

Lost de bodem het
klimaatprobleem
op?

Meer koolstof in
bodem door niet te
ploegen

Humusopbouw met
één procentpunt
per jaar!

CO₂-opslag in
bodem biedt
perspectief

oktober 2019, nr. 5

MILIEU

SPECIAL

Koolstofvastlegging



Tijdschrift van het netwerk
van milieuprofessionals



voor slechts
€581,95
per jaar
(incl. BTW)

Profiteer van het totaalpakket MilieuCompleet:

- 3 bladen in één abonnement
- inclusief VVM- lidmaatschap
- korting op duurzame producten en diensten



MilieuCompleet: duurzame verdieping



MilieuCompleet is een '3-in-1' abonnement op de drie belangrijkste onafhankelijke milieubladen van Nederland: MilieuMagazine, Milieu Compact en Tijdschrift Milieu. De drie uitgevers van de bladen, mauritsgroen.mgmc; DG Communicatie en VVM, hebben de handen ineen geslagen om dit aanbod mogelijk te maken. Als abonnee krijgt u bovendien korting op diverse duurzame producten en bent u lid van de VVM. [Dat is MilieuCompleet!](#)

Meer weten? Ga naar milieucomplete.nl

MilieuCompleet - dé manier om op de hoogte te blijven van alles wat speelt op het gebied van milieu en duurzaamheid



Jaarcongres Relevant 2019, hét congres voor iedereen die werkzaam is op gebied van Externe Veiligheid, vindt plaats op dinsdag 19 november in Casa te Amsterdam. Dit jaar staat het jaarlijkse congres in het teken van actualiteit en transparantie: wat staat de veiligheidsprofessional te wachten de komende periode en hoe werk je als overheid en bedrijfsleven samen aan een veilig Nederland.

www.vvm.info/relevant

relevant netwerk externe veiligheid



**Jaarcongres Relevant 2019:
Veilige transitie!**

19 november | Hotel Casa | Amsterdam
Relevant, VNCI en VVM



netwerk van
milieuprofessionals



Het kan anders!

Soms... soms is één en één drie. Soms... zijn oplossingen zo voor de hand liggend dat we er niet meer aan denken. Daarvoor moeten we wel wat vaker over de eigen schaduw heen stappen en stoppen met retoriek. Zo ook rondom de discussie in de landbouw.

Op 1 oktober stonden meer dan 10.000 boeren op het Malieveld in Den Haag. De tractoren vulden het hele groene hart van Den Haag. Waarom: de boeren geven aan onterecht de schuld te krijgen van milieuvervuiling en de achteruitgang van de natuur. Steeds opnieuw krijgen zij maatregelen over zich heen en steeds opnieuw krijgen ze in de publieke opinie een schop na. En dat terwijl ze elke dag weer opnieuw met hart en ziel werken aan een mooi bedrijf en aan een mooie omgeving.

Alarmerende berichten lezen we elke dag in de krant en nieuwsapp's. Het klimaat verandert sneller dan gedacht. De CO₂-uitstoot is het laatste jaar toch weer toegenomen, ondanks alle maatregelen. 18.000 bouwprojecten liggen stil door het besluit van de Raad van State rondom stikstof. En wie veroorzaken volgens veel mensen een groot deel van deze vervuiling: juist... de boeren.

Tot nu toe zijn veel maatregelen rondom landbouw technisch van aard. Andere stallen. Stalventilatie. Emissiearme vloeren. Noem maar op. Steeds opnieuw oplossingen waarbij de investeringen voor rekening van de boer komen. En gaan wij meer betalen voor ons stukje vlees? Onze melk? Onze komkommer? Nee, want de supermarkten staan pal voor onze belangen (ahum) en dus een lage prijs...

Het kan ook anders. Als we nou een beginnen bij de kwaliteit van de bodem. Waarbij niet de maximering van de productie centraal staat, maar de bodemkwaliteit. Wat blijkt: door meer

organische stof (koolstof) vast te leggen in de bodem wordt die kwaliteit beter. Meer bodemleven ontstaat. En... juist, de CO₂ die anders in de lucht komt, wordt vastgelegd. Een typisch geval van win-win. Er zijn al boeren die dit doen. Er zijn aanpassingen in het bedrijf voor nodig, maar het kan en het levert op. Zie ook elders in deze editie van Milieu.

En de kosten? Deze aanpak vergt een andere aanpak. Een aanpak die mogelijk minder opbrengst per hectare oplevert. Maar we kunnen deze extra kosten op een slimme manier dragen. Er zijn namelijk vele fondsen voor compensatie van uitgestoten CO₂. Fondsen waarvoor nu vaak certificaten ver weg worden gekocht die voor de klimaataanpak geen zoden aan de dijk zetten. Fondsen die, zo blijkt, bovendien open staan om de CO₂-compensatie in eigen land vorm te geven. En daarbij gelijk de boeren een steuntje in de rug te geven. Zo ontstaat een situatie waarbij we direct de klimaatverandering aanpakken en tegelijkertijd de boeren helpen een goede inkomstenbron te vinden. Met de juiste incentives en de juiste opbrengst. Bijvoorbeeld het project waarbij boeren in de omgeving van Eindhoven Airport mogelijk gecompenseerd kunnen worden voor de verhoging van de organische stof in de bodem vanuit het fonds van de luchthaven.

Om dit te bereiken moeten we wel af van de welles-nietesdiscussie in de landbouw en de retoriek. Laten we samenbouwen aan regeneratieve landbouw in Nederland. Waarbij we onder meer CO₂ vastleggen in de bodem en daarmee de bodemkwaliteit verbeteren. Waarbij boeren, wetenschappers, fondsen, burgers en milieubeschermers hand in hand samenwerken aan een mooie toekomst. Het kan. Niet soms. Het kan vaak.

Antoine Heideveld,
voorzitter VVM



INHOUD

SPECIAL

Koolstofvastlegging

Mondiaal wordt intensief gekeken naar maatregelen om de negatieve effecten van de klimaatverandering te reduceren. Kansrijk lijkt met name het vastleggen van CO₂ in de vorm van organische stof in de bodem. Naast het tegengaan van de temperatuurstijging, bevordert deze optie de agrarische productie. Ander positief neveneffect is het tegengaan van de uitspoeling van nutriënten en het hogere waterbindend vermogen, waardoor de bodembiodiversiteit toeneemt. Deze special belicht de mogelijkheden.

6 | Lost de bodem het klimaatprobleem op?

Binnen de klimaatopgave wordt als oplossing van het opwarmingsprobleem vooral ingezet op het verminderen van de emissies. Men lijkt te vergeten dat de landbouw ook een bijdrage kan leveren aan de vastlegging van CO₂ in de bodem.

8 | Meer koolstof in bodem door niet te ploegen

Inmiddels zit het organische stofgehalte onder het grasland bij melkveehouder Alex Datema in het Groningse Briltal al weer op 15 tot 16 procent. "De grond zoveel mogelijk met rust laten, daarin schuilt vooral het succes", ervaart Datema.

11 | Klimaatneutraal vliegen dankzij de boer

Boeren rondom Eindhoven Airport willen de CO₂-impact van de vliegreizen vanaf deze luchthaven compenseren. De aanpak, interessant voor boeren en luchthaven, draagt bij aan de klimaatdoelstellingen en biodiversiteit.

12 | CO₂-uitstoot compenseren bij de boer

In de Oostenrijkse Ökoregion Kaindorf verdienen boeren geld met de vastlegging

15 | Meethandvat stimuleert emissiereductie

In 2017 startte FarmGasLive - opgezet door CLM en Monteny Milieuvadvis - een experiment met het meten van de ammoniakemissie uit natuurlijk geventileerde melkveestallen met behulp van sensoren.



26 | CO₂-opslag in bodem biedt perspectief

Het vastleggen van atmosferische koolstof in de bodem kan een positief effect hebben op agrarische productie, het verminderen van de uitspoeling van nutriënten en het verhogen van de bodembiodiversiteit. Dit biedt perspectief om via deze weg het CO₂-gehalte in de atmosfeer te verminderen.



van CO₂ in hun landbouwgrond. Dit gebeurt in de vorm van humus.

14 | Zet in op Climate Smart Ecosysteemmanagement!

Column Rudy Rabbinge

18 | Bodem wint terrein op klimaatagenda

Veel boeren zijn nog niet bewust met het vastleggen van koolstof in hun grond bezig.

21 | Humusopbouw met één procentpunt per jaar!

Akkerbouwer Arnold van Woerkom uit

Emmeloord maakt zich grote zorgen over het landbouwbeleid en de agrarische bodemwetenschap.

24 | Recent van de pers

Organische stof: breng leven in de bodem!
Een praktische handleiding voor organische stofbeheer.

25 | Eenzijdige benadering remt

Column Geesje Rotgers

30 | Maatregelen voor Nederland

Verschillende aanvoer- en afbraakprocessen vormen de basis voor koolstofvastlegging. Wat kan met name bijdragen aan het toepassen van deze methode in de Nederlandse bodem?

36 | Potentieel Nederlandse ondergrond

Ook in de diepere ondergrond liggen mogelijkheden voor koolstofvastlegging. Lokaal kunnen de mogelijkheden echter flink uiteenlopen.

Deze special is gemaakt in opdracht van het Mesdag Zuivelfonds.



*Bodemmonster
rijk aan organisch
materiaal*

Lost de bodem het klimaatprobleem op?

Binnen de klimaatopgave wordt als oplossing van het opwarmingsprobleem vooral ingezet op het verminderen van de emissies. Men lijkt te vergeten dat de landbouw ook een bijdrage kan leveren aan de vastlegging van CO₂ in de bodem.

Op school leerden we het al: CO₂ wordt opgenomen door planten, die de koolstof vastleggen. Het plantenmateriaal wordt vervolgens in de bodem gebracht via de wortels, het bodemleven (afgestorven plantaardig materiaal) of door onderwerken (gewasresten en groenbemesters).

Kansen

Wereldwijd zijn veel interessante artikelen beschikbaar over vastlegging van CO₂ in de bodem. Ook circuleren op het internet video's van boeren die beweren

forse hoeveelheden koolstof in de bodem te hebben vastgelegd. Vaak gaan de reportages vergezeld van de aanmoediging dat wanneer veel boeren hun voorbeeld zouden volgen, de klimaatverandering gekeerd kan worden.

De bodem kan zeker een belangrijke bijdrage leveren aan de vastlegging van CO₂, daarover is geen verschil van inzicht. Wel over de hoeveel koolstof die de bodem kan vastleggen voordat deze verzadigd raakt. En ook over de snelheid waarmee CO₂ kan worden vastgelegd. Met andere

woorden: kunnen er op korte termijn zulke grote hoeveelheden CO₂ worden vastgelegd zodat er per saldo geen toename meer van broeikasgassen is? Of is afkoelen misschien mogelijk?

Enorm potentieel

Tot de verbeelding spreekt een onderzoek in Portugal uit 2008 (Carbon sequestration in biodiverse sown grasslands; R. Teixeira). In dit onderzoek is gekeken hoeveel koolstof per jaar kan worden vastgelegd. De Portugese onderzoekers kwamen uit op een

netto-vastlegging van 4,5 - 5,3 ton CO₂eq/ha/jaar. Deze extreem snelle organische stofopbouw werd bereikt op vruchtbare graslanden, waarin een biodivers soortenmengsel (twintig soorten) werd ingezaaid, waaronder veel peulvruchten. Deze graslanden werden extensief begraasd: de dieren kregen vijftig procent van de productie te eten, de andere helft werd teruggegeven aan de bodem. De hoeveelheid organische stof accumuleerde daarvoor snel. De onderzoekers kwamen tot de slotsom dat bij toepassing van dit management op 300.000 hectare, 0,96 - 1,35 Mton CO₂eq per jaar gecompenseerd kan worden. De Nederlandse landbouw omvat circa 1 miljoen hectare grasland. Bij dergelijke cijfers is de afgesproken door de landbouw te reduceren 3,5 Mton tussen nu en 2030 in één jaar te realiseren.

Ook in het Oostenrijkse Kaindorf, waar boeren betaald krijgen voor CO₂-vastlegging, loopt het erg hard met de CO₂-vastlegging. Hier wordt veel organische stof aangevoerd, op schrale bodems die het materiaal gemakkelijk opnemen. Een artikel hierover vindt u in deze editie.

Opslagruimte Nederland

Maar hoe zit het in Nederland? In hoeverre kan de Nederlandse landbouw haar broeikasgasemissies compenseren met CO₂-vastlegging in haar bodems? Er blijkt opvallend weinig informatie over dit onderwerp beschikbaar. In deze editie wordt op zoek gegaan naar een antwoord.

In Nederland worden veel koolstofmetingen gedaan, maar nagenoeg allemaal in de bovengrond, op een diepte rond de 10 centimeter. In deze bovenlaag wordt de koolstof vastgelegd die afkomstig is uit de afbraak van organisch materiaal. Onder deze toplaag, bevindt zich een veel grotere opslagruimte, tot wel 80 cm diep, waar in theorie veel koolstof kan worden vastgelegd. Met name grassen kunnen wel tot 80 cm diep wortelen.

Onderzoekers van Aequator zochten uit in welke mate Nederlandse landbouwbodems een oplossing kunnen bieden in het klimaatvraagstuk. Zij brachten hiertoe de

wereldwijde literatuur in kaart en maakten een inschatting voor de 'opslagruimte' in zowel de bovenlaag (topsoil) als de diepere onderlaag.

Effectiviteit

Dan is er het vraagstuk van de snelheid waarmee koolstof kan worden vastgelegd. Sommigen menen dat het vooral langzaam gaat en al gauw enkele eeuwen duurt voordat de bodem verzadigd is geraakt met organische stof. Anderen menen dat het allemaal veel sneller kan met de goede maatregelen. In deze editie ook een overzicht van maatregelen die effect lijken te hebben. Al is er hier ook sprake van leemten in kennis.

Dubbele winst

Een bodem rijk aan organische stof is niet alleen winst voor het klimaat, maar ook winst voor de boer. Dergelijke bodems houden het water beter vast, waardoor zij minder snel last hebben van droogte. En in natte periode nemen deze bodems het water gemakkelijker op, waardoor het land minder

snel blank komt te staan. Bodems met veel organische stof houden de nutriënten en meststoffen veel beter vast, waardoor deze minder gemakkelijk uitspoelen naar het grond- en oppervlaktewater. En ten slotte zijn bodems met veel organische

stof productiever. In Nederlandse bodems zit in het algemeen voldoende organische stof, in tegenstelling tot een aantal andere landen in Europa, waar de organische stof soms volledig is verdwenen. De bodem is een woestijn geworden waar niets meer groeit.

Special Milieu

Mesdag Zuivelfonds wil in deze editie alle kennis over koolstofopslag in landbouwbodems bundelen. Kennis die er is vanuit wetenschappelijk onderzoek, maar ook kennis en ervaringen opgedaan in de praktijk. Kennis en ervaring en inzichten die inspireren om de bodem en haar belangrijke rol in het klimaatvraagstuk en het ecosysteem te kunnen duiden.

Jan Cees Vogelaar,
Voorzitter Stichting Mesdag Zuivelfonds



Jan Cees Vogelaar:
"Mesdag Zuivelfonds wil in deze editie alle kennis over koolstofopslag in landbouwbodems bundelen"

Foto: Stichting Mesdag Zuivelfonds

'Een bodem rijk aan organische stof is winst voor het klimaat én winst voor de boer.'



Meer koolstof in bodem door niet te ploegen

Inmiddels zit het organische stofgehalte onder het grasland bij melkveehouder Alex Datema in het Groningse Brittil al weer op 15 tot 16 procent. Nog niet zo lang geleden schommelde dat nog rond de 10 procent. “De grond zoveel mogelijk met rust laten, daarin schuilt vooral het succes”, ervaart Datema. De Groninger is tevens voorzitter van Boerennatuur, waarbij zo’n 40 collectieven met in totaal 10.000 boeren zijn aangesloten.

Onder het 110 koeien tellende bedrijf van maatschap Datema – Van der Velde ligt 70 hectare grond. De grondsoort is overwegend klei, een klein gedeelte betreft klei op veen. Op alle percelen staat niets anders dan gras. Het percentage organische stof (humus met onder andere veel koolstof) onder de grasmatten wordt ieder jaar een beetje hoger. Dat is ook wat Datema wil: het gras zoveel mogelijk organische stof laten vastleggen in de bodem.

Van de grond afblijven

Inmiddels boert de vierde generatie op dit familiebedrijf, dat tegenwoordig wordt

Alex Datema: "Laten we via gras zoveel mogelijk organische stof in de bodem vastleggen"



gerund door Alex Datema en Kor van der Velde. Waarin ligt het succes van het verhogen van de koolstofvoorraad in de bodem? "Zoveel mogelijk van je grond afblijven, dat is het belangrijkste advies", begint Datema zijn verhaal. "De meeste percelen op ons bedrijf zijn ergens in de jaren '80 en '90 van de vorige eeuw wel eens geploegd en geëgaliseerd. Dat hoorde bij de modernisering van de landbouw, de grasmat moest op gezette tijden worden vernieuwd. De ploeg ging in de grond en de greppels voor de waterafvoer werden uit het land gehaald." De laatste 20 tot 30 jaar wordt het grasland nog maar sporadisch

vernieuwd. Datema heeft daar slechte ervaringen mee. "De bodem bestaat hier voor een belangrijk deel uit zware klei. Met het ploegen, komt er slechte grond boven waarin het regenwater moeilijk weg wil." Het laatste perceel werd zo'n acht jaar geleden opnieuw ingezaaid.

Op het bedrijf zijn de historische bodemanalyses bewaard gebleven. Voordat het ploegen de gewoonte werd in de Nederlandse landbouw, zat het organische stof gehalte op de meeste percelen boven de 20 procent. Datema vermoedt dat het toentertijd ging om heel oud grasland. Na het ploegen kelderde het organische stofgehalte fors naar beneden, tot onder de 10 procent. Door niet meer te ploegen, bouwt de bodemvoorraad organische stof zich weer langzaam op, met een paar tienden van procenten per jaar. Het organische stofgehalte zit op de meeste percelen inmiddels weer rond de 15 à 16 procent. De ruim 20 procent van vroeger is nog niet bereikt. Datema heeft geen idee hoeveel organische stof de bodem uiteindelijk kan vastleggen. "Dat zal in de toekomst blijken."

Meerwaarde

Welke voordelen heeft een hoog organische stofgehalte? Datema: "Onderzoek is er niet naar gedaan op ons bedrijf, maar als boer ervaar ik dat de bodem meer en gemakkelijker water opneemt. En bij droogte houdt de grond meer water vast. Aanvankelijk ontstonden in tijden van droogte grote scheuren in het land, nu is dat veel minder. Ook blijft het gras groen en groeien. Dat zagen wij bijvoorbeeld in de warme, droge zomer van 2018, maar ook in de droge periode van 2019. Verder neemt het stikstofleverende vermogen toe, waardoor wij de kunstmestgift konden terugbrengen van 400 kilo naar 150 kilo stikstof per hectare. Wij gebruiken nu minder kunstmest dan wettelijk is toegestaan. De grasopbrengst lijdt daar niet onder."

'Bodemvoorraad organische stof bouwt zich door niet te ploegen weer langzaam op'

Op zandgronden, met name de droogtegevoelige, zal het moeilijker zijn het organische stofgehalte te verhogen. Maar ook daar kun je het grasland vernieuwen zonder te ploegen, stelt Datema. "In Nederland wordt veel te snel geploegd."

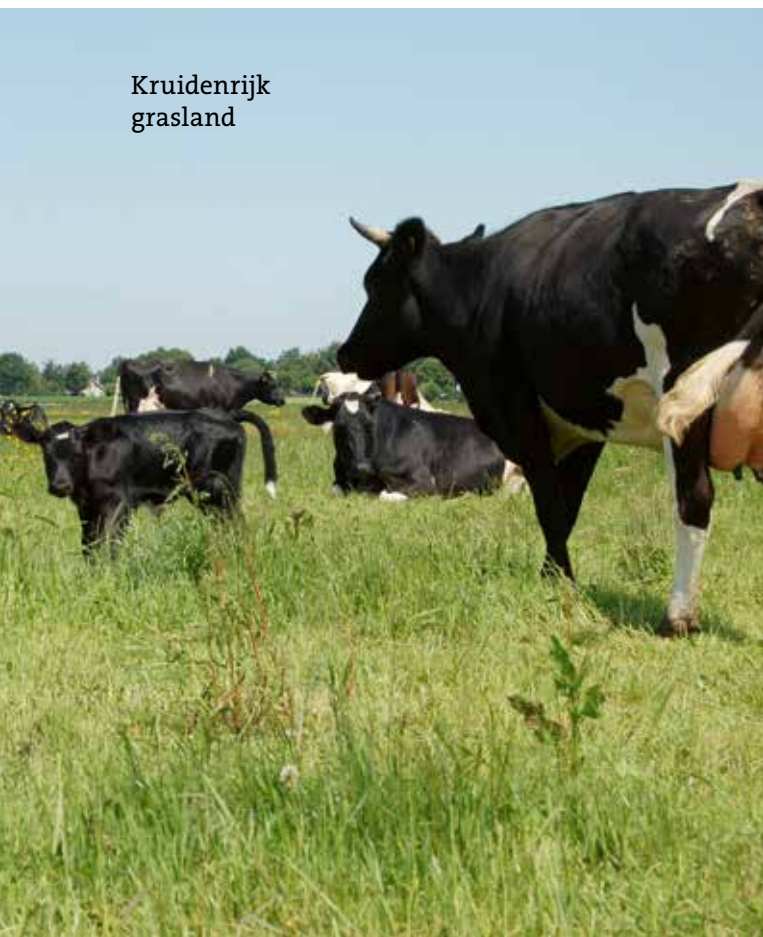
Graslandvernieuwing

Helemaal zonder graslandvernieuwing kan het bedrijf niet, bijvoorbeeld als het onkruid en het kweekgras de overhand hebben genomen. De laatste keer was zo'n acht jaar geleden. In dat geval wordt het stukje grasland eerst gefreesd en vervolgens wordt de bodemlaag met de cultivator bewerkt. Alles zo ondiep mogelijk. De werkzaamheden vinden plaats in een droge periode zodat het losgewoelde onkruid afsterft door gebrek aan water. Vervolgens wordt het stuk opnieuw ingezaaid. Datema gebruikte tot nu toe een standaard mengsel met weidegrassen. Met kruidenmengsels heeft hij nog geen ervaring. "Als ik weer een stuk moet vernieuwen, wil ik hiermee experimenteren. Kruidenrijk gras zou beter met droogte overweg kunnen en ook zou een dergelijk mengsel goed zijn voor de mineralenvoorziening voor het vee." Mengsels met klaver ziet Datema niet zitten. "Die passen

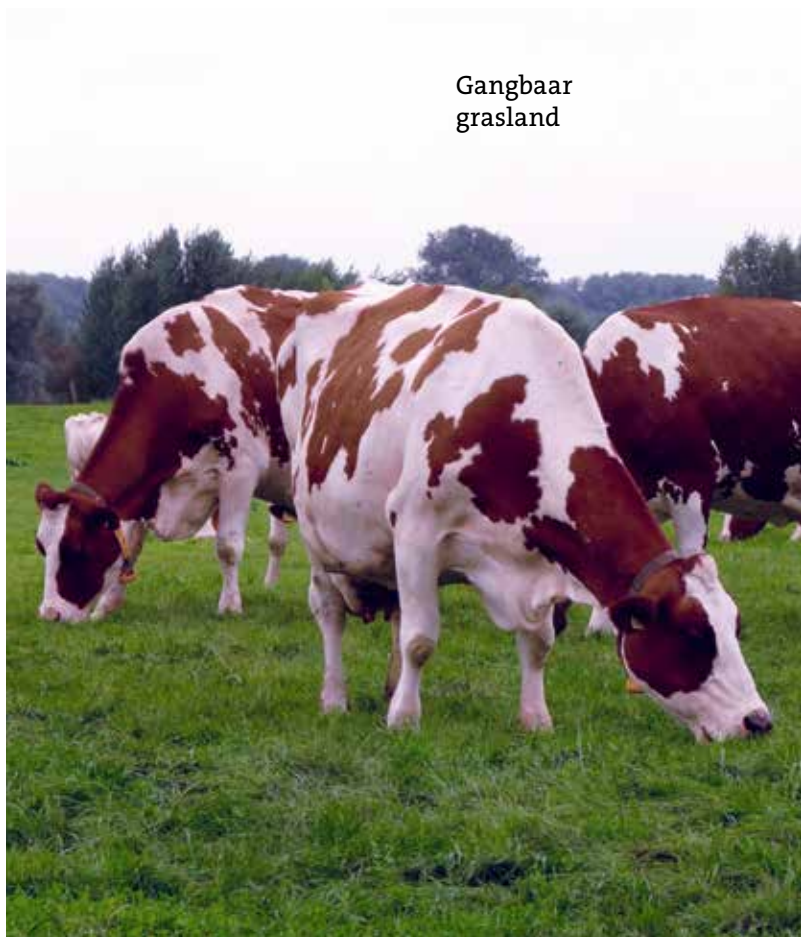
Klimaatdiscussie

Datema vindt het storend dat de veehouderij wel wordt afgerekend op de uitstoot van broeikasgassen, maar dat alle CO₂ die de landbouw op grote schaal vastlegt in de bodem niet wordt meegeteld. Dat aspect is buiten de klimaatdiscussie gevallen en boeren worden ook niet gestimuleerd om hieraan te werken. "De landbouw is de enige sector die op grote schaal CO₂ kan vastleggen in de vorm van organische stof in de bodem. Hier ligt een belangrijke oplossing van het klimaatprobleem." Datema zou het een goede zaak vinden als boeren hiervoor een vergoeding krijgen. "Als boeren 50 euro per hectare kunnen verdienen met CO₂-vastlegging, dan hebben wij de boeren heel snel mee om hiermee actief aan de slag te gaan."

Kruidenrijk
grasland



Gangbaar
grasland



niet bij deze grondsoort. Het stikstofgehalte in deze bodem is te hoog om het klaver in stand te houden.”

Bodem intact laten

Op de Hogere Landbouwschool heeft Datema op het gebied van bodembeheer de verkeerde dingen geleerd, stelt hij met de ervaringen van nu. “Wij leerden dat de bodem een chemisch proces is, dat wij moesten kijken naar stoffen die beperkend zijn, die moesten dan worden aangevuld. Nu zie ik de bodem als een biologisch proces; hoe kun je de bodembiologie zo positief mogelijk beïnvloeden? Ik denk dat organische stof goed is voor het bodemleven.” Deze veehouder is dan ook weinig te spreken over het injecteren van mest in de bodem. “Ik denk dat dit funest is. De natuur heeft het best goed voor elkaar. Meststoffen horen op de grond en het bodemleven zorgt ervoor dat de mest in de grond terecht komt.” Deze gedachte past niet binnen de ammoniakwetgeving – ammoniak werd een probleem met de komst van de ligboxenstal. Datema heeft ook zo’n stal en gebruikt tegenwoordig

een mestverbeteraar, een biocultuur. “Ik zie de effecten daarvan nog niet terug in het grasland, maar het ruikt in de stal wel frisser en de mest is ook beter te mixen.” Datema verwacht dat de landbouw zal toegaan naar grondbewerkingen waarbij de bodem zoveel mogelijk intact wordt gehouden en er veel minder

‘Hou de bodem
zoveel mogelijk
intact, vooral door
zo min mogelijk te
ploegen’

Geesje Rotgers

wordt geploegd. Alles valt of staat volgens hem met goed graslandmanagement. “Wees heel zuinig op je bodem, ook als je eroverheen rijdt: niet met zware machines, dat drukt de bodem dicht. Maar het belangrijkste blijft: niet ploegen.”

Hoge CO₂-vastleggingen

De uitkomsten van het Portugese onderzoek (Carbon sequestration in biodiverse sown grasslands; R. Teixeira et al; 2008) wordt door Nederlandse beleidsmakers voor onmogelijk gehouden. In dit onderzoek werd een uitzonderlijke hoge netto-koolstofopslag in de bodem gerapporteerd van 4,5 - 5,3 ton CO₂eq / ha / jaar. In dit onderzoek wordt gewerkt met een combinatie van veel soorten (in dit geval twintig) groenbemesters annex voedselplanten, waaronder peulvruchten. Er wordt gewerkt met éénjarige soorten die ieder jaar opnieuw worden ingezaaid. In de percelen mogen graasdieren zich te goed doen aan de helft van de biomassa. De andere helft wordt teruggegeven aan de bodem. De grote biodiversiteit aan eenjarige planten zorgen voor veel wortelmassa, die samen met de bovengrondse biomassa en de mest van de grazers wordt toegevoegd aan de bodem. Dit zorgt voor een snelle opbouw van organische stof.

Klimaatneutraal vliegen dankzij de boer

Boeren rondom Eindhoven Airport willen de CO₂-impact van de vliegreizen vanaf deze luchthaven compenseren. Econoom Erik van den Oord werkt namens Natuurvereniging Het Groene Woud aan een businessconcept dat interessant is voor de boeren, de luchthaven en een bijdrage levert aan de klimaatdoelstellingen en biodiversiteit.

'Alleen al in de provincie Brabant is jaarlijks 2,5 ton CO₂ per hectare vastleggen mogelijk'

Vanaf Eindhoven Airport vertrekken veel stedenvluchten naar allerlei bestemmingen binnen Europa. Voor een luttel bedrag boekt de vakantieganger een retourtje Barcelona (vanaf 29 euro), Rome (vanaf 34 euro) of Athene (vanaf 121 euro). De impact van dergelijke vliegreesjes op het klimaat is relatief fors. Het gaat per persoon om 0,37 ton CO₂ (Barcelona), 0,38 ton (Rome) en 0,63 ton (Athene).

"Boeren hebben een mogelijkheid om veel CO₂ te compenseren, door deze vast te leggen in de bodem in de vorm van organische stof", stelt Erik van den Oord. De econoom is gespecialiseerd in het ontwikkelen van verdienmodellen. Samen met Airport Eindhoven werkt hij aan een businessmodel om de CO₂-uitstoot van de vluchten, op vrijwillige basis te laten compenseren door boeren in de omgeving.

Compenseerpalen

Vanaf Eindhoven vertrekken jaarlijks zo'n 4 tot 5 miljoen reizigers. Het idee is dat er straks 'CO₂-compenseerpalen' op de luchthaven worden geplaatst, waarbij de reiziger meteen de CO₂-uitstoot van de reis financieel kan afrekeningen. Wat het de reiziger kost? "Minder dan een kopje koffie", stelt Van den Oord. Voor het geld leveren de boeren een aantal diensten. Zij leggen niet alleen CO₂ vast in hun akkers, maar leveren ook voedingsmiddelen aan de luchthaven, zoals de aardappelen voor de friet. Verder zullen deze boeren extra



Erwin van den Oord: "Nu al zijn zo'n 6.000 hectares aangemeld"

inspanningen verrichten voor de biodiversiteit, zoals de aanleg van akkerranden.

Regionaal concept

Van den Oord benadrukt dat de Nederlandse landbouwbodems een groot potentieel voor de vastlegging van CO₂ in de vorm van organische stof hebben. Alleen al in Brabant is jaarlijks 2,5 ton CO₂ per hectare vastleggen mogelijk. "In grasland kun je wel 3 ton CO₂ per hectare vastleggen. Grote bedrijven betalen voor een ton CO₂-uitstoot momenteel 27 euro, als het aan Groen Links ligt, gaat het tarief naar 150 euro."

Van den Oord kiest voor een regionale insteek. "Nu is het al mogelijk om de CO₂-uitstoot van je vliegreis te compenseren met het aftikken van een bedragje waarvoor in bijvoorbeeld Brazilië een boom wordt aangeplant. Het is echter veel beter om de maatregelen in de

eigen omgeving te nemen, zodat mensen zelf kunnen zien hoe de CO₂-uitstoot wordt gecompenseerd. Als reiziger koop je een dienst bij de plaatselijke boer."

Van den Oord wil verder nog niet te veel kwijt, over de precieze invulling van het project. De gesprekken met de diverse partijen zijn nog gaande. Aan het opzetten van een systematiek om de CO₂-vastlegging te kunnen borgen, wordt inmiddels gewerkt. De interesse onder boeren is groot, aldus Van den Oord. "Wij hoopten op de aanmelding van 1.000 hectares – die zijn minimaal nodig om het concept rendabel te krijgen – maar nu al zijn zo'n 6.000 hectares aangemeld." Het streven is het concept eind volgend jaar operationeel te hebben."

Geesje Rotgers

De Provincie Friesland en Ökoregion Kaindorf willen in een partnerschap samenwerken aan het vastleggen van koolstof in de bodem; tweede van links is Cees Meijles van de Provincie Friesland



CO₂-uitstoot compenseren bij de boer

In de Oostenrijkse Ökoregion Kaindorf verdienen boeren geld met de vastlegging van CO₂ in hun landbouwgrond. Dit gebeurt in de vorm van humus. De boeren compenseren hiermee de uitstoot van het regionale MKB. Cees Meijles van de Provincie Friesland, wil het concept naar Nederland halen. "Hier ligt, naast een verbetering van de bodemgezondheid, een belangrijke oplossing in het klimaatvraagstuk."

Razend enthousiast is Cees Meijles, aanjager/adviseur circulaire landbouw van het Team Landbouw & Voedselproductie bij de Provincie Friesland, over het Oostenrijkse concept waarmee boeren worden gestimuleerd CO₂ vast te leggen in hun landbouwbodems. Als

veel boeren dit op grote schaal zouden doen, levert dit een wezenlijke bijdrage aan het klimaatvraagstuk.

"Wij zijn in Kaindorf geweest om te kijken hoe boeren en bedrijven binnen 'Ökoregion Kaindorf' samenwerken. Het concept werkt

als volgt: bedrijven, instellingen en particulieren die hun CO₂ willen compenseren, kunnen bij Ökoregion Kaindorf certificaten kopen. Het geld wordt gebruikt om boeren een vergoeding te betalen voor het langdurig vastleggen van CO₂ in hun perscelen. Dit

gebeurt in de vorm van humus, een stabiele organische stof. De MKB-bedrijven betalen 45 euro per certificaat, goed voor de vastlegging van 1 ton CO₂. Op basis van de gemeten toename van het organische stofgehalte, krijgt de boer een vergoeding van 30 euro voor elke ton CO₂ die hij heeft weten vast te leggen in zijn perceel. Het verschil tussen de aan- en verkoopprijs van de certificaten, 15 euro, is voor de projectorganisatie van Ökoregion Kaindorf om het systeem draaiende te houden. Gemiddeld ontvangen de boeren 300 euro per hectare per jaar, totdat het streefgehalte aan organische stof is bereikt. In Kaindorf streeft men naar het vooroorlogse niveau van rond de vijf procent organische stof¹. Naar verwachting zal het nog zo'n 25 jaar duren eer dat niveau wordt bereikt."

Gezonde bodem

In Oostenrijk wordt sinds 2007 gewerkt met dit concept en inmiddels zijn zo'n 200 boeren aangesloten. Gemiddeld hebben zij zo'n tien hectare grond ingebracht voor CO₂-vastlegging. Het zijn voornamelijk de uitgemergelde percelen die zijn ingebracht, met percentages organische stof beneden de twee procent. Het gaat vooral om de slechtere akkerbouw- en maïspancelen. Met name voor deze percelen is er veel potentieel. De ervaring is dat er jaarlijks gemiddeld 10 ton CO₂ per hectare wordt vastgelegd, met een enkele uitschieter tot 50 ton CO₂/ha.

"Het is niet zozeer de vergoeding die het voor de boeren aantrekkelijk maakt om mee te doen, maar het weer gezond maken van de bodem, het belangrijkste kapitaal van een boer. Dáár zit de grootste winst", vertelt Meijles. Een bodem met veel organische stof houdt het regenwater beter vast, dat is een buffer voor droge perioden. Voor Friesland zou een stijging van 1 procent organische stof leiden tot een toename in het watervasthoudend vermogen van respectievelijk 6,8 mm op zandgronden en 9,3 mm op kleigronden. Ook geeft een bodem met meer organische stof minder verslamping bij hevige regenval. Bovendien

worden nutriënten beter vastgehouden, waardoor deze minder snel uitspoelen naar het (grond)water. Een gezonde bodem met veel organische stof en een goede structuur laat ook een grote verscheidenheid aan bodemleven zien, met andere woorden: meer biodiversiteit. Al met al geeft een gezonde bodem hogere producties en een betere omgevingskwaliteit.

Klimaatwinst

CO₂-vastlegging in de landbouwbodems kan een forse bijdrage leveren aan het klimaatvraagstuk. Voor Friesland is op basis van de Oostenrijkse ervaringen doorgerekend wat de klimaatwinst kan zijn. Als alle Friese akkerbouwers mee zouden doen, is het in theorie mogelijk het volledige Friese aandeel in de landelijke klimaatopgave te realiseren door CO₂-vastlegging in de bodem. Wanneer het Oostenrijkse humusopbouw project zou worden toegepast op het gehele akkerbouwareaal in Friesland (36.372 hectare - CBS, 2016) is theoretisch een CO₂-vastlegging van 0,364 mton in 2030 mogelijk. Dit is ongeveer het aandeel dat de Friese landbouw zou moeten leveren aan het klimaatakkoord (0,35 mton). Meijles benadrukt dat het om een theoretische benadering gaat: "De omstandigheden in Oostenrijk verschillen met die van hier. In Oostenrijk zie je meer gemengde agrarische bedrijven, waardoor er meer organisch materiaal op het eigen bedrijf beschikbaar is. De bodem is er anders en de teelten zijn minder intensief dan in Nederland."

Humusopbouwprogramma

In de provincie Friesland probeert Meijles, met hulp van de Oostenrijkers, het klimaatverdienmodel van de grond te krijgen.

'Grootste winst zit in gezond maken van de bodem, het belangrijkste kapitaal van een boer'

"De provincie Friesland en Kaandorf hebben tijdens een werkbezoek een intentieverklaring ondertekend om samen te gaan werken in een partnerschap. Een samenwerking met andere partijen is cruciaal om kennis te kunnen delen en meters te kunnen maken."

Inmiddels is door onderzoeksinstituut Stichting Proefboerderijen Noordelijke

Oostenrijks recept

In Kaandorf is een soort 'recept' ontwikkeld, een combinatie van maatregelen die daar succesvol is gebleken:

1. Niet ploegen is een belangrijke maatregel om reeds aanwezige organische stof te behouden en tevens een voorwaarde om het organische stofgehalte in een bodem te kunnen verhogen.
2. Keuze voor gewassen die via wortels en gewasresten veel organisch materiaal in de bodem brengen en de bodem weinig verstoren bij het planten en oogsten.
3. Organisch materiaal toevoegen in de vorm van bijvoorbeeld (vaste) organische mest, (CMC) compost, gehakseld stro en/of bokashi.
4. Braakligging voorkomen door de bodem bedekt te houden, bijvoorbeeld door gebruik te maken van groenbemesters en meer productvariatie en een ruime(re) rotatie van gewassen te hanteren.
5. Zoveel mogelijk beperken van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en kunstmest.

Akkerbouw en opleidingsinstituut Van Hall Larenstein de Humusacademie opgericht en zijn er al 27 boeren die willen meedoen aan een humusopbouwprogramma. Afgelopen maart werd een nulmeting van organische stof uitgevoerd op de percelen van deze boeren. Over 5 tot 7 jaar zullen de percelen opnieuw worden bemonsterd, om vast te stellen hoe succesvol een boer is geweest. Voorlopig zal er nog niet worden uitgekeerd. "Je moet eerst aantoonbaar CO₂ hebben vastgelegd, om certificaten te kunnen verkopen aan MKB-bedrijven en dienstensector."

Op dit moment werkt de Friese organisatie aan een accreditatiesystematiek. Daarna moet een bestand van MKB-bedrijven worden opgebouwd, die hun CO₂-uitstoot bij de boer willen compenseren. In Kaandorf kan men overigens toe met een minimum aan controles. "De sociale cohesie en het vertrouwen en de betrokkenheid zijn groot. Het programma maakt onderdeel uit van een rigoreus vergroeningsplan in de regio. Dit ligt misschien wat anders in Nederland, waar de afstand tussen boer en burger groter is. Wij zullen aantoonbaar moeten maken dat de maatregelen werken."

Geesje Rotgers

1. Nederlandse kleigrond zit veel hoger in organische stof dan de lemige zandgrond in Oostenrijk

DUBBELE



BRIL

Zet in op Climate Smart Ecosystemmanagement!

Sinds jaar en dag leggen onze bio-ecosystemen enorme hoeveelheden CO₂ vast. Van oceanen en bossen is dit vrij algemeen bekend. Dit geldt echter niet voor graslanden, savannes en steppes. Ten onrechte. Koolstofbalansstudies tonen aan dat sinds de tweede helft van de 19e eeuw de concentratie van CO₂ in de lucht is gestegen van 280 ppm tot 420 ppm. Zonder de vastlegging in bio-ecosystemen zou dit nu echter 700 ppm CO₂ zijn.

Met name de bijdrage van de grootste bio, grasland, aan de CO₂-vastlegging is aanzienlijk. De mogelijkheden om dit potentieel via een slimme aanpak verder te verhogen zijn bovendien groot. Echte klappers zijn mogelijk door alle bio-ecosystemen ten volle te benutten. Zo kunnen veenweiden, nu een veroorzaker van CO₂-emissies, veranderen in heuse 'eters' van CO₂. Hoe? Door de waterstand in de landbouwkundig minst aantrekkelijke gebieden te verhogen tot vlak onder het maaiveld. Samen met andere aanpassingen kan dit in ons land tot een jaarlijkse emissiereductie van zo'n 14 ton CO₂ per hectare leiden. De helft hiervan is te danken aan verminderde oxidatie als gevolg van veenafbraak, de andere helft door vastlegging van CO₂ in nieuwe veenvorming. Alleen al in de veenweidegebieden kan dit leiden tot een jaarlijkse emissiereductie tot wel 3 Mton.

Grasland op minerale gronden kan zich eveneens ontpoppen tot een flinke CO₂-vastlegger. De potentie in de strooisellaag moet dan door maximale bodemkundige activiteit ten volle worden benut. Mits goed beheerd, is die potentie zelfs groter dan die van bossen. Een andere

aantrekkelijke optie is de introductie van extensieve vormen van veehouderij, bijvoorbeeld zoogkoeien, wellicht in combinatie met natuurbeheer.

Wel zijn voor het realiseren van CO₂-reductie in de veenweidegebieden andere businessmodellen nodig voor boeren en beheerders. Dan denk ik met name aan het instellen van negatieve waterschapslasten en een vergoeding voor het vastleggen van CO₂. Dat levert nu al minimaal € 500 per hectare op. De kans is echter groot dat zowel de CO₂-prijs als de waterschapslasten de komende jaren flink omhoog gaan.

Tot mijn verbazing besteedt het recent afgesloten Klimaatakkoord nauwelijks aandacht aan het benutten van bio-ecosystemen voor CO₂-reductie. In plaats daarvan zet het akkoord volledig in op de opslag van CO₂. Een gemiste kans, die gelukkig snel kan worden hersteld. En er is beweging zichtbaar. Onlangs heeft het kabinet besloten om als eerste stap in te zetten op een klimaatgericht veenweidebeheer. Een logische vervolgstap is om, door het instellen van een aantrekkelijke vergoeding, ook de graslanden nog veel beter als CO₂-vastlegger te benutten. Een kans voor het oprapen is verder een versnelde uitrol van de klimaatneutrale kas. Ook het vergroten van het aandeel van de niet-grondgebonden vormen van landbouw, denk aan veel vormen van veehouderij en champignonkwekerijen, biedt in dit kader perspectief. Kortom, versterk over de gehele linie de inzet voor Climate Smart Agriculture!

Rudy Rabbinge

Deze columnpagina wordt beurtelings verzorgd door Rudy Rabbinge en Léon Jansen, resp. voorzitter redactieraad en Milieu Dossier van Tijdschrift Milieu.

Meethandvat stimuleert emissiereductie

In 2017 startte FarmGasLive - opgezet door CLM en Monteny Milieuadvies - een experiment met het meten van de ammoniakemissie uit natuurlijk geventileerde melkveestallen met behulp van sensoren. Deze systematiek maakt het mogelijk om 24 uur per dag en 7 dagen per week continu de ammoniakconcentraties vast te stellen. In combinatie met het bepalen van de hoeveelheden uitgaande lucht - het ventilatiedebiet - wordt de ammoniakemissie 'live' zichtbaar gemaakt.



Frits van der Schans en Erik van Well zijn beide senior adviseur bij CLM Onderzoek & Advies.



In een gezamenlijk project meten Wageningen Livestock Research (WLR), CLM Onderzoek & Advies (CLM) en Monteny Milieu Advies (MMA) op achttien natuurlijke geventileerde melkveebedrijven verspreid over het land de methaan- en ammoniakemissie. Eind 2018 heeft ministerie LNV met 'klimaatgelden' deze uitgebreide pilot gefinancierd. Met deze metingen worden de systemen van WUR en FarmGasLive vergeleken en ontstaat een eerste volledig en betrouwbaar beeld van de jaarrondemissies van methaan en ammoniak vanuit veehouderijbedrijven in de praktijk. Op de vijf bedrijven waar CLM en MMA met de FarmGasLive-techniek meten, hebben de veehouders live inzicht in de ammoniak- en methaanemissie. Om de natuurlijke variatie op en tussen bedrijven te kennen, wordt allereerst gedurende een jaar met een normale bedrijfsvoering gemeten. Daarmee ontstaat een goed beeld van de ammoniakemissie onder verschillende weersomstandigheden, met verschillende rantsoenen en rantsoen-

samenstelling, bij weidegang en bij een meer of minder gevulde mestkelder. Met het eerste meetjaar wordt de nul-situatie vastgesteld en daarna worden effecten van specifieke maatregelen gemeten.

Fluctuaties

Tot nu toe zijn van praktijkbedrijven vooral metingen bekend gedurende korte specifieke perioden. Die metingen vonden weliswaar op meerdere dagen verspreid over het jaar plaats, maar wel altijd gedurende een relatief korte periode. Op basis van die metingen zijn emissiewaarden van verschillende stalsystemen vastgesteld.

De uitgevoerde ammoniakmetingen toonden aan dat de ammoniakemissie niet alleen sterk fluctueert tussen verschillende bedrijven (stallen), maar ook op de bedrijven gedurende de dag en door het jaar heen. Het was al bekend dat maatregelen in de stal, zoals het mixen van de mest,

groot effect hebben op de ammoniakemissie. De uitkomsten bij verschillen in management geven een indicatie dat meer

maatregelen substantieel effect kunnen hebben. Dit geldt zowel voor stalmaatregelen (emissiearme vloeren) als managementmaatregelen (rantsoen of weidegang). Om conclusies te kunnen trekken over het effect van de verschillende maatregelen, zijn meer metingen nodig inclusief een validatie van het meetsysteem.

Het spreekt voor zich dat de continue metingen, uitgevoerd gedurende een groot aantal maanden, een veel beter (en betrouwbaarder) inzicht geven in de emissie uit stallen. Daarnaast krijgt een deel van de veehouders een directe terugkoppeling van resultaten om hen inzicht te geven in mogelijkheden om te sturen op lagere emissies.

Relatie methaan en ammoniak

De afgelopen decennia zijn veel ammoniakmetingen gedaan aan (natuurlijk geventileerde) veestallen. Methaanmetingen in natuurlijk geventileerde stallen zijn daarentegen nog nauwelijks uitgevoerd. Natuurlijk is er een en ander bekend over de methaanemissie van veestallen. Maar veel minder duidelijk is hoe die emissies daadwerkelijk in praktijksituaties zijn en welke factoren in het dagelijks management daarbij een rol spelen.

'Bedrijfsspecifieke verantwoordelijkheid van emissies is in huidige stikstofbeleid niet mogelijk'

De huidige metingen bieden een schat aan nieuwe informatie. Bovendien kan door de gelijktijdige metingen van ammoniak en methaan ook de samenhang van de emissies van deze stoffen worden vastgesteld. Daarbij is het inzicht in de effecten van de te nemen maatregelen op de emissies van ammoniak en methaan van groot belang. Sommige maatregelen zullen een vergelijkbaar effect hebben voor beide stoffen. Maar niet uitgesloten kan worden dat de effecten van maatregelen uiteenlopen of zelfs tegengesteld zijn voor ammoniak en methaan.

Inzichten van metingen

Er zijn nog te weinig resultaten van metingen van vorig jaar (ammoniak) en dit jaar (ammoniak en methaan) om conclusies aan te verbinden. Maar desondanks zien we al wel een aantal trends in de metingen die zijn veroorzaakt door het (dagelijkse) management. Het mixen van de mest geeft een aanzienlijke piek in de emissie van zowel ammoniak als methaan. De weersomstandigheden, met name wind en temperatuur, hebben eveneens groot effect op emissies. Ook aanpassingen in het rantsoen, bijvoorbeeld de overstap van kuilgras naar vers gras, hebben vrijwel direct effect op de emissie van ammoniak en of methaan. Dit geldt ook voor maatregelen ten aanzien van mestrobot of mestschuif, zoals frequenter mestschuiven of vervanging van de rubbers van de schuif. Op enkele bedrijven zien we dat zich op de mest schuim vormt. En daardoor kunnen we ook de effecten van deze -overwegend met methaan gevulde schuimbellen- op de ammoniak- en methaanemissie vaststellen.

Jaarlijkse trends

De trends in de jaarrond-emissies ten gevolge van fluctuaties onder normale bedrijfsomstandigheden gaan we in het komende jaar verder uitwerken. Tevens gaan we metingen uitvoeren gedurende

perioden dat veehouders specifieke maatregelen nemen. Daarnaast worden op twee bedrijven de concentraties van diverse gasen in de mestkelder gemeten. Zo krijgen we niet alleen beter inzicht in de emissies vanuit de mestkelder, maar ook een beter beeld van mestgasen in de kelder. Die kennis is van groot belang om naast mogelijkheden voor emissiereductie, ook een goede veiligheid van mens en dier te kunnen garanderen.

'Ammoniakemissie fluctueert sterk tussen zowel stallen als gedurende de dag en het jaar'

Praktisch toepasbaar

Nu ammoniak en methaan met deze continu-metingen binnen niet al te lange tijd betrouwbaar op bedrijfsniveau zijn vast te stellen, komt de vraag wat veehouders met deze informatie kunnen doen. Het aloude 'meten is weten' geldt ook hier. Door deze metingen kennen veehouders straks de effecten van een groot aantal managementmaatregelen op de emissie van ammoniak en methaan. Dat is heel relevant. Nu blijkt namelijk al dat de effecten van stalmaatregelen niet uniform zijn, maar juist sterk afhankelijk van het gevoerde management. Zo is een mestschuif in een emissiearme stal meer of minder effectief afhankelijk van hoe vaak de mest wordt weggeschoven en of de schuif goed is afgesteld en onderhouden. Met dit meetsysteem krijgen veehouders continu informatie over de emissies van hun stal. Die informatie draagt bij aan inzicht, kennis en bewustwording, waardoor zij vrijwillig maatregelen kunnen nemen om emissies te verminderen. Door de resultaten die veehouders met een meetsysteem nu al kunnen zien, bellen zij ons regelmatig op als ze een tijdelijke verhoging of verlaging van de emissies waarnemen. Ze zijn dan benieuwd naar mogelijke oorzaken en zij zoeken mogelijkheden om de emissie weer (of verder) te verminderen.

Stikstofbeleid

Het huidige stikstofbeleid is sterk gericht op hardware zoals emissiearme vloeren en

Akoestische monitor

Voor de metingen maakt FarmGasLive gebruik van een foto-akoestische monitor, een door het Nederlandse Meetprotocol voor Stallen erkend meetsysteem. Stallucht en buitenlucht worden continu aangezogen en met een pomp naar de monitor geleid. Monsters van die lucht worden doorlopend geanalyseerd op de concentraties kooldioxide en ammoniak. Recent is het systeem uitgebreid met een sensor voor de methaanconcentratie.



stalventilatie, omdat continu metingen in het verleden niet mogelijk waren. Nu dit wel kan, zelfs met het meenemen van managementmaatregelen, is een verdere reductie van de emissies mogelijk. Het is immers zonde om te investeren in een emissiearme vloer als die op enig moment vanwege slijtage van de mestschuiven weinig reductie meer oplevert. En andersom kan een veehouder ook met managementmaatregelen zonder een dergelijke vloer de emissie aanzienlijk verminderen. Deze veehouders willen graag een continu-meetsysteem om de lagere emissies die zij realiseren bedrijfspecifiek te mogen verantwoorden. Een bedrijfsspecifieke verantwoording van de feitelijke emissies is een grote uitdaging die in het huidige stikstofbeleid niet mogelijk is. Maar als de resultaten van het continu meten aan de verwachtingen en eisen voldoen, dan kan een nieuwe situatie ontstaan. De eerste van die resultaten zijn naar verwachting begin 2020 bekend.

Frits van der Schans en Erik van Well

Jan Peter Lesschen, senior onderzoeker bodem en klimaat aan Wageningen Environmental Research: "Organische stofopbouw kan wel enkele honderden jaren doorgaan"



Bodem wint terrein op klimaatagenda

Veel boeren zijn nog niet bewust met het vastleggen van koolstof in hun grond bezig. Toch is zonder al teveel inspanningen één megaton CO₂ per jaar via deze weg vast te leggen in Nederland, verwachten de Wageningse wetenschappers Peter Kuikman en Jan Peter Lesschen. Wat is er op dit moment mogelijk? En waar zitten de leemten in kennis?

Wageningen is vanaf het eerste uur betrokken bij de Europese onderzoeken op het gebied van bodem en organische stofopbouw. Peter Kuikman: "In de jaren '90 van de vorige eeuw rapporteerden de eerste bodemcommissies al over CO₂-vastlegging via organische stof in landbouwgronden. In Nederland sloeg die boodschap niet aan." Op zich begrijpelijk, vindt de wetenschapper.

"Onze landbouwbodems zijn gemiddeld namelijk rijker aan koolstof dan de bodems in veel andere lidstaten. Nederlandse boeren voeren relatief veel organische stof aan, in de vorm van dierlijke mest en gewasresten. In zuidelijke landen zijn veel bodems arm tot zeer arm aan organische stof. Soms zijn de bodems zelfs verworpen tot woestijn zonder organische stof. Bodemdegradatie – het

verlies van organische stof - en verwoestijning is een groot probleem in sommige landen. Vanuit deze landen was er al vroeg aandacht voor het opbouwen van de organische stof voorraad. Niet uit oogpunt van klimaat, maar uit oogpunt van vruchtbaarheid en voedselproductie. Op 'woestijngrond' groeit immers bijna niets meer. Een dergelijke zorg kende Nederland niet. De land-

bouwbodems brengen uitstekende opbrengsten voort. Hier waren en zijn boeren meer bezig met productie en bemesten.”

Klimaatpanel IPCC

In 2007 kwam het internationale klimaatpanel IPCC met CO₂-vastlegging in de bodem als een van de belangrijke oplossingen in het klimaatvraagstuk. In met name de uitgemergelde bodems kun je volgens dit panel veel koolstof vastleggen. Vooral in Afrika zouden grote mogelijkheden liggen: hier waren de bodems ‘leeg’. De koolstof was verdwenen en de voedselproductie viel tegen. “Maar wetenschappelijk bewijs dat hier veel CO₂ vastgelegd kon worden, was mager”, stelt Kuikman. De conclusies van het IPCC waren de aanleiding voor het opstarten van meerdere grote EU-projecten, waaronder SmartSoil en Catch-C, waarin het draait om gezonde landbouwbodems, waarbij productie, bodemgezondheid en koolstofopslag in evenwicht zijn.

CO₂-afbraak en -opbouw

Landbouwbodems kunnen door het bewerken van de grond veel CO₂-emissies veroorzaken. Er wordt dan nogal wat organische stof afgebroken, waarbij CO₂ vrijkomt. Aan de andere kant vindt er aanvoer en opbouw plaats van organische stof door gewassen. Overal waar de planten langdurig staan, zoals in langjarig grasland, accumuleert de CO₂ in de bodem tot een evenwichtssituatie.

Hoeveel organische stof de bodem maximaal kan vastleggen, daarover durven de twee wetenschappers zich niet uit te spreken. “Wij denken dat de organische stofopbouw wel enkele honderden jaren kan doorgaan, zoals bijvoorbeeld in bossen”, aldus Jan Peter Lesschen. “De organische stofopbouw in een natuurlijk ecosysteem gaat langzaam. Bomen groeien relatief traag en het kan enkele tientallen jaren duren voordat bomen een flinke hoeveelheid CO₂ vastleggen in de bodem. In landbouwgrond kun je veel sneller organische stof opbouwen door hoge gewasproducties of door deze aan te voeren.” Maar het blijft

wel oppassen voor de boer. “Koolstof komt te voet - haast kruipend - en gaat te paard”, aldus Kuikman. Boeren moeten dus permanent aandacht hebben voor wat zij met de bodem doen. “Als je niet oplet, ben je wat je in vijf jaren hebt opgebouwd in één jaar weer kwijt.”

Vier promille initiatief

Nederland heeft zich gecommitteerd aan het klimaatakkoord in Parijs. Een onderdeel van het Klimaatakkoord is dat de onder-tekenaars, waaronder Nederland, zich inspannen om via landgebruik koolstof vast te leggen in de bodem. De ondertekenaars willen het koolstofgehalte van de bodem jaarlijks met 0,04 procent laten stijgen. Dit doel is in aanvulling op het akkoord vastgelegd in het ‘vier promille initiatief’. Zo kan de jaarlijkse groei in CO₂-uitstoot worden gestopt; de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer neemt dan niet verder toe maar blijft stabiel.

Het vastleggen van CO₂ in de bodem is een relatief goedkope oplossing, veel goedkoper dan andere technologie om koolstof uit de lucht te halen. Volgens Kuikman is het in Nederland bovendien relatief gemakkelijk om aan de 4 promille-eis te voldoen door alle landbouwareaal, zo’n 2 miljoen hectare, hiervoor in te zetten. “Nederland heeft voldoende organische stof beschikbaar om aan te voeren op het land en de koolstof hierin minimaal twintig jaar te binden.” Lesschen denkt daar genuanceerder over. “Nederlandse bodems hebben al vrij veel koolstof. In theorie is het mogelijk, maar in de praktijk zal het lastig worden. In landen met minder koolstof in de bodem is dit wel makkelijker.”

Natuur en bermen

Op natuurgonden is er weinig potentie voor het vastleggen van extra CO₂. De meeste natuurbodems worden niet of nauwelijks gemanaged en je kunt hier geen organische stof of mest aanvoeren. Het zijn

bodems die in een natuurlijk evenwicht verkeren. Het aanleggen van zandverstuivingen is vanuit klimaat oogpunt echter af te raden. Bermen en taluds kunnen juist wel ingezet worden voor het behalen van de klimaatdoelen, bijvoorbeeld via begrazing of maaien en elders toepassen van de mest of maaisel na bewerking of vergisting. Lesschen ziet daarnaast veel mogelijkheden voor bovengrondse biomassa, zoals bomen.

De meeste potentie in Nederland ligt bij de akkerbouw. Grasland heeft een positieve koolstofbalans en bouwt per saldo al koolstof op. Bouwland heeft een negatieve balans; de koolstofvoorraad wordt afgebroken. Om akkerbouw-bodems ook in de ‘opbouwstand’ te krijgen, kan worden gedacht aan toepassing van groenbemesters zodat het land altijd begroeid is. Andere opties zijn het land voor 1 à 2 jaar inzaaien met gras en het minder toepassen van grondbewerking.

‘Het vastleggen van CO₂ in de bodem is veel goedkoper dan koolstof uit de lucht halen’

Eén tot twee megaton

Volgens Kuikman en Lesschen is jaarlijks één megaton CO₂ vastleggen in de landbouwbodems haalbaar in de minerale gronden (zand en klei). Daar hoeven boeren weinig extra’s voor te doen. Met extra inspanningen is twee megaton ook haalbaar, verwacht Lesschen. Dit vraagt wel ingrijpende wijzigingen, zoals een minder intensieve akkerbouw, ruimere rotaties met andere gewassen en het mijden van sommige teelten, zoals uien en bollen. Twee megaton is tien procent van de huidige emissies uit de landbouw (19 megaton).

Niet ploegen

De bodem benutten voor het klimaat begint met het verkleinen van de emissies uit de bodem: zuinig zijn op wat je hebt. Volgens Kuikman en Lesschen ligt het met het wel of niet ploegen niet zo zwart-wit als geregeld wordt gesteld. “Wij zien dat niet ploegen zorgt voor een toename van de hoeveelheid organische stof in de bovengrond van



0 tot 30 centimeter”, vertelt Lesschen. In de ondergrond neemt de hoeveelheid organische stof echter af. Met ploegen, breng je de koolstofrijke laag dieper in de bodem. Er komt dan een koolstofarmere laag boven, waarin weer veel koolstof opgeslagen kan worden. “Voor de productiviteit is dit natuurlijk niet goed, maar voor het klimaat misschien wel, omdat je de koolstof tot op grotere diepte opslaat.” In zijn algemeenheid geldt dat naarmate er meer grondbewerkingen plaatsvinden, er meer koolstof verloren gaat.

Bestrijdingsmiddelen

Bestrijdingsmiddelen hebben twee effecten: ze verhogen enerzijds de productie, maar mogelijk hebben ze een negatieve invloed op de afbraak van organische stof in de bodem. In hoeverre bestrijdingsmiddelen de opbouw van organische stof in de weg staan, is nog een vraag. De micro-organismen in de bodem zorgen voor afbraak en de vorming van organische stof. Hoeveel bodemleven heb je

nodig om deze processen optimaal te laten verlopen? “Wij zien dat deze processen in de meeste bodems goed gaan, aldus Kuikman. “Alleen in sterk verontreinigde bodems verloopt dit moeilijker.”

Aanvoer organische stof

Kuikman en Lesschen ervaren dat veel boeren nog niet actief bezig zijn met koolstofvastlegging. Het onderwerp begint het laatste jaar volgens hen wel meer te leven. Verder zijn er op dit moment veel onzekerheden over de effectiviteit van maatregelen. Onderzoek moet daar meer zicht op geven. Over het belonen van boeren voor CO₂-vastlegging zijn beiden enigszins sceptisch. Dan bestaat het risico dat de organische stof van het ene naar het ander perceel wordt gebracht. Voor het klimaat levert dat verplaatsen geen winst op.

Waar zit de winst wel? Allereerst door ter plekke continu te zorgen voor veel aanvoer van organische stof en die deels blijvend in de bodem vast te leggen. Het gaat dan om gewasresten, dierlijke mest, compost, plantenmaterialen. De grote volumes aan organische stof komen van de akkers zelf in de vorm van gewasresten zoals stro. Boeren kunnen hier morgen al mee aan de slag, zonder eerst investeringen te hoeven doen. Het vraagt ook geen grote verandering van boeren. Voor grasland is minder snel en intensief bewerken belangrijk, bij voorkeur gecombineerd met een keuze voor dieper wortelende grassen. Met name in de ondergrond zijn er mogelijkheden voor koolstofopslag. Kruidenmengsels zouden ook kunnen bijdragen, maar het wetenschappelijke bewijs is nog mager.

Geesje Rotgers

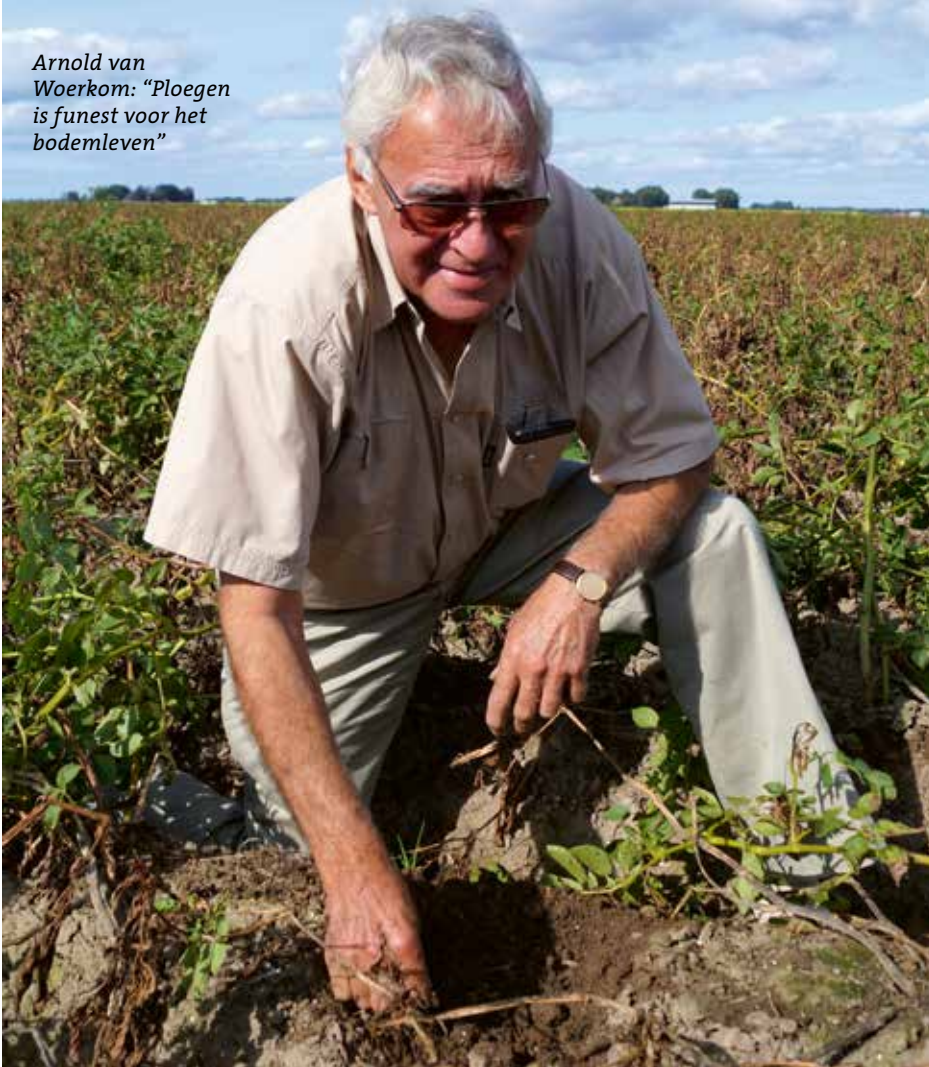
‘Boeren hoeven
weinig extra's te
doen voor het vastleg-
gen van één mega-
ton CO₂’

Akkerbouwer Arnold van Woerkom uit Emmeloord maakt zich grote zorgen over het landbouwbeleid en de agrarische bodemwetenschap. “Met de wijze waarop overheid en wetenschap kijken naar de bodem, lukt het niet om het humusgehalte te verhogen en daarmee substantieel koolstof vast te leggen.” Van Woerkom weet waar hij over praat: hij en enkele bollenboeren wisten in enkele jaren tijd het humusgehalte in hun gronden met een kleine procentpunt per jaar te verhogen. Hoe doen zij dat?

Humusopbouw met één procent- punt per jaar!



Arnold van
Woerkom: "Ploegen
is funest voor het
bodemleven"



In de aardappelhoofdstad van Nederland, Emmeloord, boert Arnold van Woerkom. Hij is een echte 'bodemboer', altijd bezig met de gezondheid van zijn bodem en de laatste jaren ook met humusopbouw. Enigszins teleurgesteld kwam Van Woerkom terug van de Nationale Bodemtop in Rotterdam, die afgelopen september werd georganiseerd door het ministerie van LNV. De top was de aftrap van het Nationaal Programma Landbouwbodems, waarin alle kennis over boeren, ketenpartijen en wetenschap moet samenkomen. "Hier hoorden wij dat de wetenschap de term 'humus' wil afschaffen'. De wetenschap wil haar focus voortaan leggen op organische stof." Volgens Van Woerkom een foute keuze. Hierdoor zullen boeren, wetenschap en beleid de verbinding met de bodem verder verliezen. Wat is het verschil tussen organische stof en humus? "Organische stof is alle plantenmateriaal, verteerd, onver-

teerd en verrotte materialen. Humus is door bodemleven verteerd materiaal, de stabiele, gezonde vorm van organische stof", vertelt Van Woerkom. Wil je de bodemkwaliteit verbeteren, dan zul je moeten streven naar humus. Humus heeft het vermogen nutriënten te binden."

Snelle stijging

Van Woerkom haalt ook uit naar beleidsmakers en wetenschappers die beweren dat het onmogelijk is snel humus op te bouwen in de bodem en daarmee koolstof vast te leggen. Al is koolstofvastlegging geen drijfveer voor hem, gezonde, voedzame producten voortbrengen is dat wel. Hij haalt een map met bodemanalyses uit de kast. De resultaten zijn verbluffend. In 2015 zat het humusgehalte in de bodem op respectievelijk 1,4 (voorvrucht tulpen) en 1,5 procent (voorvrucht gerst). In 2018 is het humusgehalte gestegen naar respectievelijk 3,7 en 3,6. Er is maar liefst een stijging van een

'De groenbemesters groeien volledig uit tot een dicht gewas van wel twee meter hoog'

dikke twee procentpunten gerealiseerd, in drie jaar tijd. Hoe heeft hij dat voor elkaar gekregen? "In 2015 ben ik begonnen met het toepassen van een combinatie van groenbemesters. Met ploegen was ik al eerder gestopt en met het strooien van kunstmest ook. De bodemanalyses laat ik uitvoeren door een laboratorium in de Verenigde Staten, die leveren de informatie die ik nodig heb." Wij lopen de succesfactoren langs.

Succesfactoren

De Emmeloordse akkerbouwer laat zijn bodemonsters onderzoeken door een laboratorium in de Verenigde Staten. Dit lab biedt een analyse volgens de Kinsey-Albrecht Methode. De Nederlandse laboratoria kunnen hem niet de bodeminformatie leveren die hij nodig heeft. "In de Verenigde Staten wordt gekeken naar de balans tussen de verschillende nutriënten in de bodem. Alle voedingsstoffen moeten in een bepaalde verhouding aanwezig zijn, anders remt de ene stof de andere. Hiermee lukt het om de activiteit van nuttige bodemschimmels te optimaliseren." Het bodemleven zit ingenieus in elkaar. "Wij

Maximaal humus opbouwen

Roelf Havinga, adviseur bij Team Ecosys, houdt zich bezig met het verbeteren van de bodemkwaliteit. Hij is betrokken bij projecten waarbij boeren hun bloembollengrond willen verbeteren. De teelt van bloembollen wordt beschouwd als de meest schadelijke voor landbouwgrond. Havinga: "In het project kregen wij te maken met bodems waar nog maar weinig humus in zat en het bodemleven lui was geworden door het gebruik van kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen. Wij zien dat het ongeveer zeven jaar tijd vergt om de bodem weer gezond te krijgen. Bij aanvang blijken de bodems op zo'n 1 procent organische stof te zitten. Dit is heel weinig. Met een uitgekiend palet aan groenbemesters, andere meststoffen en anders omgaan met gewasbeschermingsmiddelen, lukt het in de beste gevallen om het humusgehalte met een kleine procentpunt per jaar te laten toenemen."

weten hier nog maar weinig vanaf”, stelt Van Woerkom. “Wat wel bekend is, is dat het bodemleven bestaat uit zuurstofminnende soorten die bovenin de bodem leven. Naarmate we dieper in de bodem komen, hebben de organismen minder of geen zuurstof nodig. Ploegen is om die reden al funest. Dan breng je het bodemleven in de war. Soorten die veel zuurstof nodig hebben, ploeg je naar een bodemlaag waar die zuurstof minder voorhanden is. En omgekeerd.”

Ook is hij geen voorstander van het onderploegen van groenbemesters. “Daarmee breng je weliswaar organische stof in de bodem, maar dit verstoort het natuurlijke verteeringsproces door gedeeltelijke verrotting. De vertering zal niet optimaal verlopen, je krijgt teveel een rottingsproces en geen goede humus”, stelt Van Woerkom. Plantenmateriaal dat is verteerd door het bodemleven, levert humus op waarin de nutriënten zijn gebonden. “Je hoort geen onverteerd organisch materiaal boven de grond onder te ploegen”. Van Woerkom roemt plantaardig materiaal verteerd door dierlijke organismen, zoals wormen en koeienmest. “Dat levert de beste kwaliteit humus op voor het verbouwen van voedingsmiddelen voor de mens.”

Grote vrachten groenbemesters

Op het bedrijf van Woerkom wordt de bodem zoveel mogelijk met rust gelaten. Om de rijsporen van de oogstwerkzaamheden los te maken, wordt de bovenste 15 centimeter van de grond opgetild en weer neergelegd. De grond wordt niet gekeerd. Op het bedrijf wordt vruchtwisseling toegepast van drie gewassen: 1/3 Uien, graszaad, 1/3 gerst, bollen en 1/3 aardappelen. Na de vroeg geoogste gewassen (gerst en bollen), wordt in juli een groenbemester ingezaaid. Deze groenbemester bestaat uit 16 verschillende soorten, zoals: vlas, klaver, hop, phacelia, wikke, sorghum. “Iedere plantensoort stimuleert bepaalde soorten bodemorganismen en

iedere soort neemt andere stoffen op uit de bodem en de lucht.” Van Woerkom kijkt goed welke soorten hij nodig heeft voor het optimaal stimuleren van het bodemleven op zijn bedrijf. Doordat de groenbemesters vroeg worden gezaaid, groeien deze volledig uit tot een dicht gewas van wel twee meter hoog. Rond september/ oktober gaan de planten bloeien, waardoor zij bijen nog veel voedsel bieden alvorens zij in winterrust

gaan. “De groenbemesters leveren een enorme vracht aan biomassa”, vertelt Van Woerkom. “Het spul is ook geschikt als veevoer. Een koeienboer die te weinig ruwvoer had, heeft zijn jongvee er al eens laten grazen.” In de winter sterven de planten

langzaam af, de rijpe zaden worden dan gegeten door de vogels en de restanten bieden beschutting aan allerlei dieren. De grond heeft dankzij de humus een goede structuur en is mooi rul, zonder harde kluiten. Daardoor wortelen de aardappelen diep.”

Na de vorst, in het vroege voorjaar, worden de gewasresten geklepeld. De gehakselde resten blijven op de grond liggen. Dit in tegenstelling tot de gangbare praktijk, waar groenbemesters worden ondergeploegd. Het bodemleven trekt de plantenresten de bodem in. Als de winter zonder vorst verloopt, is er een probleem. De zaden ontkiemen en in een mum van tijd staat het veld weer vol met groenbemesters. Van Woerkom klepelt dan opnieuw en gaat er vervolgens met de frees over. Hoewel hij het liever vermijdt, is soms een herbicide nodig om hardnekkige plantenopslag weg te krijgen.”

Goed kijken naar soort kunstmest

Van Woerkom is erg precies in welke meststoffen hij gebruikt. Deze mogen het bodemleven niet schaden. Op het bedrijf worden champost – compost uit de champignonindustrie - en meststoffen op basis van organische zuren toegepast. Die

Actief bodemleven eet grote partijen groenbemesters

Marco van Gurp van Soil Services Int adviseert boeren in akkerbouw en veehouderij bij het verbeteren van de bodemkwaliteit. Van Gurp volgt de ontwikkelingen op het bedrijf van Woerkom nauwgezet. “Wat opvalt, is dat het bodemleven hier in enkele maanden tijd een dik pakket aan verhakselde groenbemesters de bodem intrekt. Voordat de aardappelen worden gepoot, zijn de afgestorven en geklepelde groenbemesters vrijwel verdwenen. Dat lukt alleen als er veel bodemleven aanwezig is en optimaal functioneert. Dit zorgt voor humusopbouw. Een biologisch goed functionerende bodem met veel humus houdt nutriënten beter vast en levert veel voedingsstoffen aan de gewassen. Een dergelijke bodem kan met minder meststoffen toe om dezelfde opbrengsten te geven.”

verstoren de bodemprocessen minimaal. Liefst zou hij gebruik maken van een goede kwaliteit dierlijke mest. “De meest voedzame producten oogst je wanneer dierlijke mest is gebruikt. Deze mest bevat alle belangrijke nutriënten die de mens nodig heeft. Kunstmeststoffen bevatten maar een beperkt aantal van die nutriënten. Wij zouden dan ook terug moeten naar het gemengde bedrijf, waarbij veehouderij en akkerbouw in evenwicht zijn.” Kunstmest is doorgaans niet goed voor het bodemleven. “Als ik KAS-kunstmest strooi, verbrand ik zo’n 20 procent van de humus.” Kali-60 is ook een stof waar het bodemleven slecht mee kan omgaan. Verder doet de injectie van drijfmest de bodemecologie geweld aan. De koolstofvastlegging in de vorm van humus wordt door deze vorm van bemesting sterk verlaagd. Hoeveel humus - en dus koolstof - kan er worden opgeslagen in landbouwbodems, voordat de maximale waarden zijn bereikt? Van Woerkom durft geen schatting te maken. “Wij zien de humusgehalten jaarlijks oplopen. Voorlopig hebben wij geen teveel aan humus.”

Geesje Rotgers



Hoe verhoog je het gehalte organisch stof in de bodem?

*Organische stof: breng leven in de bodem! Een praktische handleiding voor organische stofbeheer. Van Iperen, Beter Bodembeheer / Kenniscentrum Bodem (71 pag.) ****

De ondertitel is raak gekozen: dit boek is inderdaad een praktische handleiding voor iedereen die meer wil weten van nut en noodzaak van het verhogen van het organisch stofgehalte in de bodem. Met name het plan van aanpak neemt de lezer in zes stappen bij de hand.



Wie zich nog afvraagt wat het belang is van organische stof voor de bodem wordt in de samenvatting van deze praktische handleiding direct op zijn of haar wenken bediend: "Organische stof is materiaal met een biologische oorsprong en is afkomstig uit plantaardige, dierlijke of microbiële bron. Het is een belangrijk onderdeel van een goede bodemkwaliteit en het is de motor achter tal van processen die de bodem gezond houden." We weten direct waar het over gaat en waarom het belangrijk is.

Centraal in de handleiding staat een plan van aanpak in zes stappen. Deze stappen worden behandeld in hoofdstuk drie, nadat de lezer in hoofdstuk twee in vogelvlucht is ingewijd in de fysische, chemische en biologische processen rond organische stof in de bodem.

De zes stappen van het stappenplan omvatten:

1. Uw bodem kennen: graaf bijvoorbeeld een profielkuil en laat een bodemanalyse uitvoeren;
2. Organische stofbalans opstellen: over de aanvoer van effectieve organisch stof en de afbraak en omzetting tot humus. Aanbeveling: streef naar een positieve balans;
3. Plaatsingsruimte maken. Een stap die duidelijk maakt dat bemesten in Nederlandse landbouwgronden echt passen en meten is met nutriënten zoals nitraat om de juiste balans te vinden;
4. Gewas kiezen: er zijn verschillen in de mate waarin gewas organische stof toevoegt aan de bodem. Denk aan verschil maai- of rooigewas en de wortelmassa;
5. Organisch stof toevoeren: dierlijke mest, compost, gehakseld stro of groenbemesters;
6. Grond bewerken: vooral grondkerende bewerkingen kunnen een negatief effect hebben op organische stof en daarmee ook ziektekiemen en gewasopbrengst.

Hierna worden in drie hoofdstukken nog verschillende mest- en compostsoorten behandeld: organische meststoffen, compost en enkele bijzondere, met namen die op zich al uitnodigen tot lezen, zoals bokashi en digestaat.

De handleiding is zondermeer praktisch en geeft concrete handvatten aan de landbouwer die bewust wil omgaan met het organische stofgehalte van de bouwgrond. De publicatie is dan ook gericht op landbouwers. Hoewel de handleiding in samenwerking met onder meer het Kennisconsortium Bodem tot stand is gekomen, leest het soms als een bedrijfsbrochure. Vooral als de aanbeveling wordt gedaan dit toch ook met 'uw Van Iperen adviseur' te bespreken.

Voor de geïnteresseerde niet-landbouwer die daar overheen kan stappen, is de handleiding een zeer gemakkelijk geschreven en toegankelijke informatiebron, gelardeerd met achtergrondinformatie in kaders, verduidelijkende illustraties en een heel leuk experimentje dat iedereen ook thuis kan doen met ondergoed.

EvdW

Onder redactie van Frans de Kruif, Frans Oosterhuis, Onno van Sandick, Stephan Slingerland en Edwin van der Wel



Eenzijdige benadering remt

Laten we de CO₂ als oplossing voor het klimaatprobleem weer terug in de bodem stoppen! Zet dit dan zoden aan de dijk? Jazeker. Wie iets dieper in de materie duikt, komt tot de conclusie dat hier kansrijke mogelijkheden liggen.

De opwarming van de aarde is het gevolg van toenemende hoeveelheden broeikasgassen in de atmosfeer. Het gaat dan in hoofdzaak om CO₂, dat eerst als organisch materiaal was opgeborgen in de bodem. Deze CO₂ is versneld vrijgekomen door winning en verbranding van brandstoffen en ontginning van gronden voor de landbouw. Die CO₂ weer terug in de bodem brengen, kan helpen om verdere opwarming te voorkomen. En dan heb ik het niet over het aanleggen van ondergrondse opslagdepots, maar over CO₂-binding via de natuurlijke weg: via gewassen op landbouwbodems. 'Kansloos' is de reactie die je dan hoort. Daarmee ben ik het pertinent niet eens: deze vorm van CO₂-binding is kansrijk. Ik zag voorbeelden in de praktijk en literatuur die tot de verbeelding spreken.

Als het over de oplossingen gaat van het klimaatprobleem, dan is vrijwel alle inzet gericht op het verminderen van de emissies van broeikasgassen. De emissies moeten omlaag in de energiesector, in het (vlieg)verkeer en in de landbouw. Binnen het huidige beleid worden de emissies van koeien vergeleken met die van auto's, vliegtuigen en elektriciteit voor mobiele telefoons. Maar alleen kijken naar emissies is een eenzijdige benadering. Bedrijven zullen al gauw failliet gaan wanneer zij enkel oog hebben voor de kosten en niet voor de opbrengsten. Binnen de klimaataanpak zou ook gekeken moeten worden naar de CO₂-verwijdering uit het milieu. In dat geval

heeft de landbouw een relatief goedkope oplossing: grassen in weilanden en groenbemesters op akkers zijn in staat grote hoeveelheden CO₂ uit het milieu te verwijderen en te binden in de bodem.

Een tweede reden waarom substantiële CO₂-binding door landbouwgronden als kansloos wordt gezien, ligt in de mestwetgeving. Je kunt wel een klein beetje CO₂ binden in je weilanden en akkers, bijvoorbeeld door niet meer te ploegen, maar de klimaatwinst is weinig meer dan een druppel op een gloeiende plaat. Een aantal bepalingen in de mestwetgeving beperken namelijk in sterke mate het CO₂-bindende vermogen van de grond. Boeren zijn verplicht de mest emissiearm (lees: met voorgeschreven machines) op of in de bodem te brengen en dit gebeurt vaak via mestinjectie. Deze wijze van bemesting is niet bevorderlijk voor de CO₂-vastlegging in de bodem. Daarnaast mogen koeienboeren maar beperkt dierlijke mest gebruiken op hun weilanden, met als gevolg dat zij de extra nutriëntenbehoefte van het gras noodgedwongen aanvullen met kunstmest. Bepaalde veelgebruikte soorten kunstmest blijken nadelig voor de CO₂-vastlegging in de bodem.

De leemten in kennis om snel organische stof op te bouwen in landbouwbodems is groot. Een belangrijke financier van onderzoek is de overheid, maar deze zet vooral opdrachten uit voor onderzoeken die binnen de randvoorwaarden vallen van het beleid. De uitkomsten laten zich dan raden: de mogelijkheden voor CO₂-vastlegging in landbouwbodems is veel te beperkt.

Geesje Rotgers,
Landbouwjournalist Agrimedia

CO₂-opslag in bodem biedt perspectief

Het vastleggen van atmosferische koolstof in de bodem^{1,2}, kan een positief effect hebben op agrarische productie, het verminderen van de uitspoeling van nutriënten en het verhogen van de bodembiodiversiteit^{3,4}. Veelal neemt de bodemkwaliteit voor de landbouw dan toe. Dit biedt perspectief om via deze weg het CO₂-gehalte in de atmosfeer te verminderen.



De auteurs: Joost Iwema en Peter Sloot zijn beide werkzaam bij Aequator Groen & Ruimte; Joost Iwema als adviseur bodem en water, Peter Sloot als senior adviseur en directeur.

Naar de mogelijkheid tot het vastleggen van atmosferische koolstof (CO₂) als organische stof in de bodem in Nederland en daarbuiten is de laatste tien jaar veel onderzoek gedaan⁵. Er is echter met name gekeken naar het potentieel in de bovenste 10 tot 30 cm van de bodem; de bodembewerkingsdiepte ofwel bovengrond^{4,6-13}. Een reden hiervoor is dat de meeste bodemonsters in deze laag worden genomen, aangezien hier het merendeel van de planten wortelen en hier zich ook het aerobe leven zich grotendeels afspeelt. Deze laag is dus het belangrijkste voor de bodembiodiversiteit en productie.

Schattingen geven aan dat het organische koolstofgehalte in de ondergrond substantieel kan zijn^{7,10,14-16}. Het is daarom van belang te onderzoeken wat de opslagmogelijkheden in de ondergrond zijn. Met name in de Nederlandse situatie is dit interessant omdat bodemtype en grondwaterniveau subtiel maar bepalend variëren over korte afstanden. Een grondwaterstandsverschil van één tot enkele decimeters geeft namelijk een andere situatie in de bodem en daarmee andere mogelijkheden voor de accumulatie van organische stof.

Lange en korte kringloop

Bij het inschatten van het potentieel is het van belang om te weten hoe lang de koolstof in het betreffende reservoir zal verblijven. Vaak wordt in dit verband gesproken over de lange en de korte koolstofkringlopen (figuur 1). Binnen de lange koolstofkringloop bevinden zich de voorraden waaruit wij onze fossiele brandstoffen halen. Deze zijn honderden miljoenen jaren geleden geaccumuleerd. De atmosfeer, de terrestrische biosfeer (planten) en de bodem worden onder de korte koolstofkringloop geschaard. Koolstof heeft in deze reservoirs gemiddelde verblijftijden van respectievelijk vijf jaar, tien jaar en enkele dagen tot millennia.

Momenteel halen we in hoog tempo koolstof uit de lange kringloop. Gezien de geschatte verhoudingen (figuur 1, welke ook de orde van grootte van de opslag van de verschillende reservoirs weergeeft), lijkt het opslaan

van koolstof in de bodem op het eerste gezicht wellicht geen substantiële en valide oplossing om de gevolgen van deze massale onttrekkingen te compenseren. Dat deze mitigerende maatregel recent toch zoveel aandacht krijgt, is omdat het wordt gezien als een manier om tijd te winnen totdat meer duurzame maatregelen op voldoende grote schaal kunnen worden uitgerold^{20,22}. Ten opzichte van de atmosfeer heeft een deel van de organische koolstof in de bodem namelijk een relatief lange verblijftijd. Dit betekent dat de bodem mogelijk een significante opslagplek voor atmosferische koolstof kan zijn. Een andere factor die hierop wijst, is dat de hoeveelheid (CO₂-) koolstof in de atmosfeer minder toeneemt dan het verschil tussen wat er wordt uitgestoten en wat er wordt opgeslagen in de oceanen. Er wordt daarom aangenomen dat een deel van de emissies steeds wordt opgeslagen in onder andere de bodem^{7,9,11,14,25,26}.

Verandering landgebruik

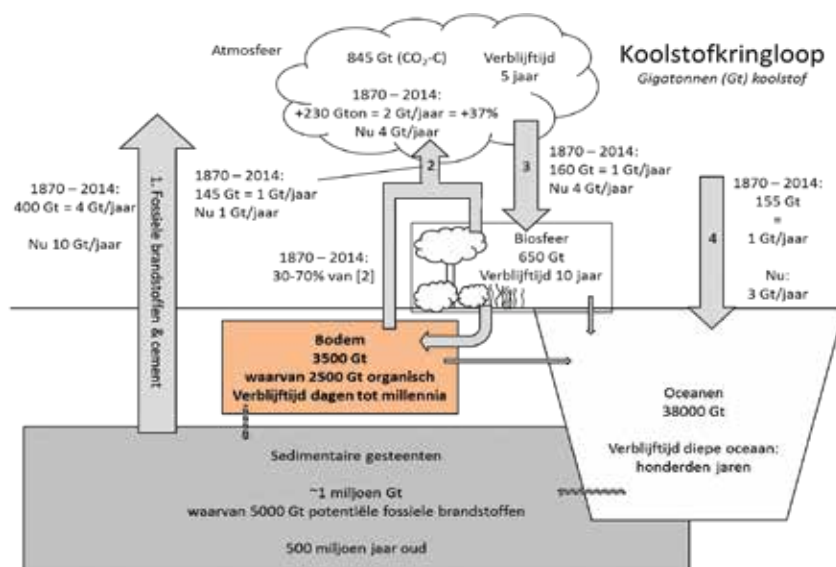
Van belang in dit verband is ook dat meer dan een kwart van de wereldwijde broeikasgasuitstoot sinds het begin van de industriële revolutie niet komt van fossiele brandstoffen, maar door landgebruiksver-

Drieluik

Dit is het eerste artikel van een drieluik over de mogelijkheden van koolstofvastlegging in de ondergrond (dieper dan 30 cm). 'CO₂-opslag in bodem biedt perspectief' schetst de achtergronden, de positie van de bodem binnen de koolstofcyclus, de rol van de bodem binnen de actuele klimaatdiscussie en tot slot de processen die een rol spelen bij de vastlegging van atmosferische koolstof in de bodem. 'Maatregelen voor Nederland', het tweede artikel, gaat in op de mogelijkheden om door beheer atmosferische koolstof vast te leggen. 'Potentieel Nederlandse ondergrond', het derde artikel geeft tot slot een inschatting van wat realistische vastleggingswaarden zijn voor verschillende Nederlandse bodemtypen, inclusief aanbevelingen om tot duurzame koolstofvastleggingsprogramma's te komen. De referenties zijn (die in de tekst genummerd staan) op te vragen bij de VVM: bureau@vvm.info

Dit drieluik staat in het licht van actuele initiatieven om koolstof vast te leggen in de bodem, met name binnen de melkveehouderij¹⁷⁻²⁰. Het werk is gefinancierd door Stichting Mesdag-Zuivelfonds NITO.

Figuur 1: Koolstofkringloop. De meest relevante fluxen zijn genummerd: 1. Fossiele brandstoffen en cement, 2. Landdegradatie, 3. Terrestrische vastlegging (sluitpost) en 4. Netto vastlegging in oceanen. Fluxen²¹, schatting van aandeel bodem in landdegradatie^{22,23,24}, zie <https://tinyurl.com/y59uskef>





andering²¹. Momenteel veroorzaakt deze post 8-10% van de wereldwijde broeikasgasuitstoot^{9,21}. Voor Nederland is het aandeel van de landbouw momenteel ongeveer 15%²⁷. Een deel hiervan komt door afbraak van veengronden, terwijl organische stofgehaltes in de bovengrond van minerale Nederlandse bodems op nationale schaal niet duidelijk zijn veranderd in de afgelopen decennia^{12,13,28}. Dit zijn bodems met een hoog organische stofgehalte. Dit feit is een andere reden dat opslag van CO₂ als organische koolstof in de bodem als klimaatmaatregel kan worden gezien.

Internationaal wordt het realistische koolstofvastleggingspotentieel van de bodem tot 2050 ingeschat op 0.41 tot 2.45 Gt/jaar²⁹⁻³¹. Dit komt overeen met 4-25% van de jaarlijkse uitstoot, waarbij een getal van 5% het meest realistisch wordt geacht³¹. Hiermee zou enige tijd gewonnen kunnen worden tot permanente klimaatmaatregelen breed zijn uit te rollen.

Kritiek

Het mag duidelijk zijn dat deze vorm van CO₂-opslag niet de ultieme klimaatmaatregel is, maar een bijdrage kan het wel leveren. Toch stellen sommige wetenschappers dat koolstofvastlegging in de bodem als excuus gebruikt kan worden om een daadwerkelijke oplossing van het klimaatprobleem uit te stellen^{31,32}. In de bodem vastgelegd koolstof kan bij discontinuering van vastleggingsmaatregelen snel vrij komen en daarmee zou grootschalige gerichte koolstofvastlegging in de bodem op termijn zelfs voor versterking van het klimaatprobleem kunnen zorgen³³. Stevige lange termijnafspraken zijn in dit licht dus essentieel.

Organische koolstof

De belangrijke invloed die organische stof heeft op processen in minerale bodems, staat in scherp contrast met het veelal relatief lage percentage organische stof van

de totale bodemmassa (enkele procenten). Organische stof kan nutriënten en vervuillende stoffen in de wortelzone vasthouden. Dit verhoogt de biologische beschikbaarheid van de bodem. Organisch materiaal vormt een voedselbron voor bodemfauna en komt daarmee de bodemkwaliteit veelal ten goede.

Koolstof komt in meerdere vormen voor in de bodem, waarbij verschillende aanvoer-, afbraak-, en afvoerprocessen een rol spelen (figuur 2). Ten eerste wordt er onderscheid gemaakt tussen organische en anorganische koolstof. Anorganische koolstof is onderhevig aan andere, veelal snellere omzettingprocessen. De omzetting van organisch koolstof naar carbonaten is substantieel in (geïrrigeerde) semi-aride gebieden, maar verloopt in het Nederlandse klimaat traag. Wij gaan uit van maatregelen waarbij organische koolstof wordt opgebracht. Kunstmatig opgebracht anorganisch kool-

stof (zoals door het opbrengen van kalk; een maatregel toegepast om de zuurgraad van de bodem te verminderen) is aan andere, snelle omzettingsprocessen onderhevig dan kunstmatig opgebrachte organische koolstof. Bij bekalken komt echter wel CO_2 vrij. Daarnaast is het belangrijk te vermelden dat de toevoer van kalk aan de bodem het langdurig vastleggen van organische stof positief beïnvloedt.

Langdurig vastgelegde organische stof

Eén manier waarop koolstof in de bodem terecht komt, is via het afsterven van plantenresten. Planten nemen koolstof direct op uit de atmosfeer door fotosynthese. Plantenwortels dragen (2-13 keer) meer bij aan het organische koolstofreservoir dan bovengrondse plantenresten, in het bijzonder in de ondergrond^{34,35}. Een tweede manier is door organisch materiaal zoals mest op te brengen. Een groot deel (~5% voor compost tot ~80% voor plantenresten³⁶) van de koolstof die zijn weg vindt naar de bodem verdwijnt binnen een jaar weer als CO_2 naar de atmosfeer middels respiratie (mineralisatie, een vorm van verbranding). Een ander, kleiner deel van de aangevoerde



koolstof lost op in water (DOC; Dissolved Organic Carbon) en wordt afgevoerd naar de ondergrond. Wat overblijft zijn koolstofverbindingen die door bescherming door aggregaten en verbindingen met minerale bodemdeeltjes verblijftijden van tientallen tot zelfs duizenden jaren hebben³⁶. Deze fysische bescherming, welke mede wordt veroorzaakt door bodembologische processen, zorgt dat koolstofvastlegging in de bodem een klimaatmitigerende maatregel is³⁷.

Maatregelen

De aard van de verschillende aanvoer- en afbraakprocessen is de basis voor verschil-

lende soorten koolstofvastleggingsmaatregelen³⁸⁻⁴⁰. Eén categorie maatregelen is de aanvoer van koolstof direct uit de atmosfeer via planten die ter plaatse groeien. Hierbij kunnen tussenstappen zitten, zoals via het spijsverteringskanaal van dieren of door het onderploegen van gewasresten.

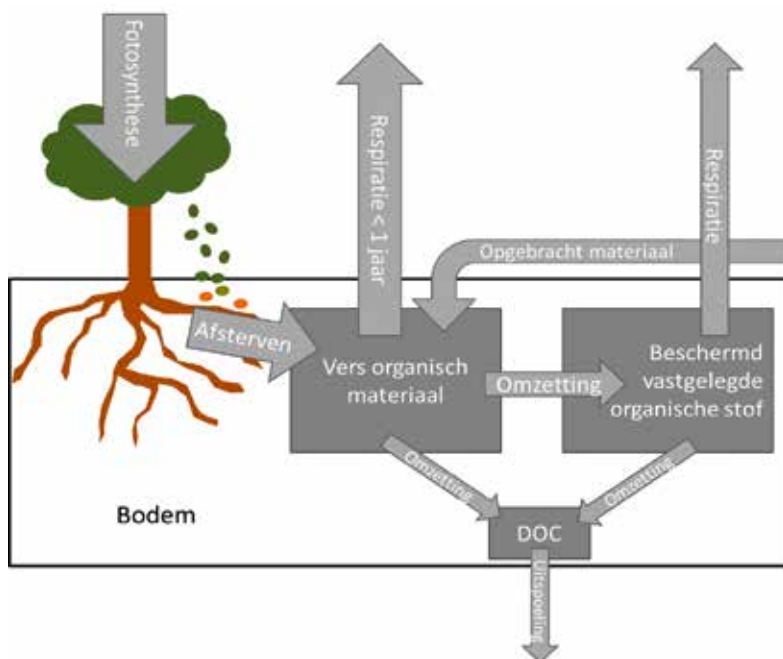
Een tweede categorie omvat maatregelen waarbij organische resten van elders worden aangevoerd. Het onderscheid tussen deze twee categorieën is belangrijk omdat bij de tweede slechts sprake kan zijn van een verplaatsing van organische stof en dus geen daadwerkelijke onttrekking van atmosferische koolstof⁴⁰. Deze twee soorten maatregelen zijn beide gericht op het verhogen van de aanvoer van organische koolstof.

De derde categorie maatregelen is gericht op het verhogen van het organische stofgehalte door de afbraak te verminderen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de beschermende werking die bodemaggregaten bieden aan organische stof^{26,41}. De potentiële verblijftijd van organische stof in de bodem wordt namelijk met name bepaald door dit mechanisme.

Het volgende hoofdstuk bespreekt de verschillende maatregelen die soms bijdragen aan één van deze categorieën en soms aan meerdere. Het laatste hoofdstuk van dit drieluik gaat in op de mogelijkheden van de diepere ondergrond.

Joost Iwema en Peter Sloot

Figuur 2: Aanvoer, afbraak, opslag en afvoer van organische koolstof. DOC = Opgeloste, organische koolstof (Dissolved Organic Carbon).





Koolstofvastlegging

Maatregelen voor Nederland

Verschillende aanvoer- en afbraakprocessen vormen de basis voor koolstofvastlegging. Wat kan met name bijdragen aan het toepassen van deze methode in de Nederlandse bodem? Uit een analyse van zowel de internationale als de Nederlandse literatuur komen drie kansrijke maatregelen naar voren.

De internationale literatuur geeft een zo compleet mogelijk beeld van de stand van de kennis en de Nederlandse literatuur helpt een beeld te vormen van de specifieke mogelijkheden voor ons land zonder de landbouwkundige waarde te schaden. In bepaalde gevallen kan een te hoog organisch stofgehalte namelijk negatieve gevolgen hebben voor de landbouwkundige gebruiksmogelijk-

heden (bijvoorbeeld verminderde draagkracht;^{1-51-5"} en negatieve gevolgen hebben voor de bedrijfsvoering^{6,7}. Gedetailleerde en lokale kennis van bodem en landbouw zijn dus van groot belang.

Gematigd Europees klimaat

De aanvoer van organische stof is sterk afhankelijk van temperatuur en vocht-

gehalte in de atmosfeer (fotosynthese) en hetzelfde geldt voor de afbraak in de bodem (respiratie). Hierdoor zijn de mogelijkheden tot koolstofvastlegging sterk klimaatafhankelijk. Het potentieel is relatief groot in Arctische en Boreale gebieden: weliswaar verloopt hier de omzetting naar langdurig vastgelegde organische stof langzamer, maar de afbraak is ook kleiner. In tropische

regenwouden is de organische koolstof-potentie van de bodem juist groot, maar wordt deze relatief weinig langdurig vastgelegd^{8,9}. Nederland ligt qua klimaat (vochtig-gematigd) tussen deze extremen in. Naast klimaat bepaalt historisch landgebruik, in belangrijke mate het vastleggingspotentieel.

Door verarming van bodems in het verleden liggen er binnen Europa met name mogelijkheden in semi-aride en sub-humide gebieden, zoals Spanje^{10,11}. Om een goed beeld van de mogelijkheden voor Nederland te krijgen, richten wij ons met name op de gematigde, humide klimaatzone binnen Europa. De bodems in Noordwest-Europa zijn namelijk stabiel, maar ook verzadigder dan in bijvoorbeeld Zuid-Europa. De opslagcapaciteit in Noordwest-Europa is daardoor mogelijk relatief beperkt¹¹.

Nederlands potentieel

Met betrekking tot het koolstofvastleggings-potentieel onderscheidt de Nederlandse situatie zich door enkele belangrijke kenmerken:

- Weinig reliëf, waardoor erosie een geringe rol speelt in de organische koolstofcyclus;
- De dikke sedimentlagen, tot wel honderden meters diep;
- Veelal ondiep grondwater (van maaiveld tot één of enkele meters);
- Oppervlakte- en grondwaterniveau veelal sterk bepaald door beheer;
- Intensief landgebruik;
- Groot areaal intensieve veeteelt.

Het grondwaterniveau varieert over afstanden van honderden meters tot kilometers en binnen het jaar in de meeste gevallen in de orde van decimeters. Omdat deze variatie zich veelal dichtbij het maaiveld afspeelt, is het effect op aanvoer- en afbraakprocessen substantieel. Bij het inschatten van de effecten van koolstof-vastleggingsmaatregelen is het lokale

grondwaterregime dus van belang.

De intensieve landbouw kan mogelijke koolstofvastlegging in de bodem zowel positief als negatief beïnvloeden. Meer gewasgroei kan leiden tot hogere organische stofgehaltenes.

Positief is dat de intensieve landbouw er aan heeft bijgedragen dat de organische stofgehaltenes in de Nederlandse bodems de afgelopen decennia gemiddeld niet zijn afgenomen. De gehaltenes onder landbouwgronden zijn veelal niet laag². Een uitzondering vormen mechanisch verbeterde bloembollengronden; die zijn gedurende 10-15 jaar, tot aan 2007, veel organische stof kwijtgeraakt². Voor het inschatten van het vastleggingspotentieel van maatregelen op locaties met verschillende gebruikshistorie en bodemtypes is het dan ook van belang te weten hoe dicht de organische stofgehaltenes bij het verzadigingsevenwicht zitten¹¹. Het kleigehalte van de bodem is daarbij een belangrijke factor¹².

Hoe meer klei een bodem bevat, hoe meer organische stof kan worden vastgehouden; de bodem is stabiel. Zandige bodems hebben in die zin een beperkte capaciteit en organische stof kan bij verstoring makkelijk

verloren gaan. Desondanks schat Lesschen *et al* het maximale vastleggingspotentieel voor organische koolstof in de bovenste 30 cm van de Nederlandse minerale bodems, exclusief omzetting van akkerland naar grasland¹³, op 0,63 ton koolstof/ha/jaar (gemiddelde over 20 jaar, in totaal over deze periode dus 12,6 ton koolstof/ha). Landsbreed betekent dit een potentiële vastlegging onder grasland en akkerland van 0.8-1 Mton CO₂/jaar tot 2050, (gedurende 20 jaar dus 16-20 ton CO₂ totaal^{13,14}. Dit vormt een beperkt deel (maximaal ~13%) van het totale nationale mitigatiepotentieel, van allerlei, ook niet-bodemgerelateerde maatregelen in de landbouw van 7,5 Mton CO₂-equivalent/jaar.

De broeikasgasuitstoot van Nederland bedroeg in 2017 ca. 193 Mton CO₂-equivalent/jaar, waarvan een relatief bescheiden deel afkomstig was van de landbouw ~26 Mton/jaar. In de melkveehouderij leveren de uitstoot van methaan en lachgas (uit de koe en mestkuil) een substantieel grotere bijdrage aan de uitstoot van broeikasgassen dan wat mogelijk als organische stof in de bodem zou kunnen worden vastgelegd. Maatregelen om deze niet-bodemgerelateerde uitstoot te beperken, zouden dus voorop moeten staan¹⁴. Het

Tabel 1: Categorisatie van koolstofvastleggingsmaatregelen naar wijze van bijdrage aan verhoging van het organische (kool)stofgehalte.

Maatregel	Lokale aanvoer	Aanvoer van elders	Vermindering afbraak
Agroforestry			
Akkerland naar grasland, behoud grasland, wisselteelt of meerjarige gewassen			
Groenbemesters, vanggewassen			
Niet of anders grond bewerken			
Organische mest	(o.a. beweiding)		
Kunstmest			

Tabel 2: Koolstofvastleggingspotentieel in de bovengrond (~30 cm) van verschillende maatregelen wereldwijd.

Maatregel	Koolstofvastlegging (ton/ha/jaar)	Locatie	Publicatie
Agroforestry	1,5 tot 4,0 (incl. bovengronds)	Europa	20
	0,3-0,6	Gematigd-humide klimaten	21
Akkerland naar grasland	0,8	Denenmarken	22
	0,4 tot 0,8	Europa	23
	0,72	Europa, met name semi-aride	10
	0,49+/-0,26	Frankrijk	24
	0,6	Wereldwijd	25
Akkerland naar grasland/meerjarige teelten	0,5-1,9	EU	26,27
Eenjarige granen naar meerjarige granen	0,4-1,7	Wereldwijd	27; tabel 3, 30 jaar vastlegging
Akkerland naar wisselteelt	0,2	VK	
Niet ploegen	0,57+/-0,14	Wereldwijd	3,28
Minder intensieve grondbewerking	0,0 tot 1,0	Gematigd-humide klimaten, VK	21,25,29
Meer organische input op akkerland	0,3 tot 0,8	EU	26
	0,6 tot 1,5	VK	29
	0,5	Wereldwijd	25
Bodembedekkende gewassen	0,4	Denenmarken	22
	0,12+/-0,03 (54 jaar, 22 cm bodemlaag)	Wereldwijd	30
	0,2-0,5	Gematigd-humide klimaten	21 (in 24,28)
Verbeterd graslandbeheer door minder kunstmesttoevoer	0,3	Frankrijk	24
		Wereldwijd	18

De maatregelen zijn gerangschikt naar jaarlijkse koolstofvastlegging. Alle waarden van koolstofvastlegging (in ton C/ha/jaar) zijn geen constanten in de tijd, maar gemiddelden over periodes tot maximaal ~50 jaar. De jaarlijkse vastlegging neemt na enkele decennia af en is na ongeveer 100 jaar compleet (de bodem is verzadigd met organisch koolstof). De genoemde waarden zijn mede een gevolg van de duur waarover deze zijn gemiddeld.

vastleggingspotentieel van minerale bodems is ook substantieel lager dan de huidige jaarlijkse uitstoot door oxidatie van veengronden^{4,13}. Een ander aandachtspunt is dat een mogelijke toename van de lachgasuitstoot door hogere denitrificatie bij verhoging van organische stofgehalten onder natte omstandigheden, positieve effecten deels kunnen neutraliseren^{6,7}. Weer een andere complexiteit is dat het verhogen van de vleesproductie niet strookt met het verminderen van de broeikasgasuitstoot. Deze processen mogen dan ook niet

buiten beschouwing worden gelaten bij het opzetten van koolstofvastleggingsprogramma's binnen bijvoorbeeld de Nederlandse melkveehouderij.

Vastleggingspotentieel

In tabel 2 staan de koolstofvastleggingspotentiëlen van verschillende maatregelen uit internationale onderzoeken, met focus op gebieden die qua klimaat en landgebruiksintensiteit het meest overeenkomen met Nederland. De getallen zijn gegeven in tonnen koolstof per hectare per jaar en

hebben veelal betrekking op de bovenste 5 tot 30 cm van de bodem. De in tabel 2 gegeven 'per jaar'-getallen zijn gemiddelden over periodes van 30 tot 50 jaar; dit zijn de tijdschalen waar binnen evenwicht bereikt kan worden, alhoewel dit ook tot wel 100 jaar kan duren¹⁵⁻¹⁹. Bij een laagdikte van 30 cm en een bodemdichtheid van 1.4 (humusarme zandgrond) of 1.1 g·cm⁻³ (kleigrond) vertaalt een toename van 1 ton C/ha/jaar zich in 0.02-0.03 massa-% C/jaar. Dit komt overeen met ongeveer 0.04-0.05 massa-% OS/jaar. Indien dit de gemiddelde vastlegging over 50 jaar is, dan kan het organische koolstofgehalte toenemen met 1.2-1.5 massa-% en het organische stofgehalte met 2.0-2.6%. De meeste potentiëlen in tabel 2 liggen lager dan 1 ton C/ha/jaar; een toename van meer dan 2.6% organische stof als gevolg van de meeste afzonderlijke maatregelen wordt, gemiddeld genomen, daarom niet als haalbaar geacht.

In Nederland wordt het vastleggingspotentieel van afzonderlijke maatregelen ingeschat op maximaal 1 ton C/ha/jaar, voor de bovenste 30 cm (dus 20 ton C/ha in 20 jaar; tabel 3). Veel recente studies^{1,4,14,31,32} verwijzen naar het onderzoek van Lesschen et al. (2012). De genoemde getallen zijn gemiddelden. Lokaal ligt het potentieel waarschijnlijk anders, waarbij het bodemtype, de ontwateringsdiepte, historisch landgebruik, zuurgraad en mogelijke andere factoren van belang zijn. Daarbij wordt bij deze getallen ook geen rekening gehouden met het feit dat behalve het organische stofgehalte, ook de dikte van de organische laag positief dan wel negatief kan veranderen. Op deze zaken wordt nader ingegaan in het artikel 'Potentieel van de Nederlandse ondergrond'.

Het huidige type landgebruik bepaalt mede welke maatregelen kunnen worden genomen (kolom 2 van tabel 3). Op akkerland zijn onder andere maatregelen die de grondbewerking beperken (verminderen afbraak) mogelijk, zoals niet of minder (diep)

ploegen, het telen van groenbemesters (bodembedekkende gewassen) en meerjarige gewassen. Onder blijvend grasland worden over het algemeen - maar niet altijd³⁶ - hogere organische stofgehalten gevonden dan onder akkerland. Dit wordt gewijd aan de lagere verstoringsgraad, de grotere aanvoer van organische stof door intensievere wortelgroei en het daardoor actievere bodemleven³¹. De effecten van het langdurig gebruik van percelen voor akkerbouw zonder voldoende toevoer van organische stof zijn duidelijk geworden uit diverse Nederlandse studies³⁷. Deze meldden dalingen van het organische stofpercentage met 1% (massa-% van bodem) in 20 jaar op percelen waar continue ruwvoer was verbouwd. Na een veldproef van 35 jaar in België was het organische koolstofgehalte onder permanent grasland 55 ton/ha en onder permanent bouwland 30 ton/ha.

Het omzetten van akkerland naar permanent grasland wordt internationaal dan ook gezien als de meest kansrijke maatregel om koolstof langdurig vast te leggen in de bodem. Echter, gezien de opgave voor de wereldwijde voedselvoorziening, bij voorkeur plantaardig in plaats van dierlijk, heeft het omzetten van akkerland naar permanent grasland mogelijk niet de voorkeur. Het Nederlandse vastleggingsgetal voor deze

Tabel 3: Koolstofvastleggingspotentieel
Het potentieel van koolstofvastlegging in de bovengrond (~30 cm) per hectare per jaar, gedurende een periode van 20 jaar, van verschillende maatregelen in Nederland, in volgorde van meeste naar minste koolstofvastlegging per hectare per jaar.

Maatregel	Grasland (G) / akkerland (A)	Koolstofvastlegging (ton/ha/jaar)	Koolstofvastlegging in 20 jaar (ton/ha)	Publicaties
Niet scheuren grasland (behoud grasland)	G	1,0	20,0	13
Agroforestry	G/A	1,0	20,0	13
Akkerland omzetten naar grasland	A	0,3	6,0	33 in 13
Verbeterde gewasrotatie	G/A	0,3	6,0	13
Geen grondbewerking	G/A	0,3	6,0	13
Niet-kerende grondbewerking	G/A	0,2	4,0	13
Gewasresten achterlaten	A	0,2	4,0	13
Vanggewas/groenbemester	A	0,1	2,0	13
Akkerrandenbeheer	A	0,05	1,0	13
Minder vaak/diep ploegen	A	0-0,3	0-0,6	34, 13
Doorzaai i.p.v. herinzaai	G	?	?	4
Wisselteelt met gras:	G/A	?	?	4
Tijdelijk grasland maximaal 3 jaar in rotatie met bouwland				
Beweidning	G	?	?	1,32
Meer mest, compost	G/A	?	?	35
Meer granen	A	?	?	4

maatregel is lager (tabel 3), maar is gebaseerd op een enkele studie³³. Het behouden ('niet scheuren') van grasland wordt voor Nederland wel gezien als de meest kansrijke maatregel.

Of het organische stofgehalte onder gras-

land stijgt en in welke mate dat gebeurt, hangt onder andere af van het beheer. Beweidning geeft over het algemeen drie-maal hogere organische stofgehalten dan puur maaibeheer door hogere aanvoer^{1,32}. Een puur maaibeheer is echter niet mogelijk op alle kavels van een intensief (melk)vee-be-

Figuur 3 Verschillende landbouwkundige maatregelen geïllustreerd: (a) niet kerende grondbewerking, (b) luzerne: een diepwortelend gewas en (c) snijmaïs waarbij weinig gewasresten achterblijven, terwijl bij korrelmaïs (zie eind van dit artikel) meer gewasresten achterblijven waardoor het bijdraagt aan opbouw van organische stof in de bodem.





drijf. Te intensief maaien of begrazen kan de organische stofopbouw ook beperken^{12,38}. Een algemeen optimaal beheer is (nog) niet geïdentificeerd¹².

Aangezien grasland veelal hogere organische stofgehaltes levert dan akkerbouw, verbaast het niet dat wisselteelt met zowel gras als akkerbouwgewassen tussenliggende gehalten oplevert². Naast wisselteelt met grasland leveren meer granen en meerjarige gewassen hogere organische stofgehaltes dan continue akkerbouw (tabel 3). Meer granen in het bouwplan van akkerbouwers en het telen van groenbemesters na akkerbouwgewassen en maïs (veehouderij) worden in Nederland als kansrijke maatregelen gezien^{4,31}. Dit komt deels door toename in wortelgroei en deels door het achterlaten van bovengrondse gewasresten, bijvoorbeeld vergeleken met maïsteelt²⁷. wezen erop dat de landbouw op dit vlak kan leren van natuurlijke ecosystemen, omdat de hierin voorkomende meerjarige planten meer investeren in wortelgroei. Meerjarige gewassen zijn dan ook de beste weg om de organische stofgehaltes van de originele lokale ecosystemen te benaderen.

Een andere manier om organische stof aan te voeren is via organische bemesting. Daarbij heeft de soort bemesting invloed op de afbraaksnelheid. Mest (organische verbindingen) wordt door micro-organismen vastgelegd als organische stof,

hetgeen de koolstof vastlegt in de bodem. Hoe goed microorganismen dit kunnen doen, is bepaald in de huminificatiecoëfficiënt³⁵. Organische mest met meer vaste delen erin (de droge fractie van koemest) heeft een hogere verhouding koolstof-stikstof en daarmee ook een hogere coëfficiënt. Scheiding van de vaste fractie van mest geeft de mogelijkheid om beter te sturen op toediening van nutriënten, waardoor de hoeveelheid organische stof in de bodem toeneemt. Het meer opbrengen van mest en compost wordt in Nederland als maatregel genoemd, maar veel melkveehouders kunnen dit niet vanwege wetgeving (een gelimiteerde hoeveelheid mest per hectare is toegestaan) en de beperkte beschikbaarheid van compost¹⁴. Daarbij geldt voor organische mest dat een toename in het organische koolstofgehalte niet in alle gevallen CO₂-vastlegging betekent, omdat de toevoer op één plaats een verminderde toevoer op een andere locatie kan betekenen (tabel 1).

Kunstmest bevat alleen nutriënten en geen organische stof maar beïnvloedt het organische stofgehalte in de bodem wel. Het toevoegen van kunstmest heeft zowel negatieve als positieve gevolgen voor bodemkoolstof. Negatieve processen zijn het beperken van microbiologische activiteit en toename van omzetting van makkelijk afbreekbaar organisch stof. Positieve gevolgen zijn het beperken van respiratie en de toename van plantengroei. Hoe deze

processen uiteindelijk tot koolstofopslag of koolstofemissie leiden onder verschillende condities moet nog verder worden onderzocht³⁸⁻⁴⁴.

Bij zowel akkerbouw als grasland kan 'agroforestry' als maatregel worden toegepast. Dit begrip omvat een breed scala aan maatregelen; van hagen langs percelen en enkele bomen binnen percelen, tot bossen met bijvoorbeeld notenbomen en graasweide eronder. Het vastleggingspotentieel van agroforestry wordt internationaal hoog ingeschat, maar daarbij wordt niet altijd onderscheid gemaakt tussen bovengrondse vastlegging in vegetatie en ondergrondse vastlegging (tabel 2); meer onderzoek is nodig voor betere inschattingen⁴⁵. Ondanks een relatief hoog vastleggingsgetal per hectare⁴⁶, schatten we het potentieel van agroforestry, houtopstand en meerjarige gewassen in Nederland door het beperkte areaal, waarop dit realistisch gezien zou worden toegepast, laag in^{4,14}.

Verskillende onderzoeken laten een positief effect zien van niet en minder (diepe) kerende grondbewerking (ploegen) op organische stofgehaltes^{11,47-49}. Het idee achter positieve invloed van minder of niet kerende grondbewerking is dat organische stof beschermende bodemaggregaten meer intact worden gelaten. Deze werking geldt echter met name voor microaggregaten⁴⁹; het openbreken van grotere aggregaten zou niet direct van invloed zijn^{50,51,11,52}. Het inploegen van gewasresten geeft weliswaar snellere mineralisatie, maar ook betere bescherming tegen afbraak door opname in aggregaten. Hierdoor gaf het onderploegen van plantenresten een grotere organische stofopbouw dan de resten op het land te laten liggen.

Het verbeteren van het waterbeheer, een zeer Nederlandse maatregel, resulteert tot slot in een betere infiltratie en (peilgestuurde) drainage en het tegengaan van verdichting¹⁴. Het potentieel van deze maatregel is nog niet gekwantificeerd, maar gezien de huidige hoge agrarische productie schatten we dit laag in¹⁴. Dit benadrukt

wel de belangrijke invloed van het grondwaterregime op de organische stofopbouw. Variatie in grondwaterregime werd dan ook als één van de redenen genoemd voor het feit dat verschillen tussen landgebruikstypen en bodemtypen geen significante verschillen in koolstofvatleggingspotentieel oplevert in Nederland⁵³.

Effecten op bodemkwaliteit

Het organische stofgehalte verhogen is niet op alle gronden gewenst. Op kleigronden kan een organisch stofgehalte van ~10% of hoger juist nadelige gevolgen hebben door toename van versmering (waarbij poriën dichtbij het oppervlak worden dichtgedrukt en opgevuld met verbindingen van klei met organische stof) bij berijding en beweiding². Hoge organische stofgehalten zoals in moerige gronden geven een hogere kans op verslumping (het dichtgaan zitten van poriën met kleinere, organische bodemdeeltjes doordat deze mobiel worden bij verstoring onder natte omstandigheden) (veldervaring Aequator Groen & Ruimte). Bij bloembollenteelt is een organisch stofgehalte hoger dan 1,5% ongewenst².

Verder kan een hoog organisch stofgehalte de nutriëntenlevering beperken. Wanneer organische stofgehalten binnen koolstofvastleggingsprogramma's worden verhoogd, moet worden voorkomen dat zóveel of zó snel organisch materiaal wordt opgebracht dat het niet door de bodem kan worden opgenomen. Het teveel aan koolstof verdwijnt dan geheel naar de atmosfeer en kan de bodemgeschiedheid voor landbouw negatief beïnvloeden. Dit is met name een gevaar voor gronden waar het organische stofgehalte al dichtbij of op

het verzadigingsevenwicht zit^{11,26,54}. Lokale bodemkennis is dus van belang om tegelijkertijd de vele positieve effecten van organische stof te benutten en ongewenste negatieve effecten te voorkomen.

De verbetering van de bodemkwaliteit voor individuele boeren is waarschijnlijk stimulerender voor het aanpassen van hun beheer dan de financiële compensatie middels carbon credits⁵⁵. Een klaarblijkelijk succesvol koolstofvastleggingsprogramma met een beloningssysteem bestaat echter al in Australië⁵⁶ en andere systemen zijn in ontwikkeling. Bij deze systemen speelt bodemkwaliteit dan ook een belangrijke rol in het verdienmodel.

Selectie van maatregelen

Voor onze schattingen van het vastlegingspotentieel in de Nederlandse boven- en ondergrond hebben wij drie kansrijke maatregelen geselecteerd op basis van de literatuur. De eerste maatregel is het omzetten van akkerland naar blijvend grasland, omdat de internationale literatuur aangeeft dat dit het grootste potentieel heeft. De tweede kansrijke maatregel is grasland niet scheuren en doorzaaien in plaats van herinzaaien. Dit wordt aangeduid als de meest kansrijke maatregel¹³. Daar voegen wij de maatregel 'wisselteelt met drie jaar korrelmaïs en drie jaar grasland' aan toe, om een bedrijfsbreed beeld te geven voor melkveebedrijven, aangezien zij veelal (continue) snijmaïs telen op een deel van de percelen.

De eerste maatregel, het vergroten van het areaal blijvend grasland, is niet zonder meer haalbaar wanneer intensieve melk-

veebedrijven voldoende ruw- en krachtvoer moeten produceren voor de koeien. De acceptatiegraad onder ondernemers wordt dan ook ingeschat op 30%. Daarbij zou op andere percelen juist permanent maïs geteeld kunnen gaan worden.

Het niet scheuren van grasland en doorzaaien in plaats van opnieuw inzaaien (tweede maatregel) kan een uitdaging zijn. Oud grasland kan met de huidige bemestingsnormen productiever zijn dan jong grasland zolang de botanische samenstelling goed is¹. De botanische samenstelling kan achteruit gaan door verdroging, zuurstofloze omstandigheden en een hoge zuurgraad. Of oud grasland daadwerkelijk productiever kan zijn dan jong grasland hangt waarschijnlijk af van bodemtypen en grassoorten (veldwaarnemingen Aequator Groen & Ruimte). De oorzaak van mogelijk achteruitgaande groei met de jaren zou zowel ouderdom als bodemstructuurbederf kunnen zijn. Oud gras wortelt minder diep dan jong gras, dus zou de koolstofvastlegging in de ondergrond af kunnen nemen met de tijd.

Wisselteelt met gras en akkerbouw (derde maatregel) zou het organische stofgehalte dan wel kunnen verhogen, maar er bestaat kans op teruglopende opbrengst^{3,57}.

Het volgende en tevens laatste artikel van het drieluik geeft schattingen over de effecten van de drie maatregelen.

Joost Iwema, Peter Slood, Matheïjs Pleijter en Everhard van Essen





Potentieel Nederlandse ondergrond

Koolstofvastlegging

De diepere ondergrond van de bodem is een tot voor kort relatief weinig belicht onderwerp. Toch liggen ook hier mogelijkheden voor koolstofvastlegging. Lokaal kunnen de mogelijkheden echter flink uiteenlopen.

In dit sluitstuk van het drieluik 'Koolstofvastlegging in Nederlandse minerale bodems', verleggen wij de focus naar de ondergrond van de bodem (dieper dan 30 cm). Eerst bekijken we de huidige stand van de literatuur en vervolgens gaan wij over tot schattingen van het koolstofvastleggingspotentieel van de Nederlandse boven- en ondergrond voor de drie maatregelen die zijn geselecteerd aan het eind van het vorige artikel ('Maatregelen voor Nederland'). We sluiten dit artikel af met aanbevelingen voor aandachtspunten bij het opzetten van koolstofvastleggingspro-

gramma's en aanbevelingen voor nader onderzoek.

De ondergrond

De koolstofvastlegging als gevolg niet en minder (diep) kerende grondbewerking (ploegen) staat momenteel ter discussie¹. Dit heeft te maken met de verticale verdeling van de organische stof. Verschillende onderzoeken laten zien dat er bij minder of geen kerende grondbewerking mogelijk slechts sprake is van een oppervlakkigere verdeling van de organische stof. Veel onderzoeken zijn namelijk gebaseerd op

metingen in alleen de bovenste 30 cm (de bovengrond). In het profiel als geheel (inclusief de ondergrond; >30 cm) zou de hoeveelheid organische (kool)stof niet toenemen²⁻⁴.

De discussie rondom de effecten van grondbewerking laat zien dat de verdeling van organische stof met de diepte niet triviaal is. Wereldwijde en landelijke schattingen van de verticale verdeling hebben dan ook beperkte waarde voor het inschatten van regionale en lokale situaties, maar geven wel een idee van de orde van grootte. Wereldwijde schattingen geven een diepteverdeling van organische koolstof met ~28% in de bovenste 30 cm; tussen 30 en 100 cm ligt dit op 32% en daaronder op 40% schatten. Voor de situatie in Engeland ligt de schatting op 60% van de organische koolstof tussen 30 en 100 cm onder gras zit^{5-8,9}. Voor Frankrijk wordt geschat dat gemiddeld 51% van de organische koolstof in de bovenste 30 cm zit, 23% tussen 30 en 60 cm, 11% tussen 60 en 100 cm en 12%

dieper dan 100 cm¹⁰. De organische koolstof in de ondergrond is dus aanzienlijk en mag niet worden genegeerd¹¹.

Onder verschillende condities (klimaat, landgebruik, bodem) worden verschillende organische stofprofielen gevonden. Landgebruik bepaalt in belangrijke mate de verticale verdeling van organische koolstof. In de bovenste 20 cm is de hoeveelheid organisch koolstof als fractie van de laag van 0-100 cm 50% onder bos, 42% onder gras en 33% onder struikland⁵. Onder struikland in koude-vochtige klimaten (57%) is deze verhouding substantieel hoger dan in koude-droge bossen (29%). Onder verschillend landgebruik is, met name door andere wortelgroei met de diepte, de vorm van het verticale organisch koolstofprofiel anders. In antropogene bodems is deze vorm helemaal anders, omdat door ploegen scherpe begrenzingen ontstaan¹¹. Voor Nederland zijn dergelijke schattingen voor minerale gronden niet expliciet gemaakt. Op basis van de bodemkaart van Nederland kan wel worden gesteld dat een beperkt areaal een substantiële hoeveelheid organische stof onder de 50 cm diepte heeft, bijvoorbeeld de door de mens gemaakte Enkeerdgronden. In veel landbouwbodems in het zandgebied beperkt de laag met substantiële hoeveelheden organische stof (> 2.5 mass-%) zich tot de bovenste 30 cm. Kleigronden bevatten in de ondergrond meestal ook minder organische stof dan in de bovengrond, maar het verschil is vaak kleiner.

Met betrekking tot minerale bodemtypen zijn er ook enkele veralgemeniseringen te maken. Bij hogere organische koolstofgehalten is de afname met de diepte kleiner. In ondiepe bodems neemt de hoeveelheid koolstof sneller af met de diepte. Het verband tussen kleigehalte en de diepteverdeling van organisch koolstof werd op basis van velddata niet sterk bevonden¹¹. Nader onderzoek is nodig, want dit verband is in de VS wel gesignaleerd^{12,13}; het betrof een uitspoeling van koolstof naar het grond-

water die afhing van de textuur en niet zozeer van koolstofgehalten: de waarnemingen varieerden van 55 kg koolstof per hectare per jaar voor zandgronden tot 8 kg koolstof per hectare per jaar voor kleigronden. Dit duidt ook op een aanzienlijk verband tussen textuur en verticale verdeling van organisch koolstof in de bodem.

De ouderdom van koolstof neemt toe met de diepte, wat erop kan duiden dat lange-termijnopslag van organische koolstof in de ondergrond effectief zou kunnen zijn⁸. De ondergrond is gemiddeld genomen verzeerd met organische stof, dus is er in principe ruimte voor opslag van atmosferische koolstof. Wanneer echter vers organisch materiaal wordt toegevoegd aan de ondergrond (60-80 cm), bevordert dit wel de afbraak van oud organisch materiaal^{14,15}. Een verklaring hiervan is dat micro-organismen worden gestimuleerd. Het is echter nog niet duidelijk of bij een toename in de aanvoer van organisch stof naar de ondergrond dit effect al dan niet een dominant proces betreft⁸.

De verticale verdeling van organische stof mag niet worden verward met die van het koolstofvastleggingspotentieel als gevolg van specifieke maatregelen. Een inschatting van de verdeling van dit potentieel

voor Nederland, op basis van veldervaring, volgt hierna.

Schattingmethode Aequator Groen & Ruimte

Schattingen van het vastleggingspotentieel in de bouwvoor (bovenste ~30 cm) zijn al veel gemaakt. Daarbij is het potentieel van de ondergrond echter niet meegenomen. Op basis van de schattingen voor de bovengrond (tabel 2 en tabel 3 van het artikel 'Maatregelen voor Nederland'), samen met jarenlange veldbodemkundige ervaring van twee bodemexperts (Matheij Pleijter en Everhard van Essen), hebben wij inschattingen gemaakt van het koolstofvastleggingspotentieel van drie kansrijke maatregelen voor Nederland (tabel 1). Het betreft maatregelen die relevant zijn voor de melkvee sector, omdat het potentieel in deze sector vanwege het grote areaal grasland groter wordt ingeschat. Om een bedrijfsbreed beeld te geven, hebben wij maatregel 'C: wisselteelt met een gewasrotatie van zes jaar waarvan drie jaar korrelmaïs en 3 jaar grasland' meegenomen. Melkveebedrijven verbouwen in Nederland namelijk veelal maïs, al dan niet in wisselteelt met gras en/of andere gewassen. Korrelmaïs laat vergelijken met snijmaïs meer gewasresten achter en draagt daarmee bij aan grotere aanvoer van organische koolstof.

Tabel 1: Gekozen maatregelen en uitgangspunten met betrekking tot vastlegging in de bovengrond. Er wordt verwezen naar de twee tabellen in 'Maatregelen voor Nederland' binnen dit drieluik.

Maatregel	Vastlegging bovengrond 0-30 cm (ton C/ha/jaar)	Uitgangspunt	Bron
A: Akkerbouw omzetten naar blijvend grasland	1,9	Continue snijmaïs	¹⁷ , tabel 2 van artikel 2
B: Grasland niet scheuren en doorzaai i.p.v. herinzaai	1,0	Grasland met eens per 4 jaar scheuren en herinzaai	¹⁶ , tabel 3 van artikel 2
C: Wisselteelt met 3 jaar korrelmaïs en 3 jaar grasland	1,2	Continue snijmaïs	Eigen inschatting op basis van tabel 2 van artikel 2

figuur 1: Bodemprofielen van (a) een natte kleigrond, (b) een droge kleigrond, (c) een natte zandgrond en (d) een droge zandgrond. Bij de droge zandgrond (Enkeerdgrond) is beworteling mogelijk in de dikke zwarte bovengrond, terwijl de wortels in de natte zandgrond moeilijk onder de dunne zwarte laag kunnen komen. In de droge kleigrond is aan de gangetjes laag in het profiel te zien dat het bodemleven en wortels tot diep kunnen doordringen. Bij de natte kleigrond zullen de wortels echter nooit dieper dan de roestige laag komen.



Wij gaan uit van een vastleggingsperiode van 20 jaar¹⁶. Alle drie de maatregelen zijn gebaseerd op in-situ aanvoer van organische koolstof via plantengroei en beperking van de afbraak door verminderde grondwerking. Daarbij wordt door aanvoer van voldoende organische stof gebruik gemaakt van het stimuleren van bodemleven om de vastlegging van organische stof te bevorderen. Bij alle maatregelen wordt een gangbare, toegestane en realistische gift van organische mest aangenomen. De bijdrage van de mest aan de koolstofopbouw wordt impliciet meegenomen.

Zoals eerder beschreven, hebben ruimtelijke verschillen in bodem en grondwaterregime in Nederland belangrijke invloed op de opbouw van organische stof. Wij hebben de potentiële vastleggingsgetallen uit tabel 1 daarom eerst gedifferentieerd naar verschillende bodemtypen, grondwaterregimes (grondwatertrappen), het

leem-/kleigehalte en het organische stofgehalte (tabel 2). Het onderscheid tussen zand- en kleigrond is gemaakt vanwege de belangrijke invloed van kleideeltjes op bewortelingsmogelijkheden. Binnen beide gronden onderscheiden we vervolgens wel verschillen in potentieel omdat het leem-/kleigehalte aanzienlijk kan verschillen. Het organische stofgehalte nemen wij mee omdat bodems met een hoger uitgangspunt minder ruimte bieden voor additionele opslag. Tot slot nemen wij het effect van de grondwaterhuishouding mee door middel van een indeling in grondtrappen (Gt's); het gangbare Nederlandse classificatiesysteem.

Over het algemeen geldt hoe hoger het Romeinse getal voor de grondwatertrap (kolom 2 van tabel 2), hoe droger de situatie. Grondwatertrappen IV en V (a en b) zijn wat apart. Gt IV betekent namelijk een kleine grondwaterstandsfluctuatie gedurende het seizoen terwijl Gt V juist een grote fluctu-

atie weergeeft. Gt Va heeft daarbij een zeer ondiepe grondwaterstand (< 25 cm) in het voorjaar en Gt Vb een diepere voorjaarsgrondwaterstand (25 – 40 cm). Gt Va is daarom ingedeeld in de natste categorie en Vb in de middelste. Bij lage en hoge vochtgehalten is het potentieel lager, terwijl een gemiddelde vochttoestand positief is voor het duurzaam verhogen van organische stofgehalten¹⁸. Natte omstandigheden zorgen namelijk voor verminderde aanvoer vanwege beperkte of geen wortelgroei en minder goede omzetting tot stabiele organische stof, door zuurstofgebrek voor het bodemleven. Droge omstandigheden kunnen zorgen voor minder aanvoer van gewasresten en beperkte omzetting tot stabiele organische stof door lagere activiteit van het bodemleven. Bij gemiddelde omstandigheden breekt verse organische stof weliswaar sneller af, maar wordt ook sneller omgezet tot stabiele organische stof. De verschillende bodemtypen (zand en klei, nat en droog) zijn geïllustreerd aan de hand van foto's in figuur 1. Temperatuur, zuurgraad en het type reeds aanwezige organische stof (mor en moder; zie toelichting onder resultaten) beïnvloeden de omzetting van organische stof ook. Daarnaast hebben wij aangenomen dat de bodems homogeen van samenstelling zijn. In de realiteit komt in veel bodems substantiële gelaagdheid voor (lemige/kleiige laagjes afgewisseld met zandige laagjes). Deze gelaagdheid kan

Tabel 2: Factoren meegenomen bij expertschattingen leidend tot combinaties van 3 grondwaterregimes, 2 leem-/kleigehalten en 2 organische stofgehalten.

Grondsoort	Grondwaterregime, grondwatertrap	Leem-/kleigehalte	OS-% 0-30 cm
Kleigronden (homogeen profiel)	Nat: I – IIIa, Va	Zavel (< 25% klei)	< 5%
	Gemiddeld: IIIb, IV, Vb, VI	Zware klei (> 25% klei)	> 5%
	Droog: VII – VIII		
Zandgronden	Nat: I – IIIa, Va	Leemarm, zwak lemig (< 17,5%)	< 5%
	Gemiddeld: IIIb, IV, Vb, VI	Sterk lemig (< 17,5%)	> 5%
	Droog: VII – VIII		

de koolstofvastlegging in de realiteit sterk beïnvloeden, met name door bevordering of beperking van de bewortelingsdiepte. Wij hebben bij de schattingen aangenomen dat deze factoren geen differentiërende of belemmerende rol spelen.

Bij de droge zandgrond (Enkeerdgrond) is beworteling mogelijk in de dikke zwarte bovengrond, terwijl de wortels in de natte zandgrond moeilijk onder de dunne zwarte laag kunnen komen. In de droge kleigrond is aan de gangetjes laag in het profiel te zien dat het bodemleven en wortels tot diep kunnen doordringen. Bij de natte kleigrond zullen de wortels echter nooit dieper dan de roestige laag komen.

Voor elke maatregel schatten wij de vastlegging per combinatie van grondsoort en grondwaterregime (volgende paragraaf), met daar omheen onzekerheidsmarges gebaseerd op de effecten van het leem-/kleigehalte en het organische stofgehalte bij aanvang. Een hoger klei-/leemgehalte geeft (in theorie) een hoger vastleggingspotentieel. Een hoger organische stofgehalte bij aanvang betekent dat de bodem dichter bij verzadiging zit en dus minder kan opnemen. Wij geven expliciet aan hoeveel er in de boven- en ondergrond alsmede in het gehele profiel vastgelegd zou kunnen worden. Onze schattingen baseren wij niet alleen op stijgingen van percentages, maar ook op mogelijke toenames in diktes van de humushoudende bodemlagen.

De uitkomsten van de expertschattingen, in ton C/ha/20 jaar zijn weergegeven middels een staafdiagram (figuur 2) met onzekerheidsmarges. De resultaten voor de drie verschillende maatregelen (A, B en C) zijn in drie sub-figuren onder elkaar weergegeven. Elk groepje van drie staven representeert één combinatie van grondsoort (klei en zand) en grondwaterregime (nat, gemiddeld, droog). Het potentieel voor bovengrond (0-30 cm), ondergrond (30-100 cm) en deze twee tezamen zijn weergegeven met verschillende staafjes in verschillende kleuren. De onzekerheidsmarges geven niet de minimale en

maximale waarden per categorie, maar de breedtes (op basis van klei-/leemgehalte en organische stofgehalte bij aanvang) waarin het merendeel van de gronden zich naar schatting zullen bevinden. Uitschieters zijn dus mogelijk. In geheel met organische stof verzadigde bovengronden zal bijvoorbeeld een vastlegging van 0 ton/ha/20 jaar mogelijk zijn. De geschetste getallen geven dan ook vooral aan wat de invloeden van de verschillende factoren zijn; de absolute getallen geven een indicatie.

De vastleggingsgetallen (blauwe staven met onzekerheidsmarges figuur 2) voor boven- en ondergrond samen (100 cm) variëren van 1 tot 86 ton C/ha/20 jaar. Dit komt overeen met ruwweg:

- 3 tot 316 ton CO₂/ha/20 jaar
- 0,07 tot 4,3 ton C/ha/jaar
- 0,15 tot 1,64 massa-% organische stof in 20 jaar

Het potentieel van de bovengrond schatten wij substantieel hoger in dan dat van de ondergrond. Naar verwachting zal de vastlegging in de ondergrond grotendeels plaatsvinden tussen 30 en 50 cm. In de bovengrond bevinden onze schattingen zich tussen 1 en 73 ton C/ha/20 jaar, overeenkomend met:

- 3 tot 268 ton CO₂/ha/20 jaar
- <0,1 tot 3,6 ton C/ha/jaar
- 0,1 tot 5 massa-% organische stof in 20 jaar

In de ondergrond schatten wij een bereik van:

- 0 tot 20 ton C/ha/20 jaar
- 0 tot 74 ton CO₂/ha/20 jaar
- 0,0 tot 1,0 ton C/ha/jaar
- 0,0 tot 0,6 massa-% organische stof in 20 jaar

Als we nu verder kijken naar onze schattingen, valt ten eerste op dat maatregel A (omzetting naar grasland) ongeveer twee keer zoveel vastlegging geeft als de andere twee maatregelen. Dit ligt echter binnen de verwachting gezien de uitgangspunten in tabel 1. Een kleine afwijking hiervan bestaat echter voor de ondergrond bij de zandgronden. Maatregel C (wisselteelt) heeft vergeleken met maatregel B (niet

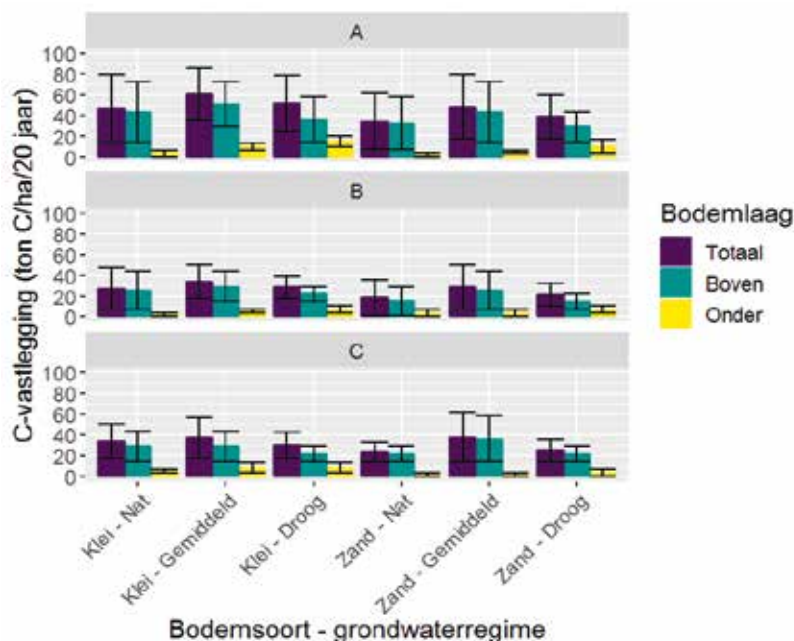
scheuren en doorzaai) een lager potentieel in de ondergrond, omdat de stijging van het organische stofgehalte door deze maatregel vooral een effect is van het achterblijven van meer gewasresten en niet van diepere beworteling. De gewasresten komen met name terecht in de bovenste 30 cm. Daarbij wortelt oud grasland vaak minder diep, alhoewel het tegenovergesteld wordt waargenomen. Bij maatregel A dient wel te worden vermeld dat wanneer het gras een diepwortelend gewas zoals luzerne of bieten vervangt, de vastlegging in de ondergrond juist minder zou kunnen worden.

Wat verder opvalt, is dat in kleigrond meer opslag mogelijk is. Dit volgt logischerwijs uit de binding van organische stof aan kleideeltjes. De spreiding is ook hier groot, omdat veel Nederlandse kleigronden - met name de riviergronden - al dicht bij organische stof-verzadiging zitten. Dit geldt juist niet voor veel zeekleigronden, want die hebben vaak lage organische stofgehaltes (tot 3%) en zijn veelal in gebruik voor akkerbouw. Hier ligt dus een groot potentieel, waarbij wel opgemerkt moet worden dat deze gronden ook veel kalk bevatten waardoor de afbraak van organische stof sneller gaat (maar ook sneller stabiele organische stof wordt gevormd).

Met betrekking tot het effect van grondwaterregime kunnen we zeggen dat droge kleigronden in potentie relatief ruime mogelijkheden hebben voor vastlegging in de ondergrond, omdat de bewortelingsdiepte hier groot is. Of de wortels altijd massaal grote diepte halen, hangt echter af van factoren als de gelaagdheid en ondergrondverdichting.

In droge zandgronden loopt het potentieel sterk uiteen. In Enkeerdgronden (figuur 1d), met een reeds dikke humushoudende bovengrond, kan de beworteling diep gaan, terwijl dit op droge, arme vaaggronden juist niet gebeurt. Of de wortels daadwerkelijk diep gaan, hangt met name af van het effect van de droogtegevoeligheid van het soort gras en van ondergrondverdichting. Voor droge zandgronden geldt ook dat een

Figuur 2. Expert-schattingen van koolstofvastlegingspotentieel voor de drie verschillende maatregelen (A = 'Akkerbouw omzetten naar blijvend grasland', B = 'Grasland niet scheuren en doorzaai i.p.v. herinzaai', C = 'Wisselteelt met 3 jaar korrelmaïs met onderzaai maximaal drie jaar bouwland') voor bovengrond (0-30 cm), ondergrond (30-100 cm) en het gehele profiel (0-100 cm). De schattingen zijn gecategoriseerd per grondsoort en per grondwaterregime (zie tabel 2). De onzekerheidsmarges zijn gebaseerd op de ingeschatte effecten van leem-/kleigehalte en organische stofgehalte bij aanvang. Lagere of hogere getallen kunnen in werkelijkheid natuurlijk optreden. Wanneer het organische stofgehalte al verzadiging heeft bereikt, is bijvoorbeeld binnen die laag geen vastlegging meer mogelijk.



hogere organische stofgehalte bij aanvang juist grotere mogelijkheden kan bieden. Dit komt doordat dit het vochtvasthoudend vermogen van de bodem vergroot, waardoor het gewas beter kan groeien en er tussen grotere opbouw van organische stof mogelijk is.

In natte gronden is het potentieel van de ondergrond over het algemeen laag, omdat de wortels niet diep kunnen komen. In de bovengrond van natte kleigronden kan gras in principe goed groeien. Wanneer het echter zeer nat wordt, kunnen er andere soorten in de grasmat komen hetgeen de opbouw van organische stof beperkt. Hierdoor is de spreiding voor deze categorie in figuur 2 vrij groot. Op zandgronden met een gemiddeld grondwaterregime is de beworteling en daarmee het vastlegingspotentieel vooral afhankelijk van de dikte van de zwarte bovengrond. Onder de

zwarte laag komen de wortels maar zeer weinig.

Belangrijke effecten die wij niet expliciet hebben meegenomen in onze schattingen komen van de zuurgraad en het soort humus dat reeds aanwezig is in de bodem. Onder zure omstandigheden wordt minder organische stof vastgelegd. Onder zure omstandigheden wordt ook sneller zogeheten mor humus gevormd. Mineralisatie van organisch materiaal verloopt in dit geval traag en vormt een laag bovenin de bodem. Voor landbouwkundig gebruik is dit niet bevorderlijk. Daar waar dit type organische stof aanwezig is, zoals in arme dekzandgronden, moet voorzichtigheid geboden worden bij het verhogen van het organische stofgehalte.

In landbouwgronden wordt, mede door bekalking en het opbrengen van voedsel-

rijke organische stof, over het algemeen echter mul humus gevormd. Dit type mengt goed met de bodem en bindt goed aan bodemdeeltjes, om langdurig en met positief gevolg voor de bodemgeschiktheid, vastgelegd te worden.

De resultaten geven met name aan dat de mogelijkheden tot koolstofvastlegging sterk variëren afhankelijk van de meegewogen factoren. De ondergrond geeft grotere kansen in kleigronden en enkele gemiddeld natte tot droge zandgronden.

Synthese

De geschatte vastlegingsgetallen voor de drie geselecteerde maatregelen (maatregelen A, B en C in tabel 1) voor het gehele bodemprofiel (0-100 cm) variëren sterk, van 3 tot 316 ton CO₂/ha/20 jaar. Het vastlegingspotentieel van de bovengrond (3-268 ton CO₂/ha/20 jaar) is beduidend hoger dan van de ondergrond, waarbij wij inschatten dat de vastlegging (0-74 ton CO₂/ha/20 jaar) vooral beperkt zal zijn tot de laag van 30 tot 50 cm onder maaiveld. In kleigronden met een gemiddeld tot droog grondwaterregime is over het algemeen meer mogelijk, met name ook in de ondergrond, vanwege diepere beworteling. Grote spreiding voor kleigronden komt met name door het verschil in grote variatie in huidige organische stofgehaltes (zeekleigronden versus rivierkleigronden). Voor zandgronden is de spreiding relatief groot voor de maatregelen waarbij de beworteling een belangrijke rol speelt. In bepaalde gronden, zoals met een dikkere zwarte laag, is veel mogelijk, waardoor de spreiding voor deze categorie relatief groot is.

Bij het feit dat uit onze schattingen blijkt dat het potentieel van de ondergrond in veel gevallen beperkt is, moet nog wel een kanttekening worden gemaakt. Wij hebben namelijk gerekend met een termijn van 20 jaar. Toenamen in organische stofgehaltes in de ondergrond als gevolg van diepere beworteling is een zeer langzaam proces. Dit betekent dat er op de relatief korte

termijn van 20 jaar wellicht niet veel te bereiken valt, maar op de lange termijn mogelijk des te meer. Daarbij zijn deze lagen vaak verre van verzadigd van organische stof, waardoor het potentieel op lange termijn mogelijk groot is.

Tot slot zijn niet meegewogen factoren van invloed. Een belangrijk voorbeeld is ondergrondverdichting, omdat dit de bewortelingsdiepte en gewasgroei sterk kan beperken. Of maatregelen op een bepaalde locatie succesvol zullen zijn, hangt daarmee mede af van de bodemconditie. Het opheffen van verdichting en storende lagen, het verbeteren van de bodemconditie in het algemeen en een voldoende hoge zuurgraad kan de beworteling bevorderen. Voor duurzame en kansrijke koolstofvastlegging in de bodem is het bevorderen van een goede bodemconditie en daarmee de waterhuishouding dus van groot belang.

Het tweede artikel ('Maatregelen voor Nederland') bediscussieert de haalbaarheid van de drie uitgelichte maatregelen. Daaruit kwam naar voren dat het vergroten van het areaal grasland (maatregel A) niet zonder meer haalbaar is voor intensieve melkveebedrijven wanneer zij voldoende ruw- en krachtvoer moeten produceren¹⁶. Het niet opnieuw inzaaien van grasland (maatregel B) kan uitdagend zijn, omdat dit bij achteruitgang in de botanische samenstelling niet altijd haalbaar kan zijn¹⁹. Bij wisselteelt (maatregel C) bestaat het gevaar van teruglopende opbrengsten^{10,20}. Vanuit het perspectief van de bodem blijkt dat het verhogen van organische stofgehalten niet op alle gronden in alle gevallen gewenst is, omdat het negatieve gevolgen voor de bodem en gewasgroei kan hebben; dit geldt bijvoorbeeld voor kleigronden met veel organische stof. Het is daarbij van belang niet te snel te veel verse organische stof op te brengen, ook omdat er dan relatief meer terug naar de atmosfeer verdwijnt. De situatie verschilt tussen bodemtypen, grondwaterregime en landgebruik en dus is lokale bodemkennis van groot belang bij

het nemen van maatregelen om koolstof vast te leggen in de bodem.

Uit zowel het eerste ('Inleiding en de klimaatdiscussie') als het tweede ('Maatregelen voor Nederland') artikel kwam naar voren dat de Nederlandse minerale bodem door middel van koolstofvastlegging een beperkte bijdrage kan leveren aan het oplossen van het klimaatvraagstuk. Het is belangrijk langetermijnafspraken te maken bij het opstellen van koolstofvastleggingsprogramma's en rekening te houden met andere broeikasgasemissies binnen de landbouwsector. Bij de kwantificatie van de mogelijke bijdrage van de Nederlandse bodem aan de oplossing van het klimaatvraagstuk is de ondergrond in eerdere studies weinig toch niet meegenomen¹⁶. Dit was de belangrijkste motivatie voor het schrijven van dit drieluik met focus op de ondergrond. Onze schattingen geven aan dat hier wel degelijk kansen kunnen liggen, alhoewel deze onder de meeste bodemkundige en hydrologische omstandigheden beperkter zijn dan in de bovengrond. Gezien er beperkt onderzoek is gedaan naar de ondergrond, liggen er mogelijk kansen die momenteel nog niet worden benut. Maatregelen zoals dieper wortelende gewassen en het verminderen van ondergrondverdichting kunnen hier mogelijk ook aan bijdragen.

Aanbevelingen

Gezien (1) de hiervoor geschetste enigszins beperkte bijdrage van koolstofvastlegging aan klimaatmitigatie internationaal en in Nederland, (2) de belangrijke invloed van lokale verschillen in bodem, watergesteldheid in Nederland en (3) haalbaarheid van de maatregelen met het oog op realistische bedrijfsvoering en bodemkwaliteit, vinden wij dat bij toekomstige koolstofvastleggingsprogramma's grote aandacht besteed moet worden aan bodemkwaliteit op basis van kennis van lokale verschillen. Bodemkwaliteit moet daarbij dus voorop staan; anders zijn de programma's niet duurzaam. In bepaalde gevallen is het

verhogen van het organische stofgehalte namelijk niet wenselijk of haalbaar.

Gedegen kennis van bodem, hydrologie en agrarische bedrijfsvoering zijn dan ook nodig om maatregelenpakketten af te stemmen op lokale situaties. Dit is bij het inschatten van het potentieel van de ondergrond bijzonder van belang, gezien de invloed van het grondwaterregime. Wij bevelen dan ook aan niet massaal, zeker niet zonder een goed idee te hebben van de gevolgen voor de bodemkwaliteit, organische stofgehalten te gaan verhogen.

Wij denken dat het verstandig is een beloningssystemen voor agrariërs te baseren op de inspanning de bodemkwaliteit te verbeteren door een evenwichtig organisch stofgehalte te bewerkstelligen. Daarbij speelt ook een rol dat het betrouwbaar monitoren van de vastlegging van atmosferische koolstof in de bodem en dus niet alleen stijging in organische stofgehalten, waarbij negatieve gevolgen van bijvoorbeeld toename in lachgasuitstoot worden meegenomen, behoorlijk uitdagend is²¹. Beloningsmethodieken die zo goed mogelijk rekening houden met verschillende uitdagingen zijn al voorhanden²². Deze zouden meer zekerheid kunnen bieden om financiële beloningen op betrouwbaar niveau te baseren op koolstofvastlegging en daarmee gedegen aansluiting te maken met de carbon credit markt. De agrariër zou dan gewaardeerd kunnen worden om bijdragen aan verschillende duurzaamheidsdoelen, waaronder bodemkwaliteit, terugdringing van de milieubelasting van het water (zoals stikstofbelasting) en het klimaat.

Tot slot ligt er gezien de beperkte kennis van het potentieel van de ondergrond (> 30 cm) een belangrijke onderzoekstaak voor wetenschappers en andere experts. Onze expertschattingen moeten daarbij worden gevalideerd door wetenschappelijk onderzoek, met een belangrijke rol voor experimentele studies en monitoringsprogramma's.



Het Grote Klimaat Oplossingen Congres



Op dinsdag 3 december vindt in het provinciehuis van Noord-Brabant de eerste editie plaats van het Grote Klimaat Oplossingen Congres. De naam geeft exact het doel weer: het congres moet actiepunten opleveren voor tastbare oplossingen voor de klimaatproblematiek, wellicht de grootste uitdaging waar we voor staan.

Het congres vormt een concretisering van de oplossingen die het recent verschenen boek Drawdown aandraagt, het meest veelomvattende plan dat ooit is voorgesteld om de opwarming van de aarde tegen te gaan. Doel van het congres is aantrekkelijke handelingsperspectieven voor ons land te ontwikkelen. Dit gebeurt zowel plenair als in deelsessies. De organisatie is in handen van MilieuCompleet, het gezamenlijke platform van VVM, Milieu Compact en MilieuMagazine. Het belooft een druk en interessant congres te worden en vol is vol!

Juridisch Café over BENG

Vanaf 1 juli 2020 moet nieuwbouw, zowel woningbouw als utiliteitsbouw, voldoen aan de eisen voor bijna energieneutrale gebouwen (BENG). De BENG-eisen gaan de bestaande EPC-normen vervangen. Zij stellen normen voor de maximale energiebehoefte van een woning en zowel het maximale als minimale energiegebruik dat nodig is om hierin te voorzien. Op dinsdag 5 november 2019 organiseert de VVM-sectie Milieurecht en praktijk een juridisch café over BENG. Zoals gebruikelijk is er ook nu weer ruim de gelegenheid voor discussie en uitwisseling van ervaringen van de deelnemers.

Onvoldoende voor Nationale Omgevingsvisie

Het ambitieniveau van het ontwerp van de Nationale Omgevingsvisie, kortweg NOVI, ligt te laag, zo heeft de VVM in een reactie laten weten. De NOVI ontbeert een visie gericht op het maken van grote, meer fundamentele keuzes die nodig zijn voor een transformatie naar een duurzame toekomst. Het beleidsdocument is daarmee onvoldoende uitdagend en verleidend. Ook komt de integratie van verschillende beleidsterreinen, zoals ruimtelijke ordening, gezondheid en milieu, niet uit de verf: de NOVI is vooral een ruimtelijk plan. Daarnaast is ook de rol voor het Rijk zelf onduidelijk ingevuld. De ambitie lijkt te zijn: behouden van de huidige kwaliteit en vervolgens de nieuwe dingen die ruimte vragen slim combineren. In plaats daarvan zou herstel het doel moeten zijn en waar mogelijk ook duurzame meerwaarde toevoegen. In dat geval is de opgave waar Nederland voor staat veel groter dan nu uit de NOVI spreekt. De complete zienswijze met bijlagen is te vinden op www.vvm.info

Opleiding Lucht

De samenleving vraagt om goed opgeleide professionals en experts op het gebied van luchtverontreiniging, luchtkwaliteit en depositie. Tegelijkertijd is de breedte en complexiteit van dit vakgebied groot. Daarom heeft het Platform Kwaliteit luchtmetingen (PKL) het initiatief genomen om een opleiding Lucht op te zetten op post-HBO niveau. Deze opleiding geeft een stevige basis voor uw werkzaamheden. De opleiding wordt georganiseerd door VVM en PAO Techniek en Management en is gestart op 12 september 2019. U kunt zich nog inschrijven voor losse modules. Meer informatie en inschrijven op vvm.info onder de knop 'Cursussen en opleidingen'.



ZZP-café

Op 30 oktober vindt bij de VVM het eerste ZZP-café plaats: Zelfstandig maar niet alleen! De afgelopen jaren heeft het aantal zelfstandigen een grote vlucht genomen; veelal gewild, maar lang niet altijd. Als zelfstandige heb je veel vrijheden, maar je staat ook overal alleen voor. Is dat zo? Nee, dat hoeft niet zo te zijn! De VVM wil zelfstandigen (zowel VVM-leden als niet-leden) bij elkaar brengen om elkaar te leren kennen en van elkaar te leren. Samen staan we sterk(er) en samen is het ook leuk(er). Barbro van der Ham van ProfitFirst zal ons meer vertellen hoe je je eigen financiën kunt organiseren en ook geld over kunt houden. Ervaren ZZP-ers uit eigen VVM-gelederen zullen vertellen over hun

ervaringen met het binnenhalen van nieuwe opdrachten (Peter van de Laak) en hoe je projecten organiseert (Han van Niekerk). Schrijf je in en zorg er mede voor dat dit eerste ZZP-café een succes wordt en dat er nog vele zullen volgen.

Seagriculture - voedselproductie op zee

Om te voldoen aan de toekomstige vraag naar voedsel, diervoeding en organisch materiaal is opschaling van agrarisch productie noodzakelijk. Aangezien 70% van het aardoppervlak uit water bestaat, ligt het voor de hand de mogelijkheden voor seagriculture te benutten. Er liggen namelijk tal van kansen voor het gebruik van de zee voor voedsel- en energieproductie.



De zeeboerderij is beslist geen vaag toekomstbeeld. De laatste jaren wordt er bijvoorbeeld al volop ervaring opgedaan met aquacultuur (teelt van vis) en maricultuur (teelt van algen) op zee. Ook is in het concept Klimaatakkoord de ambitie uitgesproken om 14.000 km² blauwe teelt te realiseren. In het VVM Café op 20 november wordt het gesprek hierover aangegaan met vertegenwoordigers van de aquacultuurindustrie, visserij, retail en de logistiek. Gezamenlijk wordt verkend wat de transitie naar Seagriculture omhelst, wat de te verwachten positieve en negatieve impacts zijn en wat er kan worden gedaan om negatieve effecten te vermijden.

Jaarcongres Relevant: veilige transitie

Jaarcongres Relevant 2019, hét congres voor iedereen die werkzaam is op gebied van Externe Veiligheid, vindt plaats op dinsdag 19 november in Casa te Amsterdam. Dit jaar staat het jaarlijkse congres in het teken van actualiteit en transparantie: wat staat de veiligheidsprofessional te wachten de komende periode? En hoe werk je als overheid en bedrijfsleven samen aan een veilig Nederland?



Rachel Heijne,
directeur VVM

colofon

ISSN 1569-3449, Jaargang 25, 2019 nr. 5

Tijdschrift Milieu is een uitgave van de VVM en verschijnt achtmaal per jaar in een oplage van 1.750 exemplaren.

Deze special is gemaakt in opdracht van het Mesdag Zuivelfonds.

VVM-lidmaatschap 2019

- Persoonlijk: € 125,-; buitenland: € 165,-
 - Instellingen en bedrijven: € 700,-
 - Studenten: € 40,-
 - Gepensioneerden, recent afgestudeerden, partners en uitkeringsgerechtigden: € 80,-
 - Proeflidmaatschap (6 mnd) € 65,-
- Meer informatie, zie: www.vvm.info

Abonnementsprijs 2019

€ 125,-; buitenland: € 165,- (excl. 6% BTW, excl verzendkosten)
Los nummer: € 15,- (incl. BTW)

VVM-bureau

Drs Rachel Heijne (directeur)
Marie Thérèse van Heijningen
Joost Heilbron
Sara Jantzen
Adriaan Klaasse
Annemieke Vermeulen
p/a Uco, 2e Daalsedijk 6a, 3551 EJ Utrecht
Telefoon: 030-2322989
E-mail: bureau@vvm.info
Website: www.vvm.info

Hoofdredacteur

Jan de Graaf, 06-21905843, graafcom@wxs.nl

Drukproefcorrectie

Rachel Heijne

Ontwerp

Made in Haarlem

Opmaak

Twin Media

Druk

Virtùmedia

Advertentieverkoop

Virtùmedia, Albert van Kuijk, 030 - 6933822,
avankuijk@virtumedia.nl

Redactie Milieu Dossier

Léon Janssen (vz, Schuttelaar & Partners), Emile Schols (RIVM)
Maurits Groen (MGMC), Dries Hegger (Universiteit Utrecht),
Sonja Kruitwagen (PBL), Marcel Rietberg (Omgevingsdienst
Zuid-Holland Zuid), Paquita Perez Salgado (Open Universiteit)

Redactieraad

prof. dr Rudy Rabbinge, voorzitter
mr. Jan van den Broek, VNO-NCW
prof. dr. Jacqueline Cramer,
Utrecht Sustainability Institute
ing. Vera Dalm, Milieu Centraal en voorzitter VVM
Eduard Dame, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Ronald Albers, TNO
dr. Carel Dieperink, Universiteit Utrecht
prof. dr. Carolien Kroeze, Wageningen Universiteit
drs. Dries van Loenen, Ministerie van EZK
ir. Jan Karel Mak, Deerns
ir. Jan Paul van Soest, zelfstandig adviseur

Foto voorpagina

Michiel Wijnbergh

Prijswijzigingen, zet- en drukfouten voorbehouden. Aan de informatie in Milieu kunnen geen rechten worden ontleend. Tijdschrift Milieu wordt op FSC-papier gedrukt.



Foto: CC0 Unsplash | pixabay

VVM
MilieuCompleet
Provincie Noord-Brabant

Grote Klimaat Oplossingen Congres

Op zoek naar tastbare oplossingen voor de
klimaatproblematiek

Congres |
3 december 2019 |
Provinciehuis Brabant | Den Bosch



netwerk van
milieuprofessionals



Provincie Noord-Brabant

Op dinsdag 3 december vindt het eerste Grote Klimaat Oplossingen Congres plaats. De naam geeft exact het doel weer: het congres moet actiepunten opleveren voor tastbare oplossingen voor de klimaatproblematiek, wellicht de grootste uitdaging waar we voor staan.

Het congres vormt een concretisering van de oplossingen die het recent verschenen boek Drawdown aandraagt, het meest veelomvattende plan dat ooit is voorgesteld om de opwarming van de aarde tegen te gaan. Doel van het congres is aantrekkelijke handelingsperspectieven voor ons land te ontwikkelen.

www.vvm.info/klimaatcongres

Foto: CC0 Gerd Altmann | pixabay

