

Bodem & Klimaat Netwerk – Akkerbouw

Voortgangsrapportage 2020

Leen Janmaat¹ en Chris Koopmans¹ (red.)

Met bijdragen van Hanneke Heesmans², Johan Specken², Daan Verstand² Mieke van Opheusden¹, Bart Timmermans¹, Dennis Heupink¹, Henk Westerhof¹ en Karola Colombijn-van der Wende³

¹ Louis Bolk Instituut ² Wageningen University & Research ³ ZLTO





Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit

Dit project is gefinancierd door het ministerie van LNV in het kader van de klimaatbeleid

COLOFON

Dit rapport is tot stand gekomen binnen het Project 'Bodem & Klimaat Netwerk – akkerbouw 2019-2020 binnen het Programma Slim Landgebruik in het kader van het LNV-klimaatbeleid.

© september 2020

Bodem & Klimaat Netwerk – Akkerbouw

48 pagina's

Chris Koopmans¹ en Leen Janmaat¹ (red.)

Met bijdragen van Hanneke Heesmans², Johan Specken², Daan Verstand², Mieke van Opheusden¹, Bart Timmermans¹, Dennis Heupink¹, Henk Westerhof¹ en Karola Colombijn-van der Wende³

¹ Louis Bolk Instituut ² Wageningen University & Research ³ ZLTO

Voorwoord

Dit project is onderdeel van een projectenportfolio Slim Landgebruik. Het doel is om maatregelen te vinden, te monitoren en te evalueren aan de hand van Netwerken en demonstraties om binnen de sector landbouw en landgebruik uiteindelijk in 2030 een vastlegging van 0.5 – 1 Mton CO₂ per jaar te realiseren als gevolg van het gebruik en beheer van land en bodem.

Bij de opzet van de netwerken hebben wij de medewerking gekregen van diverse mensen die aan de klimaatopgave in samenhang met duurzaam bodembeheer werken. De klimaatopgave, duurzaam bodembeheer en biodiversiteit wordt door de praktijk als een samenhangend geheel ervaren.

Wij danken de vele ondernemers die binnen het traject bereid zijn deel te nemen. Hun vaak inspirerend bijdragen in zowel de kennisbijeenkomsten alsook in individuele keukentafel gesprekken hebben een rijk beeld opgeleverd van wat de bodem en bodemaatregelen kunnen bijdragen aan de klimaatopgave. Specifiek danken we de 60 akkerbouwers die bereid zijn om hun percelen en gegevens beschikbaar te stellen voor zowel de metingen aan hun bodem alsook maatregelen in te zetten op de percelen en de effecten ervan te delen met de onderzoekers nu en in de komende jaren.

Meerdere regiocoördinatoren van (voormalig) Stichting Veldleeuwrik hebben bijgedragen aan de organisatie van de diverse bijeenkomsten.

Samen met de ZLTO is het initiatief gekoppeld aan Carbon Farming dat in de regio Zeeland de ambities heeft de bewustwording, kennisuitwisseling en demonstratie van duurzaam bodembeheer door middel van het managen van koolstof te bevorderen. Aansluitend op Zeeland zijn we samen met ZLTO ook het netwerk in Brabant gestart. Wij danken met name Karola Colombijn-van der Wende, Carla Michiels en Veronique Verdurmen-Serrarens voor hun steun en inzet.

Ook de medewerkers van Eurofins hadden afgelopen seizoen weer een stevige uitdaging met de vele analyses van de bodemmonsters. Daarvoor dank! Tenslotte hebben diverse collega's van de deelnemende organisaties bijgedragen aan zowel de voorbereidingen alsook bij de latere uitwerkingen in het traject.

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	9
2 Doelstellingen	10
3 Werkwijze	11
3.1 Aan de slag: maatregelen in netwerken	11
3.2 Economische ondersteuning klimaatmaatregelen	11
3.3 Kennisuitwisseling en begeleiding	12
3.4 Experimenteerruimte maatregelen	13
3.5 Bodemkwaliteitsmetingen	13
3.6 Analyse en maatwerkondersteuning	13
4 Resultaten	14
4.1 Aan de slag: maatregelen in netwerken in vier regio's	14
4.2 Economische ondersteuning klimaatmaatregelen Het effect van de maatregel 'Verbeteren gewas rotaties'	21
4.3 Economische ondersteuning klimaatmaatregelen Het effect van de maatregel 'Dierlijke mest en compost toevoegen'	26
4.4 Kennisuitwisseling en begeleiding	28
4.5 Experimenteerruimte maatregelen	30
4.6 Bodemkwaliteitsmetingen	31
4.7 Analyse van de koolstofbalansen	35
5 Conclusies en aanbevelingen	38
Referenties	41
Bijlage 1: Metingen en analyses BLN-indicatorset	42
Bijlage 2: Kansen en belemmeringen West-Brabant	43
Bijlage 3: Economische onderbouwing van de maatregel 'Verbeteren gewasrotaties'	44
Bijlage 4: Economische onderbouwing van de Maatregel 'Dierlijke mest en compost toevoegen'	47
Bijlage 5. Metingen aan de BLN-indicatorset met gemiddelden en standaarddeviatie per regionetwerk	48

Samenvatting

Het doel van het 'Bodem & Klimaat Netwerk' is om met een relevante en passende set aan klimaatmaatregelen binnen de akkerbouw aan de slag te gaan. Dit in aansluiting op de klimaatopgave om 0,5-1 Mton CO₂-vastlegging per jaar in 2030 per jaar te realiseren en de bredere doelstelling om een duurzaam beheer van landbouwgronden in 2030 te realiseren. Het specifieke doel daarbij is:

- Zichtbaar krijgen van wat wordt gedaan (maatregelen, metingen, uitdagingen en dilemma's) en dit verbinden met de maatschappelijke opgaven rond bodem, klimaat, biodiversiteit.
- Een brug te vormen tussen het wetenschappelijk onderzoek en de praktijk en daarbij kennis- en onderzoeksresultaten te valideren.
- Verzamelen van kwantitatieve meetresultaten en inzichten over bodemkoolstof en bodemkwaliteit. Dit om te weten of er daadwerkelijk koolstof wordt vastgelegd als gevolg van geïmplementeerde bodemmaatregelen.

Tabel 1 Implementatiepercentage van de verschillende maatregelen binnen de netwerken. De percentages geven een indicatie hoeveel bedrijven in het netwerk een specifieke maatregel toepassen.

Hoofdmaatregel (naar Lesschen, 2019)	Maatregel specifiek	Flevoland	Veenkoloniën	Zeeland	Brabant
Verbeteren gewasrotaties	Extensief bouwplan (>1:4)	47%	-	20%	7%
	Minstens 50% rustgewassen	27%	-	43%	21%
Niet-kerende grondbewerking (minimale grondbewerking)	Niet-kerende grondbewerking	13%	-	13%	7%
	Ondiep ploegen	73%	21%	-	21%
	Spitten	-	43%	-	7%
Dierlijke mest en compost toevoegen	Vaste dierlijke mest	60%	21%	29%	29%
	Champost	47%	-	29%	29%
	Groencompost	47%	73%	21%	29%
	GFT	-	-	-	14%
	Kunstmest vervangen door drijfmest	33%	100%	80%	100%
Gewasresten achterlaten	Stro inwerken na oogst	43%	93%	27%	50%
Vanggewas/groenbemesters	Volgens GLB	100%	100%	100%	100%
	Extra inzaaien GLB+	13%	36%	-	64%
	Groeiduur verlengen / overwinteren	27%	64%	67%	71%
	groenbemester				
Akkerranden/vogelakkers		20%	14%	7%	29%

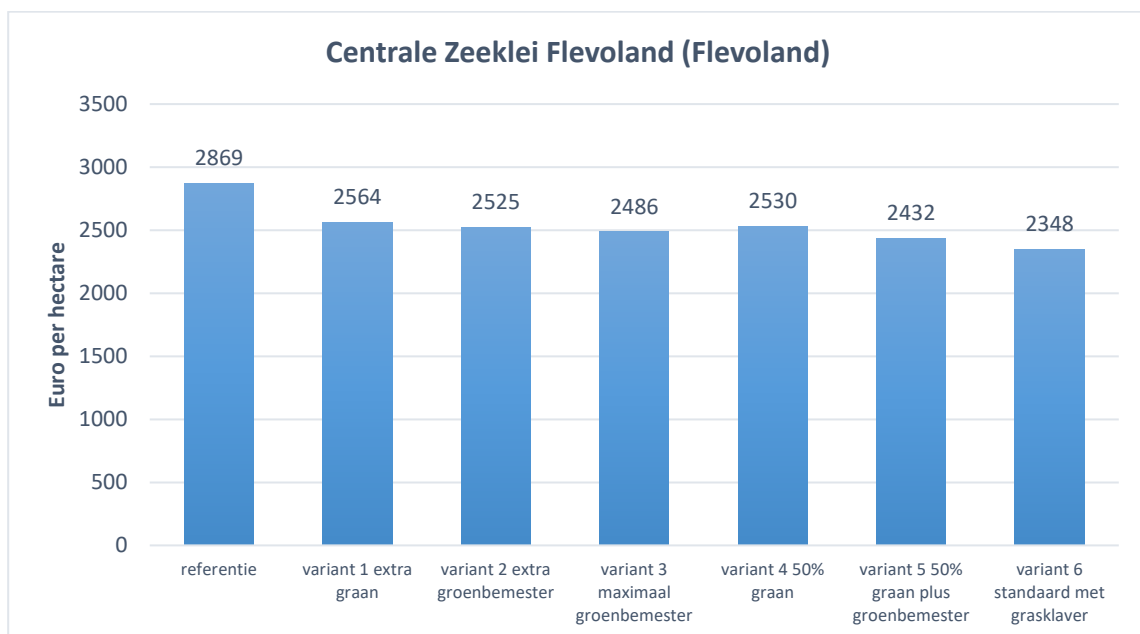
Uit deze tabel 1 blijkt dat de bouwplannen in Flevoland gerelateerd aan het aandeel aardappels wat ruimer zijn dan in de andere regio's. De deelnemers in Zeeland hebben meer rustgewassen opgenomen in hun bouwplannen. De Veenkoloniën wijken hierin wat af omdat hier de zetmeelaardappelen een groot aandeel in de bouwplannen innemen.

Het vaststellen van het implementatiepercentage van grondbewerkingsvarianten is moeilijk omdat dit per perceel kan variëren. Een onderverdeling is lastig eenduidig te maken. Is alleen

woelen hetzelfde als niet kerende grondbewerking? Met name in de Veenkoloniën wordt het ploegen vaak vervangen door woelen of spitten.

Bij de keuze tussen vaste mest of compost valt de keuze vaak op groencompost omdat hiervan de stikstof en fosfaat gedeeltelijk worden meegerekend in de mestregelgeving. Vrijwel alle deelnemers ervaren de huidige mestwetgeving als een belemmering bij toepassing van koolstofhoudende organische meststoffen. De bemestingsstrategie binnen de huidige mestregels is met name gericht op het in stand houden van organische stofgehalte van de bodem.

Om inzicht te verkrijgen in de financiële impact van verschillende maatregelen zijn meerdere varianten per maatregel doorgerekend. Het verbeteren van bouwplannen door verruiming met meer graan en rustgewassen, plus het toevoegen van extra groenbemester hebben invloed op zowel opbrengsten als kosten. Onderstaande figuur 1 geeft als voorbeeld Flevoland weer.

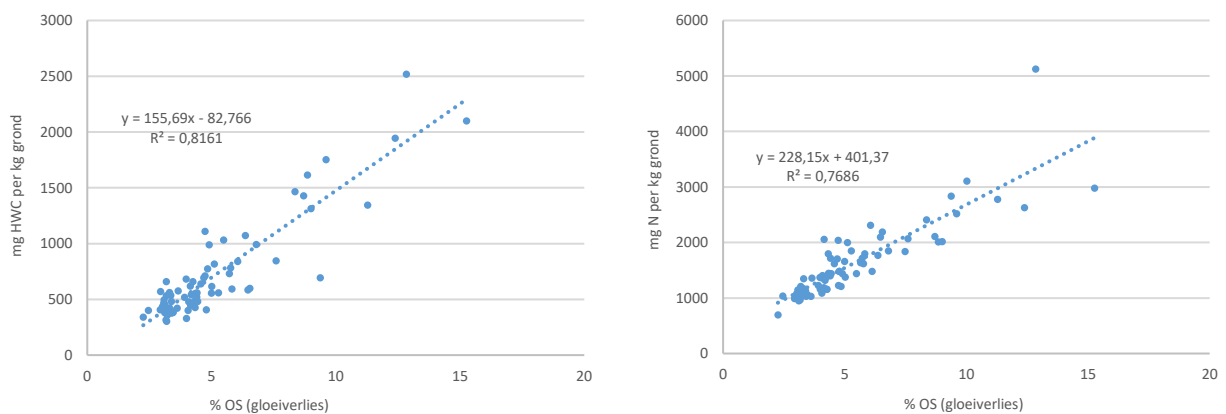


Figuur 1. Berekende bouwplansaldi in euro per hectare, van de referentie en de variant-bouwplannen voor Centrale Zeeklei van Flevoland.

Het saldooverlies is het grootst als een hoog salderend gewas vervangen wordt door een laag salderend graan of rustgewas. In Koopmans et al. (2020) zijn de effecten op de koolstofvastlegging nader uitgewerkt. Ook aanvoer van organische mest heeft invloed op de kosten en baten. Met een ander type organische mest kan de organische stofbalans van het bedrijf behoorlijk veranderen. Dat heeft ook gevolgen voor de kosten: de eerste berekeningen laten zien dat de stap van varkens- naar rundveedrijfmest al een flinke verbetering in effectieve organische stof (EOS) oplevert, maar in aanschaf een financieel nadeel van 200 euro per ha.

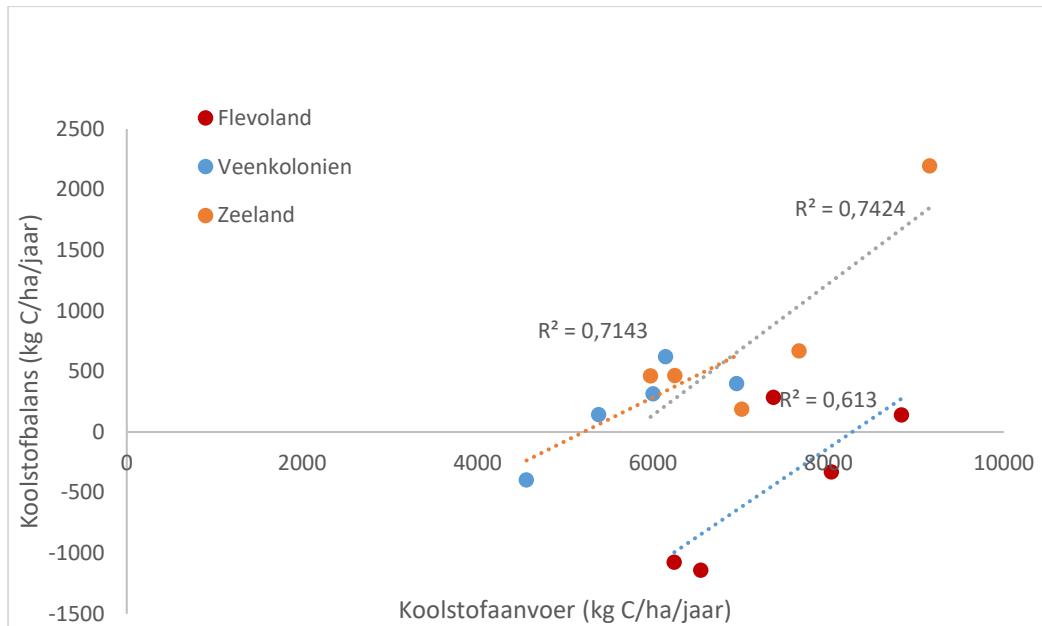
Binnen de netwerken zijn op de bedrijven in 2018 twee percelen geselecteerd waar de opbouw van de bodemkoolstof kan wordt gevolgd met behulp van bodemanalyses. Binnen de netwerken in Flevoland, Veenkoloniën en Zeeland heeft op alle bedrijven een nulmeting plaatsgevonden in 2018 (Koopmans en Janmaat, 2019). Deze percelen zijn eind 2019 – begin 2020 opnieuw bemonsterd. In aanvulling op bodemkoolstofmetingen zijn op alle bedrijven in dezelfde percelen gegevens verzameld die zicht geven op de bodemkwaliteitsindicatoren (BLN indicatorset; Bijlage 5)). In het nieuw aangesloten netwerk in West-Brabant is in de winter van 2019-2020 de nulmeting uitgevoerd.

Onderstaande Figuur 2 laat bijvoorbeeld zien dat er een sterke correlatie is tussen het organische stofgehalte van de bodem en de HWC ($R^2=0,82$) die kan dienen als indicator voor de activiteit van het bodemleven. Opbouw van organische stof gaat dus gepaard met opbouw van de HWC. Ook correleert het opgebouwde organische stofgehalte met de indicator N-totaal ($R^2=0,77$). Zulke relaties zijn van belang om het draagvlak voor koolstofvastlegging in de bodem onder akkerbouwers te vergroten. In het vervolg is voorzien om deze correlaties nader in kaart te brengen met de meetgegevens. Dit om te zien welke bodemindicatoren meekoppelen (positief- of negatief) met de koolstofvastlegging.



Figuur 2. De correlatie tussen het organische stofgehalte-gloeiverlies en de Hot Water Carbon (HWC, links) en N-totaal (rechts) binnen de netwerken Flevoland, Veenkoloniën en Zeeland.

Naast de bodemmetingen zijn er voor 15 deelnemende bedrijven organische stofbalansen opgesteld. Uit deze berekeningen blijkt een correlatie tussen de koolstofaanvoer en de koolstofbalans (Figuur 3). Daaruit kan worden geconcludeerd dat de aanvoer van extra koolstof (in de vorm van organisch materiaal) ook echt zorgt voor opbouw, en niet alleen voor een hogere afbraak. Er zijn ook regionale verschillen te zien. In Flevoland lijkt het moeilijker om een positieve balans te behalen dan in Zeeland of de Veenkoloniën.



Figuur 3. Koolstofbalans versus koolstofaanvoer van 15 bedrijven in de regio's Flevoland, Veenkoloniën en Zeeland

De vraag is in hoeverre de bedrijven die maatregelen nemen en een positieve koolstofbalans vertonen effectief bijdragen aan het doel van de 0,5 Mton CO₂ vastlegging per jaar. Uitgaande van een totale 1.719.002 ha beschikbare minerale landbouwgrond in Nederland (Koopmans et al., 2020) waarop gewassen geteeld worden en waarbij de maatregelen uit de Lesschen (2012) tabel potentieel toepasbaar zijn, zou gemiddeld 80 kg C per ha moeten worden vastgelegd om de doelstelling te realiseren. Volgens de eerste koolstofbalansberekeningen met de 15 bedrijven binnen het netwerk, is de vastlegging van koolstof bij 7 van de 15 onderzochte bedrijven (47%) nu voldoende hoog om effectief bij te dragen aan het bereiken van deze doelstelling. Deelnemers aan de netwerken vormen echter geen representatieve afspiegeling, maar ze laten zien dat bodembeheermaatregelen een effectieve bijdrage kunnen leveren aan de koolstofvastlegging.

1 Inleiding

De klimaatdoelstelling van de overheid is om binnen de sector landbouw en landgebruik uiteindelijk in 2030 een vastlegging van 0,5-1 Mton CO₂ per jaar te realiseren door het gebruik en beheer van land en bodem. Dit komt neer op een gemiddelde van 500 – 1000 kg CO₂ (ofwel 140-270 kg C) vastlegging per ha per jaar in de bodem voor in totaal 2 Mha landbouwgrond. Binnen de klimaatenvolpe is de mogelijke bijdrage voor het vastleggen van CO₂ van de sector landbouw en landgebruik beschreven (Lesschen et al., 2012). Om te laten zien dat de bodem een bijdrage kan leveren aan het vastleggen van CO₂ is het gewenst (1) de bijdrage van managementmaatregelen aan koolstof vastlegging te kwantificeren zoals deze in de praktijk voorkomen; (2) de resultaten met de praktijk te inventariseren met ondernemers (voorlopers) die actief bodem-klimaatmaatregelen nemen in netwerken en (3) mogelijkheden te verkennen die boeren ertoe bewegen verdere maatregelen toe te passen.

Om zicht te krijgen welke bijdrage de bodem kan leveren aan het vastleggen van CO₂ is het zinvol middels demonstraties en netwerken te onderzoeken wat in de praktijk mogelijk is, wat al gedaan wordt en wat nog kan worden gedaan. Hierbij staat het stimuleren en ondersteunen, naast het toetsen en kwantificeren, voorop. In 2018 is gestart met netwerkgroepen in drie regio's: Flevoland, Zeeland en Veenkoloniën. In 2019-2020 is hier een netwerkgroep in Zuidwest-Brabant aan toegevoegd. Deze netwerken betreffen een samenwerking van ondernemers die erop gericht is bewustwording, kennisuitwisseling en demonstratie van duurzaam bodembeheer vanuit klimaatperspectief te bevorderen. De deelnemers aan deze groepen zijn vooral boeren die enthousiast zijn om aan klimaatmaatregelen te werken en geven daarmee inzicht in wat de mogelijkheden rond klimaatmaatregelen zijn. Ze vormen daarmee niet noodzakelijkerwijs een representatieve steekproef uit een regio.

2 Doelstellingen

Het doel van het 'Bodem & Klimaat Netwerk' is om met een relevante en passende set aan klimaatmaatregelen binnen netwerken en demonstraties aan de slag te gaan. Dit in aansluiting op de klimaatopgave van 0,5-1 Mton CO₂-reductie in 2030 en tevens ingebed in een bredere doelstelling om meer duurzaam bodembeheer en een duurzame landbouw te realiseren.

Het doel is:

- Een brug te vormen tussen het wetenschappelijk onderzoek en de praktijk en daarbij kennis- en onderzoeksresultaten te valideren. Samenwerking met de praktijk om duurzaam bodembeheer en klimaatvriendelijke landbouwmaatregelen handen en voeten te geven. Dit middels testen en demonsteren en telers te verleiden hiermee aan de slag te gaan.
- Uitbreiding van het netwerk met een extra groep (ca 15 ondernemers) op zand in zuidwest Nederland.
- Verzamelen van kwantitatieve meetresultaten en inzichten over bodemkoolstof en bodemkwaliteit. Dit om te weten of er daadwerkelijk koolstof wordt vastgelegd als gevolg van geïmplementeerde bodemmaatregelen. Zo is het van belang de voorraad aan organische stof in de bodem te kennen, als ook de effecten van de verschillende maatregelen die genomen worden vast te stellen. Daarmee kan de impact van maatregelen worden berekend en gemonitord. Ook is het van belang instrumenten te ontwikkelen waarbij op eenvoudige wijze veranderingen kunnen worden vastgesteld en toepasbaar zijn in de praktijk.
- Zichtbaar krijgen van wat wordt gedaan (maatregelen, metingen, uitdagingen en dilemma's) en dit verbinden met de maatschappelijke opgaven rond bodem, klimaat, biodiversiteit.

3 Werkwijze

In het werkplan 'Bodem & Klimaat Netwerk – Akkerbouw' zijn voor 2019 een aantal uit te voeren activiteiten beschreven. In dit hoofdstuk is de werkwijze voor de verschillende activiteiten kort beschreven.

3.1 Aan de slag: maatregelen in netwerken

Tijdens de bedrijfsbezoeken/keukentafelgesprekken eind 2018 hebben deelnemers in drie regionetwerken - op basis van hun ambities en mogelijkheden - één of meerdere CO₂-vastleggende maatregelen voor toepassing op hun bedrijf geselecteerd. In 2019 is dit netwerk uitgebreid met een regionaal netwerk van 15 deelnemende boeren in West-Brabant.

Met ondernemers is afgesproken dat jaarlijks relevante informatie en data m.b.t. ervaringen met maatregelen en bedrijfsvoering worden verzameld. In 2019 is tijdens individuele bedrijfsbezoeken:

- Per deelnemer teruggekoppeld over de resultaten uit 2018;
- De bevindingen en ervaringen doorgesproken met betrekking tot de genomen maatregelen
- Informatie verzameld ten aanzien van bemesting en opbrengst van percelen waar maatregelen worden toegepast.

Hiermee wordt vormgegeven aan het op maat inregelen en borgen van de maatregelen op de deelnemende bedrijven. Tijdens de bezoeken is er tevens ruimte voor sparring en kennisuitwisseling. In de vier regionetwerken zijn in het vierde kwartaal van 2019 (Flevoland en Veenkoloniën) en eerste kwartaal 2020 (Zeeland en West-Brabant) tijdens twee aparte bezoeken of een gecombineerd langer bezoek de volgende activiteiten uitgevoerd:

3.2 Economische ondersteuning klimaatmaatregelen

Economische doorrekeningen zijn in 2019 op twee maatregelen toegepast:

- Verbeteren gewasrotaties en
- Dierlijke mest en compost toevoegen

De maatregel 'Verbeteren gewasrotatie'

Voor basisgegevens van de gewassaldi zijn de KWIN 2018 getallen (van der Voort, 2018) gehanteerd. Er is een bouwplansaldo analyse gedaan voor representatieve bedrijfsopzetten voor akkerbouwbedrijven voor zes regio's: Noordelijke Zeeklei (Groningen en Friesland), Centrale Zeeklei (Flevoland) en de Noordoost Polder, Noordoostelijke Zand en Dalgronden (Veenkoloniën), Zuidoostelijk Zand (van Brabant en Limburg) en Zuidwestelijke Zeeklei (Zeeland). Waar beschikbaar is het saldo loonwerk gebruikt, anders het saldo eigen mechanisatie. De KWIN-gegevens zijn per regio verschillend, waardoor het saldo van eenzelfde gewas dus ook verschillend kan zijn per regio. Voor een aantal gewassen in de referentie en variant bouwplannen, waar verruiming van het bouwplan is geïmplementeerd, zijn geen KWIN-gegevens beschikbaar. Hiervoor zijn aannames

gedaan. Het bouwplansaldo per hectare is een gewogen gemiddelde van de gewassaldi van de gewassen aanwezig in het bouwplan, berekend per hectare. De kosten van de teelt van een groenbemester zijn in mindering gebracht op het bouwplansaldo per hectare. Als op 25% van het areaal van het bedrijf een groenbemester wordt geteeld, wordt dus 25% van de groenbemesterkosten in mindering gebracht op het bouwplansaldo per hectare.

Er zijn varianten van de bouwplannen per regio opgesteld, met oplopend per variant een steeds groter aandeel van graan- en rustgewassen, en bijkomende groenbemers. Dit met als doel de aanvoer van organische stof via de gewassen zelf te vergroten. Een aantal van deze variantbouwplannen is ook aanwezig als praktijk-bouwplan in het project. De bouwplansaldi zijn per variant berekend.

Er is ook berekend hoeveel de opbrengststijging van de resterende gewassen in een variant bouwplan moet zijn om een daling van het bouwplansaldo ten opzichte van het referentiebouwplan, als gevolg van de verruiming, te compenseren. De afname van het bouwplansaldo in euro's is afgezet tegen de bruto geldopbrengst van de specifieke variant, om zo tot de vereiste opbrengststijging in procenten te komen. Hoe groter de afname van het bouwplansaldo, des te groter de noodzakelijke opbrengststijging van de resterende gewassen om die afname te compenseren. Om de opbrengststijging te realiseren, is het denkbaar dat ook de teelt en/of bewerkingskosten kosten veranderen (meer of minder input of bewerkingen nodig). Hier is echter aangenomen dat deze kosten per variant-bouwplan gelijk blijven. De doorrekeningen hebben betrekking op de verandering van het rendement op basis van de saldo's. Hierin zijn niet de mechanisatiekosten, kosten voor opslag voor bewaring en arbeid meegenomen. Een lagere bezetting kan uiteindelijk leiden tot een iets hogere kostprijs per eenheid product.

De maatregel 'Dierlijke mest en compost toevoegen'

De organische stofaanvoer is berekend op basis van de gewasbehoefte (bemestingsadvies), binnen de bemestingsnormen. Basis voor de berekening was een gemiddelde NPK-behoefte van een akkerbouwbedrijf op klei van 218 kg N, 60 kg P (aanvoernorm bij streefwaarde) en 250 kg K (van Dijk, pers. med.). Met de NPK-gehalten van organische mest en compost kan dan berekend worden wat er binnen de norm van 170 kg N uit organische mest en de P-norm van 60 kg per ha aangevoerd kan worden. Afhankelijk van de NPK-verhouding in de mest/compost is de N- of de P-norm beperkend. Het verschil tussen de aanvoer met organische mest en de gewasbehoefte wordt aangevuld met kunstmest.

3.3 Kennisuitwisseling en begeleiding

In het seizoen 2019-2020 zijn er in alle regio's bijeenkomsten met de ondernemers gehouden. Agendapunten waren de voortgang en voorlopige resultaten van het project, de praktische kant van de mogelijke maatregelen die koolstofvastlegging bevorderen en het praktijkmodel NDICEA, waarmee de effecten van maatregelen voor een individueel bedrijf kunnen worden berekend.

Daarnaast zijn de deelnemers uitgedaagd om te komen met praktijkvragen, belemmeringen en suggesties die uiteindelijk de implementatie van de maatregelen kunnen bevorderen.

3.4 Experimenteerruimte maatregelen

In dit onderdeel wordt gewerkt aan het finetunen en verdiepen van de koolstof vastleggende maatregelen. Op maximaal 2 bedrijven per regionetwerk wordt experimenteerruimte gecreëerd om reeds ingezette maatregelen te finetunen of om nieuwe, kansrijke maatregelen te ontwikkelen. Er kan ook gekeken worden naar het effect van een combinatie van verschillende maatregelen.

3.5 Bodemkwaliteitsmetingen

Binnen de netwerken zijn op de bedrijven in 2018 twee percelen geselecteerd waar de opbouw van de bodemkoolstof kan wordt gevolgd met behulp van bodemanalyses. Binnen de netwerken in Flevoland, Veenkoloniën en Zeeland heeft op alle bedrijven een nulmeting plaatsgevonden in 2018 (Koopmans en Janmaat, 2019). Deze percelen zijn in eind 2019 – begin 2020 herbemonsterd. In het nieuw aangesloten netwerk in West-Brabant is in de winter van 2019-2020 de nulmeting uitgevoerd. In aanvulling op bodemkoolstofmetingen zijn op alle bedrijven in dezelfde percelen gegevens verzameld ten aanzien van de bodemkwaliteit in de laag 0-30 cm aansluitend bij de BLN indicatorset (Hanegraaf *et al.*, 2019; Bijlage 1). Hierbij zijn metingen volgens een gestandaardiseerd protocol uitgevoerd.

3.6 Analyse en maatwerkondersteuning

De hoeveelheid CO₂ die wordt vastgelegd kan op bedrijfsniveau worden doorgerekend met het ondersteunende simulatiemodel NDICEA. Hierbij worden voor deelnemende bedrijven het bouwplan en toegepaste maatregelen op de geselecteerde percelen doorgerekend over meerdere jaren, afhankelijk van de perceel-specifieke informatie die beschikbaar is. Dit geeft zicht op de organische stofbalansen op perceel- en bedrijfsniveau. Berekeningen zijn uitgevoerd op 15 bedrijven op basis van data en informatie beschikbaar gemaakt onder 3.1 en 3.5 middels de inzet van NDICEA.

Van alle tijdens de simulatie toegevoegde organische stof inputs is bekend hoe snel het materiaal afbreekt. Maar van het organisch materiaal dat bij aanvang van de simulatie in de bodem aanwezig is (het initiële organische stofgehalte) is dit niet precies bekend, en hanteert het model een standaardwaarde voor de afbraaksnelheid. Dit is een onzekerheidsfactor in het model, want als de afbraaksnelheid in werkelijkheid hoger is dan die waarde, doet het model te optimistische voorspellingen. Dit effect wordt kleiner naarmate meer jaren in de simulatie worden opgenomen. Verder is dit niet aan de orde bij het onderling vergelijken van verschillende maatregelen of verschillende bedrijven.

4 Resultaten

4.1 Aan de slag: maatregelen in netwerken in vier regio's

Tijdens de keukentafelgesprekken is gekeken naar het huidige bouwplan en bedrijfsvoering, daarbij zijn mogelijke klimaatmaatregelen besproken met de ondernemer. Een verruiming van het bouwplan heeft duidelijke gevolgen voor de inrichting en rendement van het bedrijf. Deze stap wordt niet snel gezet. De bodemmaatregelen zijn doorgaans gericht op het behoud of verbetering van de bodemkwaliteit; te weten bodemvruchtbaarheid, bodemgezondheid en vochthuishouding. Met name bij de aardappelteelt speelt de aanwezigheid van aaltjes (soort en aantal) een rol in de keuzes. Dit geldt voor het opstellen van het bouwplan (vruchtopvolging) en de keuze van groenbemesters (resistenties). Daarnaast neemt het gebruik van Tagetes toe ter onderdrukking van wortelziekten. Naast het positieve effect op bodemgezondheid kan het telen van deze groenbemesters ook worden aangemerkt als klimaatmaatregel. Onderstaande tabel (tabel 1) geeft aan welke maatregelen worden genomen en mogelijk ook als klimaatmaatregel zijn aan te merken.

Tabel 1. Implementatiepercentage van de verschillende maatregelen binnen de netwerken. De percentages geven een indicatie hoeveel bedrijven in het netwerk een specifieke maatregel toepassen. Voor het inwerken van stro geldt dat sommige bedrijven dit deels doen en andere stro afvoeren naar een veehouder die hiervoor weer stromest terugbrengt. Indirect komt het stro dan weer terug naar de akker. Ook het toepassen van niet kerende grondbewerking als vaak teelt gerelateerd. Bedrijven die dit structureel toepassen zijn meegenomen in deze tabel.

Hoofdmaatregel (naar Lesschen, 2019)	Maatregel specifiek	Flevoland	Veenkoloniën	Zeeland	Brabant
Verbeteren gewasrotaties	Extensief bouwplan (>1:4)	47%	-	20%	7%
	Minstens 50% rustgewassen	27%	-	43%	21%
Niet-kerende grondbewerking (minimale grondbewerking)	Niet-kerende grondbewerking	13%	-	13%	7%
	Ondiep ploegen	73%	21%	-	21%
	Spitten	-	43%	-	7%
Dierlijke mest en compost toevoegen	Vaste dierlijke mest	60%	21%	29%	29%
	Champost	47%	-	29%	29%
	Groencompost	47%	73%	21%	29%
	GFT	-	-	-	14%
	Kunstmest vervangen door drijfmest	33%	100%	80%	100%
Gewasresten achterlaten	Stro inwerken na oogst	43%	93%	27%	50%
Vanggewas/groenbemesters	Volgens GLB	100%	100%	100%	100%
	Extra inzaaien GLB+	13%	36%	-	64%
	Groeiduur verlengen / overwinteren groenbemester	27%	64%	67%	71%
Akkerranden/vogelakkers		20%	14%	7%	29%

Uit tabel 1 blijkt dat de bouwplannen in Flevoland gerelateerd aan het aandeel aardappels wat ruimer zijn. De deelnemers in Zeeland hebben meer rustgewassen opgenomen in het bouwplan. Veenkoloniën wijkt hierin wat af omdat hier de zetmeelaardappelen een groot aandeel van het bouwplan innemen. Het vaststellen van het implementatiepercentage van grondbewerkingsvarianten is lastig omdat dit per perceel kan variëren. Een onderverdeling is lastig eenduidig te maken, is alleen woelen hetzelfde als niet kerende grondbewerking? Met name in de Veenkoloniën wordt het ploegen vaak vervangen door woelen of spitten.

Bij de keuze tussen vaste mest of compost valt de keuze vaak op groencompost omdat hiervan de stikstof en fosfaat gedeeltelijk worden mee berekend in de mestregelgeving. Vrijwel alle deelnemers ervaren de huidige mestwetgeving als een belemmering bij toepassing van koolstof houdende organische meststoffen. De bemestingsstrategie binnen de huidige mestregels is met name gericht op het in stand houden van organische stofgehalte van de bodem.

Flevoland

De deelnemers vanuit het voormalige Veldleeuwerik netwerk zijn bewust bezig met het beheer van de bodem. Ongeveer de helft van de deelnemers teelt ruimer dan 1:4 en ongeveer een kwart van de bedrijven heeft 50% rustgewassen opgenomen in het teeltplan. Dit is geen afspiegeling van de landbouwpraktijk in Flevoland. Het al dan niet opnemen van meer rustgewassen hangt direct samen met het lagere saldo van rustgewassen en daarmee ook ongunstigere rendement van het bedrijf bij toename van het aandeel rustgewassen. Bij een structurele stijging van de graanprijzen is de kans aanwezig dat akkerbouwers bereid zijn meer granen op te nemen (zie 4.8). Maar het verminderen van bijvoorbeeld het aandeel aardappelen wordt ook beperkt omdat veel bedrijven al noodzakelijke investeringen hebben gedaan voor de teelt, de oogst en opslag van dit gewas. Bij afname van het aantal hectares aardappels drukt de investeringslast op een kleiner areaal. Tabel 1 geeft inzicht in maatregelen die de deelnemers uit het netwerk Flevoland hebben genomen. Het verruimen van het bouwplan in combinatie met meer rustgewassen komt voor in geval van omschakeling naar biologische landbouw of bij het afbouwen van het bedrijf indien er geen opvolger in beeld is. De meeste bedrijven zaaien meer groenbemesters dan het minimale areaal waarmee de vergroeningseisen van het GLB kunnen worden ingevuld. Na (poot)aardappel wordt dit vaak achterwege gelaten vanwege het risico op aardappelopslag. De achter blijvende aardappelen op het veld winteren eerder uit indien grondbewerking en inzaaien van groenbemesters achterwege blijven. Het overwinteren van groenbemesters gebeurt vooral om de bodem in de doorgaans natte wintermaanden te beschermen. Indien de groenbemester onvoldoende bevriest (uitwintert), is het lastig om de groene massa tijdig en goed in te werken. Veelal wordt nog gebruik gemaakt van glyfosaat ter vernietiging van overblijvende groenbemester en onkruiden met als doel tijdig een goed zaai-bed te realiseren. Tegenvallende resultaten bij zaai-bed bereiding na overblijvende groenbemesters heeft ertoe geleid dat enkele bedrijven groenbemesters weer vroeger gaan onderwerken. Het overwinteren van groenbemesters, het inwerken ervan (wijze en tijdstip) is een onderwerp dat veel deelnemers bezighoudt.

Veenkoloniën

Alle deelnemende telers in de Veenkoloniën geven aan actief bezig te zijn met het op peil houden van organische stof in hun bodems. De gronden hebben over het algemeen een relatief hoog organische stofgehalte waardoor er bij een gelijk afbraakpercentage, meer koolstof nodig is om de balans positief te houden. Telers zijn hiervan bewust en werken hieraan. Centraal in het veenkoloniale bouwplan staat de teelt van zetmeelaardappel. Deze aardappelen worden in een rotatie van 1:2 of 1:3 geteeld. Daarnaast teelt men bieten en granen en slechts een enkele teler heeft een ander gewas. Het uitwisselen van land komt met name voor bij de telers van aardappelpootgoed. De mineralenbehoefte in de veenkoloniën vullen vrijwel alle telers in met drijfmest of drijfmest in combinatie met bewerkte mest. Dit is soms varkensdrijfmest en in een aantal gevallen ook rundveedrijfmest of een mix hiervan. Een meerderheid van de deelnemers voert ook compost aan. Dit is vaak regionaal geproduceerde compost. Van de huidige deelnemers gebruikte slechts één teler vaste dierlijke mest.

Alle telers passen groenbemesters toe afgestemd op de eisen vanuit GLB. Een aantal deelnemers zaaien meer groenbemesters dan de afgeleide 5% verplichting. Een aantal telers zaait na de teelt van suikerbiet winterrogge in. Dit past men in de Veenkoloniën vooral toe vanwege bodembescherming en -structuur. Telers in de Veenkoloniën zullen liever geen groenbemester zaaien na aardappel om zo het kapotvriezen van verliesknollen te bevorderen. Bij het inzaaien van groenbemesters zullen knollen dieper in de grond worden gewerkt waardoor de knollen overleven. Tevens hebben groenbemesters een isolerende werking waardoor de vorst minder diep doordringt in de bodem.

Een meerderheid van de telers in de Veenkoloniën geeft aan dat ze het concept van groenbemestermengsels interessant vinden maar dat het vermeerderen van vrijlevende aaltjes (*Pratylenchus penetrans* en *Melodogyne* spp) een belangrijke reden is waarom specifieke groenbemesters worden ingezaaid. Vrijlevende aaltjes zijn een typisch probleem op de lichtere gronden en kunnen grote schade veroorzaken.

In de veenkoloniën ploegt vrijwel niemand. Een deel van de ondervraagden legt het land klaar met de spitmachine waarbij deze manier van grondbewerking vaak ook nog teeltafhankelijk wordt inzet. Bij fijnzadige gewassen is de beleving dat de spitmachine zorgt voor een fijner zaai-bed en een betere aansluiting voor het kiemend zaad. Bij aardappel past iedereen NKG toe waarbij de bodem voor het poten wordt bewerkt met een cultivator. Een deel van de ondervraagde deelnemers wil minder spitten met als doel om organisch materiaal bovenin te houden.

Tabel 2. Activiteiten en beweegredenen bij de perceel keuze in de Veenkoloniën.

Ingezette actie	Beweegredenen	Aantal boeren
Verbeteren gewasrotatie		
Verruimen bouwplan van 1:2 tot 1:3 aardappel	Beter bodembeheer, om aardappelmoeheid beheersbaar te houden.	14%
Samenwerking met veehouder en roulatie gras akkerbouw	Het voorhanden hebben van aardappelmoeheid vrije grond. Verruimen bouwplan met de roulatie	14%
Grondbewerking (NKG)		
Gestopt met ploegen of enkel nog ploegen voorafgaand aan het scheuren van grasland	Beter bodemkwaliteit ivm ploegzool, minder verschaling, arbeidsgemak.	100%
Proberen grondbewerking (spitmachine) te vervangen door cultivator	Meer organisch materiaal bovenin houden, een aantal telers zijn van mening dat er minder plasvorming door ontstond. Actie is gewasafhankelijk	86%
Ondieper grondbewerken	Minder energiegebruik bij grondbewerking, alleen indien er geen storende lagen zijn. Behoud poriën in ondergrond	7%
Grondbewerkingen minimaal / beperken	Bodemstructuur, vocht, erosie. De grondbewerking het liefst in 1 werkgang uitvoeren	100%
Dierlijke mest en compost toevoegen		
Aan de basis veelal drijfmest VDM of RDM of een mengsel hiervan eventueel aangevuld met dunne fractie.	Snelle en voorspelbare werking van de nutriënten in drijfmest, telers krijgen een vergoeding voor het gebruik van drijfmest. Zo min mogelijk kunstmest bijstrooien door aanvoer juiste samenstelling mest.	100%
bermmaaisels toepassen	als bodemverbeteraar, niet vanwege bemestende waarde	14%
Compost/champost/(vrijwel enkel wanneer er nog fosfaatruimte op het bedrijf over is)	Aanvoer organische stof. Om de P-gebruiksruimte als die er nog is op te vullen. Seizoen afhankelijk, alleen als er nog P-ruimte is op het bedrijf.	93%
Aanvoer vaste mest	Beleid gericht op bodem voeden	7%
Gewasresten achter laten		
Stro laten liggen	Hakselen stro graangewas. Dit jaar is een uitzondering omdat vanwege de droogte telers vermoeden dat het financiële resultaat slecht zou worden. Daarom hebben sommigen het stro verkocht.	100%
Groenbemesters en vanggewassen		
Inzet van groenbemesters	Aaltjesbeheersing door bewuste keuze van het type groenbemester, nutriënten vastleggen, bodem bedekt houden, verminderen erosie, aanvoer o.s. onkruidonderdrukking met groenbemesters wettelijk vanwege de vergroeningseisen vanuit het GLB.	100%
Verskillende groenbemesters/mengsels	De meerderheid van de ondervraagden is zeer terughoudend met mengsels ivm vermeerdering ongewenste vrijlevende aaltjes die voorkomen op lichte gronden. Slechts 1 teler geeft aan hier geen problemen mee te hebben en daarom wel voor mengsels te kiezen.	7%
Overwinteren van groenbemesters i.p.v. inwerken voor de winter	Groenbemesters vernietigen zodra het land berijdbaar is in de winter (vorstperiode zonder insporing op het land). Dit omdat het in het voorjaar problemen geeft met de bewerkbaarheid van de grond. Een aantal vernietigen de groenbemester in het voorjaar met als argument: hogere benutting nutriënten in groenbemester. Minder erosie in winter (stuiven),	14%
Winter rogge na suikerbiet	Samenhang bodem. Teler schat nauwelijks effect op organische stof. Minder erosie.	21%

In de voorgaande rapportage zijn de kansen en belemmeringen in het nemen van klimaatmaatregelen opgenomen. Hierin zijn geen veranderingen waargenomen tijdens de bedrijfsbezoeken. De keuzes van de percelen bij deelnemers in de Veenkoloniën hangen direct samen met verschillen in bedrijfsvoering die mogelijk effect hebben op organische stof. Op de percelen van twee deelnemers is het vergelijk gezocht in hoe het land is klaargelegd na de ontginning. Sommige percelen zijn namelijk gemengwoeld/ diepgespit terwijl andere percelen zijn klaargelegd zonder deze manier van bewerken. Daarnaast komt het voor dat telers op verschillende percelen een intensief of een extensief bouwplan hanteren. De redenen waarom een teler een intensief of extensief bouwplan hanteert is divers. In een aantal gevallen heeft het te maken met het huren van grasland of de afstand tot de boerderij. Op één bedrijf was er sprake van een fysieke reden omdat er stenen in de ondergrond aanwezig waren waardoor rooivruchten niet geteeld konden worden. In onderstaande tabel zijn de activiteiten en motivatie hierbij samengevat. In tabel 2 is een overzicht van maatregelen en beweegredenen opgenomen.

Zeeland

Er is een duidelijk onderscheid te maken tussen bedrijven waar percelen op lichtere grond (lager kleipercentage in de bodem) en bedrijven met percelen op zwaardere grond (hoger kleipercentage in de bodem). Dit bepaald veelal welke maatregelen er genomen kunnen worden. Op percelen met lichtere grond wordt er doorgaans minder diep geploegd en groenbemesters kunnen er overwinteren. Percelen die zwaarder zijn worden doorgaans geploegd door de slechte berijdbaarheid in het voorjaar (en de mogelijke belemmering om niet het land op te kunnen) zullen groenbemesters altijd in het najaar worden ingewerkt veelal geploegd. Veel bedrijven hebben een combinatie van rooigewassen (ui, suikerbiet, aardappel), granen met daar omheen een variatie met pompoenen, chichorei, suikermais, zonnebloem en wat bonen. De rooigewassen leveren de meeste inkomsten op, granen worden in de rotatie opgenomen om de bodemkwaliteit goed te houden. Veel boeren zijn bezig met minder, ondieper of niet meer ploegen. Maar in combinatie met de vele rooigewassen geeft dit nog steeds bodemverstoring. De eco-ploeg is wel getest door enkele telers, maar niet goed bevallen. Vooral het ploegen op zwaardere grond beviel minder, er bleven veel kluiten over en er moet heel specifiek op het juiste moment worden gereden. Qua bemesting wordt een combinatie van varkensdrijfmest en/of runderdrijfmest gebruikt, vaak aangevuld met kunstmest zoals Ureum en KAS. Boeren ervaren dat er geen of weinig toename van organische stof in de bodem is, die wordt bevestigd door de bodemanalyses. De boeren die meer granen verbouwen of omschakelen naar biologische landbouw geven aan dat de berijdbaarheid van de percelen verbetert en de bodemprofielen dieper doorwortelbaar zijn. Dit wordt gezien als neveneffect van de klimaatmaatregelen. Specifiek de bodemprofielen van de biologische boeren zijn homogeen en tot diep doorwortelbaar. Hier is in de droge zomers van de afgelopen jaren veel minder droogte ervaren, op wat voorheen als droogtegevoelige percelen werden aangemerkt. In onderstaande tabel 3 zijn de maatregelen zoals deze worden toegepast en de aanvullende maatregelen opgenomen.

Tabel 3. Huidige en aanvullende klimaatmaatregelen in Zeeland.

Maatregel	Aandeel van de bedrijven 2020 (%)	
	Huidige	Aanvullende
Verbeteren gewasrotatie		
Extensief bouwplan (> 50% rustgewas)	30,8	23,4
Maximaal groenbemesters	61,5	7,7
Niet kerende grondbewerking		
Minimale grondbewerking	46,2	30,8
Ondiep ploegen (< 20 cm) en/of spitten	0	0
Dierlijke mest en/of compost toevoegen		
Minder kunstmest, meer organische mest	15,4	23,8
Minder drijfmest, meer vaste mest/compost	0	0
Gewasresten achter laten		
Onderwerken tarweresten/ hakselen	15,4	-
Gebruik luzerne	7,7	-
Ecologische biodiversiteit (mengsel groenbemester)	7,7	-
Vanggewas groenbemesters		
Overwinteren van groenbemesters	30,8	23,8
Akkerranden / Vogelakkers	23,1	23,1
Anders		
Anders, schapen op groenbemesters uitscharen	0	7,7
Anders, diepploegen	7,7	-

West-Brabant

Afgelopen winterseizoen zijn de deelnemende bedrijven voor het eerst bezocht. Tijdens het keukentafelgesprek zijn de maatregelen en ambities besproken. Zowel binnen het bedrijf als binnen een perceel is vaak variatie aanwezig. Voor de akkerbouwers staat de aardappelteelt centraal, waar mogelijk worden percelen gehuurd voor de teelt van aardappelen. Ook vindt er uitruil plaats met melkveehouders die percelen beschikbaar stellen tegenover de teelt van snijmais. Om de fosfaat aanvoer te beperken, wordt er bewerkte varkensmest gebruikt. De overblijvende dunne fractie bevat na bewerking minder fosfaat en is daarmee geschikt als stikstofmeststof. Een ander restproduct is de dikke fractie van vergiste bietenpulp, deze is beschikbaar als bodemverbeteraar. Enkele akkerbouwers maken gebruik van gft-compost waarbij de gebruikers opmerken dat de kwaliteit afgelopen jaren is verbeterd, hiermee wordt minder vervuiling door resten plastic en glas bedoeld.

Verder valt op dat de akkerbouwers op zandgrond met veel groenten in het teeltplan groencompost als voorjaarsbemesting gebruiken. Als motivatie geven de telers aan dat groencompost bij langjarig gebruik bijdraagt aan een gelijkmatige groei van het gewas. Ook in Brabant zijn akkerbouwers ondieper gaan ploegen, dit veelal met een aangepaste traditionele ploeg. Meerdere bedrijven overwegen de aanschaf van een ECO-ploeg waarmee de bodem ondieper en efficiënter kan worden bewerkt. Er zijn bedrijven die gebruik maken van Veris scans. Op basis van deze metingen kan gericht worden bemest. Dit geldt voor het uitrijden van kalkmeststoffen op basis van pH variatie in het perceel, maar ook compost op basis van verschillen van organische stof gehalten die binnen het perceel zijn gemeten. Of de Veris scan

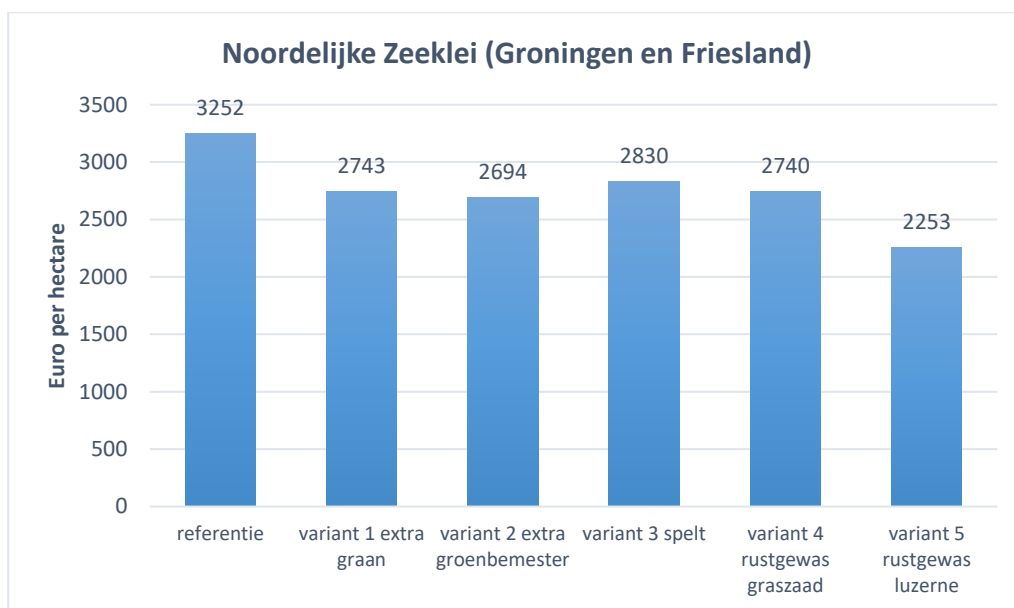
een rendabel systeem is (kosten/baten) is, verschillen de meningen. In onderstaande tabel zijn de maatregelen, actie en beweegredenen samengevat. Een overzicht van de maatregelen met kansen en belemmeringen zijn opgenomen in bijlage 2. In onderstaande tabel 5 zijn de actie met beweegreden genoemd. Het onderdeel verruiming bouwplan is gerelateerd aan het aandeel aardappels in het bouwplan.

Tabel 4. Maatregelen en acties ingezet binnen het netwerk West Brabant

Ingezette actie	Beweegredenen	Aandeel van de bedrijven (%)
Gewasrotatie		
>50% rustgewassen	Minder arbeidsintensief, vraagt minder opslagcapaciteit omdat granen direct land af worden geleverd. Voorkomen aardappelmoeheid	21
Verruiming bouwplan (>1:4)	Groenteteelt met meerde gewassen	7
Grondbewerking		
Ondiep ploegen (ecoploeg)	Organische stof bovenin houden, minder brandstofverbruik	21
Na graan alleen cultivator gebruiken	Organische stof bovenin houden, minder brandstofverbruik	21
Woelen op lichtere gronden, alleen ploegen op zware gronden	Woelen op lichte grond gaat aardappelopslag tegen	7
Geen grondbewerking na aardappels	Organische stof bovenin houden, minder brandstofverbruik en minder risico aardappelopslag.	7
NKG	Organische stof bovenin houden, grond altijd bedekt houden tegen erosie	7
Mest en reststromen		
Kunstmest vervangen door drijfmest	Drijfmest makkelijk verkrijgbaar en geld toe	100
Reststromen benutten	GFT voor groentegewassen, kippenmest eigen bedrijf (kringloop)	21
Groencompost op basis van Verisscan	Precisiebemesting in percelen met hoge variatie OS-gehaltes	29
Champost inzetten	Structuurverbetering zwaardere gronden, groenteteelt	29
Vaste mest inzetten ipv drijfmest	Structuurverbetering	29
Selectief compost inzetten (gewas specifiek)	Alleen waar echt verbetering nodig is (ivm P- en N-ruimte) structureel inzetten niet mogelijk)	79
Groenbemesters en vanggewassen		
Groenbemester overwinteren	Bodembedekking tegen erosie en uitspoeling, groene akker voor zicht en natuurwaarde	71
Maximaal groenbemester inzetten	Vasthouden (en toevoegen) N aan het systeem, grond bedekt houden	64
Overig		
Stro inwerken	OS-gehalte verhogen	50
Vogelakker/akkerrand	Vergoedingen	29

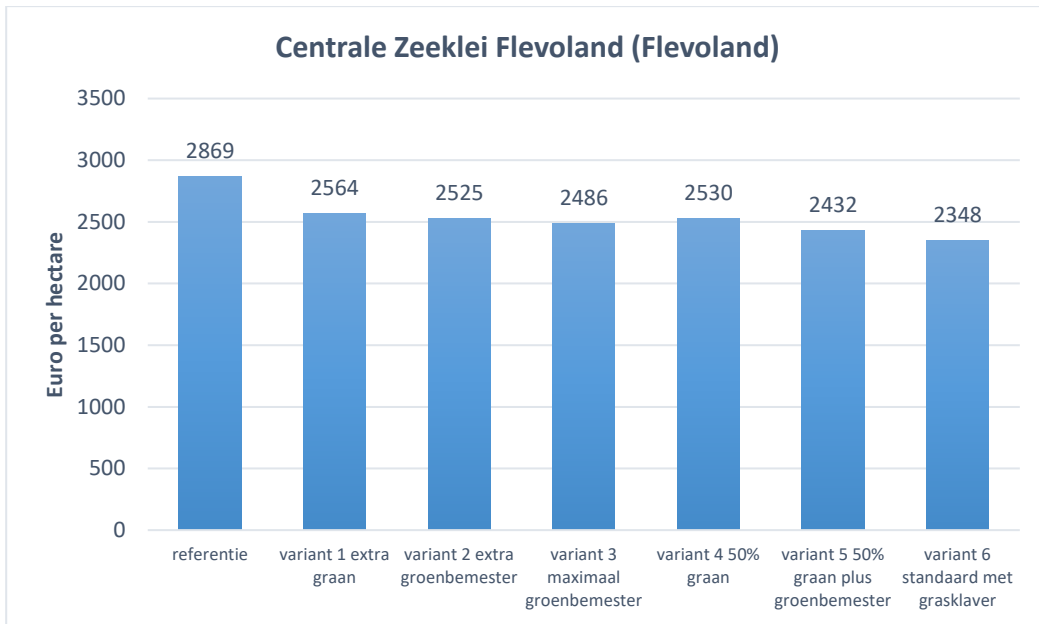
4.2 Economische ondersteuning klimaatmaatregelen Het effect van de maatregel 'Verbeteren gewas rotaties'

De opgestelde bouwplannen per regio, inclusief de referentie-bouwplannen voor een regio zijn weergegeven in bijlage 3. De hoeveelheid vergelijkende varianten kan per regio verschillen. Eerst wordt het referentie bouwplan gepresenteerd. Vervolgens wordt daar extra graan aan toegevoegd als klimaatmaatregel (variant 1). Daarna worden er extra groenbemester geteeld (variant 2), en tot slot, zo mogelijk, een maximale hoeveelheid groenbemesters ingezet (variant 3). De overige varianten verschillen per regio en geven praktijkvoorbeelden, of combinaties met andere rust- of graangewassen. De uitkomsten van de bouwplansaldo berekeningen worden per regio getoond en kort besproken in de onderstaande figuren.



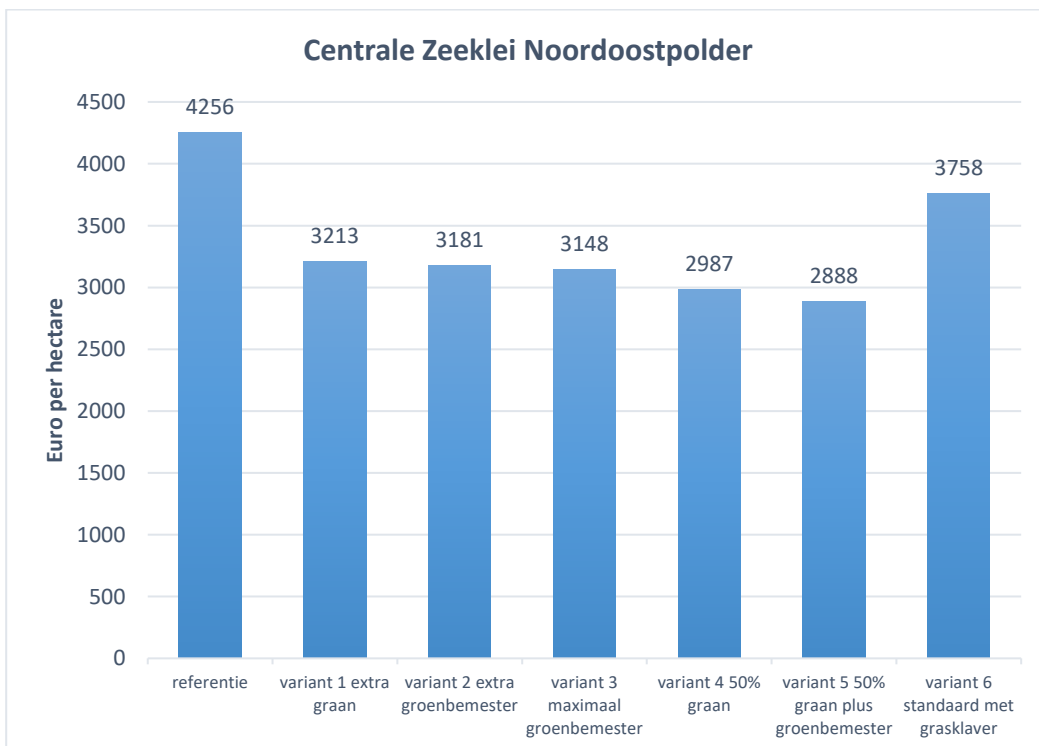
Figuur 1. Berekende bouwplansaldi in euro per hectare, van de referentie en de variant-bouwplannen voor Noordelijke Zeeklei in Groningen en Friesland

Het berekende bouwplansaldo van een akkerbouwbedrijf op Noordelijke Zeeklei wordt met name beïnvloed door het aandeel van poot aardappelen in het bouwplan (bijlage 3). Wordt dat aandeel kleiner, dan daalt het bouwplan saldo aanzienlijk (zoals in variant 5). Het saldo wordt vervolgens beïnvloed door de saldi van de ingebrachte graan of rustgewassen. Zo heeft luzerne een laag saldo (variant 5) en heeft spelt (variant 3) een wat hoger saldo.



Figuur 2. Berekende bouwplansaldi in euro per hectare, van de referentie en de variant-bouwplannen voor Centrale Zeeklei van Flevoland.

In Flevoland leidt meer wintertarwe in het bouwplan, zoals verwacht, tot een lager berekend bouwplansaldo (Figuur 2). Ook de kosten van extra groenbemester zijn zichtbaar (zoals in variant 3 en 6).

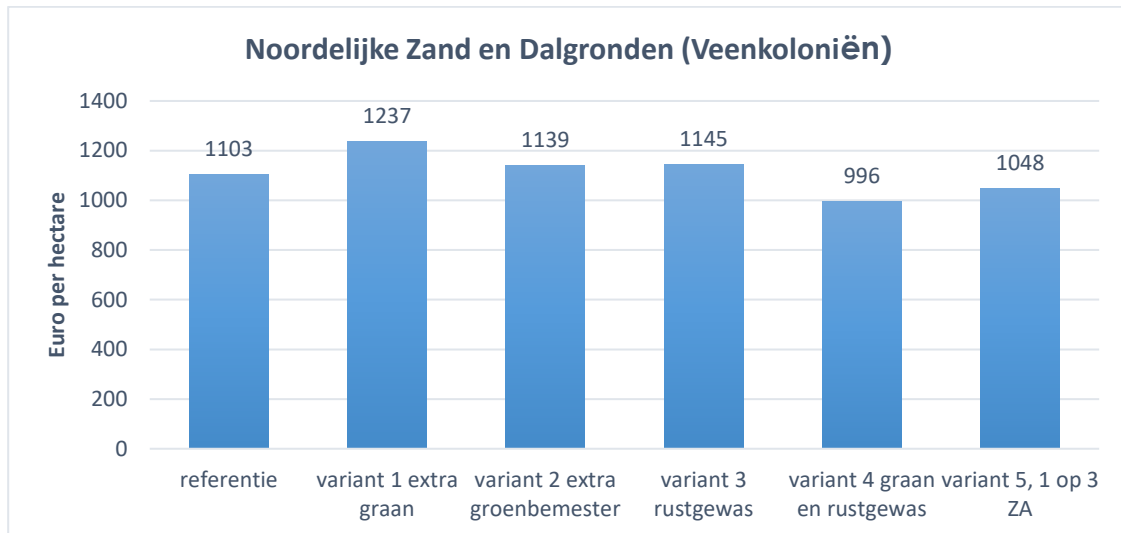


Figuur 3. Berekende bouwplansaldi in euro per hectare, van de referentie en de variant-bouwplannen voor Centrale Zeeklei Noordoostpolder.

Het berekende bouwplansaldo in de Noordoostpolder is het hoogst van alle regio's, wat voornamelijk gerealiseerd wordt door de teelt van pootaardappelen in combinatie met andere

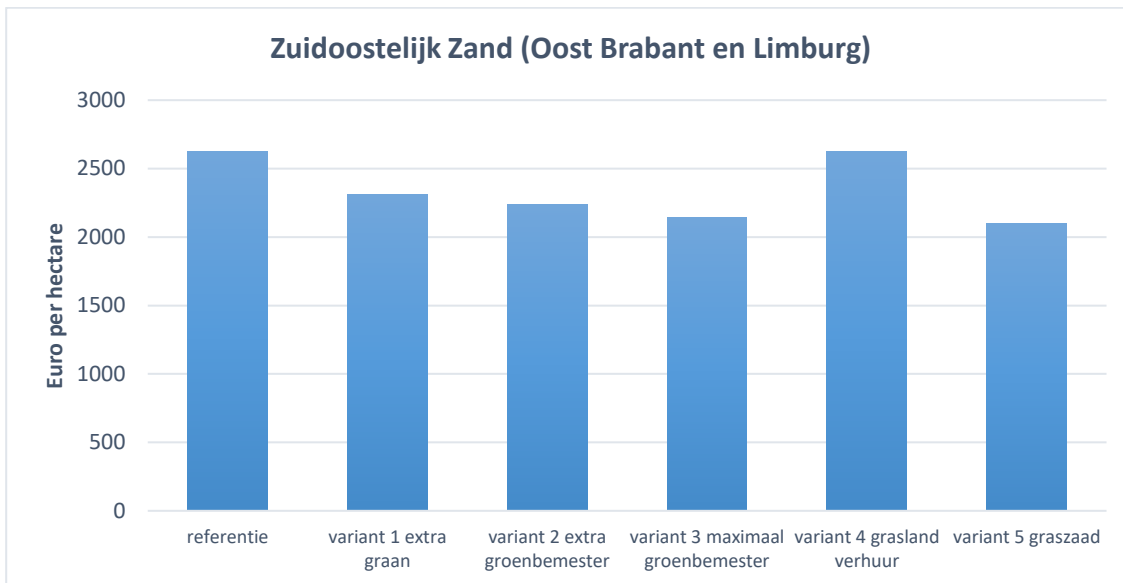
rooigewassen zoals tulpenbollen en uien (

Figuur 3). Zodra er een pootaardappelteelt vervangen wordt voor een lager salderend graangewas, zoals in variant 2, daalt het bouwplansaldo aanzienlijk (van ongeveer €4250 naar €3210 per hectare). In variant 6 is het aandeel pootaardappelen weer relatief groot (33%) waardoor in combinatie met grasklaver, het bouwplansaldo daar goed scoort.



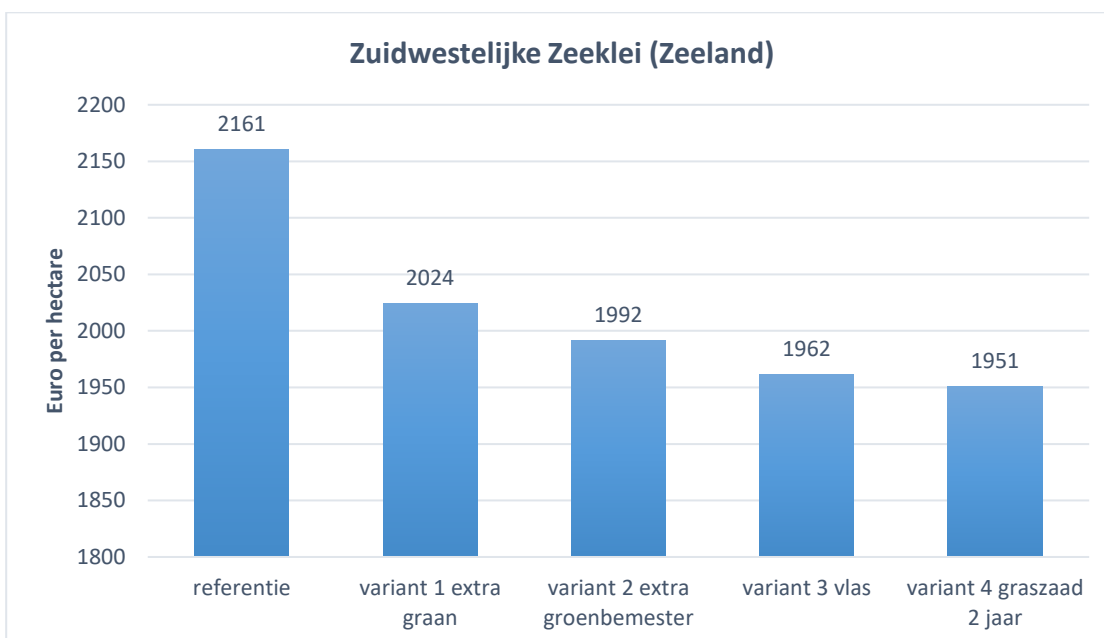
Figuur 4. Berekende bouwplansaldi in euro per hectare, van de referentie en de variant-bouwplannen voor de Noordelijke zand- en dalgronden van de Veenkoloniën.

In het Noordoostelijk Zand en Dalgronden gebied van de Veenkoloniën neemt door een verruiming in het bouwplan het berekende bouwplansaldo toe in de eerste drie varianten (2, 3, 4), zie Figuur 4. Dat kan worden verklaard doordat er in die varianten het aandeel suikerbiet groter wordt (met een relatief gunstig saldo over de afgelopen 5 jaar), ten koste van de zetmeelaardappelen. Zo neemt het saldo toe van €1100 in het referentie saldo naar €1230 in variant 2. In het geval dat de prijs voor zetmeelaardappelen hoger uitvalt (wat genoemd wordt door betrokkenen), pakt uiteraard ook de bouwplansaldi-analyse anders uit, en zal met name het referentie bouwplansaldo hoger uitvallen.



Figuur 5. Berekende bouwplansaldi in euro per hectare, van de referentie en de variant-bouwplannen voor het Zuidoostelijk Zandgebied van Brabant en Limburg.

In het Zuid Oostelijk Zandgebied is er een variant (variant 4) die nagenoeg hetzelfde berekende bouwplansaldo heeft als de referentie (Figuur 5). Dat komt omdat er land verhuurd wordt aan een veehouder en er hoog salderende gewassen geteeld worden (waspeen en consumptieaardappelen). In andere varianten is dat minder het geval, en wordt er meer zomergerst geteeld; resulterend in een lager bouwplansaldo.



Figuur 6. Berekende bouwplansaldi in euro per hectare, van de referentie en de variant-bouwplannen voor het Zuidwestelijke Zeekleigebied van Zeeland.

In het zuidwestelijke kleigebied leidt een extra graangewas in het bouwplan tot een kleine afname in het bouwplansaldo (variant 1), zie Figuur 6. Extra groenbemesters vergroten dat verschil (variant 2 en 3). Tweejarig graszaad zorgt

ervoor dat het aandeel van de andere hoger salderende gewassen in het bouwplan kleiner wordt, waardoor het bouwplansaldo nog wat afneemt.

Een aantal varianten in verschillende regio's vraagt aanzienlijke en waarschijnlijk onrealistisch hoge opbrengstverhogingen om het lagere saldo te compenseren. Zoals bijvoorbeeld bij variant 5 in Centrale Zeeklei Noordoostpolder (33%) of in variant 5 in de Noordelijke Zeeklei in Groningen en Friesland (28%). De opbrengsten in de Noordelijke zand- en dalgronden van de Veenkoloniën kunnen in een paar varianten (variant 1, 2, 3) zelfs iets afnemen om het saldo verschil met de referentie te compenseren, omdat de bouwplansaldi van de varianten hoger zijn dan in het referentie bouwplan.

Tot slot

Het verruimen van de bouwplannen met meer graan en rustgewassen, plus het toevoegen van extra groenbemester hebben invloed op zowel opbrengsten als kosten. Het saldoverlies is het grootst als een hoog salderend gewas vervangen wordt door een laag salderend graan of rustgewas. Om bouwplansaldi enigszins op peil te houden en toch een hogere organische stofaanvoer door meer graan en vruchtgewassen te telen, kunnen rooigewassen met een lager saldo (zetmeelaardappel bijvoorbeeld) worden vervangen door graan en andere rustgewassen met een wat hoger saldo, zoals graszaad of spelt. Om de aanvoer van effectieve organische stof te vergroten, moet dat per bouwplan worden vastgesteld en vergeleken. Op deze manier kan er op zoek worden gegaan naar een optimale verruiming van het bouwplan, met weinig saldo-verlies en lage vereiste opbrengstverhoging maar veel extra aanvoer van organische stof. We hebben hier enkel de vereiste opbrengstverhoging vastgesteld die nodig is om verschillen in bouwplansaldi ten opzichte van de referentie te compenseren. In hoeverre er daadwerkelijk opbrengstverhoging te verwachten is, blijft onzeker. Daarnaast zullen naar alle waarschijnlijkheid ook de kosten veranderen als er wordt ingezet op opbrengstverhoging. In deze berekeningen is aangenomen dat deze gelijk blijven. Een studie van Van Dijk en collega's vinden wisselende resultaten qua opbrengstverhogingen als gevolg van verruiming van de bouwplannen (vaak in de orde grootte van enkele procenten toename bij bijvoorbeeld aardappels en suikerbiet als gevolg van bouwplan verruiming). Dit effect verschilt sterk per regio en per gewas (Van Dijk, Spruijt, Runia, & Van Geel, 2012). Daarnaast hangt het effect af van in hoeverre het referentie bouwplan al optimaal is. Bij minder optimale bouwplannen, die te intensief zijn, kunnen er vruchtwisseling-problemen (ziektes, aaltjes, bodemverdichting) optreden. Dit leidt tot opbrengstderving. In die gevallen zal een verruiming van de vruchtwisseling wel tot een verbetering van de opbrengsten en dus van het bouwplansaldo kunnen leiden.

4.3 Economische ondersteuning klimaatmaatregelen Het effect van de maatregel 'Dierlijke mest en compost toevoegen'

Er zijn drie varianten vergeleken met een referentie; de referentie is een strategie met uitsluitend dunne varkensdrijfmest (dunne fractie na mechanische scheiding). Variant 1 is met maximaal gebruik van onbewerkte rundveedrijfmest, variant 2 is maximaal gebruik van potstalmest (rundvee) en variant 3 met maximaal gebruik van gft-compost. Deze strategieën zijn niet helemaal representatief: vaak maken akkerbouwers combinaties, bijvoorbeeld dunne varkensdrijfmest en rundveedrijfmest, rundveedrijfmest en compost etc.

De kosten voor mest, compost en kunstmest zijn bepaald vanuit de akkerbouwer: die ontvangt geld voor een aantal dierlijke mestsoorten (een negatieve prijs), terwijl voor bijv. gft-compost betaald moet worden. Zie voor details bijlage 4.

In onderstaande tabel 5 worden de maximale doseringen per mestsoort en de aanvullende kunstmestgiften weergegeven voor de referentie en de 3 varianten. De beperkende factor is de stikstofnorm van 170 kg N uit organische mest voor de referentie (dunne varkensdrijfmest), voor de drie varianten is de fosfaatbemestingsnorm beperkend. Met de aangenomen prijzen kunnen de kosten dan worden berekend.

Tabel 5. Maximale doseringen per mestsoort en de aanvullende kunstmestgiften weergegeven voor de referentie en de varianten.

Variant	Organische mestsoort	Maximale dosering (ton/ha)	Aanvullende kunstmestgift (kg/ha)			Kosten organische mest (Euro/ha)	Kosten kunstmest (euro/ha)	Totale kosten bemesting (euro/ha)
			N	P	K			
Referentie	Dunne VDM	29.3	82*	17	112	-440	163	-277
Variant 1	RDM	40.0	122	0	34	-200	156	-44
Variant 2	Potstalmest	23.7	170	0	6	475	197	672
Variant 3	GFT-compost	27.3	194	0	35	273	238	511

* De aanvullende N-kunstmestgift in de referentie wordt als volgt berekend: de behoefte van 218 minus de werkzame stikstof in mest, $0,8 \times 170 = 136$. 0,8 is de wettelijke N-werkingscoëfficiënt voor dunne varkensdrijfmest.

De Effectieve organische stof (EOS) aanvoer met deze hoeveelheden organische mest wordt in tabel 6 weergegeven.

Tabel 6. De Effectieve organische stof (EOS) aanvoer met deze hoeveelheden organische mest

Organische mestsoort	max dosering (ton/ha)	EOS gehalte (kg per ton)	EOS aanvoer (kg/ha)	Prijs per ton EOS in vergelijking met de referentie, op basis van de totale bemestingskosten (euro/ha)
Referentie dunne fractie VDM	29.3	15	440	
Variant 1 RDM	40.0	50	2000	149
Variant 2 potstalmest	23.7	109	2581	443
Variant 3 GFT-compost	27.3	218	5940	143

De berekeningen laten zien dat de referentie financieel gunstig is: de bemesting levert geld op. De EOS-aanvoer is wel erg laag, 440 kg per ha. Door over te stappen op rundveedrijfmest gaat de EOS-aanvoer fors omhoog en wordt nog steeds een klein financieel voordeel behaald, al neemt het voordeel wel af met ruim 200 euro per ha. Voor potstalmest en gft-compost nemen de bemestingskosten fors toe, waarbij potstalmest veruit de duurste strategie is (ruim 900 euro duurder dan de referentie). Gft-compost is ruim 750 euro per ha duurder, maar levert wel een veel hogere EOS-aanvoer op per ha. De verschillen in bemestingskosten worden voornamelijk bepaald door de kosten (en uiteindelijk de prijs) van organische mest. De kosten voor aanvullende kunstmestgiften verschillen wel iets van elkaar, maar het grootste verschil bedraagt slechts 75 euro per ha.

Tot slot

Met een ander type organische mest kan de organische stofbalans van het bedrijf behoorlijk veranderen. Dat heeft ook gevolgen voor de kosten: deze eerste berekeningen laten zien dat de stap van varkens- naar rundveedrijfmest al een flinke verbetering in Eos oplevert, maar wel een financieel nadeel van 200 euro per ha. De belangrijkste reden is dat het fosfaatgehalte en de fosfaat-EOS-verhouding in dunne varkensdrijfmest zo hoog is, dat de maximale dosering en de EOS-aanvoer daardoor relatief laag uitvallen. Bij RDM is het fosfaatgehalte en fosfaat-EOS-verhouding gunstiger. De variant met potstalmest is qua EOS-aanvoer niet heel veel beter dan rundveedrijfmest, maar wel veel duurder (700 euro per ha), omdat potstalmest een schaars en duur product is. Met gft-compost wordt fors meer EOS aangevoerd, met name omdat het fosfaat slechts voor 50% meetelt voor de aanvoernorm. De prijs van gft-compost ligt lager dan van potstalmest. Op basis van deze uitgangspunten lijkt de meerprijs t.o.v. de referentie voor de aanvoer van een ton Eos bij groencompost te kunnen concurreren met rundveedrijfmest.

Uit deze conclusies blijkt dat prijsvorming van mestproducten erg bepalend is: bij overaanbod (varkens- en rundveedrijfmest) is de prijs negatief, terwijl bij schaarste (m.n. potstalmest) de prijs oploopt. Als de mestmarkt verandert door veranderingen in aanbod en/of vraag, kan het plaatje anders uitvallen. De aangenomen kosten voor de verschillende mestproducten zijn daarom altijd vatbaar voor discussie, omdat per regio en over het seizoen behoorlijke verschillen kunnen optreden. Hoewel deze berekeningen eenvoudig en grof zijn en niet helemaal overeen zullen komen met de praktijk van veel akkerbouwbedrijven, maken ze wel helder hoe mestkeus invloed heeft op EOS-aanvoer en kosten. Verdere verfijning en nuancering van de berekeningen is wenselijk om meer bedrijfsspecifieke conclusies te kunnen trekken. Het is in de praktijk niet zo gebruikelijk om maar één mestsoort te gebruiken, dus een doorrekening van verschillende combinaties van meststoffen is wenselijk in een vervolg.

Bij aanvoer van aanzienlijke hoeveelheden organische mest zullen de bodemvruchtbaarheid en de stikstoflevering gaandeweg oplopen, waardoor de kunstmestgift kan worden verlaagd. Erg grote hoeveelheden heeft als risico dat de vrijkomende stikstof uitspoelt.

4.4 Kennisuitwisseling en begeleiding

De belangrijkste conclusies en aanbevelingen en vragen die zijn voortgekomen uit de kennisuitwisselingsbijeenkomsten zijn hieronder (per maatregel) weergegeven.

Verbeteren gewasrotatie meer rustgewassen

Over de haalbaarheid van de opname van meer rustgewassen in het bouwplan is men gemiddeld genomen kritisch doordat de economische gevolgen (fors) negatief worden ingeschat. Toch is er belangstelling om dit nog eens verder uit te werken, zeker wanneer aspecten als bodemvruchtbaarheid en meeropbrengsten op langere termijn hierin worden meegenomen.

Niet kerende grondbewerking (NKG)

Over het daadwerkelijke effect van NKG op de vastlegging van OS bestaat veel onduidelijkheid. In hoeverre draagt NKG ook bij aan de opbouw van organische stof vlak onder de toplaag van 10 cm? Dezelfde vraag geldt ook voor ondiep ploegen en spitten.

Er is behoefte aan een praktische uitwerking van de onkruidbestrijding zonder ploegen wanneer glyfosaat niet meer beschikbaar is. Dit geldt in extra mate voor Veenkoloniale gronden, omdat die een erg hoge onkruiddruk kennen.

Dierlijke mest & compost en gewasresten

De akkerbouwers houden hun organische stofgehalte vooral op peil door aanvoer van organische meststoffen, waar mogelijk vaste mest of compost. Er blijkt veel draagvlak te zijn voor extra aanvoer, maar de meststoffenwetgeving wordt hierbij als het grootste knelpunt ervaren. Stro inwerken draagt bij aan organische stofopbouw, maar voor een goede vertering is extra stikstof noodzakelijk. Extra ruimte voor dierlijke mest over de stoppel is een stimulans om deze maatregel vaker in te zetten. Dit geldt ook voor de uitwisseling van stro met de veehouder. Knelpunt hierbij is dat het afgevoerde stro niet wordt meegenomen, maar de aangevoerde ofwel uitgeruilde stromest wel. Vaste mest toedienen in het najaar heeft teelttechnische (bodem) voordelen t.o.v. het voorjaar, maar de N-normering is hierbij knellend.

De kwaliteit van compost laat nogal eens te wensen over (verontreiniging met plastic en/of glas).

Vangewassen overwinterende groenbemesters

Bij overwintering van groenbemesters is het een uitdaging om dit zonder chemie (glyfosaat) uit te voeren en toch een goed zaaibed te realiseren. Zeker wanneer dit in combinatie met NKG wordt toegepast. Implementatievragen: welke type groenbemester, welke wijze van inwerken en welke vorm van zaaibedbereiding zijn hierbij nodig. In hoeverre is het onderwerken van groenbemesters in het voorjaar als klimaatmaatregel in relatie tot het vastleggen van koolstof beter dan onderwerken in de winter. Overwinteren van groenbemesters wordt vooral toegepast om de bodem te beschermen. Nieuwe aanvoermogelijkheden van organisch materiaal worden onderzocht, zoals maaisel uit natuurgebieden. Dit blijkt in de praktijk soms lastig te implementeren als gevolg van wispelturig beleid van TBI's, waterschappen en gemeentes.

Praktijkmodel NDICEA

NDICEA is een model dat de stikstof- en koolstofdynamiek in de bodem berekent. Het gebruik van organische bemesting is hierin inbegrepen. Door het invoeren van hun bouwplan kunnen telers inzicht krijgen in de ontwikkeling van het organische stofgehalte in de tijd op hun perceel. Tevens worden effecten van scenario's zichtbaar. Op basis van een algemeen bouwplan dat representatief is voor de betreffende regio is het model NDICEA aan de deelnemers geïntroduceerd. Er is veel interesse om zelf met NDICEA aan de slag te gaan. (Start)begeleiding door een deskundige is gewenst en waarschijnlijk noodzakelijk voor een juiste aanpak en interpretatie. Groepsgewijze aanpak heeft hierbij de voorkeur (leren van elkaar).

De kennismaking met NDICEA leidt bij veel deelnemers wel tot de conclusie dat N onlosmakelijk verbonden is met koolstofvastlegging. Bodem is voor telers voornamelijk relevant voor bodemvruchtbaarheid en men ziet graag dat stikstof (N) een veel nadrukkelijker rol krijgt in dit project rond koolstofvastlegging in de bodem en de haalbaarheid van maatregelen om dit te stimuleren. Bij telers in de Veenkoloniën rijst steeds meer de vraag of extra koolstofvastlegging in de bodem op hun gronden (nu al een hoog percentage organische stof) daadwerkelijk praktisch gezien mogelijk is. Bij de doorrekening met NDICEA is de vraag of de gesimuleerde afbraak van organische stof specifiek genoeg is afgestemd op de bodemtypes van de regio. Veel klimaatmaatregelen worden al jaren toegepast (gemotiveerd vanuit verantwoord bodembeheer) en zullen daarom niet snel leiden tot extra koolstofvastlegging.

Tot slot

Er is veel belangstelling voor het onderwerp en de verschillende maatregelen die kunnen worden genomen. Deze maatregelen worden nu vooral genomen omdat de deelnemers bewust bezig zijn met duurzaam bodembeheer. De maatregelen leiden tot beter vochthoudend vermogen van de bodem en geven ondersteuning aan het bodemleven. Maatregelen zoals niet kerende groundbewerking, inzet en overwinteren van groenbemesters en gebruik van compost hebben de interesse van de deelnemers. Op basis hiervan en de aangedragen suggesties is een voorlopig programma van nadere activiteiten in 2020 opgesteld.

4.5 Experimenteerruimte maatregelen

Mede op basis van de mogelijkheden en knelpunten door de ondernemers in de netwerken zijn een aantal implementatievragen benoemd. In tabel 7 zijn deze opgenomen en daarna rubrieks-gewijs kort toegelicht.

Niet kerende grondbewerking

Verreweg de meeste NKG-systemen hebben een probleem met de onkruiddruk in het voorjaar. De gangbare oplossing hiervoor is de inzet van glyfosaat. Een alternatief hiervoor zou kunnen zijn

Tabel 7, Onderwerpen en activiteiten vanuit regio bijeenkomsten

1	Verbeteren gewasrotatie
1a	Literatuuronderzoek en modelmatige berekening naar de mogelijkheden en knelpunten bij verruiming van teeltplannen, waarbij voor zover mogelijk alle facetten van de bedrijfsvoering worden meegenomen. Dit zal leiden tot voorbeeldberekeningen ter bespreking met de deelnemers.
1b	Meer aandacht voor Ndicea bij de strategische planning van bodemkwaliteit. Thema- bijeenkomsten waarop telers hun eigen bedrijf gaan doorrekenen.
1c	Aanleg demonstratievelden 'koolstofgewassen' die nu buiten de reguliere scope liggen
1d	Studie naar de koolstofvastlegging in akkerranden en vogelakkers
1e	Kennisbijeenkomsten over optimale verwerking/vertering gewasresten met name stro
2	Niet kerende en minimale grondbewerkingen
2a	Demonstratie ecoploegen in de praktijk: gericht op onkruidbestrijding zonder chemie
2b	Literatuurstudie naar het daadwerkelijke effect op de OS ontwikkeling bij vervanging van regulier ploegen door spitten.
3	Dierlijke mest en compost toevoegen
3a	Informatiebijeenkomsten rond gebruik en kwaliteit compost
3b	Studie naar het effect van 10% meer fosfaatruijme op de hoeveelheid vastgelegde koolstof in de bodem bij gebruik van compost en/of vast stalmest.
4	Vanggewassen groenbemesters als koolstofbron
4a	Daadwerkelijke OS-opbouw van groenbemesters in relatie tot inzaaimoment en het inwerken van groenbemesters op verschillende tijdstippen in het najaar en winter. Aanvullende metingen bij bestaande demonstratie/onderzoeksvelden
4b	Literatuurstudie naar mogelijke negatieve effecten van overwinteren groenbemesters
4c	Groepsbijeenkomsten met telers om ervaringen te delen over praktische problemen met overwinterende groenbemesters (veldbijeenkomsten), profielkuilen maken en opkomst gewassen na inzaai.
4d	Demonstraties van groenbemesters, gericht op vertering bij verschillende vernietigingsdata. Profielkuilen en opkomst gewassen.

de inzet van (zeer) ondiep ploegen in het voorjaar middels de ecoploeg. Een ander aspect is het gebruik van de ecoploeg bij het onderwerken van groenbemesters in het voorjaar in relatie tot het maken van een goed zaaibed voor het volggewas. Daarnaast zijn er vragen over het effect van het vervangen van regulier ploegen door spitten/ levert dit daadwerkelijk voordelen op m.b.t. koolstofvastlegging?

Dierlijke mest en compostgebruik

Het structureel opnemen van compost ter vervanging van kunstmest of drijfmest draagt bij in de opbouw van organische stof. Er zijn in het verleden slechte ervaringen geweest met de kwaliteit

van compost (o.a. verontreinigingen met glas en/of plastic). De deelnemers geven aan dat dit een van de belangrijkste redenen is om geen compost te gebruiken. Er ontbeert ook de nodige inzicht en referentie rondom compostkwaliteit. Er is wel 'goede' compost, zowel groencompost als gft-compost, op de markt. Het is wenselijk om hier binnen themabijeenkomsten extra aandacht aan te besteden. Het gaat hierbij om zaken als beoordeling compostkwaliteit, optimale tijdstip en hoeveelheden bij aanwending, kosten/baten, analyse, e.d.

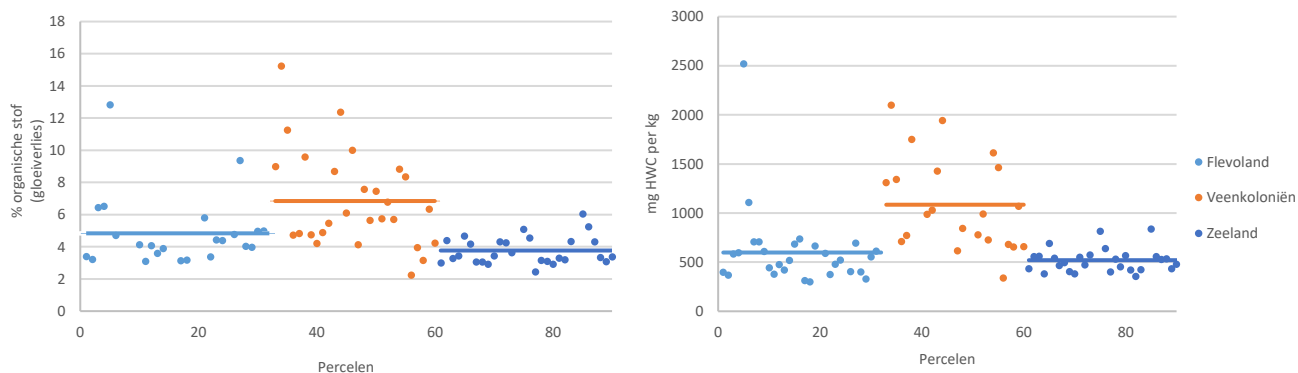
Daarnaast wordt door alle deelnemers onderstreept dat de huidige mestwetgeving het gebruik van koolstofrijke meststoffen erg beperkt. Wat zou het effect zijn van een beperkte verruiming van de fosfaatnorm, mits in zijn geheel besteed aan koolstofrijke meststoffen.

Vangewassen en groenbemesters als koolstofbron

Groenbemesters zijn een 'laagdrempelige' methode om extra organische stof aan te voeren. Toch is niet iedere teler erg enthousiast, omdat er aan het gebruik van groenbemesters ook nadelen kleven. Deze spelen vooral een rol wanneer de groenbemester in de winter op het veld blijft staan en pas in het vroege voorjaar wordt ondergewerkt. Vooral in zachte winters is dit een discussiepunt, wanneer de groenbemester een forse bovengrondse massa heeft geproduceerd (opkomst en doorgroeiproblemen in het volggewas). Tevens heeft het inzaaien van groenbemesters invloed op het overleven van aardappelopslag na de oogst. De in de tabel genoemde onderwerpen betreffen het in beeld brengen van mogelijke oplossingen voor deze problemen. Daarnaast speelt de vraag in hoeverre het laten staan van een groenbemester na december daadwerkelijk extra organische stof oplevert.

4.6 Bodemkwaliteitsmetingen

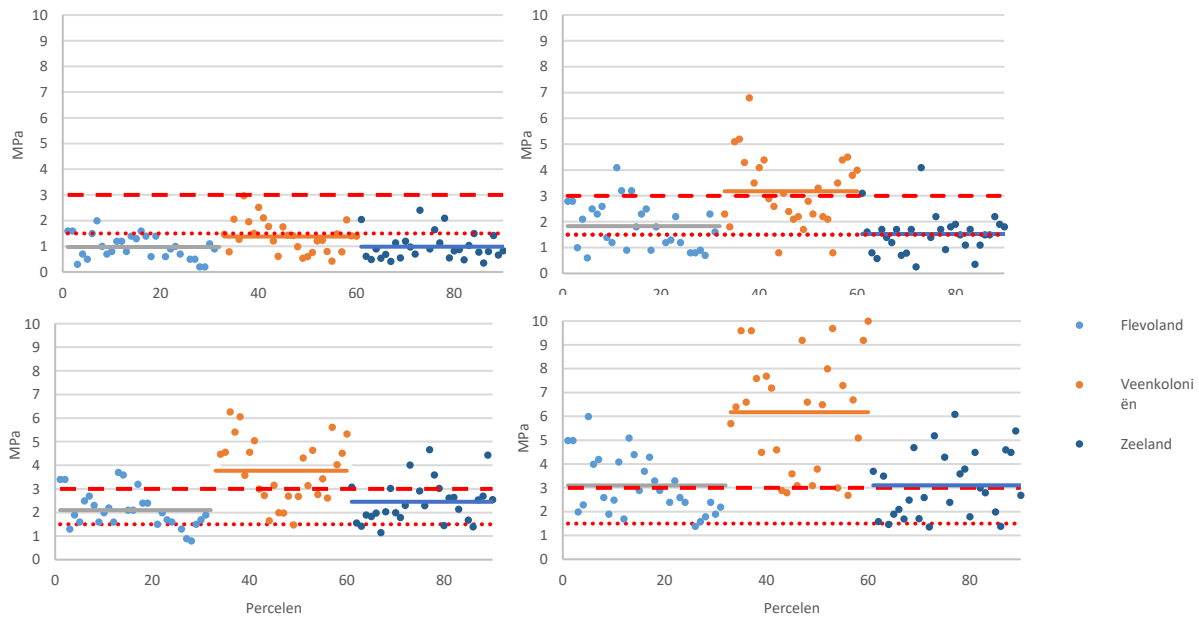
Wegens de natte weersomstandigheden in het najaar van 2019 konden de bedrijven in Zeeland en West-Brabant pas in de eerste 2 maanden van 2020 worden bemonsterd. De capaciteitsbeperkingen en lange doorlooptijd bij het laboratorium van Eurofins heeft ertoe geleid dat een aantal analyses waaronder C-elementair langer op zich laat wachten. Ook zijn daarmee de gegevens van de bedrijven uit West-Brabant nog niet voorhanden. Daarmee ligt de nadruk in de resultaten op de bedrijven van het netwerk in Flevoland, Veenkoloniën en Zeeland. De resultaten van de BLN-indicatoren zijn als gemiddelden per regio weergegeven in bijlage 5. In deze paragraaf lichten we een aantal indicatoren specifiek toe, gerelateerd aan hun bereik (organische stof, fysisch, chemisch en biologisch). In deze rapportage zijn de meetresultaten van West-Brabant niet inbegrepen omdat de analyseresultaten nog niet allen beschikbaar zijn.



Figuur 7. Het organische stofgehalte (links) en HWC (rechts)-waarden op de gemeten percelen met het gemiddelde per netwerk. De lijnen geven het gemiddelde per regio weer.

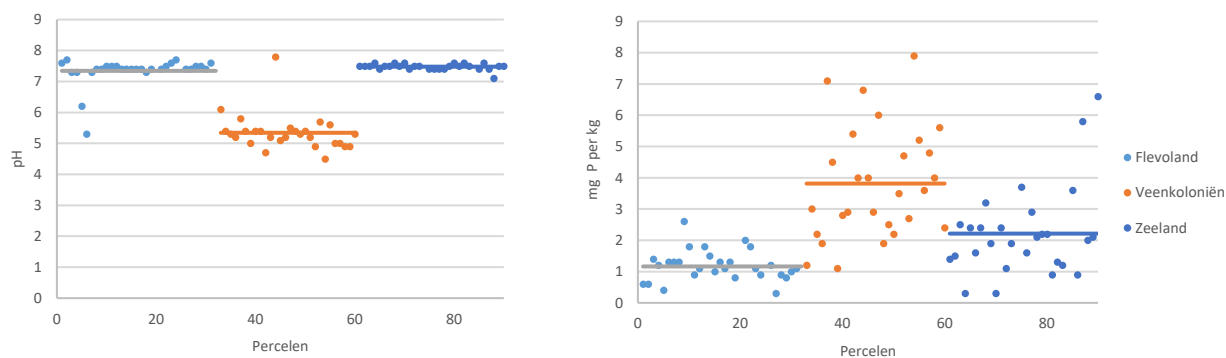
In figuur 7 zijn de meetresultaten weergegeven van het organisch stof-gloeiverlies gehalte op de verschillende bedrijven in de regio's Flevoland, Veenkoloniën en Zeeland. Opvallend is dat het organische stof-gloeiverlies gemiddeld wat hoger uitvalt dan de organische stofbepaling via NIRS (zie bijlage 5) zoals die in de praktijk veelvuldig wordt toegepast. En hoge variatie in het organische stofgehalte is vooral zichtbaar in de Veenkoloniën. Voor het berekenen van de koolstof vastlegging zal mogelijk de voorkeur verdienen uit te gaan van een bepaling via de C-elementair Dumas analyse daar deze het meest stabiel lijkt (Koopmans et al., 2019). Juist deze analyse heeft echter een relatief lange doorlooptijd in het laboratorium.

Hot water Carbon (HWC) is de in wateroplosbare koolstof, en een indicator voor opbouw van organische stof. De HWC-waarde is sensitief voor bodem gerelateerde maatregelen als het toepassen van verschillende meststoffen en heeft een duidelijke link met bodemleven en bodemvruchtbaarheid (Ghani et al., 2003). Hanegraaf et al. (2019) geven referentiewaarden van 500 mg per kg in de akkerbouw op klei en 500-2000 mg per kg op zandgronden. Deze waarden zijn terug te vinden binnen de netwerken Flevoland en Zeeland (voornamelijk kleigrond) en Veenkoloniën (zand/dalgronden). Binnen het netwerk Flevoland wijken 2 percelen duidelijk naar boven af. Deze percelen liggen beiden op een bedrijf waar voormalige graslandpercelen zijn omgezet naar akkerbouw. De hoge HWC-waarden van deze percelen zijn te relateren aan deze geschiedenis aangezien onder grasland de HWC gemiddeld vaak hoger is dan onder bouwland (Ghani et al., 2003).



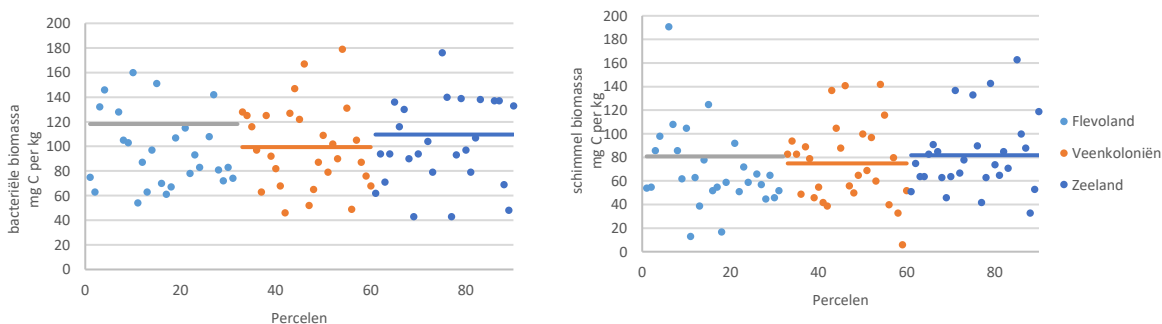
Figuur 8. Gemiddelde (links) en maximale (rechts) indringingsweerstand in de toplaag (0-30cm) (boven) en onderlaag (30-60cm) (onder) op de gemeten percelen. De lijnen geven het gemiddelde per regio weer. De weerstand waarbij de wortelgroei wordt belemmerd (1,5 MPa) en waarbij wortelgroei volledig stagneert (3 MPa) zijn aangegeven met rode stippellijnen

Door middel van metingen met de penetrologger is de indringingsweerstand van de bodem gemeten. De indringingsweerstand geeft een indicatie voor de mate van bodemverdichting, welke kan duiden op een mogelijke storende laag of ploegzool. Bodemverdichting belemmert de wortelgroei wanneer de indringingsweerstand hoger is dan 1,5 MPa; een weerstand hoger dan 3 MPa laat nauwelijks wortelgroei meer toe (Locher & de Bakker, 1990). Figuur 8 laat zien dat de gemiddelde indringingsweerstand bij de meeste percelen in de laag 0-30 cm laag genoeg is om onbelemmerde wortelgroei te waarborgen. In de laag 30-60 cm diepte wordt wortelgroei in bijna alle percelen belemmert en is dit een veel gevallen zelfs geheel onmogelijk. Voornamelijk in de Veenkoloniën is de natuurlijke, zanderige onderlaag veelal te dicht voor wortelgroei. Doordat deze laag ook nauwelijks organische stof bevat dringen wortels hier in het algemeen niet in. De verdichting van de ondergrond hangt samen met de profielopbouw en korrelverdeling die per regio verschillen. Verdichting kan plaatsvinden door inspoeling van fijne zandfracties tussen de grovere zandfracties.



Figuur 9. De pH- (links) en P-beschikbaar (rechts)-waarden op de gemeten percelen met het gemiddelde per netwerk. De lijnen geven het gemiddelde per regio weer.

De pH in akkerbouwbodems ofwel de zuurgraad van de grond ligt over het algemeen rond de 7,3 tot 7,7 op kleigronden en rond de 4,6-5,6 op zandgronden (Hanegraaf *et al.*, 2019). Dit patroon is ook zichtbaar binnen de netwerken Flevoland, Veenkoloniën en Zeeland. Binnen de netwerken is de variatie in pH laag (figuur 9). Het plantbeschikbare fosfaat (P-beschikbaar) ligt in Veenkoloniën gemiddeld hoger dan in Flevoland en Zeeland. Kleigronden houden fosfor over het algemeen sterker vast dan zandgronden. P-plantbeschikbaar is daarnaast meestal het hoogst bij een pH tussen de 5,5 en 6,5 (Amery & Vandecasteele, 2015). Hiermee is de gemiddeld hogere P-beschikbaarheid in de Veenkoloniën te verklaren, gezien de P-voorraad in de regio's gemiddeld nagenoeg gelijk is (bijlage 5).

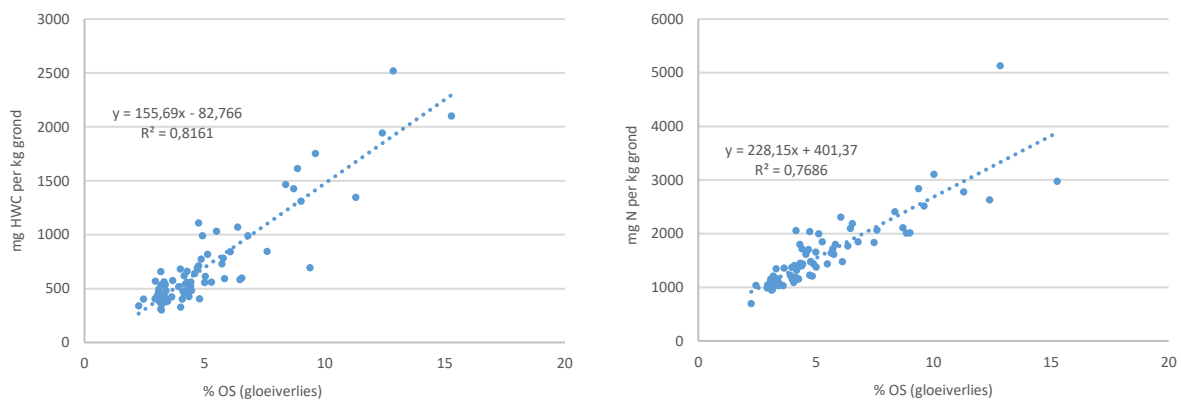


Figuur 10. De bacteriële- (links) en schimmelbiomassa (rechts) op de percelen uit de netwerken. De lijnen geven het gemiddelde per regio weer.

De bacteriën en schimmels zijn van belang voor de omzetting van organische stof en het beschikbaar maken van voedingsstoffen in de bodem. Figuur 10 geeft de bacteriële- en schimmelbiomassa weer in de drie regio's. Bacteriën zetten over het algemeen makkelijk afbreekbaar materiaal met een lage C/N-verhouding om, daar waar schimmels de omzetting van moeilijker afbreekbare organische stof verzorgen. Akkerbouwgronden zijn vaak bacterie-dominant, onder andere omdat bacteriën beter gedijen onder een hogere bemesting en meer bodemverstoring dan schimmels. De variatie in de mate van aanwezigheid van microbiële bodemleven binnen de netwerken is groot, terwijl de gemiddelde biomassa per netwerk relatief gelijk is.

Relatie bodem-C en bodemkwaliteit

Doordat binnen Slim Landgebruik naast metingen aan de koolstofvoorraad in de bodem ook de set aan indicatoren uit de BLN-dataset wordt gemeten is het mogelijk de koolstofvoorraad in de bodem te correleren met de BLN-data. Op deze manier kan worden gekeken of en hoe de koolstofvoorraad is gekoppeld aan andere indicatoren van bodemkwaliteit. Figuur 11 laat bijvoorbeeld zien dat er een sterke correlatie is tussen het organische stofgehalte (gloeiverlies) en de HWC ($R^2=0,82$). Ook correleert het organische stofgehalte (gloeiverlies) met het N-totaal gehalte ($R^2=0,77$). Zulke relaties zijn van belang om het draagvlak voor koolstofvastlegging in de bodem onder akkerbouwers te vergroten. In het vervolg is voorzien om deze correlaties nader in kaart te brengen met de meetgegevens. Dit om te zien welke bodemindicatoren een rol spelen (positief- of negatief) bij de koolstof vastlegging.



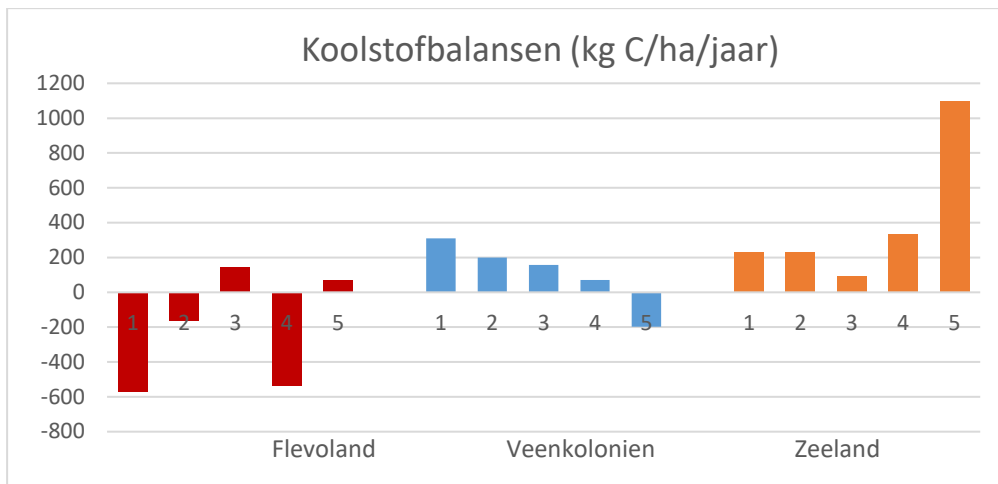
Figuur 11. De correlatie tussen het organische stofgehalte-gloeiverlies en de Hot Water Carbon (HWC, links) en N-totaal (rechts) binnen de netwerken Flevoland, Veenkoloniën en Zeeland.

4.7 Analyse van de koolstofbalansen

Berekening van de koolstofbalansen

Van 15 bedrijven uit 3 regio's zijn de koolstofbalansen berekend met behulp van het praktijkmodel NDICEA. Van deze bedrijven zijn de perceel gegevens opgevraagd van de onderzochte percelen, van de afgelopen 5 jaar: gewas, opbrengst, bemesting, et cetera. De resultaten geven een gemengd beeld (figuur 12).

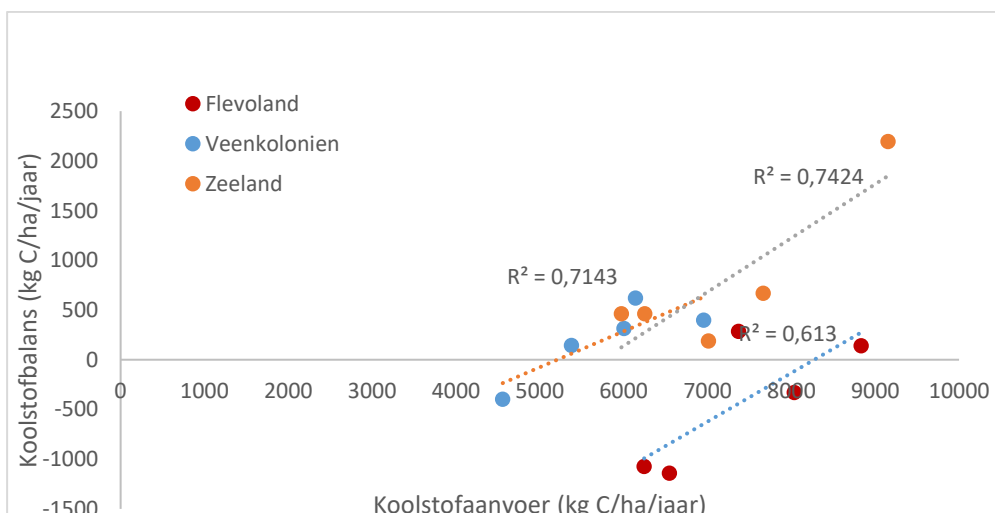
In alle drie regio's zien we dat een meerderheid van de bedrijven een positieve balans vertoont van plus tot min 200 kg C per ha per jaar. In Flevoland springen twee bedrijven eruit met een negatieve koolstofbalans. In de Veenkoloniën vertoont een van de bedrijven een negatieve balans en in Zeeland vertonen alle bedrijven een positieve balans.



Figuur 12. Koolstofbalansen van 15 bedrijven in de regio's Flevoland, Veenkoloniën en Zeeland.

Op de balans zijn meerdere factoren van invloed en de resultaten kunnen niet aan één enkele oorzaak worden toegeschreven. Uit de modelanalyse blijkt dat de volgende factoren de grootste rol spelen: het percentage graangewassen en het soort bemesting dat wordt gebruikt. Bij een hoger percentage graangewassen neemt de hoeveelheid aangevoerde gewasresten toe, en dat heeft een positief effect op de koolstofbalans. Het gebruik van langzaam afbrekende meststoffen heeft een positieve invloed op de koolstofbalans, omdat aangevoerde koolstof lang in het systeem aanwezig blijft. Het bedrijf met de hoogste opbouw –Zeeland 5- is hiervan een mooi illustratie: het heeft een combinatie van 3 jaren graanteelt en een hoge groencompostgift in 2015. Uit deze doorrekening blijkt bij de 15 bedrijven geen relatie te zijn tussen de koolstofopbouw en het organische stofgehalte aan het begin van de simulatie. Dit is verrassend, omdat bij een hoger organisch stofgehalte ook een hogere afbraak verwacht mag worden. Dit had echter geen doorslaggevend effect op de uitslag.

Om een beter beeld te krijgen van de situatie zijn de resultaten in de onderstaande grafiek (figuur 13) uitgezet tegen de koolstofaanvoer.



Figuur 13. koolstofbalans versus koolstofaanvoer van 15 bedrijven in de regio's Flevoland, Veenkoloniën en Zeeland.

Er is een duidelijke relatie tussen de koolstofbalans en de koolstofaanvoer. Daaruit kan geconcludeerd worden dat de aanvoer van extra koolstof (in de vorm van organisch materiaal) ook echt zorgt voor opbouw, en niet alleen voor een hogere afbraak. Er zijn ook regionale verschillen te zien. In Flevoland lijkt het moeilijker om een positieve balans te behalen dan in Zeeland of de Veenkoloniën. Daar wordt pas bij een aanvoer van meer dan 8.000 kg C/ha/jaar een positieve balans behaald, terwijl dat voor Zeeland al eerder het geval is. Mogelijk heeft dit met de grondsoort te maken. De bedrijven in Zeeland liggen namelijk op een iets zwaardere kleigrond dan die in Flevoland, terwijl ze verder een redelijk vergelijkbare bedrijfsvoering hebben.

De vraag is in hoeverre de bedrijven die maatregelen nemen en een positieve koolstofbalans vertonen effectief bijdragen aan het doel van de 0,5 Mton CO₂ vastlegging per jaar. Uitgaande van een totale 1.719.002 ha beschikbare minerale landbouwgrond (Koopmans et al., 2020) waarop gewassen worden geteeld en waarbij de binnen Slim landgebruik onderzochte maatregelen potentieel inzetbaar zijn, zou gemiddeld 80 kg C per ha moeten worden vastgelegd om de doelstelling te realiseren. Volgens bovenstaande berekeningen is de vastlegging van koolstof bij 7 van de 15 onderzochte bedrijven voldoende hoog om effectief bij te dragen aan het bereiken van deze doelstelling. Deelnemers aan de netwerken vormen echter geen representatieve afspiegeling, maar ze laten zien dat bodembeheer een bijdrage levert aan koolstofvastlegging.

5 Conclusies en aanbevelingen

Het netwerk is, mede op verzoek van de praktijk, in 2019 uitgebreid met een extra groep (ca 15 ondernemers) in West Brabant op zand. Hiermee komt het totaal aantal regio's in dit tweede jaar op vier, waarbij het netwerk actief is bij 60 deelnemers. Een tegenvaller betreft het wegvallen van de regiopartner Veldleeuwerik. Hiermee staat met name in de regio's Veenkoloniën maar ook Flevoland het netwerk onder druk. Doordat de betrokken Veldleeuwerik studiegroepen niet meer bijeenkomen is er geen automatische continuïteit waarbij groepen ondernemers buiten Slim landgebruik actief zijn.

De resultaten laten zien dat deelnemers vaak meerder maatregelen implementeren in de praktijk. Maatregelen sluiten in de meeste gevallen aan, of zijn een variant op, de maatregelen benoemd in de tabel Lesschen uit 2012. Dierlijke mest en compost toevoegen is een maatregel die veel aandacht heeft in de praktijk en vaak tot doel heeft de organische stof opbouw en algehele bodemvruchtbaarheid te behouden.

De meeste maatregelen kennen meerdere varianten in de praktijk. Zo wordt niet-kerende grondbewerking bij zo'n 7-13% van de bedrijven toegepast. Een veel meer voorkomende variant is echter ondieper te ploegen of te spitten. Deelnemers hebben dan ook de vraag hoe effectief dergelijk grondbewerking is in het kader van de koolstofvastlegging in vergelijking met traditioneel ploegen. Ook de maatregel toepassen van vanggewas/groenbemester verschilt sterk per regio en deelnemer. Alle deelnemers passen, mede ingegeven door het GLB, groenbemesters toe. De groeiduur van groenbemesters verlengen bovenop de 10 verplichte weken uit het GLB verschilt echter en in sommige regio's is de uitdaging de groenbemesters ook te laten overwinteren.

De mate van toepassing van maatregelen (implementatiepercentage) verschilt per regio. De gepresenteerde implementatie percentages komen van bedrijven die bereid zijn deze maatregelen in te zetten en in veel gevallen hier ook al aan werkten. Het geeft wel aan in hoeverre een maatregel potentieel implementeerbaar is voor de bredere landbouwpraktijk.

Om inzicht te verkrijgen in de financiële impact van verschillende maatregelen zijn de maatregel 'verbeteren gewasrotaties' en 'dierlijke mest en compost toevoegen' voor meerdere varianten doorgerekend. Het verbeteren van gewasrotaties door verruiming met meer graan en rustgewassen, plus het toevoegen van extra groenbemester hebben invloed op zowel opbrengsten als kosten. Het saldoverlies is het grootst als een hoog salderend gewas vervangen wordt door een laag salderend graan of rustgewas. In Koopmans et al. (2020) zijn de effecten op de koolstofvastlegging nader uitgewerkt. Ook aanvoer van organische mest heeft invloed op de kosten en baten. Met een ander type organische mest kan de organische stofbalans van het bedrijf behoorlijk veranderen. Dat heeft ook gevolgen voor de kosten: de eerste berekeningen laten zien dat de stap van varkens- naar rundveedrijfmest al een flinke verbetering in effectieve organische stof (EOS) oplevert, maar in aanschaf een financieel nadeel van 200 euro per ha.

Het verzamelen van meetresultaten en inzichten over bodemkoolstof en bodemkwaliteit is succesvol verlopen. Daarmee is zicht gekregen op de bodemkoolstof van de betrokken bedrijven en percelen. Ook is voor het eerste inzichtelijk geworden hoe de BLN-indicatoren scoren op deze 60 bedrijven en 120 bemeten percelen. Hoewel deze gegevens nadrukkelijk niet op korte termijn kunnen worden gebruikt om veranderingen als gevolg van bodemmaatregelen vast te stellen is hiermee wel een basis gelegd (0-meting) om de percelen over meerdere jaren te kunnen volgen. Ook is hiermee een eerste indicatie beschikbaar van de BLN-indicatoren per regio. Het geeft ondernemers inzicht waar zij staan met hun bedrijf ten opzichte van andere ondernemers in de regio. Ook legt het de basis om de koolstofbalansen van de bedrijven meer betrouwbaar te kunnen doorrekenen.

Uit deze berekeningen blijkt een correlatie tussen de koolstofaanvoer en de koolstofbalans. Daaruit kan worden geconcludeerd dat de aanvoer van extra koolstof (in de vorm van organisch materiaal) ook echt zorgt voor een positieve balans. Er zijn ook regionale verschillen te zien. In Flevoland lijkt het moeilijker om een positieve balans te behalen dan in Zeeland of de Veenkoloniën. De doorrekeningen van de eerste 15 bedrijven laten echter ook zien dat bij 7 bedrijven (47%) de koolstofbalans dermate positief is dat meer wordt bijgedragen dan strikt noodzakelijk (gemiddeld 80 kg C per ha) om het doel van 0,5 Mton CO₂ vastlegging per jaar te realiseren. Dit geeft tevens weer dat er nog voldoende potentie is om de balansen op bedrijven te verbeteren en daarmee meer koolstofvastlegging in de praktijk te realiseren.

Aanbevelingen

Met de bedrijfsbezoeken is zichtbaar geworden wat bedrijven in de praktijk zoal doen aan de maatregelen, welke bodemanalyses ze nemen en zijn uitdagingen en dilemma's rond maatregelen inzichtelijk. De deelnemers in het netwerk zijn gericht op het behoud en het verbeteren van bodemvruchtbaarheid en bodemkwaliteit. Bedrijven in de praktijk maken gebruik van de organische stof analyses via NIRS (Near Infra Red Spectroscopy). Een nadeel van deze methode is dat uitslagen lastig te vergelijken zijn met de analyse van C-gloeiverlies die in het verleden werd gebruikt. Er blijken nogal verschillend tussen C-groeiverlies en C-NIRS waarbij de metingen binnen het netwerk en grote spreiding in C-NIRS-resultaten laten zien. Voor het berekenen van de aanwezige hoeveelheid koolstof lijkt de meting met C-elementair de meest stabiele. Analyse van resultaten en vergelijking van de meetmethodiek is gewenst om tot een eenduidige meting van bodemkoolstof te komen in het kader van de klimaatopgave en binnen Slim landgebruik.

Het effect van de maatregel verbeteren gewasrotaties lijkt gekoppeld aan het al dan niet achterlaten van gewasresten zoals stro. Alle deelnemers in de netwerken hebben rustgewassen in het bouwplan. Het aandeel van de rustgewassen varieert sterk van 20% tot meer dan 50%. De bijdrage die een rustgewas levert aan de opbouw van organische stof hangt samen met de hoeveelheid gewasresten die achterblijven op het perceel na de oogst. Zo heeft het afvoeren van stro na de graanoogst een effect op de organische stofopbouw. Een duidelijk onderscheid

tussen de maatregelen 'verbeteren van gewasrotatie' en 'achterlaten van gewasresten' lijkt dus op zijn plaats.

Akkerbouwers die afhankelijk zijn van hun bedrijf maken gewaskeuzes op basis van afzet perspectieven en verwachte bijdrage aan het bedrijfsrendement. Hoog salderende gewassen krijgen dan snel de voorkeur. De bedrijfseconomische doorrekeningen bevestigen dit beeld. Zowel in de Veenkoloniën als in Brabant is de aardappelteelt een belangrijk akkerbouwgewas vanuit bedrijfseconomisch perspectief. Het aandeel aardappels in de gewasrotatie is afhankelijk van de noodzakelijke rustperiode uit bodemgezondheidsperspectief (aaltjes). Zo wordt in Brabant (en andere regio's) grond gehuurd om het areaal aardappels binnen het bedrijf te verruimen. Om akkerbouwers te stimuleren het bouwplan te extensiveren is een financiële tegemoetkoming noodzakelijk. Om deze reden heeft geen enkele deelnemer binnen het netwerk gekozen om de gewasrotatie te verbreden met rustgewassen. Alleen de omschakeling naar biologische landbouw heeft bij een deelnemer gezorgd voor een aanpassing in het bouwplan.

De keuze van meststoffen wordt in sterke mate bepaald door de huidige mestregels. De akkerbouwers in het netwerk zien kansen om kunstmest te vervangen door organische mest. De hoeveelheid die wordt ingezet is gelimiteerd. Ook het gebruik van compost (gft, groencompost, champost, etc.) komt voor. Compost kan het gebruik van zowel kunstmest als dunne mest vervangen. Over de kwaliteit van compost zijn de meningen echter verdeeld, met name in de laatste jaren lijkt de kwaliteit van gft (minder vervuilingen) te zijn verbeterd. Het gebruik van organische reststromen in de akkerbouw kan bijdragen in de opbouw van organische stof. Het stimuleren van gebruik van deze reststromen die anders buiten de landbouwkundige toepassingen blijft, kan volgens deelnemers sterk bijdragen aan de koolstof vastlegging. Tegelijkertijd voelen deelnemers zich hierin geremd door de mestwetgeving.

Het zaaien van groenbemesters (GLB) is in de regio's praktijk. De vraag in hoeverre inzaai van groenbemesters kan worden uitgebreid of verlengd (overwinteren) houdt veel akkerbouwers bezig. De mogelijkheden zijn gekoppeld aan de grondbewerkingsmethoden en het al dan niet toepassen van glyfosaat ter afdoding van de (overwinterde) groenbemesters. Groenbemesters dragen bij in het vastleggen van bodem-C. Of overwinteren van groenbemesters hierin iets extra's biedt is nog een vraag. Wel bieden groenbemesters in de winter bescherming van de bodem en houden het bodemleven actief.

Na twee jaren verkenning lijkt het verbeteren van de gewasrotatie (meer rustgewassen) in potentie de meest effectieve maatregel voor het vastleggen van koolstof in de bodem. De gewaskeuze wordt door de deelnemers echter in grote mate bepaald door de bedrijfseconomische situatie. Hoge grondprijzen en investeringen leiden al snel tot meer salderende rooigewassen in de rotatie. Dit vraagt om een financiële stimulans om te komen tot meer rustgewassen in de akkerbouwrotaties.

Referenties

- Amery, F. & Vandecasteele, B. (2015) Wat weten we over fosfor en landbouw? Deel 1: Beschikbaarheid van fosfor in bodem en bemesting. Merelbeke, ILVO.
- Ghani, A., Dexter, M., & Perrott, K. W. (2003). Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. *Soil biology and biochemistry*, 35(9), 1231-1243.
- Hanegraaf, H., van den Elsen, E., de Haan, J. & Visser, S. (2019) Bodemkwaliteitsbeoordeling van landbouwgronden in Nederland - Indicatorset en systematiek, versie 1.0
- Hoekstra, C. en J.N.B. Poelman (1982). Dichtheid van gronden gemeten aan de meest voorkomende bodemeenheden in Nederland. Stichting voor Bodemkartering, rapport nr. 1582, 47 p.
- Hull, J. van 't, J. de Haan, A. van der Linden, P. Kuikman, W. Dijkman, N. Douwe Dekker, J.P. Wagenaar en C.J. Koopmans, 2018. Demonstratie en netwerken – fase 1 – voorbereiding en selectie. Voorbereiding van demonstraties en netwerken binnen 'Klimaatwinst uit doordacht landgebruik'. Wageningen University and Research, Louis Bolk Instituut en CLM, 25 p.
- Koopmans, C.J., B. Timmermans, J. de Haan, M. van Opheusden, I. Selin Noren, T. Slier en J.P. Wagenaar (2020). Evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof in minerale gronden 2019-2023. Rapportage 2019. Louis Bolk Instituut en Wageningen UR.
- Koopmans, C.J., B. Timmermans, J.P. Wagenaar, J. van 't Hull, M. Hanegraaf en J. de Haan (2019). Evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof. Resultaten uit Lange Termijn Experimenten (LTE's). Rapportage 2018. Louis Bolk Instituut en Wageningen UR. 54 p en bijlagen.
- Koopmans & Janmaat (2019). Bodem en Klimaat Netwerk – Akkerbouw (2019). Louis Bolk Instituut, CLM, Wageningen UR, Stichting Veldleeuwierik en ZLTO. 62 p. en bijlagen.
- Koopmans, Zanen en Ter Berg (2005) Bodembeoordeling aan de hand van een kuil.
- Lesschen, J.P., H. Heesmans, J. Mol-Dijkstra, A. van Doorn, E. Verkaik, I. van den Wyngaert en P. Kuikman (2012). Mogelijkheden voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw en natuur. Alterra rapport 2396 ISSN 1566-7197. 64 p.
- Wösten, J.H.M., G.J. Veerman, W.J.M. de Groot en J. Stolte. 2001. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Vernieuwde uitgave 2001. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, Alterra-rapport 153. 86 p.

Bijlage 1: Metingen en analyses BLN-indicatorset

Tabel 1 Overzicht metingen en methoden

Bereik	Indicator	Methode	Laboratorium
Koolstof & organische stof	C-elementair	Elem. analyse ¹	Eurofins
	C-totaal	1150 °C ²	Eurofins
	Organische stof	NIRS ³	Eurofins
Fysisch	Organische stof-gloeiverlies	Gloeiverlies ⁴	Eurofins
	Textuur (klei/silt/zand)	NIRS	Eurofins
	Watervasthoudend vermogen	pF bak	BDB
	Bulkdichtheid	Ringen 100 cc	BDB
Chemisch	Weerstand	Penetrologger	LBI/WUR
	Nmin		Eurofins
	N-totaal	Dumas-Klassiek	Eurofins
	pH-ClCl ₂	ClCl ₂ -extr.	Eurofins
	P-voorraad (P-AI)		Eurofins
	P-beschikbaar	ClCl ₂ -extr.	Eurofins
	Pw ¹	berekening	Eurofins
	K-CEC	NIRS	Eurofins
Biologisch	K-beschikbaar	ClCl ₂ -extr.	Eurofins
	HWC	Extractie	WenR
	Pot min. N (PMN)	NIRS	Eurofins
	Microbiële biomassa	NIRS	Eurofins
	Microbiële activiteit	NIRS	Eurofins
	Schimmelbiomassa	NIRS	Eurofins
Visuele beoordeling	Bacteriële biomassa	NIRS	Eurofins
	Bodemscan	Visueel	LBI/WPR

¹ Soil organic carbon (SOC elementaire C analysis gevolgd door droge verbranding (Yeomans and Bremner, 1991; Soon and Abboud, 1991, ISO 10694). Internal classical code = COR6

² Total Carbon: SOC + inorganic carbon. Verbranding bij 1150 °C (NEN 15936). Internal classical code = CTT6

³ Near Infra Red Spectroscopy

⁴ Gloeiverlies bij 550 °C (NEN 5754, 2005). Internal classical code = GLV1

Bijlage 2: Kansen en belemmeringen West-Brabant

Tabel 1 Kansen en belemmeringen genoemd bij verschillende klimaatmaatregelen binnen het netwerk Brabant

Maatregelen	Kans	Belemmering
Gewasrotatie		
Verhogen percentage rustgewassen	Minder arbeidsintensief, minder opslagcapaciteit nodig voor granen	Onmogelijk zonder baan ernaast; graanprijs is te laag
Bouwplan verruiming	Aaltjesdruk verminderen	Beschikbaarheid huurland, afstand tot melkveehouders voor uitruil grond
Gewasresten inwerken		
Stro inwerken	OS-gehalte verhogen	Geen inkomsten door verkoop stro; geen stro-mest uitwisseling veehouder
Grondbewerking		
Niet-kerende grondbewerking (NKG)	OS bovenin houden en grond permanent bedekt houden	Lastig met onkruid en fijnzadige gewassen, onbekend wat het effect is
Woelen op lichtere gronden, alleen ploegen op zware gronden	Woelen op lichte grond om aardappelopslag tegen te gaan.	Op zwaardere gronden is minimale grondbewerking lastiger
Ondiep ploegen (ecoploeg)	Betere bodemkwaliteit, minder brandstofverbruik	Onduidelijk wat nadelige effecten zijn, lastig met fijnzadige gewassen, investering ecoploeg
Mest en reststromen		
Organische reststromen inzetten	Structuurverbetering, o.a. in groenteteelt watervasthoudend vermogen verbeteren	Mestwetgeving (N en P ruimte), opslag GFT
Compost of champost	Structuurverbetering zwaardere gronden	Champost kan niet structureel worden toegepast, (beperking mestwetgeving); vervuiling compost en bokashi
Kippenmest	Makkelijk verkrijgbaar, soms van eigen bedrijf, hoge N-gift en dus groeikracht	Stikstof- en fosfaatruimte
Vaste (potstal)mest	OS gehalte verhogen met hoogwaardige mest	Mestwetgeving
Groenbemesters		
Overwinteren van groenbemesters	Bodembedekking tegen erosie en uitspoeling, aaltjesreductie door resistente rassen, groene akker voor zicht en natuurwaarde	Vermeerdering bodempathogenen met name aaltjes, problemen met wortelonkruiden, geen vlinderbloemige groenbemesters te gebruiken (voor N-fixatie) vanwege stengelaaftje-vermeerdering. Overwinteren alleen op zand. Inzet glyfosaat soms nodig.
Tagetes als groenbemester	Aaltjesonderdrukking	Prijs zaai zaad en minimale duur van de teelt
Inzaai groenbemesters na aardappel	Akker groen houden tegen erosie en uitspoeling	Lastig door late oogst, aardappelopslag
Akkerrand/vogelakkers		
Inzet vogelakkers en akkerranden	Vergoedingen, natuurwaarde	Onkruiden

Bijlage 3: Economische onderbouwing van de maatregel 'Verbeteren gewasrotaties'

Tabel 1. Overzicht afkortingen

Afkortingen	Gewas	Afkortingen	Gewas
CA	Consumptieaardappel	SB	Suikerbiet
CE+SSB	Conserven-erwt met volgteelt stamslaboon	SP	Spelt
Gb	Groenbemester (na hoofdgewas)	TU-V	Tulp verhuur
GK	Grasklaver	UI	zaai-Uien
GR	Grasland verhuur	VL	Vlas
GZ	Graszaad	Wasp	Waspeen
LE-V	Lelie verhuur	WP	Winterpeen
LU	Luzerne	WT	Wintertarwe
PA	Pootaardappel	ZA	Zetmeel aardappel
SN+VG	Snijmais met vanggewas winterrogge	ZG	Zomergerst

Tabel 2. Overzicht van de bouwplannen per regio. Het eerste bouwplan is telkens het referentie bouwplan, gevolgd door per regio variërend aantal varianten. De afkortingen van de gewassen zijn gegeven in de tabel 1

Regio	jr	Referentie	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4	Variant 5	Variant 6
		gewas	gewas	gewas	gewas	gewas	gewas	gewas
Noordelijke Zeeklei NZK	1	PA	PA	PA	PA	PA	PA	
	2	WT+gb	WT+gb	WT+gb	WT+gb	WT+gb	WT+gb	
	3	SB	SB	SB	SB	SB	SB	
	4		WT	WT+gb	SP	GZ	LU	
	5					GZ	LU	
Centrale Zeeklei Flevoland CZKF	1	CA	CA	CA	CA+gb	UI	UI	CA
	2	SB	SB	SB	SB	WT	WT+gb	SB
	3	UI	WT	WT+gb	WT+gb	CA	CA	UI
	4	WT+gb	UI	UI	UI	WT	WT+gb	GK
	5		WT+gb	WT+gb	WT+gb	WP	WP	GK
	6					WT	WT+gb	
Centrale Zeeklei Noordoostpolder CZKN	1	PA	WT	WT+gb	WT+gb	WT	WT+gb	PA
	2	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB
	3	UI	UI	UI	UI+gb	WT	WT+gb	Ui
	4	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA
	5	WT+gb	WT+gb	WT+gb	WT+gb	WT	WT+gb	GK
	6	TU-V	TU-V	TU-V	TU-V	TU-V	TU-V	GK
Noordoostelijk Zand en dal gebied NON	1	ZA	ZA	ZA	ZA	ZA	ZA	
	2	SB	SB	SB	SB	ZG+gb	SB	
	3	ZA	ZG	ZG+gb	GK	ZG+gb	ZG+gb	
	4	ZG+gb	ZG	ZG+gb	GK	SB	ZA	
	5	ZA				GK	ZG+gb	
	6	ZG+gb				GK	ZG+gb	
Zuid Oost Nederland ZOZ	1	CA	CA	CA	CA+gb	CA	CA	
	2	SN+VG	ZG	ZG+gb	ZG+gb	SN+VG	WT+gb	
	3	Wasp	Wasp	Wasp	Wasp+gb	Wasp	SB	
	4	CE+SBB	ZG	ZG+gb	ZG+gb	CE+SBB	WT+gb	
	5	CA	CA	CA	CA+gb	CA	UI	
	6	SB	ZG	ZG	ZG+gb	SB	GZ	
	7	SN+VG	LE-V	LE-V	LE-V+gb	GR	GZ	
	8	LE-V	ZG	ZG+gb	ZG+gb	GR		

Tabel 3. Varianten in gewasrotaties

Regio		referentie	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4
	jr	gewas	gewas	gewas	gewas	gewas
Zuidwestelijk Kleigebied ZWZ	1	CA	CA	CA	CA	CA
	2	WT+gb	WT+gb	WT+gb	WT+gb	WT+gb
	3	SB	SB	SB	SB	SB
	4	UI	WT	WT+gb	WT+gb	WT+gb
	5	WT+gb	UI	UI	UI	UI
	6		WT+gb	WT+gb	VL	GZ
	7					GZ

Tabel 4. De vereiste opbrengststijging van de gewassen in een variant om het bouwplansaldo verlies als gevolg van de verruiming van de bouwplannen te compenseren, in procenten.

	Ref.	variant 1	variant 2	variant 3	variant 4	variant 5	variant 6
NZK	-	12	13	9	12	28	
CZKF	-	7	8	9	7	9	13
CZKN	-	22	22	23	30	33	9
NON	-	-6	-2	-2	6	2	
ZOZ	-	8	9	12	0	15	
ZWZ	-	4	5	5	14		

Opmerking

In de berekeningen is geen rekening gehouden met de veranderingen in de bestaande investeringen in machinepark en gebouwen. Een belangrijk deel van deze investeringen is gewas specifiek en inflexibel. (o.a. oogstmechanisatie, bewaring en verwerking). Indien een bouwplanaanpassing leidt tot een lagere benutting zal dit leiden tot een stijging van de kostprijs per eenheid product. Dit komt niet tot uitdrukking in deze saldovergelijkingen.

Bijlage 4: Economische onderbouwing van de Maatregel 'Dierlijke mest en compost toevoegen'

Organische mestsoort	Kostprijs voor akkerbouwer (Euro/ton)	Toelichting
Dunne VDM	-15	Dit is de vergoeding die de akkerbouwer ontvangt, bovenop de gratis aanvoer en aanwending van de mest. Dit bedrag is in de praktijk variabel door het seizoen en verschilt ook per regio. De bandbreedte is ongeveer 5-30 Euro per ton.
RDM	-5	Dit is de vergoeding die de akkerbouwer ontvangt, bovenop de gratis aanvoer en aanwending van de mest. Dit bedrag is in de praktijk variabel door het seizoen en verschilt ook per regio. De bandbreedte is ongeveer 0-10 Euro per ton.
Potstalmest	20	Dit zijn de kosten voor de mest (10-15 Euro/ton), het transport, bemonstering en de toediening (5-10 Euro), die door de akkerbouwer worden betaald. De kosten voor de mest en het transport verschillen per regio, afhankelijk van regionale beschikbaarheid en vraag.
GFT-compost	10	Dit zijn de kosten voor de compost (0-10 Euro/ton), het transport, bemonstering en de toediening (5-10 Euro), die door de akkerbouwer worden betaald. De prijs van de compost verschilt, afhankelijk van de kwaliteit en de beschikbaarheid.

De kosten van kunstmest per kg N, P of K zijn afkomstig uit de KWIN AGV 2018, en zijn gebaseerd op de prijs en gehalten van enkelvoudige N, P en K-meststoffen (kalkammonsalpeter, tripelsuperfosfaat en kali-60):

Kunstmestsoort	Kostprijs voor akkerbouwer (euro/kg)
N-kunstmest Kalkammonsalpeter	1,14
P-kunstmest tripelsuperfosfaat	0,75
K-kunstmest Kali-60	0,50

Bijlage 5. Metingen aan de BLN-indicatorset met gemiddelden en standaarddeviatie per regionetwerk

Bereik	Indicator	Flevoland	Veenkoloniën	Zeeland	Brabant
Organische stof	C-elementair Dumas (%)	nb	nb	nb	nb
	C-elementair NIRS (%)	1,8 (±0,9)	3,6 (±1,6)	1,3 (±0,3)	nb
	OS gloeiverlies (%)	4,8 (±2,2)	6,8 (±3,0)	3,8 (±0,9)	nb
	OS NIRS (%)	3,3 (±1,7)	6,2 (±2,5)	2,5 (±0,5)	nb
	HWC (mg/kg)	598,3 (±401,1)	1085,0 (±473,4)	520,0 (±119,2)	nb
Fysisch	Watervasthoudend vermogen (%)	nb	nb	nb	nb
	Klei (%)	21,6 (±8,1)	1,5 (±0,8)	19,9 (±6,7)	nb
	Silt (%)	39,1 (±6,0)	9,6 (±4,6)	30,0 (±6,1)	nb
	Zand (%)	29,9 (±12,2)	83,0 (±4,8)	41,6 (±12,1)	nb
	Gemiddelde indringingsweerstand 0-30cm (Mpa)	1,0 (±0,5)	1,4 (±0,6)	1,0 (±0,5)	1,5 (±0,8)
	Maximale indringingsweerstand 0-30cm (Mpa)	1,8 (±0,9)	3,2 (±1,4)	1,5 (±0,8)	2,8 (±1,6)
	Gemiddelde indringingsweerstand 30-60cm (Mpa)	2,1 (±0,8)	3,8 (±1,3)	2,5 (±0,9)	3,6 (±1,4)
	Maximale indringingsweerstand 30-60cm (Mpa)	3,1 (±1,2)	6,2 (±2,4)	3,1 (±1,4)	5,5 (±2,2)
	Bulkdichtheid (kg/m ³)	nb	nb	nb	nb
Chemisch	pH	7,3 (±0,5)	5,3 (±0,6)	7,5 (±0,1)	nb
	N-totaal (mg/kg)	1631,0 (±800,6)	1797,9 (±604,1)	1337,1 (±347,3)	nb
	Potentieel mineraliseerbare stikstof (kg/ha)	33,4 (±20,7)	40,9 (±14,2)	30,2 (±10,5)	nb
	P-beschikbaar P-PAE (mg/kg)	1,2 (±0,5)	3,8 (±1,8)	2,2 (±1,4)	nb
	P-beschikbaar Pw (mg P ₂ O ₅ /100 g)	30,0 (±7,4)	52,0 (±13,9)	41,3 (±12,3)	nb
	P-voorraad (mg P ₂ O ₅ /100 g)	50,8 (±14,2)	48,2 (±15,5)	67,3 (±16,1)	nb
	K-beschikbaar (mg/kg)	115,1 (±34,2)	101,4 (±33,6)	125,0 (±40,1)	nb
	K-voorraad (mmol/kg)	5,2 (±1,2)	2,4 (±0,4)	6,0 (±1,3)	nb
Biologisch	Bacteriële biomassa (mg C/kg)	118,2 (±100,2)	99,4 (±33,4)	109,6 (±44,0)	nb
	Schimmel biomassa (mg C/kg)	80,8 (±76,0)	74,9 (±34,0)	81,8 (±31,8)	nb
Bodemscan	Scherpblokkigheid 0-25cm (%)	11,4 (±4,6)	12,3 (±8,4)	**	13,3 (±12,1)
	Scherpblokkigheid 25-50cm (%)	37,9 (±13,3)	47,5 (±12,6)	**	32,4 (±10,8)
	Bewortelingsdiepte (cm)	47,7 (±6,8)	43,4 (±12,7)	36,1 (±12,5)	41,5 (±6,8)
	Storende laag (aantal percelen)	2	5	6	4
	Diepte storende laag (cm)	37,5 (±3,5)	25,2 (±12,7)	32,5 (±6,9)	38,8 (±13,1)

** sterk afwijkende gegevens lijken erop te wijzen dat een afwijkende beoordeling is gevolgd