

de natuurlijke kennisbron

***Verkenningen
organische stof***

Proefbedrijf Vredepeel

*Monique Hospers-Brands
Geert Jan van der Burgt*

LOUIS BOLK
I N S T I T U U T



© 2013 Louis Bolk Instituut

Verkenningen organische stof - Proefbedrijf Vredepeel
Ir. Monique Hospers-Brands, Ir. Geert-Jan van der Burgt
39 pagina's

Trefwoorden: organische stof, compost,
stikstofbeschikbaarheid, toekomstverkenning, NDICEA

Publicatienummer: 2013-023 LbP

www.louisbolk.nl

Foto voorpagina: Jan Bokhorst, Gaia Bodemonderzoek

Voorwoord

Binnen het project 'Bodemkwaliteit op zand' heeft het Louis Bolk Instituut verkenningen uitgevoerd naar de effecten van een jaarlijkse compostgift op het organische stofgehalte en de stikstofbeschikbaarheid in de bodem.

Niet om daarmee voorspellingen te doen, maar om de blik te verruimen en over de grenzen van een project heen te kijken. De meeste telers zijn het er wel over eens dat het belangrijk is om de bodem goed te verzorgen en dat het gebruik van compost goed is voor de bodem. Ook het inzicht dat de effecten daarvan pas op de lange termijn echt zichtbaar worden. De duur van onderzoeksprojecten wordt echter eerder korter dan langer. Dan is een scenariostudie een goed instrument om toch verder de toekomst in de kijken.

Monique Hospers-Brands en Geert Jan van der Burgt,
Driebergen,
September 2013

Inhoud

Voorwoord	3
Inhoud	5
Samenvatting	7
Summary	9
1 Inleiding en achtergrond	11
2 Vraagstelling en onderzoeksdoel	13
3 Onderzoeksopzet	15
4 Resultaten	17
4.1 Voldoet NDICEA op Vredepeel?	17
4.2 Scenariostudies zonder en met extra compost toevoer	17
4.2.1 <i>Geïntegreerd bedrijf met lage organische stof aanvoer</i>	17
4.2.2 <i>Geïntegreerd bedrijf met normale organische stof aanvoer</i>	20
4.2.3 <i>Biologisch bedrijf</i>	23
4.2.4 <i>Samenvattend</i>	26
4.3 Veranderingen in de mineralisatie	27
4.4 Verkenningen verlaagde bemesting	27
4.4.1 <i>Geïntegreerde bedrijfssystemen</i>	27
4.4.2 <i>Biologisch bedrijf</i>	28
4.4.3 <i>Samenvattend</i>	29
4.5 Verliesposten	30
5 Conclusies	31
Literatuur	33
Bijlage 1: Algemene gegevens VP GI laag met compost	35
Bijlage 2: Algemene gegevens VP GI normaal met compost	37
Bijlage 3: Algemene gegevens VP Biologisch met compost	39

Samenvatting

Binnen het project 'Bodemkwaliteit op Zand' heeft het Louis Bolk Instituut verkenningen uitgevoerd naar de effecten van een jaarlijkse compostgift op de bodemkwaliteit: organische stof gehalte, beschikbaarheid van stikstof voor de gewassen en verliezen van stikstof.

Daarvoor is gebruik gemaakt van het stikstofmodel NDICEA. NDICEA berekent op basis van gegevens over bodem, gewassen, bemesting en weergegevens hoe de organische stof dynamiek verloopt en hoe ten gevolge daarvan stikstof in de bodem vrijgemaakt, vastgelegd en door gewassen opgenomen wordt.

In het project, uitgevoerd op de PPO-locatie Vredepeel worden drie teeltsystemen met elkaar vergeleken: een biologisch systeem en twee geïntegreerde systemen, waarvan een met een normale aanvoer van organische stof en een met een lage aanvoer van organische stof omdat geen organische mest wordt aangevoerd. Voor ieder van de teeltsystemen zijn scenario's gemaakt van een complete vruchtwisseling, met en zonder toediening van extra compost. Deze scenario's zijn doorgerekend en nagegaan is wat de effecten zijn op de bodem-organische stof, stikstofmineralisatie en uitspoeling na 6 jaar (één rotatie) en na 30 jaar (5 rotaties).

In het geïntegreerde systeem met lage organische stof toevoer neemt in de loop der tijd het organische stof gehalte in de bodem af. Door een jaarlijkse gift van 10 ton GFT compost per hectare kan het organische stof gehalte licht toenemen.

De hogere aanvoer in het tweede geïntegreerde systeem (door toepassing van dierlijke mest) is voldoende om ook op de lange termijn het organische stof gehalte op peil te houden, en met een jaarlijkse compostgift stijgt het organische stof gehalte.

In het biologische systeem stijgt het organische stof gehalte zowel zonder als met jaarlijkse compostgift, met name door een nog hogere organische stof aanvoer uit (dierlijke) mest.

In alle drie de systemen is na 30 jaar met een jaarlijkse toediening van 10 ton GFT compost per hectare het organische stof gehalte in de bodem ca. 0,65 % hoger dan in hetzelfde systeem zonder toepassing van compost.

In de 6^e rotatie mineraliseert er in de systemen met compost ruim 50 kg N/ha/jaar meer dan in de systemen zonder compost. Daardoor kan 45- 50 kg N per hectare bespaard worden op de bemesting. Een belangrijke voorwaarde is wel dat er zo veel mogelijk vanggewassen geteeld worden om uitspoeling zo veel mogelijk te beperken.

De uitspoeling is het grootst in het geïntegreerde bedrijfssysteem met lage organische stof aanvoer en het laagst in het biologische systeem. Met toediening van compost stijgt de uitspoeling met ca 30 kg N/ha/jaar. Als vervolgens de bemesting wordt verlaagd neemt de uitspoeling weer af.

Summary

Within the project 'Soil quality on sandy soils; the Louis Bolk Institute explored the effects of a yearly application of compost on soil quality: organic matter contents, availability of nitrogen for the crops, losses of nitrogen.

We used the nitrogen simulation model NDICEA. With data on soil, crops, fertilisation and weather NDICEA calculates the dynamics of the soil organic matter and how much nitrogen is made available for crops, is fixated in soil organic matter or lost by denitrification or leaching on which moment in time.

In the project, conducted at the PPO location Vredepeel, three systems are compared to each other: an organic system and two integrated systems, one of which with a normal input of organic matter and the second with a low input of organic matter because of no use of organic manure. For each of the systems scenarios of one complete crop rotation cycle, with and without extra compost applications have been made. These scenarios were ran, and the effects on soil organic matter contents, nitrogen mineralisation and leaching after 6 year (one rotation cycle) and 30 year (5 rotation cycles) were investigated.

In the integrated system with low inputs of organic matter the soil organic matter contents decrease in the course of time. With a yearly application of 10 tonnes compost per hectare the soil organic matter contents slightly increase.

The higher supplies of organic matter in the second integrated system (by means of application of animal manure) are sufficient to keep the soil organic matter contents on level in the long term. With a yearly compost application of 10 tonnes per hectare per year soil organic matter contents increase. In the organic system the soil organic matter contents increase, both with and without compost application, especially by a higher supply of animal manure.

In all three systems the soil organic matter contents after 30 years are about 0,65 % higher in the case of a yearly application of 10 tonnes compost per hectare per year when compared to the situation without compost.

In the 6th rotation cycle in the systems with compost application about 50 kg nitrogen per hectare more is made available for the crops by mineralisation processes when compared to the same system without compost. On the long term this means that the fertilisation can be reduced with 45 – 50 kg N/ha/year. An important precondition is that as much catch crops as possible are grown in order to prevent leaching of nitrogen.

Leaching is highest in the integrated system with low organic matter supplies, and lowest in the organic system. With the application of compost the leaching increases with about 30 kg N/ha/year. When the fertilisation levels are reduced also leaching is reduced.

1 Inleiding en achtergrond

In de Nederlandse landbouw neemt de aandacht voor bodemkwaliteit de laatste jaren sterk toe. Structuur, bewerkbaarheid, uitspoelingsgevoeligheid, waterbergend vermogen en nutriënten leverend vermogen kunnen bij teruglopende bodemkwaliteit onder druk komen te staan. Steeds weer blijkt de organische stof (hoeveelheid en kwaliteit) in de bodem een sleutel te zijn voor een goede bodemkwaliteit. Er zijn geluiden die aangeven dat het organische stof gehalte in veel Nederlandse bodems terugloopt. Instrumenten voor behoud en opbouw van het organische stof gehalte zijn gewaskeuze, inzet van groenbemesters, aanvoer van organische stof door organische mest en compost en vermindering van de intensiteit van grondbewerking.

In het project 'Bodemkwaliteit op zand' op PPO locatie Vredepeel worden door PPO-AGV, op zandgrond, drie teeltsystemen met elkaar vergeleken: een biologisch systeem (ca. 2750 kg EOS/ha/jaar) en twee geïntegreerde systemen, waarvan een met een normale aanvoer van organische stof (ca. 1500 kg EOS/ha/jaar)(door gebruik van dierlijke mest) en een met een lagere aanvoer van organische stof (zonder dierlijke mest, ca. 800 kg EOS/ha/jaar) (De Haan, 2012). Daarbij ontstond de vraag wat in ieder van deze systemen het effect zou kunnen zijn van een extra toevoer van organische stof door gebruik van GFT-compost. Het project wordt gefinancierd door het ministerie van Economische Zaken en de ZLTO en LLTB.

2 Vraagstelling en onderzoeksdoel

In deze studie was de vraag wat de lange-termijn-effecten zijn op de bodemkwaliteit (organische stof gehalte, beschikbaarheid van stikstof voor de gewassen, maar ook uitspoeling van stikstof) van verschillen in organische stof toevoer, en daarnaast meer specifiek, of het wenselijk is om bij een hoge aanvoer van organische stof nog extra organische stof toe te dienen door compost.

3 Onderzoeksopzet

We hebben een scenariostudie uitgevoerd met het stikstofmodel NDICEA. NDICEA berekent op basis van gegevens over bodem (bodemtype, organische stof gehalte), gewassen (zaai- en oogsttijd, opbrengst), bemesting (wat, wanneer en hoe veel) en weergegevens hoe de organische stof dynamiek verloopt en hoe ten gevolge daarvan stikstof in de bodem vrijgemaakt, vastgelegd en door gewassen opgenomen wordt (van der Burgt et al, 2006).

Als eerste is nagegaan of NDICEA op Vredepeel voldoet. Daartoe zijn voor een aantal percelen per teeltsysteem (4 geïntegreerd en 4 biologisch) scenario's gemaakt met gegevens van de periode 2005 – 2010. Daarmee kon nagegaan worden in hoeverre de berekeningen van NDICEA overeenstemmen met de gemeten N-mineraal-waarden in deze periode. Een maat voor deze overeenstemming is de zgn. RMSE-waarde; als deze waarde lager is dan 20 is er sprake van een goede overeenstemming (van der Burgt & Staps, 2008).

Vervolgens zijn voor ieder van de teeltsystemen algemene scenario's gemaakt van een complete vruchtwisseling, met en zonder toediening van extra compost. Daarbij is gebruik gemaakt van gegevens (m.b.t. gewassen, opbrengsten en bemesting op Vredepeel) uit 2011. In de scenario's met compost is uitgegaan van een jaarlijkse compost gift van 10 ton GFT compost per hectare. Deze scenario's zijn doorgerekend en nagegaan is wat de effecten zijn op de bodem-organische stof, stikstofmineralisatie en uitspoeling na 6 jaar (één rotatie) en na 30 jaar (5 rotaties).

4 Resultaten

4.1 Voldoet NDICEA op Vredepeel?

Voor 8 percelen (4 maal geïntegreerd en 4 maal biologisch) zijn NDICEA scenario's gemaakt met data van de periode 2005 – 2010. De RMSE waarden van deze scenario's staan in Tabel 1.

Hieruit kunnen we concluderen dat NDICEA op Vredepeel goed (biologische percelen) tot voldoende (geïntegreerde percelen) voldoet. Op perceel 27.1 en 27.2 is de afwijking aanzienlijk hoger dan 20, hetgeen de bruikbaarheid van de modellering omlaag brengt. Er zit echter geen structureel verschil in betrouwbaarheid tussen BIO, GI normaal en GI laag. En daar speelt het vraagstuk zich af.

Tabel 1 RMSE waarden voor NDICEA scenario's in de perioden 2005 - 2010.

Perceel	Systeem	RMSE	RMSE	RMSE
		bovengrond	ondergrond	beide
18.1	GI normaal	13.66	19.39	16.36
18.2	GI laag	18.58	19.18	18.83
27.1	GI normaal	29.58	16.78	25.25
27.2	GI laag	27.66	17.27	23.91
34.1a	BIO	12.51	22.19	17.81
34.1b	BIO	14.2	20.34	17.54
34.2a	BIO	10.79	14.78	12.94
34.2b	BIO	10.94	6.23	9.07

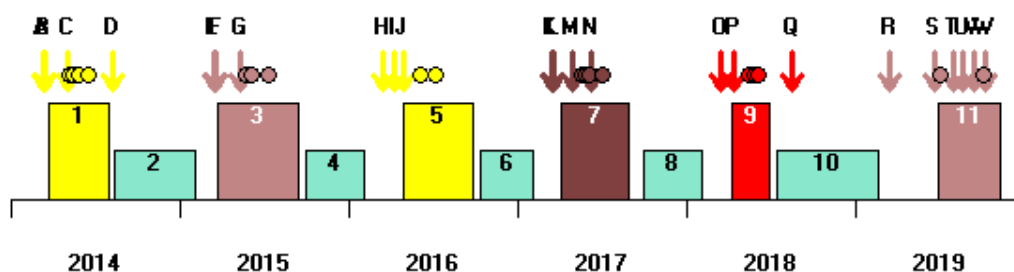
4.2 Scenariostudies zonder en met extra compost toevoer

De verschillende scenario's worden hieronder per bedrijfssysteem besproken.

4.2.1 Geïntegreerd bedrijf met lage organische stof aanvoer

In Figuur 1 staat één vruchtwisseling weergegeven van het geïntegreerde bedrijf met lage organische stof toevoer, met jaarlijkse toediening van 10 ton GFT compost per hectare. Details van de ingevoerde gegevens staan weergegeven in bijlage 1.

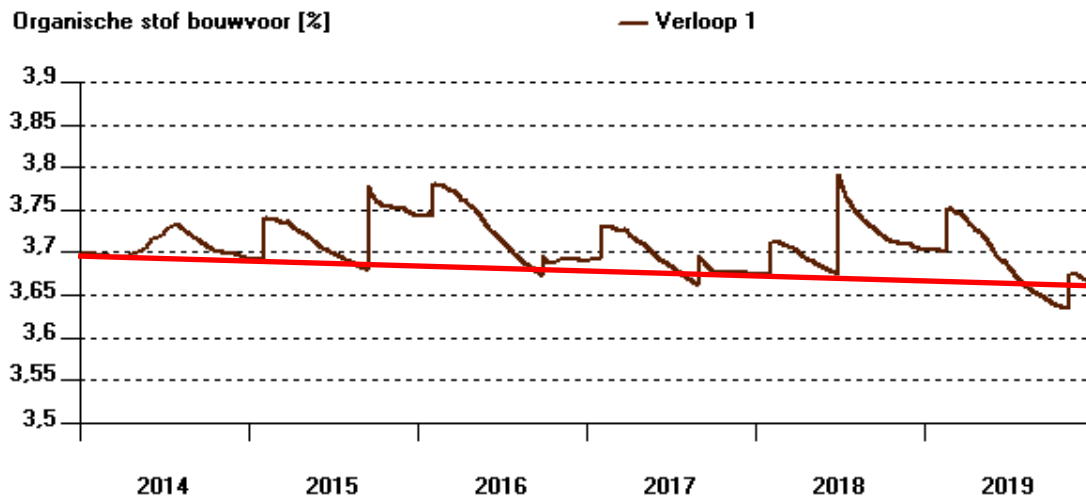
Het scenario zonder compost is exact gelijk, met uitzondering van de jaarlijkse compostgift.



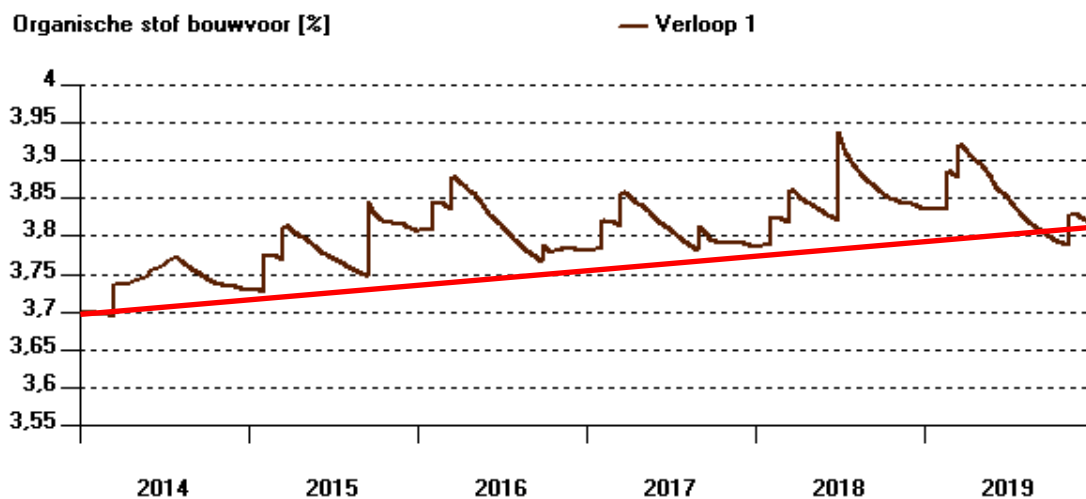
Figuur 1. GI laag met compost. 1e rotatie gewassen, groenbemesters en bemestingen. Zomergerst – Suikerbiet – Snijmaïs – Aardappel – Erwt - Prei. De gekleurde rechthoeken geven de verschillende gewassen en groenbemesters aan, de pijlen en letters bovenin de bemestingsmomenten per gewas, de rondjes geven beregeningsmomenten aan. Zie verder bijlage 1).

De organische stof gehalten in de bouwvoor die NDICEA berekent voor de 1^e rotatie zijn weergegeven in

Figuur 2 en Figuur 3. De rode lijn in de grafieken, een rechte lijn tussen begin- en eindwaarde, geeft de grote lijn in de ontwikkeling van het organische stof gehalte weer, de zwarte lijn de schommelingen daar omheen. In het scenario zonder compost daalt het organische stof gehalte licht, in het scenario met compost toediening berekent NDICEA na 6 jaar een stijging in het organische stof gehalte van 0.1 %, van 3,7 % naar 3,8 %.



Figuur 2. Gl laag zonder compost, 1e rotatie. Verloop organische stof.

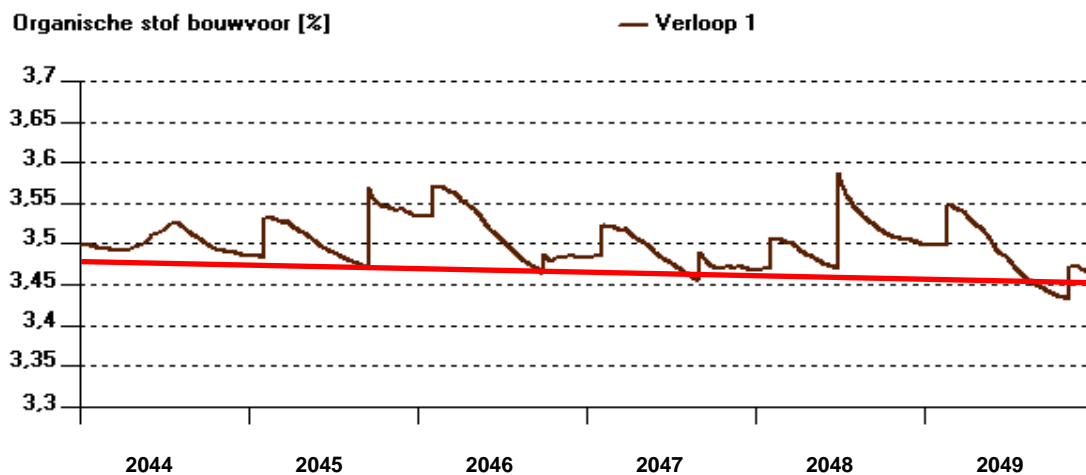


Figuur 3. Gl laag met compost, 1e rotatie. Verloop organische stof.

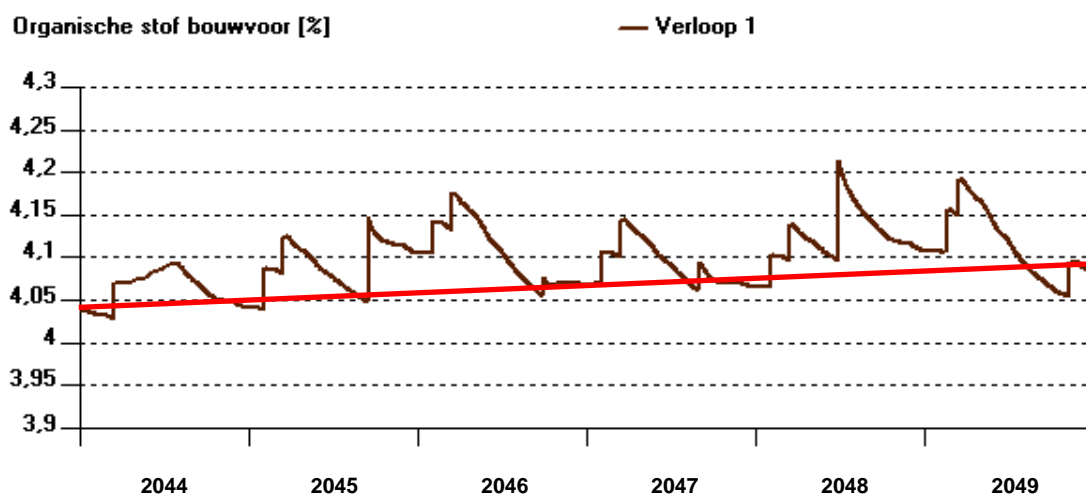
In

Figuur 4 en Figuur 5 is de berekende situatie in de 6^e rotatie (na 30 jaar) weergegeven. Zonder compost blijft het organische stofgehalte dalen, naar ruim 3,45 %, met compost is het nog verder

toegenomen tot ca. 4,1 %. De verschillen zijn kleiner dan in de 1^e rotatie, het systeem werkt toe naar een evenwicht.



Figuur 4. GI laag zonder compost, 6e rotatie. Verloop organische stof.



Figuur 5. GI laag met compost, 6^e rotatie. Verloop organische stof.

In Tabel 2 zijn de ontwikkelingen in organische stof uitgesplitst naar de drie 'pools' waarmee NDICEA rekent: de oude organische stof (humus; stabiel, breekt langzaam af), jonge organische stof en verse organische stof (breekt het snelste af).

Tabel 2. GI laag. Organische stof verdeling na 6 jaar en na 30 jaar.

GI laag	kg/ha uitgangssituatie	kg/ha na 6 jaar zonder compost	kg/ha na 30 jaar zonder compost	kg/ha na 6 jaar met compost	kg/ha na 30 jaar met compost
oud	71600	70741	63860	72363	81121
jong	6600	5269	5404	9829	9963
vers	2800	3551	3551	3551	3551

Voor de hoeveelheid verse organische stof is de standaard beginwaarde iets te laag geweest; dit levert echter slechts een kleine fout op in het eerste jaar (VdBurgt, 2013, mond.med).

De hoeveelheid jonge organische stof neemt zonder compost af, en neemt met compost sterk toe ten opzichte van de aangenomen beginwaarde. De hoeveelheid oude organische stof neemt zonder compost af en met compost toe.

Organische stof pools

De uitgangssituatie is de waarde die NDICEA toekent op basis van het organische stof gehalte, omgerekend naar kilogrammen per hectare en toebedeeld aan drie pools. Hierbij wordt verondersteld dat een deel van de aanwezige organische stof 'inert' is, dus niet meedoet aan afbraak en stikstoflevering. In dit scenario is de hoeveelheid actieve organische stof 2%, omgerekend tot 81.000 kg per hectare bij een bodem bulkdichtheid van 1,35.

Als je een stabiele vruchtwisseling met NDICEA meerdere keren doorrekent wordt de verse organische stof al na één keer herhalen stabiel. Dat is logisch: die pool wordt gevoed uit vers organisch materiaal (plantenresten), en die toevoer is iedere rotatie identiek. Alleen in het begin treedt er verandering op omdat je bij aanvang een inschatting maakt van de hoeveelheid verse organische stof.

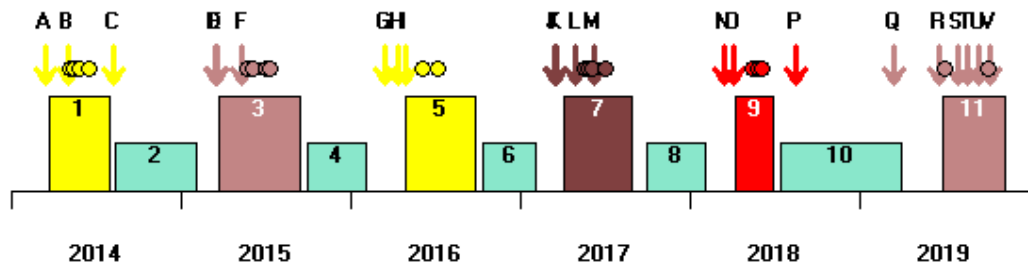
De jonge organische stof wordt ook vrij snel stabiel. Die wordt 'gevoed' vanuit de verse organische stof en vanuit mest en compost. Hier duurt het soms drie rotaties voor hij stabiel wordt.

De oude organische stof, humus, kan groeien, stabiel blijven of afnemen. Dat zijn processen van echt lange duur (50 jaar).

Als de beginwaarde voor de verse en jonge organische stof te laag is ingeschat is dat alleen merkbaar in de eerste twee of drie rotaties. Als de beginwaarde voor de oude organische stof (humus) niet goed is ingeschat heeft dat gevolgen voor vele rotaties, ten minste wat betreft overall effect op opbouw en afbraak van bodem organische stof. Daar staat tegenover dat de effecten op de N-levering weer niet zo heel groot zijn (door de hoge IAge); die worden vooral bepaald door de verse en jong organische stof dynamiek.

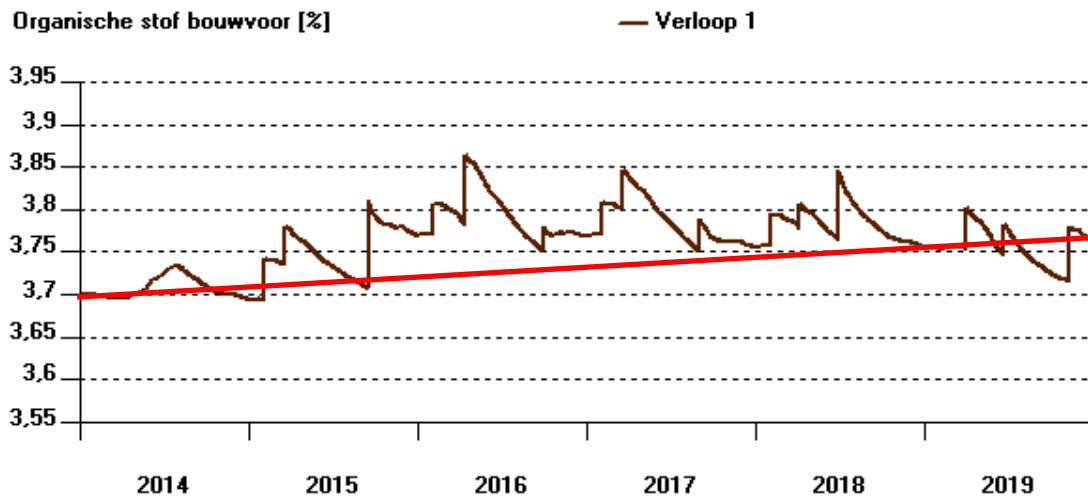
4.2.2 Geïntegreerd bedrijf met normale organische stof aanvoer

In Figuur 6 staat één vruchtwisseling weergegeven van het geïntegreerde bedrijf met normale organische stof toevoer, met jaarlijkse toediening van 10 ton GFT compost per hectare. Details van de ingevoerde gegevens staan weergegeven in bijlage 2. Het scenario zonder compost is exact gelijk, met uitzondering van de jaarlijkse compostgift.

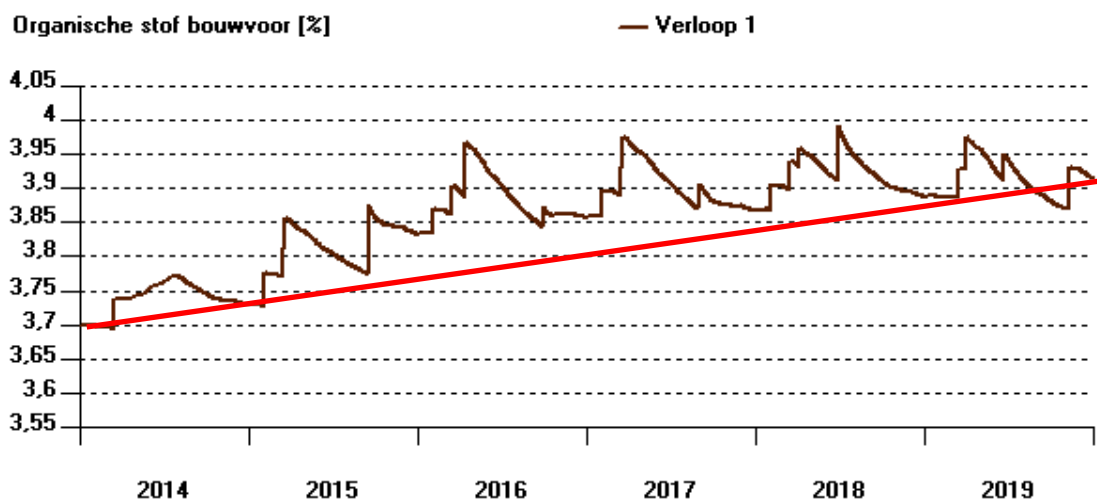


Figuur 6. GI normaal met compost. 1e rotatie gewassen, groenbemesters en bemestingen. Zomergerst – Suikerbiet – Snijmaïs – Aardappel – Erwt - Prei. De gekleurde rechthoeken geven de verschillende gewassen en groenbemesters aan, de pijlen en letters bovenin de bemestingsmomenten per gewas, de rondjes geven beregeningsmomenten aan. Zie verder bijlage 2.

De organische stof gehalten in de bouwvoor die NDICEA berekent voor de 1^e rotatie zijn weergegeven in Figuur 7 en Figuur 8. In het scenario zonder compost stijgt het organische stof gehalte licht, van 3,7 % naar 3,75 %, in het scenario met compost toediening berekent NDICEA na 6 jaar een stijging in het organische stof gehalte van 0.2 %, van 3,7 % naar 3,9 %.

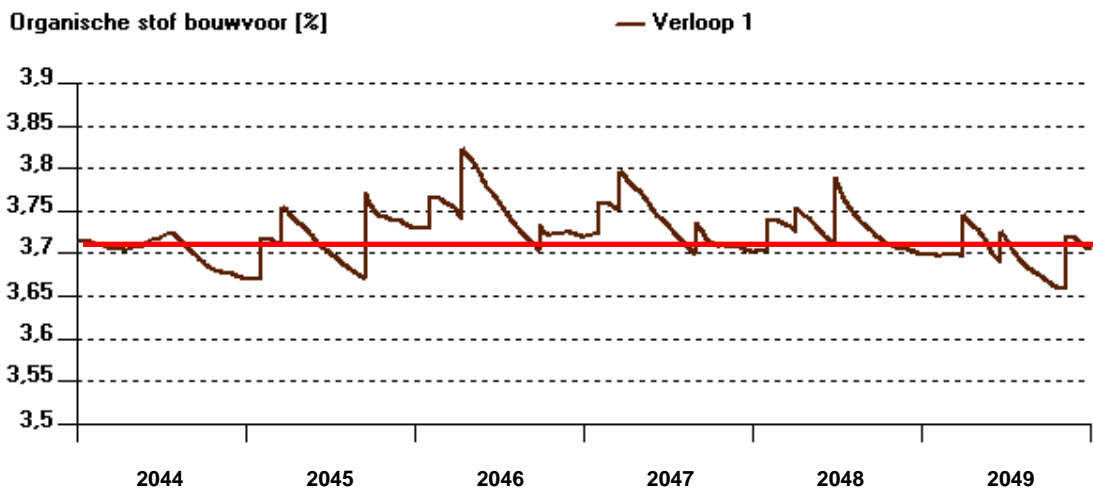


Figuur 7. GI normaal zonder compost, 1e rotatie. Verloop organische stof.

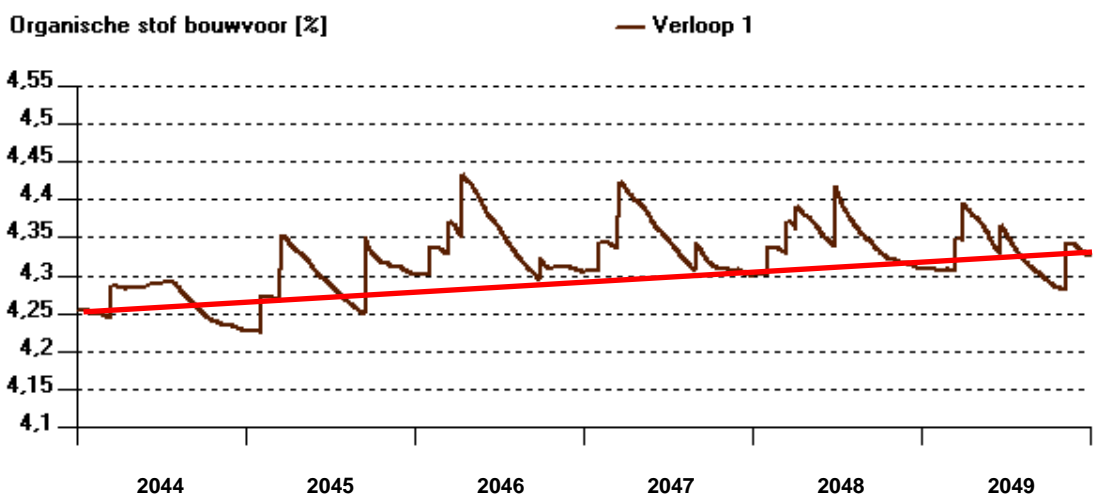


Figuur 8. GI normaal met compost, 1e rotatie. Verloop organische stof.

In Figuur 9 en Figuur 10 is de berekende situatie in de 6^e rotatie (na 30 jaar) weergegeven. Zonder compost blijft het organische stofgehalte stabiel op ca 3,7 %, met compost is het nog verder toegenomen naar bijna 4,35 %.



Figuur 9. GI normaal zonder compost, 6^e rotatie. Verloop organische stof.



Figuur 10. GI normaal met compost, 6^e rotatie. Verloop organische stof.

In Tabel 3 zijn de ontwikkelingen in organische stof uitgesplitst naar de drie 'pools' waarmee NDICEA rekent: de oude humus (stabiel, breekt langzaam af), jonge humus en verse humus (breekt het snelste af).

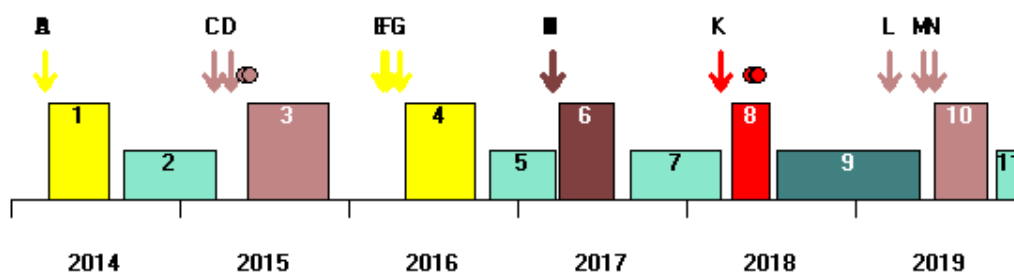
Tabel 3. GI normaal. Organische stof verdeling na 6 jaar en na 30 jaar.

GI hoog	kg/ha uitgangssituatie	kg/ha na 6 jaar zonder compost	kg/ha na 30 jaar zonder compost	kg/ha na 6 jaar met compost	kg/ha na 30 jaar met compost
oud	71600	70741	68470	72363	85695
jong	6600	7509	7893	12069	12452
vers	2800	5272	5272	5272	5272

Voor de hoeveelheid verse organische stof is de beginwaarde te laag geweest; dit levert echter slechts een kleine fout op in het eerste jaar (VdBurgt, 2013, mond.med). De hoeveelheid jonge organische stof neemt toe zonder compost, en neemt sterk toe met compost. De hoeveelheid oude organische stof neemt zonder compost licht af, met compost neemt de hoeveelheid oude organische stof sterk toe.

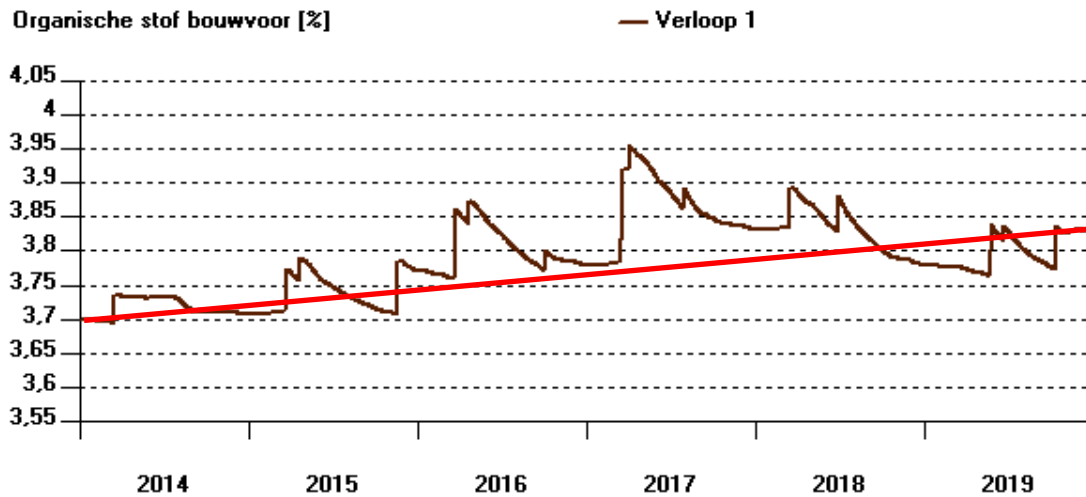
4.2.3 Biologisch bedrijf

In Figuur 11 staat één vruchtwisseling weergegeven van het biologische bedrijf met normale organische stof toevoer, met jaarlijkse toediening van 10 ton GFT compost per hectare. Details van de ingevoerde gegevens staan weergegeven in bijlage 3. Het scenario zonder compost is exact gelijk, met uitzondering van de jaarlijkse compostgift.

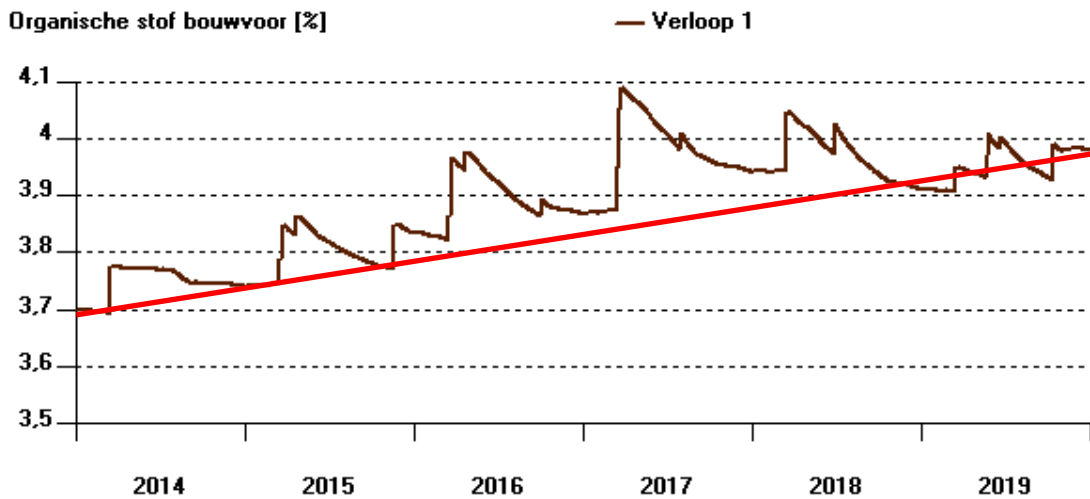


Figuur 11. Biologisch met compost. 1e rotatie gewassen, groenbemesters en bemestingen. Zomergerst – Suikerbiet – Snijmaïs – Aardappel – Erwt - Prei. De gekleurde rechthoeken geven de verschillende gewassen en groenbemesters aan, de pijlen en letters bovenin de bemestingsmomenten per gewas, de rondjes geven beregeningsmomenten aan. Zie verder bijlage 3.

De organische stof gehalten in de bouwvoor die NDICEA berekent voor de 1^e rotatie zijn weergegeven in Figuur 12 en Figuur 13. In het scenario zonder compost stijgt het organische stof gehalte van 3,7 % naar bijna 3,85 %, in het scenario met compost toediening berekent NDICEA na 6 jaar een stijging in het organische stof gehalte naar bijna 4 %.

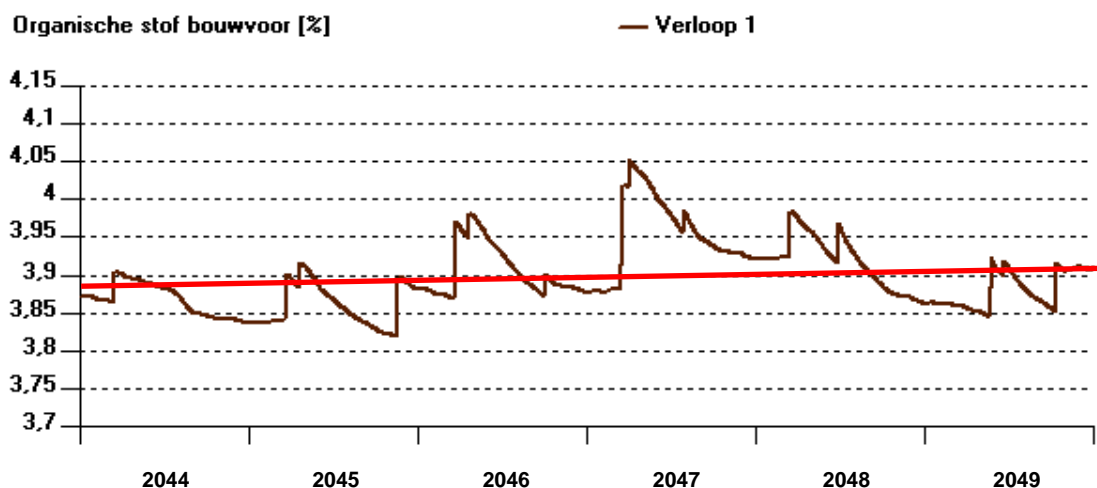


Figuur 12. Biologisch zonder compost, 1e rotatie. Verloop organische stof.



Figuur 13. Biologisch met compost, 1e rotatie. Verloop organische stof.

In Figuur 14 en Figuur 15 is de berekende situatie in de 6^e rotatie (na 30 jaar) weergegeven. Zonder compost blijft het organische stofgehalte stabiel op ca 3,9 %, met compost is het nog verder toegenomen tot ruim 4,6 %.



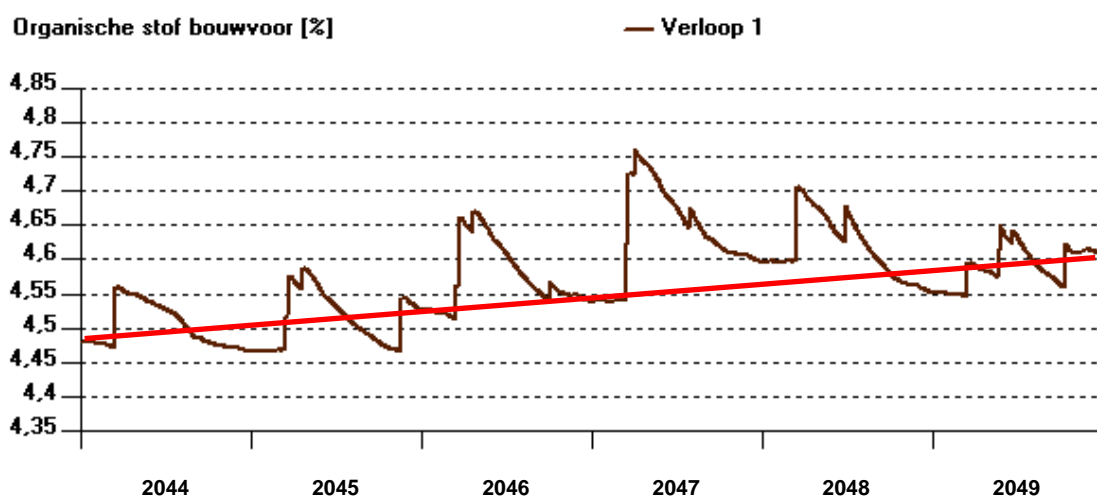
Figuur 14. Biologisch zonder compost, 6^e rotatie. Verloop organische stof.

In Tabel 4 zijn de ontwikkelingen in organische stof uitgesplitst naar de drie 'pools' waarmee NDICEA rekent: de oude humus (stabiel, breekt langzaam af), jonge humus en verse humus (breekt het snelste af).

Voor de hoeveelheid verse organische stof is de beginwaarde te laag geweest; dit levert echter slechts een kleine fout op in het eerste jaar. De verse organische stof wordt met name gevoed door de directe toevoer van vers organische materiaal (gewasresten, groenbemesters), en die is iedere rotatie identiek. Daarom treedt er ook op de langere termijn weinig verandering op in de hoeveelheid verse organische stof.

De hoeveelheid jonge organische stof neemt sterk toe toe zonder compost, en nog sterker met compost.

De hoeveelheid oude organische stof neemt zonder compost toe, met compost neemt de hoeveelheid oude organische stof sterk toe.



Figuur 15. Biologisch met compost, 6^e rotatie. Verloop organische stof.

Tabel 4. Biologisch. Organische stof verdeling na 6 jaar en na 30 jaar

GI laag	kg/ha uitgangssituatie	kg/ha na 6 jaar zonder compost	kg/ha na 30 jaar zonder compost	kg/ha na 6 jaar met compost	kg/ha na 30 jaar met compost
oud	71600	70746	73203	72369	90424
jong	6600	10213	10394	14770	14951
vers	2800	4350	4350	4350	4350

4.2.4 Samenvattend

In het geïntegreerde systeem met lage organische stof toevoer neemt in de loop der tijd het organische stof gehalte in de bodem af. De hogere aanvoer in het tweede geïntegreerde systeem (door toepassing van dierlijke mest) is voldoende om ook op de lange termijn het organische stof gehalte op peil te houden. In het biologische systeem stijgt het organische stof gehalte, met name door een nog hogere organische stof aanvoer uit (dierlijke) mest (zie Tabel 65).

Met toepassing van 10 ton GFT compost per ha per jaar is na 30 jaar in alle drie de systemen het organische stof gehalte in de bodem ca. 0,65 % hoger dan in hetzelfde systeem zonder toepassing van compost (zie Tabel 6)

Tabel 5. De aanvoer van organische stof uit verschillende in de drie bedrijfssystemen (kg/ha/jaar).

	GI laag		GI normaal		Biologisch	
	Zonder compost	Met compost	Zonder compost	Met compost	Zonder compost	Met compost
Aanvoer OS met gewasresten	3305	3305	3344	3344	2656	2656
Aanvoer OS met groenbemesters	2269	2269	2269	2269	2168	2168
Aanvoer OS met mest	93	93	1617	1617	2726	2726
Aanvoer door extra compost		1719		1718		1718
TOTAAL	5667	7386	7230	8948	7292	9268

Tabel 6. Organische stof percentages en –verdeling in de bodem in de drie bedrijfssystemen (kg/ha/jaar).

	GI laag		GI normaal		Biologisch	
	Zonder compost	Met compost	Zonder compost	Met compost	Zonder compost	Met compost
Jonge organische stof (kg/ha)	5404	9963	7893	12452	10394	14951
Verse organische stof (kg/ha)	3551	3551	5272	5272	4350	4350

4.3 Veranderingen in de mineralisatie

Met een compostgift van 10 ton per ha per jaar à 8,6 kg N per ton wordt 86 kg N per ha per jaar gegeven. In de 6^e rotatie mineraliseert er in de systemen met compost ruim 50 kg N/ha/jaar meer dan in de systemen zonder compost (zie Tabel 7).

Het verschil tussen deze 86 kg extra toegediend en de 50 kg extra beschikbaar is te verklaren uit de extra humusopbouw in de systemen met compost.

Tabel 7. Mineralisatie (kg N/ha/jaar) met en zonder jaarlijkse compostgift.

	GI laag		GI normaal		Biologisch	
	Zonder compost	Met compost	Zonder compost	Met compost	Zonder compost	Met compost
TOTAAL	327	379	330	382	236	289

4.4 Verkenningen verlaagde bemesting

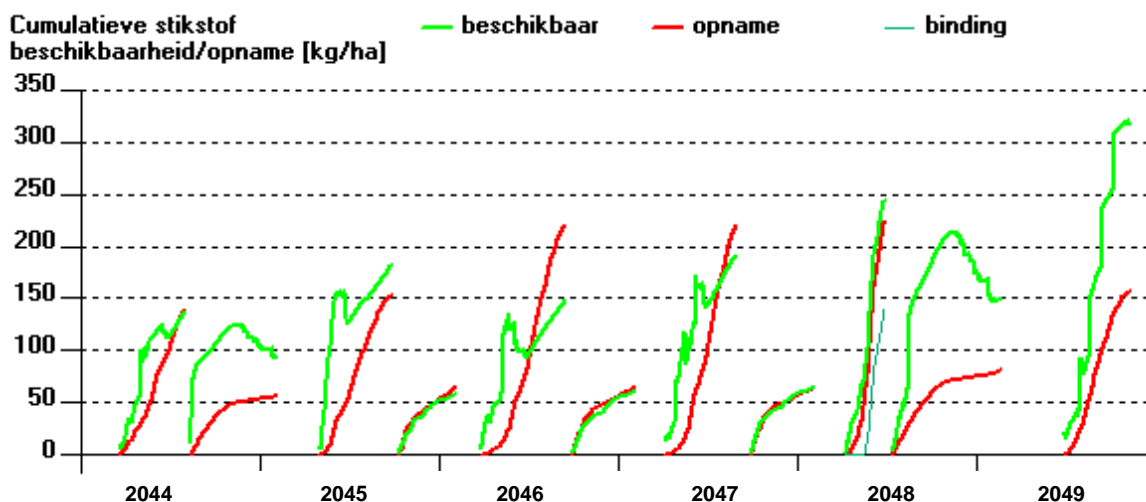
In de systemen met compost is in de 6^e rotatie jaarlijks 50 kg N per ha extra beschikbaar. Het is denkbaar dat deze extra beschikbaarheid zou leiden tot hogere opbrengsten. Dit kan echter niet met NDICEA onderzocht worden.

Wel kan de bemesting aangepast worden tot een niveau waarbij de stikstofbeschikbaarheid in het systeem met compost nagenoeg gelijk is aan die in het systeem zonder compost. Dit is voor de drie bedrijfssystemen nagegaan door de bemesting te verlagen en de NDICEA grafiek van de stikstofbeschikbaarheid visueel te vergelijken met de grafiek zonder compostgift. In de geïntegreerde systemen is alleen de bemesting met KAS-stikstof verlaagd, aangezien verlaging van de toegediende organische mest veel meer effecten heeft dan alleen op de directe N-beschikbaarheid. In het biologische systeem wordt geen KAS-N gebruikt; daar is de bemesting met drijfmest verlaagd.

4.4.1 Geïntegreerde bedrijfssystemen

In Figuur 16 is de hoeveelheid beschikbare en opgenomen stikstof in de 6^e rotatie van GI-laag zonder compost weergegeven. In het scenario met compost is de bemesting zodanig verlaagd dat de groene lijnen (stikstofbeschikbaarheid) zo veel mogelijk gelijk lopen met de groene lijnen in Figuur 16. Datzelfde is gebeurd voor het systeem met normale organische stof aanvoer.

Dat levert een gemiddelde jaarlijkse besparing op van 45 kg KAS-N per hectare voor het systeem met lage organische stofaanvoer en van 43 kg KAS-N per hectare voor het systeem met normale organische stof aanvoer (Tabel 8).



Figuur 16. GI laag zonder compost. Beschikbare stikstof en opgenomen stikstof in 6e rotatie

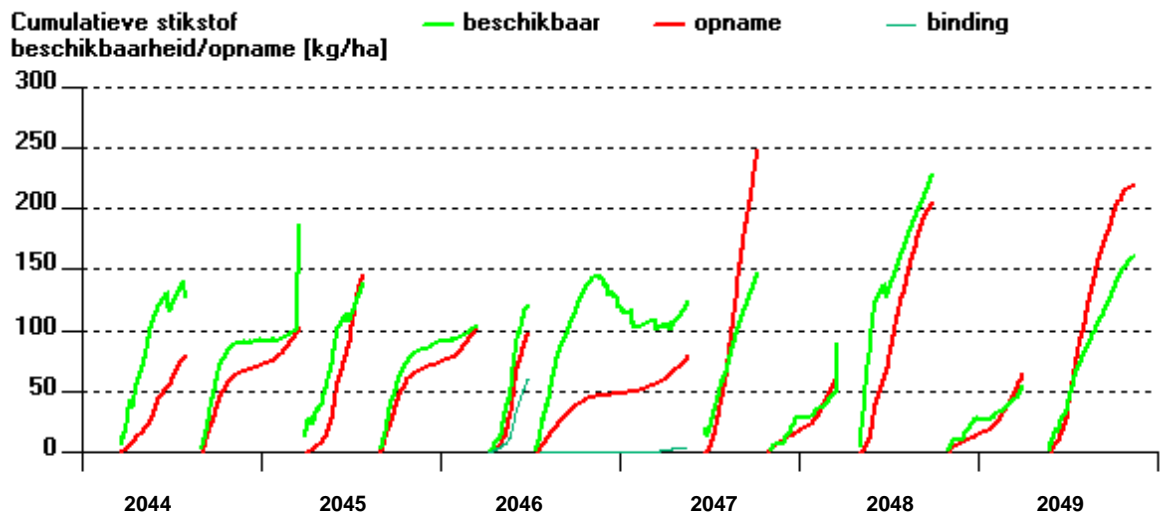
Tabel 8. Geïntegreerde bedrijfssystemen, bemesting met KAS-stikstof (kg N/ha) in de 6e rotatie bij verlaagde hoeveelheden in het systeem met compost.

jaar	Gewas	GI-laag			GI-hoog		
		zonder compost KAS-N	met compost KAS-N	verschil	zonder compost KAS-N	met compost KAS-N	verschil
1	Zomergerst	95	70	25	41	15	26
	Bladrammenas	0	0	0	0	0	0
2	Suikerbiet	49	0	49	41	0	41
	Graan	0	0	0	0	0	0
3	Snijmaïs	42	0	42	42	0	42
	Graan	0	0	0	0	0	0
4	Aardappel	111	55	56	111	55	56
	Graan	0	0	0	0	0	0
5	Erwt	74	50	24	0	0	0
	Engels raaigras	68	20	48	68	0	68
6	Prei	219	195	24	200	175	25
	Gemiddeld			45			43

4.4.2 Biologisch bedrijf

Verlagen van de KAS- gift is in het biologische bedrijfssysteem niet mogelijk. Verlagen van de drijfmestgift wel. NB Dit heeft ook effecten op de opbouw van organische stof en daarmee op het mineraliserend vermogen, etc.

In Figuur 17 is de hoeveelheid beschikbare en opgenomen stikstof in de 6^e rotatie van het biologische bedrijfssysteem weergegeven. In het scenario met compost is de bemesting zodanig verlaagd dat de groene lijnen (stikstofbeschikbaarheid) zo veel mogelijk gelijk lopen met de groene lijnen in Figuur 17. Dat levert een gemiddelde jaarlijkse besparing op van 8 ton runderdrijfmest, d.i. 50 kg N per hectare (Tabel 9).



Figuur 17. Biologisch zonder compost. Beschikbare stikstof en opgenomen stikstof in 6e rotatie

Tabel 9. Biologisch bedrijfssysteem; bemesting met runderdrijfmest in de 6e rotatie bij verlaagde hoeveelheden in het systeem met compost.

jaar	Gewas	zonder compost		met compost		verschil	
		Ton RDM/ha	kgN/ha	Ton RDM/ha	kgN/ha	Ton RDM/ha	kgN/ha
1	Zomergerst	25	150	15	90	10	60
	Graan	0	0	0	0	0	0
2	Winterpeen	20	120	10	60	10	60
	Mais	20	120	10	60	10	60
3	Graan	0	0	0	0	0	0
	Aardappel	20	120	10	60	10	60
4	Graan	0	0	0	0	0	0
	Erwt	0	0	0	0	0	0
5	Grasklaver	0	0	0	0	0	0
	Prei	25	150	15	90	10	60
6	Graan	0	0	0	0	0	0
	Gemiddeld per hectare					8,3	50

4.4.3 Samenvattend

In beide geïntegreerde systemen kan volgens deze berekeningen op termijn ca. 45 kg N/ha/jaar bespaard worden bij een jaarlijkse compostgift van 10 ton/ha/jaar, in het biologische systeem ca 8 ton runderdrijfmest per hectare, d.i. 50 kg N, zonder dat de beschikbaarheid van stikstof voor de gewassen daar onder lijdt.

De haalbaarheid van deze berekende besparingen zal uiteraard in de praktijk getoetst moeten worden. Zo is het lastig om kleine hoeveelheden drijfmest als 10 ton/ha voldoende goed te verdelen over het perceel.

4.5 Verliesposten

In Tabel 10 staan de verliesposten voor stikstof in de 6^e rotatie in ieder van de systemen weergegeven. Met toediening van compost stijgt de denitrificatie met ca 8 kg N/ha/jaar, de uitspoeling met ca 30 kg N/ha/jaar, en de hoeveelheid N die in humus wordt vastgelegd met ca 35 kg N/ha/jaar. Als vervolgens de bemesting wordt verlaagd dalen de verliezen weer; met name de uitspoeling neemt af.

De verhoogde uitspoeling wordt met name veroorzaakt door de veronderstelling dat de gewasopname (opbrengst) gelijk blijft: er komt meer stikstof in rotatie, er wordt niet meer opgenomen, dus spoelt er meer uit. NDICEA heeft geen mogelijkheid de opbrengst te relateren aan toegenomen N-beschikbaarheid. Ook de N-opname door groenbemesters is niet hoger ingeschat bij de scenario's met composttoevoer.

Bij het biologische systeem wordt daarnaast zichtbaar dat bij jaarlijkse toepassing van compost weliswaar de drijfmestgift verlaagd kan worden, maar dat daarmee ook de hoeveelheid stikstof die in humus in de bodem wordt vastgelegd omlaag gaat.

De verliezen zijn het grootst in het geïntegreerde bedrijfssysteem met lage organische stof aanvoer en het laagst in het biologische systeem. De verschillen zijn met name toe te schrijven aan verschillen in uitspoeling.

Tabel 10. Verliesposten (kg N per ha per jaar) voor de verschillende systemen

	Vervluchtiging	Denitrificatie	Uitspoeling	TOTAAL verliezen	N in humus opbouw
GI laag					
Zonder compost	12	19	141		-8
Met compost	13	27	171		25
Met compost met minder KAS-N	11	22	143		25
GI normaal					
Zonder compost	12	23	124		0
Met compost	13	31	153		35
Met compost met minder KAS-N	11	25	126		35
Biologisch					
Zonder compost	6	16	79		9
Met compost	7	23	105		44
Met compost met minder drijfmest	5	19	90		38

5 Conclusies

Uit het voorgaande kan geconcludeerd worden dat in het geïntegreerde systeem met lage organische stofaanvoer het organische stofgehalte in de bodem op den duur daalt, terwijl dit in het geïntegreerde systeem met normale organische stofaanvoer en in het biologische systeem stijgt. Bij jaarlijkse toepassing van 10 ton GFT compost per hectare stijgt het organische stofgehalte in GI-laag, en gaat de stijging in de beide andere systemen sneller.

Door toepassing van compost neemt het mineraliserend vermogen van de bodem toe. Op termijn kan bij jaarlijkse toepassing van compost de bemesting met 40 – 50 kg N/ha verlaagd worden. Een belangrijke voorwaarde is wel dat er zo veel mogelijk vanggewassen geteeld worden om uitspoeling zo veel mogelijk te beperken. De toegenomen mineralisatie treedt immers jaarrond op.

Organische stof in de bodem heeft meer effecten dan alleen stikstofbeschikbaarheid: oogstzekerheid, bewerkbaarheid, waterbergend vermogen etc. Deze effecten zijn in de berekeningen niet meegenomen.

In de berekeningen is gewerkt met standaard opbrengsten voor groenbemesters, en voor de hoofdgewassen met de opbrengsten van 2011. Het is mogelijk dat zowel groenbemesters als hoofdgewassen in de systemen met compost beter gaan presteren. Ook dit is in de berekeningen niet meegenomen.

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.H.M. van der, en S. Staps (2008). **Minder en Anders Bemesten. Naar een bedrijfsspecifieke duurzame bemestingsstrategie**. Publ. LD16, Louis Bolk Instituut, 37 pp

Haan, J. de (2012). Bodemkwaliteit op zandgrond 2011. **Informatieblad Bodemkwaliteit op zandgrond 1. Resultaten van het startjaar 2011**, Wageningen UR, 4 p.

Bijlage 1: Algemene gegevens VP GI laag met compost

Teelten:		Zaaien/poten	Oogsten/ onderwerken	Opbrengst [kg/ha]	Beregend?	Afvoer stro?	
1	Zomergerst	22-3-2014	1-8-2014	6508		Ja	
2	<i>Bladrammenas</i>	12-8-2014	1-2-2015	<i>voldoende</i>			
3	Snijmais	28-4-2015	26-9-2015	41008			
4	<i>Graan</i>	10-10-2015	1-2-2016	<i>voldoende</i>			
5	Suikerbiet	25-3-2016	15-9-2016	88000			
6	<i>Graan</i>	28-9-2016	1-2-2017	<i>voldoende</i>			
7	Aardappel	6-4-2017	30-8-2017	63335			
8	<i>Graan</i>	28-9-2017	1-2-2018	<i>voldoende</i>			
9	Doperwt	9-4-2018	28-6-2018	7288			
10	<i>Engels raaigras</i>	13-7-2018	18-2-2019	<i>goed</i>			
11	Prei herfst	28-6-2019	9-11-2019	37500			
Bemestingen:							
		Teelt	Toepassing		N [kg/ha]	P ₂ O ₅ [kg/ha]	K ₂ O [kg/ha]
A	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	1	10-3-2014		54,00	0,00	0,00
B	GFT COMPOST	1	15-3-2014		86,00	29,00	57,00
C	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	1	3-5-2014		41,00	0,00	0,00
D	Mineralenconcentraat (RUNDVEE DRIJFMEST)	2	9-8-2014		98,00	0,00	110,00
E	GFT COMPOST	3	15-3-2015		86,00	29,00	57,00
F	Mineralenconcentraat (RUNDVEE DRIJFMEST)	3	6-4-2015		117,60	0,00	132,00
G	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	3	28-4-2015		42,00	0,00	0,00
H	GFT COMPOST	5	15-3-2016		86,00	29,00	57,00
I	Mineralenconcentraat (RUNDVEE DRIJFMEST)	5	21-3-2016		117,60	0,00	132,00
J	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	5	10-5-2016		49,00	0,00	0,00
K	GFT COMPOST	7	15-3-2017		86,00	29,00	57,00
L	Mineralenconcentraat (RUNDVEE DRIJFMEST)	7	21-3-2017		117,60	0,00	132,00
M	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	7	27-4-2017		70,00	0,00	0,00
N	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	7	8-6-2017		41,00	0,00	0,00
O	GFT COMPOST	9	15-3-2018		86,00	29,00	57,00
P	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	9	11-4-2018		74,00	0,00	0,00
Q	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	10	16-8-2018		68,00	0,00	0,00
R	GFT COMPOST	11	15-3-2019		86,00	29,00	57,00
S	Mineralenconcentraat (RUNDVEE DRIJFMEST)	11	22-6-2019		98,00	0,00	110,00
T	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	11	29-7-2019		57,00	0,00	0,00
U	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	11	22-8-2019		54,00	0,00	0,00
V	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	11	13-9-2019		54,00	0,00	0,00
W	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	11	7-10-2019		54,00	0,00	0,00

Bijlage 2: Algemene gegevens VP GI normaal met compost

Teelten:		Zaaien/poten	Oogsten/ onderwerken	Opbrengst [kg/ha]	Beregend?	Afvoer stro?
1	Zomergerst	22-3-2014	1-8-2014	6530		Ja
2	<i>Bladrammenas</i>	12-8-2014	1-2-2015	<i>voldoende</i>		
3	Snijmais	28-4-2015	26-9-2015	51877		
4	<i>Graan</i>	10-10-2015	1-2-2016	<i>voldoende</i>		
5	Suikerbiet	25-3-2016	15-9-2016	90600		
6	<i>Graan</i>	28-9-2016	1-2-2017	<i>voldoende</i>		
7	Aardappel	6-4-2017	30-8-2017	70418		
8	<i>Graan</i>	28-9-2017	1-2-2018	<i>voldoende</i>		
9	Doperwt	9-4-2018	28-6-2018	4989		
10	<i>Engels raaigras</i>	13-7-2018	1-4-2019	<i>goed</i>		
11	Prei herfst	28-6-2019	8-11-2019	57400		

Bemestingen:		Teelt	Toepassing		N [kg/ha]	P ₂ O ₅ [kg/ha]	K ₂ O [kg/ha]
A	Compost (GFT COMPOST)	1	15-3-2014		86,00	29,00	57,00
B	KUNSTMEST NITRAAT	1	3-5-2014		41,00	0,00	0,00
C	Mineralenconcentraat (RUNDVEE DRIJFMEST)	2	9-8-2014		98,00	0,00	110,00
D	Compost (GFT COMPOST)	3	15-3-2015		86,00	29,00	57,00
E	RUNDVEE DRIJFMEST	3	13-4-2015		205,00	75,00	215,00
F	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	3	28-4-2015		42,00	0,00	0,00
G	Compost (GFT COMPOST)	5	15-3-2016		86,00	29,00	57,00
H	VLEESVARKENS DRIJFMEST	5	21-3-2016		138,00	60,00	126,00
I	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	5	10-5-2016		41,00	0,00	0,00
J	Compost (GFT COMPOST)	7	15-3-2017		86,00	29,00	57,00
K	VLEESVARKENS DRIJFMEST	7	21-3-2017		138,00	66,00	126,00
L	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	7	27-4-2017		70,00	0,00	0,00
M	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	7	8-6-2017		41,00	0,00	0,00
N	Compost (GFT COMPOST)	9	15-3-2018		86,00	29,00	57,00
O	VLEESVARKENS DRIJFMEST	9	6-4-2018		92,00	44,00	84,00
P	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	10	16-8-2018		68,00	0,00	0,00
Q	Compost (GFT COMPOST)	11	15-3-2019		86,00	29,00	57,00
R	VLEESVARKENS DRIJFMEST	11	22-6-2019		115,00	55,00	105,00
S	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	11	29-7-2019		38,00	0,00	0,00
T	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	11	22-8-2019		54,00	0,00	0,00
U	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	11	13-9-2019		54,00	0,00	0,00
V	KAS (KUNSTMEST AMMONIUM NITRAAT)	11	7-10-2019		54,00	0,00	0,00

Bijlage 3: Algemene gegevens VP Biologisch met compost

Teelten:		Zaaien/poten	Oogsten/ onderwerken	Opbrengst [kg/ha]	Beregend?	Afvoer stro?
1	Zomergerst	22-3-2014	1-8-2014	3749		Ja
2	<i>Graan</i>	1-9-2014	21-3-2015	<i>zeer goed</i>		
3	Aardappel	30-3-2015	28-7-2015	35970		
4	<i>Graan</i>	1-9-2015	15-3-2016	<i>zeer goed</i>		
5	Doperwt	9-4-2016	28-6-2016	3309		
6	<i>Grasklaver</i>	14-7-2016	20-5-2017	<i>voldoende</i>		
7	Prei herfst	22-6-2017	10-10-2017	59500		
8	<i>Graan</i>	31-10-2017	21-3-2018	<i>voldoende</i>		
9	Snijmais	2-5-2018	30-9-2018	54729		
10	<i>Graan</i>	31-10-2018	2-4-2019	<i>voldoende</i>		
11	Winterpeen	25-5-2019	16-11-2019	80592		

Bemestingen:		Teelt	Toepassing		N [kg/ha]	P ₂ O ₅ [kg/ha]	K ₂ O [kg/ha]
A	GFT COMPOST	1	15-3-2014		88,00	39,00	65,00
B	RUNDVEE DRIJFMEST	1	17-3-2014		102,50	37,50	107,50
C	GFT COMPOST	3	15-3-2015		88,00	39,00	65,00
D	RUNDVEE DRIJFMEST	3	17-3-2015		82,00	30,00	86,00
E	RUNDVEE GRUPSTALMEST	3	19-3-2015		140,40	81,00	178,20
F	GFT COMPOST	5	15-3-2016		88,00	39,00	65,00
G	GFT COMPOST	7	15-3-2017		88,00	39,00	65,00
H	RUNDVEE DRIJFMEST	7	25-5-2017		102,50	37,50	107,50
I	VINASSE-KALI VLOEIBAAR	7	22-6-2017		70,00	10,00	200,00
J	GFT COMPOST	9	15-3-2018		88,00	39,00	65,00
K	RUNDVEE GRUPSTALMEST	9	21-3-2018		140,40	83,70	178,20
L	RUNDVEE DRIJFMEST	9	21-4-2018		74,00	34,00	96,00
M	GFT COMPOST	11	15-3-2019		88,00	39,00	65,00
N	RUNDVEE DRIJFMEST	11	21-4-2019		74,00	34,00	96,00