

Slim
Landgebruik

Potentie voor koolstofvastlegging in minerale landbouwbodems in de Nederlandse provincies

Thalisa Slier, Yanjiao Mi-Gegotek & Jan Peter Lesschen

Colofon

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research met subsidie van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend Programma Slim Landgebruik (BO-43-106-021).

Oktober, 2023

Contact: thalisa.slier@wur.nl

Slier, T., Mi-Gegotek, Y., Lesschen, J.P. (2023). Potentie voor koolstofvastlegging in minerale landbouwbodems in de Nederlandse provincies. Wageningen Environmental Research, Wageningen.

Samenvatting

In het kader van het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG) zijn alle Nederlandse provincies gevraagd een gebiedsprogramma aan te leveren. Het doel van het NPLG is het samenbrengen van de belangen van de boeren, natuur, water en klimaat met het oog op een vitaal platteland, waarbij hoofdpijlers in het NPLG natuur, water en klimaat zijn. Een onderdeel van de gebiedsprogramma's zijn plannen voor het behalen van klimaatdoelen. Om provincies handvatten te geven voor het invullen van de klimaataanpak, biedt deze studie een eerste inzicht in de mogelijkheden van maatregelen voor het vastleggen van CO₂ in minerale landbouwbodems.

Voor het bepalen van de provinciale potentie voor koolstofvastlegging in minerale landbouwbodems is gebruik gemaakt van het model MITERRA-NL, waarin het RothC-model is ingebouwd. Dit is een dynamisch model dat de koolstofdynamiek in minerale bodems kan simuleren (Coleman and Jenkinson, 2014), waarbij rekening gehouden wordt met de effecten van bodemtype, temperatuur, vochtgehalte en bodembedekking op de afbraak van organische koolstof. De maatregelen die met het model zijn doorgerekend zijn als volgt (Slier et al., 2022):

- Aanpassen gewasrotatie
- Meer blijvend grasland
- Wisselteelt mais-grasklaver
- Extra vaste mest
- Extra compost
- Groenbemesters/Vanggewassen
- Achterlaten gewasresten
- Akkerranden
- Vogelakkers

Voor iedere provincie is bepaald wat de realistische potentiële CO₂-vastlegging is en in welke mate de verschillende maatregelen daar aan bijdragen. Met behulp van geografische kaarten is inzichtelijk gemaakt waar in de provincie de grootste vastlegging kan worden gerealiseerd voor de drie maatregelen met de hoogste potentie. De maatregelen die over het algemeen het meeste bijdragen aan de potentie voor CO₂-vastlegging zijn meer blijvend grasland voor de grasland-gedomineerde provincies, groenbemesters/vanggewassen en het aanpassen van de gewasrotatie voor de akkerbouw-gedomineerde provincies. De verschillen in CO₂-vastlegging tussen de provincies kunnen groot zijn, dit is o.a. te verklaren door het dominerende bodemtype en de verhouding tussen grasland en bouwland.

Inhoudsopgave

<u>Inleiding</u>	5
<u>Methode</u>	6
<u>Resultaten</u>	9
<u>Noord-Holland</u>	10
<u>Zuid-Holland</u>	12
<u>Zeeland</u>	14
<u>Flevoland</u>	16
<u>Utrecht</u>	18
<u>Friesland</u>	20
<u>Groningen</u>	22
<u>Drenthe</u>	24
<u>Overijssel</u>	26
<u>Gelderland</u>	28
<u>Noord-Brabant</u>	30
<u>Limburg</u>	32
<u>Discussie en conclusie</u>	34
<u>Referenties</u>	37

Inleiding

Aanleiding

Op 1 juli 2023 hebben alle Nederlandse provincies een gebiedsprogramma aangeleverd in het kader van het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG). Het doel van het NPLG is het samenbrengen van de belangen van de boeren, natuur, water en klimaat met het oog op een vitaal platteland¹, waarbij hoofdpijlers in het NPLG natuur, water en klimaat zijn. Voor landbouw en landgebruik in relatie tot klimaat zijn de internationale klimaatafspraken, de Europese klimaatwetgeving, de nationale Klimaatwet en het Klimaatakkoord bepalend voor de opgave. Deze opgave is in het coalitieakkoord nog eens aangescherpt. In het kader van het NPLG zullen de emissiereductiedoelen voor landbouw en landgebruik verder worden uitgewerkt op provinciaal niveau.

Doel

In het kader van het NPLG heeft iedere provincie een gebiedsprogramma moeten opleveren om o.a. te voldoen aan de klimaatopgaven die er liggen. In sommige gevallen is de precieze invulling om te komen tot de klimaatdoelen nog niet volledig duidelijk. Deze studie biedt een eerste inzicht in de mogelijkheden van koolstofvastlegging op provinciaal niveau in minerale bodems. Het doel van deze studie is daarmee om per provincie de potentie van koolstofmaatregelen te bepalen. De uitkomsten kunnen de eerste handvatten bieden voor provincies bij de verdere uitwerking van de gebiedsprogramma's.

Leeswijzer

In dit rapport wordt per provincie beschreven welke mogelijkheden er voor handen zijn voor koolstofvastlegging in minerale landbouwbodems. In het hoofdstuk Methode wordt de methode voor het bepalen van de potentiële vastlegging per maatregel op provinciaal niveau toegelicht. Daarna volgen per provincie de resultaten voor de potentie van koolstofvastlegging. Voor de drie maatregelen met de meeste potentie is dit ook weergegeven in een geografische kaart, om de ruimtelijke verdeling van de potentiële vastlegging inzichtelijk te maken. In hoofdstuk Discussie en Conclusie volgt vervolgens een korte discussie over de resultaten en de beperkingen van de studie.



¹<https://open.overheid.nl/repository/ronl-957152a40e305ec279cee2f0104e86013339b9c1/1/pdf/startnotitie-nplg-10-juni-2022.pdf>

Methode

Aanpak

Voor het bepalen van de provinciale potentie voor koolstofvastlegging in minerale landbouwbodems is gebruik gemaakt van het model MITERRA-NL, waarin het RothC-model is ingebouwd. Het RothC-model is een dynamisch model dat de koolstofdynamiek in minerale bodems kan simuleren (Coleman & Jenkinson, 2014), waarbij rekening gehouden wordt met de effecten van bodemtype, temperatuur, vochtgehalte en bodembedekking op de afbraak van organische koolstof. In het model wordt de koolstof verdeeld over vijf koolstof compartimenten/pools die elk een specifieke afbraakcoëfficiënt hebben. Tijdstappen van één maand worden gebruikt om veranderingen in de organische koolstofvoorraad te berekenen op een tijdschaal van één jaar tot eeuwen. Het RothC-model is ontwikkeld voor het simuleren van één perceel, maar de rekenregels zijn in principe schaalonafhankelijk. Daarom is ervoor gekozen om het model in te bouwen in het MITERRA-NL emissiemodel. Dit is een emissiemodel voor de Nederlandse landbouw dat rekent op postcode 4 niveau (Lesschen et al., 2011). Voor het bepalen van de potentie van koolstofvastlegging door het nemen van maatregelen wordt er een vergelijking gemaakt tussen de jaarlijkse koolstofbalans waarbij geen maatregelen worden toegepast, de zogenaamde baseline, en de jaarlijkse koolstofbalans waarbij maatregelen wel worden toegepast. Het verschil wordt vervolgens omgerekend naar CO₂-vastlegging. In Lesschen et al. (2021) staat een uitgebreide beschrijving van de methode. De koolstofbalans wordt per postcode 4 niveau bepaald en vervolgens geaggregeerd naar provinciaal niveau.

Invoer data

Invoergegevens voor het model betreffen klimaatgegevens (KNMI), bodemgegevens (van Tol-Leenders et al., 2019), aanvoer van koolstof uit gewasresten (Wenum et al., 2013; Lesschen et al., 2020), aanvoer van koolstof uit organische meststoffen (Lesschen et al., 2011) en aanvoer van koolstof uit groenbemesters/vangewassen (Norén et al., 2021). Voor de opschaling in het MITERRA-NL model wordt daarnaast gebruik gemaakt van statistische data van gewasarealen uit Basis Registratie Percelen (BRP), dieraantallen, gewasopbrengst en kunstmestconsumptie uit CBS. Voor de klimaatgegevens en statistische data is gebruik gemaakt van gegevens uit 2021, het basisjaar. In Lesschen et al. (2021) staat een uitgebreide beschrijving van de invoergegevens en de herkomst daarvan.

Parametrisatie van maatregelen

Voor negen maatregelen is met behulp van modellering bepaald hoeveel deze kunnen bijdragen aan koolstofvastlegging in Nederland. In Lesschen et al. (2021) en Slier et al. (2022) is uitgebreid beschreven hoe deze maatregelen zijn geparаметriseerd. In 2023 is een vergelijkbaar onderzoek naar de provinciale potentie voor koolstofvastlegging uitgevoerd door Herbert et al. Deze studie is uitgevoerd op basis van dezelfde data. Herbert et al. (2023) werkt een viertal scenario's uit, een effectiviteitscase en een best-case, en met een lage implementatiegraad en een hoge implementatiegraad. Kleine verschillen in de resultaten kunnen worden verklaard door verschil in aannames tussen Herbert et al. (2023) en deze studie en het feit dat Herbert et al. (2023) onderscheid maakt tussen vastlegging op zand en kleibodems, terwijl dat onderscheidt in deze studie niet is gemaakt. Wanneer aannames verschillen is dat hieronder bij de betreffende maatregelen toegelicht.

Aanpassen gewasrotatie

Om koolstofvastlegging te bevorderen zijn er vele verschillende gewasrotaties mogelijk. Over het algemeen draagt extensivering van het bouwplan met minder rooigewassen bij aan extra koolstofvastlegging. Bij de extensivering worden minder intensieve gewassen geteeld en meer rustgewassen. Voor de modellering is gekozen om de intensieve rooigewassen (aardappel, suikerbiet, uien en bollen) te vervangen door rustgewassen, waarbij is gekozen voor wintertarwe, het meest voorkomende graangewas in Nederland. Het aandeel rustgewassen wordt per postcode 4-gebied naar 50% gebracht van het bouwplan. In gebieden waar het aandeel rustgewassen al 50% of hoger is, vindt er geen verandering van het bouwplan plaats. Herbert et al. (2023) is per provincie bepaald of het realistisch is om tot een bouwplan te komen met 50% graan, uitgaande van het huidige bouwplan. Dit heeft ertoe geleid dat voor sommige provincies de doelstelling naar beneden is bijgesteld, met name voor teelten op zandgrond.

Meer blijvend grasland

De maatregel meer blijvend grasland komt voort uit het plan voor grondgebonden melkveehouderij, waarbij elk melkveehouderijbedrijf in 2025 minimaal 65% van de eiwitbehoefte op eigen grond of via buurtcontracten (indirect) moet telen. Gras bevat een hoger aandeel eiwit dan snijmais, waardoor de verwachting is dat er een verschuiving plaats zal vinden naar meer grasland en minder snijmais. Uitgaande van het advies van 65% eiwitbehoefte van het eigen land betekent dit een afname van 40% van het areaal snijmais (gebaseerd op Advies grondgebondenheid melkveehouderij). Voor de modellering is aangenomen dat per postcode 4-gebied 40% van het snijmaisareaal wordt vervangen door blijvend grasland. Tegelijkertijd is er ook aangenomen dat 40% van het areaal tijdelijk grasland wordt omgezet naar blijvend grasland, aangezien het tijdelijk grasland niet meer hoeft te roteren met snijmais. Herbert et al. (2023) heeft een correctie gemaakt voor deze maatregel door de potentie te verminderen met de potentie voor Wisselteelt mais-grasklaver, aangezien hier anders een dubbeltelling ontstaat. In deze studie willen we per maatregel de totale potentie weergeven, dus is deze correctie enkel gemaakt bij het bepalen van de realistische combinatie. Herbert et al. (2023) heeft ook de maatregel Leeftijd grasland verhoogd meegenomen in de analyse, welke voortborduurde op de maatregel Meer blijvend grasland door te kijken naar de impact van het minder frequent scheuren van het grasland. In deze studie is ervoor gekozen deze maatregel niet mee te nemen, omdat onderbouwende data over het effect van scheuren nog onvoldoende zijn onderbouwd.

Wisselteelt mais-grasklaver

De maatregel wisselteelt mais-grasklaver, ook wel de 60-20-20 regel (van Eekeren et al., 2007) is van toepassing op melkveehouders met zowel grasland als bouwland met snijmais. 60-20-20 staat voor 60% blijvend grasland en een rotatie van 3 jaar 20% snijmais en 3 jaar 20% tijdelijk grasland, bij voorkeur klaverrijk. Op postcode 4-niveau wordt het areaal tijdelijk grasland en snijmais vervangen door blijvend grasland, wanneer het percentage blijvend grasland lager is dan 60%.

Extra vaste mest

Voor het toepassen van deze maatregel wordt aangenomen dat er extra vast mest beschikbaar komt in Nederland. De extra vaste mest wordt beschikbaar gemaakt via 1) nieuwe stalsystemen waarbij vaste mest het resultaat is van mestscheiding bij de bron en 2) een beperking van de export van (verwerkte) runder- en varkensmest. Hierbij is de aanname gedaan dat dit kan worden toegepast op 25% van de huidige export van runder- en varkensmest. Dit zou neerkomen op een hoeveelheid van 115 kton extra koolstof in Nederland die via de vaste mest naar de bodem gebracht kan worden.

Extra compost

In Nederland wordt jaarlijks ongeveer 1800 kton compost geproduceerd, waarvan 500 kton gft-compost en 1300 kton groencompost. De landbouw ontvangt jaarlijks 75% van de gft-compost en 50% van de groencompost (BVOR, 2017). Voor het aanwenden van extra compost is de aanname gedaan dat het aandeel compost dat naar de landbouw toe gaat, verhoogd wordt naar 87,5% gft-compost en 75% groencompost. Omgerekend komt dit neer op een extra hoeveelheid compost van 387 kton. Om daadwerkelijk extra koolstofvastlegging te bewerkstelligen is het wel van belang dat de extra compost beschikbaar komt door een hogere productie van compost en niet via een verschuiving van de toepassing (Slier et al., 2022).

Groenbemesters/vanggewassen

Het aandeel groenbemesters en vanggewassen is in Nederland al vrij hoog, deels door de wettelijke verplichting hiertoe na de teelt van mais op zandgronden. Door ook groenbemesters/vanggewassen te telen na andere gewassen wordt extra biomassa gecreëerd en daarmee extra koolstof aangevoerd. De hoeveelheid koolstof die kan worden vastgelegd is daarbij afhankelijk van het soort groenbemester/vanggewas en de zaaitijd. Voor de modellering is bepaald na welke gewassen een groenbemester mogelijk is en of dit gewas vroeg of laat wordt geoogst. Daarnaast is per gewas een inschatting gemaakt van de slagingskans van de groenbemester. Op basis van kengetallen over de effectieve organische stof van groenbemesters (Selin Norén et al., 2021) en de humificatiecoëfficiënt is de gemiddelde C input per groenbemester afgeleid. De gemiddelde C-aanvoer voor vroeg ingezaaide groenbemesters komt daarbij op 2900 kg C/ha. Voor laat ingezaaide groenbemesters wordt gerekend met een aanvoer van 1100 kg C/ha.

Achterlaten gewasresten

In Nederland wordt het grootste deel van de gewasresten achtergelaten op het land. Bij graangewassen wordt een aanzienlijk deel van de gewasresten echter afgevoerd, namelijk 62% van tarwestro en 43% van gerststro (op basis van informatie uit het Bedrijven Informatienet (BIN)). Voor overige strogewassen is deze informatie niet beschikbaar en is de aanname gemaakt dat 25% van het stro van korrelmais wordt afgevoerd en 50% van de overige strogewassen. Bij de modellering van deze maatregel is de aanname gedaan dat er geen stro meer wordt afgevoerd en dat dus al het stro achterblijft op het land. Onderzoek toont wel aan dat de potentiële koolstofvastlegging door het achterlaten van stroresten leidt tot een overschatting, aangezien stro in veel gevallen ook indirect op het land terecht komt en dan alsnog tot vastlegging kan leiden (Slier et al., 2022). Herbert et al. (2023) doet tevens de aanname dat ook al het stro over het extra areaal graangewassen (volgend uit de maatregel Aanpassen gewasrotatie) wordt achtergelaten. In deze studie doen we deze aanname niet en gaan we enkel uit van het huidige areaal graangewassen.

Akkerranden

Voor het doorrekenen van deze maatregel is de aanname gedaan dat akkerranden worden toegepast op percelen met snijmais en op akkerland, waarbij in totaal 2% van dat areaal wordt ingezet als akkerrand. Daarnaast worden de akkerranden niet bemest en groeien er meerjarige soorten in de akkerranden, met name grasachtigen. Informatie over de droge stof opbrengst van akkerranden ontbreekt op dit moment nog, dus is de aanname gedaan dat de opbrengst vergelijkbaar is met gewassen als kruidachtigen en grassen. Dit leidt tot de aanname van een C-aanvoer van 5,1 ton C/ha/jaar, vergelijkbaar met grasland.

Vogelakkers

Vogelakkers worden vaak ingericht met een meerjarig groenvoedergewas, afgewisseld met een strook natuurbraak. Vogelakkers komen in Nederland nu nog weinig voor, o.a. door het meerjarige karakter. Voor de modellering is uitgegaan van de teelt van luzerne, waarbij de koolstofaanvoer gelijk is gesteld aan de C-aanvoer van gewasresten van luzerne (1.8 ton C/ha/jaar). Daarnaast is rekening gehouden met een extra C aanvoer vanuit de natuurbraakstroken, welke niet worden geoogst en dus biomassa achterlaten dat ten goede komt aan de bodem. Hierbij is de aanname gedaan dat de natuurbraak 30% van het gehele perceel beslaat en 1 ton C/ha/jaar extra aanvoert. Er wordt aangenomen dat vogelakkers op 2% van het areaal van intensieve akkerbouwgewassen wordt toegepast.

Realistische combinatie

Om te bepalen wat de potentie voor koolstofvastlegging per provincie is, wordt tevens de realistische combinatie van maatregelen berekend. De realistische combinatie wordt bepaald door maatregelen waar een dubbeltelling optreedt niet allebei mee te nemen. Dit is het geval bij Meer blijvend grasland en Wisselteelt mais-grasklaver en bij Permanente akkerranden. Dubbeltelling ontstaat in het geval van de graslandmaatregelen doordat Meer blijvend grasland en Wisselteelt mais-grasklaver beide leiden tot een toename van permanent grasland. Voor het bepalen van de realistische combinatie is de maatregel die het minste bijdraagt aan de totale vastlegging weggelaten. Bij het toepassen van akkerbouwmaatregelen in combinatie met Permanente akkerranden ontstaat een dubbeltelling van het areaal, doordat de akkerbouwmaatregelen ook kunnen worden toegepast op het areaal waar de akkerrand staat. Om deze reden is de potentie van Permanente akkerranden achterwege gelaten bij het berekenen van de realistische combinatie. Lesschen et al. (2021) heeft bij het berekenen van de realistische combinatie tevens meegenomen welke maatregelen elkaars effect versterken en welke maatregelen elkaars effect doen afzwakken. Deze interacties zijn in dit rapport niet meegenomen.

Resultaten

Noord-Holland

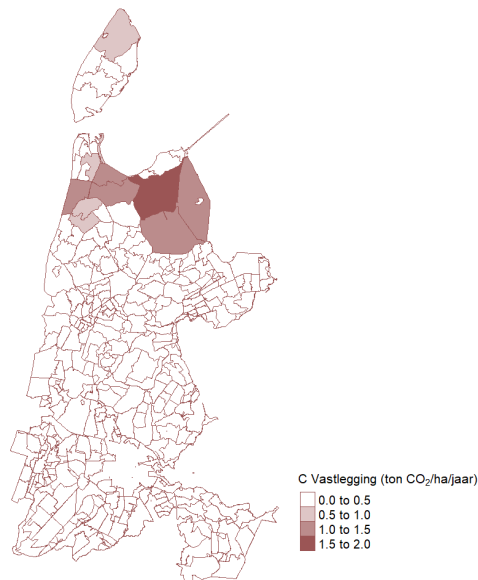
Potentiële koolstofvastlegging

Tabel 1 Potentiële koolstofvastlegging van maatregelen in de provincie Noord-Holland.

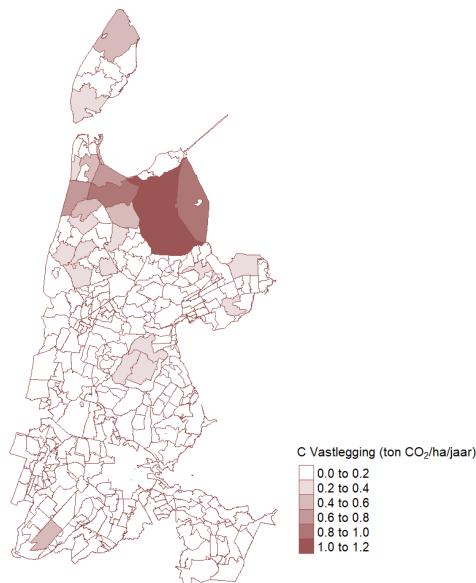
Maatregel	Potentiële vastlegging (kton CO ₂ /jaar)
Meer blijvend grasland	15,2
Wisselteelt mais-grasklaver	10,5
Extra compost	4,6
Extra vaste mest	5,0
Groenbemesters/vanggewassen	20,0
Aanpassen gewasrotatie	21,0
Achterlaten gewasresten	5,9
Permanente akkerranden	0,9
Vogelakkers	0,9
Realistische combinatie	72,6

In Noord-Holland kan er in potentie totaal 72,6 kton CO₂ worden vastgelegd in minerale landbouwbodems. De maatregelen die het meeste bijdragen aan deze vastlegging zijn het aanpassen van de gewasrotatie, het inzetten van groenbemesters en het omzetten van tijdelijk naar blijvend grasland (Tabel 1).

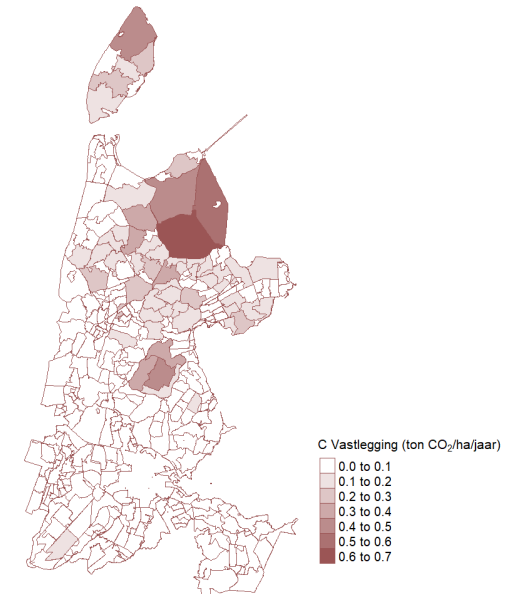
Aanpassen gewasrotatie



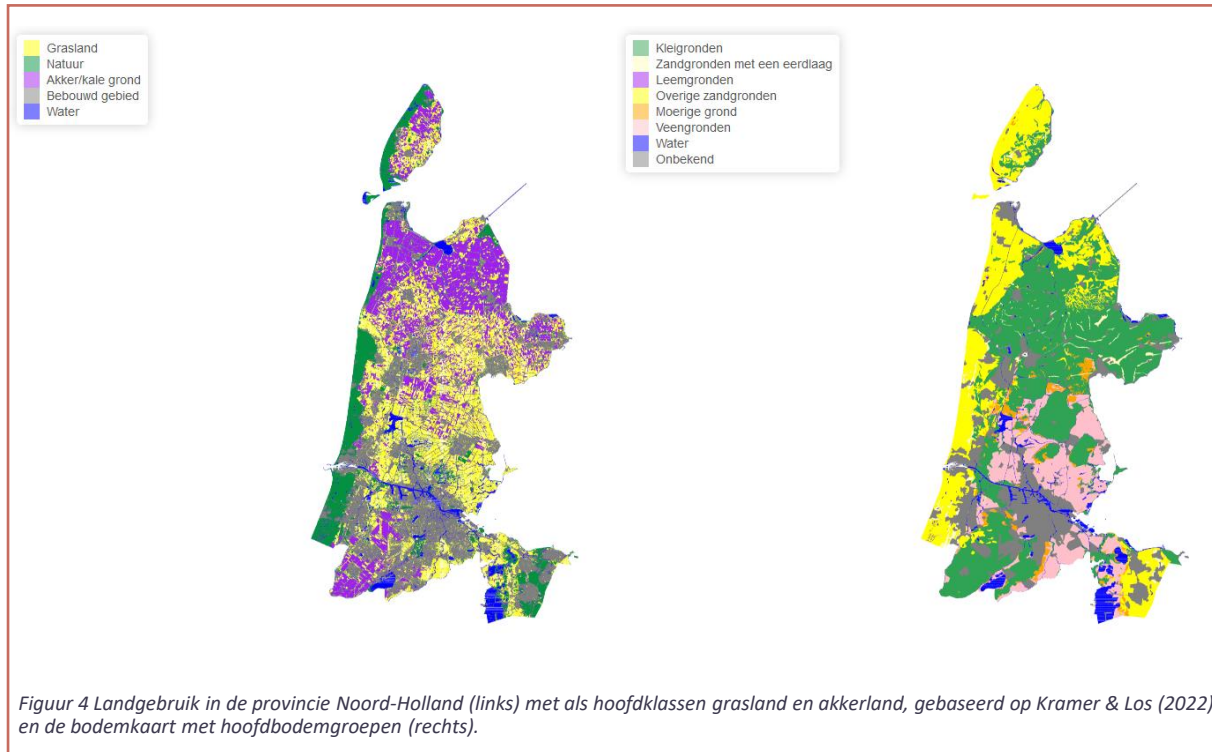
Groenbemesters/vanggewassen



Meer blijvend grasland



Figuur 1-3 Geografische weergave van de potentiële koolstofvastlegging voor de provincie Noord-Holland voor de maatregelen 1) Aanpassen gewasrotatie, 2) Groenbemesters/vanggewassen en 3) Meer blijvend grasland. De vastlegging is weergegeven in ton CO₂/ha/jaar.



Toelichting

Figuur 1-3 toont dat de meeste potentie in Noord-Holland zich in de kop van Noord-Holland bevindt. Dit geldt voor alle drie de maatregelen met de hoogste potentie. De verklaring hiervoor ligt met name in grondsoort (figuur 4). Het zuiden van Noord-Holland kent veel moerige- en veengronden, welke in deze studie zijn uitgesloten. In de kop van Noord-Holland bevinden zich met name vruchtbare poldervaaggronden rijk in kalk (Bodemkaart Nederland, 2020), welke zeer productief zijn (Koopmans et al., 2012). Om deze reden is het aandeel akkerland in dit deel van Noord-Holland dan ook hoog.

Het hoge aandeel akkerland verklaart tevens waarom de maatregelen aanpassen gewasrotatie en toepassen van groenbemesters een hoge potentie hebben in Noord-Holland. Door het hoge aandeel intensieve gewassen in de provincie (BRP data, 2021) is het vanuit een koolstofperspectief gunstig om meer rustgewassen op te nemen in het bouwplan. Tevens worden er in Noord-Holland veel gewassen geteeld die relatief vroeg geoogst worden (zoals groenten en aardappelen), waardoor de slagingskans van groenbemesters groot is.

Het aandeel tijdelijk grasland in Noord-Holland is relatief groot (BRP data, 2021). De omzetting naar blijvend grasland kent daardoor een hoge potentie, doordat blijvend grasland minder wordt omgeploegd en meer koolstof vastlegt.

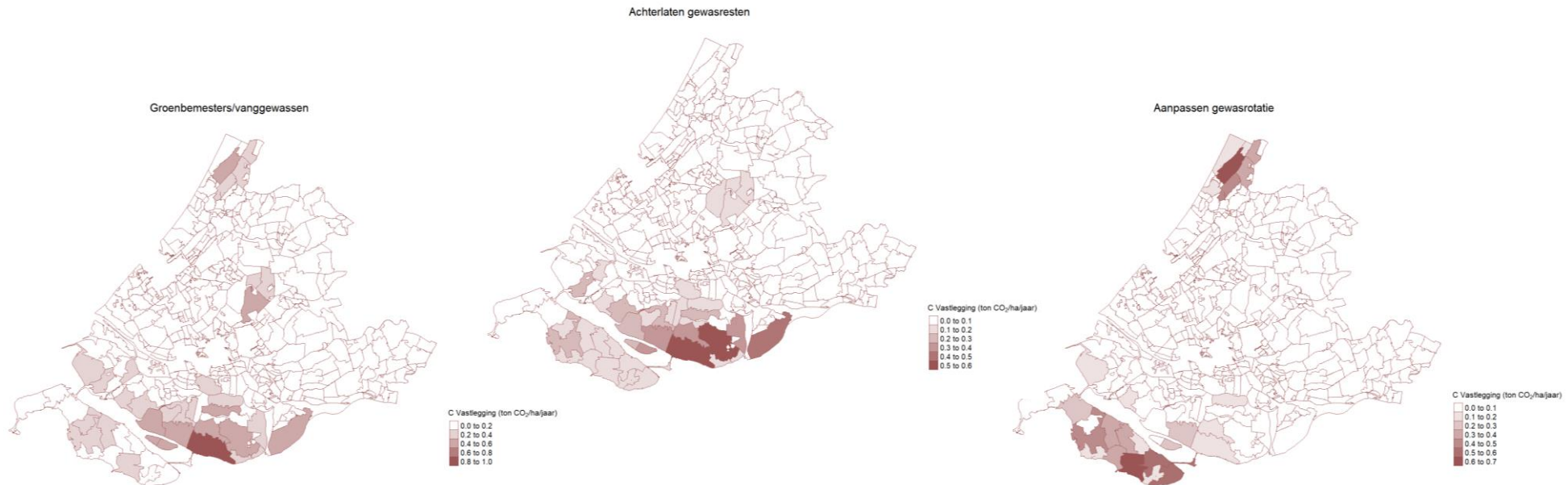
Zuid-Holland

Potentiële koolstofvastlegging

Tabel 2 Potentiële koolstofvastlegging van maatregelen in de provincie Zuid-Holland.

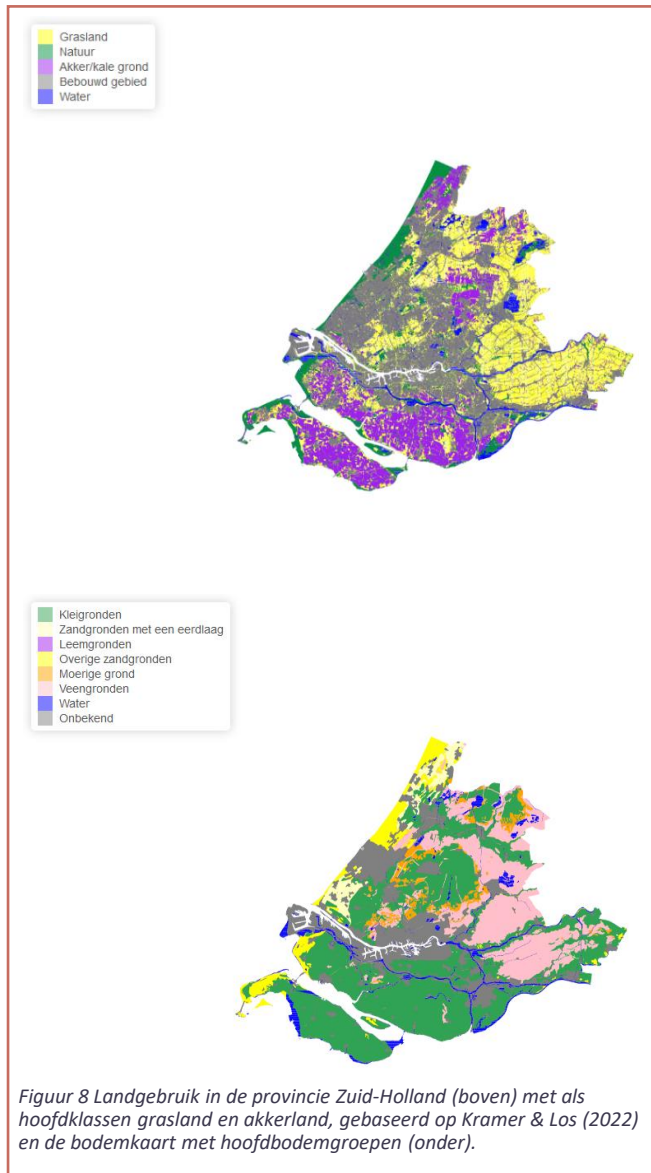
Maatregel	Potentiële vastlegging (kton CO ₂ /jaar)
Meer blijvend grasland	8,4
Wisselteelt mais-grasklaver	2,5
Extra compost	4,0
Extra vaste mest	4,4
Groenbemesters/vanggewassen	15,4
Aanpassen gewasrotatie	8,5
Achterlaten gewasresten	8,7
Permanente akkerranden	0,5
Vogelakkers	0,5
Realistische combinatie	49,9

In Zuid-Holland kan er in potentie totaal 49,9 kton CO₂ worden vastgelegd in minerale landbouwbodems. De maatregelen die het meeste bijdragen aan deze vastlegging zijn het inzetten van groenbemesters, het achterlaten van gewasresten en het aanpassen van de gewasrotatie (Tabel 2).



Figuur 5-7 Geografische weergave van de potentiële koolstofvastlegging voor de provincie Zuid-Holland voor de maatregelen 6) Groenbemesters/vanggewassen, 7) Achterlaten gewasresten en 8) Aanpassen gewasrotatie. De vastlegging is weergegeven in ton CO₂/ha/jaar.

Bodemtype en landgebruik



Toelichting

Figuur 5-7 tonen dat de meeste vastlegging in Zuid-Holland kan worden gerealiseerd in het zuiden van de provincie. Voor het aanpassen van de gewasrotatie ligt ook in het meest noordelijke puntje van de provincie potentie (figuur 8). Het aandeel organische gronden is hoog in Zuid-Holland (figuur 8). Deze organische gronden bevinden zich met name in het midden en oosten van de provincie. Aangezien de focus in deze studie ligt op het effect van maatregelen op minerale gronden, zijn het met name de gebieden met minerale gronden die een hoge potentiële koolstofvastlegging tonen.

Voor ieder van de maatregelen zien we dat de potentie voor vastlegging met name in het zuiden van de provincie hoog is (figuur 5-7). Het zuiden van de provincie kenmerkt zich met name door poldervaaggronden (Bodemkaart Nederland, 2020), zeer productieve gronden waar veel akkerbouw op wordt toegepast (Koopmans et al., 2012). Om die reden zijn het dan ook de akkerbouwmaatregelen die in Zuid-Holland een hoge potentie hebben.

In het meest noordelijke puntje van Zuid-Holland liggen kalkrijke enkeerdgronden (Bodemkaart Nederland, 2020), waar tevens relatief veel akkerbouw wordt bedreven (figuur 8). Om deze reden heeft ook dit gebied een relatief hoge potentie voor koolstofvastlegging.

Het aandeel graan in Zuid-Holland is relatief hoog. Graangewassen kunnen goed worden opgevolgd door groenbemesters en tevens is er potentie voor het achterlaten van de gewasresten.

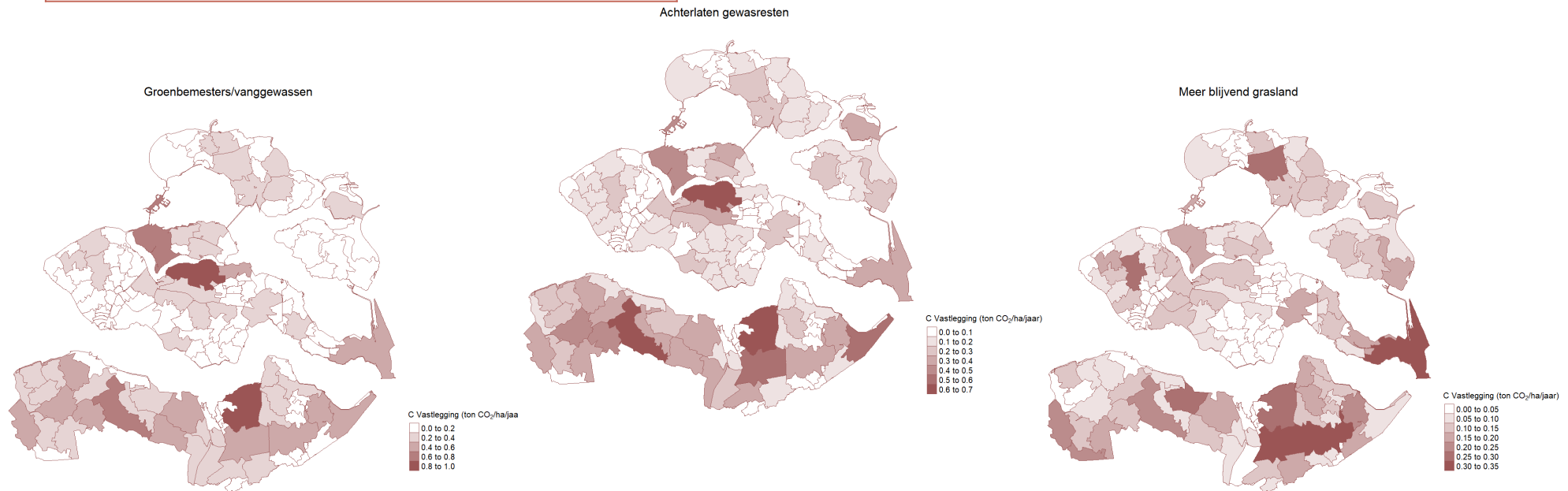
Zeeland

Potentiële koolstofvastlegging

Tabel 3 Potentiële koolstofvastlegging van maatregelen in de provincie Zeeland.

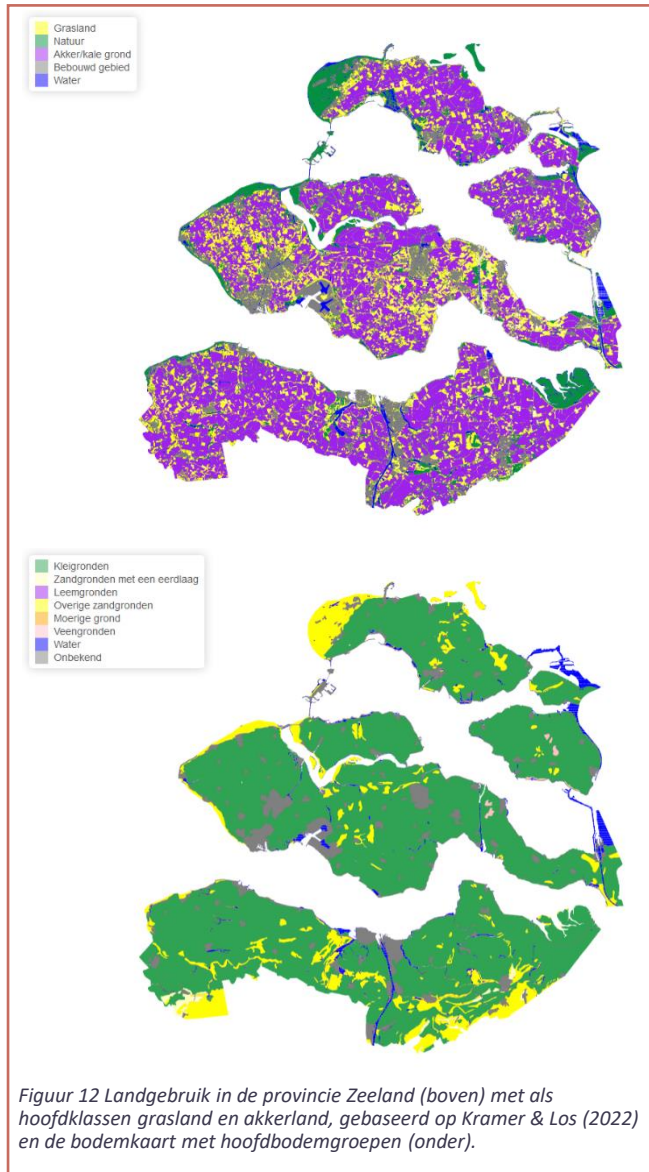
Maatregel	Potentiële vastlegging (kton CO ₂ /jaar)
Meer blijvend grasland	12,2
Wisselteelt mais-grasklaver	8,5
Extra compost	8,2
Extra vaste mest	3,4
Groenbemesters/vanggewassen	26,8
Aanpassen gewasrotatie	5,6
Achterlaten gewasresten	22,2
Permanente akkerranden	0,8
Vogelakkers	1,0
Realistische combinatie	79,5

In Zeeland kan er in potentie totaal 79,5 kton CO₂ worden vastgelegd in minerale landbouwbodems. De maatregelen die het meeste bijdragen aan deze vastlegging zijn het inzetten van groenbemesters, het achterlaten van gewasresten en meer blijvend grasland (Tabel 3).



Figuur 9-11 Geografische weergave van de potentiële koolstofvastlegging voor de provincie Zeeland voor de maatregelen 10) Groenbemesters/vanggewassen, 11) Achterlaten gewasresten en 12) Meer blijvend grasland. De vastlegging is weergegeven in ton CO₂/ha/jaar.

Bodemtype en landgebruik



Toelichting

Figuur 9-11 toont dat de ruimtelijke verdeling van de potentiële koolstofvastlegging verspreid ligt over de provincie. De verschillen in bodem zijn in Zeeland relatief klein (figuur 12), over het algemeen komen er veel poldervaaggronden voor (Bodemkaart Nederland, 2020). De ruimtelijke verschillen zijn dan ook met name te verklaren door het type landbouw dat wordt bedreven in de provincie, met hoofdzakelijk akkerbouw, en de gewastypen.

De potentie van groenbemesters is hoog in Zeeland doordat er al relatief veel graangewassen worden geteeld, welke goed kunnen worden opgevolgd door een groenbemester. Het relatief grote areaal graangewassen resulteert er ook in dat het achterlaten van de gewasresten van deze graangewassen een hoge bijdrage aan koolstofvastlegging kent.

Het areaal grasland in Zeeland bestaat voor een relatief groot deel uit tijdelijk grasland. Omzetting van tijdelijk grasland naar blijvend grasland leidt tot extra koolstofvastlegging, doordat er geen koolstof meer verloren gaat bij het omploegen van het grasland naar bouwland.

Flevoland

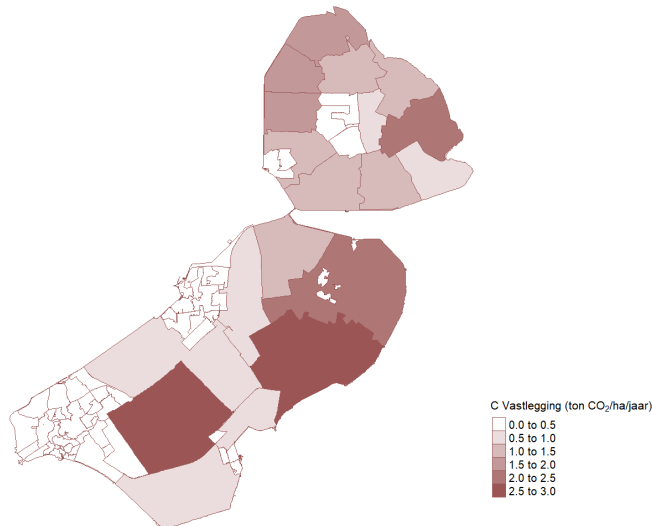
Potentiële koolstofvastlegging

Tabel 4 Potentiële koolstofvastlegging van maatregelen in de provincie Flevoland.

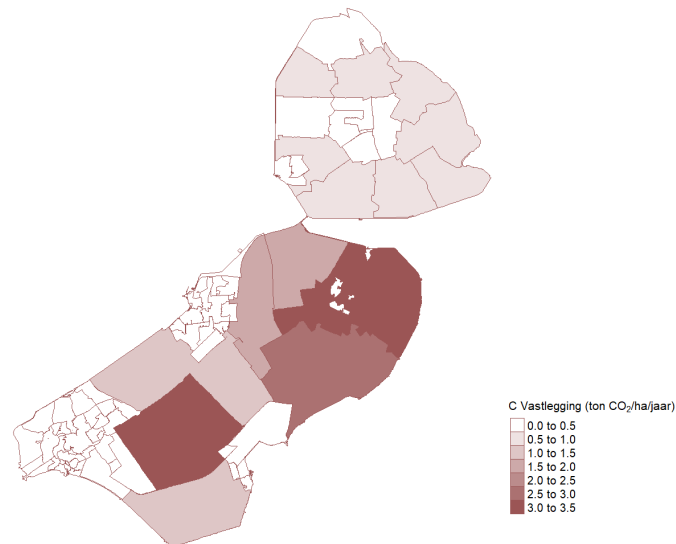
Maatregel	Potentiële vastlegging (kton CO ₂ /jaar)
Meer blijvend grasland	10,5
Wisselteelt mais-grasklaver	11,7
Extra compost	6,4
Extra vaste mest	3,1
Groenbemesters/vanggewassen	24,9
Aanpassen gewasrotatie	29,5
Achterlaten gewasresten	9,7
Permanente akkerranden	1,4
Vogelakkers	1,3
Realistische combinatie	86,6

In Flevoland kan er in potentie totaal 86,6 kton CO₂ worden vastgelegd in minerale landbouwbodems. De maatregelen die het meeste bijdragen aan deze vastlegging zijn het aanpassen van de gewasrotatie, het inzetten van groenbemesters en wisselteelt mais-grasklaver (Tabel 4).

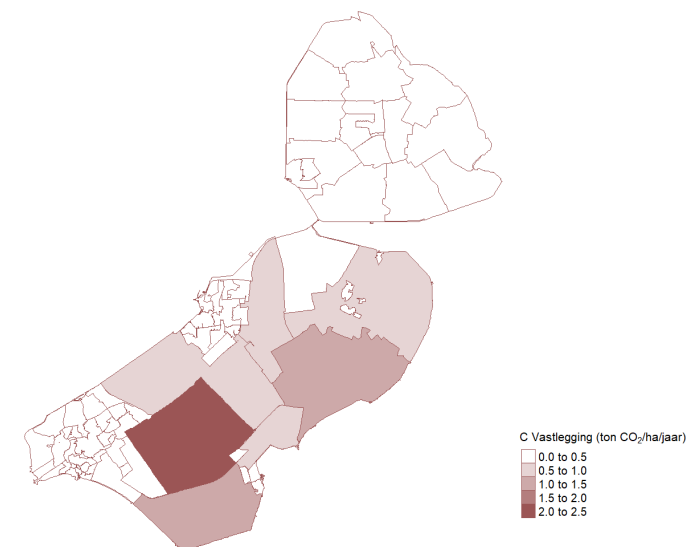
Aanpassen gewasrotatie



Groenbemesters/vanggewassen

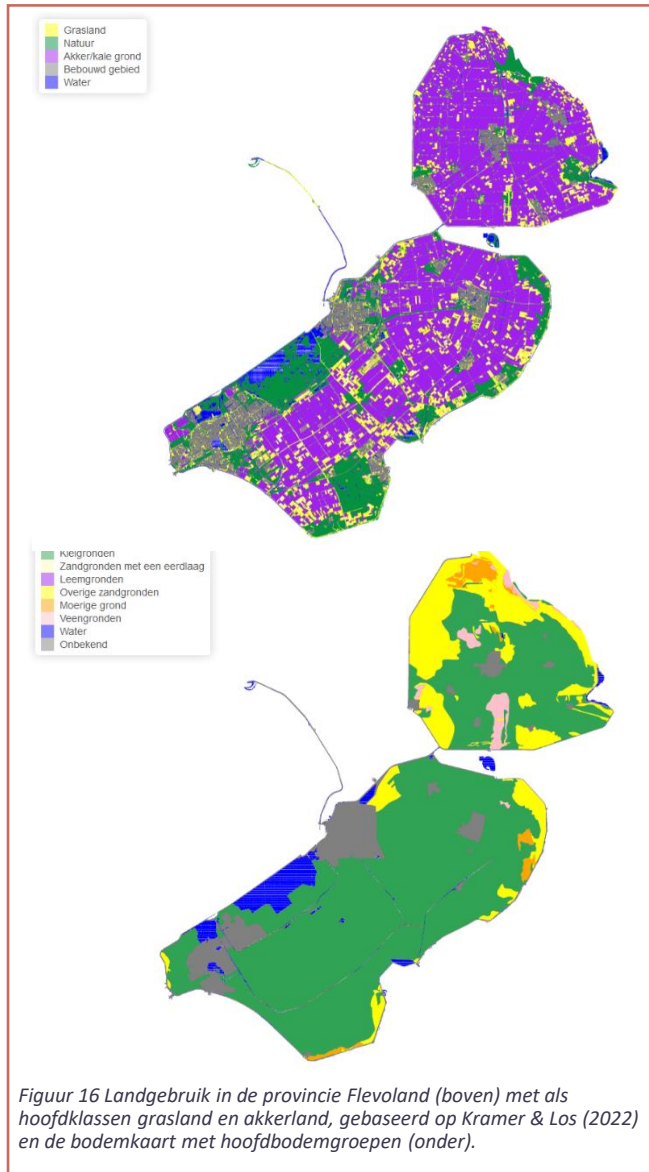


Wisselteelt mais-grasklaver



Figuur 13-15 Geografische weergave van de potentiële koolstofvastlegging voor de provincie Flevoland voor de maatregelen 14) Aanpassen gewasrotatie, 15) Groenbemesters/vanggewassen en 16) Wisselteelt mais-grasklaver. De vastlegging is weergegeven in ton CO₂/ha/jaar.

Bodemtype en landgebruik



Toelichting

Het aanpassen van de gewasrotatie (figuur 13) leidt in nagenoeg de hele provincie Flevoland tot een grote koolstofvastlegging. In Flevoland worden veel intensieve gewassen geteeld, zoals uien, aardappelen, bollen en suikerbieten. Het vervangen van deze intensieve gewassen voor rustgewassen zoals graan leidt tot een hoge potentiële koolstofvastlegging.

De inzet van groenbemesters leidt met name in centraal- en zuid-Flevoland tot een hoge koolstofvastlegging (figuur 13). Dit gebied kenmerkt zich door vruchtbare poldervaaggronden (Bodemkaart Nederland, 2020) en een hoog aandeel akkerbouw (figuur 16), waarbij met name na de oogst van o.a. pootaardappelen, wintertarwe en groenten, allen veelvoorkomende gewassen in Flevoland (BRP data, 2021), groenbemesters goed kunnen ontwikkelen en daarmee bijdragen aan koolstofvastlegging.

Wisselteelt van mais met grasklaver heeft met name in het zuiden van Flevoland een hoge potentie (figuur 15). Het aandeel grasland is in dit gebied relatief hoog (figuur 16). Het merendeel van het grasland in Flevoland is tijdelijk grasland. Het aandeel maisteelt is relatief laag in Flevoland, maar wordt voornamelijk in het zuiden geteeld. Door een deel van het tijdelijk grasland en de maisteelt te vervangen door blijvend grasland is er minder grondbewerking nodig, wat leidt tot een toename in koolstofvastlegging.

Utrecht

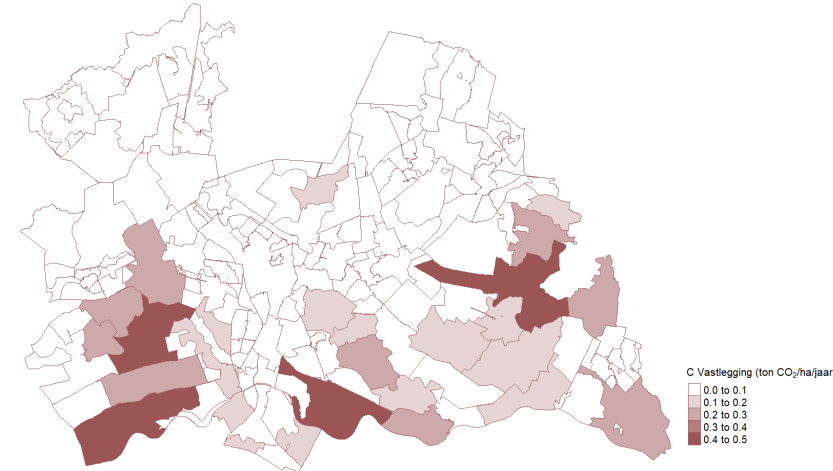
Potentiële koolstofvastlegging

Tabel 5 Potentiële koolstofvastlegging van maatregelen in de provincie Utrecht.

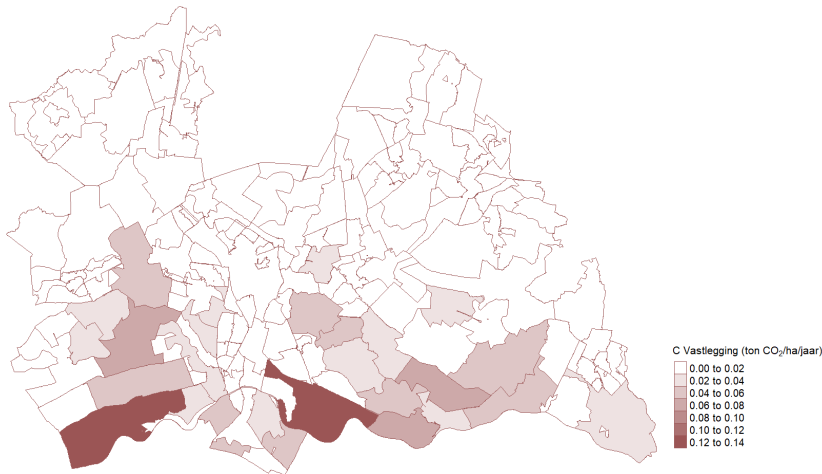
Maatregel	Potentiële vastlegging (kton CO ₂ /jaar)
Meer blijvend grasland	8,6
Wisselteelt mais-grasklaver	0,2
Extra compost	0,4
Extra vaste mest	3,2
Groenbemesters/vanggewassen	1,7
Aanpassen gewasrotatie	0,0
Achterlaten gewasresten	0,3
Permanente akkerranden	0,0
Vogelakkers	0,0
Realistische combinatie	14,3

In Utrecht kan er in potentie totaal 14,3 kton CO₂ worden vastgelegd in minerale landbouwbodems. De maatregelen die het meeste* bijdragen aan deze vastlegging zijn meer blijvend grasland, het inzetten van groenbemesters en het achterlaten van gewasresten (Tabel 5).

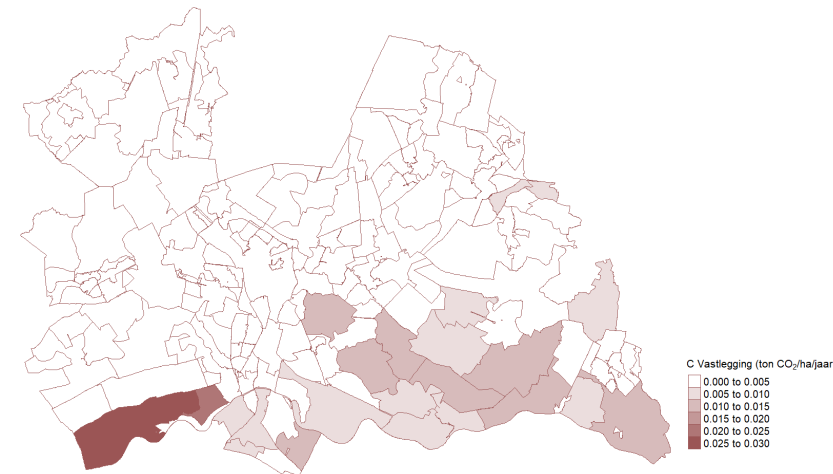
Meer blijvend grasland



Groenbemesters/vanggewassen



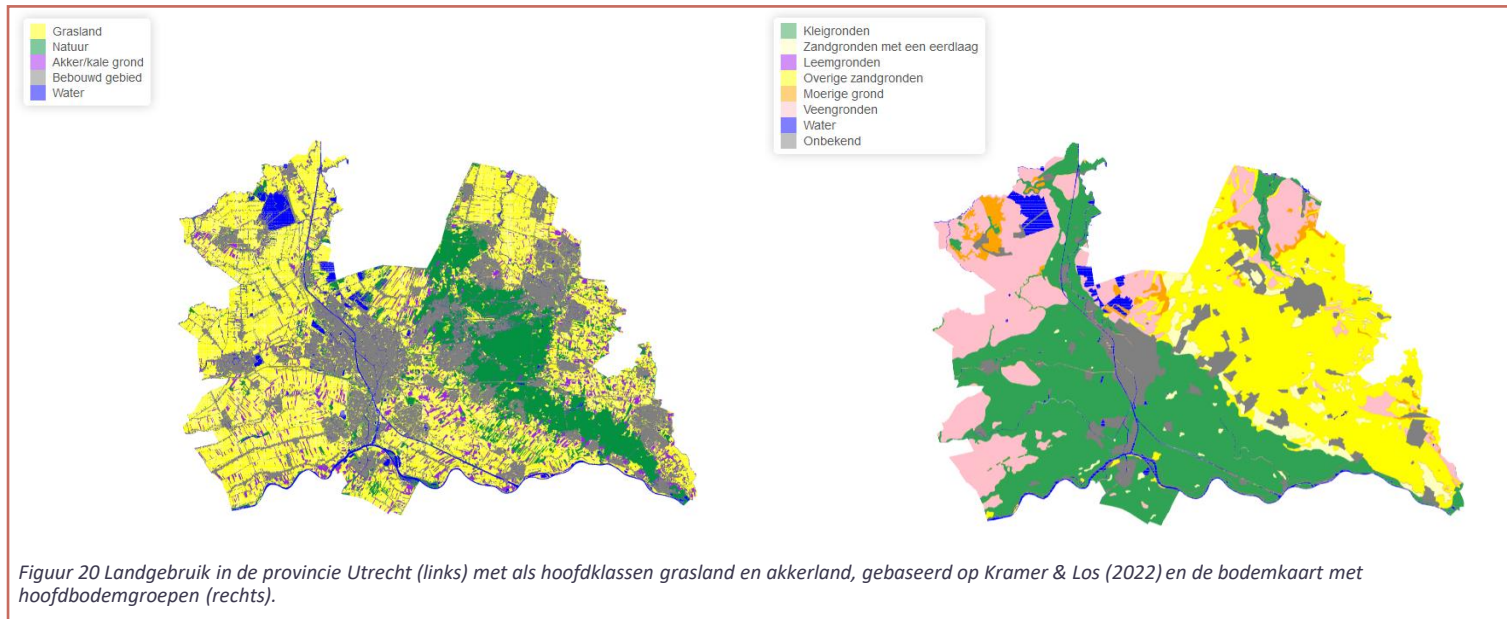
Achterlaten gewasresten



Figuur 17-19 Geografische weergave van de potentiële koolstofvastlegging voor de provincie Utrecht voor de maatregelen 18) Meer blijvend grasland, 19) Groenbemesters/vanggewassen en 20) Achterlaten gewasresten. De vastlegging is weergegeven in ton CO₂/ha/jaar.

* De maatregel Extra vaste mest is niet opgenomen in de top 3, aangezien voor de potentie-bepaling van deze maatregel is gekeken naar het rato stikstofgift uit dierlijke mest in de provincie. Er kan om redenen echter ook worden gekozen om de mest elders af te zetten, dat is niet per definitie locatie-gebonden.

Bodemtype en landgebruik



Toelichting

Figuren 17-19 laten zien dat de meeste vastlegging in het zuiden van de provincie Utrecht plaatsvindt, ongeacht de maatregel. Dit is goed te verklaren aan de hand van het bodemtype dat zich daar bevindt. Voor ieder van de drie maatregelen vindt de meeste vastlegging plaats op vruchtbare poldervaaggronden, in het zuiden van de provincie afgezet door de rivier (figuur 20; Bodemkaart Nederland, 2020). Dit type bodem is geschikt voor zowel de akkerbouw als voor grasland, waardoor maatregelen als groenbemesters en het achterlaten van gewasresten en meer blijvend grasland hier in potentie veel koolstof kunnen vastleggen.

Voor de maatregel meer blijvend grasland is de potentiële vastlegging tevens hoog in het oosten van Utrecht. Daar bevinden zich beekerdgronden op zand (figuur 20, Bodemkaart Nederland, 2020). Beekerdgronden zijn bij uitstek geschikt voor grasland (Koopmans et al., 2012). Aangezien het merendeel van de Utrechtse landbouwgrond als grasland wordt ingezet, komt de maatregel voor meer blijvend grasland naar voren als een maatregel met potentie. Het aandeel permanent grasland is al relatief hoog, maar maatregelen voor de akkerbouw hebben vanwege het kleine areaal akkerland in Utrecht minder potentie.

Het aandeel akkerbouw is relatief laag in Utrecht. Met name graan wordt veel verbouwt (BRP data, 2021). Granen kunnen goed worden opgevolgd door groenbemesters en bieden tevens potentie voor het achterlaten van gewasresten.

Friesland

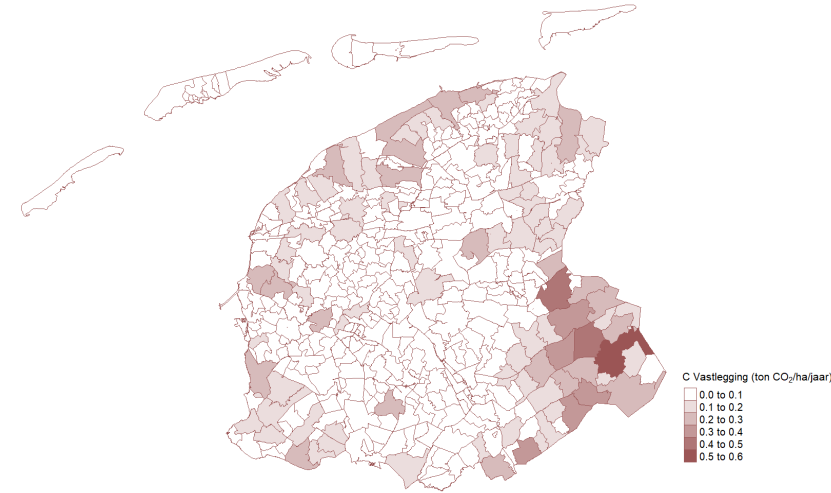
Potentiële koolstofvastlegging

Tabel 6 Potentiële koolstofvastlegging van maatregelen in de provincie Friesland.

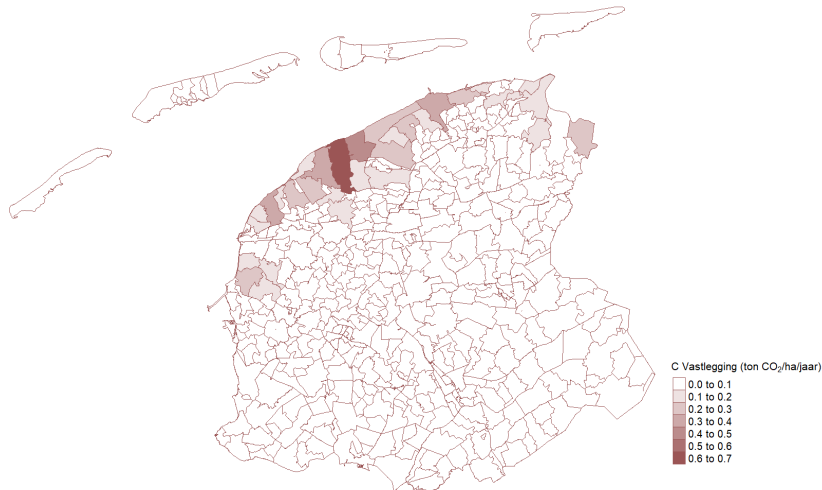
Maatregel	Potentiële vastlegging (kton CO ₂ /jaar)
Meer blijvend grasland	27,7
Wisselteelt mais-grasklaver	3,1
Extra compost	2,8
Extra vaste mest	12,6
Groenbemesters/vanggewassen	9,7
Aanpassen gewasrotatie	8,1
Achterlaten gewasresten	4,1
Permanente akkerranden	0,3
Vogelakkers	0,4
Realistische combinatie	65,4

In Friesland kan er in potentie totaal 65,4 kton CO₂ worden vastgelegd in minerale landbouwbodems. De maatregelen die het meeste* bijdragen aan deze vastlegging zijn meer blijvend grasland, het toepassen van groenbemesters/vanggewassen en het aanpassen van de gewasrotatie (Tabel 6).

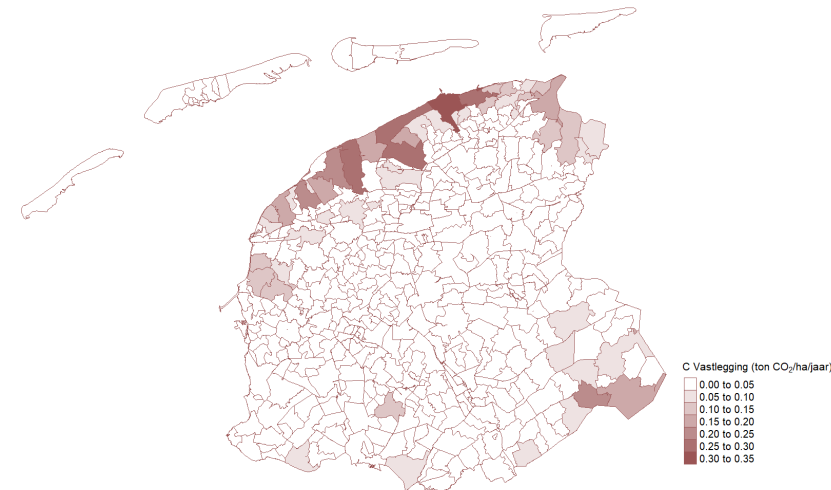
Meer blijvend grasland



Groenbemesters/vanggewassen



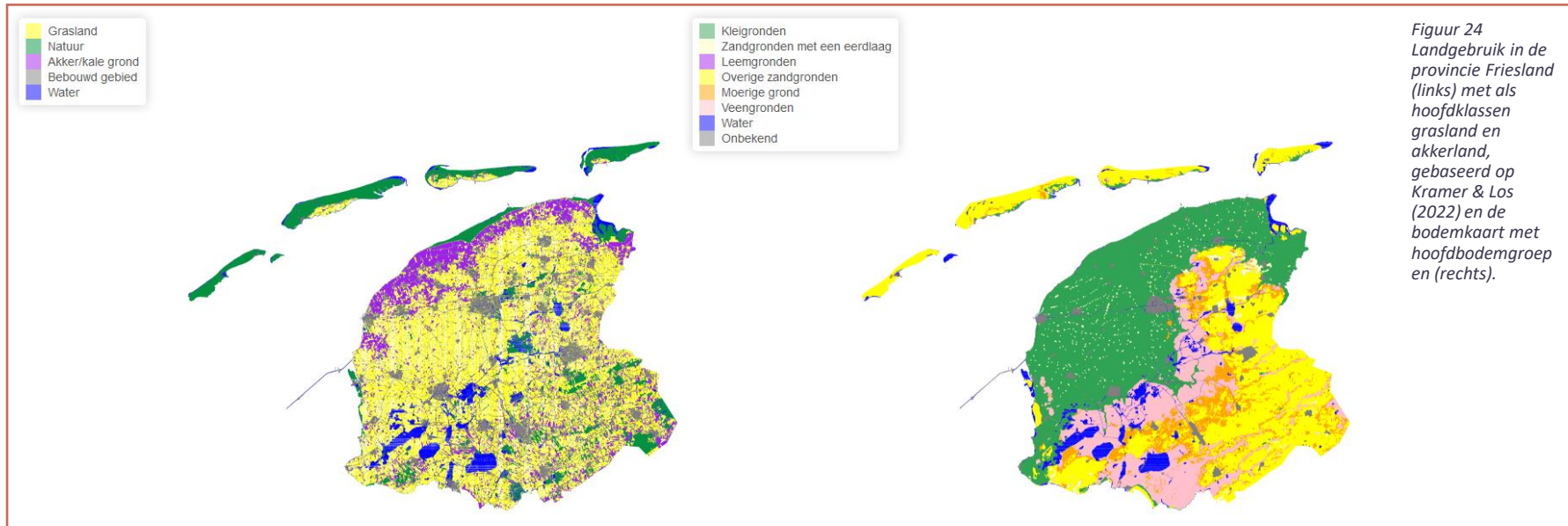
Aanpassen gewasrotatie



Figuur 21-23 Geografische weergave van de potentiële koolstofvastlegging voor de provincie Friesland voor de maatregelen 22) Meer blijvend grasland, 23) Groenbemesters/vanggewassen en 24) Aanpassen gewasrotatie. De vastlegging is weergegeven in ton CO₂/ha/jaar.

* De maatregel Extra vaste mest is niet opgenomen in de top 3, aangezien voor de potentie-bepaling van deze maatregel is gekeken naar het rato stikstofgift uit dierlijke mest in de provincie. Er kan om redenen echter ook worden gekozen om de mest elders af te zetten, dat is niet per definitie locatie-gebonden.

Bodemtype en landgebruik



Toelichting

Het aandeel grasland in Friesland is zeer hoog (figuur 24). Het bodemtype heeft in grote mate bijgedragen aan het grote aandeel grasland. De bodem bestaat met name uit kleigronden in het noorden, gevolgd door veengronden in centraal Friesland en veldpodzolgronden in het zuidoosten (Bodemkaart Nederland, 2020). Met name de veengronden en veldpodzolgronden zijn geschikte bodems voor grasland. Figuur 24 toont dan ook een hoog aandeel grasland in Friesland, waardoor maatregelen rondom graslandmanagement een hoge potentie hebben. Deze potentie is het hoogst op de veldpodzolgronden in het oosten van Friesland (figuur 20, de potentie op veengrond is niet meegenomen in deze studie).

Groenbemesters/vanggewassen en het aanpassen van de gewasrotatie hebben met name in de noordelijke kleischil van Friesland een hoge potentie (figuur 22 en 23). Dit gebied is relatief gezien gunstig voor de akkerbouw door de aanwezigheid van vruchtbare poldervaaggronden (Bodemkaart Nederland, 2020). Tevens worden er in Friesland relatief veel poot aardappelen en wintertarwe verbouwd, teelten die over het algemeen goed kunnen worden opgevolgd door groenbemesters. Poot aardappelen zijn daarbij vrij intensieve gewassen. Het vervangen van deze intensieve gewassen voor rustgewassen zoals graan leidt tot een hoge potentiële koolstofvastlegging.

Groningen

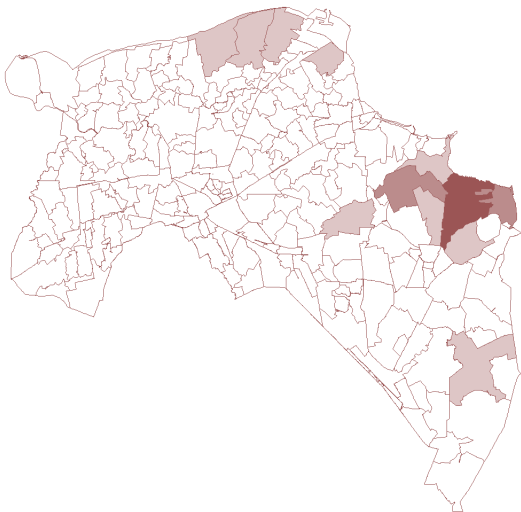
Potentiële koolstofvastlegging

Tabel 7 Potentiële koolstofvastlegging van maatregelen in de provincie Groningen.

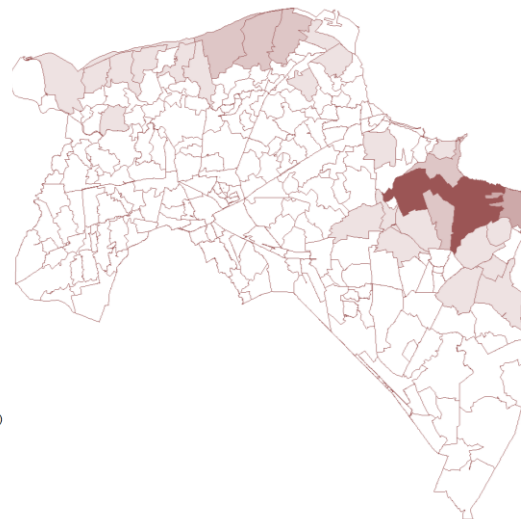
Maatregel	Potentiële vastlegging (kton CO ₂ /jaar)
Meer blijvend grasland	14,8
Wisselteelt mais-grasklaver	7,1
Extra compost	6,5
Extra vaste mest	6,6
Groenbemesters/vanggewassen	31,1
Aanpassen gewasrotatie	9,6
Achterlaten gewasresten	20,1
Permanente akkerranden	0,7
Vogelakkers	1,0
Realistische combinatie	89,7

In Groningen kan er in potentie totaal 89,7 kton CO₂ worden vastgelegd in minerale landbouwbodems. De maatregelen die het meeste bijdragen aan deze vastlegging zijn het toepassen van groenbemesters/vanggewassen, het achterlaten van gewasresten en meer blijvend grasland (Tabel 7).

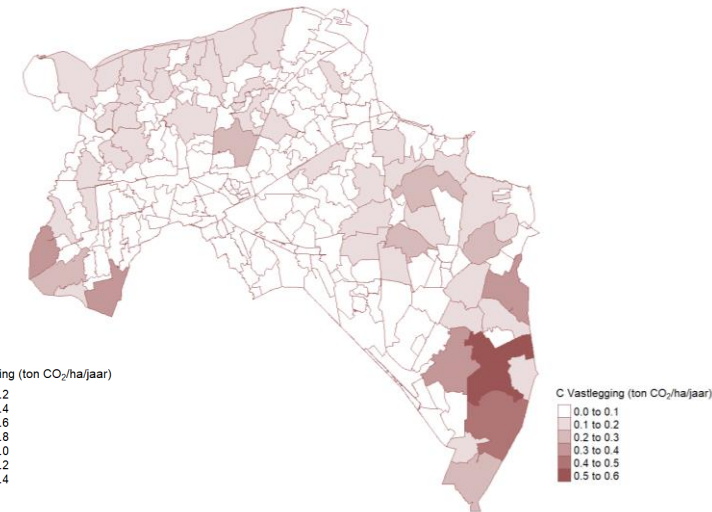
Groenbemesters/vanggewassen



Achterlaten gewasresten

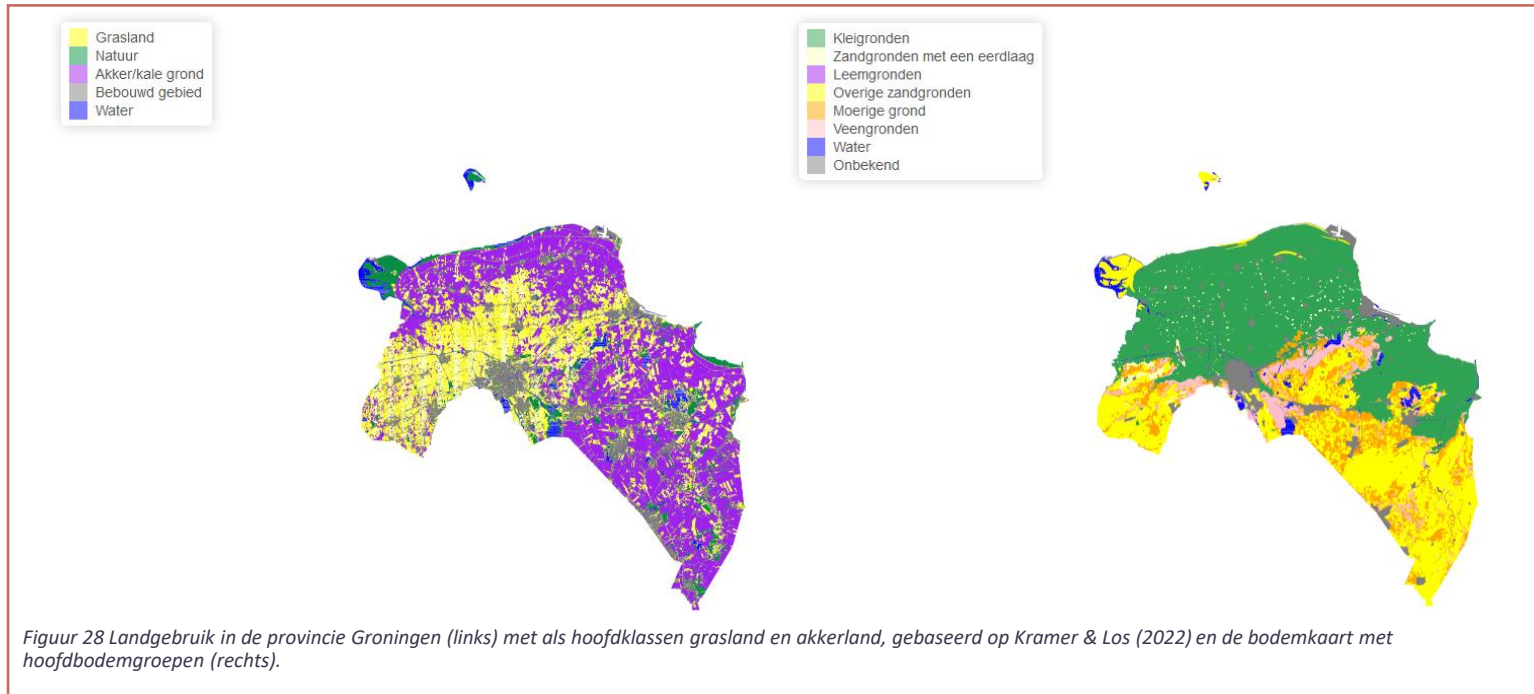


Meer blijvend grasland



Figuur 25-27 Geografische weergave van de potentiële koolstofvastlegging voor de provincie Groningen voor de maatregelen 26) Groenbemesters/Vanggewassen, 27) Achterlaten gewasresten en 28) Meer blijvend grasland. De vastlegging is weergegeven in ton CO₂/ha/jaar.

Bodemtype en landgebruik



Toelichting

Voor zowel het toepassen van groenbemester als het achterlaten van gewasresten is de potentie zeer hoog in het oosten van Groningen (figuur 25 & 26). Daar bevinden zich vruchtbare poldervaaggronden op klei die zeer geschikt zijn voor de akkerbouw (Bodemkaart Nederland, 2020; Koopmans et al., 2012). Het aandeel graan in Groningen is vrij hoog, waardoor er potentieel veel gewasresten kunnen achterblijven (BRP data, 2021). Tevens zijn deze gewassen ook zeer geschikt voor een vervolgteelt van groenbemers/vanggewassen.

Het aandeel tijdelijk grasland is relatief hoog in Groningen (BRP data, 2021). Het tijdelijk grasland bevindt zich met name op de zandige veldpodzolgronden in het zuiden van Groningen (figuur 28; Bodemkaart Nederland, 2020). Het omzetten van tijdelijk grasland naar blijvend grasland leidt tot een hoge koolstofvastlegging doordat er geen versterking van de bodem plaatsvindt.

Drenthe

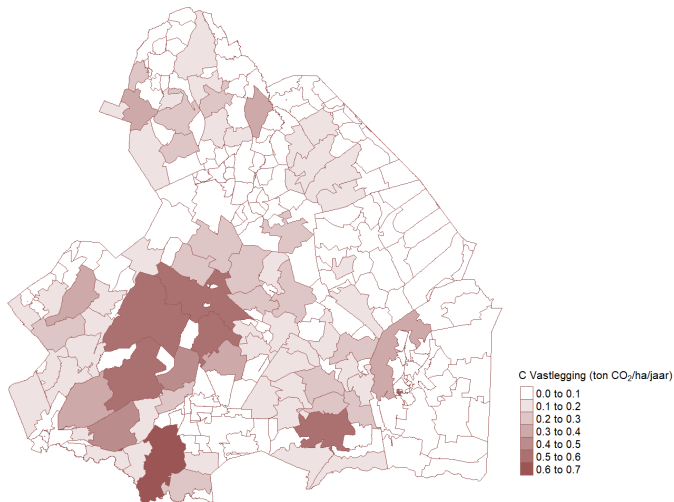
Potentiële koolstofvastlegging

Tabel 8 Potentiële koolstofvastlegging van maatregelen in de provincie Drenthe.

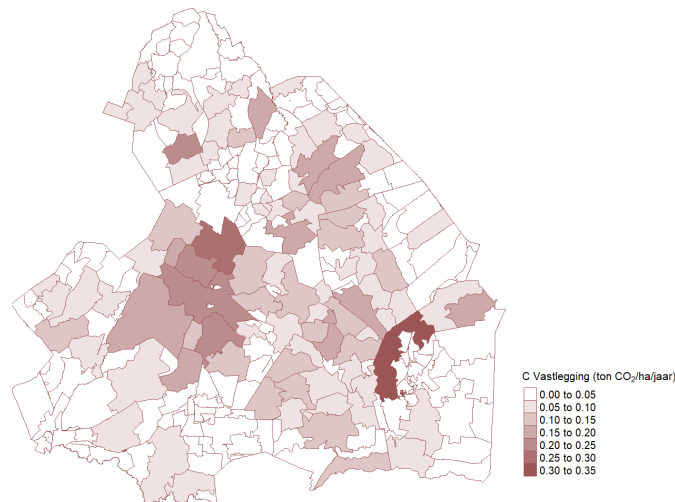
Maatregel	Potentiële vastlegging (kton CO ₂ /jaar)
Meer blijvend grasland	21,8
Wisselteelt mais-grasklaver	9,8
Extra compost	3,0
Extra vaste mest	4,0
Groenbemesters/vanggewassen	6,5
Aanpassen gewasrotatie	12,0
Achterlaten gewasresten	2,1
Permanente akkerranden	0,2
Vogelakkers	0,9
Realistische combinatie	50,3

In Drenthe kan er in potentie totaal 50,3 kton CO₂ worden vastgelegd in minerale landbouwbodems. De maatregelen die het meeste bijdragen aan deze vastlegging zijn meer blijvend grasland, het aanpassen van de gewasrotatie en wisselteelt mais-grasklaver (Tabel 8).

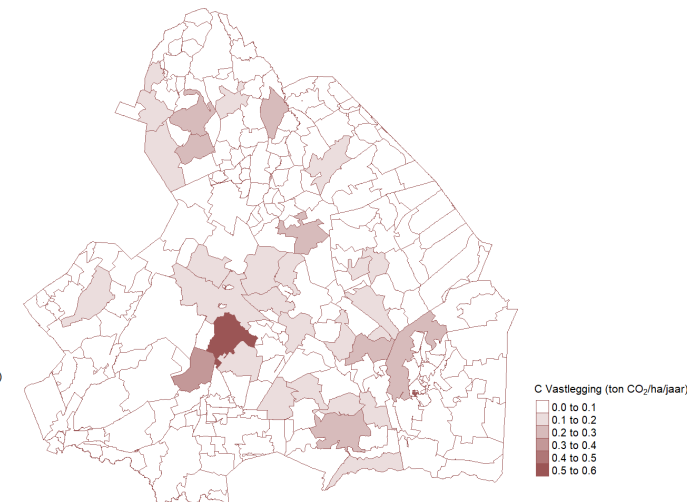
Meer blijvend grasland



Aanpassen gewasrotatie

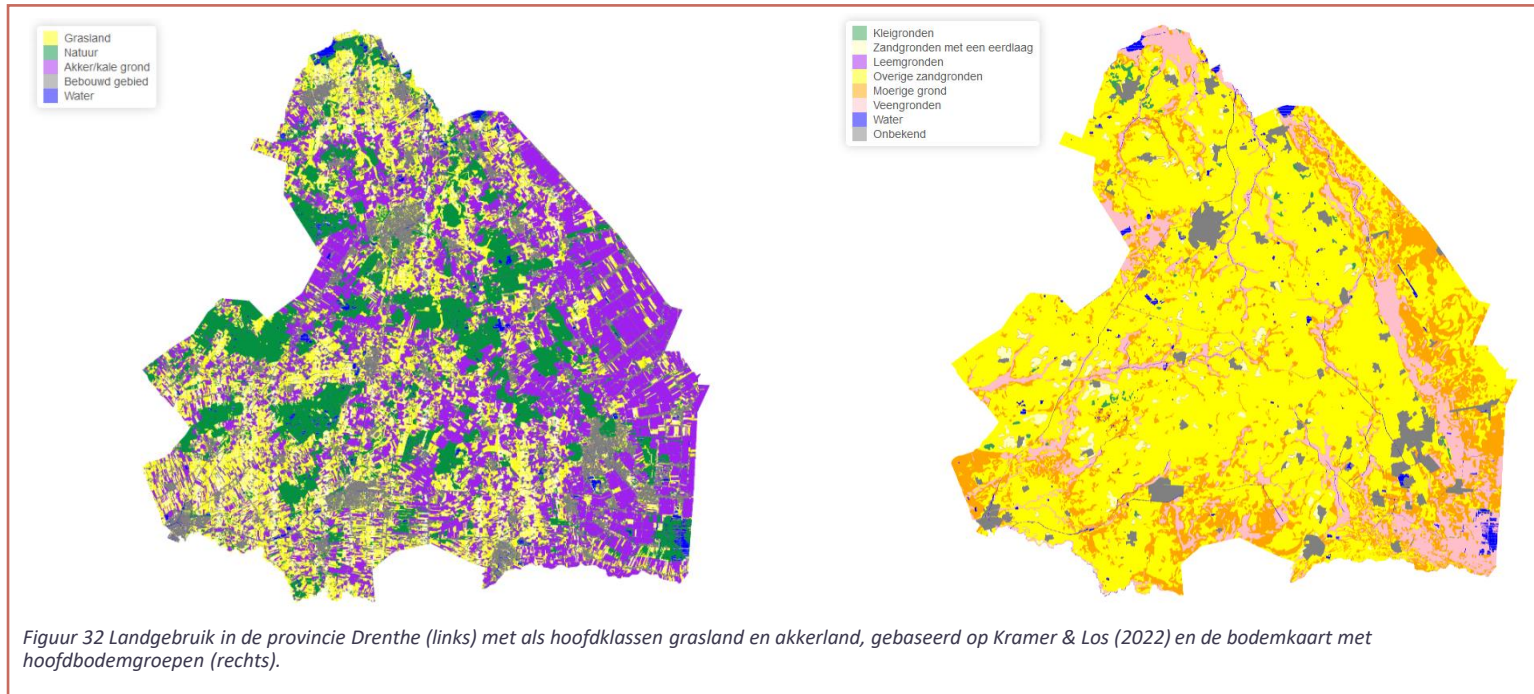


Wisselteelt mais-grasklaver



Figuur 29-31 Geografische weergave van de potentiële koolstofvastlegging voor de provincie Drenthe voor de maatregelen 30) Meer blijvend grasland, 31) Aanpassen gewasrotatie en 32) Wisselteelt mais-grasklaver. De vastlegging is weergegeven in ton CO₂/ha/jaar.

Bodemtype en landgebruik



Toelichting

Nagenoeg heel Drenthe bestaat uit zandige veldpodzolgronden of veenkoloniale gronden (figuur 32; Bodemkaart Nederland, 2020). Deze laatste worden vaak gebruikt als bouwland (graan, aardappelen, suikerbieten). Grasland komt vooral voor op de zandgronden met hogere grondwaterstand of de nattere moerige en veengronden (Koopmans et al., 2012). Voor ieder van de maatregelen met een hoge potentie geldt dat de potentiële vastlegging in een groot deel van de provincie hoog is (figuur 29-31), wat o.a. kan worden verklaard door de beperkte variatie in bodemtypen.

Door het relatief intensieve bouwplan in Drenthe met relatief veel zetmeelaardappelen en suikerbieten (BRP data, 2021) is er veel potentie te behalen wanneer deze bouwplannen worden geëxtensiveerd met een groter aandeel granen.

Het aandeel tijdelijk grasland is hoog in Drenthe (BRP data, 2021), waardoor veel potentie ontstaat wanneer dit wordt omgezet in blijvend grasland. Tevens wordt er relatief veel mais verbouwd in Drenthe. Bij zowel een groot aandeel tijdelijk grasland en mais is het interessant om gebruik te maken van de 60-20-20 maatregel, oftewel een wisselteelt van mais en gras. Hierbij is 60% blijvend grasland en is mais in een 3 jarige rotatie met bij voorkeur grasklaver. Wisselteelt mais-grasklaver en meer blijvend grasland kunnen echter niet op hetzelfde perceel worden toegepast omdat beide maatregelen betrekking hebben tot een aanpassing in het graslandmanagement. De potentie van deze maatregelen kan dan ook niet bij elkaar worden opgeteld (Lesschen et al., 2021).

Overijssel

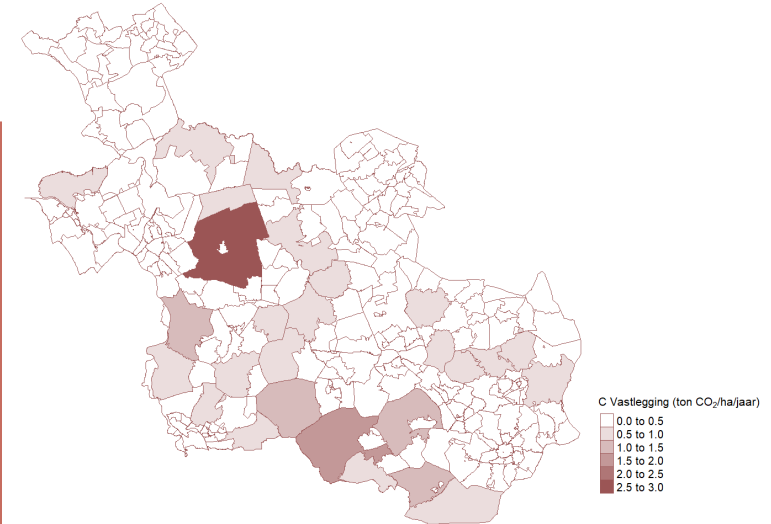
Potentiële koolstofvastlegging

Tabel 9 Potentiële koolstofvastlegging van maatregelen in de provincie Overijssel.

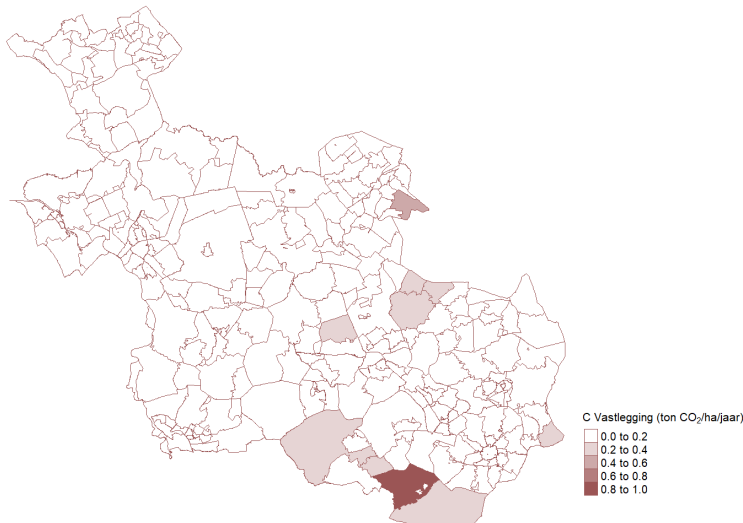
Maatregel	Potentiële vastlegging (kton CO ₂ /jaar)
Meer blijvend grasland	49,6
Wisselteelt mais-grasklaver	9,3
Extra compost	2,8
Extra vaste mest	9,4
Groenbemesters/vanggewassen	2,8
Aanpassen gewasrotatie	3,0
Achterlaten gewasresten	1,4
Permanente akkerranden	0,1
Vogelakkers	0,2
Realistische combinatie	69,2

In Overijssel kan er in potentie totaal 69,2 kton CO₂ worden vastgelegd in minerale landbouwbodems. De maatregelen die het meeste* bijdragen aan deze vastlegging zijn meer blijvend grasland, wisselteelt mais-grasklaver en het aanpassen van de gewasrotatie (Tabel 9).

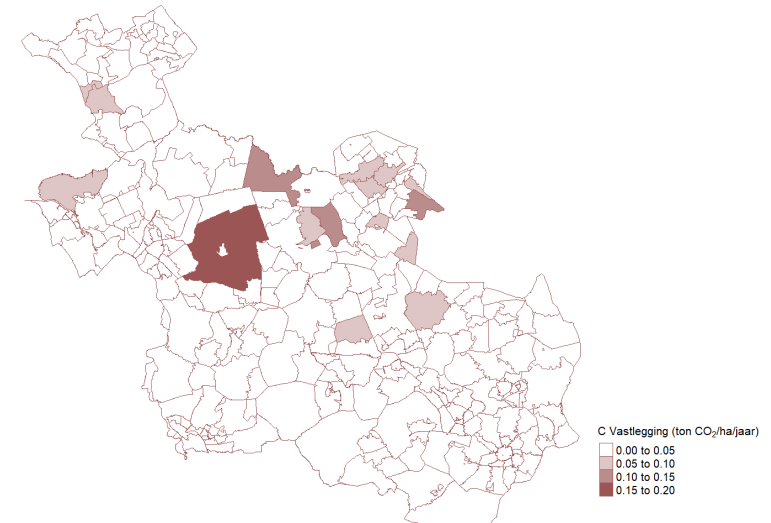
Meer blijvend grasland



Wisselteelt mais-grasklaver



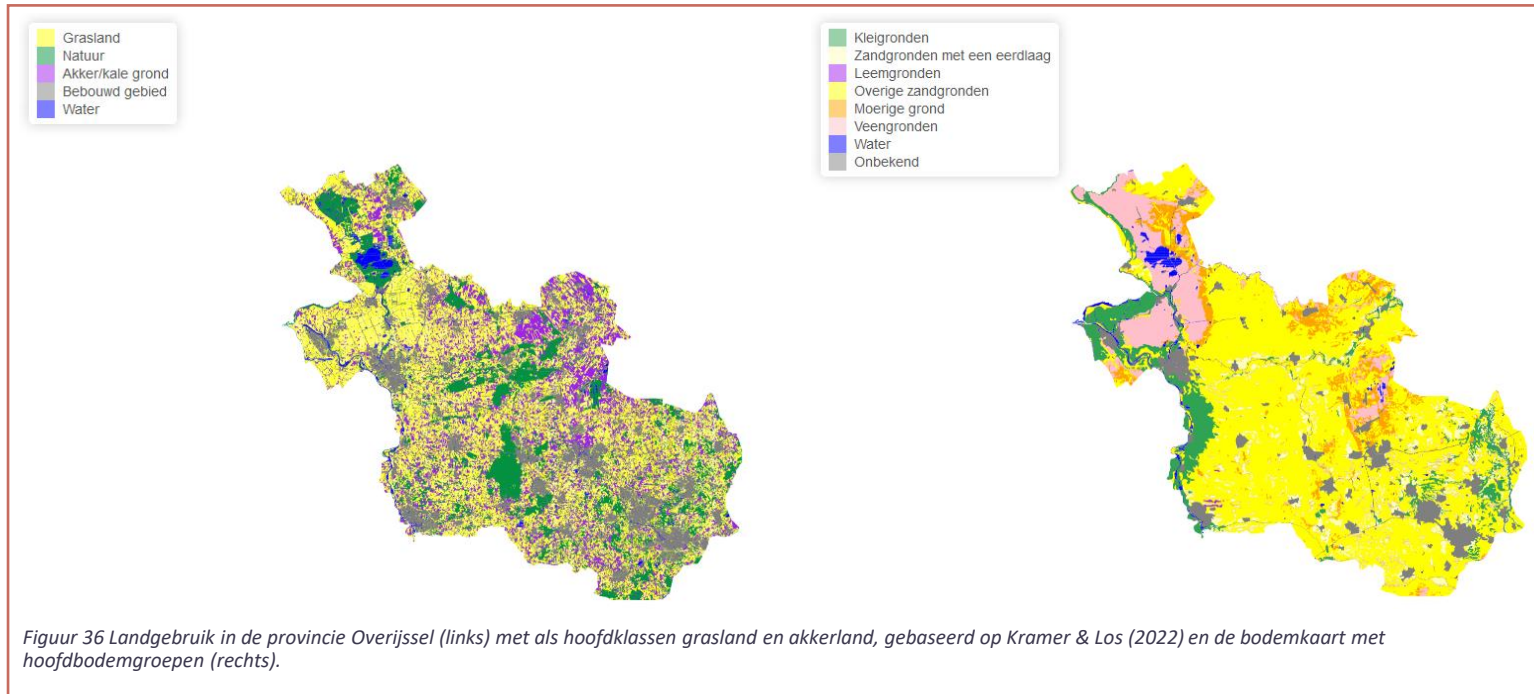
Aanpassen gewasrotatie



Figuur 33-35 Geografische weergave van de potentiële koolstofvastlegging voor de provincie Overijssel voor de maatregelen 34) Meer blijvend grasland, 35) Wisselteelt mais-grasklaver en 36) Aanpassen gewasrotatie. De vastlegging is weergegeven in ton CO₂/ha/jaar.

* De maatregel Extra vaste mest is niet opgenomen in de top 3, aangezien voor de potentie-bepaling van deze maatregel is gekeken naar het rato stikstofgift uit dierlijke mest in de provincie. Er kan om redenen echter ook worden gekozen om de mest elders af te zetten, dat is niet per definitie locatie-gebonden.

Bodemtype en landgebruik



Toelichting

Het areaal grasland in Overijssel is hoog (figuur 36), waarvan een aanzienlijk deel bestaat uit tijdelijk grasland (BRP data, 2021). Om deze reden zijn maatregelen gericht op graslandmanagement de maatregelen met een hoge potentie. De hoogste potentie is voor het omzetten van tijdelijk grasland naar permanent grasland (tabel 9; figuur 33). Ook het toepassen van een wisselteelt met mais-grasklaver resulteert in een hoge koolstofvastlegging. Dit heeft ook te maken met het relatief hoge areaal snijmais (BRP data, 2021). Deze maatregelen kunnen echter niet beide worden toegepast op een perceel, de vastlegging is dus niet op te tellen.

In de akkerbouw is het aanpassen van de gewasrotatie de maatregel met de hoogste potentie. De potentie voor deze maatregel is het hoogst centraal in de provincie, op locaties waar relatief veel akkerbouw wordt bedreven en de bodems zich karakteriseren door vruchtbare enkeerdgronden en beekerdgronden (Bodemkaart Nederland, 2020). Het aandeel intensieve gewassen zoals suikerbieten en consumptieaardappelen is hoog in deze regio (BRP data, 2021). Het vervangen van deze intensieve gewassen voor rustgewassen zoals graan leidt tot een hoge potentiële koolstofvastlegging.

Gelderland

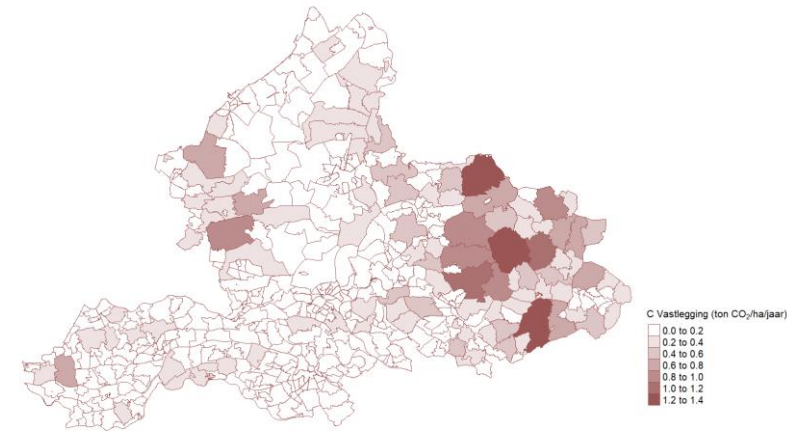
Potentiële koolstofvastlegging

Tabel 10 Potentiële koolstofvastlegging van maatregelen in de provincie Gelderland.

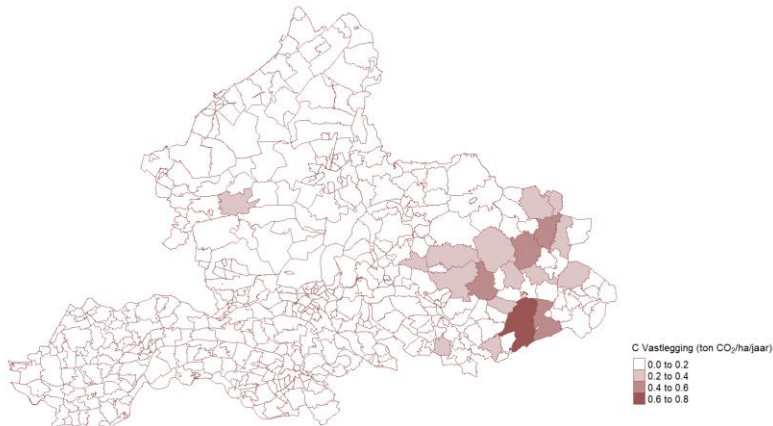
Maatregel	Potentiële vastlegging (kton CO ₂ /jaar)
Meer blijvend grasland	65,7
Wisselteelt mais-grasklaver	13,7
Extra compost	4,8
Extra vaste mest	13,5
Groenbemesters/vanggewassen	10,2
Aanpassen gewasrotatie	2,3
Achterlaten gewasresten	5,8
Permanente akkerranden	0,1
Vogelakkers	0,2
Realistische combinatie	102,6

In Gelderland kan er in potentie totaal 102,6 kton CO₂ worden vastgelegd in minerale landbouwbodems. De maatregelen die het meeste* bijdragen aan deze vastlegging zijn meer blijvend grasland, wisselteelt mais-grasklaver en het toepassen van groenbemesters/vanggewassen (Tabel 10).

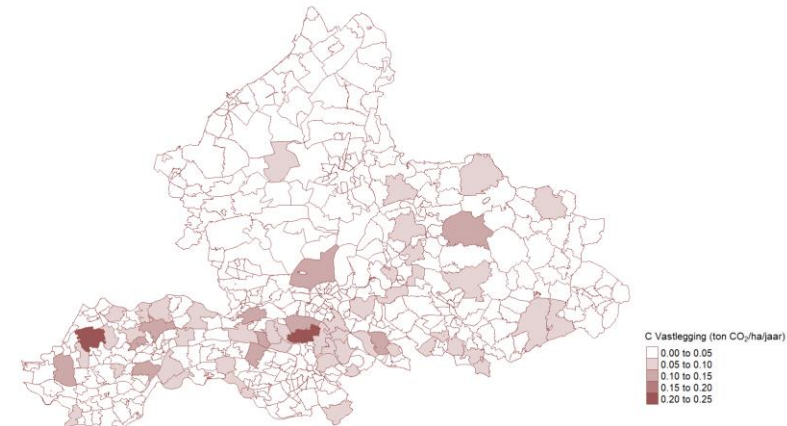
Meer blijvend grasland



Wisselteelt mais-grasklaver



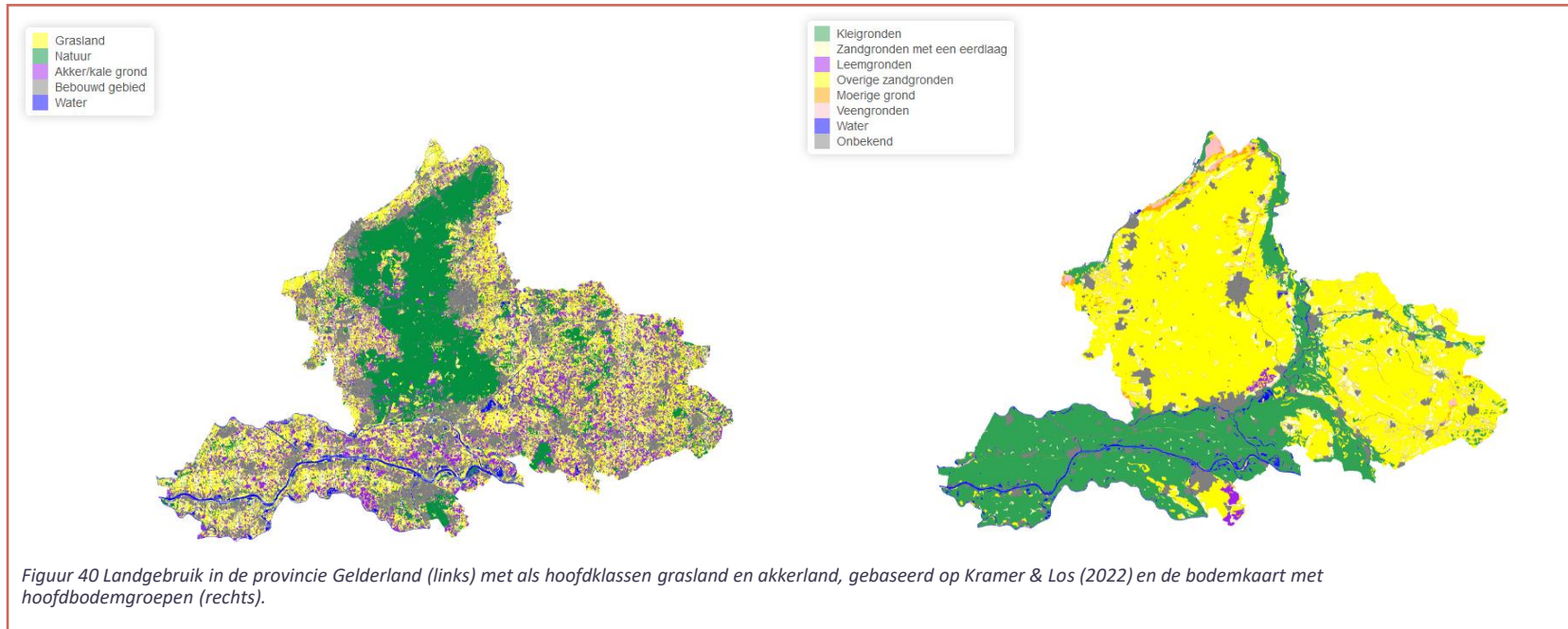
Groenbemesters/vanggewassen



Figuur 37-39 Geografische weergave van de potentiële koolstofvastlegging voor de provincie Gelderland voor de maatregelen 38) Meer blijvend grasland, 39) Wisselteelt mais-grasklaver en 40) Groenbemesters/vanggewassen. De vastlegging is weergegeven in ton CO₂/ha/jaar.

* De maatregel Extra vaste mest is niet opgenomen in de top 3, aangezien voor de potentie-bepaling van deze maatregel is gekeken naar het rato stikstofgift uit dierlijke mest in de provincie. Er kan om redenen echter ook worden gekozen om de mest elders af te zetten, dat is niet per definitie locatie-gebonden.

Bodemtype en landgebruik



Toelichting

Figuur 37-39 toont dat de meeste vastlegging plaatsvindt in het oosten van Gelderland. Hier bevinden zich met name zandgronden (figuur 40). Het landgebruik in Gelderland wordt voornamelijk gekarakteriseerd door grasland (figuur 40).

De maatregelen met een grote bijdrage in Gelderland zijn met name gericht op de melkveehouderij en graslandbeheer. Dit wordt verklaard door het hoge aandeel grasland in Gelderland. Door het omzetten van tijdelijk grasland in blijvend grasland kan in potentie veel CO₂ worden vastgelegd. Daarnaast wordt er relatief veel mais verbouwd in Gelderland (BRP data, 2021). Dit maakt het toepassen van een wisselteelt tussen mais en grasklaver zeer interessant, doordat grasland veel koolstof de bodem in brengt t.o.v. enkel mais. Deze maatregelen kunnen echter niet beide worden toegepast op een perceel, de vastlegging is dus niet op te tellen.

Groenbemesters/vanggewassen hebben met name in het zuiden van Gelderland een hoge potentie (figuur 39). Dit gebied is relatief gezien gunstig voor de akkerbouw door de aanwezigheid van vruchtbare poldervaaggronden afgezet door de rivieren (Bodemkaart Nederland, 2020). Tevens worden er in Gelderland relatief veel aardappelen en wintertarwe verbouwd, teelten die over het algemeen goed kunnen worden opgevolgd door groenbemesters.

Noord-Brabant

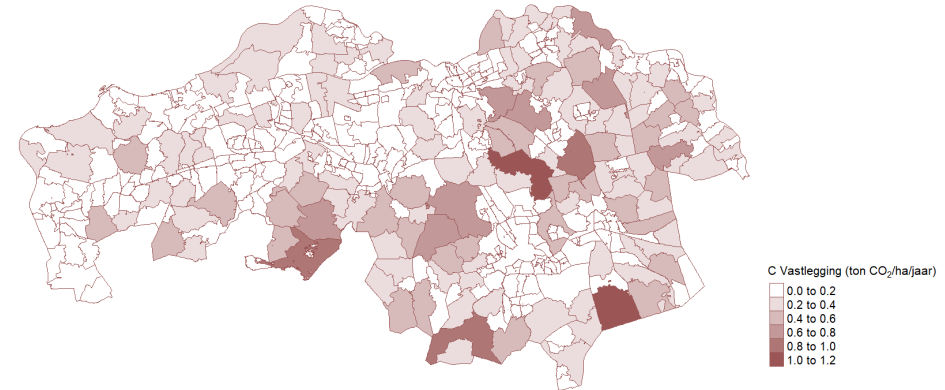
Potentiële koolstofvastlegging

Tabel 11 Potentiële koolstofvastlegging van maatregelen in de provincie Noord-Brabant.

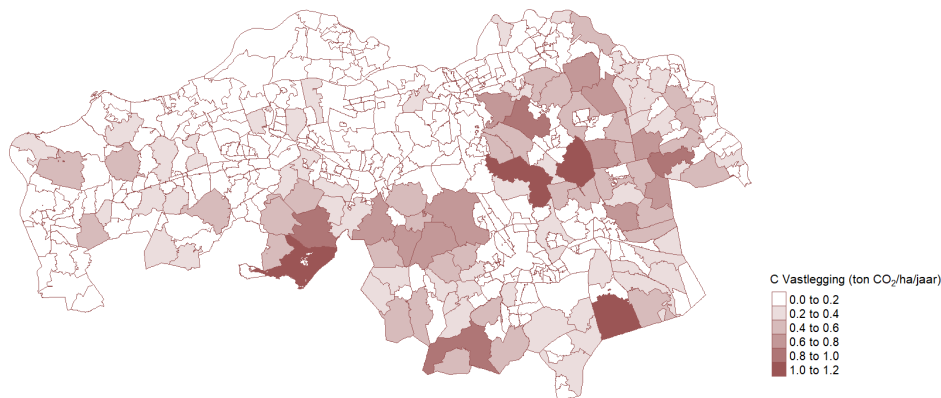
Maatregel	Potentiële vastlegging (kton CO ₂ /jaar)
Meer blijvend grasland	72,4
Wisselteelt mais-grasklaver	66,3
Extra compost	10,0
Extra vaste mest	8,6
Groenbemesters/vanggewassen	12,7
Aanpassen gewasrotatie	16,8
Achterlaten gewasresten	10,6
Permanente akkerranden	0,7
Vogelakkers	1,0
Realistische combinatie	132,1

In Noord-Brabant kan er in potentie totaal 132,1 kton CO₂ worden vastgelegd in minerale landbouwbodems. De maatregelen die het meeste bijdragen aan deze vastlegging zijn meer blijvend grasland, wisselteelt mais-grasklaver en het aanpassen van de gewasrotatie (Tabel 11).

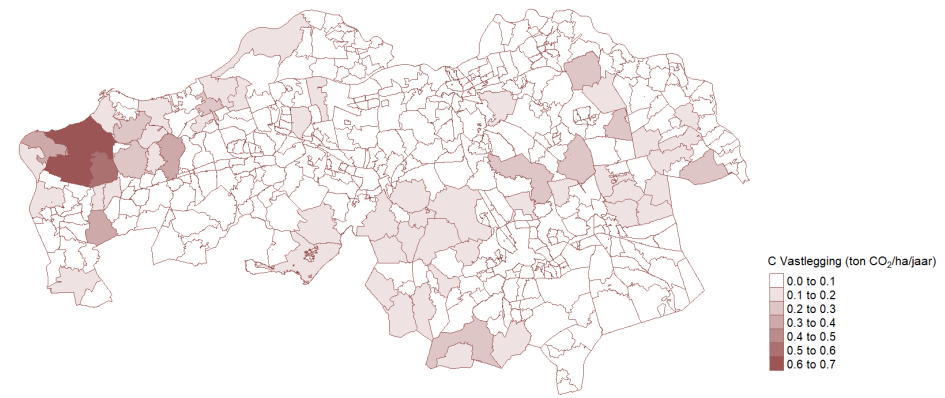
Meer blijvend grasland



Wisselteelt mais-grasklaver

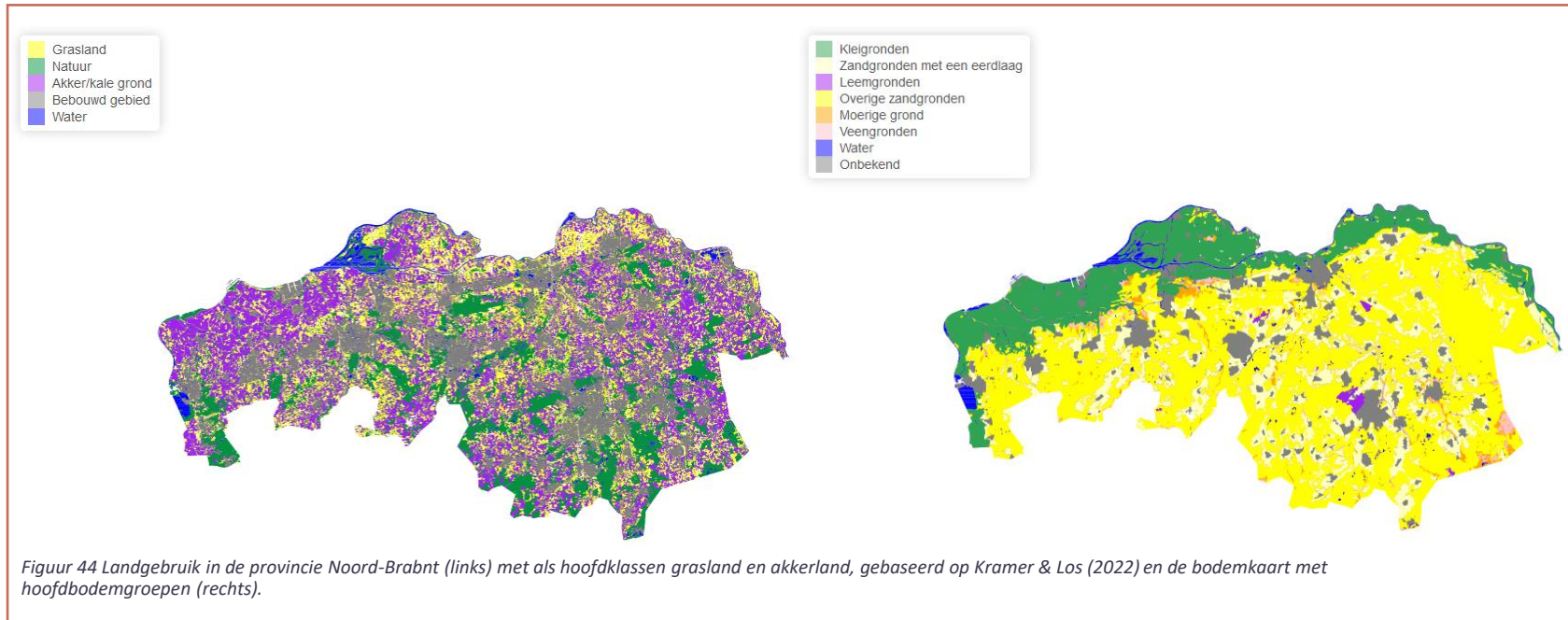


Aanpassen gewasrotatie



Figuur 41-43 Geografische weergave van de potentiële koolstofvastlegging voor de provincie Noord-Brabant voor de maatregelen 42) Meer blijvend grasland, 43) Wisselteelt mais-grasklaver en 44) Aanpassen gewasrotatie. De vastlegging is weergegeven in ton CO₂/ha/jaar.

Bodemtype en landgebruik



Figuur 44 Landgebruik in de provincie Noord-Brabant (links) met als hoofdklassen grasland en akkerland, gebaseerd op Kramer & Los (2022) en de bodemkaart met hoofdbodemgroepen (rechts).

Toelichting

De maatregelen meer blijvend grasland en wisselteelt mais-grasklaver hebben verdeeld over de provincie een hoge potentie (figuur 41 & 42). Het areaal grasland in Noord-Brabant is niet erg hoog (figuur 44), maar in verhouding is het aandeel tijdelijk grasland in Noord-Brabant wel zeer hoog (BRP data, 2021). Ook het aandeel mais is hoog in Noord-Brabant. Door tijdelijk grasland om te zetten naar blijvend grasland en percelen voor maisteelt om te zetten in een wisselteelt met grasklaver, kan ik potentie veel CO₂ worden vastgelegd.

Het aanpassen van de gewasrotatie is met name in het uiterste westen van de provincie een maatregel met hoge potentie. Het aandeel akkerbouw is daar zeer hoog (figuur 44) en de bodem karakteriseert zich door vruchtbare poldervaaggronden (Bodemkaart Nederland, 2020). In dit gebied worden met name veel uien geteeld, welke onder intensieve gewassen vallen met veel grondbewerking (BRP data, 2020). Om deze reden kan er potentieel veel koolstof worden vastgelegd wanneer een deel van deze uien worden vervangen door graangewassen.

Limburg

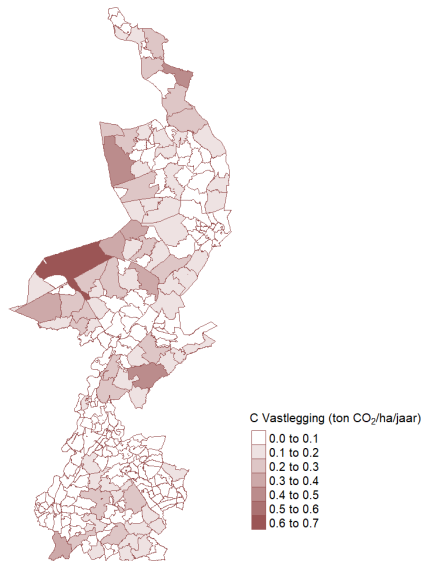
Potentiële koolstofvastlegging

Tabel 12 Potentiële koolstofvastlegging van maatregelen in de provincie Limburg.

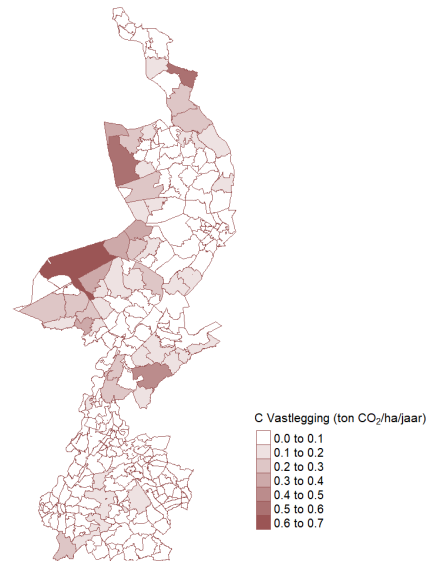
Maatregel	Potentiële vastlegging (kton CO ₂ /jaar)
Meer blijvend grasland	21,4
Wisselteelt mais-grasklaver	16,3
Extra compost	4,5
Extra vaste mest	3,3
Groenbemesters/vanggewassen	10,2
Aanpassen gewasrotatie	3,3
Achterlaten gewasresten	7,1
Permanente akkerranden	0,3
Vogelakkers	0,4
Realistische combinatie	50,2

In Limburg kan er in potentie totaal 50,2 kton CO₂ worden vastgelegd in minerale landbouwbodems. De maatregelen die het meeste bijdragen aan deze vastlegging zijn meer blijvend grasland, wisselteelt mais-grasklaver en het inzetten van groenbemesters/vanggewassen (Tabel 12).

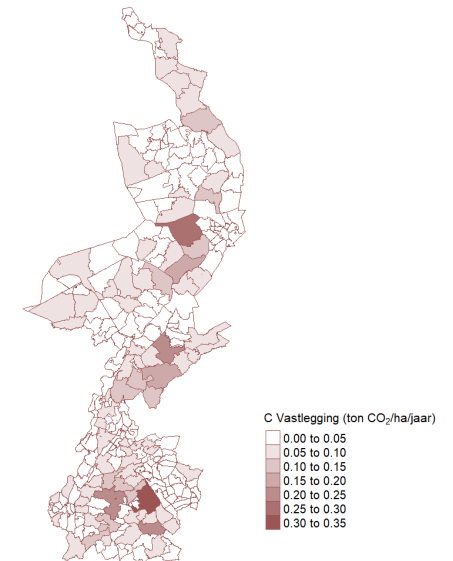
Meer blijvend grasland



Wisselteelt mais-grasklaver

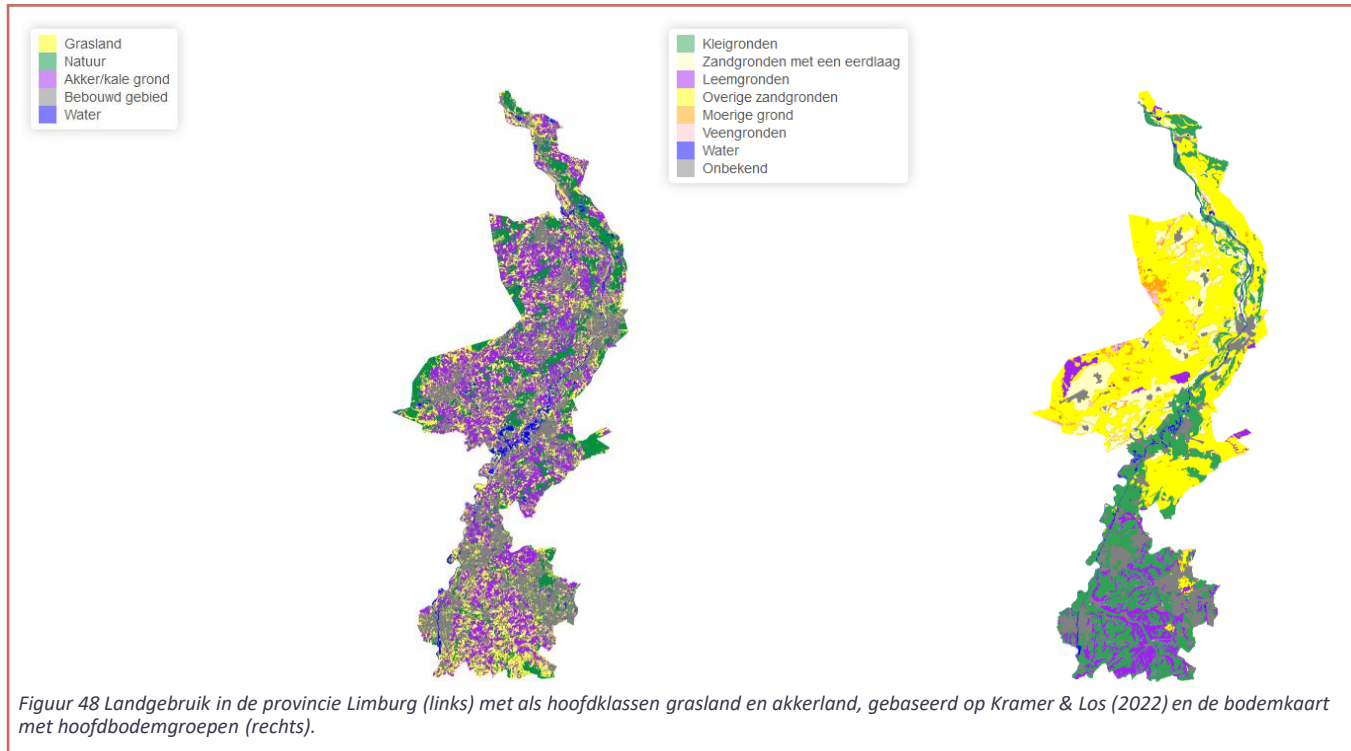


Groenbemesters/vanggewassen



Figuur 45-47 Geografische weergave van de potentiële koolstofvastlegging voor de provincie Limburg voor de maatregelen 46) Meer blijvend grasland, 47) Wisselteelt mais-grasklaver en 48) Groenbemesters/vanggewassen. De vastlegging is weergegeven in ton CO₂/ha/jaar.

Bodemtype en landgebruik



Toelichting

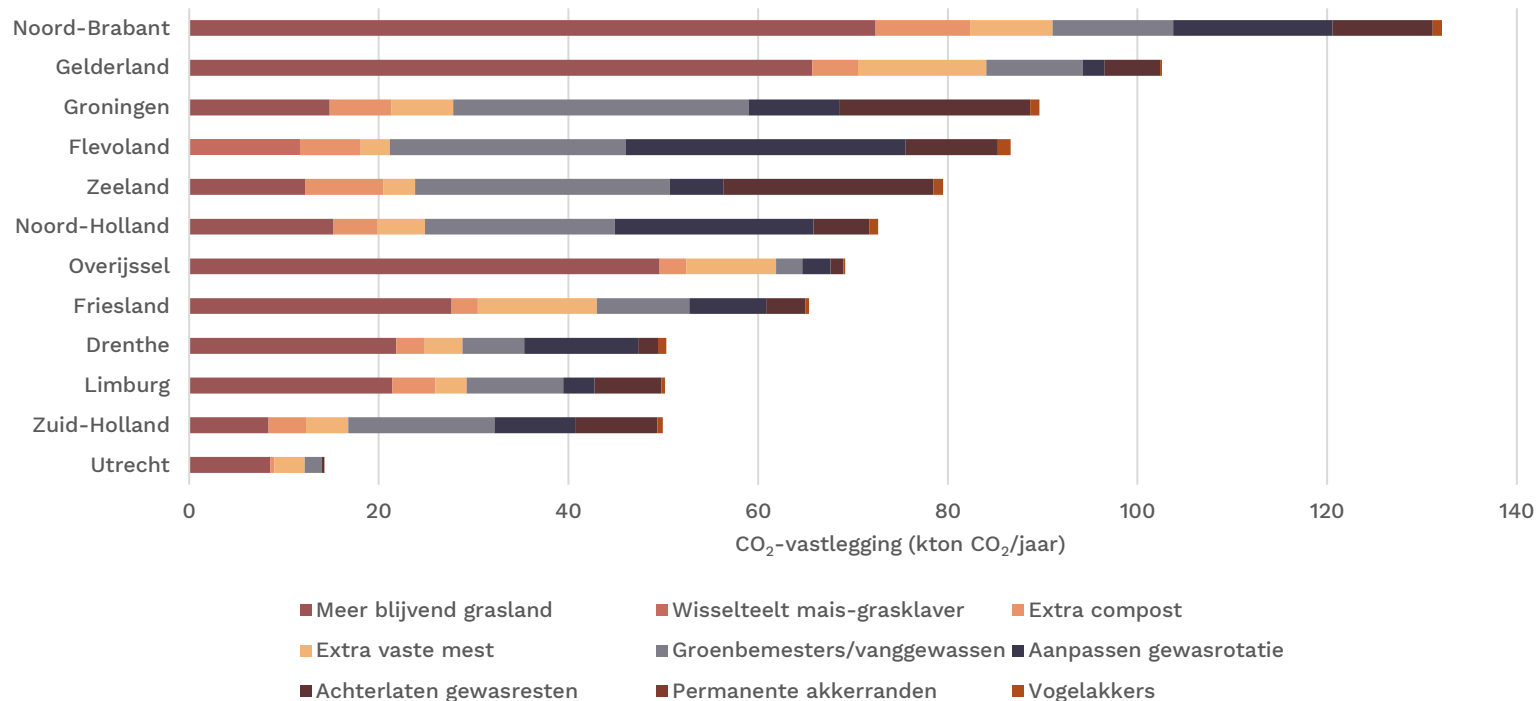
De maatregelen meer blijvend grasland en wisselteelt mais-grasklaver tonen met name in het westen van Limburg een hoge potentie (figuur 45 & 46). Het grootste gedeelte van het grasland bevindt zich in het zuiden van de provincie (figuur 48). Het aandeel tijdelijk grasland is echter vrij hoog in het westen van Limburg t.o.v. het grasland in het zuiden (BRP data, 2021), waardoor de potentie voor koolstofvastlegging alsnog relatief hoog is, ondanks de relatief armere zandgronden waarop het grasland zich bevindt (figuur 48). Daarnaast wordt in het westen ook relatief veel mais verbouwd, waardoor ook de maatregel wisselteelt mais-grasklaver een hoge potentie toont (BRP data, 2021).

Groenbemesters/vanggewassen hebben verdeeld over de provincie een hoge potentie (figuur 47). Het bodemtype in de gebieden met een hoge vastlegging is niet eenduidig (figuur 48). Daardoor is het aannemelijk dat het bouwplan een drijvende factor is achter de hoge potentie van deze maatregel, met een relatief hoog aandeel graangewassen (BRP data, 2021).

Discussie en conclusie

Figuur 49 laat zien dat de potentiële realistische bijdrage aan extra CO₂-vastlegging per provincie zeer uiteenlopend is. Noord-Brabant kan veruit de meeste extra CO₂ vastleggen in minerale landbouwbodems en Utrecht het minste. Deze verschillen ontstaan met name door het bodemtype dat in een provincie domineert en het areaal landbouwgrond. Zo is in de provincie Utrecht het aandeel organische bodems aanzienlijk, welke in deze studie zijn uitgesloten omdat de focus is op minerale gronden. Daarnaast is het totale oppervlak agrarisch land relatief laag, o.a. door de aanwezigheid van natuur. Daarnaast toont figuur 49 dat met name maatregelen rondom graslandmanagement en groenbemesters leiden tot veel vastlegging. De maatregelen Meer blijvend grasland en Wisselteelt mais-grasklaver kunnen niet tegelijkertijd worden toegepast, beide maatregelen impliceren namelijk een toename van het areaal permanent grasland. Voor de berekening van de totale potentie in figuur 49 is daarom enkel de maatregel met de hoogste potentie meegenomen. Voor alle provincies behalve Flevoland leidt Meer blijvend grasland tot een hogere vastlegging. Ook is het effect van Permanente akkerranden niet meegenomen in de resultaten uit figuur 49, doordat ook hier een dubbeltelling ontstaat met andere akkerbouwmaatregelen. In provincies met een hoog aandeel grasland (bijvoorbeeld Noord-Brabant, Gelderland en Overijssel) zijn het met name de maatregelen rondom grasland die een grote bijdrage leveren en provincies met een hoog aandeel bouwland (bijvoorbeeld Flevoland, Zeeland, Groningen) kunnen veel CO₂ vastleggen met maatregelen gericht op de akkerbouw, zoals groenbemesters en aanpassen van de gewasrotatie.

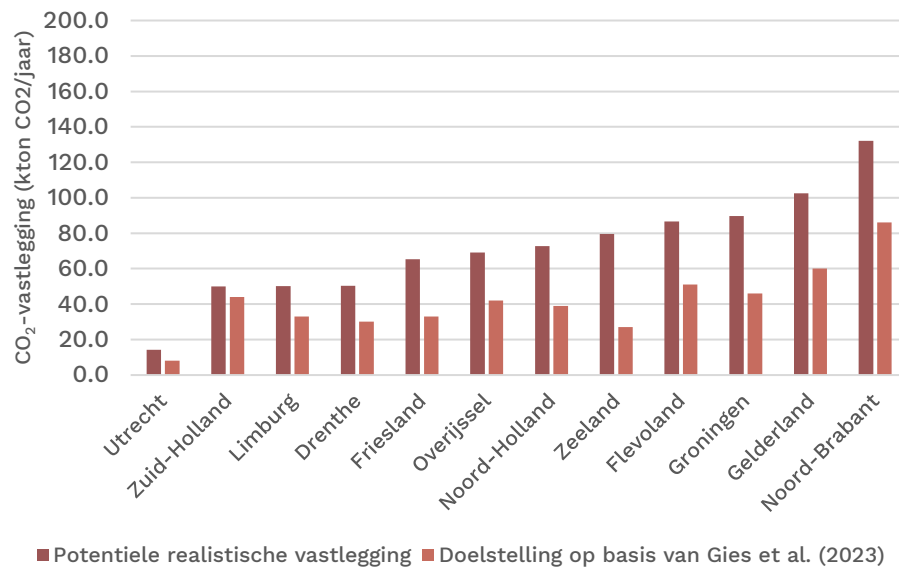
Realistische potentie van maatregelen per provincie



Figuur 49 Overzichtsgrafiek van de realistische potentiële additionele CO₂-vastlegging (kton CO₂/jaar) per provincie met uitsplitsing naar maatregelen die bijdragen aan de totale vastlegging. Per provincie wordt óf de maatregel Meer blijvend grasland óf de maatregel Wisselteelt mais-grasklaver meegerekend, afhankelijk van de maatregel met de hoogste potentie. Ook de maatregel Permanente akkerranden is niet meegenomen. Dit om dubbeltelling te voorkomen.

In het Klimaatakkoord staat het doel opgenomen om vanaf 2030 jaarlijks additioneel 0,5 Mton CO₂-eq vast te leggen in minerale landbouwbodems. Lesschen et al. (2021) heeft in zijn studie aangetoond dat het maximaal haalbaar is om 0,9 Mton CO₂ vast te leggen, bij een implementatie van 100%. Het is echter onwaarschijnlijk dat iedere boer alle mogelijke maatregelen zal toepassen op zijn bedrijf.

Gies et al. (2023) heeft op basis van de potentiële koolstofvastlegging uit Lesschen et al. (2021) per provincie bepaald welke bijdrage iedere provincie zou moeten kunnen leveren om te komen tot een landelijke vastlegging van 0,5 Mton CO₂-vastlegging. Figuur 50 toont per provincie de realistische potentie voor CO₂-vastlegging op basis van deze studie en de doelstelling voor iedere provincie op basis van Gies et al. (2023). In tabel 13 is aangegeven wat de bij figuur 50 horende gewenste implementatie is van maatregelen om de doelstelling te behalen. Gemiddeld is de gewenste implementatiegraad 59%, met uitschieters van 88% voor Zuid-Holland en 34% voor Zeeland.



Tabel 13 Gewenste implementatie (%) van maatregelen per provincie, uitgaande van de realistische vastlegging.

Provincie	Gewenste implementatie
Utrecht	56%
Zuid-Holland	88%
Limburg	66%
Drenthe	60%
Friesland	50%
Overijssel	61%
Noord-Holland	54%
Zeeland	34%
Flevoland	59%
Groningen	51%
Gelderland	58%
Noord-Brabant	65%

Figuur 50 De potentiële realistische additionele vastlegging per provincie (kton CO₂/jaar) op basis van deze studie en de doelstelling voor CO₂-vastlegging op basis van Gies et al. (2023).

De resultaten uit deze studie kunnen provincies een handreiking bieden voor de nadere invulling van de plannen voor het Nationaal Programma Landelijk Gebied. Deze studie bouwt voort op de resultaten uit Lesschen et al. (2021) en de conclusies betreft de potentie voor koolstofvastlegging in Nederland door Lesschen et al. (2021) zijn nog altijd leidend. Deze studie biedt een goede aanvulling op de studie van Herbert et al. (2023), waarbij deze studie meer focust op het effect van losse maatregelen en de geografische potentie van de top 3 maatregelen. Tevens biedt deze studie een toelichting op de vraag waarom juist deze maatregelen nu de meeste potentie hebben in een bepaalde provincie. Herbert et al. (2023) schetst met name het beeld van de algemene landbouwpraktijk in een provincie en de potentie van koolstofvastlegging binnen een viertal scenario's. Hierbij wordt minder ingegaan op de effecten van individuele maatregelen. Door deze verschillen vullen de studies elkaar goed aan. Verschillen in resultaten zijn hierbij met name ontstaan door verschillen in aannames, welke hier zijn toegelicht in het Methode hoofdstuk.

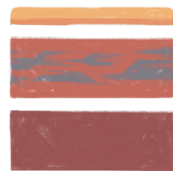
Beperkingen van de studie

Voor deze studie is per provincie modelmatig de potentie van een set van maatregelen bepaald. Zoals beschreven in hoofdstuk Methode liggen er aannames ten grondslag aan deze modelberekeningen. Deze aannames zijn gebaseerd op landelijke doelstellingen en toepassingen. Het is aannemelijk dat op provinciaal niveau de aannames aangepast dienen te worden, doordat de doelstellingen voor een specifieke provincie niet haalbaar/realistisch zijn. Deze provincie-specifieke aannames zijn in deze studie niet meegenomen. Voor een eventuele vervolgstudie zou het een aanbeveling zijn deze provincie-specifieke aannames wel te maken, om zo nog beter inzichtelijk te krijgen welke maatregelen in potentie veel kunnen bijdragen aan klimaatdoelstellingen in de provincie.



Referenties

- Bodemkaart Nederland, 2020. Bodemkaart 1 : 50 000. Geraadpleegd via <https://app.pdok.nl/viewer/#x=160000&y=455000&z=3&background=BRT-A%20standaard&layers=d9cc67ba-5491-4640-86ac-b8d392250270;soilarea>
- BRP data, 2021. Geraadpleegd via <https://app.pdok.nl/viewer/#x=155372.9012242978&y=487962.6061916108&z=8.164109707153912&background=BRT-A%20standaard&layers=1f7d475c-179d-4c71-89ca-4b5fd210ec18;BrpGewas>
- BVOR, 2017. Compost: effectieve organische stof in de bodem; marktcijfers 2016. BVOR.
- Coleman, K. en D.S. Jenkinson, 2014. RothC – A Model for the turnover of carbon in soil – Model description and users guide (Windows version) (Updated June 2014). Rothamsted Research, Harpenden, UK.
- Gies, E., Cals, T., Groenendijk, P., Kros, H., Hermans, T., Lesschen, J. P., ... & Voogd, J. C. (2023). Scenariostudie naar doelen en doelrealisatie in het kader van het Nationaal Programma Landelijk Gebied: een integrale verkenning van regionale water-, klimaat-en stikstofdoelen en maatregelen in de landbouw.
- Zwanet Herbert, Herman Agricola, Chris J. Koopmans. 2023. *Impact van koolstofmaatregelen op regioniveau: Een scenariostudie naar de mogelijkheden per provincie*. 2023-012 LbP. Louis Bolk Instituut.
- Koopmans, Chris J., Jan G. Bokhorst, Coen ter Berg, Nick J.M. van Eekeren. 2012. Handboek Bodemsignalen: Praktijkids voor een vruchtbare bodem. Roodbond, Zutphen.
- Kramer, H. & S. Los (2022). Basiskaart Natuur 2021; Een landsdekkend basisbestand voor de terrestrische natuur in Nederland. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 227. 46 blz.; 5 fig.; 13 tab.; 13 ref; 6 bijlagen.
- Lesschen, J.P., I. Staritsky en G.L Velthof, 2011. Verkenning grootschalige toepassing van mineralenconcentraten in Nederland; Effecten op nutriëntenstromen en emissies. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2247. 1
- Lesschen, J. P., Vellinga, T., Dekker, S., van der Linden, A., & Schils, R. (2020). *Mogelijkheden voor monitoring van CO₂-vastlegging en afbraak van organische stof in de bodem op melkveebedrijven* (No. 2993). Wageningen Environmental Research.
- Lesschen, J.P., Hendriks, C.H., Slier, T., Porre, R.J., Velthof, G.L., Rietra, R., 2021. *De potentie voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3130. 88 blz.; 24 fig.; 11 tab.; 200 ref.
- Norén, I. S., van Geel, W., & de Haan, J. (2021). *Cover crop reference values: Effective organic matter and nitrogen uptake* (No. WPR-877). Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research (WPR), Business unit Field Crops.
- Slier, T., Stout, B., Vervuurt, W., Schepens, J., Garcia, L. M., Velthof, G. L., ... & van Middelaar, J. (2022). *Integratierapport Slim Landgebruik: Verdieping op de effecten van maatregelen binnen Slim Landgebruik*. Slim Landgebruik.
- Slier, T., Westerik, D., Lesschen, J.P., Koopmans, C.J., Vervuurt, W., Schepens (2022). CO₂Bodem: tussenresultaten Slim Landgebruik. Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- van Eekeren, N. J. M., Philipsen, A. P., & Hanegraaf, M. C. (2007). Blijvend grasland of gras klaver in rotatie met snijmaïs. *V-focus*, 2007(oktober), 24-25.
- van Tol-Leender, D., Knotters, M., de Groot, W., Gerritsen, P., Reijneveld, A., van Egmond, F., ... & Kuikman, P. (2019). *Koolstofvoorraad in de bodem van Nederland (1998-2018): CC-NL* (No. 2974). Wageningen Environmental Research.
- Wenum, J., de Haan, J., van Geel, W., van Dijk, W., van Valen, A., Postma, R., Brinks, H., Brolsma, K., Heestermans, S., Mager, A., de Jongh, E. 2013. Handboekbodembevestiging.



Slim
Landgebruik

www.slimlandgebruik.nl