

Methode voor vaststelling van CO₂-vastlegging in de bodem

Type project:

CO₂-vastlegging in de bodem op minerale gronden (zand, klei en löss) door toepassing van blijvend grasland

Datum: 5 april 2024
Kenmerk: SNK-CO₂-vastlegging in de bodem-005
Status: voor vaststelling

Inhoud

1	DEFINITIES	5
2	PROJECTTYPE BESCHRIJVING	7
2.1	Aanleiding	7
2.2	Projectbeschrijving	10
2.3	De twee methoden op hoofdlijnen	11
2.3.1	Methode 0-30	11
2.3.2	Methode 0-60	14
2.4	Uitgifte van certificaten	15
2.4.1	Methode 0-30	15
2.4.2	Methode 0-60	16
2.5	Toelichting onnauwkeurigheid veldmetingen organische stof	16
3	ADDITIONALITEIT	16
4	BEPALING PROJECTGRENSEN	18
4.1	Ruimtelijke begrenzing	18
4.2	Projectduur	19
4.3	Startdatum	20
4.4	Deelnemende bedrijven en percelen	20
4.5	Sources en sinks	20
5	VASTSTELLEN BASELINE	22
5.1	Methode 0-30	22
5.2	Methode 0-60	23
5.3	Toegestane methoden voor analyseren veldmonsters	24
5.4	Tot slot	26
6	PROJECTRESULTATEN EN VASTLEGGING VAN CO ₂	27
6.1	Methode 0-30	27
6.2	Methode 0-60	28
6.3	Tot slot	28
7	KOOLSTOFVASTLEGGING	29
7.1	Methode 0-30	29
7.2	Methode 0-60	29
8	MONITORING PARAMETERS	31
8.1	Methode 0-30	31
8.1.1	Proces van monitoring en uitgifte van certificaten	31
8.1.2	Nadere beschrijving van parameters	34
8.2	Methode 0-60	36
8.2.1	Proces van monitoring en uitgifte van certificaten	36
8.2.2	Nadere beschrijving van parameters	37
8.3	Satellietmonitoring	38
8.4	Tot slot	38
9	RISICOANALYSE EN HOE DAAR MEE OM TE GAAN	39
	APPENDIX I – LITERATUUR ELDERS GEBRUIKTE VERGELIJKBARE METHODEN	40
	APPENDIX II - TOELICHTING STATISTISCHE ANALYSE BENODIGDE STEEKPROEFOMVANG	41
	APPENDIX III - OVERIGE LITERATUUR EN BRONNEN	43
	APPENDIX IV – BESCHRIJVING ROTHM MODEL	45
	APPENDIX V – OVERZICHT BUITENLANDSE ERVARINGEN	46
	APPENDIX VI - INDELING VAN BODEMS IN DE BODEMTYPE GROEPEN.	51
	APPENDIX VII - INDELING VAN DE GROEPEN GRONDWATERTOESTAND.	54

Versiebeheer

Versie	Aanleiding	Datum
001	Vaststelling door bestuur	1 juli 2021
002	Vaststelling door bestuur van: <ol style="list-style-type: none"> 1) Correctie hoofdstuk 5, p.15 van formules i.v.m. dichtheden klei en zand 2) Verhelderen van werkwijze van percelen met meer dan 20% organisch stof 	27 juni 2022
003	Vaststelling door bestuur van: <ol style="list-style-type: none"> 1. Actualisatie h.5 (baseline) van het protocol voor bemonstering van de bodem in jaar 0 en jaar 10. 2. Aangepaste tekst i.v.m. omgang met natuur(gras)land in hoofdstuk 4. 	13 januari 2023
004	Vaststelling door bestuur van: <ol style="list-style-type: none"> 3. Verduidelijking uitleg van de methode (paragraaf 2.3 4. Gecombineerde toepassing met methodedocument “CO₂-vastlegging in de bodem op minerale landbouwgronden” toegevoegd (h.6) 	1 september 2023
005	Vaststelling door bestuur van: <ol style="list-style-type: none"> 5. Uitbreiding document met toevoegen van methode 0-60 (naast reeds bestaande methode voor 0-30). 6. Aantal aanpassingen van bestaande tekst (op basis van methode 0-30) 	5 april 2024

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

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.

Van alle percelen wordt een representatieve steekproef aan veldmonsters genomen om het koolstofgehalte te bepalen. Daarvoor wordt een bemonsteringsprotocol gehanteerd wat voldoende representatief is voor de verschillende grondsoorten en bodemgesteldheid per bedrijf en rekening houdt met de verschillende methoden.

Minerale gronden

- Minerale gronden zijn bodems met maximaal 20% organische stof en in het te bemonsteren profiel mag geen veenlaag aanwezig zijn. Minerale gronden omvatten dus de zand-, klei- en lössbodems. Percelen die niet aan deze voorwaarden voldoen, mogen niet worden meegenomen in de berekening van koolstofvastlegging ten behoeve van 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.
- Percelen met blijvend grasland met gewascode 331 kunnen worden meegenomen in een project, mits deze niet ingezaaid zijn i.v.m. de herinzaaiplicht in een Natura2000-gebied. Percelen met gewascode 331 die als hoofdfunctie natuur hebben, kunnen niet in een project worden meegenomen, omdat op deze percelen geen landbouwactiviteit is toegestaan.
- 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 en koolstof 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.
- 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. Indien het C-gehalte niet te bepalen is wordt het % organische stof gemeten en geconverteerd naar het C-gehalte.

Bedrijf

Agrarisch bedrijf met grondgebonden landbouw waarbij het bedrijfsareaal wordt bepaald door alle percelen zoals aangemeld in de gecombineerde opgave in projectjaar nul. Tijdens de projectduur kan een bedrijf niet aan het project worden toegevoegd; iedereen start op hetzelfde moment in een project. Een potentieel deelnemend bedrijf kan in een volgend project meedoen.

Veldmeting

Bemonstering van een perceel om een representatief beeld te krijgen van de bodemkoolstof, indien dit mogelijk is. Als de bodemkoolstof niet bepaald kan worden, wordt het afgeleid uit het gemeten % organische stof.

Stichting Nationale Koolstofmarkt

De Stichting Nationale Koolstofmarkt (SNK) ondersteunt de vrijwillige, nationale koolstofmarkt door plannen te beoordelen en certificaten uit te geven voor geverifieerde emissiereducties en vastlegging van koolstof.

2 Projecttype beschrijving

2.1 Aanleiding

Klimaatdoelen

Als reactie op de overeengekomen doelen van het Parijs Akkoord heeft de Nederlandse regering een nationale klimaatdoelstelling geformuleerd van 55% minder CO₂-uitstoot (inclusief andere broeikasgassen) in 2030 ten opzichte van 1990 (situatie 2023). 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., 2020¹). In het Klimaatakkoord is voor landbouw en landgebruik een emissiereductiedoelstelling van 3,5-6,0 Mton CO₂ afgesproken. Ook koolstofvastlegging in landbouwbodems moet bij gaan dragen met een doelstelling van 0,4-0,6 Mton CO₂ 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 CO₂-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 CO₂-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.

Potentie koolstofvastlegging

Een gemiddeld Nederlands landbouwperceel op zand of klei bevat per hectare gemiddeld 50-100 ton C (ofwel 200 – 400 ton CO₂) in de bovenste 30 cm. Zo'n bodem kan gemiddeld jaarlijks nog eens 0,25 ton koolstof per ha (ofwel 1 ton CO₂) vastleggen. Dat is 1-1,5 Mton CO₂ voor de 1,4 miljoen ha minerale landbouwgrond in Nederland (Lesschen et al., 2012).

Uit de onderzoek blijkt dat ook in de bodemlaag van 30-60 cm koolstofvastlegging plaatsvindt op percelen blijvend grasland (Iwema et al 2019). Dit wordt bevestigd in een groot veldonderzoek waarbij de C-bodem in kaart is gebracht op 1650 percelen in de bovengrond (0-30) en ondergrond (30-60) (Ploum et al, 2022). Er zijn geen bronnen met informatie over de jaarlijkse vastlegging in de ondergrond (30-60).

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

Meerwaarde verhogen organische stof voor grondgebruiker /eigenaar

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 productiecapaciteit en weerbaarheid van de bodem. Daarmee is het vastleggen van koolstof in de bodem door grasland niet langer te scheuren/frezen, ook in het belang van de grondeigenaar/gebruiker.

Impact scheuren grasland

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 N₂O-emissie toeneemt. Maatregelen die worden genomen om de nitraatuitspoeling en N₂O-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.

Twee methoden voor vaststelling van CO₂-vastlegging in de bodem

Dit methodedocument beschrijft twee methoden voor CO₂-vastlegging in minerale gronden. Methode 0-30 is in 2021 geïntroduceerd op basis van het wetenschappelijke model RothC. In 2024 is de methode 0-60 toegevoegd die aansluit op recente inzichten dat ook in de ondergrond (30-60 cm vanaf maaiveld) koolstofvastlegging plaatsvindt. Vaststellen van koolstofvastlegging in dit deel van de ondergrond is echter alleen mogelijk op basis van veldmetingen omdat er geen modellen beschikbaar zijn die dit kunnen berekenen.

- De methode 0-30 maakt gebruik van een analytisch, wetenschappelijk beoordeeld model om de veranderingen in de organische bodemkoolstof voorraad te berekenen. Deze methode is alleen geschikt voor een meetdiepte tot 30 centimeter.
- De methode 0-60 maakt via veldmetingen de veranderingen in de bodemkoolstofvoorraad inzichtelijk. Deze methode is geschikt voor zowel een meetdiepte van 0-30 cm als voor een meetdiepte van 0-60 cm.

Scope methodedocument

- 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 CO₂ in landbouwbodems door middel van toepassing van blijvend grasland. Voor deze maatregel is gekozen omdat deze kan leiden tot

relatief veel CO₂-vastlegging. Daarnaast is de verwachting dat deze maatregel aansprekend is voor zowel agrariërs als potentiële certificaatafnemers.

- Zoals beschreven in Arets et al (2019)² vallen onder grasland ook land waarop fruitbomen staan. Een project dat voorziet in het behoud van grasbedekking onder fruitbomen zal naar verwachting een positief effect hebben op de koolstofopbouw in de bodem. Hierbij wordt gedoeld op de professionele fruitteelt en situaties waarbij nieuwe aanplant wordt aangebracht. In de tool BodemCoolstof (zie elders in dit methodedocument) kan het gebruik van grasland voor fruitteelt ook gemodelleerd worden (waarbij wel wordt aangenomen dat de koolstoftoename hierbij lager is dan bij gewoon grasland).³

Geraadpleegde bronnen

Bij het opstellen van het methodedocument is gebruik gemaakt van:

- 1 De ervaringen die in het buitenland met dergelijke systemen zijn opgedaan. Een overzicht van de (ervaringen met) buitenlandse carbon creditsystemen 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 Praktijkonderzoek naar de koolstofvastlegging in de bovengrond (0-30) en ondergrond (30-60). Binnen dit onderzoek zijn meer dan 1.650 veldmonsters op zand- en kleigronden genomen. Ieder monster is onderzocht op het bodemkoolstof gehalte van de grond van 0-30 centimeter, als naar 30 tot 60 cm diepte (Ploum et al, 2022).

Samenvattend kan worden geconstateerd dat:

- Bodems onder blijvend grasland over het algemeen een positieve bodemkoolstofbalans hebben en dus extra CO₂ kunnen vastleggen;
- Vastleggen van CO₂ 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 SNK-methodedocument om extra koolstofvastlegging in de bodem te kunnen vaststellen en verkoopbare certificaten te kunnen verstrekken als financiële stimulans voor boeren en landeigenaren.

² Arets, E.J.M.M, J.W.H. van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman and M.J. Schelhaas (2019), *Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands*, Methodological background, update 2019, Wot-technical report 146, Wageningen University & Research, [472433 \(wur.nl\)](https://www.wur.nl)

³ Een fruitteeler keert de grond wanneer er wordt gewisseld van ras en de laagstambomen worden gerooid. Het is niet ongebruikelijk dat het gehele perceel dan wordt geploegd/gefreesd. Hoe vaak dat gebeurt hangt af van het ras, soms al naar 3 à 4 jaar maar soms ook na 10 jaar. Een teler kan er dan voor kiezen alleen de strook grond waarop de bomen staan te plegen en de rest niet. Voor dat laatste oppervlak zouden certificaten kunnen worden uitgeven.

2.2 Projectbeschrijving

In dit projecttype wordt CO₂, in de vorm van bodemkoolstof, 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 deelnemers aan het project. Bij methode 0-30 is dit altijd een groep (omdat op groepsniveau de gezamenlijke modeluitkomst wordt vergeleken met de gemeten gezamenlijke uitkomst, zie verderop). Bij methode 0-60 kan het zowel een individueel bedrijf zijn, alsook een groep deelnemers.
- De percelen die onder het project vallen en het oppervlak per perceel.
- De niet-deelnemende percelen met de oppervlakte; registratie per deelnemend bedrijf.
- Deelnemers aan het project moeten aantonen (door middel van een eigendomsbewijs, pachtcontract etc.) controle te hebben over het deelnemende bedrijf en aannemelijk maken dat die controle behouden wordt gedurende de projectduur.
- Huidig landgebruik (o.a. akkerland, tijdelijk grasland of blijvend grasland) per perceel
- Het bodemtype en gemiddeld kleigehalte per perceel
- Bij methode 0-30: gemiddeld startgehalte (0-meting) bodemkoolstof per perceel.
- Bij methode 0-60: gemiddeld startgehalte (0-meting) bodemkoolstof per bedrijf op basis van de bemonsterde percelen.
- Voor welk van de twee methoden binnen het project wordt gekozen. Na de start van een project (= validatie van het projectplan door SNK) kan niet meer van methode worden veranderd.

Dit methodedocument beschrijft de wijze waarop waardering en beoordeling plaatsvindt van de vastgelegde koolstof gedurende een periode van 10 jaar. Zie ook paragraaf 4.2.

Uitkering van certificaten vindt plaats op basis van:

- Methode 0-30: Een modelberekening op basis van het RothC model. Dit is een wereldwijd toegepast en wetenschappelijk goed beschreven model dat de dynamiek van bodemkoolstof simuleert.
- Methode 0-60: Veldmetingen waaruit blijkt dat er sprake is van een toename van bodemkoolstof.

Daarnaast dient te worden voldaan aan een aantal voorwaarden, waaronder een bewijs dat daadwerkelijke koolstofvastlegging heeft plaatsgevonden door middel van gemeten waarden op basis van monsternamen en analyse. Tevens wordt met behulp van analyse van de perceelgegevens en satellietmonitoring (zie paragraaf 8.3) gecheckt of een deelnemend bedrijf voldoet aan de voorwaarden voor blijvend grasland.

2.3 De twee methoden op hoofdlijnen

In deze paragraaf worden beide methoden op hoofdlijnen uitgewerkt.

2.3.1 Methode 0-30

De methode 0-30 betreft het vastleggen van CO₂ 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). Voor elk deelnemend bedrijf geldt dat om mee te mogen doen tenminste 50% van het totale areaaloppervlak blijvend grasland blijft, als resultaat van de inspanning in het project, maar ook niet-minerale gronden (met grasland) en minerale gronden waarop al een verplichting tot het instandhouden van blijvend grasland rust (zoals Natura2000), tellen hierin mee. Deze laatste categorieën komen echter niet in aanmerking voor het verkrijgen van SNK-certificaten. Zie voorbeeld hieronder.

Een bedrijf heeft in totaal 100 hectare, waarvan:

- 20 hectare niet-minerale gronden (o.s. >20%), betreft grasland;
- 10 hectare waarvoor al een verplichting op blijvend grasland geldt (zoals Natura-2000);
- 70 hectare overig grasland (minerale gronden, zonder verplichting op blijvend grasland).

Dit betekent dat het bedrijf om mee te mogen doen in het project op tenminste 50% van z'n 100 hectare blijvend grasland in stand moet houden, oftewel op tenminste 50 hectare. Niet-minerale gronden en areaal waarop al een verplichting tot blijvend grasland rust, tellen hierin mee maar komen niet in aanmerking voor certificaten. Dus resteert tenminste **20 hectare** waarmee het bedrijf in het project moet meedoen en waarvoor het dan SNK-certificaten kan verkrijgen. Alleen voor deze 20 hectare moeten monsters worden genomen en koolstofbepalingen worden uitgevoerd.

De hoeveelheid vastgelegde CO₂ wordt, bij een gehanteerde projectduur van 10 jaar, op twee manieren vastgesteld:

- het wordt (per perceel) modelmatig berekend op basis van het Roth C model, waarbij een meting van het koolstofgehalte bij de start van het project (de nulmeting) uitgangspunt is en wordt ingevoerd in het model. Het model berekent de koolstofvastlegging na 10 jaar bij uitvoering van de maatregel 'Blijvend grasland'.
- daarnaast wordt de koolstofvastlegging over de projectduur (per perceel) ook vastgesteld via een meting in het 10^e projectjaar, die wordt vergeleken met de nulmeting.

In beide gevallen wordt vervolgens de som van de vastgelegde hoeveelheid CO₂ van alle deelnemende percelen en bedrijven bepaald. De uitkomst van de berekening met het Roth C model wordt aangemerkt als het totale projectdoel en vormt de basis voor de hoeveelheid SNK-certificaten.

Bovenstaande werkwijze wordt gehanteerd omdat de in de bodem extra vastgelegde hoeveelheden koolstof uit CO₂ gering zijn ten opzichte van de reeds aanwezige koolstof en metingen van de in de projectperiode vastgelegde hoeveelheid koolstof daarmee onnauwkeurig zijn. Daarom wordt het

beschikbaar komen van SNK-certificaten gebaseerd op de modelberekening. Desalniettemin is het wel belangrijk om wel te meten op de deelnemende percelen. De berekende en gemeten waarden worden dan met elkaar vergeleken, waarbij als eis wordt gehanteerd dat de gemeten waarde minimaal 50% moet bedragen van de berekende waarde (die als basis voor de certificaten wordt gehanteerd). Deze toegestane marge, die geldt voor het project als geheel, is ruim maar wel realistisch en acceptabel voor het redelijkerwijs in acht nemen van mogelijke onnauwkeurigheden bij het meten.

Certificaten worden door SNK voor het project als geheel toegekend, voor alle deelnemers gezamenlijk, en op basis van de toegepaste maatregel blijvend grasland en de berekende hoeveelheid vastgelegde CO₂. De deelnemers binnen een project bepalen zelf hoe ze de toegekende certificaten onderling gaan verdelen. Het (overigens niet-bindende) voorstel is om iedere boer per ha dezelfde beloning te geven, onafhankelijk van de uitgangssituatie en onafhankelijk van de individuele toename in vastgelegde CO₂. Op deze wijze wordt voorkomen dat een bedrijf dat al langer blijvend grasland heeft, wordt benadeeld. Een hoger startniveau gaat namelijk vaak samen met een kleinere aanwas.

Zie hieronder in een kadertekst een voorbeeldberekening voor het bovenstaande, voor een project met vijf bedrijven.

Voorbeeldberekening certificaten

In onderstaande tabel staat een hypothetisch voorbeeld van vijf bedrijven die met verschillende arealen gezamenlijk een project hebben opgezet. Na 10 jaar wordt op projectniveau bepaald of wordt voldaan aan de eis dat minimaal 50% van de verwachte vastlegging (RothC) ook volgens de eindmetingen wordt gerealiseerd. Volgens de eindmeting is in totaal 3.248 ton CO₂ vastgelegd. Dit is 81,9% van de verwachte 3.966 ton. Daarmee voldoet het project aan de 50% eis en worden in totaal de 3.966 certificaten uitgekeerd. (NB. Als de 50%-eis per bedrijf zou gelden, zou bedrijf 3 niet voldoen).

Bedrijf	aantal ha in project	gemiddeld per ha (berekend)			gemiddeld per ha (gemeten)			Totale vastlegging (ton CO ₂) eindmeting	>50%?
		Nul-meting (% C)	RothC (na 10 jaar)	verschil in ton CO ₂ /ha na 10 jr RothC*	Eind-meting (% C)	verschil in ton CO ₂ /ha na 10 jr eindmeting	Totale vastlegging (ton CO ₂) RothC		
1	20	2,10%	2,33%	21,08	421,7	2,50%	36,67	733,33	173,9%
2	25	1,70%	2,02%	29,33	733,3	1,90%	18,33	458,33	62,5%
3	18	3,80%	4,08%	25,67	462,0	3,88%	7,33	132,00	28,6%
4	40	1,80%	2,20%	36,67	1.466,7	2,00%	18,33	733,33	50,0%
5	26	2,20%	2,57%	33,92	881,8	2,70%	45,83	1.191,67	135,1%
Totaal	129				3.966			3.248	81,9%
Verstrekking certificaten op basis van het berekende totaal volgens RothC (3.966)									
Optie 1: gelijk aantal per hectare: $3966/129 = 30,7$ certificaten per hectare									
Optie 2: per individueel bedrijf op basis van berekening in 6 ^e kolom: bedrijf 1: 421 certificaten, bedrijf 2: 733 certificaten, etc.									

*De omrekening van %C naar ton CO₂ is een combinatie van de rekenregels in H5 (omrekening C-gehaltes naar C-voorraad) en H7 (omrekening van C naar CO₂).

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

- 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 bijvoorbeeld de Groenmonitor of vergelijkbaar bewijsmateriaal (zie paragraaf 8.3).
- 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). Van deze percelen worden monsternames en koolstofbepalingen uitgevoerd op t=0 en t=10 en een modelberekening gedaan. Na monstername op t=0 is wisseling van percelen binnen het project niet meer toegestaan.
- De gemeten hoeveelheid vastgelegde CO₂ 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 reeds jaarlijks uitgegeven certificaten (10x 5%; zie hieronder en onder 'Monitoring parameters'). Appendix 2 geeft de link tussen het aantal monsters en de bijbehorende kans om binnen bepaalde marges te blijven.

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 de methode 0-30 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.

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 voorafgaande jaren worden ingetrokken.

2.3.2 Methode 0-60

De methode 0-60 betreft het vastleggen van CO₂ door middel van de maatregel blijvend grasland op minerale landbouwbodems (zand, klei en löss). Eén of meerdere bedrijven kunnen via de indiening van een projectplan een project bij SNK aanmelden. In het projectplan wordt aangegeven:

- dat zij gedurende tenminste 10 jaar blijvend grasland zullen toepassen op minimaal 50% van hun areaal op bedrijfsniveau (percentage op t=0).
- dat zij kiezen voor de methode 0-60 en op percelen die voldoen aan het criterium voor minerale gronden (<20 organische stof), monsternames gaan doen en koolstofberekeningen. Voor elk deelnemend bedrijf geldt dat om mee te mogen doen tenminste 50% van het totale areaaloppervlak blijvend grasland blijft, als resultaat van de inspanning in het project, maar ook niet-minerale gronden (met grasland) en minerale gronden waarop al een verplichting tot het instandhouden van blijvend grasland rust (zoals Natura2000), tellen hierin mee. Deze laatste categorieën komen echter niet in aanmerking voor het verkrijgen van SNK-certificaten. Zie voorbeeld (paragraaf 2.3.1 methode 0-30).

De deelnemende bedrijven en percelen staan in het projectplan.

- welke keuze zij maken om de binnen het project gegenereerde koolstofcertificaten te verdelen onder de deelnemers:
 - Optie 1: op basis van een groepsgemiddelde (zoals onderdeel van methode 0-30) ,
 - Optie 2: per bedrijf op basis van de vastgestelde hoeveelheid CO₂ op de geselecteerde percelenDe gemaakte keuze geldt voor de gehele looptijd van project.

De hoeveelheid vastgelegde CO₂ wordt, bij een gehanteerde projectduur van 10 jaar, als volgt vastgesteld:

- Bij aanvang van het project wordt per deelnemer een nulmeting naar bodemkoolstof uitgevoerd. Dit is het uitgangspunt (0-meting) van de maatregel 'Blijvend grasland'.
- Vervolgens wordt in jaar T3, T6 en T10 een veldmeting naar bodemkoolstof uitgevoerd. De berekenwijze van de hoeveel bodemkoolstof staat in paragraaf 5.2 en 7.2.

Certificaten worden door SNK toegekend op basis van de toegepaste maatregel blijvend grasland en de gemeten hoeveelheid bodemkoolstof die wordt omgerekend naar vastgelegde CO₂. Hiervoor wordt de onderstaande formule gebruikt:

Koolstofcertificaten op T3:
(CbodemT3 - Cbodem T0) * 3,67

Koolstofcertificaten op T6:
((CbodemT6 - Cbodem T0) * 3,67) – koolstofcertificaten T3

Koolstofcertificaten op T10:
((CbodemT10 - Cbodem T0) * 3,67) – koolstofcertificaten T3 – koolstofcertificaten T6

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

- 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 via satellietmonitoring zoals omschreven in paragraaf 8.3.
- Minimaal 50% van het areaal van een bedrijf op t=0 betreft blijvend grasland (daarmee wordt afwenteling door lagere C-gehalten op andere percelen voorkomen). Van de percelen die meedoen in het project en waarvoor SNK-certificaten zijn aangevraagd (zie voorwaarden en afbakening in de paragrafen 2.3.1 en 2.3.2), worden monsternames en koolstofbepalingen uitgevoerd op T0, T3, T6 en T10 jaar.
- De gemeten bodemkoolstof wordt vastgesteld op basis van een statistische analyse, die in Appendix VII is uitgewerkt.

In de volgende hoofdstukken wordt een en ander nader toegelicht.

2.4 Uitgifte van certificaten

2.4.1 Methode 0-30

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.

2.4.2 Methode 0-60

- Verificatie vindt plaats na een veldmeting in het jaar T3, T6 en T10.
- Na verificatie worden de koolstofcertificaten in het SNK-register gezet en zijn deze verkoopbaar.
- Bij de methode 0-60 worden bij aanvang van het project geen koolstofcertificaten uitgekeerd. Uitkering van koolstofcertificaten kan enkel plaatsvinden op basis van een veldmeting in T3, T6 of T10.
- Blijkt dat op T3, T6 of T10 het aantal koolstofcertificaten nul of kleiner dan nul is, dan worden geen koolstofcertificaten uitgekeerd. Doet deze situatie zich voor bij T10, dan kan dit niet later worden gecompenseerd bij een volgend meetmoment. Er worden dan geen extra certificaten meer toegekend maar ook geen terugvordering toegepast.

2.5 Toelichting onnauwkeurigheid veldmetingen organische stof

Deze paragraaf licht de onnauwkeurigheid van veldmetingen voor organische stof toe.

Een gemiddelde graslandbodem met een OS-gehalte van 5% en een dichtheid van $1,3 \text{ kg/dm}^3$ bevat 87,8 ton C per ha in de bovenste 30 cm. Door de maatregel blijvend grasland kan volgens de berekening per jaar 2,0 ton CO_2/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 laboratoriumanalyses 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.

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 voedergewassen⁴. 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 vernietigd¹. Deze methode is daarom niet op Natura 2000-gebieden van toepassing.

Bufferstroken, zoals vanaf 2023 verplicht gesteld vanwege het Gemeenschappelijk landbouwbeleid en de mestwetgeving⁵, mogen wel worden meegenomen in de vaststelling van percelen. Weliswaar zijn bemesten en bestrijdingsmiddelen niet toegestaan in de bufferzone, maar is ploegen wel toegestaan. Hierdoor is de maatregel blijvend grasland zoals gedefinieerd in dit methodedocument ook in bufferzones additioneel.

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 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. Dit geldt voor zowel de methode 0-30 als voor de methode 0-60.

⁴ Bron: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/glb/betalingsrechten-2019/vergroeningseisen-2019/blijvend-grasland-2019>

⁵ [Alles over bufferstroken \(rvo.nl\)](#)

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:

	Methode 0-30	Methode 0-60
Bodemtraject	De bovenste 25 cm danwel 30 cm vanaf maaiveld.	- De bovenlaag (0-30 cm vanaf maaiveld) plus - De onderlaag (30-60 cm vanaf maaiveld)
Minimumeisen aan deel te nemen percelen	Geen ⁶ (Alleen minimale deelname met 50% van het bedrijfsareaal.)	Geen ⁷ (Alleen minimale deelname met 50% van het bedrijfsareaal.)

We onderscheiden drie ruimtelijke niveaus:

1. Perceelniveau: specifiek voor een (binnen het project) aangemeld perceel.
2. Bedrijfsniveau: alle percelen van een deelnemend bedrijf (inclusief percelen die niet zijn aangemeld)⁸.
3. Projectniveau: alle aangemelde percelen van deelnemende bedrijven in het project

Het projectgebied omvat percelen die door de bedrijven gezamenlijk zijn aangemeld voor het project. Bufferstroken mogen worden meegenomen in de vaststelling van percelen (zie ook hoofdstuk 3). Het projectgebied is beschikbaar als BRP-kaart (Basisregistratie Percelen). Dit is schematisch weergegeven in Figuur 1.

De totale CO₂ 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 CO₂ per jaar wordt vastgelegd. De gemiddelde vastlegging in dit voorbeeld is dus 1,05 ton CO₂/ha/jaar, welke de basis is voor de uit te keren certificaten.

⁶ Er wordt geen minimeis 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 veldmetingen in jaar 10. Het aantal van 150 percelen is een aanbeveling voor een projectplan, geen voorgeschreven minimum.

⁷ Zie voetnoot 6.

⁸Daarmee 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.

Projectniveau

Bedrijf A

<u>Perceel 1</u> Areaal: 2 ha $OS_{\text{jaar}0} = 7,6\%$ $CO_2 = 0,5 \text{ ton/ha/jaar}$	<u>Perceel 2</u> Areaal: 3 ha $OS_{\text{jaar}0} = 5,0\%$ $CO_2 = 1,0 \text{ ton/ha/jaar}$
<u>Perceel 3</u> Areaal: 4 ha $OS_{\text{jaar}0} = 6,9\%$ $CO_2 = 0,5 \text{ ton/ha/jaar}$	<u>Perceel 4</u> Areaal: 6 ha $OS_{\text{jaar}0} = 6,1\%$ $CO_2 = 0,7 \text{ ton/ha/jaar}$

Bedrijf B

<u>Perceel 1</u> Areaal: 10 ha $OS_{\text{jaar}0} = 3,6\%$ $CO_2 = 1,9 \text{ ton/ha/jaar}$	<u>Perceel 2</u> Areaal: 5 ha $OS_{\text{jaar}0} = 2,5\%$ $CO_2 = 2,2 \text{ ton/ha/jaar}$
<u>Perceel 3</u> Areaal: 3 ha $OS_{\text{jaar}0} = 3,9\%$ $CO_2 = 1,8 \text{ ton/ha/jaar}$	

Bedrijf C

<u>Perceel 1</u> Areaal: 6 ha $OS_{\text{jaar}0} = 8,9\%$ $CO_2 = 0,2 \text{ ton/ha/jaar}$	<u>Perceel 2</u> Areaal: 6 ha $OS_{\text{jaar}0} = 8,8\%$ $CO_2 = 0,4 \text{ ton/ha/jaar}$
<u>Perceel 3</u> Areaal: 4 ha $OS_{\text{jaar}0} = 7,6\%$ $CO_2 = 0,6 \text{ ton/ha/jaar}$	

Totale CO_2 vastlegging project:

$$CO_2 \text{ totaal} = \sum_{ij} (CO_2 * \text{Areaal})_{ij}$$

$$CO_2 \text{ gem} = CO_2 \text{ totaal} / \sum_{ij} (\text{Areaal})_{ij}$$

Figuur 1 Schematische weergave van de verschillende niveaus met voorbeeldgetallen voor het start organische stofgehalte ($OS_{\text{jaar}0}$) en de berekende CO_2 -vastlegging per perceel (in ton CO_2 /ha/jaar).

4.2 Projectduur

De projectduur is de periode waarover bij SNK certificaten kunnen worden aangevraagd. In dit methodedocument is uitgegaan van 10 jaar. Hierbij geldt het volgende:

- In het projectplan moet worden aangegeven voor welke projectduur wordt gekozen. Is dat 10 jaar, dan dienen de daarbij behorende momenten uit dit methodedocument in acht te nemen genomen.
- Een langere periode dan 10 jaar is ook toegestaan, waarbij voor beide methoden (0-30 en 0-60) de tijdstippen van monsternamen, verificatie en toekenning van certificaten anders moet worden gekozen. Dit geldt ook voor de vooraf toegekende certificaten bij methode 0-30, waarbij dit aandeel nooit meer dan 50% mag bedragen. Wordt voor een langere projectduur gekozen, dan dient dit onderdeel te zijn te zijn uitgewerkt in het projectplan.
- Ook is het denkbaar dat na afloop van de projectperiode bij SNK een verlenging wordt aangevraagd op basis van een geactualiseerd projectplan.
- Ongeacht de gekozen projectduur wordt sowieso in het projectplan opgenomen dat deelnemers de intentie hebben om na afloop van de projectperiode door te gaan met de maatregel blijvend grasland. Dit moet schriftelijk zijn vastgelegd, in combinatie met of los van het projectplan.
- 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.
- Elk jaar wordt door SNK gecheckt of een maatregel nog additioneel zijn. Mocht blijken dat dit niet

langer het geval is, dan kunnen deelnemers van lopende projecten nog gedurende vijf jaar certificaten ontvangen op basis van geverifieerde prestaties (zie ook de algemene SNK-regel over additionaliteit).

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, gerekend vanaf de projectstart. Er kunnen geen certificaten worden toegekend voor vastlegging van bodemkoolstof in blijvend grasland in jaren *voorafgaande* aan het project.

4.4 Deelnemende bedrijven en percelen

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). Zie voor de voorwaarden hiervoor de teksten en het voorbeeld in de paragrafen 2.3.1 en 2.3.2.

Uitbreiding van het aantal deelnemers kan per jaar in nieuwe projecten. Voor nieuwe deelnemers wordt een nieuw project gestart waarbij ook zij tien jaar deelnemen. Per jaar kan dus een nieuw project starten. Per project wordt in het projectplan vastgelegd welke methode wordt gekozen (0-30 of 0-60). De gekozen methode kan gedurende looptijd van het project niet worden gewijzigd.

4.5 Neveneffecten van project op emissies of bodemkoolstof

Los van het onderwerp van dit methodedocument, koolstofvastlegging door blijvend grasland, kunnen er als gevolg van deze maatregel extra emissies van broeikasgassen optreden of andere invloeden op de hoeveelheid bodemkoolstof. Voor deze effecten (sources en sinks) geldt dat ze niet verplicht berekend behoeven te worden als aangetoond is dat het niet meetellen van deze effecten 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 CO₂ vastlegging bedraagt.

Toelichting op broeikasgasemissies door fossiele brandstoffen en bemesting

Emissies uit het verbranden van fossiele brandstoffen en het toepassen van bemesting (CO₂, N₂O) 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.

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

Tabel 1 Overzicht sources

5 Vaststellen baseline

5.1 Methode 0-30

Baseline / nulmeting

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 niet worden geverifieerd met metingen aan het eind. Een hypothetisch berekende baseline is mogelijk dus inconsistent 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 bodemkoolstof model (zie hoofdstuk 6) op basis van de huidige C-gehalten van de bodem.

Deze C-gehalten zijn enerzijds de referentie voor het startpunt waar na afloop van het project of na een bepaalde periode een nieuwe bodemkoolstof meting mee kan worden vergeleken om de extra vastgelegde hoeveelheid C te bepalen. Daarnaast is het bodemkoolstofgehalte ook nodig als invoer voor de modelberekening. Het moment van meting voor de baseline is in jaar 0, dan wel voorafgaande aan het groeiseizoen in jaar 1, in beide gevallen voor aanvang van het groeiseizoen en voor het mestuitrijden (dit is vóór 15 februari, aansluitend bij de Meststoffenwet)⁹. De eindmeting in jaar 10 dient in hetzelfde seizoen plaats te hebben.

Monstername

De grondslag van de bemonstering is het areaal dat meedoet in het project, d.w.z. waarvoor SNK-certificaten zijn aangevraagd. Om koolstof in de bodem te meten, worden er in een perceel standaard 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 bodemdikte van 30 cm. Voor dit projecttype kan C-vastlegging in grasland tot een diepte van 30 cm worden gemodelleerd.

⁹ Mestuitrijden is wettelijk mogelijk vanaf 15 februari, maar door seizoeninvloeden kan de datum waarop mest wordt uitgereden, naar achteren schuiven, bijvoorbeeld als het land te nat is om te betreden. De uiterste datum voor bemonstering is voor het moment dat op het perceel mest wordt uitgereden. Met andere woorden het monster moet worden genomen op een perceel waarop nog geen mest is uitgereden.

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). 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 kreekruigen, 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.

Bepaling te bemonsteren percelen

Monsters (in jaar 0 en jaar 10) worden genomen volgens het ‘[Protocol fosfaatdifferentiatie](#)’ als gepubliceerd door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.¹⁰ 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.

5.2 Methode 0-60

Baseline / nulmeting

De nulmeting bestaat uit een veldmeting waarmee de bodemkoolstof wordt vastgesteld. Vervolgens wordt respectievelijk na 3 jaar, 6 jaar en 10 jaar een herhaling van de veldmeting uitgevoerd om de bodemkoolstof vast te stellen. Het moment van meting voor de baseline is in jaar 0, dan wel in jaar 1, in beide gevallen voorafgaand aan het groeiseizoen (hiervoor geldt vóór 15 februari). Voor de metingen in de jaren 3, 6 en 10 geldt hetzelfde.

Bepaling te bemonsteren percelen¹¹

Om per meetronde een representatief beeld te krijgen van de ruimtelijke variabiliteit van Bodemkoolstof, worden percelen bemonsterd op basis van een aantal factoren waarvan bekend is dat ze ruimtelijk variëren en een effect hebben op bodemkoolstof. Dit zijn de factoren:

- Bodemtype (zie bijlage VI)
- Grondwaterdynamiekklassse (Zie bijlage VII)

Op basis van bovenstaande criteria wordt op bedrijfsniveau bepaald welke percelen worden bemonsterd. Hierbij gelden de volgende voorwaarden:

¹⁰ [Bemonsteringsprotocol fosfaattoestand bepalen \(rvo.nl\)](#), 2021:

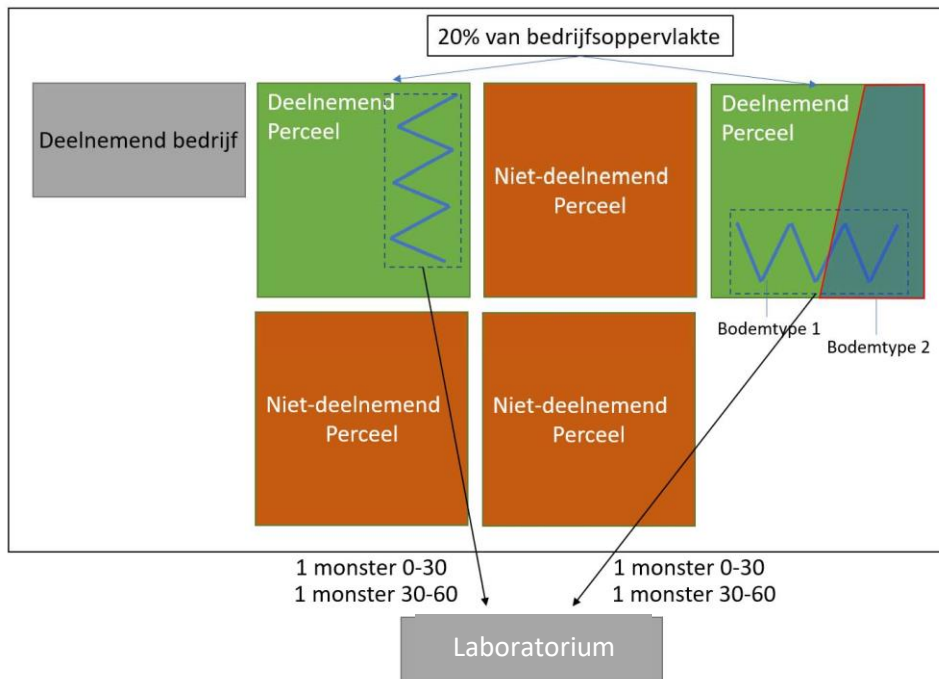
https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/04/20210415_Bemonsteringsprotocol_fosfaattoestand_bepalen_v1.0.pdf

¹¹ Een uitgebreide beschrijving van de gebruikte methoden is terug te lezen in “Beter Voor programma nulmeting - Soil Carbon monitoring”, beschikbaar via: <https://www.aequator.nl/wp-content/uploads/2023/11/Results-soilcarbonmonitor-0meting.pdf>.

- Per bedrijf wordt minimaal 20 % van de bedrijfsoppervlakte geselecteerd.
- De te bemonsteren percelen bevatten minimaal 20 % van de oppervlakte van op dat bedrijf voorkomende bodemtype/grondwater combinatie (Figuur 2).

Monstername

- De monsternemer ontvangt een XY-coördinaat waarmee hij/zij het betreffende perceel kan vinden.
- Binnen het perceel selecteert de monsternemer een representatief vlak van maximaal 2 ha.
- Het te bemonsteren oppervlak wordt bemonsterd in een W-vorm. Langs de lijnen van de W wordt om een aantal meters een steekmonster genomen. Hierbij wordt een guts van 1 cm breed in de bodem gestoken en in een zak verzameld. Deze steekmonsters gaan tot maximaal 60 cm diep. De grond in de guts wordt daarna verdeeld over de 2 dieptes (0-30 en 30-60). Wordt de maximale diepte van 60 cm meerdere malen niet gehaald, dan wordt de meest voorkomende diepte vermeld bij de registratie van het monster. Van veengronden wordt alleen het minerale deel bemonsterd.
- De 25 steekmonsters die genomen worden per W-vorm vormen één gemengd monster. Deze gemengde monsters representeren de bovengrond (0-30 cm) en de ondergrond (30-60 cm) van het perceel.



Figuur 2 Bemonsteringsstrategie en selectie van percelen binnen methode 0-60.

5.3 Toegestane methoden voor analyseren veldmonsters

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 methoden
 - 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. 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).
- 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:
 - $C\text{-voorraad bodem (in ton C/ha)} = \text{dichtheid (in kg/dm}^3\text{)} \times \text{bodemdpte (in m)} \times 10.000 \times C\text{-gehalte (in kg/kg)}$
- De dichtheid wordt berekend op basis van formules van Wösten (2001)¹² voor kleigronden en Hoekstra en Poelman (1982)¹³ voor zandgronden (gehalte is uitgedrukt in procenten):
 - $Dichtheid_{klei} = 1 / (0.6117 + (0.003601 * kleigehalte) + (0.002172 * (OS\text{-gehalte}^2) + (0.01715 * \ln(OS\text{-gehalte})))$
 - $Dichtheid_{zand} = 1 / (0.667 + (0.021 * OS\text{-gehalte}))$

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.

- Bij 0-30 wordt op projectniveau afgerekend (en dus niet op niet op perceelniveau of bedrijfsniveau). Hierdoor vormt een beperkte foutmarge geen probleem. 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.

¹² 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.

¹³ 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.

- Bij 0-60 wordt de foutmarge geminimaliseerd door een combinatie van wijze van steekproef, wijze van monsternamen en statistische analyse (zie bijlage VIII).

5.4 Tot slot

Samenvattend geldt het volgende:

- De nulmeting van het koolstofgehalte per perceel binnen het project wordt bepaald met één van de meetmethoden (NIR, thermische destructie of chemische oxidatie), volgens een standaardprotocol:
 - Voor 0-30 is dit een mengmonster van 40 steken per perceel;
 - Voor 0-60 is dit een mengmonster van 25 steekmonsters die genomen worden per W-vorm.
- Dit gebeurt 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 CO₂/ha/jaar gesteld.

6 Projectresultaten en vastlegging van CO₂

6.1 Methode 0-30

Vastlegging van CO₂ 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 bodemkoolstofgehalten. 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 de 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 dan wel 30 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 landbouwgronden.
- 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 is. Sinds 2022 is er een online praktijktool (BodemCoolstof) 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 voor blijvend grasland.

6.2 Methode 0-60

In de Methode 0-60 wordt per bedrijf de hoeveelheid vastgelegde CO₂ voor de jaren T3, T6 en T10 berekend op basis van:

- de daadwerkelijk gemeten waarden voor bodemkoolstof of indien dit niet mogelijk is, via de organische stof in de bodem. Zie hiervoor de berekeningsmethodiek voor de baseline T0 in het vorige hoofdstuk 5.
- De vastlegging van bodemkoolstof (direct verkregen of op basis van bodem-OS) wordt vervolgens omgezet naar een hoeveelheid CO₂ met de omrekenfactor 3,67.

6.3 Tot slot

De conclusie is dat voor het bepalen van de koolstofvastlegging van de maatregel blijvend grasland:

- Binnen de methode 0-30 gebruik moet worden gemaakt van een berekening met het RothC-model. Online is een praktijktool gebaseerd op het RothC model beschikbaar, die voor deze berekening gebruikt kan worden.
- Binnen de methode 0-60 moet gebruik worden gemaakt van veldmetingen.

7 Koolstofvastlegging

7.1 Methode 0-30

De netto vastgelegde CO₂ 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 CO₂ vastlegging per perceel kan dan als volgt worden berekend:

$$\text{Bodem-C} = 44/12 * ((C_{\text{voorraad}}_{\text{jaar0}} - C_{\text{voorraad}}_{\text{jaar10}})/10) * \text{areaal}$$

- Bodem-C = CO₂ vastlegging in ton CO₂/ha/jaar
- 44/12 is de factor voor omrekening van C naar CO₂.
- C_{voorraad} = koolstofvoorraad in de bodem (voor de laag 0-25 dan wel 30 cm) in ton C/ha

De berekening kan ook in termen van CO₂-emissies worden gedaan, de jaarlijkse CO₂ vastlegging is dan:

$$\text{Bodem-C} = 44/12 * ((C_{\text{balans}}_{\text{project}}) - (C_{\text{balans}}_{\text{baseline}})) * \text{areaal}$$

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 CO₂-vastlegging voor zand en kleigrond en het huidige OS-gehalte, bij een hoger OS-gehalte is de potentiële CO₂-vastlegging kleiner.

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

Tabel 2 Voorbeeldtabel voor CO₂ vastlegging in ton CO₂/ha/jaar voor de maatregel blijvend grasland, zoals berekend is met het RothC-model

7.2 Methode 0-60

De data die verkregen wordt uit de bemonstering en die in het laboratorium is geanalyseerd, wordt gebruikt om voor ieder geanalyseerd monster de hoeveelheid koolstof (bodempoolstof) in ton per hectare (ton/ha) te berekenen in de bovenste 60 cm van de bodem:

Stap 1: Bodempoolstof berekenen

$$\text{Bodem-C} = C_{\text{perc}} * B_d * D * O * 0.001$$

- Bodem-C wordt uitgedrukt in tonnen per hectare,
- C_{perc} is het percentage organische stof uit de analyses,
- B_d is de bulkdichtheid van de bodem (gewicht per volume, in kg/m³),
- D is de dikte van de bodemlaag (in meters),

- O is het oppervlak (in m²),
- Bodem-C wordt uitgedrukt in ton/ha. Daarom wordt er met een factor 0.001 vermenigvuldigd.

Stap 2: Statische analyse

Vervolgens wordt een Monte-Carlo simulatie uitgevoerd om de betrouwbaarheid van de uitkomsten te vergroten en onzekerheden voor zo ver mogelijk te elimineren. Een uitgebreide beschrijving is te vinden in bijlage VII.

Stap 3: Koolstofcertificaten

Op basis van de verkregen resultaten kan er op bedrijfsniveau een optelsom gemaakt worden van de toename in bodemkoolstof. Het volume bodemkoolstof wordt maal de omrekeningsfactor (3,67) gedaan om de hoeveelheid CO₂ te berekenen. De omrekening van bodemkoolstof naar CO₂ staat beschreven in hoofdstuk 2.3.2. De hoeveelheid CO₂ vormt de basis voor de uitgifte van koolstofcertificaten. Dit kan dan volgens de procedures binnen SNK worden omgezet tot een koolstofcertificaat met de volgende formules:

Koolstofcertificaten op T3:

$$(C_{\text{bodemT3}} - C_{\text{bodemT0}}) * 3,67$$

Koolstofcertificaten op T6:

$$((C_{\text{bodemT6}} - C_{\text{bodemT0}}) * 3,67) - \text{koolstofcertificaten T3}$$

Koolstofcertificaten op T10:

$$((C_{\text{bodemT10}} - C_{\text{bodemT0}}) * 3,67) - \text{koolstofcertificaten T3} - \text{koolstofcertificaten T6}$$

8 Monitoring parameters

8.1 Methode 0-30

Dit hoofdstuk beschrijft het proces van de voorgeschreven monitoring en de uitgifte van koolstofcertificaten tijdens en na de monitoringperiode en de gebruikte parameters.

8.1.1 Proces van monitoring en uitgifte van certificaten

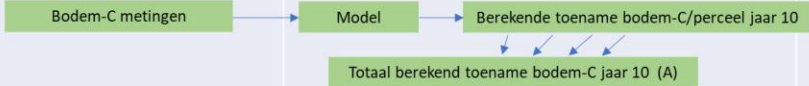
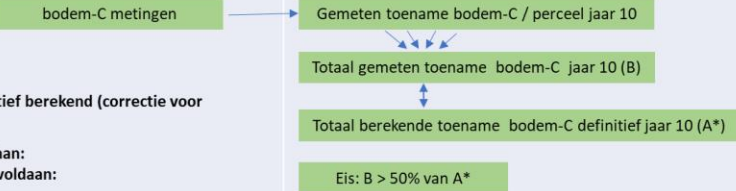
Bij de keuze voor de opzet van de methode hebben de volgende feiten een belangrijke rol gespeeld:

- De relatief grote onnauwkeurigheid van de uitkomsten van organische stof bepalingen voor het bepalen van toename van organische stof op perceelniveau,
- 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 ($t=0$) betreft blijvend grasland (zie voor de voorwaarden en mogelijke situaties de teksten en het voorbeeld in de paragrafen 2.3.1 en 2.3.2). Het overige areaal kan voor zover mogelijk 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. Voor vaststelling van dit minimumpercentage kan een projectdeelnemer data uit de gecombineerde opgave (basisregistratie percelen, BRP) gebruiken, maar hier ook van afwijken als deelnemer kan aantonen dat gebruik afwijkt van de gegevens in de BRP.
- De regel van minimaal 50% geldt in jaar $t=0$. Als in de loop van het project hiervan wordt afgeweken, bijvoorbeeld doordat percelen worden aangekocht, heeft dat geen gevolgen voor het project. Let wel: nieuwe percelen toevoegen aan het project kan sowieso niet lopende het project, omdat metingen in jaar 0 en blijvend grasland vanaf jaar 0 hiervoor vereisten zijn.
- 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 veldmetingen bedragen minimaal 50% van het gestelde doel. Deze methode gaat uit van een berekende CO₂-vastlegging i.c.m. daadwerkelijk 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.

Schematisch is de wijze van monitoring weergegeven in Figuur 2.

	Onderdeel	Toelichting	Uitgifte certificaten
Jaar -1	Niet scheuren van blijvend grasland (zie definitie RVO) in kalenderjaar voorafgaand aan projectstart	Eis voor aan project deelnemende percelen	
Jaar 0	Registratie project bij SNK van:	<ul style="list-style-type: none"> Deelnemende percelen, oppervlakte, grondsoort, kleigehalte Bodem C-metingen per perceel → voorraad bodem-C jaar 0 	
	Per bedrijf deelname	<ul style="list-style-type: none"> minimaal 50% van het areaal op bedrijfsniveau 	
	Per perceel		
	Projectdoel totaal:	Totaal berekend toename bodem-C jaar 10 (A)	
	Contractdoel vastlegging beloning:	<ul style="list-style-type: none"> X ton CO₂ bodem-C certificaten 	
Jaar 1 t/m 10	Registratie van:	<ul style="list-style-type: none"> Monitoren blijvend grasland (met Groenmonitor) 	
	Per perceel:	<ul style="list-style-type: none"> Indien aan eisen voldaan: Indien niet aan eisen voldaan: 	5%/jaar geen
Jaar 10	Per perceel:		
	Projecttotaal:	Totaal gemeten toename bodem-C jaar 10 (B)	
	Projectdoel totaal definitief berekend (correctie voor afvallers):	Totaal berekende toename bodem-C definitief jaar 10 (A*)	
	Indien aan eisen voldaan:	Eis: B > 50% van A*	50% geen
	Indien niet aan eisen voldaan:		

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 dan wel 30 cm berekend.

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

Inmiddels is een praktijkmodel beschikbaar waarmee perceel specifiek een modelberekening kan worden gemaakt van de CO₂-vastlegging over de tijd. Dit effect wordt weergegeven in ton CO₂/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 CO₂ bodemkoolstof 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 bodemkoolstof 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:

- bodemkoolstof metingen
- deze gegevens worden gebruikt om voor ieder perceel de daadwerkelijk gerealiseerde gemeten toename van bodemkoolstof 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 bodemkoolstof toename bepaald.

Deze gemeten bodemkoolstof 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 bodemkoolstof, waarbij jaarlijkse controle plaatsvindt of daadwerkelijk sprake is van blijvend grasland. De andere 50% wordt uitgekeerd als *gemiddeld op projectniveau* uit bodemkoolstof-metingen blijkt dat minimaal 50% van de berekende toename in bodemkoolstof is gerealiseerd. Door te kiezen voor de *gemiddelde bodemkoolstof toename op projectniveau* wordt de onnauwkeurigheid van individuele veldmonsters deels gecompenseerd.

Om te zorgen dat iedere boer eenzelfde beloning krijgt voor de maatregel blijvend grasland, onafhankelijk van de Ausgangssituatie, is het voorstel de totale hoeveelheid bodemkoolstof certificaten gelijk te verdelen over alle percelen. Op deze wijze wordt een hoog startniveau van bodemkoolstof niet 'afgestraft' (een hoog startniveau maakt toename van bodemkoolstof moeilijker). Deze voorgestelde wijze van verdeling van certificaten is niet bindend. Per project kunnen afwijkende afspraken over de verdeling worden gemaakt.

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

8.1.2 Nadere beschrijving van parameters

Gebruikte parameters:

- Bij de start van het project wordt bodemkoolstof gemeten (zie a. hieronder 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 als resultaat van de overeengekomen afspraak.

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 dan wel 30 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 veldmeting 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 CO₂ door middel van het model.

Formule:

toename in C in het 10^e jaar t.o.v. jaar 0 wordt voor ieder perceel als volgt berekend:
voorraad bodemkoolstof jaar 10 – voorraad bodemkoolstof jaar 0.

De verandering in bodemkoolstof 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 bodemkoolstof 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 bodemkoolstof 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:

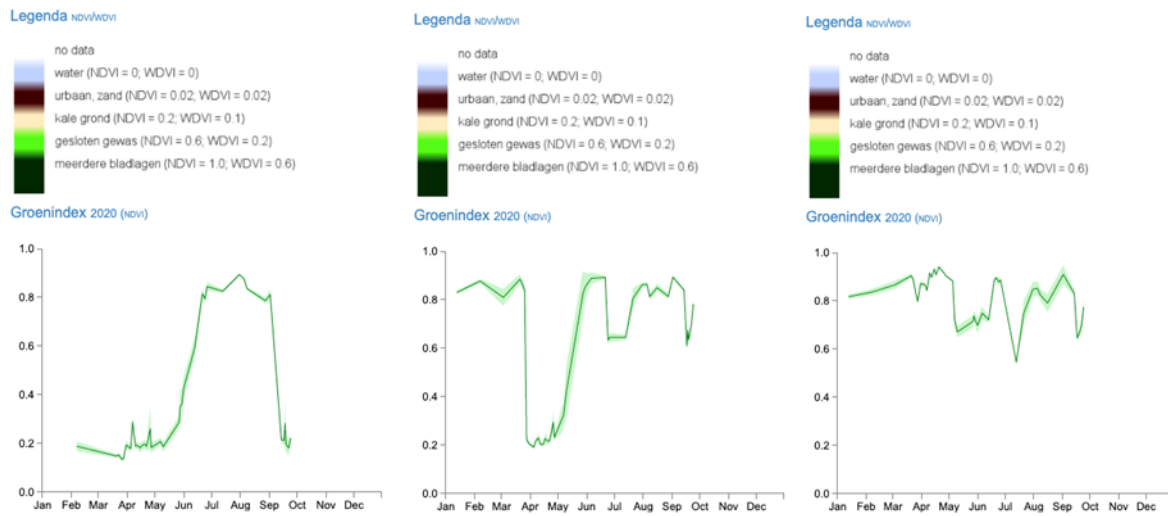
Voorwaarde voor uitkering van 50% van de certificaten in jaar 10:

Gemiddelde gemeten toename bodemkoolstof voorraad / ha op projectniveau in jaar 10 > 0,50 *
gemiddelde berekende toename bodemkoolstof 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).



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

8.2 Methode 0-60

8.2.1 Proces van monitoring en uitgifte van certificaten

Er kan onderscheid worden gemaakt tussen het koolstofvastlegingspotentieel in de bovengrond (0-30 cm) en ondergrond (30-60 cm) (Iwema et al, 2019). Er is geen grootschalig wetenschappelijk gevalideerd onderzoek naar de bodemkoolstof in de ondergrond. Daarom vindt uitkering van koolstofcertificaten plaats op basis van gemeten waarden voor bodemkoolstof. De procedure omtrent uitgifte van certificaten staat beschreven in hoofdstuk 2.3.2.

Jaar -1

Niet scheuren blijvend grasland (zie definitie RVO) in kalenderjaar voorafgaand aan projectstart.

Jaar 0

- **Registratie:** Bij de start van het project (het totaal van de deelnemende bedrijven) wordt
 - Het project geregistreerd bij de Stichting Nationale Koolstofmarkt (in sommige gevallen kan dit eerder, mits het project wel binnen twee jaar start)
 - Het projectplan ingediend met de in dit methodedocument gevraagde informatie.
 - De projectaanvrager registreert in het projectplan van alle deelnemende bedrijven:
 - deelnemende percelen en huidig landgebruik
 - niet-deelnemende percelen
 - oppervlakte per perceel
 - kleigehalte per deelnemend perceel
- **Steekproef** t.b.v. te bemonsteren percelen: Zie uitwerking in hoofdstuk 5.2.
- **0-meting:** Zoals eerder beschreven, alle percelen worden volgens protocol bemonsterd om het Bodemkoolstof-gehalte te bepalen. Aan de hand van het C-gehalte en het kleigehalte van de bodem

wordt de voorraad bodemkoolstof in de bovengrond (0-30) en ondergrond (30-60) gemeten. Per bedrijf wordt op basis van de gemeten waarden de hoeveelheid vastgelegde koolstof per bedrijf bepaald.

Jaar 3, jaar 6 en jaar 10

- Veldmeting bodemkoolstof volgens de in hoofdstuk 5.2 beschreven methode
- Verificatie koolstofcertificaten: volgens de in hoofdstuk 2.3.2 beschreven methode

Jaar 1 t/m 10

Monitoring: Ieder jaar vindt controle plaats of voldaan wordt aan de gestelde eisen (zie definitie blijvend grasland in hoofdstuk definities). Via satellietmonitoring en/of fysieke controle (zie paragraaf 8.3) vindt controle plaats of op alle percelen grasland op alle momenten gras aanwezig is. Als niet aan de eisen is voldaan, wordt de perceeleigenaar uitgesloten van verdere deelname. De tot dan toe uitgegeven en geverifieerde certificaten voor het perceel worden niet ingetrokken.

Jaar 10

Afronding project met intentie voor continueren blijvend grasland of voortzetting van project via geactualiseerd projectplan.

8.2.2 Nadere beschrijving van parameters

Gebruikte parameters:

- Bij de start van het project wordt bodemkoolstof gemeten.
- Jaarlijks wordt gemonitord of het perceel nog blijvend grasland is
- 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 als resultaat van de overeengekomen inspanning.

a. Procedure voor meting van bodemkoolstof

Een uitgebreide beschrijving van de methodiek staat beschreven in hoofdstuk 5.2

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 monitoring 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.

8.3 Satellietmonitoring

- Doel: Checken of een deelnemend bedrijf voldoet aan de voorwaarden voor blijvend grasland.
- De tool Groenmonitor kan hiervoor worden gebruikt. Ook tools met minimaal vergelijkbare kwalificaties voldoen. De tool moet dan minimaal aan de onderstaande eisen voldoen:
 - Een resolutie van maximaal 25 m (DMC) is geschikt voor analyse op perceelsniveau, zoals gewaskartering, plantontwikkeling en oogstvoorspelling.
 - Voor de monitoring wordt de Normalised Difference Vegetation Index (NDVI groenindex) gebruikt. De groenindex is een indicator van de hoeveelheid groene biomassa met een waarde tussen de 0 en 1. De groenindex waardes kunnen “vertaald” naar landbouwkundige processen of natuurontwikkeling over de seizoenen. Zo kun je per perceel de gewasontwikkeling volgen.
- De NDVI van goed groeiende vegetatie is meestal hoger dan 0,55. De NDVI van kale grond ligt meestal tussen 0,25 en 0,40. De NDVI van wolken ligt meestal onder 0,20 en kan zelfs negatief zijn. Als blijkt dat de NDVI 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). Bij deze situatie dient een fysieke controle te worden uitgevoerd waarmee daadwerkelijk wordt vastgesteld of grasland is gescheurd.
- De penvoerder is verantwoordelijk voor de uitvoering van de satellietmonitoring, opvolging bij afwijkingen of een vermoeden daarvan. Ook dient te penvoerder te zorgen voor een vastlegging van de resultaten van de monitoring en eventuele fysieke controles. In het projectplan wordt dit beschreven en uitgewerkt. Minimaal eenmaal per jaar worden de satellietbeelden van de percelen door de penvoerder beoordeeld en stelt hij vast of er sprake is van blijvend grasland. Als twijfel ontstaat, organiseert de penvoerder binnen een maand een onafhankelijke fysieke controle. De resultaten van deze monitoring, inclusief controles, worden zo spoedig mogelijk gerapporteerd aan SNK.

8.4 Tot slot

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 satellietmonitoring en/of fysieke controles.
- De grondgebruiker tekent een intentieverklaring dat ook na afloop van het project het perceel als blijvend grasland in gebruik zal blijven.

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:

- **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 (CO₂) en lachgas (N₂O). Zoals beschreven in hoofdstuk 4, is het risico op afwenteling, bijvoorbeeld een toename van lachgasemissies, zeer beperkt en kan dus buiten beschouwing worden gelaten.
- **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 CO₂ 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. Over het onderwerp instandhouding heeft SNK een generieke regel in voorbereiding, waarbij geldt dat de inhoud van een SNK-regel leidend is ten opzichte van methodedocumenten.
- **Faillissement van een contractpartij** Een van de deelnemende partijen kan failliet gaan en kan daardoor niet meer aan de verplichtingen voldoen. Kans: klein.
- **Er kunnen zich calamiteiten voordoen waardoor veldmetingen in een monitorjaar niet mogelijk zijn.** In dit geval treedt de projectaanvrager in overleg met SNK. In overleg kan worden besloten om de veldmeting uit te stellen. Dit wordt door SNK schriftelijk bevestigd naar de projectaanvrager. Kans: klein.
- Specifiek voor 0-30: 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). Dit risico treedt bij methode 0-60 niet op.

Appendix I – Literatuur elders gebruikte vergelijkbare methoden

Methoden 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.gold-standard.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.gold-standard.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/Oportunities%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/Oportunities-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
- Ploum S, Kannekens J, Sloot, P, 2022 'Royal A-ware klimaatnetural melk, beter voor programma, nulmeting deelnemers https://www.aequator.nl/wp-content/uploads/2023/11/BijlageB_Methode-document_soil-carbon_monitor.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:

- 3) 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.
- 4) 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
α	De kans om de nulhypothese (hier: geen verandering in organische stof) ten onrechte te verwerpen
β	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 (α en β) 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:

- 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.
- 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.
- 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), Sjf 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.indigoag.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 CO₂-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 CO₂ 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 N₂O-emissies)
- Iwema J, Sloot P, Pleijter M, 2019 Milieu: Koolstofvastlegging, nr. 5

- 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

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 bodemkoolstof gehalte en kleigehalte van het perceel. Op basis van de locatie kunnen de klimaatgegevens automatisch worden ingeladen. Het verschil in de bodemkoolstof balans tussen de huidige praktijk (baseline) en met de voorgenomen maatregelen (project) is dan de vast te leggen hoeveelheid CO₂/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 CO₂ 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 project van de koolstof. Landbouwgebieden die (area's) samengevoegd 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 de Humusaufbau- project van de Ökoregion 2019 zijn aan burgers en bedrijven Landbouwgebieden die zo emissies (area's) samengevoegd project in Oostenrijk.	Frans label Bas Carbone is een framework systematiek die op drie plekken in Duitsland permanente CO2-reductie. In toegepast wordt in regeneratieve bossen die concrete projecten waar koolstof vastleggen op het 'Compliance Offset' worden goedgekeurd voor voormalige veenweiden gedegradeerd land. Regionaal gericht op emissiereductie ontstaat. Verkocht wordt van zowel veehouderij als de akkerbouw. Zowel doordat veen niet meer bos en het behouden personen als bedrijven en oxideert. Veenopbouw ervan. Die organisaties kunnen een valt buiten de systematiek. MoorFutures worden Zeeland Emissions Trading worden in Duitsland	Doel is CO2-reductie via permanente georganiseerd via het and-Trade Program. Via het 'Compliance Offset' worden credits uitgegeven voor de aanleg van installatie van biogas control system (BCS) voor het gebruik van mest op het New melkveehouderijen en Zeeland Emissions Trading Scheme (ETS), waar bedrijven (soms verplicht) credits kopen.	In Californië is een broeikasgas-emissiemarkt georganiseerd via het Cap-and-Trade Program. Via het 'Compliance Offset Protocol Livestock Projects' worden credits uitgegeven voor de aanleg van installatie van biogas control system (BCS) voor het gebruik van mest op het New melkveehouderijen en 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)	Bijdrage aan nationale emissiedoelstelling (publiek)	Bijdrage aan nationale emissiedoelstelling van de staat (publiek)
Scope	Landgebruik, energie-gebruik, koolstofemissies van inputs	Opbouw OS door toevoegen compost	Landgebruik, beheer Landgebruik, veeteelt, energie, koolstofopslag	Bosbeheer	Veeteelt
Beloningsgrondslag voor landgebruik	Stock en flux	Flux	Stock en flux	Het voorkomen van toekomstige emissies (flux)	Stock en flux
Afbakening	Project-regio	Boerenbedrijf	Boerderijniveau, maar ook per emissies in de keten (natuur) daarvoor worden meegenomen via LCA	aaneengesloten Bedrijfsniveau/stuk land systeem	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
Baseline / referentie	Nulmeting	Nulmeting	Nulmeting	Forward looking baseline: de emissies bij het verwachte landgebruik zonder uitvoering van het project (vernatting)	Nulmeting
Nulmeting	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.
Voortgangsmeting	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.
Financiële buffer	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.	De credits worden ex ante uitgekeerd bij 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 landeigenaar 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
Maatregelen	<p>Geaccrediteerde methoden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beheer van dierlijke mest • Beheer van vee • Schattingen van alleen <p>koolstofvastlegging in de Maatregelen die worden praktijken zijn onderbodem met standaard-aanbevolen zijn verdeeld in zes typen waarden (o.a. voor extra • Bemesting uitsluitend acties: kuddebeheer en biomassa, grasland, met compost en voeding, beheer van gewasresten) groenbemesters (NB dierlijke mest, gewas- en • Mestefficiëntie bij aanvoer van compost in graslandbeheer, gebruik geïrrigeerd katoen hoeveelheden die in van meststoffen en • Meting van Nederland wettelijk niet energie, en koolstofvastlegging in de zijn toegestaan.) koolstofopslag. Voor het bodem in landbouw- • Bewerk grondbewerking gebruik van mest is een systemen (met specifieke - idealiter geen van de praktijken methoden voor grondbewerking 'Bemesting optimaliseren grondtypen) • Permanent groen - om het gebruik van • Vermindering van de vooral wintergroen minerale meststoffen N, P, uitstoot van broeikas- • 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 • Vermindering van het 'Tijdelijke of blijvende • Vermindering van de gebruik van chemicaliën graslanden aanbrengen op uitstoot van broeikas- gassen bij het melken van koeien door het voeren van voedingsadditieven</p>	<p>In tegenstelling tot andere Gestandaardiseerde Vernatten van</p> <p>zijn: methodieken worden methodes voor 40 veenweiden, zijn natuurherstel</p> <p>geen maatregelen praktijken die zijn</p> <p>voorgeschreven, maar beschreven in de</p> <p>aanbevolen. regelgeving. De veertig</p> <p>praktijken zijn onderbodem met standaard-aanbevolen zijn verdeeld in zes typen waarden (o.a. voor extra • Bemesting uitsluitend acties: kuddebeheer en biomassa, grasland, met compost en voeding, beheer van gewasresten) groenbemesters (NB dierlijke mest, gewas- en • Mestefficiëntie bij aanvoer van compost in graslandbeheer, gebruik geïrrigeerd katoen hoeveelheden die in van meststoffen en • Meting van Nederland wettelijk niet energie, en koolstofvastlegging in de zijn toegestaan.) koolstofopslag. Voor het bodem in landbouw- • Bewerk grondbewerking gebruik van mest is een systemen (met specifieke - idealiter geen van de praktijken methoden voor grondbewerking 'Bemesting optimaliseren grondtypen) • Permanent groen - om het gebruik van • Vermindering van de vooral wintergroen minerale meststoffen N, P, uitstoot van broeikas- • 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 • Vermindering van het 'Tijdelijke of blijvende • Vermindering van de gebruik van chemicaliën graslanden aanbrengen op uitstoot van broeikas- gassen bij het melken van koeien door het voeren van voedingsadditieven</p>	<p>Carbon Agri, Bas Carbone, MoorFutures, Duitsland</p> <p>Kaindorf, Frankrijk</p>	<p>Emissions Scheme, Nieuw-Zeeland</p> <p>Trading Compliance Offset Protocol Livestock Projects, Californië</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: https://publications.industry.gov.au/publications/climate-change/climate-change/government/emissions-reduction-fund/methods.html</p>				
Lengte creditering periode	<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>				
CO2 prijs per ton CO2-e	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.		

Appendix VI - Indeling van bodems in de bodemtype groepen.

Bron: bodemkaart van Nederland 1:50.000, opgesteld door WENR (<https://www.wur.nl/nl/nieuws/alle-bodemgegevens-van-nederland-gratis-als-open-data-beschikbaar.htm>), en is beschikbaar via pdok (<https://www.pdok.nl/-/de-bodemkaart-van-nederland-beschikbaar-bij-pdok>).

Bodem	Bodemtype
a GROEVE	NA
b AFGRAV	NA
c OPHOOG	NA
d EGAL	NA
e VERWERK	NA
f TERP	NA
g MOERAS	NA
g WATER	NA
h BEBOUW	NA
h DIJK	NA
i BOVLAND	NA
j MYNSTRT	NA
AAK	Klei

AAP	Veen
ABk	Klei
ABl	Löss
ABv	Veen
ABz	Zand
AD	Zand
AEk9	Klei
AEm5	Klei
AEm8	Klei
AEm9	Klei
AEm9A	Klei
AEp6A	Klei
AEp7A	Klei
AFk	Klei
AFz	Zand
AGm9C	Klei
AHa	Klei
AHc	Löss
AHk	NA
AHl	Löss
AHs	NA
AHt	Zand
AHv	NA
AHz	Löss
AK	Klei
ALu	Klei
AM	NA
AMm	Zand
AO	NA
AP	Veen
AQ	NA
AR	NA
AS	Zand
aVc	Veen
AVk	Veen
AVo	Veen
aVp	Veen
aVs	Veen
aVz	Veen
AWg	Klei
AWo	Klei

AWv	Veen
AZ1	Zand
AZW0A	Klei
AZW1A	Klei
AZW5A	Klei
AZW6A	Klei
AZW7A	Klei
AZW8A	Klei
bEZ21	Zand
bEZ23	Zand
bEZ30	Zand
BKd25	Zand
BKd26	Zand
BKh25	Zand
BKh26	Zand
BLb6	Zand
BLd5	Zand
BLd6	Zand
BLh5	Zand
BLh6	Zand
BLn5	Zand
BLn6	Zand
bRn46C	Klei
BZd23	Zand
BZd24	Zand
cHd21	Zand
cHd23	Zand
cHd30	Zand
cHn21	Zand
cHn23	Zand
cHn30	Zand
cY21	Zand
cY23	Zand
cY30	Zand
cZd21	Zand
cZd23	Zand
cZd30	Zand
EK19	Zand
EK76	Zand
EK79	Zand
EL5	Zand

EZ50A	Zand
EZg21	Zand
EZg23	Zand
EZg30	Zand
FG	Zand
FK	Klei
gMn15C	Klei
gMn25C	Klei
gMn52C	Klei
gMn53C	Klei
gMn58C	Klei
gMn82C	Klei
gMn83C	Klei
gMn85C	Klei
gMn88C	Klei
Hd21	Zand
Hd23	Zand
Hd30	Zand
hEV	Veen
Hn21	Zand
Hn23	Zand
Hn30	Zand
hVb	Veen
hVc	Veen
hVd	Veen
hVk	Veen
hVr	Veen
hVs	Veen
hVz	Veen
iVc	Veen
iVp	Veen
iVs	Veen
iVz	Veen
iWp	Zand
iWz	Zand
KK	NA
KM	NA
kMn43C	Klei
kMn48C	Klei
kMn63C	Klei
kMn68C	Klei

KRd1	Klei
KRd7	Klei
KRn1	Klei
KRn2	Klei
KRn8	Klei
KS	NA
KT	Klei
kVb	Veen
kVc	Veen
kVd	Veen
kVk	Veen
kVr	Veen
kVs	Veen
kVz	Veen
kWp	Zand
kWz	Zand
KX	Klei
Ld5	Zand
Ld6	Zand
Ldd5	Zand
Ldd6	Zand
Ldh5	Zand
Ldh6	Zand
Lh5	Zand
Lh6	Zand
Ln5	Zand
Ln6	Zand
Lnd5	Zand
Lnd6	Zand
Lnh6	Zand
MA	Klei
MK	Klei
Mn12A	Klei
Mn15A	Klei
Mn15C	Klei
Mn22A	Klei
Mn25A	Klei
Mn25C	Klei
Mn35A	Klei
Mn45A	Klei
Mn52C	Klei

Mn56A	Klei
Mn56C	Klei
Mn82A	Klei
Mn82C	Klei
Mn85C	Klei
Mn86A	Klei
Mn86C	Klei
Mo10A	Klei
Mo20A	Klei
Mo50C	Klei
Mo80A	Klei
Mo80C	Klei
MOb12	Klei
MOb15	Klei
MOb72	Klei
MOb75	Klei
MOo02	Klei
MOo05	Klei
Mv41C	Klei
Mv51A	Klei
Mv61C	Klei
Mv81A	Klei
MZk	Zand
MZz	Zand
pKRn1	Klei
pKRn2	Klei
pLn5	Zand
pMn52A	Klei
pMn52C	Klei
pMn55A	Klei
pMn55C	Klei
pMn56C	Klei
pMn82A	Klei
pMn82C	Klei
pMn85A	Klei
pMn85C	Klei
pMn86C	Klei
pMo50	Klei
pMo80	Klei
pMv51	Klei
pMv81	Klei

pRn56	Klei
pRn59	Klei
pRn86	Klei
pRn89	Klei
pRv81	Klei
pVb	Veen
pVc	Veen
pVd	Veen
pVk	Veen
pVr	Veen
pVs	Veen
pVz	Veen
pZg20A	Zand
pZg21	Zand
pZg23	Zand
pZg30	Zand
pZn21	Zand
pZn23	Zand
pZn30	Zand
Rd10A	Klei
Rd10C	Klei
Rd90A	Klei
Rd90C	Klei
Rn14C	Klei
Rn15A	Klei
Rn15C	Klei
Rn42C	Klei
Rn44C	Klei
Rn45A	Klei
Rn45C	Klei
Rn46A	Klei
Rn47C	Klei
Rn52A	Klei
Rn62C	Klei
Rn66A	Klei
Rn67C	Klei
Rn82A	Klei
Rn94C	Klei
Rn95A	Klei
Rn95C	Klei
Ro40A	Klei

Ro40C	Klei
Ro60A	Klei
Ro60C	Klei
ROb72	Klei
ROb75	Klei
Rv01A	Klei
Rv01C	Klei
Sn13A	Zand
Sn14A	Zand
tZd21	Zand
tZd23	Zand
tZd30	Zand
uWz	Zand
Vb	Veen
Vc	Veen
Vd	Veen
Vk	Veen
Vo	Veen
Vp	Veen
Vr	Veen
Vs	Veen
vWp	Zand
vWz	Zand
Vz	Veen
Wg	Klei
Wo	Klei
Y21	Zand
Y23	Zand
Y23b	Zand
Y30	Zand
Zb20A	Zand
Zb21	Zand
Zb23	Zand
Zb30	Zand
Zb30A	Zand
Zd20A	Zand
Zd20Ab	Zand
Zd21	Zand
Zd23	Zand
Zd30	Zand
Zd30A	Zand

zEZ21	Zand
zEZ23	Zand
zEZ30	Zand
Zn10A	Zand
Zn21	Zand
Zn23	Zand
Zn30	Zand
Zn30A	Zand
Zn30Ab	Zand
Zn40A	Zand
Zn50A	Zand
Zn50Ab	Zand
zVc	Veen
zVp	Veen
zVs	Veen
zVz	Veen
zWp	Zand
zWz	Zand

Appendix VII - Indeling van de groepen grondwatertoestand.

- Voor het indelen van de geselecteerde percelen in de klassen van de factor grondwatertoestand is gebruik gemaakt van de Grondwatertrappenkaart, opgesteld door WENR (<https://edepot.wur.nl/26169>, <https://edepot.wur.nl/339780>).
- De GHG en GLG zijn in cm uitgedrukt. Grondwater trappen zijn aangeven ter indicatie.

Grondwatertrap	GHGmin	GHGmax	GLGmin	GLGmax	Grondwatertoestand
<i>Ia</i>	0	25	0	50	Nat
<i>Ic</i>	25	50	25	50	Nat
<i>IIa</i>	0	25	50	80	Nat
<i>IIb</i>	25	40	50	80	Nat
<i>IIc</i>	40	80	50	80	Nat
<i>IIIa</i>	0	25	80	120	Nat
<i>IIIb</i>	25	40	80	120	Gemiddeld
<i>IVc</i>	80	120	80	120	Gemiddeld
<i>IVu</i>	40	80	80	120	Gemiddeld
<i>Vad</i>	0	25	180	9999	Nat
<i>Vao</i>	0	25	120	180	Nat
<i>Vbd</i>	25	40	180	9999	Gemiddeld
<i>Vbo</i>	25	40	120	180	Gemiddeld
<i>VId</i>	40	80	180	9999	Gemiddeld
<i>VIo</i>	40	80	120	180	Gemiddeld
<i>VIIId</i>	80	140	180	9999	Droog
<i>VIIo</i>	80	140	120	180	Droog
<i>VIIIId</i>	140	9999	180	9999	Droog
<i>VIIIo</i>	140	180	140	180	Droog
<i>onbekend</i>					onbekend

Appendix VIII - Toelichting statistische analyse t.b.v. methode 0-60

De data verkregen uit de bemonstering en lab analyse is gebruikt om voor ieder geanalyseerd monster de hoeveelheid koolstof (Bodemkoolstof) in gewicht per oppervlak (ton C/ha) te berekenen in de bovenste 60 cm van de bodem:

$$C=C*Bd*D*O$$

Hierbij is Cperc het percentage organische stof uit de OS en C-org analyses (%), Bd de bulkdichtheid van de bodem (gewicht per volume, in kg/m³), D de dikte van de bodemlaag (in meters) en O het oppervlak (in m²).

Om inzichtelijk te maken welk effect de meetonzekerheid van Cperc en Bd heeft op de berekening van Bodemkoolstof is voor ieder monster een gemiddelde Bodemkoolstof bepaald door de bovenstaande berekening 10.000 keer te herhalen (Monte Carlo simulatie) met in acht neming van de onzekerheid van iedere term. Aan de hand van die simulatie kan per bodemtype en grondwatertoestand de standaardafwijking worden bepaald van de berekende koolstofvoorraad.

Voor het berekenen van de totale koolstofvoorraad Bodemkoolstof per perceel vermenigvuldigd met het oppervlak van het perceel, en deze voorraden zijn bij elkaar opgeteld. Deze totale voorraad is uitgesplitst voor bodemtype en grondwatertoestand. Daarbij is de standaardfout (SE) gerapporteerd bij de voorraden met het ± symbool. De standaardfout geeft een indicatie van de spreiding van de data achter een berekende voorraad, in relatie tot de omvang van een populatie:

$$SE = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma_x$$

Hierbij is in het aantal monsters in populatie X en de standaardafwijking van populatie X. Voor de bodemlagen, de bodemtypen en de grondwatertoestand is Bodemkoolstof getoetst op significante verschillen tussen de gemiddelden van groepen met behulp van bootstrapping. Hierbij is de nul hypothese dat twee groepen (A en B) hetzelfde gemiddelde hebben. Uit de populatie A+B wordt herhaaldelijk een steekproef genomen waarvan het verschil in gemiddelden wordt bepaald (10.000 keer). Vervolgens wordt de verdeling van de verschillen in gemiddelden vergeleken met de verdeling van de nulhypothese (waarbij de verdeling rond 0 centreert omdat voor de nulhypothese wordt aangenomen dat er geen verschil in is gemiddelden tussen de groepen). De gerapporteerde p-waarde is vervolgens verkregen met behulp van een “betrouwbaarheidsinterval-inversie” (12.1 in Thulin, 2021¹⁴). Bij p<0.05 wordt een verschil als significant beschouwd.

¹⁴ Thulin M (2021). Modern Statistics with R. Eos Chasma Press, Uppsala. ISBN 9789152701515, <http://www.modernstatisticswithr.com/>.