

## Methode voor vaststelling van CO<sub>2</sub>-vastlegging in de bodem

Type project:

CO<sub>2</sub>-vastlegging in de bodem door toepassing van blijvend grasland op minerale gronden (zand, klei en löss)

**Datum:** 13 januari 2023

**Auteurs:** Sjef Staps, Louis Bolk Instituut

Carin Rougoor, CLM

Jan Peter Lesschen, WUR

Jos Cozijnsen, Climate Neutral Group

*Met financiële ondersteuning van het ministerie van LNV in het kader van het*

*klimaatbeleid, alsmede van ANV Het Groene Woud, SLLE, Brabants Bodem en Provincie*

*Noord Brabant.*

**Kenmerk:** SNK-CO<sub>2</sub>-vastlegging in de bodem-003

**Status:** Vastgesteld

## Inhoud

1.	DEFINITIES	3
2.	PROJECTTYPE BESCHRIJVING	4
3.	ADDITIONALITEIT	9
4.	BEPALING PROJECTGRENS	10
5.	VASTSTELLEN BASELINE	13
6.	PROJECTEMISSIES	16
7.	EMISSIEREDUCTIE	17
8.	MONITORING PARAMETERS	17
9.	RISICOANALYSE EN HOE DAAR MEE OM TE GAAN	23
	APPENDIX I – LITERATUUR ELDERS GEBRUIKTE VERGELIJKBARE METHODES	25
	APPENDIX II - TOELICHTING STATISTISCHE ANALYSE BENODIGDE STEEKPROEFOMVANG	27
	APPENDIX III - OVERIGE LITERATUUR EN BRONNEN	29
	APPENDIX IV – BESCHRIJVING ROTHC MODEL	30
	APPENDIX V – OVERZICHT BUITENLANDSE ERVARINGEN	31

## Versiebeheer

Versie	Aanleiding	Datum
001	Vaststelling door bestuur	1 juli 2021
002	Vaststelling door bestuur van: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Correctie hoofdstuk 5, p.15 van formules i.v.m. dichtheden klei en zand</li> <li>- Verhelderen van werkwijze van percelen met meer dan 20% organisch stof</li> </ul>	27 juni 2022
003	Vaststelling door bestuur van: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Actualisatie h.5 (baseline) van het protocol voor bemonstering van de bodem in jaar 0 en jaar 10.</li> <li>- Aangepaste tekst i.v.m. omgang met natuur(gras)land in hoofdstuk 4.</li> </ul> <p>Wijzigingen zijn in geel gearceerd.</p>	13 januari 2023

## 1. Definities

In dit methodedocument worden de volgende definities gehanteerd.

### **Percelen**

Met 'percelen' worden percelen bedoeld zoals deze zijn aangemeld door het bedrijf bij de gecombineerde opgave. De gecombineerde opgave is de jaarlijkse opgave door agrarische bedrijven die als basis dient voor o.a. de mestwetgeving. Conform het protocol voor de bemonstering van de bodem voor de fosfaattoestand, mag een perceel een maximale omvang hebben van vijf hectare voor één representatief mengmonster. Voor grotere percelen moeten meerdere mengmonster genomen worden. Aan elkaar grenzende percelen mogen worden samengevoegd tot een totale omvang van ten hoogste vijf hectare.

### **Minerale gronden**

Minerale gronden zijn bodems met maximaal 20% organische stof en zonder veenlaag binnen 80 cm diepte. Minerale gronden omvatten dus de zand-, klei- en lössbodems. Percelen die niet aan de voorwaarde voor minerale gronden voldoen (< 20% organisch stof) kunnen niet meegenomen worden in de berekening van koolstofvastlegging a.g.v. het project.

### **Blijvend grasland**

Het niet scheuren van grasland voor minimaal 10 jaar. Ook in het kalenderjaar voorafgaand aan het eerste projectjaar mag het grasland dat meedoet in het project en het jaar daarvoor blijvend grasland was (volgens de definitie van RVO), niet zijn gescheurd. Blijvend grasland is grond met een overheersend natuurlijke of ingezaaide vegetatie van grassen of andere kruidachtige voedergewassen. Overheersend betekent dat de vegetatie voor minimaal 50% bestaat uit grassen of andere kruidachtige voedergewassen. Pitrus, riet en heide worden niet gezien als kruidachtig voedergewas. In het kader van de wettelijke regelgeving moet de grond minimaal 5 jaar niet in de vruchtwisseling worden opgenomen (RVO, 2019). In het kader van dit methodedocument geldt hiervoor een periode van minimaal 10 jaar vanaf het eerste jaar waarvoor SNK certificaten verstrekt.

Daarbij geldt voor percelen die geclassificeerd zijn als blijvend grasland een ploegverbod. Wel is er ruimte voor lichte grondbewerking om doorzaaien mogelijk te maken. Daarnaast is er een verbod voor bewerkingen en handelingen die de grasmat vernietigen (zoals frezen, spitten en doodspuiten), omdat de effecten van dergelijke bewerkingen nagenoeg gelijk zijn aan de effecten van ploegen. Het methodedocument sluit op dit vlak aan bij de eisen voor Natura 2000 gebieden (Korevaar, 2016) en gaat dus verder dan de definitie die RVO voor blijvend grasland hanteert.

### **Organische stof in de bodem**

Organische stof (OS) in de bodem bestaat uit organisch materiaal van plantenresten en resten van bodemfauna. Organische stof heeft vele belangrijke functies in de bodem en heeft belangrijke invloed op de bodemvruchtbaarheid. Het verbetert de structuur, bevordert de bewerkbaarheid en verhoogt het vochtvasthoudend vermogen van de grond. Organische stof bestaat voor ongeveer de helft uit koolstof (C), maar de variatie is groot en ligt tussen de 30% en 70%. Organische stof wordt als term vaak in de praktijk gebruikt, terwijl voor klimaatmitigatie gesproken wordt over veranderingen van de hoeveelheid bodem organische koolstofvoorraad. In dit document worden beide termen gebruikt. Voor metingen heeft een meting van het organisch C gehalte de voorkeur, maar als deze niet beschikbaar is kan ook het OS gehalte gebruikt worden.

### **Bedrijf**

Agrarisch bedrijf met grondgebonden landbouw waarbij het bedrijfsareaal wordt bepaald door alle percelen zoals aangemeld in de gecombineerde opgave in projectjaar nul.

## 2. Projecttype beschrijving

### 2.1 Aanleiding

Als reactie op de overeengekomen doelen van het Parijs Akkoord heeft de Nederlandse regering een nationale klimaatdoelstelling geformuleerd van 49% minder CO<sub>2</sub>-uitstoot (inclusief andere broeikasgassen) in 2030 ten opzichte van 1990. Deze doelstelling vraagt ook een bijdrage van de landbouwsector, aangezien deze sector voor ongeveer 10% bijdraagt aan de totale broeikasgasuitstoot in Nederland (Ruysenaars et al., 2020<sup>1</sup>). In het Klimaatakkoord is voor landbouw en landgebruik een emissiereductiedoelstelling van 3,5-6,0 Mton CO<sub>2</sub> afgesproken. Ook koolstofvastlegging in landbouwbodems moet bij gaan dragen met een doelstelling van 0,4-0,6 Mton CO<sub>2</sub> per jaar in 2030. Dat komt erop neer dat gemiddeld op elke hectare (ha) minerale landbouwgrond per jaar de organische stofvoorraad met 150 tot 250 kg moet toenemen.

In het Klimaatakkoord is aangegeven dat deze CO<sub>2</sub>-vastlegging moet worden bereikt via 'pilots, kennisverspreiding, technische innovatie en opleiding adviseurs'. Het wordt onwaarschijnlijk geacht dat grondgebruikers zonder extra prikkel deze maatregelen vrijwillig nemen. Voor specifieke CO<sub>2</sub>-vastlegging in projecten is geen financiering begroot. Op het punt van voorkomen van broeikasgasemissies uit veenweides wordt al aangegeven dat de Nationale Koolstofmarkt daar een rol in kan spelen omdat daarvoor reeds een methodedocument is vastgesteld. Voorliggend methodedocument is gericht op koolstofvastlegging in minerale landbouwbodems. Het Rijk kan helpen belemmeringen waar mogelijk op te heffen door middel van het uitvoeringsprogramma Landbouwbodems.

Ook de Europese Commissie werkt in het kader van de Europese Green Deal aan de voorbereiding van een (financiële) stimulering voor koolstofvastlegging zoals beschreven in de 'Farm to Fork' strategie. Naast stimulering via het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) kijkt men ook naar publieke en private initiatieven voor carbon credits. Robuuste regels voor certificering zijn hiervoor een eerste belangrijke stap.

Een gemiddeld Nederlands landbouwperceel op zand of klei bevat per hectare gemiddeld 50-100 ton C (ofwel 200 – 400 ton CO<sub>2</sub>) in de bovenste 30 cm. Zo'n bodem kan gemiddeld jaarlijks nog eens 0,25 ton koolstof per ha (ofwel 1 ton CO<sub>2</sub>) vastleggen. Dat is 1-1,5 Mton CO<sub>2</sub> voor de 1,4 miljoen ha minerale landbouwgrond in Nederland (Lesschen et al., 2012). Naast de bijdrage aan minder broeikasgassen kan goed bodem-(organische stof-)beheer de fysische, chemische en biologische eigenschappen van een bodem verbeteren. Hierdoor kan erosie verminderen, plaagcontrole worden ondersteund en negatieve effecten van extreem weer worden afgezwakt (o.a. omdat het watervasthoudend vermogen van een bodem kan verbeteren). Op lange termijn draagt een bodem met voldoende organische stof bij aan de

---

<sup>1</sup> <https://www.rivm.nl/publicaties/greenhouse-gas-emissions-in-netherlands-1990-2018-national-inventory-report-2020>

productiecapaciteit en weerbaarheid van de bodem. Daarmee is het vastleggen van koolstof in de bodem ook in het belang van de grondeigenaar/gebruiker.

Graslandvernieuwing vindt vooral plaats om de kwaliteit en productie van het gras te verhogen. Daarnaast is er ook behoefte aan 'vers land' voor akkerbouwgewassen, met name bloembollen en aardappels, om te voldoen aan een rotatie. Daarnaast is er behoefte ook het maïsland in een rotatie op te nemen. Scheuren van grasland of rotaties met akkerbouwgewassen leiden echter tot een verlies aan bodemkoolstof en het vrijkomen van stikstof, waardoor het risico op nitraatuitspoeling en N<sub>2</sub>O-emissie toeneemt. Maatregelen die worden genomen om de nitraatuitspoeling en N<sub>2</sub>O-emissie na het scheuren van grasland te verminderen zijn minder kunstmest toedienen of niet meer scheuren (Lesschen et al., 2012). Voor deze methode gaat het dan om blijvend grasland.

Dit methodedocument kwantificeert de CO<sub>2</sub> vastlegging van duurzame graslandbeheerpraktijken die de bodemkoolstofvoorraden van landbouwgebieden vergroten. Het is gericht op minerale bodems (klei, zand en löss) en maakt gebruik van een analytisch, wetenschappelijk beoordeeld model om de veranderingen in de organische bodemkoolstofvoorraad te berekenen. Het methodedocument is van toepassing op projecten die bodemkoolstofbeheer introduceren in een agrarisch landschap waarvoor verwacht wordt dat de organische koolstofvoorraad in de bodem constant zou zijn gebleven of zou zijn afgenomen zonder het project (de baseline, zie verder Hoofdstuk 5). Er wordt ook rekening gehouden met verschillen in bodemtype, aangezien klei van nature meer organische stof kan vastleggen dan zand.

Er is een brede reeks van maatregelen die een positief effect kan hebben op de voorraad bodemkoolstof. Deze methode richt zich op het vastleggen van CO<sub>2</sub> in landbouwbodems door middel van toepassing van blijvend grasland. Voor deze maatregel is gekozen omdat deze kan leiden tot relatief veel CO<sub>2</sub>-vastlegging. Daarnaast is de verwachting dat deze maatregel aansprekend is voor zowel agrariërs als potentiële certificaat-afnemers.

Bij het opstellen van het methodedocument is gebruik gemaakt van de ervaringen die in het buitenland met dergelijke systemen zijn opgedaan. Een overzicht van de (ervaringen met) buitenlandse carbon credit systemen is weergegeven in appendix 1 (literatuur) en 4 (overzicht). Bij inschatten van de betekenis van deze projecten voor de Nederlandse situatie dient rekening te worden gehouden met vaak grote verschillen tussen de Nederlandse situatie en die in het buitenland (bijvoorbeeld bedrijfsgrootte). In sommige gevallen is er sprake van intensieve monitoringsystemen, die in de Nederlandse situatie vanwege de veel kleinere gemiddelde bedrijfsomvang onbetaalbaar zouden zijn. Kosten voor monitoring en certificering (interne systeemkosten) kunnen in deze projecten wel tot circa 30% uitmaken van de waarde van de certificaten. Bij het maken van de methode is daarom gepoogd om deze systeemkosten beperkt te houden en daarom geen intensieve monitoring op basis van bodem OS monsters op te zetten.

## 2.2. Projectbeschrijving

In dit projecttype wordt CO<sub>2</sub> vastgelegd door middel van de maatregel blijvend grasland. Agrarische bedrijven kunnen deelnemen met (een deel van) hun percelen. Wil een project met agrarische bedrijven die overgaan op blijvend grasland in aanmerking komen voor SNK-certificaten, dan moet daarvoor een projectplan worden opgesteld.

Dit projectplan moet onder meer beschrijven:

- De percelen die onder het project vallen en het oppervlak per perceel
- De niet-deelnemende percelen met de oppervlakte; registratie per deelnemend bedrijf
- Huidig landgebruik (o.a. akkerland, tijdelijk grasland of blijvend grasland) per perceel
- Het bodemtype en gemiddeld kleigehalte per perceel
- Gemiddeld startgehalte koolstof (C) per perceel.

Dit methodedocument beschrijft de wijze waarop waardering en beoordeling plaatsvindt van de vastgelegde koolstof gedurende een periode van 10 jaar.

Uitkering van certificaten vindt plaats op basis van een modelberekening. Hierbij is gekozen voor het RothC model, een wereldwijd toegepast en wetenschappelijk goed beschreven model dat de dynamiek van bodem C simuleert. Een online praktijktool van dit model zal hiervoor naar verwachting medio 2021 beschikbaar komen.

Daarnaast dient te worden voldaan aan een aantal voorwaarden, waaronder een controle dat daadwerkelijke C-vastlegging heeft plaatsgevonden door middel van gemeten waarden op basis van monsternamen en analyse. Tevens wordt met behulp van de Groenmonitor gecheckt of een deelnemend bedrijf voldoet aan de voorwaarden voor blijvend grasland.

### 2.3 Methode op hoofdlijnen

Deze methode betreft het vastleggen van CO<sub>2</sub> door middel van de maatregel blijvend grasland op minerale landbouwbodems (zand, klei en löss). Een aantal bedrijven kan hiervoor gezamenlijk een project starten door af te spreken dat zij gedurende tenminste tien jaar blijvend grasland zullen toepassen op minimaal 50% van hun areaal op bedrijfsniveau (percentage op t=0). **Percelen die niet aan de voorwaarde voor minerale gronden voldoen (< 20% organisch stof) en daardoor niet kunnen worden meegenomen in de berekening van koolstofvastlegging door het project, mogen wel worden meegeteld bij de berekening bij elk deelnemend bedrijf of het deel blijvend grasland meer dan 50% van het bedrijfsareaal beslaat gedurende de hele projectperiode.** De deelnemende percelen worden geregistreerd. Voor de vastgelegde CO<sub>2</sub> komen verkoopbare SNK-certificaten beschikbaar.

De hoeveelheid vastgelegde CO<sub>2</sub> wordt berekend op basis van het Roth C model. Dit model zal medio 2021 online beschikbaar komen.

De binnen het project in potentie vast te leggen hoeveelheid CO<sub>2</sub> wordt met het model berekend. Het is de som van de vast te leggen hoeveelheid CO<sub>2</sub> van alle deelnemende percelen en deelnemende bedrijven. Dit is het projectdoel totaal en vormt de basis voor de hoeveelheid certificaten. De hoeveelheid in de bodem aanwezige C wordt gemeten bij aanvang van het project en na 10 jaar (eindsituatie). De waarde in de nulsituatie van alle deelnemers in het project wordt gebruikt als input voor de modelberekening. Vergelijking van de na 10 jaar gemeten hoeveelheid met de uitgangssituatie, levert de gemeten hoeveelheid totaal vastgelegde CO<sub>2</sub>.

Omdat de in bodem vast te leggen hoeveelheid C uit CO<sub>2</sub> gering is ten opzichte van de reeds aanwezige

C, is het meten van de in de projectperiode vastgelegde hoeveelheid C onnauwkeurig. Daarom wordt het beschikbaar komen van certificaten gebaseerd op de modelberekening. Desalniettemin is het belangrijk om daadwerkelijk te meten op de deelnemende percelen. Daarbij wordt een ruime marge toegestaan tussen berekende en gemeten hoeveelheden. Een maximale afwijking van 50% op het doelresultaat op projectniveau neemt deze potentiële onnauwkeurigheid redelijkerwijs in acht, en wordt hiermee ingeschat als een reële voorwaarde om te hanteren.

Voor verificatie dient aan het eind van het project te zijn voldaan aan de volgende eisen:

1. Er wordt voldaan aan de voorwaarden voor blijvend grasland (zie hoofdstuk 1). Het grasland mag niet worden gescheurd, doorzaaien is wel toegestaan. Monitoring vindt plaats met behulp van de Groenmonitor.
2. Minimaal 50% van het areaal van een bedrijf op  $t=0$  doet mee in het project (daarmee wordt afwenteling door lagere C-gehalten op andere percelen voorkomen)
3. De gemeten hoeveelheid vastgelegde CO<sub>2</sub> binnen het gehele project bedraagt minimaal 50% van de berekende hoeveelheid (in beide situaties voor alle deelnemers gezamenlijk). Indien de gemeten hoeveelheid minder dan 50% bedraagt, geldt de verificatie alleen voor de jaarlijks uitgegeven certificaten (10x 5%; zie hier onder en onder 'Monitoring parameters'). Appendix 2 geeft de link tussen het aantal monsters en de bijbehorende kans om binnen bepaalde marges te blijven.

Certificaten komen beschikbaar op basis van de toegepaste maatregel blijvend grasland en de berekende gemiddelde hoeveelheid binnen het project vastgelegde hoeveelheid CO<sub>2</sub>/ha. Het voorstel is om daarbij iedere boer per ha dezelfde beloning te geven, onafhankelijk van de uitgangssituatie en onafhankelijk van de individuele toename in OS. Op deze wijze wordt voorkomen dat een bedrijf dat al langer blijvend grasland heeft, zou worden benadeeld. Als een bedrijf bij de start van het project namelijk al een hoger OS-gehalte van de bodem heeft, zal de toename in OS na 10 jaar blijvend grasland veelal minder zijn dan bij een lager OS-gehalte bij de start. Dit voorstel is niet bindend: per project is het mogelijk om over de verdeling van certificaten afwijkende afspraken te maken.

De SNK stelt na validatie van het projectplan (voor alle deelnemers gezamenlijk) en op grond van de berekening het aantal certificaten vast. Vanuit het project kan worden gevraagd deze certificaten of een deel daarvan in het register op te nemen. Deze certificaten hebben dan de status 'gevalideerd'. Na verificatie krijgen de certificaten de status 'geverifieerd'. In beide gevallen zijn de certificaten verkoopbaar, alleen met de status 'geverifieerd' kan de koper compensatie claimen.

In dit methode document is er voor gekozen om 50% van de certificaten, met een verdeling van 5% per jaar gedurende 10 jaar, aan de deelnemer beschikbaar te stellen. De andere 50% komen pas na verificatie aan het eind van het project beschikbaar. Een variant hierop met verificatie na 5 jaar is toegestaan. Dit vereist dan wel extra bodemmetingen in jaar 5.

Mocht blijken dat voor bepaalde percelen niet altijd aan de voorwaarden is voldaan, dan worden deze percelen buiten beschouwing gelaten. Deze percelen komen ook niet in aanmerking voor uitkering van de resterende 50% na 10 jaar en reeds uitgegeven maar niet geverifieerde certificaten in de afgelopen jaren worden ingetrokken.

In de volgende hoofdstukken wordt een en ander nader toegelicht.

#### 2.4. Uitgifte van certificaten

Na validatie van het projectplan kunnen op verzoek van de projecthouder certificaten met de status 'gevalideerd' in het SNK-register worden geplaatst. Deze certificaten zijn verkoopbaar, maar de koper kan pas 'compensatie' claimen na verificatie.

Volgens voorliggende methodiek vindt verificatie plaats aan het eind van de projectperiode, dus na 10 jaar. Desgewenst kan ook na 5 jaar worden geverifieerd.

De projecthouder vraagt SNK na validatie van het projectplan om jaarlijks 50% van de per jaar berekende certificaten (met de status 'gevalideerd') bij te schrijven in het SNK-register (dit komt overeen met 5% van de voor de projectduur van 10 jaar berekende hoeveelheid gevalideerde certificaten). De andere 50% komt aan het eind van de projectperiode na verificatie (of tussentijds na 5 jaar) beschikbaar, mits aan de eisen is voldaan.

Indien bij het verificatieproces na 10 jaar blijkt dat wel aan de eisen is voldaan, maar minder dan 50% van het doel is gerealiseerd, vervalt de resterende uitkering van 50%, maar wordt de eerste 50% (5% per jaar) als geverifieerd benoemd.

#### 2.5. Toelichting onnauwkeurigheid bodemmetingen organische stof

Deze paragraaf licht de onnauwkeurigheid van bodemmetingen voor organische stof toe. Een gemiddelde graslandbodem met een OS-gehalte van 5% en een dichtheid van 1,3 kg/dm<sup>3</sup> bevat 87,8 ton C per ha in de bovenste 25 cm. Door de maatregel blijvend grasland kan volgens de berekening per jaar 2,0 ton CO<sub>2</sub>/ha worden vastgelegd. Dit betekent over 10 jaar een vastlegging van 5,5 ton C/ha. Na 10 jaar is de totale C voorraad dus 93,3 ton C/ha. Dit komt overeen met een OS-gehalte van 5,31% OS, een toename van 6,3%. De onnauwkeurigheidsmarge van de laboratorium analyses van het OS gehalte ligt afhankelijk van het laboratorium tussen de 5-10%. De verwachte toename in OS-gehalte zit dus in dezelfde range als de onnauwkeurigheidsmarge van de metingen.

##### **Geconcludeerd kan worden dat:**

- Bodems onder blijvend grasland over het algemeen een positieve bodem C balans hebben, en dus extra CO<sub>2</sub> kunnen vastleggen;
- vastleggen van CO<sub>2</sub> in landbouwbodems en een vergoedingssysteem hiervoor reeds op diverse plaatsen in het buitenland succesvol wordt toegepast (zie Appendix 1 en 4);
- er behoefte is aan een methodedocument voor de Nationale Koolstofmarkt voor een financiële prikkel voor boeren en landeigenaren, om de koolstofvastlegging vast te stellen en te documenteren en om meer ervaring op te doen in de praktijk.
- er een methodedocument voor blijvend grasland nodig is, met waardering op basis van berekende en gemeten hoeveelheden vastgelegde CO<sub>2</sub> op perceel- en projectniveau.



### 3. Additionaliteit

De Stichting Nationale Koolstofmarkt heeft voor additionaliteit bepaald dat een emissiereductie- of koolstofvastleggingsproject additioneel is *“als de projectmaatregel geen onderdeel is van vigerend beleid en de toegepaste technologie of techniek nog niet gangbaar is in de relevante markt”*. Dat wil zeggen 1) **geen vastgesteld beleid** in de vorm van door de Rijksoverheid, de Europese Unie of regionale overheden geïntroduceerde beleidsinstrumenten, die voor een bepaalde datum zijn gepubliceerd of afspraken met marktpartijen, maatschappelijke organisaties en andere overheden die op of voor die datum bindend zijn vastgelegd en 2) dit **geen voorgenomen beleid** is indien deze openbaar, officieel medegedeeld en concreet genoeg uitgewerkt zijn.

#### Wetgeving en vigerend beleid t.a.v. koolstofvastlegging

Er is op dit moment nog geen nationaal of Europees beleid of verplichting tot koolstofvastlegging in bodems voor particuliere partijen; er is vanuit het Klimaatakkoord wel een streven om koolstofvastlegging te stimuleren om daarmee bij te dragen aan de reductiedoelstelling.

Vanuit Europa geldt voor de lidstaten vanaf 2021 wel een netto stabilisatiedoel ('no debit rule') voor de landgebruik sector (LULUCF). Op dit moment is er echter nog geen nationaal beleid uitgewerkt waarin dit voor bodemkoolstof gestimuleerd of verplicht wordt opgelegd aan boeren. Binnen de EU geldt de afspraak dat het aandeel blijvend grasland per EU-lidstaat niet te veel mag dalen, omdat blijvend grasland bijdraagt aan vergroening en klimaatbeleid. Blijvend grasland is hierbij gedefinieerd als grasland dat minimaal 5 jaar niet in de vruchtwisseling is opgenomen met grond met een overheersend natuurlijke of ingezaaide vegetatie van grassen of andere kruidachtige voedergewassen<sup>2</sup>. Nederland heeft ervoor gekozen om het aandeel blijvend grasland op nationaal niveau te monitoren. Deze algemene eis op landelijk niveau is niet vertaald naar eisen op specifiek bedrijfsniveau. De definitie van blijvend grasland in de wetgeving wijkt af van de definitie die in deze methode wordt gehanteerd (zie hoofdstuk Definities).

#### Huidige situatie bodemkoolstof

Recente analyses (Van Tol et al., 2019) laten zien dat tussen circa 1998 en 2018 voor het deel van Nederland dat op de bodemkaart als minerale grond is gekarteerd, gemiddeld geen significante verandering in het gehalte aan organische stof kon worden aangetoond. Als de agrarische sector extra vastlegging van koolstof in de bodem wil bewerkstelligen, dan betekent dit dat ze een andere werkwijze zullen moeten volgen dan de reguliere praktijk. Dat kan bijvoorbeeld in het kader van de Nationale Koolstofmarkt, die stimuleert, waardoor er een financiële prikkel ontstaat.

#### Additionaliteit van koolstofvastlegging door blijvend grasland

De maatregel 'blijvend grasland' om koolstof vast te leggen, is bovenwettelijk voor het meeste landbouwareaal en dus additioneel. Alleen binnen Natura 2000-gebieden is er aanvullende wetgeving dat blijvend grasland niet mag worden gescheurd of vernietigd<sup>1</sup>. Deze methode is daarom niet op Natura 2000-gebieden van toepassing.

---

<sup>2</sup> Bron: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/glb/betalingsrechten-2019/vergroeningseisen-2019/blijvend-grasland-2019>

**Geconcludeerd kan worden dat:**

- in Nederland en EU nog geen verplichting bestaat om koolstof in de bodem vast te leggen, noch bestaat er een subsidieregeling voor.
- er op bedrijfsniveau geen wettelijke plicht is om blijvend grasland ook in stand te houden.
- de afgelopen 20 jaar het gemiddelde OS-gehalte van minerale landbouwbodems niet significant is veranderd (bron: <https://edepot.wur.nl/509781>)
- een vrijwillige toepassing met als doel koolstofvastlegging daarom additioneel is.

## 4. Bepaling projectgrens

### 4.1 Ruimtelijke begrenzing

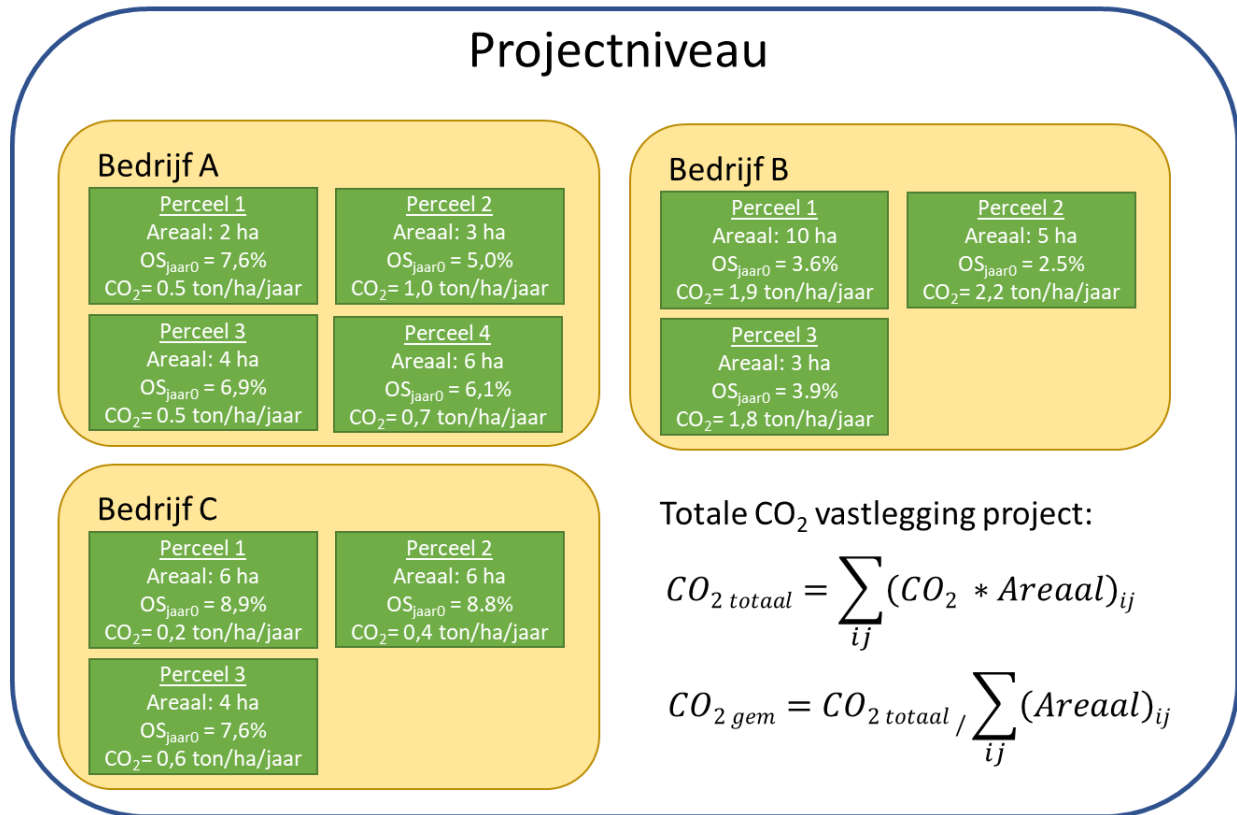
De fysieke grenzen waarbinnen de koolstofvastlegging wordt bepaald zijn alle percelen die meedoen in het project waarop de maatregel plaatsvindt en het bodemtraject waarin de meeste bodemkoolstof voorkomt in de bodem: de bovenste 25 cm vanaf maaiveld.

Er wordt geen minimumeis aan het aantal deel te nemen percelen gesteld. Echter, door meer percelen in het project op te nemen, wordt de kans verhoogd dat daadwerkelijk op projectniveau een toename in organische stof kan worden bepaald. Een statistische berekening op basis van gemiddelde OS gehalten en verwachte variatie laat zien dat minimaal ongeveer 150 percelen nodig zijn om het risico tot 5% te beperken dat een daadwerkelijke toename in organische stof niet kan worden aangetoond door bodemmetingen in jaar 10.

We onderscheiden drie ruimtelijke niveaus:

1. Perceelsniveau: voor het project aangemeld(e) perceel / percelen
2. Bedrijfsniveau: alle percelen van een deelnemend bedrijf (inclusief percelen die niet zijn aangemeld; daarmee wordt voorkomen dat een bedrijf alleen percelen met een positieve organische stofbalans aanmeldt, terwijl er over al zijn percelen sprake zou kunnen zijn van een negatieve balans).
3. Projectniveau: alle aangemelde percelen van deelnemende bedrijven.

Het projectgebied omvat percelen die door de bedrijven zijn aangemeld voor het project. Het projectgebied is beschikbaar als BRP-kaart (Basisregistratie Percelen). Dit is schematisch weergegeven in Figuur 1.



*Figuur 1. Schematische weergave van de verschillende niveaus met voorbeeldgetallen voor het start organische stofgehalte (OS<sub>jaar 0</sub>) en de berekende CO<sub>2</sub> vastlegging per perceel (in ton CO<sub>2</sub>/ha/jaar). De totale CO<sub>2</sub> vastlegging van het project wordt berekend door de som van alle deelnemende percelen (i) en alle bedrijven (j). In dit voorbeeld is het totale areaal van de drie bedrijven 49 ha, waarop gezamenlijk 51,6 ton CO<sub>2</sub> per jaar wordt vastgelegd. De gemiddelde vastlegging in dit voorbeeld is dus 1,05 ton CO<sub>2</sub>/ha/jaar, welke de basis is voor de uit te keren certificaten.*

De deelnemer aan het project kan aantonen (door middel van een eigendomsbewijs, pachtcontract etc.) controle te hebben over het deelnemende bedrijf en kan aannemelijk maken dat die controle behouden wordt gedurende de projectduur.

#### 4.2 Projectperiode

De projectperiode bedraagt minimaal 10 jaar. In het kalenderjaar voorafgaand aan het eerste projectjaar mag het grasland dat meedoet in het project en het jaar daarvoor blijvend grasland was (volgens de definitie van RVO), niet zijn gescheurd. De CO<sub>2</sub>-vastlegging wordt vooraf berekend met een model (zie Hoofdstuk 7) op basis van de gemeten bodem C/OS-gehalte bij de start van het project. Verificatie van de berekening vindt plaats op basis van metingen na 5 en 10 jaar.

Daarbij wordt de intentie vastgelegd voor het continueren / verlengen van de maatregelen na afloop van de projectduur.

#### 4.3 Startdatum

De startdatum van het project is het moment waarop de projectinterventie start. Het kan zijn dat dan al sprake is van blijvend grasland. Door mee te doen aan het project, verplicht het bedrijf zich tot het in stand houden van dit blijvend grasland gedurende 10 jaar. Er kunnen geen certificaten worden toegekend voor vastlegging van bodem-C in blijvend grasland in jaren *voorafgaande* aan het project.

#### 4.4 Deelnemende bedrijven

Deelnemers zijn agrarische bedrijven die zich contractueel verplichten tot het toepassen van blijvend grasland gedurende ten minste 10 jaar vanaf de startdatum en op ten minste 50% van het bedrijfsareaal zoals bepaald in projectjaar nul (het jaar voorafgaand aan de projectstart). In geval een deel van het bedrijfsareaal van een deelnemend bedrijf bestaat uit natuur(gras)land (wat per definitie al blijvend grasland is, zeker wanneer dit in de pachtvoorwaarden is vastgelegd), laat het bedrijf dit deel van het bedrijfsareaal buiten het project en brengt het van het resterende deel van het bedrijfsareaal minimaal 50% onder het project.

Uitbreiding van het aantal deelnemers kan per jaar in afzonderlijke projecten. Voor nieuwe deelnemers zal een nieuw project starten, waarbij ook zij tien jaar zullen deelnemen. Per jaar kan dus een nieuw project starten, waarbij voor dat project wordt berekend hoeveel bodem-C in 10 jaar wordt vastgelegd. Dit heeft geen invloed op de andere projecten.

#### 4.5. Sources en sinks

Voor alle sources / sinks geldt dat het niet verplicht berekend hoeft te worden als aangetoond is dat het niet meetellen van deze emissiebronnen bijdraagt aan een conservatieve inschatting van de GHG impact van het project. Ook kunnen sources / sinks optioneel buiten beschouwing worden gelaten wanneer de impact niet significant is, dat wil zeggen dat het gezamenlijke aandeel van deze sources / sinks minder dan 5% van de totale CO<sub>2</sub> vastlegging bedraagt.

##### Toelichting op broeikasgasemissies door fossiele brandstoffen en bemesting

Emissies uit het verbranden van fossiele brandstoffen en het toepassen van bemesting (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O) worden in dit document niet meegeteld. Deze keuze is te verantwoorden omdat waarschijnlijk een conservatieve benadering wordt toegepast: de netto broeikasgas- emissiereductie of -verwijdering wordt niet overschat. De gemiddelde jaarlijkse emissies t.g.v. het gebruik van fossiele brandstoffen in een landbouw baselinescenario zal hoger zijn dan in een projectscenario, omdat daarin minder grondbewerkingen worden toegepast. Op het vlak van bemesting zal de situatie in het baselinescenario gelijk zijn aan het projectscenario; in beide situaties geldt de mestwetgeving als bindend.

##### Conservatieve benadering significantie

Uit tabel 1 blijkt dat blijvend grasland een vermindering van de emissies als gevolg van grondbewerking en bodemprocessen tot gevolg heeft. Door deze effecten niet mee te rekenen, geven we dus een conservatieve inschatting van de GHG impact.

Tabel 1: Overzicht sources

GHG	Source	Inbegrepen	Toelichting
CO <sub>2</sub>	Grondbewerking	Nee	Bij blijvend grasland vindt geen grondbewerking plaats, waardoor minder CO <sub>2</sub> -emissie als gevolg van dieselgebruik plaatsheeft.
N <sub>2</sub> O	Emissie bodemprocessen	Nee	N <sub>2</sub> O-emissies vinden plaats bij de omzetting van stikstof in de bodem. Bij het scheuren van grasland komt naast CO <sub>2</sub> ook veel stikstof vrij, wat kan leiden tot hoge N <sub>2</sub> O emissies. Bij blijvend grasland wordt dit voorkomen. Gezien de beperkte data en grote onzekerheid in deze emissies zijn de mogelijke emissiereducties niet meegenomen.

Sink: CO<sub>2</sub>: Bodemlaag van 0-25 cm. Dit vormt de kern van de activiteiten: vastlegging van CO<sub>2</sub> in landbouwbodem.

## 5. Vaststellen baseline

De baseline van een project is de voortzetting van de gangbare praktijk waarbij geen extra maatregelen worden genomen om koolstof vast te leggen in de bodem van het onderhavige perceel. In het geval van de maatregel blijvend grasland is het bepalen van de baseline niet eenduidig. Enerzijds omdat voor huidig blijvend grasland onduidelijk is of een boer dat wel of niet gaat ploegen in de toekomst. Anderzijds omdat in dit methodedocument gebruik wordt gemaakt van een combinatie van metingen en modellering. De baseline kan echter alleen modelmatig worden berekend, en kan niet worden geverifieerd met metingen aan het eind. Een hypothetisch berekende baseline is mogelijk dus niet consistent met de metingen na 10 jaar.

Dit wordt geïllustreerd in het volgende voorbeeld. Een perceel is nu onder akkerbouw en heeft een organisch C-gehalte van 2%. Bij continuering van het huidige gewas- en bodembeheer zou op basis van de modelberekening over 10 jaar het C gehalte zijn gedaald naar 1,5%. Bij het nemen van de maatregel blijvend grasland kan het C gehalte over 10 jaar echter toenemen tot 2,5%. Uit de metingen waar de uiteindelijk betaling deels vanaf hangt, kan echter maar de toename van 0,5% worden geconstateerd, en niet de hypothetische toename van 1%. Voor consistentie en versimpeling van de methode is er gekozen om de baseline emissies op nul te zetten en de projectemissies worden dan berekend met het bodem-C model (zie hoofdstuk 6) op basis van de huidige C-gehaltenes van de bodem.

Deze C-gehaltenes zijn enerzijds de referentie voor het startpunt waar na afloop van het project of na een bepaalde periode een nieuwe bodem-C meting mee kan worden vergeleken om de extra vastgelegde hoeveelheid C te bepalen. Daarnaast is het bodem C-gehalte ook nodig als invoer voor de modelberekening. Het moment van meting voor de baseline is jaar 0, dan wel voorafgaande aan het

groeiseizoen (1 februari) in jaar 1. Deze meting dient in hetzelfde seizoen plaats te hebben als de eindmeting in jaar 10.

### Monstername

Om koolstof in de bodem te meten, worden er in een perceel monsters **op** 25 cm diepte genomen, omdat er vanuit wordt gegaan dat in de bovenste laag van de bodem zich de meest organische stof bevindt. Deze bemonsteringsdiepte sluit deels aan bij de praktijk, waarbij de standaard bemonsteringsdiepte voor akkerland 25 cm is. Voor grasland is de standaard bemonsteringsdiepte 10 cm, deze laag is voor C-vastlegging te beperkt omdat daaronder ook nog veel koolstof zit en het wortelstelsel van gras toch vaak dieper dan 10 cm is. In de IPCC-richtlijnen en de Nederlandse emissierapportage wordt gerekend met een bodemdiepte van 30 cm. Voor de modellering van C-vastlegging in grasland is deze diepte echter te groot, aangezien de actieve aanvoer en afbraak van koolstof in de bovenste 20-25 cm plaatsvindt. Ook vanwege de aansluiting bij de praktijk, is daarom gekozen voor een bodem en bemonsteringsdiepte van 25 cm.

Per perceel worden deelmonsters genomen door een organisatie op het gebied van bodembemonstering (monsternemer) die is geaccrediteerd bij de Raad van Accreditatie ([www.rva.nl](http://www.rva.nl)). Deze monsters worden later samengevoegd tot één mengmonster dat wordt geanalyseerd, zodat de heterogeniteit binnen een perceel wordt meegenomen. Deze heterogeniteit geeft al aan dat er sprake is van een hoeveelheid koolstof in de bodem met een bandbreedte. Deze heterogeniteit kan afhangen van natuurlijke verschillen, zoals processen die het landschap bepalen (geomorfologie, zoals kreekruggen, veenlagen, rivierlandschappen etc.) maar ook van verschillen die op het land door management ontstaan, denk aan kopakkers, stukken land die door de tijd bij andere gewaspercelen ingedeeld raken, verschillen in bemesting, etc.

Monsters (in jaar 0 en jaar 10) worden genomen volgens het '[Protocol fosfaatdifferentiatie](#)' als gepubliceerd door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.<sup>3</sup> Volgens dit protocol kunnen twee methoden gehanteerd worden voor bemonstering. Als methode 2 van het protocol wordt gehanteerd, geldt als aanvullende voorwaarde dat minimaal 25 monsters per 5 ha worden gestoken, ook bij grotere percelen (in afwijking van de aantallen die in het protocol in tabel 1 van het protocol worden genoemd). Voor bemonstering kiest de monsternemer een van beide methoden en volgt daarbij nauwgezet de stappen ervan als uitgelegd in het Bemonsteringsprotocol.

Er zijn verschillende methoden die worden gebruikt om de hoeveelheid organische stof of koolstof in de bodem te meten. Het koolstofgehalte kan worden bepaald door de elementaire analysemethode (TOC), conform de internationale standaard ISO 10694:1995. Voor organische stof analyses bestaan twee klassieke methodes i) thermische destructie (gloeiverlies methode), ii) chemische oxidatie (dichromaatmethode). Daarnaast zijn er ook nieuwe methoden, waarbij via spectroscopie het OS- of C-gehalte indirect wordt afgeleid, hiervoor zijn twee methoden beschikbaar i) Nabij InfraRood (NIR) en ii) Mid-Infrarood (MIR). Deze nieuwe methoden zijn goedkoper, en tegenwoordig de standaard in Nederland voor bodemanalyses in de landbouwpraktijk. Metingen van het organisch C-gehalte hebben in dit geval de voorkeur, aangezien dan de onzekerheid in de omrekening van OS naar C vermeden wordt.

<sup>3</sup> [Bemonsteringsprotocol fosfaattoestand bepalen \(rvo.nl\)](#), 2021:

[https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/04/20210415\\_Bemonsteringsprotocol\\_fosfaattoestand\\_bepalen\\_v1.0.pdf](https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/04/20210415_Bemonsteringsprotocol_fosfaattoestand_bepalen_v1.0.pdf)

Als deze niet beschikbaar zijn kan ook het OS-gehalte gebruikt worden. In dat geval wordt dit met de factor 0,54 vermenigvuldigd om het OC gehalte te berekenen. Deze factor 0,54 is de gemiddelde OC-OS-ratio, gebaseerd op de metingen in CC-NL (Tol-Leenders et al., 2019).

In principe is elk van deze methoden toegestaan om te gebruiken binnen de SNK, mits dit plaatsvindt door geaccrediteerde organisaties. Belangrijk is hierbij dat dezelfde werkwijze en analysemethode wordt gebruikt bij de start van het project (jaar 0) en bij de afronding van het project (jaar 10) en dat elke keer in hetzelfde seizoen wordt bemonsterd (bij voorkeur in het najaar).

De gemeten C-gehalten worden omgerekend naar C-voorraad op basis van de volgende formule:

C-voorraad bodem (in ton C/ha) = dichtheid (in kg/dm<sup>3</sup>) x bodemdiepte (in m) x 10.000 x C-gehalte (in kg/kg)

De dichtheid wordt als volgt berekend op basis van formules van Wösten (2001)<sup>4</sup> voor kleigronden en Hoekstra en Poelman (1982)<sup>5</sup> voor zandgronden (gehalte is uitgedrukt in procenten):

Dichtheid<sub>klei</sub> =  $1 / (0.6117 + (0.003601 * \text{kleigehalte}) + (0.002172 * (\text{OS-gehalte}^2) + (0.01715 * \ln(\text{OS-gehalte})))$

Dichtheid<sub>zand</sub> =  $1 / (0.667 + (0.021 * \text{OS-gehalte}))$

De verschillende beschikbare methoden om bodemkoolstof te meten, verschillen o.a. qua kosten en betrouwbaarheid. Vanwege de verwachte kleine verandering in bodemkoolstofvoorraad lijkt een hoge nauwkeurigheid wenselijk. Daar staat tegenover dat het belangrijk is de kosten van het systeem relatief beperkt te houden en omdat niet op perceelsniveau wordt afgerekend op het behaalde effect, maar op projectniveau, hoeft een beperkte foutenmarge geen probleem te vormen. Uitgaande van een normale verdeling, waarbij fouten naar boven even vaak voorkomen als fouten naar onderen, zal op projectniveau het projecteffect alsnog redelijk geschat kunnen worden.

#### Geconcludeerd kan worden dat:

- de nulmeting van het C-gehalte per perceel binnen het project wordt bepaald met een van de meetmethoden (NIR, thermische destructie of chemische oxidatie), volgens een standaardprotocol (een mengmonster van 40 steken per perceel), en door een geaccrediteerd bureau waarbij volgens dezelfde methode wordt gewerkt in jaar 10 als in jaar 0.
- De uit het C-gehalte berekende C-voorraad is de baseline waar de meting na 10 jaar mee vergeleken wordt.
- De baseline emissie/vastlegging wordt op 0 ton CO<sub>2</sub>/ha/jaar gesteld.

<sup>4</sup> Wösten, J.H.M., G.J. Veerman, W.J.M. de Groot en J. Stolte, 2001. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Vernieuwde uitgave 2001. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, Alterra-rapport 153.

<sup>5</sup> Hoekstra, C. en J.N.B. Poelman, 1982. Dichtheid van gronden gemeten aan de meest voorkomende bodemeenheden in Nederland. Stichting voor Bodemkartering, rapport nr. 1582.

## 6. Projectemissies

Vastlegging van CO<sub>2</sub> in bodem-OS is via modelberekeningen in grote lijnen te voorspellen. Wetenschappelijke modellen zoals Roth-C, Century en Candy zijn gebaseerd op lange-termijn meetreeksen, waarin landbouwactiviteiten en klimaatgegevens zijn gekoppeld aan gemeten bodem koolstofgehalten. Met deze modellen kan dus worden voorspeld hoeveel C is vastgehouden/vastgelegd, mits de maatregelen die de boer heeft genomen goed zijn vastgelegd (bijvoorbeeld keuze van de gewassen, type grondbewerking, aanvoer van organisch materiaal zoals mest of compost, etc.).

Voor de berekening van koolstofvastlegging voor de Nationale Koolstofmarkt wordt een perceel-specifieke modelberekening toegepast. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van het RothC-model. Dit is een dynamisch model voor de omzetting van organische koolstof in minerale bodems. Op basis van bodemgegevens van het perceel (C-gehalte en kleigehalte), het landgebruik en de toegediende hoeveelheid organische meststoffen berekent het model de hoeveelheid C die in de bodem wordt vastgelegd. Verder houdt het model voor het berekening van de afbraak van C in de bodem rekening met het klimaat (neerslag, temperatuur en verdamping). Het model houdt indirect rekening met de leeftijd van grasland, aangezien bij langjarig grasland het koolstofgehalte in de bodem hoger zal zijn, en daardoor de potentie voor extra C-vastlegging kleiner is. Het model kan alleen de verandering van de C-voorraad in de bovengrond berekenen (bovenste 25 cm), eventuele C-vastlegging in diepere lagen wordt niet meegenomen. Zie Appendix 3 voor nadere toelichting op het RothC-model. Vanwege de volgende redenen is de keuze gemaakt om het RothC model toe te passen:

- Het model wordt wereldwijd toegepast en is goed beschreven in wetenschappelijke publicaties (o.a. Coleman et al., 1997; Smith et al., 1997; Byrne and Kiely, 2009)
- Het model is relatief simpel en vereist een beperkte set aan invoer data
- Er is ervaring met het toepassen van het model in Nederland, zoals beschreven in Conijn en Lesschen (2016) voor toepassing op nationale schaal en Lesschen et al. (2020) voor toepassing op bedrijfsniveau voor de melkveehouderij.
- Het is de bedoeling om dit model ook te gebruiken voor de nationale emissieregistratie voor het berekenen van C vastlegging in landbouw gronden.
- RothC is ook het model dat gebruikt gaat worden voor het bepalen van de nationale potentie van C vastlegging door het FAO Global Soil Partnership en in het VCS methodiek wordt ook naar RothC gerefereerd.

Voor de perceel-specifieke modelberekening is het nodig dat het te gebruiken model voor iedereen online beschikbaar komt. In het najaar van 2021 komt een online praktijktool beschikbaar op het platform FarmMaps gebaseerd op de rekenregels van RothC-model. Afhankelijk van bodemtype en huidig OS-gehalte, berekent het model de verandering in koolstofvoorraad in de bodem per ha en per jaar wordt voor blijvend grasland.

### **Geconcludeerd kan worden dat:**

Voor het bepalen van de project emissie/vastlegging van de maatregel blijvend grasland gebruik wordt gemaakt van een berekening met het RothC-model. Naar verwachting komt in het najaar van 2021 een online praktijktool gebaseerd op het RothC model beschikbaar, die voor deze berekening gebruikt kan worden.



## 7. Emissiereductie

De netto vastgelegde CO<sub>2</sub> wordt bepaald uit het verschil tussen de huidige koolstofvoorraad (baseline) en de berekende/gemeten koolstofvoorraad voor de situatie met blijvend grasland (project) na 10 jaar. De jaarlijkse CO<sub>2</sub> vastlegging per perceel kan dan als volgt worden berekend:

$$CO_2\_vastlegging = 44/12 * ((C\_voorraad_{jaar0} - C\_voorraad_{jaar10})/10) * \text{areaal}$$

CO<sub>2</sub>\_vastlegging = CO<sub>2</sub> vastlegging in ton CO<sub>2</sub>/ha/jaar

44/12 is de factor voor omrekening van C naar CO<sub>2</sub>.

C\_voorraad = koolstofvoorraad in de bodem (voor de laag 0-25 cm) in ton C/ha

De berekening kan ook in termen van CO<sub>2</sub>-emissies worden gedaan, de jaarlijkse CO<sub>2</sub> vastlegging is dan:

$$CO_2\_vastlegging = 44/12 * ((C\_balans_{project}) - (C\_balans_{baseline})) * \text{areaal}$$

C\_balans is uitgedrukt in ton C/ha/jaar. Zoals in hoofdstuk 5 is beschreven, wordt de baseline emissie/vastlegging op nul gezet. De netto vastlegging is dan ook gelijk aan de berekende jaarlijkse toename van de C-voorraad. Tabel 2 geeft een indicatie van de potentiële CO<sub>2</sub>-vastlegging voor zand en kleigrond en het huidige OS-gehalte, bij een hoger OS-gehalte is de potentiële CO<sub>2</sub>-vastlegging kleiner.

*Tabel 2. Voorbeeldtabel voor CO<sub>2</sub> vastlegging in ton CO<sub>2</sub>/ha/jaar voor de maatregel blijvend grasland, zoals berekend is met het RothC-model*

Huidig OS gehalte	Zandgrond	Kleigrond
< 3%	3,0	4,3
3-5%	1,6	3,0
5-8%	0,1	1,6
> 8%	0.0	0,4

## 8. Monitoring parameters

Dit hoofdstuk beschrijft het proces van de voorgeschreven monitoring en de uitgifte van CO<sub>2</sub>-certificaten tijdens en na de monitoringperiode en de gebruikte parameters.

### 8.1. Proces van monitoring en uitgifte van certificaten

Bij de keuze voor de opzet van de methode hebben de volgende feiten een belangrijke rol gespeeld:

- De relatief grote onnauwkeurigheid van de uitkomsten van organischestof bepalingen voor het bepalen van toename van organische stof op perceelsniveau,

- Het verschil in uitgangssituatie tussen boeren. Sommige boeren hebben in het verleden al meer inspanning geleverd en hebben hierdoor een hoger OS-gehalte van de bodem bij de start van het project. Hierdoor moeten ze relatief veel moeite doen om extra OS vast te leggen.

Daarom vindt uitkering van certificaten plaats op basis van het model en de volgende voorwaarden:

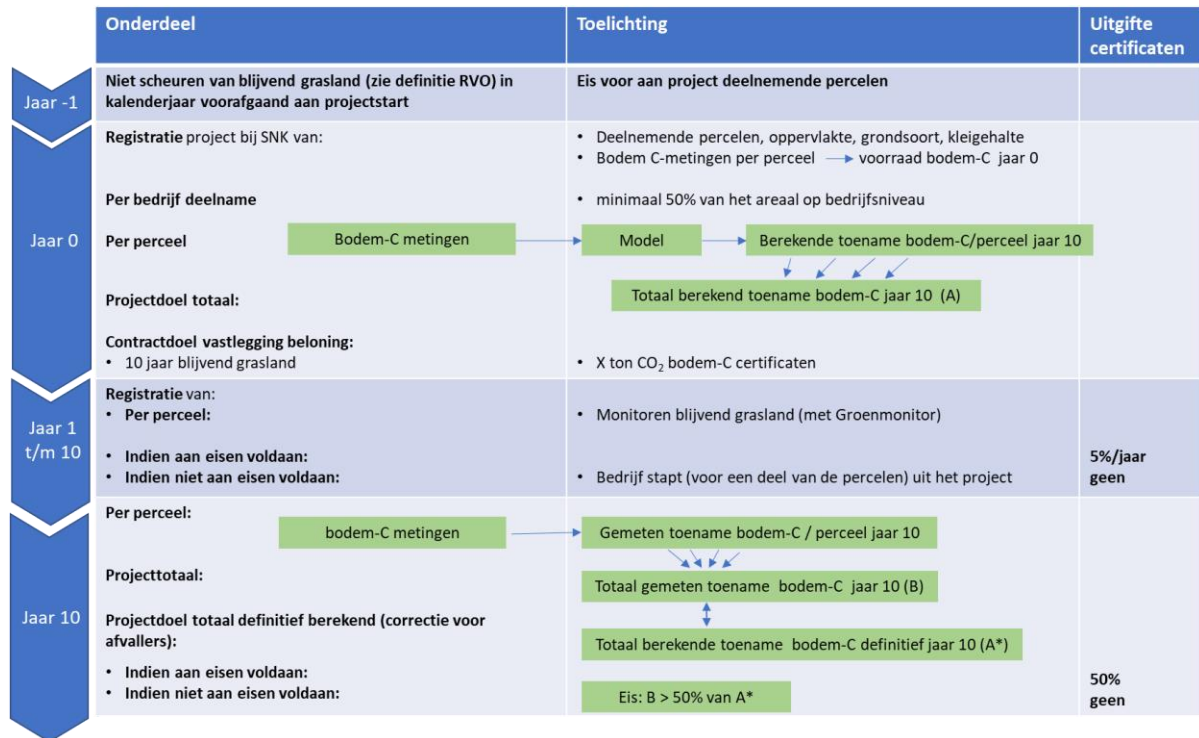
- *minimaal 50% van het areaal* op bedrijfsniveau (t=0) doet mee in het project (het overige areaal kan in rotatie als gras- en bouwland worden gebruikt). Controle of de projectpercelen daadwerkelijk het gehele jaar met gras bedekt waren, vindt plaats met de Groenmonitor. Controle of dit minimaal 50% van het areaal op bedrijfsniveau betrof (t=0), vindt plaats op basis van perceelsregistratie in de Gecombineerde opgave.

Ieder jaar op dezelfde percelen mais telen, is niet wenselijk, vanwege het negatieve effect op bodemkwaliteit. Vruchtwisseling, d.w.z. wisseling van percelen (gras op het maisperceel, en mais op het grasperceel) lost dit probleem op. Dit heeft echter als nadeel dat bij deze vruchtwisseling veel organische stof wordt afgebroken. Het optimale landgebruik is 60% blijvend grasland en 20% gras in vruchtwisseling met 20% bouwland (Van Eekeren et al., 2018). Om te zorgen dat op bedrijfsniveau geen afwenteling plaatsvindt naar andere percelen (doordat veel percelen in de vruchtwisseling met mais zijn opgenomen) wordt geëist dat minimaal 50% van het areaal op bedrijfsniveau op t=0 blijvend grasland is (waarbij de projectdefinitie voor blijvend grasland wordt gehanteerd).

- de *projectgemiddelde resultaten* van de bodemmetingen bedragen minimaal 50% van het gestelde doel. Omdat alleen meten te onnauwkeurig is, gaan we uit van een berekende CO<sub>2</sub>-vastlegging.

Desalniettemin is het belangrijk om daadwerkelijk te meten op de deelnemende percelen. De onnauwkeurigheid van de *gemiddelde waarden* is kleiner dan de onnauwkeurigheid van de meting per perceel. Een afwijking van 50% op het doelresultaat wordt dan als redelijk ingeschat om als voorwaarde te hanteren. Daarnaast krijgt op deze wijze iedere boer eenzelfde beloning voor dezelfde maatregel, onafhankelijk van de uitgangssituatie.

Schematisch is de wijze van monitoring weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2: schematische weergave van de opzet van monitoring en uitgifte van certificaten

Het onderstaande geeft de wijze van monitoring en uitgifte van certificaten chronologisch weer.

### Jaar 0

**Registratie:** Bij de start van het project (het totaal van de deelnemende bedrijven) wordt het project geregistreerd bij de Stichting Nationale Koolstofmarkt en wordt het projectplan ingediend met de in dit methodedocument gevraagde informatie.

Van alle deelnemende bedrijven worden geregistreerd:

- deelnemende percelen en huidig landgebruik
- niet-deelnemende percelen
- oppervlakte per perceel
- kleigehalte per deelnemend perceel

Alle percelen worden volgens protocol bemonsterd om het C-gehalte te bepalen. Aan de hand van het C-gehalte en het kleigehalte van de bodem wordt de voorraad bodemkoolstof in de bovenste 25 cm berekend.

**Per perceel** wordt modelmatig een inschatting gemaakt van de effecten van de maatregel blijvend grasland.

In de loop van 2021 komt een praktijkmodel beschikbaar waarmee perceelspecifiek een modelberekening kan worden gemaakt van de CO<sub>2</sub>-vastlegging over de tijd. Dit effect wordt weergegeven in ton CO<sub>2</sub>/ha/jaar en omgerekend naar de projectduur van 10 jaar.

Het projectdoel totaal wordt berekend. Dit is de som van de netto vastlegging in alle aan het project deelnemende percelen.

Contractdoel vastlegging beloning: Het totale projectdoel kan worden onderscheiden in X ton CO<sub>2</sub> bodem-C certificaten voor 10 jaar blijvend grasland voor alle deelnemende bedrijven gezamenlijk.

### Jaar 1 t/m 10

Ieder jaar vindt controle plaats of voldaan wordt aan de gestelde eisen. Via de Groenmonitor vindt controle plaats of op alle percelen grasland op alle momenten gras aanwezig is. Als aan de gestelde eisen is voldaan, wordt in het betreffende jaar 5% van de certificaten uitgekeerd. Als niet aan de eisen is voldaan, wordt voor het betreffende perceel geen uitkering gedaan. Hiermee vervalt ook het recht op uitkering van 50% in jaar 10 (op *basis van* metingen bodem-C in jaar 10). Het betreffende perceel maakt geen deel meer uit van het project. De tot dan toe uitgegeven maar nog niet geverifieerde certificaten voor het perceel worden ingetrokken. Als ieder jaar aan alle eisen wordt voldaan, wordt in totaal 10 maal 5% van de certificaten (totaal 50%) uitgekeerd.

### Jaar 10

In jaar 10 wordt het project afgerond en wordt het eindresultaat bepaald.

Per perceel dat de gehele projectperiode heeft deelgenomen wordt het volgende uitgevoerd:

- bodem-C metingen
- deze gegevens worden gebruikt om voor ieder perceel de daadwerkelijk gerealiseerde gemeten toename van bodem-C in 10 jaar tijd te berekenen.

Bedrijven en/of percelen waarvoor tijdens de projectperiode niet aan de eisen is voldaan, maken geen deel meer uit van het project en doen niet mee in de eindberekening van aantal het certificaten en de bepaling of de 50% is gehaald.

Op projectniveau wordt voor het project als totaal de gemeten bodem-C toename bepaald.

Deze gemeten bodem-C toename wordt vergeleken met het projectdoel totaal, zoals vastgesteld in jaar 0 (op basis van het model). Dit projectdoel wordt zo nodig gecorrigeerd voor percelen die gedurende de afgelopen 10 jaar niet altijd aan de voorwaarden voldeden. Als minimaal 50% van het 'projectdoel totaal' op projectniveau is gerealiseerd, wordt de resterende 50% van de certificaten uitgekeerd. Als minder dan 50% van het doel is gerealiseerd, vervalt de resterende uitkering van 50%, maar krijgt de eerste 50% (5% per jaar) wel de status 'geverifieerd'.

50% van de uitkering wordt dus gebaseerd op het nemen van de maatregel blijvend grasland en een modelmatig berekende toename van bodem-C, waarbij jaarlijkse controle plaatsvindt of daadwerkelijk sprake is van blijvend grasland. De andere 50% wordt uitgekeerd als *gemiddeld op projectniveau* uit bodem-C-metingen blijkt dat minimaal 50% van de berekende toename in bodem-C is gerealiseerd. Door te kiezen voor de *gemiddelde bodem-C toename op projectniveau* wordt de onnauwkeurigheid van individuele bodemmonsters deels gecompenseerd.

Om te zorgen dat iedere boer eenzelfde beloning krijgt voor de maatregel blijvend grasland, onafhankelijk van de uitgangssituatie, is het voorstel de totale hoeveelheid bodem-C certificaten gelijk

te verdelen over alle percelen. Op deze wijze wordt een hoog startniveau van bodem-C niet 'afgestraft' (een hoog startniveau maakt toename van bodem-C moeilijker). Deze voorgestelde wijze van verdeling van certificaten is niet bindend. Per project kunnen afwijkende afspraken over de verdeling worden gemaakt.

## 8.2. Nadere beschrijving van parameters

Gebruikte parameters:

- Bij de start van het project wordt bodemkoolstof gemeten (zie a. hier onder voor procedure)
- Jaarlijks wordt gemonitord of het perceel nog blijvend grasland is (zie b.)
- Controle of geen afwenteling op andere percelen binnen het bedrijf plaatsvindt: Voorwaarde voor deelname aan een project: minimaal 50% van het areaal op bedrijfsniveau is blijvend grasland.

### a. Procedure voor meting van bodemkoolstof

Voor de beschrijving van de procedure voor de meting van bodemkoolstof zie hoofdstuk 5 'Vaststellen Baseline'. Aan de hand van de afspraken per perceel en de startmeting per perceel, wordt in jaar 0 van het project berekend wat de verwachte toename in bodemkoolstof is per perceel in jaar 10 en wat de gemiddelde verwachte toename (in kg C/ha in de bovenste 25 cm) is van alle percelen die meedoen in het project (naar oppervlakte gewogen).

Na 10 jaar wordt de toename in organische koolstof bepaald d.m.v. een tweede bodemmeting op alle percelen. De metingen worden geanalyseerd met gebruikmaking van dezelfde methode en (voor zover mogelijk) door hetzelfde lab. Deze meting vormt een controlepunt voor de uitkering van de certificaten; uitkering vindt plaats op basis van de berekende hoeveelheden vastgelegde CO<sub>2</sub> door middel van het model.

Formule:

toename in C in het 10<sup>e</sup> jaar t.o.v. jaar 0 wordt voor ieder perceel als volgt berekend:  
voorraad bodem-C jaar 10 – voorraad bodem-C jaar 0.

De verandering in bodem-C voorraad van alle percelen binnen het project wordt gebruikt om op projectniveau het resultaat te berekenen. Mocht blijken dat voor bepaalde percelen niet altijd aan de voorwaarden is voldaan, dan worden deze percelen buiten beschouwing gelaten. Deze percelen komen ook niet in aanmerking voor uitkering van de resterende 50% na 10 jaar en reeds uitgekeerde bedragen in de afgelopen jaren moeten worden terugbetaald.

Formule:

Berekening gemiddelde toename bodem-C voorraad per hectare op projectniveau, waarbij alleen percelen meetellen waarbij de voorgaande 10 jaar is voldaan aan de voorwaarden:

$$\frac{\sum(\text{toename bodem-C per perceel in 10 jaar})}{\sum(\text{oppervlakte per perceel binnen project})}$$

De gemiddelde toename van de bodem-C voorraad per hectare op projectniveau wordt vergeleken met de verwachte gemiddelde toename per deelnemende hectare bij de start van het project. Als de

gemeten toename minimaal 50% is van de bij de start van het project berekende hoeveelheid, wordt de einduitkering uitgekeerd.

Formule:

Voorwaarde voor uitkering van 50% van de certificaten in jaar 10:

Gemiddelde gemeten toename bodem-C voorraad / ha op projectniveau in jaar 10 > 0,50 \* gemiddelde berekende toename bodem-C voorraad / ha op projectniveau in jaar 0.

### b. Monitoring blijvend grasland

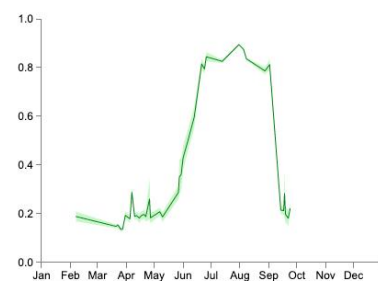
Jaarlijks wordt gecontroleerd of aan de voorwaarden voor blijvend grasland is voldaan (zie definitie in hoofdstuk 1) en of het grasland niet is gescheurd. Doorzaaien is wel toegestaan. Als uit remote sensing data (zie groenmonitor.nl) blijkt dat op een gegeven moment in het jaar geen gras aanwezig is op een perceel, wordt niet aan de regel 'blijvend grasland' voldaan. Als er voor een bepaald perceel niet aan de eisen is voldaan, maakt het perceel geen deel meer uit van het project en worden de reeds uitgekeerde maar niet geverifieerde certificaten ingetrokken.

De Groenmonitor (zie figuur 3) geeft zo mogelijk wekelijks of vaker een update van de groenindex, zodat gewasgroei te volgen is. In het systeem kunnen alle percelen worden geselecteerd en per perceel een overzicht van de bedekking in het afgelopen jaar worden weergegeven. Als blijkt dat de NDVI (de Normalized Difference Vegetation index) meer dan twee weken achter elkaar onder de 0,35 zakt, lijkt er niet meer sprake van een gesloten gewas (en dus geen blijvend grasland). Zie hieronder voorbeelden uit de Groenmonitor. De deelnemer wordt de mogelijkheid gegeven om te onderbouwen dat niet door herinzaai, maar door extreme weersomstandigheden de bedekking meer dan twee weken onder de 0,35 is gezakt. Dit kan bijvoorbeeld door het aanleveren van weersgegevens en door de ontwikkeling van de NDVI (geen abrupte wijziging, maar een langzame daling, zonder 'plateau' zoals in onderstaande middelste figuur wel zichtbaar is).

Legenda NDVI/WDVI



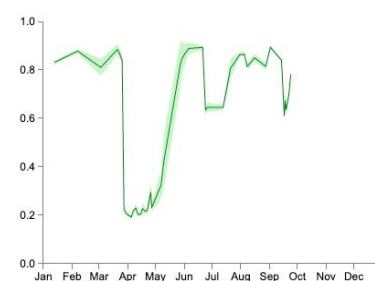
Groenindex 2020 (NDVI)



Legenda NDVI/WDVI



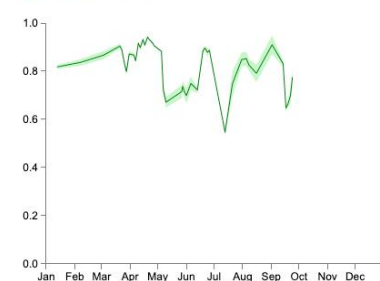
Groenindex 2020 (NDVI)



Legenda NDVI/WDVI



Groenindex 2020 (NDVI)



*Figuur 3. Voorbeelden van beelden uit de Groenmonitor. Van links naar rechts: bouwland, tijdelijk grasland en blijvend grasland.*

**Geconcludeerd kan worden dat de monitoring als volgt zal moeten plaatsvinden:**

- in jaar 0:
  - vindt controle plaats of minimaal 50% van het areaal op bedrijfsniveau meedoet in het project
  - wordt bodemkoolstof gemeten volgens protocol
- jaarlijkse controle of de maatregel is uitgevoerd: jaarlijks wordt gemonitord of het perceel nog blijvend grasland is via Groenmonitor
- de grondgebruiker tekent een intentieverklaring dat ook na afloop van het project het perceel als blijvend grasland in gebruik zal blijven.

**Bron:** Nick van Eekeren, Joachim Deru, Nyncke Hoekstra, Jan de Wit (2018) Carbon Valley. Organische stofmanagement op melkveebedrijven. Ruwvoerproductie, waterregulatie, klimaat en biodiversiteit. Louis Bolk Instituut.

## 9. Risicoanalyse en hoe daar mee om te gaan

Bij dit type project is ook gekeken naar mogelijke risico's dat de verwachte emissiereducties niet gehaald worden of niet kunnen worden vastgesteld of om andere reden niet meer voor certificering in aanmerking zouden kunnen komen.

Hieronder staat beschreven hoe resterende risico's beperkt worden:

1. **Het waarderingssysteem** is gericht op verhoging van het organisch stofgehalte in landbouwbodems en is beperkt tot het verwaarden van bodemkoolstof. Hierbij is nagegaan wat het effect is op de broeikasgassen die in minerale landbouwgronden een grote rol spelen meegenomen; dus vooral koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) en lachgas (N<sub>2</sub>O). Zoals beschreven in hoofdstuk 4, is het risico op afwenteling, bijvoorbeeld een toename van lachgasemissies, zeer beperkt en kan dus buiten beschouwing worden gelaten.
2. **Verlies van opgebouwde organische stof na contractperiode.** De maatregelen die leiden tot organische stof opbouw worden uitgevoerd in de contractperiode. Hierdoor is er strikt genomen geen garantie dat de CO<sub>2</sub> die is vastgelegd gedurende de contractperiode niet weer verdwijnt nadat het contract is afgelopen. Kans: klein. Dit risico wordt beperkt door voor het project gemotiveerde agrariërs te selecteren die dit als aanvullend verdienmodel beschouwen. In het contract wordt een intentieverklaring opgenomen om organische stof te behouden na afloop van de contractperiode.
3. **Algemeen:** De Stichting Nationale Koolstofmarkt geeft aan dat een **risicobeheersingsplan nodig is ten aanzien van menselijke en natuurlijke risico's** op het verlies van GHG. De jaarlijkse uitgifte van 5% van de certificaten wordt gebaseerd op het nemen van de maatregelen. Als achteraf (na 10 jaar), op projectniveau op basis van metingen, blijkt dat de doelen voldoende zijn gerealiseerd, wordt de overige 50% van de certificaten in de buffer uitgegeven. Dit valt



ruimschoots binnen de 85% die SNK hiervoor aanhoudt (SNK-Projectplan voor uitgifte van certificaten, versie 3.0).

- 4. Faillissement van een contractpartij** Een van de deelnemende partijen kan failliet gaan en kan daardoor niet meer aan de verplichtingen voldoen. Kans: klein.



## Appendix I – Literatuur elders gebruikte vergelijkbare methodes

### Methodes in andere credits programma's:

- Oostenrijk: Humuszertifikate, Oekoregion Kaindorf: <https://www.oekoregion-kaindorf.at/index.php?id=187>
- Duitsland : CO2-Plus Zertifikat, Biomassehof Algäu: <https://www.biomassehof.de/co2-plus-zertifikat/>
- VCS: VM0017 Adoption of Sustainable Agricultural Land Management, v1.0, 21 dec, 2011, door BioCarbon Fund en World Bank <https://verra.org/methodology/vm0017-adoption-of-sustainable-agricultural-land-management-v1-0/>
- VCS: VM0021 Soil Carbon Quantification Methodology, v1.0, 16 nov, 2010, door The Earth Partners: <https://verra.org/wp-content/uploads/2018/03/VM0021-Soil-Carbon-Quantification-Methodology-v1.0.pdf>
  - rekentool: VMD0004 Estimation of stocks in the soil organic carbon pool (CP-S), v1.0 <https://verra.org/methodology/vmd0004-estimation-of-stocks-in-the-soil-organic-carbon-pool-cp-s-v1-0/>
- VCS: Specifiek voor grasland is de volgende prima te gebruiken: VM0032 Methodology for the Adoption of Sustainable Grasslands through Adjustment of Fire and Grazing, v1: <https://verra.org/methodology/vm0032-methodology-for-the-adoption-of-sustainable-grasslands-through-adjustment-of-fire-and-grazing-v1-0/>
  - met daarbij een speciale leakage tool: VMD0040 Leakage from Displacement of Grazing Activities, v1.0: <https://verra.org/methodology/vmd0040-leakage-from-displacement-of-grazing-activities-v1-0/>
- Gold Standard: Soil Organic Carbon Framework Methodology, Version 1.0, 28 febr., 2020, <https://globalgoals.goldstandard.org/wp-content/uploads/2020/02/Gold-Standard-Soil-Organic-Carbon-Framework-Methodolgy.pdf>
- Gold Standard: Increasing Soil Carbon Through Improved Tillage Practices, 28 febr, 2020, <https://globalgoals.goldstandard.org/wp-content/uploads/2020/02/Gold-Standard-SOC-Module-Improved-Tillage.pdf>
- Australië: Measurement of Soil Carbon Sequestration in Agricultural Systems: <https://www.legislation.gov.au/Details/F2018L00089>
  - Supplement: <http://www.environment.gov.au/system/files/consultations/072b4825-ec0f-49d9-991e-42dfa1fbae3/files/supplement-soil-carbon-agricultural-systems.pdf>
  - Soil carbon guide: <http://www.cleanenergyregulator.gov.au/DocumentAssets/Documents/Understanding%20your%20soil%20carbon%20project%20-%20Simple%20method%20guide.pdf>
  - Estimating sequestration of carbon in soil using default values method (model-based soil carbon) <http://www.cleanenergyregulator.gov.au/ERF/Pages/Choosing%20a%20project%20type/Opportunities%20for%20the%20land%20sector/Vegetation%20and%20sequestration%20methods/Estimating-sequestration-of-carbon-in-soil-using-default-values-model-based-soil-carbon.aspx>
- Australië: Sequestering carbon in soils in grazing systems method: <http://www.cleanenergyregulator.gov.au/ERF/Choosing-a-project-type/Opportunities-for-the-land-sector/Vegetation-methods/Sequestering-carbon-in-soil-in-grazing-systems>
- California: [Soil Enrichment Protocol Version 1.0 – Draft for Public Comment](#)
  - [Model Calibration, Validation, and Verification Guidance for Soil Enrichment Projects](#) (April 17, 2020)

- PURO, biochar: [https://static.puro.earth/live/uploads/tinymce/Puro\\_Documents/Puro-CO2-removal-marketplace\\_2019-10-08.pdf](https://static.puro.earth/live/uploads/tinymce/Puro_Documents/Puro-CO2-removal-marketplace_2019-10-08.pdf)

## Appendix II - Toelichting statistische analyse benodigde steekproefomvang

Het analyseren van de verandering in het organische stofgehalte gedurende 10 jaar kan worden gedaan met behulp van een gepaarde t-toets. Op elk perceel wordt een monster verzameld bij aanvang van het project en na 10 jaar. De verandering in organische stofgehalte ( $d$ ) wordt voor elk perceel vastgelegd. Vervolgens wordt onder alle deelnemende percelen de gemiddelde verandering  $\bar{d}$  bepaald.

De gepaarde t-toets biedt antwoord op de vraag of men *met voldoende zekerheid* kan concluderen dat het organische stofgehalte is gestegen. Deze zekerheid hangt samen met het feit dat er ook fouten kunnen optreden bij het analyseren van de data. Het gaat om twee typen fouten:

- 1) Het organische stofgehalte is niet verhoogd, maar door variantie in de data concluderen wij dat er wel sprake is van een verhoging. De ondernemers worden dan ten onrechte beloond.
- 2) Het organische stofgehalte is wel verhoogd, maar door variantie in de data kunnen wij niet bewijzen dat dit het geval is. De ondernemers worden dan ten onrechte afgestraft.

Het is mogelijk om de kans op deze fouten te controleren (beperken) door middel van een voldoende grote steekproefomvang. Een type 1 fout is onwenselijk voor de verstrekker van carbon credits of andere vormen van financiële beloning; een type 2 fout is onwenselijk voor de agrarisch ondernemer. In dit opzicht is het dan ook wenselijk om het risico voor beide partijen even groot te maken. Wij zijn uitgegaan van een maximale kans op zowel een type 1 als type 2 fout van 5%.

Om te berekenen welke steekproefomvang hiervoor nodig is, maken we gebruik van de formule in box 1.

### **Box 1. Berekening van de steekproefomvang.**

De benodigde steekproefomvang voor een gepaarde, eenzijdige t-toets wordt berekend met de volgende formule:

$$n = \frac{s_d^2 * (z_\alpha + z_\beta)^2}{d^2}$$

- $n$  De benodigde steekproefomvang
- $s_d^2$  De variantie in van de veranderingen in organische stof
- $\alpha$  De kans om de nulhypothese (hier: geen verandering in organische stof) ten onrechte te verwerpen
- $\beta$  De kans dat een foute nulhypothese niet als zodanig wordt herkend, ofwel een onvermogen om een toename in organische stofgehalte te detecteren
- $z$  De z-score is een gestandaardiseerde waarde, uitgedrukt in het aantal eenheden van de standaardafwijking  $s$
- $d$  De kleinste relevante verandering in het organische stofgehalte die men wil kunnen waarnemen

Zoals hierboven genoemd, willen wij de kans op een type 1 en 2 fout ( $\alpha$  en  $\beta$ ) beperken tot 5%. Om de steekproefomvang te berekenen is dus nog een inschatting nodig van de variantie  $s_d^2$  en het kleinste relevante verschil  $d$  dat detecteerbaar moet zijn.

Er zijn verschillende factoren die bijdragen aan de variantie  $s_d^2$  in de data:

- 1) Bodems zullen op verschillende wijze koolstof opslaan. Dit hangt af van o.a. de bodemsoort, management en het organische stofgehalte bij aanvang van het project.
- 2) Binnen een perceel is er sprake van ruimtelijke heterogeniteit: delen van het perceel kunnen een verschillend organisch stofgehalte hebben. Het mengmonster kan na 10 jaar net op andere plekken worden gestoken en hierdoor een andere samenstelling hebben. Deze variantie wordt beperkt door het monster niet op het hele perceel te verzamelen, maar binnen een kleiner meetvlak.
- 3) Het laboratorium dat de analyse uitvoert heeft een marge van onzekerheid. In het uiterste geval kan het gaan om afwijkingen tot 10%. Deze variantie kan deels ingeperkt worden door de monsters **in duplo** (tweemaal) te analyseren.

Met behulp van simulaties in RothC is er een inschatting gemaakt van de variantie in de toename van het organische stofgehalte op verschillende bodems. Daarnaast heeft ook de onnauwkeurigheid van het laboratorium een grote invloed. Om hier een inschatting van te maken, zijn wij uitgegaan van 'worst case scenario's'. De analyse heeft een onnauwkeurigheid tot 10%. In het meest extreme geval kan een verandering in organische stof zwaar onderschat worden, als de analyse van de nulmeting 10% hoger uitvalt dan werkelijk het geval is en de eindmeting na 10 jaar 10% lager uitvalt dan werkelijk het geval is. In de omgekeerde situatie wordt de toename in organische stof zwaar overschat als de nulmeting 10% lager uitvalt dan werkelijk het geval is en de eindmeting na 10 jaar 10% hoger uitvalt dan werkelijk het geval is. Deze extremen hebben wij toegepast op de in RothC gemodelleerde toename van het organische stofgehalte om zo de totale variantie te bepalen.

Daarnaast blijkt uit de simulaties met RothC dat er zeker te verwachten is dat in 10 jaar tijd een *relatieve* toename in organische stof kan plaatsvinden van 5%. Dit is wederom een voorzichtige inschatting; in principe kan op zowel klei- als zandgrond een grotere toename worden bewerkstelligd. Daarnaast maken wij de aanname dat het gemiddelde organische stofgehalte bij de nulmeting ongeveer 4% bedraagt. Een relatieve toename van 5% betekent dus een stijging van 4.0% naar 4.2% in 10 jaar tijd. Het kleinste relevante verschil  $d$  komt dan uit op 0.2. Het is natuurlijk ook mogelijk dat het organische stofgehalte bij aanvang van het project lager ligt, bijvoorbeeld op 3%. Een absolute toename van 0.2 is in dat geval een relatieve stijging van 6,67%. Op basis van de simulaties lijkt ook dit nog een realistische toename.

Op basis van bovengenoemde informatie komt er uit de berekening voort dat een steekproefomvang van 273 meetvlakken nodig is. Dit is vrij groot; dit getal kan echter omlaag worden gebracht door de analyses van het laboratorium **in duplo** (tweemaal) uit te laten voeren. Het gemiddelde van de twee metingen wordt dan gebruikt. Dit gemiddelde is minder onderhevig aan de variantie die ontstaat door de onnauwkeurigheid van de analyse. Als gevolg daarvan is dan slechts een steekproefomvang van 148 meetvlakken nodig.

## Appendix III - Overige Literatuur en bronnen

- Klimaatakkoord hoofdstuk Landbouw en Landgebruik, 28 juni 2019: <https://www.klimaatakkoord.nl/binaries/klimaatakkoord/documenten/publicaties/2019/06/28/klimaatakkoord-hoofdstuk-landbouw-en-landgebruik/klimaatakkoord-c4+Landbouw+en+gebruik.pdf>
- Opzet methodiek voor het verwaarden van bodemkoolstof, Carin Rougoor (CLM), Hanneke Heesmans (WUR), Sief Staps (LBI), Peter Kuikman (WUR), Merel Hondebrink (LBI), Gijs Kuneman (CLM), Dirk Keuper (CLM), 2019
- Carbon Farming on organic soils – the case of peatland restoration – , draft case study, COWI, for DG Clima, May 2020
- Europese Commissie: Een "van boer tot bord"-strategie voor een eerlijk, gezond en milieuvriendelijk voedselsysteem, COM/2020/381 final, 25 mei 2020: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?qid=1590404602495&uri=CELEX%3A52020DC0381>
- Gold Standard Scaling carbon removals + launch of Soil Organic Carbon Framework Methodology: <https://www.goldstandard.org/blog-item/scaling-carbon-removals-launch-soil-organic-carbon-framework-methodology>
- Restoring soils could remove up to '5.5bn tonnes' of greenhouse gases every year <https://www.carbon-brief.org/restoring-soils-could-remove-up-to-5-5bn-tonnes-of-greenhouse-gases-every-year>
- Restore soil to absorb billions of tonnes of carbon: <https://phys.org/news/2020-03-soil-absorb-billions-tonnes-carbon.html>
- The key to agricultural carbon markets: measurement and verification <https://terraton.in-digoag.com/news/the-key-to-agricultural-carbon-markets-measurement-and-verification>
- Additionaliteit bij de Nationale Koolstofmarkt <https://nationaleco2markt.nl/wp-content/uploads/2019/08/Zienswijze-Ministerie-EZK-tav-beleidsadditionaliteit.pdf>
- Verkennende studie naar prikkels voor gedragsverandering naar duurzaam bodemkoolstofbeheer; Een literatuurstudie en acht interviews met akkerbouwers en melkveehouders. Wageningen, Wageningen Economic Research: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/497344>
- Cozijnsen, J, Hees, E, Kool, A. Melkveehouderij als emissiehandelaar. Reddingsboei of molen-steen? Een haalbaarheidsstudie naar de kansen van CO<sub>2</sub>-emissiehandel voor de melkveehouderij. CLM. 2005, <https://edepot.wur.nl/93715>
- CDM-advies 'Definitie en interpretatie van potstalmest', concept 24-3-2017.
- Lesschen, Jan Peter, Hanneke Heesmans, Janet Mol-Dijkstra, Anne van Doorn, Eric Verkaik, Isabel van den Wyngaert en Peter Kuikman. Mogelijkheden voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw en natuur. Alterra-rapport 2396. 2012. 2012
- Lesschen, J.P., Vellinga, T., van der Linden, A., Schils, R.L.M., 2020. Mogelijkheden voor monitoring van CO<sub>2</sub> vastlegging en afbraak van organische stof in de bodem op melkveebedrijven. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2993
- Koopmans, C.J. en J. Bloem. Soil quality effects of compost and manure in arable cropping – Results from using soil improvement offers 17 years in the MAC trial. Louis Bolk Institute, 2018.
- Postma et al. Inventarisatie, toepasbaarheid en klimaateffecten van producten van mest. 2013.
- Tol-Leenders, D., M. Knotters, W. de Groot, P. Gerritsen, A. Reijneveld, F. van Egmond, H. Wösten, P. Kuikman. Koolstofvoorraad in de bodem van Nederland (1998-2018): CC-NL. 2019.
- Velthof, G.L. en Rietra, R.P.J.J. Nitrous oxide emission from agricultural soils. Wageningen Environmental Research Report 2921. 2018. (mbt N<sub>2</sub>O-emissies)

## Appendix IV – Beschrijving RothC Model

Het RothC model houdt rekening met de effecten van bodemtype, temperatuur, vochtgehalte en bodembedekking op de afbraak van organische koolstof. Het model gebruikt maandelijks tijdstappen om veranderingen in de organische-koolstofvoorraad te berekenen op een tijdschaal van één jaar tot eeuwen. Voor de berekeningen zoals hier in deze methode worden beschreven is gebruikgemaakt van de RothC-versie 26.3 zoals beschreven in Coleman en Jenkinson (2014). In het RothC-model wordt de koolstof verdeeld over vier actieve compartimenten en een deel inerte organische stof. Deze vier actieve compartimenten/pools zijn afbreekbaar plantmateriaal, resistent plantmateriaal, microbiële biomassa en humus. Elk van deze vier compartimenten heeft zijn eigen specifieke afbraakcoëfficiënt (de afbraak is een fractie van de aanwezige hoeveelheid). De afbraak-coëfficiënt per compartiment wordt beïnvloed door textuur, temperatuur, vocht en bodembedekking. De afbraak wordt in de meeste bodem C-modellen, waaronder ook RothC, beschreven als een zogeheten eerste-orde-proces. Deze afbraakconstanten zijn bepaald op basis van de langetermijn experimenten in Rothamsted en worden normaal gesproken niet aangepast voor gebruik van het model.

Voor de modelberekening met RothC zijn de volgende gegevens nodig: gemiddelde gewasrotatie (welk gewas en eventueel ook gewasopbrengst), bijbehorende voorgenomen bemesting, en huidig en toekomstig bodembeheer. Daarnaast is informatie nodig over het bodem C gehalte en kleigehalte van het perceel. Op basis van de locatie kunnen de klimaatgegevens automatisch worden ingeladen. Het verschil in de bodem C balans tussen de huidige praktijk (baseline) en met de voorgenomen maatregelen (project) is dan de vast te leggen hoeveelheid CO<sub>2</sub>/ha/jaar, die berekend wordt als gemiddelde over de projectduur.

### Referenties:

- Byrne, K. & Kiely, G., 2009. Evaluation of Models (PaSim, RothC, CENTURY and DNDC) for Simulation of Grassland Carbon Cycling at Plot, Field and Regional Scale.
- Coleman, K. en D.S. Jenkinson, 2014. RothC - A model for the turnover of carbon in soil - Model description and users guide (Windows version). (updated June 2014). Rothamsted Research, Harpenden, UK.
- Coleman, K., Jenkinson, D.S., Crocker, G.J., Grace, P.R., Klir, J., Korschens, M., Poulton, P.R., Richter, D.D., 1997. Simulating trends in soil organic carbon in long-term experiments using RothC-26.3. *Geoderma* 81, 29-44.
- Conijn, J.G. and J.P. Lesschen, 2015. Soil organic matter in the Netherlands; Quantification of stocks and flows in the top soil. Wageningen, Wageningen UR (University & Research centre), PRI report 619 / Alterra report 2663.
- Lesschen, J.P., Vellinga, T., van der Linden, A., Schils, R.L.M., 2020. Mogelijkheden voor monitoring van CO<sub>2</sub> vastlegging en afbraak van organische stof in de bodem op melkveebedrijven. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2993.
- Smith, P., Smith, J.U., Powlson, D.S., McGill, W.B., Arah, J.R.M., Chertov, O.G., Coleman, K., Franko, U. et al. 1997. A comparison of the performance of nine soil organic matter models using datasets from seven long-term experiments. *Geoderma*, 81, S. 153-225.

## Appendix V – Overzicht buitenlandse ervaringen

Onderwerp	Emissions Reduction Fund (ERF), Australië	Humuszertifikate, Ökoregion Oostenrijk	Carbon Agri, Bas Carbone, MoorFutures, Duitsland	Emissions Scheme, Nieuw-Zeeland	Trading Compliance Offset Protocol Livestock Projects, Californië	
Beschrijving	Onder het ERF worden Australian carbon credits uitgegeven voor het voorkomen van emissies via het vastleggen van koolstof. Landbouwgebieden die onder een project passen soil management aan om OS opbouw te versnellen. De gemeten opbouw wordt als credits verhandeld.	Boeren leggen CO2 vast in landbouwbodems en de certificaten van de overheid voor plekken in Duitsland permanente bossen die op drie methoden concrete projecten worden toegepast. Regionaal gericht op emissiereductie van zowel veehouderij als de akkerbouw. Zowel doordat veen niet meer wordt oxideert. Veenoopbouw van organisaties kunnen een aanvraag indienen.	Het Franse label Bas Carbone is een framework systematiek die op drie plekken in Duitsland permanente bossen die op drie methoden concrete projecten worden toegepast. Regionaal gericht op emissiereductie van zowel veehouderij als de akkerbouw. Zowel doordat veen niet meer wordt oxideert. Veenoopbouw van organisaties kunnen een aanvraag indienen.	Doel is CO2-reductie via het creëren van broeikasgas-emissiemarkt georganiseerd via het and-Trade Program. Via het 'Compliance Offset Protocol Livestock Projects' worden credits uitgegeven voor de aanleg van installatie van biogas control system (BCS) voor melkveehouderijen en varkensboerderijen. Zeeland Emissions Trading Scheme (ETS), waar bedrijven (soms verplicht) credits kopen.	In Californië is een georganiseerd via het and-Trade Program. Via het 'Compliance Offset Protocol Livestock Projects' worden credits uitgegeven voor de aanleg van installatie van biogas control system (BCS) voor melkveehouderijen en varkensboerderijen. Zeeland Emissions Trading Scheme (ETS), waar bedrijven (soms verplicht) credits kopen.	
Doel	Bijdrage aan nationale emissiedoelstelling (publiek)	CO2-compensatie burgers en bedrijven (privaat)	CO2-compensatie burgers en bedrijven (privaat)	Financiering natuurbeheer (privaat)	Bijdrage aan nationale emissiedoelstelling (publiek)	Bijdrage aan emissiedoelstelling van de staat (publiek)
Scope	Landgebruik, energie-gebruik, koolstofemissies van inputs	Opbouw OS door toevoegen compost	Landgebruik, beheer, veeteelt, koolstofopslag	Landgebruik	Bosbeheer	Veeteelt
Beloningsgrondslag voor landgebruik	Stock en flux	Flux	Stock en flux	Het voorkomen van toekomstige emissies (flux)	Stock en flux	Stock en flux
Afbakening	Project-regio	Boerenbedrijf	Boerderijniveau, maar ook per emissies in de keten (natuur)gebied, daarvoor worden meegenomen via LCA	per aaneengesloten Bedrijfsniveau/stuk land	Project	Project



Onderwerp	Emissions Reduction Fund (ERF), Australië	Humuszertifikate, Ökoregion Oostenrijk	Carbon Agri, Bas Carbone, MoorFutures, Duitsland	Emissions Scheme, Nieuw-Zeeland	Trading Compliance Offset Protocol Livestock Projects, Californië
<b>Baseline / referentie</b>	Nulmeting	Nulmeting	Nulmeting	Forward looking baseline: de emissies bij het verwachte landgebruik zonder uitvoering van het project (vernatting)	Nulmeting
<b>Nulmeting</b>	Metingen gecombineerd met model dat koolstofeffect van maatregelen inschat.	Monsternamen, analyse van	Keuze voor een waarde uit nationale database (conservatieve referentie) of een specifieke modelberekening waarvoor ongeveer 150 datapunten (metingen) nodig zijn	Niet, het gaat om Tabel (<100 ha) of metingen met model (>100 ha)	Metingen die input geven voor berekeningen.
<b>Voortgangsmeting</b>	Metingen gecombineerd met model dat koolstofeffect van maatregelen inschat. Grondmonsters bij grasland Modelberekeningen bij ander landgebruik	Monsternamen, analyse van	Model met input uit monsternamen	Tabel (<100 ha) of metingen met model (>100 ha)	De eerste vervolgmeting + berekening is na 6 tot 24 maanden. Daarna wordt elke 12 maanden een vervolgmeting + berekening gedaan.
<b>Financiële buffer</b>	Tegenslagen opgevangen in contract van projectconsortium	intern Na de uitbetaling van het certificaatgeld moet het boer garanderen dat het verhoogde humusgehalte minstens vijf jaar stabiel blijft. Dat wordt aan de hand van een derde bemonstering en analyse gecontroleerd.	Betaling wordt pas na verificatie gedaan.	na De credits worden ex ante uitgekeerd bij de verificatie van het project. Hierbij houdt MoorFutures 30% van de credits in buffer voor risicomanagement: calamiteiten en uitkomsten van hercalibratie van het systeem	Als land uit het ETS van de staat afname van koolstofvastlegging is door kap of bosbrand, moet de NZ Units terugbetalen.

Onderwerp	Emissions Reduction Fund (ERF), Australië	Humuszertifikate, Ökoregion Oostenrijk	Carbon Agri, Bas Carbone, MoorFutures, Duitsland	Kaindorf, Frankrijk	Emissions Scheme, Nieuw-Zeeland	Trading Compliance Offset Protocol Livestock Projects, Californië
<b>Maatregelen</b>	<p>Geaccrediteerde methoden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beheer van dierlijke mest</li> <li>• Beheer van vee</li> <li>• Schattingen van alleen</li> </ul> <p>koolstofvastlegging in de Maatregelen die worden praktijken zijn onderbodem met standaard-aanbevolen zijn verdeeld in zes typen waarden (o.a. voor extra</p> <p>biomassa, grasland, met compost en voeding, beheer van gewasresten)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mestefficiëntie bij aanvoer van compost in graslandbeheer, gebruik geïrrigeerd katoen hoeveelheden die in van meststoffen en</li> <li>• Meting van Nederland wettelijk niet energie, en koolstofvastlegging in de zijn toegestaan.) koolstofopslag. Voor het bodem in landbouw-</li> </ul> <p>systemen (met specifieke - idealiter geen van de praktijken methoden voor grondbewerking 'Bemesting optimaliseren grondtypen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermindering van de vooral wintergroen minerale meststoffen N, P, uitstoot van broeikas-</li> <li>• Gewasrotaties, K te verminderen'. In de gassen bij runderen door gemengde gewassen en categorie graslandbeheer het voeren van onderzaai zijn twee praktijken: supplementen met nitraat</li> <li>• Vermindering van het 'Tijdelijke of blijvende</li> <li>• Vermindering van de gebruik van chemicaliën graslanden aanbrengen op uitstoot van broeikas- de boerderij' en 'De gassen bij het melken van de levensduur van tijdelijk koeien door het voeren van voedingsadditieven</li> </ul>	<p>In tegenstelling tot andere Gestandaardiseerde Vernatten</p> <p>zijn: methodieken worden methododes voor 40 veenweiden, maar beschreven in de natuurherstel</p> <p>geen maatregelen praktijken die zijn</p> <p>aanbevolen. regelgeving. De veertig praktijken zijn onderbodem met standaard-aanbevolen zijn verdeeld in zes typen waarden (o.a. voor extra</p> <p>• Bemesting uitsluitend acties: kuddebeheer en groenbemesters (NB dierlijke mest, gewas- en</p> <p>• Mestefficiëntie bij aanvoer van compost in graslandbeheer, gebruik geïrrigeerd katoen hoeveelheden die in van meststoffen en</p> <p>• Meting van Nederland wettelijk niet energie, en koolstofvastlegging in de zijn toegestaan.) koolstofopslag. Voor het bodem in landbouw-</p> <p>• Bewerk grondbewerking gebruik van mest is een systemen (met specifieke - idealiter geen van de praktijken methoden voor grondbewerking 'Bemesting optimaliseren grondtypen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permanent groen - om het gebruik van</li> <li>• Vermindering van de vooral wintergroen minerale meststoffen N, P, uitstoot van broeikas-</li> <li>• Gewasrotaties, K te verminderen'. In de gassen bij runderen door gemengde gewassen en categorie graslandbeheer het voeren van onderzaai zijn twee praktijken: supplementen met nitraat</li> <li>• Vermindering van het 'Tijdelijke of blijvende</li> <li>• Vermindering van de gebruik van chemicaliën graslanden aanbrengen op uitstoot van broeikas- de boerderij' en 'De gassen bij het melken van de levensduur van tijdelijk koeien door het voeren van voedingsadditieven</li> </ul>	<p>van Het planten van bomen en Het installeren en</p> <p>beheren van permanent gebruiken van een biogas control system (BCS) voor bos het gebruik van mest op melkveehouderijen en varkensboerderijen.</p>			

Onderwerp	Emissions Reduction Fund (ERF), Australië	Humuszertifikate, Ökoregion Oostenrijk	Carbon Agri, Bas Carbone, MoorFutures, Duitsland Kaindorf, Frankrijk	Emissions Scheme, Nieuw-Zeeland	Trading Compliance Offset Protocol Livestock Projects, Californië
	<p>Uitgebreide uitwerking van toegestane mgmt-methoden per sector onder:  <a href="https://publications.industry.gov.au/publications/climate-change/climate-change/government/emissions-reduction-fund/methods.html">https://publications.industry.gov.au/publications/climate-change/climate-change/government/emissions-reduction-fund/methods.html</a></p>				
<b>Lengte creditering periode</b>	<p>Per rapportageperiode 5-8 jaar in totaal. Een Elke 5 jaar hernieuwbaar Minimaal 30 jaar; Alleen bossen (her)gepland Rapportageperiode van 12 van 6 maanden tot 5 jaar tweede bemonstering (met nieuwe berekeningen tot 100 jaar. na 1989 worden maanden (hernieuwbaar). hernieuwbaar. Boeren vindt plaats na 2-5 jaar, modelberekening met Monitoring minimaal elke meegerekend. Rapportage moeten regelmatig waarna uitbetaling metingen) vijf tot tien jaar minimaal een keer per vijf rapporteren over de plaatsvindt. Een derde voortgang met informatie bemonstering vindt weer jaar. en berekeningen, na 3 jaar plaats. afhankelijk van de maatregel die wordt toegepast. Voor projecten waar uitstoot wordt vermeden geldt een termijn van rapportage elke 6 maanden tot 2 jaar. Voor projecten die koolstof vastleggen is de maximumtijd tussen rapportages 5 jaar. Uitbetaling vindt plaats na elke rapportageperiode.</p>				
<b>CO2 prijs per ton CO2-e</b>	Veiling	€ 30 (2020)	Markt; prijzen van € 10 a € 35 tot 80 (2019) 15 (2019)	ETS markt met fixed price Veiling van 35 NZ dollar =± € 20 (2020)	

Onderwerp	Emissions Reduction Fund (ERF), Australië	Humuszertifikate, Ökoregion Oostenrijk	Carbon Agri, Bas Carbone, MoorFutures, Duitsland	Emissions Scheme, Nieuw-Zeeland	Trading Compliance Offset Protocol Livestock Projects, Californië
Overig	Het voormalig Carbon Farming Initiative (CFI) is overgegaan in het ERF		In een verdere ontwikkeling naar MoorFutures 2.0 wil het initiatief ook impact op andere ecosysteemdiensten meenemen zoals waterkwaliteit, voorkomen van overstroming, grondwaterverrijking, verkoeling door verdamping en biodiversiteit.		