

RENDEMENTSVOORDELEN IN CO₂-VASTLEGGING VOOR DE AKKERBOUWERS



Afstudeerscriptie

“Welke rendementsvoordelen kunnen er ontstaan doormiddel van CO₂-vastlegging voor en door de akkerbouwers?”

8 JUNI 2020

AERES HOGESCHOOL TE DRONTEN

Cedrik Pardijs

Afstudeerscriptie

“Een onderzoek naar welke rendementsvoordelen er kunnen ontstaan doormiddel van CO₂-vastlegging voor en door de akkerbouwers”

Auteur

Naam: Cedrik Pardijs
Opleiding: Agrarisch Ondernemerschap Tuin- en Akkerbouw
Email: 3023743@aeres.nl
Plaats: Voorst
Datum: 8 Juni 2020
Telefoon: 06-57537936

Aeres Hogeschool Dronten

Begeleider: Dhr. T.J. Geersing
Functie: Docent belastingrecht
Email: t.geersing@aeres.nl
Plaats: Dronten
Datum: 8 Juni 2020

Flynth Adviseurs en Accountants

Locatie: Emmen
Begeleiders: Hendrik Jan Bos (Sectorleider Akkerbouw en Bedrijfsadviseur binnen Flynth)
Pieter Jansen (Directeur van het Wetenschappelijk Bureau van Flynth)
Email: HendrikJan.Bos@flynth.nl
Pieter.Jansen@flynth.nl

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

Deze scriptie heeft betrekking op welke rendementsvoordelen er behaald kunnen worden in het kader van CO₂-binding voor en door de akkerbouwers.

Mijn naam is Cedrik Pardijs. Ik ben 23 jaar oud en vierdejaarsstudent student aan de Aeres Hogeschool te Dronten. De opleiding die ik volg, betreft tuin- en akkerbouw, gericht op het ondernemerschap. De opleiding heb ik gekozen met de intentie om eventueel het akkerbouwbedrijf thuis over te nemen in de toekomst. Een voorwaarde voor het onderwerp van deze scriptie is dan ook dat deze gerelateerd moet zijn aan de akkerbouw.

De specifieke doelgroep welke ik aanspreek in deze scriptie, zijn de agrarische ondernemers, waarvan in het bijzonder de akkerbouwers. Zij hebben namelijk constant te maken met verduurzaming van de bedrijfsvoering. De doelgroep is gekozen vanuit mijn achtergrond en de opdrachtgevers. Deze opdrachtgevers zijn de examencommissie van de Aeres Hogeschool en Flynth Adviseurs en Accountants. Laatstgenoemde is ter ondersteuning doormiddel van kennisoverdracht. Tevens zijn beide opdrachtgevers actief in de agrarische sector, wat maakt dat de uitkomst van dit relatief nieuwe onderzoek ook interessant zal zijn voor genoemde belanghebbenden.

Via deze weg wil ik graag mijn stagebegeleiders Hendrik Jan Bos en Pieter Jansen bedanken voor het advies, de ondersteuning en de begeleiding gedurende het onderzoek. Dit heeft mij erg geholpen bij het verzamelen en verwerken van de informatie. Ook wil ik de Aeres Hogeschool bedanken voor de gebruikte middelen welke geboden hebben tot de mogelijkheid van het schrijven van het onderzoek. Daarnaast wil ik mijn afstudeerdocent T.J. Geersing bedanken voor de begeleiding welke hij heeft geboden vanuit de Aeres Hogeschool.

Voorst, Juni 2020

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
Summary	6
Verklarende woordenlijst	7
1. Inleiding	8
1.0 Algemene inleiding	8
1.1 Aanleiding	8
1.2 Relevantie	9
1.3 Doelgroep	9
1.4 Probleembeschrijving	9
1.5 Theoretisch Kader	10
1.6 Knowledge gap	11
1.7 Afbakening	12
1.8 Onderzoeksvraag	12
1.9 Oplossingsrichtingen	12
2. Aanpak van het onderzoek	13
2.0 Algemene inleiding	13
2.1 Deelvragen	13
2.1.1. Hoe kun je CO2 vastleggen en hoeveel?	13
2.1.2 Is er een manier om aan te tonen hoeveel CO2 een agrarisch ondernemer vastlegt? Zo ja, op welke wijze?	14
2.1.3 Wanneer wordt een dergelijke actie financieel interessant voor betreffende ondernemer?. ..	15
2.1.4 Welke manier is er om van bovenstaande deelvraag rendement te kunnen realiseren?	15
2.1.5 Op welke manier zou dit in de toekomst verder ontwikkeld kunnen worden?	16
2.2 Beantwoorden hoofdvraag	17
3. Resultaten	18
3.0 Algemene inleiding	18
3.1 Deelvraag 1: Hoe kun je CO2 vastleggen en hoeveel?	18
3.2 Deelvraag 2: Is er een manier om aan te tonen hoeveel CO2 een agrarisch ondernemer vastlegt? Zo ja, op welke wijze?	21
3.3 Deelvraag 3: Wanneer wordt een dergelijke actie financieel interessant voor betreffende ondernemer?	22
3.4 Deelvraag 4: Welke manier is er om van bovenstaande deelvraag rendement te kunnen realiseren?	23
3.5 Deelvraag 5: Op welke manier zou dit in de toekomst verder ontwikkeld kunnen worden?	24
4. Discussie	26
4.0 Algemene inleiding	26
4.1 Belangrijkste resultaten	26

4.2 Reflectie op het onderzoek	28
5. Conclusie en aanbevelingen.....	30
5.0 Algemene inleiding	30
5.1 Conclusies op de deelvragen	30
5.2 Conclusie op de hoofdvraag.....	31
5.3 Doel en relevantie	32
5.4 Aanbevelingen	32
Bibliografie.....	33
Bijlage 1: Aanvoerbronnen effectieve organische-stof	35
Bijlage 2: Kengetallen organische-stof	37
Bijlage 3: Checklist schriftelijk rapporteren	39

Samenvatting

Klimaatverandering is een van de grootste problemen van deze tijd. Dit heeft voornamelijk door de toename van de CO₂-uitstoot te maken. De landbouw is jarenlang buiten schot gebleven om bij te dragen aan het reduceren van het klimaatprobleem. Echter kan de landbouw juist als een kans worden gezien om het klimaatprobleem voor een deel te helpen keren.

Agrariërs worden steeds meer tot verduurzaming van de bedrijfsvoering gedreven. Nu duidelijk is dat agrariërs reducering van de CO₂-uitstoot kunnen bewerkstelligen, is het natuurlijk van belang om te weten of hier een rendement uit behaald kan worden. Adviseurs- en accountantskantoren kunnen hier de nodige ondersteuning in bieden. Het onderzoek maakt kenbaar of het worden van een koolstofboer gunstig is of niet.

Om op dit vraagstuk een antwoord te verkrijgen, is er een hoofdvraag opgesteld; *“Welke rendementsvoordelen kunnen er ontstaan doormiddel van CO₂-vastlegging voor en door de akkerbouwers?”*. Deelvragen zijn opgesteld om via deze weg een antwoord te krijgen op deze hoofdvraag.

Om te berekenen wat men ongeveer kan verwachten voor financiële vergoeding per hectare, is er gekeken wat de huidige prijzen van één ton CO₂ zijn. Deze prijs zal afhankelijk van vraag en aanbod sterk kunnen variëren. Momenteel blijkt de vraag groter dan het aanbod, waardoor er schaarste ontstaat en de prijs stijgt. Daarnaast is er gekeken hoeveel CO₂ een bodem jaarlijks kan binden. In de berekening is er gewerkt met referentiewaarden en is een eventuele risicoverzekering meegenomen.

De gemiddelde vergoeding welke men krijgt voor het vastleggen van CO₂ is momenteel niet aantrekkelijk om koolstofboer te worden. Het rendement voor akkerbouwers is negatief. Voor melkveehouders daarentegen, kan er wel een rendement behaald worden uit het binden van CO₂. Melkveehouders hebben namelijk veelal permanent grasland, wat maakt dat het koolstofprincipe makkelijk gerealiseerd kan worden met enkele maatregelen.

Vooralsnog blijft het koolstofsysteem een systeem op vrijwillige basis. Naar verwachting zal dit systeem in de nabije toekomst verplicht gesteld gaan worden. Indien er vanuit de overheid een subsidieregeling komt, welke het financieel aantrekkelijk maakt voor de akkerbouwers om koolstofboer te worden, zullen er ongetwijfeld ondernemers zijn welke nieuwsgierig worden en de uitdaging aangaan.

Summary

This time, climate change is one of the major problems. This is mainly due to the increase in CO₂. Agriculture has been left out for years to contribute to reducing the climate problem. However, agriculture can be seen as an opportunity to help partly reverse the climate problem.

Farmers are increasingly driven to make their business operations more sustainable. It's clear that farmers can achieve a reduction in CO₂ emissions, it is of course important to know whether a return can be achieved from this. Advisors and accountancy firms can provide the necessary support in this regard. The research makes it clear whether or not becoming a carbon farmer is beneficial.

To get an answer on this question, a main question has been formulated; *“What yield benefits can be created through CO₂-fixation for and by arable farmers?”*. Sub-questions have been drawn up in order to get an answer on this main question.

To calculate what approximately one can expect for financial compensation per hectare, we looked at the current prices of one ton of CO₂. This price can very greatly depend on supply and demand. Currently, demand appears to be greater than supply, causing scarcity and rising prices. In addition, we looked at how much CO₂ a soil can bind annually. Reference values were used in the calculation and any risk insurance was included.

The average compensation that one gets for capturing CO₂ is currently not attractive to become a carbon farmer. The yield for arable farmers is negative. For dairy farmers, on the other hand, a return can be achieved by binding CO₂. Dairy farmers often have permanent grassland, which means the carbon principle can easily be realized with a few measures.

For the time being, the carbon system remains a voluntary system. This system is expected to become mandatory in the near future. If there is a subsidy scheme from the government, which makes it financially attractive for arable farmers to become carbon farmers, there will be undoubtedly entrepreneurs who become curious and rise to the challenge.

Verklarende woordenlijst

CO₂-emissiehandel:	De handel in emissierechten gerelateerd aan de CO ₂ .
Effectieve organische-stof:	De hoeveelheid organische-stof die één jaar na toediening nog over is in de bodem en dan deel uitmaakt van de bodem-organische-stof.
Emissiereductie:	De vermindering van de uitstoot van stoffen die een (mogelijk) schadelijk effect op het milieu hebben.
Kyoto Protocol:	Het Protocol / Verdrag van Kyoto dat in 1997 opgesteld werd ter vermindering van de uitstoot van broeikasgassen.
Organische-stof:	De hoeveelheid restmateriaal wat achterblijft op het perceel na het telen van een gewas.
Rendabel/rendement:	De opbrengst die een investering levert.
Transparantie:	De mate waarin de bedrijfsvoering van ondernemingen inzichtelijk is.
Verduurzaming:	Continu proces waarin diverse verbeteringen spelen, die vaak variëren per bedrijf.

1. Inleiding

1.0 Algemene inleiding

Dit onderzoek gaat over CO₂-vastlegging bij agrariërs. CO₂-vastlegging is geen nieuw concept. Het heeft namelijk altijd al bestaan. Echter wordt CO₂-vastlegging tot op heden niet meegenomen in het kader van verduurzaming voor de agrarische sector. Gezien de toenemende mate aan verduurzamingsmaatregelen voor agrarische bedrijven, is het gek dat dit hier niks mee gedaan wordt. De verduurzamingsmaatregelen voor agrariërs zullen naar verwachting serieuzer en strenger worden. In de bedrijfsvoering kan hierop in gespeeld worden door het telen van andere gewassen en het uitvoeren van andere grondbewerkingen. De vraag die hierbij komt kijken is of het (extra) binden van CO₂ in de bodem een rendement op kan leveren voor de agrariër. Dit laatstgenoemde heeft de hoofdrol in deze scriptie. De aanleiding en relevantie worden in dit hoofdstuk verder toegelicht. Vervolgens wordt er ingegaan op het theoretische kader met de bijbehorende knowledge gap, waar dit onderzoek uiteindelijk een antwoord op baseert.

1.1 Aanleiding

Continu is de Nederlandse agrarische sector in beweging. Agrarische ondernemers hebben te maken met een regelmatige wijziging van de wet- en regelgeving omtrent de bedrijfsvoering van hun onderneming. Bedrijven moeten namelijk constant verduurzaming realiseren, om de impact op mens, dier en milieu zo klein mogelijk te houden. Verduurzaming is momenteel één van de grootste opgaven waar de landbouwsector momenteel mee te maken heeft. De term verduurzaming geeft continue verbeteringen weer en gaat de richting op van een 'steeds meer duurzame landbouw'.

Regelmatig wordt er Flynth-breed van enkele agrarische klanten de vraag gesteld of er een subsidie of vergoeding gerealiseerd kon worden, omdat er door deze agrariërs CO₂ in de bodem wordt gebonden. Tijdens het teamoverleg van de akkerbouwsector binnen Flynth, is bedacht dat er kansen liggen op het gebied van duurzaamheid, voor deze agrariërs.

In een volgende vergadering kwam de verontwaardiging van Hendrik Jan Bos naar voren, over het feit dat agrariërs niet mee doen aan bijvoorbeeld de emissiehandel, terwijl er veel CO₂ wordt vastgelegd in de bodem aan de hand van de gewassen die agrariërs telen. Vanuit deze verontwaardiging, in combinatie met de vraag over CO₂-vastlegging van enkele klanten Flynth-breed, met als mogelijke doel de klanten in het kader van CO₂-vastlegging te kunnen adviseren, is de betreffende hoofdvraag ontstaan.

Dagelijks worden er inspanningen geleverd om milieuprestaties, sociale omstandigheden, dierenwelzijn en economische welvaart continu te verbeteren. Energiebesparing, efficiëntie en reductie van CO₂-uitstoot zijn hierin essentieel. De agrarische sector zou een positieve bijdrage kunnen leveren. De negatieve impact op mens, dier en milieu moet immers verkleind worden. Daarbij is het noodzaak open en transparant in de samenleving te staan, (Rijksoverheid, Rapport IBO kostenefficiëntie CO₂-reductiemaatregelen, 2016).

Toegesplitst op de CO₂-uitstoot, is het sterk van belang om de in het klimaatakkoord opgestelde maatregel, namelijk: "De opwarming van de aarde beperken tot ruim onder de 2 graden Celsius, met een duidelijk zicht op 1,5 graden Celsius", te behalen. Het doel hiervan is om Nederland, maar ook de andere 55 landen die dit akkoord op 12 december 2015 hebben ondertekend, te beschermen tegen de gevolgen van klimaatverandering. Om dit te kunnen realiseren zijn er nationale doelen opgesteld, namelijk: "Reductie van 49% CO₂-uitstoot in 2030 ten opzichte van 1990", en: "Reductie van 95% CO₂-uitstoot in 2050 ten opzichte van 1990". Bij laatstgenoemd doel is het noodzaak dat Nederland, als tussenstap, eind 2030, 55% minder broeikasgas-uitstoot heeft gerealiseerd, ten opzichte van 1990, (State, 2018).

Door de wetenschap is vastgesteld dat de mens grotendeels verantwoordelijk is voor de opwarming van de aarde. De CO₂-concentratie in de atmosfeer is immers sterk toegenomen sinds de industriële revolutie. De nadruk ligt hierbij op de laatste vijftig jaar, waarin de CO₂-concentratie significant gestegen is. De verbranding van fossiele brandstoffen behoort tot de grootste veroorzaker hiervan. Voor meer dan 95% zekerheid stelt de wetenschap dat er een verband is tussen de opwarming van

de aarde, welke daadwerkelijk veroorzaakt wordt door de mens, (Cox, 2016). Logischerwijs is het daarom van belang dat de mens dan ook een oplossing verzint voor het verminderen van een groot deel van deze uitstoot. Dit met name om de gestelde klimaatdoelen te behalen. Om dat te kunnen realiseren, is transparantie in de samenleving een zeer belangrijk aspect, welke een absolute rol speelt in het behalen van de doelen.

1.2 Relevantie

Vanwege de urgentie op 'verduurzaming' in ons land, met in het bijzonder de CO₂-uitstoot waar momenteel de nadruk op ligt, is het relevant om hier onderzoek naar te doen. Het onderzoek richt zich met name op wat de agrarische sector voor mogelijkheden kan bieden om dit maatschappelijke probleem te verminderen en of hier een rendement uit behaalt kan worden. Om dit op de juiste manier te realiseren, vergaart dit enige kennis welke opgedaan moet worden.

Met voortgaande mitigatiedoelstellingen en klimaatonderhandelingen, wordt koolstofvastlegging in landbouwgrond voor Nederland belangrijker en misschien in de toekomst zelfs verplicht.

Koolstofvastlegging vervult daarnaast ook een rol in het gemeenschappelijk landbouwbeleid (GLB). Om bovengenoemde redenen is het van belang inzicht te krijgen in de eventuele koolstofvastlegging door specifieke maatregelen in de landbouw. Wanneer dit het geval is, kan dit lijden tot een 'nieuw' verdienmodel in de agrarische sector. Met dit onderzoek moet hier duidelijkheid en inzicht aan gegeven worden, (Lesschen, 2017).

1.3 Doelgroep

De doelstelling van dit onderzoek is om inzicht te krijgen in een mogelijk rendement van het vastleggen van CO₂ in de akkers van agrarische ondernemers. De belangrijkste sector waar dit onderzoek voor wordt geschreven is dan ook de agrarische sector. Daarnaast kan de mogelijke uitkomst van het onderzoek ook interessant zijn voor advies- en accountantskantoren.

Agrarische sector

Voor de agrarische sector kan de mogelijke uitkomst van het onderzoek interessant zijn, omdat het een helder inzicht kan geven op een mogelijk 'nieuw' verdienmodel. Het betreft namelijk een onderzoek waar tot op heden weinig informatie over bekend is. Daarbij geeft dit rapport de agrariërs een mogelijkheid tot verduurzaming, wat wellicht in de toekomst belangrijker of zelfs verplicht gaat worden.

Advies- en accountantskantoren

De eventuele conclusie plus aanbevelingen welke naar voren kunnen komen uit dit onderzoek, zouden gebruikt kunnen worden door cliëntadviseurs van advies- en accountantskantoren. Cliëntadviseurs kunnen op basis van dit onderzoek een strategie ontwikkelen, welke de agrarische ondernemers kan helpen in de bedrijfsvoering. Denk hierbij aan het opstellen van een juiste bouwplanrotatie, inclusief grondbewerkingen, om zoveel mogelijk CO₂ in de bodem te kunnen vastleggen voor het 'nieuwe' verdienmodel van de ondernemer.

1.4 Probleembeschrijving

De handel van emissierechten omvat een systeem waarbij het recht voor bedrijven verworven wordt om een bepaalde uitstoot van broeikasgassen, waaronder: koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄), stikstofoxide (NO_x) en lachgas (N₂O) te mogen produceren. De handel in CO₂-rechten, waar dit onderzoek op gericht is, omvat een onderdeel van het totale handelssysteem. Het handelssysteem geeft de betekenis weer van het feit dat deze emissierechten verhandelbaar zijn.

De toewijzing aan de deelnemers van het systeem komt voort uit een overeenstemming welke bedoeld is voor de nationale doelstelling met de betrekking tot de reductie van de broeikasgassen. Daarbij is het belang van dit systeem dat de marktwerking zorgt voor de emissiereductie, tegen lage kosten, (Greendeal).

Momenteel zijn er ongeveer 450 bedrijven welke verplicht onder het ETS (Emission Trading System) vallen. Zij veroorzaken namelijk 45% van de totale CO₂-uitstoot in Nederland. Het betreffen dan ook grote bedrijven uit diverse sectoren, (NEA, 2019).

Voor een klein gedeelte van de agrarische sector is de verplichte CO₂-markt van toepassing. Dit betreffen voornamelijk glastuinbouwers, met elk een warmtekrachtkoppelinginstallatie vanaf 20 MW

(megawatt), wat tevens een van de voorwaarden is om mee te mogen doen aan de verplichte emissiehandel, (Nea, sd).

De CO₂-handel is in het jaar 2005 van start gegaan, glastuinbouwers welke destijds aan de eisen voldeden om mee te mogen doen aan de verplichte emissiehandel, doen hieraan mee. Echter doet de landbouw tot op heden nog niet mee aan deze emissiehandel.

Een verplichte CO₂-handel was destijds voor de veehouderij en voor de akkerbouw geen juist instrument. Vele diffuse bronnen maken de emissies lastig te meten. Denk bij de veehouderij aan weilanden en lopend vee. Bovendien zijn producties in de akkerbouw niet constant. Daarbij heeft men in laatstgenoemde twee sectoren ook te maken met weers- en seizoenschommelingen.

De meetonzekerheden bedragen in de glastuinbouwsector 5%, terwijl deze onzekerheden in de andere twee genoemde sectoren 30-40% bedragen, (Cozijnsen, 2019).

1.5 Theoretisch Kader

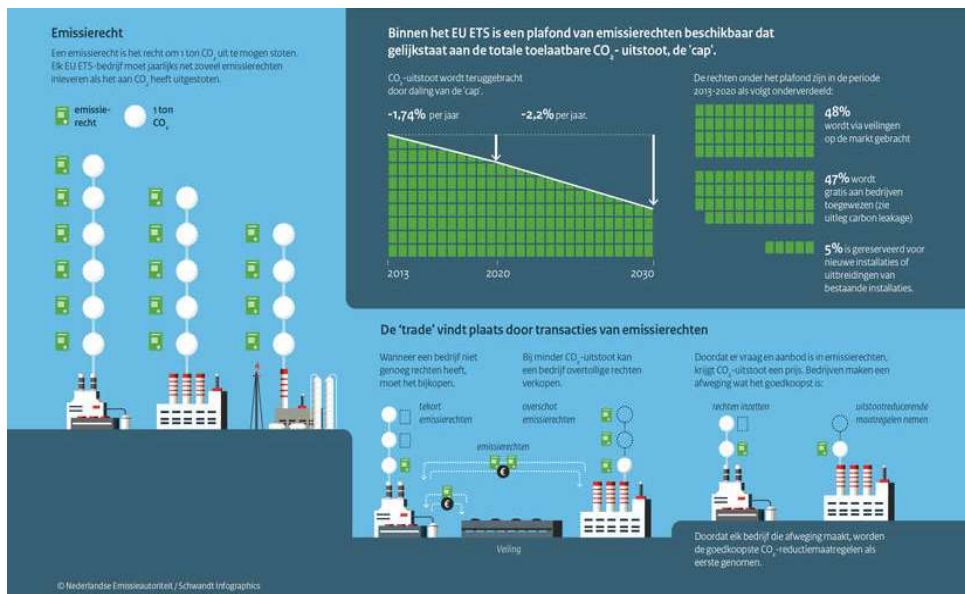
Zoals in de relevantie van dit onderzoek is te lezen, worden agrariërs nu al enigszins tot 'verduurzaming van de bedrijfsvoering' gedreven. Gepaard met de nadruk welke veelal op CO₂-reductie gelegd wordt, is het een slimme zet om als ondernemer hierop in te spelen, door bijvoorbeeld deel te nemen aan de emissiehandel en hier een rendement uit te behalen. Maar is het voor agrariërs mogelijk om deel te nemen aan deze handel? Of zijn agrariërs juist uitgesloten hiervoor?

Om een juist onderzoek uit te voeren, is het belangrijk dat een theoretische onderbouwing aan het efficiëntie kader ten grondslag ligt.

Voor het nationale en internationale klimaatbeleid, betreft de emissiehandel een belangrijk instrument. De eerste algemene afspraken werden in het Klimaatverdrag in het jaar 1992 vastgelegd. Het Kyoto Protocol is in het jaar 1997 ondertekend. Sindsdien waren industrielanden verplicht de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen met tientallen procenten in 2012 ten opzichte van het basisjaar 1990. Om de reducering te kunnen realiseren, is er in het Kyoto Protocol het handelssysteem van genoemde rechten geïntroduceerd. De handel tussen rechten om broeikasgassen uit te stoten wordt hiermee mogelijk gemaakt tussen bedrijven en sectoren. Door de onderlinge handel is het goedkoper en makkelijker voor alle deelnemers om binnen de gestelde nationale uitstootplafonds te blijven.

Er was nog geen directe en duidelijke regeling voor deze emissiehandel. Om deze reden is in het jaar 2005 de EU ETS (European Union Emission Trading System) opgezet. De tweede reden waarom de EU ETS is opgericht, is om de vervuiler van de CO₂-uitstoot te laten betalen. Vanuit diverse sectoren deden 10.000 Europese bedrijven hieraan mee. Aan de deelnemende bedrijven is een bepaald uitstootplafond (cap) toegekend. De handel in deze rechten (trade) zorgt met name voor het behalen van de milieudoelstelling, tegen zo laag mogelijke kosten.

Elk jaar worden er CO₂-rechten aan de deelnemers van de ETS toegekend. Bedrijven waaronder de CO₂-rechten zijn verdeeld en die dus meedoen aan deze handel, kunnen deze genoemde CO₂-rechten bij het overschrijden van het uitstootplafond aankopen bij deelnemende bedrijven, die onbenutte uitstootrechten hebben. Wanneer er weinig uitstoot-overschot is, betekent dit een lage CO₂-prijs, omdat er geen schaarste aan rechten is. Hoe hoger de norm van het uitstoot-plafond, hoe meer er geCO₂ er gecompenseerd moet worden, des te meer CO₂-rechten er benodigd zijn, wat maakt dat de prijs van de rechten zal stijgen, (Cozijnsen, 2019).



Figuur 1.0 Principe emissiehandel (NEA, 2018)

1.6 Knowledge gap

Er is veel bekend over de CO₂-emissiehandel en de deelnemers van de ETS. Ook is bekend dat het klimaatbeleid aangescherpt zal gaan worden. Dit wordt gedaan door het aantal emissierechten terug te brengen, meer emissierechten te veilen en meer sectoren deel te laten nemen aan het ETS.

Er vinden studies naar allerlei innovaties voor emissierechten plaats, al dan niet op vrijwillige basis. Denk hierbij ook aan voedsel welke tot minder methaanuitstoot leidt, of het gebruiken van afgevangen CO₂ tot aanplant van bomen, heggen en vastlegging van CO₂ in de bodem doormiddel van bodembedekkers en het inbrengen van houtskool (biochar) in de bodem.

De reden dat de landbouwsector tot op heden nog niet meedoet, is te wijten aan de in de probleembeschrijving genoemde niet-constante producties en weers- en seizoenschommelingen. Juiste rekenregels en berekeningstoepassingen die hierop toepasbaar kunnen worden gesteld, zou een uitkomst bieden om een positie te verkrijgen als landbouwsector binnen de emissiehandel.

Waar misschien ook kansen liggen in de agrarische sector, is het (door de cliëntadviseur) vastgestelde aantal kilogram CO₂ wat in de bodem is vastgelegd (berekend middels de Cool Farm Tool), op basis van vrijwillige handel proberen te verkopen.

Want wanneer het bedrijf verduurzaming realiseert op basis van een vernieuwde teeltstrategie, kan de rechtstreekse afnemer ervoor kiezen om een vrijwillige verduurzamingstoeslag te betalen.

Een subsidie vanuit het ministerie kan ervoor zorgen dat agrarische ondernemers sneller een stap richting verduurzaming gaan zetten. Wanneer agrarische ondernemers ervoor kiezen om een bepaalde hoeveelheid CO₂ vast te leggen in de bodem, geeft dit namelijk niet de zekerheid dat dit ook met de hoogst-salderende gewassen mogelijk wordt gemaakt.

Misschien bestaat er ook een mogelijkheid dat er vanuit het ministerie een compensatie gegeven wordt, wanneer het bedrijf een bepaalde hoeveelheid CO₂ per hectare heeft vastgelegd in de bodem.

Wat duidelijk is, is dat er CO₂ in landbouwgrond kan worden opgeslagen. Ondernemers zouden om deze reden mee kunnen doen aan een koolstofsysteem, een methode welke gericht is het op opslaan van koolstof in de bodem.

1.7 Afbakening

Een duidelijke afbakening is belangrijk om een concreet antwoord te kunnen formuleren. Wanneer er geen afbakening is, zal dit zorgen voor een niet-specifiek gericht antwoord, waar de doelgroep niet direct wat aan heeft. Het onderzoek bestaat daarom uitsluitend uit het eventueel te behalen rendement voor de akkerbouwer in het kader van het binden van CO₂ in de bodem.

Dit onderzoek moet uitwijzen of er een verdienmodel kan ontstaan door CO₂ in de bodem vast te leggen. Wanneer mogelijk zouden akkerbouwers vanuit dit perspectief een steentje bij kunnen dragen aan het reduceren van de CO₂-uitstoot.

Externe factoren, welke het onderzoek negatief kunnen beïnvloeden, zijn hierbij niet van toepassing.

1.8 Onderzoeksvraag

De onderzoeksvraag is aan de hand van de aanleiding en de probleemstelling geformuleerd. De vraag is omschreven met duidelijke kaders. De vraag wordt op deze manier specifiek door de deelvragen beantwoord.

Hoofdvraag: Welke rendementsvoordelen kunnen er ontstaan doormiddel van CO₂-vastlegging voor en door de akkerbouwers?

Deelvragen:

- Hoe kun je CO₂ vastleggen en hoeveel?
- Is er een manier om aan te tonen hoeveel CO₂ een agrarisch ondernemer vastlegt?
Zo ja, op welke wijze?
- Wanneer wordt een dergelijke actie financieel interessant voor betreffende ondernemer?
- Welke manier is er om van bovenstaande deelvraag rendement te kunnen realiseren?
- Op welke manier zou dit in de toekomst verder ontwikkeld kunnen worden?

Afzonderlijk van elkaar zullen de deelvragen beantwoord worden. Er wordt met name gekeken hoe er CO₂ vastgelegd kan worden en hoe deze CO₂ in de bodem behouden blijft. Denk hierbij aan bouwplan en grondbewerkingen. Vervolgens wordt er gekeken wanneer het financieel aantrekkelijk wordt voor de ondernemer om dit te willen gaan realiseren.

1.9 Oplossingsrichtingen

De resultaten welke in dit onderzoek naar voren komen, hebben als doel meer inzicht te geven in het rendement wat akkerbouwers kunnen behalen, wanneer zij CO₂ binden in de akkers. Het onderzoek is bedoeld ter verkenning, om meer duidelijkheid te geven over de kwestie van CO₂-vastlegging in de agrarische sector.

Ook is het onderzoek bedoeld om de verzamelde informatie kenbaar te maken in de agrarische sector en ondernemers hiermee te prikkelen om te willen verduurzamen op het gebied van CO₂-uitstoot.

2. Aanpak van het onderzoek

2.0 Algemene inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft hoe de materiaal en methode is gehanteerd voor het uitwerken van de in hoofdstuk 1 genoemde hoofdvraag en deelvragen. Per deelvraag wordt uitgebreid het zoekplan van de 'materiaal en methode' beschreven. 'Materiaal' beschrijft de variabelen welke invloed hebben op de beantwoording van de deelvragen en de hoofdvraag. 'Methode' geeft de toelichting op hoe de variabelen onderzocht zijn en welke invloed dit op de deelvragen en hoofdvraag heeft gehad. Op deze manier is er een inzichtelijk beeld gevormd over hoe de uitwerking stap voor stap in zijn werk is gegaan. Met deze basis was het eenvoudiger een concreet antwoord te kunnen creëren op de deelvragen om de uiteindelijke hoofdvraag te hebben kunnen beantwoorden.

2.1 Deelvragen

2.1.1. Hoe kun je CO₂ vastleggen en hoeveel?

Om te weten te komen hoe CO₂ vastgelegd wordt en wat nog belangrijker is; vastgehouden kan worden in de bodem, is er literatuuronderzoek uitgevoerd. Ditzelfde geldt voor de vraag 'hoeveel' CO₂ er per hectare kan worden vastgelegd. Het toepassen van het koolstofsysteem is momenteel in opmars in Nederland, echter wordt dit systeem in het buitenland al enkele jaren toegepast. Het Louis Bolk Instituut heeft in samenwerking met ZLTO en Bionext een project opgezet in Nederland. Het Louis Bolk Instituut is daarmee de expertiseleider op het gebied van 'goed koolstofbeheer'. Het door het instituut opgestelde rapport, wordt voor het beantwoorden van de deelvraag ook als referentiemateriaal gebruikt, evenals het rapport welke door de WUR is opgesteld voor de onderzoeken welke uitgevoerd zijn in het kader van koolstofvastlegging.

Materiaal

Wat hiervoor nodig was, is informatie welke betrouwbaar is te noemen, gerelateerd aan het betreffende onderwerp. De informatie over hoe CO₂ in de bodem gebonden kan worden en hoe deze gebonden CO₂ behouden blijft, is voornamelijk via het Louis Bolk Instituut en de WUR (Wageningen University Research) verkregen. Zoals vermeld hebben zij een onderzoek uitgevoerd in het kader van CO₂-vastlegging. Voor de randinformatie en referenties aan bovengenoemde bronnen, is er gebruik gemaakt van informatie welke afkomstig is van een klimaatonderzoeker, 'MilieuCentraal' en 'Boerderij'.

- (Bolk, 2018)
- (WUR, Mogelijkheden voor koolstofvastlegging, 2013)
- (Thoenes, 2017)
- (MilieuCentraal, sd)
- (Siemes, 2017)

Methode

De gegevens in het rapport van het Louis Bolk Instituut, omtrent koolstofvastlegging, zijn relatief betrouwbaar, maar lopen twee jaar achter. De gegevens zijn namelijk van het jaar 2018. Echter zijn de gegevens over koolstofvastlegging gelijk aan de gegevens welke de WUR in het jaar 2013 heeft uitgebracht. Daarmee kan gesteld worden dat de informatie betrouwbaar is en met de jaren niet veranderd is.

Waar rekening mee gehouden is tijdens het literatuuronderzoek, is niet alleen de manier waarop er CO₂ vastgelegd wordt, maar ook hoe de opgeslagen CO₂ behouden blijft in de bodem. Dit is namelijk het principe waar het hele koolstofsysteem om draait.

Doordat het inademen van CO₂ door de plant, het uitademen van de zuurstof en de afsplitsing van koolstof in de vorm van planten, biomassa, wortelhaartjes of humus voor de bodem een alledaags principe betreft, is daarmee de vraag 'hoe' er CO₂ gebonden wordt al vrij snel beantwoord. De manier waarop de gebonden CO₂ behouden blijft is een lastiger principe.

Om te weten te komen hoe een agrariër de daadwerkelijk gebonden CO₂ in de bodem behoudt, zijn er verschillende bronnen gebruikt. Zowel de wetenschappelijke bron van de WUR als die van het Louis Bolk Instituut. Er zijn diverse maatregelen naar boven gekomen welke het behouden van de CO₂ in de bodem zoveel mogelijk doen behouden in plaats van verloren laten gaan.

Indien een agrariër mee wil doen aan het koolstofsysteem, is het ook van belang om deze maatregelen toe te passen. Wanneer deze maatregelen niet toegepast worden, wordt er weinig CO₂ blijvend gebonden in de bodem.

Daarnaast is het ook belangrijk te weten hoeveel CO₂ er nou daadwerkelijk per hectare gebonden kan worden. Dit is namelijk van belang om te weten voor de berekening die moet worden uitgevoerd. Om dit te weten te komen is doormiddel van bovengenoemde bronnen het antwoord verkregen.

Met deze uitkomsten is inzichtelijk gemaakt hoe CO₂ gebonden wordt, hoe CO₂ behouden blijft in de bodem en hoeveel er ongeveer gebonden kan worden per hectare. Echter is het antwoord gebaseerd op inachtneming van de getoonde maatregelen.

2.1.2 Is er een manier om aan te tonen hoeveel CO₂ een agrarisch ondernemer vastlegt? Zo ja, op welke wijze?

Om erachter te komen welke manier er toegepast wordt voor het aantoonbaar maken van de CO₂-hoeveelheid die een agrarisch ondernemer per hectare vastlegt, is er literatuuronderzoek uitgevoerd. Zoals vermeld is het koolstofsysteem in opmars in Nederland. Van belang is om te weten op welke wijze het aantoonbaar maken van CO₂ tot op heden gebeurt. De ondernemers welke interesse hebben om koolstofboer te worden, moeten immers weten welke manier zij hiervoor toe kunnen passen. Het door het instituut opgestelde rapport, wordt voor het beantwoorden van de deelvraag als referentiemateriaal gebruikt.

Materiaal

Benodigd hiervoor was betrouwbare informatie in het kader van koolstofvastlegging. De informatie omtrent de manier van vastlegging is voornamelijk via het Louis Bolk Instituut verkregen. Zij voeren namelijk projecten uit gericht op koolstofsysteemen. Om meer informatie te verzamelen over de huidige stand van zaken, zijn onderstaande twee bronnen benaderd.

- (Bolk, 2018)
- (Cozijnsen, 2019)

Methode

De gegevens in het rapport van het Louis Bolk Instituut, omtrent koolstofvastlegging, zijn relatief betrouwbaar, maar lopen twee jaar achter. Om deze reden is ook een recenter wetenschappelijk artikel benaderd.

Waar rekening mee gehouden is tijdens dit literatuuronderzoek, is dat er gekeken is naar welke manier er momenteel toe wordt gepast en of er in de toekomst nog andere manieren zijn welke het huidige systeem opvolgen.

Het Louis Bolk Instituut heeft het project opgezet op dezelfde wijze als dat deze in het buitenland wordt uitgevoerd. Doormiddel van het rapport van het Louis Bolk Instituut, is het antwoord van de huidige wijze op deze vraag snel duidelijk geworden.

Echter blijkt de huidige wijze van het aantonen van de gebonden hoeveelheid CO₂ fraudegevoelig. Omdat er steeds meer behoefte is aan inzicht in de CO₂-footprint en CO₂-vastlegging van agrarische bedrijven, is ZLTO voortdurend bezig met ketenpartijen om een nauwkeurige berekening van CO₂-footprint en -binding te kunnen maken om deze vervolgens inzichtelijk te kunnen maken.

Met de uitkomsten is inzichtelijk gemaakt hoe het aantoonbaar maken van het huidige CO₂-principe gebeurt. Er wordt nog gewerkt aan een versie welke in de toekomst het huidige systeem zal gaan vervangen.

2.1.3 Wanneer wordt een dergelijke actie financieel interessant voor betreffende ondernemer?

Om inzichtelijk te krijgen wanneer een dergelijke actie financieel voor een betreffende ondernemer zal zijn, is er literatuuronderzoek verricht en is er een berekening uitgevoerd. Een ondernemer wil natuurlijk op voorhand weten wat er per hectare te verdienen valt om mee te willen doen. Er is een referentie gegeven voor een gemiddelde huidige vergoedingstoeslag per hectare. Deze referentie geeft randvoorwaarden aan, waar de wijziging aan de bedrijfsvoering aan moet voldoen om een rendement te kunnen opleveren.

Materiaal

Om deze deelvraag te kunnen beantwoorden is er gebruik gemaakt van een wetenschappelijk artikel, om de huidige prijzen vast te kunnen stellen. In combinatie met de informatie welke in de eerste deelvraag is beantwoord, is er een berekening opgesteld.

In deze situatie zijn referentiegetallen van belang om criteria op te stellen waaraan het rendement aan moet voldoen om hier een juiste conclusie uit te kunnen trekken. Per bedrijf zal de uitkomst namelijk verschillen.

- (Cozijnsen, 2019)
- Beantwoording voorgaande deelvragen
- Gegevens voorgaande deelvragen
- Rendementsberekening

Methode

Middels literatuuronderzoek is inzichtelijk gemaakt wat een ondernemer gemiddeld per hectare kan verdienen aan het worden van een koolstofboer.

De berekening is opgesteld voor een gemiddeld type bedrijf met een gemiddeld type grondgebied.

De uitkomsten hiervan zeggen dus nog niks. Deze rendementsberekening is namelijk voor elk bedrijf en elk gebied anders. Het geeft enkel een gemiddelde, tevens een richtlijn aan.

Daarnaast zal het te behalen rendement puur ten grondslag liggen aan de keuze welke de ondernemer maakt. Kiest de ondernemer voor verduurzaming of kiest de ondernemer voor goïng concern. Indien er gekozen wordt voor verduurzaming, zal de bedrijfsvoering aangepast moeten worden op het koolstofprincipe, waarvan het creëren van een ander bouwplan de voornaamste aanpassing zal zijn. Koolstof-gunstige gewassen, zijn namelijk niet de meest economische gewassen voor de ondernemer.

Met de uitkomsten is inzichtelijk gemaakt dat een echt rendement met de huidige prijzen nog niet in zicht is met de huidige prijzen en de vele maatregelen welke getroffen moeten worden om het koolstofprincipe te doen realiseren.

2.1.4 Welke manier is er om van bovenstaande deelvraag rendement te kunnen realiseren?

Uit de vorige deelvragen kwamen antwoorden welke van belang zijn bij het beantwoorden van deze deelvraag. Doordat de berekening gemaakt is, weet een ondernemer wat er ongeveer qua toeslag verwacht kan worden. De benoemde maatregelen welke getroffen moeten worden om het koolstofprincipe te realiseren, moeten afgewogen worden tegen de toeslag voor de CO₂-binding per hectare. Echter zal dit voor elk bedrijf specifiek berekend moeten worden.

Materiaal

Van belang was om te weten wat de toeslag per hectare bedraagt en wat de te nemen maatregelen qua kosten met zich meebrengt om bedrijfsspecifiek te kunnen stellen wat de juiste manier is om rendement te kunnen realiseren door het binden van CO₂.

- (Bolk, 2018)
- KWIN
- Beantwoording voorgaande deelvragen
- Gegevens voorgaande deelvragen
- Rendementsberekening

Methode

De genoemde maatregelen, welke tijdens het literatuuronderzoek in het rapport van het Louis Bolk Instituut getoond werden, en genomen moeten worden om een daadwerkelijke koolstofboer te kunnen worden, zullen voor vrijwel bijna alle akkerbouwers geen rendement kunnen opleveren.

Een paar belangrijke akkerbouwgewassen uit de KWIN zijn vergeleken met een aantal belangrijke koolstof-gunstige akkerbouwgewassen. Daarnaast is er nagegaan dat een ondernemer het machinepark aan zou moeten passen en een andere vorm van bemesting toe zou moeten passen op het bedrijf. Dit vergt de nodige investeringen, wat maakt dat het rendement voor een akkerbouwer gezien de huidige situatie niet in zicht komt.

Met de uitkomsten is inzichtelijk gemaakt dat een echt rendement met de huidige prijzen en de veel vragende maatregelen voor een akkerbouwer niet gunstig zijn om tot op heden rendement te kunnen realiseren op het bedrijf.

2.1.5 Op welke manier zou dit in de toekomst verder ontwikkeld kunnen worden?

Op de vraag hoe het gehele koolstofprincipe zich in de toekomst zou kunnen door ontwikkelen, is er gezocht naar artikelen welke aannames en/of verwachtingen doen uitspreken. In de markt en in de maatschappij is er namelijk steeds meer belangstelling voor een klimaatverantwoorde productie. Ook vragen ketenpartijen in toenemende mate aandacht voor de CO₂-footprint. Daarnaast is de consument hier zich steeds bewuster van. De verwachting is dan ook dat op basis van verduurzaming steeds meer gerealiseerd gaat worden en het verduurzamingsaspect nog belangrijker gaat worden dan dat het tot op heden al is.

Materiaal

Literatuuronderzoek heeft een antwoord kunnen formuleren over de ontwikkeling van het koolstofprincipe in de toekomst. Het eerder benoemde wetenschappelijke artikel en de eerder benoemde website 'Boerderij' hebben namelijk uitspraak gedaan over wat er in de toekomst verwacht wordt. Deze zijn dan ook benaderd voor het beantwoorden van deze deelvraag.

- (Cozijnsen, 2019)
- (Siemes, 2017)

Methode

De verzamelde gegevens van bovengenoemde bronnen hebben kenbaar gemaakt dat het systeem momenteel nog in de kinderschoenen staat en dat de prijzen momenteel erg laag zijn. Agrarisch ondernemers zullen momenteel niet gauw de switch maken om voor een klein bedrag per hectare de koolstof te willen doen vastleggen en dit vast te houden in de bodem. Dit heeft ook te maken met de vele maatregelen welke getroffen moeten worden.

De verwachting is dan ook dat het de agrariërs aantrekkelijker wordt gemaakt. Dit zou middels subsidies of verplichtstelling moeten gebeuren. De verwachting is dat laatstgenoemde voorlopig nog niet in werking zal treden.

Met deze uitkomsten is inzichtelijk gemaakt hoe de toekomst vorm gaat geven omtrent het koolstofsysteem. Of dit dan ook echt een rendement voor de akkerbouwers doet opleveren, is de vraag.

2.2 Beantwoorden hoofdvraag

Nu de deelvragen beantwoord zijn, kan er met de verkregen informatie uit deze antwoorden van de betreffende deelvragen, antwoord worden gegeven op de uiteindelijke hoofdvraag:

“Welke rendementsvoordelen kunnen er ontstaan doormiddel van CO₂-vastlegging voor en door de akkerbouwers?”

Uiteindelijk is gebleken dat er momenteel geen rendementsvoordelen zijn op het behalen van CO₂-vastlegging voor en door de akkerbouwers. De maatregelen welke getroffen moeten worden om het koolstofprincipe te realiseren, wegen niet op tegen de huidige vergoedingen. Voor melkveehouders daarentegen kan dit wel een rendement opleveren.

3. Resultaten

3.0 Algemene inleiding

De onderzoeksresultaten zijn in dit hoofdstuk gepresenteerd. De resultaten zijn toegelicht en ter verduidelijking van tabellen en figuren voorzien. Per deelvraag zijn de resultaten verwerkt, hiermee beslaan ze elk een paragraaf. De conclusies, evenals de adviezen welke in dit hoofdstuk naar voren komen, zijn in de hierna volgende hoofdstukken verwerkt.

3.1 Deelvraag 1: Hoe kun je CO₂ vastleggen en hoeveel?

De resultaten omtrent hoe en hoeveel CO₂ er vastgelegd kan worden, zijn verkregen via literatuuronderzoek.

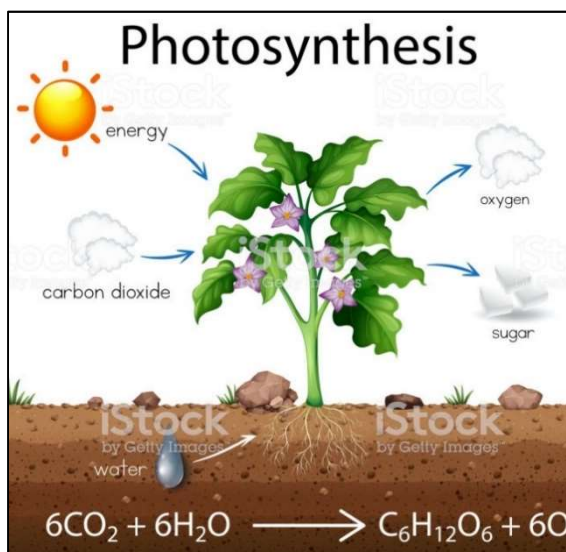
Een gemiddelde landbouwbodem bevat tussen de 2% en de 5% organische-stof. Organische-stof omvat een verzamelaam van allerlei verbindingen, waarbij koolstof de basis vormt. Ongeveer 58% van de organische-stof in Nederlandse bodems bestaat uit koolstof. Voor dit laatste is een goed beheer noodzakelijk. Dit zowel voor de agrariër als het klimaatvraagstuk, (Bolk, 2018).

Het percentage CO₂ wat van menselijke oorsprong de atmosfeer binnenkomt bedraagt 4%. Van de totale hoeveelheid die de atmosfeer binnenkomt, wordt 98% opgenomen door de natuur. De overige 2% hoopt zich in de atmosfeer op. Dit aspect komt overeen met de stijging welke gemeten is van het CO₂-gehalte van de atmosfeer, (Thoenes, 2017).

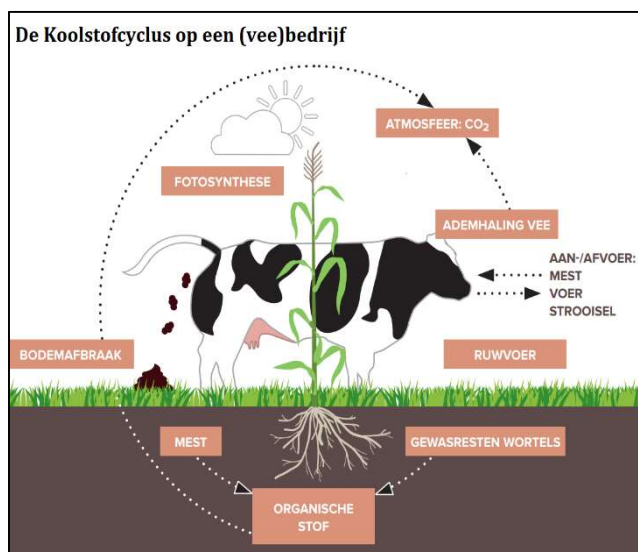
Door een toename van CO₂-concentratie in de atmosfeer, verandert het klimaat. Dit broeikasgas werkt namelijk als een soort deken. Het zorgt ervoor dat de aarde namelijk minder warmte kwijt kan. Een gevolg hiervan is dat de zeespiegel stijgt, er hevige regenbuien plaatsvinden, dat de zeespiegel stijgt en dat perioden van droogte toenemen, (Bolk, 2018).

Voor het opwekken van energie, wordt in de huidige industrie gebruik gemaakt van het verbranden van fossiele brandstoffen. Tot op heden bedraagt het percentage dat opgewerkt wordt middels fossiele brandstoffen 93%. De genoemde fossiele brandstoffen bestaan uit diverse koolstofelementen, welke zich in het verleden gevormd hebben uit plantaardige resten, (MilieuCentraal, sd).

De koolstof welke bij verbranding vrijkomt, is voornamelijk in de vorm van CO₂ en komt in de lucht terecht. Via fotosynthese kunnen planten deze CO₂ omzetten en inbouwen in stengel, wortel of blad, zie onderstaande figuur, [Figuur 3.0 Fotosynthese schematisch afgebeeld](#). Deze organische koolstof wordt geoogst, begraasd of blijft op het perceel achter als afgestorven blad, stoppel en wortels. De gewasrechten plus de aangevoerde mest zorgen voor organische-stof in de bodem, zie onderstaande figuur, [Figuur 3.1 Koolstofcyclus op een \(vee\)bedrijf](#).



Figuur 3.0 Fotosynthese schematisch afgebeeld



Figuur 3.1 Fotosynthese schematisch afgebeeld

Op de wijze zoals in bovenstaande figuur, [Figuur 3.0 Fotosynthese schematisch afgebeeld](#), betreft dit een onderdeel van de koolstofkringloop. Met name door de industriële revolutie lijkt het erop dat dit proces de laatste jaren versneld gebeurt. Door de sterke groei van de CO₂-uitstoot de afgelopen jaren, komt dit de fotosynthese-activiteit ten goede, (Thoenes, 2017).

Een bijkomend voordeel van hogere CO₂-concentraties welke beschikbaar zijn voor de plant, is dat de planten resistenter worden tegen plantenziektes en droogte. Er gaat bij het opnemen van CO₂ minder water verloren. In veel verschillende gewassen is gemeten dat de groeisnelheid toeneemt bij een hogere CO₂-concentratie. Er zijn voor verschillende bladgewassen toenames gemeten bij een verhoging van het CO₂-gehalte met maar liefst 300 ppm. Deze toenames waren in de orde van 20-45%, met een gemiddelde van 30%. Voor de meeste graangewassen lag dit getal rond de 35%, (Thoenes, 2017).

Het principe van CO₂-vastlegging in de bodem is niet moeilijk. Het gebeurt namelijk vanzelf en al eeuwenlang. Wat het belangrijkste aspect van het vastleggen van CO₂ in de bodem, is de toename en het behoud hiervan. "Het ophogen van organische-stof gaat met de snelheid van een fiets, het verlies gaat met de snelheid van een TGV-trein", (Siemes, 2017).

De volledige capaciteit van de bodem wordt momenteel onbenut gelaten. Agrariërs geven er tot op heden namelijk weinig tot geen prioriteit aan. Ook heeft het te maken met een gebrek aan inzicht en doordat er nog geen directe sturing op zit uit beleid of markt.

Diverse factoren zijn van belang bij het binden en behouden van zoveel mogelijk organische-stof in de bodem. In onderstaande figuur, [Figuur 3.2 Maatregelen ter verhoging van het bodemkoolstofgehalte voor de akkerbouw](#), zijn de maatregelen weergegeven waar een agrarisch ondernemer rekening mee dient te houden voor het op juiste manier omgaan met de CO₂ in de bodem van het perceel.

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

Figuur 3.2 Maatregelen ter verhoging van het bodemkoolstofgehalte voor de akkerbouw (Bron: Bolk 2018)

- X = Toevoer van organische-stof van buiten het bedrijf
- Y = Extra productie van organische-stof binnen het bedrijf door vastlegging van CO₂ vanuit de lucht
- Z = Vermindering van verlies van organische-stof door verlaging van de afbraaksnelheid van organische-stof in de bodem

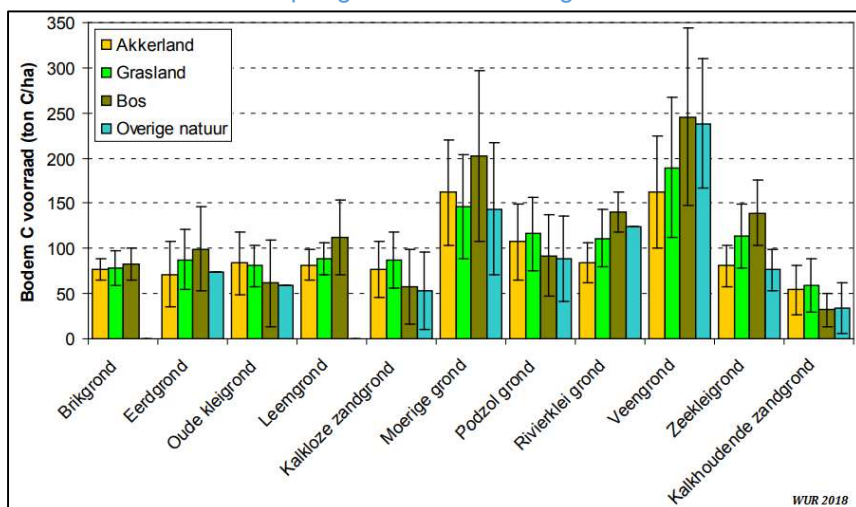
Om inzichtelijk te maken met welke maatregel er hoeveel CO₂ gewonnen kan worden in kilo per hectare per jaar, is in onderstaande figuur, [Figuur 3.3 Berekende maximale CO₂-vastlegging in de Nederlandse bodem](#), een uitsplitsing gemaakt per maatregel. De uitkomsten zijn gebaseerd op literatuuronderzoek. Er is rekening gehouden met het feit dat niet alle maatregelen tegelijk uitvoerbaar zijn. Dit met name door het kostentechnisch-aspect als het agronomische-aspect.

Maatregel	Max. Per hectare Kg CO ₂ / hectare / jaar
Maatregelen grondbewerking:	
• Niet-kerende grondbewerking	608
• Geen grondbewerking toepassen	1.167
Maatregelen bouwplan:	
• Groenbemester/stikstofvanggewas/maaimeststof	398
• Verbeteren gewasrotatie	1.205
Overige maatregelen:	
• Gewasresten achterlaten	803
• Akkerrandenbeheer	186
• Niet scheuren grasland	3.586
Totaal realistische combinaties	2.316

Figuur 3.3 Berekende maximale CO₂-vastlegging in de Nederlandse bodem

De huidige totale koolstofvoorraad in de bodem wordt geschat op 357 megaton, (RVO, sd). Bossen zijn de grootste CO₂-vastleggers. Bomen leggen namelijk koolstof vast in het hout. Hiermee wordt er een meerjarige voorraad aangelegd. Bossen leggen jaarlijks 2,7 megaton CO₂ vast.

Er is geen eenduidig antwoord te geven op 'hoeveel' CO₂ er vastgelegd kan worden per hectare. Wel is per grondsoort berekend wat de koolstofvoorraad is in de eerste 30 centimeter van de bodem is. Echter is er geen rekening gehouden met het landgebruik en het bodemtype. Veengronden en moerige gronden bevatten uiteraard de grootste koolstofvoorraden. De voorraad in kleigronden is gemiddeld hoger dan die van zandgronden, zie onderstaande figuur, [Figuur 3.4 Gemiddelde bodemkoolstofvoorraad per grondsoort en landgebruik](#).

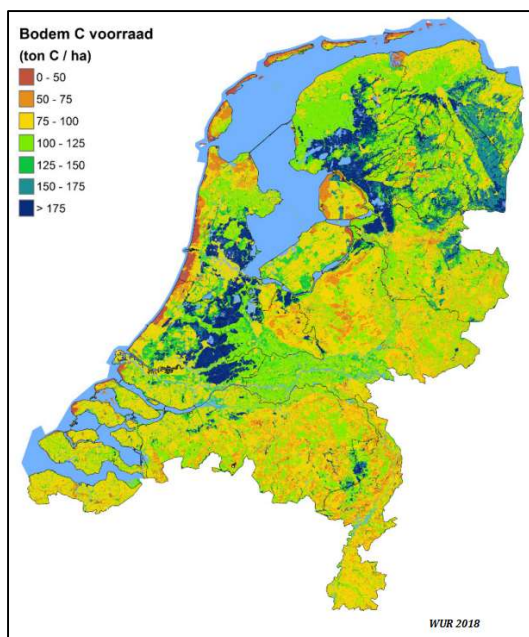


Figuur 3.4 Gemiddelde bodemkoolstofvoorraad per grondsoort en landgebruik (Bron: WUR 2018)

In onderstaande figuur, [Figuur 3.5 Kaart van de bodemkoolstofvoorraad van de bovenste 30 cm.](#), is een overzicht van de verschillende mate van koolstofvoorraad in Nederland weergegeven. Uiteraard zijn de grootste voorraden te vinden in de veengebieden (West-Nederland en Freisland). Duingebieden en de zandgronden op de Veluwe bevatten weinig koolstof in de eerste 30 centimeter van de bodem. (WUR, Mogelijkheden voor koolstofvastlegging, 2013).

*Voor het omrekenen van de hoeveelheid koolstof (C) per hectare naar de hoeveelheid CO₂ per hectare, moet er een berekening gemaakt worden. Eén ton CO₂ bevat namelijk gemiddeld 27 ton koolstof, (Bolk, 2018).

Op basis van een tiental studies stellen onderzoekers vast dat onder grasland per jaar gemiddeld 0,5 tot 1 ton koolstof per hectare kan worden opgeslagen. Met alle landbouwgrond in Nederland kan dit neerkomen op een totale wegvang van 1 miljoen ton CO₂, (WUR, Mogelijkheden voor koolstofvastlegging, 2013).



Figuur 3.5 Kaart van de bodemkoolstofvoorraad van de bovenste 30 cm. (Bron: WUR 2018)

3.2 Deelvraag 2: Is er een manier om aan te tonen hoeveel CO₂ een agrarisch ondernemer vastlegt? Zo ja, op welke wijze?

De resultaten inzake de aantoonbaarheid van de vastlegging van CO₂, zijn verkregen via literatuuronderzoek.

In Oostenrijk heeft de overheid enkele jaren geleden een pilot toegestaan, waarin boeren CO₂ vast konden leggen in de bodem om hiermee het organische-stofgehalte te verhogen. Verschillende bedrijven, waaronder grote supermarktketens, konden op deze manier hun maatschappelijke plicht afkopen middels de beschikbare uitstoot-certificaten van de agrariërs. Inmiddels is er een wachtlijst ontstaan aan bedrijven die hun CO₂-uitstoot willen afkopen van de agrariërs. Het project is inmiddels uitgebreid, waaraan 140 Oostenrijkse agrariërs deelnemen. Bij de start is er per perceel een nulmeting uitgevoerd van het organische-stofgehalte in de bodem. Na een termijn van vijf jaar wordt er opnieuw een monster genomen. Het verschil tussen de eindmeting en de nulmeting is de uiteindelijke koolstofbinding in de bodem over een termijn van vijf jaar. Naar schatting zal er zo'n 0,5 ton koolstof per hectare gebonden gaan worden. De prijs die per ton CO₂ per hectare wordt uitgereikt is € 30,-, (WUR, Mogelijkheden voor koolstofvastlegging, 2013).

Bionext heeft in 2018 samen met ZLTO en Louis Bolk Instituut onderzocht welke technieken boeren en telers toe kunnen passen omtrent CO₂-vastlegging in akkers. In september 2019 heeft dit een vervolg gekregen in het 3-jarige Europese INTERREG-project 'Carbon Farming'. Hier doen Bionext en ZLTO aan mee, samen met partners uit België, Duitsland en Noorwegen.

Vanuit ZLTO en Bionext is er een project opgericht, namelijk 'koolstofboeren'. Dit in samenwerking met Louis Bolk Instituut. De opzet van het project is hetzelfde als dat in Oostenrijk uitgevoerd wordt. Ook hier is het de bedoeling dat het een traject van vijf jaar wordt. De nulmeting zal plaatsvinden in februari 2021. In 2026 wordt bekeken wat de maatregelen hebben opgeleverd, (Bionext, 2020). Binnen dit project wordt ook nadrukkelijk gekeken naar verdienmodellen. Aan genoemd project zit geen financieel aspect gekoppeld.

Momenteel loopt er ook een driejarig project, genaamd "Carbon Valley". Deze wordt uitgevoerd door stichting Duinboeren en het Louis Bolk Instituut. Koolstofopslag staat hierin niet centraal, het omvat een onderdeel van het project.

Tot op heden betreft de nulmeting op de akkers in combinatie met de eindmeting, de enige manier waarop er aangetoond wordt hoeveel koolstof er gebonden is in de bodem in een bepaalde tijd.

3.3 Deelvraag 3: Wanneer wordt een dergelijke actie financieel interessant voor betreffende ondernemer?

De resultaten inzake de financiële aantrekkelijkheid omtrent de vastlegging van CO₂, zijn verkregen via literatuuronderzoek.

Klimaatverandering is een van de grootste problemen van deze tijd. Om het klimaatprobleem voor een deel te helpen keren, kan de landbouwsector gezien worden als een kans. Tot op heden wordt er nog steeds veelal CO₂ uitgestoten. Het is van belang meer CO₂ uit de lucht te halen en te binden in de bodem, al dan niet voor een financiële vergoeding.

De landbouw is in staat jaarlijks een miljoen ton aan CO₂ weg te kunnen vangen. Echter moeten boeren hier wel maatregelen, welke genoemd zijn in [Figuur 3.2](#), voor gaan nemen.

De prijs voor één CO₂-recht in de officiële emissiehandel (ETS), stond begin 2018 op ongeveer € 8,-. Momenteel ligt de prijs tussen de € 20,- en € 25,- per ton CO₂, (Cozijnsen, 2019).

De vrijwillige CO₂-handel is in opmars en bevindt zich nog in de ontwikkelingsfase. Een voordeel van de vrijwillige koolstofmarkt, is dat de regels minder strak zijn en bedrijven er vrijwillig voor kunnen kiezen hun CO₂-uitstoot te compenseren. Denk bij deze bedrijven aan banken of autoleasebedrijven. De mate waarin kopers bereid zijn te betalen voor deze kwalitatieve aspecten, spelen overigens een rol in de totstandkoming van de prijs per ton CO₂. De prijzen kunnen variëren van minder dan € 1,- tot wel € 30,-. Dit zal ook te maken gaan hebben met hoe de vraag zich weerhoudt tot het aanbod van deze gebonden CO₂. Is er veel vraag vanuit de markt, dan zal de prijs stijgen. Is er weinig vraag vanuit de markt, dan zal de prijs gaan dalen, (Cozijnsen, 2019).

Berekening:

Voor elk perceel en voor elk bedrijf gelden andere koolstofvoorraden. Om als ondernemer te weten te komen welk rendement er kan behaald worden voor zijn bedrijf, is het noodzaak een berekening op bedrijfsniveau te realiseren. Voor de berekening zijn de volgende bedrijfsgegevens meegenomen:

Bedrijfsgegevens:

- Bedrijf met 30 hectare bouwland
- 100 ton C per hectare (0-30 cm van teeltlaag)
- Referentiewaarde (75 ton C per hectare)
- Projectduur (10 Jaar)
- Prijs (Aanname € 10,-)
- Risicoverzekering (Aftrek van 10%)
- Omrekeningsfactor (Gemiddelde van 27)

Uitgaande van een gemiddelde hoeveelheid koolstofbinding (100 ton C per hectare) in de teeltlaag van een perceel.

Om de koolstofbinding in de teeltlaag voor de meting realistisch te houden, wetende dat deze in de praktijk nooit precies 100 ton C per hectare zal zijn, is er een referentiewaarde van 75 ton C per hectare gebruikt.

Indien een agrarisch ondernemer jaarlijks CO₂ met enige inspanning weet vast te leggen, kan er met deze gebonden CO₂ circa +/- 10,- per hectare verdiend worden. Een vervolgvraagstuk hierop kan zijn wat er moet gebeuren wanneer de agrarisch ondernemer een afbraak heeft gerealiseerd. Moet er dan geld toegelegd worden? In de berekening zal rekening gehouden worden met een risicoverzekering van 10% als buffer voor het eventueel terugbetalen van de CO₂-credits. Op een perceel kunnen immers fouten gemaakt worden, denk hierbij aan overmacht (weersomstandigheden: nattigheid / droogte) of een gemaakte fout tijdens de grondbewerking, al dan niet gemaakt door de loonwerker.

Totale koolstofbinding = 30 Ha x 100 ton C/Ha = 3.000 ton C/Ha
Referentiewaarde = 30 Ha x 75 ton C/Ha = 2.250 ton C/Ha

Berekening (C-Totaal – C-Referentie) (Ton) / Projectduur x Prijs – Risicoverz. / Omrekeningsfactor

Berekening (3.000 – 2.250) x 100 / 10 * 10 * 0,90 / 27 = € 2.500,- vergoeding per jaar.

Vervolgens is het van belang om in het programma CoolFarmTool de bedrijfsgegevens in te voeren. Denk hierbij aan het aantal hectare grond waar het bedrijf uit bestaat, welke gewassen er worden geteeld (bouwplan), welke opbrengsten er worden behaald in kilo's per hectare, welke types bemesting er toegepast worden en de hoeveelheid meststoffen welke per hectare worden toegediend, welke bespuitingen er uitgevoerd worden en welke grondbewerkingen er voor elk gewas worden uitgevoerd.

Daarna is het van belang de gemiddelde opbrengsten per gewas bij elkaar op te tellen, minus de teeltkosten per gewas.

Indien het mogelijk is, moet het bouwplan gewijzigd worden. Het bouwplan zal ingericht moeten worden op gewassen waarbij er zoveel mogelijk gewasrechten kunnen achterblijven op het land.

In [Bijlage 1: Aanvoerbronnen effectieve organische-stof](#), is cijfermatig weergegeven wat de effectieve organische-stof per betreffend gewas, groenbemester en mest is.

In [Bijlage 2: Kengetallen organische-stof](#), is cijfermatig aanvullende informatie weergegeven, welke na vijf en tien jaar nog over zijn van de aangevoerde organische stof per gewas, groenbemester en mest.

De hoog-salderende en belangrijkste akkerbouwgewassen zijn met name:

- Tulpen
- Consumptieaardappelen
- Zetmeelaardappelen
- Spinazie
- Wortelen
- Zaauijen

Om dit koolstofproject te kunnen realiseren, moeten er met name gewassen geteeld worden, welke veel gewasresten achterlaten, om hiermee organische-stof in de bodem te creëren. Met bovenstaande gewassen is dat onmogelijk. Het gehele product wordt namelijk afgevoerd van het land, enkel het loof blijft achter op het land, gezien de effectieve organische-stof (e.o.s.) van loof, valt dit te verwaarlozen.

Een graangewas, denk hierbij aan wintertarwe of zomertarwe, is vrijwel altijd een diep wortelend gewas, welke veel toegepast wordt op akkerbouwbedrijven. Dit gewas is voor het koolstofsysteem een interessant gewas, wanneer enkel de korrels van de plant afgevoerd worden en het stro (de stengel van het gewas) achtergelaten wordt op het land.

Indien een ondernemer ervoor kiest om een zogeheten 'koolstofboer' te worden, aan de hand hiervan een koolstof-gunstig bouwplan creëert, moet het machinepark hier ook op aangepast gaan worden.

3.4 Deelvraag 4: Welke manier is er om van bovenstaande deelvraag rendement te kunnen realiseren?

De resultaten inzake de financiële aantrekkelijkheid omtrent de vastlegging van CO₂, zijn verkregen via literatuuronderzoek.

In de landbouw wordt er gestreefd naar een rendement van 1 á 2 procent. Dit kan meer zijn in goede jaren en een gunstige mate van financiering. Minder wil ook weleens voorkomen, echter moet het doel op de 2 procent liggen, (Flynth, 2019).

Het rendement wat de agrarisch ondernemer is sterk afhankelijk van de extra kosten die gemaakt moeten worden om vastlegging van koolstof te kunnen realiseren.

Met de inachtneming van het feit dat het bouwplan aangepast moet worden, zal dit ten goede komen van de koolstofbinding op de percelen van de betreffende ondernemer. Echter heeft een wijziging in het bouwplan, waarbij er gepleit wordt voor minder rooivuchten en meer meerjarige teelten, heeft dit een keerzijde op de economische kant van de teeltwisseling. De teelten welke goed zijn voor de koolstofbinding, geven namelijk vele malen minder rendement dan de hoog-salderende gewassen, welke het koolstofsysteem niet ten goede komt. De circa € 83,- welke per hectare gewonnen wordt met het telen van gewassen om het koolstofsysteem mogelijk te maken, is samen met de opbrengsten van de koolstof-gunstige gewassen, lang niet genoeg om de hoog-salderende gewassen uit het bouwplan te laten vallen om rendement te behalen. In onderstaande tabel, [Tabel 3.0](#) en [Tabel 3.1](#) zijn

de saldoberekeningen gegeven van koolstof-gunstige gewassen. In onderstaande [Tabel 3.2](#) en [Tabel 3.3](#) zijn de saldoberekeningen gegeven van niet koolstof-gunstige gewassen.

Tabel 3.0: Saldoberekening luzerne (inclusief koolstofvergoeding), (KWIN, 2015).

Luzerne	Bedrag in €
Opbrengst	960
Toegerekende kosten	191
Arbeid	100
Saldo eigen mechanisatie	669 + 83 = 752

Tabel 3.1: Saldoberekening gras-klaver (inclusief koolstofvergoeding), (KWIN, 2015).

Gras-klaver	Bedrag in €
Opbrengst	1.269
Toegerekende kosten	460
Arbeid	20
Saldo eigen mechanisatie	789 + 83 = 872

Tabel 3.2: Saldoberekening aardappelen, (KWIN, 2015).

Aardappelen	Bedrag in €/ha
Opbrengst	8.960
Toegerekende kosten	3.450
Arbeid	640
Saldo eigen mechanisatie	4.870

Tabel 3.3: Saldoberekening zaaiuien, (KWIN, 2015).

Zaaiuien (geel)	Bedrag in €
Opbrengst	11.400
Toegerekende kosten	3.500
Arbeid	2.820
Saldo eigen mechanisatie	5.080

3.5 Deelvraag 5: Op welke manier zou dit in de toekomst verder ontwikkeld kunnen worden?

De resultaten inzake de financiële aantrekkelijkheid omtrent de vastlegging van CO₂, zijn verkregen via literatuuronderzoek.

Betaald worden doormiddel van CO₂-vastlegging in de bodem bestaat al enige tijd. Denk hierbij aan het emissiehandelssysteem (ETS), welke in het jaar 2005 is opgezet om bedrijven te prikkelen om energie-efficiënter te gaan werken. Landbouw en de emissies van CO₂ uit bodem- en landgebruik is echter niet tot nauwelijks bij het klimaatbeleid en het ETS in beeld. Onder de ETS vallen met name de grootste industriële bronnen, welke goed zijn voor 40% van alle emissies in Europa. Daarnaast kunnen de broeikasgasemissies uit de landbouw als moeilijk-omvattend worden beschreven. De CO₂-hoeveelheden zijn namelijk moeilijk meetbaar. Denk hierbij aan uitstoot in combinatie binding op deze bedrijven. Ook is CO₂-vastlegging in bodems niet onder de doelstellingen gebracht van de EU. Bodemkoolstof heeft en krijgt voorlopig geen plek in het ETS, (Cozijnsen, 2019).

Echter kan bodemkoolstof daarentegen wel deelnemen aan een informele klimaat-aanpak. Denk hierbij aan de emissiehandel op vrijwillige basis. In Oostenrijk en in Amerika is men hier sinds een aantal jaar mee bezig. In Nederland is dit principe sinds het jaar 2018 in opmars.

LTO hoopt en ijvert dat en in het nieuwe landbouwbeleid, welke in het jaar 2021 in gaat, een extra bonus voor koolstofvastlegging komt, denk hierbij ook aan een extra vergoeding voor het handhaven van het organische-stofgehalte en een extra vergoeding wanneer het gehalte omhoog gaat, (Siemes, 2017).

Daarnaast probeert de LTO bij de Nederlandse regering een subsidieregeling voor elkaar te krijgen waarbij de agrariërs welke aantoonbaar koolstof vastleggen in hun grond, beloond worden. Ook streeft Boerenbont naar een beheersovereenkomst over het klimaat, in het volgende gemeenschappelijke landbouwbeleid. Hiervan zal koolstofopslag een onderdeel zijn.

De binding van CO₂ van vanuit de lucht en het vastleggen ervan in de bodem, omvat momenteel een vrijwillig systeem. De kans is aannemelijk dat dit vrijwillige systeem, in de toekomst verplicht wordt gesteld. De reden waarom het tot op heden nog niet verplicht is gesteld, is omdat het systeem tot op heden lastig te meten en te controleren is. Daarnaast wordt er beredeneerd dat het de verantwoordelijkheid van de agrarisch ondernemer zelf is, om optimaal voor de bodem te zorgen. Indien er een goed en meetbaar systeem, welke niet gevoelig is voor fraude, ontwikkeld wordt, is de kans groot dat bovenstaand systeem in de toekomst verplicht gesteld gaat worden.

4. Discussie

4.0 Algemene inleiding

In dit hoofdstuk is de gekozen aanpak van het onderzoek bediscussieerd. Er wordt met name gereflecteerd op de onderzoeks-wijze en de resultaten welke naar voren zijn gekomen. Het betreft een terugkoppeling gezien de literatuur en het onderzoek.

Tevens moet in dit hoofdstuk naar voren komen of het vastleggen van CO₂ een rendement oplevert voor de agrarisch ondernemer. Als er een rendement kan worden behaald, is de kans groot dat er meer agrarische ondernemers kiezen voor het vastleggen van CO₂ in de bodem.

4.1 Belangrijkste resultaten

Hoe kun je CO₂ vastleggen en hoeveel?

Zoals vermeld veranderd het klimaat, wat nieuwe uitdagingen voor de landbouw betekent. De bijdrage zal niet groot zijn in het licht van het geheel, maar zal deels tot een bijdrage aan de oplossing kunnen bieden. Dit kan gedaan worden door CO₂ als koolstof blijvend vast te leggen in de bodem.

De manier waarop de vastlegging gebeurt is door het inademen van CO₂ door de plant. De plant splitst de koolstof af en ademt de zuurstof uit. De koolstof blijft op het perceel achter in de vorm van planten, biomassa, wortelhaartjes of humus. Het zoveel mogelijk behouden van deze koolstof in de bodem is wenselijk, zowel klimaat-technisch als bodem-technisch; Het zorgt namelijk voor hogere opbrengsten, minder gewasziekten en de bodem wordt weerbaarder, denk bij laatstgenoemde aan minder last bij extreem veel water of juist bij langdurige droogte.

Met de steeds krappere wordende mestnormen, komt het belang van de verhoging van het organische-stofgehalte naar boven. Gecombineerd met 'koolstofvastlegging' kan er gesproken worden over een win-winsituatie.

De manier waarop CO₂ vastgelegd wordt, is niet moeilijk. Dit gebeurt namelijk vanzelf. De manier waarop de vastgelegde koolstof per hectare dan ook echt daadwerkelijk behouden en verbeterd wordt, is een moeilijker aspect. Want wanneer deze genoemde koolstof zoveel mogelijk opgeslagen blijft en niet wordt afgebroken, wordt uitstoot van CO₂ voorkomen.

Om de koolstof in de bodem zoveel mogelijk te behouden, is het van belang minder (kerende)grondbewerkingen uit te voeren. In combinatie met dit principe kan men ervoor kiezen om het bouwplan aan te passen. Het is van belang een bouwplan uit te kiezen met minder rooivruchten en meer meerjarige teelten, waaronder bijvoorbeeld luzerne of het tijdelijk aanleggen van grasland. Daarnaast is het optimaliseren van de bemesting en het aanvoeren van bijvoorbeeld compost een vereiste om een voordeel te behalen omtrent het vastleggen van koolstof in de bodem.

Becijferd is dat de landbouw jaarlijks 1 miljoen ton CO₂ weg kan vangen. Per jaar zal dit omgerekend om 0,5 tot 1 ton koolstof per hectare gaan. Diverse onderzoekers geven aan dat dit gegeven omvat kan worden als een enorme uitdaging. Agrarisch ondernemers zullen niet van de een op de andere dag een andere bedrijfsvoering gaan realiseren. Hier moet wel een financieel gunstig kostenplaatje tegenover staan.

Is er een manier om aan te tonen hoeveel CO₂ een agrarisch ondernemer vastlegt? Zo ja, op welke wijze?

Voor de projecten welke momenteel gevoerd worden inzake koolstofvastlegging, wordt er in beginsel een nulmeting opgesteld van het organische-stofgehalte in de bodem van de percelen. Aan het einde van het project, zal er een eindmeting plaatsvinden, waarbij bepaald wordt wat de winst is omtrent de gebonden koolstof in de bodem. Het is niet per definitie noodzakelijk om tussentijdse metingen te creëren. Het gaat bij koolstofbinding om het lange-termijn principe. Een meting na vijf of na tien jaar is prima om het verloop te kunnen berekenen.

Er wordt door de WUR onderzocht of er een geschikte methodiek bestaat voor het inzichtelijk en aantoonbaar maken van de vastgelegde koolstof in de bodem, welke niet fraudegevoelig is. Tot op heden worden de gedane metingen bijgehouden in een simpele 'koolstofadministratie'.

Wanneer wordt een dergelijke actie financieel interessant voor betreffende ondernemer?

Voor elke agrarisch ondernemer zal de situatie anders zijn. Elke ondernemer heeft te maken met een ander grondtype waarop geteeld wordt, het huidige bouwplan plus welke reden men heeft voor het huidige bouwplan, de opbrengsten per gewas, het aantal hectares welke men bezit, het type bemesting plus de hoeveelheid bemesting per gewas en per hectare, de bespuitingen per gewas en de groundbewerkingen welke er uitgevoerd worden op het bedrijf.

Voor de beeldvorming van wat men ongeveer kan verwachten inzake de vergoeding voor het binden van CO₂ uit de lucht en tot koolstof om te zetten in de bodem, betreft een bedrag van € 2.500,- per jaar. De berekening is gebaseerd op bedrijf met 30 hectare grond, waarvan het type grond 100 ton koolstof bevat, wat als 'gemiddeld' kan worden bestempeld, zie [Figuur 3.5](#). Indien het grondtype minder geschikt is om CO₂ te binden, kan dit bedrag bijvoorbeeld € 2.000,- bedragen. Indien het grondtype beter geschikt is om CO₂ te binden, kan het de ondernemer zo maar eens € 3.000,- opleveren voor een heel jaar. Daarnaast is er gerekend met een bedrag van € 10,- per ton CO₂. Het bedrag is laag aangehouden, omdat de kans groot is dat koolstof ook weer uit de bodem ontsnapt.

Rekening houdend met een omschakeling van de bedrijfsvoering, een ander machinepark en minder economische gewassen, waarvan laatstgenoemde nooit evenredig zijn aan de koolstof-gunstige gewassen inclusief koolstoftoeslag, valt er voor een huidige akkerbouwer geen rendement te behalen.

Welke manier is er om van bovenstaande deelvraag rendement te kunnen realiseren?

Om rendement te kunnen realiseren voor CO₂-binding, zal een akkerbouwer met de huidige prijzen niet snel in aanmerking komen. De opbrengsten van de koolstof-gunstige gewassen zijn met de toeslag per hectare, welke momenteel geldt, financieel niet rendabel. Het is niet gunstig om deze gewassen dan ook te vervangen voor de huidige gewassen welke momenteel op de meeste akkerbouwbedrijven geteeld worden. Daarnaast moet ook het machinepark aangepast worden.

De koolstofvergoeding van € 83,- per hectare, welke een gemiddelde bedraagt, is momenteel niet genoeg om veel akkerbouwers te doen prikkelen om 'koolstofboer' te worden. Het Financieel gezien gaan zij er namelijk behoorlijk op achteruit.

Indien het gewijzigde bouwplan, welke de koolstofbinding ten goede komt en economisch net zo interessant is als het voorgaande bouwplan, zal de agrarisch ondernemer er een financieel rendement uit kunnen behalen.

Een gemiddelde melkveehouder, teelt de gewassen gras en maïs, daarnaast worden deze gewassen nagenoeg weinig tot nooit gerouleerd. Een melkveehouder zou, indien er gebruik gemaakt wordt van niet-kerende groundbewerkingen of géén groundbewerkingen, een positief rendement kunnen behalen uit het binden van de CO₂ uit de lucht. Het bouwplan en het machinepark hoeven namelijk niet aangepast te worden.

De melkveehouder kan er ook voor kiezen om enkel de meerjarige graslanden te gebruiken voor het koolstofsysteem.

Op welke manier zou dit in de toekomst verder ontwikkeld kunnen worden?

Aangezien het voor veel agrarische ondernemers momenteel nog niet interessant is om de bedrijfsvoering in te stellen op het koolstofsysteem, is de kans groot dat er in het nieuwe landbouwbeleid van 2021 wordt opgenomen dat er een bepaalde subsidie komt voor het bewerkstelligen van de binding van CO₂ in de bodem.

Aan de hand van het bedrag van de eventuele subsidie, zal er per bedrijf berekend moeten worden of het financieel aantrekkelijk is om mee te doen aan het koolstofprincipe. Vooralsnog zal de verplichtstelling omtrent het koolstofprincipe naar verwachting uitblijven.

4.2 Reflectie op het onderzoek

Hoe kun je CO₂ vastleggen en hoeveel?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden is er onderzoek gedaan naar hoe planten CO₂ binden en vastleggen in de bodem als koolstof. Daarbij is onderzocht welke maatregelen ervoor nodig zijn om dit aspect te optimaliseren en welke maatregelen ervoor moeten zorgen dat de gebonden CO₂ ook gebonden blijft en niet vervluchtigd. Laatstgenoemde is een van de belangrijkste factoren van het koolstofsysteem.

Door gegevens van de WUR en het Louis Bolk Instituut (instituut welke projecten met koolstofbeheer uitvoert) te gebruiken, is de betrouwbaarheid hoog. Het Louis Bolk Instituut gebruikt de koolstofprojecten en gegevens welke in het buitenland lopen als referentie. Naar verwachting zullen de koolstofprojecten met de deelnemende boeren in Nederland niet veel anders uitpakken.

De berekeningen zijn nauwkeurig gemaakt aan de hand van de beschikbare gegevens vanuit Het CLM, de WUR en het Louis Bolk Instituut. Er is gerekend met een gemiddeld type bedrijf en een gemiddelde hoeveelheid aan ton koolstof wat de huidige bodemvoorraad is. Daarbij zijn er aannames gedaan omtrent de prijs van één ton CO₂, echter zal deze prijs hoger kunnen zijn in de praktijk. Dit zal met vraag en aanbod te maken gaan krijgen.

Momenteel wordt de akkerbouwsector niet direct aangemerkt om deel te nemen aan het koolstofsysteem, melkveehouders daarentegen wel. Adviseurs kunnen deze informatie gebruiken om melkveehouders te prikkelen voor het koolstofsysteem. Wellicht zien melkveehouders het zitten om deze stap tot verduurzaming te zetten.

Is er een manier om aan te tonen hoeveel CO₂ een agrarisch ondernemer vastlegt? Zo ja, op welke wijze?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden is er onderzoek gedaan naar de wijze waarop de hoeveelheid CO₂ aantoonbaar vastgelegd wordt. Er is met name onderzocht welke manier daar momenteel voor gebruikt wordt. Vervolgens is er gekeken of hier een andere manier voor komt in de nabije toekomst.

Door gegevens van de WUR en het Louis Bolk Instituut (instituut welke projecten met koolstofbeheer uitvoert) te gebruiken, is de betrouwbaarheid hoog. De projecten die het Louis Bolk Instituut uitvoert, gebeuren op dezelfde manier als de koolstofprojecten welke in het buitenland actief zijn.

Omdat de huidige manier nogal fraudegevoelig is door de relatief 'simpele wijze' waarop de aantoonbaarheid kenbaar gemaakt wordt, onderzoekt de WUR momenteel naar een methodiek welke minder gevoelig is voor de fraude.

Wanneer wordt een dergelijke actie financieel interessant voor betreffende ondernemer?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden is er allereerst onderzoek gedaan naar of een dergelijke actie omtrent het koolstofsysteem überhaupt financieel interessant is voor een ondernemer.

De berekeningen zijn nauwkeurig gemaakt aan de hand van de beschikbare gegevens vanuit Het CLM, de WUR en het Louis Bolk Instituut.

Voor het maken van een berekening, waarbij er een beeld gevormd wordt van de opbrengsten van het koolstofsysteem per hectare, werd duidelijk dat dit gemiddeld € 83,- is per hectare. Per grondsoort en per bedrijf kan dit bedrag variëren.

In eerste instantie was het de bedoeling om ook te onderzoeken welke gewassen een akkerbouwer zou moeten telen voor het realiseren van een koolstof-gunstige teelt om middels het koolstofsysteem en optimaal rendement te kunnen behalen.

Echter werd na de berekening van de koolstoftoeslag per hectare al snel duidelijk dat het koolstofsysteem verre van gunstig is voor een akkerbouwer.

Welke manier is er om van bovenstaande deelvraag rendement te kunnen realiseren?

Een streeflijn voor het gewenste rendement moet een financiële vooruitgang betekenen ten opzichte van de huidige situatie.

Gebleken is in vorige deelvraag dat wanneer een ondernemer ervoor kiest om koolstofboer te worden, er veel maatregelen getroffen moeten worden, wat voor veel agrarische ondernemers een financiële achteruitgang zal betekenen.

Duidelijk is geworden middels berekeningen en wetenschappelijke literatuur dat een financieel rendement voor akkerbouwers niet aan de orde is. Echter kan het koolstofsysteem voor de melkveehouders wel een positief rendement bieden.

Op welke manier zou dit in de toekomst verder ontwikkeld kunnen worden?

Om deze vraag te beantwoorden, is er ook literatuuronderzoek uitgevoerd. Met name is gekeken naar wat de verwachtingen zijn over het toekomstbeeld gezien het koolstofsysteem en het verplicht stellen ervan.

Wat duidelijk is geworden tijdens het literatuuronderzoek, is dat er in het nieuwe landbouwbeleid wel gepleit wordt voor subsidies in het kader van de koolstofsysteem. Of deze subsidies er gaan komen en of deze subsidies een meerwaarde leveren aan het aantrekkelijk maken van het systeem zal moeten blijken.

Daarnaast bestaat er de kans dat dit systeem in de toekomst verplicht gesteld gaat worden. De verwachting is dat dat voorlopig niet gaat gebeuren. Voor de akkerbouwers zou dat namelijk tot vele financiële problemen kunnen leiden. In combinatie met een gunstige subsidie zou dit wel meer kansen kunnen bieden om CO₂ te binden en hiermee bij te dragen aan de klimaataanpak.

Het onderzoek is uiteindelijk anders verlopen dan verwacht. De resultaten maakten dat niet tot een positief rendement voor de akkerbouwers zou gaan leiden. Dit komt met name door de inzichten welke er zijn ontstaan tijdens het onderzoek over de CO₂-binding en de bijbehorende aspecten over de moeilijkheidsgraad van het behouden van de organische-stof in de bodem. Echter geeft de huidige wijze inzicht in het belangrijkste, namelijk: het rendementsprincipe.

5. Conclusie en aanbevelingen

5.0 Algemene inleiding

Dit hoofdstuk zal een korte toelichting weergeven omtrent het doel van dit onderzoek. Vervolgens wordt aan de hand van de behaalde resultaten de deelvragen en de uiteindelijke hoofdvraag beantwoord. Ook zal de relevantie van het verkregen antwoord toegelicht en bekritiseerd worden. Hieruit volgen de conclusies welke gebaseerd zijn op de uitkomsten van de deelvragen en van de hoofdvraag. De conclusies moeten agrarische ondernemers een inzicht geven in hoe het koolstofsysteem in elkaar zit met het bijbehorende rendement. Aanbevelingen, vanuit deze conclusies, zijn bepaald voor de betreffende doelgroep. Aan de hand van dit onderzoek moet duidelijk zijn wat het

5.1 Conclusies op de deelvragen

Hoe kun je CO₂ vastleggen en hoeveel?

De wijze waarop CO₂ vastgelegd wordt, gebeurt middels planten. De bodem is namelijk een groot koolstofreservoir. Elke gewasronde wordt er CO₂ gebonden vanuit de lucht en in de bodem vastgelegd. De vastlegging van CO₂ is geen moeilijk principe. Het behouden van deze gebonden CO₂ is de kunst. Een bodem verliest namelijk ook weer een deel van de gebonden CO₂. De voornaamste reden waardoor dit gebeurt zijn de grondbewerkingen. Het binden van CO₂ en het ophopen van de gewenste organische-stof gaat langzaam. Het verliezen van de gebonden CO₂ gebeurt al door het toepassen van een grondbewerking.

De voornaamste manier om CO₂ vast te leggen is door het telen van meerjarige gewassen, zodat de bodem nagenoeg niet bewerkt hoeft te worden. Voor de melkveehouders kan dit daarom als een kans worden gezien. Echter is het voor melkveehouders van belang het grasland niet te scheuren. Dit maakt dat er veel gebonden CO₂ verloren gaat.

Vooralsnog is er geen eenduidig antwoord te geven op de vraag hoeveel CO₂ er vastgelegd kan worden per hectare. Dit heeft met veel verschillende factoren te maken, denk hierbij aan grondtype, gewasrotatie en grondbewerkingen. Er is ook geen eenduidig antwoord te geven op hoeveel CO₂ er jaarlijks gebonden wordt. Dit kan elk jaar sterk variëren. Weersomstandigheden hebben hier namelijk ook invloeden op. De opbouw van de organische-stof is geheel afhankelijk van landgebruik. Indien het organische-stofgehalte stijgt, zal de bodem vruchtbaarder worden, wat maakt dat de vertering ook sneller zal gaan, wat op langere termijn kan zorgen voor een verhoogde absolute afbraak van het organische-stofgehalte.

Is er een manier om aan te tonen hoeveel CO₂ een agrarisch ondernemer vastlegt? Zo ja, op welke wijze?

Middels de organische-stofbalans kan er per jaar bekeken worden of de aanvoer van het organische-stof, hoger is dan de afbraak van de organische-stof. Op deze manier wordt ook aantoonbaar gemaakt hoeveel de uiteindelijke vastlegging van het CO₂-gehalte in de bodem is geweest. De ondernemer dient zelf zo'n 'koolstofadministratie' bij te houden. Deze koolstofadministratie is zeer fraudegevoelig. Er wordt door de WUR een methode bedacht welke het fraudegevoelige aspect wegneemt in de vorm van een onlineprogramma, welke gekoppeld is aan de gegevens van bijvoorbeeld het RVO.

Wanneer wordt een dergelijke actie financieel interessant voor betreffende ondernemer?

Wanneer de ondernemer ervoor kiest om 'koolstofboer' te worden, zal dit een ommekeer maken in de bedrijfsvoering. De manier van het telen van gewassen zal veranderen middels een andere grondbewerking en bemesting. Daarbij heeft de ondernemer ook een bepaald risico als koolstofboer. Het behouden van CO₂ in de bodem vraagt veel kennis en inzicht van de betreffende agrarisch ondernemer. De berekeningen wijzen uit dat de huidige prijzen per gebonden ton CO₂ per hectare van € 83,- lang niet genoeg op leveren om dit principe te moeten willen toepassen als akkerbouwer. Een dergelijke actie rondom koolstofbinding wordt pas interessant bij het verkrijgen van een goede subsidie, welke ervoor zorgt dat de agrariër zich financieel tekort doet.

Welke manier is er om van bovenstaande deelvraag rendement te kunnen realiseren?

Met de juiste maatregelen is het mogelijk dat een akkerbouwer jaarlijks 0,5 tot 1 ton koolstof per hectare kan vastleggen. Van de maatregelen die dit realiseerbaar moeten maken, is wijzigingen aanbrengen in het belangrijkste. Daarnaast moeten de grondbewerkingen geminimaliseerd worden, moet er compost/champost aangekocht worden en zal het machinepark aangepast moeten worden. De maatregelen welke getroffen moeten worden, zijn een flinke strop voor de akkerbouwer, gezien de lage prijs welke er per hectare verkregen wordt voor het koolstofprincipe.

Voor melkveehouders daarentegen is het wel interessant om mee te doen. Permanent grasland kan immers veel CO₂ vastleggen. Hier valt dan ook meer mee te verdienen. Voor melkveehouders is het daarom zinvol om in een aantal gebieden te experimenteren met het koolstofprincipe.

Op welke manier zou dit in de toekomst verder ontwikkeld kunnen worden?

Agrariërs zullen in de toekomst (nog) meer gaan sturen van de opbouw van het organische-stofgehalte in de bodem. Vanuit de overheid zullen agrariërs dan ook meer gedreven worden tot verduurzaming. Het betaald krijgen voor de gebonden CO₂ in de bodem is al een positieve stimulans.

Omdat veel percelen momenteel in gebruik zijn middels een pachtconstructie, maakt dit principe voor veel ondernemers onaantrekkelijk om 'te investeren' in de bodem.

Met goede zorg voor de bodem, wordt het bodemleven gestimuleerd, wat weer zorgt voor een verbeterde bodemkwaliteit. Beide aspecten zijn relevant voor gezonde gewassen met een goede opbrengst.

Echter is het wel van belang dat er beter bodembeheer gevoerd gaat worden. De reden waarop dit aspect in de toekomst verder ontwikkelt zou kunnen worden, is doormiddel van een korting op de pacht prijs bij verduurzaming van het betreffende perceel. Afnemers kunnen bijvoorbeeld ook het principe van goed bodembeheer in de inkoopvoorwaarden opnemen. Banken zouden een rentekorting kunnen geven.

5.2 Conclusie op de hoofdvraag

"Welke rendementsvoordelen kunnen er ontstaan doormiddel van CO₂-vastlegging voor en door de akkerbouwers?"

De gemaakte berekeningen hebben kenbaar gemaakt dat het de CO₂-vastlegging middels het koolstofprincipe op basis van de huidige prijzen, zonder subsidies, geen rendement opleveren voor akkerbouwers.

Momenteel ligt de gemiddelde prijs per hectare op gemiddeld € 83,-. Om dit te realiseren, moet de agrarisch ondernemer een andere bedrijfsvoering realiseren, met koolstof-gunstige gewassen. In de berekeningen is voor een aantal gewassen uitgewerkt dat de overstap van de belangrijkste akkerbouwgewassen naar de koolstof-gunstige gewassen ruim € 4.000,- per hectare derving geeft.

Het toepasbaar maken van het koolstofprincipe op een going-concern akkerbouwbedrijf gaat niet werken. Het effectieve organische-stofgehalte van de hoog-salderende gewassen is te laag om vooruitgang te boeken in het organische-stofgehalte in de bodem, gepaard met elk jaar een roulerende vruchtwisseling en een niet-voorkombare grondbewerking, kan niet voldaan worden aan een goede en optimale koolstofvastlegging. Deze stap is economisch onverantwoord.

Echter is het voor een melkveehouder wel interessant. Deze heeft namelijk permanent grasland, welke veel CO₂ vast kan leggen en welke niet bewerkt hoeft te worden. Indien dit grasland niet gescheurd wordt, is het rendabel om mee te doen aan het koolstofprincipe.

5.3 Doel en relevantie

Het doel van dit onderzoek is om de beoogde doelgroepen (De agrarische sector + Advies- en Accountantskantoren) een inzicht te kunnen bieden omtrent het rendement voor het vastleggen van CO₂ in de bodem. Helaas is het rendement voor de akkerbouwers, waarvoor deze scriptie in het bijzonder is geschreven, negatief. De maatregelen om het principe te kunnen realiseren zijn economisch niet haalbaar en zal hiermee lijden tot een negatief rendement. Voor de melkveehouders kan deze kwestie een positief rendement op gaan leveren. In het kader van duurzaamheid is het slim in te spelen op wat men in de toekomst kan verwachten.

Met deze scriptie is er duidelijkheid gecreëerd over het rendement van koolstofbinding. Het rendement is bepaald op de huidige marktprijzen, zonder subsidies en dergelijke. Hieruit blijkt dat het voor een akkerbouwer momenteel niet gunstig is. Echter is het zo dat een markt kan veranderen en dat het met deze verandering wel interessant kan worden om een koolstofboer te worden. Denk hierbij aan een verhoogde prijs per kilogram gebonden CO₂ al dan niet in combinatie met een gunstige subsidieregeling.

Vooralsnog is het koolstofprincipe géén verplichting van de bedrijfsvoering. Indien er melkveehouders zijn welke interesse hebben om zich te verdiepen in de informele markt omtrent het vastleggen van CO₂, om op deze manier een voorsprong te creëren in het kader van verduurzaming, kan deze scriptie hopelijk een doorslag geven in de twijfel bij de ondernemer. Het deelnemen blijft echter een ondernemersrisico.

5.4 Aanbevelingen

Voor akkerbouwers blijkt dat het niet rendeert om koolstofboer te worden. Echter betekent dat niet dat het niet interessant kan zijn om dit wel te doen. Onderstaand zijn een aantal aanbevelingen opgesomd, welke praktisch toepasbaar zijn om het worden van een koolstofboer toch renderend te maken.

- Markt in de gaten houden
- Niet het volledige bouwplan meenemen in het project, maar experimenteer met één of twee hectare (permanent grasland)
- Creëren van een bouwplan waarbij geen investeringen voor gedaan hoeven te worden, met een evenredig financiële uitgangssituatie
- Overwegen om een omschakeling te maken naar biologisch, met een verhoogde financiële teeltafzet

Bibliografie

- Bionext. (2020). *Carbon Farming*. Opgehaald van Bionext: <https://bionext.nl/themas/klimaat/koolstofboeren/>
- Bolk, L. (2018, December). *Handleiding goed koolstofbeheer*. Opgeroepen op Mei 29, 2020, van Louis Bolk Instituut: <http://www.louisbolk.org/downloads/3393.pdf>
- Cox, R. (2016, Jan). *Klimaat, veiligheid en het recht*. Opgehaald van Paulussen: https://www.paulussen.nl/wp-content/uploads/2016/02/10_Cox-Cahier-publicatie-jan-2016.pdf
- Cozijnsen, C. &. (2019). Emissierechten en emissiehandel in de agrarische sector. *Agrarisch Recht*, 129-131.
- Eilanden-Nieuws. (2020, Mei 25). *Flakeese boeren slaan koolstof op in hun akkers en weiden*. Opgehaald van Eilanden-Nieuws: <https://www.eilandennieuws.nl/nieuws/algemeen/8943/flakeese-boeren-slaan-koolstof-op-in-hun-akkers-en-weiden->
- Flynth. (2019). *Financiering in de agrarische sector*.
- Greendeal. (sd). *CO2-reductieberekening voor elektriciteit in het licht van het ETS*. Opgehaald van Nationale Koolstofmarkt: <https://nationaleco2markt.nl/wp-content/uploads/2020/01/Regel-CO2-reductieberekening-elektriciteit-in-het-licht-van-het-ETS.pdf>
- ILVO. (2018). *Maatregelen voor koolstofopslag onder gras- en akkerland*.
- KWIN. (2015). Opgehaald van <https://aerport.aeres.nl/organisatie/CAH/organisatie/afdelingen/mediatheek/PublishingImages/Kwin%20AGV%202015.pdf>
- Lesschen, J. &. (2017, April). *Klimaatregelen en het gemeenschappelijk landbouwbeleid*. Opgehaald van Toekomst GLB: https://toekomstglb.nl/wp-content/uploads/WENR-rapport-2803_klimaatmaatregelen-in-het-GLB.pdf
- MilieuCentraal. (sd). *Kolen, olie en gas*. Opgehaald van MilieuCentraal: <https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/energiebronnen/kolen-olie-en-gas/>
- NEA. (2018, Januari). Opgehaald van Nederlandse emissieautoriteit: <https://www.emissieautoriteit.nl/onderwerpen/deelnemers-ets/documenten/publicatie/2015/10/14/hoe-werkt-emissiehandel>
- NEA. (2019). *Welke bedrijven nemen deel aan het EU ETS?* Opgehaald van NEA: <https://www.emissieautoriteit.nl/onderwerpen/deelnemers-ets/vraag-en-antwoord/welke-bedrijven-nemen-deel-aan-het-eu-ets>
- Nea, N. E. (sd). *Activiteiten EU ETS 2013-2020*. Opgehaald van Emissieautoriteit: <https://www.emissieautoriteit.nl/onderwerpen/deelnemers-ets>
- Rijksoverheid. (2016). *Rapport IBO kostenefficiëntie CO2-reductiemaatregelen*.
- Rijksoverheid. (sd). *Klimaatbeleid*. Opgehaald van Rijksoverheid: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/klimaatbeleid>

- RVO. (sd). *Koolstofvastlegging*. Opgehaald van Atlasnatuurlijk kapitaal:
<https://www.atlasnatuurlijk-kapitaal.nl/natuurlijk-kapitaal/koolstofvastlegging>
- Siemes, H. (2017, Oktober 2). *Zo kun je koolstof opslaan*. Opgehaald van Boerderij:
[https://www.boerderij.nl/Home/Achtergrond/2017/10/Koolstofboeren-komen-eraan-191365E/#Zo kun je koolstof opslaan](https://www.boerderij.nl/Home/Achtergrond/2017/10/Koolstofboeren-komen-eraan-191365E/#Zo-kun-je-koolstof-opslaan)
- State, R. v. (2018, Mei 5). *Klimaatbeleid in wetgeving en akkoorden*. Den Haag: Afdeling advisering van de Raad van State.
- Thoenes, D. (2017). *Klimaatverandering: invloed van CO2*. Opgehaald van ClimateGate:
<https://www.climategate.nl/2017/10/klimaatverandering-invloed-co2/>
- WUR. (2013, Januari). *Mogelijkheden voor koolstofvastlegging*. Opgeroepen op Mei 29, 2020, van WUR: <https://edepot.wur.nl/247683>
- WUR. (2018). *Geld verdienen aan CO2-opslag in gr.* <https://edepot.wur.nl/448082>.
- WWF. (sd). *Ontbossing*. Opgehaald van WWF: <https://www.wwf.nl/wat-we-doen/focus/bossen/ontbossing>

Bijlage 1: Aanvoerbronnen effectieve organische-stof

Gewasrest	OS (kg/ha)	H.C. ¹ (fractie)	EOS (kg/ha)
Blauwmaanzaad	3475	0,33	1150
Bruine boon (incl. loof)	2870	0,23	650
Consumptieaardappel	4000	0,22	875
Cichorei	3500	0,22	775
Conserve-erwt	4570	0,22	1000
Grasland, eenjarig	4000	0,29	1175
Grasland, tweejarig	8000	0,32	2575
Grasland, driejarig	12000	0,33	3975
Graszaad, 1e jaars Engels raaigras	6000	0,29	1750
Graszaad, 2e jaars Engels raaigras	7150	0,30	2150
Haver, stro afgevoerd	5000	0,31	1570
Haver, stro achtergelaten	8000	0,31	2470
Karwij	4000	0,32	1275
Knolselderij (incl. loof)	4150	0,24	1000
Koolzaad	3000	0,33	975
Korrelmais	7000	0,31	2175
Lelie	1850	0,30	560
Luzerne, eenjarig	3000	0,45	1350
Luzerne, tweejarig	5000	0,41	2050
Pootaardappel	4400	0,22	955
Schorseneer	2400	0,25	600
Snijmais	2000	0,34	675
Spinazie	1285	0,23	300
Stamslaboon (incl. loof)	2870	0,23	650
Suikerbiet (incl. kop en blad)	6000	0,21	1275
Spruitkool (incl. stam)	6700	0,30	2000
Triticale	5000	0,31	1570
Tulp (excl. strodek)	1700	0,30	505
Vezelvlas	300	0,33	100
Winterpeen	2400	0,29	700
Wintergerst, stro afgevoerd	5000	0,31	1570
Wintergerst stro achtergelaten	7600	0,31	2350
Winterrogge, stro afgevoerd	4800	0,31	1500
Winterrogge stro achtergelaten	8200	0,31	2520
Wintertarwe, stro afgevoerd	5200	0,32	1640
Wintertarwe stro achtergelaten	8500	0,31	2630
Witlofwortel	2625	0,23	600
Zaaiui	1275	0,24	300
Zetmeelaardappel	3700	0,22	815
Zomergerst, stro afgevoerd	4200	0,31	1310
Zomergerst stro achtergelaten	6300	0,31	1940
Zomertarwe, stro afgevoerd	5200	0,31	1630
Zomertarwe stro achtergelaten	8400	0,31	2590

*O.S. = Organische-stof: de hoeveelheid restmateriaal wat achterblijft op het perceel na het telen van een gewas.

*H.C. = Humificatie-coëfficiënt: de fractie die één jaar na toediening van het vers organisch materiaal nog over is in de bodem.

*E.O.S. = Effectieve Organische-stof: de hoeveelheid organische-stof die één jaar na toediening nog over is in de bodem en dan deel uitmaakt van de bodem-organische-stof.

Groenbemester	OS (kg/ha)	H.C. ² (fractie)	EOS (kg/ha)
Bladrammenas	3800	0,23	875
Gele mosterd	3800	0,23	875
Bladkool	3600	0,24	850
Engels raaigras	4250	0,27	1155
Italiaans raaigras	4200	0,26	1100
Westerwolds raaigras	4000	0,26	1050
Winterrogge	3200	0,26	840
Rode klaver	4100	0,27	1100
Witte klaver	3100	0,27	850
Perzische klaver	3400	0,24	800
Wikken	2800	0,23	650
Facelia	2750	0,24	650
Afrikaantjes	3850	0,22	850
Spurrie	2900	0,22	625

Mest	OS (kg/ton)	H.C. ¹ (fractie)	EOS (kg/ton)	EOS/P ₂ O ₅ ² (kg/kg)
Drijfmest				
Rundvee	71	0,70	50	33
Vleesvarkens	79	0,33	26	7
Zeugen	25	0,34	9	3
Rosékalveren	71	0,70	50	19
Witvleeskalveren	17	0,70	12	11
Vaste mest				
Rundvee grupstal	155	0,70	109	25
Varkens (stro)	153	0,33	50	6
Pluimvee	416	0,33	137	6
Pluimvee + nadroog	393	0,33	130	5
Kippenstrooiselmest	359	0,34	122	5
Vleeskuikens + parelhoen	419	0,36	151	9
Vleeskalkoenen	427	0,36	154	8
Schapen	195	0,70	137	30
Geiten	174	0,70	122	23
Compost				
Champost	211	0,50	106	24
GFT-compost	242	0,90	218	45
Groencompost	179	0,90	161	73

Bijlage 2: Kengetallen organische-stof

Gewasrest	OS	H.C. ¹	EOS	na 5 jaar ²		na 10 jaar ²		C/N
	(kg/ha)	(fractie)	(kg/ha)	(kg/ha)	(fractie)	(kg/ha)	(fractie)	
Blauwmaanzaad	3475	0,33	1150	325	0,09	205	0,06	
Bruine boon (incl. loof)	2870	0,23	650	155	0,05	95	0,03	
Consumptieaardappel	4000	0,22	875	200	0,05	125	0,03	36
Cichorei	3500	0,22	775	180	0,05	110	0,03	
Conserve-erwt	4570	0,22	1000	230	0,05	145	0,03	15
Grasland, eenjarig	4000	0,29	1175	310	0,08	195	0,05	24
Grasland, tweejarig	8000	0,32	2575	720	0,09	455	0,06	24
Grasland, driejarig	12000	0,33	3975	1125	0,09	715	0,06	23
Graszaad, 1e jaars Engels raaigras	6000	0,29	1750	465	0,08	290	0,05	45

Gewasrest	OS	H.C. ¹	EOS	na 5 jaar ²		na 10 jaar ²		C/N
	(kg/ha)	(fractie)	(kg/ha)	(kg/ha)	(fractie)	(kg/ha)	(fractie)	
Graszaad, 2 ^e jaars Engels raaigras	7150	0,30	2150	580	0,08	365	0,05	
Haver, stro afgevoerd	5000	0,31	1570	430	0,09	275	0,05	75
Haver, stro achtergelaten	8000	0,31	2470	675	0,08	425	0,05	75
Karwij	4000	0,32	1275	355	0,09	225	0,06	20
Knolselderij (incl. loof)	4150	0,24	1000	240	0,06	150	0,04	17
Koolzaad	3000	0,33	975	275	0,09	175	0,06	20
Korrelmaïs	7000	0,31	2175	595	0,08	365	0,05	50
Lelie	1850	0,30	560	150	0,08	95	0,05	37
Luzerne, eenjarig	3000	0,45	1350	465	0,15	305	0,10	13
Luzerne, tweejarig	5000	0,41	2050	660	0,13	430	0,09	13
Pootaardappel	4400	0,22	955	220	0,05	135	0,03	20
Schorseneer	2400	0,25	600	145	0,06	90	0,04	25
Snijmaïs	2000	0,34	675	195	0,10	125	0,06	50
Spinazie	1285	0,23	300	70	0,06	45	0,03	13
Stamslaboon (incl. loof)	2870	0,23	650	155	0,05	95	0,03	20
Suikerbiet (incl. kop en blad)	6000	0,21	1275	290	0,05	180	0,03	23
Spruitkool (incl. stam)	6700	0,30	2000	535	0,08	335	0,05	18
Triticale	5000	0,31	1570	430	0,09	275	0,05	75

Gewasrest	OS	H.C. ¹	EOS	na 5 jaar ²		na 10 jaar ²		C/N
	(kg/ha)	(fractie)	(kg/ha)	(kg/ha)	(fractie)	(kg/ha)	(fractie)	
Tulp (excl. strodek)	1700	0,30	505	135	0,08	85	0,05	37
Vezelvlas	300	0,33	100	30	0,09	20	0,06	25
Winterpeen	2400	0,29	700	185	0,08	115	0,05	28
Wintergerst, stro afgevoerd	5000	0,31	1570	430	0,09	275	0,05	75
Wintergerst stro achtergelaten	7600	0,31	2350	640	0,08	405	0,05	75
Winterrogge, stro afgevoerd	4800	0,31	1500	410	0,09	260	0,05	75
Winterrogge stro achtergelaten	8200	0,31	2520	685	0,08	430	0,05	75
Wintertarwe, stro afgevoerd	5200	0,32	1640	450	0,09	285	0,05	75
Wintertarwe stro achtergelaten	8500	0,31	2630	720	0,08	455	0,05	75
Witlofwortel	2625	0,23	600	140	0,05	85	0,03	30
Zaaiui	1275	0,24	300	70	0,06	45	0,03	30
Zetmeelaardappel	3700	0,22	815	190	0,05	115	0,03	36
Zomergerst, stro afgevoerd	4200	0,31	1310	360	0,09	225	0,05	75
Zomergerst stro achtergelaten	6300	0,31	1940	530	0,08	335	0,05	75
Zomertarwe, stro afgevoerd	5200	0,31	1630	450	0,09	285	0,05	75
Zomertarwe stro achtergelaten	8400	0,31	2590	705	0,08	445	0,05	75

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	

Organische mest	OS	H.C. ¹	EOS	EOS/P ₂ O ₅ ²	na 5 jaar ³		na 10 jaar ³		C/N ⁴
	(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	17
Vleesvarkens	79	0,33	26	7	7	0,09	5	0,06	12
Zeugen	25	0,34	9	2	2	0,10	2	0,06	7
Rosékalveren	71	0,70	50	19	26	0,36	18	0,26	14
Witvleeskalveren	17	0,70	12	11	6	0,36	4	0,26	17
Vaste mest									
Rundvee grupstal	155	0,70	109	25	56	0,36	40	0,26	12
Varkens (stro)	153	0,33	50	6	14	0,09	9	0,06	14
Pluimvee	416	0,33	137	7	39	0,09	25	0,06	8
Pluimvee + nadroog	393	0,33	130	5	35	0,09	24	0,06	7
Kippenstrooiselmest	359	0,34	122	5	35	0,10	22	0,06	7
Vleeskuikens + parelhoen	419	0,36	151	9	45	0,11	29	0,07	8
Vleeskalkoenen	427	0,36	154	8	45	0,11	29	0,07	12
Schapen	195	0,70	137	30	70	0,36	50	0,26	14
Geiten	174	0,70	122	23	63	0,36	45	0,26	12
Compost									
Champost	211	0,50	106	24	40	0,19	26	0,13	15
GFT-compost	242	0,90	218	50	165	0,68	136	0,56	13
Groencompost	179	0,90	161	73	122	0,68	101	0,56	18

Bijlage 3: Checklist schriftelijk rapporteren

Checklist Schriftelijk Rapporteren

Naam: Klas: Datum:

Titel verslag/rapport:

Nadat jij je verslag/rapport hebt gecontroleerd met behulp van deze checklist, voeg je deze toe als bijlage. Zonder de ingevulde checklist vindt er geen beoordeling plaats. De assessor controleert met deze checklist je rapport/verslag. De beoordelingscriteria die met een * zijn aangegeven, zijn de zogenaamde 'killing points'. Indien de assessor meer dan vijf 'killing points' heeft aangekruist, dien je het rapport/verslag op alle onvoldoende onderdelen te verbeteren. Voor de herbeoordeling moet je ook de oude versie inleveren. In het afstudeerwerkstuk zijn geen 'killing points' toegestaan! AANVINKEN WAT NIET IN ORDE IS!

- | | |
|---|--|
| <p>1. Het taalgebruik:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Bevat niet meer dan drie grammaticale, spel- en typefouten per duizend woorden* Bij meer dan drie fouten per duizend woorden is het rapport/verslag afgekeurd! ☐ Heeft een adequate interpunctie* ☐ Is afgestemd op de gekozen doelgroep (juiste <i>stijl</i>*) ☐ Laat een zakelijke en actieve schrijfstijl zien* ☐ Bevat geen persoonlijke voornaamwoorden* <p>2. Het rapport/verslag:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Is ingebonden (hard <i>copy</i>*) ☐ Is vrij van plagiaat* (zie onderwijsexamenregeling) <p>3. De omslag:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Bevat de titel ☐ Vermeldt de auteur(s) <p>4. De titelpagina/het titelblad:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Heeft een specifieke titel* ☐ Vermeldt de auteur(s)* ☐ Vermeldt de plaats en de datum* ☐ Vermeldt de opdrachtgever(s)* <p>5. Het voorwoord:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Bevat de persoonlijke aanleiding tot het schrijven van het rapport/verslag ☐ Bevat persoonlijke bedankjes (persoonlijke voornaamwoorden toegestaan) <p>6. De inhoudsopgave:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Vermeldt alle genummerde onderdelen van het rapport/verslag* ☐ Vermeldt de samenvatting en de bijlage(n) ☐ Is overzichtelijk ☐ Heeft een correcte paginaverwijzing <p>7. De samenvatting:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Is een verkorte versie van het gehele rapport/verslag ☐ Bevat conclusies ☐ Bevat geen persoonlijke mening ☐ Is gestructureerd ☐ Is zakelijk geschreven ☐ Staat direct na de inhoudsopgave <p>8. De inleiding (toelichting op intranet):</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Is hoofdstuk 1* ☐ Beschrijft het grotere kader en aanleiding ☐ Beschrijft inhoudelijke achtergrondinformatie* ☐ Formuleert het probleem/de onderzoeksvraag* ☐ Vermeldt het doel* ☐ Bevat een leeswijzer voor het rapport/verslag* | <p>9. Materiaal en methode:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Beschrijft de gevolgde onderzoeksmethode ☐ Past bij de onderzoeksvraag/vragen* ☐ Beschrijft de variabelen/eenheden ☐ Beschrijft de methode van data-analyse <p>10. De (opmaak van de) kern:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Bestaat uit genummerde hoofdstukken en (sub)paragrafen (maximaal drie <i>niveaus</i>*) ☐ Deze zijn verschillend in opmaak* ☐ De hoofdstukken en (sub)paragrafen hebben een passende titel ☐ Een hoofdstuk beslaat ten minste één pagina ☐ Een nieuw hoofdstuk begint op een nieuwe pagina ☐ De zinnen lopen door (geen 'enter' binnen een alinea gebruiken) ☐ De figuren zijn (door)genummerd en hebben een passende titel (onder de <i>figuur</i>*) ☐ De tabellen zijn (door) genummerd en hebben een passende titel (boven de <i>tabel</i>*) ☐ Tabellen en figuren zijn zelfstandig te begrijpen ☐ In de tekst zijn er verwijzingen naar figuren en/of tabellen* ☐ De tekst bevat verwijzing naar de desbetreffende bijlage(n) ☐ De tekst is ook zonder verwijzingen te begrijpen ☐ De pagina's zijn genummerd* <p>11. De discussie:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Bevat een vergelijking met relevante literatuur ☐ Geeft de valide argumentatie weer ☐ Evalueert de gebruikte onderzoeksmethode ☐ Bevat een kritische reflectie op de eigen bevindingen (zie toelichting op intranet) <p>12. De conclusies en aanbevelingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ De conclusies zijn gebaseerd op relevante feiten ☐ De aanbevelingen zijn gebaseerd op relevante feiten ☐ Bevatten geen nieuwe informatie* <p>13. De bronvermelding:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ In de tekst is conform de geldende APA-normen* (zie toelichting op intranet) <p>14. De literatuurlijst:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Is opgesteld conform de geldende APA-normen* (zie toelichting op intranet) <p>15. De bijlagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Zijn genummerd ☐ Zijn voorzien van een passende titel ☐ Bevatten geen eigen analyse |
|---|--|