

Evaluatie Planty Organic 2012-2020

Plantaardige bemesting: stikstof en organische stof

G.J. van der Burgt, B. Timmermans, H. Havenga de Poel



© 2021 Louis Bolk Instituut / SPNA

Evaluatie Planty Organic 2012-2020 - Plantaardige bemesting: stikstof en organische stof

G.J. van der Burgt¹, B. Timmermans², H. Havenga de Poel³,

¹ SPNA ² Louis Bolk Instituut ³ Stichting Biowerk

Trefwoorden: Planty Organic, stikstof, organische stof, maaimeststof, Ndicea

Publicatienummer 2021-010 LbP

55 pagina's

Deze publicatie is beschikbaar via

www.louisbolk.nl/publicaties en via www.stikstoftelen.nl

www.louisbolk.nl

info@louisbolk.nl

T 0343 523 860

Kosterijland 3-5

3981 AJ Bunnik

 @LouisBolk

www.spna.nl

info@spna.nl

T 0594 688 615

Hooge Zuidwal 1

9853 TJ Munnekezijl

Louis Bolk Instituut:

Onderzoek en advies ter bevordering van duurzame landbouw, voeding en gezondheid

SPNA:

Onderzoeksinstituut voor de akkerbouw op de noordelijke klei

Voorwoord

Onderzoek naar bodemkwaliteit en duurzame akkerbouwsystemen is een zaak van lange adem. Het is dan ook een prestatie dat SPNA en de betrokken partners er in geslaagd zijn negen jaar lang een akkerbouwsysteem gebaseerd volledig eigen stikstofvoorziening met vlinderbloemigen uit te voeren, verder te ontwikkelen en te documenteren. Bij aanvang was het nog maar de vraag of zo'n systeem zonder externe input het langer dan, zeg, drie jaar uit zou houden. Dat er negen jaar zijn volgemaakt is vanuit dat beginperspectief dan ook een soort van mirakel. De voortreffelijke grond van het proefbedrijf en de lange biologische teelthistorie dragen daar ongetwijfeld aan bij.

Dit rapport is een evaluatie van die negen jaar en biedt zicht op de potentie van het systeem met maaimeststoffen als wezenlijke, maar zeker niet enige component voor het succes. Ook na negen jaar zijn er nog verbeteringen mogelijk, maar de belangrijkste vragen rondom stikstof en bodem organische stof zijn grotendeels beantwoord.

De volgende stap in de ontwikkeling betreft het omvormen tot een regionaal kringloop voorbeeldbedrijf door over te gaan tot aanvoer van regionale reststromen (compost, bokashi,...). Daarmee wordt, naast stikstof, ook de behoefte aan de overige nutriënten op regionale basis gedekt.

Behalve dit argument is er nog een reden om het proefveld Planty Organic in stand te houden. Dit is een van de weinige plekken in Nederland waar de akkerbouwproducten bemest zijn met uitsluitend plantaardige mest. Daar is nog nauwelijks een markt voor. Gezien de maatschappelijke ontwikkelingen zou die markt zomaar kunnen ontstaan als 'plus' op biologisch. Dan is er in ieder geval een goed gedocumenteerd bedrijf dat kennis en ervaring kan delen, naast de andere bestaande initiatieven met uitsluitend plantaardige bemesting in Nederland.

Bij publicatie van dit rapport is nog niet bekend of er budget beschikbaar komt voor voortzetting. Bij deze de oproep: help mee dit unieke proefveld in stand te houden!

W.J. Bakker

Voorzitter Stichting Biowerk, initiatiefnemer van Planty Organic.



Dit rapport is mogelijk geworden binnen het POP3-project 'Stikstof Telen', gefinancierd door de EU, BO Akkerbouw en Provincie Friesland via SNN.



Inhoud

Evaluatie Planty Organic 2012-2020	1
Samenvatting	5
English	5
Deutsch	5
1 Inleiding	6
1.1 Aanleiding, doelen en randvoorwaarden	6
1.2 Vruchtvolgorde en bemesting	7
1.3 Meetprogramma en werkwijze	8
1.4 Leeswijzer	8
2 Ndicea perceelscenario's	10
2.1 Algemene opmerkingen	10
2.2 Beoordelingskader	10
2.3 Beoordeling Planty Organic Scenario's	11
2.4 Beoordeling overige scenario's	14
3 Ontwikkeling van bodem en mineralengehaltes gewassen	16
3.1 Bodem	16
3.2 Gewas	16
4 Systeemsenario's	19
4.1 Planty Organic	19
4.2 Kollumerwaard biologisch	21
4.3 KW Gangbaar	23
5 Vergelijking van de systeemsenario's	26
5.1 Input – output	26
5.2 Throughput	27
5.3 Interpretatie	29
6 Bedrijfseconomische kanten	31
6.1 Vergelijking Planty Organic met KW Biologisch	31
6.2 Vergelijking Planty Organic met variant dierlijke mest	32
7 Conclusies en aanbevelingen	34
7.1 Conclusies	34
7.2 Aanbevelingen	35
Literatuur	37
Bijlage 1: Gewas metingen	38
Bijlage 2: Bodemmetingen	41
Bijlage 3: Ndicea grafische output	49
Planty Organic	49
Kollumerwaard Bio	52
Bakker Bio	53
Kollumerwaard gangbaar	54
Bijlage 4: Verloop nutriëntengehaltes van gewassen.	55

Samenvatting

Methodiek

Op SPNA proefboerderij Kollumerwaard heeft van 2012 tot 2020 het Planty Organic proefveld gelegen met een biologische akkerbouw vruchtwisseling op basis van 100% eigen stikstofinput via vlinderbloemigen. Bodem, gewas, groenbemesters en maaimeststoffen zijn gemeten. In de laatste twee jaar zijn ook percelen van Kollumerwaard biologisch, Kollumerwaard gangbaar en het nabij gelegen biologische akkerbouwbedrijf Bakker Bio in de monitoring meegenomen om systeemvergelijkingen te kunnen maken.

Alle gegevens zijn ingevoerd in de organische stof en stikstof App Ndicea. Bij Planty Organic, KW Bio en KW Gangbaar waren de modelscenario's op perceelniveau van voldoende kwaliteit om te gebruiken als basis voor modelscenario's op vruchtwisselingsniveau. Daarmee zijn de drie scenario's vergeleken op zaken als input-output, stikstofverliezen, organische stof dynamiek, stikstof efficiëntie en perceelinterne dynamiek.

Resultaten

Planty Organic scoort zeer hoog in N-efficiëntie en milieu- en diversiteitsindicatoren. De productiviteit per hectare ligt aanzienlijk lager dan bij KW gangbaar. Het bodem organische stofgehalte en -stikstofgehalte blijft op peil, wat gezien het totaal ontbreken van externe aanvoer een opmerkelijk resultaat is.

KW Biologisch neemt een tussenpositie in. De productiviteit ligt in dezelfde orde als bij Planty Organic, maar er wordt daarnaast grasklaver afgevoerd en mest daarvoor teruggevoerd wat eigenlijk dus een (deels) interne stroom is maar elders dierlijke productie mogelijk maakt. De verliezen (uitspoeling, denitrificatie, vervluchting) liggen in dezelfde grootteorde als bij KW Gangbaar. Dit is het enige systeem met een lichte maar duidelijke stijging van het organische stofgehalte, vooral veroorzaakt door de aanvoer van geitenmest.

Vervolgplannen

Er wordt voorgesteld het proefveld voort te zetten, maar nu met regionale reststromen als aanvoerpost ter compensatie van de nutriëntenafvoer met producten, met P-evenwicht als richtlijn. Er blijven stroken onbemest om scherpere contrasten in bodem-P te creëren met het oog op onderzoek naar P-beschikbaarheid onder lage of geen P-aanvoer.

English

This report is also available in English, downloadable at www.louisbolk.nl

Deutsch

Dieser Bericht ist auch auf Deutsch verfügbar, zu downloaden von www.louisbolk.nl

1 Inleiding

1.1 Aanleiding, doelen en randvoorwaarden

In 2010 ontstond binnen de groep telers van telersvereniging Biowad de vraag hoe het gebruik van gangbare mest in de biologische akkerbouw teruggedrongen zou kunnen worden. Daaruit is het idee ontstaan om op één biologisch perceel van SPNA proefboerderij Kollumerwaard een akkerbouwwruchtwisseling neer te leggen op basis van uitsluitend eigen gewonnen stikstof. Dit is in 2011 voorbereid en in 2012 is het project "Planty Organic" van start gegaan. Na de voorjaarsbemesting 2011 is er geen enkele externe meststof meer aangevoerd.

De algemene vraagstelling achter het project is hoe ver je kunt komen met zo'n systeem. Is het praktisch uitvoerbaar, blijft de bodemvruchtbaarheid in stand, wordt er een redelijke productie behaald, zijn de milieuprestaties beter dan van 'gewoon' biologisch, wat zijn de biodiversiteitskenmerken, hoe ziet het er bedrijfseconomisch uit?

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd (Van der Burgt 2012):

- Stikstof wordt door verschillende vlinderbloemigen in het bedrijf gebracht. De stikstofstromen verlopen deels via herverdeling bovengronds door middel van maaimeststoffen (zie kader) en deels via grondgebonden overdracht door de wortelmassa van de maaimeststof en door het inwerken van vlinderbloemige groenbemesters. De basis van de stikstofvoorziening is echter de mineralisatie van de aanwezige en voortdurend aangevulde bodem organische stof.
- Fosfaat, kali en andere plantenvoedingsstoffen zijn in deze zeer vruchtbare grond in grote hoeveelheden aanwezig, zowel in de bouwvoor als in de ondergrond. In eerste instantie wordt beoogd de bodemvoorraad aan te spreken en te mobiliseren. Diep wortelende gewassen en groenbemesters kunnen mineralen mobiliseren uit de bouwvoor en uit diepere lagen, en deze in circulatie brengen.
- In het systeem aanwezige stikstof zal zo veel mogelijk in organische vorm voorkomen teneinde verliezen in de anorganische fase door uitspoeling en denitrificatie te voorkomen. Om dit te bereiken wordt bemest met meststoffen met een zeer laag aandeel minerale stikstof (eigen gewonnen maaimeststof, dus een bedrijfsinterne meststof) en wordt gestreefd naar maximale aanwezigheid van een groeiend gewas en is het land zo veel mogelijk groen in de winter.

Maaimeststoffen.

Een maaimeststof is een vlinderbloemigen mengsel of grasklaver mengsel dat geoogst wordt alsof het veevoer is, maar gebruikt wordt als 'groene meststof' zonder dat het door een dier heen is gegaan. Bezien vanuit NUE Nitrogen Use Efficiency biedt dat vele voordelen.

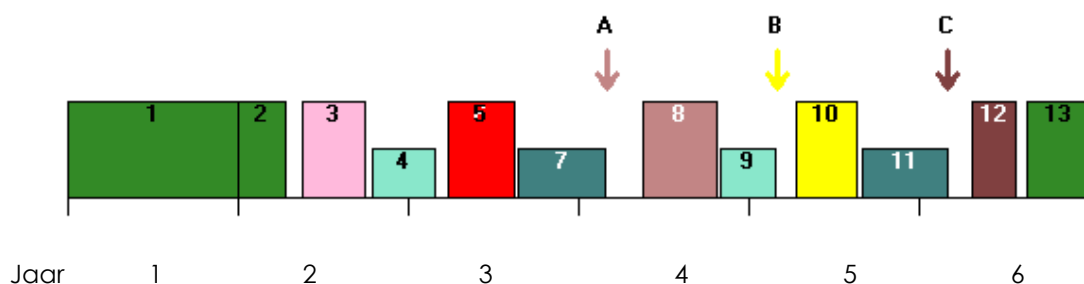
- De grondbewerking is erop gericht om de functies van het bodemleven zo min mogelijk te hinderen. Niet-kerende grondbewerking maakt het mogelijk de gelaagdheid in de bouwvoor deels in stand te houden en daarmee de functionaliteit te behouden. GPS gestuurde vaste rijpaden bevorderen de ontwikkeling van een goede structuur.

Het bedrijfssysteem wil voldoen aan de volgende voorwaarden:

- Volledig eigen stikstofvoorziening door stikstofbinding met klavers, luzerne en groenbemesters.
- Geen enkele aanvoer van dierlijke mest of compost.
- Voldoende stikstof om een goede opbrengst en voldoende kwaliteit van de te verkopen gewassen mogelijk te maken.
- Een bouwplan naar draagkracht, zowel vanuit het oogpunt van het behoud van bodemkwaliteit als uit het oogpunt van de stikstofvoorziening.
- Ten minste instandhouding van het bodem organische stofgehalte en de bodem stikstof voorraad.
- Tot op zekere hoogte een voor de regio representatief bouwplan; in ieder geval representatieve gewassen voor de biologische akkerbouw.
- In de winter zo veel mogelijk begroeide percelen.
- Afwisseling van maaivruchten met andere gewassen als uitgangspunt van de multifunctionele vruchtwisseling (Vereijken, 1997. Wijnands, 2000).

1.2 Vruchtvolgorde en bemesting

De vruchtwisseling is al negen jaar op hoofdlijnen hetzelfde. Sinds 2015 zijn er geen veranderingen meer geweest in gewassen en is de bemestingsstrategie uitgekristalliseerd. Dat ziet er als volg uit (Figuur 1).



Figuur 1. Vruchtvolgorde en bemesting

1,2,13: Vlinderbloemigen mengsel ; 3: Pompoen ; 5/6: Tarwe/Veldboon ; 8: Winterpeen ; 10: Haver ; 12: Pootaardappel .

4,9: Groenbemester zonder vlinderbloemigen ; 7,11: Groenbemester mengsel met vlinderbloemigen.

A: Maaimeeststof, ongeveer 20% van wat beschikbaar is van voorgaande jaar . B: idem, ongeveer 30% ; C: idem, ongeveer 50%.

1.3 Meetprogramma en werkwijze

Om zicht te krijgen op de stikstofdynamiek en de bodem organische stof dynamiek zijn de volgende metingen in het proefveld uitgevoerd:

- Alle jaren alle percelen, november: algemene bodemvruchtbaarheid analyse door Eurofins (bemonstering en analyse), pakket Bemestingswijzer compleet.
- Alle jaren alle percelen: gewasopbrengst (SPNA), analyse inhoudsstoffen compleet door Eurofins.
- Alle jaren: opbrengst maaimeststof (SPNA) en analyse inhoudsstoffen per snede, door Eurofins (bemonstering en analyse)
- Alle jaren, alle percelen: N-mineraal bepalingen in 0-30 cm, wisselend aantal per gewas / per perceel / per jaar. Analyse veldvochtige of in gedroogde grond, uitgevoerd door Eurofins, SPNA of Louis Bolk Instituut.
- 2019-2020: opbrengst gewasresten (SPNA) en analyse op N-P-K (Eurofins)
- 2019-2020: opbrengst groenbemesters (SPNA) en analyse op N-P-K (Eurofins)
- 2019-2020: nitraatanalyse drainwater, ongeveer iedere twee weken bij stromende drain. Bemonstering SPNA, analyse Groen Agro Control.
- Najaar 2019: bemonstering voor bodemleven analyse door Bioclear Earth.

De jaren 2019-2020 vielen onder het POP3-project "Stikstof Telen" waarbinnen niet alleen op de Planty Organic velden werd gemeten maar ook (extensiever) op twee 'gewoon' biologische en twee gangbare percelen op Kollumerwaard, en twee biologische percelen van het buurbedrijf en projectpartner Bakker Bio. Deze uitbreiding maakt het mogelijk om tot op zekere hoogte een vergelijking te kunnen maken tussen Planty Organic, gewoon biologisch en gangbaar.

Naast statistische analyse van bodem- en gewasgegevens is gebruik gemaakt van de App Ndicea (Van der Burgt et al, 2006) om de dynamiek in de tijd in beeld te krijgen. Van alle percelen, inclusief de zes toegevoegde percelen van 2019-2020, zijn scenario's gemaakt in Ndicea. Het gebruik van Ndicea heeft een tweeledig doel. Ten eerste: per perceel een kwantitatief beeld opbouwen van de stikstof- en organische stof dynamiek, en de kwaliteit van de modellering beoordelen aan de hand van met name de N-mineraal metingen. Ten tweede: op basis van de perceelscenario's een algemeen 'vruchtwisselingsscenario' in Ndicea invoeren met de gemiddelde inputdata van de perceelscenario's. Dit vruchtwisselings-scenario vormt dan het beoordelingskader voor het Planty Organic systeem en kan vergeleken worden met de vruchtwisselingsscenario's van gewoon bio en van gangbaar op Kollumerwaard.

1.4 Leeswijzer

- In hoofdstuk 2 worden de zes Planty Organic perceelscenario's geïntroduceerd en kwantitatief beoordeeld. Daarna komen de zes andere percelen aan bod die in 2019 en 2020 betrokken waren bij het project. Deze zes scenario's zijn gebaseerd op veel

minder meetgegevens en de beoordeling is daarom kwalitatief. Bij de beoordeling worden naast de N-min metingen ook de bodemanalyses van organische stof en N-totaal betrokken.

- In hoofdstuk 3 komt de ontwikkeling van de bodem van Planty Organic aan de orde en wordt gekeken naar de eventuele gevolgen voor de nutriënten gehalten van de gewassen.
- In hoofdstuk 4 worden de drie algemene scenario's beschreven van Planty Organic, Bio en Gangbaar op Kollumerwaard. Daarnaast wordt een hypothetisch, toekomstgericht scenario gepresenteerd op basis van het Planty Organic scenario, maar dan met composttoevoer op basis van P-evenwicht.
- Hoofdstuk 5 gaat over de vergelijking tussen de drie systemen op basis van verschillende criteria zoals input/output, NUE, perceelinterne stofstromen. Vanuit deze analyse volgt een verklaring van de hoge mate van stikstofefficiëntie van het Planty Organic systeem.
- In hoofdstuk 6 wordt kort ingegaan op de bedrijfseconomische consequenties van de keuze voor volledig eigen stikstofvoorziening in de vorm van maaimeststoffen, groenbemesters en vlinderbloemige hoofdgewassen. Daarbij wordt uitgegaan van het Planty Organic systeem met compostaanvoer.
- In hoofdstuk 7 volgen de conclusies en de aanbevelingen.

2 Ndicea perceelscenario's

2.1 Algemene opmerkingen

Er is gebruik gemaakt van Ndicea versie 6 zoals die momenteel te downloaden is vanaf www.ndicea.nl. De in het model aanwezige default waarden voor diverse bodemparameters zijn ongewijzigd gebleven, met twee uitzonderingen. Dat betreft als eerste de parameter die de relatie bepaalt tussen bodem N-mineraal niveau en mate van N-fixatie door vlindebloemigen, in Ndicea term 'N-binding grens'. Die is verlaagd van 15 naar 5 op basis van ervaring in veel andere situatie (expert judgement G.J. van der Burgt, G. Oomen). Door deze wijziging wordt de preferentie voor opname van bodem-N boven N-fixatie verhoogd. De tweede wijziging is de keuze bij grondbewerking voor 'geen grondbewerking' in plaats van 'gereduceerde grondbewerking'. Al na enkele jaren projectvoortgang leek dat modelmatig betere resultaten op te leveren. Hierop wordt verder gereflecteerd in hoofdstuk 4. De initiële waarden van de drie pools bodem organische stof zijn bij de Planty Organic scenario's gebaseerd op de resultaten van een kort voorgaand Ndicea scenario. Voor de andere zes percelen is de Ndicea default verdeling over de pools gebruikt. Deze scenario's beginnen in 2011 (KW Biologisch) respectievelijk 2016 of 2017 (Kollumerwaard Gangbaar en Bakker Bio). In al deze gevallen is dus minimaal twee jaar modellering aanwezig voorafgaand aan de meetjaren 2019 en 2020 waardoor de onzekerheid over de samenstelling van de initiële organische stof minder doorwerkt in de resultaten van 2019 en 2020.

Alle gemeten gegevens van gewassen en bemesting zijn gebruikt. Waar geen metingen waren zijn de default waarden uit de Ndicea database gebruikt. De metingen van gewassen en de maïmeststoffen staan in bijlage 1, die van de bodem in bijlage 2.

Er is gebruik gemaakt van lokale neerslagmetingen en regionale metingen van temperatuur en verdamping (Lauwersoog).

De bouwvoor is ingesteld op 0-30 cm, en op die diepte is ook de bodem bemonsterd. De tweede bodemlaag is ingesteld op 30-60 cm. Zie hieronder voor een opmerking daarover.

2.2 Beoordelingskader

Voor de kwantitatieve beoordeling van de modelresultaten is gekeken naar verschillende criteria.

- De mate van overeenkomst tussen gemeten en gemodelleerde waarden van N-mineraal 0-30 cm. Daarvoor is de RMSE gebruikt (Wallach and Goffinet, 1989).
- Mate van gemiddelde overschatting of onderschatting van de gemodelleerde N-mineraal tov de gemeten waarden.
- Aantal gewassen inclusief groenbemesters met gemodelleerd N-tekort.
- Mate van overeenkomst tussen metingen en modellering wat betreft de ontwikkeling van bodem-N en bodem organische stof.
- Mate waarin gemeten veranderingen in N-min (toename of afname in de tijd) gevolgd worden door de modellering (kwalitatieve beoordeling)

- Mate waarin veranderingen in bodem organische stof en totaal-N in de modellering overeenkomen met de trend van de metingen.

Voorafgaand aan de definitieve beoordeling zijn drie verkenningen uitgevoerd bij alle zes scenario's. De eerste was een vergroting van de maximale bewortelingsdiepte van 60 naar 90 cm -mv. Dit leverde slechts marginale veranderingen op en niet allemaal ten goede. De tweede was het kalibreren van een aantal bodemparameters op basis van de verschillen tussen gemeten en gemodelleerde N-min en bodem organische stof (eenmaal per jaar gemeten). Dit leverde wel verschillen op. Wat betreft RMSE waren dat slechts kleine verschillen, maar wat betreft mutatie in bodem-N en bodem organische stof ontstond een grote discrepantie met de gemeten waarden, zie volgende paragraaf. De derde verkenning was het verschil tussen grondbewerking 'gereduceerd' of 'geen'. Voor de RMSE van N-mineraal waren de verschillen niet groot en wisselend, voor de RMSE van gemeten en gemodelleerde hoeveelheid bodem organische stof bleek 'geen grondbewerking' bij vier van de zes percelen een verbetering en bij slecht één perceel een verslechtering. Ook resulteerde 'gereduceerde grondbewerking' in een wat sterkere daling van het organische stofgehalte dan de metingen lijken aan te tonen.

De beoordeling heeft daarom plaatsgevonden op basis van de scenario's 0-60 cm, niet gekalibreerd en met 'geen grondbewerking' als instelling. Het niet inzetten van de kalibratie heeft als voordeel dat het model dus draait op default waarden, wat het vertrouwen voor verder gebruik vergroot.

2.3 Beoordeling Planty Organic Scenario's

2.3.1 Op basis van bodem organische stof en N-totaal

Een akkerbouwsysteem dat wil aantonen dat volledig eigen stikstofwinning mogelijk is mag niet interen op bodem stikstof of bodem organische stof. Gezien de te verwachten foutenmarges in de analyses zijn daarvoor langjarige reeksen nodig. Die zijn er: negen jaar, met zes pseudo-herhalingen. Gezien het belang hiervan worden de data van de organische stof en de totaal-N hier separaat behandeld, Tabel 1 en Tabel 2.

Tabel 1. Bodem organische stof (%)

		A	B	C	D	E	F	Gemiddeld
2012	maart							* 1,8
2012	november	1,6	1,6	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7
2013	november	1,8	1,9	2,1	1,9	1,9	2,1	2,0
2014	november	2,4	1,9	2,0	2,0	1,8	2,0	2,0
2015	november	1,8	1,9	2,0	2,0	2,2	2,2	2,0
2016	november	1,7	1,9	2,0	1,9	1,8	1,6	1,8
2017	november	2,1	1,9	1,9	1,9	2,2	2,1	2,0
2018	november	2,0	2,0	2,0	2,4	2,1	2,3	2,1
2019	november	1,6	1,8	1,6	2,0	1,6	1,7	1,7
2020	november	1,9	2,1	1,1	1,1	1,6	1,0	1,5
2021	januari**	1,8	2,0	2,2	2,0	2,0	2,0	2,0
* Eén monster van hele perceel A - F								
** Herbemonstering en heranalyse, gloeiverlies ipv NIRS								

Tabel 2. Bodem N-totaal (mg/kg)

		A	B	C	D	E	F	Gemiddeld
2012	maart							* 710
2012	november	1200	1250	1260	1270	1300	1250	1255
2013	november	990	930	1030	890	1040	1070	992
2014	november	1180	1030	1040	1120	970	1110	1075
2015	november	920	910	1100	960	1170	1170	1038
2016	november	1010	1240	1190	850	960	860	1018
2017	november	970	880	1100	910	1010	1070	990
2018	november	1020	1090	1290	1070	1200	1080	1125
2019	november	1140	850	910	1030	1240	830	1000
2020	november	1140	970	660	670	910	650	833
2021	januari	1010	1070	1140	1060	1050	1090	1070
* Eén monster van hele perceel A - F								
** Herbemonstering en heranalyse								

In rood analyse uitkomsten waar op basis van beschikbare kennis vraagtekens bij gezet kunnen worden.

- De meting van totaal-N in 2012 ligt heel erg hoog vergeleken met de rest van de jaren terwijl het organische stofgehalte wel in de lijn van de andere jaren ligt. Dat resulteert in een zeer lage C/N in 2012 (gemiddeld 8) die in 2013 een normalere waarde krijgt (gemiddeld 10). Er heeft in 2019 heranalyse plaatsgevonden van de zelfde monsters met als uitkomst aanzienlijk lagere waarden van N-totaal (gemiddeld 900, t.o.v. 1255 in de oorspronkelijke analyse) en een vergelijkbaar organische stofgehalte (gemiddeld 1,6 t.o.v. 1,7 oorspronkelijk).
- In 2019 en 2020 ligt een aantal metingen van zowel stikstof als organische stof juist onder of ver onder een redelijkerwijs te verwachten waarde, rekening houdend met te verwachten foutenmarges in de analyse.
- Naar aanleiding van voorgaande punt heeft een nieuwe bemonstering plaatsgevonden en een nieuwe analyse, beide door Eurofins. Bij de organische stof is geanalyseerd met gloeiverlies i.p.v. net NIRS. Het resultaat is dat zowel bij de organische stof als bij de bodem-N alle percelen in de zelfde grootteorde liggen en in de lijn van de voorgaande jaren.

De data van organische stof en stikstof zijn statistisch geanalyseerd met als vraag of de gehalten stabiel zijn of veranderen in de loop der jaren (Genstat 19.1, regressieanalyse, Tabel 3). Daarbij zijn in 2012 de stikstofdata niet meegenomen. Daarnaast zijn de november 2020 data voor stikstof en organische stof vervangen door die van januari 2021.

Tabel 3. Data uit regressieanalyse N-totaal (mg/kg) en OS (%)

Parameter	N-totaal	OS
p-waarde	0.502	0.336
intercept	-8684.	-18.2
helling	4.82	0.0100
conclusie	NS	NS

Gegeven de kanttekeningen bij de gemeten waarden en gezien de statistische analyse gaan we er van uit dat er sprake is van een over de tijd stabiel gehalte aan organische stof en totaal-N. Dit is gebruikt als uitgangspunt voor de Ndicea modellering en de beoordeling daarvan, zie volgende paragraaf.

2.3.2 Op basis van N-mineraal metingen

De grafische weergave van enkele modelresultaten van de zes percelen staat in bijlage 3. In Tabel 4 staat de beoordeling van de zes percelen samengevat.

Tabel 4. Beoordeling van modelresultaten

	1	2	3	4	5	6	7	8
Perceel	n	RMSE	# Sim>=Obs	# Sim<Obs	# tekort	Delta N	Delta OS	Patroon
A	34	17	12	22	1/14	-1	-88	
B	36	22	14	22	1/19	4	33	
C	35	27	15	20	0/16	-5	-291	
D	34	20	13	21	3/17	-9	-234	
E	30	23	13	17	1/14	-7	-371	
F	34	29	17	17	0/15	-1	-87	
som	203		84	119				
%			41%	59%				
gemiddeld		23				-3	-173	

Toelichting:

- Kolom 1: Aantal metingen N-mineraal 0-30 cm
- Kolom 2: RMSE van gemeten en gemodelleerde waarde N-mineraal 0-30 cm (kg/ha)
- Kolom 3: Aantal gevallen waarin de gemodelleerde waarde N-min hoger of gelijk is aan de meting
- Kolom 4: Aantal gevallen waarin de gemodelleerde waarde N-min lager is dan de meting
- Kolom 5: Aantal gewassen met gemodelleerd N-tekort / aantal gewassen totaal
- Kolom 6: Berekende mutatie bodem-N, kg jaar⁻¹
- Kolom 7: Berekende mutatie bodem organische stof, kg jaar⁻¹
- Kolom 8: Kwalitatieve beoordeling van de mate waarin veranderingen in gemeten N-min gevolgd worden door veranderingen in gemodelleerde N-min. Groen = voldoende, oranje = matig.

De RMSE (kolom 2) is op twee van de zes percelen ≤ 20 , wat als grenswaarde wordt voorgesteld (van der Burgt et al., 2006). Dit is beneden verwachting.

Het model neigt tot een lichte onderschatting van de beschikbare stikstof (kolom 3 en 4).

Het aantal gewassen met een berekend N-tekort (kolom 5) ligt laag. Meestal is het N-tekort niet veel groter dan de veronderstelde foutenmarge van het model (20 kg).

De nagenoeg stabiele gemodelleerde bodem stikstof (kolom 6) komt overeen met de statistische analyse van totaal-N, zie volgende paragraaf.

De berekende lichte daling van de bodem organische stof past binnen de resultaten van de statistische analyse. Wel zijn twee dingen opmerkelijk. De organische stof (en dus ook de koolstof) daalt sneller dan de stikstof bij een C/N van rond 10. Dat betekent een kleine verlaging van de C/N verhouding (die niet te meten valt). Ook opmerkelijk is het verschil tussen de uitersten perceel B met een lichte stijging en perceel E met een daling. Het gaat om pseudoherhalingen, maar blijkbaar zijn de kleine verschillen in toevoer van organische stof

(bemesting, gewasrest, wortelmasa, groenbemesters) rekenkundig groot genoeg om zo'n verschil te veroorzaken.

De overall conclusie luidt: de modellering is voldoende in overeenstemming met de waarnemingen om te kunnen gebruiken als basis voor een systeemvergelijking.

2.3.3 Overige percelen op Kollumerwaard

In Tabel 5 staan de metingen van het organische stofgehalte van drie gemeten percelen buiten het Planty Organic proefveld.

Tabel 5. Organische stofgehaltes in %

	2013	2017	2018	2019	2020
Bio P2	2,2	2,1	2,7	2,3	1,9
Bio P7	2,2	2,5		2,2	1,5
GB P4		3,5		2,5	2,3

Net als bij de organische stof metingen in Planty Organic is er sprake van niet te begrijpen sprongen en niet te begrijpen verschillen tussen P2 en P7 met een al jaren stabiele vruchtwisseling en bemesting. Als er zou worden uitgegaan van een foutenmarge in de analyse van +/- 10% zou je kunnen aannemen dat er een stabiel organische stofgehalte is van rond 2,3%. De metingen in 2020 zijn zeer twijfelachtig, zoals hiervoor al besproken.

2.4 Beoordeling overige scenario's

De bemonsteringen op de overige zes percelen zijn veel extensiever geweest waardoor een beoordeling van de Ndicea scenario's niet kwantitatief plaats kan vinden. De grafische weergave van de scenario's staat in bijlage 3. Hieronder volgt een korte kwalitatieve toets.

Kollumerwaard Bio

De modelberekeningen van N-mineraal komen goed overeen met de gemeten waarden. Geen van de gewassen vertoont een berekend stikstoftekort. Het patroon van stijgen en dalen wordt in de modelberekening goed gevolgd. Er is geen structurele over- of onderschatting van de beschikbare stikstof in de bouwvoor. Het organische stofgehalte is in de modellering stabiel of licht stijgend.

Conclusie: bij het accepteren van een grote foutenmarge in de metingen is het organische stofgehalte stabiel en kan op basis van deze perceelscenario's goed een veralgemeeniseerd vruchtwisselingsscenario gemaakt worden in Ndicea.

Bakker Bio

De modelberekeningen van N-mineraal komen maar matig overeen met de gemeten waarden. Geen van de gewassen vertoont een berekend stikstoftekort. Er lijkt sprake van een lichte onderschatting van de beschikbare stikstof. Het organische stof verloopt ziet er

logisch uit bij een op beide percelen vergelijkbare vruchtwisseling en bemesting: het perceel met het lage organische stofgehalte is stabiel, dat met het hoge organische stofgehalte heeft een kleine berekende afname. Er zijn geen metingen.

Conclusie: het lijkt niet redelijk op basis van de verkregen informatie een veralgemeend vruchtwisselingsscenario te maken in Ndicea.

Kollumerwaard Gangbaar

De modelberekeningen van N-mineraal komen goed overeen met de gemeten waarden. Geen van de gewassen vertoont een berekend stikstoftekort. Het patroon van stijgen en dalen wordt in de modelberekening goed gevolgd. Er is geen structurele over- of onderschatting van de beschikbare stikstof in de bouwvoor. Het berekende verloop van de organische stof levert een stabiel of licht dalend gehalte op. Op basis van een ruw organische stof balans met effectieve organische stof klopt dat aardig. De metingen op perceel 4 tonen daarentegen een sterke daling in drie jaar van 3,5 naar 2,3% wat op geen enkele manier verklaard kan worden met de huidige kennis.

Conclusie: bij het negeren van de onwaarschijnlijke daling van het organische stofgehalte volgens de metingen kan op basis van deze perceelscenario's goed een veralgemeeniseerd vruchtwisselingsscenario gemaakt worden in Ndicea.

3 Ontwikkeling van bodem en mineralengehaltes gewassen

3.1 Bodem

De ontwikkeling van de bodem organische stof en de totale bodem stikstof voorraad is besproken in het vorige hoofdstuk omdat dat input is voor de modelbeoordeling. Hieronder volgt de bespreking van de andere nutriënten.

Hierbij moet in gedachte worden gehouden dat de hoofdvraag gaat om stikstof en organische stof, en dat daarom ervoor gekozen is verder geen enkel aanvoer te laten plaatsvinden. Achteruitgang van bodemparameters zou dus verwacht kunnen worden en kan in de toekomst vermeden worden door wél aanvoer plaats te laten vinden.

De volledige chemische analyseresultaten staan in bijlage 2. Hieronder (Tabel 6) wordt gekeken naar P-PAE (Plant Available), P-AI, P-w, C/N, K-getal, K-PAE en pH. De Ca data vertonen een aantal onwaarschijnlijke waarden en worden niet besproken, mede omdat er sprake is van een Ca-rijk profiel. Bij de sporenelementen is regelmatig sprake van een niveau beneden de detectiewaarde waardoor statistische analyse niet goed mogelijk is. Data gerelateerd aan het bodemleven zijn pas enkele jaren onderdeel van het pakket en zijn hier ook niet verder statistisch doorgerekend.

Tabel 6. Data uit regressieanalyse overige bodemparameters

Parameter	P-PAE	P-AI	Pw	C/N	K-getal	K-PAE	pH
p-waarde	0.105	0.837	0.014	0.002	<.001	<.001	0.323
intercept	46.2	112.	1081.	-378.	2548.	7501.	26.9
helling	-0.0222	-0.036	-0.522	0.1922	-1.256	-3.692	-0.00972
conclusie	NS	NS	afname	toename	afname	afname	NS
NS = niet significant							

De bodemvoorraad is groot (P-PAE ; P-AI) en alleen daarom al is een eventuele afname (nog) niet meetbaar. Bij de fosfaat gaat alleen de Pw achteruit, de snel reagerende fosfaat parameter. De C/N neemt toe, ook als de onwaarschijnlijk lage waarden in 2012 worden verwijderd uit de analyse. Dit is dus een echte verandering. Mogelijk is er een samenhang met de N-efficiëntie. De K-beschikbaarheid neemt af. In het kader van de belangrijke rol die vlinderbloemigen spelen is dit een punt van aandacht. De pH blijft stabiel ondanks de licht verzurende eigenschap van de maaimeststof. Het is een kalkrijke bodem.

3.2 Gewas

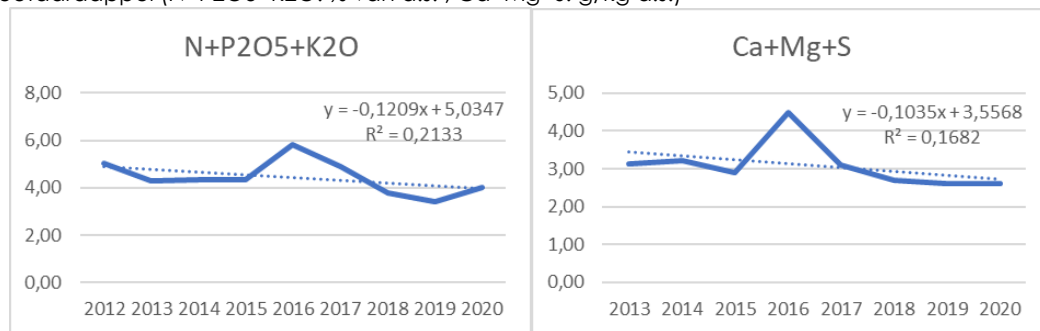
Bij de gewasanalyses is de achterliggende vraag of wijzigingen in de bodem of de bodemdynamiek structurele wijzigingen in nutriëntengehaltes opleveren. Net als het voorgaande is dit niet de hoofdvraag van dit onderzoek maar kan wel interessant zijn. In tegenstelling tot de bodem zijn het geen herhaalde metingen, dus meer dan een voorzichtige uitspraak over

een eventuele trend is niet mogelijk. In bijlage 4 staat de grafische weergave van de nutriëntengehaltes van aardappel, peen, haver, pompoen en tarwe/veldboon mengsel met trendlijn. Dit zijn de gewassen die sinds 2015 stabiel in de vruchtwisseling zitten. De grafieken en trendlijnen laten een grote diversiteit zien waaruit niet zo maar een conclusie te trekken valt, behalve dan de conclusie dat er geen sprake lijkt te zijn van een structurele afname of toename van de nutriëntengehaltes. Daarnaast hebben jaareffecten en rassenkeuze hun invloed.

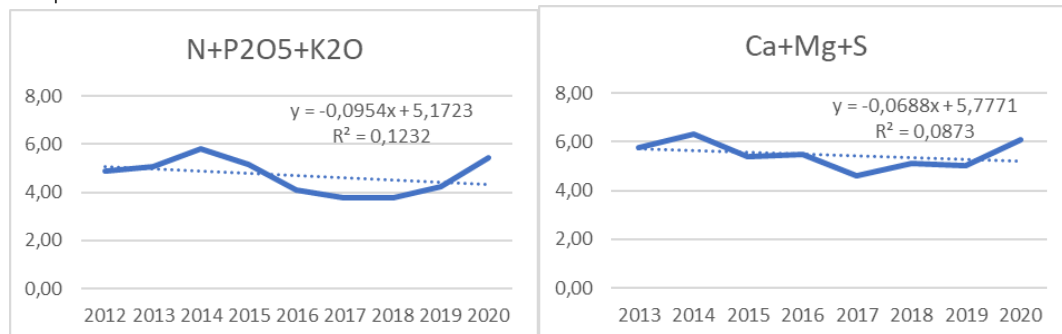
In een poging om het toch visueel samen te vatten staan hieronder de grafieken van de nutriënten N-P2O5-K2O opgeteld en die van Ca-Mg-S opgeteld (Figuur 2).

Behalve een heel lichte tendens tot daling zit er geen enkel visueel overeenkomend patroon in deze grafieken.

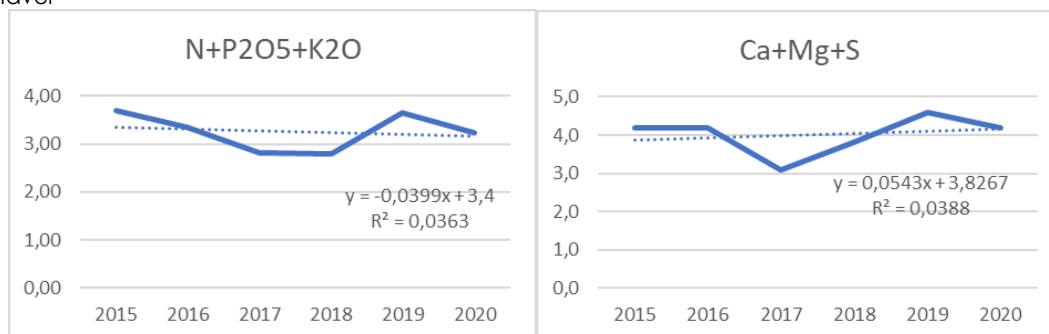
Pootaardappel (N+P2O5+K2O: % van d.s. ; Ca+Mg+S: g/kg d.s.)



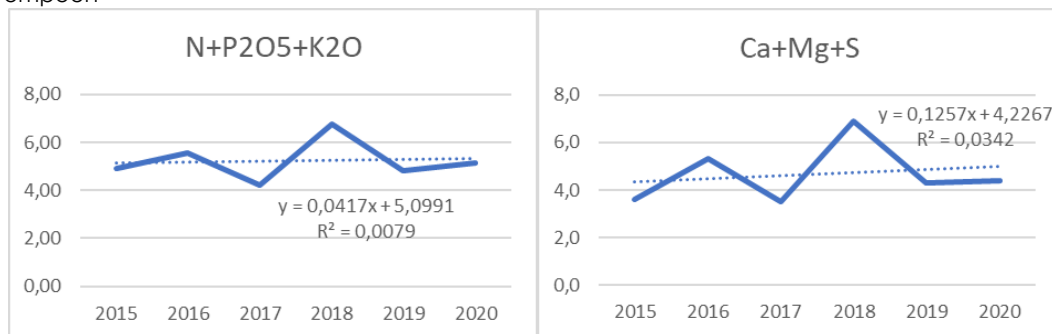
Winterpeen



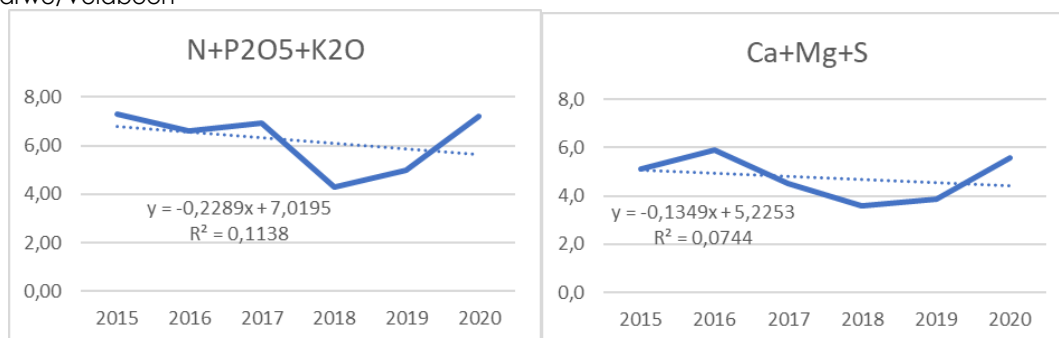
Haver



Pompoen



Tarwe/Veldboon



Figuur 2. Nutriëntengehalte gewassen samengevat

4 Systeemsценario's

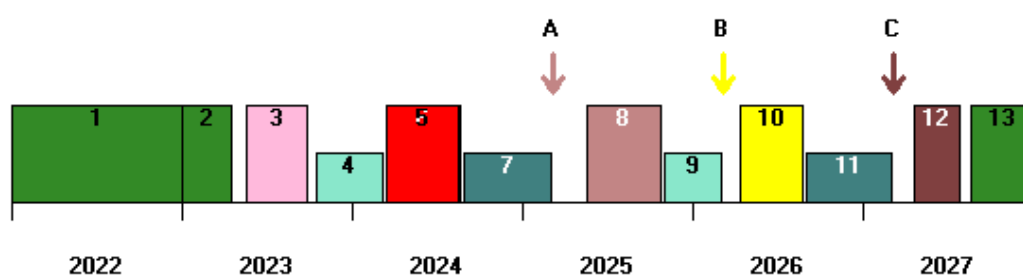
4.1 Planty Organic

De bodemparameters zoals ze voor de perceelscenario's zijn gebruikt zijn onveranderd meegenomen in het systeemscenario. De gebruikte weersgegevens voor alle zes de jaren zijn de Ndicea default data voor Noord-Nederland. De initiële waarden van de bodem organische stof zoals ze gebruikt zijn voor de perceelscenario's zijn hier in licht gewijzigde vorm toegepast, namelijk aangepast aan het gemiddelde gehalte organische stof in 2012 van de zes percelen, 1,73 %. De maaimeststof is verdeeld over de peen, haver en pootaardappels zoals het de laatste jaren gebruikelijk was. Voor de gewasopbrengst is gebruik gemaakt van de gemiddelde opbrengsten van de projectperiode waarbij niet alle gewassen even vaak geteeld zijn (Tabel 7). Bij de gewassen is het gemiddelde gemeten N-gehalte gebruikt en zijn de metingen van de laatste twee jaar gebruikt om de Ndicea default verhouding tussen product en gewasrest en de default N-inhoud van de gewasrest aan te passen. De metingen van de laatste twee jaar van de groenbemesters (opbrengst en N-inhoud) zijn gebruikt maar het aantal waarnemingen daarvan is beperkt.

Tabel 7. Opbrengsten

	# jaar	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Gemiddeld
Maaimeststof (in d.s.)	9	8799	9024	11434	8836	10008	10429	4511	9019	10939	9222
Pompoen	7			16000	14400	27181	24697	19300	22583	20495	20665
Tarwe/Veldboon (85% d.s.)	6				2980	2545	4776	4486	4339	8308	4572
Winterpeen	9	77477	80000	59725	82800	61000	59688	46566	71680	70313	67694
Haver	7		7836		3600	5188	5428	5827	4411	7164	5636
Pootaardappel	9	29229	34879	38000	35900	27550	39198	29367	42381	42213	35413

In Figuur 3 staan de gewassen op de tijdlijn met de bemestingsmomenten.

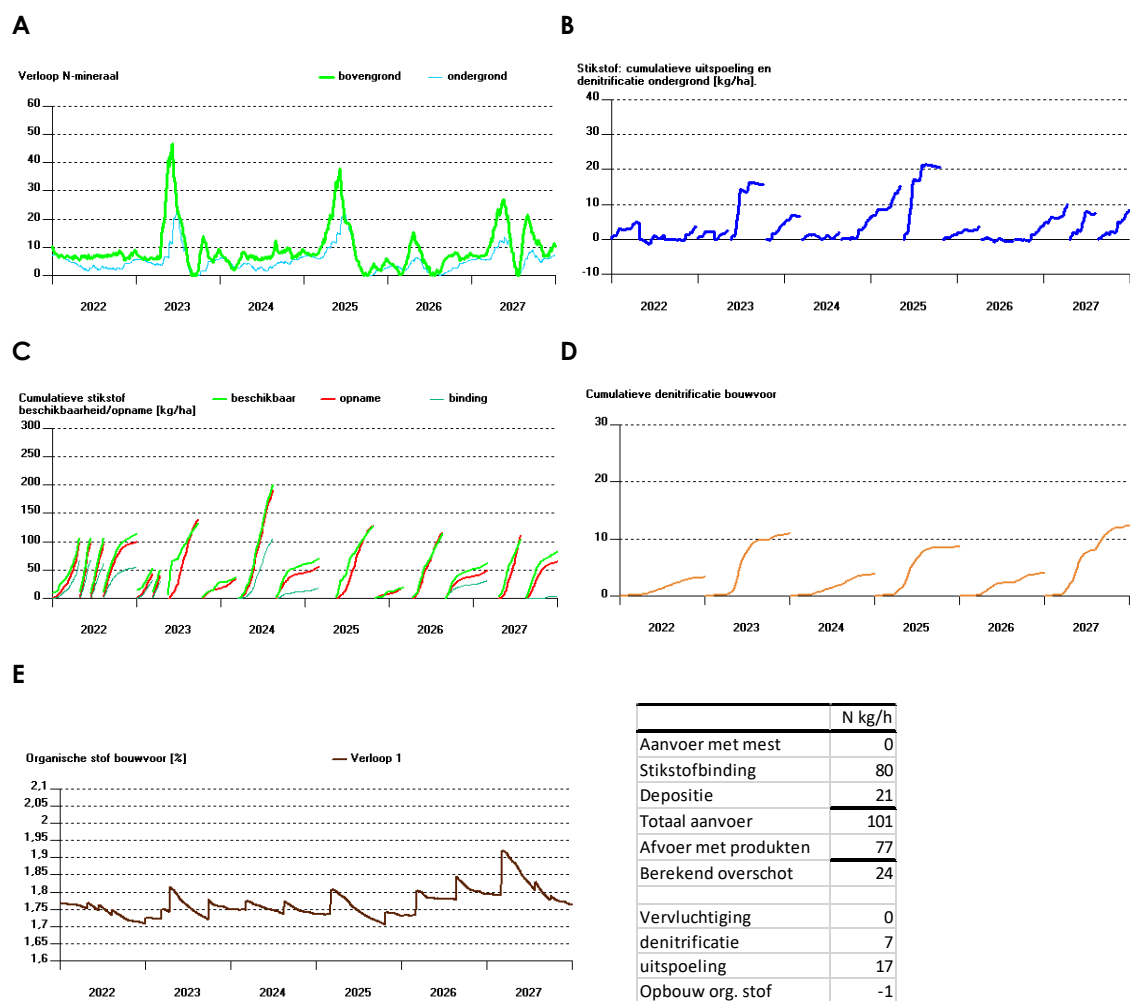


Figuur 3. Overzicht vruchtwisseling en bemesting

1,2,13: Vlinderbloemigen mengsel ; 3: Pompoen ; 5/6: Tarwe/Veldboon ; 8: Winterpeen ; 10: Haver ; 12: Pootaardappel .

4,9: Groenbemester zonder vlinderbloemigen ; 7,11: Groenbemester mengsel met vlinderbloemigen.

A: Maaimeststof, ongeveer 20% van wat beschikbaar is van voorgaande jaar . B: idem, ongeveer 30% ; C: idem, ongeveer 50%.



Figuur 4. Resultaatgrafieken Planty Organic

Voor de beoordeling van dit systeem is in Ndicea de berekening één keer herhaald, waarvoor als het ware de tweede vruchtwisselingsronde hierboven getoond wordt (Figuur 4). Hiermee wordt het vraagstuk van de initiatie van de organische stof aanzienlijk verkleind. Grafiek A en C tonen dat de beschikbare stikstof zeer nauw gevolgd wordt door de gevraagde stikstof (C, groene lijn resp. rode lijn). De berekende tekorten (groen kruist rood) zijn gering en vallen binnen de onnauwkeurigheidsmarge van het model. Dit resulteert in zeer lage waarden van N-mineraal (grafiek A). Het toont ook aan dat het systeem sterk stikstof gelimiteerd is.

De uitspoeling (grafiek B) is zeer laag. Tijdens en na pompoen is er relatief veel uitspoeling evenals na winterpeen, maar nog steeds gering. Pompoen groeit op de nalevering van stikstof uit de vlinderbloemige voorvrucht en dat wordt niet volledig benut, ook niet door de groenbemester die relatief laat gezaaid wordt (als het al lukt). Met enkele aannames komt de uitspoeling neer op 3 mg nitraat-N l⁻¹. De EU norm ligt op 11 mg nitraat-N l⁻¹.

De denitrificatie is zeer laag (grafiek D), wat voornamelijk verklaard kan worden door de afwezigheid van hoge niveaus N-mineraal in de bouwvoor (grafiek A).

De organische stof is stabiel (grafiek E).

In de mineralenbalans is de stikstofbinding van maaimeststof, veldboon en groenbemesters samen gemiddeld 80 kg per hectare. Daar moet het systeem het mee doen, samen met de depositie 101 kg. De N-omzet in maaimeststof is 48 kg per hectare. Omdat dat een interne stroom is wordt die niet zichtbaar in de balans, maar hij is wel essentieel. Van de toevoer wordt 77 kg benut in verkoopbare producten en blijft 24 kg per hectare per jaar over.

De vervluchtiging (in dit model uitsluitend uit mest en kunstmest) is nul. De denitrificatie is 7 kg en zou alleen nog verlaagd kunnen worden door het N-mineraal niveau bij pompoen en pootaardappels te verlagen. Dat is geen optie.

De uitspoeling bedraagt 17 kg per hectare per jaar. Optie voor verlaging daarvan binnen dit systeem is eigenlijk alleen een betere groei van de groenbemesters, wat neerkomt op zo strak mogelijk inzaaien na de oogst van het hoofdgewas. Bij haver en eventueel tarwe/veldboon zou onderzaai overwogen kunnen worden.

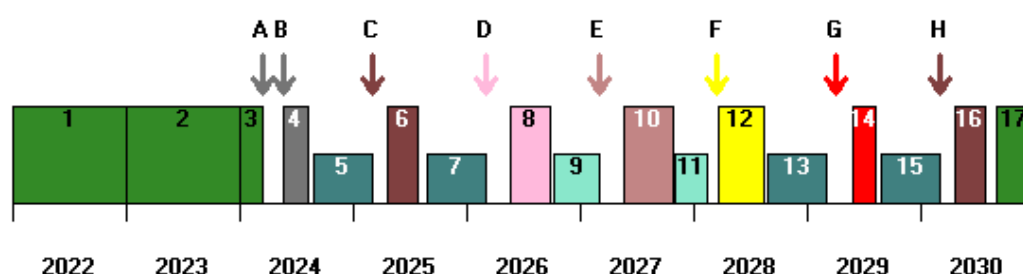
De organische stof is stabiel, en ook de organische stikstof in de bodem is stabiel.

Gemiddeld is 87 % van de tijd de grond bedekt met een groeiend gewas. 51 % van de tijd is er een vlinderbloemige component: een puur vlinderbloemig gewas (voor maaimeststof) of een mengsel met niet-vlinderbloemigen (Tarwe/Veldboon; groenbemesters).

4.2 Kollumerwaard biologisch

Het Ndicea systeemscenario van KW biologisch is gebaseerd op negen perceelscenario's van 2011 – 2020 waarbij twee percelen (Bio P2 en P7) in 2019 en 2020 in het project Stikstof Telen bemonsterd zijn parallel aan Planty Organic. Op deze percelen bleek de Ndicea berekening voldoende betrouwbaar en biedt een basis voor een systeemscenario.

De negenjarige vruchtwisseling op KW biologisch is behoorlijk stabiel. In overleg met de bedrijfsleider is een 'gemiddelde' vruchtwisseling opgesteld met bijbehorende bemesting en opbrengsten. Inhoudsstoffen van de bemesting zijn afgeleid uit gemeten waarden. De nutriënteninhoud van de gewassen en gewasresten zijn forfaitaire Ndicea waarden. Verder worden alle default bodemparameters gebruikt zoals bij Planty Organic. In dit scenario wordt



Figuur 5. Vruchtvolgorde en bemesting

1,2,3,17: Grasklaver ; 4: Bloemkool ; 6: Pootaardappel ; 8: Pompoen ; 10: Winterpeen ; 12: Zomertarwe ; 14: Sperzieboon ; 16: Pootaardappel .

5, 7, 13, 15: Groenbemester mengsel met vlinderbloemigen ; 9,11: Groenbemester mengsel zonder vlinderbloemigen.

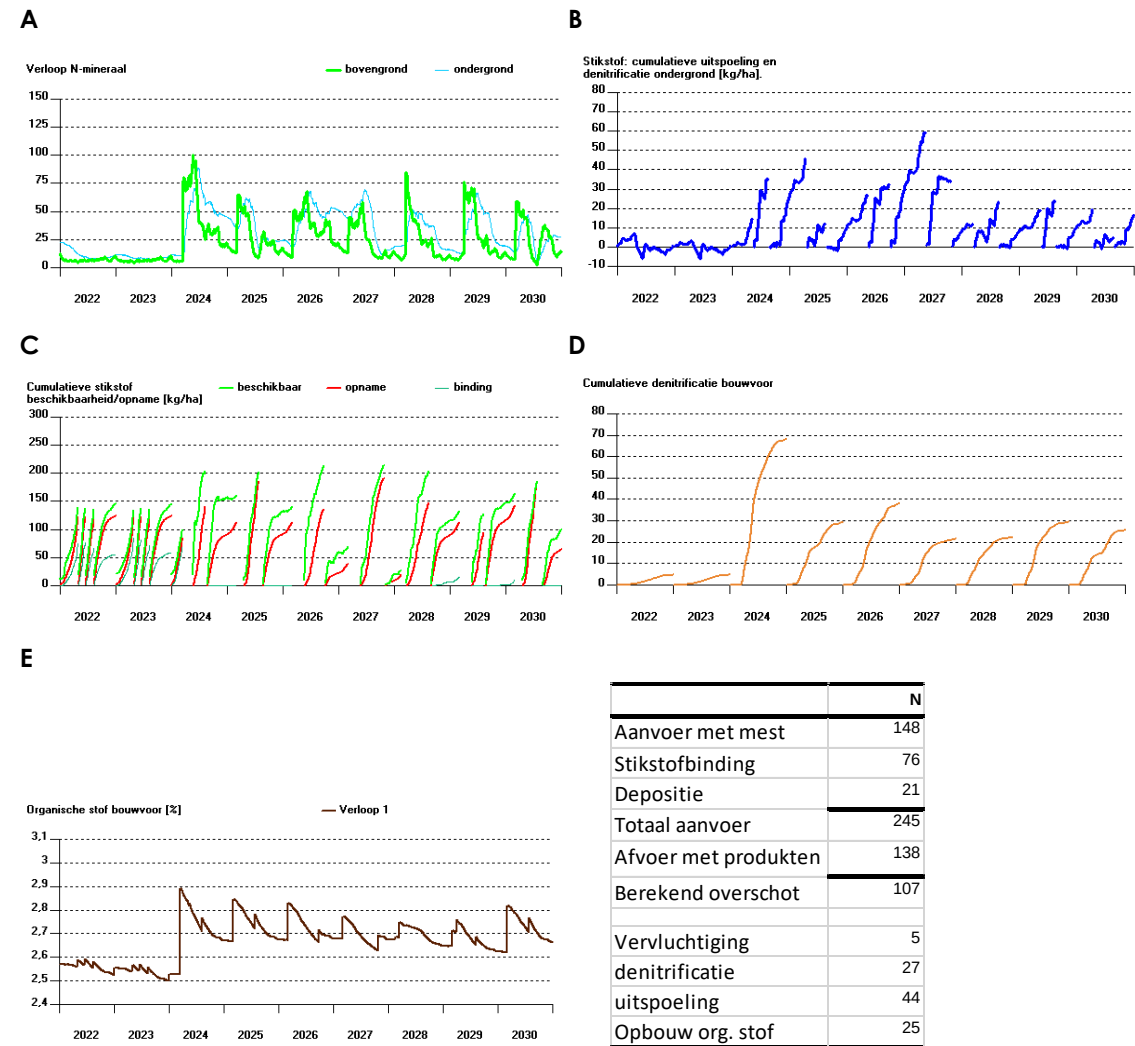
A: Geitenmest 35 ton ; C: GM 25 ton ; D: GM 20 ton ; E GM 15 ton ; H: GM 25 ton ; B: korrels 25 kg N ; F: Rundvee drijfmest 40 ton ; G: RDM 35 ton

een maximale bewortelingsdiepte van 90 cm aangehouden. Hieronder worden de resultaten getoond van de tweede vruchtwisselingsronde.

In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** staat de vruchtvolgorde en bemesting. In Tabel 8 staan de opbrengsten van het biologische bedrijfsgedeelte. Figuur 6 geeft de resultaten vanuit Ndicea.

Tabel 8. Opbrengsten (Grasklaver: in droge stof)

	ton/ha
Grasklaver	11,5
Bloemkool	20
Pootaardappel	40
Pompoen	22
Winterpeen	70
Zomertarwe	5,8
Sperzieboon	12



Figuur 6 Resultaatgrafieken KW Biologisch

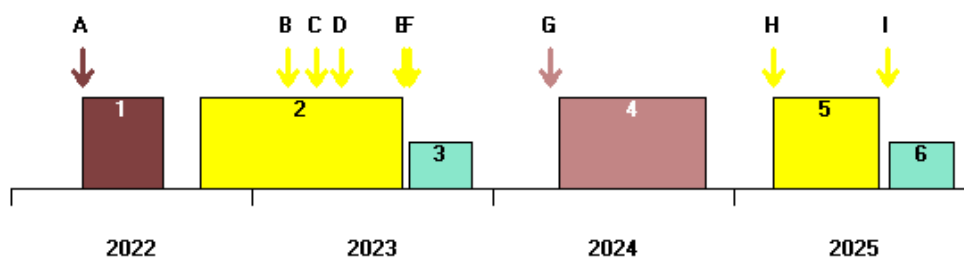
De opbrengst bij KW Biologisch ligt hoger dan bij Planty Organic (Pootaardappel, Peen en Pompoen komen voor in beide vruchtwisselingen) maar niet veel hoger (Tabel 8).

KW biologisch is duidelijk ruimer van stikstof voorzien (grafiek A en C) dan Planty Organic. De stikstofbinding is vergelijkbaar, maar daarnaast wordt mest aangevoerd. De afvoer met producten is twee keer zo hoog, maar dat is inclusief twee jaar grasklaver die verkocht wordt. Kijkend naar producten voor menselijke consumptie gaat het om 70 kg N per hectare, dus iets lager dan Planty Organic. Het N-min niveau 0-30 cm (grafiek A, groene lijn) ligt gemiddeld hoger, en de afstand in grafiek C tussen aanbod (groen) en vraag (rood) is groter. Alleen bij Pootaardappel liggen vraag en aanbod vrij strak bij elkaar. Uitspoeling en denitrificatie (grafiek B en D) liggen twee keer zo hoog als bij Planty Organic. De denitrificatie (grafiek D) hangt samen met het hogere niveau N-mineraal (grafiek A). Er is sprake van een bescheiden vervluchtiging van stikstof bij het toedienen van organische mest. Het berekende N-overschot is niet allemaal verlies: 25 kg wordt per jaar vastgelegd in aanwas bodem organische stof.

Gemiddeld is 83 % van de tijd de grond bedekt met een groeiend gewas. 53 % van de tijd is er een vlinderbloemige component: Grasklaver, Sperzieboon, groenbemesters. Deze percentages komen nagenoeg overeen met Planty Organic.

4.3 KW Gangbaar

Het Ndicea systeemscenario van KW gangbaar is gebaseerd op zes perceelscenario's van 2016 – 2020 waarbij twee percelen (Gangbaar P1 en P4) in 2019 en 2020 in het project Stikstof Telen beperkt bemonsterd zijn parallel aan Planty Organic. Op deze percelen bleek de Ndicea berekening voldoende betrouwbaar en biedt een basis voor een systeemscenario. De vruchtwisseling op KW gangbaar is redelijk stabiel, maar de pootgoedteelt 1:4 verdeeld over een kavel met zes percelen levert per definitie wat wisselingen op in de volgorde van de overige gewassen. In overleg met de bedrijfsleider is een 'gemiddelde' vruchtwisseling opgesteld met bijbehorende bemesting en opbrengsten. Door deze opzet zijn twee andere gewassen die regelmatig geteeld worden niet in dit scenario opgenomen: wintergerst en zaaiui. Inhoudsstoffen van de bemesting zijn afgeleid uit gemeten waarden. De nutriënteninhoud van de gewassen en gewasresten zijn forfaitaire Ndicea waarden. Verder worden alle default bodemparameters gebruikt zoals bij Planty Organic en KW Bio. In dit scenario wordt een maximale bewortelingsdiepte van 90 cm aangehouden. Er is uitgegaan van 2,8% organische stof bij aanvang. De grondbewerking geschiedt vaak met de ploeg, dus in Ndicea is 'conventionele grondbewerking' aangehouden. Hieronder worden de resultaten getoond van de tweede vruchtwisselingsronde. Figuur 7 geeft de vruchtvolgorde en bemesting. In Tabel 9 staan de gemiddelde opbrengsten. In Figuur 8 staan de resultaten van dit scenario.



Figuur 7. Vruchtvolgorde en bemesting

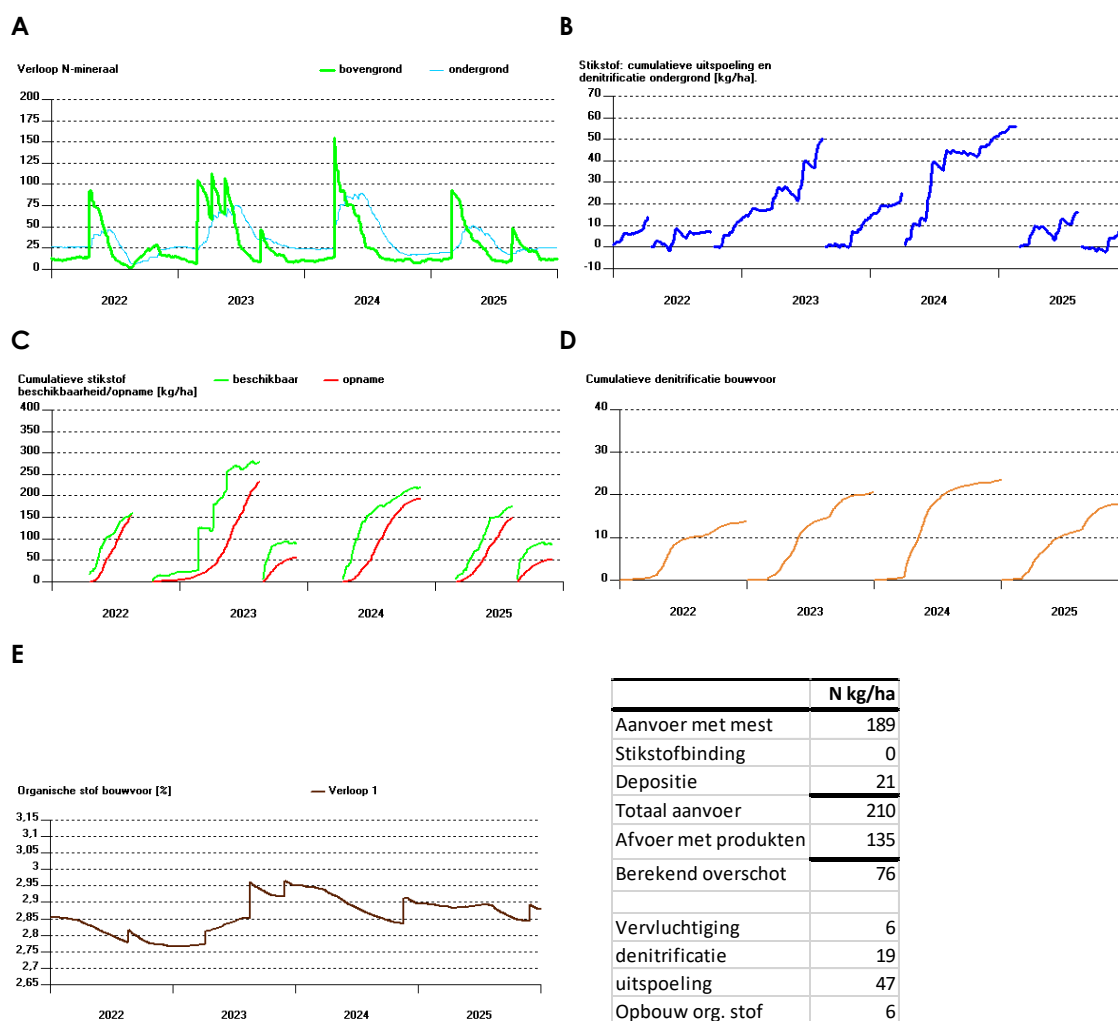
1: Poot aardappel ; 2: Winter tarwe ; 4: Suikerbiet ; 5: Zomergerst

3,6: Groenbemester mengsel zonder vlinderbloemigen

A: Kunstmest 80 kg N/ha ; B: KM 100 kg ; C: Rundvee Drijfmest 25 ton ; D: KM 50 kg ; E: Groencompost 25 ton ; F: KM 40 kg ; G: KM 140 kg ; H: KM 80 kg ; I: KM 40 kg.

Tabel 9. Opbrengsten KW gangbaar ü

	Ton/ha
Poot aardappel	44
Winter tarwe	9,5
Suikerbiet	85
Zomergerst	7



Figuur 8. Resultaatgrafieken KW gangbaar

De opbrengst van de pootaardappel ligt maar iets boven die van KW Bio die op zijn beurt weer iets hoger ligt dan bij Planty Organic. De andere drie gewassen komen niet voor in Planty Organic en KW Bio en de opbrengst is gebruikelijk in deze regio.

Bij de pootaardappelteelt is de stikstof beschikbaarheid vrij nauw gerelateerd aan de opname; bij oogst is het profiel zo goed als leeg (grafiek A). Bij de andere gewassen is er een ruimere marge. Door het bemestingsregime is er sprake van kortdurende maar hoge pieken in N-mineraal 0-30 cm (grafiek C). De uitspoeling is vooral tijdens en na de teelt van winter-tarwe en suikerbiet maar ligt op het zelfde niveau als KW Bio (grafiek B). De denitrificatie (grafiek D) is gerelateerd aan het niveau N-mineraal 0-30. Het organische stofgehalte is vrijwel stabiel, misschien licht stijgend (grafiek E). De bijdrage van groencompost na winter-tarwe is daarbij doorslaggevend.

De afvoer met producten voor menselijke consumptie is twee keer zo hoog als bij Planty Organic en KW Bio.

Gemiddeld is 69 % van de tijd de grond bedekt met een groeiend gewas. Vlinderbloemigen komen niet voor.

5 Vergelijking van de systeemscenario's

In dit hoofdstuk worden karakteristieke eigenschappen van de drie akkerbouwsystemen op Kollumerwaard met elkaar vergeleken. In hoofdlijn gaan het om input - throughput - output eigenschappen. Bij Planty Organic en KW gangbaar beperkt zich dat tot de perceelgrens; bij KW Biologisch wordt een klein uitstapje gemaakt vanwege de verkoop van grasklaver en de aankoop van mest. De parameter die centraal staat is stikstof, met een kleine uitstap naar organische stof. 'Productie' wordt hier gedefinieerd als 'Stikstof in verkocht product'.

5.1 Input – output

Tabel 10 geeft een overzicht van de drie systemen wat betreft de input en de output. Daarnaast wordt aangegeven wat er met het stikstofoverschot gebeurt. Alle getallen in kg per hectare per jaar.

Tabel 10. Input – output, N in kg/ha

	N-input				N-output	
	Fixatie	Organische mest	Kunstmest	Depositie	Totaal in	Product Grasklaver
Planty Organic	80	0	0	21	101	76
KW Biologisch	76	148	0	21	245	73 68
KW Gangbaar	0	57	132	21	210	125
	Vervluchtiging	Denitrificatie	Uitspoeling	Opbouw org stof	Totaal verlies	
Planty Organic	0	7	17	-1	24	
KW Biologisch	5	27	44	25	76	
KW Gangbaar	6	19	47	6	72	

N-fixatie

De N-fixatie is bij Planty Organic en KW Bio vergelijkbaar. Dat is N-input vrijwel zonder verdere milieu-impact zoals CO₂ uitstoot voor kunstmestproductie.

Mestgebruik

KW Bio en Gangbaar maken gebruik van organische mest en compost wat je kunt zien als kringloopproducten. Bij dierlijke mest komt dan landgebruik 'elders' in beeld, en daar achteraan weer 'aanvoer van veevoer van elders', maar zo'n totaalanalyse valt ver buiten het bereik van deze studie. Bij KW Gangbaar wordt N-kunstmest aangevoerd met de daarbij behorende CO₂-last. Ook dit valt buiten het bereik van deze rapportage maar wordt wel genoemd.

Productie

De productie van Planty Organic en KW Bio is vergelijkbaar. De bij KW Bio afgevoerde grasklaver (gemiddeld 68 kg/ha) zou je kunnen wegstrepen tegen een deel van de aangevoerde organische mest. Bij die transactie kun je echter slechts 50% van de hoeveelheid stik-

stof terug verwachten (Fuchs 2020) omdat de rest gaat zitten in melk en vlees (20%) en verliezen in het mesttraject (30%). Bij deze aanname zou de aanvoer van organische mest bij KW Bio dus rekenkundig verlaagd kunnen worden met 34 kg en uitkomen op 114 kg externe aanvoer.

De productie van KW Gangbaar ligt twee keer zo hoog als bij Planty Organic en KW Bio. Van de 135 kg is echter 10 kg afvoer in de vorm van stro.

Maaimeststof versus veevoer -> mest

Een karakteristiek verschil tussen de inzet van (gras)klaver als maaimeststof of als veevoer met mest als retourproduct is dus rond 30% verlies van stikstof op productieniveau en 50% verlies van stikstof gezien vanuit een bedrijf dat de keuze maakt tussen maaimeststof zelf benutten of als veevoer afvoeren en mest aanvoeren.

Verliezen

Planty Organic onderscheidt zich door een zeer lage vervluchtiging, denitrificatie en uitspoeling. KW Bio en Gangbaar lijken op die punt veel op elkaar, maar de denitrificatie is hoger bij KW Bio. Dat wordt voor een flink deel verklaard door de hoge piek bij de bloemkoolteelt. De rest van het verschil kan verklaard worden door een combinatie van N-mineraal niveau en meer omzetting van organische stof (bodemleven activiteit).

Organische stof en bodem organische N

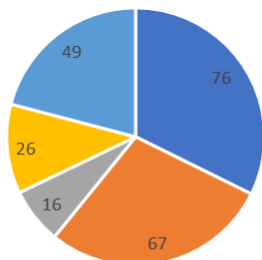
Planty Organic is in staat om zonder externe aanvoer het bodem stikstof en organische stofgehalte op peil te houden. Bij KW Bio stijgt het niveau bodem organische N licht, met als belangrijkste verklarende factor de aanvoer van externe mest. Grasklaver speelt uiteraard ook een rol hierin. Het gangbare systeem is nagenoeg stabiel in bodem stikstof en bodem organische stof. Composttoevoer en twee van vier jaar graanteelt zijn de verklarende factoren.

5.2 Throughput

In deze paragraaf komen de interne stromen van stikstof aan bod. Bemesting is slechts één van de bronnen van stikstof voor de gewasgroei van het komende seizoen. Een aanzienlijk deel van de stikstofvoorziening verloopt via de bodem: alle organische toevoegingen van de voorgaande jaren. Bij het opstellen van een bemestingsplan kan daar rekening mee worden gehouden.

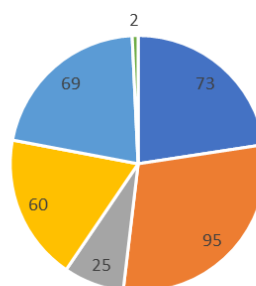
Er is gekeken naar de N-flux richting gewasgroei, uitgesplitst naar product, gewasrest en wortelresten. Daarnaast wordt de maaimeststof (Planty Organic), de grasklaver (KW Bio) en afgevoerd stro (KW Bio en Gangbaar) in beeld gebracht. Figuur 9 is de grafische weergave, Tabel 11 geeft de waarden in kg/ha/ja en in % voor de drie systemen.

Planty Organic. Gemiddelde jaarlijkse N-flux 235 kg/ha



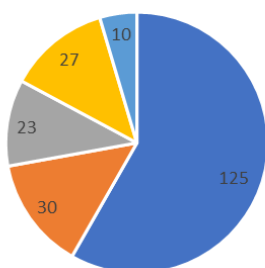
■ Product ■ Gewasrest ■ Wortelrest ■ Groenbem ■ MMS

KW Biologisch. Gemiddelde jaarlijkse N-flux 324 kg/ha



■ Product ■ Gewasrest ■ Wortelrest ■ Groenbem ■ Grkl ■ Stro

KW Gangbaar. Gemiddelde jaarlijkse N-flux 215 kg/ha



■ Product ■ Gewasrest ■ Wortelrest ■ Groenbem ■ Stro

	Planty Organic		KW Biologisch		KW Gangbaar	
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
Product	76	32	73	23	125	58
Gewasres	67	29	95	29	30	14
Wortelres	16	7	25	8	23	11
Groenben	26	11	60	18	27	13
Maaimest	49	21				
Grasklaver			69	21		
Stro			2	1	10	5
Totaal	235		324		215	

Figuur 9. Bestemming van opgenomen stikstof, in kg gemiddeld per hectare per jaar.

Tabel 11. Bestemming van opgenomen stikstof, gemiddeld per hectare per jaar

Hierover kunnen de volgende opmerkingen worden gemaakt

- De N-flux, dus de totale door planten opgenomen stikstof gemiddeld per hectare per jaar, is het hoogst voor KW Bio. Planty Organic ligt aanzienlijk lager en in dezelfde grootteorde ligt KW gangbaar.
- De in producten verkochte N (exclusief stro en grasklaver) ligt bij KW Gangbaar 66% hoger dan bij Planty Organic en KW Biologisch.
- De gewasresten tonen grote verschillen. KW gangbaar is laag omdat twee van de vier jaar graanteelt is met afvoer van stro. KW Bio is hoog omdat de gewasresten van de grasklaverteelt aanzienlijk zijn. Misschien is er een overschatting omdat de forfaitaire waarden van Ndicea gebruikt zijn. Er zijn te weinig metingen om daar meer over te kunnen zeggen.

- De wortelresten zijn op KW Bio vooral hoog door de tweejarige grasklaver. Bij KW gangbaar is de hoeveelheid vergelijkbaar maar de bron is hier twee van de vier jaar graanteelt.
- KW Bio is wat betreft de groenbemesters hoger dan de andere twee systemen. Er zijn relatief meer jaren met groenbemesters, en ook nog een relatief veel jaren waar de groenbemester vroeg gezaaid kan worden.
- De maaimeststof van Planty Organic bevat gemiddeld per hectare minder stikstof dan de grasklaver van KW Bio omdat het slechts 1:6 in de vruchtwisseling zit en de grasklaver 2:9.

5.3 Interpretatie

Het meest opvallende is dat in KW Gangbaar meer dan de helft van de N-flux omgezet wordt in verkoopbaar product, en dat slechts 90 kg/ha intern blijft. Bij Planty Organic komt 32% in verkoopbare producten terecht en is 159 kg in interne kringloop. Voor KW Biologisch zijn die getallen 23% productie en 251 intern waarbij de grasklaver virtueel is ingevuld voor dierlijke mest. De grote interne N-stroom bij Planty Organic leidt echter niet tot een lage stikstof efficiëntie. In Tabel 12 is dat zichtbaar, waarbij 21 kg depositie is meegerekend als input en stro (KW gangbaar) niet als output. KW Biologisch wordt niet getoond omdat daar de grasklaver deels omgezet wordt in mest met daartussen dierlijke productie en N-verlies, waardoor de berekening van de N-efficiëntie aanzienlijk complexer wordt. Dat valt buiten deze studie.

Tabel 12. N-efficiëntie

	In *	Uit	N-efficiëntie
Planty Organic	101	76	75
KW Gangbaar	210	125	60
* inclusief depositie, 21 kg/ha/jr			

De N-input naast de depositie bij Planty Organic heeft wel landoppervlak nodig maar daar naast weinig externe energie (trekker en zaaizaad) terwijl dat bij KW Gangbaar, met grotendeels N-kunstmest, een flinke energie- en dus ook CO₂-post met zich meebrengt.

De 'output' naast de productie betreft verliesposten (Tabel 10) en die zijn bij KW Gangbaar drie keer zo groot als bij Planty Organic. KW Biologisch is wat verliezen betreft vergelijkbaar met KW Gangbaar.

In het Planty Organic system verloopt verreweg het grootste deel van de plantenvoeding via de bodem en niet rechtstreeks van (groene) mest naar plant. Een systeem dat gericht is op dit proces moet als geheel daarop ingericht zijn. Bij Planty Organic is dat het geval:

- Vrijwel nooit een N-mineraal gehalte in de bouwvoor hoger dan 40 kg N ha⁻¹ omdat geen kunstmest of dierlijke mest gebruikt wordt. Daardoor is er een relatief lage denitrificatie en potentieel lage uitspoeling

- Geen vervluchtiging van stikstof uit kunstmest of dierlijke mest.
- N-input volledig plantaardig, zie vorige punt. Dat kenmerkt zich door een relatief langzame stikstofbeschikbaarheid wat in dit kader als een voordeel gezien kan worden.
- Maximale bedekking van de grond met een groeiend gewas. Met name in het najaar speelt dat een rol in verband met neerslagoverschot in najaar en winter. Zo veel mogelijk wintergroen dus, ook met het oog op structuurbescherming en verzorging bodemleven.
- Maximale inzet van groenbemesters, zie vorige punt
- Optimale bodemstructuur door niet-kerende grondbewerking en seizoen-vaste rijpaden. Daardoor maximale mogelijkheden voor wortels om nutriënten op te nemen.
- Niet-kerende grondbewerking voor behoud van gelaagdheid van het bodemleven in de bouwvoor
- Uitgekiende vruchtwisseling met het oog op stikstofbenutting, maar ook op afwisseling maaivucht / rooivucht, onkruidbeheersing en hygiëne t.a.v. ziekten en plagen.
- Biodiversiteit bovengronds en ondergronds door ruime vruchtwisseling, klaver/luzerne mengsel, tarwe/veldboon mengcultuur en groenbemester mengsels.

6 Bedrijfseconomische kanten

Dit rapport is niet de plek om de economische potentie van gangbare akkerbouw te vergelijken met die van de biologische akkerbouw. Daarvoor kan gekeken worden naar de CBS cijfers en naar de vakliteratuur. Samenvattend kan wel gesteld worden dat veel biologische akkerbouwbedrijven het bedrijfseconomisch zeker niet slechter doen dan gangbare akkerbouwers.

Een vergelijking tussen Planty Organic en KW Biologisch zoals het de afgelopen tijd op Kollumerwaard heeft voltrokken is wel mogelijk, maar de geteelde gewassen verschillen deels en dat heeft impact. Er is ook een vergelijking mogelijk tussen Planty Organic en een zelfde rotatie maar dan met uitruil (verkoop – inkoop) van grasklaver (in plaats van klaver/luzerne) voor mest.

6.1 Vergelijking Planty Organic met KW Biologisch

In Tabel 13 worden deze twee systemen op hoofdlijnen vergeleken. Cijfers per hectare.

Tabel 13. Vergelijking Planty Organic met KW Bio

	Productprijs Eur/ton	Opbrengst/ha			
		Planty Organic		KW Biologisch	
		ton	€	ton	€
Klaver/luzerne					
Pompoen	€ 380	20,7	€ 7.853	22,0	€ 8.360
Tarwe/veldboon	€ 400	4,6	€ 1.829		
Winterpeen	€ 180	67,7	€ 12.185	70,0	€ 12.600
Haver	€ 500	5,6	€ 2.818	5,8	€ 3.150
Pootaardappelaardappel	€ 700	35,4	€ 24.789	40,0	€ 28.000
Pootaardappel	€ 700			40,0	€ 28.000
Sperzieboon	€ 400			12,0	€ 4.800
Bloemkool					€ 1.800
Gras/klaver 1e jaar	€ 110			11,5	€ 1.265
Gras/klaver 2e jaar	€ 110			11,5	€ 1.265
Totaal opbrengst			€ 49.474		€ 89.240
Aantal hectare			6		9
Opbrengst per ha (incl nul-opbrengst klaver)			€ 8.246		€ 9.916
Kosten per ha (inclusief compostaanvoer)			€ 2.756		€ 2.115
Resultaat			€ 5.490		€ 7.801
derving per hectare			€ 2.311		

Inkomsten

- De fysieke opbrengsten van Planty Organic liggen gemiddeld 6% onder die van KW Biologisch maar de pootaardappel met de hoogste kiloprijs ligt er 11% onder.
- Bij Planty Organic levert de klaver/luzerne geen opbrengsten op, alleen een besparing op bemestingskosten (zie hieronder). De grasklaver van KW Bio levert wel inkomsten
- KW Bio heeft relatief meer hoogsalderende pootgoedteelt (2:9) dan Planty Organic (1:6)
- KW Bio heeft nog een relatief hoog salderend gewas: sperziebonen.

Kosten

- Voor de grasklaver in KW Bio hoeft maar één keer bewerkt en gezaaid te worden voor twee jaar productie. De rest van het werk verricht de kopende partij. Planty Organic maakt hogere kosten (duurder zaaizaad) voor slechts één productiejaar.
- De verhuurde grond voor de bloemkoolteelt in KW Bio brengt geen kosten met zich mee.
- In Planty Organic werd tot nu toe geen mest aangevoerd, dus nul kosten. Voor deze berekening is uitgegaan van de plannen voor de voortzetting: gemiddeld 15 ton kwalitatief hoogwaardige natuurkompost per hectare per jaar. Dat kost meer dan de huidige mestaanvoer bij KW Bio.

Netto resultaat verschil

Bij elkaar levert het maaimeststoffen systeem op Kollumerwaard in vergelijking met KW Bio een nadeel op van € 2.311 per hectare. Samenvattend zou je kunnen stellen dat dat komt door verschillen in vruchtwisseling en gewassenkeuze, verschillen in bemestingskosten, verschil in opbrengst grasklaver versus maaimeststof en relatief kleine verschillen in fysieke opbrengst waarbij de pootgoedteelt zwaar meetelt. Een maaimeststoffen systeem met 2:9 pootgoedteelt zou er veel gunstiger uitzien.

6.2 Vergelijking Planty Organic met variant dierlijke mest

Kwantitatieve vergelijking

In deze berekening (Tabel 14) wordt de klaverluzerne maaimeststof vervangen door grasklaver die verkocht wordt, en wordt dierlijke mest aangevoerd zoals op KW Biologisch gebruikelijk is. De opbrengsten worden gelijk getrokken op het niveau van KW Biologisch. Hier wordt dus alle gelijk getrokken behalve de klaver/luzerne versus gras/klaver, en maaimeststof versus verkoop gras/klaver en aankoop mest.

Tabel 14. Vergelijking Maaimeststof met uitwisseling gras/klaver - mest

	Maaimeststof	Grasklaver verkoop, mest aankoop
Gewasopbrengst	€ 8.246	€ 9.744
Kosten	€ 2.756	€ 2.162
Resultaat	€ 5.490	€ 7.582
Derving per hectare	€ 2.093	

In het maaimeststofsysteem is gerekend met een compostprijs van € 15 per ton. Dat is een dure compost. Bij de mest is gerekend met € 15 per ton. In beide gevallen kost het uitrijden op het land € 4 per ton.

- De gewasopbrengst gaat omhoog (veronderstelling) naar het huidige niveau KW Biologisch plus de verkoopprijs van de gras/klaver.

- De kosten dalen vooral doordat er minder ton mest aangevoerd wordt dan compost. Een kleine factor is nog de geringere kosten van gras/klaver ten opzichte van klaver/luzerne maaimeststof.

De derving per hectare is nog steeds aanzienlijk.

Bespiegeling: kringloop.

Het Planty Organic maaimeststof kan met aanvoer van regionale reststromen in principe een regionale kringloop realiseren voor de plantenvoedingsstoffen naast stikstof. Daarbij zou een P_2O_5 retourstroom van 30 kg/ha aangehouden kunnen worden, wat neerkomt op evenwicht met afvoer. Bij keuze van een schone natuurcompost met 2,5% P_2O_5 komt dat neer op 12 ton per hectare per jaar. Bij verkoop van gras/klaver en aankoop van dierlijke mest in de hoeveelheden zoals in bovenstaande voorbeeld is sprake van een netto fosfaataanvoer naar het bedrijf. De afvoer t.o.v. maaimeststoffen neemt toe met 15 kg P_2O_5 per hectare (verkoop gras/klaver) tot 45 kg, en de aanvoer bedraagt 53 kg P_2O_5 per hectare.

Bespiegeling: Mest en markt

Bij een andere keuze voor de compost (€ 10 per ton) en een stijging van de prijs van biologische vaste mest met 50% is het saldooverschil nog maar € 200. Of die prijsstijging reëel is hangt af van het mestbeleid binnen de biologische sector en de reactie van de sector hierop. Als het aandeel toegestaan gebruik van gangbare mest (berekend op stikstof) teruggebracht wordt van de huidige 30% naar 0% kan het niet anders dan dat er een sterk prijsopdrijvend effect op zal treden. Telers zullen daarop reageren met aanpassingen in bemesting maar ook in bouwplan en vruchtwisseling. Dat laatste zal gepaard gaan met elementen uit het maaimeststoffen systeem zonder dat het meteen volledig gekopieerd hoeft te worden.

Bespiegeling: een ander voorbeeld

Akkerbouwer van Strien is in 2020 na jarenlang ervaring opgedaan te hebben volledig overgegaan op maaimeststoffen (Artikel Veeteelt Gras, 2021). Het gaat om een akkerbouwbedrijf van 90 hectare met daarvan 20 hectare maaimeststof, dus 2:9 maaimeststof. Hij gaat uit van zo goed als onveranderde opbrengsten, en rekent op € 100 euro per hectare aan additionele kosten voor bemesting. Dat laatste komt mede doordat hij al langer op een goedkope manier compost kan aanvoeren. De extra kosten heeft hij er voor over om risico van insleep van residuen van (gangbaar) stro in biologische mest uit te sluiten.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

De zes percelen zijn negen jaar gemonitord en gemodelleerd in Ndicea. De perceelsscenario's bleken voldoende betrouwbaar om als basis te dienen voor een algemeen vruchtwisselingsscenario. Dat was ook zo voor de in 2019 toegevoegde percelen van Kollumerwaard Biologisch en Kollumerwaard Gangbaar; helaas niet voor die van Bakker Bio die daarom in de systeemvergelijking niet is meegenomen.

Op basis van de vruchtwisselingsscenario's en alle andere informatie en ervaringen komen we tot de volgende conclusies:

Agronomisch:

- Het maaimeststoffensysteem is in praktijk goed uitvoerbaar gebleken.
- Er is een flinke lijst van deelmaatregelen die allemaal, op elkaar afgestemd, het systeem laten draaien en robuust maken.
- De bodemkwaliteit gemeten aan organische stof en stikstof blijft in Planty Organic stabiel, zonder enige aanvoer van buiten. Dat is een opmerkelijke conclusie. Niet-kerende gereduceerde grondbewerking speelt daarbij een flinke rol. Het biologische systeem kent een gemodelleerde bescheiden groei van organische stof en stikstof. In efficiëntietermen lijkt dat 'verlies' maar het is 'investering in toekomstige bodemvruchtbaarheid'.
- De opbrengsten per hectare liggen in de zelfde grootteorde als een biologisch akkerbouwsysteem op basis van dierlijke mest en aanzienlijk lager dan het gangbare systeem. Dit maaimeststoffensysteem heeft echter één eenheid landoppervlak nodig om de andere vijf eenheden productief te houden.
- Een andere invulling van gewassenkeuze en vruchtwisseling kan het financiële gat aanzienlijk verkleinen (interpretatie, geen direct resultaat).
- Er is sprake van een extreem hoge mate van stikstofbenutting waarbij de stikstof ook nog eens uitsluitend via een natuurlijk proces ingewonnen wordt. De andere twee systemen scoren minder goed.
- De hoge mate van stikstofbenutting gaat samen met een hoge mate van perceel-interne stromen van organische stof en stikstof. Deze contra-intuïtieve constatering zou wel eens een sleutelpositie in kunnen nemen in het proces: er is een hoge mate van efficiëntie en stabiliteit omdat er grote interne stromen zijn, maar daar is nader onderzoek voor nodig.
- De stikstofverliezen door vervluchtiging, denitrificatie en uitspoeling liggen zeer laag. Dat resulteert in een berekende belasting van het grondwater van $3 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$ (de maximum norm is 11 mg l^{-1}). De andere twee systemen hebben hogere verliezen.

- Er zijn in Planty Organic geen noemenswaardige problemen met ziektes en plagen met uitzondering van Fytoftora, zoals algemeen in de biologische landbouw.
- De enige externalisering van middelen is zaai- en pootgoed, diesel en apparatuur. Verder draait het op eigen kracht en vrijwel zonder afwenteling van negatieve effecten.

Bedrijfseconomisch (alleen vergelijking Planty Organic met KW Biologisch)

- Het Planty Organic maaimeststoffen systeem gaat gepaard met slechts iets lagere opbrengsten per hectare maar heeft een van de zes percelen zonder directe opbrengst. KW biologisch heeft wél inkomsten uit de twee jaar gras/klaver en heeft relatief meer pootgoedteelt in het bouwplan met een hoog saldo. De verkoopwaarde per hectare in totaal is dus bij Planty Organic lager dan KW biologisch
- De kosten zijn hoger, wat vooral veroorzaakt wordt doordat er weliswaar bespaard wordt op mestaankoop maar alsnog compost of een andere regionale reststroom aangevoerd wordt om de overige nutriënten in balans te houden. Ook de startkosten van de maaimeststof liggen iets hoger dan bij gras/klaver en kunnen niet over twee jaar worden uitgesmeerd. De bloemkoolteelt is verhuurd land wat wel inkomsten oplevert maar geen kosten met zich meebrengt.
- In een hypothetische vergelijking van Planty Organic met 'zichzelf' (dus geen bouwplanverschillen meer) maar dan met gras/klaver verkoop en mest aankoop blijkt het systeem met mestaankoop er nog steeds financieel beter uit te komen. Oorzaak daarvan is vooral een veronderstelde hogere gewasopbrengst, gelijk aan die van KW Biologisch van de afgelopen jaren.
- Bij aanvoer van goedkopere compost en een hoger prijs voor biologische mest vanwege het geleidelijk uifasieren van het gebruik van gangbare mest in de biologische landbouw zal het bedrijfseconomische verschil tussen de twee systemen kleiner worden. De mogelijke verandering in de prijs van biologische mest is beleidsafhankelijk.

7.2 Aanbevelingen

- Nu de stikstofvraag grotendeels beantwoord is kunnen de bevindingen verrijkt worden **door met het maaimeststoffensysteem door te gaan en het aan te vullen tot een regionaal kringloop voorbeeldbedrijf**. Dat zou kunnen inhouden: aanvoer van regionale reststromen met absoluut P-evenwicht als uitgangspunt. Gezien de opbrengsten en P-gehaltes komt dat neer op 30 kg P₂O₅ per hectare per jaar, oftewel 12-15 ton natuurcompost.
- Het proefveld kan opnieuw een vooruitgeschoven positie innemen door stroken onbemest te laten (geen compost) waardoor **een interessante praktijk onderzoekssituatie ontstaat met een contrast in fosfaatgift**. Ook kunnen met P-bemestingstrappen in

de onbemeste stroken diverse vragen onderzocht worden rondom **P-beschikbaarheid bij afnemende P-aanvoer**.

- De agronomie binnen **het maaimeststoffensysteem kan nog verder geoptimaliseerd worden**. Denk aan onderzaai van groenbemesters in de haverteelt, het direct benutten van de eerste snede maaimeststof in plaats van inkuilen (relatief dure schakel), slimme zaai techniek om na een late peenoogst toch nog rogge groenbemester te kunnen zaaien, etc.
- De vraag of en hoe een **grote perceelinterne stikstofstroom bijdraagt aan efficiëntie, stabiliteit en weerbaarheid van het systeem** zou verder onderzocht kunnen worden.
- **Zorg dat deze kennis en ervaring terecht komt bij de biologische akkerbouwers en tuinders**. Ook zonder dat ze het systeem integraal overnemen is er een waslijst aan deelhandelingen die kunnen bijdragen aan een verminderde behoefte aan externe stikstof.

Literatuur

- 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. van der, 2012. Planty Organic Bedrijfsontwerp. Louis Bolk Instituut, publicatienummer 2012-030 LbP, 33 pp.
- Fuchs, L. 2020. Forage legumes as alternative N fertiliser: potential N supply and land requirements. Wageningen UR, MSc Thesis Plant Production Systems, 90 pp.
- Vereijken, P., 1997. A methodical way of prototyping integrated and ecological arable farming systems (I/EAFS) in interaction with pilot farms. *European Journal of Agronomy*, volume 7, p. 235-250
- Wallach D. and Goffinet B. 1989. Mean squared error of prediction as a criterion for evaluating and comparing system models. *Ecological Modelling* 44: 209-306.
- Wijnands, F., 2000. Vruchtwisseling basis voor kwaliteitsproductie in biologisch bedrijf. PAV Bulletin vollegrondsgroenteteelt, juli 2000, p. 28-33

Een uitgebreidere literatuurlijst staat in

- Burgt, G.J.H.M. van der, C. Rietema en M.C. Bus 2017. Planty Organic 5 jaar: evaluatie van bodemvruchtbaarheid, stikstofhuishouding en productie. Biowad en Louis Bolk Instituut, publicatienummer 2017-037 LbP, 40 pp.

Bijlage 1: Gewas metingen

2012		Aardappel	Peen	Zomertarwe	Bloemkool	
N-totaal	%	1,38	0,94	1,73	3,48	
P2O5	%	0,6	0,53		1,35	
K2O	%	3,05	3,40		5,09	
2013		Aardappel	Peen	Haver mertarwe	Bloemkool	
N	%	1,32	0,83	1,70	1,68	2,59
P2O5	%	0,44	1,11	2,64	1,91	2,49
K2O	%	2,52	3,15	0,67	0,47	5,38
Ca	g/kg d.s.	1,15	3,59	1,35	0,53	3,02
Mg	g/kg d.s.	0,93	1,11	1,43	1,21	1,00
Zwavel	g/kg d.s.	1,04	1,04	1,53	1,07	
Koper	mg/kg d.s	4,4	5,3	3,7	3,60	
Ijzer	mg/kg d.s	87,2	69,1	63,9	29,20	
Mangaan	mg/kg d.s	4,7	6,6	16,8	10,60	
Zink	mg/kg d.s	19,10	22,00	40,70	32,90	
2014		Aardappel	Peen	Wintertarwe	Pompoen	Rogge
N	%	1,01	1,36	1,55	1,58	1,32
P2O5	%	0,60	0,71	0,80	0,62	0,94
K2O	%	2,71	3,72	0,56	3,01	0,66
Calcium	g/kg d.s.	0,71	3,20	0,33	1,10	0,47
Magnesium	g/kg d.s.	1,1	1,2	1,0	1,1	1,0
Zwavel	g/kg d.s.	1,4	1,9	1,3	1,5	1,2
Koper	mg/kg d.s	6,9	7,6	4,2	4,5	4,6
IJzer	mg/kg d.s	56,7	36,2	27,3	39,8	29,9
Mangaan	mg/kg d.s	2,6	2,9	5,4	1,8	11,8
Zink	mg/kg d.s	19,7	34,5	39,9	28,0	40,0
2015		Aardappel	peen	Haver	Pompoen	Veldboon/ Zomertarwe
N	%	1,16	1,26	1,92	1,70	4,41
P2O5	%	0,48	0,60	1,10	0,76	1,40
K2O	%	2,72	3,32	0,67	2,47	1,50
Calcium	g/kg d.s.	0,6	3,4	0,9	0,9	1,7
Magnesium	g/kg d.s.	1,0	0,9	1,5	1,2	1,5
Zwavel	g/kg d.s.	1,3	1,1	1,8	1,5	1,9
Koper	mg/kg d.s	4,3	5,0	4,0	5,7	14,9
Ijzer	mg/kg d.s	90	61	106	83	57
Mangaan	mg/kg d.s	6	5	18	5	15
Zink	mg/kg d.s	15	21	34	26	47

						Veldboon/ Zomertarwe
2016		Aardappel	Peen	Haver	Pompoen	
N	%	1,53	1,10	1,67	1,28	3,49
P2O5	%	0,85	0,69	0,98	1,03	1,63
K2O	%	3,42	2,32	0,71	3,26	1,48
Calcium	g/kg d.s.	1,3	3,5	1,0	1,5	1,7
Magnesium	g/kg d.s.	1,3	1,0	1,3	1,2	1,8
Zwavel	g/kg d.s.	1,9	1,0	1,9	2,6	2,4
Koper	mg/kg d.s.	7,07	6,86	3,05	8,09	12,3
Ijzer	mg/kg d.s.	284	149	76	337	88
Mangaan	mg/kg d.s.	12	7	23	6	13
Zink	mg/kg d.s.	17	16	26	24	46
						Veldboon/ Zomertarwe
2017		Aardappel	Peen	Haver	Pompoen	
N	%	1,28	1,04	1,47	1,49	4,13
P2O5	%	0,62	0,66	0,80	0,55	1,35
K2O	%	2,99	2,06	0,56	2,17	1,44
Calcium	g/kg d.s.	0,70	2,90	0,80	1,10	1,30
Magnesium	g/kg d.s.	1,00	0,80	1,00	1,00	1,30
Zwavel	g/kg d.s.	1,40	0,90	1,30	1,40	1,90
Koper	mg/kg d.s.	5,28	4,40	3,30	4,65	12,84
Ijzer	mg/kg d.s.	145	290	77	162,43	113
Mangaan	mg/kg d.s.	6,22	5,90	12,39	2,76	14,00
Zink	mg/kg d.s.	16,44	29,55	23,49	16,86	41,10
						Veldboon/ Zomertarwe
2018		Aardappel	Peen	Haver	Pompoen	
N	%	1,07	1,44	1,26	2,79	2,63
P2O5	%	0,48	0,62	0,85	0,82	0,87
K2O	%	2,21	1,73	0,68	3,17	0,80
Calcium	g/kg d.s.	0,40	3,10	1,00	2,90	0,70
Magnesium	g/kg d.s.	1,00	0,90	1,40	1,80	1,20
Zwavel	g/kg d.s.	1,30	1,10	1,40	2,20	1,70
Koper	mg/kg d.s.	4,80	7,70	3,90	7,40	6,70
Ijzer	mg/kg d.s.	60	48	110	170	43
Mangaan	mg/kg d.s.	4,00	5,00	12,00	9	9,00
Zink	mg/kg d.s.	12,00	23,00	26,00	29	36,00

						Veldboon/ Zomertarwe
2019		Aardappel	Peen	Haver	Pompoen	
N	%	0,89	1,53	1,8	1,71	3,1
P2O5	%	0,458	0,55	1	0,57	0,94
K2O	%	2,0812	2,15	0,7139	2,55	0,93
Calcium	g/kg d.s.	0,7	3,1	1,2	1,3	0,94
Magnesium	g/kg d.s.	0,8	1	1,7	1,3	1,36
Zwavel	g/kg d.s.	1,1	0,9	1,7	1,7	1,56
Koper	mg/kg d.s.	3,6	6,6	4,8	6	8,1
Ijzer	mg/kg d.s.	260	110	76	95	43,76
Mangaan	mg/kg d.s.	7	6	15	6	12,3
Zink	mg/kg d.s.	10	19	35	20	40,2
						Veldboon/ Zomertarwe
2020		Aardappel	Peen	Haver	Pompoen	
N	%	0,94	1,52	1,55	2,03	4,36
P2O5	%	0,53	0,8	1	0,76	1,3
K2O	%	2,53	3,12	0,77	2,36	1,55
Calcium	g/kg d.s.	0,6	3,6	1,2	1,3	2,03
Magnesium	g/kg d.s.	1	1	1,4	1,3	1,7
Zwavel	g/kg d.s.	1	1,5	1,6	1,8	1,83
Koper	mg/kg d.s.	4,1	5,7	4,2	6,2	12,58
Ijzer	mg/kg d.s.	67	198	65	66	59,06
Mangaan	mg/kg d.s.	4	8	12	5	16,65
Zink	mg/kg d.s.	12	22	27	27	46,4

Bijlage 2: Bodemmetingen

2012		A	B	C	D	E	F	Gem. A-F
N-Tot	mg N/kg	1200	1250	1260	1270	1300	1250	1255
C/N		7,80	7,40	8,30	8,20	8,10	8,40	8,03
N-leverend vermogen	kg N/jaar	73,00	75,00	76,00	76,00	77,00	75,00	75,33
P-PAE (plant beschikbaar)	mg P/kg	1,20	1,70	1,80	1,70	1,30	1,70	1,57
P-AL	mg P2O5/100 gr	35	36	40	40	36	40	38
Pw	mg P2O5/l	22	23	27	27	24	26	25
K plant beschikbaar	mg K/kg	63	68	64	76	55	59	64
K-getal		29	29	22	27	22	21	25
Mg plant beschikbaar	mg Mg/kg	34	41	45	44	44	46	42
Na plant beschikbaar	mg Na/kg	30	38	86	55	11	30	42
pH		7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,5	7,6
OS	%	1,6	1,6	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7
C-anorg	%	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Koolzure kalk	%	4,1	4,3	4,3	4,5	4,6	4,4	4,4
Lutum	%	11	11	11	12	12	12	12
2013		A	B	C	D	E	F	Gem. A-F
N-Tot	mg N/kg	990	930	1030	890	1040	1070	992
C/N		9	10	10	11	9	10	10
N-leverend vermogen	kg N/jaar	59	53	60	47	64	60	57
S-totaal	mg S/kg	520	600	570	380	440	350	477
C/S		17	16	19	25	22	30	22
S-leverend vermogen	kg S/jaar	40	44	42	27	32	24	35
P-PAE (plant beschikbaar)	mg P/kg	1,1	1,8	1,4	1,9	1,3	1,4	1,5
P-AL	mg P2O5/100 gr	37	39	45	43	38	40	40
Pw	mg P2O5/l	31	37	37	39	33	35	35
K plant beschikbaar	mg K/kg	54	69	93	86	57	113	79
K voorraad	mmol+/kg	2,6	2,3	3,1	2,9	2,7	3,0	2,8
K getal		14	17	22	22	16	28	20
Ca plant beschikbaar	kg Ca/ha	177	278	226	328	177	326	252
Ca voorraad	kg Ca/ha	4745	5035	5300	5020	5305	5165	5095
Mg plant beschikbaar	mg Mg/kg	37	48	51	48	42	48	46
Na plant beschikbaar	mg Na/kg	7	9	8	10	9	14	10
Si plant beschikbaar	μ Si/kg	26660	31730	28350	34090	28940	28570	29723
Fe plant beschikbaar	μ Fe/kg	< 3020	7860	<3020	4800	< 3020	<3020	
Zn plant beschikbaar	μ Zn/kg	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	
Mn plant beschikbaar	μ Mn/kg	< 250	<250	< 250	820	<250	3610	
Cu plant beschikbaar	μ Cu/kg	<20	<20	20	20	22	21	21
Co plant beschikbaar	μ Co/kg	<2,5	<2,5	<2,5	3,6	< 2,5	6,6	5
B plant beschikbaar	μ B/kg	186	262	244	225	206	218	224
Mo plant beschikbaar	μ Mo/kg	5	8	8	10	8	16	9
Se plant beschikbaar	μ Se/kg	2,7	3,9	2,3	3,4	2,7	2,8	3,0
pH		7,1	7,1	7,1	7,2	7,3	7,4	7,2
C-org	%	0,9	0,9	1,1	1	1	1,1	1,0
OS	%	1,8	1,9	2,1	1,9	1,9	2,1	2,0
C-anorg	%	0,72	0,69	0,71	0,7	0,75	0,61	0,7
Koolzure kalk	%	5,3	5	5,2	5,1	5,5	4,4	5,1

2014		A	B	C	D	E	F	Gem. A-F
N-Tot	mg N/kg	1180	1030	1040	1120	970	1110	1075
C/N		10	9	10	9	9	9	9
N-leverend vermogen	kg N/jaar	67	63	56	69	61	67	64
S-totaal	mg S/kg	570	500	450	490	350	380	457
C/S		21	19	22	21	26	27	23
S-leverend vermogen	kg S/jaar	41	37	33	36	25	26	33
P-PAE (plant beschikbaar)	mg P/kg	1,3	1,4	1,4	1,3	1,0	1,8	1,4
P-AL	mg P2O5/100 gr	39	42	42	41	34	41	40
Pw	mg P2O5/l	33	36	36	34	29	38	34
K plant beschikbaar	mg K/kg	76	77	76	82	46	107	77
K voorraad	mmol+/kg	3,6	3,4	3,1	3,5	3,0	3,4	3,3
K getal		20	20	20	20	14	25	20
Ca plant beschikbaar	kg Ca/ha	25	50	26	26	177	327	105
Ca voorraad	kg Ca/ha	6020	5550	5225	6070	4795	5650	5552
Mg plant beschikbaar	mg Mg/kg	49	48	49	51	45	48	48
Na plant beschikbaar	mg Na/kg	13	11	10	13	11	12	12
Si plant beschikbaar	μ Si/kg	43840	37080	34090	42730	42270	37780	39632
Fe plant beschikbaar	μ Fe/kg	<2010	<2010	<2010	<2010	2320	<2010	
Zn plant beschikbaar	μ Zn/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100	
Mn plant beschikbaar	μ Mn/kg	<250	<250	260	<250	<250	<250	
Cu plant beschikbaar	μ Cu/kg	36	49	36	43	42	46	42
Co plant beschikbaar	μ Co/kg	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	
B plant beschikbaar	μ B/kg	312	247	260	334	238	235	271
Mo plant beschikbaar	μ Mo/kg	6	12	12	11	9	12	10
Se plant beschikbaar	μ Se/kg	3,6	3,7	3,5	3,7	3,4	3,4	4
pH		7,4	7,4	7,4	7,1	7,2	7,2	7,3
C-org	%	1,2	1,0	1,0	1,1	0,9	1,0	1,0
OS	%	2,4	1,9	2,0	2,0	1,8	2,0	2,0
C-anorg	%	0,92	0,87	0,67	0,91	0,7	0,83	0,82
Koolzure kalk	%	6,9	6,5	4,9	6,8	5,1	6,1	6,1
Lutum	%	13	10	10	12	10	11	11
Silt	%	33	29	14	30	19	24	25
Zand	%	45	53	69	49	64	57	56
CEC	mmol+/kg	107	96	91	106	83	98	97
CEC-Bez.	%	100	100	100	100	100	100	100
Bodemleven	mg N/kg	33	28	39	40	29	27	33

2015		A	B	C	D	E	F	Gem. A-F
N-Tot	mg N/kg	920	910	1100	960	1170	1170	1038
C/N		10	10	9	10	9	9	10
N-leverend vermogen	kg N/jaar	52	53	67	56	71	71	62
S-totaal	mg S/kg	680	640	430	350	460	620	530
C/S		13	15	24	28	24	17	20
S-leverend vermogen	kg S/jaar	45	45	30	24	32	45	37
P-PAE (plant beschikbaar)	mg P/kg	1,0	1,0	1,6	1,8	1,1	1,4	1,3
P-AL	mg P2O5/100 gr	32	35	43	42	36	38	38
Pw	mg P2O5/l	23	26	30	31	25	27	27
K plant beschikbaar	mg K/kg	50	60	81	63	41	73	61
K voorraad	mmol+/kg	2,8	2,7	2,9	3,0	2,4	2,8	2,8
K getal		15	16	20	17	12	18	16
Ca plant beschikbaar	kg Ca/ha	25	202	377	151	100	250	184
Ca voorraad	kg Ca/ha	5165	5255	5980	5535	6065	5910	5652
Mg plant beschikbaar	mg Mg/kg	35	39	43	42	41	54	42
Na plant beschikbaar	mg Na/kg	10	9	9	9	10	11	10
Si plant beschikbaar	μ Si/kg	32710	31930	33440	37050	30450	33940	33253
Fe plant beschikbaar	μ Fe/kg	<2020	<2020	<2020	<2020	<2020	<2020	
Zn plant beschikbaar	μ Zn/kg	<100	<100	<100	<100	<100	110	
Mn plant beschikbaar	μ Mn/kg	<250	<250	<250	<250	<250	440	
Cu plant beschikbaar	μ Cu/kg	<20	<20	<20	<20	<20	<20	
Co plant beschikbaar	μ Co/kg	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	
B plant beschikbaar	μ B/kg	93	203	227	210	200	238	195
Mo plant beschikbaar	μ Mo/kg	11	12	13	8	9	4	10
Se plant beschikbaar	μ Se/kg	3,6	3,8	3,6	3,1	3,9	3,2	3,5
pH		7,1	7,1	7,3	7,3	7,4	7,1	7,2
C-org	%	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0
OS	%	1,8	1,9	2,0	2,0	2,2	2,2	2,0
C-anorg	%	0,73	0,74	0,78	0,81	0,77	0,69	0,75
Koolzure kalk	%	5,3	5,4	5,7	6,0	5,7	5,0	5,5
Lutum	%	11	11	12	9	11	11	11
Silt	%	27	26	25	26	23	29	26
Zand	%	55	56	55	57	58	53	56
CEC	mmol+/kg	88	90	103	96	104	102	97
CEC-Bez.	%	100	100	100	100	100	100	100
Bodemleven	mg N/kg	36	35	34	29	40	41	36

2016		A	B	C	D	E	F	Gem. A-F
N-Tot	mg N/kg	1010	1240	1190	850	960	860	1018
C/N		8	8	8	11	10	10	9
N-leverend vermogen	kg N/jaar	66	73	77	46	52	47	60
S-totaal	mg S/kg	530	540	500	420	540	450	497
C/S		16	17	20	22	17	18	18
S-leverend vermogen	kg S/jaar	40	42	36	31	41	34	37
P-PAE (plant beschikbaar)	mg P/kg	1,4	1,8	1,9	1,8	1,6	1,5	1,7
P-AL	mg P2O5/100 gr	33	37	43	40	34	38	38
Pw	mg P2O5/l	25	29	31	30	27	28	28
K plant beschikbaar	mg K/kg	34	41	80	38	37	62	49
K voorraad	mmol+/kg	2,4	2,8	3,3	3,1	2,5	3,1	2,9
K getal		11	12	19	12	12	17	14
Ca plant beschikbaar	kg Ca/ha	254	278	302	177	228	178	236
Ca voorraad	kg Ca/ha	5040	5615	5800	5850	5665	5425	5566
Mg plant beschikbaar	mg Mg/kg	23	30	39	32	33	34	32
Na plant beschikbaar	mg Na/kg	<6	7	8	7	7	7	7
Si plant beschikbaar	μ Si/kg	32770	48350	35340	36650	48760	34470	39390
Fe plant beschikbaar	μ Fe/kg	<2020	2460	<2020	<2020	3360	<2020	
Zn plant beschikbaar	μ Zn/kg	<100	<100	<100	<100	110	<100	
Mn plant beschikbaar	μ Mn/kg	<250	<250	<250	<250	<250	<250	
Cu plant beschikbaar	μ Cu/kg	53	58	61	42	48	53	53
Co plant beschikbaar	μ Co/kg	<2,6	2,7	<2,6	<2,6	3,1	<2,6	
B plant beschikbaar	μ B/kg	137	175	229	173	189	216	187
Mo plant beschikbaar	μ Mo/kg	23	22	22	8	14	24	19
Se plant beschikbaar	μ Se/kg	4,4	5,2	6,3	5,5	5	5,3	5,3
pH		7,5	7,5	7,3	7,6	7,5	7,3	7,5
C-org	%	0,8	0,9	1,0	0,9	0,9	0,8	0,9
OS	%	1,7	1,9	2,0	1,9	1,8	1,6	1,8
C-anorg	%	0,73	0,71	0,69	0,82	0,75	0,78	0,75
Koolzure kalk	%	5,3	5,2	5	6,1	5,5	5,7	5,5
Lutum	%	9	11	11	10	10	9	10
Silt	%	22	26	24	26	22	16	23
Zand	%	62	56	58	56	61	68	60
CEC	mmol+/kg	85	96	101	100	96	93	95
CEC-Bez.	%	100	100	100	100	100	100	100
Bodemleven	mg N/kg	55	51	52	45	44	49	49

2017		A	B	C	D	E	F	Gem. A-F
N-Tot	mg N/kg	970	880	1100	910	1010	1070	990
C/N		12	10	10	12	11	10	11
N-leverend vermogen	kg N/jaar	60	65	80	55	65	70	66
S-totaal	mg S/kg	485	425	270	350	435	505	412
C/S		24	22	42	31	25	20	27
S-leverend vermogen	kg S/jaar	41	36	20	29	36	45	35
P-PAE (plant beschikbaar)	mg P/kg	1,3	1,4	1,7	1,4	1,3	1,4	1,4
P-AL	mg P2O5/100 gr	40	40	39	42	37	48	41
Pw	mg P2O5/l	27	28	29	28	26	30	28
K plant beschikbaar	mg K/kg	66	44	48	36	46	70	52
K voorraad	mmol+/kg	2,6	3,1	2,7	2,6	2,6	2,9	2,8
K getal		17	12	14	11	14	18	14
Ca plant beschikbaar	kg Ca/ha	150	240	275	335	270	510	297
Ca voorraad	kg Ca/ha	6695	6435	7190	6740	7350	7750	7027
Mg plant beschikbaar	mg Mg/kg	39	39	39	39	38	47	40
Na plant beschikbaar	mg Na/kg	11	11	10	10	16	10	11
Si plant beschikbaar	μ Si/kg	32930	49890	48730	28770	34800	45160	40047
Fe plant beschikbaar	μ Fe/kg	< 2020	9310	7730	< 2010	< 2010	< 2020	8520
Zn plant beschikbaar	μ Zn/kg	< 100	110	110	<100	< 100	< 100	110
Mn plant beschikbaar	μ Mn/kg	< 250	370	370	< 250	390	320	363
Cu plant beschikbaar	μ Cu/kg	25	30	28	21	28	27	27
Co plant beschikbaar	μ Co/kg	< 2,6	3,5	3,4	< 2,6	< 2,6	3,2	3
B plant beschikbaar	μ B/kg	212	232	219	169	178	223	206
Mo plant beschikbaar	μ Mo/kg	11	10	12	12	10	15	12
Se plant beschikbaar	μ Se/kg	3,2	3,1	3,1	2,8	2,8	3,0	3
pH		7,1	7	7,3	7,2	7,3	7,4	7,2
C-org	%	1,2	0,9	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1
OS	%	2,1	1,9	1,9	1,9	2,2	2,1	2,0
Koolzure kalk	%	6,2	5,8	6,1	6,6	6,3	5,8	6,1
Lutum	%	11	10	13	10	10	12	11
Silt	%	23	14	19	21	23	24	21
Zand	%	58	68	60	61	59	56	60
CEC	mmol+/kg	99	95	104	97	107	112	102
CEC-Bez.	%	100	100	100	100	100	100	100
Bodemleven	mg N/kg	28	34	26	26	43	41	33

2018		A	B	C	D	E	F	Gem. A-F
N-Tot	mg N/kg	1020	1090	1290	1070	1200	1080	1125
C/N		10	9	8	10	9	11	10
N-leverend vermogen	kg N/jaar	70	80	95	70	80	70	78
S-totaal	mg S/kg	405	445	345	375	535	565	445
C/S		26	23	30	27	19	21	24
S-leverend vermogen	kg S/jaar	34	38	28	31	45	45	37
P-PAE (plant beschikbaar)	mg P/kg	1,2	1,5	1,5	1,4	0,9	1,5	1,3
P-AL	mg P2O5/100 gr	37	36	39	36	35	37	37
Pw	mg P2O5/l	26	27	28	26	23	27	26
K plant beschikbaar	mg K/kg	53	62	44	36	41	59	49
K voorraad	mmol+/kg	2,7	3	2,8	2,3	2,5	3	2,7
K-getal		15	17	13	11	12	16	14
Ca plant beschikbaar	kg Ca/ha	30	150	180	30	180	270	140
Ca voorraad	kg Ca/ha	7170	6945	7395	7010	7150	7255	7154
Mg plant beschikbaar	mg Mg/kg	39	47	43	43	41	43	43
Na plant beschikbaar	mg Na/kg	12	14	11	11	14	10	12
Si plant beschikbaar	μ Si/kg	29770	35140	37290	31930	33620	42250	35000
Fe plant beschikbaar	μ Fe/kg	< 2020	< 2020	3230	< 2020	< 2021	< 2022	
Zn plant beschikbaar	μ Zn/kg	< 100	< 101	100	< 100	< 101	160	
Mn plant beschikbaar	μ Mn/kg	380	280	320	580	290	340	365
Cu plant beschikbaar	μ Cu/kg	34	34	33	30	38	37	34
Co plant beschikbaar	μ Co/kg	< 2,6	< 2,6	< 2,6	< 2,6	< 2,6	< 2,6	
B plant beschikbaar	μ B/kg	183	223	205	192	211	211	204
Mo plant beschikbaar	μ Mo/kg	14	12	14	9	13	13	13
Se plant beschikbaar	μ Se/kg	3,7	3,9	4,3	4	3,6	4,9	4,1
pH		7,2	7,4	7,1	7	7,3	7,1	7,2
C-org	%	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,1
OS	%	2	2	2	2,4	2,1	2,3	2,1
Koolzure kalk	%	6,2	5,8	6,1	6,6	6,3	5,8	6,1
Lutum	%	10	12	13	10	11	10	11
Silt	%	30	20	17	15	23	24	22
Zand	%	53	61	63	68	59	58	60
CEC	mmol+/kg	102	100	106	101	102	106	103
CEC-Bez.	%	100	100	100	100	100	100	100
Bodemleven	mg N/kg	41	50	49	29	50	37	43
microb.bm	mg C/kg	5	9	7	7	5	1	6
bact.bm	mg C/kg	53	83	84	72	47	11	58
schim.bm	mg C/kg	48	54	61	65	52	7	48
schim./bact		0,9	0,7	0,7	0,9	1,1	0,6	0,8

2019		A	B	C	D	E	F	Gem. A-F
N-Tot	mg N/kg	1140	850	910	1030	1240	830	1000
C/N		9	12	11	11	8	12	11
N-leverend vermogen	kg N/jaar	80	50	60	65	90	50	66
S-totaal	mg S/kg	515	505	455	525	455	455	485
C/S		19	20	22	21	21	22	21
S-leverend vermogen	kg S/jaar	45	44	39	45	40	40	42
P-PAE (plant beschikbaar)	mg P/kg	1,1	1,3	1,5	1,7	1,2	1,5	1,4
P-AL	mg P2O5/100 gr	35	37	45	37	39	44	40
Pw	mg P2O5/l	24	26	30	28	26	30	27
K plant beschikbaar	mg K/kg	40	49	46	37	40	65	46
K voorraad	mmol+/kg	2,8	3	2	3,2	2,6	2,7	2,7
K-getal		12	15	13	12	12	17	14
Ca plant beschikbaar	kg Ca/ha	185	30	490	210	365	30	1250
Ca voorraad	kg Ca/ha	6265	6685	6725	7470	6495	6780	6737
Mg plant beschikbaar	mg Mg/kg	40	38	41	44	38	44	41
Na plant beschikbaar	mg Na/kg	13	12	10	11	9	7	10
Si plant beschikbaar	μ Si/kg	47880	38040	45380	39250	34470	34640	39943
Fe plant beschikbaar	μ Fe/kg	3810	< 2020	3800	2420	< 2020	< 2010	
Zn plant beschikbaar	μ Zn/kg	140	230	130	120	110	< 100	
Mn plant beschikbaar	μ Mn/kg	410	< 250	370	330	< 250	< 250	
Cu plant beschikbaar	μ Cu/kg	30	31	27	24	24	21	26
Co plant beschikbaar	μ Co/kg	2,6	2,6	2,8	< 2,6	< 2,6	< 2,6	
B plant beschikbaar	μ B/kg	223	214	230	227	228	235	226
Mo plant beschikbaar	μ Mo/kg	11	9	10	8	11	14	11
Se plant beschikbaar	μ Se/kg	3,4	3,8	3,5	3,2	3,1	3,1	3,4
pH		7,3	7,3	7,4	7,4	7,1	7	7,3
C-org	%	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0
OS	%	1,6	1,8	1,6	2	1,6	1,7	1,7
Koolzure kalk	%	5,4	5,7	5,6	6	5,7	4,7	5,5
Lutum	%	11	11	12	11	10	11	11
Silt	%	28	32	17	21	33	28	27
Zand	%	54	50	64	60	50	55	56
CEC	mmol+/kg	88	95	94	107	91	96	95
CEC-Bez.	%	100	100	100	100	99	100	100
Bodemleven	mg N/kg	44	30	12	52	44	46	38
microb.bm	mg C/kg	98	173	190	179	130	257	171
bact.bm	mg C/kg	47	66	89	65	53	102	70
schim.bm	mg C/kg	31	71	54	43	48	91	56
schim./bact		0,7	1,1	0,6	0,7	0,9	0,9	0,8

2020		A	B	C	D	E	F	Gem. A-F
N-Tot	mg N/kg	1140	970	660	670	910	650	833
C/N		9	12	11	9	9	10	10
N-leverend vermogen	kg N/jaar	85	60	45	50	65	45	58
S-totaal	mg S/kg	635	425	410	655	555	430	518
C/S		17	28	17	9	15	15	17
S-leverend vermogen	kg S/jaar	45	34	39	45	45	41	42
P-PAE (plant beschikbaar)	mg P/kg	1,2	1,4	1,7	1,1	1,0	1,4	1,3
P-AL	mg P2O5/100 gr	37	40	41	40	36	38	39
Pw	mg P2O5/l	26	28	30	26	24	27	27
K plant beschikbaar	mg K/kg	52	59	43	46	37	61	50
K voorraad	mmol+/kg	3,3	2,8	2,3	1,9	2,3	1,8	2,4
K-getal		15	16	13	14	12	16	14
Ca plant beschikbaar	kg Ca/ha	210	360	95	805	30	250	292
Ca voorraad	kg Ca/ha	7570	7450	5275	5820	5960	4825	6150
Mg plant beschikbaar	mg Mg/kg	43	43	44	43	38	42	42
Na plant beschikbaar	mg Na/kg	10	9	11	15	11	9	11
Si plant beschikbaar	µg Si/kg	47380	42690	52450	47020	57370	52580	49915
Fe plant beschikbaar	µg Fe/kg	3590	< 2020	3760	2480	6550	3860	
Zn plant beschikbaar	µg Zn/kg	<100	< 100	120	< 100	110	< 100	
Mn plant beschikbaar	µg Mn/kg	<250	< 250	250	260	280	820	
Cu plant beschikbaar	µg Cu/kg	43	41	38	33	41	35	39
Co plant beschikbaar	µg Co/kg	<2,6	< 2,6	2,6	< 2,6	3,3	4,6	
B plant beschikbaar	µg B/kg	197	226	211	241	217	211	217
Mo plant beschikbaar	µg Mo/kg	14	12	12	11	9	12	12
Se plant beschikbaar	µg Se/kg	4,3	3,7	3,9	4,1	3,6	3,9	3,9
pH		7,6	7,6	7,2	7,5	7,5	7,3	7,5
C-org	%	1,1	1,2	0,7	0,6	0,8	0,7	0,9
OS	%	1,9	2,1	1,1	1,1	1,6	1	1,5
Koolzure kalk	%	6,2	5,9	4,6	4,2	4,5	3,7	4,9
Lutum	%	12	11	8	7	8	7	9
Silt	%	34	25	10	12	14	16	19
Zand	%	46	56	76	76	72	72	66
CEC	mmol+/kg	108	106	73	80	83	67	86
CEC-Bez.	%	100	100	100	100	100	100	100
microb. Activiteit	mg N/kg	48	29	36	36	79	31	43
microb.bm	mg C/kg	169	178	194	164	289	192	198
bact.bm	mg C/kg	54	77	93	36	69	55	64
schim.bm	mg C/kg	38	67	53	38	62	36	49
schim./bact		0,7	0,9	0,6	1,1	0,9	0,7	0,8

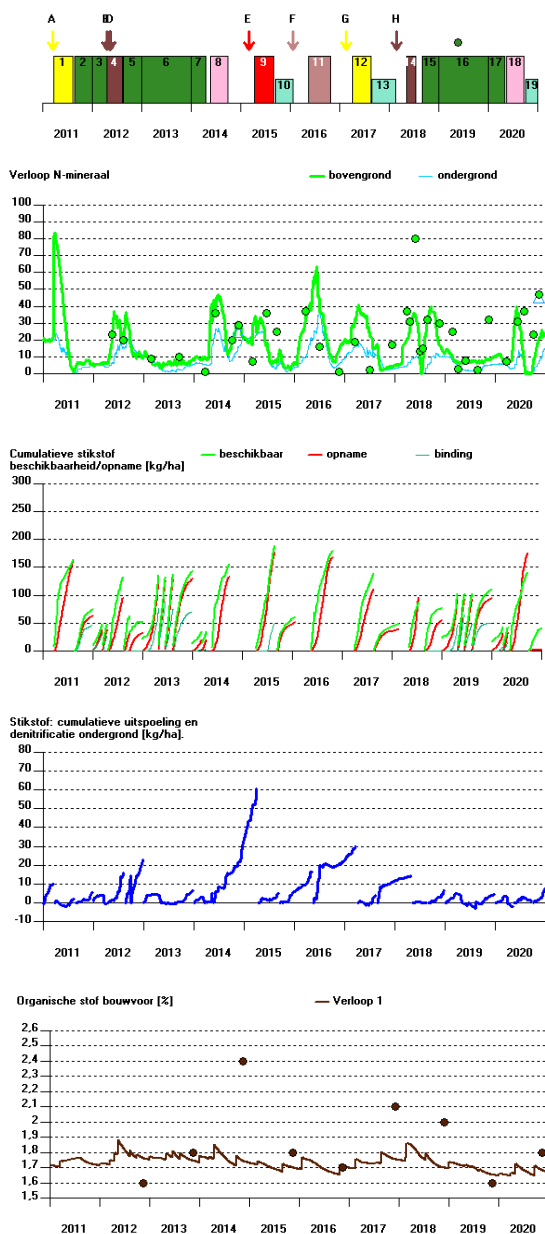
Bijlage 3: Ndicea grafische output

Planty Organic

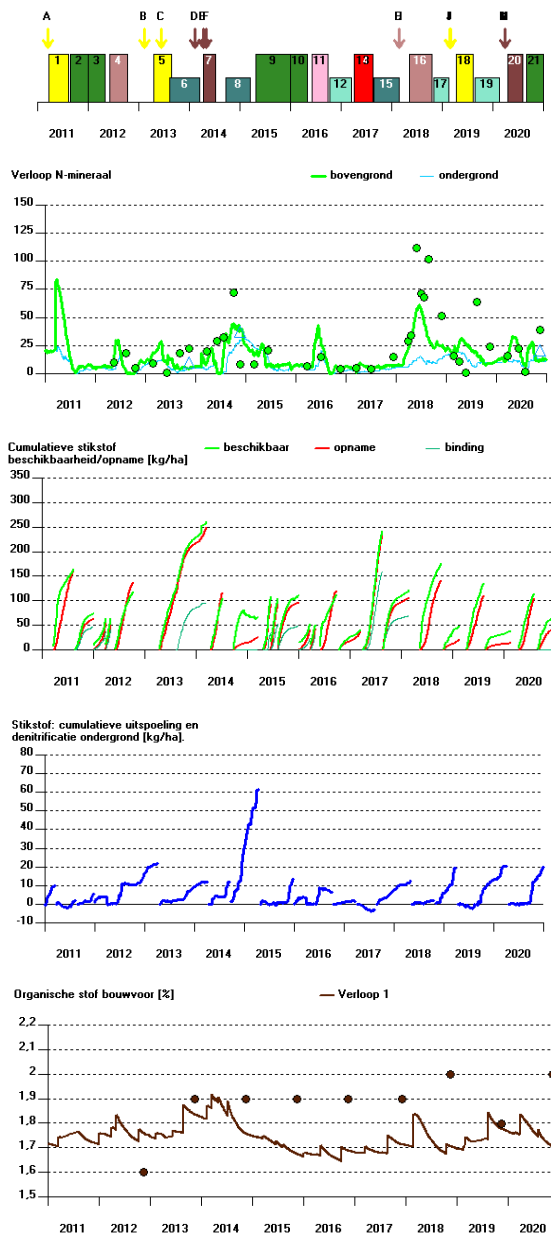
Groen = Vlinderboemig mengsel voor maaimeststof ; Geel = graan (laatste zes jaar haver) ; Donkerbruin = pootaardappel ; Roze = pompoen ; Rood = veldboon/tarwe ; Lichtbruin = winterpeen, Grijs = bloemkool ; Grijsblauw = groenbemester met vlinderbloemigen, Lichtblauw = groenbemester zonder vlinderbloemigen.

Let op: de Y-assen kunnen verschillende schaalindelingen hebben. Maximale bewortelingsdiepte 60 cm.

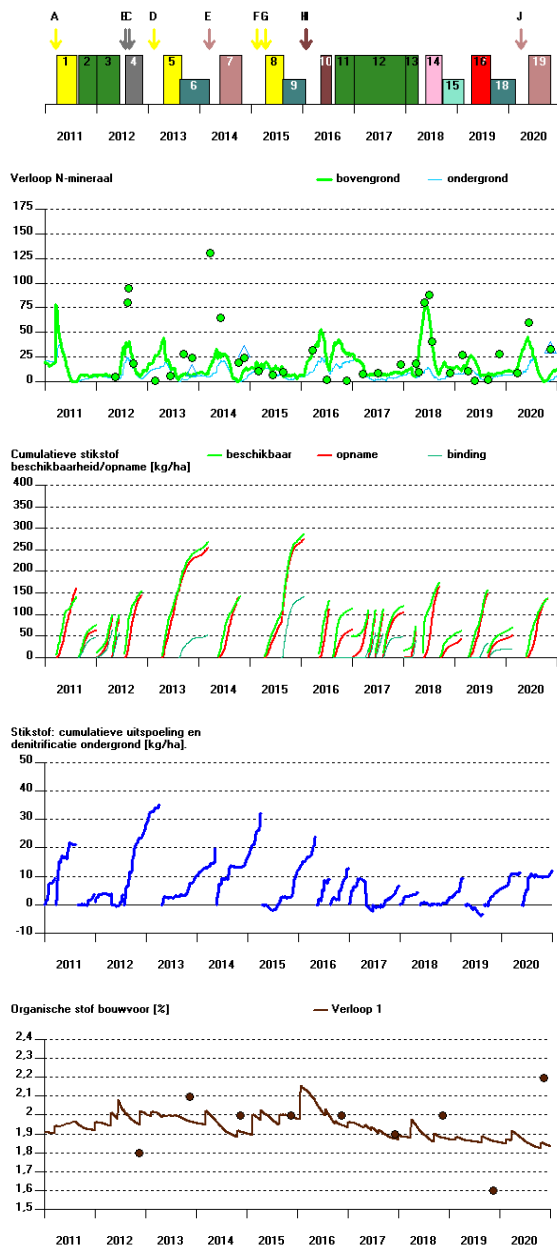
Planty Organic perceel A



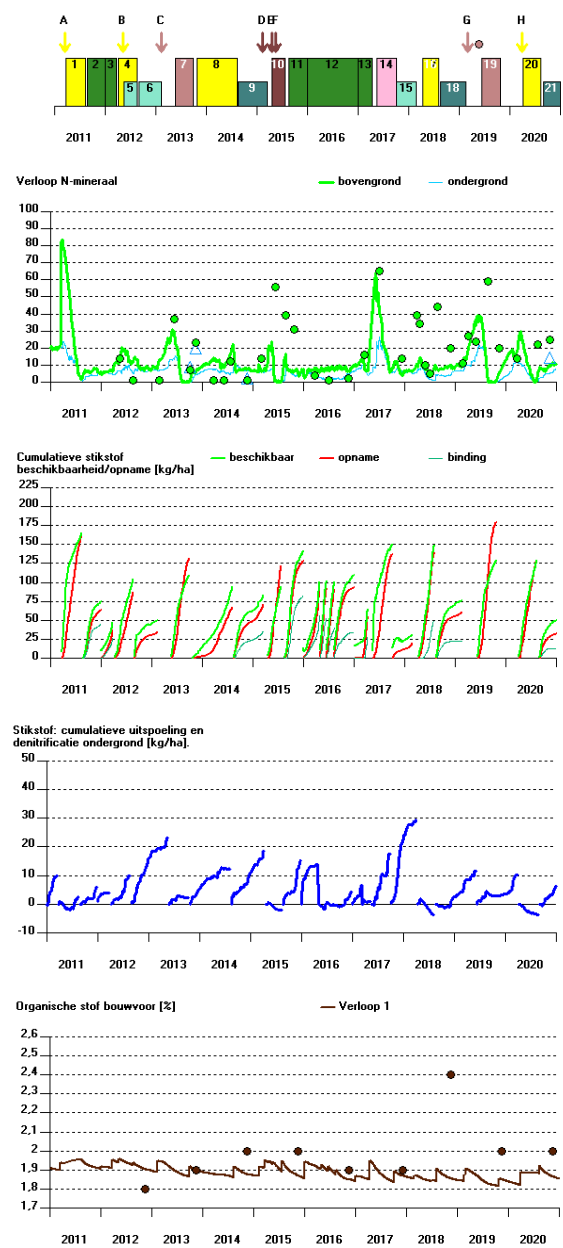
Planty Organic perceel B



Planty organic perceel C

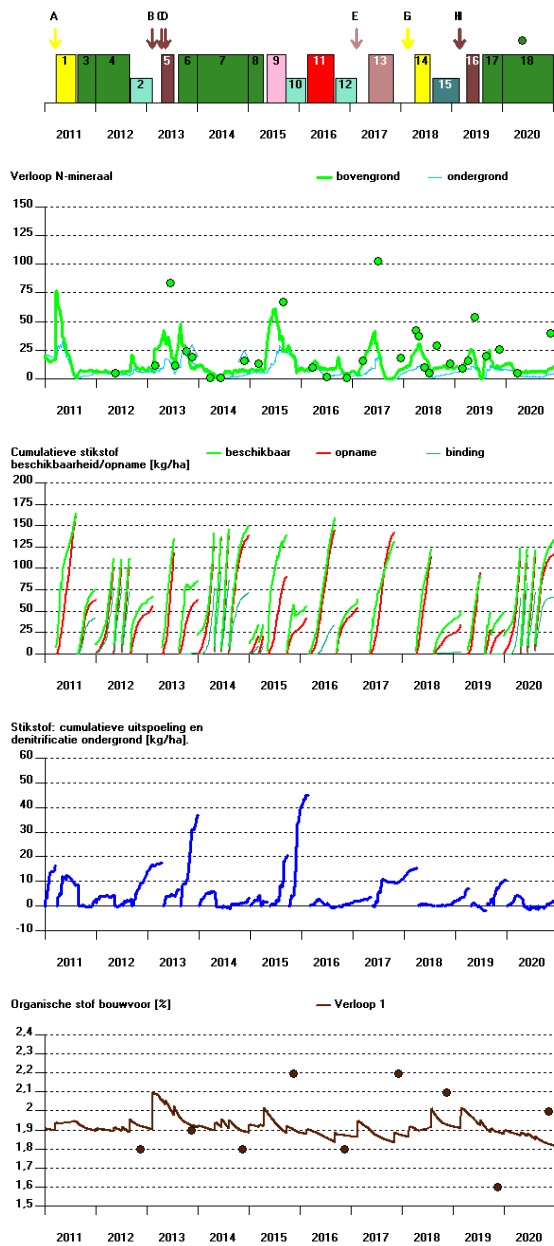


Planty Organic perceel D

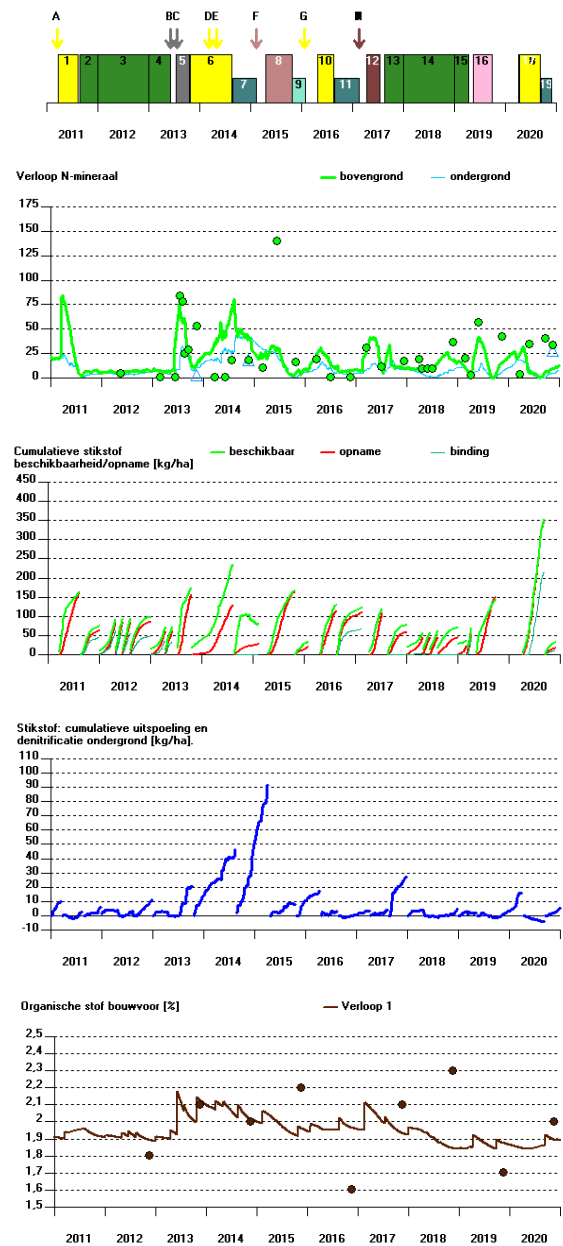


Let op: de Y-assen kunnen verschillende schaalindelingen hebben

Planty organic perceel E



Planty Organic perceel F



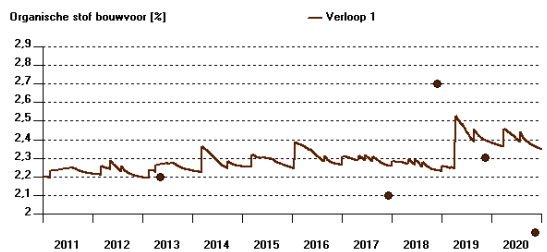
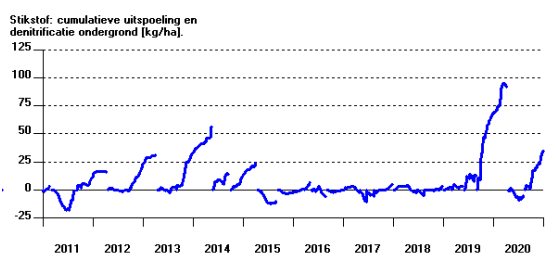
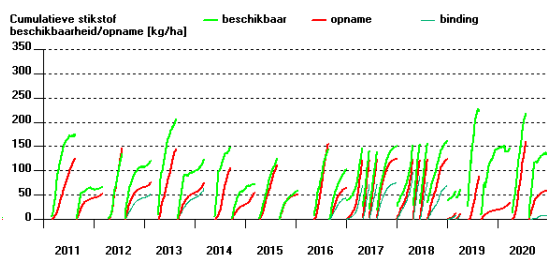
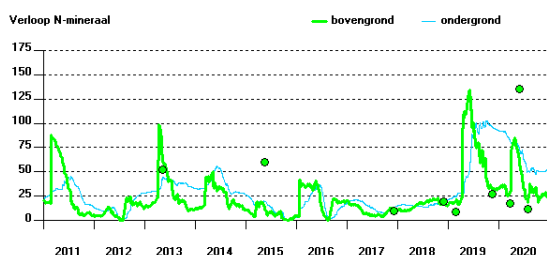
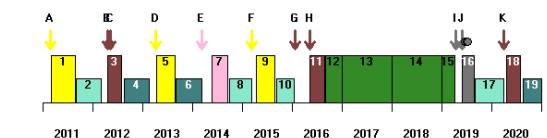
Let op: de Y-assen kunnen verschillende schaalindelingen hebben

Kollumerwaard Bio

Geel = graan ; Donkerbruin = pootaardappel ; Roze = pompoen ; Groen = grasklaver, Grijs = bloemkool ; Lichtbruin = winterpeen ; Lichtblauw = groenbemester zonder vlinderbloemigen ; Grijsblauw = groenbemester met vlinderbloemigen

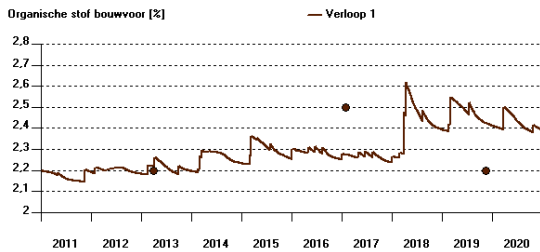
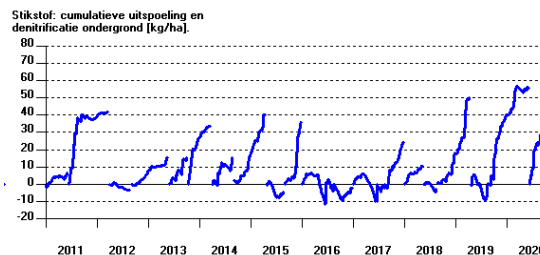
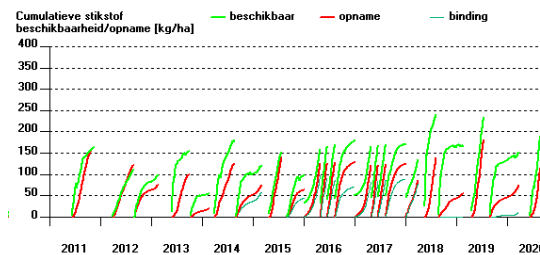
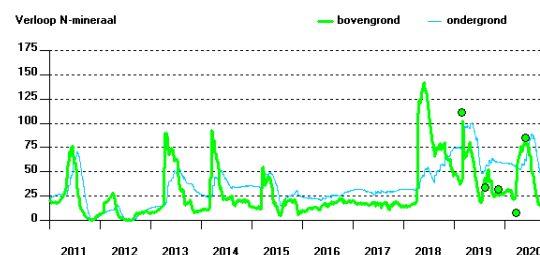
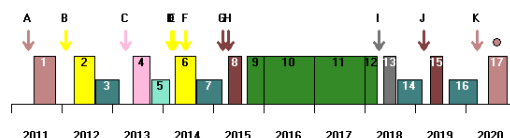
Let op: de Y-assen kunnen verschillende schaalindelingen hebben. Maximale bewortelingsdiepte 90 cm.

Kollumerwaard Bio perceel 2



Meting organische stof 2020: 1,9 %, foutief

Kollumerwaard Bio perceel 7



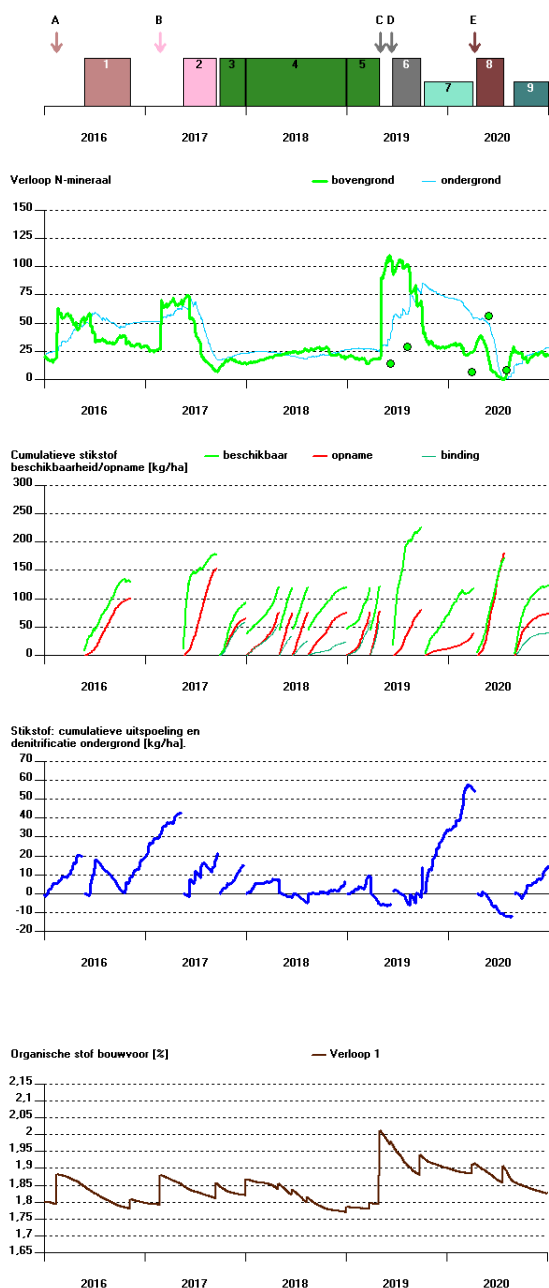
Meting organische stof 2020: 1,5 %. foutief

Bakker Bio

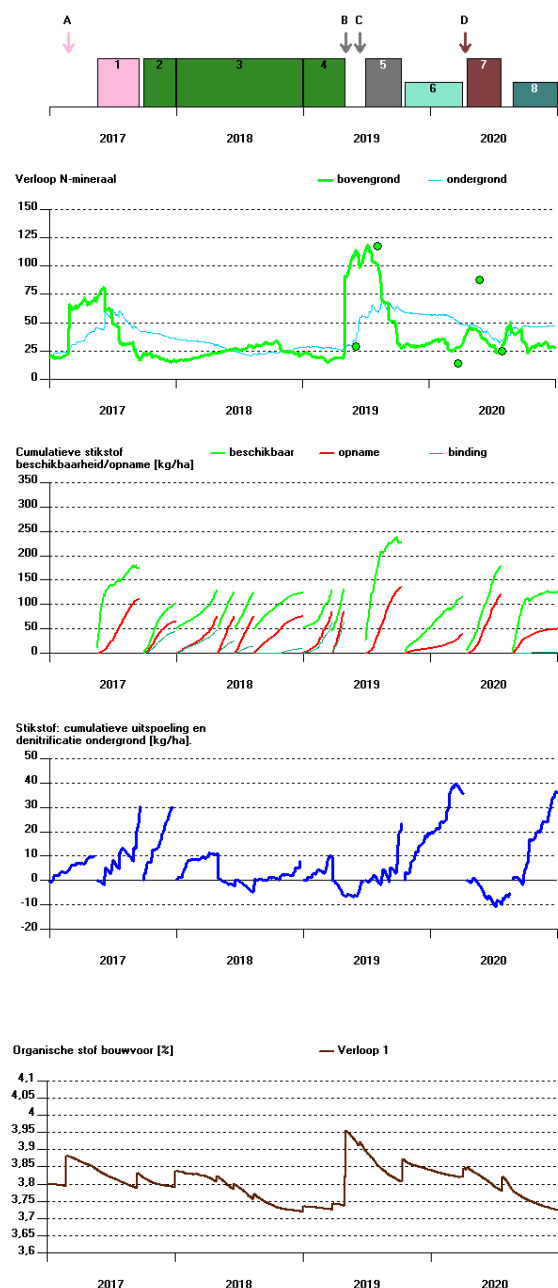
Lichtbruin = knolselderij ; Roze = pompoen ; Groen = Grasklaver ; Grijs = bloemkool ; Lichtblauw = Japanse Haver ; Donkerbruin = pootaardappel ; Grijsblauw = groenbemester met vlinderbloemige

Let op: de Y-assen kunnen verschillende schaalindelingen hebben. Maximale bewortelingsdiepte 80 cm.

Bakker Bio perceel Nitt



Bakker Bio perceel Oldb

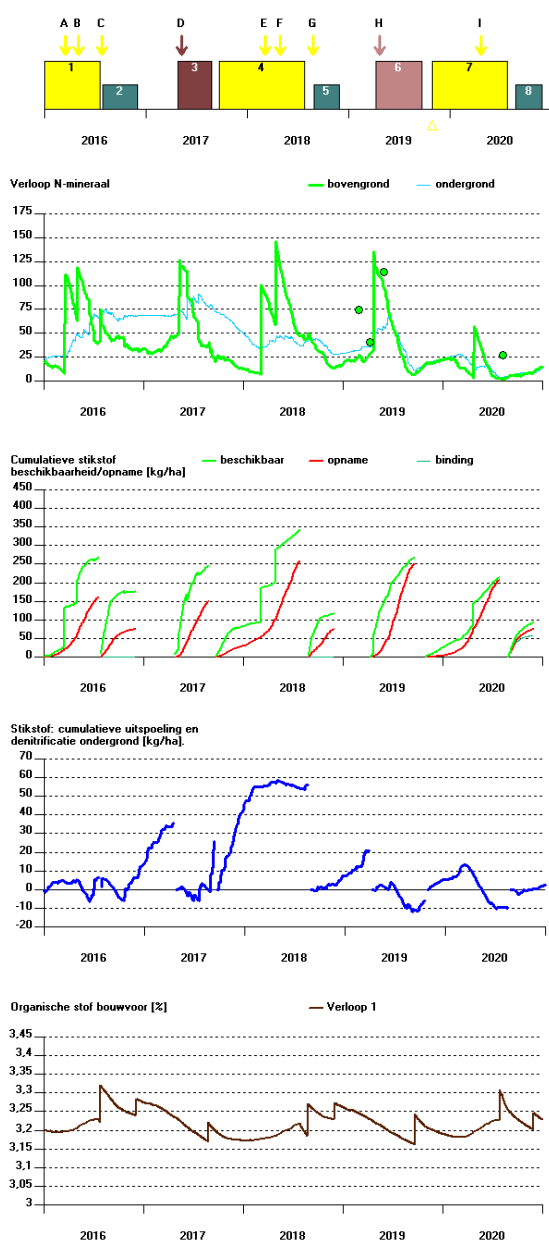


Kollumerwaard gangbaar

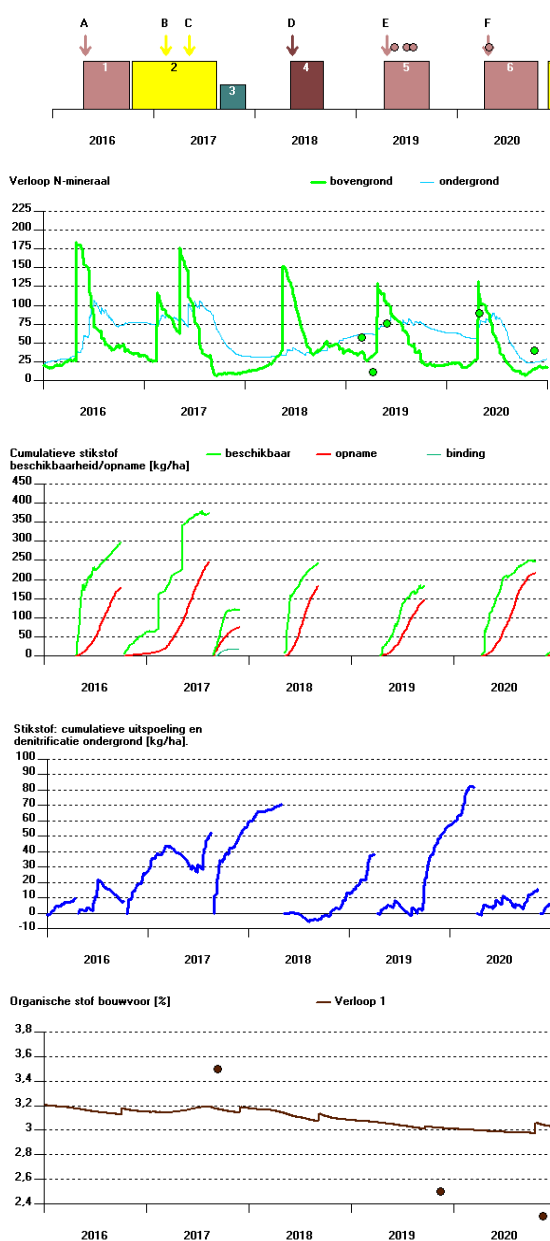
Geel = graan ; Lichtbruin = zaaiui of suikerbiet ; Donderbruin = pootaardappel ; Grijsblauw = groenbemester met vlinderbloemigen

Let op: de Y-assen kunnen verschillende schaalindelingen hebben. Maximale bewortelingsdiepte 90 cm.

KW gangbaar perceel 1



KW gangbaar perceel 4



Meting organische stof 2020: 2,3 %, foutief

Bijlage 4: Verloop nutriëntengehaltes van gewassen.

Aardappel

Peen

Haver

Pompoen

Tarwe/Veldboon

