

Beleidssamenvatting 2020

Programma Slim Landgebruik

Tomek de Ponti (WUR), Jennie van der Kolk (WUR), Thalisa Slier (WUR), Chris Koopmans (LBI),
Hanneke Heesmans (WUR), Wim Dijkman (CLM), Carin Rougoor (CLM), Chantal Hendriks (WUR),
Janjo de Haan (WUR), Gerard Velthof (WUR)

Colofon

Het programma Slim Landgebruik wordt uitgevoerd door Wageningen University and Research (WUR), het Louis Bolk Instituut (LBI) en het Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM) met subsidie van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend Programma Slim Landgebruik (BO-53-002).

Juli 2021

Contact: Slimlandgebruik@wur.nl

Inhoudsopgave

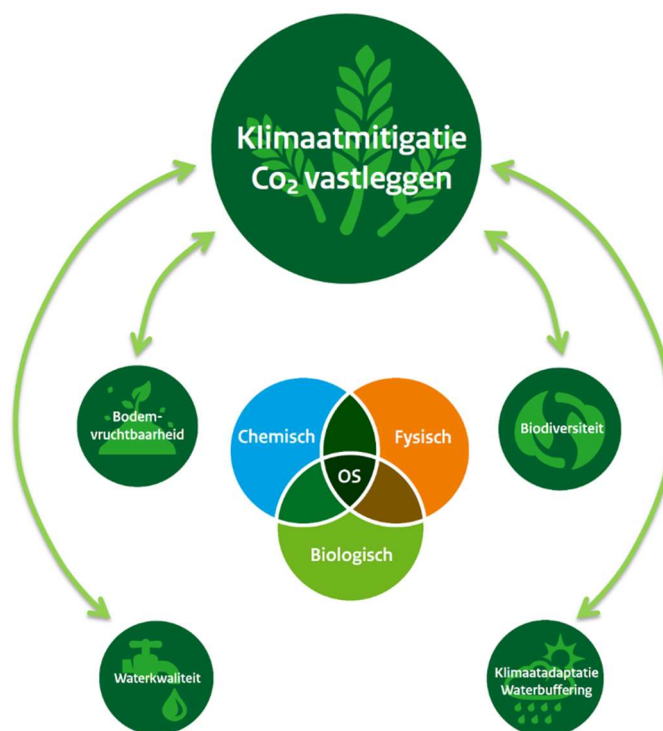
1	Aanleiding	4
2	Wat is de bijdrage van CO ₂ vastleggende maatregelen aan de Slim Landgebruik doelen?	5
2.1	Effectiviteit van de maatregelen	5
2.2	Zekerheid van de CO ₂ -vastlegging	7
2.3	Effecten koolstofmaatregelen op lachgasemissie	8
2.4	NPL doelen	8
2.5	No-regret maatregelen	9
3	Haalbaarheid van het realiseren van het potentieel in de praktijk	10
3.1	Toepassing van maatregelen op bedrijfsniveau	10
3.2	Stimulering van de toepassing van maatregelen in de praktijk	11
3.2.1	Carbon credits	11
3.2.2	GLB	12
3.3	Praktijktool voor CO ₂ -vastlegging	13
4	Zijn we op koers voor 0,5 Mton koolstofvastlegging per jaar in 2030?	14
	Annex 1 - Literatuurlijst	17
	Annex 2 - Overzicht van de projecten in 2020	18

1 Aanleiding

Als uitvloeisel van het internationale Klimaatakkoord dat in 2015 in Parijs is gesloten, is in Nederland in 2018 het Klimaatakkoord gesloten. Ook de landbouwsector heeft zich gecommitteerd aan klimaatdoelstellingen. Een onderdeel daarvan is het doel om jaarlijks 0,5 Mton CO₂-equivalenten extra vast te leggen in minerale landbouwbodems, met ingang van 2030. Om dit doel te kunnen halen zijn maatregelen nodig die boeren kunnen implementeren in hun bedrijfsvoering.

Binnen het programma Slim Landgebruik wordt onderzoek gedaan ter onderbouwing van de invoering van maatregelen in de agrarische landbouwpraktijk. Het gaat hierbij om de technische haalbaarheid van het doel, maar ook om vragen als welke methoden er zijn om boeren (financieel) te stimuleren maatregelen toe te passen op hun bedrijf. Het programma Slim Landgebruik raakt sterk aan alle thema's uit het Nationaal Programma Landbouwbodems (NPL): biodiversiteit, bodemvruchtbaarheid, waterkwaliteit en klimaatadaptatie (*Figuur 1*). Het streven binnen Slim Landgebruik is dat deze NPL doelen positief mee koppelen met de CO₂-vastlegging.

In deze beleidsamenvatting wordt met de resultaten van het onderzoek dat in 2020 is gestart en begin 2021 is afgerond de stand van zaken op dit moment weergegeven in de context van het huidige beleid.



Figuur 1. Visualisatie van het programma Slim Landgebruik (naar het schema uit het Nationaal Programma Landbouwbodems, NPL). Hierin zijn de thema's van de visualisatie van het NPL herschikt in lijn met de prioriteiten binnen het programma Slim Landgebruik.

2 Wat is de bijdrage van CO₂ vastleggende maatregelen aan de Slim Landgebruik doelen?

2.1 Effectiviteit van de maatregelen

De mate waarin een maatregel CO₂ kan vastleggen wordt de effectiviteit van de maatregel genoemd. Deze effectiviteit kan worden bepaald in Lange Termijn Experimenten (LTE's) en door middel van modelberekeningen. Lange Termijn Experimenten geven inzicht in wat er in de praktijk mogelijk is, terwijl modelberekeningen een beeld geven van wat er in potentie maximaal mogelijk is in heel Nederland. In de LTE's is vanaf 2018 gemeten aan een aantal maatregelen (Koopmans *et al.*, 2019, 2020, 2021). In 2020 is zowel verdiepend als verbredend onderzoek uitgevoerd (Tabel 1).

De maatregelen *Compost toevoegen* en *Leeftijd grasland op zandgronden* zijn verdiepend onderzocht en het resultaat toont een significante CO₂-vastlegging. Verbredend onderzoek naar het effect van *Groenbemesters/Vanggewassen*, *Kruidenrijk grasland*, *Akkerranden* en *Wisselteelt mais-grasklaver* hebben geresulteerd in een positieve significante CO₂-vastlegging voor *Akkerranden op kleigronden* en *Wisselteelt mais-grasklaver*. Voor de overige twee maatregelen is dit effect nog niet waargenomen, mogelijk door de korte looptijd van de proeven. In 2021 wordt er een integrale analyse uitgevoerd over de resultaten van 3 jaar LTE metingen.

Tabel 1. Gemeten potentieel voor CO₂-vastlegging in de bodem van Lange Termijn Experimenten (LTE's) voor zeven geselecteerde maatregelen op zand en klei (Koopmans *et al.*, 2021).

Maatregel	Vastlegging laag 0-30 cm (ton CO ₂ / ha/jaar)	
	Zand	Klei
Akkerbouw		
Compost toevoegen	0,5 /ton o.s. ¹	0,5-0,7 /ton o.s.
Groenbemesters inzetten	(nog) geen verschil	-
Gewasresten achterlaten ²	0,4-1,0	0,2-0,7
Meerjarige akkerranden ³	(-0,4)	0,25
Verbeteren gewasrotaties ¹	1,6	1,6
Veehouderij		
Leeftijd grasland verhogen	14-18	5,5 ¹
Mais-gras wisselteelt grasfase	5-8	-
Kruidenrijk grasland	(nog) geen verschil	(nog) geen verschil ⁴

¹ Meting uit 2019

² Op basis van kengetallen en modelberekeningen

³ Uitgaande van een 3 m rand aan één kant van een ha perceel

⁴ Uitzondering bij hoog kruidenaandeel, uitgestelde maaidatum en vaste mest; grootte wordt nog gecorrigeerd

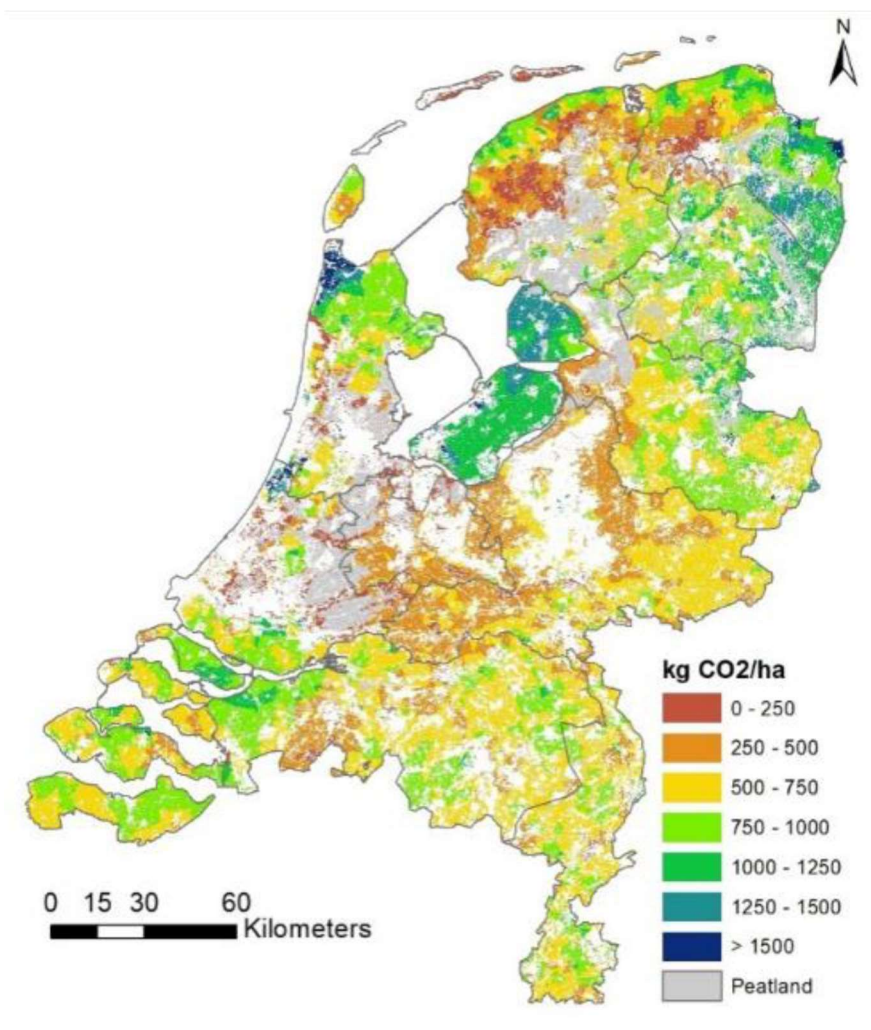
In aanvulling op het praktijkonderzoek in de LTE's hebben Lesschen *et al.* (in press) de potentiële koolstofvastlegging in de bodem voor de verschillende maatregelen modelmatig berekend met het bodemkoolstof model *RothC*¹. In deze studie is de jaarlijkse koolstofbalans berekend met en zonder maatregel en het verschil is omgerekend naar CO₂-vastlegging. Dit is gedaan op regionale schaal. De berekening heeft plaatsgevonden op basis van input data voor bodem, gewasarealen, gewasopbrengst, weerdata en bemesting voor het jaar 2017. Hierbij is 2017 als referentie jaar gebruikt omdat dit het meest recente jaar is waarvan alle benodigde data beschikbaar waren.

Resultaten uit deze studie laten zien dat de **maximale totale potentie voor koolstof vastlegging in Nederlandse minerale landbouwbodems wordt geschat op 0,9 Mton per jaar** (Lesschen *et al.*, in press). Hierbij wordt geen rekening gehouden met mogelijke reductie als gevolg van lachgasemissie en er wordt van uitgegaan dat de maatregelen worden toegepast op alle percelen die hiervoor geschikt zijn. In de veehouderij dragen maatregelen die leiden tot meer blijvend grasland, zoals het *Verhogen van de leeftijd van grasland* en *Wisselteelt mais-grasklaver* het meest bij aan CO₂-vastlegging. In de akkerbouw leveren met name het *verbeteren van de gewasrotatie met meer granen* en het *inzaaien van groenbemesters* de grootste bijdrage aan de CO₂-vastlegging. Lokaal kan de potentie hoger of lager zijn door verschillen in de bodem (o.a. organische stofgehalte) en het huidige bodembeheer.

In *Figuur 2* is de potentiële CO₂-vastlegging ook ruimtelijk weergegeven voor een combinatie van maatregelen². De meeste potentie voor CO₂-vastlegging ligt in de akkerbouwgebieden (Flevoland, Veenkoloniën en Noord-Holland) waar intensieve bouwplannen met aardappels, bollen en andere intensieve teelten veel voorkomen. Doordat in de akkerbouw vaak meerdere maatregelen te combineren zijn en het organische stofgehalte vaak lager is, is de potentiële vastlegging daardoor juist in de akkerbouw hoger dan in de veehouderij.

¹ Coleman & Jenkinson, 1996

² Het betreft hier alle maatregelen, m.u.v. de maatregel *wisselteelt mais-grasklaver*



Figuur 2. Potentiële CO₂-vastlegging (kg CO₂/ha landbouwgrond) in minerale landbouwbodems voor een combinatie van de maatregelen in Lesschen et al. (in press).

2.2 Zekerheid van de CO₂-vastlegging

Bij het beoordelen van de effectiviteit van maatregelen is het van belang inzicht te hebben in de zekerheid rondom deze effectiviteit. Hiervoor zijn de resultaten van de maximale CO₂-vastlegging op basis van modelberekeningen met *RothC* (Lesschen et al. in press) vergeleken met de resultaten uit Lange Termijn Experimenten uit Koopmans *et al.* (2019, 2020, 2021). Hierbij is het van belang te realiseren dat niet elke maatregel even uitgebreid is onderzocht in LTE's op zand- en kleibodems. Hierdoor hebben we moeten vaststellen dat voor de meeste onderzochte maatregelen de huidige zekerheid (Slier *et al.*, in press) nog aan de lage kant is. Onderzochte maatregelen waarvan meerdere jaren op rij significante CO₂-vastlegging is vastgesteld in de praktijk en waarvan de vastlegging overeen komt met de resultaten uit de modelberekeningen, zoals het *Toedienen van dierlijke mest en compost* en het *Verhogen van de leeftijd van grasland op klei*, krijgen een hoge zekerheid toebedeeld (Slier *et al.*, in press). Voor de overige maatregelen geldt dat het effect nog niet met zekerheid is vast te stellen, doordat onderbouwde resultaten uit veldmetingen ontbreken. De geplande veldmetingen in 2021 zullen eraan bijdragen om de zekerheid van het effect van de maatregelen in Nederland te vergroten.

2.3 Effecten koolstofmaatregelen op lachgasemissie

Bij de toepassing van maatregelen die potentieel positief uitwerken op de vastlegging van CO₂ kan als neveneffect een emissie van lachgas (N₂O) plaatsvinden. Een toename in lachgasemissie kan het positieve effect van CO₂-vastlegging verminderen of mogelijk zelfs tenietdoen. De mate waarin dit al dan niet plaatsvindt bepaalt de netto bijdrage aan de klimaatdoelstelling en is vooral afhankelijk van beschikbaar stikstof in de bodem, vochtgehalte en zuurstofgehalte (Slier & Velthof, 2021).

In 2019 is gestart met laboratoriumproeven naar het effect van de toepassing van maatregelen op lachgasemissies. In 2020 is dit uitgebreid met *veldexperimenten*. Er kunnen op dit moment echter nog geen kwantitatieve uitspraken gedaan worden over de uitstoot van lachgas bij de toepassing van de maatregelen, mede doordat metingen op basis van één jaar niet voldoende inzicht geven in de gemiddelde uitstoot per maatregel.

Uit de *incubatieproef* met gewasresten kan worden geconcludeerd dat het risico op N₂O-afwenteling verschilt per gewasrest en dat het effect van het onderwerken van stikstofrijke gewasresten, zoals witte kool en bladrammenas, hoog is ten opzichte van stikstofarme gewasresten, zoals tarwestro en maisstoppel. Het oppervlakkig achterlaten van stikstofrijke gewasresten leidt tot een lagere N₂O-emissies dan het inwerken. Dit is een mogelijke maatregel om N₂O-emissie uit gewasresten te verminderen.

Uit de incubatieproeven met (bewerkte) mestsoorten volgt dat het risico op N₂O-emissie hoger is bij runderdrijfmest en digestaat van varkensmest dan bij de dikke fractie van rundermest, GFT-compost en groencompost. Uit de resultaten blijkt dat verdichting voor meer dan een verdubbeling van de N₂O-emissie leidt ten opzichte van de niet verdichte bodems. Het lopende onderzoek toont dat 1) organische meststoffen met een hoge C/N-verhouding voordelig zijn om koolstof op te slaan en 2) het voorkomen van oppervlakkige bodemverdichting, de N₂O-emissie kan beperken.

Momenteel worden er veldmetingen uitgevoerd naar lachgasemissie bij diverse maatregelen: *Niet-kerende grondbewerking*, *Toevoegen compost*, *Groenbemesters/vanggewassen*. Om het effect van de CO₂-vastleggende maatregelen op de lachgasemissie te kunnen duiden is meerjarig onderzoek nodig, aangezien droge en natte periodes van grote invloed kunnen zijn op de uitstoot van lachgas.

2.4 NPL doelen

Vastlegging van CO₂ in de bodem kan naast een bijdrage aan de klimaatdoelen ook nog andere voordelen hebben voor landbouwbodems. Daarmee kan CO₂-vastlegging ook bijdragen aan de lange termijn doelen die in het Nationaal Programma Landbouwbodems (NPL) zijn vastgesteld. Deze doelen hebben te maken met bodemvruchtbaarheid, biodiversiteit, klimaatadaptatie en waterkwaliteit. Op basis van de rapporten van Van der Kolk *et al.* (2021), Hoogmoed *et al.* (2021) en Selin-Norén *et al.* (2021) is een kwalitatieve inschatting gemaakt van het effect van maatregelen op deze NPL doelen. Uit de kwalitatieve analyse blijkt dat voor zowel zand- als kleibodems er een neutraal tot positief effect is van de maatregelen op deze NPL doelen.

2.5 No-regret maatregelen

In 2020 is nagegaan of er maatregelen zijn die, nog voordat het onderzoek in Slim Landgebruik helemaal is afgerond, kunnen worden geadviseerd aan boeren, of eventueel kunnen worden opgenomen in het herziene Gemeenschappelijke Landbouwbeleid (GLB). Dergelijke maatregelen zijn aangeduid als 'No-regret' maatregelen.

No-regret maatregelen zijn bewezen effectieve maatregelen waarbij CO₂ additioneel wordt *vastgelegd* of wordt *vastgehouden* in minerale landbouwbodems. Deze maatregelen dienen verder breed toepasbaar te zijn tegen beperkte meerkosten en geen of aanvaardbare negatieve neveneffecten (uitstoot van lachgas, effect op NPL-doelen) te hebben.

Een brede set van maatregelen om CO₂ vast te leggen is beoordeeld op basis van de definitie van 'No-regret'. Deze definitie is omgezet in indicatoren waarop de maatregelen zijn beoordeeld. Uit het onderzoek blijkt dat geen van de maatregelen die zijn geanalyseerd op basis van voorlopige onderzoeksresultaten en expertkennis het stempel kan krijgen van No-regret. Ook al kan een maatregel de potentie hebben om CO₂ vast te leggen, dit wil niet zeggen dat deze maatregel ook goed toepasbaar is op het bedrijf of dat er geen neveneffecten kunnen optreden. De indicatoren geven wel een goed overzicht hoe de maatregelen scoren binnen de definitie van No-regret.

3 Haalbaarheid van het realiseren van het potentieel in de praktijk

3.1 Toepassing van maatregelen op bedrijfsniveau

Wanneer maatregelen aantoonbaar effectief zijn in het vastleggen van CO₂ in landbouwbodems, betekent dat nog niet per definitie dat maatregelen ook door boeren worden toegepast. Wil maximale CO₂-vastlegging daadwerkelijk worden gehaald in de praktijk, dan is het essentieel dat boeren die maatregelen ook daadwerkelijk toepassen op al het areaal waarop dat mogelijk is. Belangrijke overwegingen voor boeren daarbij zijn in hoeverre de maatregelen praktisch inpasbaar in de bedrijfsvoering en bedrijfseconomisch rendabel zijn. De maatregelen dienen ook een positieve bijdrage te leveren aan de bedrijfsvoering in termen van bijvoorbeeld een hogere gewasopbrengst of verbeterde bodemkwaliteit. Pas dan mag, begrijpelijkerwijs, verwacht worden dat boeren ook bereid zijn de maatregelen toe te passen. Dit is vanaf 2018 tot op heden gevolgd in de Slim Landgebruik praktijknetwerken.

Op basis van de kennis die in 2020 is opgedaan zijn een aantal aspecten van belang:

Kosten en baten bepalen de bereidwilligheid van een agrarisch ondernemer om maatregelen te nemen om CO₂ vast te leggen op zijn of haar bedrijf. Om inzichtelijk te maken welke financiële gevolgen maatregelen hebben voor agrarisch ondernemers, zijn kosten- en batenanalyses uitgevoerd in de Slim Landgebruik praktijknetwerken Veehouderij en Akkerbouw. Kosten zijn gedefinieerd als de extra kosten die een maatregel met zich meebrengt t.o.v. de referentie bedrijfsvoering / het referentie bouwplan. Baten zijn de extra opbrengsten en/of de kostenbesparingen als gevolg van het toepassen van een maatregel. De balans wordt bepaald door de kosten van de baten af te halen, dit is bepaald voor de korte termijn (1 jaar). We zien dat agrarisch ondernemers op de korte termijn kosten moeten maken om maatregelen in te passen in de bedrijfsvoering. We schatten in dat deze kosten variëren van € 50 tot € 950/ha/jaar (Koopmans en Janmaat, 2020)). Deze relatief hoge kosten zullen er in de praktijk toe leiden dat agrarisch ondernemers op een andere manier een stimulans nodig zullen hebben om ze te motiveren deze maatregelen in te passen in hun bedrijfsvoering.

Er is in 2020 ook voor twee maatregelen, *Verbeteren gewasrotaties* en *Compost toevoegen*, onderzocht hoeveel CO₂ vastgelegd kan worden per geïnvesteerde euro. Hieruit kwam naar voren dat dat er duidelijke regionale verschillen zijn, samenhangend met de (hoog salderende) gewassen die al dan niet geteeld worden. De maatregel *Toevoegen van organische mest* is in termen van kosten per ton vastgelegde koolstof financieel gezien een relatief gunstige maatregel. Kosten en baten op langere termijn zijn nog niet onderzocht, maar zijn wel van groot belang of een maatregel wel of niet wordt genomen door een boer.

Naast het belang van kosten en baten geven boeren voor een aantal maatregelen aan dat bestaande mestwetgeving in de praktijk vaak een knelpunt vormt bij de mate waarin ze het CO₂-gehalte in de bodem kunnen verhogen.

Voor alle maatregelen en overwegingen die agrarisch ondernemers maken in hun keuze om maatregelen toe te passen is het belangrijk om te realiseren dat deelnemers aan de Slim Landgebruik praktijknetwerken per definitie koplopers in de sector zijn. Koplopers zijn aanmerkelijk eerder dan de gemiddelde boer geneigd innovaties in de bedrijfsvoering door te voeren. De mate waarin maatregelen nu in de praktijknetwerken worden toegepast staat weergegeven in *Tabel 2*. Deze tabel geeft inzicht in de bereidheid van de boeren in de netwerken om maatregelen op te nemen in hun bedrijfsvoering. Er blijkt een duidelijk verschil te zijn tussen toepassing van maatregelen in de netwerken, maar ook tussen regio's. Dat zou er op kunnen duiden dat een regionale aanpak voor het stimuleren van boeren voor de hand ligt.

Sector-brede adoptie gaat echter nooit vanzelf. Voor koplopers, maar des te meer nog voor volgers in de sector, de grote middengroep, is het essentieel dat er een duidelijke meerwaarde van maatregelen voor de bedrijfsvoering is. Op basis van de huidige stand van de kennis, die zoals gezegd een tussenstand is, is het de verwachting dat er financiële en andere stimulansen nodig zullen zijn om te bereiken dat de sector in de breedte de CO₂-vastleggende maatregelen gaat inpassen in de bedrijfsvoering. Een aantal van deze stimulansen zijn in 2020 (nader) onderzocht en worden hierna toegelicht.

Tabel 2. Implementatiepercentage van de verschillende maatregelen binnen de Slim Landgebruik praktijknetwerken. De percentages geven een indicatie van hoeveel bedrijven in het praktijknetwerk een specifieke maatregel toepassen. Er zijn ca. 15 deelnemers per netwerk. Uit Koopmans & Janmaat, 2020.

Hoofdmaatregel (naar Lesschen, 2019)	Maatregel specifiek	Flevoland	Veenkoloniën	Zeeland	Brabant
Verbeteren gewasrotaties	Extensief bouwplan (>1:4)	47%	-	20%	7%
	Minstens 50% rustgewassen	27%	-	43%	21%
Niet-kerende grondbewerking (minimale grondbewerking)	Niet-kerende grondbewerking	13%	-	13%	7%
	Ondiep ploegen	73%	21%	-	21%
	Spitten	-	43%	-	7%
Dierlijke mest en compost toevoegen	Vaste dierlijke mest	60%	21%	29%	29%
	Champost	47%	-	29%	29%
	Groencompost	47%	73%	21%	29%
	GFT	-	-	-	14%
	Kunstmest vervangen door drijfmest	33%	100%	80%	100%
Gewasresten achterlaten	Stro inwerken na oogst	43%	93%	27%	50%
Vanggewas/ groenbemesters	Volgens GLB	100%	100%	100%	100%
	Extra inzaaien GLB+	13%	36%	-	64%
	Groei-duur verlengen / overwinteren groenbemester	27%	64%	67%	71%
Akkerranden/ vogelakkers		20%	14%	7%	29%

3.2 Stimulering van de toepassing van maatregelen in de praktijk

De vraag is hoe ondernemers kunnen worden gestimuleerd om CO₂-vastleggende maatregelen in hun bedrijfsvoering op te nemen. Hiervoor zijn verschillende methoden toe te passen, zoals certificering, demonstraties en voorlichting, carbon credits (emissierechten) en financiering via het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB).

3.2.1 Carbon credits

Carbon credits zou een systeem kunnen zijn om agrarische ondernemers te stimuleren CO₂ vast te leggen in hun bodem. Carbon credits, of emissierechten, maken het voor een bedrijf wettelijk inzichtelijk hoeveel CO₂ er op hun bedrijf wordt gebonden. Wanneer een bedrijf CO₂ aantoonbaar vastlegt, dat via een erkend certificaat kan aantonen en zelf geen uitstoot dient te compenseren, kan het bedrijf de daaraan gekoppelde hoeveelheid emissierechten verkopen aan een andere partij. Op deze manier kan CO₂-vastlegging een bron van inkomsten worden voor de boer en eventueel gemaakte kosten van CO₂-vastleggende maatregelen compenseren.

Op dit moment lopen in Nederland een aantal initiatieven op het gebied van carbon credits. Deze initiatieven, die in het kader van Slim Landgebruik zijn geanalyseerd (Rougoo *et al.*, 2021) zijn heel divers zijn in hun aanpak, systematiek en

omvang. We zien grotere en kleinere initiatieven met een eigen aanpak en vaak ook met andere doelen dan alleen CO₂-vastlegging. Soms was het initiatief volledig gericht op CO₂-vastlegging, soms was dit een nevendoeel.

Initiatieven noemen CO₂-vastlegging als verdienmodel, maar kunnen dit nog niet voldoende handen en voeten geven. De maatregelen zijn vaak niet helder genoeg gedefinieerd. Daarbij is het ook van groot belang dat maatregelen langjarig worden genomen. De initiatieven die nu specifiek voor CO₂-vastlegging lopen kennen geen langjarige verplichting of hebben een looptijd tot maximaal 5 jaar. Landelijke sturing, met daarbij een overzicht van eisen aan maatregelen, inclusief eisen om afwenteling te voorkomen, ontbreekt op dit moment.

Vanuit Slim Landgebruik is in 2020 de methodologie carbon credits blijvend grasland opgesteld. Wanneer melkveehouders die methodologie volgen kan zeker worden gesteld dat de aangepaste bedrijfsvoering ook daadwerkelijk bijdraagt aan CO₂-vastlegging. De methodologie sluit aan op carbon credits methodologieën die internationaal ontwikkeld worden. De door Slim Landgebruik ontwikkelde methodologie is goedgekeurd en vastgesteld door de Stichting Nationale Koolstofmarkt. Daarmee zijn de randvoorwaarden beschikbaar waarmee melkveehouders aan de slag kunnen. Deze methodiek omvat *technische eisen waar aan moet worden voldaan* om te bewijzen dat 1 ton koolstof in grasland voor minimaal 10 jaar is vastgelegd.

Naast de technische eisen waaraan de melkveehouder dient te voldoen is een *organisatiestructuur* noodzakelijk waarmee een groep boeren in de praktijk aan de slag kan gaan. Hier wordt in 2021 verder aan gewerkt. Wanneer ook deze organisatiestructuur is ontwikkeld, kunnen groepen melkveehouders aantoonbaar CO₂ vastleggen, daar carbon credits voor krijgen, en deze verhandelen.

3.2.2 GLB

Een andere mogelijkheid om boeren te stimuleren om maatregelen te nemen voor CO₂ vastlegging, is om deze maatregelen op te nemen in het nieuwe Gemeenschappelijke Landbouwbeleid (GLB). Er komt in het nieuwe GLB een top-up op de basispremie in de vorm van een (vrijwillige) vergroeningspremie, de zogenaamde Eco-regeling. Daarin komt er een lijst met 20 maatregelen waaruit agrarische ondernemers kunnen kiezen. Elke maatregel levert de ondernemer punten op. Wanneer hij een minimumaantal punten heeft, komt hij in aanmerking voor de vergroeningspremie. De maatregelen worden gewaardeerd op de doelen van het GLB: klimaat, bodem, waterkwaliteit, biodiversiteit en landschap. Voor klimaat is het van belang dat op jaarbasis de koolstofbalans positief is. Ondernemers kunnen dit op verschillende manieren realiseren via bodembeheer, bouwplannen en bemestingsplannen.

De randvoorwaarden en het Programma van Eisen voor CO₂-vastleggende maatregelen binnen het GLB zijn in 2020 door Slim Landgebruik opgesteld (Dijkman *et al.*, 2021). Deze zijn van belang om zeker te stellen dat de maatregelen goed passen binnen de systematiek van het GLB. Op basis van de randvoorwaarden en het Programma van Eisen is de conclusie getrokken dat de *keuze van gewassen* de meest logische maatregel is om in te zetten als CO₂-vastleggende maatregel in het GLB. De keuze van bemestingsstrategie, de op een na meest logische keuze vanuit CO₂-vastlegging, was niet realistisch vanwege de complexe controle systematiek die nodig zou zijn. Bovendien zou de Europese Commissie het moeilijk kunnen accepteren als Nederland met een gevoelig mestdossier een bemestingsstrategie gaat waarderen in de Eco-regeling.

De gewasselectie is gebaseerd op de waarde voor Effectieve Organische Stof (minimaal 1300 kg EOS/ha). Als gevolg hiervan zijn rustgewassen, waarvoor er niet wordt gerooid tijdens de oogst, het meest geschikt om op te nemen in de Eco-regeling.

3.3 Praktijktool voor CO₂-vastlegging

Naast financiële stimulansen zoals via carbon credits en het GLB, worden agrarisch ondernemers gemotiveerd wanneer ze inzicht krijgen in het effect van de maatregelen die zij nemen op het organische stofgehalte in hun percelen (Hendriks *et al.*, 2021). Omdat veranderingen in de gehalten aan koolstof in de bodem pas na jaren zichtbaar worden in bodemanalyses, zijn jaarlijkse veldmetingen niet het meest geschikte instrument voor een ondernemer. Voor de opzet van de praktijk is gebruik gemaakt van interviews met agrarische ondernemers. Hierin gaven zij aan dat het voor hen belangrijk is inzicht te hebben in hun koolstofbalans op perceels- en bedrijfsniveau.

Daarom wordt binnen Slim Landgebruik gewerkt aan een praktijktool die de keuzes en effecten van het al dan niet toepassen van een bepaalde maatregel inzichtelijk maakt (Hendriks *et al.*, 2021). Deze praktijktool geeft 1) inzicht in de huidige koolstofbalans op perceels- en bedrijfsniveau, en 2) berekent het effect van bodemkoolstofmaatregelen op de koolstofbalans waardoor de bijdrage aan de lange-termijn CO₂-vastlegging in de bodem bepaald kan worden. In 2020 is er o.a. met de sector gesproken over waar de praktijktool aan moet voldoen, waarna deze is uitgewerkt in een conceptuele versie. In 2021 wordt deze tool verder ontwikkeld en kenbaar gemaakt bij agrarisch adviseurs en de sector. De tool moet ondernemers stimuleren om maatregelen te nemen om CO₂ op hun bedrijf vast te leggen in de bodem. Het ligt voor de hand dat de tool onderdeel wordt van het systeem voor carbon credits.

4 Zijn we op koers voor 0,5 Mton koolstofvastlegging per jaar in 2030?

Op basis van de resultaten die binnen Slim Landgebruik 2020 zijn bereikt kunnen we vaststellen dat het in potentie mogelijk is om de doelstelling van 0,5 Mton voor 2030 te halen. Uit het onderzoek blijkt dat door maatregelen te nemen om CO₂ vast te leggen in de bodem er een overwegend positief effect is op de overige NPL thema's (bodemvruchtbaarheid, biodiversiteit, klimaatadaptatie en waterkwaliteit).

Er kunnen wel een aantal kanttekeningen worden geplaatst bij het halen van de klimaatdoelen. Enerzijds omdat er nog onvoldoende zekerheid is op basis van de Lange Termijn Experimenten over de effectiviteit van maatregelen in de praktijk. Slechts een aantal maatregelen die 3 jaar lang zijn gevolgd in de LTE's lieten jaarlijks een significant positief effect zien (*verhogen leeftijd grasland* en *toedienen meststoffen*, beiden op kleigronden). De andere kanttekening is dat een aantal mee-koppelende effecten zoals de emissie van lachgas en NPL doelen nog niet voldoende gekwantificeerd zijn. In onderstaande tabellen staat voor zand- en kleigrond weergegeven wat per maatregel haalbaar is.

Het onderzoek naar de kosten en baten laat zien dat de maatregelen over het algemeen op korte termijn (1 jaar) extra financiële lasten met zich meebrengen. Hoe het zit met kosten en baten op langere termijn is op dit moment nog niet duidelijk. Maar de extra kosten op korte termijn kunnen voor boeren een belemmering zijn om bepaalde maatregelen toe te passen. Inzicht in kosten en baten op langere termijn en financiële of andere stimulansen zullen daarom van belang zijn om de potentiële vastlegging ook daadwerkelijk in de praktijk te realiseren.

In 2020 is een start gemaakt met het verkennen en volgen van methodes die boeren kunnen stimuleren om maatregelen in de praktijk toe te passen. Een systeem voor carbon credits is veelbelovend, maar staat nog in de kinderschoenen. Als eerste is gestart met het ontwikkelen van een methodiek voor het certificeren van carbon credits voor de maatregel *Leeftijd grasland verhogen*. Inmiddels is deze methodiek gecertificeerd door het SNK (Stichting Nederlandse Koolstofmarkt). Het lijkt logisch dat in de verschillende systemen voor carbon credits de praktijktool een rol zal krijgen bij het inschatten van het effect van een maatregel op bedrijfsniveau.

Tabel 3. Maximaal haalbare CO₂-vastlegging per hectare per jaar, areaal waarop betreffende maatregel theoretisch toegepast kan worden (Implementatie), realistisch maximaal haalbare CO₂-vastlegging per jaar voor heel Nederland, mate van zekerheid van de CO₂-vastlegging, lachgas (N₂O) emissie, mee-koppelend effect op NPL bodemfuncties en kosten en baten van de onderzochte maatregelen voor zandgronden en kleigronden (Slier et al., in press).

Effect op zandgronden										
Maatregel	Max. CO ₂ -vastlegging ¹	Implementatie	Potentiële CO ₂ -vastlegging	Zekerheid CO ₂ -vastlegging	Reductie N ₂ O emissie	Bodemfuncties				Kosten en baten balans
	kg CO ₂ /ha/jaar	x1000 ha	kton CO ₂ /jaar	■	+/-	Bodemvruchtbaarheid	Bodem-biodiversiteit	Klimaatadaptatie	Waterkwaliteit	€/ha/jaar
Leeftijd grasland verhogen	2550	88	224	■	-/+	0/- *	0/+ *	+/- °	+	-€ 50 € 50
Wisselteelt mais-grasklaver (60-20-20)	2090	53	112	■	-/+	+	+	0/+	+	€ 150 € 200
Verbeteren gewasrotatie	1860	32	60	■	+	0 *	0/+ *	+/- °	+	-€ 400 -€ 350
Dierlijke mest en compost toevoegen	65	955	59	■	-/0	0 *	0 °	0/+	0 °	-€ 950 -€ 200
Groenbemesters/vangewassen	830	63	52	■	-/+	0/+ *	0 °	+	0 °	-€ 200 -€ 150
Gewasresten achterlaten	330	34	11	■	-/+	+	+	0/+	+/-	-€ 450 -€ 400
Vogelakkers	1650	2	3	□	0/+	+/-	+	0	+	€ 50 € 100
Niet-kerende grondbewerking	0	-	0	■■■ ²	-/+	0 *	0 *	0/+ °	0/+ *	-€ 100 -€ 50
Kruidenrijk grasland	0	-	0	□	0/+	0/+	+	0	0/+	-€ 50 € 0
Akkerranden	-170	6	-1	■	0/+	0/+	+	0	+	-€ 50 € 50
Agroforestry	NB	NB	NB	NB	+	+	+	+	+	NB NB

¹Op basis van modelberekeningen uit Lesschen et al. (in press)

²Op basis van literatuuronderzoek (Lesschen et al. in press) en metingen (Koopmans et al. 2019; Koopmans et al. 2020), waarbij het effect van de maatregel uitblijft.

Effect op kleigronden

Maatregel	Max. CO ₂ -vastlegging ¹	Implementatie	Potentiële CO ₂ -vastlegging	Zekerheid CO ₂ -vastlegging	Reductie N ₂ O emissie	Bodemfuncties				Kosten en baten balans	
	kg CO ₂ /ha/jaar	x1000 ha	kton CO ₂ /jaar	■	+/-	Bodemvruchtbaarheid	Bodem-biodiversiteit	Klimaatadaptatie	Waterkwaliteit	€/ha/jaar	
Groenbemesters/vanggewassen	1440	89	128	□	-/+	+	+ °	+ °	+/-	-€ 200	-€ 150
Verbeteren gewasrotatie	3250	35	113	■	+	0/+ •	+ •	+/- °	+	-€ 350	-€ 300
Dierlijke mest en compost toevoegen	85	1150	102	■■■	-/0	0/+ •	0/+ •	0/+ •	+/-	-€ 950	-€ 200
Leeftijd grasland verhogen	1590	51	82	■■■	-/+	0 •	0/+ •	+ •	+	-€ 50	€ 50
Gewasresten achterlaten	660	114	76	■■	-/+	+	+	0/+	+/-	-€ 500	-€ 450
Wisselteelt mais-grasklaver (60-20-20)	1450	24	34	□	-/+	+	+	0/+	+	NB	NB
Vogelakkers	1300	3	4	□	0/+	+/-	+	0	+	€ 0	€ 50
Niet-kerende grondbewerking	0	-	0	■■■ ²	-/+	0 •	0/+ •	0/+ °	+ °	€ 0	€ 50
Kruidenrijk grasland	0	-	0	□	0/+	0/+	+	0	0/+	NB	NB
Akkerranden	-70	8	-1	■	0/+	0/+	+	0	+	-€ 50	€ 50
Agroforestry	NB	NB	NB	NB	+	+	+	+	+	NB	NB

¹Op basis van modelberekeningen uit Lesschen et al. (in press)

²Op basis van literatuuronderzoek (Lesschen et al. in press) en metingen (Koopmans et al. 2019; Koopmans et al. 2020), waarbij het effect van de maatregel uitblijft.

Zekerheid v.d. CO₂-vastlegging

- 3 jaren significant effect gemeten, vallend in range van modelresultaten
- 2 jaren significant effect gemeten, vallend in range van modelresultaten
- 1 jaar significant effect gemeten, vallend in range van modelresultaten
- geen significant effect gemeten; of resultaten metingen en model komen niet overeen
- enkel data beschikbaar uit model óf LTE metingen, geen vergelijking mogelijk
- NB Niet bekend

Lachgas (N₂O) emissies en bodemfuncties

- + Afname in emissie/positief effect op bodemfunctie |- 0/+ Geen tot lichte afname in emissie/geen tot licht positief effect op bodemfunctie |- /+ Wisselend effect op emissie/bodemfunctie |- 0 Geen effect op emissie/bodemfunctie |- /0 Geen tot lichte toename in emissie/geen tot licht negatief effect op bodemfunctie |- Toename in emissie/negatief effect op bodemfunctie |

- Beoordeling gebaseerd op kwantitatief onderbouwde resultaten
- ° Beoordeling gebaseerd op visuele waarnemingen of nog niet nader onderbouwde resultaten

Geen teken = gebaseerd op expert kennis

Annex 1 - Literatuurlijst

- Coleman, K., & Jenkinson, D. S. (1996). RothC-26.3-A Model for the turnover of carbon in soil. In *Evaluation of soil organic matter models* (pp. 237-246). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Dijkman, W., Venema, G., Staps, S., Elbersen, B. (2021). GLB voor Klimaat: voorstel voor maatregelen voor de Ecoregeling op te nemen in het GLB (2023 –2027). CLM Onderzoek & Advies BV, Wageningen Economic Research, Louis Bolk Instituut, Wageningen Environmental Research.
- Hendriks, C., Lesschen, J.P., Timmermans, B., Hanegraaf, M., Cruijisen, J. (2021). Tussentijdse rapportage Praktijktool Bodem C.
- Hoogmoed, M., Timmermans, B., Bloem, J., van Asperen, P., Cruijisen, J., de Haan, J., Norén, I.S., Slier, T., Wagenaar, J.P., Elsen, A., Martens, S., & Koopmans, C. (2021). Verschillen in bodemkwaliteit door koolstofmaatregelen: In beeld gebracht aan de hand van de BLN-indicatorset. Louis Bolk Instituut, Bunnik.
- Koopmans, C.J., B. Timmermans, J.P. Wagenaar, J.P. van 't Hull, M.C. Hanegraaf en J.J. de Haan (2019). Evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof: Resultaten uit Lange Termijn Experimenten (LTE's): voortgangsrapportage 2019. Louis Bolk Instituut en Wageningen Research, 54 p.
- Koopmans, C.J. & L. Janmaat (2020). Bodem en Klimaat Netwerk –Akkerbouw. Voortgangsrapportage 2020 (2020). Louis Bolk Instituut, Wageningen UR, ZLTO. 48p.
- Koopmans, C.J., Timmermans, B., de Haan, J., van Opheusden M., Selin Norén, I., Slier, T., Wagenaar, J.P. (2020). Evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof in minerale gronden 2019-2023: voortgangsrapportage 2020. Louis Bolk Instituut en Wageningen Research, 35 p.
- Koopmans, C.J., Timmermans, B.G.H., Hoogmoed, M., Heupink, D., Cruijisen, 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 en Wageningen Research, 48 p.
- Lesschen, J.P., Hendriks, C.H., Slier, T., Porre, R.J., Velthof, G.L., Rietra, R., in press. De potentie voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw. Wageningen, Wageningen Environmental Research.
- Rougoor, C., Staps, S., Keuper, D., Heesmans, H. (2021). Incentives voor bodem-C: beoordeling van instrumenten en ervaringen van praktijkpilots. CLM Onderzoek & Advies BV, Louis Bolk Instituut en Wageningen Environmental Research.
- Selin-Norén, I., Verstand, D., & de Haan, J. (2021). Effecten van bodemmaatregelen op bodemfuncties en bodemkwaliteit: integrale analyse van de resultaten uit de PPS Beter Bodembeheer en eerste vertaalslag naar praktische boodschappen (No. WPR-856). Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research (WPR), Business unit Open Teelten.
- Slier, T., & Velthof, G., (2021). 30 vragen en antwoorden over lachgasemissies uit landbouwgronden. Wageningen, Wageningen Environmental Research.
- Slier, T., Lesschen, J.P., Stout, B., Porre, R., Agricola, H., De Haan, J., Koopmans, C.J. (in press). CO₂Bodem Factsheet. Wageningen Research en Louis Bolk Instituut.
- Van der Kolk, J., Agricola, H., te Pas, E., Slier, T., Smit, B., & Staps, S. (2021). No-regret maatregelen voor het vastleggen van koolstof in minerale landbouwbodems: Een verkennende studie. Wageningen, Wageningen Environmental Research.

Annex 2 - Overzicht van de projecten in 2020

Project nr. 2018	Projectnaam 2018	Project nr. 2019	Projectnaam 2019	Project nr. 2020	Projectnaam 2020
0.0	Rapportage systeem LULUCF				
1.2	Monitoringsstrategie			C1	Ontwikkeling en implementatie methodiek voor Emissieregistratie
1.3	Veranderingen C-voorraad NL	1	Bodemkoolstofgehalte en bodemkwaliteit in NL	C3	Naar een robuust meetnet voor monitoring koolstofvoorraad in de bodem (CC-NL) 2020
1.4	Bodem C metingen met NIR				
1.5	Meetinstrumentarium N ₂ O				
1.7	Ontsluiting van reeds verzamelde data				
2.1	Selectiecriteria en selectie pilots				
2.2	Demonstratie en pilots				
2.2a	<i>Lange Termijn Experimenten</i>	2	Lange Termijn Experimenten	A1	Evaluatie van de effectiviteit van koolstof vastleggende maatregelen
2.2b	<i>Paraplu Akkerbouw</i>	3	Netwerken Akkerbouw	B1	Netwerk Akkerbouw
2.2c	<i>Paraplu Veehouderij</i>	4	Netwerken Veeteelt	B2	Netwerk Veehouderij
2.2e	<i>PPS duurzame bodem</i>				
3.1	Ontwikkeling praktijkmodel			C2	Praktijktool koolstofbalans
3.2	Incentives bodem C beheer			D1	Stimuleren implementatie van maatregelen bij boeren
3.3	Lesmodule HBO/MBO	6	Lesmodule AERES	E3	Lesmodule Aeres
3.4	Communicatiestrategie en -middelen			E1	Communicatie
3.7	Een Duik in de Bodem: Jongeren wegwijs maken met bodem en klimaat	7	Kennisverspreiding NJAK		
3.9	Notenteelt - Agroforestry				
4.4	EJP (proposal voor H2020) Agricultural Soil Management and Climate (2019 – 2023)				
4.5	Integrale benadering en relatie met beleidsterreinen beyond climate (alleen aanzet in 2018)				
		5	Bepaling afwenteling naar lachgasemissie	A2	Afwentling naar lachgas
		8	Boer bij Kennis (AEQUATOR)	E2	Boer bij Kennis
		9	Bodemverdichting (COSUN)	E4	Beperking Bodemverdichting Bieten(oogst)
				A3	No-regret maatregelen voor klimaatdoelen
				D2	Verkenning aansluiting van maatregelen en activiteiten bij toekomstig GLB
				F1	Update tabel Lesschen en monitoring van effectiviteit van gevoerd beleid
				F2	Data management