viaverda

Organische stof in boomkwekerijbodems

Eindverslag OSBOBO

viaverda
Bodemkundige Dienst van België vzw
Medegefinancierd door de Europese Unie

Inhoud

1 Het OSBOBO-project in het kort 5

2 Wat is organische stof in de bodem? 5

3 Probleemstelling boomkwekerij 6

4 Proeven 7

4.1 Tussenzaai met gras bij sierheesters 7

4.1.1 Proefveldgegevens 7

4.1.2 Proefopzet en behandelingen 7

4.1.3 Resultaten 8

4.2 Tussenzaai gras en afdekmaterialen op de rij bij sierheesters 10

4.2.1 Proefveldgegevens 10

4.2.2 Proefopzet en behandelingen 10

4.2.3 Teeltgegevens 11

4.2.4 Analyses bodemverbeterende middelen 11

4.2.5 Resultaten 11

4.3 Jaarlijkse spreiding van compost op de rij bij kastanje 14

4.3.1 Proefveldgegevens 14

4.3.2 Proefopzet en behandelingen 14

4.3.3 Teeltgegevens 15

4.3.4 Analyse bodemverbeterende middelen 15

4.3.5 Resultaten 15

4.4 Lange termijn jaarlijkse spreiding van groencompost bij laanbomen 18

4.4.1 Proefveldgegevens 18

4.4.2 Proefopzet en behandelingen 18

4.4.3 Teeltgegevens 18

4.4.4 Resultaten 18

4.5 Lange termijn compostgebruik in verschillende dosissen bij bosgoed 20

4.5.1 Proefveldgegevens 20

4.5.2 Beschrijving historiek perceel 20

4.5.3 Proefopzet en behandelingen 21

4.5.4 Teeltgegevens 21

4.5.5 Analyse bodemverbeterende middelen 22

4.5.6 Resultaten 22

4.6 Commercieel beschikbare bodemverbeterende middelen bij bosgoed 26
4.6.1 Proefopzet en behandelingen 26
4.6.2 Teeltgegevens 26
4.6.3 Analyse bodemverbeterende middelen 27
4.6.4 Resultaten 27
4.7 Lange termijn gebruik van (grove fractie) compost en houtsnippers bij laanbomen 29
4.7.1 Proefveldgegevens 29
4.7.2 Proefopzet en behandelingen 29
4.7.3 Teeltgegevens 30
4.7.4 Analyse bodemverbeterende middelen 30
4.7.5 Resultaten 30
5 CO_2-boekhouding van een boomkwekerijbedrijf 34
5.1 CO_2-boekhouding achtergrond 34
5.1.1 Wat is een CO_2-boekhouding? 34
5.1.2 Welke gegevens zijn nodig om een CO_2-boekhouding te kunnen opstellen? 34
5.1.3 Berekening organische koolstofstock (OC-stock) 34
5.1.4 Berekening organische koolstofbalans (OC-balans) 35
5.1.5 Berekening broeikasgasbalans (CO_2-balans) 35
5.2 Resultaten voor een fictief boomkwekerijbedrijf 35
5.2.1 OC-stock 36
5.2.1.1 OC-stock in de bodem 36
5.2.1.2 OC-stock in de houtige biomassa 36
5.2.2 OC-balans 37
5.2.2.1 Natuurlijke OC-afbraak in de bodem 37
5.2.2.2 OC-opslag in de aangroei van houtige biomassa 37
5.2.2.3 Aanvoer van effectieve organische koolstof (EOC) uit vers organisch materiaal 38
5.2.3 CO_2-balans 38
5.3 Slotbemerkingen 39
6 Schatting van de lange termijnevolutie van het organische stofgehalte in de bodem op basis van simulaties met Cslim achtergrond 40
6.1 Cslim achtergrond 40
6.1.1 Wat is Cslim? 40
6.1.2 Welke inputgegevens zijn nodig om Cslim te kunnen doorrekenen? 40
6.1.3 Fractieverdeling van organische stof in de bodem 40
6.2 Cslim-simulaties in boomkwekerijpercelen 41
6.2.1 Perceelsgegevens 41
6.2.1.1 Proefaanleg en objecten 41

6.2.1.2 Grasstroken 42
6.2.2 Aanvoer organisch materiaal 42
6.2.2.1 Composttoedieningen 42
6.2.2.2 Gewasresten 42
6.2.3 Resultaten Cslim-simulaties 43
7 Besluit 44
8 Bijlages 45
8.1 Bijlage: Klimatologische data – Minimum, maximum en gemiddelde temperatuur (°C) en gemeten neerslag (mm) per maand in Destelbergen in april 2024 – februari 2026. 45
8.2 Bijlage: Overzicht streefzones en limietwaarden voor het percentage aan bodemorganische koolstof (BOC) in landbouwbodems volgens het textuurtype opgesteld door de Bodemkundige Dienst van België. 45
9 Referenties 46

1 Het OSBOBO-project in het kort

Projecttitel
OSBOBO – **O**rganische **S**tof in **BO**omkwekerij**BO**dems
Projectduur
1/04/2024 – 31/03/2026
Projectpartners
Viaverda en Bodemkundige Dienst van België
Financiering
Agentschap Landbouw en Zeevisserij en Europese Unie
Beknopte omschrijving
Het gehalte aan organische stof (OS) in de bodem bij boomkwekerijgewassen is over het algemeen erg laag. Een minimaal OS-gehalte is echter een vereiste voor een vruchtbare bodem. In dit project worden manieren om die organische stof op peil te brengen gedemonstreerd in praktijkomstandigheden. In verschillende boomkwekerijgewassen (*Prunus*, *Carpinus*, *Castanea*, …) worden volgende bodemverbeterende middelen/technieken onderzocht: gekende bodemverbeteraars (groencompost, stalmest) en andere bronnen met een hoog koolstofgehalte en lage nutriënteninhoud (houtsnippers, grove compostfractie …), vanggewassen inzaaien (bv. gras) en afdekmaterialen (zaagsel, groencompost, houtsnippers) op de rij.

2 Wat is organische stof in de bodem?

Organische stof in de bodem (BOS) vormt een sleutelcomponent van de chemische, fysische en biologische kwaliteit van de bodem. Ze ontstaat uit afgebroken plantaardig en dierlijk materiaal en verbetert de structuur, het waterbergend vermogen en de nutriëntenbeschikbaarheid. BOS voedt het bodemleven, ondersteunt een actief bodemvoedselweb en heeft een bufferende werking. Daarnaast draagt een bodem rijk aan organische stof bij aan klimaatmitigatie doordat koolstof langdurig wordt vastgelegd.

Tal van factoren zoals temperatuur en vochtigheid spelen een belangrijke rol in de snelheid van de afbraak- en opbouwprocessen van organische stof. De opbouw van organische koolstof, het hoofdbestanddeel van BOS, vereist dat de natuurlijke afbraak van organische stof wordt gecompenseerd door voldoende toevoer van effectieve organische koolstof (EOC). EOC is de fractie van aangevoerde organische stof (mest, compost, gewasresten) die na één jaar nog in de bodem aanwezig is. Het is een maatstaf voor de langetermijnbijdrage aan de bodemvruchtbaarheid, structuur en koolstofopslag, aangezien een groot deel van de verse organische stof snel afbreekt. Niet alle materialen leveren dezelfde hoeveelheid EOC: sommige bronnen, zoals groencompost, zorgen voor meer blijvende koolstofopbouw dan bijvoorbeeld drijfmest. Langetermijnopbouw van BOS is dus een complex verhaal waarin veel factoren in rekening moeten worden gebracht. In bijlage 6.2 staan de streefzones en limietwaarden voor het organische koolstofgehalte in verschillende bodemtextuurtypes. Deze limietwaarden geven aan bij welk minimumgehalte aan totale organische koolstof (TOC) actie ondernomen moet worden om de landbouwgrond te herstellen.

3 Probleemstelling boomkwekerij

In boomkwekerijbodems is het behouden en opbouwen van bodem organische stof bijzonder uitdagend. Organische stoftoevoegingen kunnen enkel worden uitgevoerd vóór een nieuwe aanplant, terwijl tijdens de meerjarige teelt weinig extra aanvoer mogelijk is. Bij het rooien verdwijnt bovendien het volledige wortelgestel, waardoor er veel minder organisch materiaal achterblijft dan in andere teeltsystemen. Extra factoren kenmerkend voor de boomkwekerij, zoals bodemverdichting door het rijden op het veld laat in het najaar onder minder ideale omstandigheden en de beperkte bodembedekking tussen de rijen verzwakken de bodemstructuur en versnellen de afbraak van BOS. Hierdoor is het moeilijk om een duurzame opwaartse trend in koolstofopbouw te realiseren.

Om oplossingen te zoeken voor deze sectorspecifieke uitdagingen werd samen met de Bodemkundige Dienst van België het demonstratieproject OSBOBO opgezet. Op demopercelen bij telers en bij Viaverda in Destelbergen zijn verschillende koolstofopbouwende technieken onderzocht, waaronder diverse organische stofbronnen, bodembedekking, mulch en maatregelen tegen verdichting. De resultaten bieden inzichten in haalbare strategieën om BOS in boomkwekerijbodems op een duurzame manier te verhogen.

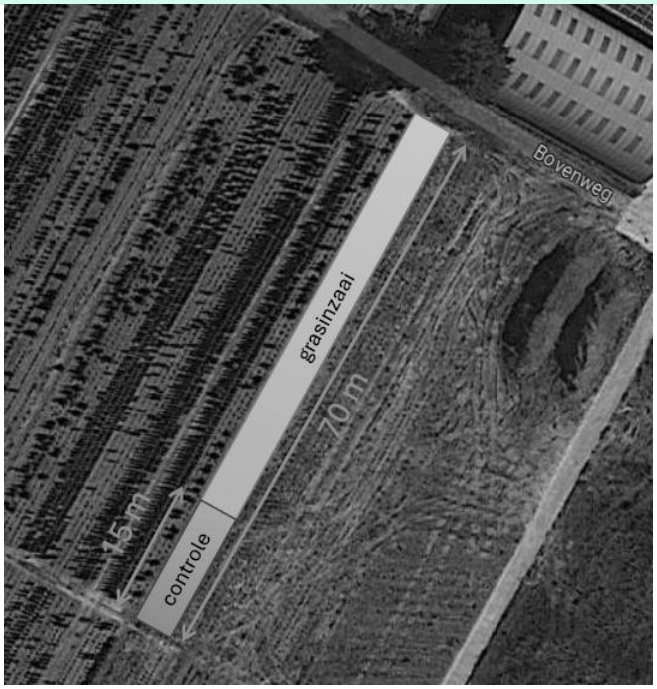
4 Proeven

4.1 Tussenzaai met gras bij sierheesters

4.1.1 Proefveldgegevens

Locatie	Boomkwekerij Wetteren
Bestaande/nieuwe proef	Bestaande
Grondsoort	30 = Zandleem Pbc, droge lichte zandleemgronden met verbrokkelde textuur B horizont
Organische koolstofgehalte	0,9% (laag)
Start proef	Voorjaar 2023
Eind proef	Voorjaar 2025

4.1.2 Proefopzet en behandelingen

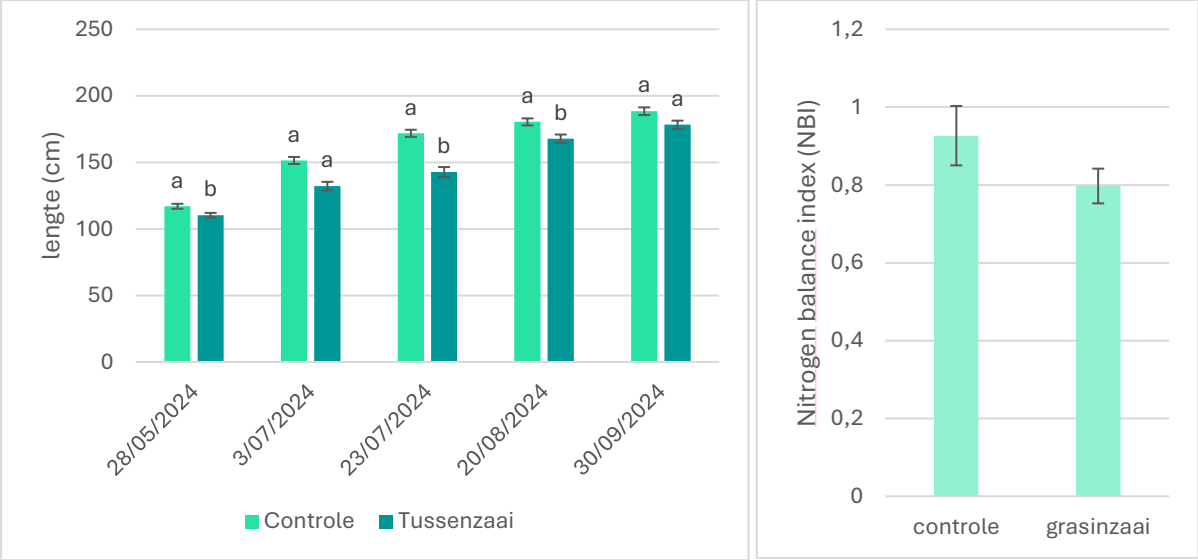
Gewas	*Prunus laurocerasus* 'Caucasica'
Behandelingen	1) Controle 2) Tussenzaai met traaggroeiend Engels raaigras
Plantdatum en zaaidatum	Voorjaar 2023
Grootte	Controle: 3 rijen van 15 m Tussenzaai met gras: 3 rijen van 55 m
Aantal herhalingen	Geen
Perceelsplan	
Rijafstand	80 cm
Plantafstand	0,5 m
Irrigatie	Ja (t-tape in 2023) / Nee (2024-2025)
Beschrijving historiek perceel	Boomkwekerijperceel

Voor een nieuwe aanplant wordt een groenbemester ingewerkt, wat bij gunstige mineralisatie-omstandigheden kan zorgen voor een te hoog nitraatresidu in het eerste groeiseizoen. Tussenzaai van gras kan deze overmaat aan nutriënten in het eerste groeiseizoen opvangen en zo de nutriënten later in het groeiseizoen terug beschikbaar stellen wanneer het gras gemaaid wordt en achterblijft op het

perceel. Het doel van de proef was om het effect van het gras op de groei van de heesters op te volgen en bijkomend het effect op het bodemvochtgehalte en de nutriëntenopname te bekijken.

4.1.3 Resultaten

Resultaten uit een vorig project, het VLAIO LA-traject OrnAqua, tonen een licht verminderde groei bij de tussenzaai als gevolg van nutriëntentekort en mogelijk watertekort door competitie met het gras. Het verschil was het meest uitgesproken in de lente van 2024. Tegen september 2024 groeide de behandeling met tussenzaai nog wat bij (Figuur 1, links). Metingen die een indicatie geven van de stikstofgehaltes in de bladeren tonen een lichte trend naar meer bladgroen bij het controle-object, wat toont dat er ook in 2024 een nutriëntentekort was bij de planten met tussenzaai (Figuur 1, rechts). Dit verschil is echter niet significant en de metingen werden slechts op één moment uitgevoerd (najaar 2024). De actuele nitraatreserves tonen een lage nitraatvoorraad in beide behandelingen (Tabel 1). In het najaar 2024-2025 werd de tussenzaai vernietigd en de proef beëindigd. Wegens de korte duur van de proef (d.i. twee jaar) kon geen significante verhoging van het TOC-gehalte worden vastgesteld bij de tussenzaai van gras (Tabel 2).



Figuur 1: Links: effect tussenzaai gras op groei tweejarige *Prunus*. Rechts: indicator van stikstofgehalte in de plant: nitrogen balance index (NBI).

Tabel 1: Actuele nitraatreserves in 2024.

Datum	Diepte van grondstaal (cm)	NO_3-N (kg/ha)	NH_4^+-N (kg/ha)	Behandeling
16/07/2024	0-30 30-60	7 8	5 <4	Controle
16/07/2024	0-30 30-60	4 3	4 <4	Gras tussenzaai
22/10/2024	0-30 30-60 60-90 **0-90**	5 10 7 **22**	<3 <4 <4 -	Controle
22/10/2024	0-30 30-60 60-90 **0-90**	4 3 3 **10**	4 <4 <4 -	Gras tussenzaai

Tabel 2: Organisch koolstofgehalte verloop 2023-2025.

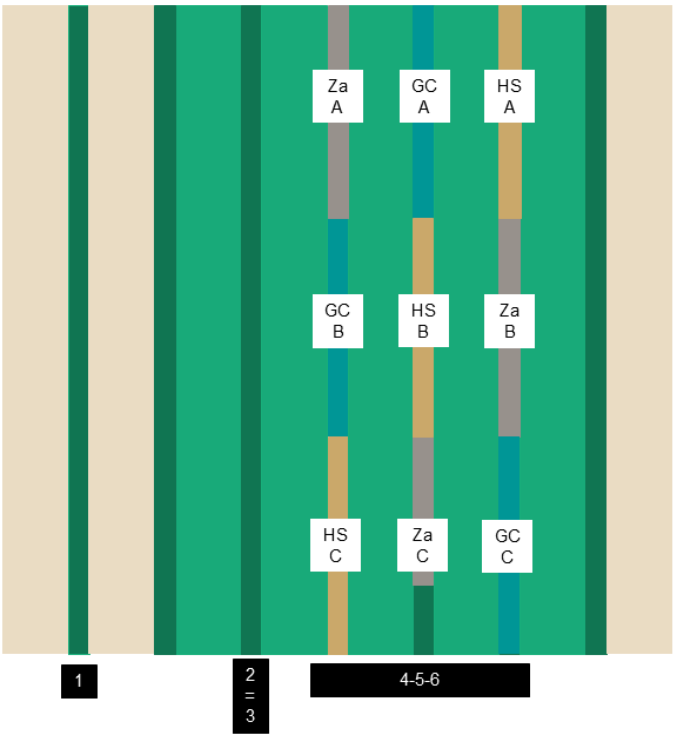
		11/05/2023	24/02/2025
%TOC	Tussenzaai met gras	0,9 (0-30 cm)	1,09 (0-23 cm)
	Controle		0,98 (0-23 cm)

4.2 Tussenzaai gras en afdekmaterialen op de rij bij sierheesters

4.2.1 Proefveldgegevens

Locatie	Boomkwekerij Wetteren
Bestaande/nieuwe proef	Nieuwe
Grondsoort	30 = Zandleem
Organische koolstofgehalte	1,3% (laag)
Start proef	Eind mei 2024
Eind proef	Maart 2026

4.2.2 Proefopzet en behandelingen

Gewas	*Prunus laurocerasus* 'Rotundifolia'
Behandelingen	1) Controle 2) Tussenzaai met traaggroeiend Engels raaigras 3) Afdekmateriaal: zaagsel (ZA A-B-C) met inzaai traaggroeiend Engels raaigras 4) Afdekmateriaal: houtsnippers (HS A-B-C) met inzaai traaggroeiend Engels raaigras 5) Afdekmateriaal: groencompost (GC A-B-C) met inzaai traaggroeiend Engels raaigras
Plantdatum	Begin mei 2024
Zaaidatum/aanleg afdekmaterialen	Eind mei 2024
Grootte	5 rijen van 70 m
Aantal herhalingen	Behandeling 4, 5, 6 (afdekmaterialen) in 3 blokken (A,B,C) verspreid over 3 rijen (45 planten/blok)
Perceelsplan en foto	

Perceelsfoto	
Rijafstand	0,80 m
Plantafstand	0,50 m
Irrigatie	Nee

4.2.3 Teeltgegevens

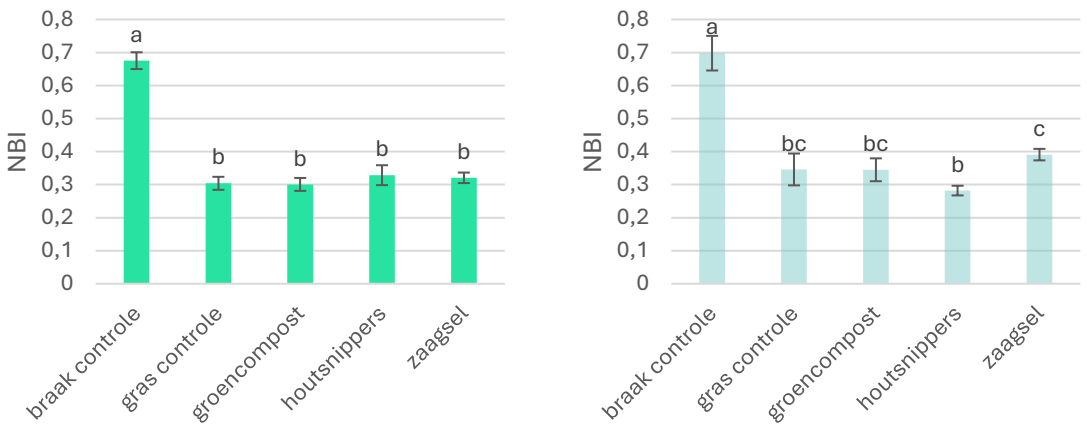
Het gras werd ingezaaid aan 3 kg/are. De afdekmaterialen werden aangelegd aan 2 m³/behandeling (30 cm afdekstrook, 5-10 cm dikte). Na de opkomst van het gras werd er ongeveer om de twee weken gemaaid, afhankelijk van de lengte van het gras en de weersomstandigheden. Er werd een bladbemesting (5 g/l Agroleaf 10-5-10) toegepast wegens de bleke kleur van de behandeling met gras in week 36 en 40 in 2024 en in week 19 en 21 in 2025. In week 19 in 2025 werd ook een bemesting met KAS van 35 kg N/ha toegepast bij alle behandelingen. In week 22 in 2025 werd wegens langdurige droogte een ruime watergift toegepast op het perceel, alsook een organische bemesting van 48 kg N/ha.

4.2.4 Analyses bodemverbeterende middelen

	Naam partij	DS (%)	OS (%)	N tot (%)	C:N
2024	Afdekmateriaal groencompost	47	13	0,54	14
	Afdekmateriaal houtsnippers	40	39	0,3	83
	Afdekmateriaal zaagsel	56	55	0,24	132

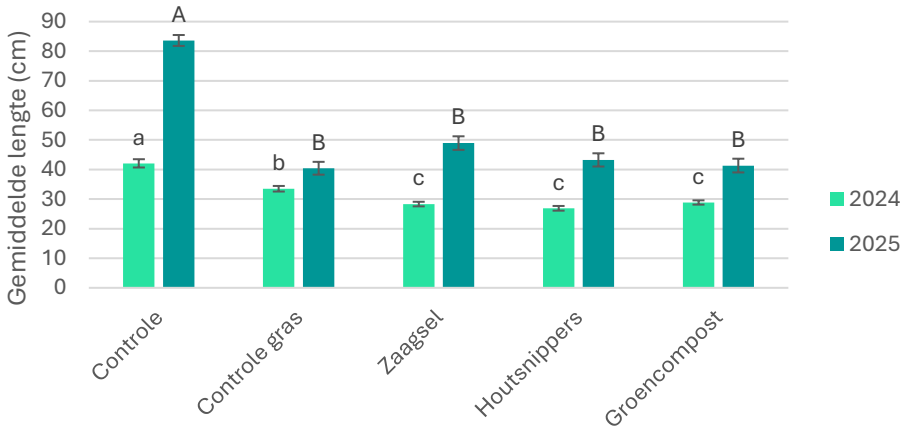
4.2.5 Resultaten

De tussenzaai van gras bleek een goede onkruidbestrijder, maar door de nood aan frequent maaien werd geen arbeid uitgespaard. Na één groeiseizoen zien we een sterk negatief effect van de tussenzaai op de lengtegroei (Figuur 3, 2024) en de kleur van de planten (Figuur 2). Dit is te verklaren door de grote competitie voor nutriënten die de planten ondervonden van het gras. De afdekmaterialen zorgden voor een extra reductie in groei, waarschijnlijk door stikstofonttrekking.



Figuur 2: Gemiddelde waarde voor de NBI (nitrogen balance index), een indicator voor bladgroen in de plant in augustus (links) en oktober (rechts) 2024. Behandelingen met verschillende letters verschillen significant van elkaar (p<0,05).

Tijdens het tweede groeiseizoen werd het verschil tussen de objecten met en zonder tussenzaai nog groter (Figuur 3, 2025). Opvallend is dat het controle-object met grasinzaai, dat na één groeiseizoen beter scoorde dan de objecten met afdekmaterialen, in het tweede groeiseizoen amper bijgroeide (slechts 21% ten opzichte van de groei in 2024). De Prunus-planten zonder tussenzaai en afdekmaterialen groeiden 99% bij, deze met zaagsel als afdekmateriaal 73%, met houtsnippers 61% en met groencompost slechts 43%. De afname in groei bij de planten waar gras werd ingezaaid kan verklaard worden door de droogte in 2025 en de competitie van het gras op het gewas. Door de beperkte groei in het eerste groeiseizoen waren de boompjes klein, waardoor ze ook minder diep wortelden en zo ook gevoeliger waren voor droogte in vergelijking met de planten van het controle-object met sterker doorgroeide wortels. Afdekmaterialen tonen weinig verschillen onderling.

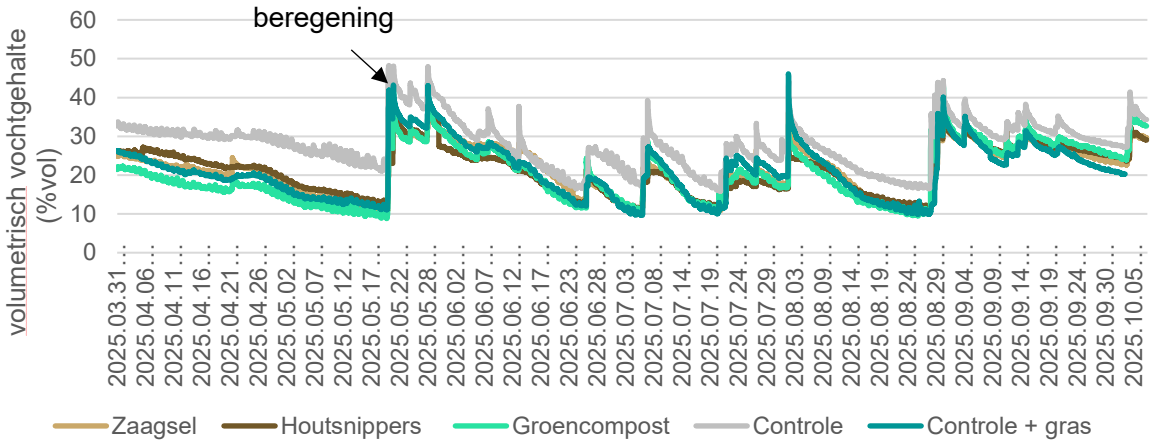


Figuur 3: Gemiddelde lengtemeting per behandeling na één groeiseizoen (december 2024, links) en na het tweede groeiseizoen (2025, rechts). Behandelingen binnen hetzelfde jaar met verschillende letters verschillen significant van elkaar (p<0,05).

De (hier niet weergegeven) nitraatreserves tonen in het najaar van 2024 een groot nitraatoverschot in het controle-object, wat wijst op een hoge kans op uitspoeling tijdens de winter. Bij de tussenzaaibehandelingen bleef dit overschot uit, vermoedelijk doordat het gras de beschikbare stikstof opnam. In het eerste groeiseizoen resulteerde dit in een nitraattekort bij de tussenzaai en een overschot bij de controle. In 2025 werd slechts weinig nitraatresidu teruggevonden, ondanks organische bijbemesting, wat duidt op opname door het gewas of uitspoeling in het controle-object. In de

grasinzaaibehandeling trad een nitraattekort op, wat suggereert dat onvoldoende nitraat vrijkwam door de trage turn-over van het gras, of dat de vrijgekomen nutriënten direct door het gras werden opgenomen.

Metingen van het bodemvocht op 15 cm diepte (Tomst® TMS datalogger) werden opgevolgd in het kader van het project OrnAqua (Figuur 4). De tussenzaai verlaagde het bodemvochtgehalte in vergelijking met een behandeling zonder tussenzaai. Dit toont aan dat naast competitie voor nutriënten, ook competitie voor water optreedt. Een extra aanleg met afdekmaterialen resulteerde niet in een hoger bodemvochtgehalte.



Figuur 4: Bodemvochtgehalte gemeten met TMS datalogger (Tomst®) op 15 cm diepte.

Organische koolstofopbouw is een traag proces, waardoor metingen na slechts twee jaar weinig resultaat kunnen geven. In Tabel 3 staan de metingen aan het begin en einde van het project. Let op: metingen kunnen sterk fluctueren afhankelijk van het moment van staalname. Tot 30% afwijking is mogelijk.

Tabel 3: Organisch koolstofgehalte (0-30 cm) verloop 2024-2025.

		26/04/2024	09/12/2025
%TOC	Grasinzaai	1,3	1,21
	Controle		1,22

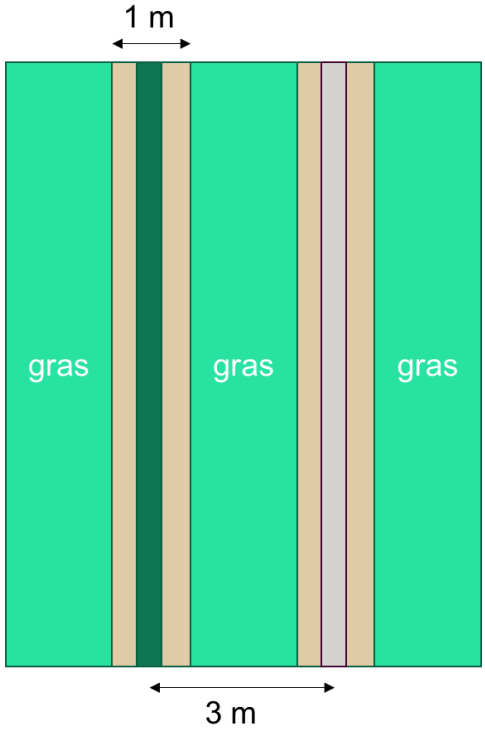
Uit de twee proeven met gras-tussenzaai concluderen we dat de inzaai van gras een negatief effect heeft op de groei van *Prunus* door te hoge competitie voor nutriënten en water van het gras op het jong bosgoed. Teelten met een hoge plantdichtheid, zoals bosgoed, zijn mogelijks veel gevoeliger voor deze competitie dan teelten met een lagere plantdichtheid, zoals laanbomen.

4.3 Jaarlijkse spreiding van compost op de rij bij kastanje

4.3.1 Proefveldgegevens

Locatie	Boomkwekerij Oeselgem
Bestaande/nieuwe proef	Nieuwe
Grondsoort	Lichte leem
Organische koolstofgehalte	0,7 (zeer laag)
Start proef	April 2024
Eind proef	Lopende

4.3.2 Proefopzet en behandelingen

Gewas	*Castanea sativa*
Behandelingen	1) Controle: 1 rij 2) Jaarlijks spreiden van compost op de plantrij: 1 rij
Plantdatum	April 2023
Grootte	72 m/rij
Aantal herhalingen	Geen
Perceelsfoto	
Rijafstand	3 m
Breedte zwartstrook/plantstrook	~ 1 m
Irrigatie	Nee
Beschrijving historiek perceel	Akkerbouw 2022: Kruidenrijk grasland met stroken zwartrij creëren 2023: Inwerken groencompost en eerste aanplant fruitboomkwekerij

4.3.3 Teeltgegevens

Datum	Handeling
April – oktober 2023	Aanaarden en schoffelen elke X weken als het onkruid te hoog komt
11/04/2024	Toediening 20 ton/ha groencompost en 2,5 ton/ha (bedrijfseigen) houtsnippers bij de behandeling compost op de rij
2/07/2024	Toediening 25 ton/ha stalmest bij beide behandelingen
2024-2025	Schoffelen (tot 5 cm diepte) met Rinieri EVO prt bij noodzaak
12/08/2024	Aanaarden
12/07/2025	Toediening 20 ton/ha eigen samengestelde compost bij de behandeling met compost op de rij

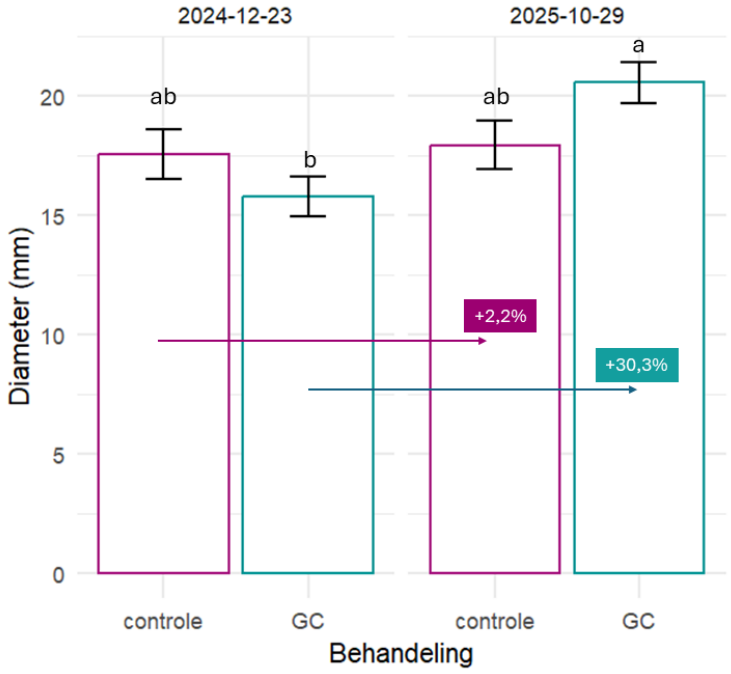
4.3.4 Analyse bodemverbeterende middelen

	Naam partij	Dosis (ton/ha)	DS (%)	OS (%)	N tot (%)	C:N
2024	Groencompost	**20***	63	18	0,99	10
	Houtsnippers	**2,5***	-	-	-	-
	Stalmest	**25***	29	22	0,66	19
2025	Samengestelde compost: mengeling gecomposteerde stalmest en houtsnippers	**20***	24,3	12,2	0,53	13

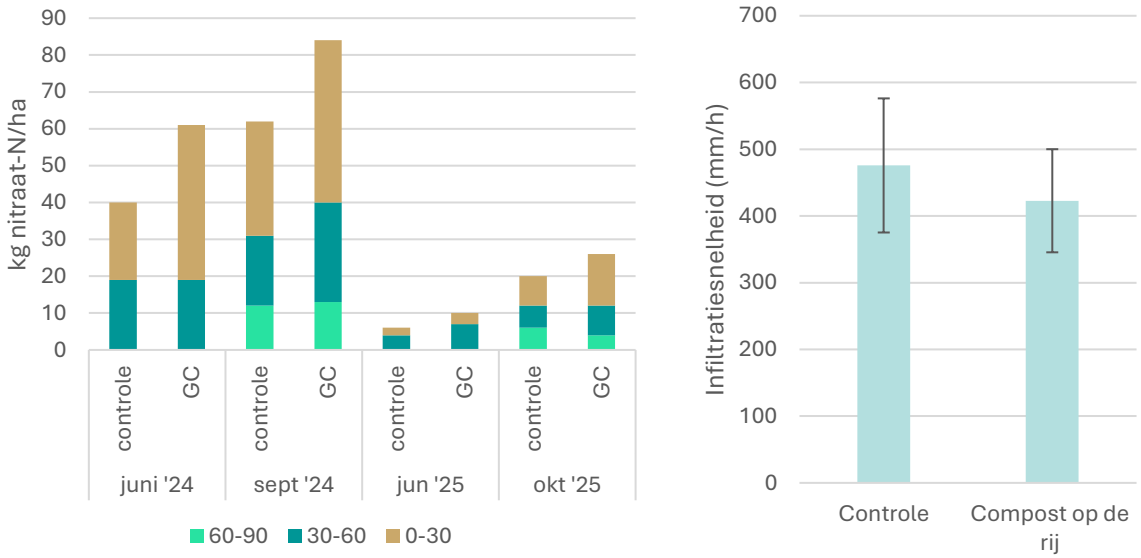
**uitgemiddeld over het totale perceel*

4.3.5 Resultaten

Door regelmatig mechanische onkruidbestrijding toe te passen op de zwartstrook werd de jaarlijks aangebrachte compost in de bodem licht ingewerkt. Figuur 5 toont de diameter van de bomen (op 1 m hoogte vanaf het bodemoppervlak) gemeten in december 2024 (na het 1e groeiseizoen) en oktober 2025 (na het 2e groeiseizoen). Hoewel er geen significante verschillen gemeten werden tussen de behandeling met compost (GC) en de controle in de twee aparte groeiseizoenen, zien we dat het controle-object gemiddeld slechts 2,2% in groei toenam in 2025 ten opzichte van de situatie in 2024. De compostbehandeling toonde gemiddeld 30,3% bredere bomen, wat een positief effect van de compost op de diktegroei aantoont. Nitraatresidu-metingen (Figuur 6, links) tonen 20 eenheden meer nitraat-N beschikbaar in de bodem in 2024 bij de compostbehandeling t.o.v. de controle. In 2025 vinden we in beide behandelingen weinig nitraat terug, wegens grote opname van de bomen of de droge weersomstandigheden. Infiltratiemetingen in 2025 tonen geen effect van de groencompostbehandeling op de doorlaatbaarheid van de bodem (Figuur 6, rechts).



Figuur 5: Diametermetingen in mm van *Castanea sativa* in december 2024 en oktober 2025 bij een controlebehandeling en compostbehandeling op de rij (GC).



Figuur 6: Links: nitraatresidu-metingen in drie bodemlagen: 0-30 cm, 30-60 cm en 60-90 cm bij de compostbehandeling (GC) en de controlebehandeling aan begin en einde van het groeiseizoen in 2024 en 2025. Rechts: infiltratiemetingen (mm/h) van de bodem gemeten met een infiltrometer in augustus 2025.

Wegens de korte duur van de proef (d.i. twee jaar) kon geen significante verhoging van het TOC-gehalte worden vastgesteld bij het jaarlijks toepassen van compost op de rij (Tabel 4).

Tabel 4: Totale organisch koolstofgehalte (0-30 cm) verloop 2024-2025.

		22/05/2024	09/12/2025
%TOC	Controle	0.7	0.80
	Compost op de rij	0.7	0.80

Het bodemleven wordt sterk beïnvloed door bodemtype, weersomstandigheden en beheerpraktijken. Om inzicht te verkrijgen in de actuele microbiële gemeenschap werd tijdens het groeiseizoen van 2025 een bodemstaal geanalyseerd via fosfolipidenvetzuuranalyse (PLFA). PLFA's (fosfolipidenvetzuren) zijn structurele componenten van de celmembranen van micro-organismen en worden gebruikt als biomarkers voor verschillende microbiële groepen, zoals bacteriën, schimmels en actinomyceten. Omdat deze verbindingen snel afbreken na het afsterven van cellen, vormen ze een betrouwbare indicator voor de levende microbiële biomassa op het moment van staalname. De toepassing van PLFA-analyse laat aldus een kwantitatieve en functionele karakterisering van het bodemleven toe.

De resultaten verkregen uit stalen genomen in de rij van zowel de controle- als de compostbehandeling, tonen aan dat de toediening van compost leidt tot een toename van de totale hoeveelheid microbiële biomarkers (Tabel 5). Meer specifiek werd een verhoging waargenomen in de relatieve aanwezigheid van actinomyceten en schimmels, wat zich vertaalt in een hogere schimmel/bacterieverhouding. Daarnaast wijst de toename van de C16:1ω7c/Cy17:0-verhouding op een lagere mate van fysiologische stress binnen het microbiële ecosysteem, aangezien hogere waarden geassocieerd worden met gunstigere groeiomstandigheden. Hoewel de absolute verschillen beperkt blijven, is er sprake van een consistente en systematische verbetering van alle gemeten parameters in de compostbehandeling ten opzichte van de controle, wat wijst op een positief effect van composttoepassing op de microbiële bodemkwaliteit.

Tabel 5: Resultaten van PLFA-analyse bepaald in oktober 2025 in de proef in Oeselgem.

Parameter	Eenheid	Controle	Compost op de rij
Totaal aantal biomarkers (PLFA)	nmol/g DS	10,12	16,88
Totaal algemene biomarkers	nmol/g DS	3,31	5,72
Totaal G+ bacteriële biomarkers	nmol/g DS	1,53	3,68
Actinomyceten	nmol/g DS	0,67	1,29
Totaal G- bacteriële biomarkers	nmol/g DS	3,8	4,83
Totaal fungi biomarkers	nmol/g DS	1,35	2,45
Mycorrhiza	nmol/g DS	0,2	0,28
Totaal protozoa biomarkers	nmol/g DS	0,13	0,2
Schimmel/bacterieverhouding	-	0,25	0,29
G+/G-	-	0,4	0,76
C16:1ω7c/Cy17:0-verhouding	-	0,9	1,11
Predator-prooiverhouding	-	0,025	0,024

4.4 Lange termijn jaarlijkse spreiding van groencompost bij laanbomen

4.4.1 Proefveldgegevens

Locatie	Boomkwekerij te Zele
Bestaande/nieuwe proef	Bestaande
Grondsoort	Grof zand
Organische koolstofgehalte	1,28 % (laag)
Start proef	2017
Eind proef	2026

4.4.2 Proefopzet en behandelingen

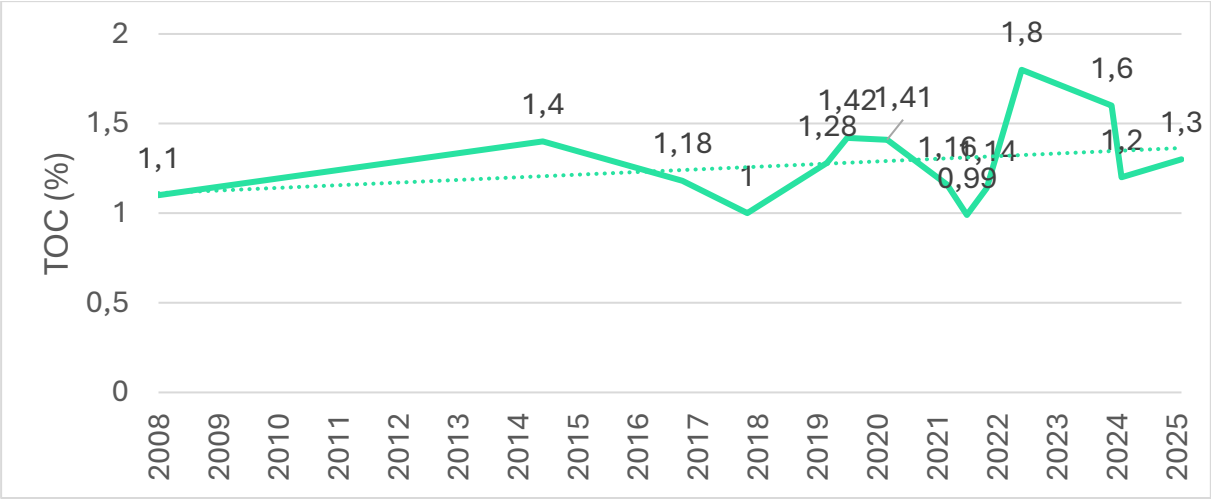
Gewas	Laanbomen
Behandelingen	1. Controle 2. Jaarlijkse spreiding van 15 ton/ha groencompost
Plantdatum	Voorjaar 2018
Rooidatum	Juni 2025
Grootte	0,47 ha
Aantal herhalingen	Geen
Irrigatie	Geen
Historiek	Voorjaar 2017: 10 ton/ha groencompost en 10 ton/ha stalmest gevolgd door inzaai Japanse haver Voorjaar 2018: aanplant laanbomen Juli 2019, juli 2020, sept 2021, juli 2022, sept 2023: telkens 15 ton/ha groencompost onder de bodem door gespreid

4.4.3 Teeltgegevens

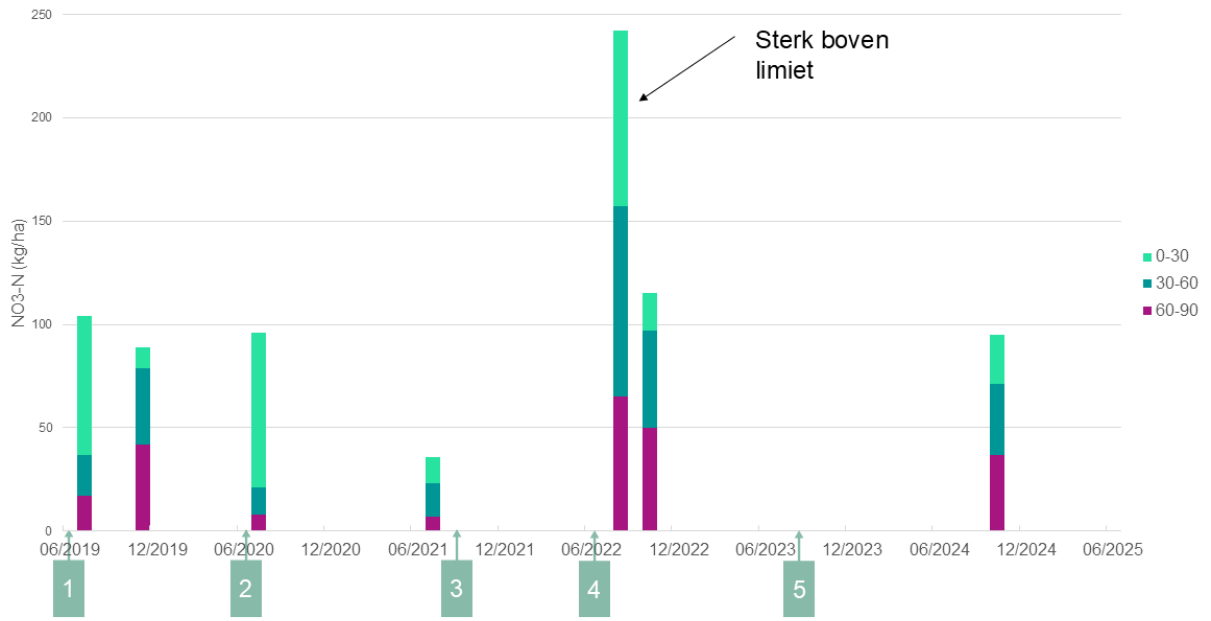
Er zijn geen toepassingen van groencompost gebeurd doorheen de projectperiode wegens tijdsgebrek. De proef werd vroegtijdig beëindigd aangezien het perceel gedraineerd werd. De bomen werden gerooid in juni 2025.

4.4.4 Resultaten

Figuur 7 toont de evolutie van het TOC-gehalte op het perceel doorheen de jaren. De sterke schommelingen in TOC van jaar tot jaar zijn zichtbaar. De trendlijn toont een lichte trend van koolstofopbouw. Metingen in de 0-10 cm laag tonen dat de opbouw van koolstof zich voornamelijk in de 10 cm laag bevindt. Zo werd in 2021 1,67% TOC bepaald in de 0-30 cm laag maar tot 1,67 in de 0-10 cm. In 2022 bedroeg de TOC in de 0-30 cm laag 1,80 en in de 0-10 cm laag 2,23. De TOC-verhoging van 0,5% in de toplaag is te verklaren door toediening van compost óp de bodem.



Figuur 7: Totaal organische koolstofgehalte (TOC in %) in de 0-30 cm laag in de periode 2018-2025.



Figuur 8: Nitraatresidu-bepalingen gedurende de periode 2019-2025.

Halfjaarlijks werd het nitraatresidu bepaald. Op Figuur 8 zien we het gehalte in de 0-30, 30-60 en 60-90 cm laag. De cijfers duiden de jaarlijkse composttoepassingen aan. In 2022 zien we een meting met zeer hoge nitraatgehaltes. Dit is waarschijnlijk veroorzaakt door een hoge mineralisatiegraad bij vochtige en warme omstandigheden.

4.5 Lange termijn compostgebruik in verschillende dosissen bij bosgoed

4.5.1 Proefveldgegevens

Locatie	Viaverda, Destelbergen
Bestaande/nieuwe proef	Bestaande
Grondsoort	Fijn zand
Organische koolstofgehalte	1,34% (laag)
Start proef	2012
Eind proef	doorlopend

4.5.2 Beschrijving historiek perceel

2012-2013 – Aanplant 1
Mei 2012: inwerken groencompost (ingespit met spitfrees) en aanplanten *Fagus sylvatica 1+0*
Behandelingen: Controle – 24 ton/ha groencompost – 48 ton/ha groencompost
Chemische onkruidbestrijding
Rooien: najaar 2013

2014-2015 – Aanplant 2
Maart 2014: inwerken groencompost (ingespit met spitfrees) en aanplanten *Carpinus betulus* 1+0
Behandelingen: Controle – 24 ton/ha groencompost – 48 ton/ha groencompost
Chemische onkruidbestrijding
Rooien: oktober 2015

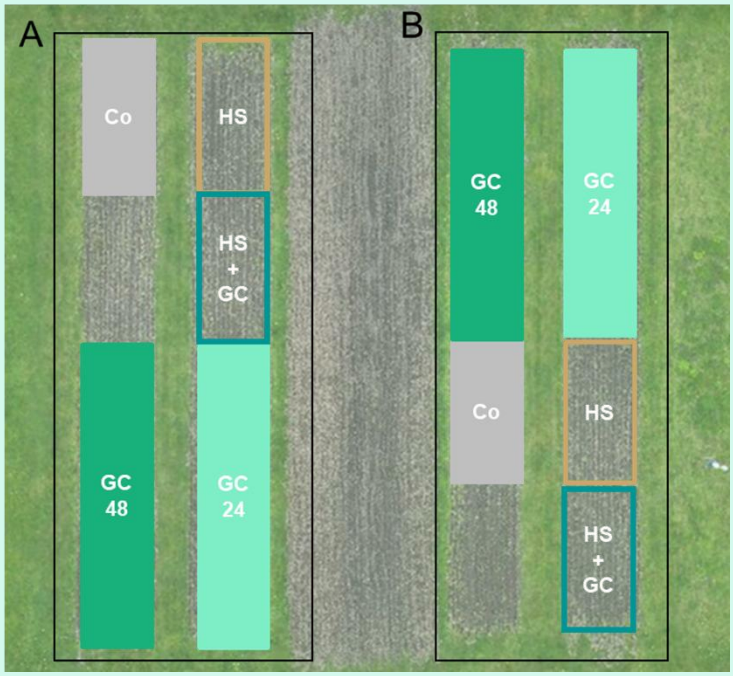
2015-2018 – Aanplant 3
Oktober 2015: oppervlakkig inwerken groencompost (met rotoreg, -15 cm) en aanplanten *Carpinus betulus* 1+0
Behandelingen: Controle – 24 ton/ha groencompost – 48 ton/ha groencompost
Chemische onkruidbestrijding
Rooien: november 2018, na drie jaar i.p.v. twee wegens droge zomers 2017-2018

2018-2019 – Groenbedekker en groenbemester
November 2018: inzaai snijrogge
Lente 2019: klepelmaaien en onderwerken snijrogge + inzaai bladrammenas

2019-2021 – Aanplant 4
November 2019: oppervlakkig inwerken GFT-compost en Zwarte Specht 'basisgangmaker'-compost (met rotoreg, -15 cm) en aanplanten *Carpinus betulus* 1+0
Behandelingen: Controle – 24 ton/ha groencompost – 48 ton/ha groencompost – 12 ton/ha Zwarte Specht 'basisgangmaker'-compost
Mechanische onkruidbestrijding
Rooien: november 2021

2021-2023 – Aanplant 5
November 2021: oppervlakkig inwerken groencompost en Zwarte Specht 'basisgangmaker'-compost (met rotoreg, -15 cm) en aanplanten *Carpinus betulus* 1+0
Behandelingen: Controle – 24 ton/ha groencompost – 48 ton/ha groencompost – 12 ton/ha Zwarte Specht 'basisgangmaker'-compost
Mechanische onkruidbestrijding
Rooien: november 2023

4.5.3 Proefopzet en behandelingen

Gewas	*Carpinus betulus*
Behandelingen	1. Controle (Co) 2. 24 ton/ha groencompost (GC24) 3. 48 ton/ha groencompost (GC48) 4. 24 ton/ha houtsnippers (HS) 5. 12 ton/ha houtsnippers en 12 ton/ha groencompost (HS+GC)
Plantdatum	Mei 2024
Rooidatum	November 2025
Grootte	Behandelingen 1, 4 en 5: 42,5 m² Behandelingen 2 en 3: 85 m² Aan 10,8 planten/m²
Aantal herhalingen	2 (blok A en blok B)
Perceelsfoto	
Rijafstand	0,55 m
Plantafstand	0,17 m
Irrigatie	Geen

4.5.4 Teeltgegevens

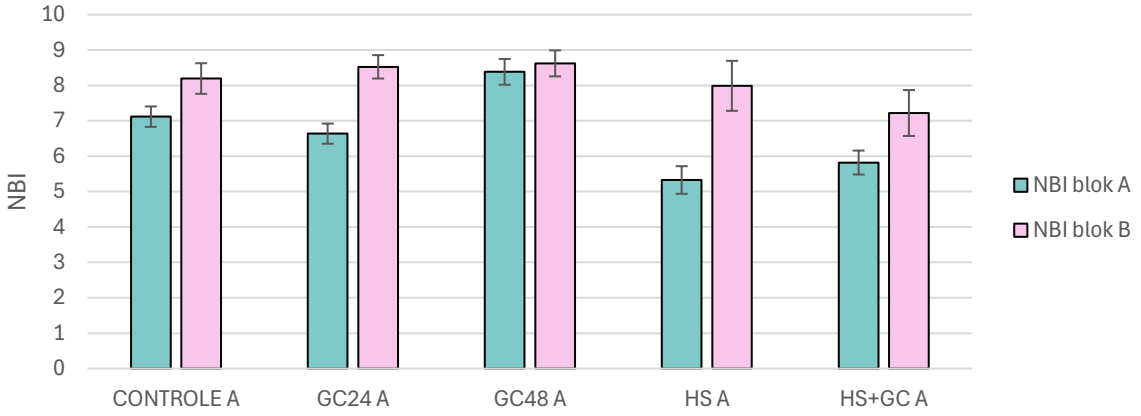
Datum	Handeling
1/07/2024	Bijbemesting met organoprof 10-4-8 318 kg/ha – 30 kg N/ha
Juli 2024	Meeldauwbehandeling: Signum 180 g/100 l
Juli 2024	Bladbemesting Agroleaf Power 10-5-10 (60 MgO) 400 g/100 l
September 2024	Meeldauwbehandeling: Luna Privilege (fluopyram 500 g/L)
14/04/2025	Organische bijbemesting DCM mix 5 (NPK 10-4-8 + 3 MgO) aan 500 kg/ha – 50 kg N/ha

4.5.5 Analyse bodemverbeterende middelen

	Naam partij	DS (%)	OS (%)	N tot (%)	C:N
2024	Groencompost	47	13	0,54	14
	Houtsnippers	40	39	0,3	83
	Groencompost + houtsnippers	43,5	26	0,42	46

4.5.6 Resultaten

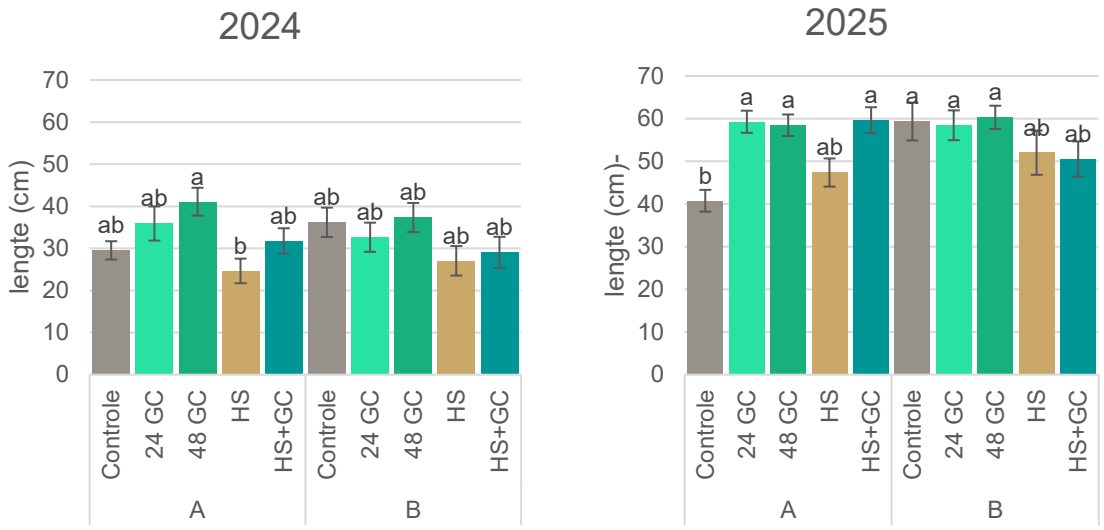
Uit de nitraatresidu-resultaten (hier niet weergegeven) weten we dat een dubbele dosis groencompost om de twee jaar niet leidt tot te hoge stikstofgehaltes. In het eerste groeiseizoen trad echter wel een tekort aan stikstof op bij de behandelingen met houtsnippers, wat zichtbaar was in het aangemaakte bladgroen (Figuur 9). Hierdoor hadden de planten in behandeling HS en HS+GC een blekere kleur. Dit werd gemeten aan de hand van de nitrogen balance index (NBI): hoe hoger de waarde, hoe meer bladgroen werd aangemaakt in het blad. Dit effect was in mindere mate aanwezig in blok B.



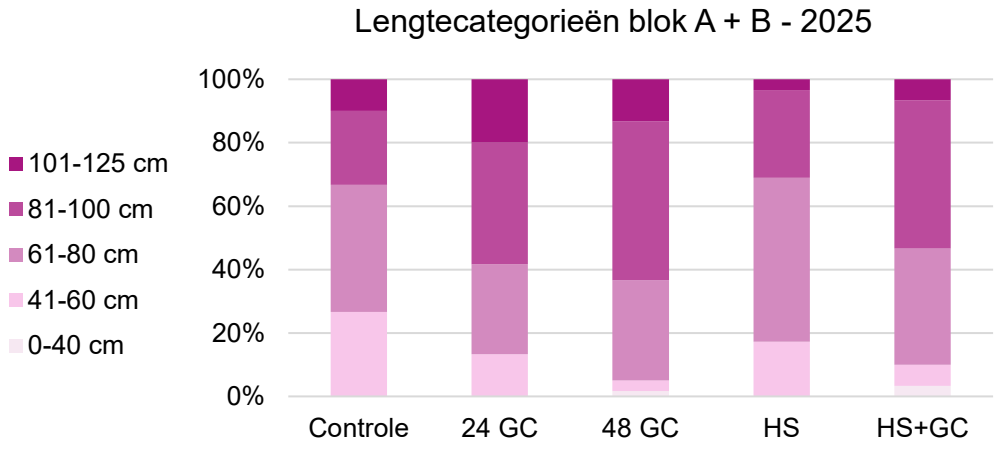
Figuur 9: Nitrogen balance index (NBI) is een maat voor bladgroengehaltes. Dit werd gemeten in juni 2024 in blok A en blok B.

Figuur 10 toont de lengtegroei van *Carpinus betulus* in het najaar van 2024 en 2025 ten opzichte van de startsituatie bij aanplant. In 2024 zien we een meerwaarde van het gebruik van groencompost bij beide dosissen. De behandelingen met houtsnippers tonen een gereduceerde groei ten opzichte van de controle vanwege de stikstofimmobilisatie. De behandeling met compost en houtsnippers vertoont minder groeiachterstand wegens de lagere C:N verhouding van de mengeling van materialen. In blok B valt op dat de gemiddelde waarde van de controle veel hoger ligt dan in blok A.

In 2025 zien we dat de behandelingen met verschillende dosissen groencompost voor even grote planten zorgen. Het effect van de stikstofimmobilisatie bij de houtsnipperbehandelingen is nog steeds aanwezig, maar niet significant. In blok B is er weinig verschil tussen de behandelingen doordat de controle gemiddeld hoger ligt dan in blok A. Bij vorige opvolgingen van de lengtegroei in deze langetermijnproef werd dit verschil niet waargenomen.

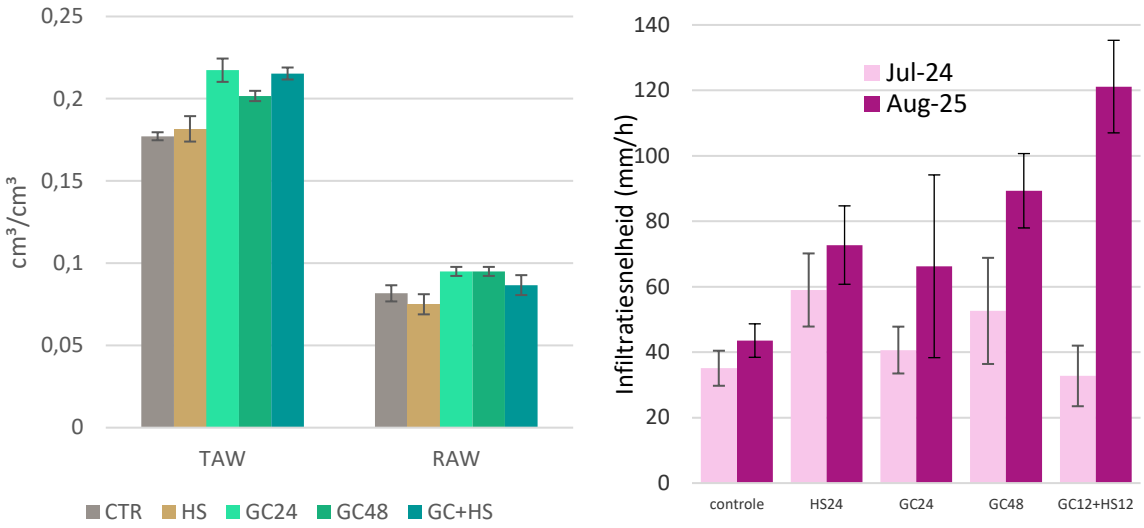


Figuur 10: Verschil in lengtegroei (in cm) ten opzichte van de startlengte bij aanplant van *Carpinus betulus* bosgoed in 2024 en 2025. Behandelingen met verschillende letters verschillen significant van elkaar (p<0,05).



Figuur 11: Het bosgoed werd ingedeeld in lengtecategorieën. Hogere categorieën hebben een hogere prijs per stuk.

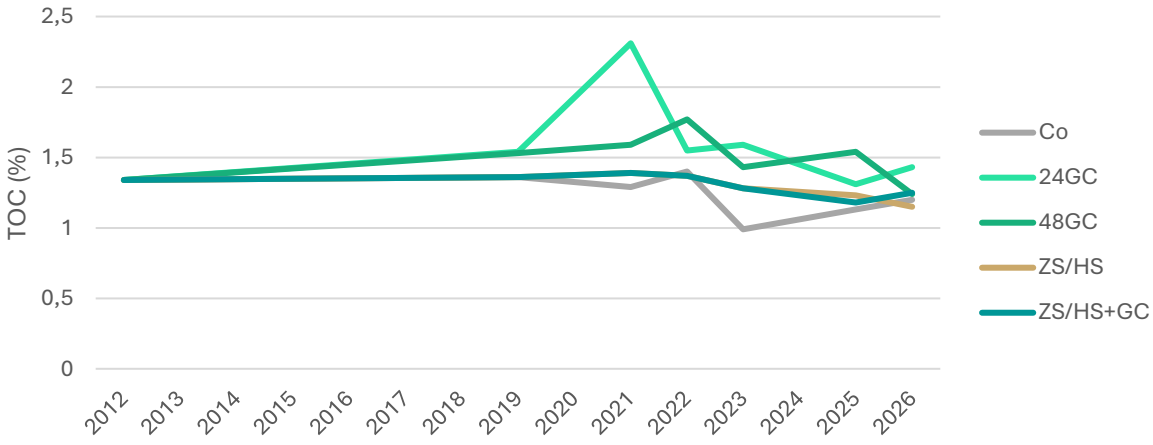
Na twee groeiseizoenen werden de bomen ingedeeld in lengtecategorieën, aangezien dit de prijs per stuk bepaalt (Figuur 11). Beide blokken werden samengenomen. Algemeen zijn er meer aantallen in de hoogste klasses (d.i. 81-100 cm en 101-125 cm) bij de behandelingen met groencompost 24 ton/ha en 48 ton/ha terug te vinden. Dit toont de economische meerwaarde van gebruik van compost.

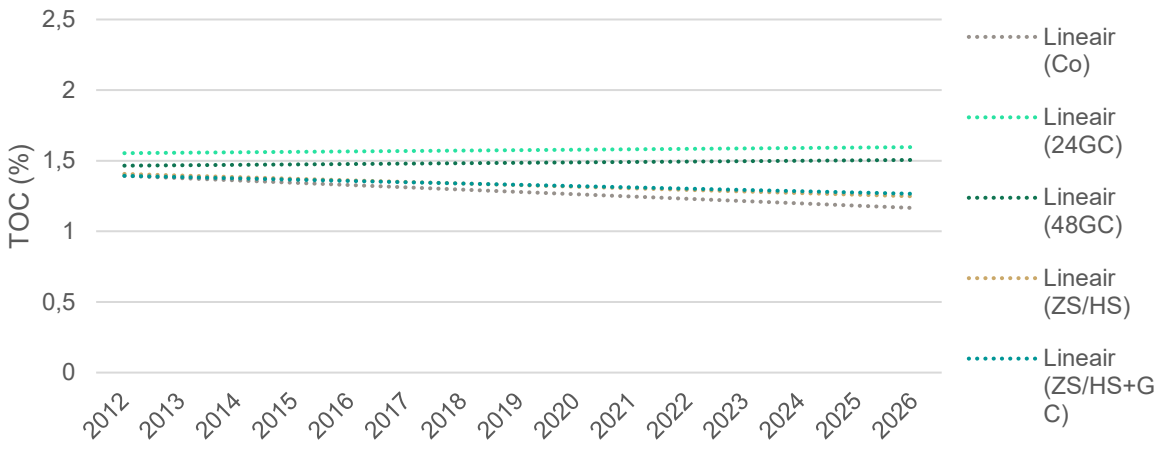


Figuur 12: Links: vochthoudend vermogen bepaald op -15 cm diepte. TAW (total available water) en RAW (readily available water). Rechts: infiltratiesnelheid bepaald met infiltrometer.

De systematische toepassing van groencompost doorheen de jaren toont een positief effect op de bodemkwaliteit. Het vochthoudend vermogen werd bepaald op -15 cm diepte. Het totale beschikbare water (TAW) werd berekend en toont de hoeveelheid water die de bodem potentieel kan vasthouden tussen het verwelkingspunt en de veldcapaciteit. Het direct beschikbaar water (RAW) toont hoeveel water de bodem kan vasthouden tussen het aanvulpunt en de veldcapaciteit. Op Figuur 12 (Links) zien we een groter vochthoudend vermogen bij de behandelingen met groencompost in beide dosissen en de combinatie van groencompost en houtsnippers zowel bij de TAW als RAW.

De infiltratiesnelheid werd eveneens gemeten (Figuur 12, rechts). In het eerste groeiseizoen vertoonde de houtsnipperbehandeling ondanks de eenmalige toepassing een hoge waterdoorlaatbaarheid. Houtsnippers brengen lucht in de bodem wat de bodem meer doorlaatbaar maakt voor water. Dit effect werd niet teruggevonden in de behandeling GC+HS. Mogelijks is dit te wijten aan het uitvoeren van de meting in een verdichte plaats aangezien deze behandeling in 2025 de hoogste infiltratiesnelheid vertoonde. De hoge meetvariabiliteit in beide jaren bemoeilijkt echter het trekken van eenduidige conclusies. Desalniettemin zien we een positieve trend bij de behandelingen met groencompost en houtsnippers t.o.v. het controle object.





Figuur 13: Boven: totaal organische koolstofgehalte (TOC in %) in de 0-30 cm laag in de periode 2012 – 2026 bij de langetermijnproef op *Carpinus betulus*. Onder: de trendlijnen van bovenstaande grafiek.

Op de bovenste figuur van Figuur 13 staan de gehaltes aan TOC in de periode 2012-2026. In de periode 2012-2021 zien we dat de gehaltes aan organische stof stijgen bij de behandelingen met groencompost. Vanaf 2021 nemen de gehaltes weer af. Het controle-object blijft gedurende de hele periode constant of zakt. Wanneer we naar de lineaire gemiddeldes kijken doorheen de periode (onderste figuur van Figuur 13) zien we dat de organische koolstofniveaus bij gebruik van groencompost stagneren, zowel bij de enkele als bij de dubbele dosis. Koolstofopbouw wordt dus in een periode van 14 jaar niet meetbaar bekomen. De toevoegingen zorgden enkel voor een compensatie van de afbraak. Een dubbele dosis groencompost compenseert niet voor het jaar waarin geen groencompost kan worden toegepast (wegens de tweejarige teelt van bosgoed). Mogelijks ligt dit aan een te lage toepassingsfrequentie of een versnelde afbraak door regelmatige schoffelbewerkingen. Ook de intensieve grondbewerkingen die bij aanplant en rooien gepaard gaan, kunnen afbraak van TOC verhogen.

In deze langetermijnproef werd het bodemleven in 2025 bepaald aan de hand van biomarkerbepaling (PLFA). In Tabel 6 zien we opnieuw een stijging van verschillende biomarkers bij de behandeling met een dubbele dosis groencompost. Het totaal aantal biomarkers stijgt en er zijn meer fungi, actinomyceten en mycorrhiza terug te vinden.

Tabel 6: Resultaten van de PLFA-analyse in oktober 2025 in de langetermijnproef met *Carpinus betulus*.

Parameter	Eenheid	Controle	GC48
Totaal aantal biomarkers (PLFA)	nmol/g DS	17,42	19,96
Totaal algemene biomarkers	nmol/g DS	6,69	7,04
Totaal G+ bacteriële biomarkers	nmol/g DS	3,48	4,59
Actinomyceten	nmol/g DS	1,34	1,54
Totaal G- bacteriële biomarkers	nmol/g DS	4,94	4,93
Totaal fungi biomarkers	nmol/g DS	2,14	3,22
Mycorrhiza	nmol/g DS	0,42	0,55
Totaal protozoa biomarkers	nmol/g DS	0,18	0,18
Schimmel/bacterieverhouding	-	0,25	0,34
G+/G-	-	0,7	0,93
C16:1ω7c/Cy17:0-verhouding	-	1,3	1,38
Predator-prooiverhouding	-	0,021	0,019

4.6 Commercieel beschikbare bodemverbeterende middelen bij bosgoed

4.6.1 Proefopzet en behandelingen

Gewas	*Carpinus betulus*
Behandelingen	1. Controle 2. Geosol (20 kg/are) 3. Copron (10 kg/are) 4. Vivisol (10 kg/are)
Plantdatum	Mei 2024
Rooidatum	November 2025
Grootte	30 m² per behandeling
Aantal herhalingen	Geen
Perceelsfoto	
Rijafstand	0,55 m
Plantafstand	0,17 m
Irrigatie	Geen
Historiek	Tijdelijk grasland 2019 - 2023

4.6.2 Teeltgegevens

Datum	Handeling
1/07/2024	Bijbemesting met organoprof 10-4-8 318 kg/ha – 30 kg N/ha
Juli 2024	Meeldauwbehandeling: Signum 180 g/100 l
Juli 2024	Bladbemesting Agroleaf Power 10-5-10 (60 Mgo) 400 g/100 l
September	Meeldauwbehandeling: Luna Privilege (fluopyram 500 g/l)
14/04/2025	Organische bijbemesting DCM mix 5 (NPK 10-4-8 + 3 MgO) aan 500 kg/ha – 50 kg N/ha

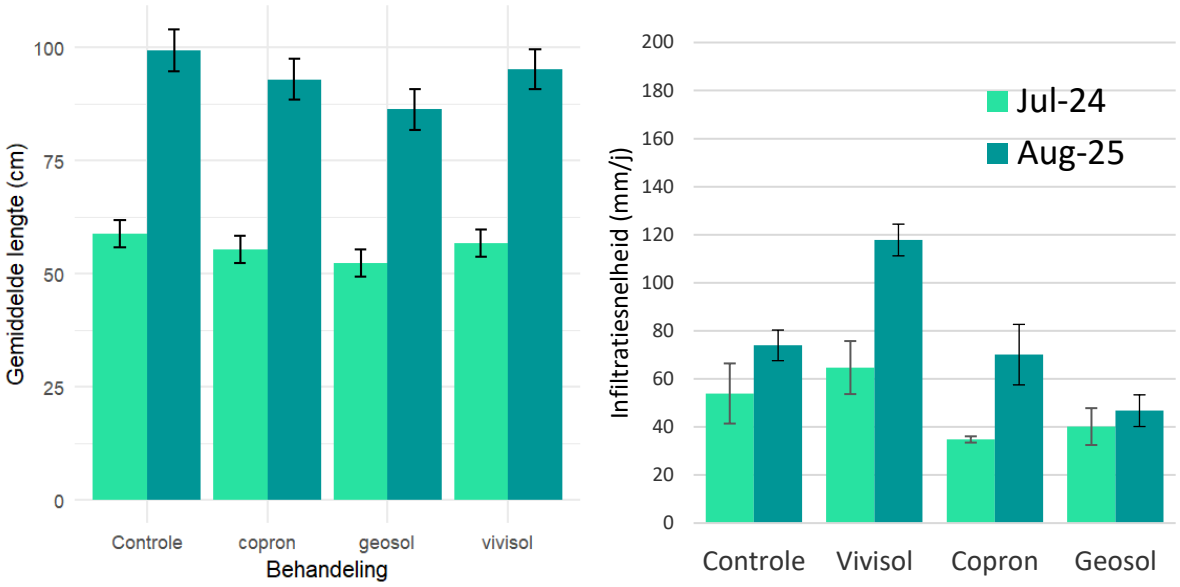
4.6.3 Analyse bodemverbeterende middelen

	Naam partij	Samenstelling	Formulering	Gebruik/doel
2024/2025	Groencompost		Oppervlakkig inwerken	In combinatie met onderstaande bodemverbeterende middelen
	Copron	Plantaardig en dierlijk materiaal met organische basisbemesting (NPK 4-3-2)	Korrel in plantrij	Stalmestvervanger, structuurverbetering
	Geosol	Plantaardig organisch materiaal en prebioticum	Vollevelds strooien	Tuinaanleg, +3% OS/jaar, ziekteweerbaarheid verhogen
	Vivisol	Plantaardig met *Bacillus sp.*	Korrel (microgranulaat) in plantrij	Bodemfosfor vrijstellen, structuurverbetering

DS (%)	OS (%)	Dosering
47	13	2024: 24 ton/ha
95	60	2024: 10 kg/are
-	-	2024: 20 kg/are 2025: 20 kg/are
85	60	2024: 10 kg/are

4.6.4 Resultaten

Het effect van het gebruik van drie commerciële bodemverbeterende middelen op de lengtegroei van bosgoed is beperkt (Figuur 14, links). In 2025 gaven Vivisol en de controlebehandeling gemiddeld de grootste planten, gevolgd door Copron. De Geosol-behandeling resulteerde in de kleinste gemiddelde lengtegroei. Deze verschillen waren echter niet significant. De Vivisol-behandeling zorgde voor een verhoogde infiltratiesnelheid terwijl Geosol dan weer slechter scoorde t.o.v. de controle (Figuur 14, rechts). Mogelijks zorgde Geosol voor een beperkte N-immobilisatie wat de reductie van de lengtegroei kan verklaren.



Figuur 14: Links: gemiddelde lengte in cm van *Carpinus betulus* bosgoed na één groeiseizoen (2024, groene kleur) en na twee groeiseizoenen (2025, blauwe kleur). Rechts: infiltratiesnelheid in mm/h gemeten in juli 2024 (groene kleur) en augustus 2025 (blauwe kleur).

In deze korte periode werd geen significante koolstofopbouw vastgesteld (Tabel 7). De grote verschillen tussen de behandelingen onderling zijn mogelijk te wijten aan de heterogeniteit van het perceel of de grote variabiliteit op de TOC-metingen.

Tabel 7: Organisch koolstofgehalte (0-30 cm) verloop 2024-2025.

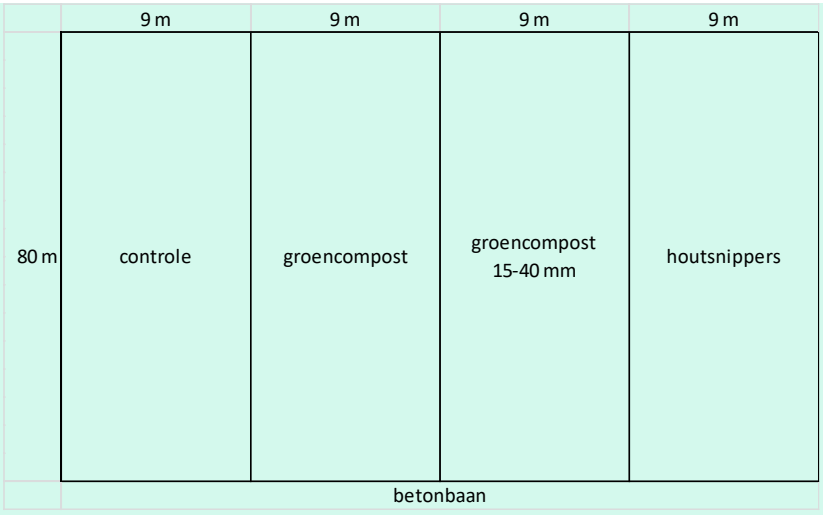
		23/02/2024	22/10/2025
TOC%	Controle	1,4	1,33
	Vivisol		1,62
	Geosol		1,19
	Copron		1,21

4.7 Lange termijn gebruik van (grove fractie) compost en houtsnippers bij laanbomen

4.7.1 Proefveldgegevens

Locatie	Viaverda, Destelbergen
Bestaande/nieuwe proef	Bestaande
Grondsoort	Lemig zand
Organische koolstofgehalte	1,2 (laag)
Start proef	2018
Eind proef	Doorlopend

4.7.2 Proefopzet en behandelingen

Gewas	Assortiment laanbomen (77 soorten met 5 bomen/soort/behandeling)
Behandeling	1. Controle 2. 30 ton/ha groencompost 3. 30 ton/ha grove fractie van groencompost (15-44 mm) 4. 24 ton/ha houtsnippers
Plantdatum	Voorjaar 2023
Rooidatum	Februari 2026
Grootte	4 rijen van 80 m per behandeling ~0,25 are
Aantal herhalingen	Geen
Proefplan	
Rijafstand	2,10 m
Plantafstand	0,80 m
Irrigatie	Nee
Historiek	Najaar 2017: inzaai winterrogge Mei 2018: inklepelen winterrogge Juli 2018: bodemverbeterende middelen niet kerend ingewerkt + inzaai bladrammenas Nov 2018: klepelen en infrezen bladrammenas + inzaai winterrogge 150 kg/ha April 2019: bodembewerking en aanplant *Prunus laurocerasus 'Rotundifolia'* April 2020: N-bemesting: 60 kg N/ha Agroblen 24-0-13 5/6M Juni 2021: Agromaster 19-5-20 60 kgN/ha (13,7 kg/432 m²) Juni 2021: bladvoeding Agroleaf Power Ca 11-5-19 9% Ca 216 g/432 m² (=5 kg/ha)

	2022: rooien *Prunus* + niet kerend inwerken bodemverbeterende middelen + inzaai bladrammenas Voorjaar 2023: aanplant assortiment laanbomen

4.7.3 Teeltgegevens

Schoffelen doorheen groeiseizoen

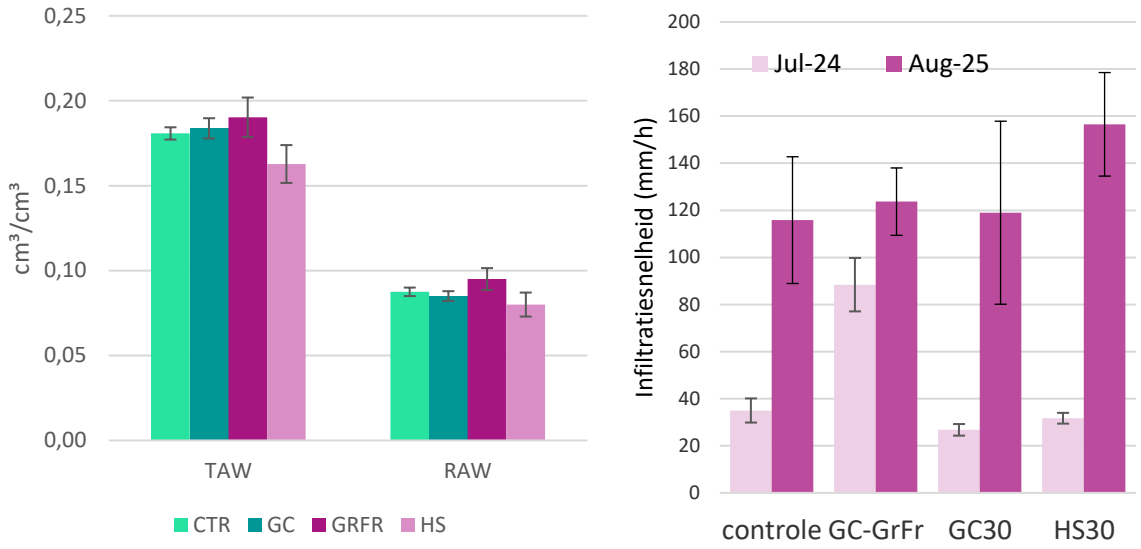
4.7.4 Analyse bodemverbeterende middelen

	Naam partij	DS (%)	OS (%)	N tot (%)	C:N
2018	groencompost	67,5	22,9	1,07	12
	groencompost grove fractie 15-40 mm	67,9	62	0,68	50
	houtsnippers (afkomstig van stamhout)	59,2	58	0,178	179
2022	groencompost	54,2	21,3	1	12
	groencompost 15-40	56,4	45	0,68	36
	houtsnippers	65,6	64	0,318	111

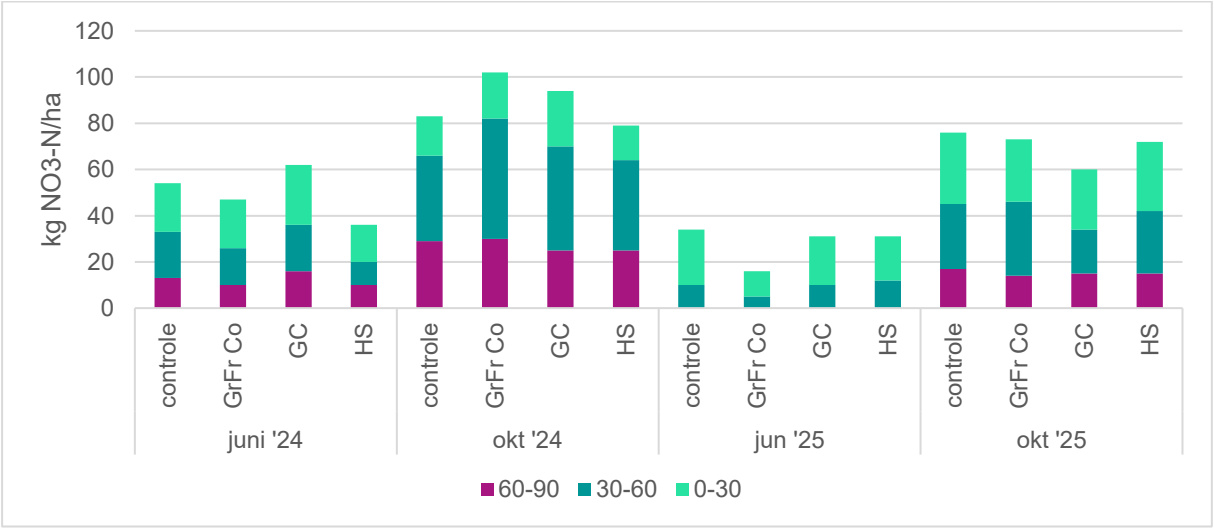
4.7.5 Resultaten

De focus van de opvolging van deze langetermijnproef lag op de bodemeigenschappen. In Figuur 15 (links) zien we slechts een beperkte invloed van de bodemverbeterende middelen op het vochthoudend vermogen. De grove fractie compostbehandeling toont een lichte verhoging van TAW en RAW ten opzichte van de controle. De groencompostbehandeling scoort gelijk aan de controlebehandeling en de houtsnipperbehandeling vertoont zelfs een lichte vermindering. Deze resultaten zijn echter niet significant. In het groeiseizoen van 2024 zorgde de grove fractie compostbehandeling voor een grote toename van de infiltratiecapaciteit doordat de 15-40 mm houtige stukjes van de compost veel lucht in de bodem brachten, waar nog steeds een effect van aanwezig zal geweest zijn één jaar na inwerking (Figuur 15, rechts). In 2025 zien we dit effect niet meer en zien we zeer grote variabiliteit in de metingen bij alle behandelingen.

In Figuur 16 bundelden we alle nitraatresidu-gegevens uit 2024 en 2025. Hierop is te zien dat er geen grote overschotten of tekorten optreden bij inwerking van houtsnippers, grove fractie van groencompost en groencompost doorheen de teelt van laanbomen op dit perceel.

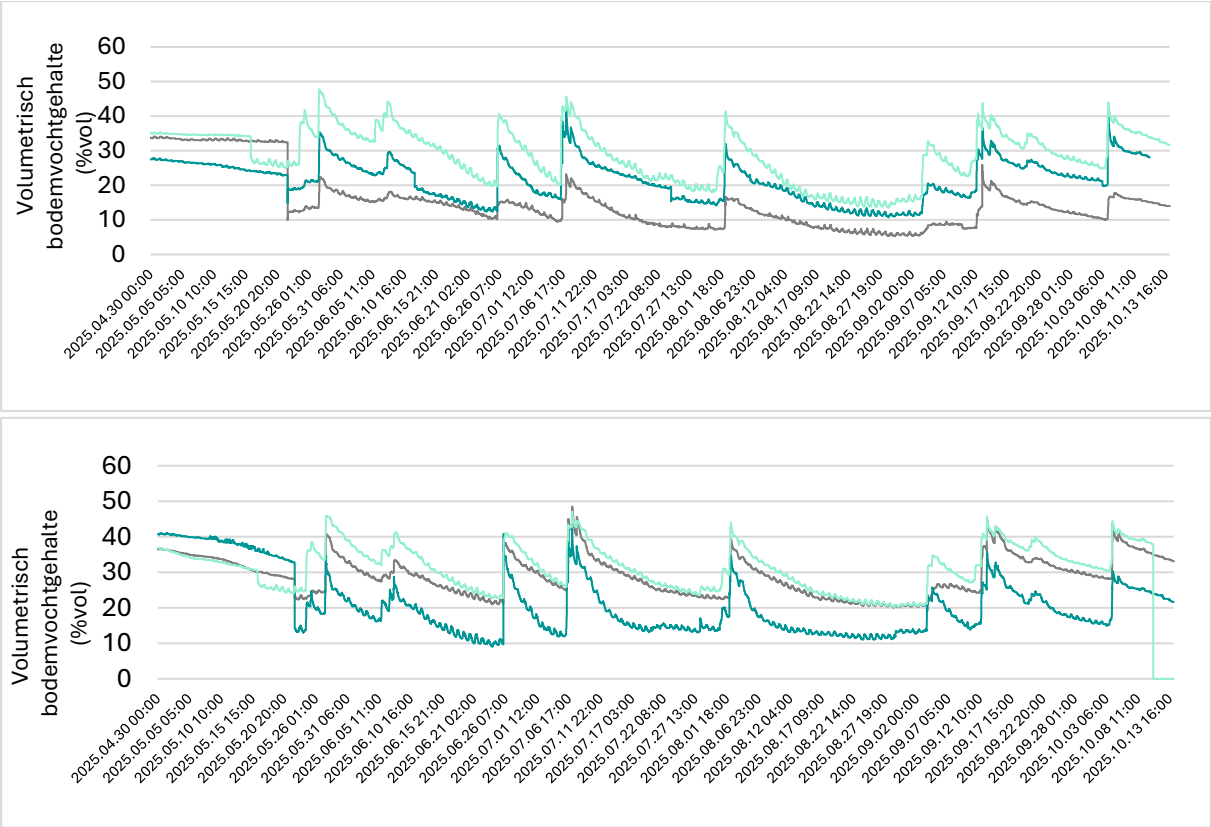


Figuur 15: Links: vochthoudend vermogen bepaald op -15 cm diepte. TAW (total available water) en RAW (readily available water). Rechts: infiltratiesnelheid in mm/h gemeten met infiltrometer in juli 2024 en augustus 2025.



Figuur 16: Nitraatresidu-metingen in drie bodemlagen: 0-30 cm, 30-60 cm en 60-90 cm bij de langetermijnproef met laanbomen en gebruik van houtsnippers, groencompost en de grove fractie van groencompost aan begin en einde van het groeiseizoen in 2024 en 2025.

Via bodemvochtsensoren op 15 cm diepte werd vastgesteld dat het bodemvocht vooraan en achteraan het perceel sterk verschilde. Het perceel is licht hellend met de laagst gelegen delen achteraan het veld. Op Figuur 17 staat het verloop van het bodemvocht in de periode april tot oktober in 2025. Hierop is zichtbaar dat vooraan het veld de grove fractiecompost- en houtsnipperbehandeling resulteren in een verhoging van bodemvocht, terwijl er achteraan minder effect is van de toevoegingen. Daar verloopt de bodemvochtdynamiek tussen de houtsnipper- en controlebehandeling gelijkaardig en is er een lager bodemvochtgehalte te zien voor de grove fractie.



Figuur 17: Bodemvochtgehalte gemeten met een TMS datalogger (Tomst®) op 15 cm diepte voor drie behandelingen: de controle (grijs), de grove fractie compostbehandeling (blauw) en de houtsnipperbehandeling (groen). Boven: gemeten vooraan het proefveld. Onder: gemeten achteraan het proefveld.

Tabel 8 toont het TOC-gehalte in 2018, 2021 en 2025. Hierop is zichtbaar dat het koolstofgehalte niet toeneemt doorheen de jaren. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de lage frequentie van toevoeging van bodemverbeterende middelen (d.i. slechts om de 4 jaar) wegens de lange teeltduur bij laanbomen.

Tabel 8: Totale organische koolstofgehalte (0-30 cm) in 2018, 2021 en 2025.

		27/02/2018	07/12/2021	09/12/2025
%TOC	Controle	1,2	1,37	1,34
	Groencompost		1,31	1,28
	Grove fractie		1,46	1,26
	Houtsnippers		1,09	1,18

Op vlak van bodemleven werd er wel verbetering bekomen. PLFA-analyses tonen, in lijn met de andere proeven, aan dat de microbiële biomassa toeneemt bij toepassing van houtsnippers en de (grove fractie van) groencompost in de bodem (Tabel 9). De grootste verbetering werd bekomen bij de grove fractie compostbehandeling.

Tabel 9 Resultaten van PLFA-analyse in oktober 2025 in de langetermijnproef met laanbomen.

Parameter	Eenheid	Controle	Grove fractie compost	houtsnippers
Totaal aantal biomarkers (PLFA)	nmol/g DS	14,16	19,17	14,82
Totaal algemene biomarkers	nmol/g DS	4,57	5,83	4,85
Totaal G+ bacteriële biomarkers	nmol/g DS	3,2	4,26	3,11
Actinomyceten	nmol/g DS	1,07	1,57	1,24
Totaal G- bacteriële biomarkers	nmol/g DS	4,26	5,75	4,28
Totaal fungi biomarkers	nmol/g DS	1,92	3,04	2,36
Mycorrhiza	nmol/g DS	0,42	0,68	0,59
Totaal protozoa biomarkers	nmol/g DS	0,21	0,29	0,21
Schimmel/bacterieverhouding	-	0,26	0,3	0,32
G+/G-	-	0,75	0,74	0,73
C16:1ω7c/Cy17:0-verhouding	-	1,14	1,34	1,38
Predator-prooiverhouding	-	0,029	0,029	0,029

5 CO_2-boekhouding van een boomkwekerijbedrijf

5.1 CO_2-boekhouding achtergrond

5.1.1 Wat is een CO_2-boekhouding?

Landbouwers kunnen bodemzorg inzetten in de strijd tegen klimaatverandering. Door koolstof vast te leggen onder de vorm van organische stof in hun bodems wordt CO_2 uit de atmosfeer gehaald en vastgelegd. Tegelijkertijd zorgt de organische stof in de bodem voor een betere bodemkwaliteit en waterhuishouding. Naast de bodem zorgt ook de aanplant en het onderhoud van houtige planten op en langs percelen voor een langdurige vastlegging van CO_2.
Naast CO_2 is lachgas (N_2O) een belangrijk broeikasgas dat uitgestoten wordt op een landbouwbedrijf. Lachgas komt op natuurlijke wijze vrij wanneer nitraat wordt gevormd (nitrificatie) of wordt afgebroken (denitrificatie). De hoeveelheden die vrijgezet worden zijn relatief klein, maar omdat het als broeikasgas 273 keer sterker is dan CO_2 is het zeer relevant voor de landbouwsector. Voor de berekening van de CO_2-boekhouding wordt de N_2O-uitstoot uitgedrukt als CO_2-equivalenten (1 kg N_2O = 273 kg CO_2-equivalent).
Een CO_2-boekhouding berekent voor één referentiejaar hoeveel koolstof er op het bedrijf is opgeslagen in de bodem en in houtige biomassa (**OC-stock**), hoeveel er jaarlijks netto wordt vastgelegd of afgebroken door grondgebonden activiteiten (inclusief bemesting en beweiding) (**OC-balans**) en hoeveel broeikasgassen (CO_2 en N_2O) hierbij worden uitgestoten (**CO_2-balans**). De impact van vee, methaanuitstoot en de aankoop van veevoeder, evenals de voetafdruk van import- en exportproducten, worden hierbij niet meegerekend.
Door het opstellen van een CO_2-boekhouding krijgen landbouwers meer inzicht in de in- en uitstromen van broeikasgassen op hun bedrijf en worden ze aangezet om het koolstofgehalte in hun bodems te verhogen en tegelijkertijd minder broeikasgassen uit te stoten.

5.1.2 Welke gegevens zijn nodig om een CO_2-boekhouding te kunnen opstellen?

Om een CO_2-boekhouding op te stellen wordt informatie verzameld over de percelen en teelten, de aanwezigheid van meerjarig of permanent grasland, fruitbomen en of -struiken, de bodemtextuur, het gehalte aan organische stof in de bodem, de mestproductie en het mestgebruik, het kunstmestgebruik, de bekalking en de aanwezigheid van houtige landschapselementen.
Perceels- en teeltgegevens kunnen afgeleid worden uit de Verzamelaanvraag van het bedrijf. Daarnaast worden ook de resultaten van recente bodemanalyses verzameld.
Gegevens i.v.m. organische mestproductie en -gebruik evenals kunstmestgebruik zijn terug te vinden in de Mestbankaangifte en de Mestbalans.
Andere relevante informatie, zoals bekalking, de aanwezigheid van landschapselementen, het gebruik van andere organische bodemverbeteraars (bv. houtsnippers), het scheuren van grasland, enz. wordt opgevraagd bij de teler.

5.1.3 Berekening organische koolstofstock (OC-stock)

De aanwezige OC-stock op het bedrijf bestaat enerzijds uit de koolstof die vastgelegd is in de organische stof in de bodem en anderzijds uit koolstof opgeslagen in de biomassa van houtige teelten en landschapselementen.
De OC-stock in de bodem wordt berekend op basis van het OC-gehalte van de bodem (o.b.v. bodemanalyses of gemiddelde cijfers per landbouwstreek, Tits *et al*., 2021), de bodemtextuur en de oppervlakte van de percelen.
De OC-stock in houtige biomassa wordt geschat met behulp van vaste coëfficiënten uit de literatuur, in functie van de types (boomgaard, hagen, houtkanten, lijnbomen, boslandbouw), soorten, aantallen en leeftijd van de houtige elementen.

5.1.4 Berekening organische koolstofbalans (OC-balans)

De OC-balans komt overeen met de netto jaarlijkse opslag van OC in de bodem en in houtige biomassa en wordt uitgedrukt in kg OC. De volgende factoren worden in rekening gebracht:
Voor de bodem van akkers en boomgaarden:

- De natuurlijke afbraak van organische stof in de bodem: wordt geschat in functie van de bodemtextuur en het organische koolstofgehalte.
- De aanvoer van effectieve organische koolstof (EOC) uit gewasresten: wordt geschat o.b.v. opzoektabellen (Code voor Goede Praktijk Bodembescherming).
- Aanvoer van effectieve organische koolstof uit organische bemesting: wordt geschat o.b.v. opzoektabellen (Code voor Goede Praktijk Bodembescherming).
- Aanvoer van effectieve organische koolstof uit groenbedekkers: wordt geschat o.b.v. opzoektabellen (Code voor Goede Praktijk Bodembescherming).

Voor de bodem van meerjarig grasland:

- Voor jong meerjarig grasland wordt de netto OC-opbouw in de bodem geschat aan de hand van vaste coëfficiënten i.f.v. de leeftijd van het grasland.
- Voor oud meerjarig grasland wordt verondersteld dat de bodem in evenwicht is en dat er geen netto OC-opbouw meer plaatsvindt.

Voor de biomassa van houtige teelten en landschapselementen:

- De aangroei van houtige biomassa en de hoeveelheid bladval worden geschat op basis van vaste coëfficiënten uit de literatuur, in functie van de types, soorten, aantallen en leeftijd van de houtige elementen.

5.1.5 Berekening broeikasgasbalans (CO_2-balans)

De broeikasgasbalans komt overeen met de netto jaarlijkse uitstoot van CO_2 en N_2O, uitgedrukt in CO_2-equivalenten. Hierbij worden de volgende factoren in rekening gebracht:
Voor de netto CO_2-uitstoot:

- De OC-balans = de netto opslag of afbraak van OC in de bodem en in houtige biomassa (zie hoger).
- De uitstoot door het gebruik van kunstmest (o.b.v. vaste coëfficiënten i.f.v. het mesttype).
- De uitstoot door bekalking (waarbij carbonaat in de kalk wordt omgezet naar CO_2).
- De uitstoot door brandstofverbruik bij veldactiviteiten (geschat o.b.v. de gebruikte machines en werkgangen i.f.v. de teelt).

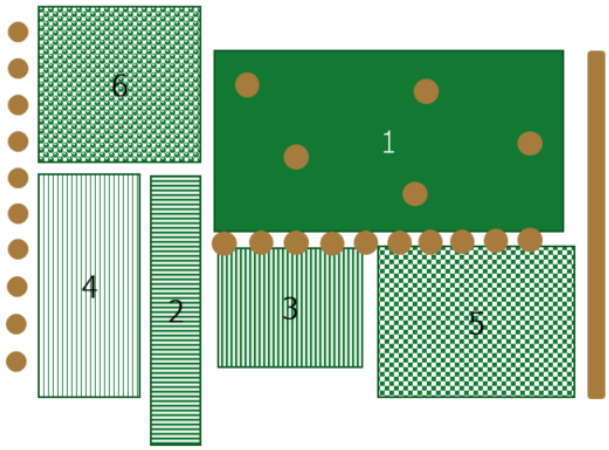
Voor de N_2O-uitstoot:

- Emissie door de afbraak van organische stof in de bodem.
- Emissie door de afbraak van gewasresten en groenbedekkers.
- Emissie door kunstmestgebruik.
- Emissie door het gebruik van dierlijke en andere organische mest.
- Emissie uit mestval bij begrazing.

Voor de schatting van de N_2O-uitstoot wordt eveneens gebruik gemaakt van vaste coëfficiënten uit de literatuur.

5.2 Resultaten voor een fictief boomkwekerijbedrijf

Om het opstellen van een CO_2-boekhouding te testen en illustreren voor de boomkwekerij- en sierteeltsector werd uitgegaan van een fictief boomkwekerijbedrijf, bestaande uit 6 percelen met een totale oppervlakte van 4,10 ha en met een aantal houtige landschapselementen (Figuur 18 en Tabel 10).
In deze oefening werd voor de CO_2-balans enkel rekening gehouden met de netto CO_2-uitstoot of -vastlegging en werd de N_2O-uitstoot voorlopig niet in rekening gebracht.



Figuur 18: Fictief boomkwekerijbedrijf: overzicht.

Tabel 10: Fictief boomkwekerijbedrijf: percelen en houtige landschapselementen.

Percelen		
perceel	opp (ha)	teelt
perceel 1	1,50	grasland >20j
perceel 2	0,30	boomkwekerij (2022)
perceel 3	0,40	boomkwekerij (2022, gescheurd gras)
perceel 4	0,50	boomkwekerij (2023) - gras<20j
perceel 5	0,80	boomkwekerij (2024) - gras<20j
perceel 6	0,60	boomkwekerij (2025) - gras<20j
totaal	4,10	

Houtige landschapselementen	
soort	aantal
populier <30j	10
notelaar >30j	5
wilg >30j	10
hazelaar haag <20j (lm)	100
totaal	

5.2.1 OC-stock

5.2.1.1 OC-stock in de bodem

Perceel 1 is een oud meerjarig grasland op een zandleembodem. Het organische stofgehalte in de bodem (0-6 cm diepte) bedraagt 3,8. Dit komt overeen met een OC-stock in de laag 0-30 cm van 80 ton C/ha of 120 ton C in totaal.
Perceel 2 is een boomkwekerijperceel op een zandbodem met OC-gehalte in de bodem (0-23 cm diepte) van 2,1%. Dit komt overeen met een OC-stock (0-30 cm) van 57 ton C/ha of 17 ton C in totaal.
Voor de andere percelen (3 t/m 6) wordt op dezelfde manier een OC-stock (0-30 cm) van respectievelijk 35, 26, 30 en 35 ton C/ha of 14, 13, 24 en 21 ton C in totaal berekend.
De totale OC-stock in de bodem op het bedrijf bedraagt 209 ton C.

5.2.1.2 OC-stock in de houtige biomassa

Voor de houtige landschapselementen wordt zowel de bovengrondse als de ondergrondse biomassa in rekening gebracht, in functie van de soort en leeftijd van de bomen of struiken (Tabel 11). In totaal wordt een OC-stock van 4 ton C berekend.

Tabel 11: Fictief boomkwekerijbedrijf: berekening van de organische koolstofstock.

Percelen								
perceel	opp (ha)	teelt	bodembedekking tussen rijen	bodemtype	OC (%)	C-voorraad (0-30cm) ton C/ha	ton C totaal	ton CO_2 totaal
perceel 1	1,50	grasland >20j	gras >20j	zandleem	3,8(0-6cm)	80	120	441
perceel 2	0,30	boomkwekerij (2022)		zand	2,1(0-23cm)	57	17	63
perceel 3	0,40	boomkwekerij (2022, gescheurd gras)		zandleem	1,4(0-23cm)	35	14	51
perceel 4	0,50	boomkwekerij (2023) - gras<20j	gras <20j	zandleem	1,0(0-23cm)	26	13	47
perceel 5	0,80	boomkwekerij (2024) - gras<20j	gras <20j	zandleem	1,2(0-23cm)	30	24	89
perceel 6	0,60	boomkwekerij (2025) - gras<20j	gras <20j	zandleem	1,4(0-23cm)	35	21	77
totaal	4,10						209	768

Houtige landschapselementen								
soort	aantal	biomassa bovengronds		biomassa ondergronds		biomassa totaal		
		kg C/boom	kg C totaal	kg C/boom	kg C totaal	kg C/boom	ton C totaal	ton CO_2 totaal
populier <30j	10	111	1110	30	299	141	1,3	4,6
notelaar >30j	5	163	815	44	220	207	1,0	3,7
wilg >30j	10	100	1000	26	263	126	1,1	4,1
		kg C/lm	kg C totaal	kg C/lm	kg C totaal	kg C/lm	kg C totaal	ton CO_2 totaal
hazelaar haag <20j (lm)	100	5,4	540	3	320	9	0,5	2,0
totaal							4	15

5.2.2 OC-balans

5.2.2.1 Natuurlijke OC-afbraak in de bodem

Perceel 1 is een oud meerjarig grasland op een zandleembodem. Hiervan wordt verondersteld dat de bodem in evenwicht is en er dus geen netto opbouw van organische stof in de bodem meer plaatsvindt.
Perceel 2 is een boomkwekerijperceel op een zandbodem met een aanplant in 2022. De natuurlijke afbraak van organische koolstof in de bodem wordt berekend i.f.v. de bodemtextuur en het organische koolstofgehalte. Aangezien er geen grasstrook aanwezig is tussen de bomenrijen wordt de afbraak homogeen over het perceel verondersteld. Voor dit perceel wordt een jaarlijkse netto OC-afbraak van -2,1 ton C/ha berekend.
Perceel 3 is een boomkwekerijperceel op een recent gescheurd grasland. Voor recent gescheurde graslanden wordt de afbraak van organische koolstof in de bodem geschat o.b.v. vaste coëfficiënten i.f.v. de bodemtextuur. Voor dit perceel wordt een jaarlijkse netto OC-afbraak van -2,8 ton C/ha berekend.
Percelen 4, 5 en 6 zijn boomkwekerijpercelen waar tussen de bomenrijen gras werd ingezaaid. In deze percelen wordt een onderscheid gemaakt tussen de bodem in de bomenrijen en deze in de grasstroken. Voor de bomenrijen wordt de natuurlijke afbraak berekend i.f.v. de bodemtextuur en het OC-gehalte. Voor de grasstroken wordt een vaste jaarlijkse hoeveelheid OC-opbouw in rekening gebracht. Voor deze percelen wordt een jaarlijkse netto OC-afbraak of -opbouw van respectievelijk +0,05, -0,03 en -0,11 ton C/ha berekend.
In totaal wordt voor dit bedrijf een netto afbraak van -1,81 ton C in de bodem berekend (Tabel 12).

5.2.2.2 OC-opslag in de aangroei van houtige biomassa

Voor de houtige landschapselementen wordt zowel de boven- en ondergrondse aangroei van biomassa als de jaarlijkse bladval in rekening gebracht, in functie van de soort en leeftijd van de bomen of struiken.
In totaal wordt een jaarlijkse aangroei van 0,19 ton C berekend (Tabel 12).

Tabel 12: Fictief boomkwekerijbedrijf: berekening van de organische koolstofbalans.

Afbraak/opbouw OC in de bodem								
perceel	opp (ha)	teelt	bomenrijen (kg C/ha/j)	tussen rijen (kg C/ha/j)	totaal (kg C/ha/j)	C-afbraak/opbouw (0-30 cm) ton C/ha	ton C totaal	ton CO_2 totaal
perceel 1	1,50	grasland >20j	0	/	0	0,00	0,00	0,00
perceel 2	0,30	boomkwekerij (2022)	-2064	-2064	-2064	-2,10	-0,62	-2,27
perceel 3	0,40	boomkwekerij (2022, gescheurd gras)	-2800	-2800	-2800	-2,80	-1,12	-4,11
perceel 4	0,50	boomkwekerij (2023) - gras<20j	-912	+1010	+49	+0,05	+0,02	+0,09
perceel 5	0,80	boomkwekerij (2024) - gras<20j	-1078	+1010	-34	-0,03	-0,03	-0,10
perceel 6	0,60	boomkwekerij (2025) - gras<20j	-1239	+1010	-114	-0,11	-0,07	-0,25
totaal	4,10						-1,81	-6,64

Aangroei houtige biomassa										
soort	aantal	aangroei bovengronds		aangroei ondergronds		bladval		aangroei totaal		
		kg C/boom	kg C totaal	kg C/boom	kg C totaal	kg C/boom	kg C totaal	kg C/boom	ton C totaal	ton CO_2 totaal
populier <30j	10	2,9	29	0,8	7,7	0,4	4,0	4,1	0,04	0,15
notelaar >30j	5	4,1	21	1,1	5,5	0,1	0,7	5,3	0,03	0,10
wilg >30j	10	3,0	30	0,8	8,3	0,4	4,0	4,2	0,04	0,16
		kg C/lm	kg C totaal	kg C/lm	kg C totaal	kg C/lm	kg C totaal	kg C/lm	kg C totaal	ton CO2 totaal
hazelaar haag <20j (lm)	100	0,6	59	0,03	3,0	0,2	15,0	0,8	0,08	0,28
totaal									+0,19	+0,69

5.2.2.3 Aanvoer van effectieve organische koolstof (EOC) uit vers organisch materiaal

Voor de berekening van de aanvoer van EOC uit vers organisch materiaal werd in dit voorbeeld enkel rekening gehouden met de toediening van organische bemesting en bodemverbeteraars. Omwille van de jonge leeftijd van de boompjes en het feit dat de boompjes steeds in hun geheel (inclusief wortelkluit) gerooid worden, werd de aanvoer van EOC uit teeltresten (bladval, wortelresten) verwaarloosbaar klein geacht.
Op het ganse bedrijf werd in totaal 10 m³ runderstalmest en 5 ton groencompost gebruikt, wat overeenkomt met respectievelijk 0,4 en 0,6 ton EOC (Tabel 13).

5.2.3 CO_2-balans

Voor de schatting van de CO_2-balans wordt, naast de OC-balans in de bodem en de houtige biomassa en de aanvoer van EOC uit vers organisch materiaal, ook de bekalking en het geschatte brandstofverbruik in rekening gebracht (Tabel 13).

Tabel 13: Fictief boomkwekerijbedrijf: berekening van de CO_2-balans.

Boekhouding 2025		ton C	ton CO_2
CO_2 actuele situatie (C-opslag / CO_2-vastgelegd)			
bodem		209	768
houtige biomassa		4	15
totaal		213	783
CO_2-balans - jaarlijkse uitstoot/opslag			
afbraak/opbouw OC bodem		-1,8	-6,6
aangroei houtige biomassa		+0,2	+0,7
aanvoer organische bemesting/bodemverbeteraars			
	10 m³ runderstalmest	+0,4	+1,3
	5 ton groencompost	+0,6	+2,0
bekalking	5000 zbw	-0,5	-2,0
brandstofverbruik	1x cultivator, 5x klepelen, 1x frezen, 1x mesttoediening, 3x aanaarden, 5x schoffelen	-0,3	-1,1
totaal		-1,6	-5,8

In totaal werd voor dit fictieve bedrijf een netto jaarlijkse CO_2-uitstoot van 5,8 ton CO_2 of 1,4 ton CO_2 per hectare berekend.

5.3 Slotbemerkingen

De gebruikte principes voor het berekenen van een CO_2-boekhouding werden oorspronkelijk opgesteld voor een doorsnee landbouwbedrijf, met akkers en weilanden. Voor de gangbare akkerbouwteelten en voor graslanden zijn er voldoende gegevens beschikbaar in de literatuur en uit eerder onderzoek, onder meer m.b.t. de natuurlijke afbraak van organische stof in de bodem, de aanvoer van EOC uit gewasresten, organische bemesting en groenbedekkers en het gebruik van machines voor gangbare veldactiviteiten.
Om deze principes toe te passen in een boomkwekerij- of sierteeltbedrijf moesten er echter, bij gebrek aan bruikbare en betrouwbare gegevens uit de literatuur of de praktijk, een heel aantal aannames gebeuren:

- De afbraaksnelheid van organische koolstof in de bodem wordt beïnvloed door bodembewerkingen en -verstoringen. In de sierteelt is de situatie wat dit betreft heel anders dan in de akkerbouw: meer en soms intensere bodemverstoringen: planten, aanaarden, schoffelen, oogsten van volledige planten, enz. Tot nu toe zijn er geen cijfers beschikbaar over de invloed van deze bewerkingen op de afbraaksnelheid.
- De aanvoer van EOC uit teeltresten werd verwaarloosd in de berekening. In werkelijkheid zou de hoeveelheid bladval, afhankelijk van factoren zoals de plantensoort, de plantdichtheid en de leeftijd van de planten, toch significant kunnen zijn. Bovendien kan voor sommige teelten bij de oogst een deel van de wortels achterblijven in de bodem. Hiervoor werden echter geen bruikbare cijfers gevonden en de inschatting ervan wordt ook bemoeilijkt door de grote diversiteit aan teelten in deze sector.
- De invloed van het inzaaien van groenbedekkers tussen de rijen (grasstroken) werd in rekening gebracht door de grasstroken te behandelen als jong meerjarig grasland. Om dit correcter in rekening te kunnen brengen zijn meer gegevens/metingen nodig over de groei en biomassa van/in dergelijke grasstroken.
- Ook de CO_2-opslag in de aangroei van houtige biomassa in de boompjes werd niet in rekening gebracht door gebrek aan gegevens. Bovendien werd ervan uitgegaan dat deze CO_2-opslag uiteindelijk verdwijnt uit het bedrijf bij de oogst van de (volledige) planten en dus niet meetelt in de CO_2-balans van het bedrijf.
- Voor het schatten van het brandstofverbruik voor het veldwerk werd uitgegaan van dezelfde machines als in de akkerbouw. In de praktijk gebruiken sierteelt- en boomkwekerijbedrijven vaak andere (kleinere) machines en zijn de afstanden tussen de percelen en het bedrijf vaak kleiner.

Besluit: het opstellen van een betrouwbare CO_2-boekhouding op een sierteelt- of boomkwekerijbedrijf is in theorie mogelijk, maar vergt nog verder onderzoek en veldmetingen om een aantal belangrijke parameters verder op punt te stellen.

6 Schatting van de lange termijnevolutie van het organische stofgehalte in de bodem op basis van simulaties met Cslim achtergrond

6.1 Cslim achtergrond

6.1.1 Wat is Cslim?

Cslim is een webapplicatie van de Bodemkundige Dienst van België die toelaat om de lange-termijnevolutie van het organische koolstofgehalte in de bodem van akkerbouwpercelen te schatten. De applicatie is gebaseerd op het RothC-model (Coleman & Jenkinson, 2014), dat uitvoerig gekalibreerd en gevalideerd werd voor akkerbouwpercelen in Vlaamse omstandigheden (Tits *et al*., 2008).

6.1.2 Welke inputgegevens zijn nodig om Cslim te kunnen doorrekenen?

De vereiste inputgegevens om het model te kunnen doorrekenen zijn eenvoudig beschikbaar voor de meeste landbouwpercelen:

- Meteogegevens: maandelijkse neerslag en gemiddelde temperatuur (beschikbaar uit bestaande nabijgelegen weerstations).
- Gewasrotatie: zaai-/plant- en oogstdatums, inschatting van de hoeveelheden gewasresten en de afbreekbaarheid van deze gewasresten (uit referentietabellen op basis van literatuur en proefvelddata).
- Organische bemesting, inschatting van de samenstelling en afbreekbaarheid van de toegediende organische materialen (mestanalyse en/of uit referentietabellen op basis van literatuur en proefvelddata).
- Bodemtextuur: zand, zandleem, leem of klei (bepaald op standaard bodemstalen in de bouwlaag).
- Initieel organische koolstofgehalte van het perceel (gemeten op standaard bodemstalen in de bouwlaag).

In het project OSBOBO werd Cslim toegepast in een boomkwekerijperceel. Aangezien het bodemgebruik, de teelten en de teelttechnieken in dergelijke percelen fundamenteel verschillen van de akkerbouw moest gezocht worden naar de nodige coëfficiënten en informatie om de aanvoer en afbraak/omzetting van vers organisch materiaal in deze omstandigheden zo goed mogelijk te kunnen inschatten. Aangezien er weinig of geen bruikbare informatie/meetgegevens over de hoeveelheden gewasresten van boomkwekerij (bosgoed) teruggevonden werden in de literatuur, werd uiteindelijk een eerste schatting gemaakt met de parameters die gebruikt werden voor laagstamboomgaarden in het kader van het project Koolstofcirkels (gebaseerd op Zanotelli *et al*., 2015 en metingen in boomgaarden uitgevoerd door pcfruit).

6.1.3 Fractieverdeling van organische stof in de bodem

In Cslim wordt de organische stof in de bodem opgedeeld in verschillende (conceptuele / theoretische) fracties:

- DPM: snel afbreekbare fractie van vers aangevoerd organisch materiaal.
- RPM: resistente of traag afbreekbare fractie van vers aangevoerd organisch materiaal.
- HUM: humusfractie.
- BIO: microbiële biomassa in de bodem.

Deze organische stoffracties kunnen niet direct gemeten worden op bodemstalen. Daarom wordt de initiële fractieverdeling bij het doorrekenen van scenario's met Cslim geschat door het model 'op te warmen' door het uitvoeren van zogenaamde 'initial runs'. Hierbij wordt het model doorgerekend over een periode van 100 jaar (of meer) waarbij steeds dezelfde gewasrotatie, bemestingspraktijk en meteo-reeks herhaald wordt, tot een evenwicht in de fractieverdeling bereikt wordt.
Voor akkerbouwpercelen met verschillende types van perceelshistorieken werden deze 'initial runs' uitgevoerd in het kader van het project Koolstofsimulator (Tits *et al*., 2008). Voor grasstroken en zwarte

stroken in fruitboomgaarden en boomkwekerijpercelen werden bijkomende 'initial runs' uitgevoerd om de initiële fractieverdeling te bepalen (Tabel 14).
Uit deze 'initial runs' blijkt dat de fractieverdeling van het totale organische koolstofgehalte in de bodem grotendeels afhangt van het landgebruik en van de teelt- en organische-bemestingshistoriek van het perceel. In meerjarig grasland is deze verdeling duidelijk anders dan in akkerbouwpercelen. Ook percelen met een historiek van frequente en hoge mesttoedieningen hebben een andere verdeling dan percelen zonder organische mesttoediening. In boomgaarden en boomkwekerijpercelen tenslotte is de verdeling significant verschillend tussen (eventuele) grasstroken en zwarte stroken (in de bomenrijen).

Tabel 14: Fractieverdeling van de organische stof in de bodem bij verschillende perceelshistorieken, bepaald op basis van 'initial runs' van het Cslim-model.

Perceelshistoriek	%DPM	%RPM	%HUM	%BIO
Klassieke akkerbouwrotatie zonder organische bemesting	1,8	7,4	89,4	1,4
Klassieke akkerbouwrotatie met lage tot normale dosissen mengmest	1,0	12,0	85,5	1,5
Klassieke akkerbouwrotatie met lage tot normale dosissen stalmest	1,0	15,5	82,0	1,5
Recent (< 5 jaar) gescheurde weide	1,0	47,0	51,0	1,0
Fruitboomgaard: zwarte strook met afvoer gewasresten (bladval, snoeiresten, uitval)	0,2	17,3	81,3	1,2
Fruitboomgaard: grasstrook met aanvoer gewasresten fruitbomen	0,4	32,8	64,6	2,2
Boomkwekerij zonder grasstrook met aanvoer bladval, snoeiresten en wortelresten	0,1	8,4	90,9	0,6

6.2 Cslim-simulaties in boomkwekerijpercelen

6.2.1 Perceelsgegevens

6.2.1.1 Proefaanleg en objecten

De Cslim-simulaties werden uitgevoerd op basis van de gegevens van het proefveld *Carpinus* aangelegd en opgevolgd door Viaverda sinds 2012. Het perceel heeft een zandbodem met een initieel OC-gehalte (in 2012) van 1,34%. Nadien werden nog bodemanalyses uitgevoerd ter bepaling van het OC-gehalte in 2019, 2021, 2022, 2023, 2025 en 2026.
Op dit perceel werden de volgende teelten aangeplant:

- mei 2012: aanplant bosgoed beuk (*Fagus sylvatica*), gerooid najaar 2013;
- maart 2014: aanplant bosgoed haagbeuk (*Carpinus betulus*), gerooid oktober 2015;
- oktober 2015: aanplant bosgoed haagbeuk (*Carpinus betulus*), gerooid november 2018 (pas 3 jaar na aanplant wegens droge zomers 2017-2018);
- november 2018: zaai groenbedekker snijrogge, ingewerkt maart 2019;
- maart 2019: zaai groenbedekker bladrammenas, ingewerkt oktober 2019;
- november 2019: aanplant bosgoed haagbeuk (*Carpinus betulus*), gerooid november 2021;
- november 2021: aanplant bosgoed haagbeuk (*Carpinus betulus*), gerooid najaar 2023;
- mei 2024: aanplant bosgoed haagbeuk (*Carpinus betulus*) (laattijdig wegens zeer natte bodemcondities), gerooid eind 2025.

De bomen werden geplant met een schijvenplanter met een plantdichtheid van 9 rijen per plot van 5 m breed, wat overeenkomt met 108.000 planten per hectare.
Op het perceel werden verschillende objecten aangelegd met toedieningen van compost en/of houtsnippers:

1. Controle: geen toediening van organische bodemverbeteraars
2. 24 ton/ha groencompost vóór elke aanplant van bosgoed;
3. 48 ton/ha groencompost vóór elke aanplant van bosgoed;

4. 24 ton/ha Zwarte Specht-compost vóór de bosgoedaanplantingen in 2019 en 2021 en 24 ton/ha houtsnippers vóór de bosgoedaanplanting in 2024;
5. 12 ton/ha Zwarte Specht-compost plus 12 ton/ha GFT-compost vóór de bosgoedaanplanting in 2019, 12 ton/ha Zwarte Specht-compost plus 12 ton/ha groencompost vóór de bosgoed-aanplanting in 2021 en 12 ton/ha houtsnippers plus 12 ton/ha groencompost vóór de bosgoed-aanplanting in 2024.

In 2012 en 2014 werd de compost ingespit met een spitfrees (diepere grondbewerking). Vanaf 2015 werd de compost oppervlakkig ingewerkt in de toplaag met een rotoreg.
De Cslim-doorrekeningen werden uitgevoerd voor de objecten 1 (controle), 2 (24 ton/ha compost) en 3 (48 ton/ha compost).

6.2.1.2 Grasstroken

In deze proef werd geen gras ingezaaid tussen de bomenrijen. In de Cslim-simulaties wordt echter wel een scenario met inzaai van grasstroken in 2012 (en herinzaai na de groenbedekkers) meegenomen, om het effect hiervan te kunnen vergelijken met het effect van een hoge compost-dosis. Daarbij werd uitgegaan van een fifty-fifty-verdeling van grasstroken en bomenrijen, dus de grasstroken zijn even breed als de zwarte stroken. Voor het onderhoud van de grasstroken werd uitgegaan van twee maaitijdstippen, in mei en in juli, waarbij het grasmaaisel bleef liggen op de grasstrook. De hoeveelheden grasmaaisel werden zeer laag ingeschat op jaarlijks 400 kg DS per ha grasstrook (geen bemesting, schaduw en concurrentie van de bomen).

Algemeen wordt verondersteld dat de organische stof in de bodem onder meerjarig gras beter beschermd is (geen bodembewerkingen) en trager afbreekt dan onder akkerbouwbodems (en onder de zwarte strook). Daarom worden de standaard gebruikte afbraaksnelheden in Cslim voor de meerjarige grasstroken vermenigvuldigd met een factor 0,5.

6.2.2 Aanvoer organisch materiaal

Voor de Cslim-simulaties werd de aanvoer van vers organisch materiaal op de volgende manier in rekening gebracht:

6.2.2.1 Composttoedieningen

Composttoedieningen werden aan de bodem toegevoegd in de maand vóór elke nieuwe aanplant. Er werd verondersteld dat deze materialen uniform over de ganse perceelsoppervlakte werden ingewerkt in de bouwlaag (0-30 cm).

6.2.2.2 Gewasresten

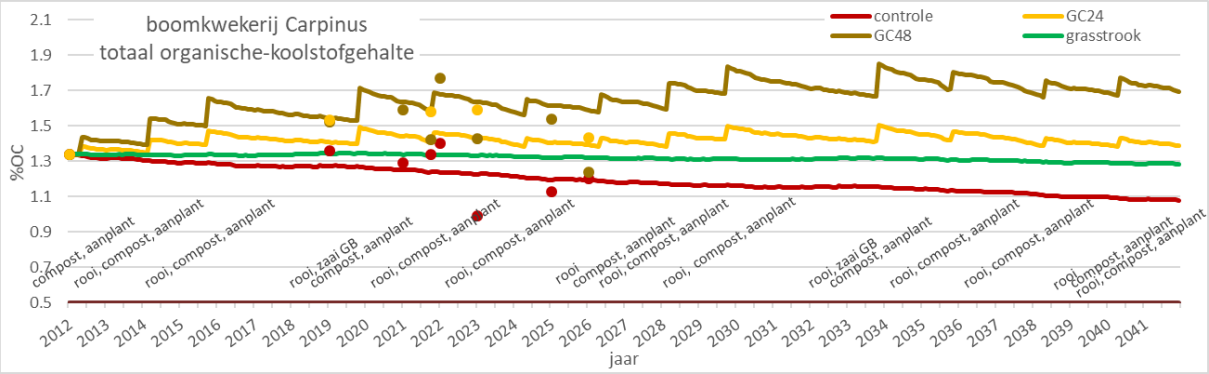
Gewasresten in boomkwekerijpercelen bestaan enerzijds uit wortelresten (afgestorven wortels en wortelexudaten), snoeiafval en bladval van de bomen en anderzijds uit wortelresten en maaisel van de eventueel aanwezige grasstroken. Aangezien er geen bruikbare gegevens werden gevonden over gewasresthoeveelheden in boomkwekerijpercelen (al dan niet afhankelijk van de plantafstanden) werden de hoeveelheden van een laagstam-appelboomgaard uit het project 'Koolstofcirkels' overgenomen. Deze hoeveelheden waren afhankelijk van de ouderdom van de bomen (t.o.v. het jaar van planten) en werden geschat op basis van metingen in fruitboomgaarden en coëfficiënten uit de literatuur (Zanotelli *et al*., 2015).
De hoeveelheden gewasresten van eventuele grasstroken werden geschat op basis van de biomassaproductie in laagproductief meerjarig grasland en coëfficiënten uit de literatuur (Bolinder *et al*., 2007). De hoeveelheid gemaaide biomassa werd geschat op 200 kg DS/ha per maaibeurt en 2 maaibeurten per jaar. Deze hoeveelheid werd gelijk gesteld aan 85% van de bovengrondse productie; de toename van de ondergrondse biomassa (graswortels) werd verondersteld gelijk te zijn aan 0; de aanvoer van gewasresten in de bodem komt overeen met 29% van de totale biomassa-aangroei, d.w.z. 400 / 0,85 * 0,29 (bron: Bolinder *et al*. 2007).

Concreet werden in de Cslim-simulaties de volgende hoeveelheden gewasresten aan de bodem toegevoegd in de periodes dat er bomen aanwezig waren, in functie van het aantal jaar na planten van de bomen:

Type gewasresten	Hoeveelheid in kg DS/ha/jaar (kg C/ha/jaar)				Tijdstip
	Jaar 0	Jaar 1	Jaar 2	Jaar 3	
Wortelresten bomen	0 (0)	164 (74)	317 (142)	457 (205)	verspreid over 12 maanden
Snoeiafval	0 (0)	315 (142)	608 (273)	877 (395)	snoeimaand (februari)
Bladval	0 (0)	213 (96)	411 (185)	594 (267)	najaar (oktober)
Wortelresten gras	136 (61)	136 (61)	136 (61)	136 (61)	verspreid over 12 maanden
Grasmaaisel	400 (180)	400 (180)	400 (180)	400 (180)	2x per jaar (mei, juli)

6.2.3 Resultaten Cslim-simulaties

Langetermijnevolutie van het organisch koolstofgehalte in de bodem



Figuur 19: Geschatte evolutie van het totaal organische koolstofgehalte (TOC) in een boomkwekerijperceel.

Zonder extra aanvoer van vers organisch materiaal wordt een gestage afname van het organische stofgehalte in de bodem berekend (Figuur 19, controle-object, rode lijn). Door vóór elke nieuwe aanplant een lage tot normale dosis compost toe te dienen (24 ton/ha) wordt deze afname gecompenseerd en neemt het organische stofgehalte zelfs licht toe op een termijn van 30 jaar (Figuur 19, gele lijn). Een hoge compostdosis vóór elke nieuwe aanplant (Figuur 19, 48 ton/ha, bruine lijn) zou zorgen voor een duidelijke toename van het organische stofgehalte op lange termijn. Het inzaaien van een grasstrook tussen de bomenrijen (zonder composttoediening) zou het organische stofgehalte in deze strook min of meer op peil kunnen houden (Figuur 19, groene lijn).

De bolletjes in Figuur 19 geven de resultaten van de bodemanalyses in de verschillende objecten weer. Hieruit blijkt dat veranderingen in organische stofgehalte in de bodem, zelfs na 10 jaar, nog steeds moeilijk aan te tonen zijn met behulp van bodemanalyses.

7 Besluit

De resultaten van de proeven binnen het OSBOBO-project tonen aan dat het toepassen en inwerken van bodemverbeterende middelen een duidelijke meerwaarde kan bieden voor zowel de plantengroei als de bodemkwaliteit. Groencompost verhoogt de nutriëntenbeschikbaarheid en stimuleert zo de groei van planten. Hoewel dit effect niet in alle proeven even uitgesproken is, komt het wel consistent naar voren. Daarnaast dragen materialen met een hoge C:N-verhouding, zoals houtsnippers en de grove fractie van groencompost, bij aan een verbeterde waterinfiltratie in de bodem.

Het inzaaien van gras als tussengewas blijkt effectief om nitraatresidu in het eerste groeiseizoen na het onderwerken van een groenbemester op te nemen. Tegelijk veroorzaakt deze techniek een te sterke concurrentie voor water en nutriënten binnen de teelt van bosgoed. Wat het bodemleven betreft, blijven de absolute verschillen in biomarkerwaarden beperkt ten opzichte van de controle, maar er is wel sprake van een consistente en systematische verbetering over alle gemeten parameters.

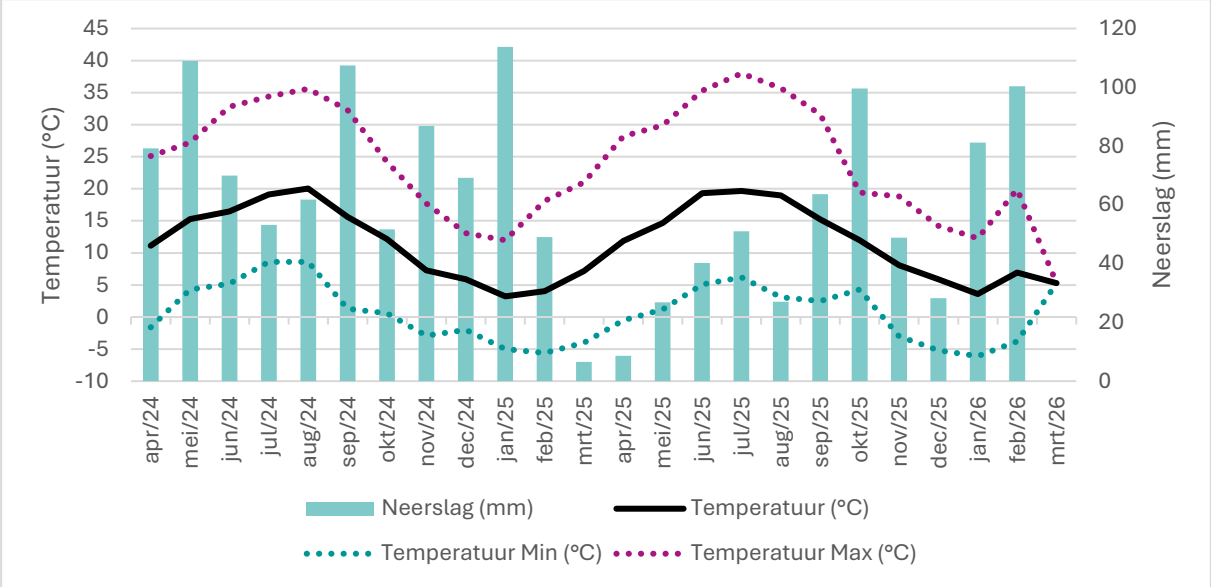
Koolstofopbouw blijkt pas zichtbaar op langere termijn, waardoor de kortlopende proeven binnen dit project geen uitsluitsel geven over het volledige potentieel. Resultaten uit langetermijnonderzoek bevestigen dat koolstofopbouw in boomkwekerijbodems een traag en complex proces is, sterk afhankelijk van het type organisch materiaal, de teeltomstandigheden en de toepassingsfrequentie. Dit onderstreept de nood aan verder onderzoek, zowel om effectieve strategieën te ontwikkelen als om een evenwicht te vinden tussen koolstofvastlegging en optimale gewasgroei. Door de grote variabiliteit tussen percelen en materialen blijft langdurige monitoring essentieel.

De uitgevoerde CO_2-boekhouding toont bovendien het belang van een systematische aanpak op bedrijfsniveau. Ze biedt kwekers inzicht in zowel de aanvoer als de afbraak van organische koolstof en ondersteunt onderbouwde beslissingen rond bodembeheer en klimaatmaatregelen. Aanvullend illustreren simulaties met het Cslim-model de meerwaarde van modellering om de evolutie van koolstof in de tijd te voorspellen en realistische verwachtingen te formuleren.

Samenvattend blijkt koolstofopbouw in boomkwekerijbodems een complex vraagstuk dat verdere studie vereist om duurzame langetermijnstrategieën te optimaliseren. Tegelijk tonen de resultaten aan dat de onderzochte technieken reeds op korte termijn bijdragen aan een verbetering van de infiltratiecapaciteit van de bodem, meer bodemleven en een betere plantkwaliteit.

8 Bijlages

8.1 Bijlage: Klimatologische data – Minimum, maximum en gemiddelde temperatuur (°C) en gemeten neerslag (mm) per maand in Destelbergen in april 2024 – februari 2026.



8.2 Bijlage: Overzicht streefzones en limietwaarden voor het percentage aan bodemorganische koolstof (BOC) in landbouwbodems volgens het textuurtype opgesteld door de Bodemkundige Dienst van België.

	Streefzone bodemorganische koolstof (%)	Limietwaarde (%)
Zand	1,2 - 1,9	1,2
Zandleem	1,0 - 1,5	1,0
Leem	1,3 - 1,7	1,2
Klei	1,6 - 2,1	1,6

9 Referenties

Bolinder M.A., Janzen H.H., Gregorich E.G., Angers D.A., VandenBygaart A.J. (2007) An approach for estimating net primary productivity and annual carbon inputs to soil for common agricultural crops in Canada. Agriculture, Ecosystems and Environment, 118: 29-42.

Coleman K., Jenkinson D.S. (2014) RothC – A model for the turnover of carbon in soil. Model description and users guide (Windows version) (updated June 2014). Rothamsted Research.

Tits M., Bomans E., Sleutel S., De Neve S., Vandendriessche H. (2008) C-SIMULATOR: Development of an advisory system for field specific organic matter management on arable soils in Flanders. II International Conference on Soil and Compost Eco-biology, November 26th-29th, Poster.

Tits M. (2022) Koolstofcirkels in Haspengouwse Land- en Tuinbouw – Schatting van de lange-termijnevolutie van het organische stofgehalte in de bodem op basis van simulaties met Cslim© Inhoudelijk eindrapport, 15 februari 2022.

Zanotelli D., Montagnani L., Manca G., Tagliavini M. (2015) Net ecosystem carbon balance of an apple orchard. European Journal of Agronomy, 63: 97-104.

viaverda.be • info@viaverda.be
Karreweg 6 • 9770 Kruisem • T +32 9 381 86 86
Schaessestraat 18 • 9070 Destelbergen • T +32 9 353 94 94 (Maatschappelijke zetel)