

Afstudeeronderzoek

‘4 per 1000’; stof tot nadenken



Auteur: Tim den Haan
Klas D4TA
Langeraar, juni 2018

‘4 per 1000’; stof tot nadenken

Onderzoeksrapport afstudeertraject Deeltijdopleiding HBO Tuin- & Akkerbouw

Aeres hogeschool te Dronten

Auteur: Tim den Haan
Langeraar, juni 2018
Opdrachtgever: lectoraat Duurzaam Bodembeheer
Afstudeerdocenten: Gera van Os, Karin Pepers

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Voorwoord

Voor u ligt het afstudeeronderzoek dat ik heb geschreven als afsluitende module voor de deeltijd opleiding Tuin- en Akkerbouw. Dit afstudeeronderzoek is de laatste fase van de studie 'Tuin en Akkerbouw' aan Aeres Hogeschool in Dronten, welke ik in de afgelopen vier jaar in deeltijd heb doorlopen. Het afstudeeronderwerp richt zich op de 'bodem', een onderwerp dat tijdens deze studie mijn interesse heeft gewekt. In overleg met het lectoraat Duurzaam Bodembeheer is uiteindelijk een vraagstelling opgesteld, zij zijn opdrachtgever voor dit afstudeeronderzoek. Het onderzoek richt zich op Nederlandse akkerbouwers op kleigrond. Dit afstudeeronderzoek geeft inzicht in het '4 per 1000' initiatief: wat zijn de mogelijkheden en onmogelijkheden, mocht dit gemeengoed worden.

Samen met mijn afstudeerbegeleiders, Gera van Os en Karin Pepers, heb ik de onderzoeksvragen voor deze scriptie opgesteld. Het onderzoek bestaat hoofdzakelijk uit een literatuuronderzoek, aangevuld met gesprekken/interviews met ervaringsdeskundigen. Gedurende mijn afstudeeronderzoek stonden Gera van Os en Karin Pepers altijd voor mij klaar. Zij hebben mij goed op weg geholpen. Daarnaast wil ik de 2^e beoordelaar Sylvan Nysten bedanken voor zijn input op het vooronderzoek.

Tevens wil ik Daisy van Burik bedanken voor het meedenken en –lezen en haar kritische vragen bij het opstellen van dit vooronderzoek. Daarnaast heeft zij de afgelopen periode gezorgd dat ik me optimaal op dit afstudeeronderzoek kon richten door ons gezin draaiende te houden.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Inhoud

SAMENVATTING	5
SUMMARY	6
1 INLEIDING	7
2 MATERIAAL EN METHODE	11
3 ORGANISCHE STOF; HET ZWARTE GOUD VAN DE BODEM	13
3.1 EFFECT VAN ORGANISCHE STOF OP DE BODEM	13
3.2 EFFECT VAN ORGANISCHE STOF OP HET KLIMAAT	13
3.3 ORGANISCHE STOFGEHALTE IN DE NEDERLANDSE BODEM	15
3.4 ZEEKLEIGROND	16
4 VERHOGEN VAN HET KOOLSTOFGEHALTE	18
4.1 NIET-KERENDE GRONDBEWERKING	20
4.2 GEEN GRONDBEWERKING	23
4.3 TUSSENGEWAS	24
4.4 GEWASROTATIES VERBETEREN	27
4.5 GEWASRESTEN ACHTERLATEN	29
4.6 AKKERRANDENBEHEER	31
4.7 NIET SCHEUREN GRASLAND	32
4.8 AGROFORESTRY	33
4.9 TOEVOEGEN COMPOST EN DIERLIJKE MEST	34
5 VERDIENEN AAN KOOLSTOF	39
5.1 SUBSIDIES	39
5.2 CARBON CREDITS VANUIT DE MARKT	40
5.2.1 CO ₂ compensatie	40
5.2.3 Chicago Climate Exchange (CCX)	40
5.3.3 Stimulans vanuit de keten	41
5.4 VERMARKTEN VAN AGROFORESTRY	41
5.4.1 Walnoten boomgaard als pensioenvoorziening	41
5.4.2 Landschapsveiling	43
5.4.3 Actieplan Bos en Hout	43
5.5 VOORWAARDEN OM KOOLSTOF TE VERWAARDEN	43
6 DISCUSSIE	46
7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	49
LITERATUURLIJST	51
BIJLAGEN	51
BIJLAGE I INTERVIEW AKKERBOUWERS OP ZEEKLEIGROND	55
BIJLAGE II TOENAME BODEM KOOLSTOF (C) GEHALTE PER MAATREGEL	60
BIJLAGE III VERLOOP ORGANISCHE STOF GEHALTE BIJ GEBRUIK COMPOST EN DIERLIJKE MEST	62
BIJLAGE IV VRAGENLIJST 'KOOLSTOFBOEREN' PROJECT	63

Samenvatting

In 2015, tijdens de 21^e klimaatconferentie in Parijs (COP21), werd het internationale initiatief '4 per 1000' gelanceerd. Dit initiatief heeft het volgende uitgangspunt: bodems wereldwijd bevatten, in de bovenste 30 tot 40 cm, 2 tot 3 keer meer koolstof dan dat er in de atmosfeer voorkomt. Wanneer het koolstofniveau in de bodems jaarlijks kan worden verhoogd met 0.4% oftewel 4‰ ('4 per 1000'), dan kan de jaarlijkse stijging van CO₂ in de atmosfeer worden gecompenseerd en de klimaatverandering worden gestabiliseerd.

De reden dat met name naar landbouw bodems wordt gekeken als mogelijk oplossing, heeft vooral te maken met de positieve effecten van organische stof op de bodemkwaliteit en bodemvruchtbaarheid. Om meer koolstof in de bodem te krijgen moet ingezet worden op het verhogen van het organische stofgehalte. Grofweg 58% van de organische stof in Nederlandse bodems bestaat namelijk uit koolstof (C).

Inhoud van het onderzoek

- 1. Haalbaarheid om de reeds bekende maatregelen door te voeren voor een akkerbouwer met een bouwplan van 25% aardappel, 12,5% ui, 37,5% tarwe en 25% bieten op zeelegrond.**
Voor een akkerbouwer met bovenstaand bouwplan zijn Niet Kerende Grondbewerking, tussengewas, achterlaten gewasresten, akkerrandenbeheer, agroforestry en organische mest toevoeren toe te passen binnen het bestaande bouwplan. Toch blijkt dat deze maatregelen in de praktijk nog niet op grote schaal worden toegepast. Aangenomen mag worden dat dit met name te maken heeft met de veelal 'korte termijn' bedrijfsvoering die gangbaar is.
- 2. Maximaal te binden bodem koolstof (C) binnen de bestaande wet- en regelgeving.**
In totaal zou er jaarlijks bijna 2000 kilo koolstof (C) aangevoerd moeten worden om aan het '4 per 1000' initiatief te voldoen. Kijkend naar de bijdrage per maatregel en rekening houdend met het feit dat ze niet allemaal tegelijk kunnen worden toegepast, lijkt dit onmogelijk. Echter, agroforestry en het toedienen van organische mest hebben wel de potentie om de bodem koolstof aan te vullen tot de jaarlijks benodigde kilo's koolstof (C) per hectare.
- 3. Impact op bedrijfsniveau wanneer een akkerbouwer op zeelegrond volgens het '4 per 1000' initiatief zou werken.**
Werken volgens het '4per1000' initiatief betekent eigenlijk werken aan duurzaam bodembeheer. Voorwaarde is wel dat er overgestapt wordt van 'korte termijn' denken (wat levert het nu op) naar een bedrijfsvoering die investeert in de toekomst. Dit brengt uitdagingen met zich mee.
- 4. Mogelijke verdienmodellen.**
In Nederland bestaat momenteel nog geen verdienmodel voor agrariërs voor het opslaan van koolstof in de bodem. Wel zijn er voorbeelden van koolstofmarkten uit het buitenland die, enigszins aangepast, ook voor de Nederlandse agrariër toegepast kunnen worden. Deze bestaan uit subsidies, Carbon Credits vanuit de markt (particulier, bedrijfsleven, keten) en het vermarkten van agroforestry

Conclusie

Belangrijkste conclusie uit dit onderzoek is dat werken aan de bodem (volgens het '4per1000' initiatief) betekent dat de bodem in het geheel 'gezonder' wordt. En juist deze bodem is voor een akkerbouwer zijn belangrijkste verdienmodel. Duurzaam bodembeheer vraagt in veel gevallen wel om een andere manier van werken en vooral denken.

Summary

During the Climate Change Conference (COP 21) at Paris in 2015, the international '4 per 1000' initiative was launched. The aim of this initiative is that global soils contain, in the top 30-40cm, two to three times the amount of carbon dioxide (CO₂) present in the atmosphere. If this carbon level was increased by 0.4% or 4‰ per year, the annual increase of carbon dioxide in the atmosphere would be compensated and the global warming can be stabilized.

The reason of looking at agricultural soils as possible solution is mainly because of the positive effects of organic matter on soil quality and soil fertility. To increase the level of carbon (C) in soils there must be deployed on raising the amount of organic matter. Roughly 58% of organic matter in Dutch soils consist of carbon(C).

Content of the research

1. Feasibility of implementing the well-known measures for an arable farmer, working with the following crop rotation scheme: 25% potatoes, 12,5% onions, 37,5% wheat, 25% sugar beets on sea clay.

Working with the above crop rotation scheme allows an arable farmer to apply Non-Inversion Tillage, green manure, crop residues, field margins, agroforestry and organic manure. In practice it turns out that these measures aren't implemented on a large scale.

2. Maximum carbon (C) soil storage within the leading laws and regulations.

To meet the '4 per 1000' initiative there should be an annual supply of nearly 2000 kilograms of carbon (C). This seems impossible looking at the contribution per measure and considering the fact that they can't be implemented all together. However, agroforestry and organic manure both are in potential good measures to deliver enough carbon (C) to reach the yearly needed amount.

3. Impact on company level for an arable farmer when operating according to the '4 per 1000' initiative.

Operating according to the '4 per 1000' initiative actually means working at sustainable soil management. An important condition is to switch from 'short term' thinking (what's in it for me now) to a sustainable management that invests in the future. This brings some challenges with it.

4. Possible revenue models.

There are no Dutch revenue models yet for arable farmers to sequester carbon in soils. There are some foreign examples, though, that can be implemented on the Dutch market with some adjustments. These consist of grants, Carbon Credits from the market (private, businesses, chain) and marketing agroforestry.

Conclusion

Most important conclusion of this research is the fact that working on the soil (according to the '4 per 1000' initiative) means a 'healthier' soil. And specially this soil is the most important revenue model of an arable farmer. Sustainable soil management calls for a different way of working and thinking.

1 Inleiding

Twee onderwerpen die hoog op de internationale agenda staan zijn het klimaat en het veiligstellen van de wereldvoedselproductie voor de groeiende wereldbevolking. Op conferenties buigen vertegenwoordigers van vele landen zich regelmatig over de mogelijke oplossingen voor de uitstoot van broeikasgassen en de mogelijke te ontstane tekorten in de wereldvoedselproductie. Zo werd er in 2015, tijdens de 21^e klimaatconferentie in Parijs (COP21), door de 200 deelnemende landen overeenstemming bereikt over een bindend klimaatakkoord. Met dit klimaatakkoord moet de uitstoot van broeikasgassen zoals CO₂ worden teruggedrongen zodat er halverwege de 21^e eeuw evenwicht is tussen de uitstoot van broeikasgassen en het vermogen van de natuur om deze gassen te absorberen. Dit zou moeten bijdragen aan het beperken van de opwarming van de aarde met maximaal 2 graden. (Klimaatconferentie Parijs, 2015)

Tijdens dezelfde klimaatconferentie werd het internationale initiatief '4 per 1000' gelanceerd onder de titel "Soils for food security and climate". Het idee achter dit initiatief is dat de landbouw, en dan met name de landbouwbodems, een belangrijke rol kunnen spelen in het tegengaan van klimaatverandering en het veiligstellen van de wereldvoedselproductie. (INRA Science & Impact, IRD Institut de recherche pour le développement, & CIRAD, z.j.). Dit afstudeeronderzoek richt zich op de mogelijkheden om klimaatverandering tegen te gaan, het veiligstellen van de wereldvoedselproductie wordt buiten beschouwing gelaten.

Het zou als volgt moeten werken: bodems wereldwijd bevatten, in de bovenste 30 tot 40 cm, 2 tot 3 keer meer koolstof dan dat er in de atmosfeer voorkomt. Wanneer het koolstofniveau in de bodems jaarlijks kan worden verhoogd met 0.4% oftewel 4‰ ('4 per 1000'), dan kan de jaarlijkse stijging van CO₂ in de atmosfeer worden gecompenseerd en de klimaatverandering worden gestabiliseerd. Wereldwijd zijn er 570 miljoen boerderijen en leven er 3 miljard mensen in plattelands gebieden. Al deze mensen kunnen een bijdrage leveren aan het laten slagen van het initiatief. (<https://www.4p1000.org/>)

Nu het klimaatakkoord er is, zullen er mondiaal stappen genomen moeten worden om dit initiatief daadwerkelijk in de praktijk te (kunnen) brengen. Deze stappen zullen verschillen per grondsoort en klimaatzone. In gebieden waar dit relevant is moeten er bijvoorbeeld politieke maatregelen worden genomen om de ontbossing tegen te gaan, bossen zijn immers groot vastleggers van CO₂. Ten tweede, dit is in Nederland relevant, moeten er duurzame landbouwmethoden worden gestimuleerd die het mogelijk maken om het organische stofgehalte in deze bodems te verhogen en zo het 4‰ doel behalen. De website (<https://www.4p1000.org/>) noemt op mondiaal niveau o.a. de volgende methoden:

- Laat geen bodem onbedekt en bewerk deze zo min mogelijk om uitstoot van CO₂ te voorkomen. Hoe meer begroeid een bodem is, hoe rijker deze wordt aan organisch stof, en dus koolstof.
- Herstel de begroeiing op gedegradeerde akkers, bossen en andere gebieden.
- Gebruik organische mest en compost om de bodem te verrijken.
- Zorg dat water bij de voet van de plant terechtkomt zodat deze optimaal kan groeien.

Nadat de politiek een zo gunstig mogelijk klimaat creëert om het '4 per 1000' initiatief te implementeren, is het aan de landbouw zelf om het in de praktijk te brengen. Voor elke grondsoort en klimaatzone zal dit anders uitpakken. In Nederland zijn de eerste proeven met het vastleggen van CO₂ momenteel bezig, hierbij wordt vooral gekeken naar manieren om het organisch stofgehalte in de bodem te verhogen. In dit afstudeeronderzoek wordt een verdiepingsslag gemaakt in de relatie tussen organische stofgehalte en het klimaat met behulp van bestaande literatuur. Een kort resume van dit onderzoek:

Het op peil houden en/of verhogen van het organische stofgehalte in bodems is niet nieuw, hiernaar zijn vele onderzoeken gedaan welke als bronnen voor dit onderzoek kunnen dienen. Zo valt in de 'Handleiding goed koolstof beheer' te lezen waarom dit zo belangrijk is en welke concrete maatregelen

op bedrijfsniveau kunnen worden toegepast. Te denken valt aan niet kerende grondbewerking (NKG), braak vermijden, gewasrotatie, plaatsen van hagen etc. (Rietberg, Luske, Visser, & Kuikman, 2013). In het rapport 'En de boer, hij ploegde niet meer?' (Van der Weide, Van Allebeek, & Van der Broek, 2008) is te lezen: 'Opnieuw is duidelijk geworden dat de toepassing van niet-kerende grondbewerkingen een aantal substantiële voordelen kent. Deze voordelen zijn deels voor de ondernemer (een lager energieverbruik, minder arbeid en onderhoud aan machines), maar deels ook voor de samenleving door de bijdrage aan het tegengaan van klimaatsverandering en verbetering van de waterkwaliteit'.

Uit een recent rapport van Technische commissie bodem (2016) blijkt dat al enkele decennia duidelijk is dat het verhogen/op peil houden van het organische stof gehalte, bijdraagt aan het initiatief dat in 2015 is omarmd door de wereldtop. Interessante vraag is echter waarom het in de praktijk dan toch nog niet zo breed wordt toegepast.

Willems, Erismann, en Staps (2017) schrijven in een uitgave van BrabantAdvies dat juist de (landbouw)bodem een deel van de oplossing van het klimaatprobleem kan worden, maar dat de rol die de bodem kan spelen tot nu toe in het rijks- en provinciaal klimaatbeleid een onderbelicht domein is. Eenzelfde kanttekening is te lezen in het eerder genoemde rapport van de Technische commissie bodem: 'In de praktijk blijkt het lastig om organische stof gehalten in landbouwbodems op peil te houden of zelfs te verhogen, omdat de meest voor de hand liggende maatregel – organische mest toevoeren – vanwege de samenstelling van beschikbare organische meststoffen vaak op milieubezwaren stuit.'

Ook Smit en Kuikman (2005) schrijven: 'Deze dilemma's geven aan waarom organische stof in Nederland maar zeker niet alleen in Nederland, ondanks veel onderzoek nog altijd met veel vragen is omgeven.' Dit zou dus duiden op behoefte aan stimulerende wet- en regelgeving of juist het wegnemen van beperkende wet- en regelgeving.

Uit een eerste analyse van de beschikbare literatuur komt duidelijk naar voren wat het belang van Organische Stof is voor het bodemleven en voor, in het geval van dit onderzoek, het klimaat. Echter wordt de vertaalslag naar de praktijk nog niet concreet genoeg gemaakt. Daarom zal in deze scriptie de link gelegd worden naar het bedrijfsniveau. Hierbij vormen de 9 reeds bekende maatregelen het uitgangspunt:

- niet-kerende grondbewerking
- geen grondbewerking
- groenbemester
- gewasrotatie verbeteren
- gewasresten achterlaten
- akkerrandenbeheer
- niet scheuren grasland
- agroforestry
- het toevoegen van dierlijke mest en compost

Deze maatregelen hebben allen het doel om organische stof te verhogen binnen een bouwplan van een agrariër op kleigrond. (Lesschen et al., 2012)

Hierbij wordt uitgegaan van een voor de gemeente Haarlemmermeer (zeekleigrond) gangbaar bouwplan. Dit bouwplan ziet er als volgt uit: 25% aardappel, 12,5% ui, 37,5% tarwe en 25% bieten. (L. Kranenburg, persoonlijke communicatie, 1 april 2018) Alle maatregelen passen in principe binnen dit bouwplan, op het niet scheuren van grasland na. Niet kerende grondbewerking en geen grondbewerking worden beiden reeds toegepast, maar nog niet op grote schaal. In de praktijk is nog niet duidelijk wat de potentie van elke maatregel is voor dit gebied en dit type bouwplan. Wel is bekend wat de huidige hoeveelheid koolstof in de Nederlandse zeekleibodem is, aan de hand hiervan kan berekend worden of en zo ja hoeveel dit nog kan stijgen. Hierbij speelt vanzelfsprekend de wet- en regelgeving een belangrijke rol. Met deze cijfers kan bekeken worden of de mondiale doelstelling '4 per 1000' voor een akkerbouwer op zeekleigrond überhaupt haalbaar is op bedrijfsniveau. Kijkend

naar de kaart van Nederland zal niet elk bodemtype dezelfde potentie hebben om het C gehalte te verhogen, dit betekent dat sommige bodems misschien meer omhoog zouden moeten, is dit mogelijk?

Los van de landelijke doelstelling om het C gehalte met 4 promille te verhogen, is het opslaan van koolstof in de grond een hot item. Op dit moment lopen er in Nederland twee projecten waarin de theorie in praktijk gebracht wordt; 'Koolstofboeren' door de zuidelijke land en tuinbouw organisatie (ZLTO), Bionext en het Louis Bolk Instituut, en 'Carbon Valley' door de Duinboeren, het Louis Bolk Instituut en Het Groene Woud. ("Wilt u ook organische stof van uw bodem verhogen?", 2017), (Van Eekeren et al., 2018) Uit eerste resultaten én op basis van ervaringen van een van de agrariërs die reeds koolstof opslaat, is aan te nemen dat de impact op de bedrijfsvoering redelijk groot is. Teelt technisch gezien kunnen zich knelpunten voordoen die het lastig maken, denk bijvoorbeeld aan het inpassen van NKG, waarbij mogelijk ook overgegaan moet worden op een vast rijpadensysteem inclusief aanpassing van het materieel. Wanneer over wordt gegaan op 'geen grondbewerking' moet zelfs nieuwe apparatuur aangeschaft worden én de gewasrotatie moet op de schop. (Hotse Smit, 2018) Maar ook is het de vraag of de capaciteit van de bodem om koolstof vast te leggen groot genoeg is. In Van Groeningen et al. (2017) wordt de haalbaarheid van '4 per 1000' ter discussie gesteld: 'Waar gaat voor het vastleggen van Koolstof de benodigde stikstof (N) vandaan komen? De benodigde N opname door de plant om aan het 4‰ te voldoen is niet realistisch. Mogelijk zijn gronden met weinig C en veel nutriënten het meest geschikt'.

Uiteindelijk vragen alle maatregelen om het organische stofgehalte in de bodem te verhogen, op de korte termijn investeringen van akkerbouwers die, eventueel, pas op de lange termijn rendabel worden. En hoewel het '4 per 1000' initiatief bedrijfsoverstijgend is (mondiaal), zijn de kosten voor rekening van elke individuele akkerbouwer. Daarom is het ook belangrijk te bekijken wat voor verdienmodellen er denkbaar zijn. Gedacht kan bijvoorbeeld worden aan een vergoedingssysteem voor CO₂ opslag in de bodem, zogenaamde Carbon Credits, waar in het buitenland al ervaring mee is (CLM Onderzoek en advies, 2013). Of moet, zoals Lesschen stelt (in Tonjes, 2018) "het 'verdienmodel' niet los worden gezien van voordelen in de waterhuishouding en gezondheid van de teelt. Alleen carbon credits gaan de omslag niet veroorzaken".

De analyse van de literatuur, het lezen van publicaties over '4 per 1000' en CO₂ opslag in de bodem, (voorlopige) uitkomsten van lopende projecten in binnen- en buitenland samengenomen leidden tot het ontstaan van de volgende doelstelling van dit afstudeeronderzoek:

Doelstelling

Doelstelling van dit afstudeeronderzoek is om beleid, theorie en praktijk met elkaar te verbinden en inzichtelijk te maken wat de exacte rol van de akkerbouwer in het 4/1000 initiatief kan zijn. En of de huidige wet- en regelgeving een stimulerende dan wel een beperkende rol speelt.

De doelstelling is uitgewerkt in de volgende hoofd- en deelvragen:

Hoofdvraag

Wat betekent het '4 per 1000' initiatief voor de bedrijfsvoering van een Nederlandse akkerbouwer op zeekelegrond?

De reden dat juist de rol van een akkerbouwer wordt uitgewerkt, is omdat met name deze groep het '4per1000' initiatief in de praktijk moet kunnen brengen om zo een bijdrage te leveren aan een sector overstijgend vraagstuk (klimaat). De focus op kleigrond is ontstaan vanuit een persoonlijke interesse in dit grond type en de mogelijkheden hiervan. De mogelijkheden van Agroforestry worden meegenomen, maar de ontbossing in het algemeen niet. Dit omdat ontbossing geen groot thema in Nederland is.

Deelvragen

Om een goed antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag worden onderstaande deelvragen beantwoord:

- 1 In hoeverre is het voor een akkerbouwer op zeekleigrond, binnen een voor dit bodemtype gangbaar bouwplan, haalbaar om de reeds bekende maatregelen door te voeren?
- 2 Hoeveel koolstof kan er maximaal gebonden worden op zeekleigrond binnen de huidige wet en regelgeving in Nederland?
- 3 Wat is teelt technisch gezien de impact op bedrijfsniveau wanneer een akkerbouwer op zeekleigrond volgens het '4 per 1000' initiatief zou werken? (indicatief)
- 4 Welke verdienmodellen zijn er denkbaar om de benodigde (investerings-)kosten te dekken?

2 Materiaal en Methode

Voor dit onderzoek is bestaande literatuur bestudeerd. Hiervoor werd gebruik gemaakt van de volgende zoekmachines: google, google scholar en het e-depot van Wageningen UR en science direct. De volgende zoektermen zijn gebruikt: koolstofbinding, koolstofvastlegging, organische stof verhogen, '4 per 1000', carbon sequestering, koolstofbeheer, koolstofboeren, agroforestry, carboncredits en carbonfarming. Door het bestuderen van mogelijke verdienmodellen, zijn de kansen en mogelijkheden van dit initiatief getoetst. Om nog meer praktijkresultaten mee te kunnen nemen in dit onderzoek, is ook gepoogd resultaten van internationale projecten op te vragen. Dit ging om organisaties in Australië (Carbon farmers of Australia, Future Farmers) en Oostenrijk (ÖkoregionKaindorf), waar men al langer bezig is met dit soort projecten en dus al werkt met verdienmodellen of vergoedingen. Via mail contact is vooral ingezet op het verkrijgen van praktische informatie (ervaringen) welke in Nederland nog niet beschikbaar waren. Helaas is het niet gelukt in contact te komen met deze organisaties en zijn er daardoor geen internationale ervaringen meegenomen in dit onderzoek, los van informatie die via internet verkregen is.

De eerste screening en selectie van de zoekresultaten is gebeurd aan de hand van de titel en het snel scannen van de tekst of inleiding. Er werd gezocht naar een verband met organische stof, koolstof en het '4 per 1000' initiatief. De geschikte artikelen zijn vervolgens naar onderwerp gegroepeerd en bestudeerd. Veel bezochte websites waren de sites van Wageningen Environmental Research, het 4 per 1000 initiatief, het Vlaamse Landmaatschappij (Demeter tool), Ndicea, Groenkennisnet, Kennisakker en de Rijksdienst voor Ondernemen (RVO).

Daarnaast is extra informatie ingewonnen door contact te zoeken met ZLTO, een van de initiatiefnemers van het 2 jaar durende 'Koolstofboeren project' dat in 2017 gestart is. In 2018 zijn zij gestart met praktijktesten, wat betekent dat zij de meest recente onderzoeksresultaten bezitten én in contact staan met akkerbouwers die dit in de praktijk gaan brengen. Deze informatie vormde een goede aanvulling op de reeds beschikbare literatuur en heeft geholpen om de vertaalslag naar de praktijk te maken. Omdat het niet gelukt is internationale contacten te leggen is er ook contact geweest met de heer J.P. Lesschen, onderzoeker/projectleider Bodem en Klimaat, Wageningen Environmental Research te Wageningen, 25-4-2018 en de heer R.P. Clement, projectleider Bio Economie, zuidelijke land en tuinbouw organisatie (ZLTO) te Den Bosch, 17-4-2018. Hun input is verwerkt in de resultaten.

Om de 'best practices' helder te krijgen is aangegeven wat de voor- en nadelen zijn van elke maatregel en wat het effect op de bodem C-voorraad is. Daarnaast is vier agrariërs op zeekleigrond gevraagd naar hun ervaringen met de verschillende maatregelen. Om een objectief antwoord te kunnen geven op de vraag hoeveel koolstof er in de bodem gebonden kan worden, is met behulp van de rekentool Ndicea, een berekening uitgevoerd. Hierbij werden de nu geldende mesttabellen en – normen als uitgangspunt gebruikt (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, z.j.). Om te achterhalen hoeveel organische stof moet worden aangevoerd om de doelstelling van het '4 per 1000' initiatief te halen is een eenvoudigere berekening toegepast. Hierbij zijn de geldende mesttabellen en normen buiten beschouwing gelaten. Daarnaast is advies ingewonnen over de toepassing van organische mest bij de heer R. Postma, senior projectmanager, Nutriënten management Instituut BV (NMI) te Wageningen 2-5-2018.

Benaderde personen/ instanties:

- W.C.J. Dieleman, senior projectleider omgeving, zuidelijke land en tuinbouw organisatie (ZLTO) te Den Bosch, 06-3-2018, geen nuttige informatie, doorverwezen naar de heer R.P. Clement.
- R.P. Clement, projectleider Bio Economie, zuidelijke land en tuinbouw organisatie (ZLTO) te Den Bosch, 17-4-2018.
- L. Kranenburg, loonwerker/akkerbouwer te Nieuw Vennep. 01-04-2018
- J.P. Lesschen, onderzoeker/ projectleider Bodem en Klimaat, Wageningen Environmental Research te Wageningen 25-4-2018.

- R. Postma, senior projectmanager, Nutriënten management Instituut BV (NMI) te Wageningen 2-5-2018.
- Carbonfarmers of Australia 06-4-2018, 21-4-2018, 08-05-2018. Geen reactie.
- Oekoregion Kaindorf, Oostenrijk 06-4-2018, 21-4-2018, 08-05-2018. Geen reactie.

3 Organische stof; het zwarte goud van de bodem

In dit hoofdstuk wordt verder ingegaan op de rollen die organische stof en koolstof in het bijzonder, spelen voor de bodem en het klimaat.

3.1 Effect van organische stof op de bodem

Organische stof is een verzamelnaam voor allerlei verbindingen en bestaat vooral uit koolstof (C), stikstof (N), fosfor (P) en zwavel (S). Grofweg 58% van de organische stof in Nederlandse bodems bestaat uit koolstof (C). De samenstelling van de organische stof bepaalt de waarde voor de bodem. Hoe meer koolstof de organische stof bevat, hoe stabiel, omdat organische stof met veel C langer aanwezig blijft in de bodem (Rietberg et al., 2013).

Organische stof wordt ook wel 'het zwarte goud van de bodem' genoemd. Dit heeft vooral te maken met de positieve effecten van organische stof op de bodemkwaliteit en bodemvruchtbaarheid:

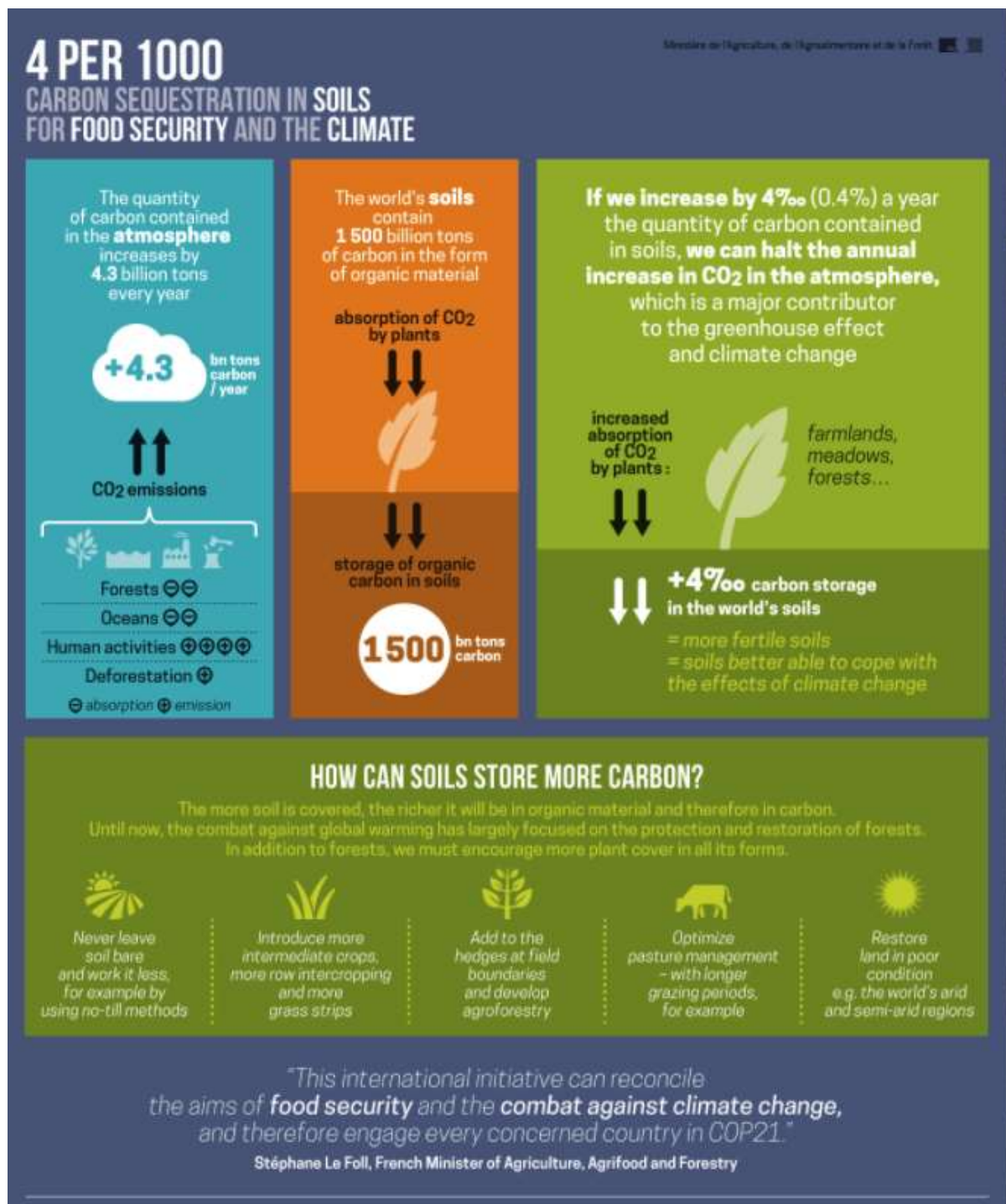
- Het zorgt voor het vasthouden en laten vrijkomen van nutriënten (vooral stikstof).
- Het verbetert het watervasthoudend vermogen van de bodem.
- Het leidt doorgaans tot een betere bewerkbaarheid en een lagere indringingsweerstand van de grond.
- Het is een bron van voedsel voor allerlei bodemorganismen zoals bacteriën, nematoden en regenwormen. Regenwormen hebben weer een gunstig effect op de structuur van de bodem.
- Een rijk en divers bodemleven kan ook zorgen voor een betere weerbaarheid tegen bodemgebonden ziekten en plagen.

(Rietberg et al., 2013)

Daarnaast concludeert CLM Onderzoek en advies, Louis Bolk Instituut, Alterra (2013) dat 'een bodem met voldoende organische stof veerkrachtig is en kan het beter hevige regenval verwerken of juist perioden van droogte doorstaan. Beide situaties gaan in Nederland vaker voorkomen als gevolg van de verwachte klimaatverandering. Tegelijkertijd is het vastleggen van CO₂ een belangrijke klimaatmaatregel om de verhoging van de concentratie van CO₂ in de atmosfeer te temperen.'

3.2 Effect van organische stof op het klimaat

Organische stof brengt niet alleen veel positieve effecten voor de bodemkwaliteit en bodemvruchtbaarheid, het kan ook een bijdrage leveren in het tegengaan van klimaatverandering. Hoe dit werkt wordt uitgelegd in onderstaande infographic, figuur 1, welke tegelijkertijd het verhaal achter '4per1000' vertelt. Het zou als volgt moeten werken: bodems wereldwijd bevatten, in de bovenste 30 tot 40 cm, 2 tot 3 keer meer koolstof dan dat er in de atmosfeer voorkomt. Wanneer het koolstofniveau in de bodems jaarlijks kan worden verhoogd met 0.4% oftewel 4‰ ('4 per 1000'), dan kan de jaarlijkse stijging van CO₂ in de atmosfeer worden gecompenseerd en de klimaatverandering worden gestabiliseerd (<https://www.4p1000.org/>).

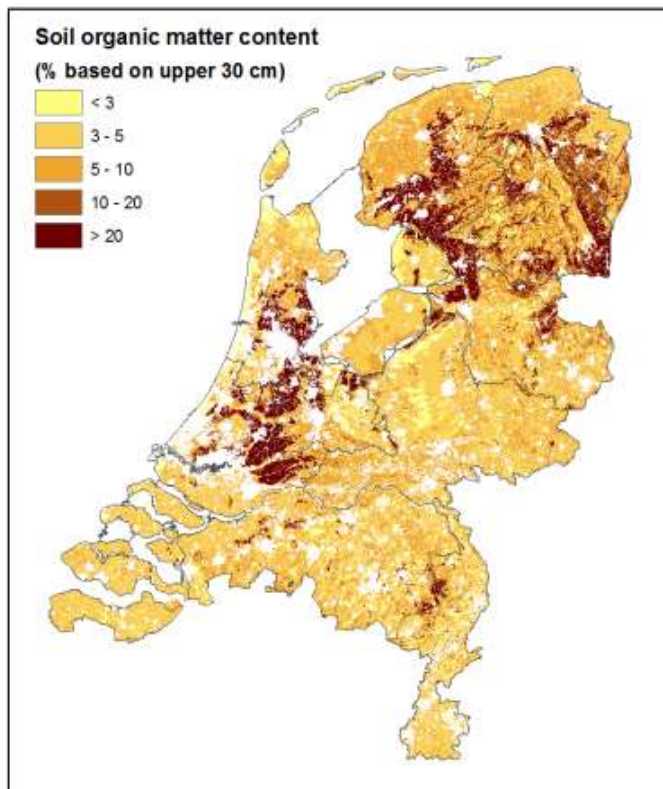


Figuur 1. Infographic '4per1000' (<https://www.4p1000.org/>, z.d).

Wereldwijd zijn er 570 miljoen boerderijen en leven er 3 miljard mensen in plattelands gebieden. Al deze mensen kunnen een bijdrage leveren aan het laten slagen van het initiatief (<https://www.4p1000.org/>).

3.3 Organische stofgehalte in de Nederlandse bodem

In Nederlandse bodems ligt het organische stofgehalte in het algemeen tussen de 2 en 7 procent (Figuur 2). De afgelopen jaren is veel melding gemaakt (o.a. in de pers) van een achteruitgang van het organische stofgehalte van landbouwpercelen. Uit een analyse in 2009 van meer dan 2 miljoen bodemgegevens van het BLGG, bleek dat er tussen 1984 en 2004 op landelijk niveau eerder een toename dan een afname te zien was. Alleen de jonge zeeklei van het Noordelijke kleigebied liet een kleine afname van 0.02% zien. In alle andere akkerbouwgebieden was er sprake van een lichte toename (0,1%) of een stabiele situatie (Zwart, Kikkert, Wolfs, Termorshuizen, & Van der Burgt, 2013).



Figuur 2. Organische stof gehalten van de bodems in Nederland onder grasland, bouwland en natuur (p.11) (Technische commissie bodem, 2016).

Ook in een brief uit 2016 van de Technische Commissie Bodem aan de staatsecretaris van Infrastructuur en Milieu, en de staatssecretaris van Economische Zaken, is te lezen dat uit hun onderzoek 'Toestand en dynamiek van de organische stof in de Nederlandse landbouwbodem' blijkt dat 'Op basis van modelberekeningen, gevoed door meetgegevens, wordt geconcludeerd dat er in de Nederlandse landbouwgronden sprake is van een redelijk stabiel evenwicht tussen aan- en afvoer van organische stof. Er zijn dan ook geen aanwijzingen dat de voorraad organische stof in de bodem op grote schaal aan het veranderen is, op enkele risicogebieden na.'

Ook schrijven zij dat de aanvoer met name uit 'jonge' organische stof bestaat terwijl de afvoer juist ook oudere organische stof bevat. Zij doen de aanname dat het gehalte jonge organische stof daarom toeneemt ten koste van oudere organische stof. Hoewel jonge organische stof goed is voor de bodemvruchtbaarheid zorgt juist oudere organische stof voor de opslag van bijvoorbeeld koolstof. Daarom is het bij het toedienen van organische meststoffen om het organische stofgehalte te verhogen erg belangrijk te kijken naar welke meststoffen 'stabiel' zijn (organische stof leveren die een jaar na het toedienen van gewasresten, mest of compost, nog over zijn in de bodem) dit is het zogenaamde effectief organische stofgehalte (Technische Commissie Bodem, 2016, Zwart et al., 2013).

Compost en oude stalmest bevatten meer effectieve organische stof per ton dan verse gewasresten. Verhogen van het organische stofgehalte gaat dan ook beter met compost en oude stalmest dan met gewasresten. Sowieso zal het altijd met kleine stapjes zijn. De humificatie-coëfficiënt (hc) geeft aan wat het aandeel effectieve organische stof van een bepaald product is. Bij een hc van 0.7 wordt 70% van de organische stof binnen een jaar afgebroken en blijft er dus 30% over als effectieve organische stof (Zwart et al., 2013). Producten met een lager effectief organisch stofgehalte zijn niet per definitie minder goed, makkelijk afbreekbare organische stof is namelijk een belangrijke bron van voedsel en energie voor de bodemorganismen (OCI Agro, 2014).

Een ideaal organisch stofgehalte bestaat er niet of is niet te definiëren door de grote verschillen in bodemtypes en reeds aanwezige organische stof. Daarom is het vooral belangrijk om het aanwezige gehalte in balans te houden en zo mogelijk te verhogen. Dit bereik je door een mix van vers materiaal (gewasresten, mest, compost) aan te voeren. Op deze manier voer je zowel makkelijk afbreekbare als stabiele componenten aan en krijg je naast een bodem rijk aan mineralen ook een bodem met een goede fysische en chemische bodemvruchtbaarheid (Zwart et al., 2013).

3.4 Zeekleigrond

Het oude Nederlandse zeekleilandschap, zoals te zien in figuur 3, is te vinden in grote delen van het laagland van Noord- en West-Nederland. Het zeekleilandschap begint achter de duinen en de zeedijken en loopt tientallen kilometers landinwaarts. Zeeklei is het meest voorkomende type bodem in Nederland, 7.751 km² van de in totaal 30.381 km². (Lesschen et al., 2012)

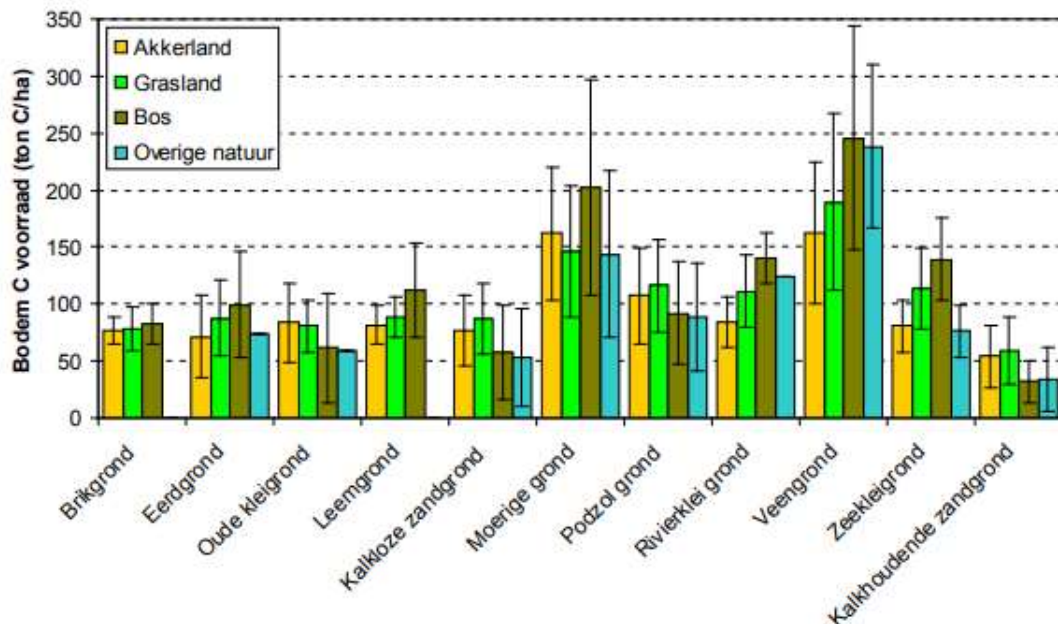


Figuur 3. Situering zeekleigronden (F. Wesselingh, z.d).

Koolstofgehalte zeekleigrond

Reijneveld, Van Wensem, en Oenema (2009) concluderen in een onderzoek dat in 2003 het gemiddelde organische koolstofgehalte van blijvend grasland schommelt tussen 22 g C/kg op zand, 56 g C/kg op klei en tot 133 g C/kg op veen. Voor bouwland op zand, klei en löss ligt het gemiddelde organische koolstofgehalte tussen 13 en 22 g C/kg en kan oplopen tot 59 g C/kg op ontgonnen veenbodems. Vaststaande getallen voor een optimaal C-gehalte in de bodem worden niet benoemd. Voor de landbouw in Nederland wordt wel uitgegaan van minimumwaarden van 2% organische stof (ruim 1% koolstof) voor zandgronden, oplopend tot 4% organische stof (ruim 2% koolstof) voor zwaardere kleigronden (CLM Onderzoek en advies, Louis Bolk Instituut, Alterra, 2013).

Voor het rapport 'Mogelijkheden voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw en natuur' (Lesschen et al, 2012) is de gemiddelde bodemkoolstofvoorraad in de bovenste 30 cm berekend door data uit de Landelijke Steekproef Kartering (LSK) te categoriseren naar de bodem-landgebruik combinaties. De uitkomsten zijn af te lezen in figuur 4. Akkerland op zeekleigrond heeft volgens dit model, het meest recente van Nederland, een bodem C voorraad van 80 ton per hectare.



Figuur 4. Gemiddelde bodemkoolstofvoorraden per landgebruik (akkerland, grasland, bos en overige natuur) in combinatie met bodemtype. (J.P.Lesschen et al., 2012)

Gangbaar bouwplan op zeekleigrond

Om gewas gebonden ziekten en plagen te voorkomen of te beperken is het belangrijk dat er op een bepaald perceel ieder jaar een ander gewas wordt geteeld (vruchtwisseling). Een bouwplan bestaat vaak uit maaigewassen (granen) en rooivruchten (aardappelen, bieten). In heel Europa zie je de tendens ontstaan dat er steeds minder graan wordt geteeld, de Europese commissie schat dat er dit jaar in heel Europa 54,8 miljoen hectare graan geteeld wordt. Dat is bijna 2 miljoen hectare minder dan in 2017 (Boerderij, 2018). Ook in Nederland is volgens de Landbouwtelling van het CBS een daling te zien: van 181.100 hectare in 2016 naar 164.070 hectare in 2017. Het lagere granenareaal vullen akkerbouwers vooral in door meer aardappelen, uien en suikerbieten in hun bouwplan op te nemen (Nieuwe Oogst, 2017). Deze rotaties vragen om veel grondbewerking, wat de afbraak van organische stof in de bodem kan bevorderen. Maaigewassen hebben over het algemeen een lager rendement dan de rooivruchten maar een gunstigere invloed op de bodem. Het aanpassen van de rotaties heeft echter voor de akkerbouw grote economische gevolgen door de lage prijzen voor granen t.o.v. de andere gewassen (Smit & Kuikman, 2005).

Voor dit onderzoek wordt uitgegaan van een voor de gemeente Haarlemmermeer (zeekleigrond) gangbaar bouwplan dat er als volgt uit ziet: 25% aardappel, 12,5% ui, 37,5% tarwe en 25% bieten

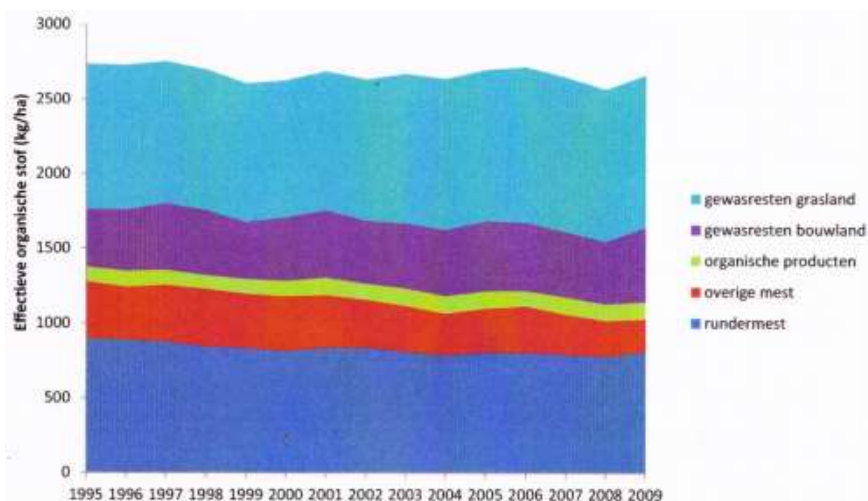
4 Verhogen van het koolstofgehalte

Het is niet eenvoudig om het organische stof- en dus koolstofgehalte in de bodem te verhogen. Dit komt om te beginnen door de grote hoeveelheid organische stof die al in de bodem aanwezig is. Bijvoorbeeld: 1% organische stof in een bouwvoor van 30 cm, vertegenwoordigt een hoeveelheid van 37.5 ton. Om dit gehalte met 1% te verhogen moet dus 37.5 ton effectieve organische stof worden aangevoerd. Rekening houdend met een gemiddelde humificatie-coëfficiënt van bijvoorbeeld 0.7, betekent dit, dat er ruim 53.5 ton verse organische stof moet worden aangevoerd. Dat is onder de heersende wetgeving rond stikstof en fosfaat bijna geheel onmogelijk (Zwart et al., 2013).

Opbouw van organische stof is een proces van lange adem. Er kan een generatie overheen gaan om het gehalte in de bodem met één procent te verhogen. Als jaar na jaar een grotere hoeveelheid organische stof wordt aangevoerd dan voorheen ontstaat uiteindelijk een nieuw evenwicht, dat alleen in stand blijft bij een continue hogere aanvoer (Technische commissie bodem, 2016).

Ieder gewas heeft stikstof nodig om koolstof te binden. Dit wordt in de plant vastgelegd en komt later, na afsterven en vertering, weer vrij. De verhouding koolstof-stikstof in de plant wordt de C/N verhouding genoemd. Hoe hoger de C/N verhouding van een gewas, hoe moeilijker dit gewas te verteren is en hoe lastiger de stikstof weer vrij komt door mineralisatie (Louis Bolk Instituut, 2015). Om voldoende koolstof vast te kunnen leggen in een gewas moet er dus ook voldoende stikstof (en andere nutriënten) aanwezig zijn. Van Groeningen et al. (2017) gaan uit van een gemiddelde C/N verhouding van 12/1 in bodem organische stof: tegenover 12 delen koolstof is er 1 deel stikstof benodigd. In theorie is er wereldwijd voldoende stikstofoverschot om aan deze vraag te voldoen, het probleem is echter dat de stikstofoverschotten niet gelijk verdeeld zijn maar dat deze vaak in bepaalde regio's voorkomen. De grootste overschotten bevinden zich in regio's met intensieve land en tuinbouw en de kleinste overschotten bevinden zich onder arme gras en akkerlanden in bijvoorbeeld Afrika. Zelfs als de stikstofoverschotten wereldwijd eerlijker waren verdeeld moet het stikstof eerst nog worden opgenomen door de gewassen voordat het als organische koolstof in de bodem terecht komt. Daarnaast worden de stikstofoverschotten steeds kleiner door strengere wet en regelgeving. Het vastleggen van koolstof in de bodem zou zich moeten richten op bodems die arm zijn aan bodemkoolstof en rijk aan nutriënten. Dit zijn vaak gronden die intensief beteeld of begraasd worden of werden, deze bevinden zich over het algemeen in Azië, Europa en Noord Amerika (Van Groeningen et al., 2017).

Om een koolstoftoename in de bodem te krijgen, moet de aanvoer van organische stof groter zijn dan de afbraak. In Nederland wordt koolstof op bouwland vooral aangevoerd via dierlijke mest en door het achterlaten van gewasresten en in mindere mate via compost zoals te zien in figuur 5. In totaal wordt er op bouwland ongeveer 2.000 kg effectieve organische stof per jaar per hectare aangevoerd. Dit komt overeen met ongeveer 0,1 kg koolstof per m² en 1% van de hoeveelheid organische stof in de bovenste 30 centimeter van de bodem. (Technische commissie bodem, 2016)



Figuur 5. De aanvoer van effectieve organische stof op Nederlandse landbouwgrond in 1995-2009 (p.14) (R. Schils, 2012).

Afbraak van organische stof en dus koolstof is een continu proces: een vuistregel is dat op bouwland jaarlijks netto 2-3% van de organische stof wordt afgebroken (OCI Agro, 2014). In de praktijk zal dit per bouwplan verschillend zijn, maar voor dit onderzoek wordt 2% aangehouden (dit is een minimum). Daarom moet er organische stof worden aangevoerd om het organische stofgehalte te verhogen of minimaal op peil te houden.

Om koolstof vast te leggen in de bodem zijn er volgens het onderzoek 'Mogelijkheden voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw en natuur' (Lesschen et al., 2012) 6 maatregelen mogelijk:

1. niet-kerende grondbewerking
2. geen grondbewerking
3. vanggewas/groenbemester
4. gewasrotatie verbeteren
5. gewasresten achterlaten
6. akkerrandenbeheer
7. niet scheuren van grasland

Twee maatregelen die in bovengenoemd onderzoek niet zijn meegenomen zijn het aanvoeren van compost/dierlijke mest en agroforestry (Rietberg et al., 2013, Elferink et al., 2012). In dit afstudeeronderzoek worden deze maatregelen wel meegenomen. Toevoegen van compost is met name interessant omdat hiermee het gehalte organische stof verhoogd kan worden, agroforestry is een vrij onbekende maatregel binnen Nederland maar zoals in figuur 4 in alinea 3.4 valt te lezen, is het gehalte organische stof onder bos over het algemeen wel het hoogst. Daarom is het zeker de moeite waard om te kijken of agroforestry toegepast zou kunnen worden. In de praktijk worden op dit moment NKG (in beperkte mate), gewasresten achterlaten tussengewas en organische mest toegepast. Zie hiervoor de interviews met akkerbouwers in bijlage I.

Belangrijk voor het verkrijgen van een realistisch beeld en uiteindelijk advies is om niet alleen naar de potentie van een maatregel te kijken maar juist ook het realistische cijfer boven water te krijgen. In tabel 1 wordt dit voor zeven maatregelen samengevat. In de tweede kolom van tabel 1 wordt de maximale potentiële CO₂ vastlegging weergegeven, maar, zo concluderen Lesschen et al. (2012): "Dit maximale potentieel is vaak niet haalbaar. Aan de ene kant zullen maatregelen door te hoge kosten of door agronomische en logistieke beperkingen niet worden gebruikt. Geen grondbewerking zal bijvoorbeeld slechts door een deel van de boeren worden toegepast, en vanwege gewasrotaties met aardappelen en suikerbieten kan dit ook niet overal. Aan de andere kant wordt een deel van de maatregelen nu al toegepast, bijvoorbeeld gewasrotaties zullen in veel gevallen al optimaal zijn en ook vanggewassen zijn nu al verplicht bij snijmaïs." Daarom is voor elke maatregel ingeschat in hoeverre de maatregel nog realistisch geïmplementeerd kan worden (zie derde kolom in tabel 1 en figuur 17, bijlage II). Dit leidt tot een veel lager potentieel voor CO₂-vastlegging in de bodem van 790 kton CO₂ per jaar.

Tabel 1. Berekende potentieel voor CO₂ vastlegging in de bodem (p.32) (J.P.Lesschen et al., 2012).

Maatregel	Max. potentieel kton CO ₂ / jaar	Implementatie %	Realistisch kton CO ₂ / jaar	Max. per ha kg CO ₂ / ha / jaar
Niet-kerende grondbewerking	475	50	238	608
Geen grondbewerking	912	20	182	1167
Vanggewas / groenbemester	311	50	156	398
Verbeteren gewasrotaties	942	20	188	1205
Gewasresten achterlaten	628	20	126	803
Akkerrandenbeheer	145	40	58	186
Niet scheuren grasland	710	30	213	3586
Totaal realistische combinaties	2270		790	2316

Daarnaast brengt elke maatregel neveneffecten (afwentelingseffecten) met zich mee, ook deze zijn belangrijk om rekening mee te houden. Tabel 2 bevat een samenvatting van de afwentelingseffecten, deze worden per maatregel uitvoeriger besproken.

Tabel 2. Afwentelingseffecten van de verschillende maatregelen (rood negatief effect, oranje mogelijk negatief effect, grijs geen effect en groen positief effect) (p.35) (J.P.Lesschen et al., 2012).

	N ₂ O	CH ₄	NO ₃	NH ₃	Bodem kwaliteit	Biodiversiteit	ILUC
Niet-kerende grondbewerking							
Geen grondbewerking							
Vanggewas / groenbemester							
Verbeteren gewasrotaties							
Gewasresten achterlaten							
Akkerrandenbeheer							
Niet scheuren grasland							

Het zou voor de actuele situatie goed zijn om recentere cijfers te hebben. Hiertoe is contact opgenomen met dr. Ir. J.P. Lesschen, toonaangevende naam in de Nederlandse onderzoeksweld op het gebied van klimaatmitigatie in de landbouw en adviseur van het ministerie van LNV. Hij gaf aan dat er op dit moment veldwerk wordt uitgevoerd om de meest recente cijfers inzichtelijk te maken. Maar op dit moment zijn de gegevens uit zijn onderzoek van 2012 de meest recente, deze worden dan ook gebruikt voor dit afstudeeronderzoek (J.P Lesschen, persoonlijke communicatie, 25 april 2018).

In de volgende alinea's wordt per maatregel dieper ingegaan op de voordelen, nadelen, effect op het koolstof (C) gehalte in de grond, afwentelingseffecten (wat voor negatieve/positieve effecten brengt het doorvoeren van deze maatregel met zich mee voor het milieu) en het effect op de bedrijfsvoering. Uiteindelijk volgt hieruit een 'best practice' voor een akkerbouwer op zeekelegrond. Dit is wel een algemeen advies, in de praktijk zal voor elke akkerbouwer op bedrijfs-/bouwplanniveau berekend moeten worden wat de huidige stand van zaken is en waar naartoe gewerkt kan/moet worden. Dit kan bijvoorbeeld via een rekenmodule van Nutrinorm, met de organischestofbalans-excelsheet van www.kennisakker.nl of via www.klimaatlat.nl (deze laatste heeft ook een koolstofmodule).

In de figuren in bijlage II is voor de eerste zeven maatregelen in kaart gebracht wat de potentie per regio is.

4.1 Niet-kerende grondbewerking

Bij Niet Kerende Grondbewerking (NKG) gelden drie belangrijke basisprincipes: minimale bodembewerking, bodem zoveel mogelijk bedekt houden en een zo divers mogelijke vruchtwisseling. Grondbewerking bestaat uit het oppervlakkig scheuren en verkrumelen van de bodem met schijven, tanden of woelers. De bovengrond wordt los en kruimelig en een groot aandeel van gewasresten blijft aan de oppervlakte.

NKG is heel goed implementeerbaar voor bouwplannen met aardappelen, graan- en voedergrassen, peulvruchten, bieten en zaaiuien. Bij sommige gewassen zoals primeurteelten, bloembollenteelt of late rooivruchten, kan het lastiger zijn om NKG in te vullen. Bij gebruik van het NKG-systeem warmt de grond in het voorjaar bijvoorbeeld minder snel op. Voor bouwplannen met zeer vroege teelten zoals vroege aardappelen en tweedejaars plantuien past het systeem daardoor minder goed (DLV Plant, 2014).

Voordelen:

- Bevordert het bodemleven

- Verbetert de bodemstructuur
 - Mogelijk diepere beworteling van het gewas
 - Een betere draagkracht en berijdbaarheid van de bodem
 - Meer waterinfiltratie en beter transport van water in de bodem
 - Meer capillaire opstijging
 - Minder verdampingsverlies
 - Betere vastlegging van C en CO₂ in de bodem (organische stof)
 - Beter ziektevermogen
 - Een lager brandstofgebruik
 - Minder arbeid nodig voor grondbewerking
 - Minder afspoeling van mineralen en gewasbeschermingsmiddelen
 - Minder wind- en watererosie door permanente bedekking van de bodem
 - Vermindert bodemerosie
- (<http://goedbodembeheer.nl/maatregelen/bodembewerking/77-niet-kerende-grondbewerking>)

Nadelen:

- De grond blijft langer nat in het voorjaar
- Kans op grotere onkruiddruk
- Risico op toename van bepaalde ziekten
- Minder geschikte toplaag voor mechanische onkruidbestrijding door het voorkomen van grove organische planten resten. (Van Balen, z.d.)
- Daarnaast vraagt deze manier van werken om een nieuwe strategie in de bedrijfsvoering van een akkerbouwer (zie effect bedrijfsvoering).

(<http://goedbodembeheer.nl/maatregelen/bodembewerking/77-niet-kerende-grondbewerking>)

Toename bodem C gehalte kleigrond

Bij het toepassen van NKG is er een toename van <50-100 kilogram C per hectare per jaar haalbaar (zie figuur 10, bijlage II)

Opvallend is dat NKG op zichzelf niet een heel groot effect heeft op het C gehalte. Uit de praktijk blijkt echter dat veel van de andere maatregelen om koolstof op te slaan eigenlijk altijd in combinatie met NKG worden toegepast. In die zin is NKG één van de 'must do's' in het hele '4per1000' traject.

Afwentelingseffecten

Niet kerende grondbewerking heeft geen effect op emissies naar het milieu. Het effect op de bodemkwaliteit en biodiversiteit door de toename van koolstof in de bodem is positief (Lesschen et al., 2012).

Effect bedrijfsvoering

Buiten Europa is het areaal NKG sterk groeiend. In Nederland wordt NKG nog maar beperkt toegepast. Alleen in Zuid-Limburg is het een gangbare manier van werken omdat het sinds 2013 verplicht is op erosiegevoelige gronden NKG toe te passen. Ook onder biologische boeren is NKG een meer gangbaardere manier van werken. De redenen die boeren binnen Europa aangeven waarom ze niet op NKG overstappen zijn:

- Geen vertrouwen dat men zonder ploeg goede resultaten kan bereiken.
- Gebrek aan de juiste machines.
- Vrees voor grotere Fusarium problemen.
- Vrees voor grotere onkruidproblemen.

(Van der Weide et al., 2008)

Een andere reden zou kunnen zijn dat er in Europa (en Nederland) minder noodzaak is om risico's te nemen. In andere delen van de wereld worden boeren niet gesubsidieerd en worden zij dus a.h.w. gedwongen om technieken toe te passen die kosten reduceren.

Het niet-kerende grondbewerkingssysteem vraagt aanpassingen binnen het totale landbouwbedrijf en is niet zomaar de ploeg vervangen door een andere machine. Het systeem vraagt een verschillend tijdstip voor het uitvoeren van bewerkingen, bespuitingen, bemesting. In het eerste jaar is vaak nog weinig te merken in gewasopbrengst. De draagkracht, vochtbeschikbaarheid, waterafvoer en een duidelijke toename van de bodemactiviteit zijn wel direct merkbaar. Het effect op de biodiversiteit bij NKG is groot: regenwormen, loopkevers, kortschildkevers, langdradige schimmels, langere nematoden, en micro-arthropoden nemen toe in aantallen, biomassa en soortenrijkdom (Van der Weide et al., 2008). Wanneer een akkerbouwer overgaat op NKG is het belangrijk dat hij of zij de structuur van de bodem (deeltjesgrootte, pH, water bufferend vermogen, doorlaatbaarheid) goed kent (<https://www.vruchtbarebodem.nl/nl/bodem--bemesting/fysische-eigenschappen/>). Er zal een aantal jaren nodig zijn om NKG 'onder de knie' te krijgen (hoe reageren gewassen, hoeveel stikstof is er extra nodig, hoe voorkom ik dat de bodem vast gaat zitten zonder diep te bewerken). Belangrijk is dat de grond goed vlak ligt, de grond goed gedraineerd is en geen storende lagen bevat en de bemestingstoestand vooraf op peil is. (DLV Plant, 2014, Akkerwijzer, 2009). Na ca 5 jaar ontstaat een stabiel systeem waarbij de bodem in de gewenste toestand is. Dan zorgen brandstof en arbeidsbesparing naar verwachting voor een positief economisch voordeel ("Praktijknetwerk Niet Kerende Grondbewerking", z.d.).

In het onderzoek van Van der Weide et al. (2008) is op belangrijke vragen over de effecten van NKG naar een antwoord gezocht. Belangrijke conclusies van dit onderzoek zijn:

- Met bovengronds geoogste gewassen is het mogelijk zonder kerende grondbewerking gewasopbrengsten te halen die vergelijkbaar zijn met de opbrengsten na ploegen. Hierbij is het de eerste jaren bij sommige teeltsystemen nodig om iets meer stikstof te geven.
- Niet alle bodems en omstandigheden zijn geschikt voor NKG. Voorbeelden van niet of weinig geschikte gronden zijn:
 - Gronden die bij aanvang van de omschakeling al te dichte lagen hebben.
 - Gronden met slechte drainage op locaties met veel neerslag.
 - Bodems met hoge percentages zilt of fijn zand en een zwakke, onstabiele structuur.
 - Gronden met een hoge concentratie van niet zwellende kleimineralen.
- Vooral wortelonkruiden, grassen en kortlevende eenjarige soorten kunnen bij systemen van NKG een groter probleem worden. Daardoor is de afhankelijkheid van chemische onkruidbestrijding vaak groter dan bij ploegen (dit brengt extra kosten met zich mee).
- Afhankelijk van het gekozen systeem, de gewasrotatie en tussenteelten kunnen bij NKG specifieke ziekten en plagen toenemen. Na omschakeling kan meer overlast verwacht worden van ritnaalden, emelten, aardrupsen, slakken en muizen. Fusarium en sommige schadelijke nematoden kunnen zich soms extra vermeerderen. Daarentegen nemen ook de natuurlijke vijanden van plagen toe bij NKG én kan een goed uitgedachte vruchtwisseling met tussengewassen vaak al veel problemen oplossen.

Het Praktijknetwerk Niet Kerende Grondbewerking (z.d.) geeft aan dat grond die altijd intensief is bewerkt met ploeg of spitmachine geen groot volume stabiele poriën heeft. Ook voldoende bodemleven om de structuur te onderhouden ontbreekt vaak. Daarnaast is er altijd sprake van storende lagen zoals een ploegzool. Als wordt gestart met NKG is het daarom belangrijk de eerste jaren af en toe in te grijpen (bijvoorbeeld door te woelen). Dit is nodig om de waterinfiltratie veilig te stellen. Goede rotaties en/of optimale bodembedekking met tussengewassen helpen verdichting te voorkomen bij NKG. Ook vaste rijpadensystemen en ander gebruik van precisietechnieken (bv. in combinatie met vaste ruggen) kunnen hieraan een bijdrage leveren. Een tussengewas is noodzakelijk om enerzijds extra organische stof (stikstof) toe te voegen maar ook om een intensieve beworteling van de bouwvoor te creëren en de grond te bedekken om zo slemp en erosie tegen te gaan. Alinea 5.3 gaat dieper in op Tussengewassen.

Qua investeringen in mechanisatie kan bij de start met NKG vaak al worden volstaan met het aanschaffen van een voorzetwoeler. Erosiespecialist Muijtjens zegt hierover in Akkerwijzer (02-04-2009): 'Met een vastetandcultivator kun je al heel wat doen, NKG kan al met een trekkervermogen van 70 pk. De bewerkingen vinden dan in afzonderlijke werkgangen plaats. Vanaf 100 pk is een

combinatie van bewerkingen mogelijk. De trekkracht van de trekker wordt op een andere wijze op de bodem overgebracht als bij ploegen. Dit vraagt een aanpassing van het frontgewicht tot 2.000 kilo en soms ook van de breedte van de trekkerband.' NKG mechanisatie bestaat uit: stoppelbewerking, hoofdgrondbewerking (woelen), zaaibedbereiding (evt. Strip-Till) en zaaitechniek. Juist op zware kleigrond is het belangrijk om de grond zo min mogelijk te berijden i.v.m. risico op verdichting en dus minder goede bewerkbaarheid.

Kijkend naar het bedrijfseconomisch effect blijkt uit een praktijktest op kleigrond dat ploegen gemiddeld 45 liter diesel per hectare kost, koepgen 35 liter en zaaien 10 liter. Woelen kost gemiddeld 10 tot 15 liter per hectare met nog 20 liter erbij voor koepgen en zaaien. NKG bespaart in dit voorbeeld 60 liter diesel per hectare. Qua tijd scheelt minder bewerken ongeveer 1,5 uur per hectare. Een voorzetwoeler kost gemiddeld 20.000 euro, een ploeg tussen de 30.000 en 40.000 euro. In dit praktijkvoorbeeld (155 hectare graan) mag NKG door de besparingen op bovengenoemde onderdelen één tot anderhalve ton tarwe per hectare kosten (Akkerwijzer, 2011).

4.2 Geen grondbewerking

Wanneer de grond helemaal niet bewerkt wordt snijdt de akkerbouwer met speciale machines smalle sleuven in de stoppels van vorig seizoen, waar het zaad direct in kan vallen. Dit wordt ook wel directzaai of no-till genoemd.



Figuur 6. Directzaaimachine (Zijlmans, 2010).

Directzaai is mogelijk voor maaigewassen als tarwe, gerst, maïs (incl. snijmaïs), rogge, haver, tritcale, overige granen, bonen, luzerne en koolzaad (Lesschen et al., 2012).

Voordelen:

- Bevordert het bodemleven
- Verbetert de bodemstructuur
- Mogelijk diepere beworteling van het gewas
- Een betere draagkracht en berijdbaarheid van de bodem
- Meer waterinfiltratie en beter transport van water in de bodem
- Meer capillaire opstijging
- Minder verdampingsverlies
- Betere vastlegging van C en CO₂ in de bodem (organische stof)
- Beter ziekteverend vermogen
- Een lager brandstofgebruik
- Minder arbeid nodig voor grondbewerking

- Minder afspoeling van mineralen en gewasbeschermingsmiddelen
- Minder wind- en watererosie door permanente bedekking van de bodem
- Vermindert bodemerosie

(<http://goedbodembeheer.nl/maatregelen/bodembewerking/77-niet-kerende-grondbewerking>)

Nadelen:

- Niet voor elk gewas toepasbaar
- Heeft flinke impact op het teeltsysteem omdat er nieuwe apparatuur nodig is
- Past vaak niet binnen de gewasrotatie en onkruiddruk.
- Heeft consequenties voor de mineralisatie waardoor de bemestingsstrategie aangepast moet worden; dit heeft weer gevolgen voor de uitstoot van N₂O

(Van der Weide et al., 2008)

Toename bodem C gehalte kleigrond

Door geen grondbewerking toe te passen is er een toename oplopend tot >200 kilogram C per hectare per jaar haalbaar (zie figuur 11, bijlage II)

Afwentelingseffecten

Volgens Lesschen (2012) is er een risico op verhoogde lachgasemissie wanneer de grond niet bewerkt wordt. Dit heeft te maken met anaerobe condities in de toplaag. Daarnaast kan de gewasopbrengst de eerste jaren lager zijn. Dit betekent dat er op andere plekken extra voedsel geteeld moet worden, wat op die plekken kan zorgen voor het verlagen van het bodem C gehalte.

Effect bedrijfsvoering

NKG wordt nog niet op grote schaal toegepast, voor directzaai geldt dit zeker. Dit komt met name door het feit dat er in Nederland veel rooigewassen geteeld worden en er voor geen enkel rooigewas directzaai mogelijk is. Aardappelen moeten bijvoorbeeld gepoot worden in losse grond om ruggen te vormen. Bij maaigewassen is directzaai in principe wel mogelijk, er lopen in Nederland meerdere proeven en onderzoeken naar deze manier van werken..

Directzaai brengt een groot risico met zich mee wanneer er een nat najaar is (een aanneembaar risico in Nederland). In een nat najaar geeft directzaai namelijk minder zaaibare dagen omdat het gezaaide zaad grote kans loopt te verrotten als er direct na het zaaien neerslag valt (Akkerwijzer, 2011).

Om de twee bovenstaande redenen is besloten om deze manier van werken voor dit onderzoek niet verder mee te nemen. De kans dat voor een bouwplan waarin maaigewassen maar een klein aandeel hebben, voor alleen dit gewas gewerkt wordt met directzaai is in de praktijk erg klein. Dit zou namelijk betekenen dat een akkerbouwer én NKG (bij rooivruchten) én directzaai (bij maaigewassen) moet implementeren. Dit betekent twee nieuwe manieren van werken onder de knie krijgen. Blijft een akkerbouwer zijn rooigewassen op de gangbare manier (met ploegen) bewerken en past hij directzaai alleen toe bij zijn maaigewassen, dan wordt het opgebouwde effect meteen teniet gedaan. Ook kan dit grote gevolgen hebben voor de bodem, ontwatering en bemesting van het gewas wat erop volgt (DLV Plant, 2014).

4.3 Tussengewas

Een tussengewas wordt ook wel vanggewas of groenbemestingsgewas genoemd. Dit is een gewas dat na een hoofdgewas geteeld wordt om braak tot het volgende hoofdgewas te voorkomen en meer plantmateriaal in de bodem te werken. Omdat het een gewas is dat tussen de hoofdgewassen door geteeld wordt gebruiken we in dit onderzoek de term tussengewas.

Voordelen:

- Het organisch stofgehalte in de bodem neemt toe.

- Er spoelen minder nutriënten (met name stikstof) uit omdat de bodem bedekt blijft en nutriënten zijn gebonden door het gewas
 - Nutriënten komen geleidelijk beschikbaar na het onderwerken van het gewas.
 - Minder (kunst)mest nodig (minder N_2O emissie).
 - Toename van het bodemleven.
 - Tegengaan van erosie door bedekt blijven van de bodem in najaar/winter.
 - Stimuleren opdrogen bouwvoor door verdamping via de beplanting en verbetering bodemstructuur door de wortels.
 - Bestrijding van aaltjes in volggewas indien zo min mogelijk verwantschap met volggewas.
 - Betere opbrengst volggewassen.
- (Timmer, Korthals & Molendijk, 2003)

(Mogelijke) Nadelen:

- Opbrengstderving en/of oogstproblemen bij dekvrucht,
- Onkruidontwikkeling
- Opslag uit gewasresten
- Opslag uit zaad
- Inkuileffect bij onderploegen
- In stand houden of verergeren van aanwezige ziekten, plagen of aaltjes
- Ongewenste nalevering stikstof
- Minder mogelijkheden onkruidbestrijding
- Teeltkosten
- Verlies van teeltjaar.

(Timmer et al., 2003)

Een tussengewas kan toegepast worden bij zomertarwe, zomergerst, snijmaïs, maïs, triticale, rogge, haver, overige granen, aardappelen, uien, bieten en bloembollen. (Lesschen et al., 2012)

Toename bodem C gehalte kleigrond

Bij het toepassen van een tussengewas is er een toename van max. 50 kilogram C per hectare per jaar haalbaar (zie figuur 12, bijlage II).

Afwentelingseffecten

Wanneer een tussengewas wordt ondergewerkt, kan N_2O ontstaan omdat er zowel extra C als extra N beschikbaar komen door mineralisatie. De stikstof die bij deze mineralisatie vrijkomt zal gevoelig zijn voor verliezen via N_2O emissie, denitrificatie en nitraatuitspoeling (Velthof & Kuikman, 2000). Bij het proces van denitrificatie is lachgas (N_2O) het tussenproduct bij de vorming van de niet-schadelijke gassen stikstof (N_2) en zuurstof (O_2) uit nitraat (NO_3). Als de bacteriën niet voldoende zuurstof in de bodem vinden voor de omzetting, zal een deel van de nitraat (NO_3) onvolledig denitrificeren in lachgas (N_2O) ("Factsheet Broeikasgassen: Lachgas", z.d.). Een tussengewas levert echter ook (benodigde) stikstof aan het volggewas waardoor er minder kunstmest nodig is. Belangrijkste positieve effect van een tussengewas is het feit dat dit gewas in het najaar stikstof opneemt, waardoor er minder nitraatuitspoeling is en het risico op afspoeling van stikstof naar oppervlaktewater beperkt wordt. Dit leidt uiteindelijk tot minder indirecte N_2O -emissie waardoor het effect niet perse negatief hoeft te zijn (Lesschen et al., 2012).

Effect bedrijfsvoering

Op dit moment is het toepassen van een tussengewas in Nederland alleen verplicht na maisteelt op zandgrond. Uit een recent onderzoek van blijkt dat deze maatregel in principe verder verplicht gesteld zou kunnen worden voor andere gewassen omdat de voordelen groot zijn en het toepasbaar is voor de meeste akkerbouw (Lesschen & Kuikman, 2017).

Bij de keuze voor een tussengewas moet heel goed gekeken worden naar het hoofdbouwplan. Een tussengewas moet zijn werk kunnen doen (grond in goede conditie houden/brengen) maar mag geen

praktisch probleem vormen voor het gewas dat erop volgt. Door een tussengewas te kiezen dat zo min mogelijk verwantschap heeft met de bouwplangewassen kun je het bouwplan verruimen met nieuwe soorten tussen de hoofdteelt in en daarnaast het risico de opbouw van ziekten en plagen verkleinen. Bijvoorbeeld door een tussengewas te zaaien dat meehelpt de populatie van bepaalde aaltjes te beperken (Timmer et al., 2003).

Welk tussengewas het beste uitgezaaid kan worden hangt van veel factoren af, bijvoorbeeld het zaaitijdstip, de grondsoort, dekvrucht en het bouwplan. Maar (in het kader van ziektes en plagen) ook van de waardstatus van het gewas en welk aaltjessoort in een bepaald perceel aanwezig is. Verder is belangrijk met welk doel het ingezet wordt: grondbedekking, organische stof toevoeren, stikstofbron voor volggewas, stikstofvanggewas, aaltjesbestrijding of veevoer (Timmer et al., 2003).

In tabel 3 is een overzicht opgenomen van de meeste gangbare tussengewassen. Hierin wordt niet alleen aangegeven wat de effectieve organische stof is maar ook wat de resterende hoeveelheden na 5 en na 10 jaar zijn én wat de C/N-verhouding van het organisch materiaal is.

Tabel 3. Kengetallen tussengewas (Commissie Bemesting Akkerbouw/Vollegroondsgroenteteelt, z.d.).

Groenbemester ¹	OS	H.C. ²	EOS	na 5 jaar ³		na 10 jaar ³		C/N
	(kg/ha)	(fractie)	(kg/ha)	(kg/ha)	(fractie)	(kg/ha)	(fractie)	
Bladrammenas	3800	0,23	875	205	0,05	130	0,03	20
Gele mosterd	3800	0,23	875	205	0,05	130	0,03	20
Bladkool	3600	0,24	850	205	0,06	125	0,03	24
Engels raaigras	4250	0,27	1155	295	0,07	185	0,04	23
Italiaans raaigras	4200	0,26	1100	275	0,07	170	0,04	22
Westerwolds raaigras	4000	0,26	1050	265	0,07	165	0,04	22
Winterrogge	3200	0,26	840	210	0,07	130	0,04	22
Rode klaver	4100	0,27	1100	280	0,07	175	0,04	16
Witte klaver	3100	0,27	850	220	0,07	135	0,04	14
Perzische klaver	3400	0,24	800	190	0,06	120	0,03	17
Wikken	2800	0,23	650	155	0,06	95	0,03	12
Facelia	2750	0,24	650	155	0,06	95	0,03	20
Afrikaantjes	3850	0,22	850	195	0,05	120	0,03	20
Spurrie	2900	0,22	625	145	0,05	90	0,03	

¹ Gezaaid vóór 1 september

² H.C. = humificatiecoëfficiënt: de fractie die één jaar na toediening van het vers organisch materiaal nog over is in de bodem.

³ De hoeveelheid die 5 en 10 jaar na toediening van het vers organische materiaal nog over is in kg per ha en als fractie van de beginhoeveelheid.

Bij het gangbare bouwplan op zeeleigronde vormt de massa van het tussengewas meestal geen heel grote rol, omdat deze gewassen niet gezaaid maar geplant worden (DLV Plant, 2014). Het is belangrijk dat het plantenbed of de rug goed indroogt. Door gewassen te kiezen die de hele winter doorgroeien (grassen en zomergras) wordt er vocht uit de bouwvoor afgevoerd via verdamping. Wel moeten deze in de winter of het vroege voorjaar gedood worden om zodevorming te voorkomen. Dit kan door te klepelen, wat wel als nadeel met zich meebrengt dat er door het berijden van het land weer structuurschade kan worden toegebracht (DLV Plant, 2014).

Het tijdstip waarop een tussengewas gezaaid kan gaan worden, bepaalt in sterke mate de keuze van dit tussengewas. Elk tussengewas heeft namelijk een (soms korte) periode waarin het gezaaid moet worden om tot een goede groei en ontwikkeling te komen (Timmer et al., 2004). In tabel 4 is voor een aantal verschillende soorten tussengewassen de juiste zaaiperiode af te lezen.

Tabel 4. Zaaitijdstip tussengewassen (Timmer et al., 2004).

	maart	april	mei	juni	juli	aug	sept	okt
Bladrammenas								
Gele mosterd								
Bladkool								
Engels raaigras								
Italiaans raaigras								
Westerwolds raaigras								
Winterrogge								
Soedangras								
Rode klaver								
Witte klaver								
Perzische klaver								
Wikke								
Facelia								
Afrikaantjes								
Raketblad								
Spurrie								

geel = zaaien onder dekvruucht (maart - half mei)

groen = zaaien op braak land (mei - juni)

rood = zaaien in vroege stoppel (juli - half aug.)

paars = late stoppel (half aug. - half sept.)

blauw = N-vanggewas (half sept. - okt.)

Tussengewassen groeien snel en hebben daarom snel opneembare stikstof nodig. Die kan toegediend worden in de vorm van KAS of met organische mest. De organische mest mag uitgereden worden t/m 31 augustus, wanneer voor 1 september een tussengewas is gezaaid. Het tussengewas moet voor de mestwetgeving minimaal 8 weken blijven staan. Telt het tussengewas mee voor de vergroening, dan is de termijn 10 weken (Nutrinorm, z.d.). Bij onderwerken in het voorjaar wordt circa 50% van de in het tussengewas aanwezige N benut door het volggewas, terwijl dat bij onderwerken of doodvriezen in de herfst ongeveer om 30% gaat (Van Dijk & Van Geel, 2012).

Het zaaien van een tussengewas brengt (extra) kosten met zich mee. Dit zijn met name kosten voor het zaaizaad, voor de werkzaamheden (zaaien, onderwerken en evt. bemesten) en voor de extra meststoffen. De exacte kosten zijn afhankelijk van het teeltdoel, de gebruikte rassen en de hoeveelheid zaaizaad (Timmer et al., 2003). De opbrengsten van een tussengewas zijn niet direct merkbaar in de portemonnee en moeten met name gezocht worden in een lagere bemesting door nalevering van N en betere ziekteverendheid en bewerkbaarheid van de bodem. Met kruisbloemigen en grasachtigen kan een korting van 40 kg N/ha worden behaald, met vlinderbloemigen zelfs tot 60 kg N/ha. Stikstof vertegenwoordigt volgens de auteurs van het Masterplan Mineralenmanagement een bedrag van €1,11 per kg. Dit zou een besparing van €44 p/ha zijn. Organische stof vertegenwoordigt op basis van de gangbare stroprijs een bedrag van €0,30 per kg effectieve organische stof (Kenniskakker, z.d.).

4.4 Gewasrotaties verbeteren

Een gewasrotatie kan verbeterd worden door meerdere gewassen in een rotatie in te brengen of een ruime(re) vruchtwisseling aan te houden. Bijvoorbeeld rooigewassen minder frequent telen, een rustgewas telen (bijvoorbeeld inzaaien met gras) of meerjarige gewassen telen (Lesschen et al., 2012).

Voordelen:

- Een beter natuurlijk evenwicht door een minder intensief bouwplan.
- meer mogelijkheden voor het bodemleven om te verbeteren.
- Betere beheersing van ziekten en plagen.
- Fosfaatoverschot beperken.

(Lesschen et al., 2012)

De nadelen schuilen vaak in het economische bedrijfsresultaat; rooigewassen brengen meer op dan maaigewassen. Landruil met veehouders (grasland) lijkt economisch gezien een goed alternatief maar brengt nadelige effecten met zich mee voor het organische stofgehalte onder grasland (zie maatregel 7, niet scheuren grasland).

Toename bodem C gehalte kleigrond

Door gewasrotaties te verbeteren is er een toename van meer dan 200 kilogram C per hectare per jaar haalbaar (zie figuur 12, bijlage II).

Afwentelingseffecten

Direct brengt het verbeteren van gewasrotaties eigenlijk alleen maar positieve effecten met zich mee: lagere N₂O- en NH₃- emissie en NO₃-uitspoeling door efficiënter kunstmestgebruik. Betere bodemkwaliteit en bodemleven, minder ziekten en plagen. De kans op een daling van de gewasopbrengsten bij verruiming van een bouwplan kan indirect wel voor neveneffecten zorgen. De agrariër moet de inkomstendering compenseren en zou dit bijvoorbeeld kunnen doen door landruil met een veehouder waardoor grasland (vaker) gescheurd wordt (Lesschen et al., 2012).

Effecten bedrijfsvoering

Zoals te lezen in alinea 3.4 is in Nederland het geteelde percentage rooivruchten dominant t.o.v. maaivruchten. Dit heeft met name te maken met de opbrengstverschillen tussen beide typen gewassen.

Van Dijk, Spruijt, Runia, en Van Geel (2012) concluderen het volgende: 'Verruiming van de vruchtwisseling met meer graan is gunstig voor de bodemkwaliteit en vaak ook voor de mineralenbenutting, maar is ongunstig voor het economisch bedrijfsresultaat. Met name op bedrijven met pootgoedaardappelen zijn forse opbrengststijgingen nodig om het inkomensverlies te compenseren. Daarom is het aan te raden eerst te kijken naar alternatieve maatregelen zoals organische meststofkeuze, inwerken van stro en het telen van vroege rassen. Ook verruiming met vroeg geoogste bloembolgewassen of groenten of landruil met een melkveehouder kunnen aantrekkelijkere alternatieven zijn.'

Door Van Dijk et. al (2012) is praktijkonderzoek uitgevoerd naar meerdere bouwplanscenario's voor bedrijven op kleigrond. Hieruit kwam naar voren dat het verruimen van het bouwplan op zeekei voor het bouwplansaldo alleen interessant is als er landruil met een veehouder wordt toegepast of wanneer er land verhuurd wordt voor de bollenteelt, ten koste van graan. Opvallend is dat beide scenario's een negatief effect hebben op de aanvoer van effectief organische stof, zoals af te lezen in tabel 5.

Tabel 5. Bouwplansaldo, stikstof- en fosfaatoverschot en aanvoer effectieve organische stof via gewasresten van het referentiebouwplan (vetgedrukt) en het effect van de bouwplanvarianten t.o.v het referentiebouwplan (schuingedrukt) (p.7) (van Dijk et al.,2012).

Regio ¹	Variant	Beschrijving	Bouwplansaldo ² (€/ha)	Stikstofoverschot ² (kg N/ha)	Fosfaatoverschot ² (kg P ₂ O ₅ /ha)	EOS-aanvoer ³ (kg EOS/ha)
NZK	NZK-S	1:3 pootgoed	3570	50	5	1695
	NZK-1	1:4 pootgoed, 10% meer graan, pootgoedland bijhuren	-365	+1	-2	+220
	NZK-2	1:4 pootgoed, verhuur tulp+broccoli, pootgoedland bijhuren	-105	+18	+12	+65
	NZK-3	1:3 pootgoed, 10% minder suikerbiet, 10% meer graan	-80	-3	+2	+130
CZK	CZKN-S	1:3 pootgoed	4845	37	13	1415
(NOP)	CZKN-1	1:6 pootgoed, 1:6 peen+witlof erbij, pootgoedland bijhuren	-585	-1	0	-50
	CZKN-2	1:6 pootgoed, 1:6 graan erbij, pootgoedland bijhuren	-770	+5	-4	+115
CZK	CZKF-0	1:4 cons aard	2820	57	-1	1505
(Flev)	CZKF-1	1:5 cons aard en groenten, 10% meer graan	-325	0	-2	+185
	CZKF-2	1:5 cons aard en groenten, 1:5 verhuur tulp erbij	+85	+9	+9	-185
	CZKF-3	Ruil met veehouder, extra cons aard+ui i.p.v. graan	+1255	-10	+8	-355/+725 ⁴
ZWK	ZWK-0	1:5 cons aard	2225	80	3	1740
	ZWK-1	1:5 verhuur tulp erbij ten koste van graan	+410	+10	+11	-360

¹ NZK = noordelijk zeekei, CZK = centrale zeekei, ZWK = zuidwestelijk zeekei, NON = noordelijk zand- en dalgebied, ZON = zuidoostelijk zandgebied

² inclusief bijgehuurd land

³ EOS-aanvoer op eigen land, inclusief dierlijke mest

⁴ Effect zonder en met vervanging van varkensdrijmest door runderdrijmest

Het voordeel van landruil of –verhuur voor de akkerbouwer is dat er op een groter areaal hoog renderende gewassen kunnen worden geteeld (o.a. aardappelen), terwijl op de eigen grond de teeltfrequentie lager is dan wanneer er niet geruild wordt. De opbrengsten door de lagere teeltfrequentie van de akkerbouwgewassen kunnen ook stijgen. Verder kunnen de kosten voor gewasbescherming wat dalen, doordat minder granulaattoepassing in de aardappelteelt nodig is. Tegelijkertijd zal de akkerbouwer teeltactiviteiten moeten verzorgen voor de veehouder. Er zijn bedrijven die zich hebben gespecialiseerd in de aardappelteelt, waarbij het aandeel aardappelen oploopt tot 50-100%. Wel heeft deze werkwijze een ongunstige invloed op stikstofbenutting en op de bodemstructuur door het late oogstmoment van mais (wat vaak in de plaats van graan komt bij ruil). Ook voor de veehouder geldt dat de gewassen die op zijn grond geteeld worden vaak minder gunstig voor de bodemkwaliteit zijn dan grasland. Nog beperkender zijn grenzen van de mineralenwetgeving en de inkomensondersteuning vanuit de EU, waar tegen aangelopen kan worden bij grondruil of grondhuur. Bij overtreding van de regels of bij het niet voldoen aan richtlijnen kan dit veel geld kosten (Van Dijk et al., 2012).

4.5 Gewasresten achterlaten

Gewasresten worden van het land verwijderd om te worden gebruikt als strooisel in stallen, als veevoer of als biobased energiebron. Ze kunnen ook op het land achterblijven, en voor extra toevoer van koolstof naar de bodem zorgen.

Voordelen:

- Verbetering organisch stofgehalte.
- Verminderen erosie risico.
- Tegengaan bodemverdichting.

Nadelen:

- Hoger risico op lachgasemissies.
- De bijdrage van gewasresten aan het bodemorganische stof verschilt per gewas.
- Gewasresten met veel koolstof en weinig stikstof worden meestal minder makkelijk afgebroken dan gewasresten met relatief meer koolstof.
- Kans op grotere onkruiddruk.
- Risico op toename van bepaalde ziekten.

(Lesschen et al., 2012)

Toename bodem C gehalte kleigrond

Door gewasrotaties te verbeteren is er een toename van meer dan 200 kilogram C per hectare per jaar haalbaar (zie figuur 14, bijlage II).

Afwentelingseffect

Omdat achtergelaten gewasresten afgebroken worden, verhoogt het risico op lachgasemissie doordat er extra stikstof bij vrijkomt. Dit kan wel ondervangen worden door een tussengewas dat stikstof opslaat. En omdat het organische stofgehalte verhoogt door o.a. deze maatregel, wordt er meer stikstof gebonden en spoelen er minder nitraten uit. Daarnaast kan er indirect landgebruik verandering optreden omdat stro niet meer verkocht wordt als veevoederproduct terwijl de vraag blijft bestaan. Hetzelfde geldt voor het wegvallen van grondstoffen voor biobrandstoffen (Lesschen et al., 2012).

Effect bedrijfsvoering

De gewasresten van de teelten uit het standaard bouwplan op zeelei, worden in principe achtergelaten op het land, op stro afkomstig van tarwe na. Dit blijft even achter om te drogen en wordt later geperst en verkocht (Velthof & Kuikman, 2000). In tabel 6 is af te lezen hoeveel effectieve organische stof er per gewas wordt achtergelaten.

Tabel 6. Toevoer van effectieve organische stof aan de grond in kg per hectare d.m.v wortel en gewasresten (p.58) (Timmer et al.,2003).

	wortel- en gewasresten	effectieve organische stof
granen	wintertarwe	1650
	zomertarwe	1650
	wintergerst	1600
	zomergerst	1350
	haver	1600
	rogge	1550
	triticale	1600
hakvruchten	aardappelen	800
	suikerbieten, excl. blad	400
	uien	150
voedergewassen	snijmais	700
	luzerne, jaar van inzaai + tweede jaar	1350
	derde jaar	2050
graszaad	eerstejaars Engels raaigras	2000
	eerstejaars roodzwenkgras	2650
	eerstejaars veldbeemdgras	2300
	tweedejaars veldbeemdgras	3500
overige gewassen	erwten, excl. loof	200
	veldbonen, incl. stro	1000
	karwij	1300
	koolzaad	1000
	spruitkool, excl. stronken	1300
	stamslabonen, incl. loof	500
	vlas	100
	witlof	400

In 2013 publiceerden Zwart, Kikkert, Wolfs, Termorshuizen, & Van der Burgt tabellen met kengetallen voor het opstellen van een organische stof-balans. In deze tabellen is de hoeveelheid effectieve organische stof en de stikstofmineralisatie per gewas terug te lezen. Voor de gewassen in het bouwplan dat voor dit onderzoek aangehouden wordt gaat dit om tabel 7.

Tabel 7. Gewassen en hun bijdrage aan effectieve organische stof (EOS) en stikstof (N) nalevering.

Gewas	EOS (kg/ha)	N-levering (kg/ha)
Cons.aardappelen	875	0
Suikerbieten (excl. kop + bladresten)	375	0
Suikerbieten (incl. kop + bladresten)	1275	15
Zaaiuien	300	0
Tarwe incl. stro	2630	-25
Tarwe excl. Stro	1630	0

De afweging wel of niet achterlaten van stro zal voor veel akkerbouwers een bedrijfseconomisch vraagstuk zijn. Nutrinorm (z.d.) heeft in beeld gebracht wat de voordelen zijn van hakselen ten opzichte van persen en verkopen zijn:

5 ton stro bevat 8 kg P en 75 kg K. Dit vertegenwoordigt een waarde van € 65,- aan mineralen die toegediend moeten worden wanneer stro verkocht wordt. Het achterlaten van stro levert ongeveer evenveel organische stof op als een teelt groenbemester op braakliggend land na het afvoeren van stro. De teelt van groenbemester kost ongeveer € 200,- tot € 250,- per ha. Hakselen kost zo'n € 60,- per ha. Stro levert gemiddeld €250,- per hectare op, dit is dus gelijk aan wat het 'oplevert' om het achter te laten op het land. Daarnaast kan na het hakselen van het stro meteen mest worden uitgereden en een groenbemester worden gezaaid, er hoeft niet gewacht te worden tot het stro is opgehaald. Daarnaast geeft graanteelt een bodem rust, als er vervolgens weer met zwaar materieel over het perceel gereden wordt (om stro te persen en verzamelen) kan dit de voordelen van de rustperiode opheffen door structuurschade die wordt aangebracht. Wel of niet achterlaten heeft ook te

maken met de bemestingsstrategie die gekozen wordt, dan kan het voor zowel de EOS als bedrijfseconomisch interessanter zijn om stro wél af te voeren.

Belangrijk bij het achterlaten van stro is wel dat dit goed verteerd wordt. Dit kan gestimuleerd worden door stro licht in te werken (5 – 7 cm). Daarnaast is er stikstof nodig voor de vertering. Als er ook een groenbemester wordt geteeld gaat dit om 40-60 kg N/ha voor de groenbemester en 30-50 kg N/ha voor het stro. Dit kan worden aangevoerd met organische mest (Nutrinorm, z.d.).

4.6 Akkerrandenbeheer

Wanneer akkerranden niet meer geploegd, bemest en bespoten worden spreekt men van akkerrandenbeheer. Soms worden er ook speciaal ingezaaide akkerranden aangelegd, wat de biodiversiteit én uitstraling ten goede komt.

Voordelen:

- toename organische stof
- minder afspoeling nutriënten en pesticiden naar oppervlaktewater
- verhoging biodiversiteit
- verhoging van het aantal natuurlijke vijanden voor plagen
- verbetering van de toegankelijkheid van het perceel en de sloot; vooral bij meerjarige grasranden
- Akkerranden accentueren het landschap. Op deze wijze dragen akkerranden bij aan het positieve imago van boeren en de landbouw in het algemeen.

(Van Rijn, Willemse & Van Alebeek, 2011)

Nadeel:

- Neemt ruimte in van productieoppervlak (3%).
- Onkruid kan probleem vormen.
- Bewerking moet soms worden uitbesteed, dit brengt extra kosten met zich mee.

(Lesschen et al., 2012, Van Rijn et al., 2011)

Toename bodem C gehalte kleigrond

Door akkerrandenbeheer toe te passen is er een toename van meer 25-50 kilogram C per hectare per jaar haalbaar (zie figuur 15, bijlage II).

Afwentelingseffecten

Akkerranden zijn met name positief voor de biodiversiteit (meer soorten en betere verbindingzones). Wanneer een deel van het bouwland echter ingezet wordt als akkerrand, betekent dit dat er dus een deel 'uit productie' gaat. Dit kan leiden tot indirecte verschuiving in landgebruik naar elders (buiten Europa). Lokaal wordt er dan dus wel meer C in de grond opgeslagen, overall kan het tot extra broeikasgasemissies leiden (Lesschen et al., 2012).

Effect bedrijfsvoering

Een akkerrand aanleggen en beheren brengt kosten met zich mee. Niet alleen wordt er ruimte in beslag genomen van het gewas (een opbrengstderving) ook worden er kosten gemaakt voor het zaaizaad en voor de bewerkingen. De kosten kunnen vrij sterk variëren, vooral per gebied, gekozen bloemen in het zaadmengsel, werkwijze van zaaien en onderhouden van de rand en kosten voor afvoeren van maaisel (zie tabel 8).

Tabel 8. Overzicht kosten per jaar van een eenjarige bloemenrand en een meerjarige gras-kruidenrand in de Hoeksche Waard (p.14) (Van Rijn et al.,2011).

FAB - akkerrand 3,5 mtr breed	Bloemenrand 1 jarig	Gras - Kruidenrand Meerjarig (4 jr) Maaisel afvoer elders	Gras - Kruidenrand Meerjarig (4 jr) Maaisel op eigen perceel
Grond*	1025	1025	1025
Zaaizaad	400	100	100
Hoofdgrondbewerking	250	63	63
Zaaien + zaaiklaarmaken	390	146	146
Onderhoud	475	1000	400
Management	150	150	150
Totaal per ha	2690	2484	1884
Totaal per m ²	0,27	0,25	0,19

* gemiddeld saldo HW incl. teeltvrije zone

Omdat akkerranden geen andere inkomsten leveren is het zonder subsidie niet rendabel te maken. Er bestaan al vele akkerrandenregelingen in Nederland, meestal provinciaal en regionaal opgezet. Daarnaast is er sinds 2011 een landelijke FAB-akkerranden-regeling waar telers zich bij aan kunnen sluiten (Van Rijn et al., 2011).

4.7 Niet scheuren grasland

Uit berekeningen van Aarts et al. (2002) blijkt dat op zand-, klei- en veengrond gemiddeld om de 5, 10 en 30 jaar grasland wordt vernieuwd. Grasland niet scheuren betekent dat grasland niet vernieuwd wordt en tijdelijk grasland permanent grasland wordt. Graslandvernieuwing vindt vooral plaats om grasproductie te verhogen maar ook om 'vers land' te leveren aan akkerbouwbedrijven, zodat zij kunnen voldoen aan een goede rotatie.

Voordelen:

- Behoud bodemkoolstof.
- Vasthouden stikstof.
- Minder risico op nitraatuitspoeling en op toename N₂O emissie.

Nadelen:

- Negatief voor kwaliteit van het gras en productie grasland.
- Impact op bouwplan akkerbouwbedrijven omdat er minder vers land beschikbaar komt.

Toename bodem C gehalte kleigrond

Door geen grasland meer te scheuren is er een toename tussen de <50 tot >200 kilogram C per hectare per jaar haalbaar (zie figuur 16, bijlage II).

Afwentelingsverschijnselen

Het niet scheuren van grasland zou als afwenteling alleen maar positieve effecten met zich meebrengen: lagere broeikasgasemissie, minder nitraatuitspoeling, verbeterde bodemkwaliteit en – diversiteit (Lesschen et al., 2012).

Effect bedrijfsvoering

Een akkerbouwer heeft gemiddeld genomen weinig grasland onder beheer, er wordt wel landruil met veehouders toegepast, in deze gevallen wordt grasland juist omgezet in bouwland (Lesschen et al., 2012). Dit heeft met name te maken met het feit dat permanent grasland een akkerbouwer niets oplevert en eigenlijk plek inneemt van de te bewerken bouwgrond.

Hoewel het niet scheuren van grasland een akkerbouwer niet direct voordeel oplevert v.w.b. zijn eigen bodem C gehalte, is het wel heel belangrijk om de negatieve effecten van scheuren onder de aandacht te brengen. Dit om te voorkomen dat er volop ingezet gaat worden op landruil met veehouders of, wanneer dit wel gebeurt, alleen jong/kort grasland in bewerking te nemen en geen oud/blijvend grasland. Wanneer een veehouder geen grasland meer ruilt met een akkerbouwer om het organische stofgehalte onder zijn land te behouden (bijvoorbeeld wanneer er geld verdiend kan worden aan het opslaan van bodem koolstof (C)), heeft dit impact op het bouwplan van de akkerbouwer. Er komt dan minder vers land ter beschikking en dus moet de akkerbouwer op zoek naar andere manieren om zijn rotatie in stand te houden óf het bouwplan moet aangepast worden.

4.8 Agroforestry

Een achtste mogelijkheid, welke niet is meegenomen door Lesschen maar wel in de 'Quickscan naar de potentie van koolstofopslag in de Nederlandse melkveehouderij', en welke ook toepasbaar is in de akkerbouw, is agroforestry.

Methode: Bij agroforestry worden planten en bomen gecombineerd met landbouw. Toepasbare vormen voor akkerbouwbedrijven zijn:

- Hagen/windvangers, waarbij struiken en bomen rondom een (deel van) perceel worden geplaatst.
- Alley cropping, waarbij rijen met bomen (fruit, noten, biomassa) worden afgewisseld met rijen gewassen.
- Riparian buffers, een vegetatie buffer langs een beek met als voornaamste doel het beschermen van de waterkwaliteit.
(Elferink, Rougoor, Terryn, & Van der Weijden, 2012)

Voordelen:

- Traditionele agroforestrypercelen zijn multifunctioneel: ze realiseren één productie op korte termijn en één productie op de lange termijn (hout van de bomen wordt ook wel een 'pensioenvoorziening' genoemd).
- Bomen beschermen de bodem, gewassen of de dieren tegen klimaatsextremen en tegen wind en dragen bij tot een goede bestuiving.
- Het regelmatig te oogsten snoeihout kan snel gevaloriseerd worden, er wordt niet alleen koolstof in de bodem vastgelegd in de wortelmassa door bladval en eventueel snoeiafval, maar ook in de boom (Wervel, 2009).
- Er zitten allerlei nuttige biologische bestrijders in bomen en struiken, waardoor insectenplagen veel minder de kans krijgen om de kop op te steken.
- Akkers die gedeeltelijk begroeid zijn met bomen maken de uitstraling aantrekkelijker, wat ten gunste van het imago van de landbouw komt (Wageningen University & Research, 2018).
- Minder chemische bestrijding nodig.
- Minder kunstmest nodig.

Nadelen:

- Een klassiek agroforestrystelsel bestaat uit een combinatie van akkerbouwgewassen en bomen voor houtproductie. In Nederland zien we deze vorm van agroforestry eigenlijk niet. Dit heeft te maken met de lichtconcurrentie voor de akkerbouwgewassen die optreedt door de bomen (<http://agro-forestry.nl/>).
- Het bodemkoolstof vastleggend vermogen heeft alleen effect op oppervlakten die bedekt zijn met agroforestry. Hagen hebben dus alleen invloed op de randen van een perceel. Vanwege deze beperking en de (nog) beperkte toepasbaarheid van agroforestry wordt het maximale areaal voor Nederlandse bodems op 5% geschat van het totale areaal (Elferink et al., 2012).

Effect C gehalte kleigrond

Uit Europese landen waar agroforestry wel wordt toegepast in de akkerbouw zijn resultaten bekend dat met deze techniek, onder en bovengronds tezamen, 1,5 tot 4 ton C per hectare per jaar extra kan worden vastgelegd (Aertsens, De Nocker, & Gobin, 2013).

Afwentelingseffecten

Uit alle onderzoeken naar de koolstofvoorraad in de grond komt naar voren dat het bodem C gehalte onder bossen bij elk bodemtype het hoogst is. Daarnaast hebben Canadese studies berekend dat agroforestrypercelen, in vergelijking met klassieke landbouwpercelen, de N₂O-emissie met 69% doet afnemen. Agroforestry brengt dus geen negatieve afwentelingseffecten met zich mee (Lesschen et al., 2012).

Effecten bedrijfsvoering

Agroforestry is in Nederland nog erg klein, toch is in april 2018 tijdens de dialoogbijeenkomst van Wageningen University wel uitgesproken dat het binnen 15 jaar uit zou kunnen groeien tot een nieuwe landbouwstandaard. Voormalig Staatsecretaris van Economische Zaken Martijn van Dam, gaf in een brief aan de Tweede Kamer eind 2016 aan: "Voor een ecologisch houdbare voedselproductie is een transitie nodig naar een landbouwbedrijfsvoering waarin de rol van en een zorgvuldige omgang met natuur en biodiversiteit geïntegreerd is."

Wereldwijd wordt er al veel gewerkt met de mengteelt van meerjarige planten, zoals bomen en struiken, en eenjarige gewassen zoals groentes en granen. Overstappen maar wel met oude technieken blijven werken zal het proces niet vergemakkelijken. Maar door de inzet van bijvoorbeeld zelfrijdende lichtgewicht tractoren heeft een boer er weinig extra werk aan. Voordelen worden vooral behaald in het minder inzetten van chemische bestrijdingsmiddelen, minder onderhoud (bewerking) aan het forestry deel van het perceel en er is geen kunstmest voor nodig. Daarnaast kan het geproduceerde hout ingezet worden als bodemverbeteraar of als groene energiebron.

Belangrijke voorwaarden om agroforestry toe te passen (en dus geen nadelig effect te creëren op de neventeelt) is om de bomen op zo'n afstand van elkaar te plaatsen dat er nog met landbouwmachines tussendoor gereden kan worden, bomen moeten regelmatig gesnoeid worden om geen belemmering te vormen voor de landbouwmachines, bomen moet in een noord-zuid richting geplant worden om de schaduw op het gewas te beperken en zo een homogene gewasopbrengst te houden, de kopakker wordt vrij van bomen gehouden. Doordat winterteelt de bovenste bodemlagen al snel droog zuigen, worden de bomen 'gedwongen' zich dieper te wortelen waardoor er minder concurrentie komt met de gewassen (Wervel, 2009).

Met 50 bomen per hectare hebben landbouwkundige onderzoekers opgemeten dat de productiviteit van één hectare agroforestry evenwaardig kan zijn aan de productiviteit van anderhalf hectare met graan en bos apart. De tussenteelt kan blijvend geoogst worden tot de bomen klaar zijn om gekapt te worden. Op termijn kan het bedrijfsinkomen zelfs verdubbeld worden. Granen geproduceerd in agroforestryssystemen hebben een hoger eiwitgehalte dan in monocultuur. Dit zou komen door de bescherming tegen extreme klimaat invloeden die de bomen bieden, maar ook door de versterkte bodemvruchtbaarheid. Bomen pompen nutriënten op uit diepere bodemlagen en brengen die in het landbouwsysteem via de bladval (en evt. via versnipperd snoeihout) (Wervel, 2009).

4.9 Toevoegen compost en dierlijke mest

Met compost en dierlijke mest wordt organische stof aan de bodem toegevoegd. In tabel 9 is te zien dat niet alle meststoffen en composten een even groot aandeel hebben in de effectieve organische stof levering. Omdat de fosfaatnorm vaak de beperkende factor is in hoeveel mest er van een bepaalde soort toegediend kan worden, staat ook de hoeveelheid effectieve organische stof per kilo P₂O₅ genoemd (R. Postma, senior projectmanager, Nutriënten management Instituut BV (NMI) te Wageningen, persoonlijke communicatie 2-5-2018).

Tabel 9. Kengetallen organische stof (Commissie Bemesting Akkerbouw/Vollegroondsgroenteteelt, z.d.)

Organische mest	OS	H.C. ¹	EOS	EOS/P ₂ O ₅ ²	na 5 jaar ³		na 10 jaar ³	
	(kg/ton)	(fractie)	(kg/ton)	(kg/kg)	(kg/ha)	(fractie)	(kg/ha)	(fractie)
Drijfmest								
Rundvee	71	0,70	50	33	26	0,36	18	0,26
Vleesvarkens	79	0,33	26	7	7	0,09	5	0,06
Zeugen	25	0,34	9	2	2	0,10	2	0,06
Rosékalveren	71	0,70	50	19	26	0,36	18	0,26
Witvleeskalveren	17	0,70	12	11	6	0,36	4	0,26
Vaste mest								
Rundvee grupstal	155	0,70	109	25	56	0,36	40	0,26
Varkens (stro)	153	0,33	50	6	14	0,09	9	0,06
Pluimvee	416	0,33	137	7	39	0,09	25	0,06
Pluimvee + nadroog	393	0,33	130	5	35	0,09	24	0,06
Kippenstrooiselmest	359	0,34	122	5	35	0,10	22	0,06
Vleeskuikens + parelhoen	419	0,36	151	9	45	0,11	29	0,07
Vleeskalkoenen	427	0,36	154	8	45	0,11	29	0,07
Schapen	195	0,70	137	30	70	0,36	50	0,26
Geiten	174	0,70	122	23	63	0,36	45	0,26
Compost								
Champost	211	0,50	106	24	40	0,19	26	0,13
GFT-compost	242	0,90	218	50	165	0,68	136	0,56
Groencompost	179	0,90	161	73	122	0,68	101	0,56

¹ H.C. = humificatiecoëfficiënt: de fractie die één jaar na toediening van het vers organisch materiaal nog over is in de bodem.
² EOS-aanvoer (kg) per kg fosfaat in de mest
³ De hoeveelheid die 5 en 10 jaar na toediening van het vers organische materiaal nog over is in kg per ha en als fractie van de beginhoeveelheid.
⁴ C/N-verhouding van de organische stof in de mest (C/N_{org}).

Methode: Om zoveel mogelijk organische stof (en effectieve organische stof) aan de bouwvoor toe te voegen kan er gekozen worden om de bemesting (deels) door middel van organische meststoffen en composten te laten verlopen in plaats van kunstmest.

Voordelen:

- Het zorgt voor een verhoging van het organische stofgehalte met alle bijkomende voordelen.
- Het zorgt voor het vasthouden en laten vrijkomen van nutriënten (vooral stikstof).
- Het verbetert het watervasthoudend vermogen van de bodem.
- Het leidt doorgaans tot een betere bewerkbaarheid en een lagere indringingsweerstand van de grond.
- Het is een bron van voedsel voor allerlei bodemorganismen zoals bacteriën, nematoden en regenwormen. Regenwormen hebben weer een gunstig effect op de structuur van de bodem.
- Een rijk en divers bodemleven kan ook zorgen voor een betere weerbaarheid tegen bodemgebonden ziekten en plagen. (Rietberg et al., 2013)

Nadelen:

- Beschikbaarheid van nutriënten door mineralisatie is moeilijk te sturen, dit betekent dat de beschikbaarheid ook groot kan zijn op momenten dat er weinig vraag is vanuit het gewas. De kans op uitspoeling is op die momenten juist groot. Daarmee komen doelstellingen voor

bijvoorbeeld de Nitraatrichtlijn of de Kaderrichtlijn Water in het geding (Smit & Kuikman, 2005).

- Bij hoge C/N verhoudingen in bijvoorbeeld compost kan stikstof (tijdelijk) immobiel worden waardoor er onvoldoende stikstof voor de plant beschikbaar komt. In het algemeen luidt het advies dan ook om 50% groencompost met 50% rundveedrijfmest (of een andere snel werkende meststof) te combineren, zodat er voldoende stikstof beschikbaar blijft (De Lijster et al., 2016, CLM Onderzoek en advies, z.d.).
- Overdracht van plantpathogenen en onkruidzaden is mogelijk (Postma, Korthals, Termorshuizen, Dekker, & Thoden, 2010)
- Gedurende het teeltseizoen is bijsturen met organische mest lastig/onmogelijk. Het is lastiger over het land te brengen en te verdelen dan minerale meststoffen en de samenstelling van de producten kan verschillen (Nutrinorm, z.d.).

Effect C gehalte kleigrond

Bij de huidige gebruiksnorm van 170kg Stikstof (N) per hectare en 60kg fosfaat (P) uit dierlijke mest, ziet het bemestingsplan (bij het volgen van het advies van 50% groencompost en 50% rundveedrijfmest) er als volgt uit: (hierbij is rekening gehouden met de forfaitaire gehalten, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, z.d.)

Rundveedrijfmest	20 ton/ha/jaar	EOS = 1000 kg/ha/jaar	C = 580kg/ha/jaar
Groencompost	27 ton/ha/jaar	EOS = 4350 kg/ha/jaar	C = 2523 kg/ha/jaar

In totaal kan er dus nog eens 3103 kilo koolstof/ha/jaar extra aan de bodem worden toegevoegd door het toedienen van organische mest. In bijlage III is in het verloop van het organische stofgehalte af te lezen wanneer bovenstaande combinatie wordt toegediend in het bouwplan 25% aardappel, 12,5% ui, 37,5% tarwe en 25% bieten.

Afwentelingseffecten

Bij het gebruiken en toedienen van dierlijke mest komen er ammoniak (NH₃) en lachgas (N₂O) vrij. 1 gram lachgas levert een even grote bijdrage aan de opwarming van de atmosfeer als ongeveer 300 gram CO₂. Lachgas kan ook indirect ontstaan uit ammoniak via nitrificatie ("Factsheet Broeikasgassen: Lachgas", z.d.).

Effect bedrijfsvoering

Op de kleigronden van Zuidwest Nederland is het een veel voorkomende bemestingsstrategie/ praktijk om ongeveer 35ton/ha varkens of rundveedrijfmest in het voorjaar op wintertarwe toe te dienen. De overige fosfaatruimte wordt dan meestal benut op de tarwestoppels en vaak ingevuld met compost of mest voor het inzaaien van een eventueel tussengewas. Dit komt meestal neer op nog eens 20 ton/ha rundveedrijfmest of 15 ton/ha groencompost op de stoppel voor het tussengewas. De resterende stikstofruimte wordt dan meestal gewas en perceel specifiek ingezet. De overige gewassen uit het bouwplan als aardappel, bieten en uien worden meestal bemest met kunstmeststoffen (Commissie Bemesting Akkerbouw/Vollegroenteteelt, z.d.).

De kosten voor bemesting zijn opgebouwd uit de kosten voor de aanschaf van de meststof en de kosten voor de toediening hiervan. Bij het gebruik van kunstmest zijn de aanschafkosten het hoogst, terwijl bij het gebruik van compost en dierlijke mest de toedieningskosten de grootste kostenpost zijn. De scenario's waarbij gebruik wordt gemaakt van dierlijke mest/ compost blijken tot lagere kosten te leiden dan wanneer er alleen gebruik gemaakt wordt van kunstmest. In een studie van Zwart, Kikkert, Van der Burght, en Termorshuizen (2013) zijn de kosten en baten van een aantal bemestingsscenario's vergeleken. De scenario's verschilden in organische stofaanvoer (1000 – 5000 kg effectieve organische stof (EOS) per ha) en waren als volgt:

1. Alleen kunstmest; stro verkopen
2. Maximale inzet van dunne dierlijke mest, waar nodig aangevuld met kunstmest; stro achterlaten

3. Maximale inzet van compost, aangevuld met dunne dierlijke mest en kunstmest; groenbemester na graan en stro verkopen;
4. Langdurig gebruik van scenario 3, waarbij een hogere werkingscoëfficiënt van stikstof en fosfaat kan worden verwacht dan bij kort durend gebruik van compost; groenbemester na graan en stro verkopen.

Uit een overzicht van de kosten, bleek dat scenario 1 vrijwel steeds het duurste was (alleen op de noordelijke zeeklei was scenario 3 duurder) en scenario 2 het goedkoopst. Het verschil tussen het duurste en goedkoopste scenario liep op tot ruim 200 euro per hectare zoals te zien in tabel 10.

Tabel 10. Kosten verschillende bemestingsscenario's (Zwart et al., 2013).

Scenario	Veenkoloniën Netto kosten	Noordelijke zeeklei Netto kosten	Zuid-westelijke zeeklei Netto kosten	Zuid-oostelijk zand Netto kosten
1	€ 390	€ 406	€ 487	€ 384
2	€ 174	€ 244	€ 285	€ 193
3	€ 321	€ 428	€ 417	€ 296
4	€ 281	€ 375	€ 381	€ 265

Tabel 11. Jaarlijkse aanvoer van effectieve organische stof (EOS)(kg/ha) per scenario (Zwart et al., 2013).

Scenario	Veenkoloniën Aanvoer EOS	Noordelijke zeeklei Aanvoer EOS	Zuid-westelijke zeeklei Aanvoer EOS	Zuid-oostelijk zand Aanvoer EOS
1	1.164	1.263	1.023	1.060
2	1.744	1.827	1.520	1.648
3	3.377	5.067	3.531	3.299
4	3.377	5.067	3.531	3.299

Het gebruik van compost blijkt het op een na duurste scenario, maar zorgt wel voor de meeste aanvoer van effectieve organische stof (zie tabel 11.) Bij langdurig compostgebruik zal het stikstof en fosfaat leverend vermogen van de bodem toenemen door de nalevering uit de compost. Als gevolg daarvan zullen bij meerjarige toepassing van scenario 3 de jaarlijkse kosten dalen omdat er steeds meer op de aanvoer van kunstmest bespaard kan worden. Als daarbij de andere voordelen van organische stof die minder goed in 'harde' euro's uitgedrukt kunnen worden, zoals een verbetering van de vochthuishouding en structuur, worden opgeteld, dan kan duurkoop op de langere termijn wel goedkoop blijken te zijn (Zwart et al., 2013)

Er is in meerdere onderzoeken geschreven over het effect van het gebruik van organische mest op de gewasopbrengst:

- Floot, Paauw, en Dekker (2008) zien bij een jaarlijkse toepassing van compost in een bouwplancycclus van zomertarwe, suikerbieten, zaaiuien en pootaardappelen bij een bemestingsniveau volgens stikstofadvies een opbrengststijging van 1 tot 6%.
- Bij een stikstofadvies van 40 kg N/ha geeft compost een opbrengststijging van 4 tot 8% ten opzichte van geen compost (Floot et al., 2008).
- De Wit (2013) laat zien dat gebruik van GFT compost in combinatie met drijfmest en aanvullend kunstmest op een gemiddeld akkerbouwbedrijf in Zuid Nederland resulteert in een positief saldo van gemiddeld €55/ha ten opzichte van de basissituatie waarin de maximaal toegelaten hoeveelheid drijfmest en kunstmest wordt gebruikt.

Uit deze onderzoeken valt af te leiden dat het gebruik van dierlijke mest en compost een positief effect op de gewasopbrengst en het saldo kan hebben. Floot et al. (2008) concludeerde zelfs dat er in het eerste jaar van composttoediening al een positief effect was op de financiële opbrengst.

Door aanscherping van de gebruiksnormen wordt fosfaat de komende jaren veelal het eerst beperkend voor de hoeveelheid mest die kan worden aangewend. Dit maakt dat meststoffen met een relatief lage N/P-verhouding, zoals vaste dierlijke mest en compost, minder aantrekkelijk worden. Dit kan negatief uitwerken op het organische stof-gehalte van de bodem. Dit is in praktijk ook al gebleken: aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm heeft ertoe bijgedragen dat

akkerbouwers steeds minder compost aanvoeren. De norm wordt opgevuld met drijfmest (CLM Onderzoek en advies, Louis Bolk Instituut, Alterra., 2013).

5 Verdienen aan koolstof

Om de doelstelling van het '4 per 1000' initiatief te behalen, is het belangrijk dat zoveel mogelijk agrariërs maatregelen om extra koolstof in de bodem op te slaan daadwerkelijk doorvoeren. In de praktijk blijkt dat agrariërs, wanneer het over het verbeteren van de bodemkwaliteit gaat, sneller bereid zijn om aan praktijktesten mee te werken dan wanneer het onder de noemer 'CO₂ opslaan' of 'bijdragen aan het klimaat' wordt gepresenteerd. (R.Clement, persoonlijke communicatie, 24 april 2018, zie bijlage IV). Uit recent onderzoek (CLM Onderzoek en advies, Louis Bolk Instituut, Alterra, 2013) blijkt dat boeren vaak gericht zijn (noodgedwongen door lage prijzen, hoge grond- en pacht prijzen, kosten mestafzet maar ook uit gewoonte en door schaalvergroting) op korte termijnresultaat en direct reageren op winst en verlies in de nabije toekomst van hooguit enkele jaren. Zorg voor een gezonde bodem vraagt een lange termijnvisie en aanpak die zich ook pas op langere termijn uitbetaalt in de vorm van handhaven of verbeteren van het productievermogen van de grond. Je zou het kunnen vergelijken met beleggen en pensioenopbouw. Dus hoewel niemand negatief zal staan tegenover de mogelijkheid een positieve bijdrage aan het klimaat te leveren, zal een belangrijke vraag voor de agrariër zijn: 'what's in it for me'? Enerzijds zal de blik van de boer meer op de horizon gericht moeten worden, op de lange termijn dus, op hun kinderen en/of opvolgers en de 'ware' gedachte achter duurzame ontwikkelingen. Maar investeringen zullen op een of andere manier ook terugverdiend moeten worden. Carbon Credits ofwel koolstofmarkten, subsidies en andere verdienmodellen zouden ze over de streep kunnen trekken (Willems et al., 2017).

In de laatste 10 jaar hebben koolstofmarkten zich snel ontwikkeld. Hoewel de landbouw voor ongeveer 30 procent van de broeikasgassen verantwoordelijk is, is landbouw niet (goed) geïntegreerd in bestaande markten. Een van de oorzaken hiervoor is het relatief grote aantal bedrijven/bronnen en agrariërs en de relatief lage vergoeding voor emissierechten. Daarnaast is door onzekerheden over de betrouwbaarheid van klimaatwetenschap en de daar uit voortkomende internationale besluiteloosheid over reductiedoelstellingen het prijsverloop onzeker (CLM Onderzoek en advies, Louis Bolk Instituut, Alterra, 2013).

CLM Onderzoek en advies, Louis Bolk Instituut, Alterra (2013) stellen dat een betaling van credits puur voor het vastleggen van koolstof niet voldoende renderend is, er is een tweede prikkel vereist. Bijvoorbeeld via een privaat certificerings- of kwaliteitsstelsel of via publieke betalingen.

In de volgende paragrafen worden reeds bestaande verdienmodellen in het buitenland en mogelijke nieuwe verdienmodellen besproken.

5.1 Subsidies

Australië is het eerste land ter wereld waar boeren door de overheid betaald worden wanneer zij koolstof in de grond opslaan. Het subsidieschema Emissions Reduction Fund (ERF) is een 'veiling' die voor boeren en grondeigenaren is opengesteld om projecten als koolstofbinding te financieren. Deelnemers krijgen ongeveer 10 Australische dollar per carbon credit betaald (€6,67). Het krediet is gebaseerd op koolstofbindende capaciteit van hun grond over een periode van 10 jaar (Boerenbusiness, 2017).

De Nederlandse overheid zou een dergelijk subsidiesysteem in het GLB kunnen opnemen, gekoppeld aan de eerder behandelde maatregelen om koolstof op te slaan (hoofdstuk 5). Koppelen van bedrijfstoelagen aan zulke maatregelen kan globaal op vier manieren:

- als harde basisvoorwaarde voor een basistoelage, zoals cross-compliance;
- als voorwaarde in het "vergroeningsdeel" van de bedrijfstoelage;
- als meerjarig "bodembeheerspakket" in de tweede pijler;
- als eenmalige investeringssteun onder de tweede pijler.

Naast het GLB zijn er ook regionale en nationale regelingen voor betaling voor groene diensten.

Provincies kennen pakketten voor agrarisch natuur- en landschapsbeheer; waterschappen betalen boeren soms voor wateropvang. Ook via lokale regelingen komt soms ook geld beschikbaar voor beheer, bijvoorbeeld via streekrekeningen, landschapsveilingen en regiofondsen. Deze zijn nu vooral op landschap en natuur gericht; vaak heeft dat al positieve implicaties voor de bodem. En zulke regelingen kunnen natuurlijk ook klimaatprestaties vergoeden in de toekomst (CLM Onderzoek en advies, Louis Bolk Instituut, Alterra., 2013).

5.2 Carbon Credits vanuit de markt

De overheid zou een eerste goede stimulans moeten geven tot het opslaan van koolstof door boeren i.v.m. de ondertekening van het '4per1000' initiatief. Maar ook is het van belang maatschappelijke partijen zoals banken, Groenfondsen, bedrijfsleven, publieke organisaties zoals gemeentes en provincies, en uiteindelijk ook betrokken burgers, te interesseren en te engageren om deel te nemen in maatschappelijke financiering van een ecosysteemdienst klimaat via koolstofbeheer en CO₂-vastlegging in de landbouw. Koolstofmarkten komen voort uit nationale en internationale afspraken zoals het Kyoto protocol en de Effort Sharing Decision (ESD) (CLM Onderzoek en advies, Louis Bolk Instituut, Alterra., 2013).

5.2.1 CO₂ compensatie

Een mogelijkheid om koolstof te vermarkten is door betaald te krijgen voor de CO₂ uitstoot van bedrijven en burgers. De uitstoot wordt zo als het ware gecompenseerd door te investeren in boeren die koolstof opslaan. Er wordt dan een fonds opgezet voor klimaat-bodemdiensten. Bedrijven en particulieren storten hierin een marktconform bedrag ter compensatie van hun eigen CO₂-uitstoot. Deze gelden komen ten goede aan boeren die koolstof vastleggen en vasthouden. Dit kan eventueel gecombineerd worden met een streekrekening/gebiedsfonds voor het beheer van het cultuurlandschap door dezelfde boeren.

Enkele praktijkvoorbeelden:

1. Via de website www.treesforall.nl kun je als particulier uitrekenen hoeveel CO₂ je per jaar uitstoot met reizen (bijvoorbeeld gebruik auto) en dit compenseren door credits te kopen welke geïnvesteerd worden in bosaanleg in Bolivia. Een dergelijk systeem kan ook worden ontwikkeld voor Nederlandse akkerbouwers. Dit past ook heel goed bij de marktbeveging dat mensen steeds meer lokaal geproduceerd voedsel ('bij de bron') willen kopen, investeren in duurzame lokale teelt sluit hier goed op aan.
2. Ook multinationals 'betalen' momenteel al voor de CO₂ uitstoot waar zij verantwoordelijk voor zijn. Een voorbeeld is **CO₂ ZERO van de KLM**. Dit is een compensatieproduct voor reizigers, in tien jaar tijd is er meer dan 260.000 ton aan CO₂-uitstoot gecompenseerd. De opbrengst wordt geïnvesteerd in de Golden Standard-projecten waarmee bijvoorbeeld herbebossingsproject in Panama wordt ondersteund. Dergelijke systemen kunnen ook ontwikkeld worden voor Nederlandse koolstofboeren. Voorwaarde om bij zulke grote bedrijven als project opgenomen te worden is wel om, in het geval van KLM, een golden standard for global goals certificaat toegewezen te hebben gekregen (KLM Royal Dutch Airlines, 2018).
3. Van streekrekeningen die bij de Rabobank afgesloten kunnen worden, wordt een deel van de rente gedoneerd in een revolving fund. Daarmee wordt nu nog onderhoud van het cultuurlandschap door boeren betaald, maar hieraan zou dus ook koolstofopslag toegevoegd kunnen worden (CLM Onderzoek en advies, Louis Bolk Instituut, Alterra., 2013).

5.2.3 Chicago Climate Exchange (CCX)

De CCX is een vrijwillig maar juridisch bindend cap-and-trade-systeem. Een agrariër kan zich aanmelden en krijgt dan rechten toegekend voor maatregelen die toegepast worden om emissies te reduceren. Bijvoorbeeld niet ploegen of het planten van bomen. Rechten worden toegekend op basis

van een forfait, bijvoorbeeld voor no-till 0,5 ton CO₂ e/ha/jaar, en dus niet specifiek per agrariër of situatie vastgesteld. De agrariër is wel contractueel verplicht om de maatregelen minimaal vier jaar toe te passen en elk project en elke agrariër wordt afzonderlijk geverifieerd (Elferink & Van der Weijden, 2014).

Het positieve aan dit verdienmodel is dat geen intensieve monitoring van de bodem noodzakelijk is (wat vrij lastig is) én het gaat niet zozeer om hoeveel je opslaat maar meer dan je er iets aan doet. Dat is een eerlijk verdienmodel gelet op het feit dat het voor een boer op arme grond makkelijker is om het organische stofgehalte met x% te verhogen dan voor iemand op een grond waarin al veel organische stof aanwezig is. Hoewel het een Amerikaans systeem is, kunnen deelnemers buiten de VS ook deelnemen, Nederlandse boeren dus ook.

Twee varianten op deze geformaliseerde koolstofmarkten zijn de private initiatieven Carbon farmers of America en Carbon farmers of Australië. Private initiatieven die ongeveer hetzelfde doen. Carbon farmers of Australia verhandelt alleen geen rechten maar lobbyt bij overheden voor carbonfinanciering en ondersteunen projecten die rechten hebben verkocht via CCX.

5.3.3 Stimulans vanuit de keten

Veel Nederlandse afnemers van akkerbouwers, zoals Heineken, Unilever, McCain, Cargill en SuikerUnie zijn al actief in keteninitiatieven om duurzaamheid te promoten én stimuleren. Vaak zijn deze initiatieven nu nog gericht op kennisontwikkeling en –uitwisseling maar hier zou ook een verdienmodel aan gehangen kunnen worden. Cono doet dit al, zij stimuleren bijdrage van boeren door een kleine meerprijs op melk te betalen. Uiteindelijk kan deze nu nog vrijwillige deelname uitgroeien tot een verplichte: wil je leveren aan een bepaalde afnemer, dan ben je verplicht om aan bepaalde voorwaarden te voldoen. Albert Heijn ontwikkelt een dergelijk programma voor de leveranciers van bloemen en planten.

Concreet komt het hierop neer:

- Ketenpartijen zetten met groepen boeren een programma op voor duurzame landbouw, en nemen in dat programma de expliciete doel op van opbouw en behoud van organische stof in de bodem. De incentive voor boeren om deel te nemen kan in zijn:
 - de wens om te leren en/of een maatschappelijke bijdrage te leveren;
 - direct bedrijfsbelang, inzicht in een goede bodem levert veerkracht en productiepotentieel;
- Een vaste relatie met afnemers: voedingsbedrijven stellen de inkoop“eis” van duurzame teelt, en in ruil daarvoor krijgt de akkerbouwer/veehouder leveringszekerheid;
- En/of een meerprijs voor de geleverde inspanning, zoals Cono dat geeft voor deelname in het duurzaamheidsprogramma.

(CLM Onderzoek en advies, Louis Bolk Instituut, Alterra., 2013)

5.4 Vermarkten van Agroforestry

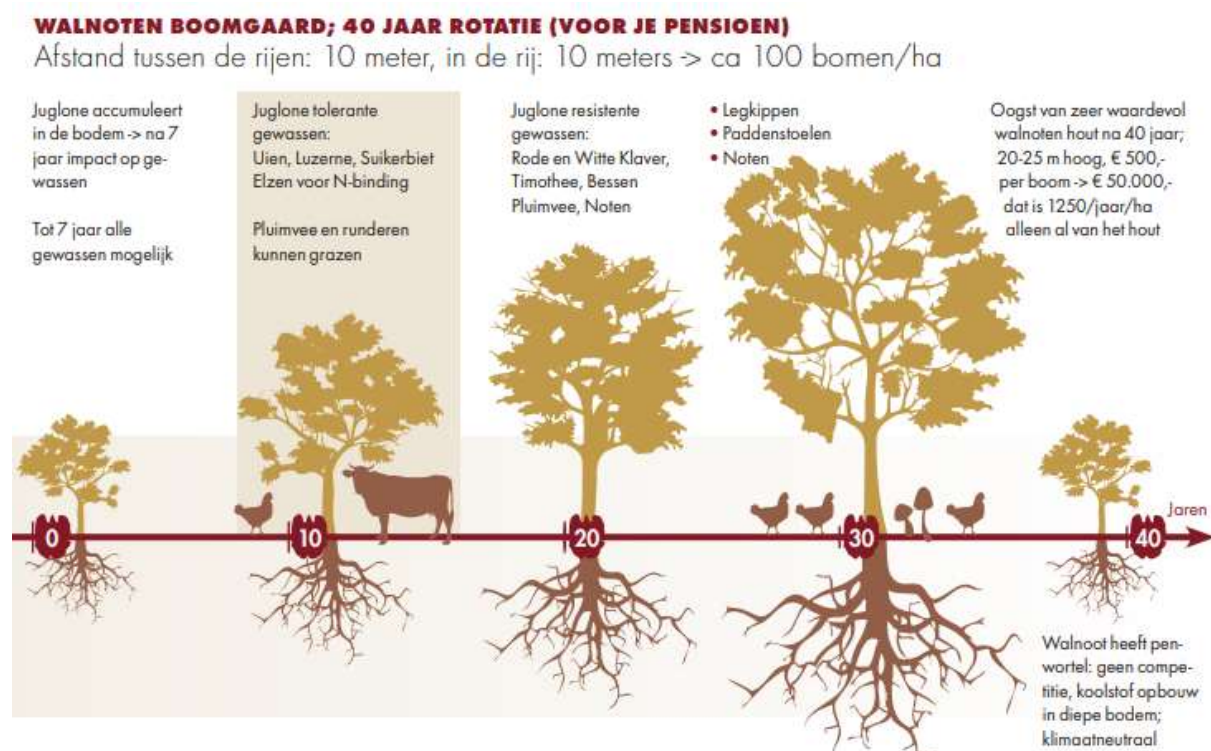
Een iets ander soort verdienmodel kan aan een van de 9 maatregelen gekoppeld worden:

Agroforestry levert namelijk niet alleen carbon credits op, het levert ook een product op dat ‘vermarkt’ kan worden. Agroforestry is een typisch voorbeeld dat niet direct geld oplevert, maar wel een goede pensioenvoorziening is. Enkele opties:

5.4.1 Walnoten boomgaard als pensioenvoorziening

In vakblad Ekoland (Van Veluw, 2017) is een artikel gepubliceerd over de mogelijkheden om bomen een plek te geven in de landbouw én hieraan te verdienen. Walnoten en tamme kastanjes zijn voedselgewassen die nu nog niet veel geteeld worden. Terwijl tamme kastanjes uitstekende zetmeelbronnen zijn en walnoten een gezonde olie (Omega 3) geven. Noten zijn goede vleesvervangers en de teelt is vele malen duurzamer dan de productie van vlees. Een nadeel is de tijd die het kost voordat de bomen iets gaan opleveren, dit is minimaal 10 tot 15 jaar. En pas na 40-50 jaar kunnen de bomen omgehakt worden om het hout te verkopen. Daarnaast moet bij de akkerbouw goed gekeken worden naar indirecte afwentelingseffecten wanneer in de loop der tijd minder/geen gewassen geteeld kunnen worden op het perceel.

Zo werkt het:



Dit levert het op:

SALDOBEREKENING

Geschat Saldo in euro/per ha walnotenboomgaard

Product	Fase 1 1-7 jr	Fase 2 7-14 jr	Fase 3 14-21 jr	Fase 4 21-40 jr
	saldo/ jr/ha	saldo/ jr/ha	saldo/ jr/ha	saldo/ jr/ha
1. Hout	200	200	200	200
2. Akkerbouw	500	200		
3. Vleesvee	0	375		
4. Notenolie	0		300	600
5. Legkippen	0	200	1200	1200
6. Paddenstoelen	0			100
Saldo per jaar	700	975	1700	2100

Ad 1. Kosten aanplant 100 bomen = 10.000
 -> gedeeld door 40 jaar = 250. Verwachte opbrengst: 1250 - 800 pacht - 250 kosten aanplant = 200,-
 Ad 2. Saldo van een ha groen of gras ed
 Ad 3. Stel je kan 1 rund per ha 150 kg/jaar laten groeien; dat is 75 kg vlees x 5,-/kg huisverkoop = 375,-
 Ad 4. 500 kg noten/ha = 1 kg olie per 20 kg noten -> 25 liter olie x 15,-/liter = 300
 Ad 5. 200 kippen x 300 eieren = 60.000 eieren x 0.02 winst/ei = 1200
 Ad 6. Geschat

Figuur 7 + 8. Walnotenboomgaard als pensioen voorziening (p. 14-15) (Veluw, 2017).

5.4.2 Landschapsveiling

Het terugbrengen van bomen/begroeiing in het agrarisch landschap is niet alleen positief voor de bodem (koolstof) maar ook voor de mensen die hierin leven. Het aanzicht wordt weer fijner en de levensstandaard hoger. Door op een speciale (regionale) veiling landschapselementen te verkopen aan bedrijven en particulieren, kunnen boeren financieel ondersteund worden bij het terugbrengen en behouden van deze elementen op hun land.

5.4.3 Actieplan Bos en Hout

In 2016 werd het Actieplan Bos en Hout gepresenteerd tijdens de nationale klimaattop. Dit actieplan werd ondertekend door toenmalig premier Rutte en toenmalig staatsecretaris Dijkema. Er liggen twee wereldwijde ontwikkelingen ten grondslag aan het Actieplan Bos en Hout: de klimaatdoelen uit het VN Parijsakkoord van december 2015 en de wereldwijde trend naar een economie die is gebaseerd op hernieuwbare grondstoffen. Vooral de eerste ontwikkeling sluit goed aan bij het opslaan van koolstof door boeren. Concreet doel van dit actieplan is om het Nederlandse bosareaal met 100.000 hectare uit te breiden (Nabuurs & Van den Briel, 2017). In de praktijk zal het lastig zijn om dit allemaal bij huidige natuurgebieden te trekken. Een optie is om hierin samenwerking met boeren te zoeken; agroforestry draagt ook bij aan de uitbreiding van bosareaal. Voordeel voor de boer is dat er nieuwe subsidiemogelijkheden zijn die door aansluiting bij een groot project als deze 'makkelijker' (lees: je hoeft het niet allemaal zelf uit te zoeken en aan te vragen) verkregen kan worden. Daarnaast kunnen afspraken gemaakt worden met de houtsector over de afzet van het hout na kappen van de bomen.

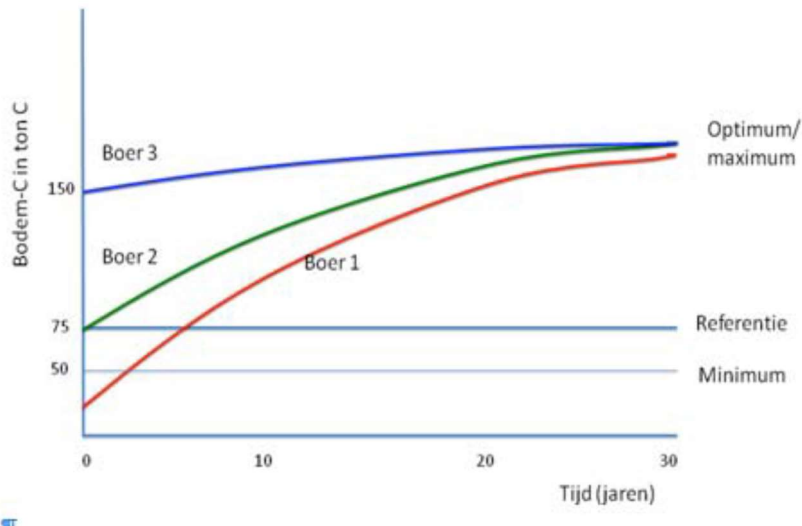
5.5 Voorwaarden om koolstof te verwaarden

Om een systeem te ontwikkelen waarmee koolstof kan worden verwaard zijn er wel wat voorwaarden waar aan voldaan moet worden. Deze zijn door CLM Onderzoek en Advies (2013) benoemd:

- Er moet een stabiel minimumniveau aangewezen worden als referentie voor betalingen;
- Om een eerlijk systeem op te zetten moet er niet alleen betaald worden voor stock (behoud aanwezige voorraad) als flux (netto aanvoer);
- Er moet een nulmeting gedaan worden op het bedrijf om huidige c-gehalte te bepalen;
- Boeren moeten verantwoording afleggen en er wordt gemonitord
- Er moeten elke x jaar (iig 10) koolstofmetingen gedaan worden in de bodem zelf om het model en de strategie te valideren;
- Een onafhankelijke partij moet inzet en prestatie van de boer meten;
- Er moeten afspraken over op te leggen sancties gemaakt worden bij nalatigheid van boeren of het niet realiseren van doelen;
- Er moeten goede afspraken gemaakt worden over de looptijd en alle partijen moeten zich hier ook aan houden (overeenkomst);

Om de opbouw van koolstof vast te stellen moet dit worden gemonitord. Dat is lastig vanwege:

1. Lage signaal-ruis-verhouding: een specifieke uitdaging voor organische stof vastlegging is het meten van relatief kleine veranderingen in relatie tot de bestaande voorraad ORGANISCHE STOF. Enkele decennia zijn nodig om de opbouw van koolstof exact te kunnen meten.
 2. Kennis- en datatekort: voor het nauwkeurig bepalen van het potentieel van een gebied is veel informatie nodig. Vaak is deze incompleet of verspreid over diverse instanties.
 3. Heterogeniteit: de landbouw is zeer divers. Hierdoor zal het effect van maatregelen verschillen per agrariër, gebied en zelfs per perceel. Om de behaalde emissiereductie effectief te monitoren moet er daarom een methodiek komen die om kan gaan met verschillende managementstijlen, gewassen en grondsoorten.
 4. Kosten effectiviteit: ontwikkelen van een systeem met een goede balans tussen precieze en accurate informatie en realistische prijzen.
- (CLM Onderzoek en advies, Louis Bolk Instituut, Alterra, 2013)



Figuur 9. Schematische voorstelling van toename bodemkoolstof (C) bij 3 verschillende agrariërs (rode, groen en blauwe lijn) (CLM Onderzoek en Advies, 2013)

CLM Onderzoek en Advies (2013) adviseert om bij het verwaarden van koolstof uit te gaan van een referentiewaarde, deze waarde moet vooralsnog vastgesteld worden op 75 ton koolstof (C) per hectare. Deze referentiewaarde zou kunnen variëren tussen regio's en grondsoort. Het zou echter ongewenst zijn als de referentiewaarde jaarlijks zou kunnen veranderen door een verandering in landgebruik (grasland of akker). De referentiewaarde dient vervolgens als leidraad om de betaling voor behoud van de bodemvoorraad koolstof (STOCK) of de aanvoer/ beperken verlies (FLUX) te kunnen onderscheiden. Zolang een boer met zijn bodem koolstof gehalte onder de referentiewaarde zit maar wel over 5 jaar genomen een stijging van de bodemkoolstof voorraad aan kan tonen ontvangt deze een basisbetaling (figuur 9, rode lijn onder het referentieniveau) Wanneer er geen stijging kan worden aangetoond volgt een korting op de basisbetaling of inhouding hiervan. Wanneer het bodemkoolstofgehalte boven het referentieniveau komt (figuur 9, rode lijn boven referentieniveau) of al is (figuur 9, groene lijn) ontvangt de boer een extra betaling gebaseerd op toename en behoud van de bodemkoolstof. Zolang de bodemvoorraad koolstof blijft groeien of de boer weet een bepaald maximum of evenwicht te behouden zal hij twee betalingen ontvangen. Het zal een reële mogelijkheid zijn dat hoe hoger de voorraad bodemkoolstof boven het referentieniveau zit hoe hoger de betaling zal zijn. Dit zal een extra stimulans zijn om een zo hoog mogelijk niveau na te streven, en deze ook te handhaven. Met deze methode wordt voorkomen dat boeren die in het verleden niets hebben gedaan aan hun bodemkoolstofvoorraad, nu worden beloond voor een relatief makkelijk haalbare snelle stijging (figuur 9, boer 1 in vergelijking met boer 2 en 3). En er wordt voorkomen dat voorlopers (figuur 9, blauwe lijn) met een hoge bodemkoolstofvoorraad niet worden gestraft voor hun goede beheer omdat zij een minder snelle en makkelijke stijging zullen behalen (CLM Onderzoek en Advies., 2013).

Door de sterke lokale variatie binnen een perceel zijn er zeer veel bodemmonsters nodig om een significante verandering in het organische stofgehalte waar te nemen. Om dit probleem te ondervangen zou het een mogelijkheid kunnen zijn om het gehele bedrijf en de bedrijfsvoering te beoordelen. Het idee hierachter is dat bij toepassing van de juiste maatregelen de toename van de bodemkoolstofvoorraad voorspelbaar is alleen zijn deze maatregelen, bijvoorbeeld Niet Kerende Grondbewerking of het gebruik van een tussengewas alleen in het najaar waar te nemen. Een eventuele controlerende instantie zal dus met een integrale blik naar het bedrijf moeten kijken, de (mest)boekhouding, voertuigen, bouwplan etc. (CLM Onderzoek en Advies., 2013).

Daarnaast zijn er een aantal dingen waar rekening mee gehouden moet worden:

- Is het een tijdelijk systeem (wordt duurzaam bodembeheer gemeengoed) of niet?
- Waar wordt beoordeling en verwaarding afgebakend: alleen de bodem of worden afwentelingsverschijnselen (diesel uitstoot bijvoorbeeld) meegenomen?
- Wordt energie ook meegewogen?

- Wat voor kosten zijn er aan dit systeem verbonden (opstartkosten, controlekosten, administratiekosten, monitoringskosten) en hoe worden die gedekt? (CLM Onderzoek en advies, Louis Bolk Instituut, Alterra, 2013).

6 Discussie

Doel van dit afstudeeronderzoek was om beleid, theorie en praktijk met elkaar te verbinden. Om vervolgens inzichtelijk maken wat het '4 per 1000' initiatief voor de bedrijfsvoering van een Nederlandse akkerbouwer op zeekeigrond betekent. Om deze vraag te beantwoorden zijn achtereenvolgens de volgende deelvragen behandeld:

In hoeverre is het voor een akkerbouwer op zeekeigrond, binnen een voor dit bodemtype gangbaar bouwplan, haalbaar om de reeds bekende maatregelen door te voeren?

Er zijn meerdere maatregelen bekend die een gunstige invloed hebben op het organische stofgehalte in de bodem. Voor een akkerbouwer met een bouwplan van 25% aardappel, 12,5% ui, 37,5% tarwe en 25% bieten zijn NKG, tussengewas, achterlaten gewasresten, akkerrandenbeheer, agro forestry en organische mest toevoeren toe te passen binnen het bestaande bouwplan. Er zou ook goed gekeken kunnen worden naar het bouwplan en of dit verruimd kan worden, maar in de meeste gevallen is een bouwplan al optimaal (waarbij de economische component een belangrijke rol speelt). Het toepassen van een tussengewas zorgt indirect eigenlijk ook voor een verruiming van het bouwplan omdat deze gewassen de bodem a.h.w. weer opladen of rust bieden. Uit het literatuuronderzoek komt met name naar voren dat voor het invoeren van deze maatregelen niet direct grote investeringen gedaan hoeven te worden en dat de maatregelen niet alleen een positieve invloed hebben op het gehalte C in de bodem, maar in veel gevallen ook op zaken als gewasgezondheid, (arbeids)kosten, (kunst)bemestingskosten, gewasopbrengst. En alles bij elkaar genomen dus op het algehele bedrijfsresultaat.

Toch blijkt ook dat al deze maatregelen nog niet op grote schaal worden toegepast in Nederland. De exacte redenen zijn voor dit onderzoek niet apart onderzocht maar aangenomen mag worden dat dit met name te maken heeft met de veelal 'korte termijn' bedrijfsvoering die gangbaar is. Boeren zijn (noodgedwongen door o.a. lage prijzen, maar ook uit gewoonte) vaak gericht op korte termijnresultaat en reageren direct op winst en verlies in de nabije toekomst van hooguit enkele jaren. Zorg voor een gezonde bodem vraagt een lange termijnvisie en aanpak die zich ook pas op langere termijn uitbetaalt in de vorm van handhaven of verbeteren van het productievermogen van de grond.

Maatregelen als NKG, tussengewassen toepassen, gewasresten achterlaten en organische mest toedienen zijn redelijk bekende methodes en zullen met de juiste onderbouwing eerder ingepast worden dan een vrij nieuwe methode als agroforestry. Hiervoor zal dus meer 'bewijs' of overtuigingskracht nodig zijn om akkerbouwers te overtuigen welke voordelen het biedt.

Hoeveel koolstof kan er maximaal gebonden worden op zeekeigrond binnen de huidige wet en regelgeving in Nederland?

De huidige voorraad C onder bouwland op kleigrond is gemiddeld 80 ton (80000 kg) C per hectare.

Van alle maatregelen is het potentieel om bodem C op kleigrond toe te laten nemen uit het literatuuronderzoek inzichtelijk geworden:

Tabel 11. Toename bodem C gehalte kleigrond per maatregel.

Maatregel	Toename bodem C gehalte kleigrond
NKG	50-100 kg C per hectare per jaar
Tussengewas	max 50 kg C per hectare per jaar
Gewasrotatie	tot >200 kg C per hectare per jaar
Gewasresten	tot >200 kg C per hectare per jaar
Akkerranden	25-50 kg C per hectare per jaar
Agroforestry	1500-4000 kg C per hectare per jaar
Organische mest	3103 kg C per hectare per jaar

Wanneer een akkerbouwer op dit grondtype met als bouwplan: 25% aardappel, 12,5% ui, 37,5% tarwe en 25% bieten aan het '4per1000' initiatief zou willen voldoen zou de bodem koolstofvoorraad (C) met $0.004 * 80 = 0,32$ ton (320 kg) koolstof (C) per hectare toe moeten nemen. Hierbij is echter nog geen rekening gehouden met de jaarlijkse afbraak van organische stof van 2% die dus ook gecompenseerd moet worden. Dit gaat om $0.02 * 138 = 2,76$ ton (2760 kilo) organische stof en dus 1,6 ton (1600 kilo) koolstof. In totaal zou er jaarlijks dus bijna 2000 kilo koolstof (C) aangevoerd moeten worden (320+1600). Kijkend naar de bijdrage per maatregel en rekening houdend met het feit dat ze niet allemaal tegelijk kunnen worden toegepast, lijkt het onmogelijk om aan het 4 per 1000 initiatief te voldoen. Echter, agroforestry en het toedienen van organische mest hebben wel de potentie om de bodem koolstof aan te vullen tot de jaarlijks benodigde kilo's koolstof (C) per hectare om te voldoen aan het '4 per 1000'initiatief. Belangrijk is om per bedrijf te bekijken welke maatregelen het best passen en naast interessant voor bodemkoolstof (C) ook bedrijfseconomisch voordeel opleveren. Dit kan tot op perceelniveau verschillen.

Wat is teelt technisch gezien de impact op bedrijfsniveau wanneer een akkerbouwer op zeelegrond volgens het '4 per 1000' initiatief zou werken? (indicatief)

Werken volgens het '4per1000' initiatief betekent eigenlijk werken aan duurzame bodembeheer. Het verhogen van de bodem C betekent het verhogen van het organische stof gehalte. En hoewel blijkt dat dit toe te passen is binnen een gangbaar agrarisch bedrijf, heeft het toch veel impact op de bedrijfsvoering. Er moet namelijk overgestapt worden van 'korte termijn' denken (wat levert het nu op), het beheersen van risico's en het uitschakelen van variatie naar een bedrijfsvoering die investeert in de toekomst, de blik op de horizon richt, die het zelfregulerend vermogen van de bodem stimuleert en waar meer indirect gestuurd wordt.

De eerste grote uitdaging zit hem in het uitproberen, leren (van fouten) maar tegelijkertijd economisch gelijk of zelfs beter blijven presteren. Uit de literatuur komt vrij weinig naar voren wat het voor de praktijk betekent en wat de akkerbouwer zelf (die het moet toepassen) hiervan vindt. Deze kennis is behaald uit persoonlijke gesprekken via de telefoon en e-mail met de heer Roel Clement, projectleider Bio-economie bij ZLTO en betrokken bij het project 'Koolstofboeren', via vragenlijsten die aan agrariërs zelf zijn voorgelegd en daarnaast verkregen uit artikelen in vakbladen.

Een tweede uitdaging is hoe een akkerbouwer inzicht of grip krijgt op de nutriënten die in de bodem aanwezig zijn, welke er nodig zijn en welke er in overschot zijn. Zo is er om koolstof op te kunnen slaan extra N nodig, waar haal je dit vandaan? Met kunstmest weet je precies wat je toedient en wanneer dit vrij komt. Wanneer je de bodem organisch verrijkt is dat, zeker de eerste jaren, minder duidelijk. En juist dit is ook weer een voorbeeld waarom het lastig is voor boeren om de overstap te maken: de blik moet op de toekomst gericht zijn.

Welke verdienmodellen zijn er denkbaar om de benodigde (investerings-)kosten te dekken?

In Nederland bestaat momenteel nog geen verdienmodel voor agrariërs voor het opslaan van koolstof in de bodem. Wel zijn er voorbeelden van koolstofmarkten uit het buitenland die, enigszins aangepast, ook voor de Nederlandse agrariër toegepast kunnen worden.

Deze bestaan uit:

- Subsidies
- Carbon Credits vanuit de markt (particulier, bedrijfsleven, keten)
- Vermarkten agroforestry

Voordat deze verdienmodellen toepasbaar zijn moeten er echter goede meet- en controlemethoden ontwikkeld worden.

Reflectie onderzoek

In de literatuur is veel informatie te vinden over organische stof in het algemeen, belang van koolstof voor de bodem én het klimaat, de verschillende methodes om koolstof in de bodem op te slaan etc. De onderzoeken die gebruikt zijn voor het verkrijgen van inzicht in koolstofbinding zijn allen afkomstig uit wetenschappelijke bronnen. Gezien het feit dat uit al deze bronnen globaal gezien hetzelfde resultaat komt, kan aangenomen worden dat de informatie betrouwbaar is. Bij het schrijven van de inleiding was er al een goede verzameling bronnen bekend maar gaande het onderzoek is deze lijst nog aardig aangevuld. Ook waren er bronnen in het vooronderzoek opgenomen die uiteindelijk niet relevant bleken te zijn. De reden is dat een (literatuur)onderzoek uitvoeren eigenlijk een vak apart is en waarin je als onderzoeker ook groeit naarmate het proces vordert. Zeker voor iemand die hiermee vrijwel geen ervaring heeft, is het echt een proces van voortschrijdend inzicht. Uiteindelijk was de uitdaging niet om voldoende bronnen te vinden maar om de relevante kennis hieruit te filteren.

De link naar de praktijk leggen bleek het lastigste onderdeel. Hiertoe is met verschillende personen en instanties contact gezocht (zie bijlage ..) maar de resultaten waren vaak 'geen reactie' (met name vanuit buitenland) of weinig aanvullende kennis die niet uit de literatuur gehaald kan worden. Dit heeft met name te maken met het feit dat het opslaan van koolstof in Nederland nog niet (veel) wordt toegepast in de praktijk en bijna iedereen die er iets mee te maken heeft daarom erg voorzichtig en terughoudend is in het delen van kennis. Hetzelfde geldt voor de verdienmodellen. Gelukkig was er in vakbladen en op websites toch veel over deze onderwerpen te vinden en kon dit gekoppeld worden aan het eerder uitgevoerde literatuuronderzoek. Ook kwamen er gedurende het proces onverwacht wat mensen op het pad die veel kennis van het onderwerp hadden en ook heel bereidwillig waren om te helpen. Wat in deze contacten wel duidelijk is geworden dat er heel veel verschillende partijen met ongeveer hetzelfde bezig zijn, er wordt heel versnipperd gewerkt en vanuit veel verschillende kanalen is informatie beschikbaar. Aan de ene kant vergroot dit de betrouwbaarheid van de uitkomsten wanneer ze allemaal ongeveer dezelfde conclusie trekken. Aan de andere kant maakt dit het voor de praktijk niet altijd overzichtelijk.

De resultaten van dit afstudeeronderzoek vormen een afspiegeling van de informatie die in literatuur beschikbaar is. Doel was om vanuit de literatuur een link te maken naar het bedrijfsleven en hoewel het proces iets anders is verlopen dan vooraf gedacht, is dit tot op zekere hoogte gelukt. Er is uit de grote hoeveelheid informatie die te vinden is algemeen advies gerold. Een concreet plan van aanpak is op basis van algemene informatie niet te maken. Aanvullend onderzoek zal met name nodig zijn om verdienmodellen te ontwikkelen, hiermee is het initiatief 'Koolstofboeren' echter ook al bezig. Daarnaast zijn de uitkomsten uit dit onderzoek niet perse een op een toepasbaar voor elke agrariër op kleigrond. Dus wanneer koolstof opslaan daadwerkelijk grootschalig in de praktijk gebracht gaat worden, moet voor elke agrariër een passend advies (en voorafgaand onderzoek) gedaan worden.

Het uitgangspunt van dit onderzoek was '4per1000', in de literatuur is hier vooral informatie over te vinden onder de noemer duurzaam bodembeheer. Een aandachtspuntje was wel om telkens de link met '4per1000' te maken en niet volledig op te gaan in organische stof in het algemeen. Uiteindelijk is '4per1000' gericht op de opslag van koolstof en duurzaam bodembeheer, en dus op de maatregelen die in dit afstudeeronderzoek behandeld zijn, de link is dus gebleven!

7 Conclusies en aanbevelingen

Van de vele maatregelen die bekend zijn om koolstof in de bodem op te slaan zijn Niet Kerende Grondbewerking, tussengewas toepassen, verbeteren gewasrotaties, achterlaten gewasresten, akkerrandenbeheer, agroforestry en organische mest toevoeren in het algemeen zogenaamde 'best practices' voor een akkerbouwer op zeeleig grond. In de praktijk gaat het echter niet alleen om het beste resultaat voor de bodem, maar ook om wat werkt voor een akkerbouwer op zeeleig grond met een bouwplan van 25% aardappel, 12,5% ui, 37,5% tarwe en 25% bieten. Wanneer een akkerbouwer op dit grondtype met dit bouwplan aan het '4per1000' initiatief zou willen voldoen zou de bodem C met $0.004 \cdot 80 = 0,32$ ton (320 kg) C per hectare toe moeten nemen. Hierbij is echter nog geen rekening gehouden met de jaarlijkse afbraak van organische stof van 2% die dus ook gecompenseerd moet worden. Dit gaat om $0.02 \cdot 138 = 2,76$ ton (2760 kilo) organische stof en dus 1,6 ton (1600 kilo) koolstof. In totaal zou er jaarlijks dus bijna 2000 kilo koolstof (C) aangevoerd moeten worden (320+1600). Op dit moment wordt er per jaar ongeveer 2000 kilo effectieve organische stof aan de bodem toegediend, dit is de helft van wat er nodig is om het '4 per 1000' initiatief te behalen. Er zou dus een verdubbeling moeten plaats vinden. Kijkend naar de bijdrage per maatregel en rekening houdend met het feit dat ze niet allemaal tegelijk kunnen worden toegepast, lijkt het onmogelijk om aan het 4 per 1000 initiatief te voldoen. Echter, agroforestry en het toedienen van organische mest hebben wel de potentie om de bodem koolstof aan te vullen tot de jaarlijks benodigde kilo's koolstof (C) per hectare om te voldoen aan het '4 per 1000' initiatief. In theorie zou het, met het maximaal toepassen van de bekende methode's, haalbaar moeten zijn. Of dit in de praktijk ook zo werkt kan nu nog niet geconcludeerd worden. Hiertoe is meer (praktijk)onderzoek nodig.

Los van het feit of het wel of niet haalbaar is de bodemkoolstof met 0,04% te verhogen, betekent werken volgens het '4per1000' initiatief eigenlijk werken aan duurzame bodembeheer. Het verhogen van de bodem C betekent het verhogen van het organische stof gehalte. En hoewel blijkt dat i.i.g. een aantal van de maatregelen goed toe te passen zou moeten zijn binnen een gangbaar agrarisch bedrijf, vraagt het wel wat van de akkerbouwer als ondernemer. Waarom het toch interessant is om te werken aan een duurzame bodem? Omdat er niet alleen een bijdrage aan het klimaat geleverd wordt maar ook het bedrijfsresultaat ten goede komt. Denk aan de gewasgezondheid, verlaging van (arbeids)kosten, verlaging (kunst)bemestingskosten, en verhoging gewasopbrengst. Natuurlijk blijft de vraag altijd 'what's in it for me.' Want investeren in de bodem brengt kosten en een zekere mate van risico met zich mee. Deze moeten terugverdiend worden. Een belangrijke stimulans kan uitgaan vanuit de overheid (subsidies) maar juist ook vanuit de private sector zoals bedrijven die voor veel CO₂ uitstoot verantwoordelijk zijn, ketenpartijen en particulieren zelf. Er zijn meerdere bestaande modellen beschikbaar die toepasbaar kunnen zijn voor deze doelgroep. Daarnaast kan aan een van de methodes zelf; agroforestry ook een (nieuw) verdienmodel gekoppeld worden. Dit verdienmodel kan net het extra zetje in de rug zijn om deze vrij onbekende (en daarom misschien onbeminde) manier van werken in te voeren.

Belangrijkste conclusie uit dit onderzoek en tevens antwoord op de hoofdvraag is dat werken aan de bodem (volgens het '4per1000' initiatief) betekent dat de bodem in het geheel 'gezonder' wordt. En juist de bodem is voor een akkerbouwer zijn belangrijkste verdienmodel. Maar duurzaam bodembeheer vraagt in veel gevallen wel om een andere manier van werken en vooral denken. Er moet namelijk overgestapt worden van 'korte termijn' denken (wat levert het dit jaar op), focus op het beheersen van risico's en het uitschakelen van variatie naar een bedrijfsvoering die investeert in de toekomst. Een bedrijfsvoering die de blik op de horizon richt, die het zelfregulerend vermogen van de bodem stimuleert en waar meer indirect gestuurd wordt. Verdienmodellen kunnen extra impuls geven richting de ondernemer en hem vooral de waardering toe kennen die hij verdient voor het nemen van initiatief tot een leefbaardere wereld voor ons allemaal. De aandacht moet echter vooral al de andere voordelen die duurzaam bodembeheer de akkerbouwer brengt. Uiteindelijk zal de bodem, en dus zijn verdienmodel, er alleen maar beter van worden!

7.1 Aanbevelingen

Er is al heel veel onderzoek gedaan, waar nu behoefte aan is, is de écht concrete vertaling naar de praktijk. Eigenlijk vermarkting van duurzaam bodembeheer. Er lopen al verschillende initiatieven, goed zou zijn om deze zoveel als mogelijk te bundelen en tot één concreet 'plan van aanpak' te komen. De overheid speelt hierin een grote rol door goed te kijken naar mogelijkheden om agrariërs over de streep te trekken. Daarnaast zullen de verdienmodellen en meetmethodes goed uitgedacht en uitgewerkt moeten worden.

Daarnaast zou er nagedacht kunnen worden hoe '4per1000' verkocht kan worden aan een agrariër. Dit voelt voor hen als een ver van mijn bed show, terwijl het eigenlijk een 'extra' opbrengst is van duurzaam bodembeheer. Onder de noemer 'verhogen organische stof gehalte' of 'verbeteren bodemgezondheid' krijg je het waarschijnlijk makkelijker over de Bühne.

Het blijkt in de praktijk lastig om voorlopers te vinden die bereid zijn mee te werken aan testen van maatregelen waarvan de kosten bekend zijn maar de baten niet (100%). Vaak wordt gedacht 'laat anderen het eerst maar bewijzen, dan volg ik wel als het werkt'. Dit was bijvoorbeeld ook zo bij Niet Kerende Grondbewerking. Wat daar heel goed werkt, is een Praktijknetwerk waarin men van en met elkaar leert. Want het is nu zo dat er veel kennis zit bij onderzoekers en beleidsmakers, maar dat dit in de praktijk niet altijd aankomt bij de boeren. Een Praktijknetwerk Koolstofboeren oid zou een goede manier zijn om koolstofvastlegging in de praktijk te promoten. Onbekend maakt tenslotte onbemind.

En uiteindelijk zal er per bouwplan advies op maat gemaakt moeten worden. Er zijn namelijk zoveel bepalende factoren die zelfs tot op perceelniveau verschillend kunnen zijn. Hiertoe zijn (teelt)adviseurs nodig die zich helemaal in de materie hebben verdiept. In Nederland bestaat op dit moment geen landelijk systeem van landbouwadviseurs meer, dus zouden er adviseurs vanuit de overheid, het bedrijfsleven of collectieven voor opgeleid en ingezet moeten worden. Dit kost geld, dus ook hiervoor kan een vorm van subsidiering nodig zijn.

Literatuurlijst

- Aarts, H. F. M., Bussing, D. W., Hoving, I. E., Van der Meer, H. G., Schils, R. L. M., & Velthof, G. L. (2002). *Milieutechnische en landbouwkundige effecten van graslandvernieuwing. Een verkenning van de praktijksituaties. Rapport 41A*. Wageningen, Nederland: Plant Research International.
- Aertsens, J., De Nocker, L., & Gobin, A. (2013). Valuing the carbon sequestration potential for European agriculture. *Land use Policy*, 31, 584-594.
- Akkerwijzer. (2009, 9 maart). Vragen in de praktijk over minimale grondbewerking. Geraadpleegd op 26 april 2018, van <http://www.akkerwijzer.nl/vollegrondsgroente/nieuws/354/vragen-in-de-praktijk-over-minimale-grondbewerking>
- Akkerwijzer. (2009, 2 april). Niet-kerende grondbewerking opent verdichte akkers. Geraadpleegd op 26 april 2018, van <http://www.akkerwijzer.nl/nieuws/358/niet-kerende-grondbewerking-opent-verdichte-akkers>
- Akkerwijzer. (2011, 17 mei). 'Ploegen mag anderhalve ton tarwe kosten'. Geraadpleegd op 26 april 2018, van <http://www.akkerwijzer.nl/nieuws/129/-ploegen-mag-anderhalve-ton-tarwe-kosten->
- Akkerwijzer. (2011, 18 mei). Directzaai nog niet zonder risico's. Geraadpleegd op 25 mei 2018, van <http://www.akkerwijzer.nl/nieuws/305/directzaai-nog-niet-zonder-risico-s>
- Akkerwijzer. (2017, 14 augustus). Bewuste keuze voor niet kerende grondbewerking voor bieten. Geraadpleegd op 26 april 2018, van <http://www.akkerwijzer.nl/nieuws/11880/bewuste-keuze-voor-niet-kerende-grondbewerking-voor-bieten>
- Boerderij. (2018, 28 februari). Graan raakt uit de gratie bij akkerbouwers.. Geraadpleegd op 26 mei 2018, van <https://www.boerderij.nl/Zoeken/?q=Europa+54,8+miljoen+hectare+graan>
- Boerenbusiness. (2017, 15 augustus). Geld verdienen met koolstofbinding. Geraadpleegd op 10 mei 2018, van <http://www.boerenbusiness.nl/artikel/10875551/geld-verdienen-met-koolstofbinding>
- CLM Onderzoek en advies, Louis Bolk Instituut, Alterra. (2013). *De uitdaging van meten, monitoren en verwaarden van bodemkoolstof*. Wageningen, Nederland: CLM Onderzoek en advies, Louis Bolk Instituut, Alterra.
- CLM Onderzoek en advies, Louis Bolk Instituut, Alterra.. (2013). *Sturen op koolstof*. Wageningen, Nederland: CLM Onderzoek en advies, Louis Bolk Instituut, Alterra.
- CLM Onderzoek en advies. (z.d.). *De winst van groencompost*. Culemborg, Nederland: CLM Onderzoek en advies.
- CLM Onderzoek en Advies.. (2013). *Verwaarden van goed koolstofbeheer in de landbouw. CLM 830-2013*. Culemborg, Nederland: Auteur.
- Commissie Bemesting Akkerbouw/Vollegrondsgroenteteelt. (z.d.). Handboek bodem en bemesting. Geraadpleegd op 10 mei 2018, van [/www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Organische-stofbeheer/Organische-stof/Aanvoerbronnen-effectieve-organische-stof.htm](http://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Organische-stofbeheer/Organische-stof/Aanvoerbronnen-effectieve-organische-stof.htm)
- Commissie Bemesting Akkerbouw/Vollegrondsgroenteteelt.. (z.d.). Handboek bodem en bemesting. Geraadpleegd op 30 mei 2018, van <https://subsites.wur.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Bodem/Bodemkwaliteitsplan/Bemestingsplan.htm>
- De Lijster, E., Van de Akker, J., Visser, A., Allema, B., Van der Wal, A., & Dijkman, W. (2016). *Waarderen van bodemwatermaatregelen. CLM-912*. Culemborg, Nederland: CLM Onderzoek en advies.

- De Wit, J. (2013). *Bedrijfseconomische effecten van verhoging van het bodemorganischestofgehalte: compostgebruik in de akkerbouw*. Publicatienummer 2013-005 LbD. Bunnik, Nederland: Louis Bolk Instituut.
- DLV Plant. (2014). *Praktijknetwerk niet kerende grondbewerking*. Wageningen, Nederland: DLV Plant.
- Elferink, E., Rougoor, C., Terry, L., & Van der Weijden, W. (2012). *QuickScan naar de potentie van koolstofopslag in de Nederlandse melkveehouderij*. CLM782-202. Culemborg, Nederland: CLM Onderzoek en Advies BV.
- Elferink, E., & Van der Weijden, W. (2014, februari). Geef boeren credits voor CO₂-opslag in de bodem. *Vork*, pp. 62-67.
- Factsheet Broeikasgassen: Lachgas. (z.d.). Geraadpleegd op 25 mei 2018, van <http://edepot.wur.nl/247494>
- Floot, H. W. G., Paauw, J. G. M., & Dekker, P. H. M. (2008). *Invloed van compostsoorten op opbrengst, ziekteverendheid en kwaliteit van gewassen Onderzoek uitgevoerd op proefboerderij Kollumerwaard van 2003 t/m 2007. PPO nr 3251036000*. Wageningen, Nederland: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V..
- Hotse Smit, P. (2018, 27 februari). Deze boer kiest met groenbemesting voor een radicaal andere aanpak. Geraadpleegd op 10 april 2018, van <https://www.deondernemer.nl/nieuwsbericht/173060/koolstofboer-kiest-voor-groenbemesting>
- INRA Science & Impact, IRD Institut de recherche pour le developpement, & CIRAD. (z.d.). 4 per 1000 Carbon sequestration in soils [Informatieblad]. Geraadpleegd op 1 februari 2018, van <https://inra-dam-front-resources-cdn.brainsonic.com/ressources/afile/312565-8c2af-resource-4-per-1000-4-pages-version-anglaise.html>
- Kennisakker. (z.d.). Groenbemester. Geraadpleegd op 26 april 2018, van http://www.kennisakker.nl/files/Kennisdocument/Brochure_DemoGroenbemesters_MMM.pdf
- Klimaatconferentie Parijs 2015 (COP21). (z.d.). Geraadpleegd op 1 maart 2018, van https://www.europa-nu.nl/id/vjmhg41ub7pp/klimaatconferentie_parijs_2015_cop21
- KLM Royal Dutch Airlines. (2018, 16 april). CO₂ZERO; feiten en cijfers. Geraadpleegd op 10 mei 2018, van <https://klmtakescare.com/nl/content/co2zero-feiten-en-cijfers->
- Lal, R. (2007). *Soil Science and the Carbon Civilization*. OH 43210. Columbus, The Ohio State university: Soil Science Society of America.
- Lesschen, J. P., Heesmans, H., Mol Dijkstra, J., Van Doorn, A., Verkaik, E., Van den Wyngaert, I., & Kuikman, P. (2012). *Mogelijkheden voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw en natuur. Alterra-rapport 2396*. Wageningen, Nederland: Alterra Wageningen.
- Lesschen, J. P., & Kuikman, P. (2017). *Klimaatmaatregelen en het gemeenschappelijk landbouwbeleid; Verkenning naar de mogelijkheden voor versterking van klimaatmaatregelen binnen het huidige en toekomstige GLB in Nederland. Rapport 2803*. Wageningen, Nederland: Wageningen Environmental Research.
- Louis Bolk Instituut. (2015). *Factsheet: Sturen met organische stof in de veenkoloniën*. 2015-019LbP. Driebergen, Nederland: Louis Bolk Instituut.
- Nabuurs, G. J., & Van den Briel, J. (2017, februari). Actieplan bos en hout. *Vakblad Natuur bos landschap*, pp. 3-7.
- Nieuwe Oogst. (2017, 30 juni). Fors minder granen in Nederland. Geraadpleegd op 20 mei 2018, van <https://www.nieuweoogst.nu/nieuws/2017/06/30/fors-minder-granen-in-nederland>
- Nutrinorm. (z.d.). Stro heeft stikstof nodig om te verteren. Geraadpleegd op 26 april 2018, van <https://www.nutrinorm.nl/nl-nl/Paginas/n-bemesting-stro.aspx#.WvqqE4iFOUI>

- Nutrinorm. (z.d.). Stro hakselen verbetert bodemvruchtbaarheid. Geraadpleegd op 26 april 2018, van <https://www.nutrinorm.nl/nl-nl/Paginas/stro-hakselen.aspx#.Wvrn7oiFOUI>
- Nutrinorm. (z.d.). De werking van organische meststoffen. Geraadpleegd op 10 mei 2018, van <https://www.nutrinorm.nl/nl-nl/Paginas/Organische-meststoffen-De-werking-van-organische-meststoffen.aspx#.Wv3KC4iFOUI>
- OCI Agro. (2014, januari). Organische stof is het zwarte goud van de bodem.. *Akker*, 9(1), 10-11.
- Postma, R., Korthals, G. W., Termorshuizen, A. J., Dekker, P., & Thoden, T. (2010). *Effecten van verse organische stof. Rapport 1326*. Wageningen, Nederland: Nutrienten Management Instituut B.V.
- Praktijknetwerk Niet Kerende Grondbewerking. (z.d.). Geraadpleegd op 20 mei 2018, van <http://www.nietkerendegrondbewerking.nl/nkg-algemeneinformatie.html?i2s1>
- Reijneveld, J. A., Van Wensem, J., & Oenema, O. (2009). *Soil organic carbon contents of Agricultural land in The Netherlands between 1884 and 2004*. Amsterdam, Nederland: Elsevier.
- Rietberg, P., Luske, B., Visser, A., & Kuikman, P. (2013). *Handleiding goed koolstofbeheer Publicatienummer 2013-002 LbP*. Bunnik, Nederland: Louis Bolk Instituut.
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (z.d.). Mest - tabellen en normen. Geraadpleegd op 20 februari 2018, van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mestbeleid/mest/tabellen-en-publicaties/tabellen-en-normen>
- Schils, R. (2012). *30 Vragen en antwoorden over bodemvruchtbaarheid*. Wageningen, Nederland: Alterra.
- Smit, A., & Kuikman, P. (2005). *Organische stof: onbemind of onbekend? Alterra-rapport 1126*. Wageningen, Nederland: Alterra.
- Technische commissie bodem. (2016). *Advies Toestand en dynamiek van organische stof in Nederlandse landbouwbodems* (TCB A110(2016)). Geraadpleegd van <https://www.tcbodem.nl/publicaties/bodembeheer/880-a110-2016-advies-toestand-en-dynamiek-van-organische-stof-in-nederlandse-landbouwbodems-1/file>
- Timmer, R. D., Korthals, G. W., & Molendijk, L. P. G. (2003). *Groenbemesters Van teelttechniek tot ziekten en plagen*. Lelystad, Nederland: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.
- Timmer, R. D., Korthals, G. W., & Molendijk, L. P. G. (2004). *Teelthandleiding groenbemesters-welke groenbemester is de beste keuze?*. Lelystad, Nederland: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.
- Tonjes, J. (2018, 30 januari). Boer alleen kan het klimaat niet redden. Geraadpleegd op 10 april 2018, van <https://www.nieuweoogst.nu/nieuws/2018/01/30/boer-alleen-kan-het-klimaat-niet-redden>
- Van Balen, D. (z.d.). Niet kerende grondbewerking in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt.. Geraadpleegd op 25 april 2018, van <https://www.biokennis.org/nl/biokennis/showdossier/Niet-kerende-grondbewerking-in-akkerbouw-en-vollegrondsgroenteteelt.htm>
- Van der Weide, R., Van Allebeek, F., & Van der Broek, R. (2008). *En de boer, hij ploegde niet meer? PPO project nr. 3250128700*. Wageningen, Nederland: Praktijkonderzoek Plant en Omgeving B.V.
- Van Dijk, W., Spruijt, J., Runia, W., & Van Geel, W. (2012). *Verruiming vruchtwisseling in relatie tot mineralenbenutting, bodemkwaliteit en bedrijfseconomie op akkerbouwbedrijven. PPOnr 52*. Lelystad, Nederland: Praktijkonderzoek Plant en Omgeving.
- Van Dijk, W., & Van Geel, W. (2012). *Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen..* Lelystad, Nederland: Praktijkonderzoek Plant en Omgeving.
- Van Eekeren, N., Deru, J., Hoekstra, N., & De Wit, J. (2018). *Carbon Valley. 2018-002 LbD*. Bunnik, Nederland: Louis Bolk Instituut.

- Van Groeningen, J. W., Van Kessel, C., Hungate, B. A., Oenema, O., Powlson, D. S., & Van Groeningen, K. J. (2017). Sequestering Soil Organic Carbon: A Nitrogen Dilemma. *Environmental Science and Technology*, 51, 4735-4739. doi:DOI: 10.1021/acs.est.7b01427
- Van Rijn, P., Willemse, J., & Van Alebeek, F. (2011). *FAB en akkerranden voor natuurlijke plaagbeheersing*. Wageningen, Nederland: Dienst Landbouwkundig Onderzoek.
- Van Veluw, K. (2017, maart). Walnotenboomgaard als pensioen- voorziening. *Ekoland*, pp. 14-15.
- Velthof, G. L., & Kuikman, P. J. (2000). *Beperking van lachgasemissie uit gewasresten, een systeemanalyse. Alterra-rapport 114-3*. Wageningen, Nederland: Alterra.
- Wageningen University & Research. (2018, 11 april). Agroforestry wordt nieuwe standaard voor duurzame landbouw. Geraadpleegd op 30 april 2018, van <https://www.wur.nl/nl/nieuws/Agroforestry-wordt-nieuwe-standaard-voor-duurzame-landbouw.htm>
- Wervel. (2009). *Agroforestry één plus één is meer dan twee*. Brussel, België: Werkgroep voor Rechtvaardige en Verantwoorde Landbouw vzw.
- Wesselingh, F. (z.d.). *Geologie van Nederland*. Leiden, Nederland: Naturalis.
- Willems, S., Erismans, J. W., & Staps, S. (2017). *Sleutelrol voor de bodem bij klimaatverandering.. 'S-Hertogenbosch, Nederland: Brabantadvies*.
- Wilt u ook organische stof van uw bodem verhogen? (2017, 29 juni). Geraadpleegd op 1 april 2018, van <https://www.zlto.nl/nieuwsberichten/2017/openbaar/06.juni/wilt-u-ook-organische-stof-van-uw-bodem-verhogen>
- Zijlmans, T. (2010). *Directzaai in de Biologische teelt*. Wageningen, Nederland: DLV Plant.
- Zwart, K., Kikkert, A., Van der Burght, G. J., & Termorshuizen, A. (2013). *Organische stof: wat levert het op? Kosten en baten van organische stof voor de akkerbouwer*. Zoetermeer, Nederland: Masterplan Mineralenmanagement.
- Zwart, K., Kikkert, A., Wolfs, A., Termorshuizen, A., & Van der Burgt, G. J. (2013). *Tien vragen en antwoorden over organische stof. Projectnummer 12059*. Wijster, Nederland: HLB.
- Zwart, K., Kikkert, A., Wolfs, A., Termorshuizen, A., & Van der Burgt, G. J. (2013). *De organische stof balans met de te verwachten stikstoflevering per teeltrotatie; opzet en gebruikswijze van een rekenmodule. Projectnummer: 12059*. Wijster, Nederland: HLB.

Bijlagen

Bijlage I Interview akkerbouwers op zeelegrond

Mts Heijboer loon en akkerbouwbedrijf

1. Wie bent u en wat voor soort bedrijf heeft u? (bouwplan, o.s gehalte bodem etc)
Maatschap Heijboer, akker en loonbedrijf gevestigd te Ter Aar. De firma Heijboer heeft 40 hectare land in eigendom wat allemaal aan huis ligt. De grondsoort is zware klei van 65/70% afslipbaar met een organische stofgehalte van 2%. Verder wordt er in Woubrugge 12 hectare land gehuurd en in Alphen aan den Rijn 13 hectare land. Deze percelen liggen op een afstand van ongeveer 8 km van het bedrijf en hebben een afslipbaarheid van 40/45% en een organische stofgehalte van 5.9%. Het bouwplan bestaat uit 33 hectare winter tarwe, 13,5 hectare snijmais, 11,5 hectare suikerbieten en 7,5 hectare wordt verhuurd als uienland.
2. Bent u bekend met maatregelen om het organische stof gehalte te verhogen?
Jazeker, op ons eigen land verhakselen wij het overgrote deel van het tarwestro om het lage organische stofgehalte iets te verhogen.
3. Welk van onderstaande maatregelen past u toe:
 - niet-kerende grondbewerking
 - geen grondbewerking hier zijn wij nu mee aan het experimenteren, we hebben nu voor het tweede jaar op rij, suikerbieten ingezaaid in de stoppel van facelia.
 - groenbemester ja, facelia
 - gewasrotatie verbeteren
 - gewasresten achterlaten ja, we verhakselen het overgrote deel van het tarwestro. Al de andere gewasresten blijven ook achter op het land
 - akkerrandenbeheer
 - niet scheuren grasland
 - agroforestry
 - het toevoegen van dierlijke mest en compost Ja, we proberen ieder jaar rundveedrijfmest over de winter tarwe aan te brengen. Afgelopen jaar is dat echter niet gelukt vanwege de natigheid.
4. Wat is de reden dat u de andere maatregelen niet toepast? Agroforestry is mij onbekend. Niet Kerende Grondbewerking sluit ik niet uit in de toekomst.
5. Vindt u dat de maatregelen ook echt effect hebben? Welke het meest? Welke het minst? Ik ben zeker niet ontevreden over het eerste jaar geen grondbewerking. Ik zie ook resultaat van het achterlaten van het stro al gaat dat heel langzaam
6. Zou u wel meer maatregelen in uw bouwplan willen inpassen als dit vanuit de overheid gestimuleerd of begeleid werd? Waarschijnlijk wel, maar uiteindelijk moet er wel geld verdiend worden.
7. Bent u bekend met het 4 per 1000 initiatief? Nee
8. Zou u ervoor openstaan om meer maatregelen toe te passen wanneer hier nieuwe verdienmodellen voor beschikbaar waren? (bijvoorbeeld carbon credits) Dan zou ik wel eerst willen weten wat het precies inhoudt en wat ik hiervoor moet doen.

L. Kranenburg loon en akkerbouwbedrijf.

1. Wie bent u en wat voor soort bedrijf heeft u? (bouwplan, o.s gehalte bodem etc)

Loon- en akkerbouw bedrijf aan de rijnlanderweg in Nieuw-Vennep, op het akkerbouwbedrijf wordt ongeveer 160 hectare gangbaar beteeld. De beteelde grond ligt verspreid in het zuidelijke deel van de Haarlemmermeer tussen Nieuw-Vennep en Abbenes. De afslibbaarheid van de grond varieert tussen de 28% en de 59%. De meeste percelen bestaan uit oude zware zeekleigrond, waarvan enkele met moerige of zanderige plekken erin. De organische stofgehaltes variëren erg binnen de bonte percelen. Een perceel is in een jaar in tweeën bemonsterd, uit de bemonstering blijkt dat de afslibbaarheid varieert van 28% tot 54% en het organische stofgehalte van 2,8% tot 4,2%. De organische stofgehaltes van de percelen die het bedrijf beteeld variëren van 3% tot 9,2%. Al het stro wordt geperst en afgevoerd. Als groenbemester wordt vooral gele mosterd gezaaid omdat de slagingskans hiervan groter is dan bladrammenas bij latere inzaaien na de tarwe oogst. Na de bollen wordt wel bladrammenas gezaaid omdat deze al in juli gezaaid kan worden.

Bouwplan:	Aardappelen	23%
	Suikerbieten	21%
	Granen(vooral wintertarwe)	35%
	Uien	12%
	winterpeen	4%
	Bloembollen	5%

Groenbemesters: Na de tulpen of hyacinten wordt bladrammenas geteeld. Daarnaast wordt er op gemiddeld 35 hectare tarwestoppel gele mosterd gezaaid voorafgaand aan een rooigewas.

Dierlijke mest: In het voorjaar wordt er in 40 hectare wintertarwe 20 m³ rundveedrijfmest per hectare uitgereden. De keuze voor rundveedrijfmest komt voort uit het lage fosfaatgehalte hiervan. Na de tarwe teelt wordt er vast dierentuilmest gestrooid. Dit is gezeefde vaste mest van ongeveer een jaar oud, wat dus al redelijk verteerd is. Op ongeveer 30 hectare wordt dan 20 ton per hectare gestrooid.

Compost: Op tarwe stoppel of na de oogst van plantuien wordt compost gestrooid. Gemiddeld wordt er ongeveer 15 hectare groencompost gestrooid met 30 ton per hectare.

2. Bent u bekend met maatregelen om het organische stof gehalte te verhogen?

Zie 1

3. Welk van onderstaande maatregelen past u toe:

- o niet-kerende grondbewerking niet regelmatig soms na aardappelteelt bij inzaaien van wintertarwe
- o geen grondbewerking nee ivm met de zwaarte van de kleigrond en het bouwplan
- o groenbemester ja iig 17% voor de vergroening, veelal iets meer voor organische stof en stikstof nalevering
- o gewasrotatie verbeteren proberen aandeel granen te verhogen
- o gewasresten achterlaten geen stro ivm met eigen loonbedrijf, matige verteerbaarheid, hoge C/N verhouding van 60/1
- o akkerrandenbeheer verplicht op bbl land, bloemenrandjes mooi joh ;)
- o niet scheuren grasland nvt
- o agroforestry NVT

- het toevoegen van dierlijke mest en compost **zie 1**
4. Wat is de reden dat u de andere maatregelen niet toepast? **Financieel resultaat of niet nuttig vinden/ negatieve neveneffecten zoals bij bloemenranden**
 5. Vindt/denkt u dat de maatregelen ook echt effect hebben? Welke het meest? Welke het minst? **Vooraf mest en compost zinnig voor eos opbouw nkg minder alleen verplaatsen van os in bodem naar bovenste 10 cm**
 6. Zou u wel meer maatregelen in uw bouwplan willen inpassen als dit vanuit de overheid gestimuleerd of begeleid werd? **Als de financiële resultaten daardoor veranderen wellicht. Eigenlijk zouden we meer mest willen toebrengen op het land maar vanwege de minas/mestwet gaat dit niet binnen de bedrijfsruimte.**
 7. Bent u bekend met het 4 per 1000 initiatief? **Nee geen idee**
 8. Zou u ervoor openstaan om meer maatregelen toe te passen wanneer hier nieuwe verdienmodellen voor beschikbaar waren? (bijvoorbeeld carbon credits) **altijd het overwegen waard.**

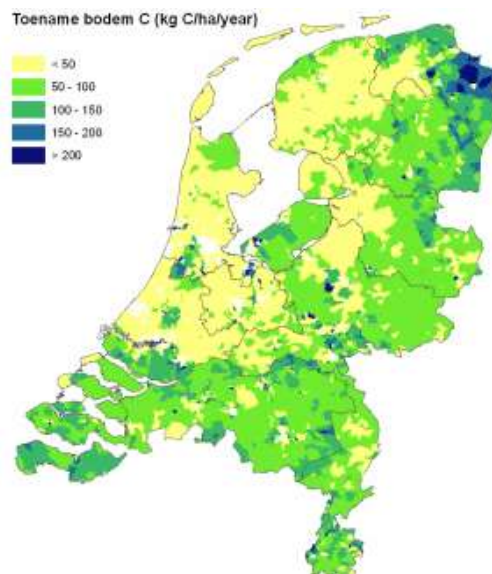
Fa. L van Vliet te Nieuw Venneep

1. Wie bent u en wat voor soort bedrijf heeft u? (bouwplan, o.s gehalte bodem etc) **Wij zijn een akkerbouwbedrijf op kleigrond in de Haarlemmermeer. Wij telen 20% aardappelen, 15% suikerbieten, 40% wintertarwe, 10% graszaad en 15% uien op 61 hectare. De afslibbaarheid van de percelen ligt rond de 15% en het organische stofgehalte is ongeveer 4,3%.**
2. Bent u bekend met maatregelen om het organische stof gehalte te verhogen?
Ja, stro achterlaten
3. Welk van onderstaande maatregelen past u toe:
 - niet-kerende grondbewerking
 - geen grondbewerking
 - groenbemester **ja, op de helft van het tarweland**
 - gewasrotatie verbeteren
 - gewasresten achterlaten **ja, afhankelijk van de stroprijs laten we ieder jaar een deel van het stro hakselen**
 - akkerrandenbeheer
 - niet scheuren grasland
 - agroforestry
 - het toevoegen van dierlijke mest en compost **ja, we doen 20 ton/ha compost op de helft van de tarwestoppels (waar we geen stro achterlaten) ook doen we mits het weer het toelaat drijfmest toepassen in het voorjaar op het tarweland.**
4. Wat is de reden dat u de andere maatregelen niet toepast? **Ik volg collega akkerbouwers die wel aan Niet Kerende Grondbewerking doen, de een vind het wat, de ander niet. Ik wil het nog even aankijken. Akkerrandenbeheer levert niets op. Niet scheuren grasland is niet van toepassing, en agroforestry was mij onbekend.**
5. Vindt u dat de maatregelen ook echt effect hebben? Welke het meest? Welke het minst? **Stro hakselen en dierlijke mest en compost hebben het meeste effect, iets anders doen we niet**
6. Zou u wel meer maatregelen in uw bouwplan willen inpassen als dit vanuit de overheid gestimuleerd of begeleid werd? **Zeker**
7. Bent u bekend met het 4 per 1000 initiatief? **Wel eens iets over gehoord maar niet verder in verdiept.**
8. Zou u ervoor openstaan om meer maatregelen toe te passen wanneer hier nieuwe verdienmodellen voor beschikbaar waren? (bijvoorbeeld carbon credits) **Ik sta overal voor open, maar de overheid moet dan wel duidelijkheid verschaffen. Ik hoop niet dat er dan nog meer wetten en regeltjes bijkomen.**

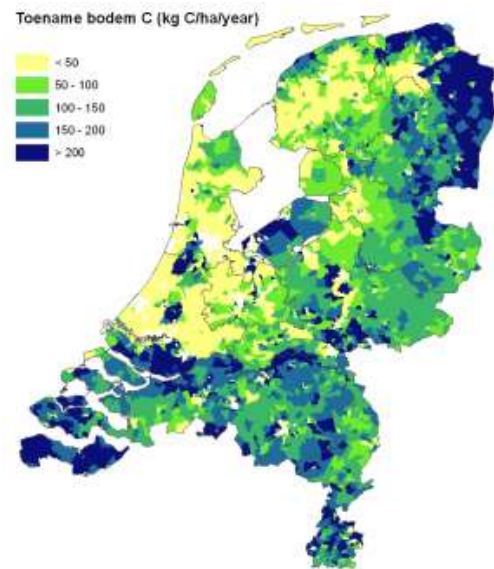
Akkerbouwbedrijf Van de Broek te Hoofddorp

1. Wie bent u en wat voor soort bedrijf heeft u? (bouwplan, o.s gehalte bodem etc)
Ik heb een akkerbouwbedrijf van 50 hectare in Hoofddorp, wij telen 50% wintertarwe, 25%suikerbieten en 25% aardappelen. De afslibbaarheid ligt tussen de 18 en 30%, het organische stofgehalte is gemiddeld 4%.
2. Bent u bekend met maatregelen om het organische stof gehalte te verhogen?
Ja, achterlaten van gewasresten, organische mest, groenbemester en achterlaten stro.
3. Welk van onderstaande maatregelen past u toe:
 - niet-kerende grondbewerking ja
 - geen grondbewerking
 - groenbemester ja, bladrammenas
 - gewasrotatie verbeteren
 - gewasresten achterlaten ja, voor de schipholregeling verhakselen wij al het stro
 - akkerrandenbeheer
 - niet scheuren grasland
 - agroforestry
 - het toevoegen van dierlijke mest en compost Ja, champost. 25 ton per hectare op de tarwestoppel
4. Wat is de reden dat u de andere maatregelen niet toepast?
Omdat ik niet overtuigd ben van de opbrengst terwijl ik er wel voor moet investeren. D
5. Vindt u dat de maatregelen ook echt effect hebben? Welke het meest? Welke het minst? Niet
Kerende Grondbewerking doen we nu voor het derde jaar, ik zie dat het organische stof mooi boven in de bouwvoor blijft. De grond lijkt iets ruller te worden. Voor het hakselen van het stro worden we door schiphol vergoed, anders zou ik het deels doen. Stro verkopen is soms ook lekker.
6. Zou u wel meer maatregelen in uw bouwplan willen inpassen als dit vanuit de overheid gestimuleerd of begeleid werd? Ik ben wel benieuwd naar agroforestry en ik zou beter in kaart willen krijgen wat de opbrengsten zijn.
7. Bent u bekend met het 4 per 1000 initiatief? Ja, heb er wel eens over gehoord. Is toch nog niet rond?
8. Zou u ervoor openstaan om meer maatregelen toe te passen wanneer hier nieuwe verdienmodellen voor beschikbaar waren? (bijvoorbeeld carbon credits) Ja, maar nogmaals, ik wil goed in kaart hebben wat de kosten, verplichtingen en opbrengsten zijn.

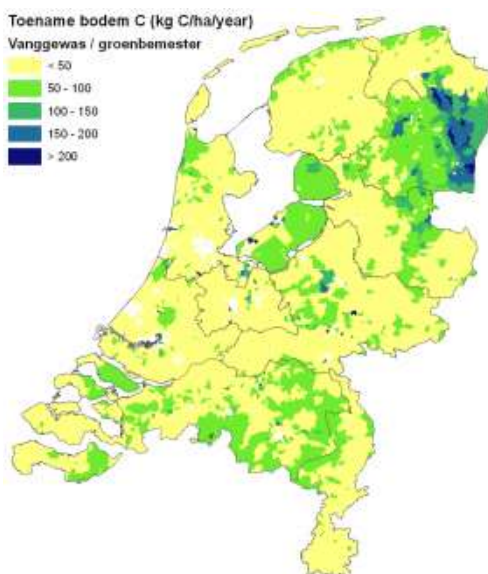
Bijlage II Toename bodem koolstof (C) gehalte per maatregel



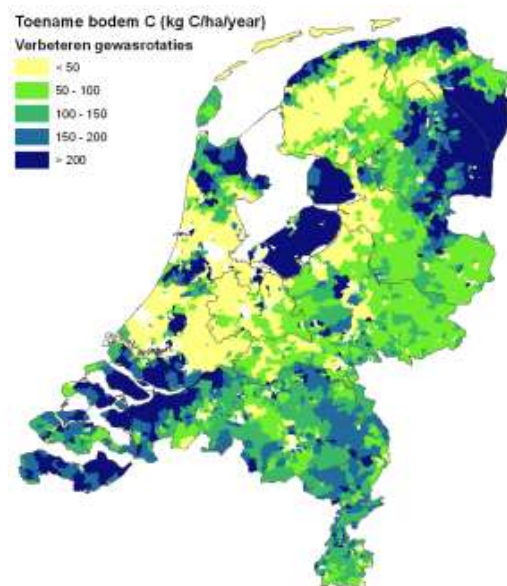
Figuur 10. Toename bodem C bij Niet-kerende grondbewerking (p. 33) (J.P.Lesschen et al., 2012).



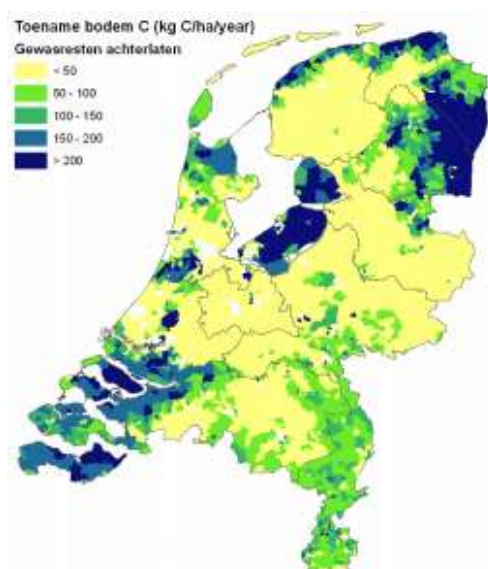
Figuur 11. Toename bodem C bij geen grondbewerking (p.33) (J.P.Lesschen et al., 2012).



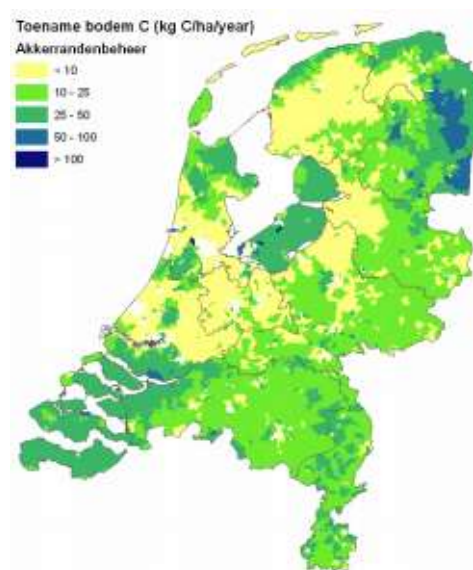
Figuur 12. Toename bodem C bij gebruik van tussengewas (p. 33) (J.P.Lesschen et al., 2012).



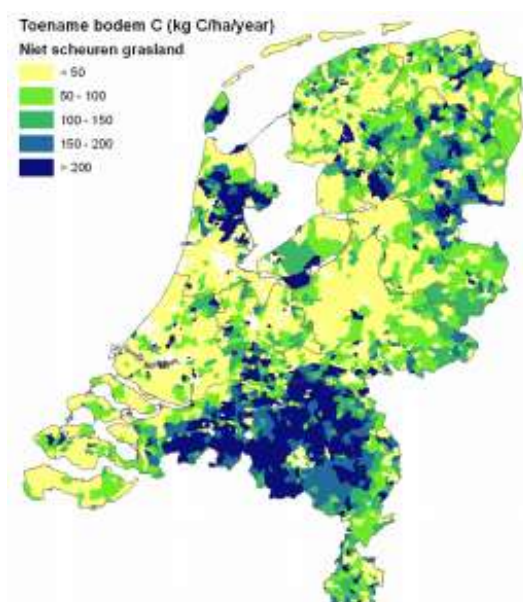
Figuur 13. Toename bodem C bij verbeteren gewasrotatie (p. 33) (J.P.Lesschen et al., 2012).



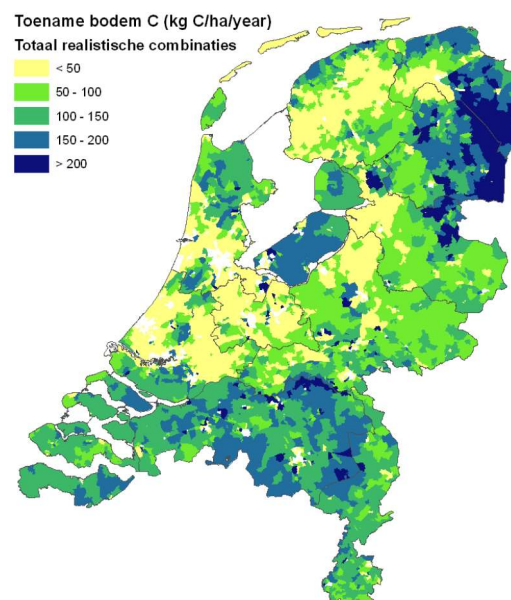
Figuur 14. Toename bodem C bij het achterlaten van gewasresten (p. 33) (J.P.Lesschen et al., 2012).



Figuur 15. Toename bodem C bij toepassen akkerranden (p. 34) (J.P.Lesschen et al., 2012).

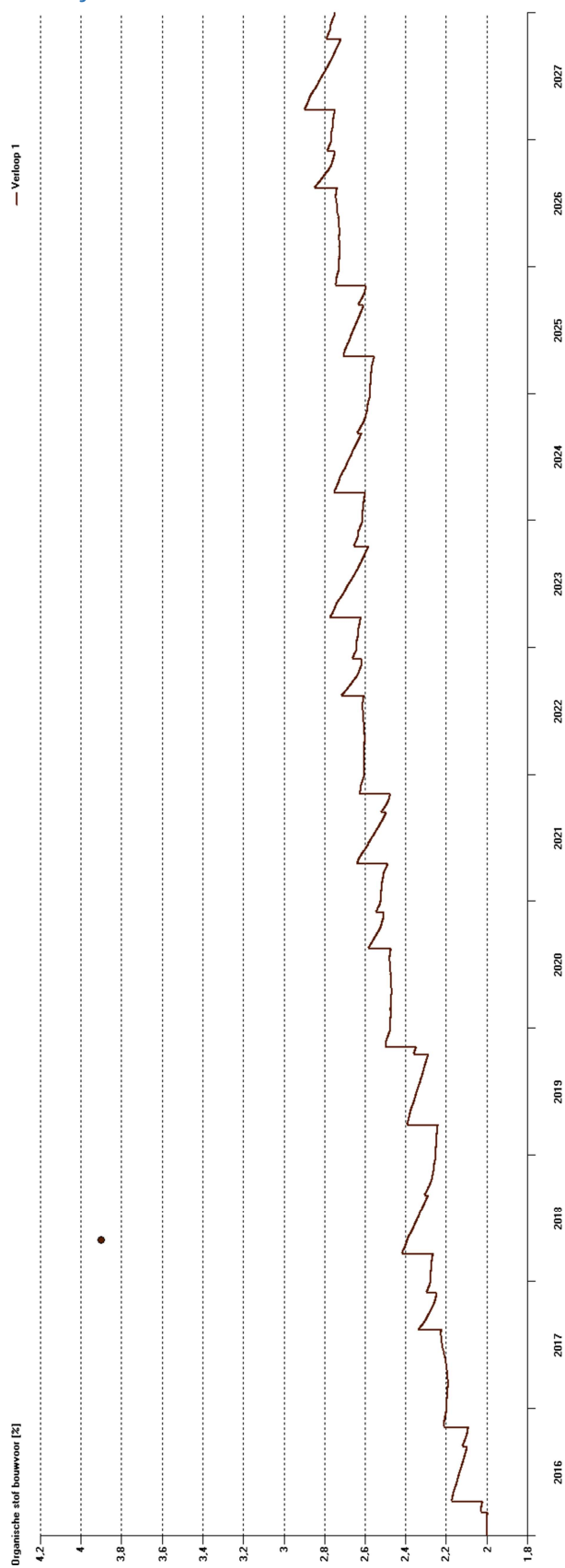


Figuur 16. Toename bodem C bij Niet scheuren grasland (p. 34) (J.P.Lesschen et al., 2012).



Figuur 17. Totale toename bodem C van alle realistische Combinaties (p. 34) (J.P.Lesschen et al., 2012).

Bijlage III Verloop organische stof gehalte bij gebruik compost en dierlijke mest



Figuur 18. Organische stof bouwvoor (Ndicea).

Bijlage IV Vragenlijst 'Koolstofboeren' project

Doel:

Achterhalen wat de laatste inzichten zijn van dit project op basis van hun inventarisatie jaar (2017) en wat de eerste praktijkinzichten zijn (gestart in 2018).

Roel Clement, ZLTO
24 april 2018

Vragen:

1. Hoe denken jullie op basis van het inventarisatie jaar over de kansen voor het opslaan van koolstof in de Nederlandse bodem?
Het opslaan op zich is niets nieuws, de manieren om koolstof in bodems op te slaan zijn allang bekend. De landbouw lijkt een deel van de CO₂ uitstoot te kunnen compenseren en daar worden de mensen zich steeds meer bewust. De beperkingen waar we nu vooral tegen aanlopen zijn het waarde geven aan het compenseren door boeren.
2. Hoeveel moeite kostte het om deelnemers te vinden?
Wanneer wij boeren benaderen met de vraag of zij bereid zijn CO₂ in hun bodem vast te leggen is er weinig respons. CO₂ vastleggen levert niets op, horen wij vaak. Maar wanneer wij boeren benaderen op het vlak van bodemverbetering en duurzaam bodembeheer is er veel animo. Boeren zijn best bereid in hun bodem te investeren.
3. Vinden jullie dat er Nederland vanuit de overheid voldoende gedaan is/wordt om akkerbouwers te stimuleren een rol te spelen in het 4per1000 initiatief?
Gemiddeld genomen vinden akkerbouwers niet dat de overheid ze stimuleert, akkerbouwers voelen zich vooral beperkt door bemestingsnormen.
Vanuit ZLTO gezien is er wat betreft het 4/1000 initiatief niet veel bekend. Wij werken meer aan de klimaatdoelstellingen aan zich. In het nieuwe regeerakkoord moet meer bekend worden over deze klimaatdoelstellingen. De overheid ondersteunt wel veel van onze projecten en zoekt samen met ons naar oplossingen.
4. Wat zijn praktisch gezien de grootste knelpunten?
De grootste knelpunten liggen bij het meten, monitoren en de waardering. Hier wordt ook veel onderzoek naar gedaan. Mogelijk is het makkelijker om een boer met gronden met een 'hoog' organische stofgehalte mee te krijgen, deze is vaak al bekend met maatregelen om het organische stofgehalte te verhogen, dan iemand die jaren niets gedaan heeft aan het ophogen van het organische stofgehalte- te belonen als die het organische stofgehalte gaat verhogen? Het is namelijk makkelijker om gronden met een laag organische stofgehalte te verhogen dan gronden met een hoog organisch stofgehalte. De boer die al jaren zijn best gedaan heeft wordt als het ware gestraft voor zijn 'vroeg' inzet.
5. Waar liggen de kansen?
CO₂ opslag in bodems is momenteel nog geen gecertificeerde maatregel in Nederland. Bedrijven als KLM doen om die reden hun CO₂ compenseren in bijvoorbeeld bomen in Pakistan, wij zouden graag zien dat (grote) bedrijven hun CO₂ landelijk/lokaal gaan compenseren. Ook moet er naar de juiste manier van CO₂ bemonstering en monitoring gezocht worden. Bodemonsters fluctueren momenteel nog makkelijk 1% per jaar in organische stof door humusrijke/arme plekken op een perceel.

6. Welke verdienmodellen rekenen jullie nu mee? Zouden er nog nieuwe verdienmodellen ontwikkeld moeten worden?
Op dit moment werken wij nog niet met verdienmodellen, wij zijn hier wel naar op zoek. Akkerbouwers zijn ondernemers en die zijn natuurlijk juist geïnteresseerd in de verdienmodellen. Wat levert het mij op?
- Wij proberen ook naar andere zaken te kijken, bijvoorbeeld naar wat de waarde van een organische stof stijging is? Wat is de waarde van het achterlaten van stro op het land, wat is de waarde van een verhoogde waterretentie, wat is de waarde van een verminderde uitspoeling van nutriënten?
7. Ondervinden jullie al een verschil tussen theorie (op basis van onderzoek 2017) en de praktijk (gestart in 2018)?
De metingen aan de bodem en de bemonstering van percelen zijn makkelijk te beïnvloeden door humusarme en humusrijke plekken op een perceel. De gemeten waarden kunnen dan dus ook veel fluctueren.
8. Wat is jullie inschatting op de uitkomst van dit project? Waarop zal de focus in jullie documentaire liggen?
Onze focus zal vooral liggen op de bewustwording van boeren en tuinders, hoe moeten we het doen, waarom zullen we dit doen en wanneer zullen we dit doen? Ook willen we bewustwording bij de ketenpartijen zodat ook zij mee kunnen werken aan het laten slagen van dit project, mogelijk kunnen zij de boeren 'belonen' voor de CO₂ opslag. Verder zullen wij meer praktijkprojecten starten en ons meer focussen op het feitelijk vastleggen en monitoren van CO₂