis van de laatste inzichten uit Slim Landgebruik
(Slier et al., 2022; Schepens et al., 2022; Koopmans et al., 2021)



GEREDUCEERDE GRONDBEWERKING
Niet-kerende grondbewerking, ondiep ploegen en spitten

Zand **0**
Klei **0**

INZET EXTRA GROENBEMESTERS

Zand **2.300**
Klei **1.860**

VOGELAKKERS

Zand **1.860**
Klei **1.430**

INZET VAN DIERLIJKE MEST EN COMPOST

	Drijfmest	Compost
Zand	**530**	**1.900**
Klei	**2**	**470**

WISSELTEELT MAIS-GRASKLAVER

Zand **6.500**
Klei **NB.***

**Data nog niet beschikbaar*

KRUIDENRIJK GRASLAND

Zand **NB.***
Klei **NB.***

AKKERRANDEN

Zand **520**
Klei **780**

AANPASSEN GEWASROTATIE
Verhogen aandeel rustgewassen in het bouwplan

Zand **1.910**
Klei **1.990**

GEWASRESTEN ACHTERLATEN

Zand **770**
Klei **1.650**

LEEFTIJD GRASLAND VERHOGEN

Zand **6.400**
Klei **4.900**

DE MAATREGELEN

01 Aanpassen gewasrotatie

Verhogen aandeel rustgewassen in het bouwplan

STANDAARD	EXTRA GRAAN
Consumptie-aardappelen	Consumptie-aardappelen
Suikerbieten	Suikerbieten
Ui	Wintertarwe
Wintertarwe	Ui
	Wintertarwe

Figuur 1: Voorbeeld van het standaard bouwplan voor de regio Flevoland en het scenario waarin het aandeel graan is verhoogd.

Wat houdt de maatregel in?

Met een hoger aandeel rustgewassen in het bouwplan kan meer koolstof worden vastgelegd in landbouwbodems. Onder rustgewassen vallen bijvoorbeeld graangewassen, grassen en vlinderbloemigen zoals klaver, lupine, veldbonen en luzerne. Omdat deze gewassen relatief weinig opleveren, zijn ze de afgelopen jaren minder geteeld. Voor de berekeningen van de koolstofvastlegging is specifiek gekeken naar het verhogen van het aandeel graan in het bouwplan naar 50%. Bij de toepassing in de netwerken en de saldoberekeningen is gekeken naar de mogelijkheden in elke regio. Hierbij week het aandeel rustgewassen in de nieuwe situatie soms af van 50% (Figuur 2, p.18).

Waarom de gewasrotatie aanpassen?

De Nederlandse akkerbouw past gewasrotaties toe met een groot aandeel rooigewassen zoals aardappelen, uien en suikerbieten. Het aandeel rustgewassen in het gemiddelde bouwplan daalde tussen 2007 en 2017 met bijna 20% naar ongeveer 40% (Smit en Jager, 2018). Dit komt doordat het saldo van graangewassen de afgelopen jaren ten opzichte van andere gewassen laag was. De teelt van rooivruchten vraagt veel van de bodem vanwege grondbewerkingen en late oogst onder soms natte omstandigheden. Na de oogst blijft er relatief weinig organische stof achter. Omdat bij de teelt van rustgewassen meer gewasresten zoals wortels achterblijven, is een hoger aandeel rustgewassen in het bouwplan gunstig voor de organische-stofopbouw. Van de rustgewassen worden voornamelijk graangewassen in akkerbouwrotaties geteeld. Graan kent een relatief intensieve beworteling, wat ook bijdraagt aan het vastleggen van koolstof in de bodem.

Effect op de koolstofvastlegging

Modelberekeningen laten zien dat een verruiming van het bouwplan naar een rotatie met 50% graangewassen zorgt voor extra koolstofvastlegging (Slier et al., 2022). De modelberekeningen tonen veel regio-specifieke verschillen. In gebieden met een laag aandeel graan in het bouwplan, zoals in de Noordoostpolder, wordt de meeste extra koolstofvastlegging verwacht. In Tabel 1 is de gemiddelde extra koolstofvastlegging op klei- en zandgrond weergegeven wanneer een graangewas geteeld wordt in plaats van een rooigewas.

Effect op de bodemkwaliteit

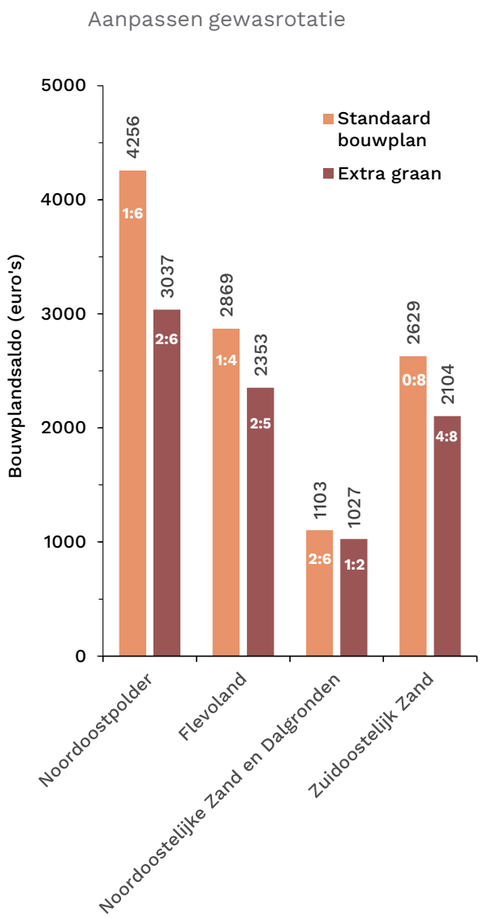
Meer graan in de gewasrotatie heeft positieve effecten op de bodemkwaliteit (Tabel 2). In de langetermijn-experimenten leidde meer graan tot een lagere bodemdichtheid en een verhoogde hoeveelheid organische stof in de bodem. Daarnaast is er een significante toename gevonden van de bacteriële biomassa. Dit hangt waarschijnlijk samen met de toename van organische stof en minder intensieve bodembewerking. De kwantitatieve toename van het bodemleven is een indicatie dat de bodemkwaliteit toeneemt (Hoogmoed et al., 2021a).

Tabel 1: Extra koolstofvastlegging in de bovenste 25 centimeter van de bodem voor de maatregel 'aanpassen gewasrotatie' op zand- en kleigronden (Slier et al., 2022).

	Extra CO_2-vastlegging kg CO_2 / ha / jaar
Zand	1.910
Klei	1.990

Tabel 2: Effect van de maatregel 'aanpassen gewasrotatie' op verschillende aspecten van de bodemkwaliteit (Hoogmoed et al., 2021a). Legenda: + goed ; - slecht; 0 neutraal.

	Score	Op basis van indicatoren:
OS	+	C-elementair
Fysisch	+	Indringingsweerstand, bulkdichtheid
Chemisch	+	N-totaal
Water	0	
Biologisch	+	Bacteriële biomassa, PMN



Figuur 2: Verschil in het bouwplansaldo tussen het 'standaard' bouwplan en een bouwplan met extra graan. Het bouwplansaldo per hectare is een gewogen gemiddelde van de gewassaldi aanwezig in het bouwplan. Hierin zijn geen mechanisatiekosten, kosten voor opslag voor bewaring en arbeidskosten meegenomen. De standaardbouwplannen en bouwplanscenario's voor 'extra graan' verschillen per regio. De hoeveelheid graan in het bouwplan staat in de staven aangegeven. Deze bouwplannen zijn te vinden in Koopmans et al. (2020).

Tabel 3: Percentage van het aantal deelnemers in elk netwerk dat de maatregel 'aanpassen gewasrotatie' heeft toegepast (Hoogmoed et al., 2022).

Effect op het bedrijfseconomische resultaat
De kosten van meer graan in het bouwplan bestaan voornamelijk uit forse misgelopen financiële opbrengsten. Meer graan in het bouwplan betekent dat er minder hoogsalderende rooigewassen geteeld kunnen worden. Deze kosten verschillen sterk per regio en zijn afhankelijk van het type gewas en de hoeveelheid hoogsalderende (rooi)gewassen in een standaard bouwplan van de regio (Figuur 2).

Ervaringen in de regio's

Flevoland
- Het gangbare bouwplan in Flevoland bestaat uit aardappelen, wintertarwe, suikerbieten en uien. Daarnaast wordt er land verhuurd voor bollenteelt.
- Deelnemers die meer dan 50% rustgewassen toepassen kiezen hoofdzakelijk voor wintertarwe. Deze akkerbouwers hebben doorgaans nog andere inkomstenbronnen naast het akkerbouwbedrijf. Ook akkerbouwers zonder opvolger zijn vaak wat extensiever gaan telen.

Noordelijke kleischil
- Deelnemers ervaren een aantal uitdagingen: de beperkte afzetmarkt voor rustgewassen en (bij keuze voor een veldbonenteelt) de verwerking van de bonen.
- Veel deelnemers zijn bezig met niet-kerende grondbewerking (NKG). Rustgewassen die een dichte zode vormen, zoals grassen, zijn lastig te bewerken met NKG. Dit wordt nog gecompliceerder wanneer het gebruik van glyfosaat wegvalt.

Minstens 50% rustgewassen in het bouwplan	
REGIO	**Percentage deelnemers dat maatregel heeft toegepast**
Flevoland	21%
Veenkoloniën	7%
Zeeland	57%
Brabant	21%
Noordelijke kleischil	57%

Zeeland
- Het bouwplan in Zeeland bestaat standaard uit consumptieaardappelen, suikerbieten, uien en wintergraan. Daarnaast wordt er ook cichorei en graszaad geteeld.
- Een relatief hoog percentage deelnemers uit het netwerk in Zeeland past meer dan 50% rustgewassen toe. Het gaat hierbij met name om graangewassen (zomer- of wintertarwe, gerst en rogge).
- De teelt van meer rustgewassen is alleen mogelijk omdat deze telers naast hun akkerbouwbedrijf vaak nog een extra baan hebben die voor inkomsten zorgt. De rustgewassen leveren niet genoeg op om het extensievere bedrijf financieel rendabel te houden.
- In Zeeland zorgen ritnaalden en schimmels voor problemen in de graanteelt.

Brabant
- Akkerbouwers in West-Brabant beschikken vaak over zowel zand- als kleigronden. De aardappelteelt neemt een centrale plaats in.
- In het netwerk Brabant verschillen de bouwplannen van de deelnemers onderling sterk van elkaar. De deelnemers zien weinig mogelijkheden voor aanpassing van het bouwplan.
- Deelnemers telen vaak op huurland of wisselen grond uit met veehouders. De hoge grond- en pachtprijzen en de lage saldi van rustgewassen vormen een grote barrière om meer rustgewassen te telen.

Veenkoloniën
- Karakteristiek voor de Veenkoloniën is een bouwplan gericht op de teelt van zetmeelaardappelen (grotendeels 1:2, 2:5 of 1:3). Dit wordt afgewisseld met suikerbieten en zomergerst.
- Vergeleken met andere akkerbouwers in de regio verbouwen de netwerkdeelnemers relatief veel granen (zomergerst, maar ook wintertarwe). Veel deelnemers proberen hun bouwplan te verruimen, maar een bouwplan van meer dan 1:4 is moeilijk haalbaar vanwege de afhankelijkheid van de inkomsten uit de zetmeelaardappelteelt.
- Vanwege de gevoeligheid voor bodemgebonden ziekten en plagen zoeken akkerbouwers in deze regio naar manieren om het bouwplan te verruimen. Rustgewassen kunnen hiervoor een uitkomst zijn.
- Graangewassen zijn op het moment economisch gezien voor telers onaantrekkelijk vanwege de lage saldi. Er wordt gekeken naar de teelt van eiwitgewassen, maar ook deze gewassen leveren tot nu toe nog te weinig op.

Kansen

- Deze maatregel legt effectief koolstof vast en verbetert de bodemkwaliteit.
- Het telen in een ruimer bouwplan wordt aantrekkelijker door de verminderde beschikbaarheid van gewasbeschermingsmiddelen.
- Meer samenwerking met veehouders geeft akkerbouwers een zekere afzet, wat een hoger aandeel rust- of maaigewassen in de rotatie mogelijk maakt.
- In de Veenkoloniën maakt de toenemende aaltjesdruk in de aardappelteelt een extra jaar rustgewassen ook bedrijfseconomisch gezien interessanter.

Belemmeringen

- De lage saldi voor rustgewassen maken de bedrijfseconomische inpassing lastig.
- Het toevoegen van graangewassen aan de gewasrotatie kan de onkruiddruk op percelen verhogen.
- Over het algemeen is er slechts een beperkte afzetmarkt voor alternatieve gewassen zoals eiwitgewassen.

Ervaring van akkerbouwer Hilchard Waalkens

“De rustgewassen hebben een heel positief effect op mijn bodemkwaliteit”

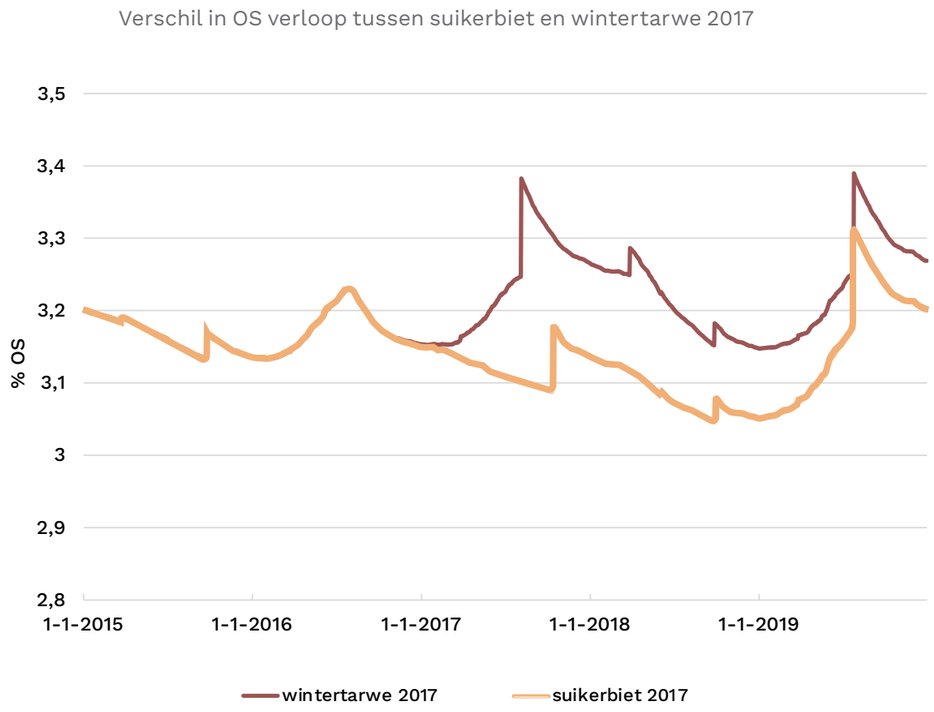
In Flevoland nabij Lelystad ligt het bedrijf van Hilchard Waalkens. Deze akkerbouwer zet in op het behouden van een goede bodemkwaliteit met de maatregel ‘aanpassen gewasrotaties’. Doordat hij in zijn bouwplan 50% rustgewassen heeft houdt hij ook de koolstofbalans op peil. Daarnaast besteedt de teler veel aandacht aan bodemstructuur. Zo worden er op de huiskavel geen suikerbieten meer geteeld. “Laat bieten rooien geeft schade aan de bodemstructuur”, aldus Hilchard.

- ***Waarom heb je gekozen voor veel rustgewassen?***
  “Het is voor mij belangrijk om een goede bodemkwaliteit te behouden. Mijn kleibodem is gevoelig voor verdichting, het inzetten van veel rustgewassen voorkomt dat ik (te vaak) het land op moet wanneer de bodem te nat is.”

- ***Welke aanpassingen heb je hiervoor moeten doen?***
  “Mijn bouwplan is intensief, met 1 op 3 aardappelen en 1 op 6 uien. Dat compenseer ik door op de helft van mijn percelen rustgewassen te telen. Ik werk vaak het stro in en zaai groenbemester(mengsels) in. Ook heb ik met mijn buurman, met wie ik veel samenwerk, een bovenoverploeg aangeschaft. Op die manier ploegen we minder diep. Daarnaast hebben we geïnvesteerd in een aardappelrooier op rupsbanden, een drukwisselsysteem en brede banden. Dit met het oog op behoud van bodemstructuur.”

- ***Wat voor effect heeft de maatregel op de bedrijfseconomische kant?***
  “Naast mijn akkerbouwbedrijf beheren we nog meerdere kavels in Flevoland. Qua inkomen is het thuisbedrijf wel het belangrijkste. Als akkerbouwer voeren we dagelijks een strijd tussen economie en ecologie.”

- ***Hoe denk je dat rustgewassen, naast koolstofvastlegging, andere duurzaamheidsdoelen beïnvloeden?***
  “De rustgewassen hebben een heel positief effect op de bodemkwaliteit. Met name in combinatie met het inwerken van stro na de oogst. Ik verbruik minder brandstof door de goede bodemstructuur. Dit vermindert de uitstoot van CO_2. Of een betere bodemkwaliteit ook doorwerkt in biodiversiteit? Dat zou je wel verwachten.”



Figuur 3: Organische-stofverloop van het perceel van Hilchard Waalkens berekend met NDICEA om de effecten van het aangepaste bouwplan op het perceel te illustreren. Door de inzet van 50% rustgewassen blijft de koolstofbalans van het perceel van Hilchard Waalkens op peil. Wanneer een graanteelt vervangen zou worden door bijvoorbeeld suikerbieten, wordt het organische-stofverloop lager (gele lijn).

‘Als akkerbouwer voeren we dagelijks een strijd tussen economie en ecologie.’

- ***Welke andere maatregelen zou je graag nog willen inzetten?***
  “Ik zou heel graag nog meer compost of dierlijke mest willen aanvoeren om mijn organische stof in de bodem te verhogen, maar dit gaat nu niet door de geldende normen voor fosfaat. Daarnaast ervaar ik de nitraatrichtlijn van 170 kg stikstof per hectare per jaar als een beperking. Vanwege onze tarweopbrengsten met bijbehorende stikstofafvoer en gebruik van een winterbedekking zouden we wel extra aanvoerruimte voor stikstof willen krijgen. Ook zou ik als akkerbouwer en ondernemer graag meer ruimte krijgen voor aanvoer van organische mest. Op die manier kunnen we onze kunstmestgiften verder terugdringen en de kringloop nog meer sluiten!”

02 Gewasresten achterlaten

Tabel 1: Extra koolstofvastlegging in de bovenste 25 centimeter van de bodem voor de maatregel 'gewasresten achterlaten' op zand- en kleigronden (Slier et al., 2022).

Extra CO_2-vastlegging kg CO_2 / ha / jaar	
Zand	770
Klei	1.650

Tabel 2: Effect van de maatregel 'gewasresten achterlaten' op verschillende bodemfuncties (Slier et al., 2021).
Legenda: + goed ; - slecht; 0 neutraal.

	Zand	Klei
Bodemvruchtbaarheid	+	+
Bodembiodiversiteit	+	+
Klimaatadaptatie	0/+	0/+
Waterkwaliteit	+/-	+/-

Wat houdt de maatregel in?

Onder gewasresten vallen de stengels, stoppels, bladeren en wortels van het gewas. Binnen Slim Landgebruik wordt er specifiek gekeken naar het effect van het achterlaten en inwerken van graanstengels (stro) na de graanoogst. De graanstengels bevatten een relatief grote hoeveelheid koolstof in vergelijking met andere gewasresten. De eerder besproken maatregel 'aanpassen gewasrotatie', ofwel meer rustgewassen opnemen, hangt sterk samen met deze maatregel.

Waarom gewasresten achterlaten?

Gewasresten die achterblijven op het land kunnen bijdragen aan de vastlegging van koolstof omdat minder organisch materiaal met de oogst het perceel verlaat. Doordat bodemleven de gewasresten verteert, verbetert deze maatregel ook de bodemkwaliteit en -vruchtbaarheid.

Effecten op de koolstofvastlegging

De koolstofvastlegging is gemodelleerd voor een situatie waarbij alle stroresten achterblijven (0% afvoer) en vergeleken met de koolstofvastlegging bij de gemiddelde huidige afvoerpercentages (bijv. 62% voor tarwe en 43% voor gerst) (Lesschen et al., 2021; Slier et al., 2022). Het achterlaten van stroresten zorgt voor een toename van koolstof in de bodem (Tabel 1). De koolstofvastlegging wordt sterk bepaald door de koolstof: stikstof-verhouding (C:N-ratio) van de gewasresten in kwestie. Gewasresten van granen hebben een hoge C:N-ratio en leveren veel meer koolstof dan bladresten van bijvoorbeeld suikerbieten.

Effect op de bodemkwaliteit

De effecten van het achterlaten van gewasresten op de bodemkwaliteit zijn nog niet in detail onderzocht. Volgens Slier et al. (2021, zie Tabel 2) verhoogt het inwerken van stro de hoeveelheid organische stof in de bodem en daarmee de bodemvruchtbaarheid. Wanneer er voldoende stikstof beschikbaar is (voeding voor het bodemleven) wordt de bodembiodiversiteit bevorderd. Daarnaast leidt het achterlaten van gewasresten tot een hogere waterinfiltratie. Er is een positief effect voor klimaatadaptatie: er wordt koolstof vastgelegd en door het relatief hoge C:N-ratio van stro (waardoor de afbraak vertraagt) blijven lachgasemissies lager (Lijster et al., 2016).

Effect op het bedrijfseconomische resultaat

Door stro na het oogsten achter te laten kan het niet worden verkocht. Dat kost direct inkomsten. Op basis van gegevens uit KWIN AVG 2018 zijn de kosten van het achterlaten van graanresten berekend (Tabel 3). Eventuele positieve effecten op de bodemkwaliteit en de opbrengst van het volggewas zijn niet meegenomen in deze berekening. Hierdoor pakt de uiteindelijke kosten- en batenbalans negatief uit.

Ervaringen in de regio's

- Of telers ervoor kiezen stro achter te laten varieert per jaar door de fluctuerende stroprijzen en het aanbod van andere reststromen zoals stromest en compost. In de praktijk zullen de percentages lager liggen dan in de netwerken, aangezien de deelnemende telers grotendeels oud-Veldleeuwerktelers zijn: zij hebben over het algemeen al meer aandacht voor hun bodem (Tabel 4).

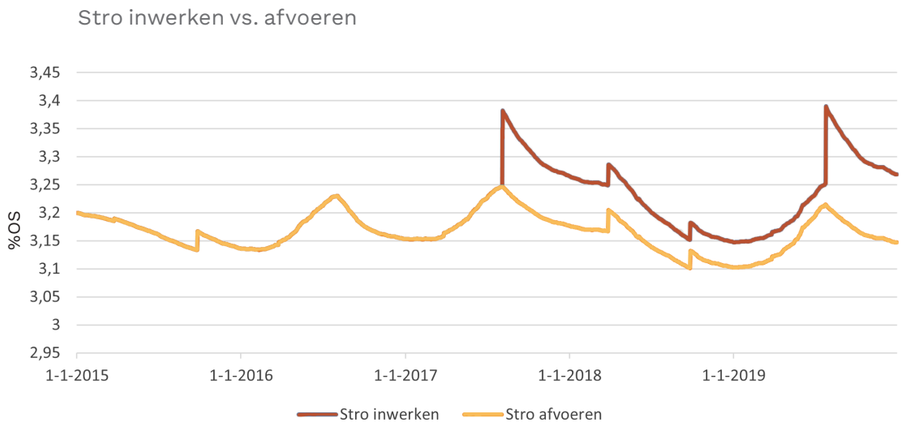
Tabel 3: Kosten- en batenbalans voor het achterlaten van stroresten na de graanoogst (Slier et al., 2021).

Kosten- en batenbalans €/ha/jaar	
Zand	-400 tot -450
Klei	-450 tot -500

Tabel 4: Percentage van de deelnemers in elk netwerk dat de maatregel 'gewasresten achterlaten' heeft toegepast (Hoogmoed et al., 2022).

Stro inwerken na oogst	
REGIO	**Percentage deelnemers dat maatregel heeft toegepast**
Flevoland	79%
Veenkoloniën	93%
Zeeland	31%
Brabant	57%
Noodelijke kleischil	36%

- In de Veenkoloniën wordt relatief weinig graan verbouwd en laten bijna alle deelnemers van het netwerk het stro na de oogst liggen. Waar relatief veel graangewassen worden verbouwd, zoals op de noordelijke kleischil en in Flevoland en Zeeland, laat vaak slechts een deel van de deelnemers het stro achter.
- Er zijn ook telers die een samenwerkingsverband hebben met veehouders in de buurt. Zij voeren het stro wel af, maar brengen het later in de vorm van (vaste) mest terug op de akkers.



Figuur 1: Hilchard Waalkens (zie pagina 16-17) werkte in 2017 en 2019 stro in. Het effect op de organische stof is gemodelleerd in NDICEA en vergeleken met een situatie waarin stro wordt afgevoerd.

Kansen

- Het achterlaten van stro is een effectieve manier om extra koolstof vast te leggen in de bodem.
- Door het inwerken van stro neemt de bodemvruchtbaarheid toe of blijft stabiel.
- De berijdbaarheid van het perceel neemt toe.
- Er is een goede samenwerking mogelijk met de veehouderij. Stro en/of mest kan uitgeruild worden.

Belemmeringen

- Door stro in te werken in plaats van te verkopen loopt een teler inkomsten mis.
- Er zijn aanwijzingen dat bepaalde plaaginsecten, zoals de wortelduizendpoot, zich kunnen uitbreiden bij veel organische stof in de toplaag. Dit moet echter nog worden onderzocht.

Ervaringen van akkerbouwer Pieter de Putter

“Met het achterlaten van stro wil ik de bewerkbaarheid van de bodem verbeteren.”

In het Zeeuwse Zaamslag ligt het akkerbouwbedrijf van maatschap De Putter. Op zo’n 80 hectare teelt Pieter de Putter in een traditioneel bouwplan suikerbieten, pootaardappelen, uien, graszaad en relatief veel granen (40%). Hij huurt een deel van dit areaal, voornamelijk voor de teelt van pootaardappelen. Sinds tien jaar laat hij de stroresten achter op het land ter bevordering van de bodemkwaliteit.

- ***Waarom laat je de stroresten achter na de oogst?***
  “De voornaamste reden om stroresten achter te laten is het verhogen van de organische stof in de bodem. Daarnaast liet de bewerkbaarheid van de bodem wat te wensen over. De bewerkbaarheid is inmiddels merkbaar verbeterd, maar het is lastig om vast te stellen wat de bijdrage van stroresten hierop was. Naast het achterlaten van stroresten zijn we namelijk ook aan de slag gegaan met andere organische-stof-verbeterende maatregelen, zoals het uitrijden van vaste strorijke mest en het telen van meer groenbemesters. De verbeteringen kunnen dus niet simpelweg toegeschreven worden aan het achterlaten van gewasresten.”

- ***Welke aanpassingen aan de bedrijfsvoering heb je hiervoor moeten doen?***
  “In principe hebben we geen aanpassingen hoeven maken. Het inwerken na de oogst doen we nog hetzelfde als voorheen. Eerst worden de stroresten en mest met de cultivator ingewerkt en daarna wordt met de rotorkopeg en zaaimachine de groenbemester ingezaaid.”

- ***Wat is het effect op de bedrijfseconomische kant?***
  “Door het stro niet af te voeren mis je natuurlijk die directe opbrengsten, maar indirect hebben de stroresten als meststof ook zeker een waarde die hier tegenop weegt. Het achterlaten van stro moet gezien worden als een langetermijninvestering in de bodem.”

“Het achterlaten van stro moet gezien worden als een langetermijninvestering in de bodem.”

- ***Hoe denk je dat dit, naast koolstofvastlegging, andere duurzaamheidsdoelen beïnvloedt?***
  “Met het verbeteren van de bewerkbaarheid van de bodem komen bijkomstige voordelen kijken. Zo zijn er mogelijk minder bewerkingen nodig, zodat het brandstofgebruik kan worden gereduceerd. Het bodemleven wordt er zeker beter van. Met name aan de hoeveelheid wormen is dat goed te zien. Recent bij het graven van een profielkuil viel het op dat de wormenactiviteit hoog was.”

- ***Welke andere maatregelen zou je graag nog willen inzetten?***
  “Naast de maatregelen die al toegepast worden gaan we op de korte termijn waarschijnlijk niet met nieuwe maatregelen aan de slag. Niet-kerende grondbewerking kan in de toekomst misschien interessant zijn, maar op de zware klei waar wij zitten brengt dit veel uitdagingen met zich mee. Op lichtere grond is dit op veel vlakken toch makkelijker, bijvoorbeeld bij het inwerken van de groenbemester of bij het creëren van een goed zaaibed.”

03 Extra groenbemesters inzetten

Wat houdt de maatregel in?

Groenbemesters houden het land bedekt en de gewasresten komen ten goede aan het volggewas. Als vanggewas voorkomen groenbemesters dat nutriënten uitspoelen. Bij deze maatregel wordt gekeken naar de koolstof die met extra inzet van groenbemesters wordt vastgelegd. Groenbemesters die al jaren worden geteeld tellen dus niet als koolstofvastlegging mee. Wanneer extra groenbemesters in het bouwplan worden opgenomen en/of wanneer gekozen wordt de groenbemester te laten overwinteren kan dit wel bijdragen aan extra koolstofvastlegging.

Waarom extra groenbemesters inzetten?

Groenbemesters vormen als bemester of vanggewas tegenwoordig een standaard onderdeel van de Nederlandse akkerbouw. Akkerbouwers telen met name groenbemesters om te voldoen aan de subsidieeisen van het GLB, maar zien ook de voordelen voor onder andere de bodem. Als vanggewas leggen groenbemesters nutriënten tot na de winter vast; op een braakliggende akker zouden die nutriënten uitspoelen. Groenbemesters kunnen bij een goede boven- en ondergrondse ontwikkeling bijdragen aan het organische-stofgehalte van de bodem en hebben een positief effect op de structuur van de bodem. Daarnaast vermindert het toepassen van groenbemesters winderosie en stimuleert het de bodembiodiversiteit (Dekkers et al., 2021). Met een gerichte keuze van groenbemesters kunnen bepaalde ziekten en plagen beheerst worden.

Effect op de koolstofvastlegging
Groenbemesters verbouwen is een effectieve maatregel om koolstof vast te leggen doordat het volledige gewas wordt ingewerkt in de bodem. De vastlegging hangt sterk af van het type groenbemester en de zaaidatum. Het zaaien van een groenbemester in juli of augustus, levert vaak minstens twee keer zoveel biomassa op als zaaien in het najaar (Norén et al., 2021). Tabel 1 toont de gemiddelde vastlegging op zand- en kleigrond bij het telen van een extra hectare groenbemester met inachtneming van de slagingskansen afhankelijk van de voorvrucht (Slier et al., 2022).

Effect op de bodemkwaliteit
De effecten van groenbemesters op de bodemkwaliteit zijn onderzocht in een vijf jaar lopende proef op zand (Schepens et al., 2022a). Er zijn nog geen verschillen gevonden tussen de verschillende groenbemesterbehandelingen en zwarte braak (Tabel 2). Op de lange termijn wordt een verhoging van het gehalte organische stof en een verbetering van de bodemstructuur verwacht. Ook is het aannemelijk dat de biodiversiteit in groenbemesters hoger is dan op het braakliggende perceel (van Leeuwen-Haagsma et al., 2019).

Tabel 1: Extra koolstofvastlegging in de bovenste 25 centimeter van de bodem bij het toepassen van extra groenbemesters op zand- en kleigronden (Slier et al., 2022).

	Extra CO_2-vastlegging kg CO_2 / ha / jaar
Zand	2.300
Klei	1.860

Tabel 2: Effect van de maatregel 'extra groenbemesters inzetten' op verschillende aspecten van de bodemkwaliteit (Schepens et al., 2022a). Legenda: + goed ; - slecht; 0 neutraal; NB niet bepaald.

	Zand	**Klei**	**Op basis van indicatoren**
OS	0	NB*	
Fysisch	0	NB*	
Chemisch	+	NB*	Kalium (zand)
Water	0	NB*	
Biologisch	0	NB*	

**Data nog niet beschikbaar*

Tabel 3: Kosten- en batenbalans van de maatregel 'extra groenbemesters inzetten' (Slier et al., 2021).

Kosten- en batenbalans €/ha/jaar	
Zand	-150 tot -200
Klei	-150 tot -200

Tabel 4: Percentage van de deelnemers in elk netwerk dat de maatregel 'extra groenbemesters inzetten' heeft toegepast (Hoogmoed et al., 2022).

Inzetten extra groenbemesters			
REGIO	**Volgens GLB**	**Bovenop GLB**	**Groeiduur verlengen/ overwinteren**
Flevoland	93%	21%	21%
Veen-koloniën	100%	42%	49%
Zeeland	86%	0%	79%
Brabant	100%	100%	93%
Noordelijke kleischil	93%	93%	71%

Effect op het bedrijfseconomische resultaat
Bij het verbouwen van een groenbemester komen de nodige teeltkosten kijken. Zo moet zaad worden aangeschaft en kosten het zaaien en het uiteindelijke inwerken van het gewas tijd en brandstof (Tabel 3). De kosten- en batenbalans is gebaseerd op gegevens uit KWIN AVG 2018. Opbrengsten in de vorm van vergroeningsgelden uit het GLB en mogelijke hogere opbrengsten van het volggewas zijn in deze berekening niet meegenomen.

Ervaringen uit de regio's

Een hoog aantal deelnemers heeft de maatregel 'extra groenbemesters inzetten' toegepast op zijn bedrijf (Tabel 4). Bijna alle deelnemers teelden genoeg groenbemesters om te voldoen aan de eisen van het GLB en een groot deel hiervan teelde daarbovenop nog meer groenbemesters dan vereist is volgens het GLB. Niet alleen zijn er meer groenbemesters geteeld, er is ook getracht deze langer te laten staan, ofwel door de groenbemester pas later in het najaar onder te werken ofwel door hem te laten overwinteren.

- Het overwinteren van groenbemesters brengt vooral op kleigronden risico's met zich mee. Het aantal bewerkbare dagen in het voorjaar is op met name (zware) kleigronden beperkt, wat het inwerken van de groenbemester bemoeilijkt. De problemen met het inwerken worden versterkt door de onzekerheden rondom de toepasbaarheid van glyfosaat in de toekomst.
- De dal- en zandgronden in Brabant en de Veenkoloniën hebben in het late najaar en in het voorjaar meer bewerkbare dagen. Hier worden daarom relatief veel (overwinterende) groenbemesters geteeld.
- Met name in Brabant worden veel extra groenbemesters ingezaaid. Uitspoeling van stikstof speelt hier een grotere rol, wat de noodzaak van een vanggewas vergroot. Daarnaast laten met name telers in de Veenkoloniën groenbemesters langer staan om erosie tegen te gaan.
- In de Veenkoloniën zijn de meeste telers terughoudend met het telen van groenbemestermengsels. Ongewenste vrijlevende aaltjes kunnen in de plantendiversiteit van de mengsels namelijk gemakkelijker vermeerderen. In deze regio worden op dit moment voornamelijk Japanse haver en bladrammenas met ingebouwde resistentie geteeld.
- De risico's op aardappelopslag vormen in elke regio een belemmering om na de oogst van (poot) aardappelen een groenbemester in te zaaien. Door grondbewerking voorafgaand aan het zaaien van een groenbemester is de kans kleiner dat aardappelknollen kapotvriezen. Daarnaast zorgt de groenbemesterbedekking ervoor dat het minder snel vriest in de bodem.

Kansen

- Groenbemesters leggen koolstof vast en verbeteren de bodemstructuur.
- Groenbemesters leggen nutriënten vast tot na het winterseizoen.
- Het telen van groenbemesters levert extra inkomsten via het GLB.
- In natte periodes droogt het land sneller op.
- Groenbemesters hebben positieve effecten op biodiversiteit.
- Groenbemesters kunnen (wind)erosie verminderen door betere bedekking van grond.
- Bij een geslaagde groenbemesterkeuze worden ziekten en plagen onderdrukt.
- Het inwerken van groenbemesters in het voorjaar leidt tot meer nalevering van NPK.
- Groenbemesters zorgen voor een groener landschap.

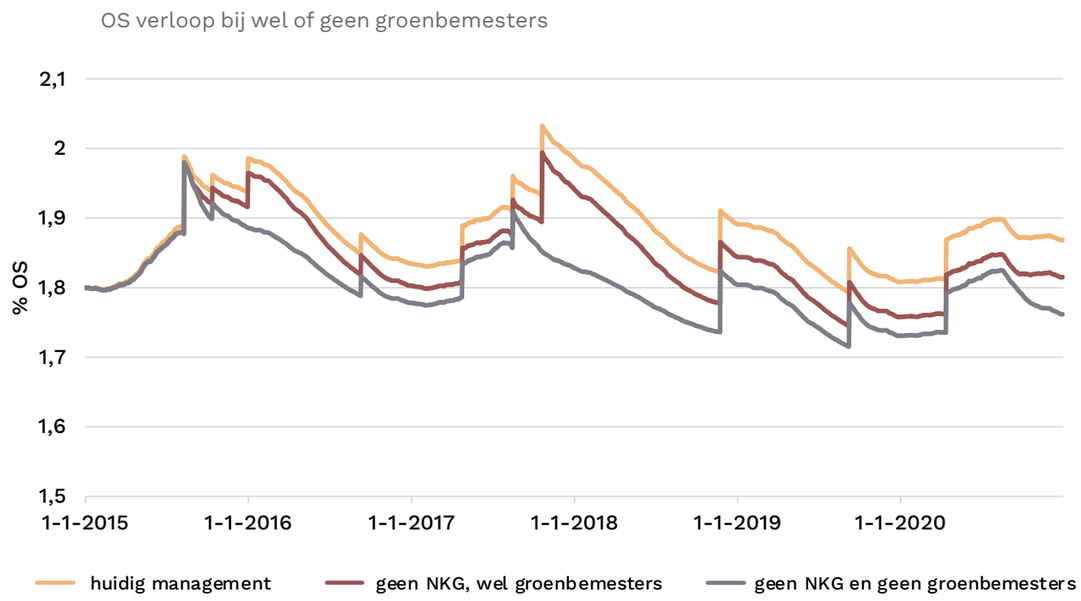
Belemmeringen

- Het telen van een groenbemester kost geld en extra arbeid.
- Bij een verkeerde groenbemesterkeuze kan de druk van ziekten en plagen toenemen (bijvoorbeeld plant-parasitaire aaltjes in met name de aardappelteelt).
- Aardappelopslag overleeft omdat resten dieper worden ondergewerkt.
- Groenbemesters zijn lastig te combineren met gewassen die laat worden geoogst.
- Er zijn meer bewerkingen nodig na het overwinteren van een groenbemester.

Ervaringen van akkerbouwers Klaas en Erik Hoekstra

“Maximaal groenbemesters, minimale grondbewerking”

In het noordelijk kleigebied in Friesland ligt het bedrijf van de familie Hoekstra. Erik, de zoon van Klaas, neemt in de komende jaren het bedrijf over. Vader en zoon zijn sinds een aantal jaren geïnteresseerd in niet-kerende grondbewerking. Hierdoor zijn ze meer over hun bodem gaan nadenken en is de grondbewerkingsstrategie aangepast. Ze zetten nu maximaal in op het zaaien van groenbemesters. Bij alle teelten overwinteren ze, behalve bij de fijnzadige uien; deze worden waar mogelijk eerder ingewerkt. Alles wordt ook afgestemd op de bodemcondities van dat moment. Daarnaast wordt op het bedrijf veel organische drijfmest ingezet.



Figuur 1: Organische-stofverloop berekend met NDICEA voor de situatie bij Klaas en Erik Hoekstra: bij inzet van NKG met groenbemesters (huidig management), geen NKG maar wel groenbemester en geen NKG én geen groenbemesters. Door de inzet van groenbemesters blijft de koolstofbalans van het perceel op peil.

- ***Waarom heb je gekozen voor minimale grondbewerking en maximaal groenbemesters?***
  “Vanwege de soms zware kleigrond is het risico op verdichting van de bodem groot. We doen er alles aan om de bodemkwaliteit op peil te houden. Dit betekent goede afwatering, bewerken onder de juiste condities, en zo min mogelijk in die grond roeren. Daarnaast is deel van de strategie om zo snel mogelijk na de oogst groenbemesters in te zaaien om de bodem te beschermen. Hierdoor kiezen we voor minimale grondbewerking/niet-kerende grondbewerking. Dit lukt niet elk jaar helemaal, het is afhankelijk van de bodemcondities. Met name voor uien kunnen goed ontwikkelde groenbemesters in combinatie met NKG nog heel lastig zijn, dus daarvoor pakken we de ploeg nog wel eens.”

- ***Welke aanpassingen heb je hiervoor moeten doen?***
  “We gaan veel vaker met de schep het veld in om te kijken wat we op dat moment het best kunnen doen. Het grappige is dat sinds we met NKG bezig zijn, er méér ijzer in de schuur is komen te staan. We hebben een klepelmachine, schijveneg en woeler. En we zijn ook nog aan het nadenken over een ecoploeg, en misschien een schoffel... maar de schuur staat al zo vol!”

- ***Wat voor effect heeft de maatregel op de bedrijfseconomische kant?***
  “De verbeterde bodemkwaliteit betaalt zich later uit in opbrengsten. Daarnaast hoeven we ook minder (intensief) te ploegen wat brandstof en tijd scheelt. Aan de andere kant hebben we wel andere bewerkingen en investeringen in tijd en machines die we moeten doen. Ik denk dat het tot nu toe financieel gezien een ongeveer gelijk effect heeft.”

- ***Hoe denk je dat het andere duurzaamheidsdoelen beïnvloedt?***
  “Het heeft veel positieve effecten, met name op bodemkwaliteit. Maar de groenbemesters doen ook veel voor biodiversiteit, al weten we niet precies wat. Indirect draagt de minimale grondbewerking hier ook aan bij. Daarnaast zorgen de groenbemesters ook voor minder uitspoeling van nutriënten. Voor andere doelen is het vaak moeilijk te zeggen wat het nu precies doet en in welke mate.”

- ***Welke andere maatregelen zou je graag nog willen inzetten?***
  “Naast alles wat we al doen zijn we ook erg geïnteresseerd in nieuwe technieken. Wij zouden graag naar lichtere machines gaan, maar die ontwikkeling is nog niet erg zichtbaar in de markt. We willen ook de ecoploeg uitproberen, voor het kleine deel dat we nog wel ploegen. Daarnaast richten we ons meer op vaste dierlijke mest.”

‘We gaan vaker met de schep het veld in om te kijken wat we we het best kunnen doen.’

04 Akkerranden

Tabel 1: Extra koolstofvastlegging in de bovenste 25 centimeter van de bodem voor de maatregel 'akkerranden' op zand- en kleigronden (Slier et al., 2022). Dit betreft de vastlegging over een volledige hectare meerjarige akkerrand.

Extra CO_2-vastlegging kg CO_2 / ha / jaar	
Zand	520
Klei	780

Wat houdt de maatregel in?

Een akkerrand is een eenjarige of meerjarige strook ingezaaid met een mengsel van grassen, kruiden, granen en bloemen. Akkerranden worden vaak in samenspraak met agrarische natuurcollectieven aangelegd om natuurdoelen te halen, zoals het behoud van insecten en akkervogels. De soorten in het zaadmengsel zijn geselecteerd op waarde voor de biodiversiteit en de aantrekkelijkheid voor recreanten. Een eenjarige kruidenrand kan meerouleren in het bouwplan en kan bijvoorbeeld aan de randen van het perceel geteeld worden. Het collectief bepaalt hoe de akkerrand precies aangelegd en beheerd moet worden. Zo mogen vaak geen meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen worden gebruikt op de akkerrand.

Waarom een akkerrand aanleggen?

Akkerranden bevorderen de biodiversiteit in het agrarische landschap. Natuurlijke plaagbestrijders vinden in akkerranden beschutting en voedsel en kunnen zo de gewasbescherming verbeteren. Daarnaast gaan akkerranden aangelegd langs een sloot af- en uitspoeling van nutriënten tegen. Vaak worden akkerranden ook aangelegd om het landschap visueel aantrekkelijker te maken en zo het maatschappelijk draagvlak van de sector te vergroten. Meerjarige akkerranden bestaan voornamelijk uit blijvende vegetatie met veel grassen en granen. Via dood materiaal en de intensieve beworteling wordt in deze randen organische stof opgebouwd in de bodem.

Effect op de koolstofvastlegging
Modelberekeningen gaan uit van een positieve koolstofvastlegging in een hectare eenjarige akkerrand vergeleken met een referentieperceel (Tabel 1; Slier et al., 2022). Meerjarige akkerranden zullen naarmate ze ouder worden vergrassen en leggen dan koolstof vast via het intensieve wortelstelsel van met name de grasachtige soorten in het mengsel. Een meerjarige akkerrand brengt meer organische stof in de bodem dan een eenjarig mengsel waarbij de zode minder lang de tijd heeft zich te ontwikkelen en de gewasresten worden afgevoerd. De jaarlijkse koolstofvastlegging in een eenjarige akkerrand is daarom naar verwachting lager.

Effect op de bodemkwaliteit
Schepens et al. (2022a) heeft tijdens langetermijn-experimenten in meerjarige akkerranden metingen verricht aan de bodemkwaliteit. Als buffer tussen het perceel en de aangrenzende sloot verminderen akkerranden de uitspoeling van nutriënten en bestrijdingsmiddelen naar het oppervlaktewater. De bodembiodiversiteit wordt om verschillende redenen gestimuleerd. Doordat de bodem voor langere tijd niet wordt bewerkt, wordt het bodemleven niet verstoord. Daarnaast zorgt de diversiteit aan vegetatie voor een complexer bodemleven. Door de hoge diversiteit in wortelstelsels kunnen de fysische eigenschappen van de bodem verbeteren. Echter, de metingen uit de langetermijn-experimenten tonen deze fysische voordelen niet aan, mogelijk doordat de stroken gebruikt zijn als rijpad waardoor de bodem juist verdichtte (Tabel 2).

Tabel 2: Effect van meerjarige akkerranden op verschillende aspecten van de bodemkwaliteit (Schepens et al., 2022a). Legenda: + goed ; - slecht; 0 neutraal.

	Zand	Klei	Op basis van indicatoren
OS	0	+	C-elementair, OS (klei)
Fysisch	-	0	Indringingsweerstand (zand)
Chemisch	+	+	Fosfaat (zand), N-totaal (klei), kalium-beschikbaar (klei)
Water	0	0	
Biologisch	0	+	Microbiële biomassa en schimmelbiomassa (klei)

Tabel 3: Kosten- en batenbalans van een hectare meerjarige akkerrand (Hoogmoed et al., 2021b). Kosten zijn negatief (-).

Kosten- en batenbalans €/ha/jaar			
	Noordoost-polder	**Flevoland**	**Noordoostelijk zand**
Zaadmengsel	-700	-700	-700
Brandstof	-67	-67	-67
Opbrengst-derving (referentie bouwplan)	-4.281	-2.918	-1.167
Totaal zonder subsidie	**-5.048**	**-3.685**	**-1.934**
ANLb-subsidie	2.530	2.530	1.968
Totaal met subsidie	**-2.518**	**-1.155**	**34**

Tabel 4: Percentage van de deelnemers in elk netwerk dat de maatregel 'akkerranden' heeft toegepast (Hoogmoed et al., 2022).

REGIO	Percentage deelnemers dat maatregel heeft toegepast
Flevoland	14%
Veenkoloniën	28%
Zeeland	33%
Brabant	7%
Noordelijke kleischil	14%

Effect op het bedrijfseconomische resultaat
Akkerranden functioneren als ecosysteemdienst en zouden als zodanig vergoed moeten worden. Huidige inkomsten van een akkerrand hangen af van lokale, en vaak tijdelijke, subsidiemogelijkheden. Kosten worden voornamelijk gemaakt in de vorm van opbrengstderving afhankelijk van het geteelde gewas. Daarnaast moet er zaaizaad worden aangeschaft en komen er kosten kijken bij de aanleg van de rand (Tabel 3).

Ervaringen in de regio's

Het aanleggen van akkerranden lijkt op zich een simpele maatregel, maar stelt de telers in de praktijk voor uitdagingen. Met name het tegengaan van veronkruiding vergt veel aandacht (Hoogmoed et al., 2022). De mate van toepassing in de verschillende regio's hangt sterk samen met de beschikbaarheid van subsidies (Tabel 4). De subsidiemogelijkheden zijn lokaal erg verschillend waardoor sommige telers buiten de boot vallen. Er zijn ook telers die uit intrinsieke motivatie akkerranden aanleggen, maar geen aanvraag doen voor subsidie omdat dit proces niet altijd even eenvoudig is.

Kansen

- Akkerranden hebben positieve effecten op de insectenbiodiversiteit en aanwezigheid van plaagbestrijders.
- Akkerranden maken het landschap aantrekkelijker.

Belemmeringen

- Akkerranden gaan ten koste van gewasopbrengsten.
- Voor inkomsten zijn telers afhankelijk van subsidies.
- Een akkerrand zorgt voor een verhoogde onkruiddruk in het gewas.

Ervaringen van akkerbouwer Wim Stegeman

Wim Stegeman runt samen mijn zijn partner Marga Klein Swormink akkerbouwbedrijf Saalland nabij Lelystad. Het bedrijf is 51 hectare groot, de bodem bestaat uit zware zeekleigrond. Wim neemt al veel klimaatmaatregelen. Zo heeft hij een extensief bouwplan, past NKG toe met veel groenbemesters en voert vaste mest aan ten behoeve van de bodemvruchtbaarheid. Daarnaast beheert Wim al vele jaren akkerranden langs de gewassen en heeft hij een vogelakker aangelegd. Als biodynamisch akkerbouwer werkt hij samen met veehouders om tot een goede uitwisseling van voedergewassen en dierlijke mest te komen.

“We combineren productie met natuur, waarbij we de akkervogels een plek geven in Flevoland.”

- ***Waarom heb je gekozen voor akkerranden en een vogelakker op je bedrijf?***
  “Biodiversiteit is één van de pijlers onder ons bedrijf. Met het zaaien van akkerranden ben ik in 2005 begonnen. Na eenjarige akkerranden kwamen als snel de meerjarige randen. Het beheer van akkerranden vraagt veel aandacht, want naast gewenste kruiden vestigen zich ook akkerdistels en zodevormende grassen. Het is een kwestie van lange adem. Met de vogelakker combineren we productie met natuur, waarbij we de akkervogels een plek geven in Flevoland. Ik kan erg genieten als kiekendieven komen foerageren.”

- ***Welke aanpassingen heb je hiervoor moeten doen?***
  “De akkerranden vormen een vast onderdeel van het bedrijf, deze lopen bij voorkeur mee met de gewassen die hier profijt van hebben. Voor de vogelakker heb ik mijn bouwplan moeten aanpassen omdat deze voor minimaal twee jaren blijft liggen. Ik ben zelf wel benieuwd wat het effect is van vogelakkers op de organische-stofopbouw in de bodem. Om hierin inzicht te krijgen hebben we de vogelakker meegenomen voor de metingen in Slim Landgebruik.”

- ***Wat voor effect heeft de maatregel op de bedrijfseconomische kant?***
  “Financiële ondersteuning voor de vogelakker geeft de duw in de rug om hiervoor te kiezen. Via het Flevolands Agrarisch Collectief komen we in aanmerking voor vergoedingen. Maar om voldoende vrijheid te hebben in het beheer, leggen we de akkerranden zonder vergoeding aan. Ik pas de akkerrand vooral toe vanuit eigen motivatie en omdat ik wil bijdragen aan het versterken van de (functionele) biodiversiteit op het eigen bedrijf en in de nabije omgeving.”

- ***Hoe denk je dat dit, naast koolstofvastlegging, andere duurzaamheidsdoelen beïnvloedt?***
  “Hoe groot het effect is op koolstofvastlegging weten we nog niet precies. Ik pas het vooral toe voor natuur- en landschapsverrijking.”

- ***Welke andere maatregelen zou je graag nog willen inzetten?***
  “Naast deze maatregel heb ik gekozen voor niet-kerende grondbewerking. Ook dit draagt bij aan biodiversiteit, maar dan met name richting bodemleven. Door de combinatie met het inwerken van stro en veel groenbemesters krijgt het bodemleven voedsel. Indirect komen de mineralen weer beschikbaar voor de gewassen. Bij voorkeur zaai ik mengsels waarin ook vlinderbloemigen zijn opgenomen. Onze stikstof komt deels uit de vlinderbloemigen op ons bedrijf.”

05 Vogelakkers

Tabel 1: Extra koolstofvastlegging in de bovenste 25 centimeter van de bodem voor de maatregel 'vogelakkers' op zand- en kleigronden (Slier et al., 2022).

Extra CO_2-vastlegging kg CO_2 / ha / jaar	
Zand	1.860
Klei	1.430

Wat houdt de maatregel in?

Vogelakkers worden volvelds aangelegd voor een periode van drie tot vier jaar. Ze bestaan uit braakstroken ingezaaid met grassen, granen en kruiden, afgewisseld met stroken rode klaver of luzerne. Deze braakstroken en rode klaver- of luzernestroken wisselen elkaar over de breedte van het perceel af. Het oppervlakte braakstrook bestrijkt ongeveer 25% van het perceel en de rode klaver/luzerne 75%. De stroken rode klaver/luzerne worden elk jaar zo'n drie of vier keer gemaaid en gebruikt als veevoer.

Waarom meer vogelakkers aanleggen?

De vegetatie in een vogelakker bestaat voornamelijk uit grassen, kruiden, granen en vlinderbloemigen. Ze worden aangelegd om de dichtheid van muizen te verhogen en daarmee het voedselaanbod voor bedreigde roofvogels te vergroten. Hierbij gaat het voornamelijk om roofvogels zoals de velduil, de grauwe en blauwe kiekendief. Daarnaast moeten insecten en karakteristieke akkervogels als de veldleeuwerik kunnen floreren in de vogelakker. De gebruikte gewassen worden beschouwd als rustgewas en staan bekend om hun positieve effect op de organische-stofopbouw in de bodem.

Effect op de koolstofvastlegging

Er is nog maar weinig onderzoek gedaan naar de koolstofvastlegging in vogelakkers.

Modelberekeningen gaan uit van een aanzienlijke koolstofvastlegging in de vogelakker (Tabel 1), doordat de bodem voor meerdere jaren ongestoord blijft en de blijvende vegetatie organische stof opbouwt in de bodem (Slier et al., 2022).

Effect op de bodemkwaliteit

De effecten van een vogelakker op de bodemkwaliteit is nog onvoldoende kwantitatief in beeld gebracht. Tabel 2 toont de effecten op de bodemkwaliteit volgens expertschattingen (Slier et al., 2021). De gewassen in de vogelakkers hebben een positief effect op de bodemstructuur en de bodemvruchtbaarheid. De grassen en vlinderbloemigen wortelen namelijk diep en produceren veel organisch materiaal. Daarnaast binden de vlinderbloemigen stikstof uit de lucht.

Effect op het bedrijfseconomische resultaat

De inkomsten voor het aanleggen van een vogelakker hangen grotendeels af van de lokale subsidiemogelijkheden en verschillen hierdoor per regio. Het klaver- of luzernemaaisel kan worden verkocht; in tegenstelling tot akkerranden kunnen vogelakkers dus zorgen voor extra inkomsten. Kosten worden gemaakt bij het aanschaffen van zaadmengsels en in de vorm van opbrengstderving (Tabel 3).

Tabel 2: Effect van de maatregel 'vogelakkers' op verschillende bodemfuncties (Slier et al., 2021). Legenda: + goed ; - slecht; 0 neutraal.

	Zand	Klei
Bodemvruchtbaarheid	+/-	+/-
Bodembiodiversiteit	+	+
Klimaatadaptatie	0	0
Waterkwaliteit	+	+

Tabel 3: Kosten- en batenbalans van een hectare meerjarige vogelakker (Hoogmoed et al., 2021b). Kosten zijn negatief (-).

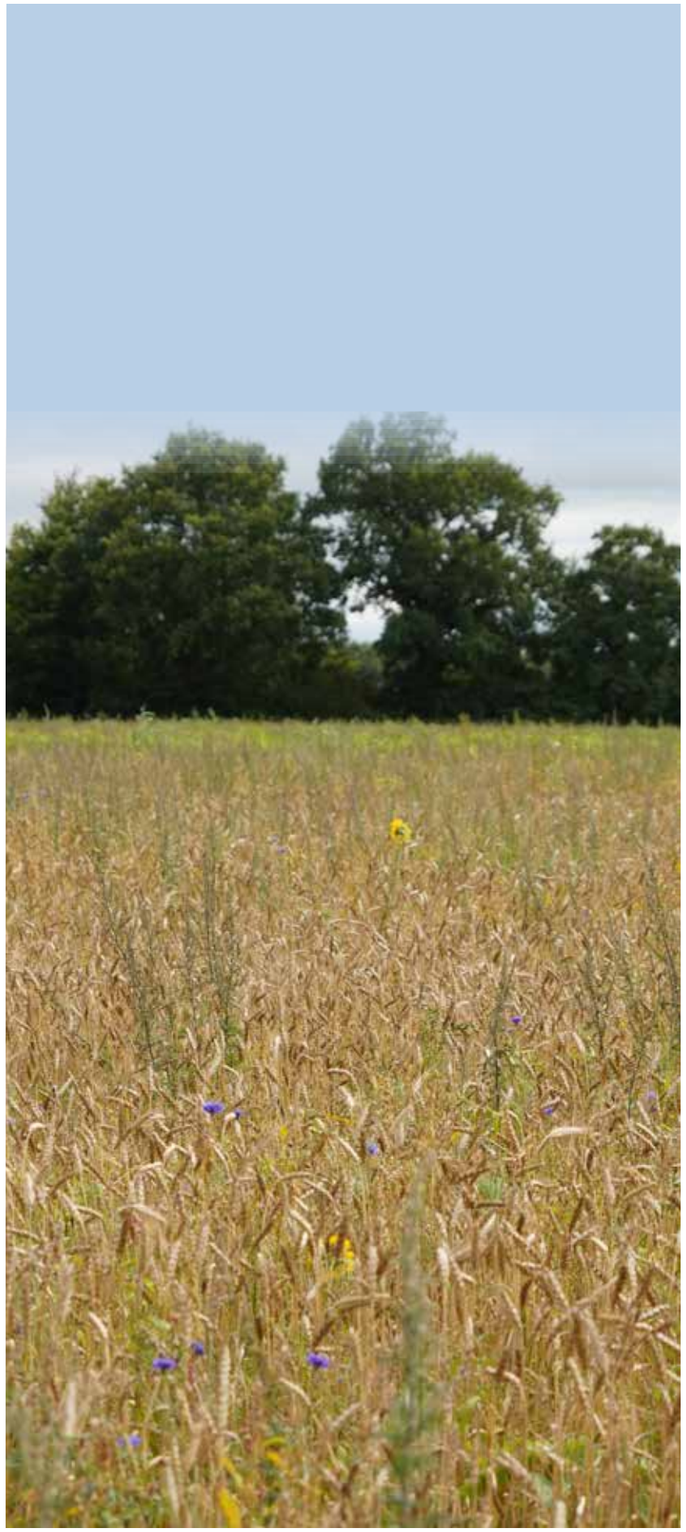
Kosten- en batenbalans €/ha/jaar				
	Noordoost-polder	**Flevoland**	**Noordoostelijk zand**	**Zuidwestelijke klei**
Zaadmengsel luzerne	-77	-77	-77	-77
Brandstof	-27	-27	-27	-27
Rundveemest	90	90	90	90
Opbrengstderving (referentie bouwplan)	-4.281	-2.918	-1.167	-2.239
Totaal zonder subsidie	**-4.295**	**-2.932**	**-1.181**	**-2.253**
ANLb-subsidie	2.530	2.530	1.968	2.150
Totaal met subsidie	**-1.765**	**-402**	**787**	**-103**

Tabel 4: Percentage van de deelnemers in elk netwerk dat de maatregel 'vogelakkers' heeft toegepast (Hoogmoed et al., 2022).

REGIO	Percentage deelnemers dat maatregel heeft toegepast
Flevoland	7%
Veenkoloniën	14%
Zeeland	17%
Brabant	7%
Noordelijke kleischil	0%

Ervaringen in de regio's

Vogelakkers werden initieel alleen in Flevoland en Groningen toegepast. De bescherming van de grauwe kiekendief, die alleen nog maar in deze regio's voorkwam, speelde daarin een belangrijke rol. Tegenwoordig zijn er ook initiatieven buiten deze gebieden (Tabel 4). Om het aanleggen van vogelakkers financieel aantrekkelijker te maken is het belangrijk dat er een afzetmarkt is voor het klaver- of luzerne-maaisel. Afspraken hiervoor kunnen gemaakt worden met een lokale veehouder of met een grasdrogerij. Een andere optie is om het maaisel te gebruiken als maaimeststof, maar dit is financieel nog niet rendabel.



Kansen

- Vogelakkers hebben positieve effecten op de insectenbiodiversiteit en aanwezigheid van plaagbestrijders.
- Vogelakkers maken het landschap aantrek-kelijker en dragen bij aan het behoud van akkervogels.

Belemmeringen

- Vogelakkers gaan ten koste van de gewas-opbrengst.
- Telers zijn voor inkomsten afhankelijk van subsidies.
- Vanwege de lange periode van drie of vier jaar is een vogelakker lastig in te passen in een bouwplan met eenjarige gewassen.

06 Gereduceerde grondbewerking

Niet-kerende grondbewerking, ondiep ploegen en spitten

Tabel 1: Extra koolstofvastlegging in de bovenste 25 centimeter van de bodem voor de maatregel 'gereduceerde grondbewerking' op zand- en kleigronden (Slier et al., 2022).

Extra CO_2-vastlegging kg CO_2 / ha / jaar	
Zand	0
Klei	0

Wat houdt de maatregel in?

De maatregel 'gereduceerde grondbewerking' omvat meerdere varianten van grondbewerking waarbij alleen een oppervlakkige bewerking of een niet-kerende bewerking van de bodem plaatsvindt. Niet-kerende grondbewerking (NKG) wordt doorgaans gecombineerd met het inzaaien van groenbemesters en het bedekt houden van de bodem. Daarnaast kiezen akkerbouwers steeds vaker voor ondiep ploegen of spitten. Deze manieren van grondbewerking worden vergeleken met het conventionele ploegen (25-30 cm).

Waarom de grondbewerking reduceren?

Met conventioneel ploegen wordt de bodemstructuur opengebroken en vindt er als het ware een herverdeling van koolstof plaats. Hierdoor komt er meer bodemkoolstof in de diepe lagen terecht en kan er meer zuurstof in de bodem komen wat de afbraak (mineralisatie) van organische stof bevordert. Bij gereduceerde grondbewerking blijft de bodemstructuur beter intact waardoor minder mineralisatie plaatsvindt. Door niet-kerend te ploegen blijft meer koolstof bovenin de bouwvoor en blijven wormengangen beter intact.

Effect op de koolstofvastlegging

Gereduceerde grondbewerking vertraagt de afbraak van organische stof in de bodem in vergelijking met conventioneel ploegen. Uit metingen aan langlopende experimenten blijkt echter dat niet-kerende grondbewerking niet direct leidt tot het effectief vastleggen van meer koolstof (Tabel 1). In sommige gevallen wordt een ophoping van organische stof gevonden in de bovengrond (0-10 à 15 cm). In diepere lagen neemt de organische stof echter veelal af. Hierdoor lijkt eerder sprake van een herverdeling van organische stof in het bodemprofiel en lijkt netto vastlegging van koolstof niet aan de orde te zijn.

Effect op de bodemkwaliteit

Gereduceerde grondbewerking kan in meerdere opzichten positief uitpakken voor de bodemkwaliteit. Op zowel zand- als kleigronden leidt gereduceerde grondbewerking in meerdere opzichten tot een betere bodemkwaliteit (Tabel 2) (Hoogmoed et al., 2021a). Opvallend is het negatieve effect op de indringingsweerstand en bulkdichtheid van de bodem. Een verklaring hiervoor kan zijn dat bij gereduceerde grondbewerking de bouwvoor minder intensief losgewerkt wordt dan bij ploegen, waardoor de verdichting op korte termijn groter is.

Tabel 2: Effecten van de maatregel 'gereduceerde grondbewerking' op de bodemkwaliteit (Hoogmoed et al., 2021a). Legenda: + goed ; - slecht; 0 neutraal.

	Zand	Klei	Op basis van indicatoren
OS	-	+	C-elementair (zand, klei)
Fysisch	-	-	Indringingsweerstand (zand), bulkdichtheid (zand, klei)
Chemisch	+	0	Kalium beschikbaar (zand)
Water	+	0	Watervasthoudend vermogen (zand)
Biologisch	0	+	Bacteriële biomassa (klei)

Effect op het bedrijfseconomische resultaat

Minder zware grondbewerking kost minder brandstof, waardoor de energiekosten per hectare lager worden. Aan de andere kant zijn investeringen in een ander type mechanisatie nodig (zie pagina 28-29). In sommige gevallen is bij lichtere grondbewerking de opbrengst lager door de hogere onkruiddruk en door hogere verdichting van de bodem die in de eerste jaren kan optreden. Gereduceerde grondbewerking gaat daarom vaak samen met de inzet van glyfosaat om de onkruiddruk te verminderen. Opbrengstderving speelt vooral een rol bij de biologische teelten. Al met al levert gereduceerde grondbewerking op gangbare percelen financieel eenzelfde of een hoger resultaat wanneer vergeleken met conventioneel ploegen. Op biologische percelen kost de maatregel geld door de lagere gewasopbrengsten (Tabel 3) (Hoogmoed et al., 2021b).

Resultaat €/ha/jaar					
	Centrale klei		Noord-oostelijk zand	Zuidelijk zand	
	Gangbaar	Biologisch	Gangbaar	Gangbaar	Biologisch
Verschil in opbrengsten (a)	-47	-773	33	-116	-130
Verschil in bewerkingskosten (b)	-63	-65	-88	-63	32
Resultaat (a-b)	**15**	**-709**	**121**	**-53**	**-161**

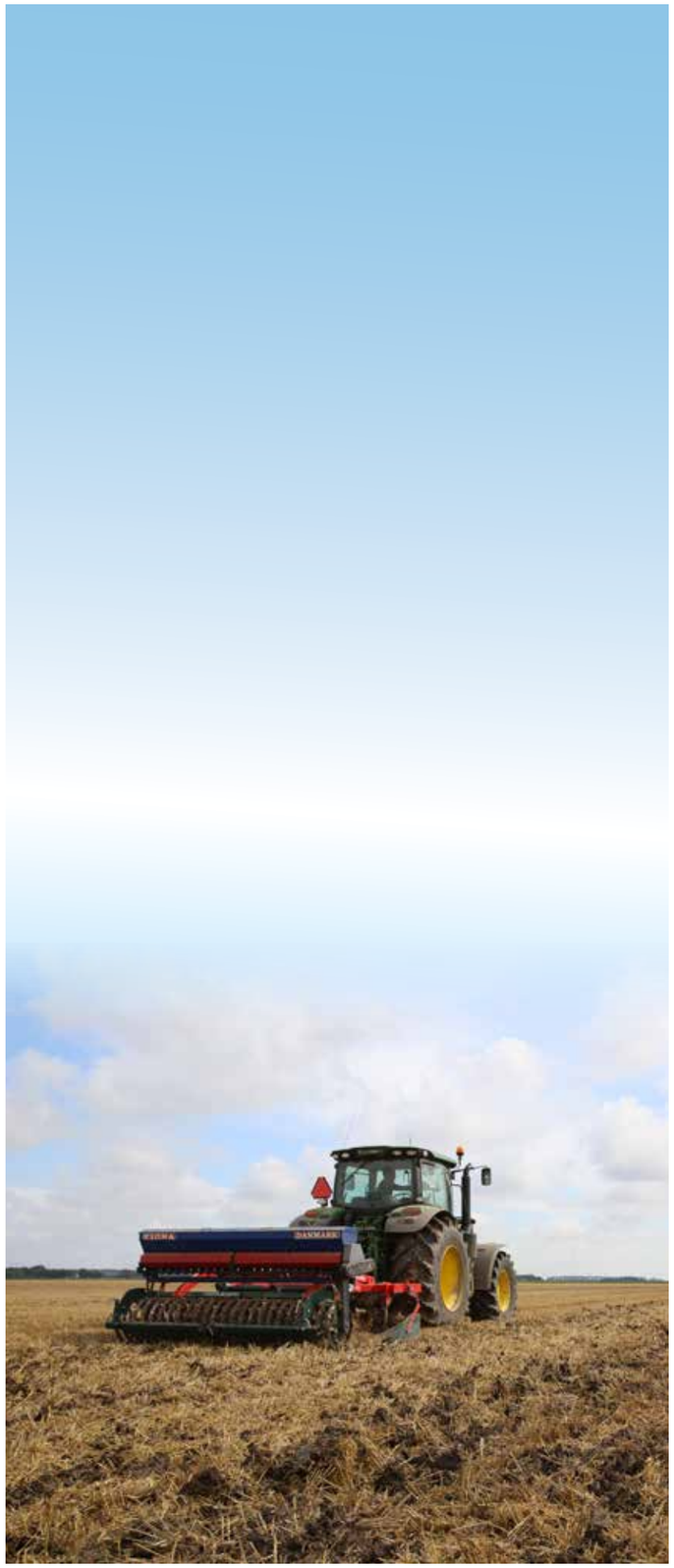
Tabel 3: Verschil in gewasopbrengst en grondbewerkingskosten bij gereduceerde grondbewerking ten opzichte van standaard grondbewerking voor de gangbare en biologische teelt (Hoogmoed et al., 2021b).

Tabel 4: Percentage van de deelnemers in elk netwerk dat de maatregel 'gereduceerde grondbewerking' heeft toegepast (Hoogmoed et al., 2022).

Percentage deelnemers dat maatregel toepast				
REGIO	**Niet-kerende grond-bewerking**	**Ondiep bewer-ken (<20 cm)**	**Spitten**	**Deels woelen**
Flevoland	14%	50%	7%	29%
Veen-koloniën	14%	14%	49%	100%
Zeeland	40%	31%	7%	0%
Brabant	7%	36%	14%	7%
Noordelijke kleischil	79%	29%	29%	57%

Ervaringen in de regio's

- In de meeste regio's passen bedrijven vormen van gereduceerde grondbewerking toe (Tabel 4) (Hoogmoed et al., 2022). De keuze voor deze maatregel hangt vooral af van het bodemtype en de gewaskeuze.
- Met name in de aardappelteelt wordt vaak niet geploegd zodat de achtergebleven aardappels aan het oppervlak blijven en sneller kapotvriezen. Op zware kleigronden valt in natte najaren NKG niet te combineren met de teelt van wintertarwe.
- Het inwerken van groenbemesters na de winter en het op tijd realiseren van een goed zaaibed vormen vooral een uitdaging op zware kleigronden, waar het aantal bewerkbare dagen beperkt is. Voornamelijk in de teelt van fijn-zadige gewassen zoals zaaiuien kan dit leiden tot opbrengstenderving.
- Op de zandgronden in Brabant en de Veen-koloniën speelt deze belemmering van de beperkte bewerkbare dagen minder. Hier worden het tijdig inwerken van groenbemesters na de winter en het tegengaan van onkruid genoemd als voornaamste belemmeringen.
- De combinatie van NKG en groenbemesters kan in de praktijk leiden tot toename van plaaginsecten zoals ritnaalden, emelten en wortelduizendpoten (kleigrond). Of dit na een aanpassingsperiode herstelt is nog niet voldoende onderzocht.



Kansen

- Stijgende dieselprijzen maken minder intensieve bewerkingen aantrekkelijker.
- Goed inpasbaar voor telers met relatief veel maaigewassen.
- Met gereduceerde grondbewerking hebben telers minder last van een ploegzool en plasvorming.
- Gereduceerde grondbewerking leidt tot een natuurlijke opbouw van het bodem-profiel met rijker bodemleven waaronder pendelaars.

Belemmeringen

- Gereduceerde grondbewerking leent zich niet voor gewassen die een fijn zaaibed nodig hebben.
- Er zijn specifieke machines nodig voor gereduceerde grondbewerking die een teler niet altijd beschikbaar heeft.
- Gereduceerde grondbewerking is lastig bij inwerken van groenbemesters en onkruid. Dit wordt vooral een belemmering wanneer glyfosaat wegvalt.
- Gereduceerde grondbewerking leidt tot een toename van specifieke plaaginsecten en bladziekten.
- Een verkeerd uitgevoerde ondiepe grondbewerking kan de gewasopbrengst verminderen.

Ervaringen van akkerbouwer Maarten Janse

“Met NKG hoop ik op minder schade door verzilting.”

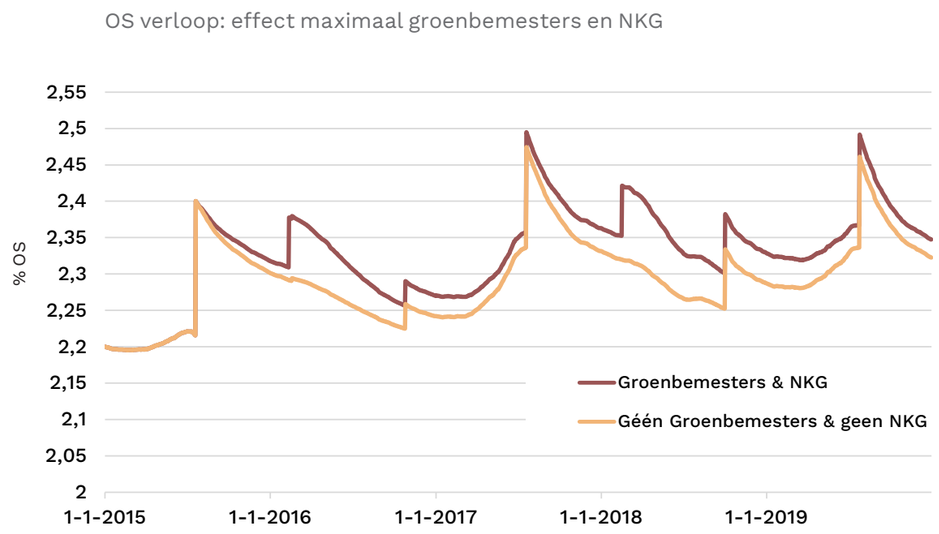
In Zeeland achter de dijk van het Veerse Meer in Wolphaartsdijk ligt het bedrijf van Maarten Janse. Vanaf 2015 is hij begonnen met het uitproberen van de NKG-strategie. Naast niet-kerende grondbewerking zaait hij ook veel groenbemesters in. Ook heeft hij een groot aandeel granen en graszaad in de rotatie zitten, bijna 50%. Naast het akkerbouwbedrijf is de landschapscamping De Heerlijkheid ook al 36 jaar onderdeel van het bedrijf.

- ***Waarom ben je met niet-kerende grondbewerking gestart?***
  “Ik ben met NKG gestart omdat ik zag dat verzilting in mijn bodem een grotere rol ging spelen. Het is moeilijk om aan te tonen, maar verzilting speelt met name in de drogere zomers een rol. Door NKG denk en hoop ik dat het zilte water minder kans krijgt mijn gewassen te beschadigen. Ik doe het ook voor mijn algemene bodemkwaliteit; hier is de bodem op plekken wel slempgevoelig. Bij NKG horen ook groenbemesters en die zaai ik nu veel in. Dit helpt tegen het dichtslaan van de bodem in de winter. Ik heb ook veel zogenaamde rustgewassen; granen, maar ook graszaad.”

- ***Welke aanpassingen heb je hiervoor moeten doen?***
  “Met NKG ben ik vanaf 2015 langzaam begonnen, nu ben ik ondertussen zover dat ik mijn ploeg heb weggedaan. In plaats daarvan heb ik een frontklepelmaaier en een schijveneg aangeschaft.
  Ik kies groenbemesters die nog redelijk laat gezaaid kunnen worden en bij een beetje vorst al gedeeltelijk afvriezen, bijvoorbeeld gele mosterd. Daarna doe ik in het voorjaar nog een lichte bewerking; klepelen en inwerken. Tot nu toe was er eigenlijk elke winter wel genoeg vorst om de groenbemesters grotendeels af te vriezen.”

- ***Wat is het effect op de bedrijfseconomische kant?***
  “Doordat ik iets extensiever teel heb ik ook nog tijd voor de camping die ik naast het akkerbouwbedrijf heb. De camping bestaat al zo’n 36 jaar en is in 2007 uitgebreid. Ik zou wel intensiever kunnen gaan telen, bijvoorbeeld in uien, maar dan zou ik daarvoor ook grote investeringen moeten doen. Nu heb ik een mooie balans, ik focus op mooie aardappelen en suikerbieten telen en daarnaast kan ik alsnog de camping onderhouden.”

- ***Hoe denk je dat gereduceerde grondbewerking naast koolstofvastlegging, andere duurzaamheidsdoelen beïnvloedt?***
  “De groenbemesters zijn heel positief voor de biodiversiteit. Ik jaag zelf en ik merk dat naast alle kleine beestjes ook de wildstand hier toeneemt. Op reeën jaag ik niet, maar die zie ik ook veel vaker in de groenbemesters zitten dan op kaal land. Daarnaast is het positief voor mensen uit de omgeving: toeristen en campinggasten vinden het mooi, vooral ook gele mosterd en zonnebloemen. Het leidt soms tot gesprekken over de landbouw en wat ik allemaal doe. Behalve effecten op biodiversiteit, zorgen groenbemesters natuurlijk ook voor de vastlegging van nutriënten. Door de NKG-strategie en de rustgewassen zijn er minder arbeid en bewerkingen nodig en is het dieselverbruik lager. Dit hangt ook wel van het jaar af, maar over het algemeen is dit zo.”



Figuur 1: Op het perceel van Maarten Janse geeft NKG in NDICEA een vertraagde organische-stofafbraak. In combinatie met de (overwinterende) groenbemesters geeft het model een lichte plus in organische-stofverloop. Dit is in de langetermijn-experimenten nog niet gemeten.

“Ik ben in 2015 met NKG begonnen, en ben nu zover dat ik mijn ploeg heb weggedaan.”

- ***Welke andere maatregelen zou je graag nog willen inzetten?***
  “In de toekomst wil ik graag nog meer kunstmest vervangen door dierlijke mest/compost. Ik pas nu wel eens champost toe, maar zou nog wel een voorjaarsgift willen doen. Nu is daar eigenlijk geen bemestingsruimte voor.
  Ook logistiek gezien is dit lastig, ik moet daar dan extra tijd en plek voor maken. Nu kan ik wanneer het nodig is zelf kunstmest uitrijden.”

07 Inzet van dierlijke mest en compost

Kunstmest vervangen door dierlijke mest en compost

Tabel 1: Gemeten extra koolstofvastlegging in de bovenste 30 centimeter van de bodem voor de maatregel 'inzet dierlijke mest en compost' op zand- en kleigronden per 1 ton extra toegevoegde organische stof (Schepens et al., 2022b).

Extra CO_2-vastlegging kg CO_2 / ha / jaar / 1 ton OS		
	Drijfmest	**Compost**
Zand	530	1.900
Klei	2	470

Wat houdt de maatregel in?

Een anorganische meststof wordt vervangen door een meststof met een hoger organische-stofgehalte. Binnen de akkerbouwnetwerken hebben verschillende telers kunstmest (gedeeltelijk) vervangen door drijfmest, vaste dierlijke mest of compostvarianten zoals champost, gft- of groencompost. Verschillende veehouders hebben daarnaast in hun mais- of grasteelt meststoffen met stabiele organische stof toegediend, zoals vaste mest, compost of bokashi, al dan niet ter vervanging van drijfmest.

Waarom organische mest toepassen?

Om koolstof vast te leggen in de bodem moet er meer organisch materiaal worden aangevoerd dan er wordt afgevoerd. Kunstmest bevat geen organische stof, maar dierlijke en plantaardige meststoffen wel. Tevens bestaan organische meststoffen zoals vaste mest en groencompost uit materiaal dat al voor een groot gedeelte is afgebroken. De overgebleven mest en compost bevat veel stabiele organische stof (hoge C:N-verhouding) en dus veel koolstof. Het gebruik van vaste mest en compost heeft bovendien effect op de bodemkwaliteit van zowel klei- als zandgrond.

Effect op de koolstofvastlegging

Het extra toedienen van mest en compost zorgt op zowel zand- als kleigronden voor koolstofvastlegging (Schepens et al., 2022b) (Tabel 1). Een ton organische stof uit compost zorgt voor een hogere koolstofvastlegging dan eenzelfde hoeveelheid organische stof uit drijfmest. Alleen wanneer mest of compost wordt gebruikt die anders zou worden geëxporteerd of niet in de landbouw zou worden afgezet, is er sprake van een netto extra koolstofvastlegging in de bodem. Daarom zijn de effecten van deze maatregel Nederland-breed beperkt.

Effect op de bodemkwaliteit

Door het toevoegen van (vaste) mest en compost stijgen met name de gehaltes organische stof, stikstof en fosfaat in de bodem (Tabel 2). De maatregel verlaagt de bulkdichtheid van de bodem op zowel zand- als kleigronden. Het toedienen van compost heeft een positief effect op het bodemleven. De waardes van microbiële, bacteriële en schimmelbiomassa worden hoger (Hoogmoed et al., 2022a; Schepens et al., 2022a, in press). Hoewel er een positief effect werd verwacht op het watervasthoudend vermogen van de bodem is dit effect in de experimenten niet waargenomen.

Effect op het bedrijfseconomische resultaat

In de akkerbouw is het toepassen van varkens- en rundveedrijfmest aantrekkelijk omdat het geld oplevert (Tabel 3) (Hoogmoed et al., 2021b). Andere meststoffen zijn relatief prijzig vanwege de beperkte beschikbaarheid van deze meststoffen. In de melkveehouderij brengt het aanvoeren van organische meststoffen vaak nog extra kosten met zich mee. Om de aangevoerde meststoffen te kunnen aanwenden binnen de mestplaatsingsruimte moet een melkveehouder namelijk een deel van de eigen (drijf)mest tegen vergoeding afzetten. Een melkveehouder kan zelf meer vaste mest produceren, maar dit vraagt kostbare aanpassingen aan de stal.

Tabel 2: Effect van de maatregel 'inzet dierlijke mest en compost' op verschillende aspecten van de bodemkwaliteit (Hoogmoed et al., 2022a; Schepens et al., in press 2022a). Legenda: + goed ; - slecht; 0 neutraal.

	Zand	Klei	Op basis van indicatoren
OS	+	+	C-elementair (zand, klei), OS (zand, klei)
Fysisch	+	+	Bulkdichtheid (zand, klei)
Chemisch	+	+	N-totaal (zand, klei), fosfaat (zand), kalium (zand)
Water	0	0	
Biologisch	+	+	Biomassa: microbieel (zand, klei), schimmels (zand), bacterieel (zand, klei)

Tabel 3: Kosten- en batenbalans bij het toepassen van verschillende meststoffen in de akkerbouw. Het betreft de gemiddelde kosten per mestsoort afkomstig uit de KWIN AVG 2018 (Hoogmoed et al., 2021b).

MESTSOORT	Maximale dosering (ton/ha)	Boer ontvangt (€/ha)	Boer betaalt (€/ha)	Aanvullende kosten kunstmest (€/ha)	Totale winst bemesting (€/ha)
Dunne varkensdrijfmest	29,3	440	-	163	+277
Runderdrijfmest	40,0	200	-	156	+44
Vaste mest	23,7	-	475	197	-672
Gft-compost	27,3	-	273	238	-511

Tabel 4: Percentage van de deelnemers in elk akkerbouwnetwerk dat de maatregel 'dierlijke mest en compost' heeft toegepast (Hoogmoed et al., 2022).

Percentage deelnemers dat maatregel toepast					
REGIO	**Drijfmest/ digestaat**	**Vaste dierlijke mest**	**Champost**	**Groen compost**	**Gft**
Flevoland	79%	71%	36%	64%	7%
Veenkoloniën	93%	21%	0%	79%	onbekend
Zeeland	71%	57%	29%	39%	0%
Brabant	100%	43%	7%	93%	14%
Noordelijke kleischil	79%	86%	29%	29%	7%

Ervaringen in de akkerbouwregio's

De toepasbaarheid van deze maatregel en effecten op de bodemkwaliteit verschillen sterk per regio (Tabel 4) (Hoogmoed et al., 2022). Dit komt voornamelijk door de regionale beschikbaarheid van de meststoffen en de lokale bodemcondities. Veel akkerbouwers zien af van het gebruik van gft- of groencompost vanwege de vervuiling van het product met plastic en glas.

Flevoland

- Het gebruik van drijfmest ligt in Flevoland om verschillende redenen een stuk lager dan in de andere netwerkregio's. In deze regio overheerst akkerbouw, dierlijke mest is daardoor beperkt beschikbaar.
- In tegenstelling tot andere regio's krijgen telers in Flevoland bij afname van drijfmest geen geld toe. Dit vermindert de populariteit van het toepassen van drijfmest in deze regio.

- Op kleigrond kan drijfmest leiden tot verkitting van de aardappelruggen door een verhoogde aanwezigheid van wormen. Daarom zijn aardappeltelers voorzichtig met het toepassen van drijfmest.
- De gemiddeld hoge gewasproductie maakt het aanbrengen van organische meststoffen erg lastig in verband met de limiet (EU-nitraatnorm) voor stikstof.

Noordelijke klei

- Telers in deze regio besteden het uitrijden van organische mest vaak uit aan de loonwerker. Hierbij speelt de timing een grote rol. Wanneer de loonwerker op het verkeerde moment met zware machines mest komt uitrijden kan dit leiden tot bodemverdichting.
- De deelnemers zien veel positieve eigenschappen in organische mestsoorten. Maar de beschikbaarheid, de verschillen in samenstelling (waaronder C:N-verhouding) en de mestwetgeving maken de toepassing in de praktijk complex.

Zeeland

- De beschikbaarheid van dierlijke mest en compost is in de minder goed bereikbare gebieden laag.
- Net als in Flevoland vormt de huidige bemestingsruimte een belemmering voor het toepassen van organische meststoffen. Hierdoor vullen telers drijfmest normaliter verder aan met kunstmest.

Brabant

- Brabant heeft veel veehouderijbedrijven, waardoor het afnemen van met name varkensdrijfmest geld oplevert. Het bemesten met drijfmest in het voorjaar is in Brabant de standaard.
- Veel deelnemers vullen de gaten in de bemestingsruimte op met groencompost, champost of gft. Deze meststoffen kunnen nog tot laat in het seizoen worden uitgereden. Vervuiling van gft en groencompost vormt een belemmering.

Veenkoloniën

- In de Veenkoloniën wordt de bemestingsruimte standaard allereerst gevuld met drijfmest. Akkerbouwers krijgen ook hier geld toe bij afname van drijfmest. Dierlijke mest wordt zo ingezet dat er zo weinig mogelijk kunstmest gestrooid hoeft te worden.
- De meeste telers voeren al jaren compost aan om de bemestingsruimte na drijfmest op te vullen. Compost mag in tegenstelling tot dierlijke mest nog laat in het seizoen na de oogst van rooigewassen worden uitgereden, wat een voordeel is.

Kansen

- Dierlijke mest en compost hebben positieve effecten op de koolstofvastlegging, bodemvruchtbaarheid en bodemkwaliteit.
- Toepassing van dierlijke mest zorgt voor een verbeterde samenwerking met de veehouderij.
- Fosfaat in compost telt niet voor 100% mee in de fosfaatgebruiksnormen.
- Bij afname van drijfmest krijgt een teler in de meeste regio's, tot nu toe, geld toe.

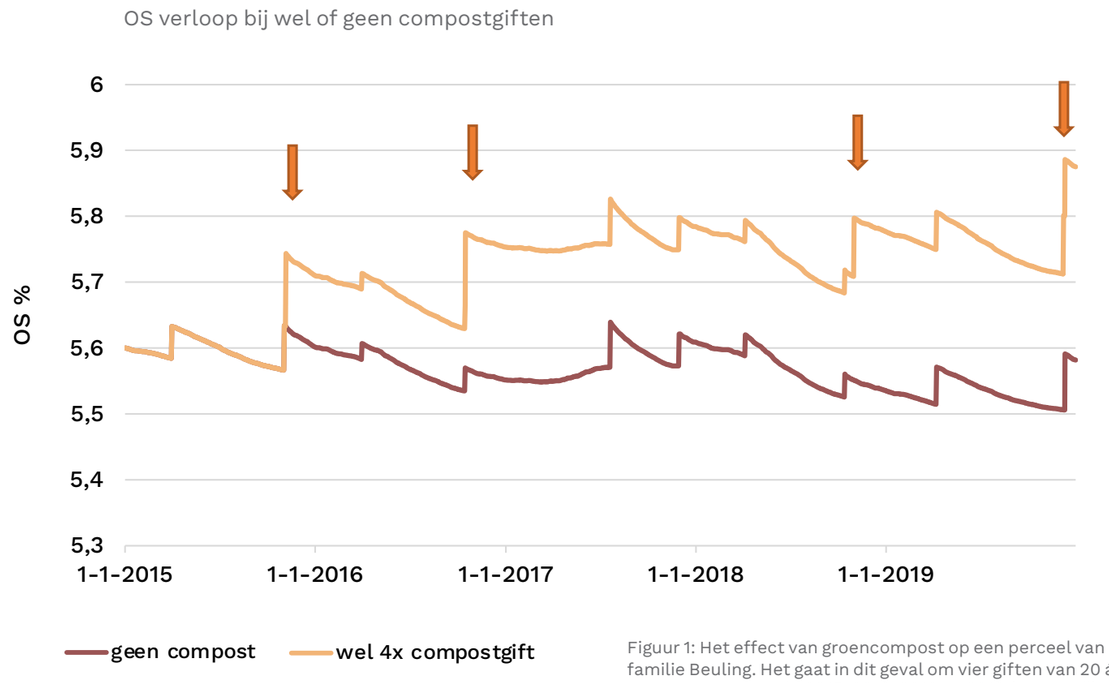
Belemmeringen

- Het plafond van stikstof en vooral fosfaat maakt het vervangen van kunstmest door vaste mest, drijfmest of compost ingewikkeld.
- Vaste mest, groencompost en gft zijn beperkt beschikbaar. daardoor zijn deze meststoffen relatief dure vervangers van kunstmest en drijfmest.
- Gft- en groencompost kan vervuild zijn.
- Dierlijke mest en compost zorgen voor mineralisatie en verliezen buiten het seizoen.
- Nutriëntenwaarden en benutting van dierlijke mest zijn lastig in te schatten.

Ervaringen van akkerbouwer Dirk Jan Beuling

“Ik zie compost als een vitaminestof voor de grond.”

Het akkerbouwbedrijf van de familie Beuling beslaat zo’n 200 hectare en ligt in de Veenkoloniën. Het heeft een typisch veenkoloniaal bouwplan met zetmeelaardappelen, suikerbieten, granen en zaaiuien. Dit jaar teelt de familie ook voor het eerst valeriaan. Op het bedrijf wordt jaarlijks compost en dierlijke mest ingezet, voor zover verkrijgbaar en de bemestingsruimte het toelaat.



Figuur 1: Het effect van groencompost op een perceel van familie Beuling. Het gaat in dit geval om vier giften van 20 á 25 ton groencompost in 2015, 2016, 2018 en 2019 (oranje pijlen)

- ***Waarom kies je voor het toepassen van compost/dierlijke mest?***
  “Het toepassen van compost is een duurzame investering. Dat zie je misschien niet meteen terug, maar ik denk wel dat ik er een mooie, rulle grond van krijg. Ook helpt het uiteindelijk teruglopende gewasopbrengsten op schralere percelen voorkomen. Qua compost kiezen we hoofdzakelijk voor groencompost. Dit is niet zo rijk als gft-compost, maar het is een stuk structuurvoller. Bovendien kan ik het groencompost van dichtbij krijgen, een ‘en-en-verhaal’. Het aanbrengen van groencompost is wel een kostenoverweging. Je hebt er een grote hoeveelheid administratie van: het is lang niet zo laagdrempelig meer als vroeger. Ik gebruik compost en dierlijke drijfmest, en als ik wat tekortkom voeg ik graag vaste geitenmest toe. Zeker voor uien heb ik daar een heel prettige ervaring mee en het is mooi voor de grond.”

- ***Wat is het effect op de bedrijfseconomische kant?***
  “Dat is heel moeilijk om hard te maken. Als je puur in de vorm van mineralen en alleen op korte termijn kijkt, zou je economisch gezien zoveel mogelijk drijfmest gebruiken en de rest aanvullen met een beetje kunstmest. Maar het toepassen van compost is een duurzame investering, een vitaminestof voor je grond.”

- ***Hoe denk je dat dit, naast koolstofvastlegging, andere duurzaamheidsdoelen beïnvloedt?***
  “Een betere weerstand van je gewassen, meer watervasthoudend vermogen. Het zijn allemaal heel kleine stapjes die moeilijk kwantificeerbaar zijn, maar het draagt allemaal bij. Niet alleen door de compost, maar ook door na graan bijvoorbeeld het stro achter te laten: je ziet dat die bodem daar ruller wordt, met meer structuur en minder gevoeligheid voor winderosie. Maar het is maar fractioneel. Bodemkwaliteit is een continu proces waar je voortdurend mee bezig moet zijn.”

“Bodemkwaliteit is een continu proces waar je voortdurend mee bezig moet zijn.”

- ***Welke andere maatregelen zou je graag nog willen inzetten?***
  “Ik zou graag het toevoegen van compost doorzetten, het liefst met nog grotere hoeveelheden. Ook met andere soorten organisch materiaal zoals gras- en bermmaaisel zou ik graag aan de slag gaan. De waterschappen hier maaien bijvoorbeeld de taluds en laten het maaisel op het schouwpad liggen. Ik vind dat zonde en zou daar wel de samenwerking willen aangaan. Dit vraagt natuurlijk ook weer veel organisatie en planning, wat dan vaak weer vastloopt op regelgeving en bureaucratie. Voor andere veranderingen wacht ik verder even het nieuwe GLB en de nitraatrichtlijn af.”

Ervaringen van akkerbouwer Corné Doggen

In Brabant ligt het bedrijf van Corné Doggen. Hij teelt zowel op zand- als kleigrond. De aardappelteelt staat centraal op zijn bedrijf. Om het organische-stofgehalte van zijn percelen op peil te houden voegt Corné groencompost en/of gft-compost toe zover de fosfaatruimte het toelaat. Op bouwplanniveau rijdt hij jaarlijks 10 ton gft- of groencompost uit. In de praktijk gebeurt dit na vroegruimende gewassen zoals tulpenbollen. De voorjaarsbemesting bestaat uit dunne mest waaronder runderdrijfmest en varkensmest-concentraat. Corné werkt ook samen met melkveehouders. Hij teelt aardappelen op hun percelen, terwijl hij in zijn vruchtwisseling snijmais inplant.

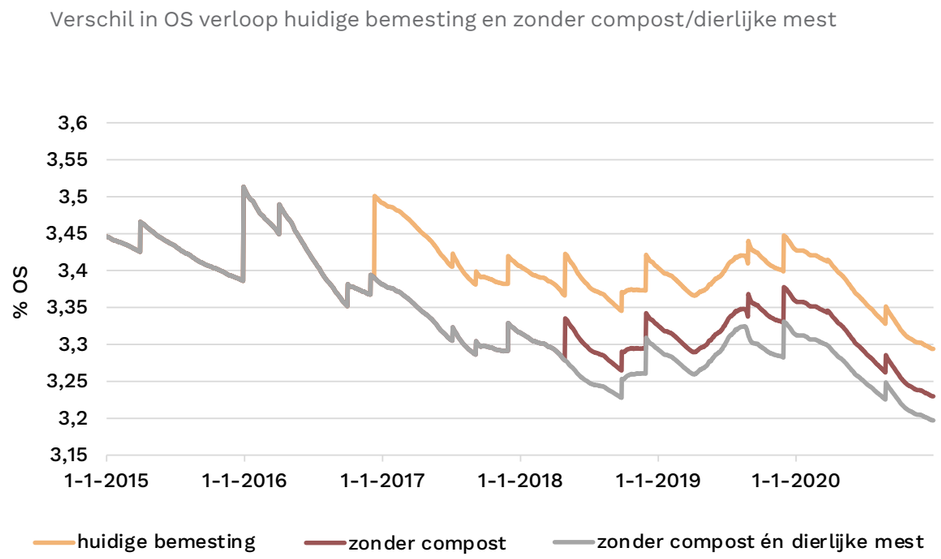
- ***Waarom heb je gekozen om meer dierlijke mest toe te passen?***
  "In mijn bouwplan zijn relatief weinig granen opgenomen, dit gewas geldt als rustgewas. Om mijn organische-stofgehalte op peil te houden probeer ik extra organische meststoffen te gebruiken. Groencompost en gft-compost rekenen wat minder zwaar mee in fosfaat-aanvoer waardoor ik wat meer kan uitrijden."

"Compost verbetert mijn bodemkwaliteit. In droge jaren heb ik hier profijt van."

- ***Welke aanpassingen heb je hiervoor moeten doen?***
  "Afhankelijk van de beschikbaarheid laat ik groencompost of gft-compost storten op het erf. Als het perceel en de bodem-omstandigheden dit toelaten, verspreid ik dit over het perceel. Het nadeel van zowel groen-compost als gft-compost is dat deze soms verontreinigd zijn met resten plastic, glas, et cetera."

- ***Wat is het effect op de bedrijfseconomische kant?***
  "Ten opzichte van dunne mest geeft compost wat extra kosten, voor het product zelf en voor het transport. Naar verwachting zal de prijs van compost wat gaan stijgen. Ik moet steeds een afweging maken tussen kwaliteit en prijs van de compost."

- ***Hoe denk je dat dit, naast koolstofvastlegging, andere duurzaamheidsdoelen beïnvloedt?***
  "Compost verbetert in mijn ogen de bodem-kwaliteit: naast nalevering van mineralen betekent dit ook een beter vochtvasthoudend vermogen van mijn zandgronden. In droge jaren heb ik hier profijt van."



Figuur 2: Het effect van verschillende typen bemesting vanaf 2017 voor het perceel van Corné Doggen. Er is een scenario met alleen dierlijke mest (zonder compost), een scenario zonder compost en dierlijke mest en een scenario met dierlijke mest én compost (huidige bemesting). Bij dierlijke mest gaat het om 45 ton runderdrijfmest en 25 ton varkensgier, qua compost om totaal 25 ton gft.

"Ik moet steeds een afweging maken tussen kwaliteit en prijs van de compost."

- ***Welke andere maatregelen zou je graag nog willen inzetten?***
  "Mijn grond probeer ik zo minimaal mogelijk te bewerken. Inmiddels pas ik NKG toe op meer dan de helft van mijn areaal met een voorzetwoeler en een aanbouweg. Waar ik nog ploeg, gebruik ik de gangbare bouwvoorploeg. Inmiddels overweeg ik de aanschaf van een eco-ploeg die bovenover kan ploegen. Dit voorkomt verdichting, terwijl gewas-resten toch worden ondergeploegd."

Tabel 5: Percentage van de deelnemers in elk melkveehouderijnetwerk dat de maatregel 'dierlijke mest en compost' heeft toegepast (Van Hal en Wagenaar, 2021).

Percentage deelnemers dat maatregel heeft toegepast			
REGIO	**Vaste mest**	**Gft-compost/ bokashi**	**Groen-compost/ bokashi**
Friesland	100%	0%	25%
Brabant	100%	13%	38%
Achterhoek	100%	19%	63%

Ervaringen met dierlijke mest en compost in de melkveehouderijregio's

Omdat melkveehouderijsystemen meestal een kleine hoeveelheid vaste mest leveren, passen alle deelnemers vaste mest toe (Tabel 5). In elk netwerk werkt daarnaast nog een aantal melkveehouders met aangevoerde organische meststoffen.

- De maatregel wordt geroemd vanwege het snelle effect op het organische-stofgehalte en de daarmee samenhangende effecten op droogteresistentie, droge-stofopbrengst en vermindering van uitspoeling.
- Op grasland steekt het moment van toedienen erg nauw om een vuile voerkuil of weide te voorkomen.
- Op bouwland is de maatregel lastig te combineren met niet-kerende grondbewerking.
- Uitrijden van stromest (uit te besteden) is meerwerk terwijl drijfmest gemakkelijk zelf wordt uitgereden.
- Organische meststoffen zijn beperkt beschikbaar. Om te voldoen aan de mestwetgeving moet bovendien vaak bedrijfseigen drijfmest worden afgevoerd, wat leidt tot dubbele kosten.

Brabant

- Volgens deelnemende Brabantse veehouders leidt de snelle toename van organische stof in de bodem tot:
  - verbeterde beworteling van grasklaver;
  - verbeterde bewerkbaarheid bouwland resulterend in een mooi zaaibed en egale opbrengst.
- In verband met beperkingen door de mestwetgeving, overwegen deelnemers om te schakelen naar alternatieve stalsystemen die meer vaste mest leveren (of zij zijn zelfs al in omschakeling).

Friesland

- Het uitrijden van vaste mest op kleigrond met geringe draagkracht kan beperkt en vergt een goede planning.
- Vanwege beperkingen door de mestwetgeving, werken veel deelnemers met lokaal berm-/slootmaaisel dat buiten de mestwetgeving om kan worden aangevoerd. Dit past goed bij de kringloopgedachte: laagwaardig organisch materiaal, beschikbaar in de omgeving, draagt zo bij aan een robuuste landbouw.

Achterhoek

- De deelnemende Achterhoekse veehouders zitten in een waterwingebied en werken daarom al langere tijd (~tien jaar) met deze maatregel. De maatregel verbetert de droogteresistentie en beperkt uitspoeling van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen naar het grondwater.
- Ook hier werken deelnemers veel met lokaal berm-/slootmaaisel. Dit maaisel bevat vaak onkruidzaden en verontreiniging waardoor:
  - het materiaal voornamelijk wordt ingezet op bouwland in verband met de veiligheid van koeien;
  - veel arbeid nodig is om het land schoon te maken.

Kansen

- **Het gebruik van dierlijke mest of compost heeft effect op de bodemvruchtbaarheid en bodemkwaliteit.**
- **De maatregel verbetert de bewerkbaarheid van het bouwland en zorgt voor een mooi zaaibed en egale opbrengst.**
- **Dierlijke mest of compost verbetert de beworteling van grasklaver.**
- **Sloot-/bermmaaisel kan buiten mestwetgeving worden aangevoerd.**
- **Het gebruik van lokaal berm-/slootmaaisel past bij de kringloopgedachte.**

Belemmeringen

- **Als dierlijke mest of compost niet op het juiste moment wordt toegediend, bestaat het risico op een vuile weide of kuil.**
- **Vaste mest en compost zijn door beperkte beschikbaarheid prijzig.**
- **Vaste mest is beperkt beschikbaar binnen het bedrijf, bij aanvoer moet door mestwetgeving eigen drijfmest vaak worden afgevoerd en dat zorgt voor dubbele kosten.**
- **Berm-/slootmaaisel kan vervuild zijn.**

Ervaringen van melkveehouders Dick en Stefan Dankers

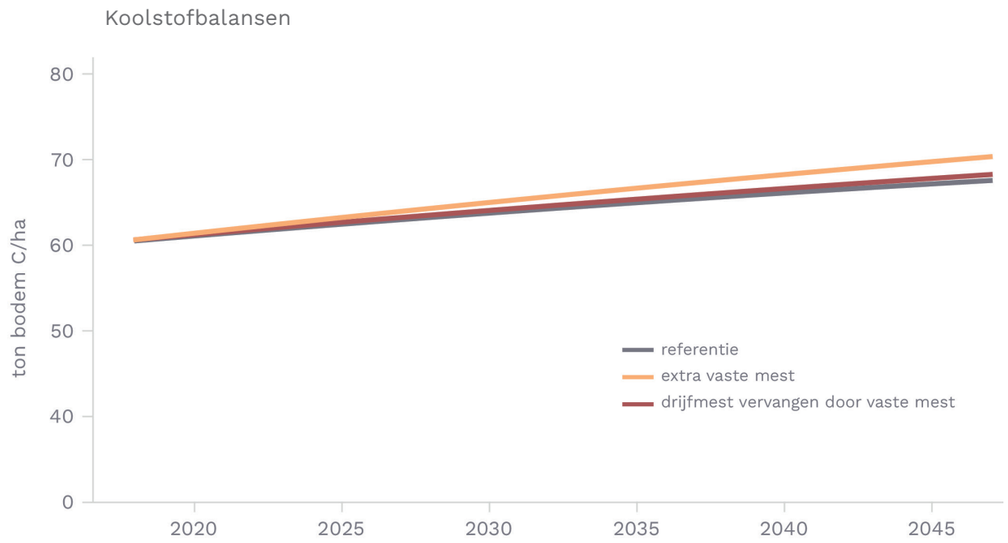
Vader Dick en zoon Stefan Dankers werken hard aan de toekomstbestendigheid van hun biologische melkveebedrijf Maasland, gelegen nabij de Loonse en Drunense Duinen. Met ruim 110 hectare grond in gebruik is er ruimte genoeg om veel te weiden en biologische voedergewassen te telen. Veel van de gebruikte grond pachten vader en zoon van terreinbeherende organisaties en beheren ze daarom met veel aandacht voor de natuur. Ook de percelen in eigendom, voornamelijk blijvend grasland, worden natuurlijk beheerd. Er staan op het bedrijf nog traditionele bomenrijen en er zijn nieuwe houtwallen aangeplant. De koeien staan in een potstal: dat levert meer vaste mest en is goed voor het dierenwelzijn.

- ***Waarom is koolstofvastlegging voor jullie belangrijk?***
  "Meer koolstof betekent meer organische stof en dat heeft vele voordelen voor de boer. Koolstofvastlegging was eerder geen item, maar we hopen dat de melkveehouder – nu het belang hiervan voor de maatschappij duidelijk wordt – in de toekomst hiervoor wel wordt gewaardeerd. Daarbij hoop ik dat er ook een beloning komt voor boeren die nu al veel koolstof hebben opgeslagen."

- ***Waarom heb je gekozen voor het toedienen van vaste mest?***
  "Dick is van een generatie waarin het gebruik van vaste mest normaal was, ook toen was het bodemleven al goed op orde. Ik denk dat onze percelen er zo goed bij liggen omdat ik dit gebruik van vaste mest heb volgehouden, al was dit niet altijd de norm."

- ***Welke aanpassingen heb je hiervoor moeten doen?***
  "Om te zorgen voor voldoende vaste mest is de keuze van het stalsysteem van groot belang. Door een groot deel van de koeien in een potstal te houden, hebben we vaste mest en drijfmest in de gewenste verhoudingen. Bij het toedienen van vaste mest is timing erg belangrijk. Zo kan een groot deel van het jaar geen vaste mest worden gebruikt op maaipercelen omdat er dan kluiten in de kuil komen."

- ***Wat voor effect heeft de maatregel op de bedrijfseconomische kant?***
  "Door de beperkte beschikbaarheid is biologisch stro erg duur. Dat maakt biologische stromest kostbaar. Soms is biologisch stro niet verkrijgbaar en moeten we wel gangbaar stro gebruiken. Sinds een aantal jaar produceren we zelf ook wat biologisch stro door graan te telen, dit kan door de hoge stroprijs goed uit. Onze stal zorgt voor een hoog dierenwelzijn; daardoor hebben we weinig gezondheidsproblemen en dus minder kosten. Door het gebruik van vaste mest behalen we goede egale opbrengsten en houden we onze graszode op orde. Daardoor hoeven we minder grasland te vernieuwen, ook dit bespaart kosten."



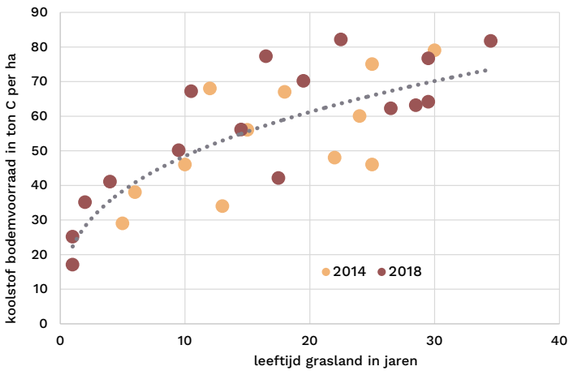
Figuur 3: Koolstofbalansen berekend binnen Netwerk Veehouderij met het RothC model

"Ik hoop dat er ook beloning komt voor boeren die al veel koolstof hebben opgeslagen."

- ***Hoe denk je dat dit, naast koolstofvastlegging, andere duurzaamheidsdoelen beïnvloedt?***
  "Het bovengronds uitrijden van vaste mest heeft grote voordelen voor biodiversiteit. De mest op het land voedt zowel ondergronds bodemleven als bovengrondse insecten, die weer vogels aantrekken. Door de combinatie met houtwallen bieden we daarmee een goede leefomgeving voor wilde dieren."

08 Leeftijd grasland verhogen

C-totaal in de laag 0-10 cm op klei,
bij ouder wordend grasland



Figuur 1: C-totaal in de laag 0-10 cm op klei bij het ouder worden van grasland (Iepema et al. 2021).

Wat houdt de maatregel in?

De leeftijd van grasland kan op een melkveebedrijf worden verhoogd door te kiezen voor meer blijvend grasland en/of door grasland minder vaak te vernieuwen. In geval van blijvend grasland wordt grasland niet afgewisseld met mais of andere gewassen. Een groot aandeel blijvend grasland naast een wisselteelt van mais en grasklaver zorgt voor een optimaal organische-stofgehalte op bedrijfsniveau (zie maatregel 'wisselteelt mais-grasklaver). Graslandvernieuwing, ofwel het vernietigen van de oude zode en opnieuw inzaaien met graszaad, wordt veel ingezet om de grasproductie op peil te houden. problemen met de oude zode (veronkruiding, schade door droogte en plagen) worden hierdoor opgeheven. Nieuw ingezaaid grasland resulteert in hogere grasproductie, ook doordat het genetisch weer net iets beter is (veredeling). In de praktijk is graslandmanagement sterk gericht op een maximale grasopbrengst waarbij grasland gemiddeld elke zes tot tien jaar wordt vernieuwd (herinzaaipercentage 10-15%).

Waarom leeftijd van grasland verhogen?

Op grasland worden relatief veel gewasresten aangevoerd (wortel- en bladmassa) terwijl de ondergrondse afbraak van organische stof laag is (Van Eekeren et al., 2018a). Dat leidt tot een hoge koolstofvastlegging. Bij scheuren en grondbewerking komt die bodemkoolstof in aanraking met zuurstof. De koolstof wordt afgebroken en komt vrij als koolstofdioxide en lachgas. Met een hoger aandeel blijvend grasland, vinden er minder grondbewerkingen plaats en blijft meer koolstof in de bodem vastgelegd. Die koolstofvastlegging neemt verder toe wanneer ook de frequentie van graslandvernieuwing wordt verlaagd. Een hogere leeftijd van grasland heeft tevens een positief effect op bodemkwaliteit en bodemfuncties. De uitdaging is dus om de grasmat zo lang mogelijk gezond en productief te houden.

Effect op de koolstofvastlegging

Met het ouder worden van grasland neemt de bodemkoolstof toe volgens een curve, in Figuur 1 geïllustreerd voor de laag 0-10 cm op klei. Jong grasland legt meer koolstof vast dan oud grasland (Iepema et al., 2021). Op den duur wordt het maximale koolstofgehalte benaderd. In de experimenten is de koolstofvastlegging van blijvend grasland vergeleken voor graslanden van verschillende leeftijden (jaren sinds laatste keer bouwland/grootschalig grondverzet, dit is leeftijd 0). Het effect van graslandvernieuwing is hierbij vooralsnog niet meegenomen. Tegen de verwachtingen in werd op zand een hogere potentiële vastlegging gevonden dan op klei (Tabel 1). Dit is te verklaren doordat het vertrekpunt (leeftijd <0) van de geselecteerde zandgrondpercelen veelal langjarig maisland was met een zeer laag koolstofgehalte. Kleipercelen hadden daarentegen vaak een graslandhistorie met een hoger begingehalte aan koolstof.

Effect op de bodemkwaliteit

Een hogere leeftijd van grasland heeft een positief effect op alle organischestof- en koolstofindicatoren. De biomassa van alle types microbieel bodemleven neemt toe. Dit geldt ook voor het stikstofgehalte. Tegen de verwachtingen in nam alleen op klei de bulkdichtheid af en het watervasthoudend vermogen toe (Tabel 2) (Hoogmoed et al., 2021a).

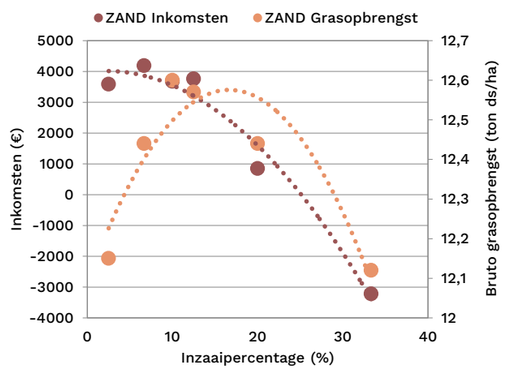
Extra CO_2-vastlegging kg CO_2 / ha / jaar	
Zand	6.400
Klei	4.900

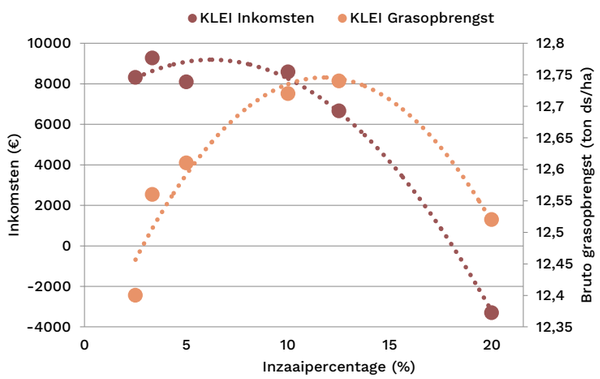
Tabel 1: Gemeten extra koolstofvastlegging in de bovenste 30 centimeter van de bodem voor de maatregel 'leeftijd grasland verhogen' op zand- en kleigronden (Koopmans et al., 2021).

	Zand	**Klei**	**Op basis van indicatoren:**
OS	+	+	C-elementair (zand), organische stof (zand, klei)
Fysisch	0	+	Bulkdichtheid (klei)
Chemisch	+	+	N-totaal (zand, klei)
Water	0	+	Watervasthoudend vermogen (klei)
Biologisch	+	0/+	PMN, biomassa: microbieel, schimmels, bacterieel (zand)

Tabel 2: Effect van de maatregel 'leeftijd grasland verhogen' op verschillende aspecten van de bodemkwaliteit (Hoogmoed et al., 2021a; Schepens et al., 2022b). Legenda: + goed ; - slecht; 0 neutraal.

Herinzaaipercentage ten opzichte van inkomen en gewasopbrengst





Figuur 2: Herinzaaipercentage ten opzichte van inkomen en gewasopbrengst op zandgrond (boven) en kleigrond (onder) (Van Hal en Wagenaar, 2021).

REGIO	Percentage deelnemers dat maatregel heeft toegepast
Friesland	75%
Brabant	94%
Achterhoek	75%

Tabel 3: Percentage van de deelnemers in elk netwerk dat de maatregel 'leeftijd grasland verhogen' heeft toegepast (Van Hal en Wagenaar, 2021).

Bedrijfseconomische inpassing

Zoals beschreven is graslandvernieuwing een middel om de grasproductie op peil te houden. Graslandvernieuwing kost echter ook geld: loonwerkkosten en zaadkosten voor scheuren en herinzaaien, en opbrengstderving van gemiste maai- en weidesnedes. Een optimale grasopbrengst is te verwachten bij een herinzaaipercentage van 10% op klei en 12,5% op zand (Figuur 2) (Van Hal en Wagenaar, 2021). Het maximale inkomen ligt voor beide grondsoorten bij een herinzaaipercentage van ongeveer 7% (volgens het bedrijfseconomische model BBPR).
Hierbij is nog geen rekening gehouden met de landbouwkundige voordelen van het opbouwen van bodemkoolstof. Het watervasthoudend vermogen op kleigronden zal verbeteren waardoor beregening uitgesteld kan worden in droge seizoenen. Ook kan het bodemleven zich beter ontwikkelen door minder bewerking van de bodem. Hierdoor zal het gemiddelde stikstofleverend vermogen van de bodem stijgen, waardoor minder kunstmest nodig is. De leeftijd waarop herinzaaien economisch het meest optimaal is ligt voor zandgraslanden dichter bij de leeftijd van maximale koolstofopbouw dan voor kleigronden. Op kleigronden gaat de koolstofopbouw langer door.

Ervaringen in de veehouderijregio's

Bijna alle veehouders in de netwerken van Slim Landgebruik zijn in meer of mindere mate bezig met het verhogen van de leeftijd van grasland (Tabel 3). Dat wil zeggen: iedereen heeft wel een deel blijvend grasland. Veehouders vermijden liever het vernieuwen van grasland omdat dit kosten en risico's met zich meebrengt. De ervaringen met het verhogen van de leeftijd van grasland verschillen sterk tussen en binnen de verschillende netwerken.

Brabant

- Veel deelnemende Brabantse veehouders zijn al geruime tijd bezig met het verouderen van grasland.
- Brabantse veehouders achten een bredere toepassing mogelijk als er heel zuinig met de graszode wordt omgegaan.
- Het voorkomen van rijsporen bij voorjaarsbemesting vormen hierbij een grote uitdaging.
- Waar een zode bij veroudering steeds opener wordt kan deze, met een combinatie van weiden en maaien, dichtgehouden worden om onkruiddruk te beperken.
- Ondiepe beworteling maakt oud grasland droogtegevoelig, vooral als deze is 'verwend' met veel bemesting.
- Het vraagt een omslag in denken om de ervaren productieafname tot op zekere hoogte te accepteren.

Friesland

- Van de deelnemende Friese veehouders teelt maar een enkeling mais en vernieuwing van de grasmat wordt vermeden. Graslandvernieuwing kost geld, en verstoort het bodemleven en de bodemstructuur, wat leidt tot problemen met de draagkracht en verslemping.
- De dichte zode met inheemse soorten van oud grasland verhoogt, tezamen met het gehalte organische stof, de biodiversiteit en droogteresistentie.
- Oud grasland lijkt aantrekkelijker voor muizen, hetgeen in de zomer van 2018 in Friesland tot grote schade heeft geleid.
- Tevens lijkt oud grasland langzamer te herstellen na beschadiging, dit maakt de zode vatbaar voor onkruid en ongewenste grassen.
- Het vergt veel kennis, vertrouwen en geduld om onder deze omstandigheden niet tot vernieuwen over te gaan, maar middels beweiding de zode weer op orde te krijgen.

Achterhoek

- Deelnemende Achterhoekse veehouders passen de maatregel toe om verstoring van bodemleven en structuur te voorkomen, en omdat blijvend grasland goed past bij regelgeving en beleid.
- In theorie is de maatregel gemakkelijk uit te voeren en levert deze een arbeidsbesparing op.
- Op ouder grasland neemt de onkruiddruk toe en vermindert de productie.
- Ondiepe beworteling maakt oud grasland gevoeliger voor droogte. Doorzaaien bleek beperkt effectief om schade na de opeenvolgende droge zomers 2018-2020 te herstellen en vernieuwen bleek noodzakelijk.
- De toename in koolstofgehalte in de laag 0-10 cm, gaat deels ten koste van het koolstofgehalte in de laag 10-30 cm.

Kansen

- De dichtere graszode verbetert de draagkracht.
- Ouder grasland heeft minder bewerkingskosten.
- In ouder grasland wordt het bodemleven minder verstoord en is minder structuurverlies.
- Ouder grasland heeft meer inheemse plantensoorten.
- Ouder grasland heeft een hoger stikstofleverend vermogen (NLV) en een hoger watervasthoudend vermogen.

Belemmeringen

- Ouder grasland lijkt aantrekkelijker voor muizen en ganzen en is op zandgrond gevoeliger voor droogte.
- Op termijn verslechtert de samenstelling en wordt de opbrengst lager.
- Een oudere grasmat herstelt slechter na schade.
- Rijspoorvorming raak je zonder vernieuwing niet kwijt.

Ervaringen van melkveehouder Bartjan van Tuyl

“ Zolang het grasland niet gescheurd hoeft te worden, blijft het liggen.”

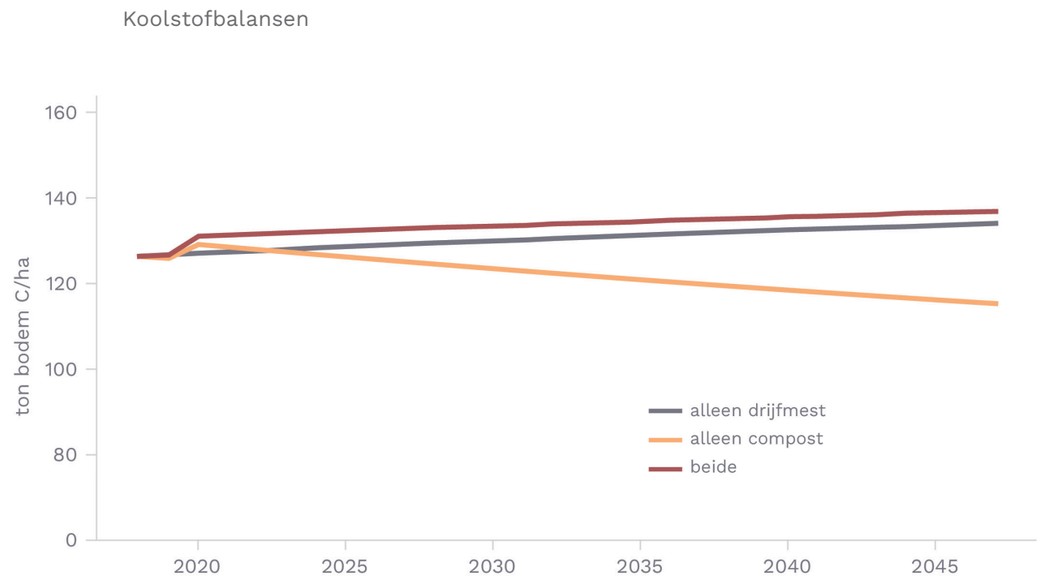
Net onder Dokkum in Friesland ligt het bedrijf van Bartjan van Tuyl. Hij boert op zware klei die ongeschikt is voor akkerbouw en teelt op bijna zijn gehele areaal (61 ha) gras voor zijn koeien. Van Tuyl boert ongeveer twintig jaar op deze locatie en sindsdien zijn de meeste graslandpercelen onbewerkt gebleven. Dit kan mede door de goede omstandigheden (hoge vochtvoorziening) in het gebied, maar ook door ‘te boeren op gevoel’.

- ***Waarom is voor jou koolstofvastlegging belangrijk?***
  “Meer koolstof in de bodem betekent vaak meer organische stof. Daarnaast zie ik het ook wel als een verdienmodel. Ik hoop mee te kunnen doen in de koolstofmarkt waar ik mijn opgeslagen koolstof kan verwaarden. Als laatste denk ik dat koolstofvastlegging de kwaliteit van de bodem ook zal verbeteren.”

- ***Waarom heb je gekozen om de leeftijd van het grasland te verhogen?***
  “Op zware klei is het lastig om akkerbouwgewassen te telen. In mijn omgeving is grasland daarom de beste keuze. Door de leeftijd van mijn grasland te verhogen, verbetert de kwaliteit van mijn bodem. Daarnaast heb ik minder bewerkingskosten. Zolang het grasland niet gescheurd hoeft te worden, blijft het liggen.”

- ***Welke aanpassingen heb je hiervoor moeten doen?***
  “Bij de overname van het bedrijf was het meeste areaal al grasland. Hier heb ik dus geen aanpassingen voor hoeven doen. Wel is goed management van de grasmat heel belangrijk. Je moet zorgen dat je dat op orde hebt. Als de grasmat van een goede kwaliteit blijft, hoef je het perceel niet te scheuren om te blijven produceren.”

- ***Wat is het effect op de bedrijfseconomische kant?***
  “Mits de bodem goed onderhouden is, hoef je maar weinig kosten te maken. Je hebt minder kosten voor herstel. Daarnaast heb je een betere benutting van je meststoffen, waardoor je de bemesting naar beneden bij zou kunnen stellen. In de toekomst zou ik daarnaast kunnen verdienen aan het vastleggen van koolstof door koolstofcredits aan te vragen. Dat zou een mooi verdienmodel kunnen zijn.”



Figuur 3: Koolstofbalansen berekend binnen Netwerk Veehouderij met het RothC model

- ***Hoe denk je dat dit, naast koolstofvastlegging, andere duurzaamheidsdoelen beïnvloedt?***
  “Als je het gras met rust laat en niet op zijn kop zet, zal er minder uitstoot zijn. De ammoniak, het methaan en het lachgas zullen beter in de bodem blijven. Daarnaast denk ik dat je minder uitspoeling hebt door een betere beworteling en een dichtere zode. Ik merk ook dat de onkruiddruk op oudere percelen lager ligt. Met één keer spuiten ben ik voor een langere tijd wel weer voorzien. Mijn oudere grasland wortelt alleen minder diep. Dit kan wellicht effect hebben op het waterbergend vermogen.”

09 Wisselteelt mais-grasklaver

Wat houdt de maatregel in?

Op zandgrond hebben melkveebedrijven veelal snijmais in het bouwplan, die vaak jarenlang op hetzelfde perceel geteeld wordt. Met de maatregel 'wisselteelt mais-grasklaver' wordt de continue teelt van snijmais doorbroken, waarbij maisopbrengst, bodemkwaliteit en bodemorganische stof op bedrijfsniveau verbeteren. Uit praktijkonderzoek blijkt dat 60% blijvend grasland, aangevuld met een wisselteelt tussen snijmais (20%) en tijdelijk gras(klaver) (20%), een optimale invulling is van de derogatieregeling voor zowel bedrijfseconomie als koolstofvastlegging (Van Eekeren et al., 2018b).

Waarom mais en grasklaver in een wisselteelt?

Het afwisselen van bouwland met gras(klaver) resulteert in een toename van het organische-stofgehalte, met tevens hogere opbrengsten van de snijmais. Tijdens de maisteelt komen nutriënten vrij uit de afbrekende, ondergewerkte grasklaver-zode, die als organische stof ook het watervast-houdend vermogen verbetert. Volgend op snijmais gedijt grasklaver goed in de relatief stikstofarme maisstoppel.

Effect op de koolstofvastlegging

Tijdelijk grasland kan veel koolstof vastleggen. Koolstof die onder gras(klaver) gedurende drie jaar wordt vastgelegd, wordt in de daaropvol-gende drie jaar door de mais grotendeels weer afgebroken en gebruikt. Daarna begint de cirkel opnieuw. Hierdoor is minder (vaste) mest nodig; die mest kan vervolgens in andere bouwplannen de opbouw van koolstof faciliteren. Op dezelfde manier wordt stikstof gebonden en gebruikt. In de experimenten is het koolstofgehalte gemeten voor verschillende vormen van landgebruik. Tabel 1 toont de extra jaarlijkse koolstofvastlegging bij wisselteelt ten opzichte van continue maisteelt. Op klei ligt de wisselteelt van mais-grasklaver minder voor de hand en is niet gemeten.

Tabel 1: Gemeten extra koolstofvastlegging in de bovenste 30 centimeter van de bodem voor de maatregel 'wisselteelt mais-grasklaver' op zand- en kleigronden (Koopmans et al., 2021).

	Extra CO_2-vastlegging kg CO_2 / ha / jaar
Zand	6.500
Klei	NB*

Data nog niet beschikbaar

Effect op de bodemkwaliteit

In de jaren waarin zowel mais als grasklaver wordt geteeld zijn alle koolstof- en organische-stofindicatoren significant hoger dan bij continue maisteelt (Tabel 2). Tevens zorgt de wisselteelt voor zowel een betere bodemstructuur als meer bodemleven. De grootste effecten werden gevon-den voor de beschikbare stikstof in de maisteelt: deze is in de voorgaande jaren door klaver gebon-den. Fosfaat en kali waren daarentegen minder beschikbaar in de maisteelt na gras.

Bedrijfseconomische inpassing

Het economische resultaat van een wisselteelt mais-gras(klaver) is berekend voor meer inten-sieve en meer extensieve bedrijfsvoeringen op zandgrond (Van Hal en Wagenaar, 2021). Een gestandaardiseerd melkveebedrijf met 18.000 kg melk/ha is vergeleken met een bedrijf met 25.000 kg melk/ha. Bij een meer intensief bedrijf is het berekende voordeel hoger dan bij een extensiever bedrijf. In beide gevallen was het voordeel aan-zienlijk (Tabel 3). Het voordeel wordt met name bepaald door een besparing op krachtvoerkosten en in mindere mate op ruwvoerkosten.

Tabel 2: Effecten van de maatregel 'wisselteelt mais-grasklaver' op de verschillende aspecten van de bodemkwaliteit (Schepens et al., 2022a). Legenda: + goed ; - slecht; 0 neutraal; NB niet bepaald.

	Zand	Klei	Op basis van indicatoren:
OS	+	NB*	C-elementair, OS
Fysisch	+	NB*	Bulkdichtheid, beworteling
Chemisch	+/-	NB*	Stijging stikstof, daling beschikbaar fosfaat
Water	0	NB*	
Biologisch	+	NB*	PMN

Tabel 3: Kosten- en batenbalans van de maatregel 'wissel-teelt mais-grasklaver' (Slier et al., 2022a).

Kosten- en batenbalans	
	€/ ha / jaar
Zand	105 tot 200
Klei	NB*

Tabel 4: Percentage van de deelnemers in elk netwerk dat de maatregel 'wisselteelt mais-grasklaver' heeft toegepast (Van Hal en Wagenaar, 2021).

REGIO	Percentage deelnemers dat maatregel heeft toegepast
Friesland	-
Brabant	19%
Gelderland	6%

Ervaringen uit de regio's

De maatregel is in twee veehouderijnetwerken toegepast (Tabel 4), waarbij verschillende kansen en barrières naar voren kwamen.

Brabant

- Deelnemende Brabantse melkveehouders zijn al geruime tijd overtuigd van de voordelen van een 60-20-20-bouwplan. Tijdens de droogte van 2018-2019 hebben veel boeren de positieve effecten van vruchtwisseling ervaren. In de praktijk blijft het een uitdaging om jaarlijks het 60-20-20-bouwplan zo goed mogelijk te behalen.
    - De teelt van grasklaver op percelen op afstand is te bewerkelijk en beweiding kan er (te) beperkt plaatsvinden. Hierdoor krijgt de continue teelt van mais de voorkeur.
    - Op percelen met liberale (jaarlijkse) pacht is het vanwege de kosten een economisch risico om gras(klaver) in te zaaien. Particuliere verpachters staan vaak enkel grasteelt toe.

Achterhoek

- Deelnemende Achterhoekse melkveehouders passen de maatregel toe om de afnemende bodemkwaliteit in de maisteelt aan te pakken.
- De hogere droogteresistentie van grasklaver ten opzichte van gras werd positief ervaren, deels omdat klaver een betere bodembedekking biedt. Toch blijkt klaver het vooral goed te doen op percelen met een goede vochtvoorziening.
- Een brede toepassing vraagt een langetermijnbenadering en daarmee een grote omslag in de sector. Op eigen grond passen de deelnemers de maatregel breed toe, maar bij (tijdelijke) pacht kiezen ze voor continue maisteelt omdat langetermijnperspectief daar ontbreekt.

Kansen

- Een wisselteelt mais-grasklaver verhoogt de weerbaarheid bij droogte.
- Deze wisselteelt verbetert de bodemstructuur en het watervasthoudend vermogen.
- Het levert een hoger aandeel eiwit van eigen land.

Belemmeringen

- Het bouwplan is soms lastig aan te houden, bijvoorbeeld wanneer er door droogte grasland vernieuwd moet worden.
- Het onkruid in grasklaver is moeilijk te bestrijden.
- Deze wisselteelt vergt langetermijndenken en past daarmee niet bij kortdurende pacht.

10 Kruidenrijk grasland

Wat houdt de maatregel in?

Kruidenrijk grasland is een zode met een combinatie van grassen, kruiden en vlinderbloemigen. Waar een monocultuur van productief gras (Engels raai) tot vijf jaar geleden de norm was, neemt de belangstelling voor graskruidenmengsels toe. We onderscheiden twee typen: productief kruidenrijk grasland en extensief kruidenrijk grasland. Productief kruidenrijk grasland is doorgaans een gebalanceerd graskruidenmengsel gericht op het behalen van een normale of hogere gewasopbrengst. Bij extensief kruidenrijk grasland is het beheer gericht op natuurdoelstellingen of specifieke condities. In het algemeen zijn extensieve graslanden schraler of wordt naar verschraling toegewerkt. Binnen Slim Landgebruik is voornamelijk naar productief kruidenrijk grasland gekeken.

Waarom kruidenrijk grasland?

In kruidenrijk grasland groeien veel verschillende soorten. Er is altijd wel een soort die floreert onder de geldende en/of wisselende omstandigheden. Zo benutten kruiden die dieper wortelen dan gras vocht en nutriënten uit diepere bodemlagen en doorbreken ze storende bodemlagen. Tevens bevatten kruidenmengsels klavers en/of andere vlinderbloemigen die stikstof uit de lucht kunnen binden. De stikstofbinders en andere kruiden maken gebruik van die stikstof, waardoor de (kunst)mestgift kan worden verlaagd. Onder droge omstandigheden is de droge-stofopbrengst van kruidenrijk grasland hoger dan 'gewoon' grasland (Janssen et al., 2020; Jansma et al., 2021). Vanwege de hogere productie en diepere beworteling van kruidenrijk grasland wordt verwacht dat de aanvoer van koolstof middels gewasresten (wortel- en bladmassa) hoger is dan op conventioneel grasland. De grotere diversiteit van de vegetatie heeft daarnaast een positief effect op de insectenpopulaties en -aantallen, wat gunstig is voor weidevogels.

Effect op de koolstofvastlegging

In Slim Landgebruik wordt in drie verschillende proeven de koolstofvastlegging op kruidenrijk grasland gemeten. Doordat deze proeven recent zijn gestart, zijn hiervan nog geen resultaten beschikbaar (Tabel 1). Andere studies vonden een kleine toename van bodemkoolstof in graslanden met een hogere soortendiversiteit. Door de grotere soortenrijkdom en diepere beworteling is de koolstofaanvoer naar de bodem hoger en het microklimaat voor het bodemleven beter, wat leidt tot meer koolstofvastlegging. De verwachting is dat kruidenrijk grasland onder normale omstandigheden niet sterk verschilt van gewoon grasland qua koolstofvastlegging. Onder extreme omstandigheden (droogte) is dat mogelijk wel het geval (Janssen et al., 2020; Jansma et al., 2021).

Effect op de bodemkwaliteit

Ook de gevolgen voor bodemkwaliteit zijn nog niet goed zichtbaar in de proeven (Tabel 2). Op productief kruidenrijk grasland op klei is al wel een gehalte koolstof gemeten.

Tabel 1: Extra koolstofvastlegging voor de maatregel 'kruidenrijk grasland' op zand- en kleigronden (Lesschen et al., 2021). NB: niet berekend.

	Extra CO_2-vastlegging kg CO_2 / ha / jaar
Zand	NB*
Klei	NB*

**Data nog niet beschikbaar*

Tabel 2: Effect van de maatregel 'kruidenrijk grasland' op de verschillende aspecten van de bodemkwaliteit (Schepens et al., 2022). Legenda: + goed ; - slecht; 0 neutraal.

	Zand	**Klei**	**Op basis van indicatoren:**
OS	0	+	C-elementair (klei)
Fysisch	0	0	
Chemisch	0	0	
Water	0	0	
Biologisch	0	0	

Bedrijfseconomische inpassing

Uit een bedrijfseconomische verkenning blijkt het effect van het toepassen van 10% kruidenrijk grasland op een gemiddeld melkveebedrijf op zand sterk afhankelijk van de opbrengst van het kruidenrijk grasland. Bij een voorzichtig uitgangspunt van een bruto grasopbrengst van 10,7 ton droge stof/ha kruidenrijk daalde het inkomen ten opzichte van monocultuur raaigras met € 12 per hectare en bij een bruto grasopbrengst van 9,8 ton droge stof/ha daalde het inkomen met € 27 per hectare. Deze opbrengsten zijn lager dan de aangenomen opbrengst van monocultuur Engels raaigras van 12,5 ton droge stof/ha, hetgeen de daling in inkomen grotendeels verklaart. Ook zijn de kosten van kruidenrijk zaaizaad (€ 310/ha) hoger dan van regulier graszaad (€ 185/ha). Indien kruidenrijk grasland leidt tot een toename in graslandproductie kan ook een positief bedrijfseconomisch effect worden behaald.

Tabel 3: Kosten- en batenbalans van de maatregel 'kruidenrijk grasland' (Van Hal en Wagenaar, 2021).

Kosten- en batenbalans	
	€/ ha / jaar
Zand	-12 tot -27
Klei	NB*

Data nog niet beschikbaar

Tabel 4: Percentage van de deelnemers in elk netwerk dat de maatregel 'kruidenrijk grasland' heeft toegepast (Van Hal en Wagenaar, 2021).

	Percentage deelnemers dat maatregel heeft toegepast	
REGIO	Productief kruidenrijk	Grasklaver
Friesland	69%	50%
Brabant	50%	56%
Achterhoek	38%	56%

Ervaringen in de regio's

In elk van de drie regionetwerken heeft een aantal deelnemers de maatregel toegepast (Tabel 4).

- De diepere beworteling en sobere soorten in de kruidenmengsels verbeteren zowel de droogteresistentie als de afwatering.
- Stikstofbindende vlinderbloemigen verlagen de benodigde kunstmestgift.
- Kruidenrijk grasland heeft waarde voor natuur: dit komt tegemoet aan maatschappelijke wensen en kan positief bijdragen aan het imago van boeren.
- Kruidenrijk grasland helpt voldoen aan de eisen voor de PlanetProof-beloning.
- Er zijn voordelen voor dierenwelzijn en diergezondheid (diverse mineralen).

Friesland

- Deelnemende Friese melkveehouders passen de maatregel voornamelijk toe om hun waterhuishouding te verbeteren, stikstofkunstmest te vermijden en bij te dragen aan de natuur.
- Door de diversiteit in soorten ervaren deelnemers een hogere weerbaarheid tegen onkruid en plagen. Vestigen onkruiden zich toch (bijvoorbeeld bij schade), dan zijn ze moeilijk te bestrijden.
- Het doorzaaien van kruiden in bestaand grasland, toegepast om herinzaai te vermijden, heeft wisselend succes.
- Het is een uitdaging om de kruiden te behouden. Terughoudend bemesten en gericht maai-weidebeheer zijn genoemd als succesfactoren.
- De koeien moeten wennen aan de smaak van de kruiden.
- Er is onzekerheid over de voederwaarde. Een goede voederwaarde-analyse is essentieel voor de inpassing in de bedrijfsvoering en bepalend voor het bedrijfseconomisch effect.

Brabant

- Er is een risico dat klaver en kruiden niet aanslaan en boeren merkten ook geen toename in de opbrengst. Hierbij moet genoemd worden dat kruiden zijn ingezaaid bij aanvang van aanhoudende droogte in de zomers van 2018 tot 2020. Dit heeft het succes sterk beïnvloed.
- Onkruiddruk is vooral een probleem wanneer er alleen gemaaid wordt.
- Herbiciden kunnen niet toegepast worden omdat deze ook de gewenste kruiden bestrijden.

Achterhoek

- Deelnemende Achterhoekse melkveehouders passen de maategel vooral toe om de droogteresistentie te verbeteren.
- De ervaringen zijn wisselend en soms tegenstrijdig. Sommige deelnemers noemden voordelen als meer smakelijkheid, verbeterde koegezondheid, een hogere droogteresistentie en een verbeterd bodemleven. Anderen ervoeren vooral onkruiddruk, een verminderde smakelijkheid en onduidelijkheid over de benodigde bemesting.
- Smakelijkheid is afhankelijk van de vegetatiesamenstelling. Deze varieert door het jaar heen.
  - Koeien houden van jonge cichorei, maar als cichorei in het najaar of bij hoge stand houterig wordt, blijkt het niet meer smakelijk.
  - Overheersing met klaver resulteerde volgens deelnemers in lagere smakelijkheid. Het aandeel klaver varieerde en hier was geen grip op te krijgen.
- Door de stikstoflevering van klaver kan de benodigde bemesting alleen geschat worden. Deelnemers moeten eerst meer ervaring opdoen om kruidenrijk grasland goed te kunnen bemesten.
- Onder een brede toepassing van deze maatregel zal het drijfmestoverschot toenemen, omdat kruidenrijkgrasland beter gedijt onder beperkte bemesting.

Kansen

- Kruidenrijk grasland verbetert de lokale biodiversiteit: dit is sociaal gewenst, goed voor het imago en zelfbeeld.
- Op kruidenrijk grasland is minder stikstofbemesting nodig door stikstofbinding.
- In kruidenrijk grasland bevinden zich soorten met verschillende worteldiepte, wat een positief effect heeft op bodemstructuur en afwatering.
- Kruidenrijk grasland benut vocht/nutriënten uit diepere lagen.
- Een hogere droogteresistentie verhoogt de levensduur van de zode.
- Koeien vinden het smakelijk.

Belemmeringen

- Het aandeel kruiden neemt op den duur af door vergrassing.
- Doorzaaien heeft wisselend succes.
- Klavers zijn niet persistent bij verstoring door bijvoorbeeld weidegang en droogte.
- In kruidenrijk grasland is onkruidbestrijding (spuiten) onmogelijk.
- Het moment van maaien is van groot belang voor de smakelijkheid van het kruidenrijk gras.
- De opbrengst van kruidenrijk grasland qua voederwaarde (eiwit, energie) is onzeker.

Ervaringen van melkveehouder Peter Oosterhof

In de kop van Drenthe, onder de rook van de stad Groningen, melkt Peter Oosterhof ruim honderd melkkoeien op 88 hectare zandgrond (zowel eigendom als pacht). De huiskavel wordt aan de zuidoostkant begrensd door het Peizerdiep. De omliggende percelen hebben soms een venige ondergrond. Percelen worden veelal begrensd door houtwallen. Peter zet al jaren in op zo veel mogelijk weiden, aandacht voor de bodem en natuur. Kruidenrijk grasland past hier prima bij! De meeste van zijn percelen zijn opnieuw ingezaaid of doorgezaaid met graskruidenmengsels. Niets gaat vanzelf, maar zowel bedrijfstechnisch als economisch loopt het naar wens.

- ***Waarom is koolstofvastlegging belangrijk?***
  "Koolstof speelt een heel belangrijke rol in de bedrijfsvoering en de bedrijfskringloop. Koolstof zorgt voor een grotere buffer nutriënten, een beter watervasthoudend vermogen, meer bodemleven (nutriëntleverend vermogen), een betere bodemstructuur en waterinfiltratie door diepere beworteling, en een lagere gevoeligheid voor droogte en nutriëntenbeschikbaarheid."

- ***Waarom zet je in op kruidenrijk grasland?***
  "Een aantal jaren geleden ben ik mijn bedrijfsvoering gaan aanpassen om input van buiten het bedrijf te verminderen. Hierbij wilde ik mijn koeien zoveel mogelijk weiden, dat bespaart werk en kosten. Elke wagen gras naar de stal is een wagen stront terug naar het land. Beweiden werkt besparend, simpeler kan ik het niet maken! Volop beweiden op zandgrond is een uitdaging. De bodem moet optimaal functioneren om een zo lang mogelijk groei- en weideseizoen in de benen te houden. Kruidenrijk grasland en een beweidingstrategie zoals pure graze leken heel geschikt; naast voer voor de koeien blijft er voldoende restmateriaal over voor de bodem. Ondertussen heb ik een groot deel van mijn areaal in kruidenrijk grasland omgezet. Door de jaren heen heb ik veel uitgeprobeerd en geleerd, maar het systeem past me goed. Uiteindelijk ben ik een paar jaar geleden omgeschakeld naar biologisch."

- ***Welke aanpassingen heb je in je bedrijfsvoering moeten doen om kruidenrijk grasland in te passen?***
  "Ik heb veel aan moeten passen in de bedrijfsvoering. Door dit geleidelijk te doen is het behapbaar gebleken. De belangrijkste aanpassing is eigenlijk dat ik mijn hele netwerk heb moeten veranderen. Voor alle vragen en uitdagingen die ik had, had ik een andere benadering en blik nodig. Zo had ik voorheen reguliere melktypische koeien maar nu werk ik steeds meer toe naar een koe die goed kan weiden en uit veel ruwvoer nog goed melk kan produceren."

"beweiden werkt besparend, simpeler kan ik het niet maken!"

- ***Wat is het effect geweest op de bedrijfseconomie?***
  "Als je in je bedrijfsvoering van veel input naar weinig input gaat, weet je dat je ook een stukje van je melkproductie inlevert. Bij mij is het erg goed gelopen; zelfs in de omschakelperiode naar biologisch hebben we financieel goed gedraaid. Van vers gras (met kruiden) melk maken is hierbij de sleutel geweest!"

- ***Wat is het effect van kruidenrijk grasland op andere (duurzaamheids)doelen?***
  "Veel beweiden en kruidenrijk grasland levert veel voordelen op. Ik gaf al aan dat het qua gras- en melkproductie prima werkt. Bovendien is een goede bodemkwaliteit de basis, daar heb ik vol op ingezet en dan volgen er veel (duurzaamheids)voordelen. Ik bemest minder en anders, dus dat is op orde. Veel weiden resulteert in percelen met veel verschillende groeistadia verspreid over het bedrijf. Dat bevordert de biodiversiteit enorm, zowel ondergronds als bovengronds, en zowel midden op percelen als aan de randen. Ik heb orchideeën langs de sloten, zandbijen en veel verschillende insecten, vogels en zoogdieren."

NAWOORD

De landbouw staat voor de grote uitdaging om de komende jaren bij te dragen aan de klimaatopgave, niet alleen door emissies te beperken, maar ook door effectief koolstof vast te leggen in de bodem. In het programma Slim Landgebruik is binnen regionetwerken verkend in hoeverre landbouwbedrijven effectieve maatregelen kunnen nemen om koolstof vast te leggen en welke kansen en belemmeringen ondernemers daarbij ervaren. De netwerken bevinden zich in acht regio's binnen de sectoren akkerbouw en melkveehouderij.

- De deelnemers passen de (klimaat)maatregelen vaak vooral toe om de bodemvruchtbaarheid op de lange termijn te behouden en de bodemkwaliteit te verbeteren, en in mindere mate om bij te dragen aan de klimaatopgave. Elk bedrijf is anders en kiest voor een andere invulling. Doorgaans worden maatregelen daarbij gestapeld en het pakket aan maatregelen verschilt over het algemeen per bedrijf.

- Agrarische ondernemers maken in hun keuzes voortdurend een afweging tussen ecologie en economie. Zo heeft niet elke akkerbouwer de financiële ruimte om saldo in te leveren door het bouwplan te extensiveren en meer rustgewassen te gaan verbouwen. Daarnaast vergen de klimaatmaatregelen veel aandacht en ervaring om deze goed uit te voeren.

- Groenbemesters kunnen op meerdere vlakken positief bijdragen aan de bodem en het volggewas. Wordt echter gekozen voor een verkeerd type groenbemester of onverstandig beheer gevoerd, dan kan dit ook leiden tot vermeerdering van parasitaire aaltjes. Dit heeft nadelige gevolgen voor de vervolgteelt.

- Er is in de praktijk veel interesse voor het vervangen van kunstmest door extra organische mest of compost. Veel akkerbouwers zien deze maatregel echter in het geding komen door beperkingen van de wettelijke plaatsingsruimte. Kwalitatief goede compost is vaak duur. Niet iedereen is bereid te kiezen voor goedkopere varianten omdat de kans bestaat op vervuiling van het land.

- Een deel van de ondernemers is bezig met een vorm van gereduceerde grondbewerking, waarbij de tendens is om steeds ondieper te ploegen of te gaan spitten dan wel te kiezen voor een vorm van niet-kerende grondbewerking (NKG). Het effect van gereduceerde grondbewerking op de koolstofvastlegging lijkt echter bij Nederlandse rotaties minimaal en lastig aantoonbaar, waardoor de maatregel vooral in dienst staat van het verbeteren van de bodemkwaliteit.

- Het verhogen van de leeftijd van grasland is voor veel melkveehouders een interessante maatregel die direct het aandeel organische stof verhoogt, zorgt voor een beter watervasthoudend vermogen en toename van het bodemleven. Droge zomers ('18-'20) hebben echter laten zien dat het behouden van een productieve graszode in blijvend grasland op zand best een uitdaging is. Daarnaast zijn melkveehouders op zand terughoudend met het verhogen van het aandeel permanent grasland ten koste van tijdelijk grasland. Dit komt door de waarde van permanent grasland en beperkingen door toekomstig landgebruik waarop zij anticiperen.

- Wisselteelt mais-grasklaver kan op zand zorgen voor een gunstiger balans qua bodemkwaliteit en organische stof. De grootste winst voor koolstofvastlegging wordt bereikt wanneer continu maisland ingezet wordt voor wisselteelt mais-grasklaver terwijl het aandeel permanent grasland stabiel blijft en minder frequent vernieuwd wordt. In de praktijk is het vanwege veldkavels of pachtomstandigheden niet altijd inpasbaar om de wisselteelt op bedrijfsniveau op te zetten.

- Productief kruidenrijk grasland vindt in de praktijk veel opgang, o.a. omdat melkverwerkers dit in duurzaamheidsprogramma's waarderen. Tijdens recente droge zomers is gebleken dat er van productief kruidenrijk grasland goede producties gehaald kunnen worden. Daarnaast heeft kruidenrijk grasland potentieel andere voordelen qua bodemkwaliteit. Omdat op de deelnemende percelen nog maar kort met kruidenrijk grasland wordt gewerkt, is een positief effect op de bodemkoolstofvoorraad tot op heden niet aangetoond.

Al met al lijkt de implementatie van klimaatmaatregelen in de praktijk mogelijk. Vaak dient dit echter andere doelen dan primair een klimaatbijdrage te leveren. Een goed verdienmodel is voorwaarde om de implementatie te stimuleren en effectief in te zetten. Veel van de maatregelen kosten de ondernemers geld, al zijn er ook positieve effecten voor de bodemkwaliteit op langere termijn.

BEGRIPPENLIJST

AFKORTING/BEGRIP	UITLEG	REFERENTIE/ VERDER LEZEN
OS, organische stof	Door organismen opgebouwde materialen (bijv. gewasresten). Organische stof in de bodem is vooral afkomstig van planten en voor een klein deel van dierlijke organismen. Zo'n 54% van de organische stof bestaat uit koolstof (C).	
Pw (getal)	Maat voor de beschikbaarheid van fosfaat in de bodem.	
C:N-ratio	Verhouding van koolstof tot stikstof (in bijv. organische stof of compost).	
NKG, niet-kerende grondbewerking	Bodembewerking waarbij de gelaagdheid van de bodem intact blijft.	
GLB, gemeenschappelijk landbouwbeleid	Het landbouwbeleid van de Europese Unie.	
LTE, lange-termijnexperiment	Wetenschappelijk opgezette experimenten binnen Slim Landgebruik voor de langere duur (>5 jaar).	Zie de LTE-rapporten in de referentielijst.
C-elementair	Methode om koolstof te bepalen in een bodemmonster.	
Indringingsweerstand	De weerstand die wortels ervaren bij het doorwortelen van de bodem.	
Bulkdichtheid	De dichtheid van de bodemdeeltjes (klei/zand).	
PMN, potentieel mineraliseerbare stikstof	De stikstof in de bodem die potentieel mineraliseer-baar is (vrij komt bij afbraak).	
CO_2-equivalenten	Om de invloed van de verschillende broeikasgassen te kunnen optellen, worden de uitstootcijfers omge-rekend naar CO_2-equivalenten.	
ANLb	Subsidie voor agrarisch natuur- en landschaps-beheer.	
BLN-indicatoren	Vastgestelde set aan bodemindicatoren voor land-bouwgronden in Nederland.	
NLV	Stikstofleverend vermogen van de bodem.	

REFERENTIES

Dekkers, M. F. & Hanegraaf, W. (2021). *Groenbemesters: Een overzicht van kennisvragen* (No. WPR-889). Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Rapport WPR-889, 32 p.

Hanegraaf, M.C., van den Elsen, H.G.M., de Haan, J.J., & Visser, S.M. (2019). *Bodemkwaliteitsbeoordeling van landbouwgronden in Nederland-indicatorset en systematiek, versie 1.0.* Stichting Wageningen Research, Rapport WPR-795, 34 p.

Hoogmoed, M., Timmermans, B.G.H., Bloem, J., van Asperen, P., Cruijsen, J., De Haan, J., Selin Norén, I., Slier, T., Wagenaar, J.P., Elsen, A., Martens, S., Koopmans, C. J. (2021a). *Verschillen in bodemkwaliteit door koolstof-maatregelen; In beeld gebracht aan de hand van de BLN-indicatorenset.* Louis Bolk Instituut en Wageningen Research, 35p.

Hoogmoed, M., Janmaat, L., Verstand, D., Bijker, J. W., Schurer, B.L.M., Timmermans, B.G.H., Heesmans, H. I. M., Specken, J., Westerhof, H., Michielsen, C., Colombijn-van der Wende, K., Koopmans, C. J. (2021b). *Bodem en Klimaat Netwerk Akkerbouw. Voortgangsrapportage juni 2021.* Louis Bolk Instituut, Wageningen Research, SPNA en ZLTO, 72p.

Hoogmoed, M., Janmaat, L., Schurer, B.L.M., Herbert, Z.G.J., Heesman, H.I.M., Specken, J., Van Wijk, S., Westerhof, H., Michielsen, C., Colombijn-van der Wende, K., Wattel, E.J.W., Koopmans, C.J. (2022). *Bodem en Klimaat Netwerk Akkerbouw.* Rapport maart 2022. Louis Bolk Instituut, Wageningen Research, SPNA en ZLTO, Rapport 2022-017 LbP, 32 p.

Iepema, G.L., Hoekstra, N.J., de Goede, R.G.M., Bloem, J., Brussaard, L., van Eekeren, N.J.M. (2021). *Extending grassland age for climate change mitigation and adaptation on clay soils.* European Journal of Soil Science, 73(1), e13134.

Jansma, A. P., Hoekstra, N., Eekeren, N. V., Stip, A., Iepema, G. L., Manhoudt, A. G. E., & Sleurink, W. D. (2021). *Koeien en kruiden: De meerwaarde van kruidenrijk grasland voor weidevogel, koe en boer.* Hogeschool Van Hall Larenstein, 21p.

Janssen, P., Wagenaar, J. P., van Eekeren, N., Antonissen, H. (2020). *Productief kruidenrijk grasland biedt kans.* V-focus, 2020(3), 32-35.

Koopmans, C.J., Janmaat, L. (2019). *Bodem & Klimaat Netwerk – Akkerbouw. Voortgangsrapportage 2019.* Louis Bolk Instituut, CLM, Wageningen UR, Stichting Veldleeuwerik en ZLTO. 62 p.

Koopmans, C.J., & Janmaat, L. (2020). *Bodem en Klimaat Netwerk – Akkerbouw. Voortgangsrapportage 2020.* Louis Bolk Instituut, Wageningen UR, ZLTO. 48 p.

Koopmans, C.J., Timmermans, B.G.H., Hoogmoed, M., Heupink, D., Cruijsen, J.J.P., De Haan, J., Selin Norén, I., Slier, T. & Wagenaar, J.P. (2021). *Evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof in minerale gronden 2019-2023. Voortgangsrapportage 2021.* Louis Bolk Instituut, Wageningen UR, 48 p.

Lesschen, J. P., Heesmans, H. I. M., Mol-Dijkstra, J. P., van Doorn, A. M., Verkaik, E., van den Wyngaert, I. J. J., & Kuikman, P. J. (2012). *Mogelijkheden voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw en natuur.* Alterra, Rapport 2396 ISSN 1566-7197. 64 p.

Lesschen, J. P., Hendriks, C., Slier, T., Porre, R., Velthof, G., Rietra, R. (2021). *De potentie voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw.* Wageningen Environmental Research, Rapport 3130 ISSN 1566-7197, 87 p.

De Lijster, E., van de Akker, J., Visser, A., Allema, B., van der Wal, A., & Dijkman, W. (2016). *Waarderen van bodemwatermaatregelen.* CLM, Rapport CLM-912, 48 p.

Schepens, J.A.B., Timmermans, B.G.H., Herbert, Z.G.J., Hoogmoed, M., Fuchs, L.M., Heupink, D. T., Slier, T., Wagenaar, J.P., Koopmans, C.J. (2022a). *Effect van koolstof vastleggende maatregelen op de (BLN)-bodemkwaliteit indicatoren – deel 2.* Louis Bolk Instituut en Wageningen Research.

Schepens, J.A.B., Timmermans, B.G.H., Fuchs, L.M., Peters, Bloem, J., R., Heupink, D. T., Wagenaar, J.P., Koopmans, C.J. (2022b). *Meerjarige evaluatie van het vastleggen van koolstof in minerale gronden 2018-2020.* Louis Bolk Instituut en Wageningen Research.

Selin Norén, I., Verstand, D., & de Haan, J. (2021). *Effecten van bodem-maatregelen op bodemfuncties en bodemkwaliteit: integrale analyse van de resultaten uit de PPS Beter Bodembeheer en eerste vertaalslag naar praktische boodschappen.* Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research (WPR), Business unit Open Teelten. Rapport WPR-856, 48 p.

Slier, T., Lesschen, J. P., Stout, B., Porre, R., Agricola, H., de Haan, J. & Koopmans, C. (2021). *CO_2-bodem - Tussenresultaten Slim Landgebruik*.

Slier, T., Lesschen, J.P., Agricola, H., de Haan, J. (2022). *Integratierapport Slim Landgebruik - Verdieping op de effecten van maatregelen binnen Slim Landgebruik.* Wageningen Environmental Research.

Smit, B., & Jager, J. (2018). *Schets van de akkerbouw in Nederland: structuur-, landschaps-en milieukenmerken die een relatie hebben tot biodiversiteit* (No. 2018-074). Wageningen Economic Research, 33p.

Van der Burgt, G.J.H.M., Oomen, G.J.M., Habets, A.S.J. et al. (2006). *The NDICEA model, a tool to improve nitrogen use efficiency in cropping systems.* Nutrient Cycling in Agroecosystems 74: 275.

Van der Voort, M. (2018). KWING AGV. Lelystad: Wageningen Plant Research.

Van Eekeren, N., Deru, J., Hoekstra, N., & de Wit, J. (2018a). *Carbon Valley.* Louis Bolk Instituut, Rapport 2018-002 LbD, 33p.

Van Eekeren, N., de Wit, J., Evers, A., & de Haan, M. (2018b). *Verandering landgebruik voor bodemkwaliteit ook winst gevend voor intensieve bedrijven.* V-focus, 2018(3), 32-34.

Van Hal, O., Wagenaar, J. P. (2021). *Bodem en Klimaat netwerk Veehouderij. Tussenrapportage 2020.* Louis Bolk Instituut. 53 p.

Van Leeuwen-Haagsma, W. K., Hoek, H., Molendijk, L. P. G., Mommer, L., Ulen, J., Kroonen-Backbier, B. M. A., & de Groot, G. A. (2019). *Handboek Groenbemesters 2019.* Wageningen University & Research.

Verdonk, L., Van der Kolk, J., Slier, T. (in press). *30 vragen en ant-woorden over koolstofvastlegging in Nederlandse minerale gronden.* Wageningen Environmental Research.

Vanaf 2018 zijn akkerbouwers en veehouders in de regionetwerken van Slim Landgebruik aan de slag gegaan met tien landbouwkundige maatregelen om koolstof vast te leggen in minerale bodems. De kennis en ervaringen uit deze netwerken staan in deze brochure beschreven.

Meer informatie over dit project is te vinden op slimlandgebruik.nl

Slim Landgebruik