

Koolstofboeren: aanvullende metingen 2018

Koolstofopbouw in landbouwgrond
vanuit het perspectief van de grondgebruiker

19-3-2019

Geert-Jan van der Burgt en Sjef Staps



© 2019 Louis Bolk Instituut

Koolstofboeren: aanvullende metingen 2018 - Koolstofopbouw in
landbouwgrond vanuit het perspectief van de grondgebruiker

19-3-2019

Ir. G.J.H.M. van der Burgt en Ing. J.J.M. Staps

Zoekwoorden: koolstofopslag, bodemvruchtbaarheid,
bodem organische stof, stikstof

Publicatienummer 2019-001 LbP

Foto: Still uit film 'Koolstofboeren' van Joris van der Kamp en
Fransjan de Waard, gemaakt binnen het project Koolstof-
boeren

66 pagina's

Deze publicatie is beschikbaar via
www.louisbolk.nl/publicaties

www.louisbolk.nl

info@louisbolk.nl

T 0343 523 860

Kosterijland 3-5

3981 AJ Bunnik

 @LouisBolk

Louis Bolk Instituut: Onderzoek en advies ter bevordering van
duurzame landbouw, voeding en gezondheid

Inhoud

Samenvatting	5
Summary	6
1 Inleiding en achtergrond	7
2 Uitdagingen voor de rekensystematiek	11
3 Onderzoeksactiviteiten	14
3.1 Inleiding	14
3.2 Module 1: Project 'Koolstofboeren'.	14
3.3 Module 2: Project "Gezonde grond voor gezond gewas": 2018.	15
3.4 Afzonderlijke projectactiviteiten	15
4 Opties voor verhoging van het koolstofgehalte van de grond	17
4.1 Zelf organische stof produceren	17
4.2 Aanvoer van organische stof van buiten het bedrijf	19
4.3 Afbraak van organische stof verminderen	19
5 Afwegingskader	21
5.1 Bestaande belemmeringen	21
5.2 Afwegingskader, eerste aanzet	23
6 Resultaten, conclusies en aanbevelingen onderzoek bedrijfslocaties	25
6.1 Inleiding	25
6.2 Conclusies	25
6.3 Aanbevelingen	26
Literatuur	27
Bijlagen: Verslagen onderzoek praktijkbedrijven	28
Bedrijf 1	28
Bedrijf 2	38
Bedrijf 3	46
Bedrijf 4	53
Bedrijf 5	58

Samenvatting

Het Louis Bolk Instituut (LBI) heeft samen met ZLTO en Bionext het project “Koolstofboeren” uitgevoerd (2017-2018). Dit project was zowel gericht op het inzichtelijk maken van maatregelen die boeren kunnen nemen om extra koolstof vast te leggen in de bodem, als op mogelijkheden om deze koolstofvastlegging te verwaarden. Het LBI heeft binnen dit project een update opgesteld van het ‘Handboek goed koolstofbeheer’ en heeft met groepen boeren aan praktijkmaatregelen gewerkt.

Het ministerie van LNV heeft het Louis Bolk Instituut aanvullend opdracht gegeven voor aanvullende metingen van organische stofgehalten (‘Koolstofboeren: aanvullende metingen 2018’). Dit project is gesplitst in twee deelprojecten, voor respectievelijk 2018 en 2019. Voorliggend rapport is de rapportage over 2018.

Benutting van de bodem als ‘sinc’ voor CO₂ in de vorm van bodem organische stof staat sterk in de belangstelling. In een aantal situaties mag verwacht worden dat groei van het organische stof gehalte bijdraagt aan algemene verbetering van de bodemkwaliteit die zichzelf deels terugbetaalt. Stimulering van dat proces zou plaats kunnen vinden door landgebruikers te belonen voor het verhogen van het koolstofgehalte. Daaraan zijn een aantal uitdagingen verbonden zoals het feitelijk meten in de grond, het voorspellen van veranderingen door middel van modelberekeningen, het onderkennen van negatieve terugkoppeling (afbraak neemt toe), het onderscheid tussen bruto en netto effect, de onvoldoende bekende aanvoerhoeveelheid en afbraaksnelheid van organische stof in de grond, de afweging ten opzichte van alternatief gebruik van koolstof en de mogelijke effecten op lachgas en methaan uitstoot.

Verhoging van de hoeveelheid koolstof in de grond kan plaatsvinden door extra aanvoer of door beperking van de afbraak. De extra aanvoer kan gerealiseerd worden door op het eigen bedrijf meer te produceren of te benutten of door aanvoer van buiten. Elk van deze processen biedt mogelijkheden en kent kanttekeningen.

Als een grondgebruiker een afweging wil maken wat voor zijn/haar situatie passende handelingen zijn in het kader van koolstofopslag in landbouwgrond kan een overzicht van opties en argumenten van dienst zijn. Dit is hier kort uitgewerkt.

In gesprekken met agrariërs zijn de belemmeringen verkend die in de praktijk optreden bij de wens om het organische stof gehalte in de grond te verhogen. Het gaat om institutionele belemmeringen, de methodische kant van het meten van koolstof in de bodem, kennisvragen en praktische problemen zoals bij de kwaliteitsbeoordeling van compost. Een aanzet voor een afwegingskader wordt gegeven, maar dit dient nog verder uitgewerkt en kwantitatief onderbouwd te worden richting een beslisboom.

Summary

The Louis Bolk Institute (LBI), together with ZLTO and Bionext, has carried out the project "Koolstofboeren" (2017-2018). This project focussed on giving insight in measures that farmers can take for carbon sequestration in soils, and on possibilities to value this carbon sequestration. In addition, the ministry of Agriculture has ordered the Louis Bolk Institute to carry out additional measurements of organic matter content (. This project is divided in two parts: 2018 en 2019. This report presents the results of 2018.

Nowadays there is a focus on soil as 'sink' for carbon storage. Increase of soil organic matter might improve soil quality, thus creating revenues in the future. This could be stimulated if farmers could be paid for increase of soil organic matter. This option is connected to several challenges such as the measurement of carbon itself, prediction of changes by means of model approaches, the knowledge of negative feedback (i.e. increased decay), gross-nett calculations, knowledge of speed of decay, alternative use of available carbon and effects on nitrous oxide and methane emissions.

Soil carbon increase can be realised by extra supply or reduced decay. Increase of supply can be realised by increasing the production on the farm or by purchasing organic matter. Each of these processes has its own opportunities and considerations.

In case a land user is considering the possibilities for soil organic carbon sequestration, an overview of options and arguments is presented.

During meetings with farmers the restrictions were listed as expected or experienced by them in case of the intent to increase the soil organic matter content of their soil. The list consists of institutional restriction, methodology of soil carbon measurement, knowledge items and practical problems such as quality guarantee of compost. A first draft of a decision-making scheme is presented, to be further elaborated into a decision tree in the following year of this project.

1 Inleiding en achtergrond

Het Louis Bolk Instituut (LBI) heeft samen met ZLTO en Bionext het project “Koolstofboeren” uitgevoerd (2017-2018). Dit project was zowel gericht op het inzichtelijk maken van maatregelen die boeren kunnen nemen om extra koolstof vast te leggen in de bodem, als op mogelijkheden om deze koolstofvastlegging te verwaarden. Het LBI heeft binnen dit project een update opgesteld van het ‘Handboek goed koolstofbeheer’ en heeft met groepen boeren aan praktijkmaatregelen gewerkt.

Het ministerie van LNV heeft het Louis Bolk Instituut aanvullend opdracht gegeven voor aanvullende metingen van organische stofgehalten. Dit project is gesplitst in twee deelprojecten, voor respectievelijk 2018 en 2019. Voorliggend rapport is de rapportage over 2018. De metingen zijn zowel verricht op bedrijven die zijn aangesloten bij het project “Koolstofboeren”, als bij het project “Gezonde Grond voor Gezond Gewas”. Dit door de provincies Gelderland en Flevoland gefinancierde project heeft een focus op bodemvruchtbaarheid en gehalten aan micronutriënten, en net als bij ‘Koolstofboeren’ speelt toevoer van organische stof daarbij een sleutelrol. ‘Gezonde Grond voor Gezond Gewas’ is daarmee zeer geschikt om meer zicht te krijgen in de potentie om door maatregelen op het boeren bedrijf tot extra vastlegging van te komen van CO₂ uit de atmosfeer in de bodem.

Er is veel behoefte aan de ontwikkeling van nauwkeurige en betrouwbare methoden voor het bepalen van koolstofgehalten in de bodem. Dit komt mede vanuit de druk om maatregelen te nemen tegen klimaatverandering en de mogelijkheden die de bodem biedt om CO₂ uit de atmosfeer langdurig vast te leggen. De op dit moment beschikbare methoden voor bepaling van het koolstofgehalte van grond zijn volgens diverse deskundigen (mondelinge mededeling A. Pronk (WUR), J. Bloem (WUR), J. de Haan (WUR-PPO), A. Reijneveld (Eurofins-Agro), P. Mäder (FiBL Zwitserland) onvoldoende nauwkeurig om te gebruiken voor een systeem van verwaarding. Op andere plekken in de wereld wordt het echter wel gedaan (Oostenrijk, Australië). Dat roept de vraag op waarom elders wel lijkt te kunnen wat bij ons (nog) niet mogelijk wordt geacht. Dat kan uitgezocht worden, maar niet binnen dit aanvullende project.

Tegenover deze kanttekening (exacte kwantificering) staan veel positieve zaken. De motivatie van agrariërs voor een verhoging van het organische stof gehalte is latent aanwezig. Die motivatie ligt voor een deel in de verwachte verbetering in bodemvruchtbaarheid. Effectieve maatregelen zijn benoemd (Staps, 2018) en de grootteorde van koolstofvastlegging door die maatregelen is bekend.

Het is dus zaak om deze motivatie te ondersteunen. Binnen dit aanvullende project pakken we dat op door één van de afwegingspunten voor de boer, namelijk effect op de stikstofdynamiek van zijn perceel, inzichtelijk te maken, en door het afwegingskader als zodanig te verkennen en beschrijven.

Daarnaast speelt het probleem van bodemverdichting op een groot deel van de Nederlandse landbouwbodems. Hoewel er nog geen directe relatie is te leggen tussen het organische stofgehalte in de toplaag en bodemverdichting die op verschillende dieptes kan optreden, kan deze problematiek wel verkennend worden onderzocht in relatie tot organische stof.

Voor de langere termijn spelen nog enkele zaken.

- Er is behoefte aan manieren om op een makkelijke en snelle wijze op voorhand betrouwbaar inzicht te krijgen in voorgenomen maatregelen die de koolstofhuishouding van de grond beïnvloeden. De meest voor de hand liggende maatregelen op bedrijfsniveau zijn reeds beschreven in het rapport "Handleiding goed koolstofbeheer" (Rietberg et al. 2013; Staps 2018), en de update daarvan (Staps, 2018) inclusief een globale kwantitatieve aanduiding van het te verwachten effect. Een update van dit rapport zal eind 2018 verschijnen als een van de producten van het project "Koolstofboeren". Dit is echter kwantitatief wel richtinggevend maar niet nauwkeurig. Mede met het oog op een financiële afweging is dat een tekortkoming. Het is aantrekkelijk om op voorhand scenario's te bekijken en door te rekenen voordat je tot actie overgaat. De in Nederland gebruikelijke manier van het opstellen van een organische stofbalans vanuit tabelwaarden (www.handboekbodemenbemesting.nl) voldoet daar niet aan. Ook een digitale versie daarvan (Zwart et al, 2013a), met enkele verbeteringen erin, is naar verwachting onvoldoende nauwkeurig. Beste kandidaat is het op de landbouwpraktijk gerichte model Ndicea dat wel wetenschappelijk gevalideerd is voor de stikstofdynamiek (Van der Burgt et al, 2006 ; Topp et al, 2009; Burgt en Rietberg, 2012) maar niet voor de koolstofdynamiek op zich.
- Als koolstofmetingen onvoldoende nauwkeurigheid blijken op te leveren zou het alternatief kunnen zijn het hanteren van meerdere voorspellende modellen op basis van de zelfde dataset van percelen. In Nederland zijn, naast aanpassingen aan het genoemde model Ndicea, meerdere modellen beschikbaar voor dat doel.
- Indien modellen ingezet gaan worden zullen die nog deels aangepast en of gevalideerd moeten worden op deze specifieke vraag. Voor het valideren kan gebruik gemaakt worden van bestaande datasets, al dan niet 'in progress'. Het LBI-proefveld "Mest Als Kans" biedt een uitgelezen mogelijkheid voor validatie van koolstofdynamiek in modellen: langjarig (nu 19 jaar), in vier herhalingen, met 13 varianten van organische stof toevoer waaronder de variant NPK zonder additionele aanvoer (diverse publicaties op www.louisbolk.nl) . Ook het SPNA-proefveld "Planty Organic" (nu 7 jaar lopend) is aantrekkelijk vanwege het uitsluitend toepassen van plantaardige meststoffen (van der Burgt et al, 2017). Verder zijn er nog bestaande proefvelden van Wageningen UR die voor dit doel bruikbaar zijn , waaronder Broekemahoeve en proefbedrijf Vredepeel (diverse publicaties), en zijn er nog datasets in de literatuur beschikbaar.

Deze langere termijn onderwerpen vormden geen onderdeel van dit project. We willen ze wel genoemd hebben omdat het logische vervolgstappen zijn in een proces naar verwaarding van koolstof voor boeren.

Beperken van de toename van het CO₂ niveau in de atmosfeer staat hoog op de politieke agenda. Landbouwgrond bevat wereldwijd een enorme hoeveelheid koolstof in de vorm van bodem organische stof. Een toename van het organische stof gehalte in de grond zou een bijdrage kunnen leveren aan de reductie van CO₂ in de atmosfeer. Een beweging zoals het “4 pro mille initiative” (Minasny et al., 2017) geeft daar richting aan. Het feit dat de bodem als ‘sink’ tot nu toe in de internationale afspraken over CO₂-reductie wel genoemd wordt maar niet is opgenomen in de carbon trade systematiek geeft aan dat er organisatorisch-systematische vraagstukken aan kleven die nog niet zijn opgelost.

In de praktijk van de landbouw is het niet zomaar vanzelf sprekend om de bedrijfsvoering op een dusdanig andere manier in te richten dat er méér koolstof wordt vastgelegd dan voorheen. Over deze Nederlandse praktijk gaat deze notitie, naast een algemene beschrijving van de problemen om een systematiek te ontwerpen die garanties afgeeft op daadwerkelijke (extra) opslag van koolstof in agrarisch beheerde bodems. Een van de uitdagingen is het meten van de (toename van) de bodem koolstof hoeveelheid. In hoofdstuk 2 staan enkele bespiegelingen op dit onderwerp. Als (nauwkeurig) meten een probleem is zou misschien volstaan kunnen worden met modelberekeningen of met het monitoren van acties waarbij aan die acties bepaalde aanwas van bodem koolstof wordt toegeschreven. Beide methoden zijn indirect, vergeleken met meten, maar zolang meten nog veel vragen oproept zijn het toch opties die bekeken kunnen worden.

Modelberekeningen of een koppeling tussen acties en verwacht resultaat kunnen, naast gebruik als instrument om af te rekenen op koolstofwinst, ook ontwikkeld worden om de landgebruiker globaal inzicht te geven op wat *verwacht* mag worden van een bepaalde actie gericht op koolstofopslag in de grond. Dan kan de grondbeheerder zelf afwegingen maken welke optie voor hem of haar het meest aantrekkelijk is. Een directe financiële prikkel (betaling voor koolstofopslag) is slechts één van de elementen die in die afweging een rol spelen.

De doelstelling van dit aanvullende onderzoek is:

- het in de landbouwpraktijk verkennen van de vastlegging van organische stof als gevolg van verschillende maatregelen die in de landbouw kunnen worden toegepast waarbij de korte en lange termijn stikstofeffecten van maatregelen expliciet zichtbaar gemaakt worden.
- het verkennen van door boeren ervaren belemmeringen en dilemma's ten aanzien van op koolstofopslag gerichte maatregelen en het opstellen van een concept-afwegingskader
- het verkennen van een mogelijke relatie tussen bedrijfsvoering, organische stofgehalte en bodemverdichting. (deze doelstelling is losgelaten)

Dit rapport behandelt achtereenvolgens:

- Hoofdstuk 2: de uitdagingen die er liggen om tot een afrekenbare systematiek te komen wat betreft koolstofopslag in de bodem.
- Hoofdstuk 3: de activiteiten binnen het project
- Hoofdstuk 4: de opties die er zijn om het organische stof gehalte van de grond te verhogen, met kanttekeningen op hoofdlijnen erbij. Een uitgebreider overzicht staat in de herziene handleiding goed koolstofbeheer (Staps. 2018)
- Hoofdstuk 5: afwegingen die de akkerbouwer en veehouder maakt bij zijn keuze voor wél/niet verhogen organische stof gehalte, en zo ja, welke actie.
- Hoofdstuk 6: resultaten, conclusies en aanbevelingen van het onderzoek op de bedrijfslocaties.

Dit rapport is een aanzet. De problematiek van hoofdstuk 2 wordt de komende tijd opgepakt door Wageningen UR / LBI / CLM in het kader van het in opdracht van het ministerie van LNV momenteel uitgevoerde project 'Slim Landgebruik'. Met name hoofdstuk 5 kan in het vervolg van dit project verder kwantitatief ingevuld worden en uitgewerkt richting handleiding of beslisboom.

Andere rapportages op dit zelfde aandachtsgebied zijn onlangs verschenen (Potters et al., 2018) of verschijnen binnenkort (Prikkel voor duurzaam bodembeheer in de Nederlandse landbouw).

2 Uitdagingen voor de rekensystematiek

Rekenen aan de processen die organische stof (met daarin koolstof) kunnen toevoegen aan landbouwgrond is lastiger dan rekenen aan, als voorbeeld, elektriciteitscentrales. Als de koolstofopslag in landbouwgrond in het kader van 'Parijs' mee wil tellen zijn er nogal wat hobbels te nemen. Die worden hieronder summier beschreven.

a. Meten is lastig

Het betrouwbaar (en goedkoop) meten van de op enig moment aanwezige hoeveelheid koolstof in een bepaald stuk grond is nog niet goed mogelijk (mondelinge mededeling A. Pronk (Wageningen UR), J. Bloem (Wageningen UR), J. de Haan (Wageningen UR-PPO), A. Reijneveld (Eurofins-Agro), P. Mäder (FIBL Zwitserland). Inhomogeniteit in het perceel, de bemonstering en de laboratoriumanalyse als zodanig geven bij elkaar opgeteld een uitslag met een vrij grote onzekerheidsmarge. Dit kan op zich verbeterd worden door een groter aantal submonsters van de grond te steken, het bemonsteringsprotocol te verfijnen, door duplo- of triplobepalingen in het lab uit te voeren en door vernieuwingen in de analysetechniek. Een ander probleem blijft daardoor echter zo goed als onveranderd. De hoeveelheid koolstof die een landgebruiker redelijkerwijs kan toevoegen zijn (veel) kleiner dan wat al in de grond aanwezig is. Het verschil tussen 'voor' en 'na' toevoeging is lastig te meten op jaarbasis. In langere tijdreeksen (jaren) kan dit deels ondervangen worden.

b. Negatieve terugkoppeling

Een in een centrale verstookte ton steenkool is een eenmalige actie met een eenmalige energieopbrengst en een eenmalige CO₂-uitstoot. Het ligt natuurlijk net iets ingewikkelder, maar in principe kun je hieraan makkelijk rekenen als je bij voorbeeld steenkolen gaat vervangen door gas. Bij landbouwgrond ligt dat anders. De organische stof in grond (en daarmee de koolstof) is voortdurend onderhevig aan afbraak. Dat het organische stof gehalte desondanks vaak niet daalt komt doordat er voortdurend nieuwe organische stof wordt toegevoegd: wortelresten, gewasresten, organische mest, compost. Als de grondgebruiker besluit om vanaf nu jaarlijks méér organische stof toe te gaan voegen, bij voorbeeld door extra compost toe te dienen, dan mag verwacht worden dat het organische stof gehalte gaat stijgen. Echter, ook de afbraak zal, in absolute zin, stijgen. Om de gerealiseerde extra organische stof in de grond te behouden zul je de extra aanvoer *blijvend* moeten handhaven. Na een aantal jaren bereik je een nieuw, hoger niveau organische stof en heb je dus koolstof vastgelegd, maar je mag niet ophouden met de extra compostgiften. En 'er niet mee ophouden' betekent vaak: kosten maken en CO₂ verbruiken tijdens die actie. Het netto resultaat van dit aspect kan dan negatief zijn ten opzichte van de oorspronkelijke situatie, zie het volgende punt. Op andere punten kan er echter alsnog vooruitgang geboekt zijn via verbeterde bodemkwaliteit. Dit kan nog niet goed gekwantificeerd worden.

c. Bruto-netto berekeningen

Om koolstof vast te leggen in de bodem moet je vaak iets doen (niet altijd, zie verderop), en daarvoor gebruik je vaak energie en produceer je CO₂. De netto CO₂ vastlegging is dan dus lager dan de bruto vastlegging in de grond. Een goede berekening houdt rekening met het verschil bruto-netto. Groei van de hoeveelheid koolstof in de grond is dus niet het enige criterium (zie ook f). Dit is op zich niet afwijkend van andere CO₂ reductie berekeningen.

d. De werkelijke aanvoer en de werkelijke afbraak van organische stof in de grond is onbekend.

De aanvoer van kolen of gas naar een centrale wordt gemeten, evenals de output aan energie. Daar tussendoor zit de berekening en/of meting van de CO₂ uitstoot. De input bij de landbouw wordt slechts gedeeltelijk gemeten (mest en compost, en dan nog vaak onvolledig). De output is lastig te meten, zie voorgaande punt a.

Er zijn in Nederland tabellen die aangeven hoeveel bodem organische stof er toegevoegd wordt met gewasresten, groenbemesters, organische mest soorten en compost soorten (www.handboekbodemenbemesting.nl). Deze toevoer (uitgedrukt in effectieve organische stof, EOS) is al een netto resultante van 'vers toegevoerd' en 'binnen een jaar afgebroken'. Deze tabellen worden van jaar tot jaar gekopieerd en zijn zelden op onderdelen of integraal geactualiseerd. Het is zeer de vraag of ze nauwkeurig genoeg zijn voor het beoogde doel: een betrouwbare berekening van de aanwas van bodem organische stof.

Behalve dat de afbraak in absolute zin toeneemt bij een toenemend organische stof gehalte (zie b.) is de werkelijke afbraak in de grond meestal niet bekend. Zolang de aanwezige hoeveelheid gemeten kan worden is dat geen punt, maar dat lukt juist niet goed (zie a.). Bij een eventuele modelbenadering (berekening in plaats van meting) van de organische stof winst in de grond is dat echter cruciaal. Net zoals er tabellen zijn voor de aanvoer van organische stof wordt er in Nederland een vuistwaarde gehanteerd voor de afbraak: 2% per jaar. Als globale richtlijn is dat bruikbaar en wordt het in Nederland al vele jaren gebruikt bij het opstellen van een organische stof balans voor een agrarische bedrijf (Zwart et al. 2013b). Voor een nauwkeurige berekening op perceelniveau is de 2% vuistregel echter te grof. Er is al een verfijning aangebracht voor verschillende grondsoorten, verwerkt in het model Ndicea (Burgt et al., 2006; www.ndicea.nl) en een andere voor verschillende uitgangssituaties van bodem organische stof (Zwart et al., 2013a) maar ook die kennen hun grenzen en worden nog weinig toegepast.

Van belang is te weten dat groei van het koolstofgehalte in landbouwgrond bereikt kan worden door extra aanvoer maar ook door het beperken van de afbraak. Als dat bereikt kan worden door dingen NIET te doen, zoals ploegen, is er sprake van minder of geen negatieve terugkoppeling en wordt de bruto-netto berekening opeens heel anders.

e. Alternatief gebruik van beschikbare koolstof.

Een bepaalde handeling kan op perceels- of bedrijfsniveau zinnig zijn in het kader van koolstofopslag in de grond, maar dat betekent nog niet dat het voor de maatschappij als geheel de beste oplossing is. Alternatief gebruik kan misschien meer rendement opleveren. Neem houtsnippers als product van plantsoen- of laanbomen-onderhoud. Deze kunnen gebruikt worden als grondstof voor compost en later bijdragen aan koolstofopslag in de grond of als brandstof voor een energiecentrale en dus direct gas, olie of kolen uitsparen. De baten van het laatste zijn goed te berekenen, die van het eerste veel minder goed. Bovendien is het gebruik van houtachtig afval voor energiecentrales een lagere verwaarding dan benutting in de bodem voor organische stof-toevoer.

f. Andere klimaat-gerelateerde effecten.

Koolstofopslag in de grond is mooi maar zou aanleiding kunnen geven tot positieve of negatieve effecten op lachgas- en methaanemissies. Net als de bruto-netto berekening van de koolstofbalans zelf zouden ook deze twee effecten in de afweging betrokken moeten worden, maar makkelijk is dat niet. Aannames op dat gebied zijn ruw, en metingen nog moeilijk. Kennisontwikkeling op dit gebied is belangrijk goede afwegingen mogelijk te maken.

3 Onderzoeksactiviteiten

3.1 Inleiding

In het onderstaande worden twee modules beschreven voor aanvullende metingen binnen lopende projecten en verkenning van een bestaande verwaardingssystematiek. Waar gesproken wordt over 'organische stof' kan ook 'koolstof' gelezen worden, maar in de agrarische wereld is organische stof de gebruikelijke term.

Het is ondenkbaar dat een boer maatregelen zal nemen gericht op koolstofopbouw, zonder een afweging te maken ten opzichte van andere aspecten van de bedrijfsvoering. Dat zijn diverse aspecten waaronder kosten, praktische inpasbaarheid en uitvoering, mest- en mineralenwetgeving en effecten op de stikstofhuishouding op korte en lange termijn. De eerstgenoemde punten kunnen goed door de boer afgewogen worden, maar voor de effecten op de stikstofdynamiek geldt dat niet zomaar.

Om de boeren mee te krijgen is het dus noodzakelijk ook de gevolgen van koolstoftoediening voor de stikstofdynamiek in beeld te brengen. Iedere boer heeft namelijk direct te maken met het "Soil Carbon Dilemma" (Janzen, 2006): stabiele organische stof is goed voor de bodem maar levert weinig voedingsstoffen (waaronder stikstof); labiele organische stof levert voedingsstoffen maar draagt weinig bij aan de blijvende bodemvruchtbaarheid of koolstofopslag. Ook door de mestwetgeving wordt de boer gedwongen een afweging te maken tussen korte termijn stikstof werking en lange termijn koolstof werking.

Door koolstofmetingen te combineren met N-mineraal metingen en de samenhang zichtbaar te maken middels het model Ndicea wordt een stap gezet richting afwegingsgrond en acceptatie voor en door de boeren.

Door in een open interview, analoog aan het promotieonderzoek van Hijbeek (2017), de afwegingen van de boer te verkennen en bespreken kan een concept afwegingskader worden opgesteld dat in vervolgprojecten verder ontwikkeld en ingezet kan worden.

3.2 Module 1: Project 'Koolstofboeren'.

In 2017 en 2018 voeren Louis Bolk Instituut, LTO en Stichting Bionext het project "Koolstofboeren" uit. Hierin worden de mogelijkheden verkend voor verwaarding van koolstofopslag in landbouwgrond. Naast het ontwerpen van een prototype systeem voor de verwaarding (met als inspirerend voorbeeld Ökoregion Kaindorf in Oostenrijk) en het bij elkaar brengen van vragers (diverse maatschappelijke groepen en bedrijfsleven) en aanbieders (agrariërs in West-, Midden- en Oost-Brabant) zijn boeren daadwerkelijk bezig extra koolstof in hun grond vast te leggen. Binnen dat project is echter geen mogelijkheid voor begeleiding en ondersteuning van die activiteiten door middel van metingen van het bodem organische stof gehalte. Toevoegen van metingen biedt meerwaarde voor de boeren (wat betekent het voor mijn bedrijf en bedrijfsvoering) en functioneert ook als testcase voor het op te zetten verwaardingssysteem.

De activiteiten binnen deze module zijn bij een aantal deelnemende boeren als volgt.

Er wordt een bodemvruchtbaarheidsanalyse uitgevoerd met onder andere als uitkomst het organische stof gehalte en het N-mineraal niveau.

Er worden in de loop van het jaar nog twee metingen N-mineraal uitgevoerd.

Van de percelen worden scenario's gemaakt in het organische stof en stikstof model

Ndicea (Van der Burgt et al. 2006, 2012).

Per onderzocht perceel wordt de bodemweerstand in kaart gebracht met een penetrometer. Verkend wordt of er een relatie kan worden gelegd met het organische stofgehalte. De bevindingen van de modellering, inclusief met de boer doorgenomen varianten van organische stof toediening, worden op schrift gesteld en met de boer besproken.

Per deelnemer vindt een interview plaats om te achterhalen waar belemmeringen liggen en welke factoren een rol spelen bij de afweging.

Samen met de bevindingen uit module 2 wordt een eindrapportage opgesteld met daarin een schets van een afwegingskader voor 'koolstoftoediening'.

3.3 Module 2: Project “Gezonde grond voor gezond gewas”: 2018.

In opdracht van Provincie Gelderland en Provincie Flevoland voert het Louis Bolk Instituut in 2018 en 2019 het project 'Gezonde grond voor gezond gewas' (GGvGG) uit. Dit project richt zich primair op de (micro)nutriëntenstatus van landbouwgrond in Flevoland en Gelderland en de gevolgen daarvan voor de (micro)nutriëntenstatus van gewassen. Er zijn namelijk aanwijzingen dat gehalten van nutriënten in de bodem afnemen.

Onderliggend richt dit project zich op bodemkwaliteit in algemene zin, waaronder bodem organische stof. Organische mestsoorten en compost bevatten micronutriënten, de gebruikelijke NPK-meststoffen niet. Bemestingsstrategie zal dus, naar verwachting, een van de bepalende factoren zijn als er sprake is van een afnemende of onvoldoende nutriëntenstatus. Andersom redenerend zal invoeren of intensiveren van organische bemesting naar verwachting een van de beste manieren zijn om het nutriëntengehalte te verbeteren. Dat werkt dus direct door op de koolstof- en stikstofdynamiek van de grond.

Binnen het project “GGvGG” is wel budget voor kennisoverdracht naar Gelderse akkerbouwers, maar monitoring van aanpassingen in hun bemestingsstrategie is niet voorzien. De monitoring van de grond die we hier voorstellen biedt meerwaarde in het proces van acceptatie en kennisverspreiding.

3.4 Afzonderlijke projectactiviteiten

In deze paragraaf worden de afzonderlijke projectactiviteiten beschreven.

Module 1, Koolstofboeren:

Additionele metingen: Bodemvruchtbaarheid: 4 boeren, elk 2 percelen, meting bodemvruchtbaarheid inclusief koolstof en N-min; twee metingen N-mineraal, één meting input (mest, compost, ...). Modellering in Ndicea van de betreffende percelen. Modelleren en bespreking van voor de boer relevante varianten. Individuele verslaggeving voor de boeren.

Begeleiding en rapportage in aansluiting op het eind 2018 aflopende project “Koolstofboeren”.

Module 2, Gezonde Grond voor Gezond Gewas

Bodemvruchtbaarheid: 3 boeren, elk 2 percelen. (NB Meting bodemvruchtbaarheid inclusief koolstof en N-mineraal zit al in projectbegroting):

- 2018: twee metingen N-mineraal, één meting input (mest, compost, ...).

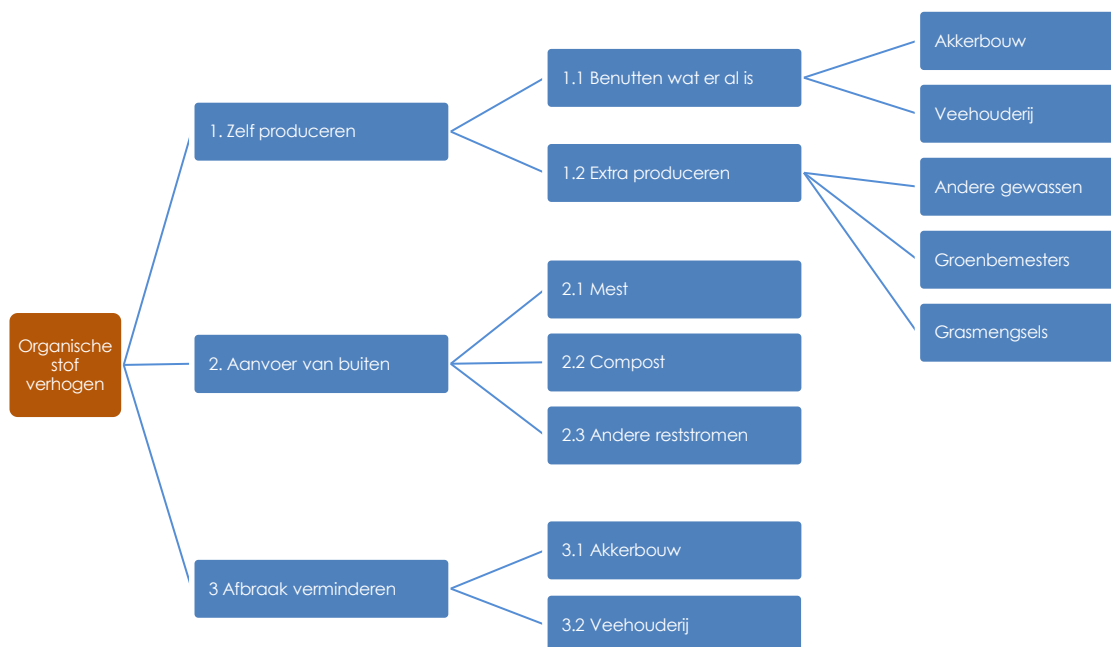
- 2019: drie metingen N-mineraal, één meting input (mest, compost, ...) Modelleren in Ndicea van elk perceel. Modelleren en bespreking van voor de boer relevante varianten.

Begeleiding en rapportage in aansluiting op het eind 2019 aflopende project "Gezonde Grond voor Gezond Gewas".

4 Opties voor verhoging van het koolstofgehalte van de grond

Figuur 1 geeft een schematisch overzicht van de mogelijkheden voor verhoging van het organische stof gehalte van landbouwgrond. Dit staat uitgewerkt, deels ook kwantitatief, in het rapport 'Handleiding goed koolstofbeheer' (Rietberg et al, 2013; Staps 2018) op een manier die aansluit bij de praktijk ('Handleiding'). In dit rapport wordt meer beschouwend gekeken en ingegaan op de afwegingen die gemaakt zouden kunnen worden.

De optie om organische stof dieper in de bodem te brengen (en daarmee grotendeels te stabiliseren) en aan de oppervlakte met hernieuwde opbouw aan de slag te gaan wordt hier niet uitgewerkt: te speculatief, erg ingrijpend en contra-intuïtief en daardoor vermoedelijk met een hoge acceptatiedrempel in praktijk. Ook optimaliseren van teelt en teelthandelingen staan wel genoemd in de handleiding maar zijn hier niet uitgewerkt.



Figuur 1. Mogelijkheden voor het verhogen van het organische stof gehalte van landbouwgrond

4.1 Zelf organische stof produceren

4.1.1 Benutten wat er al is

Akkerbouw

In de gebruikelijke gang van zaken op het boerenbedrijf wordt een flinke hoeveelheid organische stof geproduceerd die niet als product verkocht wordt. Wortelresten blijven sowieso in de grond achter en dragen bij aan het in stand houden van het bestaande gehalte organische stof. Gewasresten blijven vaak op het land achter, maar niet altijd. Bij stro bestaat de keuze tussen verkoop enerzijds en hakselen/inwerken anderzijds. Bij diverse groentegewassen bestaat de mogelijkheid om gewasresten af te voeren of juist op het land te laten.

Achtergebleven op het land kan er, onder ongunstige omstandigheden, bij de vertering relatief veel lachgas vrijkomen wat in CO₂-equivalenten zwaar meeweegt, maar dat valt niet in eenvoudige rekenregels of tabellen te vatten. Afvoer van het veld en compostering op eigen bedrijf kost nogal wat brandstof; de netto balans zou negatief kunnen uitpakken ten opzichte van op het land laten en inwerken.

Een andere mogelijkheid is om gewasresten af te voeren, daar energie uit winnen in een biovergister en het digestaat terug te brengen op het land.

Weer aan andere stroom komt misschien tot ontwikkeling bij bietenblad. Hier wordt de mogelijkheid ontwikkeld om het af te voeren en industrieel te verwerken. Een verschuiving van 'inwerken' naar 'afvoer' is dan, gezien vanuit de bodem-koolstof-balans, een negatieve ontwikkeling. Het zou echter een positieve ontwikkeling kunnen zijn in het kader van 'benutten van waardevolle reststromen' waarna een eventuele secundaire reststroom alsnog teruggevoerd zou kunnen worden naar het land.

Veehouderij

Onder specifieke bedrijfsomstandigheden kan bij de teelt van mais overgegaan worden van snijmais naar CCM of MKS, waarbij alleen de kolf geoogst wordt. Daardoor blijft een veel grotere gewasrest achter op het land.

4.1.2 Extra produceren

Andere gewassen

Door andere gewassen te gaan telen kan de organische stof toevoer verhoogd worden. In praktijk is dit makkelijker gezegd dan gedaan vanwege (on)mogelijkheden voor afzet en verwacht saldo. De verschillen tussen bijvoorbeeld grove groentegewassen wat betreft organische stof toevoer zijn gering; de stap naar (extra) graan of graszaad is groot. Bij de overgang van snijmais naar CCM of MKS gaat het niet over een ander gewas, maar wel over een ander teeltdoel, dat een relatief groot effect heeft op de organische stof toevoer. Een ruimere vruchtwisseling kan ruimte bieden aan gewassen die meer organische stof achterlaten op het veld.

Groenbemesters

Groenbemesters geven een beperkte aanvoer van effectieve organische stof die sterk afhankelijk is van de mate waarin het gewas 'geslaagd' is. Lengte van het groeiseizoen is een belangrijke factor. Daarbij spelen vroeg zaaien in de herfst, winterhardheid en soms nog hergroei in het volgende voorjaar een rol. Daarnaast hebben groenbemesters nog diverse andere voordelen t.a.v. bodemkwaliteit, en ook enkele mogelijke nadelen (onkruid, aaltjes, slakken).

Onder omstandigheden is er een verplichting tot het toepassen van een groenbemester. Ook zijn er randvoorwaarden in het kader van de vergroening van de landbouw zoals een

minimum aan te houden periode van 8 weken en een verplichting tot het gebruik van mengsels.

Grasmengsels

Grassen hebben verschillende eigenschappen als het gaat om bij voorbeeld de productie van wortelmassa en de diepte van beworteling. De keuze van grassoorten in een zode is daarmee mede bepalend voor de organische stof toevoer. Echter, wel of niet scheuren van grasland heeft een vele malen grotere impact (zie verderop).

4.2 Aanvoer van organische stof van buiten het bedrijf

4.2.1 Mest

Bij het opstellen van een bemestingsplan heeft zowel de biologische als de gangbare boer keuzemogelijkheden tussen mestsoorten die meer of die minder organische stof toevoegen aan de grond. De keuze is met name aan de orde binnen akkerbouw en vollegronds groenteteelt en nauwelijks bij de veehouderij. De mest- en mineralenwetgeving is van toepassing en stelt randvoorwaarden aan hoeveelheid, toedieningstijdstip en inwerken.

4.2.2 Compost / champost

De diverse compostsoorten hebben te opzichte van dierlijke mest de eigenschap gemeen dat ze per ton relatief veel organische stof toevoegen die ook nog een relatief langzaam afbreekt. In de afweging speelt verder een rol dat de fosfaat en de stikstof in compost slechts voor een deel meewegen in de 'wettelijke aanvoer', respectievelijk 50% en 10%.

4.2.3 Andere reststromen

Alle andere mogelijke reststromen vallen onder het BGM (Besluit Gebruik Meststoffen, voorheen BOOM) (anonymus, 2008). Hierin zijn duidelijke beperkingen geformuleerd ten aanzien van de toegestane hoeveelheid en de inhoudsstoffen. Van veel van deze overige stromen zal niet bekend zijn wat er van verwacht mag worden wat betreft de bijdrage aan de organische stof voorziening voor de grond.

4.3 Afbraak van organische stof verminderen

In de praktijk is er eigenlijk maar één methode om afbraak te verminderen: minder en/of minder diepe grondbewerking. De mate van effectiviteit is nog niet onomstotelijk vastgelegd. Enerzijds wijzen metingen er op dat bij niet-kerende grondbewerking er vooral een verschuiving van de organische stof naar de meer oppervlakkige bodemlaag plaatsvindt en niet een overall vermeerdering. Anderzijds zijn er veel publicaties die wel degelijk wijzen op een overall toename. Een klein overzicht staat in Schouten et al, 2018. Daarin wordt ook benadrukt dat verminderde en oppervlakkigere bodembewerking diverse andere voordelen (en ook nadelen) kent.

4.3.1 Maatregelen akkerbouw

Een enkele keer niet ploegen heeft in termen van koolstofopslag weinig betekenis. Omvorming van het hele bodembewerkingssysteem naar niet-kerende grondbewerking of zelfs minimale grondbewerking heeft naar verwachting wel aanzienlijke gevolgen maar de verandering is dan ook ingrijpend. Er is inmiddels ook in Nederland op zowel proef- als praktijkbedrijven ervaring opgedaan, en niets wijst op onoverkomelijke bezwaren. De eerste jaren na overgang op niet-kerende grondbewerking kunnen wel 'leerjaren' zijn, maar naarmate er meer ervaring opgebouwd wordt zal ook het initieel te betalen leergeld afnemen.

4.3.2 Maatregelen Veehouderij

Het (niet) scheuren van grasland heeft een grote impact op het organische stof gehalte onder (blijvend) grasland (van Eekeren et al 2011). Graslandvernieuwing zonder vernietiging van de zode door grondbewerking is dus een maatregel met groot effect (afbraak-vermijgend, niet zo zeer koolstof toevoegend). Een verschuiving van het aandeel akkerbouwmatige teelten richting (blijvend) grasland op een veehouderijbedrijf kan veel koolstofopslag in de grond met zich meebrengen. Andersom leidt het structureel omzetten van (blijvend) grasland in akkerbouwmatige teelt tot een flinke daling van de organische stof voorraad.

5 Afwegingskader

5.1 Bestaande belemmeringen

De tekst in deze paragraaf bevat de antwoorden van de deelnemers van de in hoofdstuk 3 genoemde projecten op de vraag welke knelpunten ze ervaren bij een keuze voor (extra) koolstof toevoer of beperking afbraak.

Beleid en wet- en regelgeving:

- Bodem organische stof is iets van lange adem. Voor boeren is het van groot belang dat de kaders waarbinnen ze moeten opereren (beleid, wetten etc) helder zijn, voor langere tijd vastliggen en niet steeds veranderen.
- Experimenteerruimte, met behapbare regeldruk, ook buiten de huidige wet- en regelgeving om.
- Toevoer van koolstof teneinde het organische stof gehalte te verhogen gaat vrijwel altijd gepaard met stikstofbehoefte bovenop de gewasvraag. In het beleid wordt daarmee onvoldoende rekening gehouden.
- Onder (kortlopende) pachtomstandigheden is investeren in bodemvruchtbaarheid geen aantrekkelijke optie.
- Voor de visie van LNV mbt Kringlooplandbouw ervaart men in de praktijk juist hindernissen vanuit 'Den Haag'; dat biedt weinig ruimte voor meer kringlopen.

Voorbeelden:

- Compostaanvoer en mestwetgeving: hoe begrijpelijk de beperkingen in aanvoer vanuit het oogpunt van fosfaat, stikstof en zware metalen ook zijn, het zijn belemmeringen op aanvoer.
- Bescherming van blijvend grasland (na 5 jaar na inzaai mag men niet zomaar grasland omzetten in akkerland) leidt ertoe dat boeren hun grasland juist wél om de 5 jaar ploegen zodat ze die beperking niet krijgen.
- Zaai van (bv) rogge-wintererwten als groenbemester die in mei geoogst wordt, in combinatie met kort-seizoens-mais, leidt tot hogere organische stof in de bodem dan standaard maisteelt en waarschijnlijk tot verminderde N-uitspoeling, maar is niet toegestaan omdat de lijst van toegestane groenbemesters zeer beperkt is.
- Beperkte mogelijkheden om op eigen erf compost te bereiden van restmaterialen uit de omgeving.

Methodisch:

- Meetbaarheid organische stof. Zoeken naar geschikte methode of naar werkbare alternatieven voor het afrekenen op resultaat.

Kennis:

- Behoeft aan langjarige veldexperimenten om de effecten van verschillende grondbewerkings- en bemestingsstrategieën met elkaar te kunnen vergelijken. Beleid stuurt

sterk op onderzoek met resultaten op de korte termijn, terwijl vanuit de praktijk en het onderzoek juist al lang behoefte bestaat aan effecten op de lange termijn.

- Duidelijkheid over de baten van toename organische stof gehalte in de grond. Er zijn vrijwel geen cijfers voorhanden op basis waarvan een teler er op kan vertrouwen dat een bepaalde investering (compost, groenbemester, ...) op termijn een gekwantificeerde hoeveelheid opbrengsten of besparingen oplevert. Deze vraag is een variant op wens naar langjarige veldproeven.
- Spanningsveld tussen koolstofopbouw op de lange termijn enerzijds en stikstofvraag en -aanbod op de korte en lange termijn anderzijds. Toediening van C aan de bodem heeft effect op N-beschikbaarheid voor het gewas, en daar dient rekening mee te worden gehouden. Een model als NDICEA kan daarbij helpen.
- Voor de melkveehouderij (waar het meest te behalen is): maatregelen moeten vooral gericht zijn op maximaliseren van de productie van organische stof van eigen bedrijf en behoud daarvan op het bedrijf/in eigen grond (dus niet aanvoer van compost maar meer blijvend grasland of diep wortelende gewassen).
- Er heerst onduidelijkheid over waar de meeste winst te behalen valt: bij het toevoeren van organische stof, bij het zelf extra produceren van organische stof of bij het verminderen van de afbraak door minder intensieve grondbewerking. Dit is belangrijk, want zelf extra produceren kan som zonder veel inspanning en een goed uitgevoerde verminderde grondbewerking kan geld en CO₂-lasten uitsparen terwijl organische stof aanvoeren vaak geld en CO₂ kost.

Praktijk:

- Compostkwaliteit: garanties voor minimale vervuiling met plastic etc.
- Compostkwaliteit: garanties voor minimaal risico op inslepen van onkruid en ziektes
- Compostkwaliteit: er is de ervaring / de angst dat de eerste vrachtwagen brengt wat afgesproken is maar dat vervolgladingen niet aan de kwaliteitseisen voldoen.
- Compostkwaliteit: binnen de compostsector kunnen grote verschillen bestaan, met bedrijven waar het accent ligt op respectievelijk afvalverwerking en levering van bodemverbeterende middelen.

NB er zijn wel keurmerken die bepaalde kwaliteitskenmerken garanderen zoals Keur-compost en RAG certificaat (anonymus, 2011).

- Logistiek van aanvoer vaste mest / compost: er moet maar net ruimte zijn op het erf want vaak kan het niet direct op het land uitgereden worden.
- Vertraging tussen aankoop van mest, uitrijden ervan en het bekend worden van de analysecijfers. Daardoor weet je pas achteraf hoeveel je gestrooid hebt, en dat kan een onaangename verrassing opleveren.
Vervolg issue hierop: behoefte aan tijdelijke opslagmogelijkheden voor mest.
- Bij aanvoer drijfmest: de vrees dat de verschillende vrachten een verloop aan gehalten laten zien (bij voorbeeld de eerste lading veel dunner dan de laatste lading) waardoor

de gemiddelde cijfers wel kloppen, maar de verdeling van de mineralen over het perceel slecht is.

Een voorziene technische oplossing die nog niet voorhanden is: *real time* meting van N-gehaltes tijdens het toedienen, waarbij niet een vaste hoeveelheid mest per gereden meter wordt toegediend maar een vaste hoeveelheid stikstof. Als je dan ook de K en de P *real time* meet kun je die metingen omzetten in een taakkaart en op basis daarvan weer de verschillen in P- en K-gift compenseren met een doserende meststrooier op basis van de taakkaarten. Toekomstmuziek, maar technisch al bijna haalbaar.

- Financiële prikkels wijzen in de richting van aanvoer van dunne (varkens-) mest en minder in de richting van vaste mest.

5.2 Afwegingskader, eerste aanzet

De voor de akkerbouwsituatie invloedrijkste mogelijkheden zijn:

- Meer granen en grassen in het bouwplan, stro inwerken
- Compostaanvoer
- Niet-kerende grondbewerking, verminderde grondbewerking
- Het zou zomaar kunnen dat een bepaalde combinatie van deze factoren aanzienlijk meer oplevert dan 1 + 1 + 1.

De voor de melkveehouderij invloedrijkste mogelijkheden zijn:

- Reductie van frequentie van grasland scheuren
- Vervanging van snijmais door CCM / Maiskolvenschroot

Algemene opmerkingen:

- Groenbemesters hebben volgens de tabellen voor effectieve organische stof een bescheiden rol. Er zijn echter talloze andere argumenten om groenbemesters een serieuze en zo mogelijk omvangrijke plek in uw bouwplan te geven.
- Met een eenmalige handeling om extra koolstof vast te leggen is niets mis. Blijvend effect ontstaat echter pas bij een structurele verandering in de bedrijfsvoering.
- Een mogelijke verandering in de koolstofhuishouding van een bedrijf kan niet los gezien worden van de stikstofhuishouding: vastleggen van koolstof gaat samen met vastleggen van stikstof. Dit betekent niet dat er in alle gevallen extra stikstof aangekocht moet worden. Maatregelen om de stikstofuitspoeling te beperken (groenbemesters) of om stikstof in te vangen met vlinderbloemigen, dragen indirect bij aan de mogelijkheden voor koolstof vastlegging.

Vragen die boeren zichzelf kunnen stellen:

- Is er binnen de huidige bedrijfsvoering onbenutte plaatsingsruimte voor stikstof of fosfaat of kan dat makkelijk gerealiseerd worden?
 - Zo ja, dan is er ruimte voor (meer) aanvoer van dierlijke mest en compost. Via compost kan veel meer effectieve organische stof worden aangevoerd dan via dierlijke mest omdat niet alle stikstof en fosfaat meegerekend wordt.

- Zo nee, kijk dan naar de andere twee opties (zelf produceren, afbraak verminderen)
- Bent u bereid en in staat om extra stikstof naar uw bedrijf te halen om daarmee extra aangevoerde koolstof om te vormen tot humus?

Zo ja, overweeg dan:

 - het inwerken van stro in combinatie met een dierlijke mest gift
 - de aanvoer van wat ruigere compost of ander koolstofrijk materiaal.
- Bent u bereid te proberen de stikstofverliezen door uitspoeling te beperken?
 - Zo ja, onderzoek dan de mogelijkheden voor vroege inzaai van groenbemesters, kies voor gewassen of rassen met een vroeger oogsttijdstip, ga voor een strakke planning tussen oogst hoofdgewas en inzaai groenbemester.
 - Onderzoek de mogelijkheden voor het inwerken van de groenbemester in het voorjaar in plaats van de late herfst.
- Overweeg de gedeeltelijke of verdere vervanging van kunstmest door dierlijke mest in de wetenschap:
 - Houd er rekening mee dat het net wat meer aandacht en organisatie vraagt.
 - Houd zeer goed rekening met minimale gevolgen voor bodemstructuur. Opbrengstderving door structuurschade overschaduwde volledig een eventuele koolstofwinst.
- Denkt u dat u de overstap naar niet-ploegen, minder diepe grondbewerking en minder grondbewerking wilt overwegen?
 - Praat dan eerst met een collega die die stap al gezet heeft want een beetje minder ploegen is geen optie. Het is een systeemverandering.
 - Het kan wel een optie zijn om met een of enkele percelen te beginnen en daar ervaring op te doen.

6 Resultaten, conclusies en aanbevelingen onderzoek bedrijfslocaties

6.1 Inleiding

Meting van veranderingen in bodem koolstof in een relatief korte tijdspanne van een of twee jaar is zo goed als onmogelijk omdat de meting zelf een bepaalde onzekerheid heeft en omdat de bodemvoorraad vele malen groter is dan de mogelijke mutatie daarin binnen een of twee jaar. De gevolgen van een veranderd 'koolstofbeleid' op bedrijfsniveau heeft echter wél directe en meetbare gevolgen voor de stikstofdynamiek. In het onderhavige project 'Koolstofboeren – Aanvullende metingen 2018' (voorliggend rapport) is dat spoor opgepakt en wordt op perceelniveau nagegaan wat de consequenties zijn van verschillende opties van koolstofbeheer voor de stikstofhuishouding op korte en langere termijn. Binnen een ander project, 'Gezonde grond voor gezond gewas' (LBI, gefinancierd door Provincie Gelderland en Flevoland) speelde ook de toevoer van organische stof naar de landbouw een rol, met een vergelijkbare invloed op de stikstofhuishouding. Bij de invulling van de 'Aanvullende metingen' zijn deze twee projecten beide als input gebruikt.

Bij de verkenning van de mogelijkheden die er lagen bij deelnemers aan het project kwamen vijf bedrijven met in totaal tien percelen naar voren. Deze vijf bedrijven krijgen alle een bedrijfsspecifiek verslag. Geen van de bedrijven had op het moment van de selectie voor deelname een optie voor een vergelijking binnen een perceel. Het gaat dus in alle gevallen om een vergelijking 'op afstand' of om een vergelijking met een fictieve modelberekening.

De resultaten van het onderzoek op de bedrijfslocaties zijn in de bijlage geanonimiseerd weergegeven. Hieronder zijn de belangrijkste conclusies en aanbevelingen beschreven.

6.2 Conclusies

De belangrijkste algemene conclusies die kunnen worden getrokken zijn:

- De combinatie stro inwerken / organische bemesting / groenbemester is een zeer geschikte en goed inpasbare methode om een flinke input aan organische stof te realiseren.
- De voorvrucht of de voorafgaande groenbemester kan een wezenlijke rol spelen in zowel de organische stof voorziening als de stikstofvoorziening.
- In de groenbemester direct volgend op het inwerken van het stro kunnen vlinderbloemigen méér stikstof binden dan wanneer het stro zou zijn afgevoerd.
- Het gebruik van natuurmaaisel-stalmest kan ten opzichte van drijfmest een voldoende aanbod aan minerale N geven voor het grasklaver over het seizoen. Door de lagere concentratie N mineraal in de stalmest is de kans op uitspoeling in het voorjaar lager.

6.3 Aanbevelingen

De belangrijkste aanbevelingen zijn:

- De onderlinge samenhang tussen koolstoftoevoer en stikstofbeschikbaarheid is duidelijk en het is van belang daar rekening mee te houden.
- Het gebruik van een model als Ndicea, waarbij de organische stof-stromen gekoppeld zijn aan N stromen, is belangrijk om de brug te slaan tussen “koolstofbeleid” en landbouwpraktijk.

Literatuur

- Anonymus 2008. **Gewijzigde wetgeving meststoffen**. VHG magazine 3, juni 2008.
- Anonymus 2011. **Kwaliteitscriteria compost voor toepassing in de vollegrond**. Productschap Tuinbouw, 2 pp.
- Burgt, G.J.H.M. van der, G.J.M Oomen, A.S.J. Habets and W.A.H. Rossing, 2006. **The NDICEA model, a tool to improve nitrogen use efficiency in cropping systems**. Nutrient Cycling in Agroecosystems 74: 275-294
- Burgt, G.J.H.M. van der, en P.I. Rietberg (2012). **Evaluation of the NDICEA model. Enhancement of the NDICEA decision support tool for reducing N losses in commercial farming**. Report 2012-036 LbP, Louis Bolk Instituut, Driebergen, 39 pp.
- Burgt, G.J.H.M. van der, Rietema, C. en Bus, M.C. 2017. **Planty Organic 5 jaar. Evaluatie van bodemvruchtbaarheid, stikstofhuishouding en opbrengst**. Rapport 2017-037 LbP, Louis Bolk Instituut, Driebergen, 40 pp.
- Eekeren, N. van, Burgt, G.J. van der, Philipsen, B., Schooten, H. van, en Haan, M. de 2011. **Vruchtwisseling van gras en mais – Effect op organische stof en kosten/baten**. V-focus, april 2011, p. 24-26.
- Janze, H.H. 2006. **The soil carbon dilemma: Shall we hoard it or use it?** Soil biology and biochemistry 38 (3) p. 419-424.
- Minasny, B., Malone, B.P., McBratney, Denis, A.B., Angers, A., Arrouays, D., Chambers, A., Chaplot, V., Chen, Z.S., Cheng, Bhabani, K., Das, S, Damien, J., Field, J., Gimona, A., Hedley, C.B., Young Hong, S.Y., Mandal, B., Marchant, B.P., Martin M., McConkey, B.G., Mulder, V.L., O'Rourke S., Richer-de-Forges, A.C., Odeh, I., Padarian, J., Paustian, K., Pan, G., Poggio, L., Savin, I., Stolbovoy, V., Stockmann, U., Sulaeman, Y., Tsui, C-C., Vågen, T-G., Wesemael, B. van, Winowiecki, L. 2017. **Soil carbon 4 per mille**. Geoderma 272 (2017) 59-86.
- Potters, J., Vijn, M., Grashof-Bokdam, C. en Pleijte, M. 2018. **Naar een actieagenda voor duurzaam agrarisch bodembeheer**. Wageningen UR, 12 pp.
- Rietberg, P., Luske, B., Visser, A. en Kuikman, P. 2013 (2019). **Handleiding goed koolstofbeheer**. Louis Bolk Instituut, Publicatienummer 2013-002 LbP, 27 pp. 20
- Schouten, t., Bloem, J., Goede, R. de, Eekeren, N. van, Deru, J., Zanen, M., Sukkel, W., Balen, D. van, Korthals, G. en Rutgers, M, 2018. **Veldexperimenten uitgelicht**. Bodem 2018 (3), p. 20-23.
- Staps, S. (2018) **Handleiding goed koolstofbeheer. Update van de versie van 2013 van Petra Rietberg, Boki Luske, Anneloes Visser en Peter Kuikman**. Louis Bolk Instituut, Publicatienummer 2017038 LbP. 32 pp.
- Topp, C.F.E., Walker, R.L., Watson, C.A. and G.-J. van der Burgt, 2009. **Nitrogen dynamics in legume based rotations**. Proceedings of the 18th Symposium of the International Scientific Centre of Fertilizers, 8th to 12th November 2009, Rome.
- Zwart, K., Kikkert, A., Wolfs, A., Termorshuizen, A. en Burgt, G.J. van der, 2013a. **De organische stof balans met de te verwachten stikstoflevering per teeltrotatie**. HLB Wijster, 17 pp.
- Zwart, K., Kikkert, A., Wolfs, A., Termorshuizen, A. en Burgt, G.J. van der, 2013b. **Tien vragen en antwoorden over organische stof**. HLB Wijster, 8 pp.

Verwachte publicatie:

Prikkels voor duurzaam bodembeheer in de Nederlandse landbouw. Wageningen UR

Geraadpleegde internetbronnen:

www.handboekbodemenbemesting.nl

www.ndicea.nl

Bijlagen: Verslagen onderzoek praktijkbedrijven

Bedrijf 1

Koolstof toevoegen aan de bodem en het effect daarvan op de stikstofhuishouding.

Project 'Koolstofboeren – Aanvullende metingen 2018'

Bedrijfsverslag Bedrijf 1; geanonimiseerd.

1. Inleiding

In het tweejarige project “Koolstofboeren” van LBI, Bionext en ZLTO wordt in Noord-Brabant verkend wat de mogelijkheden zijn voor extra koolstofopslag (organische stof) in landbouwgrond en de mogelijkheden voor verwaarding daarvan. Meting van veranderingen in bodem koolstof in een tijdspanne van een of twee jaar is zo goed als onmogelijk omdat de meting zelf een bepaalde onzekerheid heeft en omdat de bodemvoorraad vele malen groter is dan de mogelijke mutatie daarin binnen een of twee jaar. De gevolgen van een veranderd ‘koolstofbeleid’ op bedrijfsniveau heeft echter wél directe en meetbare gevolgen voor de stikstofdynamiek. In het project ‘Koolstofboeren – Aanvullende metingen 2018’ (LBI) is dat spoor opgepakt en wordt op perceelniveau nagegaan wat de consequenties zijn van verschillende opties van koolstofbeheer voor de stikstofhuishouding op korte en langere termijn. Binnen een ander project, ‘Gezonde grond voor gezond gewas’ (LBI, gefinancierd door Provincie Gelderland en Flevoland) speelde ook de toevoer van organische stof naar de landbouw een rol, met een vergelijkbare invloed op de stikstofhuishouding. Bij de invulling van de ‘Aanvullende metingen’ zijn deze twee projecten beide als input gebruikt.

Bij de verkenning van de mogelijkheden die er lagen bij deelnemers aan het project kwamen vier bedrijven met in totaal 8 percelen naar voren. Deze vier bedrijven krijgen allen een bedrijfsspecifiek verslag. Geen van de bedrijven had op het moment van de selectie voor deelname een optie voor een vergelijking binnen een perceel. Het gaat dus in alle gevallen om een vergelijking ‘op afstand’ of om een vergelijking met een fictieve modelberekening.

Dit verslag gaat over ‘Bedrijf 1’, West-Brabant.

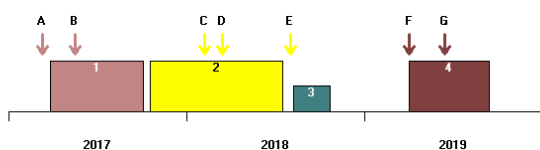
2. Metingen en modelberekeningen

De specifieke vraag op dit bedrijf betreft de strategie om na wintertarwe het stro in te werken (in plaats van verkopen), een bemesting uit te voeren met dunne rundermest en een groenbemester in te zaaien. Het volggewas is aardappels.

Op het bedrijf is de organische stof dynamiek en de stikstof dynamiek van drie percelen in beeld gebracht met behulp van de computer App Ndicea. De historie is in beeld gebracht en in 2018 zijn op ieder perceel vier metingen van de N-mineraal in de bouwvoor (0-30 cm) gedaan. De resultaten staan hieronder uitgewerkt. Achtereenvolgens wordt getoond:

- Opeenvolging van gewassen
- Controle van de App: komt de berekende waarde N-mineraal voldoende overeen met de vier metingen?
- Stikstof beschikbaarheid
- Organische stof dynamiek
- Uitspoeling

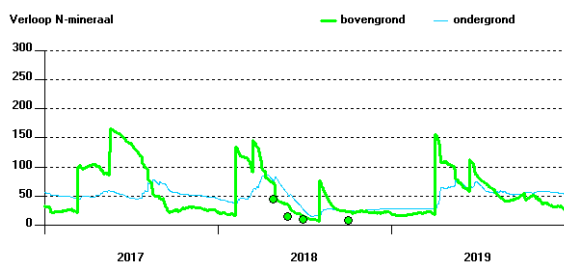
2.1. Perceel 1



1 = Suikerbiet; 2 = wintertarwe; 3 = groenbemester mengsel; 4 = consumptieaardappel

Afbeelding 1. Gewasvolgorde.

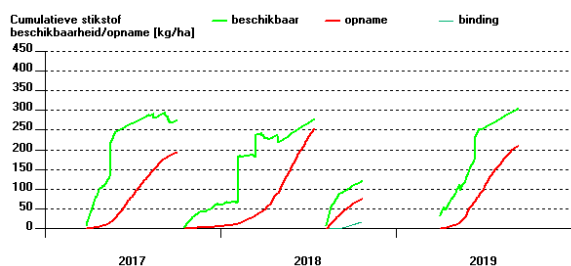
De pijlen geven de diverse bemestingen aan. E = 30 ton rundvee dunne mest



Afbeelding 2. Verloop van het niveau minerale stikstof in 0-30 (bovengrond) en 30-90 (ondergrond)

Controle van de App: is het door de App berekende niveau van N-mineraal (nitraat, groene lijn) in de bouwvoor voldoende in overeenstemming met de gemeten waarden

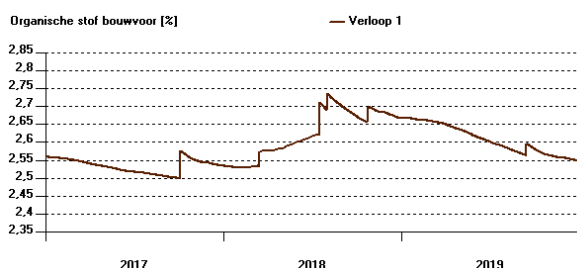
(groene punten)? Het antwoord is een onomwonden 'ja'. Dat voedt het vertrouwen dat ook andere uitkomsten serieus te nemen zijn.



Afbeelding 3. Stikstofbeschikbaarheid t.o.v. stikstofbehoefte van het gewas, en N-fixatie door vlinderbloemigen.

De suikerbiet in 2017 lijkt wat ruim te zitten wat betreft stikstofvoorziening (groene lijn een groot deel van de tijd vrij ver boven de rode lijn) Bij de wintertarwe lijkt de bemesting zeer mooi aan te

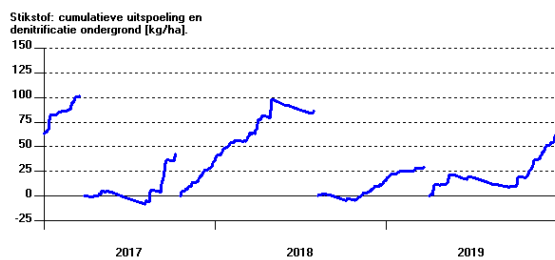
sluiten bij de gewasbehoefte. Aan het einde van de groei is de minerale N in de bodem zo goed als opgebruikt (groene lijn nog maar net boven de rode lijn). Het groenbemester mengsel met vlinderbloemigen is redelijk geslaagd en fixeert een beetje stikstof (30 kg aanvoer per hectare). De aardappel in 2019 heeft naar verwachting ruim voldoende stikstof om de verwachte opbrengst te kunnen realiseren.



Afbeelding 4. Verloop van het organische stof gehalte in de bouwvoor (0-30 cm)

Het organische stof gehalte blijft over deze drie jaar gelijk. Dit is echter een uitsnede uit de hele vruchtwisseling. Met in dit tijdvak twee van de drie jaar rooivruchten is het beslist geen slechte prestatie om het organische stof gehalte op peil

te houden. Om hier meer zicht op te krijgen zou de hele vruchtwisseling in beeld gebracht kunnen worden.

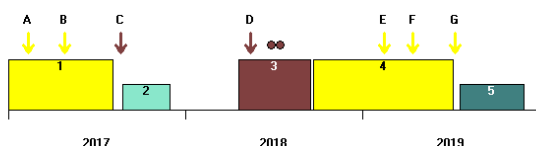


Afbeelding 5. Verliezen van stikstof uit de bewortelbare zone naar de ondergrond

Tijdens de teelt van de suikerbieten (2017) is alleen in het najaar sprake van enige stikstofverliezen naar de ondergrond. In de winter van 2017-2018

neemt de wintertarwe echter onvoldoende stikstof op om de verliezen naar de ondergrond te beperken (oplopende lijn oktober 2017 – april 2018). Pas als de stikstofopname groot wordt (en in 2018 de droogte toeslaat) stoppen de verliezen en vindt er enige capillaire opstijgen van water (met stikstof) plaats vanuit de ondergrond (dalende lijn medio 2018). De groenbemester in najaar 2018 is effectief in het opnemen van de aangeboden stikstof uit zowel de mest als de najaars mineralisatie). Tot het poten van de aardappelen voorjaar 2019 blijven de verliezen beperkt tot 25 kg per hectare. Gedurende de aardappelteelt in 2019 zijn de verliezen naar verwachting gering (onder gemiddelde weersomstandigheden). Pas na oogst nemen de verliezen toe.

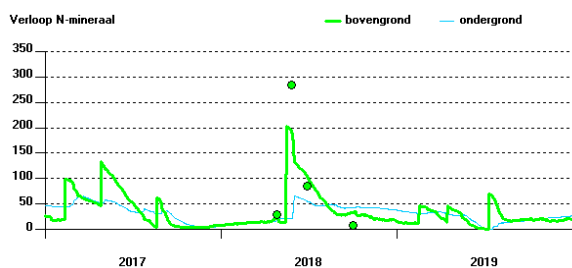
2.2. Perceel 2



Afbeelding 6. Gewasvolgorde.

De pijlen geven de diverse bemestingen aan. C = 25 ton rundvee dunne mest; G = 30 ton rundvee dunne mest

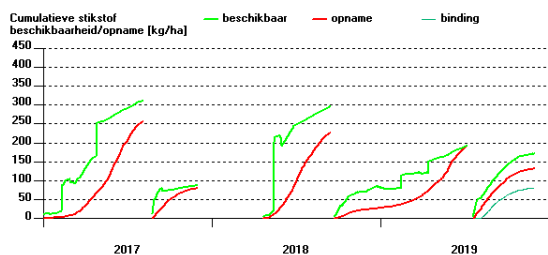
1 = wintertarwe; 2 = blasrammenas; 3 = consumptieaardappel; 4 = wintergerst; 5 = groenbemester mengsel met vlinderbloemige



Afbeelding 7. Verloop van het niveau minerale stikstof in 0-30 (bovengrond) en 30-90 (ondergrond)

Controle van de App: is het door de App berekende niveau van N-mineraal (nitraat, groene lijn) in de bouwvoor voldoende in overeenstemming met de gemeten waarden

(groene punten)? Drie van de vier meetmomenten ligt het berekende niveau N-mineraal dicht in de buurt van de meting. De piek na toediening van kunstmest voorjaar 2018 wordt niet goed beschreven.

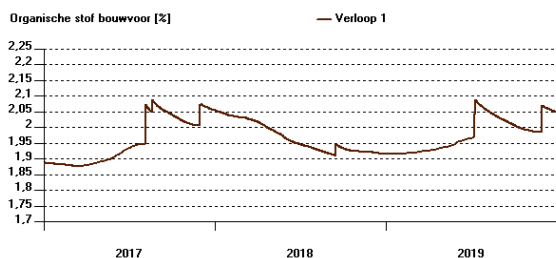


Afbeelding 8. Stikstofbeschikbaarheid t.o.v. stikstofbehoefte van het gewas, en N-fixatie door vlinderbloemigen.

De wintertarwe in 2017 lijkt ietsje ruim te zitten wat betreft stikstofvoorziening (groene lijn een groot deel van de tijd boven de rode lijn, en aan het einde van de teelt nog 50 kg overschot volgens

berekening. Bij de aardappel in 2018 lijkt de bemesting vrij goed aan te sluiten bij de gewasbehoefte.

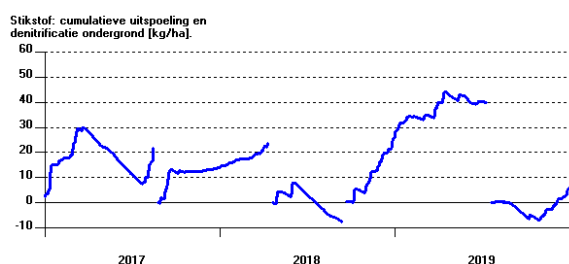
Aan het einde van de groei is de minerale N in de bodem nog ruim 50 kg (verschil tussen groene lijn en rode lijn) maar die zit voornamelijk in de 2^e bodemlaag (zie vorige grafiek, blauwe lijn). De wintergerst is, in tegenstelling tot wintertarwe (Perceel Hop links), wél in staat de najaars stikstofmineralisatie te benutten omdat wintergerst vroeger gezaaid wordt en een grotere N-opname in het najaar heeft dan wintertarwe. Het groenbemester mengsel met vlinderbloemigen in 2019 na de wintertarwe zal naar verwachting goed slagen en fixeert flink stikstof (80 kg aanvoer per hectare). De verwachting van een goed geslaagde groenbemester hangt samen met het vroegere zaaimoment, wat weer mogelijk is omdat wintergerst vroeger geoogst wordt dan wintertarwe.



Afbeelding 9. Verloop van het organische stof gehalte in de bouwvoor (0-30 cm)

Het organische stof gehalte stijgt licht in deze drie jaar gelijk. Dit is een uitsnede uit de hele vruchtwisseling. Met in dit tijdvak twee van de drie jaar granen valt het te verwachten dat het organische stof gehalte op peil blijft. Om hier meer

zicht op te krijgen zou de hele vruchtwisseling in beeld gebracht kunnen worden.

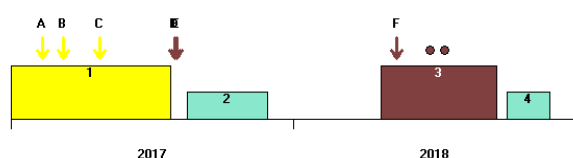


Afbeelding 10. Verliezen van stikstof uit de bewortelbare zone naar de ondergrond

Tijdens de teelt van de wintertarwe (2017) is alleen in het voorjaar sprake van enige stikstofverliezen naar de ondergrond. Als de tarwegroei goed op gang komt is er sprake van capillaire opstijging waarbij stikstof uit de

ondergrond beschikbaar komt ('negatieve uitspoeling', dalende lijn medio 2017). In de winter van 2017-2018 neemt de groenbemester voldoende stikstof op om de verliezen naar de ondergrond te beperken (netto 23 kg verlies tot het poten van de aardappelen). Tijdens de aardappelteelt treden een verliezen op. De wintergerst 2018-2019 weet de uitspoeling in de winterperiode sterker te beperken dan wintertarwe. De opvolgende groenbemester is in staat de stikstof uit zowel mest als najaarsmineralisatie grotendeels te benutten.

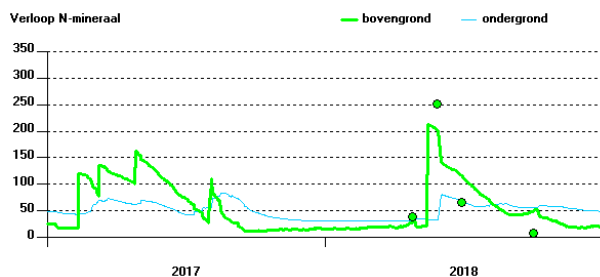
2.3. Perceel 3



Afbeelding 11. Gewasvolgorde.

De pijlen geven de diverse bemestingen aan. D/E = 30 ton rundvee dunne mest en 27 ton rundvee vaste mest.

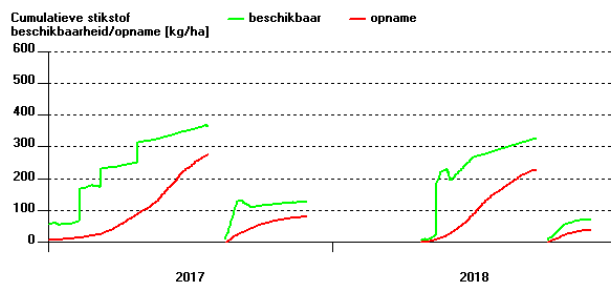
1 = wintertarwe; 2 = bladrammenas; 3 = consumptieaardappel; 4 = groenbemester graan zonder vlinderbloemige



Afbeelding 12. Verloop van het niveau minerale stikstof in 0-30 (bovengrond) en 30-90 (ondergrond)

Controle van de App: is het door de App berekende niveau van N-mineraal (nitraat, groene lijn) in de bouwvoor voldoende in overeenstemming met de gemeten waarden

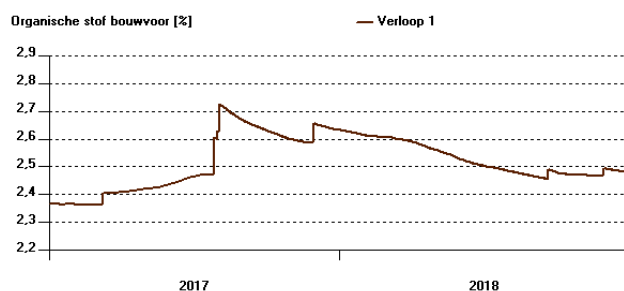
(groene punten)? Net als bij perceel Lucas wordt de piek na toediening van kunstmest voorjaar 2018 niet goed beschreven maar het verschil is hier kleiner dan bij perceel Lucas. Bij de laatste twee metingen ligt het berekende niveau te ver boven de meting om van een goed resultaat te kunnen spreken.



Afbeelding 13. Stikstofbeschikbaarheid t.o.v. stikstofbehoefte van het gewas, en N-fixatie door vlinderbloemigen.

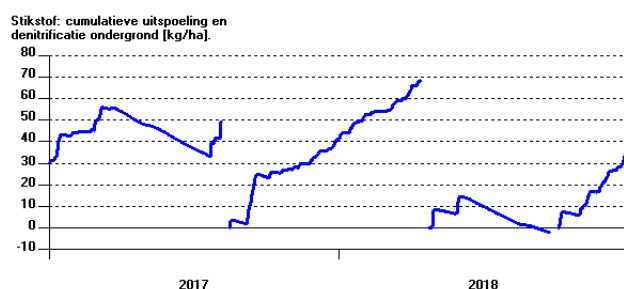
Bij de oogst van de wintertarwe medio 2017 is volgens berekening nogal wat stikstof overgebleven. De groenbemester kan niet zowel de overgebleven stikstof als de

najaarsmineralisatie verwerken. Bij het inwerken van de groenbemester najaar 2017 is nog 40 kg stikstof in de grond aanwezig (verschil tussen groene en rode lijn). Bij de aardappelteelt in 2018 lijkt er sprake te zijn van een wat ruim stikstofaanbod, maar zoals bij de voorgaande grafiek opgemerkt liggen de metingen lager dan de berekeningen.



Afbeelding 14. Verloop van het organische stof gehalte in de bouwvoor (0-30 cm)

Het organische stof gehalte stijgt, waarbij de combinatie tarwewortels – tarwestro – organische bemesting medio 2017 duidelijk de trend bepaalt.



Afbeelding 15. Verliezen van stikstof uit de bewortelbare zone naar de ondergrond

Als de wintertarwe in 2017 eenmaal aan de groei is stoppen de verliezen naar de ondergrond en vindt er een zekere terugwinning plaats door capillaire opstijging. De groenbemester najaar 2017 neemt wel stikstof op maar laat ook over. Na een korte

periode vrijwel zonder verliezen)horizontale lijn najaar 2017 gaat in de winter alsnog stikstof verloren. Tijdens de aardappelteelt in 2018 zijn de verliezen minimaal, mede door de droogte. De

oogst van de aardappels is te laat om nog een goede groenbemester te kunnen laten groeien waardoor najaar 2018 de verliezen naar de ondergrond weer groeien.

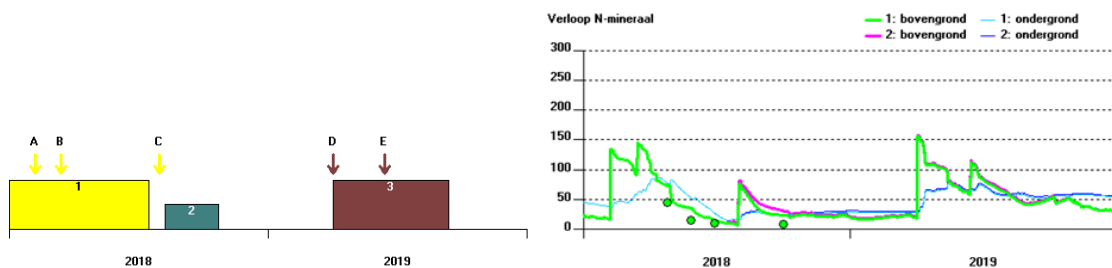
2.4. Conclusie t.a.v. van de beschrijving met de App

Berekening en meting komen voldoende overeen om zeggingskracht toe te kennen aan de beschrijving van de organische stof dynamiek en de stikstofhuishouding. De drie beschreven scenario's kunnen gebruikt worden om scenario-studies te doen: wat als... gedaan zou worden.

3. Bespreking van het thema

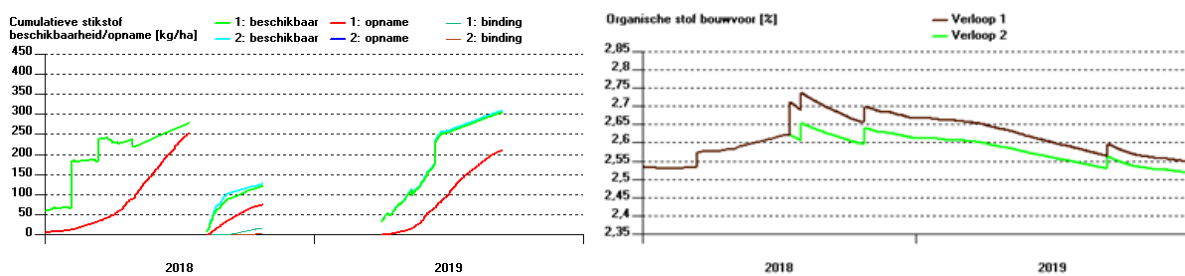
Het thema op deze percelen is de gang van zaken na het wintergraan voorafgaand aan de aardappelteelt. In plaats van stro te verkopen wordt het gehakseld en ingewerkt samen met 25-30 ton dunne rundermest. Direct daarop wordt een groenbemester gezaaid die tot eind oktober blijft staan en dan ingewerkt wordt. Er wordt niet geploegd.

3.1. Perceel 1: wel / niet stro inwerken



Afbeelding 16. Gewasvolgorde.

Afbeelding 17. Verloop van het niveau minerale stikstof in 0-30 (bovengrond) en 30-90 (ondergrond)



Afbeelding 18. Stikstofbeschikbaarheid t.o.v. stikstofbehoefte van het gewas, en N-fixatie door vlinderbloemigen

Afbeelding 19. Verloop van het organische stof gehalte in de bouwvoor (0-30 cm)

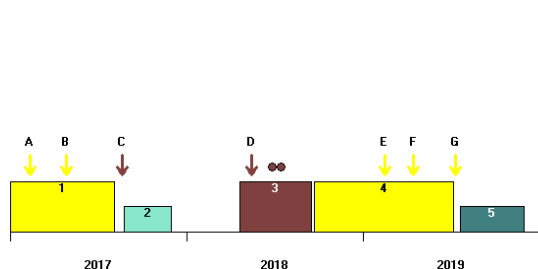
In scenario 2 is het stro afgevoerd ipv ingewerkt. Dat leidt tot een iets hoger stikstof beschikbaarheid in het najaar van 2018 (afbeelding 17, roze lijn ligt hoger dan de groene lijn) wat zich in 2019 nog

voortzet als de mineralisatie weer goed op gang is gekomen. Het zelfde is zichtbaar in afbeelding 18, lichtblauwe lijn boven de groene lijn. Pas in 2020 is er *minder* stikstof beschikbaar (niet in grafiek getoond) als het stro is afgevoerd. Anders gezegd: de stikstof die najaar 2018 in het ingewerkte stro tijdelijk wordt vastgelegd komt pas in de loop van 2020 heel geleidelijk weer vrij. Tevens leidt de afvoer van het stro tot een verminderde stikstoffixatie van vlinderbloemigen. Een groenbemesters mengsel met vlinderbloemigen heeft voorkeursopname van bodem-stikstof boven fixatie, en zonder ingewerkt stro is er meer vrije stikstof in de bodem. Zie afbeelding 18, tweede helft 2018: bruine lijn (vrijwel geen fixatie) t.o.v. grijze lijn (18 kg fixatie).

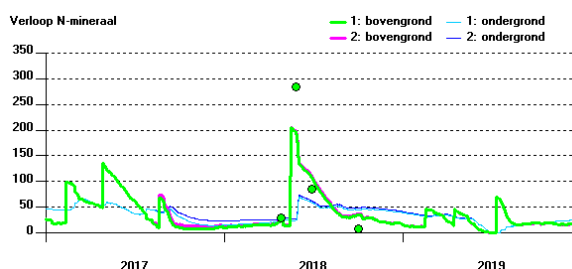
Het verschil in organische stof opbouw is aanzienlijk, afbeelding 19, zwarte lijn (met stro) vergeleken met groene lijn (zonder stro). Het verschil is groot bij aanvang medio 2018 omdat het dan om vers organisch materiaal gaat. Eind 2019 is het verschil kleiner en geeft een beter beeld van de bijdrage van stro aan de organische stof voorziening van het perceel. Het gaat om ongeveer 1500 kg organische stof per hectare. Dat is hoger dan wat de gebruikelijke tabellen voor effectieve organische stof aangeven (rond 1000 kg). De benaderingswijze van Ndiea verschilt van die van de EOS: de EOS is een vaste tabelwaarde, en Ndiea rekent het uit in afhankelijkheid van diverse factoren. Daarbij speelt de algemene afbraaksnelheid een grote rol, en die is in geval van deze grondsoort in Ndiea kleiner dan 2% per jaar, de vuistregel voor de organische stof balans berekening.

3.2. Perceel 2: wel / niet stro inwerken

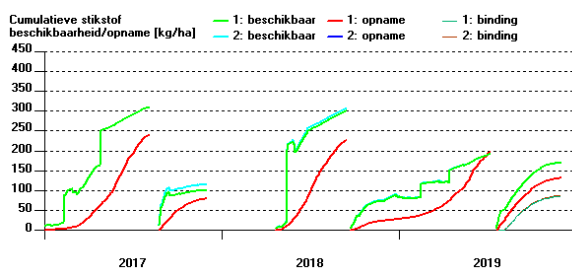
Het gaat hier om een verkenning wat er gebeurd zou zijn als in 2017 het stro van de wintertarwe zou zijn afgevoerd en verder alles ongewijzigd zou zijn (scenario 2 in onderstaande grafieken).



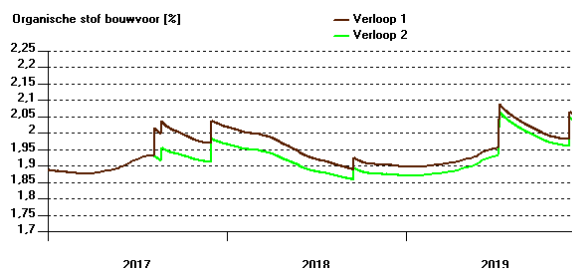
Afbeelding 20. Gewasvolgorde.



Afbeelding 21. Verloop van het niveau minerale stikstof in 0-30 (bovengrond) en 30-70 (ondergrond)

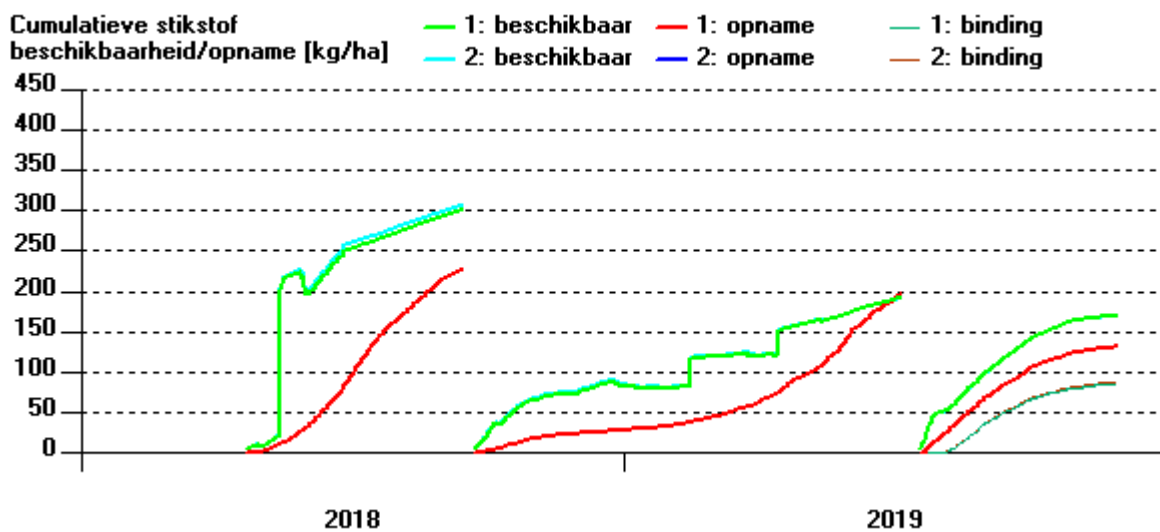


Afbeelding 22. Stikstofbeschikbaarheid t.o.v. stikstofbehoefte van het gewas, en N-fixatie door vlinderbloemigen



Afbeelding 23. Verloop van het organische stof gehalte in de bouwvoor (0-30 cm)

Het beeld is het zelfde als bij perceel 1 (paragraaf 3.1.). Als het stro wordt afgevoerd is de stikstof beschikbaarheid voor de groenbemester hoger (Afbeelding 21, roze boven groen; afbeelding 22, lichtblauw boven groen) en in 2018 is dat nog steeds het geval, zij het in zeer geringe mate.



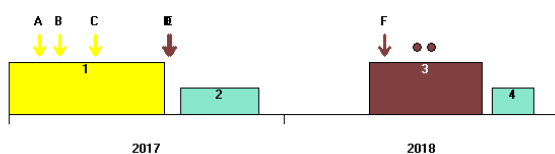
Afbeelding 24. Detail van afbeelding 22.

Pas in de loop van 2019 ligt de blauwe lijn (N-beschikbaarheid in geval van afgevoerd stro) niet meer onder de groene lijn (met stro ingewerkt). In de tweede helft van 2019 is de stikstof beschikbaarheid van de twee varianten omgedraaid en komt stikstof uit 2017 weer vrij. In dit geval wordt dit 'voordeel' gecompenseerd door de vlinderbloemige groenbemester: als er meer stikstof beschikbaar is neemt de stikstof fixatie iets af (afbeelding 24, grijze lijn onder bruine lijn).

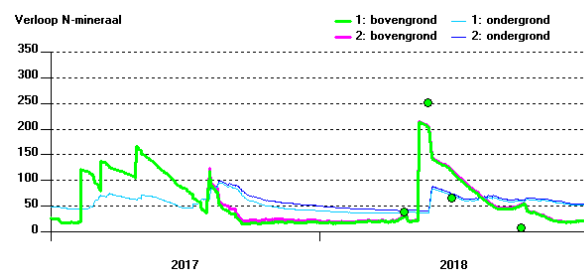
Het gaat om zeer kleine verschillen. Dit benadrukt het belang om te kijken naar cumulatieve effecten en lange termijn effecten.

3.3. Perceel 3: wel / niet stro inwerken

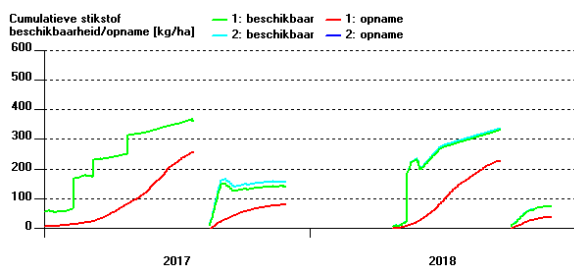
Net als in paragraaf 3.2. gaat het hier om een verkenning wat er gebeurd zou zijn als in 2017 het stro van de wintertarwe zou zijn afgevoerd en verder alles ongewijzigd zou zijn (scenario 2 in onderstaande grafieken).



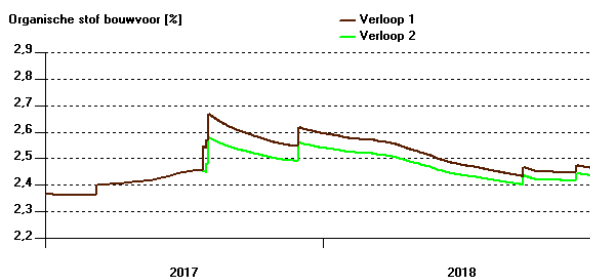
Afbeelding 25. Gewasvolgorde.



Afbeelding 26. Verloop van het niveau minerale stikstof in 0-30 (bovengrond) en 30-80 (ondergrond)



Afbeelding 27. Stikstofbeschikbaarheid t.o.v. stikstofbehoefte van het gewas, en N-fixatie door vlinderbloemigen



Afbeelding 28. Verloop van het organische stof gehalte in de bouwvoor (0-30 cm)

Dit derde perceel laat het zelfde beeld zien als de voorgaande twee percelen. Ook hier mag dus verwacht worden dat pas in de loop van 2019 de door het ingewerkte stro vastgelegde stikstof zeer geleidelijk vrij zal komen.

4. Conclusies en aanbeveling

Conclusies:

- De combinatie stro inwerken / organische bemesting / groenbemester is een zeer geschikte en goed inpasbare methode om een flinke input aan organische stof te realiseren.
- In de groenbemester direct volgend op het inwerken van het stro kunnen vlinderbloemigen méér stikstof binden dan wanneer het stro zou zijn afgevoerd.
- In het eerstvolgende hoofdgewas is nog sprake van een zeer kleine verlaging van de stikstofbeschikbaarheid ten gevolge van het inwerken van het stro een jaar eerder. Op grond van een éénjarig effect hoeft je de bemesting er niet op aanpassen vanwege een te klein verwacht effect.
- Pas meer dan anderhalf jaar na het inwerken van het stro komt de vastgelegde stikstof zeer geleidelijk weer vrij. Op grond van een éénjarig effect hoeft je de bemesting er niet op aanpassen vanwege een te klein verwacht effect.
- De vastgelegde stikstof is niet verloren gegaan. De jaareffecten zijn gering, maar een cumulatief effect kan wel zodanig van omvang worden dat het wel gevolgen kan hebben voor de voorgenomen bemesting of voor de te verwachten opbrengst.
- In de modelberekeningen is geen rekening gehouden met mogelijke andere positieve effecten van een toegenomen gehalte aan organische stof of een toegenomen omzet aan organische stof op bodemleven, worteling, waterhuishouding, structuur.

Aanbeveling:

- De lange termijn effecten zouden in een modelberekening gekwantificeerd kunnen worden.

Afsluitende opmerking:

De onderlinge samenhang tussen koolstoftoevoer en stikstofbeschikbaarheid is duidelijk en het is van belang daar rekening mee te houden, naast andere praktische aspecten. In de beschreven situatie is dat zeer goed gelukt

Bijlage: bodemanalyse 2 oktober 2018

653341 = Perceel 1

653342 = Perceel 2

653343 = Perceel 3

Resultaat	Eenheid	653341	653342	653343
N-totale bodemvoorraad	mg N/kg	1760	1200	1500
Ammonium-N	mg NH ₄ -N/kg	< 1,3	< 1,3	< 1,3
Nitraat-N	mg NO ₃ -N/kg	< 1,3	< 1,3	< 1,3
S-plantbeschikbaar	mg S/kg	8,9	16,1	18,1
P-plantbeschikbaar	mg P/kg	2,1	1,7	1,3
K-plantbeschikbaar	mg K/kg	187	90	144
Ca-plantbeschikbaar	mmol Ca/l	0,4	0,2	0,5
Mg-plantbeschikbaar	mg Mg/kg	118	72	107
Na-plantbeschikbaar	mg Na/kg	47	28	41
Si-plantbeschikbaar	µg Si/kg	28640	23030	24870
Fe-plantbeschikbaar	µg Fe/kg	< 2060	< 2040	< 2050
Zn-plantbeschikbaar	µg Zn/kg	< 100	< 100	< 100
Mn-plantbeschikbaar	µg Mn/kg	400	360	< 260
Cu-plantbeschikbaar	µg Cu/kg	85	40	39
Co-plantbeschikbaar	µg Co/kg	3,3	< 2,6	< 2,6
B-plantbeschikbaar	µg B/kg	262	178	215
Mo-plantbeschikbaar	µg Mo/kg	12	9	10
Se-plantbeschikbaar	µg Se/kg	6,0	4,9	6,0
Zuurgraad (pH)		7,6	7,5	7,6
Zuurgraad (pH-KCl)		7,6	7,5	7,6
C-organisch	%	1,6	1,1	1,4
Organische stof	%	4,5	3,2	4,1

Contact & info	Grondsoort:	Rivierklei
	Datum ontvangst:	08-10-2018
	Monster genomen door:	Derden
	Contactpersoon monsternamen:	Herman Dorresteyn: 0652002114

Methode	N-totale bodemvoorraad	Q	Em: NTT4+6	Zn-plantbeschikbaar		Em: CCL3(PAE®)
	Ammonium-N	Q	Em: NCC3	Mn-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)
	Nitraat-N	Q	Em: NCC3	Cu-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)
	S-plantbeschikbaar		Em: CCL3(PAE®)	Co-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)
	P-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)	B-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)
	K-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)	Mo-plantbeschikbaar		Em: CCL3(PAE®)
	Ca-plantbeschikbaar	Q	Em: NIRS (TSC®)	Se-plantbeschikbaar		Em: CCL3(PAE®)
	Mg-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)	Zuurgraad (pH)	Q	Em: PHC3(Gw NEN ISO 10390)
	Na-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)	Zuurgraad (pH-KCl)		
	Si-plantbeschikbaar		Em: CCL3(PAE®)	C-organisch	Q	Em: COR6
	Fe-plantbeschikbaar		Em: CCL3(PAE®)	Organische stof		afgeleide waarde

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monsternamen en analyse uitgevoerd.
De gerapporteerde resultaten hebben uitsluitend betrekking op het aan Eurofins Agro aangeleverde materiaal.

Bedrijf 2

Koolstof toevoegen aan de bodem en het effect daarvan op de stikstofhuishouding.

Project 'Koolstofboeren – Aanvullende metingen 2018'

Bedrijfsverslag van 'Bedrijf 2', geanonimiseerd.

1. Inleiding

In het tweejarige project “Koolstofboeren” van LBI, Bionext en ZLTO wordt in Noord-Brabant verkend wat de mogelijkheden zijn voor extra koolstofopslag (organische stof) in landbouwgrond en de mogelijkheden voor verwaarding daarvan. Meting van veranderingen in bodem koolstof in een tijdspanne van een of twee jaar is zo goed als onmogelijk omdat de meting zelf een bepaalde onzekerheid heeft en omdat de bodemvoorraad vele malen groter is dan de mogelijke mutatie daarin binnen een of twee jaar. De gevolgen van een veranderd ‘koolstofbeleid’ op bedrijfsniveau heeft echter wél directe en meetbare gevolgen voor de stikstofdynamiek. In het project ‘Koolstofboeren – Aanvullende metingen 2018’, gefinancierd door LNV en uitgevoerd door het Louis Bolk Instituut, is dat spoor opgepakt en wordt op perceelniveau nagegaan wat de consequenties zijn van verschillende opties van koolstofbeheer voor de stikstofhuishouding op korte en langere termijn. Binnen een ander project, ‘Gezonde grond voor gezond gewas’ (LBI, gefinancierd door Provincie Gelderland en Flevoland) speelde ook de toevoer van organische stof naar de landbouw een rol, met een vergelijkbare invloed op de stikstofhuishouding. Bij de invulling van de ‘Aanvullende metingen’ zijn deze twee projecten beide als input gebruikt.

Bij de verkenning van de mogelijkheden die er lagen bij deelnemers aan het project kwamen vier bedrijven met in totaal 8 percelen naar voren. Deze vier bedrijven krijgen allen een bedrijfsspecifiek verslag. Geen van de bedrijven had op het moment van de selectie voor deelname een optie voor een vergelijking binnen een perceel. Het gaat dus in alle gevallen om een vergelijking ‘op afstand’ of om een vergelijking met een fictieve modelberekening.

Dit verslag gaat over Bedrijf 2, West-Brabant.

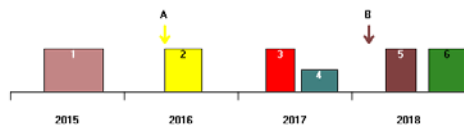
2. Metingen en modelberekeningen

De specifieke vraag op dit bedrijf betreft de rol van grasklaver als hoofdgewas of als groenbemester in de organische stof voorziening en de stikstof voorziening.

Op het bedrijf is de organische stof dynamiek en de stikstof dynamiek van drie percelen in beeld gebracht met behulp van de computer App Ndicea. De historie is in beeld gebracht en in 2018 zijn op ieder perceel vier metingen van de N-mineraal in de bouwvoor (0-30 cm) gedaan. De resultaten staan hieronder uitgewerkt. Achtereenvolgens wordt getoond:

- Opeenvolging van gewassen
- Controle van de App: komt de berekende waarde N-mineraal voldoende overeen met de vier metingen?
- Stikstof beschikbaarheid
- Organische stof dynamiek
- Uitspoeling

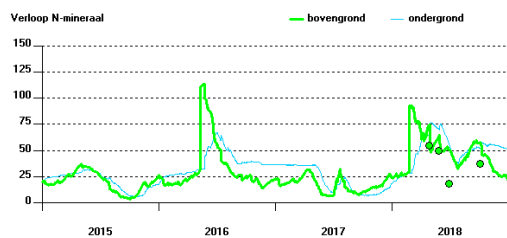
2.1. Perceel A



Afbeelding 1. Gewasvolgorde.

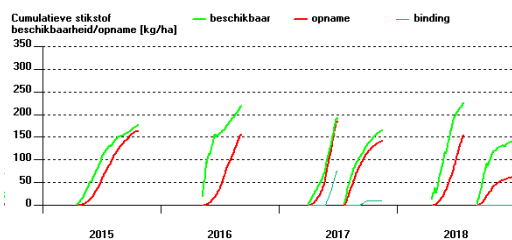
De pijlen geven de diverse bemestingen aan. E = 30 ton rundvee dunne mest

1 = Suikerbiet; 2 = Suikermais; 3 = doperwt; 4 = Groenbemester mengsel; 5 = consumptieaardappel; 6 = grasklaver



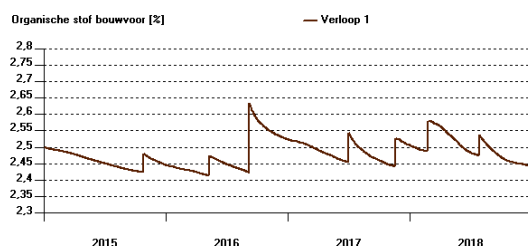
Afbeelding 2. Verloop van het niveau minerale stikstof in 0-30 (bovengrond) en 30-90 (ondergrond)

Controle van de App: is het door de App berekende niveau van N-mineraal (nitraat, groene lijn) in de bouwvoor voldoende in overeenstemming met de gemeten waarden (groene punten)? Het antwoord is een 'voldoende'; alleen de derde meting wijkt wat te ver af. Dit voedt het vertrouwen dat ook andere uitkomsten serieus te nemen zijn.



Afbeelding 3. Stikstofbeschikbaarheid t.o.v. stikstofbehoefte van het gewas, en N-fixatie door vlinderbloemigen.

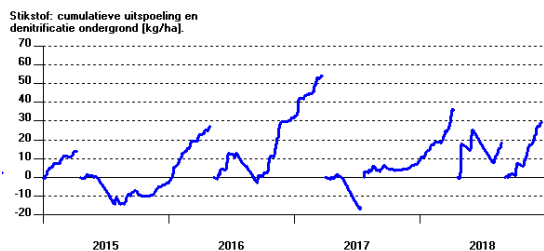
De suikermis in 2018 lijkt wat ruim te zitten wat betreft stikstofvoorziening (groene lijn een groot deel van de tijd vrij ver boven de rode lijn), maar ongebruikelijk is dit niet. De erwten in 2017 bindt ongeveer 75 kg stikstof per hectare; de rest (tot 190 kg per hectare) wordt aan de grond onttrokken. De opvolgende groenbemester bevat vlinderbloemigen en de productie ligt hoog (140 kg N-opname). De N-fixatie is echter gering omdat het erwtenloof zeer stikstofrijk is en snel verteert. De aardappel in 2018 lijkt wat ruim in de stikstof te zitten en laat na afloop nog flink wat stikstof na volgens de berekening, maar de gemeten waarde een paar weken voor oogst ligt lager dan de berekende waarde, dus misschien overschat het model hier de overgebleven stikstof.



Afbeelding 4. Verloop van het organische stof gehalte in de bouwvoor (0-30 cm)

doen stijgen.

Het organische stof gehalte toont over deze drie jaar een heel kleine daling. Dit is echter een uitsnede uit de hele vruchtwisseling. In 2019 wordt de grasklaver teelt vervolgd die het organische stof gehalte zal



Afbeelding 5. Verliezen van stikstof uit de bewortelbare zone naar de ondergrond

De braakperiode na de suikermais in 2016 is het grootste N-lek in dit tijdvak. De verliezen na de conservenerwt zijn gering door de inzet van de groenbemester. Tijdens de aardappelteelt in 2018 zijn de verliezen naar de ondergrond gering, mede

door de droogte. De verliezen in het najaar tijdens de begingroei van de grasklaver zijn misschien overschat.

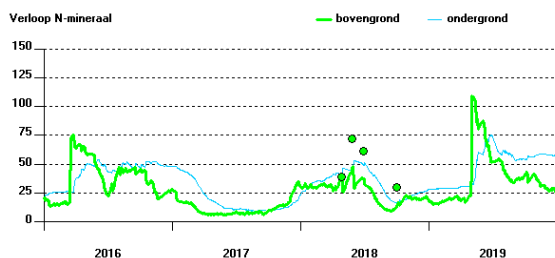
2.2. Perceel B



Afbeelding 6. Gewasvolgorde.

De pijlen geven de diverse bemestingen aan. C = 25 ton rundvee dunne mest; G = 30 ton rundvee dunne mest

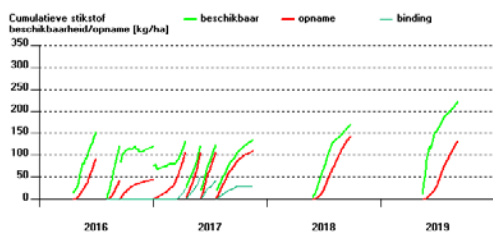
1 = aardappel; 2,3 = grasklaver; 4 = witlofpennen; 5 = suikermais



Afbeelding 7. Verloop van het niveau minerale stikstof in 0-30 (bovengrond) en 30-90 (ondergrond)

Controle van de App: is het door de App berekende niveau van N-mineraal (nitraat, groene lijn) in de bouwvoor voldoende in overeenstemming met de gemeten waarden (groene punten)? Het

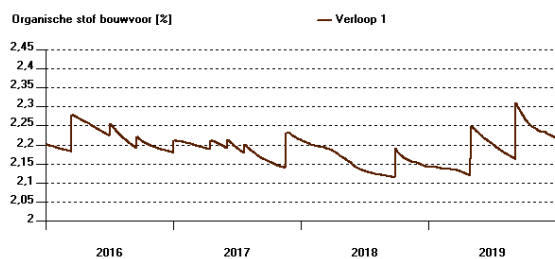
oplopende niveau in het begin van de teelt wordt niet goed beschreven: de groene lijn ligt onder de 2^e en 3^e meetwaarde. Voorafgaan en aan het einde van de teelt is het berekende niveau wel nabij de meetwaarden. Dit is geen overtuigende modellering.



Afbeelding 8. Stikstofbeschikbaarheid t.o.v. stikstofbehoefte van het gewas, en N-fixatie door vlinderbloemigen.

De aardappel in 2016 heeft ruim voldoende stikstof (groene lijn gedurende de groeitijd boven de rode lijn, en aan het einde van de teelt nog >50 kg overschot

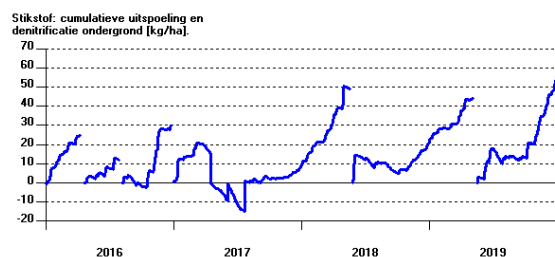
volgens berekening. De witlof in 2018 krijgt geen mest mee en groeit op wat de grasklaver nalaat, en dat is voldoende.



Afbeelding 9. Verloop van het organische stof gehalte in de bouwvoor (0-30 cm)

Het organische stof gehalte blijft in deze vier jaar gelijk. Dit is een uitsnede uit de hele vruchtwisseling. De grotere sprongen naar boven worden veroorzaakt door vaste mest (A in afbeelding 6), het inwerken van de grasklaver eind

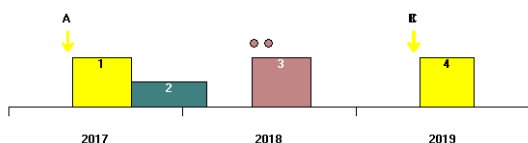
2017, de vaste mest voorafgaand aan de mais (B in afbeelding 6) en de gewasresten van de mais nazomer 2019.



Afbeelding 10. Verliezen van stikstof uit de bewortelbare zone naar de ondergrond

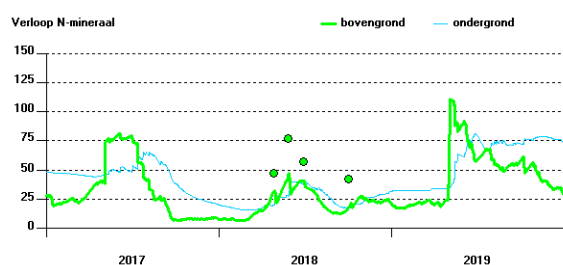
Het ontbreken van groenbemesters resulteert in oplopende uitspoeling 2017-2018, 2018-2019 en eind 2019.

2.3. Perceel C



Afbeelding 11. Gewasvolgorde.

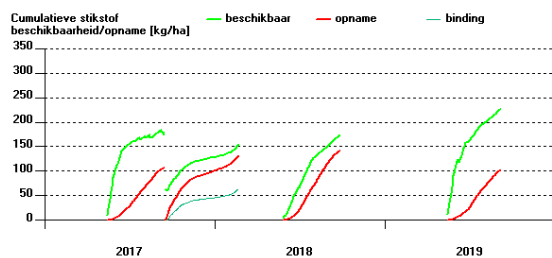
De pijlen geven de diverse bemestingen aan. 1 = suikermais; 2 = grasklaver; 3 = witlofpennen; 4 = suikermais



Afbeelding 12. Verloop van het niveau minerale stikstof in 0-30 (bovengrond) en 30-80 (ondergrond)

Controle van de App: is het door de App berekende niveau van N-mineraal (nitraat, groene lijn) in de bouwvoor voldoende in overeenstemming met de gemeten waarden

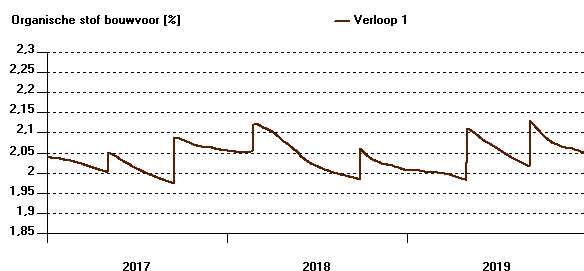
(groene punten)? Net als bij de rechterhelft van dit perceel wordt de toe- en afname van het niveau minerale stikstof in de modellering wel getoond maar op een overall te laag niveau. Vanwege deze structurele afwijking moet met de interpretatie van de resultaten terughoudend worden omgegaan.



Afbeelding 13. Stikstofbeschikbaarheid t.o.v. stikstofbehoefte van het gewas, en N-fixatie door vlinderbloemigen.

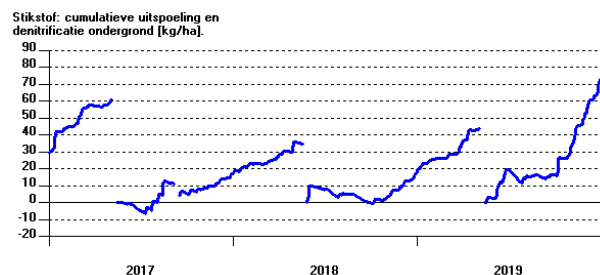
De witlof in 2018 heeft volgens berekening voldoende stikstof beschikbaar (groene lijn boven de rode), en misschien lag in werkelijkheid het niveau nog wat hoger gezien het feit dat de

metingen N-mineraal hoger liggen dan de modelwaarden. De suikermais in 2019 lijkt erg veel stikstof ter beschikking te krijgen, mede door de bemesting voorafgaand aan deze teelt.



Afbeelding 14. Verloop van het organische stof gehalte in de bouwvoor (0-30 cm)

Het organische stof gehalte is stabiel in dit tijdvak. Mais gewasresten (najaar 2017 en 2019) en toediening van vaste mest zijn de grotere bronnen. Grasklaver groenbemester en gewasrest witlof leveren een kleinere bijdrage.



Afbeelding 15. Verliezen van stikstof uit de bewortelbare zone naar de ondergrond

De grasklaver 2017-2018 beperkt de uitspoeling. De droogte in 2018 beperkt de uitspoeling in 2018-2019. Het ontbreken van een groenbemester eind 2019 laat de uitspoeling oplopen. Er zou net als in 2017 een

groenbemester als onderzaai opgenomen kunnen worden.

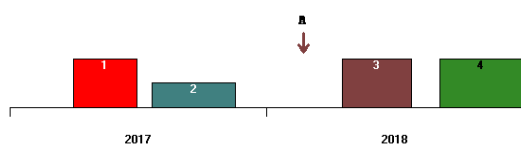
2.4. Conclusie t.a.v. van de beschrijving met de App

Berekening en meting komen bij perceel Westmiddelweg voldoende overeen om zeggingskracht toe te kennen aan de beschrijving van de organische stof dynamiek en de stikstofhuishouding. De andere scenario's zijn minder overtuigend: de gemeten verandering gedurende het seizoen wordt wel gevolgd maar op een te laag niveau.

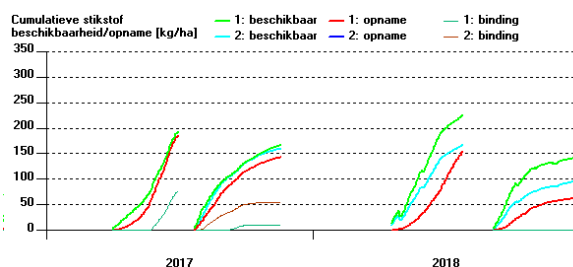
3. Bespreking van het thema

Het thema op deze percelen is de rol van grasklaver als hoofdgewas of als groenbemester in de organische stof voorziening van het bedrijf en in de stikstofhuishouding.

3.1. Perceel A



Afbeelding 16. Gewasvolgorde, zie afbeelding 1



Afbeelding 17. Stikstofbeschikbaarheid t.o.v. stikstofbehoefte van het gewas, en N-fixatie door vlinderbloemigen

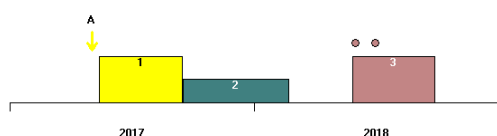
Scenario 1 is het oorspronkelijke scenario. In scenario 2 is het erwtenloof afgevoerd en is ook het bovengrondse deel van de groenbemester afgevoerd. Door het erwtenloof af te voeren zou de groenbemester 2017 aanzienlijk meer stikstof kunnen fixeren (afbeelding 17, bruine lijn ver boven de grijze). In 2018 is aanzienlijk minder stikstof beschikbaar voor zowel gewas als groenbemester (afbeelding 17, lichtblauwe lijn veel lager dan de groene)

3.2. Perceel B

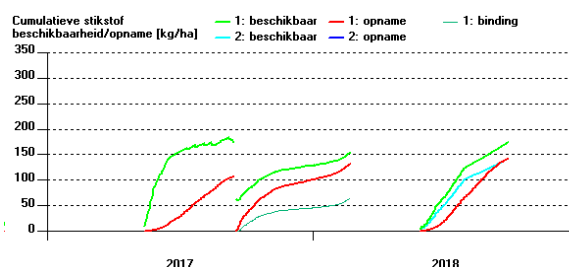
Grasklaver is integraal onderdeel van de vruchtwisseling. Het is binnen het model niet mogelijk om een betekenisvolle vergelijking te maken tussen de N-beschikbaarheid met en zonder grasklaver voorvrucht omdat er dan een heleboel andere variabelen ook veranderen. Duidelijk is echter dat de grasklaver een wezenlijke bijdrage levert aan de organische stof huishouding (afbeelding 17) en dat het volggewas witlof zonder aanvullende bemesting goed kan groeien.

3.3. Perceel C

Net als op perceel 1 rechts heeft op perceel 1 links in 2018 witlof gestaan. In dit geval was er een grasklaver groenbemester aan voorafgegaan en geen grasklaver hoofdteelt. Met deze groenbemester kan wel een modelexperiment gedaan worden.

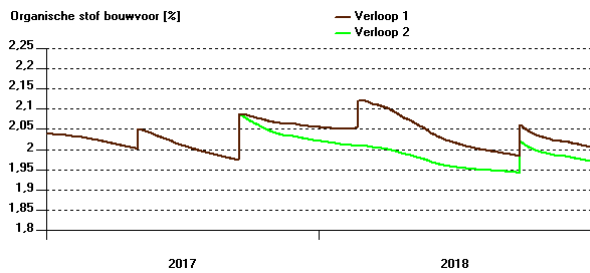


Afbeelding 18. Gewasvolgorde.



Afbeelding 19. Stikstofbeschikbaarheid t.o.v. stikstofbehoefte van het gewas, en N-fixatie door vlinderbloemigen

In scenario 2 is de groenbemester (met vlinderbloemigen) weggelaten. De stikstofbinding 2017-2018 is derhalve nul. De stikstofbeschikbaarheid voor de witlof is onvoldoende; de lichtblauwe lijn kruist de rode vlak voor het einde van de teelt.



Afbeelding 20. Verloop van het organische stof gehalte in de bouwvoor (0-30 cm)

Er wordt in scenario 2 geen wortelmassa gevormd (verschil zwart-groen eind februari 2018) en er wordt geen bovengrondse massa ingewerkt (groene lijn stijgt niet eind februari

2018). De grasklaver groenbemester levert dus een bijdrage aan zowel de organische stof voorziening als de stikstofvoorziening.

4. Conclusies

Conclusies:

- In alle drie de voorbeelden speelt de voorvrucht of de voorafgaande groenbemester een wezenlijke rol in zowel de organische stof voorziening als de stikstofvoorziening.
- In dit specifieke geval speelt de toevoer van organische stof uit de gewasresten van de suikermis een relatief belangrijke rol. Een vergelijkbare rol zou er kunnen zijn in de veehouderij indien snijmais vervangen zou kunnen worden door CCM of maiskolvenschroot.

Afsluitende opmerking

De onderlinge samenhang tussen koolstoftoevoer en stikstofbeschikbaarheid is duidelijk en het is van belang daar rekening mee te houden, naast andere praktische aspecten. In de beschreven situatie is dat goed gelukt.

Bijlage: bodemanalyse 2 oktober 2018

653338 = Perceel C

653339 = Perceel B

653340 = Perceel A

Resultaat	Eenheid	653338	653339	653340
N-totale bodemvoorraad	mg N/kg	1290	1260	1460
Ammonium-N	mg NH ₄ -N/kg	5,5	3,9	< 1,3
Nitraat-N	mg NO ₃ -N/kg	4,8	3,4	8,4
S-plantbeschikbaar	mg S/kg	6,6	5,8	9,5
P-plantbeschikbaar	mg P/kg	3,4	4,2	2,0
K-plantbeschikbaar	mg K/kg	113	66	94
Ca-plantbeschikbaar	mmol Ca/l	0,2	0,7	0,1
Mg-plantbeschikbaar	mg Mg/kg	77	68	94
Na-plantbeschikbaar	mg Na/kg	10	9	17
Si-plantbeschikbaar	µg Si/kg	30100	29420	35340
Fe-plantbeschikbaar	µg Fe/kg	< 2040	2480	< 2050
Zn-plantbeschikbaar	µg Zn/kg	< 100	< 100	< 100
Mn-plantbeschikbaar	µg Mn/kg	450	690	460
Cu-plantbeschikbaar	µg Cu/kg	76	70	40
Co-plantbeschikbaar	µg Co/kg	2,6	3,1	< 2,6
B-plantbeschikbaar	µg B/kg	176	152	220
Mo-plantbeschikbaar	µg Mo/kg	10	6	10
Se-plantbeschikbaar	µg Se/kg	4,2	4,4	4,9
Zuurgraad (pH)		7,3	7,4	7,5
Zuurgraad (pH-KCl)		7,3	7,4	7,5
C-organisch	%	1,3	1,2	1,4
Organische stof	%	3,1	3,2	3,7

Contact & info	Grondsoort:	Rivierklei
	Datum ontvangst:	08-10-2018
	Monster genomen door:	Derden
	Contactpersoon monsternamen:	Herman Dorresteyn: 0652002114

Methode	N-totale bodemvoorraad	Q	Em: NTT4+6	Zn-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)
	Ammonium-N	Q	Em: NCC3	Mn-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)
	Nitraat-N	Q	Em: NCC3	Cu-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)
	S-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)	Co-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)
	P-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)	B-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)
	K-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)	Mo-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)
	Ca-plantbeschikbaar	Q	Em: NIRS (TSC®)	Se-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)
	Mg-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)	Zuurgraad (pH)	Q	Em: PHC3(Gw NEN ISO 10390)
	Na-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)	Zuurgraad (pH-KCl)	Q	Em: PHC3(Gw NEN ISO 10390)
	Si-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)	C-organisch	Q	Em: COR6
	Fe-plantbeschikbaar	Q	Em: CCL3(PAE®)	Organische stof	Q	afgeleide waarde

Q Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verichingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monsternamen en analyse uitgevoerd.
De gerapporteerde resultaten hebben uitsluitend betrekking op het aan Eurofins Agro aangeleverde materiaal.

Koolstof toevoegen aan de bodem en het effect daarvan op de stikstofhuishouding.

Project 'Koolstofboeren – Aanvullende metingen 2018'

Bedrijfsverslag 'Bedrijf 3', geanonimiseerd

1. Inleiding

In het tweejarige project "Koolstofboeren" van LBI, Bionext en ZLTO wordt in Noord-Brabant verkend wat de mogelijkheden zijn voor extra koolstofopslag (organische stof) in landbouwgrond en de mogelijkheden voor verwaarding daarvan. Meting van veranderingen in bodem koolstof in een tijdspanne van een of twee jaar is zo goed als onmogelijk omdat de meting zelf een bepaalde onzekerheid heeft en omdat de bodemvoorraad vele malen groter is dan de mogelijke mutatie daarin binnen een of twee jaar. De gevolgen van een veranderd 'koolstofbeleid' op bedrijfsniveau heeft echter wél directe en meetbare gevolgen voor de stikstofdynamiek. In het project 'Koolstofboeren – Aanvullende metingen 2018', gefinancierd door LNV en uitgevoerd door het Louis Bolk Instituut, is dat spoor opgepakt en wordt op perceelniveau nagegaan wat de consequenties zijn van verschillende opties van koolstofbeheer voor de stikstofhuishouding op korte en langere termijn. Binnen een ander project, 'Gezonde grond voor gezond gewas' (LBI, gefinancierd door Provincie Gelderland en Flevoland) speelde ook de toevoer van organische stof naar de landbouw een rol, met een vergelijkbare invloed op de stikstofhuishouding. Bij de invulling van de 'Aanvullende metingen' zijn zowel 'Koolstofboeren' als 'Gvgg' als input gebruikt.

Bij de verkenning van de mogelijkheden die er lagen bij deelnemers aan het project kwamen vier bedrijven met in totaal 8 percelen naar voren. Deze vier bedrijven krijgen allen een bedrijfsspecifiek verslag. Geen van de bedrijven had op het moment van de selectie voor deelname een optie voor een vergelijking binnen een perceel. Het gaat dus in alle gevallen om een vergelijking 'op afstand' of om een vergelijking met een fictieve modelberekening.

Dit verslag gaat over 'Bedrijf 3', Noord Brabant

2. Twee bemestings-scenario's: metingen en modelberekeningen

2.1. Aanleiding en methode

Op dit vleesveebedrijf wordt de huiskavel (grasland) normaal bemest met vaste stalmest voor de eerste snede en met drijfmest voor de tweede snede. Als strooisel voor de stal wordt natuurmaaisel gebruikt, afkomstig uit gepacht natuurgrond, dat in grote hoeveelheden beschikbaar is en over het algemeen een lage voerkwaliteit heeft, waardoor veel voerresten overblijven die als strooisel worden gebruikt. Drijfmest is afkomstig van een biologische varkensboer in de buurt. De specifieke vraag op dit bedrijf, van belang voor dit rapport, is: hoe kan ik de stalmest het beste inzetten voor een verhoging van de bodem organische stof?

De huiskavel is verdeeld in 2 percelen die om-en-om beweid en gemaaid worden. Op ieder perceel is een strook aangelegd, met verschillen in bemesting: op de ene strook is vaste mest gebruikt en op de andere strook drijfmest. Het was de bedoeling om beide stroken 2 giften te geven, maar door tekort aan drijfmest bij de collega-veehouder en het extreem droge jaar (2018) is alleen de stalmest-strook twee keer bemest (totaal 30 m³/ha). De drijfmest-strook heeft één keer 15 m³/ha gekregen.

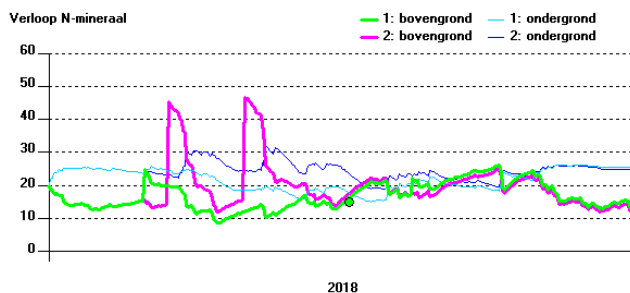
Op het bedrijf is de organische stof dynamiek en de stikstof dynamiek van beide percelen in beeld gebracht met behulp van de computer App Ndicea. De volgende metingen zijn uitgevoerd:

- Uitgebreide bodemanalyse vóór de proef
- Mestanalyses (drijfmest en stalmest)
- N mineraal metingen in de bodem
- Indringingsweerstand

Doel van het onderzoek was een indicatie te krijgen van het effect op de organische stof in de bodem (0-30 cm) als gevolg van verschillen in bemestingsstrategie: stalmest versus drijfmest. De metingen waren bedoeld om een beeld te krijgen in hoeverre het model de realiteit kon benaderen. Door de extreem droge omstandigheden in de zomer 2018 en het verschil in bemesting tussen beide stroken (zie boven) is het echter lastig om op basis van de metingen iets te zeggen over de effecten van de twee bemestingsscenario's. Daarom is dit verslag voornamelijk gebaseerd op de modelberekeningen, waarbij de bemesting fictief volgens plan is gehandhaafd (dus voor zowel drijfmest als stalmest 30 m³/ha, beide in twee giften verdeeld) en een gemiddeld weer (neerslag en temperatuur) is gebruikt.

Zie Bijlage 1 voor meer details over de twee scenario's.

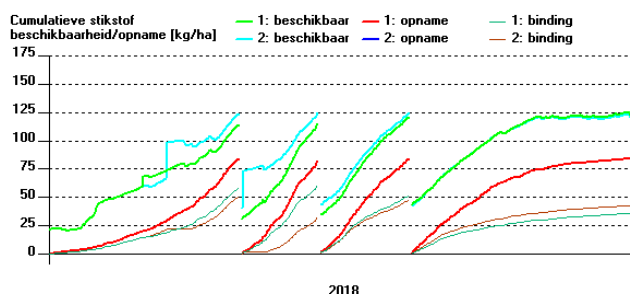
2.2. Resultaten



Afbeelding 1. Verloop van het niveau minerale stikstof in 0-30 (bovengrond) en 30-80 (ondergrond) voor Stalmest (1) en Drijfmest (2)

Drijfmest bevat een hogere concentratie minerale N dan stalmest, waar de N voornamelijk in organische vorm aanwezig is (zie bijlage 1). De twee pieken bij drijfmest

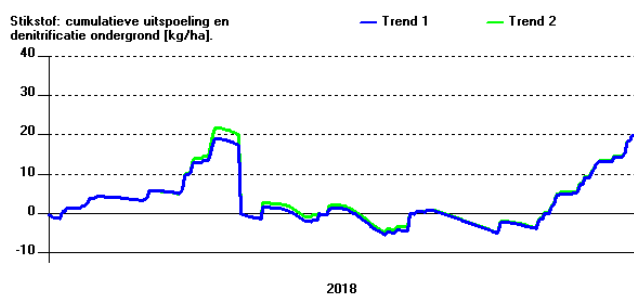
zijn daarom direct gerelateerd aan het bemestingsmoment. De hoge waarden zakken vervolgens vrij snel naar hetzelfde niveau als stalmest, voornamelijk door opname door het gras. De gemeten waarde (groene punt) in juli komt overeen met de gemodelleerde waarde.



Afbeelding 2. Stikstofbeschikbaarheid t.o.v. stikstofbehoefte van het gewas, en N-fixatie door vlinderbloemigen voor Stalmest (1) en Drijfmest (2)

Het grasklavergras groeit in een vrij constant aanbod van stikstof bij stalmest: de groene lijn ligt op een stabiele en voldoende afstand boven de rode lijn van de opname.

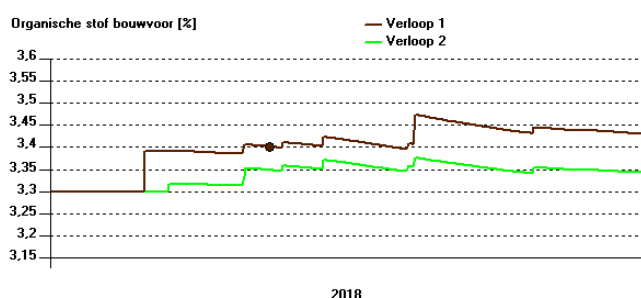
In beide gevallen zijn de opbrengsten goed realiseerbaar met de beschikbare N. Bij drijfmest is ten tijde van de toediening in het voorjaar (1^e en 2^e snede) een piek in beschikbaar N. Daardoor is bij drijfmest met name in de 2^e snede een lagere N binding door de klaver te zien.



Afbeelding 3. Verliezen van stikstof uit de bewortelbare zone naar de ondergrond voor Stalmest (1) en Drijfmest (2)

Door de combinatie van N mineraal in de bodem, gewasopname en neerslag/verdamping vindt N uitspoeling voornamelijk in het late voorjaar en najaar plaats. Drijfmest-behandeling geeft een

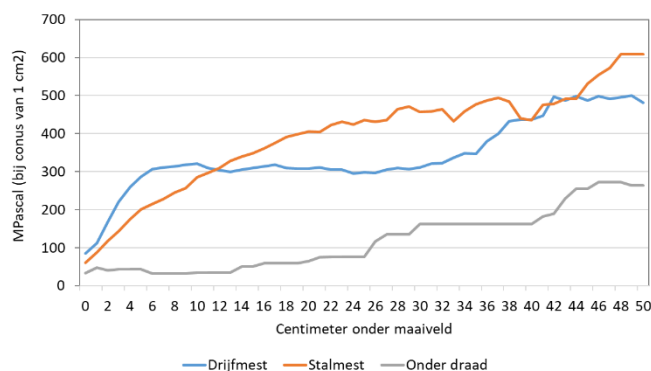
geringe hoeveelheid méér uitspoeling in het voorjaar dan de stalmest-behandeling, door de hoge N mineraal gehalten in de grond na drijfmestaanwending.



Afbeelding 4. Verloop van het organische stof gehalte in de bouwvoor (0-30 cm) voor Stalmest (1) en Drijfmest (2)

Door het hogere gehalte aan organische stof in de stalmest (19%) dan in de drijfmest (5%) geeft een gelijke gift (beide 30m³/ha) een andere input aan organische stof in de bodem. Dit is te zien aan de twee grote

pieken op de bruine lijn (stalmest). De afbraaksnelheid lijkt min of meer gelijk gemodelleerd te zijn. Mogelijk dat de stalmest op basis van natuurmaaisel in werkelijkheid trager afbreekt; dit zou in een incubatieproef moeten worden getest. Het nettoverschil tussen het gebruik van stalmest t.o.v. drijfmest is na één jaar een verhoging van de bodem organische stof in de laag 0-30cm met bijna 0,1%-punt.



Afbeelding 5. Gemeten indringingsweerstand tot 50 cm onder maaiveld voor Stalmest (1) en Drijfmest (2) op 26 september 2018.

Zoals onder 2.1 aangegeven zijn de behandelingen op verschillende percelen aangelegd, weliswaar naast elkaar gelegen, en zeer vergelijkbaar in huidig gebruik, maar met een verschillende historie. Feitelijk zijn behandeling en historie dus

niet van elkaar te onderscheiden in afbeelding 5. Door de korte duur van het bemestings-experiment en de lage doseringen is de verwachting dat de verschillen in indringingsweerstand voornamelijk door verschillen in historie komen (moment van grasinzaai, grondbewerking etc), en mogen dus NIET toegeschreven worden aan de mesttypes. De grijze lijn laat zien dat de bodem onder de prikkeldraad tussen beide percelen zeer los van structuur is door het ontbreken van vertrapping en machineverkeer (deze observatie staat inhoudelijk los van het doel van dit verslag).

3. Conclusies en aanbevelingen

3.1. Conclusies

- Het gebruik van natuurmaaisel-stalmest geeft ten opzichte van drijfmest een voldoende aanbod aan minerale N voor het grasklaver over het seizoen. Door de lagere concentratie N mineraal in de stalmest is de kans op uitspoeling in het voorjaar lager.
- Het verschil tussen beide mestsoorten in organische stof gehalten geeft bij gebruik van 30 m³/ha een verschil in de bodem (0-30 cm) van bijna 0.1%-punten per jaar.

3.2. Aanbevelingen

- Deze proef zou over een langere periode moeten plaatsvinden (minimaal 5 jaar), op één perceel, voor een goede vergelijking van gemeten en gemodelleerde waardes.
- De humificatiecoëfficiënt van de vaste stalmest zou in een aparte proef bepaald moeten worden, omdat de stalmest op basis van natuurmaaisel geen standaard is. Dit is namelijk bepalend voor de snelheid waarmee de toegevoegde organische stof in de bodem afbreekt.
- Deze vergelijking zou idealiter moeten plaatsvinden naast een organische stof-balans op het schaalniveau (regio) waarin de organische stof verplaatst is (vanuit natuurgebieden naar de boerderijpercelen).
- Het gebruik van een model als Ndicea, waarbij de organische stof-stromen gekoppeld zijn aan N stromen, is belangrijk om de brug te slaan tussen “koolstofbeleid” en landbouwpraktijk.

Bijlage 1:

Bodem, gewas en mestgegevens die gebruikt zijn voor de modelberekeningen (boven: stalmest, onder: drijfmest)

Bodem:		Dikte [cm]	org. mat. [%]	pH	Droogtegev.
Teeltlaag	Zwak lemig zand	30	3,3	4,8	Ja
Onderlaag	Zwak lemig zand				

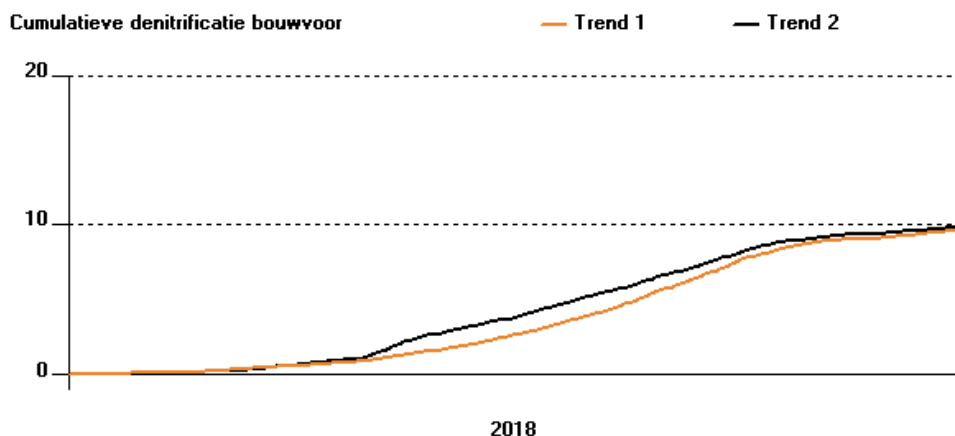
Teelten:		Zaaien/poten		Oogsten/ onderwerken	Opbrengst [kg/ha]	Beregend?	Afvoer stro?	
1	Grasklaver, vol gebruiksjaar	1-1-2018		31-12-2018	7500			
Bemestingen:		Teelt	Toepassing		N [kg/ha]	P ₂ O ₅ [kg/ha]	K ₂ O [kg/ha]	
A	Potstalmest (RUNDVEE POTSTALMEST)	1	28-2-2018		166,00	66,00	224,00	
B	Potstalmest (RUNDVEE POTSTALMEST)	1	13-8-2018		83,00	33,00	112,00	
Organische bemestingen (herhaald):		Teelt	ton/ha	DS [kg/ton]	OS [kg/ton]	N [kg/ton]	P ₂ O ₅ [kg/ton]	K ₂ O [kg/ton]
A	Potstalmest (RUNDVEE POTSTALMEST)	1	20,0	336,00	188,00	8,30	3,30	11,20
B	Potstalmest (RUNDVEE POTSTALMEST)	1	10,0	336,00	188,00	8,30	3,30	11,20

Bodem:		Dikte [cm]	org. mat. [%]	pH	Droogtegev.
Teeltlaag	Zwak lemig zand	30	3,3	4,8	Ja
Onderlaag	Zwak lemig zand				

Teelten:		Zaaien/poten		Oogsten/ onderwerken		Opbrengst [kg/ha]	Beregend?	Afvoer stro?
1	Grasklaver, vol gebruiksjaar	1-1-2018		31-12-2018		7500		
Bemestingen:		Teelt		Toepassing		N [kg/ha]	P ₂ O ₅ [kg/ha]	K ₂ O [kg/ha]
A	Drijfmest (VLEESVARKENS DRIJFMEST)	1	15-3-2018			63,00	45,00	40,50
B	Drijfmest : (VLEESVARKENS DRIJFMEST)	1	1-5-2018			63,00	45,00	40,50
Organische bemestingen (herhaald):		Teelt	ton/ha	DS [kg/ton]	OS [kg/ton]	N [kg/ton]	P ₂ O ₅ [kg/ton]	K ₂ O [kg/ton]
A	Drijfmest (VLEESVARKENS DRIJFMEST)	1	15,0	66,00	51,00	4,20	3,00	2,70
B	Drijfmest (VLEESVARKENS DRIJFMEST)	1	15,0	66,00	51,00	4,20	3,00	2,70

Bijlage 2:

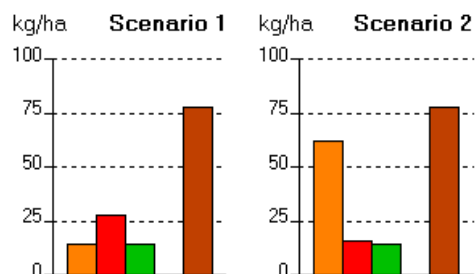
Overige modelresultaten



Stikstof mineralisatie

kg per hectare per jaar, gemiddelde van de vruchtwisseling

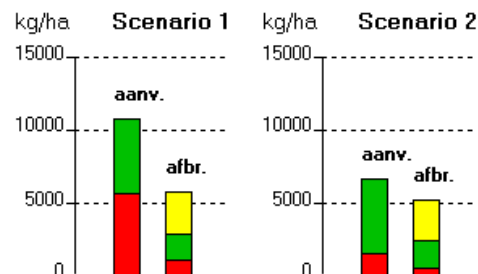
- N als minerale N in (kunst) mest
- N gemineraliseerd uit organische deel van mest
- N gemineraliseerd uit gewasresten
- N gemineraliseerd uit groenbemesters
- N gemineraliseerd uit de bodem (humus en andere bij aanvang in de grond aanwezige organische stof)



Aanvoer en afbraak van organische stof

In kg/ha per jaar, gemiddelde van de vruchtwisseling.
Aanvoer links, afbraak rechts

- Gewasresten
- Groenbemesters
- Mest
- Bodem organische stof (alleen afbraak)



Resultaten, Mineralen balansen

	Scenario 1			Scenario 2		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Aanvoer met mest	250	99	336	126	90	81
Stikstofbinding	210			177		
Depositie	35	3	8	35	3	8
Totaal aanvoer	494	102	344	338	93	89
Afvoer met produkten	132	40	147	132	40	147
Berekend overschot	363	62	197	207	53	-58
Vervluchtiging	10			7		
denitrificatie	10			10		
uitspoeling	31			36		
Ophouw org. stof	214,3			57,7		

Resultaat	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Chemisch	N-min	kg N (NO ₃ +NH ₄)/ha	< 33	60 - 100				
	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	5470	4500 - 6570				
	C/N-ratio		14	13 - 17				
	N-leverend vermogen	kg N/ha	80	95 - 145				
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	10	20 - 30				
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	930	810 - 1135				
	C/S-ratio		82	50 - 75				
	S-leverend vermogen	kg S/ha	11	20 - 30				
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	17,4	7,3 - 12,2				
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	1080	530 - 815				
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	310	285 - 445				
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	300	255 - 410				
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	30	290 - 680				
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	1950	1905 - 2855				
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	215	205 - 345				
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	260	125 - 450				
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	30	140 - 205				
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	35	95 - 140				
	Si-plantbeschikbaar	g Si/ha	22580	24330 - 10541				
	Fe-plantbeschikbaar	g Fe/ha	< 8150	10140 - 18240				
Fysisch	Zn-plantbeschikbaar	g Zn/ha	14960	2030 - 3040				
	Mn-plantbeschikbaar	g Mn/ha	13050	23520 - 32430				
	Cu-plantbeschikbaar	g Cu/ha	180	160 - 265				
	Co-plantbeschikbaar	g Co/ha	60	20 - 30				
	B-plantbeschikbaar	g B/ha	< 310	650 - 890				
	Mo-plantbeschikbaar	g Mo/ha	< 20	410 - 20270				
	Se-plantbeschikbaar	g Se/ha	10	14 - 18				
	Zuurgraad (pH)		4,8	5,6 - 6,1				
	C-organisch	%	1,9					
	Organische stof	%	3,4					
	C/OS-ratio		0,56	0,45 - 0,55				
	Koolzure kalk	%	< 0,2	2,0 - 3,0				
	Klei (<2 µm)	%	1					
	Silt (2-50 µm)	%	10					
	Zand (>50 µm)	%	86					
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	39	> 38				
	CEC-bezetting	%	82	> 95				
	Ca-bezetting	%	62	75 - 85				
	Mg-bezetting	%	14	6,0 - 10				
	K-bezetting	%	4,9	2,0 - 5,0				
	Na-bezetting	%	1,0	1,0 - 1,5				
	H-bezetting	%	0,5	< 1,0				

Pagina: 1
Totaal aantal pagina's: 8

798088, 29-05-2018



Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoordelijkheid van Drs. Ing. M. van den Heuvel, Business Unit Manager. Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen B.V. staat niet aansprakelijk voor eventuele inhoudelijke fouten en/of onvolledigheden uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen B.V. is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de eikening onder nr. L122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de analysemethoden.

Koolstof toevoegen aan de bodem en het effect daarvan op de stikstofhuishouding.

Project 'Koolstofboeren – Aanvullende metingen 2018'

Bedrijfsverslag 'Bedrijf 4', geanonimiseerd.

1. Inleiding

In het tweejarige project "Koolstofboeren" van LBI, Bionext en ZLTO wordt in Noord-Brabant verkend wat de mogelijkheden zijn voor extra koolstofopslag (organische stof) in landbouwgrond en de mogelijkheden voor verwaarding daarvan. Meting van veranderingen in bodem koolstof in een tijdspanne van een of twee jaar is zo goed als onmogelijk omdat de meting zelf een bepaalde onzekerheid heeft en omdat de bodemvoorraad vele malen groter is dan de mogelijke mutatie daarin binnen een of twee jaar. De gevolgen van een veranderd 'koolstofbeleid' op bedrijfsniveau heeft echter wél directe en meetbare gevolgen voor de stikstofdynamiek. In het project 'Koolstofboeren – Aanvullende metingen 2018', gefinancierd door LNV en uitgevoerd door het Louis Bolk Instituut, is dat spoor opgepakt en wordt op perceelniveau nagegaan wat de consequenties zijn van verschillende opties van koolstofbeheer voor de stikstofhuishouding op korte en langere termijn. Binnen een ander project, 'Gezonde grond voor gezond gewas'(LBI, gefinancierd door Provincie Gelderland en Flevoland) speelde ook de toevoer van organische stof naar de landbouw een rol, met een vergelijkbare invloed op de stikstofhuishouding. Bij de invulling van de 'Aanvullende metingen' zijn zowel 'Koolstofboeren' als 'Ggvvg' als input gebruikt.

Bij de verkenning van de mogelijkheden die er lagen bij deelnemers aan het project kwamen vier bedrijven met in totaal 8 percelen naar voren. Deze vier bedrijven krijgen allen een bedrijfsspecifiek verslag. Geen van de bedrijven had op het moment van de selectie voor deelname een optie voor een vergelijking binnen een perceel. Het gaat dus in alle gevallen om een vergelijking 'op afstand' of om een vergelijking met een fictieve modelberekening.

Dit verslag gaat over 'Bedrijf 4', Gelderland

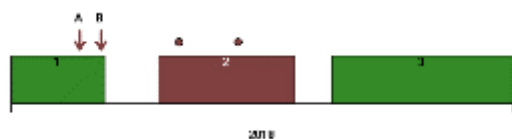
2. Metingen en modelberekeningen

De specifieke vraag op dit bedrijf betreft de strategie om de teelt van aardappels vanuit koolstof- en stikstofperspectief zo efficiënt mogelijk in te passen in de graslandrotatie op de huiskavel.

Op het bedrijf is de organische stof dynamiek en de stikstof dynamiek van één perceel in beeld gebracht met behulp van de computer App Ndicea. De historie is in beeld gebracht en in 2018 zijn op het perceel vijf metingen van de N-mineraal in de bouwvoor (0-30 cm) gedaan. De resultaten staan hieronder uitgewerkt. Achtereenvolgens wordt getoond:

- Opeenvolging van gewassen
- Controle van de App: komt de berekende waarde N-mineraal voldoende overeen met de vier metingen?
- Stikstof beschikbaarheid
- Organische stof dynamiek
- Uitspoeling

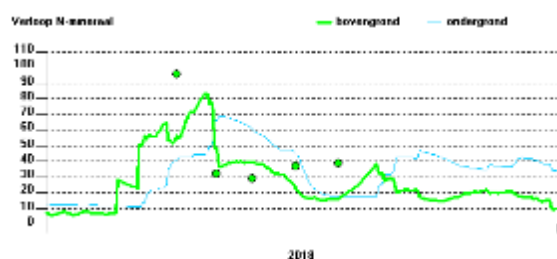
Perceel Huiskavel aardappels 2018



Afbeelding 1. Gewasvolgorde.

De pijlen geven de diverse bemestingen aan. E = 45 ton eigen mestcompost; B = 12 ton rundvee dunne mest.

1 = grasklaver (evenals in 2015 – 2017); 2 = consumptieaardappel; 3 = grasklaver



Afbeelding 2. Verloop van het niveau minerale stikstof in 0-30 (bovengrond) en 30-80 (ondergrond)

Controle van de App: is het door de App berekende niveau van N-mineraal (nitraat, groene lijn) in de bouwvoor voldoende in overeenstemming met de gemeten waarden (groene punten)? Het antwoord is een wat

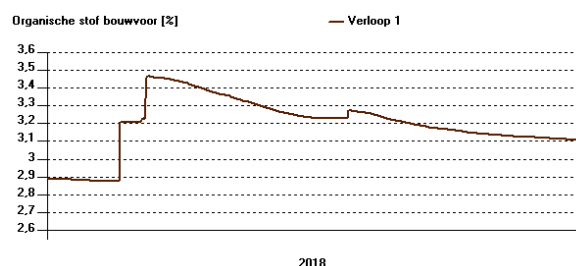
voorzichtig 'ja'. Drie van de vijf meetpunten liggen voldoende in de buurt van de berekende waarde. De andere twee zijn (iets) te ver afwijkend en volgen het gemodelleerde patroon van stijgen en dalen minder goed. Gezien dit bescheiden resultaat zullen ook de andere uitkomsten met enige reserve moeten worden bekeken.



Afbeelding 3. Stikstofbeschikbaarheid t.o.v. stikstofbehoefte van het gewas, en N-fixatie door vlinderbloemigen.

De aardappel groeit in een vrij constant aanbod van stikstof: de groene lijn ligt op een stabiele en voldoende afstand boven de rode lijn van de opname. De nieuw ingezaaide grasklaver heeft

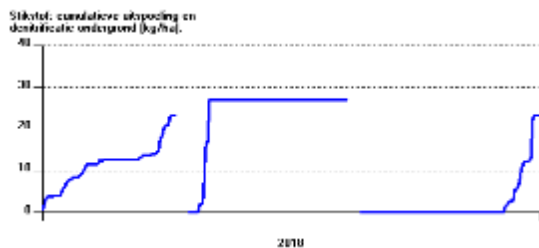
zoveel bodem stikstof ter beschikking dat de eigen stikstofbinding nul is (grijs lijntje 2^e helft 2018).



Afbeelding 4. Verloop van het organische stof gehalte in de bouwvoor (0-30 cm)

Door het inwerken van de compost (eerste abrupte stijging en daarna het inwerken van de zode (tweede abrupte stijging) maakt het organische stof gehalte een flinke sprong. Aan het einde van 2018 is het organische stof gehalte niet

gedaald (wat bij scheuren van gras verwacht mag worden) maar gestegen.



Afbeelding 5. Verliezen van stikstof uit de bewortelbare zone naar de ondergrond

Door de droogte vindt in de zomer en nazomer helemaal geen uitspoeling van stikstof plaats, ondanks de aard van de bodem

(uitspoelingsgevoelige zandgrond) en de uitgevoerde berekeningen. Pas later, een poos na herinzaai, treedt er weer uitspoeling op.

Conclusie t.a.v. van de beschrijving met de App

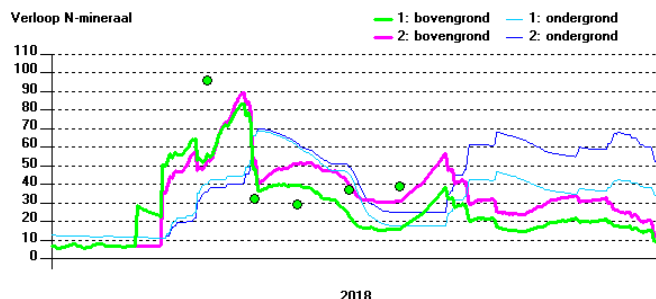
Berekening en meting komen redelijk overeen zodat enige zeggingskracht toegekend kan worden aan de beschrijving van de organische stof dynamiek en de stikstofhuishouding. Het beschreven scenario kan gebruikt worden om scenario-studies te doen: wat zou er gebeurd zijn als... gedaan zou worden.

3. Bespreking van het thema

Het thema op deze percelen is de inpassing van de aardappelteelt op de huiskavel die, behalve een kleine oppervlakte groenteteelt en aardappelteelt, verder uit grasklaver bestaat met veel beweiding en weinig maaien.

Perceel aardappel 2018

Het model leent zich niet goed voor een vergelijking 'grasklaver voorvrucht ten opzichte van andere voorvrucht'. Dan wijzigen er zoveel condities dat van een vergelijking geen sprake meer is. Wel kan getest worden wat er zou zijn gebeurd als de bemestingen met compost en drijfmest niet uitgevoerd zouden zijn. Met andere woorden: als de aardappel helemaal op de vruchtbaarheid van het gescheurde grasland zou moeten groeien. Hieronder wordt de optie zonder compost verkend.

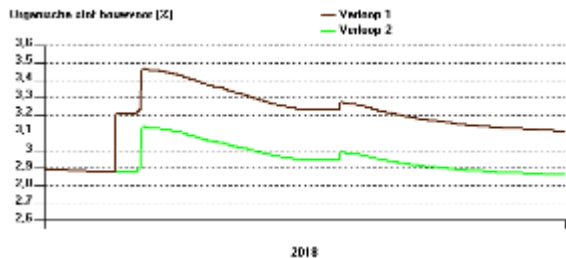


Afbeelding 6. Verloop van het niveau minerale stikstof in 0-30 (bovengrond) en 30-80 (ondergrond)

Scenario 1 met bovengrond groene lijn is wat echt het geval was: een gift van 45 ton eigen mestcompost. Scenario 2 (roze

lijn) is het hypothetische geval zonder compostgift. Direct na toediening van de compost stijgt het niveau N-mineraal in de bouwvoor doordat de compost een kleine hoeveelheid minerale stikstof bevat: de roze lijn ligt beneden de groene lijn. Echter, als de mineralisatie door toenemende warmte

op gang komt gaat de roze lijn bóven de groene lopen. Zonder compostgift zou er dus méér stikstof beschikbaar zijn geweest voor de aardappels dan met compostgift. Dit is verrassend maar wel goed te begrijpen uit de samenstelling van de compost. Het gemeten stikstofgehalte van 4 kg per ton is dusdanig laag (de C/N verhouding is dusdanig hoog) dat er in eerste instantie stikstof nodig is voor de vertering en dat stikstof dus tijdelijk vastgelegd wordt.



Afbeelding 7. Verloop van het organische stof gehalte in de bouwvoor (0-30 cm)

Zonder compostgift (groene lijn) daalt het organische stof gehalte gedurende de onderbreking van de grasteelt door aardappelteelt een klein beetje. Het lijkt erop dat een onderbreking van 5 maanden voor de teelt van

een akkerbouwgewas niet dramatisch uitpakt voor het organische stof gehalte van de huiskavel als er géén compost zou worden toegediend. Als de compost (met deze samenstelling) toch op de huiskavel toegepast zou worden, dan zou het te overwegen zijn om dat ná de aardappelteelt toe te passen en niet ervoor.

4. Conclusies en aanbeveling

Conclusies, met enige terughouding vanwege de niet zo sterke model-resultaten

- De aardappelteelt inpassen in de graslandvernieuwing van de huiskavel is vanuit het oogpunt van de stikstofvoorziening goed uitvoerbaar. Er is weinig extra toegediende stikstof nodig omdat de ingewerkte grasklaverzode veel stikstof kan leveren.
- Het organische stof gehalte van de grond zou slechts licht dalen indien geen compost werd toegediend. Het gaat om een onderbreking van de grasgroei van slechts vijf maanden.
- Indien de compostgift mede noodzakelijk wordt geacht vanwege de toediening van andere nutriënten zoals kalium, dan komt de afweging weer anders te liggen.
- Dit type compost, met nog vrij veel houtige delen en een hoge C/N verhouding, vraagt een zorgvuldige afweging bij toepassing. De bijdrage aan de organische stof voorziening is aanzienlijk, maar de effecten op de N-huishouding op korte termijn zijn ook aanzienlijk.

Aanbeveling:

- Experimenteer een keer met aardappelteelt zonder compost toediening, en experimenteer met composttoediening bij de herinzaai van het gras ná de aardappelteelt.

Afsluitende opmerking:

De onderlinge samenhang tussen koolstoftoevoer en stikstofbeschikbaarheid is duidelijk en het is van belang daar rekening mee te houden, naast andere praktische aspecten. In de beschreven situatie is de teelt van aardappels geslaagd ondanks de composttoediening. Als de eigenschappen van de compost van te voren bekend zouden zijn geweest zou de afweging voor wel/niet toepassen vóór de aardappelteelt wel eens anders uitgevallen kunnen zijn. De balans tussen stikstofbeschikbaarheid en koolstoftoevoer is in dit geval nogal onevenwichtig.

Bijlage: bodemanalyse Bedrijf 4 Aardappelperceel 2018

Resultaat	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	3410	3630 - 5590				
	C/N-ratio		15	13 - 17				
	N-leverend vermogen	kg N/ha	45	95 - 145				
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	10	20 - 30				
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	795	690 - 965				
	C/S-ratio		63	50 - 75				
	S-leverend vermogen	kg S/ha	13	20 - 30				
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	25,9	6,2 - 10,3				
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	675	450 - 695				
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	345	240 - 380				
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	285	210 - 345				
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	55	250 - 580				
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	1730	1465 - 2195				
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	230	170 - 295				
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	240	100 - 375				
Fysisch	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	30	120 - 170				
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	40	80 - 120				
	Si-plantbeschikbaar	g Si/ha	11660	20700 - 89680				
	Fe-plantbeschikbaar	g Fe/ha	< 6930	8620 - 15520				
	Zn-plantbeschikbaar	g Zn/ha	5350	1720 - 2590				
	Mn-plantbeschikbaar	g Mn/ha	6480	20010 - 27590				
	Cu-plantbeschikbaar	g Cu/ha	95	140 - 225				
	Co-plantbeschikbaar	g Co/ha	25	15 - 30				
	B-plantbeschikbaar	g Bi/ha	< 260	550 - 760				
	Mo-plantbeschikbaar	g Mo/ha	< 10	340 - 17250				
	Se-plantbeschikbaar	g Se/ha	< 7,3	12 - 16				
	Zuurgraad (pH)		5,4	5,6 - 6,1				
	C-organisch	%	1,5					
	Organische stof	%	2,8					
	C/OS-ratio		0,54	0,45 - 0,55				
	Koolzure kalk	%	< 0,2	2,0 - 3,0				
	Klei (<2 µm)	%	2					
	Silt (2-50 µm)	%	10					
	Zand (>50 µm)	%	85					
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	36	> 36				
	CEC-bezetting	%	92	> 95				
	Ca-bezetting	%	69	75 - 85				
	Mg-bezetting	%	16	6,0 - 10				
	K-bezetting	%	5,8	2,0 - 5,0				
	Na-bezetting	%	1,4	1,0 - 1,5				
	H-bezetting	%	< 0,1	< 1,0				
	Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0				

Pagina: 1
Totaal aantal pagina's: 5

796961, 18-05-2018



Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoordelijkheid van Drs. Ing. M. van den Heuvel, Business Unit Manager. Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schade van derden voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het Rijk-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de eisenlijst onder nr. 1.122 voor uitsluitend de monitoring- en/of de analysemethoden.

Koolstof toevoegen aan de bodem en het effect daarvan op de stikstofhuishouding.

Project 'Koolstofboeren – Aanvullende metingen 2018'

Bedrijfsverslag 'Bedrijf 5', geanonimiseerd.

1. Inleiding

In het tweejarige project "Koolstofboeren" van LBI, Bionext en ZLTO wordt in Noord-Brabant verkend wat de mogelijkheden zijn voor extra koolstofopslag (organische stof) in landbouwgrond en de mogelijkheden voor verwaarding daarvan. Meting van veranderingen in bodem koolstof in een tijdspanne van een of twee jaar is zo goed als onmogelijk omdat de meting zelf een bepaalde onzekerheid heeft en omdat de bodemvoorraad vele malen groter is dan de mogelijke mutatie daarin binnen een of twee jaar. De gevolgen van een veranderd 'koolstofbeleid' op bedrijfsniveau heeft echter wél directe en meetbare gevolgen voor de stikstofdynamiek. In het project 'Koolstofboeren – Aanvullende metingen 2018', gefinancierd door LNV en uitgevoerd door het Louis Bolk Instituut, is dat spoor opgepakt en wordt op perceelniveau nagegaan wat de consequenties zijn van verschillende opties van koolstofbeheer voor de stikstofhuishouding op korte en langere termijn. Binnen een ander project, 'Gezonde grond voor gezond gewas'(LBI, gefinancierd door Provincie Gelderland en Flevoland) speelde ook de toevoer van organische stof naar de landbouw een rol, met een vergelijkbare invloed op de stikstofhuishouding. Bij de invulling van de 'Aanvullende metingen' zijn zowel 'Koolstofboeren' als 'Gezonde grond voor gezond gewas' als input gebruikt.

Bij de verkenning van de mogelijkheden die er lagen bij deelnemers aan het project kwamen vijf bedrijven met in totaal tien percelen naar voren. Deze vijf bedrijven krijgen allen een bedrijfsspecifiek verslag. Geen van de bedrijven had op het moment van de selectie voor deelname een optie voor een vergelijking binnen een perceel. Het gaat dus in alle gevallen om een vergelijking 'op afstand' of om een vergelijking met een fictieve modelberekening.

Dit verslag gaat over 'Bedrijf 5', Noord-Brabant.

2. Metingen en modelberekeningen

Op dit bedrijf is sprake van een vrij stabiele vijfjarige vruchtwisseling waarbij soms in plaats van wintertarwe een vollegronds groenteteelt wordt ingevoegd, bij voorbeeld knolselderij. De indruk is dat het organische stof gehalte de afgelopen 15 jaar is gedaald van rond 2% naar rond 1,8%, ondanks de met regelmaat toegevoerde compost. Vanwege vraagtekens bij de kwaliteit van compost (te veel rommel / plastic) is overgegaan op vaste geitenmest. Dit alles leidt tot enkele vragen:

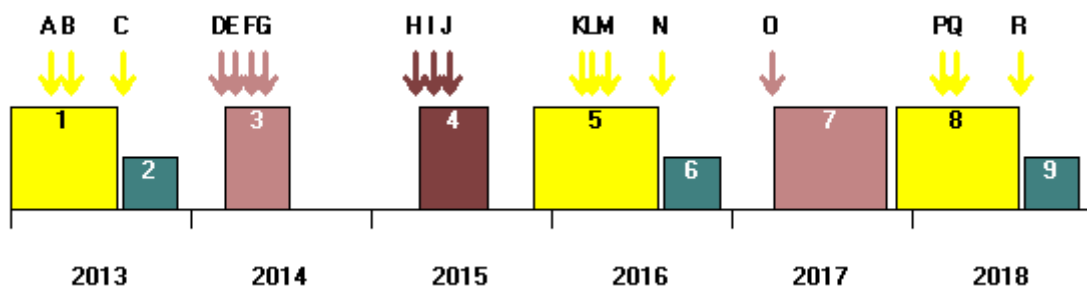
- Wat is de invloed van een jaar knolselderij in plaats van wintertarwe op de bodem organische stof op termijn?
- Wat betekent de verschuiving van compost naar vaste geitenmest?
- Wat voor maatregelen zijn er verder nog mogelijk om het organische stof gehalte te verhogen of in ieder geval niet verder te laten dalen?

Op het bedrijf is de organische stof dynamiek en de stikstof dynamiek van één perceel in beeld gebracht met behulp van de computer App Ndicea. De historie is in beeld gebracht en in 2018 is op

het perceel één meting van de N-mineraal in de bouwvoor (0-30 cm) gedaan. De resultaten staan hieronder uitgewerkt. Achtereenvolgens wordt getoond:

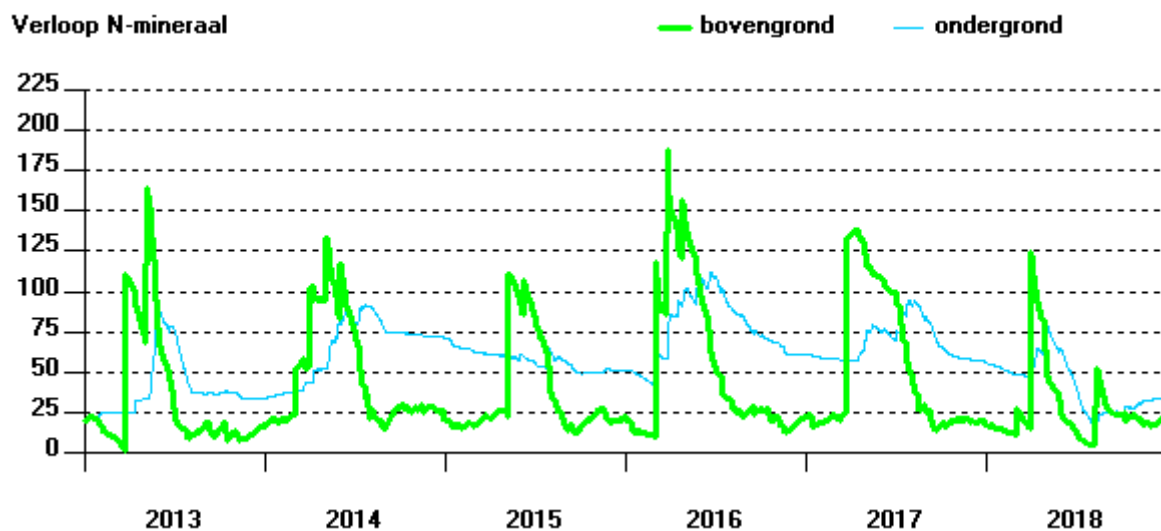
- Opeenvolging van gewassen
- Controle van de App: komt de berekende waarde N-mineraal voldoende overeen met de vier metingen?
- Stikstof beschikbaarheid
- Organische stof dynamiek
- Uitspoeling

Perceel 1

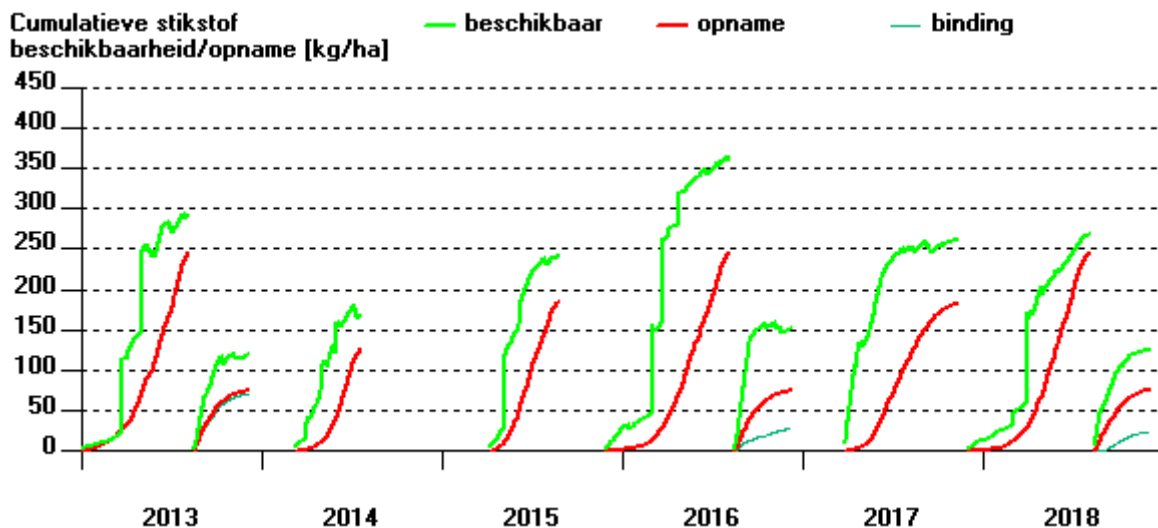


Afbeelding 1. Gewasvolgorde.

De pijlen geven de diverse bemestingen aan. 1 = wintertarwe; 2 = groenbemester, 3 = plantui; 4 = vroege aardappel; 5 = wintertarwe; 6 = groenbemester, 7 = suikerbiet, 8 = wintertarwe; 9 = groenbemester. C, N = compost, R = vaste geitenmest.

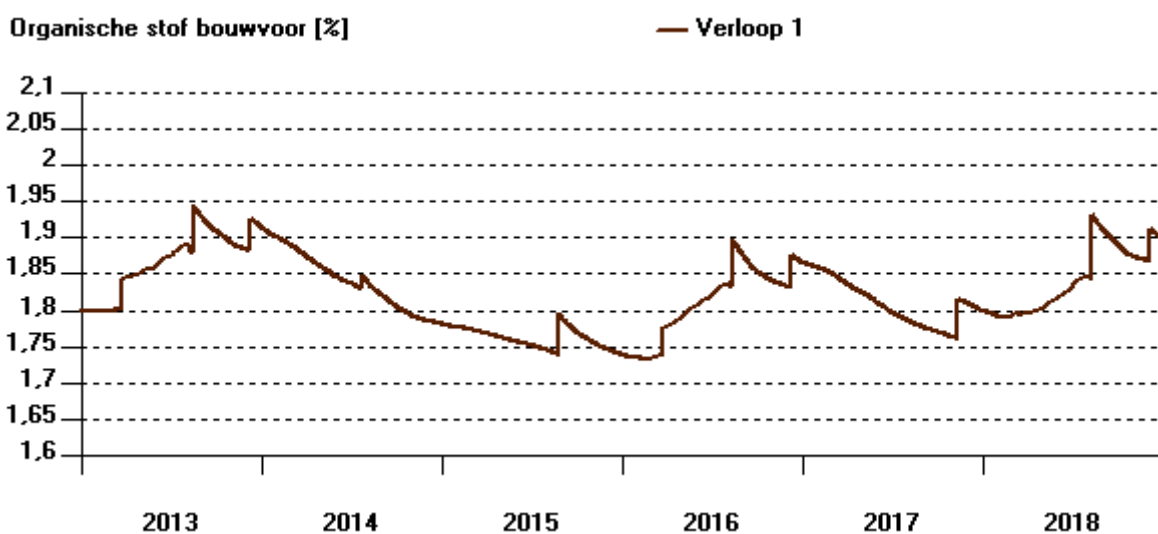


Afbeelding 2. Verloop van het niveau minerale stikstof in 0-30 (bovengrond) en 30-80 (ondergrond)



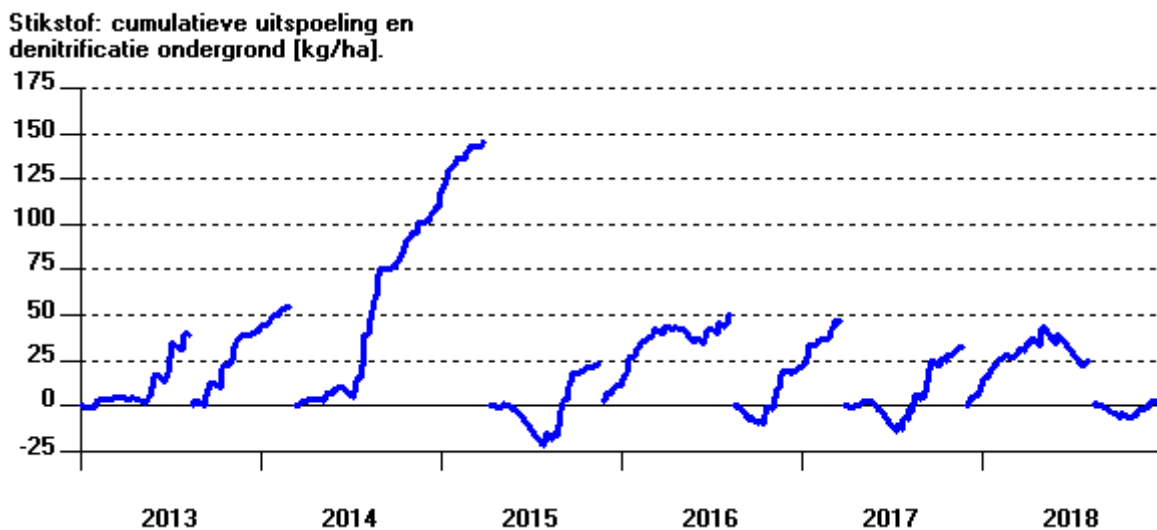
Afbeelding 3. Stikstofbeschikbaarheid t.o.v. stikstofbehoefte van het gewas, en N-fixatie door vlinderbloemigen.

Alle gewassen hebben volgens de berekening voldoende tot ruim voldoende stikstof ter beschikking (groene lijn boven of ruim boven rode lijn). De tarwe in 2018 lijkt minder ruim in stikstofbeschikbaarheid te zitten dan in de andere jaren. In 2018 is 'filtraat van varkensdrijfmest' toegediend met opmerkelijk lage gehalten en een ongewenst lage N/P verhouding. De teler gaat dit navragen. De groenbemesters met vlinderbloemige component bindt enige stikstof (grijze lijntjes in 2013 – 2016 – 2018).



Afbeelding 4. Verloop van het organische stof gehalte in de bouwvoor (0-30 cm)

In dit tijdvak lijkt het organische stof gehalte licht te stijgen. Echter, in dit tijdvak zit drie keer wintertarwe inclusief compost of vaste mest gift, en dat is bovengemiddeld voor de vruchtwisseling. Juist bij wintertarwe stijgt het organische stof gehalte (1013 – 2016 – 2018). Er kan dus beter gekeken worden naar de vruchtwisselingsperiode van vijf jaar, zie verderop.



Afbeelding 5. Verliezen van stikstof uit de bewortelbare zone naar de ondergrond

In het oog springen de verliezen na de teelt van de plantuien, zonder groenbemester (2014)

Conclusie t.a.v. van de beschrijving met de App

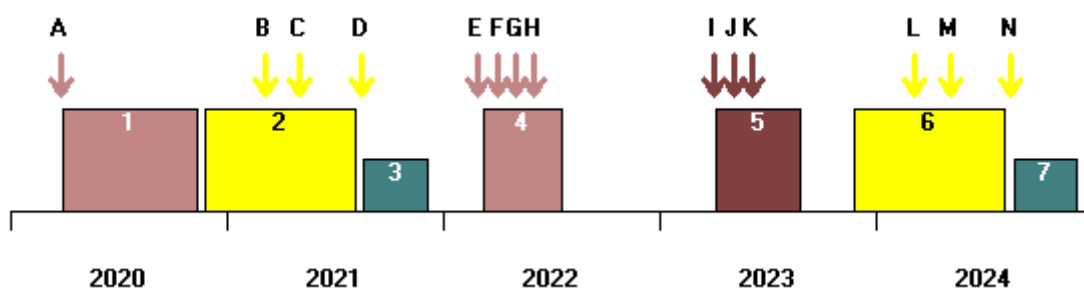
Op basis van één meting kan eigenlijk geen uitspraak gedaan worden over de betrouwbaarheid van de modelberekening specifiek voor dit bedrijf. Dat betekent dat alle uitspraken in het vervolg van dit verslag voorzichtig geïnterpreteerd moeten worden.

3. Bespreking van de vragen

De drie vragen uit hoofdstuk 2 worden hier behandeld.

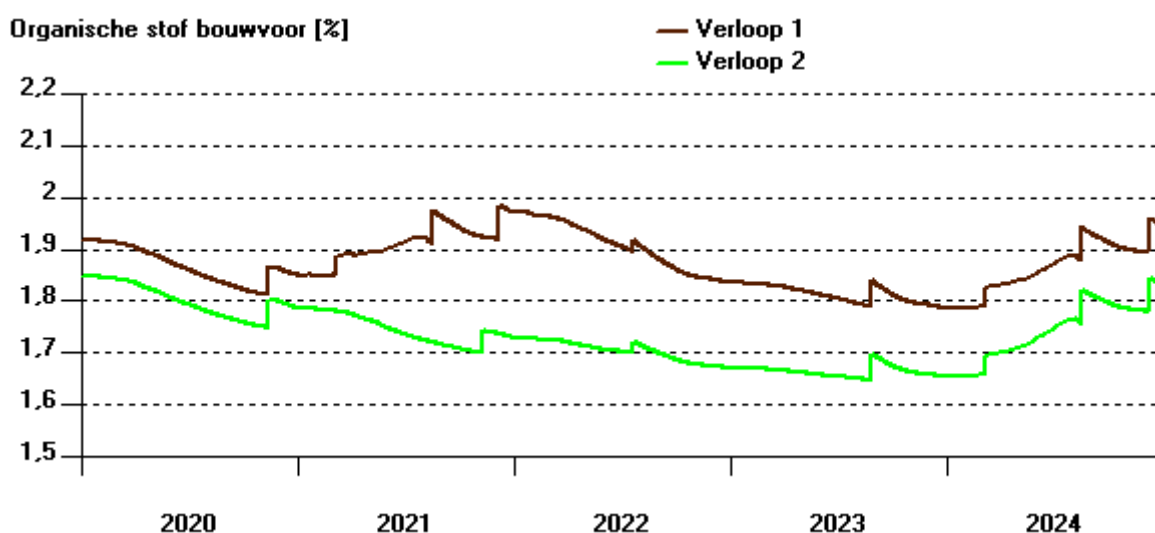
3.1 Wat is de invloed van een jaar knolselderij in plaats van wintertarwe op de bodem organische stof op termijn?

Hiervoor is een Ndicea scenario gemaakt van de 5-jarige vruchtwisseling met twee keer wintertarwe. Deze wordt vergeleken met de zelfde vruchtwisseling waarbij een keer wintertarwe (inclusief compost en groenbemester) is vervangen door knolselderij. In onderstaande grafieken staan de resultaten weergegeven van de 2^e vruchtwisselingscyclus onder dit regime waarmee de aanloopproblemen Initiële waarden van de bodem organische stof) van de 1^e cyclus vermeden worden.



Afbeelding 6. Gewasvolgorde.

1 = suikerbiet, 2 = wintertarwe; 3 = groenbemester, 4 = plantui; 5 = vroege aardappel; 6 = wintertarwe; 7 = groenbemester. De pijlen geven de diverse bemestingen aan: B, L varkens drijfmest 25 ton/ha; D, N = compost 15 ton/ha



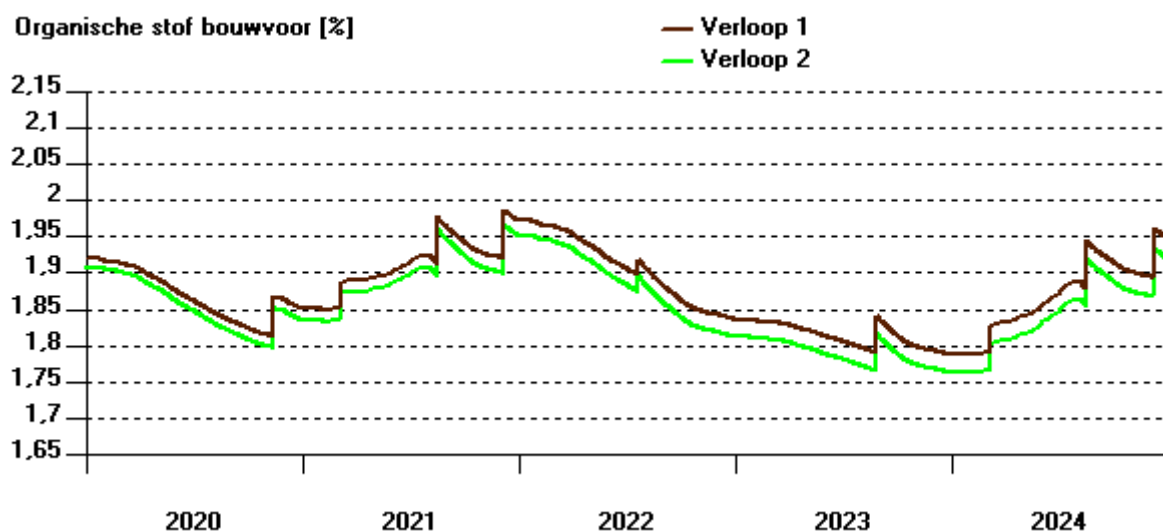
Afbeelding 7. Verloop van het organische stof gehalte in de bouwvoor (0-30 cm)

In dit vruchtwisselingsschema (Verloop 1, zwarte lijn) is sprake van een zeer lichte stijging van de bodem organische stof. (zwarte lijn)

Als wintertarwe (gewas 2) vervangen wordt door knolselderij met uitsluitend kunstmest, zonder groenbemester, en zonder de compostgift na de teelt, dan is er geen sprake meer van een opbouw van de bodem organische stof.

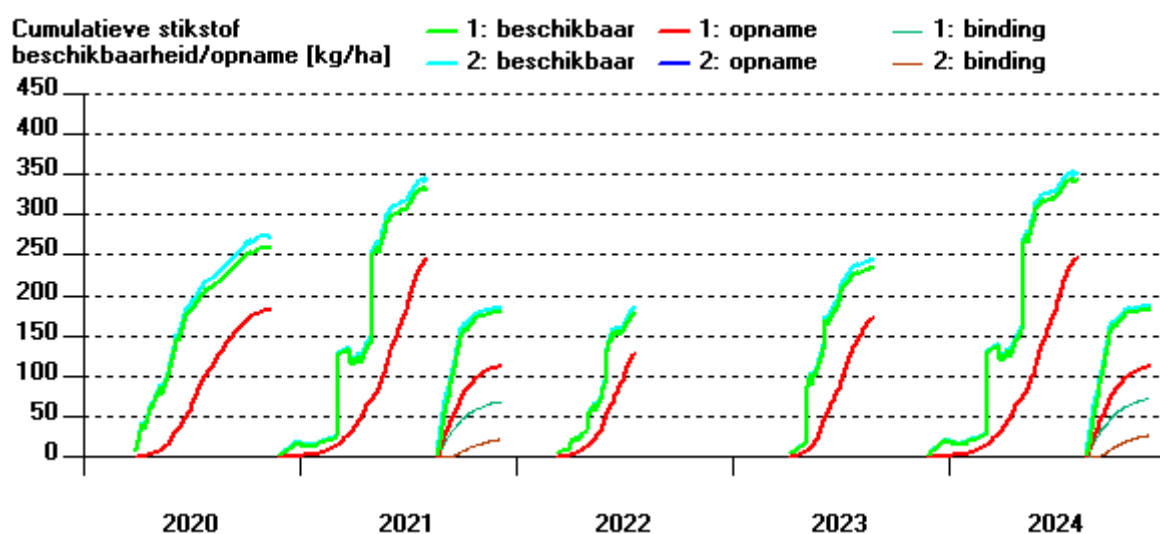
3.2 Wat betekent de verschuiving van compost naar vaste geitenmest?

Met als basisscenario de vruchtwisseling uit paragraaf 3.1. is de compostgift (D,N, 15 ton/ha elk) vervangen door twee keer geitenmest, ook 15 ton/ha elk.



Afbeelding 8. Verloop van het organische stof gehalte in de bouwvoor (0-30 cm)

Bij gebruik van compost is sprake van een kleine groei van het organische stof gehalte (verloop 1, zwarte lijn). Bij vervanging daarvan door vaste geitenmest is het organische stof gehalte zo goed als stabiel (verloop 2, groene lijn). Het mineralenverhaal zit wel anders in elkaar. E wordt bij geitenmest méér fosfaat aangevoerd en dei telt voor 100% mee. Elders in de vruchtwisseling zal de fosfaatgift omlaag moeten om binnen de wettelijke kaders te blijven. Ook de stikstofaanvoer neemt toe en leidt tot een hogere stikstofbeschikbaarheid, afbeelding 9.



Afbeelding 9. Stikstofbeschikbaarheid t.o.v. stikstofbehoefte van het gewas, en N-fixatie door vlinderbloemigen.

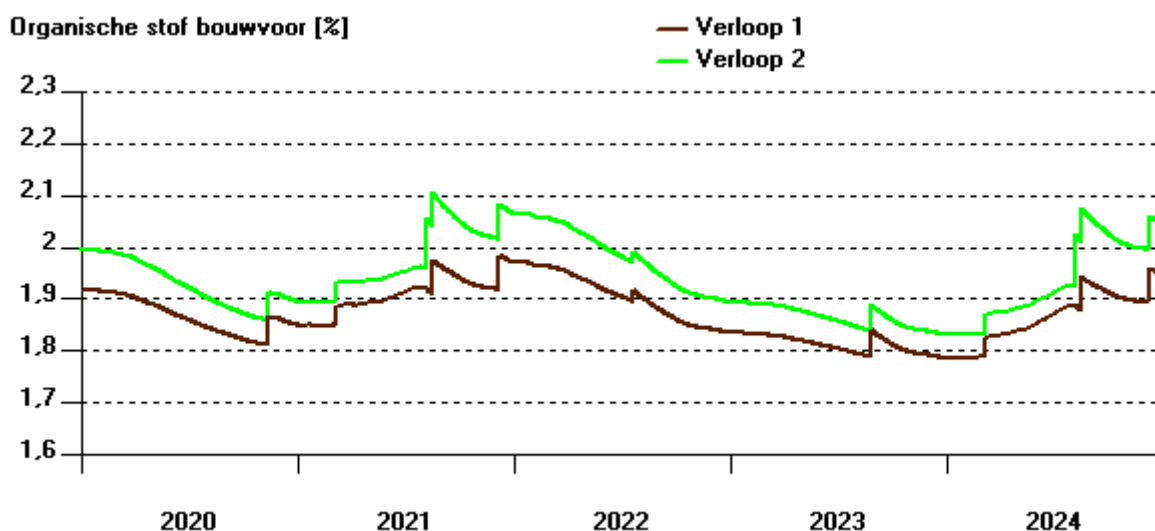
Met compost (scenario 1, groene lijn) is over de hele linie de N-beschikbaarheid iets lager dan met geitenmest (scenario 2, lichtblauwe lijn). Dit wordt verklaard door de hogere aanvoer, het hogere aandeel minerale stikstof in de mest en de iets hogere afbraaksnelheid dan bij compost. Als dit niet zou leiden tot een lichte stijging van de opbrengsten leidt het alleen maar tot iets grotere verliezen door denitrificatie en uitspoeling uit de wortelzone. Het model is niet gebouwd om de potentie van een hogere opbrengst te bepalen. Een ander direct gevolg van toepassing van geitenmest voorafgaand aan de groenbemester is het meer dan halveren van de stikstofbinding door de

groenbemester. Dat wordt helemaal verklaard door het hoger aandeel minerale stikstof in mest t.o.v. compost: de groenbemester neemt éérst de vrije bodem stikstof op en gaat pas secundair stikstof binden.

3.3 Wat voor maatregelen zijn er verder nog mogelijk om het organische stof gehalte te verhogen of in ieder geval niet verder te laten dalen?

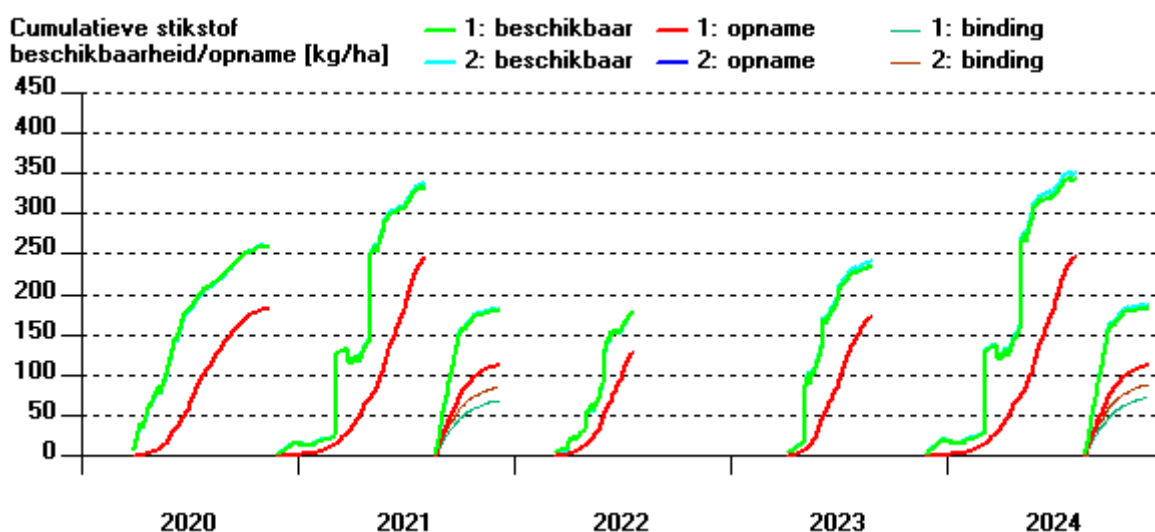
Maatregel 1: Stro inwerken in plaats van verkopen.

Wederom is de basis de vruchtwisseling van paragraaf 3.1. De variant die hieronder doorgerekend wordt is het inwerken van stro in plaats van verkopen.



Afbeelding 10. Verloop van het organische stof gehalte in de bouwvoor (0-30 cm)

Met het inwerken van stro valt een stap te zetten in de organische stof opbouw. Ook in de tweede vruchtwisselingscyclus blijft het organische stof gehalte nog stijgen.

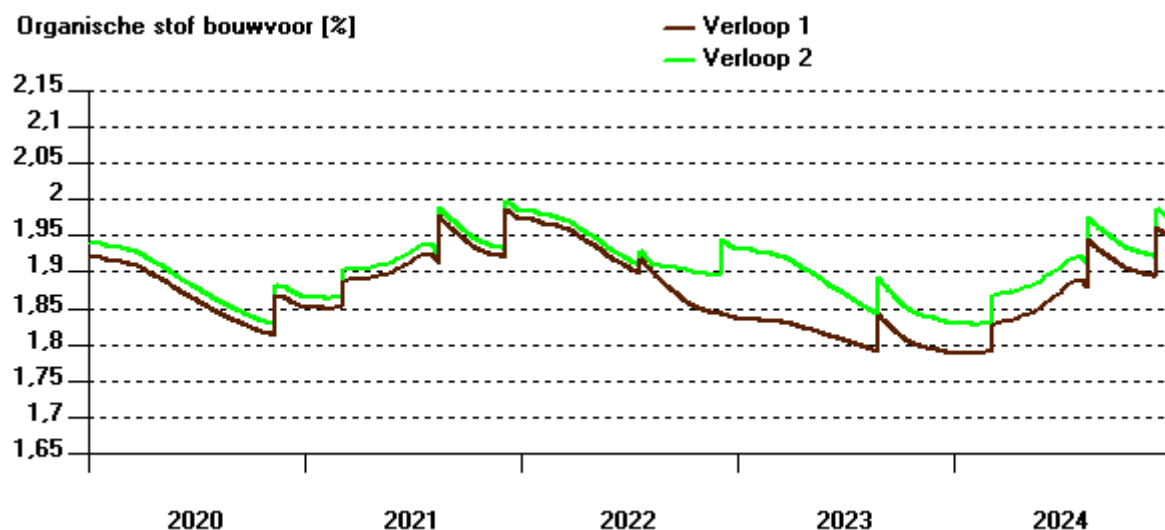


Afbeelding 11. Stikstofbeschikbaarheid t.o.v. stikstofbehoefte van het gewas, en N-fixatie door vlinderbloemigen.

De gevolgen voor de stikstofhuishouding zijn in eerste instantie niet groot. Omdat tegelijk met het stro ook compost wordt ingewerkt is er nog voldoende stikstof om de vertering van het stro mogelijk te maken. De stikstofbinding van de groenbemester neemt toe omdat er minder vrije stikstof beschikbaar is. Over de hele linie begint in de tweede cyclus (afbeelding 11) de stikstofbeschikbaarheid heel licht te stijgen (stro ingewerkt, lichtblauwe lijn ligt net boven stro verkocht, groene lijn). Net als in de voorgaande paragraaf geldt: als dit niet leidt tot een lichte stijging van de opbrengst zal het wel leiden tot toenemende verliezen door uitspoeling en denitrificatie. Er wordt overigens wel, tegelijk met koolstof, stikstof vastgelegd in de grond.

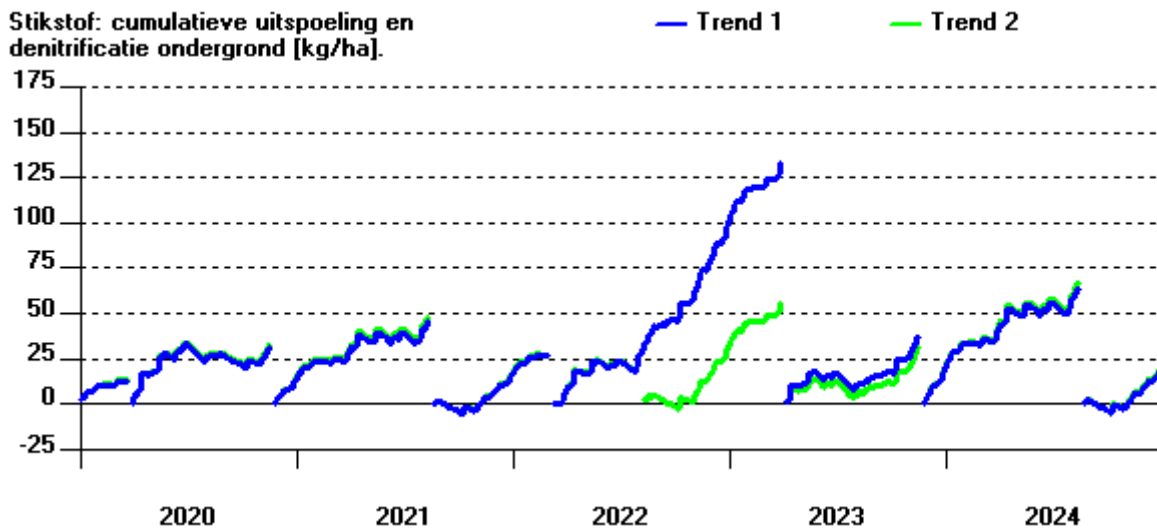
Maatregel 2: groenbemester inpassen na teelt van plantui.

Wederom is de basis de vruchtwisseling van paragraaf 3.1. De variant die hieronder doorgerekend wordt is het invoegen van een groenbemester na de teelt van plantuien. Om verschillende redenen vindt de teler dat slecht in te passen, maar de uitkomsten kunnen de besluitvorming misschien beïnvloeden.



Afbeelding 12. Verloop van het organische stof gehalte in de bouwvoor (0-30 cm)

Aan het einde van de tweede cyclus (afbeelding 12 uiterst rechts) is sprake van een kleine winst in organische stof (mét groenbemester na ui, groene lijn, t.o.v. zonder groenbemester na ui, zwarte lijn). Het verschil is klein, zoals te verwachten. Er is echter nog wel een ander verschil.



Afbeelding 13. Verliezen van stikstof uit de bewortelbare zone naar de ondergrond

De verliezen van stikstof na de teelt van plantuien neemt sterk af van 100 kg (130 begin aardappelteelt minus 30 einde uienteelt) naar ongeveer 80 kg per hectare (50 begin aardappelteelt minus 30 einde uienteelt). Wederom geldt: deze winst kan misschien worden omgezet in iets hogere opbrengsten of in iets lagere bemesting.

4. Conclusies en aanbeveling

Conclusies, met enige terughouding vanwege het ontbreken van een gedegen kalibratie op dit bedrijf

- Er is ruimte voor een verdere groei van het organische stof gehalte van de grond
- Vervangen van wintertarwe door knolselderij is in dat opzicht een stap achteruit
- Vervangen van compost door geitenmest is ook een kleine stap achteruit
- Inwerken van stro is een stap vooruit en lijkt te kunnen plaatsvinden zonder grote gevolgen voor de stikstofbeschikbaarheid op korte termijn.
- Introductie van een groenbemester na plantui levert een kleine bijdrage aan de bodem organische stof en een vrij grote aan de reductie van de uitspoeling.

Afsluitende opmerking:

De onderlinge samenhang tussen koolstoftoevoer en stikstofbeschikbaarheid is duidelijk en het is van belang daar rekening mee te houden, naast andere praktische aspecten.